

Kilian Jornet | Steve House | Scott Johnston

UPHILL ATHLETE

Training für Skibergsteiger
und Bergläufer

riva

Kilian Jornet | Steve House | Scott Johnston

UPHILL ATHLETE

Kilian Jornet | Steve House | Scott Johnston

UPHILL ATHLETE

Training für Skibergsteiger
und Bergläufer

riva

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie.
Detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://dnb.de> abrufbar.

Für Fragen und Anregungen

info@m-vg.de

Wichtiger Hinweis

Dieses Buch ist für Lernzwecke gedacht. Es stellt keinen Ersatz für eine individuelle medizinische Beratung dar und sollte auch nicht als solcher benutzt werden. Wenn Sie medizinischen Rat einholen wollen, konsultieren Sie bitte einen qualifizierten Arzt. Der Verlag und der Autor haften für keine nachteiligen Auswirkungen, die in einem direkten oder indirekten Zusammenhang mit den Informationen stehen, die in diesem Buch enthalten sind. Ausschließlich zum Zweck der besseren Lesbarkeit wurde auf eine genderspezifische Schreibweise sowie eine Mehrfachbezeichnung verzichtet. Alle personenbezogenen Bezeichnungen sind somit geschlechtsneutral zu verstehen.

4. Auflage 2025

© 2020 by riva Verlag, ein Imprint der Münchner Verlagsgruppe GmbH

Türkenstraße 89

80799 München

Tel.: 089 651285-0

Die amerikanische Originalausgabe erschien 2019 unter dem Titel *Training for the Uphill Athlete. A Manual for Mountain Runners and Ski Mountaineers bei Pataonia Works*. © 2019 by Patagnia works. All rights reserved.

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie 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 gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Wir behalten uns die Nutzung unserer Inhalte für Text und Data Mining im Sinne von § 44b UrhG ausdrücklich vor.

Übersetzung: Lea Bodora, Billi Bierling

Redaktion: Stefanie Heim

Umschlaggestaltung: Marc-Torben Fischer

Umschlagabbildung: Steve House (Cover), Dan Patitucci (Rückseite)

Satz: Daniel Förster, Belgern

Bildnachweis: Alexis Berg: 87; Andrew Burr: 217; Ben Tibbetts: 76; Dan Patitucci: 16, 64, 130/131, 148, 150, 228/229, 238, 241; Davide Ferrari: 75, 286, 296/297, 346; Dynafit: 314; Eliza Earle: 255, 256/257, 295; Federico Modica: 19, 108, 111, 125, 141, 168, 176, 214, 260, 262/263, 270, 271, 276, 283, 298, 333, 336; Fredrik Marmsater: 53, 134, 157, 181, 201, 237, 258, 267, 273, 308, 330, 356; Greg Snyder: 156; Harald Wisthaler: 341; Janine Patitucci: 224; Jason Thompson: 80/81, 159, 192, 197; Jeff Johnson: 113; Jesus Dyañez: 139; Jocelyn Chavy: 58/59, 179, 190/191, 202, 244, 310, 360; Jordi Saragossa: 22, 109, 110, 128, 171, 184; Josh Patton: 88; Kelvin Trautman: 20/21, 119, 121, 207; Ken Etzel: 122, 174; Kilian Jornet: 324; Kilian Jornet Collection: 67; Liz Barney: 142; Mark Smiley: 28, 30, 154, 226; Martina Valmassoi: 34/35, 48, 83, 112, 198, 199, 204, 343, 352; Rickey Gates: 94; Rico Elmer Collection: 282; Sébastien Montaz-Rosset: 70, 248; Seth Keena: 253; Steve House: 10; Steve House Collection: 12, 44; Steven Gnam: 68/69, 97, 105, 107, 115, 162/163, 165, 175, 187, 189, 194, 242, 268, 279, 280, 303, 344/345; Ulysse Lefebvre: 116, 265, 317, 319, 321

Druck: Florjancic Tisk d.o.o., Slowenien

Printed in the EU

ISBN Print 978-3-7423-1032-3

ISBN E-Book (PDF) 978-3-7453-0668-2

ISBN E-Book (EPUB, Mobi) 978-3-7453-0669-9



Weitere Informationen zum Verlag finden Sie unter

www.rivaverlag.de

Beachten Sie auch unsere weiteren Verlage unter www.m-vg.de

Inhalt

VORWORT

Wissen ist Macht	11
------------------------	----

KAPITEL 1

Zur Verwendung dieses Buchs	17
-----------------------------------	----

TEIL 1

Die physiologischen Grundlagen des Ausdauertrainings	ATHLETENSTORY Entscheidungsfindung 2
---	---

KAPITEL 2

Die Physiologie der Ausdauer	23
Die Evolution der Ausdauer	23
Ausdauer und Ermüdung	25
Welche Faktoren die Ausdauerleistung bestimmen	27
Betrachtung der Ausdauer durch die Stoffwechselbrille	34
ATHLETENSTORY Entscheidungsfindung	29
Auswirkungen auf die Leistung	45
ATHLETENSTORY Trick 17	51
Fettadaption, Stoffwechselökonomie und Ausdauer	55
Den aeroben und den anaeroben Energiestoffwechsel verbessern	64
ATHLETENSTORY Die Wurzeln meiner Sportlichkeit	66

TEIL 2

Das methodologische Fundament der Ausdauer . . .	69
--	----

Kapitel 3

Die Methodiken des Ausdauertrainings	71
Zu Anfang etwas Geschichte	71
Wichtige Konzepte, Begriffe und Prinzipien	72
Die Sprache der Intensität verstehen	79
ATHLETENSTORY Ein langer Weg zurück zum Ausgangspunkt	82
ATHLETENSTORY Berglauftraining - ohne Berge, ohne Zeit	86
ATHLETENSTORY Die Botschaft des Laufens	93
ATHLETENSTORY Langsamer ist schneller - zumindest in den Bergen	104
ATHLETENSTORY Ein harter Einstieg in den Ultramarathon: der Everest-Marathon	114

KAPITEL 4

Das Training im Blick behalten	117
Anzeichen für eine notwendige Regeneration	117
Die Trainingsbelastung aufzeichnen	126
Das Training nach einer Pause wieder aufnehmen	129
ATHLETENSTORY Widrigkeiten mal anders gesehen	134
Übertrainingsyndrom (ÜTS)	136
ATHLETENSTORY Eine harte Lektion: Training ist kein Wettkampf	138
Periodisierung	144
ATHLETENSTORY Der Lebenszyklus einer Ultraläuferin	147

KAPITEL 5

Die Anwendung: Theorie trifft auf Wirklichkeit	151
Tests	152
Entwicklung der aeroben Grundlage: Der Schlüssel ist der Umfang	156
Methoden des Ausdauertrainings	161
ATHLETENSTORY Ich folge meinem eigenen Weg	164
ATHLETENSTORY Mike Foote stellt neuen 24-Stunden-Weltrekord im Uphill-Vertical-Skibergsteigen auf	186

TEIL 3

Skibergsteiger, Bergläufer und Kraft	191
--	-----

KAPITEL 6

Krafttraining für Skibergsteiger und Bergläufer	193
Allgemeine versus spezifische Kraft	195
Ökonomie und Muskelausdauer	198
Tempo und Kraft	198
Muskelausdauer und Kraft	198
Zusammenfassung	199
ATHLETENSTORY Vergiss nicht, dich nach dem »Warum« zu fragen	200

