



# Diplomarbeit

Titel der Diplomarbeit

„Die Beurteilung der anaeroben Kapazität mittels maximaler Antrittstests verschiedener Frequenzen und Zeitdauer auf dem isokinetischen Fahrradergometer.“

Verfasser

**Gerhard Leisser**

angestrebter akademischer Titel

**Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat)**

Altruppersdorf, im Oktober 2008

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 481

Studienrichtung lt. Studienblatt: Sportwissenschaften

Betreuer: Ao. Univ.-Prof. Dr. Ramon Baron



# **Widmung**

**Meiner Frau Gabi und meinen Kindern Cathrine und Corinna**

**Meinen Eltern Maria und Hermann**

**Meinen Schwiegereltern Gertrude und Gottfried**

**Meinem Bruder Hermann,  
und meinen Nichten Tanja und Simone**

**Meinem Onkel Bertl und**

**allen Verwandten und Freunden**

**als Dankeschön und zur Freude**



# **Danke**

**an den Betreuer:**

**Ao. Univ.-Prof. Dr. Ramon Baron  
für viel Geduld und Verständnis**

**Ao. Univ.-Prof. Dr. med. Rochus Pokan  
als Zweitprüfer**

**an**

**Mag. Dr. Christian Gormász  
für die Betreuung in der Endphase**

**an**

**MTF Alfred Nimmerrichter  
für die Unterstützung bei den Leistungstests**

**sowie an**

**alle Personen,**

**die sich für die Tests zur Verfügung gestellt haben!**



# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Definition der anaeroben Kapazität</b>	<b>6</b>
<b>3. Struktur und Funktion des kontraktiven Apparates</b>	<b>14</b>
3.1. Aufbau des Skelettmuskels	14
3.2. Die Muskelfasertypen	16
3.2.1. Umwandelbarkeit der Fasertypen	21
3.3. Gleitfilamenttheorie	24
3.4. Erregung der Muskelfaser	26
3.5. Elektromechanische Koppelung	27
<b>4. Energiebereitstellung</b>	<b>29</b>
4.1. Energiequellen	30
4.2. Anaerobe Energiebereitstellung	32
4.2.1. Anaerobe alaktazide Energiebereitstellung	34
4.2.1.1. Adenosintriphosphat (ATP)	35
4.2.1.1.1. Strukturformel des ATP	36
4.2.1.1.2. Energiebereitstellung durch ATP	36
4.2.1.2. Kreatinphosphat	37
4.2.2. Anaerobe laktazide Energiebereitstellung	40
4.2.2.1. Abbau der Kohlenhydrate	41
4.2.2.2. Anaerobe Energiegewinnung durch Glykolyse	42
4.3. Aerobe Energiebereitstellung	45
<b>5. Parameter der anaeroben Kapazität</b>	<b>46</b>
5.1. Peak Power (PP), Mean Power (MP) Fatigue Index (FI)	46
5.2. Laktat	47
5.2.1. Historischer Rückblick	47
5.2.2. Laktatmetabolismus	49
5.2.3. Blutlaktat und anaerobe Kapazität	50
5.3. pH-Wert	56
5.4. Base Excess	57
5.5. Y-Intercept	58
5.6. Sauerstoffschuld	59
5.7. Sauerstoffdefizit	61
5.7.1. Diskussion Laktat, Sauerstoffschuld, Sauerstoffdefizit	64
5.8. Beschreibung der Dynamik des Stoffwechsels nach Mader und Heck	66
<b>6. Die Messung der anaeroben Leistung</b>	<b>75</b>

# Inhaltsverzeichnis

	Seite	
<b>7.</b>	<b>Testverfahren für anaerobe Leistung und Kapazität</b>	<b>77</b>
7.1.	Kurzfristige (Short-term) anaerobe Tests	78
7.1.1.	Margaria Staircase Test	78
7.1.2.	Quebec 10 – Second Test	79
7.1.3.	Kurzfristige Maximale Isokinetische Tests	80
7.1.4.	Vertical Jump Tests	81
7.1.5.	Test nach Dal Monte und Leonardi	81
7.1.6.	Test nach Pirnay und Crielaard	82
7.1.7.	Test nach Bachl	82
7.2.	Mittelfristige (Intermediate-term) anaerobe Tests	83
7.2.1.	Wingate Test	84
7.2.2.	Test De Bruyn-Prévost	85
7.2.3.	Mittelfristige Maximale Isokinetische Tests	86
7.2.4.	Maximal Anaerobic Running Test (MART)	86
7.3.	langfristige (Long-term) anaerobe Tests	87
7.3.1.	60 – Second Vertical Jump Test	88
7.3.2.	Quebec 90 –Second Test	88
7.3.3.	Cunningham and Faulkner Treadmill Test	89
7.3.4.	120 – Second Maximal Test	89
<b>8.</b>	<b>Die anaerobe Kapazität in der Leistungsdiagnostik</b>	<b>90</b>
8.1.	alaktazide anaerobe Kapazität	90
8.3.	laktazide anaerobe Kapazität	93
8.4.	Validität sportartspezifischer Leistungsdiagnostik	94
8.5.	Zusammenfassung	98
<b>9.</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>102</b>
9.1.	Probanden	102
9.2.	Methodik	102
9.2.1.	Messparameter	103
9.2.2.	Messinstrumente	103
9.2.3.	Testbatterie	104
<b>10.</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>109</b>
10.1.	Deskriptive Statistik	109
10.1.1.	Anthropometrische Daten	109
10.1.2.	Leerantritt	110
10.1.3.	Fahrradergometrie	110
10.1.4.	Antrittstestserie I+II	111
10.1.5.	Antrittstest 10 s	116
10.1.6.	Antrittstest 20 s	117
10.1.7.	Antrittstest 30 s	118



# Inhaltsverzeichnis

	Seite	
<b>10.</b>	<b>Material und Methoden (Fortsetzung)</b>	
10.2.	Korrelationen	119
10.2.1.	Innerkorrelationen Anthropometrische Daten	119
10.2.2.	Innerkorrelationen Leerantritt	119
10.2.3.	Innerkorrelationen Ergometrie	121
10.2.4.	Innerkorrelationen Antrittstest 50 Umdrehungen	124
10.2.5.	Innerkorrelationen Antrittstest 60 Umdrehungen	125
10.2.6.	Innerkorrelationen Antrittstest 120 Umdrehungen	126
10.2.7.	Innerkorrelationen Antrittstest 130 Umdrehungen	127
10.2.8.	Innerkorrelationen Antrittstest maximale Umdrehungen	128
<b>11.</b>	<b>Diskussion</b>	<b>129</b>
11.1.	Diskussion Leerantritt	133
11.2.	Diskussion Ergometrie	135
11.3.	Diskussion Antrittstestserie I+II	136
11.3.1.	Laktatentwicklung Antrittstestserie I+II	143
11.3.2.	Korrelationen Antrittstestserie I+II	145
11.4.	Diskussion Antrittstests 10 s, 20 s , 30 s	146
11.4.1.	Laktatverhalten Antrittstests 10 s , 20 s , 30 s	156
11.4.2.	Korrelationen	158
11.4.2.1.	Innerkorrelationen Antrittstest 10 s	158
11.4.2.2.	Innerkorrelationen Antrittstest 20 s	159
11.4.2.3.	Innerkorrelationen Antrittstest 30 s	160
11.4.2.4.	Interkorrelationen Mean Power und Peak Power (Watt absolut)	161
11.4.2.5.	Interkorrelationen Mean Power und Peak Power (Watt relativ/kg)	165
	<b>Literatur</b>	<b>171</b>
	<b>Anhang</b>	<b>185</b>
	A: Abbildungsverzeichnis	
	B: Tabellenverzeichnis	
	C: Abkürzungsverzeichnis	
	D: Tabellen	



**Zusammenfassung:**

Um im Spitzensport bestehen zu können, werden an den ausübenden Sportler immer höhere Trainings- und Wettkampfanforderungen gestellt. In gleichem Ausmaß sind auch Sportmediziner, Sportwissenschaftler, Betreuer und Trainer immer mehr gefordert Mittel und Wege zu finden, die zu einer Steigerung der körperlichen Leistungsfähigkeit unter Berücksichtigung aller beeinflussenden Faktoren führen.

Eine der wichtigsten Aufgaben der Leistungsdiagnostik ist die Bestimmung der anaeroben und aeroben Kapazität und Leistungsfähigkeit, denn dadurch können sowohl Defizite in den verschiedenen Teilbereichen festgestellt, als auch Hinweise auf Verbesserungen in der Trainingsplanung gegeben werden.

Die vorliegende Arbeit dient der Beurteilung der anaeroben Kapazität. Neben der theoretischen Aufarbeitung des Themas bildet eine durchgeführte Laborstudie mittels kurzfristiger Antrittstests auf dem isokinetischen Fahrradergometer das Kernstück dieser Diplomarbeit.

**Material und Methoden:**

Eine Stichprobe von 14 Männern (Normalpersonen) im Alter von 20 bis 30 Jahren wurden an vier Terminen einer Testserie mittels isokinetischem Fahrradergometer Fitrocycle (Fittronic, Bratislava, Slowakei, SK) unterzogen, die sich wie folgt zusammensetzte: 10 s Leerantrittstest; isokinetische Antrittstestserie I + II; Fahrradergometrie; Antrittstests mit Dauer von 10 s, 20 s und 30 s.

Als wichtigste Messparameter dienten Peak Power, (W) Mean Power (W), Peak Force (N), Mean Force (N), alle in absoluten Werten und bezogen auf das Körpergewicht, sowie ein errechneter Fatigue Index und Laktatwerte aus Blutproben, die vor während und nach den einzelnen Tests entnommen wurden. Zusätzlich wurden Körpergröße, Körpergewicht und Body-Mass-Index in die Studie aufgenommen.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mittels SPSS für Windows (Version 15.0, SPSS INC., Chicago, IL), die Korrelationen wurden nach PEARSON berechnet.

Abschließend erfolgte die Interpretation und Diskussion der ermittelten Werte mit vergleichbaren Studien aus der Literatur.



**Summary:**

Professional athletes are challenged with increasing demands in training and competition. To the same extent sport physicians, sport scientists and coaches are challenged to find methods to increase the physical performance of their athletes.

One of the most important tasks of diagnostics is the determination of the anaerobic and aerobic capacity and power. With appropriate assessment tools deficits in physical performance of the different energy delivery systems can be detected and suggestions to improve the planning of training can be made.

This thesis deals with the anaerobic capacity. Apart from discussing the theoretical background of the topic, the main content is an accomplished laboratory study on an isokinetic cycle ergometer.

**Material and methods:**

A sample of 14 male subjects (nonathletes) at the age of 20 to 30 years was tested at four dates on an isokinetic cycle ergometer (Fittronic Bratislava, Slovakia, SK). The tests consisted of a 10 s “all out” test without resistance; two isokinetic “all out” test series with increasing pedalling rates, a graded exercise test on a bicycle ergometer and isokinetic “all out” tests with duration of 10 s, 20 s and 30 s. Peak power (W and W/kg), mean power (W and W/kg), peak force (N and N/kg), mean force (N and N/kg) were measured, a fatigue index was calculated and blood samples to evaluate venous blood lactate levels were collected. Additionally body size, body weight and body-mass-index were recorded. Data were analysed using SPSS for Windows (version 15.0, SPSS Inc., Chicago, IL). To analyse the association between variables the PEARSON correlation coefficient was computed.

Finally determined values were compared with comparable studies from the literature.



## 1. Einleitung

Nach HECK (1990a, S.13) dienen leistungsdiagnostische Untersuchungen der Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit bzw. der Belastbarkeit bei symptomlimitierten Einschränkungen der Leistungsfähigkeit. Somit besteht die Möglichkeit, Frühdiagnosen kardiopulmonaler Leistungsbeeinträchtigungen feststellen zu können. Der Effekt von Training bei Gesunden sowie die Wirkung einer Therapie bei Kranken kann in weiterer Folge quantitativ erfasst werden.

In der hier vorliegenden Arbeit wird vor allem der Bereich der anaeroben Leistungserstellung untersucht. Mit kurzen, nur Sekunden dauernden Antrittstests am Fahrradergometer sollen die erbrachten Leistungen und das Laktatverhalten Aufschluss über die anaerobe Arbeit, die anaerobe Leistungsfähigkeit und die anaerobe Kapazität von Normalpersonen geben.

Die anaerobe Energiebereitstellung ist nach SPRIET (1995) für die Aufrechterhaltung von Anstrengungen mit hoher Intensität, wenn der ATP Bedarf größer ist als er auf aeroben Weg abgedeckt werden kann, ausschlaggebend.

Die Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit kann somit nicht nur durch das Messen der maximalen Sauerstoffaufnahme zusammengefasst werden. Der anaerobe Metabolismus, die Schnelligkeit, die Kraft und die maximale Leistung sind ebenfalls bestimmende Faktoren in vielen Sportarten.

Geht man auf die Möglichkeiten der anaeroben Energiebereitstellung ein, so muss die jeweilige anaerobe Leistung und auch die anaerobe Kapazität grundsätzlich in ihre alaktaziden und laktaziden Komponenten unterteilt werden.

Der ATP-Umsatz, der während einer maximalen körperlichen Belastung entsteht, ist von der Hydrolyse der "Hochleistungsphosphate" (Kreatinphosphat) und der anaeroben Glykolyse (Akkumulation von Laktat und Pyruvat) abhängig. Eine Vielzahl von Studien, unter anderem von (JACOBS et al., 1983; JONES et al., 1985) sowie Computersimulationen (MADER et al., 1983) haben gezeigt, dass der glycolytische Metabolismus schon bei einer Belastung von weniger als 10 Sekunden am Energieumsatz beteiligt ist. Es ist davon auszugehen, dass der

alaktazide und der laktazide Metabolismus schon wenige Sekunden nach Leistungsbeginn simultan arbeiten. Die Differenzierung der maximalen alaktaziden und laktaziden Kapazität ist deshalb mittels ergometrischer Tests als besonders schwierig zu erachten.

Anaerobe Tests können sowohl die anaerobe Leistung, in der Literatur auch als die Peak Power beschrieben, als auch die anaerobe Kapazität, sie wird als Mean Power bezeichnet, messen. Viele namhafte Wissenschaftler haben sich in der Vergangenheit damit beschäftigt anaerobe Leistungstests zu entwickeln, die aufgrund ihrer Validität, Reliabilität aber auch Praktikabilität ein probates Mittel darstellen anaerobe Leistung und Kapazität zu messen, um aufgrund der Ergebnisse Leistungszustände und Leistungsentwicklungen bzw. Trainingswirksamkeiten zu beschreiben, und um weitere Trainingsempfehlungen abgeben zu können. Solche Leistungstests umfassen Geschwindigkeitstests, Sprungtests, und Lauffests sowie Fahrradergometertests. Die Werte der maximalen anaeroben Leistung, die man durch diese verschiedenen Methoden erreicht, sind unterschiedlich, aber generell gut aufeinander bezogen. Differenzen bestehen bei Tests, die Faktoren beinhalten wie entweder anaerobe Kapazität (Mean Power) und/oder maximale Leistung (Peak Power). Die aktive Muskelmasse ist in allen Methoden dieselbe, die Füße arbeiten simultan oder sukzessive, die maximale Leistung wird zu Beginn einer Belastung oder nach einigen Sekunden gemessen, die Trägheit des Gerätes und der Körpersegmente miteinbezogen.

Die Geschwindigkeitstests haben den Vorteil, dass sie die Bewertung der Kraft- und Geschwindigkeitskomponenten der Leistung ermöglichen, die durch andere Tests wie Step-, Sprung-, Lauf-, Wingate-Test sowie langdauernde Fahrradergometertests nicht möglich sind. Die maximalen anaeroben Kapazitätstests werden in maximale Sauerstoffschuldtests, Ergometer-Tests, isokinetische Tests und auch in Messungen des Sauerstoffdefizits und des maximalen Blutlaktats während constant load-Tests eingeteilt.

Die verschiedenen anaeroben Leistungs- und Kapazitätstest weisen mehr oder weniger Schwächen, vor allem hinsichtlich der Beurteilung alaktazider und laktazider Energiebereitstellung auf. Die verschiedenen gemessenen Parameter



sind immer wieder Anlass zur Kritik. So wird die Messung des maximalen Sauerstoffdefizits bei der Verwendung in anaeroben Kapazitäts-Tests als nicht stichhaltig und zuverlässig genug angesehen. Werden Ergometrietests zur Beschreibung anaerober Kapazität herangezogen wird vor allem die Beteiligung des aeroben Metabolismus und die Unkenntnis der mechanischen Effizienz kritisiert, dadurch ist ihre Gültigkeit in Frage zu stellen. Die bei Wingate-Tests gemessene Leistung, ist wahrscheinlich von der glykolytischen und aeroben Leistung genauso abhängig wie von der anaeroben Kapazität. Der Erschöpfungsindex der all-out-Tests ist nicht zuverlässig genug und wird wahrscheinlich von der aeroben Kraft ebenso wie von den FT- Fasern beeinflusst. Constant-load Tests wurden selten auf ihre Zuverlässigkeit untersucht, deshalb sind sie nur beschränkt gültig. Das Nachbelastungsblutlaktat als ein Maß maximaler anaerober Kapazität ist ebenfalls nicht als zuverlässig genug einzuschätzen. Die Wahl eines anaeroben Tests ist abhängig vom Zweck und Subjekt der Studie sowie von ihrer Durchführbarkeit innerhalb der Testsession. Die Bestimmung der maximalen anaeroben Leistung bzw. Kapazität am isokinetischen Fahrradergometer ist hingegen gut standardisierbar und ermöglicht die Beurteilung der Peak Power in Abhängigkeit verschiedener Gelenkwinkel und Winkelgeschwindigkeiten für eine isolierte Muskulatur oder ganze Muskelgruppen, bzw. bei wiederholten Kontraktionen die Beurteilung der maximalen anaeroben Kapazität.

### **Ziele der Arbeit:**

Die vorliegende Arbeit dient der Beurteilung der anaeroben Kapazität mittels kurzer, nur Sekunden dauernder Antrittstests am isokinetischen Fahrradergometer.

Teil I dient dazu, anaerobe Kapazität näher zu definieren. Die in der Literatur zum Thema angegebenen Erklärungen des Aufbaus und der Funktion des Skelettmuskels, sowie der im Muskel stattfindenden biochemischen Prozesse des Stoffwechsels zur Energiebereitstellung und der damit verbundenen körperlichen Leistung sollen Aufschluss darüber geben, welche Voraussetzungen zur Erbringung einer anaeroben Leistung gegeben sein müssen. Weiters wird in diesem theoretischen Teil beschrieben, welche Messparameter für die Auswertung der anaeroben Leistung in Frage kommen, bzw. welche Messverfahren von den verschiedensten Wissenschaftlern entwickelt und angewendet wurden, um anaerobe

Kapazität zu messen. Eine Diskussion der einzelnen Verfahren soll die Vor- und Nachteile der einzelnen Messmethoden erörtern. Vor allem sollen auch Validität und Reliabilität der einzelnen Prüfverfahren eingehend geprüft und diskutiert werden.

In Teil II der Arbeit wird versucht die anaerobe Kapazität mittels Antrittstests auf einem isokinetischen Fahrradergometer zu messen. Dazu wurde eine Testbatterie erstellt, die sich aus einem 10 s dauernden Leerantrittstest, einer Testserie I (50 Umdrehungen pro Minute – in der Folge immer als rpm bezeichnet, Steigerung um jeweils 10 rpm bis 110 rpm) und einer Testserie II (110 rpm, Steigerung um jeweils 10 rpm bis zum Abbruch durch den Probanden) jeweils 10 s Belastung, 3 min Pause, einem Fahrradergometertest (Belastungsstufen 50 W, 3 min), und je einem Antrittstest von 10 s, 20 s und 30 s Dauer zusammensetzte. Als Stichprobe dienten vierzehn durchschnittlich trainierte Probanden, die keiner spezifisch anaeroben Sportart nachgingen und als Normalpersonen anzusehen sind.

Folgende Teilfragestellungen sollen anhand der Testergebnisse beantwortet, mit Ergebnissen ähnlicher Testverfahren aus der Literatur verglichen und diskutiert werden:

1. Können mittels isokinetischen Fahrradergometers Mean Power und Peak Power der anaeroben Kapazität adäquat gemessen werden? Kann eine Unterscheidung der alaktaziden und laktaziden Komponenten getroffen werden?
2. Wie verhalten sich Mean Power und Peak Power während der unterschiedlichen Umdrehungszahlen und der unterschiedlichen Belastungsdauer bezüglich. Kraft, Leistung in absoluten Werten und bezogen auf das Körpergewicht?
3. Kann anhand der Testserie I+II die optimale Trittfrequenz (Trittfrequenz bei max. Leistung) festgestellt werden und in welchem Bereich liegt sie?
4. Welche Leistung bzw. Kraft kann noch bei der maximalen Trittfrequenz erbracht werden?

5. Wie verhält sich das gemessene Laktat während der einzelnen Testserien, bzgl. des Anstieges, des Maximalwertes und des Abfalls vor, während und nach der Belastung?
6. Wie verhalten sich die errechneten Ermüdungsindizes der Antrittstests von 10 s, 20 s und 30 s Dauer?
7. Sind Zusammenhänge der Kraft, bzw. der Leistung der Mean und Peak Power und der anthropometrischen Daten zu erkennen? (Alter, Körpergröße, Körpergewicht, Body-Mass-Index – in der Folge als BMI bezeichnet).
8. Gibt es Zusammenhänge der Werte der Mean Power und der Peak Power mit den gemessenen Laktatwerten der einzelnen Tests?
9. Sind Zusammenhänge der in den einzelnen Tests gewonnenen Messergebnisse, bezüglich Kraft und Leistung der Mean und Peak Power zueinander erkennbar?
10. Wie verhalten sich Mean Power und Peak Power im Vergleich zu den Messdaten, die aus dem Ergometertest gewonnen wurden? Ist ein Zusammenhang zwischen aerober und anaerober Leistungsfähigkeit erkennbar?

## 2. Definition der anaeroben Kapazität

Schon seit Jahrzehnten sind der anaerobe Metabolismus, sowie die Kontraktion des Skelettmuskels ein wichtiges Thema der biochemischen, biomechanischen und physiologischen Forschung. Trotzdem sind die verschiedenen Begriffe rund um die anaeroben Energielieferungsprozesse erst in den Publikationen der letzten Jahre definiert. Die Beurteilung der Leistung anaerober Energielieferungsprozesse, wie beispielsweise die Laktatproduktion und die Phosphorkreatinhydrolyse, wurde zu Beginn des 20igsten Jahrhunderts erstmals von der Wissenschaft vorgenommen. HILL & LUPTON (1923) definierten die Sauerstoffschuld, welche von MARGARIA et al. (1933) in eine alaktazide und laktazide Komponente eingeteilt wurde.

SCHERRER et al. (1954) fanden heraus, dass eine für wenige Minuten maximal geleistete Muskelarbeit teilweise von einer begrenzten Energiereserve anaerober Natur abhängig war, unabhängig von der Quote der Utilisation. (In GREEN, 1994)

MARGARIA et al. (1966) verwendete den Begriff der anaeroben Kapazität, um eine begrenzte Energiereserve zu beschreiben, obwohl deren genaue Definition immer noch unklar war. (In GREEN et al., 1994)

Eine Vielzahl von Wissenschaftlern und Forschern hat sich vor allem in den letzten Jahrzehnten mit der Definition und der Beschreibung der anaeroben Kapazität beschäftigt: (GREEN et al., 1994).

".... rate of lactate production is considered to be a good measure of the anaerobic capacity of muscle." (WESTRA et al., 1976)

"....the amount of lactic acid formed during activity to exhaustion"  
(BENNETT, 1978)

"....the total anaerobic energy output during a maximal effort"  
(BOUCHARD et al., 1982)

"Anaerobic capacity is defined as the total energy yield of the anaerobic metabolic systems during short duration, exhaustive exercise" (PATE et al. 1983)

"...anaerobic capacity is the maximum amount of ATP formed by these anaerobic processes (creatin phosphate hydrolysis and lactate production) during exercise" (MEDBØ et al. 1988)

"...capacity of the glycolytic mechanism and the maximum of lactic acid production to reach the upper limit after the first few seconds of exercise. This mechanism is set by the maximum rate of the glycolytic process..." (BERG et al., 1989)

"... the ability to generate an acid load" (WALSH & MILLIGAN, 1989)

"The term anaerobic capacity, with its components maximal anaerobic power and anaerobic endurance, is defined as the ability to exert short-term maximum workloads under oxygen deficit conditions"(SZÖGY, 1989)

"The maximum anaerobic capacity is the maximum amount of energy yields by anaerobic processes" (CAMUS & THYS, 1991)

Der Terminus "anaerob", isoliert betrachtet, wird als "*Capable of living in the absence of air free oxygen*" in Webster's Dictionary 1977 (In: GREEN et al., 1994, S. 169) beschrieben. Für den Begriff "Kapazität" existieren verschiedene Definitionen: "the amount that can be contained" oder "ability or capability" Concise Dictionary, Oxford, (1983)

"all that can be contained, content or volume" Webster 1977 (In: GREEN et al., 1994 S. 169)

Im Duden wird unter "*anaerob*" "*ohne Sauerstoff lebend*" und unter "*Kapazität*" "*räumliches Fassungsvermögen, Leistungs- od. Fassungsvermögen*" verstanden (DUDEN, 1990).

Im Englischen wird zwischen "anaerobic power" und "anaerobic capacity" deutlich unterschieden. Oftmals werden die Begriffe "power" (Kraft, Energie, Leistung) und "capacity" (Fähigkeit, Leistung) zur Beschreibung von geleisteter Arbeit oder verbrauchter Energie herangezogen. (LANGENSCHIEDT, 1977).

HECK (1990b, S. 33) definierte die Kapazität des Energiestoffwechsels als die Summe aller Energie- bzw. Arbeitsbeträge, die aus chemisch gespeicherter Energie gewonnen werden. Dabei sind die im Muskel selbst und außerhalb des Muskels gelagerten Energieträger zu berücksichtigen. Darunter versteht man die Speicher im Muskel wie ATP, Kreatinphosphat, Fette, Eiweiß und Glykogen und die außerhalb des Muskels wie Leberglykogen und Fette. (HECK, 1990b, S. 33).

Die bisher genannten Definitionen gaben für GREEN et al. (1994) Anlass zur Kritik:

WESTRA et al. (1976), BENNETT et al. (1978) und BERG et al. (1989) gingen nach GREEN et al. (1994, S. 169) nur auf die Laktatproduktion ein und vernachlässigten die anderen an der anaeroben Kapazität beteiligten metabolischen Komponenten. Außerdem sah GREEN et al. (1994) eine unkorrekte Ausdehnung des Begriffes "power" (Kraft, Leistung) durch den Begriff "rate" (Rate), um eine differenzierte physiologische Dimension der "capacity" (Kapazität) zu beschreiben. (GREEN et al., 1994, S. 169)

Der Kritikpunkt lag bei MACKOVA et al. (1985) darin, dass GREEN et al. (1994 S. 169) das "Schlüsselsystem" der Energiefreisetzung bei Bewegungen, die über eine Minute dauern, eher im aeroben als anaeroben Bereich sah.

Bei PATE et al. (1983) stand laut GREEN et al. (1994, S. 169) das Wort "total" im Gegensatz zu dem von ihm forcierten Wort "maximal" und liefert deshalb wenig

Information über die Dauer der Bewegung die benötigt wird, um anaerobe Kapazität hervorzurufen.

Die Definition von MEDBØ et al. (1988) war für GREEN et al. (1994, S. 169) zu sehr jener der "maximalen anaeroben Kapazität" ähnlich. Der Verweis auf die spezifischen Belastungsbedingungen fehlte.

Bei WALSH & MILLIGAN (1989) fehlten laut GREEN et al. (1994, S. 169), ob die Fähigkeit eine "saure Ladung" zu generieren die Leistung oder die Kapazität betraf.

Während CAMUS & THYS (1991) nach GREEN et al. (1994, S. 169) auf die Definition der "maximalen anaeroben Kapazität" eingingen, fand er bei BOUCHARD et al. (1982) keine Information über die Dauer der Belastung.

Bei der Definition von SZÖGY (1989) kritisierten GREEN et al. (1994, S. 169), dass "anaerobic capacity" mit "work output" verwandt ist und in Anbetracht dieser Tatsache es klarer definiert werden könnte, vor allem bezüglich der ATP-Versorgung.

GREEN et al. (1994, S. 173) publizierten eine Definition, die aus der Diskussion und der kritischen Betrachtung der oben genannten Begriffsbestimmungen hervorging.

"Anaerobic capacity is the maximal amount of ATP resynthesised via anaerobic metabolism (by the whole organism) during a specific type of short-duration, maximal exercise." (GREEN, 1994, S.173)

GREEN et al. (1994, S.173) sahen in dieser Definition eine klare Differenzierung zu den beiden anderen mechanischen Pendanten, der "anaerobic work capacity" und dem "anaerobic potential", die nach ihm bei den oben diskutierten Definitionen nicht klar getroffen wurde.

Eine weitere Unterteilung der anaeroben Kapazität nahmen BOUCHARD et al. (1982, S. 179) in die "Short-Term Anaerobic Performance Capacity", die "Intermediate-Term Anaerobic Performance Capacity" und die "Long-Term Anaerobic Performance Capacity" vor. Die „Short-Term Anaerobic Capacity“ bezieht sich auf maximale Belastungen bis zu einer Dauer von 10 Sekunden. Das ATP und das KP sowie die anaerobe Glykolyse dienen als Energie liefernde Substrate.

Maximale Muskelbelastungen von einer Dauer bis zu 30 Sekunden sind der "Intermediate-Term Performance Capacity" zuzuordnen. Hier sind 15% anaerob alaktazid, 70 % anaerob laktazid und 15 % aerob. (BOUCHARD et al.,1982, S. 179)

Die "Long-Term Anaerobic Capacity" umfasst maximale Belastungen von bis zu 90 Sekunden. Die Energie liefernden Prozesse betreffen sowohl den anaeroben als auch den aeroben Muskelstoffwechsel. (BOUCHARD et. al., 1982, S. 179)

AIGNER (1985, S. 535) unterschied bei der "allgemeinen anaeroben Ausdauer", zwischen einer "allgemeinen anaeroben statischen Ausdauer" und einer "allgemeinen anaeroben dynamischen Ausdauer"

Unter der Bezeichnung "allgemeine anaerobe Ausdauer" sind nach AIGNER (1985, S. 535) solche Ausdauerbeanspruchungen großer Muskelmassen zu verstehen, die durch anaerob ablaufende Stoffwechselforgänge leistungsmäßig begrenzt werden.

Eine Beanspruchung auf allgemeine anaerobe statische Ausdauer liegt vor, wenn eine große Muskelmasse in ihrem Leistungsvermögen durch anaerobe Stoffwechselforgänge begrenzt wird bei einer statischen Arbeitsform.

Leistungsbegrenzender Faktor ist vornehmlich die Quantität der anaeroben Energiegewinnung, begrenzt durch zentrale und lokale Ermüdung (mit Transmittererschöpfung). (AIGNER, 1985, S. 535)



Für die absolute Leistung ist die maximale statische Kraft der betreffenden Muskulatur von Bedeutung. Die Beanspruchung auf anaerobe statische Muskelausdauer beginnt bei einer kontinuierlichen Überschreitung einer Beanspruchungsintensität von 15% der maximalen statischen Kraft eine Rolle zu spielen. (AIGNER, 1985, S. 535)

Eine Beanspruchung der "allgemeinen dynamischen Ausdauer" liegt dann vor, wenn große Muskelgruppen dynamisch und anaerob oder dominierend anaerob über eine Zeit von etwa 20 s - 120 s belastet werden. In der Sportlersprache wird sie als "Schnelligkeitsausdauer" oder "Stehvermögen" bezeichnet. Der Bereich unterhalb von 20 s wird der motorischen Hauptbeanspruchungsform "Schnelligkeit" zugeordnet, der oberhalb von 120 s der allgemeinen aeroben Ausdauer. (AIGNER, 1985, S. 513)

Bei der Beanspruchung auf allgemeine anaerobe dynamische Ausdauer unterscheidet AIGNER (1985, S. 513) zwischen den verschiedenen Mechanismen der anaeroben Energiefreisetzung. Eine maximale dynamische Beanspruchung von 10 s Dauer wird etwa zu 85 % allein von den energiereichen Phosphaten abgedeckt. Dann beginnt die anaerobe Glykolyse mit der Laktatbildung eine Rolle zu spielen, die bei etwa 40 sekündiger Belastung den maximalen Laktatspiegel erreichen lässt. Bei WEINECK (2008, S. 147) liegt das Maximum der Glykolyse bei etwa 20 – 30 Sekunden.

MARÈES (2002, S. 346) gibt in seinen Ausführungen an, dass mit dem vorhandenen Kreatinphosphatspeicher maximale Muskelkontraktionen über einen Zeitraum von 5 s – 6 s ausgeführt werden können. Gemeinsam mit dem ATP-Speicher in der Muskulatur, der für 1 s – 2 s ausreicht, ergibt das eine maximale anaerobe Arbeitsdauer von zirka 6 – 8 Sekunden.

HECK (2003, S. 151) sprach sogar davon, dass bei maximalen Belastungen die Leistung nicht einmal in den ersten 5 s rein alaktazid erfolgt, sondern bereits nach einer Sekunde ein steiler Anstieg der Glykolyserate und somit des Laktates zu beobachten ist.

Über 40 s hinausgehende muskuläre Beanspruchungen lassen nach AIGNER (1985) mehr und mehr die oxidative Phosphorylierung und damit den aeroben Stoffwechsel ins Spiel kommen. Eine 60 sekündige Belastung ist dennoch zu 65 - 70% an eine anaerobe Energiefreisetzung gebunden, während erst die 2 minütige Arbeit den prozentualen Gleichstand zwischen aeroben und anaeroben Mechanismen erreichen lässt.

Somit differenzierte AIGNER (1985) die allgemeine anaerobe dynamische Ausdauer in eine Kurz-, Mittel-, und Langzeitausdauer. Wegen der fließenden Übergänge können keine exakten Abgrenzungen vorgenommen werden.

AIGNER (1985) empfahl nach den jeweiligen Energiefreisetzungsmechanismen folgende Einteilung:

"Bis etwa 20 sekündige dynamische Maximalbelastung = allgemeine anaerob dynamische Kurzeitausdauer,  
bis zu 60 sekündiger Belastung = allgemeine anaerobe dynamische Mittelzeitausdauer,  
bis zu 120 sekündiger Belastung = allgemeine anaerobe dynamische Langzeitausdauer."

In den Ausführungen von BOUCHARD et al. (1982) und von AIGNER (1985) ist zu erkennen, dass sich, obwohl beide Autoren eine Einteilung der anaeroben Kapazität nach der anaeroben Energiefreisetzung getroffen haben doch zum Teil erhebliche Unterschiede ergeben. Während bei BOUCHARD et al. (1982) die "Short-Term Performance Capacity" nur 10 s dauert, beträgt Sie bei AIGNER (1985) immerhin das Doppelte, also 20 s. Zu erklären ist dieser Unterschied dadurch, dass BOUCHARD et. al. (1982) exakt den Schnittpunkt, bei dem der Laktat- und der Alaktat-Energiestoffwechsel je 50 % zur Leistung bereitstellen, hernimmt. AIGNER (1985) erwähnt dies zwar in seiner Ausführung, sieht allerdings den Übergang fließender und gab die "anaerobe Kurzeitausdauer mit 20 s an.

Auch bei der "anaeroben Mittelzeitausdauer" liegt AIGNER (1985) mit 60 s doppelt so hoch als BOUCHARD et al. (1982) mit 30 s. AIGNER (1985) geht davon aus, dass bei 60 s maximaler Belastung die Energiebereitstellung zu 65 - 70 % immer noch rein anaerob abläuft. BOUCHARD et al. (1982) betrachtet hier exakt den Bereich der anaeroben laktaziden Energiebereitstellung, die bei 30 s den Höhepunkt erreicht, obwohl, wie er selbst zugibt, zu diesem Zeitpunkt die "laktazide anaerobe Kapazität" noch nicht voll ausgeschöpft ist.

Während AIGNER (1985) das Gleichgewicht zwischen der anaeroben und aeroben Energiebereitstellung bei 120 s angibt, und das als die Grenze für die "allgemeine anaerobe Langzeitausdauer" bezeichnet, liegt diese bei BOUCHARD bereits bei 90 s.

Aus diesen beiden Ausführungen ist zu erkennen, dass die Unterteilung der "anaeroben Kapazität" in eine anaerobe "Kurz-, Mittel- und Langzeitausdauer" aus verschiedenen Gesichtspunkten gesehen werden kann. Während BOUCHARD et al. (1982) exakte Schnittpunkte zur Unterteilung hernahmen, sah AIGNER (1985) die Übergänge fließend und deshalb auch nicht als genau definierbar.

### **3. Struktur und Funktion des kontraktiven Apparates**

#### 3.1. Aufbau des Skelettmuskels

Der Skelettmuskel setzt sich zusammen aus einer Vielzahl von Muskelfasern, die zu Muskelfaserbündeln zusammengefasst sind. Umhüllt ist der Gesamtmuskel von einer bindegewebigen Faszie, die sowohl vor Verletzungen schützt, als auch eine Stützfunktion ausübt.

Die Muskelfasern, die mehrere Zentimeter lang sein können und viele randständige Kerne enthalten, sind identisch mit der Muskelzelle. Die einzelnen Muskelfasern können je nach anatomischer Lage und Funktion bis zu 12-15 cm lang sein und einen Durchmesser von 100-200  $\mu\text{m}$  (Mikrometer) aufweisen. (HECK, 1990b, S 14f) Die Muskelfaser wiederum setzt sich aus Myofibrillen zusammen, die von Sarkoplasma inklusive Mitochondrien und anderen subzellulären Strukturen umgeben sind.

Die Myofibrillen ihrerseits werden schließlich aus den kontraktiven Filamenten Aktin und Myosin gebildet. Sie erreichen eine Länge von ca. 35-40  $\mu\text{m}$  und einen Durchmesser von 1-2 $\mu\text{m}$ . Sechs dünne Myofilamente korrespondieren mit jeweils einem dicken Myosinfilament. (HECK, 1990b, S 14f)

Zwischen 2 Z-Scheiben liegt die kleinste funktionelle Einheit der Myofibrille, das Sarkomer. Es hat eine Länge von 2  $\mu\text{m}$  und kann sich bei Kontraktion auf die Hälfte verkürzen (1  $\mu\text{m}$ ), bei Dehnung auf 2,5  $\mu\text{m}$  verlängern. (WEINECK, 2008, S 140)

Nach BUDDECKE (1971, S. 389) bildet die Muskelzelle die kleinste Einheit des Muskels, die vom Sarkolem (Zellmembran) umgeben ist. Die selektive Permeabilität für organische Substanzen und Elektrolyte, ihre Fähigkeit zur Assoziation mit anderen Zellen weisen die spezialisierte biologische Struktur der Muskelzelle aus. Die mit dem aktiven Transport gekoppelten Vorgänge (z. B. Natrium - Kalium Pumpe in der Repolarisationsphase des Sarkolems nach Abklingen eines Aktionspotentials) sind in den Zellmembranen lokalisiert (BUDDECKE, 1971, S 389).

Im Sarkoplasma (Zytoplasma) - eine elektrolyt- und proteinhaltige Flüssigkeit – finden die anaerobe Energiegewinnung (Glykolyse), die Glykogensynthese, der Glykogenabbau sowie die Fettsäuresynthese statt. Im Zytoplasma befinden sich auch die verschiedenen Energiespeicher, wie z. B. Glykogenschollen und Fettröpfchen. (WEINECK, 2008, S. 139)

WEINECK (2008, S. 139) erwähnt weiters das endoplasmatische Retikulum, das sein Äquivalent im sarkoplasmatischen Retikulum der Muskelzelle hat. Es erstreckt sich von der Zellmembran ausgehend über das gesamte Zytoplasma und stellt ein intrazelluläres Transportsystem dar, das teilweise von kugelförmigen Partikeln, den Ribosomen, besetzt ist. Endoplasmatisches Retikulum und Ribosomen bilden u. a. den Ort der Proteinsynthese. In der Muskelzelle spielt das sarkoplasmatische Retikulum bei der Erregungsübertragung von der Oberfläche zum kontraktilem Fibrillenapparat eine wichtige Rolle.

Der Zellkern enthält laut WEINECK (2008, S. 138) das genetische Material und besitzt die Fähigkeit zur identischen Kopie (Muster für die Eiweißsynthese). Zusammen mit den Ribosomen kommt ihm bei der Eiweißsynthese große Bedeutung zu. Beide ermöglichen durch die Vermehrung der Eiweißstrukturen z. B. die Größenzunahme (Hypertrophie) der Muskelzelle während des Wachstums bzw. bei körperlichem Training.

Die Mitochondrien (WEINECK, 2008, S. 140) werden als die "Kraftwerke" der Zelle bezeichnet, weil in ihnen die oxydative Verbrennung der energiereichen Substrate stattfindet. In ihnen befinden sich auch die Enzyme des Zitratzyklus und der Atmungskette und es erfolgt die oxydative Phosphorylierung und Energiegewinnung.

Nach HECK (1990b, S.14f) enthält die Muskelzelle ungefähr 75% Wasser und 20% Proteine, der Rest verteilt sich auf Glykogen, Triglyceride, Myoglobin, energiereiche Phosphate wie ATP und Phosphorkreatin, sowie auf die Elektrolyte Kalium, Calcium, Magnesium und verschiedene Spurenelemente.

Das Muskelprotein besteht gemäß HECK (1990b, S. 14f) zu 40-50% aus den Myofilamenten Aktin und Myosin, der Anteil der Myofilamente überwiegt allerdings in großem Ausmaß. Die Enzyme des Cytosols und der Mitochondrien machen 40% der Muskelproteine aus. Deren prozentuale Verteilung in den verschiedenen Muskelfasern kann aufgrund geschlechtsspezifischer Unterschiede variieren und ist durch Training beeinflussbar.

### 3. 2. Muskelfasertypen

Eine weitere Besonderheit der Muskelzelle oder auch Muskelfaser ist die Existenz verschiedener Fasertypen.

Grundsätzlich unterscheidet man laut WEINECK (2008, S.140) zwei Haupttypen von Muskelfasern:

1. Fast Twitch Faser (in der Folge immer als FT-Faser bezeichnet; fast twitch = schnell zuckende Faser; weiße (helle) oder die "schnelle" Faser). Sie ist vor allem bei schnellkräftigen und intensiven Muskelbeanspruchungen in Aktion.
2. Slow Twitch Faser (in der Folge immer als ST- Faser bezeichnet slow twitch = langsam zuckende Faser rote, dünne, oder die "langsame" Faser) Dieser Fasertyp wird bei Muskularbeit geringerer Intensität beansprucht.

Im Laufe der Zeit hat sich herausgestellt, dass für die heutige hochgradig differenzierte Betrachtung der Auswirkungen des Trainings auf die verschiedenen Muskelfasertypen diese einfache Darstellung nicht mehr ausreicht. WEICKER & STROBEL (1994) und auch WEINECK (2008, S. 142) haben festgestellt, dass sich zur genauen Beurteilung der unterschiedlichen Trainingswirkungen eine weitere Unterteilung dieser zwei Muskelfasertypen - besonders der schnell zuckenden FT-Fasern - als notwendig erwiesen hat. Daher unterscheidet man sowohl nach WEICKER & STROBEL (1994) als auch nach WEINECK (2008, S. 142) vier verschiedene Typen des menschlichen Skelettmuskels:

1. Die bereits erwähnten ST-Fasern, die auch als Typ I-Fasern bezeichnet werden. Bei WEICKER & STROBEL (1994) folgen drei verschiedene Muskelfasertypen bzw. Subkategorien der oben beschriebenen FT-Fasern, die auch Typ-II-Fasern genannt werden, nämlich die
2. glykolytisch – oxidative Typ IIa-Fasern, oder FTO - Fasern
3. glykolytische Typ IIb-Fasern und
4. embryonale Typ IIc-Fasern, sind bei Erwachsenen nur mit etwa 2 % vertreten.  
(WEICKER&STROBEL 1994)

WEINECK (2008, S. 142) gibt bereits eine neuere Unterteilung der FT-Fasern an:

IIx – Fasern (früher als IIb Fasern bezeichnet)

IIa – Fasern und

IIc – Fasern, als intermediäre Fasern bezeichnet.

In Abb. 1, Abb. 2 und Abb. 3 zeigen die Fasertypen nach WEINECK (2008, S. 143 u. 144) sowohl die unterschiedliche Morphologie, als auch die verschiedenartige Funktionalität. Abb. 3 zeigt die wesentlichen morphologischen und funktionellen Unterschiede der verschiedenen FT- bzw. Typ II-Fasern. Abb. 1 und Abb. 2 zeigen, dass die Hauptunterschiede für bereits erwähnte morphologische und funktionelle Verschiedenheit so genannte schwere und leichte Ketten verantwortlich sind. Je nach Kettenkombination ergeben sich die verschiedenen Typ II-Fasertypen.

Die unterschiedliche funktionelle Beanspruchung der einzelnen Fasertypen weist nach WEINECK (2008, S. 142) auch Differenzen im Stoffwechsel auf: in den FT-Fasern sind vor allem die energiereichen Phosphate und Glykogen und die entsprechenden Enzyme der anaeroben Energiegewinnung gespeichert. Die ST-Fasern hingegen zeichnen sich einerseits auch durch Glykogenreichtum aus, andererseits sind in ihnen vor allem die Enzyme des aeroben Stoffwechsels enthalten: Im Gegensatz zu den FT-Fasern ist in den ST-Fasern das Verhältnis Zytoplasma zu Mitochondrien zugunsten der Mitochondrien verschoben. Höhere Aktivitäten der Enzyme des Zitratzyklus und des Abbaus an freien Fettsäuren, dagegen niedrigere der glykolytischen Enzyme sind hier daher anzutreffen.

Ein weiterer Unterschied zwischen den ST- und den FT-Fasern ergibt sich laut WEINECK (2008, S. 142) durch ihre verschiedenartige Innervation. Die ST-Fasern werden über langsam leitende Neuriten von kleinen Alpha-Motoneuronen des Rückenmarks innerviert. Das kontinuierliche Impulsmuster ist wichtig für die ständige stützmotorische Aktivität. Die FT-Fasern versorgen schnell leitende Neuriten - große Alpha-Motoneuronen. Sie sind durch ein diskontinuierliches Impulsmuster - typisch für die zielmotorische Aktivität - charakterisiert.

WEINECK (2008, S. 145) gibt an, dass im Großteil der Bevölkerung die Prozentsätze zirka gleich verteilt sind. Es gibt jedoch auch Einzelfälle wo die genetische Verteilung 90:10 oder 10:90 betragen kann.

Man spricht davon, dass diese Personen einseitig begünstigt sind. Beim "geborenen" Sprinter überwiegen die FT-Fasern, beim "geborenen" Ausdauerleister (Marathonläufer) die ST-Fasern.

Struktur eines Myosin-Moleküls (Abb. 1):

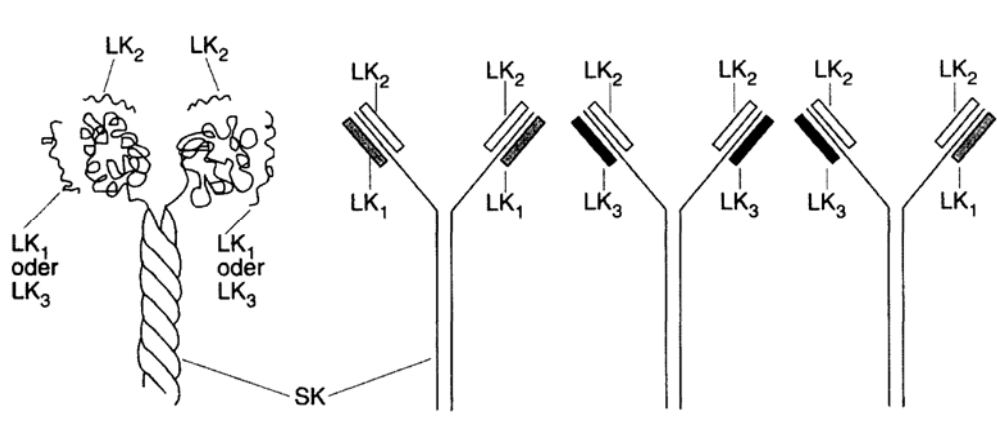


Abb. 1 Modell der Struktur eines Myosin-Moleküls (es ist zusammen mit dem Aktin für die Kontraktionsvorgänge zuständig) (links) und die drei Kombinationsmöglichkeiten von schnellen leichten Ketten (LK1, LK2, LK3 vom Typ II = schnell-zuckende Muskelfaser) am Kopfteil eines schnellen Typ II b-Moleküls, SK = schwere Ketten (sie machen den entscheidenden Unterschied zwischen den Typ I- und Typ II-Fasern aus (verändert nach TIDOW/WIEMANN, 1993, S.94 In WEINECK, 2008, S. 144).

Fasertypen nach schweren und leichten Ketten (Abb.2):

Fasertypen	I	⇌	II C	⇌	II A	⇌	II X
Myosin	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Langsame Faser (S, s)</div> <div style="flex-grow: 1; border: 1px solid black; background: linear-gradient(to right, white 49%, black 49% 51%, white 51%);"></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Schnelle Faser (F, f)</div> </div>						
Schwere Ketten (M 200.000)	S		S + F <sub>A</sub>		F <sub>A</sub>		F <sub>X</sub>
Leichte Ketten (M 14.600 – 23.900)	s <sub>1</sub> + s <sub>2</sub> (f <sub>1</sub> ) (f <sub>1</sub> + f <sub>3</sub> ) (f <sub>1</sub> + f <sub>2</sub> + f <sub>3</sub> )		s <sub>1</sub> + s <sub>2</sub> (f <sub>1</sub> + f <sub>2</sub> + f <sub>3</sub> )		(f <sub>1</sub> + f <sub>2</sub> + f <sub>3</sub> )		(f <sub>1</sub> + f <sub>2</sub> + f <sub>3</sub> )

Abb. 2 Typ I (=ST)-Fasern und Typ II (=FT)-Fasertypen und ihr Besatz an schweren und leichten Ketten  
M = Molekulargewicht (verändert nach HOWALD, 1982, S. 2, In: WEINECK 2008, S. 144)



### Muskelfasertypen (Abb.3):

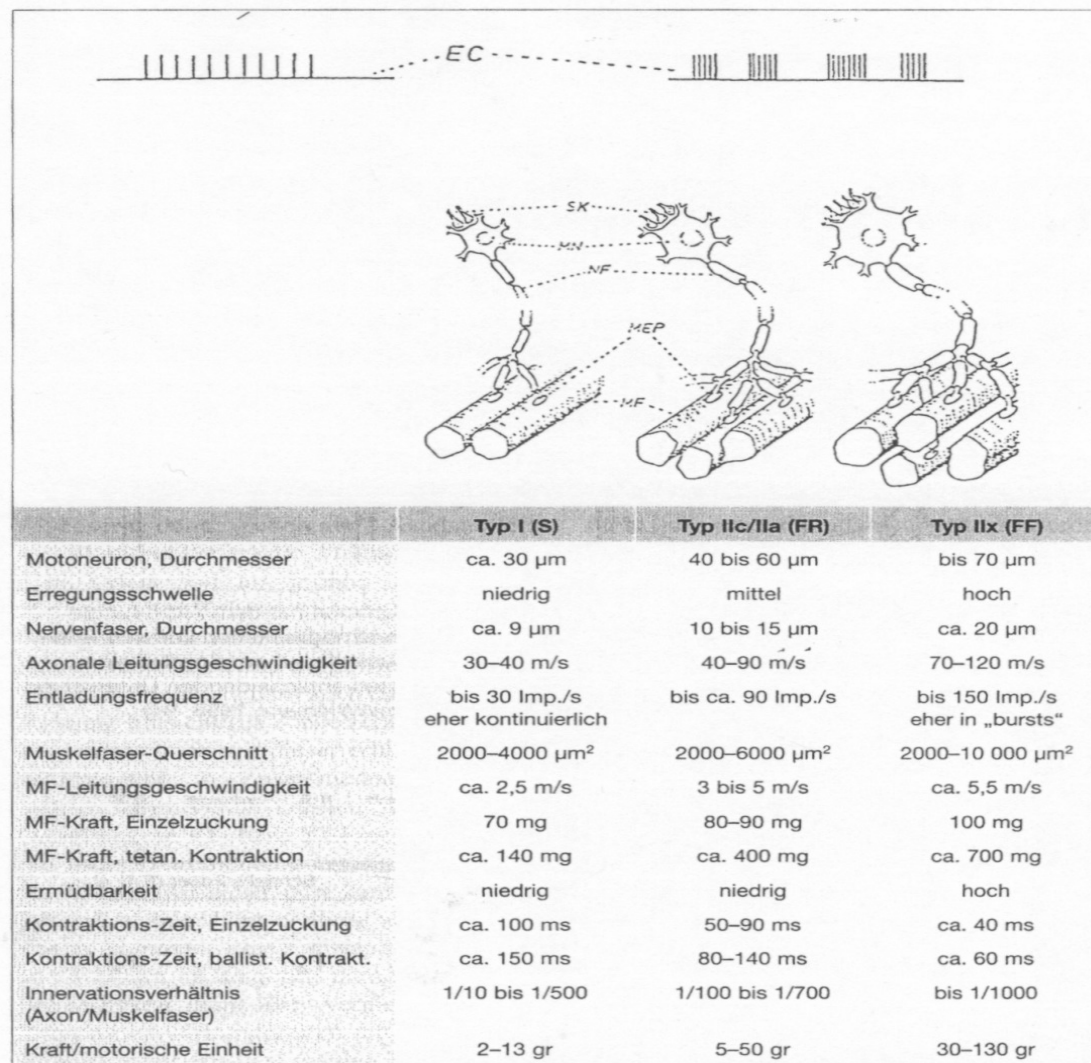


Abb. 3. Schematische Darstellung unterschiedlicher motorischer Einheiten sowie tabellarische Zusammenfassung relevanter morphologischer und funktioneller Parameter (Angenäherte Durchschnittswerte). EC Entladungsschwelle. MEP motorische Endplatte, MF Muskelfaser, MN Motoneuronen. NF Nervenfasern (AXON). SK Synaptische Kontakte (TIDOW/WIEMANN, 1993, S. 14 In: WEINECK, 2008 S. 143)

Nach WEINECK (2008, S. 145) ist anzunehmen, dass die genetische Faserverteilung auch mit der unbewussten Neigung hinsichtlich Schnellkraft- bzw. Ausdauerdisziplinen in Zusammenhang gebracht werden kann. Training kann die ererbte Verteilung an FT- bzw. ST-Fasern nicht oder nur unter Extrembedingungen verändern. HOWALD et al. (1989, S. 12) berichten im Spitzen-Ausdauersport von einer Umwandlung von FT- in ST-Fasern. Eine Umwandlung von ST- in FT-Fasern scheint nach WEINECK (2008, S. 145) hingegen als unmöglich. Als Grund führt er an, dass das Training der Schnelligkeit nicht über vergleichbar lange

Einwirkungszeiten mit verändertem Impulsmuster verfügt wie das der Ausdauer. Wird das Ausdauertraining beendet, kehrt die vorübergehend umgewandelte Muskelfaser zu ihrem ursprünglichen Fasertyp zurück. Die Umwandelbarkeit der Fasern wird im nächsten Kapitel noch weiter diskutiert.

In Tab. 1. werden zusammenfassend noch einmal die Eigenschaften der einzelnen Muskelfasern nach BADTKE (1999, S 27) gegenübergestellt

Tabelle 1: Gegenüberstellung Muskelfasertypen

<b>ST- Muskelfasern</b>	<b>FT-Muskelfasern</b>	
	<b>FTO</b>	<b>FTG</b>
ST	FTO	FTG
Langsam kontrahierend	Schnell kontrahierend	Sehr schnell kontrahierend
Kontraktionsdauer 75 ms	30 ms	20 ms
Wenig Kraft pro Kontraktion	Mehr Kraft pro Kontraktion	Sehr große Kraft
Zugspannungsfaktor 1	Faktor 4	Faktor 12
Ermüdungsresistent	Ermüdbar	Schnell ermüdbar
Kleine Motoneurone	Große Motoneurone	Große Motoneurone
Kleine mot. Endplatten	Größere	Große
Sehr viele Mitochondrien	Viele	Wenig
Sehr viel Myoglobin	Mäßig viel	Wenig
Sehr viel Kapillaren	Viele	Wenig
Wenig Phosphagene	Viele	Sehr viele
Myosin ATPase Aktivität gering	Hoch	Sehr hoch
Viel Fett weniger KH gespeichert	Viel KH gespeichert	Viel KH gespeichert
Mit hochaktiven Enzymen des aeroben Fett- und KH-Stoffwechsels ausgestattet	Mit Enzymen des aeroben und anaeroben Stoffwechsels versehen	Dominanz von Enzymen des anaeroben Stoffwechsels
Querschnitt 3100 bis 5000 m <sup>2</sup>	4400 bis 5900 m <sup>2</sup>	3500 bis 5300 m <sup>2</sup>

Tab.1.: Wesentliche Merkmale der einzelnen Muskelfasertypen (BADTKE, 1999, S.27)

### 3.2.1. Umwandelbarkeit der Fasertypen

Ob Fasertypen umwandelbar sind, hat in der Wissenschaft schon seit längerer Zeit zu verschiedenen Diskussionen geführt.

MARTIN & COE (1995) gaben an, dass eine Änderung der relativen Anzahl der Typ IIb (heute IIx) und Typ IIa Fasern möglich ist. Kontinuierliche submaximale Trainingsreize können demnach eine größere oxidative Kapazität der arbeitenden Muskulatur bewirken. Typ IIb- Fasern können somit die Merkmale von Typ IIa-Fasern annehmen. Die anaeroben Aspekte der Zellfunktion werden aufrechterhalten, es erfolgt jedoch eine Verbesserung der aeroben Aspekte.

BADTKE (1999) sieht den FT-Fasertyp als vorgegeben. Seiner Auffassung nach können je nach motorischer Anforderung an die FT-Faser sich die Stoffwechselprozesse mehr in die aerobe oder in die anaerobe Richtung verschieben.

HECK (1990b) hielt die Veränderbarkeit der Muskelfaser grundsätzlich ebenfalls für kaum möglich. Am wahrscheinlichsten ist für ihn noch eine durch Training bedingte Umwandelbarkeit beim Intermediärtyp. Er gab an, dass durch spezifische Beanspruchung eine schnelle Faser eher noch in eine Langsame umgewandelt werden kann, als umgekehrt.

PETTE (1999), zeigte in seiner Publikation vor allem zwei Klassifizierungsmethoden auf. Für BARNARD et al. (In: PETTE 1999) war der einfache Nachweis der ATPase zur Unterscheidung von schnellen (Fast Twitch) und langsamen (Slow Twitch) Fasern entscheidend. Mit Hilfe von Färbeprofilen von Bezugsenzymen des aerob-oxidativen Stoffwechsels stellte er drei metabolische Typen fest, nämlich G(glycolytic), OG (oxidativ-glycolitic) und O (oxidativ). Daraus ergaben sich für ihn die drei Fasertypen, FG(fast-twitch glycolytic), FOG (fast twitch oxidative-glycolytic) und SO (slow-twitch oxidative).

PETTE (1999) führte auch noch ein anderes Verfahren an, das zur Typisierung der Muskelfasern dienen sollte. Dieses bestand aus einem verfeinerten histochemischen Aktivitätsnachweis der ATPase der schweren Myosinkette bzw.

ihrer Isoformen. In der ersten Phase kam es nur zu einer Unterscheidung eines langsamen Fasertyps (TypI) und zwei schneller Fasertypen (TypIIa u. TypIIb). Nach PETTE (1999) gelang es in der Folge auch noch einen dritten schnellen Fasertypen (TypIId oder TypIIx) zu unterscheiden. Bei den drei schnellen Fasertypen (TypIIa, TypIIb u. TypIId) wurden verschiedene Isoformen der schweren Myosinkette (Myosin Heavy Chain = MHC) festgestellt, TypIIa-Fasern enthalten MHCIIa, TypIIb-Fasern MHCIIb und TypIId-Fasern MHCIIId. Der Unterschied dieser Isoformen der schweren Myosinkette bestand in ihrer ATPase Aktivität. Folgende Reihenfolge wurde für die Abnahme der ATPase Aktivität erstellt: TypIIb > TypIId > TypIIa > TypI.

GALLER (In. PETTE 1999) war der Ansicht, dass auch eine Kombination dieser Isoformen möglich ist. Folgende Kombinationen sind bekannt:

- Kombination TypIIa mit TypI = TypIIc-Fasern
- Kombination TypIIa mit TypIId = TypIIad-Fasern
- Kombination TypIIb mit TypIId = TypIIbd-Fasern

In PETTE (1999) ist zu finden, dass es auch Anzeichen dafür gibt, dass auch die Typ I-Fasern Subtypen aufweisen.

Ein an Kaninchen durchgeführtes Experiment, bei dem eine Dehnungsaktivierung durchgeführt wurde, zeigte eine neue Isoform der schweren Myosinkette. Diese Isoform zeichnete sich dadurch aus, dass sie langsamere Kraft erzeugende Schläge durchführte, als die bereits bekannte Isoform der Typ I-Faser. Die neue Form wurde als Typ Ia-Faser, die bereits bekannte als Typ Iβ-Faser bezeichnet.

Für PETTE (1999) waren die verschiedenen Strukturvarianten der myofibrillären Proteine eine wesentliche molekulare Ursache für die Vielfalt der Muskelleistungen.

PETTE (1999) gab weiters an, dass Muskelfasern sehr wohl ihre phänotypische Eigenschaften verändern. Verschiedene Faktoren, wie die Änderungen des neuronalen Impulsmusters, die kontraktile Aktivität, die mechanische Belastung oder Entlastung oder bestimmte Hormone sind dafür verantwortlich.

„Terminal differenzierte Muskelfasern sind keine starr fixierten, sondern dynamische Elemente mit der Fähigkeit, ihre Eigenschaften an veränderte Bedürfnisse anzupassen“. (Zitat: PETTE 1999, S. 262)

PETTE (1999, S. 262) trat dafür ein, dass Muskelfasern über ein großes adaptatives Potential verfügen. Demnach führte der Einfluss verschiedener äußerer Faktoren zu einer Veränderung der Muskelfasern indem sie das Expressionsmuster ihrer Proteinisoformen anpassen Muskelfasern sind also in der Lage ihren Phänotyp zu ändern, um sich den Erfordernissen längerfristig veränderter Funktionen anzupassen (PETTE, 1999).

Für PETTE (1999) bewies das Kreuzinnervationsexperiment von BULLER & ECCLES (In: PETTE 1999), dass es möglich ist schnelle Fasern in langsamere und umgekehrt umzuwandeln. Dabei nimmt die Innervation einen entscheidenden Einfluss auf den Muskelfasertyp. Begründet ist der Einfluss der Innervation auf das motoneuronspezifische Impulsmuster. Eine gesteigerte neuromuskuläre Aktivität unterstützt somit den Übergang von schnelleren in langsamere Fasertypen; eine verminderte neuromuskuläre Aktivität begünstigt demnach die Übergänge in die entgegengesetzte Richtung.

Nach PETTE (1999, S.269) hat die Umwandelbarkeit von Muskelfasertypen seither viele Wissenschaftler beschäftigt. Viele Untersuchungen haben gezeigt, dass die ständig nieder frequente Stimulation (CNS) schnelle Fasern in langsame Fasern umwandelt. In welchem Ausmaß dieser Prozess stattfindet ist von der Dosis und vor allem von der Zeit abhängig. Die tägliche Stimulationszeit und die Gesamtdauer der Stimulation sind dabei ausschlaggebend. Die Untersuchungen haben PETTE (1999, S. 269) zur Folge auch gezeigt, dass es nach Beendigung der Stimulation, dadurch dass die Muskeln nur durch das von ihrem Nerv übermittelte Impulsmuster innerviert werden, wieder zu rückläufigen Veränderungen kommt.

Das Ausmaß des adaptiven Potentials einer Muskelfaser hängt laut PETTE (1999, S. 269) davon ab, in welcher Position des Spektrums der Fasertypen es sich befindet. Exogene Faktoren bestimmen, in welche Richtung die Faserumwandlung

erfolgt. Die Umwandlung von schnellen in langsame Fasern ist die Folge von erhöhter, die Umwandlung von langsamen in schnelle Fasern die Folge von reduzierter neuromuskulärer Aktivität.

### 3.3. Gleitfilamenttheorie

Nach WEINECK (2008, S. 140) setzt sich der Skelettmuskel aus einer Vielzahl von Muskelfasern zusammen. Die Muskelfaser wiederum besteht aus Myofibrillen und ist von Sarkoplasma und Mitochondrien inklusive anderer subzellulärer Strukturen umgeben. Die Myofibrillen bilden schließlich die kontraktile Filamente Aktin und Myosin.

Laut STEGEMANN (1991, S. 19f) basiert die Kontraktion des Muskels darauf, dass sich Aktin- und Myosinfilamente teleskopartig zusammenschieben, ohne dass sich dabei ihre Länge verändert. Das Sarkomer insgesamt, also die Struktur zwischen den Z- Streifen, wird dadurch verkürzt. Die Änderung der Länge eines einzigen Sarkomers ist sehr gering. In einer Myofibrille ist jedoch eine große Anzahl von Sarkomeren hintereinander geschaltet. Dadurch addieren sich die Längenveränderungen der einzelnen Sarkomere. Auch bei äußerer Dehnung des Muskels wird die Länge der einzelnen Filamente nicht verändert. Im Gegensatz zu ihrem Kontraktionsverhalten werden sie nur passiv auseinander gezogen.

Nach STEGEMANN (1991, S. 19f) ist der Mechanismus, wie das Ineinanderschieben der Filamente funktioniert, weitgehend aufgeklärt. Ein Myosinfilament setzt sich aus etwa 150 Molekülen zusammen. Jedes Molekül ist ein etwa 140 nm (Nanometer) langes und 2 nm dickes stabförmiges Gebilde. An dessen Ende sitzen jeweils zwei etwa 10 - 20 nm lange Köpfchen. Die Köpfchen sind bipolar angeordnet. Kontrahiert das Sarkomer lagern sich die Köpfe der Myosinfilamente an das benachbarte Aktinfilament an und bilden Querbrücken. Dabei reagiert das Aktin chemisch mit dem Myosin und bildet den Aktomyosinkomplex. Die Köpfe kippen dabei und ziehen gemeinsam die Aktinfilamente zur Mitte des Sarkomers.

WEINECK (2008, S. 140) gibt an, dass sich die Köpfe des Myosinmoleküls auf Nervensignale an die Aktinfilamente binden und dabei den Brennstoff ATP spalten. Dabei klappen sie in eine 45° Stellung um. Sie ziehen die Aktinfilamente an sich vorbei. Diese Phase wird elektromechanische Koppelung genannt, weil dabei chemische Energie in mechanische umgewandelt wird.

Nach STEGEMANN (1991, S. 19f) wird mit einer einmaligen Kippbewegung der Köpfe das Sarkomer etwa um 1% verkürzt. Es kann sich jedoch um bis zu 50% seiner Ausgangslänge zusammenziehen. Man kann also davon ausgehen, dass die Köpfe einen Greif-Loslass-Zyklus durchführen. Dieser Greif-Loslass-Zyklus arbeitet in einer Frequenz zwischen 5 und 50 Hz. Erschlafft der Muskel, so lösen sich die Myosinköpfchen vom Aktinfilament ab. Die beiden Filamente können vom Antagonisten mit geringer Kraft auseinander gezogen werden.

Bei isometrischer Kontraktion werden nach STEGEMANN (1991, S. 19f) vor allem die elastischen Querbrücken gedehnt. Die Erzeugung und Aufrechterhaltung der Spannung ist auch hier auf den Greif-Loslass-Mechanismus unter Energieverbrauch zurückzuführen.

Voraussetzung für das Anlegen der Myosinköpfchen an das Aktin ist laut STEGEMANN (1991, S. 19f) die „Einschaltung“ des Systems durch  $\text{Ca}^{2+}$ -Ionen (Kaliumionen). Die Aktinmoleküle stellen vereinfacht eine doppelte Perlenkette dar, die gegenseitig leicht verdrillt ist. Zwischen diesen Ketten laufen Fäden aus Tropomyosin, die jeweils an Troponinmolekülen angehängt sind. In Ruhe, also ohne  $\text{Ca}^{2+}$  Aktivierung, verhindern diese Tropomyosinfäden den Kontakt der Myosinköpfchen mit dem Aktin. Die  $\text{Ca}^{2+}$  Ionen verändern nun die Form des Troponinmoleküls dahingehend, dass der Tropomyosinfaden tiefer in die Längsrinne der Doppelkette gleitet. Dabei gibt er den Aktin-Myosin-Kontakt frei, so dass sich jetzt Aktomyosin bilden kann. (STEGEMANN, 1991, S. 19ff)

### 3.4. Erregung der Muskelfaser

Der Mechanismus, der die Erregung der Muskelfaser auslöst befindet sich nach STEGEMANN (1991, S 23f) an der Membran, dem so genannten Sarkolem, die das Sarkoplasma von der Außenflüssigkeit abgrenzt. Dabei handelt es sich um eine selektiv permeable Membran, das heißt, sie ist nicht für alle Ionen gleichmäßig durchlässig.

Unter normalen Bedingungen wird jede Kontraktion des Skelettmuskels durch eine Erregung eingeleitet. Diese Erregung wird laut STEGEMANN (1991 S. 23f) an der Skelettmuskelfaser durch den von der motorischen Endplatte ausgeschütteten Überträgerstoff (Transmitter) Azetylcholin ausgelöst. Die motorische Endplatte gehört zu den cholinergen Synapsen und stellt die funktionelle Verbindung zwischen Neuron und Skelettmuskelfaser dar. Für die Steigerung der Permeabilität für  $\text{Na}^+$  (Natriumionen) an der Zellmembran ist das Gewebshormon Azetylcholin verantwortlich. Die Muskelfaser selbst enthält das Enzym Cholinesterase. Es ist in der Muskelfaser enthalten und spaltet in kurzer Zeit das Azetylcholin in die beiden biologisch unwirksamen Produkte Cholin und Essigsäure.

Gemäß STEGEMANN (1991, S. 23f) gehört die Muskelfasermembran zu den Strukturen, die der Alles-oder-nichts-Regel folgen, da nur dann eine fortgeleitete und gleichzeitig maximale Erregung ausgelöst wird, wenn das Membranpotential einen Schwellenwert überschritten hat. Die Azetylcholinkonzentration ist von der gebildeten Menge/Zeit und von der abgebauten Menge/Zeit abhängig. Das Membranpotential der Skelettmuskelfaser beträgt in Ruhe etwa -80 bis -90 mV. Die Membran wird durch die Wirkung des Azetylcholins umso stärker depolarisiert, je größer die Azetylcholinkonzentration ist. Diesen Zustand bezeichnet man als die lokale Antwort. Wenn der Einstrom von  $\text{Na}^+$  Ionen so groß ist, dass das Membranpotential auf mehr als -60mV ansteigt, ist eine fortgeleitete Erregung die Folge. Die Erregungsschwelle breitet sich von ihrem Entstehungspunkt, also der Endplatte, in beiden Richtungen zu den Muskelenden hin aus. Die Geschwindigkeit beträgt dabei etwa 1 m/s. Etwa 1/1000 s nach der Depolarisation nimmt die Permeabilität ab. Die Membran wird repolarisiert, so dass sie für einen neuen Reiz empfänglich wird.



### 3.5. Elektromechanische Koppelung

Die elektromechanische Koppelung wurde schon nach WEINECK (2008, S. 140) bei der Gleitfilmtheorie kurz beschrieben. STEGEMANN (1991, S. 24f) beschrieb sie in seiner Ausführung weit genauer. Nach ihm bilden die beiden Muskelproteine, Aktin und Myosin, nur dann den Komplex Aktomyosin, wenn gleichzeitig freie Kaliumionen in einer Konzentration von  $10^{-7}$  mol/l (Millimol pro Liter) im Sarkoplasma vorhanden sind. Das ist die Voraussetzung damit das Troponinmolekül geschaltet werden kann. Im ruhenden Muskel befindet sich das  $Ca^{2+}$  aber nur in intrasarkoplasmatischen, membranbegrenzten Hohlräumen. Das sind längs verlaufende Schläuche, die die Myofibrillen umgeben und in bestimmten Abständen Querverbindungen aufweisen. Diese Schläuche werden das Longitudinal-(L)-System genannt. Die erweiterten Querverbindungen bezeichnet man als terminale Zisternen. Das L-System und die terminalen Zisternen enthalten also in Ruhe die  $Ca^{2+}$  Ionen. Das Sarkoplasma ist gleichzeitig weitgehend frei davon.

Außerdem ist nach STEGEMANN (1991, S. 24f) auch noch das Transversal-(T)-System vorhanden. Die T-Tubuli sind Einstülpungen der äußeren Zellmembran. Vom L-System sind sie durch eine Membran getrennt. Ihre Aufgabe ist es das Aktionspotential in die Tiefe zu leiten, damit dieses an den Membranen des L-Systems wirksam werden kann. Im Bereich der terminalen Zisternen – sie sind in besonders engem Kontakt mit dem T-System - wird bei jedem Aktionspotential eine bestimmte Mikromenge an  $Ca^{2+}$  Ionen in das Sarkoplasma abgegeben, um das Troponin zu schalten. Für den Rücktransport in das L-System sorgt eine vom Stoffwechsel angetriebene  $Ca^{2+}$  Pumpe.

Nach STEGEMANN (1991, S.24f) wird eine Kontraktion der Muskelfaser beim Skelettmuskel durch die motorische Endplatte ausgelöst. Die Endplatte ist gewöhnlich in der Mitte der Muskelfaser positioniert. Findet nun eine Erregung der Endplatte statt und wird dadurch eine fortgeleitete Erregung ausgelöst, so breiten sich zwei Erregungswellen von der Muskelmitte zu den Muskelenden hin aus. Die T-Tubuli leiten die Erregung weiter in die Tiefe. Das Ergebnis der Erregungswelle ist eine darauf folgende Kontraktion des innervierten Bereiches. Der Auslöser dabei ist die freigesetzte Mikromenge  $Ca^{2+}$  aus dem L-System.

Die Kraftentwicklung oder die Verkürzung der Skelettmuskelfaser wird gemäß STEGEMANN (1991, S. 24f) durch die Frequenz der Aktionspotentiale gesteuert. Sie wird auch als Aktionsstromfrequenz bezeichnet. Wie hoch die Konzentration des  $\text{Ca}^{2+}$  im Sarkoplasma ist und somit auch wie viele Querbrücken "eingeschaltet" werden, hängt von der Differenz des  $\text{Ca}^{2+}$  Einstroms aus den terminalen Zisternen und dem Rücktransport der  $\text{Ca}^{2+}$  Ionen durch die  $\text{Ca}^{2+}$  Pumpe ab. Einzelne Aktionspotentiale lösen "Zuckungen" der Muskelfaser aus. Wenn die Aktionspotentiale so dicht hintereinander folgen, dass die Zuckung, die durch das vorhergehende Aktionspotential ausgelöst wurde noch nicht abgelaufen ist, so entsteht eine Superposition, das heißt es werden mehrere Kontraktionen auf einander gesetzt. Wird ein Wert der Aktionsstromfrequenz von etwa 20 Impulsen pro Sekunde überschritten, ist eine fließende Kontraktion die Folge, die als Muskeltetanus bezeichnet wird. Bei schnellen (phasischen) Muskelfasern kann die Aktionsstromfrequenz auf über 100/s ansteigen und somit die Kontraktionskraft oder -verkürzung einzelner Muskelfasern regulieren. (STEGEMANN, 1991, S. 24f)

#### 4. Energiebereitstellung

Nach KEUL et al. (1969) ist die körperliche Arbeit mit Kontraktionsvorgängen des Muskels verbunden und braucht dazu Energie. Wie die meisten höher organisierten Lebewesen ist auch der menschliche Organismus in der Lage, die erforderliche Energie sowohl auf aeroben als auch anaeroben Wegen bereitzustellen. Die energiereichen Phosphate, die Glykolyse und die Oxydation dienen dazu, die Kontraktionsarbeit des Skelettmuskels zu gewährleisten. Der Anteil der oxydativen und anoxydativen Vorgänge an der gesamten Energiebereitstellung ist von der Art, der Intensität und der Dauer einer körperlichen Belastung abhängig. Eine Muskelarbeit kann auch über mehrere Stunden aufrechterhalten werden. Dies ist dann der Fall, wenn der oxydative Abbau von Kohlenhydraten und Fetten der Spaltungsrate von ATP entspricht. (KEUL et al. 1969).

HERMANSEN (1969) stellte fest, dass bei kurzdauernden, intensiven Belastungen die ATP Spaltung durch Resynthese durch die Oxydation übertroffen wird. Der Bedarf an Energie ist größer als die aerobe Leistungsfähigkeit. Um diese Belastungen aufrechterhalten zu können, muss die vom energetischen Standpunkt weitaus weniger effektive Glykolyse als zusätzliche Energiequelle herangezogen werden. Das Ergebnis ist eine Akkumulation von Laktat als Endprodukt der Glykolyse und führt zu einer Erhöhung der intra- und extrazellulären Wasserstoffionen-Konzentration. Kurzdauernde, schwere körperliche Belastungen führen deshalb auch zum stärksten Ausmaß der metabolischen Azidose. Bei kurzen nur einige Sekunden dauernden Belastungen reicht die Konzentration der energiereichen Phosphate in der Muskelzelle aus, um den erforderlichen Energiebedarf bereit zu stellen. (HERMANSEN, 1969).

Die unmittelbare Energiequelle der Muskelfaser ist das ATP (Adenosintriphosphat). Da der intrazelluläre ATP-Vorrat aber sehr begrenzt ist, bedient sich die Muskelfaser verschiedener Wege der ATP-Resynthese. Man unterscheidet dabei die anaerobe oder anoxydative (sie vollzieht sich ohne Sauerstoff) und die aerobe oder oxydative (sie vollzieht sich mit Sauerstoff) Energiegewinnung.

HERMANSEN (1969) stellte schon damals ein einfaches Modell der Energiebereitstellung auf.

a) anaerobe (anoxydative) Energiebereitstellung:

Darunter ist die Bildung des ATP's ohne Verbrauch von Sauerstoff zu verstehen. Unterteilt wird die anaerobe Energiebereitstellung in eine alaktazide und eine laktazide.

- alaktazid: Die Energiefreisetzung wird auf die Spaltung energiereicher Phosphate (Kreatinphosphat und ATP) zurückgeführt.
- laktazid: Die Energiegewinnung basiert auf der anaeroben Glykolyse unter Bildung von Milchsäure.

b) aerobe (oxydative) Energiebereitstellung:

Das ATP wird unter Sauerstoffverbrauch gebildet.

#### 4.1. Energiequellen

Als Energiequellen dienen nach WEINECK 2008 (S. 151) grundsätzlich Kohlenhydrate, Fette und Proteine, wobei das Eiweiß nur bei körperlicher Überbeanspruchung zur Energiegewinnung herangezogen wird. Als Abbauprodukt von Körpereiwweiß wird vermehrt Harnstoff gebildet. Die angeführten Stoffe werden im Allgemeinen aerob in ATP umgewandelt.

Die anaerobe Energiegewinnung setzt sich aus Glukose, die aus dem Blut aufgenommen wird, bzw. aus Glykogen, das im Muskel gespeichert wird, zusammen.

ASTRAND (1970) gibt für die körpereigenen Energiespeicher folgende Absolutzahlen in kcal (Kilokalorien) und kJ (Kilojoule) an.

ATP (Adenosintriphosphat)	1,2 kcal	5,2 kJ
KP (Kreatinphosphat)	3,6 kcal	15,07 kJ
Kohlehydrate	1200 kcal	5024 kJ
Fett	50.000 kcal	209.340 kJ

In Abb. 4 werden die Energiequellen des Menschen und ihr Einfluss auf die Art der Energiegewinnung nach WEINECK (2008, S. 153) schematisch dargestellt.

Abbildung 4: Stoffwechselwege der energieliefernden Nahrungsstoffe

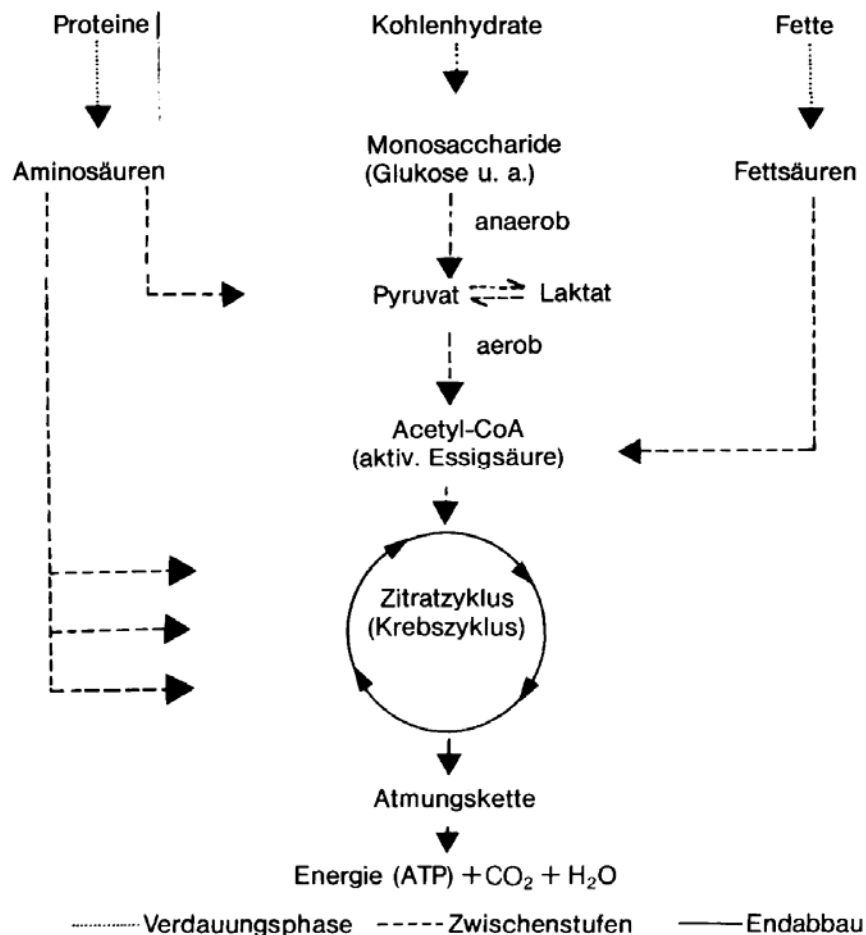


Abb. 4 Stoffwechselwege der energieliefernden Nahrungsstoffe.  
(WEINECK 2008, S. 153)

Abbildung 5 zeigt die Anteile der einzelnen energieliefernden Prozesse nach KEUL et al. (1969, S 38). Die Anteile der Energiebereitstellung in Prozent sind der Belastungszeit und damit der zeitlichen Verfügbarkeit der Inanspruchnahme gegenübergestellt. Nach BACHL (1986, S. 364) ist aus dieser Grafik ersichtlich, dass kurz dauernde hoch intensive Belastungen großteils durch die anaerobe alaktazide und laktazide Energiebereitstellung abgedeckt werden, die einerseits durch sofortige Verfügbarkeit und hohe energetische Flussraten, andererseits durch die begrenzte Menge gekennzeichnet ist.

Bei länger dauernden Belastungen setzt sich laut BACHL (1986, S. 364) immer mehr der aerobe Stoffwechsel durch. Durch den Sauerstofftransport und die durch die Diffusion verzögerte Einstellung ist er zwar langsamer verfügbar, jedoch kann er auf Grund der Gesamtmenge der energetischen Substrate (Glykogen, Fettsäure) und der relativ niedrigeren möglichen Flussrate eine konstante Belastungshöhe über längere Zeit gewährleisten.

BACHL (1986, S.364) sieht in den Überschneidungen der Kurven, dass für die meisten physischen Beanspruchungsformen nie ein Energie liefernder Prozess allein verantwortlich ist. Jeder Abbauprozess ist nur dominierend zusammen mit den anderen Möglichkeiten der Energiebereitstellung zu sehen.

