

Auch Ausdauersportler sammeln immer mehr Daten

DEM MESS-BOOM AUF DER SPUR

Messtechnik für Ausdauersportler boomt. Die aktuellen Gadgets überwachen Bewegungen aller Art so umfangreich wie noch nie zuvor und zeichnen rund um die Uhr Daten auf. Welche Techniken stecken dahinter – und was bringen uns die gemessenen Werte?

Der Blick aufs Handgelenk ist für die meisten Sportler heute eine Selbstverständlichkeit.

Laufen gilt als der einfachste Sport der Welt. Aufstehen, Schuhe binden, Tür auf und los gehts! Doch wir alle wissen – so einfach ist es schon längst nicht mehr. Denn zur Grundausstattung vieler Sportler gehört heute eine GPS-Uhr mit Pulsmesser oder zumindest eine Lauf-App auf dem Smartphone. Der klare Trend geht dabei in Richtung mehr Technik, mehr Datenaufnahme – und mehr Kontrolle auch für Freizeitsportler. Mittlerweile wird man nicht nur bei Training und Wettkampf überwacht, sondern mit eingebauten Trackern zeichnen die Uhren und Apps rund um die Uhr Vitaldaten auf, sie helfen bei der Trainingsvorbereitung und der Analyse von Leistungswerten, messen Schrittlänge und Bodenkontaktzeit oder geben wie ein Trainer Ratschläge zu Ernährung, Regeneration und Technik. Doch es gibt einige Fragezeichen hinter dieser Entwicklung. Wie werden die Daten genau erhoben, wie genau sind sie – und vor allem: Welche Schlüsse, die einen weiterbringen, soll und kann man daraus ziehen?

TEXT: JÖRG GEIGER UND ANDREAS GONSETH

MESSTECHNIK OFT ÄHNLICH

Aktuelle GPS-Uhren zeichnen viele Daten auf und geben noch mehr Daten aus, denn durch geschickte Berechnungen kombinieren die Geräte verschiedene Informationsquellen. Die wichtigsten wirklich gemessenen Werte sind dabei Herzfrequenz und die Bewegung, wobei hier zwischen GPS-Daten und Sensordaten (z. B. Beschleunigungsmesser) zu unterscheiden ist. Dazu kommen die persönlichen Angaben des Sportlers, also Geschlecht, Alter, Grösse und Gewicht, die bei der Einrichtung der Geräte angegeben werden müssen, manchmal auch noch der Maximalpuls oder die Trainingshäufigkeit. Die meisten gemessenen Werte setzen auf diese Daten auf und beziehen sie in ihre Interpretation mit ein. In der Praxis greifen namhafte Hersteller von GPS-Uhren dabei zum Teil auf ähnliche Technik zurück. Garmin und Suunto setzen bei der Herzfrequenzmessung beide auf Technik der finnischen Firma Firstbeat,

Polar hingegen hat seine eigene Herzfrequenztechnik am Start. Auch bei den GPS-Systemen ist die blanke Chip-Technik unter der Haube oft gleich, den grossen Unterschied macht die Software aus.

OPTISCHE HERZFREQUENZMESSUNG

Aktuell gibt es zwei Techniken, mit denen beim Sport die Herzfrequenz gemessen wird: Die seit Jahren gewohnte per Brustgurt und die aktuell boomende über eine optische Messung, die (meist) am Handgelenk durchgeführt wird und keinen Gurt mehr benötigt. Nicht alle optischen Herzfrequenzmesser arbeiten bis ins letzte Detail gleich, sie haben aber zumindest eine gemeinsame technische Basis, die «Photoplethysmographie». Bei dieser Methode leuchtet man durch die Haut und misst, wie viel von dem eingestrahlt Licht durch den Blutfluss aufgenommen wird. Das Herzstück bei der optischen Herzfrequenzmessung sind Sensoren, die eng an der Haut anliegen müssen und meist an der Unterseite eines Uhrgehäuses verbaut sind. Mehrere grüne Dioden leuchten durch die Haut in die Blutgefässe. Grünes Licht wird dabei zum Teil vom Blut absorbiert. Da beim Herzschlag mehr Blut durch die Blutgefässe gepumpt wird, dazwischen der Blutfluss aber kurz abnimmt, wird mal mehr grünes Licht und mal weniger absorbiert. Ein kleiner Lichtsensor registriert genau, wie viel Licht von den Blutgefässen reflektiert wird.

