

**Astrid Osterburg**

# Einzelfall-Zeitreihenanalysen im Langdistanz-Triathlon

Reaktion und Adaptation physiologischer Parameter in  
Folge sehr hoher Trainingsbelastungen

**Doktorarbeit / Dissertation**

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

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

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

Copyright © 2004 Diplomica Verlag GmbH  
ISBN: 9783832482183

**Astrid Osterburg**

## **Einzelfall-Zeitreihenanalysen im Langdistanz-Triathlon**

**Reaktion und Adaptation physiologischer Parameter in Folge sehr hoher Trainingsbelastungen**



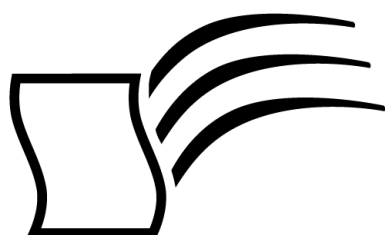
---

Astrid Osterburg

# **Einzelfall-Zeitreihenanalysen im Langdistanz-Triathlon**

*Reaktion und Adaptation physiologischer Parameter in  
Folge sehr hoher Trainingsbelastungen*

**Dissertation / Doktorarbeit  
Deutsche Sporthochschule Köln  
Fachbereich Sportwissenschaften  
Institut für Trainings- und Bewegungslehre  
Abgabe Februar 2004**



***Diplom.de***

Diplomica GmbH ———  
Hermannstal 119k ———  
22119 Hamburg ———

Fon: 040 / 655 99 20 ———  
Fax: 040 / 655 99 222 ———

agentur@diplom.de ———  
www.diplom.de ———

ID 8218

Osterburg, Astrid: Einzelfall-Zeitreihenanalysen im Langdistanz-Triathlon - Reaktion und Adaptation physiologischer Parameter in Folge sehr hoher Trainingsbelastungen  
Hamburg: Diplomica GmbH, 2004

Zugl.: Deutsche Sporthochschule Köln, Dissertation / Doktorarbeit, 2004

---

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden, und die Diplomarbeiten Agentur, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Diplomica GmbH  
<http://www.diplom.de>, Hamburg 2004  
Printed in Germany

**Inhaltsverzeichnis**

	Seite
<b>1 EINLEITUNG</b> .....	1
<b>2 LITERATURBESPRECHUNG</b> .....	4
<b>2.1 Einzelfall- und Zeitreihenanalysen</b> .....	4
<b>2.2 Übersicht der Parameter</b> .....	6
<b>2.3 Energieumsatz</b> .....	8
2.3.1 Schwimmen.....	9
2.3.2 Radfahren .....	12
2.3.3 Laufen .....	14
<b>2.4 Physiologische Basisparameter</b> .....	15
2.4.1 Ruheherzfrequenz.....	15
2.4.2 Ruhekörpertemperatur .....	16
2.4.3 Körpergewicht.....	17
2.4.4 Schlaf .....	18
<b>2.5 Stoffwechselfparameter</b> .....	19
2.5.1 Creatinkinase .....	19
2.5.2 Urea .....	20
2.5.3 Ammoniak .....	20
<b>2.6 Endokrine Parameter</b> .....	21
2.6.1 Kortisol .....	23
2.6.2 Prolaktin.....	25
2.6.3 Sexualhormone.....	26
2.6.4 IGF-I .....	30
2.6.5 Schilddrüsenhormone.....	32
2.6.6 Leptin.....	35
2.6.7 Renin-Angiotensin-Aldosteron-System .....	37
2.6.8 Zusammenfassung.....	39
<b>2.7 Hämatologische und immunologische Parameter</b> .....	40
2.7.1 Hämatologische Parameter .....	40
2.7.2 Differentialblutbild .....	42
2.7.3 Lymphozytensubpopulationen .....	45
2.7.4 Aktivierungsmarker .....	47
<b>2.8 Ernährung</b> .....	47
<b>2.9 Psychische Parameter</b> .....	50

---

<b>3 MATERIAL UND METHODEN</b> .....	53
<b>3.1 Probanden</b> .....	53
<b>3.2 Untersuchungsgang</b> .....	53
<b>3.3 Geräte</b> .....	56
<b>3.4 Untersuchungsmethoden</b> .....	57
3.4.1 Energieumsatz .....	57
3.4.1.1 Schwimmen .....	57
3.4.1.2 Radfahren .....	58
3.4.1.3 Laufen .....	59
3.4.1.4 Gesamtenergieumsatz .....	60
3.4.2 Leistungsdiagnostik .....	60
3.4.3 Physiologische Basisparameter .....	62
3.4.4 Blutabnahme .....	63
3.4.5 Stoffwechselfparameter .....	63
3.4.6 Endokrine Parameter .....	64
3.4.7 Hämatologische und immunologische Parameter .....	65
3.4.8 Ernährung .....	66
3.4.9 Psychische Parameter .....	66
<b>3.5 Statistische Methoden</b> .....	67
3.5.1 Zeitreihenanalyse .....	67
3.5.1.1 Trendanalyse .....	68
3.5.1.2 Spektralanalyse .....	70
3.5.1.3 Kreuzkorrelation .....	71
3.5.1.4 Moving Window .....	72
3.5.2 Varianzanalyse .....	72
<b>4 ERGEBNISDARSTELLUNG UND DISKUSSION</b> .....	74
<b>4.1 Energieumsatz</b> .....	75
4.1.1 Mittelwerte und Periodiken .....	75
4.1.2 Gesamtenergieumsatz .....	77
4.1.3 Schwimmen .....	79
4.1.4 Radfahren .....	81
4.1.5 Laufen .....	82
4.1.6 Diskussion .....	83