Abbildung 5: Anteil der Energiebereitstellung in %

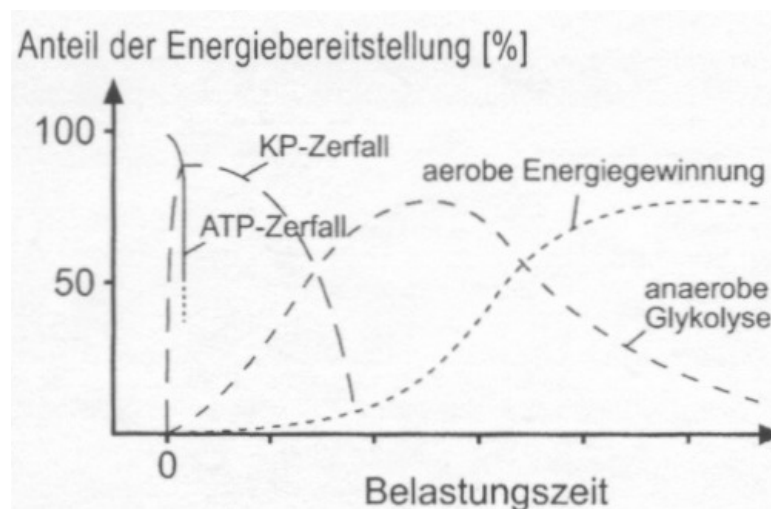


Abb. 5: Der Anteil der verschiedenen energieliefernden Substrate an der Energiebereitstellung (in Anlehnung an KEUL; DOLL; KEPLER 1969, 38 In WEINECK 2008, S. 145)

#### 4.2. Anaerobe Energiebereitstellung

Der Großteil der Energiebereitstellung erfolgt also bei höheren Intensitäten ohne Sauerstoff. Die Energie liefernden Prozesse laufen in dieser Phase hauptsächlich anaerob ab und können in eine anaerob alaktazide und eine anaerob laktazide Energiebereitstellung eingeteilt werden.

Der Begriff der Sauerstoffschuld steht mit der anaeroben Energiegewinnung in unmittelbarem Zusammenhang und wird daher in der Folge diskutiert.

Wie in Abbildung 6 ersichtlich steht zu Beginn einer intensiven Arbeit Sauerstoff in unzureichendem Maße zur Verfügung. Der Organismus arbeitet demnach so lange anaerob, nach KEUL et al. (1969, S. 33); HECHT (1972, S. 360), bis entweder die Belastung abgebrochen oder die Belastungsintensität so weit gemindert wird, dass eine ökonomische oxydative Substratverbrennung möglich ist. Laut KEUL et al. (1969, S. 33) oder HECHT (1972, S. 360) geht der Organismus somit eine Sauerstoffschuld ein, welche nach Beendigung der Arbeit wieder abgetragen werden muss. Nach HERMANSEN (1969, S. 33) oder MICHAILOV (1973, S. 371) kann je nach Motivation eine unterschiedlich ausgeprägte Sauerstoffschuld eingegangen werden.

Nach CUNNINGHAM & FAULKNER (1969, S.68) wird nach Arbeitsabbruch die Rephosphorylierung von Kreatin zu Kreatinphosphat, also die Wiederauffüllung des Pools der energiereichen Phosphate durchgeführt. Somit stellt diese die Hauptkomponente bei der Beseitigung der Sauerstoffschuld dar.

HOLLMANN & LIESEN (1973, S. 33) und auch . CUNNINGHAM & FAULKNER (1969, S. 68) gaben an, dass nicht die gesamte Sauerstoffmehraufnahme nach Arbeitsende als Sauerstoffschuld bezeichnet werden kann. Die nach Arbeitsende vermehrte Sauerstoffaufnahme aus der erwähnten Sauerstoffschuld besteht auch noch aus einigen anderen Faktoren. In Abb. 6 ist ersichtlich, dass der Flächeninhalt des Sauerstoffdefizits zu Beginn der Belastung nicht exakt der Sauerstoffschuld am Ende der Belastung entspricht. Grund dafür ist, dass der Sauerstoffverbrauch durch die erhöhte Herz- und Atemtätigkeit, sowie durch die gesteigerte Körpertemperatur höher ist.

Nach RIECKERT (1991, S. 70) gehören zur Sauerstoffschuld:

- a) das Auffüllen des Kreatinphosphatspeichers,
- b) die Regeneration der O<sub>2</sub>-Speicher Hämoglobin und Myoglobin
- c) und der Abbau der Milchsäure.

## Abbildung 6: Sauerstoffdefizit, Sauerstoffschuld

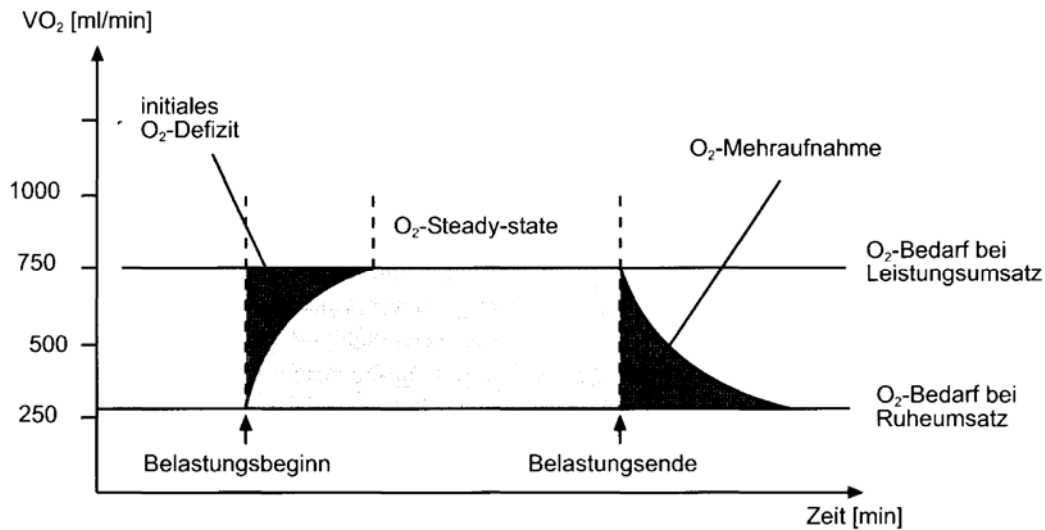


Abb. 6: Schematische Darstellung von Sauerstoffdefizit und Sauerstoffschuld (in Anlehnung an KEUL; DOLL; KEPLER, 1969 in WEINECK, 2008, S. 148)

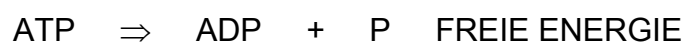
### 4.2.1. Anaerobe alaktazide Energiebereitstellung

Nach MARÈES (1994, S. 400) versteht man unter anaerober alaktazider Energiebereitstellung die Energiegewinnung zu Beginn einer Belastung, bei der weder Sauerstoff verbraucht, noch Laktat gebildet wird.

In den Muskelzellen befinden sich Energiespeicher, aus denen die Energie schnell und direkt für die Muskelkontraktion zur Verfügung gestellt werden kann, die so genannten "energiereichen Phosphate". Sie bestehen aus:

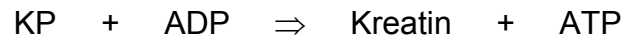
- a) Adenosintriphosphat (ATP) und das
- b) Kreatinphosphat (KP)).

Für BACHL (1986, S. 392) hat das ATP von energetischer Seite her eine zentrale Stellung, da bei der hydrolytischen Abspaltung des endständigen Phosphatrestes aus den energiereichen Bindungen "freie Energie" zur Reaktion der kontraktilen Proteine entsteht. Folgende vereinfachte Formel gilt für die ATP Spaltung.





Das ebenfalls in der Muskelzelle gespeicherte Kreatinphosphat dient wiederum zum Aufbau des Adenosintriphosphats. Eine vereinfachte Darstellung zeigt BACHL (1986, S. 392)



#### 4.2.1.1. Adenosintriphosphat (ATP)

Für STEGEMANN (1991, S. 32) ist das ATP der entscheidende Energielieferant für die meisten Aufgaben, aber auch für das Überleben der Zelle und kommt in nahezu allen lebenden Zellen des Organismus vor. Die Aufrechterhaltung des ATP auf einem ausreichenden Konzentrationsniveau kann als Ziel des Energiestoffwechsels betrachtet werden.

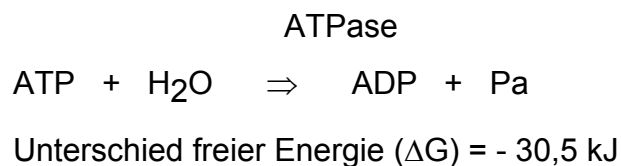
Gemäß STEGEMANN (1991, S. 33) können mit der Energie die aus dem ATP gewonnen wird in allen Zellen Ionenpumpen und andere Transportvorgänge gegen ein Konzentrationsgefälle betrieben werden. Außerdem wird daraus auch die Energie bereitgestellt, die der Biosynthese, also dem Aufbau von Stoffen, dient. Auch beim Wachstum ist das ATP von großer Bedeutung. Es liefert die Energie, die zur Biosynthese der Stoffe benötigt werden, die entweder in die Zelle eingebaut werden, oder der Zellerneuerung dienen.

Laut STEGEMANN (1991, S. 33) ist der größte Energiebedarf in der auf Arbeitsleistung spezialisierten Muskelzelle zu finden. Hier überträgt das ATP die Energie direkt auf den kontraktilem Apparat. Nach seiner Angabe befindet sich in der Muskelzelle etwa eine ATP Konzentration von 2 - 3 mmol pro 100g Trockenmasse. KEUL et al. (1969, S. 20) geben den ATP Vorrat in der Muskelzelle mit etwa 6 mmol pro kg Muskelfeuchtgewicht an.

Bei HECK (1990b, S. 22) liegt der Energievorrat bei 0,0005 mol/kg Muskulatur. Bei maximalen Muskelkontraktionen reicht dies für etwa einige Kontraktionen nach KEUL et al. (1969, S. 20), nach HECK (1990b, S. 22) für 3 - 4 Kontraktionen

#### 4.2.1.1.1. Strukturformel des ATP

ATP gehört nach STEGEMANN (1991, S. 33f) zu den Mononukleotiden. Es besteht aus der Purinbase Adenin, aus Ribose und 3 linear aneinander gereihten Phosphaten, die durch Säureanhydridbindungen miteinander verknüpft sind. Diese "energiereichen" Bindungen können unter Enzymeinfluss hydrolysiert werden. Man versteht darunter, dass durch Wasseranlagerung Phosphorsäure ( $\text{H}_2\text{PO}_3$ ) abgespalten wird, die bei dem pH-Wert der Zelle als anorganisches Phosphat (Pa) vorliegt. Demnach liegt die Energie nicht in der Bindung selbst, sondern in der freien Energie, die dann verfügbar wird, wenn über Abspaltung von anorganischem Phosphat das ATP in die energieärmere Verbindung Adenosindiphosphat (ADP) übergeht.



Nach STEGEMANN (1991, S.33f) ist diese Reaktion für die Energetik der Muskelkontraktion besonders wichtig.

#### 4.2.1.1.2. Energiebereitstellung durch ATP

Für die hydrolytische Spaltung des ATP ist nach STEGEMANN (1991, S. 34) die Einwirkung des Enzyms ATPase verantwortlich. Unter Anwesenheit von  $\text{Ca}^{2+}$  Ionen wird aus Aktin und Myosin ein Aktomyosinkomplex gebildet. Daraus entsteht das Enzym ATPase. Sobald der Myosinkopf das Aktin berührt, bildet sich Aktomyosin, da zwischen den beiden eine hohe Affinität besteht. Das ATP wird dabei hydrolysiert und liefert somit die erforderliche Energie, um das Aktomyosin wieder in Aktin und Myosin zu zerlegen. Deshalb spricht man nach STEGEMANN (1991, S. 34) auch von einer Weichmacherwirkung des ATP. Der ATP Abbau ist von der Intensität der Muskelarbeit abhängig. Das bedeutet laut STEGEMANN (1991, S. 34), dass je intensiver der Muskel arbeitet und umso mehr Querbrücken sich pro Zeiteinheit dadurch bilden, desto mehr ATP abgebaut wird. ATP gilt als

der einzige unmittelbare Energielieferant für die Muskelkontraktion. Das Enzymsystem der Natrium-Kalium-ATPase befindet sich in der Zellmembran. Sind  $Mg^{2+}$  (Magnesium) Ionen vorhanden so spaltet es ATP in ADP und  $P_i$  und gewinnt daraus die Energie für die Natrium-Kalium-Pumpe. Die Aufgabe der Pumpe ist die Wiederherstellung des Ionengleichgewichts, das durch die Erregung und die Durchlässigkeit der Membran gestört wurde. In ähnlicher Weise kann man sich auch die Wirkung des ATP auf die  $Ca^{2+}$  Pumpe vorstellen. Damit wird die Energie für den Rücktransport der  $Ca^{2+}$  Ionen in das L-Tubulussystem geliefert. Auch diese Reaktion wird durch  $Ca^{2+}$  ATPase ermöglicht.

STEGEMANN (1991, S. 34) gibt weiters an, dass die Veränderungen des ATP-Gehaltes von der Arbeitsleistung des Muskels abhängig sind. Wenn sich Muskel verkürzen, jedoch dabei keine Arbeit leisten, so zeigen sie auch keinen oder nur einen unwesentlichen ATP-Abfall.

Beim belasteten Muskel ist gemäß STEGEMANN (1991, S. 34) in Abhängigkeit von der Arbeitsleistung eine Erniedrigung des ATP-Gehalts sowie eine dementsprechende Wärmebildung zu bemerken. Ob geringe Gewichte über einen langen Weg oder große Gewichte über einen kurzen Weg gehoben werden ist dabei bedeutungslos. Die ATP-Abnahme resultiert aus dem Produkt aus  $Kraft \times Weg = Arbeit$ .

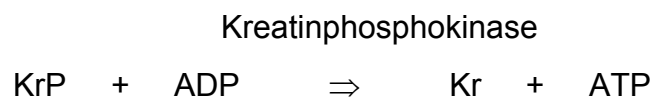
KEUL et al. (1969, S. 18). fanden heraus, dass bei isometrischer Kontraktionsarbeit noch ein von der Verkürzung und Dehnung des Muskels abhängiger zusätzlicher ATP-Abfall bemerkbar ist.

#### 4.2.1.2. Kreatinphosphat (Kr)

Nach STEGEMANN (1991, S. 34) befindet sich in den Muskelzellen und in geringerem Maße auch in Nervenzellen noch ein weiteres energiereiches Phosphat: das Kreatinphosphat (KP). Zu finden ist es im ruhenden Skelettmuskel in einer Konzentration von 7 - 9 mmol/100g Trockenmasse.

WEICKER & STROBEL (1994, S. 46) gaben eine KP-Konzentration im ruhenden Skelettmuskel von 25mmol/g an. Für die Konzentration von ADP gaben sie 0,13 mmol/g Feuchtgewicht an. Die freie Energie von KP liegt mit bis zu 43 kJ/mol höher als die von ATP.

Die Verwertung des Kreatinphosphates erfolgt nach STEGEMANN (1991, S. 34) vom Muskel nicht direkt, sondern nur indirekt mit Hilfe der Lohmann-Reaktion. Als Katalysator für diese Reaktion dient das Enzym Kreatinphosphokinase. Dieses bewirkt, dass das während der Kontraktion entstehende ADP noch in der Kontraktionsphase zu ATP aufgebaut wird. Dadurch bleibt die ATP-Konzentration bis zur völligen Erschöpfung des Kreatinphosphatspiegels weitgehend konstant. Die Lohmann-Reaktion lautet gemäß STEGEMANN (1991, S. 35):



Die Aktivität der Kreatinphosphokinase ist nach STEGEMANN (1991, S. 35) weitgehend der Maximalgeschwindigkeit des ATP-Verbrauchs angepasst. Im Skelettmuskel ist die Enzymaktivität etwa zehnmal höher als im Herzmuskel und bei Sprintern ist sie besonders hoch.

Das ATP kann nach STEGEMANN (1991, S. 35) ohne Auffüllung durch die Kreatinphosphatspeicher nur Energie für 2-3 Kontraktionen bereitstellen. Aus dem Kreatinphosphatspeicher kann ein Arbeitsbetrag von 900 J/kg (Joule pro Kilogramm Körpergewicht) der Muskulatur entnommen werden. Bei der Höchstleistung des Skelettmuskels von 100 W/kg (Watt pro Kilogramm Körpergewicht) reicht der Kreatinphosphatvorrat für ca. 9 s, was etwa einem 100 m Lauf entspricht. (STEGEMANN, 1991, S. 35)

Der von BESSMANN&CARPENTER (1986) in WEICKER & STROBEL (1994, 46f) beschriebene Phosphorcreatinshuttle unterstützt die cytosolische und mitochondriale ATP-Resynthese und auch die Stabilisierung des PCr-Pools im Cytosol.

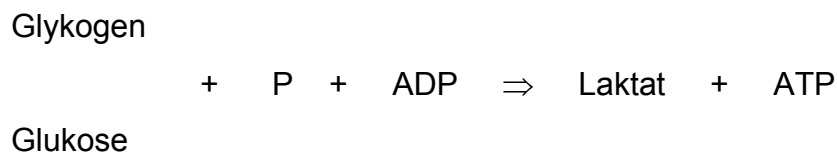
Demnach beruht die Funktion dieses Shuttles nach WEICKER & STROBEL (1994, 46f) auf den im Muskel streng kompartiment gebundenen, verschiedenen CK-Isoenzymen, die synergistisch kooperieren. Das myofibrilläre CK Isoenzym (Creatinkinase), ist an der M-Linie des Sarkomers durch Proteininteraktionen lokalisiert. Es phosphoryliert das bei der Aktin-Myosin-ATPase-Reaktion entstandene ADP effektiver als freies cytosolisches ATP. Das dabei entstandene Creatin gelangt in den intramembranösen Spalt zwischen äußerer und innerer Mitochondrienmembran. Dort wird es durch das mitochondriale CK-Isoenzym zu KP phosphoryliert, wobei das in der Atmungskette gebildete ATP als Pi-Donor dient. Das entstandene ADP gelangt über die Interaktion zwischen der mitochondrialen CK und der Adeninnukleotid-Translokase und über die innere Membran in die Mitochondrien. Dort bewirkt es als Geschwindigkeit bestimmendes Adeninnukleotid eine Steigerung der oxidativen Phosphorylierung. Dadurch wird die aerobe ATP-Resynthese gesteigert.

Gemäß WEICKER & STROBEL (1994, 46f) wird durch den PCr-Shuttle sowohl die KP- und ATP-Bereitstellung verbessert, als auch die Creatin-Metabolisierung zu Creatinen eingeschränkt. Dieses kann über den Blutweg in der Niere ausgeschieden werden. Aufgrund dessen, dass das mitochondriale CK-Isoenzym das muskuläre Creatin im PCr-Shuttle wieder zu KP rephosphoryliert, wird die alimentäre und endogene Bereitstellung weniger beansprucht. Unter maximaler anaerober Belastung ist dieser Vorgang bei der erhöhten KP-Hydrolyse besonders wichtig.

Andere kompartimentgebundene CK-Isoenzyme unterstützen nach WEICKER & STROBEL (1994, 46f) beispielsweise im sarkoplasmatischen Retikulum, die Proteinsynthese oder sie begünstigen die Energiebereitstellung für die  $\text{Na}^+\text{-K}^+$ -ATPase, die  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase oder auch die Aktin-Myosin-ATPase.

#### 4.2.2. Anaerobe laktazide Energiebereitstellung

Nach BACHL (1986, S. 392) umfasst die laktazide Energiebereitstellung die anaerobe Glykolyse, worunter der anaerobe Abbau von Kohlenhydraten zu Laktat verstanden wird. Durch die Glykolyse wird der Bestand an energiereichen Phosphaten wieder hergestellt.



Nach WEINECK (2008, S. 147) erfolgt diese Form der Energiegewinnung im Sarkoplasma. Bei allen intensiven Belastungen, bei denen die Sauerstoffversorgung unzureichend ist, stellt sie den bevorzugten Energiegewinnungsprozess dar. Das Maximum der Glykolyse liegt bei etwa 20 bis 30 Sekunden. Bei der anaeroben Glykolyse wird entweder Glukose oder Glykogen als Energielieferant herangezogen. Das Glykogen ist dabei zu bevorzugen, da es nicht erst über den Blutweg herantransportiert, durch die Zellmembran geschleust und dann wieder phosphoryliert werden muss und auch mehr ATP ergibt. Als wichtigstes Enzym der Glykolyse gibt WEINECK (2008, S. 147) die Phosphofruktokinase an.

HOLLMANN & HETTINGER (1990, S. 61) führen die anaerobe laktazide Energiebereitstellung auf die Rephosphorylierung des Kreatins zu Kreatinphosphat zurück. Dadurch erfolgt der Wiederaufbau von ATP aus ADP durch den Abbau von Glykogen zu Laktat. Begrenzt wird die gewonnene mechanische Arbeit durch die mit der Laktatanhäufung in der Arbeitsmuskulatur und im Gesamtorganismus verbundene Azidose.

Als Substrate stehen dem Muskel laut HOLLMANN & HETTINGER (1990, S. 61) für die Kontraktionsarbeit vorwiegend das Glykogen der Arbeitsmuskulatur und

das Leberglykogen beziehungsweise die daraus freigesetzte Glukose zur Verfügung.

Nach HOLLMANN & HETTINGER (1990, S. 61) ist Muskelglykogen sowohl bei der anaeroben, als auch bei der aeroben Energieproduktion das bevorzugte Kohlenhydratsubstrat. Bei Erwachsenen beträgt der Glykogengehalt 1 - 1,5 mol Glykogen/100g Muskelfeuchtgewicht. Die Glykogenkonzentration ist in den weißen schnellen Muskelfasern höher als in den roten langsamen Fasern und steht in weniger als 5 Sekunden für die anaerobe ATP-Produktion zur Verfügung. Spezifisches Training kann den Muskelglykogengehalt erhöhen.

In HOLLMANN & HETTINGER (1990, S. 61) findet man, dass bei der anaeroben Energiegewinnung aus 1 mol Glykosyleinheit 3 mol ATP entstehen. Im Gegensatz dazu gewinnt man bei aerober Metabolisierung 37 mol ATP. Wichtig für diese Energiebereitstellung ist die Zufuhr von Kohlenhydraten mit der Nahrung, da nach dem Kohlenhydratabbau die resorptionsfähigen Monosacharide in der Zelle sofort phosphoryliert werden. Sie liegen von der Stufe des Glukose-6-Phosphats bis zu Pyruvat in phosphorylierter Form im Cytosol vor und können nur mit gezielten Shuttle-Mechanismen erfasst werden. Nur ein komplexes Enzymsystem und seine hormonelle Steuerung kann die zu Glykogen polymerisierte Glukose freisetzen.

#### 4.2.2.1. Abbau der Kohlenhydrate

Nach WEICKER & STROBEL (1994, S 22) sind die Kohlehydrate und besonders Glykogen und Glukose wichtige Energielieferanten der Zelle.

Die Blutkonzentration der Glukose beträgt etwa 80 - 100 mg/100ml. Das Glykogen ist in der Zelle gespeichert. Den Blutzuckergehalt reguliert das Hormon Insulin, welches auch für den Einbau von Glykogen in die Zelle verantwortlich ist.

Laut WEICKER & STROBEL (1994, S 22) erfolgt der Abbau je nach Sauerstoffangebot an die Zelle auf zwei unterschiedlichen Möglichkeiten: Die Glykolyse führt als erste Möglichkeit vom Glykogen über Pyruvat zum Laktat und findet im Zytoplasma statt. Nach WEICKER & STROBEL (1994, S 22) können nur

2mol ATP pro mol Glukose gewonnen werden, wobei kein Sauerstoff benötigt wird. Das ist auch der Grund warum diese Form der Energiegewinnung auch als anaerob bezeichnet wird. Bei der zweiten Möglichkeit wird vor allem Sauerstoff benötigt. In diesem Energiegewinnungsprozess spielen die in der Zelle befindlichen Mitochondrien eine besonders wichtige Rolle. Dieser aerobe Metabolismus führt vom Glykogen über Pyruvat zu CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O. WEICKER & STROBEL (1994, S. 22) gaben an, dass 36 mol ATP pro mol Glukose gewonnen werden können.

Ist ausreichend und dauerhaft Glukose im Blut vorhanden, wird die Glukose nach WEICKER & STROBEL (1994, S. 22) durch ein unterstütztes Transportsystem an der Muskelmembran in das Cytosol eingeschleust. Entscheidend ist dabei die Stimulation der Insulinrezeptoren, die die Glukosetransporter über das Tyrosinkinasesystem aktivieren.

Der Glukose-Uptake kann laut WEICKER & STROBEL (1994, S 22) auch ohne die Insulinrezeptor-Interaktion durch die Glukosetransporter intensiviert werden. Diese Kapazität ist allerdings beschränkt und kann auch durch ein überproportionales Glukoseangebot im Blut nicht wesentlich gesteigert werden. Die Phosphorylierung der Glukose im Cytosol zu Glukose-6-Phosphat fördert ebenfalls den Glukose-Uptake. Dies geschieht durch die cytosolische Hexokinase, die von der cytosolischen ATP-Konzentration abhängig ist. Das dadurch entstandene Diffusionsgefälle zwischen Blut und Muskel wird ausgeglichen.

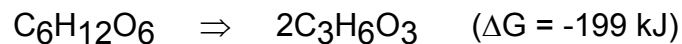
Bei WEICKER & STROBEL (1994, S 22) findet man, dass eine maximale Muskelkontraktion den kapillaren Durchfluss durch Kompression der Kapillaren eingeschränkt. Dadurch wird das Glukoseangebot an der Muskelmembran vermindert und der Glukose-Uptake geht zurück.

#### 4.2.2.2. Anaerobe Energiegewinnung durch Glykolyse

Die anaerobe Energiegewinnung durch Glykolyse beschreibt STEGEMANN (1991, S. 36f) folgendermaßen: Das wichtigste Ausgangsprodukt der Glykolyse ist das in der Zelle gespeicherte Glykogen, ein Polysacharid mit der Summenformel

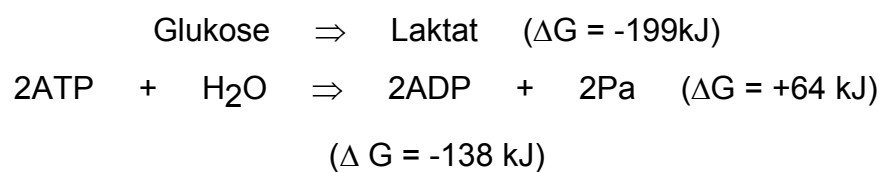


(C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub>. Dabei handelt es sich um Glukosemoleküle (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>), die jeweils durch glykosidische Bindungen miteinander verbunden sind. Das Eindringen der freien Glukose ist auch weiterhin möglich. Die Energiedifferenz zwischen Anfangs- und Endprodukt ergibt die freie Energie. Die folgende Gleichung beschreibt die Differenz der Energie zwischen dem Ausgangsprodukt Glukose und dem Endprodukt Milchsäure.



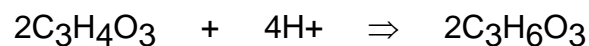
Nach STEGEMANN (1991, S. 36f) bedeutet diese Gleichung: Wird 1 mol Glukose, also 180g, in 2 x 90g Milchsäure umgewandelt, werden dadurch 199 kJ frei. Der pH-Wert in der Zelle liegt etwa bei 7, was bedeutet, dass die Milchsäure in ionisierter Form als Laktation existiert. Die Bezeichnung Laktat ist dadurch begründet. Die entstandene Energie dient zum Teil dazu, das Kreatinphosphat wieder und dadurch auch wieder das ATP aufzubauen.

STEGEMANN (1991, S. 36f) stellt für die anaerobe Glykolyse folgende Gleichung auf:



Folgende Werte der Energiegewinnung durch anaerobe Glykolyse stellte STEGEMANN (1991, S. 36f) fest. Aus dem anaeroben Abbau von 1 mol Glukose zu 2 mol Laktat erhält man 2mol ATP. Das bedeutet, dass nur etwa 31% der freien Energie zum ATP Aufbau genutzt werden, der Rest von 138 kJ wird als Wärme frei. Wird durch die Hydrolyse der glykosidischen Bindung Energie für den Aufbau von ATP gewonnen, dann entstehen bei der Erzeugung von Laktat aus Glykogen aus 1 mol Glukose 3 mol ATP.

Den genauen Ablauf der anaeroben Glykolyse von Glykogen und Glukose über Pyruvat zu Laktat und dem damit verbundenen Aufbau von ATP erklärt STEGEMANN (1991, S. 36ff) folgendermaßen. Glykogen und Glukose werden zunächst phosphoryliert. Das bedeutet, dass zunächst ein Phosphat aus dem Abbau eines Moleküls ATP zu ADP dazu benutzt wird, dass es direkt an das Glykogen angelagert wird. Dadurch kann auch das Glykogen, wie auch alle anderen Phosphatverbindungen (ATP, ADP) die Zelle nicht mehr verlassen. Als nächster Schritt wird eine weitere Phosphatgruppe unter Energieaufwand angehängt und das Molekül gespalten. Jedes einzelne Molekül enthält jetzt nur noch 3 C - Atome. Eine Elektronenverschiebung ist die Folge, und pro umgesetztes Molekül werden je 2 H-Atome gebildet. Die eigentliche Energie wird nun freigesetzt, was zu einem Aufbau von 4mol ATP führt. Als Zwischenprodukt entsteht das Pyruvat als ionisierte Form der Brenztraubensäure mit der Summenformel  $C_3H_4O_3$ . Erfolgt der Abbau anaerob werden jetzt die vorher aufgetretenen Wasserstoffatome an die Brenztraubensäure angelagert:

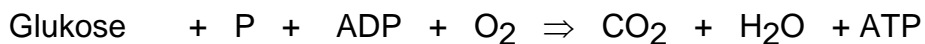


Damit ist die Milchsäure oder besser die ionisierte Form - das Laktat - entstanden. Da Pyruvat und Laktat keine Phosphatgruppen mehr enthalten, können sie das Zytoplasma nach außen verlassen. Beim Abbau der Glukose werden 2mol ATP verbraucht und 4mol ATP aufgebaut. Der Nettogewinn beträgt also 2mol ATP/mol Glukose. Wenn in der Zelle genügend Sauerstoffdruck vorhanden ist, können die Mitochondrien arbeiten und das Pyruvat, Elektronen und Wasserstoff diffundieren in die Mitochondrien, der Abbau verläuft aerob. In diesem Fall entsteht kein Laktat.

#### 4.3. Aerobe Energiebereitstellung

Bei einer Belastungsdauer, die über eine Minute hinausgeht, nimmt die aerobe Energiegewinnung, die in den Mitochondrien abläuft, eine zunehmend dominierende Rolle ein (siehe Abb. 5). Nach BACHL (1986, S. 392) wird sie in einfacher Form folgendermaßen dargestellt:

Glykogen



Fettsäuren

Nach KEUL & KINDERMANN; (1978) können bei der aeroben Energiebereitstellung, im Gegensatz zur anaeroben, neben Glukose auch Fette (in Form von freien Fettsäuren) und in besonderen Notfällen (Hunger, extreme Dauerbelastungen) auch Eiweiß (in Form von Aminosäuren) als Energiespeicher verbrannt werden. Wichtig ist noch die Feststellung, dass sich die Intensität der Muskelarbeit - und damit die Kontraktionsgeschwindigkeit der Muskelfaser - in Abhängigkeit von möglicher energetischer Versorgung verändert.

Am höchsten ist die Kontraktionsgeschwindigkeit bei den energiereichen Phosphaten, am niedrigsten bei der aeroben Verbrennung von Fettsäuren. Die Erklärung hierfür liegt in den verschiedenen Flussraten der energiereichen Phosphatäquivalente: Sollen hohe Intensitäten und damit hohe Energieumsätze erzielt werden, so müssen größere Flussraten einbezogen werden. Ist dies nicht möglich, so kommt es zu einem Abfall der Intensität.

Da der aerobe Bereich der Leistungserstellung nicht Gegenstand dieser Arbeit ist, soll er nur kurz erwähnt bleiben und nicht weiter behandelt werden.

## 5. Parameter der anaeroben Kapazität

In diesem Kapitel werden verschiedene Messgrößen der anaeroben Kapazität wie Peak Power (PP), Mean Power (MP), Fatigue Index (FI), Laktat, pH Wert, Base Excess, Oxygen Debt, Oxygen Defizit, y-intercept und das mathematische Modell von Mader kritisch betrachtet und diskutiert.

### 5.1. Peak Power (PP), Mean Power (MP), Fatigue Index (FI)

Nach BAR-OR (1981) wird die Peak Power (PP) als die höchste mechanische Leistung, die während eines Tests erreicht wird, bezeichnet. Die Peak Power wird meist in den ersten paar Sekunden des Tests erreicht. Dieser Wert wird über den Mittelwert einer 3s-5s Periode errechnet.

Mean Power (MP) bedeutet nach BAR-OR (1981) die durchschnittliche Leistung über die gesamte Testdauer. Sie ist der Mittelwert der Werte, die man aus den 3 s bis 5 s Segmenten erhält.

Als Fatigue Index (FI) bezeichnet man nach BAR-OR (1981) den Grad des Leistungsabfalls während des Tests. Er wird entweder durch eine Prozentangabe der Peak Power ausgedrückt, oder durch eine Linie, die den Punkt der höchsten erreichten Leistung mit dem Punkt der niedrigsten erreichten Leistung verbindet. BAR-OR (1981) stellte für den Wingate-Test eine einfache Formel für den Fatigue Index auf, die in Anlehnung an BACHL (1985, S. 576) dargestellt wird.

$$\text{Fatigue Index \%} = \frac{\text{Watt maximal} - \text{Watt minimal (Belastungsende)}}{\text{Watt maximal}} \times 100$$

## 5. 2. Laktat

Das Ergebnis der anaeroben Glykolyse ist die Laktatbildung. Laktat entsteht, wenn das aus Glykogen und Glukose gewonnene Pyruvat auf Grund von mangelnder  $O_2$  - Einwirkung nicht mehr zu  $H_2O$  und  $CO_2$  verarbeitet, und so auch kein weiteres ATP zur Verfügung gestellt werden kann. Nach einmaligem ATP Aufbau wird es zu Laktat. Laktat ist demnach eine Säure und besteht aus negativ geladenen Molekülen. Seine Entstehung hat es im Plasma der Muskelzellen. Da es keine Phosphatverbindungen mehr enthält kann es ins Blut ausgeschwemmt werden. Dadurch bewirkt Laktat jedoch eine Senkung des für die mechanische Arbeit optimalen PH - Wertes der Muskulatur und des Blutes. Der Organismus muss daher bemüht sein, den Laktatgehalt möglichst rasch zu reduzieren. Das geschieht durch die Utilisation, vorwiegend durch Leber, Herzmuskel und die nicht arbeitende Muskulatur. Diese Organe können das Laktat direkt verwerten, oder wieder zur Glykogenproduktion heranziehen. Nimmt die Intensität der Belastung jedoch weiter zu, oder kann der Körper kein Steady State mehr erreichen, dann führt die Laktatproduktion zu einer Übersäuerung (=Azidose) des Organismus, was einen Leistungsabbruch nach sich zieht, da das empfindliche Säure - Basen - Gleichgewicht gestört ist. Die Menge Laktat, die zum Abbruch einer Belastung führt, ist für jeden Menschen verschieden.

### 5.2.1. Historischer Rückblick

Ein kurzer historischer Rückblick soll Aufschluss über die Entwicklung anaerober Parameter in Verbindung mit Laktat geben.

Neben spiographischen Messgrößen wurden nach HECK (1990a, S. 13) auch zunehmend Parameter des Energiestoffwechsels im Blut untersucht. Die kombinierte Betrachtung von Atemgrößen und Blutparametern wie Laktat, Pyruvat, pH-Wert, erhöhte den diagnostischen Wert der Belastungsuntersuchung. Vor allem Laktat und Pyruvat, als direkte Metaboliten des Energiestoffwechsels, galt das besondere Interesse.

Die Entdeckung des Muskellaktats wird BERZELIUS zugeschrieben. Im Jahre 1807 beobachtete er erstmals, dass die Muskulatur sauer reagierte. 1837 fand er heraus, dass die so genannte Fleisch-Milchsäure als Folge der Muskelbelastung entstand. (HECK, 1990a, S. 13)

HERMANN stellte 1867 fest, dass die Fleisch-Milchsäure als Spaltprodukt im chemischen Prozess vornehmlich bei anaerober Arbeit entsteht. (HECK, 1990a, S. 13)

1871 beobachtete HERMANN, dass ein Muskel auch ohne Sauerstoffzufuhr einige Kontraktionen ausführen kann. (HOLLMANN, 1985 S. 13).

FLETCHER und HOPKINS beobachteten 1907, dass Laktat im intakten Muskel unter anaeroben Bedingungen schnell, unter aeroben langsam und unter reinem Sauerstoff nicht gebildet wird. (in HECK, 1990a, S. 13).

Weiters ermittelten sie die Größenordnung der Leistungsfähigkeit eines isolierten Muskels ohne Sauerstoffzufuhr. (HOLLMANN, 1985, S. 13).

In den Jahren zwischen 1911 und 1920 beschrieben MEYERHOF und HILL in verschiedenen Arbeiten die Unterschiede zwischen aerober und anaerober Muskelkontraktion. Beide Wissenschaftler glaubten damals noch, dass Milchsäure jene Substanz sei, welche die Muskelkontraktion auslösen würde. (in HOLLMANN, 1985, S. 13; HECK, 1990a, S. 13f).

Im Gegensatz dazu waren EMBDEN und Mitarbeiter der Auffassung, dass die Energie der Muskelkontraktion durch exotherme Zustandsänderungen an den intrafibrillären Kolloiden geliefert wird. Durch nachfolgende exotherme chemische Prozesse sollte eine endotherme Wiederaufladung der Kolloide erfolgen. Unter anaeroben Bedingungen konnte die Milchsäurebildung aus Kohlenhydraten die benötigte Energie bereitstellen. Die genannten Autoren schlossen dies aus einer beobachteten Laktatbildung in der Erholungsphase. (in HECK, 1990a, S. 14).

HILL et al. (1923, in HOLLMANN, 1985, S. 14) untersuchten die Beziehung zwischen Laktat und Sauerstoffaufnahme während und nach der Belastung. Sie fanden, dass extreme Formen von Arbeit nur dadurch ermöglicht werden, dass ein gesunder Mensch von künftiger O<sub>2</sub> - Versorgung zehrt, indem er ein "O<sub>2</sub> Defizit" aufbaut.

EGGLETON und NACHMANSON konnten zeigen, dass das Kreatinphosphat im Muskel während der Kontraktion abnimmt.

LUNDSGAARDS (in HECK, 1990a, S.14) entdeckte, dass die Phosphagenspaltung die eigentliche Quelle der Muskelkontraktion ist, während die Milchsäurebildung die Energie für die Resynthese aufbringt.

Weiters gelang ihm 1930 der Nachweis, dass ein mit Jodessigsäure kontaminierter Muskel mehrere Kontraktionen ohne Milchsäurebildung durchführen kann. (in HOLLMANN, 1985, S. 14).

LOHMANN zeigte 1929, dass die Spaltung von Kreatinphosphat nur in Anwesenheit von ATP erfolgt, welches wiederum in ADP und anorganisches Phosphat gespalten wird. (in HECK, 1990a, S. 14)

MARGARIA differenzierte 1933 zwischen einer anaeroben alaktaziden und einer anaeroben laktaziden Arbeit. (in HOLLMANN, 1985, S. 14).

ENGELHARDT und LJUBIMOVA gelang 1939 der Nachweis von ATPase, womit die Erstellung des Grundkonzepts der Muskelkontraktion abgeschlossen werden konnte. (in HOLLMANN, 1985, S. 14).

### 5.2.2. Laktatmetabolismus

Nach ASTRAND (1970) wird 1/5 des Laktats zu CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O abgebaut und 4/5 zu Glycogen aufgebaut. Nach langen Laufstrecken mit 60 - 70 % der maximalen Sauerstoffaufnahme wird jedoch das Laktat vorwiegend metabolisiert und nicht in Glycogen umgewandelt. Eine Stunde nach einer körperlichen Belastung kehrt der Laktatspiegel zum Ausgangswert zurück.

Auch KEUL et al. (1969) behandelte dieses Thema. Bei ihm findet der Laktatabbau hauptsächlich in der Leber statt. Außerdem nimmt der Herzmuskel Milchsäure auf und verarbeitet diese. Das Herz eines Trainierten kann hierbei mehr Laktat verbrennen, so dass der Blutlaktatspiegel beim Trainierten schneller abfällt. Im Bereich der aerob-anaeroben Schwelle herrscht ein Gleichgewicht zwischen Laktatbildung und Laktatelimination. Steigt der Laktatspiegel über 4 mmol/l Blut an, so nimmt die Laktatproduktion kontinuierlich zu. Das Gleichgewicht der oxydativen Energiebereitstellung geht verloren. KLIMT (1971) zeigte, dass aktive Pausen zu einer rascheren Senkung des Laktatspiegels führen.

MAREÉS (1994, S. 409) gab an, dass das bei Muskelkontraktion anfallende Laktat bereits während der körperlichen Arbeit weiterverwertet wird. Bei einer Belastung von 40-75% der maximalen Sauerstoffaufnahme werden etwa 70 -90% des gebildeten Laktats im Muskel oxydiert. Der Anteil der aktiven Muskulatur beträgt dabei einen Anteil von etwa 50%, der der inaktiven Skelettmuskulatur und der des Herzmuskels je 15% und nur 15% des Laktats werden in der Leber wieder zu Glukose aufgebaut. Der Glukoseaufbau wird als Gluconeogenese bezeichnet und ist auch aus Aminosäuren möglich. Die Blutlaktatkonzentration bei anaeroben Belastungen wäre wesentlich höher, wenn nicht ein Teil des Pyruvats durch Animierung in die Aminosäure Alanin übergeführt würde. Das Alanin kann in der Leber wieder zu Glukose und Glykogen umgebaut werden. (MAREÉS, 1994, S. 409)

### 5.2.3. Blutlaktat und anaerobe Kapazität

Nach JACOBS (1986) zeigte die Blutlaktatkonzentration, die vor und nach Belastungen in Feld- oder Labortests gemessen wurde an, wie groß die Beteiligung des anaeroben Metabolismus an der erbrachten Leistung ist.

Das Blutlaktat dient somit oft als Parameter zur Bestimmung der anaeroben Kapazität bei maximalen Tests. Es ist davon auszugehen, dass eine hohe Konzentration des Muskellaktats auch eine hohe Blutlaktatkonzentration nach sich zieht. Der Maximalwert des Blutlaktats wird allerdings nicht sofort nach Belastungsende gemessen, sondern erst etwa 7,5 min nach Testende (CRIELAARD et al., 1986; FUJITSUKA et al., 1982). Der Spitzenwert der



Laktatkonzentration, soll in direktem Zusammenhang mit der anaeroben Kapazität stehen. Bei trainierten Personen sind nach verschiedenen Autoren zur Folge weit höhere Spitzenlaktatkonzentrationen zu finden. (CUNNINGHAM&FAULKNER 1969; HERMANSEN, 1969; JACOBS, 1986; SHARP et al., 1986).

BACHL (1986, S. 419) gab in seinen Ausführungen an, dass nach kurz dauernden erschöpfenden Belastungen (300 m bis 800 m laufen) die höchsten Laktatkonzentrationen (zwischen 16 und 25 mmol/l) beziehungsweise die tiefsten pH-Werte im arteriellen Blut erst zwischen der 6. bis 15. Erholungsminute erreicht werden. Niedrigere maximale Laktatspiegel von 8 bis 14 mmol/l zeigen sich meist in der 3. bis 6. Minute nach der Belastung. Zu erklären ist dies dadurch, dass bei kurz dauernden, hochintensiven dynamischen Belastungen eine große Menge Laktat produziert wird, sich aber kein Äquilibrium zwischen Muskel und Blut einstellen kann. Unmittelbar nach Belastungsende ist die Laktatkonzentration im arbeitenden Skelettmuskel etwa doppelt so hoch wie im Blut. Wird das Äquilibrium zwischen Muskel- und Blutlaktatkonzentrationen etwa zwischen der 6. bis 15. min in der Erholung erreicht, betragen die Blutlaktatspiegel zu diesem Zeitpunkt etwa zwei Drittel bis drei Viertel der maximalen Muskellaktatkonzentrationen. (DIAMANT et. al., 1968; KARLSSON, et al. 1971). Da die Zeitkonstante für die Laktatverteilung bei etwa 2 min liegt, wird erst bei Belastungen ab 3 min Dauer eine höhergradige Verteilung des gebildeten Laktats im Blutkompartiment möglich, wodurch auch die maximalen arteriellen Laktatkonzentrationen schon zwischen der 3. bis 7. Erholungsminute anzutreffen sind. Je länger eine Belastung bei gleich hoher Intensität andauert, desto näher rücken die maximalen Laktatkonzentrationen im Blut an das Belastungsende.

(HOLLMANN & HETTINGER, 1980) gaben an, dass bei Belastungen ab etwa 8 min Dauer, mit gleichförmiger Beanspruchung und ohne Endspurt, ein kontinuierlicher Abfall des Blutlaktats nach Belastungsende beobachtet werden kann, da die Laktatverteilung noch während der Belastung nahezu vollständig stattfinden kann.

Nach BACHL (1986, S. 419f) kann nur bei kurzdauernden Belastungen (40 bis 60 s) die maximale Blutlaktatkonzentration als ein Maß der maximal möglichen anaeroben laktaziden Energiebereitstellung (Kapazität) herangezogen werden. Begründet ist dies dadurch, dass in kurzen Belastungszeiten die Laktatproduktion überwiegt und noch kaum eine Laktatutilisation eintritt. Dauern die Belastungen länger an, ist die jeweilige Blutlaktatkonzentration immer die aktuelle Differenz zwischen Laktatproduktion und Laktatutilisation. Nach BACHL (1986, 419f) wird das vom arbeitenden Skelettmuskel produzierte Laktat nach seiner Verteilung in Herz, Leber, Niere, arbeitender und nicht arbeitender Muskulatur zu Pyruvat dehydriert und zum Großteil zu  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  oxydiert. Außerdem ist auch die Glykogenresynthese vor allem in der Leber möglich. Aus diesen Gründen ist eine quantitative Beurteilung der anaeroben Kapazität mittels Laktat nicht zulässig. Laut BACHL (1986, S. 419f) drückt der maximale Laktatspiegel damit eher die dem jeweiligen Trainingszustand (Kurz-, Mittel-, Langzeitausdauer) und der jeweiligen Belastungsart entsprechende Beteiligung der anaeroben Energiebereitstellung bei Maximalbelastung aus.

Die Halbwertszeit für die Laktatelimination nach Belastungsende beträgt etwa 15 min (MARGARIA 1982; PANSOLD et al., 1973) Daraus ergibt sich, dass eine weitgehende metabolische Erholung nach hochintensiven Trainings- und Wettkampfbelastungen mit maximalen arteriellen Laktatkonzentrationen zwischen 20 und 24 mmol/l erst nach 45 bis 90 min beendet ist. Wird die Erholung aktiv mit Intensitäten unterhalb der aeroben Schwelle gestaltet, kann das den Wiederherstellungsprozess um 40 bis 50% beschleunigen. Sportarten, die der azyklischen Schnelligkeit zuzuordnen sind und deshalb nur die alaktazide Energiebereitstellung beanspruchen, lassen eine Leistungswiederholung bereits nach etwa 3 min zu, (HOLLMANN & HETTINGER 1980; MARGARIA, 1982; PANSOLD et al, 1973), da zur Resynthese der energiereichen Phosphate nur etwa 22 s benötigt werden. (BACHL, 1986, S 349f)

CRIELAARD et al. (1986)., hielten es für erwiesen, dass das maximale  $\text{LA}_b$  seinen höchsten Wert erreicht, wenn es rund 7 Min. ( $r = 0,87$ ) nach einem kurzdauernden ausbelastenden Test gemessen wird

MARGARIA et al. (1971) haben Blutlaktatwerte dazu verwendet um die Energie, die durch Laktatproduktion frei wird, zu schätzen.

Bei DI PRAMPERO (1981) ist zu finden, dass die Nettoansammlung von Laktat im Körper während einer Belastung quantitativ in Zusammenhang mit dem Laktatgehalt im Blut wenige Minuten nach der Belastung steht.

Wenn diese Annahmen zutreffen, kann seiner Auffassung nach durch den Spitzennachbelastungsblutlaktatwert ( $LA_{bmax}$ ) eine genaue und reliable, quantitative Messung von laktazider Kapazität erhalten werden (Di PRAMPERO, 1981).

Die angeführten Autoren haben in ihren Studien bewiesen, dass der Laktatrückgang durch eine aktive Erholung, und damit bessere Durchblutung, erhöht ist gegenüber einer passiven. (BELCASTRO & BONEN 1975, HERMANSEN & STENSVOLD 1972).

Das maximale Blutlaktat wird aber auch von Glykogen - Ebenen, die vor dem Test bereits bestanden haben (HEPBURN & MAUGHAN, 1982; JACOBS et al., 1987; KLAUSEN et al., 1975) und von Änderungen des Säure-Basengleichgewichtes beeinflusst. (KINDERMANN & KULLMER, 1985; KLAUSEN et al., 1972).

FOXDAL et al. (1990) und GRAHAM (1984) beschäftigten sich damit, welchen Einfluss die Stelle der Blutabnahme auf das maximale Laktat ausübt. Laktatwerte, die sich aus einer Oberschenkelblutprobe ergeben, können doppelt so hoch sein als solche, die aus den Venen vom Kopf oder Ellbogen genommen wurden. Laktat aus den Fingerkapillaren ist ebenfalls um rund 8 % höher als Laktat aus den Venen des Unterarms, aber gleich mit Proben aus dem arteriellen Ohrläppchen.

Aus den oben angeführten Untersuchungsergebnissen und nach GREEN & DAWSON (1993) geht hervor, dass immer die gleiche Stelle für Laktatproben während einer Testreihe hergenommen werden muss, und, dass die Blutabnahme nur bei passiver Erholung durchgeführt werden sollte. Weiters sollte gewährleistet werden, dass die Probanden vollkommen erholt von ihren Trainingseinheiten (ca. 48 - 72 Stunden) zum Test erscheinen, und, dass diese Erholungsphase bei einer Testreihe immer eingehalten wird. Tests, welche eine längere Störung des Säure-Basenhaushaltes induzieren, sollen vor laktaziden Tests durchgeführt werden, oder, wenn mehrere Tests in einer Testreihe aufeinander folgen, so soll diese Reihenfolge standardisiert sein.

Maximales Blutlaktat dient sowohl zu der quantitativen bei CAMUS & THYS (1991) oder DI PRAMPERO (1981) als auch qualitativen, Bestimmung der anaeroben Kapazität von Trainierten und Untrainierten, nach LACOUR et al (1990), MERO (1988), OHKUWA et al. (1984); PATERSON et al. (1980)

Folgende signifikante Zusammenhänge zwischen dem maximalen Nachbelastungslaktatwert (in der Folge  $LA_{bmax}$ ) und der anaerob erbrachten Leistung wurden von verschiedenen Autoren veröffentlicht. Das maximale Blutlaktat korrelierte mit den Laufleistungen über 400 m ( $r = -0,76$  bis  $-0,89$ ) bei FUJITSUKA et al. (1982); OHKOUWA et al. (1984); BERG & KEUL (1985), Bei einer Laufleistung über 800 m. korrelierten  $LA_{bmax}$  und Leistung bei LACOUR et al. (1990) mit  $r = -0,71$ . Laufbandbelastungen über 30 bis 60 s zeigten Korrelationen von  $r = 0,67$  bis  $0,86$  bei FUJITSUKA et al. (1982). Bei einer totalen Ausbelastung während eines Wingate-Test wurde von TAMAYO et al. (1984).eine Korrelation von  $r = 0,55$  festgestellt.

Bei Sprintern und Kraftsportlern wurden nach KOMI et al. (1977) höhere maximale  $LA_b$ - Werte festgestellt als bei Ausdauerathleten und Untrainierten. Das  $LA_{bmax}$  korrelierte mit Typ II Fasern im Skelettmuskel jedoch nur sehr schwach mit einem Wert von  $r = 0,24$ .

Die höchsten maximalen  $LA_b$ -Werte stellten (Mc NAUGHTON & CEDARO (1991) mit  $32\text{mmol/l}$  bei Ruderern fest.  $LA_{bmax}$  Konzentrationen in dieser Höhe sind ein Resultat von so genanntem supra- $VO_{2max}$ -Training beschrieben bei CUNNINGHAM & FAULKNER (1969); SJODIN et al. (1976); HOUSTON & THOMSON (1977); SHARP et al. (1986); und JACOBS et al. (1987). Nach GREEN & HOUSTON (1975) können solche hohen Laktatwerte nur bei besonders wichtigen saisonalen Wettkämpfen, bei denen eine Erhöhung der laktaziden Kapazität erwartet wird, auftreten.

Im Gegensatz zu anderen Autoren stellt SALTIN (1987), wie schon BACHL (1986) in Frage, ob das maximale Blutlaktat ein adäquater Messparameter für die anaerobe Kapazität ist. SALTIN (1987) ist ebenfalls der Ansicht, dass bereits nach Belastungsabbruch eine große Menge des produzierten Laktats metabolisiert wird, bevor sich das Gleichgewicht der Laktatverteilung im Muskel und im Blut einstellt.

Dazu gaben auch RIEU et al. (1988) an, dass die Annahme von MARGARIA et al. (1963) im Zusammenhang mit der freien und raschen Diffusion von Laktat während der "H<sub>2</sub>O - Compartments" des Organismus nicht valide bei intermittierenden Belastungen ist. RIEU et al. (1988) zeigten, dass die LA<sub>b</sub>-Werte, die während einer intermittierenden Belastung gemessen wurden, nur dann rechnerisch angenähert werden können, wenn die Zeit, die das Laktat benötigt, um das Equilibrium während der Körpercompartments zu erreichen, viel höher anzunehmen ist, als dies bei MARGARIA et al. (1963) getan wurde. Nach RIEU et al. (1988) ist das von MARGARIA et al. (1963) ausgewiesene "Kalorische Equivalent" für LA<sub>b</sub> von 3 ml O<sub>2</sub>/mmol. mit Vorsicht zu interpretieren.

Das Verhalten des Nachbelastungslaktats, und damit auch der Wert von LA<sub>bmax</sub>, ist nach FREUND et al. (1986, 1989) und auch bei BACHL (1986) bei submaximalen Belastungen von der Intensität und der Dauer der Belastung abhängig. Die Abhängigkeit des LA<sub>bmax</sub> von der Intensität und der Dauer einer Belastung an der supra-VO<sub>2max</sub>-Grenze konnte nicht direkt nachgewiesen werden. Es gibt jedoch Anzeichen dafür, dass sich die LA<sub>b</sub>-Kinetik bei maximalen Belastungen variierender Intensität und Dauer unterschiedlich verhält. Nach GASTIN et al. (1991) sind LA<sub>bmax</sub> Werte, gemessen während eines mit Maximalkraft ausgeführten Fahrradtests, höher, als solche, die mit maximaler konstanter Last über eine Dauer von 1,5 bis 3,5 min durchgeführt wurden. Beim Sauerstoffdefizit konnten jedoch keine Unterschiede festgestellt werden.

KOZIRIS & MONTGOMERY (1991) verglichen das LA<sub>bmax</sub> eines "all out Tests" mit jenem eines maximalen "constant-load". Für beide Tests wurde eine Dauer von 90 s festgelegt. Als Ergebnis zeigte der „all out Test“ einen signifikant höheren LA<sub>bmax</sub> Wert, obwohl die mittlere Kraftproduktion keine signifikanten Unterschiede zeigte. KOZIRIS & MONTGOMERY (1991) zeigten, dass bei "all out Tests" höhere LA<sub>bmax</sub> Werte erreicht werden können, als bei "constant-load" Tests. Die Ursache könnte in der unterschiedlichen Belastungsintensität liegen.

ROBERTS et al. (1982); MEDBØ & BURGERS (1990); und auch NEVILL et al. (1989) stellten fest, dass Trainingseinwirkungen mit hohen Intensitäten keine Auswirkungen auf das LA<sub>bmax</sub> hatten. Zu bemerken waren lediglich

Verbesserungen der Leistung und andere metabolische Determinanten der anaeroben Kapazität.

Die Variabilität, die für das  $La_{bmax}$  bei den verschiedenen Studien gemessen wurde, weist auch auf die Problematik der Beurteilung der anaeroben Kapazität mittels des  $La_{bmax}$  hin. Bei FUJITSUKA et al. (1982) beträgt der Variationskoeffizient 7,2 %, bei MARGARIA et al. (1963) 16,5 % und bei GRAHAM & ANDREW (1973) 21 %. Die beiden höheren Werte wurden bei „all-out Tests“ mit längerer Dauer gemessen. Der Wert bei FUJITSUKA ergab sich aus einem ausbelastenden Lauf über 1min.

Aus den angeführten Studien und Darstellungen kann kein eindeutiger Schluss gezogen werden, ob nun das maximale Nachbelastungslaktat zur Beurteilung der anaeroben Kapazität herangezogen werden kann. Zu unterschiedlich sind die Ansichten der verschiedenen Autoren. Eine Abhängigkeit des  $La_{bmax}$  von der Belastungsintensität und der Belastungsdauer scheint allenfalls gegeben. Diese Faktoren sollten bei der Auswahl eines Tests, der anaerobe Kapazität messen soll, berücksichtigt werden.

### 5.3. pH-Wert

Unter Ruhebedingungen beträgt nach SCHWABERGER et al. (1981) der pH-Wert des arteriellen Blutes beim gesunden Menschen bei 7,440. Man kann keine alters- oder trainingsbedingten Unterschiede feststellen. Eine Veränderung des Blut-pH-Wertes wird unter physiologischen Bedingungen bei schwerer körperlicher Arbeit deutlich. Bedingt sind diese Veränderungen durch die ablaufenden Stoffwechselprozesse.

MARÈES (2003, S. 355) gibt für den intramuskulären pH-Wert in Ruhe 7,0 an. Ein Abfall des Muskel-pH-Wertes auf 6,7, bedingt durch die bei der Milchsäurebildung entstehenden  $H^+$ -Ionen, hemmt das Enzym der Glykolyse, die Phosphofruktokinase, bereits um 50%, bei einem pH-Wert von 6,3 ist sie vollkommen gehemmt. Dabei handelt es sich nach MARÈES (2003, S. 355) um eine körpereigene Schutzhemmung, da ein weiterer Abfall des Muskel-pH-Wertes zu einer Aktivierung von Lysosomen führen würde. Diese dienen jedoch dem

Abbau von Zellbestandteilen und würden zelleigene Strukturen zerstören. Sinkt der pH-Wert aufgrund einer maximalen Belastung auf ein kritisches Maß, hat dies die Einstellung der Glykolyse und somit den Belastungsabbruch – die Azidose - zur Folge.

SCHWABERGER et al. (1981) gab einen Vergleich zwischen Trainierten und Untrainierten an. Dieser konnte zeigen, dass der arterielle Blut-pH-Wert untrainierter Personen unter steady state Belastung früher absank, obwohl ihre Wattleistung niedriger war. Die Ursache dafür liegt im früheren und auch stärkeren Anstieg der fixen Säuren, vor allem der Milchsäure, während der Arbeit.

Der pH-Wert des femoralvenösen Blutes liegt immer unter dem arteriellen pH-Wert, zeigt jedoch sowohl bei Sportlern, als auch bei Normalpersonen während steady-state Belastungen einen stärkeren Abfall als im arteriellen Blut

#### 5.4. Base Excess

Bei anaerober Energiebereitstellung durch die anaerobe Glykolyse nimmt die Laktatkonzentration mit ansteigender Belastung im Blut zu. Der Anstieg des Laktats erfolgt gleichzeitig mit einer Senkung des Blut-pH Wertes. Mittels Blutgasanalyse kann ein Base-Excess-Wert ermittelt werden, der in verschiedenen Studien als anaerober Messparameter dient.

KINDERMANN & KEUL (1977) stellten für die Beziehung zwischen Base-Excess und Laktat Regressionsgleichungen auf. Der Base-Excess-Wert ist für Lauf- und Fahrradergometerbelastungen aufgrund folgender linearer Regressionen errechenbar:

Laufen:  $BE = -0,54 - 1,25 \text{ Laktat}$  ( $r = -0,98$ )

Ergometer:  $BE = -0,20 - 1,10 \text{ Laktat}$  ( $r = -0,94$ )

Eine weitere Regression ist bei SCHWABERGER & PESENHOFER (1981) zu finden. Mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r=0,987$  liegt sie ebenfalls im Bereich der beiden bereits angeführten.

$\Delta\text{-BE} = -1,659 + 1,315 \text{ Laktat}$  ( $r = 0,987$ ,  $n = 123$ ).

Die hohen Korrelationen zwischen Base-Excess und Laktat veranschaulichen den engen Zusammenhang der beiden Parameter sehr deutlich. KINDERMANN & KEUL (1977) gaben bei einem quantitativen Vergleich zwischen Base-Excess und Laktat bei Ergometerbelastung einen 80%igen Anteil, bei Laufbelastungen sogar einen 90%igen Anteil am Abfall des Base-Excess an, der durch das Laktat bewirkt wird. Der Rest entfällt auf Pyruvat und freie Fettsäuren.

Gegenüber dem Laktat kann durch das  $\Delta\text{-BE}$  und den pH-Wert direkt das Ausmaß der Belastungsazidose erfasst werden. Nach SCHWABERGER et al., (1981) ist als leistungslimitierender Faktor aber nicht Laktatkonzentration anzusehen, sondern die metabolische Azidose. Sinkt der intrazelluläre pH-Wert in der arbeitenden Muskulatur auf 6,4-6,3, das entspricht einem arteriellen Blut pH-Wert von 6,9-6,8, kommt es zu einer Feedbackhemmung der Glykolyse.

Der Base-Excess kann über anaerobe Faktoren wie Pufferkapazität und Azidotoleranz Aufschluss geben und somit wie Laktat als Messparameter bei der Beurteilung der anaeroben Kapazität eine wichtige Rolle spielen.

## 5.5. Y-Intercept

Wenn muskuläre Arbeiten bei unterschiedlichen Intensitäten bis zur Erschöpfung ausgeführt werden, wird der Verlauf der Rückentwicklung der maximalen Arbeit (Arbeitsgrenze) über der maximalen Zeit (Zeitgrenze) als kritische Leistung (CP: Critical Power) bezeichnet. Es wird angenommen, dass der Y-Abschnitt dieser Funktion die anaerobe Arbeitskapazität (AWC: anaerob work capacity) darstellt. Der Zweck einer Studie von JENKINS et al. (1991) war die Überprüfung der Beziehungen zwischen dem Y-Abschnitt der Kurve der kritischen Leistung und Messungen der AWC (gesamte geleistete Arbeit, Spitzen-Blutlaktatwerte und venöse Blut-pH-Werte nach dem Versuch), die bei wiederholten



Maximalversuchen erhalten wurden. Nach JENKINS et. al. (1991) führten zur Bestimmung der CP neun männliche Freiwillige mit einigermaßen hohem Trainingsstand ( $VO_{2max}$  4,45 +/- 0,25 l/min) drei Fahrradergometerversuche bis zur Erschöpfung durch (bei 300, 350 und 400 W). Eine zweite Fahrradergometeraufgabe beinhaltete wiederholte maximale Anstrengungen (gegen 0,075 N/kg Körpergewicht) während fünf 1 min-Abschnitten. Die Übungen wurden durch 5-minütige passive Erholungen getrennt, an deren Ende kapillares Blut für die Laktatanalyse entnommen wurde. Nach der fünften Übung wurde venöses Blut zur Bestimmung des Blut-pH-Wertes entnommen. Nach JENKINS et al. (1991) hatte der nach dem Versuch ermittelte Blut-pH-Wert sowohl mit dem Y-Abschnitt ( $r = 0,92$ ;  $P \leq 0,01$ ) als auch mit der akkumulierten Arbeit ( $r = 0,92$ ;  $p \leq 0,01$ ) einen positiven Zusammenhang. Zwischen den Spitzen-Blutlaktat-Werten und der Arbeit wurde kein signifikanter Zusammenhang gefunden ( $r = 0,16$ );), obwohl ein Zusammenhang zwischen dem Blutlaktat-Wert und der  $VO_{2max}$  bestand ( $r = 0,84$ ;  $p \leq 0,05$ ). Bei aktiven männlichen Versuchspersonen wurde die Kapazität einer Intervall-Arbeit mit hoher Intensität durch den Y-Abschnitt gut repräsentiert. Weiterhin legen die Beziehungen zwischen Blut-pH-Werten und dem Y-Abschnitt und auch der akkumulierten Arbeit nahe, dass entweder eine verbesserte Pufferung oder ein größerer Beitrag des aeroben Stoffwechsels zur Energie-Ausbeute für die erfolgreichere Leistung bei den Intervall-Übungen verantwortlich war (JENKINS et al.,. 1991).

Auch GREEN & DAWSON (1996) führten verschiedene Feldtests durch, bei denen das y-intercept zur Beschreibung anaerober Kapazität verwendet wurde.

## 5.6. Sauerstoffschuld

HERMANSEN et al. (1984) haben sich mit der Sauerstoffschuld als ein Maß der anaeroben Kapazität auseinandergesetzt und sind zu der Übereinstimmung gelangt, dass es sich hierbei um kein stichhaltiges Messinstrument zur Feststellung der anaeroben Kapazität handelt. In der Literatur wird bei GREEN & DAWSON (1993) eine Vielzahl von Argumenten, die diese Folgerung unterstützen angeführt. Verschiedene Studien haben gezeigt, dass die Sauerstoffschuld um 50 bis 100% höher ist als das Sauerstoffdefizit bei ein und derselben Belastung.

woraus zu schließen ist, das hier die anaerobe Kapazität überschätzt wird. (BANGSBO et al. 1990; CHRISTENSEN & HÖGBERG 1950, HUGHSON 1984; POWERS et al. 1987; ROSE 1988).

Diese Überbewertung ist auf verschiedene Faktoren zurückzuführen, welche die Sauerstoffaufnahme nach der Belastung beeinflussen.

Dazu zählen:

- a) erhöhte Katecholamine, beobachtet bei intensiven Belastungen (HERMANSEN et al. (1984b); NEVILL et al. (1989);
- b) erhöhte Gewebetemperaturen (CHAD & WENGER 1988, GAESSER & BROOKS 1984), Substratkreislauf (HERMANSEN et al. 1984b) und mitochondriale Respiration (GAESSER & BROOKS 1984) nach der Belastung;
- c) die Art der Substrate die verwendet wird (CHAD & WENGER 1988)
- d) die Resynthesierung des Glykogens aus Laktat, die intensiven Belastungen folgt (ASTRAND et al. 1986; HERMANSEN & VAAGE 1977; NORDHEIM & VØLESTAD 1990), welche bei einer energetischen Veranschlagung doppelt vorkommen, freigesetzt bei der Laktatbildung (MARTIN 1987).

HAGBERG et al. (1990) hat eine komplette Dissoziation zwischen der Laktatproduktion während Belastungen und der langsamen Komponente der Sauerstoffaufnahmekurve nachgewiesen, was überzeugende Beweise für den falschen Gebrauch der Sauerstoffschuld zur Beschreibung der laktaziden Kapazität liefert. Die oben erwähnten Probleme gelten auch für die alaktazide Sauerstoffschuld, woraus geschlossen werden kann, dass die Sauerstoffaufnahme die anaerobe Kapazität nicht quantifiziert. (GREEN, DAWSON 1993).

## 5. 7. Sauerstoffdefizit

Obwohl das Phänomen des Sauerstoffdefizites ( $O_2D$ ) bereits Anfang dieses Jahrhunderts entdeckt und erforscht wurde, dauerte es bis in die 70iger Jahre, um die Möglichkeit in Betracht zu ziehen mit dem  $O_2D$  die anaerobe ATP-Resynthese während maximaler Belastung zu messen. (KARLSSON & SALTIN, 1971).

Ende der 80iger Jahre haben nach GREEN & DAWSON (1993) verschiedene Wissenschaftler den Nutzen des  $O_2D$  zur quantitativen Registrierung der anaeroben ATP-Resynthese erkannt. (MEDBØ & TABATA, 1989; MEDBØ et al., 1988). SALTIN (1990) hat behauptet, dass das  $O_2D$  die einzige Methode darstellt, die die Fähigkeit besitzt, die anaerobe Kapazität zu quantifizieren.

Bei submaximalen Belastungsintensitäten wird angenommen, dass der Steady State der Sauerstoffaufnahme die totale Rate der Energieaufnahme reflektiert. Unter der Voraussetzung, dass die Energieaufnahme linear mit der Belastungsintensität ansteigt, kann der Sauerstoffbedarf ( $VO_2$ ) bei supra- $VO_{2max}$  Belastungen durch lineare Extrapolation der  $VO_2$  Kraftproduktionen in Verbindung mit submaximalen Kraftproduktionen determiniert werden. (HERMANSEN & MEDBØ, 1984a). Während supra- $VO_2$  Belastungen ist das Sauerstoffdefizit kalkuliert als der Bereich zwischen dem geschätzten Sauerstoffbedarf und der  $VO_2$  Asymptote über die Dauer der Belastung; es wird oft in Sauerstoffäquivalenzen (ml/kg oder L) ausgedrückt und widerspiegelt, dass via Hydrolyse von  $\approx P$  Energie frei wird. Der anaerobe Katabolismus von Carbohydraten basiert nicht nur auf dem Verbrauch der körpereigenen Sauerstoffressorts in den Lungen, sondern auch auf jenen in der Körperflüssigkeit und dem Myoglobin (ASTRAND et al., 1986). Ungefähr 400 bis 600 ml endogener Sauerstoff wird während kurzer maximaler Belastungen verbraucht, und trägt für das Sauerstoffdefizit zwar einen kleinen aber nicht unerheblichen Anteil bei. (ASTRAND et al., 1986).

Die Durchschnitts  $O_2D$ -Werte variierten von 33 ml/kg bei prepubeszenten Buben (ERIKSSON et al., 1973) bis zu 80-85 ml/kg bei Sprintern (MEDBØ & BURGERS, 1990; MEDBØ, et al., 1988, SCOTT, et al., 1991).

Das Sauerstoffdefizit von Ausdauerathleten (ca. 50 bis 65 ml/kg: GRAHAM & MC LELLAN, 1989; HERMANSEN & MEDBØ, 1984; MEDBØ & BURGERS, 1990; SCOTT et al., 1991, WITHERS et al., 1991) entspricht ungefähr dem von untrainierten Normalpersonen (MEDBØ & BURGERS 1990, MEDBØ et al, 1988; WITHERS et al., 1991).

Athleten mit einer gut entwickelten anaeroben Leistungsfähigkeit, z. B. Mittelstreckenläufer) liegen mit Ihren  $O_2D$ -Werten ( $\approx 75$  ml/kg) zirka in der Mitte zwischen den Ausdauerathleten und den Sprintern (MEDBØ et al. 1988; SCOTT et. al. 1991).

Zwischen den einzelnen oben genannten Studien zeigen sich jedoch auch bedeutende Variationen des Sauerstoffdefizites bei Probanden, die einen annähernd gleichen Trainingsstatus vorweisen. Diese Variationen können auf verschiedene Faktoren zurückgeführt werden: auf die Belastungsmethode und die gestestete Muskelmasse, die Dauer des Tests, die technologische und biologische Variabilität und auf methodische Differenzen.

Die anaerobe Kapazität ist von der rekrutierten Muskelmasse abhängig, was bei Labor- und Feldtests von der Belastungsmethode abhängt. Das erklärt auch, warum bei Laufband und Arm-Fuß Ergometrien höhere Werte für das Sauerstoffdefizit gemessen werden als bei Fahrradergometern. (ASTRAND et al.,1986; MEDBØ & TABATA, 1985).

Weiters ist davon auszugehen, dass die Dauer der Tests sich ebenfalls auf das Sauerstoffdefizit auswirkt. Die skandinavischen Forscher HERMANSEN & MEDBØ, (1984); MEDBØ et al. (1988) haben gezeigt, dass eine Verlängerung der Tests ein höheres  $O_2D$  ergibt. (z. B. von 2 auf 3 min). Mit weiterem Erhöhen der Dauer der Tests, steigt das Sauerstoffdefizit nicht weiter an.

Das  $O_2D$ , das bei maximalen Tests mit konstanter Belastung gemessen wird, die weniger als 2 Minuten dauern (HERMANSEN & MEDBØ, 1984), wird niedriger als bei Tests mit längerer Dauer sein, da bei dieser Belastungsdauer noch keine maximale Leistung erbracht wird. (MEDBØ et al., 1988, SCOTT et al., 1991).

Andere Studien haben gezeigt, dass das maximale Sauerstoffdefizit bei "all-out" Tests, im Gegensatz zu "constant-load" Tests bereits innerhalb einer Minute erreicht wird. (GASTIN et al., 1991, WITHERS et al., 1991).

GASTIN et al. (1991) haben gezeigt, dass das Sauerstoffdefizit, welches bei "all-out" Tests während 60 s erreicht wird, etwa dem eines "constant-load" Tests mit einer Dauer von 2 bis 3 Minuten entspricht.

In der Folge soll festgestellt werden, ob das Sauerstoffdefizit ein brauchbares Mittel zur Messung der anaeroben Kapazität darstellt.

Auf der Basis der relativ großen Variationskoeffizienten (GRAHAM & Mc LELLAN, 1989) und potentieller Probleme bei der genauen Einschätzung des  $O_2$  Verbrauches beim Test, kann die Genauigkeit mit der das Sauerstoffdefizit die anaerobe Kapazität misst in Frage gestellt werden. Die fehlende Korrelation zwischen dem  $O_2D$  und den Laufleistungen über 400m bis 1500m ( $r = 0.05$  bis  $0.21$ ) in einer heterogenen Gruppe von Athleten hat gezeigt, dass bessere Leistungen, die zu einem großen Teil durch anaerobe Energiebereitstellung zu Stande kommen, nicht immer mit einem höheren Sauerstoffdefizit assoziiert werden können. (GREEN 1993 S. 323).

Die anaerobe Leistung wird jedoch auch von verschiedenen Faktoren, die bestimmte Fähigkeiten (Koordination,...) des Sportlers beinhalten, beeinflusst.

Wenn die Lauftechnik, durch die ausschließliche Verwendung von Laufbahnathleten, ein konstanter Faktor wird, wurde eine signifikante Korrelation zwischen dem Sauerstoffdefizit und einer 300m Sprintleistung beobachtet ( $r = 0,76$ ; SCOTT et al., 1991).

Es gibt viele Ergebnisse, die indirekt die Validität des  $O_2D$  unterstützen. Z. B. korrelieren ( $r = 0,97$  und  $r = 0,66$ ) die totalen Arbeitsproduktionen während eines erschöpfenden "all-out" Fahrradtests über 60 s (SZÖGY & CHEREBETIU, 1974) oder eines 2 bis 3 min Laufbandtests (SCOTT et al., 1991) signifikant mit dem Sauerstoffdefizit.

Sprinttrainierte Athleten haben höhere  $O_2D$  Werte als etwa ausdauertrainierte während eines erschöpfenden Laufbandtests (HERMANSEN & MEDBØ, 1984a; SCOTT et al., 1991). Außerdem wurde bei Sprintathleten ein höheres anaerobes Potential (z. B. Pufferwerte, glykolytische Enzymaktivitäten) beobachtet. ( KOMI et al., 1977; PARKHOUSE et al., 1985).

Das Sauerstoffdefizit kann sowohl durch Training mit hohen Intensitäten (MEDBØ & BURGERS, 1990), als auch mit Höhenttraining gesteigert werden, (BRO-RASMUSSEN et al., 1985; MIZUNO et al., 1990) und zwar bei untrainierten und bei trainierten Personen. BRO-RASMUSSEN et al. (1985) haben ebenfalls gezeigt, dass das Ausmaß der  $O_2D$  Steigerung (12%) nach einem kurzen Aufenthalt in der Höhe (2800m) parallel zu einer gleichen Steigerung der Muskelpufferwerte (6 bis 8%) und einer Steigerung der Laufbandleistung (11%) verläuft, unabhängig davon, dass die  $VO_{2max}$  sich nicht verändert hat.

BANGSBO et al. (1990) fanden heraus, dass das  $O_2D$  (mmol ATP) das sich während eines maximalen einbeinigen Tests bildet, identisch ist mit dem ATP, das sich rechnerisch aus den metabolischen Veränderungen und der Ausschwemmung des Laktats aus dem Muskel während der Belastung ergibt; ähnliche Ergebnisse wurden auch bei "all-out" Fahrradtests gefunden. (WITHERS et al., 1991). Diese Ergebnisse beruhen jedoch auf Daten, die bei Tests mit zwei untrainierten Personen und 4 ausdauertrainierten Radrennfahrern erhoben wurden. Das Sauerstoffdefizit wurde nur zu einer groben Einschätzung der anaeroben Kapazität verwendet.

#### 5.7.1. Diskussion Laktat, Sauerstoffschuld, Sauerstoffdefizit

Es gibt genug Beweise, die zeigen, dass die Sauerstoffschuld die anaerobe Kapazität nicht exakt quantifiziert. Die Validität des  $LA_{bmax}$  zur Einschätzung der laktaziden Kapazität ist fragwürdig. Forscher (Di PRAMPERO, 1981; SALTIN, 1990) haben gegenteilige Ansichten bezüglich der Gültigkeit von  $LA_{bmax}$ . Ob  $LA_{bmax}$  dazu geeignet ist den Grad der anaeroben Kapazität genau

widerzuspiegeln, hängt von der Dauer der maximalen Belastung ab. Unter dieser Voraussetzung ist das  $LA_{bmax}$  für GREEN & DAWSON (1993) durchaus ein Parameter, der die anaerobe Kapazität mit der für den Spitzensport verlangten Genauigkeit charakterisiert.

Viele Forschungen haben wiederum das Potential der Sauerstoffschuld unterstützt, um damit die anaerobe Kapazität zu quantifizieren. Diese gehen davon aus, dass die Sauerstoffschuld das genaueste Maß ist, um anaerobe Kapazität zu beschreiben. Jedoch gibt es auch Untersuchungen, die die Daten der Sauerstoffschuld mit jenen der  $LA_{bmax}$  vergleichen. Diese Studien zeigen, dass die relativen Werte der Sauerstoffschuld und des  $LA_{bmax}$ , gemessen bei Sportlern und bei Nichtsportlern, ähnlich sind: höhere Werte der Sauerstoffschuld bedeuten gleichzeitig höheres  $LA_{bmax}$  und umgekehrt. Einige Studien berichten jedoch über das Ausbleiben einer Steigerung des  $LA_{bmax}$  parallel zu der durch Training induzierten Steigerung des  $O_2D$ , der Pufferkapazität und der Leistungssteigerung. Kurz- und langfristige Änderungen des Blutvolumens sorgen immer für Verwirrung bei der Interpretation der  $LA_{bmax}$  Daten. Außerdem korreliert das  $LA_{bmax}$ , das bei einem 2,5 bis 3 minütigen Laufbandtests gemessen wurde nicht mit der gemessenen Sauerstoffschuld ( $r=0.09$ ,  $P > 0,05$ ), obwohl die Korrelation der beiden bei einem maximalen 400m Sprint wiederum sehr hoch ist ( $r=0.70$ ,  $p < 0.05$ ) (GREEN, unveröffentlichte Studie in GREEN & DAWSON 1993). Dieses Ergebnis lässt darauf schließen, dass das  $LA_{bmax}$  ein genauerer Indikator zur Messung der anaeroben Kapazität ist, wenn es bei maximalen Belastungen von kurzer Dauer gemessen wird (bis ca. 1 min; GREEN & DAWSON 1993, S.323f).

Die Verwendung von  $LA_{bmax}$  bei Sportlern hoher Leistungsstufe bedarf einer näheren Untersuchung, da es sich um ein invasives und auch teures Verfahren handelt; die Wirkung der Belastungsintensität und –dauer bezüglich der Variabilität von  $LA_{bmax}$  muss berücksichtigt werden. Weitere Untersuchungen sind auch notwendig um einen Nutzen aus der Sauerstoffschuld in Zusammenhang mit homogenen Populationen von Hochleistungssportlern zu ziehen, wobei auch eine Reduzierung der Variabilität berücksichtigt werden muss, um sich normal biologischen Variationen anzunähern.

Dies ist GREEN & DAWSON (1993, S.323f) besonders wichtig für Forscher, die das Sauerstoffdefizit dazu verwenden, um die metabolischen und physiologischen Basen der anaeroben Kapazität zu untersuchen. Alle Bemühungen die Variabilität zu minimieren, müssen aber unter dem Gesichtspunkt betrachtet werden, dass die Varianz des Sauerstoffdefizits voraussichtlich immer höher sein wird als das bei anderen physiologischen oder leistungsdiagnostischen Messparametern der Fall ist (z.B. Sauerstoffaufnahme, work output), weil es aus mehreren Messgrößen mit ihren korrespondierenden Fehlern stammt. Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass eine ca. 2 minütige maximale Auslastung gebraucht wird, um das Sauerstoffdefizit während eines Tests mit konstanter Belastung zu maximieren. Jedoch haben andere Untersuchungen gezeigt, dass die Zeit, die gebraucht wird, um diesen Maximalwert zu erhalten, individuell unterschiedlich sein kann, sehr lange dauern kann, und auch für verschiedene sportliche Bevölkerungsgruppen spezifisch sein kann.

Wenn nach GREEN & DAWSON 1993, (S.325) die Zeitdauer, die gebraucht wird um ein maximales Sauerstoffdefizit zu erhalten mit jener des Wettkampfes ident ist, dann soll auch die Messung des Sauerstoffdefizits unter diesen für den Athleten spezifischen Voraussetzungen (bezüglich Dauer und Intensität) erfolgen. Trotzdem kann es zwischen den gemessenen Werten und den im Wettkampf erreichten Werten zu Differenzen kommen, da Leistungen bis zur vollkommenen Erschöpfung sehr selten im Sport sind und der Athlet sich eine individuelle Strategie für den Test, aber auch für den Wettkampf zurechtlegt.

Die Methode, die dazu verwendet wird, um den Sauerstoffbedarf während intensiver Belastungen vorherzusagen, muss ebenso einer genaueren Prüfung unterzogen werden. Obwohl das Sauerstoffdefizit als ein Maß der anaeroben Kapazität angesehen werden kann, ist ihre Validität nicht als bewiesen zu betrachten und eine Quantifizierung der anaeroben Kapazität durch das O<sub>2</sub>D muss mit Vorsicht betrachtet werden (GREEN & DAWSON, 1993 S. 325).

## 5.8. Beschreibung der Dynamik des Stoffwechsels nach Mader und Heck

MADER & HECK (1993) haben sich über ein mathematisches Modell zur Bestimmung gewisser objektiver Eigenschaften des biologischen Systems Mensch über die Bestimmung des Charakters der gemessenen Antworten (Übertragungs-



funktionen) zur einer kausalen Erklärung und Beschreibung derselben angenähert. So beschreiben sie beispielsweise die Beziehung von mechanischer Leistung und der Aktivität der Komponenten des Energiestoffwechsels. Dabei bedienen sich MADER & HECK (1993) abstrakter mathematischer Instrumentarien zur Messwertanalyse. Nach ihren Ausführungen sind zur Einführung systemtheoretischer Vorstellungen und Begriffe, sowie zur Klassifikation des möglichen Typs der Antwortfunktion, keine speziellen mathematischen Vorkenntnisse nötig. In der Folge wird versucht einzelne Modelle möglichst einfach und verständlich darzustellen. Die zum Verständnis erforderlichen Abkürzungen sind im Anhang enthalten.

Grundsätzlich unterscheidet man nach MADER & HECK (1993) zwei determinierte Antworten:

1. Die proportionale Antwort
2. Die integrale Antwort

Bei der proportionalen Antwort erreichen nach MADER & HECK (1993) alle Parameter des Systems bei Konstanz der Parameter der verursachten Funktion (Belastung) nach einer Übergangszeit eine zeitunabhängige konstante (=stationäre) Antwort. Für  $t \rightarrow \infty$  wird die Summe aller Antworten des Systems  $X_i(t)$  konstant.

