

Zeitschrift: Magglingen : Monatszeitschrift der Eidgenössischen Sportschule Magglingen mit Jugend + Sport

Herausgeber: Eidgenössische Sportschule Magglingen

Band: 49 (1992)

Heft: 7

Artikel: Wissen = klare Aussagen

Autor: Brouns, Fred

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-993119>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

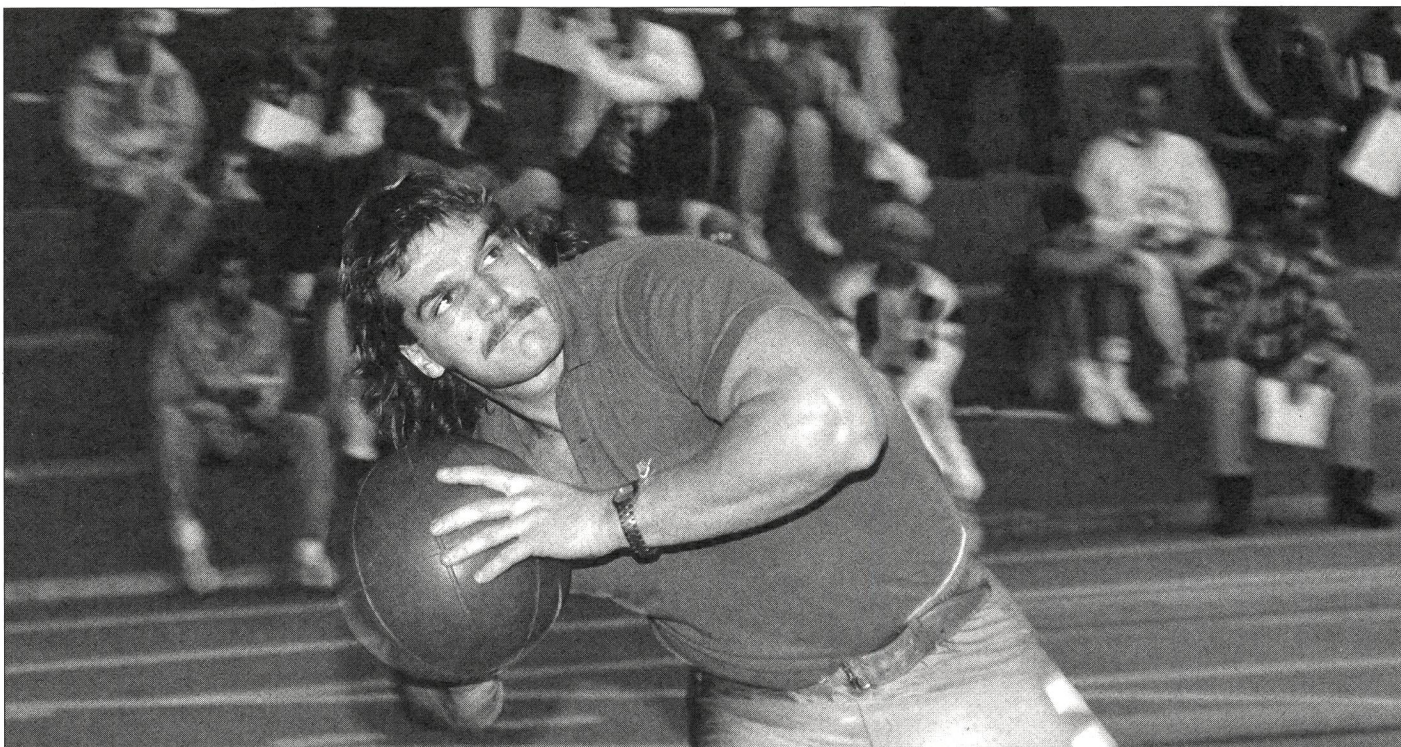
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 14.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Sportforschung und Spitzensport (2)

Wissen = klare Aussagen

Dr. Fred Brouns, Physiologe, Sandoz Nutrition Ltd., Bern und Universität Limburg, Maastricht, Holland

Olympiajahr 1992, die Weltereignisse des Spitzensportes. Welche Fragen kann die Sportforschung stellen und beantworten, was ist Sportwissenschaft? Dieser Frage wurde im ersten Teil (Nr. 6) nachgegangen. Der zweite Teil behandelt einige spezielle Themen.