---

<b>4.2 Leistungsentwicklung</b> .....	87
4.2.1 Radfahren .....	87
4.2.2 Laufen .....	90
4.2.3 Diskussion.....	93
<b>4.3 Physiologische Basisparameter</b> .....	96
4.3.1 Mittelwerte und Periodiken .....	96
4.3.2 Ruheherzfrequenz.....	97
4.3.2.1 <i>Ergebnisdarstellung</i> .....	97
4.3.2.2 <i>Diskussion</i> .....	100
4.3.3 Ruhekörpertemperatur .....	101
4.3.3.1 <i>Ergebnisdarstellung</i> .....	101
4.3.3.2 <i>Diskussion</i> .....	104
4.3.4 Körpergewicht.....	106
4.3.4.1 <i>Ergebnisdarstellung</i> .....	106
4.3.4.2 <i>Diskussion</i> .....	109
4.3.5 Schlaf .....	111
4.3.5.1 <i>Ergebnisdarstellung</i> .....	111
4.3.5.2 <i>Diskussion</i> .....	113
<b>4.4 Stoffwechselfparameter</b> .....	115
4.4.1 Mittelwerte und Periodiken .....	115
4.4.2 Creatinkinase .....	116
4.4.2.1 <i>Ergebnisdarstellung</i> .....	116
4.4.2.2 <i>Diskussion</i> .....	118
4.4.3 Urea .....	120
4.4.3.1 <i>Ergebnisdarstellung</i> .....	120
4.4.3.2 <i>Diskussion</i> .....	121
4.4.4 Ammoniak .....	122
4.4.4.1 <i>Ergebnisdarstellung</i> .....	122
4.4.4.2 <i>Diskussion</i> .....	123
<b>4.5 Endokrine Parameter</b> .....	125
4.5.1 Übersicht.....	125
4.5.1.1 <i>Mittelwerte</i> .....	125
4.5.1.2 <i>Kreuzkorrelationen mit Energieumsatz</i> .....	126
4.5.1.3 <i>Kreuzkorrelationen der Hormone untereinander</i> .....	127
4.5.1.4 <i>Spektralanalysen</i> .....	129
4.5.1.5 <i>Diskussion</i> .....	129
4.5.2 Kortisol.....	131
4.5.2.1 <i>Ergebnisdarstellung</i> .....	131
4.5.2.2 <i>Diskussion</i> .....	133

---

4.5.3	Prolaktin.....	135
4.5.3.1	Ergebnisdarstellung.....	135
4.5.3.2	Diskussion.....	137
4.5.4	Sexualhormone.....	138
4.5.4.1	Ergebnisdarstellung.....	138
4.5.4.1.1	Östradiol.....	138
4.5.4.1.2	Progesteron.....	139
4.5.4.1.3	Testosteron.....	140
4.5.4.2	Diskussion.....	142
4.5.5	IGF-I.....	144
4.5.5.1	Ergebnisdarstellung.....	144
4.5.5.2	Diskussion.....	147
4.5.6	Schilddrüsenhormone.....	149
4.5.6.1	Ergebnisdarstellung.....	149
4.5.6.2	Diskussion.....	153
4.5.7	Leptin.....	155
4.5.7.1	Ergebnisdarstellung.....	155
4.5.7.2	Diskussion.....	157
4.5.8	Renin, Angiotensin II.....	158
4.5.8.1	Ergebnisdarstellung.....	158
4.5.8.2	Diskussion.....	160
<b>4.6</b>	<b>Hämatologische und immunologische Parameter.....</b>	<b>162</b>
4.6.1	Hämatologische Parameter.....	162
4.6.2	Differentialblutbild.....	163
4.6.3	Lymphozytensubpopulationen.....	165
4.6.4	Aktivierungsmarker.....	166
4.6.5	Diskussion.....	167
<b>4.7</b>	<b>Ernährung.....</b>	<b>170</b>
4.7.1	Absolute und relative Nährstoffzufuhr.....	170
4.7.2	Zusammenhang zwischen Ernährung und Energieumsatz.....	170
4.7.3	Zusammenhang zwischen Ernährung und Körpergewicht.....	171
4.7.4	Diskussion.....	172
<b>4.8</b>	<b>Psychische Parameter.....</b>	<b>175</b>
4.8.1	Mittelwerte und Periodiken.....	175
4.8.2	Interkorrelation zwischen psychischen Parametern.....	176
4.8.3	Zusammenhang zwischen psychischen Parametern und Energieumsatz.....	178
4.8.4	Zusammenhang zwischen psychischen Parametern und physiologischen Basisparametern.....	181

---

4.8.5	Zusammenhang zwischen psychischen Parametern und Stoffwechselparametern.....	182
4.8.6	Zusammenhang zwischen psychischen Parametern und endokrinen Parametern .....	183
4.8.7	Diskussion.....	184
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>187</b>
<b>6</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>194</b>

## Tabellenverzeichnis

	Seite
Tab. 2-1: Vergleich von Berechnungen des Energieumsatzes unterschiedlicher Schwimmbelastungen nach di Prampero et al. (1986) <sup>1)</sup> für männliche Schwimmer hohen Leistungsniveaus („M Train <sup>1)</sup> “), für männliche Nicht-Wettkampfschwimmer („M Untrain <sup>1)</sup> “) und für weibliche Nicht-Wettkampfschwimmer („F Untrain <sup>1)</sup> “) sowie Berechnungen auf der Grundlage von spirometrischen Untersuchungen nach Madsen (1982) <sup>2)</sup> an Sportstudentinnen („F Stud <sup>2)</sup> “) .....	12
Tab. 2-2: Vergleich von Berechnungen des Energieumsatzes [kJ] für unterschiedliche Radbelastungen nach Knöller (1997), di Prampero et al. (1986) und Wilmore/Costill (1994).....	13
Tab. 2-3: Vergleich von Berechnungen des Energieumsatzes [kJ] für unterschiedliche Laufbelastungen nach di Prampero (1986), Knöller (1997) und Williams (1997).....	15
Tab. 2-4: Einflussfaktoren und entsprechende Reaktion von Kortisol (↑=Anstieg, →=keine Veränderung) .....	24
Tab. 2-5: Reaktion von Sexualhormonen auf Belastung (Testo=Testosteron, Prog=Progesteron, E <sub>2</sub> =Östradiol; ↑=Anstieg, ↓=Abnahme, →=keine Veränderung) .....	29
Tab. 2-6: Einflussfaktoren und entsprechende Reaktion von IGF-I (↑=Anstieg von IGF-I, ↓=Abnahme von IGF-I).....	31
Tab. 2-7: Reaktion von Schilddrüsenhormonen auf unterschiedliche Belastungen (↑=Anstieg, ↓=Abnahme, →=keine Veränderung).....	34
Tab. 2-8: Einflussfaktoren und entsprechende Reaktion von Leptin (↑=Anstieg, ↓=Abnahme, →= keine Veränderung).....	36
Tab. 2-9: Einflussfaktoren und entsprechende Reaktion von Renin und Angiotensin II (↑=Anstieg, ↓=Abnahme).....	39
Tab. 2-10: Reaktion der Hormone auf akute Belastung und chronisches Training (↑=Anstieg, ↓=Abnahme, →=keine Veränderung).....	40
Tab. 2-11: Referenzbereiche für Erythrozytenparameter, Hämoglobin und Thrombozytenparameter (nach Begemann/Rastetter 1986, Klinke/Silbernagl 1996) .	41
Tab. 2-12: Veränderungen hämatologischer Parameter in Folge von intensiven, langen Ausdauerbelastungen und langfristigem Ausdauertraining (in Anlehnung an de Marées 2002, Green et al. 1991) (↑=Anstieg, ↓=Abnahme, →=keine Veränderung).....	42
Tab. 2-13: Anzahl, Anteil an Leukozytenzahl, Beschaffenheit und Größe, Lebensdauer, Bildungsort, Art des Abwehrsystems und Funktion der verschiedenen Leukozytenarten (in Anlehnung an Appell/Stang-Voss 1990, de Marées 2002, Klinke/Silbernagl 1996, Liesen/Baum 1997) .....	43
Tab. 2-14: Akute Reaktion auf Belastung und der jeweilige Zeitverlauf der Reaktion der Leukozyten (↑=Anstieg).....	44
Tab. 3-1: Anthropometrische Daten der Probanden ( $\bar{x}$ = Mittelwert, SD= Standardabweichung, BMI=Body Mass Index).....	53