Der Wert des proportionalen Parameters zum Zeitpunkt  $t$  lässt sich folgend beschreiben:

$$X_i(t) = X_{i\text{ss}} (1 - e^{(-t/\text{Tau}_i)})$$

Für die Input-Output Relation im stationären Zustand, bzw. für  $4 \cdot \text{Tau}_i < t \rightarrow \infty$  gilt

$$X_{i\text{ss}} = K_{i\text{Trans}} \cdot A_i$$

für  $F(Y) = t \leq 0, A_i = 0$   
 $t > 0, A_i = 1$

wenn nach einem Belastungssprung zur Zeit  $t = 0$  die Amplitude der Eingangsbelastung  $A_i = 0$  auf einen konstanten Wert  $A_i = 1$  springt, welcher ungleich  $A_i$  zur Zeit  $t < 0$  ist.

Der Amplitudenwert  $X_{iss}$  stellt unter den gegebenen Belastungsbedingungen einen Attraktor dar, zu dem eine vom Zeitpunkt  $t > 0$  abweichende Amplitude  $X_i(t)$  hingezogen wird. Die 2. Gleichung gilt für beliebige diskrete Amplitudenwerte  $A_i$  im stationären Zustand innerhalb der statistischen Linearitätsgrenzen ( $X_{i\ Min} < X_{i\ ss} < X_{i\ Max}$ ) der Systemantwort.

Bei der integralen Antwort nach MADER & HECK (1993) wächst oder fällt monoton mindestens ein Parameter des Systems  $X_j$  mit Ausnahme der Zeit, ohne dass zu irgendeinem Zeitpunkt ein stationärer Zustand erreicht wird. Für  $t \rightarrow \infty$  wächst mindestens ein  $X_j(t)$  über alle Grenzen, wenn die verursachte Funktion weiter besteht. Bei einem definierbaren Grenzwert für  $X_j(t) \geq X_{j\ max}$  bzw.  $X_j(t) \leq X_{j\ min}$  geht dieses System in einen anderen Zustand über (Relaxation) oder hört auf zu existieren.

Von MADER & HECK (1993) wird folgende prototypische Gleichung formuliert:

$$X_j(t) = \frac{K_{jTrans}}{C_{jVol}} \int_0^t F(A_j - A_{jLimit}) dx$$

für  $t > 0$  und  $Abs(A_j) - Abs(A_{j\ Limit}) > 0$ .

Das  $A_j\ Limit$  ist die Grenze der Eingangsamplitude, bei deren Über- oder Unterschreiten eine integrale Antwort des Systems erfolgt, was den Verlust des "steady state" bedeutet.

Laut MADER & HECK (1993) ist die Kenntnis der beiden charakteristischen Antworten ausreichend, um viele im lebenden Organismus vorgehende Reaktionen, wie beispielsweise die Dynamik des Stoffwechsels zu verstehen.

MADER & HECK (1993) beschrieben den stationären Zustand bei Systemen mit Materie- und Energieaustausch, wie lebenden Zellen oder Organismen als "Fließgleichgewicht" oder "Steady State". Sein Fließgleichgewicht wird durch einen ständigen Materie- und Energiestoffwechsel mit der Umgebung erhalten. Derartige Systeme werden als thermodynamisch offene Systeme bezeichnet. Das Fließgleichgewicht gilt als die zeitunabhängige (stabile) Existenzform thermodynamisch offener (lebender) Systeme. Ihre Struktur wird im Wechsel ihrer Bestandteile (Stoffwechsel) erhalten. Alle lebenden Systeme (Organismen) sind somit als Fließgleichgewichtssysteme proportionale Systeme.

Nach MADER & HECK (1993) sind alle höheren eukariotischen Organismen Systeme, die auf ein lebenslanges oxidatives "steady state" zur Deckung ihres Energiebedarfs für Zell- und Körperfunktionen und zur Erhaltung ihrer Struktur (Proteinsynthese) angewiesen sind. Tritt zu irgendeinem Zeitpunkt ein integrales Verhalten eines Systemparameters ( $X_j$ ) auf, dann befinden sich offene Systeme im "Non steady state" und sind somit grundsätzlich instabil. In diesem Zustand kann das jeweilige System nur zeitbegrenzt bis zum Erreichen eines bestimmten Grenzwertes für  $X_{jmax}$  bzw.  $X_{jmin}$  weiterexistieren.

Nach MADER & HECK (1993) ist abgesehen von den Grenzwerten auch die Kapazität des Systems ( $C_jVol$ ) für die Integration einer Störung maßgebend. Von ihr hängt ab wie stark der integrale Parameter mit der Zeit  $t$  wächst und somit wie schnell die Störung "akkumuliert" wird. Die Kapazität ist somit für die Dauer, wie lange das System im Zustand des "Non steady state" funktions- oder existenzfähig bleibt verantwortlich. Sieht man diese Erkenntnisse im Zusammenhang mit Muskelarbeit, besteht hier die Möglichkeit, für eine begrenzte Zeit eine hohe mechanische Leistung auf Kosten einer schweren Störung des internen physiochemischen Milieus in Form einer metabolischen Azidose durch die hohe Fähigkeit des Skelettmuskels zur Energiegewinnung unter Milchsäurebildung zu erbringen.

Nach MADER & HECK (1993) lassen sich die dargestellten Systemcharakteristiken und prototypischen Gleichungen nun auf die Beschreibung von Prozessen des muskulären Energiestoffwechsels des menschlichen Körpers übertragen.

Bei MADER & HECK (1993) besteht ein grundsätzlicher Unterschied im Zeitverhalten zwischen der Konzentration des Laktats und der  $VO_2$  in Abhängigkeit von der Belastung. Dieser ist für die Identifikation des Typs der Antwort wichtig.

MADER & HECK (1993) gaben an, dass die Sauerstoffaufnahme ( $VO_2$ ) als Flussgröße (ml/min) gemessen wird. Ihre Konstanz zeigt unabhängig von der Belastungszeit bei konstanter Leistung den stationären Zustand („steady state“) in einem Fließgleichgewicht des oxidativen Energieumsatzes an.  $VO_2$  entspricht in diesem Zustand einem „proportionalen Typ“ der Antwort (P-Verhalten) auf eine konstante mechanische Leistung. Mit folgender Gleichung kann man nach MADER & HECK (1993) die Abhängigkeit der  $VO_2$  von der mechanischen Leistung bei fahrradergometrischer Belastung beschreiben:

$$VO_2 \text{ (ml/min)} = VO_{2\text{Ruhe}} + 11,7 \cdot \text{Leistung (Watt)}$$

Die Einstellung des Fließgleichgewichts erfolgt zeitverzögert. Deshalb gilt die Gleichung für die Zeit  $t > 4 \cdot \text{Tau}$  nur nach dem Belastungsbeginn. Tau beschreibt die Zeitkonstante des Anstiegs der  $VO_2$  (24-36 s) auf den „steady state“ Bedarf an Sauerstoff, wodurch sich die Zeitkurve mit folgender Gleichung berechnen lässt:

$$VO_2(t) = VO_{2ss} \cdot (1 - e^{(-t/\text{Tau})})$$

Für MADER & HECK (1993) ist die Zeitkonstante Tau somit ein Maß für die Geschwindigkeit der Einstellung des oxidativen „steady state“, das sich aus dem Gleichgewicht von ATP-Verbrauch, ATP-Bildung und der Konstanz des internen physiochemischen Milieus der Zellen der Arbeitsmuskulatur ergibt.

Im Gegensatz dazu hat nach MADER & HECK (1993) das Zeitverhalten der  $VO_2$  oberhalb der Dauerleistungsgrenze, im Bereich der anaeroben Schwelle, auch eine integrale Komponente. Die  $VO_2$  steigt bis zum Belastungsabbruch als Resultat einer nicht mehr vollständig ausgeglichenen Energiebilanz weiter an. Dieser Anstieg zeigt sich durch den kontinuierlichen Abfall der PCr-Konzentration und die, durch die Laktatakkumulation ausgelöste, fortschreitende Destabilisierung des internen physiochemischen Milieus der Muskelzellen und des Gesamtorganismus.

Nach MADER & HECK (1993) zeigt das als Blutkonzentration (mmol/l) zu bestimmten Belastungszeitpunkten gemessene Laktat sowohl ein proportionales als auch ein integrales Verhalten. Die Laktatkonzentration kann nur dann in Beziehung zur Leistung gesetzt werden, wenn die Bestimmung der Laktatbildungsrate während der Belastungszeit aus der Konzentrationsänderung möglich ist. Die Bildungsrate für Laktat an sich repräsentiert nur die aus der Glykolyse anteilsmäßig gedeckte Leistung.

MADER & HECK (1993) gaben zwei mögliche Zustände für das Zeitverhalten der Laktatkonzentration, die über einen Übergangsbereich der „anaeroben Schwelle“ miteinander verbunden sind, an:

1. Unterhalb der anaeroben Schwelle kommen Laktatbildung und –elimination bei konstanter Belastung ins Gleichgewicht oder zeigen ein annähernd proportionales Verhalten bei geringer Änderung der Konzentration.
2. Oberhalb der anaeroben Schwelle ist die Bildungsrate weitaus größer als die Elimination, was zu einer Akkumulation und einem zeitlinearen Anstieg der Laktatkonzentration führt, sofern Bildungs- und Eliminationsrate während der Belastung weitgehend konstant sind.

MADER & HECK (1993) gaben an, dass die anaerobe Schwelle keinen bestimmaren Punkt auf der Skala des individuellen Leistungsvermögens darstellt, sondern tatsächlich einen Bereich der Leistung angibt, in dem ein gradueller Übergang vom noch möglichen „Laktat steady state“ zur zeitlinearen

Laktatakkumulation nachweisbar ist. Die Laktatbildungsrate wird folgendermaßen beschrieben:

$$VLa_{ss} < VLa_{Elim} \max$$

Wenn nach MADER & HECK (1993) die Bruttolaktatbildung geringer ist als die maximale Eliminationskapazität, wird die Einstellung einer „Laktat steady state“-Konzentration ( $CLa_{ss}$ ) möglich. Die aktuelle Laktatkonzentration  $CLa(t)$  nähert sich oder liegt im Bereich der „steady state“ – Konzentration  $CLa_{ss}$ .

$$CLa(t) \rightarrow \infty \text{ folgt } CLa_{ss} = \text{konstant}$$

Die Ausgeglichenheit von Bildungs- und Eliminationsrate ergibt die Gleichung:

$$0 = VLa_{ss} \text{ (mmol/l*min)} - VLa_{Elimss} \text{ (mmol/l*min)}$$

Die maximal mögliche Laktateliminationsrate wird folgendermaßen dargestellt:

$$VLa_{Elim} \max = VLa_{ox} \max + VLa_{Res} \max$$

$VLa_{ox} \max$  ist der Brennstoffbedarf der Atmung als Pyruvat- (Laktat-) Äquivalent.  $VLa_{res} \max$  ist eine komplexe Funktion des Substratangebotes an der Fructose-1,6-Phosphatase, der Pyruvat-Carboxylase und des Phosphorylierungszustandes des ATP/PCr-Systems der Zelle.

MADER & HECK (1993) gaben an, dass wenn  $CLa(t) > CLa_{ss}$  ist, wird aufgrund der höheren Laktatkonzentration mehr Laktat oxidativ eliminiert als gebildet. Dadurch fällt die Laktatkonzentration und mit ihr auch die Eliminationsrate. Ist zu Beginn  $CLa(t) < CLa_{ss}$ , so ist die Rate der Laktatelimination niedriger als diejenige, die für  $CLa_{ss}$  berechnet wird. Die Bildungsrate  $VLa_{ss}$  ist jedoch größer als die Eliminationsrate ( $VLa_{net} > 0$ ), was eine Erhöhung der Konzentration bewirkt. Dieses Verhalten wird als „äquifinal“ bezeichnet.

MADER & HECK (1993) dauert es etwa 5 bis 12 Minuten, bis sich ein Bildungs-Eliminationsgleichgewicht für Laktat bei konstanter Leistung einstellt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass  $CLa_{ss}$  nicht höher als 4-5mmol/l ist.

Die Bildungsrate  $VLa_{ss}$  kann nicht direkt aus der Konzentrationsänderung des Laktats geschlossen werden, wenn diese im Bereich einer noch möglichen "steady state"-Konzentration liegt. Sie wird nur dann ungefähr aus der Differenz der Blutkonzentration vor und nach Belastung berechnet, wenn die Konzentrationsänderung in kurzer Zeit einen so hohen Wert ergibt, dass das eliminierte Laktat dabei keinen großen Einfluss hat. Nach MADER & HECK (1993) gilt folgende Gleichung für die Laktatakkumulation bei Berücksichtigung der Laktatelimination annäherungsweise:

$$CLa(t) = t_{bei} * (VLa_{ss} - VLa_{Elim\max}) + CLa_{Ruhe}$$

Anwendbar ist diese Gleichung dann, wenn nur die Nettolaktatbildung berücksichtigt wird:

$$CLa_{B_{max}} \text{ (mmol/l)} = VLa_{Net} \text{ (mmol/l*s)} + t_{bei} \text{ (s)} + CLa_{Ruhe}$$

Die Nettobildungsrate  $VLa_{Net}$  wird für die Belastungszeit  $t_{bei}$  wie folgt geschätzt:

$$VLa_{Net} = (CLa_{B_{max}} - CLa_{Ruhe}) / t_{bei} \text{ (s)}$$

Laut MADER & HECK (1993) resultiert die Blutkonzentration nicht nur unmittelbar aus dem primären Verhalten des Laktats am Ort seiner Entstehung in der arbeitenden Muskulatur, sondern wird auch durch die Verteilung des Laktats auf die aktive Muskulatur und auf den Laktat aufnehmenden passiven Raum beeinflusst.

Nach MADER & HECK (1993) wird dieser Prozess mit der so genannten Bateman-Funktion, die den Konzentrationsverlauf des Laktats ( $CLa(t)$ ) als Differenz zweier e-Funktionen beschreibt, dargestellt:

$$CLa(t) = \frac{Y_0 \cdot k_2}{k_3 - k_2} \cdot (e^{-k_2 \cdot t} - e^{-k_3 \cdot t})$$

$k_2 = 1/\tau_{inV}$ ,  $\tau_{inV}$  = Zeitkonstante der Laktat-Invasion (=2-3min)

$k_3 = 1/\tau_{Elim}$ ,  $\tau_{Elim}$  = Zeitkonstante der Laktatelimination (=15-25min)

Für MADER & HECK (1993) beginnt der Prozess zur Zeit  $t=0$  und die fiktive Anfangskonzentration  $Y_0$  beginnt mit der Verteilung aus dem Bildungskompartiment in das betrachtete Kompartiment. Gleichzeitig startet die Elimination zu diesem Zeitpunkt und nähert sich mit fortschreitender Zeit dem Grenzwert Null, bei dem das gesamte Laktat aus dem Kompartiment eliminiert ist.

MADER & HECK (1993) gaben an, dass die Bateman-Funktion auf den Zeitverlauf der Laktatkonzentration im Blut nach exzessiver Laktatbildung und Akkumulation nur dann anwendbar ist, wenn die Bedingung erfüllt ist, dass die Bindung des Laktats im Muskelkompartiment in einem gegenüber der Dauer des Verteilungs- und Eliminationsvorganges vernachlässigten Zeitraum erfolgt, da die Verteilung mit einer fiktiven Anfangskonzentration ( $=Y_0$ ) zur Zeit  $t=0$  beginnt.

Sind diese Bedingungen für die Anwendung der Batemanfunktion nicht erfüllt, so muss nach MADER & HECK (1993) der Laktataustausch in einem Zweikompartimentmodell mittels eines Systems von 2 Differenzialgleichungen unter Berücksichtigung der Rückdiffusion in das Bildungskompartiment berechnet werden.



## 6. Die Messung der anaeroben Leistung

Maximale muskuläre Leistung wird erzielt durch optimale Werte von Kraft und Geschwindigkeit. Dazu ist es notwendig, die richtigen Zusammenhänge zwischen Kraft, Geschwindigkeit und Leistung zu sehen, und damit die Beurteilung der maximalen Leistung präzise mit Protokollen, wie beispielsweise isokinetische Ergometertests, Fahrradergometertests, Sprung- oder Stufentests, zu gewährleisten..

Nach HILL (1938) ist die Leistung die während einer Muskelverkürzung produziert wird sowohl von Kraft- als auch von Geschwindigkeitsfaktoren abhängig. Der Zusammenhang zwischen Kraft und Geschwindigkeit ist hyperbolisch (HILL; 1938) oder exponential bei FENN & MARSH (1935).

$$(V + b)(P + a) = b (P_0 + a) = a (V_0 + b) = \text{constant} \quad (\text{HILL, 1938})$$

$P_0$  ist die maximale isometrische Kraft und  $V_0$  die maximale Geschwindigkeit entsprechend einer "Null Kraft".

Bei mono-articularen ballistischen Tests, wie die Flexion und Extension des Ellbogens, wurden hyperbolische oder exponentielle Verhältnisse gefunden. (De KÖNIG et al., 1985; PERTUZON & BOUISSET, 1971; RALSTON et al., 1949; WILKIE, 1950) Es gibt einige Untersuchungen bei Athleten über die Kraft-Geschwindigkeitsbeziehung, die ohne ein isokinetisches Ergometer durchgeführt wurden. (De KÖNIG, et al., 1985).

Die Validität einer hyperbolischen Kraft-Geschwindigkeitsbeziehung zur Einschätzung der muskulären Fähigkeiten einer Muskelgruppe hängt, wie verschiedene Autoren angeben, von folgenden Faktoren ab: (PERRIN & EDGERTON, 1978; PERTUZON & BOUISSET, 1971; PERTUZON & LESTIENNE, 1968)

- a) Die rekrutierten motorischen Einheiten müssen bei allen Kräften und Geschwindigkeiten dieselben sein.
- b) Kraft und Geschwindigkeit muss immer zum gleichen Zeitpunkt während der Bewegung gemessen werden.
- c) Die Geschwindigkeit muss zu dem Zeitpunkt, wenn die Kraft gemessen wird konstant sein, andererseits muss die Trägheit der Apparatur und die des Körpersegments berücksichtigt werden.
- d) Die antagonistische Muskulatur muss entspannt sein
- e) Die Gravitationskräfte dürfen nicht vernachlässigt werden.
- f) Kraft und Geschwindigkeit muss bei immer gleicher Muskellänge oder bei gleichem Gelenkwinkel gemessen werden

Bei vielen Untersuchungen mittels isokinetischen Ergometern wurden nach PERRINE & EDGERTON, (1978) nicht immer all diese Punkte eingehalten und deshalb ist deren Validität auch in Frage zu stellen.

Trotz dieses Kritikpunktes ist es möglich, die Maximalwerte unmittelbarer Leistung, die während eines Kraft-Geschwindigkeitstests produziert wird, zu messen. Diese Leistung ist wahrscheinlich nahe der maximalen anaeroben Leistung bei einer monoartikularen Belastung, denn sie wird im allgemeinen bei einer Geschwindigkeit erzielt wo die oben erwähnten Bedingungen weniger kritisch sind (mittlerer Bereich von Kraft und Geschwindigkeit).

Bei CAIOZZO et al. (1981) beträgt die Test-Retest Reliabilität bei Drehmomentsmessungen mit einem isokinetischen Ergometer bei Trainierten  $r > 0,96$ ; bei Untrainierten  $r > 0,94$ , und ist somit als sehr hoch einzuschätzen.

Bei höheren Geschwindigkeiten (5 rad/sec.) nimmt die Reliabilität ( $r > 0,87$ ) ab. Das bedeutet, dass die Validität solcher Tests bei hohen Geschwindigkeiten abnimmt.

## **7. Testverfahren der anaeroben Leistung und Kapazität**

Nach BOUCHARD et. al. (1991, S. 192) sind die Labormessungen von anaerober Leistung und Kapazität offensichtlich für jene Sportler relevant, deren Sportarten entweder durch alaktazide oder laktazide Energiebereitstellung gekennzeichnet werden. Sie wären also am wichtigsten für Athleten der meisten Teamsportarten und für jene Sportler, für die ein Maximum an Power Output über einen Zeitraum von ca. einigen Sekunden bis 6 Min erforderlich ist. Leistungen von kürzerer Dauer (z.B. Springen oder Werfen) oder längerer Dauer (z.B. 10.000 m Geländelauf) werden primär von anderen Faktoren als anaerobem Energiepotential beeinflusst.

Labortests von maximaler anaerober Leistung und Kapazität sind für BOUCHARD et al. (1991, S. 192) am relevantesten für Sportler, wenn sie die aktuelle Ausführungsart simulieren und jene speziellen Muskelgruppen involvieren, die in jener Sportart beansprucht werden. Für viele Sportarten bedeutet das, dass die kommerziell verfügbaren Ergometer verändert werden müssen, während für andere eine spezielle Ausstattung konstruiert werden muss. Bei anderen Sportarten wiederum, können anaerobe Kraft- und Kapazität-Tests am besten im Freien durchgeführt werden.

Die folgenden Kapitel sollen einen Überblick über die verschiedensten in der Literatur angeführten Tests, die anaerobe Kapazität und Kraft messen, gegeben werden. Ausgedrückt werden diese Ergebnisse immer durch absolute Werte, wie beispielsweise pro Kilogramm Körpergewicht, pro Quadratmeter Körperoberfläche, pro Kilogramm fettfreie Masse, pro Einheit der limbischen Muskelmasse.

Eine Einteilung der anaeroben Tests erfolgt nach ihrer Dauer. Es werden kurzfristige (Short-term), mittelfristige (Intermediate-term) und langfristige (Long-term) anaerobe Tests unterschieden.

Nach VANDEWALLE et al. (1987) wird die Reliabilität anaerober Tests mit dem Korrelationskoeffizienten des Test - Retest Verfahrens gemessen. Die Validität dieses Test – Retest Korrelationskoeffizienten bezüglich seiner Reliabilität ist jedoch nicht ganz unumstritten. Bei der Interpretation müssen die Größe der Stichprobe und die interindividuelle Variabilität berücksichtigt werden.

## 7.1. Kurzfristige (Short-term) anaerobe Tests

Nach BOUCHARD et al. (1991, S. 192) dauern die "Short-term" anaeroben Tests grundsätzlich höchstens 10 sec. oder weniger und messen vor allem die alaktazide anaerobe Kapazität der involvierten Muskulatur. Der Spitzenwert der Kraft (Peak Power) in einer Sekunde wird meistens in diesen Tests ermittelt. Das Verhältnis der maximalen Arbeitsleistung oder der Durchschnittskraft während des Tests zur Spitzenkraft in einer Sekunde gibt Aufschluss über die Fähigkeit die Kraft über einen kurzen Zeitraum zu halten. Diese Kategorie von Tests beinhaltet grundsätzlich Labortests, sowie auch Feldtests.

In der Literatur werden folgende Tests immer wieder angeführt.

- MARGARIA staircase test
- Quebec 10-second test
- Maximal isokinetic tests
- Vertical jump tests
- Test nach DAL MONTE und LEONARDI
- Test nach PIRNAY und CRIELAARD
- Test nach BACHL

### 7.1.1. MARGARIA Staircase Test

MARGARIA, AHGEMO und ROVELLI entwickelten 1966 einen Stufentest, der die Bestimmung der maximalen anaeroben Leistungsfähigkeit ermöglichen soll.

Der Proband steht zwei Meter vor einem Treppenaufgang und wird angewiesen, mit maximaler Geschwindigkeit die zwei Meter und die Treppen, zwei Treppen werden dabei mit einem Schritt überwunden, jede Treppe misst eine Höhe von 175 mm, hinaufzusprinten. Ein elektronischer Lichtschranke misst die Zeit.

(VANDEWALLE et al. 1987; BOUCHARD et al. 1991; MC ARDLE et al. 1996)

Formel zur Berechnung der Leistung:

$$\begin{aligned} \text{Leistung} &= \text{Kraft} \times \text{Geschwindigkeit} \\ &= \text{Körpergewicht in kg} \times 9,81 \times (\text{Höhe in m} / \text{Zeit in sec}) \end{aligned}$$

h = Differenz der Höhe zwischen der gesetzten Lichtschranken

t = Zeit die zwischen erstem und zweitem Lichtschranken verstrichen ist

9,81 = Gravitätät in m/sec

Reliabilität: Innerhalb einer Testeinheit konnte eine Variation von 4 % festgestellt werden. Bei der Untersuchung von zwei Testpersonen mehrere male über fünf Wochen wurde eine Variation von 2% ermittelt (test-retest: r=0,85).

#### 7.1.2. Quebec 10 – Second Test

Dieser Test wird nach BOUCHARD et al. (1991) auf einem modifizierten Monark Ergocycle durchgeführt, wobei eine photoelektrische Zelle jedes Drittel einer Pedalumdrehung registriert und die Daten an einen Mikroprozessor weiterleitet. Ein Computer zeichnet die Arbeit, die pro Sekunde geleistet wird, auf. Die Belastung zu Beginn des Tests bezieht sich auf das Körpergewicht des Probanden, wird aber während des Tests manuell so angepasst, dass die Testperson eine Geschwindigkeit beim Pedal treten halten kann. Der Test wird in zwei Durchgängen durchgeführt, in denen jeweils ein 10 sec maximaler Antritt gefordert wird. Folgende Bedingungen werden an den Probanden gestellt:

- sitzende Position
- treten mit 80 rpm auf das erste Signal, während der Tester die Belastung anpasst
- maximaler Antritt über 10 sec vom Startsignal an.
- Wiederholung des Tests nach 10 min..

Die geleistete Arbeit wird in Joules oder Joules pro Kilogramm Körpergewicht gemessen. Die erbrachte Leistung wird in absoluten Werten oder pro kg Körpergewicht für jede Sekunde des Tests aufgezeichnet. Ein Fatigue Index (FI)

soll die Leistungsabnahme während der 10 s. Belastung registrieren. Dieser wird durch das Verhältnis des power outputs der letzten Sekunde zu der Sekunde mit dem höchsten power output definiert.

Reliabilität: Eine für diesen Test durchgeführte test-retest Untersuchung ergab einen Reliabilitätskoeffizienten von 0,98.

### 7.1.3. Kurzfristige Maximale Isokinetische Tests

Isokinetische Ergometer eignen sich nach BOUCHARD et al. (1991) besonders zur Durchführung anaerober Kurzzeit-Tests. Je nach Anordnung des Tests kann die anaerobe Kurzzeit – Leistung und Kapazität einer bestimmten Muskelgruppe für ein oder mehrere Gelenke bestimmt werden. Erfasst werden Peak Power, die Gesamtleistung über die Testdauer und verschiedene Ermüdungsindizes. Die Test – Retestreliabilität dieser Untersuchungsmethoden sind generell hoch (0,9 und höher).

SARGENT et al. (in BOUCHARD et al., 1991) entwickelten 1981 ein isokinetisches Fahrradergometer. Mit Hilfe von Messgeräten konnte die pro Pedalumdrehung geleistete Beinarbeit kontinuierlich aufgezeichnet werden.

Isokinetische Dynamometer, wie z. B. Cybex und Kin Com, oder auch Fitronic können das Drehmoment eines Gelenkes während der Bewegung (z.B. Kniestreckung, Ellbogenflexion) messen. Sind das Drehmoment und die Winkelgeschwindigkeit bekannt, lässt sich die mechanische Leistung feststellen. Der Vorteil dieser Annäherung von Werten aus Fahrrad-, Lauf-, oder Sprungprotokollen ist, dass die Eigenschaften einzelner Muskelgruppen unter gut kontrollierbaren Voraussetzungen gemessen werden können, wobei die anderen Gelenke stabil bleiben.

#### 7.1.4. Vertical Jump Tests

Dieser Test wurde von SARGENT (in BOUCHARD et al., 1991) 1924 zur Messung der generellen muskulären Leistung entwickelt. Die erreichte Höhe beim Vertikalsprung definiert jedoch eher die Dimension der Arbeit und nicht der Leistung. Erst die Entwicklung der Kraftmessplatte ermöglichte die Feststellung der augenblicklichen Leistung während eines Vertikalsprunges.

Nach VANDEWALLE et al. (1987) wurden unterschiedlichste Untersuchungsprotokolle im Laufe der Zeit entwickelt, wie der Sprung aus der gehockten Stellung, oder mit einem Kniewinkel von 90 ° oder aus dem Stand gefolgt von einer schnellen Beugung im Knie kurz vor dem Absprung (Counter Movement Jump). Hinzu kommen Protokolle in denen das Schwingen der Arme erlaubt ist, in anderen sind die Arme wiederum an der Hüfte abgestützt. Die jeweilige resultierende Höhe ist deshalb sehr abhängig vom jeweiligen Untersuchungsprotokoll.

Der Test – Retest Reliabilitätskoeffizient wird in der Literatur mit  $r = 0,98$  beschrieben

#### 7.1.5. Test nach DAL MONTE und LEONARDI

Nach BACHL (1985, S. 564) besteht der Test aus einem kombinierten Laufbandtest mit 10% Steigung und 1,5 m/sec Belastungsincrement. Während des bergauf Gehens wird mit beiden Händen unter Aufwendung der maximalen Kraft gegen eine hüfthohe Querstange gedrückt. Das Ausmaß und die zeitliche Dauer der Krafteinwirkung wird aufgezeichnet.

Die Energiebereitstellung wird aus jener Arbeit, die zum Heben des Körpers und für das Vorwärtsstoßen des Barrens erforderlich ist, errechnet. Die Leistungsfähigkeit wird mit 1,128kpm/sec/kg als Durchschnitt für die ersten 7 sec angegeben. Der Mittelwert über die Dauer von 10 s liegt mit 1,10 kmp/sec/kg bereits niedriger.

#### 7.1.6. Test nach PIRNAY und CRIEELARD

Bei diesem Test, beschrieben in BACHL (1985, S. 565), kommt ein drehzahlabhängiges Fahrradergometer zum Einsatz. Der Proband wird angewiesen, bei einer ansteigenden Widerstandseinstellung zwischen 4 und 7 mkp in kürzester Zeit auf die höchste Umdrehungszahl zu beschleunigen und anschließend sofort zu beenden. Aus dem Kurvenverlauf lässt sich die aus Drehzahl und Widerstand errechnete maximale Wattleistung feststellen.

Durchschnittlich Trainierte erreichen Werte von 710,1  $\pm$  58,4 Watt bzw. 10,1  $\pm$  1,2 Watt/kg Körpergewicht, für Sprinter werden Werte von 1095 Watt bzw. 16,0 Watt/kg Körpergewicht und mehr angegeben.

#### 7.1.7. Test nach BACHL

Dieser Test nach BACHL (1985, S. 567f) besteht aus einer Belastungsserie von je 4 Sekunden dauernden Antrittsversuchen bei 7 verschiedenen Belastungen von 400 - 1000 Watt an einem elektrisch gebremsten, drehzahlunabhängigen Fahrradergometer.

Die Probanden wurden angewiesen, bei jedem Antritt in kürzester Zeit auf die höchste Umdrehungszahl zu beschleunigen, wobei zwischen den Durchgängen eine Pause von 56 Sekunden liegt. Sattel und Lenker werden individuell angepasst. Jeder Antritt erfolgte in stehender Position bei genormter Pedalstellung.

Jeweils 30 s nach dem Antritt, sowie drei, sechs und 10 Minuten nach dem letzten Antritt wurde Blut aus dem hyperämisierten Ohrläppchen zur Laktatbestimmung abgenommen.

Bei den niedrigen Belastungen, 400 und 500 Watt, erreichten die Probanden nach BACHL (1985, S. 567f) den höchsten Wert der Umdrehungszahl. Der Abfall der maximalen Umdrehungszahl mit zunehmender Belastung wurde durch die errechnete Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Maximalwert ermittelt.



Bei allen getesteten Personen kam es nach BACHL (1985, S. 576f) sofort nach dem ersten Antritt zu einem Anstieg der Laktatkonzentration. Diese erhöhte sich weiter bis zum 4. Antrittsversuch bei 700 Watt, und blieb dann relativ konstant. Die Ergebnisse des Laktatanstiegs nach der ersten Belastung ließen vermuten, dass auch bei hoch intensiven Kurzzeitbelastungen eine Mitbeteiligung der laktaziden Energiebereitstellung zu erwarten ist.

Die Untersuchungen von BACHL (1985, S. 568) zeigten weiters, dass zur Analyse von Wechselwirkungen zwischen alaktazider und laktazider Energiebereitstellung weitere Testmodifikationen mit höherer differenzialdiagnostischer Spezifität erforderlich sind. Den Vorzug sollte man der drehzahlabhängigen Belastungsuntersuchung gegeben werden, da die Gesamtarbeit genauer erfasst werden kann.

## 7.2. Mittelfristige (Intermediate-term) anaerobe Tests.

Als "intermediate-term" anaerobe Tests werden nach BOUCHARD (1991, S. 198) solche bezeichnet, die etwa in der Zeit von 20 s bis 50 s liegen und hauptsächlich dazu dienen, die laktazide anaerobe Kapazität der involvierten Muskulatur zu messen. Bei diesen Leistungstests werden die maximale Arbeitsleistung, die Peak Power (in den ersten Sekunden des Tests), die Mean Power und die Leistung bei Erschöpfung (während der letzten Sekunden des Tests) ermittelt. Weiters können auch verschiedene Werte der Leistungsfähigkeit untersucht werden, wie die Fähigkeit die Kraft über längere Zeit zu halten oder das Ausmaß der Ermüdung.

In der Literatur werden folgende Tests immer wieder angegeben.

- 30-Sekunden Wingate Test
- DE BRUYN-PRÉVOST constant-load test
- Mittelfristige Maximale Isokinetische Tests
- Sportartspezifische Tests
- Maximal Anaerobic Running Test (MART)

### 7.2.1. Wingate-Test

Der Wingate-Test (WAnT) kam erstmals 1974 von AYALON et. al. (1974) zur Anwendung. Grundsätzlich war er dazu konzipiert anaerobe Beinmuskulararbeit zu messen. Er kann aber auch bei Armkurbelgeräten angewendet werden.

Der Wingate-Anaerobic-Cycling-Test kann laut BOUCHARD et al. (1991) auf den gängigen Fahrradergometern, wie dem Fleisch- oder Monark-Ergometer durchgeführt werden. Aufgrund seiner einfachen Anordnung ist dieser Test auf eine breite Bevölkerungsschicht ausgerichtet. Er ist auch bei Kindern und Körperbehinderten anwendbar.

Nach AYALON et al. (1974) besteht für den Probanden die Vorgabe 30 s mit maximal möglicher Umdrehungszahl gegen einen eingestellten Widerstand zu arbeiten. Dabei werden 3 Testkriterien gemessen:

- a. die höchste Leistung in Watt (Peak Power),  
(innerhalb der ersten 5 s Perioden)
- b. die Gesamtleistung in Watt über 30 s Testdauer
- c. der Ermüdungsindex (Fatigue Index)

Für den Ermüdungsindex gilt die Gleichung in BACHL (1985 S. 576)

$$\text{Ermüdungsindex in \%} = \frac{\text{Watt maximal} - \text{Watt minimal (Belastungsende)}}{\text{Watt maximal}} \times 100$$

Der Tretwiderstand wurde nach AYALON et al. mit 0,075 kp/kg Körpergewicht angenommen, was einer Arbeit von 4,41J/Pedalumdrehung/kg Körpergewicht entspricht. Da der Test bei jungen untrainierten Personen angewendet wurde hat sich diese Einstellung als zu niedrig für Erwachsene herausgestellt

Als generelle Richtlinien gab AYALON et al. auf dem Monark-Ergometer einen Tretwiderstand von 0,090 kp/kg Körpergewicht für untrainierte und 0.100 kp/kg Körpergewicht für trainierte Erwachsene an.

BOUCHARD et al., (1991) gaben als Widerstand für Erwachsene 45g/kg Körpergewicht für ein Fleisch-Ergometer, für ein Monark-Ergometer gaben sie bei Erwachsenen 75g/kg Körpergewicht an. Für den Armkurbeltest empfahlen sie 30 g/kg für das Fleisch-Ergometer und 50 g/kg für das Monark-Ergometer.

Zusätzlich gaben BOUCHARD et al., (1991) an, dass diese Widerstände erhöht werden müssen, wenn anaerob- oder krafttrainierte Personen getestet werden.

Test-Retest Zuverlässigkeitsprüfungen unter standardisierten Bedingungen ergaben nach AIGNER (1997, S. 76) einen Korrelationskoeffizienten von  $r=0,89$  bis  $r=0,98$ .

#### 7.2.2. Test nach DE BRUYN-PRÉVOST

Die Durchführung dieses Test hat nach BOUCHARD et al. (1991, S. 203) auf einem elektromagnetisch gebremsten Fahrradergometer zu erfolgen. Entscheidend ist dabei die Ausbelastung des Probanden bei gleich bleibender Umdrehungszahl. Für Männer wird eine Belastung von 400 Watt, für Frauen 350 Watt angegeben. Die Probanden müssen schnellstmöglich eine Umdrehungszahl von 124 bis 128 U/min (Männer) bzw. 104 bis 108 U/min (Frauen) erreichen und diese solange durchhalten bis der Erschöpfungszustand eintritt.

Gemessen werden bei diesem Test gemäß BOUCHARD et al. (1991, S. 203) die Verzögerungszeit, das ist die Zeit bis zum Erreichen der vorgeschriebenen Umdrehungszahl und die Gesamtarbeit bis zur Erschöpfung. Die Erschöpfung ist als jener Zeitpunkt definiert, bei der die Tretfrequenz nicht mehr eingehalten werden kann. Zur Bestimmung der anaeroben Ausdauer wird ein Index, bestehend aus dem Quotienten der Gesamtarbeitszeit und der Verzögerungszeit, errechnet.

BOUCHARD et al. (1991, S. 204) geben für die Korrelation Test-Retest  $r=0,77$  an.

### 7.2.3. Mittelfristige Maximale Isokinetische Tests

Nach BOUCHARD et al. (1991, S. 204) können isokinetische Testverfahren den Ansprüchen des Testers angepasst werden. Durch Variation des Testprotokolls bezüglich der Testdauer, der Belastung usw. ergeben sich viele Einsatzmöglichkeiten für die isokinetischen Testformen. Die Gültigkeiten entsprechen jenen der kurzfristigen isokinetischen Tests.

### 7.2.4. Maximal Anaerobic Running Test (MART)

Der Maximal Anaerobic Running Test (MART) wurde nach RUSKO et al (1993) entwickelt, um sowohl die metabolischen als auch die neuromuskulären Komponenten der maximal anaeroben Leistung zu bestimmen.

Der Proband absolviert dabei  $n \cdot 20$  s Läufe mit jeweils 100 s Erholungspause zwischen den Läufen. Zu Beginn beträgt die Geschwindigkeit 14,6 km/h, die Steigung 4 °. Bei jedem Durchgang wird die Geschwindigkeit um 1,37 km/h bis zur Erschöpfung gesteigert. Als Messparameter dienen die Sauerstoffaufnahme und der Blutlaktat Spiegel, wobei die Blutproben aus Fingerspitze oder dem hyperämisierten Ohrläppchen nach 40 s der Erholungsphase entnommen werden. Unmittelbar vor und nach den 20 s Läufen werden laut NUMMELA et al. (1996a), jeweils drei Counter-Movement Jumps (CMJ) absolviert. Die CMJ sollen Aufschluss über die Kraft generierende Kapazität der Testpersonen geben.

Messparameter des MART nach NUMMELA et al. (1996a):

- Maximale Laufleistung ( $P_{max}$ )
- Maximale Blutlaktatkonzentration nach der Ausbelastung
- Blutlaktatkonzentration während submaximalem Sprinten beschrieben durch die Laufleistung bei 3 mmol, 5 mmol und 10 mmol submaximalen Blutlaktatlevels.
- Höhe des Counter-Movement Jump ( $CMJ_{rest}$ )
- $CMJ_{decrease}$  nach submaximalem und erschöpfendem Sprinten

Die Ergebnisse des MART liefern nach NUMMELA et al. (1996a) Informationen über die anaerobe Arbeitskapazität, die Sprint-Ökonomie, sowie über die Leistung und Ermüdung der Kraft erzeugenden Beinmuskulatur.

NUMMELA et al. (1996b) untersuchten den MART bezüglich seiner Reliabilität und Validität. Als Probanden wurden 13 physisch gesunde Männer herangezogen. Der MART wurde zweimal absolviert. Zu Vergleichszwecken diente ein durchgeführter Wingate-Test. Folgende Erkenntnisse wurden aus dieser Untersuchung gezogen:

Die maximale Laufleistung ( $P_{max}$ ) war nach NUMMELA et al. (1996b), beim zweiten Test höher als beim Ersten, was die Autoren durch den Lernprozess der Testpersonen erklärten.

NUMMELA et al. (1996b) stellten höhere Retest Korrelationen für die  $P_{max}$  Sprintern fest mit  $r=0,93$  ( $p<0,001$ ). Eine Studie der Test-Retest Reliabilität an Sportstudenten ergab für die  $P_{max}$ ,  $r=0,93$ , den  $P_{10mmol}$   $r=0,80$  und den  $P_{5mmol}$   $r=0,67$ .

Ein Vergleich von MART und WAnT diente zur Feststellung der Validität. Die maximale Laufleistung, die maximale Laktatkonzentration, die Höhe des CMJ und das  $O_2$  Defizit korrelierten signifikant mit den korrespondierenden Variablen des WAnT. (NUMMELA et al., 1996b)

### 7.3. langfristige (long-term) anaerobe Tests

Die Tests dieser Kategorie liegen nach BOUCHARD et al. (1991, S. 105f) in der Zeit von ca. 60 sec bis 120 sec. Sie wurden dazu entwickelt, die maximale anaerobe Kapazität und die Fähigkeit eine hohe Kraftproduktion aufrechtzuerhalten, wenn eine große anaerobe Energiekomponente gegenwärtig ist. Zur Problematik dieser Tests gehört die Tatsache, dass bei Tests, die ca. 2 min dauern, die aerobe Komponente immer mehr an Bedeutung gewinnt. Diese kann über 60% der Energiebereitstellung in der Endphase des jeweiligen Tests betragen.

In der Literatur werden folgende Tests beschrieben.

- 60-Sekunden Vertikaler Sprungtest
- Quebec 90-Sekunden Test
- CUNNINGHAM & FAULKNER Treadmill Test
- 120-Sekunden Maximaltest
- Sportspezifische Tests

### 7.3.1. 60 – Second Vertical Jump Test

Nach BOUCHARD et al. (1991, S. 205) werden beim 60 s vertical jump Test von BOSCO et al. (1983) von den Probanden maximale, aufeinander folgende Sprünge innerhalb von 60 Sekunden durchgeführt. Mit dem Ergojump (elektronisches Messgerät) werden Bodenkontaktzeit und Flugzeit gemessen. Die Probanden führen 60 sec lang maximale Sprünge aus einer Kniebeugung von ca. 90° durch. Dabei sind die Arme an der Hüfte abgestützt. Zur Leistungsberechnung dient folgende Formel:

$$W = 9,8 \cdot T_f \cdot 60/4N (60-T_f)$$

W = mechanische Leistung (W/kg)

9,8 = Gravitätät (m/s)

T<sub>f</sub> = Summe der totalen Flugzeiten aller Sprünge

N = Anzahl der Sprünge über die 60 Sekunden

Laut BOUCHARD et al. (1991, S. 206) liegt die Reliabilität des 60 – Second Vertical Jump Tests bei r=0,95.

### 7.3.2. Quebec 90 – Second Test

Der Quebec 90 s Test unterscheidet sich nach BOUCHARD et al. (1991, S. 206) vom bereits beschriebenen Quebec 10 s Test nur durch die Zeitdauer und dadurch, dass nach dem Startsignal die ersten 20 s mit um die 130 U/min und anschließend so schnell wie möglich getreten werden soll.

Relevante Ergebnisse sind die in 5 s maximal erreichte Leistung in Watt/kg, die Gesamtleistung während der 90 s in J/kg und Ermüdungsindizes.

### 7.3.3. CUNNINGHAM and FAULKNER Treadmill Test

Dieser Test wird nach BOUCHARD et al. (1991, S. 198f) auf dem Laufband bei 20 prozentiger Steigung und einer Geschwindigkeit von 8 mph (miles per hour) durchgeführt. Der Proband läuft bis zur völligen Ausbelastung und dem daraus resultierenden Abbruch. Gemessen wird die Zeit bis zum Abbruch in Sekunden, sowie das Blutlaktat nach der Belastung und in der Erholungsphase.

Die Test-Retest-Reabilitätsprüfung ergab einen Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,76$  bis  $0,91$ .

### 7.3.4. 120 – Second Maximal Test

Der 120 – Second maximal Test von KATCH & WELTMAN (1979) wird laut BOUCHARD et al. (1991, S. 207) auf einem Monark Fahrradergometer durchgeführt. Die Belastung beträgt 34 kp/U und die Testdauer 120 Sekunden. Auf ein Signal beginnt die Testperson so schnell wie möglich zu treten, während die Last innerhalb von 1,5 s adjustiert wird. Der Proband weiß über die Testdauer nur, dass sie sehr kurz ist, über die genaue Dauer wird er nicht informiert. Der Proband wird angewiesen, so viele Umdrehungen wie möglich zu machen. Verbale Zurufe sollen ihn dabei unterstützen. Gemessen werden die Daten über die total geleistete Arbeit und die maximale Arbeit in den ersten 6 s. Test-Retest ergab eine Reliabilität von  $r = 0,92$ .

## 8. Die anaerobe Kapazität in der Leistungsdiagnostik

In diesem Abschnitt sollen die Prinzipien der anaeroben Leistungsdiagnostik auch in Hinblick auf die folgende Studie diskutiert werden. Vor allem gilt es zu prüfen, ob die anaeroben Testparameter der Peak Power und Mean Power geeignete Mittel sind die anaerobe Leistung und Kapazität zu messen. Vor allem haben BACHL & BARON (1998, S. 50f) und HECK et. al. (1998) sich mit diesem Problem auseinandergesetzt.

Nach BACHL & BARON (1998, S. 50) ist es bei der Leistungsdiagnostik der anaeroben Energiebereitstellung erforderlich, dass die jeweilige anaerobe Leistung sowie auch die anaerobe Kapazität in ihre alaktaziden und laktaziden Komponenten unterteilt wird. Als diagnostisches Kriterium der Bildungsraten, wird die maximale Leistung (Peak Power), für die Arbeitsbeträge, die „Mean Power“ oder die „local muscle endurance“ angegeben. Außerdem wird auch der ungenau definierte Begriff anaerobe Kapazität verwendet.

Eine Vielzahl von anaeroben Tests wurden von verschiedenen Wissenschaftlern entwickelt. Die einzelnen Testabläufe wurden schon in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben. Es soll nun geprüft werden welche Kriterien für die Auswahl eines anaeroben Testverfahrens entscheidend sind.

### 8.1. alaktazide anaerobe Kapazität

Auf der folgenden Seite ist eine Tabelle (2) von SPRIET (1995, in BACHL&BARON, 1998, S. 52) ausgewiesen. In dieser sind Studien verschiedener Autoren zusammengefasst, die mittels muskelbiptischer Untersuchungen einen Vergleich der ATP-Bildungsraten aus dem Phosphorkreatinsystem (PCr-System) und der Glykolyse herstellten. Die dazu erforderlichen hochintensiven Arbeitsbeträge wurden einerseits mit Elektrostimulationen, andererseits mit verschiedenen Ergometern erbracht. Die Ergebnisse zeigen, dass vor allem während der ersten Sekunden die ATP-Bildungsraten aus dem PCr-System ihre höchsten Werte erreichen. Der höchste Wert wurde bei einem



Fahrradergometertest in der Dauer von 6 s erreicht. Ein deutliches Absinken der ATP-Bildungsrate aus PCr ist zwischen 10 und 30 Sekunden bemerkbar.

Die Werte der Glykolyse liegen etwas über der Zeit des PCr-Systems. Der höchste Wert zeigte sich bei einem Test auf einem isokinetischen Fahrradergometer bei einer Dauer von 10 s. Bei einer Testdauer von 30 s ist die Bildungsrate aus der Glykolyse immer noch bei ca. 50 % des Höchstwertes. Da jedoch keine Untersuchungen im Zeitraum zwischen 10 s und 30 s vorliegen, kann man nur der Vermutung nachgehen, dass die ATP-Gewinnung aus der anaeroben Glykolyse ihr Maximum bei etwa 10 bis 15 Sekunden erreichen wird. BACHL&BARON (1998, S. 52) geben ebenfalls an, dass bei bioptischen Untersuchungen bei Elektrostimulation sowie bei unterschiedlichen Maximalbelastungen die ATP-Bildungsraten aus dem PCr-System während der ersten Sekunden einer hochintensiven dynamischen Arbeit am höchsten sind. Die Bildungsraten aus der Glykolyse hingegen zeigen ihre höchsten Werte in einer Zeitdauer von etwa 10 bis 15 Sekunden.

Bei Testzeiten von 60 s und mehr nähert sich die ATP-Bildungsrate aus der anaeroben Glykolyse immer mehr ihrem Ausgangswert.

Tabelle 2: Muskelbioptische Studien

	Belastungsverfahren	ATP-Bildungsrate (mmol/kg dm/s)		
		Dauer	PCr	Glykolyse
Hultman&Sjoholm (1983)	Elektr. Stim. (50 Hz)	0-1,28 0-2.56	5.0	5.3
Hultman&Sjoholm (1983)	Electr.stim(20Hz)	0-5	3.1	2.1
Boobis et al. (1982)	Cycling	0-6	6.0	4.8
		0-30	1.9	4.0
Jones et al. (1985)	Isok. Cycling (140 rpm)	0-10	4.4	9.3
		0-30	0.7	6.5
Mc Cartney et al. (1986)	Isok. Cycling (100 rpm)	0-30	1.4	5.9
Jacobs et al. (1982)	Cycling	0-30	1.3	2.6
Nevill et al. (1989)	Running	0-30	1.9	4.1
Withers et al. (1991)	Cycling	0-60	0.9	2.5
		0-90	0.5	1.7
Karlsson et al. (1975)	Isometric (50% MVC)	0-90	0.8	1.1
Karlsson&Saltin (1970)	Cycling	0-143	0.4	0.7
Bangsbo et al. (1990)	Iso.knee extensions	0-192	0.3	1.6

Tab. 2 Darstellung muskelbioptischer Ergebnisse als experimentelle Hinweise für die ATP-Bereitstellung aus PCr und Glykolyse; (rpm = Umdrehung/min., MVC=maximal voluntary contraction, approximierte Werte); aus SPRIET (1995 in BACHL/BARON 1998, S 53).

Aufgrund der Betrachtung dieser Studien kann man zu dem Schluss kommen, dass für die Messung der anaeroben Leistung (Peak Power) bis zu einer Dauer von weniger als 10 s am ehesten geeignet erscheinen. Die hohen ATP-Bildungsraten aus dem anaeroben PCr – Pool und der anaeroben Glykolyse bei maximaler Belastung bis zu diesem Zeitpunkt geben Grund zu dem Anlass, Testserien mit geringerer Zeitdauer den Vorzug zu geben. Das ist auch unter dem Gesichtspunkt zu sehen, dass bei längerer Zeitdauer der anaerobe laktazide Metabolismus immer mehr an Bedeutung gewinnt.

HECK (2003, S. 151) sprach sogar davon, dass bei maximalen Belastungen die Leistung nicht einmal in den ersten 5 s rein alaktazid erfolgt, sondern bereits nach einer Sekunde ein steiler Anstieg der Glykolyserate und somit des Laktates zu beobachten ist.

Simulationen haben nach HECK et al. (1998) gezeigt, dass Testverfahren zur Beurteilung der alaktaziden Leistungsfähigkeit und Kapazität nicht länger als 5 s dauern sollten, um den Einfluss von Laktatbildungsraten so niedrig wie möglich zu halten.

HECK et al. (1998) hielt die Peak Power als Parameter der maximalen alaktaziden Leistungsfähigkeit für fragwürdig, da sie vom laktaziden Metabolismus ebenso wie von anderen Faktoren wie die Bremskraft der verwendeten Ergometer beeinflusst wird.

Da keine klare Abgrenzung zur anaeroben laktaziden Energiebereitstellung vorgenommen werden kann, ist nach HECK et al. (1998) eine direkte Messung der anaeroben alaktaziden Kapazität nur mit Muskelbiopsien und eingeschränkt mit <sup>31</sup>P-MR Spektroskopie möglich.

SERRESSE et al. (1988) und SMITH&HILL (1991) geben für den Anteil des aeroben Metabolismus für die ersten zehn Sekunden einer Belastung während eines 30 Sekunden dauernden Wingate-Tests 53% für PCr, 44% für die anaerobe Glykolyse und 3% für den anaeroben Stoffwechsel an. Der 3 % Anteil der aeroben Energiegewinnung an einer kurzfristigen Belastung ist vernachlässigbar, da davon auszugehen ist, dass er bei einer Belastung unter 6 s noch weiter an Bedeutung verliert.

## 8.2. Laktazide anaerobe Kapazität

Noch schwieriger gestaltet sich die genaue Beurteilung der laktaziden anaeroben Kapazität durch herkömmliche Leistungstests, die auf Laufbändern, oder Fahrradergometern durchgeführt wird.

Als Maß der „laktaziden Leistung“ im Rahmen einer Testsituation kann nach MADER (1994, in BACHL&BARON, 1998 S. 54). nur die maximale Glykolyserate gelten und diese ist nur in den ersten zehn bis zwölf Sekunden maximaler Intensität erreichbar. Dies liegt darin begründet, dass die Glykolyse der azidosebedingten Hemmung unterliegt. Die maximale Glykolyserate ist also an niedrige Muskel- und Blutlaktatkonzentrationen gebunden und somit nur bei kurzen Belastungszeiten möglich. Nach MADER (1994, in BACHL&BARON 1998, S.55) darf das akkumulierte Laktat weniger als 75 % des physiologisch möglichen Maximums der maximalen NBLK 20 bis 24 mmol/l betragen. Außerdem ist aus Messungen der maxNBLK der utilizede Laktatanteil nicht ersichtlich. Als begrenzender Faktor für die laktazide Arbeitskapazität ist jene Laktatmenge anzusehen, welche bis zur Grenze der zellulären und allgemein metabolischen Azidose akkumuliert werden kann (HECK, 1990a, MADER, 1991, SCHNABL, 1979 in BACHL&BARON 1998, S. 55).

Das bedeutet nach MARÉES (2002, S. 355), dass je mehr das Laktat in der Muskelzelle und in der Folge auch im Blut ansteigt, desto mehr wird die anaerob laktazide Glykolyse gehemmt. Der abfallende pH-Wert in der Muskelzelle durch die Zunahme der H<sup>+</sup>-Ionen bei der Bildung von Laktat führt zu einer Hemmung der PFK-Aktivität. Fällt der pH-Wert, in der ruhenden Muskulatur etwa 7,0, auf 6,7 ab, liegt die entergetische Flussrate nur noch bei 50 %, beträgt der pH-Wert nur noch 6,3 kommt sie vollständig zum Erliegen. Dieses Phänomen wird Azidose genannt. Die Energiegewinnung aus der laktaziden Glykolyse muss also vor der einsetzenden Hemmung der PFK-Aktivität gemessen werden.

Bei der Beurteilung der anaeroben laktaziden Kapazität ist noch eine weitere Abgrenzung in Richtung aerobe Energiegewinnung vorzunehmen.

SERRESSE et al. (1988) und HILL&SMITH (1991) geben für den gesamten Wingate-Test von 30 Sekunden Dauer Anteile von 23% bis 28% für PCr, 49% bis 56% für die anaeroben Glykolyse und beachtliche 16% bis 28% für den oxidativen

Stoffwechsel an. Belastungen zwischen 60 und 90 Sekunden zeigten für die anaerobe Energiegewinnung nur noch Anteile von oder unter 50 %.

Der hohe Anteil des aeroben Metabolismus bei kurzen intensiven Belastungen zeigt nach BACHL&BARON (1998, S. 56), dass eine Diagnostik der anaeroben Kapazität und deren trainingsbedingte Veränderungen nur unter Berücksichtigung dieser aeroben Einflüsse stattfinden kann.

HECK et al. (1998) war der Auffassung, dass die Bestimmung der laktaziden Kapazität nur eingeschränkt möglich ist, eine Abgrenzung von der alataziden Kapazität mit einfachen Verfahren nicht möglich erscheint.

Wenn man die Ausbelastungsdauer als Maß für die laktazide Kapazität heranzieht, dann ist nach HECK et al. (1998) ohne die Kenntnis der maximalen aeroben Ausdauer der laktazide Anteil nicht abschätzbar.

#### 8.4. Validität sportartspezifischer Leistungsdiagnostik

Die Wahl des richtigen Testverfahrens sollte auch in direktem Zusammenhang mit der Validität spezifischer Leistungsprüfverfahren stehen.

Ein Leistungsprüfverfahren ist nach ISRAEL (1979) und LIENERT (1969 in BACHL&BARON, 1990, S 748) aus sportmedizinischer Sicht

„Eine wissenschaftlich begründete Methode zur Erlangung einer möglichst quantifizierten Aussage über die Beschaffenheit bestimmter individueller Merkmale.“ (Zitat BACHL&BARON, 1990, S. 749)

Für alle Tests werden deshalb verschiedene Gütekriterien gefordert. Die Validität (Gültigkeit) beschreibt demnach die Genauigkeit, mit der das zu messende Merkmal tatsächlich gemessen wird, bzw. ob der Test und die verwendeten

Parameter der jeweiligen Fragestellung zur Merkmalquantifizierung entsprechen. Nach BACHL&BARON (1990, S. 748) verfolgen sportmedizinische Tests folgende Ziele:

1. Ermittlung der Leistungsfähigkeit des Organismus bzw. seiner Teilsysteme (Leistungsdiagnostik) und deren leistungsbestimmende Faktoren (Strukturdiagnostik).
2. Ermittlung von Anpassungserscheinungen des Organismus bzw. seiner Teilsysteme an den Trainingsprozess (Entwicklungsdiagnostik) im Rahmen der Trainingsregelung und deren Effektivierung.
3. Erarbeitung von kurz- und längerfristigen Leistungsprognosen (Eignungsdiagnostik).
4. Ermittlung leistungsbegrenzender Komponenten.

Eine Vielzahl an Labor- und Feldtests wurden in den vergangenen Jahren entwickelt und zur Ermittlung von leistungsdiagnostischen Daten herangezogen. Die dargestellten Ziele sportmedizinischer Belastungsprüfverfahren und deren mögliche Interpretationen können auf der Basis von un-, semi- und sportartspezifischer Methoden verfolgt werden. Dies kann sowohl auf der Gesamtheit einer Struktur und deren Elementen, als auch auf den Kompensationsmöglichkeiten der einzelnen Elemente komplexer Strukturen erfolgen.

Unter der Voraussetzung, dass nach BACHL&BARON (1990) jede Belastungsprüfung die innere Beanspruchung einer äußeren Belastung zu objektivieren und quantifizieren im Stande sein muss, lässt sich die Validität für das methodische Vorgehen bei der Belastungsprüfung folgendermaßen definieren:

Unspezifische Leistungsprüfverfahren haben die Aufgabe, die innere Struktur von Teilkomponenten der Leistungsfähigkeit unter standardisierten Bedingungen zu quantifizieren und aus der Synopsis verschiedener innerer Strukturen einen Hinweis auf die Qualität der Gesamtheit zu geben.

Sportartspezifische Leistungsprüfverfahren sind im Stande, die Ganzheit einer Leistung zu quantifizieren und unter Miteinbeziehung valider biologischer Parameter einige dafür verantwortliche innere Strukturen in ihrer Wechselbeziehung zur Gesamtheit zu quantifizieren. Obwohl schlechter standardisierbar als unspezifische und semispezifische Belastungsuntersuchungen, sind für den Hochleistungssport nur aus dieser Methodik objektive Daten für die Trainingssteuerung und Regelung zu gewinnen.

Semispezifische Leistungsprüfverfahren liegen in der Mitte und können je nach Gewährleistung der sportartspezifischen Bewegungscharakteristik mehr oder weniger die Aufgaben und Aussagen von den ersten beiden erfüllen.

Tabelle 3 zeigt die Gegenüberstellung von Testparametern und Methodik für un-, semi- und sportartspezifische Belastungsprüfverfahren; in Anlehnung an PANSOLD (BACHL/ BARON 1990, S 750).

Tabelle 3:Gegenüberstellung un-, semi-, und sportartspezifischen Belastungstests

PRÜFVERFAHREN	TESTMODUS	STUFENDAUER	PAUSE	PARAMETER
Unspezifisch	Fahrradergometer (außer Radsport)	1-6	keine	Laktat, HF, VO <sub>2</sub> und Gasaustausch Hormone
Semispezifisch	Fahrradergometer Laufbandergometer Ruderergometer Schilanglaufergometer u.a.	1-15 bzw. <>	je nach Test	Laktat, HF, VO <sub>2</sub>
Spezifisch	sportartspezifische disziplinspezifische Belastungen, Wett- kampfspezifische Tests	1-15	je nach Test	Laktat, HF (VO <sub>2</sub> )

Tab. 3 : Gegenüberstellung un-, semi-, und sportartspezifischen Belastungstests (BACHL/BARON 1990, S. 750).

Nach BACHL&BARON (1990, S. 745) kann eine methodische Validität nur in Verbindung mit validen biologischen Parametern gesehen werden, damit eine trainingsbedingte Ausprägung qualifiziert und quantifiziert werden kann. Bei der maximalen Sauerstoffaufnahme ist beispielsweise eine Steigerung der Validität, mit zunehmender Dauer einer Ausdauerleistung zu bemerken. Die maximale Sauerstoffaufnahme als Parameter der aeroben Energiebereitstellung beschreibt die Leistungsvoraussetzung für eine Marathonleistung valider als für eine 800-Meter-Laufleistung.

Die methodische und parametrische Validität ist nach BACHL&BARON, (1990, S. 750) bei anaeroben alaktaziden und laktaziden Testverfahren noch problematischer. Die Laktatmobilisationsfähigkeit kann nach NEUMANN (1989 in (BACHL&BARON 1990, S. 750) als ein valider Parameter zur Beurteilung einer kurzzeitigen Leistung angesehen werden. Bei sportartspezifischen Feldtests und in eingeschränktem Maße auch beim semispezifischen Test ist sie gut eruierbar. In Opposition dazu stehen jedoch verschiedenste Berechnungen zur energetischen Anteilhaftigkeit von Kurzbelastungen. Die Problematik der Einflüsse anderer Energielieferungsprozesse wurde schon unter 8.3. diskutiert.

Einschränkungen gelten nach BACHL&BARON (1990, S. 751) auch für Tests der alaktaziden anaeroben Kapazität, deren zeitlicher Verfügungsanteil bei etwa sieben Sekunden liegt. Nur wenige Labortests am Fahrradergometer und unspezifische Tests (Margaria Test) oder auch Feldtests entsprechen diesen Voraussetzungen.

Da die biomedizinische Technik in den letzten Jahren enorm weiterentwickelt wurde, ist laut BACHL&BARON (1990, S. 751) vermehrt die Aufnahme der Kraft-Drehmomentmessungen und die Elektromyographie in das leistungsphysiologische Labor möglich. Dadurch wurden viele Analysemöglichkeiten in Richtung Muskelkoordination und Muskelansteuerung, Muskelaktivierung bzw. -mobilisierung und Muskelermüdung bzw. Muskelwiederherstellung geschaffen. Weiters sind nach BACHL&BARON (1990, S. 751) die vielen begleitenden Voraussetzungen, die zur Erzielung valider Aussagen notwendig sind zu beachten wie: Bewegungsanalysen mit mechanischer Leistungsabgabe, Analyse von Schwerpunktveränderungen, Positionsveränderungen der einzelnen Strukturen, Gelenkwinkelverläufe, Gliederachsenkinematogramme und noch viele mehr. Auch muss die Rolle der Haupt- und Hilfsmuskulatur an einem bestimmten Bewegungsablauf definiert werden, um einzelne myographische Daten in die Gesamtheit der neuromuskulären Ansteuerung und Bewegungsausführung aufnehmen zu können.

Die verschiedenen Leistungsprüfverfahren sind deshalb nach BACHL&BARON (1990, S. 751) nicht unkritisch zu verwenden. Insbesondere unter dem Aspekt der möglichen Parameter- und Methodenvielfalt. Vielmehr sollen die Grenzen und Möglichkeiten unter Beachtung der Gütekriterien genau überprüft werden.

Die Grundlagen wissenschaftlichen Arbeitens müssen trotz aller Praxis- und Anwendungsorientiertheit beachtet werden. Dies sind die Voraussetzungen, um eine exakte Erkenntnisfindung und deren effiziente Umsetzung in die Praxis garantieren zu können.

## 8.5. Zusammenfassung

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die verschiedenen anaeroben Testverfahren ausreichend vorgestellt und interpretiert.

Die Bestimmung der maximalen anaeroben Leistung bzw. Kapazität am isokinetischen Dynamometer ist nach (BACHL&BARON 1998 S. 58) in Abhängigkeit der untersuchten Muskelgruppe – gut standardisierbar und ermöglicht die Beurteilung der Peak Power in Abhängigkeit verschiedener Gelenkwinkel und Winkelgeschwindigkeiten für eine isolierte Muskulatur oder Muskelgruppen, bzw. bei wiederholten Kontraktionen die Beurteilung der maximalen anaeroben Kapazität.

Bei der Wahl der Methode zur Bestimmung der maximalen anaeroben Leistung sind nach BACHL&BARON (1998 S. 58) Kraft-Geschwindigkeit-Tests, insbesondere am isokinetischen Fahrradergometer, bzw. am Laufbandergometer mit Erfassung der Horizontalkraft zu bevorzugen. Während Bestimmungen der Peak Power mittels Antrittstests am Fahrradergometer bei gleich bleibend konstantem Bremswiderstand seit langem durchgeführt werden, gewinnt die Methodik mit isokinetischen Ergometern zunehmend an Bedeutung.



Die dargestellten physiologischen und methodischen Aspekte nehmen BACHL&BARON (1998, S. 60) zum Anlass, folgende Vorgangsweise zur anaeroben Leistungsdiagnostik zu empfehlen, die schlagwortartig zusammengefasst wurde:

- ◆ Tests bzw. Testserien mit maximal zehn Sekunden Dauer
- ◆ Obligate on-line Erfassung von Kraft und Geschwindigkeit;  
Möglichkeiten: isokinetische Dynamometer (eingelenkig), translatorisches Ergometer (mehrgelenkig), isokinetisches Kurbelergometer, Laufbandergometer, Spezialergometer mit Kraft-Geschwindigkeitserfassung, Feldtests mit Kraft-Geschwindigkeitserfassung.
- ◆ leistungsdiagnostische Hauptkriterien: Kraft, Geschwindigkeit bzw. Leistung (maximale anaerobe Leistung = Peak Power)
- ◆ Messungen der Nachbelastungs-Blutlaktatkonzentrationen ergänzend, Interpretation unter modellunterstützender Simulation
- ◆ wenn möglich Messung des Sauerstoffdefizits.
- ◆ zusätzliche Erfassung von elektromyographischen Parametern der beteiligten Muskulatur (Innervationsaufwand, Ermüdungsverhalten), Oberflächenmyographie ist kritisch zu hinterfragen
- ◆ Muskelfaserzusammensetzung beteiligter Muskulatur berücksichtigen, Muskelbiopsie kann hilfreich sein, P-NMR-spektroskopische Untersuchungen für experimentelle Basisuntersuchungen hervorragend.

HECK et al. (1998) gab ebenfalls eine Empfehlung ab, wie die Beurteilung der Einzelkomponenten des anaeroben Energiestoffwechsels erhoben werden können. Demnach kam für ihn nur eine Testbatterie in Frage, die die wie folgt zusammengestellt werden müsste.

1. Maximaltest mit Belastungen mit weniger als 5 s Dauer zur Bestimmung der alaktaziden Leistungsfähigkeit.
2. Maximaltest mit einer Dauer von etwa 10 s zur Ermittlung der laktaziden Leistungsfähigkeit.
3. Ausbelastungstest mit einer Dauer von 40 bis 100 s mit Bestimmung des maximalen Nachbelastungslaktatwertes zur Beurteilung der laktaziden Kapazität.
4. Ermittlung der maximalen Sauerstoffaufnahme, vor allem dann, wenn die Ausbelastung als Kriterium für die laktazide Kapazität herangezogen werden soll.

Nach BACHL&BARON (1998 S. 61) spricht für die Diagnostik der maximalen anaeroben Leistung (Peak Power) mit on-line-Kraft-Geschwindigkeitserfassung die in den bisherigen Tests gefundene höhere Reliabilität gegenüber länger dauernder Tests sowie die Tatsache, dass kürzere Testzeiten von vielen Athleten subjektiv besser toleriert werden (VANDERWALLE in (BACHB&BARON 1998 S 61). Wenn man die beschriebenen Grundlagen der Energiemobilisation berücksichtigt kann laut BACHL&BARON (1998 S. 61) der maximalen anaeroben Leistung (Peak Power) ein hohes Maß an Validität zugemessen werden.

Weit schwieriger zeigt sich nach BACHL&BARON (1998 S. 61) die Diagnostik der so genannten anaeroben Kapazität, in der sich auch die Ermüdungswiderstandsfähigkeit widerspiegelt. Diese Tests benötigen einen höheren Zeitaufwand, sollten jedoch 30 Sekunden nicht überschreiten, da sonst die Anteilhaftigkeit des aeroben Metabolismus zu hoch wird.

BACHL&BARON (1998 S. 61) sehen neben den physiologischen Erkenntnissen auch die Anwendbarkeit und Praktikabilität anaerober Tests als Kriterium der Methodenwahl. Bei Spitzenathleten können beispielsweise die Trainingseffekte geringer sein als der Variationskoeffizient des Testverfahrens. Außerdem stellt sich noch die Frage, ob das leistungsdiagnostische Kriterium der maximalen anaeroben Leistung (Peak Power) für die Diagnostik, aber besonders für die Aspekte der Trainingssteuerung bei Eliteathleten ausreichend ist. Die höchste Übertragbarkeit isokinetischer Tests scheint für Radrennfahrer gegeben zu sein, Aber auch hier sind weiterführende Untersuchungen, insbesondere Trainingsstudien notwendig.

## 9. Material und Methoden

In den vorangegangenen Kapiteln wurden immer wieder Autoren zitiert, die die Vorzüge des isokinetischen Fahrradergometers bei Testverfahren zur Beurteilung der anaeroben Kapazität, hervorhoben. Dies wurde zum Anlass genommen, eine Untersuchung der anaeroben Kapazität an Erwachsenen männlichen Probanden mit Hilfe von Antrittstests von kurz- und mittelfristiger Dauer am isokinetischen Fahrradergometer durchzuführen. Die gewonnenen Daten wurden erhoben und statistisch ausgewertet. Die Ergebnisse sollen auch zu Vergleichszwecken mit ähnlichen Studien dienen und diskutiert werden.

### 9.1. Probanden

Getestet wurden 14 Normalpersonen, deren Alter zwischen 20 und 30 Jahren lag und deren sportliche Aktivität sich als durchschnittlich bezeichnen lässt, jedoch nicht gezielt einem Trainingsplan folgt. Weiters wurden Größe, Körpergewicht und der errechnete Body-Mass-Index (in Folge als BMI bezeichnet) in die Statistik der Untersuchung aufgenommen.

Das Durchschnittsalter der Probanden lag bei 25,7 Jahren, wobei das Alter des jüngsten bei 21, das des ältesten bei 30 Jahren lag. Das Gewicht betrug im Durchschnitt 77,8 kg und reichte von 65 kg Minimum, bis 88 kg Maximum. Die Probanden waren im Mittel 181,6 cm groß bei einem Spektrum von 168 cm bis 195 cm. Der Mittelwert des Body-Mass-Index lag bei 23,6 und reichte von 20 bis 28.

Alle Probanden wurden vor den Tests einer sportmedizinischen Untersuchung unterzogen, um ihre Tauglichkeit für die in den Tests zu erwartenden hohen Belastungen festzustellen.

### 9.2. Methodik

Die Probanden hatten eine Serie von 6 spezifischen Tests an vier verschiedenen Terminen innerhalb von 2 Wochen zu absolvieren. Die Testbatterie bestand aus einem Leerantrittstest und einer Antrittstestserie I zum ersten Termin, einer

Antrittstestserie II zum 2. Termin, einer Fahrradergometrie zum 3. Termin, einem 10 s Antrittstest, einem 20 s Antrittstest und einem 30 s Antrittstest zum 4. Termin. Die Probanden wurden davon unterrichtet, dass am Tag des Tests, sowie am Tag davor größere körperliche Anstrengungen zu vermeiden sind.

Alle Tests wurden in sitzender Position durchgeführt. Die Sattelhöhe ergab sich aus der Körpergröße des Probanden und wurde dieser optimal angepasst. Die Füße des Probanden wurden mittels Clips fest mit den Pedalen des Ergometers verbunden. Die Pedalstellung vor Beginn jedes Tests wurde von jedem Probanden selbst gewählt. Das Ziel jedes Antrittstests war es maximale Anstrengung über die jeweilige Testdauer zu erbringen

#### 9.2.1. Messparameter

Die für die Untersuchung relevanten Messparameter sind die Kraft in Newton (N), die Leistung in Watt (W), die Umdrehungszahl pro Minute (rpm), sowie das in das Blut ausgeschwemmte Laktat ( $L_R$  = Laktat in Ruhe,  $L_{bmax}$  = maximales Nachbelastungslaktat und  $L_{bxmin}$  = Nachbelastungslaktat, für  $x$  = Minute).

#### 9.2.2. Messinstrumente

Alle Tests wurden auf dem isokinetischen Fahrradergometer Fitrocycle (Fitronic, Bratislava, SK) ausgeführt.

Die Auswertung des Laktats wurde mit dem Laktatanalysegerät Super GL Ambulance, (Hitado Diagnostic Systems, Möhnensee, Deutschland, D) durchgeführt.

Das Körpergewicht wurde mittels einer mechanischen Säulenwaage (Seca 709, Seca Vogel & Halke GmbH & Co., Hamburg, Deutschland) gemessen.

Die statistische Bearbeitung erfolgte mittels SPSS für Windows (Version 15.0, SPSS INC., Chicago, IL). Das 2-seitige Signifikanzniveau wurde für alle Korrelationen mit  $p \leq 0.050$  festgelegt.

### 9.2.3. Testbatterie

Wie oben bereits beschrieben wurden 6 verschiedene Tests an vier verschiedenen Terminen durchgeführt, die in der Folge nun näher beschrieben werden sollen.

#### **Termin 1:**

##### a) Leerantritt

Zu Beginn des Tests wurde eine ca. 10 min Aufwärmphase, sie bestand aus lockerem Einfahren auf dem Ergometer, durchgeführt. Anschließend wurde mit dem Leerantrittstest begonnen. Die Aufgabe bei diesem Test bestand darin, dass die Probanden einen maximalen Antritt auf dem isokinetischen Fahrradergometer über die Zeit von 10 s zu absolvieren hatten. Dabei wurde keine Umdrehungszahl vorgegeben. Die Vorgabe war, auf ein Startsignal so schnell wie möglich die maximale Geschwindigkeit zu erreichen und diese über die Dauer von 10 s zu halten. Blutproben zur Laktatmessung wurden zu Beginn des Tests, unmittelbar nach dem Test, nach der ersten, der dritten und der sechsten Erholungsminute aus dem hyperämisierten Ohrläppchen entnommen und ausgewertet. Aufmunternde Zurufe sowie eine Zwischenzeitangabe bei 5 s sollten die Motivation der Probanden steigern, und sie zur maximalen Anstrengung bewegen.

##### Messparameter

Gemessen wurden bei diesem Antrittstest:

- maximale Leistung in Watt (W)
- relative Leistung in Watt/kg Körpergewicht (W/kg)
- Kraft absolut in Newton (N)
- relative Kraft in Newton (N/kg)
- maximale erreichte Umdrehungszahl
- Zahl der Umdrehungen, bei der die maximale Leistung erreicht wurde
- Leistung, bei der die maximale Umdrehungszahl erbracht wurde
- Dauer bis zur Erbringung der maximalen Leistung
- Laktat: Blutproben zur Laktatbestimmung wurden vor der Belastung, unmittelbar nach der Belastung, nach 1 min, 3 min und nach 6 min entnommen.

## b) Antrittstestserie I

Nach einer Pause von insgesamt 20 min, die aus 3 min lockerem treten auf dem Fahrradergometer und anschließend langsamen gehen bestand, begann die Antrittstestserie I. Sie bestand darin, dass das isokinetische Fahrradergometer eine Umdrehungszahl von 50 rpm vorgab. Der Proband trat nun auf ein Startsignal 10 s lang mit maximaler Anstrengung in die Pedale.

Nach einer dreiminütigen aktiven Pause, die wiederum aus lockerem treten auf dem Fahrradergometer bestand, erfolgte ein weiterer 10 s Antritt mit einer Umdrehungszahl von 60 rpm. Diese Steigerung um je 10 rpm mit folgender Pause von 3 min wurde zum ersten Termin bis einschließlich 110 rpm durchgeführt. Zur zusätzlichen Motivation dienten wieder jeweils eine Zeitangabe bei 5 s sowie aufmunternde Zurufe.

### Messparameter

Gemessen wurden bei der Antrittstestserie I:

- maximale Leistung in Watt (W)
- relative Leistung in Watt/kg Körpergewicht (W/kg)
- Kraft absolut in Newton (N/)
- Kraft relativ in Newton (N/kg)
- Laktat. Blutproben zur Laktatmessung wurden in Ruhe und unmittelbar vor und nach der Belastung bei jeder Steigerung entnommen.

### **Termin 2:**

## c) Antrittstestserie II:

Zum zweiten Termin erfolgte eine Fortsetzung der Antrittstestserie I des ersten Termins. Die Aufwärmphase von 10 Minuten bestand wieder aus lockerem treten auf dem Fahrradergometer. Unmittelbar darauf begann die Antrittstestserie II. In Fortsetzung zu Termin 1 gab das isokinetische Fahrradergometer zu diesem Termin eine Umdrehungszahl/min von 120 rpm vor. Auf ein Startsignal trat die Testperson wieder 10 s lang mit maximaler Anstrengung in die Pedale. Die darauf folgende dreiminütige Pause bestand wieder aus lockerem treten auf dem Fahrradergometer. Anschließend folgte der nächste maximale Antritt mit 130 rpm.

Diese Steigerung um jeweils weitere 10 rpm und zwischenzeitlicher 3 minütiger Pause wurde solange fortgeführt, bis der Proband die vorgegebene Umdrehungszahl nicht mehr über die gesamte Dauer von 10 s halten konnte. Die höchste vorgegebene Umdrehungszahl waren 170 rpm.

Zur zusätzlichen Motivation dienten wieder jeweils eine Zeitangabe bei 5 s sowie aufmunternde Zurufe.

## Messparameter

Gemessen wurden bei der Antrittstestserie I:

- .maximale Leistung in Watt (W)
- relative Leistung in Watt/kg Körpergewicht (W/kg)
- Kraft absolut in Newton (N/)
- Kraft relativ in Newton (N/kg)
- Laktat. Blutproben zur Laktatmessung wurden in Ruhe und unmittelbar vor und nach der Belastung bei jeder Steigerung entnommen.

## Termin 3:

Beim 3. Termin wurde eine Fahrradergometrie durchgeführt. Die Testpersonen begannen wieder mit einer Aufwärmphase von 10 min mit treten auf dem Fahrradergometer. Begonnen wurde mit 50 Watt, eine Steigerung um 50 Watt erfolgte nach jeweils 3 Minuten. Der Test ging bis zur individuellen Ausbelastung des Probanden und endete mit dessen Abbruch.

## Messparameter

Folgende Werte wurden bei der Fahrradergometrie gemessen:

- Leistung absolut (W) an der aeroben Schwelle
- Leistung relativ (W/kg) an der aeroben Schwelle
- Leistung absolut (W) an der anaeroben Schwelle
- Leistung relativ (W/kg) an der anaeroben Schwelle
- maximale Leistung absolut (W)
- maximale Leistung relativ (W/kg)
- Laktat: Blutproben wurden in Ruhe, und zum Zeitpunkt jeder Steigerungsstufe entnommen. Weitere Entnahmen wurden unmittelbar nach Abbruch, und nach der 1., 3., 6. und 10. Erholungsminute durchgeführt.



#### Termin 4:

Beim 4. Termin wurden 3 Antrittstests mit der Dauer von 10 s, 20 s und 30 s. am isokinetischen Fahrradergometer durchgeführt. Als vorgegebene Umdrehungszahl diente jene optimale Umdrehungszahl aus Antrittstestserie I + II, bei der der jeweilige Proband die beste Leistung erbrachte. Die Testpersonen begannen wieder mit einer Aufwärmphase die auf dem Fahrradergometer mit lockerem treten durchgeführt wurde. Unmittelbar danach folgte der 10 s Antrittstest. Auf ein Startsignal traten die Probanden mit maximaler Anstrengung in die Pedale. Auf diese Art wurden auch der 20 s und der 30 s Test durchgeführt. Ziel war die maximal mögliche Anstrengung über die vorgegebene Gesamtdauer. Nach dem 10 s Antrittstest erfolgte eine Pause von 25 min, zwischen dem 20 s und 30 s Antrittstest eine Pause von 30 min, damit eine entsprechende Erholungsphase gewährleistet werden konnte. Die Pausen wurden so gestaltet, dass die Testpersonen unmittelbar nach dem Test noch weitere 3 min locker auf dem Fahrradergometer weiter traten. Die restliche Erholungszeit verbrachten sie entweder mit lockerem gehen oder auf einem Stuhl sitzend. Aufmunternde Zurufe sowie Zwischenzeitangaben nach jeweils 5 s sollten die Motivation der Probanden steigern, und sie zur maximalen Anstrengung bewegen.

#### Messparameter:

- maximal erbrachte Leistung = Peak Power in (W)
- maximal erbrachte relative Leistung = relative Peak Power (W/kg)
- erbrachte Arbeit über die Zeit = Mean Power in (W)
- relativ erbrachte Arbeit über die Zeit = relative Mean Power (W/kg)
- maximal erbrachte Kraft = Peak Force in (N)
- maximal erbrachte relative Kraft = Peak Force in (N/kg)
- erbrachte Kraft über die Zeit = Mean Force in (N)
- relative erbrachte Kraft über die Zeit = Mean Force in (N/kg)
- Laktat: Blutproben zur Laktatbestimmung wurden in Ruhe und unmittelbar nach der Belastung, sowie nach der 1., 3., 6., 10, 15. und 20. Minute der Erholung abgenommen
- Fatigue Index in % Errechnet nach der unter 5.1. angegebenen Gleichung

Bei der Auswertung wurden die einzelnen Antrittstests in jeweils 5 s Abschnitte unterteilt und innerhalb dieser 5 s Abschnitte noch einmal Kraft und Leistung gemessen.

S10 bedeutet somit 10 s Antrittstest, G steht für Gesamt (gesamte 10 s) S101 steht für den Abschnitt von der 1. bis zur 5. s. S102 steht für den Abschnitt der 5. bis 10 s. S305 würde den Abschnitt der 20. bis 25. s des 30 s Antrittstests beschreiben. Ein Abkürzungsverzeichnis der Variablen befindet sich im Anhang. Die Peak Power entspricht somit der durchschnittlichen erbrachten Leistung während der ersten 5 s (S101WA, S201WA, S301WA), da die Probanden ihre maximalen Leistungen in den ersten 5 s der Antrittstests erbracht haben. Die Mean Power ist die durchschnittlich erbrachte Leistung während der Gesamtdauer der Tests (S10GWA, S20GWA, S30GWA).

## 10. Ergebnisse

Die Ergebnisse aus den 6 verschiedenen Antrittstests werden in den folgenden Kapiteln in Tabellenform dargestellt. Es gestaltete sich als sehr schwierig, die Flut an Datensätzen aus 153 Variablen in eine übersichtliche Form zu bringen. Die Abkürzungen sind dem im Anhang unter C angeführten Variablenverzeichnis zu entnehmen. Viele Tabellen der deskriptiven Statistik vor allem einige Innerkorrelationen mussten in den Anhang ausgegliedert werden, da ihre Darstellung sehr viele Seiten in Anspruch genommen hätte. So erstreckt sich alleine die Tabelle der Innerkorrelation für den 30 s Antrittstest beispielsweise über 25 Seiten, da hier sehr viele Variable beinhaltet sind. Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit in einigen Fällen auf Tabellen im Anhang verwiesen.