Wissen heisst klare Aussagen machen können anhand von reproduzierbaren Daten. Dies setzt voraus, dass man unter kontrollierbaren Bedingungen forschen muss. Das heisst, man bekommt beim wiederholten Experiment immer wieder die gleichen Daten. Wenn das der Fall ist, lässt sich klar aussagen: A verursacht B. So kann man in der Sportwissenschaft die Frage, ob die Körpertemperatur bei einer bestimmten körperlichen Leistung um x Grad Celsius zunimmt, einfach mit einer Temperaturmessung beantworten. Aber eine

Zunahme der Körpertemperatur erfolgt nicht nur durch die Leistungsintensität, sie wird auch durch die Umgebungstemperatur beeinflusst sowie durch die Beschaffenheit und die Menge der Kleider, welche der Sportler trägt. Auch die Windstärke, die Luftfeuchtigkeit und die Möglichkeit, den Schweiß zu verdunsten, usw. spielen eine Rolle. Eine gültige Antwort wird also nur möglich sein, wenn sämtliche einflussreichen Faktoren kontrollierbar sind, d.h. möglichst immer dieselben sind oder gleich gehalten werden können.

Weltmeister im Kugelstossen, der Schweizer Werner Günthör. Hartes Training, gute Ernährung und genügend Erholung führen zum Erfolg.

Foto: Daniel Käsermann

Reagenzglas

Im Reagenzglas lassen sich bestimmte biochemische Prozesse exakt kontrollieren. Temperatur, Zeitablauf, Stoffkonzentration, praktisch alles lässt sich genau bestimmen. So wird auch in der Sportwissenschaft im «Reagenzglas» geforscht, und viele fundamentale biochemische Erkenntnisse stammen aus derartigen Versuchen.

Aber im Spitzensport auf dem Feld oder der Piste herrschen oft andere Bedingungen als im Reagenzglas.

Sportliche Leistungen werden, wie wir gesehen haben, auch durch den Leistungswillen des Athleten beeinflusst. Je stärker der Athlet motiviert ist, um so besser ist seine Leistung. Je intensiver die Leistungen sind, desto grösser werden auch sämtliche biochemischen Veränderungen im Körper.

Für die Sportforschung heisst dies ganz konkret, dass man bei Spitzensportlern unter maximalen Leistungsbedingungen forschen sollte. Ist dies überhaupt möglich? Wie kann man z.B. genau in dem Moment eine Blut- oder Muskelprobe entnehmen, in dem die Er-

schöpfung am grössten ist? Kann man überhaupt in einem Labor eine Maximalleistung erbringen ohne Wettkampfmotivation, ohne Publikum? Ideal wäre ein Gerät, das den Sportler während seiner Leistung im Wettkampf abtastet, biochemische Veränderungen aufzeichnet und anschliessend die Daten ausdrückt. Soweit ist die Technik leider noch nicht, aber die modernen technologischen Entwicklungen weisen doch ein wenig in diese Richtung. Bestimmte Leistungsparameter lassen sich bereits auch während körperlicher Anstrengung kontrollieren.

Das wettkampfmässige Messen

So kann man heutzutage z.B. während des Wettkampfes mittels Sporttester die Herzfrequenz kontrollieren. Mit einem portablen Messgerät kann der Sportler ohne Probleme kontinuierlich seine Herzfrequenz ablesen und so seine Leistungsintensität steuern. Diese praktische Anwendung wurde aufgrund von kontrollierten Laborstudien möglich. So wurde im Labor nachgewiesen, dass die Herzfrequenz bei Ausdauerbelastungen in direktem Zusammenhang mit der Leistungsintensität steht. Je schneller man läuft, desto höher wird die Herzfrequenz.