KAPITEL 7

Die eigene allgemeine Kraft überprüfen und verbessern	203
Tests und grundlegende Übungsprogramme für Beine und Hüften	205
Programm für Beine und Hüfte - Phase 1	210
Programm für Beine und Hüfte - Phase 2	211
Programm für Beine und Hüfte - Phase 3	214
Tests und grundlegende Übungsprogramme für den Oberkörper	214
Programm für den Oberkörper - Phase 1	217
Programm für den Oberkörper - Phase 2	219
Programm für den Oberkörper - Phase 3	221
Rumpfstabilität	224
Workouts für die Rumpfmuskulatur	231
Planung des allgemeinen Krafttrainings in Phase 1 bis 3	234
ATHLETENSTORY Es kann nur besser werden	236

KAPITEL 8

Spezifische Krafttrainingsmethoden	239
Kraft	239
Zusammenfassung	254

TEIL 4

Wie trainieren?	257
-----------------------	-----

KAPITEL 9

Erstellen eines Trainingsprogramms	259
Mit der Planung beginnen	261
Der Rahmen für die Planung	262

KAPITEL 10

Training in der Übergangsphase	269
Wo anfangen?	269
Allgemeine Richtlinien für die Planung Ihrer Übergangsphase	272
ATHLETENSTORY Wie man die Wettkampfsaison plant	274

KAPITEL 11

Einführung in die Grundlagenphase	277
Geringer Aufwand, große Wirkung?	278
Der Grundpfeiler der Grundlage	280
Die Planungsmechanismen	281
ATHLETENSTORY Die Gewissheit, zu gewinnen	283
Richtlinien für die Grundlagenphase	303
ATHLETENSTORY Der Geist am Berg	309

KAPITEL 12

Besondere Hinweise für das Skibergsteigen und Skitourengehen	311
Aufbau eines Plans für Skibergsteiger und Skitourengeher der Kategorie 1	312
ATHLETENSTORY Bestimmtes Training für ein bestimmtes Ziel	315
Aufbau eines Plans für Skibergsteiger und Skitourengeher der Kategorie 2	321
Training in der Wettkampfsaison für Sportler der Kategorie 1 und 2	326

KAPITEL 13

Besondere Hinweise für Bergläufer	337
Umfang	337
ATHLETENSTORY Jenseits der Schmerzgrenze	340
Aufbau eines Trainingsplans für Bergläufer der Kategorie 1	342
Aufbau eines Trainingsplans für Bergläufer der Kategorie 2	350
ATHLETENSTORY Rendezvous mit wilden Tieren	355
ATHLETENSTORY The Happiness Factor	361
Glossar	363
Register	373



VORWORT

Wissen ist Macht

Der Wind hatte sich die ganze Nacht über bemerkbar gemacht und mit jeder Böe schüttelte das winzige Zelt die dünne Eisschicht ab, die sich durch unseren Atem gebildet hatte. Die Eisflocken legten sich auf uns, um dann auf dem einzigen Körperteil von mir zu schmelzen, der aus dem Schlafsack herausragte: meiner Nase. Beim Aufwachen war ich müde, aber nicht müder als Marko, dem ich in der Morgendämmerung aus dem Zelt folgte. Wir legten die Steigeisen an, schulterten unsere Summit Packs und kletterten in den Sturm hinein.

Die gesamte uns bekannte Welt lag unter uns. Unsichtbar zwar, aber sie zog an uns wie die Schwerkraft. Marko kletterte gleichmäßig, schnell. Ich hingegen langsamer und ungleichmäßig. Bald war auch er für mich unsichtbar, irgendwo über mir. Das einsame Gefühl, zwischen meinem Partner und meiner Welt verloren zu sein, war erdrückend. Einen Moment lang zog ich das Tempo an und stolperte dann, nach Luft schnappend, hustend und keuchend. Dank der Fußspuren im Schnee (dort war noch nie jemand vor uns gegangen, nach uns wahrscheinlich auch nicht) und einer gelegentlichen Wolkenlücke, in der ich Markos grüne Jacke erspähen konnte, die ihn in der schwarz-weißen Welt im Himalaya in rund 7000 Metern Höhe wie einen Außerirdischen erscheinen ließ, konnte ich genug sehen, um zu wissen, dass er da war. Ich konnte ihm folgen, aber nicht mit ihm Schritt halten.

Zwei Stunden später kehrten wir um und gaben nach fünf Tagen erbitterten Kletterns unseren Versuch, den Gipfel zu erreichen, auf. Ein weiteres Lebensziel landete auf dem staubigen, unordentlichen Haufen aufgebener Träume.

Ich hatte Tausende Berge bestiegen und niemals trainiert. Ich hatte mir als Bergsteiger Sponsorings und Aufmerksamkeit erklettert und Geld verdient, ohne zu trainieren. Ich hatte meine Partner hinter mir gelassen, Erstbegehungen hingelegt, in 60 Stunden die steilste, eisigste Wand in Nordamerika erklettert, ohne zu trainieren. Jetzt musste ich auf dem bedeutendsten, höchsten und schwersten Berg, den ich je in Angriff genommen hatte, umkehren, weil ich nie trainiert hatte.

Als ich nach Hause zurückkehrte, suchte ich mir eine Trainerin und begann zu trainieren. Ein halbes Jahr später war ich krank, bekam Infusionen und hatte Fieber. Ich konnte 21 Tage lang nichts essen und magerte von 75 Kilogramm auf 61 Kilogramm ab. Nachdem ich die Kurve wieder gekriegt hatte, lud mich mein Freund und Kletterpartner Scott Johnston, der als ehemaliger Skilangläufer an Weltmeisterschaften teilgenommen hatte, zu sich ein und machte Hamburger.

Mir gegenüberstehend erklärte er mir: »Du weißt, weshalb du krank geworden bist, oder? Sie [die Trainerin] hat keine Ahnung vom Klettern. Sie hat keine Ahnung, was deine Arbeit dir abverlangt. Sie hat dich übertrainiert. Und zwar heftig. Du darfst den Trainingsumfang nur langsam steigern.«

Das war meine erste von Tausenden Lektionen über Ausdauertraining und Physiologie, aus denen letztendlich unser erstes gemeinsames Buch *Training for the New Alpinism** entstand. Scott wurde natürlich mein Trainer. Meine Fitness erlebte eine Blütezeit. Nicht ganz zwei Jahre später wurde ich wieder Profibergsteiger – hauptberuflich. Meine Kletterkarriere erreichte Weltklasse-Niveau und ich hatte keinerlei Probleme mit Übertraining, Krankheiten oder Verletzungen – bis ich in Kanada 25 Meter tief von einem Berg fiel.

Ich behaupte gern, dass nur diejenigen keine Lust auf Training haben, die nie richtig trainiert haben. Ausfallschritte hassen nur diejenigen, die nicht genug davon gemacht haben und deshalb nicht wissen, wie sich starke Beine am Berg anfühlen. Lange, langsame Läufe und Skiläufe zum Aufbau der aeroben Kapazität hassen nur diejenigen, die nie gespürt haben, wie es sich anfühlt, mit Leichtigkeit den Berg hochzugleiten und sich den Wind um die Nase wehen zu lassen. Entspannt, selbstsicher, mit schnellen Bewegungen dahinfliegend.

