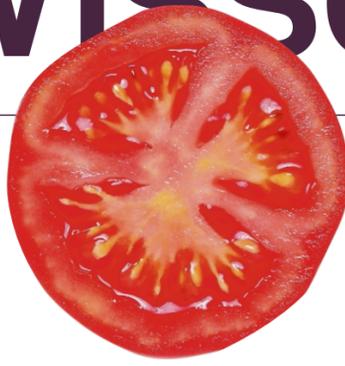


**Vorsicht, Tomate!**

Alles lobt Gemüse – dabei ist vieles eine Zumutung

Grünfutter — 44

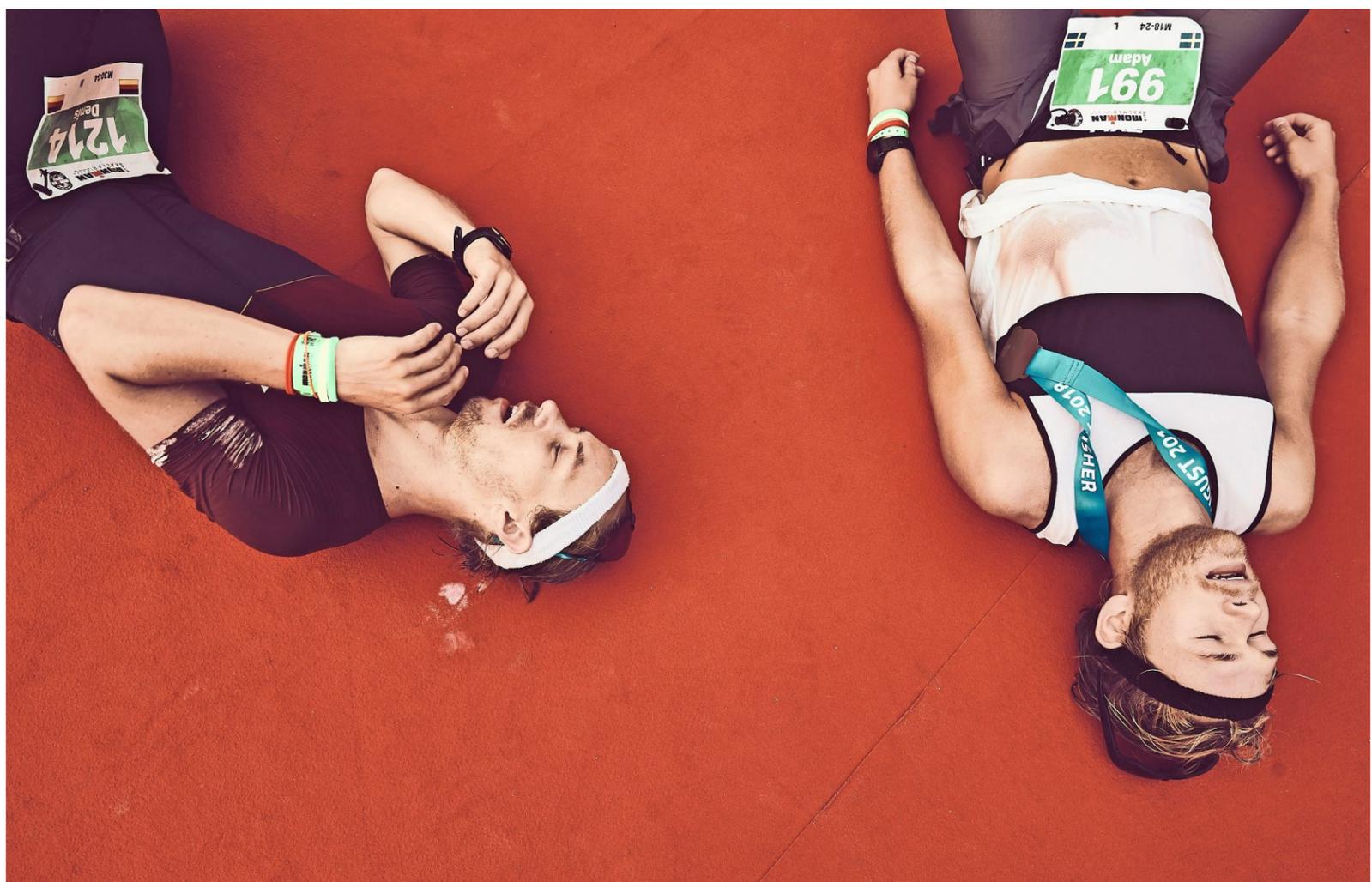
**Wer schwitzt, stinkt**

Schuld am üblen Geruch sind Bakterien – und die Gene

Forschung — 50

# Das Ende der Rekorde

Forscher haben eine absolute Grenze der menschlichen Leistungsfähigkeit entdeckt. Nicht der Kopf, sondern Magen, Darm und Leber sind entscheidend



Bis an die Leistungsgrenze: Teilnehmer des Ironman 2018 in Kalmar  
Foto: Getty Images

Werner Bartens

Mentalitätsmonster halten es für reine Kopfsache. Sich durchbeissen, den Schmerz ignorieren. Solche Psychotechniken sind gefragt, wenn die Beine während des Marathons bei Kilometer 30 schwer werden oder der fiese Anstieg oberhalb der Baumgrenze den Velofahrer schon fast überzeugt hat abzusteigen, anstatt sich weiter zu quälen.

Besonders viel Durchhaltevermögen braucht es dieses Wochenende am Gigathlon in der Innerschweiz. Und dazu sind – neben Training und Vorbereitung – die richtige Einstellung und eine ordentliche Portion Selbstüberwindung besonders wichtig, so das Mantra von Ausdauer-Extremisten.

Dass es bei heftigen körperlichen Anstrengungen um seelische Zähigkeit geht, ist unbestritten – aber eben nicht alles. Der Körper bestimmt Grenzen, die sich bei aller Willensstärke nicht überwinden lassen. Dass sich trotz mentaler Kraft die Leistung bei wochenlangen Ausdauerstrapazen nicht beliebig steigern lässt, hat mit Grenzen des Energieumsatzes zu

tun, wie Forscher aus den USA und Grossbritannien im Fachblatt «Science Advances» zeigen.

