

**Bettina Majer**

Untersuchung der körpereigenen  
Erythropoietin-Konzentration und der  
damit korrelierenden Parameter unter  
verschiedenen physiologischen  
Bedingungen

**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: 9783832492144

**Bettina Majer**

**Untersuchung der körpereigenen Erythropoietin-Konzentration und der damit korrelierenden Parameter unter verschiedenen physiologischen Bedingungen**

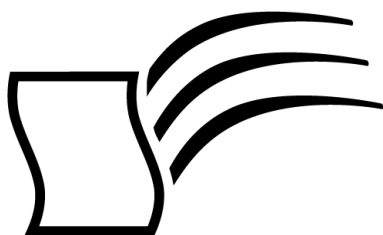


---

Bettina Majer

# **Untersuchung der körpereigenen Erythropoietin-Konzentration und der damit korrelierenden Parameter unter verschiedenen physiologischen Bedingungen**

**Dissertation / Doktorarbeit  
Deutsche Sporthochschule Köln  
Fachbereich Institut für Biochemie  
Abgabe Dezember 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 9214

Majer, Bettina: Untersuchung der körpereigenen Erythropoietin-Konzentration und der damit korrelierenden Parameter unter verschiedenen physiologischen Bedingungen

Hamburg: Diplomica GmbH, 2006

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 2006

Printed in Germany

---

## **Persönliche Daten:**

Bettina M. Majer, geb. Bialas  
Geboren am 17.01.1968 in Georgsmarienhütte  
verheiratet

---

## **Eigenschaften und berufliche Schwerpunkte:**

Stärken in der Organisation und im analytischen, wissenschaftlichen Problemlösen,  
hohe Einsatzbereitschaft

Meine beruflichen Schwerpunkte liegen in der EPO / Anti-Doping Forschung im  
Ausdauer- und Sporthochleistungsbereich. In der Zusammenarbeit mit den  
Fachverbänden (IOC, WADA, NADA, Sportverbände) wurden neue Analyse Methoden  
erfolgreich eingeführt.

Zusätzlich habe ich meine Arbeit als Gesundheits- und Präventionssportlehrerin sowie  
Ausbildungen in der Sportverwaltung fortgeführt und abgeschlossen.

---

## **Akademische Ausbildung:**

1987/88 – 1990	Studiengang Elektrotechnik an der Fachhochschule Köln
1988 – 1989	Studium der Biologie an der University of Portland, USA
1990 – 1995	Studium der Sportwissenschaften an der Deutschen Sporthochschule Köln
10.08.1995	Prüfung zur Diplom-Sportwissenschaftlerin
1992/93 – 1998	Studiengang Biologie (Lehramt Sekundarstufen I und II) an der Universität zu Köln
05.05.1998	Erste Staatsprüfung für das Lehramt Biologie
1999 - 2005	Promotionsstudium an der Deutschen Sporthochschule Köln (Biochemie und Sportmedizin)
22.09.2005	Disputationsprüfung

---

## **Beruflicher Werdegang:**

1998 – dato	Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Biochemie an der Deutschen Sporthochschule in Köln / Manfred-Donike- Gesellschaft, Projektleiterin EPO Forschung und Analyse. Nachweis von rekombinanten Wachstumshormonen Forschung zum Nachweis von homologer und autologer Bluttransfusion im Sport
-------------	---

---

## **Extracurriculare Ausbildungen:**

- DSB-Vereinsmanagerin A
- DVGS-Rückenschulleiterin
- DVGS-Osteoporose Kursleiterin
- Fachübungsleiterin Rehabilitationssport (Innere Organe)

## Inhaltsverzeichnis:

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Literaturbesprechung</b> .....	<b>3</b>
2.1	Historischer Hintergrund von Erythropoietin.....	3
2.2	Molekularstruktur von EPO.....	5
2.3	Regulation der Erythropoese .....	7
2.4	Morphologische Zellveränderungen während der Erythropoese.....	9
2.5	Abbau von Erythropoietin .....	10
2.6	Einflussfaktoren der Erythropoese .....	11
2.7	Korrelierende Parameter der Erythropoese .....	12
2.7.1	Ferritin – Speichereisen.....	12
2.7.2	Transferrin .....	13
2.7.3	Transferrin-Rezeptor (TFR) .....	13
2.7.4	Hämatologische Parameter .....	14
2.7.4.1	Erythrozyten, Retikulozyten, Leukozyten und Thrombozyten.....	14
2.7.4.2	Hämoglobin (Hb) .....	15
2.7.4.3	Hämatokrit (Hct).....	16
2.7.4.4	Mittleres korpuskuläres Erthrozyten-Volumen (MCV) .....	16
2.7.4.5	Mittlerer zellulärer Hämoglobin-Gehalt eines Erythrozyten (MCH).....	16
2.7.4.6	Mittlere korpuskuläre Hämoglobin-Konzentration (MCHC und CHCM) .....	16
2.7.4.7	Prozentualer Anteil mikrozytärer und makrozytärer Erythrozyten.....	17
2.7.4.8	Hypochrome und Hyperchrome Erythrozyten .....	17
2.7.4.9	Retikulozytenalter .....	18
2.7.4.10	Mittleres Zellvolumen der Retikulozyten (MCV <sub>r</sub> ).....	18
2.7.4.11	Mittlere Hämoglobin-Konzentration eines Retikulozyten (CHCM <sub>r</sub> ).....	19
2.7.4.12	Zellulärer Hämoglobin-Gehalt eines Retikulozyten (CHr) .....	19
2.8	Rekombinantes Erythropoietin (rhEPO) .....	19
2.8.1	Klinische Bedeutung von rhEPO.....	20
2.8.2	Pharmakokinetik von rhEPO .....	20
2.9	Erythropoietin und Sport .....	22
<b>3</b>	<b>Material und Methoden</b> .....	<b>25</b>
3.1	Studiendesign.....	25
3.1.1	Untersuchung der circadianen Rhythmik von Erythropoietin und der damit korrelierenden Parameter der Erythropoese (Tagesstudie) .....	25