Die Fitnesswelt ist ein Minenfeld, voller Scharlatane, Trends und unglaublichen Versprechungen, hinter denen allen nichts steckt. Während ich mich von meinem Sturz erholte, Dutzende Brüche, ein kollabierter Lungenflügel und meine angeknackste Seele ausheilten, versuchten Scott und ich uns an der Beantwortung der Frage, die mir als Profibergsteiger am häufigsten gestellt worden war: Wie trainierst du? Als wir 2014 *Training for the New Alpinism* veröffentlichten, übertraf der Erfolg unsere Erwartungen bei Weitem. Wir hatten damit gerechnet, dass es genug Bergsteiger gibt, um vielleicht 1000 Ausgaben zu verkaufen. Tatsächlich verkauften wir 50 000.

Irgendwann erfuhren wir, dass wir nicht falsch gelegen hatten, denn es hatten nicht 50 000 Bergsteiger unser Buch gekauft, sondern nur 10 000. Die restlichen 40 000 Bücher kauften sich Bergläufer, Skibergsteiger und Wettkampf-Skibergsteiger, für die es kein eigenes Trainingsbuch gab und für die Bergsteigen ihrem Sport am nächsten kam. Mit *Training for the New Alpinism* kauften sie unseren geradlinigen Ansatz, frei von Trends und falschen Versprechungen.



Am Anfang des Winters 2014 traf ich Kilian Jornet in meinen Heimatbergen, wo er und Emelie Forsberg im berühmten Pulverschnee von Colorado Ski laufen wollten. Wir taten uns zusammen und ich führte sie in der Nähe von Telluride zu einer klassischen steilen Abfahrt mit dem Namen

* Bislang nur auf Englisch erhältlich.



Steve House und Kilian Jornet auf dem Gipfel des Täschhorn in der Schweiz.
Foto: Sammlung Steve House

San Joaquin Couloir. Beim ersten Licht des Dezembertages brachen wir mit aufgefelten Skiern im Tal auf, kraxelten den Bergrücken hinauf und waren noch vor Mittag wieder zurück im Tal. Beim Bäcker aßen wir Muffins als erste Mahlzeit des Tages und Kílian erzählte mir, wie sehr ihm *Training for the New Alpinism* gefallen hatte. Ich erklärte ihm, wie überrascht wir von der Resonanz gewesen waren und davon, dass so viele andere Bergsportler unser Buch nutzten.

Kílian entgegnete, dass es tatsächlich nichts Vergleichbares für Sportler wie ihn gäbe. »Wir sollten so ein Buch zusammen schreiben!«, schrie ich fast hinaus. Früher am Morgen, beim Aufstieg, hatte Kílian mir von seinem Sportphysiologiestudium erzählt. Aber Kílian zögerte. »Ich möchte nicht schreiben«, sagte er und entschuldigte sich, um noch eine Trainingseinheit zu absolvieren, Intervalle in Zone 3 am steilen Hang.

Auf der Fahrt nach Hause rief ich Scott an und der Plan wurde geboren. Im Juni teilte ich Kílian im Camp am Denali in rund 4000 Metern Höhe unsere Fortschritte mit. Im August, als Kílian und ich uns in Zermatt in der Schweiz trafen, gab es bereits eine Kurzdarstellung und einen Autorenvertrag, und es waren jede Menge E-Mails hin und her geschickt worden. In Zermatt knapsten wir uns etwas Zeit ab, um Gipfel zu sammeln, keine großen technischen Herausforderungen. Ich hatte Glück und die Alpen lagen im August unter einer frischen Schneedecke, allerdings hatte ich die unlösbare Aufgabe, auf den steilen Pfaden und Bergkämmen mit Kílian mitzuhalten. Drei regnerische Tage verbrachten wir dann in meinem Campingbus, brien uns riesige Portionen Käse-Rösti und sprachen über das Buch, Trainingsmethoden und ihren jeweiligen Nutzen, Trainingsfehler, wie die vielen Informationen gegliedert und präsentiert werden sollten und so weiter. Das einzige Problem war, den Campingbus an einem Ort zu parken, mit dem die Schweizer Polizei einverstanden war.

Mit Kílians Erkenntnissen versorgt, schrieb Scott wie ein Besessener und gab uns dann seine Entwürfe. Unser Beraternetzwerk vergrößerte sich und Luke Nelson und Mike Foote stießen als zuverlässige Rezensenten zu uns. Auch unser Unternehmen, *Uphill Athlete*, wuchs in der Zwischenzeit, mit mehr Seitenbesuchen, mehr Fragen sowie mehr Anfragen für Trainingspläne und Coachings. Als die Abgabefrist für das Buch noch in weiter Ferne lag, konnten wir uns leicht den dringenderen Aufgaben widmen. Mit sich näherndem Abgabetermin konzentrierte sich Scott nur auf das Schreiben und unsere Dreier-Gespräche wurden häufiger. Dabei ging es um genau die Fragen, mit denen wir uns seit Jahren auseinandergesetzt hatten: Wie tief sollten wir in die Physiologie einsteigen? Wie bringen wir den Lesern genug bei, dass sie sich wirklich selbst trainieren können? Wie gehen wir mit schwierigen Themen wie dem Kraftbedarf für ein Vertical Race und der erforderlichen aeroben Kapazität für den Tor des Géants um?

Das Endergebnis resultiert aus meinen Erlebnissen mit dem Bergsteigertraining und den über 30 Jahren Erfahrung von Scott als Sportler und Trainer, kombiniert mit dem Wissen von Kílian und seinen Jahren im Schnee und auf den Trails. In Ihren Händen liegt nun alles, was wir beim Schreiben von *Training for the New Alpinism* gelernt haben, sowie alles, was uns das Schreiben von Trainingsplänen, das Trainieren von Bergsteigern, Wettkampf-Skibergsteigern und Bergläufern gelehrt hat. *Uphill Athlete: Training für Skibergsteiger und Bergläufer* ist das Destillat aus Hunderttausenden Stunden Wettkampf-, Trainings- und Coaching-Erfahrung. Genauso wie beim Ziel von *Training for the New Alpinism*, Methodiken aus dem gewöhnlichen Sportbereich auf den unge-

wöhnlichen Sport, auf hohe Berge zu klettern, zu übertragen und anzuwenden, verhält es sich auch bei diesem Buch: Es ist für Sportler in ungewöhnlichen Sportarten gedacht, nutzt aber viele Trainingsmethoden, die für den gewöhnlichen Ausdauersport entwickelt und dort ausgiebig getestet wurden.

Dieses Buch ist eine sorgfältig ausgewählte Mischung aus Informationen und soll Sie, liebe Leserinnen und Leser, dabei unterstützen, anhand eines bewährten Gerüsts aus fundiertem Wissen informierte Entscheidungen treffen zu können.

Wir wissen, dass es funktioniert, denn alles in diesem Buch haben Scott, Kilian und ich gelebt – als Weltklasse-Sportler, als Weltklasse-Trainer und als Betreiber eines erstklassigen Online-Trainingsportals.