### 10.1. Deskriptive Statistik

Die in den Tabellen dargestellten Werte der deskriptiven Statistik wurden mit dem Programm SPSS 15.0 erstellt. Dargestellt sind hier horizontal die Variablen, Anzahl der Werte, die Spannweite, das Minimum, das Maximum, der Mittelwert, der Standardfehler, die Standardabweichung und die Varianz. Vertikal sind die jeweiligen Variablen der einzelnen Tests angeführt. Ein Abkürzungsverzeichnis befindet sich unter C im Anhang.

#### 10.1.1. Anthropometrische Daten

In Tabelle 4 sind die Ergebnisse der Anthropometrischen Daten ausgewiesen.

Tabelle 4: Anthropometrische Daten

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
<b>ALTER</b>	14	9,00	21,00	30,00	25,7143	,6908	2,5848	6,681
<b>Körpergewicht in kg</b>	14	23,00	65,00	88,00	77,8071	1,8759	7,0190	49,267
<b>GRÖSSE</b>	14	27,00	168,00	195,00	181,5714	2,0694	7,7431	59,956
<b>BMI</b>	14	8,04	19,95	27,99	23,6457	,6494	2,4300	5,905
<b>Gültige Werte</b>	14							

Tab. 4: Deskriptive Statistik anthropometrische Daten.

### 10.1.2. Leerantritt

In dieser Tabelle sind die Ergebnisse der deskriptiven Statistik des Leerantrittes dargestellt.

**Tabelle 5: Leerantritt**

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
<b>LWAMAX</b> □	14	286,00	921,00	1207,00	1065,0714	24,5732	91,9444	8453,764
<b>LWREMAX</b> ▼	14	4,19	11,39	15,58	13,7243	,3045	1,1392	1,298
<b>LUMMAX</b> ⊙	14	17,00	186,00	203,00	194,4286	1,5957	5,9706	35,648
<b>LUM_WMAX</b> ⊙	14	35,00	114,00	149,00	136,5714	2,5629	9,5894	91,956
<b>LW_UMMAX</b> □	14	513,00	176,00	689,00	351,9286	40,5662	151,7850	23038,687
<b>LLAKMAX</b> ◇	14	4,80	5,10	9,90	7,0786	,4483	1,6775	2,814
<b>LLAKNB</b> ◇	14	3,20	1,20	4,40	2,1857	,2369	,8865	,786
<b>LLAK1MIN</b> ◇	14	3,60	4,10	7,70	5,4000	,2658	,9946	,989
<b>LLAK3MIN</b> ◇	14	4,10	5,00	9,10	6,6286	,3589	1,3430	1,804
<b>LLAK6MIN</b> ◇	14	5,50	4,40	9,90	6,8500	,5023	1,8793	3,532
<b>LSEK_WMA</b> ◇	14	4,00	2,00	6,00	3,9286	,3050	1,1411	1,302
<b>Gültige Werte (Listenweise)</b>	14							

Tab 5: Deskriptive Statistik Leerantritt; □ Watt; ▼ Watt/kg; ⚡ Newton, ▲Newton/kg; ◇ mmol/l, ⊙ rmp.

### 10.1.3. Fahrradergometrie

Die Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse der Fahrradergometrie.

**Tabelle 6: Fahrradergometrie.**

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
<b>EWA2MMOL</b> □	14	213,00	40,00	253,00	163,6214	14,9032	55,7625	3109,455
<b>EWRE2MMO</b> ▼	14	2,79	,50	3,29	2,1329	,2063	,7721	,596
<b>EWA4MMOL</b> □	14	194,48	106,52	301,00	221,5850	14,2642	53,3718	2848,549
<b>EWRE4MMO</b> ▼	14	2,57	1,34	3,91	2,8729	,1955	,7314	,535
<b>EWAMAX</b> □	14	162,00	205,00	367,00	287,1429	12,2407	45,8003	2097,670
<b>EWREMAX</b> ▼	14	2,20	2,57	4,77	3,7200	,1716	,6422	,412
<b>E%WA4M</b>	14	48,40	43,30	91,70	76,5921	2,9016	10,8569	117,872
<b>E%WRE4M</b>	14	48,09	43,69	91,78	76,5250	2,8682	10,7318	115,172
<b>E%WA2M</b>	14	60,83	16,30	77,13	56,0021	3,8331	14,3420	205,693
<b>E%RE2M</b>	14	61,05	16,18	77,23	55,9514	3,8434	14,3806	206,801
<b>Gültige Werte (Listenweise)</b>	14							

Tab. 6 : Deskriptive Statistik Ergometrie; □ Watt; ▼ Watt/kg; ⚡ Newton, ▲Newton/kg; ◇ mmol/l, ⊙ rmp, % Prozentangabe.

#### 10.1.4. Antrittstestserie I + II

In den nachfolgenden Tabellen werden die Ergebnisse der Antrittstestserie I + II dargestellt. Sie zeigen die Daten der deskriptiven Statistik der Antritte von 50 rpm bis 170 rpm mit einer Dauer von jeweils 10 s.

**Tabelle 7: Antritt 50 Umdrehungen**

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
A5LAK_R $\diamond$	14	1,60	,70	2,30	1,1643	,1256	,4700	,221
A5LAK_3M $\diamond$	14	3,80	2,10	5,90	3,8786	,3660	1,3695	1,876
A5DELLAK $\diamond$	14	3,50	1,30	4,80	2,7143	,3414	1,2775	1,632
A5NA $\odot$	14	339,00	539,00	878,00	719,4286	25,8524	96,7310	9356,879
A5NRE $\blacktriangle$	14	3,70	7,60	11,30	9,2429	,2565	,9597	,921
A5WA $\square$	14	310,00	479,00	789,00	642,3571	23,8013	89,0563	7931,016
A5WRE $\blacktriangledown$	14	3,40	6,70	10,10	8,2429	,2348	,8786	,772
Gültige Werte (Listenweise)	14							

Tab. 7: Deskriptive Statistik Antritt 50 Umdrehungen;  $\square$  Watt;  $\blacktriangledown$  Watt/kg;  $\odot$  Newton,  $\blacktriangle$ Newton/kg;  $\diamond$  mmol/l,  $\odot$  rpm.

**Tabelle 8: Antritt 60 Umdrehungen**

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
A6LAK_R $\diamond$	14	3,80	2,10	5,90	3,7714	,3470	1,2982	1,685
A6LAK_3M $\diamond$	14	5,40	2,30	7,70	5,0143	,4700	1,7584	3,092
A6DELLAK $\diamond$	14	2,00	,20	2,20	1,2429	,1747	,6536	,427
A6NA $\odot$	14	311,00	551,00	862,00	694,3571	24,4721	91,5664	8384,401
A6NRE $\blacktriangle$	14	3,00	7,40	10,40	8,9214	,2363	,8842	,782
A6WA $\square$	14	339,00	588,00	927,00	732,4286	25,1350	94,0464	8844,725
A6WRE $\blacktriangledown$	14	3,20	7,90	11,10	9,4143	,2406	,9003	,811
Gültige Werte (Listenweise)	14							

Tab. 8: Deskriptive Statistik Antritt 60 Umdrehungen;  $\square$  Watt;  $\blacktriangledown$  Watt/kg;  $\odot$  Newton,  $\blacktriangle$ Newton/kg;  $\diamond$  mmol/l,  $\odot$  rpm.

**Tabelle 9: Antritt 70 Umdrehungen**

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
A7LAKR $\diamond$	14	5,40	2,30	7,70	4,9071	,4754	1,7787	3,164
A7LAK_3M $\diamond$	14	6,60	3,60	10,20	6,2357	,5633	2,1077	4,442
A7DELLAK $\diamond$	14	2,10	,70	2,80	1,3286	,1608	,6018	,362
A7NA $\odot$	14	217,00	542,00	759,00	653,0000	19,2308	71,9551	5177,538
A7NRE $\blacktriangle$	14	2,00	7,50	9,50	8,3786	,1577	,5899	,348
A7WA $\square$	14	274,00	676,00	950,00	815,5714	24,5620	91,9027	8446,110
A7WARE $\blacktriangledown$	14	2,70	9,20	11,90	10,4500	,2029	,7593	,577
Gültige Werte (Listenweise) $\square$	14							

Tab. 9: Deskriptive Statistik Antritt 70 Umdrehungen;  $\square$  Watt;  $\blacktriangledown$  Watt/kg;  $\odot$  Newton,  $\blacktriangle$ Newton/kg;  $\diamond$  mmol/l,  $\odot$  rpm.

Tabelle 10: Antritt 80 Umdrehungen

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
<b>A8LAKR</b> ◇	14	6,60	3,60	10,20	6,2357	,5633	2,1077	4,442
<b>A8LAK_3M</b> ◇	14	7,90	4,50	12,40	7,6929	,6413	2,3995	5,758
<b>A8DELLAK</b> ◇	14	1,50	,70	2,20	1,4571	,1333	,4988	,249
<b>A8NA</b> ⊛	14	235,00	500,00	735,00	626,0000	20,1260	75,3045	5670,769
<b>A8NRE</b> ▲	14	2,00	7,00	9,00	8,0143	,1640	,6138	,377
<b>A8WA</b> □	14	339,00	712,00	1051,00	892,1429	29,3031	109,6420	12021,363
<b>A8WRE</b> ▼	14	3,10	9,80	12,90	11,4571	,2413	,9027	,815
<b>Gültige Werte (Listenweise)</b>	14							

Tab. 10: Deskriptive Statistik Antritt 80 Umdrehungen; □ Watt; ▼ Watt/kg; ⊛ Newton, ▲Newton/kg; ◇ mmol/l, ⊙ rmp.

Tabelle 11: Antritt 90 Umdrehungen

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
<b>A9LAKR</b> ◇	14	7,90	4,50	12,40	7,6929	,6413	2,3995	5,758
<b>A9LAK_3M</b> ◇	14	8,90	5,70	14,60	9,2000	,6922	2,5899	6,708
<b>A9DELLAK</b> ◇	14	1,30	,90	2,20	1,5071	9,167E-02	,3430	,118
<b>A9NA</b> ⊛	14	183,00	478,00	661,00	562,8571	15,8301	59,2308	3508,286
<b>A9NRE</b> ▲	14	2,50	6,10	8,60	7,2500	,1660	,6211	,386
<b>A9WA</b> □	14	295,00	765,00	1060,00	901,0000	25,7902	96,4979	9311,846
<b>A9WRE</b> ▼	14	4,00	9,80	13,80	11,5929	,2684	1,0042	1,008
<b>Gültige Werte (Listenweise)</b>	14							

Tab. 11: Deskriptive Statistik Antritt 90 Umdrehungen; □ Watt; ▼ Watt/kg; ⊛ Newton, ▲Newton/kg; ◇ mmol/l, ⊙ rmp.

Tabelle 12: Antritt 100 Umdrehungen

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
<b>A10LAKR</b> ◇	13	6,40	5,70	12,10	8,7846	,5981	2,1563	4,650
<b>A10LAK_3</b> ◇	13	7,40	6,70	14,10	10,2923	,6315	2,2769	5,184
<b>A10DELLA</b> ◇	13	1,30	1,00	2,30	1,5077	,1152	,4153	,172
<b>A10NA</b> ⊛	13	207,00	412,00	619,00	510,6154	18,1488	65,4364	4281,923
<b>A10NRE</b> ▲	13	2,50	5,50	8,00	6,6154	,1891	,6817	,465
<b>A10WA</b> □	13	369,00	731,00	1100,00	906,3077	32,7188	117,9692	13916,731
<b>A10WRE</b> ▼	13	4,70	9,60	14,30	11,7538	,3495	1,2600	1,588
<b>Gültige Werte (Listenweise)</b>	13							

Tab. 12: Deskriptive Statistik Antritt 100 Umdrehungen; □ Watt; ▼ Watt/kg; ⊛ Newton, ▲Newton/kg; ◇ mmol/l, ⊙ rmp.

**Tabelle 13: Antritt 110 Umdrehungen**

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
A11LAKR $\diamond$	13	7,40	6,70	14,10	10,2923	,6315	2,2769	5,184
A11LAK_3 $\diamond$	13	7,10	7,70	14,80	11,6769	,6118	2,2057	4,865
A11DELLA $\diamond$	13	1,20	,70	1,90	1,3846	9,257E-02	,3338	,111
A11NA $\otimes$	13	212,00	356,00	568,00	462,0769	18,5100	66,7389	4454,077
A11NRE $\blacktriangle$	13	2,90	4,50	7,40	6,0154	,2258	,8143	,663
A11WA $\square$	13	424,00	688,00	1112,00	902,1538	36,6322	132,0794	17444,974
A11WRE $\blacktriangledown$	13	5,80	8,60	14,40	11,7154	,4446	1,6030	2,570
<b>Gültige Werte (Listenweise)</b>	13							

Tab. 13: Deskriptive Statistik Antritt 110 Umdrehungen;  $\square$  Watt;  $\blacktriangledown$  Watt/kg;  $\otimes$  Newton,  $\blacktriangle$  Newton/kg;  $\diamond$  mmol/l,  $\circ$  rmp.

**Tabelle 14: Antritt 120 Umdrehungen**

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
A12LAK_R $\diamond$	14	,90	,70	1,60	,9786	5,853	,2190	4,797
A12LAK_3 $\diamond$	14	2,10	4,80	6,90	6,0000	,1690	,6325	,400
A12DELLA $\diamond$	14	2,20	3,90	6,10	5,0214	,1534	,5740	,330
A12NA $\otimes$	14	154,00	364,00	518,00	456,8571	11,409	42,6900	1822,440
A12NRE $\blacktriangle$	14	1,10	5,30	6,40	5,8714	9,632	,3604	,130
A12WA $\square$	14	329,00	775,00	1104,00	973,7143	24,4017	91,3029	8336,220
A12WRE $\blacktriangledown$	14	2,40	11,30	13,70	12,5071	,2047	,7661	,587
<b>Gültige Werte (Listenweise)</b>	14							

Tab. 14: Deskriptive Statistik Antritt 120 Umdrehungen;  $\square$  Watt;  $\blacktriangledown$  Watt/kg;  $\otimes$  Newton,  $\blacktriangle$  Newton/kg;  $\diamond$  mmol/l,  $\circ$  rmp.

**Tabelle 15: Antritt 130 Umdrehungen**

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
A13LAK_R $\diamond$	14	2,10	4,80	6,90	6,0000	,1690	,6325	,400
A13LAK_3 $\diamond$	14	3,40	7,60	11,00	9,0929	,2912	1,0894	1,187
A13DELLA $\diamond$	14	2,40	2,10	4,50	3,1000	,1804	,6748	,455
A13NA $\otimes$	14	123,00	336,00	459,00	391,7143	9,5672	35,7974	1281,451
A13NRE $\blacktriangle$	14	1,60	4,20	5,80	5,0571	,1312	,4910	,241
A13WA $\square$	14	284,00	777,00	1061,00	914,4286	22,1639	82,9297	6877,341
A13WRE $\blacktriangledown$	14	3,70	9,70	13,40	11,7857	,3229	1,2082	1,460
<b>Gültige Werte (Listenweise)</b>	14							

Tab. 15: Deskriptive Statistik Antritt 130 Umdrehungen;  $\square$  Watt;  $\blacktriangledown$  Watt/kg;  $\otimes$  Newton,  $\blacktriangle$  Newton/kg;  $\diamond$  mmol/l,  $\circ$  rmp.

Tabelle 16: Antritt 140 Umdrehungen

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
A14LAKR $\diamond$	14	3,40	7,60	11,00	9,0929	,2912	1,0894	1,187
A14LAK3M $\diamond$	14	4,00	9,40	13,40	11,0143	,3435	1,2853	1,652
A14DELLA $\diamond$	14	1,40	1,10	2,50	1,8357	,1102	,4125	,170
A14NA $\odot$	14	140,00	258,00	398,00	316,8571	10,5933	39,6365	1571,055
A14NRE $\blacktriangle$	14	2,00	3,20	5,20	4,1071	,1612	,6032	,364
A14WA $\square$	14	348,00	643,00	991,00	789,7143	26,3168	98,4686	9696,066
A14WRE $\blacktriangledown$	14	4,80	8,10	12,90	10,2143	,4024	1,5058	2,267
<b>Gültige Werte (Listenweise)</b>	14							

Tab. 16: Deskriptive Statistik Antritt 140 Umdrehungen;  $\square$  Watt;  $\blacktriangledown$  Watt/kg;  $\odot$  Newton,  $\blacktriangle$  Newton/kg;  $\diamond$  mmol/l,  $\odot$  rpm.

Tabelle 17: Antritt 150 Umdrehungen

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
A15LAKR $\diamond$	13	4,00	9,40	13,40	10,9615	,3666	1,3220	1,748
A15LAK3M $\diamond$	13	4,10	10,30	14,40	12,1923	,3765	1,3574	1,842
A15DELA $\diamond$	13	,80	,90	1,70	1,2308	7,284E-02	,2626	6,897E-02
A15NA $\odot$	13	162,00	194,00	356,00	261,3846	12,5583	45,2798	2050,256
A15NRE $\blacktriangle$	13	2,20	2,40	4,60	3,4077	,1792	,6461	,417
A15WA $\square$	13	431,00	517,00	948,00	696,7692	33,4611	120,6456	14555,359
A15WRE $\blacktriangledown$	13	5,80	6,50	12,30	9,1154	,4871	1,7563	3,085
<b>Gültige Werte (Listenweise)</b>	13							

Tab. 17: Deskriptive Statistik Antritt 150 Umdrehungen;  $\square$  Watt;  $\blacktriangledown$  Watt/kg;  $\odot$  Newton,  $\blacktriangle$  Newton/kg;  $\diamond$  mmol/l,  $\odot$  rpm.

Tabelle 18: Antritt 160 Umdrehungen

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
A16LAKR $\diamond$	11	4,10	10,30	14,40	11,9273	,3843	1,2744	1,624
A16LAK3M $\diamond$	11	4,60	11,10	15,70	12,7545	,4187	1,3888	1,929
A16DELLA $\diamond$	11	1,10	,30	1,40	,8727	9,732E-02	,3228	,104
A16NA $\odot$	11	165,00	129,00	294,00	206,6364	14,4972	48,0817	2311,855
A16NRE $\blacktriangle$	11	2,20	1,60	3,80	2,7273	,2027	,6724	,452
A16WA $\square$	11	468,00	367,00	835,00	586,2727	41,1755	136,5636	18649,618
A16WRE $\blacktriangledown$	11	6,20	4,60	10,80	7,7364	,5723	1,8980	3,603
<b>Gültige Werte (Listenweise)</b>	11							

Tab. 18: Deskriptive Statistik Antritt 160 Umdrehungen;  $\square$  Watt;  $\blacktriangledown$  Watt/kg;  $\odot$  Newton,  $\blacktriangle$  Newton/kg;  $\diamond$  mmol/l,  $\odot$  rpm.



Tabelle 19: Antritt 170 Umdrehungen

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
<b>A17LAKR</b> ◇	5	2,50	11,10	13,60	12,2400	,5409	1,2095	1,463
<b>A17LAK3M</b> ◇	5	3,00	11,50	14,50	12,9400	,6306	1,4100	1,988
<b>A17DELLA</b> ◇	5	,70	,40	1,10	,7000	,1378	,3082	9,500E-02
<b>A17NA</b> ⊛	5	91,00	149,00	240,00	187,8000	17,7409	39,6699	1573,700
<b>A17NRE</b> ▲	5	1,40	1,70	3,10	2,5000	,2387	,5339	,285
<b>A17WA</b> □	5	275,00	450,00	725,00	566,4000	53,5543	119,7510	14340,300
<b>A17WRE</b> ▼	5	4,20	5,20	9,40	7,5600	,7047	1,5758	2,483
<b>Gültige Werte (Listenweise)</b>	5							

Tab. 19: Deskriptive Statistik Antritt 170 Umdrehungen; □ Watt; ▼ Watt/kg; ⊛ Newton, ▲Newton/kg; ◇ mmol/l, ⊙ rmp.

Tabelle 20: Antritt individuelle maximale Umdrehungszahl

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
<b>XAUM</b>	14	50,00	140,00	190,00	163,5714	3,5714	13,3631	178,571
<b>XALAKMAX</b> ◇	14	5,00	11,60	16,60	13,5429	,4381	1,6393	2,687
<b>XANA</b> ⊛	14	217,00	68,00	285,00	184,3571	17,3682	64,9859	4223,170
<b>XANRE</b> ▲	14	2,80	,90	3,70	2,3714	,2063	,7720	,596
<b>XAWA</b> □	14	557,00	203,00	760,00	525,9286	42,3890	158,6052	25155,610
<b>XAWRE</b> ▼	14	7,30	2,60	9,90	6,7357	,5102	1,9089	3,644
<b>Gültige Werte (Listenweise)</b>	14							

Tab. 20: Deskriptive Statistik Antritt maximale Umdrehungen; □ Watt; ▼ Watt/kg; ⊛ Newton, ▲Newton/kg; ◇ mmol/l, ⊙ rmp.

Die Tabelle 20 zeigt die Ergebnisse der Deskriptiven Statistik, die bei der maximalen Umdrehungszahl der Testpersonen erreicht wurde. Diese Daten setzen sich so zusammen, dass jene Werte genommen wurden, die der jeweilige Proband aus der Antrittstestserie bei seinem letzten Antritt vor dem individuellen Abbruch erreicht hat. Der Abbruch des Tests erfolgte, wenn die Person die auf dem isokinetischen Fahrradergometer vorgegebene Umdrehungszahl nicht mehr über die gesamte Testdauer von 10 s halten konnte.

10.1.5. Antrittstest 10 s

Die Tabelle 21 zeigt die Ergebnisse der Deskriptiven Statistik des 10 s Antrittstests.

Tabelle 21: Antrittstest 10 s

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
<b>UMOPTI</b> ⊙	14	30,00	80,00	110,00	97,1429	3,5438	13,2599	175,824
<b>S10GNA</b> ⊛	14	366,10	415,30	781,40	563,7643	24,3605	91,1487	8308,084
<b>S10GNRE</b> ▲	14	2,76	6,02	8,78	7,2079	,2338	,8749	,765
<b>S10GWA</b> □	14	365,60	784,10	1149,70	963,8464	28,2715	105,7824	11189,924
<b>S10GWRE</b> ▼	14	3,66	10,82	14,48	12,3536	,2771	1,0370	1,075
<b>S101NA</b> ⊛	14	370,90	461,80	832,70	592,4929	24,7912	92,7602	8604,458
<b>S101NRE</b> ▲	14	2,97	6,39	9,36	7,5771	,2371	,8873	,787
<b>S101WA</b> □	14	421,30	809,00	1230,30	1016,5500	32,5168	121,6666	14802,769
<b>S101WRE</b> ▼	14	4,98	10,64	15,62	13,0350	,3444	1,2888	1,661
<b>S102NA</b> ⊛	14	361,80	368,80	730,60	535,1000	25,0646	93,7830	8795,251
<b>S102NRE</b> ▲	14	2,87	5,34	8,21	6,8357	,2495	,9336	,872
<b>S102WA</b> □	14	350,10	719,60	1069,70	911,2214	27,1984	101,7671	10356,536
<b>S102WRE</b> ▼	14	3,27	10,09	13,36	11,6743	,2593	,9701	,941
<b>S10GLAKR</b> ◇	14	1,00	,80	1,80	1,1929	8,218E-02	,3075	9,456E-02
<b>S10GLAKB</b> ◇	14	2,50	1,00	3,50	2,1143	,2226	,8328	,694
<b>S10GLAK1</b> ◇	14	2,80	4,10	6,90	5,1286	,2106	,7878	,621
<b>S10GLAK3</b> ◇	14	4,00	4,00	8,00	6,0929	,2692	1,0073	1,015
<b>S10GLAK6</b> ◇	14	2,90	4,10	7,00	5,6643	,2331	,8723	,761
<b>S10GLA10</b> ◇	14	2,50	3,10	5,60	4,4071	,2266	,8480	,719
<b>S10GLA15</b> ◇	14	1,90	2,40	4,30	3,1643	,1824	,6823	,466
<b>S10GLA20</b> ◇	14	1,70	1,90	3,60	2,4857	,1378	,5157	,266
<b>S10FAIT</b> %	14	24,37	-4,21	20,16	10,0564	1,8826	7,0440	49,617
<b>Gültige Werte (Listenweise)</b>	14							

Tab. 21: Deskriptive Statistik Antritt 10 s; □ Watt; ▼ Watt/kg; ⊛ Newton, ▲ Newton/kg; ◇ mmol/l, ⊙ rmp.

### 10.1.6. Antrittstest 20 s

In Tabelle 25 sind die Werte der Deskriptiven Statistik des 20 s Antrittstests ausgewiesen.

Tabelle: 22: Antrittstest 20 s

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
S20GNA☼	14	383,60	377,00	760,60	504,1357	27,2002	101,7738	10357,910
S20GNRE▲	14	3,12	5,43	8,55	6,4271	,2516	,9412	,886
S20GWA□	14	390,90	698,10	1089,00	853,5643	29,4772	110,2936	12164,676
S20GWRE▼	14	3,29	9,35	12,64	10,9221	,2273	,8505	,723
S201NA☼	14	409,60	452,70	862,30	582,5643	29,2798	109,5551	12002,312
S201NRE▲	14	3,73	5,96	9,69	7,4321	,2638	,9871	,974
S201WA□	14	455,90	780,80	1236,70	990,7857	35,0860	131,2799	17234,423
S201WRE▼	14	4,35	10,41	14,76	12,5329	,3364	1,2588	1,585
S202NA☼	14	412,60	394,60	807,20	532,8857	29,7469	111,3026	12388,274
S202NRE▲	14	3,51	5,56	9,07	6,7900	,2752	1,0296	1,060
S202WA□	14	424,60	731,40	1156,00	902,6714	32,4528	121,4271	14744,539
S202WRE▼	14	3,30	10,08	13,38	11,5336	,2399	,8978	,806
S203NA☼	14	404,60	337,30	741,90	478,9143	28,2503	105,7028	11173,087
S203NRE▲	14	3,45	4,89	8,34	6,1000	,2678	1,0018	1,004
S203WA□	14	404,90	657,20	1062,10	809,4429	30,0433	112,4117	12636,400
S203WRE▼	14	2,88	9,05	11,93	10,3386	,2241	,8384	,703
S204NA☼	14	330,90	299,30	630,20	422,1571	22,5117	84,2310	7094,860
S204NRE▲	14	2,74	4,34	7,08	5,3914	,2187	,8184	,670
S204WA□	14	316,90	583,40	900,30	714,2286	23,8484	89,2325	7962,435
S204WRE▼	14	2,78	7,86	10,64	9,1469	,2104	,7871	,620
S20GLAR◇	14	,90	1,10	2,00	1,5214	6,968E-02	,2607	6,797E-02
S20GLANB	14	3,60	2,00	5,60	3,0714	,3130	1,1711	1,371
S20GLA1◇	14	3,90	5,40	9,30	7,0000	,3097	1,1589	1,343
S20GLA3◇	14	5,20	7,80	13,00	9,5000	,3569	1,3353	1,783
S20GLA6◇	14	4,20	7,60	11,80	9,8357	,3246	1,2144	1,475
S20GLA10◇	14	4,90	5,70	10,60	8,4786	,3718	1,3913	1,936
S20GLA15◇	14	4,80	4,20	9,00	6,8071	,4403	1,6476	2,715
S20GLA20◇	14	5,30	2,00	7,30	5,1571	,4145	1,5510	2,406
S20FAIT %	14	16,93	20,23	37,16	27,6571	1,4230	5,3242	28,347
<b>Gültige Werte</b>	14							

Tab. 22: Deskriptive Statistik Antritt 20 s □ Watt; ▼ Watt/kg; ☼ Newton, ▲ Newton/kg; ◇ mmol/l, ◎ rmp.

10.1.7. Antrittstest 30 s

Die folgende Tabelle zeigt die Daten des 30 s Antrittstests für die deskriptive Statistik.

Tabelle 23: Antrittstest 30 s

	N	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
S30GNA☼	14	365,00	324,40	689,40	452,3786	25,3966	95,0254	9029,831
S30GNRE▲	14	3,05	4,70	7,75	5,7679	,2473	,9254	,856
S30GWA◻	14	354,30	632,40	986,70	763,5500	28,3615	106,1191	11261,255
S30GWRE▼	14	3,30	7,96	11,26	9,7636	,2386	,8926	,797
S301NA☼	14	485,00	389,50	874,50	575,2714	32,0385	119,8770	14370,490
S301NRE▲	14	4,34	5,49	9,83	7,3279	,2985	1,1169	1,247
S301WA◻	14	496,40	759,90	1256,30	975,5071	40,9713	153,3007	23501,105
S301WRE▼	14	4,75	10,26	15,01	12,4593	,3606	1,3492	1,820
S302NA☼	14	434,90	371,60	806,50	528,9786	30,4756	114,0294	13002,700
S302NRE▲	14	3,83	5,23	9,06	6,7307	,2809	1,0510	1,105
S302WA◻	14	432,00	724,00	1156,00	893,8429	36,9304	138,1810	19093,993
S302WRE▼	14	3,54	9,63	13,17	11,4079	,2951	1,1040	1,219
S303NA☼	14	428,90	323,90	752,80	468,3000	29,3901	109,9678	12092,928
S303NRE▲	14	3,77	4,69	8,46	5,9607	,2865	1,0719	1,149
S303WA◻	14	446,90	630,80	1077,70	788,6143	33,4639	125,2106	15677,692
S303WRE▼	14	3,71	8,40	12,11	10,0686	,2809	1,0509	1,104
S304NA☼	14	346,80	296,20	643,00	422,3643	24,3071	90,9487	8271,670
S304NRE▲	14	2,93	4,29	7,22	5,3836	,2388	,8933	,798
S304WA◻	14	341,60	577,20	918,80	711,6714	26,9550	100,8563	10171,984
S304WRE▼	14	3,19	7,35	10,54	9,0986	,2318	,8673	,752
S305NA☼	14	307,50	260,60	568,10	384,3071	21,4819	80,3780	6460,624
S305NRE▲	14	2,60	3,78	6,38	4,9093	,2280	,8530	,728
S305WA◻	14	303,20	507,80	811,00	647,1857	22,9607	85,9111	7380,709
S305WRE▼	14	3,14	6,37	9,51	8,2886	,2328	,8712	,759
S306NA☼	14	247,30	244,20	491,50	335,3571	17,5801	65,7789	4326,858
S306NRE▲	14	2,34	3,48	5,82	4,2957	,2026	,7580	,575
S306WA◻	14	240,10	460,20	700,30	564,8000	16,2784	60,9082	3709,803
S306WRE▼	14	2,51	5,75	8,26	7,2529	,1967	,7361	,542
S30GLAR	14	1,40	,70	2,10	1,3071	,1136	,4251	,181
S30GLANB	14	4,60	2,50	7,10	4,0357	,3196	1,1959	1,430
S30GLA1	14	5,00	6,60	11,60	8,2929	,3988	1,4923	2,227
S30GLA3	14	5,10	9,60	14,70	11,4000	,3869	1,4475	2,095
S30GLA6	14	3,90	10,20	14,10	11,8929	,3428	1,2827	1,645
S30GLA10	14	4,10	9,00	13,10	10,9857	,3807	1,4244	2,029
S30GLA15	14	5,80	6,40	12,20	9,2286	,4856	1,8168	3,301
S30GLA20	14	5,70	5,00	10,70	7,7857	,5133	1,9207	3,689
WOPT_4MA%	14	18,40	10,88	29,28	23,2907	1,3389	5,0099	25,099
WOPT_4MR%	14	18,29	10,89	29,18	23,3279	1,3251	4,9582	24,584
FATIGIND %	14	22,18	27,98	50,16	41,4321	1,8271	6,8363	46,735
Gültige Werte (Listenweise)	14							

Tab. 23: Deskriptive Statistik Antritt 30 s; ◻ Watt; ▼ Watt/kg; ☼ Newton, ▲ Newton/kg; ◇ mmol/l, © rmp.

## 10.2. Korrelationen

Die nachfolgenden Tabellen zeigen die Korrelationen nach Pearson innerhalb der einzelnen Tests. Die Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS 15.0. Die verwendeten Abkürzungen der Variablen sind in der Variablenliste im Anhang unter C enthalten. Da die Innerkorrelationen des 10 s, 20 s und 30 s Antrittstests, sowie die Interkorrelationen sehr viel Platz benötigen, wurden sie unter D in den Anhang ausgliedert.

### 10.2.1. Innerkorrelationen Anthropometrische Daten

**Tabelle 24: Innerkorrelation Anthropometrische Daten**

		ALTER	GEWICHT	GRÖSSE	BODY_MAS
<b>ALTER</b>	Korrelation nach Pearson	1,000	0,144	-0,064	0,178
	Signifikanz (2-seitig)	,	0,623	0,827	0,542
	N	14	14	14	14
<b>GEWICH</b>	Korrelation nach Pearson	0,144	1,000	0,324	*0,626
	Signifikanz (2-seitig)	0,623	,	0,259	0,017
	N	14	14	14	14
<b>GRÖSSE</b>	Korrelation nach Pearson	-0,064	0,324	1,000	*0,534
	Signifikanz (2-seitig)	0,827	0,259	,	0,049
	N	14	14	14	14
<b>BODY_MAS</b>	Korrelation nach Pearson	0,178	*0,626	*0,534	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	0,542	0,017	0,049	,
	N	14	14	14	14

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant  
Tab. 24. Innerkorrelationen anthropometrische Daten.

### 10.2.2. Innerkorrelationen Leerantritt

**Tabelle 25: Innerkorrelationen Leerantritt**

		LWAMAX	LWREMAX	LUMMAX	LUM_WMAX
<b>LWAMAX</b>	Korrelation nach Pearson	1,000	,452	-,259	-,054
	Signifikanz (2-seitig)	,	,104	,372	,853
	N	14	14	14	14
<b>LWREMAX</b>	Korrelation nach Pearson	,452	1,000	,154	,282
	Signifikanz (2-seitig)	,104	,	,599	,329
	N	14	14	14	14
<b>LUMMAX</b>	Korrelation nach Pearson	-,259	,154	1,000	,060
	Signifikanz (2-seitig)	,372	,599	,	,839
	N	14	14	14	14
<b>LUM_WMAX</b>	Korrelation nach Pearson	-,054	,282	,060	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,853	,329	,839	,
	N	14	14	14	14
<b>LW_UMMAX</b>	Korrelation nach Pearson	*,532	*,583	-,129	,286
	Signifikanz (2-seitig)	,050	,029	,661	,321
	N	14	14	14	14
<b>LLAKMAX</b>	Korrelation nach Pearson	-,093	-,459	-,126	**-,684
	Signifikanz (2-seitig)	,751	,099	,668	,007
	N	14	14	14	14

		LWAMAX	LWREMAX	LUMMAX	LUM_WMAX
LLAKNB	Korrelation nach Pearson	,180	-,150	,004	-,383
	Signifikanz (2-seitig)	,538	,608	,989	,177
	N	14	14	14	14
LLAK1MIN	Korrelation nach Pearson	,244	,138	-,093	-,514
	Signifikanz (2-seitig)	,400	,638	,751	,060
	N	14	14	14	14
LLAK3MIN	Korrelation nach Pearson	,242	,076	-,033	**-,679
	Signifikanz (2-seitig)	,404	,797	,910	,008
	N	14	14	14	14
LLAK6MIN	Korrelation nach Pearson	-,085	-,455	-,207	**-,690
	Signifikanz (2-seitig)	,774	,102	,478	,006
	N	14	14	14	14
LSEK_WMA	Korrelation nach Pearson	-,128	,132	,231	*,609
	Signifikanz (2-seitig)	,662	,654	,428	,021
	N	14	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		LW_UMMAX	LLAKMAX	LLAKNB	LLAK1MIN
LWAMAX	Korrelation nach Pearson	,532	-,093	,180	,244
	Signifikanz (2-seitig)	,050	,751	,538	,400
	N	14	14	14	14
LWREMAX	Korrelation nach Pearson	*,583	-,459	-,150	,138
	Signifikanz (2-seitig)	,029	,099	,608	,638
	N	14	14	14	14
LUMMAX	Korrelation nach Pearson	-,129	-,126	,004	-,093
	Signifikanz (2-seitig)	,661	,668	,989	,751
	N	14	14	14	14
LUM_WMAX	Korrelation nach Pearson	,286	**-,684	-,383	-,514
	Signifikanz (2-seitig)	,321	,007	,177	,060
	N	14	14	14	14
LW_UMMAX	Korrelation nach Pearson	1,000	*,575	-,239	-,080
	Signifikanz (2-seitig)	,	,032	,411	,785
	N	14	14	14	14
LLAKMAX	Korrelation nach Pearson	*,575	1,000	,419	*,557
	Signifikanz (2-seitig)	,032	,	,136	,038
	N	14	14	14	14
LLAKNB	Korrelation nach Pearson	-,239	,419	1,000	**-,798
	Signifikanz (2-seitig)	,411	,136	,	,001
	N	14	14	14	14
LLAK1MIN	Korrelation nach Pearson	-,080	*,557	**-,798	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,785	,038	,001	,
	N	14	14	14	14
LLAK3MIN	Korrelation nach Pearson	-,250	**-,721	**-,697	**-,865
	Signifikanz (2-seitig)	,388	,004	,006	,000
	N	14	14	14	14
LLAK6MIN	Korrelation nach Pearson	*,584	**-,991	,426	*,557
	Signifikanz (2-seitig)	,028	,000	,129	,038
	N	14	14	14	14
LSEK_WMA	Korrelation nach Pearson	,210	*,596	-,298	-,502
	Signifikanz (2-seitig)	,470	,025	,301	,068
	N	14	14	14	14

\*\*Korrelation auf dem Niveau von 0,01 (2-stg.) sign.

\* Korrelation auf dem Niveau von 0,05 (2-stg.) sign.

		LLAK3MIN	LLAK6MIN	LSEK_WMA
LWAMAX	Korrelation nach Pearson	,242	-,085	-,128
	Signifikanz (2-seitig)	,404	,774	,662
	N	14	14	14
LWREMAX	Korrelation nach Pearson	,076	-,455	,132
	Signifikanz (2-seitig)	,797	,102	,654
	N	14	14	14
LUMMAX	Korrelation nach Pearson	-,033	-,207	,231
	Signifikanz (2-seitig)	,910	,478	,428
	N	14	14	14
LUM_WMA X	Korrelation nach Pearson	**-,679	**-,690	*,609
	Signifikanz (2-seitig)	,008	,006	,021
	N	14	14	14
LW_UMMA X	Korrelation nach Pearson	-,250	*-,584	,210
	Signifikanz (2-seitig)	,388	,028	,470
	N	14	14	14
LLAKMAX	Korrelation nach Pearson	**-,721	**-,991	*-,596
	Signifikanz (2-seitig)	,004	,000	,025
	N	14	14	14
LLAKNB	Korrelation nach Pearson	**-,697	,426	-,298
	Signifikanz (2-seitig)	,006	,129	,301
	N	14	14	14
LLAK1MIN	Korrelation nach Pearson	**-,865	*-,557	-,502
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,038	,068
	N	14	14	14
LLAK3MIN	Korrelation nach Pearson	1,000	**-,722	-,465
	Signifikanz (2-seitig)	,	,004	,094
	N	14	14	14
LLAK6MIN	Korrelation nach Pearson	**-,722	1,000	*-,622
	Signifikanz (2-seitig)	,004	,	,017
	N	14	14	14
LSEK_WMA	Korrelation nach Pearson	-,465	*-,622	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,094	,017	,
	N	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tab. 25: Innerkorrelationen Leerantritt.

### 10.2.3. Innerkorrelationen Ergometrie

**Tabelle 26: Innerkorrelationen Ergometrie**

	KORRELATION	EWA2MMOL	EWRE2MMO	EWA4MMOL	EWRE4MMO
EWA2MM OL	Korrelation nach Pearson	1,000	**-,966	**-,977	**-,967
	Signifikanz (2-seitig)	,	,000	,000	,000
	N	14	14	14	14
EWRE2MM O	Korrelation nach Pearson	**-,966	1,000	**-,903	**-,988
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,	,000	,000
	N	14	14	14	14
EWA4MM OL	Korrelation nach Pearson	**-,977	**-,903	1,000	**-,933
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,	,000
	N	14	14	14	14
EWRE4MM O	Korrelation nach Pearson	,967	**-,988	**-,933	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	**-,000	,000	,000	,
	N	14	14	14	14
EWAMAX	Korrelation nach Pearson	**-,795	**-,699	**-,869	**-,764
	Signifikanz (2-seitig)	,001	,005	,000	,001
	N	14	14	14	14

	KORRELATION	EWA2MMOL	EWRE2MMO	EWA4MMOL	EWRE4MMO
EWREMAX	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	, **815 ,000 14	, **858 ,000 14	, **804 ,001 14	, **895 ,000 14
EZWA4M	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	, **815 **000 14	, **800 ,001 14	, **766 ,001 14	, **777 ,001 14
E%WRE4M M	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	, **814 ,000 14	, **799 ,001 14	, **766 ,001 14	, **776 ,001 14
E%WA2M	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	, **901 ,000 14	, **920 ,000 14	, **820 ,000 14	, **881 ,000 14
E%RE2M	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	, **902 ,000 14	, **921 ,000 14	, **822 ,000 14	, **881 ,000 14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

	KORRELATION	EWAMAX	EWREMAX	EZWA4M	E%WRE4MM
EWA2MM OL	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	, **795 ,001 14	, **815 ,000 14	, **815 ,000 14	, **814 ,000 14
EWRE2MM O	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	, **699 ,005 14	, **858 ,000 14	, **800 ,001 14	, **799 ,001 14
EWA4MM OL	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	, **869 ,000 14	, **804 ,001 14	, **766 ,001 14	, **766 ,001 14
EWRE4MM O	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	, **764 ,001 14	, **895 ,000 14	, **777 ,001 14	, **776 ,001 14
EWAMAX	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	, **855 ,000 14	, ,352 ,217 14	, ,352 ,218 14
EWREMAX	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	, **855 ,000 14	1,000 , 14	, ,420 ,134 14	, ,419 ,136 14
EZWA4M	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	, ,352 ,217 14	, ,420 ,134 14	1,000 , 14	, **1,000 ,000 14
E%WRE4M M	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	, ,352 ,218 14	, ,419 ,136 14	, **1,000 ,000 14	, 1,000 , 14
E%WA2M	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	, ,463 ,096 14	, *599 ,024 14	, **955 ,000 14	, **953 ,000 14
E%RE2M	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	, ,464 ,094 14	, *600 ,023 14	, **955 ,000 14	, **953 ,000 14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.



	KORRELATION	E%WA2M	E%RE2M
EWA2MMO L	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,901 ,000 14	** ,902 ,000 14
EWRE2MM O	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,920 ,000 14	** ,921 ,000 14
EWA4MMO L	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,820 ,000 14	** ,822 ,000 14
EWRE4MM O	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,881 ,000 14	** ,881 ,000 14
EWAMAX	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,463 ,096 14	,464 ,094 14
EWREMAX	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,599 ,024 14	* ,600 ,023 14
EZWA4M	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,955 ,000 14	** ,955 ,000 14
E%WRE4M M	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,953 ,000 14	** ,953 ,000 14
E%WA2M	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	**1,000 , 14
E%RE2M	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	**1,000 ,000 14	1,000 , 14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tab. 26: Innerkorrelation Ergometrie.

## 10.2.4 Innerkorrelationen Antrittstest 50 Umdrehungen

**Tabelle 27: Innerkorrelationen Antrittstest 50 Umdrehungen**

	KORRELATION	A5LAK_R	A5LAK_3M	A5DELLAK	A5NA
A5LAK_R	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	,361 ,205 14	,019 ,949 14	,092 ,753 14
A5LAK_3M	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,361 ,205 14	1,000 , 14	<b>**</b> ,939 ,000 14	,233 ,422 14
A5DELLAK	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,019 ,949 14	<b>**</b> ,939 ,000 14	1,000 , 14	,216 ,458 14
A5NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,092 ,753 14	,233 ,422 14	,216 ,458 14	1,000 , 14
A5NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,051 ,863 14	,238 ,412 14	,274 ,343 14	<b>**</b> ,755 ,002 14
A5WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,102 ,729 14	,240 ,408 14	,220 ,450 14	<b>**</b> ,999 ,000 14
A5WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,026 ,930 14	,263 ,364 14	,291 ,312 14	<b>**</b> ,772 ,001 14

**\*\***Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

	KORRELATION	A5NRE	A5WA	A5WRE
A5LAK_R	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,051 ,863 14	,102 ,729 14	-,026 ,930 14
A5LAK_3M	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,238 ,412 14	,240 ,408 14	,263 ,364 14
A5DELLAK	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,274 ,343 14	,220 ,450 14	,291 ,312 14
A5NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	<b>**</b> ,755 ,002 14	<b>**</b> ,999 ,000 14	<b>**</b> ,772 ,001 14
A5NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	<b>**</b> ,763 ,002 14	<b>**</b> ,998 ,000 14
A5WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	<b>**</b> ,763 ,002 14	1,000 , 14	<b>**</b> ,781 ,001 14
A5WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	<b>**</b> ,998 ,000 14	<b>**</b> ,781 ,001 14	1,000 , 14

**\*\***Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tab. 27. Innerkorrelation Antrittstest 50 Umdrehungen.

## 10.2.5. Innerkorrelationen Antrittstest 60 Umdrehungen

**Tabelle 28: Innerkorrelationen Antrittstest 60 Umdrehungen**

	KORRELATION	A6LAK_R	A6LAK_3M	A6DELLAK	A6NA
A6LAK_R	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	** ,953 ,000 14	* ,577 ,031 14	,266 ,358 14
A6LAK_3M	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,953 ,000 14	1,000 , 14	** ,798 ,001 14	,443 ,112 14
A6DELLAK	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,577 ,031 14	** ,798 ,001 14	1,000 , 14	** ,665 ,009 14
A6NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,266 ,358 14	,443 ,112 14	** ,665 ,009 14	1,000 , 14
A6NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,340 ,234 14	,453 ,104 14	* ,543 ,045 14	** ,745 ,002 14
A6WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,288 ,317 14	,411 ,144 14	* ,534 ,049 14	** ,920 ,000 14
A6WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,373 ,189 14	,412 ,143 14	,369 ,194 14	* ,625 ,017 14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

	KORRELATION	A6NRE	A6WA	A6WRE
A6LAK_R	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,340 ,234 14	,288 ,317 14	,373 ,189 14
A6LAK_3M	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,453 ,104 14	,411 ,144 14	,412 ,143 14
A6DELLAK	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,543 ,045 14	* ,534 ,049 14	,369 ,194 14
A6NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,745 ,002 14	** ,920 ,000 14	* ,625 ,017 14
A6NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	* ,636 ,014 14	** ,862 ,000 14
A6WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,636 ,014 14	1,000 , 14	** ,725 ,003 14
A6WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,862 ,000 14	** ,725 ,003 14	1,000 , 14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tab. 28: Innerkorrelation Antrittstest 60 Umdrehungen.

## 10.2.6. Innerkorrelationen Antrittstest 120 Umdrehungen

**Tabelle 29: Innerkorrelationen Antrittstest 120 Umdrehungen**

	KORRELATION	A6LAK_R	A6LAK_3M	A6DELLAK	A6NA
A12LAK_R	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	,428 ,127 14	,090 ,761 14	*,614 ,019 14
A12LAK_3M	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,428 ,127 14	1,000 , 14	**,939 ,000 14	,530 ,051 14
A12DELLAK	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,090 ,761 14	**,939 ,000 14	1,000 , 14	,350 ,220 14
A12NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	*,614 ,019 14	,530 ,051 14	,350 ,220 14	1,000 , 14
A12NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	*,567 ,035 14	,128 ,662 14	-,075 ,799 14	,447 ,109 14
A12WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	*,617 ,019 14	*,533 ,050 14	,351 ,218 14	**,1000 ,000 14
A12WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	*,588 ,027 14	,122 ,677 14	-,090 ,761 14	,451 ,106 14

\*\*, Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		A6NRE	A6WA	A6WRE
A12LAK_R	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	*,567 ,035 14	*,617 ,019 14	*,588 ,027 14
A12LAK_3M	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,128 ,662 14	*,533 ,050 14	,122 ,677 14
A12DELLAK	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,075 ,799 14	,351 ,218 14	-,090 ,761 14
A12NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,447 ,109 14	**,1000 ,000 14	,451 ,106 14
A12NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	,448 ,108 14	**,995 ,000 14
A12WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,448 ,108 14	1,000 , 14	,452 ,105 14
A12WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	**,995 ,000 14	,452 ,105 14	1,000 , 14

\*\*, Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tab.29: Innerkorrelation Antrittstest 120 Umdrehungen.

## 10.2.7. Innerkorrelationen Antrittstest 130 Umdrehungen

**Tabelle 30: Innerkorrelationen 130 Umdrehungen**

	KORRELATION	A13LAK_R	A13LAK_3	A13DELLA	A13NA
A13LAK_R	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	** ,836 ,000 14	,424 ,131 14	,140 ,633 14
A13LAK_3	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,836 ,000 14	1,000 , 14	** ,851 ,000 14	-,132 ,653 14
A13DELLA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,424 ,131 14	** ,851 ,000 14	1,000 , 14	-,342 ,232 14
A13NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,140 ,633 14	-,132 ,653 14	-,342 ,232 14	1,000 , 14
A13NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,300 ,298 14	-,456 ,101 14	-,457 ,100 14	*,573 ,032 14
A13WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,223 ,444 14	-,034 ,908 14	-,263 ,364 14	** ,930 ,000 14
A13WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,219 ,451 14	-,340 ,235 14	-,344 ,228 14	,456 ,101 14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant

	KORRELATION	A13NRE	A13WA	A13WRE
A13LAK_R	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,300 ,298 14	,223 ,444 14	-,219 ,451 14
A13LAK_3	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,456 ,101 14	-,034 ,908 14	-,340 ,235 14
A13DELLA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,457 ,100 14	-,263 ,364 14	-,344 ,228 14
A13NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	*,573 ,032 14	** ,930 ,000 14	,456 ,101 14
A13NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	*,584 ,028 14	** ,940 ,000 14
A13WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	*,584 ,028 14	1,000 , 14	*,593 ,026 14
A13WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,940 ,000 14	*,593 ,026 14	1,000 , 14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant

Tab. 30: Innerkorrelationen Antrittstest 130 Umdrehungen.

## 10.2.8. Innerkorrelationen Antrittstest maximale Umdrehungen

**Tabelle 31: Innerkorrelationen Antrittstest maximale Umdrehungen**

	KORRELATION	XAUM	XALAKMAX	XANA	XANRE
XAUM	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	,372 ,191 14	**-,685 ,007 14	*-,593 ,025 14
XALAKMAX	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,372 ,191 14	1,000 , 14	*-,627 ,016 14	*-,644 ,013 14
XANA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	**-,685 ,007 14	*-,627 ,016 14	1,000 , 14	**-,969 ,000 14
XANRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	*-,593 ,025 14	**-,644 ,013 14	**-,969 ,000 14	1,000 , 14
XAWA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	*-,549 ,042 14	*-,640 ,014 14	**-,980 ,000 14	**-,969 ,000 14
XAWRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,419 ,136 14	*-,654 ,011 14	**-,916 ,000 14	**-,974 ,000 14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

	KORRELATION	XAWA	XAWRE
XAUM	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	*-,549 ,042 14	-,419 ,136 14
XALAKMAX	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	*-,640 ,014 14	*-,654 ,011 14
XANA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	**-,980 ,000 14	**-,916 ,000 14
XANRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	**-,969 ,000 14	**-,974 ,000 14
XAWA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	**-,959 ,000 14
XAWRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	**-,959 ,000 14	1,000 , 14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tab. 31: Innerkorrelationen maximale Umdrehungszahl.

An dieser Stelle muss noch einmal erwähnt werden, dass die Tabellen der Innerkorrelationen des 10 s, 20 s und 30 s Antrittstests, sowie der Interkorrelationen in den Anhang unter D verschoben wurden, da sie aufgrund der vielen beinhaltenden Variablen an dieser Stelle ein großes Ausmaß an Platz benötigen würden.

## 11. Diskussion

Die im vorangegangenen Kapitel ermittelten Ergebnisse sollen nun verglichen und diskutiert werden. Es gilt die Fülle von Datensätzen in eine anschauliche übersichtliche Form zu bringen und die Resultate zu interpretieren. In den Abbildungen 7 bis 10 wird vorerst ein Vergleich der Mittelwerte der Leistung (W) und der Kraft (N), die bei den einzelnen Tests erzielt wurden dargestellt.

Abbildung 7: Vergleich Watt absolut

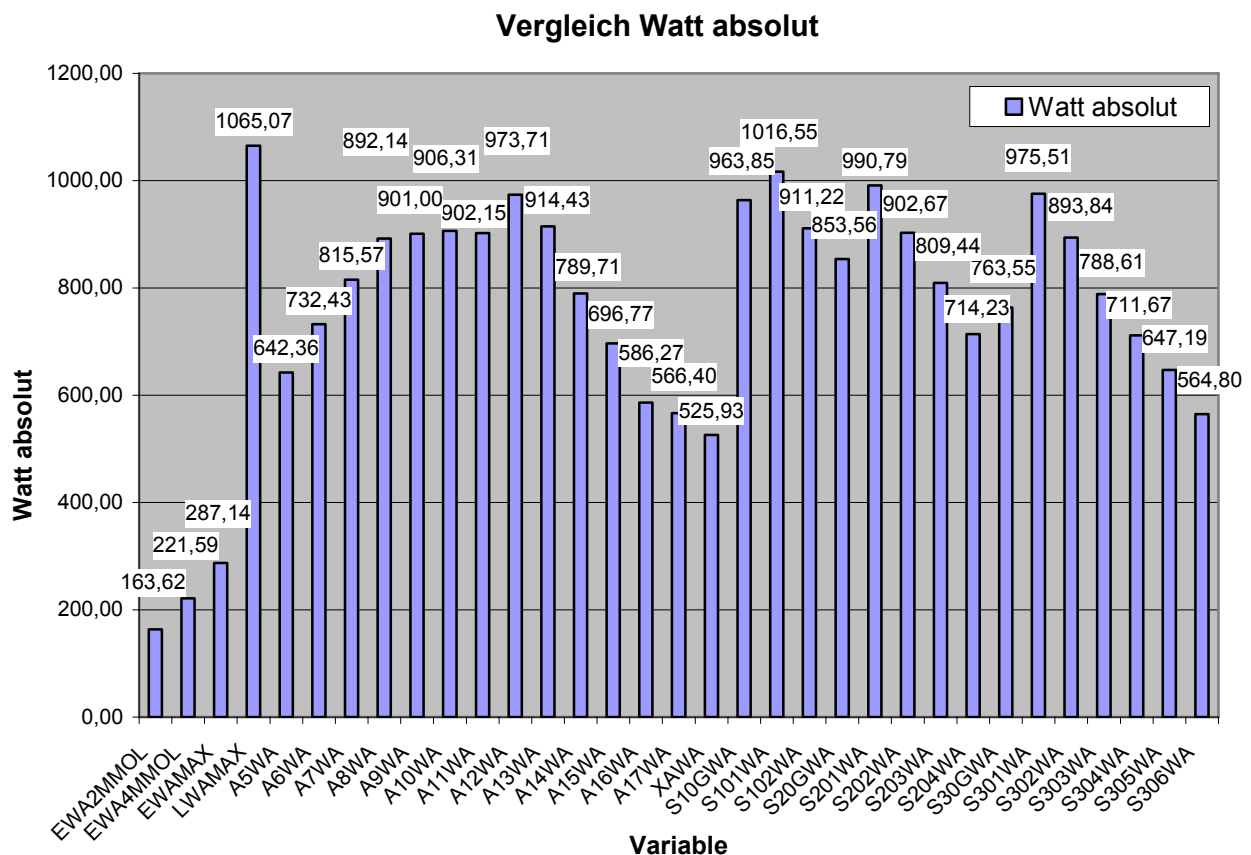


Abb.: 7: Vergleich der Mittelwerte Watt absolut.

Die Grafik zeigt alle, bei den Tests erreichten absoluten Werte der Leistung (W), auf einen Blick. Die ersten drei Säulen beinhalten die Mittelwerte, die bei der Ergometrie erreicht wurden. LWAMAX ist die maximale Leistung, die beim Leerantritt erreicht wurde. Mit 1065,07 Watt ist er auch der höchste erreichte Wert in der gesamten Testserie. A5WA bis A17WA zeigt die erbrachten absoluten Leistungen in Watt, die während der beiden Antrittstestserien erreicht wurden. Der sprunghafte Anstieg ist dadurch zu erklären, dass die beiden Testserien in Serie I, A5 bis A11 und Serie II, A12 bis zum Abbruch, nicht durchgehend stattgefunden haben, sondern auf zwei Termine verteilt waren. Deshalb ist davon auszugehen,

dass die Werte A12 und A13 als zu hoch einzuschätzen sind. Ihr Zustandekommen ist darauf zurückzuführen, dass die Probanden zu Beginn der zweiten Testserie noch ausgeruht waren. Deshalb waren sie trotz der höheren Trittfrequenz zu einer höheren Leistung fähig, als am Ende der letzten Testserie bei einer niedrigeren Trittfrequenz. Es ist davon auszugehen, dass die höchste Leistung im Mittel bei 100 Umdrehungen mit 906,31 Watt erreicht wurde. Bei 110 Umdrehungen/min ist in Testserie 1 bereits ein Rückgang der Leistung auf 902,15 W zu bemerken. Wäre der Test weiter fortgeführt worden, so hätte die Leistung aller Voraussicht nach weiter kontinuierlich abgenommen und annähernd eine Parabel gezeichnet. Dieses Ergebnis wird in Folge noch anhand einer eigenen Grafik eingehend diskutiert. Die Variable XAWA bezeichnet die Leistung, die von den Probanden beim Abbruch der zweiten Testserie erzielt wurde und liegt bei 525,93 Watt.

Die Säulen der Variablen von S10GWA bis S306WA beschreiben die Leistungen, die während der Antrittstests von 10 s, 20 s und 30 s Dauer im Durchschnitt erzielt wurden. Gemessen wurde sowohl der Mittelwert über die gesamte Dauer der Tests (Mean Power) als auch die Werte, die im Abschnitt von 5 s erreicht wurden. Dadurch ergab sich auch der jeweilige Spitzenwert innerhalb eines Antrittstests (Peak Power). Die Ergebnisse werden noch anhand eigener Grafiken eingehend diskutiert.

In der Abbildung 8 sind ebenfalls alle erbrachten Leistungen während der Testserien zusammen gefasst. Jedoch sind die Werte auf das jeweilige Körpergewicht der Probanden bezogen.

Die erbrachte Leistung ist hier mit Watt/kg angegeben. Dieser Wert ist aussagekräftiger, da die Leistung, besonders die, die an einem Fahrradergometer erbracht wurde, in direktem Zusammenhang mit dem Körpergewicht steht, da das eigene Körpergewicht am Fahrrad nicht selbst getragen werden muss.

Die ersten drei Säulen beschreiben die relative Leistung, die während der Ergometrie erreicht wurden, wobei EWREMAX die maximal erbrachte Leistung/kg zeigt. EWRE2MMO und EWRE4MMO sind die Leistungen/ kg an der jeweiligen Schwelle.



Abbildung 8: Vergleich Watt relativ/kg Körpergewicht

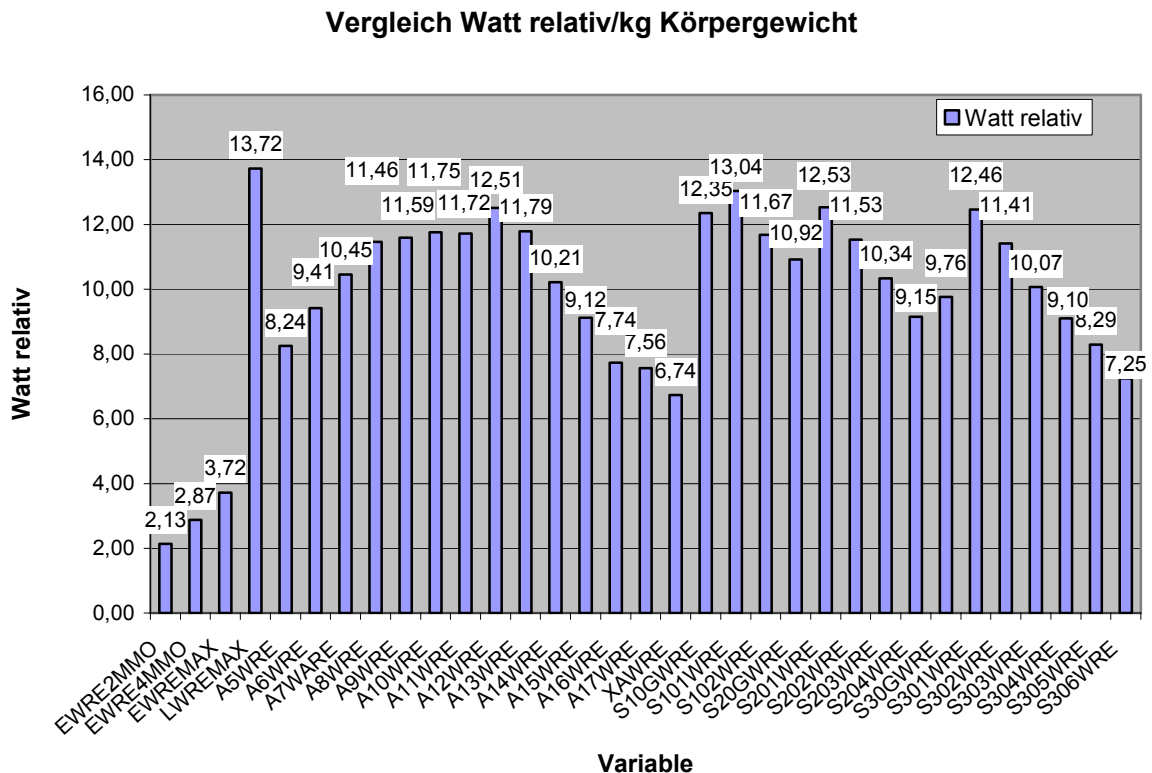


Abb.: 8: Vergleich Mittelwerte Watt relativ zu kg Körpergewicht.

Mit 13,72 Watt/kg ist auch hier der Wert des Leerantrittes (LWREMAX) der höchste, der bei allen Tests erreicht wurde.

A5WRE bis A17WRE zeigen wieder die Kurve der beiden Antrittstestserien I+II. Auch hier ist der sprunghafte Anstieg zwischen A11WRE und A12WRE zu erkennen. XAWRE (6,74 Watt/kg) weist die erbrachte Leistung bei Abbruch des Tests auf. Die Ergebnisse der drei Antrittstests von 10 s, 20 s und 30 s Dauer sind durch die Säulen S10GWRE bis S30GWRE ersichtlich.

In Abbildung 9 zeigen die Variablen A5NA bis A17NA bei den Antrittstests 50 bis 110 und 120 bis 170 Umdrehungen die erbrachte Kraft in Newton. Es ist zu erkennen, dass die Kraft mit der Erhöhung der Frequenz abfällt. Der Wert bei A12NA ist durch den bereits erwähnten Grund zu erklären. Die Säulen der Variablen S10GNA bis S306NA veranschaulichen die erbrachte Kraft der 10 s, 20 s und 30 s Antrittstests.

Abbildung 9: Vergleich Kraft (N) absolut

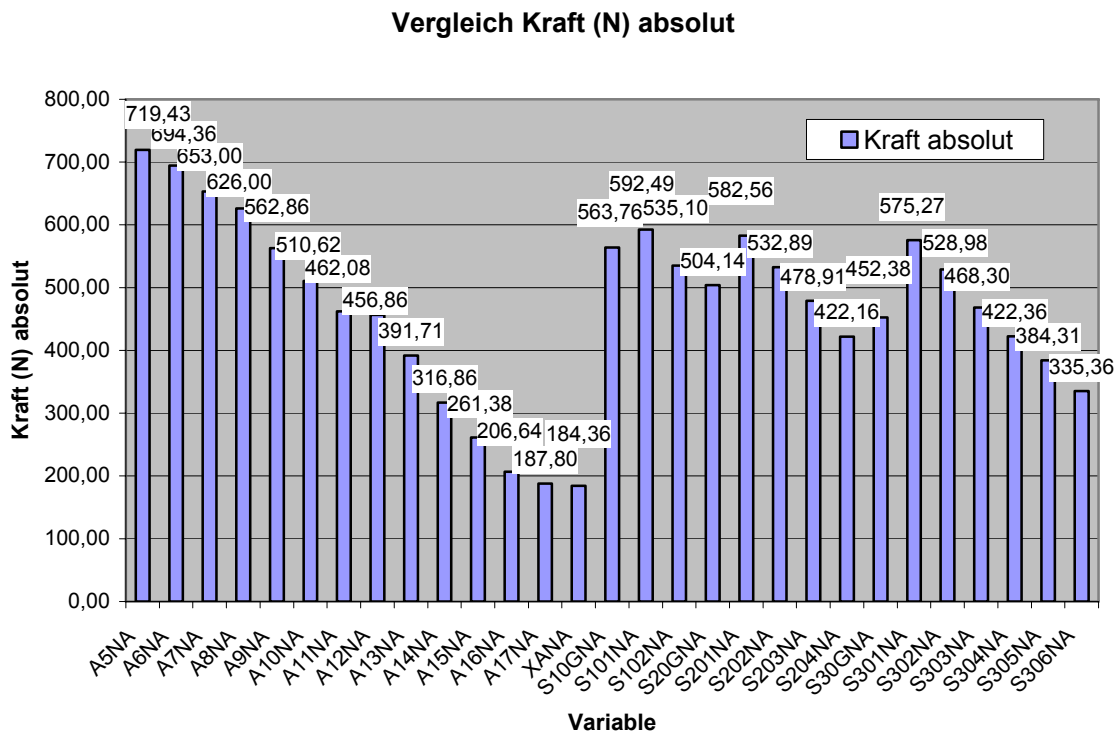


Abb. 9: Vergleich Mittelwerte Kraft (N) absolut.

Die Abbildung 10 beinhaltet die gleichen Variablen wie Abbildung 9. Hier sind die Ergebnisse der Kraft wieder auf das Körpergewicht bezogen (N/kg). Auch in dieser Darstellung ist zu erkennen, dass die Kraft relativ zum Körpergewicht bei den niedrigeren Trittfrequenzen höhere Werte ergibt und nahezu linear mit der Steigerung der Frequenz abnimmt. Dieses Ergebnis wird ebenfalls noch an einer eigenen Grafik diskutiert.

S10GNRE bis S306NRE vergleicht wiederum die erbrachte Kraft relativ bei den 10 s, 20 s und 30 s Antrittstests.

Abbildung 10: Vergleich Kraft (N) relativ/kg Körpergewicht

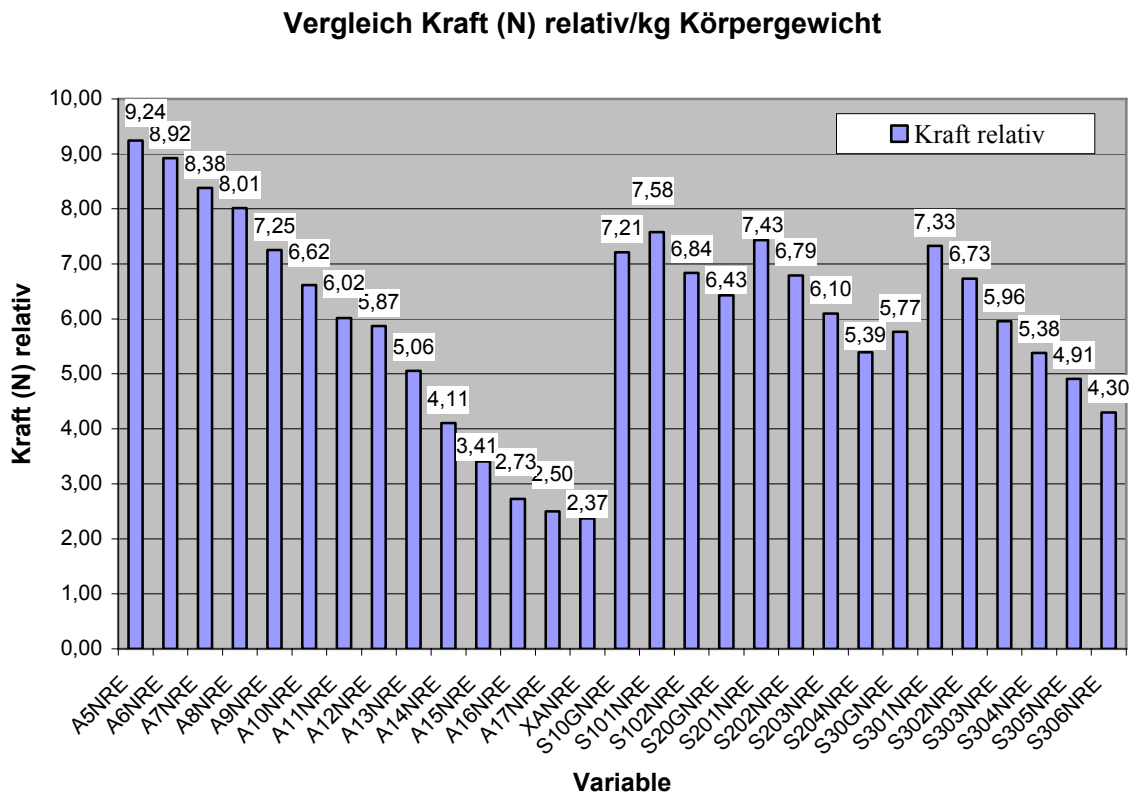


Abb.: 10: Vergleich Mittelwerte Kraft (N) relativ/kg Körpergewicht.

### 11.1. Diskussion Leerantritt

Beim Leerantritt erbrachten die Probanden (siehe Tab. 5, S. 110) im Mittel eine maximale Leistung (Mean Power) von 1065,07 W ( $\pm 91,94$ ), bei einem Minimum von 921 W und einem Maximum von 1065,07 W. Die relative Mean Power ergab im Durchschnitt 13,72 W/kg ( $\pm 1,14$ ). Die Umdrehungszahl, bei der die Leistung am höchsten war, lag bei 136,57 ( $\pm 9,59$ ). Dieses Ergebnis deckt sich mit der von Mc CARTNEY et al. (1983, 1985) angegebenen optimalen Umdrehungszahl, bei maximaler Leistung von 120 rpm bis 160 rpm. Im Schnitt wurden bei maximalen Umdrehungen immerhin noch 351,93 W ( $\pm 151,79$ ) erreicht. Hier war die Spannweite jedoch schon sehr hoch. Das Minimum lag bei 176 Watt, das Maximum bei 689 Watt. Die Probanden benötigten im Schnitt 3,93 Sekunden bis zur maximalen Leistung, bei einem Minimum von 2 s und einem Maximum von 6 s. HECK et al. (1998, S 52) gaben an, dass beim Wingate-Test (Bremskraft 0,75-1,05 N/kg Körpergewicht) die maximale Leistung in der Regel nach ca. 3 bis

5 s erreicht wird. Diese Angabe kann durch das vorliegende Ergebnis von 3,93 s bestätigt werden.

Die Abbildung 10 zeigt das Laktatverhalten nach der Belastung des Leerantrittes. Während der Laktatwert nach der Belastung mit 2,19 mmol/l ( $\pm 0,89$ ) noch sehr niedrig ist, erfolgt bis zu 1. Minute nach der Belastung ein sprunghafter Anstieg des Laktats auf 5,4 mmol/l ( $\pm 0,99$ ). Danach kommt es zu einer langsameren Steigerung bis 6,85 mmol ( $\pm 1,34$ ) nach 6 min. Der maximale Laktatwert von 7,08 mmol/l ( $\pm 1,68$ ) ist als sehr hoch zu bewerten, da nur eine 10 s dauernde maximale Belastung vorausging. HECK (2003, S. 151) gab an, dass bei maximalen Belastungen die Leistung nicht einmal in den ersten 5 s rein alaktazid erfolgt, sondern, bereits nach einer Sekunde ein steiler Anstieg der Glykolyserate und somit des Laktats zu beobachten ist.

Abbildung 11: Leerantritt Laktatverhalten nach Belastung

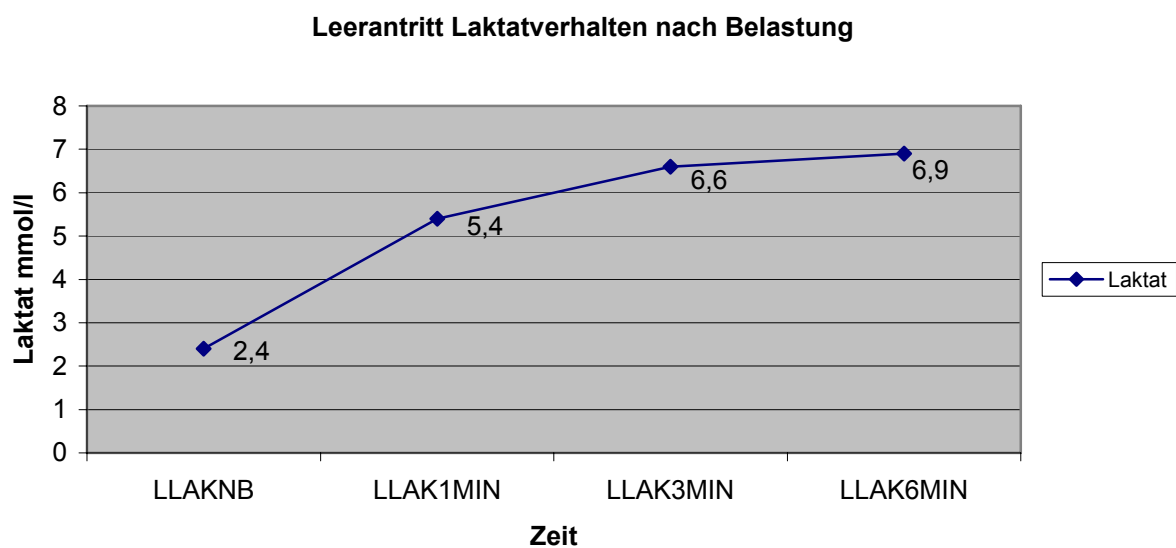


Abb. 11: Laktatentwicklung Leerantritt nach Belastung.

Folgende signifikante Korrelationen konnten festgestellt werden (Tab. 25, S. 119).

Die Leistungen Watt absolut (LWAMAX) und relativ zum Körpergewicht (LWREMAX) korrelieren mit  $r=0,532$  ( $p=0,50$ ) und  $r=0,583$  ( $p=0,021$ ) mit der Leistung (LW\_UMMAX), die bei der maximalen Umdrehungszahl erzielt wurde.

Die Umdrehungszahl (LUM\_WMAX) bei der die maximale Leistung erreicht wurde korreliert negativ mit  $r=-0,679$  ( $p=0,08$ ), bzw.  $r=-0,690$  ( $p=0,006$ ) mit dem Laktat gemessen nach 3 und nach 6 min, sowie auch negativ mit dem maximalen Laktat (LLAMAX) mit  $r=-0,684$  ( $p=0,007$ ) Weiters besteht auch ein Zusammenhang mit

der Zeitdauer in Sekunden, bis die maximale Leistung erbracht wurde (LSEK\_WMA) mit  $r=0,609$  ( $p=0,21$ )

Das maximale Laktat (LLAMAX) zeigt noch weitere negative signifikante Korrelationen. Verglichen mit der Leistung in Watt (LW\_UMMAX), bei der die maximale Umdrehungszahl erreicht wurde in der Höhe von  $r=-0,575$  ( $p=0,032$ ) und mit LSEK-WMA  $r=-0,596$  ( $p=0,025$ ). LSEK-WMA korreliert noch ( $r=-0,622$ ;  $p=0,017$ ) mit dem Laktat gemessen nach 6 Minuten.

Die anderen Korrelationen betreffen die gemessenen Laktatspiegel intern und sind ohne Bedeutung.

## 11.2. Diskussion Ergometrie

Die Ergebnisse der Ergometrie wurden schon ausgewiesen und sollen hier noch einmal erwähnt werden (siehe Tab. 6, S. 110).

An der 2 mmol Grenze wurde im Mittel eine Leistung (EWA2MMOL) von 163,62 W ( $\pm 55,76$ ) erbracht, bei einem Minimum von 40 W und einem Maximum von 253 W. Relativ zum Körpergewicht kamen die Probanden im Durchschnitt auf 2,13 W/kg ( $\pm 0,77$ ), Minimum 0,50 W/kg, Maximum 3,29 W/kg.

Der Mittelwert an der 4 mmol Schwelle betrug 221,59 W ( $\pm 53,37$ ), Minimum 106,52 W Maximum 301,00 W. Bezogen auf das Körpergewicht wurden an der 4mmol Grenze 2,87 W/kg ( $\pm 0,73$ ) erreicht (Minimum 1,34 W/kg, Maximum 3,91 W/kg).

Beim Abbruch des Tests am Ergometer erzielten die Probanden im Schnitt eine Leistung von 287 W ( $\pm 45,80$ ), Minimum 205 W, Maximum 367 W.

E%WA4M, E%WRE4M, E%WA2M und E%WRE2M sind errechnete Kennzahlen. Sie drücken die erbrachte Leistung absolut bzw. relativ zum Körpergewicht an der 4 mmol und 2 mmol Schwelle in Prozent zur Maximalleistung aus.

E%WA4M beträgt im Mittel 76,59% ( $\pm 10,73$ ) der Maximalleistung (Minimum 43,30%, Maximum 91,70%). Bezogen auf das Körpergewicht beträgt die Leistung an der 4mmol Schwelle im Schnitt E%WRE4M =76,53% ( $\pm 10,73$ ; Minimum, 43,69%, Maximum 91,78%).

Die Leistung an der 2 mmol Schwelle beträgt im Schnitt E%WA2M = 56% ( $\pm 14,34$ ) der maximalen Leistung (Minimum 16,30%, Maximum 77,13%).

Bezogen auf das Körpergewicht erreicht der Mittelwert  $E\%WRE2M = 55,95\%$  ( $\pm 14,38$ , Minimum, 16,18%, Maximum 77,23 %)

Spannweite, Standardabweichung und Varianz zeigen in Tabelle 6, dass die Ergebnisse der Stichprobe oft sehr weit auseinander liegen. Das ist dadurch zu erklären, dass der Trainingszustand der Probanden, was die Ausdauer betrifft, sehr weit auseinander liegen dürfte. Da sie unterschiedlichen Sportarten nachgehen ist ihre Ausdauerleistungsfähigkeit sehr unterschiedlich anzusehen.

Die Ergebnisse des Ergometertests dienen in dieser Arbeit lediglich zu Vergleichszwecken mit den erbrachten Leistungen bei den Antrittstests. Sie werden deshalb hier nicht näher diskutiert. Die Gegenüberstellung ist in einem der folgenden Kapitel ersichtlich.

Die Ergebnisse dieses Tests korrelieren intern auf unterschiedlichem Niveau miteinander. Die Korrelationen im Einzelnen sind Tabelle 26 (S. 121) zu entnehmen.

### 11.3. Diskussion Antrittstestserie I + II

Die Antrittstests von je 10 s Dauer mit einer Umdrehungszahl von 50 – 170 Umdrehungen (bis zum Abbruch) wurden an 2 Testterminen abgehalten. Beim ersten Termin absolvierten die Probanden je einen Antritt über 10 s von 50 rpm bis 110 rpm (Steigerung 10 rpm, 3 min Pause). Beim zweiten Termin folgten die Antritte von 120 rpm bis zum jeweiligen Abbruch in gleicher Form. Der Abbruch folgte, wenn die vorgegebene Umdrehungszahl nicht mehr eingehalten werden konnte. Die Ergebnisse sind den Tabellen 7 bis 20 zu entnehmen (S. 111-115).

In Abbildung 12 ist die Entwicklung der absoluten Leistung in Watt, die bei den beiden Antrittstestserien erzielt wurde, ersichtlich. Von 50 rpm bis 80 rpm ist ein kontinuierlicher Anstieg erkennbar. Die Leistungen reichen von 642,36W ( $\pm 89,06$ ) bei 50 rpm, 732,43 W ( $\pm 94,04$ ) bei 60 rpm, 815,57 W ( $\pm 91,90$ ) bei 70 rpm bis zu 892,14 W ( $\pm 109,64$ ) bei 80 rpm. Ab 80 Umdrehungen flacht die Kurve ab. Der Leistungsanstieg bei höherer Umdrehungszahl ist nur noch sehr gering und findet bei 100 rpm seinen Höhepunkt. Ab 110 rpm ist bereits ein leichter Rückgang der Leistung bemerkbar. Bei 90 Umdrehungen ergibt das eine Leistung von 901 W ( $\pm 96,50$ ), bei 100 rpm 906,31 W ( $\pm 117,97$ ) und bei 110 Umdrehungen 902,15 W ( $\pm 132,08$ ). Damit war die Testserie I zum ersten Termin abgeschlossen. Bei der

Testserie II wurde mit einer Umdrehungszahl von 120 begonnen. Eigentlich wäre ein weiterer Abfall der Leistung zu erwarten gewesen. Da die Probanden jedoch in ausgeruhtem Zustand an die Testserie II herangingen entstand hier der in Abbildung 11 rot dargestellte sprunghafte Anstieg der Leistung auf 973,71 W ( $\pm 91,30$ ). Auch die bei 130 rpm erbrachten 914,43 W ( $\pm 82,93$ ) sind als zu hoch anzusehen und ebenfalls darauf zurückzuführen, dass die Probanden beim zweiten Antritt noch keinerlei Ermüdung verspürten. Der Autor ist der Ansicht, dass, wäre der Test in einer Serie durchgeführt worden, die Leistungen bei 120 rpm und 130 rpm unter der bei 110 rpm gelegen hätten. Das weitere Absinken der Leistungen bei 140 rpm auf 789,71 W ( $\pm 98,46$ ) und auf 696,77 W ( $\pm 120,65$ ) bei 150 rpm, bzw. auf 586,27 W ( $\pm 136,56$ ) bei 160 rpm entspricht den Erwartungen. Ab 150 rpm kam es zu den ersten Testabbrüchen. Diese Umdrehungszahl konnten noch 13 Probanden halten. 160 rpm wurden nur noch von 11 Testpersonen absolviert. Da es bis zu 160 rpm zu drei Abbrüchen kam, sind die Daten der Antritte mit 150 rpm und 160 rpm nur noch eingeschränkt gültig. Die erbrachte Leistung von 566,4 W ( $\pm 119,75$ ) bei 170 rpm und das damit verbundene geringere Absinken ist darauf zurückzuführen, dass nur noch 5 Probanden diese Umdrehungszahl halten konnten und deshalb nicht mehr als für die gesamte Stichprobe als repräsentativ anzusehen ist.

Abbildung 12: Antrittstestserie I+II 50 bis 170 Umdrehungen Watt absolut

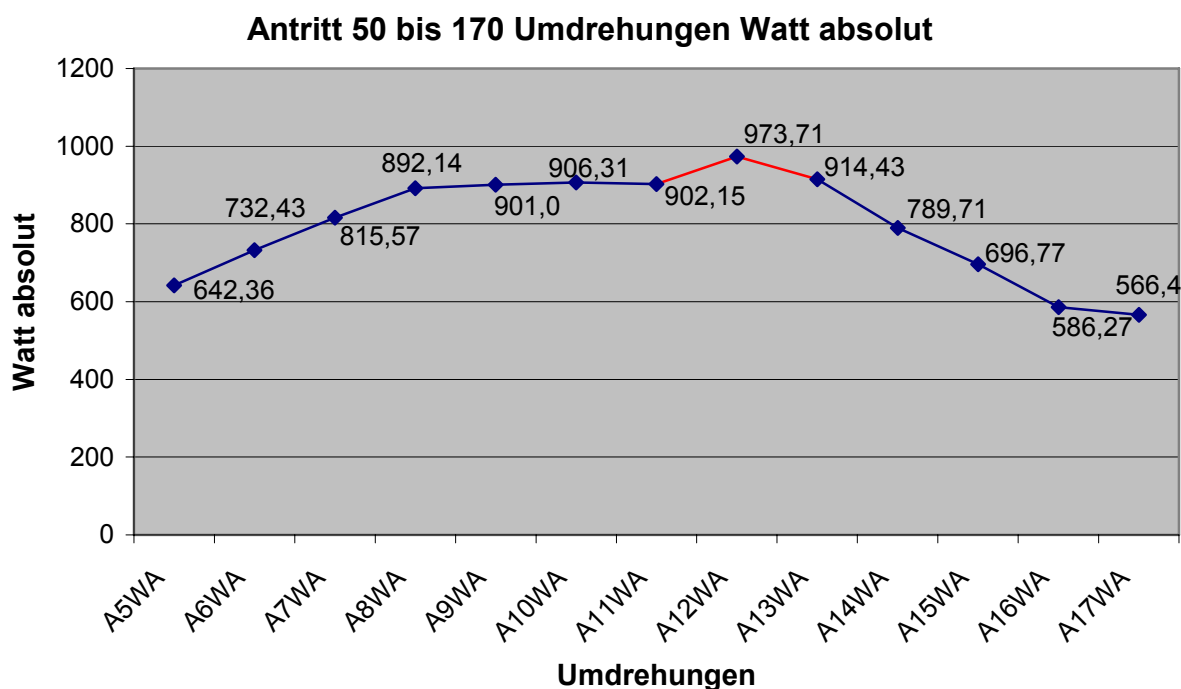


Abb. 12: Antrittstestserie I+II Watt absolut 50 bis 170 Umdrehungen.