3.1.2	Untersuchung der Jahresrhythmik von Erythropoietin und der damit korrelierenden Parameter der Erythropoese (Jahresstudie).....	27
3.1.3	Untersuchungen des Einflusses von sportlicher Ausdauerbelastung unter Wettkampfbedingungen auf die Erythropoietin-Konzentration und der damit korrelierenden Parameter am Beispiel eines Straßenradrennens und eines Stadtmarathons .....	29
3.1.4	Untersuchung des Einflusses von Langzeitflügen auf die Erythropoietin-Konzentration und der damit korrelierenden Parameter (Hypoxie-Studie).....	30
3.2	Zielpopulation / Probandengut .....	32
3.2.1	Anzahl der Probanden .....	32
3.2.2	Einschlussuntersuchung .....	32
3.2.2.1	EKG, Herzfrequenz.....	33
3.2.2.2	Blutdruck.....	33
3.2.3	Einschlusskriterien und Ausschlusskriterien.....	33
3.2.4	Kriterien für die Randomisierung.....	34
3.2.5	Abbruchkriterien.....	34
3.2.6	Komplikationen und Risiken durch die Untersuchungsmethoden .....	34
3.2.7	Form und Inhalt der Probandeninformation.....	35
3.2.8	Datenschutz und Wahrung der ärztlichen Schweigepflicht.....	35
3.3	Bestimmung von Erythropoietin .....	36
3.3.1	Test Prinzip: Immunoassay .....	36
3.3.2	Test Prinzip: Chemilumineszens .....	37
3.4	Bestimmung von Ferritin und löslichen Transferrinrezeptor .....	38
3.5	Linearitätsbereiche und Probenvolumen des Advantages .....	38
3.6	Gesamtprotein Bestimmung .....	38
3.7	Bestimmung der hämatologischen Parameter .....	39
3.8	Präzision .....	42
3.8.1	Inter- und Intraassay Präzision von EPO.....	43
3.8.2	Inter- und Intraassay Präzision von Ferritin .....	43
3.8.3	Inter- und Intraassay Präzision von sTFR .....	43
3.8.4	Inter- und Intraassay Präzision von Gesamtprotein.....	44
3.8.5	Intraassay Präzision der hämatologischen Parameter.....	44
3.9	Analytische Sensitivität (Nachweis- und Bestimmungsgrenze).....	45
3.10	Blutproben und Blutentnahmemenge .....	45
3.11	Statistik .....	46

<b>4</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>47</b>
4.1	Untersuchung der circadianen Rhythmik von Erythropoietin und der damit korrelierenden Parameter der Erythropoese (Tagesstudie) .....	47
4.1.1	Erythropoietin (EPO).....	47
4.1.2	Ferritin .....	49
4.1.3	Löslicher Transferrin-Rezeptor (sTFR).....	52
4.1.4	Gesamtprotein.....	55
4.1.5	Erythrozyten .....	58
4.1.6	Hämoglobin (Hb).....	61
4.1.7	Hämatokrit (Hct) .....	63
4.1.8	Mittleres korpuskuläres Erythrozyten-Volumen (MCV) .....	66
4.1.9	Mittlerer zellulärer Hämoglobin-Gehalt eines Erythrozyten (MCH) .....	69
4.1.10	Mittlere berechnete korpuskuläre Hämoglobin-Konzentration eines Erythrozyten (MCHC).....	71
4.1.11	Mittlere gemessene korpuskuläre Hämoglobin-Konzentration eines Erythrozyten (CHCM).....	73
4.1.12	Anzahl der Retikulozyten (#Reti).....	76
4.1.13	Prozentualer Anteil der Retikulozyten bezogen auf die Anzahl der Erythrozyten (%Reti).....	79
4.1.14	Prozentualer Anteil mikrozytärer Erythrozyten (%Mirko) .....	82
4.1.15	Prozentualer Anteil makrozytärer Erythrozyten (%Makro).....	85
4.1.16	Hypochrome Erythrozyten (%Hypo) .....	88
4.1.17	Hyperchrome Erythrozyten (%Hyper) .....	91
4.1.18	Gering fluoreszierende Retikulozyten (%LFR).....	94
4.1.19	Mittel fluoreszierende Retikulozyten (%MFR).....	96
4.1.20	Hochfluoreszierende Retikulozyten (%HFR).....	99
4.1.21	Mittleres Zellvolumen der Retikulozyten (MCVr).....	101
4.1.22	Mittlere Hämoglobin-Konzentration eines Retikulozyten (CHCMr) .....	104
4.1.23	Zellulärer Hämoglobin-Gehalt eines Retikulozyten (CHr) .....	106
4.2	Untersuchung der Jahresrhythmik von Erythropoietin und der damit korrelierenden Parameter der Erythropoese (Jahresstudie) .....	109
4.2.1	Erythropoietin (EPO).....	109
4.2.2	Ferritin .....	111
4.2.3	Löslicher Transferrin-Rezeptor (sTFR).....	114
4.2.4	Gesamtprotein.....	115
4.2.5	Erythrozyten .....	119
4.2.6	Hämoglobin (Hb).....	120

4.2.7	Hämatokrit (Hct) .....	123
4.2.8	Mittleres korpuskuläres Erythrozyten-Volumen (MCV) .....	125
4.2.9	Mittlerer zellulärer Hämoglobin-Gehalt (MCH) .....	127
4.2.10	Mittlere berechnete korpuskuläre Hämoglobin-Konzentration (MCHC) .....	129
4.2.11	Anzahl der Retikulozyten (#Reti) .....	131
4.2.12	Prozentualer Anteil der Retikulozyten bezogen auf die Anzahl der Erythrozyten (%Reti) .....	134
4.2.13	Prozentualer Anteil mikrozytärer Erythrozyten (%Mikro) .....	136
4.2.14	Prozentualer Anteil makrozytärer Erythrozyten (%Makro) .....	138
4.2.15	Hypochrome Erythrozyten (%Hypo) .....	141
4.2.16	Hyperchrome Erythrozyten (%Hyper) .....	143
4.2.17	Gering fluoreszierende Retikulozyten (%LFR) .....	145
4.2.18	Mittelfluoreszierende Retikulozyten (%MFR) .....	148
4.2.19	Hochfluoreszierende Retikulozyten (%HFR) .....	150
4.2.20	Mittleres Zellvolumen der Retikulozyten (MCV <sub>r</sub> ) .....	153
4.2.21	Mittlere Hämoglobin-Konzentration eines Retikulozyten (CHC <sub>Mr</sub> ) .....	155
4.2.22	Zelluläres Hämoglobin eines Retikulozyten (CH <sub>r</sub> ) .....	158
4.3	Untersuchung des Einflusses von sportlicher Ausdauerbelastung unter Wettkampfbedingungen auf die Erythropoietin-Konzentration und der damit korrelierenden Parameter am Beispiel eines Straßenradrennens .....	162
4.3.1	Erythropoietin (EPO) .....	162
4.3.2	Ferritin .....	163
4.3.3	Löslicher Transferrin-Rezeptor (sTFR) .....	165
4.3.4	Gesamtprotein .....	166
4.3.5	Leukozyten .....	167
4.3.6	Erythrozyten .....	168
4.3.7	Hämoglobin (Hb) .....	169
4.3.8	Hämatokrit (Hct) .....	171
4.3.9	Mittleres korpuskuläres Erythrozyten-Volumen (MCV) .....	172
4.3.10	Mittlerer zellulärer Hämoglobin-Gehalt eines Erythrozyten (MCH) .....	173
4.3.11	Mittlerer korpuskuläre Hämoglobin-Konzentration (MCHC) .....	174
4.3.12	Anzahl der Retikulozyten (#Reti) .....	175
4.3.13	Prozentualer Anteil der Retikulozyten bezogen auf die Anzahl der Erythrozyten (%Reti) .....	177
4.3.14	Prozentualer Anteil mikrozytärer Erythrozyten (%Mikro) .....	178
4.3.15	Prozentualer Anteil makrozytärer Erythrozyten (%Makro) .....	179

