

ACHIM SCHMIDT

HANDBUCH FÜR RADSPORT



**FAHRTECHNIK UND TAKTIK
TRAINING UND ERNÄHRUNG
PHYSIOLOGIE UND PSYCHOLOGIE**

**MEYER
& MEYER
VERLAG**

Handbuch für Radsport

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit haben wir uns entschlossen, durchgängig die männliche (neutrale) Anredeform zu nutzen, die selbstverständlich die weibliche mit einschließt.

Das vorliegende Buch wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch erfolgen alle Angaben ohne Gewähr. Weder der Autor noch der Verlag können für eventuelle Nachteile oder Schäden, die aus den im Buch vorgestellten Informationen resultieren, Haftung übernehmen.

Achim Schmidt

Handbuch für Radsport

Meyer & Meyer Verlag

Handbuch für Radsport

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie das Recht der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren – ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, gespeichert, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 1994 by Meyer & Meyer Verlag, Aachen

6., überarbeitete Auflage 2013

Auckland, Beirut, Budapest, Cairo, Cape Town, Dubai, Hügendorf,

Indianapolis, Maidenhead, Singapore, Sydney, Tehran, Wien



Member of the World Sport Publishers' Association (WSPA)

ISBN 978-3-8403-1014-0

www.dersportverlag.de

E-Mail: verlag@m-m-sports.com

Inhalt

Vorwort	8
1 Einleitung	11
1.1 Zum Buch	11
1.2 Radsport als Breiten- und Gesundheitssport	12
1.3 Radsport als Leistungssport	14
2 Anatomische und physiologische Grundlagen des Radsports	17
2.1 Anatomisch-physiologische Grundlagen	17
2.2 Leistungsphysiologie	27
2.3 Anforderungsprofil der einzelnen Disziplinen im Straßenradsport	36
3 Training	41
3.1 Grundlagen der Trainingslehre	41
3.2 Trainingsmethodik	53
3.3 Trainingsbereiche	56
3.4 Der Einsatz von Herzfrequenzmessern	65
3.5 Periodisierung des Trainings	73
3.6 Das Training der verschiedenen Klassen	83
3.7 Trainingslager	108
3.8 Krafttraining	112
3.9 Stretching	120
3.10 Das Trainingstagebuch	131
4 Leistungsdiagnostik und Leistungstests	137
4.1 Labordiagnostik	137
4.2 Feldstufentest	141
4.3 Zeitfahrtests	143
5 Ernährung	149
5.1 Grundlagen der Ernährung für den Ausdauersport	149
5.2 Trainings-Basisernährung	161
5.3 Die Ernährung vor der Belastung	163
5.4 Die Ernährung während der Belastung	166
5.5 Die Ernährung nach der Belastung	167

5.6	Gewichtsprobleme – Übergewicht	168
5.7	„Gewichtmachen“	171
5.8	Vegetarismus und Radsport	172
5.9	Alkohol	173
6	Medizinische Aspekte des Radsports	175
6.1	Sportverletzungen und Überlastungsschäden	175
6.2	Orthopädische Probleme	176
6.3	Verletzungen und Schäden der Haut	189
6.4	Verschiedene medizinische Themenbereiche	191
6.5	Übertraining	195
6.6	Doping	198
6.7	Massage	200
7	Psychologie	207
7.1	Einleitung	207
7.2	Entspannungstechniken	212
7.3	Mentales Training	215
7.4	Ein mentales Programm vor einem Rennen oder einer großen Tour	220
8	Fahrtechnik	223
8.1	Positionseinstellung	223
8.2	Der runde Tritt	233
8.3	Griffpositionen am Lenker	238
8.4	Bergfahrpositionen	240
8.5	Richtiges Bremsen	242
8.6	Die richtige Kurventechnik	243
8.7	Richtiges Schalten	246
8.8	Das Überwinden von Hindernissen	251
8.9	Techniktraining mit Jugendlichen	252
8.10	Die Sicherheit im Straßenverkehr	254

9	Taktik	259
9.1	Windschattenfahren und Windformationen	259
9.2	Vor dem Rennen	267
9.3	Zum Rennverlauf	268
9.4	Im Feld	269
9.5	Ausreißergruppen oder Einzelangriff	270
9.6	Die Zielankunft	274
9.7	Mannschaftstaktik	279
9.8	Die taktische Situation bei verschiedenen Rennarten	281
10	Material	285
10.1	Rennrad und Rahmen	285
10.2	Schaltsystem	289
10.3	Bremse	292
10.4	Laufräder	292
10.5	Reifen	295
10.6	Sattel	297
10.7	Lenker	298
10.8	Pedalsysteme	299
10.9	Zubehör	300
11	Funktionsbekleidung	305
11.1	Unterwäsche	305
11.2	Trikot	306
11.3	Rennhose	307
11.4	Nützliche Accessoires	308
11.5	Winterkleidung	311
11.6	Die passende Bekleidung für jedes Wetter	313
11.7	Rennschuhe	315
11.8	Helm	316
	Glossar	318
	Stichwortverzeichnis	320
	Adressen	324
	Interessante Literatur zum Thema Radsport/Zeitschriften	325
	Bildnachweis	326

Vorwort

Der Radsport boomt. Nie zuvor gab es mehr Rennradfahrer in Deutschland. Die Jedermannszone wächst und die lizenzierten Rennklassen sind nach wie vor stark vertreten. Viele Frauen haben das Rennrad als ideales Trainingsgerät für sich entdeckt, denn man kann überall und jederzeit damit dem Alltag „Adieu sagen“ und sich bei Sonne oder Regen nach Belieben auspowern. Radsport ist eine der schönsten Sportarten überhaupt und kann bis in das hohe Alter betrieben werden.

Doch es gibt nicht nur positive Entwicklungen: Der Profiradsport erlebt in Deutschland eine schwere Krise und ist noch lange nicht über den Berg. Es gibt zur Zeit kein einziges deutsches Pro Tour-Team. Auch der Nachwuchs bekommt diese Krise voll zu spüren: Die Zahl der Radrennen nimmt ab, denn es wird schwieriger, Geldgeber zu finden und ehrenamtliche Helfer aus den Vereinen zu motivieren.

