



# DAS GROSSE BUCH VOM



GEORG NEUMANN | KUNO HOTTENROTT

MEYER  
& MEYER  
VERLAG

Das große Buch vom Laufen

**Allgemeiner Hinweis:**

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 die Autoren noch der Verlag können für eventuelle Nachteile oder Schäden, die aus den im Buch vorgestellten Informationen resultieren, Haftung übernehmen. Meyer & Meyer Verlag

**DAS  
GROSSE  
BUCH  
VOM**

**WELT**

GEORG NEUMANN | KUNO HOTTENROTT

## **Das große Buch vom Laufen**

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Details sind im Internet über <http://dnb.ddb.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.

© 2002 by Meyer & Meyer Verlag, Aachen

3., überarbeitete Auflage 2016

Auckland, Beirut, Dubai, Hügendorf, Hongkong, Indianapolis, Kairo, Kapstadt, Manila, Maidenhead, Neu-Delhi, Singapur, Sydney, Teheran, Wien

 Member of the World Sport Publishers' Association (WSPA)

9783840311659

E-Mail: [verlag@m-m-sports.com](mailto:verlag@m-m-sports.com)

[www.dersportverlag.de](http://www.dersportverlag.de)

# Inhalt

<b>1</b>	<b>HISTORISCHE ENTWICKLUNG DER TRAININGSMETHODEN UND LAUFLEISTUNGEN .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>LAUFTRAINING UND LEISTUNGSFÄHIGKEIT .....</b>	<b>34</b>
2.1	Laufen im Kindes- und Jugendalter.....	35
2.2	Laufen im Erwachsenenalter .....	41
2.2.1	Volks- und Freizeitläufer .....	41
2.2.2	Laufen als Leistungssport .....	44
2.3	Laufen im Seniorenalter.....	47
2.4	Geschlechtsspezifische Unterschiede .....	56
<b>3</b>	<b>BEWEGUNGSSTRUKTUR, MUSKELAKTIVITÄT UND LAUFTECHNIK.....</b>	<b>64</b>
3.1	Modelle der Phasenstruktur.....	64
3.2	Vier-Phasen-Modell des Laufzyklus .....	65
3.3	Muskelaktivität beim Laufen.....	69
3.3.1	Funktionell-anatomische Betrachtung.....	69
3.3.2	Muskelaktivität in den Bewegungsphasen.....	71
3.3.3	Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus .....	76
3.3.4	Einfluss der Lauftechnik auf die Muskelaktivität .....	77
3.3.5	Einfluss der Ermüdung auf die Muskelaktivität.....	78
3.4	<b>Laufanalyse und Lauftechnik .....</b>	<b>81</b>
3.4.1	Die Abrollbewegung aus funktionell-anatomischer Sicht.....	82
3.4.2	Schrittstruktur .....	88
3.4.3	Körperhaltung und Körpergelenkwinkel .....	93
3.4.4	Körperschwerpunkt (KSP).....	95
3.4.5	Einfluss der Ermüdung auf die Bewegungsausführung.....	96
3.5	<b>Belastung des Stütz- und Bewegungssystems beim Laufen .....</b>	<b>97</b>
3.5.1	Bodenreaktionskräfte in der Stützphase.....	97
3.5.2	Druckverteilung und Abrollbewegung beim Vorfuß-, Mittelfuß- und Rückfußlaufen.....	100
3.5.3	Einfluss der Lauftechnik auf die Belastung des Stütz- und Bewegungssystems.....	102
3.5.4	Einfluss der Ermüdung auf die Belastung des Stütz- und Bewegungssystems.....	104

<b>4</b>	<b>HALTUNG, KOORDINATION UND TECHNIKTRAINING IM AUSDAUERLAUF .....</b>	<b>110</b>
<b>4.1</b>	<b>Kopf-, Rumpf-, Becken- und Armhaltung .....</b>	<b>110</b>
4.1.1	Kopfsteuerung und Wirbelsäulenhaltung .....	110
4.1.2	Beckenstellung und Wirbelsäulenform .....	111
4.1.3	Die Bedeutung der Rumpfmuskulatur für ein gesundes und effizientes Laufen.....	113
4.1.4	Einfluss der Reflexmotorik auf Haltung und Laueffizienz.....	114
4.1.5	Haltung und Bewegung der Arme.....	115
4.1.6	Kriterien einer ökonomischen Lauftechnik.....	116
<b>4.2</b>	<b>Techniktraining.....</b>	<b>120</b>
4.2.1	Überlegungen zum methodischen Vorgehen .....	120
4.2.2	Koordinations-, Stabilisations- und Mobilisationstraining .....	122
4.2.3	Spezielle Laufschule (Lauf-ABC).....	125
4.2.4	Anwendung der Lauftechniken im Training .....	127
<b>5</b>	<b>LEISTUNGSSTRUKTUR LAUF .....</b>	<b>132</b>
<b>5.1</b>	<b>Faktoren der Leistungsstruktur.....</b>	<b>132</b>
<b>5.2</b>	<b>Konditionelle und koordinative Fähigkeiten.....</b>	<b>134</b>
5.2.1	Ausdauerfähigkeit.....	135
5.2.2	Kraftausdauerfähigkeit.....	137
5.2.3	Schnelligkeitsfähigkeit.....	138
5.2.4	Schnelligkeitsausdauerfähigkeit.....	139
5.2.5	Beweglichkeit .....	140
5.2.5.1	Aktive und passive Beweglichkeit.....	140
5.2.5.2	Einflussfaktoren auf die Beweglichkeit .....	142
5.2.6	Muskelfunktionstests .....	144
<b>6</b>	<b>TRAININGSBEREICHE IM LAUF.....</b>	<b>150</b>
<b>6.1</b>	<b>Definitionen von Trainingsbereichen in Ausdauersportarten .....</b>	<b>150</b>
<b>6.2</b>	<b>Trainingsbereiche – abgeleitet von der Wettkampfgeschwindigkeit.....</b>	<b>153</b>
<b>6.3</b>	<b>Trainingsbereiche – abgeleitet aus der Laktatkinetik in Stufentests.....</b>	<b>162</b>
<b>6.4</b>	<b>Trainingsbereiche – abgeleitet von der maximalen Herzfrequenz.....</b>	<b>162</b>
<b>6.5</b>	<b>Trainingsbereiche – abgeleitet vom Deflektionspunkt (CONCONI-Test)..</b>	<b>164</b>