Tab. 3-2:	In der Zeitreihe analysierte Parameter (*= nur P1) (MCV=mittleres Zellvolumen der Erythrozyten, MCH=mittlerer Hämoglobingehalt, MCHC=mittlere Hämoglobinkonzentration pro Zelle, MPV=mittleres Thrombozytenvolumen, CD3=T-Zellen, CD19=B-Zellen, CD4=T-Helferzellen, CD8=T-Suppressorzellen, CD16/56=Natürliche Killerzellen).....	54
Tab. 3-3:	Verschiedene Trainingsphasen während des Untersuchungszeitraums und entsprechende Messzeitintervalle der Parametergruppen für P1 .....	55
Tab. 3-4:	Verschiedene Trainingsphasen während des Untersuchungszeitraums und entsprechende Messzeitintervalle der Parametergruppen für P2 .....	55
Tab. 3-5:	Übersicht über Geräte und deren Herstellerfirmen zur Bestimmung der einzelnen Parameter .....	56
Tab. 3-6:	Belastungsschemata der Laufband- und Fahrradergometrie .....	61
Tab. 3-7:	Verwendete monoklonale Antikörper, CD-Nomenklatur, Markierung auf den Leukozyten im Blut und deren Referenzbereiche (nach Begemann/Rastetter 1986, Eckhardt 1991) .....	65
Tab. 4-1:	Mittelwerte ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung ( $\pm$ SD) des Energieumsatzes pro Trainingseinheit für die einzelnen Disziplinen Schwimmen, Radfahren und Lauf sowie den gesamten Energieumsatz für die ganze Zeitreihe sowie die Baseline (kein Training bei P2), die Trainingsphase und das Trainingslager für P1 und P2.....	75
Tab. 4-2:	Anzahl der Trainingseinheiten für die gesamte Zeitreihe und als Durchschnitt ( $\bar{x}$ ) pro Woche für die einzelnen Disziplinen Schwimmen, Radfahren und Lauf sowie die gesamte Anzahl bezogen auf die ganze Zeitreihe sowie die Baseline (kein Training bei P2), die Trainingsphase und das Trainingslager für P1 und P2.....	76
Tab. 4-3:	Periodendauer in den einzelnen Disziplinen und im gesamten Energieumsatz während der Zeitreihe von P1 und P2 .....	77
Tab. 4-4:	Aerobe ( $V_2$ ) und anaerobe ( $V_4$ ) Schwelle, relative Wattleistung an der anaeroben Schwelle (rel. $V_4$ ), relative maximale Sauerstoffaufnahme ( $VO_2$ max; nur P1), relative Sauerstoffaufnahme an der anaeroben Schwelle ( $VO_2$ an $V_4$ ) und Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle ( $H_f$ an $V_4$ ) als Ergebnisse der Leistungsdiagnostiken (LD) im Radfahren von P1 und P2 (nur 7 LD bei P2 durchgeführt) .....	87
Tab. 4-5:	Aerobe ( $V_2$ ) und anaerobe ( $V_4$ ) Schwelle, relative maximale Sauerstoffaufnahme (rel. $VO_2$ max; nur P1), Sauerstoffaufnahme an der anaeroben Schwelle ( $VO_2$ an $V_4$ ) und Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle ( $H_f$ an $V_4$ ) als Ergebnisse der Leistungsdiagnostiken (LD) im Laufen von P1 und P2 (nur 5 LD bei P2 durchgeführt) .....	90
Tab. 4-6:	Mittelwerte ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung ( $\pm$ SD) für Ruheherzfrequenz, Ruhekörpertemperatur, Körpergewicht und Schlafstunden für die ganze Zeitreihe sowie die Baseline, die Trainingsphase und das Trainingslager für Proband 1 (P1) und Proband 2 (P2) (keine Messung des Körpergewichts bei P1 während des Trainingslager; keine Messung von Ruhekörpertemperatur und Schlaf bei P2 während Baseline).....	96
Tab. 4-7:	Periodendauer der physiologischen Basisparameter in der Trainingsphase von P1 und P2 .....	97
Tab. 4-8:	Mittelwerte ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung ( $\pm$ SD) für Creatinkinase, Urea und Ammoniak (nur P1) für die ganze Zeitreihe sowie Baseline und Trainingsphase für P1 und P2 sowie die entsprechenden Referenzbereiche (nach Roche Diagnostics 2000, 2003a, 2003b) .....	115