4.3.16	Hypochrome Erythrozyten (%Hypo) .....	180
4.3.17	Hyperchrome Erythrozyten (%Hyper) .....	182
4.3.18	Gering-, mittel- und hochfluoreszierende Retikulozyten (%LFR, %MFR und %HFR) .....	183
4.3.19	Mittleres Zellvolumen eines Retikulozyten (MCVr) .....	185
4.3.20	Mittlere Hämoglobin-Konzentration eines Retikulozyten (CHCMr) .....	186
4.3.21	Zelluläres Hämoglobin eines Retikulozyten (CHr) .....	187
4.4	Untersuchung des Einflusses von sportlicher Ausdauerbelastung unter Wettkampfbedingungen auf die Erythropoietin-Konzentration und der damit korrelierenden Parameter am Beispiel eines Stadtmarathons.....	189
4.4.1	Erythropoietin (EPO).....	189
4.4.2	Ferritin .....	190
4.4.3	Löslicher Transferrin-Rezeptor (sTFR).....	191
4.4.4	Gesamtprotein.....	192
4.4.5	Leukozyten .....	193
4.4.6	Erythrozyten .....	194
4.4.7	Hämoglobin (Hb).....	195
4.4.8	Hämatokrit (Hct) .....	197
4.4.9	Mittleres korpuskuläre Erythrozyten-Volumen (MCV).....	198
4.4.10	Mittlerer zellulärer Hämoglobin-Gehalt eines Erythrozyten (MCH) .....	199
4.4.11	Mittlere korpuskuläre Hämoglobin-Konzentration eines Erythrozyten (MCHC).....	200
4.4.12	Anzahl der Retikulozyten (#Reti).....	202
4.4.13	Prozentualer Anteil der Retikulozyten bezogen auf die Anzahl der Erythrozyten (%Reti).....	203
4.4.14	Prozentualer Anteil mikrozytärer Erythrozyten (%Mikro) .....	204
4.4.15	Prozentualer Anteil makrozytärer Erythrozyten (%Makro).....	205
4.4.16	Hypochrome Erythrozyten (%Hypo) .....	206
4.4.17	Hyperchrome Erythrozyten (%Hyper) .....	207
4.4.18	Gering-, mittel- und hochfluoreszierende Retikulozyten (%LFR, %MFR und %HFR).....	209
4.4.19	Mittleres Zellvolumen eines Retikulozyten (MCVr) .....	211
4.4.20	Mittlere Hämoglobin-Konzentration eines Retikulozyten (CHCMr) .....	212
4.4.21	Zelluläres Hämoglobin eines Retikulozyten (CHr).....	213
4.5	Untersuchung des Einflusses von Langzeitflügen auf die Erythropoietin-Konzentration und der damit korrelierenden Parameter (Hypoxie-Studie) .....	214

4.5.1	Erythropoietin (EPO).....	214
4.5.2	Ferritin .....	216
4.5.3	Löslicher Transferrin-Rezeptor (sTFR).....	218
4.5.4	Gesamtprotein.....	220
4.5.5	Leukozyten .....	222
4.5.6	Erythrozyten .....	223
4.5.7	Hämoglobin (Hb).....	225
4.5.8	Hämatokrit (Hct) .....	226
4.5.9	Mittleres korpuskuläres Erythrozyten-Volumen (MCV) .....	228
4.5.10	Mittlerer zellulärer Hämoglobin-Gehalt (MCH).....	230
4.5.11	Mittlere korpuskuläre Hämoglobin-Konzentration eines Erythrozyten (MCHC).....	232
4.5.12	Anzahl der Retikulozyten (#Reti).....	233
4.5.13	Prozentualer Anteil an Retikulozyten bezogen auf die Anzahl der Erythrozyten (%Reti) .....	235
4.5.14	Gering-, mittel- und hochfluoreszierende Retikulozyten (%LFR, %MFR und %HFR).....	236
4.6	Interlabor-Vergleich .....	240
<b>5</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>244</b>
5.1	Diskussion der Untersuchungsergebnisse zur circadiane Rhythmik von Erythropoietin und der damit korrelierenden Parameter der Erythropoese (Tagesstudie) .....	244
5.2	Diskussion der Untersuchungsergebnisse zur Jahresrhythmik von Erythropoietin und der damit korrelierenden Parameter der Erythropoese (Jahresstudie).....	254
5.3	Diskussion der Untersuchungsergebnisse zum Einfluss von sportlicher Ausdauerbelastung unter Wettkampfbedingungen auf die Erythropoietin-Konzentration und der damit korrelierenden Parameter am Beispiel eines Straßenradrennens .....	260
5.4	Diskussion der Untersuchungsergebnisse zum Einfluss von sportlicher Ausdauerbelastung unter Wettkampfbedingungen auf die Erythropoietin-Konzentration und der damit korrelierenden Parameter am Beispiel eines Stadtmarathons .....	264
5.5	Diskussion der Untersuchungsergebnisse zum Einfluss von Langzeitflügen auf die Erythropoietin-Konzentration und der damit korrelierenden Parameter (Hypoxie-Studie).....	268
5.6	Diskussion der Ergebnisse des Interlabor-Vergleichs .....	273
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>275</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>278</b>
<b>8</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>297</b>

**Abbildungsverzeichnis:**

Abb. 1: Schematische Darstellung von Erythropoietin. N=N-Acetyl-D-Glucosamin, M=D-Mannose, S=N-Acetylneuraminsäure, G=D-Galactose, F=L-Fucose [189] .....	6
Abb. 2: Feedback-Regulation der Bildung von roten Blutzellen nach Erslev [46, 51] .....	7
Abb. 3: Entwicklung der hämatopoetischen Zellreihen aus der pluripotenten Stammzelle (aus [46, 51]) .....	9
Abb. 4: Plasmakonzentrationen nach der ersten i.v. Injektion (80 U/kg) von rhEPO (durchgezogene Linie) und nach 3 Monaten rhEPO Therapie (n=10, gestrichelte Linie). Die Differenz zwischen den beiden Gruppen ist statistisch signifikant (U- Test $p \leq 0.005$ ) aus [101] .....	21
Abb. 5: Plasmakonzentrationen nach der ersten i.v. Injektion (80 U/kg; n=19) und nach der ersten subkutanen Applikation (n=9) aus [101] .....	21
Abb. 6: Sandwich-Komplex des chemilumineszens Immunoassays .....	36
Abb. 7: Circadiane Rhythmik von EPO .....	47
Abb. 8: EPO-Konzentration über eine Zeitspanne von 24 Stunden .....	48
Abb. 9: Circadiane Rhythmik der EPO-Konzentration im Blutserum der Gruppe der Männer, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	49
Abb. 10: Circadiane Rhythmik der EPO-Konzentration im Blutserum in der Gruppe der Frauen, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	49
Abb. 11: Ferritin-Konzentration über eine Zeitspanne von 24 Stunden .....	50
Abb. 12: Ferritin-Konzentration über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Männer, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	51
Abb. 13: Ferritin-Konzentration über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Frauen, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	51
Abb. 14: MW $\pm$ SD der Ferritin-Konzentration über eine Zeitspanne von 24 Stunden, aufgeteilt nach Geschlecht .....	52
Abb. 15: sTFR-Konzentration über eine Zeitspanne von 24 Stunden .....	52
Abb. 16: sTFR-Konzentration über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Männer, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	54
Abb. 17: sTFR-Konzentration über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Frauen, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	54
Abb. 18: Gesamtprotein-Konzentration über eine Zeitspanne von 24 Stunden .....	55
Abb. 19: Gesamtprotein-Konzentration über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Männer, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	56
Abb. 20: Gesamtprotein-Konzentration über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Frauen, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	57