<b>7</b>	<b>TRAININGSMITTEL UND TRAININGSMETHODEN .....</b>	<b>168</b>
7.1	Spezifische Trainingsmittel .....	168
7.2	Unspezifische Trainingsmittel (Crosstraining) .....	170
7.3	Trainingsmethoden.....	182
7.3.1	Dauermethoden.....	182
7.3.2	Intervallmethoden.....	185
7.3.3	Wiederholungsmethode.....	187
7.3.4	Wettkampfmethode.....	188
<b>8</b>	<b>TRAININGSSTRUKTUR .....</b>	<b>192</b>
8.1	Aspekte der Trainingsstruktur.....	192
8.2	Zyklisierung und Periodisierung des Trainings .....	195
8.2.1	Das Training in der allgemeinen Vorbereitungsperiode .....	201
8.2.2	Das Training in der speziellen Vorbereitungsperiode.....	202
8.2.3	Das Training in der Wettkampfperiode .....	203
8.3	Trainingsprinzipien .....	209
8.4	Trainings- und Wettkampfanalyse .....	212
8.5	Methodische Fehler beim Lauftraining.....	215
<b>9</b>	<b>BELASTUNGSVORBEREITUNG UND BELASTUNGSNACHBEREITUNG .....</b>	<b>220</b>
9.1	Erwärmung (Warm-up).....	221
9.2	Dehnen (Stretching).....	223
9.3	Belastungsnachbereitung (Cool-down) .....	227
<b>10</b>	<b>PLANUNG UND GESTALTUNG DES TRAININGS .....</b>	<b>232</b>
10.1	Wahl des Trainingsortes.....	233
10.2	Planung und Durchführung des Trainings .....	234
10.3	Verhalten nach dem Trainingscamp .....	235
<b>11</b>	<b>TRAININGSANPASSUNGEN IN ORGANEN UND FUNKTIONSSYSTEMEN.....</b>	<b>240</b>
11.1	Sportherz .....	242
11.2	Atmung .....	247
11.3	Blut und Sportleranämie .....	252
11.4	Sauerstoffaufnahme und Wirkungsgrad .....	257
11.5	Energiestoffwechsel, Immunsystem und Muskulatur .....	266
11.5.1	Energiegewinnung und Energieabbau .....	266



11.5.2	Energiereiche Phosphate .....	268
11.5.3	Kohlenhydratstoffwechsel.....	271
11.5.3.1	Anaerober Energiestoffwechsel.....	271
11.5.3.2	Laktatbildung und Laktattransport.....	272
11.5.3.3	Aerober Energiestoffwechsel .....	278
11.5.3.4	Glykogenspeicher .....	280
11.5.4	Fettstoffwechsel.....	282
11.5.5	Proteinstoffwechsel.....	286
11.5.6	Immunsystem.....	287
<b>11.6</b>	<b>Muskulatur – Muskelfaser und Energiespeicher.....</b>	<b>296</b>
11.6.1	Muskelfaserverteilung .....	297
11.6.2	Muskelfaserfläche .....	298
11.6.3	Muskelfaserkapillarisation.....	299
11.6.4	Enzymaktivitäten in den Muskelfasern.....	299
11.6.5	Energievorräte .....	300

## **12 BIOLOGISCHE MESSGRÖSSEN ZUR STEUERUNG**

	<b>DER LAUFBELASTUNG.....</b>	<b>306</b>
12.1	<b>Herzschlagfrequenz (HF) und Herzfrequenzvariabilität (HRV).....</b>	<b>308</b>
12.1.1	HF und Laufgeschwindigkeit.....	308
12.1.2	HF und Dauerbelastung.....	311
12.1.3	Einflussfaktoren auf die Herzfrequenzregulation.....	315
12.1.4	Herzfrequenzvariabilität.....	322
12.2	<b>Laktat.....</b>	<b>327</b>
12.3	<b>Sauerstoffaufnahme .....</b>	<b>338</b>
12.4	<b>Energieverbrauch .....</b>	<b>344</b>
12.5	<b>Serumharnstoff.....</b>	<b>346</b>
12.6	<b>Kreatinkinase.....</b>	<b>348</b>
12.7	<b>Ammoniak.....</b>	<b>352</b>
12.8	<b>Hämatokrit und Hämoglobin.....</b>	<b>352</b>
12.9	<b>Glukose.....</b>	<b>355</b>
12.10	<b>Mineralien.....</b>	<b>355</b>

## **13 SPORTARTSPEZIFISCHE LEISTUNGSDIAGNOSTIK IM LAUF.....362**

13.1	Leistungsdiagnostik im Labor .....	364
13.2	Leistungsdiagnostik am Trainingsort (Feldtest).....	374
13.3	Belastungssteuerung auf Lehrgängen .....	378
13.4	Empfehlungen zum Lauftraining aus Labordaten .....	381

<b>14</b>	<b>REGENERATION UND ENTSPANNUNG</b> .....	<b>390</b>
14.1	Regeneration mit sportmethodischen Mitteln.....	395
14.2	Regeneration bei starker Muskelermüdung und Muskelkater.....	400
14.3	Stretching (Dehnen).....	407
14.4	Physiologische Entspannungsmaßnahmen.....	410
14.5	Ernährung und Regeneration .....	412
<b>15</b>	<b>ÜBERTRAINING UND REGENERATIONSSTEUERUNG</b> .....	<b>422</b>
15.1	Ursachen und Symptome des Übertrainings .....	422
15.2	Regenerationssteuerung zur Vermeidung von Übertraining.....	425
15.3	Zusätzliche Möglichkeiten der Regeneration.....	430
<b>16</b>	<b>ERNÄHRUNG IM LAUFSPORT</b> .....	<b>436</b>
16.1	Kohlenhydrataufnahme vor, während und nach Belastungen .....	436
16.1.1	Kohlenhydrataufnahme vor Laufbelastungen .....	436
16.1.2	Kohlenhydrataufnahme während Laufbelastungen .....	441
16.1.3	Kohlenhydrataufnahme nach Laufbelastungen .....	450
16.2	Proteinaufnahme .....	453
16.3	Fettaufnahme .....	453
16.4	Abweichende Ernährungsformen.....	456
16.4.1	Manipulationen des Körpergewichts.....	456
16.4.2	Vegetarische Ernährungsweise .....	458
<b>17</b>	<b>ERLAUBTE UND UNERLAUBTE WIRKSTOFFE (MEDIKAMENTE)</b> .....	<b>464</b>
17.1	Erlaubte Wirkstoffe .....	465
17.2	Unerlaubte Wirkstoffe (Doping).....	473
17.3	Medikamente und Leistungsfähigkeit.....	479
<b>18</b>	<b>TRAINING UNTER VERÄNDERTEN KLIMATISCHEN BEDINGUNGEN</b> .....	<b>486</b>
18.1	Laufen bei Hitze.....	487
18.2	Lauftraining bei Kälte .....	497
18.3	Lauftraining in mittleren Höhen .....	499
18.4	Lauftraining bei Luftschadstoffen oder hohen Ozonwerten .....	511
18.4.1	Ozon und UV-Strahlung.....	512
18.4.2	Luftschadstoffe .....	514

