

**Achim Schmidt**

## Radsport und Immunsystem

Vergleich hämatologischer, immunologischer und endokrinologischer Parameter von Radamateuren und Radprofis im Saisonverlauf

**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 © 2002 Diplom.de  
ISBN: 9783832453817

**Achim Schmidt**

## **Radsport und Immunsystem**

**Vergleich hämatologischer, immunologischer und endokrinologischer  
Parameter von Radamateuren und Radprofis im Saisonverlauf**



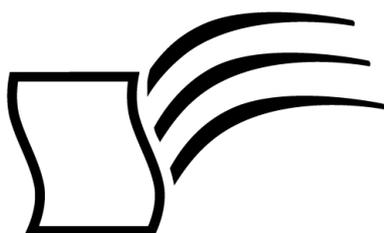
---

Achim Schmidt

# RadSPORT und Immunsystem

*Vergleich hämatologischer, immunologischer und  
endokrinologischer Parameter von Radamateuren und  
Radprofis im Saisonverlauf*

**Dissertation / Doktorarbeit  
an der Deutschen Sporthochschule Köln  
Fachbereich Sportwissenschaft  
Februar 2002 Abgabe**



***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 5381

Schmidt, Achim: Radsport und Immunsystem: Vergleich hämatologischer, immunologischer und endokrinologischer Parameter von Radamateuren und Radprofis im Saisonverlauf / Achim Schmidt - Hamburg: Diplomatica GmbH, 2002  
Zugl.: Köln, Sporthochschule, Dissertation / Doktorarbeit, 2002

---

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.

Diplomatica GmbH  
<http://www.diplom.de>, Hamburg 2002  
Printed in Germany

**Inhaltsverzeichnis**

Seite

**Abkürzungsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b> .....	1
<b>2</b>	<b>FORSCHUNGSSTAND</b> .....	10
2.1	Entwicklung der sportimmunologischen Forschung.....	10
2.2	Auswirkungen akuter körperlicher Belastungen auf immunologische Parameter	12
2.2.1	Quantitative Veränderungen der Leukozyten.....	12
2.2.2	Wirkungsmechanismen der belastungsinduzierten Leukozytose .....	17
2.2.3	Qualitative Veränderungen der Granulozyten und Monozyten .....	18
2.2.4	Qualitative Veränderungen der NK-Zellen .....	20
2.3	Immunologische Parameter von Leistungssportlern im Vergleich zu Untrainierten (Querschnittsstudien) .....	21
2.3.1	Quantitative Veränderungen der Leukozyten.....	21
2.3.2	Qualitative Veränderungen der Leukozyten.....	24
2.4	Immunologische Parameter von Leistungssportlern in Längsschnitt- untersuchungen.....	25
2.5	Immunsuppression bei Hochleistungssportlern? .....	31
2.6	Auswirkungen körperlicher Belastungen auf Katecholamine und Kortisol.....	34
2.6.1	Quantitative Veränderungen der Hormone Adrenalin, Noradrenalin und Kortisol bei akuter körperlicher Belastung .....	35
2.6.2	Beeinflussung endokrinologischer Parameter durch Ausdauertraining ....	38
2.7	Auswirkung von Ausdauertraining auf hämatologische Parameter .....	39
2.7.1	Reaktion hämatologischer Parameter auf akute Belastungen .....	39
2.7.2	Langfristige Veränderungen hämatologischer Parameter durch Ausdauer- sport .....	40
2.8	Leistungsdiagnostische Parameter im Jahresverlauf.....	41
2.9	Status quo der Sportimmunologie .....	41