Abb. 21: MW $\pm$ SD von Gesamtprotein über eine Zeitspanne von 24 Stunden, aufgeteilt nach Geschlecht.....	57
Abb. 22: Erythrozytenzahl pro $\mu$ l Blut über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Männer, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	58
Abb. 23: Erythrozytenzahl pro $\mu$ l Blut über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Frauen, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	59
Abb. 24: Erythrozytenzahl pro $\mu$ l Blut über eine Zeitspanne von 24 Stunden.....	59
Abb. 25: MW $\pm$ SD der Erythrozytenzahl pro $\mu$ l Blut über eine Zeitspanne von 24 Stunden, aufgeteilt nach Geschlecht.....	60
Abb. 26: Hämoglobin-Konzentration über eine Zeitspanne von 24 Stunden .....	61
Abb. 27: Hämoglobin-Konzentration über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Männer, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	62
Abb. 28: Hämoglobin-Konzentration über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Frauen, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	62
Abb. 29: Hämatokrit über eine Zeitspanne von 24 Stunden .....	63
Abb. 30: Hämatokrit über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Männer, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	64
Abb. 31: Hämatokrit über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Frauen, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	65
Abb. 32: MW $\pm$ SD des Hämatokrits über eine Zeitspanne von 24 Stunden aufgeteilt nach Geschlecht.....	66
Abb. 33: MCV über eine Zeitspanne von 24 Stunden.....	66
Abb. 34: MW $\pm$ SD des MCV über eine Zeitspanne von 24 Stunden, aufgeteilt nach Geschlechtern.....	67
Abb. 35: MCV über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Männer, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	68
Abb. 36: MCV über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Frauen, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	68
Abb. 37: MCH über eine Zeitspanne von 24 Stunden.....	69
Abb. 38: MCH über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Männer, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	70
Abb. 39: MCH über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Frauen, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	70
Abb. 40: MCHC über eine Zeitspanne von 24 Stunden .....	71
Abb. 41: MCHC über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Männer, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	72
Abb. 42: MCHC über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Frauen, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	72
Abb. 43: CHCM über eine Zeitspanne von 24 Stunden .....	73
Abb. 44: MW $\pm$ SD von CHCM über eine Zeitspanne von 24 Stunden aufgeteilt nach Geschlecht.....	74

Abb. 45: CHCM über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Männer, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	74
Abb. 46: CHCM über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Frauen, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	75
Abb. 47: CHCM über eine Zeitspanne von 24 Stunden in den Leistungsgruppen, aufgeteilt nach Sportarten und Geschlecht.....	75
Abb. 48: CHCM über eine Zeitspanne von 24 Stunden in den Freizeitgruppen, aufgeteilt nach Sportarten und Geschlecht.....	76
Abb. 49: Anzahl der Retikulozyten über eine Zeitspanne von 24 Stunden.....	76
Abb. 50: Anzahl der Retikulozyten über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Männer, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	77
Abb. 51: Anzahl der Retikulozyten über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Frauen, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	78
Abb. 52: MW $\pm$ SD der Anzahl der Retikulozyten über eine Zeitspanne von 24 Stunden aufgeteilt nach Geschlecht.....	79
Abb. 53: %Reti über eine Zeitspanne von 24 Stunden.....	79
Abb. 54: MW $\pm$ SD des Parameters %Reti im Mittel über eine Zeitspanne von 24 Stunden, aufgeteilt nach Geschlecht.....	80
Abb. 55: %Reti über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Männer, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	81
Abb. 56: %Reti über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Frauen, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	81
Abb. 57: %Mikro über eine Zeitspanne von 24 Stunden.....	82
Abb. 58: MW $\pm$ SD des Parameters %Mikro über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Frauen und Männer.....	82
Abb. 59: %Mikro über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Männer, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	83
Abb. 60: %Mikro über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Frauen, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	84
Abb. 61: %Makro über eine Zeitspanne von 24 Stunden.....	85
Abb. 62: %Makro über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Männer, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	86
Abb. 63: %Makro über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Frauen, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	86
Abb. 64: MW $\pm$ SD des Parameters %Makro über eine Zeitspanne von 24 Stunden aufgeteilt nach Geschlecht.....	87
Abb. 65: %Hypo über eine Zeitspanne von 24 Stunden.....	88
Abb. 66: %Hypo über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Männer aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	89
Abb. 67: %Hypo über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Frauen aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	90



Abb. 68: MW $\pm$ SD hypochromer Erythrozyten beider Geschlechter über 24 Stunden .....	90
Abb. 69: %Hyper über eine Zeitspanne von 24 Stunden .....	91
Abb. 70: MW $\pm$ SD der %Hyper über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Frauen und Männer.....	92
Abb. 71: %Hyper über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Männer, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	93
Abb. 72: %Hyper über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Frauen, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	93
Abb. 73: %LFR über eine Zeitspanne von 24 Stunden .....	94
Abb. 74: %LFR über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Männer, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	95
Abb. 75: %LFR über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Frauen, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	95
Abb. 76: MW $\pm$ SD des Parameters %LFR über eine Zeitspanne von 24 Stunden, aufgeteilt nach Geschlecht.....	96
Abb. 77: %MFR über eine Zeitspanne von 24 Stunden .....	96
Abb. 78: %MFR über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Männer, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	97
Abb. 79: %MFR über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Frauen, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	98
Abb. 80: MW $\pm$ SD des Parameters %MFR über eine Zeitspanne von 24 Stunden aufgeteilt nach Geschlecht.....	98
Abb. 81: %HFR über eine Zeitspanne von 24 Stunden.....	99
Abb. 82: %HFR über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Männer, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	100
Abb. 83: %HFR über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Frauen, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	100
Abb. 84: MCVr über eine Zeitspanne von 24 Stunden .....	101
Abb. 85: MW $\pm$ SD des Parameters MCVr über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Frauen und Männer .....	102
Abb. 86: MCVr über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Männer, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	103
Abb. 87: MCVr über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Frauen, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	103
Abb. 88: CHCMr über eine Zeitspanne von 24 Stunden.....	104
Abb. 89: MW $\pm$ SD des Parameters CHCMr über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Männer und Frauen .....	105
Abb. 90: CHCMr über eine Zeitspanne von 24 Stunden in den Freizeitgruppen, aufgeteilt nach Sportarten und Geschlecht .....	105
Abb. 91: CHCMr über eine Zeitspanne von 24 Stunden in den Leistungsgruppen, aufgeteilt nach Sportarten und Geschlecht .....	106