<b>19</b>	<b>FEHLBELASTUNGEN UND VERLETZUNGEN BEIM LAUFEN.....</b>	<b>520</b>
19.1	Formabweichungen im Körperbau .....	521
19.2	Muskuläre Dysbalancen.....	523
19.3	Fehlbeanspruchungen .....	527
19.4	Orthopädische Aspekte im Alter .....	533
19.5	Vermeidung von Verletzungen beim Laufen.....	534
<b>20</b>	<b>SPORT BEI AKUTEN ERKRANKUNGEN .....</b>	<b>544</b>
20.1	Laufunterbrechungen bei gesundheitlichen Beeinträchtigungen und Arthrose.....	545
20.2	Laufen nach endoprothetischer Versorgung .....	547
20.3	Laufen bei Asthma bronchiale oder Infekten .....	550
20.4	Laufen bei Virusinfekten oder Infekten der oberen Luftwege.....	551
<b>21</b>	<b>LAUFAUSRÜSTUNG.....</b>	<b>556</b>
21.1	<b>Laufschuhe .....</b>	<b>556</b>
21.1.1	Aufbau und Material eines Laufschuhs .....	557
21.1.2	Einfluss von Körpergewicht und Laufgeschwindigkeit auf den Laufschuh.....	559
21.1.3	Einfluss der Lauftechnik auf den Laufschuh.....	560
21.1.4	Anforderungen an einen geeigneten Laufschuh .....	561
21.1.5	Kategorisierung der Laufschuhe .....	562
21.1.6	Auswirkungen eines geeigneten oder ungeeigneten Laufschuhs auf die Beinachse und Fußstellung.....	563
21.1.7	Hinweise und Empfehlungen für den Laufschuhkauf.....	566
21.2	<b>Schuheinlagen .....</b>	<b>567</b>
21.3	<b>Funktionelle Laufbekleidung .....</b>	<b>569</b>
<b>22</b>	<b>LAUFEN BEI CHRONISCHEN ERKRANKUNGEN .....</b>	<b>576</b>
22.1	Koronare Herzkrankheit.....	578
22.2	Bluthochdruck (Hypertonie).....	581
22.3	Diabetes mellitus (Zuckerkrankheit) .....	582
22.4	Metabolisches Syndrom.....	583
22.5	Übergewicht und Adipositas .....	585

<b>23</b>	<b>LEISTUNGSZIEL MARATHONLAUF.....</b>	<b>594</b>
23.1	Olympiasiege und Rekorde im Marathon.....	594
23.2	Marathontraining .....	599
23.3	Einflussfaktoren auf die Marathonzeit .....	603
23.4	Trainingsaufwand und Laufleistung .....	610
23.5	Herz-Kreislauf-Beanspruchung und Gesundheitsrisiken beim Marathon.....	614
23.6	Kontraindikation und relative Kontraindikation für einen Marathonstart .....	616
23.7	Metabole Beanspruchung beim Marathonlauf.....	619
23.8	Regeneration nach dem Marathonlauf.....	622
	Literatur.....	628
	Bildnachweis .....	663
	Sachwortregister .....	664

DAS GROSSE BUCH VOM LAUFEN



# HISTORISCHE ENTWICKLUNG DER TRAININGSMETHODEN UND LAUFLEISTUNGEN



# 1 Historische Entwicklung der Trainingsmethoden und Laufleistungen

Die Wettbewerbe auf den Laufstrecken haben eine interessante und zugleich wechselvolle Geschichte. In der Frühzeit der Geschichte der Menschheit, so weit durch Bild Darstellungen oder Aufzeichnungen zu belegen ist, hatten Gehen, Laufen, Springen und Werfen eine elementare Bedeutung zum Lebenserhalt. Wie durch noch lebende Urvölker nachvollziehbar, ist die tägliche Fortbewegung über 20 km eine normale körperliche Anforderung an den Jäger und Sammler. Das genetische Programm zur muskulären Belastbarkeit ist in über 10.000 Jahren Menschheitsgeschichte unverändert geblieben. Heute nutzt gerade noch der Leistungssportler das ererbte muskuläre Leistungspotenzial, während der aktive Fitnesssportler sich mit etwa 10 % der Möglichkeiten begnügt.

Sichere Überlieferungen über körperliche Aktivitäten gibt es aus der Antike. In dieser Zeit wurden die Grundbegriffe **Gymnastik** und **Athletik** geprägt und praktiziert. Ein erster Höhepunkt der sportlichen Entwicklung waren die Olympien von 776 v. Chr. bis 393 n. Chr. Programmsportarten waren damals Laufwettbewerbe, Boxen, Fünfkampf, Wagenrennen und Waffenläufe. Olympiasieger (nur freie Griechen) hatten ein hohes gesellschaftliches Ansehen. Mit dem kaiserlichen Verbot der Olympischen Spiele

wandelten sich die Sportveranstaltungen in kämpferische Auseinandersetzungen von Berufssportlern um. Kriegsspiele und Exerzierübungen (mit militärischem Hintergrund) dominierten im Römischen Reich. Die Fähigkeit, lange Strecken laufen zu können, kam im 19. Jahrhundert in der Zunft der *Botenläufer* zum Ausdruck. Die Ausdauerfähigkeit wurde Quelle zur Sicherung des Lebensunterhalts.

Der antike Gymnastikbegriff wurde von J. C. F. GUTSMUTHS (1759-1839) übernommen und auf die damaligen Verhältnisse in der Übungsstätte Schnepfenthal (bei Gotha) zur Schulung von Kraft, Ausdauer und Gewandtheit weiterentwickelt. F.-L. JAHN (1778-1852) gab der Gymnastik die Bezeichnung **Turnen** und ging als **Turnvater** in die Geschichte ein. Er eröffnete 1811 den ersten Turnplatz auf der Hasenheide (Berlin). Zum Dreigestirn der Klassiker des deutschen Sports zu Beginn des 19. Jahrhunderts gehörte noch der Theoretiker G. U. A. VIETH (1763-1836) aus Dessau.

Die Turnbewegung war in Deutschland viele Jahre die dominante Sportart. Die Leichtathletik entwickelte sich außerhalb Deutschlands. Sie etablierte sich in England als Wettkampfsport. Bereits 1864 fand ein erstes Leichtathletikmeeting in London statt. Dem englischen Beispiel folgend, war der Vorreiter für die deutsche Leichtathletik Hamburg. Dort wurde auf der Pferderennbahn 1880 ein erster Laufwettbewerb organisiert. Der Höhepunkt des Trainingsziels eines Langstreckenläufers ist die Teilnahme an der längsten Laufstrecke, dem Marathon (s. Kap. 23). Der erste organisierte Marathonlauf fand bei den Olympischen Spielen 1896 in Athen statt. Gelaufen wurde die „historische“ Strecke von Marathon nach Athen, also rund 39 km, den der Grieche Spiridon LOUIS in einer Zeit von 2:58:50 h gewann. Erst 1921 wurde der Marathonlauf vom Internationalen Verband für Leichtathletik (IAAF) exakt auf 42,195 km (26 Meilen und 385 yards) festgelegt. Seit 1984 ist auch der Marathonlauf der Frauen olympische Disziplin.