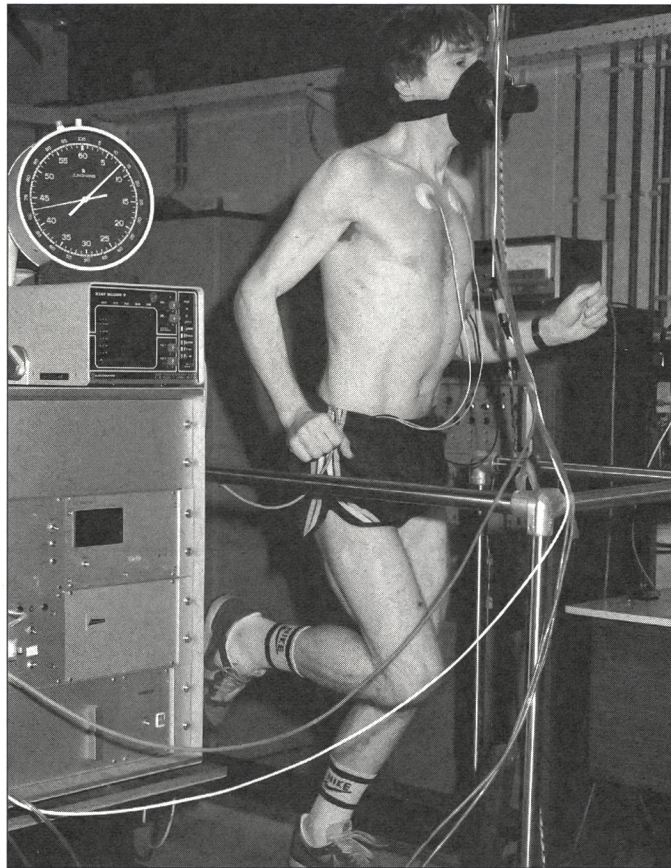
Zusätzlich fand man heraus, dass bei höherer Leistungsintensität der Abbau der im Körper gespeicherten Kohlenhydratreserven (Energie) progressiv zunimmt. Das metabolische Endprodukt, das dabei entsteht, die Milchsäure, häuft sich in den Muskeln und auch im Blut an und führt u.a. zur Ermüdung. So konnte man bei Athleten anhand kombinierter Messungen bestimmen, bis zu welcher Leistungsintensität und dazugehöriger Herzfrequenz die Milchsäurekonzentration im Blut kaum zunimmt. Diese individuell bestimmte Herzfrequenz ist somit ein Indikator für eine Ausdauerleistungsintensität, die man ohne eine «zu starke Übersäuerung» möglichst lang beibehalten kann. Als Folge dieser Entwicklung absolvieren jetzt die Weltspitze-Triathleten ihren Wettkampf «herzfrequenzgesteuert».

Die Kraft unter der Lupe

Leistung braucht Energie und Kraft. Maximalkraft wird von sehr vielen Faktoren beeinflusst. Muskelfasern kontrahieren unter Einfluss eines Impulses vom zentralen Nervensystem. Die Schnelligkeit dieser Impulse sowie der kontrahierenden Muskelfasern bestimmt die Schnelligkeit der Muskel-

Kraftausdauertest am Cybex-Gerät. Wann tritt die totale Erschöpfung ein?