Abb. 92: CHR über eine Zeitspanne von 24 Stunden.....	107
Abb. 93: MW $\pm$ SD des Parameters CHR über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Frauen und Männer .....	107
Abb. 94: CHR über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Männer, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	108
Abb. 95: CHR über eine Zeitspanne von 24 Stunden in der Gruppe der Frauen, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	108
Abb. 96: MW $\pm$ SD der EPO-Konzentration bei Männern und Frauen im Jahresverlauf.....	109
Abb. 97: Jahresverlauf des Parameters EPO in der Gruppe der Männer aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	110
Abb. 98: Jahresverlauf des Parameters EPO in der Gruppe der Frauen aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	111
Abb. 99: MW $\pm$ SD des Parameters Ferritin in der Gruppe der Männer und Frauen im Jahresverlauf.....	112
Abb. 100: MW $\pm$ SD des Parameters Ferritin aufgeteilt nach Sportarten im Jahresverlauf (Rad: n=146; Lauf: n=146; Kraft: n=134 Serumproben).....	112
Abb. 101: Jahresverlauf des Parameters Ferritin in der Gruppe der Männer aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	113
Abb. 102: Jahresverlauf des Parameters Ferritin in der Gruppe der Frauen aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	113
Abb. 103: MW $\pm$ SD des Parameters sTFR in der Gruppe der Frauen und Männer im Jahresverlauf.....	114
Abb. 104: Jahresverlauf des Parameters sTFR in der Gruppe der Frauen aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	115
Abb. 105: Jahresverlauf des Parameters sTFR in der Gruppe der Männer aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	115
Abb. 106: MW $\pm$ SD des Parameters Gesamtprotein in der Gruppe der Frauen und Männer im Jahresverlauf .....	116
Abb. 107: Jahresverlauf des Parameters Gesamtprotein in der Gruppe der Männer aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	117
Abb. 108: Jahresverlauf des Parameters Gesamtprotein in der Gruppe der Frauen aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	117
Abb. 109: Jahresverlauf der Anzahl der Erythrozyten (MW $\pm$ SD) in der Gruppe der Frauen und Männer.....	119
Abb. 110: Jahresverlauf der Anzahl Erythrozyten, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	120
Abb. 111: Jahresverlauf der Hämoglobin-Konzentration (MW $\pm$ SD) in der Gruppe der Frauen und Männer.....	121
Abb. 112: Jahresverlauf der Hämoglobin-Konzentration in der Gruppe der Männer aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	122
Abb. 113: Jahresverlauf der Hämoglobin-Konzentration in der Gruppe der Frauen aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	122

Abb. 114: Jahresverlauf des Parameters Hämatokrit (MW ± SD) aufgeteilt nach Geschlecht .....	123
Abb. 115: Jahresverlauf des Parameters Hämatokrit in der Gruppe der Männer aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	124
Abb. 116: Jahresverlauf des Parameters Hämatokrit in der Gruppe der Frauen aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	124
Abb. 117: Jahresverlauf des Parameters MCV (MW ± SD) aufgeteilt nach Geschlecht .....	125
Abb. 118: Jahresverlauf des Parameters MCV in der Gruppe der Männer aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	126
Abb. 119: Jahresverlauf des Parameters MCV in der Gruppe der Frauen aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	126
Abb. 120: Jahresverlauf des Parameters MCH (MW ± SD) aufgeteilt nach Geschlecht .....	127
Abb. 121: Jahresverlauf des Parameters MCH in der Gruppe der Männer aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	128
Abb. 122: Jahresverlauf des Parameters MCH in der Gruppe der Frauen aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	128
Abb. 123: Jahresverlauf des Parameters MCHC (MW ± SD) aufgeteilt nach Geschlecht .....	129
Abb. 124: Jahresverlauf des Parameters MCHC in der Gruppe der Männer, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	130
Abb. 125: Jahresverlauf des Parameters MCHC in der Gruppe der Frauen, aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	130
Abb. 126: Anzahl der Retikulozyten (MW ± SD) im Jahresverlauf, aufgeteilt nach Geschlecht .....	132
Abb. 127: Anzahl der Retikulozyten im Jahresverlauf in der Gruppe der Männer aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	133
Abb. 128: Anzahl der Retikulozyten im Jahresverlauf in der Gruppe der Frauen aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	133
Abb. 129: %Reti (MW ± SD) im Jahresverlauf aufgeteilt nach Geschlecht.....	134
Abb. 130: %Reti im Jahresverlauf in der Gruppe der Männer aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	135
Abb. 131: %Reti im Jahresverlauf in der Gruppe der Frauen aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	135
Abb. 132: %Mikro (MW ± SD) im Jahresverlauf, aufgeteilt nach Geschlecht.....	136
Abb. 133: %Mikro im Jahresverlauf in der Gruppe der Männer aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	137
Abb. 134: %Mikro im Jahresverlauf in der Gruppe der Frauen aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	137
Abb. 135: %Makro (MW ± SD) im Jahresverlauf, aufgeteilt nach Geschlecht.....	138
Abb. 136: %Makro im Jahresverlauf in der Gruppe der Männer aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	139

Abb. 137: %Makro im Jahresverlauf in der Gruppe der Frauen aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	140
Abb. 138: %Hypo (MW $\pm$ SD) im Jahresverlauf, aufgeteilt nach Geschlecht.....	141
Abb. 139: %Hypo im Jahresverlauf in der Gruppe der Männer aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	142
Abb. 140: %Hypo im Jahresverlauf in der Gruppe der Frauen aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	142
Abb. 141: Jahresverlauf des Parameters %Hyper (MW $\pm$ SD) bei Frauen und Männern.....	143
Abb. 142: Jahresverlauf des Parameters %Hyper in der Gruppe der Männer aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	144
Abb. 143: Jahresverlauf des Parameters %Hyper in der Gruppe der Frauen aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	145
Abb. 144: Jahresverlauf des Parameters LFR (MW $\pm$ SD) aufgeteilt nach Geschlecht .....	146
Abb. 145: Jahresverlauf des Parameters LFR bei den Männern aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	147
Abb. 146: Jahresverlauf des Parameters LFR bei den Frauen aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau .....	147
Abb. 147: Jahresverlauf des Parameters %MFR (MW $\pm$ SD) aufgeteilt nach Geschlecht .....	148
Abb. 148: Jahresverlauf des Parameters %MFR in der Gruppe der Männer aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	149
Abb. 149: Jahresverlauf des Parameters %MFR in der Gruppe der Frauen aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	150
Abb. 150: Jahresverlauf des Parameters %HFR (MW $\pm$ SD) aufgeteilt nach Geschlecht .....	151
Abb. 151: Jahresverlauf des Parameters %HFR in der Gruppe der Männer aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	152
Abb. 152: Jahresverlauf des Parameters %HFR in der Gruppe der Frauen aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	152
Abb. 153: Jahresverlauf des Parameters MCVr (MW $\pm$ SD) aufgeteilt nach Geschlecht .....	153
Abb. 154: Jahresverlauf des Parameters MCVr in der Gruppe der Männer aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	154
Abb. 155: Jahresverlauf des Parameters MCVr in der Gruppe der Frauen aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	155
Abb. 156: Jahresverlauf des Parameters CHCMr (MW $\pm$ SD) aufgeteilt nach Geschlecht .....	156
Abb. 157: Jahresverlauf des Parameters CHCMr in der Gruppe der Männer aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	157
Abb. 158: Jahresverlauf des Parameters CHCMr in der Gruppe der Frauen aufgeteilt nach Sportarten und Leistungsniveau.....	158