<b>3</b>	<b>MATERIAL UND METHODEN</b> .....	43
3.1	Probanden.....	43
3.2	Untersuchungszeitraum.....	45
3.3	Immunologische und hämatologische Untersuchungen.....	48
3.3.1	Hämatologie.....	48
3.3.2	Lymphozytensubpopulationen.....	49
3.3.3	Quantitative Bestimmung der Phagozytoseaktivität von Monozyten und Granulozyten.....	51
3.3.4	Bestimmung der zytotoxischen Aktivität von NK-Zellen.....	53
3.4	Bestimmung der Hormonkonzentrationen.....	55
3.4.1	Plasma-Katecholaminmessung.....	55
3.4.2	Radioimmunoessay.....	57
3.5	Leistungsdiagnostik.....	59
3.5.1	Ergometer.....	59
3.5.2	Testprotokoll.....	60
3.5.3	Bestimmung der Herzfrequenz.....	61
3.5.4	Laktatwertbestimmung.....	61
3.6	Statistik.....	63
<b>4</b>	<b>UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE</b> .....	64
4.1	Hämatologie.....	65
4.1.1	Quantitative Veränderungen der Erythrozytenzahlen.....	65
4.1.2	Quantitative Veränderungen der Hämoglobinwerte.....	66
4.1.3	Quantitative Veränderungen des Hämatokritwertes.....	67
4.1.4	Quantitative Veränderungen des mittleren Erythrozyteneinzelvolumens.....	68
4.1.5	Quantitative Veränderungen des mittleren Erythrozytenhämoglobins.....	69
4.1.6	Quantitative Veränderungen der mittleren Erythrozytenhämoglobinkonzentration.....	70
4.1.7	Quantitative Veränderungen der Thrombozyten.....	71
4.1.8	Quantitative Veränderungen mittleren Thrombozytenvolumens.....	72
4.2	Differentialblutbild.....	73
4.2.1	Quantitative Veränderungen der Leukozyten.....	73

4.2.2	Quantitative Veränderungen der Lymphozyten .....	74
4.2.3	Quantitative Veränderungen der Granulozyten.....	75
4.2.4	Quantitative Veränderungen der Monozyten .....	76
4.3	Lymphozytensubpopulationen .....	77
4.3.1	T-Lymphozyten (CD 2).....	77
4.3.2	T-Lymphozyten (CD 3).....	78
4.3.3	T-Helferzellen (CD 4) .....	79
4.3.4	Zytotoxische/Suppressor T-Lymphozyten (CD 8) .....	81
4.3.5	T-Helfer/T-Suppressorzellen (T4/T8 Ratio).....	82
4.3.6	B-Lymphozyten (CD 19).....	83
4.3.7	Natürliche Killerzellen (CD 56/CD 16) .....	84
4.4	Aktivierungsmarker.....	85
4.4.1	HLA-DR+ Lymphozyten.....	85
4.4.2	Aktivierte T-Lymphozyten (CD 3+/HLA-DR+) .....	86
4.4.3	Aktivierte Monozyten (HLA-DR+).....	87
4.4.4	IL-2+ Lymphozyten.....	88
4.4.5	IL-2+ Monozyten.....	89
4.5	Phagozytoseaktivität von Granulozyten und Monozyten.....	90
4.5.1	Granulozyten .....	90
4.5.2	Monozyten.....	91
4.6	Zytotoxizität von NK-Zellen.....	92
4.6.1	Zytotoxizität von NK-Zellen .....	92
4.6.2	Zytotoxizität von IL-2 stimulierten NK-Zellen.....	93
4.7	Hormonbestimmungen .....	94
4.7.1	Adrenalin .....	94
4.7.2	Noradrenalin .....	95
4.7.3	Kortisol .....	96

4.8	Leistungsdiagnostische Parameter .....	97
4.8.1	Absolute Leistung bei Belastungsabbruch im Stufentest .....	97
4.8.2	Relative Leistung bei Belastungsabbruch im Stufentest .....	98
4.8.3	Leistung bei 2 mmol/l Laktat .....	99
4.8.4	Leistung bei 4 mmol/l Laktat .....	100
4.8.5	Leistung bei HF 120 .....	101
4.8.6	Leistung bei HF 140 .....	102
4.8.7	Leistung bei HF 160 .....	103
<b>5</b>	<b>DISKUSSION</b> .....	<b>104</b>
5.1	Veränderungen hämatologischer Parameter im Saisonverlauf .....	105
5.2	Veränderungen des Differentialblutbildes im Saisonverlauf (Leukozyten, Lymphozyten, Monozyten, Granulozyten).....	110
5.2.1	Leukozyten im Saisonverlauf .....	111
5.2.2	Leukozytensubpopulationen (Lymphozyten, Granulozyten, Monozyten) im Saisonverlauf .....	114
5.3	Veränderungen der Lymphozytensubpopulationen im Saisonverlauf .....	116
5.3.1	T- und B-Zellen .....	116
5.3.2	T <sub>4</sub> - und T <sub>8</sub> -Zellen.....	118
5.3.3	NK-Zellen.....	121
5.4	Aktivierungsmarker auf Lymphozyten und Monozyten .....	122
5.4.1	HLA-DR+ Lymphozyten.....	122
5.4.2	HLA-DR+ Monozyten.....	123
5.4.3	IL-2 Rezeptorexpression auf Lymphozyten und Monozyten .....	125
5.5	Veränderungen funktioneller Immunparameter im Saisonverlauf.....	126
5.5.1	Phagozytose .....	126
5.5.2	NK-Zell Aktivität .....	129
5.6	Veränderungen von endokrinologischen Parametern im Saisonverlauf.....	130
5.7	Leistungsdiagnostische Kenngrößen im Saisonverlauf.....	132
5.8	Schlussbetrachtung .....	135