Die Neuauflage vom *Handbuch für Radsport* soll dem Leser die Faszination und Vielschichtigkeit des Straßenradsports näherbringen und ihm als Ratgeber in vielen Fragen rund um das sportliche bis leistungssportliche Rennradfahren zur Seite stehen. Wer sich mit trainingspezifischen Fragestellungen intensiver beschäftigt, wird feststellen, dass dieses vordergründig recht klar strukturierte Themenfeld sehr komplex ist und dass Leistungen auf dem Rad zwar planbar, aber nicht voraussehbar sind. Es gibt keinen Trainingsplan, der den Erfolg garantiert, denn viele verschiedene Trainingswege können zu einem Rennsieg führen, ja sogar zum Weltmeistertitel. Wer den Radsport ernst nimmt und gewissenhaft trainiert, hat so viele Stellschrauben im System „Leistungsfähigkeit“ zur Verfügung, an denen er im wahrsten Sinne des Wortes drehen kann, dass ein Nachhelfen mit Medikamenten völlig überflüssig wird. Leider gehen immer noch zu viele Radprofis und sogar Jedermannen den einfachen Weg und bedienen sich eines Medikaments, von dem sie nicht annähernd wissen, ob es ihre Gesundheit nachhaltig schädigt.

Ich wünsche Ihnen viel Freude bei Ihren Ausfahrten und hoffe, mit diesem Buch den einen oder anderen Tipp zu Ihrem persönlichen Trainingsprogramm ohne Doping beitragen zu können.

Königsdorf, Achim Schmidt



1



1 Einleitung

1.1 Zum Buch

Das vorliegende Buch zum Straßenradsport behandelt sowohl für den Breiten- als auch insbesondere für den Leistungssportler bedeutende Themenbereiche, die auf fundierte Weise verständlich dargestellt werden, ohne den Anspruch zu haben, wissenschaftlich in die Tiefe zu gehen.

Gliederung und Struktur der einzelnen Kapitel sind so ausgelegt, dass die Kapitel, besonders die medizinisch-trainingswissenschaftlichen Abschnitte, aufeinander aufbauen. Dem Leser ohne einschlägige Vorkenntnisse wird aus diesem Grunde das Verständnis eines isolierten Kapitels schwerfallen. Deshalb sollte man sich die Zeit nehmen, diejenigen Kapitel und Abschnitte, welche die theoretischen Grundlagen des Radsports darlegen, sorgfältig und mit Ruhe zu lesen, da nur durch deren Verständnis ein Begreifen des komplexen Trainingsprozesses möglich wird.

Was bereits in den Beschreibungen des Buches sehr kompliziert wirkt, ist in den meisten Fällen schon stark vereinfacht und gerafft erklärt. Dem Leser soll genau so viel Information und Wissen an die Hand gegeben werden, dass er sein eigener Trainer sein und das Training anderer kritisch beurteilen kann; er sollte eigene Erfahrungen mit den Informationen des Buches kombinieren und dadurch zu seinem individuellen Trainingsstil finden. Leider können einige Themenbereiche nur angerissen werden; hier kann der interessierte Leser sich jedoch über Sekundärliteratur (Literaturverzeichnis) weiter informieren oder aber das *Große Buch vom Radsport* zurate ziehen.

Die Geheimnisse?! Dem Leser, der das Buch aufschlägt und sofort Trainingspläne und die neuesten Geheimnisse der Topform sucht, sei gesagt, dass es diese Geheimnisse nicht gibt. Die Höchstleistung auf dem Rennrad setzt sich aus unzählbar vielen Einzelfaktoren zusammen, von denen eine ganze Reihe in diesem Buch behandelt werden. Nicht zuletzt ist die radsportliche Höchstleistung nur durch ein langjähriges, intensives Training und das entsprechende Talent möglich.

Ein Beispiel: Viele Radsportler etwa denken, dass es einen bestimmten Trainingsherzfrequenzbereich gibt, der bei Einhaltung eine herausragende Leistungsfähigkeit garantiert. Erst die Kenntnis der verschiedenen Bereiche, deren spezifische Festlegung und die Kombination dieser Bereiche und Trainingsmethoden innerhalb einer Periodisierung kann jedoch nur zum Erfolg führen. Ähnliches gilt für vermeintliche „Wundernahrungsmittel“, sowie für den vielfach überschätzten Einfluss des Materials auf die Gesamtleistung.



Training macht Spaß.

Das Gefühl ist wichtig: Trotz aller wissenschaftlicher und theoretischer Information darf das eigene Körpergefühl nicht vergessen werden, das in der Regel der beste Indikator für die Leistungsfähigkeit und die Planung des Trainings ist. In der heutigen Zeit wird auch der Sport immer mehr technisiert, wodurch er seiner eigentlichen Bedeutung, dem Menschen Freude, Abwechslung und Gesundheit, kurz Lebensqualität, zu schenken, immer weiter entfremdet wird. Die Kommerzialisierung tut ihr Übriges. Die Frage nach einer Ethik des Sports darf im dopingverseuchten Radsport schon lange nicht mehr gestellt werden. Auch ohne seinen Körper mit leistungssteigernden Substanzen zu schinden, kann man im Radsport Höchstleistungen erbringen und erfolgreich sein.

Es ist Zeit, sich zu besinnen und den Sport als Sport anzusehen, denn nur so wird der gegenwärtig in einer Sackgasse befindliche Hochleistungssport sich behaupten und weiterentwickeln können.

1.2 Radsport als Breiten- und Gesundheitssport

Im Laufe der letzten Jahre hat das Radfahren einen ungeahnten Aufwind erlebt. Während das Radfahren aus Mobilitätsgründen stark zunimmt und viele Kommunen steigende Rad-

verkehrsanteile registrieren, steckt der Radsport in der Klemme. Nie zuvor benutzen so viele Menschen das Fahrrad, sei es Rennrad, Trekkingrad, Fitness- oder Mountainbike, um ihre Freizeit aktiv zu gestalten. Über das Mountainbike sind breite Bevölkerungsschichten für das sportliche Radfahren gewonnen worden. Viele Mountainbiker fahren mittlerweile auch Rennrad und Jedermannrennen finden allorts mit wachsenden Teilnehmerzahlen statt. Der Radsport als Breitensport weist eine Reihe von Vorzügen auf, die letztlich alle eine verbesserte Lebensqualität zur Folge haben. Gerade angesichts zunehmender Zivilisationserkrankungen (Arteriosklerose, Übergewicht etc.) trägt der Radsport zu einer Verbesserung der Gesundheit bei, nicht nur durch Bewegung alleine, sondern auch durch eine mehr oder weniger sportgerechte Lebensweise. So kommt es über den Sport oftmals zu einer Bewusstseinswandlung hin zu einer gesünderen Lebensführung, die dem Raubbau am Körper durch Bewegungsmangel, Fehlernährung, Nikotin und Alkohol ein Ende setzt oder diesen zumindest auf ein vertretbares Maß einschränkt. Dies führt in Verbindung mit dem Naturerlebnis Radfahren zu einem deutlich gesteigerten Wohlbefinden.



© Upsolut

Jedermannrennen werden immer beliebter.

