

Lehrstuhl und Poliklinik für Präventive und Rehabilitative Sportmedizin  
der Technischen Universität München

(Direktor: Univ.-Prof. Dr. Martin Halle)

**Kardiovaskuläre, energetische und metabolische Beanspruchung im  
Motorradrennsport – Analysen und Zusammenhänge zwischen körperlicher  
Leistungsfähigkeit und sportartspezifischer Leistung**

Thorge Kück

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Sportwissenschaft  
der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades  
eines Doktors der Philosophie (Dr. phil.) genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.- Prof. Dr. Ulrich Hartmann

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr. D. Jeschke (i.R.)
2. Univ.-Prof. Dr. V. St. Senner
3. apl. Prof. Dr. D. Eßfeld,  
Deutsche Sporthochschule Köln  
(schriftliche Beurteilung)

Die Dissertation wurde am 20.01.2005 bei der Technischen Universität München  
eingereicht und durch die Fakultät für Sportwissenschaft am 08.05.2006  
angenommen.

# Inhaltsverzeichnis

## Kapitel 1

### Einleitung und Fragestellung

1.1	Einleitung.....	8
1.2	Fragestellung.....	10

## Kapitel 2

### Motorradrennsport – Überblick

2.1	Historische Entwicklung.....	11
2.2	Internationale Deutsche Meisterschaft.....	12
2.2.1	Ablauf eines Rennwochenendes.....	12
2.2.2	Teamstruktur.....	12
2.2.3	Werksunterstützung von Teams.....	12
2.2.4	Weitere Rennserien.....	13
2.2.5	Aufbau und Organisation des Motorradrennsports.....	13
2.3	Sportartspezifisches Anforderungs- und Fahrerprofil.....	13
2.3.1	Einstellungsmöglichkeiten des Motorrades auf dem Rennkurs.....	15
2.4	Sportartspezifisches Training.....	16

## Kapitel 3

### Probanden und Methoden

3.1	Rennserie, in deren Rahmen die Analysen durchgeführt wurden.....	19
3.1.1	Stichprobe.....	20
3.2	Untersuchungsablauf und Messmethoden.....	22
3.2.1	Analysen im Labor.....	22
3.2.1.1	Aerober Test.....	22
3.2.1.2	Isokinetischer Maximaltest.....	23
3.2.1.3	Kraftdiagnostik – Bankdrücken.....	24
3.2.2	Analysen im Rahmen von Rennen.....	24
3.2.2.1	Messungen der Herzfrequenz während des Rennens.....	25
3.2.2.2	Kraftdiagnostik und Trägheitskraftanalyse am Sportgerät.....	26
3.2.2.2.1	Bauteilverformungsmessung am Motorrad.....	26
3.2.2.2.2	Kalibrierung des Messgerätes.....	29
3.2.2.2.3	Trägheitskraftanalyse während des Abbremsens.....	31
3.2.2.2.4	Lenkerkraftmessung am stehenden Motorrad.....	31
3.3	Biochemische Analysen.....	33
3.3.1	Laktatbestimmung.....	33
3.3.2	Bestimmung venöser blutchemischer Parameter.....	33

3.3.3	Katecholaminbestimmung.....	34
3.4	Variation der Gesamtstichprobe bei Testreihen und Proben- entnahmen.....	35
3.5	Streckenprofile.....	36
3.6	Statistische Auswertung.....	39

## Kapitel 4

### Ergebnisse

4.1	Leistungstests.....	41
4.1.1.1	Aerober Stufentest – Leistungen.....	41
4.1.1.2	Aerober Stufentest – Herzfrequenzen und Laktatwerte.....	42
4.1.3	96-Sekunden-Test – Kapazitäten und Flussraten.....	42
4.1.4	Kraftmessungen – Bankdrücken und Bauteilverformungsanalysen.....	43
4.2	Herzfrequenz bei Rennen.....	44
4.3	Laktat nach Rennen.....	45
4.4	Blutchemische Parameter.....	46
4.4.1	Mineralstoffe und Eisen.....	46
4.4.2	Glukose und Lipidwerte.....	47
4.4.3	Harnpflichtige Metabolite und Bilirubin.....	48
4.4.4	Serumenzyme.....	48
4.4.5	Differenz blutchemischer Parameter von Vor- zu Nachwert.....	49
4.5	Katecholaminausscheidung im Urin.....	50
4.6	Renn- und Trainingsergebnisse.....	53
4.7	Korrelationen.....	55
4.7.1	Anthropometrische Daten – Rennergebnis.....	55
4.7.2	Ergometrisch / biomechanische Parameter – Rennergebnis.....	57
4.7.3	Herzfrequenz / Laktat – Rennergebnis.....	67
4.7.4	Klinisch-metabolische Parameter – Rennergebnis.....	74
4.7.5	Katecholaminparameter – Rennergebnis.....	78

## Kapitel 5

### Diskussion

5.1	Kritik der Methode.....	79
5.1.1	Stichprobe.....	79
5.1.2	Ermittlung der sportlichen Leistung.....	80
5.1.3	Labormessmethoden zur Beurteilung der körperlichen Leistungs- fähigkeit.....	80
5.1.4	Erhebungszeitpunkt der Leistungsparameter in Relation zu den Rennen.....	81

5.1.5	Venöse Blutentnahmen und Blutserumanalysen.....	81
5.1.6	Laktatmessung aus arteriellem Kapillarblut.....	82
5.1.7	Katecholaminbestimmung.....	82
5.2	Ergebnisse.....	83
5.2.1	Anthropometrische Parameter und sportartspezifische Leistung.....	83
5.2.2	Aerobe und anaerobe Leistungsparameter und sportartspezifische Leistung.....	83
5.2.3	Kraft und sportartspezifische Leistung.....	85
5.3	Stoffwechselformparameter und sportartspezifische Leistung.....	87
5.3.1	Herzfrequenz und Laktat bei Rennbelastung in Relation zur sportartspezifischen Leistung.....	87
5.3.2	Glukose.....	90
5.3.3	Triglyceride und Cholesterin.....	91
5.3.4	Harnstoff und Harnsäure.....	93
5.3.5	Kreatinin.....	94
5.3.6	Bilirubin.....	95
5.4	Serumenzyme und sportartspezifische Leistung.....	95
5.4.1	Serumenzymverhalten bei Belastung.....	95
5.4.2	Glutamat-Oxalacetat-Transaminase/Glutamat-Pyruvat-Transaminase.....	95
5.4.3	Gamma-Glutamyl-Transferase.....	96
5.4.4	Creatinkinase.....	96
5.5	Wasser- und Mineralstoffhaushalt und sportartspezifische Leistung.....	98
5.5.1	Natrium.....	98
5.5.2	Kalium.....	98
5.5.3	Magnesium.....	99
5.5.4	Calcium.....	99
5.5.5	Eisen.....	99
5.6	Katecholamine und sportartspezifische Leistung.....	100
5.7	Schlussfolgerung.....	102
6	Zusammenfassung.....	104
7	Literatur.....	105
8	Tabellenverzeichnis.....	126
9	Abbildungsverzeichnis.....	129
10	Anhang.....	130

## Abkürzungen:

Alphabetisches Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

<i>Abkürzung</i>	<i>Bedeutung</i>
Abb.	Abbildung
AMP	Adenosinmonophosphat
ADP	Adenosindiphosphat
ATP	Adenosintriphosphat
BILI	Bilirubin
BMI	Body-Maß-Index
Ca	Calcium
CHOL	Gesamtcholesterin
Cre	Creatinin
Ck	Creatinkinase
dl	Deziliter
Fe	Eisen
FFS	Freie Fettsäuren
FLUGES	Maximaler Gesamtenergiefluss
FLUGLY	Maximaler glykolytischer Energiefluß
FLUOX	Maximaler oxidativer Energiefluß
g	Gramm
GESPLATZ	Gesamtplatzierung
GGT	Gamma-Glutamyl-Transferase
GLU	Glukose
GOT	Glutamat-Oxalacetat-Transamiase
GP	Grand Prix
GPT	Glutamat-Pyruvat-Transaminase
GMP	Guanosin-Monophosphat
h	Stunde
Hb	Hämoglobin
HDL	High-Density-Lipoproteine
HF	Herzfrequenz
Hf1R	Herzfrequenz in der ersten Runde
HF ANS	Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle
HF AS	Herzfrequenz an der aeroben Schwelle
HF iANS	Herzfrequenz an der individuellen anaeroben Schwelle
HF iAS	Herzfrequenz an der individuellen aeroben Schwelle
HF La 2	Herzfrequenz bei Laktatkonzentration von 2 mmol/l
HF La 4	Herzfrequenz bei Laktatkonzentration von 4 mmol/l
HfleR	Herzfrequenz in der letzten Runde
Hfm	Herzfrequenz in der Mitte des Rennens
HF max	Maximale Herzfrequenz
HF 75%	Herzfrequenz bei 75% der individuellen anaeroben Schwelle
HF 90%	Herzfrequenz bei 90% der individuellen anaeroben Schwelle
HF 95%	Herzfrequenz bei 95% der individuellen anaeroben Schwelle
HF 105%	Herzfrequenz bei 105% der individuellen anaeroben Schwelle
HF 115%	Herzfrequenz bei 115% der individuellen anaeroben Schwelle

<i>Abkürzung</i>	<i>Bedeutung</i>
Hkt	Hämatokrit
Ho	Hockenheimring
HOPLATZ	Platzierung in Hockenheim
HOSRUNDR	Schnellste Rennrunde in Hockenheim
HOSRUNDT	Schnellste Trainingsrunde in Hockenheim
HR	Heart Rate (Herzfrequenz)
HRV	Herzfrequenzvariabilität
HST	Harnstoff
HSA	Harnsäure
IDL	Intermediary density lipoproteins
JMAX5S	Alaktazide Kapazität als max. 5-s-Arbeit
K	Kalium
KAPALA	Alaktazide Kapazität
KAPANA	Anaerobe Kapazität
KAPLA	Laktazide Kapazität
KG	Körpergewicht
kg	Kilogramm
l	Liter
La	Laktat
La iAS	Laktatwert an der individuellen aeroben Schwelle
La iANS	Laktatwert an der individuellen anaeroben Schwelle
La max	Laktatwert der maximal erreicht wurde
LCAT	Lecithin-Cholesterin-Acyltransferase
LDL	Low-Density-Lipoproteine
LPL	Lipoproteinlipase
Max	Maximum
Mg	Magnesium
mg	Milligramm
Min	Minimum
MLSS	Maximales Laktat-Steady-State
mtDNA	Mitochondriale DNA
MW	Mittelwert
N	Anzahl/Größe der Stichprobe
NA	Nachher
Na	Natrium
Nu	Nürburgring
NUPLATZ	Platzierung Nürburgring
NUSRUNDR	Schnellste Rennrunde Nürburgring
NUSRUNDT	Schnellste Trainingsrunde Nürburgring
n.s.	Nicht signifikant
Os	Motodrom Oschersleben
OSPLATZ	Platzierung in Oschersleben
OSSRUNDR	Schnellste Rennrunde in Oschersleben
OSSRUNDT	Schnellste Trainingsrunde in Oschersleben
PK	Proteinkinase
RQ	Respiratorischer Quotient
Sa	Salzburgring
SAPLATZ	Platzierung in Salzburg
SASRUNDR	Schnellste Rennrunde in Salzburg

<i>Abkürzung</i>	<i>Bedeutung</i>
SASRUNDT	Schnellste Trainingsrunde in Salzburg
s/min	Schläge pro Minute
Tab.	Tabelle
TRIG	Gesamttriglyceride
U	Unit
VCO2 ml/min	Kohlendioxidabgabe in Milliliter pro Minute
VLDL	Very-Low-Density-Lipoproteine
VO	Vorher
VO2max	Maximale Sauerstoffaufnahme
VO2 ml/min	Sauerstoffaufnahme in Milliliter pro Minute
VO2/kg ml/minxkg	Sauerstoffaufnahme pro kg Körpergewicht in Milliliter pro Minute
W AS	Watt an der aeroben Schwelle
W ANS	Watt an der anaeroben Schwelle
W iAS	Watt an der individuellen aeroben Schwelle
W iANS	Watt an der individuellen anaeroben Schwelle
W max	Maximal erreichte Wattzahl
W max/kg	Maximal erreichte Wattzahl pro Kilogramm Körpergewicht
W AS/kg	Watt an der aeroben Schwelle pro Kilogramm Körpergewicht
W ANS/kg	Watt an der anaeroben Schwelle pro Kilogramm Körpergewicht
W iAS/kg	Watt an der individuellen aeroben Schwelle pro kg Körpergewicht
W iANS/kg	Watt an der individuellen anaeroben Schwelle pro kg Körpergewicht
WPEAK	Peak Power = Max. 1-s-Leistung
µg	Mikrogramm
µmol/s l	µmol pro Sekunde pro Liter – Aktivitätsangabe

# Kapitel 1

## 1.1 Einleitung

Im Hochleistungssport bilden generell genetische Disposition und Trainingszustand psychophysischer Leistungskomponenten die Basis für Spitzenleistungen. Im Motorradrennsport ist zusätzlich dem Sportgerät eine erhebliche Bedeutung beizumessen. Im Rennen selbst entscheiden neben dem Sportgerät aktueller Gesundheits-, physischer Funktionszustand und momentane Leistungsbereitschaft des Athleten über die sportliche Leistung, die in der Maßeinheit Zeit gemessen wird.

Es ist nicht nur aus der Formel-1 bekannt, dass Motorenhersteller wie auch die Teams große finanzielle Mittel aufbringen, um das Sportgerät konkurrenzfähiger zu machen. Reifen, Getriebe, Chassis, Fahrwerk, Motor und elektronische Fahrhilfen stehen in der Entwicklung im Vordergrund. Die Kosten, die in der Entwicklung und Forschung aufgebracht werden müssen, um das Sportgerät schneller zu machen, sind schwer quantifizierbar. Kalkuliert man für die Entwicklung eines Technikvorsprungs, der sich in 0,2 s niederschlägt, ein im zweistelligen Millionenbereich liegendes Budget, muss man sich die Frage stellen, welchen Effekt es hätte, wenn man eine entsprechende Summe in die physische, psychische und fahrerische Ausbildung eines Fahrers investieren würde.

Es ist ein erstaunliches Phänomen, dass der Frage, wie man einen Fahrer dazu bringt, das Sportgerät schneller bzw. besser zu bewegen, noch nicht wissenschaftlich nachgegangen wurde. Publierte Analysen über Zusammenhänge zwischen körperlicher und sportartspezifischer Leistungsfähigkeit bestehen nicht. Wissenschaftliche Erkenntnisse über den langfristigen Trainingsaufbau, Periodisierung, Technikerwerbs- und Technikanwendungstraining sind nur rudimentär vorhanden. Lediglich über metabolische und kardiovaskuläre Beanspruchungen beim Motorrennsport wird in Publikationen aus den späten siebziger und frühen achtziger Jahren berichtet (88,92,93,108).

Es ist anzunehmen, dass eine fehlerfreie Fahrt in höchstmöglicher Geschwindigkeit eine perfekte Koordination der Halte- und Zielmotorik mit aktions- und reaktionsschnellem Handeln verlangt, wobei aerobe und anaerobe Ausdauer sowie Kraft eine leistungsbeeinflussende Wertigkeit besitzen. Die Planung eines gezielten Hochleistungstrainings setzt voraus, dass die Frage des Zusammenhangs von motorischen Leistungsfähigkeitskomponenten mit der sportlichen Leistung geklärt ist.

Anliegen dieser Arbeit war, diese Fragestellung für die Komponenten Ausdauer und Kraft durch Untersuchungen an Nachwuchsfahrern im Straßenmotorradrennsport (125 ccm-Klasse), die auf identischen Maschinen auf verschiedenen Kursen Rennen fahren, zu beantworten. Unter standardisierten Bedingungen im Labor sollten mit gängigen ergometrischen Methoden die aerobe und anaerobe energetische Leistungsfähigkeit gemessen werden. Maximale Kraftparameter besonders interessierender Muskelgruppen sollten einerseits im Labor, andererseits auch in Position auf der Rennmaschine bestimmt werden. Korrelationen dieser Messgrößen mit der in absoluten Zeitwerten bzw. Platzierung gemessenen sportlichen Leistung sollten Belege für die Notwendigkeit entsprechender Trainingsmaßnahmen ergeben. Sie wären plausibel erklärbar, wenn bei Rennen auch Parameter der energetischen,



aeroben wie anaeroben, kardiovaskulären und metabolischen sowie Kraftbeanspruchung mit der sportlichen Leistung in Beziehung stehen würden. Deswegen sollten derartige Messgrößen soweit wie möglich während der Rennen erhoben, zumindest aber die Beanspruchung an Werten direkt nach den Rennen bzw. an Veränderungen von Vor- zu Nachwerten beurteilt werden.

## 1.2 Fragestellungen im Einzelnen

### 1. Hypothese

H1: Zwischen im Labor gemessenen energetischen Leistungsparametern und der sportlichen Leistung, gemessen in absoluten Zeitwerten, existieren Zusammenhänge.

H0: Zwischen im Labor gemessenen energetischen Leistungsparametern und der sportlichen Leistung, gemessen in absoluten Zeitwerten, existieren keine Zusammenhänge.

### 2. Hypothese

H1: Zwischen im Labor als auch an der Rennstrecke gemessenen Kraftparametern und der sportlichen Leistung, gemessen in absoluten Zeitwerten, existieren Zusammenhänge.

H0: Zwischen im Labor als auch an der Rennstrecke gemessenen Kraftparametern und der sportlichen Leistung, gemessen in absoluten Zeitwerten, existieren keine Zusammenhänge.

### 3. Hypothese

H1: Zwischen kardiovaskulären und metabolischen Beanspruchungen während eines 125 ccm - Straßenmotorradrennens auf identischen Maschinen und der sportlichen Leistung bestehen belegbare Beziehungen.

H0: Zwischen kardiovaskulären und metabolischen Beanspruchungen während eines 125 ccm - Straßenmotorradrennens auf identischen Maschinen und der sportlichen Leistung bestehen keine belegbaren Beziehungen.

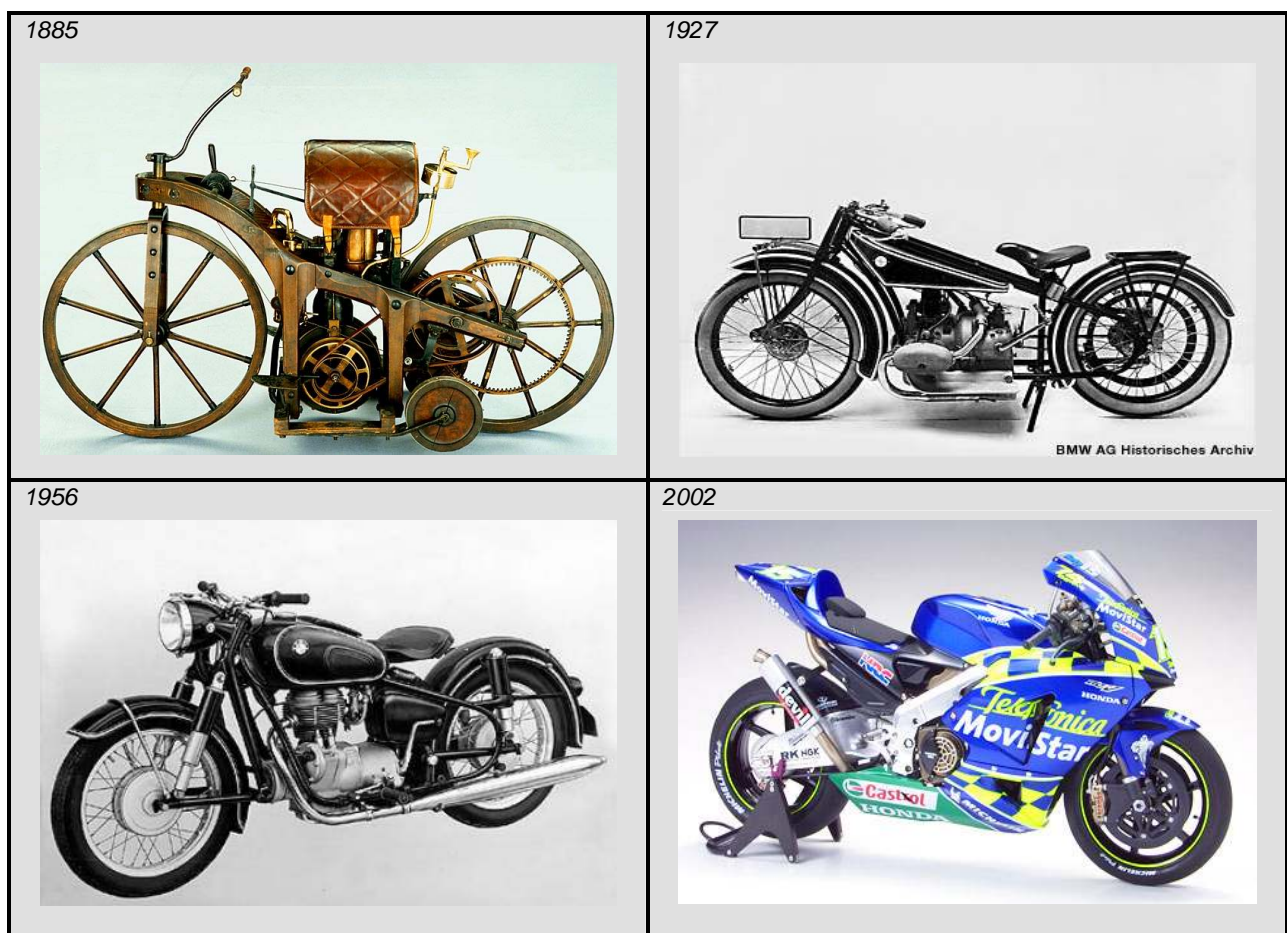
## Kapitel 2 Motorradrennsport – Überblick

### 2.1 Historische Entwicklung

Der Straßenmotorradrennsport war nicht nur eng an die Entwicklung des Motorrads gekoppelt, sondern sorgte auch fortlaufend für technische Erneuerungen.

Abb. 1 zeigt grob die Entwicklung des Motorrads in den vergangenen 125 Jahren. Als erstes Motorrad überhaupt galt der Daimler Reitwagen aus dem Jahr 1885. Bereits im Jahr 1937 entwickelte BMW ein Modell, das eine Geschwindigkeit von 278 km/h erreichte. Das heute in der größten Klasse gefahrenere Modell hat 990 ccm und entwickelt eine Leistung von 240 PS.

Das erste Motorradrennen fand 1905 im Raum Chicago statt, die erste Deutsche Meisterschaft 1924. Die erste Weltmeisterschaft wurde 1949 ausgetragen. Nationale und internationale Meisterschaften bestehen immer aus mehreren Rennen an unterschiedlichen Orten. Teilnahmeberechtigt war und ist in der Regel jede Person mit Rennlizenz, die ein Motorrad besitzt, das dem technischen Reglement entspricht. Die jeweils verwendeten Motorräder sind aber meistens auf dem modernsten Stand der Technik. Die Renndistanz unterlag im Laufe der Zeit diversen Variationen.



**Abb. 1:** Bildserie der technischen Entwicklung des Motorrads

Der größte Unterschied zu anderen konventionellen Sportarten ist die Verwendung des technisch sehr komplexen Sportgerätes Motorrad, die unverkennbar mit Herstellerinteressen in Bezug auf Präsentation und Verkauf verbunden sind.

## **2.2 Internationale Deutsche Meisterschaft**

Die Rennen zur Deutschen Meisterschaft in der Sportart Motorradrennsport beginnen im Mai und enden im September. Insgesamt finden 8 Läufe von ca. 20-25 minütiger Dauer statt. Es starten Klassen mit 125 ccm, 250 ccm, 600 ccm und 1000 ccm Hubraum. Die Meisterschaft ist auch für ausländische Starter zugänglich.

### **2.2.1 Ablauf eines Rennwochenendes**

Ein Rennwochenende besteht aus drei Tagen: Freitag, Samstag, Sonntag. Am Freitag haben die Fahrer zwei Trainingseinheiten von ca. 30 min. Dauer. Dieses Training ist dazu gedacht, das Motorrad optimal auf die Strecke abzustimmen und die richtige Linienwahl zu finden. Während des Trainings kann wiederkehrend die Box aufgesucht werden, um Einstellungen am Motorrad vorzunehmen.

Der Samstag wird durch zwei Qualifyings geprägt. Die Dauer des Qualifyings beträgt 20 min.. Die Strecke ist in diesem Zeitraum für alle Fahrer freigegeben. Die jeweils schnellsten Rundenzeiten werden gemittelt und ergeben die Startaufstellung für das Rennen am Sonntag.

Sonntags findet vor dem Rennen ein 15 minütiges Einfahren auf der Strecke statt. Das Rennen selbst erstreckt sich je nach Rennstrecke über einen Zeitraum von 20 - 25 Minuten und beinhaltet keinen Stop in der Boxengasse.

Die Boxengasse befindet sich bei jeder Rennstrecke in Höhe der Start- und Ziellinie und darf nur von Teams und Personal betreten werden. Die Gasse ist unterteilt in einen inneren und einen äußeren, schnellen Bereich, wobei der innere Bereich für Arbeiten an den Maschinen vorbehalten ist, während vom schnellen Bereich aus die Einfahrt in die Rennstrecke erfolgt. Die Werkstätten, die neben der Rennstrecke liegen, bezeichnet man üblicherweise als Boxen. Hier werden die Motorräder gewartet, repariert sowie benötigtes Material aufbewahrt.

### **2.2.2 Teamstruktur**

Ein Rennteam, das an der Deutschen Meisterschaft teilnimmt, besteht im Grundgerüst aus zwei Fahrern, einem Ersatzfahrer, zwei Mechanikern, zwei Hilfsmechanikern, einem Teamchef sowie einem LKW Fahrer. Je nach Budget kann diese Konstellation beliebig erweitert werden.

### **2.2.3 Werkunterstützung von Teams**

Einige Teams, die an den Läufen zur Deutschen Meisterschaft teilnehmen, erhalten von den Motorradherstellern Unterstützung in Form von Motoren- und Fahrwerkstechnik. In der Regel wird dem Team das Motorrad inklusive der entsprechenden Ersatz- und Verschleißteile zur Verfügung gestellt. Nach der Saison werden diese Gegenstände wieder zurückgegeben.

Ob ein Team eine Werksunterstützung erhält, richtet sich in der Regel nach der Qualität des Teams und den damit verbundenen Erfolgsaussichten.

Teams, die keine Werksunterstützung erhalten, können das benötigte Material beim Werk leasen.

## **2.2.4 Rennserien**

Jedes Land hat seine eigene nationale Meisterschaft, die ähnlich der Deutschen Meisterschaft organisiert wird und immer offen ist, d.h. es dürfen auch ausländische Fahrer an nationalen Meisterschaften teilnehmen.

Die Europameisterschaft ist ebenfalls wie die Deutsche Meisterschaft organisiert und besteht aus 8 Rennen mit einer Dauer von ca. 30 Minuten, die zwischen April und Oktober ausgetragen werden.

Die Weltmeisterschaft besteht aus 16 Rennen in den Klassen 125 ccm, 250 ccm und 1000 ccm Hubraum, die weltweit ausgetragen werden. Sie beginnt Mitte April und endet Anfang November. Das jeweilige Rennen hatte im Jahr 2004 eine Dauer von 45-50 Minuten. Die Teamstruktur ist ähnlich wie bei der Deutschen Meisterschaft, entsprechend den Anforderungen in Qualität und Quantität lediglich erhöht.

## **2.2.5 Aufbau und Organisation des Motorradrennsports**

Aufbau und Organisation des Motorradrennsports ähneln dem anderer Sportarten. Der Fahrer fängt in einer Nachwuchsklasse mit 25 ccm an, der Nachwuchsserien mit ständig steigender Motorleistung folgen. Hiernach kommen Läufe zur Deutschen Meisterschaft. In dieser starten die jungen Rennfahrer in der Regel zuerst in der 125 ccm Klasse. Werden in dieser gute Resultate erzielt, finden Starts über Wildcards in EM und WM statt. Bei entsprechender Leistung nimmt der Fahrer an allen WM-Läufen teil. Kann sich der Fahrer in der Klasse 125 ccm, die als klassische Nachwuchsklasse gilt, weltweit durchsetzen, startet er in der 250 ccm Klasse. Kann er sich auch hier bewähren, ist die Möglichkeit zum Wechsel in die größte Klasse mit derzeit 1000 ccm Hubraum gegeben.

## **2.3 Sportartspezifisches Anforderungs- und Fahrerprofil**

Generell sind wissenschaftliche Studien zu oben genannter Fragestellung nur in sehr geringer Zahl und mit verschiedener Thematik für die interessierende Sportart vorhanden. Die nachfolgenden Angaben stammen deshalb nicht aus wissenschaftlichen Untersuchungen, sondern basieren auf Beobachtungen und Erfahrungswerten involvierter Personen wie Mechanikern, Rennfahrern und Teamchefs.

In Tabelle 1 sind die durchschnittlichen anthropometrischen Daten der Weltmeister der letzten 10 Jahre in den Klassen 125 ccm, 250 ccm, 500 ccm und 1000 ccm aufgeführt. Die Klasse 500 ccm wurde 2002 von der 1000 ccm Klasse abgelöst. In der Leistung pro kg Motorradgewicht unterscheiden sich diese zwei Klassen aber nicht wesentlich.

Erstaunlicherweise unterscheiden sich die Fahrer von 125 bzw. 250 ccm nicht in Alter, Körpergröße und Körpergewicht, obwohl das Motorradgewicht um 40%, die PS-Leistung um 100% und die PS/Gewichtsrelation um 50% in der 250 ccm Klasse höher ist. Erwartungsgemäß ist das Alter in der 500 ccm Klasse am höchsten. Körpermasse und -länge sind aber nur um ca. 5% höher als in der 250 ccm Klasse, obwohl die PS-Leistung der Maschinen sowie die PS/Gewichtsrelation erheblich höher liegen.

**Tab. 1:** Anthropometrische Durchschnittsdaten von Motorradweltmeistern der Jahre 1994-2003 und Kenngrößen der Motorradklassen

	125 ccm	250 ccm	500 ccm	1000 ccm
Alter	23 ± 5,2	23 ± 2,4	29 ± 3,4	23,5 ± 0,5
Körpergewicht in kg	59 ± 7,1	59 ± 4,9	64 ± 2,3	59 ± 0
Körpergröße in cm	169± 6,9	169± 5,6	175± 3,7	182 ± 0
Motorradgewicht in kg	71	100	140	140
Motorradleistung in PS	45	90	240	240
PS/kg	0,63	0,90	1,7	1,7
N	10	10	8	2

Ehemalige Motorradweltmeister werden als Personen beschrieben, die ein sehr gutes Körpergefühl, gut ausgebildete koordinative Fähigkeiten und einen sehr laxen Bandapparat besitzen. Die koordinativen Fähigkeiten, die benötigt werden, um auf einer Maschine in jeder Situation den maximal möglichen Vorschub zu erreichen, sind auf Abbildung 2 angedeutet. Hier sitzt der Fahrer nicht, sondern balanciert stehend das Motorrad in der Beschleunigungsphase aus. Weiterhin legen sie in jeder Lebenslage eine akribische und zielorientierte Arbeitsweise an den Tag. Ihre Hauptstärke neben den fahrerischen Fähigkeiten ist das technische Verständnis für das Sportgerät und das Umsetzen von technischen Änderungen in schnellere Rundenzeiten.



**Abb. 2:** Koordinative Fähigkeiten

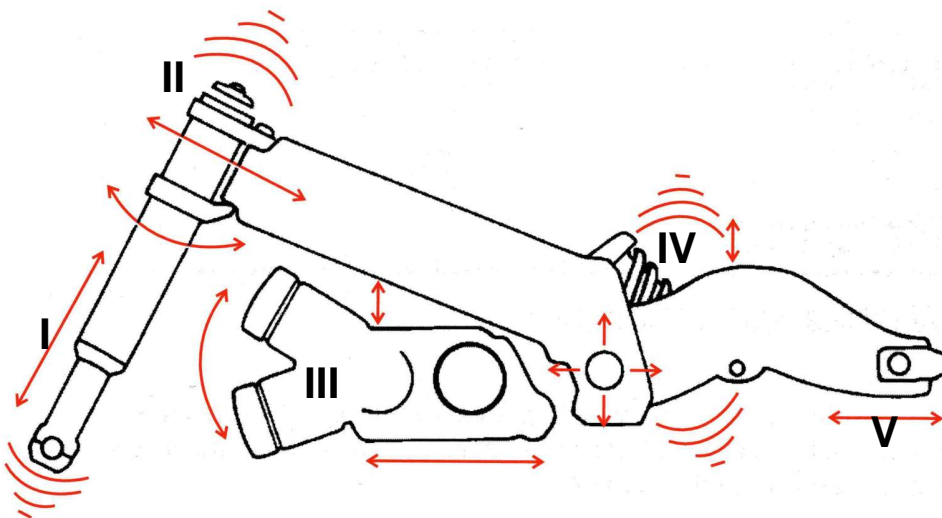
Nach den wenigen wissenschaftlichen Quellen wird die zentralnervöse Steuerung und Regelung der Motorik, die Koordination, als die dominante, leistungsbestimmende Funktionsgrösse angesehen. In Bezug auf die gesamte Fahrleistung wird dabei die Qualität der neurophysiologischen Funktion höher gewichtet als die auch wichtige Reaktionsgeschwindigkeit (Dal Monte 1967).

Im metabolischen und kardiovaskulären Bereich wurden bei Motorradbergrennen, die eine Dauer von 7 Minuten hatten, durchschnittliche Herzfrequenzwerte von 164 S/min und Laktatwerte von 4,96 mmol/l ermittelt (Keul et al 1979). Von einer extremen kardialen oder metabolischen Belastung kann also kaum ausgegangen werden. Ein Zusammenhang zwischen diesen Beanspruchungsparametern und der erbrachten fahrerischen Leistung wurde nicht hergestellt.

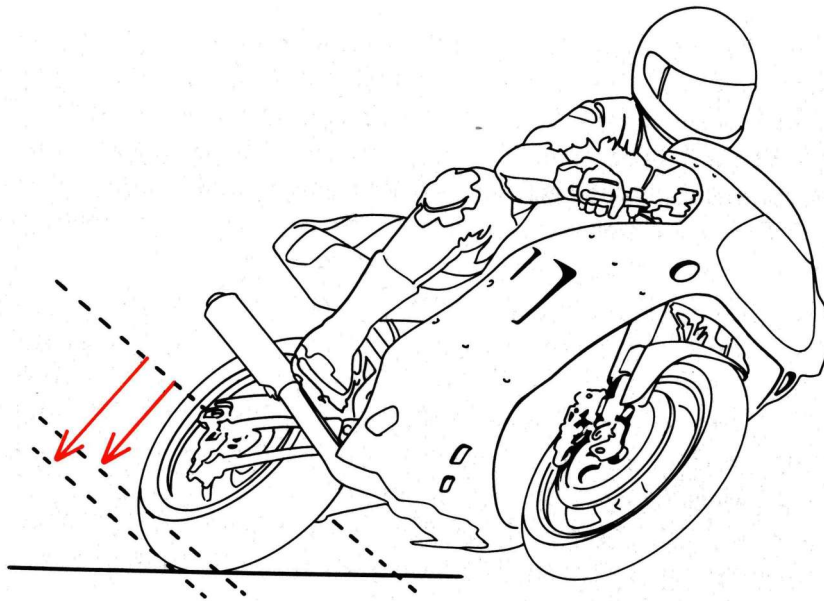
### 2.3.1 Einstellungsmöglichkeiten des Motorrads auf dem Rennkurs

Im Gegensatz zu den Erkenntnissen über die physischen und psychischen Merkmale eines Fahrers ist das Wissen über das Trimmen der Maschinen sehr viel detaillierter. Je nach Streckenprofil können Fahrwerk, Übersetzung und Umdrehungszahl des Motors unterschiedlich abgestimmt werden. Abbildung 3 skizziert die Variationsmöglichkeiten, um jeweils das Optimum an Geschwindigkeit, Traktion (Vortrieb) und Fahrstabilität zu erreichen. Eine Strecke mit geringer Kurvengeschwindigkeit erfordert andere Einstellungen als eine Strecke mit hoher Kurvengeschwindigkeit. Dieser Sachverhalt, der sowohl Mechaniker als auch Fahrer zugleich fordert und maßgeblich die Trainingsinhalte bestimmt, soll an nachfolgendem Beispiel verdeutlicht werden:

- I: Vorderradfederung
- II: Lenkkopf
- III: Motor
- IV: Hinterradfederung
- V: Traktion



**Abb. 3:** Grobschema der Einstellungsmöglichkeiten am Motorrad



**Abb. 4:** Vortriebsänderung durch Änderung der Schräglage

Erfolgt z.B. ein Rennen auf einem Kurs der durch eine 1,6 km lange Gerade mit anschließender Kurve, die ein Durchfahren mit Höchstgeschwindigkeit zulässt, geprägt ist, werden am Kurveneingang Geschwindigkeiten von 260 km/h im sechsten Gang realisiert. In Schräglage steigt die Drehzahl in Kurven um ca. 500/min dadurch an, dass die Reifenflanken einen kleineren Durchmesser haben (Abb. 4), wodurch die Gesamtübersetzung kürzer wird. Würde man die Übersetzung auf die Gerade abstimmen, liefe der Motor am Kurveneingang in den Drehzahlbegrenzer, womit die Maschine nicht annähernd die für eine hohe Fahrstabilität in Kurven notwendige permanente Beschleunigung hätte, die eine Radlastverteilung von 40% vorn zu 60% hinten bedingt. Wählt man eine Übersetzung so, dass die Maschine am Ende der Geraden etwa 500/min unter der Höchstdrehzahl bleibt, kann der Motor in der Kurve höher drehen, womit es zu keinem Geschwindigkeitsverlust und somit zu keiner Einbuße der Fahrstabilität kommt. Sie tritt in Kurven generell auf, sobald die Geschwindigkeit reduziert wird (39).

## 2.4 Sportartspezifisches Training

Der Ablauf des Trainings ist stark von der Rennstrecke und vom verwendeten Sportgerät geprägt. Generell ist es mit konventionellen Sportarten schwer vergleichbar. Trainerakademien oder vergleichbare Institutionen existieren nicht.

Der Großteil der Trainings wird witterungsbedingt zwischen Oktober und April in Südeuropa absolviert. Während der Saison finden nur noch wenige Trainingsläufe statt. Die Häufigkeit des Trainings ist budgetabhängig. Verschleißteile, deren Haltbarkeit nur wenige Rennkilometer beträgt, und besonders die Miete einer Rennstrecke verursachen erhebliche Kosten.



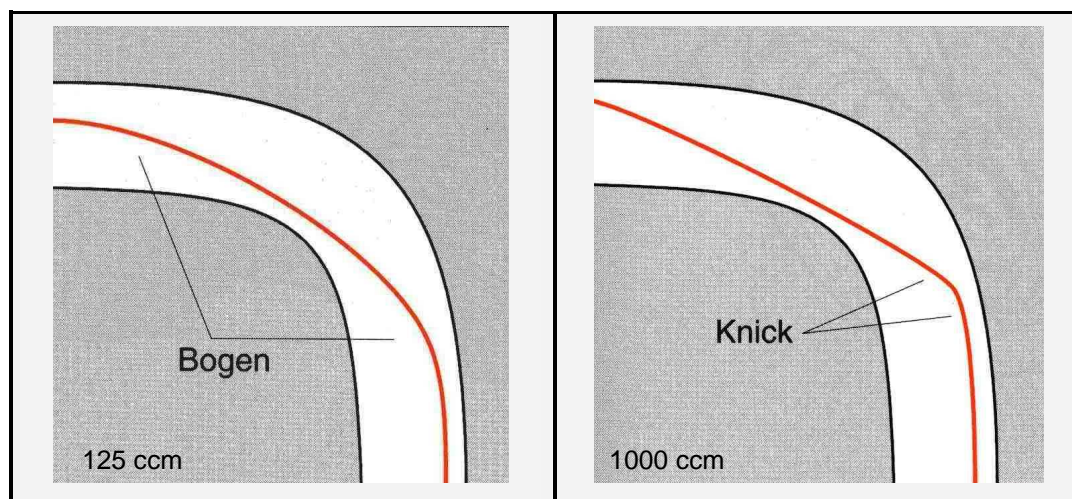
Deshalb werden die Rennstrecken oftmals von mehreren Teams zusammen gemietet. Eine Reglementierung von Trainingstagen besteht aber nicht. Finanzschwache Teams haben weniger Trainingszeit. Chancengleichheit im Training, wie es in der Formel 1 der Fall ist, ist nicht gewährleistet.

Die Aufgaben des Trainers werden im Motorradrennsport in der Regel vom Mechaniker übernommen.

Im Training stehen zwei Komponenten im Vordergrund. Zum einen müssen die technischen Einstellungen des Motorrades ideal auf das Streckenprofil abgestimmt werden. Hierbei fährt der Fahrer auf der Rennstrecke einige Runden. Bei wiederholten Boxenstops werden Einstellungen der Stoßdämpfer, des Getriebes oder des Motors durch den Mechaniker verändert. Dieser Vorgang wird solange fortgesetzt, bis entweder die ideale Einstellung gefunden wurde oder aber die Trainingszeit vorüber ist.

Zum anderen muss die richtige Fahrlinie in Kurven gefunden werden. Diese besteht aus dem Einfahrtswinkel, dem Anbremspunkt, dem Kippen der Maschine, dem vom Gas gehen sowie dem anschließenden Gasgeben, dem Aufrichten und dem Ausfahrtswinkel. Diese Punkte entscheiden in hohem Maße über die Fahrstabilität und damit auch über die Geschwindigkeit. Sie hängen vom Kurvenradius, der Bodenbeschaffenheit, dem Fahrstil, dem Fahrwerk, den Reifen sowie der Beschleunigungsfähigkeit der Maschine u.a. ab.

Neben der Leistungsfähigkeit des verwendeten Rennmotorrades beeinflusst die richtige Linienwahl maßgeblich die Rundenzeit. Auf einer 1000 ccm Rennmaschine kann man in Kurven etwas Geschwindigkeit opfern, um dafür besser zu beschleunigen. Auf einer 125 ccm Rennmaschine, die weitaus leistungsschwächer ist, ist eine Einbuße an Kurvengeschwindigkeit nicht sinnvoll, da hier die nötige Motorenleistung zur schnellen Beschleunigung fehlt (Abb. 5).



**Abb. 5:** Maschinenabhängige Varianten der Linienwahl

Wie wichtig eine hohe Kurvengeschwindigkeit ist, zeigt folgendes Rechenbeispiel: Wird in einer Kurve von ca. 45 Metern (gerechnet ab Beginn der Lenkbewegung bis zum vollständigen Aufrichten am Ausgang) statt einer Geschwindigkeit von 94,4 km/h eine Geschwindigkeit von 96 km/h realisiert, dann wird die Rundenzeit um 3/100 Sekunden verbessert bzw. ein Vorsprung von ca. 0,8 Metern gegenüber dem

Konkurrenten erreicht, der in der Kurve eine Geschwindigkeit von 94,4 km/h realisierte. Würde eine Runde aus 9 dieser beschriebenen Kurven bestehen, wäre ein Raumgewinn ca. 7,3 Metern möglich. In einer 390 Meter langen Kurve ergibt sich bei einer Geschwindigkeit von 194,8 km/h gegenüber einer Geschwindigkeit von 193 km/h ein Zeitgewinn von 6/100 Sekunden.

Um die schnellste Linie zu finden, werden verschiedene Varianten angewandt:

A: Der Fahrer versucht den Rhythmus und die Kurvenwahl des schnellsten im Feld aufzunehmen, indem er direkt hinter diesem fährt.

B: Der Fahrer teilt die Strecke in vier Sektoren auf und trainiert diese einzeln, um sie später zu verknüpfen. Dieser Vorgang ist ähnlich dem des Techniktrainings in anderen Sportarten, bei denen zuerst nur Teilbewegungen trainiert werden. Oftmals steht hierbei der Mechaniker in dem entsprechenden Sektor, um sich Anbremspunkt und Linienwahl anzusehen, damit er später Korrekturvorschläge geben kann.

Weitere Trainingsmaßnahmen außerhalb der Rennstrecke erfolgen nur sehr bedingt. Wenige Fahrer fahren im Winter Motocross, um damit das Gefühl für das Sportgerät zu verbessern. Hierbei steht überwiegend das Training von Gleichgewichtsfähigkeit und Fahrgefühl im Vordergrund.

Hat ein Fahrer eine Rennstrecke vor der Haustür, die er regelmäßig nutzen kann, so hat die Erfahrung gezeigt, dass diese Fahrer nur auf dieser Rennstrecke schnell sind. Auf anderen Rennstrecken sind sie dagegen nur im Mittelfeld zu finden.

Im Motorradrennsport ist generell auffällig, dass das Training zum Großteil auf motoren- und fahrwerkstechnische Problematiken ausgerichtet ist. Maßnahmen die auf eine Ausbildung von Fahrgefühl und Fahrverständnis für das Sportgerät über eine verbesserte Funktionsfähigkeit der Motorik abzielen, stehen eher im Hintergrund.

## Kapitel 3 Probanden und Methoden

### 3.1 Rennserie, in deren Rahmen die Analysen durchgeführt wurden

Die Rennserie wurde von der Honda Motor Europe (North) GmbH und dem ADAC im Jahr 2001 gegründet. Ziel war es, deutsche Nachwuchsfahrer in den internationalen Straßenmotorsport zu bringen, um rückläufige Verkaufszahlen an Motorrädern in Deutschland wieder anzuheben. Vorbild der Serie war eine ähnliche Strategie in Spanien, aus der mehrere Fahrer hervorgingen, die momentan im Straßenmotorrad sport in der Weltspitze mitfahren.

Die 125 ccm Rennmotorräder wurden von der Honda Motor Europe (North) GmbH gestellt, ebenso während der laufenden Saison die Ersatzteile. Alle Motorräder wurden während der Saison zentral gewartet und zu den jeweiligen Rennstrecken transportiert. Dadurch waren die Maschinen jederzeit auf dem gleichen technischen Niveau. Bei dem eingesetzten Motorrad handelt es sich um ein Rennmotorrad (Abb. 6) wie es auch in der Internationalen Deutschen Meisterschaft, Europameisterschaft und Weltmeisterschaft verwendet wird.

Mittels bundesweiter Sichtung wurden 23 talentierte Fahrer ermittelt, die keine Rennerfahrung auf 125 ccm Straßenmotorrädern besaßen. Die Mehrzahl der Fahrer kam vom Straßenmotorrad sport, einige vom Motocross, und zwei Fahrer hatten keine nennenswerten Rennerfahrungen vorzuweisen. Vor und während der Saison bestand für die Fahrer ein Motorradfahrverbot, um Chancengleichheit zu gewährleisten. Fahrer mit entsprechendem Eigenkapital hätten vermehrt in Südeuropa testen können und wären im Cup dementsprechend bevorteilt gewesen. Der Cup bestand aus 8 Rennen, die alle in Deutschland ausgetragen wurden. Nach Beendigung der Saison wurden zwei Kandidaten auf Grundlage von Rennergebnissen, wahrscheinlichem Talent sowie Leistungsentwicklung in der vorausgegangenen Saison für eine weiterführende individuelle Förderung ausgewählt.

#### Technische Daten

Hubraum:	124,9 ccm
Leistung:	43,5 PS
Räder:	17 Zoll vorne und hinten
Tank:	14 l
Radstand:	1215 mm
Bodenfreiheit:	110 mm
Gewicht:	71 kg
VR- Aufhängung:	Teleskopgabel
Abmessungen:	Länge: 1800 mm Breite: 570 mm Höhe: 985 mm
HR-Aufhängung:	Pro-Link
Rahmen:	Leichtmetall- Doppelbrücken-Rohrrahmen
Motor:	Flüssigkeitsgekühlter Einzylinder-Zweitaktmotor mit Membransteuerung



Abb. 6: Verwendetes Motorrad

### 3.1.1 Stichprobe

23 Fahrer aus den bundesweiten Sichtungen wurden in die Untersuchungen einbezogen. Unter den 23 aus dem ganzen Bundesgebiet stammenden Fahrern befand sich eine weibliche Probandin. Die anthropometrischen Grunddaten sind in Tabelle 2 aufgeführt.

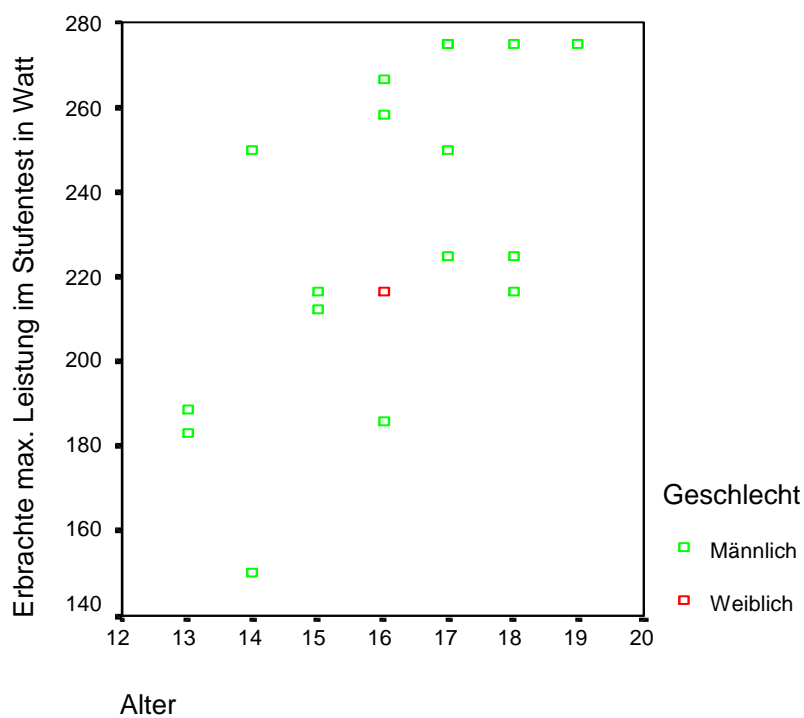
Die Fahrerin wurde aus folgenden Gründen nicht isoliert sondern mit der Gesamtstichprobe N betrachtet:

Erstens unterlag die Gesamtstichprobe N während der gesamten Versuchsreihen gleichen äußeren Bedingungen. Die Probandin fuhr im selben Rennen, hatte identisches Material zur Verfügung und wurde mit den männlichen Probanden in der gleichen Wertung geführt.