Tab. 4-9:	Periodendauer der Stoffwechselfparameter in der Trainingsphase von P1 und P2.....	116
Tab. 4-10:	Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung ( $\pm$ SD) der endokrinen Parameter beider Probanden in den Messzeiträumen „Baseline“ und „Trainingsphase“ (TP) mit entsprechenden Referenzbereichen (**p<.01, ***p<.001: signifikanter Unterschied zu Werten in Baseline; FP= Follikelphase, LP=Lutealphase; Daten in Fettdruck zeigen Werte außerhalb des Referenzbereichs an; bei „-“ keine Messung des Parameters).....	125
Tab. 4-11:	Physiologische Reaktion der endokrinen Parameter auf Belastung mit den entsprechenden Lags (bei P1: 1 Lag = 2 Tage, bei P2: 1 Lag = 3 Tage) (→=keine Veränderung bzw. signifikanten Lags, ↑=Zunahme, ↓=Abnahme; bei „-“ keine Messung des Parameters).....	126
Tab. 4-12:	Statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen Hormonen von P2 während der Trainingsphase mit den entsprechenden signifikanten Lags (1 Lag = 3 Tage) (→ = keine Veränderung, ↑ = Zunahme, ↓ = Abnahme)....	127
Tab. 4-13:	Statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen Hormonen von P1 während der Trainingsphase mit den entsprechenden signifikanten Lags (1 Lag = 2 Tage) (→ = keine Veränderung, ↑ = Zunahme, ↓ = Abnahme)....	128
Tab. 4-14:	Periodendauer der endokrinen Parameter in der Trainingsphase („-“ bedeutet, dass der Parameter nicht analysiert wurde).....	129
Tab. 4-15:	Statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen Angiotensin II und anderen endokrinen Parametern in den einzelnen Trainingsphasen mit den entsprechenden signifikanten Lags (1 Lag = 2 Tage) (↑ = Zunahme, ↓ = Abnahme; keine signifikante Korrelation bei „-“) .....	159
Tab. 4-16:	Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung ( $\pm$ SD) der hämatologischen Parameter während der Baseline (BL) sowie die Einzelwerte vom 13.-15.08.2001 und entsprechender Referenzbereich für Frauen (nach Begemann/Rastetter 1986, Klinke/Silbernagl 1996) mit Signifikanzen zwischen Mittelwert und jeweiligem Einzelwert (*p<.05, **p<.01, ***p<.001) (MCV=mittleres Zellvolumen der Erythrozyten, MCH=mittleres Zellhämoglobin, MCHC=mittlere Zellhämoglobinkonzentration, MPV=mittleres Thrombozytenvolumen) (Werte in Fettdruck liegen außerhalb des Referenzbereiches) .....	162
Tab. 4-17:	Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung ( $\pm$ SD) der Parameter des Differentialblutbildes als absoluter und relativer Wert während der Baseline (BL) sowie die Einzelwerte vom 13.-15.08.2001 und entsprechender Referenzbereich (nach Begemann/Rastetter 1986) mit Signifikanzen zwischen Mittelwert und jeweiligem Einzelwert (*p<.05, **p<.01, ***p<.001) (Werte in Fettdruck liegen außerhalb des Referenzbereiches).....	164
Tab. 4-18:	Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung ( $\pm$ SD) der Konzentration der Lymphozytensubpopulationen sowie deren prozentualer Anteil an den Lymphozyten während der Baseline (BL) sowie die Einzelwerte vom 13.08.2001 und 15.08.2001 und entsprechender Referenzbereiche (nach Begemann/Rastetter 1986) mit Signifikanzen zwischen Mittelwert und jeweiligem Einzelwert (*p<.05, **p<.01) (Werte in Fettdruck liegen außerhalb des Referenzbereiches) .....	165

Tab. 4-19:	Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung ( $\pm$ SD) der Konzentration der Aktivierungsmarker und deren prozentualer Anteil an aktivierten Lymphozyten bzw. Monozyten während der Baseline (BL) sowie die Einzelwerte vom 13.08.2001 und 15.08.2001 mit Signifikanzen zwischen Mittelwert und jeweiligem Einzelwert (* $p < .05$ ).....	167
Tab. 4-20:	Mittelwerte ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung ( $\pm$ SD) der gesamten Nahrungs-, Wasser- und Nährstoffaufnahme während der Baseline und der Trainingsphase (TP) (* $p < .05$ , ** $p < .01$ : signifikanter Unterschied zwischen Baseline und TP).....	170
Tab. 4-21:	Mittelwerte ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung ( $\pm$ SD) der psychischen Parameter von P1 und P2.....	175
Tab. 4-22:	Periodendauer der psychischen Parameter von P1 und P2.....	176
Tab. 4-23:	Ergebnisse der Kreuzkorrelationen zwischen den einzelnen psychischen Parametern untereinander, dargestellt als Richtung des Zusammenhangs ( $\uparrow$ =positive Kreuzkorrelation, $\downarrow$ =negative Kreuzkorrelation) mit den entsprechenden signifikanten Lags (bei P1: 1 Lag = 2 Tage, bei P2: 1 Lag = 1 Tag).....	177
Tab. 4-24:	Ergebnisse der Kreuzkorrelationen zwischen Creatinkinase und den psychischen Parametern von P1, dargestellt als Reaktion ( $\uparrow$ =positive Kreuzkorrelation, $\downarrow$ =negative Kreuzkorrelation) mit den entsprechenden signifikanten Lags und dem jeweils größten Kreuzkorrelationskoeffizienten ( $R_{CC}$ ).....	182
Tab. 4-25:	Ergebnisse der Kreuzkorrelationen zwischen Kortisol bzw. Testosteron und den psychischen Parametern von Proband 2, dargestellt als Reaktion ( $\uparrow$ =positive Kreuzkorrelation, $\downarrow$ =negative Kreuzkorrelation, $\rightarrow$ =keine Veränderung) mit den entsprechenden signifikanten Lags und dem größten Kreuzkorrelationskoeffizienten ( $R_{CC}$ ).....	183

**Abbildungsverzeichnis**

	Seite
Abb. 2-1: Übersicht über den Zusammenhang der in den Einzelfall-Zeitreihenanalysen untersuchten Parameter und deren Reaktion auf akute Belastung ( $\uparrow$ =Anstieg, $\downarrow$ =Abnahme, $\rightarrow$ =keine Veränderung; ACTH=Kortikotropin, Am=Ammoniak, CK= Creatinkinase, $E_2$ =Östradiol, FSH=Follitropin, GH=Growth Hormone, IGF-I=Insulin-like Growth Factor I, IH=Inhibiting Hormone, LH=Lutropin, Prog=Progesteron, RH=Releasing Hormon, T3=Trijodthyronin, T4=Thyroxin, Testo=Testosteron, TSH=Thyreotropin).....	7
Abb. 2-2: Schematische Darstellung der dreistufigen Hierarchie des Hormonsystems (in Anlehnung an de Marées 2002).....	22
Abb. 2-3: Sekretionsweg von Kortisol.....	23
Abb. 2-4: Sekretionsweg von Prolaktin.....	25
Abb. 2-5: Sekretionsweg der Sexualhormone.....	27
Abb. 2-6: Hormonprofil des menstruellen Zyklus (mod. nach Kaiser/Pfleiderer 1985, Schmidt/Thews 1990, mE=milli-Einheiten).....	28
Abb. 2-7: Sekretionsweg von IGF-I.....	30
Abb. 2-8: Sekretionsweg der Schilddrüsenhormone T4 und T3.....	33
Abb. 2-9: Schematische Darstellung des Renin-Angiotensin-Aldosteron-Systems.....	38
Abb. 3-1: SRM Training System ( <a href="http://www.srm.de">http://www.srm.de</a> ; Zugriff am 07.03.02).....	58
Abb. 3-2: Schematische Darstellung einer Tempotrainingseinheit (P1).....	60
Abb. 3-3: Mexican Hat als Mother Wavelet.....	71
Abb. 4-1: Spektralanalyse des gesamten Energieumsatzes (P1).....	77
Abb. 4-2: Spektralanalyse des gesamten Energieumsatzes (P2).....	77
Abb. 4-3: Zeitreihe des gesamten Energieumsatzes mit distanzgewichteter Kleinste-Quadrate-Glättung und 4253H-Filter (P1) (BL=Baseline, TL=Trainingslager, LD-Triathlon=Langdistanz-Triathlon).....	78
Abb. 4-4: Zeitreihe des gesamten Energieumsatzes mit distanzgewichteter Kleinste-Quadrate-Glättung und 4253H-Filter (P2) (BL=Baseline, TL=Trainingslager).....	78
Abb. 4-5: Continuous Wavelet Transformation (CWT) der Trainingszeit (P2) (s=Größe der Wavelet).....	79
Abb. 4-6: Mittelwerte für den gesamten Energieumsatz für die Phasen Baseline, Trainingsphase und Trainingslager für P1 und P2 (* $p < .05$ , *** $p < .001$ ).....	79
Abb. 4-7: Zeitreihe des Energieumsatzes beim Schwimmen mit linearem Fitting und 4253H-Filter (P1) (TL=Trainingslager).....	80
Abb. 4-8: Zeitreihe des Energieumsatzes beim Schwimmen mit linearem Fitting und 4253H-Filter (P2) (TL=Trainingslager).....	80
Abb. 4-9: Mittelwerte für den Energieumsatz beim Schwimmen für die Phasen Baseline, Trainingsphase und Trainingslager für P1 und P2.....	80
Abb. 4-10: Zeitreihe des Energieumsatzes beim Radfahren mit distanzgewichteter Kleinste-Quadrate-Glättung und 4253H-Filter (P1) (TL=Trainingslager).....	81
Abb. 4-11: Zeitreihe des Energieumsatzes beim Radfahren mit linearem Fitting und 4253H-Filter (P2) (TL=Trainingslager).....	81