Bisher gelang es nur zwei Sportlern, eine Goldmedaille im Marathonlauf bei den Olympischen Spielen in Folge zu erlangen. Der Äthiopier Abebe BIKILA (geb. 07.08.1932) siegte 1960 in Rom in einer Zeit von 2:15:16,0 h, wobei er die Strecke barfuß zurücklegte. Bei den Spielen in Tokio 1964 wiederholte er diesen Erfolg (2:12:11,2 h). Der Versuch, 1968 in Mexiko-City eine dritte Goldmedaille zu gewinnen, scheiterte. Im Herbst 1968 wurde er bei einem Unfall schwer verletzt, war danach querschnittsgelähmt und starb mit 41 Jahren 1973. Der zweite Ausnahmeathlet kommt aus Deutschland. Waldemar CIERPINSKI (geb. 03.08.1950) gewann die Goldmedaille bei den Olympischen Spielen im Marathonlauf 1976 in Montreal mit einer Zeit von 2:09:55 h und 1980 in Moskau (2:11:01 h). Waldemar CIERPINSKI wohnt in Halle an der Saale und betreibt ein Sportgeschäft.

Die einstige Königsdisziplin der Leichtathletik entwickelte sich zu einer beliebten Fitnesssportart, die inzwischen auf Straßen, Wegen oder Gebirgsstrecken absolviert wird.



Öffentliche Aufmerksamkeit erregen große Stadtmarathonläufe mit über 30.000 Teilnehmern. Die Bestzeit im Marathon beträgt 2:02:57 h und wurde vom 30-jährigen Äthiopier Dennis Kipruto KIMETTO 2014 in Berlin erreicht; das entspricht einer Geschwindigkeit von 5,71 m/s oder 20,56 km/h. Bei den Frauen besteht der Rekord von Paula RADCLIFFE (UK) mit 2:15:25 h von 2003 in London noch immer, wobei sie noch zweimal unter 2:18 h lief.

Noch 1985 wurde zum New-York-Marathon für das Unterbieten von 2:06 h mit einer Million Dollar geworben. Die Entwicklung von Laufrekorden ist eng mit dem Kommerz verbunden. Dieser Trend hält heute noch an, auch wenn sich die Leistungsverbesserungen in Sekunden oder Bruchteilen von Sekunden bewegen. Die Marathondistanz wird im Fitnessbereich und Leistungssport in einer durchschnittlichen Zeit von 3-5 Stunden zurückgelegt. Für den leistungssportlich orientierten Fitnesssportler stellt es eine besondere Leistung dar, den Marathon unter drei Stunden durchgestanden zu haben. Damit wird auch der große trainingsmethodische Fortschritt der letzten 50 Jahren dokumentiert. Die Diskussion zum Kindermarathon ist glücklicherweise beendet, weil dieser aus psychischer und physiologischer Sicht Unsinn ist (s. Kap. 2.1).

Die Teilnehmerzahlen bei Stadtmarathonläufen sind deutlich gestiegen, sodass die Organisatoren an Grenzen stoßen. Beim New-York-Marathon 2014 finishten 30.108 Männer, 20.422 Frauen und 133 Rollstuhlfahrer. Der Berlin-Marathon weist insgesamt über 36.000 Finisher auf (2015: 36.527) und nimmt im Ranking den ersten Platz vor Hamburg (über 11.000 Finisher) in Deutschland ein. Zu den World Marathon Majors gehören London-Marathon, Boston-Marathon, Chicago-Marathon, New-York-Marathon und Berlin-Marathon.

Aus der Leichtathletik kamen wesentliche Anregungen zur Trainingslehre. Die Trainerfakultät an der deutschen Hochschule für Körperkultur (DHfK) in Leipzig entwickelte sich ab 1953. Durch die Verpflichtung zur Lehre und Trainerausbildung wurden alle Erkenntnisse der Wissenschaftsdisziplinen Bewegungslehre, Anatomie, Physiologie, Sportmedizin, Biomechanik u. a. auf ihren Nutzen für den Sport durchforstet. Der erste Schritt zur Gestaltung der Lehre bestand weiterhin in der Zusammenfassung aller Erfahrungen erfolgreicher Trainer und Übungsleiter. Die DHfK entwickelte sich zu einem wichtigen Kulminationspunkt in der praktischen Gestaltung des Trainings im europäischen Raum.

Als Gemeinschaftswerk der Lehranschauung in Ostdeutschland, stark gestützt auf russische Autoren, gab HARRE (1969; 1986) eine Trainingslehre in mehreren Auflagen heraus, worin Erkenntnisfortschritte zu Trainingsmethoden dokumentiert wurden. In der Bundesrepublik wurden erste methodische Erkenntnisse zum Lauf von NETT (1964) zusammengefasst.

Weitere Publikationen zur Trainingslehre, die längere Zeit meinungsprägend waren oder sind, erarbeiteten MATWEJEW (1981), WEINECK (1983), LETZELTER & LETZELTER (1986), ZINTL (1989), MARTIN et al. (1991), SCHNABEL et al. (1994; 2008) u. a. Weitere Impulse zur Trainingslehre und Trainingswissenschaft erfolgten von LAMES, HOHMANN & LETZELTER (2007), HOTTENROTT & NEUMANN (2008) sowie HOTTENROTT & NEUMANN (2014).



Der legendäre tschechoslowakische Langstreckenläufer Emil ZÁTOPEK während der Olympiade 1948 in London

Die Weiterentwicklung von Bestleistungen im leichtathletischen Lauf führte dazu, dass die vorherrschenden Trainingsmethoden nachempfunden oder kopiert wurden. In der Leichtathletik wurde zu Beginn des 20. Jahrhunderts begonnen, offizielle Rekordlisten zu erstellen, welche den Leistungsfortschritt auf der Grundlage verbesserter Trainingsmethoden dokumentieren (Tab. 1/1).