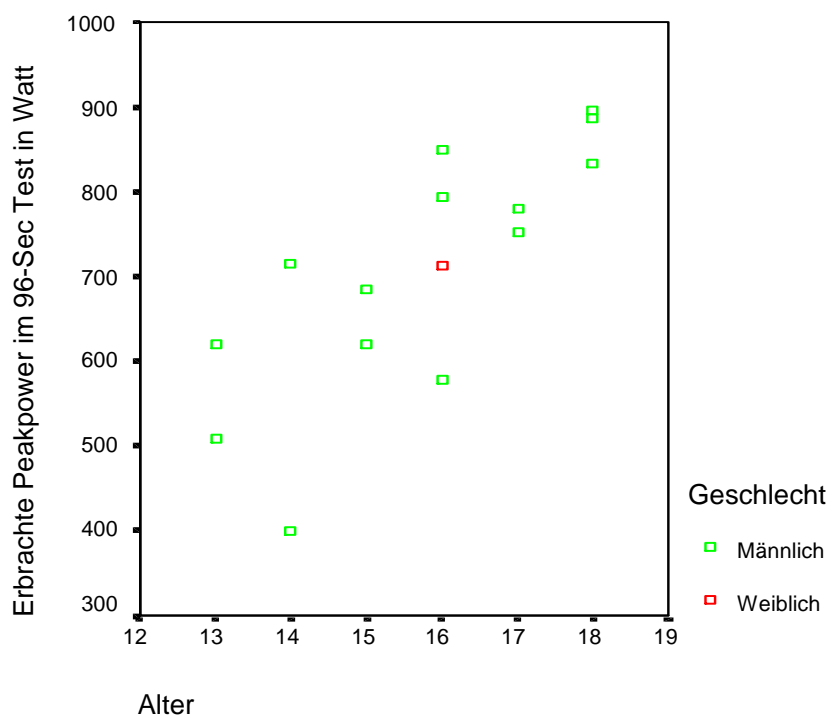
Zweitens lag die Probandin mit ihren erbrachten physiologischen Leistungen im mittleren Bereich des Leistungsspektrums der männlichen Probanden. Dies ist exemplarisch für die maximale Leistung bei der stufenweise ansteigenden Fahrradergometrie (Abb. 7) und die Peakpower beim anaeroben Fahrradergometertest (Abb. 8) dargestellt.

**Tab. 2:** Anthropometrische Grunddaten der 23 Probanden

<i>Fahrer</i>	<i>Geschlecht</i>	<i>Alter (Jahre)</i>	<i>Größe (cm)</i>	<i>Gewicht (kg)</i>	<i>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</i>
1	W	16	169	61,2	21,4
2	M	13	155	52,3	21,8
3	M	13	167	52	18,6
4	M	14	155	37,5	15,6
5	M	14	173	58,4	19,5
6	M	15	166	60	21,8
7	M	15	162	50,2	19,1
8	M	15	175	63	20,6
9	M	16	165	44,5	16,3
10	M	16	179	60	18,7
11	M	16	182	65	19,6
12	M	17	173	59	19,7
13	M	17	167	55,8	20
14	M	17	176	53,8	17,4
15	M	17	171	59,4	20,3
16	M	17	172	59	19,9
17	M	18	171	69,6	23,8
18	M	17	169	69,5	24,3
19	M	18	173	62,9	21
20	M	18	169	60	21
21	M	18	171	61	20,9
22	M	19	170	63	21,8
23	M	19	176	60,7	19,6
MW		16,26	169,83	58,17	20,12
SD		1,69	6,51	7,34	2,05
Min		13	155	37,5	15,6
Max		19	182	69,6	24,3



**Abb. 7:** Max. gemessene Leistung in Watt im Stufentest in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht



**Abb. 8:** Peakpower in Watt im 96-Sekudentest in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

## **3.2 Untersuchungsablauf und Messmethoden**

### **3.2.1 Analysen im Labor**

In der Poliklinik für Präventive und Rehabilitative Sportmedizin der TU München wurden die Probanden gesundheitlich untersucht und einer Leistungsdiagnostik unterzogen. Das Untersuchungs- und Testprogramm umfasste pro Proband einen Versuchstag. Bei der sportärztlichen Vorsorgeuntersuchung wurde nach eingehender Anamnese Folgendes analysiert:

1. Körperlicher Status unter internmedizinischen, neurologischen und orthopädischen Gesichtspunkten
2. Anthropometrische Daten (Körperlänge, -masse, Fettgehalt)
3. Blutdruck im Liegen und im Stehen
4. Ruhe-EKG
5. Blutbild und weitere klinisch-chemische Messwerte

Direkt nach der sportärztlichen Voruntersuchung fanden im Ergometrielabor (konstante Raumtemperatur von 20°C, rel. Luftfeuchtigkeit 50%) ein "aerober" Stufentest auf dem Fahrradergometer, zwei Stunden später zwei Krafttests im Krafraum und eine Stunde danach ein 96 Sekunden dauernder "anaerober" Maximaltest ebenfalls im Ergometrielabor statt. Eine Nahrungsaufnahme erfolgte in den Pausen.

## **Leistungsdiagnostik im Einzelnen**

### **3.2.1.1 "Aerober" Test**

Zur Bestimmung aerober Leistungsparameter absolvierten die Probanden einen Stufentest auf einem handelsüblichen Fahrradergometer (ergoline Er 800; ergoline Ergometriesysteme GmbH u. Co KG, 72475-Bix). Die Eingangsbelastung betrug 50 Watt, die Stufendauer jeweils drei Minuten. Die Steigerung erfolgte um jeweils 25 Watt pro Stufe. Der Test wurde bis zur subjektiven Erschöpfung durchgeführt. Aus dem kontinuierlich registrierten und ärztlich überwachten 6-Kanal-EKG (Ableitungen I, II, III nach Einthoven sowie V<sub>2</sub>, V<sub>4</sub>, V<sub>6</sub> nach Wilson) wurden im 60-Sekunden-Rhythmus die Herzfrequenzwerte ermittelt. Zur weiteren Überwachung der Kreislaufsituation wurden Blutdruckmessungen nach Riva-Rocci vor der Belastung, am Ende jeder Stufe sowie 1 und 3 Minuten nach dem Belastungsabbruch durchgeführt. Aus dem Blut des hyperämisierten Ohrläppchen wurde Laktat vor der Belastung, am Ende jeder Stufe, bei Abbruch sowie 1, 3 und 5 Minuten nach Beendigung des Tests gemessen. Nach einem am Lehrstuhl entwickelten Computerprogramm wurden anhand der physikalischen Leistungen sowie der Laktat- und Herzfrequenzwerte individuelle Laktat-Leistungskurven bzw. Herzfrequenz-Leistungskurven unter Benutzung eines Polynoms dritten Grades erstellt. Ausgewertet wurden maximale Leistung, maximale Herzfrequenz und maximales Laktat. Aus der Laktat- bzw. Herzfrequenz-Leistungskurve wurden folgende Parameter ermittelt:

## Leistung und Herzfrequenz bei fixen Laktatwerten

- an der aeroben Schwelle (2 mmol/l Laktat)
- an der anaeroben Schwelle (4 mmol/l Laktat)

## Leistung, Herzfrequenz und Laktat an individuellen Schwellen

- an der individuellen aeroben Schwelle (niedrigster Quotient aus Laktatwert und Leistung)
- an der individuellen anaeroben Schwelle nach Simon (Steigungswinkel von 45° der Laktat-Leistungs-Kurve) (Simon et al. 1981)
- bei 75%, 90%, 95%, 105%, 115% der individuellen anaeroben Schwelle

### 3.2.1.2 "Isokinetischer" Maximaltest

Die anaerobe Leistungsfähigkeit wurde mit dem so genannten 96-Sekunden-Test ermittelt, der ebenfalls im Lehrstuhl für Präventive und Rehabilitative Sportmedizin der TU München entwickelt wurde (143, 144).

Verwendet wurde ein SRM-Hochleistungsfahrradergometer (Fa. Schoberer, Jülich-Wellendorf). Das Gerät basiert auf dem Wirbelstromprinzip und ermöglicht eine kontinuierliche Leistungsermittlung. Dabei messen Dehnungsmessstreifen die Verformung bestimmter Teile der als Verformungselement ausgelegten Antriebsscheibe und liefern ein zur Pedalkraft proportionales elektrisches Signal. Hierdurch kann eine Leistung kontinuierlich gemessen werden, die aus der Summe der tangentialen Tretkräfte und der Winkelgeschwindigkeit entspringt (Schoberer, 1994). Die Signalübertragung erfolgt auf einen angeschlossenen PC in 1-Sekunden-Speicherintervallen.

Die Probanden wärmten sich vor dem Test 15 Minuten auf einem Fahrradergometer auf und begannen direkt im Anschluss mit dem 96-Sekunden-Test. Sie hatten die Aufgabe, ab einem Startsignal über 96 Sekunden immer mit maximaler Anstrengung und gleicher Umdrehung, die bei 90 U/min. fixiert war, zu treten. Sie wurden dabei vom Versuchsleiter angefeuert. Die ersten fünf Sekunden wurde stehend, danach sitzend getreten. Das Ergometer passte dabei die Bremskraft jeweils der aktuellen Leistung an. Vor Beginn und nach der 1., 3., 5., 7. und 10. Minute nach Belastung wurde Blutlaktat entnommen. Die Herzfrequenz wurde mittels Pulstester (Fa. Polar) permanent gemessen.

Aus der Leistung/Zeit- bzw. Arbeit/Zeit- Beziehung lassen sich alle anaeroben Leistungsparameter einschließlich des maximalen oxidativen Flusses berechnen. Berechnet werden konstant 90 Sekunden ab dem Zeitpunkt, an dem sich die maximale Leistung in den ersten Sekunden ergibt. Die alaktazide, laktazide und gesamte anaerobe Kapazität werden in der physikalischen Größe Joule, die maximalen oxidativen und laktaziden Flussraten in Watt angegeben.

Die anaerobe Kapazität ist der maximale Arbeitsbetrag, der mittels anaeroben Stoffwechsels durch die beanspruchte Muskulatur während einer spezifischen, kurzdauernden, maximalen Belastung aufgebracht werden kann (69). Die alaktazide Kapazität ist die maximale ATP-Menge, die vorwiegend über die Spaltung des im Muskel vorhandenen Kreatinphosphat bei sehr kurz dauernden, maximalen Belastungen resynthetisiert werden kann. Die Differenz zwischen der gesamten anaeroben und der alaktaziden Kapazität ergibt die laktazide Kapazität.

Die maximale Flussrate beschreibt die höchste Geschwindigkeit, mit der ein Energiedepot (Kapazität) abgefordert werden kann. Die glykolytische Flussrate ist damit die maximale Leistung, die durch den glykolytischen Stoffwechsel kurzzeitig bereitgestellt werden kann. Die oxidative Flussrate ist die maximale Leistung, die durch oxidative Phosphorylierung in der direkt belasteten Muskulatur freigesetzt werden kann. Die Summe aus oxidativer und glykolytischer Flussrate wird als Gesamtflussrate bezeichnet (144).

### **3.2.1.3 Kraftdiagnostik – Bankdrücken**

In dieser Studie interessierte besonders die Krafftähigkeit der Arm-, Brust- und Schultermuskulatur. Deswegen wurde der seit Jahrzehnten bewährte Maximalkrafttest "Bankdrücken" im Lehrstudio für rehabilitatives Training der TU München durchgeführt.

Bei der verwendeten Bank handelte es sich um eine klassische Kraftdreikampfbank, die internationalen Vorschriften entspricht. Die verwendete Wettkampfstange mit einer Länge von 2200 mm, einem Gewicht von 20 kg und einem Durchmesser von 29 mm entspricht ebenfalls der internationalen Norm.

In einem ersten Hauptversuch sollte ermittelt werden, wieviel Gewicht der Sportler einmalig maximal bewältigen, in einem zweiten wieviel Wiederholungen der Sportler mit einem vorgegebenen Gewicht von 20 kg absolvieren kann.

Nach einer 15-minütigen Aufwärmphase wurde zusätzlich in Vorversuchen das Gewicht ermittelt, mit dem der Sportler drei Wiederholungen bewältigt (71). Mit dieser Last wurde der erste Hauptversuch begonnen. Das einmal maximal bewältigte Gewicht wurde innerhalb von 5 Versuchen ermittelt. Die Pausen zwischen den einzelnen Tests betragen fünf Minuten.

30 Minuten nach dem letzten Durchgang fand der zweite "Kraftausdauerstest" im Bankdrücken statt. Die Wiederholungsgeschwindigkeit wurde dabei mittels Taktgeber vorgegeben, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten.

### **3.2.2 Analysen im Rahmen von Rennen**

Die Fahrer wurden bei Rennen auf dem Salzburgring, Motodrom Oschersleben, Nürburg- sowie Hockenheimring begleitet. Die Rennstreckenprofile sind den Abb. 17-20 zu entnehmen. Immer wurden im Training und beim Rennen die schnellste Rundenzeit und die Platzierung festgehalten.

Um Einblicke in die metabolische Beanspruchung zu gewinnen, wurden Stoffwechselfparameter (s. 3.3) aus venösem bzw. Kapillarblut bestimmt.

Venöse Blutabnahmen erfolgten am Salzburg- und am Hockenheimring jeweils am Freitag vor dem ersten Training, nüchtern um 9.00 Uhr und unmittelbar nach dem Rennen am Sonntag. Auf eine venöse Blutabnahme direkt vor dem Rennen musste verzichtet werden, da die Fahrer diese im Hinblick auf eine mögliche Beeinträchtigung der Fahrleistung ablehnten. Kapillarblut aus dem hyperämisierten Ohrläppchen zur Laktatbestimmung wurde vor dem Rennen und sofort nach der Zielankunft entnommen. Am Nürburgring und in Oschersleben fanden nur Laktatentnahmen statt.

Weiterhin interessierten Katecholamine am Salzburgring. Sie wurden aus 24-Stunden-Urin von Samstag auf Sonntag bestimmt (s. 3.3). Die Sammelperiode wurde in Relation zum Rennzeitpunkt festgelegt.



Zur Beurteilung der kardialen Belastung wurde in Salzburg, Oschersleben und am Nürburgring kontinuierlich die Herzfrequenz aufgezeichnet (s. 3.2.2.1). Außerdem interessierte, welchen Kraftaufwand Fahrer zu leisten haben. Dafür wurde eine spezifische Kraftdiagnostik entwickelt (s. 3.2.2.2), in der am Lenker aufzubringende Kräfte von Hand-, Arm- und Schultermuskulatur numerisch gemessen werden konnten. Analysen wurden am Hockenheimring durchgeführt. In Tabelle 3 sind zusammenfassend Zeitpunkte und Art der einzelnen Analysen aufgeführt. Das erstgenannte Datum ist jeweils der Freitag mit freiem Training, das letztgenannte jeweils der Sonntag mit dem entsprechenden Rennen.

**Tab. 3:** An den Rennstrecken bestimmte kardiovaskuläre, metabolische und biomechanische Parameter

<i>Parameter/Lauf</i>	<i>12.-14.07.02 Salzburgring</i>	<i>09.-11.08.02 Oschersleben</i>	<i>16.-18.08.02 Nürburgring</i>	<i>27.-29.09.02 Hockenheimring</i>
Laktat	X	X	X	X
Herzfrequenz	X	X	X	
Blutchemische Parameter	X			X
Katecholamine	X		X	
Kraftdiagnostik mittels Material- verformungsmessung				X

### 3.2.2.1 Messungen der Herzfrequenz während des Rennens

Die Messung der Herzfrequenz (HF) erfolgte mittels eines von Polar entwickeltem Team-System.

Die Herzfrequenzwerte wurden dabei automatisch im Speicher des Sender-Brustgurts erfasst. Damit entfielen das Tragen eines zusätzlichen Empfängers am Handgelenk und eventuelle Übertragungsfehler durch starke elektrische Felder. Die Fahrer erhielten den Brustgurt während der ersten Laktatentnahme vor dem Rennen und gaben ihn nach Beendigung des Rennens zurück. Die Aufzeichnung der Herzfrequenz erfolgte in einem Speicherintervall von 5 Sekunden. Die Datenauswertung erfolgte mittels Interface auf dem Laptop mit einer entsprechenden Software. Um Verwechslungen der Herzfrequenzmessungen verschiedener Fahrer auszuschließen, erfolgte eine codierte Datenübertragung und Auswertung.

### **3.2.2.2 Kraftdiagnostik und Trägheitskraftanalyse am Sportgerät**

#### **3.2.2.2.1 Bauteilverformungsmessung am Motorrad**

In der Sportwissenschaft gibt es eine Vielzahl von Messverfahren, um motorische Größen zu bestimmen. In der Regel erfolgt diese Bestimmung aber nie direkt am Sportgerät, sondern an speziellen Messvorrichtungen in Laboren, die eine Übertragbarkeit der gewonnenen Daten nicht immer gewährleisten. Maß man in der Vergangenheit direkt am Sportgerät, so wurde dieses oder die Bewegungsausführung selbst durch die zusätzlichen Messinstrumente so verändert, dass eine volle Übertragbarkeit der Daten nicht gegeben war. In dieser Arbeit wurde versucht, diese bekannte Problematik zu lösen und auf eine andere Weise reliable und valide Daten zu gewinnen.

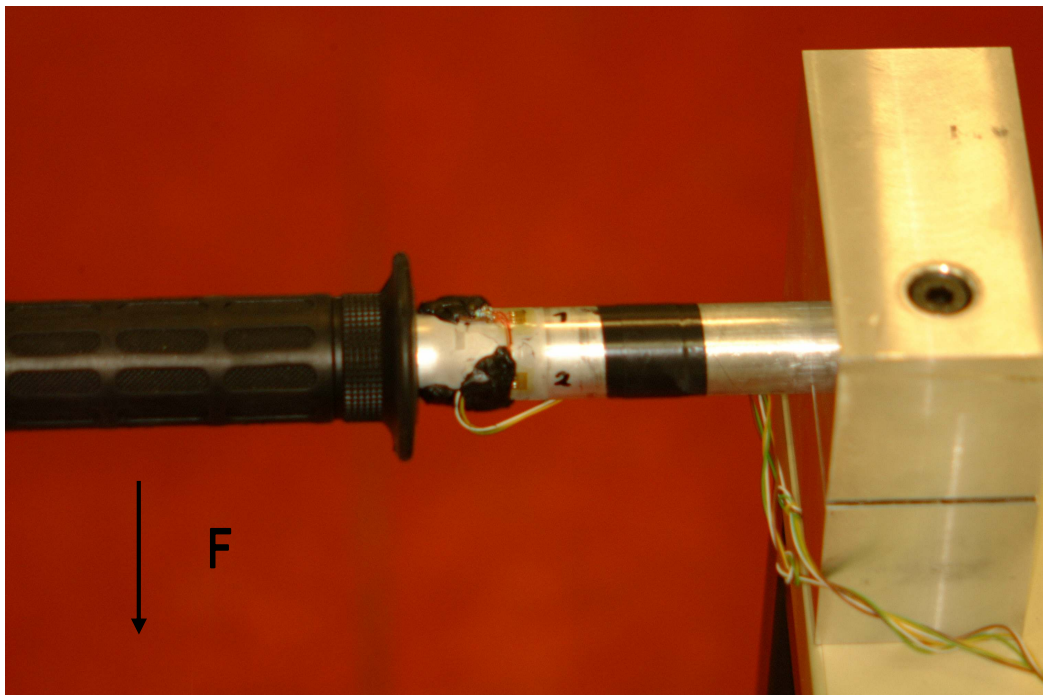
Die nachfolgend skizzierte Trägheitskraftanalyse, hier auch als Bauteilverformungsmessung bezeichnet, bezieht sich auf die Trägheit eines Körpers und dem damit einhergehenden Trägheitswiderstand. Unter Trägheit versteht man die Eigenschaft jeden Körpers, der Änderung seiner momentanen Bewegung einen Widerstand entgegenzusetzen. Der Trägheitswiderstand ist dementsprechend der Widerstand einer Masse (eines Körpers) gegen eine Bewegungsänderung (z.B. Beschleunigung oder Verzögerung). Er ist der einwirkenden Kraft gleich, aber ihr entgegengerichtet.

Um vorab Informationen zu gewinnen, an welchen Bauteilen der Maschine während eines Rennens die größten Kräfte auftreten, wurde auf unveröffentlichtes Datenmaterial der Firma Honda Racing Cooperation/Japan zurückgegriffen. Da diese Firma Motorräder entwickelt und baut, sind Kenntnisse über Bauteilverformungen grundlegend. Die Konstrukteure versehen, um Daten zu gewinnen, ein Motorrad mit vielen Dehnungsmessstreifen und analysieren die Verformung des Materials an den unterschiedlichen Stellen. Die Sichtung des Datenmaterials, die im Rahmen eines Rennens zur Motorradweltmeisterschaft am Sachsenring im Sommer 2002 mit Hilfe von Fachpersonal erfolgte, ergab, dass die stärksten Bauteilverformungen während eines Abbremsvorganges am Lenker entstehen. Ausnahmen stellen kurzzeitig auftretende Schläge am Hinterrad dar.

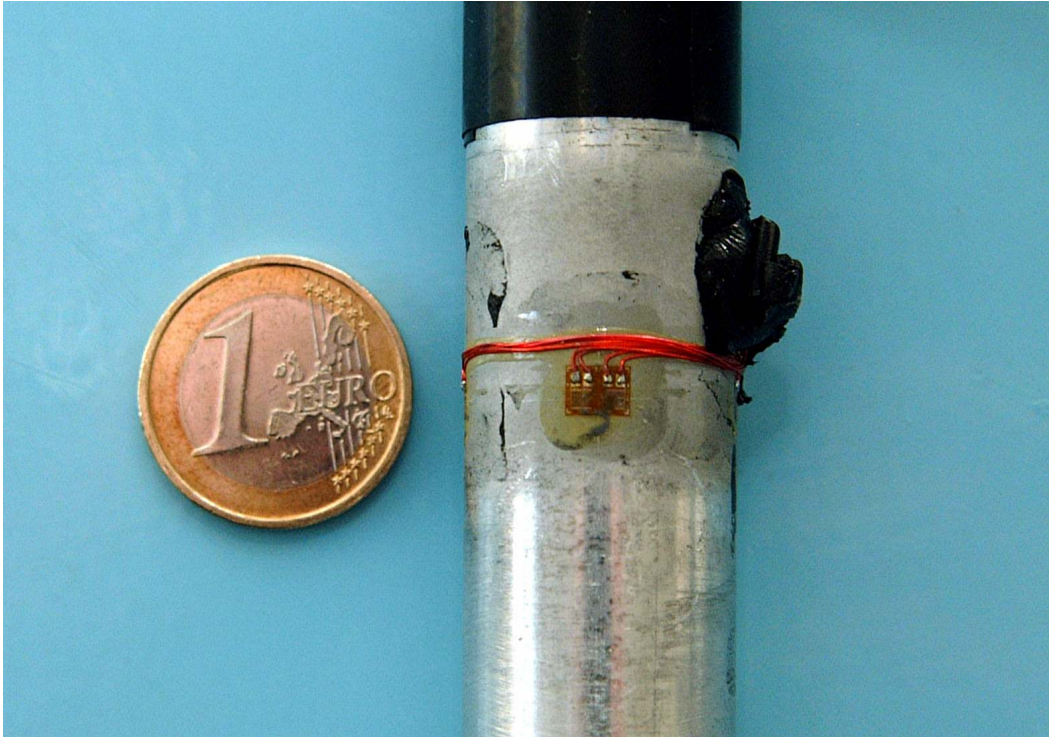
Deshalb interessierten in dieser Studie die Kräfte, die auf den Fahrer während des Abbremsvorganges einwirken, speziell die Kraft, die der Fahrer direkt am Sportgerät am Lenkerstummel in sportartspezifischer Haltung aufbringen muss. Ziel dieser Kraftanalysen war die Überprüfung von Zusammenhängen zwischen Größe der im Sitzen am Lenkerstummel ermittelten Trägheitskräfte und der sportartspezifischen Leistung.

Der Lenkerstummel ist ein Metallrohr, das seitlich in die Gabel geschoben wird (Abb. 9+11), um zu lenken. Zusätzlich sind an diesem Rohr Gasgriff, Bremse und Kupplung montiert. Rennmotorräder besitzen keinen durchgehenden Lenker sondern nur die beschriebenen Lenkerstummel.

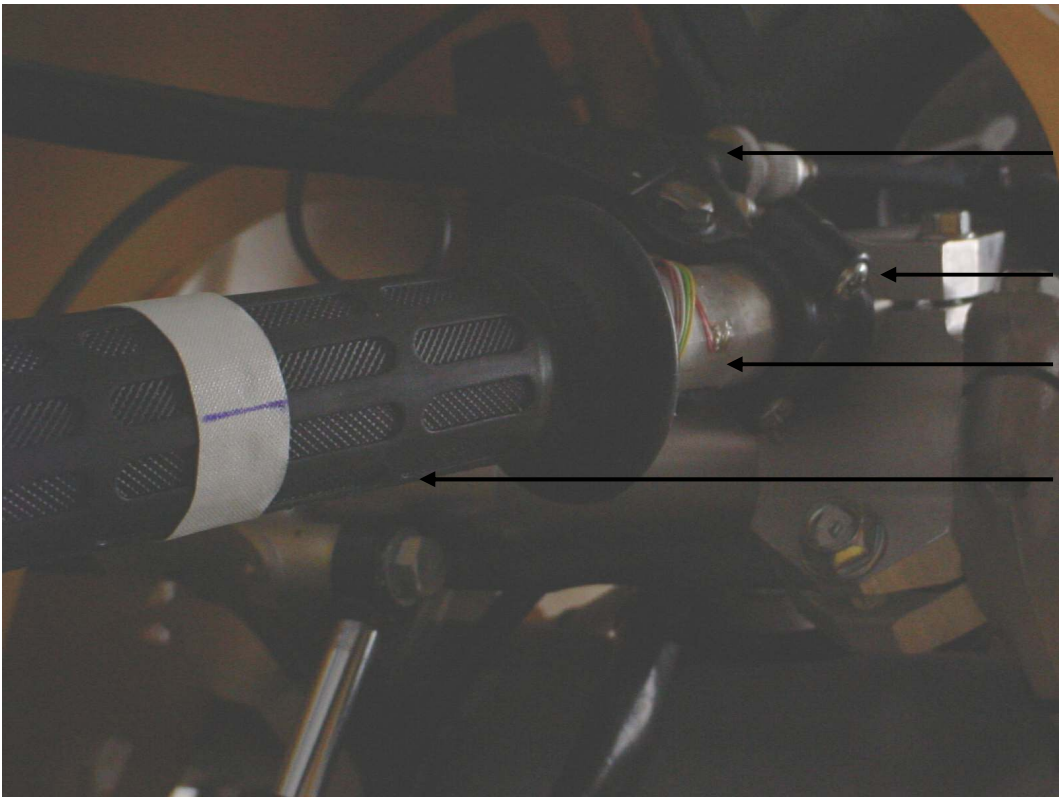
Die Messungen erfolgten, wie bereits angeführt, über die Bestimmung der Bauteilverformung am linken und rechten Lenkerstummel durch Dehnungsmessstreifen (DMS). Dies ist eine gängige und einfache Methode mit geringem Aufwand. Die Applikation der DMS erfolgte mit einem heißaushärtenden Klebstoff, um ein Ablösen durch die auftretenden Bauteilschwingungen zu vermeiden. Die jeweils vier pro Lenkerstummel im 90°-Winkel zueinander geklebten Dehnungsmessstreifen (Abb. 9+10) registrierten die horizontale und vertikale Bauteilverformung (weiteres Bildmaterial zur Messapparatur finden sich auf den Seiten 164 und 165). Die Abstände der DMS zur Gabelmitte waren links und rechts jeweils identisch. Die entstehenden Daten wurden mittels Datalogger (Paromed Medizintechnik GmbH, Version 2.1) auf einer Speicherkarte gesichert, um nach Beendigung der Messungen ausgelesen zu werden. Datalogger und ein Funkgerät zum Auslösen des Messvorganges beim Fahren wurden direkt unter der Sitzbank über dem Hinterrad montiert, um bei einem eventuellen Sturz den Fahrer nicht zu gefährden.



**Abb. 9:** Lenkerstummel mit DMS in Kalibrierungsvorrichtung (rechts)



**Abb. 10:** Größe der DMS



**Abb. 11:** Lenkerstummel am Motorrad montiert

### 3.2.2.2 Kalibrierung des Messgerätes

Um eine Umrechnung der elektrisch ermittelten Units in Newton zu gewährleisten und ein einwandfreies Messen der DMS zu überprüfen, erfolgte eine Kalibrierung im Labor.

Um ein exakt horizontales bzw. vertikales Signal zu erhalten, wurden die Lenkerstummel in einer eigens dafür angefertigten Vorrichtung (Abb. 9) so fixiert, dass die Kraft genau 90° zum DMS-Verlauf einwirken konnte. Bei dieser Messung wurde die einwirkende Kraft in 5-kg-Schritten bis 30 kg gesteigert (Tab. 4).

Da der Fokus auf dem Betrag der maximal zu erreichenden bzw. wirkenden Gesamtkraft lag, erfolgte aus Plausibilitätsgründen keine Auswertung der Krafrichtung, da jeder Fahrer durch seine individuelle Biomechanik sowieso eine veränderte Wirkungsrichtung aufzeigt. Die Lage und Verdrehung des Lenkerstummels in der Gabel wurde somit ebenfalls relativiert. Die Berechnung des Betrags der resultierenden Kraft aus den beiden (senkrecht aufeinander stehenden) Kraftkomponenten erfolgte aus diesem Grund durch die Beziehung  $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$ . Entsprechend wurden diese Daten aus der Einzelsensorkalibrierung, wie in Tabelle 4 aufgeführt, zur Umrechnung der Rohdaten (Units) in Newton [N] verwendet. Zur Umrechnung der ermittelten Messwerte  $x$  [-] in Kräfte  $y$  [N] wurden für die einzelnen Kanäle entsprechend den Kalibrierungsdaten (Abb. 12-15) folgende Formeln verwendet:

$$\text{Kanal 1: } y = -0,2003x + 5,272$$

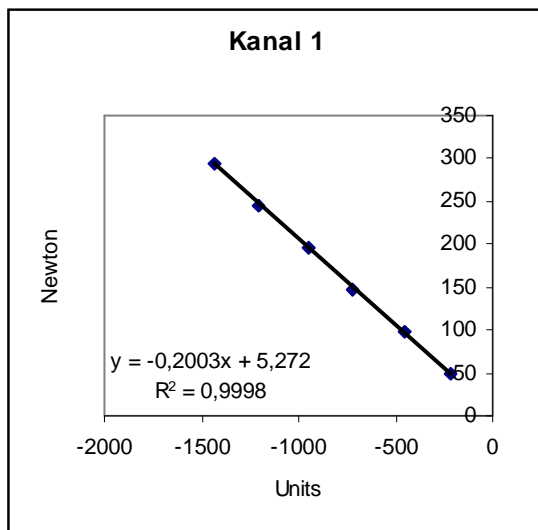
$$\text{Kanal 2: } y = -0,1005x - 5,8387$$

$$\text{Kanal 3: } y = -0,1551x + 0,521$$

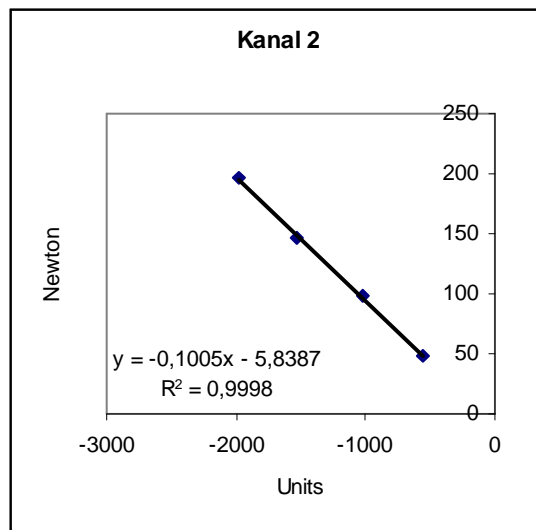
$$\text{Kanal 4: } y = -0,1549x + 3,6$$

**Tab. 4:** Einzelsensorkalibrierung

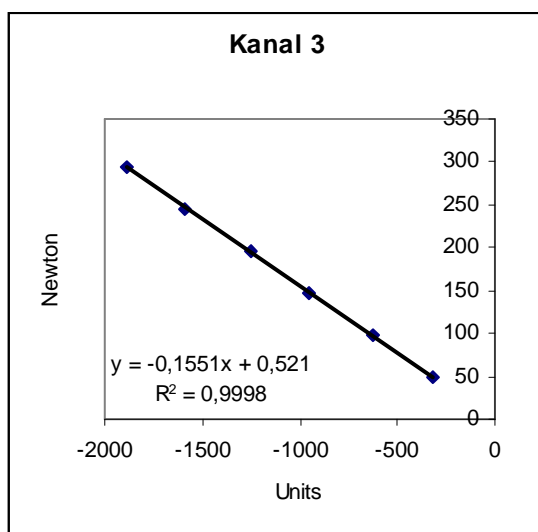
Lenker links				Lenker rechts			
	Kanal 1		Kanal 2		Kanal 3		Kanal 4
S1 (Units)	F (N)	S2 (Units)	F (N)	S3 (Units)	F (N)	S4 (Units)	F (N)
-218,9	49,05	-550	49,05	-314,4	49,05	-300,9	49,05
-455,8	98,1	-1025,8	98,1	-622,4	98,1	-601,2	98,1
-718,3	147,15	-1525,5	147,15	-953,7	147,15	-932,1	147,15
-949,9	196,2	-1981,1	196,2	-1255,2	196,2	-1229,5	196,2
-1204,5	245,25	-2048	245,25	-1589,3	245,25	-1572,3	245,25
-1437,1	294,3	-2048	294,3	-1887,9	294,3	-1874,9	294,3



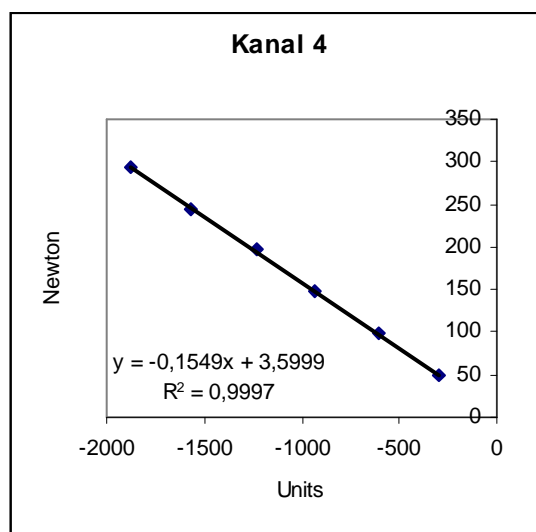
**Abb. 12:** Kalibrierung Kanal 1



**Abb. 13:** Kalibrierung Kanal 2



**Abb. 14:** Kalibrierung Kanal 3



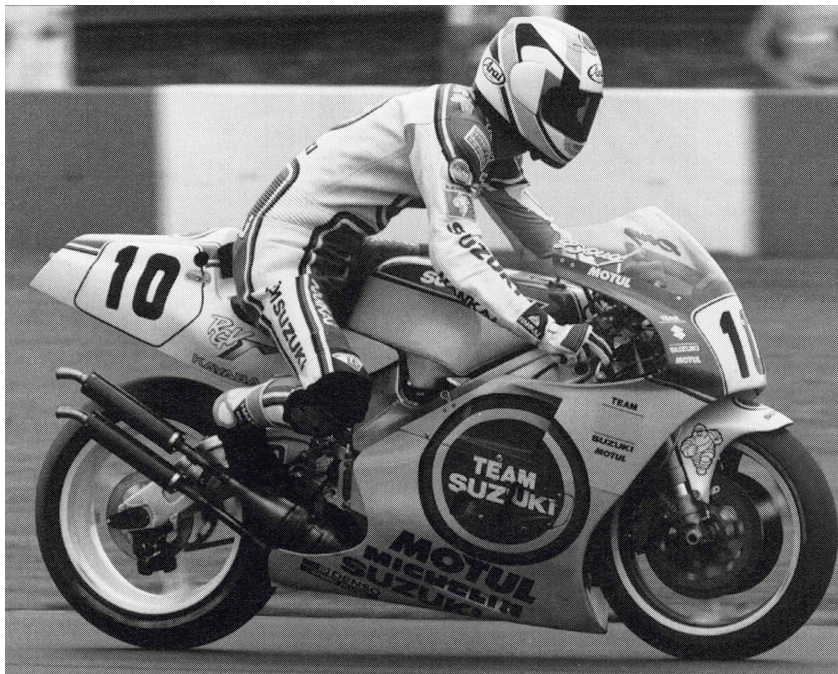
**Abb. 15:** Kalibrierung Kanal 4

### 3.2.2.2.3 Trägheitskraftanalyse während des Abbremsens

Um Kräfte zu bestimmen, die auf den Fahrer während eines Rennens einwirken, wurde, wie beschrieben, die Bauteilverformung am Lenker direkt gemessen. Die Messungen erfolgten beim Anbremsen in die erste Kurve nach Start-Ziel in Hockenheim auf dem kleinen Rennkurs, da hier mit den größten Kräften zu rechnen war. Der Versuchsleiter stand in der genannten Kurve und löste die Messung per Funk aus, sobald der Fahrer eine festgelegte Fahrbahnmarkierung vor Beginn der Kurve überfahren hatte. Die Messung schaltete sich nach 10 Sekunden wieder ab. Die Messungen fanden nur mit einer in Weltmeisterschaft erfahrenen Person und nur an einem Motorrad, das mit der beschriebenen Messtechnik ausgerüstet war, statt. Der Fahrer fuhr sich über eine Dauer von 15 Minuten auf der Rennstrecke ein. Dieses Einfahren diente, wie bei anderen Sportarten das Aufwärmen, der Vorbereitung von Fahrer und Material auf den eigentlichen Test. Im Anschluss erfolgten die Messungen beim Abbremsen von ca. 200 km/h auf 80 km/h. Es erfolgten acht Messungen, von denen der Versuch mit den größten Verzögerungskräften gewertet wurde (Tab. 11).

### 3.2.2.2.4 Lenkerkraftmessung am stehenden Motorrad

Wie schon in der Einleitung des Kapitels "Kraftdiagnostik und Trägheitskraftanalyse am Sportgerät" beschrieben, interessierte weiter die Kraft, die der Fahrer am Sportgerät in sportartspezifischer Haltung aufbringen kann.



**Abb. 16:** Körperposition während des Abbremsvorganges

Unter sportartspezifischer Haltung wird hier die Körperposition auf dem Motorrad verstanden, bei der der Fahrer größte Kräfte entwickeln muss. Da die größte Kraft auf den Fahrer während des Abbremsvorganges wirkt, nahmen die Fahrer eine dem Abbremsen typische Haltung auf dem Motorrad ein. Um diese Position annähernd genau zu ermitteln, wurden 20 Rennfahrer während des Abbremsens in Hockenheim fotografiert. Aus dem gewonnenen Bildmaterial wurde eine Bildserie erstellt, aus der die durchschnittliche Körperposition, wie sie in Abb. 16 dargestellt ist, ermittelt wurde.

Vor der Bestimmung der Kraftfähigkeiten wärmten sich die Fahrer durch Laufen 15 Minuten lang auf und absolvierten drei Probedurchgänge auf dem am Hinterrad leicht aufgebockten Motorrad (Abb. 6). Nach Aufforderung des Testleiters nahmen die Fahrer zur Messung eine für das Abbremsen typische Position auf dem Motorrad ein (Abb. 16). Die Füße waren dabei in der Luft, um ein zusätzliches Abstützen auf den Fußrasten zu vermeiden. Dementsprechend konnte sich der Fahrer nur mit den Muskeln abstützen, die den Oberschenkel am Tank fixieren. Ein Abstützen unter zu Hilfenahme der gesamten Muskelmuskelschlinge, von der Hand bis zum Fuß, war somit nicht möglich.

Auf Kommando des Testleiters drückten die Probanden mit Oberkörper-, Arm- und Handmuskulatur über 10 Sekunden maximal isometrisch gegen die Lenkerstummel. Der Kraftverlauf verlief nach vorne unten. Insgesamt absolvierten die Probanden drei Durchgänge. Nach jeder Messung erfolgte eine Pause von ca. 10 Minuten. Auch diese Analysen fanden am Hockenheimring statt.



### 3.3 Biochemische Analysen

#### 3.3.1 Laktatbestimmung

Laktat wurde aus Blut, das aus dem hyperämisierten Ohrläppchen entnommen wurde, bestimmt. 20 µl Blut wurden als Probenmaterial benötigt, das über eine End- zu End-Kapillare dosiert in ein vorgefülltes Reaktionsgefäß gegeben wurde. Die Analyse erfolgte mit Hilfe des Gerätes BIOSEN 5040 der Firma EKF / Barleben. Das Grundprinzip ist hierbei die Bestimmung der Laktatkonzentration nach einer Reaktion zu Pyruvat und H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, die durch das Enzym Laktatoxidase katalysiert wird. Das H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> wird an einer polarographischen Elektrode oxidiert, wobei die Stromstärke der Laktatkonzentration entspricht.

Messfehler: < 1,5% / 12mmol/l

Stabilität (Drift): 3 % über 10 Proben, bezogen auf 12 mmol/l

Messzeit: 10-15 s

Probenbehälter: 1.5 o. 2.0ml vorgefüllt mit 1 ml Systemlösung

Probenvolumen: 20µl

Kalibration: 1-Punkt pro Teller

#### 3.3.2 Bestimmung venöser blutchemischer Parameter

Weitere blutchemische Parameter wurden im Labor der Poliklinik für Präventive und Rehabilitative Sportmedizin der TU München bestimmt. Natrium, Kalium und Calcium wurden mittels EFOX Elektrolytautomat 5053, der auf Flammenphotometrie basiert, der Fa. Eppendorf / Hamburg gemessen. Die nachfolgend aufgeführten Parameter wurden mit dem Analyseautomat Technicon RA 2000 der Firma Bayer Vital / Fernwald analysiert.

- Magnesium
- Eisen
- GOT
- GPT
- GGT
- Triglyceride
- Ges.-Cholesterin
- CK
- Glukose
- Harnstoff
- Kreatinin
- Harnsäure
- Ges.-Bilirubin

### 3.3.3 Katecholaminbestimmung

Die Katecholaminbestimmung erfolgte aus methodisch-organisatorischen Gründen aus dem 24-Stunden-Urin im Rahmen von Rennen auf dem Salzburgring von Samstag 16.00 Uhr bis Sonntag 16.00 Uhr von 13 Teilnehmern. Der Urin wurde in einem Gefäß gesammelt, das zur Stabilisierung mit 30 ml 25-prozentiger Salzsäure versetzt war. Ein Referenzwert wurde aus Sammelurin von Dienstag 16.00 Uhr bis Mittwoch 16.00 Uhr bestimmt. Nach Messung der Absolutmenge wurden Aliquots des Sammelurins bei  $-38^{\circ}\text{C}$  eingefroren.

Zur Bestimmung der Katecholamine wurde das Verfahren der elektrochemischen Detektion verwendet. Zur Kontrolle und eventuellen Korrektur der absolut ermittelten Katecholaminwerte wurde zusätzlich die Kreatininkonzentration mitbestimmt, da die Kreatininausscheidung über 24 Stunden relativ konstant ist. Demnach diente die im Ergebnisteil aufgeführte Bildung des Katecholamin/Kreatinin-Quotienten zur Überprüfung der korrekten Urinsammlung über 24 Stunden, gerade wenn, wie in der vorliegenden Untersuchung, die kollektivierte Urinmengen z.T. über einen Liter divergierten. Die Katecholaminbestimmung wurde im Institut für klinische Chemie im Klinikum Großhadern/München durchgeführt.

**Tab. 5:** Referenzwerte Normalbereich (Thomas, 1988)

<b>Noradrenalin</b>	136 – 620 nmol/24 h	23-105 $\mu\text{g}/24\text{ h}$
<b>Adrenalin</b>	22 – 109 nmol/24 h	4 – 20 $\mu\text{g}/24\text{ h}$
<b>Dopamin</b>	1260 – 2980 nmol/24 h	190 – 450 $\mu\text{g}/24\text{ h}$

### **3.4 Variation der Gesamtstichprobe bei Testreihen und Probenentnahmen**

Die Anzahl der Probanden veränderte sich, wie im Ergebnisteil vermerkt, im Verlauf der einzelnen Testreihen. Dies hatte folgende Gründe:

Die unterschiedliche Teilnehmerzahl an den Testreihen in der Poliklinik für Präventive und Rehabilitative Sportmedizin in München wurde verursacht durch eine Abwesenheit der Fahrer in 4 Fällen, durch den technischen Defekt des 96-Sekunden-Test an einem Testtag sowie durch die nicht mögliche Ermittlung interessierender Schwellenwerte aufgrund nicht verwertbarer Daten in 7 Fällen.

Bei Probenentnahmen, die direkt an den Rennstrecken stattfanden, waren Stürze bzw. technische Ausfälle während der Rennen die Hauptursachen. Weiterhin standen direkt nach Rennende nicht immer alle Fahrer zur Verfügung. Besonders gering war die Stichprobengröße des Rennens am Nürburgring, die unter den oben genannten Umständen zustande kam. Weiterhin konnten einzelne biochemische Parameter, entnommen an den Rennstrecken, im Labor nicht analysiert werden, da die Proben nicht verwertbar waren.

Die geringe Teilnehmerzahl der Testreihe "resultierende Kraft linker und rechter Lenkerstummel, Motorrad stehend" wurde durch nicht verwertbare Daten verursacht.

Die unterschiedliche Anzahl der Probanden bei Rennen und Training resultierte aus der Tatsache, dass das Training am Samstag stattfand und das Rennen am Sonntag.

Variationen der Teilnehmer im Abschnitt Korrelationen wurden ebenfalls durch die oben genannten Gründe bedingt.

Während aller Rennen und Untersuchungsreihen hatte sich die Gesamtheit der Stichprobe N in sich jedoch nicht verändert, d.h. es kamen im Verlauf der Saison keine neuen Fahrer zur Stichprobe hinzu.

### 3.5 Streckenprofile

Nachfolgend werden die Profile der Rennstrecken beschrieben, auf denen Leistungs- und Beanspruchungsdaten erhoben wurden.

Der Salzburgring ist eine Rennstrecke, die durch zwei lange Geraden geprägt ist und als Hochgeschwindigkeitsstrecke gilt. Leistungsstarke Motorräder wie auch Rennfahrer mit geringer Körpermasse sind auf dieser Strecke nach Meinung von Experten bevorteilt. Die Durchschnittsgeschwindigkeit in einem 125-ccm-Motorradrennen auf dieser Rennstrecke betrug 160 km/h.

Das Motodrom Oschersleben, der Nürburgring als auch der Hockenheimring sind im Vergleich zum Salzburgring Strecken, auf denen es zu vermehrten Bremsbelastungen infolge einer hohen Kurvenanzahl kommt. Die maximale Leistungsfähigkeit der Maschine sowie das Körpergewicht des Rennfahrers sind im Vergleich zum Salzburgring weniger leistungsbestimmend, wie Trainer meinen. In der Klasse 125 ccm wurden in Oschersleben Durchschnittsgeschwindigkeiten von 134 km/h, am Nürburgring von 132 km/h und am Hockenheimring von 135 km/h realisiert. Die Ermittlung der Durchschnittsgeschwindigkeit erfolgte über die Beziehung Zeit pro Strecke.

#### Streckenprofil Salzburgring

Streckenlänge:	4.255 m
Streckenbreite:	10-14 m
Höhenunterschied:	25 m
Siegerzeit:	19:04 min



**Abb. 17:** Streckenprofil Salzburgring (Quelle: Salzburgring GmbH)

## Streckenprofil Motodrom Oschersleben

Streckenlänge:	3.667 m
Streckenbreite:	11-13 m
Höhenunterschied:	23 m
Siegerzeit:	22:54 min



**Abb. 18:** Streckenprofil Motodrom Oschersleben (Quelle: Betreibergesellschaft Motodrom Oschersleben)

## Streckenprofil Nürburgring

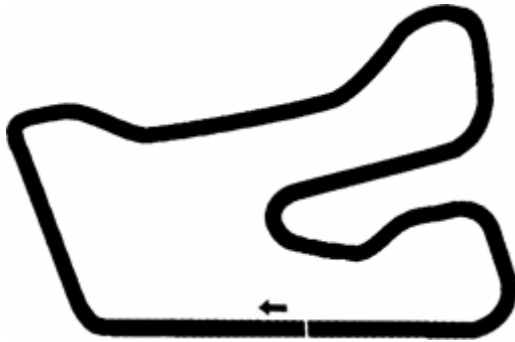
Streckenlänge:	3.627 m
Streckenbreite:	14-25 m
Höhenunterschied:	17 m
Siegerzeit:	26:21 min



**Abb. 19:** Streckenprofil Nürburgring (Quelle: Nürburgring GmbH)

## Streckenprofil Hockenheimring

Streckenlänge:	2.604 m
Streckenbreite:	14-18 m
Höhenunterschied:	5 m
Siegerzeit:	23:02 min



**Abb. 20:** Streckenprofil Hockenheimring (Quelle: Hockenheimring GmbH)

### **3.6 Statistische Auswertung**

Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm SPSS 11.0 für Windows durchgeführt.

#### **Deskriptive Statistik**

##### **Mittelwert**

Das vorliegende Datenmaterial war metrisch skaliert. Es wurde als Mittelwert mit Standardabweichung beschrieben. Die Berechnung des Mittelwerts erfolgte nach:

$$X = \sum xi * I / n$$

Die Anzahl der vorliegenden Meßwerte werden durch n, die jeweiligen Einzelmessungen durch xi repräsentiert.

##### **Standardabweichung**

Die Standardabweichungen wurden wie folgt berechnet:

$$SD = \sqrt{(\sum (X - xi)^2) / (n - 1)}$$

Der Mittelwert ist X, die Einzelmesswerte sind xi und die Anzahl der vorliegenden Messwerte ist n.

#### **Analytische Statistik**

##### **Nichtparametrische Tests**

Zur Berechnung zweier verbundener Stichproben wurde der Wilcoxon Test (Z-Wert) verwendet. Er ist ein nichtparametrischer Test, der nicht voraussetzt, dass die Messgrößen (bzw. die Differenzen) normalverteilt sind. Es wird lediglich angenommen, dass die Differenzen stetig und symmetrisch verteilt sind.

##### **Signifikanzniveau**

Signifikanz einer Differenz, einer Änderung oder einer Beziehung u.a. besagt ganz allgemein, dass einer Prüfung im statistischen Sinn Bedeutsamkeit oder Vorzeigbarkeit zukommt. Signifikanz stattet einen Parameterwert mit dem Hinweis (Signum) aus, daß er mehr als nur zufällig zustande gekommen ist.