## Inhaltsverzeichnis

---

5.9	Infektionsprophylaxe für Radsportler.....	147
5.10	Ausblick.....	152
<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>154</b>
<b>7</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>157</b>

**Abkürzungsverzeichnis**

A	Amateure
Abb.	Abbildung
ACTH	Adrenocorticotropes Hormon
BDR	Bund Deutscher Radfahrer
BMI	Body Mass Index
°C	Grad Celcius
Ca	Calcium
CD	cluster of differentiation
cm	Zentimeter
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
cpm	Impulse pro Minute (counts per minute)
dl	Deziliter
EDTA	Ethylendiamintetraacetat
Fe	Eisen
fl	Fantoliter
GA	Grundlagenausdauer
GA-Blöcke	Grundlagenausdauer-Blöcke
GS	Groupe Sportif
h	Stunden (hours)
HB	Hämoglobin
HF	Herzfrequenz
HIV	Humanes Immundefizienzvirus
HKT	Hämatokrit
HLA	Human leukocyte antigen
HPLC	high performance liquid chromatography
Hf	Herzfrequenz
Hz	Hertz
IAS	individuelle anaerobe Schwelle
IgA	Immunglobulin A
IgG	Immunglobulin G
IgM	Immunglobulin M
IL	Interleukin
K	Kalium
kg	Kilogramm
km	Kilometer

## Abkürzungsverzeichnis

---

l	Liter
m	Meter
m	Mittelwert
MCH	Mittleres Erythrozytenhämoglobin
MCHC	Mittlere Erythrozytenhämoglobinkonzentration
MCV	Mittleres Erthrozyteneinzelvolumen
Mg	Magnesium
mg	Milligramm
MHC	major histocompatibility complex (Haupt-Histokompatibilitätskomplex)
min	Minute
ml	Milliliter
mmol	Millimol
MTV	Mittleres Thrombozytenvolumen
µg	Mikrogramm
µl	Mikroliter
n	Stichprobenzahl
Na	Natrium
NK-Zellen	natürliche Killerzellen
nm	Nanometer
O <sub>2</sub>	Sauerstoff
p	Signifikanzniveau
P	Profis
PBMC	peripheral blood mononuclear cells (Periphere mononukleäre Blutzellen)
PBS	Phosphate Buffered Solution
pg	Pikogramm
RBC	Red blood cell (Rote Blutkörperchen)
RIA	Radioimmunassay
rpm	rounds per minute (Umdrehung pro Minute)
RT	Raumtemperatur
s	Standardabweichung
s.o.	siehe oben
STH	Somatotropes Hormon
T 1-7	Untersuchungstermin
TA	Totalaktivität
Tab.	Tabelle

## Abkürzungsverzeichnis

---

TCR	T-Zell-Rezeptor
THR	Thrombozyten
TNF	Tumor Nekrose Faktor
TSH	Thyreotropin
u.a.m.	und andere mehr
U/L	Units/Liter
UCI	Union Cycliste International
ÜP	Übergangsperiode
URTI	upper respiratory tract infections
vergl.	vergleiche
VO <sub>2max</sub>	Maximale Sauerstoffaufnahme-fähigkeit
VP	Vorbereitungsperiode
WP	Wettkampfperiode
WSA	Wettkampfspezifische Ausdauer
z.T.	zum Teil
%	Prozent