Foto: Daniel Käsermann



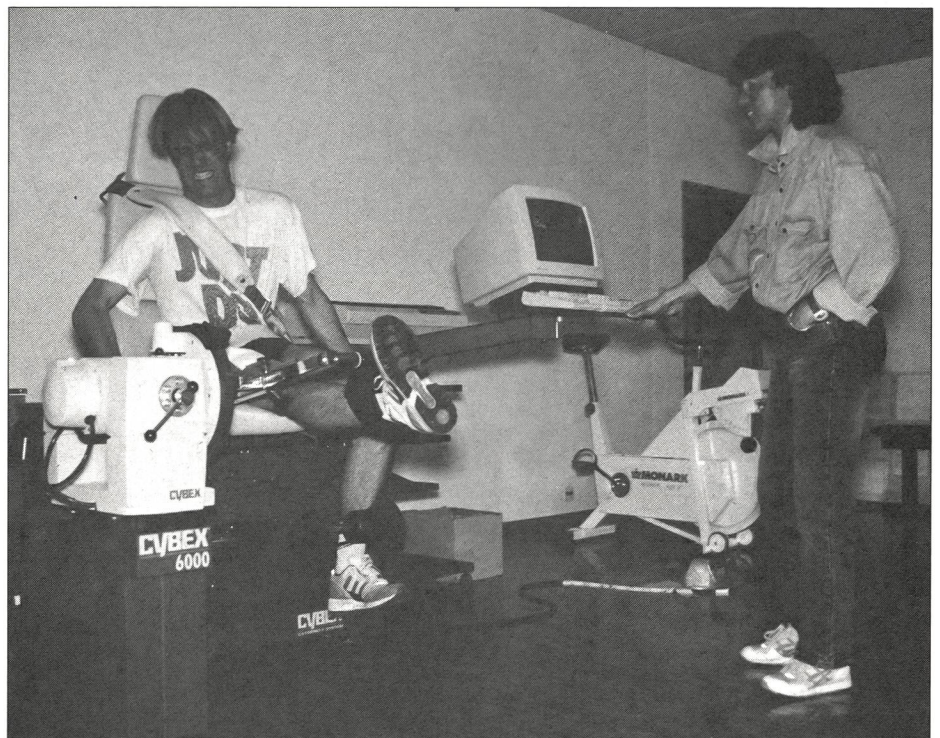
Bestimmung der maximalen Sauerstoffaufnahme und Registrierung der Herzfrequenz während eines progressiv schneller werdenden Laufbandtests.

Foto: Fred Brouns

kontraktion. Aus praktischer Erfahrung wissen alle sportlich aktiven Menschen, dass eine Verbesserung der Kraft und Schnelligkeit auch eine schnellere Sprintzeit oder einen weiteren bzw. höheren Sprung usw. bedeuten. Die Frage an die Sportwissenschaft, ob sich die Geschwindigkeit, mit der die Nervenimpulse weitergeleitet werden, sowie die Impulsumsetzung in die Muskeln durch Training verbessern lässt, ist somit logisch. Wenn ja, welche Art Trai-

ning ist nötig, wie oft, wie lange und mit welchem Widerstand?

Regelmässiges Training mit grossem Widerstand, wie es im Bodybuilding und Gewichtheben üblich ist, verursacht Muskelzuwachs. Das ist für jedermann sichtbar. Krafttraining stimuliert die Eiweissynthese. Somit führt mehr Krafttraining zu mehr Muskelmasse und mehr Kraft. Eine weitere Frage ist: Gibt es andere, alternative Wege, um Muskelwachstum zu realisieren? Die Ant-