Abb. 4-12:	Mittelwerte für den Energieumsatz beim Radfahren für die Phasen Baseline, Trainingsphase und Trainingslager für P1 und P2 (*p<.05, ***p<.001).....	82
Abb. 4-13:	Zeitreihe des Energieumsatzes beim Laufen mit distanzgewichteter Kleinste-Quadrate-Glättung und 4253H-Filter (P1) (TL=Trainingslager).....	82
Abb. 4-14:	Zeitreihe des Energieumsatzes beim Laufen mit polynomischem Fitting und 4253H-Filter (P2) (TL=Trainingslager) .....	82
Abb. 4-15:	Mittelwerte für den Energieumsatz beim Laufen für die Phasen Baseline, Trainingsphase und Trainingslager für P1 und P2 .....	83
Abb. 4-16:	Zeitreihe der anaeroben Schwelle (V4) und des Energieumsatzes im Radfahren mit distanzgewichteter Kleinste-Quadrate-Glättung (P1) .....	88
Abb. 4-17:	Zeitreihe der anaeroben Schwelle (V4) und des Energieumsatzes im Radfahren mit distanzgewichteter Kleinste-Quadrate-Glättung (P2) .....	88
Abb. 4-18:	Zeitreihe der anaeroben Schwelle (V4), der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme (rel. VO <sub>2</sub> max) und des Anteils der VO <sub>2</sub> max an der V4 (Anteil rel. VO <sub>2</sub> max an V4) bei den Leistungsdiagnostiken im Radfahren (P1) .....	89
Abb. 4-19:	Zeitreihe der anaeroben Schwelle (V4) und der relativen Sauerstoffaufnahme (rel. VO <sub>2</sub> ) an V4 bei den Leistungsdiagnostiken im Radfahren (P2).....	89
Abb. 4-20:	Zeitreihe der anaeroben Schwelle (V4), der relativen, auf das Körpergewicht bezogenen V4 und der Herzfrequenz (Hf) an V4 bei den Leistungsdiagnostiken im Radfahren (P1) .....	90
Abb. 4-21:	Zeitreihe der anaeroben Schwelle (V4), der relativen, auf das Körpergewicht bezogenen V4 und der Herzfrequenz (Hf) an V4 bei den Leistungsdiagnostiken im Radfahren (P2) .....	90
Abb. 4-22:	Zeitreihe der anaeroben Schwelle (V4) und des Energieumsatzes im Laufen mit polynomischem Fitting (P1).....	91
Abb. 4-23:	Zeitreihe der anaeroben Schwelle (V4) und des Energieumsatzes im Laufen mit polynomischem Fitting (P2).....	91
Abb. 4-24:	Zeitreihe der anaeroben Schwelle (V4), der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme (rel. VO <sub>2</sub> max) und des Anteils der VO <sub>2</sub> max an der V4 bei den Leistungsdiagnostiken im Laufen (P1).....	92
Abb. 4-25:	Zeitreihe der anaeroben Schwelle (V4) und der Sauerstoffaufnahme (VO <sub>2</sub> ) an V4 bei den Leistungsdiagnostiken im Laufen (P2).....	92
Abb. 4-26:	Zeitreihe der anaeroben Schwelle (V4) und der Herzfrequenz (Hf) an V4 bei den Leistungsdiagnostiken im Laufen (P1) .....	93
Abb. 4-27:	Zeitreihe der anaeroben Schwelle (V4) und der Herzfrequenz (Hf) an V4 bei den Leistungsdiagnostiken im Laufen (P2) .....	93
Abb. 4-28:	Zeitreihe der Ruheherzfrequenz und des Energieumsatzes jeweils mit distanzgewichteter Kleinste-Quadrate-Glättung (P1) (TL=Trainingslager)....	97
Abb. 4-29:	Zeitreihe der Ruheherzfrequenz und des Energieumsatzes jeweils mit linearem Fitting (P2) (TL=Trainingslager).....	97
Abb. 4-30:	Mittelwerte und Standardabweichung (± SD) der Ruheherzfrequenz für die Phasen Baseline, Trainingsphase und Trainingslager für P1 und P2 (*p<.05, **p<.01).....	98