Das Signifikanzniveau wurde bei 95% Wahrscheinlichkeit, d.h. bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% (p=0,05) festgelegt. Dadurch ergab sich folgende Einteilung:

- p > 0,05 nicht signifikant
- p ≤ 0,05 schwach signifikant
- p ≤ 0,01 signifikant
- p ≤ 0,001 hoch signifikant

### Korrelationsüberprüfungen

Zur Überprüfung der Stärke von linearen Beziehungen zwischen zwei Merkmalen X und Y wurde der Korrelationskoeffizient r in der folgenden Form berechnet:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x}) * (y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2} * \sqrt{\sum (y - \bar{y})^2}}$$

Dabei wird über alle Ausprägungen x des Merkmals X und alle Ausprägungen y des Merkmals Y summiert. Der Absolutbetrag von r liegt zwischen den Werten 0 und 1. Er beschreibt die Anpassungsgüte der durch die x-y-Koordinaten beschriebenen Punkte an ihre zugehörige Regressionsgerade. Die Richtung dieser Beziehung wird durch die Lage der Regressionsgeraden beschrieben und durch das Vorzeichen des Koeffizienten r bestimmt.

Der Absolutbetrag von r gibt wie folgt die Stärke des linearen Zusammenhangs an (106):

	0 = r		kein linearer Zusammenhang
> 0	r	< 0,39	niedriger linearer Zusammenhang
> 0,4	r	< 0,69	mittlerer linearer Zusammenhang
> 0,7	r	< 0,99	hoher linearer Zusammenhang
1,0 =	r		perfekter linearer Zusammenhang

### Anordnung der Variablenpaare

Die in dieser Studie vorliegenden Variablen wurden nur dann als Paar angeordnet, sofern sich beide Variablen auf dasselbe Rennen bzw. denselben Zusammenhang bezogen und entsprechend logisch verknüpfbar waren.



## Kapitel 4 Ergebnisse

### 4.1 Leistungstests

#### 4.1.1 Aerober Stufentest – Leistungen

Die im Stufentest ermittelten Leistungen sind in Tabelle 6 aufgeführt. Im Durchschnitt wurde maximal 230,3 Watt, an der fixen 2- bzw. 4-mmol-Schwelle Leistungen von 93,7 Watt bzw. 152,3 Watt erbracht. Die Leistungen an der individuellen aeroben und an der individuellen anaeroben Schwelle betragen im Mittel 101,0 Watt bzw. 138,8 Watt. Pro Kilogramm Körpergewicht wurden durchschnittlich 4,05 Watt maximale Leistung erreicht. An den fixen 2- und 4-mmol Schwellen wurden im Durchschnitt Wattleistungen pro Kilogramm Körpergewicht von 1,64 bzw. 2,67 gemessen. An der individuellen aeroben und anaeroben Schwelle waren es 1,78 bzw. 2,44 Watt pro kg Körpergewicht.

**Tab. 6:** Im Stufentest erbrachte maximale Leistung (Watt), Leistungen an den fixen und individuellen Schwellen sowie die maximalen und Schwellenleistungen pro Kilogramm Körpergewicht

<i>Fahrer</i>	<i>W</i> <i>Max</i>	<i>W</i> <i>AS</i>	<i>W</i> <i>ANS</i>	<i>W</i> <i>iAS</i>	<i>W</i> <i>iANS</i>	<i>W</i> <i>maxkg</i>	<i>W</i> <i>ASkg</i>	<i>W</i> <i>ANSkg</i>	<i>W</i> <i>iASkg</i>	<i>W</i> <i>iANSkg</i>
MW	230,3	93,7	152,3	101,0	138,8	4,05	1,64	2,67	1,78	2,44
SD	37,7	28,7	31,0	27,8	27,1	0,44	0,44	0,39	0,43	0,31
Min	150,0	50,0	77,5	50,3	77,0	3,40	1,00	2,00	0,80	2,10
Max	275,0	144,0	200,0	145,0	183,0	4,90	2,50	3,40	2,40	3,10
N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18

#### 4.1.2 Aerober Stufentest – Herzfrequenzen und Laktatwerte

Tabelle 7 zeigt die Herzfrequenzen und Laktatwerte der Probanden. Die durchschnittliche maximale Herzfrequenz lag bei 199,4 S/min. Die Herzfrequenzen an den fixen 2- und 4-mmol Schwellen betragen im Schnitt 129,3 bzw. 163,4 S/min, an der individuellen aeroben (iAS) und anaeroben (iANS) Schwelle 137,1 bzw. 159,7 S/min. Die maximalen Laktatwerte erreichten im Mittel 11,6 mmol/l, an der iAS 2,3 mmol/l und der iANS 3,3 mmol/l.

**Tab. 7:** Herzfrequenzen (S/min) und Laktatwerte (mmol/l) der Probanden bei aerobem Stufentest

<i>Fahrer</i>	<i>HFmax</i>	<i>HFAS</i>	<i>HFANS</i>	<i>HFias</i>	<i>HFiANS</i>	<i>Lamax</i>	<i>LaiAS</i>	<i>LaiANS</i>
MW	199,4	129,3	163,4	137,1	159,7	11,6	2,27	3,32
SD	7,49	20,2	16,7	21,3	13,0	1,51	0,97	0,56
Min	183,0	103,0	136,0	87,0	135,0	9,01	0,69	2,53
Max	217,0	166,0	193,0	158,0	179,0	14,2	4,08	4,21
N	18	18	12	17	17	18	17	17

#### 4.1.3 96-Sekunden-Test – Kapazitäten und Flußraten

Die Tabelle 8 zeigt die berechneten Kapazitäten und Flußraten aus dem 96-Sekunden-Test. Die absolute Peakpower erstreckte sich von 400 – 896 Watt, die relative von 9,71 – 14,8 Watt/kg.

Die absoluten Mittelwerte der max. 5-s-Arbeit betragen 3292,8 Joule, die der alaktaziden Kapazität 3344,0 Joule, die der anaeroben Kapazität 9456,6 Joule und die der laktaziden Kapazität 6112,6 Joule.

Die absoluten Mittelwerte des oxydativen Flusses wurden mit 219,1 Watt, die des glykolytischen Flusses mit 158,1 Watt und die des Gesamtflusses mit 377,1 Watt berechnet. Das bestimmte maximale Laktat lag im Mittel bei 13,9 mmol/l.

**Tab. 8:** Berechnete Kapazitäten und Flußraten aus 96-Sekunden-Test

<i>Fahrer</i>	<i>W PEAK</i>	<i>JMAX 5S</i>	<i>KAP ALA</i>	<i>KAP ANA</i>	<i>KAP LA</i>	<i>FLU GES</i>	<i>FLU OX</i>	<i>FLU GLY</i>	<i>MAX LA</i>
MW	708,5	3292,8	3344,0	9456,6	6112,6	377,1	219,1	158,1	13,9
SD	142,9	618,7	906,6	2294,9	1754,8	68,1	40,8	40,3	1,85
Min	400,0	1894,0	1935,0	5234,0	3299,0	238,0	140,0	98,0	11,1
Max	896,0	4189,0	5738,0	13398,0	8823,0	477,0	298,0	214,0	17,4
N	15	15	15	15	15	15	15	15	15

#### 4.1.4 Kraftmessungen – Bankdrücken und Bauteilverformungsanalysen

Tabelle 9 zeigt die bei im Bankdrücken im Labor erbrachten Kraftwerte. Im Maximalkrafttest wurden als Spitzenwert 62,5 kg, im Mittel 43,4 kg bewältigt. Die Leistungen des Kraftausdauertests lagen maximal bei 59 Wiederholungen. Im Mittel wurde ein Wert von 31 registriert.

In der Tabelle 10 sind die bei stehendem Motorrad mittels Materialverformungsmessung ermittelten Werte als resultierende Kraft aufgeführt. Links wurden im Mittel 195,1 Newton maximal 309,9 Newton gemessen. Die am rechten Lenkerstummel registrierten Werte lagen im Durchschnitt bei 281,2 und im Maximum bei 359 Newton. Eine individuelle seitigkeitsbedingte Kraftdifferenz könnte hierfür angeführt werden ( $p=0,001$ ).

Die Materialverformungen während des Abbremsens im Feldtest, in Tab. 11 aufgeführt, betragen am Lenkerstummel links 183 Newton, rechts dagegen 325 Newton. Die Differenz von 183 – 325 Newton wird durch das Abbremsen auf eine Rechtskurve als auch durch die am rechten Lenkerstummel befindliche Bremse selber bedingt.

**Tab. 9:** Ermittelte Maximalkraftwerte Bankdrücken (Angaben in kg) und maximal erreichte Wiederholungszahl mit 20 kg Auflast (Angaben in Wiederholungen)

<i>Fahrer</i>	<i>Maximalkraft Bankdrücken</i>	<i>Kraftausdauer Bankdrücken</i>
MW	43,4	30,6
SD	10,4	13,9
Min	20,0	1
Max	62,5	59
N	19	19

**Tab. 10:** Resultierende Kraft linker und rechter Lenkerstummel, Motorrad stehend (Angaben in Newton)

<i>Fahrer</i>	<i>Resultierende Kraft Lenkerstummel links</i>	<i>Resultierende Kraft Lenkerstummel rechts</i>
MW	195,1	281,2
SD	66,4	60,2
Min	91,6	172,2
Max	309,9	359,0
Z		-3,296
P		0,001
N	14	14

**Tab. 11:** Resultierende Kraft linker und rechter Lenkerstummel, Motorrad fahrend (Angaben in Newton)

<i>Fahrer</i>	<i>Resultierende Kraft Lenkerstummel links</i>	<i>Resultierende Kraft Lenkerstummel rechts</i>
1	183,8	325,3

## 4.2 Herzfrequenz bei Rennen

Ausgewertet wurden die durchschnittlichen Herzfrequenzen der ersten, mittleren und letzten Rennrunde sowie die maximale Herzfrequenz. Die Werte sind in Tabelle 12 aufgeführt. Als durchschnittliche Herzfrequenz der letzten Runde wurden in Salzburg 183,4 S/min, in Oschersleben 195,2 S/min und auf dem Nürburgring 188,7 S/min gemessen. Die maximale im Rennen erreichte Herzfrequenz betrug im Mittel in Salzburg 192,5 S/min, in Oschersleben 200,9 S/min und auf dem Nürburgring 195,2 S/min.

**Tab. 12:** Herzfrequenzen (S/min) bei Rennen auf dem Salzburgring, Motodrom Oschersleben und vom Nürburgring

<i>Fahrer</i>	<i>SaHf 1R</i>	<i>SaHf m</i>	<i>SaHf LeR</i>	<i>SaHf max</i>	<i>OsHf 1R</i>	<i>OsHf m</i>	<i>OsHf leR</i>	<i>OsHf max</i>	<i>NuHf 1R</i>	<i>NuHf m</i>	<i>NuHf leR</i>	<i>NuHf max</i>
MW	169,5	181,1	183,4	192,5	177,6	191,4	195,2	200,9	170,1	183,3	188,7	195,2
SD	10,7	6,77	7,39	7,18	7,66	6,50	10,6	7,25	6,89	8,60	8,57	7,63
Min	150,0	171,0	169,0	178,0	160,0	178,0	164,0	187,0	159,0	166,0	172,0	178,0
Max	186,0	196,0	195,0	202,0	188,0	200,0	208,0	212,0	181,0	194,0	200,0	204,0
N	15	17	17	17	16	16	16	16	12	12	10	12

### 4.3 Laktat nach Rennen

Die Ruhewerte vor Rennen lagen bei allen Rennen um 1,5 +/- 0,5 mmol/l. Die höchsten Nachbelastungswerte zwei Minuten nach Zieleinlauf wurden mit 5,6 +/- 1,6 mmol/l beim Rennen in Oschersleben gemessen. Die niedrigsten Nachbelastungswerte von 3,5 +/- 1 mmol/l wurden beim Rennen in Salzburg ermittelt. Die geringsten mittleren prozentualen Veränderungen von Vor- zu Nachwert waren mit 287,5 % in Salzburg, die höchsten mit 627,3 % am Nürburgring zu verzeichnen.

**Tab. 13:** Laktatwerte (mmol/l) vor und 2 min. nach den Rennen Salzburg-ring, Motodrom Oschersleben, Nürburgring und Hockenheimring sowie prozentuale Veränderung

<i>Fahrer</i>	<i>SaLa</i>	<i>SaLa</i>	<i>Dif</i>	<i>OsLa</i>	<i>OsLa</i>	<i>Dif</i>	<i>NuLa</i>	<i>NuLa</i>	<i>Dif</i>	<i>HoLa</i>	<i>HoLa</i>	<i>Dif</i>
	<i>vo</i>	<i>na</i>	<i>%</i>	<i>vo</i>	<i>na</i>	<i>%</i>	<i>vo</i>	<i>na</i>	<i>%</i>	<i>vo</i>	<i>na</i>	<i>%</i>
MW	1,52	3,53	135,4	1,51	5,60	290,2	1,19	4,26	271,2	1,69	4,84	190,6
SD	0,48	1,04	59,9	0,32	1,56	143,3	0,32	1,57	160,1	0,35	1,50	89,0
Min	0,82	2,27	65,5	1,00	3,10	100,0	0,81	2,19	82,5	1,16	2,84	93,8
Max	2,39	5,35	287,5	2,10	9,00	591,7	1,86	6,45	627,3	2,32	7,78	480,6
Z	-3,516			-3,725			-2,666			-4,107		
P	0,000			0,000			0,008			0,000		
N	16	16	16	18	18	18	9	9	9	22	22	22

#### 4.4 Blutchemische Parameter

In den Tabellen 14-22 sind die bei Rennen erhobenen blutchemischen Parameter aufgeführt. Die Proben wurden am Salzburg- und am Hockenheimring jeweils 48 Stunden vor und direkt nach dem Rennen durch Punktion der Armvene entnommen. Bestimmt wurden Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium, Eisen, GOT, GPT, GGT, Creatinkinase, Harnstoff, Kreatinin, Harnsäure, Ges.-Bilirubin, Ges.-Cholesterin, Triglyceride und Blutzucker.

##### 4.4.1 Mineralstoffe und Eisen

An beiden Untersuchungsterminen fiel die mittlere Konzentration von Kalium nach dem Rennen eindeutig um bis zu 7% ( $p < 0,002$ ) ab. Eisen wies einen Anstieg nach den Rennen um bis zu 27% auf (Keine Signifikanz). Die Konzentrationen von Natrium, Magnesium und Calcium änderten sich nicht eindeutig.

**Tab. 14:** Natrium (Na) und Kalium (K) vor und nach Rennen in Salzburg und Hockenheim (Angaben in mmol/l)

<i>Fahrer</i>	<i>SaNa</i> <i>vo</i>	<i>SaNa</i> <i>na</i>	<i>HoNa</i> <i>vo</i>	<i>HoNa</i> <i>na</i>	<i>SaK</i> <i>vo</i>	<i>SaK</i> <i>na</i>	<i>HoK</i> <i>vo</i>	<i>HoK</i> <i>na</i>
MW	139,2	138,7	140,6	140,6	4,66	4,41	4,46	4,14
SD	1,63	1,84	1,12	1,57	0,46	0,35	0,30	0,25
Min	136,3	136,3	138,8	137,7	3,99	3,77	3,99	3,87
Max	142,8	143,7	143,2	143,2	5,52	5,45	5,04	4,66
Z	-1,068		-1,438		-1,655		-3,139	
P	0,286		0,151		0,098		0,002	
N	18	18	19	19	18	18	19	19

**Tab. 15:** Calcium (Ca) (mmol/l) und Magnesium (Mg) (mg/dl) vor und nach Rennen in Salzburg und Hockenheim

<i>Fahrer</i>	<i>SaCa</i> <i>vo</i>	<i>SaCa</i> <i>na</i>	<i>HoCa</i> <i>vo</i>	<i>HoCa</i> <i>na</i>	<i>SaMg</i> <i>vo</i>	<i>SaMg</i> <i>na</i>	<i>HoMg</i> <i>vo</i>	<i>HoMg</i> <i>na</i>
MW	2,49	2,53	2,48	2,48	2,25	2,17	2,14	2,06
SD	0,05	0,08	0,08	0,08	0,21	0,16	0,15	0,14
Min	2,41	2,40	2,33	2,33	2,01	1,93	1,83	1,65
Max	2,57	2,64	2,65	2,63	2,77	2,47	2,35	2,23
Z	-1,812		-0,161		-1,634		-2,315	
P	0,070		0,872		0,102		0,021	
N	18	18	19	19	18	18	19	19

**Tab. 16:** Eisen (Fe) in µg/dl vor und nach Rennen in Salzburg und Hockenheim

<i>Fahrer</i>	<i>SaFe</i> <i>vo</i>	<i>SaFe</i> <i>na</i>	<i>HoFe</i> <i>vo</i>	<i>HoFe</i> <i>na</i>
MW	98,2	125,3	89,2	108,3
SD	40,9	50,6	27,1	51,8
Min	25,0	44,0	41,0	39,0
Max	190,0	213,0	135,0	240,0
Z	-1,568		-1,758	
P	0,117		0,079	
N	18	18	17	17

#### 4.4.2 Glukose und Lipidwerte

Die Konzentration der Triglyceride fiel nach den Rennen um 15% bis 20% ab (n.s.). Cholesterin wies einen eindeutigen Abfall ( $p < 0,001$ ) von ca. 10% auf. Der Blutzucker stieg nach Rennbelastung in Salzburg um 5% (n.s.), in Hockenheim um 30% ( $p < 0,001$ ) an.

**Tab. 17:** Triglyceride (TRIG) und Gesamtcholesterin (CHOL) vor und nach Rennen in Salzburg und Hockenheim (Angaben in mg/dl)

<i>Fahrer</i>	<i>SaTRIG</i> <i>vo</i>	<i>SaTRIG</i> <i>na</i>	<i>HoTRIG</i> <i>vo</i>	<i>HoTRIG</i> <i>na</i>	<i>SaCHOL</i> <i>vo</i>	<i>SaCHOL</i> <i>na</i>	<i>HoCHOL</i> <i>vo</i>	<i>HoCHOL</i> <i>na</i>
MW	80,8	68,2	68,1	59,8	179,7	164,2	171,1	154,0
SD	46,2	26,9	29,7	13,9	19,8	19,1	23,8	20,5
Min	38,0	31,0	27,0	36,0	149,0	130,0	132,0	114,0
Max	245,0	144,0	152,0	90,0	214,0	203,0	223,0	209,0
Z	-1,786		-1,490		-3,507		-3,705	
P	0,074		0,136		0,000		0,000	
N	18	18	19	19	18	18	19	19

**Tab. 18:** Glukose (GLU) in mg/dl vor und nach Rennen in Salzburg und Hockenheim

<i>Fahrer</i>	<i>SaGLU</i> <i>vo</i>	<i>SaGLU</i> <i>na</i>	<i>HoGLU</i> <i>vo</i>	<i>HoGLU</i> <i>na</i>
MW	95,4	101,2	95,0	120,2
SD	13,0	22,2	6,00	19,3
Min	70,0	72,0	87,0	88,0
Max	119,0	144,0	108,0	153,0
Z	-0,782		-3,725	
P	0,434		0,000	
N	18	18	19	19

#### 4.4.3 Harnpflichtige Substanzen und Bilirubin

Der in Salzburg und Hockenheim analysierte Harnstoff fiel im Vergleich zum Vorwert nur in Salzburg nach dem Rennen tendenziell um 7% ab. Die Serumharnsäure stieg nach dem Rennen in Salzburg um ca. 12% signifikant an, Bilirubin zeigte keine eindeutigen Veränderungen. Kreatinin veränderte sich an beiden Rennen nur unerheblich.

**Tab. 19:** Harnstoff (HST) und Harnsäure (HSA) vor und nach Rennen in Salzburg und Hockenheim (Angaben in mg/dl)

Fahrer	SaHST		HoHST		SaHSA		HoHSA	
	vo	na	vo	na	vo	na	vo	na
MW	35,9	32,8	27,2	27,8	5,98	6,46	4,50	4,47
SD	9,39	9,77	7,69	6,06	1,34	1,39	1,18	1,27
Min	20,6	17,5	15,7	16,3	3,79	3,40	2,51	2,53
Max	62,2	48,8	49,8	40,7	8,83	8,92	6,48	6,14
Z	-1,612		-0,724		-2,352		-0,080	
P	0,107		0,469		0,019		0,936	
N	18	18	19	19	18	18	19	19

**Tab. 20:** Kreatinin (CRE) und Bilirubin (BILI) vor und nach Rennen in Salzburg und Hockenheim (Angaben in mg/dl)

Fahrer	SaBILI		HoBILI		SaCRE		HoCRE	
	vo	na	vo	na	vo	na	vo	na
MW	0,85	0,88	0,71	0,63	1,09	1,08	1,16	1,14
SD	0,49	0,39	0,45	0,41	0,18	0,14	0,14	0,13
Min	0,35	0,38	0,23	0,15	0,77	0,83	0,87	0,91
Max	2,45	2,14	2,35	1,81	1,53	1,33	1,50	1,51
Z	-0,379		-1,409		-0,589		-0,907	
P	0,705		0,159		0,556		0,364	
N	18	18	19	19	18	18	19	19

#### 4.4.4 Serumenzyme

Das Serumenzym Creatinkinase stieg bei beiden Rennen nach der Belastung um ca. 250% ( $p < 0,001$ ) an. Glutamat-Oxalacetat-Transaminase stieg in Salzburg um 60% ( $p < 0,001$ ), nicht eindeutig in Hockenheim um 25% an (n.s.). Glutamat-Pyruvat-Transaminase stieg nur in Salzburg um 10% an (n.s.). Die Serumaktivität von Gamma-Glutamyl-Transferase zeigte dagegen keine eindeutigen Veränderungen.



**Tab. 21:** Creatinkinase (CK) und Glutamat-Oxalacetat-Transaminase (GOT) vor und nach Rennen in Salzburg und Hockenheim (Angaben in U/l)

Fahrer	SaCK	SaCK	HoCK	HoCK	SaGOT	SaGOT	HoGOT	HoGOT
	vo	na	vo	na	vo	na	vo	na
MW	204,3	507,1	213,2	486,3	13,8	23,7	17,1	20,6
SD	74,8	238,9	193,6	366,9	4,31	8,09	7,03	10,4
Min	113,0	206,0	83,0	176,0	6,60	10,8	9,80	3,40
Max	371,0	1021,0	877,0	1760,0	20,8	38,3	42,0	41,4
Z	-3,724		-3,179		-3,419		-1,610	
P	0,000		0,001		0,001		0,107	
N	18	18	19	19	18	18	19	19

**Tab. 22:** Glutamat-Pyruvat-Transaminase (GPT) und Gamma-Glutamyl-Transferase (GGT) vor und nach Rennen in Salzburg und Hockenheim (Angaben in U/l)

Fahrer	SaGPT	SaGPT	HoGPT	HoGPT	SaGGT	SaGGT	HoGGT	HoGGT
	vo	na	vo	na	vo	na	vo	na
MW	15,2	16,5	13,3	12,7	17,5	16,9	16,5	14,6
SD	7,72	9,01	5,16	4,07	7,43	6,89	6,22	4,62
Min	5,50	6,90	7,10	6,70	7,70	8,20	8,50	6,80
Max	39,1	42,1	23,8	22,1	34,7	31,9	32,3	24,1
Z	-1,329		-0,081		-1,112		-0,684	
P	0,184		0,936		0,266		0,494	
N	18	18	19	19	18	18	19	19

#### 4.4.5 Differenz blutchemischer Parameter von Vor- zu Nachwert

Die Tabellen 23 und 24 enthalten die Differenzen von Vor- zu Nachwert aller blutchemischer Parameter, angegeben in Prozent. Starke Anstiege wiesen Creatinkinase 157,2(Sa) – 167,2(Ho) %, Eisen 22,7(Ho) – 60,7(Sa) %, GOT 23,9(Ho) – 83,7(Sa) % und Glukose mit 8,23(Sa) – 26,5(Ho) % auf. Mittlere Anstiege waren bei GPT 2,41(Ho) – 8,19(Sa) % und Harnsäure 7,75(Ho) – 8,89(Sa)% zu verzeichnen. Nennenswerte Abfälle konnten bei Kalium -4,52(Sa) – -6,83(Ho)%, Cholesterin -8,46(Sa) – -9,74(Ho)% und den Triglyceriden mit -2,20(Ho) – -8,17(Sa) % aufgezeigt werden. Wie bereits ausgeführt, waren statistisch die Unterschiede nur für K, Glu, Chol, CK und GOT zu belegen.

**Tab. 23:** Differenzen blutchemischer Parameter in Prozent von Vor- zu Nachwert

Rennen	K	Na	Ca	Mg	Fe	CK	GOT	GPT
Salzburg	-4,52	-0,30	1,33	-2,93	60,7	157,2*	83,7*	8,19
Hockenheim	-6,83*	-0,32	0,04	-3,55	22,7	167,2*	23,9	2,41

\* p<0,01

**Tab. 24:** Differenzen blutchemischer Parameter in Prozent von Vor- zu Nachwert

<i>Rennen</i>	<i>GGT</i>	<i>Hst</i>	<i>Crea</i>	<i>HSA</i>	<i>Bili</i>	<i>Chol</i>	<i>Glu</i>	<i>Trigl</i>
Salzburg	3,00	-7,02	± 0	8,89	15,9	-8,46*	8,23	-8,17
Hockenheim	-5,90	5,11	-1,59	7,75	-7,40	-9,74*	26,5*	-2,20

\* p<0,01

#### 4.5 Katecholaminausscheidung im Urin

In der Tabelle 25 sind die im Urin bestimmten Werte für Adrenalin, Noradrenalin und Dopamin aufgeführt. Die angegebenen Mengen der Stoffe beziehen sich auf die Gesamtausscheidung über 24 Stunden. Die pro Parameter bestimmten zwei Werte stehen jeweils für den Basis- und Belastungswert. Die Urinsammlung fand nur am Salzburgring statt.

Die absoluten Mengen von Adrenalin stiegen im Mittel von 4,26 µg auf 13,3 µg signifikant an (p=0,002). Noradrenalin wies einen mittleren Anstieg von 47,0 µg auf 57,8 µg auf (n.s.). Die mittlere Dopaminausscheidung zeigte einen Abfall von 345,2 µg auf 325,2 µg (n.s.).

In Tabelle 26 ist der Quotient der Gesamtausscheidung von Adrenalin und Noradrenalin dargestellt. Der Quotient stieg signifikant im Mittel von 0,10 auf 0,21 an (p=0,002).

In den Tabellen 27-28 sind die gemessenen Parameter von Adrenalin, Noradrenalin und Dopamin als Mittelwert in Relation zum gleichzeitig bestimmten Kreatinin gesetzt.

Der Quotient Adrenalin (µg/l) / Kreatinin (g/l) stieg signifikant von 3,59 auf 11,8 (p=0,002). Der Quotient Noradrenalin (µg/l) / Kreatinin (g/l) wies einen signifikanten Anstieg von 37,5 auf 56,3 auf (p=0,001). Der Quotient Dopamin (µg/l) / Kreatinin (g/l) stieg ebenfalls signifikant von 285,6 auf 358,4 (p=0,001).

Aus diesen Ergebnissen lässt sich entnehmen, dass die absolute Adrenalinausscheidung von Vorwert zu Nachwert um gut 310% zunahm. Die totale Noradrenalinausscheidung dagegen stieg nur um ca. 25% an. Dopamin nahm absolut um ca. 6 % ab. Die bestimmten Katecholamin-Kreatinin-Quotienten wiesen für Adrenalin mit einem Anstieg von 330% und für Noradrenalin mit einem Anstieg von 50% in etwa entsprechende Werte auf. Dopamin dagegen zeigte einen Anstieg von 25 %.

**Tab. 25:** Basis- und Belastungswerte für Adrenalin, Noradrenalin, Dopamin bei Rennen in Salzburg. Angaben absolut ( $\mu\text{g}$ )

<i>Fahrer</i>	<i>Adrenalin Basis absolut</i>	<i>Adrenalin Belastung absolut</i>	<i>N-Adrenalin Basis absolut</i>	<i>N-Adrenalin Belastung absolut</i>	<i>Dopamin Basis absolut</i>	<i>Dopamin Belastung absolut</i>
MW	4,26	13,3	47,0	57,8	345,2	325,2
SD	2,23	11,4	19,3	27,4	105,5	129,5
Min	1,26	0,78	21,9	27,6	196,0	145,6
Max	7,98	42,2	99,2	121,8	536,7	573,7
Z		-3,110		-0,454		-0,594
P		0,002		0,650		0,552
N	13	13	13	13	13	13

**Tab. 26:** Quotient der Absolutwerte Adrenalin/Noradrenalin von Basis- und Nachbelastungswert

<i>Fahrer</i>	<i>Quotient Adrenalin/Noradrenalin Basiswert</i>	<i>Quotient Adrenalin/Noradrenalin Nachbelastungswert</i>
MW	0,10	0,21
SD	0,05	0,12
Min	0,02	0,03
Max	0,18	0,41
Z		-3,111
P		0,002
N	13	13

**Tab. 27:** Adrenalin  $\mu\text{g}/\text{g}$  Kreatinin / Noradrenalin  $\mu\text{g}/\text{g}$  Kreatinin

<i>Rennfahrer</i>	<i>Adrenalin <math>\mu\text{g}/\text{g}</math> Kreatinin Basiswert</i>	<i>Adrenalin <math>\mu\text{g}/\text{g}</math> Kreatinin Nachbelastungswert</i>	<i>Nordrenalin <math>\mu\text{g}/\text{g}</math> Kreatinin Basiswert</i>	<i>Noradrenalin <math>\mu\text{g}/\text{g}</math> Kreatinin Nachbelastungswert</i>
MW	3,59	11,8	37,5	56,3
SD	2,43	7,36	14,6	19,2
Min	1,14	1,82	21,2	22,6
Max	10,00	24,4	61,3	92,6
Z		-3,110		-3,180
P		0,002		0,001
N	13	13	13	13

**Tab. 28:** Dopamin  $\mu\text{g/g}$  Kreatinin

<i>Rennfahrer</i>	<i>Dopamin <math>\mu\text{g/g}</math> Kreatinin Basiswert</i>	<i>Dopamin <math>\mu\text{g/g}</math> Kreatinin Nachbelastungswert</i>
MW	285,6	358,4
SD	138,9	302,2
Min	144,9	124,5
Max	691,3	1337,3
Z		-3,180
P		0,001
N	13	13

#### 4.6 Renn- und Trainingsergebnisse

Die Tabellen 29 und 30 zeigen die in Salzburg, Oschersleben, Nürburg und Hockenheim erreichten Renn- und Trainingsergebnisse. Zusätzlich wurde die Gesamtplatzierung aufgeführt. Die geringe Zahl von Endplatzierungen des Rennens am Nürburgring war bedingt durch eine hohe Anzahl von Stürzen. Die Siegerzeit betrug in Salzburg 19:04 min, in Oschersleben 22:54 min, am Nürburgring 26:21 min und am Hockenheimring 23:02 min.

**Tab. 29:** Platzierungen und schnellste Rundenzeiten (in Sekunden) bei Rennen in Salzburg und Oschersleben

<i>Fahrer</i>	<i>SaPlatz</i>	<i>SasRundR</i>	<i>SasRundT</i>	<i>OsPlatz</i>	<i>OssRundR</i>	<i>OssRundT</i>
1	16	95,7	96,5	17	99,2	100,7
2	14	95,2	96,1	11	99,3	99,6
3	4	94,1	95,4	7	97,6	98,5
4	10	94,5	94,9	14	99,0	99,7
5	3	94,0	94,7	1	96,6	97,7
6	17	95,1	95,8	21	102,5	102,3
7	15	95,5	96,3	8	98,0	98,5
8	18	95,7	97,2	13	99,5	99,7
9	11	94,4	95,3	18	99,8	100,5
10	9	94,2	95,4	10	97,9	98,4
11	21	96,4	97,4	15	98,8	100,1
12	2	94,2	94,6	2	97,2	97,6
13	19	95,8	96,6	19	100,7	100,4
14	8	94,2	95,2	20	97,8	99,3
15			95,6			
16	7	94,4	95,4	9	97,6	98,4
17	13	94,8	96,3	3	96,8	96,7
18	6	94,0	95,4	16	99,1	100,8
19	12	95,0	95,8	6	97,3	98,4
20	1	94,0	93,9	5	97,5	98,3
21	20	35,9	96,4			
22				4	97,4	97,8
23	5	94,1	94,9	12	99,0	98,7
N	21	21	22	21	21	21

**Tab. 30:** Platzierungen und schnellste Rundenzeiten (in Sekunden) bei Rennen am Nürburg- und Hockenheimring sowie Gesamtplatzierung der acht Saisonrennen

<i>Fahrer</i>	<i>NüPlatz</i>	<i>NüsRundR</i>	<i>NüsRundT</i>	<i>HoPlatz</i>	<i>HosRundR</i>	<i>HosRundT</i>	<i>Gesplatz</i>
1	15	101,2	102,0	21	101,8	101,9	20
2	14	101,5	101,9	10	99,3	100,5	14
3	1	97,8	98,4	1	98,0	99,4	4
4				13	99,2	99,3	16
5				4	97,9	100,3	2
6	16	102,7	102,2	22	102,8	102,0	22
7	6	98,2	98,6	9	98,7	99,9	8
8	10	99,3	99,8	18	101,5	102,2	17
9	11	99,9	99,8	16	100,3	102,8	15
10	3	97,9	98,6	7	98,5	99,3	3
11				19	101,3	101,5	21
12	5	98,2	98,5	2	97,8	98,6	1
13				20	101,3	101,7	18
14	8	98,8	98,9	6	98,0	99,8	11
15	13	100,6	100,7	17	100,2	100,6	19
16				14	99,5	99,9	9
17	7	98,4	98,8	3	97,5	98,0	6
18	12	99,9	101,3	12	99,4	100,8	13
19	4	98,2	98,0	8	98,3	99,7	7
20	2	98,1	98,4	11	99,5	99,5	5
21							
22		98,8	99,2	5	98,0	99,1	10
23	9	99,3	98,9	15	99,6	100,4	12
N	16	17	17	22	22	22	22

## **4.7 Korrelationen**

In den folgenden Kapiteln wurde mit Hilfe von Korrelationsberechnungen untersucht, ob sich Beziehungen von anthropometrischen Grunddaten, im Labor ermittelten Leistungsparametern und Veränderungen von bei Rennen erhobenen physiologischen Variablen mit der sportartspezifischen Leistung ergeben.

Die anthropometrischen Grund- und Leistungsdaten bezüglich "Aerober Test", "Anaerober Test" und Kraftdiagnostik wurden zu allen vier beschriebenen Rennen sowie zur Gesamtsaisonplatzierung in Beziehung gesetzt.

Die Variablenpaare wurden aus den Renn- und Trainingsergebnissen (Tab. 29+30) und den bei den einzelnen Rennen bestimmten Parametern gebildet. Es wurden nur die Parameter in der Korrelationsberechnung verwendet, die bei den einzelnen Rennen bestimmt wurden (Tab. 3).

### **4.7.1 Beziehungen zwischen anthropometrischen Daten und Rennergebnissen**

Wie aus Tab. 31 zu entnehmen ist, korrelierten lediglich Alter und Größe der Fahrer mit der schnellsten Trainingsrunde am Nürburgring auf einem Niveau von 0,05 signifikant. Für alle weiteren anthropometrischen Grunddaten waren keine Beziehungen zu schnellster Rundenzeit im Training bzw. Rennen, zur Platzierung im Rennen und auch nicht zur gesamten Saisonplatzierung herstellbar.

**Tab. 31:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) der Rennergebnisse zu den anthropometrischen Daten der Teilnehmer

		<i>Alter</i>	<i>Größe</i>	<i>Gewicht</i>	<i>BMI</i>
Salzburg Platzierung	Korrelation	-,174	,039	,091	,098
	Signifikanz	,450	,867	,696	,674
	N	21	21	21	21
Salzburg schnellste Runde Rennen	Korrelation	-,177	,029	,124	,148
	Signifikanz	,442	,900	,591	,521
	N	21	21	21	21
Salzburg schnellste Runde Training	Korrelation	-,180	,029	,147	,163
	Signifikanz	,424	,899	,515	,468
	N	22	22	22	22
Oschersleben Platzierung	Korrelation	-,240	-,108	-,312	-,296
	Signifikanz	,294	,642	,169	,193
	N	21	21	21	21
Oschersleben schnellste Runde Rennen	Korrelation	-,284	-,266	-,325	-,209
	Signifikanz	,212	,244	,150	,364
	N	21	21	21	21
Oschersleben schnellste Runde Training	Korrelation	-,399	-,307	-,333	-,183
	Signifikanz	,073	,176	,140	,428
	N	21	21	21	21
Nürburgring Platzierung	Korrelation	-,355	-,311	-,055	,180
	Signifikanz	,178	,241	,841	,505
	N	16	16	16	16
Nürburgring schnellste Runde Rennen	Korrelation	-,466	-,447	-,249	,011
	Signifikanz	,060	,072	,335	,966
	N	17	17	17	17
Nürburgring schnellste Runde Training	Korrelation	<b>-,550(*)</b>	<b>-,489(*)</b>	-,165	,146
	Signifikanz	,022	,046	,528	,575
	N	17	17	17	17
Hockenheim Platzierung	Korrelation	-,140	-,106	-,063	,024
	Signifikanz	,535	,638	,781	,916
	N	22	22	22	22
Hockenheim schnellste Runde Rennen	Korrelation	-,249	-,251	-,181	-,028
	Signifikanz	,264	,260	,421	,902
	N	22	22	22	22
Hockenheim schnellste Runde Training	Korrelation	-,292	-,313	-,321	-,162
	Signifikanz	,188	,156	,146	,472
	N	22	22	22	22
Gesamt- platzierung Saison 2002	Korrelation	-,249	-,133	-,107	-,019
	Signifikanz	,264	,556	,637	,932
	N	22	22	22	22

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



#### **4.7.2 Beziehungen zwischen ergometrisch/biomechanischen Leistungsparametern und Rennergebnissen**

Die Tabellen 32-35 zeigen die Korrelationen der Leistungsdaten aus dem Stufentest zu den fahrerischen Leistungen von Salzburg, Oschersleben, Nürburgring und Hockenheim sowie der Gesamtsaisonleistung.

In Tabelle 32 sind die Beziehungen zwischen den fahrerischen Leistungen und der maximal erreichten absoluten Leistung in Watt sowie den erreichten Leistungen an den Schwellen dargestellt. In keinem Fall bestehen belegbare Beziehungen.

Tabelle 33 zeigt die Beziehung der maximal an den fixen und individuellen Schwellen erbrachten Leistung in Watt pro kg zu den fahrerischen Leistungen. Die Korrelationen sind abwechselnd positiv und negativ, ohne erkennbare Systematik. Es bestehen in keinem Fall belegbare Beziehungen.

Die Beziehungen der maximalen Herzfrequenzen und derjenigen an den Schwellen zu den fahrerischen Leistungen sind in Tabelle 34 aufgeführt. Die im Stufentest maximal erreichte Herzfrequenz korreliert auf einem Niveau von 0,05 signifikant mit der schnellsten in Oschersleben gefahrenen Rennrunde. Eine auf einem Niveau von 0,01 signifikante Korrelation besteht ebenfalls zur schnellsten Trainingsrunde in Oschersleben. Die an der individuellen anaeroben Schwelle registrierte Herzfrequenz korreliert auf einem Niveau von 0,05 jeweils mit der Platzierung, der schnellsten Rennrunde sowie der schnellsten Trainingsrunde des Rennens am Nürburgring. Weitere belegbare Beziehungen bestehen nicht.

Die Korrelationen in Tabelle 35 von maximalem Laktat (mmol/l), Laktat an den individuellen Schwellen des Stufentests und fahrerischer Leistung lassen kaum Zusammenhänge erkennen. Nur in einem Fall ist eine mittlere Beziehung mit einem Signifikanzniveau von 0,05 nachzuweisen.

Tabelle 36 zeigt die Korrelationen der Rennergebnisse mit den berechneten Kapazitäten und Flussraten aus dem 96-Sekunden-Test. Es bestehen keine belegbaren Beziehungen, auch nicht, wenn die Daten auf das Körpergewicht bezogen werden (Tab. 37).

Zwischen dem bei 96-Sekunden-Tests ermittelten Laktat und der schnellsten in Oschersleben gefahrenen Rennrunde existiert eine auf einem Niveau von 0,01 signifikante mittlere Beziehung. Die Platzierung sowie die schnellste Rennrunde in Hockenheim zeigen ebenfalls eine auf einem Niveau von 0,05 signifikante mittlere Beziehung zum maximal gebildeten Laktat auf.

In Tabelle 38 sind die Beziehungen zwischen der Maximalkraft- und Kraftausdauer, ermittelt im Bankdrücken, und den fahrerischen Leistungen aufgeführt. Es bestehen keine signifikanten Zusammenhänge.

Ebenfalls in Tab. 38 sind die Beziehungen der resultierenden Kräfte, gemessen am stehenden Motorrad mittels DMS am Lenkerstummel und in Newton ermittelt, zu den fahrerischen Leistungen aufgelistet. Auch hier bestehen keine signifikanten Zusammenhänge.

Auffallend ist generell, dass nur in seltenen Fällen (9 von 403 berechneten Korrelationen) eindeutig belegbare Beziehungen zwischen ergometrisch/biomechanischen Parametern und Rennergebnissen nachgewiesen werden können. Davon entfallen jeweils drei auf die Rennstrecken Oschersleben und Nürburgring, zwei auf den Hockenheimring und eine Beziehung entfällt auf den Salzburgring.

In Tabelle 39 sind die Beziehungen der anaeroben Kraftparameter zueinander aufgeführt. Auffällig ist, dass bei Individuen die nicht spezifisch trainiert sind, enge Korrelationen zwischen anaerober Leistung der Beinmuskulatur und Armkraft bestehen. Diese hohen Korrelationen könnten jedoch auch durch eine drittseitige oder gar komplexe Steuerung bedingt sein.

**Tab. 32:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) der Rennergebnisse zu erbrachten Leistungen in Watt aus Stufentest

		WMAX	WAS	WANS	WiAS	WiANS
Salzburg Platzierung	Korrelation	-,056	-,227	,013	,373	,037
	Signifikanz	,830	,382	,959	,141	,889
	N	17	17	17	17	17
Salzburg schnellste Runde Rennen	Korrelation	-,091	-,199	,060	,381	,087
	Signifikanz	,730	,445	,820	,131	,739
	N	17	17	17	17	17
Salzburg schnellste Runde Training	Korrelation	-,086	-,298	-,056	,329	,003
	Signifikanz	,734	,229	,827	,183	,990
	N	18	18	18	18	18
Oschersleben Platzierung	Korrelation	-,065	-,159	-,103	-,013	-,152
	Signifikanz	,805	,542	,694	,960	,560
	N	17	17	17	17	17
Oschersleben schnellste Runde Rennen	Korrelation	-,198	-,118	-,108	-,019	-,197
	Signifikanz	,447	,652	,680	,943	,448
	N	17	17	17	17	17
Oschersleben schnellste Runde Training	Korrelation	-,333	-,185	-,164	,049	-,254
	Signifikanz	,191	,478	,531	,852	,326
	N	17	17	17	17	17
Nürburgring Platzierung	Korrelation	-,206	-,081	-,016	,248	-,069
	Signifikanz	,479	,784	,957	,393	,814
	N	14	14	14	14	14
Nürburgring schnellste Runde Rennen	Korrelation	-,355	-,152	-,146	,132	-,220
	Signifikanz	,213	,603	,618	,652	,449
	N	14	14	14	14	14
Nürburgring schnellste Runde Training	Korrelation	-,406	-,146	-,181	,144	-,278
	Signifikanz	,150	,617	,536	,624	,336
	N	14	14	14	14	14
Hockenheim Platzierung	Korrelation	-,122	-,048	,068	,018	-,034
	Signifikanz	,631	,849	,789	,943	,894
	N	18	18	18	18	18
Hockenheim schnellste Runde Rennen	Korrelation	-,240	-,114	-,022	,009	-,131
	Signifikanz	,338	,652	,931	,972	,604
	N	18	18	18	18	18
Hockenheim schnellste Runde Training	Korrelation	-,416	-,297	-,229	,021	-,320
	Signifikanz	,086	,232	,360	,935	,196
	N	18	18	18	18	18
Gesamt- platzierung Saison 2002	Korrelation	-,148	-,160	-,005	,150	-,023
	Signifikanz	,558	,525	,985	,552	,929
	N	18	18	18	18	18

**Tab. 33:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) der Rennergebnisse zu erbrachten relativen Leistungen in Watt aus Stufentest

		<i>WMAXKG</i>	<i>WASKG</i>	<i>WANSKG</i>	<i>WiASKG</i>	<i>WiANSKG</i>
Salzburg Platzierung	Korrelation	-,225	-,271	-,066	,350	-,118
	Signifikanz	,385	,293	,801	,169	,651
	N	17	17	17	17	17
Salzburg schnellste Runde Rennen	Korrelation	-,333	-,267	-,068	,294	-,117
	Signifikanz	,191	,300	,796	,253	,654
	N	17	17	17	17	17
Salzburg schnellste Runde Training	Korrelation	-,297	-,368	-,199	,261	-,200
	Signifikanz	,232	,133	,428	,296	,427
	N	18	18	18	18	18
Oschersleben Platzierung	Korrelation	,295	-,024	,179	,200	,098
	Signifikanz	,250	,928	,491	,442	,708
	N	17	17	17	17	17
Oschersleben schnellste Runde Rennen	Korrelation	,114	,029	,156	,201	,010
	Signifikanz	,662	,911	,549	,438	,968
	N	17	17	17	17	17
Oschersleben schnellste Runde Training	Korrelation	,011	-,011	,140	,296	-,002
	Signifikanz	,966	,966	,593	,249	,995
	N	17	17	17	17	17
Nürburgring Platzierung	Korrelation	-,195	-,023	,122	,373	,001
	Signifikanz	,505	,939	,677	,189	,996
	N	14	14	14	14	14
Nürburgring schnellste Runde Rennen	Korrelation	-,237	-,014	,057	,329	-,076
	Signifikanz	,414	,962	,846	,251	,796
	N	14	14	14	14	14
Nürburgring schnellste Runde Training	Korrelation	-,313	-,007	-,001	,325	-,169
	Signifikanz	,275	,981	,997	,258	,564
	N	14	14	14	14	14
Hockenheim Platzierung	Korrelation	-,143	-,034	,133	,048	-,071
	Signifikanz	,570	,895	,599	,851	,778
	N	18	18	18	18	18
Hockenheim schnellste Runde Rennen	Korrelation	-,180	-,052	,091	,084	-,118
	Signifikanz	,475	,837	,720	,742	,642
	N	18	18	18	18	18
Hockenheim schnellste Runde Training	Korrelation	-,214	-,210	-,045	,200	-,206
	Signifikanz	,394	,403	,860	,426	,413
	N	18	18	18	18	18
Gesamt- platzierung Saison 2002	Korrelation	-,103	-,115	,096	,235	,011
	Signifikanz	,683	,649	,704	,348	,965
	N	18	18	18	18	18

**Tab. 34:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) der Rennergebnisse zu gemessenen Herzfrequenzen (S/min) aus Stufentest

		<i>HFMAX</i>	<i>HFAS</i>	<i>HFANS</i>	<i>HFias</i>	<i>HFians</i>
Salzburg Platzierung	Korrelation	,253	,047	,247	,489	,414
	Signifikanz	,327	,856	,465	,055	,111
	N	17	17	11	16	16
Salzburg schnellste Runde Rennen	Korrelation	,166	,038	,340	,457	,425
	Signifikanz	,523	,884	,306	,075	,101
	N	17	17	11	16	16
Salzburg schnellste Runde Training	Korrelation	,008	-,062	,125	,446	,370
	Signifikanz	,974	,808	,699	,072	,144
	N	18	18	12	17	17
Oschersleben Platzierung	Korrelation	,420	,030	,158	,141	,202
	Signifikanz	,093	,910	,642	,603	,452
	N	17	17	11	16	16
Oschersleben schnellste Runde Rennen	Korrelation	<b>,572(*)</b>	,145	-,003	,226	,253
	Signifikanz	,016	,580	,994	,401	,344
	N	17	17	11	16	16
Oschersleben schnellste Runde Training	Korrelation	<b>,622(**)</b>	,159	,170	,350	,378
	Signifikanz	,008	,543	,617	,184	,149
	N	17	17	11	16	16
Nürburgring Platzierung	Korrelation	,429	,477	,399	,544	<b>,651(*)</b>
	Signifikanz	,126	,085	,288	,054	,016
	N	14	14	9	13	13
Nürburgring schnellste Runde Rennen	Korrelation	,532	,435	,224	,484	<b>,558(*)</b>
	Signifikanz	,050	,120	,562	,094	,048
	N	14	14	9	13	13
Nürburgring schnellste Runde Training	Korrelation	,496	,526	,321	,548	<b>,592(*)</b>
	Signifikanz	,071	,053	,400	,053	,033
	N	14	14	9	13	13
Hockenheim Platzierung	Korrelation	,260	,165	,346	,150	,241
	Signifikanz	,297	,513	,271	,566	,351
	N	18	18	12	17	17
Hockenheim schnellste Runde Rennen	Korrelation	,312	,171	,242	,237	,313
	Signifikanz	,207	,498	,449	,360	,222
	N	18	18	12	17	17
Hockenheim schnellste Runde Training	Korrelation	,256	,088	,087	,373	,298
	Signifikanz	,305	,728	,788	,140	,245
	N	18	18	12	17	17
Gesamt- platzierung Saison 2002	Korrelation	,310	,100	,328	,309	,397
	Signifikanz	,210	,692	,298	,227	,115
	N	18	18	12	17	17

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

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

**Tab. 35:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) der Rennergebnisse zu gemessenen Laktatwerten (mmol/l) aus Stufentest

		<i>LaMAX</i>	<i>LaiAS</i>	<i>LaiANS</i>
Salzburg Platzierung	Korrelation	-,213	,491	,145
	Signifikanz	,413	,053	,591
	N	17	16	16
Salzburg schnellste Runde Rennen	Korrelation	-,311	,466	,119
	Signifikanz	,224	,069	,661
	N	17	16	16
Salzburg schnellste Runde Training	Korrelation	-,231	<b>,491(*)</b>	,181
	Signifikanz	,356	,045	,487
	N	18	17	17
Oschersleben Platzierung	Korrelation	,179	,159	-,005
	Signifikanz	,493	,557	,985
	N	17	16	16
Oschersleben schnellste Runde Rennen	Korrelation	,086	,114	-,106
	Signifikanz	,742	,674	,696
	N	17	16	16
Oschersleben schnellste Runde Training	Korrelation	-,040	,232	-,118
	Signifikanz	,878	,387	,664
	N	17	16	16
Nürburgring Platzierung	Korrelation	-,303	,330	-,042
	Signifikanz	,292	,270	,892
	N	14	13	13
Nürburgring schnellste Runde Rennen	Korrelation	-,394	,300	-,073
	Signifikanz	,164	,319	,813
	N	14	13	13
Nürburgring schnellste Runde Training	Korrelation	-,474	,299	-,154
	Signifikanz	,087	,322	,614
	N	14	13	13
Hockenheim Platzierung	Korrelation	-,057	,060	-,150
	Signifikanz	,821	,820	,566
	N	18	17	17
Hockenheim schnellste Runde Rennen	Korrelation	-,143	,096	-,176
	Signifikanz	,570	,714	,500
	N	18	17	17
Hockenheim schnellste Runde Training	Korrelation	-,014	,292	-,086
	Signifikanz	,954	,255	,743
	N	18	17	17
Gesamt- platzierung Saison 2002	Korrelation	-,118	,284	,054
	Signifikanz	,641	,269	,837
	N	18	17	17