Für viele Breitensportler ist das Radfahren in der Natur nicht nur ein Individualsport, sondern auch eine gesellige Aktivität, bei der man über Trimmgruppen, Radtreffs oder Vereine neue Menschen kennenlernt oder vorhandene Kontakte pflegt.

Genauso ist das Radfahren für viele Menschen in der hektischen Welt die willkommene Möglichkeit, einmal abzuschalten und alleine zu sein, weit entfernt von Stress und allen Verpflichtungen. Fällt es im Berufs- und Familienleben schwer, für sich zu sein, so ist dies auf dem Rad jederzeit möglich. Das verdeutlicht, dass Radsport nicht nur dem Körper und der Gesundheit dient – die sportliche Betätigung steigert auch das seelische Wohlbefinden und bringt häufig einen gewissen Abstand zu den Problemen des Alltags.

Auch der Urlaub mit dem Fahrrad erfreut sich einer immer größeren Beliebtheit. Während man im Auto die Urlaubslandschaften und die Natur nur wie im Fernsehen als Zuschauer betrachtet, ist man auf dem Fahrrad ein Teil des Erlebten.

1.3 Radsport als Leistungssport

Die meisten der für den Breiten- und Gesundheitssport genannten Vorzüge des Radsports treffen auch für den Leistungs- und Hochleistungssport zu. Spielt der Leistungs- und Wettkampfgedanke im Freizeitsport in der Regel nur eine untergeordnete Rolle, so nimmt er im Radrennsport eine entscheidende Stellung ein.

Der Radrennsportler muss bei Training und Wettkampf die größten Anstrengungen und Entbehrungen in Kauf nehmen. Sieht man einmal von einigen Extremausdauersportarten ab (mehrfacher Ultratriathlon, 100-km-Läufe etc.), so werden im Straßenradsport die größtmöglichen Ausdauerleistungen erbracht, und das nicht nur an einem Tag, sondern wie zum Beispiel bei der Tour de France, während drei anstrengender Wochen, die an die Grenze der menschlichen Belastbarkeit gehen. Im Radrennsport zeigt sich die erstaunliche Anpassungsfähigkeit des menschlichen Organismus (Kap. 2) auf Ausdauertrainingsreize.

Der Radsport als Leistungssport steckt allerdings durch die in Insiderkreisen schon immer bekannten Dopingprobleme in einer tiefen Krise. Aber ähnlich einem rückfälligen Alkoholiker trinkt der Radsport munter weiter und gerät immer tiefer in eine Depression, die nicht auf den Profizirkus beschränkt ist.



Radsportvereine haben mehr und mehr Probleme, Jugendliche zu finden, die bereit sind, ohne oder mit fraglichen Vorbildern ihre Sportart auszuüben. Als Folge schrumpfen die Starterfelder in den Nachwuchsklassen. Die notwendigen Sponsoren wenden sich anderen Sportarten zu und Radrennen werden abgesagt. Noch weiß niemand, wie der Radsport aus diesem Teufelskreis entkommen kann, gibt es doch immer wieder Dopingvergehen von Topfahrern, die eine ganze Sportart näher an den Rand des Abgrundes rücken.

Doch glücklicherweise zeigen einige Vereine auf, dass Kinder und Jugendliche nach wie vor für das Radfahren zu begeistern sind. Mit innovativen Konzepten schaffen es diese Vereine, viele junge Sportler in ihrer Region an den Radsport zu binden. Nur wenn sich diese Keimzellen des neuen Radsports vermehren, gibt es auf Dauer eine positive Entwicklungsperspektive für den Radsport in Deutschland.

*Kulisse für die ProTour:
Comer See bei der Lombardeirundfahrt 2010*





2

2 Anatomische und physiologische Grundlagen des Radsports

2.1 Anatomisch-physiologische Grundlagen

Dieses Kapitel soll dem Leser den menschlichen Körper in Aufbau und Funktionsweise beim Radfahren erläutern. Vorgänge von der Muskelkontraktion bis zur Verdauung werden vereinfacht dargestellt, um das Verständnis für den eigenen Körper zu entwickeln, denn nur bei Kenntnis der Strukturen und Vorgänge kann sich ein wirkliches Begreifen des Trainingsprozesses entwickeln und Sinn und Unsinn bestimmter Trainingsinhalte können nachvollzogen und bewertet werden.

Bewegungsapparat

Beginnen soll die Reise durch den Körper bei Muskeln, Knochen und Gelenken, also mit dem Bewegungsapparat. Wie wichtig ein reibungsloses Funktionieren des Bewegungsapparats ist, wird immer dann erkannt, wenn Bewegungen aufgrund von Verstauchungen, Prellungen oder schlimmstenfalls sogar Rissen und Brüchen schmerzhaft oder gar unmöglich werden. Schon ein einfacher Muskelkater schränkt den Sportler in seinen Bewegungen erheblich ein.

Muskulatur

Die über 600 Muskeln des Menschen machen normalerweise 40 % seines Körpergewichts beim Mann und etwa 25 % bei der Frau aus und benötigen in Ruhe etwa 20 % des Ruheenergieumsatzes. Bei maximaler Arbeit (sportliche Höchstleistungen) steigt dieser Wert bis auf 90 % an.

Muskeln haben die Fähigkeit, chemische Energie (Nährstoffe) in mechanische Energie (Spannung) umzuwandeln, ähnlich einem Verbrennungsmotor. Ein Muskel oder eine Muskelgruppe arbeitet bei einer Bewegung niemals allein, sondern ist von einem oder mehreren Gegenspielern (Antagonisten) abhängig.

Beispiel: Am Bein stehen den Streckern (Agonisten) die Beuger (Antagonisten) gegenüber. Es werden zwei grundsätzliche Arten der Muskelarbeitsweise unterschieden:

- a) **statische Arbeitsweise,**
- b) **dynamische Arbeitsweise.**

Statisch bedeutet bewegungslos; beim Radsportler sind das die Muskeln, die Haltearbeit verrichten. Arm-, Nacken- und Rückenmuskulatur fixieren bei ruhigem Sitz den Oberkörper und Kopf und arbeiten somit vorwiegend statisch. Der Tretvorgang dagegen ist dynamische Mus-