Tab. 1.1:  
Leistungsentwicklung im Laufen (Stand: 02/2016)

Disziplin	Olympische Sportart (Disziplin)	Erster offizieller Weltrekord (h:min:s)	Geschwindigkeit (m/s)
<b>Männer</b>			
800 m	1896	1:59,9	7,14
1.500 m	1896	3:55,8	6,36
5.000 m	1912	14:36,6	5,70
10.000 m	1912	30:58,8	5,38
Marathon *** (42,195 km)	1908	2:55:18,4	4,01
3.000-m-Hinder- nislauflauf	1920	8:49,6	5,66
<b>Frauen</b>			
800 m	1928 (1960)*	2:16,8	5,85
1.500 m	1972	4:17,3	5,83
3.000 m	1984**	9:09,2	5,46
5.000 m	1996	15:03,36	5,53
10.000 m	1988	39:10,0	4,26
Marathon *** (42,195 km)	1984	2:49,40	3,54

\* Unterbrechung 1932-1956

\*\* Gestrichen zugunsten 5.000 m

\*\*\* Weltbestleistungen

Weltrekorde, Bestleistungen (h:min:s)	Geschwindigkeit (m/s)	Steigerung (m/s)	Steigerung (%)
1:40,96 (2012)	7,92	0,78	10,9
3:26,00 (1998)	7,30	0,94	14,8
12:37,35 (2004)	6,60	0,89	15,6
26:17,53 (2005)	6,33	0,95	17,7
2:02:57 (2014)	5,71	1,70	42,4
7:53,63 (2004)	6,33	0,67	11,8
1:53,28 (1983)	7,06	1,21	20,6
3:50,46 (1993)	6,50	0,67	11,5
8:06,11 (1993)	6,17	0,71	13,0
14:11,15 (2008)	5,87	0,34	6,1
29:17,45 (2016)	5,70	1,39	33,8
2:15:25,00 (2003)	5,18	1,64	46,3

Auf den Laufstrecken erfolgte über drei Generationen eine Leistungsverbesserung von 10-15 %. Den größten Fortschritt brachten die Marathonstrecken, hier wurden die ersten offiziellen Rekorde um über 40 % bei Männern und Frauen verbessert. Die Entwicklung der Trainingsmethoden wurde im historischen Rückblick immer von den Rekorden beeinflusst (SCHOLICH, 1992). Eine erste Einflussnahme auf die Trainingsmethodik erfolgte über die ausdauerbetonende *finnische Laufschnule*, deren markanter Vertreter Paavo J. NURMI (1897-1973) war. Seine Laufrekorde von 1924 waren lange Zeit Orientierungspunkte des Lauftrainings (Tab. 2/1).

Tab. 2.1:

## Entwicklung der Trainingsmethoden und Laufleistungen der Männer

Trainingssystem	Hauptinhalte (Mittel, Methoden)	Zeitraum	Leistungen (Sportler)
Finnische Laufschnule <b>Prof. PIHKALA</b>	Hoher Trainingsumfang, Dauerlauf (DL).	1912-1932	<b>P. NURMI</b> (1924) WR 5.000 m (14:28,2 min) WR 10.000 m (30:06,2 min) <b>L. LEHTINEN</b> (1932) WR 5.000 m (14:17 min)
Schwedisches Fahrtspiel (Fartlek). <b>G. OLANDER</b>	DL mit Teilstrecken in erhöhter Geschwindigkeit, Gesamtumfang noch niedrig.	1932-1942	<b>G. HÄGG</b> (1942) WR 5.000 m (13:58,2 min) <b>T. MÄKKI</b> (1939) WR 10.000 m (30:03 min)
Deutsches Tempolauftraining <b>W. GERSCHLER</b>	Tempolauf (TL) mit Wiederholungsmethode, wenig DL.	1932-1950	<b>R. HARBIG</b> (1936) WR 400 m (46,0 s) und 800 m (1:46,6 min)
Extensive Intervallmethode <b>E. ZÁTOPEK</b>	Intervalldauerläufe (40-60 x 200 m oder 20-40 x 400 m), kurze Trabpausen, Strecken werden immer kürzer und schneller.	1948-1956	<b>G. PIRIE</b> (1956) WR 5.000 m (13:36,8 min) <b>E. ZÁTOPEK</b> (1954) WR 10.000 m (28:54,2 min) WR 5.000 m (13:57,3 min) <b>W. KUZ</b> (1956) WR 10.000 m (28:30,4 min) <b>J. PETERS</b> (1954) WR 42,195 km (2:17:39,4 h)

Trainingssystem	Hauptinhalte (Mittel, Methoden)	Zeitraum	Leistungen (Sportler)
Intensives Intervalltraining (IHAROS, MERTENS, EINS, GERSCHLER, KUZ u. a.)	Intensivierung der Intervallmethode.	1952-1966	<b>W. KUZ</b> (1957) WR 5.000 m (13:35,0 min) WR 10.000 m (28:30,4 min) <b>M. SHIGEMATSU</b> (1965) WR 42,195 km (2:12,0 h)
Dauerleistungsmethode (DLM) <b>A. LYDIARD</b>	Hoher Umfang (160 km/Woche), 7.200 km/Jahr. TE 15-32 km. Submaximale Geschwindigkeiten. Wiederholungsmethoden (WME), TL, DL, DLM. Aerobe Kraftausdauer (Hügelläufe).	1953-1972	<b>R. CLARKE</b> (1965, 1966) WR 5.000 m (13:16,6 min) WR 10.000 m ( 27:39,4 min) <b>L. VIREN</b> (1972) WR 5.000 m (13:16,4 min) und 10.000 m (27:38,4 min) <b>D. CLAYTON</b> (1969) WR 42,195 km (2:08:33 h)
Anwendung aller wirksamen Methoden in sinnvoller Dynamik (Komplexmethodik), Abbau der Dominanz von Einzelmethoden	Weitere Umfangssteigerung bis zu 240-250 km/Woche. TL, DL, DLM, zusätzlich Höhentraining.	1973-1990	<b>S. AOITA</b> (1987) WR 5000 m (12:58,39 min) <b>A. BARRIOS</b> (1989) WR 10.000 m ( 27:08,2 min) <b>B. DENSIMO</b> (1988) WR 42,195 km (2:06:50 h)
Komplexe Methodennutzung mit Zunahme der Trainingsgeschwindigkeit, professionelle Athletenbetreuung, Dominanz ostafrikanischer Läufer (Höhenbewohner), Kommerzialisierung der Leistungen (Prämien)	Rücknahme der Extremumfänge (Optimierung auf 170-200 km/Woche), DL, DLM, TL, Höhentraining mit intensiven Belastungen (GA 2, WSA). Hohe Belastungskomplexität.	Ab 1990	<b>K. BEKELE</b> (2004/2005) WR 5.000 m (12:37,35 min) und WR 10.000 m (26:17,53 min) <b>D. KIPRUTO KIMETTO</b> (2014) WR 42,195 km (2:02:57 h)

Das ausdauerbetonte Lauftraining der Skandinavier wurde dann durch das deutsche Intervalltraining abgelöst, welches HARBIG 1936 zu Rekorden über 400 und 800 m führte (**Tab. 3/1**). Das Intervalltraining mit längeren Distanzen und hohen Intensitäten krönte E. ZÁTOPEK, der am Anfang der 50er-Jahre des vorigen Jahrhunderts mehrere Weltrekorde lief (**Tab. 4/1**).