Die Wissenschaftler um den Evolutionsanthropologen Herman Pontzer von der Duke University haben untersucht, was im Körper bei Ausdauerleistungen passiert, die über Wochen und Monate erbracht werden. Dazu analysierten sie Stoffwechseldaten von Athleten, die besondere Torturen auf sich nahmen. Neben Triathleten, die den Ironman absolvierten, und Teilnehmern der Tour de France wurden auch Werte von Sportlern ermittelt, die am Iditarod teilnahmen – einem 1850 Kilometer langen und mindestens achttägigen Hundeschlittenrennen durch Alaska – sowie am Race Across the USA. Bei diesem Lauf von Kalifornien nach Washington, D. C., werden in 140 Tagen 4800 Kilometer zurückgelegt, fast täglich ein Marathon.

Dass sich die unwirklich erscheinenden Leistungen nicht weiter beliebig steigern lassen, hängt mit den biologischen Grenzen der Energieaufnahme zusammen. Der Körper verbraucht anfangs zwar deutlich mehr, über Wochen hin-

weg kann er aber maximal die 2,5-fache Kalorienmenge seines Ruhestoffwechsels umsetzen. Welche Extremlistung auch immer: Nicht der Kopf, sondern Magen, Darm und Leber setzen die Grenzen, und zwar metabolische, nicht psychische. Sogar die besten Ultramarathonläufer, die 100 Kilometer am Stück zurücklegen, können sich nicht über diese Limits hinwegsetzen. «Der Energieumsatz definiert, was für Menschen möglich ist», sagt Pontzer.

#### Daher hilft es auch nichts, noch mehr zu essen

Wird dem Körper mehr zugemutet, als mit dem zweieinhalbfachen Energieverbrauch bewältigt werden kann, greift er eigenes Gewebe an, um das Kaloriendefizit auszugleichen. «Unser Verdauungstrakt kommt an die Grenze, wie viel Nahrung er verarbeiten kann», sagt John Speakman von der Uni Aberdeen, der ebenfalls an der Studie beteiligt war.