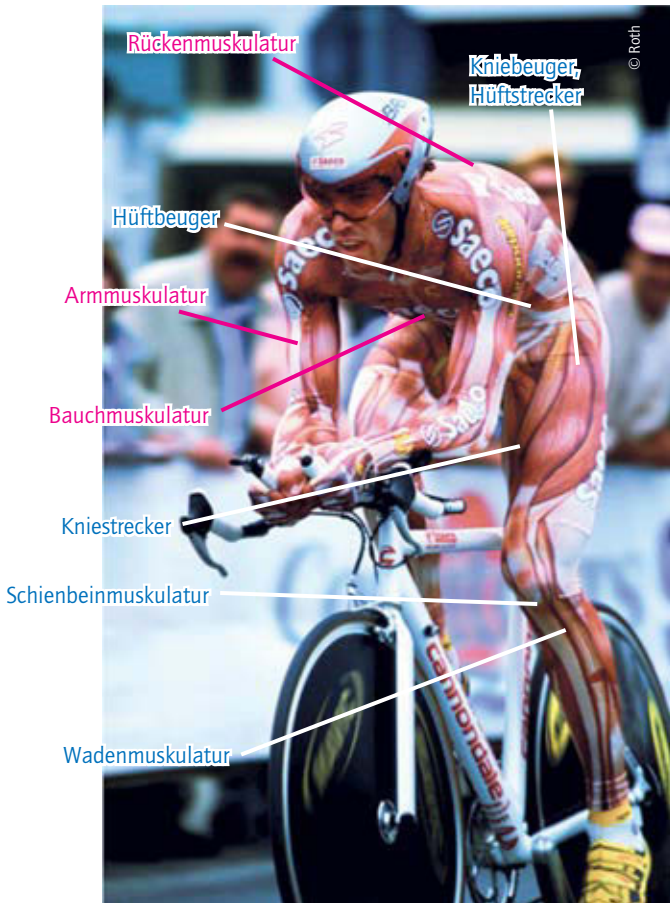


Abb. 2.1: Blau: Arbeitsmuskulatur, rot: Haltemuskulatur

als *Muskelkater* bekannt sind. Anders beim Triathleten, der seine Beinmuskulatur mit regelmäßigen Laufeinheiten an die exzentrischen Belastungen gewöhnt.

Wichtigster Muskel des Radfahrers ist der Quadrizeps, der vierköpfige Oberschenkelstrecker, der, je nach Veranlagung, stärker oder schwächer ausgeprägt ist. Straßenfahrer neigen jedoch eher zu schlanken, drahtigen Beinen. Beim Ziehen an den Pedalen treten die Beuger in Aktion. Unterstützt wird die Tretbewegung durch die Unterschenkelmuskulatur: Während die Wade beim Treten (sowohl Beugung als auch Streckung) mitarbeitet, helfen die Schienbeinmuskeln nur während des Ziehens, indem sie den Fuß fixieren (s. Kap. 8.2 „Der runde Tritt“).

Knochen

Die menschlichen Knochen sind nach einem Leichtbauprinzip aufgebaut; eine feste äußere, kompakte Schicht umschließt die schwammartig aussehende Schicht im Inneren. Knochen

kelarbeit, genauer gesagt, handelt es sich hierbei um eine dynamisch-konzentrische Muskelarbeit, was bedeutet, dass der Muskel sich bei Anspannung (Kontraktion) auch tatsächlich verkürzt, er überwindet eine Last.

Das Gegenteil, die exzentrische Belastung (nachgebende Arbeitsweise), tritt zum Beispiel nach einem Sprung von einer Mauer bei der Landung ein, wobei die Beinstrecker nachgeben müssen, die Muskeln zwar dagegenhalten, aber dennoch gedehnt werden (Längung). Die Streckmuskulatur des Beins wird z.B. durch die exzentrische Belastungsphase beim Lauf (Abfangen des Körpergewichts) unter Belastung heftig gedehnt, woran diese jedoch überhaupt nicht gewöhnt ist. Dabei entstehen mikroskopisch kleine Muskelverletzungen (Mikrotraumen), die allgemein

sind, obwohl sie sehr steif und unflexibel wirken, relativ elastisch. Zug, Druck, Biegung und Verdrehung werden bis zu erstaunlich hohen Werten toleriert. Der Radsport ist eine „knochen- und gelenkschonende“ Sportart, denn es treten keine Belastungsspitzen durch Stoß- und Stauchbelastungen wie beim Laufen auf.

Gelenke

Die Knochen bilden mit ihren knorpelüberzogenen Enden die Gelenke. In einem Gelenk stoßen meist zwei, selten auch drei Knochen aufeinander, die durch Sehnen, Muskeln, Kapseln und Bänder miteinander verbunden sind. Die mit Knorpel überzogenen Knochenenden bilden die Gelenkflächen im Inneren des Gelenks. Der Knorpel ist eine sehr druckelastische, glatte Substanz mit einer von der Technik noch unerreichten Lebensdauer.

Umschlossen wird der Gelenkspalt (Raum zwischen den Knochenenden) von einer zweischichtigen Kapsel, die zum einen das Gelenk zusätzlich stützt und zum anderen die sogenannte *Synovialflüssigkeit* oder „Gelenkschmiere“ produziert. Ein sehr wichtiges Gelenk für den Radfahrer ist das Kniegelenk, ein Drehscharniergelenk. Aber auch das Hüftgelenk ist der ständigen Bewegung des Oberschenkelknochens ausgesetzt. Der Bewegungsumfang im Fußgelenk bleibt dagegen vergleichsweise gering. Die übrigen Gelenke des Körpers werden nur bei einer Sitzpositionsänderung und im Wiegetritt deutlich bewegt. Aufgrund der fehlenden Stoßbelastungen beim Radfahren ist die Schädigungsgefahr des Knorpels beim Radfahren gering.



Straßenradsporthler haben wenig Körperfett und eine dünne Haut.

Herz-Kreislauf-System

Die körperliche Leistungsfähigkeit bei Ausdauerleistungen wird vorrangig vom Herz-Kreislauf-System begrenzt. Dieses zeigt bei einer Ausdauersportart wie dem Radsport eine erstaunliche Anpassungsfähigkeit an die gesteigerten Anforderungen.

Das Herz

Das aus oberer und unterer Hohlvene in den rechten Vorhof des Herzens einströmende Blut aus allen Bereichen des Körpers gelangt durch die Segelklappe vom Vorhof in die Herzkammer. Bei der Herzkontraktion wird das Blut aus der rechten Kammer in die Lungenarterie gepumpt und in der Lunge mit Sauerstoff angereichert. Über die Lungenvenen strömt dieses sauerstoffreiche Blut aus der Lunge in den linken Herzvorhof. Der bis hierhin beschriebene Verlauf wird als *kleiner Blutkreislauf* bezeichnet. Mit dem Blut des linken Vorhofs wird die linke Kammer gefüllt, von wo es bei der Kontraktion (Herzschlag) in die Körperschlagader (Aorta) und damit in den *großen Blutkreislauf* strömt. Die Aorta gibt das Blut über zahlreiche Abgänge an alle Organe und Strukturen weiter. Die Herzklappen wirken wie Ventile und verhindern ein fatales Rückströmen des Blutes in die falsche Richtung. Während der Kontraktionsphase wird das Blut ausgeworfen und in der Erschlaffungsphase füllt sich das Herz wieder.