Abb. 4-31:	Regressionsgleichung zwischen Energieumsatz und Ruheherzfrequenz (P1).....	98
Abb. 4-32:	Kreuzkorrelation zwischen Energieumsatz und Ruheherzfrequenz für die gesamte Zeitreihe (P1).....	99
Abb. 4-33:	Kreuzkorrelation zwischen Energieumsatz und Ruheherzfrequenz für die gesamte Trainingsphase (P2) .....	99
Abb. 4-34:	Spektralanalyse der Ruheherzfrequenz (P1) .....	100
Abb. 4-35:	Spektralanalyse der Ruheherzfrequenz (P2) .....	100
Abb. 4-36:	Zeitreihe der Ruhekörpertemperatur mit polynomischem Fitting und des Energieumsatzes mit distanzgewichteter Kleinste-Quadrate-Glättung (P1) (TL=Trainingslager).....	102
Abb. 4-37:	Zeitreihe der Ruhekörpertemperatur mit distanzgewichteter Kleinste-Quadrate-Glättung und des Energieumsatzes mit linearem Fitting (P2) (TL=Trainingslager).....	102
Abb. 4-38:	Mittelwerte und Standardabweichung ( $\pm$ SD) der Ruhekörpertemperatur für die Phasen Baseline, Trainingsphase und Trainingslager für P1 und P2 (**p<.01, ***p<.001) .....	102
Abb. 4-39:	Zeitreihe der Körpertemperatur mit den Phasen des Menstruationszyklus während der Trainingsphase (Tag 40-150) bei P1 (LP=Lutealphase, FP=Follikelphase) .....	102
Abb. 4-40:	Kreuzkorrelation zwischen Energieumsatz und Ruhekörpertemperatur für die gesamte Trainingsphase (P1) .....	103
Abb. 4-41:	Kreuzkorrelation zwischen Ruhekörpertemperatur und Ruheherzfrequenz für die gesamte Trainingsphase (P1) .....	103
Abb. 4-42:	Spektralanalyse der Ruhekörpertemperatur (P1).....	104
Abb. 4-43:	Spektralanalyse der Ruhekörpertemperatur (P2).....	104
Abb. 4-44:	Zeitreihe des Körpergewichts und des Energieumsatzes jeweils mit polynomischem Fitting (P1) (TL=Trainingslager) .....	106
Abb. 4-45:	Zeitreihe des Körpergewichts und des Energieumsatzes jeweils mit polynomischem Fitting (P2) (TL=Trainingslager) .....	106
Abb. 4-46:	Mittelwerte und Standardabweichung ( $\pm$ SD) des Körpergewichts für die Phasen Baseline, Trainingsphase und Trainingslager für P1 und P2 (*p<.05, ***p<.001) (keine Messung während des Trainingslagers bei P1) ..	107
Abb. 4-47:	Kreuzkorrelation zwischen Energieumsatz und Körpergewicht in der gesamten Trainingsphase (P1) .....	108
Abb. 4-48:	Kreuzkorrelation zwischen Energieumsatz und Körpergewicht in der Trainingsphase mit sehr hohem Energieumsatz (P2) .....	108
Abb. 4-49:	Spektralanalyse des Körpergewichts (P1) .....	109
Abb. 4-50:	Spektralanalyse des Körpergewichts (P2) .....	109
Abb. 4-51:	Zeitreihe der Schlafstunden mit linearem Fitting und des Energieumsatzes mit distanzgewichteter Kleinste-Quadrate-Glättung (P1) (TL=Trainingslager).....	112
Abb. 4-52:	Zeitreihe der Schlafstunden und des Energieumsatzes jeweils mit linearem Fitting (P2) (TL=Trainingslager).....	112

Abb. 4-53:	Kreuzkorrelation zwischen Energieumsatz und Schlafstunden in der Trainingsphase mit hohem Energieumsatz (P1) .....	112
Abb. 4-54:	Kreuzkorrelation zwischen Energieumsatz und Schlafstunden in der Trainingsphase mit sehr hohem Energieumsatz (P2) .....	112
Abb. 4-55:	Spektralanalyse der Schlafstunden (P1) .....	113
Abb. 4-56:	Spektralanalyse der Schlafstunden (P2) .....	113
Abb. 4-57:	Zeitreihe von Creatinkinase und Energieumsatz (P1) (TL=Trainingslager, LD=Langdistanz) .....	116
Abb. 4-58:	Zeitreihe von Creatinkinase und Energieumsatz (P2) (WF=Weihnachtsferien, TL=Trainingslager) .....	116
Abb. 4-59:	Mittelwerte und Standardabweichung ( $\pm$ SD) für Creatinkinase für die Phasen Baseline und Trainingsphase für P1 und P2 (** $p < .001$ ) .....	117
Abb. 4-60:	Kreuzkorrelation zwischen Creatinkinase und Urea während der Trainingsphase (P1) .....	117
Abb. 4-61:	Kreuzkorrelation zwischen Creatinkinase und Urea während der Trainingsphase (P2) .....	117
Abb. 4-62:	Zeitreihe von Urea und Energieumsatz jeweils mit distanzgewichteter Kleinste-Quadrate-Glättung (P1) (TL=Trainingslager) .....	120
Abb. 4-63:	Zeitreihe von Urea mit distanzgewichteter Kleinste-Quadrate-Glättung und Energieumsatz mit linearem Fitting (P2) (WF=Weihnachtsferien, TL=Trainingslager) .....	120
Abb. 4-64:	Mittelwerte und Standardabweichung ( $\pm$ SD) für Urea für die Phasen Baseline und Trainingsphase für P1 und P2 (** $p < .001$ ) .....	121
Abb. 4-65:	Zeitreihe von Ammoniak und Energieumsatz jeweils mit distanzgewichteter Kleinste-Quadrate-Glättung (P1) (TL=Trainingslager) .....	123
Abb. 4-66:	Zeitreihe von Kortisol mit polynomischem Fitting und Energieumsatz mit distanzgewichteter Kleinste-Quadrate-Glättung (P1) (TL=Trainingslager) ...	131
Abb. 4-67:	Zeitreihe von Kortisol mit polynomischem Fitting und Energieumsatz mit linearem Fitting (P2) (WF=Weihnachtsferien, TL=Trainingslager) .....	131
Abb. 4-68:	Zeitreihe des Testosteron-Kortisol-Quotienten und Energieumsatz (P1) (TL=Trainingslager) .....	132
Abb. 4-69:	Zeitreihe des Testosteron-Kortisol-Quotienten und Energieumsatz (P2) (WF=Weihnachtsferien, TL=Trainingslager) .....	132
Abb. 4-70:	Kreuzkorrelation zwischen Kortisol und Testosteron (P1) .....	132
Abb. 4-71:	Kreuzkorrelation zwischen Kortisol und Testosteron (P2) .....	132
Abb. 4-72:	Kreuzkorrelation zwischen Kortisol und IGF-I (P1) .....	133
Abb. 4-73:	Kreuzkorrelation zwischen Kortisol und IGF-I (hoher Energieumsatz, P2) ...	133
Abb. 4-74:	Kreuzkorrelation zwischen Kortisol und TSH (hoher Energieumsatz, P1) ...	133
Abb. 4-75:	Zeitreihe von Prolaktin und Energieumsatz jeweils mit distanzgewichteter Kleinste-Quadrate-Glättung (P1) (TL=Trainingslager) .....	135
Abb. 4-76:	Zeitreihe von Prolaktin und Energieumsatz jeweils mit linearem Fitting (P2) (WF=Weihnachtsferien, TL=Trainingslager) .....	135
Abb. 4-77:	Kreuzkorrelation zwischen PRL und Kortisol (P1) .....	136
Abb. 4-78:	Kreuzkorrelation zwischen PRL und IGF-I (P1) .....	136