Den absoluten Werten wird in der Literatur nur sehr wenig Bedeutung beigemessen. In den Diskussionen, die in ähnlicher Form durchgeführten Untersuchungen werden fast immer die Ergebnisse bezogen auf das Körpergewicht näher betrachtet.

Deshalb sind die in der Abbildung 13 dargestellten relativen Werte der beiden Antrittstestserien I+II mit den Ergebnissen anderer Testverfahren besser vergleichbar und aussagekräftiger.

Ähnlich wie die absoluten Werte verhalten sich die Ergebnisse bezogen auf das Körpergewicht. Bei den Antritten von 50 bis 80 Umdrehungen ist ein nahezu linearer Anstieg zu bemerken. Die Werte reichen von 8,24 W/kg ( $\pm 0,87$  W/kg) bei 50 rpm über 9,41 W/kg ( $\pm 0,9$  W/kg) bei 60 rpm, 10,45 W/kg ( $\pm 0,76$  W/kg) bei 70 rpm und 11,46 W/kg ( $\pm 0,9$  W/kg) bei 80 Umdrehungen. Die Kurve flacht ab 80 rpm stark ab. Bei 90 rpm sind es nur noch 11,59 W/kg ( $\pm 1,0$  W/kg) der höchste Punkt liegt bei 100 rpm mit 11,75 W/kg ( $\pm 1,26$  W/kg). Bei 110 rpm ist bereits ein leichter Rückgang der Leistung mit 11,72 W/kg ( $\pm 1,6$  W/kg) zu bemerken. Der sprunghafte Anstieg zwischen 110 und 120 Umdrehungen ist auf die Testanordnung zurückzuführen, da die zweite Testserie bei dieser Umdrehungszahl begonnen hat. Dadurch müssen diese Testserien getrennt gesehen werden. Die Verbindung ist deshalb rot eingezeichnet. Im ausgeruhten Zustand wurde im Mittel auch ein höherer Wert mit 12,51 W/kg ( $\pm 0,77$  W/kg) bei 120 rpm erzielt. Auch die 11,79 W/kg ( $\pm 1,2$  W/kg) bei 130 rpm W/kg sind als zu hoch einzuschätzen, wenn im Vergleich der Test in einem Zug durchgeführt worden wäre. Erst bei 140 rpm entspricht der Wert wieder den Erwartungen mit 10,21 W/kg ( $\pm 1,5$  W/kg). Tabelle 40 zeigt eine nahezu lineare, sehr steile Abnahme der Leistung bei 150 rpm mit 9,12 W/kg, ( $\pm 1,76$  W/kg) sowie bei 160 rpm mit 7,74 W/kg ( $\pm 1,9$  W/kg). Die 7,56 W/kg ( $\pm 1,58$  W/kg) und die damit verbundene Abflachung des Absinkens bei 170 rpm ist darauf zurückzuführen, dass nur noch 5 Probanden diese hohe Drehzahl halten konnten. Zu berücksichtigen ist weiters, dass den Antritt mit 150 rpm nur 13, den mit 160 rpm nur noch 11 Testpersonen absolvierten. Die Daten sind deshalb als eingeschränkt gültig zu verstehen.



Abbildung 13: Antrittstestserie I+II 50 bis 170 Umdrehungen Watt relativ/kg

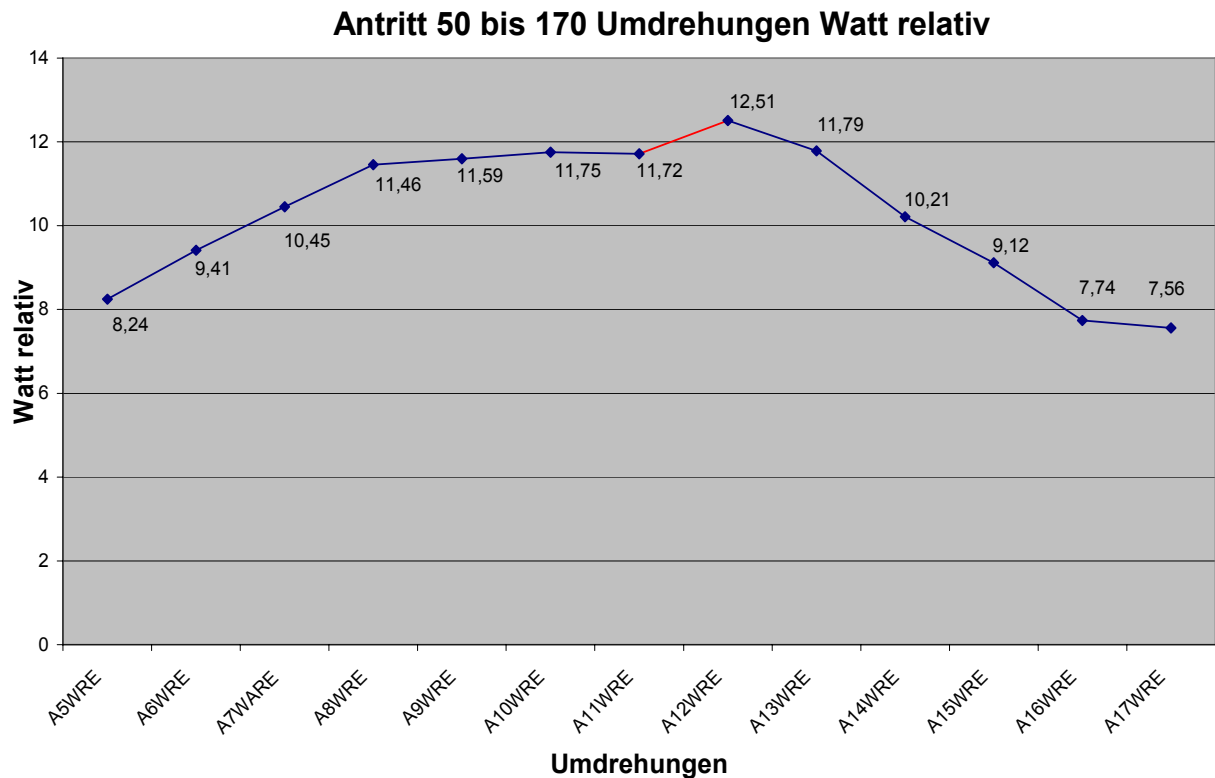


Abb. 13: Antrittstestserie I+II Watt relativ 50 bis 170 Umdrehungen

Mc CARTNEY et al. (1983) fanden in ihrer Untersuchung von Normalpersonen eine Mean Power bei 60 rpm von 9,4 W/kg und bei 140 rpm 13,0 W/kg. JONES et al. (1985) erhielten ebenfalls bei getesteten Normalpersonen bei 60 rpm 10,2 W/kg und bei 140 rpm 12,4 W/kg. Bei einer Geschwindigkeit von 100 rpm findet man bei Mc CARTNEY et al. (1983) ein Ergebnis von 11,4 W/kg. Bei BEELEN et al. (1993) beträgt die relative Mean Power bei 60 rpm 10 W/kg und bei 120 rpm 13,9 W/kg. In der Studie von BARON et al. (1999) an 60 Sportstudenten betrug die Mean Power, 10,7 W/kg ( $\pm 1,6$  W/kg), 14,3 W/kg ( $\pm 1,9$  W/kg), 14,5 W/kg ( $\pm 1,4$  W/kg) und 13,4 ( $\pm 1,6$  W/kg) bei 60, 100, 120 und 140 rpm. Diese Ergebnisse sind etwas höher als die, die bei den anderen Autoren gefundenen wurden. Zum Vergleich liegt die Mean Power in dieser Studie bei 9,41 W/kg ( $\pm 0,9$  W/kg), 11,75 W/kg ( $\pm 1,26$  W/kg), 12,51 W/kg ( $\pm 0,77$  W/kg) und 10,21 W/kg ( $\pm 1,5$  W/kg) bei 60, 100, 120 und 140 rpm. Zu erklären sind die Unterschiede sicher dadurch, dass BARON et al. (1999) eine Stichprobe von 60 Sportstudenten zur Verfügung hatte. In der vorliegenden Untersuchung und in den

von Mc CARTNEY et al. (1983), JONES et. al. (1985) und BEELEN et al. (1993) wurden jeweils Normalpersonen als Probanden ausgewählt. In den Drehzahlbereichen von 60, 100 und 120 rpm sind die Ergebnisse in diesen Studien bzgl. der Mean Power sehr ähnlich. Lediglich bei 140 rpm liegen die Ergebnisse von MC CARTNEY et al. und JONES et al. mit 13,2 W/kg bzw. von 12,4 W/kg sehr deutlich über jenen in dieser Studie in der Höhe von 10,21 W/kg. Die von BARON (1996) durchgeführte Untersuchung an Ausdauer trainierten Triathleten zeigt bei BACHL, (1998, S. 58) Werte von ca. 9,5 W/kg, ca. 11,3 W/kg, ca. 11,3 W/kg und ca. 9,5 W/kg bei 60, 100, 120 und 140 rpm. Für die Nachwuchs Mountainbiker zeigt die Grafik ca. 11,5 W/kg, ca. 13,6 W/kg, 13,2 W/kg und 11,9 W/kg. Die Mountainbiker nationaler Klasse weisen Ergebnisse von ca. 11,7 W/kg, 14,7 W/kg, 13,9 W/kg und 12,2 W/kg bei 60, 100, 120 und 140 rpm auf.

Die auftretenden unterschiedlichen Werte der relativen Mean Power bei nur 10 s dauernder Antrittstests aller Untersuchungen sind zum Teil auf die unterschiedlichen Testanordnungen zurückzuführen. Allerdings ist auch erkennbar, dass doch Unterschiede zwischen Normalpersonen und trainierten Sportstudenten, bzw. sportartspezifisch trainierten Personen unterschiedlicher Leistungsklassen bestehen. Weiters ist zu erkennen, dass die Umdrehungszahl, bei der die höchste Mean Power erreicht wird, bei Normalpersonen oder Personen deren Leistung doch sehr von der Kraft, nicht so sehr von der Geschwindigkeit abhängt eher bei ca. 100 rpm liegt, während bei aerob trainierten Triathleten oder Sportstudenten mit sehr gutem allgemeinmotorischen Grundlagen diese Umdrehungszahl bei 110 rpm oder mehr liegt. Um dazu genauere Aussagen treffen zu können, wäre eine Untersuchung mit einheitlicher Testanordnung und verschiedenen spezifisch trainierten Athleten notwendig. Dadurch könnte vielleicht auch ein Verfahren entwickelt werden, dass eine exakte Beurteilung der erbrachten anaeroben Leistung hinsichtlich der ausgeübten Sportart und des derzeitigen Trainingszustandes zulässt.

In Abbildung 14 ist die Entwicklung der Kraft im Verlaufe der Antrittstestserie I + II von 50 bis 170 Umdrehungen dargestellt. Es ist eine nahezu lineare Abnahme der Kraft zu bemerken. Durch den Anstieg der Drehzahl um jeweils 10 Umdrehungen nimmt die ausgeübte Kraft auf die Pedale kontinuierlich ab. Die rote Linie stellt wiederum die Teilung der Testserie dar, durch die es aus bereits angegebenen

Gründen zu einem geringeren Absinken der Kraft  $N$  kommt. Die weitere Abflachung bei 170 Umdrehungen ist darauf zurückzuführen, dass diese Umdrehungszahl nicht mehr von allen Probanden gehalten werden konnte. 150 rpm führte nur noch 13, 160 rpm nur noch 11 Testpersonen durch.

Die erbrachte Kraft der Probanden liegt bei 719,43 N ( $\pm 96,73$ ) bei 50 rpm, 694,36 N ( $\pm 91,57$ ) bei 60 rpm, 653,0 N ( $\pm 71,96$ ) bei 70 rpm, 626,0 N ( $\pm 75,30$ ) bei 80 rpm, 562,86 N ( $\pm 59,23$ ) bei 90 rpm, 510,62 N ( $\pm 65,43$ ) bei 100 rpm und 462,08 N ( $\pm 66,74$ ) bei 110 rpm. Die zweite Testserie ergibt 456,86 N ( $\pm 42,69$ ) bei 120 rpm, 391,71 N ( $\pm 35,79$ ) bei 130 rpm, 316,86 N ( $\pm 39,63$ ) bei 140 rpm, 261,38 N ( $\pm 45,28$ ) bei 150 rpm und 206,84 N ( $\pm 48,08$ ) bei 160 rpm. Die Gründe der Abflachung der Kurve bei 170 rpm wurden bereits erläutert. Der erreichte Wert beträgt nur noch 187,8 N ( $\pm 39,67$ ).

Abbildung 14: Antrittstestserie I+II Kraft absolut

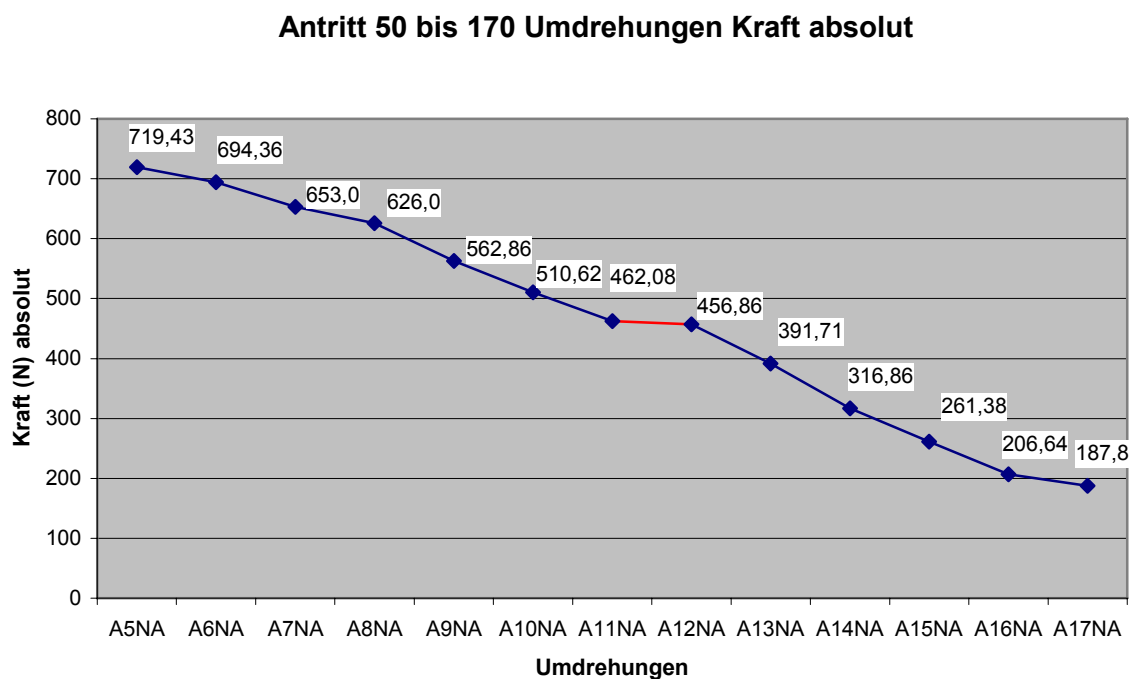


Abb. 14: Antrittstestserie I+II Kraft  $N$  absolut 50 bis 170 Umdrehungen.

Wie bei der Leistung in Watt werden die absoluten Werte der Kraft in der Literatur kaum erwähnt. Die Bedeutung der Kraft relativ zu Körpergewicht ist weit höher einzuschätzen.

Ähnlich wie die absoluten Werte verhalten sich auch die Ergebnisse bezogen auf das Körpergewicht. Auch hier ist eine nahezu lineare Abnahme der Kraft zu

bemerken, wie in Abbildung 15 ausgewiesenen. Die Kraft relativ zum Körpergewicht, beträgt bei 50 rpm 9,24 N/kg ( $\pm 0,96$  N/kg) bei 60 rpm 8,92 N/kg ( $\pm 0,88$  N/kg), bei 70 rpm 8,38 N/kg ( $\pm 0,59$  N/kg), bei 80 rpm 8,01 N/kg ( $\pm 0,61$  N/kg), bei 90 rpm 7,25 N/kg ( $\pm 0,62$  N/kg), bei 100 rpm 6,62 N/kg ( $\pm 0,68$  N/kg) und 6,02 N/kg ( $\pm 0,81$  N/kg) bei 110 rpm. Durch die Testserie II kommt es auch hier wieder zu einer Abflachung der Kurve aus den bereits beschriebenen Gründen. In Abbildung 15 ist dies durch die rote Linie zu erkennen. Bei 120 rpm beträgt die Kraft 5,87 N/kg ( $\pm 0,36$  N/kg), 5,06 N/kg ( $\pm 0,49$  N/kg) bei 130 rpm, 4,11 N/kg ( $\pm 0,6$  N/kg) bei 140 rpm, 3,41 N/kg ( $\pm 0,65$  N/kg) bei 150 rpm, 2,73 N/kg ( $\pm 0,67$  N/kg) bei 160 rpm. Bei 170 rpm flacht die Kurve weiter ab auf 2,5 N/kg ( $\pm 0,53$  N/kg), da wie ebenfalls bereits erwähnt einige Probanden diese Umdrehungszahl nicht mehr halten konnten.

Abbildung 15: Antrittstestserie I+II Kraft relativ/kg

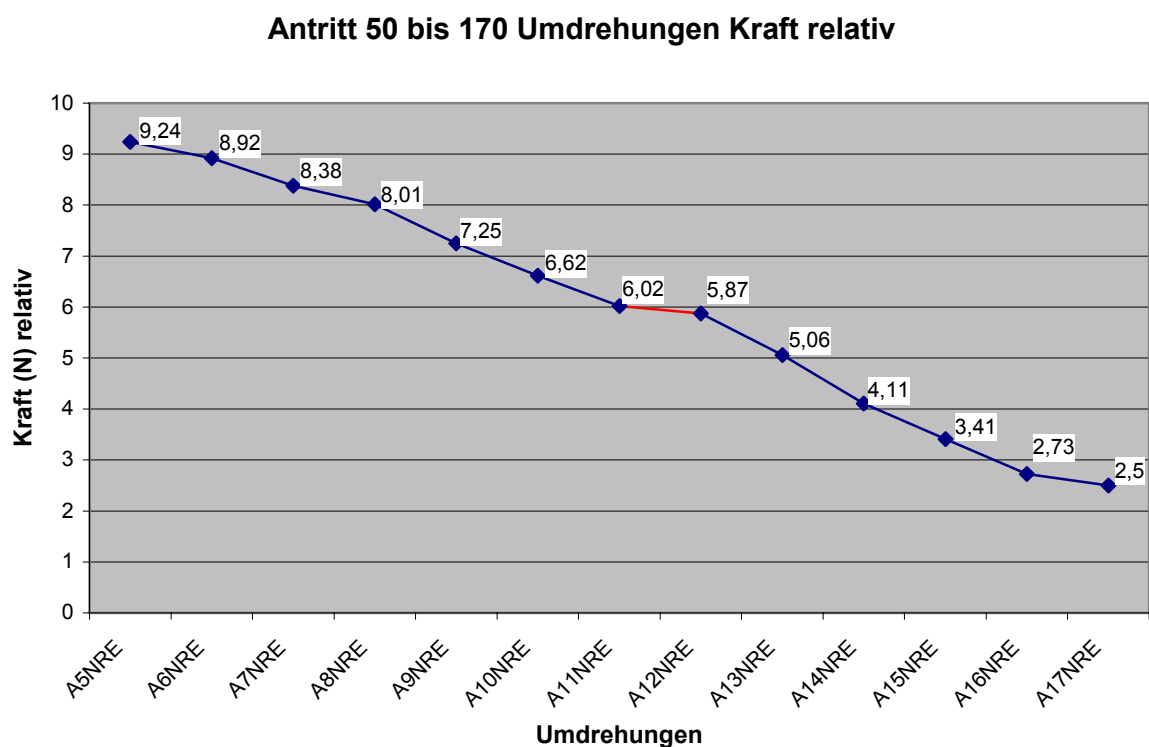


Abb. 15: Antrittstestserie I+II Kraft N relativ 50 bis 170 Umdrehungen.

Die nahezu lineare Abnahme der Kraft (Mean Force) und der Umdrehungsgeschwindigkeit (50-140 rpm) stellte auch BARON et al. (1999, S. 534) bei der Untersuchung von 60 Sportstudenten fest. Der Intercept der Kraft-

Geschwindigkeits Regressionsgeraden in der Studie von BARON et al. (1999,) mit der Kraftachse (IsoF<sub>0</sub>) und der Intercept der Regressionsgeraden mit der Geschwindigkeitsachse (IsoV<sub>0</sub>) zeigt einen Wert für F<sub>0</sub> von 13,7 ± 2,3 N/kg und für V<sub>0</sub> von 236 ± 22 rpm. Die lineare Regression folgt der Gleichung  $y = -0,0574x + 13,68$  ( $r = 0,9962$ ,  $p=0,02$ ).

### 11.3.1. Laktatentwicklung Antrittstestserie I+II

Abbildung 16: Laktatentwicklung Antrittstestserie I

#### Entwicklung des Laktates Antrittstest I 50-110 Umdrehungen

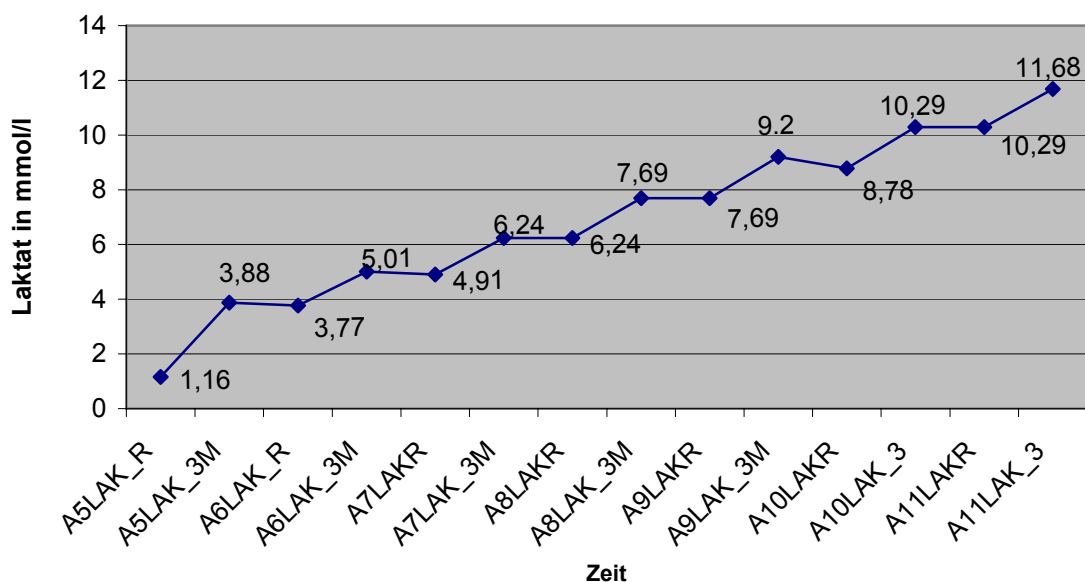


Abb. 16: Antrittstestserie I+II Laktatentwicklung 50 bis 110 Umdrehungen.

Die Abbildung 16 zeigt die Entwicklung des Laktats während der Testserie I von 50 bis 110 rpm. Bemerkenswert ist der rasche Anstieg des Laktats zu Beginn, trotzdem nur eine Belastung von 10 s mit 50 rpm vorausging. Das Laktat steigt von 1,16 mmol auf 3,88 mmol. In der Folge erhöht sich das Laktat nur noch um ca. 1,4 mmol pro 10 s Antritt. Außerdem ist zu bemerken, dass das Laktat während der 3 min aktiven Pause (leichtes Treten) nicht weiter steigt, in einigen Fällen (bei 60, 70 und 90 rpm) sogar leicht sinkt. Bei 60 und 70 rpm um ca. 0,1 mmol, bei 90 rpm sogar um 0,24 mmol.

Abbildung 17 beinhaltet das Laktatverhalten in der Testserie II von 120 rpm bis 170 rpm. Durch die hohe Umdrehungszahl steigt das Laktat bereits nach dem ersten Antritt sprunghaft von 0,98 mmol auf 6 mmol an. Bei einer Steigerung auf 130 rpm beim zweiten Antritt steigt das Laktat um etwas mehr als 3 mmol auf 9,09 mmol. Der Antritt mit 140 rpm lässt das Laktat weiter um nahezu 2 mmol auf 11,01 mmol steigen. In der Folge bei 150 rpm, 160 rpm und 170 rpm steigt das Laktat nur noch gering, um ca. 1,2 mmol, ca. 0,8 mmol und ca. 0,6 mmol an.

Abbildung 17: Laktatentwicklung Antrittstestserie II

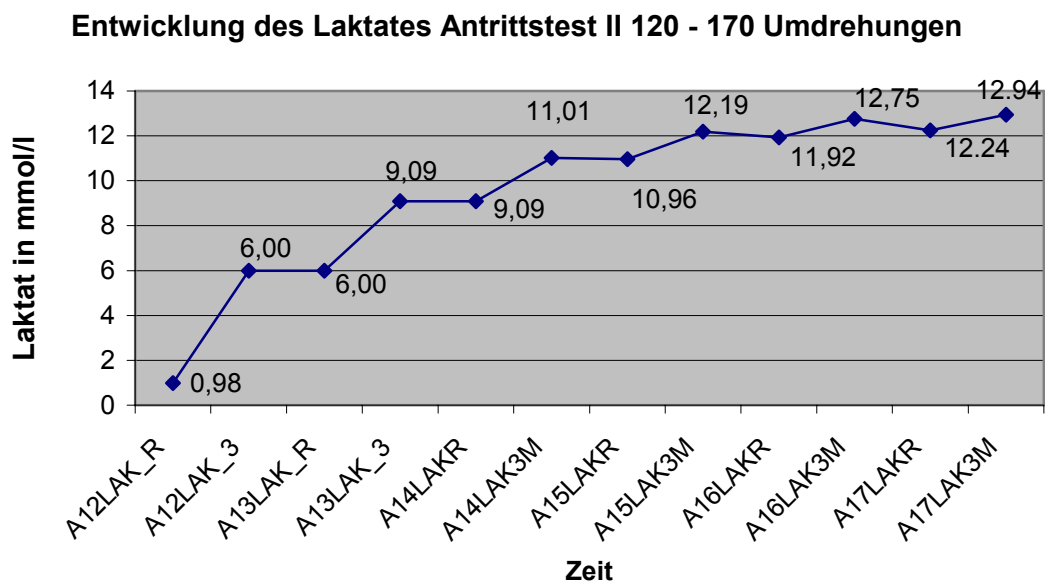


Abb. 17: Antrittstestserie II Laktatentwicklung 120 bis 170 Umdrehungen.

In Abbildung 18 sind die Anstiege des Laktats (Delta Laktat) nach den jeweiligen Antrittstests bei 50 rpm bis 170 rpm dargestellt. In der Testserie I steigt das Laktat zu Beginn sprunghaft um 2,71 mmol an. In der Folge steigt das Laktat nur noch um 1,24 mmol bei 60 rpm, 1,33 mmol bei 70 rpm, 1,46 mmol bei 80 rpm, 1,51 bei 90 und 100 rpm und um 1,38 bei 110 rpm.

In der Testserie II wird zu Beginn bei 120 rpm ein sehr sprunghafter Anstieg auf 5,02 mmol festgestellt Auch beim zweiten Antritt mit 130 rpm steigt das Laktat weiter um 3,01 mmol. In der Folge steigt der Laktatanstieg in immer geringerem Ausmaß. Bei 140 rpm noch um 1,84 mmol, bei 150 rpm um 1,23 mmol, bei 160 rpm um 0,87 mmol und bei 170 rpm nur noch um 0,7 mmol.

Abbildung 18: Vergleich Laktatanstieg Antrittstestserie I+II

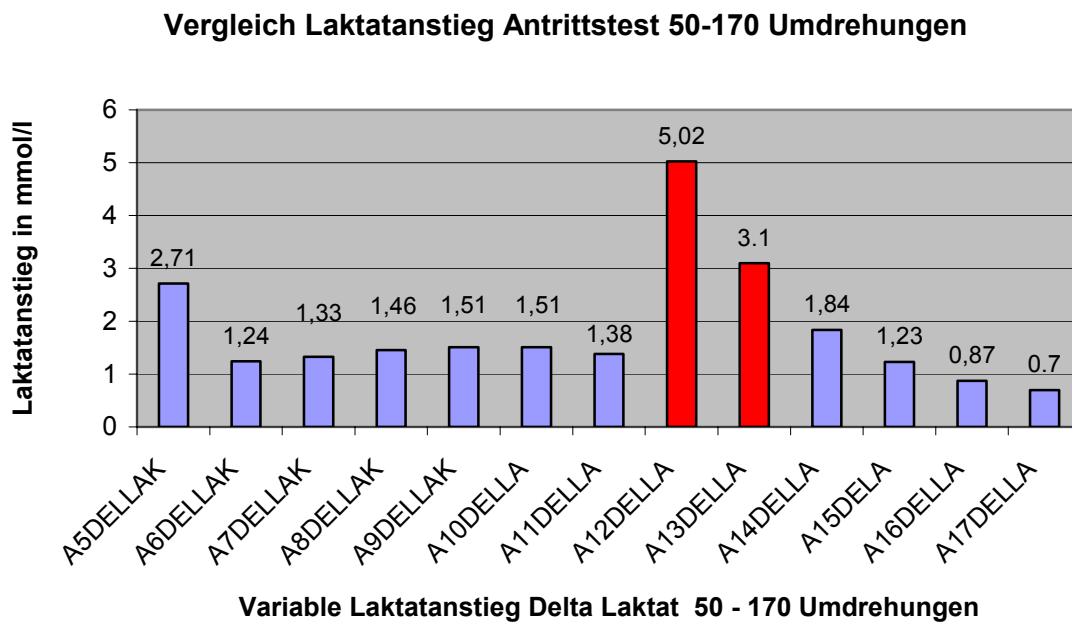


Abb. 18: Vergleich Laktatanstieg Antrittstestserie I+II

### 11.3.2. Korrelationen Antrittstestserie I+II

Die Tabellen 27 bis 30 (S. 124-127) zeigen, dass die Werte der Kraft und der Leistung der Antrittstests mit 50, 60, bzw. 120 und 130 rpm in einem Ausmaß für die absoluten Werte von  $r=0,920$ , ( $p=0,001$ ) bis  $r=0,999$ , ( $p\leq 0,001$ ) korrelieren. Die relativen Werte korrelieren von  $r=0,862$ , ( $p\leq 0,001$ ) bis  $r=0,950$ , ( $p\leq 0,001$ ). Die genauen Korrelationswerte sind den jeweiligen Abbildungen zu entnehmen. Auch konnten negative Korrelationen bei der maximal erreichten Umdrehungszahl mit der Kraft und der Leistung beobachtet werden. Kraft absolut korrelierte mit  $r=-0,685$ , ( $p=0,007$ ), Kraft relativ mit  $r=-0,593$ , ( $p=0,025$ ); Watt absolut mit  $r=-0,549$  ( $p=0,042$ ), Watt relativ nicht signifikant mit  $r=-0,419$ , ( $p=0,136$ ).

Zwischen dem Laktatanstieg und der erbrachten Kraft, bzw. Leistung konnten nur signifikante Zusammenhänge beim Antritt bei maximaler Umdrehungszahl herausgefunden werden. Dabei zeigten sich Korrelationen für Kraft absolut von  $r=-0,627$  ( $p=0,16$ ), für Kraft relativ von  $r=-0,644$  ( $p=0,013$ ), für Watt absolut von  $r=-0,640$  ( $p=0,014$ ) und für Watt relativ  $r=-0,654$  ( $p=0,011$ ).

Die Korrelationen, die die Laktatwerte intern betreffen wurden nicht berücksichtigt.

#### 11.4. Diskussion Antrittstests 10 s, 20 s, 30 s

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Antrittstests von 10 s, 20 s und 30 s Dauer miteinander verglichen und diskutiert. Die optimale Umdrehungszahl, mit der die Probanden jeweils den 10 s, 20 s und 30 s Antrittstest durchführten ergab sich aus der Antrittstestserie I+II und lag bei durchschnittlich 97,14 rpm ( $\pm 13,26$  rpm). Damit liegt sie doch deutlich unter der von BARON et al. (1999) festgestellten optimalen Umdrehungszahl von  $115 \pm 8,6$  rpm und der von SARGEANT et al. (1981) von 111 rpm. Eine unveröffentlichte Studie von BARON (1996; In: BACHL&BARON, 1998, S. 58) zeigt eine Untersuchung von verschiedenen Radrennfahrern, Mountainbikern und Triathleten. Diese wurden ebenfalls mittels isokinetischen Ergometers einer Testserie unterzogen. Die Probanden hatten jeweils einen Antritt von 50 bis 140 rpm in der Dauer von 10 s zu absolvieren. Aus dieser Studie lässt sich für die Mountainbiker eine optimale Umdrehungszahl von ca. 100 rpm und für die Triathleten von ca. 110 rpm ableiten. SARGEANT (1994) gibt an, dass die optimale Umdrehungszahl sehr stark von der Verteilung der Typ I und Typ II Muskelfasern abhängig ist. Eine Verteilung von je 50 % ergibt eine optimale Umdrehungszahl von ca. 120 rpm. Eine Untersuchung von Mc CARTNEY et al. (1983) mittels Muskelbiopsie (Anteil Typ II Fasern 53 %) kommt auf eine optimale Umdrehungszahl von 119 rpm.

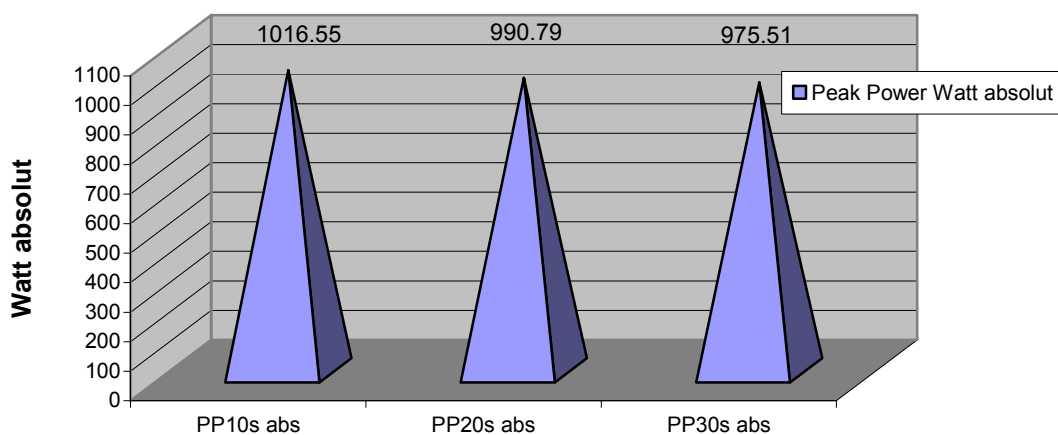
Die Probanden führten die drei Antrittstests mit der Umdrehungszahl durch, bei der sie individuell bei der Antrittstestserie I + II die beste Leistung erbrachten.

Abbildung 19 zeigt den Vergleich der Peak Power in Watt absolut. Beim 10 s Antrittstest wurde eine Peak Power von 1016,55 W ( $\pm 121,66$  W) erzielt, der 20 s Antrittstest erbrachte eine PP von 990,79 W ( $\pm 131,28$  W) und der 30 s Test eine PP von 975,51 W ( $\pm 153,30$  W).



Abbildung. 19: Vergleich Peak Power absolut

**Vergleich Peak Power Watt absolut Antrittstest 10 s, 20 s, 30 s**



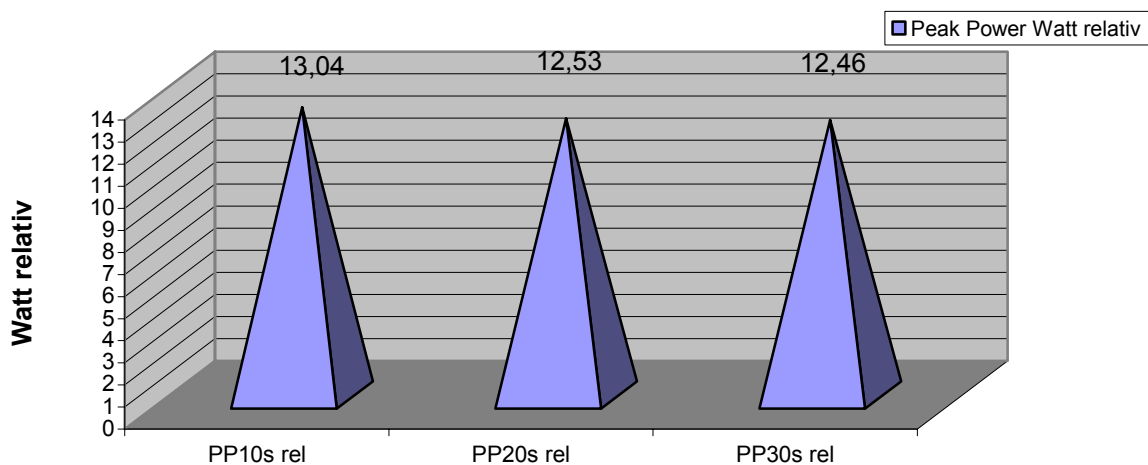
**Antritt 10s, 20s, 30s**

Abb. 19: Peak Power absolut 10 s, 20 s, 30 s Antrittstest.

Abbildung 20 stellt die Ergebnisse der Peak Power der Antrittstests 10 s, 20 s und 30 s in Watt relativ zum Körpergewicht gegenüber. Beim 10 s Test erreichten die Probanden 13,04 W/kg ( $\pm 1,29$  W/kg), 12,53 W/kg ( $\pm 1,26$  W/kg) beim 20 Test und 12,46 W/kg ( $\pm 1,35$  W/kg) beim 30 s Antrittstest.

Abbildung 20: Vergleich Peak Power relativ/kg

**Vergleich Peak Power Watt relativ Antrittstest 10s, 20s, 30s**



**Antritt 10s, 20s, 30s**

Abb.: 20 Peak Power relativ Antrittstest 10 s, 20 s, 30 s,

Die Grafik 21 zeigt den Vergleich der Kraft (Peak Force) in absoluten Zahlen. Beim 10 s Antrittstest wurden 592,49 N ( $\pm 92,76$  N), beim 20 s Test 582,56 N ( $\pm 109,55$  N) und beim 30 s Test 527,5 N ( $\pm 119,88$  N) gemessen.

Abbildung 21: Vergleich Peak Force absolut

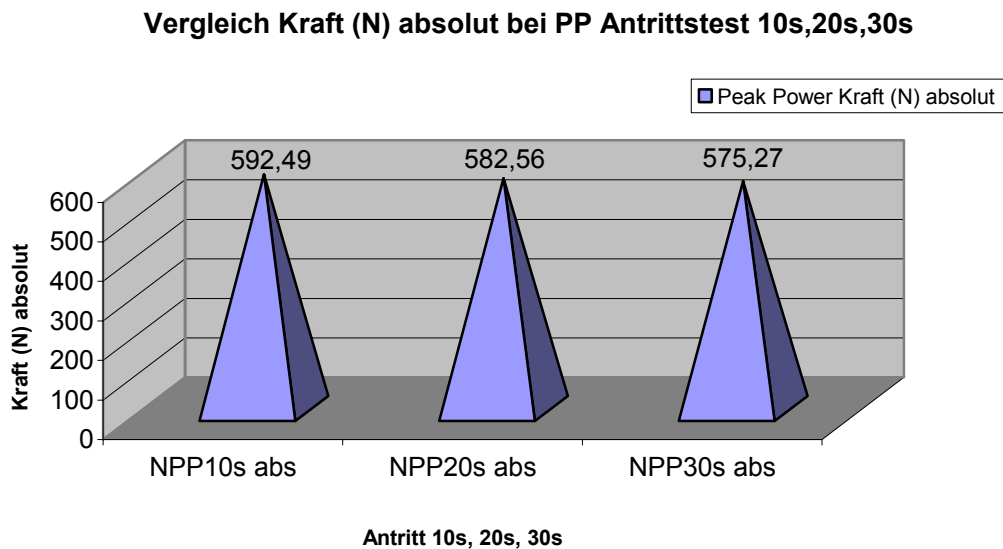


Abb. 21 Peak Force, absolut, Antrittstest 10 s, 20 s, 30 s.

Die nächste Abbildung zeigt den Vergleich der Kraft (N) relativ zum Körpergewicht (Peak Force/kg), die während des 10 s, 20 s und 30 s Antrittstest erzielt wurde.

Die Werte betragen 7,58 N/kg ( $\pm 0,89$  N/kg) beim 10 s Test, 7,43 N/kg ( $\pm 0,99$  N/kg) beim 20 s Test und 7,33 N/kg ( $\pm 1,12$  N/kg) beim 30 s Test.

Abbildung 22: Vergleich Peak Force relativ/kg

**Vergleich Kraft (N) relativ bei PP Antrittstest 10s, 20s, 30s**

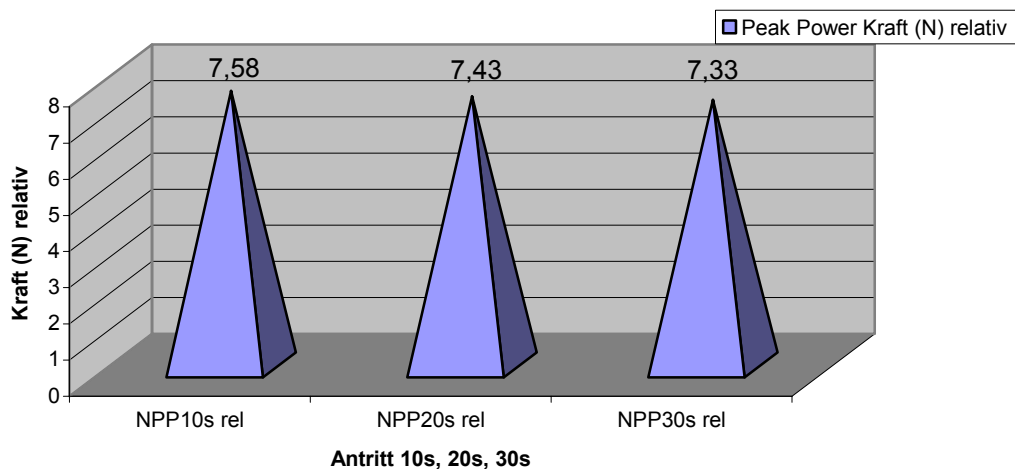


Abb.: 22 Peak Force relativ/kg Antrittstest 10 s, 20 s, 30 s.

Abbildung 23 vergleicht die absoluten Werte der Leistung der Mean Power die bei den Antrittstests der Dauer von 10 s, 20 s und 30 s erzielt wurden. Beim 10 s Test wurde eine durchschnittliche Leistung von 963,85 W ( $\pm 105,78$  W), beim 20 s Test 853,56 W ( $\pm 110,29$  W) und beim 30 s Test 763,55 W ( $\pm 106,12$  W) erreicht.

Abbildung 23: Vergleich Mean Power absolut

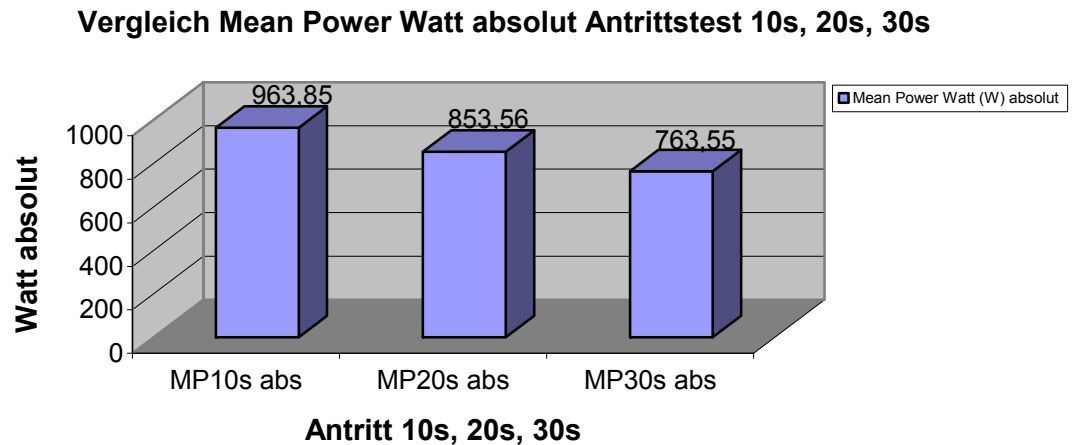


Abb.23: Vergleich Mean Power absolut.

Den Vergleich der Leistung der Mean Power relativ zum Körpergewicht, die während des 10 s, 20 s und 30 s Antrittstests erreicht wurde, zeigt die Abbildung 24. Die Probanden erzielten durchschnittlich beim 10 s Test 12,35 W/kg ( $\pm 1,04$  W/kg), beim 20 s Test 10,92 W/kg ( $\pm 0,85$  W/kg) und beim 30 s Test 9,76 W/kg ( $\pm 0,89$  W/kg).

Abbildung 24: Vergleich Mean Power relativ/kg

**Vergleich Mean Power Watt relativ Antrittstest 10s, 20s, 30s**

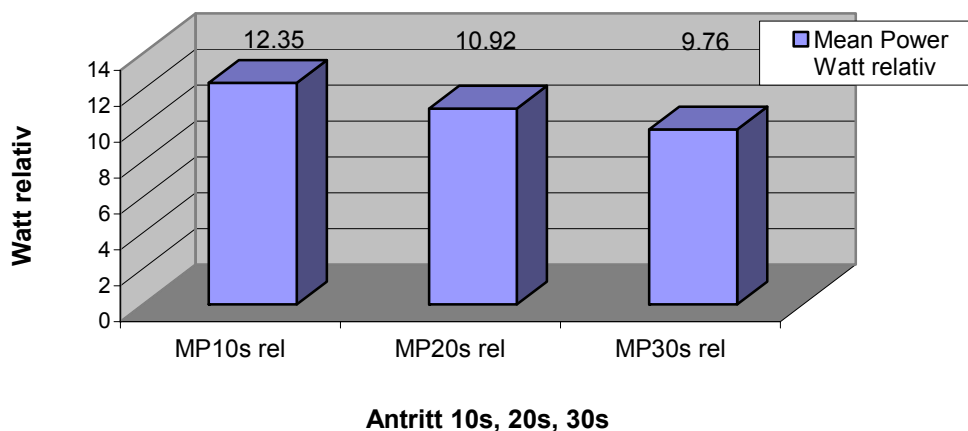


Abb. 24: Vergleich Mean Power relativ/kg Antrittstest 10 s, 20 s, 30 s.

Die erreichte Kraft absolut (Mean Force) die während der Antrittstests 10 s, 20 s und 30 s erreicht wurde, zeigt die Abbildung 24. Im Mittel betrug die Kraft beim 10 s Antritt 563,76 N ( $\pm 91,15$  N) beim 20 s Antritt 504,14 N ( $\pm 101,77$  N) und beim 30 s Antritt 452,38 N ( $\pm 95,02$  N).

Abbildung 25: Mean Force absolut

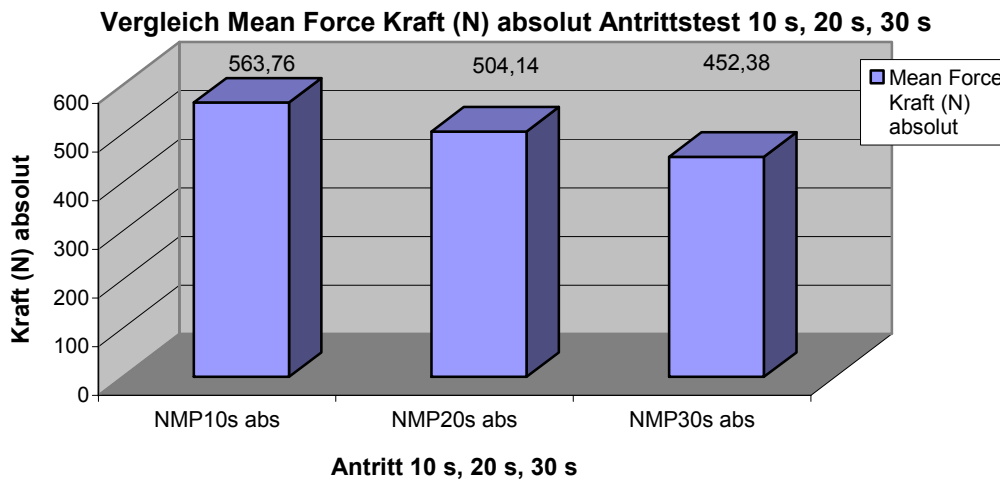


Abb. 25: Mean Force Kraft (N) absolut.

Die Kraft (relative Mean Force in N/kg) in Bezug zum Körpergewicht, die bei den Antrittstests von 10 s, 20 s und 30 s von den Versuchspersonen erreicht wurde, ist in Abbildung 26 ausgewiesen. Beim 10 s Test waren dies 7,21 N/kg, ( $\pm 0,87$  N/kg) beim 20 s Test 6,43 N/kg ( $\pm 0,94$  N/kg) und beim 30 s Test 5,77 N/kg ( $\pm 0,93$  N/kg).

Abbildung 26: Vergleich Mean Force relativ/kg

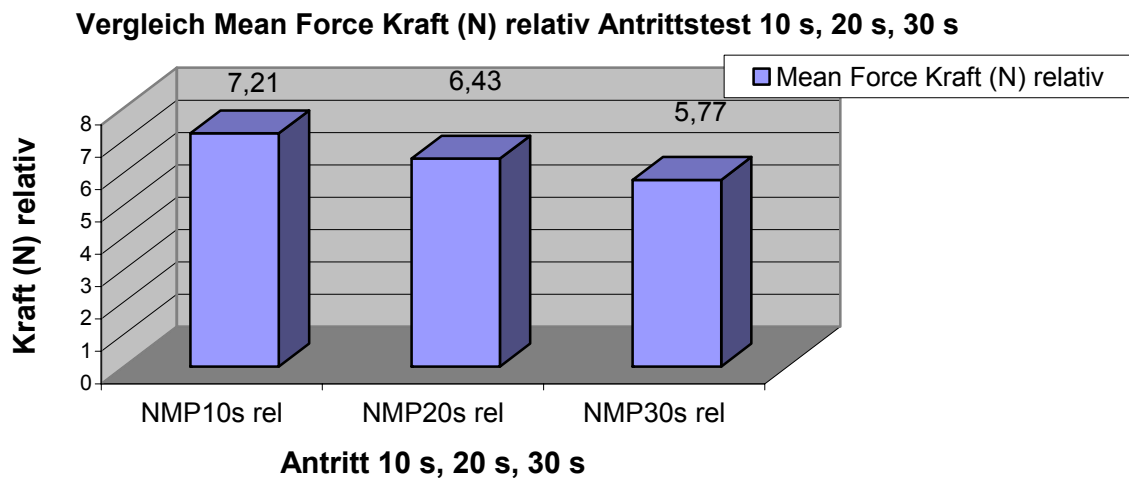


Abb. 26: Mean Force, relativ/kg, Antrittstest 10 s, 20 s, 30 s.

Abbildung 27 stellt den Vergleich der Peak Power und der Mean Power dar, die bei den Antrittstests von 10 s, 20 s und 30 s Dauer erreicht wurden. Diese Grafik zeigt die Leistung in Watt absolut. Beim 10 s Test erreichten die Probanden eine Peak Power von 1016,55 W, die Mean Power liegt mit 892,42 W schon rund 24 W darunter. Über die Dauer von 20 s beträgt die Peak Power 990,79 W, die Mean Power 853,56 W, bei einer Differenz von rund 37 W. Beim 30 s Test ist bereits ein Unterschied von rund 213 W zwischen der Peak Power von 975,51 W und der Mean Power von 763,55 W festzustellen.

Abbildung 27: Vergleich Peak Power – Mean Power absolut

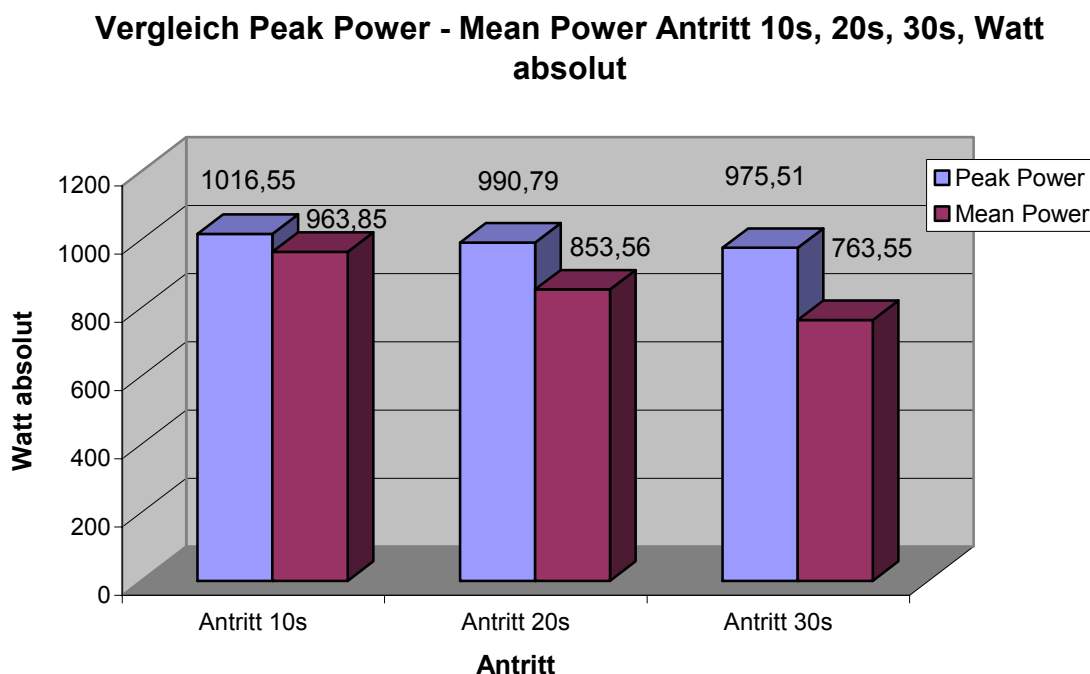


Abb. 27: Vergleich Peak Power - Mean Power, absolute, Antrittstest 10 s, 20 s, 30 s.

Einen weiteren Vergleich der Peak Power und der Mean Power erzielt während der 10 s, 20 s und 30 s Tests zeigt die Abbildung 28. In dieser Grafik ist die Leistung in Watt (W) relativ zum Körpergewicht ausgewiesen. Die Differenz beim 10 s Test beträgt rund 0,60 W/kg bei einer PP von 13,4 W/kg und einer MP von 12,35 W/kg. Der 20 s Test zeigt schon einen deutlicheren Unterschied von rund 1,6 W/kg bei 12,53 W/kg PP und 10,92 W/kg MP. Die Werte des 30 s Tests mit PP 12,46 W/kg und MP 9,76 W/kg unterscheiden sich mit rund 2,7 W/kg am deutlichsten.

Abbildung 28: Vergleich Mean Power - Peak Power relativ/kg

**Vergleich Peak Power - Mean Power Antritt 10s, 20s, 30s Watt relativ**

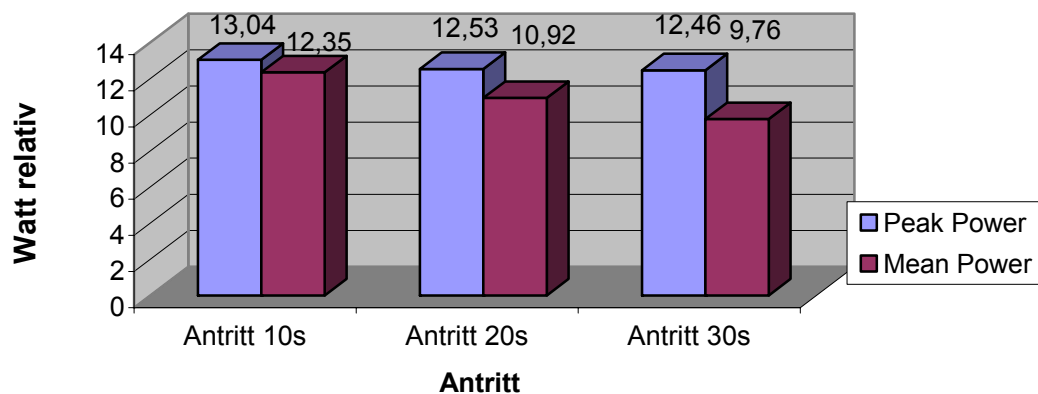


Abb. 28: Vergleich: Mean Power Peak Power, relativ/kg, Antrittstest 10 s, 20 s, 30 s.

Die Abbildung 29 stellt die Kraft (N) die bei den Antrittstests von 10 s, 20 s und 30 s Dauer zum Zeitpunkt der Peak Power und der Mean Power erreicht wurde gegenüber. Beim 10 s Test erreichten die Probanden 592,49 N (PP) und 563,76 N (MP), bei einer Differenz von rund 28 N. Während des 20 s Antritts beträgt die Differenz rund 78 N zwischen 582,56 N (PP) 504,14 N (MP). Der 30 s Antritt ergab bei 575,27 N (PP) und 452,38 N (MP) einen Unterschied von ca. 123 N.

Abbildung 29: Vergleich Peak Force – Mean Force absolut

**Vergleich Peak Force - Mean Force Antritt 10 s, 20 s, 30 s Kraft (N) absolut**

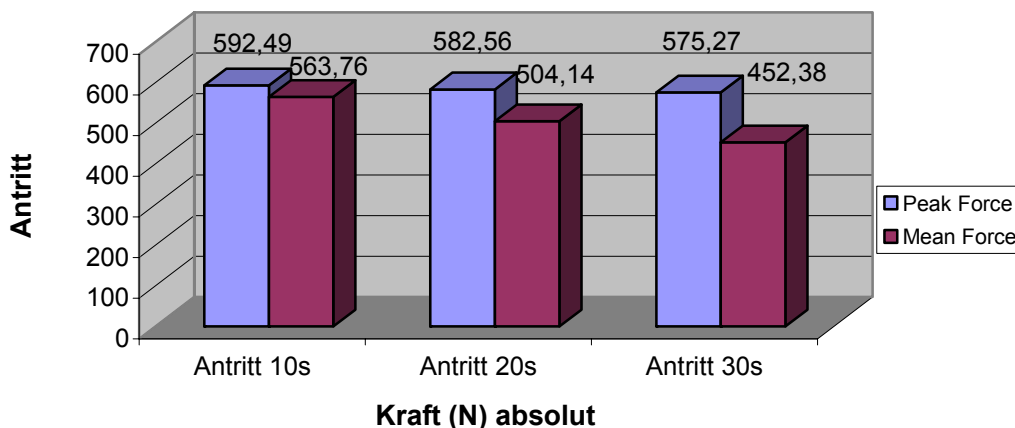


Abb.: 29: Vergleich: Peak Force und Mean Force, absolute, Antrittstest 10 s, 20 s, 30 s.

Den Vergleich der Kraft relativ zum Körpergewicht während die Peak Power und die Mean Power bei den Antrittstests von 10 s, 20 s und 30 s Dauer erreicht wurde, zeigt Abbildung 30. Die Kraft beträgt beim 10 s Test 7,58 N/kg (PP) und 7,21 N/kg (MP) bei einer Differenz von 0,37 N/kg. Der 20 s Test zeigt 7,43 N/kg (PP) und 6,43 N/kg (MP). Der Unterschied ist gleich 1 N/kg. Der 30 s Antrittstest erbrachte eine Differenz von 1,56 N/kg bei einer Kraft von 7,33 N/kg (PP) und 5,77 N/kg (MP).

Abbildung 30: Vergleich Peak Force – Mean Force relativ/kg

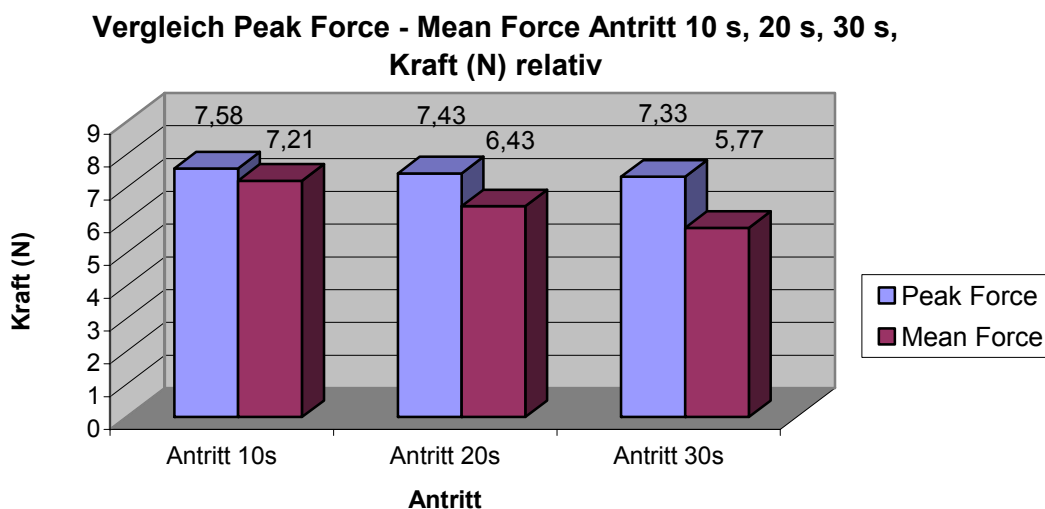


Abb. 30: Vergleich: Mean Force und Peak Force relativ/kg, Antrittstest 10 s, 20 s, 30.

TANAKA et al. (1993 S. 336) veröffentlichte eine Studie, in der er 28 amerikanische Radrennfahrer mit unterschiedlichem nationalen und internationalen Niveau, entsprechend der USCF Kategorien II, III und IV, sowie eine Gruppe von 6 weiblichen Athletinnen einem Wingate-Test (Monark 864) unterzog, die hier zu Vergleichszwecken dienen soll. Die Probanden erreichten folgende Werte der Peak Power absolut: Radrennfahrer Kat. II = 994,07 W ( $\pm 38,0$ ), Kat. III = 985,17 W ( $\pm 32,05$ ), Kat. IV = 923,41 W ( $\pm 44,66$ ), Athletinnen = 783,67 W ( $\pm 49,52$ ). In dieser Studie liegt die absolute Peak Power beim 30 s Antrittstest bei 950,51 W ( $\pm 153,30$ ). Dieser mittels isokinetischen Ergometers bei Normalpersonen festgestellte Wert liegt durchaus im Bereich der von Radrennfahrern mittels Wingate-Test erzielten Ergebnisse. BARON et al. (1999) stellte die Peak Power, ermittelt mittels isokinetischen Ergometers und jene, die nicht mit einem isokinetischen Ergometers erbracht wurde gegenüber. Die Peak

Power die 60 Sportstudenten auf dem isokinetischen Ergometer erzielten, war signifikant höher als die PP auf dem nichtisometrischen. Wenn man davon ausgeht, dass es sich bei den von TANAKA et al. (1993) untersuchten Probanden um amerikanische Radrennsportler handelte und die Peak Power der in dieser Studie getesteten Normalpersonen annähernd gleich hoch ist, so ist davon auszugehen, dass das isokinetische Ergometer, vorausgesetzt, dass die für den Probanden optimale Umdrehungsgeschwindigkeit eingestellt wird, höhere Werte der Peak Power liefert.

Die relative Peak Power der Normalpersonen zeigt gegenüber den Radrennfahrern ebenfalls keinen allzu deutlichen Unterschied. Die Testpersonen von TANAKA et al. (1993) erreichten eine Peak Power bezogen auf das Körpergewicht von 13,86 W/kg ( $\pm 0,23$ ; Kat. II), 13,55 W/kg ( $\pm 0,25$ ; Kat. III), 12,80 W/kg ( $\pm 0,41$ , Kat. IV) und 9,56 W/kg ( $\pm 0,68$ ; Athletinnen.). Im Gegensatz dazu wurde für die getesteten Normalpersonen dieser Studie eine relative Peak Power von 12,46 W/kg festgestellt. Dieser geringe Unterschied zwischen den Normalpersonen und den Radrennfahrern kann jedoch nicht nur der Verwendung eines isokinetischen Ergometers zugeschrieben werden. Andere Faktoren, wie z.B. das Körpergewicht wären hier zu berücksichtigen.

Die bei TANAKA et al. (1993) festgestellte Mean Power verhält sich im Vergleich zu der vorliegenden Studie ähnlich. Die Werte der absoluten Mean Power reichen hier von 804,05 W ( $\pm 28,85$ ; Kat. II), 805,16 W ( $\pm 28,24$  , Kat, III), 749,45 W ( $\pm 37,12$ ; Kat IV) bis 614,80 W ( $\pm 30,61$ ; Athletinnen.). Die relative Mean Power zeigt folgende Ergebnisse: 11,22 W/kg ( $\pm 0,18$ ; Kat. II), 11,06 W/kg ( $\pm 0,15$  Kat. III), 10,40 W/kg ( $\pm 0,30$ , Kat. IV) und 9,56 W/kg ( $\pm 0,46$ , Athletinnen). Bei der vorliegenden Untersuchung erreichten die getesteten Normalpersonen eine absolute Mean Power von 763,55 W ( $\pm 106,12$ ) und eine relative Mean Power von 9,76 W/kg ( $\pm 0,89$ ). Die im Vergleich hohen Standardabweichungen zeigen den unterschiedlichen körperlichen Leistungszustand der Normalpersonen sehr deutlich.

In der Abbildung 31 sind die Leistungsabnahmen während der drei Antrittstests dargestellt. Beim 10 s Test fällt die Leistung von 1016,55 W ( $\pm 121,67$ W) auf 911,22 W ( $\pm 101,77$  W). Das ergibt einen Fatigue Index von 10,06 % ( $\pm 7,04$ ). Der 20 s Test zeigt eine Abnahme von 990,79 W ( $\pm 131,28$  W) auf 714,23 W ( $\pm 89,23$  W) bei einem Fatigue Index von 27,66 % ( $\pm 5,32$ ). Während des 30 s Antrittstests



fällt die Leistung von 975,51 W ( $\pm 153,3$  W) auf 564,80 W ( $\pm 60,91$  W). Der Fatigue Index beträgt hier 41,43 ( $\pm 6,84$ ). In der Untersuchung von TANAKA et al. (1993) reichen die Fatigue Indizes von 34,25 ( $\pm 0,76$ ) Kategorie II, 33,46 ( $\pm$ ) Kategorie III, 365 ( $\pm 1,73$ ) Kategorie IV bis 37,80 ( $\pm 2,52$ ) bei den weiblichen Testpersonen. Dadurch, dass die Probanden jeder Kategorie annähernd das gleiche Leistungsniveau haben kommt es auch zu den sehr geringen Abweichungen. Weiters ist davon auszugehen, dass das hohe und sehr spezielle Trainingsniveau auch dazu führt, dass die Indizes doch sehr deutlich unter dem des 30 s isokinetischen Antrittstests liegen. CRAIG et al. (1989) stellte in seiner Studie für die 30 s, 40 s und 60 s Labortests Fatigue Indizes in der Höhe von 37,6 ( $\pm 9,6$ ), 47,6 ( $\pm 7,0$ ) und 54,7 ( $\pm 7,8$ ) fest.

Abbildung 31: Vergleich Leistungsabnahmen + Fatigue Index

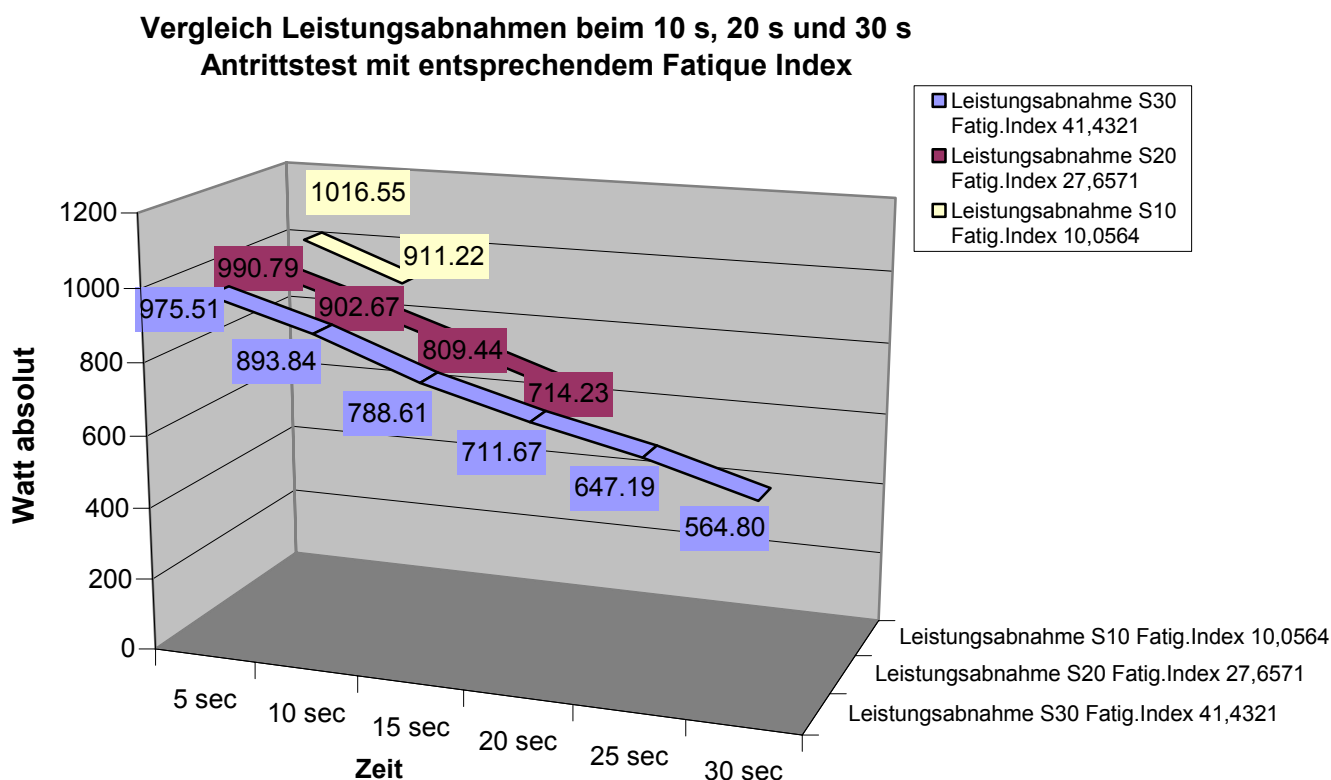


Abb.:31: Leistungsabnahme + Fatigue Index, . Antrittstest 10 s , 20 s , 30 s.

### 11.4.1. Laktatverhalten Antrittstests 10 s, 20 s, 30 s

Die Grafik in Abbildung 31 zeigt das Laktatverhalten während der 10 s, 20 s und 30 s Antrittstests im Vergleich. Beobachtet wurde das Laktat in Ruhe, unmittelbar nach der Belastung sowie jeweils 3 min, 6 min, 10 min 15 min und 20 min nach der Belastung. Während beim 10 s Test der höchste Wert mit 6,09 mmol/l ( $\pm 1,0$ ) bei 3 min erreicht wurde, wurde der höchste Wert beim 20 s Test mit 9,84 mmol/l ( $\pm 1,21$ ) und beim 30 s Test mit 11,89 mmol/l ( $\pm 1,28$ ) 6 min nach der Belastung gemessen.

Wie auch schon beim Leerantrittstest ergab die nur 10 s dauernde Belastung des 10 s Antrittstests mit einem maximalen Laktat von 6,09 mmol einen sehr hohen Wert, trotzdem die Leistung größtenteils noch als anaerob alaktazid anzusehen ist.

Abbildung 32: Vergleich Laktatentwicklung

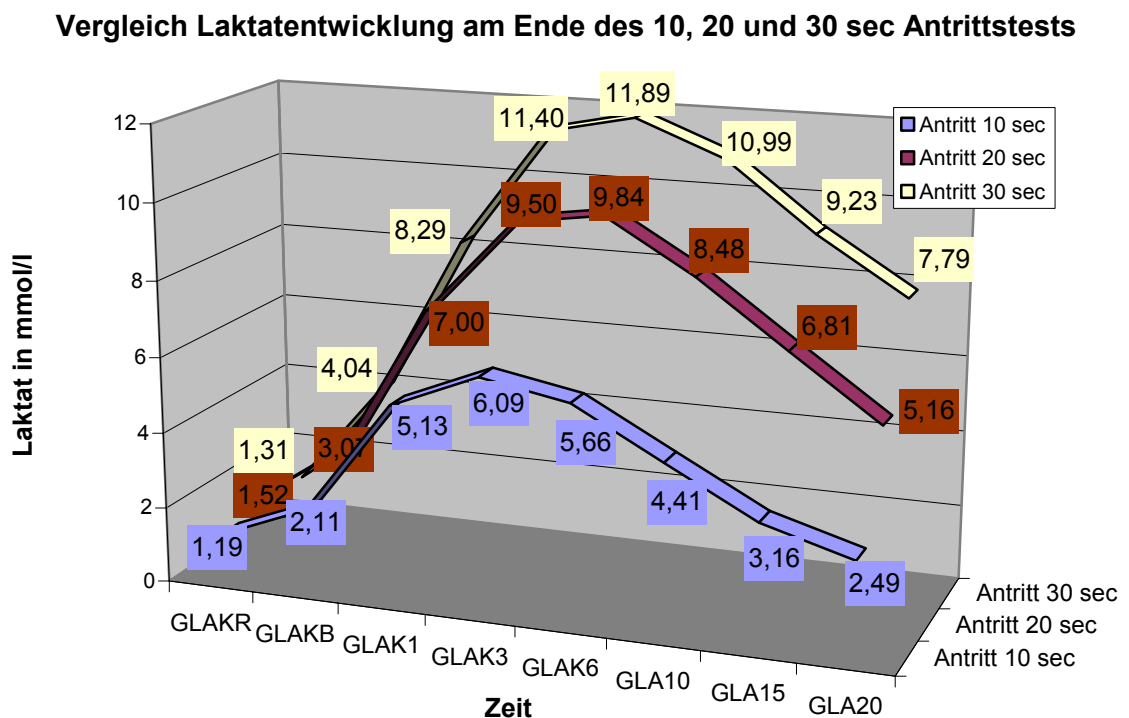


Abb. 32: Laktatentwicklung nach Belastung, Antrittstest 10 s, 20 s, 30 s.

BACHL (1986) gibt in seinen Ausführungen an, dass nach kurz dauernden erschöpfenden Belastungen (300 bis 800m) die höchsten Laktatkonzentrationen (zwischen 16 und 25 mmol/l) bzw. die tiefsten pH-Werte im arteriellen Blut erst zwischen der 6. bis 15. Erholungsminute erreicht werden. Aber auch bei niedrigeren maximalen Laktatspiegeln (8 bis 14 mmol/l) liegen die Gipfel meist in der 3. bis 6. Erholungsminute. Dies ergibt sich daraus, dass bei kurzdauernden, hochintensiven dynamischen Belastungen eine große Menge Laktat produziert wird, sich aber kein Äquilibrium zwischen Muskel und Blut einstellen kann. Daher sind unmittelbar nach Belastungsende die Laktatkonzentrationen im arbeitenden Skelettmuskel etwa doppelt so hoch wie im Blut. Wird das Äquilibrium zwischen Muskel- und Blutlaktatkonzentrationen etwa zwischen der 6. bis 15. min in der Erholung erreicht, betragen die Blutlaktatspiegel zu diesem Zeitpunkt etwa zwei Drittel bis drei Viertel der maximalen Muskellaktatkonzentrationen. (DIAMANT et al. 1968; KARLSSON et al. 1970, 1971). Da die Zeitkonstante für die Laktatverteilung bei etwa 2 min liegt, wird erst bei Belastungen ab 3 min Dauer eine höher gradige Verteilung des gebildeten Laktats im Blutkompartiment möglich, wodurch auch die maximalen arteriellen Laktatkonzentrationen schon zwischen der 3. bis 7. Erholungsminute anzutreffen sind. Je länger eine Belastung bei gleich hoher Intensität andauert, desto näher rücken die maximalen Laktatkonzentrationen im Blut an das Belastungsende.

DI PRAMPERO et al. (1981) und FUJITSUKA et al. (1982) geben in ihren Ausführungen bzgl. der Dauer bis das maximale Laktat bei kurzfristigen maximalen Belastungen erreicht wird ebenfalls mit 5 bis 9 Minuten an.

Diese Angaben werden auch in der vorliegenden Studie bestätigt. Beim 10 s Test wurde das maximale Laktat bereits 3 min nach der Belastung mit 6,09 mmol/l ( $\pm 1,0$  mmol) gemessen. Das maximale Laktat zeigt seinen höchsten Wert beim 20 s erst 6 min nach der Belastung mit 9,83 mmol/l ( $\pm 1,21$  mmol). Auch der 30 s Test weist den höchsten Laktatwert 6 min nach Belastungsende mit 11,89 mmol/l ( $\pm 1,28$  mmol). Bemerkenswert ist, dass der Unterschied des maximalen Laktats zwischen dem 10 s und 20 s Test 3,74 mmol beträgt, während zwischen 20 s und 30 s Test die Differenz mit 2,06 mmol deutlich weniger beträgt, obwohl die Belastungsdauer um je 10 s verlängert wurde.

CRAIG et al. (1989) stellte bei seiner Untersuchung von 9 australischen Bahnradrennfahrern, die jeweils einen 10 s, 30 s, 40 s, 60 s Labortest auf einem wirbelstrom-gebremsten Ergometer und einen Feldtest über 1000m Bahnradfahren absolvierten, fest, dass je länger die Belastungen dauerten desto höhere Differenzen der Laktatwerte gemessen wurden. Er konnte für diese Unterschiede jedoch keine statistischen Beweise finden. Dieser Trend ist auch in dieser Studie zu finden. Jedoch konnten ebenfalls keine statischen Beweise dafür erbracht werden.

Die von CRAIG et al. (1989) bei den Labortests von 30 s, 40 s und 60 s Dauer gemessenen Laktatwerte liegen mit 13,0 mmol/l ( $\pm 2,1$ ), 13,2 mmol/l ( $\pm 1,8$ ) und 14,6 mmol ( $\pm 1,3$ ) sowie bei dem 1000 m Feldtest auf der Bahn mit 17,0 mmol deutlich über den in dieser Studie gemessenen Werten, was aller Voraussicht nach mit dem Trainingszustand der Probanden in Zusammenhang steht.

#### 11.4.2. Korrelationen:

Folgende Korrelationen entsprechend der Ergebnisse in den Tabellen 40 bis 44 (im Anhang unter D) werden in diesem Abschnitt diskutiert:

Der Vergleich zwischen Peak Power und Mean Power als absoluter Wert und bezogen auf das Körpergewicht, bzw. die Korrelationen betreffend der Peak Power und der Mean Power absolut und relativ und dem maximalen Laktatwert während der Antrittstests von 10 s, 20 s und 30 s Dauer.

##### 11.4.2.1. Innerkorrelationen Antrittstest 10 s

Die Mean Power absolut (S10GWA) korreliert mit der der Mean Power bezogen auf das Körpergewicht (S10GWRE) mit einem Wert von  $r=0,613$  ( $p=0,020$ ).

Sowohl Mean Power absolut (S10GWA) und Peak Power absolut (S101WA) korrelieren mit einem Wert von  $r=0,957$  ( $p\leq 0,001$ ), als auch Mean Power (S10GWRE) und Peak Power (S101WRE) relativ zum Körpergewicht, die einen Wert von  $r=0,940$ , ( $p\leq 0,001$ ). (siehe Tabelle 40 im Anhang).

Der maximal erreichte Laktatwert, während des 10 s Antrittstest 3 min nach der Belastung (10SGLAK3) korreliert mit der Mean Power absolut (S10GWA), Wert

$r=0,805$ , ( $p=0,001$ ), und mit der Mean Power bezogen auf das Körpergewicht (S10GWRE), Wert  $0,732$ , ( $p=0,003$ ).

Ähnlich verhält sich auch die Peak Power. Die Korrelation mit dem maximalen Laktatwert 3 min nach der Belastung (S10GLAK3) beträgt für die Peak Power absolut (S101WA)  $r=0,738$ , ( $p=0,003$ ). Bezogen auf das Körpergewicht korreliert die Peak Power mit einem Wert von  $r=0,609$  ( $p=0,021$ ).

Die während des 10 s Antrittstests erzeugte Kraft absolut und bezogen zum Körpergewicht zeigen keinerlei signifikante Korrelationen mit dem maximalen Laktatwert.

#### 11.4.2.2. Innerkorrelationen Antrittstest 20 s

Auch der 20 s Test zeigt eine Korrelation zwischen der Mean Power absolut (S20GWA) und relativ zum Körpergewicht (S20GWRE) mit einem Wert von  $r=0,718$  ( $p=0,004$ ), (siehe Tabelle 41 im Anhang).

Wie auch schon beim 10 s Antrittstest sind auch im 20 s Test Korrelationen zwischen Mean Power und Peak Power zu erkennen. Mean Power absolut (S20GWA) korreliert hier mit Peak Power absolut (S201WA) mit  $r=0,948$ , ( $p\leq 0,001$ ) und Mean Power relativ zum Körpergewicht (S20GWRE) zu Peak Power relativ (S201WRE) mit  $r=0,724$ , ( $p=0,003$ ).

Ein Vergleich der Mean Power absolut und relativ mit dem maximal erreichten Laktatwert nach der Belastung, der beim 20 s Test nach 6 Minuten gemessen wurde, zeigt folgendes Ergebnis. Die Mean Power absolut (S20GWA) korreliert mit dem Laktatwert nach 6 min (S20GLA6) mit einem Wert von  $r=0,671$ , ( $p=0,009$ )

Die Mean Power relativ zum Körpergewicht zeigt mit dem Laktat nach 6 min keine signifikante Korrelation.

Auch bei der Peak Power ist zu beobachten, dass die Peak Power absolut (S201WA) mit dem Laktat nach 6 min (S20GLA6) mit einem Wert von  $r=0,701$ , ( $p=0,005$ ) korreliert.

Bezogen auf das Körpergewicht zeigt die Peak Power (S201WARE) im Vergleich zum maximalen Laktatwert (S201GLA6) ebenfalls keine signifikante Korrelation.

Wie schon beim 10 s Antrittstest auch beim 20 s Test keine signifikanten Korrelationen der Kraft in Bezug auf das maximale Laktat zu beobachten und auch der Fatigue Index zeigt keine signifikanten Korrelationen.

#### 11.4.2.3. Innerkorrelationen Antrittstest 30 s

Mit einem noch höheren Wert,  $r=0,757$ , ( $p=0,002$ ) als der 10 s und 20 s Test, korrelieren die Mean Power absolut (S30GWA) des 30 s Antrittstest und die Mean Power relativ zum Körpergewicht (S30GWRE), (siehe Tabelle 42 Anhang).