---

## 1 EINLEITUNG

Die gesundheitlichen Auswirkungen von Hochleistungssport werden sowohl in der Wissenschaft als auch in der Öffentlichkeit kritisch diskutiert. Sportliche Höchstleistungen können die Gesundheit von Sportlern langfristig negativ beeinflussen. Neben kurzandauernden Beschwerden werden in der Fachliteratur zahlreiche chronische, durch Über- und Fehlbelastung verursachte Schäden vor allem im orthopädischen Bereich beschrieben (PETERSON u. RENSTRÖM 1987, RENSTRÖM 1996, FEUERSTAKE u. ZELL 1997, MENKE 2000, MAIBAUM 2001). Stetig zunehmende Trainings- und Wettkampfbelastungen sind vielfach die Ursache für mittelfristige Verletzungsperioden in der Laufbahn von Hochleistungssportlern. So werden die Jahresbelastungsumfänge für Hochleistungsradfahrer von LINDNER (1993), NEUMANN und Mitarbeitern (1993) und LYCHATZ (2000) mit 40.000 km und von HOTTENROTT (1995) mit mehr als 1.000 Belastungsstunden charakterisiert. SCHMIDT (2001) sowie LUCIA und Mitarbeiter (2001) nennen 30.000-40.000 km. In welchem Ausmaß diese Belastungen Auswirkungen auf die Gesundheit der Sportler nach ihrer aktiven Laufbahn haben, lässt sich heute nur vermuten und ist zur Zeit noch nicht wissenschaftlich dokumentiert.

Im Zuge der Kommerzialisierung des Spitzensports aller Sportarten und insbesondere des Radsports sind die Athleten und Athletinnen bestrebt, in der kurzen Phase ihrer sportlichen Höchstleistungsfähigkeit möglichst große finanzielle Einnahmen durch Gehälter, Werbeeinnahmen und Preisgelder zu erzielen. Die Rücklagen aus dieser Zeit dienen für viele Sportler als Unterhaltsbasis für ihr Leben nach der aktiven Laufbahn. Somit sind zunehmend mehr Sportler in der Lage während der Sportlerkarriere ihr Lebenseinkommen zu sichern.

Im Radsport zeigten sich schon im 19. Jahrhundert, in den Anfangsjahren der sportlichen Betätigung mit dem Fahrrad, deutliche Tendenzen zur Professionalisierung des Sports und der Sportler (SALVISBERG 1980, WEIß 1996). So wurde bereits bei dem ersten durch gesicherte Quellen belegbaren Radrennen auf Fahrrädern im heutigen Sinne im Jahr 1868 in Paris eine Siebprämie von 600 Francs ausgesetzt (WEIß 1996). Hohe Siebprämien und von finanzkräftigen Mäzenen monetär unterstützte Sportler prägten von diesem Zeitpunkt an die Sportart. Heute stehen weltweit etwa 1.000 Radsportler bei Profimannschaften

unter Vertrag ([www.uci.ch](http://www.uci.ch)). Demgegenüber steht eine deutliche höhere Anzahl von Amateuren, die für Amateurmansschaften starten, ebenfalls Bezüge und Prämien erhalten und den Radsport unter nahezu professionellen Bedingungen ausüben. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, wie sehr die finanziellen Vorteile einer möglichst hohen Leistungsfähigkeit das Belastungsmuster der Sportler beeinflussen. Jahreskilometerumfänge von 40.000 km im professionellen und 25.000 km im Amateurbereich sind die Regel. (WEIß 1996, JEUKENDRUP et al. 2000, LYCHATZ 2000, LUCIA et al. 2001, SCHMIDT 2001) Diese großen Belastungsumfänge gehen mit der Teilnahme an einer hohen Anzahl von Wettkämpfen einher (80-150 Wettkämpfe/Saison).

Damit nimmt der Radsport bezüglich der Belastungskennziffern eine Ausnahmestellung innerhalb der Ausdauersportarten ein (ZINTL 2001). Unter Belastungskennziffern werden die Jahresumfänge und Wettkampffzahlen verstanden. Negative gesundheitliche Auswirkungen der körperlichen Belastungen liegen im Hochleistungsrad sport auf der Hand, wurden allerdings nur für wenige Krankheitsbilder (Rücken- und Nackenbeschwerden, Sturzverletzungen, Gefäßverschlüsse, UV-Überdosen, Carpaltunnelsyndrom) ausreichend detailliert und abgesichert beschrieben (SALAI et al. 1999, SANNER u. O'HALLORAN 2000, DE ROSE et al. 2001, KELLY et al. 2001, MÖHRLE et al. 2001).