Abb. 159: Jahresverlauf des Parameters CHr (MW $\pm$ SD) in der Gruppe der Frauen und Männer.....	159
Abb. 160: Jahresverlauf des Parameters CHr in der Gruppe der Männer aufgeteilt nach Sportart und Leistungsniveau.....	160
Abb. 161: Jahresverlauf des Parameters CHr in der Gruppe der Frauen aufgeteilt nach Sportart und Leistungsniveau.....	161
Abb. 162: EPO-Konzentration vor und nach einem Radrennen aufgeteilt nach Geschlecht .....	162
Abb. 163: Ferritin vor und nach einem Radrennen aufgeteilt nach Geschlecht.....	164
Abb. 164: sTFR vor und nach einem Radrennen aufgeteilt nach Geschlecht.....	165
Abb. 165: Gesamtprotein vor und nach einem Radrennen aufgeteilt nach Geschlecht .....	166
Abb. 166: Leukozyten vor und nach einem Radrennen aufgeteilt nach Geschlecht.....	167
Abb. 167: Erythrozyten vor und nach einem Radrennen aufgeteilt nach Geschlecht .....	169
Abb. 168: Hämoglobin vor und nach einem Radrennen aufgeteilt nach Geschlecht.....	170
Abb. 169: Hämatokrit vor und nach einem Radrennen aufgeteilt nach Geschlecht.....	171
Abb. 170: MCV vor und nach einem Radrennen aufgeteilt nach Geschlecht.....	172
Abb. 171: MCH vor und nach einem Radrennen aufgeteilt nach Geschlecht.....	173
Abb. 172: MCHC vor und nach einem Radrennen aufgeteilt nach Geschlecht.....	174
Abb. 173: Anzahl der Retikulozyten vor und nach einem Radrennen aufgeteilt nach Geschlecht.....	176
Abb. 174: %Reti vor und nach einem Radrennen aufgeteilt nach Geschlecht.....	177
Abb. 175: %Mikrozyten vor und nach einem Radrennen aufgeteilt nach Geschlecht .....	178
Abb. 176: %Makrozyten vor und nach einem Radrennen aufgeteilt nach Geschlecht .....	180
Abb. 177: %Hypo vor und nach einem Radrennen aufgeteilt nach Geschlecht.....	181
Abb. 178: %Hyper vor und nach einem Radrennen aufgeteilt nach Geschlecht .....	182
Abb. 179: %LFR, %MFR und %HFR vor und nach einem Radrennen aufgeteilt nach Geschlecht.....	183
Abb. 180: MCVr vor und nach einem Radrennen aufgeteilt nach Geschlecht .....	185
Abb. 181: CHCMr vor und nach einem Radrennen aufgeteilt nach Geschlecht.....	187
Abb. 182: CHr vor und nach einem Radrennen aufgeteilt nach Geschlecht.....	188
Abb. 183: EPO vor und nach einem Marathon aufgeteilt nach Geschlecht.....	189
Abb. 184: Ferritin vor und nach einem Marathon aufgeteilt nach Geschlecht.....	190
Abb. 185: sTFR vor und nach einem Marathon aufgeteilt nach Geschlecht.....	191
Abb. 186: Gesamtprotein vor und nach einem Marathon aufgeteilt nach Geschlecht .....	192
Abb. 187: Leukozyten vor und nach einem Marathon aufgeteilt nach Geschlecht.....	194

Abb. 188: Erythrozyten vor und nach einem Marathon aufgeteilt nach Geschlecht.....	195
Abb. 189: Hämoglobin vor und nach einem Marathon aufgeteilt nach Geschlecht.....	196
Abb. 190: Hämatokrit vor und nach einem Marathon aufgeteilt nach Geschlecht .....	197
Abb. 191: MCV vor und nach einem Marathon aufgeteilt nach Geschlecht .....	198
Abb. 192: MCH vor und nach einem Marathon aufgeteilt nach Geschlecht .....	199
Abb. 193: MCHC vor und nach einem Marathon aufgeteilt nach Geschlecht.....	201
Abb. 194: Anzahl der Retikulozyten vor und nach einem Marathon aufgeteilt nach Geschlecht .....	202
Abb. 195: %Reti vor und nach einem Marathon aufgeteilt nach Geschlecht.....	203
Abb. 196: %Mikro vor und nach einem Marathon aufgeteilt nach Geschlecht .....	204
Abb. 197: %Makro vor und nach einem Marathon aufgeteilt nach Geschlecht.....	206
Abb. 198: %Hypo vor und nach einem Marathon aufgeteilt nach Geschlecht .....	207
Abb. 199: %Hyper vor und nach einem Marathon aufgeteilt nach Geschlecht .....	208
Abb. 200: %LFR, %MFR und %HFR vor und nach einem Marathon aufgeteilt nach Geschlecht.....	209
Abb. 201: MCVr vor und nach einem Marathon aufgeteilt nach Geschlecht.....	211
Abb. 202: CHCMr vor und nach einem Marathon aufgeteilt nach Geschlecht .....	212
Abb. 203: CHr vor und nach einem Marathon aufgeteilt nach Geschlecht.....	213
Abb. 204: EPO-Konzentration unter dem Einfluss von Langzeitflügen.....	214
Abb. 205: Ferritin-Konzentration unter dem Einfluss von Langzeitflügen.....	216
Abb. 206: sTFR-Konzentration unter dem Einfluss von Langzeitflügen.....	218
Abb. 207: Gesamtprotein-Konzentration unter dem Einfluss von Langzeitflügen.....	220
Abb. 208: Leukozyten-Konzentration unter dem Einfluss von Langzeitflügen.....	222
Abb. 209: Erythrozyten-Konzentration unter dem Einfluss von Langzeitflügen.....	224
Abb. 210: Hämoglobin-Konzentration unter dem Einfluss von Langzeitflügen.....	225
Abb. 211: Hämatokrit unter dem Einfluss von Langzeitflügen.....	227
Abb. 212: MCV unter dem Einfluss von Langzeitflügen.....	229
Abb. 213: MCH unter dem Einfluss von Langzeitflügen.....	230
Abb. 214: MCHC unter dem Einfluss von Langzeitflügen.....	232
Abb. 215: Anzahl der Retikulozyten unter dem Einfluss von Langzeitflügen.....	234
Abb. 216: %Reti unter dem Einfluss von Langzeitflügen.....	235
Abb. 217: %LFR, %MFR und %HFR unter dem Einfluss von Langzeitflügen .....	237
Abb. 218: Interlabor-Vergleich am Beispiel EPO.....	241
Abb. 219: Vergleich der Messergebnisse ermittelt in Köln und Oslo.....	242
Abb. 220: Vergleich der Messergebnisse ermittelt in Köln und Kreischa .....	242
Abb. 221: Vergleich der Messergebnisse ermittelt in Oslo und Kreischa.....	243