Tab. 3.1:

## Deutsches Tempolaufttraining nach W. GERSCHLER

## Vorgaben für das Training von R. HARBIG

Tempolauf (TL)-kurz: 4-6 x 200 m in ~ 24 s mit 10 min Pause

TL-mittel: 3-4 x 600 m in ~ 84-88 s mit 10-15 min Pause

TL-lang: 3 x 1.000 m in ~ 2 min 37 s-2 min 40 s mit 15 min Pause

Hinzu kommt regelmäßiges Lauf-ABC mit leichter Fußgelenkarbeit über 100-200 m Teilstrecken und kräftige Fußgelenkarbeit über TE von 2.000-4.000 m.

**Leistungen 1936:**

100 m 10,4 s; 400 m 46,0 s (WR), 800 m 1:46,6 min (WR) und 1.000 m 2:21,5 min (WR).

Tab. 4.1:

## Extensive Intervallmethode nach E. ZÁTOPEK

Tempolauf (TL) kurz und mittel: 5 x 200 m in 28,5-30 s mit 200 m Trabpause

40 x 400 m in 65-75 s mit 200 m Trabpause

5 x 200 m in 28-32 s mit 200 m Trabpause

Mit dieser Methode erreichte er 18 Weltrekorde und bei den Olympischen Spielen 1952 Goldmedaillen über 5.000 m, 10.000 m und im Marathonlauf.

In Vorbereitung auf den Weltrekordlauf 1953 belastete er sich zwei Wochen zuvor wie folgt:

1. Tag (Sonntag):	5 x 200 m + 20 x 400 m + 5 x 200 m
2. Tag (Montag):	5 x 200 m + 30 x 400 m + 5 x 200 m
3. Tag (Dienstag):	5 x 200 m + 40 x 400 m + 5 x 200 m
4. Tag (Mittwoch):	5 x 200 m + 40 x 400 m + 5 x 200 m
5. Tag (Donnerstag):	5 x 200 m + 40 x 400 m + 5 x 200 m
6. Tag (Freitag):	5 x 200 m + 40 x 400 m + 5 x 200 m
7. Tag (Samstag):	5 x 200 m + 35 x 400 m + 5 x 200 m
8. Tag (Sonntag):	5 x 200 m + 40 x 400 m + 5 x 200 m
9. Tag (Montag):	5 x 200 m + 30 x 400 m + 5 x 200 m „leicht“

10. Tag (Dienstag):	5 x 200 m + 20 x 400 m + 5 x 200 m „scharf“
11. Tag (Mittwoch):	5 x 200 m + 10 x 400 m + 5 x 200 m „leicht“
12. Tag (Donnerstag):	5 x 200 m + 10 x 400 m + 5 x 200 m „scharf“
13. Tag (Freitag):	5 x 200 m + 10 x 400 m + 5 x 200 m „leicht“
14. Tag (Samstag):	Ruhetag



Die erste Goldmedaille der Olympischen Sommerspiele in Helsinki ging am 20. Juli 1952 mit seinem Sieg über die 10.000 m an den Tschechen Emil ZÁTOPEK (M).

Die bevorzugte Anwendung der relativ einseitigen Intervallmethode wurde dann vom Neuseeländer A. LYDIARD und in Deutschland von Dr. VAN AAKEN abgelöst. Durch die Einführung des langsamen Dauerlaufs, des Hügellaufs und von Tempoläufen im Komplex erschloss LYDIARD neue Dimensionen in den Laufleistungen und wurde Erfolgstrainer über viele Jahre (LYDIARD, 1987; LYDIARD, 1995). VAN AAKEN bevorzugte den langen und kraftschonenden Dauerlauf und verhalf besonders den Frauen und Kindern zur Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit (VAN AAKEN & LENNARTZ, 1987). Der Wegbereiter für das Joggen in Deutschland war der Arzt Ernst VAN AAKEN aus Waldniel, der den langsamen Dauerlauf propagierte und ihn bereits 1947 als „Traben“ bezeichnete (VAN AAKEN, 1993). Unabhängig von der Leistung VAN AAKENS wurden die Trainingsprinzipien des Joggings von LYDIARD 1962 der internationalen Öffentlichkeit vorgestellt (LYDIARD, 1983). Seitdem hat das langsame Laufen Millionen



von Anhängern auf der ganzen Welt gefunden. Das bis Mitte der 1960er-Jahre übliche Intervalltraining im Leistungssport fand kaum Anhänger im Freizeitsport.

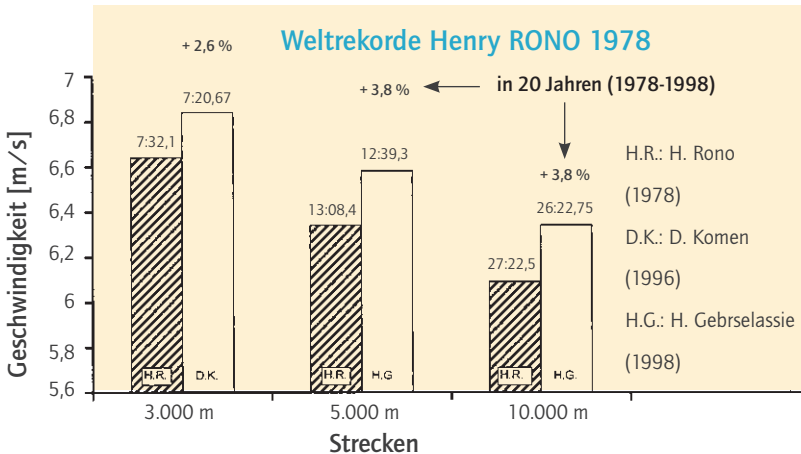
Mitte der 1980er-Jahre begann der Siegeszug der afrikanischen Läufer im Leistungssport, der bis heute anhält. Die Komplexität im Lauftraining wurde weiterentwickelt, wenn auch auf empirischer Basis. Die Dominanz einzelner Methoden ordnete sich besser in die physiologischen Gegebenheiten ein.



Die Entlastung nach hartem Lauftraining wurde praktische Realität. Hinzu kam die frühe Talentsuche, das Gruppentraining und der Vorteil, in mittleren Höhen zu leben und zu trainieren. Der Intensitätsanteil im Training wird frühzeitig unter Hypoxiebedingungen auf das Äußerste ausgereizt, sodass viele junge Erfolgsläufer nach wenigen Jahren die internationale Öffentlichkeit wieder verlassen. Eine Ausnahme an Beständigkeit ist der Olympiasieger und Weltrekordler H. GEBRESELASSIE aus Äthiopien. Seine Rekorde über 5.000 m und 10.000 m wurden 2004 bzw. 2005 von Kenenisha BEKELE (Äthiopien) auf 12:37,35 min bzw. 26:17,53 min verbessert.