Daher hilft es auch nichts, noch mehr zu essen, um neue Rekorde im Schlittenrennen oder beim Lauf durch die USA aufzustellen. «Es gibt eine Grenze, wie viele Kalo-

rien unser Darm jeden Tag absorbieren kann», sagt Speakman. Martin Halle, Chef der Sportmedizin an der TU München, vergleicht den Zustand mit anderen Extremen: «Bei diesen Leistungen wird eine Art Hungersnot herbeigeführt; man kann nicht mehr so viel aufnehmen, wie man verbraucht.»

Die Auswertung der Daten über einen so langen Zeitraum extremer Belastung erbrachte gar einen Rückgang des Energieverbrauchs. Bei Trans-Amerika-Läufern, die sechs Marathons die Woche zurücklegten, wie auch bei jenen, die 250-Kilo-Schlitten bei Minusgraden durch das Eis ziehen, ist der Energieumsatz anfangs am höchsten. Er sinkt dann jedoch von 6200 Kilokalorien täglich auf 4900 Kilokalorien – und hält sich konstant beim 2,5-fachen Grundumsatz.

«Der Körper kann sich runterregulieren, um seine Belastung erträglich zu halten», sagt Caitlin Thurber aus Pontzers Team. «Das ist ein grossartiges Beispiel, wie der Organismus sich beschränken kann, um über längere Zeit ein hohes Energieniveau zu halten.» Die Forscher vergleichen die kluge metabolische Haushaltsführung

damit, dass Menschen auch nicht viel mehr als 100 Meter sprinten können, aber kilometerweit joggen. Der Stoffwechsel selbst teilt sich die Kräfte ein.

#### Usain Bolt hielt, statt zu trainieren, einen Mittagsschlaf

Mögen Langstrecken-Enthusiasten weiter Rekorde anpeilen, so darf eine Ausdauerleistung nicht vergessen werden, für die es keine Medaillen gibt. Der Energieverbrauch der Ausdauerathleten gegen Ende des Wettkampfs liegt nur wenig über dem von Schwangeren. «Klar, sie haben neun Monate einen zusätzlichen Energiefresser zu versorgen», sagt Martin Halle. Die gleiche Grenze des Energieumsatzes, die Triathleten daran hindert, den Ironman in sechs Stunden zu bewältigen, sorgt dafür, dass Babys nicht unbegrenzt Energie zur Verfügung steht und sie zur Geburt nicht zehn, sondern nur dreieinhalb Kilo wiegen.

Im gut trainierten Ausdauerbereich gibt es weitere Faktoren, die die Leistung begrenzen. «Sie hängt stark von der Fähigkeit zur Sauerstoffaufnahme ab», sagt Halle. «Also wie viel aus der Luft über

Lungen und Blutgefässe zum Muskel gelangt, um zum Energieträger ATP umgewandelt zu werden.» Die Lunge lässt sich kaum trainieren, Blutgefässe und rote Blutkörperchen passen sich an. Die grösste Veränderung ist in der Peripherie möglich, also im Kapillarsystem, wo der Sauerstoff aus kleinsten Gefässen in die Muskeln transportiert und in den Zellstoffwechsel eingespeist wird. «Hier lässt sich durch vergleichsweise wenig Training viel erreichen.»

Auch der Aufbau der sogenannten neuromuskulären Endplatte ist wichtig – das ist der Punkt, an dem Nervenzellen ihre Signale an Muskeln weitergeben. Training beeinflusst, wie viele Nervenenden den Muskel anregen, sich zu kontrahieren und zu erschaffen.

Bei extremer Leistung geht es zudem um den richtigen Wechsel aus Anspannung und Entlastung – und darum, Ruhe zu bewahren. Von Sprintstar Usain Bolt ist überliefert, dass er, statt zu trainieren, vor Wettkämpfen Mittagsschlaf hielt. «Gute Idee», sagt Sportarzt Halle. «Er hat damit die zentrale Ansteuerung der Verbindung von Nerv zu Muskel optimal gebahnt.»