Neben Kilian kommen in diesem Buch auch andere Sportler mit ihren Geschichten zu Wort. Sie sollten jedoch nicht der Versuchung erliegen, Ihr Training (Umfang, Technik und fast alle anderen Trainingsbereiche) dem von Kilian oder den anderen Sportlern anzupassen. Versuchen Sie besser, die Theorie, die hinter ihren Geschichten und den beschriebenen Trainingseinheiten steht, zu verstehen und dieselben Prinzipien auf Ihr eigenes Niveau zu übertragen. Die Workouts von Profisportlern einfach blind zu übernehmen, ist keine gute Idee.

Uphill Athlete: Training für Skibergsteiger und Bergläufer ist der Gegenpol zu sämtlichen kurzlebigen Trends. Es enthält bewährtes Trainingswissen, das Sie auf sich selbst übertragen und mit dem Sie sich jahrzehntelang jeden Tag verbessern können. Das einzige Versprechen, das Sie in diesem Buch finden werden, ist das Versprechen intelligenter, harter, beständiger Arbeit. Lesen Sie aufmerksam, treffen Sie informierte Entscheidungen, und gehen Sie raus und lassen Sie sich den Wind um die Nase wehen. Genießen Sie die Energie des Bergsportlers.

Bis bald in den Bergen

Steve House
Ridgway, Colorado (Vereinigte Staaten)
Im Mai 2018



KAPITEL 1

Zur Verwendung dieses Buchs

Die drei Sportarten Berglaufen, Skibergsteigen und Skitourengehen* (Skibergsteigen und Skitourengehen unterscheiden sich aufgrund der für das Skitourengehen benötigten Ausrüstung im Tempo und somit in der Intensität des Aufstiegs) gleichen und ergänzen sich hinsichtlich der meisten Anforderungen an den Körper. Viele Skiläufer absolvieren Lauftrainings und immer mehr Läufer wählen das Skilaufen als vergnügliche und wertvolle Ergänzung zu ihrem Training. Von uns drei Autoren hat jeder viele Jahre lang die sich ergänzenden Aspekte dieser Sportarten für sich genutzt, weshalb es selbstverständlich war, die Trainingsthemen aller drei Sportarten in einem Buch zusammenzubringen. Dort, wo sich das Training gleicht, versuchen wir, es so weit wie möglich zusammenfassend zu behandeln. Dort, wo das Training voneinander abweicht, erklären wir, warum und zeigen, wie die unterschiedlichen Trainingsmethoden angewandt werden können. Trotz des starken Wettkampfschwerpunkts eignen sich die in diesem Buch beschriebenen Methoden ebenso gut für Freizeitsportler oder nicht an Wettkämpfen teilnehmende Bergsportler. Egal, ob Sie eine Wettkampfnummer auf dem Rücken tragen oder sich eher für die einsameren Herausforderungen eines großartigen Tages in den Bergen interessieren, der Körper hat mit denselben physiologischen Einschränkungen zu kämpfen. Wir sind davon überzeugt, dass Leser aus beiden Bereichen aus unserem Buch etwas lernen können.

Dieses Buch haben wir geschrieben, um das Wissen und die Erfahrungen in Bezug auf die Wissenschaft und Methodiken des Ausdauertrainings aus drei Menschenleben mit anderen zu

* Anmerkung der Übersetzerin: Im Deutschen werden die Bezeichnungen Skibergsteigen und Skitourengehen (beides kurz auch Skimo genannt) nahezu synonym verwendet. In diesem Buch verwenden wir Skibergsteigen für kurze Tagestouren und Wettkämpfe und Skitourengehen für mehrtägige Touren und Touren ohne Wettkampfgedanken.

teilen. Wir müssen jedoch mit einem Haftungsausschluss beginnen: Zusammen haben wir drei alle möglichen Trainingsfehler gemacht, ein paar davon mehr als einmal. Aus schmerzvoller Selbsterfahrung wissen wir nicht nur, wie man richtig trainiert, sondern ebenso gut, wie man *nicht* effektiv trainiert. Es gibt viel mehr Möglichkeiten, falsch zu trainieren, als richtig zu trainieren. Am besten lernt der Mensch meist aus den eigenen Fehlern, aber das ist schmerzhaft und (wichtiger noch) furchtbare Zeitverschwendung. Wir hoffen, Ihnen vergeudete Tage und Wochen zu ersparen, ganz zu schweigen von den Enttäuschungen und auch seelischen Schmerzen, die ineffektives Training verursachen kann, indem wir Sie vor den Fallstricken warnen und um die Gefahrenbereiche herumlotsen. Über die Jahrzehnte, die wir insgesamt trainiert und gecoacht haben, konnten wir unsere Vorgehensweise weiterentwickeln und möchten sie mit Ihnen teilen.

Physisches Training wird häufig auf eine formelhafte Weise, ähnlich wie ein Kochrezept, beschrieben: Wer sich an das Rezept hält, dem gelingt der perfekte Fitnesskuchen. In Wirklichkeit sind wir jedoch sehr komplexe Organismen und das gleiche Rezept ist nicht auf jeden anwendbar. Natürlich haben wir Menschen alle die gleichen physiologischen Systeme, aber unsere Reaktionen auf identische Trainingsinhalte können bei jedem unterschiedlich sein (sowohl in Bezug auf ihre Quantität als auch auf ihre Qualität). Anders ausgedrückt: Lässt ein Trainer zehn Sportler dieselbe Trainingseinheit absolvieren und erfasst dabei die Werte bestimmter physiologischer Systeme, wird er zehn verschiedene Ergebnisse erhalten. Allgemeine Richtlinien und Trainingsbeschreibungen, an die Sportler sich halten können, sind zwar wichtig, aber solange Sie überhaupt nicht wissen, wie Ihre individuelle Reaktion aussieht, befinden Sie sich im Trainingsblindflug.

Deshalb ist dieses Buch kein Kochbuch und Sie werden kein universelles Rezept für den einen Kuchen finden. Stattdessen finden Sie hier Erklärungen einiger zugrunde liegender Systeme, die für die Unterschiede zwischen Sportlern verantwortlich sind. Sie erfahren, wie Sie Ihre individuellen Reaktionen auf das Training bestimmen können und was diese bedeuten. Im Großen und Ganzen ist es unser Ziel, Ihnen einen Satz an Werkzeugen an die Hand zu geben, mit denen Sie innerhalb einer recht engen Auswahl an Trainingsoptionen arbeiten und dennoch die Trainingsdetails auf sich abstimmen können, damit das Training für Sie die besten Ergebnisse bringt.

Jedes Thema lässt sich am besten innerhalb eines festgelegten Rahmens untersuchen und wir hoffen, dass wir diesen Rahmen bieten, in dem sich dieses komplexe Thema gut analysieren lässt. Obwohl der Stoff an sich nicht schwer verständlich ist, deckt er viele Themenbereiche ab, und es ist nahezu unmöglich, alle Informationen beim ersten Lesen aufzunehmen. Wir hoffen deshalb, dass Sie dieses Buch als Referenzhandbuch nutzen, es Ihr Training über viele Saisons hinweg begleiten wird und Sie das anwenden können, was wir in Jahrzehnten lernen mussten. Die einzelnen Teile des Buchs funktionieren nur im Zusammenspiel mit den anderen. Jeder Abschnitt baut auf den vorherigen auf und dient als Grundlage für die folgenden Abschnitte.