Insbesondere das Immunsystem scheint durch die hohen und alternierenden Belastungsreize, zu kurzen Regenerationszeiten und der kontinuierlichen Witterungsexposition eine ausschlaggebende Rolle bei der Wahrung der Leistungsfähigkeit und Wettkampftauglichkeit zu spielen. So nehmen nach PETER (1986), RICKEN (1990) sowie GABRIEL und KINDERMANN (1995) bei Leistungssportlern die Infektionen des Respirations- und Gastrointestinaltraktes den zweiten Platz nach den Verletzungen des Bewegungsapparates ein und stellen somit einen erheblichen Störfaktor bei der Umsetzung von Trainingsplanvorgaben und der Teilnahme an Wettkämpfen dar. RYAN und Mitarbeiter (1975) vertreten sogar den Standpunkt, Infektionen der oberen Luftwege würden bei Sportlern so häufig zu Trainings- und Wettkampfbehinderungen führen wie alle anderen Krankheiten zusammengerechnet.

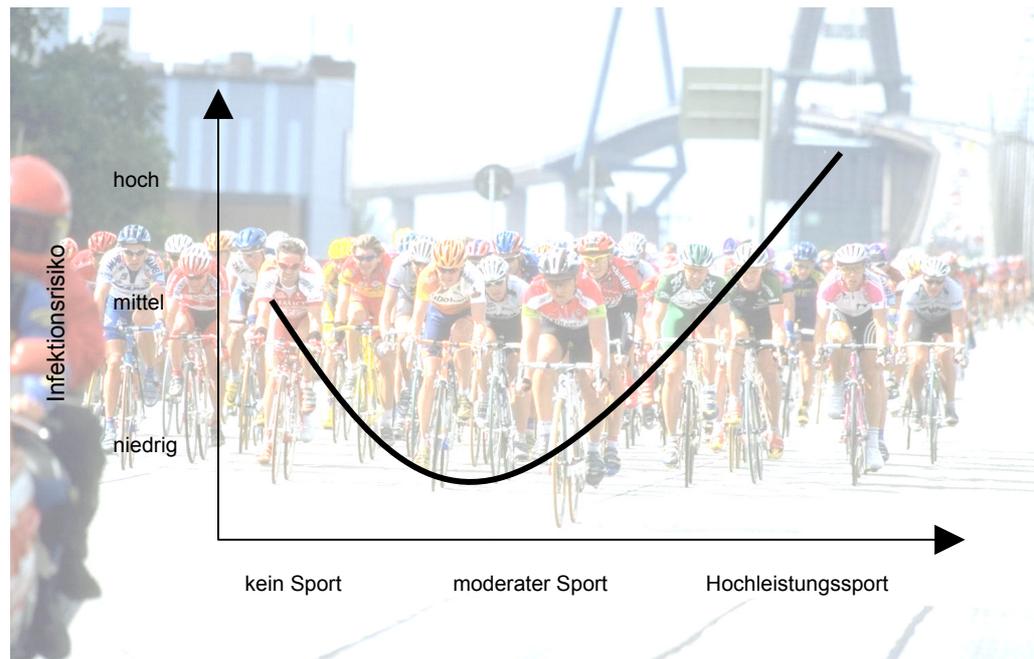
In der verletzungsarmen Sportart Radsport stehen die Infektionen selbst an erster Stelle der Ursachen für krankheitsbedingte Trainings- und Wettkampfausfälle (RYAN et al. 1975, LINDNER 1993, VERMUNT 1997). Dennoch muss

der Frage nachgegangen werden, ob Radsportler überdurchschnittlich häufig an Infektionen erkranken und inwieweit dies anhand von immunologischen, hämatologischen und endokrinologischen Parametern belegt werden kann.

### **Infekte und Leistungssport**

Regelmäßig betriebener Ausdauersport ruft eine Vielzahl positiver Anpassungsmechanismen im menschlichen Organismus hervor. Neben metabolischen Adaptationsvorgängen kommt es auch zu organischen und psychischen Veränderungen. In der Literatur wird ein regelmäßiges moderates Ausdauertraining als der Gesundheit zuträglich beschrieben (ZINTL 2001), während intensives Ausdauertraining und Ausdauerleistungssport kontrovers diskutiert werden. Nur wenige Studien stellen die nachfolgend dargestellten Modelle in Frage (LÖTZERICH 1995, SCHULZ 2001) und leiten keine erhöhte Infektionsgefahr für Leistungssportler ab.