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

**Tab. 36:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) der Rennergebnisse zu ermittelten Leistungen aus 96-Sekunden-Test

		W PEAK	MAX 5S	KAP ALA	KAP ANA	KAP LA	FLU GES	FLU OX	FLU GLY	MAX LA
Salzburg Platzierung	Korrelation	,048	,070	-,048	,199	,285	,246	,106	,308	,497
	Signifikanz	,864	,804	,865	,478	,304	,377	,707	,264	,059
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Salzburg schnellste Runde Rennen	Korrelation	,091	,116	,058	,126	,135	,213	,178	,179	,377
	Signifikanz	,748	,680	,838	,655	,632	,447	,526	,523	,165
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Salzburg schnellste Runde Training	Korrelation	-,014	,021	-,031	,126	,181	,153	,057	,200	,312
	Signifikanz	,959	,940	,914	,653	,518	,587	,839	,475	,258
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Oschersleben Platzierung	Korrelation	-,296	-,346	-,475	-,184	,005	,014	-,059	,084	,503
	Signifikanz	,285	,206	,073	,511	,987	,960	,834	,766	,056
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Oschersleben schnellste Runde Rennen	Korrelation	-,291	-,287	-,415	-,220	-,074	,017	,032	-,002	<b>,648(**)</b>
	Signifikanz	,292	,299	,124	,430	,794	,951	,911	,993	,009
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Oschersleben schnellste Runde Training	Korrelation	-,374	-,402	-,451	-,327	-,195	-,129	-,098	-,119	,443
	Signifikanz	,169	,138	,092	,234	,486	,646	,727	,673	,098
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Nürburgring Platzierung	Korrelation	-,387	-,292	-,316	-,340	-,293	-,201	-,034	-,316	,384
	Signifikanz	,240	,383	,345	,306	,382	,554	,921	,344	,244
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Nürburgring schnellste Runde Rennen	Korrelation	-,439	-,364	-,374	-,440	-,399	-,285	-,076	-,418	,375
	Signifikanz	,176	,271	,258	,175	,224	,396	,824	,201	,256
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Nürburgring schnellste Runde Training	Korrelation	-,501	-,423	-,446	-,511	-,456	-,307	-,077	-,456	,295
	Signifikanz	,116	,195	,169	,108	,159	,358	,822	,158	,378
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Hockenheim Platzierung	Korrelation	-,054	-,095	-,233	-,042	,065	,129	,076	,141	<b>,533(*)</b>
	Signifikanz	,848	,736	,404	,881	,818	,648	,788	,617	,041
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Hockenheim schnellste Runde Rennen	Korrelation	-,167	-,193	-,324	-,182	-,070	,050	,072	,011	<b>,560(*)</b>
	Signifikanz	,552	,492	,238	,517	,804	,861	,798	,970	,030
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Hockenheim schnellste Runde Training	Korrelation	-,335	-,366	-,326	-,315	-,243	-,220	-,176	-,193	,312
	Signifikanz	,223	,180	,235	,253	,382	,431	,530	,490	,257
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Gesamt- platzierung Saison 2002	Korrelation	-,186	-,201	-,301	-,097	,029	,020	-,050	,084	,402
	Signifikanz	,508	,474	,275	,731	,918	,943	,860	,765	,137
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15

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

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

**Tab. 37:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) der Rennergebnisse zu ermittelten Leistungen aus 96-Sekunden-Test, bezogen auf das Körpergewicht

		<i>W</i> <i>PEAK</i>	<i>MAX</i> <i>5S</i>	<i>KAP</i> <i>ALA</i>	<i>KAP</i> <i>ANA</i>	<i>KAP</i> <i>LA</i>	<i>FLU</i> <i>GES</i>	<i>FLU</i> <i>OX</i>	<i>FLU</i> <i>GLY</i>
Salzburg Platzierung	Korrelation	-,092	-,059	-,168	,174	,277	,190	,014	,279
	Signifikanz	,745	,833	,549	,535	,318	,498	,959	,314
	N	15	15	15	15	15	15	15	15
Salzburg schnellste Runde Rennen	Korrelation	-,108	-,069	-,069	-,001	,035	,067	,036	,067
	Signifikanz	,703	,808	,807	,996	,900	,814	,898	,813
	N	15	15	15	15	15	15	15	15
Salzburg schnellste Runde Training	Korrelation	-,256	-,218	-,160	,022	,103	,021	-,071	,116
	Signifikanz	,357	,436	,570	,938	,714	,941	,802	,681
	N	15	15	15	15	15	15	15	15
Oschersleben Platzierung	Korrelation	-,060	-,122	-,397	,069	,273	,442	,271	,380
	Signifikanz	,833	,664	,143	,806	,325	,099	,328	,162
	N	15	15	15	15	15	15	15	15
Oschersleben schnellste Runde Rennen	Korrelation	-,021	,037	-,301	,031	,184	,477	,406	,284
	Signifikanz	,940	,895	,275	,913	,512	,072	,134	,306
	N	15	15	15	15	15	15	15	15
Oschersleben schnellste Runde Training	Korrelation	-,121	-,130	-,323	-,093	,056	,318	,291	,169
	Signifikanz	,666	,643	,241	,742	,842	,247	,293	,547
	N	15	15	15	15	15	15	15	15
Nürburgring Platzierung	Korrelation	-,463	-,318	-,310	-,378	-,271	-,078	,153	-,322
	Signifikanz	,151	,341	,354	,251	,421	,820	,652	,333
	N	11	11	11	11	11	11	11	11
Nürburgring schnellste Runde Rennen	Korrelation	-,393	-,256	-,302	-,415	-,322	-,010	,243	-,339
	Signifikanz	,231	,448	,367	,205	,334	,976	,472	,307
	N	11	11	11	11	11	11	11	11
Nürburgring schnellste Runde Training	Korrelation	-,535	-,414	-,405	-,553	-,428	-,081	,222	-,423
	Signifikanz	,090	,206	,216	,078	,189	,812	,513	,195
	N	11	11	11	11	11	11	11	11
Hockenheim Platzierung	Korrelation	,025	-,033	-,266	,037	,176	,290	,179	,249
	Signifikanz	,929	,908	,338	,895	,531	,294	,523	,371
	N	15	15	15	15	15	15	15	15
Hockenheim schnellste Runde Rennen	Korrelation	-,066	-,089	-,325	-,098	,054	,290	,267	,151
	Signifikanz	,815	,752	,237	,727	,848	,295	,335	,590
	N	15	15	15	15	15	15	15	15
Hockenheim schnellste Runde Training	Korrelation	-,132	-,175	-,201	-,128	-,041	,099	,118	,026
	Signifikanz	,638	,533	,473	,650	,883	,726	,674	,925
	N	15	15	15	15	15	15	15	15
Gesamt- platzierung Saison 2002	Korrelation	-,160	-,180	-,319	-,017	,141	,186	,078	,202
	Signifikanz	,569	,522	,246	,951	,616	,507	,783	,469
	N	15	15	15	15	15	15	15	15



**Tab. 38:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) der Rennergebnisse zu ermittelten Maximal- und Kraftausdauerleistungen im Bankdrücken sowie zu den am stehenden Motorrad erhobenen Werten

		<i>Maximalkraft Kraftausdauer</i>		<i>Result. links</i>	<i>Result. rechts</i>
Salzburg Platzierung	Korrelation	-,044	-,167	,166	,284
	Signifikanz	,863	,507	,607	,371
	N	18	18	12	12
Salzburg schnellste Runde Rennen	Korrelation	-,047	-,120	,139	,228
	Signifikanz	,854	,636	,667	,477
	N	18	18	12	12
Salzburg schnellste Runde Training	Korrelation	-,129	-,261	-,098	,050
	Signifikanz	,600	,281	,749	,872
	N	19	19	13	13
Oschersleben Platzierung	Korrelation	-,238	-,175	-,222	-,089
	Signifikanz	,341	,488	,467	,773
	N	18	18	13	13
Oschersleben schnellste Runde Rennen	Korrelation	-,261	-,139	-,065	,061
	Signifikanz	,295	,583	,832	,843
	N	18	18	13	13
Oschersleben schnellste Runde Training	Korrelation	-,349	-,248	-,151	-,068
	Signifikanz	,156	,320	,622	,826
	N	18	18	13	13
Nürburgring Platzierung	Korrelation	-,153	-,160	-,403	-,361
	Signifikanz	,602	,585	,282	,341
	N	14	14	9	9
Nürburgring schnellste Runde Rennen	Korrelation	-,270	-,261	-,351	-,390
	Signifikanz	,350	,368	,320	,265
	N	14	14	10	10
Nürburgring schnellste Runde Training	Korrelation	-,389	-,406	-,429	-,518
	Signifikanz	,169	,149	,216	,125
	N	14	14	10	10
Hockenheim Platzierung	Korrelation	-,070	-,109	-,100	,001
	Signifikanz	,775	,656	,734	,998
	N	19	19	14	14
Hockenheim schnellste Runde Rennen	Korrelation	-,237	-,197	-,166	-,072
	Signifikanz	,329	,418	,570	,806
	N	19	19	14	14
Hockenheim schnellste Runde Training	Korrelation	-,367	-,218	-,224	-,070
	Signifikanz	,123	,370	,442	,812
	N	19	19	14	14
Gesamt- platzierung Saison 2002	Korrelation	-,112	-,192	,024	,096
	Signifikanz	,649	,431	,935	,745
	N	19	19	14	14

**Tab. 39:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) zwischen im Labor ermittelten anaeroben Kraftwerten und den am stehenden Motorrad gemessenen Trägheitskräften

<i>96-Sekunden Test</i>		<i>Maximalkraft Bankdrücken</i>	<i>Kraftausdauer Bankdrücken</i>	<i>Result. links</i>	<i>Result. rechts</i>
Watt PEAK	Korrelation	<b>,790(**)</b>	<b>,677(**)</b>	<b>,765(**)</b>	<b>,807(**)</b>
	Signifikanz	,000	,006	,010	,005
	N	15	15	10	10
Maximale Arbeit über 5 Sekunden	Korrelation	<b>,798(**)</b>	<b>,723(**)</b>	<b>,721(*)</b>	<b>,743(*)</b>
	Signifikanz	,000	,002	,019	,014
	N	15	15	10	10
Alaktazide Kapazität	Korrelation	<b>,711(**)</b>	<b>,650(**)</b>	<b>,687(*)</b>	,631
	Signifikanz	,003	,009	,028	,050
	N	15	15	10	10
Anaerobe Kapazität	Korrelation	<b>,812(**)</b>	<b>,570(*)</b>	<b>,860(**)</b>	<b>,860(**)</b>
	Signifikanz	,000	,027	,001	,001
	N	15	15	10	10
Laktazide Kapazität	Korrelation	<b>,694(**)</b>	,409	<b>,789(**)</b>	<b>,822(**)</b>
	Signifikanz	,004	,130	,007	,004
	N	15	15	10	10
Energiefluss gesamt	Korrelation	<b>,554(*)</b>	<b>,553(*)</b>	,444	,564
	Signifikanz	,032	,033	,199	,090
	N	15	15	10	10
Oxidativer Fluss	Korrelation	,337	<b>,580(*)</b>	,078	,248
	Signifikanz	,219	,023	,829	,489
	N	15	15	10	10
Glykolytischer Fluss	Korrelation	<b>,595(*)</b>	,347	<b>,717(*)</b>	<b>,738(*)</b>
	Signifikanz	,019	,205	,020	,015
	N	15	15	10	10

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

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

### 4.7.3 Beziehungen zwischen Herzfrequenz / Laktat und Rennergebnissen

Die Tabellen 40-43 zeigen die Beziehungen zwischen den Rennergebnissen von Salzburg, Oschersleben, Hockenheim und vom Nürburgring und den Größen Laktat nach den Rennen, maximale Herzfrequenz, Herzfrequenz in der ersten, mittleren und letzten Runde. In Hockenheim erfolgte aus organisatorischen Gründen keine Bestimmung der Herzfrequenz.

Bei den Rennen von Salzburg, Oschersleben und Hockenheim war in keinem Fall eine eindeutige Beziehung ( $p \leq 0,05$ ) festzustellen, obwohl überwiegend negative Beziehungen auffielen.

Signifikant war dagegen die Korrelationen der Platzierungen vom Nürburgring mit den entsprechenden Laktat- und Herzfrequenzwerten (Tab. 42). Die Laktatwerte direkt nach dem Rennen korrelierten negativ auf einem Signifikanzniveau von 0,01 mit den Platzierungen im Rennen, ebenso die Höhe der Herzfrequenz in der ersten Rennrunde sowie in der Mitte des Rennens auf einem Niveau von 0,05. Gleiches galt auch für die schnellste gefahrene Runde zum Laktat nach Rennen sowie Höhe der Herzfrequenz in der ersten und mittleren Runde ( $p < 0,05$ ). Zwei dieser Beziehungen sind in den Abbildungen 21 und 22 graphisch dargestellt.

**Tab. 40:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) der Rennergebnisse Salzburgring zu während und nach dem Rennen ermittelten Herzfrequenz- und Laktatwerten sowie zum Laktatanstieg in %

		<i>Salzburg Platzierung</i>	<i>Salzburg Rennen schnellste Runde</i>
Laktat nach Rennen	Korrelation	-,326	-,372
	Signifikanz	,202	,142
	N	17	17
Laktat- anstieg in %	Korrelation	,187	,218
	Signifikanz	,489	,418
	N	16	16
HF in der ersten Rennrunde	Korrelation	,120	,183
	Signifikanz	,669	,514
	N	15	15
HF in der mittleren Rennrunde	Korrelation	-,141	-,205
	Signifikanz	,589	,430
	N	17	17
HF in der letzten Rennrunde	Korrelation	-,287	-,321
	Signifikanz	,264	,209
	N	17	17
Maximale HF im Rennen	Korrelation	-,312	-,412
	Signifikanz	,223	,101
	N	17	17

**Tab. 41:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) der Rennergebnisse Oschersleben zu während und nach dem Rennen ermittelten Herzfrequenz- und Laktatwerten

		<i>Oschersleben Platzierung</i>	<i>Oschersleben Rennen schnellste Runde</i>
Laktat nach Rennen	Korrelation	-,247	-,422
	Signifikanz	,322	,081
	N	18	18
Laktat- anstieg in %	Korrelation	<b>-,490*</b>	<b>-,536*</b>
	Signifikanz	,039	,022
	N	18	18
HF in der ersten Renrunde	Korrelation	,111	,127
	Signifikanz	,682	,639
	N	16	16
HF in der mittleren Renrunde	Korrelation	-,085	-,077
	Signifikanz	,755	,777
	N	16	16
HF in der letzten Renrunde	Korrelation	-,138	-,142
	Signifikanz	,610	,600
	N	16	16
Maximale HF im Rennen	Korrelation	-,226	-,216
	Signifikanz	,401	,422
	N	16	16

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

**Tab. 42:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) der Rennergebnisse Nürburgring zu während und nach dem Rennen ermittelten Herzfrequenz- und Laktatwerten

		<i>Nürburgring Platzierung</i>	<i>Nürburgring Rennen schnellste Runde</i>
Laktat nach Rennen	Korrelation	<b>-,813**</b>	<b>-,728*</b>
	Signifikanz	,008	,026
	N	9	9
Laktat- anstieg in %	Korrelation	<b>-,736</b>	<b>-,569</b>
	Signifikanz	,024	,110
	N	9	9
HF in der ersten Rennrunde	Korrelation	<b>-,683*</b>	<b>-,674*</b>
	Signifikanz	,030	,023
	N	10	11
HF in der mittleren Rennrunde	Korrelation	<b>-,733*</b>	<b>-,677*</b>
	Signifikanz	,016	,022
	N	10	11
HF in der letzten Rennrunde	Korrelation	-,487	-,445
	Signifikanz	,153	,198
	N	10	10
Maximale HF im Rennen	Korrelation	-,397	-,348
	Signifikanz	,256	,294
	N	10	11

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

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

**Tab. 43:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) der Rennergebnisse Hockenheimring zu nach dem Rennen ermittelten Laktatwerten

		<i>Hockenheimring Platzierung</i>	<i>Hockenheimring Rennen schnellste Runde</i>
Laktat nach Rennen	Korrelation	-,283	-,331
	Signifikanz	,202	,132
	N	22	22
Laktat- anstieg in %	Korrelation	-,147	-,245
	Signifikanz	,515	,271
	N	22	22

**Tab. 44:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) der Laktatwerte nach Rennen in Salzburg, Oschersleben, Nürburgring und Hockenheim zu max. im aeroben und anaeroben Ausdauerstest erreichtem Laktat

		<i>SaLana</i>	<i>OsLana</i>	<i>NüLana</i>	<i>HoLana</i>
Max. Laktat im aeroben Test	Korrelation	,151	-,053	,548	,360
	Signifikanz	,638	,858	,160	,142
	N	12	14	8	18
Max. Laktat im anaeroben Test	Korrelation	-,022	-,122	,099	-,020
	Signifikanz	,949	,705	,832	,945
	N	11	12	7	15

**Tab. 45:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) der max. erreichten Herzfrequenz im Rennen in Salzburg, Oschersleben und Nürburgring zu max. im aeroben Ausdauerstest erreichter Herzfrequenz

		<i>SaHfmax</i>	<i>OsHfmax</i>	<i>NüHfmax</i>
Max. Herz- frequenz Stufentest	Korrelation	,460	,510	-,146
	Signifikanz	,084	,075	,669
	N	15	13	11

**Tab. 46:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) der Differenz der Laktatanstiege

		<i>SaDifLa</i>	<i>OsDifLa</i>	<i>NüDifLa</i>	<i>HoDifLa</i>
Salzburg Differenz Laktat	Korrelation		,107	,228	,336
	Signifikanz		,729	,664	,221
	N		13	6	15
Oschersleben Differenz Laktat	Korrelation	,107		,371	,101
	Signifikanz	,729		,366	,690
	N	13		8	18
Nürburgring Differenz Laktat	Korrelation	,228	,371		-,181
	Signifikanz	,664	,366		,641
	N	6	8		9
Hockenheim Differenz Laktat	Korrelation	,336	,101	-,181	
	Signifikanz	,221	,690	,641	
	N	15	18	9	

**Tab. 47:** Korrelationen ( Koeffizient r mit Signifikanz) der absoluten Laktatwerte nach Rennen zu den relativen Veränderungen

		<i>SaLana</i>	<i>OsLana</i>	<i>NüLana</i>	<i>HoLana</i>
Salzburg Differenz Laktat	Korrelation	,275	-,125	<b>,824(*)</b>	,179
	Signifikanz	,302	,684	,044	,523
	N	16	13	6	15
Oschersleben Differenz Laktat	Korrelation	-,510	<b>,758(**)</b>	,665	,023
	Signifikanz	,075	,000	,072	,927
	N	13	18	8	18
Nürburgring Differenz Laktat	Korrelation	-,535	,148	<b>,699(*)</b>	-,379
	Signifikanz	,274	,726	,036	,315
	N	6	8	9	9
Hockenheim Differenz Laktat	Korrelation	<b>,663(**)</b>	,395	-,308	<b>,720(**)</b>
	Signifikanz	,007	,105	,421	,000
	N	15	18	9	22

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

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

**Tab. 48:** Korrelationen ( Koeffizient r mit Signifikanz) der absoluten Laktatwerte nach Rennen

		<i>SaLana</i>	<i>OsLana</i>	<i>NüLana</i>	<i>HoLana</i>
Salzburg Laktat nach Rennen	Korrelation		-,123	-,227	<b>,755(**)</b>
	Signifikanz		,689	,665	,001
	N		13	6	15
Oschersleben Laktat nach Rennen	Korrelation	-,123		,491	<b>,479(*)</b>
	Signifikanz	,689		,216	,044
	N	13		8	18
Nürburgring Laktat nach Rennen	Korrelation	-,227	,491		-,153
	Signifikanz	,665	,216		,695
	N	6	8		9
Hockenheim Laktat nach Rennen	Korrelation	<b>,755(**)</b>	<b>,479(*)</b>	-,153	
	Signifikanz	,001	,044	,695	
	N	15	18	9	

\*\* 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. 49:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) der max. erreichten Herzfrequenz zur Rennmitte am Nürburgring zu max. ermitteltem Laktat

	<i>Nürburgring max. Hf Rennmitte</i>	
Laktat nach Rennen Nürburgring	Korrelation	<b>,972**</b>
	Signifikanz	,006
	N	5

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

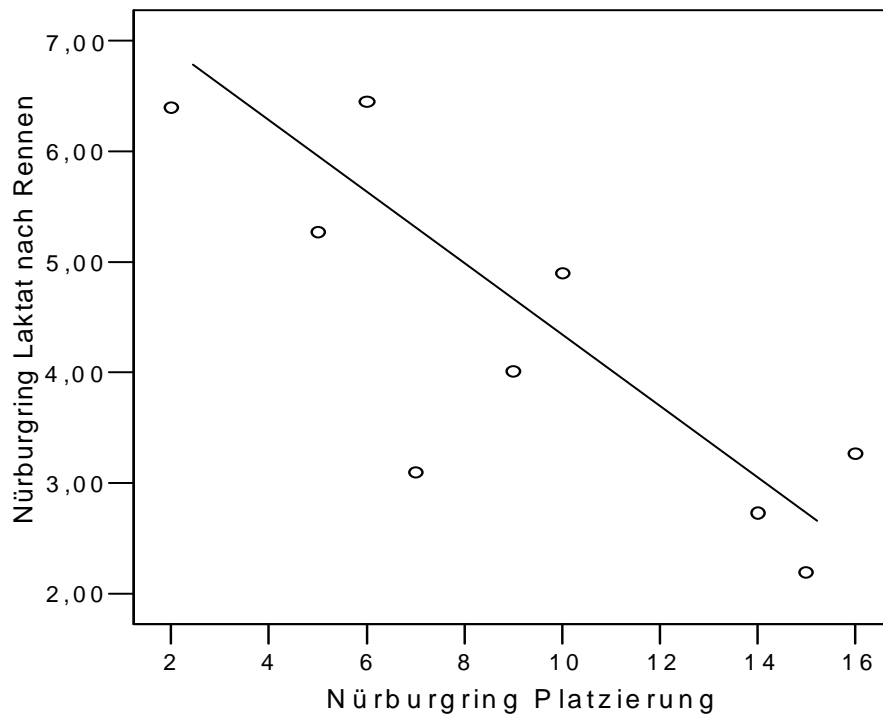
**Tab. 50:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) der erreichten Platzierungen der Rennen in Salzburg, Oschersleben, Nürburgring und Hockenheim

		<i>Hockenheim Platzierung</i>	<i>Salzburg Platzierung</i>	<i>Oschersleben Platzierung</i>	<i>Nürburgring Platzierung</i>
Hockenheim Platzierung	Korrelation		<b>,642(**)</b>	<b>,751(**)</b>	<b>,765(**)</b>
	Signifikanz		,002	,000	,001
	N		20	21	16
Salzburg Platzierung	Korrelation	<b>,642(**)</b>		<b>,536(*)</b>	<b>,604(*)</b>
	Signifikanz	,002		,015	,017
	N	20		20	15
Oschersleben Platzierung	Korrelation	<b>,751(**)</b>	<b>,536(*)</b>		<b>,726(**)</b>
	Signifikanz	,000	,015		,002
	N	21	20		15
Nürburgring Platzierung	Korrelation	<b>,765(**)</b>	<b>,604(*)</b>	<b>,726(**)</b>	
	Signifikanz	,001	,017	,002	
	N	16	15	15	

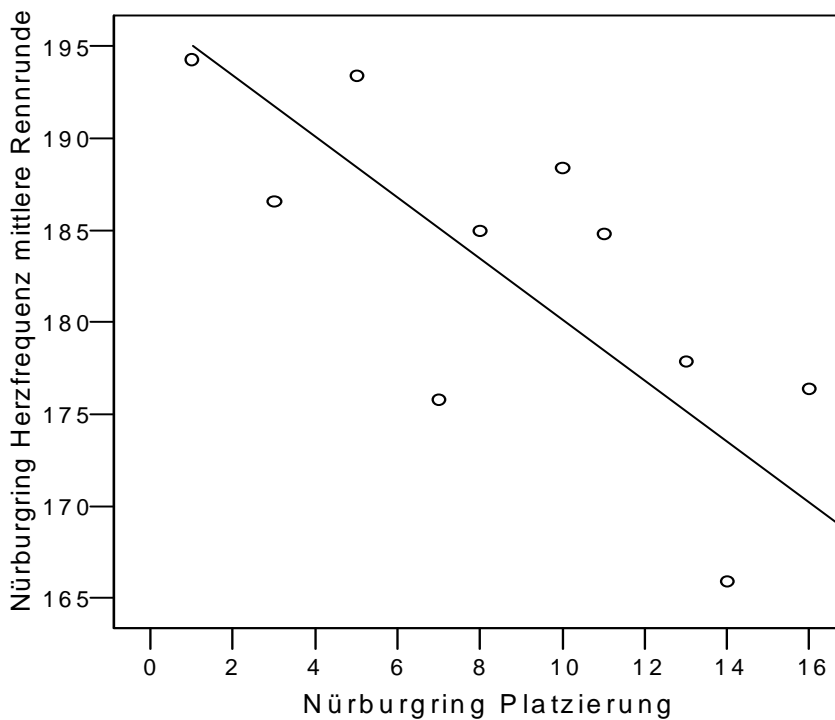
\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

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





**Abb. 21:** Streudiagramm: Platzierung und Laktat (mmol/l) nach Rennen auf Nürburgring



**Abb. 22:** Streudiagramm: Platzierung und Höhe der Herzfrequenz (S/min) in der mittleren Rennrunde auf dem Nürburgring

#### 4.7.4 Beziehungen zwischen metabolischen und enzymatischen Blutparametern und Rennergebnissen

Die Tabelle 51 zeigt die einzige signifikante Beziehung der in Salzburg und Hockenheim nach den Rennen gemessenen metabolischen und enzymatischen Blutparameter zu den erzielten Rennergebnissen. Lediglich in Hockenheim war der Kreatininspiegel auf mittlerem Niveau mit Platzierung und schnellster Rennrunde eindeutig zu korrelieren. In Salzburg bestanden in keinem Fall belegbare Beziehungen. Die errechneten Korrelationen im Einzelnen sind im Anhang aufgelistet.

In Tab. 52 sind die Beziehungen der Veränderungen von Vor- zu Nachwert zur fahrerischen Leistung aufgeführt. In Salzburg konnte lediglich eine auf einem Niveau von 0,05 signifikant positive Beziehung der Kaliumkonzentration zur Platzierung sowie zur schnellsten Rennrunde aufgezeigt werden. In Hockenheim bestand ein negativ signifikanter (0,05) Zusammenhang zwischen Platzierung und schnellster Rennrunde zur Creatinkinase (Abb. 23+24), zu GOT und zu Kreatinin. Zu Cholesterin war jeweils eine auf einem Niveau von 0,05 positive Korrelation festzustellen. Eisen wies eine negative, Triglyceride wiesen eine positive jeweils signifikante Beziehung ( $p < 0,05$ ) zur Platzierung in Hockenheim auf, nicht jedoch zur schnellsten Runde.

Die Beziehungen der Laktat- und Creatinkinaseparameter sind aus den Tabellen 53 und 54 ersichtlicht. Nur die in Salzburg ermittelten Werte wiesen signifikante Zusammenhänge zwischen Laktat- und CK-Verhalten auf.

**Tab. 51:** Zusammenfassung (Korrelationskoeffizient r) aller klinisch/metabolischen Werte die ein Signifikanzniveau von 0,05 zur Rennleistung aufwiesen

		<i>Platzierung</i>	<i>Rennen schnellste Runde</i>
Hockenheim Nachwert	Korrelation	<b>-,498*</b>	<b>-,477*</b>
Creatinin	Signifikanz	,030	,039
N		19	19

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

**Tab. 52:** Beziehung (Korrelationskoeffizient r) der Differenz von Vor- zu Nachwert der entnommenen blutchemischen Parameter zur fahrerischen Leistung in Salzburg und Hockenheim

<i>Berechneter Parameter</i>		<i>Salzburg</i>		<i>Hockenheim</i>	
		<i>Platzierung</i>	<i>Salzburg schnellste Runde</i>	<i>Platzierung</i>	<i>Hockenheim schnellste Runde</i>
Kalium	Korrelation	<b>,532*</b>	<b>,562*</b>	,292	,404
	Signifikanz	,023	,015	,225	,087
Natrium	Korrelation	,265	,276	,266	,244
	Signifikanz	,288	,268	,272	,314
Calcium	Korrelation	-,153	-,219	-,319	-,322
	Signifikanz	,545	,382	,182	,179
Magnesium	Korrelation	,276	,254	-,076	-,121
	Signifikanz	,268	,308	,756	,623
Eisen	Korrelation	-,027	,030	<b>-,495*</b>	-,409
	Signifikanz	,914	,906	,043	,103
Creatinkinase	Korrelation	,003	-,101	<b>-,466*</b>	<b>-,480*</b>
	Signifikanz	,990	,690	,044	,038
GOT	Korrelation	-,198	-,201	<b>-,561*</b>	<b>-,495*</b>
	Signifikanz	,432	,424	,012	,031
GPT	Korrelation	-,015	-,146	-,314	-,261
	Signifikanz	,952	,564	,190	,280
GGT	Korrelation	,073	,004	-,272	-,349
	Signifikanz	,774	,987	,260	,144
Harnstoff	Korrelation	,319	,259	,367	,414
	Signifikanz	,197	,299	,122	,078
Creatinin	Korrelation	,140	,282	<b>-,541*</b>	<b>-,508*</b>
	Signifikanz	,580	,257	,017	,026
Harnsäure	Korrelation	-,081	-,046	-,001	,067
	Signifikanz	,749	,855	,996	,786
Bilirubin	Korrelation	-,404	-,398	-,250	-,335
	Signifikanz	,096	,102	,302	,161
Cholesterin	Korrelation	,265	,232	<b>,524*</b>	<b>,548*</b>
	Signifikanz	,288	,355	,021	,015
Triglyceride	Korrelation	-,363	-,359	,426	<b>,461*</b>
	Signifikanz	,139	,143	,069	,047
Glukose	Korrelation	,165	,218	-,079	-,044
	Signifikanz	,512	,385	,748	,858
	N	18	18	19	19

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

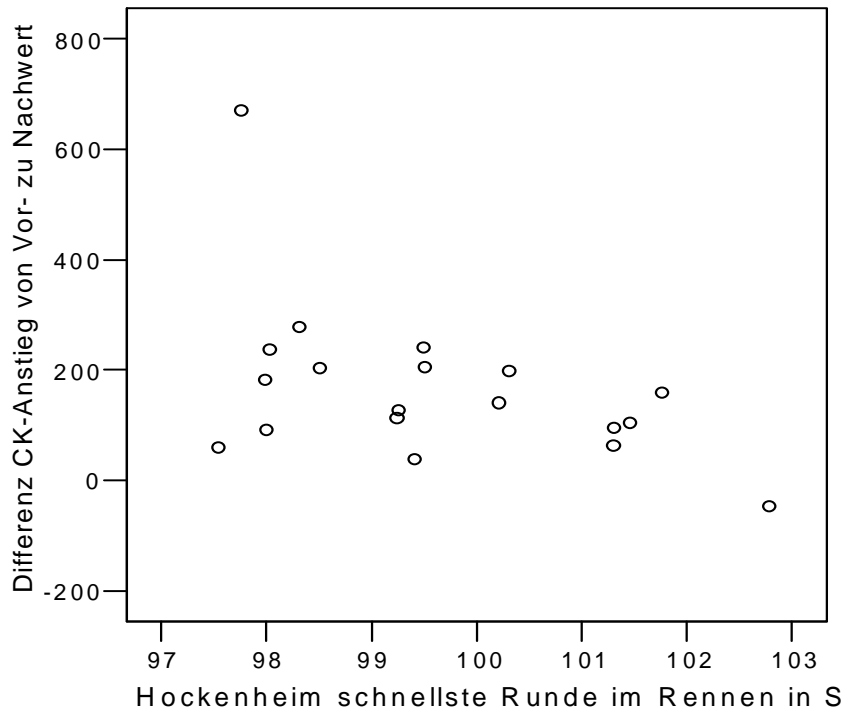
**Tab. 53:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) zwischen den Laktat- und Creatinkinaseparametern vom Salzburgring

		<i>SaLana</i>	<i>SaDifLa</i>
Salzburg CK nach Rennen	Korrelation	-,039	<b>,661(*)</b>
	Signifikanz	,895	,010
	N	14	14
Salzburg Differenz CK	Korrelation	,113	<b>,535(*)</b>
	Signifikanz	,701	,049
	N	14	14

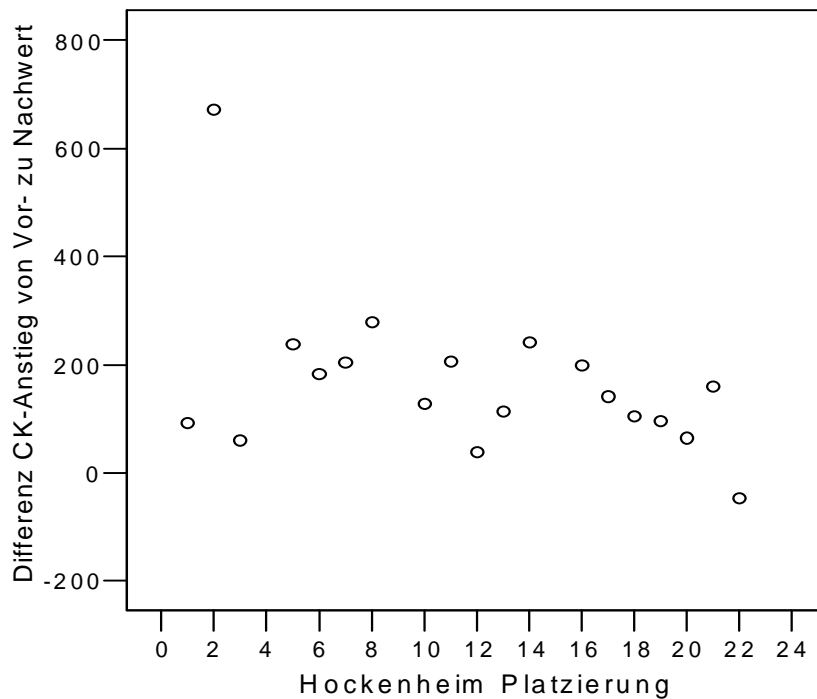
\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

**Tab. 54:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) zwischen den Laktat- und Creatinkinaseparametern vom Hockenheimring

		<i>HoLana</i>	<i>HoDifLa</i>
Hockenheim CK nach Rennen	Korrelation	,140	,081
	Signifikanz	,566	,741
	N	19	19
Hockenheim Differenz CK	Korrelation	,169	,095
	Signifikanz	,489	,698
	N	19	19



**Abb. 23:** Streudiagramm: Schnellste Rennrunde (in Sekunden) und Höhe der Differenz der CK-Aktivität von Vor- zu Nachwert in Hockenheim (in Prozent)



**Abb. 24:** Streudiagramm: Platzierung und Höhe der Differenz der CK-Aktivität von Vor- zu Nachwert in Hockenheim (in Prozent)

#### 4.7.5 Beziehungen zwischen Katecholaminparametern und Rennergebnissen

In der folgenden Tabelle 55 sind die Beziehungen der Katecholaminparameter zu den fahrerischen Leistungen Platzierung und schnellster in Salzburg gefahrener Runde dargestellt.

Alle berechneten Korrelationskoeffizienten sind weder auf einem Niveau von 0,01 noch auf einem Niveau von 0,05 signifikant. Es konnten entsprechend keine belegbaren Beziehungen gefunden werden.

**Tab. 55:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) zwischen den Rennergebnissen vom Salzburgring und den Katecholaminparametern

<i>Katecholamine absolut 24 Stunden</i>		<i>Salzburg Platzierung</i>	<i>Salzburg schnellste Runde</i>
Adrenalin Basiswert	Korrelation	-,089	-,094
	Signifikanz	,772	,759
Adrenalin Belastungswert	Korrelation	,056	-,057
	Signifikanz	,855	,854
Noradrenalin Basiswert	Korrelation	,009	-,039
	Signifikanz	,978	,900
Noradrenalin Belastungswert	Korrelation	,210	,081
	Signifikanz	,491	,793
Dopamin Basiswert	Korrelation	-,406	-,469
	Signifikanz	,169	,106
Dopamin Belastungswert	Korrelation	-,319	-,440
	Signifikanz	,289	,132
Quotient Adrenalin/Noradrenalin Basiswert	Korrelation	-,052	-,073
	Signifikanz	,865	,813
Quotient Adrenalin/Noradrenalin Belastungswert	Korrelation	-,085	-,135
	Signifikanz	,783	,660
Differenz Adrenalin Nach-Vorwert	Korrelation	,242	,154
	Signifikanz	,425	,615
Differenz N-Adrenalin Nach-Vorwert	Korrelation	,208	,139
	Signifikanz	,495	,651
Gesamt N		13	13

## **Kapitel 5      Diskussion**

Bei allen sportlichen Wettkämpfen entscheiden aktuelle psychophysische Leistungsfähigkeit des Athleten und externe Faktoren wie Sportgerät, Konkurrenz, Witterung über Sieg oder Niederlage. Hauptcharakteristikum des Motorradrennsports ist die Verwendung eines technisch sehr komplexen Sportgerätes, dem in der lang- und kurzfristigen Vorbereitung auf ein Rennen, wie einleitend ausgeführt, weit mehr Augenmerk geschenkt wird als dem Fahrer. Ein optimaler Gesundheitszustand ist wie bei allen Leistungssportlern zwar eine Vorbedingung, aber spezifische Leistungsfähigkeitskomponenten werden nicht vorausgesetzt und nicht gezielt trainiert. Offenbar reichen Sichtungen in Rennserien aus, um ein "Talent" zu entdecken. Soweit man aus der Meinung von Motorradrennsportexperten und den seltenen von Sportwissenschaftlern/Sportmedizinern schließen kann, sind spezifische sensomotorische, koordinative und psychische Qualitäten für die spezifische motorradrennsportliche Leistung maßgebend. Wissenschaftliche Belege dafür fehlen.

Bevor man sich diesen messmethodisch schwierigen und komplexen Problems annimmt, gilt es aber grundlegende Erkenntnisse über die physische Beanspruchung beim Motorradrennsport zu gewinnen, da auch hierzu kaum Daten vorliegen. Denkbar ist, dass zur Beherrschung der Maschine Kraftleistungsfähigkeit und Ausdauerkomponenten des Fahrers leistungslimitierende Faktoren darstellen. Ohne das Fahrverhalten und die Sicherheit der Fahrer zu beeinträchtigen ist eine Erhebung derartiger Parameter beim Rennen nur für die Herzfrequenz möglich.

Blut- und Urinparameter, vor und nach Rennen bestimmt, lassen Rückschlüsse auf metabolische, hormonelle und strukturelle Beanspruchungen zu. Würden sich Zusammenhänge zwischen Veränderungen dieser Parameter beim Rennen mit der sportartspezifischen Leistung (Zeiten, Platzierung) belegen lassen, könnten daraus sinnvolle Grundlagentrainingsmethoden abgeleitet werden. Bestätigt würde dies, wenn zwischen sportartspezifischer Leistung und im Labor bestimmter aerober und anaerober Ausdauer- sowie Kraftleistungsfähigkeit positiv zu wertende Beziehungen bestehen. Auf Grund der gewonnenen Erfahrung im Untersuchungsverlauf soll zunächst diskutiert werden, ob mit den gewählten Messmethoden verwertbare Daten zur Lösung der Fragestellung erhoben werden konnten.

### **5.1      Kritik der Methode**

#### **5.1.1    Stichprobe**

Die aus 23 Fahrern bestehende Stichprobe war durch die von Honda Motor Europe und ADAC initiierte Rennserie vorgegeben. Es waren Probanden im Alter von 13-19 Jahren, deren ergometrisch gemessene maximale Leistungsfähigkeit gewichtsbezogen von 3,4 - 4,9 W/kg Körpergewicht reichte und auf einen befriedigend bis guten Leistungszustand hinwies. Ähnliches galt für die Kraftleistungsfähigkeit ermittelt beim Bankdrücken. Die Variationsbreite dieser Leistungsfähigkeiten hätte demnach bei dem relativ kleinen Kollektiv ausgereicht, um

Zusammenhänge mit der sportartspezifischen Leistung zu erkennen. Nicht ausgeschlossen ist aber, dass das Alter der in der Pubeszenz bis Adoleszenz stehenden Probanden sowohl die physiologischen Reaktionen beim Rennen bzw. auch die sportliche Leistung beeinflusst. Wie aber die Korrelationsberechnungen ergaben, war von einer Ausnahme abgesehen das Alter insbesondere in der Gesamtplatzierung nicht für die sportliche Leistung maßgebend.

Alle Probanden verwendeten das gleiche Sportgerät, das für die Rennen einheitlich vom gleichen Rennstall präpariert wurde.

Wie in Kapitel 3.1 aufgeführt bestand vor und während der Saison ein Trainingsverbot auf 125-ccm-Rennmotorrädern, um Chancengleichheit zu gewährleisten. Ob dieses Trainingsverbot eingehalten wurde, konnte jedoch nicht überprüft werden. Es bestand also die Möglichkeit das fahrerische Können vor und während der Saison individuell zu verbessern.

### **5.1.2 Ermittlung der sportlichen Leistung**

Im Motorradrennsport wird kein spezieller Verteilungsschlüssel für Punkte wie bei der Weltcup-Punkte-Wertung der FIS verwendet. Deshalb wurden in dieser Arbeit neben der Gesamtplatzierung die Absolutzeiten als Kriterium der sportartspezifischen Leistungsfähigkeit genommen.

Die Beurteilung der Leistung des Rennfahrers im Rennen erfolgte nur über die erzielten Rundenzeiten und Platzierungen. Eine exakte Datenanalyse via Satellit und Telemetrie während des Rennens, die verschiedene Verzögerungs-, Einlenk- und Beschleunigungsparameter pro Meter Strecke beinhaltet, konnte aus technischen Gründen nicht durchgeführt werden. Deshalb konnte auf weiteres Datenmaterial, das Auskünfte über die Fahrtechnik gibt, nicht zurückgegriffen werden.

### **5.1.3 Labormessmethoden zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit**

Ob die in dieser Studie verwendeten Messmethoden relevant für sportliche Leistungen im Motorradrennsport sind, ist zweifellos zu hinterfragen.

Dies gilt insbesondere für die ergometrische Diagnostik. Sie simuliert im Labor auch nicht angenähert die spezifischen muskulären Beanspruchungen im Motorradrennsport. Direkte Zusammenhänge dieser Leistungsdaten mit der sportartspezifischen Leistung sind nicht zu erwarten. Dennoch ist es die einzige Methode, um grundlegende Informationen über die energetische Leistungsfähigkeit und damit über Wertigkeit und Charakteristik des aeroben und anaeroben Stoffwechsels sowie der daran beteiligten Organsysteme zu gewinnen. Eckdaten wie maximale Leistung bei stufenförmiger Belastung bis zur Ermüdung spiegeln den maximalen aeroben Energieumsatz, aerobe bzw. anaerobe Schwelle die Ausdauerleistungsfähigkeit für langdauernde Beanspruchungen wider. Aus dem isokinetischen Maximaltest kann auf anaerobe Leistungskomponenten geschlossen werden. Wenn auch nicht direkt, dann doch indirekt sind grobe Zusammenhänge mit sportartspezifischer Leistung nicht von der Hand zu weisen. Zu dem lassen die bei derartiger Diagnostik routinemäßig ermittelten Parameter Herzfrequenz und Laktat eine Bewertung der energetischen Beanspruchung bei Rennen zu, wenn sie auch dabei bestimmt werden.



Um eine Ergometrie bewerten zu können, müssen nicht nur Untersuchungsbedingungen, Geräte und Protokoll standardisiert werden, sondern auch der Ausbelastungsgrad bekannt sein (202). An Hand von erreichter maximaler Herzfrequenz, dem Verhalten der Herzfrequenz im maximalen Arbeitsbereich, den maximalen Laktatspiegeln und subjektivem Anstrengungsgrad war in unserer Studie davon auszugehen, dass bei allen ausgewerteten Probanden aerob wie anaerob eine volle Ausbelastung erreicht wurde.

Kraftanalysen im Labor wurden bewusst in einer wenn auch messmethodisch einfachen, aber in der Praxis bewährten Form gewählt, die Beanspruchungen im Rennsport nahe kommen. Nach Expertenmeinung und Analysen mittels Bauteilverformungsmessung treten bei Abbremsvorgängen starke Kräfte auf, die von Fahrern mittels Schulter-Arm-Brustmuskulatur kompensiert werden müssen. Deshalb erschien das Bankdrücken sinnvoll, um so die Maximalkraft mittels einer Wiederholung mit max. möglichem Gewicht sowie die Kraftausdauer an Wiederholungszahlen zu messen. Außerdem wurde eine Messmethode am Sportgerät entwickelt, mit der am Lenkerstummel aktiv vom Fahrer entwickelte Kraft ermittelt werden konnte.

Kräfte, die auf den Fahrer während der Fahrt insbesondere während des Abbremsens wirken, wurden in dieser Studie mittels Bauteilverformungsmessung am linken und rechten Lenkerstummel gemessen.

#### **5.1.4 Erhebungszeitpunkt der Leistungsparameter in Relation zu den Rennen**

Die Zeitpunkte, zu denen sich die Rennfahrer einer Leistungsdiagnostik im Labor unterzogen, wurden durch Ferien- und Schulzeit beeinflusst und variierten zwischen Juli 2002 und September 2002.

Es ist bekannt und nicht nur aufgrund der im Hochleistungssport verwendeten Periodisierungsschemata bei Leistungssportlern nachvollziehbar (2,3, 99), dass sich physische Leistungsvoraussetzungen im Verlauf eines Jahres variabel verhalten. So wurden z.B. Zu- und Abnahmen der  $VO_2\text{max}$  registriert. Koutedakis et al. stellten 1992 bei alpinen Profiskirennläufern eine Kraftabnahme der Oberschenkelmuskulatur im Vergleich zu vor der Saison erhobenen Werten von 15% fest. Deshalb ist ein Vergleich von einmalig ermittelten Leistungsparametern mit sportlichen Leistungen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten der Saison erbracht wurden, wie in dieser Studie geschehen, problematisch.

#### **5.1.5 Venöse Blutentnahmen und Blutserumanalysen**

Die Blutentnahmen erfolgten jeweils am Freitagmorgen nüchtern und am Sonntag nach dem Rennen, da die Fahrer eine Blutentnahme direkt vor dem Rennen aufgrund möglicher Beeinträchtigungen der Fahrleistung verweigerten. Eine direkt vor dem Rennen entnommene Blutprobe hätte jedoch eine höhere Vergleichbarkeit der analysierten Werte ermöglicht.

Die Blutentnahme nach dem Rennen erfolgte nicht bei allen Fahrern zum gleichen Zeitpunkt. Dieser variierte aufgrund Siegerehrung, Interviews und technischer Besprechung um bis zu 35 Minuten, was die Vergleichbarkeit der Daten ebenfalls beeinträchtigte. Weiterhin erfolgte nach den Rennen nur eine Blutentnahme und

nicht mehrere in kurzen Abständen. Somit konnte ein Konzentrationsgipfel des entsprechenden Parameters, bedingt auch durch die jeweilige Halbwertszeit, nicht eindeutig bestimmt werden.

In der vorliegenden Studie wurde leider kein Blutbild mit Hämatokrit untersucht. Nicht jede im Serum nachweisbare Aktivitäts- bzw. Konzentrationsänderung von Muskelenzymen, Stoffwechselzwischen- und -endprodukten nach körperlicher Aktivität beruht auf einem Enzymaustritt bzw. einer Stoffwechselsteigerung des entsprechenden Stoffes in bzw. aus einer belasteten Muskelzelle. Hämokonzentrationen wie Hämodilatationen durch Wasserverschiebung zwischen Blutbahn, Interstitium und Zelle sind zu bedenken. Deshalb können Veränderungen innerhalb kurzer und mittlerer Belastungszeit nicht ohne die gleichzeitige Bestimmung des Hämatokrits eindeutig beurteilt werden (8, 11, 62, 186). Allerdings hätten Konzentrationen wie Dilutionen sich auf alle bestimmten Parameter zumindest in der Tendenz gleichartig auswirken müssen. Dies war aber nicht feststellbar, sodass diesem Phänomen eine untergeordnete Bedeutung beizumessen ist.

In erster Linie im Hinblick auf divergierende Abnahmezeitpunkte und nur einmalige Blutabnahmen nach Belastung ist die Interpretation der gefundenen signifikanten Veränderungen von Vor- zu Nachwert sowie auch die Korrelation zwischen Serumaktivitäts- bzw. Serumkonzentrationsveränderung und fahrerischer Leistung nur mit Vorbehalten zu vollziehen.

### **5.1.6 Laktatmessung aus arteriellem Kapillarblut**

Die in dieser Studie eingesetzte polarographische Laktatanalysemethode hat einen Variationskoeffizienten von 1,5%. Trotz der geringen technischen Variabilität kann es dennoch zu Störeinflüssen gekommen sein. Die Hauptfehlerquellen liegen in der "Laktatabnahme". Unkorrekte Füllung der Kapillaren und vor allem Schweißbeimengungen sind als die wesentlichen Fehler bekannt. In unserer Studie sorgten geübte Fachkräfte dafür, dass diese Fehler so klein wie möglich gehalten wurden.

### **5.1.7 Katecholaminbestimmung**

Die Katecholaminbestimmung erfolgte, wie bereits beschrieben, aus 24 Stunden-Sammelurin. Da die Werte nicht nur auf die gesamte Urinmenge, sondern auch auf den Kreatininspiegel bezogen wurden, kann ein Fehler in der Sammlung weitgehend ausgemerzt werden. Da die Sammlung über 24 Stunden erfolgte, wurde ein möglicher Peakwert, durch die Rennbelastung hervorgerufen, verwischt.

Eine Unterteilung der Sammelperioden, die aber organisatorisch im Geschehen der Rennen nicht zu realisieren waren, hätte wahrscheinlich präzisere Aussagen ermöglicht.

## **5.2 Ergebnisse**

### **5.2.1 Anthropometrische Parameter und sportartspezifische Leistung**

Wie in Kapitel 3.5 aufgeführt hatten die Rennstrecken alle ein unterschiedliches Profil und es wurden entsprechend unterschiedliche Durchschnittsgeschwindigkeiten während der Rennen auf diesen Rennstrecken erzielt.