wort lautet: ja! Wachstumspräparate wurden schon seit längerer Zeit in Kliniken für Patienten verwendet. Sie basieren auf der Wirkung von wachstumsfördernden Hormonen. Der Schritt zum unethischen Gebrauch im Sport, aber auch in der Landwirtschaft, war dann nur noch klein. Mehr Muskeln oder mehr Fleisch bringt mehr Leistung, Ruhm und Geld. Die Kehrseite dieser Medaille wurde glücklicherweise ebenfalls dank der Wissenschaft entdeckt: viele unerwünschte, manchmal irreversible und pathologische Nebenwirkungen. Es wurde noch eine andere Art der Kraftverbesserung entdeckt: die Elektrostimulation. Der Nervenimpuls aus dem Gehirn ist ein elektrischer Impuls, welcher beim Muskel eine Kontraktion hervorruft. Derartige Impulse kann man einfach unter Verwendung von Elektroden nachvollziehen, welche man bei den zu trainierenden Muskelgruppen anbringt, sowie eines Schwachstromimpulses. Somit könnte man Kraftsportler, bei welchen bestimmte Muskeln während eines intensiven Trainings sehr ermüden oder danach sehr ermüdet sind, mit Elektrostimulation der wichtigsten Muskelgruppen weitertrainieren. Zusätzlich könnte man Stromimpulse geben, welche die normalen Impulse vom Gehirn an Intensität übertreffen. Das heisst, man könnte intensiver trainieren, als dies mit Hilfe des menschlichen Willens möglich ist. Diese Methode ist sehr zeit- und personalintensiv. Deshalb ist sie, obwohl sie bei einigen Elite-Kraftsportlern bereits angewandt wird, nur begrenzt zugänglich. Es stellt sich deshalb die Frage, wie man bei natürlichen Belastungen (Muskelkontraktionen) eine maximale Kraftzunahme erzielen kann.

Wie, wie oft, wie lange?

Von vielen Trainingsmethoden wird rein «gefühlsmässig» Gebrauch gemacht; sie bringen meist gute Resultate. Es gibt aber auch zweifelhafte Methoden, welche vermutlich mehr Schaden als Nutzen verursachen.

Um ein Krafttraining besser beurteilen zu können, sind genaue Kraftmessungen nötig. Das heisst, der Sportler sollte während einer Kraftleistung gemessen werden, wobei externe Bedingungen möglichst konstant und kontrollierbar sein sollten. Dafür wurden verschiedene Testgeräte entwickelt. Die am häufigsten angewandte Version ist das Cybex-Gerät, welches bei unterschiedlichen Gelenkwinkeln den Widerstand und die Geschwindigkeit exakt steuern kann.

Der Vorteil dieser Entwicklung ist, dass man nicht nur genaue Fortschritte bei Kraft- oder Kraftausdauerleistungen berechnen, sondern auch exakt dosierte Kraftbelastungen wiederholt ausführen

kann. Letzteres erlaubt es auch, Änderungen im Stoffwechsel, die bei standardisierten Kraftbelastungen auftreten, zu untersuchen. Der Kraftschreiaussen, der Stoffwechselschock innen.

Für Trainer und Sportler sind die Leistungen in der Praxis massgebend. Was Sportwissenschaftler aber primär interessiert, ist das, was sich im Körper abspielt. Welche Stoffwechselveränderungen vollziehen sich akut und/oder langfristig unter Einfluss des Trainings? Was verursacht Muskelkrämpfe und Erschöpfung? Warum empfindet der Gewinner trotz starken Anstrengungen keine Schmerzen?

Mit diesen Fragen steigt man ein in die so wichtige biochemische Sportforschung. Gerade diese verursacht manchmal Kopferbrechen. Wie kann man möglichst unter wettkampfählichen Umständen Proben für biochemische Analysen entnehmen? Sportler, und vor allem Elitesportler, lassen sich nicht gerne mit Nadeln stechen! Vor allem nicht vor, während oder direkt nach einem wichtigen Wettkampf.

Ein weiteres Problem stellen die Rahmenbedingungen des Tests dar. Eine Ausdauerleistung und auch die anfallenden Stoffwechseländerungen im Körper sind sehr stark von der Nahrung und dem Trainingsaufwand während der letzten 2 Tage vor dem Test abhängig. Will man also einen Spitzensportler einem aussagekräftigen Ausdauerlabortest unterziehen, dann sollte er möglichst die letzten 48 Stunden vor dem Test nur nach einem festgelegten Plan trainieren und nur vorgeschriebene Nahrungsmittel zu sich nehmen. Konkret heisst das, dass Spitzensportler 3-4 Tage nicht «frei» trainieren können. Auch das ist unbeliebt. Somit ist die Forschung an Elitesportlern ein schwieriges Unterfangen, das glücklicherweise dank wachsendem Gesundheitsinteresse und einer wachsenden Beteiligung der Spitzensportler doch eine recht vielversprechende Zukunft hat.