Abb. 4-79:	Kreuzkorrelation zwischen PRL und T4 (P1) .....	136
Abb. 4-80:	Kreuzkorrelation zwischen PRL und Leptin (P1).....	136
Abb. 4-81:	Zeitreihe von E <sub>2</sub> mit linearem Fitting und Energieumsatz (P1) (FP=Follikelphase, LP=Lutealphase).....	139
Abb. 4-82:	Kreuzkorrelation zwischen E <sub>2</sub> und Körpergewicht (P1).....	139
Abb. 4-83:	Zeitreihe von Progesteron mit distanzgewichteter Kleinste-Quadrate-Glättung und Energieumsatz (P1) (FP=Follikelphase, LP=Lutealphase).....	139
Abb. 4-84:	Kreuzkorrelation zwischen Energieumsatz und Progesteron (P1) (Tag 135-185).....	139
Abb. 4-85:	Zeitreihe von Testosteron und Energieumsatz jeweils mit distanzgewichteter Kleinste-Quadrate-Glättung (P1) (TL=Trainingslager)....	140
Abb. 4-86:	Zeitreihe von Testosteron mit distanzgewichteter Kleinste-Quadrate-Glättung und Energieumsatz mit linearem Fitting (P2) (WF=Weihnachtsferien, TL=Trainingslager) .....	140
Abb. 4-87:	Kreuzkorrelation zwischen Energieumsatz und Testosteron (hoher Energieumsatz) (P1) .....	141
Abb. 4-88:	Kreuzkorrelation zwischen Energieumsatz und Testosteron (niedriger Energieumsatz) (P2) .....	141
Abb. 4-89:	Kreuzkorrelation zwischen Testosteron und fT4 (P1) .....	141
Abb. 4-90:	Kreuzkorrelation zwischen Testosteron und T4 (P2) .....	141
Abb. 4-91:	Kreuzkorrelation zwischen Testosteron und Körpergewicht (P1).....	142
Abb. 4-92:	Kreuzkorrelation zwischen Testosteron und Körpergewicht (P2).....	142
Abb. 4-93:	Kreuzkorrelation zwischen Testosteron und Angiotensin II (P1).....	142
Abb. 4-94:	Kreuzkorrelation zwischen Testosteron und IGF-I (hoher Energieumsatz, P2).....	142
Abb. 4-95:	Zeitreihe von IGF-I mit LAMP-Fitting für m=0 (P1) (TL=Trainingslager) .....	145
Abb. 4-96:	Zeitreihe von IGF-I mit LAMP-Fitting für m=5 (P1) (TL=Trainingslager) .....	145
Abb. 4-97:	Zeitreihe von IGF-I und Energieumsatz (P1) (TL=Trainingslager) .....	145
Abb. 4-98:	Zeitreihe von IGF-I und Energieumsatz mit polynomischem Fitting, P2 (WF=Weihnachtsferien, TL=Trainingslager) .....	145
Abb. 4-99:	Kreuzkorrelation zwischen IGF-I und Kortisol (hoher Energieumsatz, P1) ...	146
Abb. 4-100:	Kreuzkorrelation zwischen IGF-I und Kortisol (hoher Energieumsatz, P2) ...	146
Abb. 4-101:	Kreuzkorrelation zwischen IGF-I und TSH (hoher Energieumsatz, P1) .....	146
Abb. 4-102:	Kreuzkorrelation zwischen IGF-I und T3 (P2) .....	146
Abb. 4-103:	Kreuzkorrelation zwischen IGF-I und PRL (hoher Energieumsatz, P1) .....	147
Abb. 4-104:	Kreuzkorrelation zwischen IGF-I und Leptin (hoher Energieumsatz, P1) .....	147
Abb. 4-105:	Zeitreihe der Schilddrüsenhormone und des Energieumsatzes (P1) (TL=Trainingslager).....	149
Abb. 4-106:	Zeitreihe der Schilddrüsenhormone und des Energieumsatzes (P2) (WF=Weihnachtsferien, TL=Trainingslager) .....	149
Abb. 4-107:	Kreuzkorrelation zwischen TSH und fT3 (geringer Energieumsatz, P1) .....	150
Abb. 4-108:	Kreuzkorrelation zwischen TSH und T3 (P2) .....	150

Abb. 4-109:	Kreuzkorrelation zwischen fT4 und fT3 (geringer Energieumsatz, P1).....	151
Abb. 4-110:	Kreuzkorrelation zwischen T4 und T3 (P2) .....	151
Abb. 4-111:	Kreuzkorrelation zwischen TSH und PRL (P1) .....	151
Abb. 4-112:	Kreuzkorrelation zwischen TSH und PRL (P2) .....	151
Abb. 4-113:	Kreuzkorrelation zwischen TSH und Leptin (P1).....	152
Abb. 4-114:	Kreuzkorrelation zwischen TSH und Körpergewicht (P1) .....	152
Abb. 4-115:	Kreuzkorrelation zwischen fT4 und IGF-I (P1) .....	152
Abb. 4-116:	Kreuzkorrelation zwischen T4 und IGF-I (P2) .....	152
Abb. 4-117:	Kreuzkorrelation zwischen fT3 und Leptin (P1).....	152
Abb. 4-118:	Kreuzkorrelation zwischen T3 und Körpergewicht (P2) .....	152
Abb. 4-119:	Zeitreihe von Leptin und Energieumsatz jeweils mit distanzgewichteter Kleinste-Quadrate-Glättung (P1) (TL=Trainingslager) .....	155
Abb. 4-120:	Zeitreihe von Leptin und Kortisol (P1) (TL=Trainingslager).....	156
Abb. 4-121:	Kreuzkorrelation zwischen Leptin und Kortisol (hoher Energieumsatz, P1)..	156
Abb. 4-122:	Zeitreihe von Leptin und Körpergewicht (P1) (TL=Trainingslager).....	156
Abb. 4-123:	Kreuzkorrelation zwischen Leptin und Körpergewicht (gesamte Zeitreihe, P1).....	156
Abb. 4-124:	Zeitreihe von Renin mit polynomischem Fitting und Energieumsatz mit distanzgewichteter Kleinste-Quadrate-Glättung (P1) (TL=Trainingslager)....	158
Abb. 4-125:	Zeitreihe von Angiotensin II mit linearem Fitting und Energieumsatz mit distanzgewichteter Kleinste-Quadrate-Glättung (P1) (TL=Trainingslager)....	158
Abb. 4-126:	Kreuzkorrelation zwischen Renin und Angiotensin II (hoher Energie- umsatz, P1) .....	160
Abb. 4-127:	Mittelwert während der Baseline (Mean BL) und Einzelwerte vom 13.08.01-15.08.01 für Erythrozyten, Hämoglobin (Hb) und Hämatokrit (Hkt) mit Signifikanzen zwischen Mean BL und jeweiligem Einzelwert (*p<.05, **p<.01, ***p<.001) .....	163
Abb. 4-128:	Mittelwert während der Baseline (Mean BL) und Einzelwerte vom 13.08.01-15.08.01 für mittleres Zellvolumen der Erythrozyten (MCV), mittleres Zellhämoglobin (MCH) und mittlere Zellhämoglobinkonzent- ration (MCHC) mit Signifikanzen zwischen Mean BL und jeweiligem Einzelwert (*p<.05, **p<.01, ***p<.001).....	163
Abb. 4-129:	Mittelwert während der Baseline (Mean BL) und Einzelwerte vom 13.08.01-15.08.01 für Leukozyten, Lymphozyten, Monozyten und Granu- lozyten mit Signifikanzen zwischen Mean BL und jeweiligem Einzelwert (*p<.05, **p<.01, ***p<.001) .....	164
Abb. 4-130:	Mittelwert während der Baseline (Mean BL) und Einzelwerte vom 13.08.01 und 15.08.01 für T-Lymphozyten (CD3), B-Lymphozyten (CD19) und NK-Zellen (CD16/56) mit Signifikanzen zwischen Mean BL und jeweiligem Einzelwert (*p<.05) .....	166
Abb. 4-131:	Mittelwert während der Baseline (Mean BL) und Einzelwerte vom 13.08.01 und 15.08.01 für T-Helferzellen (CD4), T-zytotoxische/ Suppressorzellen (CD8) und T4/T8-Ratio mit Signifikanzen zwischen Mean BL und jeweiligem Einzelwert (*p<.05, **p<.01).....	166
Abb. 4-132:	Energieumsatz und -zufuhr .....	171