Mean Power absolut (S30GWA) und Peak Power absolut (S301WA) zeigen Korrelationen im Wert von  $r=0,938$ , ( $p\leq 0,001$ ), sowie Mean Power (S30GWRE) und Peak Power (S301WRE) relativ zum Körpergewicht, Wert  $r=0,850$  ( $p<0,001$ ). Korrelationen zwischen dem maximalen Laktatwert, gemessen 6 min nach der Belastung und der Mean Power, absolut und relativ zeigen keine signifikanten Ergebnisse.

Die Peak Power absolut (S301WA) korreliert hingegen mit dem maximalen Laktatwert (S30GLA6) in der Höhe von  $r=0,557$ , ( $p=0,39$ ). Bezogen auf das Körpergewicht ist auch bei der Peak Power keine Korrelation mit dem maximalen Laktat (S30GLA) zu beobachten.

Wie auch schon beim 10 s und 20 s Antrittstest zeigen der absolute und auch der relative Wert der Kraft des 30 s Antrittstests keine signifikanten Korrelationen mit dem maximalen Laktatwert gemessen 6 min nach der Belastung.

Die angeführten Ergebnisse der drei Antrittstests zeigen Korrelationen der Mean Power und Peak Power absolut wie auch relativ zum Körpergewicht zueinander. Das maximale Laktat korreliert mit der Peak Power absolut in allen drei Tests. Allerdings nimmt das Signifikanzniveau mit der Zeitdauer der Tests ab. Die relative Peak Power zeigt beim 10 s und beim 20 s Test noch eine Korrelation mit dem maximalen Laktat. Beim 30 s Test ist hier keine signifikante Korrelation mehr zu bemerken.

Hingegen zeigt die Mean Power absolut nur beim 10 s und beim 20 s Test und relativ zum Körpergewicht nur beim 10 s Test signifikante Korrelationen. Die relative Mean Power korreliert nicht mehr signifikant mit dem maximalen Laktat beim 20 s Test und beim 30 s Test ist keine signifikante Korrelation zwischen der Mean Power und dem maximalen Laktat zu erkennen.

Diese Ergebnisse lassen den Schluss zu, je länger die maximale Belastung dauert umso mehr nimmt die Korrelation der Leistung, sowohl absolut als auch relativ, zum maximalen Laktatwert ab.

Die Korrelationen zwischen Peak Power und Mean Power stellten auch CRAIG et al. (1989) fest. So zeigen PP und MP bei den Labortests von 10, 30, und 40 s Dauer auf dem wirbelstrom-gebremsten Ergometer Korrelationen von  $r=0,98$ ,  $r=0,93$ , und  $r=0,91$ .

Die Peak Power des 10 s Tests korrelierte in CRAIG et al. (1989) mit dem maximalen Laktat mit  $r= 0,73$ , die des 30 s Tests mit  $r=0,76$ . Die Mean Power korreliert mit dem maximalen Laktat ähnlich wie in der vorliegenden Studie nur beim 10 s Test mit  $r= 0,70$ . Beim 30 s Test und beim 40 s Test sind keine signifikanten Korrelationen mit dem Maximalwert des Laktats erkennbar. Beide Untersuchungen zeigen einen sehr starken Zusammenhang der Peak Power mit dem maximalen Laktatwert. Bei der Mean Power dagegen ist erkennbar, je länger der durchgeführte Test dauert, desto mehr nimmt der Zusammenhang von Mean Power und maximalem Laktat ab.

#### 11.4.2.4. Interkorrelationen Mean Power und Peak Power in Watt absolut

Die meisten absoluten Werte der Mean und Peak Power aller durchgeführten Tests zeigen Korrelationen mit dem Körpergewicht (siehe Tabelle 43 im Anhang). Diese sind in Tabelle 32 veranschaulicht. Allerdings konnten in dieser Studie keine Korrelationen der Peak und der Mean Power mit dem Body-Mass-Index festgestellt werden.

**Tabelle 32:** Korrelation der absoluten Werte in den Testserien und des Körpergewichtes (Tabelle 43 Anhang)

Bezeichnung	Variable	Korrelation mit Körpergewicht
Antritt 50 rmp	A5WA	* $r=0,651, (p=0,012)$
Antritt 60 rmp	A6WA	* $r=0,635, (p=0,015)$
Antritt 120 rpm	A12WA	** $r=0,761, (p=0,002)$
Antritt 10 s Mean Power	S10GWA	* $r=0,637, (p=0,014)$
Antritt 20 s Mean Power	S20GWA	** $r=0,800, (p=0,001)$
Antritt 30 s Mean Power	S30GWA	** $r=0,748, (p=0,002)$
Antritt 10 s Peak Power	S101WA	* $r=0,544, (p=0,044)$
Antritt 20 s Peak Power	S201WA	** $r=0,721, (p=0,004)$
Antritt 30 s Peak Power	S301WA	** $r=0,734, (p=0,003)$

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tabelle 32: Korrelation Watt absolut und Körpergewicht

Tabelle 33 zeigt die Korrelationen der einzelnen Antrittstests mit der bei der Ergometrie erreichten maximalen Leistung in Watt absolut. Bei der Antrittstestserie II zeigt nur der Antritt mit 130 Umdrehungen pro Minute eine signifikante Korrelation in der Höhe von  $r=0,709, (p=0,004)$ . Die bei den 10 s und 30 s Antrittstests erreichte Mean Power korreliert mit einem Wert von  $r=0,578, (p=0,030)$ , bzw.  $r=0,558, (p=0,038)$ . Die Mean Power des 20 s Tests korreliert nicht signifikant mit dem Maximalwert der Ergometrie.

Die Peak Power hingegen weist sowohl beim 10 s, beim 20 s als auch beim 30 s Antrittstest signifikante Korrelationen mit der maximalen Leistung der Ergometrie auf. Sie liegen bei  $r=0,557 (p=0,038)$ ,  $r= 0,598 (p=0,024)$  und  $r=0,545, p=(0,044)$ .



**Tabelle 33:** Korrelationen der Antrittstests Mean und Peak Power und dem Maximalwert der Ergometrie (Tabelle 43 Anhang)

Bezeichnung	Variable	Korrelation mit Maximalwert Ergometrie
Antritt 130 rpm	A13WA	** $r=,0709$ , ( $p=0,004$ )
Antritt 10 s Mean Power	S10GWA	* $r=,0578$ , ( $p=0,030$ )
Antritt 20 s Mean Power	S20GWA	$r=,0507$ , ( $p=0,064$ )
Antritt 30 s Mean Power	S30GWA	* $r=0,558$ , ( $p=0,038$ )
Antritt 10 s Peak Power	S101WA	* $r=0,557$ , ( $p=0,038$ )
Antritt 20 s Peak Power	S201WA	* $r=0,598$ , ( $p=0,024$ )
Antritt 30 s Peak Power	S301WA	* $r=0,545$ , ( $p=0,044$ )

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tab. 33: Korrelationen Mean und Peak Power mit Ergometer max.

In Tabelle 34 sind die Korrelationen der absoluten Werte der Mean Power der Antrittstests von 10 s, 20 s und 30 s Dauer im Vergleich zu den Antrittstests (Leerantritt, Antritte 60 rpm, 70 rpm, 120 rpm, 130 rpm) sowie zu den Werten der Peak Power während des 10 s, 20 s und 30 s Antrittstests ersichtlich.

Die Mean Power der drei Antrittstests hat nahezu mit allen angegebenen absoluten Werten der anderen Antrittstests signifikante Korrelationen.

**Tabelle 34:** Interkorrelationen Mean Power und der einzelnen Antrittstests, sowie der Ergometrie in Watt absolut. (Tab. 43 Anhang)

Bezeichnung	Variable	S10GWA	S20GWA	S30GWA
Ergometrie Watt max.	EWAMAX	* $r=0,578$ $p=0,096$	$r=0,507$ $p=0,064$	* $r=0,558$ $p=0,038$
Leerantritt Watt maximal	LWAMAX	** $r=0,817$ $p<0,001$	** $r=0,682$ $p=0,007$	** $r=0,709$ $p=0,005$
Antrittstest 50 rpm Watt	A5WA	$r=0,473$ $p=0,088$	* $r=0,629$ $p=0,016$	* $r=0,624$ $p=0,017$
Antrittstest 60 rpm Watt	A6WA	$r=0,501$ $p=0,068$	** $r=0,720$ $p=0,004$	** $r=0,691$ $p=0,006$
Antrittstest 120 rpm Watt	A12WA	** $r=0,761$ $p=0,002$	** $r=0,722$ $p=0,004$	** $r=0,710$ $p=0,004$
Antrittstest 130 rpm Watt	A13WA	** $r=0,767$ $p=0,001$	* $r=0,549$ $p=0,042$	* $r=0,598$ $p=0,024$
10 s Test Mean Power	S10GWA	1,000	** $r=0,842$ $p<0,001$	** $r=0,838$ $p<0,001$
20 s Test Mean Power	S20GWA	** $r=0,842$ $p<0,001$	1,000	** $r=0,982$ $p<0,001$
30 s Test Mean Power	S30GWA	** $r=0,838$ $p<0,001$	** $r=0,982$ $p<0,001$	1,000
10 s Test Peak Power	S101WA	** $r=0,957$ $p<0,001$	** $r=0,749$ $p=0,002$	** $r=0,741$ $p=0,002$
20 s Test Peak Power	S201WA	** $r=0,798$ $p=0,001$	** $r=0,948$ $p<0,001$	** $r=0,946$ $p<0,001$
30 s Test Peak Power	S301WA	** $r=0,806$ $p<0,001$	** $r=0,917$ $p<0,001$	** $r=0,938$ $p<0,001$

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tab. 34: Korrelation Mean Power – Antrittstests, Ergometrie, W absolut.

Die Werte der Peak Power der 10 s, 20 s und 30 s Antrittstests in Watt absolut korrelieren ebenfalls mit fast allen verglichenen Leistungen der anderen Antrittstests (Leerantritt, Antritte 60 rpm, 70 rpm, 120 rpm, 130 rpm) sowie auch mit den Werten der Mean Power der Tests mit einer Dauer von 10 s, 20 s und 30 s signifikant. Die genauen Werte sind in Tabelle ersichtlich.

**Tabelle 35:** Interkorrelationen Peak Power der einzelnen Antrittstests, sowie der Ergometrie in Watt absolut. (siehe Tab. 43 Anhang D)

		<b>S101WA</b>	<b>S201WA</b>	<b>S301WA</b>
Leerantritt Watt absolut maximal	LWAMAX	**r=0,767 p=0,001	*r=0,548 p=0,042	**r=0,676 p=0,008
Antritt 50rpm Watt absolut	A5WA	r=0,442 p=0,114	r=,480 p=0,082	*r=0,590 p=0,026
Antritt 60rpm Watt absolut	A6WA	r=0,445 p=0,111	*r=0,580 p=0,030	*r=0,633 p=0,015
Antritt 120rpm Watt absolut	A12WA	*r=0,655 p=0,011	**r=0,687 p=0,007	**r=0,688 p=0,007
Antritt 130rpm Watt absolut	A13WA	**r=0,703 p=0,005	*r=0,601 p=0,023	*r=0,593 p=0,026
Antritt optimale rpm Watt absolut	XAWA	r=0,394 p=0,164	*r=0,533 p=0,050	r=0,452 p=0,105
Antritt 10sec Watt absolut	S10GWA	**r=0,957 p<0,001	**r=0,798 p=0,001	**r=0,806 p<0,001
Antritt 20sec Watt absolut	S20GWA	**r=0,749 p=0,002	**r=0,948 p<0,001	**r=0,917 p<0,001
Antritt 30sec Watt absolut	S30GWA	**r=0,741 p=0,002	**r=0,946 p<0,001	**r=0,938 p<0,001

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tab. 35: Korrelationen Peak Power und Ergometrie

#### 11.4.2.5. Interkorrelationen Mean Power und Peak Power in Watt relativ zum Körpergewicht

Tabelle 36 zeigt die Korrelationen der erbrachten Mean Power und Peak Power relativ zum Körpergewicht der 10 s, 20 s und 30 s Antrittstests, sowie des Antritts mit 130 rpm im Vergleich zu den bei der Ergometrie erbrachten Leistungen an der 2 mmol und der 4 mmol Grenze sowie dem maximalen Wert, ebenfalls relativ zum Körpergewicht. Anhand dieser Tabelle ist ersichtlich, dass im Bezug auf das Körpergewicht sowohl Mean Power und auch Peak Power Zusammenhänge mit den verglichenen Werten der Ergometrie aufweisen.

**Tabelle 36:** Interkorrelationen der Antrittstest 10 s, 20 s, 30 s und des Antrittstests mit 130 rpm bezogen auf das Körpergewicht und den Leistungen an der 2 mmol und 4 mmol Grenze sowie dem maximal erreichten Wert der Ergometrie Watt (Tab. 43,44 Anhang)

Bezeichnung	Variable	EWRE2MMO	EWRE4MMO	EWREMAX
Antritt 130 rpm Watt relativ/kg	A13WRE	* $r=0,630$ $p=0,016$	* $r=0,654$ $p=0,011$	** $r=0,765$ $p=0,001$
Antritt 10 s Mean Power Watt relativ/kg	S10GWRE	** $r=0,683$ $p=0,007$	** $r=0,700$ $p=0,005$	** $r=0,705$ $p=0,005$
Antritt 20 s Mean Power Watt relativ/kg	S20GWRE	* $r=0,575$ $p=0,031$	* $r=0,617$ $p=0,019$	* $r=0,642$ $p=0,013$
Antritt 30 s Mean Power Watt relativ/kg	S30GWRE	* $r=0,589$ $p=0,027$	* $r=0,630$ $p=0,016$	* $r=0,644$ $p=0,013$
Antritt 10 s Peak Power Watt relativ/kg	S101WRE	** $r=0,662$ $p=0,010$	** $r=0,664$ $p=0,010$	* $r=0,639$ $p=0,014$
Antritt 20 s Peak Power Watt relativ/kg	S201WRE	* $r=0,561$ $p=0,037$	* $r=0,625$ $p=0,017$	** $r=0,719$ $p=0,004$
Antritt 30 s Peak Power Watt relativ/kg	S301WRE	$r=0,442$ $p=0,114$	$r=0,503$ $p=0,066$	* $r=0,537$ $p=0,048$

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tab. 36 Korrelationen Ergometrie

In Tabelle 37 sind die Korrelationen der Mean Power relativ zum Körpergewicht des 10 s, 20 s und 30 s Antrittstests mit den erbrachten Leistungen des Leerantritts und des Antrittstests mit 130 rpm, ebenfalls bezogen auf das Körpergewicht, sowie mit der relativen Peak Power des 10 s, 20 s und 30 s Antrittstests enthalten.

Der Leerantritt, Watt maximal/kg, korreliert wie auch der Antrittstest bei 130 rpm nur mit der relativen Mean Power des 10 s Tests, Werte  $r=0,675$  ( $p=0,008$ ), bzw.  $r=0,739$ , ( $p=0,003$ ). Mean Power (pro kg) und Peak Power (pro kg) der drei Antrittstests korrelieren auf unterschiedlichem Niveau. Einzig die relative Mean Power des 10 s Tests zeigt keine signifikante Korrelation mit der relativen Peak Power des 20 s Tests.

**Tabelle 37:** Signifikante Korrelationen der Mean Power - bezogen auf das Körpergewicht – des 10 s, 20 s und 30 s Antrittstests mit Werten des Leerantritts und der Antrittstestserie I+II (pro kg) sowie mit der Peak Power relativ 10 s, 20 s, 30 s Test und der Ergometrie. (siehe Tab. 44 Anhang)

Bezeichnung	Variable	S10GWRE	S20GWRE	S30GWRE
Leerantritt Watt rel. max..	LWREMAX	**r=0,675 p=0,008	r=0,328 p=0,252	r=0,404 p=0,152
Antrittstest 130 rpm Watt relativ/kg	A13WRE	**r=0,739 p=0,003	r=0,363 p=0,202	r=0,417 p=0,138
Antritt 10 s Mean Power Watt relativ/kg	S10GWRE	1,000	**r=0,668 p=0,009	*r=0,655 p=0,011
Antritt 20 s Mean Power Watt relativ/kg	S20GWRE	**r=0,668 p=0,009	1,000	**r=0,958 p<0,001
Antritt 30 s Mean Power Watt relativ/kg	S30GWRE	*r=0,655 p=0,011	**r=0,958 p=<0,001	1,000
Antritt 10 s Peak Power Watt relativ/kg	S101WRE	**r=0,940 p<0,001	*r=0,556 p=0,039	*r=0,533 p=0,050
Antritt 20 s Peak Power Watt relativ/kg	S201WRE	r=0,520 p=0,057	**r=0,886 p<0,001	**r=0,810 p<0,001
Antritt 30 s Peak Power Watt relativ/kg	S301WRE	*r=0,560 p=0,037	**r=0,803 p=0,001	**r=0,850 p<0,001

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tab. 37: Korrelationen Mean Power, Ergometrie, Leerantritt, Antrittstestserie relativ.

Die Werte der Peak Power (pro kg) des 10 s, 20 s und 30 s Antrittstests korrelieren mit den relativen Werten der Ergometrie. Die relative Peak Power des 10 s und 20 s Tests korrelieren mit  $r=0,662$ , ( $p=0,010$ ) und  $r=0,561$ , ( $p=0,037$ ) mit der Leistung/kg an der 2mmol Laktatgrenze der Ergometrie. Mit Werten von  $r=0,664$ , ( $p=0,010$ ) und  $r=0,625$  ( $p=0,017$ ) korrelieren die relative Peak Power des 10 s und des 20 s Tests und die relative Leistung an der 4mmol Grenze.

Die maximale, relativ zum Körpergewicht erbrachte Leistung der Ergometrie in W/kg korreliert sowohl mit der Peak Power (pro kg) des 10 s Tests ( $r=0,639$   $p=0,014$ ), des 20 s Tests ( $r=0,719$ ,  $p=0,004$ ) als auch des 30 s Tests ( $r=0,537$ ,  $p=0,048$ ). Die relative Leistung des Leertritts und des Antritts mit 130 rpm (Antrittstestserie I+II) zeigen nur Korrelationen mit der relativen Peak Power des 10 s Antrittstests in der Höhe von  $r=0,630$ , ( $p=0,016$ ) und  $r=0,659$ ( $p=0,010$ ).

Die Korrelationen Peak Power relativ und Mean Power relativ des 10 s, 20 s und 30 s Antrittstests wurden schon anhand der Tabelle 32 beschrieben.

**Tabelle 38:** Interkorrelationen der Peak Power - bezogen auf das Körpergewicht – des 10 s, 20 s und 30 s Antrittstests mit Werten der verschiedenen des Leertritts und der Antrittstestserie I+II (pro kg) sowie mit der Mean Power relativ 10 s, 20 s, 30 s Test und der Ergometrie. (siehe Tab. 44 Anhang)

Bezeichnung	Variable	S101WRE	S201WRE	S301WRE
Ergometrie Watt relativ an der 2mmol Grenze	EWRE2MMO	** $r=0,662$ $p=0,010$	* $r=0,561$ $p=0,037$	$r=0,442$ $p=0,114$
Ergometrie Watt relativ an der 4mmol Grenze	EWRE4MMO	** $r=0,664$ $p=0,010$	* $r=0,625$ $p=0,017$	$r=0,503$ $p=0,066$
Ergometrie Watt relativ maximal	EWREMAX	* $r=0,639$ $p=0,014$	** $r=0,719$ $p=0,004$	* $r=0,537$ $p=0,048$
Leertritt Watt relativ/kg	LWREMAX	* $r=0,630$ $p=0,016$	$r=0,113$ $p=0,701$	$r=0,301$ $p=0,295$
Antrittstest 130 rpm Watt relativ/kg	A13WRE	** $r=0,659$ $p=0,010$	$r=0,263$ $p=0,363$	$r=0,340$ $p=0,234$
10 s Antrittstest Watt relativ/kg Mean Power	S10GWRE	** $r=0,940$ $p<0,001$	$r=0,520$ $p=0,057$	* $r=0,560$ $p=0,037$
20 s Antrittstest Watt relativ/kg Mean Power	S20GWRE	* $r=0,556$ $p=0,039$	** $r=0,886$ $p<0,001$	** $r=0,803$ $p=0,001$
30 s Antrittstest Watt relativ/kg Mean Power	S30GWRE	* $r=0,533$ $p=0,050$	** $r=0,810$ $p<0,001$	** $r=0,850$ $p<0,001$

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tab. 38: Korrelationen Peak Power, Mean Power, Ergometrie Antrittstestserie

Ähnliche Korrelationen, wie in den Tabellen 35 bis 38 beschrieben, sind auch bei BARON et al. (2001) zu finden. Hier wurde die anaerobe Leistung eines 10 s Anaerobic Power Tests mit der maximalen Leistung erbracht bei einer Stufenenergometrie verglichen. Als Testpersonen standen eine Gruppe von Sportstudenten und eine Gruppe von Mountainbikern zu Verfügung. Für die Sportstudenten ergab sich eine Korrelation von  $r=0,52$ , ( $p<0,01$ ) und für die Mountainbiker eine Korrelation von  $r=0,64$  ( $p=0,01$ ). BOULAY et al. (1985, In: BARON et al. (2001) kamen bei einer Untersuchung von untrainierten Normalpersonen beim Vergleich der erzielten anaeroben alaktaziden Leistung eines Wingate-Tests mit der maximalen Leistung einer Stufenenergometrie ebenfalls auf eine Korrelation von  $r=0,63$  ( $p=0,01$ ).

Demgegenüber steht die Studie von TANAKA et al. (1993) die vier Gruppen von amerikanischen Radrennfahrern je einem Stufentest (160 W, 80rpm, +40W/min bis zur Erschöpfung) und einem Wingate-Test ( $0,095 \text{ kg} \cdot \text{kg Körpergewicht}^{-1}$ ) unterzogen. Der Vergleich der  $\text{VO}_2\text{max}$  und der  $\text{VO}_2\text{max/kg}$  zeigten keine signifikanten Korrelationen mit der beim Wingate-Test erbrachten Peak und Mean Power. TANAKA et al. (1993) führten in ihrem Artikel auch CRIELAARD et al. (1981) an, die auch einen Vergleich der  $\text{VO}_2\text{max}$  trainierter Athleten mit der Peak Power eines anaeroben Tests anstellten und mit ( $r=-0,83$ ) eine negative Korrelation erhielt. Sie führten aber auch JONES & Mc CARTNEY (1986) an, die wiederum mit  $r=0,92$  eine positive Korrelation zwischen einer aeroben Leistung und dem Ergebnis eines 30 s maximalen isokinetischen Tests feststellten. TANAKA et al. (1993) führten dies einerseits auf die Homogenität der Stichprobe, und andererseits darauf zurück, dass die Daten entweder absolut oder relativ zum Körpergewicht gesehen wurden. Seiner Meinung nach zeigten Studien, deren Testpersonen sich aus verschiedenen Kategorien, z. B. aus Sprintern, Mittelstreckenläufern und Langstreckenläufern zusammensetzen, eine negative Korrelation, die sehr homogenen Gruppen von Radrennfahrern verschiedener amerikanischer Leistungsstandards hingegen keine. TANAKA et al. (1993) hält weitere Studien, die sich mit den Zusammenhängen der anaeroben und der aeroben Leistung auseinandersetzen für erforderlich.

Die vorliegende Studie zeigt jedoch, wie in den Tabellen 35 bis 38 ersichtlich, dass sowohl die absoluten als auch die relativen Daten der sowohl anaerob als auch

aerob erbrachten Leistungen der Stufenenergometrie mit jenen der verschiedenen anaeroben isokinetischen Tests signifikant korrelieren.

Zusammenfassend muss festgestellt werden, dass die vorliegende Arbeit keineswegs den Anspruch erhebt, alle Komponenten, die das komplexe Thema der anaeroben Kapazität umfassen, vollständig abdecken zu können. Aus den verschiedenen Testserien ergab sich eine Fülle an Daten. Diese anschaulich darzustellen und mit vergleichbaren Studien zu diskutieren war eines der Ziele dieser Arbeit. Da weltweit jedoch bereits eine Vielzahl an Studien zu diesen Themen veröffentlicht wurde, war es unmöglich alle in diese Arbeit aufzunehmen. Nur wenige einzelne wurden herausgegriffen und in die Diskussion aufgenommen. Die Auswahl stellte sich bei der Erstellung dieses Werkes als besonders schwierig heraus. Viele Fragen, die zu Beginn gestellt wurden, konnten zumindest teilweise beantwortet werden. Jedoch wurden viele weitere aufgeworfen. Die Beantwortung dieser wird Aufgabe folgender Studien sein müssen.



## Literatur

- AIGNER, A. (1985): *Sportmedizin in der Praxis*. Wien. Hollinek.
- AIGNER B. (1997): *Zur Beschreibung der anaeroben Kapazität*. Diplomarbeit Wien.
- ASTRAND; P. O.; HULTMAN, E.; JUHLIN-DANNFELDT, A.; REYNOLDS, G. (1986): Disposal of lactate during and after strenuous exercise in humans. In: *Journal of Applied Physiology* 61.S 33-343.
- ASTRAND, P. O.; RODAHL, R. (1970): *Textbook of work physiology*. New York.
- AYALON, A.; INBAR, O.; BAR-OR, O. (1974): Relationships among measurements of explosive strength and anaerobic power. In: NELSON R.C. & MOREHOUSE C.A. (Hrsg.), *International Series on Sports Sciences: Biomechanics* Vol. 1, S. 572-577.
- BACHL, N. (1995): Grundlagen der Belastungsuntersuchung und Leistungsbeurteilung. In: AIGNER, A. (Hrsg.): *Sportmedizin in der Praxis*. Wien.
- BACHL, N. (1986): Kriterien der körperlichen Leistungsfähigkeit. In: HOLLMANN, W (Hrsg.): *Zentrale Themen der Sportmedizin*. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, Berlin.
- BACHL, N.; BARON, R.(1998): Prinzipien der anaeroben Leistungsdiagnostik. In: DIRTER, J.; KENDOFF L.; *Sportarspezifische Leistungsdiagnostik, Energetische Aspekte*. Bundesinstitut für Sportwissenschaft, Sport und Buch Strauß.
- BADTKE, G. (1999); *Lehrbuch der Sportmedizin*. Johann Ambrosius Barth Verlag, Heidelberg – Leipzig.
- BANGSBO, J.; GOLLNICK, P. D.; GRAHAM, T. E.; JUEL, C.; KIENS, B.; et al. (1990): Anaerobic energy production and O<sub>2</sub> - deficit- debt relationship during exhaustive exercise in humans. In: *Journal of Physiology*. 422, S. 539-559.
- BARON, R.; BACHL, N.; PETSCHNIG, R.; TSCHAN, H.; SMEKAL, G.; POKAN, R. (1999): Measurement of Maximal Power Output in Isokinetic and Non-Isokinetic Cycling. A Comparison of Two Methods, In: *Int. J. Sport Med.* 20; S 532-537.
- BARON, R. (2001): Aerobic and anaerobic power characteristics of off-road cyclists. In: *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 8, S. 1387-1393.
- BAR-OR, O. (1981): Le test anaerobie de Wingate: Caracteristiques et aplications. In: *Sybioses*. 13 (3), S. 157-172.

- BAR-OR; O.: Anaerobic Performance (1996); In: DOCHERTY D. (Hrsg.): *Measurement in Pediatric Exercise Science. Human Kinetics.* (S. 163-182)
- BEELEN, A.; SARGEANT, A. J. (1993): Effect of prior exercise at different pedalling frequencies on maximal power in humans. In: *European Journal of Applied Physiology.* 66, S. 102-107.
- BELCASTRO, A. N.; BONEN, A. (1975): Lactic acid removal rates during controlled and uncontrolled recovery exercise. In: *Journal of Applied Physiology.*, 39: S. 932-936.
- BENETT, A. F. (1978): Activity metabolism of the lower vertebrates. *Annual Review of Physiology.* S. 477-479
- BERG, A; JAKOB, E; KEUL, J. (1989): Physiological energetics in sports. In: WEISER, W; GNAIGER, E. (Hrsg.): *Energy transformations in cells and organismus.* S. 241-247.
- BESSMAN, S.P.; CARPENTER, C.L. (1985): The creatin-creatin phosphate energy shuttle. In: *Annual Review of Biochemie.* 54, S. 831-863
- BILÉ, A., LE GALLAIS, D., MERCIER, B., MARTINEZ, AHMAIDI S., PRÉFAUT (1996): Anaerobic Exercise Components During the Force- Velocity Test in Sickle Cell Trait; In: *International Journal of Sports Medicine.* 17, S. 254-258.
- BOSCO, C.; LUHTANEN, P.; KOMI, P. V. (1983): A simple method for measurement of mechanical power in jumping. In: *European Journal of Applied Physiology.* 50, S 273-282.
- BOUCHARD, C; TAYLOR A.W.; DULAC, S. (1982): Testing maximal anaerobic power and capacity. In: Mc DOUGALL, J.D.; WENGER, H.A.; GREEN, H. J.; (Hrsg.): *Physiological testing of the elite athlete. Mouvement Publications.* S. 61-74.
- BOUCHARD, C; TAYLOR A.W.; SIMONEAU, J. A.; DULAC, S. (1991): Testing maximal anaerobic power and capacity. In: Mc DOUGALL, J.D.; WENGER, H.A.; GREEN, H. J.; (Hrsg.): *Physiological testing of the elite athlete. Mouvement Publications.* Canadien Association of Sport Science. S. 175- 221.
- BOUHUIS, A.; POOL, J.; BINKHORST, R. A.; VAN LEEUWEN, P. (1966): Metabolic acidosis of exercise in healthy males. In: *Journal of Applied Physiology.* 21, S. 1040-1046.
- BRO-RASMUSSEN, T; MIZUNO, M.; MYGIND, E.; JUEL, C.; LORTIE, G. (1985): Increased short term performance and buffer capacity in well trained cross-country skiers after training at altitude. In: *Clinical Physiology.* 5: S. 139.

- BUDDECKE, E. (1971): *Grundriß der Biochemie*. de Gruyter, Berlin 1971.
- BUTTELLI, O., VANDEVALLE, H., PERES, G. (1996): The relationship between maximal power and maximal torque-velocity using an electronic ergometer; In: *European Journal of Applied Physiology*. 73, S 479-483.
- CAMUS, G; THYS, H. (1991): An evaluation of the maximal anaerobic power and capacity in man. In: *International Journal of Sports and Medicine*. 12, S 349-355.
- CAIOZZO, V. J.; PERRINE, J. J.; EDGERTON, V. R. (1981): Training-induced alteration of the in viva force- velocity relationship of human muscle. In: *Journal of Applied Physiology*. 51, S. 750-754.
- CHAD, K. E.; WENGER, H. A. (1988): The effect of exercise duration on the exercise and post-exercise oxygen consumption. In: *Canadian Journal of Sports Sciences*. 13: 204-207.
- CHEETHAM, M. E.; BOOBIS, H.; BROOKS, S.; WILLIAMS, C. (1986): Humans muscle metabolism during sprinting. In: *Journal of Applied Physiology*. 61, S. 54-60.
- CRAIG, N.P., PYKE, F. S., NORTON, K. I. (1993): Specificity of Test Duration when Assessing the Anaerobic Lactacid Capacity of High- Performance Track Cyclists. In: *International Journal of Sports and Medicine*. 10, S. 237 - 242.
- CRAIG, N. P., NORTON, K. I., BOURDON, P. C., WOOLFORD, S. M., STANEF, T., SQUIRES, B., OLDS, T. S., CONYERS, R. A. J., WALSH, C. B. V.: Aerobic and anaerobic indices contributing to track endurance cycling performance. In: *European Journal of Applied Physiology*. 67, S. 150-158.
- CRAIG, N.P.; PYKE, F.S.; NORTON, K.I. (1989): Specificity of Test Duration when Assessing the Anaerobic Lactacid Capacity of High-Performance Track Cyclists. In: *International Journal of Sports and Medicine*. 10, S. 237-242.
- CRIELAARD, J. M.; FRANCHIMONT P.; MERKEN, P.; PETIT, J. M.; PIRNAY, F. (1986): Evaluation de la capacité anaérobie lactique en athlétisme. In: *Médecine du Sport*. 60, S. 239-244.
- CHRISTENSEN, E. H.; HÖGBERG, P. (1950): Steady-state, O<sub>2</sub>-deficit and O<sub>2</sub>-debt at severe work. In: *Arbeitsphysiologie*. 14, S. 251-254.
- CUNNINGHAM; D.; FAULKNER, J. (1969): The effect of training on aerobic and anaerobic metabolism during short exhaustive run. In: *Medicine and Science in Sports*. 1, S. 65-70.
- De KONIG, F. L.; BINKHORST R. A.; VOS J. A.; VAN´T HOF, M. A. (1985): The force-velocity relationship of arm flexion in untrained males and females and arm-trained athletes. In: *European Journal of Applied Physiology*. 54, S. 89-94.

- DIAMANT, B.; KARLSSON, J.; SALTIN, B. (1968): Muscle tissue lactate after maximal exercise in man. In: *Acta Physiologica Scandinavia*. 72, S. 383.
- DI PRAMPERO, P. E. (1981): Energetics of muscular exercise. In: *Reviews of Physiology Biochemistry and Pharmacology*. 89: S. 144-222.
- DUDEN (1990): *Das Fremdwörterbuch*. 5. Aufl.; Mannheim/Wien/Zürich 1990.
- ERIKSSON, B. O.; GOLLNICK, P. D.; SALTIN, B. (1973): Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11-13 years old. In: *Acta Physiologica Scandinavia*. 87: 485-497.
- FENN, W. O.; MARSH, B. S. (1935): Muscular force at different speeds of shortening. In: *Journal of Physiology*. 85, S. 277-297.
- FOXDAL, P.; SJODIN, B.; RUDSTAM, H.; OSTMAN, C.; et al. (1990): Lactate concentration differences in plasma, whole blood, capillary finger blood and erythrocytes during submaximal graded exercise in humans. In: *European Journal of Applied Physiology*. 61, S 218-222.
- FRANCIS K. T., Mc CLATCHEY P. R., SUMSION J. R., HANSEN, D. E. (1989): The relationship between anaerobic threshold and heart rate linearity during cycle ergometry. In: *European Journal of Applied Physiology*. 59, S 273-277.
- FREUND, H.; OYONO-ENGUELLE, S.; HEITZ, A.; MARBACH, J.; OTT, C.; et al. (1986): Work rate-dependent lactate kinetics after exercise in humans. In: *Journal of Applied Physiology*. 61: S. 932-939.
- FREUND, H.; OYONO-ENGUELLE, S.; HEITZ, A.; MARBACH, J.; OTT, C.; et al. (1989): Effect of exercise duration on lactate kinetics after short muscular exercise. In: *European Journal of Applied Physiology* 58: S. 534-542.
- FUJITSUKA, N. T.; YAMAMOTO, T.; OHKUWA, T.; SAITO, M.; MIYAMURA, M. (1982): Peak blood lactate after short periods of treadmill running. In: *European Journal of Applied Physiology*. 48, S 289-296.
- GAESSER, G. A.; BROOKS, G. A. (1984): Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: A Review. In: *Medicine and Science in Sports Exercise*. 16, S. 29-43.
- GAESSLER G. A., CARNEVALE T. J., GARFINKEL A., WALTER D. O., WOMACK C. J. (1995): Estimation of critical power with nonlinear and linear models; In: *Medicine and Science in Sports and Exercise*. American College of Sports Medicine.
- GASTIN, P.; KRZEMINSKI K.; COSTILL, D. L.; Mc CONELL, G. (1991): Accumulated oxygen deficit during isokinetic all-out and constant load supramaximal exercise. 8th Biennial Conference on Cardiovascular and Respiratory Responses to Exercise In: *Health and Disease*. University of Sydney.

- GASTIN P, LAWSON D., HARGREAVES M., CAREY M., FAIRWEATHER I. (1991): Variable Resistance Loadings in Anaerobic Power Testing. In: *International Journal of Sports and Medicine*. 12, S. 513-518.
- GRAHAM, T. E. (1984): Measurement and interpretation of lactate. In: LOLLGEN/MELLEROWICZ (Hrsg.): *Progress in ergometry: quality control and test criteria*. S. 51-66.
- GRAHAM, T.E.; ANDREW, G.M. (1973): The variability of repeated measurements of oxygen debt in man following a maximal treadmill exercise. In: *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 5, S. 73-78.
- GRASSI, B.; CERRETELLI, P.; NARICI, M. V.; MARCONI, C. (1991): Peak anaerobic power in master athletes; In: *European Journal of Applied Physiology*. 62, S 394-399.
- GRAHAM, K. S.; Mc LELLAN, T. M. (1989): Variability of time to exhaustion and oxygen deficit in supramaximal exercise. In: *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*. 21, S. 11-14.
- GREEN, H.J.; HOUSTON, M.E. (1975): Effect of a season of ice hockey on energy capacities and associated function. In: *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 7: S. 299-303.
- GREEN, S.; DAWSON, B. (1993): Measurement of Anaerobic Capacities in Humans; Definitions, Limitations and Unsolved Problems. In: *Sports Medicine*. 15, S. 312-327.
- GREEN, S. (1994a): A definition and systems view of anaerobic capacity. In: *European Journal of Applied Physiology*. 69, S. 168-173.
- GREEN, S., DAWSON, B. T., GOODMAN, C., CAREY, M. F. (1994): Y-intercept of the maximal work-duration relationship and anaerobic capacity in cyclists. In: *European Journal of Applied Physiology*. 69, S. 550-556.
- GREEN S., BISHOP D., JENKINS, D. (1995): Effect of end-point cadence on the maximal work-time relationship. In: *European Journal of Applied Physiology*. 71: S 559-561.
- GREEN, S., DAWSON, B. T. (1995): The oxygen uptake-power regression in cyclists and untrained men: implications for the accumulated oxygen deficit. In: *European Journal of Applied Physiology*. 70, S 351-359.
- GREEN, S.; DAWSON, B.T. (1996): The Y-Intercept of the Maximal Work-Duration Regression and Field Tests of anaerobic Capacity in Cyclists. In: *International Journal of Sports and Medicine*. 17, S. 41-47.

- HAGBERG, J. M.; KING, D. S.; ROGERS, M. A.; MONTAIN, S. J.; JILKA, S. M. ; et al. (1990): Exercise and recovery ventilatory and VO<sub>2</sub> responses of patients with Mc Ardle's disease. In: *Journal of Applied Physiology*, 68. S. 1393-1398.
- HECHT, A. (1972): Zur Adaptation der Muskelzelle an einen Belastungsreiz und Möglichkeiten ihrer Trainierbarkeit. In: *Medizin und Sport* 12, S.358 – 367.
- HECK H. (1990a): *Laktat in der Leistungsdiagnostik*. Wissenschaftliche Schriftenreihe.
- HECK H (1990b): *Energiestoffwechsel und medizinische Leistungsdiagnostik*. Trainerakademie Köln.
- HECK. H., SCHULZ H.: Stellungnahme zum Diskussionsbeitrag von JESCHKE, D.; und LORENZ, R.: Ist eine valide Messung der alaktaziden und laktaziden Kapazität sowie der maximalen glykolytischen und maximalen oxidativen Flussrate mit dem „isokinetischen 90-s-Maximaltest von Lorenz und Jeschke möglich?; In: *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*. Jg. 54, Nr. 5, S.151.
- HECK, H., MADER, A., SCHULZ, H. (1998): Grundlagen der anaeroben Leistungsdiagnostik. In: *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*. Jg. 49, Sonderheft 1, S. 50-55.
- HEPBURN, D.; MAUGHAN, R.J. (1982): Glycogen availability as a limiting factor in the performance of isometric exercise. In: *Journal of Physiology*, 325, S. 52-53.
- HERMANSEN, L.; STENSVOLD, I. (1972): Production and removal of lactate during exercise in man. In: *Acta Physiologica Scandinavia*. 36: S.191-200.
- HERMANNSEN, L.: Anaerobic energy release. In: *Medicine and Science in Sports*. 1, S. 32 -38.
- HERMANNSEN, L.; MEDBØ, J. I. (1984): The Relative Significance of Aerobic and Anaerobic Processes during Maximal Exercise of Short Duration. In: *Medicine Sport and Science*. 17, S. 57-67.
- HERMANSEN, L.; GRANDMONTAGNE, M.; MAEHLUM, S.; INGNES, I. (1984): Postexercise elevation of resting oxygen uptake - possible mechanisms and physiological significance. In: MARCONNET et al. (Hrsg.): *Medicine and sports sciences: physiological chemistry of training and detraining*. Vol. 17, S. 119-129.
- HERMANSEN, L.; VAAGE, O. (1977): Lactate disappearance and glycogen synthesis in human muscle after maximal exercise. In: *American Journal of Physiology*. 233, S. 422-429.

- HILL, D. W., SMITH, J. C. (1993): A comparison of methods of estimation anaerobic work capacity. In: *Ergonomics*. Vol. 36, Nr. 12, S. 1495-1500.
- HILL D. W., SMITH J. C., (1993): Gender difference in anaerobic capacity: role of aerobic contribution. In: *British Journal of Sports and Medicine*. 27, 1, S 45-48.
- HILL D. W., SMITH J. C. (1991): Contribution of energy systems during a Wingate power test. In: *British Journal of Sports and Medicine*. 25, 4, S. 196-199.
- HOLLMANN W., HETTINGER T. (1990): Sportmedizin, Arbeits- und Trainingsgrundlagen, 3. Auflage.
- HOLLMANN, W.: Historische Bemerkungen zur aerob - anaeroben Schwelle und zu ihrer Bedeutung in der Sportmedizin. In: BACHL, N.; BAUMGARTL, P.; HUBER, G.; KEUL, J. (Hrsg.): *Die trainingsphysiologische und klinische Bedeutung der anaeroben Kapazität*. ATKL-Kongress.
- HOLLMANN, W; LIESEN, H. (1973): Über die Bewertbarkeit des Lactats in der Leistungsdiagnostik. In: *Sportarzt und Sportmedizin*. 24, S. 55-60.
- HOUSTON, M.E.; THOMSON, J.A. (1977): The response of endurance-adapted adults to intense anaerobic training. In: *European Journal of Applied Physiology*. 36, S. 207-213.
- HOWALD, H. (1984): Morphologische und funktionelle Veränderungen der Muskelfasern durch Training. In: *Schweizer Zeitschrift für Sportmedizin*. 32, S. 5-14.
- HUGHSON, R. L. (1984): Alterations in the deficit-oxygen debt relationship with betaadrenergic receptor blockade in man. In: *Journal of Physiology*. 349, S. 375-387.
- JACOBS I.; EXBJORNSSON, M.; SYLVEN, C.; HOLM, I.; JANSSON, E. (1987): Sprint training effects on muscle myoglobin, enzymes, fiber type, and blood lactate. In: *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 19, S 368-374.
- JACOBS, I (1986): Blood lactate, implication for training and sports performance. In: *Sports Medicine*. 3, S 10-25.
- JACOBS, I.; TESCH, P.; BAR-OR, O.; KARLSSON, J.; DOTAN, R. (1983): Lactate in human skeletal muscle after 10 and 30 s of supramaximal exercise. In: *Journal of Applied Physiology*. 55, S. 365-367.
- JENKINS, D.; QUIGLEY, B. (1991): The y-intercept of the critical power function as a measure of anaerobic work capacity. In: *Ergonomics*. Vol. 34, No.1, S. 13-22.

- JONES, N.; Mc CARTNEY, N.; GRAHAM, T.; SPRIET, L. L.; KOWALCHUK, J. M.; HEIGENHAUSER, G. J. F.; SUTTON, F.R. (1985): Muscle performance and metabolism in maximal isokinetic cycling at slow and fast speeds. In: *Journal of Applied Physiology*. 59, S. 132-136.
- JONES, N.L.; Mc CARTNEY, N. (1986): Influence of muscle power on aerobic performance and the effects of training. In: *Acta Mededical Scandinavia*, 711, S. 115-122.
- KARLSSON, J.; SALTIN, B. (1970): Lactate, ATP, and CP in working muscles during exhaustive exercise in man. In: *Journal of Applied Physiology*. 29, S. 598 1970.
- KARLSSON, J.; SALTIN, B. (1971): Oxygen deficit and muscle metabolites in intermittent exercise. In: *Acta Physiologica Scandinavica*. 82, S 115-122.
- KARLSSON, J. (1971): Lactate and phosphagen concentrations in working muscle of man. In: *Acta Physiologica Scandinavica*. S. 358.
- KARLSSON, J., et al. (1975): Das menschliche Leistungsvermögen in Abhängigkeit von Faktoren und Eigenschaften der Muskelfasern. In: *Medizin und Sport*. 12, S. 357-364.
- KATCH, V.; WELTMAN, A. (1979): Interrelationship between anaerobic power output, anaerobic capacity and aerobic power. In: *Ergonomics*. 22, S. 325-332.
- KEUL, J.; DOLL, E.; KEPPLER, D. (1969): *Muskelstoffwechsel. Die Energiebereitstellung im Muskel als Grundlage seiner Funktion*. München.
- KEUL, J; KINDERMANN, W.; SIMON, G. (1978): Die aerobe und anaerobe Kapazität als Grundlage für die Leistungsdiagnostik. In: *Leistungssport*. 8, S. 22 - 32.
- KINDERMANN, W.; KULLMER, T. (1985): Effect of previous exercise on the blood lactate in anaerobic exercise. In: *International Journal of Sports Medicine*. 6, S 241-253.
- KINDERMANN, W.; KEUL, J. (1977): *Anaerobe Energiebereitstellung im Hochleistungssport*. Hofmann, Schorndorf.
- KLAUSEN, K.; KNUTTGEN, H.G.; FORSTER, H.V. (1972): Effect of preexisting high blood lactate concentration on maximal exercise performance. In: *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*. 30, S 415-419.
- KLAUSEN, K.; PIEHL, K.; SALTIN, B. (1975): Muscle glycogen stores and capacity for anaerobic work. In: HOWALD & POORTMANS 8 (Hrsg.): *Metabolic adaptations to prolonged physical exercise*. S. 127-139.



- KLIMT, F.; PANNIER, R.; PAUFLER, D.; TUCH, E. (1971): Körperliche Belastung 9-10jähriger Kinder durch einen 200-m-Lauf. In: *Schweizer Zeitschrift für Sportmedizin*. 19, S. 31-39.
- KOMI, P. V.; RUSKO, H.; VOS, V.; VIHKO, V. (1977): Anaerobic performance capacity in athletes. In: *Acta Physiologica Scandinavica*. 100 S 107-114.
- KOZIRIS, L.P.; MONTGOMERY, D.L. (1991): Blood lactate concentration following intermittent and continuous cycling tests of anaerobic capacity. In: *European Journal of Applied Physiology*. 63 S. 273-277.
- LACOUR, JR.; BOUVAT, E.; BARTHELEMY, J.C. (1990): Post-competition blood lactate concentrations as indicators of anaerobic energy expenditure during 400m and 800m races. In: *European Journal of Sports and Medicine*. 61, S. 172-176.
- LANGENSCHNEIDER (1977): *Großes Schulwörterbuch Englisch-Deutsch*. Berlin München.
- MACKOVA, E. V.; MELICHNA, J.; VONDRA, K.; JURIMAE, T; PAUL, T; NOVAK, J. (1985): The Relationship between anaerobic performance and muscle metabolic capacity. In: *European Journal of Applied Physiology*. 54, S. 413-415.
- MADER, A.; HECK, H.; LIESEN, H.; HOLLMANN, W. (1983): Simulative Berechnungen der dynamischen Änderungen von Phosphorylierungspotential, Laktatbildung und Laktatverteilung beim Sprint. In: *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 34, S. 14.
- MADER, A.; HECK, H. (1993): Möglichkeiten und Aufgaben in der Forschung und Praxis der Humanleistungsphysiologie. In: *Spectrum der Sportwissenschaft*. 1993, 3, S. 5-54.
- MADER, A. (1994): Aussagekraft der Laktatleistungskurve in Kombination mit anaeroben Tests zur Bestimmung der Stoffwechselkapazität. In: CLASING, D.; WEICKER H.; BÖNING, D. (Hrsg.): *Stellenwert der Laktatbestimmung in der Leistungsdiagnostik*. S. 133-152.
- MAREÉS, H. (2002): *Sportphysiologie*. Verlag Sport und Buch Strauß - Edition Sport. Köln.
- MARGARIA, R.; AGHEMO, P.; SASSI, G. (1971): Lactic acid production in supramaximal exercise. In: *Pflugers Archiv*, 326, S 152-161.
- MARGARIA, R; CERETELLI, P.; MANGILI, F. (1964): Balance and kinetics of anaerobic energy release during strenuous exercise in man. In: *Journal of Applied Physiology*. 19, S 623-628.
- MARGARIA, R.; CERETELLI, P.; De PRAMPERO, P. E.; MASSARI, C.; TORELLI, G.: Kinetics and mechanism of oxygen debt contraction in man. In: *Journal of Applied Physiology*. 19: 623-628, 1963.

- MARGARIA, R.; EDWARDS, H. T.; DILL, D. B. (1966): The possible mechanism of contraction and paying the oxygen debt and the role of lactic acid in muscular contraction. In: *American Journal of Physiology*. 106, S. 689-714.
- MARGARIA, R. (1982): Energiequellen der Muskelarbeit. In: BARTH J. A. (Hrsg.): *Sportmedizinische Schriftenreihe*. Leipzig.
- MARTIN, B. R. (1982): Metabolic regulations: a molecular approach. In: *Blackwell Scientific Publications*.
- MARTIN, D; COE, P. (1995): *Mittel- und Langstreckentraining*. Aachen.
- MAYHEW J. L., SCHWEGLER T. M., PIPER F. C. (1986): Relationship of acceleration momentum to anaerobic power measurements; Die Beziehung zwischen Beschleunigungsmoment und Messung der anaeroben Kapazität; In: *Journal of Sports and Medicine and physical Fitness*. 3, S. 209-213.
- Mc ARDLE, W.; KATCH, F.; KATCH, V. (1996): *Exercise Physiology*. Williams & Wilkins, Baltimore.
- Mc CARTNEY, N.; HEIGENHAUSER, G.J.F.; JONES, N. L. (1983): Power output and fatigue of human muscle in maximal cycling exercise. In: *Journal of Applied Physiology*, 55, S. 218-224.
- Mc CARTNEY N.; OBMINSKI G.; HEIGENHAUSER, G. J. F. (1985): Torque velocity relationship in isokinetic cycling exercise. In: *Journal of Applied Physiology*. 58, S. 1459-1962.
- Mc NAUGHTON, L.R.; CEDARO, R. (1991): The effect of sodium bicarbonate on rowing ergometer performance in elite rowers. In: *Australian Journal Science Medicine and Sport*. 23: S. 669.
- Mc NAUGHTON, L., CURTIN, R., GOODMAN, G., PERRY, D., TURNER, B., SHOWELL, C. H. (1991): Anaerobic work and power output during cycle ergometer exercise: Effects of bicarbonate loading. In: *Journal of Sports Sciences*. 9, S 151-160.
- Mc NAUGHTON L. R. (1992): Bicarbonate ingestion: Effects of dosage on 60 s cycle ergometry; In: *Journal of Sports Sciences*. 10, S. 415-423.
- MEDBØ J. I.; BURGERS, S. (1990): Effects of training on the anaerobic capacity. In: *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 22, S. 501-507.
- MEDBØ, J. I.; MOHN, A. C.; TABATA, I.; BAHR, R.; VAAGE, O.; SEJERSTED O. H. (1988): Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O<sub>2</sub> deficit. In: *Journal of Applied Physiology*. 64, S. 50-60.
- MEDBØ J. I.; TABATA, I.: Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during short-lasting exhausting bicycle exercise. In: *Journal of Applied Physiology*. 67, S. 1881-1886.

- MICHAILOV, V. (1973): Die Mobilisierung der anaeroben Energiebereitstellung von Sportlern bei Muskelarbeit unter unterschiedlichen Bedingungen. In: *Medizin und Sport* 13, S. 369-373.
- MIZUNO, M.; JUEL, C.; BRO RASMUSSEN, T.; MYGIND, E.; SCHIBYE, B.; et al. (1990): Limb skeletal muscle adaptation in athletes after training at altitude. In: *Journal of Applied Physiology*. 68, S. 496-502.
- NEVILL, M. E.; BOOBIS L. H.; BROOKS, S.; WILLIAMS, C. (1989): Effect of training on muscle metabolism during treadmill sprinting. In: *Journal of Applied Physiology*. 67, S. 2376-2382.
- NORDHEIM, K.; VOLLESTAD, M. K.: Glycogen and lactate metabolism during low-intensity exercise in man. In: *Acta Physiologica Scandinavica*. 139, S. 475-484.
- NUMMELA, A.; ALBERTS, M.; RIJNTJES, R.; LUHTANEN, P.; RUSKO, H. (1996a): Reliability and Validity of the Maximal Anaerobic Running Test. In: *International Journal of Sports Medicine*. 17, S. 97-102.
- NUMMELA, A., MERO, A., RUSKO, H. (1996b): Effects of Sprint Training on Anaerobic Performance Characteristics Determined by the MART; In: *International Journal of Sports Medicine*. 17, S. 114-119.
- NUMMELA, A., ANDERSSON, N., HÄKKININ, K., RUSKO, H.: Effect of Inclination on the Results of the Maximal Anaerobic Running Test; In: *International Journal of Sports Medicine*. 17, S. 103-108.
- OHKUWA, T.; KATS, Y.; NAKAO, T.; MIYAMURA, M. (1984): Blood lactate and glycerol after 400m and 3000m runs in sprint and long distance runners. In: *European Journal of Applied Physiology*. 53, S 213-218.
- PANSOLD, B.; ROTH, W.; JAGEMANN, K.; HASART, E. (1973): Alaktazide und laktazide Energiebereitstellung bei Schwimmbelastungen. In: *Medizin und Sport*. 13, S. 107.
- PARKHOUSE, W. S.; Mc KENZIE, D. C.; HOCHACHKA, P. W.; OVALLE, W. K. (1985): Buffering capacity of deproteinized human vastus lateralis muscle. In: *Journal of Applied Physiology*. 58, S. 14-17.
- PATE, R. R.; GOODYEAR, V.; DOVER, J.; DOROCIAC, J.; Mc DANIEL, J. D. (1983): Maximal O<sub>2</sub> deficit: a test of anaerobic capacity. In: *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 15, S. 121-122.
- PATERSON, D.H.; CUNNINGSHAM, D. A.; BUMSTEAD, L. A. (1980): Recovery O<sub>2</sub> and blood lactic acid: longitudinal analysis in boys aged 11 to 15 years. In: *European Journal of Applied Physiology*. 55, S. 93-99.
- PERRINE, J. J.; EDGERTON, V. R. (1978): Muscle force-velocity and power-velocity relationships under isokinetic loading. In: *Medicine and Science in Sports*. 10, S 159-166.

- PERTUZON, E.; BOUISSET, S.: Maximum velocity of movement and maximum velocity of muscle shortening. In: *Medicine and Sport*. Vol. 6, S. 170-173.
- PERTUZON, E.; LESTIENNE, F. (1968): Caractères électromyographiques d'un mouvement monoarticulaire exécuté à vitesse maximale. In: *Journal de Physiologie*. 60, S. 513, 1968.
- PETTE, D. (1999): Das adaptative Potential des Skelettmuskels. In: *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*. 50, S. 262-271.
- POWERS, S. K.; BEADLE, R. E.; LAWLER, J.; THOMPSON, D. (1987): Oxygen deficit, oxygen debt relationships in ponies during submaximal treadmill exercise. In: *Respiration Physiology*. 57, S. 251-263.
- RALSTON, H. J.; POLISSAR, M. J.; INMAN, V. T.; CLOSE, J. A.; FEINSTEIN, B. (1994): Dynamic features of human isolated voluntary muscle in isometric and free contractions. In: *Journal of Applied Physiology*. 1, S. 526-533.
- RIECKERT; H. (1991): Leistungsphysiologie; eine themenorientierte Darstellung für Sportstudenten, Sportlehrer und Sportärzte. In: Ausschuss Deutscher Leibeserzieher (Hrsg.).
- RIEU, M.; DUVALLET, A.; SCHARPAN, L.; THIEULART, L.; FERRY, A. (1988): Blood lactate accumulation in intermittent supramaximal exercise. In: *European Journal of Applied Physiology*. 57, S 235-245.
- ROSE, R. J. et al. (1988): Maximum O<sub>2</sub> uptake, O<sub>2</sub> debt and deficit, and muscle metabolites in Thoroughbred horses. In: *Journal of Applied Physiology*. 64, 1988, S. 781-788.
- RUSKO, H.; NUMMELA, A.; MERO, A. (1993): A new method for the evaluation of anaerobic Running power in athletes. In: *European Journal of Applied Physiology*. 66, S. 97-101.
- RUSKO, H.; NUMMELA, A. (1996): Measurement of Maximal und Submaximal Anaerobic Performance Capacity: Concluding Chapter. In: *International Journal of Sports and Medicine*. 17, S. 125-129.
- SALTIN, B. (1987): The physiological and biochemical basis of aerobic and anaerobic capacities in man: effect of training and range of adaptation. In: MAEHLUM et al. (Hrsg.): *An update of sports medicine: proceedings from the Second Scandinavian Conference on Sports Medicine*. S. 16-59.
- SALTIN, B.: Anaerobic capacity: past, present, and prospective. In: TAYLOR et al. (Hrsg.): *Biochemistry of exercise VII, International Series on Sport Sciences*. Vol. 21, S 387-412,
- SAMPEDRO R. M. (1993): Aerobic and Anaerobic Power Characteristics of Competitive Cyclists in the United States Cycling Federation; In: *International Journal of Sports and Medicine*. 14, S. 334-338.

- SARGEANT, A. J.; DOLAN, P.; YOUNG, A. (1984): Optimal velocity for short-term (anaerobic) power output in cycling. In: *International Journal of Sports and Medicine*. S: 124-125.
- SARGEANT A. J. (1994): Human power output and muscle fatigue. In: *International Journal of Sports and Medicine*. 15, 116-121.
- SCHERRER, J.; SAMSON, M.; PALEOLOGUE, A. (1954): Etudé du travail musculaire et de la fatigue Données ergometriqués obtenues chez l'homme. In: *Journal of Physiology*. 46, S. 887-916.
- SCHWABERGER, G.; PESENHOFER, H. (1981): Der Einsatz der Blutgasanalyse in der sportmedizinischen Leistungsdiagnostik. In: *Österreichisches Journal für Sportmedizin*. 1, S 13-19.
- SCOTT, C. B.; ROBY, F. B.; LOHMAN, T. G.; BUNT, J. C. (1991): The maximally accumulated oxygen deficit as an indicator of anaerobic capacity. In: *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 23, S. 618-624.
- SERESSE O., SIMONEAU, J. A., BOUCHARD, C., BOULAY, M. R. (1991): Aerobic and Anaerobic Energy Contribution during Maximal Work Output in 90 s Determined with Various Ergocycle Workloads; IN: *International Journal of Sports and Medicine*. 12, S. 543 – 547
- SERESSE, O.; LORTIE, G.; BOUCHARD, C.; BOULAY, M. R. (1988): Estimation of the contribution of the various energy systems during maximal work of short duration. In: *International Journal Sports Medicine*. 1988, 9, S. 456-460.
- SHARP, R. L.; COSTILL, D. L; FINK, W. J.; KING, D. S. (1986): Effects of eight weeks of bicycle ergometer sprint training on human muscle buffer capacity. In: *International Journal of Sports Medicine*. 7, S. 13-17.
- SIMONEAU, J. A.; LORTIE, G.; BOULAY, M. R.; BOUCHARD, C. (1983): Tests of anaerobic alactacid and lactacid capacities: Description and reliability. In: *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*. 8, S. 266-270.
- SJODIN, B.; THORSTENSSON, A.; FRITH, K.; KARLSSON, I. (1976): Effect of physical training on LDH activity and LDH isozyme patterns in human skeletal muscle. In: *Acta Physiologica Scandinavica*. 97, S 150-157.
- SPRIET, L. (1995): Anarobic Metabolism During High – Intensity Exercise. In: HARGREAVS, M. (Hrsg.): *Exercise Metabolism. Human Kinetics*.
- STEGEMANN, J. (1991): *Leistungsphysiologie; Physiologische Grundlagen der Arbeit und des Sports*. Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York.
- SZÖGY, A. (1989): The influence of speed and strength characteristics on the anaerobic capacity of adolescent cyclists. In: OSEID, S.; CARLSEN, K-H. (Hrsg.): *Children and exercise XIII. International series on sport sciences. Human Kinetics*. S. 67-73.

- SZÖGY, A.; CHEREBETIU, G. (1974): Minutentest auf dem Fahrradergometer zur Bestimmung der anaeroben Kapazität. In: *European Journal of Applied Physiology*. 33: S. 171-176.
- TAMAYO, M.; SUCEC, A.; PHILIPS, W.; BICONO, M.; LAUBACH, L.; et al. (1984): The Wingate anaerobic power test, peak blood lactate and maximal oxygen debt in volleyball players. In: *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 15, S. 126.
- TANAKA, H., BASSETT, D. R., SWENSEN, T. C., SAMPEDRO, R. M. (1993): Aerobic and Anaerobic Power Characteristics of Competitive Cyclists in the united States Cycling Federation. In: *International Journal Sports Medicine*. 14, S 334-338.
- VANDEWALLE, H., PERES, G., HELLER, J., MONOD, H. (1985): All out anaerobic capacity tests on cycle ergometers; In: *European Journal of Applied Physiology*. 54, S 222-229.
- WALSH, P. J.; MILLIGAN, C. L. (1989): Coordination of metabolism and intracellular acid-base status: ionic regulation and metabolic consequences. In: *Canadian Journal of Zoologie*. 67, S. 2994-3004.
- WEICKER, H; STROBEL, G. (1994): *Sportmedizin: biochemisch-physiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung*. Stuttgart Jena New York.
- WEINECK J. (2008): *Optimales Training; Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung es Kinder und Jugendtrainings*; 15. Auflage. Balingen.
- WESTRA, H. G.; HAAN, E.J.; De HAAN, A.; (1976): Quantitative aspects of the anaerobic capacity of perfused rat hind quater. In: LANDRY, F.; ORBAN, W. (Hrsg.): *Third International Symposium on Biochemistry of Exercise, 3. The International Congress of Physical Activity Scienes*. Quebec. S. 345-354.
- WILKIE, D. R. (1950): The relation between force and velocity in human muscle. In: *Journal of Physiology*. S 249-280.
- WITHERS, R. T.; SHERMAN, W. M.; CLARK, D. G.; ESSELBACH, P. C.; NOLAN, S. R. (1991): Muscle metabolism during 30, 60 and 90 s of maximal cycling on an air-braked ergometer. In: *European Journal of Applied Physiology*. 63, S. 354-362.
- ZINNER J., PANSOLD B., BUCKWITZ R. (1993): Computergestützte Auswertung von Stufentests in der Leistungsdiagnostik. In: *Leistungssport 2*.

# Anhang

- A: Abbildungsverzeichnis
- B: Tabellenverzeichnis
- C: Abkürzungsverzeichnis
- D: Tabellen: Ergebnislisten und Korrelationen

## A: Abbildungsverzeichnis

Abbildung	Bezeichnung	Seite
1	Struktur eines Myosinmoleküls	18
2	Fasertypen nach schweren und leichten Ketten	18
3	Muskelfasertypen	19
4	Stoffwechselwege der energieliefernden Nahrungsstoffe	31
5	Anteil der Energiebereitstellung in %	32
6	Sauerstoffdefizit, Sauerstoffschuld	34
7	Vergleich Watt absolut	129
8	Vergleich Watt/kg Körpergewicht	131
9	Vergleich Kraft absolut	132
10	Vergleich Kraft/kg Körpergewicht	133
11	Leerantritt, Laktatverhalten nach Belastung	134
12	Antrittstestserie I+II Watt absolut	137
13	Antrittstestserie I+II Watt relativ/kg	139
14	Antrittstestserie I+II Kraft absolut	141
15	Antrittstestserie I+II Kraft relativ/kg	142
16	Laktatentwicklung Antrittstestserie I	143
17	Laktatentwicklung Antrittstestserie II	144
18	Vergleich Laktatanstieg Antrittstestserie I+II	145
19	Vergleich Peak Power absolut	147
20	Vergleich Peak Power relativ/kg	147
21	Vergleich Peak Force absolut	148
22	Vergleich Peak Force relativ/kg	148
23	Vergleich Mean Power absolut	149
24	Vergleich Mean Power relativ/kg	149
25	Vergleich Mean Force absolut	150
26	Vergleich Mean Force relativ/kg	150
27	Vergleich Peak Power – Mean Power absolut	151
28	Vergleich Peak Power – Mean Power relativ/kg	152
29	Vergleich Peak Force – Mean Force absolut	152
30	Vergleich Peak Force – Mean Force relativ/kg	153
31	Vergleich Leistungsabnahme + Fatigue Index	155
32	Vergleich Laktatentwicklung – Antrittstest 10 s, 20 s, 30 s	156

## Anhang B: Tabellenverzeichnis

Tabelle	Bezeichnung	Seite
1	Gegenüberstellung Muskelfastertypen	20
2	Muskelbiophysische Studien	91
3	Un-, semi- und sportartspezifische Belastungstests	96
4	Anthropometrische Daten	109
5	Leerantritt	110
6	Fahrradergometrie	110
7	Antritt 50 Umdrehungen	111
8	Antritt 60 Umdrehungen	111
9	Antritt 70 Umdrehungen	111
10	Antritt 80 Umdrehungen	112
11	Antritt 90 Umdrehungen	112
12	Antritt 100 Umdrehungen	112
13	Antritt 110 Umdrehungen	113
14	Antritt 120 Umdrehungen	113
15	Antritt 130 Umdrehungen	113
16	Antritt 140 Umdrehungen	114
17	Antritt 150 Umdrehungen	114
18	Antritt 160 Umdrehungen	114
19	Antritt 170 Umdrehungen	115
20	Antritt maximale Umdrehungen	115
21	Antritt 10 s	116
22	Antritt 20 s	117
23	Antritt 30 s	118
24	Innerkorrelationen Anthropometrische Daten	119
25	Innerkorrelationen Leerantritt	119
26	Innerkorrelationen Ergometrie	121
27	Innerkorrelationen 50 Umdrehungen	124
28	Innerkorrelationen 60 Umdrehungen	125
29	Innerkorrelationen 120 Umdrehungen	126
30	Innerkorrelationen 130 Umdrehungen	127
31	Innerkorrelationen maximale Umdrehungen	128
32	Inter-Korrelationen absolute Werte + Körpergewicht	162
33	Inter-Korrelationen MP + PP +Antrittstestserie mit Ergometrie	163
34	Inter-Korrelationen MP mit Antrittstestserie und Ergometrie absolut	164
35	Inter-Korrelationen PP mit Antrittstestserie und Ergometrie absolut	165
36	Inter-Korrelationen MP + PP + Antrittstestserie mit Ergometrie	166
37	Inter-Korrelationen, Ergometrie, Leerantritt, Antrittstestserie mit Mean Power relativ/kg	166
38	Inter-Korrelationen Ergometrie, Leerantritt, Antrittstestserie mit Peak Power relativ/kg	168
39	Datenlisten	Anhang D
40	Innerkorrelationen Antrittstest 10 s	Anhang D
41	Innerkorrelationen Antrittstest 20 s	Anhang D
42	Innerkorrelationen Antrittstest 30 s	Anhang D
43	Inter-Korrelationen Watt absolut	Anhang D
44	Inter-Korrelationen Watt relativ/kg	Anhang D



## Anhang C

### 1. Variablenliste

<b>Variable</b>	<b>Bedeutung</b>
NAME	
ALTER	
GEWICHT	
GRÖSSE	
BODY_MAS	Body mass Index
EWA2MMOL	Ergometrie Watt bei 2 mmol Laktat absolut
EWRE2MMO	Ergometrie Watt bei 2 mmol Laktat relativ
EWA4MMOL	Ergometrie Watt bei 4 mmol Laktat absolut
EWRE4MMO	Ergometrie Watt bei 4 mmol Laktat relativ
EWAMAX	Ergometrie Watt maximal absolut
EWREMAX	Ergometrie Watt maximal relativ
E%WA4MMO	Ergometrie Prozent Watt 4mmol zu Watt maximal absolut
E%WRE4MM	Ergometrie Prozent Watt 4mmol zu Watt maximal relativ
E%WA2MM	Ergometrie Prozent Watt 2mmol zu Watt maximal absolut
E%RE2MM	Ergometrie Prozent Watt 2mmol zu Watt maximal relativ
LWAMAX	Leerantritt Watt maximal absolut
LWREMAX	Leerantritt Watt maximal relativ
LUMMAX	Leerantritt maximale Umdrehungszahl
LUM_WMAX	Leerantritt Umdrehungen bei Watt maximal
LW_UMMAX	Leerantritt Watt bei Umdrehungen maximal
LLAKMAX	Leerantritt Laktat maximal
LLAKNB	Leerantritt Laktat nach Belastung
LLAK1MIN	Leerantritt Laktat nach 1 Minute
LLAK3MIN	Leerantritt Laktat nach 3 Minuten
LLAK6MIN	Leerantritt Laktat nach 6 Minuten
LSEK_WMA	Leerantritt Zeit bis Maximum Watt
A5LAK_R	Antritt 50 Umdrehungen Laktat in Ruhe
A5LAK_3M	Antritt 50 Umdrehungen nach 3 Minuten
A5DELLAK	Antritt 50 Umdrehungen Delta Laktat
A5NA	Antritt 50 Umdrehungen Kraft absolut
A5NRE	Antritt 50 Umdrehungen Kraft relativ
A5WA	Antritt 50 Umdrehungen Watt absolut
A5WRE	Antritt 50 Umdrehungen Watt relativ
A6LAK_R	Antritt 60 Umdrehungen Laktat in Ruhe
A6LAK_3M	Antritt 60 Umdrehungen nach 3 Minuten
A6DELLAK	Antritt 60 Umdrehungen Delta Laktat
A6NA	Antritt 60 Umdrehungen Kraft absolut
A6NRE	Antritt 60 Umdrehungen Kraft relativ
A6WA	Antritt 60 Umdrehungen Watt absolut
A6WRE	Antritt 60 Umdrehungen Watt relativ
A12LAK_R	Antritt 120 Umdrehungen Laktat in Ruhe
A12LAK_3	Antritt 120 Umdrehungen nach 3 Minuten
A12DELLA	Antritt 120 Umdrehungen Delta Laktat
A12NA	Antritt 120 Umdrehungen Kraft absolut
A12NRE	Antritt 120 Umdrehungen Kraft relativ
A12WA	Antritt 120 Umdrehungen Watt absolut
A12WRE	Antritt 120 Umdrehungen Watt relativ

<b>Variable</b>	<b>Bedeutung</b>
A13LAK_R	Antritt 130 Umdrehungen Laktat in Ruhe
A13LAK_3	Antritt 130 Umdrehungen nach 3 Minuten
A13DELLA	Antritt 130 Umdrehungen Delta Laktat
A13NA	Antritt 130 Umdrehungen Kraft absolut
A13NRE	Antritt 130 Umdrehungen Kraft relativ
A13WA	Antritt 130 Umdrehungen Watt absolut
A13WRE	Antritt 130 Umdrehungen Watt relativ
XAUM	Antritt letzte Stufe maximale Umdrehungen
XALAKMAX	Antritt letzte Stufe Laktat maximal
XANA	Antritt letzte Stufe Kraft absolut
XANRE	Antritt letzte Stufe Kraft relativ
XAWA	Antritt letzte Stufe Watt absolut
XAWRE	Antritt letzte Stufe Watt relativ
UMOPTI	Antritt letzte Stufe optimale Umdrehungen
S10GNA	Antritt 10 sec Gesamt Kraft absolut
S10GNRE	Antritt 10 sec Gesamt Kraft relativ
S10GWA	Antritt 10 sec Gesamt Watt absolut
S10GWRE	Antritt 10 sec Gesamt Watt relativ
S101NA	Antritt 10 sec Stufe 0-5 sec Kraft absolut
S101NRE	Antritt 10 sec Stufe 0-5 sec Kraft relativ
S101WA	Antritt 10 sec Stufe 0-5 sec Watt absolut
S101WRE	Antritt 10 sec Stufe 0-5 sec Watt relativ
S102NA	Antritt 10 sec Stufe 5-10 sec Kraft absolut
S102NRE	Antritt 10 sec Stufe 5-10 sec Kraft relativ
S102WA	Antritt 10 sec Stufe 5-10 sec Watt absolut
S102WRE	Antritt 10 sec Stufe 5-10 sec Watt relativ
S10GLAKR	Antritt 10 sec Laktat in Ruhe
S10GLAKB	Antritt 10 sec Laktat nach Belastung
S10GLAK1	Antritt 10 sec Laktat nach 1 Minute
S10GLAK3	Antritt 10 sec Laktat nach 3 Minuten
S10GLAK6	Antritt 10 sec Laktat nach 6 Minuten
S10GLA10	Antritt 10 sec Laktat nach 10 Minuten
S10GLA15	Antritt 10 sec Laktat nach 15 Minuten
S10GLA20	Antritt 10 sec Laktat nach 20 Minuten
S10FAIT	Fatigue Index laut Wingatetest
S20GNA	Antritt 20 sec Gesamt Kraft absolut
S20GNRE	Antritt 20 sec Gesamt Kraft relativ
S20GWA	Antritt 20 sec Gesamt Watt absolut
S20GWRE	Antritt 20 sec Gesamt Watt relativ
S201NA	Antritt 20 sec Stufe 0-5 sec Kraft absolut
S201NRE	Antritt 20 sec Stufe 0-5 sec Kraft relativ
S201WA	Antritt 20 sec Stufe 0-5 sec Watt absolut
S201WRE	Antritt 20 sec Stufe 0-5 sec Watt relativ
S202NA	Antritt 20 sec Stufe 5-10 sec Kraft absolut
S202NRE	Antritt 20 sec Stufe 5-10 sec Kraft relativ
S202WA	Antritt 20 sec Stufe 5-10 sec Watt absolut
S202WRE	Antritt 20 sec Stufe 5-10 sec Watt relativ
S203NA	Antritt 20 sec Stufe 10-15 sec Kraft absolut
S203NRE	Antritt 20 sec Stufe 10-15 sec Kraft relativ
S203WA	Antritt 20 sec Stufe 10-15 sec Watt absolut
S203WRE	Antritt 20 sec Stufe 10-15 sec Watt relativ
S204NA	Antritt 20 sec Stufe 15-20 sec Kraft absolut

<b>Variable</b>	<b>Bedeutung</b>
S204NRE	Antritt 20 sec Stufe 15-20 sec Kraft relativ
S204WA	Antritt 20 sec Stufe 15-20 sec Watt absolut
S204WRE	Antritt 20 sec Stufe 15-20 sec Watt relativ
S20GLAR	Antritt 20 sec Laktat in Ruhe
S20GLANB	Antritt 20 sec Laktat nach Belastung
S20GLA1	Antritt 20 sec Laktat nach 1 Minute
S20GLA3	Antritt 20 sec Laktat nach 3 Minuten
S20GLA6	Antritt 20 sec Laktat nach 6 Minuten
S20GLA10	Antritt 20 sec Laktat nach 10 Minuten
S20GLA15	Antritt 20 sec Laktat nach 15 Minuten
S20GLA20	Antritt 20 sec Laktat nach 20 Minuten
S20FAIT	Fatigue Index laut Wingatetest
S30GNA	Antritt 30 sec Gesamt Kraft absolut
S30GNRE	Antritt 30 sec Gesamt Kraft relativ
S30GWA	Antritt 30 sec Gesamt Watt absolut
S30GWRE	Antritt 30 sec Gesamt Watt relativ
S301NA	Antritt 30 sec Stufe 0-5 sec Kraft absolut
S301NRE	Antritt 30 sec Stufe 0-5 sec Kraft relativ
S301WA	Antritt 30 sec Stufe 0-5 sec Watt absolut
S301WRE	Antritt 30 sec Stufe 0-5 sec Watt relativ
S302NA	Antritt 30 sec Stufe 5-10 sec Kraft absolut
S302NRE	Antritt 30 sec Stufe 5-10 sec Kraft relativ
S302WA	Antritt 30 sec Stufe 5-10 sec Watt absolut
S302WRE	Antritt 30 sec Stufe 5-10 sec Watt relativ
S303NA	Antritt 30 sec Stufe 10-15 sec Kraft absolut
S303NRE	Antritt 30 sec Stufe 10-15 sec Kraft relativ
S303WA	Antritt 30 sec Stufe 10-15 sec Watt absolut
S303WRE	Antritt 30 sec Stufe 10-15 sec Watt relativ
S304NA	Antritt 30 sec Stufe 15-20 sec Kraft absolut
S304NRE	Antritt 30 sec Stufe 15-20 sec Kraft relativ
S304WA	Antritt 30 sec Stufe 15-20 sec Watt absolut
S304WRE	Antritt 30 sec Stufe 15-20 sec Watt relativ
S305NA	Antritt 30 sec Stufe 20-25 sec Kraft absolut
S305NRE	Antritt 30 sec Stufe 20-25 sec Kraft relativ
S305WA	Antritt 30 sec Stufe 20-25 sec Watt absolut
S305WRE	Antritt 30 sec Stufe 20-25 sec Watt relativ
S306NA	Antritt 30 sec Stufe 25-30 sec Kraft absolut
S306NRE	Antritt 30 sec Stufe 25-30 sec Kraft relativ
S306WA	Antritt 30 sec Stufe 25-30 sec Watt absolut
S306WRE	Antritt 30 sec Stufe 25-30 sec Watt relativ
S30GLAR	Antritt 30 sec Laktat in Ruhe
S30GLANB	Antritt 30 sec Laktat nach Belastung
S30GLA1	Antritt 30 sec Laktat nach 1 Minute
S30GLA3	Antritt 30 sec Laktat nach 3 Minuten
S30GLA6	Antritt 30 sec Laktat nach 6 Minuten
S30GLA10	Antritt 30 sec Laktat nach 10 Minuten
S30GLA15	Antritt 30 sec Laktat nach 15 Minuten
S30GLA20	Antritt 30 sec Laktat nach 20 Minuten
WOPT_4MA	Watt optimale Umdrehungen / Watt 4 mmol absolut
WOPT_4MR	Watt optimale Umdrehungen / Watt 4 mmol relativ
FATIGIND	Fatigue Index laut Wingatetest

Tab. 33 Liste der Variablen

Abkürzungen:

Abkürzung	Bezeichnung	Abkürzung	Bezeichnung
ADP	Adenosindiphosphat	PP	Peak Power
ATP	Adenosintri-phosphat	PCr	Phosphokreatin
BE	Base excess	rpm	revolutions per minute
BMI	Body-Mass-Index	s	Sekunde
Ca <sup>2+</sup>	Kaliumionen	Tf	Trittfrequenz
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid	U/min	Umdrehungen/Minute
CP	Critical Power	VO <sub>2</sub>	Sauerstoffaufnahme
FI	Fatigue Index	VO <sub>2max</sub>	maximale Sauerstoffaufn.
H <sub>2</sub> O	Wasser	W	Watt
Hz	Hertz	W/kg	Watt/Kilogramm Körpergew.
J/kg	Joule/kg	µm	Micrometer
kcal	Kilokalorien		
kJ	Kilojoule		
LA <sub>b</sub>	Nachbelastungslaktat		
LA <sub>bmax</sub>	maximales Nachbelastungslaktat		
mmol	Milimol		
mmol/l	Milimol pro Liter		
min	Minute		
ml/kg	Mililiter/kg		
mkp			
MART	Maximal Anaerobic Running Test		
MP	Mean Power		
mV	Milivolt		
N	Newton		
N/kg	Newton pro Kilogramm Körpergew.		
nm	Nanometer		
Na <sup>+</sup>	Natriumionen		
O <sub>2</sub>	Sauerstoff		
O <sub>2</sub> D	Sauerstoffdefizit		
Pa	Phosphat		
Po	Phosphor		
pH-Wert	Säure-Basen-Wert		

## Abkürzungen zu MADER&HECK (1993)

Folgende Abkürzungen zu 5.8. Beschreibung der Dynamik des Stoffwechsels.