Die Herzfrequenz unterliegt einem komplizierten Steuerungs- und Regelmechanismus: Je höher die Belastung steigt, umso höher steigt auch die Herzfrequenz, bis etwa auf einen Wert von 220 minus Lebensalter. Die Herzerregung ist ein automatisierter Prozess und unterliegt nicht dem Willen; sie nimmt ihren Ursprung im Sinusknoten zwischen den beiden Vorhöfen und breitet sich von dort rhythmisch auf das übrige Herz aus.

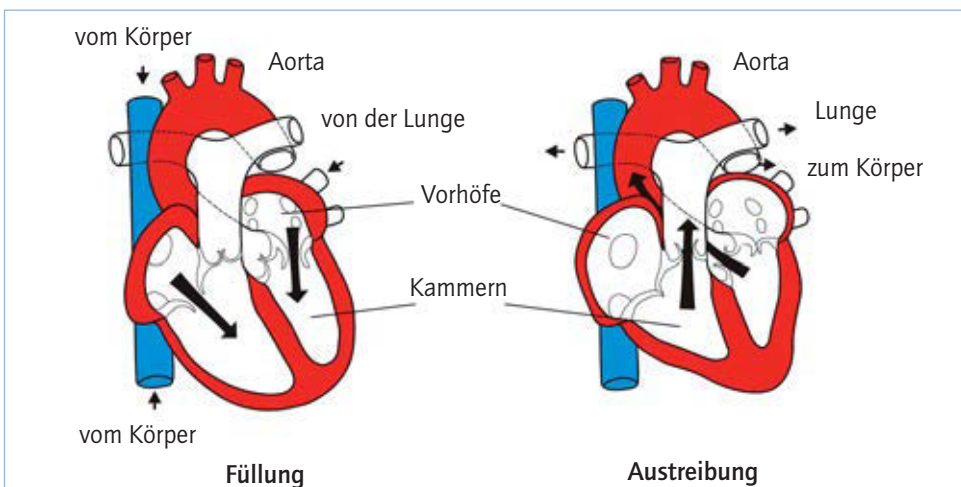


Abb. 2.2: Anatomie und Arbeitsphasen des Herzens

Ein untrainiertes Herz wiegt zwischen 250 und 300 g, schlägt etwa 70 x in der Minute, ca. 100.000 x am Tag und befördert dabei 7.000-8.000 l Blut durch den Körper.

Gefäßsystem

Über die Gefäße, vornehmlich die Arteriolen (kleine Arterien) und Kapillaren, erfolgt die Verteilung des sauerstoffreichen Blutes im Körper. Die Arteriolen und Kapillaren der Muskulatur sind in Ruhe aktiv verengt und verhindern somit eine unnötige Durchblutung der Muskulatur, denn in Ruhe wird das Blut hauptsächlich für Magen-Darm-Trakt, Niere, Leber und das Gehirn benötigt. Beginnt der Mensch, sich zu bewegen, weiten sich die Gefäße in den arbeitenden Muskeln und mehr Blut und damit mehr Sauerstoff und Nährstoffe können die Muskelfasern umströmen. Dementsprechend ist die Durchblutung im Verdauungssystem bei Bewegung reduziert. Der Mehrbedarf an Blut bei Bewegung in der Muskulatur wird durch die erhöhte Pumpleistung des Herzens gewährleistet.

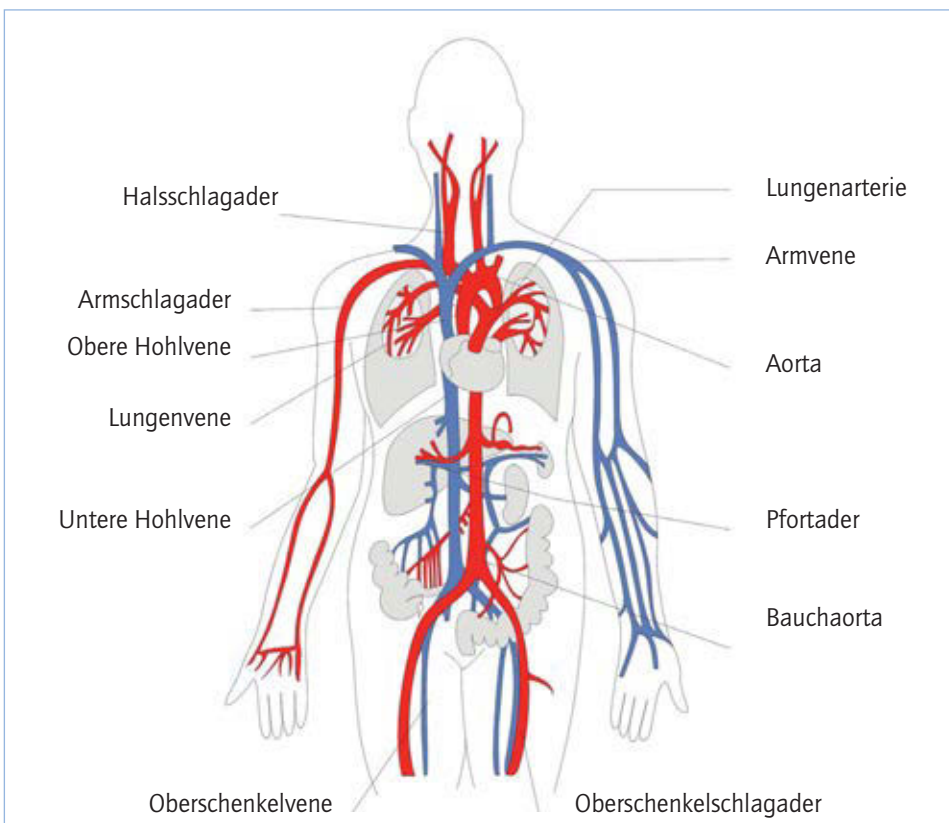


Abb. 2.3: Das Kreislaufsystem

An die Kapillaren, die kleinsten Gefäße und gleichzeitig der Ort des Stoffaustauschs (Sauerstoff – Kohlendioxid, Nährstoffe – Stoffwechselendprodukte), schließen die Venolen und schließlich die Venen an, welche entweder in die obere oder untere Hohlvene münden. Die Hohlvenen transportieren das Blut zum Herzen zurück.

Die Venen können sich im Gegensatz zu den Arterien nicht aktiv zum Bluttransport verengen; sie besitzen jedoch Klappen, um das Blut auch gegen die Schwerkraft zum Herzen zurückzubefördern. Die Muskeln z. B. in den Beinen arbeiten wie Pumpen und fördern das Blut durch die Venen zum Herzen.