In Teil 1 beginnen wir mit einem Blick auf die physiologischen Grundlagen des Ausdauertrainings. Wissenschaftliche Studien sind zwar häufig idealisiert und daher nur eingeschränkt verwendbar, aber sie bieten uns ein besseres Verständnis des *Warum*, auch wenn sie beim *Was* oder *Wie* nicht wirklich hilfreich sind. Das *Was* und das *Wie* sind die Punkte, an denen das Ausdauertraining von der Wissenschaft zur Kunst wird. Probieren geht hier über studieren, aber der erste Teil liefert das theoretische Grundgerüst für das, was folgen wird.



Davide Stofie beim Sprunglauf-Training bergauf im Spätherbst am Südtiroler Jochgrimm in Italien.
Foto: Federico Modica

In Teil 2 zu den Methodiken des Ausdauertrainings zeigen wir zahlreiche Konzepte auf (und erklären sie natürlich auch), die Sie bei richtigem Verstehen und korrekter Umsetzung zu einem besseren Sportler oder Trainer machen. Das sind die Werkzeuge, die wir in Ihren Werkzeugkoffer packen. Der Schlüssel ist, zu wissen, welches Werkzeug für welche Aufgabe richtig ist. Da die Auswahl an Themen hier so breit ist wie die Inhalte tief sind, ist dies wahrscheinlich der Buchabschnitt, den Sie mehrfach lesen werden, um Ihr Wissen immer wieder aufzufrischen.

Teil 3 widmet sich dem Krafttraining für Bergläufer und Skibergsteiger. Wir decken das Mysterium der Kraft hinsichtlich ihrer Bedeutung für Ausdauersportler (im Gegensatz zu Kraftsportlern) auf.

In Teil 4 konzentrieren wir uns dann auf die Frage, wie trainiert werden sollte. Hier besprechen wir, wie die Workouts eingeordnet, geplant und strukturiert werden und wie sie abhängig vom gewünschten Ergebnis kombiniert werden können. Schließlich kommen alle vorherigen Informationen im Buch ins Spiel, wenn wir Ihnen zeigen, wie Sie vom einfachen, aber entscheidenden Aufbau der aeroben Kapazität zur für einen Wettkampf erforderlichen Schnelligkeitsausdauer gelangen. Zu guter Letzt stellen wir einige Beispiel-Trainingspläne vor, die Sie als Richtschnur verwenden oder direkt auf Ihr Training übertragen können.





TEIL 1

Die physiologischen Grundlagen des Ausdauertrainings



KAPITEL 2

Die Physiologie der Ausdauer

»Alle Modelle sind falsch, aber manche sind nützlich.«

George Box, Statistiker

Bitte überblättern Sie die folgenden wichtigen Seiten nicht, um schnell nachzusehen, welche Workouts Sie machen müssen, damit Sie Kílian beim nächsten Rennen schlagen können. Eben diese Informationen werden Sie hier nicht finden. Wir werden es in diesem Buch noch einige Male wiederholen: Es gibt nicht das eine Rezept zur Fitnesssteigerung. Aber Sie können den als Beispiel dienenden Plan für Ihr persönliches Training optimieren. Und gerade weil Training eine sehr individuelle Angelegenheit ist, enthält dieses Buch einleitende Kapitel. Wir wissen einfach, dass diese Informationen notwendig sind, damit Sie für Ihre Trainingspläne gute Entscheidungen treffen können.

In diesem Kapitel nehmen wir uns die der Energieproduktion zugrunde liegenden physiologischen Vorgänge vor, die den Ausdauersport erst ermöglichen. Ein grundsätzliches Verständnis der Funktion dieser Vorgänge hilft dabei, informierte Entscheidungen zu treffen, wenn es um die Erstellung und Umsetzung von Trainingsplänen für andere und Sie selbst geht. Einfach irgendein Trainingsprogramm nachzumachen, ohne die ihm zugrunde liegenden Prinzipien zu verstehen, kann die eigene Leistungsfähigkeit behindern, wenn nicht sogar minimieren.

Und nun sehen wir uns die Physiologie der Ausdauer einmal genauer an.

Die Evolution der Ausdauer

Jahrtausendlang existierten mehrere sich parallel entwickelnde Frühmenschen als Jäger und Sammler neben dem Homo sapiens und konkurrierten mit ihm. Die Tatsache, dass wir diesen Evolutionswettbewerb gewonnen haben, ist zum Teil auf die Ausdauerfähigkeit unserer Spezies zurückzuführen. Mangel war der Normalzustand und der Kampf um Kalorien und ihre Beschaffung erforderten jede Menge Zeit und jede Menge Kalorien. Deshalb entwickelte der frühmenschliche Stoffwechsel sich dahingehend, dass diejenigen die besten Chancen hatten, ihre Gene an die nächste Generation weiterzugeben, die kostbare Kalorien am sparsamsten verbrauchten.

Vorherige Seite: Luke Nelson läuft entlang der Nordküste von Eysturoy, der zweitgrößten Insel der Färöer, Dänemark. Foto: Kelvin Trautman

Gegenüberliegende Seite: Kílian Jornet trainiert in den Bergen oberhalb von Åndalsnes im Romsdal in Norwegen, zwei Wochen bevor er im März 2017 zum Cho Oyu und Everest aufbricht. Foto: Jordi Saragossa

Die meisten Tage sahen so aus, dass viele Stunden lang mit geringer Intensität nach Nahrung gesucht wurde. Nur gelegentlich gab es kurze Episoden mit hoch intensiver Anstrengung, beispielsweise bei einer Jagd, wenn es erforderlich war, die angestrebte Beute zu überwältigen oder ein anderes Raubtier oder einen Aasfresser erfolgreich in die Flucht zu schlagen. Die frühmenschliche Ernährung war reich an tierischen Fetten und Proteinen mit wenigen komplexen Kohlenhydraten aus pflanzlichen Quellen. Die Physiologie der frühen Menschen entwickelte so einen Kalorien-Treibstofftank in Form von Fettdepots (sowohl intramuskulär als auch unter der Haut), in denen in Zeiten des Überflusses überschüssige Kalorien eingelagert wurden. Das Fett versorgte unsere Vorfahren nicht nur an den langen Tagen, an denen sie jagten und sammelten, sondern erhöhte in Zeiten des Nahrungsmangels auch die Überlebenschance. Der menschliche Körper hat sich darin perfektioniert, große Mengen an Fett speichern zu können, um viele Tage des Hungerns zu überstehen, ohne dauerhafte Schäden zu erleiden. Ein optimal angepasster Jäger und Sammler konnte mit Fett als Treibstoff länger ohne eine Mahlzeit auskommen und mit höherer Intensität arbeiten und so die knappen und kostbaren Glykogenspeicher aus Kohlenhydraten schonen. Ein weiterer interessanter Aspekt dieses Themas ist unsere Fähigkeit, die Glykogenspeicher in den Muskeln in Ruhephasen sehr schnell wieder auffüllen zu können (in Stunden anstelle von Tagen). Bei den meisten anderen Tierarten ist das nicht der Fall, weshalb wir unsere Beute in Grund und Boden rennen konnten, da wir nur kurze Zeit zur Erholung benötigten.