Der Leistungseinbruch

Es gibt noch andere Probleme bei der Leistungsforschung. Messungen und Analysen während einer sportlichen Leistung, können diese beträchtlich stören und damit vermindern. So ist z.B. ein Sauerstoffaufnahme-test mit einer «Gasmasken», welche über einen Schlauch die Atemluft an das Analysegerät weiterleitet, bei niedriger Arbeitsintensität kein Problem. Bei maximaler Belastung aber wird der Widerstand des Schlauches recht gross und kann die extrem hohe Ventilation und auch die maximal mögliche Leistung beeinträchtigen. Sportler wollen, was ihre Leistungen betrifft, auf möglichst natürliche Art getestet werden. Wenig beliebt ist z.B. das Fahrradergometer. Dieses ist für

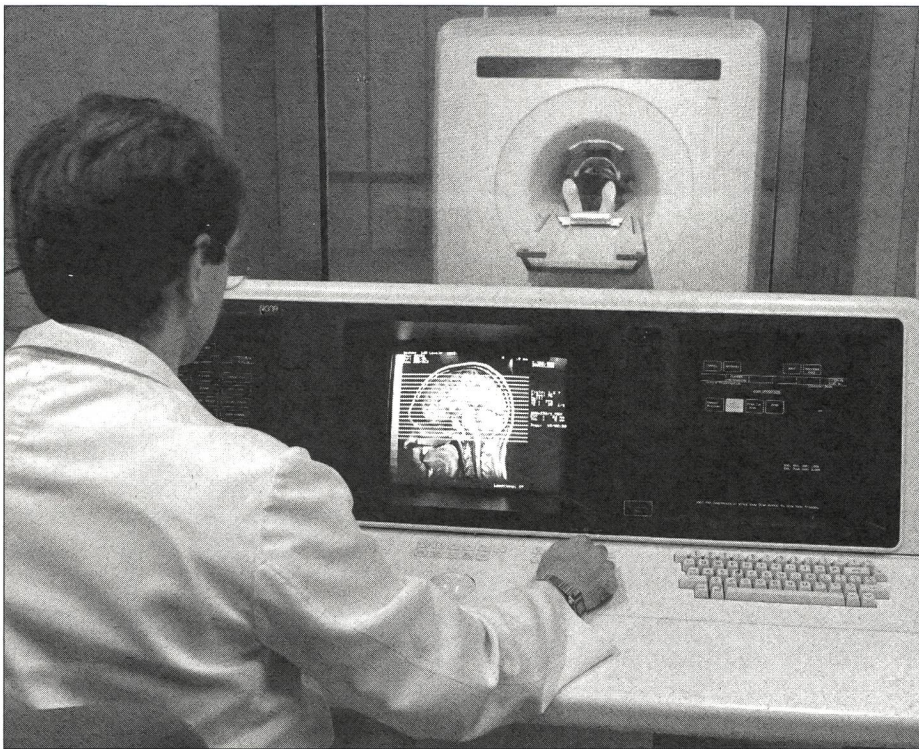
Messzwecke zwar völlig standardisiert, hat aber andere Verhältnisse als das eigene Rennrad. Also will die Testperson während des Tests lieber auf dem eigenen Rennrad fahren und möglichst nicht mit der «Gasmasken»! Die Wissenschaft hat daraus gelernt. So hat die Universität von Maastricht, Holland, zwei luftdichte Respirationszimmer bauen lassen, die es ermöglichen, tagelange Tests ohne Maske durchzuführen. Das Prinzip ist einfach, die Durchführung aber sehr komplex und deshalb völlig computergesteuert.