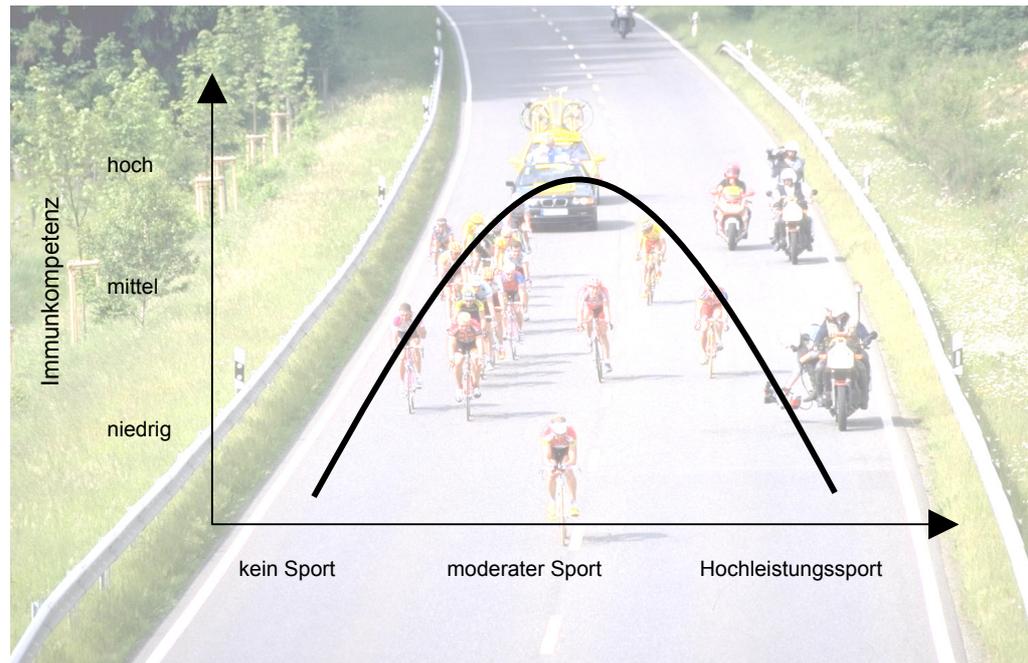
Eine erniedrigte Widerstandsfähigkeit gegenüber Infektionskrankheiten von Leistungssportlern findet sich in zahlreichen Aussagen von Sportlern, Trainern und Sportärzten wieder (NIEMANN 1997a, VERMUNT 1997, NIEMANN et PEDERSEN 1999). Insbesondere in Phasen mit intensiven Trainingseinheiten und vor Hauptwettkämpfen scheint die Zahl der infektionskrankheitsbedingten Trainingsausfalltage anzusteigen (NIEMANN et al. 1990a, PETERS et al. 1993, PETERS et al. 1996). Auf der anderen Seite gilt regelmäßiges Ausdauertraining als Mittel der Wahl, um sich vor Infektionskrankheiten wie beispielsweise einer Erkältung zu schützen. Für beide Theorien lassen sich in der Literatur übereinstimmende Studien finden, welche in der sogenannten "J-Curve" ihren Konsens finden (siehe Abb. 1.1). Mit ihr wird der Zusammenhang zwischen körperlicher Belastung und Infektanfälligkeit (Atemwege) beschrieben (NIEMAN et al. 1989a, HEATH et al. 1991, 1992, NIEMANN et al. 1993, SEVIER 1994, GABRIEL u. KINDERMANN 1995). Das J-förmige Interpretationsmodell besagt, dass sowohl körperliche Inaktivität als auch „überlastende“ Belastungsreize wie im Leistungssport das Risiko einer Atemwegsinfektion erhöhen. Moderates Training dagegen senke das Infektrisiko und bilde somit den Bogen des „J“. Der Untrainierte liegt mit seiner Infektanfälligkeit zwischen moderat Trainierendem und hart Trainierendem.