Fett ist ein komplexes Molekül mit vielen chemischen Bindungen, von denen jede nutzbare Energie enthält. Auch ein schlanker, gut trainierter Ausdauersportler kann bis zu 100 000 Kalorien in Form von schnell verfügbarem Fett gespeichert haben. Kohlenhydrate hingegen sind einfachere Moleküle mit weniger energiegeladenen Bindungen und liefern pro Gramm nur halb so viel Kalorien wie Fett. Unsere Kohlenhydratspeicher sind viel kleiner und enthalten maximal 2000 Kalorien, auch bei gut trainierten Sportlern. Unser Körper fährt die Strategie, in Zeiten des Überschusses jede von uns verzehrte Kalorie, egal aus welcher Quelle, als Fett zu speichern. Auf rein physiologischer Ebene erklärt das auch die heutige Fettleibigkeitsepidemie; viele Menschen essen kalorienreiche Nahrungsmittel im Überfluss und sind nur selten einem Nahrungsmangel ausgesetzt.

Eine gängige Theorie der Evolutionsbiologie lautet, dass die Frühmenschen aufgrund ihrer Ausdauer und ihres Fellmangels ihrer nächsten Mahlzeit bis zur Erschöpfung hinterherlaufen konnten, da sie mit weniger Haar nicht so schnell überhitzten wie ihre Beute. Das half ihnen dabei, trotz ihrer verhältnismäßigen körperlichen Schwäche an die Spitze der Nahrungskette zu gelangen. Dank ihrer Ausdauer konnten unsere Vorfahren einem normalerweise viel stärkeren Tier nahe genug kommen, um es zu töten, da die Beute irgendwann zu erschöpft war, um sich zu verteidigen. Diese Theorie besagt auch, dass die proteinreiche Ernährung durch erfolgreiches Jagen dem Gehirn eine gesteigerte Leistungsfähigkeit und Komplexität und somit eine geistige Revolution ermöglichte, die wiederum alle kulturellen Fortschritte und evolutionären Eigenschaften zur Folge hatte, die wir geerbt haben. Daher kommt es auch, dass Sie die Wörter auf dieser Seite lesen können – weil unsere Spezies ihr Überleben durch ihre angeborene Fähigkeit sicherte, über einen langen Zeitraum bei geringer bis mittlerer Intensität körperliche Arbeit zu leisten. Wir sind das Produkt eines evolutionären Erbes, das uns für die Ausdauer prädisponiert hat.*

* Liebenberg (2008); Billat et al. (2003).

Ausdauer und Ermüdung

Ausdauertraining soll unsere Fähigkeit verbessern, für einen längeren Zeitraum zu laufen, zu klettern oder Ski zu laufen. Dabei wird sie letztendlich von der vorhersehbaren Ermüdungsreaktion unseres Körpers auf diese Aktivitäten eingeschränkt. Und eben da Ermüdung die Ausdauer einschränkt, ist eine kurze Auseinandersetzung mit ihr angebracht.

Bezogen auf den Sport ist Ausdauer die maximale Arbeitsleistung (beispielsweise Tempo oder Kraft), die ein Sportler für die Dauer eines Wettkampfs aufrechterhalten kann, bevor die Ermüdung für eine Verringerung des Arbeitstempos sorgt. In unseren Sportarten zeigt sich Ermüdung als kürzere Schrittlänge und langsamere Schrittfrequenz. Die Ausdauerleistung wird bei Wettkämpfen unterschiedlicher Länge und Intensität von verschiedenen miteinander verbundenen und miteinander arbeitenden physiologischen Systemen bestimmt. Ein Vertical Race wird beispielsweise mit einer ganz anderen Intensität gelaufen als ein Trailrun über 50 Kilometer. Bei beiden Ereignissen wird jedoch das abgerufen, was die spezifische Ausdauer-/Ermüdungsgrenze des Läufers hergibt. Die Art der benötigten Ausdauer und die Art der erfahrenen Ermüdung hängen vom jeweiligen Ereignis ab.

Wir brauchen keinen Bewegungswissenschaftler, um zu verstehen, dass Ermüdung uns verlangsamt. Das richtige Training erhöht die Widerstandsfähigkeit, um nicht so schnell zu ermüden und dadurch langsamer zu werden. Allerdings sind unsere Organismen sehr komplex und es müssen mehrere Körpersysteme angepasst werden, damit wir unsere Widerstandsfähigkeit gegen das Ermüden verbessern können. Einfacher ausgedrückt: Die von uns allen gefürchtete und verhasste Tempoverlangsamung wird überwiegend durch 1.) die Unfähigkeit unseres Körpers verursacht, den Energiebedarf der Aktivität zu decken. Diese wiederum ist 2.) auf eine Abnahme oder Ansammlung bestimmter Stoffwechselprodukte zurückzuführen oder 3.) auf ein verringertes Signal der motorischen Nerven.

Diese physiologischen Systeme sind im Folgenden grob in verschiedene Gruppen eingeteilt. So entsteht ein Modell, eine künstliche Abgrenzung und Trennung dieser Systeme, die in Wirklichkeit eng miteinander verknüpft sind und ineinandergreifen. Dieser vereinfachte Modellaufbau wird in der Wissenschaft häufig verwendet, um komplexe Systeme und Vorstellungen in ihre Bestandteile zu zerlegen, damit sie besser verstanden werden. Auch die Kunst des Coachings besteht zumindest teilweise aus dem Verstehen der Verknüpfungen und der Abhängigkeit dieser Systeme voneinander.

Das Gehirn und das zentrale Nervensystem

Das Gehirn ist das Hauptsteuersystem und arbeitet in einem komplexen Netz aus Feedback- und Feedforward-Informationen. Die von Dr. Tim Noakes aufgestellte »Central Governor Theory« besagt, dass das Gehirn in Bezug auf Ermüdung und Regulierung der Ausdauer das letzte Wort hat. Auch wenn dieser »Gouverneur« beziehungsweise diese zentrale Steuerung im Gehirn nicht physisch lokalisiert werden kann, ist das Modell derzeit die beste Erklärung für sämtliche Beschränkungen der Ausdauerleistung. Kurz zusammengefasst sagt es aus, dass die Antwort des Gehirns immer dieselbe ist, egal welchen Ursprungs oder welcher Art die Ermüdung ist: Es veran-

lasst die Verringerung der Muskelaktivität (eine geringere Leistungsabgabe), die das Verlangsamten verursacht. Die Theorie behauptet weiterhin, dass die Schwelle, ab der die zentrale Steuerung einschreitet, durch Training angehoben werden kann (wofür es einige Anzeichen gibt). Dadurch kann mehr gearbeitet werden, bevor der Alarmzustand erreicht wird und die zentrale Steuerung ein Machtwort spricht.

Das System der Sauerstoffversorgung

Das Sauerstoffversorgungssystem, das sämtliche Zellen des Körpers und somit auch unseren Schwerpunkt, die Arbeit leistende Skelettmuskulatur, mit Sauerstoff (O₂) versorgt, besteht aus Herz, Lunge und Blutgefäßen.