$A_i$ :	Eingang- bzw. Belastungsamplitude mit definiertem Bezug zu $X_i$
$A_j$ :	Amplitude des integrationswirksamen Parameters
$Abs(A_j)$ :	Absoluter Wert von $A_j$
$Abs(A_{jLimit})$ :	Absoluter Wert der Schwellenamplitude von $A_j$
$C_{jVol}$ :	Faktor für die Integrationskapazität des Systems
$CLa_{Bmax}$ :	Maximale Laktatkonzentration im Blut (mmol/l) nach der Belastung
$CLa_{Ruhe}$ :	Anfangsbelastungslaktatkonzentration (mmol/l)
$CLa_{ss}$ :	steady state – Laktatkonzentration (mmol/l)
$CLa(t)$ :	Laktatkonzentration (mmol/l) zur Zeit t
e:	2,71 Basis des natürlichen Logarithmus
$F(Y)$ :	Eingangs- bzw. Belastungs- Zeitfunktion
$K_{iTrans}$ :	Transformationskoeffizient zur Umrechnung der Eingangsamplitude $A_i$ in die proportionale Ausgangsamplitude $X_i$ im steady state
$K_{jTrans}$ :	Proportionalitätsfaktor für die Integration des integralen Parameters $X_j$
t:	Zeit in Sekunden (bzw. in Minuten)
$t_{bei}$ :	Belastungszeit
$\tau_{i}$ :	Zeitkonstante des Parameters $X_i$
$VLa_{Elimmax}$ :	Unter den gegebenen Bedingungen maximale Laktat-(Pyruvat) Elimination (mmol/l*min) durch Laktatoxidation und Laktatsynthese

Anhang D: Datenliste

Tabelle 39: Datenliste Proband 1 - 7

	Prob 1	Prob 2	Prob 3	Prob 4	Prob 5	Prob 6	Prob 7
ALTER	30,00	28,00	22,00	27,00	26,00	21,00	24,00
GEWICHT	87,00	79,50	70,50	77,00	77,00	84,00	77,00
GRÖSSE	179,00	187,00	188,00	185,00	187,00	181,00	183,00
BODY_MAS	27,15	22,73	19,95	22,50	22,02	25,64	22,99
EWA2MMOL	108,67	40,00	187,50	156,67	253,00	216,67	237,56
EWRE2MMO	1,26	,50	2,66	2,03	3,29	2,58	3,09
EWA4MMOL	173,04	106,52	228,75	235,42	301,00	281,67	300,58
EWRE4MMO	2,01	1,34	3,24	3,06	3,91	3,35	3,90
EWAMAX	246,00	246,00	280,00	320,00	328,00	360,00	367,00
EWREMAX	2,86	3,09	4,00	4,16	4,26	4,29	4,77
E%WA4MMO	70,28	43,30	81,70	73,57	91,70	78,24	81,90
E%WRE4MM	70,28	43,69	81,00	73,56	91,78	78,09	81,76
E%WA2MM	44,17	16,30	66,96	48,96	77,13	60,19	64,73
E%RE2MM	44,06	16,18	66,50	48,80	77,23	60,14	64,78
LWAMAX	1063,00	1092,00	968,00	1069,00	1080,00	1207,00	1133,00
LWREMAX	12,22	13,74	13,63	13,88	14,03	14,37	14,71
LUMMAX	191,00	192,00	202,00	196,00	198,00	186,00	201,00
LUM_WMAX	114,00	143,00	141,00	149,00	136,00	144,00	148,00
LW_UMMAX	284,00	236,00	514,00	440,00	307,00	430,00	547,00
LLAKMAX	9,90	7,80	5,20	5,90	5,10	6,50	6,00
LLAKNB	3,00	3,20	1,50	2,40	1,30	1,30	1,80
LLAK1MIN	6,40	5,70	4,40	5,00	4,30	4,90	5,40
LLAK3MIN	9,10	7,50	5,20	5,90	5,10	6,50	6,00
LLAK6MIN	9,90	7,80	4,50	5,20	4,40	6,40	5,30
LSEK_WMA	3,00	4,00	6,00	5,00	4,00	5,00	4,00
A5LAK_R	2,30	1,10	,80	1,80	1,10	,80	1,00
A5LAK_3M	5,20	3,80	2,30	3,40	2,60	2,10	2,60
A5DELLAK	2,90	2,70	1,50	1,60	1,50	1,30	1,60
A5NA	755,00	800,00	539,00	681,00	791,00	708,00	698,00
A5NRE	8,70	10,10	7,60	8,80	10,30	8,40	9,10
A5WA	675,00	717,00	479,00	608,00	708,00	632,00	624,00
A5WRE	7,80	9,00	6,70	7,90	9,20	7,50	8,10
A6LAK_R	5,20	3,80	2,30	3,40	2,60	2,10	2,60
A6LAK_3M	7,40	6,00	2,90	4,50	3,60	2,30	3,50
A6DELLAK	2,20	2,20	,60	1,10	1,00	,20	,90
A6NA	752,00	805,00	551,00	702,00	742,00	618,00	710,00
A6NRE	8,60	10,10	7,80	9,10	9,60	7,40	9,20
A6WA	807,00	717,00	588,00	752,00	794,00	661,00	760,00
A6WRE	9,30	9,00	8,30	9,80	10,30	7,90	9,90
A12LAK_R	1,10	1,60	,90	1,10	,90	1,00	1,00
A12LAK_3	6,70	6,60	4,80	6,50	6,20	6,40	5,20
A12DELLA	5,60	5,00	3,90	5,40	5,30	5,40	4,20
A12NA	477,00	510,00	413,00	466,00	474,00	518,00	481,00
A12NRE	5,50	6,40	5,80	6,10	6,20	6,20	6,20
A12WA	1018,00	1088,00	879,00	993,00	1010,00	1104,00	1025,00
A12WRE	11,70	13,70	12,40	12,90	13,10	13,10	13,30
A13LAK_R	6,70	6,60	4,80	6,50	6,20	6,40	5,20

	<b>Prob 1</b>	<b>Prob 2</b>	<b>Prob 3</b>	<b>Prob 4</b>	<b>Prob 5</b>	<b>Prob 6</b>	<b>Prob 7</b>
<b>A13LAK 3</b>	9,80	11,00	7,60	9,30	8,30	9,20	7,60
<b>A13DELLA</b>	3,10	4,50	2,80	2,80	2,10	2,80	2,40
<b>A13NA</b>	380,00	399,00	385,00	413,00	417,00	459,00	447,00
<b>A13NRE</b>	4,40	5,00	5,40	5,40	5,40	5,50	5,80
<b>A13WA</b>	878,00	924,00	891,00	955,00	966,00	1061,00	1035,00
<b>A13WRE</b>	10,10	11,60	12,50	12,40	12,50	12,60	13,40
<b>XAUM</b>	140,00	160,00	180,00	150,00	170,00	160,00	180,00
<b>XALAKMAX</b>	11,70	16,60	11,60	13,00	12,30	12,80	15,40
<b>XANA</b>	283,00	68,00	148,00	285,00	213,00	220,00	175,00
<b>XANRE</b>	3,30	,90	2,10	3,70	2,80	2,60	2,30
<b>XAWA</b>	706,00	203,00	473,00	760,00	641,00	624,00	558,00
<b>XAWRE</b>	8,10	2,60	6,70	9,90	8,30	7,40	7,20
<b>UMOPTI</b>	80,00	80,00	110,00	110,00	100,00	110,00	110,00
<b>S10GNA</b>	654,70	663,00	472,00	497,50	563,30	588,50	570,80
<b>S10GNRE</b>	7,60	8,09	6,65	6,46	7,32	7,01	7,41
<b>S10GWA</b>	934,20	930,80	921,60	965,50	1001,10	1149,70	1115,20
<b>S10GWRE</b>	10,86	11,35	12,98	12,54	13,00	13,69	14,48
<b>S101NA</b>	641,30	680,90	492,00	492,40	586,80	629,50	615,20
<b>S101NRE</b>	7,46	8,30	6,93	6,39	7,62	7,49	7,99
<b>S101WA</b>	914,90	953,70	960,80	956,10	1043,00	1230,30	1202,80
<b>S101WRE</b>	10,64	11,63	13,53	12,42	13,55	14,65	15,62
<b>S102NA</b>	668,00	644,90	452,20	502,00	540,10	548,00	526,80
<b>S102NRE</b>	7,76	7,86	6,37	6,52	7,01	6,52	6,84
<b>S102WA</b>	953,40	907,50	882,50	973,90	959,70	1069,70	1028,50
<b>S102WRE</b>	11,08	11,07	12,43	12,65	12,46	12,73	13,36
<b>S10GLAKR</b>	1,80	,90	1,10	1,30	1,60	,80	1,20
<b>S10GLAKB</b>	1,90	1,10	2,30	3,50	2,90	1,20	2,20
<b>S10GLAK1</b>	4,30	4,70	5,20	5,60	5,40	4,40	6,90
<b>S10GLAK3</b>	5,40	5,60	6,70	6,50	6,90	6,60	8,00
<b>S10GLAK6</b>	5,30	5,50	6,30	5,90	6,50	6,30	7,00
<b>S10GLA10</b>	4,50	4,40	4,90	4,80	5,00	5,50	5,60
<b>S10GLA15</b>	3,40	3,30	2,50	3,20	4,30	4,30	3,90
<b>S10GLA20</b>	-4,21	4,84	8,15	-1,86	7,98	13,05	14,49
<b>S10FAIT</b>	2,50	2,40	2,10	2,60	3,30	3,60	3,10
<b>S20GNA</b>	641,70	587,50	389,50	450,20	502,20	484,40	498,20
<b>S20GNRE</b>	7,46	7,16	5,49	5,85	6,52	5,77	6,47
<b>S20GWA</b>	915,80	825,10	759,90	868,70	892,30	945,70	973,10
<b>S20GWRE</b>	10,65	10,06	10,70	11,41	11,59	11,26	12,64
<b>S201NA</b>	712,10	659,90	452,70	530,30	565,80	578,60	581,50
<b>S201NRE</b>	8,28	8,05	6,38	6,89	7,35	6,89	7,55
<b>S201WA</b>	1017,20	924,20	883,10	1037,10	1005,80	1130,40	1136,60
<b>S201WRE</b>	11,83	11,27	12,44	13,47	13,06	13,46	14,76
<b>S202NA</b>	682,80	626,30	394,60	464,20	537,40	516,50	527,30
<b>S202NRE</b>	7,94	7,64	5,56	6,03	6,98	6,15	6,85
<b>S202WA</b>	975,20	879,80	770,20	905,50	955,00	1008,70	1030,00
<b>S202WRE</b>	11,34	10,73	10,85	11,76	12,40	12,01	13,38
<b>S203NA</b>	631,90	563,80	366,90	420,10	482,40	448,10	464,30
<b>S203NRE</b>	7,35	6,88	5,17	5,46	6,26	5,33	6,03
<b>S203WA</b>	901,60	792,90	716,10	819,30	857,10	874,30	906,70
<b>S203WRE</b>	10,48	9,67	10,09	10,64	11,13	10,41	11,77
<b>S204NA</b>	539,90	498,50	343,70	386,40	422,70	395,00	419,80
<b>S204NRE</b>	6,28	6,08	4,84	5,02	5,49	4,70	5,45

	<b>Prob 1</b>	<b>Prob 2</b>	<b>Prob 3</b>	<b>Prob 4</b>	<b>Prob 5</b>	<b>Prob 6</b>	<b>Prob 7</b>
<b>S204WA</b>	769,30	701,30	670,30	753,20	750,30	770,20	819,10
<b>S204WRE</b>	8,95	8,55	9,51	9,78	9,74	9,17	10,64
<b>S20GLAR</b>	1,50	1,50	1,70	1,10	1,30	2,00	1,80
<b>S20GLANB</b>	2,00	5,60	2,20	5,40	3,10	3,00	4,20
<b>S20GLA1</b>	5,80	7,70	5,40	9,30	6,90	6,70	9,30
<b>S20GLA3</b>	8,60	10,00	8,70	11,20	9,60	9,00	13,00
<b>S20GLA6</b>	9,80	11,10	8,80	10,70	10,10	9,90	11,50
<b>S20GLA10</b>	9,50	10,30	7,40	8,50	8,90	9,30	7,90
<b>S20GLA15</b>	8,60	9,00	5,60	6,70	7,10	7,50	4,20
<b>S20GLA20</b>	6,70	7,30	4,10	4,90	5,80	5,20	2,00
<b>S20FAIT</b>	24,37	24,12	24,10	27,37	25,40	31,86	27,93
<b>S30GNA</b>	559,40	537,20	335,50	406,50	451,60	449,20	444,10
<b>S30GNRE</b>	6,50	6,55	4,73	5,28	5,86	5,35	5,77
<b>S30GWA</b>	797,70	728,50	654,30	793,00	802,00	876,60	867,00
<b>S30GWRE</b>	9,28	8,88	9,22	10,30	10,42	10,44	11,26
<b>S301NA</b>	694,40	656,90	389,50	505,60	517,60	600,30	591,20
<b>S301NRE</b>	8,07	8,01	5,49	6,57	6,72	7,15	7,68
<b>S301WA</b>	992,40	895,20	759,90	987,50	919,70	1173,50	1155,80
<b>S301WRE</b>	11,54	10,92	10,70	12,82	11,94	13,97	15,01
<b>S302NA</b>	653,60	632,50	371,60	459,90	520,90	565,60	518,90
<b>S302NRE</b>	7,60	7,71	5,23	5,97	6,76	6,73	6,74
<b>S302WA</b>	933,10	849,10	725,00	897,80	925,60	1105,60	1013,90
<b>S302WRE</b>	10,85	10,35	10,21	11,66	12,02	13,16	13,17
<b>S303NA</b>	583,40	565,00	341,40	434,10	475,70	457,90	452,40
<b>S303NRE</b>	6,78	6,89	4,81	5,64	6,18	5,45	5,88
<b>S303WA</b>	832,30	761,00	666,10	846,80	845,40	893,00	883,60
<b>S303WRE</b>	9,68	9,28	9,38	11,00	10,98	10,63	11,48
<b>S304NA</b>	537,60	507,20	317,90	388,40	425,80	412,10	416,20
<b>S304NRE</b>	6,25	6,19	4,48	5,04	5,53	4,91	5,41
<b>S304WA</b>	765,90	685,20	619,80	757,30	756,20	803,40	811,70
<b>S304WRE</b>	8,91	8,36	8,73	9,84	9,82	9,56	10,54
<b>S305NA</b>	485,10	463,90	311,70	349,50	410,90	358,80	375,70
<b>S305NRE</b>	5,64	5,66	4,39	4,54	5,34	4,27	4,88
<b>S305WA</b>	690,70	630,30	607,50	681,00	729,50	699,20	732,40
<b>S305WRE</b>	8,03	7,69	8,56	8,84	9,47	8,32	9,51
<b>S306NA</b>	402,20	397,10	281,00	302,10	358,30	300,40	310,50
<b>S306NRE</b>	4,68	4,84	3,96	3,92	4,65	3,58	4,03
<b>S306WA</b>	572,10	548,70	547,30	588,20	635,20	584,90	605,00
<b>S306WRE</b>	6,65	6,69	7,71	7,64	8,25	6,96	7,86
<b>S30GLAR</b>	1,70	,80	,90	1,10	1,50	2,10	1,20
<b>S30GLANB</b>	3,10	5,40	3,30	7,10	4,00	4,80	4,60
<b>S30GLA1</b>	6,60	9,50	7,10	10,90	8,10	8,10	11,60
<b>S30GLA3</b>	9,90	12,40	10,00	12,80	11,20	11,80	14,70
<b>S30GLA6</b>	11,30	13,40	10,70	12,30	12,20	12,10	14,10
<b>S30GLA10</b>	11,90	13,00	9,00	11,00	10,10	11,70	12,30
<b>S30GLA15</b>	11,10	11,50	7,00	9,10	8,30	8,50	9,80
<b>S30GLA20</b>	10,20	10,70	5,00	7,50	6,60	7,90	8,00
<b>WOPT_4MA</b>	16,13	10,88	25,96	23,42	29,28	25,61	27,03
<b>WOPT_4MR</b>	16,61	10,89	26,13	23,36	29,18	25,57	27,08
<b>FATIGD</b>	42,35	38,71	27,98	40,44	31,37	50,16	47,66

Tab. 39 Datenliste Probanden 1-7



Tabelle 39 Datenliste Proband 8-14

	Prob 8	Prob 9	Prob 10	Prob11	Prob12	Prob 13	Prob 14
ALTER	27,00	27,00	29,00	26,00	25,00	23,00	25,00
GEWICHT	77,00	79,80	69,00	86,50	65,00	72,00	88,00
GRÖSSE	190,00	168,00	173,00	195,00	173,00	173,00	180,00
BODY_MAS	21,33	27,99	23,05	22,75	21,72	24,06	27,16
EWA2MMOL	170,00	98,44	165,00	170,00	185,62	144,17	157,40
EWRE2MMO	2,21	1,23	2,39	1,97	2,86	2,00	1,79
EWA4MMOL	217,50	158,59	215,78	243,12	223,24	198,33	218,65
EWRE4MMO	2,82	1,99	3,13	2,81	3,43	2,75	2,48
EWAMAX	280,00	205,00	290,00	300,00	273,00	240,00	285,00
EWREMAX	3,64	2,57	4,20	3,47	4,20	3,33	3,24
E%WA4MMO	77,68	77,36	74,40	81,04	81,77	82,64	76,71
E%WRE4MM	77,47	77,43	74,52	80,98	81,67	82,58	76,54
E%WA2MM	60,71	48,02	56,90	56,67	67,99	60,07	55,23
E%RE2MM	60,71	47,85	56,90	56,77	68,09	60,06	55,25
LWAMAX	1200,00	988,00	921,00	985,00	983,00	1032,00	1190,00
LWREMAX	15,58	12,38	13,34	11,39	15,12	14,23	13,52
LUMMAX	186,00	195,00	186,00	191,00	200,00	203,00	195,00
LUM_WMAX	133,00	142,00	141,00	133,00	135,00	128,00	125,00
LW_UMMAX	689,00	219,00	305,00	176,00	224,00	209,00	347,00
LLAKMAX	5,60	5,30	7,00	9,80	7,90	8,50	8,60
LLAKNB	1,60	2,30	2,30	1,20	2,00	2,30	4,40
LLAK1MIN	5,30	4,10	6,20	4,40	6,00	5,80	7,70
LLAK3MIN	6,30	5,00	6,30	5,50	7,90	7,90	8,60
LLAK6MIN	5,60	5,30	7,00	9,80	7,70	8,50	8,50
LSEK_WMA	3,00	5,00	3,00	3,00	5,00	2,00	3,00
A5LAK_R	1,00	,70	1,80	1,00	,80	,90	1,20
A5LAK_3M	3,40	2,40	4,80	5,40	5,60	4,80	5,90
A5DELLAK	2,40	1,70	3,00	4,40	4,80	3,90	4,70
A5NA	868,00	665,00	613,00	763,00	619,00	694,00	878,00
A5NRE	11,30	8,30	8,90	8,80	9,50	9,60	10,00
A5WA	781,00	582,00	547,00	681,00	551,00	619,00	789,00
A5WRE	10,10	7,30	7,90	7,90	8,50	8,50	9,00
A6LAK_R	3,40	2,40	4,80	3,90	5,60	4,80	5,90
A6LAK_3M	4,80	3,10	5,70	5,40	6,30	7,00	7,70
A6DELLAK	1,40	,70	,90	1,50	,70	2,20	1,80
A6NA	798,00	636,00	604,00	700,00	581,00	660,00	862,00
A6NRE	10,40	8,00	8,80	8,10	8,90	9,10	9,80
A6WA	857,00	671,00	646,00	749,00	620,00	705,00	927,00
A6WRE	11,10	8,40	9,40	8,70	9,50	9,70	10,50
A12LAK_R	,90	,80	,70	1,00	,80	1,10	,80
A12LAK_3	5,80	5,60	5,40	5,60	5,80	6,50	6,90
A12DELLA	4,90	4,80	4,70	4,60	5,00	5,40	6,10
A12NA	462,00	425,00	399,00	476,00	364,00	453,00	478,00
A12NRE	6,00	5,30	5,80	5,50	5,60	6,20	5,40
A12WA	984,00	905,00	851,00	1015,00	775,00	967,00	1018,00
A12WRE	12,80	11,30	12,30	11,70	11,90	13,30	11,60
A13LAK_R	5,80	5,60	5,40	5,60	5,80	6,50	6,90
A13LAK_3	8,10	8,40	8,50	9,20	9,30	10,10	10,90
A13DELLA	2,30	2,80	3,10	3,60	3,50	3,60	4,00
A13NA	405,00	336,00	354,00	390,00	342,00	368,00	389,00

	<b>Prob 8</b>	<b>Prob 9</b>	<b>Prob 10</b>	<b>Prob11</b>	<b>Prob12</b>	<b>Prob 13</b>	<b>Prob 14</b>
<b>A13NRE</b>	5,30	4,20	5,10	4,50	5,30	5,10	4,40
<b>A13WA</b>	937,00	777,00	819,00	902,00	790,00	967,00	900,00
<b>A13WRE</b>	12,20	9,70	11,90	10,40	12,20	13,30	10,20
<b>XAUM</b>	160,00	160,00	160,00	170,00	190,00	160,00	150,00
<b>XALAKMAX</b>	12,10	12,20	12,90	14,40	16,10	14,20	14,30
<b>XANA</b>	12,10	12,20	12,90	14,40	16,10	14,20	14,30
<b>XANRE</b>	2,80	1,80	2,80	1,70	1,20	2,50	2,70
<b>XAWA</b>	603,00	413,00	539,00	450,00	253,00	516,00	624,00
<b>XAWRE</b>	7,80	5,20	7,80	5,20	3,90	7,10	7,10
<b>UMOPTI</b>	110,00	90,00	110,00	100,00	80,00	90,00	80,00
<b>S10GNA</b>	496,50	531,80	415,30	530,60	550,20	577,10	781,40
<b>S10GNRE</b>	6,45	6,65	6,02	6,10	8,46	7,91	8,78
<b>S10GWA</b>	970,40	927,00	810,45	941,50	784,10	924,80	1117,50
<b>S10GWRE</b>	12,60	11,59	11,75	10,82	12,06	12,67	12,56
<b>S101NA</b>	544,50	567,10	461,80	566,20	567,70	616,80	832,70
<b>S101NRE</b>	7,07	7,09	6,69	6,51	8,73	8,45	9,36
<b>S101WA</b>	1065,00	1009,30	901,30	1005,40	809,00	988,50	1191,60
<b>S101WRE</b>	13,83	12,62	13,06	11,56	12,45	13,54	13,39
<b>S102NA</b>	449,20	496,10	368,80	495,00	532,90	536,80	730,60
<b>S102NRE</b>	5,83	6,20	5,34	5,69	8,20	7,35	8,21
<b>S102WA</b>	877,10	843,60	719,60	877,70	759,40	860,40	1044,10
<b>S102WRE</b>	11,39	10,55	10,43	10,09	11,68	11,79	11,73
<b>S10GLAKR</b>	1,50	1,00	1,40	1,30	,80	,90	1,10
<b>S10GLAKB</b>	1,80	1,60	3,50	1,90	1,70	1,00	3,00
<b>S10GLAK1</b>	5,60	5,60	4,30	5,10	4,60	4,10	6,00
<b>S10GLAK3</b>	5,90	6,30	4,00	5,30	5,10	5,80	7,20
<b>S10GLAK6</b>	4,90	5,70	4,10	4,70	4,60	5,70	6,80
<b>S10GLA10</b>	3,80	4,10	3,10	3,80	3,30	3,40	5,50
<b>S10GLA15</b>	2,50	2,80	2,70	2,60	2,40	2,60	3,80
<b>S10GLA20</b>	2,00	2,50	2,30	2,00	1,90	2,10	2,40
<b>S10FAIT</b>	17,60	16,42	20,16	12,70	6,13	12,96	12,38
<b>S20GNA</b>	418,10	464,40	377,00	520,20	490,30	473,60	760,60
<b>S20GNRE</b>	5,43	5,81	5,46	5,98	7,54	6,49	8,55
<b>S20GWA</b>	816,40	747,70	735,40	924,20	698,10	758,50	1089,00
<b>S20GWRE</b>	10,60	9,35	10,66	10,62	10,74	10,39	12,24
<b>S201NA</b>	459,00	514,80	475,40	633,40	548,00	582,10	862,30
<b>S201NRE</b>	5,96	6,44	6,89	7,28	8,43	7,97	9,69
<b>S201WA</b>	896,50	833,00	928,40	1127,50	780,80	933,70	1236,70
<b>S201WRE</b>	11,64	10,41	13,46	12,96	12,01	10,79	13,90
<b>S202NA</b>	439,00	499,90	396,00	554,10	513,20	501,90	807,20
<b>S202NRE</b>	5,70	6,25	5,74	6,37	7,90	6,88	9,07
<b>S202WA</b>	857,50	806,40	772,80	984,80	731,40	804,10	1156,00
<b>S202WRE</b>	11,14	10,08	11,20	11,32	11,25	11,02	12,99
<b>S203NA</b>	407,90	451,10	337,30	486,30	472,10	430,70	741,90
<b>S203NRE</b>	5,30	5,64	4,89	5,59	7,26	5,90	8,34
<b>S203WA</b>	796,10	724,20	657,20	863,50	671,80	689,30	1062,10
<b>S203WRE</b>	10,34	9,05	9,52	9,93	10,34	9,44	11,93
<b>S204NA</b>	366,50	392,50	299,30	407,00	428,30	380,40	630,20
<b>S204NRE</b>	4,80	4,91	4,34	4,68	6,59	5,22	7,08
<b>S204WA</b>	715,10	628,60	583,40	720,90	608,90	608,30	900,30
<b>S204WRE</b>	9,29	7,86	8,46	8,29	9,37	8,33	10,12
<b>S20GLAR</b>	1,80	1,60	1,40	1,20	1,60	1,60	1,20

	<b>Prob 8</b>	<b>Prob 9</b>	<b>Prob 10</b>	<b>Prob11</b>	<b>Prob12</b>	<b>Prob 13</b>	<b>Prob 14</b>
<b>S20GLANB</b>	2,60	3,00	2,50	2,40	2,40	2,60	2,00
<b>S20GLA1</b>	6,00	7,50	7,20	6,50	6,30	6,90	6,50
<b>S20GLA3</b>	8,80	9,30	8,90	10,50	7,80	8,40	9,20
<b>S20GLA6</b>	8,60	9,70	9,20	11,80	7,60	8,50	10,40
<b>S20GLA10</b>	6,80	8,50	8,00	10,60	5,70	7,40	9,90
<b>S20GLA15</b>	4,90	7,40	7,20	9,00	4,20	5,80	8,10
<b>S20GLA20</b>	3,60	5,60	5,30	7,00	3,40	4,40	6,90
<b>S20FAIT</b>	20,23	24,54	37,16	36,06	22,01	34,85	27,20
<b>S30GNA</b>	371,30	396,60	324,40	471,60	459,40	437,10	689,40
<b>S30GNRE</b>	4,82	4,96	4,70	5,42	7,07	5,99	7,75
<b>S30GWA</b>	724,50	636,40	632,40	837,20	653,90	699,50	986,70
<b>S30GWRE</b>	9,41	7,96	9,17	9,62	10,06	9,58	11,09
<b>S301NA</b>	496,00	508,20	443,10	640,30	556,50	579,70	874,50
<b>S301NRE</b>	6,44	6,35	6,42	7,36	8,56	7,94	9,83
<b>S301WA</b>	969,50	820,70	864,80	1139,30	793,10	929,40	1256,30
<b>S301WRE</b>	12,59	10,26	12,53	13,10	12,20	12,73	14,12
<b>S302NA</b>	443,30	477,90	378,10	561,90	508,30	506,70	806,50
<b>S302NRE</b>	5,76	5,97	5,48	6,46	7,82	6,94	9,06
<b>S302WA</b>	865,70	770,20	737,50	998,80	724,00	811,50	1156,00
<b>S302WRE</b>	11,24	9,63	10,69	11,48	11,14	11,12	12,99
<b>S303NA</b>	366,90	419,10	323,90	488,50	471,60	423,50	752,80
<b>S303NRE</b>	4,76	5,24	4,69	5,61	7,26	5,80	8,46
<b>S303WA</b>	715,80	672,20	630,80	867,10	671,20	677,60	1077,70
<b>S303WRE</b>	9,30	8,40	9,14	9,97	10,33	9,28	12,11
<b>S304NA</b>	344,30	367,70	296,20	432,80	432,30	391,60	643,00
<b>S304NRE</b>	4,47	4,60	4,29	4,97	6,65	5,36	7,22
<b>S304WA</b>	671,40	588,10	577,20	767,40	614,90	626,10	918,80
<b>S304WRE</b>	8,72	7,35	8,37	8,82	9,46	8,58	10,32
<b>S305NA</b>	309,90	319,90	260,60	381,50	410,70	374,00	568,10
<b>S305NRE</b>	4,02	4,00	3,78	4,39	6,32	5,12	6,38
<b>S305WA</b>	603,80	509,70	507,80	675,90	583,80	598,00	811,00
<b>S305WRE</b>	7,84	6,37	7,36	7,77	8,98	8,19	9,11
<b>S306NA</b>	267,60	288,80	244,20	325,00	378,00	348,30	491,50
<b>S306NRE</b>	3,48	3,61	3,54	3,74	5,82	4,77	5,52
<b>S306WA</b>	521,20	460,20	475,70	574,90	537,00	556,50	700,30
<b>S306WRE</b>	6,78	5,75	6,89	6,61	8,26	7,62	7,87
<b>S30GLAR</b>	1,60	1,80	,70	1,60	1,20	1,30	,80
<b>S30GLANB</b>	3,40	4,60	3,80	3,70	3,00	3,20	2,50
<b>S30GLA1</b>	7,60	8,80	8,00	7,40	6,70	7,20	8,50
<b>S30GLA3</b>	10,70	11,20	10,70	13,20	9,60	10,20	11,20
<b>S30GLA6</b>	10,40	11,30	12,00	14,00	10,20	10,40	12,10
<b>S30GLA10</b>	9,00	10,20	11,50	13,10	9,00	10,20	11,80
<b>S30GLA15</b>	6,40	8,80	10,30	12,20	7,20	7,90	11,10
<b>S30GLA20</b>	5,10	7,40	9,00	10,30	5,50	6,50	9,30
<b>WOPT_4MA</b>	23,29	19,77	26,38	25,78	28,33	23,17	21,04
<b>WOPT_4MR</b>	23,31	19,70	26,30	25,78	28,35	23,31	21,02
<b>FATIGIND</b>	46,25	43,93	44,99	49,54	32,29	40,12	44,26

Tab. 39: Datenliste Proband 8-14

## Anhang D Korrelationen

Tabelle 40: Innerkorrelationen Antrittstest 10 Sekunden

		S10GNA	S10GNRE	S10GWA	S10GWRE
S10GNA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	** ,807 ,000 14	,503 ,067 14	-,046 ,877 14
S10GNRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,807 ,000 14	1,000 , 14	,159 ,587 14	,094 ,748 14
S10GWA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,503 ,067 14	,159 ,587 14	1,000 , 14	* ,613 ,020 14
S10GWRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,046 ,877 14	,094 ,748 14	* ,613 ,020 14	1,000 , 14
S101NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,977 ,000 14	** ,780 ,001 14	* ,560 ,037 14	,034 ,909 14
S101NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,762 ,002 14	** ,961 ,000 14	,213 ,464 14	,195 ,503 14
S101WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,383 ,176 14	,066 ,822 14	** ,957 ,000 14	* ,646 ,013 14
S101WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,136 ,644 14	-,022 ,941 14	* ,562 ,037 14	** ,940 ,000 14
S102NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,978 ,000 14	** ,798 ,001 14	,425 ,129 14	-,120 ,682 14
S102NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,793 ,001 14	** ,964 ,000 14	,097 ,742 14	-,009 ,975 14
S102WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,589 ,027 14	,252 ,385 14	** ,938 ,000 14	,505 ,065 14
S102WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,083 ,778 14	,232 ,426 14	* ,567 ,034 14	** ,892 ,000 14
S10GLAKR	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,137 ,641 14	-,359 ,207 14	-,043 ,884 14	-,232 ,425 14
S10GLAKB	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,232 ,425 14	-,277 ,338 14	-,026 ,929 14	,084 ,776 14
S10GLAK1	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,106 ,718 14	-,020 ,945 14	,519 ,057 14	,478 ,084 14

		S10GNA	S10GNRE	S10GWA	S10GWRE
S10GLAK3	Korrelation nach Pearson	,356	,237	** ,805	** ,732
	Signifikanz (2-seitig)	,212	,415	,001	,003
	N	14	14	14	14
S10GLAK6	Korrelation nach Pearson	,462	,341	** ,801	** ,693
	Signifikanz (2-seitig)	,096	,233	,001	,006
	N	14	14	14	14
S10GLA10	Korrelation nach Pearson	,474	,211	** ,867	* ,583
	Signifikanz (2-seitig)	,087	,469	,000	,029
	N	14	14	14	14
S10GLA15	Korrelation nach Pearson	,509	,275	** ,779	,474
	Signifikanz (2-seitig)	,063	,341	,001	,087
	N	14	14	14	14
S10GLA20	Korrelation nach Pearson	,184	,006	** ,694	* ,565
	Signifikanz (2-seitig)	,530	,984	,006	,035
	N	14	14	14	14
S10FAIT	Korrelation nach Pearson	-,293	-,294	,099	,259
	Signifikanz (2-seitig)	,309	,307	,736	,371
	N	14	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		S101NA	S101NRE	S101WA	S101WRE
S10GNA	Korrelation nach Pearson	** ,977	** ,762	,383	-,136
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,002	,176	,644
	N	14	14	14	14
S10GNRE	Korrelation nach Pearson	** ,780	** ,961	,066	-,022
	Signifikanz (2-seitig)	,001	,000	,822	,941
	N	14	14	14	14
S10GWA	Korrelation nach Pearson	* ,560	,213	** ,957	* ,562
	Signifikanz (2-seitig)	,037	,464	,000	,037
	N	14	14	14	14
S10GWRE	Korrelation nach Pearson	,034	,195	* ,646	** ,940
	Signifikanz (2-seitig)	,909	,503	,013	,000
	N	14	14	14	14
S101NA	Korrelation nach Pearson	1,000	** ,794	,497	,004
	Signifikanz (2-seitig)	,	,001	,071	,989
	N	14	14	14	14
S101NRE	Korrelation nach Pearson	** ,794	1,000	,196	,160
	Signifikanz (2-seitig)	,001	,	,502	,586
	N	14	14	14	14
S101WA	Korrelation nach Pearson	,497	,196	1,000	** ,690
	Signifikanz (2-seitig)	,071	,502	,	,006
	N	14	14	14	14
S101WRE	Korrelation nach Pearson	,004	,160	** ,690	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,989	,586	,006	,
	N	14	14	14	14
S102NA	Korrelation nach Pearson	** ,911	** ,696	,256	-,265
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,006	,378	,359
	N	14	14	14	14
S102NRE	Korrelation nach Pearson	** ,711	** ,853	-,062	-,194
	Signifikanz (2-seitig)	,004	,000	,834	,507
	N	14	14	14	14

		S101NA	S101NRE	S101WA	S101WRE
S102WA	Korrelation nach Pearson	*,573	,210	** ,797	,347
	Signifikanz (2-seitig)	,032	,471	,001	,224
	N	14	14	14	14
S102WRE	Korrelation nach Pearson	,068	,207	,468	** ,685
	Signifikanz (2-seitig)	,818	,478	,091	,007
	N	14	14	14	14
S10GLAKR	Korrelation nach Pearson	-,199	-,431	-,106	-,260
	Signifikanz (2-seitig)	,495	,124	,717	,369
	N	14	14	14	14
S10GLAKB	Korrelation nach Pearson	-,244	-,290	-,048	,046
	Signifikanz (2-seitig)	,400	,314	,869	,877
	N	14	14	14	14
S10GLAK1	Korrelation nach Pearson	,159	,036	*,535	,468
	Signifikanz (2-seitig)	,588	,902	,049	,092
	N	14	14	14	14
S10GLAK3	Korrelation nach Pearson	,379	,250	** ,738	*,609
	Signifikanz (2-seitig)	,182	,389	,003	,021
	N	14	14	14	14
S10GLAK6	Korrelation nach Pearson	,471	,336	** ,708	*,547
	Signifikanz (2-seitig)	,090	,240	,005	,043
	N	14	14	14	14
S10GLA10	Korrelation nach Pearson	,458	,172	** ,739	,421
	Signifikanz (2-seitig)	,100	,557	,003	,134
	N	14	14	14	14
S10GLA15	Korrelation nach Pearson	,503	,254	** ,675	,354
	Signifikanz (2-seitig)	,067	,381	,008	,214
	N	14	14	14	14
S10GLA20	Korrelation nach Pearson	,186	,000	*,629	,471
	Signifikanz (2-seitig)	,525	1,000	,016	,089
	N	14	14	14	14
S10FAIT	Korrelation nach Pearson	-,087	-,022	,384	*,571
	Signifikanz (2-seitig)	,768	,940	,175	,033
	N	14	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		S102NA	S102NRE	S102WA	S102WRE
S10GNA	Korrelation nach Pearson	** ,978	** ,793	*,589	,083
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,001	,027	,778
	N	14	14	14	14
S10GNRE	Korrelation nach Pearson	** ,798	** ,964	,252	,232
	Signifikanz (2-seitig)	,001	,000	,385	,426
	N	14	14	14	14
S10GWA	Korrelation nach Pearson	,425	,097	** ,938	*,567
	Signifikanz (2-seitig)	,129	,742	,000	,034
	N	14	14	14	14
S10GWRE	Korrelation nach Pearson	-,120	-,009	,505	** ,892
	Signifikanz (2-seitig)	,682	,975	,065	,000
	N	14	14	14	14

		S102NA	S102NRE	S102WA	S102WRE
S101NA	Korrelation nach Pearson	** ,911	** ,711	* ,573	,068
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,004	,032	,818
	N	14	14	14	14
S101NRE	Korrelation nach Pearson	** ,696	** ,853	,210	,207
	Signifikanz (2-seitig)	,006	,000	,471	,478
	N	14	14	14	14
S101WA	Korrelation nach Pearson	,256	-,062	** ,797	,468
	Signifikanz (2-seitig)	,378	,834	,001	,091
	N	14	14	14	14
S101WRE	Korrelation nach Pearson	-,265	-,194	,347	** ,685
	Signifikanz (2-seitig)	,359	,507	,224	,007
	N	14	14	14	14
S102NA	Korrelation nach Pearson	1,000	** ,838	* ,579	,096
	Signifikanz (2-seitig)	,	,000	,030	,745
	N	14	14	14	14
S102NRE	Korrelation nach Pearson	** ,838	1,000	,275	,238
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,	,342	,412
	N	14	14	14	14
S102WA	Korrelation nach Pearson	* ,579	,275	1,000	* ,621
	Signifikanz (2-seitig)	,030	,342	,	,018
	N	14	14	14	14
S102WRE	Korrelation nach Pearson	,096	,238	* ,621	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,745	,412	,018	,
	N	14	14	14	14
S10GLAKR	Korrelation nach Pearson	-,069	-,259	,039	-,147
	Signifikanz (2-seitig)	,815	,371	,895	,615
	N	14	14	14	14
S10GLAKB	Korrelation nach Pearson	-,209	-,241	,004	,117
	Signifikanz (2-seitig)	,473	,406	,990	,690
	N	14	14	14	14
S10GLAK1	Korrelation nach Pearson	,050	-,069	,441	,406
	Signifikanz (2-seitig)	,864	,816	,114	,150
	N	14	14	14	14
S10GLAK3	Korrelation nach Pearson	,319	,209	** ,793	** ,760
	Signifikanz (2-seitig)	,267	,474	,001	,002
	N	14	14	14	14
S10GLAK6	Korrelation nach Pearson	,434	,320	** ,820	** ,756
	Signifikanz (2-seitig)	,121	,264	,000	,002
	N	14	14	14	14
S10GLA10	Korrelation nach Pearson	,469	,235	** ,921	** ,690
	Signifikanz (2-seitig)	,091	,419	,000	,006
	N	14	14	14	14
S10GLA15	Korrelation nach Pearson	,493	,275	** ,816	* ,544
	Signifikanz (2-seitig)	,073	,341	,000	,044
	N	14	14	14	14
S10GLA20	Korrelation nach Pearson	,174	,010	** ,692	* ,582
	Signifikanz (2-seitig)	,552	,974	,006	,029
	N	14	14	14	14
S10FAIT	Korrelation nach Pearson	-,482	* -,534	-,251	-,203
	Signifikanz (2-seitig)	,081	,049	,387	,486
	N	14	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		S10GLAKR	S10GLAKB	S10GLAK1	S10GLAK3
S10GNA	Korrelation nach Pearson	-,137	-,232	,106	,356
	Signifikanz (2-seitig)	,641	,425	,718	,212
	N	14	14	14	14
S10GNRE	Korrelation nach Pearson	-,359	-,277	-,020	,237
	Signifikanz (2-seitig)	,207	,338	,945	,415
	N	14	14	14	14
S10GWA	Korrelation nach Pearson	-,043	-,026	,519	** ,805
	Signifikanz (2-seitig)	,884	,929	,057	,001
	N	14	14	14	14
S10GWRE	Korrelation nach Pearson	-,232	,084	,478	** ,732
	Signifikanz (2-seitig)	,425	,776	,084	,003
	N	14	14	14	14
S101NA	Korrelation nach Pearson	-,199	-,244	,159	,379
	Signifikanz (2-seitig)	,495	,400	,588	,182
	N	14	14	14	14
S101NRE	Korrelation nach Pearson	-,431	-,290	,036	,250
	Signifikanz (2-seitig)	,124	,314	,902	,389
	N	14	14	14	14
S101WA	Korrelation nach Pearson	-,106	-,048	* ,535	** ,738
	Signifikanz (2-seitig)	,717	,869	,049	,003
	N	14	14	14	14
S101WRE	Korrelation nach Pearson	-,260	,046	,468	* ,609
	Signifikanz (2-seitig)	,369	,877	,092	,021
	N	14	14	14	14
S102NA	Korrelation nach Pearson	-,069	-,209	,050	,319
	Signifikanz (2-seitig)	,815	,473	,864	,267
	N	14	14	14	14
S102NRE	Korrelation nach Pearson	-,259	-,241	-,069	,209
	Signifikanz (2-seitig)	,371	,406	,816	,474
	N	14	14	14	14
S102WA	Korrelation nach Pearson	,039	,004	,441	** ,793
	Signifikanz (2-seitig)	,895	,990	,114	,001
	N	14	14	14	14
S102WRE	Korrelation nach Pearson	-,147	,117	,406	** ,760
	Signifikanz (2-seitig)	,615	,690	,150	,002
	N	14	14	14	14
S10GLAKR	Korrelation nach Pearson	1,000	,496	,122	-,097
	Signifikanz (2-seitig)	,	,071	,679	,741
	N	14	14	14	14
S10GLAKB	Korrelation nach Pearson	,496	1,000	,342	,055
	Signifikanz (2-seitig)	,071	,	,232	,851
	N	14	14	14	14
S10GLAK1	Korrelation nach Pearson	,122	,342	1,000	** ,756
	Signifikanz (2-seitig)	,679	,232	,	,002
	N	14	14	14	14
S10GLAK3	Korrelation nach Pearson	-,097	,055	** ,756	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,741	,851	,002	,
	N	14	14	14	14



		S10GLAKR	S10GLAKB	S10GLAK1	S10GLAK3
S10GLAK6	Korrelation nach Pearson	-,136	,058	*,577	**,950
	Signifikanz (2-seitig)	,643	,844	,031	,000
	N	14	14	14	14
S10GLA10	Korrelation nach Pearson	,012	,153	*,560	**,863
	Signifikanz (2-seitig)	,967	,601	,037	,000
	N	14	14	14	14
S10GLA15	Korrelation nach Pearson	,112	,140	,280	*,602
	Signifikanz (2-seitig)	,702	,632	,333	,023
	N	14	14	14	14
S10GLA20	Korrelation nach Pearson	,043	,078	,213	*,549
	Signifikanz (2-seitig)	,884	,792	,464	,042
	N	14	14	14	14
S10FAIT	Korrelation nach Pearson	-,223	-,056	,175	-,033
	Signifikanz (2-seitig)	,443	,849	,549	,912
	N	14	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		S10GLAK6	S10GLA10	S10GLA15
S10GNA	Korrelation nach Pearson	,462	,474	,509
	Signifikanz (2-seitig)	,096	,087	,063
	N	14	14	14
S10GNRE	Korrelation nach Pearson	,341	,211	,275
	Signifikanz (2-seitig)	,233	,469	,341
	N	14	14	14
S10GWA	Korrelation nach Pearson	**,801	**,867	**,779
	Signifikanz (2-seitig)	,001	,000	,001
	N	14	14	14
S10GWRE	Korrelation nach Pearson	**,693	*,583	,474
	Signifikanz (2-seitig)	,006	,029	,087
	N	14	14	14
S101NA	Korrelation nach Pearson	,471	,458	,503
	Signifikanz (2-seitig)	,090	,100	,067
	N	14	14	14
S101NRE	Korrelation nach Pearson	,336	,172	,254
	Signifikanz (2-seitig)	,240	,557	,381
	N	14	14	14
S101WA	Korrelation nach Pearson	**,708	**,739	**,675
	Signifikanz (2-seitig)	,005	,003	,008
	N	14	14	14
S101WRE	Korrelation nach Pearson	*,547	,421	,354
	Signifikanz (2-seitig)	,043	,134	,214
	N	14	14	14
S102NA	Korrelation nach Pearson	,434	,469	,493
	Signifikanz (2-seitig)	,121	,091	,073
	N	14	14	14
S102NRE	Korrelation nach Pearson	,320	,235	,275
	Signifikanz (2-seitig)	,264	,419	,341
	N	14	14	14

		S10GLAK6	S10GLA10	S10GLA15
S102WA	Korrelation nach Pearson	** ,820	** ,921	** ,816
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
	N	14	14	14
S102WRE	Korrelation nach Pearson	** ,756	** ,690	* ,544
	Signifikanz (2-seitig)	,002	,006	,044
	N	14	14	14
S10GLAKR	Korrelation nach Pearson	-,136	,012	,112
	Signifikanz (2-seitig)	,643	,967	,702
	N	14	14	14
S10GLAKB	Korrelation nach Pearson	,058	,153	,140
	Signifikanz (2-seitig)	,844	,601	,632
	N	14	14	14
S10GLAK1	Korrelation nach Pearson	* ,577	* ,560	,280
	Signifikanz (2-seitig)	,031	,037	,333
	N	14	14	14
S10GLAK3	Korrelation nach Pearson	** ,950	** ,863	* ,602
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,023
	N	14	14	14
S10GLAK6	Korrelation nach Pearson	1,000	** ,897	** ,699
	Signifikanz (2-seitig)	,	,000	,005
	N	14	14	14
S10GLA10	Korrelation nach Pearson	** ,897	1,000	** ,807
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,	,000
	N	14	14	14
S10GLA15	Korrelation nach Pearson	** ,699	** ,807	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,005	,000	,
	N	14	14	14
S10GLA20	Korrelation nach Pearson	* ,623	** ,714	** ,914
	Signifikanz (2-seitig)	,017	,004	,000
	N	14	14	14
S10FAIT	Korrelation nach Pearson	-,111	-,218	-,154
	Signifikanz (2-seitig)	,706	,453	,600
	N	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		S10GLA20	S10FAIT
S10GNA	Korrelation nach Pearson	,184	-,293
	Signifikanz (2-seitig)	,530	,309
	N	14	14
S10GNRE	Korrelation nach Pearson	,006	-,294
	Signifikanz (2-seitig)	,984	,307
	N	14	14
S10GWA	Korrelation nach Pearson	** ,694	,099
	Signifikanz (2-seitig)	,006	,736
	N	14	14
S10GWRE	Korrelation nach Pearson	* ,565	,259
	Signifikanz (2-seitig)	,035	,371
	N	14	14
S101NA	Korrelation nach Pearson	,186	-,087
	Signifikanz (2-seitig)	,525	,768
	N	14	14

		S10GLA20	S10FAIT
S101NRE	Korrelation nach Pearson	,000	-,022
	Signifikanz (2-seitig)	1,000	,940
	N	14	14
S101WA	Korrelation nach Pearson	*,629	,384
	Signifikanz (2-seitig)	,016	,175
	N	14	14
S101WRE	Korrelation nach Pearson	,471	*,571
	Signifikanz (2-seitig)	,089	,033
	N	14	14
S102NA	Korrelation nach Pearson	,174	-,482
	Signifikanz (2-seitig)	,552	,081
	N	14	14
S102NRE	Korrelation nach Pearson	,010	*,534
	Signifikanz (2-seitig)	,974	,049
	N	14	14
S102WA	Korrelation nach Pearson	**,692	-,251
	Signifikanz (2-seitig)	,006	,387
	N	14	14
S102WRE	Korrelation nach Pearson	*,582	-,203
	Signifikanz (2-seitig)	,029	,486
	N	14	14
S10GLAKR	Korrelation nach Pearson	,043	-,223
	Signifikanz (2-seitig)	,884	,443
	N	14	14
S10GLAKB	Korrelation nach Pearson	,078	-,056
	Signifikanz (2-seitig)	,792	,849
	N	14	14
S10GLAK1	Korrelation nach Pearson	,213	,175
	Signifikanz (2-seitig)	,464	,549
	N	14	14
S10GLAK3	Korrelation nach Pearson	*,549	-,033
	Signifikanz (2-seitig)	,042	,912
	N	14	14
S10GLAK6	Korrelation nach Pearson	*,623	-,111
	Signifikanz (2-seitig)	,017	,706
	N	14	14
S10GLA10	Korrelation nach Pearson	**,714	-,218
	Signifikanz (2-seitig)	,004	,453
	N	14	14
S10GLA15	Korrelation nach Pearson	**,914	-,154
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,600
	N	14	14
S10GLA20	Korrelation nach Pearson	1,000	-,037
	Signifikanz (2-seitig)	,	,899
	N	14	14
S10FAIT	Korrelation nach Pearson	-,037	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,899	,
	N	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant

Tab. 40 Innerkorrelationen Antrittstest 10 s.

Tabelle 41: Innerkorrelationen Antrittstest 20 Sekunden

		S20GNA	S20GNRE	S20GWA	S20GWRE
S20GNA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	** ,889 ,000 14	** ,702 ,005 14	,308 ,283 14
S20GNRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,889 ,000 14	1,000 , 14	,427 ,128 14	,304 ,290 14
S20GWA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,702 ,005 14	,427 ,128 14	1,000 , 14	** ,718 ,004 14
S20GWRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,308 ,283 14	,304 ,290 14	** ,718 ,004 14	1,000 , 14
S201NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,980 ,000 14	** ,854 ,000 14	** ,735 ,003 14	,348 ,223 14
S201NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,850 ,000 14	** ,960 ,000 14	,441 ,114 14	,357 ,210 14
S201WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,556 ,039 14	,276 ,339 14	** ,948 ,000 14	** ,724 ,003 14
S201WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,112 ** ,703 14	,049 ,868 14	* ,629 ,016 14	** ,886 ,000 14
S202NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,998 ,000 14	** ,880 ,000 14	** ,701 ,005 14	,290 ,315 14
S202NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,904 ,000 14	** ,996 ,000 14	,443 ,112 14	,283 ,326 14
S202WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,722 ,004 14	,441 ,114 14	** ,995 ,000 14	** ,680 ,007 14
S202WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,399 ,157 14	,366 ,198 14	** ,781 ,001 14	** ,980 ,000 14
S203NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,995 ,000 14	** ,888 ,000 14	** ,677 ,008 14	,276 ,339 14
S203NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,898 ,000 14	** ,990 ,000 14	,426 ,129 14	,262 ,365 14
S203WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,771 ,001 14	,506 ,065 14	** ,981 ,000 14	* ,659 ,010 14

		S20GNA	S20GNRE	S20GWA	S20GWRE
S203WRE	Korrelation nach Pearson	,495	,477	** ,772	** ,937
	Signifikanz (2-seitig)	,072	,084	,001	,000
	N	14	14	14	14
S204NA	Korrelation nach Pearson	** ,986	** ,907	* ,661	,307
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,010	,286
	N	14	14	14	14
S204NRE	Korrelation nach Pearson	** ,822	** ,974	,344	,285
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,229	,324
	N	14	14	14	14
S204WA	Korrelation nach Pearson	** ,679	,443	** ,960	** ,745
	Signifikanz (2-seitig)	,008	,113	,000	,002
	N	14	14	14	14
S204WRE	Korrelation nach Pearson	,212	,283	* ,539	** ,903
	Signifikanz (2-seitig)	,466	,328	,047	,000
	N	14	14	14	14
S20GLAR	Korrelation nach Pearson	-,336	-,295	-,207	-,102
	Signifikanz (2-seitig)	,240	,306	,478	,730
	N	14	14	14	14
S20GLANB	Korrelation nach Pearson	-,073	-,095	,030	,074
	Signifikanz (2-seitig)	,804	,746	,920	,803
	N	14	14	14	14
S20GLA1	Korrelation nach Pearson	-,090	-,098	,156	,323
	Signifikanz (2-seitig)	,760	,738	,594	,260
	N	14	14	14	14
S20GLA3	Korrelation nach Pearson	,027	-,119	,467	,517
	Signifikanz (2-seitig)	,927	,684	,093	,059
	N	14	14	14	14
S20GLA6	Korrelation nach Pearson	,374	,074	** ,671	,348
	Signifikanz (2-seitig)	,187	,803	,009	,223
	N	14	14	14	14
S20GLA10	Korrelation nach Pearson	* ,584	,229	* ,637	,059
	Signifikanz (2-seitig)	,028	,431	,014	,841
	N	14	14	14	14
S20GLA15	Korrelation nach Pearson	,504	,202	,358	-,251
	Signifikanz (2-seitig)	,066	,489	,209	,386
	N	14	14	14	14
S20GLA20	Korrelation nach Pearson	* ,568	,327	,297	-,286
	Signifikanz (2-seitig)	,034	,253	,302	,321
	N	14	14	14	14
S20FAIT	Korrelation nach Pearson	-,138	-,244	,094	,065
	Signifikanz (2-seitig)	,638	,401	,748	,825
	N	14	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		S201NA	S201NRE	S201WA	S201WRE
S20GNA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,980 ,000 14	** ,850 ,000 14	* ,556 ,039 14	,112 ,703 14
S20GNRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,854 ,000 14	** ,960 ,000 14	,276 ,339 14	,049 ,868 14
S20GWA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,735 ,003 14	,441 ,114 14	** ,948 ,000 14	* ,629 ,016 14
S20GWRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,348 ,223 14	,357 ,210 14	,724 ,003 14	** ,886 ,000 14
S201NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	** ,869 ,000 14	* ,647 ,012 14	,188 ,519 14
S201NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,869 ,000 14	1,000 , 14	,376 ,185 14	,149 ,611 14
S201WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,647 ,012 14	,376 ,185 14	1,000 , 14	** ,720 ,004 14
S201WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,188 ,519 14	,149 ,611 14	** ,720 ,004 14	1,000 , 14
S202NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,979 ,000 14	** ,840 ,000 14	* ,554 ,040 14	,096 ,744 14
S202NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,870 ,000 14	** ,955 ,000 14	,291 ,312 14	,030 ,919 14
S202WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,753 ,002 14	,453 ,104 14	** ,939 ,000 14	* ,588 ,027 14
S202WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,439 ,117 14	,416 ,139 14	** ,774 ,001 14	** ,851 ,000 14
S203NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,957 ,000 14	** ,822 ,000 14	,505 ,065 14	,071 ,810 14
S203NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,839 ,000 14	** ,913 ,000 14	,239 ,410 14	,000 ,999 14
S203WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,769 ,001 14	,472 ,089 14	** ,873 ,000 14	,531 ,051 14
S203WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,475 ,086 14	,443 ,113 14	** ,671 ,009 14	** ,748 ,002 14
S204NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,939 ,000 14	** ,830 ,000 14	,476 ,085 14	,080 ,785 14

		S201NA	S201NRE	S201WA	S201WRE
S204NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,750 ,002 14	** ,883 ,000 14	,148 ,614 14	,000 1,000 14
S204WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,666 ,009 14	,397 ,160 14	** ,847 ,000 14	* ,602 ,023 14
S204WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,180 ,539 14	,238 ,412 14	,454 ,103 14	** ,726 ,003 14
S20GLAR	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,377 ,184 14	-,352 ,217 14	-,245 ,399 14	-,165 ,572 14
S20GLANB	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,083 ,777 14	-,112 ,702 14	,032 ,913 14	,091 ,756 14
S20GLA1	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,052 ,859 14	-,043 ,883 14	,231 ,427 14	,354 ,214 14
S20GLA3	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,065 ,824 14	-,083 ,778 14	,512 ,061 14	* ,566 ,035 14
S20GLA6	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,429 ,126 14	,118 ,688 14	** ,701 ,005 14	,460 ,098 14
S20GLA10	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,637 ,014 14	,269 ,352 14	* ,644 ,013 14	,175 ,549 14
S20GLA15	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,544 ,044 14	,234 ,421 14	,367 ,197 14	-,089 ,763 14
S20GLA20	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,588 ,027 14	,337 ,239 14	,271 ,350 14	-,181 ,536 14
S20FAIT	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,053 ,858 14	,024 ,934 14	,388 ,171 14	,294 ,308 14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		S202NA	S202NRE	S202WA	S202WRE
S20GNA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,998 ,000 14	** ,904 ,000 14	** ,722 ,004 14	,399 ,157 14
S20GNRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,880 ,000 14	** ,996 ,000 14	,441 ,114 14	,366 ,198 14
S20GWA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,701 ,005 14	,443 ,112 14	** ,995 ,000 14	** ,781 ,001 14
S20GWRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,290 ,315 14	,283 ,326 14	** ,680 ,007 14	** ,980 ,000 14
S201NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,979 ,000 14	** ,870 ,000 14	** ,753 ,002 14	,439 ,117 14
S201NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,840 ,000 14	** ,955 ,000 14	,453 ,104 14	,416 ,139 14
S201WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,554 ,040 14	,291 ,312 14	** ,939 ,000 14	** ,774 ,001 14
S201WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,096 ,744 14	,030 ,919 14	* ,588 ,027 14	** ,851 ,000 14
S202NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	** ,900 ,000 14	** ,726 ,003 14	,391 ,167 14
S202NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,900 ,000 14	1,000 , 14	,465 ,094 14	,362 ,204 14
S202WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,726 ,003 14	,465 ,094 14	1,000 , 14	** ,761 ,002 14
S202WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,391 ,167 14	,362 ,204 14	** ,761 ,002 14	1,000 , 14
S203NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,993 ,000 14	** ,902 ,000 14	** ,697 ,006 14	,365 ,199 14
S203NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,890 ,000 14	** ,987 ,000 14	,440 ,115 14	,325 ,257 14
S203WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,768 ,001 14	,520 ,057 14	** ,979 ,000 14	** ,724 ,003 14
S203WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,476 ,086 14	,458 ,100 14	** ,740 ,002 14	,932 ** ,000 14
S204NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,980 ,000 14	** ,914 ,000 14	** ,675 ,008 14	,383 ,177 14



		S202NA	S202NRE	S202WA	S202WRE
S204NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,807 ,000 14	** ,959 ,000 14	,349 ,222 14	,322 ,262 14
S204WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,668 ,009 14	,445 ,111 14	** ,942 ,000 14	** ,779 ,001 14
S204WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,183 ,532 14	,241 ,406 14	,485 ,079 14	** ,838 ,000 14
S20GLAR	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,325 ,257 14	-,285 ,323 14	-,206 ,480 14	-,096 ,745 14
S20GLANB	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,073 ,803 14	-,093 ,752 14	,033 ,910 14	,064 ,829 14
S20GLA1	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,084 ,776 14	-,088 ,766 14	,166 ,570 14	,335 ,242 14
S20GLA3	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,029 ,922 14	-,110 ,709 14	,459 ,099 14	,525 ,054 14
S20GLA6	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,385 ,174 14	,105 ,721 14	** ,684 ,007 14	,412 ,143 14
S20GLA10	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,600 ,023 14	,271 ,349 14	** ,666 ,009 14	,155 ,597 14
S20GLA15	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,521 ,056 14	,242 ,405 14	,395 ,162 14	-,162 ,581 14
S20GLA20	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,580 ,030 14	,361 ,205 14	,333 ,244 14	-,202 ,489 14
S20FAIT	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,124 ,674 14	-,220 ,450 14	,108 ,713 14	,099 ,737 14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		S203NA	S203NRE	S203WA	S203WRE
S20GNA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,995 ,000 14	** ,898 ,000 14	** ,771 ,001 14	,495 ,072 14
S20GNRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,888 ,000 14	** ,990 ,000 14	,506 ,065 14	,477 ,084 14
S20GWA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,677 ,008 14	,426 ,129 14	** ,981 ,000 14	** ,772 ,001 14
S20GWRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,276 ,339 14	,262 ,365 14	* ,659 ,010 14	** ,937 ,000 14
S201NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,957 ,000 14	** ,839 ,000 14	** ,769 ,001 14	,475 ,086 14
S201NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,822 ,000 14	** ,913 ,000 14	,472 ,089 14	,443 ,113 14
S201WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,505 ,065 14	,239 ,410 14	** ,873 ,000 14	** ,671 ,009 14
S201WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,071 ,810 14	,000 ,999 14	,531 ,051 14	** ,748 ,002 14
S202NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,993 ,000 14	** ,890 ,000 14	** ,768 ,001 14	,476 ,086 14
S202NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,902 ,000 14	** ,987 ,000 14	,520 ,057 14	,458 ,100 14
S202WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,697 ,006 14	,440 ,115 14	** ,979 ,000 14	** ,740 ,002 14
S202WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,365 ,199 14	,325 ,257 14	** ,724 ,003 14	** ,932 ,000 14
S203NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	** ,910 ,000 14	** ,762 ,002 14	,491 ,075 14
S203NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,910 ,000 14	1,000 , 14	,526 ,053 14	,476 ,085 14
S203WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,762 ,002 14	,526 ,053 14	1,000 , 14	** ,779 ,001 14
S203WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,491 ,075 14	,476 ,085 14	** ,779 ,001 14	1,000 , 14
S204NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,994 ,000 14	** ,930 ,000 14	** ,751 ,002 14	,526 ,053 14

		S203NA	S203NRE	S203WA	S203WRE
S204NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,838 ,000 14	** ,983 ,000 14	,449 ,108 14	,495 ,072 14
S204WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,673 ,008 14	,464 ,095 14	** ,975 ,000 14	** ,851 ,000 14
S204WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,214 ,462 14	,280 ,333 14	* ,538 ,047 14	** ,925 ,000 14
S20GLAR	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,324 ,259 14	-,282 ,329 14	-,225 ,440 14	-,125 ,671 14
S20GLANB	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,091 ,758 14	-,112 ,703 14	,007 ,982 14	,020 ,945 14
S20GLA1	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,127 ,666 14	-,147 ,617 14	,085 ,772 14	,185 ,527 14
S20GLA3	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,004 ,989 14	-,143 ,627 14	,397 ,160 14	,423 ,132 14
S20GLA6	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,339 ,236 14	,062 ,833 14	* ,621 ,018 14	,321 ,263 14
S20GLA10	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,555 ,039 14	,230 ,429 14	* ,620 ,018 14	,098 ,739 14
S20GLA15	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,488 ,076 14	,213 ,465 14	,368 ,195 14	-,191 ,514 14
S20GLA20	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,562 ,037 14	,346 ,226 14	,337 ,239 14	-,179 ,540 14
S20FAIT	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,222 ,445 14	-,352 ,217 14	-,071 ,809 14	-,221 ,448 14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		S204NA	S204NRE	S204WA	S204WRE
S20GNA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,986 ,000 14	** ,822 ,000 14	** ,679 ,008 14	,212 ,466 14
S20GNRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,907 ,000 14	** ,974 ,000 14	,443 ,113 14	,283 ,328 14
S20GWA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,661 ,010 14	,344 ,229 14	** ,960 ,000 14	* ,539 ,047 14
S20GWRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,307 ,286 14	,285 ,324 14	** ,745 ,002 14	** ,903 ,000 14
S201NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,939 ,000 14	** ,750 ,002 14	** ,666 ,009 14	,180 ,539 14
S201NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,830 ,000 14	** ,883 ,000 14	,397 ,160 14	,238 ,412 14
S201WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,476 ,085 14	,148 ,614 14	** ,847 ,000 14	,454 ,103 14
S201WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,080 ,785 14	,000 1,000 14	* ,602 ,023 14	** ,726 ,003 14
S202NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,980 ,000 14	** ,807 ,000 14	** ,668 ,009 14	,183 ,532 14
S202NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,914 ,000 14	** ,959 ,000 14	,445 ,111 14	,241 ,406 14
S202WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,675 ,008 14	,349 ,222 14	** ,942 ,000 14	,485 ,079 14
S202WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,383 ,177 14	,322 ,262 14	** ,779 ,001 14	** ,838 ,000 14
S203NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,994 ,000 14	** ,838 ,000 14	** ,673 ,008 14	,214 ,462 14
S203NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,930 ,000 14	** ,983 ,000 14	,464 ,095 14	,280 ,333 14
S203WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,751 ,002 14	,449 ,108 14	** ,975 ,000 14	* ,538 ,047 14
S203WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,526 ,053 14	,495 ,072 14	** ,851 ,000 14	** ,925 ,000 14
S204NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	** ,876 ,000 14	** ,683 ,007 14	,281 ,331 14

		S204NA	S204NRE	S204WA	S204WRE
S204NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,876 ,000 14	1,000 , 14	,422 ,133 14	,362 ,204 14
S204WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,683 ,007 14	,422 ,133 14	1,000 , 14	** ,683 ,007 14
S204WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,281 ,331 14	,362 ,204 14	** ,683 ,007 14	1,000 , 14
S20GLAR	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,296 ,304 14	-,224 ,442 14	-,153 ,601 14	,018 ,951 14
S20GLANB	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,037 ,900 14	-,050 ,866 14	,110 ,707 14	,146 ,619 14
S20GLA1	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,096 ,743 14	-,113 ,700 14	,166 ,570 14	,254 ,381 14
S20GLA3	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,011 ,970 14	-,142 ,629 14	,471 ,089 14	,430 ,125 14
S20GLA6	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,314 ,274 14	-,020 ,945 14	,594 ,025 14	,158 ,590 14
S20GLA10	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,503 ,067 14	,096 ,744 14	,512 ,061 14	-,167 ,569 14
S20GLA15	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,425 ,130 14	,074 ,800 14	,224 ,442 14	-,448 ,108 14
S20GLA20	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,504 ,066 14	,217 ,455 14	,185 ,528 14	-,441 ,114 14
S20FAIT	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,292 ,311 14	-,446 ,110 14	-,160 ,585 14	-,329 ,251 14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		S20GLAR	S20GLANB	S20GLA1	S20GLA3
S20GNA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,336 ,240 14	-,073 ,804 14	-,090 ,760 14	,027 ,927 14
S20GNRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,295 ,306 14	-,095 ,746 14	-,098 ,738 14	-,119 ,684 14
S20GWA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,207 ,478 14	,030 ,920 14	,156 ,594 14	,467 ,093 14
S20GWRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,102 ,730 14	,074 ,803 14	,323 ,260 14	,517 ,059 14
S201NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,377 ,184 14	-,083 ,777 14	-,052 ,859 14	,065 ,824 14
S201NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,352 ,217 14	-,112 ,702 14	-,043 ,883 14	-,083 ,778 14
S201WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,245 ,399 14	,032 ,913 14	,231 ,427 14	,512 ,061 14
S201WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,165 ,572 14	,091 ,756 14	,354 ,214 14	,566 ,035 14
S202NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,325 ,257 14	-,073 ,803 14	-,084 ,776 14	,029 ,922 14
S202NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,285 ,323 14	-,093 ,752 14	-,088 ,766 14	-,110 ,709 14
S202WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,206 ,480 14	,033 ,910 14	,166 ,570 14	,459 ,099 14
S202WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,096 ,745 14	,064 ,829 14	,335 ,242 14	,525 ,054 14
S203NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,324 ,259 14	-,091 ,758 14	-,127 ,666 14	-,004 ,989 14
S203NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,282 ,329 14	-,112 ,703 14	-,147 ,617 14	-,143 ,627 14
S203WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,225 ,440 14	,007 ,982 14	,085 ,772 14	,397 ,160 14
S203WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,125 ,671 14	,020 ,945 14	,185 ,527 14	,423 ,132 14
S204NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,296 ,304 14	-,037 ,900 14	-,096 ,743 14	,011 ,970 14

		S20GLAR	S20GLANB	S20GLA1	S20GLA3
S204NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,224 ,442 14	-,050 ,866 14	-,113 ,700 14	-,142 ,629 14
S204WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,153 ,601 14	,110 ,707 14	,166 ,570 14	,471 ,089 14
S204WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,018 ,951 14	,146 ,619 14	,254 ,381 14	,430 ,125 14
S20GLAR	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	-,124 ,673 14	-,186 ,525 14	-,159 ,587 14
S20GLANB	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,124 ,673 14	1,000 , 14	** ,801 ,001 14	* ,633 ,015 14
S20GLA1	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,186 ,525 14	** ,801 ,001 14	1,000 , 14	** ,807 ,000 14
S20GLA3	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,159 ,587 14	* ,633 ,015 14	** ,807 ,000 14	1,000 , 14
S20GLA6	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,367 ,197 14	,497 ,070 14	* ,537 ,048 14	** ,812 ,000 14
S20GLA10	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,419 ,136 14	,203 ,487 14	,099 ,736 14	,313 ,276 14
S20GLA15	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,475 ,086 14	,058 ,845 14	-,109 ,711 14	-,030 ,920 14
S20GLA20	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,557* ,039 14	-,017 ,953 14	-,226 ,438 14	-,181 ,537 14
S20FAIT	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,204 ,484 14	-,117 ,690 14	,164 ,576 14	,136 ,644 14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		S20GLA6	S20GLA10	S20GLA15
S20GNA	Korrelation nach Pearson	,374	*,584	,504
	Signifikanz (2-seitig)	,187	,028	,066
	N	14	14	14
S20GNRE	Korrelation nach Pearson	,074	,229	,202
	Signifikanz (2-seitig)	,803	,431	,489
	N	14	14	14
S20GWA	Korrelation nach Pearson	** ,671	*,637	,358
	Signifikanz (2-seitig)	,009	,014	,209
	N	14	14	14
S20GWRE	Korrelation nach Pearson	,348	,059	-,251
	Signifikanz (2-seitig)	,223	,841	,386
	N	14	14	14
S201NA	Korrelation nach Pearson	,429	*,637	*,544
	Signifikanz (2-seitig)	,126	,014	,044
	N	14	14	14
S201NRE	Korrelation nach Pearson	,118	,269	,234
	Signifikanz (2-seitig)	,688	,352	,421
	N	14	14	14
S201WA	Korrelation nach Pearson	** ,701	*,644	,367
	Signifikanz (2-seitig)	,005	,013	,197
	N	14	14	14
S201WRE	Korrelation nach Pearson	,460	,175	-,089
	Signifikanz (2-seitig)	,098	,549	,763
	N	14	14	14
S202NA	Korrelation nach Pearson	,385	*,600	,521
	Signifikanz (2-seitig)	,174	,023	,056
	N	14	14	14
S202NRE	Korrelation nach Pearson	,105	,271	,242
	Signifikanz (2-seitig)	,721	,349	,405
	N	14	14	14
S202WA	Korrelation nach Pearson	** ,684	** ,666	,395
	Signifikanz (2-seitig)	,007	,009	,162
	N	14	14	14
S202WRE	Korrelation nach Pearson	,412	,155	-,162
	Signifikanz (2-seitig)	,143	,597	,581
	N	14	14	14
S203NA	Korrelation nach Pearson	,339	*,555	,488
	Signifikanz (2-seitig)	,236	,039	,076
	N	14	14	14
S203NRE	Korrelation nach Pearson	,062	,230	,213
	Signifikanz (2-seitig)	,833	,429	,465
	N	14	14	14
S203WA	Korrelation nach Pearson	*,621	*,620	,368
	Signifikanz (2-seitig)	,018	,018	,195
	N	14	14	14
S203WRE	Korrelation nach Pearson	,321	,098	-,191
	Signifikanz (2-seitig)	,263	,739	,514
	N	14	14	14



		S20GLA6	S20GLA10	S20GLA15
S204NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,314 ,274 14	,503 ,067 14	,425 ,130 14
S204NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,020 ,945 14	,096 ,744 14	,074 ,800 14
S204WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	*,594 ,025 14	,512 ,061 14	,224 ,442 14
S204WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,158 ,590 14	-,167 ,569 14	-,448 ,108 14
S20GLAR	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,367 ,197 14	-,419 ,136 14	-,475 ,086 14
S20GLANB	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,497 ,070 14	,203 ,487 14	,058 ,845 14
S20GLA1	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	*,537 ,048 14	,099 ,736 14	-,109 ,711 14
S20GLA3	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	**,812 ,000 14	,313 ,276 14	-,030 ,920 14
S20GLA6	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	**,801 ,001 14	*,534 ,049 14
S20GLA10	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	**,801 ,001 14	1,000 , 14	**,912 ,000 14
S20GLA15	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	*,534 ,049 14	**,912 ,000 14	1,000 , 14
S20GLA20	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,399 ,158 14	**,834 ,000 14	**,968 ,000 14
S20FAIT	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,262 ,365 14	,305 ,290 14	,294 ,307 14

\*\*, Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		S20GLA20	S20FAIT
S20GNA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	*,568 ,034 14	-,138 ,638 14
S20GNRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,327 ,253 14	-,244 ,401 14
S20GWA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,297 ,302 14	,094 ,748 14
S20GWRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,286 ,321 14	,065 ,825 14
S201NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	*,588 ,027 14	,053 ,858 14
S201NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,337 ,239 14	,024 ,934 14
S201WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,271 ,350 14	,388 ,171 14
S201WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,181 ,536 14	,294 ,308 14
S202NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,580 ,030 14	-,124 ,674 14
S202NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,361 ,205 14	-,220 ,450 14
S202WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,333 ,244 14	,108 ,713 14
S202WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,202 ,489 14	,099 ,737 14
S203NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	*,562 ,037 14	-,222 ,445 14
S203NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,346 ,226 14	-,352 ,217 14
S203WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,337 ,239 14	-,071 ,809 14
S203WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,179 ,540 14	-,221 ,448 14
S204NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,504 ,066 14	-,292 ,311 14

		S20GLA20	S20FAIT
S204NRE	Korrelation nach Pearson	,217	-,446
	Signifikanz (2-seitig)	,455	,110
	N	14	14
S204WA	Korrelation nach Pearson	,185	-,160
	Signifikanz (2-seitig)	,528	,585
	N	14	14
S204WRE	Korrelation nach Pearson	-,441	-,329
	Signifikanz (2-seitig)	,114	,251
	N	14	14
S20GLAR	Korrelation nach Pearson	*-,557	-,204
	Signifikanz (2-seitig)	,039	,484
	N	14	14
S20GLANB	Korrelation nach Pearson	-,017	-,117
	Signifikanz (2-seitig)	,953	,690
	N	14	14
S20GLA1	Korrelation nach Pearson	-,226	,164
	Signifikanz (2-seitig)	,438	,576
	N	14	14
S20GLA3	Korrelation nach Pearson	-,181	,136
	Signifikanz (2-seitig)	,537	,644
	N	14	14
S20GLA6	Korrelation nach Pearson	,399	,262
	Signifikanz (2-seitig)	,158	,365
	N	14	14
S20GLA10	Korrelation nach Pearson	**-,834	,305
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,290
	N	14	14
S20GLA15	Korrelation nach Pearson	**-,968	,294
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,307
	N	14	14
S20GLA20	Korrelation nach Pearson	1,000	,184
	Signifikanz (2-seitig)	,	,529
	N	14	14
S20FAIT	Korrelation nach Pearson	,184	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,529	,
	N	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tab. 42: Innerkorrelationen Antrittstest 20 s.

Tabelle 42: Innerkorrelationen Antrittstest 30 Sekunden

		S30GNA	S30GNRE	S30GWA	S30GWRE
S30GNA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	** ,890 ,000 14	** ,705 ,005 14	,380 ,180 14
S30GNRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,890 ,000 14	1,000 , 14	,464 ,095 14	,418 ,137 14
S30GWA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,705 ,005 14	,464 ,095 14	1,000 , 14	** ,757 ,002 14
S30GWRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,380 ,180 14	,418 ,137 14	** ,757 ,002 14	1,000 , 14
S301NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,969 ,000 14	** ,818 ,000 14	** ,750 ,002 14	,392 ,166 14
S301NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,885 ,000 14	** ,942 ,000 14	* ,543 ,045 14	,449 ,107 14
S301WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,581 ,029 14	,315 ,273 14	** ,938 ,000 14	** ,677 ,008 14
S301WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,263 ,364 14	,214 ,463 14	** ,717 ,004 14	** ,850 ,000 14
S302NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,989 ,000 14	** ,834 ,000 14	** ,739 ,003 14	,359 ,208 14
S302NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,939 ,000 14	** ,979 ,000 14	* ,555 ,039 14	,412 ,143 14
S302WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,654 ,011 14	,372 ,190 14	** ,978 ,000 14	** ,674 ,008 14
S302WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,397 ,159 14	,322 ,262 14	** ,849 ,000 14	** ,934 ,000 14
S303NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,994 ,000 14	** ,873 ,000 14	** ,709 ,005 14	,374 ,187 14
S303NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,918 ,000 14	** ,986 ,000 14	,513 ,061 14	,416 ,139 14
S303WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,752 ,002 14	,512 ,061 14	** ,984 ,000 14	** ,715 ,004 14
S303WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,528 ,052 14	,516 ,059 14	** ,825 ,000 14	** ,953 ,000 14

		S30GNA	S30GNRE	S30GWA	S30GWRE
S304NA	Korrelation nach Pearson	** ,996	** ,889	** ,695	,374
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,006	,188
	N	14	14	14	14
S304NRE	Korrelation nach Pearson	** ,886	** ,993	,459	,410
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,099	,145
	N	14	14	14	14
S304WA	Korrelation nach Pearson	** ,716	,483	** ,991	** ,755
	Signifikanz (2-seitig)	,004	,080	,000	,002
	N	14	14	14	14
S304WRE	Korrelation nach Pearson	,400	,441	** ,743	** ,980
	Signifikanz (2-seitig)	,157	,114	,002	,000
	N	14	14	14	14
S305NA	Korrelation nach Pearson	** ,978	** ,924	*,638	,385
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,014	,174
	N	14	14	14	14
S305NRE	Korrelation nach Pearson	** ,792	** ,966	,345	,394
	Signifikanz (2-seitig)	,001	,000	,227	,163
	N	14	14	14	14
S305WA	Korrelation nach Pearson	** ,698	*,534	** ,941	** ,802
	Signifikanz (2-seitig)	,005	,049	,000	,001
	N	14	14	14	14
S305WRE	Korrelation nach Pearson	,285	,434	,527	** ,889
	Signifikanz (2-seitig)	,323	,121	,053	,000
	N	14	14	14	14
S306NA	Korrelation nach Pearson	** ,951	** ,957	*,535	,341
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,049	,233
	N	14	14	14	14
S306NRE	Korrelation nach Pearson	** ,675	** ,923	,170	,308
	Signifikanz (2-seitig)	,008	,000	,561	,284
	N	14	14	14	14
S306WA	Korrelation nach Pearson	** ,704	*,608	** ,878	** ,822
	Signifikanz (2-seitig)	,005	,021	,000	,000
	N	14	14	14	14
S306WRE	Korrelation nach Pearson	,127	,402	,238	** ,743
	Signifikanz (2-seitig)	,665	,154	,412	,002
	N	14	14	14	14
S30GLAR	Korrelation nach Pearson	-,066	-,230	,139	-,103
	Signifikanz (2-seitig)	,824	,429	,635	,727
	N	14	14	14	14
S30GLANB	Korrelation nach Pearson	-,244	-,329	,011	-,012
	Signifikanz (2-seitig)	,400	,251	,971	,967
	N	14	14	14	14
S30GLA1	Korrelation nach Pearson	,009	-,072	,314	,354
	Signifikanz (2-seitig)	,975	,806	,275	,215
	N	14	14	14	14
S30GLA3	Korrelation nach Pearson	,081	-,103	,498	,394
	Signifikanz (2-seitig)	,782	,727	,070	,163
	N	14	14	14	14
S30GLA6	Korrelation nach Pearson	,257	,042	,528	,319
	Signifikanz (2-seitig)	,376	,886	,052	,267
	N	14	14	14	14

		S30GNA	S30GNRE	S30GWA	S30GWRE
S30GLA10	Korrelation nach Pearson	,488	,234	*,548	,174
	Signifikanz (2-seitig)	,077	,421	,043	,551
	N	14	14	14	14
S30GLA15	Korrelation nach Pearson	*,571	,337	,452	,039
	Signifikanz (2-seitig)	,033	,239	,104	,895
	N	14	14	14	14
S30GLA20	Korrelation nach Pearson	*,564	,318	,421	-,028
	Signifikanz (2-seitig)	,036	,268	,133	,923
	N	14	14	14	14
WOPT_4MA	Korrelation nach Pearson	-,457	-,289	-,006	,462
	Signifikanz (2-seitig)	,101	,316	,985	,097
	N	14	14	14	14
WOPT_4MR	Korrelation nach Pearson	-,455	-,286	-,006	,462
	Signifikanz (2-seitig)	,102	,321	,983	,096
	N	14	14	14	14
FATIGIND	Korrelation nach Pearson	,143	-,138	,440	,115
	Signifikanz (2-seitig)	,625	,637	,115	,694
	N	14	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		S301NA	S301NRE	S301WA	S301WRE
S30GNA	Korrelation nach Pearson	**,969	**,885	*,581	,263
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,029	,364
	N	14	14	14	14
S30GNRE	Korrelation nach Pearson	**,818	**,942	,315	,214
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,273	,463
	N	14	14	14	14
S30GWA	Korrelation nach Pearson	**,750	*,543	**,938	**,717
	Signifikanz (2-seitig)	,002	,045	,000	,004
	N	14	14	14	14
S30GWRE	Korrelation nach Pearson	,392	,449	**,677	**,850
	Signifikanz (2-seitig)	,166	,107	,008	,000
	N	14	14	14	14
S301NA	Korrelation nach Pearson	1,000	**,897	**,708	,403
	Signifikanz (2-seitig)	,	,000	,005	,153
	N	14	14	14	14
S301NRE	Korrelation nach Pearson	**,897	1,000	,503	,417
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,	,067	,138
	N	14	14	14	14
S301WA	Korrelation nach Pearson	**,708	,503	1,000	**,825
	Signifikanz (2-seitig)	,005	,067	,	,000
	N	14	14	14	14
S301WRE	Korrelation nach Pearson	,403	,417	**,825	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,153	,138	,000	,
	N	14	14	14	14
S302NA	Korrelation nach Pearson	**,980	**,857	*,643	,292
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,013	,311
	N	14	14	14	14

		S301NA	S301NRE	S301WA	S301WRE
S302NRE	Korrelation nach Pearson	** ,896	** ,961	,436	,271
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,119	,349
	N	14	14	14	14
S302WA	Korrelation nach Pearson	** ,728	,488	** ,961	** ,711
	Signifikanz (2-seitig)	,003	,077	,000	,004
	N	14	14	14	14
S302WRE	Korrelation nach Pearson	,464	,425	** ,837	** ,912
	Signifikanz (2-seitig)	,095	,130	,000	,000
	N	14	14	14	14
S303NA	Korrelation nach Pearson	** ,952	** ,852	*,569	,235
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,034	,419
	N	14	14	14	14
S303NRE	Korrelation nach Pearson	** ,835	** ,912	,342	,187
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,232	,522
	N	14	14	14	14
S303WA	Korrelation nach Pearson	** ,770	*,556	** ,886	*,626
	Signifikanz (2-seitig)	,001	,039	,000	,017
	N	14	14	14	14
S303WRE	Korrelation nach Pearson	,506	,503	** ,689	** ,740
	Signifikanz (2-seitig)	,065	,067	,006	,002
	N	14	14	14	14
S304NA	Korrelation nach Pearson	** ,951	** ,865	*,552	,229
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,041	,431
	N	14	14	14	14
S304NRE	Korrelation nach Pearson	** ,797	** ,911	,286	,171
	Signifikanz (2-seitig)	,001	,000	,321	,559
	N	14	14	14	14
S304WA	Korrelation nach Pearson	** ,737	,530	** ,897	** ,666
	Signifikanz (2-seitig)	,003	,051	,000	,009
	N	14	14	14	14
S304WRE	Korrelation nach Pearson	,376	,424	*,616	** ,762
	Signifikanz (2-seitig)	,185	,131	,019	,002
	N	14	14	14	14
S305NA	Korrelation nach Pearson	** ,902	** ,858	,458	,172
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,099	,556
	N	14	14	14	14
S305NRE	Korrelation nach Pearson	** ,670	** ,837	,139	,086
	Signifikanz (2-seitig)	,009	,000	,636	,769
	N	14	14	14	14
S305WA	Korrelation nach Pearson	** ,670	,514	** ,780	*,598
	Signifikanz (2-seitig)	,009	,060	,001	,024
	N	14	14	14	14
S305WRE	Korrelation nach Pearson	,198	,327	,333	*,546
	Signifikanz (2-seitig)	,497	,254	,244	,043
	N	14	14	14	14
S306NA	Korrelation nach Pearson	** ,865	** ,879	,353	,114
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,216	,699
	N	14	14	14	14
S306NRE	Korrelation nach Pearson	*,551	** ,788	-,021	,006
	Signifikanz (2-seitig)	,041	,001	,944	,984
	N	14	14	14	14

		S301NA	S301NRE	S301WA	S301WRE
S306WA	Korrelation nach Pearson	*,655	*,564	** ,694	*,569
	Signifikanz (2-seitig)	,011	,036	,006	,034
	N	14	14	14	14
S306WRE	Korrelation nach Pearson	,024	,272	,054	,388
	Signifikanz (2-seitig)	,936	,348	,853	,170
	N	14	14	14	14
S30GLAR	Korrelation nach Pearson	-,006	-,167	,206	,023
	Signifikanz (2-seitig)	,983	,568	,481	,939
	N	14	14	14	14
S30GLANB	Korrelation nach Pearson	-,251	-,349	,004	-,014
	Signifikanz (2-seitig)	,386	,221	,990	,962
	N	14	14	14	14
S30GLA1	Korrelation nach Pearson	,036	-,030	,317	,368
	Signifikanz (2-seitig)	,902	,918	,269	,195
	N	14	14	14	14
S30GLA3	Korrelation nach Pearson	,171	,017	*,566	,520
	Signifikanz (2-seitig)	,558	,955	,035	,057
	N	14	14	14	14
S30GLA6	Korrelation nach Pearson	,318	,130	*,557	,404
	Signifikanz (2-seitig)	,267	,658	,039	,151
	N	14	14	14	14
S30GLA10	Korrelation nach Pearson	*,580	,378	** ,620	,359
	Signifikanz (2-seitig)	,030	,183	,018	,208
	N	14	14	14	14
S30GLA15	Korrelation nach Pearson	*,626	,434	,482	,167
	Signifikanz (2-seitig)	,017	,121	,081	,568
	N	14	14	14	14
S30GLA20	Korrelation nach Pearson	*,625	,424	,467	,130
	Signifikanz (2-seitig)	,017	,131	,093	,658
	N	14	14	14	14
WOPT_4MA	Korrelation nach Pearson	-,433	-,279	,017	,403
	Signifikanz (2-seitig)	,122	,334	,955	,153
	N	14	14	14	14
WOPT_4MR	Korrelation nach Pearson	-,431	-,277	,015	,402
	Signifikanz (2-seitig)	,123	,338	,960	,154
	N	14	14	14	14
FATIGIND	Korrelation nach Pearson	,364	,165	** ,703	*,569
	Signifikanz (2-seitig)	,201	,573	,005	,034
	N	14	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.