---

Abb. 4-133:	Energieumsatz und Wasseraufnahme .....	171
Abb. 4-134:	Energieumsatz, -zufuhr und Körpergewicht .....	172
Abb. 4-135:	Energieumsatz und Nahrungsaufnahme an Kohlenhydraten, Fett und Eiweiß.....	172
Abb. 4-136:	Kreuzkorrelation zwischen Energie und Trainiertheit (P1) .....	178
Abb. 4-137:	Kreuzkorrelation zwischen Energie und Trainiertheit (P2) .....	178
Abb. 4-138:	Kreuzkorrelation zwischen Beschwerden und Gesundheit (P1) .....	178
Abb. 4-139:	Kreuzkorrelation zwischen Beschwerden und Schmerzen (P2).....	178
Abb. 4-140:	Schmerzen und Energieumsatz (P1) .....	179
Abb. 4-141:	Schmerzen und Energieumsatz (P2) (TL=Trainingslager).....	179
Abb. 4-142:	Beschwerden und Energieumsatz (P1).....	179
Abb. 4-143:	Beschwerden und Energieumsatz (P2) (TL=Trainingslager) .....	179
Abb. 4-144:	Energie und Energieumsatz mit polynomischem Fitting (P1) .....	179
Abb. 4-145:	Energie und Energieumsatz mit polynomischem Fitting (P2) (TL=Trainingslager).....	179
Abb. 4-146:	Trainiertheit und Energieumsatz mit polynomischem Fitting (P1)).....	180
Abb. 4-147:	Trainiertheit und Energieumsatz mit polynomischem Fitting (P2) (TL=Trainingslager) .....	180
Abb. 4-148:	Beweglichkeit und Energieumsatz mit polynomischem Fitting (P1) .....	181
Abb. 4-149:	Beweglichkeit und Energieumsatz mit polynomischem Fitting (P2) (TL=Trainingslager) .....	181
Abb. 4-150:	Gesundheit und Energieumsatz mit polynomischem Fitting (P1).....	181
Abb. 4-151:	Gesundheit und Energieumsatz mit polynomischem Fitting (P2) (TL=Trainingslager) .....	181
Abb. 4-152:	Kreuzkorrelation zwischen Ruheherzfrequenz und Beschwerden (P1) .....	182
Abb. 4-153:	Kreuzkorrelation zwischen Ruheherzfrequenz und Gesundheit (P1).....	182
Abb. 5-1:	Modell zur Optimierung von Diagnostik anhand von Zeitreihenanalysen (V4=anaerobe Schwelle).....	191

**Abkürzungsverzeichnis**

Abb.	Abbildung
BL	Baseline
BMI	Body Mass Index
BSA	Body Surface Area (Körperoberfläche)
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
CD	Cluster of Differentiation (Differenzierungsantigene)
CK	Creatinkinase
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
CWT	Continuous Wavelet Transformation
d.h.	das heißt
DNA	Desoxyribonukleinsäure
E	Energieumsatz
E <sub>2</sub>	Östradiol
EBF	Erholungs-Belastungs-Fragebogen
EDTA	Ethylendiamintetraacetat
EKV	Erlebte Körperliche Verfassung
et al.	und andere
FITC	Fluorescein-Isothiocyanat
FP	Follikelphase
FSH	Follikel stimulierendes Hormon (Follitropin)
(f)T3	(freies) Trijodthyronin
(f)T4	(freies) Thyroxin
GLDH	Glutamatdehydrogenase
GU	Grundumsatz
h	Stunde
Hb	Hämoglobin
Hf	Herzfrequenz
Hg.	Herausgeber
(H)GH	(Human) Growth Hormone (Wachstumshormon)
Hkt	Hämatokrit
IGF	Insulin-like Growth Factor
IGFBP	Insulin-like Growth Factor Binding Protein
kÄ	kalorisches Äquivalent
Kap.	Kapitel
kg	Kilogramm

---

KH	Kohlenhydrate
km	Kilometer
l	Liter
LAMP	Linear Approximations Matched by Parabolas
LD-Triathlon	Langdistanz-Triathlon
LH	Luteinisierendes Hormon (Lutropin)
LP	Lutealphase
m	Meter
MCH	Mittlere Hämoglobinkonzentration
MCHC	Mittlere Hämoglobinkonzentration pro Zelle
MCV	Mittleres Zellvolumen der Erythrozyten
ME	Mechanische Energie
min	Minute
MPV	Mittleres Thrombozytenvolumen
µg	Mikrogramm
µl	Mikroliter
NADPH	Reduziertes Nicotinamidadenindinucleotidphosphat
NH <sub>3</sub>	Ammoniak
NK-Zellen	Natürliche Killerzellen
η	Wirkungsgrad
O <sub>2</sub>	Sauerstoff
p	Signifikanzniveau
P	Leistung
P1	Proband 1
P2	Proband 2
PE	Phycoerythrin
pg	Pikogramm
PLT	Thrombozyt (Blutplättchen)
POMS	Profile of Mood Scale
PRL	Prolaktin
r	Korrelationskoeffizient
RBC	Red Blood Cell (Erythrozyt, rote Blutzelle)
r <sub>cc</sub>	Kreuzkorrelationskoeffizient
RPE	Rating of Perceived Exhaustion
RQ	Respiratorischer Quotient
s	Sekunde
s.	siehe