Lunge: Bei anstrengender körperlicher Aktivität kommt es uns zwar vor, als wären wir »aus der Puste«, aber tatsächlich sind gesunde Lungen für unseren Bedarf überdimensioniert und haben eine mehr als ausreichende Fähigkeit zum Gasaustausch. Die Oberfläche der menschlichen Lunge ist so groß wie ein halber Tennisplatz.

Herz: In Bezug auf die Sauerstoffversorgung haben viele wissenschaftliche Untersuchungen ergeben, dass die Pumpfähigkeit des Herzens bei gesunden Menschen die größte Beschränkung für die Sauerstoffversorgung darstellt. Im Gegensatz zur Lunge, die sich nach der Pubertät nicht mehr umformen lässt, kann das Herz so trainiert werden, dass es mit jedem Schlag ein höheres Ausgabevolumen erzielt und so für eine verbesserte Sauerstoffversorgung der Muskeln sorgt. Grenzen werden dieser Anpassungsfähigkeit durch unsere Gene und unseren Hintergrund bezogen auf das Ausdauertraining gesetzt. Das Herz erreicht im Wachstumsalter seine vollständige Reife und kann sich in dieser Phase am schnellsten und umfangreichsten anpassen. Doch sowohl junge als auch ältere untrainierte Menschen können aufgrund der guten Trainierbarkeit des Herzens schnelle und größere Veränderungen im Schlagvolumen erreichen – allerdings nur bis zu einer genetisch vorbestimmten Grenze. Diese Einschränkung des Schlagvolumens ist letztendlich die absolute Obergrenze für die Sauerstoffversorgung und somit die Grenze für die aerobe Leistung. Sportlich voll ausgereifte Menschen mit einer langen Trainingshistorie im Ausdauersport können durch Training – wenn überhaupt – nur geringe Veränderungen des Schlagvolumens erreichen.

System der Sauerstoffnutzung (aerobes Stoffwechselsystem)

Ein weiterer wichtiger bestimmender Faktor der Ausdauerleistung ist, inwieweit die Muskeln den ihnen zur Verfügung gestellten Sauerstoff nutzen können. Eben diese Fähigkeit der Sauerstoffnutzung ist das am stärksten trainierbare System im Ausdauerportfolio, da sie von den aeroben Eigenschaften der Muskeln abhängt, die jahrelang verbessert werden können, sogar noch in der sportlichen Reife. Mit diesem entscheidenden System werden wir uns später in diesem Kapitel noch ausführlicher befassen, aber für den Moment reicht es zu wissen, dass dies meist der Schwerpunkt des Ausdauertrainings ist und dass Ausdauer zu einem sehr großen Teil die Folge einer Verbesserung des aeroben Stoffwechselsystems durch die richtigen Trainingsreize ist.

Muskelsystem

An dieser Stelle können wir das Zusammenspiel der oben beschriebenen Systeme nicht länger ignorieren. Das Gehirn steuert über das motorische Nervensystem, welche Muskelfasern zur Arbeit herangezogen werden und wie lange sie aktiviert werden. Wie bereits erwähnt, spielen die speziellen Stoffwechseleigenschaften, an die diese Muskeln angepasst sind (oder auch nicht angepasst sind), bei der Ausdauer eine entscheidende Rolle. Unterschiedliche Trainingsmethoden beeinflussen dabei, welche Muskelfasern zur Arbeit herangezogen werden und welche Trainingsreize diese Fasern erhalten. Eine lange Trainingsdauer verbessert überwiegend die aeroben Eigenschaften der langsam kontrahierenden Muskelfasern (Englisch: *slow-twitch fibers*, *ST fibers*). Kürzeres Training mit hoher Intensität verbessert in erster Linie die anaeroben oder glykolytischen Eigenschaften der schnell kontrahierenden Muskelfasern (Englisch: *fast-twitch fibers*, *FT fibers*).

Das gewünschte Ergebnis des Ausdauertrainings ist die Ermüdungsresistenz. Wirkungsvolles Ausdauertraining funktioniert, indem es die oben beschriebenen Systeme ermüdet und diese somit Anpassungen in Gang setzen. Da die Systeme miteinander verknüpft sind, sinkt der Nutzen von einseitigem Training (beispielsweise indem überwiegend ein System trainiert wird) nach einiger Zeit unvermeidbar. Für den Sportler macht sich das als Leistungsplateau oder im schlimmsten Fall als verminderte Leistung bemerkbar.

Welche Faktoren die Ausdauerleistung bestimmen

Welche Leistung in einer bestimmten Ausdauersituation erbracht werden kann, wird von mehreren Faktoren bestimmt. Die gängige Meinung und die klassische Forschung untermauern die Auffassung, dass die Ausdauerleistung auf drei Hauptfaktoren zurückzuführen ist:

- 1. $VO_2\text{max}$:** Die $VO_2\text{max}$ wird als die maximale Sauerstoffmenge definiert, die während intensiver körperlicher Belastung vom Körper aufgenommen und verwertet werden kann. Diese Menge wird in pro Minute verwendeten Millilitern Sauerstoff geteilt durch das Körpergewicht in Kilogramm gemessen. Dadurch ergibt sich eine aerobe Relation von Leistung und Gewicht, die in ml/kg/Min angegeben wird. Diese Eigenschaft gehört zu denen, die am besten bei jungen oder untertrainierten Menschen auf Training ansprechen und die bei gut trainierten Menschen schwieriger zu verändern ist – siehe auch Kasten *Die missverstandene $VO_2\text{max}$* auf den Seiten 56 und 57. Die $VO_2\text{max}$ ist das Ergebnis der Herzleistung und der Sauerstoffverwendung durch die Skelettmuskulatur. Eine Erhöhung der arbeitenden Muskelmasse führt zu einem gesteigerten Sauerstoffverbrauch. Bei Sportarten wie Skilanglauf und Skibergsteigen, bei denen alle vier Gliedmaßen für die Fortbewegung verwendet werden, wird eine starke Sauerstoffbereitstellung vom Herzen verlangt. Das führt dazu, dass die $VO_2\text{max}$ -Werte dieser Skiläufer häufig sehr hoch sind. Die Werte untrainierter Männer und Frauen liegen üblicherweise bei 35 bis 40 ml/kg/Min beziehungsweise 25 bis 30 ml/kg/Min. Bei Männern liegen die höchsten $VO_2\text{max}$ -Werte bei 90 bis 95 ml/kg/Min, bei Frauen betragen sie aufgrund des geringeren prozentualen Anteils an fettfreier Muskelmasse bezogen auf das Gesamt-

körpergewicht maximal etwa 80 ml/kg/Min. Vergleichen wir unsere aerobe Leistung mal mit der anderer Lebewesen: Die Werte von Vollblut-Rennpferden liegen normalerweise bei 180 ml/kg/Min. Spitzenrennhunde kommen auf über 250 ml/kg/Min. Kolibris haben eine VO_{2max} von über 600 ml/kg/Min und der Gewinner ist die Honigbiene mit einem entsprechenden Wert von über 6000 ml/kg/Min. Vielleicht erinnern Sie sich an dieser Stelle an unsere obige Erwähnung der verhältnismäßigen Schwäche des Menschen verglichen mit dem Tierreich.