Eine Zwischeneinlage in der Leistungssteigerung im Frauenlanglauf gab es am Anfang der 1990er-Jahre, als chinesische Läuferinnen neue Dimensionen erschlossen. Darstellungen über das Training wiesen aus, dass, nach der Talentselektion und hartem Gruppentraining unter Internatsbedingungen, diese Mädchen Trainingsläufe von wöchentlich 250 km verkrafteten (VAN DER LAAGE, 1994). Anscheinend sind Lauf-talente, die der Leistungsentwicklung voraus sind, in der Lage, über mehrere Strecken

erfolgreich zu sein. Ein solches Talent war offensichtlich H. RONO, dessen Rekorde viele Jahre Bestand hatten (**Abb. 1/1**).



**Abb. 1/1:** Laufweltrekorde von Henry RONO, der 1978 der Leistungsfähigkeit weit voraus war und eine große Bandbreite beherrschte.

Hicham El GUERROUJ aus Marokko, ein Lauftalent mit Weltspitzenleistungen von einer Meile bis 5.000 m, gewann in Athen 2004 bei den Olympischen Spielen die Goldmedaille über 1.500 m und 5.000 m, wie zuletzt der Finne Paavo NURMI.

Gegenwärtig besteht kein Anlass, die Grenzen in der Entwicklung von Laufleistungen festlegen zu wollen, da auch fragwürdige Rekorde künftig durch Sporttalente und moderne Trainingsmethoden übertroffen werden (NEUMANN, 2012).

Die Steigerung des Trainingsumfangs war einer der wesentlichen Gründe für die Zunahme der Laufleistungen auf den Mittel- und Langstrecken (**vgl. Abb. 3/1**). Durch die Notwendigkeit, in bestimmten Trainingsabschnitten schneller laufen zu müssen, steigt objektiv der Bedarf an Erholungszeit. Das führte international dazu, dass die Topläufer ihren Gesamtumfang verminderten. Die afrikanischen Spitzenläufer trainieren nicht mehr als zwischen 150-170 km pro Woche, mit Ausnahme der Vorbereitung von Marathonläufen. Umfänge deutlich über 200 km/Woche machen die Läufer objektiv langsamer oder sie bilden die methodische Grundlage für den Marathon- oder Ultramarathonlauf.

Bei der Bewertung von Laufleistungen ist immer die Zielstrecke zu berücksichtigen, auf die sich ein Athlet vorbereitet. Der Läufer trainiert für eine bestimmte Leistungsstruktur (s. Kap. 5). Die Anforderungen in den Funktionssystemen unterscheiden sich deutlich zwischen Mittel- und Langstrecklern oder gar Extremeläufern (Ultrastrecken). Prägend für

die Zuordnung in bestimmte Läuferkategorien sind immer der Laufumfang pro Woche und das Vermögen, ausreichend schnell im aeroben Stoffwechsel zu laufen (**Tab. 5/1**).

Tab. 5.1:

Differenzierung von Läufergruppen

Läufergruppen	Laufumfang (pro Woche)	Laufgeschwindigkeit (GA 1-GA 2)
Laufanfänger (Jogger)	10-20 km	5:30-7 min/km
Fitnessläufer (Jogger, Volksläufer)	20-60 km	4:30-5:30 min/km
Leistungsläufer (Volksläufer, Marathonläufer)	60-120 km	4-5 min/km
Hochleistungsläufer (Laufspezialisten, Marathonläufer)	100-190 km	<4 min/km

Entsprechend dem Laufumfang und der Geschwindigkeit verändert sich der Energiebedarf. Dieser kann sich im Durchschnitt zwischen 400-1.000 kcal/Stunde bewegen (**Abb. 2/1**). Maßgeblichen Einfluss hat hierbei noch die Körpermasse, da es ein großer Unterschied ist, ob der Läufer 60 kg oder 80 kg wiegt. Die Leistungsentwicklung ist nicht immer ansteigend, vor allem dann nicht, wenn, trotz Steigerung des Umfangs, einige Randfaktoren nicht beachtet werden (s. Kap. 10; Infokästen S. 28/29).

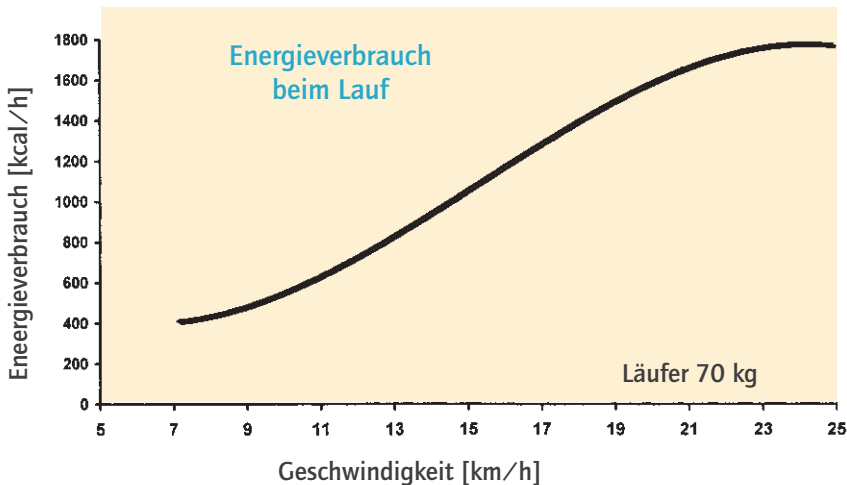


Abb. 2/1: Durchschnittlicher Energieverbrauch beim Lauf. Mit steigender Laufgeschwindigkeit steigt der Energieverbrauch, abhängig vom Körpergewicht, an. Schwere Läufer benötigen mehr Energie.

Wenn auch der Dauerlauf die Trainingsform mit dem größten Zeitaufwand ist, so bietet dieser doch mehr Variationsmöglichkeiten zur Reizsetzung auf den Muskel, als oft angenommen (s. Kap. 10; Infokästen S. 28/29). Beim Mehrjahresaufbau der Laufleistung sind Trainingsalter, Leistungsziel auf einer bestimmten Distanz und Systematik im physiologischen Anpassungsprozess bevorzugt zu beachten (s. Kap. 10; Infokästen S. 28/29).

Geschieht das unzureichend, dann sind Misserfolge trotz fleißigen Lauftrainings vorprogrammiert oder der Laufaufwand und der Leistungsfortschritt stehen in keinem vernünftigen Zusammenhang miteinander. Zur Leistungssteigerung sind prinzipiell mehrere Faktoren zu beachten, die nicht nur im Hochleistungssport wirken. Zu diesen Faktoren gehören die Laufgeschwindigkeit und auch die aerobe Basisleistung. Die gewählte Renntaktik ist ein weiterer Faktor für Siegleistungen.