Atmung

Die aus zwei Flügeln bestehende Lunge ist das Organ der äußeren Atmung. Sauerstoffarmes, kohlendioxidreiches Blut umströmt in extrem dünnwandigen Kapillaren im Inneren der Lunge die Lungenbläschen (Alveolen), gibt dort sein Kohlendioxid ab und nimmt dafür Sauerstoff auf. Dieser Prozess, als *Gasaustausch* bezeichnet, dauert nur etwa 0,3 s. Mithilfe der Atemmuskeln, in Ruhe ist dies hauptsächlich das Zwerchfell, wird die Lunge im Verlauf der Einatmung gedehnt, Luft strömt über Luftröhre und Bronchien in die Lungenbläschen ein, wo sich der Gasaustausch vollzieht, und schließlich entweicht die kohlendioxidreiche Luft wieder aus der Lunge (Ausatmung). Die Lunge ist sehr elastisch und kann in ihrer Funktionsweise mit einem Luftballon verglichen werden; dabei entspricht aktives Aufpusten der Einatmung und passives Leerlaufen der Ausatmung. Erst unter Belastung – bei vermehrter Atmung (Radfahren) – unterstützt die Brustatmung die beschriebene Zwerchfellatmung. Eine Reihe von Atemhilfsmuskeln verstärkt dann sowohl Ein- als auch Ausatmung und erhöht den Energiebedarf der Atemmuskulatur bis auf 10 % des Gesamtenergiebedarfs. Ein spezielles Atemmuskulaturtraining kann die Arbeit der Atemmuskeln ökonomisieren, was zu einem geringeren Sauerstoff- und Energieverbrauch dieser führt. In Ruhe werden pro Atemzug nur etwa 0,5 l Luft 15 x in der Minute ein- und ausgeatmet (ca. 7,5 l); unter Höchstbelastung vermag der trainierte Radsportler über 190 l Luft in der Minute ein- und auszuatmen.

Die *Vitalkapazität* (das nach maximaler Einatmung maximal auszuatmende Volumen) ist in starkem Maße von Alter, Geschlecht und Körpergröße abhängig. Die Vitalkapazität beträgt im Allgemeinen zwischen 3 und 7 l, sagt jedoch nur sehr wenig über die absolute Ausdauerleistungsfähigkeit eines Radsportlers aus. Die Spitzenläufer Afrikas haben beispielsweise, verglichen mit den Europäern, kleine Lungen und schmale Körper und laufen trotzdem meist schneller.

Den Gasaustausch in der Lunge bezeichnet man, wie schon erwähnt, als *äußere Atmung*, den Stoffwechsel, also die Verbrennung in den Zellen, als *innere Atmung*.

Organsysteme

Nervensystem

Sämtliche Vorgänge im Körper und unser Handeln werden vom Nervensystem gesteuert, teils bewusst, teils unbewusst. Reizaufnahme, Reizverarbeitung und Reizbeantwortung führt das Nervensystem mithilfe der Sinnes- und Erfolgsorgane aus, wodurch der Kontakt zur Umwelt möglich wird. Das Nervensystem besteht aus vielen Milliarden Zellen, die ihre Teilungsfähigkeit verloren haben. Räumlich-anatomisch unterscheidet man das *Zentralnervensystem* (ZNS: Gehirn und Rückenmark) vom *peripheren Nervensystem* (PNS) mit den Nerven, die die Verbindung zu den Sinnes- und Erfolgsorganen herstellen. Funktionell wird in willkürliches (*animales*) und unwillkürliches (*vegetatives*) Nervensystem differenziert.

Das *animale Nervensystem* leitet alle willentlichen Bewegungsbefehle an die entsprechenden Erfolgsorgane, meist Muskeln, weiter. Das Großhirn weist eine motorische (Bewegung) und eine sensible Zone (Empfindung) auf. Das Kleinhirn hat eine koordinative und ausgleichende Funktion bei der Bewegungssteuerung (z. B. Balance auf dem Rad). Während das Gehirn die Schaltzentrale des Nervensystems darstellt, ist das Rückenmark zum einen gewissermaßen der *Kabelstrang*, der die Informationsübertragung über die von den Wirbelkörpern geschützt im Rückenmarkskanal verlaufenden Nerven zu und von den Erfolgsorganen übernimmt, und zum anderen, ähnlich dem Gehirn, Schaltzentrale für untergeordnete Vorgänge, wie zum Beispiel die Reflexe.

Für die Tretbewegung beim Radfahren ist das animale Nervensystem zuständig, wengleich das Treten und Gleichgewicht halten auf dem Rad automatisiert ist und ohne besondere Aufmerksamkeit oder Konzentration erfolgen kann.

Das *vegetative Nervensystem*, das alle unbewussten Vorgänge im Körper steuert, besteht aus zwei verschiedenen Untersystemen, die völlig unterschiedliche Funktionsbereiche aufweisen. Der Parasympathikus, für alle Körperfunktionen in Ruhe verantwortlich (Verdauung, Regeneration), ist vorwiegend im Grenzstrang (Nervenstruktur) lokalisiert. Der Sympathikus dagegen ist für den sich bewegenden Körper zuständig und steigert die Leistungsbereitschaft der Organsysteme, die der Fortbewegung dienen.

Verdauung

Der Ablauf der Verdauung von der Nahrungsaufnahme bis zur Ausscheidung wird am Weg eines Müsliriegels durch das Verdauungssystem veranschaulicht. Die Zeitangaben dienen lediglich der groben Orientierung und differieren je nach Situation und Begleitumständen erheblich.