**Abb. 1.1:** Zusammenhang von Belastungsintensität und Infektanfälligkeit (Atemwege) in Form einer J-förmigen Kurve (nach SEVIER 1994)

Einen ähnlichen methodischen Ansatz verfolgt das Modell der „Inverted-U-Theory“ (FITZGERALD 1988, siehe Abb. 1.2). Hierbei wird eine Verbindung zwischen dem Trainingszustand und der Immunkompetenz, demzufolge der Funktionalität des Immunsystems, hergestellt. Sportlich inaktive, aber gesunde Menschen zeigen eine stark reduzierte Immunkompetenz, wie sie auch bei Hochleistungssportlern ausgemacht werden kann. Die regelmäßig moderaten Sport betreibenden Menschen weisen bei der „Inverted-U-Theory“ die höchste Immunkompetenz auf.

Zahlreiche Wissenschaftler gehen von einer immunsuppressiven Wirkung aus, induziert durch intensive Belastungen und hartes Training aus (MAIDORN 1972, GRIMM 1973, JOKL 1974, MAIDORN 1974, MAIERSKI 1976, TOMASI et al. 1982, PETERS u. BATEMANN 1983, WEISS et al. 1985, MACKINNON et al. 1986, PETER 1986, RICKEN u. KINDERMANN 1986, 1987, LEWICKI et al. 1987, STANG-VOSS 1987, FITZGERALD 1988, NIEMANN et al. 1990a, HEATH et al. 1991, SIMON 1991, SHARP u. KOUTEDAKIS 1992, NIEMANN 1997a, NIEMANN u. PEDERSEN 1999, MACKINNON 2000). Damit geht ein hohes Infektionsrisiko einher, insbesondere im direkten Anschluss an die Belastungen.



**Abb. 1.2:** Zusammenhang von Belastungsintensität und Immunkompetenz in Form eines umgekehrten U („Inverted-U-Theory“, nach FITZGERALD 1988)

Schon in den zwanziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts konnte COWLES (1918) einen Zusammenhang zwischen intensiven Belastungen und der Infektanfälligkeit feststellen. Die Untersuchung beschreibt einen Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Lungenentzündungen und der sportlichen Aktivität in einer Jungenschule. Nur Sportler bekamen eine Lungenentzündung und gewöhnliche Atemwegsinfektionen entwickelten sich vornehmlich nach intensivem Training und Wettkampfsport zu Lungenentzündungen. HORSTMANN (1950) zeigte, dass der Erkrankungsgrad an akuter Poliomyelitis durch intensive Belastungen des Infektionsverlaufs negativ beeinflusst wird.

DOUGLAS und HANSON (1978), PETERS und BATEMAN (1983) und BERGLUND und HEMMINGSON (1990) beschreiben in ihren Studien eine erhöhte Infektionsrate für Atemwegserkrankungen bei Leistungssportlern im Gegensatz zu "Nicht-Sportlern".

Nach intensiven Ausdauerbelastungen wie Marathonläufen kommt es zu einer Erhöhung der Infektanfälligkeit. PETERS und BATEMANN (1983) ermittelten bei 140 Läufern eine durchschnittliche Infektionsrate von 33 % in den zwei Wochen nach einem 56 km Lauf. Bei altersgleichen Kontrollpersonen, die jeweils im gleichen Haushalt lebten, erkrankten nur 15 %. Etwa 50 % der schnellsten Läufer erkrankten nach dem Ultralauf, was auf eine Korrelation der Infektan-

fälligkeit mit der Belastungsintensität schließen lässt. Auch NIEMANN und Mitarbeiter (1990a) konnten in einer Studie nachweisen, dass 12,9 % der Teilnehmer am Los Angeles Marathon in der Woche nach dem Lauf an einer Infektion der oberen Atemwege erkrankten. Verglichen mit der Gruppe von Läufern, die sich zwar für den Marathon anmeldeten, aber aus verschiedenen, nicht krankheitsbedingten Gründen nicht teilnehmen konnten, zeigte die erste Gruppe eine signifikant höhere Infektionszahl (12,9 % gegenüber 2,2 %). Eine Beziehung konnte auch zwischen den Trainingsumfängen und der Infektionsanfälligkeit hergestellt werden. So erkrankten die Läufer mit Wochenumfängen von 60 und mehr Meilen doppelt so häufig wie die Läufer mit 20 und weniger Meilen. Bei dieser Studie bleiben jedoch einige Unklarheiten bezüglich Erhebung und Auswertung der Daten offen, so dass die Ergebnisse nur als Tendenz aufgefasst werden sollten. Der Rücklauf der Fragebögen könnte ein möglicher Schwachpunkt einer solchen Studie sein: Schickt nur derjenige einen Fragebogen zurück, der häufig an Infektionen erkrankt und mehr über dieses Thema wissen möchte oder beteiligen sich auch die Teilnehmer oder Nicht-Teilnehmer an der Studie, die niemals erkrankten und deshalb auch keinen Bezug zur Fragestellung haben? Des Weiteren sind „selbsterfasste Krankheitstage“ einer großen Bandbreite subjektiver Empfindungen unterworfen.