Von Experten wird erwartet, dass auf Hochgeschwindigkeitsstrecken mit wenigen Kurven eine geringe Körpermasse des Fahrers bei gleicher Leistung der Maschine Vorteile erbringt. Der Salzburgring ist vom Profil her eine Hochgeschwindigkeitsstrecke. Unsere Probanden erreichten auf diesem Kurs die höchsten Durchschnittsgeschwindigkeiten mit 161 km/h.

Weder für diesen Kurs noch den anderen ließ sich eine Korrelation zwischen Körpermasse und sportartspezifischer Leistung sichern.

Eine Ausnahme in Bezug auf anthropometrische Parameter bildete der Nürburgring, bei dem eine negativ mittlere Korrelation zwischen Alter wie auch Körperlänge zur schnellsten Trainingsrunde nicht aber zur sportlichen Leistung im Rennen zu sichern war. Dieses Ergebnis ist nicht deutbar und eher zufällig.

Insgesamt waren aber bei unseren Probanden keine Beziehungen zwischen anthropometrischen Grundgrößen und der im Rennen erbrachten sportlichen Leistung nachzuweisen.

### **5.2.2 Aerobe und anaerobe Leistungsparameter und sportartspezifische Leistung**

#### **Aerobe Leistungsparameter**

Der in dieser Studie verwendete aerobe 3-Minuten-Stufentest gilt als etabliertes Verfahren in der Leistungsdiagnostik und wird in Kombination mit Laktatanalysen zur Bestimmung der aeroben und anaeroben Schwellen verwendet (68, 87). Auf die Problematik dieses Tests im Hinblick auf die Diagnostik einer sportartspezifischen Leistungsfähigkeit wurde bereits eingegangen. Enge Korrelationen waren nicht zu erwarten.

Lediglich 6 der 234 berechneten Korrelationen wiesen auf signifikante Beziehungen mittleren Grades hin. Diese zeigten sich aber weder für die Maximalleistung noch die die Ausdauerleistungsfähigkeit charakterisierenden Schwellenleistungen, sondern betrafen die maximale Herzfrequenz und die Herzfrequenz an der iANS bzw. Laktat an der iANS. Dies wurde auch nicht durchgehend auf allen Rennstrecken sondern nur bei einzelnen beobachtet. Allerdings waren dies überwiegend die kurvenreicheren. Die Beziehungen waren positiv, was bedeuten würde, dass höhere Werte mit schlechteren Leistungen einhergehen.

Insgesamt bestand jedoch ein äußerst fragwürdiger Zusammenhang zu den Leistungsparametern des aeroben Tests.

Untersuchungen von Dickhuth, Jeschke, Keul und Kindermann ergaben in der Tendenz ähnliche Ergebnisse beim Vergleich der Dauerleistungsfähigkeit mit der sportartspezifischen Leistungsfähigkeit in den Sportarten Fußball, Tennis und alpiner Skilauf, bei denen die Leistung komplex von verschiedenen Faktoren bestimmt wird (46, 99, 111, 115).

## Anaerobe Leistungsparameter

In der Literatur existieren mehrere Testverfahren zur Ermittlung anaerober Leistungsfähigkeit (70, 81, 96, 113, 124, 143, 144, 149, 190, 213). Heck et al. (2002) sind allerdings der Ansicht, dass es zur Zeit kein Testverfahren gibt, das eine einfache und exakte Bestimmung der anaeroben Kapazität und der anaeroben Leistungsfähigkeit, aufgetrennt nach alaktazidem und laktazidem Anteil, ermöglicht. Aufgrund der komplexen Interaktionen der Einzelkomponenten des anaeroben und aeroben Energiestoffwechsels sind sie der Meinung, dass eine differenzierte Beurteilung der Einzelkomponenten nur mit Hilfe einer aufwendigen Testbatterie möglich sei.

Der in dieser Studie verwendete isokinetische 96-Sekunden-Maximaltest wurde am Lehrstuhl für Präventive und Rehabilitative Sportmedizin entwickelt und erlaubt nach Ansicht der Autoren, im Gegensatz zu Heck, eine quantitative Abschätzung der wesentlichen Parameter der anaeroben Leistungsfähigkeit wie auch der maximalen oxidativen Flussrate. Ausgehend von einer unter maximaler Auslastung über 96s erbrachten und reproduzierbaren Leistungs-Zeitbeziehung lassen sich aus der Umrechnung auf Arbeits-Zeitbeziehung aus trennbaren Kurvenverläufen mit unterschiedlichen Steigungen und deren Schnittpunkte mit der y-Achse (Joule) einerseits aus der Steigung Flussraten und andererseits Kapazitäten berechnen. Die Ergebnisse an zahlreichen Athleten unterschiedlicher Sportarten erscheinen plausibel. In der Literatur ist die Diskussion über die Validität des Tests allerdings nicht abgeschlossen (80). Sie betrifft nicht das Testprozedere und die erhobenen basalen Daten, sondern die Auswertungsmethoden.

Der an und für sich einfache Test, der keine Vorkenntnisse über die Leistungsfähigkeit eines Sportlers erfordert, beschreibt in der vorliegenden Form nur die anaerobe Leistungsfähigkeit der Beinmuskulatur. Im Hinblick auf unsere Fragestellungen ergibt sich damit die gleiche Problematik wie beim aeroben Fahrradergometertest. Korrelationen zur sportartspezifischen Leistung im Motorradrennsport sind deshalb primär nicht zu erwarten.

Von den berechneten Korrelationen waren lediglich drei signifikant. Wie auch bei der aeroben Leistungsfähigkeit waren diese Korrelationen positiv und bestanden nur zwischen dem nach dem 96-Sekudentest gemessenen Laktat und der Rennleistung in Oschersleben und Hockenheim. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen den Ergebnissen des 96-Sekudentests und der sportartspezifischen Leistungsfähigkeit war deshalb, wie auch in dem vorausgegangenen Stufentest, nicht nachweisbar.

### 5.2.3 Kraft und sportartspezifische Leistung

Bei der Definition der Kraft unterscheidet man Kraft als motorische Eigenschaft und Kraft als physikalische Größe (187, 188). Dabei ist zu beachten, dass die beim Menschen messbaren physikalischen Kraftgrößen als Resultat der motorischen Fähigkeit zur Kraftentfaltung in Erscheinung treten. Nett (1964) teilt die Kraft in drei Subkategorien ein: Maximalkraft, Schnellkraft und Kraftausdauer. In der vorliegenden Studie wurde die dynamische und isometrische Maximalkraft sowie die Kraftausdauer der oberen Extremitäten ermittelt.

Die dynamische Maximalkraft gilt als die Kraft, die gegen eine Last entwickelt wird, die gerade noch bewegt werden kann, hier ermittelt im Bankdrücken. Die isometrische Maximalkraft stellt den höchsten realisierbaren Kraftwert dar, der willkürlich gegen einen unüberwindbaren Widerstand, in diesem Fall der linke und rechte Lenkerstummel, aufgebracht werden kann. Die Maximalkraft wird durch anthropometrische Faktoren, Muskelquerschnitt, Muskelfaserzusammensetzung sowie das Zusammenwirken von Rekrutierung und Frequenzierung motorischer Einheiten, im Sinne einer maximalen Kraftentfaltung, bedingt (188).

Von Kraftausdauer, in der vorliegenden Studie ebenfalls gemessen im Bankdrücken, wird in der Regel gesprochen, wenn Krafteinsätze realisiert werden, die mindestens ein Drittel des individuell möglichen maximalen Leistungsvermögens betragen. Die Kraftausdauer wird von der Maximalkraft bedingt. Dieser positive Zusammenhang ist nach Zaciorskij et al. (1970) umso größer, je näher die pro Kontraktion aufzuwendende Kraft an das isometrische Maximalkraftniveau heranreicht. Zentralnervöse Einflüsse wie Beeinträchtigungen der neuronalen bzw. neuromuskulären Erregungsübertragung und die Entspeicherung der energieliefernden Substrate, was bei der Kontraktionskraft in Relation zur Maximalkraft bereits nach 5 Sekunden eintreten kann, sind die physischen Ursachen der Ermüdung. Psychischen Faktoren kommt bei dieser Belastungsstruktur ebenfalls eine erhöhte Bedeutung zu (179).

Beim Kraftausdauerstest wurde von uns eine konstante Auflast von 20 kg verwendet. Der Ermüdungsgrund und damit die Wiederholungszahl beruhte auf unterschiedlichsten zur Ermüdung führenden Mechanismen. Dies war beabsichtigt und sollte neben der Maximalkraft darüber Aufschluß geben, ob insbesondere energetische Faktoren unter Kraftentwicklung leistungslimitierend beim Motorradrennsport sein können.

Die ermittelten Kraftwerte wurden als absoluter Wert zu den fahrerischen Leistungen, gemessen in Rundenzeit und Platzierung, in Beziehung gesetzt. Aus den berechneten Korrelationen zwischen der Fahrleistung und den Kraftparametern ließen sich keine signifikanten Beziehungen ermitteln, weder für die Kraftausdauer, noch für die dynamische oder die isometrische Maximalkraft.

Eine hohe Korrelation bestand zu den im anaeroben Test für die Beinmuskulatur erhobenen Parametern. Der berechnete Korrelationskoeffizient deutet auf einen Zusammenhang hin. Dies ist jedoch nicht zwangsläufig gleichbedeutend damit, dass ein hoher Kraftwert der oberen Extremität einen ebenso hohen Kraftwert der unteren Extremität bedingt.

Die orientierend bei einem Fahrer mittels DMS gemessenen Verzögerungskräfte, die als Peakwert am linken Lenkerstummel mit 183 Newton und am rechten Lenkerstummel mit 325 Newton bei den benutzten 125-ccm-Maschinen kurzfristig über 10 Sekunden gemessen wurden, liegen in Bereichen wie sie isometrisch von unseren Probanden nur teilweise aufgebracht werden. Die Differenz von links zu rechts kann dabei durch das Abbremsen auf eine Rechtskurve bedingt worden sein. Berechnet man auf Grund der in der Rennpraxis gewonnenen Daten Trägheitskräfte beim Abbremsen, ergeben sich erstaunliche Werte:

In Mugello, der schnellsten GP-Strecke, bremsen 125-ccm-Maschinen mit einem Eigengewicht von 70 kg auf dem Kurs innerhalb von 4 Sekunden von 230 auf 80 km/h ab. Der Fahrer wiegt 60 kg. Legt man die zwei Formeln  $a = v/t$  und  $f = m \cdot a$  zugrunde, erhält man folgende Trägheitskräfte:

Maschine von 70 kg Eigengewicht:	729,16 Newton
Fahrer mit 60 kg Eigengewicht:	625,00 Newton
Maschine von 70 kg Eigengewicht und Fahrer mit 60 kg:	1354,16 Newton

Allein die Berechnung der Trägheitskräfte, die von der Körpermasse des Fahrers ausgehen, verdeutlicht, dass rein physikalisch eine Trägheitskraft von 625,00 Newton kompensiert werden muss. Um so mehr erstaunt, dass in unserer Studie insbesondere auf Kursen mit zahlreichen Kurven Zusammenhänge zu Kraftparametern nicht zu sichern waren. Die Ursache kann einerseits in der Messmethode Bankdrücken liegen, bei der sportartspezifisch beanspruchte Muskulatur nicht exakt erfasst wurde, in der Messung der Kräfte am Lenkerstummel, die nur einen Teil der beim Bremsvorgang entstehenden Kräfte darstellen, oder aber dass beim Abbremsvorgang die auf den Lenkerstummel wirkenden Trägheitskräfte des Körpers durch Gelenkschlüsse mit nur relativ geringer aktiver Muskelkraft kompensiert werden. Auch ist zu beachten, dass Teile der Trägheitskräfte des Körpers über Sitz und Schenkelschluß auf die Maschine übertragen werden. Zweifellos sind zumindest EMG-Analysen als nächster Schritt notwendig, um bei den problematischen Bremsmanövern mehr Informationen über die beteiligte Muskulatur zu gewinnen.

## **5.3 Stoffwechselfparameter und sportartspezifische Leistung**

### **5.3.1 Herzfrequenz und Laktat bei Rennbelastung in Relation zur sportartspezifischen Leistung**

Herzfrequenz und vor allem Laktat gelten seit langem als einfach zu erhebende Parameter, mit denen die energetische Beanspruchung des Gesamtorganismus bei sportlichen Beanspruchungen beurteilt werden kann.

Herzfrequenzveränderungen gegenüber Körperruhe charakterisieren bei submaximaler längerdauernder Muskelarbeit quantitative Veränderungen des Herzminutenvolumens und damit quantitative Veränderungen des aeroben Energiestoffwechsels. Zwischen Herzfrequenz und Sauerstoffaufnahme bestehen bis ca. 70% der maximalen Leistungsfähigkeit lineare Beziehungen (10). Laktatveränderungen lassen erkennen, ob bei derartigen Arbeitsbedingungen eine motorische Leistung voll aerob, partiell aerob oder weitgehend nur durch zusätzliche anaerobe Energiebereitstellung ermöglicht wird. Aus den bei definierter Muskelarbeit, wie bei einer Ergometrie, ermittelten exponentiellen Laktat-Leistungsbeziehungen lassen sich die für eine Ermüdungs-, bzw. Leistungsminderungsproblematik in einer Sportart wichtigen Kenngrößen, die metabolischen Schwellen an fixen Laktatwerten bzw. individuellen Schwellenwerten ermitteln. Eine Übertragung in sportartspezifische Beanspruchungen setzt jedoch, wie bereits dargelegt, gleichartiges motorisches Handeln voraus. Sie war in unserem Fall nicht gegeben.

Im Motorradrennsport dominiert bei einem Rennen eine statische Arbeitsweise großer und kleiner Muskelgruppen unterschiedlichster Körperregionen. Hinzu kommt eine psychische Stressbelastung, die sich vor allem im Herzfrequenzverhalten als einem vom freien Katecholaminspiegel abhängigen Parameter auswirkt. Letztere spielen im maximalen Arbeitsbereich bzw. bei einer ausbelastenden Ergometrie ebenfalls eine dominierende Rolle. Aus dem Vergleich von Herzfrequenzen bei Motorradrennen mit denen bei einer Ergometrie ermittelten ist es durchaus möglich, den Belastungsgrad bei Rennen in etwa zu beurteilen, jedoch ohne eine Differenzierung in energetische oder psychische Beanspruchungen vornehmen zu können. Aus den Laktatspiegeln nach Rennen in Relation zu denen nach Ergometrie kann ebenfalls grob beurteilt werden, ob anaerobe Energiebereitstellungsmechanismen insgesamt oder nur in den letzten Minuten eines Rennens von leistungslimitierender Bedeutung waren.

In welchem Ausmaß beim Motorradrennfahren kardiovaskuläre Veränderungen eintreten können, wird an den erhobenen maximalen Herzfrequenzwerten sichtbar. Sie lagen bei den verschiedenen Rennen maximal zwischen 202 und 212 S/min, im Mittel zwischen 191 und 201 S/min. Beziehungen zu im Stufentest erreichten maximalen Herzfrequenzen bestanden nicht (s. Tabelle XXXI, Anhang).

Die durchschnittlichen Herzfrequenzen bei den Rennen bewegen sich um 180/min, wobei im Rennverlauf eine ansteigende Tendenz zu beobachten war.

Ein Teil der metabolischen Beanspruchung wird durch die erhobenen Laktatwerte widerspiegelt. Sie lagen bei den 4 analysierten Rennen im Maximum zwischen 5,35 und 9,0 mmol/l, im Mittelwertvergleich zwischen 3,53 und 5,60 mmol/l. Zusammenhänge zu maximalem Laktat aus aeroben und anaeroben Test wurden nicht gefunden (s. Tabelle XXIX, Anhang).

Lehmann et al. (1982) ermittelten bei Motocrossfahrern Laktatwerte, die im Mittel bei 7,91 mmol/l lagen, und damit die bei uns bestimmten Werte deutlich überschritten. Huber et al. (1979) stellten bei einem Motorradbergrennen Laktatwerte von im Mittel 4,9 mmol/l fest, was unseren Ergebnissen entspricht. Die von diesen Autoren gemessenen Herzfrequenzen deckten sich mit unseren Befunden.

In unserer Studie ergaben sich Abhängigkeiten der Herzfrequenz- und Laktatwerte von den Rennstrecken. Die niedrigsten Werte wurden in Salzburg, die höchsten in Oschersleben gefolgt von denen am Nürburg- und Hockenheimring gemessen. Diese Differenzen sind mit Wahrscheinlichkeit durch das unterschiedliche Streckenprofil zu erklären. Die Rennstrecke in Salzburg besteht aus zwei langen Geraden mit zwei Kurven und läßt in der 125-ccm-Klasse eine durchschnittliche Renngeschwindigkeit von 161 km/h zu. Die drei weiteren Rennstrecken sind dagegen wesentlich kurvenreicher und erfordern zahlreichere Bremsmanöver und Umlegen der Maschine durch den Fahrer. Es werden auch nur Durchschnittsgeschwindigkeiten von 132-135 km/h erreicht. Die höheren Herzfrequenz- und Laktatwerte auf diesen kurvenreichen Kursen sind am ehesten auf einen erhöhten Energieaufwand durch stärkere Muskelaktivität für das Abbremsen und Umlegen der Maschine zurückzuführen. Da auf kurvenreicheren Strecken mit zunehmender Durchschnittsgeschwindigkeit eine sich verstärkende muskuläre Beanspruchung zu erwarten ist, sind Zusammenhänge zwischen sportlicher Leistung und Herzfrequenz- und Laktatwerten zu vermuten. Die Korrelationsberechnungen ergaben derartiges aber nur für die Rennen am Nürburgring und in Oschersleben, nicht aber auf der ebenfalls kurvenreichen Strecke am Hockenheimring und auch nicht für das Salzburg-Rennen, was plausibel erschien.

Am Nürburgring bestanden negativ signifikante Zusammenhänge zwischen den Laktatspiegeln nach dem Rennen und der schnellsten gefahrenen Rennrunde sowie der erreichten Platzierung (Abb. 21). Ein Zusammenhang in gleicher Richtung war ebenso zwischen prozentualer Veränderung des Laktats von Vor- zu Nachwert und der Platzierung festzustellen. Das bedeutet, je höher der Laktatspiegel bzw. dessen Anstieg, desto besser das Rennergebnis. Ähnliche Korrelationen konnten auch zwischen Rennherzfrequenzen und dem Rennergebnis errechnet werden. Die Höhe der Herzfrequenz in der ersten und mittleren Rennrunde korrelierte auf einem negativen Signifikanzniveau von 0,05 mit der Platzierung sowie der schnellsten Rennrunde (Abb. 22). Weiterhin war zwischen Nachbelastungslaktat und der Höhe der Herzfrequenz in der Rennmitte eine positive signifikante Beziehung von  $r=0,972$  nachzuweisen.

In Oschersleben bestanden ebenfalls signifikant negative Beziehungen zwischen der prozentualen Veränderung des Laktatspiegels von Vor- zu Nachwert und der Platzierung sowie der schnellsten Rennrunde.

Nach diesen Ergebnissen ist eine zielgerichtete verstärkte Muskelaktivität offenbar nur für bestimmte Rennkurse, hier Nürburgring, leistungsentscheidend. Bereits die nur einen Parameter betreffenden Beziehungen in Oschersleben und das Fehlen von Zusammenhängen auf dem in der Streckenführung ähnlichen Kurs in Hockenheim lassen an einer höheren leistungsentscheidenden Wertigkeit zweifeln. Dieser Zweifel wird auch dadurch gestützt, da die Platzierungen der Fahrer in Hockenheim eng mit den auf dem Nürburgring und in Oschersleben korrelieren (Abb. 25, 26). Zudem wirft die Interpretation des Laktatanstiegs Fragen auf. Er korreliert nicht bei Rennen auf verschiedenen Strecken (Abb. 28), wohl aber der absolute Nachlaktatwert, wie für die Rennen in Hockenheim und in Salzburg aus Abb. 27 ersichtlich wird.



Festzuhalten ist, dass beim Vergleich der sportlichen Leistung mit Herzfrequenzen bzw. Laktatspiegeln beim/nach Rennen keine Beziehungen erkennbar waren, die auf eine leistungsentscheidende Wertigkeit der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit hindeuten. Man hätte positive Korrelationen und nicht negative zwischen Platzierung bzw. Rundenzeiten zu Herzfrequenzen und Laktatspiegeln erwarten können. Auffällig sind im groben Vergleich zu den ergometrischen Daten bei den Rennen die hohen Herzfrequenzen in Relation zu den doch niedrigen Laktatwerten nach Belastung. Sie sind plausibel durch die psychische Stresssituation zu erklären (s. unten).

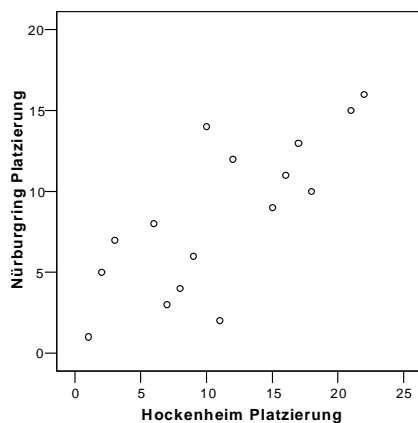


Abb. 25: Streudiagramm: Platzierung am Nürburg- und am Hockenheimring

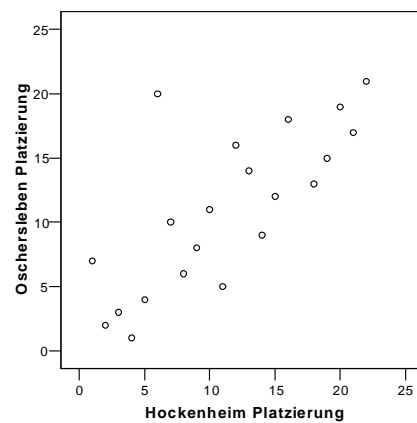


Abb. 26: Streudiagramm: Platzierung in Oschersleben und Hockenheim

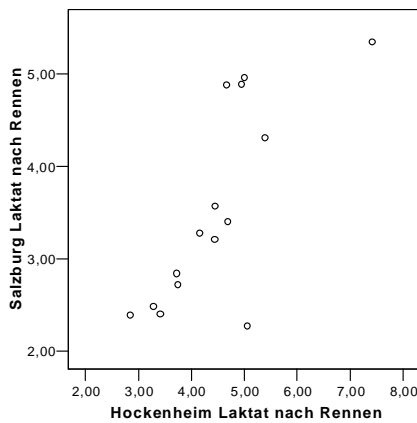


Abb. 27: Streudiagramm: Laktat nach Rennen in Salzburg und Hockenheim

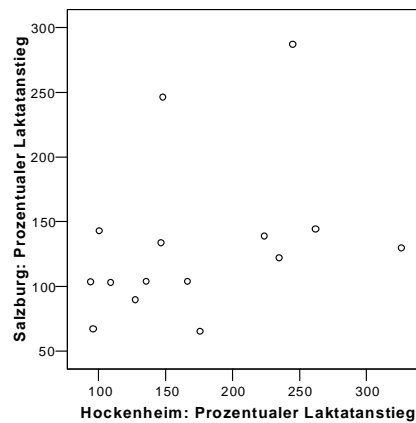


Abb. 28: Streudiagramm: Prozentualer Laktatanstieg in Salzburg und Hockenheim

### 5.3.2 Glukose

Glukose bzw. Glykogen ist eine basale Energiequelle für jeden Organismus und trägt zwischen 20 und 50% zur totalen oxidativen Energieproduktion während submaximaler Belastung bei (50). Der Umsatz steigt mit der Belastung an. Die Plasmaglukose ist nur zu 5 bis 10 Prozent daran beteiligt, spiegelt aber bei Belastung die Glukosefreisetzung aus der Leber sowie die muskuläre Glukoseutilisation wieder (50).

Der Plasmaglukosespiegel wird während einer körperlichen Belastung von der Leber durch Steigerung der hepatischen Glukoseproduktion aufrechterhalten, die ungefähr proportional zum gesteigerten Glukoseverbrauch ansteigt. Ausnahmen bilden Langzeitausdauerbelastungen (212). Durch die Verminderung der Insulinsekretion, die Erhöhung der Katecholamin- und Glukagonproduktion sowie der Verfügbarkeit von hepatischen glykogen- und glukoneogenetischen Vorläufern wird dieser Effekt hervorgerufen (50). Der Blutglukosespiegel steht demnach hormonell unter der Kontrolle der Katecholamine (Stimulus), des Glukagons (Stimulus) und des Insulins (Reduktion).

Das Verhalten des Blutzuckerspiegels während und nach Belastungen war in der Vergangenheit Gegenstand zahlreicher Untersuchungen mit unterschiedlichen Ergebnissen. Die meisten Wissenschaftler fanden nach einem initialen Abfall (94) eine weitgehende Konstanz des Glukosespiegels während langdauernder Belastung (30, 107, 158). Andere wiesen auch Blutzuckersenkungen nach (1), die insbesondere abhängig von der Belastungsdauer und von der Leistungsfähigkeit waren (196).

In dieser Studie wurde insgesamt eine Zunahme der Plasmaglukose festgestellt, in Salzburg allerdings nicht signifikant von 95,4 auf 101,2 mg/dl, in Hockenheim signifikant von 95,0 auf 120,2 mg/dl. Dabei wurde der Normbereich nicht verlassen. Beziehungen zwischen den Blutglukosewerten und der fahrerischen Leistung konnten nicht hergestellt werden. Wie auch beim Laktat können diese unterschiedlichen Anstiege zum Teil über das unterschiedliche Streckenprofil erklärt werden. Der Kurs in Salzburg fordert den Rennfahrern weniger körperliche Anstrengungen ab, als der Kurs in Hockenheim. Entsprechend betragen die durchschnittlichen Laktatwerte in Salzburg nach Rennen 3,63 und in Hockenheim 4,84 mmol/l.

Keul et al. (108) ermittelten 1975 bei Formel-1-Rennfahrern auf dem Nürburg- und Hockenheimring ebenfalls Zunahmen der Blutglukosekonzentrationen. Sie führten als Erklärung die erhöhte Adrenalinfreisetzung während der Rennen an, die eine gesteigerte Glykogenolyse und Glykolyse mit erhöhten Glukose- und Laktatwerten bedingt. Als Folge einer starken muskulären Belastung werteten sie die Ergebnisse jedoch nicht.

Huber et al. (1979) stellten bei einem Motorradbergrennen eine Zunahme der Blutglukose von vor dem Rennen zu nach dem Rennen fest. Als Erklärung führten auch sie wie Keul et al. das erhebliche Ausmaß der emotionalen und konzentrativen Anspannung vor und während eines Rennens an. Die Verantwortlichkeit der zunehmenden körperlichen Belastung für den Anstieg der Glukose, die während eines Motorradrennens seiner Meinung nach besteht, wollten sie er aber nicht ausschließen.

In unserer Studie wurden in Hockenheim keine Katecholamine bestimmt, dementsprechend konnten diese auch nicht zur Erklärung des Glukoseanstieges herangezogen werden. Aber auf Grund der bereits bei der weniger anspruchsvollen

Strecke in Salzburg erhobenen Katecholaminparameter, die einen Anstieg der Adrenalinausscheidung von 310%, von Noradrenalin von 25% ergab, ist eine psychische Stresssituation als wohl wesentlicher Faktor für den Glukoseanstieg anzusehen.

### **5.3.3 Triglyceride und Cholesterin**

#### **Triglyceride**

Bezüglich der Triglyceride kann eine Reduktion ihrer Konzentration im Serum vorhergesagt werden, da ihre Spaltprodukte, die freien Fettsäuren, neben der Glukose das Hauptsubstrat für den energieliefernden Metabolismus darstellen. Dies lässt sich als Tendenz in dieser Studie nachweisen.

An beiden Rennwochenenden fand jeweils eine Abnahme der mittleren Triglyceridkonzentration statt, in Salzburg von 80,8 auf 68,2 mg/dl ( $p=0,074$ ), in Hockenheim von 68,1 auf 59,8 mg/dl ( $p=0,136$ ). Damit entsprechen die Ergebnisse denen der Literatur (50, 76, 169). Beziehungen zur fahrerischen Leistung konnten für Hockenheim bei der Differenz von Vor- zu Nachwert aufgezeigt werden. Hier bestand eine auf einem Signifikanzniveau von 0,05 positive Korrelation zur schnellsten Rennrunde in Hockenheim. Was bedeutet, dass eine verstärkte Triglyceridutilisation zu einem schlechteren Ergebnis führt. Verstärkte Laktatazidosen hemmen den FFS-Abbau, wodurch es zu einem höheren Triglyceridspiegel im Blut kommt. Denkbar ist deshalb, dass eine geringere psychophysische Beanspruchung bei schlechteren Fahrern in Hockenheim zu einer stärkeren Triglyceridutilisation führte.

Obwohl die Probanden ihre Energiebereitstellung gemessen an den Laktatwerten vorwiegend mittels des Kohlenhydratabbaues gewährleisten, zeigt sich, dass mit einer Fettmobilisation und -utilisation zu rechnen ist (199). Demgemäß werden laufend Triglyceride verbraucht, indem sie in ihre weiterzuwertenden Bestandteile (Glycerin und freie Fettsäuren) aufgespalten werden (121).

Huber et al. dagegen ermittelten 1979 bei Motorradbergrennen ansteigende Triglyceridspiegel sowie eine Zunahme der freien Fettsäuren. Sie führten damals die Anstiege auf das erhebliche Ausmaß der emotionalen und konzentrativen Anspannung zurück.

#### **Cholesterin**

Der Cholesterinhaushalt wird durch Schilddrüsenhormone, Katecholamine, Insulin und Glukagon kontrolliert (159). Nach regelmäßiger körperlicher Aktivität senkt sich der Cholesterinspiegel. Es wird vermehrt Cholesterin für die erhöhte Steroidsynthese und den Membranstoffwechsel benötigt, eine Folge des gesteigerten Regenerations- und Anpassungsstoffwechsels unter physischer Belastung (15, 121). Beide Vorgänge übertreffen die kurzfristige Cholesterinspiegelerhöhung während der Belastung durch Katecholamin-Ausschüttung, wie sie z.B. beim Laufen auftritt (91). Betrachtet man die Ergebnisse bezüglich des Cholesterinspiegels, so gilt festzuhalten, dass die Veränderungen zwischen den Rennen in Salzburg und in Hockenheim im Mittel wieder unterschiedlich ausfallen. In Salzburg kommt es zu

einem Abfall von 179,7 auf 164,2 mg/dl ( $p=0,000$ ). In Hockenheim sinkt der Spiegel von 171,1 auf 154,0 mg/dl ab ( $p=0,000$ ). Signifikant (0,05) positive Zusammenhänge konnten in Hockenheim zwischen der Platzierung und der schnellsten Rennrunde sowie der Differenz des Cholesterinanstieges von Vor- zu Nachwert festgestellt werden. Im Umkehrschluss würde dieser signifikante Zusammenhang bedeuten, dass Fahrer mit einem konstanten Cholesterinspiegel bessere Leistungen erbracht hätten. Eine eindeutig plausible Erklärung kann in diesem Zusammenhang jedoch nicht gegeben werden.

Die ermittelten Cholesterinspiegelabnahmen stimmen mit den oben beschriebenen Ergebnissen über das Verhalten des Fettstoffwechsels nach körperlicher Aktivität überein. Huber et al. (1983) ermittelten in einem Fahrsimulator über eine Strecke von 110 km ebenfalls Abnahmen von 225,7 auf 215,7 mg/dl.

Keul et al. (1979) haben bei Formel-1-Rennfahrern 1975 generell erhöhte Cholesterinspiegel von bis zu 280 mg/dl festgestellt, die sie als Ausdruck einer immer wieder auftretenden Stresssituation interpretieren, da auch erhöhte Adrenalinwerte vorlagen. Huber et al. (1979) ermittelten ebenfalls steigende Cholesterinspiegel bei Motorradbergrennen, die sie als Folge einer häufig sich wiederholenden Stresssituation werten (66). Da in unserer Studie nicht sofort nach Rennende eine venöse Blutentnahme erfolgte, kann über die Höhe des Cholesterinspiegels bei Belastung keine Aussage getroffen werden. Ein kurzzeitiger Anstieg, durch eine erhöhte Katecholamin-Ausschüttung bedingt, wäre jedoch denkbar.

### 5.3.4 Harnstoff und Harnsäure

Zeichen eines verstärkten Proteinkatabolismus sind ansteigende Harnstoffkonzentrationen im Serum. Im Skelettmuskel entsteht im Purinnukleotidzyklus und durch den Abbau verzweigtkettiger Aminosäuren Ammoniak mit Bildung von Glutamin und Aminierung des aus dem Muskelglykogen freigesetzten Pyruvats zu Alanin; Glutamin und Alanin wirken glykoplastisch und führen gleichzeitig Ammoniak dem Harnstoffzyklus zu (78, 134, 210, 211, 217).

Ein erhöhter Harnstoffspiegel ist Ausdruck eines Glukosedefizits bzw. einer Substratmangelglukoneogenese, wobei die Glykogensynthese aus glukoplastischen Aminosäuren geschieht (123). Durch vermehrten Eiweißkonsum wie auch durch ein bestehendes Flüssigkeitsdefizit kann es ebenfalls zu einem Harnstoffanstieg kommen (210, 211). Dementsprechend kann bei Vorliegen erhöhter Harnstoffwerte im Serum nicht sofort auf zu hohe Trainingsbelastungen geschlossen werden.

Die in dieser Studie gemessenen Werte reduzierten sich in Salzburg von 35,9 auf 32,8 mg/dl ( $p=0,107$ ), in Hockenheim blieben sie dagegen fast konstant. Die geringfügige nicht signifikante Veränderung der gemessenen Harnstoffwerte kann demnach über die kurze Belastungsdauer (ca. 23 Min.) bzw. die Existenz von ausreichenden Glykogenreserven in Muskulatur und Leber zum Teil erklärt werden. Belegbare Beziehungen zur fahrerischen Leistung konnten nicht festgestellt werden. Hoos ermittelte 1982 in seinen Untersuchungen an Motorradrennfahrern ebenfalls sinkende und steigende Serumharnstoffwerte nach Rennende.

Die Bestimmung der Serumharnsäure (S-HS) ist eine Methode, den Purinnukleotidabbau zu beurteilen. Wiederholende intensive Belastungen führen zu einem S-HS Anstieg. Dieser Anstieg ist als eine erhöhte Aktivierung des Purinnukleotidstoffwechsels zu interpretieren (60).

Kommt es bei intensiven Belastungen zu einer Überforderung der Resynthesegeschwindigkeit des ATP und damit zur Akkumulation von ADP, so wird mit Hilfe des Enzyms Myokinase aus ADP ATP und AMP produziert. AMP wird auf unterschiedliche Weise verstoffwechselt. Durch Einwirkung der AMP-Deaminase kann es zu Inosinmonophosphat (IMP) unter Bildung von Ammoniak abgebaut werden. Ein weiterer Weg ist die Dephosphorylierung zu Adenosin. IMP und Adenosin können dann in weiteren Schritten über Inosin, Hypoxanthin und Xanthin zu Harnsäure umgewandelt werden.

In Salzburg und Hockenheim wurden keine signifikanten Veränderungen der Harnsäurekonzentration von Vor- zu Nachwert ermittelt. Belegbare Beziehungen zur fahrerischen Leistung konnten ebenfalls nicht festgestellt werden. Es ist wahrscheinlicher, dass es in unserer Studie nicht zu einer Überforderung der Resynthesegeschwindigkeit des ATP durch die Belastung im Rennen gekommen ist.

### 5.3.5 Kreatinin

Der Kreatininstoffwechsel hat bei der Energiebereitstellung ebenfalls eine wichtige Funktion. Als Kreatinphosphat- und Kreatin-Pool dient er in der Muskulatur als reversibler Energiespeicher für die anaerob alaktazide Form der ATP-Resynthese. Im Muskel wird das Kreatin zu einem irreversiblen Endprodukt, dem Kreatinin umgewandelt, welches dann über die Niere ausgeschieden wird. Unter langanhaltender Belastung kommt es zu einem ständigen Zerfall des Kreatinphosphates und zu einer verstärkten Bildung von Kreatinin, das aus der Muskelzelle austritt und zu einer Erhöhung des Spiegels im Serum führt (74, 123, 126, 171). Die Höhe des Serumspiegels wird bedingt durch die absolut geleistete muskuläre Arbeit und durch die muskuläre Leistungsfähigkeit (102).

Die in Salzburg und Hockenheim gemessenen Werte reduzierten sich von Vorwert zu Nachwert nur gering und nicht eindeutig. Es erstaunt deshalb, dass zwischen Platzierung im Rennen und Höhe des Kreatinin-Spiegels nach dem Rennen in Hockenheim ein negativer signifikanter Zusammenhang bestand und negative signifikante ( $p < 0,05$ ) Korrelationen auch zur Differenz von Vor- zu Nachwert nachgewiesen wurden. Das würde bedeuten, dass stärkere muskuläre Beanspruchungen mit besseren Rennzeiten einhergingen.

### **5.3.6 Bilirubin**

Bilirubin ist das Hauptabbauprodukt des Hämoglobinstoffwechsels und das dominierende Pigment der Galle (209). Die tägliche Bilirubinproduktion beträgt etwa 500 Mikromol (ca. 300 mg). Davon entstammen ca. 80% dem Abbau gealterter Erythrozyten, der Rest dem Abbau anderer Hämproteine wie Myoglobin sowie dem Häm, das nicht in Erythrozyten inkorporiert wurde. Bilirubinspiegelveränderungen durch akute körperliche Beanspruchungen wurden in der Literatur nicht beschrieben und sind daher nicht zu erwarten.

Auch die in dieser Studie gemessenen Bilirubinkonzentrationen unterlagen nur geringfügigen und nicht signifikanten Schwankungen.

## **5.4 Serumentzymaktivitäten und sportartspezifische Leistung**

### **5.4.1 Serumentzymverhalten bei Belastung**

Aktivitätsbestimmungen von zellulären Serumentzymen haben für die Sportmedizin wie auch für die klinische Diagnostik und für die Verlaufsbeurteilung unterschiedlicher Krankheitsbilder eine hohe Relevanz. Aus der Veränderung der Enzymaktivitäten im Blutserum lassen sich Rückschlüsse auf Metabolismus und Struktur der Zellen ziehen. Veränderungen, die auf muskulärer Aktivität beruhen, müssen dabei von pathologischen Prozessen abgegrenzt werden.

Die belastungsbedingte Enzymaktivitätsveränderung im Blutserum wird grundsätzlich durch das Enzymmuster des Primärorgans Skelettmuskulatur, die Diffusionsgeschwindigkeit über die normale oder veränderte Muskelfasermembranfunktion, die Verteilungsrate im Extrazellulärraum und die Verweildauer im Serum aufgrund der individuellen Halbwertszeiten beeinflusst. Weiterhin bestehen signifikante Beziehungen zwischen Zeitdauer sowie Intensität der körperlichen Belastung und Aktivitätsveränderungen (59). Dementsprechend muss die Serumaktivitätsveränderung nach körperlicher Tätigkeit als komplexes Resultat verschiedener Einzelfaktoren betrachtet werden.

Von den in dieser Studie analysierten Enzymen wird die Creatinkinase näher beleuchtet, da es sich als muskuläres Enzym in der Trainingssteuerung etabliert hat.

### **5.4.2 Glutamat-Oxalacetat-Transaminase und Glutamat-Pyruvat-Transaminase**

Die Glutamat-Oxalacetat-Transaminase (GOT) weist aufgrund ihres Vorkommens in Leber und Muskel belastungsbedingte Anstiege auf, die aufgrund ihrer kürzeren Halbwertszeit schnell sichtbar werden (118).

In Salzburg ( $p=0,001$ ), nicht aber in Hockenheim ( $p=0,107$ ), stieg die GOT eindeutig an. Aussagekräftige signifikante und negative Korrelationen zur Fahrleistung konnten aber nicht in Salzburg wohl aber zwischen der Differenz von Vor- zu Nachwert und der Platzierung sowie der schnellsten Runde in Hockenheim gefunden werden.

Die GOT korrelierte in Salzburg leicht positiv mit der CK-Konzentration. In Hockenheim korrelierten, wie durch das kurvenreichere Streckenprofil zu erwarten war, beide Werte jedoch in höherem Maße miteinander ( $r=0,761$ ).

Kindermann et al. (1983) ermittelten ähnliche Ergebnisse. Die GOT-Aktivität korrelierte in seinen Untersuchungen ebenfalls mit der CK-Aktivität.

Die Glutamat-Pyruvat-Transaminase (GPT) kommt fast ausschließlich in der Leber vor, wo sie nur im Zytoplasma der Parenchymzellen vorhanden ist, während die GOT zu je etwa 50% im Zytoplasma und in den Mitochondrien vorliegt (118). Aus dieser Lokalisation der beiden Transaminasen ergeben sich wertvolle diagnostische Hinweise bei den verschiedenen Lebererkrankungen (11). Die GPT zählt wie auch die GGT zu den so genannten Ausschlussenzymen. Höhere GPT-Werte sprechen für eine schwere Leberparenchymzellschädigung. Beide Enzyme zeigen aber einen Anstieg ihrer Aktivitäten nach Schädigungen der Skelettmuskulatur.

In der vorliegenden Untersuchung veränderten sich die Werte der GPT sowohl in Salzburg als auch in Hockenheim nicht signifikant. Alle Werte lagen aber noch deutlich im Normbereich, der für GPT unter 40 bzw. 34 U/l liegt. Aussagekräftige, signifikante Korrelationen zur Fahrleistung lagen nicht vor. Stattdessen ergab die Bestimmung des Korrelationskoeffizienten zwischen GOT und GPT (Hockenheim) bei der Differenz von Vor- zu Nachwert einen Wert von  $r=0,584$ . Was bedeutet, dass die GPT an die GOT gekoppelt ist.

#### **5.4.3 Gamma-Glutamyl-Transferase**

Die Gamma-Glutamyl-Transferase (GGT) ist ein Enzym, das auf der Zelloberfläche einiger Organe sitzt, wie in der Bauchspeicheldrüse, insbesondere der Leber, aber auch in den Nieren. Unter bestimmten Bedingungen wird die GGT von der Zelloberfläche in das Blutplasma ab gespült, was überwiegend bei Erkrankungen der Leber und der Gallenwege vorkommt.

Es zählt auch zu den sog. "Ausschlussenzymen" von Lebererkrankungen, da bei der GGT ein nur geringer bzw. überhaupt kein Anstieg während oder nach Belastung vorhanden ist (13).

Das in dieser Studie ermittelte durch die Rennen unbeeinflusste Verhalten der GGT entspricht dem in der Literatur beschriebenen (11,112, 114, 141). Belegbare Beziehungen zur fahrerischen Leistung bestanden nicht.

#### **5.4.4 Creatinkinase**

Die Creatinkinase ist ein zellständiges Enzym mit einem intra-extrazellulärem Konzentrationsgradienten von  $\frac{1}{2}$  Million/l. Während und überwiegend nach Belastung kommt es zum Austritt von Creatinkinase (CK) aus dem zellulären Raum in die Blutbahn. Weitere Austritte dieses zellständigen Enzyms erfolgen ebenso bei Zellerstörung (Trauma, i.m. Injektion), energetischer Mangelsituation sowie Zirkulationsstörungen (Infarkt). Deshalb eignet sich die Bestimmung der CK-Aktivität zur Trainingssteuerung und wurde in unserer Studie analysiert, weil sie Informationen zur strukturellen Belastung, Belastbarkeit und energetischen Sicherung der Leistung zulässt (137).

Überschreitet man die muskuläre Belastbarkeit, tritt das zellständige Enzym in die Blutbahn über. Unter normalen Bedingungen kann CK nur in sehr geringen Mengen nachgewiesen werden. Besteht eine mechanische Muskelzerstörung oder ein Energiedefizit in bestimmten Regionen, erhöht sich die CK-Aktivität im Blut. Diese beträgt bei normalem Training 2 bis 5, bei reizwirksamem Training bis 15 und bei



Extremausdauerbelastungen über 60  $\mu\text{mol/s l}$  (160). Der Konzentrationsgipfel der CK ist erst 8 Stunden nach Trainingsende zu erwarten. Mit fortschreitender Anpassung an die äußere Belastung nimmt bei gleichbleibender Intensität der CK-Anstieg ab. CK-Anstiege sind aber auch ohne muskulären Schaden möglich (119). Neben den geschlechts- und möglicherweise rassenspezifischen Differenzen ist bei einigen Sportlern auch nach langdauernden exzentrischen und hochintensiven Belastungen kaum ein CK-Anstieg messbar (116). In diesem Zusammenhang führt ebenso Kindermann (2000) an, dass eine einheitliche Interpretation von erhobenen CK-Werten nicht ohne weiteres möglich ist.

In Salzburg erfolgte ein Mittelwertsanstieg der Creatinkinase von 204,3 auf 507,1 U/l ( $p=0,000$ ), in Hockenheim von 213,2 auf 486,3 U/l ( $p=0,000$ ). Wie schon oben beschrieben kann der CK-Anstieg mit der Leistung in Beziehung gesetzt werden, muss es aber nicht. Demnach hätten die Fahrer, die sich muskulär mehr beansprucht haben, eine bessere Platzierung bzw. Rundenzeit erreicht. Zusammenhänge dieser Art konnten bei absoluten Werten nicht festgestellt werden. Die Berechnung von Differenzen der Anstiege von Vor- zu Nachwert ergab jedoch andere Ergebnisse. Hier bestanden signifikant negative Zusammenhänge zwischen der Höhe der Anstiege und der Platzierung sowie der schnellsten Rennrunde in Hockenheim. Die hohe Anzahl der pos. Ränge unterstreicht hier noch den Zusammenhang. In Salzburg war dies jedoch nicht feststellbar.

Der hier gefundene neg. signifikante Zusammenhang zwischen der Höhe des CK-Anstieges von Vor- zu Nachwert und der fahrerischen Leistung in Hockenheim deckt sich auch mit den in Kapitel 5.3.1 dargestellten Ergebnissen. Hier bestand ein neg. signifikanter Zusammenhang zwischen Höhe von Herzfrequenz und Laktat sowie der fahrerischen Leistung, gleichbedeutend damit, dass Fahrer die sich mehr anstregten, ebenfalls bessere Rundenzeiten und Platzierungen erreichten. Diese Beziehungen sind auf den Abbildungen 21 und 22 (Kapitel 4.7.3) sowie 23 und 24 (Kapitel 4.7.4) nochmals graphisch dargestellt. Wieso in Salzburg keine Zusammenhänge dieser Art gefunden wurden, obwohl erstaunlich hohe CK-Anstiege vorlagen, kann nicht gedeutet werden. Ebenso ist unklar, warum in Salzburg Zusammenhänge zwischen den prozentualen Anstiegen von Creatinkinase und Laktat bestanden (Abb. 29-30) nicht aber in Hockenheim.

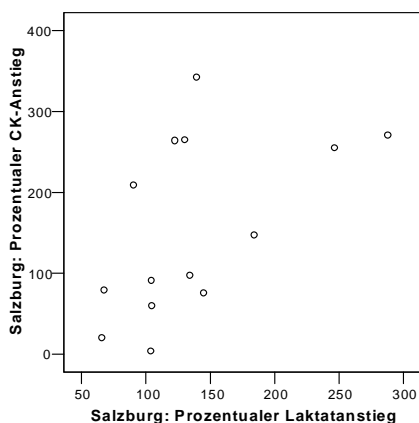


Abb. 29: Streudiagramm: Prozentualer Laktat- und CK-Anstieg in Salzburg ( $r=0,535$ )

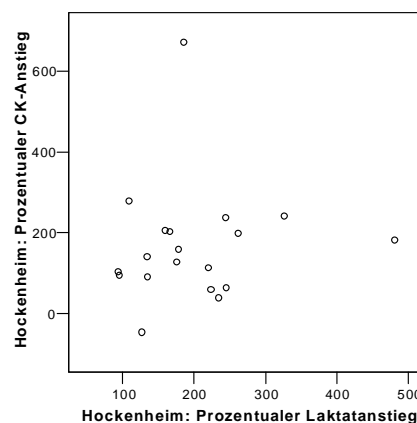


Abb. 30: Streudiagramm: Prozentualer Laktat- und CK-Anstieg in Hockenheim ( $r=0,095$ )

## **5.5 Wasser- und Mineralstoffhaushalt und sportartspezifische Leistung**

Die Elektrolyte Natrium, Kalium, Magnesium und Calcium sind für die Muskelarbeit entscheidend. Bei körperlichen Belastungen, speziell unter heißen Umgebungstemperaturen, kommt es durch Schweiß zu großen Flüssigkeits- und Elektrolytverlusten. Sie können, sofern kein Ausgleich erfolgt, zu Einbußen der psychischen und physischen Leistungsfähigkeit führen. In Einzelfällen kann ein solches Salzdefizit zu einem schweren Zusammenbruch führen. Durch den hohen Kochsalzgehalt in der Nahrung der Mitteleuropäer ist ein starker Kochsalzverlust durch körperliche Betätigung in unseren Breiten selten. Diese Mineralstoffwechseleränderungen können in zwei Bereiche gegliedert werden. Die bei kurzfristigen Belastungen auftretenden akuten Veränderungen können häufig ohne Probleme kompensiert werden und sind deshalb auch nicht besonders relevant. Starke Veränderungen entstehen durch langes Training und Wettkämpfe. Trockene Klimabedingungen können diesen Prozeß verstärken. Bei der Kürze der Trainings- und Rennzeiten waren in unserer Studie Störungen des Wasser-Mineralhaushaltes durch Schweißverlust nicht zu erwarten.

### **5.5.1 Natrium**

Die ermittelten Natriumwerte veränderten sich im Vergleich zum Vorwert nicht signifikant und nur gering. Sie lagen im Normbereich, der sich von 135 – 144 mmol/l erstreckt. Ein Zusammenhang zwischen der Höhe des Blutnatriums und der fahrerischen Leistung konnte nicht hergestellt werden.

### **5.5.2 Kalium**

Durch Muskelarbeit kommt es zu einem deutlichen Anstieg des Kaliumspiegels im Blutserum. Bei der Depolarisation der Muskelfasermembran und vor allem durch den Abbau von Glykogen, wird Kalium aus der Muskulatur freigesetzt. Pro Gramm Glykogen werden 0,5 mVal Kalium in der Muskelfaser gebunden. Je höher der Glykogenumsatz, desto mehr Kalium tritt aus der Muskelzelle aus (24). Innerhalb weniger Minuten nach Belastung normalisieren sich die Kaliumspiegel oder sinken durch Glykogenresynthese ab.

Trotz Kaliumverlust durch Schweiß (26) tritt bei Körperarbeit in der Regel kein Kaliumdefizit ein. Die Normwerte im Serum entsprechen 3,6 – 4,8 mmol/l (100).