- 15.30:** Ein Testradler beginnt eine etwa drei- bis vierstündige Trainingsfahrt. Die letzte Mahlzeit liegt bereits über drei Stunden zurück und war nicht sehr reichhaltig.
- 17.00:** Der Fahrer isst nach 40 km einen Müsliriegel. Mithilfe der Zähne wird die Nahrung mechanisch zerkleinert und durch den Speichel zu einem gleitfähigen Brei verändert. **1** Die Speichelenzyme beginnen bereits im Mund mit der Aufspaltung der komplexen Kohlenhydrate.
- 17.01:** Der Müslibrei rutscht durch die Speiseröhre in den Magen. Mithilfe von Kontraktionswellen der etwa 30 cm langen Speiseröhre wird der Transport beschleunigt. **2**
- 17.02:** Im Magen angekommen, regt der Müsliriegel die Salzsäure- und Enzymproduktion an, die in Form von Magensaft den Nahrungsbrei chemisch bearbeitet. **3** Etwa 1,5-2 l Magensaft werden täglich produziert. Nur Fette und Eiweiße werden von den darin enthaltenen Enzymen angegriffen, während die Kohlenhydrate hier nicht weiter zerlegt werden. Die Salzsäure treibt die Zerkleinerung des groben Müslibreis voran.
- 17.03:** Durch Wassersekretion kommt es zu einer Verdünnung des Speisebreis, der durch die Bewegungen der Magenwände wie in einem Betonmischer gut durchgemischt wird. Bei einer hohen Fahrgeschwindigkeit würde der Körper für die Verdauung keine Energie opfern und den Verdauungsprozess auf einen ruhigeren Fahrabschnitt verschieben.
- 17.09:** Der Magen arbeitet weiterhin wie eine Mischmaschine, jedoch langsam setzen sich die Fette an der Oberfläche des Speisebreis ab, während sich die Kohlenhydrate am Magengrund ablagern.
- 17.25:** Der Speisebrei wird weiter verflüssigt und braucht noch einige Minuten, bis er den Magen verlassen kann. Kohlenhydratreiche Getränke wären jetzt bereits im Darm.
- 17.40:** Endlich, kurz vor dem Hungerast, öffnet der Magen seinen Pförtnermuskel am unteren Ende und gibt den Speisebrei portionsweise an den Zwölffingerdarm weiter. **4** Die Bauchspeicheldrüse entleert Enzyme zur Kohlenhydrat-, Protein- und Fettaufspaltung in den Zwölffingerdarm; ebenso setzt die Gallensaftsekretion zur Fettverdauung (Gallensäure) ein.
- 17.43:** Rhythmische (peristaltische) Bewegungen befördern den Brei weiter in den direkt anschließenden Dünndarm. **5** Die in Glukose aufgespaltenen komplexen Kohlenhydrate des Riegels werden jetzt über in den Darm ragende Zotten ins Blut aufgenommen und treten über das Pfortadersystem den Weg in Richtung Leber an. Teile des Fettes sind bereits in freie Fettsäuren und Glycerin gespalten und auch die Ei-



Abb. 2.4: Das Verdauungssystem

weiße liegen inzwischen weitgehend in die einzelnen Aminosäuren zerlegt vor. Ihre Aufnahme (Resorption) beginnt allmählich.

- 17.46:** Der Speisebrei durchwandert weiter den Dünndarm, dessen erstes Drittel vornehmlich der Glukoseaufnahme dient. Die Glukose gelangt über das Pfortadersystem in die Leber, wo Glykogen aus den Glukosemolekülen aufgebaut wird. Einen Teil des Glykogens speichert die Leber selbst (Speichermenge: 100-130 g Glykogen), während der Rest in die Muskulatur wandert und dort entweder in die Depots eingelagert oder sofort verbrannt wird. Auch die Aminosäuren, Fettsäuren, Vitamine A, B, C, E, K und Mineralien werden im Dünndarm ins Blut aufgenommen.
- 18.30:** Immer noch befinden sich die Riegelreste im Dünndarm.
- 19.00:** Ende der Trainingsfahrt. Fast die gesamte Glukose ist inzwischen resorbiert und auch die Eiweiße sind bereits teilweise aufgenommen worden. Die Fettverdauung und -resorption dauert noch länger an.
- 19.30:** Mit der Einnahme des Abendessens beginnt der Prozess von vorne. Die Aminosäuren aus dem Riegel gelangen jetzt auch zur Leber, wo sie wieder zu Eiweißen –

© Roth



Nicht immer hat man Zeit zum Essen.

sogenannten *Plasmaproteinen* – zusammengesetzt werden und ins Blut übertreten. Überschüssiges Eiweiß (bei zu hoher Kalorienzufuhr oder Nahrungsmangel) würde verbrannt oder in Fett umgewandelt und gespeichert werden (siehe Kap. 5).

22.30: Die Reste des Müsliriegels verlassen den Dünndarm in Richtung Dickdarm. **6** Bis hierhin sind etwa 80-90 % der Nährstoffe aus dem Speisebrei aufgenommen worden. Im Dickdarm muss vor allem das zur Verdauung eingesetzte Wasser zurückgewonnen werden. So wird die Konsistenz im Verlauf der Dickdarmpassage zunehmend fester und wasserärmer. Im Anfangsbereich des Dickdarms werden teilweise noch Mineralien und Nährstoffreste aufgenommen.

Am nächsten Morgen: Der Müsliriegel verlässt in Form von Stuhl den Körper. Bei einem fettreichen Nahrungsmittel würde die Verdauung etwa 10 Stunden mehr in Anspruch nehmen.

Nieren

Die Nieren sind als Blutfilter und Ausscheidungsorgane für den Körper von größter Wichtigkeit. Gerade beim Radfahren müssen sie erhebliche Mehrarbeit erbringen, denn ihre Filterleistung wächst mit dem an die körperliche Aktivität gekoppelten Kalorienverbrauch. Salze, Abbauprodukte des Eiweißstoffwechsels, Wasser, aber auch Fremdstoffe werden mithilfe der

Nieren aus dem Blut und damit aus dem Körper entfernt. Aus den 1.500 l Blut, das die Nieren täglich durchströmt, werden ca. 150 l Primärharn filtriert, die schließlich auf etwa 1,5 l Harn konzentriert und ausgeschieden werden.

Blut

Das Blut ist die Lebensflüssigkeit des menschlichen Körpers. Die 5-6 l Blut bestehen zu 55 % aus Blutplasma (Flüssigkeit) und zu 45 % aus den verschiedenen Blutzellen. Durch ein Ausdauertraining wie den Radsport kommt es zu einer Blutvolumensteigerung von etwa 15 %. Folgende Hauptfunktionen werden dem Blut zugeschrieben:

- Transport (Sauerstoff, Kohlendioxid, Nährstoffe, Stoffwechselschlacken, Hormone),
- Wärmetransport und -verteilung,
- Blutgerinnung und
- Immunabwehr.

Ein paar interessante Zahlen zum Blut: 1 mm³ Blut, eine verschwindend kleine Menge also, enthält 4,5-5 Millionen rote Blutkörperchen, eine unglaubliche Zahl, und etwa 5.000-8.000 weiße Blutkörperchen für die Immunabwehr. In 100 ml Blut sind circa 7g Proteine enthalten. Die roten Blutkörperchen (Erythrozyten) sind die Sauerstoff- und Kohlendioxidtransporteure des Blutes.

2.2 Leistungsphysiologie

Auswirkungen von Training auf Herz, Kreislauf und Muskulatur

Im Folgenden werden die Veränderungen an Herz und Kreislauf sowie an der Muskulatur beschrieben, die sich im Laufe eines Ausdauertrainingsprozesses (Radsport) vollziehen. Begriffe wie *Sportherz*, *Ruhepuls* und *maximale Sauerstoffaufnahme* sollen nachvollziehbar dargelegt werden.