Der Elite-Radfahrer während eines 6-Tage-Tests im Respirationsraum des Ernährungs-/Forschungszentrums der Universität Limburg, Maastricht, Holland.

Foto: Fred Brouns

Wenn sich ein Radfahrer in diesem Raum aufhält, braucht er Sauerstoff zum Atmen. Dieser wird durch eine Öffnung zugeführt, durch welche eine bestimmte Menge Aussenluft pro Minute nach innen gepumpt wird. Auf der anderen Seite des Raumes wird mit der gleichen Geschwindigkeit die Zimmerluft abgesogen. Nun werden Sauerstoff- und CO₂-Konzentration in der eingehenden und ausgehenden Luft gemessen. Anhand der Resultate lässt sich die Sauerstoffaufnahme und die CO₂-Produktion ablesen. Das ermöglicht Messungen während des Schlafs, im Ruhezustand aber auch während einer maximalen Leistung. Der interessanteste Aspekt daran ist, dass man auf diese Weise indirekt sowohl den Gesamtenergieverbrauch, als auch den Anteil der Fette und der Kohlenhydrate in der Energieproduktion berechnen kann. So wurden «Tour de France»-



Magnetresonanz-Tomographie im «Centre de Ressonancia Magnètica» in Barcelona, wo ein Teil des «Sandoz Sport Research»-Programms durchgeführt wird.

Foto: Jordi Nieva

Simulationstests, welche unter Laborbedingungen in Maastricht durchgeführt wurden, international bekannt.

Atemluft, Abgas des Muskels

Aus der Atemluft kann man bestimmte Grössen wie Energieverbrauch sowie Kohlenhydrat- und Fettverbrauch ableiten. Einen direkten Einblick, was sich in der Muskelzelle abspielt, erhält man aber nicht. Teilweise kann der Muskelstoffwechsel anhand von Muskelproben beurteilt werden, welche unmittelbar nach Beendigung des Tests mit einer Biopsienadel dem Muskel entnommen werden.

Obwohl dieses Prozedere bei Studien über Stoffwechseländerungen im Muskel während Ausdauerbelastungen oft angewandt wird, hat es gewisse Nachteile. So sind z.B. bei hochintensiven Belastungen die metabolischen Veränderungen im Muskel viel grösser als bei der Ausdauerbelastung. Deshalb ist es logisch anzunehmen, dass diese Veränderungen auch einfacher zu messen sind. Das ist aber nicht der Fall. Der Grund dafür ist, dass sich diese kurzdauernden aber beträchtlichen Stoffwechselveränderungen sehr schnell normalisieren. Ein Teil dieser Veränderungen wäre dadurch im Muskelprobe-material gar nicht mehr nachweisbar.

Sekundenforschung

Zwischen dem Moment, in dem der Startschuss fällt und demjenigen, in

dem der Sprinter vom Block abstösst, steigt der Energieumsatz in seinen Muskeln um ein Tausendfaches. Sofort nach dem Finish fällt der Energieumsatz wieder steil ab. Aus dieser Erkenntnis lässt sich schliessen, dass Probeentnahmen beim Sprinter mindestens gleich schnell, wenn möglich noch schneller durchgeführt werden müssen als der Sprint selbst, was praktisch unmöglich ist. Optimal wäre ein Gerät, welches es erlauben würde, während der einzelnen Kontraktionen in den Muskel zu «blicken». Ohne Nadeln, ohne Blutentnahmen. Mit der Entwicklung von Kernresonanzgeräten ist dieser, bis vor einiger Zeit technologisch noch unvorstellbare Schritt, beinahe Wirklichkeit worden. Mit der Resonanztechnik ist es möglich, unter Anwendung von Kurzwellen, welche via bestimmte Stoffe widerhallen, quantitative Veränderungen zu bestimmen. Somit kann man im Muskel den Säuregrad, die vorhandenen energiereichen Phosphate wie auch das Muskelglykogen messen, den so wichtigen Kohlenhydratspeicher bei Ausdauerleistungen. Weiter können mit Hilfe einer ähnlichen Technik, der Magnetresonanz-Tomographie, Gewebestrukturen sehr genau bestimmt werden. Diesem high-tech-Forschungsgebiet haben die Schweizer Konzerne Sandoz und Wander, anlässlich der Olympischen Spiele 1992, mit internationalen Forschungsprojekten und zwei grossen Symposien in Chamonix und Barcelona internationale Impulse gegeben. ■