Die in dieser Studie analysierten Serumkaliumspiegel entsprechen dem in der Literatur genannten Verhalten. In Salzburg veränderten sich die Spiegel nicht wesentlich, in Hockenheim sanken sie signifikant um 6,55 % ab. Die vermehrte Kaliumeinlagerung in die Muskulatur nach der stärkeren aktiven Muskelbeanspruchung in Hockenheim könnte hierzu als Erklärung angeführt werden (109).

Ein positiv signifikanter Zusammenhang konnte zwischen Platzierung sowie schnellster Rennrunde in Salzburg mit der Differenz des Kaliumspiegels von Vor- zu Nachwert ermittelt werden. Fahrer mit stärkerer Differenz hatten demnach eine schlechtere sportliche Leistung erbracht. Eigentlich hätte man erwartet, dass in Hockenheim bei aktiverer Muskelarbeit diese Befunde zu Tage gekommen wären. Warum dies nur für Salzburg nicht aber bei deutlicheren Differenzen in Hockenheim zu belegen war, muss offen bleiben.

### 5.5.3 Magnesium

Das zweithäufigste intrazelluläre Kation im menschlichen Körper ist Magnesium. Eine optimale Versorgung der Zellen mit Magnesium ist eine Grundvoraussetzung für die maximale Leistungsbereitschaft des Organismus, weil nahezu alle enzymatischen Reaktionen im Energiestoffwechsel magnesiumabhängig sind (180). Außerdem spielt Magnesium bei den Regenerationsprozessen des Körpers eine wichtige Rolle und präserviert den Organismus vor Überbeanspruchung (67). Sportler unterliegen hohen physischen Belastungen, die einen Magnesiummangel verursachen können, indem Magnesium durch Schweiß, Stoffwechselverbrauch oder renale Ausscheidungen reduziert wird (78). Engpässe in der Nahrung können ebenfalls zu einem Magnesiummangel führen.

Die Senkung des Magnesiumspiegels führt zu einer Veränderung der Erregbarkeit. Keul et al. (1979) wiesen eine Abnahme der neuromuskulären Erregbarkeit des Musculus vastus medialis nach, wenn der Magnesiumspiegel im Blut unter 1,9 mg/100 ml absank. Normwerte für Magnesium liegen zwischen 1,8 – 2,5 mg/dl.

Die in Salzburg analysierten Werte reduzierten sich tendenziell im Mittel nicht signifikant. In Hockenheim dagegen sanken sie signifikant von 2,17 auf 2,06 mg/dl ( $p=0,021$ ) ab. Signifikante Korrelationen zur Rennleistung bestanden nicht. Die Konzentrationsabnahmen können, wie auch bei Kalium, mit einer nach Belastung einsetzenden Wiedereinlagerung zum Teil begründet werden.

### 5.5.4 Calcium

Calciumionen spielen bei der Kopplung von nervaler Erregung und Kontraktion eine wichtige Rolle. Über die nervale Erregung kommt es zu einer Depolarisation der Zellmembran und somit zu einer Erhöhung der Calciumpermeabilität. Im Cytosol kommt es somit zu einem Anstieg des Calciums, was für die Muskelkontraktion eine wichtige Rolle spielt. Niedrige Calciumkonzentrationen oder die Abwesenheit von Calcium können zu einer Beeinträchtigung der Wechselwirkung von Actin und Myosin führen (141). Der Normbereich von Calcium im Blut beträgt 2,0 – 2,8 mmol/l (100). Die analysierten Werte von Salzburg und Hockenheim lagen alle in diesem Bereich und veränderten sich von Vor- zu Nachwert nur geringfügig und nicht signifikant. Signifikante Korrelationen zu den Rennergebnissen bestanden nicht.

### 5.5.5 Eisen

Über den Gastrointestinaltrakt sowie mit dem Schweiß und im Urin können bei Sportlern vermehrte Eisenverluste auftreten.

Ein echter Eisenmangel führt bei Sportlern u.a. zu einer Verminderung der Ausdauerleistungsfähigkeit (38, 86), da Eisen wichtige Schlüsselfunktionen im Hämoglobin des Blutes (125), im Myoglobin der Muskeln als Sauerstoffdepot, in den elektronenübertragenden Enzymen der Mitochondrien und in eisenhaltigen Enzymen besetzt. Kommt es zu einer Verminderung der körpereigenen Eisenbilanz, kann es zu einer Beeinträchtigung der oben genannten physiologischen Funktionen führen. Es kommt zu einer verminderten Sauerstofftransportkapazität des Blutes, die ebenfalls eine verstärkte Laktatazidose bedingen kann (35, 57). Allerdings ist für die Entstehung von Eisenmangel bei Sportlern wahrscheinlich ein Summationseffekt verschiedener Einzelmechanismen verantwortlich.

Als Normwerte sind Konzentrationen im Bereich von 70 – 180 mg/dl zu nennen (100). Die mittleren in Salzburg und Hockenheim analysierten Werte lagen alle in diesem Bereich und wiesen in Hockenheim signifikante Zunahmen von Vor- zu Nachwert auf.

Die Beziehungen der Serumkonzentrationen zu den Rennergebnissen ergaben keine relevanten Ergebnisse. Anders dagegen die Differenz von Vor- zu Nachwert. Der Anstieg in Hockenheim zeigte zur dort erreichten Platzierung einen negativ signifikanten (0,05) Zusammenhang auf, was nicht plausibel deutbar ist.

## **5.6 Katecholamine und sportartspezifische Leistung**

Die Gruppe der Katecholamine wird durch Adrenalin, Noradrenalin und Dopamin gebildet, deren Biosynthese von der Aminosäure Tyrosin ausgeht. Für die Beurteilung der sympathischen Aktivität beim Leistungssport sind Katecholamine von besonderer Bedeutung, da nicht nur Rückschlüsse auf die Intensität der körperlichen Beanspruchung möglich sind, sondern auch psychovegetative Störgrößen registriert werden können. Durch regelmäßige Kontrollen der Katecholaminausscheidung im Urin können funktionelle Umstellungen und Anpassungen erfasst werden, zugleich lassen sich aber auch Dysbalancen durch hohe Trainings- und Wettkampfbelastungen sowie gesundheitliche Störungen anhand einer gestörten Katecholaminsekretion diagnostizieren (98).

Methodisch kam die Bestimmung der Katecholamine im Blut oder im Urin in Frage, um die sympathoadrenale Aktivität zu messen. Aufgrund der hohen Metabolisierungsrate schied die Katecholaminbestimmung im Kapillarblut aus praktischen Gründen als eine in größerem Umfang einsetzbare Methode in unserer Studie aus.

Noradrenalin gilt als Kenngröße der physischen, Adrenalin als Kenngröße der psychischen Beanspruchung. Der Wert des Quotienten erlaubt eine genauere Aussage über die Art der Belastung. Bei körperlich-konzentrativen Belastungen beträgt der Quotient Adrenalin/Noradrenalin 1:2, bei körperlichen Beanspruchungen 1:5. Bei submaximaler konzentrativer Belastung ist die Adrenalinausscheidung im Mittel dreimal höher als bei submaximaler Körperarbeit (97, 131, 132).

Die Katecholamine konnten bei den Motorradfahrern in Salzburg über einen 24-Stunden-Urin gesammelt und mittels der HPLC-Methode ausgewertet werden. Methodische Voraussetzungen waren lediglich genau festgelegte, standardisierte Sammelzeiträume. Die Auswertung der Daten ergab übereinstimmend mit der Literatur (93, 131, 132, 141) plausibel erscheinende Katecholaminwerte.

Die absolute Adrenalinausscheidung stieg signifikant im Mittel von 4,26 µg/24 h auf 13,3 µg/24 h an. Der absolute Noradrenalin Spiegel nahm im Mittel von 47,0 µg/24 h auf 57,8 µg/24 h nur tendenziell zu. Demzufolge stieg auch der Quotient Adrenalin/Noradrenalin von 0,10 auf 0,21 an ( $p=0,002$ ). Die signifikante Veränderung des Quotienten entspricht in der Tendenz, nicht jedoch im Ausmaß dem in der Literatur (93, 108, 131, 132) beschriebenen Verhalten bei Belastung. Er weist auf eine Zunahme der psychischen Belastung, bedingt durch die Rennsituation, hin. Die zur Überprüfung der korrekten Urinsammlung parallel dazu bestimmten Katecholamin-Kreatinin-Quotienten zeigten für Adrenalin mit einem Anstieg von 330% und für Noradrenalin mit einem Anstieg von 50% signifikant erhöhte Werte auf,

die ebenfalls auf eine Zunahme der psychischen Belastung hindeuten, die entsprechend an eine erhöhte Adrenalinexkretion gekoppelt ist.

Die berechneten Korrelationen zwischen der Katecholaminausscheidung und der fahrerischen Leistung zeigten für Salzburg keine belegbaren Beziehungen auf. Möglicherweise kann die Methode der Katecholaminbestimmung zu diesem Ergebnis beigetragen haben. Da der Urin bei diesem Verfahren über 24h gesammelt wurde, konnten kurzzeitige individuelle Anstiege nicht ermittelt werden.

Dass die Höhe des Katecholaminspiegels einen Einfluss auf die sportartspezifische Leistungsfähigkeit haben kann, ist bekannt (228). Deshalb sollte bei nachfolgenden Untersuchungen versucht werden, Katecholamine aus dem Venenblut zu bestimmen, da diese Methode mit größerer Wahrscheinlichkeit einen Peakwert, hervorgerufen durch die sportliche Belastung, liefern kann.

## 5.7 Schlussfolgerung

Anliegen dieser Arbeit war es, zu ergründen, ob bei Straßenmotorradrennfahrern die grundlegenden motorischen Leistungskomponenten Kraft und Ausdauer eine leistungsbestimmende Wertigkeit besitzen und demzufolge entsprechende Trainingsmaßnahmen eine Optimierung der sportlichen Leistung versprechen. Aus der sportwissenschaftlichen Literatur war diese Fragestellung nicht zu beantworten, da sich bislang keine Studie experimentell mit dieser speziellen Sportart beschäftigte und nur Daten über die psychophysische Beanspruchung beim Motocrossfahren bzw. Bergrennen, aber auch hierbei nicht zur leistungsbestimmenden Wertigkeit physischer Leistungskomponenten vorliegenden. Die Frage erschien auch deshalb berechtigt, da aus sportwissenschaftlicher Sicht unverständlich in der Praxis, wie einleitend erwähnt und in dieser Studie festgestellt, ein systematisches Training der motorischen Leistungsfähigkeit der Fahrer so gut wie keine Rolle spielt. Dies kann einen empirischen Hintergrund haben. Denkbar ist aber auch, dass die Wertigkeit konditioneller Faktoren der Fahrer im Vergleich zur Fahrleistung der Maschine unterschätzt wird. Letztere wird mit erheblichen Entwicklungskosten vor den Rennen und auch bei den Rennen optimiert. Ihr gilt die wesentliche „Trainingsarbeit“.

Unsere Studie wurde an Nachwuchsfahrern im Alter von 13 bis 19 Jahren, die weder ein systematisches Konditionstraining noch ein sportartspezifisches außerhalb der Rennen betrieben, durchgeführt. Sie bestritten Rennen auf verschiedenen Kursen mit identischen Maschinen der 125 ccm-Klasse mit Renndauern von 19-26 Minuten. Die vorgelegten Ergebnisse sind streng genommen nur für dieses Kollektiv gültig.

Die Analysen ergaben gemessen an der Herzfrequenz eine hohe, im Grenzbereich gelegene kardiovaskuläre Beanspruchung im Rennen, die auf einen dominierenden psychischen Stress bei eher mittelmäßiger bis hoher physischer Belastung zurückzuführen waren. Dafür sprachen sowohl der hohe Adrenalin-/Noradrenalin-Quotient der Katecholaminausscheidung im Urin als auch die zu individuellen Maximalwerten relativ niedrigen Laktatspiegel nach Rennbelastung. Bemerkenswert waren auch die hohen Creatinkinase-Anstiege, die auf eine starke Strukturbeanspruchung der Muskulatur hinwiesen.

Entgegen unserer Erwartung waren trotz eines in der physischen Leistungsfähigkeit breit gestreuten Kollektivs keine Beziehungen zwischen im Labor bestimmten Ausdauer- und Kraftkomponenten mit der sportlichen Leistung nachzuweisen. Dies kann, wie eingehend diskutiert, methodische Gründe haben. In weiterführenden Studien wird man sportangenähere leistungsdiagnostische Methoden wie auch engere zeitliche Zusammenhänge zwischen Labordiagnostik und Rennen berücksichtigen müssen. Selbst aber eine als sportartspezifisch anzusehende Überprüfung der Kraftleistungsfähigkeit ergab keinen Zusammenhang mit der rennfahrerischen Leistung. Lediglich zwischen Herzfrequenzen und Laktatspiegeln bei Rennen waren allerdings nur für einzelne, nicht für jeden kurvenreichen Rennkurs Beziehungen zur sportlichen Leistung herzustellen, was ebenfalls an einer höheren leistungsbestimmenden Wertigkeit von Ausdauer und Kraft zweifeln lässt. Allerdings können auch methodische Gründe, wie nur einmalige Blutabnahme nach Rennen zu nicht exakt einhaltbaren Zeitpunkten und nur bei wenigen Rennen, klarere Aussagen verhindert haben. Zudem fehlen genauere Daten über das Fahrverhalten der Piloten, z.B. mittels Satellitentechnik, und die muskuläre Beanspruchung, z.B. mittels EMG-Telemetrie wesentlicher Muskelschlingen des Körpers, die zur Deutung der erhobenen Befunde beigetragen hätten.

Aus den Ergebnissen ist zu folgern, dass im Hinblick auf die hohen kardialen und muskulär-strukturellen Beanspruchungen Straßenmotorradfahrer über einen gesunden Organismus verfügen sollten, dessen kardiovaskuläre und muskuläre Funktionen es wie in jeder anderen Sportart durch ein auf Ausdauer und Kraft angelegtes Training es zu stabilisieren und zu verbessern gilt, auch wenn eine sportartspezifische leistungsbestimmende Wertigkeit bislang nicht belegbar ist. Wahrscheinlich ist letztere, wie eingangs erwähnt und von anderen Autoren vermutet, in der Qualität zentraler neurophysiologischer und neuromuskulärer Funktionen zu suchen, was in Folgestudien zu klären ist.

## 6 Zusammenfassung

An 23 Nachwuchsfahrern im Straßenmotorradrennsport im Alter von durchschnittlich 16 Jahren wurde nach Zusammenhängen zwischen sportlicher Leistung und aerober, anaerober Ausdauer- wie Krafterleistungsfähigkeit gesucht. Sie beteiligten sich an einem Cup bestehend aus 8 Saisonrennen, die auf identischen 125 ccm-Maschinen auf verschiedenen Kursen ausgetragen wurden. Die sportliche Leistung wurde an Rundenzeiten und Platzierungen beurteilt.

Die Ausdauerleistungsfähigkeit wurde unter standardisierten Bedingungen im Labor aerob mittels stufenweise ansteigender Fahrradergometrie im Sitzen, anaerob mittels isokinetischem Maximaltest auf einem speziellen Fahrradergometer im Sitzen gemessen. Die Kraft der Arm-Schultermuskulaturen wurde als 1-RM, die Kraftausdauer als maximale Wiederholungszahl bei definierter Last im Bankdrücken wie auch als maximale Kraft in einem neu entwickelten Test an den Lenkerstummeln des Motorrads bestimmt.

Weiterhin wurden insgesamt bei 4 Rennen kontinuierlich Herzfrequenzen sowie vor und nach Rennen aus dem hyperämisierten Ohrläppchen Laktat und aus venösem Blut diverse metabolische Parameter, Enzyme und Mineralstoffe bestimmt. Bei einem Rennen wurden außerdem im Sammelurin Katecholamine gemessen.

Zwischen den im Labor mittels Ergometrie gemessenen energetischen Leistungsparametern und der sportlichen Leistung waren keine Zusammenhänge feststellbar. Die erste Hypothese H1 war deshalb zu verwerfen.

Ebenso konnten zwischen im Labor und an der stehenden Rennmaschine gemessenen Kraftparametern keine Beziehungen zur sportlichen Leistung hergestellt werden. Auch die zweite Hypothese H1 war abzulehnen.

Die Herzfrequenz während der Rennen, Metaboliten sowie Enzyme im Blute nach und im Vergleich zum Vorwert sowie Katecholamine im Urin wiesen auf erhebliche psychische und mittlere bis hohe physische energetische und muskulär-strukturelle Beanspruchungen hin. Signifikante Beziehungen zu Fahrleistungen bestanden bei einzelnen kurvenreichen Kursen zu Herzfrequenz, Laktat, CK und GOT. Dennoch war ein plausibler Zusammenhang zwischen kardiovaskulärer und metabolischer Beanspruchung eines Rennens und der sportlichen Leistung nicht herstellbar. Auch die dritte Hypothese H1 war zu verwerfen.

Entgegen der Erwartung bestanden auch zwischen anthropometrischen Grunddaten und der sportlichen Leistung, von einer Ausnahme bei einem Rennen abgesehen, keine Zusammenhänge.

Demnach konnten an dem von uns untersuchten Kollektiv und mit den verwendeten Methoden keine eindeutigen Zusammenhänge zwischen sportlicher Leistung und Parametern der aeroben und anaeroben Ausdauer bzw. denen der Maximalkraft und Kraftausdauer aufgedeckt werden, die entsprechende Trainingsmaßnahmen zur Leistungsoptimierung im Straßenmotorradrennsport für notwendig erachten lassen. Im Hinblick auf die nachgewiesenen, erheblichen psychophysischen Beanspruchungen im Rennen sind sie als unspezifisches Konditionstraining zur Erhöhung der Belastungstoleranz aber dennoch dringend empfehlenswert.



## 7 Literatur

- 1 Ahlborg, B.  
Capacity for prolonged exercise in man  
Försvars medicin 3, Suppl. 1 (1967)
- 2 Andersen, R.E., Montgomery, D.L.  
Physiological monitoring of divisional ski racers during 1968-87 saison  
Can J Sport Sci 12 (1987) 3
- 3 Andersen, R.E., Montgomery, D.L.  
Physiology of alpine skiing  
Sports Med 6 (1988) 210-221
- 4 Anderson, S., Bankier, A.T., Barrell, B.G.  
Sequence and organization of the human mitochondrial genome  
Nature 290 (1981) 457-465
- 5 Avantario, V.  
Die Agnellis – Die heimlichen Herrscher Italiens  
Campus Verlag, Frankfurt/Main (2002)
- 6 Banister, E.W., Cameron, B.J.C.  
Exercise-induced hyperammonemia: peripheral and central effects  
Int J Sports Med 11 (1990) 129-142
- 7 Baumgartner, H.R.  
Zur Pathogenese der Atherosklerose  
In: Schettler, G., Horsen, A., Mörl, H., Orth, H., Weizel, A. (Hrsg.):  
Der Herzinfarkt  
Schattauer Verlag, Stuttgart (1977)
- 8 Beaumont, W. van, Greenleaf, J.E., Jukos, L.  
Disproportional changes in hematokrit, plasma volume, and proteins during  
exercise and bed rest  
J appl Physiol 33 (1972) 55-61
- 9 Beneke, R., Leithäuser, R.M., Schwarz, V., Heck, H.  
Maximales Laktat-Steady-State bei Kindern und Erwachsenen  
Dtsch Z Sportmed 51 (2000) 100-104
- 10 Berbalk, A.  
Herzfrequenzvariabilität. Ein neuer Parameter zur Belastbarkeitsdiagnostik  
im Leistungssport?  
In: Engelhardt, M., Franz, B., Neumann, G., Pfützner, A. (Hrsg.):  
13. Internationales Triathlon-Symposium Erbach  
Czwalina Verlag, Hamburg (1999) 79-98

- 11 Berg, A., Keul, J.  
Körperbelastung und Serumenzyme  
Dtsch Z Sportmed 5 (1979) 128-134
- 12 Berg, A., Keul, J., Lehmann, M., Schmid, P.  
Leistungsdiagnostische und biochemische Größen während Labor- und  
Wettkampfbelastungen von Sportlerinnen  
Leistungssport 27 (1981) 38-52
- 13 Berg, A., Keul, J.  
Serumenzymkinetik während und nach intensiver Langzeitbelastung  
Dtsch Z Sportmed 33 (1982) 12-17
- 14 Berg, A., Kim, S.S., Keul, J.  
Skeletal muscle enzyme activities in healthy young subjects  
Int J Sports Med 7 (1986) 236-239
- 15 Berg, A., Baumstark, M., Keul, J.  
Wirkungen des Sports auf den Stoffwechsel insbesondere Lipidmetabolismus  
Therapiewoche 38 (1988) 1954-1959
- 16 Berg, A., Baumstark, M., Halle, M., Frey, I., Keul, J.  
Körperliche Aktivität und medikamentöse Behandlung von  
Fettstoffwechselstörungen  
Therapiewoche 40 (1990) 2315-2325
- 17 Berg, A., Baumstark, M., Halle, M., Frey, I., Keul, J.  
Bedeutung von körperlichem Training und Sport auf die Regulation des  
Fettstoffwechsels  
Vasomed aktuell 9 (1991) 46-51
- 18 Berg, A., Uhlenbruck, G., Liesen, H.  
Sport als Immunstimulans? Eine Dosisfrage  
Selectra 24 (1991) 19
- 19 Berg, A.  
Ausdauersport verbessert Cholesterin- Rücktransport  
Ärzte-Zeitung 223 (1991) 16
- 20 Berg, A., Halle, M., Aspirion, M., Keul, J.  
Muskelbelastung und Ganzkörperreaktion  
Natur- und Ganzheitsmedizin 5 (1992) 53-59
- 21 Berg, A.  
Sport bessert Lipidprofil  
Medical Tribune 5 (1992) 17
- 22 Berg, A.  
Nur 30 Minuten Training täglich zieht den Lipiden die Zähne  
Medical Tribune 8 (1992) 65

- 23 Bergh, U., Thorstensson, A., Sjödín, B., Hultén, B., Piehl, K., Karlsson, J.  
Maximal oxygen uptake and muscle fiber types in trained and untrained humans  
Med Sci Sports Exerc 10 (1978) 151-154
- 24 Bergström, J., Guanieri, G., Hultman, E.  
Changes in muscle water and electrolytes during exercise  
In: Keul, J.  
Limiting factors of physical performance  
Thieme Verlag, Stuttgart (1973)
- 25 Bigland-Ritchie, B., Kukulka, C., Lippold, O.  
The absence of neuromuscular transmission failure in sustained maximal voluntary contractions  
J Physiol 330 (1982) 265-278
- 26 Böning, D.  
Muskelkater  
Dtsch Ärzteblatt 99 (2002) 1982-1983
- 27 Boulay, M.R.  
Physiological monitoring of elite cyclists  
Sports Med 20 (1995) 1-11
- 28 Brandl, P.  
Herzfrequenzvariabilität als Risikoindikator für den plötzlichen Herztod:  
Methoden der Zeitdomäne  
Dissertation. Technische Universität München (1995)
- 29 Brooks, G.A., Gaesser, G.A.  
End points of Laktate and Glukose metabolism after exhausting exercise in human  
Eur J Appl Physiol 49 (1980) 1057-1069
- 30 Buhl, H., Lorenz, R., Israel, S., Neumann, G., Kuppardt, H.J.  
Komplexe Untersuchungen über die Wirkung einer erschöpfenden Extensivbelastung bei Männern mittleren Alters  
Med. u. Sport 14 (1974) 231-240
- 31 Buono, M.J., Yeager, J.E.  
Intraerythrocyte and plasma Laktate concentrations during exercise in humans  
Eur J Appl Physiol 55 (1986) 326-329
- 32 Burgis, E.  
Mediscript- Reihe Pharmakologie  
Mediscript-Verlag, 4. Aufl., München (1979) 144
- 33 Burstein, M.  
Lipoprotein – polyanion – metal interactions  
Adv Lipid Res 11 (1973) 67-108

- 34 Castelli, W.P., Doyle, J.T., Gordon, T. et al.  
HDL-Cholesterol and other lipids in coronary heart disease  
Circulation 55 (1977) 767-774
- 35 Clark, N.  
Minding your minerals. Iron, zinc, selenium and chromium. Nutrition adviser.  
The physician and Sportsmedicine 24 (1996) 21-22
- 36 Clasing, D.  
Hinweise zur Ernährung von Sportlern  
Zeitschrift für Allgemeinmedizin 67 (1991) 1434-1443
- 37 Clark, T.  
Der Filmpate – Der Fall Leo Kirch  
Hoffmann und Campe, 2. Aufl., Hamburg (2002) 35, 60-64, 131
- 38 Clement, D.B., Sawchuk, L.L.  
Iron status and sports performance  
Sports Medicine 1 (1984) 65-74
- 39 Code, K.  
A twist of the wrist  
Code Break Books, Volume 2, Glendale (1993)
- 40 Coyle, E.F.  
Integration of the physiological factors determining endurance performance  
ability  
Exerc Sport Sci Rev 23 (1995) 25-63
- 41 Culleton B.F. et al.  
Serum uric acid and risk for cardiovascular disease and death: The  
Framingham Heart Study  
Ann Intern Med 131 (1999) 7-13
- 42 Cumming, G.R., Hastman, L., McCourt, J., McCullough, S.  
High serum Laktates occur in young children after maximal work  
Int J Sports Med 1 (1980) 66-69
- 43 De la Chapelle, A., Sistonen, P., Lehtola, H., Ikkala, E., Juvonen, E.  
Familial erythrocytosis genetically linked to erythropoietin receptor gene  
Lancet 341 (1993) 82-84
- 44 Deetjen, P., Speckmann, E.  
Physiologie  
Urban & Schwarzenberg, 3. Aufl., München (1999)
- 45 Dewailly, P.  
Atherosklerose, Grundlagen, Die Lipoproteine: Allgemeines, Struktur,  
Metabolismus  
Adam-Pharma-Verlag, Bd. 1, Essen (1988) 13-26

- 46 Dickhuth, H., Simon, G., Bachl, N., Keul, J.  
Zur Höchst- und Dauerleistungsfähigkeit von Bundesligafußballspielern  
Leistungssport 11 (1981) 148-152
- 47 Dickhuth, H., Wohlfarth, B., Hildebrand, D., Rokitzki, L., Huonker, M., Keul, J.  
Jahreszyklische Schwankungen der Ausdauerleistungsfähigkeit von  
hochtrainierten Mittelstreckenläufern  
Dtsch Z Sportmed 39 (1988) 346-353
- 48 Dickhuth, H., Aufenanger, W., Schmidt, P., Simon, G., Huonker, M., Keul, J.  
Möglichkeiten und Grenzen der Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung  
im Mittel- und Langstreckenlauf  
Leistungssport 19 (1989) 21-24
- 49 Dickhuth, H., Röcker, K., Mayer, F., Horstmann, T., Heitkamp, H., Dolezel, P.  
Bedeutung der Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung bei Ausdauer-  
und Spielsportarten  
Dtsch Z Sportmed 47 (1996) 182-189
- 50 Dierig, A.  
Kardiovaskuläre, metabolische und energetische Beanspruchung durch  
Golfsport-Analysen an gesunden jüngeren und älteren, partiell chronisch  
kranken Golfspielern  
Dissertation. Technische Universität München (2002)
- 51 Dirix, A., Knuttgen, H.G., Tittel, K.  
Olympia Buch der Sportmedizin  
Deutscher Ärzte Verlag, Köln (1989)
- 52 Donath, R.  
Enzymologie in der Sportmedizin  
In Med Sport 10 (1970) 2-11
- 53 Ehn, L., Carlmark, B., Höglund, S.  
Iron status in athletes involved in intense physical activity  
Medicine and Science in Sports and Exercise 12 (1980) 52-58
- 54 Erni, B.  
Biochemie II - Stoffwechsel und Bioenergetik  
Skript zur Vorlesung WS/SS 2001, Universität Bern (2001)
- 55 Estler, C.J.  
Lehrbuch der allgemeinen und systematischen Pharmakologie und  
Toxikologie  
Schattauer Verlag, Stuttgart (1983) 309-311, 384
- 56 Fabian, K., Schlegel, D., Hauptmann, B., Zerbes, H.  
Der Anstieg der Serumharnsäure-Konzentration nach intensiven  
Laufbelastungen als Ausdruck der Inanspruchnahme des  
Purinnukleotidstoffwechsels  
Dtsch Z Sportmed 44 (1993) 5-9

- 57 Fäustle, A.  
Auswirkungen von differenten Langzeitausdauerbelastungen auf Parameter des Eisenstoffwechsels  
Dissertation. Technische Universität München (1997)
- 58 Föhrenbach, R.  
Leistungsdiagnostik, Trainingsanalyse und Steuerung bei Läuferinnen und Läufern verschiedener Laufdisziplinen  
Hartung Gorre Verlag, Konstanz (1986)
- 59 Fox, S.M., Haskell, W.L.  
Physical activity and the prevention of coronary heart disease  
Bull N Acad Med 44 (1968) 950-967
- 60 Fränkel, C.  
Myoglobin und Harnsäure als Parameter zur Trainingssteuerung im leichtathletischen Mehrkampf  
Dissertation. Technische Universität München (1997)
- 61 Fredrickson, D.S., Levy, R.I., Lees, R.S.  
Fat transport in lipoproteins, an intergrated approach to mechanism and disorders  
New Engl J Med 276 (1967) 148-156
- 62 Friedel, R., Mattenheimer, H., Trautschold, I., Forster, G.  
Der vorgetäuschte Enzymaustritt  
J Clin Chem 14 (1976) 109-117
- 63 Friedmann, B.  
Sportleranämie  
Dtsch Z Sportmed 52 (2001) 262-263
- 64 Geiss, K., Hamm, H.  
Handbuch Sportlerernährung  
Rowohlt Verlag, 2. Aufl., Reinbek (1996)
- 65 Gerbitz, K.D., Paetzke, I., Obermaier-Kusser, B., Gempel, K., Bauer, M.F., Hofman, S., Jaksch-Angerer, M.  
Mitochondriale Erkrankungen. Biochemisch-molekularbiologische Diagnostik von Defekten der Atmungskette  
Dt Arztebl 96 (1999) 2972-2981
- 66 Glatzel, H.  
Sinn und Unsinn in der Diätik  
Nahrungsfett und Blutcholesterin  
Med Welt 24 (1973) 1245-1252

- 67 Golf, S., Münch, J., Graef, V., Temme, H., Brüstle, A., Roka, L., Beuther, G., Heinz, N., Buhl, C., Nowacki, P.E.  
Einfluß einer vierwöchigen Magnesiumsupplementierung auf die Laktateleminierung von Leistungsruderern bei einem erschöpfenden, wettkampfspezifischen Leistungstest  
Magnesium Bull 10 (1988) 124-130
- 68 Gräbert, C.  
Komplexe Diagnostik der anaeroben Leistungsfähigkeit mittels Fahrradergometrie im Vergleich zur Laufbandergometrie  
Dissertation. Technische Universität München (1999)
- 69 Green, S.  
A definition and systems view of anaerobic capacity  
Eur J Appl Physiol 69 (1994) 168-173
- 70 Green, S.  
Measurement of anaerobic work capacities in humans  
Sports Med 19 (1995) 32-42
- 71 Grosser, M., Starischka, S.  
Konditionstests  
BLV Verlag, 2. Aufl., München (1981) 38
- 72 Grosser, M., Ehlenz, H., Zimmermann, E.  
Richtig Muskeltraining  
BLV Verlag, 6. Aufl., München (1996)
- 73 Gulbin, J.P., Gaffney, P.T.  
Identical twins are discordant for markers of eccentric exercise-induced muscle damage  
Int J Sports Med 23 (2002) 471-476
- 74 Hallauer, W., Staiger, J., Schirmeister, J.  
Kreatinin im Serum und Harn unter maximaler körperlicher Belastung  
Klin Wschr 50 (1972) 210-211
- 75 Halle, M., Berg, A., Keul, J.  
Wie wirkt körperliche Aktivität auf den Fettstoffwechsel?  
Arzt + Sport 2 (1992) 38-43
- 76 Halle, M., Berg, A.  
Körperliche Aktivität und Lipidstoffwechsel  
Dtsch Z Sportmed 53 (2002) 58-59
- 77 Haralambi, G., Berg, A.  
Serum urea and amino nitrogen changes with exercise duration  
Eur J Appl Physiol 36 (1976) 39-48

- 78 Haralambi, G., Heiler, A.  
Magnesiumkonzentration im Schweiß nach körperlicher Belastung  
Sportarzt und Sportmedizin 27 (1976) 229-232
- 79 Harre, S.  
Trainingslehre  
Berlin (1973)
- 80 Heck, H., Schulz, H.  
Methoden der anaeroben Leistungsdiagnostik  
Dtsch Z Sportmed 53 (2002) 202-212
- 81 Hellwig, T., Liesen, H., Mader, A., Hollmann, W.  
Möglichkeiten einer sprintspezifischen Leistungsdiagnostik und  
Trainingssteuerung mit Hilfe der Blutlaktatkonzentration  
Dtsch Z Sportmed 39 (1988) 392-406
- 82 Herold, G.  
Innere Medizin; Eine vorlesungsorientierte Darstellung  
aku-Fotodruck, Köln (1982) 2, 9, 232, 270, 276
- 83 Hettinger, T.  
Isometrisches Muskeltraining  
Thieme Verlag, Stuttgart (1964)
- 84 Hiller, W.D.B.  
Dehydration and hyponatremia during triathlons  
Med Sci Sports Exerc 21 (1989) 219-221
- 85 Hoffmann, G.  
Eisenstoffwechsel und Sport. Wer ist besonders gefährdet?  
Therapiewoche 41 (1991) 1623-1624
- 86 Hoffmann, G.  
Der Körpereisenstatus bei Sporttreibenden und seine Beziehung zur  
körperlichen Belastung und Leistungsfähigkeit  
Habilitationsschrift. Universität Frankfurt am Main (1995) 195
- 87 Hollmann, W., Hettinger, T.  
Sportmedizin, Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin  
Schattauer Verlag, 4. Aufl., Stuttgart (2000)
- 88 Hoos, H.J.  
Veränderungen der Herzfrequenzen und der Stoffwechselfparameter sowie  
der neuromuskulären Erregbarkeit von Motorradfahrern bei Weltrekordfahrten  
Zulassungsarbeit. Medizinische Universitätsklinik Freiburg (1982)
- 89 Hopfenbeck, W.  
Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre – Zweiter und dritter Teil  
Skript zur Vorlesung. Fachhochschule München (2003) 133, 152-154



- 90 Hortobagyi, T., Denahan, T.  
Variability in creatine kinase: Methodological, exercise and clinically related factors  
Int J Sports Med 10 (1989) 69-80
- 91 Howes, L.G.  
Sympathikus beeinflusst den Cholesterinspiegel  
Praxis-Kurier 36 (1987) 28
- 92 Huber, G., Keul, J., Lehmann, M.  
Veränderungen der Herzfrequenz und der Stoffwechselfparameter beim Langzeitmotorradfahren und Motorradbergrennen. Dokumentation zu Belastungen im Motorsport  
Medizinische Universitätsklinik Freiburg (1979)
- 93 Huber, G., Keul, J., Lehmann, M., Berg, A., Jacob, E.F.  
Metabolische und kardiozirkulatorische Veränderungen und Fahrleistungen während einer 90-minütigen KFZ-Simulator-Fahrt  
Med Welt 9 (1983) 268-272
- 94 Hultmann, E.  
Studies on muscle metabolism of glycogen and active phosphate in man with special reference to exercise  
Scand J clin Lab Invest 19 (1967) 33-41
- 95 Ikai, M., Yabe, K., Ischij, K.  
Muskelkraft und muskuläre Ermüdung bei willkürlicher Anspannung und elektrischer Reizung des Muskels  
Sportarzt u. Sportmedizin 18 (1967) 197-204
- 96 Inbar, O., Bar-Or, O., Skinner, J.S.  
The Wingate Anaerobic Test  
Human Kinetics, Champaign, IL (1996)
- 97 Iordanidis, E.  
Streßbelastung bei Tauchanfängern  
Diplomarbeit. Technische Universität München (1993) 14-15
- 98 Jakob, E., Lehmann, M., Huber, G., Rokitzki, L., Stockhausen, W, Arratibel, I., Keul, J.  
Die basale Katecholaminausscheidung als Kenngröße in der Trainingssteuerung  
Leistungssport 3 (1989) 29-31
- 99 Jeschke, D., Lorenz, R., Filadoro, R., Tusker, F., Grosser, M., Weinbuch, H.  
Leistungsbestimmende Wertigkeit von Ausdauer- und Kraftkomponenten im alpinen Skirennlauf  
Dtsch Z Sportmed 45 (1994) 441-449

- 100 Jeschke, D.  
Laborchemischer Status  
Lehrstuhl und Poliklinik für präventive und rehabilitative Sportmedizin  
München (2002)
- 101 Juvonen, E., Ikkala, E., Fyhrquist, F., Ruutu, T.  
Autosomal dominant erythrocytosis caused by increased sensitivity to erythropoietin  
Blood 78 (1991) 3066-3069
- 102 Kämpfe, H.J., Schüler, K.P., Wendelin, T.  
Veränderungen des Kreatin/Kreatinin-Stoffwechsels nach einmaliger erschöpfender Ausdauerbelastung  
Med u. Sport 14 (1974) 329-335
- 103 Karlsson, J., Jacobs, I.  
Onset of the blood Laktat accumulation during muscular exercise as a threshold consideration  
Int J Sports Med 3 (1982) 190-201
- 104 Karlsson, J.  
Profiles of cross country and alpine skiers  
Clin Sports Med 3 (1984) 245-271
- 105 Karvonen, J., Vuorimaa, T.  
Heart rate and exercise intensity during sports activities  
Sports Med 5 (1988) 303-312
- 106 Kähler, W.M.  
Statistische Datenanalyse mit SPSS/PC+  
3. Auflage, Braunschweig/Wiesbaden (1993) 165-166
- 107 Keul, J., Haralambie, G.  
Die Wirkung von Kohlenhydraten auf die Leistungsfähigkeit und die energieliefernden Substrate im Blut bei langwährender Körperarbeit  
Dtsch med Wschr 98 (1973) 1806-1811
- 108 Keul, J., Huber, G., Burmeister, P., Steinhilber, S., Spielberger, B., Zöllner, G.  
Auswirkungen des Autofahrens auf Herztätigkeit und Stoffwechsel  
Fortschr Med 47 (1979) 2172-2178
- 109 Keul, J., Dickhuth, H.H., Berg, A., Simon, G.  
Elektrolytbedarf und Wasserhaushalt bei sportlichen Belastungen  
Leistungssport 9 (1979) 497-502
- 110 Keul, J., Huber, G., Schmitt, M., Kindermann, W., Berg, A.  
Belastung von Kindern beim Skilanglauf: Herzfrequenz und blutchemische Größen in einer Längsschnittbeobachtung über vier Jahre  
Dtsch Z Sportmed 1 (1984) 5-14

- 111 Keul, J., Stockhausen, W., Pokan, R., Huonker, M., Berg, A.  
Metabolische und kardiozirkulatorische Adaptation sowie Leistungsverhalten professioneller Tennisspieler  
Dtsch Med Wschr 116 (1991) 761-767
- 112 Kindermann, W., Salas-Fraire, O., Sroka, G., Müller, U.  
Serumenzymverhalten nach körperlicher Belastung – Abgrenzung von krankheitsbedingten Veränderungen  
Herz/Kreislauf 3 (1983) 117-123
- 113 Kindermann, W.  
Laufbandergometrie zur Leistungsdiagnostik im Spitzensport in:  
Franz, I.W., Mellerowicz, H., Noack, W. (Hrsg.):  
Training und Sport zur Prävention in der technisierten Umwelt  
Springer-Verlag, Berlin (1985) 68-80
- 114 Kindermann, W.  
Erhöhte Serumenzyme bei einem Bodybuilder  
Dtsch Med Wschr 111 (1986) 1168
- 115 Kindermann, W., Gabriel, H., Coen, B., Urhausen, A.  
Sportmedizinische Leistungsdiagnostik im Fußball  
Dtsch Z Sportmed 44 (1993) 232-244
- 116 Kindermann, W., Urhausen, A.  
Aktuelle Marker für die Diagnostik von Überlastungszuständen in der Trainingspraxis  
Dtsch Z Sportmed 51 (2000) 226-233
- 117 Knöpfli, B., Calvert, R., Bar-Or, O., Villiger, B., Von Duvillard, S.F.  
Competition performance and basal nocturnal catecholamine excretion in crosscountry skiers  
Med Sci Sports Exerc 33 (2001) 1228-1232
- 118 Kolbinger, S.  
Enzymveränderungen und entzündliche Reaktionen bei Kampfsportarten mit Anpralltraumen am Beispiel der Sportart Rugby unter besonderer Berücksichtigung von Muskelverletzungen  
Dissertation. Technische Universität München (1988)
- 119 Komulainen, J., Takala, T., Vihko, V.  
Does increased serum creatine kinase activity reflect exercise-induced muscle damage in rats?  
Int J Sports Med 16 (1995) 150-154
- 120 Konopka, P.  
Sporternährung  
5. Auflage, München (1994)

- 121 Korschofsky, R.  
Auswirkung von Dauerlauftraining unterschiedlicher Intensität bei gleicher  
Quantität des Stoffwechsels  
Dissertation. Technische Universität München (1992)
- 122 Koutedakis, Y., Borcham, C., Kabitsis, C., Sharp, N.C.C.  
Seasonal deterioration of selected physiological variables in elite male skiers  
Int J Med 13 (1992) 548-551
- 123 Köhler, E., Scheibe, J., Israel, S.  
Die Veränderung von Stoffwechselgrößen während und nach einer  
intensiven Ausdauerbelastung  
Med und Sport 16 (1976) 356-360
- 124 Krogh, A., Lindhard, J.  
The changes in respiration at the transition from work to rest  
J Physiol Lond 53 (1920) 431-437
- 125 Kremer, B.P., Feldmann, H.U.  
Ohne Eisen kein Leben. Ein Agent auf vielen Ebenen  
Physis 9 (1990) 8-15
- 126 Kuppardt, H., Buhl, H., Israel, S., Lorenz, R., Schmidt, W.  
Untersuchungen der Kreislauf- und Stoffwechselregulation bei Dauerläufen  
verschiedener Intensität und Dauer  
Med und Sport 13 (1973) 215-221
- 127 Kück, T.  
Herzfrequenzvariabilität zur Trainingssteuerung. Überprüfung einer Meßuhr  
mit entsprechendem Algorithmus mittels spiroergometrischer Diagnostik  
Diplomarbeit. Technische Universität München (2001)
- 128 Langmore, G.D.  
Erythropoietin receptor mutations and Olympic glory  
Nature Genetics 4 (1993) 108-110
- 129 Laurent, E.  
Die Kriege der Familie Bush  
S. Fischer Verlags GmbH, Frankfurt/Main (2003)
- 130 Lehmann, M., Keul, J., Berg, A., Strippig, S.  
Plasmacatecholamine und metabolische Veränderungen bei Frauen  
während Laufbandergometrie  
Eur J Appl Physiol 46 (1981) 305-315
- 131 Lehmann, M., Huber, G., Spöri, M., Keul, J.  
Katecholaminausscheidung bei körperlichen und konzentrativen Belastungen  
Int Arch Occp Environ Health 50 (1982) 175-186

- 132 Lehmann, M., Huber, G., Schaub, F., Keul, J.  
Zur Bedeutung der Katecholaminausscheidung zur Beurteilung der körperlich-konzentrativen Beanspruchung beim Motorrad-Geländesport  
Dtsch Z Sportmed 10 (1982) 326-336
- 133 Lehmann, M., Schmid, M., Keul, J.  
Plasma catecholamine and blood Laktate cummulation during incremental exhaustive exercise  
Int J Sports Med 6 (1985) 78-81
- 134 Lemon, P.W.R., Mullin, J.P.  
Effect of initial muscle glycogen levels on protein catabolism during exercise  
J Appl Physiol 48 (1980) 624-629
- 135 Liesen, H., Michel, D., Hollmann, W.  
Aktivitätsänderungen von Serumenzymen bei jüngeren und älteren Athleten durch einen Marathonlauf  
Sportwissenschaft 3 (1973) 323-333
- 136 Liesen, H., Dufaux, B., Hollmann, W.  
Modifications of serum glycoproteins the days following prolonged physical exercise and the influence of physical training  
Eur J Appl Physiol 37 (1977) 243-254
- 137 Liesen, H., Ludemann, E., Schmengler, D., Föhrenbach, R., Mader, A.  
Trainingssteuerung im Hochleistungssport: Einige Aspekte und Beispiele  
Dtsch Z Sportmed 36 (1985) 8-14
- 138 Loat, C.E., Rhodes, E.C.  
Relationship between the Laktate and ventilatory thresholds during prolonged exercise  
Sports Med 15 (1993) 104-115
- 139 Löffler, G., Petrides, P.E., Weiss, L., Harper, H.A.  
Physiologische Chemie  
Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokio (1979) 417
- 140 Löffler, G., Petrides, P.E.  
Biochemie und Pathobiochemie  
Springer Verlag, 6. Aufl., Berlin, Heidelberg, New York, Tokio (1998)
- 141 Löffler, G.  
Basiswissen Biochemie und Pathobiochemie  
Springer Verlag, 4. Aufl., Berlin, Heidelberg, New York, Tokio (2001)
- 142 Lohr, M., Bös, H.B.  
Original-Prüfungsfragen mit Kommentar Pathophysiologie- Pathobiochemie  
VCH Verlagsgesellschaft, 2. Aufl., Weinheim (1985) 130-132, 165-167

- 143 Lorenz, R., Jeschke, D.  
Complete diagnostic of anaerobic and aerobic energetic performance characteristics with an isokinetic maximum test on a bicycle ergometer  
Int J Sports Med 19 (1998) 26
- 144 Lorenz, R., Jeschke, D., Schmid, G., Wörtz, J.  
Diagnostik der Stoffwechselkapazität bei kurzzeitigen Maximalbelastungen. Validierung der Aussagefähigkeit eines praktikablen Maximaltests von 96 sec Dauer am SRM-Ergometer  
In: Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.):  
BISp Jahrbuch 1998  
Köln (1999) 75-80
- 145 Löwenstein, J.M.  
The purine nucleotide cycle revised  
Int J Sports Med 11 (1990) 37-46
- 146 Malik, F.  
Führen, Leisten, Leben  
Heyne Verlag, 6. Aufl., München (2001) 44, 102-103
- 147 Maree De, H.  
Sportphysiologie  
Sport und Buch Strauß, 8. Aufl., Köln (1994) 404-411
- 148 Markworth, P.  
Sportmedizin. Physiologische Grundlagen  
Rowohlt Verlag, Reinbeck (1994) 231-259
- 149 Medbo, J.L, Mohn, A.C., Tabata, I., Bahr, R., Vaage, O., Sejersted, O.M.  
Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O<sub>2</sub> deficit  
J Appl Physiol 64 (1988) 50-60
- 150 Mocellin, R.M., Heusgen, M., Korsten-Reck, U.  
Maximal steady-state blood Laktate levels in 11-year-old boys  
Eur J Pediatr 149 (1990) 771-773
- 151 Mocellin, R.M., Heusgen, M., Gildein, H.P.  
Anaerobic threshold and maximal steady-state blood Laktate in prepubertal boys  
Eur J Appl Physiol 62 (1991) 56-60
- 152 Mogadam, M.  
Lipidwerte im Serum bestimmen  
Medical Tribune 49 (1990) 42

- 153 Monte Dal, A.  
Motorcycle Racing  
In: Larson, Leonhard J. (Hrsg.):  
Encyclopedia of sport sciences and medicine, London (1971) 699-701
- 154 Mucke, W.  
Geringe Konzentration aber große Bedeutung: Mineralstoffe und  
Spurenelemente  
Natura Med 7 (1992) 446-451
- 155 Nagle, J.F., Hagberg, J., Kamei, S.  
Maximal O<sub>2</sub> uptake of boys and girls aged 14-17  
Eur J Appl Physiol 36 (1977) 75-80
- 156 Nakamura Y., Yamamoto Y. and Muraoka I.  
Autonomic control of heart rate during physical exercise and fractal  
dimension of heart rate variability  
J Appl Physiol 74 (1993) 875-881
- 157 Nett, T.  
Leichtathletisches Muskeltraining  
Bartels & Wernitz, Berlin (1964)
- 158 Neumann, G., Baasch, G., Lorenz, R., Schuster, H.G., Senger, H.  
Untersuchungen von Kreislauf- und Stoffwechselfparametern während und  
nach einer einstündigen Belastung mit dem Rennrad auf einem gebremsten  
Rollengerät  
Wiss 7 DHfK 10 (1968) 3-4, 59-62
- 159 Neumann, G., Schüler, K.P.  
Sportmedizinische Funktionsdiagnostik  
Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig (1994) 167-169
- 160 Neumann, G., Pfützner, A., Berbalk, A.  
Optimiertes Ausdauertraining  
Meyer & Meyer Verlag, 2. Aufl., Aachen (1999) 103-106, 127-129, 215
- 161 Neupert, W.  
Protein import into mitochondria  
Annu Rev Biochem 66 (1997) 863-917
- 162 Newsholme, E.A., Leech, A.R.  
Biochemistry for the medical sciences  
J Wiley Chichester (1984)
- 163 Noakes, T.D.  
Effect of exercise on serum enzyme activities in humans  
Sports Med 4 (1987) 245-267

- 164 Noakes, T.D.  
The hyponatremia of exercise  
Int J Sport Nutr 2 (1992) 205-228
- 165 Noakes, T.D.  
Hyponatremia of exercise. Insider  
News on sports nutrition 3 (1995)
- 166 Northoff, G.H., Schnitzger, F.  
Sport – eine Art entzündlicher Reiz  
Selecta 47 (1990)
- 167 Novosadova, J.  
The changes in hematocrit, hemoglobin, plasma volume and proteins during  
and after different types of exercise  
Eur J Appl Physiol 36 (1977) 223-230
- 168 Osborne, K.A., Robichon, A., Burgess, E., Butland, S., Shaw, R.A.,  
Coulthard, A., Pedreira, H.S., Greenspan, R.J., Sokolowski, M.B.  
Natural behavior polymorphism due to a cGMP-dependent protein kinase of  
Drosophila  
Science 277 (1997) 834-836
- 169 Palank, E.A., Hargreaves, E.H.  
The Benefits of Walking the Golf Course  
The Physician and Sportsmedicine 18 (1990) 77-80
- 170 Pattini, A., Schena, F., Guidi, G.C.  
Serum ferritin and serum iron changes after cross-country and roller ski  
endurance races  
Eur J Appl Physiol 61 (1990) 55-60
- 171 Porzsolt, F., Wagner, D., Bichler, K.H.  
Das Serumkreatinin und die Nierenfunktion unter körperlicher Belastung  
Sportarzt u Sportmed 24 (1973) 27-30
- 172 Puig J., Freitas J., Carvalho M.J., Puga N., Ramos J., Fernandes P.,  
Costa O., De Freitas, A.F.  
Spectral analysis of heart rate variability in athletes  
J Sports Med Phys Fitness 33 (1993) 44-48
- 173 Prampero Di, P.E.  
Energetics of muscular exercise  
Rev Physiol Biochem Pharmacol 89 (1981) 142-222
- 174 Radtke, M.  
Außer Kontrolle – Die Medienmacht des Leo Kirch  
Unionsverlag, Zürich (1996)