Andere Quellen geben an, dass Belastungen und langandauerndes Training zu einer Stärkung der Immunabwehr führen und somit das Risiko einer Infektion senken (SOPPI et al. 1982, WATSON et al. 1986). Dieses besonders von amerikanischen Wissenschaftlern vertretene Modell wird jedoch nicht von allen Untersuchungen bestätigt (SCHOUTEN et al. 1988, BRENNER et al. 1994). Verschiedene weitere Faktoren müssen bei einer differenzierten Betrachtung dieses Wirkungsgefüges einbezogen werden. GABRIEL und KINDERMANN (1995) führen hier Faktoren wie infektiöse Streuherde, erhöhte Exposition gegenüber Krankheitserregern, Pathogenität und Virulenz dieser Erreger, Allergien, infektionsfördernde bzw. -hemmende Verhaltensweisen, Ernährungsverhalten, Sportart, Witterungsbedingungen bei Training und Wettkampf, psychischer Stress, Schlafdefizite, Reisen u.a.m. an, die ohne Zweifel Auswirkungen auf die Infektanfälligkeit von Sportlern haben (siehe Abb. 1.3). In Abbildung 1.4 sind potentielle negative Einflussfaktoren auf das Immunsystem von Radsportlern dargestellt. In einem Artikel aus dem Jahr 2000 beschreiben KÖNIG und

Mitarbeiter ähnliche Faktoren. Eine Reihe dieser Faktoren geht mit der zunehmenden Kommerzialisierung des Radsports einher und ist Folge der vermehrten Reisetätigkeit der Sportler.

Letztlich ist der Vergleich von Belastungsumfang/-intensität und Infektanfälligkeit eine einfaktorielle Betrachtungsweise, die zahlreiche weitere Parameter (s.o.) nicht oder nur unzureichend berücksichtigt. Da es sich bei den meisten Untersuchungen dieser Art um epidemiologische Studien handelt, besteht die Möglichkeit, dass Leistungssportler aufgrund ihres besseren Körpergefühls leichte Infektion deutlicher wahrnehmen und als Folge hiervon auch häufiger als Freizeit- und Nicht-Sportler angeben.

### **Forschungslücken**

Insbesondere im Langzeitausdauerbereich sind die Kenntnisse über den Einfluss von Training und Wettkampfbelastungen auf das Immunsystem noch sehr lückenhaft, obwohl schon zu Beginn des 20. Jahrhunderts immunologische Untersuchungen an Marathonläufern durchgeführt wurden. LARRABEE konnte 1902 eine drei- bis fünffache Erhöhung der Leukozytenzahl im peripheren Blut bei 4 Teilnehmern des Boston-Marathons feststellen. Diese Befunde konnten in späteren Jahrzehnten in vielen Untersuchungen bestätigt werden.

Der gängige Untersuchungsaufbau bei den beschriebenen Studien besteht aus einer Belastungsphase und damit verbundenen Blutuntersuchungen vor, während und nach der Belastung. Nur wenige Studien berücksichtigen einen längeren Zeitraum als 24 Stunden nach der Belastung.

Aber nicht nur die Belastung hat einen Einfluss auf die Funktionsfähigkeit des Immunsystems, auch Faktoren wie Trainingszustand, Alter, psychische Belastung, Umgebungsbedingungen, Ernährung und viele weitere zum Teil noch wenig erforschte Parameter haben Effekte auf die Abwehrlage des Organismus und sind in ihrer Summe sehr komplex und nur schwierig zu erfassen.