Zum Artikel: «Einfluss der Drehzahl auf die Leistung beim Velofahren»; Magglingen Nr. 4/1992 Seite 9ff.

In diesem Artikel werden folgende Drehzahlen als optimal vorgeschlagen: 60–70 Umdrehungen pro Minute (U/Min.) für Frauen und 70–85 U/Min. für Männer. Die Testpersonen waren Turnlehrerstudenten/-innen. Der beste Teilnehmer erreichte im besten Versuch eine anaerobe Schwelle bei 300 Watt Leistung. Ähnliche Tests bei Radprofis (anaerobe Schwellen bei 400 und mehr Watt) haben optimale Drehzahlen von 90–115 U/Min. ergeben. Gemäss diesem Artikel sollen Frauen eine tiefere optimale Drehzahl haben als die Männer. Die optimale Drehzahl hängt aber nicht vom Geschlecht ab, sondern vom Trainingszustand, der Trettechnik, der momentanen Belastung und der Muskelfaserzusammensetzung. Allgemein gilt: Bei hoher Belastung und bei gutem Trainingszustand nimmt die optimale Drehzahl zu.

Beispiele aus der Praxis

- Alle Stundenweltrekorde seit 1942 und die 100-km-Weltrekorde von Beat Meister wurden mit Drehzahlen von 106 ± 3 U/Min. aufgestellt. (Stundenweltrekorde 49,8–51,1 km/h)
- Im Sprint, bei höchster Belastung, werden auf der Strasse 120–150 U/Min. gefahren (Geschwindigkeit bis 70 km/h). Die selben Drehzahlen gelten beim Kilometer auf der Bahn. Im Bahnsport fahren die Besten Drehzahlen von 155–170 U/Min. (Geschwindigkeit bis 79 km/h).
- Ein Radprofi könnte mit Drehzahlen von 70–85 U/Min. nicht bestehen. Die grösste Übersetzung, welche in Profirennen gefahren wird, beträgt in der Regel 54×12 Zähne = 9,61 Meter pro Umdrehung. Grössere Übersetzungen können nicht gefahren werden, weil sie die Gelenke schädigen, die Kraftreserven zu schnell aufbrauchen (ein grosses Drehmoment reduziert die Dauerleistung massiv) und den Blutkreislauf stören. Fährt man diese Übersetzung mit 85 U/Min., ergibt das eine Geschwindigkeit von «nur» 49 km/h. Die höchsten Geschwindigkeiten werden mit 110 km/h in der Galibier-Pass-Abfahrt erreicht. Um dieses Tempo zu erreichen, muss die Übersetzung von 54×12 Zähne über längere Zeit mit viel Krafteinsatz und Drehzahlen bis 190 U/Min. ($110 \text{ km/h} = 30,6 \text{ m/s}$; $9,61 \text{ m/U} = 3,18 \text{ U/S} \times 60 = 191 \text{ U/Min.}$) gefahren werden. Wollte man 110 km/h mit einer Drehzahl von 85 U/Min. fahren, müsste man eine Übersetzung von 121×12 Zähne = 21,50 Meter pro Umdrehung verwenden! (Dies ist natürlich unmöglich.) ■

Manfred Nüscheler, Bern