- 175 Robertson, J.D.  
Marathonläufer verlieren Blut mit dem Stuhl  
Brit Med J 295 (1987) 303-305
- 176 Röcker, K., Dickhuth, H.  
Praxis der Laktatmessung  
Dtsch Z Sportmed 52 (2001) 33-34
- 177 Rohrer, DK., Chruscinski, AJ., Schauble, EH., Bernstein, D., Kobilka, B.K.  
Cardiovascular and metabolic alterations in mice lacking both  $\beta$ 1- and  $\beta$ 2-  
adrenergie receptors  
J Biol Chem 274 (1999) 16701-16708
- 178 Rost, R.  
Leistungssport; Elektrolyte gegen plötzlichen Herztod  
Therapie der Gegenwart 130 (1991) 26
- 179 Saltin, B.  
Muscle fibre recruitment and metabolism in prolonged exhaustive dynamic  
exercise In: Edwards, S. (Hrsg.):  
Human Fatigue: Physiological Mechanism  
Ciba, London (1981) 41-52
- 180 Saur, P., Joneleit, M., Tölke, H., Pudel, V., Niedmann, P.D., Kettler, D.  
Evaluation des Magnesiumstatus bei Ausdauersportlern  
Dtsch Z Sportmed 53 (2002) 72-78
- 181 Scheibe, J., Israel, S., Keil, E.  
Die Dynamik von Enzymaktivitäten nach einem 75-km-Lauf  
In Med Sport 20 (1980) 9-11
- 182 Schmidt, E., Schmidt, F.W.  
Enzyme modifications during activity  
Med and Sports Vol. 3 Basel/NewYork (1969) 216-238
- 183 Schmidt, R.F., Thews, G.  
Physiologie des Menschen  
Springer Verlag, 21. Aufl., Berlin (1983)
- 184 Schmidt, W., Maassen, N., Tegtbur, U., Braumann, K.M.  
Changes in plasma volume and red cell formation after a marathon  
competition  
Eur J Appl Physiol 58 (1989) 453-458
- 185 Schmidt, W., Bönning, D., Maassen, N., Schneider, G.  
Die Bedeutung des Blutvolumens für den Ausdauersportler. Physiologische  
und unphysiologische Aspekte  
Leistungssport 5 (1994) 27-37

- 186 Schmidt, W.  
Hämatokrit  
Dtsch Z Sportmed 53 (2002) 325-326
- 187 Schmidtbleicher, D.  
Maximalkraft und Bewegungsschnelligkeit  
Beiträge zur Bewegungsforschung im Sport 3, Bad Homburg (1980)
- 188 Schmidtbleicher, D.  
Motorische Beanspruchungsform Kraft  
Dtsch Z Sportmed 38 (1987) 356-377
- 189 Schnabel, A., Kindermann, W.  
Veränderungen an Lipiden und Lipoproteinen im Serum nach Körperarbeit unterschiedlicher Dauer  
Dtsch Z Sportmed 9 (1982) 283-289
- 190 Schnabel, A., Kindermann, W.  
Assesment of anaerobic capicity in runners  
Eur J Appl Physiol 52 (1983) 42-46
- 191 Schnabel, G., Müller, C.  
Wesen, Funktion und Eigenschaften der methodischen Prinzipien im sportlichen Training  
Theorie und Praxis der Körperkultur 37 (1988) 95-101
- 192 Schoberer  
Bedienungsanleitung SRM-Trainingssystem  
Funktionsprinzip Leistungsmessung (1994) 3
- 193 Schombert, P.  
Eisenmangel-Anämie; Blutarme Vollblutspportler  
Ärztliche Praxis 66 (1991) 13
- 194 Schulz, H., Heck, H.  
Ammoniak in der Leistungsdiagnostik  
Dtsch Z Sportmed 52 (2001) 107-108
- 195 Schumann, B.  
Analyse von kardialen Langzeitstudien über Effekte körperlicher Aktivität auf Ruhe-Blutdruck und Serumcholesterinspiegel  
Herz/Kreislauf 22 (1990) 431-438
- 196 Schüler, K.P., Schneider, F., Kässner, R., Morgenstern, E.  
Leistungsverhalten und Verlaufsdynamik physiologischer Kenngrößen bei erschöpfender Langzeitausdauerbelastung auf dem Fahrradergometer  
Med und Sport 15 (1975) 1-9
- 197 Silbernagl, S., Despopoulos, A.  
Taschenatlas der Physiologie  
Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1979)

- 198 Simon, G., Berg, A., Dickhuth, H., Simon-Alt, A., Keul, J.  
Bestimmung der anaeroben Schwelle in Abhängigkeit vom Alter und von der Leistungsfähigkeit  
Dtsch Z Sportmed 32 (1981) 7-14
- 199 Simon, G., Berg, A., Dickhuth, H., Kübler, R., Goerttler, I., Keul, J.  
Stoffwechselverhalten während Laufbandergometerarbeit bei unterschiedlichem Trainingszustand  
Dtsch Z Sportmed 9 (1982) 290-303
- 200 Speedy, D.B., Noakes, T.D.  
Belastungsbedingte Hyponatriämie: Eine Übersicht  
Dtsch Z Sportmed 50 (1999) 368-374
- 201 Sprit, L.  
Anaerobic Metabolism during High-Intensity Exercise  
In: Hargreaves, M. (Hrsg.):  
Exercise Metabolism  
Human Kinetics, Champaign, IL (1995) 1-40
- 202 Steinacker, J.M.  
Abbruchkriterien bei der Ergometrie  
Dtsch Z Sportmed 53 (2002) 228-229
- 203 Stöcker, F.W., Dietrich, G.  
Fachlexikon ABC Biologie  
Verlag Harri Deutsch, 6. Aufl., Frankfurt/Main (1986) 956-957
- 204 Strobel, G.  
Sympathoadrenerges System und Katecholamine im Sport  
Dtsch Z Sportmed 53 (2002) 84-85
- 205 Strobel, G.  
Wechselwirkung zwischen Katecholaminen,  $\beta$ -Adrenozeptoren, akuter körperlicher Belastung und Training  
Dtsch Z Sportmed 53 (2002) 102-106
- 206 Terjung, R.L., Dudley, G.A., Meyer, R.A.  
Purin Nucleotide cycle function in contracting muscle  
In: Saltin, B. (Hrsg.):  
Biochemistry of exercise  
Champaign (1986)
- 207 Thomas, L.  
Labor und Diagnose  
Medizinische Verlagsgesellschaft, 3. Aufl., Marburg (1988)
- 208 Truninger, B., Siegenthaler, W., Classen, H.G.  
Magnesium gut bei Wadenkrämpfen  
Medical Tribune 16 (1992) 54

- 209 Tutsch, D.  
Roche Lexikon Medizin  
Verlag Urban & Schwarzenberg, München (1984) 175
- 210 Urhausen, A., Gabriel, H., Brückner, F., Kindermann, W.  
Effects of two training phases of different intensities on the exercise-induced hormonal response and psychological parameters in endurance athletes  
Int J Sports Med 19 (1998) 43-44
- 211 Urhausen, A., Kindermann, W.  
Übertraining  
Dtsch Z Sportmed 53 (2002) 121-122
- 212 Vander, A., Sherman, J., Luciano, D.  
Human Physiology  
McGraw-Hill (2000) 607
- 213 Vandewalle, H., Peres, G., Monod, H.  
Standard Anaerobic Exercise Tests  
Sports Med 4 (1987) 268-289
- 214 Van Ravenswaaij-Arts C., Kollée L., Hopman J., Stoeltinga G., van Geijn H.  
Heart rate Variability  
Ann Int Med 118 (1993) 436-447
- 215 Wade, C., Marzilli, S.  
Individual personality predictors and their effect on strength gains and muscle hypertrophy  
J of Sport and Exercise Psychology Volume 24, Supplement (2002) 130
- 216 Wallace, D.C.  
Mitochondrial diseases in man and mouse  
Science 283 (1999) 1482-1488
- 217 Warren, B.J., Stone, M.H., Kearney, J.T., Fleck, S.J., Johnson, R.L., Wilson, G.D., Kraemer, W.J.  
Performance measures, blood Laktate and plasma ammonia as indicators of overwork in elite junior weightlifters  
Int J Sports Med 13 (1992) 372-376
- 218 Weicker, H.  
Purinnukleotidzyklus und muskuläre Ammoniakproduktion  
Dtsch Z Sportmed 39 (1988) 172-178
- 219 Weicker, H., Braumann, K.M.  
Zusätzliche Untersuchungsparameter, die die Interpretation des Laktatschwellenbereichs unterstützen  
In: Clasing, D., Weicker, H., Böning, D. (Hrsg.):  
Stellenwert der Laktatbestimmung in der Leistungsdiagnostik  
Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York (1994) 229-232

- 220 Weicker, H., Strobel, G.  
Sportmedizin: Biochemisch-physiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung  
Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York (1994) 382-389
- 221 Weineck, J.  
Optimales Training  
10. Aufl., Balingen (1997) 27-39
- 222 Weiner, J., Taylor, P.A., Grandjean, B.D.  
Confidence, concentration and competitive performance of elite athletes: A natural experiment in olympic gymnastics  
J of Sport and Exercise Psychology, Volume 24, (2002)
- 223 Williams, J.R., Armstrong, N.  
Relationship of maximal Laktate steady-state to performance at fixed blood Laktate refernce values in children  
Ped Exer Sci 3 (1991) 333-341
- 224 Wolfarth, B., Simoneau, J.A., Jakob, E., Boulay, M.R., Chagnon, Y.C., Perusse, L., Dionne, F.T., Gagnon, J., Keul, J., Bouchard, C.  
Association between a tetranucleotide (GGAA)<sub>n</sub> repeat in the erythropoietin receptor gene and endurance performance  
Med Sci Sports Exerc 29 (1997) 51
- 225 Wolfarth, B.  
Genetische Polymorphismen bei hochtrainierten Ausdauerathleten – die Genathlete – Studie  
Dtsch Z Sportmed 53 (2002) 338-344
- 226 Zaciorskij, V.M., Kulik, N.G., Smirnow, J.I.  
Die Wechselbeziehungen zwischen den körperlichen Eigenschaften  
Theorie und Praxis der Körperkultur 19 (1970) 141-157
- 227 Zeiberger, K., Jeschke, D.  
Medizinische Trainingssteuerung im Eisschnellauf  
Praktische Sport-Traumatologie und Sportmedizin 4 (1994) 165-170
- 228 Zimmermann, E., Donike, M.  
Katecholaminbestimmung im Urin – Ein neuer Weg der Trainingssteuerung?  
Sport & Buch Strauss (1988) 52-55

## 8 Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle</b>	<b>Seite</b>
Tab. 1: Anthropometrische Durchschnittsdaten von Motorradweltmeistern der Jahre 1994-2003	13
Tab. 2: Anthropometrische Grunddaten der 23 Probanden	19
Tab. 3: An den Rennstrecken bestimmte kardiovaskuläre, metabolische und biomechanische Parameter	24
Tab. 4: Einzelsensorkalibrierung	29
Tab. 5: Referenzwerte Normalbereich	33
Tab. 6: Im Stufentest erbrachte maximale Leistung, Leistungen An den fixen und individuellen Schwellen sowie die maximalen und Schwellenleistungen pro kg KG	40
Tab. 7: Herzfrequenzen und Laktatwerte aus aerobem Stufentest	41
Tab. 8: Berechnete Kapazitäten und Flussraten aus 96-Sekunden-Test	41
Tab. 9: Ermittelte Maximalkraftwerte im Bankdrücken und maximal erreichte Wiederholungszahl mit 20 kg Auflast	42
Tab. 10: Resultierende Kraft linker und rechter Lenkerstummel, Motorrad stehend	42
Tab. 11: Resultierende Kraft linker und rechter Lenkerstummel, Motorrad fahrend	43
Tab. 12: Herzfrequenzen der Rennen vom Salzburgring, Motodrom Oschersleben und vom Nürburgring	43
Tab. 13: Laktatwerte vor und 2 min. nach den Rennen am Salzburgring, Motodrom Oschersleben, Nürburgring und Hockenheimring	44
Tab. 14: Blutchemische Parameter Natrium und Kalium vor und nach Rennen in Salzburg und Hockenheim	45
Tab. 15: Blutchemische Parameter Calcium und Magnesium vor und nach Rennen in Salzburg und Hockenheim	45
Tab. 16: Blutchemischer Parameter Eisen vor und nach Rennen in Salzburg und Hockenheim	46
Tab. 17: Blutchemische Parameter Triglyceride/Gesamtcholesterin vor und nach Rennen in Salzburg und Hockenheim	46
Tab. 18: Blutchemischer Parameter Glukose vor und nach Rennen in Salzburg und Hockenheim	46
Tab. 19: Blutchemische Parameter Harnstoff und Harnsäure vor und nach Rennen in Salzburg und Hockenheim	47
Tab. 20: Blutchemische Parameter Kreatinin und Bilirubin vor und nach Rennen in Salzburg und Hockenheim	47
Tab. 21: Blutchemische Parameter Creatinkinase und Glutamat-Oxalacetat-Transaminase vor und nach Rennen in Salzburg und Hockenheim	48
Tab. 22: Blutchemische Parameter Glutamat-Pyruvat-Transaminase und Gamma-Glutamyl-Transferase vor und nach Rennen in Salzburg und Hockenheim	48
Tab. 23: Differenzen blutchemischer Parameter von Vor- zu Nachwert	48

<b>Tabelle</b>	<b>Seite</b>	
Tab. 24:	Differenzen blutchemischer Parameter von Vor- zu Nachwert	49
Tab. 25:	Basis- und Belastungswerte für Adrenalin, Noradrenalin, Dopamin	50
Tab. 26:	Quotient der Absolutwerte Adrenalin/Noradrenalin von Basis- und Nachbelastungswert	50
Tab. 27:	Adrenalin µg/ g Kreatinin / Noradrenalin µg/ g Kreatinin	50
Tab. 28:	Dopamin µg/ g Kreatinin	51
Tab. 29:	Rennergebnisse Salzburg und Oschersleben	52
Tab. 30:	Rennergebnisse Nürburg- und Hockenheimring sowie Gesamtplatzierung der acht Saisonrennen	53
Tab. 31:	Signifikanz und r der Rennergebnisse zu den anthropometrischen Daten der Teilnehmer	55
Tab. 32:	Signifikanz und r der Rennergebnisse zu erbrachten Leistungen in Watt aus Stufentest	58
Tab. 33:	Signifikanz und r der Rennergebnisse zu erbrachten relativen Leistungen in Watt aus Stufentest	59
Tab. 34:	Signifikanz und r der Rennergebnisse zu gemessenen Herzfrequenz aus Stufentest	60
Tab. 35:	Signifikanz und r der Rennergebnisse zu gemessenen Laktatwerten aus Stufentest	61
Tab. 36:	Signifikanz und r der Rennergebnisse zu ermittelten Leistungen aus 96-Sekunden-Test	62
Tab. 37:	Signifikanz und r der Rennergebnisse zu ermittelten Leistungen aus 96-Sekunden-Test/KG	63
Tab. 38:	Signifikanz und r der Rennergebnisse zu ermittelten Maximal/Kraftausdauerleistungen im Bankdrücken sowie zu am stehenden Motorrad erhobenen Werten	64
Tab. 39:	Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) zwischen im Labor ermittelten anaeroben Kraftwerten und den am stehenden Motorrad gemessenen Trägheitskräften	65
Tab. 40:	Signifikanz und r der Rennergebnisse Salzburgring zu vor, während und nach dem Rennen ermittelten Laktat- und Herzfrequenzwerten	66
Tab. 41:	Signifikanz und r der Rennergebnisse Oschersleben zu vor, während und nach dem Rennen ermittelten Laktat- und Herzfrequenzwerten	67
Tab. 42:	Signifikanz und r der Rennergebnisse Nürburgring zu vor, während und nach dem Rennen ermittelten Laktat- und Herzfrequenzwerten	68
Tab. 43:	Signifikanz und r der Rennergebnisse Hockenheimring zu nach dem Rennen ermittelten Laktatwerten	68
Tab. 44:	Signifikanz und r der Laktatwerte nach Rennen in Salzburg, Oschersleben, Nürburgring und Hockenheim zu max. im aeroben und anaeroben Ausdauerstest erreichten Laktat	69
Tab. 45:	Signifikanz und r der max. erreichten Herzfrequenz im Rennen in Salzburg, Oschersleben und Nürburgring zu max. im aeroben Ausdauerstest erreichter Herzfrequenz	69
Tab. 46:	Signifikanz und r der Differenz der Laktatanstiege	69

<b>Tabelle</b>	<b>Seite</b>
Tab. 47: Signifikanz und r der absoluten Laktatwerte nach Rennen zu den relativen Veränderungen	70
Tab. 48: Signifikanz und r der absoluten Laktatwerte nach Rennen	70
Tab. 49: Signifikanz und r der max. erreichten Herzfrequenz zur Rennmitte am Nürburgring zu max. ermitteltem Laktat	71
Tab. 50: Signifikanz und r der erreichten Platzierungen der Rennen in Salzburg, Oschersleben, Nürburgring und Hockenheim	71
Tab. 51: Zusammenfassung aller klinisch/metabolischen Werte die ein Signifikanzniveau von 0,05 zur Rennleistung aufweisen	73
Tab. 52: Beziehung der Differenz von Vor- zu Nachwert der entnommenen blutchemischen Parameter zur fahrerischen Leistung in Salzburg und Hockenheim	74
Tab. 53: Signifikanz und r zwischen den Laktat- und Creatinkinaseparametern vom Salzburgring	75
Tab. 54: Signifikanz und r zwischen den Laktat- und Creatinkinaseparametern vom Hockenheimring	75
Tab. 55: Signifikanz und r zwischen den Rennergebnissen Salzburgring und Katecholaminparametern	77



## 9 Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung</b>	<b>Seite</b>	
Abb. 1:	Bildserie der technischen Entwicklung des Motorrades	10
Abb. 2:	Koordinative Fähigkeiten	13
Abb. 3:	Einstellungsmöglichkeiten am Motorrad	14
Abb. 4:	Vortriebsänderung durch Änderung der Schräglage	15
Abb. 5:	Varianten der Linienwahl	16
Abb. 6:	Verwendetes Motorrad	18
Abb. 7:	Max. gemessene Leistung in Watt im Stufentest in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht	20
Abb. 8:	Peakpower in Watt im 96-Sekudentest in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht	20
Abb. 9:	Lenkerstummel in Kalibrierungsvorrichtung	26
Abb. 10:	Größendarstellung DMS	27
Abb. 11:	Lenkerstummel am Motorrad montiert	27
Abb. 12:	Kalibrierung Kanal 1	29
Abb. 13:	Kalibrierung Kanal 2	29
Abb. 14:	Kalibrierung Kanal 3	29
Abb. 15:	Kalibrierung Kanal 4	29
Abb. 16:	Körperposition während des Abbremsvorganges	30
Abb. 17:	Streckenprofil Salzburgring	35
Abb. 18:	Streckenprofil Motodrom Oschersleben	36
Abb. 19:	Streckenprofil Nürburgring	36
Abb. 20:	Streckenprofil Hockenheimring	37
Abb. 21:	Streudiagramm Platzierung und Laktat nach Rennen auf Nürburgring	72
Abb. 22:	Streudiagramm Platzierung und Höhe der Herzfrequenz in der mittleren Rennrunde auf dem Nürburgring	72
Abb. 23:	Streudiagramm schnellste Rennrunde und Höhe der Differenz des CK-Anstieges von Vor- zu Nachwert in Hockenheim	76
Abb. 24:	Streudiagramm Platzierung und Höhe der Differenz des CK-Anstieges von Vor- zu Nachwert in Hockenheim	76
Abb. 25:	Streudiagramm: Platzierung am Nürburg- und am Hocken- heimring	88
Abb. 26:	Streudiagramm: Platzierung in Oschersleben und Hocken- heim	88
Abb. 27:	Streudiagramm: Laktat nach Rennen in Salzburg und Hocken- heim	88
Abb. 28:	Streudiagramm: Prozentualer Laktat- anstieg in Salzburg und Hockenheim	88
Abb. 29:	Streudiagramm: Prozentualer Laktat- und CK-Anstieg in Salzburg ( $r = 0,535$ )	96
Abb. 30:	Streudiagramm: Prozentualer Laktat- und CK-Anstieg in Hockenheim ( $r = 0,095$ )	96

## 10 Anhang

**Tab. I:** Im Stufentest erbrachte Leistung (Watt), bezogen auf die maximal erreichte Leistung, Leistung an den fixen und individuellen Schwellen sowie die maximale und Schwellenleistung pro Kilogramm Körpergewicht

<i>Fahrer</i>	<i>W Max</i>	<i>W AS</i>	<i>W ANS</i>	<i>W IAS</i>	<i>W iANS</i>	<i>W maxkg</i>	<i>W ASkg</i>	<i>W ANSkg</i>	<i>W iASkg</i>	<i>W iANSkg</i>
1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6	216,7	80,6	154,4	118,0	137,0	3,50	1,30	2,50	1,90	2,20
7	183,3	96,5	138,0	86,0	111,0	3,50	1,80	2,60	1,60	2,10
8	188,9	50,0	106,0	108,0	111,0	3,60	1,00	2,00	2,10	2,10
9	150,0	51,2	77,5	51,0	77,0	4,00	1,40	2,10	1,40	2,10
10	250,0	144,0	193,0	128,0	169,0	4,30	2,50	3,30	2,20	2,90
11	216,7	132,0	175,0	116,0	148,0	3,60	2,20	2,90	1,90	2,50
12	212,5	93,8	152,0	103,0	132,0	4,20	1,90	3,00	2,10	2,60
13	186,1	50,0	106,0	99,0	102,0	4,20	1,10	2,40	2,20	2,30
14	266,7	121,0	168,7	101,0	141,0	4,40	2,00	2,80	1,70	2,40
15	258,3	83,7	183,0	145,0	183,0	4,00	1,30	2,80	2,20	2,80
16	275,0	138,0	200,0	143,0	181,0	4,70	2,30	3,40	2,40	3,10
17	250,0	113,0	162,0	90,2	135,0	4,50	2,00	2,90	1,60	2,40
18	275,0	87,5	156,0	102,0	151,0	4,90	1,60	2,90	1,90	2,80
19	225,0	95,5	158,0	105,0	142,0	3,80	1,60	2,70	1,80	2,40
20	275,0	87,5	157,7	102,0	158,0	4,00	1,30	2,30	1,50	2,30
21	216,7	69,5	145,0	119,0	139,0	3,40	1,10	2,30	1,90	2,20
22	225,0	82,9	140,3	50,3	127,0	3,80	1,40	2,30	0,80	2,10
23	275,0	110,0	168,0	51,8	155,0	4,50	1,80	2,80	0,90	2,60
MW	230,3	93,7	152,3	101,0	138,8	4,05	1,64	2,67	1,78	2,44
SD	37,7	28,7	31,0	27,8	27,1	0,44	0,44	0,39	0,43	0,31
Min	150,0	50,0	77,5	50,3	77,0	3,40	1,00	2,00	0,80	2,10
Max	275,0	144,0	200,0	145,0	183,0	4,90	2,50	3,40	2,40	3,10
N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18

**Tab. II:** Herzfrequenzen (S/min) und Laktatwerte (mmol/l) der Probanden bei aerobem Stufentest

<i>Fahrer</i>	<i>Hfmax</i>	<i>HFAS</i>	<i>HFANS</i>	<i>HFiAS</i>	<i>HFiANS</i>	<i>Lamax</i>	<i>LaiAS</i>	<i>LaiANS</i>
1	.	.	.	.	.	.	.	.
2	.	.	.	.	.	.	.	.
3	.	.	.	.	.	.	.	.
4	.	.	.	.	.	.	.	.
5	.	.	.	.	.	.	.	.
6	201,0	130,0	.	156,0	170,0	13,3	2,53	3,11
7	205,0	166,0	193,0	158,0	176,0	9,16	1,79	2,54
8	205,0	112,0	154,0	152,0	155,0	11,7	4,08	4,21
9	197,0	111,0	136,0	.	.	11,2	.	.
10	217,0	163,0	193,0	152,0	179,0	12,6	1,73	2,75
11	198,0	165,0	.	157,0	174,0	9,01	1,69	2,53
12	212,0	143,0	152,0	151,0	174,0	10,1	2,19	3,06
13	204,0	117,0	.	155,0	158,0	13,5	3,72	3,86
14	194,0	131,0	.	121,0	142,0	12,6	1,56	2,67
15	198,0	103,0	172,0	144,0	172,0	10,1	4,00	4,07
16	200,0	139,0	172,0	142,0	163,0	12,4	2,08	3,07
17	196,0	145,0	162,0	133,0	153,0	11,7	1,49	2,78
18	196,0	112,0	158,0	122,0	155,0	12,8	2,32	3,80
19	183,0	126,0	158,0	131,0	150,0	10,2	2,20	3,31
20	193,0	127,0	.	135,0	160,0	10,13	2,31	4,04
21	198,0	112,0	157,0	142,0	153,0	11,7	3,11	3,73
22	195,0	111,0	.	93,0	135,0	11,7	1,06	3,45
23	197,0	115,0	154,0	87,0	145,0	14,2	0,69	3,42
MW	199,4	129,3	163,4	137,1	159,7	11,6	2,27	3,32
SD	7,49	20,2	16,7	21,3	13,0	1,51	0,97	0,56
Min	183,0	103,0	136,0	87,0	135,0	9,01	0,69	2,53
Max	217,0	166,0	193,0	158,0	179,0	14,2	4,08	4,21
N	18	18	12	17	17	18	17	17

**Tab. III:** Berechnete Kapazitäten und Flussraten aus 96-Sekunden-Test

<i>Fahrer</i>	<i>W PEAK</i>	<i>JMAX 5S</i>	<i>KAP ALA</i>	<i>KAP ANA</i>	<i>KAP LA</i>	<i>FLU GES</i>	<i>FLU OX</i>	<i>FLU GLY</i>	<i>MAX LA</i>
1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6	712,0	3423,0	3701,0	10433,0	6732,0	380,0	203,0	177,0	15,7
7	508,0	2482,0	2319,0	6027,0	3708,0	319,0	208,0	111,0	13,3
8	619,0	3022,0	3563,0	7393,0	3830,0	288,0	190,0	98,0	12,9
9	400,0	1894,0	1935,0	5234,0	3299,0	238,0	140,0	98,0	11,1
10	715,0	3240,0	2926,0	11118,0	8192,0	414,0	200,0	214,0	12,8
11	685,0	3278,0	3463,0	8530,0	5067,0	353,0	219,0	134,0	11,1
12	619,0	3022,0	2504,0	8085,0	5581,0	385,0	239,0	146,0	17,4
13	578,0	2536,0	2541,0	8005,0	5464,0	296,0	164,0	132,0	13,3
14	794,0	3496,0	3016,0	10956,0	7940,0	460,0	257,0	203,0	15,0
15	849,0	3682,0	3533,0	10702,0	7169,0	430,0	250,0	180,0	13,0
16	752,0	3693,0	3924,0	8685,0	4761,0	427,0	298,0	129,0	14,5
17	780,0	3630,0	3301,0	10707,0	7406,0	477,0	271,0	206,0	17,2
18	.	.	.	.	.	.	.	.	.
19	.	.	.	.	.	.	.	.	.
20	834,0	3968,0	3713,0	12536,0	8823,0	436,0	232,0	204,0	13,9
21	896,0	4189,0	5738,0	13398,0	7660,0	381,0	197,0	184,0	13,8
22	887,0	3822,0	3983,0	10040,0	6057,0	373,0	218,0	155,0	13,6
23	.	.	.	.	.	.	.	.	.
MW	708,5	3292,8	3344,0	9456,6	6112,6	377,1	219,1	158,1	13,9
SD	142,9	618,7	906,6	2294,9	1754,8	68,1	40,8	40,3	1,85
Min	400,0	1894,0	1935,0	5234,0	3299,0	238,0	140,0	98,0	11,1
Max	896,0	4189,0	5738,0	13398,0	8823,0	477,0	298,0	214,0	17,4
N	15	15	15	15	15	15	15	15	15

**Tab. IV:** Kraftmessung Motorrad stehend, Rohdaten. Angaben in Units

<i>Nummer</i>	<i>Kanal 1</i>	<i>Kanal 2</i>	<i>Kanal 3</i>	<i>Kanal 4</i>
8	-120,0	1489,0	-1624,0	-229,0
9	-242,0	1504,0	-1662,0	-361,0
10	-303,0	1450,0	-1643,0	-389,0
11	-122,0	329,0	-1071,0	-717,0
12	-252,0	618,0	-991,0	-706,0
13	-260,0	652,0	-1078,0	-726,0
14	-386,0	847,0	-895,0	-552,0
15	-354,0	838,0	-996,0	-626,0
16	-399,0	795,0	-1015,0	-725,0
17	-1292,0	1556,0	-1788,0	-1444,0
18	-997,0	1715,0	-1976,0	-1043,0
19	-1171,0	1677,0	-1935,0	-1238,0
20	-85,0	1505,0	-1582,0	-1960,0
21	-371,0	1403,0	-1606,0	-541,0
22	-405,0	1331,0	-1583,0	-589,0
23	-1028,0	1303,0	-1608,0	-1207,0
24	-927,0	1054,0	-1402,0	-1167,0
25	-897,0	1018,0	-1127,0	-1088,0
26	-396,0	859,0	-969,0	-513,0
27	-558,0	770,0	-838,0	-665,0
28	-348,0	629,0	-793,0	-421,0
29	-428,0	1274,0	-1369,0	-588,0
30	-491,0	1366,0	-1537,0	-809,0
31	-460,0	1281,0	-1510,0	-758,0
32	-659,0	1084,0	-1646,0	-750,0
33	-518,0	1199,0	-2021,0	-583,0
34	-671,0	1109,0	-1737,0	-806,0
35	-802,0	1267,0	-1706,0	-1030,0
36	-1036,0	951,0	-1105,0	-1186,0
37	-1190,0	1326,0	-1614,0	-1383,0
38	-1027,0	1802,0	-2048,0	-939,0
39	-963,0	1341,0	-1826,0	-1133,0
40	-654,0	1347,0	-1609,0	-870,0
42	-596,0	1498,0	-1719,0	-985,0
48	-811,0	1492,0	-2029,0	-1052,0
49	-1033,0	1591,0	-2023,0	-1094,0
50	-1156,0	1391,0	-1879,0	-1255,0
51	-1161,0	1413,0	-1829,0	-1222,0
52	-395,0	668,0	-1230,0	-810,0
53	-528,0	818,0	-1307,0	-934,0
54	-548,0	921,0	-1310,0	-910,0

**Tab. V:** Kraftmessung Motorrad stehend. Umgerechnet in Newton mit jeweils resultierender Kraft links und rechts

<i>Nummer</i>	<i>Kraft 1</i>	<i>Kraft 2</i>	<i>Resultierende Links</i>	<i>Kraft 3</i>	<i>Kraft 4</i>	<i>Resultierende Rechts</i>
8	29,3	-155,5	158,2	252,4	39,1	255,4
9	53,7	-157,0	165,9	258,3	59,5	265,1
10	66,0	-151,6	165,3	255,4	63,9	263,2
11	29,7	-38,9	49,0	166,6	114,7	202,3
12	55,8	-68,0	87,9	154,2	113,0	191,2
13	57,4	-71,4	91,6	167,7	116,1	204,0
14	82,6	-91,0	122,9	139,3	89,1	165,4
15	76,2	-90,1	118,0	155,0	100,6	184,8
16	85,2	-85,7	120,9	158,0	115,9	195,9
17	264,1	-162,2	309,9	277,8	227,3	359,0
18	205,0	-178,2	271,6	307,0	165,2	348,6
19	239,8	-174,4	296,5	300,6	195,4	358,5
20	22,3	-157,1	158,7	245,9	34,0	248,2
21	79,6	-146,8	167,0	249,6	87,4	264,5
22	86,4	-139,6	164,2	246,0	94,8	263,7
23	211,2	-136,8	251,6	249,9	190,6	314,3
24	191,0	-111,8	221,3	218,0	184,4	285,5
25	184,9	-108,2	214,2	175,3	172,1	245,7
26	84,6	-92,2	125,1	150,8	83,1	172,2
27	117,0	-83,2	143,6	130,5	106,6	168,5
28	75,0	-69,1	101,9	123,5	68,8	141,4
29	91,0	-133,9	161,9	212,9	94,7	233,0
30	103,6	-143,1	176,7	238,9	128,9	271,5
31	97,4	-134,6	166,1	234,7	121,0	264,1
32	137,3	-114,8	178,9	255,8	119,8	282,5
33	109,0	-126,3	166,9	314,0	93,9	327,7
34	139,7	-117,3	182,4	269,9	128,5	298,9
35	165,9	-133,2	212,8	265,1	163,2	311,3
36	212,8	-101,4	235,7	171,9	187,3	254,2
37	243,6	-139,1	280,5	250,9	217,8	332,2
38	211,0	-186,9	281,9	318,2	149,1	351,4
39	198,2	-140,6	243,0	283,7	179,1	335,5
40	136,3	-141,2	196,2	250,1	138,4	285,8
42	124,7	-156,4	200,0	267,1	156,2	309,4
48	167,7	-155,8	228,9	315,2	166,6	356,5
49	212,2	-165,7	269,2	314,3	173,1	358,8
50	236,8	-145,6	278,0	292,0	198,0	352,8
51	237,8	-147,9	280,0	284,2	192,9	343,5
52	84,4	-73,0	111,6	191,3	129,1	230,8
53	111,0	-88,1	141,7	203,2	148,3	251,6
54	115,0	-98,4	151,4	203,7	144,6	249,8

**Tab. VI:** Kraftmessung Motorrad fahrend. Angaben in Units

<i>Nummer</i>	<i>Kanal 1</i>	<i>Kanal 2</i>	<i>Kanal 3</i>	<i>Kanal 4</i>
9	-626,0	1228,0	-1333,0	-1595,0

**Tab. VII:** Kraftmessung Motorrad fahrend. Umgerechnet in Newton mit jeweils resultierender Kraft links und rechts

<i>Nummer</i>	<i>Kraft 1</i>	<i>Kraft 2</i>	<i>Resultierende Links</i>	<i>Kraft 3</i>	<i>Kraft 4</i>	<i>Resultierende Rechts</i>
9	130,7	-129,3	183,8	207,3	250,7	325,3

**Tab. VIII:** Krafttest Bankdrücken. Angaben in kg bzw. max. Wiederholungszahl

<i>Fahrer</i>	<i>Maximalkraft Bankdrücken</i>	<i>Kraftausdauer Bankdrücken</i>
1	40,0	20
2	35,0	20
3	37,5	20
4	35,0	15
5	20,0	1
6	52,5	30
7	40,0	30
8	37,5	30
9	40,0	35
10	40,0	21
11	50,0	35
12	47,5	59
13	37,5	33
14	42,5	36
15	40,0	20
16	60,0	40
17	62,5	50
18	47,5	36
19	60,0	51
MW	43,4	30,6
SD	10,6	13,9
Min	20,0	1
Max	62,5	59
N	19	19

**Tab. IX:** Laktatwerte (mmol/l) vor und 2 min nach den Rennen Salzburgring, Motodrom Oschersleben, Nürburgring und Hockenheimring

<i>Fahrer</i>	<i>SaLa</i> <i>vo</i>	<i>SaLa</i> <i>na</i>	<i>OsLa</i> <i>vo</i>	<i>OsLa</i> <i>na</i>	<i>NuLa</i> <i>vo</i>	<i>NuLa</i> <i>na</i>	<i>HoLa</i> <i>vo</i>	<i>HoLa</i> <i>na</i>
1	0,82	2,84	1,00	5,50	1,86	6,45	1,50	3,72
2	2,13	4,89	1,40	5,40	1,59	.	1,16	4,94
3	1,94	4,31	1,80	3,60	0,87	.	1,61	5,39
4	1,23	3,49	.	.	.	.	.	.
5	.	.	1,20	8,30	0,95	.	2,13	7,33
6	1,18	2,40	1,40	6,20	1,28	4,90	1,76	3,41
7	1,03	.	1,10	.	1,20	2,19	1,16	3,23
8	1,94	3,21	1,60	3,70	0,94	2,73	1,61	4,44
9	2,39	4,88	1,70	5,40	1,64	.	1,98	4,66
10	3,09	.	2,10	5,80	2,34	.	2,32	7,42
11	1,35	3,28	1,70	6,10	0,72	.	2,07	4,15
12	1,79	3,40	1,80	5,80	1,27	3,27	2,06	4,68
13	2,19	5,35	1,90	5,40	1,52	.	2,05	7,42
14	1,75	3,57	1,50	.	0,87	.	1,67	4,45
15	1,43	2,39	1,10	4,60	1,16	.	1,45	2,84
16	1,55	.	1,60	6,70	1,42	5,27	2,05	5,85
17	1,28	4,96	1,50	3,50	.	3,91	1,45	5,00
18	.	5,31	1,80	9,00	1,71	.	1,34	7,78
19	1,23	.	.	.	2,14	.	1,94	4,55
20	0,95	2,27	1,10	6,00	1,08	3,10	1,56	5,05
21	1,34	2,72	2,20	.	1,61	.	1,79	3,74
22	0,73	.	1,10	6,70	0,88	6,40	1,19	3,09
23	1,06	2,48	1,30	3,10	0,81	4,01	1,33	3,28
MW	1,54	3,63	1,52	5,60	1,33	4,22	1,69	4,84
SD	0,58	1,10	0,35	1,56	0,45	1,49	0,35	1,50
Min	0,73	2,27	1,00	3,10	0,72	2,19	1,16	2,84
Max	3,09	5,35	2,20	9,00	2,34	6,45	2,32	7,78
N	21	17	21	18	21	10	22	22



**Tab. X:** Herzfrequenzen (S/min) bei Rennen auf dem Salzburgring, Motodrom Oschersleben und vom Nürburgring

<i>Fahrer</i>	<i>SaHf</i> <i>1R</i>	<i>SaHf</i> <i>m</i>	<i>SaHf</i> <i>leR</i>	<i>SaHf</i> <i>max</i>	<i>OsHf</i> <i>1R</i>	<i>OsHf</i> <i>m</i>	<i>OsHf</i> <i>leR</i>	<i>OsHf</i> <i>max</i>	<i>NuHf</i> <i>1R</i>	<i>NuHf</i> <i>m</i>	<i>NuHf</i> <i>leR</i>	<i>NuHf</i> <i>max</i>
1	.	.	.	.	181,8	177,8	183,5	193,0	.	.	.	.
2	.	183,9	187,6	197,0	177,7	196,3	203,5	206,0	.	.	.	.
3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4	186,2	184,8	186,7	194,0	.	.	.	.	.	.	.	.
5	.	.	.	.	185,4	195,0	197,8	205,0	175,8	178,5	.	192,0
6	149,7	171,1	169,1	179,0	171,7	190,4	192,4	195,0	165,4	188,4	189,0	196,0
7	182,5	187,2	189,5	198,0	.	.	.	.	.	.	.	.
8	162,6	178,3	183,1	192,0	172,4	188,1	196,2	198,0	159,9	165,9	172,1	178,0
9	181,7	187,0	190,7	197,0	183,1	198,5	200,1	204,0	181,1	194,3	198,5	201,0
10	163,9	196,1	189,6	202,0	187,5	200,2	208,0	212,0	.	.	.	.
11	.	.	.	.	177,6	193,2	204,3	208,0	172,1	192,8	.	204,0
12	171,6	188,6	194,9	201,0	185,4	197,6	197,1	206,0	159,1	176,4	188,1	195,0
13	.	182,2	185,8	195,0	187,9	189,2	196,2	199,0	179,9	184,8	189,4	198,0
14	156,8	174,4	183,5	200,0	160,2	180,2	164,2	187,0	172,9	186,6	187,4	196,0
15	170,1	170,5	169,9	178,0	177,9	190,6	193,6	198,0	.	.	.	.
16	157,0	179,7	189,7	196,0	172,0	195,1	204,8	209,0	167,7	193,4	200,0	204,0
17	172,3	177,9	181,9	189,0	167,3	182,9	184,9	189,0	.	.	.	.
18	167,9	182,4	182,9	190,0	177,9	194,3	201,3	205,0	170,2	185,0	195,0	197,0
19	.	.	.	.	.	.	.	.	167,4	177,9	189,2	198,0
20	177,6	180,2	174,6	189,0	175,6	193,6	195,7	200,0	169,4	175,8	177,8	184,0
21	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
22	178,8	181,4	183,7	193,0	.	.	.	.	.	.	.	.
23	163,2	172,3	174,9	183,0	.	.	.	.	.	.	.	.
MW	169,5	181,1	183,4	192,5	177,6	191,4	195,2	200,9	170,1	183,3	188,7	195,2
SD	10,7	6,77	7,39	7,18	7,66	6,50	10,6	7,25	6,89	8,60	8,57	7,63
Min	150,0	171,0	169,0	178,0	160,0	178,0	164,0	187,0	159,0	166,0	172,0	178,0
Max	186,0	196,0	195,0	202,0	188,0	200,0	208,0	212,0	181,0	194,0	200,0	204,0
N	15	17	17	17	16	16	16	16	12	12	10	12

**Tab. XI:** Natrium (Na) und Kalium (K) vor und nach den Rennen in Salzburg und Hockenheim (Angaben in mmol/l)

<i>Fahrer</i>	<i>SaNa</i> <i>vo</i>	<i>SaNa</i> <i>na</i>	<i>HoNa</i> <i>vo</i>	<i>HoNa</i> <i>na</i>	<i>SaK</i> <i>vo</i>	<i>SaK</i> <i>na</i>	<i>HoK</i> <i>vo</i>	<i>HoK</i> <i>na</i>
1	138,9	138,0	.	.	4,11	4,58	.	.
2	139,4	136,6	139,5	139,0	4,92	4,37	4,94	4,04
3	140,3	139,0	141,4	141,5	4,54	4,26	3,99	4,03
4	138,8	137,5	.	.	3,99	4,46	.	.
5	.	.	139,1	137,7	.	.	4,48	3,87
6	139,9	141,4	141,2	143,2	4,86	5,45	4,59	4,26
7	137,5	143,7	138,8	139,8	4,11	4,03	4,15	4,09
8	142,1	138,0	141,5	141,4	5,29	4,32	5,04	3,89
9	136,9	136,8	140,3	139,0	4,16	3,77	4,23	4,01
10	138,1	137,1	141,2	142,4	5,52	4,34	4,37	3,88
11	.	.	.	.	.	.	.	.
12	137,6	136,3	139,8	139,8	4,52	4,37	4,33	4,57
13	136,3	138,1	139,5	139,1	4,56	4,42	4,94	4,20
14	138,6	138,4	142,1	140,9	4,98	4,72	4,50	4,22
15	140,0	138,7	143,2	140,7	4,45	4,14	4,08	3,99
16	139,8	138,6	141,5	138,8	4,61	4,45	4,20	4,10
17	138,9	140,4	140,0	140,7	4,22	4,53	4,38	4,51
18	139,6	140,3	141,5	140,2	4,55	4,17	4,39	3,88
19	.	.	140,5	137,7	.	.	4,29	3,93
20	139,5	139,0	140,4	141,5	5,14	4,69	4,48	4,09
21	.	.	140,5	141,5	.	.	4,75	4,48
22	.	.	139,7	138,1	.	.	4,63	4,66
23	142,8	139,2	.	.	5,32	4,44	.	.
MW	139,2	138,7	140,6	140,6	4,66	4,41	4,46	4,14
SD	1,63	1,84	1,12	1,57	0,46	0,35	0,30	0,25
Min	136,3	136,3	138,8	137,7	3,99	3,77	3,99	3,87
Max	142,8	143,7	143,2	143,2	5,52	5,45	5,04	4,66
Z	-1,068		-1,438		-1,655		-3,139	
P	0,286		0,151		0,098		0,002	
N	18	18	19	19	18	18	19	19

**Tab. XII:** Calcium (Ca) (mmol/l) und Magnesium (Mg) (mg/dl) vor und nach den Rennen in Salzburg und Hockenheim

<i>Fahrer</i>	<i>SaCa</i> <i>vo</i>	<i>SaCa</i> <i>na</i>	<i>HoCa</i> <i>vo</i>	<i>HoCa</i> <i>na</i>	<i>SaMg</i> <i>vo</i>	<i>SaMg</i> <i>na</i>	<i>HoMg</i> <i>vo</i>	<i>HoMg</i> <i>na</i>
1	2,52	2,60	.	.	2,12	2,43	.	.
2	2,41	2,45	2,48	2,40	2,07	1,93	2,11	2,02
3	2,49	2,64	2,46	2,49	2,31	1,97	1,91	2,07
4	2,45	2,51	.	.	2,58	2,41	.	.
5	.	.	2,33	2,42	.	.	2,01	2,04
6	2,50	2,59	2,52	2,45	2,11	2,13	2,21	1,92
7	2,57	2,49	2,46	2,44	2,01	2,02	1,83	1,87
8	2,53	2,50	2,65	2,46	2,57	2,34	2,29	2,22
9	2,47	2,46	2,47	2,48	2,18	1,98	2,16	2,19
10	2,52	2,45	2,44	2,45	2,09	2,11	2,30	2,10
11	.	.	.	.	.	.	.	.
12	2,52	2,61	2,49	2,54	2,03	2,21	2,21	2,04
13	2,43	2,40	2,50	2,42	2,25	2,12	2,18	2,16
14	2,51	2,58	2,49	2,51	2,40	2,37	2,30	2,23
15	2,55	2,46	2,54	2,58	2,25	2,10	1,90	1,65
16	2,53	2,63	2,65	2,63	2,20	2,28	2,24	1,98
17	2,49	2,58	2,48	2,46	2,19	2,05	2,22	2,14
18	2,44	2,57	2,48	2,60	2,14	2,07	2,10	1,95
19	.	.	2,37	2,33	.	.	2,06	2,15
20	2,44	2,47	2,40	2,50	2,21	2,29	2,19	2,13
21	.	.	2,37	2,49	.	.	2,35	2,15
22	.	.	2,46	2,38	.	.	2,12	2,17
23	2,49	2,46	.	.	2,77	2,32	.	.
MW	2,49	2,53	2,48	2,48	2,25	2,17	2,14	2,06
SD	0,05	0,08	0,08	0,08	0,21	0,16	0,15	0,14
Min	2,41	2,40	2,33	2,33	2,01	1,93	1,83	1,65
Max	2,57	2,64	2,65	2,63	2,77	2,47	2,35	2,23
Z	-1,812		-0,161		-1,634		-2,315	
P	0,070		0,872		0,102		0,021	
N	18	18	19	19	18	18	19	19

**Tab. XIII:** Eisen (Fe) in µg/dl und Glukose (GLU) in mg/dl vor und nach den Rennen in Salzburg und Hockenheim

<i>Fahrer</i>	<i>SaFe</i> <i>vo</i>	<i>SaFe</i> <i>na</i>	<i>HoFe</i> <i>vo</i>	<i>HoFe</i> <i>na</i>	<i>SaGLU</i> <i>vo</i>	<i>SaGLU</i> <i>na</i>	<i>HoGLU</i> <i>vo</i>	<i>HoGLU</i> <i>na</i>
1	161,0	213,0	.	.	82,0	90,0	.	.
2	66,0	152,0	120,0	93,0	102,0	110,0	102,0	153,0
3	74,0	202,0	72,0	59,0	102,0	127,0	88,0	88,0
4	25,0	142,0	.	.	112,0	88,0	.	.
5	.	.	132,0	161,0	.	.	88,0	114,0
6	107,0	91,0	108,0	72,0	90,0	96,0	94,0	111,0
7	57,0	110,0	91,0	66,0	98,0	97,0	103,0	130,0
8	117,0	44,0	97,0	97,0	100,0	75,0	99,0	100,0
9	79,0	65,0	41,0	96,0	94,0	136,0	96,0	150,0
10	120,0	200,0	.	.	93,0	78,0	87,0	132,0
11	.	.	.	.	.	.	.	.
12	66,0	62,0	56,0	42,0	107,0	109,0	102,0	152,0
13	113,0	93,0	106,0	153,0	81,0	96,0	89,0	108,0
14	76,0	142,0	80,0	97,0	98,0	72,0	90,0	91,0
15	110,0	60,0	80,0	125,0	71,0	94,0	91,0	101,0
16	52,0	142,0	87,0	173,0	100,0	101,0	92,0	126,0
17	135,0	142,0	87,0	124,0	70,0	138,0	94,0	127,0
18	95,0	161,0	98,0	120,0	103,0	75,0	93,0	120,0
19	.	.	83,0	84,0	.	.	92,0	105,0
20	190,0	107,0	43,0	39,0	119,0	144,0	100,0	122,0
21	.	.	.	.	.	.	96,0	136,0
22	.	.	135,0	240,0	.	.	108,0	118,0
23	124,0	128,0	.	.	96,0	96,0	.	.
MW	98,2	125,3	89,2	108,3	95,4	101,2	95,0	120,2
SD	40,9	50,6	27,1	51,8	13,0	22,2	6,00	19,3
Min	25,0	44,0	41,0	39,0	70,0	72,0	87,0	88,0
Max	190,0	213,0	135,0	240,0	119,0	144,0	108,0	153,0
Z	-1,568		-1,758		-0,782		-3,725	
P	0,117		0,079		0,434		0,000	
N	18	18	17	17	18	18	19	19

**Tab. XIV:** Triglyceride (TRIG) und Gesamtcholesterin (CHOL) vor und nach den Rennen in Salzburg und Hockenheim (Angaben in mg/dl)