Anpassung in zwei Phasen

Der Anpassungsvorgang des Körpers (Adaptation) wird in zwei Phasen unterteilt: Während der ersten Phase, bei geringen Trainingsumfängen und -intensitäten, wie zum Beispiel im Breiten- und Gesundheitssport, kommt es lediglich zu einer *funktionellen* Anpassung, die durch eine Verbesserung des Muskelstoffwechsels mit einer daraus folgenden Ökonomisierung des Herz-

Kreislauf-Systems charakterisiert ist. Diese Ökonomisierung geschieht durch eine Verringerung des Kreislaufantriebs, d. h., die Ruheherzfrequenz ist leicht erniedrigt und auch unter Belastung werden niedrigere Herzfrequenzwerte erreicht. Die zweite Phase der Adaptation ist die *dimensionale* Anpassung, während der sich die Dimensionen (Größe) der Organe verändern.

Großer Motor

Durch ein regelmäßiges, über Jahre fortgeführtes Ausdauertraining kommt es zu einem Anpassungsprozess des Herzens, dessen Folge die sogenannte *Sportherzentwicklung* ist.

Das **Sportherz** ist durch eine Größenzunahme und die daraus resultierende Senkung der Herzfrequenz charakterisiert. Dieser Anpassungsprozess ist eine Folge des erhöhten Stoffwechsels vor allem in der Muskulatur, deren höherer Sauerstoff- und Nährstoffbedarf nur über eine gesteigerte Blutzirkulation gedeckt werden kann und somit ein leistungsfähigeres Herz erfordert.

Während das Herz des Untrainierten ein Gewicht von etwa 300 g aufweist, kann das Ausdauer-Sportherz bis zu 500 g wiegen. Mit dem Gewicht steigt auch das Herzvolumen an. Von 800 ml bei Männern und 500 ml bei Frauen steigt es auf Werte von 900-1.200 ml, selten sogar auf über 1.500 ml. Die größten Sportherzen werden übrigens bei Straßenradsportlern festgestellt, als Folge der oft extremen Ausdauerbelastungen. Durch das vergrößerte Herzvolumen wird ein größeres Schlagvolumen möglich. Das Schlagvolumen ist die Blutmenge, die das Herz pro Schlag in die Aorta auswirft (beim Untrainierten 80 ml, beim Trainierten bis zu 150 ml). Da der Körper aber für die gleiche Leistung nicht mehr Blut benötigt, kann das Herz mit einer niedrigeren Schlagfrequenz arbeiten. Das maximal mögliche Herzminutenvolumen, man versteht hierunter die geförderte Blutmenge der linken Herzhälfte pro Minute (Herzfrequenz x Schlagvolumen; z. B. $70 \times 80 \text{ ml} = 5,6 \text{ l/min}$ in Ruhe), steigt gegenüber dem Untrainierten an, sodass der Muskulatur pro Zeit eine größere Blutmenge zur Verfügung steht.

Niedrige Drehzahl

Die maximale Herzfrequenz nimmt durch langjähriges Ausdauertraining nur geringfügig ab, sodass sich aus dem größeren maximalen Schlagvolumen ein stark vergrößertes maximales Herzminutenvolumen ergibt. Der Untrainierte erreicht bei höchster Belastung ein Herzminutenvolumen von etwa 20 l, während der Ausdauertrainierte Werte von über 30 l erreichen kann.

Deutliches Zeichen für eine Sportherzentwicklung ist das Absinken der Herzfrequenz von etwa 60-70 Schlägen bei Untrainierten in der Minute auf 40-50 beim Leistungssportler. Im Hochleistungsbereich der Profis und Spitzenamateure sind Ruheherzfrequenzen unter 40 häufig und selten sogar Werte unter 30 zu messen. Das Absinken der Ruheherzfrequenz beim Brei-

ten- und vor allem beim Gesundheitssportler auf 50-60 Schläge ist meist nicht als Ursache eines Herzwachstums aufzufassen, sondern wird, wie schon erwähnt, durch eine Umstellung und Beruhigung im vegetativen Nervensystem hervorgerufen. Nach Beendigung einer aktiven Radsportkarriere darf das Training auf keinen Fall völlig eingestellt werden, da es sonst zu Belastungsentzugssymptomen am Herzen kommen kann, die mitunter gefährlich werden.

Vorteile des Sportherzens

- Höhere Leistungsfähigkeit.
- Die gleiche Leistung kann bei geringerer Herzfrequenz erbracht werden.
- Niedrigere Ruhe- und Arbeits Herzfrequenz, dadurch Schonung des Herzens (vergleichbar mit niedrigen Drehzahlen beim Automotor).
- Ökonomisierung des Kreislaufs.
- Während der Sportherzbildung kommt es zu weiteren positiven Adaptationsprozessen im Organismus.

Maximale Sauerstoffaufnahme

Die maximale Sauerstoffaufnahme (**VO₂max**) ist eine für den Radsport sehr interessante physiologische Größe, denn sie gilt als das entscheidende Kriterium für die Ausdauerleistungsfähigkeit.

Mit der maximalen Sauerstoffaufnahme ist die größtmögliche Menge an Sauerstoff – nicht Atemluft – gemeint, die der Radsportler bei einer maximalen Belastung über seine Lungen in das Blut aufnimmt. Die genaue Bestimmung der maximalen Sauerstoffaufnahme erfolgt auf einem Fahrradergometer im Zuge einer leistungsdiagnostischen Untersuchung (siehe Kap. 4). Der Normalwert für den Untrainierten liegt bei etwa 3 l Sauerstoff in der Minute und kann bei entsprechendem Training auf Werte von 5-6 l ansteigen.

Die **VO₂max** ist von Trainingszustand, Alter, Geschlecht und Gewicht des Sportlers abhängig. So braucht z. B. der größere Sportler für die gleiche äußere Leistung eine höhere Sauerstoffaufnahme als der Kleinere, weil er ein höheres Gewicht bewegen muss. Aufgrund dessen verwendet man die gewichtsbezogene **VO₂max**, um einen genauen Rückschluss auf das Leistungsvermögen zu ermöglichen und mehrere Athleten vergleichen zu können. Die gewichtsbezogene oder auch relative VO₂max gibt die Sauerstoffaufnahme pro Kilogramm Körpergewicht und Minute an; hier erreichen Profis Werte zwischen 80 und 90 ml Sauerstoff pro Minute und kg Körpergewicht, untrainierte 20-30-Jährige hingegen nur etwa 40-45 ml Sauerstoff pro Minute und kg Körpergewicht. Die maximale Sauerstoffaufnahme geht beim untrainierten Mann pro