Beim Lauf kommt es zu verschiedenen Techniken des Bodenkontakts (s. Kap. 3). Einem aufmerksamen Beobachter des Laufstils dürfte nicht entgehen, dass es *Vorfußläufer*, *Mittelfußläufer* und ausgesprochene *Fersenläufer* gibt. Das Aufsetzen bzw. der Bodenkontakt wird jedoch maßgeblich von der Laufgeschwindigkeit beeinflusst. Dennoch ist beim Dauerlauf die Herkunft der Läufer nicht zu verleugnen. Die ehemaligen Mittelstreckler haben eine Technikfixierung und setzen bevorzugt mit dem Vorfuß auf (s. Kap. 3). Die individuell geprägte Lauftechnik ist nur schwer veränderbar. Die Freizeitläufer sind Fersen- bis Mittelfußläufer.

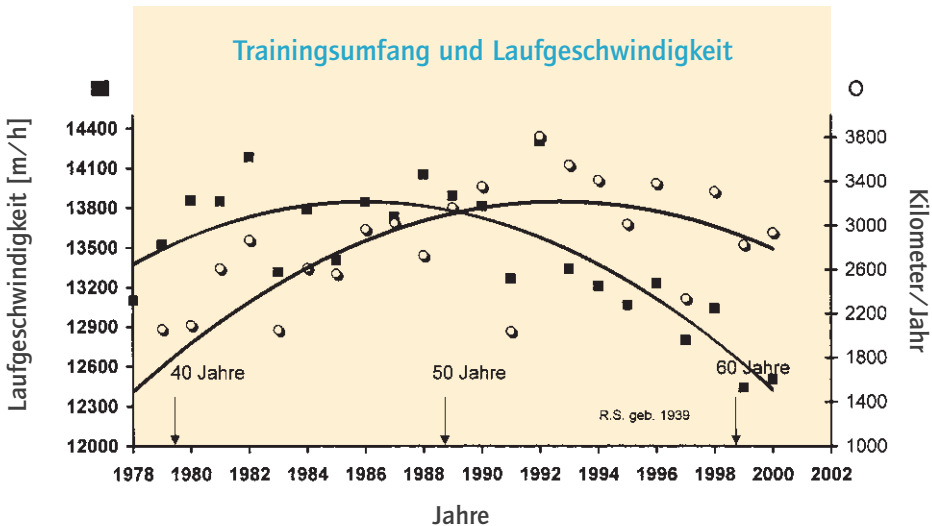


Abb. 3/1: Trainingsumfang und Laufleistung bei Alterung eines Läufers. Nach dem 50. Lebensjahr nahm die zurückgelegte Strecke beim Stundenlauf, trotz des Versuchs der Umfangssteigerung, allmählich ab.

Der Sportler, der lebensbegleitend läuft und persönlich darauf orientiert ist, sein Laufniveau zu halten, der sollte sich nicht wundern, wenn bei gleichbleibender Trainingsbelastung die Leistung nach dem 50. Lebensjahr allmählich abnimmt (s. Kap. 2.3). Für dieselbe Strecke wird eine deutlich längere Zeit benötigt, obgleich der subjektive Anstrengungsgrad hoch ist (**Abb. 3/1**). Das Training zu dokumentieren, ein Trainingsprotokoll zu erstellen, hat sich immer als zweckmäßig erwiesen, insbesondere wenn die Leistungsentwicklung stagniert und die Belastungssteuerung nach dem Gefühl versagt.

Wenn der leistungsorientierte Läufer sich vom Fachmann (Trainer) einen Trainingsplan erstellen lässt, dann muss er ohnehin das Training in Quantität und Qualität dokumentieren. Vor allem sind aus den Aufzeichnungen die Rhythmen von Belastung und Entlastung (Regeneration) zu ersehen, die eine entscheidende Grundlage für Umstellungen in der Laufbelastung sein können.

#### Leistungsentwicklung und Belastbarkeit

- ▶ Belastungssteigerung wird trainingsmethodisch unzureichend vorbereitet (z. B. plötzliche Belastungszunahme von 10 auf 20 h/Woche).
- ▶ Missachtung von Trainingsprinzipien (z. B. Schnelligkeitstraining bei starker muskulärer Ermüdung).
- ▶ Training mit starken muskulären Dysbalancen (z. B. Verkürzung oder Abschwächung sportartspezifisch beanspruchter Muskeln).
- ▶ Fehler in der sportartspezifischen Technik (z. B. ausgreifender Fußaufsatz weit vor dem Körperschwerpunkt/Stemmschritt).
- ▶ Vernachlässigung der Vor- und Nachbereitung des Trainings (z. B. Verzicht auf Erwärmung und Stretching).
- ▶ Ernährungsfehler (z. B. Unterversorgung mit Vitaminen, Mineralien, Proteinen oder Kohlenhydraten).

### Dauerlaufvariationen

- › Konstante Geschwindigkeit und zunehmende Belastungsdauer: kurze Dauer (z. B. 4 m/s bis 10 km), mittlere Dauer (z. B. 4 m/s bis 15 km), lange Dauer (z. B. 4 m/s über 15 km).
- › Streckenkonstanz mit wechselnder Geschwindigkeit: (kurze Strecke = schnelles Tempo; mittlere Strecke = mittleres Tempo; lange Strecke = langsames Tempo).
- › Variation von Streckenlänge und Geschwindigkeit: (Zunahme der Geschwindigkeit bei Strecken kurzer und mittlerer Dauer; Abnahme der Geschwindigkeit bei Langstrecken u. a.).

### Mehrjahresaufbau sportlicher Höchstleistungen

- › Die Entwicklung physiologisch-funktioneller Fähigkeiten ist altersabhängig und zu keinem Zeitpunkt der Individualentwicklung komplex auf höchstem Niveau ausprägbar (z. B.  $VO_{2max}$ ; vL2-3; PL2-3; Laktatmobilisation).
- › Eine gleichzeitige maximale Anpassung in allen Stoffwechselwegen ist nicht möglich. Eine Optimierung von Funktionssystemen erfolgt unterhalb des Maximums einzelner Fähigkeiten bzw. Stoffwechselwege.
- › Wenn eine maximale Stoffwechseladaptation im Hochleistungsalter angestrebt wird, dann ist Voraussetzung, dass zuerst der aerobe Energiestoffwechsel (aerobe Leistungsfähigkeit, GA 1, GA 2), dann der alaktazide Energiestoffwechsel (alaktazide Leistungsfähigkeit, Kurzschnelligkeit, SA) und zuletzt der anaerobe Energiestoffwechsel (anaerobe Leistungsfähigkeit, SA, WSA) entwickelt wird.