## Tabellenverzeichnis:

Tab. 1: Referenzwerte der Parameter Erythrozyten, #Reti, %Reti, Leukozyten und Thrombozyten.....	15
Tab. 2: Anthropometrische Daten der Probanden der Tagesstudie.....	26
Tab. 3: Anthropometrische Daten der Probanden der Jahresstudie.....	28
Tab. 4: Anthropometrische Daten der gut trainierten Probanden des Straßenradrennens .....	29
Tab. 5: Anthropometrische Daten der gut trainierten Probanden des Stadtmarathons .....	29
Tab. 6: Anthropometrische Daten der Probanden der Hypoxie-Studie.....	30
Tab. 7: Blutabnahme-Schema der Hypoxie-Studie.....	31
Tab. 8: Inter- und Intraassay Präzision von Ferritin.....	43
Tab. 9: Inter- und Intraassay Präzision von sTFR.....	43
Tab. 10: Intraassay Präzision der hämatologischen Parameter .....	44
Tab. 11: Analytische Sensitivität der EPO, sTFR und Ferritin-Assays.....	45
Tab. 12: Mittelwert $\pm$ Standardabweichung der EPO-Konzentration in der Tagesstudie .....	48
Tab. 13: Mittelwert $\pm$ Standardabweichung des Parameters Ferritin in der Tagesstudie .....	50
Tab. 14: Mittelwert $\pm$ Standardabweichung des Parameters sTFR in der Tagesstudie .....	53
Tab. 15: Statistischer Vergleich zwischen den Sportarten in der Gruppe der Frauen .....	53
Tab. 16: Mittelwert $\pm$ Standardabweichung der Gesamtprotein-Konzentration in der Tagesstudie .....	55
Tab. 17: Mittelwert $\pm$ Standardabweichung der Gesamtprotein-Konzentration [g/dl] beider Geschlechter aufgeteilt nach Sportarten .....	56
Tab. 18: Mittelwert $\pm$ Standardabweichung der Erythrozyten über 24 Stunden.....	60
Tab. 19: Mittelwert $\pm$ Standardabweichung der Hämoglobin-Konzentration über 24 Stunden .....	61
Tab. 20: Hb-Konzentration der Kraftsportler/innen aufgeteilt nach Freizeit und Leistungsgruppe.....	63
Tab. 21: Hämatokrit – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung über 24 Stunden.....	64
Tab. 22: MCV – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung über eine Zeitspanne von 24 Stunden .....	67
Tab. 23: MCH – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung über 24 Stunden.....	69
Tab. 24: MCHC – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung über 24 Stunden aufgeteilt nach Geschlecht.....	71

Tab. 25: CHCM – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung über eine Zeitspanne von 24 Stunden .....	73
Tab. 26: Anzahl der Retikulozyten im Mittel $\pm$ Standardabweichung über 24 Stunden .....	77
Tab. 27: %Reti – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung über eine Zeitspanne von 24 Stunden .....	80
Tab. 28: %Mikro – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung über 24 Stunden.....	83
Tab. 29: %Makro – Mittelwerte $\pm$ Standardabweichung über einen Zeitraum von 24 Stunden .....	85
Tab. 30: Mittlerer prozentualer Anteil an Makrozyten aufgeteilt nach Leistungsniveau über eine Zeitspanne von 24 Stunden.....	87
Tab. 31: %Hypo – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung über 24 Stunden.....	88
Tab. 32: %Hyper – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung über 24 Stunden.....	91
Tab. 33: %LFR – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung über 24 Stunden .....	94
Tab. 34: %MFR – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung über eine Zeitspanne von 24 Stunden .....	97
Tab. 35: %HFR – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung über 24 Stunden.....	99
Tab. 36: %HFR – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung aufgeteilt nach Sportarten.....	100
Tab. 37: MCVr – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung über eine Zeitspanne von 24 Stunden .....	102
Tab. 38: CHCMr – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung über eine Zeitspanne von 24 Stunden .....	104
Tab. 39: CHr – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung über eine Zeitspanne von 24 Stunden .....	106
Tab. 40: EPO-Konzentration – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung über ein Jahr.....	109
Tab. 41: Ferritin – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Jahresmittel.....	112
Tab. 42: sTFR – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Jahresmittel.....	114
Tab. 43: Gesamtprotein – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Jahresmittel .....	116
Tab. 44: Leukozyten – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Jahresmittel.....	118
Tab. 45: Erythrozyten – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Jahresmittel.....	119
Tab. 46: Hämoglobin – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Jahresmittel.....	121
Tab. 47: Hct – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Jahresmittel.....	123
Tab. 48: MCV – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Jahresmittel.....	126
Tab. 49: MCH – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Jahresmittel.....	128
Tab. 50: MCHC – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Jahresmittel.....	130
Tab. 51: Mittelwert $\pm$ Standardabweichung der Anzahl der Retikulozyten im Jahresmittel.....	132
Tab. 52: %Reti – Mittelwerte $\pm$ Standardabweichung im Jahresmittel.....	135



Tab. 53: %Mikro – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Jahresmittel .....	136
Tab. 54: %Makro – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Jahresmittel.....	139
Tab. 55: %Hypo – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Jahresmittel .....	141
Tab. 56: %Hyper – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Jahresmittel .....	143
Tab. 57: %LFR – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Jahresmittel .....	146
Tab. 58: %MFR – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Jahresmittel.....	149
Tab. 59: %HFR – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Jahresmittel.....	151
Tab. 60: MCVr – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Jahresmittel .....	153
Tab. 61: CHCMr – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Jahresmittel.....	156
Tab. 62: CHr – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Jahresmittel.....	159
Tab. 63: EPO-Konzentration [mU/ml] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Straßenradrennen.....	163
Tab. 64: Ferritin [ng/ml] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Straßenradrennen .....	164
Tab. 65: sTFR-Konzentration [mmol/L] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Straßenradrennen.....	165
Tab. 66: Gesamtprotein [g/dl] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Straßenradrennen .....	166
Tab. 67: Leukozyten [ $10^3/\mu\text{l}$ ] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Straßenradrennen .....	168
Tab. 68: Erythrozyten [ $10^6/\mu\text{l}$ ] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Straßenradrennen .....	169
Tab. 69: Hämoglobin [g/dl] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Straßenradrennen .....	170
Tab. 70: Hct [%] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Straßenradrennen .....	171
Tab. 71: MCV [fl] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Straßenradrennen .....	172
Tab. 72: MCH [pg] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Straßenradrennen .....	174
Tab. 73: MCHC [g/dl] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Straßenradrennen .....	175
Tab. 74: #Reti [ $10^9/l$ ] – Mittelwerte $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Straßenradrennen .....	176
Tab. 75: %Reti – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Straßenradrennen .....	178
Tab. 76: %Mikro – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Straßenradrennen .....	179
Tab. 77: %Makro – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Straßenradrennen .....	180