2. **Bewegungsökonomie:** Dies ist die Messgröße dafür, wie viel Energie erforderlich ist, um den Körper über eine bestimmte Strecke hinweg zu bewegen – äquivalent zur Kraftstoffeffizienz beim Auto. Wie beim Auto bezieht sich die Bewegungsökonomie speziell auf die Energie, die aufgewandt wird, um sich in einem gewissen Tempo fortzubewegen (Wettkampftempo). Jeder kann intuitiv verstehen, dass Sportler A, der 20 Prozent mehr Energie als Sportler B benötigt, um einen Kilometer in vier Minuten zu laufen, mehr Ausdauer benötigt, um diese Energieleistung aufrechtzuerhalten – oder aber schneller ermüdet. Die Bewegungsökonomie hat zwei Komponenten: die mechanische (Technik) und die Stoffwechselökonomie. Eine gute Technik bedeutet, dass die für die Bewegung in einem bestimmten Tempo erforderliche Energie effizient genutzt wird. Dabei wird im Vergleich zu ineffizienten Bewegungen weniger Energie verschwendet. Schauen Sie sich einmal den anmutigen, fließenden Laufstil von Marathonläufern an, die unter 2:10 Stunden laufen, und vergleichen ihn mit dem schwerfälligen Trott von Vier-Stunden-Läufern. So sieht technische Ökonomie aus. Die zweite Komponente, also die Stoffwechselökonomie, ist zwar nicht sichtbar, aber ebenso wichtig. Sie wird von dem Stoffwechselweg bestimmt, den unsere Muskeln nutzen, um die erforderliche Energie für das Aufrechterhalten der Bewegungsintensität zu produzieren. Auf den nächsten Seiten steigen wir tiefer in die Stoffwechselsysteme ein und Sie werden erkennen, dass der Energieaufwand nicht bei jedem Stoffwechsel gleich ist und sich auch die Belastungen des Systems unterscheiden. Dabei sollten Sie jedoch im Hinterkopf behalten, dass sowohl die technischen als auch die Stoffwechselkomponenten der Ökonomie sehr gut trainierbar sind.
3. **Laktatschwelle:** Die Laktatschwelle (auch als aerob-anaerobe Schwelle bezeichnet) wird dank fließend ineinander übergehender Prozesse und Begrifflichkeiten auch mit vielen weiteren Benennungen* versehen (ein Dank an die Bewegungswissenschaft). Die Laktatschwelle (LS) werden wir an anderer Stelle ausführlich betrachten, weshalb es an diesem Punkt reicht zu verstehen, dass mit ihr die maximale Belastung gemeint ist, die für einen langen Zeitraum aufrechterhalten werden kann. Wenn sich das in Ihren Ohren nach Ausdauer anhört, dann liegen Sie richtig. Die Geschwindigkeit an der Laktatschwelle ist die beste Voraussage für die Ausdauerleistung. Das Tempo, in dem Ihr Stoffwechsel nachhaltig Energie produzieren kann, ist der größte einzelne Bestimmungsfaktor Ihrer Ausdauer. Glücklicherweise ist diese Stoffwechselwirkung der wahrscheinlich am besten durch Training veränderbare der drei Pfeiler, auf denen die Ausdauer beruht. Und deshalb krepeln wir nun die Ärmel hoch und nehmen uns dieses Thema genauer vor.

* Dies sind in nicht alphabetischer Reihenfolge: anaerobe Schwelle, funktionelle Leistungsschwelle oder Schwellenleistung, kritische Leistung (Critical Power), kritische Geschwindigkeit (Critical Speed) und die zweite ventilatorische Schwelle (VT 2). Die Bedeutung und auch die Existenz dieser Begriffe sorgt zwar für ernsthafte wissenschaftliche Debatten, aber wir fassen sie hier unter der Maßgabe zusammen, dass sie für Trainer und Sportler dieselbe grundlegende Bedeutung haben. Sie bezeichnen das Maximaltempo, das für einen längeren Zeitraum (30 bis 60 Minuten) aufrechterhalten werden kann.

Betrachtung der Ausdauer durch die Stoffwechselbrille

Als Erstes befassen wir uns mit dem letzten der oben erwähnten drei Pfeiler, auf denen die Leistung basiert, und nehmen uns danach die anderen vor.

Bei einer gesunden und gut trainierten Person, die an weniger als zwei Stunden dauernden Wettkämpfen teilnimmt, wird die Ausdauer in erster Linie durch das Tempo begrenzt, in dem die Muskelzellen nachhaltig die für die Muskelkontraktionen notwendige Energie produzieren können. Bei über zwei Stunden dauernden Veranstaltungen werden die Treibstoffreserven zum größten Begrenzungsfaktor (dazu gleich mehr). Das Ausdauertraining sollte daher eine langfristige Folge an optimal strukturierten und ausgeführten Workouts enthalten, mit denen die nachhaltige Stoffwechselleistung der Muskeln gesteigert wird. Diesen Grundgedanken sollten Sie beim Weiterlesen im Kopf behalten, denn auch er erklärt, warum kluges Training die Verbesserung spezifischer Stoffwechselprozesse zum Ziel haben sollte und das beliebte, aber irreführende Training nach dem Motto »so hart wie möglich, so lange wie möglich und so häufig wie möglich« ungeeignet ist.

Die Rolle von ATP bei der Ausdauer

Was genau macht Ausdauer möglich? Oder besser: Was treibt die arbeitenden Muskeln an, die Sie den Berg hochbewegen? Die Antwort besteht aus nur drei Buchstaben: ATP.

Adenosintriphosphat (ATP) ist ein Molekül zur kurzfristigen Energiespeicherung, das von allen Körperzellen verwendet wird. Wenn man ein einzelnes Molekül für seine lebensspendende Kraft hervorheben kann, dann ATP. Die beim Aufbrechen der chemischen Bindungen eines ATP-Moleküls freigesetzte Energie ist das, was alle Funktionen auf Zellebene antreibt.

Für Sportler ist insbesondere wichtig, dass die Energie von ATP die Muskelkontraktionen antreibt. Je mehr Sie sich anstrengen, desto mehr ATP verwenden Sie. Dabei wird die Versorgung mit ATP und insbesondere die Produktionsgeschwindigkeit von ATP zum begrenzenden Faktor des Tempos, das Sie für mehr als ein paar Sekunden laufen können. Ausdauersportler müssen nicht nur den Stoffwechselumsatz von ATP erhöhen, sondern gleichzeitig auch sicherstellen, dass diese höhere Frequenz so lange aufrechterhalten bleibt, wie sie für den bestimmten Wettkampf benötigt wird.

Stoffwechsel: der Energietransfer von Nahrung zu körperlicher Betätigung

Für den Körper ist die in der von uns aufgenommenen Nahrung enthaltene Energie nicht direkt verfügbar. Im Verdauungsprozess wird die Nahrung zunächst in die Makronährstoffe Fett, Kohlenhydrate und Eiweiß aufgespalten. Die Fette und Kohlenhydrate werden dann in verschiedene Fettsäuren und Zucker umgewandelt, die schließlich zur ATP-Produktion verwendet werden können.

Stoffwechsel ist dabei die Bezeichnung für den biochemischen Prozess des Aufbrechens der Molekülbindungen in den Fettsäuren und Zuckerarten zur Gewinnung von Energie, die wiederum zum Aufbau des ATP-Moleküls benötigt wird. Vielleicht stellen Sie sich den Stoffwechsel in den