		S302NA	S302NRE	S302WA	S302WRE
S30GNA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,989 ,000 14	** ,939 ,000 14	* ,654 ,011 14	,397 ,159 14
S30GNRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,834 ,000 14	** ,979 ,000 14	,372 ,190 14	,322 ,262 14
S30GWA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,739 ,003 14	* ,555 ,039 14	** ,978 ,000 14	** ,849 ,000 14
S30GWRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,359 ,208 14	,412 ,143 14	** ,674 ,008 14	** ,934 ,000 14
S301NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,980 ,000 14	** ,896 ,000 14	** ,728 ,003 14	,464 ,095 14
S301NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,857 ,000 14	** ,961 ,000 14	,488 ,077 14	,425 ,130 14
S301WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,643 ,013 14	,436 ,119 14	** ,961 ,000 14	** ,837 ,000 14
S301WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,292 ,311 14	,271 ,349 14	** ,711 ,004 14	** ,912 ,000 14
S302NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	** ,911 ,000 14	** ,716 ,004 14	,428 ,127 14
S302NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,911 ,000 14	1,000 , 14	,498 ,070 14	,387 ,171 14
S302WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,716 ,004 14	,498 ,070 14	1,000 , 14	** ,837 ,000 14
S302WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,428 ,127 14	,387 ,171 14	** ,837 ,000 14	1,000 , 14
S303NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,981 ,000 14	** ,918 ,000 14	* ,653 ,011 14	,385 ,175 14
S303NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,864 ,000 14	** ,970 ,000 14	,418 ,137 14	,323 ,259 14
S303WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,776 ,001 14	* ,591 ,026 14	** ,949 ,000 14	** ,785 ,001 14
S303WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,500 ,068 14	,511 ,062 14	** ,729 ,003 14	** ,881 ,000 14
S304NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,980 ,000 14	** ,931 ,000 14	* ,636 ,015 14	,377 ,183 14

		S302NA	S302NRE	S302WA	S302WRE
S304NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,825 ,000 14	** ,965 ,000 14	,358 ,208 14	,300 ,298 14
S304WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,740 ,002 14	* ,560 ,037 14	** ,954 ,000 14	** ,821 ,000 14
S304WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,365 ,200 14	,418 ,137 14	* ,640 ,014 14	** ,881 ,000 14
S305NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,944 ,000 14	** ,941 ,000 14	* ,558 ,038 14	,344 ,229 14
S305NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,711 ,004 14	** ,906 ,000 14	,225 ,440 14	,233 ,424 14
S305WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,695 ,006 14	* ,574 ,032 14	** ,868 ,000 14	** ,799 ,001 14
S305WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,217 ,457 14	,357 ,210 14	,390 ,168 14	** ,702 ,005 14
S306NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,904 ,000 14	** ,953 ,000 14	,446 ,110 14	,269 ,353 14
S306NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,583 ,029 14	** ,839 ,000 14	,047 ,873 14	,116 ,693 14
S306WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,680 ,008 14	* ,620 ,018 14	** ,781 ,001 14	** ,768 ,001 14
S306WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,033 ,911 14	,280 ,331 14	,089 ,763 14	,494 ,073 14
S30GLAR	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,025 ,931 14	-,114 ,698 14	,274 ,343 14	,136 ,642 14
S30GLANB	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,217 ,456 14	-,306 ,287 14	,027 ,926 14	,022 ,940 14
S30GLA1	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,021 ,944 14	-,051 ,862 14	,285 ,323 14	,353 ,216 14
S30GLA3	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,124 ,672 14	-,037 ,901 14	,503 ,067 14	,473 ,088 14
S30GLA6	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,295 ,305 14	,114 ,699 14	,527 ,053 14	,396 ,160 14
S30GLA10	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,540 ,046 14	,339 ,236 14	* ,575 ,031 14	,309 ,282 14

		S302NA	S302NRE	S302WA	S302WRE
S30GLA15	Korrelation nach Pearson	*,592	,406	,446	,112
	Signifikanz (2-seitig)	,026	,150	,110	,703
	N	14	14	14	14
S30GLA20	Korrelation nach Pearson	*,603	,411	,445	,091
	Signifikanz (2-seitig)	,022	,144	,111	,757
	N	14	14	14	14
WOPT_4MA	Korrelation nach Pearson	-,476	-,349	-,030	,384
	Signifikanz (2-seitig)	,085	,221	,919	,175
	N	14	14	14	14
WOPT_4MR	Korrelation nach Pearson	-,476	-,348	-,032	,382
	Signifikanz (2-seitig)	,086	,223	,914	,178
	N	14	14	14	14
FATIGIND	Korrelation nach Pearson	,252	,021	*,566	,392
	Signifikanz (2-seitig)	,386	,943	,035	,166
	N	14	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		S303NA	S303NRE	S303WA	S303WRE
S30GNA	Korrelation nach Pearson	**,994	**,918	**,752	,528
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,002	,052
	N	14	14	14	14
S30GNRE	Korrelation nach Pearson	**,873	**,986	,512	,516
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,061	,059
	N	14	14	14	14
S30GWA	Korrelation nach Pearson	**,709	,513	**,984	**,825
	Signifikanz (2-seitig)	,005	,061	,000	,000
	N	14	14	14	14
S30GWRE	Korrelation nach Pearson	,374	,416	**,715	**,953
	Signifikanz (2-seitig)	,187	,139	,004	,000
	N	14	14	14	14
S301NA	Korrelation nach Pearson	**,952	**,835	**,770	,506
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,001	,065
	N	14	14	14	14
S301NRE	Korrelation nach Pearson	**,852	**,912	*,556	,503
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,039	,067
	N	14	14	14	14
S301WA	Korrelation nach Pearson	*,569	,342	**,886	**,689
	Signifikanz (2-seitig)	,034	,232	,000	,006
	N	14	14	14	14
S301WRE	Korrelation nach Pearson	,235	,187	*,626	**,740
	Signifikanz (2-seitig)	,419	,522	,017	,002
	N	14	14	14	14
S302NA	Korrelation nach Pearson	**,981	**,864	**,776	,500
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,001	,068
	N	14	14	14	14

		S303NA	S303NRE	S303WA	S303WRE
S302NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,918 ,000 14	** ,970 ,000 14	* ,591 ,026 14	,511 ,062 14
S302WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,653 ,011 14	,418 ,137 14	** ,949 ,000 14	** ,729 ,003 14
S302WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,385 ,175 14	,323 ,259 14	** ,785 ,001 14	** ,881 ,000 14
S303NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	** ,917 ,000 14	** ,771 ,001 14	* ,547 ,043 14
S303NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,917 ,000 14	1,000 , 14	* ,582 ,029 14	* ,557 ,039 14
S303WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,771 ,001 14	* ,582 ,029 14	1,000 , 14	** ,832 ,000 14
S303WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,547 ,043 14	* ,557 ,039 14	** ,832 ,000 14	1,000 , 14
S304NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,995 ,000 14	** ,923 ,000 14	** ,749 ,002 14	* ,533 ,050 14
S304NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,876 ,000 14	** ,989 ,000 14	,516 ,059 14	,524 ,054 14
S304WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,726 ,003 14	* ,541 ,046 14	** ,988 ,000 14	** ,842 ,000 14
S304WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,405 ,151 14	,455 ,102 14	** ,722 ,004 14	** ,967 ,000 14
S305NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,972 ,000 14	** ,946 ,000 14	** ,692 ,006 14	,531 ,051 14
S305NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,776 ,001 14	** ,947 ,000 14	,398 ,159 14	,484 ,080 14
S305WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,704 ,005 14	* ,579 ,030 14	** ,937 ,000 14	** ,874 ,000 14
S305WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,283 ,328 14	,423 ,132 14	,507 ,064 14	** ,850 ,000 14
S306NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,944 ,000 14	** ,969 ,000 14	* ,596 ,024 14	,482 ,081 14
S306NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,658 ,011 14	** ,889 ,000 14	,226 ,438 14	,377 ,184 14

		S303NA	S303NRE	S303WA	S303WRE
S306WA	Korrelation nach Pearson	** ,710	* ,644	** ,885	** ,891
	Signifikanz (2-seitig)	,004	,013	,000	,000
	N	14	14	14	14
S306WRE	Korrelation nach Pearson	,123	,369	,230	** ,679
	Signifikanz (2-seitig)	,675	,195	,430	,008
	N	14	14	14	14
S30GLAR	Korrelation nach Pearson	-,090	-,238	,086	-,132
	Signifikanz (2-seitig)	,759	,412	,770	,653
	N	14	14	14	14
S30GLANB	Korrelation nach Pearson	-,201	-,261	,043	,055
	Signifikanz (2-seitig)	,491	,367	,885	,853
	N	14	14	14	14
S30GLA1	Korrelation nach Pearson	,049	-,008	,333	,405
	Signifikanz (2-seitig)	,868	,979	,244	,151
	N	14	14	14	14
S30GLA3	Korrelation nach Pearson	,099	-,052	,474	,413
	Signifikanz (2-seitig)	,736	,859	,087	,142
	N	14	14	14	14
S30GLA6	Korrelation nach Pearson	,277	,103	,528	,385
	Signifikanz (2-seitig)	,338	,726	,053	,174
	N	14	14	14	14
S30GLA10	Korrelation nach Pearson	,484	,271	* ,541	,247
	Signifikanz (2-seitig)	,080	,349	,046	,395
	N	14	14	14	14
S30GLA15	Korrelation nach Pearson	* ,582	,392	,493	,177
	Signifikanz (2-seitig)	,029	,165	,074	,546
	N	14	14	14	14
S30GLA20	Korrelation nach Pearson	* ,567	,364	,451	,097
	Signifikanz (2-seitig)	,034	,200	,106	,742
	N	14	14	14	14
WOPT_4MA	Korrelation nach Pearson	-,453	-,315	-,057	,328
	Signifikanz (2-seitig)	,103	,272	,847	,252
	N	14	14	14	14
WOPT_4MR	Korrelation nach Pearson	-,453	-,314	-,059	,326
	Signifikanz (2-seitig)	,104	,274	,841	,255
	N	14	14	14	14
FATIGIND	Korrelation nach Pearson	,122	-,133	,369	,076
	Signifikanz (2-seitig)	,678	,650	,194	,796
	N	14	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		S304NA	S304NRE	S304WA	S304WRE
S30GNA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,996 ,000 14	** ,886 ,000 14	** ,716 ,004 14	,400 ,157 14
S30GNRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,889 ,000 14	** ,993 ,000 14	,483 ,080 14	,441 ,114 14
S30GWA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,695 ,006 14	,459 ,099 14	** ,991 ,000 14	** ,743 ,002 14
S30GWRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,374 ,188 14	,410 ,145 14	** ,755 ,002 14	** ,980 ,000 14
S301NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,951 ,000 14	** ,797 ,001 14	** ,737 ,003 14	,376 ,185 14
S301NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,865 ,000 14	** ,911 ,000 14	,530 ,051 14	,424 ,131 14
S301WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,552 ,041 14	,286 ,321 14	** ,897 ,000 14	* ,616 ,019 14
S301WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,229 ,431 14	,171 ,559 14	** ,666 ,009 14	** ,762 ,002 14
S302NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,980 ,000 14	** ,825 ,000 14	** ,740 ,002 14	,365 ,200 14
S302NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,931 ,000 14	** ,965 ,000 14	* ,560 ,037 14	,418 ,137 14
S302WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,636 ,015 14	,358 ,208 14	** ,954 ,000 14	* ,640 ,014 14
S302WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,377 ,183 14	,300 ,298 14	** ,821 ,000 14	** ,881 ,000 14
S303NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,995 ,000 14	** ,876 ,000 14	** ,726 ,003 14	,405 ,151 14
S303NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,923 ,000 14	** ,989 ,000 14	* ,541 ,046 14	,455 ,102 14
S303WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,749 ,002 14	,516 ,059 14	** ,988 ,000 14	** ,722 ,004 14
S303WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,533 ,050 14	,524 ,054 14	** ,842 ,000 14	** ,967 ,000 14
S304NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	** ,895 ,000 14	** ,717 ,004 14	,411 ,145 14

		S304NA	S304NRE	S304WA	S304WRE
S304NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,895 ,000 14	1,000 , 14	,492 ,074 14	,455 ,102 14
S304WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,717 ,004 14	,492 ,074 14	1,000 , 14	** ,767 ,001 14
S304WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,411 ,145 14	,455 ,102 14	** ,767 ,001 14	1,000 , 14
S305NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,985 ,000 14	** ,933 ,000 14	** ,667 ,009 14	,430 ,125 14
S305NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,804 ,001 14	** ,975 ,000 14	,384 ,175 14	,446 ,110 14
S305WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,705 ,005 14	* ,549 ,042 14	** ,962 ,000 14	** ,829 ,000 14
S305WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,302 ,294 14	,453 ,104 14	* ,562 ,036 14	** ,924 ,000 14
S306NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,952 ,000 14	** ,956 ,000 14	* ,557 ,038 14	,374 ,187 14
S306NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,681 ,007 14	** ,920 ,000 14	,199 ,496 14	,342 ,231 14
S306WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,703 ,005 14	* ,611 ,020 14	** ,891 ,000 14	** ,835 ,000 14
S306WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,135 ,645 14	,404 ,152 14	,262 ,366 14	** ,757 ,002 14
S30GLAR	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,075 ,798 14	-,234 ,420 14	,116 ,694 14	-,129 ,660 14
S30GLANB	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,219 ,453 14	-,290 ,315 14	,043 ,883 14	,041 ,889 14
S30GLA1	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,024 ,936 14	-,049 ,868 14	,335 ,242 14	,382 ,178 14
S30GLA3	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,078 ,792 14	-,098 ,740 14	,488 ,077 14	,383 ,177 14
S30GLA6	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,256 ,377 14	,051 ,863 14	,524 ,055 14	,317 ,269 14
S30GLA10	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,477 ,084 14	,228 ,434 14	,530 ,051 14	,157 ,593 14

		S304NA	S304NRE	S304WA	S304WRE
S30GLA15	Korrelation nach Pearson	* ,568	,339	,451	,047
	Signifikanz (2-seitig)	,034	,236	,105	,873
	N	14	14	14	14
S30GLA20	Korrelation nach Pearson	* ,561	,320	,418	-,023
	Signifikanz (2-seitig)	,037	,265	,137	,939
	N	14	14	14	14
WOPT_4MA	Korrelation nach Pearson	-,473	-,313	-,035	,403
	Signifikanz (2-seitig)	,088	,276	,905	,153
	N	14	14	14	14
WOPT_4MR	Korrelation nach Pearson	-,470	-,309	-,035	,405
	Signifikanz (2-seitig)	,090	,283	,906	,151
	N	14	14	14	14
FATIGIND	Korrelation nach Pearson	,105	-,180	,373	,021
	Signifikanz (2-seitig)	,721	,538	,189	,944
	N	14	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		S305NA	S305NRE	S305WA	S305WRE
S30GNA	Korrelation nach Pearson	** ,978	** ,792	** ,698	,285
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,001	,005	,323
	N	14	14	14	14
S30GNRE	Korrelation nach Pearson	** ,924	** ,966	* ,534	,434
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,049	,121
	N	14	14	14	14
S30GWA	Korrelation nach Pearson	* ,638	,345	** ,941	,527
	Signifikanz (2-seitig)	,014	,227	,000	,053
	N	14	14	14	14
S30GWRE	Korrelation nach Pearson	,385	,394	** ,802	** ,889
	Signifikanz (2-seitig)	,174	,163	,001	,000
	N	14	14	14	14
S301NA	Korrelation nach Pearson	,902	** ,670	** ,670	,198
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,009	,009	,497
	N	14	14	14	14
S301NRE	Korrelation nach Pearson	** ,858	** ,837	,514	,327
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,060	,254
	N	14	14	14	14
S301WA	Korrelation nach Pearson	,458	,139	** ,780	,333
	Signifikanz (2-seitig)	,099	,636	,001	,244
	N	14	14	14	14
S301WRE	Korrelation nach Pearson	,172	,086	* ,598	* ,546
	Signifikanz (2-seitig)	,556	,769	,024	,043
	N	14	14	14	14
S302NA	Korrelation nach Pearson	** ,944	** ,711	** ,695	,217
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,004	,006	,457
	N	14	14	14	14
S302NRE	Korrelation nach Pearson	** ,941	** ,906	* ,574	,357
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,032	,210
	N	14	14	14	14



		S305NA	S305NRE	S305WA	S305WRE
S302WA	Korrelation nach Pearson	*,558	,225	**,868	,390
	Signifikanz (2-seitig)	,038	,440	,000	,168
	N	14	14	14	14
S302WRE	Korrelation nach Pearson	,344	,233	**,799	**,702
	Signifikanz (2-seitig)	,229	,424	,001	,005
	N	14	14	14	14
S303NA	Korrelation nach Pearson	**,972	**,776	**,704	,283
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,001	,005	,328
	N	14	14	14	14
S303NRE	Korrelation nach Pearson	**,946	**,947	*,579	,423
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,030	,132
	N	14	14	14	14
S303WA	Korrelation nach Pearson	**,692	,398	**,937	,507
	Signifikanz (2-seitig)	,006	,159	,000	,064
	N	14	14	14	14
S303WRE	Korrelation nach Pearson	,531	,484	**,874	**,850
	Signifikanz (2-seitig)	,051	,080	,000	,000
	N	14	14	14	14
S304NA	Korrelation nach Pearson	**,985	**,804	**,705	,302
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,001	,005	,294
	N	14	14	14	14
S304NRE	Korrelation nach Pearson	**,933	**,975	*,549	,453
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,042	,104
	N	14	14	14	14
S304WA	Korrelation nach Pearson	**,667	,384	**,962	*,562
	Signifikanz (2-seitig)	,009	,175	,000	,036
	N	14	14	14	14
S304WRE	Korrelation nach Pearson	,430	,446	**,829	**,924
	Signifikanz (2-seitig)	,125	,110	,000	,000
	N	14	14	14	14
S305NA	Korrelation nach Pearson	1,000	**,879	**,702	,386
	Signifikanz (2-seitig)	,	,000	,005	,173
	N	14	14	14	14
S305NRE	Korrelation nach Pearson	**,879	1,000	,498	,527
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,	,070	,053
	N	14	14	14	14
S305WA	Korrelation nach Pearson	**,702	,498	1,000	**,723
	Signifikanz (2-seitig)	,005	,070	,	,004
	N	14	14	14	14
S305WRE	Korrelation nach Pearson	,386	,527	**,723	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,173	,053	,004	,
	N	14	14	14	14
S306NA	Korrelation nach Pearson	**,982	**,921	*,610	,368
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,020	,195
	N	14	14	14	14
S306NRE	Korrelation nach Pearson	**,770	**,971	,327	,470
	Signifikanz (2-seitig)	,001	,000	,253	,090
	N	14	14	14	14
S306WA	Korrelation nach Pearson	**,725	,589	**,966	**,782
	Signifikanz (2-seitig)	,003	,027	,000	,001
	N	14	14	14	14

		S305NA	S305NRE	S305WA	S305WRE
S306WRE	Korrelation nach Pearson	,249	,526	,456	** ,920
	Signifikanz (2-seitig)	,391	,053	,101	,000
	N	14	14	14	14
S30GLAR	Korrelation nach Pearson	-,120	-,276	,041	-,219
	Signifikanz (2-seitig)	,682	,340	,890	,451
	N	14	14	14	14
S30GLANB	Korrelation nach Pearson	-,259	-,327	-,013	-,053
	Signifikanz (2-seitig)	,370	,254	,964	,858
	N	14	14	14	14
S30GLA1	Korrelation nach Pearson	-,027	-,118	,277	,230
	Signifikanz (2-seitig)	,926	,688	,338	,429
	N	14	14	14	14
S30GLA3	Korrelation nach Pearson	,008	-,187	,404	,190
	Signifikanz (2-seitig)	,979	,522	,152	,516
	N	14	14	14	14
S30GLA6	Korrelation nach Pearson	,191	-,045	,447	,136
	Signifikanz (2-seitig)	,514	,878	,109	,642
	N	14	14	14	14
S30GLA10	Korrelation nach Pearson	,388	,086	,404	-,074
	Signifikanz (2-seitig)	,171	,769	,152	,801
	N	14	14	14	14
S30GLA15	Korrelation nach Pearson	,488	,203	,335	-,152
	Signifikanz (2-seitig)	,077	,486	,242	,605
	N	14	14	14	14
S30GLA20	Korrelation nach Pearson	,473	,174	,285	-,235
	Signifikanz (2-seitig)	,087	,552	,323	,418
	N	14	14	14	14
WOPT_4MA	Korrelation nach Pearson	-,436	-,230	,031	,459
	Signifikanz (2-seitig)	,119	,428	,917	,099
	N	14	14	14	14
WOPT_4MR	Korrelation nach Pearson	-,432	-,225	,034	,464
	Signifikanz (2-seitig)	,123	,440	,909	,095
	N	14	14	14	14
FATIGIND	Korrelation nach Pearson	-,049	-,368	,135	-,325
	Signifikanz (2-seitig)	,869	,195	,644	,257
	N	14	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		S306NA	S306NRE	S306WA	S306WRE
S30GNA	Korrelation nach Pearson	** ,951	** ,675	** ,704	,127
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,008	,005	,665
	N	14	14	14	14
S30GNRE	Korrelation nach Pearson	** ,957	** ,923	* ,608	,402
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,021	,154
	N	14	14	14	14
S30GWA	Korrelation nach Pearson	* ,535	,170	** ,878	,238
	Signifikanz (2-seitig)	,049	,561	,000	,412
	N	14	14	14	14
S30GWRE	Korrelation nach Pearson	,341	,308	** ,822	** ,743
	Signifikanz (2-seitig)	,233	,284	,000	,002
	N	14	14	14	14

		S306NA	S306NRE	S306WA	S306WRE
S301NA	Korrelation nach Pearson	** ,865	* ,551	* ,655	,024
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,041	,011	,936
	N	14	14	14	14
S301NRE	Korrelation nach Pearson	** ,879	** ,788	* ,564	,272
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,001	,036	,348
	N	14	14	14	14
S301WA	Korrelation nach Pearson	,353	-,021	** ,694	,054
	Signifikanz (2-seitig)	,216	,944	,006	,853
	N	14	14	14	14
S301WRE	Korrelation nach Pearson	,114	,006	* ,569	,388
	Signifikanz (2-seitig)	,699	,984	,034	,170
	N	14	14	14	14
S302NA	Korrelation nach Pearson	** ,904	* ,583	** ,680	,033
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,029	,008	,911
	N	14	14	14	14
S302NRE	Korrelation nach Pearson	** ,953	** ,839	* ,620	,280
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,018	,331
	N	14	14	14	14
S302WA	Korrelation nach Pearson	,446	,047	** ,781	,089
	Signifikanz (2-seitig)	,110	,873	,001	,763
	N	14	14	14	14
S302WRE	Korrelation nach Pearson	,269	,116	** ,768	,494
	Signifikanz (2-seitig)	,353	,693	,001	,073
	N	14	14	14	14
S303NA	Korrelation nach Pearson	** ,944	* ,658	** ,710	,123
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,011	,004	,675
	N	14	14	14	14
S303NRE	Korrelation nach Pearson	** ,969	** ,889	* ,644	,369
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,013	,195
	N	14	14	14	14
S303WA	Korrelation nach Pearson	* ,596	,226	** ,885	,230
	Signifikanz (2-seitig)	,024	,438	,000	,430
	N	14	14	14	14
S303WRE	Korrelation nach Pearson	,482	,377	** ,891	** ,679
	Signifikanz (2-seitig)	,081	,184	,000	,008
	N	14	14	14	14
S304NA	Korrelation nach Pearson	** ,952	** ,681	** ,703	,135
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,007	,005	,645
	N	14	14	14	14
S304NRE	Korrelation nach Pearson	** ,956	** ,920	* ,611	,404
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,020	,152
	N	14	14	14	14
S304WA	Korrelation nach Pearson	* ,557	,199	** ,891	,262
	Signifikanz (2-seitig)	,038	,496	,000	,366
	N	14	14	14	14
S304WRE	Korrelation nach Pearson	,374	,342	** ,835	** ,757
	Signifikanz (2-seitig)	,187	,231	,000	,002
	N	14	14	14	14
S305NA	Korrelation nach Pearson	** ,982	** ,770	** ,725	,249
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,001	,003	,391
	N	14	14	14	14

		S306NA	S306NRE	S306WA	S306WRE
S305NRE	Korrelation nach Pearson	** ,921	** ,971	* ,589	,526
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,027	,053
	N	14	14	14	14
S305WA	Korrelation nach Pearson	* ,610	,327	** ,966	,456
	Signifikanz (2-seitig)	,020	,253	,000	,101
	N	14	14	14	14
S305WRE	Korrelation nach Pearson	,368	,470	** ,782	** ,920
	Signifikanz (2-seitig)	,195	,090	,001	,000
	N	14	14	14	14
S306NA	Korrelation nach Pearson	1,000	** ,855	** ,677	,304
	Signifikanz (2-seitig)	,	,000	,008	,291
	N	14	14	14	14
S306NRE	Korrelation nach Pearson	** ,855	1,000	,466	* ,562
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,	,093	,036
	N	14	14	14	14
S306WA	Korrelation nach Pearson	** ,677	,466	1,000	* ,602
	Signifikanz (2-seitig)	,008	,093	,	,023
	N	14	14	14	14
S306WRE	Korrelation nach Pearson	,304	* ,562	* ,602	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,291	,036	,023	,
	N	14	14	14	14
S30GLAR	Korrelation nach Pearson	-,195	-,346	-,102	-,392
	Signifikanz (2-seitig)	,503	,226	,728	,166
	N	14	14	14	14
S30GLANB	Korrelation nach Pearson	-,327	-,389	-,100	-,159
	Signifikanz (2-seitig)	,253	,169	,734	,588
	N	14	14	14	14
S30GLA1	Korrelation nach Pearson	-,103	-,214	,204	,073
	Signifikanz (2-seitig)	,727	,464	,484	,804
	N	14	14	14	14
S30GLA3	Korrelation nach Pearson	-,106	-,326	,281	-,052
	Signifikanz (2-seitig)	,718	,256	,331	,860
	N	14	14	14	14
S30GLA6	Korrelation nach Pearson	,080	-,194	,337	-,099
	Signifikanz (2-seitig)	,786	,507	,238	,736
	N	14	14	14	14
S30GLA10	Korrelation nach Pearson	,287	-,062	,293	-,300
	Signifikanz (2-seitig)	,320	,833	,309	,297
	N	14	14	14	14
S30GLA15	Korrelation nach Pearson	,420	,084	,264	-,318
	Signifikanz (2-seitig)	,135	,776	,362	,267
	N	14	14	14	14
S30GLA20	Korrelation nach Pearson	,397	,047	,193	-,414
	Signifikanz (2-seitig)	,160	,872	,507	,141
	N	14	14	14	14
WOPT_4MA	Korrelation nach Pearson	-,400	-,150	,100	* ,550
	Signifikanz (2-seitig)	,157	,608	,734	,042
	N	14	14	14	14
WOPT_4MR	Korrelation nach Pearson	-,396	-,146	,102	* ,553
	Signifikanz (2-seitig)	,161	,619	,730	,040
	N	14	14	14	14

		S306NA	S306NRE	S306WA	S306WRE
FATIGIND	Korrelation nach Pearson	-,145	-,470	-,014	*-,533
	Signifikanz (2-seitig)	,620	,090	,961	,050
	N	14	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		S30GLAR	S30GLANB	S30GLA1	S30GLA3
S30GNA	Korrelation nach Pearson	-,066	-,244	,009	,081
	Signifikanz (2-seitig)	,824	,400	,975	,782
	N	14	14	14	14
S30GNRE	Korrelation nach Pearson	-,230	-,329	-,072	-,103
	Signifikanz (2-seitig)	,429	,251	,806	,727
	N	14	14	14	14
S30GWA	Korrelation nach Pearson	,139	,011	,314	,498
	Signifikanz (2-seitig)	,635	,971	,275	,070
	N	14	14	14	14
S30GWRE	Korrelation nach Pearson	-,103	-,012	,354	,394
	Signifikanz (2-seitig)	,727	,967	,215	,163
	N	14	14	14	14
S301NA	Korrelation nach Pearson	-,006	-,251	,036	,171
	Signifikanz (2-seitig)	,983	,386	,902	,558
	N	14	14	14	14
S301NRE	Korrelation nach Pearson	-,167	-,349	-,030	,017
	Signifikanz (2-seitig)	,568	,221	,918	,955
	N	14	14	14	14
S301WA	Korrelation nach Pearson	,206	,004	,317	*-,566
	Signifikanz (2-seitig)	,481	,990	,269	,035
	N	14	14	14	14
S301WRE	Korrelation nach Pearson	,023	-,014	,368	,520
	Signifikanz (2-seitig)	,939	,962	,195	,057
	N	14	14	14	14
S302NA	Korrelation nach Pearson	,025	-,217	,021	,124
	Signifikanz (2-seitig)	,931	,456	,944	,672
	N	14	14	14	14
S302NRE	Korrelation nach Pearson	-,114	-,306	-,051	-,037
	Signifikanz (2-seitig)	,698	,287	,862	,901
	N	14	14	14	14
S302WA	Korrelation nach Pearson	,274	,027	,285	,503
	Signifikanz (2-seitig)	,343	,926	,323	,067
	N	14	14	14	14
S302WRE	Korrelation nach Pearson	,136	,022	,353	,473
	Signifikanz (2-seitig)	,642	,940	,216	,088
	N	14	14	14	14
S303NA	Korrelation nach Pearson	-,090	-,201	,049	,099
	Signifikanz (2-seitig)	,759	,491	,868	,736
	N	14	14	14	14
S303NRE	Korrelation nach Pearson	-,238	-,261	-,008	-,052
	Signifikanz (2-seitig)	,412	,367	,979	,859
	N	14	14	14	14

		S30GLAR	S30GLANB	S30GLA1	S30GLA3
S303WA	Korrelation nach Pearson	,086	,043	,333	,474
	Signifikanz (2-seitig)	,770	,885	,244	,087
	N	14	14	14	14
S303WRE	Korrelation nach Pearson	-,132	,055	,405	,413
	Signifikanz (2-seitig)	,653	,853	,151	,142
	N	14	14	14	14
S304NA	Korrelation nach Pearson	-,075	-,219	,024	,078
	Signifikanz (2-seitig)	,798	,453	,936	,792
	N	14	14	14	14
S304NRE	Korrelation nach Pearson	-,234	-,290	-,049	-,098
	Signifikanz (2-seitig)	,420	,315	,868	,740
	N	14	14	14	14
S304WA	Korrelation nach Pearson	,116	,043	,335	,488
	Signifikanz (2-seitig)	,694	,883	,242	,077
	N	14	14	14	14
S304WRE	Korrelation nach Pearson	-,129	,041	,382	,383
	Signifikanz (2-seitig)	,660	,889	,178	,177
	N	14	14	14	14
S305NA	Korrelation nach Pearson	-,120	-,259	-,027	,008
	Signifikanz (2-seitig)	,682	,370	,926	,979
	N	14	14	14	14
S305NRE	Korrelation nach Pearson	-,276	-,327	-,118	-,187
	Signifikanz (2-seitig)	,340	,254	,688	,522
	N	14	14	14	14
S305WA	Korrelation nach Pearson	,041	-,013	,277	,404
	Signifikanz (2-seitig)	,890	,964	,338	,152
	N	14	14	14	14
S305WRE	Korrelation nach Pearson	-,219	-,053	,230	,190
	Signifikanz (2-seitig)	,451	,858	,429	,516
	N	14	14	14	14
S306NA	Korrelation nach Pearson	-,195	-,327	-,103	-,106
	Signifikanz (2-seitig)	,503	,253	,727	,718
	N	14	14	14	14
S306NRE	Korrelation nach Pearson	-,346	-,389	-,214	-,326
	Signifikanz (2-seitig)	,226	,169	,464	,256
	N	14	14	14	14
S306WA	Korrelation nach Pearson	-,102	-,100	,204	,281
	Signifikanz (2-seitig)	,728	,734	,484	,331
	N	14	14	14	14
S306WRE	Korrelation nach Pearson	-,392	-,159	,073	-,052
	Signifikanz (2-seitig)	,166	,588	,804	,860
	N	14	14	14	14
S30GLAR	Korrelation nach Pearson	1,000	,027	-,223	,008
	Signifikanz (2-seitig)	,	,928	,443	,980
	N	14	14	14	14
S30GLANB	Korrelation nach Pearson	,027	1,000	** ,740	* ,592
	Signifikanz (2-seitig)	,928	,	,002	,026
	N	14	14	14	14
S30GLA1	Korrelation nach Pearson	-,223	** ,740	1,000	** ,821
	Signifikanz (2-seitig)	,443	,002	,	,000
	N	14	14	14	14

		S30GLAR	S30GLANB	S30GLA1	S30GLA3
S30GLA3	Korrelation nach Pearson	,008	*,592	** ,821	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,980	,026	,000	,
	N	14	14	14	14
S30GLA6	Korrelation nach Pearson	-,099	,436	*,631	** ,896
	Signifikanz (2-seitig)	,737	,119	,016	,000
	N	14	14	14	14
S30GLA10	Korrelation nach Pearson	-,058	,278	,391	*,656
	Signifikanz (2-seitig)	,843	,335	,167	,011
	N	14	14	14	14
S30GLA15	Korrelation nach Pearson	-,184	,107	,226	,460
	Signifikanz (2-seitig)	,530	,715	,438	,098
	N	14	14	14	14
S30GLA20	Korrelation nach Pearson	-,093	,155	,197	,409
	Signifikanz (2-seitig)	,751	,598	,499	,147
	N	14	14	14	14
WOPT_4MA	Korrelation nach Pearson	,097	-,171	-,085	,015
	Signifikanz (2-seitig)	,742	,558	,774	,960
	N	14	14	14	14
WOPT_4MR	Korrelation nach Pearson	,101	-,185	-,098	,004
	Signifikanz (2-seitig)	,730	,528	,740	,989
	N	14	14	14	14
FATIGIND	Korrelation nach Pearson	,374	,130	,269	,506
	Signifikanz (2-seitig)	,187	,657	,352	,065
	N	14	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		S30GLA6	S30GLA10	S30GLA15	S30GLA20
S30GNA	Korrelation nach Pearson	,257	,488	*,571	*,564
	Signifikanz (2-seitig)	,376	,077	,033	,036
	N	14	14	14	14
S30GNRE	Korrelation nach Pearson	,042	,234	,337	,318
	Signifikanz (2-seitig)	,886	,421	,239	,268
	N	14	14	14	14
S30GWA	Korrelation nach Pearson	,528	*,548	,452	,421
	Signifikanz (2-seitig)	,052	,043	,104	,133
	N	14	14	14	14
S30GWRE	Korrelation nach Pearson	,319	,174	,039	-,028
	Signifikanz (2-seitig)	,267	,551	,895	,923
	N	14	14	14	14
S301NA	Korrelation nach Pearson	,318	*,580	*,626	*,625
	Signifikanz (2-seitig)	,267	,030	,017	,017
	N	14	14	14	14
S301NRE	Korrelation nach Pearson	,130	,378	,434	,424
	Signifikanz (2-seitig)	,658	,183	,121	,131
	N	14	14	14	14
S301WA	Korrelation nach Pearson	*,557	*,620	,482	,467
	Signifikanz (2-seitig)	,039	,018	,081	,093
	N	14	14	14	14

		S30GLA6	S30GLA10	S30GLA15	S30GLA20
S301WRE	Korrelation nach Pearson	,404	,359	,167	,130
	Signifikanz (2-seitig)	,151	,208	,568	,658
	N	14	14	14	14
S302NA	Korrelation nach Pearson	,295	*.540	*.592	*.603
	Signifikanz (2-seitig)	,305	,046	,026	,022
	N	14	14	14	14
S302NRE	Korrelation nach Pearson	,114	,339	,406	,411
	Signifikanz (2-seitig)	,699	,236	,150	,144
	N	14	14	14	14
S302WA	Korrelation nach Pearson	,527	*.575	,446	,445
	Signifikanz (2-seitig)	,053	,031	,110	,111
	N	14	14	14	14
S302WRE	Korrelation nach Pearson	,396	,309	,112	,091
	Signifikanz (2-seitig)	,160	,282	,703	,757
	N	14	14	14	14
S303NA	Korrelation nach Pearson	,277	,484	*.582	*.567
	Signifikanz (2-seitig)	,338	,080	,029	,034
	N	14	14	14	14
S303NRE	Korrelation nach Pearson	,103	,271	,392	,364
	Signifikanz (2-seitig)	,726	,349	,165	,200
	N	14	14	14	14
S303WA	Korrelation nach Pearson	,528	*.541	,493	,451
	Signifikanz (2-seitig)	,053	,046	,074	,106
	N	14	14	14	14
S303WRE	Korrelation nach Pearson	,385	,247	,177	,097
	Signifikanz (2-seitig)	,174	,395	,546	,742
	N	14	14	14	14
S304NA	Korrelation nach Pearson	,256	,477	*.568	*.561
	Signifikanz (2-seitig)	,377	,084	,034	,037
	N	14	14	14	14
S304NRE	Korrelation nach Pearson	,051	,228	,339	,320
	Signifikanz (2-seitig)	,863	,434	,236	,265
	N	14	14	14	14
S304WA	Korrelation nach Pearson	,524	,530	,451	,418
	Signifikanz (2-seitig)	,055	,051	,105	,137
	N	14	14	14	14
S304WRE	Korrelation nach Pearson	,317	,157	,047	-,023
	Signifikanz (2-seitig)	,269	,593	,873	,939
	N	14	14	14	14
S305NA	Korrelation nach Pearson	,191	,388	,488	,473
	Signifikanz (2-seitig)	,514	,171	,077	,087
	N	14	14	14	14
S305NRE	Korrelation nach Pearson	-,045	,086	,203	,174
	Signifikanz (2-seitig)	,878	,769	,486	,552
	N	14	14	14	14
S305WA	Korrelation nach Pearson	,447	,404	,335	,285
	Signifikanz (2-seitig)	,109	,152	,242	,323
	N	14	14	14	14
S305WRE	Korrelation nach Pearson	,136	-,074	-,152	-,235
	Signifikanz (2-seitig)	,642	,801	,605	,418
	N	14	14	14	14



		S30GLA6	S30GLA10	S30GLA15	S30GLA20
S306NA	Korrelation nach Pearson	,080	,287	,420	,397
	Signifikanz (2-seitig)	,786	,320	,135	,160
	N	14	14	14	14
S306NRE	Korrelation nach Pearson	-,194	-,062	,084	,047
	Signifikanz (2-seitig)	,507	,833	,776	,872
	N	14	14	14	14
S306WA	Korrelation nach Pearson	,337	,293	,264	,193
	Signifikanz (2-seitig)	,238	,309	,362	,507
	N	14	14	14	14
S306WRE	Korrelation nach Pearson	-,099	-,300	-,318	-,414
	Signifikanz (2-seitig)	,736	,297	,267	,141
	N	14	14	14	14
S30GLAR	Korrelation nach Pearson	-,099	-,058	-,184	-,093
	Signifikanz (2-seitig)	,737	,843	,530	,751
	N	14	14	14	14
S30GLANB	Korrelation nach Pearson	,436	,278	,107	,155
	Signifikanz (2-seitig)	,119	,335	,715	,598
	N	14	14	14	14
S30GLA1	Korrelation nach Pearson	*,631	,391	,226	,197
	Signifikanz (2-seitig)	,016	,167	,438	,499
	N	14	14	14	14
S30GLA3	Korrelation nach Pearson	** ,896	*,656	,460	,409
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,011	,098	,147
	N	14	14	14	14
S30GLA6	Korrelation nach Pearson	1,000	** ,854	** ,739	** ,689
	Signifikanz (2-seitig)	,	,000	,003	,006
	N	14	14	14	14
S30GLA10	Korrelation nach Pearson	** ,854	1,000	** ,926	** ,938
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,	,000	,000
	N	14	14	14	14
S30GLA15	Korrelation nach Pearson	** ,739	** ,926	1,000	** ,975
	Signifikanz (2-seitig)	,003	,000	,	,000
	N	14	14	14	14
S30GLA20	Korrelation nach Pearson	** ,689	** ,938	** ,975	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,006	,000	,000	,
	N	14	14	14	14
WOPT_4MA	Korrelation nach Pearson	-,098	-,406	-,463	*,563
	Signifikanz (2-seitig)	,739	,149	,096	,036
	N	14	14	14	14
WOPT_4MR	Korrelation nach Pearson	-,107	-,410	-,465	*,565
	Signifikanz (2-seitig)	,716	,145	,094	,035
	N	14	14	14	14
FATIGIND	Korrelation nach Pearson	,441	*,587	,440	,492
	Signifikanz (2-seitig)	,114	,027	,116	,074
	N	14	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		WOPT_4MA	WOPT_4MR	FATIGIND
S30GNA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,457 ,101 14	-,455 ,102 14	,143 ,625 14
S30GNRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,289 ,316 14	-,286 ,321 14	-,138 ,637 14
S30GWA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,006 ,985 14	-,006 ,983 14	,440 ,115 14
S30GWRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,462 ,097 14	,462 ,096 14	,115 ,694 14
S301NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,433 ,122 14	-,431 ,123 14	,364 ,201 14
S301NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,279 ,334 14	-,277 ,338 14	,165 ,573 14
S301WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,017 ,955 14	,015 ,960 14	** ,703 ,005 14
S301WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,403 ,153 14	,402 ,154 14	* ,569 ,034 14
S302NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,476 ,085 14	-,476 ,086 14	,252 ,386 14
S302NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,349 ,221 14	-,348 ,223 14	,021 ,943 14
S302WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,030 ,919 14	-,032 ,914 14	* ,566 ,035 14
S302WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,384 ,175 14	,382 ,178 14	,392 ,166 14
S303NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,453 ,103 14	-,453 ,104 14	,122 ,678 14
S303NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,315 ,272 14	-,314 ,274 14	-,133 ,650 14
S303WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,057 ,847 14	-,059 ,841 14	,369 ,194 14
S303WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,328 ,252 14	,326 ,255 14	,076 ,796 14
S304NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,473 ,088 14	-,470 ,090 14	,105 ,721 14

		WOPT_4MA	WOPT_4MR	FATIGIND
S304NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,313 ,276 14	-,309 ,283 14	-,180 ,538 14
S304WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,035 ,905 14	-,035 ,906 14	,373 ,189 14
S304WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,403 ,153 14	,405 ,151 14	,021 ,944 14
S305NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,436 ,119 14	-,432 ,123 14	-,049 ,869 14
S305NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,230 ,428 14	-,225 ,440 14	-,368 ,195 14
S305WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,031 ,917 14	,034 ,909 14	,135 ,644 14
S305WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,459 ,099 14	,464 ,095 14	-,325 ,257 14
S306NA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,400 ,157 14	-,396 ,161 14	-,145 ,620 14
S306NRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,150 ,608 14	-,146 ,619 14	-,470 ,090 14
S306WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,100 ,734 14	,102 ,730 14	-,014 ,961 14
S306WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	*,550 ,042 14	*,553 ,040 14	*,533 ,050 14
S30GLAR	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,097 ,742 14	,101 ,730 14	,374 ,187 14
S30GLANB	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,171 ,558 14	-,185 ,528 14	,130 ,657 14
S30GLA1	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,085 ,774 14	-,098 ,740 14	,269 ,352 14
S30GLA3	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,015 ,960 14	,004 ,989 14	,506 ,065 14
S30GLA6	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,098 ,739 14	-,107 ,716 14	,441 ,114 14
S30GLA10	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,406 ,149 14	-,410 ,145 14	*,587 ,027 14

		WOPT_4MA	WOPT_4MR	FATIGIND
S30GLA15	Korrelation nach Pearson	-,463	-,465	,440
	Signifikanz (2-seitig)	,096	,094	,116
	N	14	14	14
S30GLA20	Korrelation nach Pearson	*-,563	*-,565	,492
	Signifikanz (2-seitig)	,036	,035	,074
	N	14	14	14
WOPT_4MA	Korrelation nach Pearson	1,000	**1,000	-,125
	Signifikanz (2-seitig)	,	,000	,671
	N	14	14	14
WOPT_4MR	Korrelation nach Pearson	**1,000	1,000	-,130
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,	,659
	N	14	14	14
FATIGIND	Korrelation nach Pearson	-,125	-,130	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,671	,659	,
	N	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tab. 42: Innerkorrelation Antrittstest 30 s.

Tabelle 43: Inter-Korrelationen Mean Power und Peak Power in Watt absolut

		ALTER	GEWICHT	GRÖSSE	BODY_MAS
ALTER	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	,144 ,623 14	-,064 ,827 14	,178 ,542 14
GEWICHT	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,144 ,623 14	1,000 , 14	,324 ,259 14	*,626 ,017 14
GRÖSSE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,064 ,827 14	,324 ,259 14	1,000 , 14	*,534 ,049 14
BODY_MAS	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,178 ,542 14	*,626 ,017 14	*,534 ,049 14	1,000 , 14
EWA2MMOL	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,531 ,051 14	-,199 ,496 14	,207 ,478 14	-,354 ,214 14
EWA4MMOL	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,508 ,064 14	-,053 ,856 14	,270 ,350 14	-,280 ,333 14
EWAMAX	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,411 ,144 14	,070 ,812 14	,428 ,126 14	-,307 ,285 14
EZWA4M	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,445 ,111 14	-,199 ,495 14	-,066 ,822 14	-,119 ,686 14
E%WA2M	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,498 ,070 14	-,348 ,223 14	-,001 ,998 14	-,309 ,282 14
LWAMAX	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,235 ,419 14	,521 ,056 14	,299 ,298 14	,217 ,456 14
LW_UMMAX	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,239 ,410 14	-,068 ,816 14	,386 ,173 14	-,362 ,204 14
A5WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,265 ,359 14	*,651 ,012 14	,398 ,159 14	,247 ,395 14
A6WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,307 ,285 14	*,635 ,015 14	,319 ,267 14	,302 ,294 14
A12WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,066 ,823 14	**,761 ,002 14	,487 ,077 14	,276 ,340 14
A13WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,497 ,070 14	,287 ,320 14	,461 ,097 14	-,129 ,661 14
XAWA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,033 ,912 14	,365 ,199 14	,137 ,641 14	,219 ,451 14
S10GWA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,448 ,108 14	*,637 ,014 14	,296 ,305 14	,328 ,252 14

		ALTER	GEWICHT	GRÖSSE	BODY_MAS
S20GWA	Korrelation nach Pearson	-,111	** ,800	,390	,383
	Signifikanz (2-seitig)	,706	,001	,168	,176
	N	14	14	14	14
S30GWA	Korrelation nach Pearson	-,202	** ,748	,380	,339
	Signifikanz (2-seitig)	,489	,002	,180	,236
	N	14	14	14	14
S101WA	Korrelation nach Pearson	-,489	* ,544	,223	,306
	Signifikanz (2-seitig)	,076	,044	,443	,287
	N	14	14	14	14
S201WA	Korrelation nach Pearson	-,191	** ,721	,368	,325
	Signifikanz (2-seitig)	,512	,004	,195	,256
	N	14	14	14	14
S301WA	Korrelation nach Pearson	-,198	** ,734	,307	,385
	Signifikanz (2-seitig)	,496	,003	,286	,174
	N	14	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		EWA2MMOL	EWA4MMOL	EWAMAX	EZWA4M
ALTER	Korrelation nach Pearson	-,531	-,508	-,411	-,445
	Signifikanz (2-seitig)	,051	,064	,144	,111
	N	14	14	14	14
GEWICHT	Korrelation nach Pearson	-,199	-,053	,070	-,199
	Signifikanz (2-seitig)	,496	,856	,812	,495
	N	14	14	14	14
GRÖSSE	Korrelation nach Pearson	,207	,270	,428	-,066
	Signifikanz (2-seitig)	,478	,350	,126	,822
	N	14	14	14	14
BODY_MAS	Korrelation nach Pearson	-,354	-,280	-,307	-,119
	Signifikanz (2-seitig)	,214	,333	,285	,686
	N	14	14	14	14
EWA2MMOL	Korrelation nach Pearson	1,000	** ,977	** ,795	** ,815
	Signifikanz (2-seitig)	,	,000	,001	,000
	N	14	14	14	14
EWA4MMOL	Korrelation nach Pearson	** ,977	1,000	** ,869	** ,766
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,	,000	,001
	N	14	14	14	14
EWAMAX	Korrelation nach Pearson	** ,795	** ,869	1,000	,352
	Signifikanz (2-seitig)	,001	,000	,	,217
	N	14	14	14	14
EZWA4M	Korrelation nach Pearson	** ,815	** ,766	,352	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,001	,217	,
	N	14	14	14	14
E%WA2M	Korrelation nach Pearson	** ,901	** ,820	,463	** ,955
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,096	,000
	N	14	14	14	14
LWAMAX	Korrelation nach Pearson	,173	,237	,412	-,087
	Signifikanz (2-seitig)	,553	,414	,143	,766
	N	14	14	14	14
LW_UMMAX	Korrelation nach Pearson	,413	,400	,480	,158
	Signifikanz (2-seitig)	,142	,156	,082	,589
	N	14	14	14	14
A5WA	Korrelation nach Pearson	-,128	-,066	,044	-,211
	Signifikanz (2-seitig)	,663	,822	,880	,468
	N	14	14	14	14

		EWA2MMOL	EWA4MMOL	EWAMAX	EZWA4M
A6WA	Korrelation nach Pearson	-,006	,065	,095	-,013
	Signifikanz (2-seitig)	,985	,824	,746	,966
	N	14	14	14	14
A12WA	Korrelation nach Pearson	-,074	,073	,343	-,329
	Signifikanz (2-seitig)	,802	,804	,230	,250
	N	14	14	14	14
A13WA	Korrelation nach Pearson	,441	* ,538	** ,709	,092
	Signifikanz (2-seitig)	,115	,047	,004	,755
	N	14	14	14	14
XAWA	Korrelation nach Pearson	,400	,485	,426	,397
	Signifikanz (2-seitig)	,157	,078	,128	,160
	N	14	14	14	14
S10GWA	Korrelation nach Pearson	,352	,462	* ,578	,121
	Signifikanz (2-seitig)	,217	,096	,030	,680
	N	14	14	14	14
S20GWA	Korrelation nach Pearson	,236	,368	,507	,032
	Signifikanz (2-seitig)	,417	,196	,064	,913
	N	14	14	14	14
S30GWA	Korrelation nach Pearson	,292	,424	* ,558	,078
	Signifikanz (2-seitig)	,310	,131	,038	,791
	N	14	14	14	14
S101WA	Korrelation nach Pearson	,401	,487	* ,557	,198
	Signifikanz (2-seitig)	,155	,078	,038	,498
	N	14	14	14	14
S201WA	Korrelation nach Pearson	,303	,453	* ,598	,092
	Signifikanz (2-seitig)	,292	,104	,024	,754
	N	14	14	14	14
S301WA	Korrelation nach Pearson	,258	,401	* ,545	,070
	Signifikanz (2-seitig)	,373	,155	,044	,811
	N	14	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		E%WA2M	LWAMAX	LW_UMMAX	A5WA
ALTER	Korrelation nach Pearson	-,498	-,235	-,239	,265
	Signifikanz (2-seitig)	,070	,419	,410	,359
	N	14	14	14	14
GEWICHT	Korrelation nach Pearson	-,348	,521	-,068	* ,651
	Signifikanz (2-seitig)	,223	,056	,816	,012
	N	14	14	14	14
GRÖSSE	Korrelation nach Pearson	-,001	,299	,386	,398
	Signifikanz (2-seitig)	,998	,298	,173	,159
	N	14	14	14	14
BODY_MAS	Korrelation nach Pearson	-,309	,217	-,362	,247
	Signifikanz (2-seitig)	,282	,456	,204	,395
	N	14	14	14	14
EWA2MMOL	Korrelation nach Pearson	** ,901	,173	,413	-,128
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,553	,142	,663
	N	14	14	14	14
EWA4MMOL	Korrelation nach Pearson	** ,820	,237	,400	-,066
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,414	,156	,822
	N	14	14	14	14

		E%WA2M	LWAMAX	LW_UMMAX	A5WA
EWAMAX	Korrelation nach Pearson	,463	,412	,480	,044
	Signifikanz (2-seitig)	,096	,143	,082	,880
	N	14	14	14	14
EZWA4M	Korrelation nach Pearson	** ,955	-,087	,158	-,211
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,766	,589	,468
	N	14	14	14	14
E%WA2M	Korrelation nach Pearson	1,000	-,046	,283	-,237
	Signifikanz (2-seitig)	,	,877	,326	,414
	N	14	14	14	14
LWAMAX	Korrelation nach Pearson	-,046	1,000	* ,532	** ,719
	Signifikanz (2-seitig)	,877	,	,050	,004
	N	14	14	14	14
LW_UMMAX	Korrelation nach Pearson	,283	* ,532	1,000	,108
	Signifikanz (2-seitig)	,326	,050	,	,713
	N	14	14	14	14
A5WA	Korrelation nach Pearson	-,237	** ,719	,108	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,414	,004	,713	,
	N	14	14	14	14
A6WA	Korrelation nach Pearson	-,077	* ,652	,219	** ,898
	Signifikanz (2-seitig)	,794	,012	,451	,000
	N	14	14	14	14
A12WA	Korrelation nach Pearson	-,376	** ,714	,144	* ,649
	Signifikanz (2-seitig)	,185	,004	,624	,012
	N	14	14	14	14
A13WA	Korrelation nach Pearson	,136	** ,682	,457	,309
	Signifikanz (2-seitig)	,642	,007	,100	,282
	N	14	14	14	14
XAWA	Korrelation nach Pearson	,319	,386	,433	,224
	Signifikanz (2-seitig)	,267	,173	,122	,441
	N	14	14	14	14
S10GWA	Korrelation nach Pearson	,092	** ,817	,419	,473
	Signifikanz (2-seitig)	,754	,000	,135	,088
	N	14	14	14	14
S20GWA	Korrelation nach Pearson	-,015	** ,682	,188	* ,629
	Signifikanz (2-seitig)	,959	,007	,519	,016
	N	14	14	14	14
S30GWA	Korrelation nach Pearson	,040	** ,709	,157	* ,624
	Signifikanz (2-seitig)	,893	,005	,591	,017
	N	14	14	14	14
S101WA	Korrelation nach Pearson	,178	** ,767	,442	,442
	Signifikanz (2-seitig)	,543	,001	,114	,113
	N	14	14	14	14
S201WA	Korrelation nach Pearson	,037	* ,548	,128	,480
	Signifikanz (2-seitig)	,899	,042	,663	,082
	N	14	14	14	14
S301WA	Korrelation nach Pearson	,014	** ,676	,168	* ,590
	Signifikanz (2-seitig)	,963	,008	,565	,026
	N	14	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.



		A6WA	A12WA	A13WA	XAWA
ALTER	Korrelation nach Pearson	,307	-,066	-,497	,033
	Signifikanz (2-seitig)	,285	,823	,070	,912
	N	14	14	14	14
GEWICHT	Korrelation nach Pearson	*,635	**,761	,287	,365
	Signifikanz (2-seitig)	,015	,002	,320	,199
	N	14	14	14	14
GRÖSSE	Korrelation nach Pearson	,319	,487	,461	,137
	Signifikanz (2-seitig)	,267	,077	,097	,641
	N	14	14	14	14
BODY_MAS	Korrelation nach Pearson	,302	,276	-,129	,219
	Signifikanz (2-seitig)	,294	,340	,661	,451
	N	14	14	14	14
EWA2MMOL	Korrelation nach Pearson	-,006	-,074	,441	,400
	Signifikanz (2-seitig)	,985	,802	,115	,157
	N	14	14	14	14
EWA4MMOL	Korrelation nach Pearson	,065	,073	*,538	,485
	Signifikanz (2-seitig)	,824	,804	,047	,078
	N	14	14	14	14
EWAMAX	Korrelation nach Pearson	,095	,343	**,709	,426
	Signifikanz (2-seitig)	,746	,230	,004	,128
	N	14	14	14	14
EZWA4M	Korrelation nach Pearson	-,013	-,329	,092	,397
	Signifikanz (2-seitig)	,966	,250	,755	,160
	N	14	14	14	14
E%WA2M	Korrelation nach Pearson	-,077	-,376	,136	,319
	Signifikanz (2-seitig)	,794	,185	,642	,267
	N	14	14	14	14
LWAMAX	Korrelation nach Pearson	*,652	**,714	**,682	,386
	Signifikanz (2-seitig)	,012	,004	,007	,173
	N	14	14	14	14
LW_UMMAX	Korrelation nach Pearson	,219	,144	,457	,433
	Signifikanz (2-seitig)	,451	,624	,100	,122
	N	14	14	14	14
A5WA	Korrelation nach Pearson	**,898	**,649	,309	,224
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,012	,282	,441
	N	14	14	14	14
A6WA	Korrelation nach Pearson	1,000	,518	,260	,494
	Signifikanz (2-seitig)	,	,058	,369	,073
	N	14	14	14	14
A12WA	Korrelation nach Pearson	,518	1,000	**,754	,327
	Signifikanz (2-seitig)	,058	,	,002	,253
	N	14	14	14	14
A13WA	Korrelation nach Pearson	,260	**,754	1,000	,434
	Signifikanz (2-seitig)	,369	,002	,	,121
	N	14	14	14	14
XAWA	Korrelation nach Pearson	,494	,327	,434	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,073	,253	,121	,
	N	14	14	14	14
S10GWA	Korrelation nach Pearson	,501	**,761	**,767	,478
	Signifikanz (2-seitig)	,068	,002	,001	,084
	N	14	14	14	14
S20GWA	Korrelation nach Pearson	**,720	**,722	*,549	,505
	Signifikanz (2-seitig)	,004	,004	,042	,065
	N	14	14	14	14
S30GWA	Korrelation nach Pearson	**,691	**,710	*,598	,482
	Signifikanz (2-seitig)	,006	,004	,024	,081
	N	14	14	14	14

		A6WA	A12WA	A13WA	XAWA
S101WA	Korrelation nach Pearson	,445	*,655	**,703	,394
	Signifikanz (2-seitig)	,111	,011	,005	,164
	N	14	14	14	14
S201WA	Korrelation nach Pearson	*,580	**,687	*,601	*,533
	Signifikanz (2-seitig)	,030	,007	,023	,050
	N	14	14	14	14
S301WA	Korrelation nach Pearson	*,633	*,688	*,593	,452
	Signifikanz (2-seitig)	,015	,007	,026	,105
	N	14	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		S10GWA	S20GWA	S30GWA
ALTER	Korrelation nach Pearson	-,448	-,111	-,202
	Signifikanz (2-seitig)	,108	,706	,489
	N	14	14	14
GEWICHT	Korrelation nach Pearson	*,637	**,800	**,748
	Signifikanz (2-seitig)	,014	,001	,002
	N	14	14	14
GRÖSSE	Korrelation nach Pearson	,296	,390	,380
	Signifikanz (2-seitig)	,305	,168	,180
	N	14	14	14
BODY_MAS	Korrelation nach Pearson	,328	,383	,339
	Signifikanz (2-seitig)	,252	,176	,236
	N	14	14	14
EWA2MMOL	Korrelation nach Pearson	,352	,236	,292
	Signifikanz (2-seitig)	,217	,417	,310
	N	14	14	14
EWA4MMOL	Korrelation nach Pearson	,462	,368	,424
	Signifikanz (2-seitig)	,096	,196	,131
	N	14	14	14
EWAMAX	Korrelation nach Pearson	*,578	,507	*,558
	Signifikanz (2-seitig)	,096	,064	,038
	N	14	14	14
EZWA4M	Korrelation nach Pearson	,121	,032	,078
	Signifikanz (2-seitig)	,680	,913	,791
	N	14	14	14
E%WA2M	Korrelation nach Pearson	,092	-,015	,040
	Signifikanz (2-seitig)	,754	,959	,893
	N	14	14	14
LWAMAX	Korrelation nach Pearson	**,817	**,682	**,709
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,007	,005
	N	14	14	14
LW_UMMAX	Korrelation nach Pearson	,419	,188	,157
	Signifikanz (2-seitig)	,135	,519	,591
	N	14	14	14
A5WA	Korrelation nach Pearson	,473	*,629	*,624
	Signifikanz (2-seitig)	,088	,016	,017
	N	14	14	14
A6WA	Korrelation nach Pearson	,501	**,720	**,691
	Signifikanz (2-seitig)	,068	,004	,006
	N	14	14	14
A12WA	Korrelation nach Pearson	**,761	**,722	**,710
	Signifikanz (2-seitig)	,002	,004	,004
	N	14	14	14

		S10GWA	S20GWA	S30GWA
A13WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,767 ,001 14	* ,549 ,042 14	* ,598 ,024 14
XAWA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,478 ,084 14	,505 ,065 14	,482 ,081 14
S10GWA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	** ,842 ,000 14	** ,838 ,000 14
S20GWA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,842 ,000 14	1,000 , 14	** ,982 ,000 14
S30GWA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,838 ,000 14	** ,982 ,000 14	1,000 , 14
S101WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,957 ,000 14	** ,749 ,002 14	** ,741 ,002 14
S201WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,798 ,001 14	** ,948 ,000 14	** ,946 ,000 14
S301WA	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	** ,806 ,000 14	** ,917 ,000 14	** ,938 ,000 14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		S101WA	S201WA	S301WA
ALTER	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,489 ,076 14	-,191 ,512 14	-,198 ,496 14
GEWICHT	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,544 ,044 14	** ,721 ,004 14	** ,734 ,003 14
GRÖSSE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,223 ,443 14	,368 ,195 14	,307 ,286 14
BODY_MAS	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,306 ,287 14	,325 ,256 14	,385 ,174 14
EWA2MMOL	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,401 ,155 14	,303 ,292 14	,258 ,373 14
EWA4MMOL	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,487 ,078 14	,453 ,104 14	,401 ,155 14
EWAMAX	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	* ,557 ,038 14	* ,598 ,024 14	* ,545 ,044 14

		S101WA	S201WA	S301WA
EZWA4M	Korrelation nach Pearson	,198	,092	,070
	Signifikanz (2-seitig)	,498	,754	,811
	N	14	14	14
E%WA2M	Korrelation nach Pearson	,178	,037	,014
	Signifikanz (2-seitig)	,543	,899	,963
	N	14	14	14
LWAMAX	Korrelation nach Pearson	** ,767	* ,548	** ,676
	Signifikanz (2-seitig)	,001	,042	,008
	N	14	14	14
LW_UMMAX	Korrelation nach Pearson	,442	,128	,168
	Signifikanz (2-seitig)	,114	,663	,565
	N	14	14	14
A5WA	Korrelation nach Pearson	,442	,480	* ,590
	Signifikanz (2-seitig)	,113	,082	,026
	N	14	14	14
A6WA	Korrelation nach Pearson	,445	* ,580	* ,633
	Signifikanz (2-seitig)	,111	,030	,015
	N	14	14	14
A12WA	Korrelation nach Pearson	* ,655	** ,687	** ,688
	Signifikanz (2-seitig)	,011	,007	,007
	N	14	14	14
A13WA	Korrelation nach Pearson	** ,703	* ,601	* ,593
	Signifikanz (2-seitig)	,005	,023	,026
	N	14	14	14
XAWA	Korrelation nach Pearson	,394	* ,533	,452
	Signifikanz (2-seitig)	,164	,050	,105
	N	14	14	14
S10GWA	Korrelation nach Pearson	** ,957	** ,798	** ,806
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,001	,000
	N	14	14	14
S20GWA	Korrelation nach Pearson	** ,749	** ,948	** ,917
	Signifikanz (2-seitig)	,002	,000	,000
	N	14	14	14
S30GWA	Korrelation nach Pearson	** ,741	** ,946	** ,938
	Signifikanz (2-seitig)	,002	,000	,000
	N	14	14	14
S101WA	Korrelation nach Pearson	1,000	** ,735	** ,780
	Signifikanz (2-seitig)	,	,003	,001
	N	14	14	14
S201WA	Korrelation nach Pearson	** ,735	1,000	** ,944
	Signifikanz (2-seitig)	,003	,	,000
	N	14	14	14
S301WA	Korrelation nach Pearson	** ,780	** ,944	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,001	,000	,
	N	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tab.43: Inter-Korrelationen Watt absolut testübergreifend.

Tabelle 44 Inter-Korrelationen Mean Power und Peak Power in Watt relativ zum Körpergewicht

		ALTER	GEWICHT	GRÖSSE	BODY_MAS
ALTER	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1,000 , 14	,144 ,623 14	-,064 ,827 14	,178 ,542 14
GEWICHT	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,144 ,623 14	1,000 , 14	,324 ,259 14	*,626 ,017 14
GRÖSSE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,064 ,827 14	,324 ,259 14	1,000 , 14	*,534 ,049 14
BODY_MAS	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,178 ,542 14	*,626 ,017 14	*,534 ,049 14	1,000 , 14
EWRE2MMO	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,507 ,064 14	-,441 ,114 14	,100 ,734 14	-,483 ,080 14
EWRE4MMO	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,496 ,071 14	-,405 ,151 14	,124 ,674 14	-,472 ,088 14
EWREMAX	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,415 ,140 14	-,453 ,104 14	,211 ,469 14	*,594 ,025 14
E% WRE4MM	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,436 ,119 14	-,198 ,498 14	-,072 ,807 14	-,113 ,699 14
E% RE2M	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,495 ,072 14	-,346 ,226 14	-,001 ,997 14	-,308 ,285 14
LWREMAX	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,366 ,198 14	-,522 ,056 14	-,031 ,916 14	-,444 ,112 14
A5WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,260 ,370 14	,039 ,896 14	,235 ,419 14	-,170 ,562 14
A6WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,289 ,315 14	-,068 ,818 14	,134 ,647 14	-,176 ,546 14
A12WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,271 ,349 14	-,233 ,423 14	,296 ,304 14	-,456 ,101 14
A13WRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,526 ,053 14	*,600 ,023 14	,114 ,697 14	*,636 ,015 14
XAWRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,005 ,986 14	,098 ,740 14	,073 ,803 14	,034 ,908 14
S10GWRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	*,701 ,005 14	-,210 ,472 14	,051 ,862 14	-,225 ,440 14
S20GWRE	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,307 ,285 14	,169 ,564 14	,269 ,353 14	-,087 ,768 14

		ALTER	GEWICHT	GRÖSSE	BODY_MAS
S30GWRE	Korrelation nach Pearson	-,413	,141	,242	-,096
	Signifikanz (2-seitig)	,143	,630	,405	,744
	N	14	14	14	14
S101WRE	Korrelation nach Pearson	**-,671	-,224	-,018	-,179
	Signifikanz (2-seitig)	,009	,441	,950	,540
	N	14	14	14	14
S201WRE	Korrelation nach Pearson	-,212	,154	,311	-,138
	Signifikanz (2-seitig)	,467	,600	,279	,637
	N	14	14	14	14
S301WRE	Korrelation nach Pearson	-,355	,230	,148	,057
	Signifikanz (2-seitig)	,213	,428	,613	,846
	N	14	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		EWRE2MMO	EWRE4MMO	EWREMAX	E% WRE4MM
ALTER	Korrelation nach Pearson	-,507	-,496	-,415	-,436
	Signifikanz (2-seitig)	,064	,071	,140	,119
	N	14	14	14	14
GEWICHT	Korrelation nach Pearson	-,441	-,405	-,453	-,198
	Signifikanz (2-seitig)	,114	,151	,104	,498
	N	14	14	14	14
GRÖSSE	Korrelation nach Pearson	,100	,124	,211	-,072
	Signifikanz (2-seitig)	,734	,674	,469	,807
	N	14	14	14	14
BODY_MAS	Korrelation nach Pearson	-,483	-,472	*-,594	-,113
	Signifikanz (2-seitig)	,080	,088	,025	,699
	N	14	14	14	14
EWRE2MMO	Korrelation nach Pearson	1,000	** ,988	** ,858	** ,799
	Signifikanz (2-seitig)	,	,000	,000	,001
	N	14	14	14	14
EWRE4MMO	Korrelation nach Pearson	** ,988	1,000	** ,895	** ,776
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,	,000	,001
	N	14	14	14	14
EWREMAX	Korrelation nach Pearson	** ,858	** ,895	1,000	,419
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,	,136
	N	14	14	14	14
E% WRE4MM	Korrelation nach Pearson	** ,799	** ,776	,419	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,001	,001	,136	,
	N	14	14	14	14
E% RE2M	Korrelation nach Pearson	** ,921	** ,881	* ,600	** ,953
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,023	,000
	N	14	14	14	14
LWREMAX	Korrelation nach Pearson	,478	,447	* ,553	,126
	Signifikanz (2-seitig)	,084	,109	,040	,669
	N	14	14	14	14
A5WRE	Korrelation nach Pearson	-,015	-,052	-,030	-,101
	Signifikanz (2-seitig)	,959	,859	,919	,732
	N	14	14	14	14

		EWRE2MMO	EWRE4MMO	EWREMAX	E%WRE4MM
A6WRE	Korrelation nach Pearson	,196	,178	,127	,172
	Signifikanz (2-seitig)	,502	,542	,665	,557
	N	14	14	14	14
A12WRE	Korrelation nach Pearson	,172	,217	,450	-,224
	Signifikanz (2-seitig)	,556	,456	,106	,441
	N	14	14	14	14
A13WRE	Korrelation nach Pearson	*.630	*.654	**.,765	,249
	Signifikanz (2-seitig)	,016	,011	,001	,390
	N	14	14	14	14
XAWRE	Korrelation nach Pearson	,393	,444	,340	,463
	Signifikanz (2-seitig)	,165	,112	,234	,095
	N	14	14	14	14
S10GWRE	Korrelation nach Pearson	**.,683	**.,700	**.,705	,428
	Signifikanz (2-seitig)	,007	,005	,005	,127
	N	14	14	14	14
S20GWRE	Korrelation nach Pearson	*.575	*.617	*.642	,342
	Signifikanz (2-seitig)	,031	,019	,013	,231
	N	14	14	14	14
S30GWRE	Korrelation nach Pearson	*.589	*.630	*.644	,369
	Signifikanz (2-seitig)	,027	,016	,013	,194
	N	14	14	14	14
S101WRE	Korrelation nach Pearson	**.,662	**.,664	*.639	,461
	Signifikanz (2-seitig)	,010	,010	,014	,097
	N	14	14	14	14
S201WRE	Korrelation nach Pearson	*.561	*.625	**.,719	,273
	Signifikanz (2-seitig)	,037	,017	,004	,346
	N	14	14	14	14
S301WRE	Korrelation nach Pearson	,442	,503	*.537	,299
	Signifikanz (2-seitig)	,114	,066	,048	,299
	N	14	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		E%RE2M	LWREMAX	A5WRE	A6WRE
ALTER	Korrelation nach Pearson	-,495	-,366	,260	,289
	Signifikanz (2-seitig)	,072	,198	,370	,315
	N	14	14	14	14
GEWICHT	Korrelation nach Pearson	-,346	-,522	,039	-,068
	Signifikanz (2-seitig)	,226	,056	,896	,818
	N	14	14	14	14
GRÖSSE	Korrelation nach Pearson	-,001	-,031	,235	,134
	Signifikanz (2-seitig)	,997	,916	,419	,647
	N	14	14	14	14
BODY_MAS	Korrelation nach Pearson	-,308	-,444	-,170	-,176
	Signifikanz (2-seitig)	,285	,112	,562	,546
	N	14	14	14	14

		E%RE2M	LWREMAX	A5WRE	A6WRE
EWRE2MMO	Korrelation nach Pearson	** ,921	,478	-,015	,196
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,084	,959	,502
	N	14	14	14	14
EWRE4MMO	Korrelation nach Pearson	** ,881	,447	-,052	,178
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,109	,859	,542
	N	14	14	14	14
EWREMAX	Korrelation nach Pearson	* ,600	* ,553	-,030	,127
	Signifikanz (2-seitig)	,023	,040	,919	,665
	N	14	14	14	14
E%WRE4MM	Korrelation nach Pearson	** ,953	,126	-,101	,172
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,669	,732	,557
	N	14	14	14	14
E%RE2M	Korrelation nach Pearson	1,000	,327	-,019	,221
	Signifikanz (2-seitig)	,	,254	,948	,448
	N	14	14	14	14
LWREMAX	Korrelation nach Pearson	,327	1,000	,494	,473
	Signifikanz (2-seitig)	,254	,	,073	,087
	N	14	14	14	14
A5WRE	Korrelation nach Pearson	-,019	,494	1,000	** ,825
	Signifikanz (2-seitig)	,948	,073	,	,000
	N	14	14	14	14
A6WRE	Korrelation nach Pearson	,221	,473	** ,825	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,448	,087	,000	,
	N	14	14	14	14
A12WRE	Korrelation nach Pearson	-,090	* ,575	,308	,153
	Signifikanz (2-seitig)	,760	,032	,284	,602
	N	14	14	14	14
A13WRE	Korrelation nach Pearson	,415	** ,745	,117	,173
	Signifikanz (2-seitig)	,141	,002	,691	,555
	N	14	14	14	14
XAWRE	Korrelation nach Pearson	,419	,110	-,028	,363
	Signifikanz (2-seitig)	,136	,708	,925	,202
	N	14	14	14	14
S10GWRE	Korrelation nach Pearson	* ,537	** ,675	,022	,175
	Signifikanz (2-seitig)	,047	,008	,939	,549
	N	14	14	14	14
S20GWRE	Korrelation nach Pearson	,427	,328	,173	,429
	Signifikanz (2-seitig)	,128	,252	,555	,126
	N	14	14	14	14
S30GWRE	Korrelation nach Pearson	,452	,404	,240	,409
	Signifikanz (2-seitig)	,104	,152	,409	,146
	N	14	14	14	14
S101WRE	Korrelation nach Pearson	* ,561	* ,630	,067	,174
	Signifikanz (2-seitig)	,037	,016	,821	,552
	N	14	14	14	14
S201WRE	Korrelation nach Pearson	,363	,113	-,069	,169
	Signifikanz (2-seitig)	,202	,701	,814	,564
	N	14	14	14	14
S301WRE	Korrelation nach Pearson	,336	,301	,206	,328
	Signifikanz (2-seitig)	,241	,295	,479	,252
	N	14	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.



		A12WRE	A13WRE	XAWRE
ALTER	Korrelation nach Pearson	-,271	-,526	,005
	Signifikanz (2-seitig)	,349	,053	,986
	N	14	14	14
GEWICHT	Korrelation nach Pearson	-,233	*-,600	,098
	Signifikanz (2-seitig)	,423	,023	,740
	N	14	14	14
GRÖSSE	Korrelation nach Pearson	,296	,114	,073
	Signifikanz (2-seitig)	,304	,697	,803
	N	14	14	14
BODY_MAS	Korrelation nach Pearson	-,456	*-,636	,034
	Signifikanz (2-seitig)	,101	,015	,908
	N	14	14	14
EWRE2MMO	Korrelation nach Pearson	,172	*-,630	,393
	Signifikanz (2-seitig)	,556	,016	,165
	N	14	14	14
EWRE4MMO	Korrelation nach Pearson	,217	*-,654	,444
	Signifikanz (2-seitig)	,456	,011	,112
	N	14	14	14
EWREMAX	Korrelation nach Pearson	,450	**-,765	,340
	Signifikanz (2-seitig)	,106	,001	,234
	N	14	14	14
E% WRE4MM	Korrelation nach Pearson	-,224	,249	,463
	Signifikanz (2-seitig)	,441	,390	,095
	N	14	14	14
E%RE2M	Korrelation nach Pearson	-,090	,415	,419
	Signifikanz (2-seitig)	,760	,141	,136
	N	14	14	14
LWREMAX	Korrelation nach Pearson	*-,575	**-,745	,110
	Signifikanz (2-seitig)	,032	,002	,708
	N	14	14	14
A5WRE	Korrelation nach Pearson	,308	,117	-,028
	Signifikanz (2-seitig)	,284	,691	,925
	N	14	14	14
A6WRE	Korrelation nach Pearson	,153	,173	,363
	Signifikanz (2-seitig)	,602	,555	,202
	N	14	14	14
A12WRE	Korrelation nach Pearson	1,000	**-,799	,093
	Signifikanz (2-seitig)	,	,001	,752
	N	14	14	14
A13WRE	Korrelation nach Pearson	**-,799	1,000	,250
	Signifikanz (2-seitig)	,001	,	,389
	N	14	14	14
XAWRE	Korrelation nach Pearson	,093	,250	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,752	,389	,
	N	14	14	14
S10GWRE	Korrelation nach Pearson	,530	**-,739	,378
	Signifikanz (2-seitig)	,051	,003	,182
	N	14	14	14
S20GWRE	Korrelation nach Pearson	,231	,363	,468
	Signifikanz (2-seitig)	,426	,202	,092
	N	14	14	14
S30GWRE	Korrelation nach Pearson	,266	,417	,381
	Signifikanz (2-seitig)	,358	,138	,179
	N	14	14	14
S101WRE	Korrelation nach Pearson	,438	**-,659	,294
	Signifikanz (2-seitig)	,117	,010	,307
	N	14	14	14

		A12WRE	A13WRE	XAWRE
S201WRE	Korrelation nach Pearson	,122	,263	,438
	Signifikanz (2-seitig)	,678	,363	,117
	N	14	14	14
S301WRE	Korrelation nach Pearson	,214	,340	,351
	Signifikanz (2-seitig)	,463	,234	,219
	N	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		S10GWRE	S20GWRE	S30GWRE
ALTER	Korrelation nach Pearson	**,-701	-,307	-,413
	Signifikanz (2-seitig)	,005	,285	,143
	N	14	14	14
GEWICHT	Korrelation nach Pearson	-,210	,169	,141
	Signifikanz (2-seitig)	,472	,564	,630
	N	14	14	14
GRÖSSE	Korrelation nach Pearson	,051	,269	,242
	Signifikanz (2-seitig)	,862	,353	,405
	N	14	14	14
BODY_MAS	Korrelation nach Pearson	-,225	-,087	-,096
	Signifikanz (2-seitig)	,440	,768	,744
	N	14	14	14
EWRE2MMO	Korrelation nach Pearson	** ,683	* ,575	* ,589
	Signifikanz (2-seitig)	,007	,031	,027
	N	14	14	14
EWRE4MMO	Korrelation nach Pearson	** ,700	* ,617	* ,630
	Signifikanz (2-seitig)	,005	,019	,016
	N	14	14	14
EWREMAX	Korrelation nach Pearson	** ,705	* ,642	* ,644
	Signifikanz (2-seitig)	,005	,013	,013
	N	14	14	14
E%WRE4MM	Korrelation nach Pearson	,428	,342	,369
	Signifikanz (2-seitig)	,127	,231	,194
	N	14	14	14
E%RE2M	Korrelation nach Pearson	* ,537	,427	,452
	Signifikanz (2-seitig)	,047	,128	,104
	N	14	14	14
LWREMAX	Korrelation nach Pearson	** ,675	,328	,404
	Signifikanz (2-seitig)	,008	,252	,152
	N	14	14	14
A5WRE	Korrelation nach Pearson	,022	,173	,240
	Signifikanz (2-seitig)	,939	,555	,409
	N	14	14	14
A6WRE	Korrelation nach Pearson	,175	,429	,409
	Signifikanz (2-seitig)	,549	,126	,146
	N	14	14	14
A12WRE	Korrelation nach Pearson	,530	,231	,266
	Signifikanz (2-seitig)	,051	,426	,358
	N	14	14	14
A13WRE	Korrelation nach Pearson	** ,739	,363	,417
	Signifikanz (2-seitig)	,003	,202	,138
	N	14	14	14

		S10GWRE	S20GWRE	S30GWRE
XAWRE	Korrelation nach Pearson	,378	,468	,381
	Signifikanz (2-seitig)	,182	,092	,179
	N	14	14	14
S10GWRE	Korrelation nach Pearson	1,000	** ,668	* ,655
	Signifikanz (2-seitig)	,	,009	,011
	N	14	14	14
S20GWRE	Korrelation nach Pearson	** ,668	1,000	** ,958
	Signifikanz (2-seitig)	,009	,	,000
	N	14	14	14
S30GWRE	Korrelation nach Pearson	* ,655	** ,958	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,011	,000	,
	N	14	14	14
S101WRE	Korrelation nach Pearson	** ,940	* ,556	* ,533
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,039	,050
	N	14	14	14
S201WRE	Korrelation nach Pearson	,520	** ,886	** ,810
	Signifikanz (2-seitig)	,057	,000	,000
	N	14	14	14
S301WRE	Korrelation nach Pearson	* ,560	** ,803	** ,850
	Signifikanz (2-seitig)	,037	,001	,000
	N	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

		S101WRE	S201WRE	S301WRE
ALTER	Korrelation nach Pearson	** -,671	-,212	-,355
	Signifikanz (2-seitig)	,009	,467	,213
	N	14	14	14
GEWICHT	Korrelation nach Pearson	-,224	,154	,230
	Signifikanz (2-seitig)	,441	,600	,428
	N	14	14	14
GRÖSSE	Korrelation nach Pearson	-,018	,311	,148
	Signifikanz (2-seitig)	,950	,279	,613
	N	14	14	14
BODY_MAS	Korrelation nach Pearson	-,179	-,138	,057
	Signifikanz (2-seitig)	,540	,637	,846
	N	14	14	14
EWRE2MMO	Korrelation nach Pearson	** ,662	* ,561	,442
	Signifikanz (2-seitig)	,010	,037	,114
	N	14	14	14
EWRE4MMO	Korrelation nach Pearson	** ,664	* ,625	,503
	Signifikanz (2-seitig)	,010	,017	,066
	N	14	14	14
EWREMAX	Korrelation nach Pearson	* ,639	** ,719	* ,537
	Signifikanz (2-seitig)	,014	,004	,048
	N	14	14	14
E% WRE4MM	Korrelation nach Pearson	,461	,273	,299
	Signifikanz (2-seitig)	,097	,346	,299
	N	14	14	14
E%RE2M	Korrelation nach Pearson	* ,561	,363	,336
	Signifikanz (2-seitig)	,037	,202	,241
	N	14	14	14
LWREMAX	Korrelation nach Pearson	* ,630	,113	,301
	Signifikanz (2-seitig)	,016	,701	,295
	N	14	14	14

		S101WRE	S201WRE	S301WRE
A5WRE	Korrelation nach Pearson	,067	-,069	,206
	Signifikanz (2-seitig)	,821	,814	,479
	N	14	14	14
A6WRE	Korrelation nach Pearson	,174	,169	,328
	Signifikanz (2-seitig)	,552	,564	,252
	N	14	14	14
A12WRE	Korrelation nach Pearson	,438	,122	,214
	Signifikanz (2-seitig)	,117	,678	,463
	N	14	14	14
A13WRE	Korrelation nach Pearson	** ,659	,263	,340
	Signifikanz (2-seitig)	,010	,363	,234
	N	14	14	14
XAWRE	Korrelation nach Pearson	,294	,438	,351
	Signifikanz (2-seitig)	,307	,117	,219
	N	14	14	14
S10GWRE	Korrelation nach Pearson	** ,940	,520	* ,560
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,057	,037
	N	14	14	14
S20GWRE	Korrelation nach Pearson	* ,556	** ,886	** ,803
	Signifikanz (2-seitig)	,039	,000	,001
	N	14	14	14
S30GWRE	Korrelation nach Pearson	* ,533	** ,810	** ,850
	Signifikanz (2-seitig)	,050	,000	,000
	N	14	14	14
S101WRE	Korrelation nach Pearson	1,000	,466	* ,575
	Signifikanz (2-seitig)	,	,093	,032
	N	14	14	14
S201WRE	Korrelation nach Pearson	,466	1,000	** ,757
	Signifikanz (2-seitig)	,093	,	,002
	N	14	14	14
S301WRE	Korrelation nach Pearson	* ,575	** ,757	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,032	,002	,
	N	14	14	14

\*\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tab.44: Inter-Korrelationen Watt relativ.

# EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher weder in gleicher noch in ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Altruppersdorf, am 15. 11. 2008

Gerhard Leisser



# Lebenslauf

**Name:** Gerhard Leisser

**Geburtsdaten:** 18. 06. 1969 in Mistelbach

**Wohnort:** 2135 Altruppersdorf

## **Schulbildung:**

Volksschule: 1975 bis 1979 in Poysdorf

Hauptschule: 1979 bis 1983 in Poysdorf

Bundeshandelsakademie: 1983 bis 1989 in Laa a. d. Thaya

Matura: 15. 06. 1989

**Studium an der Universität Wien:** Inskription 1990

Sportwissenschaften

Gewählte Fächer

## **Erweiterungsstudium:**

Publizistik und Kommunikationswissenschaften

Gewählte Fächer

## **Praktikum:**

Landeskrankenhaus Mistelbach Physikalische Abteilung 1995

Wellnesspark Oberlaa 1996

## **Wissenschaftliche Tätigkeiten:**

Freier Mitarbeiter im biomechanischen Ganglabor AKH-Wien  
von Mai 1996 bis September 1997.