Tab. 78: %Hypo – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Straßenradrennen .....	181
Tab. 79: %Hyper – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Straßenradrennen .....	182
Tab. 80: %LFR – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Straßenradrennen .....	184
Tab. 81: %MFR – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Straßenradrennen .....	184
Tab. 82: %HFR – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Straßenradrennen .....	184
Tab. 83: MCVr [fl] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Straßenradrennen .....	186
Tab. 84: CHCMr [g/dl] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Straßenradrennen .....	187
Tab. 85: CHR [pg] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Straßenradrennen .....	188
Tab. 86: EPO [mU/ml] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Marathon.....	190
Tab. 87: Ferritin [ng/ml] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Marathon.....	191
Tab. 88: sTFR [nmol/l] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Marathon.....	192
Tab. 89: Gesamtprotein [g/dl] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Marathon .....	193
Tab. 90: Leukozyten [ $10^3$ / $\mu$ l] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Marathon .....	194
Tab. 91: Erythrozyten [ $10^6$ / $\mu$ l] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Marathon .....	195
Tab. 92: Hämoglobin [g/dl] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Marathon .....	196
Tab. 93: Hct – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Marathon .....	198
Tab. 94: MCV [fl] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Marathon.....	199
Tab. 95: MCH [pg] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Marathon.....	200
Tab. 96: MCHC [g/dl] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Marathon.....	201
Tab. 97: #Reti [ $10^9$ /l] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Marathon.....	203
Tab. 98: %Reti – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Marathon.....	204
Tab. 99: %Mikro – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Marathon.....	205

## Tabellenverzeichnis

---

Tab. 100: %Makro – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Marathon.....	206
Tab. 101: %Hypo – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Marathon.....	207
Tab. 102: %Hyper – Mittelwerte $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Marathon.....	208
Tab. 103: %LFR – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Marathon.....	210
Tab. 104: %MFR – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Marathon.....	210
Tab. 105: %HFR – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Marathon.....	210
Tab. 106: MCVr [fl] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Marathon.....	211
Tab. 107: CHCMr [g/dl] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Marathon.....	212
Tab. 108: CHr [pg] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach einem Marathon.....	213
Tab. 109: EPO [mU/ml] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach Langzeitflügen.....	215
Tab. 110: Ferritin [ng/ml] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach Langzeitflügen.....	217
Tab. 111: sTFR [nmol/l] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach Langzeitflügen.....	219
Tab. 112: Gesamtprotein [g/dl] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach Langzeitflügen.....	221
Tab. 113: Leukozyten [ $10^3$ / $\mu$ l] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach Langzeitflügen.....	223
Tab. 114: Erythrozyten [ $10^6$ / $\mu$ l] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach Langzeitflügen.....	224
Tab. 115: Hämoglobin [g/dl] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach Langzeitflügen.....	226
Tab. 116: Hct [%] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach Langzeitflügen.....	227
Tab. 117: MCV [fl] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach Langzeitflügen.....	229
Tab. 118: MCH [pg] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach Langzeitflügen.....	231
Tab. 119: MCHC [g/dl] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach Langzeitflügen.....	233
Tab. 120: #Reti [ $10^9$ /l] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach Langzeitflügen.....	234

Tab. 121: %Reti – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach Langzeitflügen .....	236
Tab. 122: %LFR – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach Langzeitflügen .....	238
Tab. 123: %MFR – Mittelwerte $\pm$ Standardabweichung vor und nach Langzeitflügen .....	238
Tab. 124: %HFR – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung vor und nach Langzeitflügen .....	239
Tab. 125: EPO [mU/ml] – Mittelwert $\pm$ Standardabweichung ermittelt in den verschiedenen Laboratorien.....	240
Tab. 126: Signifikanzen des Interlabor-Vergleichs.....	241

## Abkürzungsverzeichnis:

#Reti	Anzahl der Retikulozyten
%Hyper	Prozent hyperchrome Erythrozyten
%Hypo	Prozent hypochrome Erythrozyten
%Makro	Prozent Makrozyten
%Mikro	Prozent Mikrozyten
%Reti	Prozent Retikulozyten
µl	Mikroliter
AK	Antikörper
AS	Aminosäure
BE	Blutabnahme
BFU-E	burst forming units
CFU-E	colony forming units
CHCM	Mittlere korpuskuläre Hämoglobin-Konzentration eines Erythrozyten (gemessen)
CHCMr	Mittlere Zell-Hämoglobinkonzentration der Retikulozyten
CHO-Zellen	Chinesische Hamster Ovarienzellen
CHr	Hämoglobingehalt der Retikulozyten
CSF	Kolonie-Stimulierender Faktor
CV	Variationskoeffizient
dl	Deziliter
DANN	Desoxyribonukleinsäure
DSHS Köln	Deutsche Sporthochschule Köln
EDTA	Ethylendiamintetraessigsäure
EPO	Erythropoietin
FIS	Internationaler Skisport Verband
fl	Femtoliter
Fr	Ferritin

G	Gramm
ggf.	gegebenenfalls
GM-CSF	Granulozyten-Monozyten-Kolonie stimulierender Faktor
H	Stunden
Hb	Hämoglobin
HBOC	hemoglobin based oxygen carries
Hct	Hämatokrit
hEPO	Humanes Erythropoietin
HFR	Hochfluorszierende Retikulozyten
i.v.	intravenös
IAAF	Internationaler Leichtathletik Verband
IOC	Internationales Olympisches Komitee
IRF	immature retikuloocyte fraction
Konz.	Konzentration
Leuko	Leukozyten
LFR	Niedrigfluoreszierende Retikulozyten
LUC	large unstained cells
Max	Maximum
MCH	Mittlerer absoluter Hämoglobingehalt eines Erythrozyten
MCHC	Mittlere korpuskuläre Hämoglobin-Konzentration eines Erythrozyten (berechnet)
MCHr	Hämoglobingehalt eines Retikulozyten
MCV	Mittleres korpuskuläre Zellvolumen eines Erythrozyten
MCVr	Mittleres korpuskuläre Zellvolumen eines Retikulozyten
MFR	Mittelfluoreszierende Retikulozyten
Min	Minimum
ml	Milliliter
mRNA	Boten-Ribonukleinsäure
MW	Mittelwert