Fahrer	SaTRIG	SaTRIG	HoTRIG	HoTRIG	SaCHOL	SaCHOL	HoCHOL	HoCHOL
	vo	na	vo	na	vo	na	vo	na
1	43,0	53,0	.	.	190,0	187,0	.	.
2	81,0	121,0	152,0	81,0	157,0	150,0	164,0	149,0
3	99,0	83,0	53,0	42,0	153,0	155,0	146,0	122,0
4	245,0	144,0	.	.	190,0	172,0	.	.
5	.	.	104,0	90,0	.	.	223,0	209,0
6	69,0	62,0	54,0	55,0	163,0	169,0	179,0	167,0
7	68,0	59,0	45,0	64,0	197,0	175,0	182,0	164,0
8	50,0	66,0	62,0	64,0	179,0	154,0	193,0	156,0
9	52,0	48,0	63,0	49,0	201,0	180,0	218,0	176,0
10	86,0	66,0	81,0	59,0	184,0	167,0	178,0	168,0
11	.	.	.	.	.	.	.	.
12	89,0	65,0	55,0	73,0	195,0	190,0	152,0	160,0
13	41,0	31,0	29,0	54,0	190,0	163,0	172,0	164,0
14	38,0	50,0	27,0	36,0	163,0	146,0	147,0	139,0
15	111,0	50,0	104,0	77,0	149,0	134,0	141,0	138,0
16	71,0	63,0	86,0	61,0	181,0	156,0	167,0	149,0
17	99,0	76,0	41,0	52,0	214,0	203,0	155,0	138,0
18	68,0	73,0	59,0	46,0	175,0	153,0	165,0	152,0
19	.	.	67,0	66,0	.	.	173,0	152,0
20	86,0	74,0	62,0	61,0	203,0	173,0	181,0	149,0
21	.	.	60,0	44,0	.	.	132,0	114,0
22	.	.	90,0	62,0	.	.	183,0	160,0
23	58,0	44,0	.	.	150,0	130,0	.	.
MW	80,8	68,2	68,1	59,8	179,7	164,2	171,1	154,0
SD	46,2	26,9	29,7	13,9	19,8	19,1	23,8	20,5
Min	38,0	31,0	27,0	36,0	149,0	130,0	132,0	114,0
Max	245,0	144,0	152,0	90,0	214,0	203,0	223,0	209,0
Z	-1,786		-1,490		-3,507		-3,705	
P	0,074		0,136		0,000		0,000	
N	18	18	19	19	18	18	19	19

**Tab. XV:** Harnstoff (HST) und Harnsäure (HSA) vor und nach den Rennen in Salzburg und Hockenheim (Angaben in mg/dl)

<i>Fahrer</i>	<i>SaHST</i>	<i>SaHST</i>	<i>HoHST</i>	<i>HoHST</i>	<i>SaHSA</i>	<i>SaHSA</i>	<i>HoHSA</i>	<i>HoHSA</i>
	<i>vo</i>	<i>na</i>	<i>vo</i>	<i>na</i>	<i>vo</i>	<i>na</i>	<i>vo</i>	<i>na</i>
1	31,8	45,2	.	.	5,97	7,12	.	.
2	31,0	26,5	24,2	29,3	5,65	6,33	4,93	3,38
3	38,5	24,4	23,9	30,1	7,56	7,24	4,63	2,92
4	47,5	48,8	.	.	8,83	7,92	.	.
5	.	.	33,9	34,4	.	.	6,48	3,08
6	30,5	23,0	20,7	31,0	5,55	6,15	5,17	5,19
7	32,8	29,4	26,6	35,8	4,65	5,21	4,06	2,94
8	33,7	25,3	23,4	20,3	7,17	7,59	5,91	6,09
9	37,7	20,3	22,2	23,4	4,65	4,08	3,17	4,62
10	23,0	33,3	21,8	17,8	7,51	8,92	2,51	2,92
11	.	.	.	.	.	.	.	.
12	36,8	43,2	25,4	26,9	5,52	6,55	2,56	5,27
13	62,2	47,1	49,8	40,7	6,03	7,75	3,42	5,61
14	20,6	17,5	15,7	16,3	6,34	5,99	3,45	5,39
15	27,5	26,5	24,5	27,0	6,61	6,01	5,26	5,20
16	34,5	26,5	26,9	27,2	4,00	5,53	4,38	2,83
17	42,5	40,7	23,3	27,9	4,52	5,54	5,50	2,53
18	34,3	38,8	35,0	34,3	3,79	3,40	4,87	5,01
19	.	.	29,7	25,8	.	.	5,44	5,48
20	39,5	34,2	34,7	26,1	6,57	7,43	5,20	6,14
21	.	.	20,3	24,8	.	.	2,99	5,79
22	.	.	34,2	29,3	.	.	5,64	4,47
23	42,6	40,2	.	.	6,72	7,52	.	.
MW	35,9	32,8	27,2	27,8	5,98	6,46	4,50	4,47
SD	9,39	9,77	7,69	6,06	1,34	1,39	1,18	1,27
Min	20,6	17,5	15,7	16,3	3,79	3,40	2,51	2,53
Max	62,2	48,8	49,8	40,7	8,83	8,92	6,48	6,14
Z	-1,612		-0,724		-2,352		-0,080	
P	0,107		0,469		0,019		0,936	
N	18	18	19	19	18	18	19	19

**Tab. XVI:** Kreatinin (CRE) und Bilirubin (BILI) vor und nach den Rennen in Salzburg und Hockenheim (Angaben in mg/dl)

<i>Fahrer</i>	<i>SaBILI</i>		<i>HoBILI</i>		<i>SaCRE</i>		<i>HoCRE</i>	
	<i>vo</i>	<i>na</i>	<i>vo</i>	<i>na</i>	<i>vo</i>	<i>na</i>	<i>vo</i>	<i>na</i>
1	0,79	0,85	.	.	1,12	1,20	.	.
2	0,39	0,78	0,53	0,38	1,01	0,97	1,14	1,10
3	0,35	0,91	0,23	0,24	1,26	1,23	1,17	1,24
4	0,73	0,83	.	.	1,23	1,29	.	.
5	.	.	0,64	0,59	.	.	1,50	1,31
6	2,45	2,14	2,35	1,81	1,02	0,99	1,10	1,06
7	0,56	0,80	0,65	0,31	0,95	0,98	1,00	0,91
8	1,32	0,90	0,98	0,82	1,05	1,01	1,23	1,09
9	0,63	0,38	0,29	0,23	0,77	0,87	0,87	1,00
10	0,87	1,19	0,65	0,92	0,96	0,97	1,18	1,15
11	.	.	.	.	.	.	.	.
12	0,42	0,42	0,49	0,15	1,00	1,05	1,32	1,17
13	0,50	0,60	0,56	0,61	0,95	0,83	1,10	1,06
14	0,91	1,10	0,71	0,59	1,53	0,99	1,10	1,04
15	0,79	0,52	0,49	0,57	1,13	1,11	1,22	1,11
16	0,60	0,85	0,64	0,88	1,17	1,24	1,31	1,51
17	0,76	0,58	0,53	0,40	0,98	1,16	1,03	1,09
18	0,76	0,83	0,78	0,53	0,96	1,03	1,11	1,15
19	.	.	0,50	0,34	.	.	1,08	1,01
20	1,23	1,01	0,97	0,40	1,17	1,16	1,15	1,24
21	.	.	0,45	0,99	.	.	1,14	1,21
22	.	.	1,10	1,24	.	.	1,27	1,13
23	1,22	1,13	.	.	1,36	1,33	.	.
MW	0,85	0,88	0,71	0,63	1,09	1,08	1,16	1,14
SD	0,49	0,39	0,45	0,41	0,18	0,14	0,14	0,13
Min	0,35	0,38	0,23	0,15	0,77	0,83	0,87	0,91
Max	2,45	2,14	2,35	1,81	1,53	1,33	1,50	1,51
Z	-0,379		-1,409		-0,589		-0,907	
P	0,705		0,159		0,556		0,364	
N	18	18	19	19	18	18	19	19

**Tab. XVII:** Kreatinkinase (CK) und Glutamat-Oxalacetat-Transaminase (GOT) vor und nach den Rennen in Salzburg und Hockenheim (Angaben in U/l)

<i>Fahrer</i>	SaCK <i>vo</i>	SaCK <i>na</i>	HoCK <i>vo</i>	HoCK <i>na</i>	SaGOT <i>vo</i>	SaGOT <i>na</i>	HoGOT <i>vo</i>	HoGOT <i>na</i>
1	178,0	633,0	.	.	11,6	14,2	.	.
2	113,0	413,0	111,0	380,0	10,5	21,2	15,9	16,1
3	199,0	725,0	160,0	223,0	7,50	26,8	11,6	7,80
4	189,0	468,0	.	.	15,2	30,3	.	.
5	.	.	137,0	463,0	.	.	18,5	27,6
6	226,0	235,0	86,0	176,0	11,0	15,5	10,8	14,9
7	241,0	437,0	168,0	436,0	10,8	35,2	20,2	33,0
8	269,0	323,0	129,0	294,0	14,3	23,0	17,4	25,2
9	166,0	266,0	108,0	207,0	6,60	17,3	12,3	17,5
10	171,0	765,0	171,0	365,0	14,1	38,3	17,1	10,9
11	.	.	.	.	.	.	.	.
12	163,0	504,0	877,0	475,0	15,8	27,0	42,0	29,0
13	117,0	206,0	144,0	431,0	11,0	10,8	11,6	19,2
14	132,0	253,0	83,0	252,0	11,1	15,2	10,8	14,5
15	139,0	249,0	114,0	223,0	20,7	15,2	9,80	6,60
16	362,0	646,0	228,0	1760,0	18,8	20,8	16,6	41,4
17	275,0	1021,0	582,0	959,0	20,4	35,6	19,9	3,40
18	182,0	432,0	178,0	503,0	20,8	29,3	21,3	33,4
19	.	.	131,0	316,0	.	.	16,7	13,8
20	185,0	819,0	228,0	365,0	12,7	25,6	15,3	18,4
21	.	.	190,0	721,0	.	.	16,6	30,7
22	.	.	225,0	690,0	.	.	20,5	27,9
23	371,0	733,0	.	.	15,7	24,8	.	.
MW	204,3	507,1	213,2	486,3	13,8	23,7	17,1	20,6
SD	74,8	238,9	193,6	366,9	4,31	8,09	7,03	10,4
Min	113,0	206,0	83,0	176,0	6,60	10,8	9,80	3,40
Max	371,0	1021,0	877,0	1760,0	20,8	38,3	42,0	41,4
Z	-3,724		-3,179		-3,419		-1,610	
P	0,000		0,001		0,001		0,107	
N	18	18	19	19	18	18	19	19



**Tab. XVIII:** Glutamat-Pyruvat-Transaminase (GPT) und Gamma-Glutamyl-Transferase (GGT) vor und nach den Rennen in Salzburg und Hockenheim (Angaben in U/l)

<i>Fahrer</i>	<i>SaGPT</i>	<i>SaGPT</i>	<i>HoGPT</i>	<i>HoGPT</i>	<i>SaGGT</i>	<i>SaGGT</i>	<i>HoGGT</i>	<i>HoGGT</i>
	<i>vo</i>	<i>na</i>	<i>vo</i>	<i>na</i>	<i>vo</i>	<i>na</i>	<i>vo</i>	<i>na</i>
1	9,10	7,80	.	.	20,8	17,7	.	.
2	13,4	14,9	14,5	10,7	8,60	8,20	10,4	9,50
3	15,9	23,8	10,3	14,0	21,6	21,9	17,3	17,8
4	24,9	32,9	.	.	17,0	15,9	.	.
5	.	.	17,3	16,7	.	.	16,7	19,2
6	10,1	13,5	10,3	9,30	7,70	12,7	8,80	6,80
7	21,8	19,1	11,1	15,4	19,7	22,4	28,2	12,2
8	9,50	13,0	8,90	10,8	34,7	25,2	14,6	20,9
9	11,9	12,4	9,20	12,8	22,2	12,5	12,9	14,4
10	11,7	11,6	9,60	8,00	13,7	31,9	11,2	12,9
11	.	.	.	.	.	.	.	.
12	13,2	15,4	21,5	17,1	15,4	16,2	32,3	16,6
13	10,1	9,50	7,6	9,10	10,4	10,4	12,1	11,4
14	5,50	6,90	7,10	6,90	10,9	10,1	14,3	9,80
15	10,8	8,00	11,3	12,9	21,2	15,8	15,9	12,4
16	14,1	13,5	7,90	9,30	11,6	11,0	13,5	12,8
17	39,1	42,1	23,8	6,70	31,6	29,9	19,3	24,1
18	20,6	21,1	19,1	22,1	18,6	12,9	23,1	12,2
19	.	.	15,7	14,3	.	.	15,9	19,5
20	18,1	17,6	17,7	14,1	19,1	18,8	16,8	17,0
21	.	.	9,70	12,8	.	.	8,50	9,30
22	.	.	19,3	17,7	.	.	20,8	18,8
23	14,6	13,7	.	.	10,5	11,4	.	.
MW	15,2	16,5	13,3	12,7	17,5	16,9	16,5	14,6
SD	7,72	9,01	5,16	4,07	7,43	6,89	6,22	4,62
Min	5,50	6,90	7,10	6,70	7,70	8,20	8,50	6,80
Max	39,1	42,1	23,8	22,1	34,7	31,9	32,3	24,1
Z	-1,329		-0,081		-1,112		-0,684	
P	0,184		0,936		0,266		0,494	
N	18	18	19	19	18	18	19	19

**Tab. IXX:** Basis- und Belastungswert von Adrenalin und Noradrenalin aus 24-Stunden-Urin ( $\mu\text{g/l}$ ) bei Rennen in Salzburg

<i>Rennfahrer</i>	<i>Adrenalin Basiswert <math>\mu\text{g/l}</math></i>	<i>Adrenalin Belastungswert <math>\mu\text{g/l}</math></i>	<i>Noradrenalin Basiswert <math>\mu\text{g/l}</math></i>	<i>Noradrenalin Belastungswert <math>\mu\text{g/l}</math></i>
1	.	.	.	.
2	3,00	12,8	24,0	55,0
3	.	.	.	.
4	.	.	.	.
5	.	.	.	.
6	1,50	2,70	14,6	12,0
7	1,30	10,8	22,6	63,0
8	2,80	10,6	148,1	114,0
9	1,80	2,00	27,8	76,5
10	1,60	20,0	21,0	101,6
11	.	.	.	.
12	.	.	.	.
13	4,00	34,6	22,4	84,2
14	2,60	8,20	53,5	73,4
15	6,20	24,8	74,3	159,0
16	3,90	5,50	28,9	17,2
17	6,00	30,3	36,8	119,4
18	5,20	17,5	47,5	50,4
19	.	.	.	.
20	5,70	16,2	60,2	72,7
21	.	.	.	.
22	.	.	.	.
23	.	.	.	.
MW	3,51	15,1	44,8	76,8
SD	3,11	3,82	26,6	6,86
Min	1,30	2,0	14,6	12,0
Max	6,20	34,6	148,1	119,4
N	13	13	13	13

**Tab. XX:** Basis- und Belastungswert von Dopamin ( $\mu\text{g/l}$ ) und Kreatinin ( $\text{g/l}$ ) aus 24-Stunden-Urin bei Rennen in Salzburg

<i>Rennfahrer</i>	<i>Dopamin Basiswert <math>\mu\text{g/l}</math></i>	<i>Dopamin Belastungswert <math>\mu\text{g/l}</math></i>	<i>Kreatinin Basiswert <math>\text{g/l}</math></i>	<i>Kreatinin Belastungswert <math>\text{g/l}</math></i>
1	.	.	.	.
2	161,0	272,0	0,68	1,12
3	.	.	.	.
4	.	.	.	.
5	.	.	.	.
6	100,0	66,0	0,69	0,53
7	238,0	324,0	1,02	1,45
8	801,0	572,0	2,46	1,79
9	318,0	1471,0	0,46	1,10
10	208,0	454,0	0,54	1,20
11	.	.	.	.
12	.	.	.	.
13	173,0	356,0	0,62	1,42
14	432,0	468,0	2,06	1,63
15	414,0	520,0	1,82	2,48
16	222,0	90,0	1,03	0,34
17	209,0	466,0	0,60	1,29
18	331,0	295,0	1,49	0,94
19	.	.	.	.
20	469,0	743,0	2,43	2,15
21	.	.	.	.
22	.	.	.	.
23	.	.	.	.
MW	319,9	455,7	1,24	1,37
SD	115,9	28,9	0,35	0,23
Min	100,0	66,0	0,46	0,34
Max	801,0	1471,0	2,46	2,48
N	13	13	13	13

**Tab. XXI:** Adrenalin  $\mu\text{g/g}$  Kreatinin / Noradrenalin  $\mu\text{g/g}$  Kreatinin bei Rennen in Salzburg

<i>Rennfahrer</i>	<i>Adrenalin <math>\mu\text{g/g}</math> Kreatinin Basiswert</i>	<i>Adrenalin <math>\mu\text{g/g}</math> Kreatinin Nachbelastungswert</i>	<i>Nordrenalin <math>\mu\text{g/g}</math> Kreatinin Basiswert</i>	<i>Noradrenalin <math>\mu\text{g/g}</math> Kreatinin Nachbelastungswert</i>
1	.	.	.	.
2	4,41	11,4	35,3	49,1
3	.	.	.	.
4	.	.	.	.
5	.	.	.	.
6	2,17	5,09	21,2	22,6
7	1,27	7,45	22,2	43,5
8	1,14	5,92	60,2	63,7
9	3,91	1,82	60,4	69,6
10	2,96	16,7	38,9	84,7
11	.	.	.	.
12	.	.	.	.
13	6,45	24,4	36,1	59,3
14	1,26	5,03	26,0	45,0
15	3,41	10,0	40,8	64,1
16	3,79	16,2	28,1	50,6
17	10,0	23,5	61,3	92,6
18	3,49	18,6	31,9	53,6
19	.	.	.	.
20	2,35	7,53	24,8	33,8
21	.	.	.	.
22	.	.	.	.
23	.	.	.	.
MW	3,59	11,8	37,4	56,5
SD	0,71	0,07	2,12	6,36
Min	1,10	1,80	61,0	23,0
Max	10,0	24,4	25,0	93,0
N	13	13	13	13

**Tab. XXII:** Dopamin  $\mu\text{g/g}$  Kreatinin bei Rennen in Salzburg

<i>Rennfahrer</i>	<i>Dopamin <math>\mu\text{g/g}</math> Kreatinin Basiswert</i>	<i>Dopamin <math>\mu\text{g/g}</math> Kreatinin Nachbelastungswert</i>
1	.	.
2	236,8	242,9
3	.	.
4	.	.
5	.	.
6	144,9	124,5
7	233,3	223,5
8	325,6	319,6
9	691,3	1337,3
10	385,2	378,3
11	.	.
12	.	.
13	279,0	250,7
14	209,7	287,1
15	227,5	209,7
16	215,5	264,7
17	348,3	361,2
18	222,2	313,8
19	.	.
20	193,0	345,6
21	.	.
22	.	.
23	.	.
MW	285,5	358,5
SD	28,3	87,0
Min	145,0	125,0
Max	691,0	1337,0
N	13	13

**Tab. XXIII:** Quotient Adrenalin/Noradrenalin ( $\mu\text{g/l}$ ) von Basis- und Nachbelastungswert bei Rennen in Salzburg

<i>Fahrer</i>	<i>Quotient</i>		<i>Anstieg in %</i>
	<i>Adrenalin/Noradrenalin Basiswert (<math>\mu\text{g/l}</math>)</i>	<i>Adrenalin/Noradrenalin Nachbelastungswert (<math>\mu\text{g/l}</math>)</i>	
1	.	.	
2	0,13	0,23	76,9
3	.	.	
4	.	.	
5	.	.	
6	0,10	0,23	130,0
7	0,06	0,17	183,3
8	0,02	0,09	350,0
9	0,06	0,03	-50,0
10	0,08	0,20	150,0
11	.	.	
12	.	.	
13	0,18	0,41	127,8
14	0,05	0,11	120,0
15	0,08	0,16	100,0
16	0,13	0,32	146,2
17	0,16	0,25	56,3
18	0,11	0,35	218,2
19	.	.	
20	0,09	0,22	144,4
21	.	.	
22	.	.	
23	.	.	
MW	0,10	0,21	134,9
SD	0,03	0,04	27,50
Min	0,02	0,03	-50,00
Max	0,16	0,35	350,0
N	13	13	13

**Tab. XXIV:** Basis- und Belastungswerte für Adrenalin, Noradrenalin, Dopamin bei Rennen in Salzburg. Angaben absolut ( $\mu\text{g}$ )

<i>Fahrer</i>	<i>Adrenalin Basis absolut</i>	<i>Adrenalin Belastung absolut</i>	<i>N-Adrenalin Basis absolut</i>	<i>N-Adrenalin Belastung absolut</i>	<i>Dopamin Basis absolut</i>	<i>Dopamin Belastung absolut</i>
1	.	.	.	.	.	.
2	3,96	13,4	31,7	57,8	212,5	285,6
3	.	.	.	.	.	.
4	.	.	.	.	.	.
5	.	.	.	.	.	.
6	2,94	6,21	28,6	27,6	196,0	151,8
7	1,26	7,02	21,9	41,0	230,9	210,6
8	1,88	6,36	99,2	68,4	536,7	343,2
9	2,21	0,78	34,2	29,8	391,1	573,7
10	3,20	13,0	42,0	66,0	416,0	295,1
11	.	.	.	.	.	.
12	.	.	.	.	.	.
13	7,52	42,2	42,1	102,7	325,2	434,3
14	2,96	6,56	61,0	58,7	492,5	374,4
15	4,34	6,94	52,0	44,5	289,8	145,6
16	7,53	15,6	55,8	48,7	428,5	254,7
17	7,98	30,9	48,9	121,8	278,0	475,3
18	5,25	14,5	48,0	41,8	334,3	244,9
19	.	.	.	.	.	.
20	4,33	9,56	45,8	42,9	356,4	438,4
21	.	.	.	.	.	.
22	.	.	.	.	.	.
23	.	.	.	.	.	.
MW	4,26	13,3	47,0	57,8	345,2	325,2
SD	2,23	11,4	19,3	27,4	105,5	129,5
Min	1,26	0,78	21,9	27,6	196,0	151,8
Max	7,98	42,2	99,2	121,8	536,7	573,7
N	13	13	13	13	13	13

**Tab. XXV:** Quotient der Absolutwerte Adrenalin/Noradrenalin von Basis- und Nachbelastungswert bei Rennen in Salzburg

<i>Fahrer</i>	<i>Quotient Adrenalin/Noradrenalin Basiswert</i>	<i>Quotient Adrenalin/Noradrenalin Nachbelastungswert</i>
1	.	.
2	0,13	0,23
3	.	.
4	.	.
5	.	.
6	0,10	0,23
7	0,06	0,17
8	0,02	0,09
9	0,06	0,03
10	0,08	0,20
11	.	.
12	.	.
13	0,18	0,41
14	0,05	0,11
15	0,08	0,16
16	0,13	0,32
17	0,16	0,25
18	0,11	0,35
19	.	.
20	0,09	0,22
21	.	.
22	.	.
23	.	.
MW	0,10	0,21
SD	0,05	0,11
Min	0,02	0,03
Max	0,18	0,41
N	13	13



**Tab. XXVI:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) der Renn-Ergebnisse Salzburgring zu während und nach dem Rennen ermittelten Herzfrequenz- und Laktatwerten

		<i>Salzburg Platzierung</i>	<i>Salzburg Rennen schnellste Runde</i>
Laktat vor Rennen	Korrelation	-,175	-,318
	Signifikanz	,460	,171
	N	20	20
Laktat nach Rennen	Korrelation	-,326	-,372
	Signifikanz	,202	,142
	N	17	17
HF in der ersten Renrunde	Korrelation	,120	,183
	Signifikanz	,669	,514
	N	15	15
HF in der mittleren Renrunde	Korrelation	-,141	-,205
	Signifikanz	,589	,430
	N	17	17
HF in der letzten Renrunde	Korrelation	-,287	-,321
	Signifikanz	,264	,209
	N	17	17
Maximale Hf im Rennen	Korrelation	-,312	-,412
	Signifikanz	,223	,101
	N	17	17

**Tab. XXVII:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) der Renn-ergebnisse Oschersleben zu während und nach dem Rennen ermittelten Herzfrequenz- und Laktatwerten

		<i>Oschersleben Platzierung</i>	<i>Oschersleben Rennen schnellste Runde</i>
OsLavo	Korrelation	,223	,171
	Signifikanz	,332	,458
	N	21	21
OsLana	Korrelation	-,247	-,422
	Signifikanz	,322	,081
	N	18	18
OsHf1R	Korrelation	,111	,127
	Signifikanz	,682	,639
	N	16	16
OsHfM	Korrelation	-,085	-,077
	Signifikanz	,755	,777
	N	16	16
OsHfleR	Korrelation	-,138	-,142
	Signifikanz	,610	,600
	N	16	16
OsHfmax	Korrelation	-,226	-,216
	Signifikanz	,401	,422
	N	16	16

**Tab. XXVIII:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) der Rennergebnisse Nürburgring zu während und nach dem Rennen ermittelten Herzfrequenz- und Laktatwerten

		<i>Nürburgring Platzierung</i>	<i>Nürburgring Rennen schnellste Runde</i>
NüLavo	Korrelation	-,030	-,052
	Signifikanz	,913	,842
	N	16	17
NüLana	Korrelation	<b>-,813(**)</b>	<b>-,728(*)</b>
	Signifikanz	,008	,026
	N	9	9
NüHf1R	Korrelation	<b>-,683(*)</b>	<b>-,674(*)</b>
	Signifikanz	,030	,023
	N	10	11
NüHfM	Korrelation	<b>-,733(*)</b>	<b>-,677(*)</b>
	Signifikanz	,016	,022
	N	10	11
NüHfleR	Korrelation	-,487	-,445
	Signifikanz	,153	,198
	N	10	10
NüHfmax	Korrelation	-,397	-,348
	Signifikanz	,256	,294
	N	10	11

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

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

**Tab. XXIX:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) der Laktatwerte nach Rennen in Salzburg, Oschersleben, Nürburgring und Hockenheim zu max. im aeroben und anaeroben Ausdauerstest erreichtem Laktat

		<i>SaLana</i>	<i>OsLana</i>	<i>NuLana</i>	<i>HoLana</i>
Max. Laktat im aeroben Test	Korrelation	,151	-,053	,548	,360
	Signifikanz	,638	,858	,160	,142
	N	12	14	8	18
Max. Laktat im anaeroben Test	Korrelation	-,022	-,122	,099	-,020
	Signifikanz	,949	,705	,832	,945
	N	11	12	7	15

**Tab. XXX:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) der Laktatwerte nach Rennen sowie des prozentualen Anstieges von Vor- zu Nachwert von Oschersleben und Nürburgring

		<i>OsLana</i>	<i>OsLaDif</i>
Nürburgring Laktat nach Rennen	Korrelation	,491	,665
	Signifikanz	,216	,072
	N	8	8
Nürburgring Laktat Differenz	Korrelation	,148	,371
	Signifikanz	,726	,366
	N	8	8

**Tab. XXXI:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) der max. erreichten Herzfrequenz im Rennen in Salzburg, Oschersleben und Nürburgring zu max. im aeroben Ausdauerstest erreichter Herzfrequenz

		<i>SaHfmax</i>	<i>OsHfmax</i>	<i>NüHfmax</i>
Max. Herz- frequenz Stufentest	Korrelation	,460	,510	-,146
	Signifikanz	,084	,075	,669
	N	15	13	11

**Tab. XXXII:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) der max. erreichten Herzfrequenz zur Rennmitte am Nürburgring zu max. nach dem selben Rennen ermittelten Laktat

		<i>Nü max. Hf Rennmitte</i>
Laktat nach Rennen Nürburgring	Korrelation	<b>,972**</b>
	Signifikanz	,006
	N	5

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

**Tab. XXXIII:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) der erreichten Platzierungen der Rennen in Salzburg, Oschersleben, Nürburgring und Hockenheim

		<i>Hockenheim Platzierung</i>	<i>Salzburg Platzierung</i>	<i>Oschersleben Platzierung</i>	<i>Nürburgring Platzierung</i>
Hockenheim Platzierung	Korrelation		<b>,642(**)</b>	<b>,751(**)</b>	<b>,765(**)</b>
	Signifikanz		,002	,000	,001
	N		20	21	16
Salzburg Platzierung	Korrelation	<b>,642(**)</b>		<b>,536(*)</b>	<b>,604(*)</b>
	Signifikanz	,002		,015	,017
	N	20		20	15
Oschersleben Platzierung	Korrelation	<b>,751(**)</b>	<b>,536(*)</b>		<b>,726(**)</b>
	Signifikanz	,000	,015		,002
	N	21	20		15
Nürburgring Platzierung	Korrelation	<b>,765(**)</b>	<b>,604(*)</b>	<b>,726(**)</b>	
	Signifikanz	,001	,017	,002	
	N	16	15	15	

\*\* 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. XXXIV:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) zwischen 96-Sekunden-Test einerseits und Maximal- und Kraftausdauerwerten ermittelt im Bankdrücken sowie den am stehenden Motorrad gemessenen Trägheitskräften angegeben als jeweils Resultierende Links und Resultierende Rechts andererseits

<i>96-Sekunden Test</i>		<i>Maximalkraft Bankdrücken</i>	<i>Kraftausdauer Bankdrücken</i>	<i>Result. Links</i>	<i>Result. Rechts</i>
Watt PEAK	Korrelation	<b>,790(**)</b>	<b>,677(**)</b>	<b>,765(**)</b>	<b>,807(**)</b>
	Signifikanz	,000	,006	,010	,005
	N	15	15	10	10
Maximale Arbeit über 5 Sekunden	Korrelation	<b>,798(**)</b>	<b>,723(**)</b>	<b>,721(*)</b>	<b>,743(*)</b>
	Signifikanz	,000	,002	,019	,014
	N	15	15	10	10
Alaktazide Kapazität	Korrelation	<b>,711(**)</b>	<b>,650(**)</b>	<b>,687(*)</b>	,631
	Signifikanz	,003	,009	,028	,050
	N	15	15	10	10
Anaerobe Kapazität	Korrelation	<b>,812(**)</b>	<b>,570(*)</b>	<b>,860(**)</b>	<b>,860(**)</b>
	Signifikanz	,000	,027	,001	,001
	N	15	15	10	10
Laktazide Kapazität	Korrelation	<b>,694(**)</b>	,409	<b>,789(**)</b>	<b>,822(**)</b>
	Signifikanz	,004	,130	,007	,004
	N	15	15	10	10
Energiefluss Gesamt	Korrelation	<b>,554(*)</b>	<b>,553(*)</b>	,444	,564
	Signifikanz	,032	,033	,199	,090
	N	15	15	10	10
Oxidativer Fluss	Korrelation	,337	<b>,580(*)</b>	,078	,248
	Signifikanz	,219	,023	,829	,489
	N	15	15	10	10
Glykolytischer Fluss	Korrelation	<b>,595(*)</b>	,347	<b>,717(*)</b>	<b>,738(*)</b>
	Signifikanz	,019	,205	,020	,015
	N	15	15	10	10

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

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

**Tab. XXXV:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) des Ruhewertes venöser blutchemischer Parameter mit den Rennergebnissen Salzburgring

		<i>Salzburg Platzierung</i>	<i>Salzburg Rennen schnellste Runde</i>	<i>Salzburg Training schnellste Runde</i>
SaNAVO	Korrelation	-,112	-,038	,021
	Signifikanz	,647	,876	,930
	N	19	19	20
SAKVO	Korrelation	-,320	-,425	-,351
	Signifikanz	,181	,070	,129
	N	19	19	20
SACAVO	Korrelation	,254	,364	,250
	Signifikanz	,293	,126	,288
	N	19	19	20
SAMGVO	Korrelation	-,105	-,113	-,131
	Signifikanz	,670	,644	,581
	N	19	19	20
SAFEVO	Korrelation	,143	,071	,202
	Signifikanz	,560	,773	,393
	N	19	19	20
SAGOTVO	Korrelation	,276	,324	,075
	Signifikanz	,252	,176	,752
	N	19	19	20
SAGPTVO	Korrelation	,298	,321	,227
	Signifikanz	,216	,180	,335
	N	19	19	20
SAGGTVO	Korrelation	,307	,334	,322
	Signifikanz	,200	,162	,166
	N	19	19	20
SACKVO	Korrelation	-,214	-,047	-,149
	Signifikanz	,380	,848	,530
	N	19	19	20
SAHSTVO	Korrelation	,025	-,038	-,058
	Signifikanz	,919	,877	,808
	N	19	19	20
SACREVO	Korrelation	-,100	-,145	-,086
	Signifikanz	,685	,554	,718
	N	19	19	20
SAHSAVO	Korrelation	,245	,138	,144
	Signifikanz	,312	,572	,545
	N	19	19	20
SABILIVO	Korrelation	,260	,240	,401
	Signifikanz	,283	,322	,080
	N	19	19	20
SACHOLVO	Korrelation	,248	,204	,106
	Signifikanz	,307	,401	,657
	N	19	19	20

**Tab. XXXVI:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) des Ruhewertes venöser blutchemischer Parameter mit den Rennergebnissen Salzburgring

		<i>Salzburg Platzierung</i>	<i>Salzburg Rennen schnellste Runde</i>	<i>Salzburg Training schnellste Runde</i>
SATRIGVO	Korrelation	,441	,448	,291
	Signifikanz	,059	,054	,214
	N	19	19	20
SAGLUVO	Korrelation	-,270	-,344	-,274
	Signifikanz	,264	,150	,243
	N	19	19	20

**Tab. XXXVII:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) des Nachbelastungswertes venöser blutchemischer Parameter mit den Rennergebnissen Salzburgring

		<i>Salzburg Platzierung</i>	<i>Salzburg Rennen schnellste Runde</i>	<i>Salzburg Training schnellste Runde</i>
SANANA	Korrelation	,367	,390	<b>,509(*)</b>
	Signifikanz	,122	,099	,026
	N	19	19	19
SAKNA	Korrelation	,133	,101	,107
	Signifikanz	,588	,681	,664
	N	19	19	19
SACANA	Korrelation	,150	,103	,195
	Signifikanz	,540	,675	,423
	N	19	19	19
SAMGNA	Korrelation	-,065	-,019	-,225
	Signifikanz	,792	,939	,353
	N	19	19	19
SAFENA	Korrelation	-,424	-,355	<b>-,506(*)</b>
	Signifikanz	,070	,136	,027
	N	19	19	19
SAGOTNA	Korrelation	,070	,068	-,127
	Signifikanz	,775	,783	,605
	N	19	19	19
SAGPTNA	Korrelation	,161	,195	,047
	Signifikanz	,511	,425	,847
	N	19	19	19
SAGGTNA	Korrelation	,221	,241	,054
	Signifikanz	,364	,319	,826
	N	19	19	19
SACKNA	Korrelation	-,055	-,059	-,136
	Signifikanz	,824	,811	,577
	N	19	19	19
SAHSTNA	Korrelation	,141	,121	-,170
	Signifikanz	,564	,622	,487
	N	19	19	19

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

**Tab. XXXVIII:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) des Nachbelastungswertes venöser blutchemischer Parameter mit den Rennergebnissen Salzburgring

		<i>Salzburg Platzierung</i>	<i>Salzburg Rennen schnellste Runde</i>	<i>Salzburg Training schnellste Runde</i>
SACRENA	Korrelation	,013	,111	,001
	Signifikanz	,957	,652	,998
	N	19	19	19
SAHSANA	Korrelation	,138	,047	-,055
	Signifikanz	,572	,849	,822
	N	19	19	19
SABILINA	Korrelation	-,205	-,140	-,188
	Signifikanz	,400	,566	,440
	N	19	19	19
SACHOLNA	Korrelation	,220	,226	,074
	Signifikanz	,366	,351	,762
	N	19	19	19
SATRIGNA	Korrelation	,168	,185	,103
	Signifikanz	,493	,449	,676
	N	19	19	19
SAGLUNA	Korrelation	-,065	-,058	,100
	Signifikanz	,792	,813	,684
	N	19	19	19

**Tab. XXXIX:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) des Ruhewertes venöser blutchemischer Parameter mit den Rennergebnissen Hockenheimring

		<i>Hockenheim Platzierung</i>	<i>Hockenheim Rennen schnellste Runde</i>	<i>Hockenheim Training schnellste Runde</i>
HONAVO	Korrelation	-,171	-,193	-,095
	Signifikanz	,448	,390	,673
	N	22	22	22
HOKVO	Korrelation	-,061	-,088	,042
	Signifikanz	,786	,696	,852
	N	22	22	22
HOCAVO	Korrelation	-,015	,115	,181
	Signifikanz	,947	,610	,419
	N	22	22	22
HOMGVO	Korrelation	-,356	-,351	-,260
	Signifikanz	,104	,110	,243
	N	22	22	22
HOFEVO	Korrelation	-,011	-,039	,118
	Signifikanz	,963	,866	,611
	N	21	21	21



**Tab. XXXX:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) des Ruhewertes venöser blutchemischer Parameter mit den Rennergebnissen Hockenheimring

		<i>Hockenheim Platzierung</i>	<i>Hockenheim Rennen schnellste Runde</i>	<i>Hockenheim Training schnellste Runde</i>
HOGOTVO	Korrelation	,235	,336	,147
	Signifikanz	,292	,126	,513
	N	22	22	22
HOGPTVO	Korrelation	,150	,182	,043
	Signifikanz	,507	,418	,850
	N	22	22	22
HOGGTVO	Korrelation	,097	,205	,203
	Signifikanz	,669	,359	,364
	N	22	22	22
HOCKVO	Korrelation	,397	<b>,488(*)</b>	,285
	Signifikanz	,068	,021	,199
	N	22	22	22
HOHSTVO	Korrelation	,024	-,035	,127
	Signifikanz	,915	,879	,572
	N	22	22	22
HOCREVO	Korrelation	-,016	-,057	-,192
	Signifikanz	,944	,802	,391
	N	22	22	22
HOHSAVO	Korrelation	-,070	-,136	-,082
	Signifikanz	,757	,546	,718
	N	22	22	22
HOBILIVO	Korrelation	,105	,178	,141
	Signifikanz	,643	,429	,533
	N	22	22	22
HOCHOLVO	Korrelation	-,388	-,273	-,225
	Signifikanz	,075	,218	,314
	N	22	22	22
HOTRIGVO	Korrelation	-,169	-,203	-,325
	Signifikanz	,452	,364	,141
	N	22	22	22
HOGLUVO	Korrelation	,202	,274	,026
	Signifikanz	,367	,217	,909
	N	22	22	22

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

**Tab. XXXXI:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) des Nachbelastungswertes venöser blutchemischer Parameter mit den Rennergebnissen Hockenheimring

		<i>Hockenheim Platzierung</i>	<i>Hockenheim Rennen schnellste Runde</i>	<i>Hockenheim Training schnellste Runde</i>
HONANA	Korrelation	,130	,114	,130
	Signifikanz	,596	,643	,597
	N	19	19	19
HOKNA	Korrelation	,305	,378	,256
	Signifikanz	,204	,110	,290
	N	19	19	19
HOCANA	Korrelation	-,289	-,180	-,161
	Signifikanz	,230	,460	,510
	N	19	19	19
HOMGNA	Korrelation	-,363	-,388	-,309
	Signifikanz	,126	,100	,198
	N	19	19	19
HOFENA	Korrelation	-,262	-,298	-,224
	Signifikanz	,293	,230	,372
	N	18	18	18
HOGOTNA	Korrelation	-,350	-,269	-,254
	Signifikanz	,142	,266	,293
	N	19	19	19
HOGPTNA	Korrelation	-,103	-,071	-,103
	Signifikanz	,674	,772	,675
	N	19	19	19
HOGGTNA	Korrelation	,038	,040	-,065
	Signifikanz	,877	,871	,792
	N	19	19	19
HOCKNA	Korrelation	-,226	-,200	-,253
	Signifikanz	,353	,412	,296
	N	19	19	19
HOHSTNA	Korrelation	,245	,235	<b>,461(*)</b>
	Signifikanz	,311	,333	,047
	N	19	19	19
HOCRENA	Korrelation	<b>-,498(*)</b>	<b>-,477(*)</b>	<b>-,513(*)</b>
	Signifikanz	,030	,039	,025
	N	19	19	19
HOHSANA	Korrelation	-,084	-,048	,055
	Signifikanz	,732	,846	,822
	N	19	19	19
HOBILINA	Korrelation	-,040	-,034	-,004
	Signifikanz	,870	,891	,988
	N	19	19	19
HOCHOLNA	Korrelation	-,110	-,026	-,041
	Signifikanz	,653	,917	,869
	N	19	19	19

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

**Tab. XXXXII:** Korrelationen (Koeffizient r mit Signifikanz) des Nachbelastungswertes venöser blutchemischer Parameter mit den Rennergebnissen Hockenheimring

		<i>Hockenheim Platzierung</i>	<i>Hockenheim Rennen schnellste Runde</i>	<i>Hockenheim Training schnellste Runde</i>
HOTRIGNA	Korrelation	,231	,236	,021
	Signifikanz	,341	,331	,933
	N	19	19	19
HOGLUNA	Korrelation	-,004	,058	-,115
	Signifikanz	,988	,814	,639
	N	19	19	19

Weiteres Bildmaterial der verwendeten Dehnungsmessstreifen

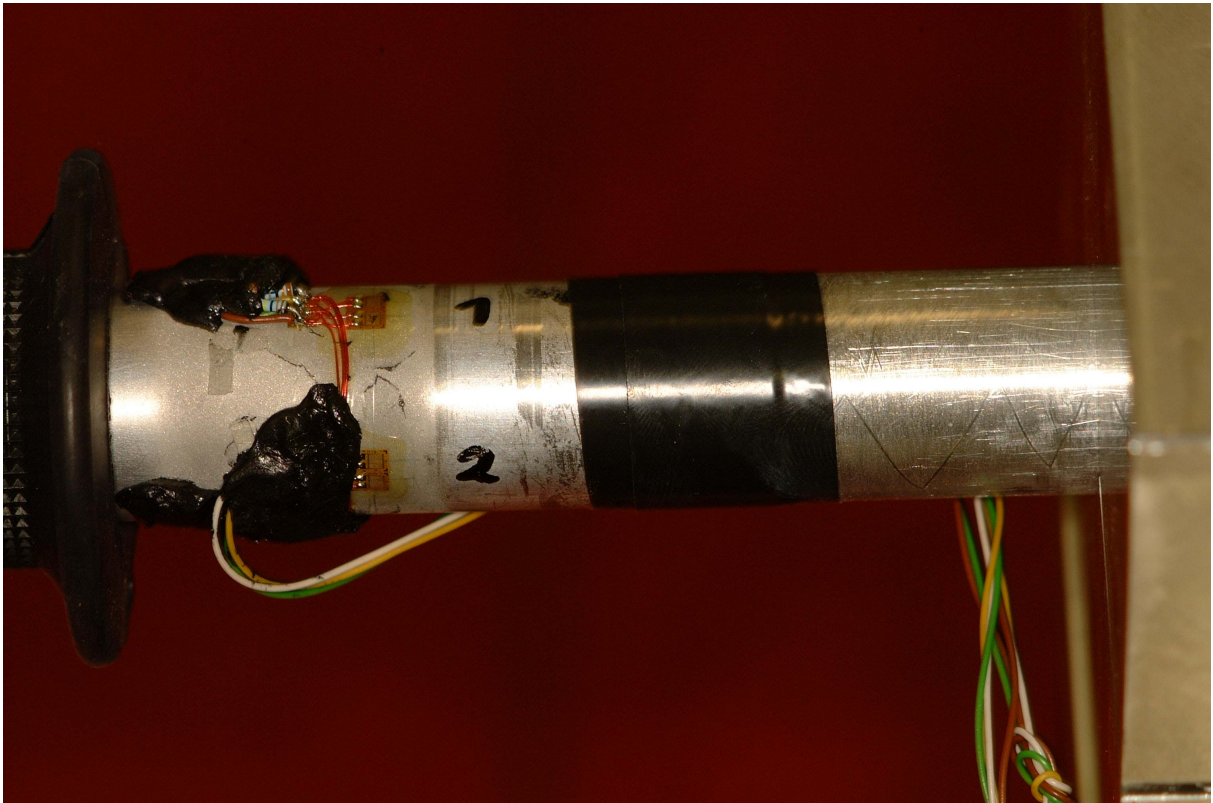


Abb. I: Applizierte DMS

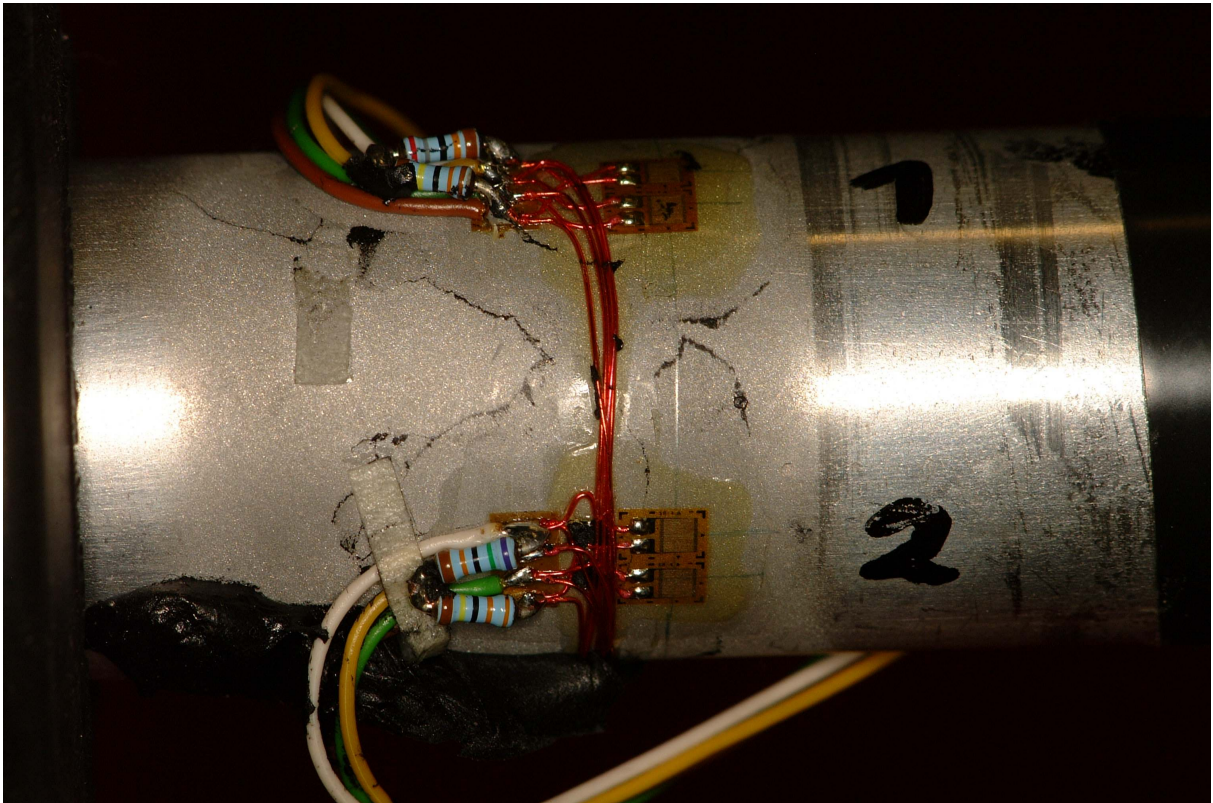


Abb. II: Applizierte DMS

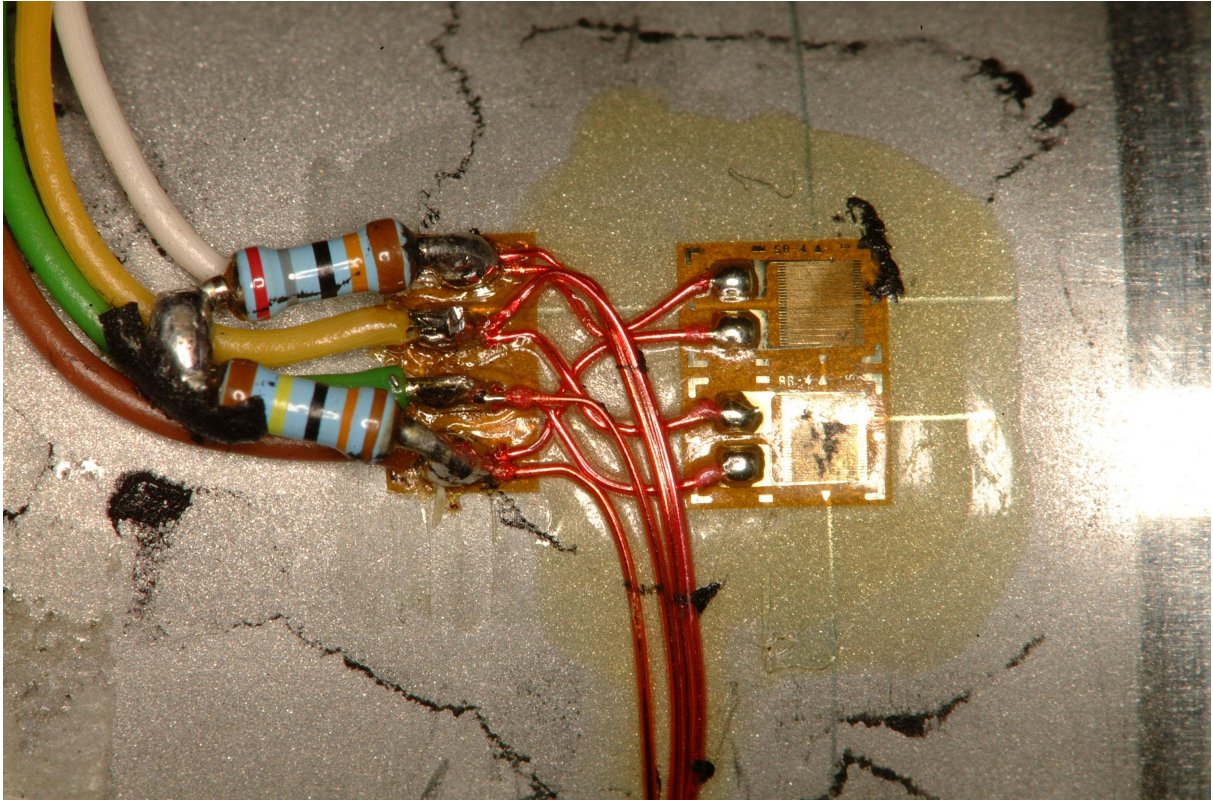


Abb. III: Einzelansicht DMS



Abb. IV: Lenkerstummel, DMS, Gabel

## Thorge Kück

Adresse	München
Persönliche Angaben	Familienstand: Ledig
	Staatsangehörigkeit: Deutsch
	Geburtsdatum: 05/08/1976
	Geburtsort: Bremerhaven
Schulische Ausbildung	08/1993 - 06/1996: Abitur an der Halephagen-Schule Buxtehude
	11/1997 - 11/2001: Studium der Sportwissenschaften an der Technischen Universität München
Akademische Ausbildung	01/2001 - 08/2006: Promotion zum Dr. phil. an der Technischen Universität München
Wehrdienst	07/1996 - 07/1997: Altenwalde/Cuxhaven

## Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Univ-Prof. Dr. D. Jeschke, der mir die Durchführung dieser wissenschaftlichen Arbeit ermöglichte.

Dem Team der Poliklinik für Präventive und Rehabilitative Sportmedizin danke ich für die Betreuung und Unterstützung.

Dem Freistaat Bayern danke ich für seine, meiner Meinung nach, weitsichtige Hochschulpolitik.