Aus diesen gemessenen Werten lässt sich die Herzfrequenz genau bestimmen. Die Technik existiert schon länger und wird in der Medizin schon seit den 80er-Jahren eingesetzt, es gab aber lange einen grossen Haken für Sportler: Die Messungen lieferten sehr gute Werte, solange man sich nicht bewegte. Damit die Messung auch bei Sportlern klappt, musste daher noch mehr Technik her, und hier lassen sich



GPS-Uhren wie der Garmin Forerunner 630 überwachen Sportler rund um die Uhr und schätzen für die sportliche Leistung relevante Werte wie V02max.

FOTO: ANDREAS GONSETH

auch die Hauptunterschiede bei den Herstellern ausmachen. Die eingebaute Software einer guten Sportuhr zum Beispiel verrechnet die Messwerte von zusätzlichen Bewegungssensoren mit der Durchlässigkeit der Blutgefäße. Gleichzeitig versucht die Software – so gut es geht – Störer auszuschalten, etwa Lichteinfall, oder Fehler zu korrigieren, die durch minimales Rutschen der Uhr am Handgelenk entstehen. Auch verschiedene Hautfarben, starke Pigmentierung, Tattoos oder Muskelkontraktion können die Pulsmessung stören. Aus diesen Gründen ist es sehr schwierig, optische Herzfrequenzmesser objektiv gegeneinander zu testen, denn erst beim Sport und am (individuellen) Handgelenk des Athleten zeigen sich die Unterschiede. Die Pulsmessung am Handgelenk ist eine höchst individuelle Sache und funktioniert nicht bei jedem Sportler gleich gut.

Die Vorteile liegen aber sprichwörtlich auf der Hand, oder zumindest auf dem Handgelenk. Wer zum Beispiel mit einem Aktivitätstracker seinen Schlaf überwacht oder die Herzfrequenz über den ganzen Tag im Auge behalten will, kann das mit der optischen Messung heute viel bequemer machen als früher mit einem Brustgurt. Schwieriger wird es, wenn es beim Sport richtig zur Sache geht und sich z. B. bei einem Intervall die Belastung in kurzen Abständen ständig verändert. Bei Vergleichen mit Brustgurt liegen gute optische Herzfrequenzmesser aber dennoch im Bereich plus/minus fünf Schläge im Vergleich zur Gurtmessung. Schlechte hingegen liegen aber auch mal komplett daneben und reagieren vor allem sehr träge.

PULSMESSUNG MIT GURT

Bereits seit mehr als 30 Jahren gibt es die Pulsmessung mit Gurt. Er wird unterhalb der Brust

getragen und misst über zwei integrierte Hautelektroden die Herzfrequenz. Dabei werden die sogenannten R-Impulse erfasst, die im Herzschlagdiagramm nach oben zeigenden Zacken. Ein Problem bei dieser Messmethode ist der Hautwiderstand. Aus diesem Grund kennen Sportler den Trick, vor dem Anlegen des Gurts die Elektroden zu befeuchten. Dieser Feuchtheitsfilm zwischen Haut und Elektroden senkt den Widerstand. Später sorgt dann bei Sportlern der Schweißfilm für eine natürliche Reduzierung des Hautwiderstands. Zu den häufigsten Fehlerquellen bei dieser Messmethode gehört ein schlecht sitzender Pulsgurt. Der aktuelle Wert der Herzfrequenz wird als Funksignal mit geringer Reichweite ausgesendet. Damit man in der Laufgruppe nicht plötzlich die Herzfrequenz des Nebenmanns auf der Uhr hat, ist die Verbindung zwischen Brustgurt und Uhr kodiert, sprich es gibt genau ein Signal, auf das die Uhr anspricht. Die Pulsmessung mit Gurt ist aktuell noch exakter als die optische Methode, erworben wird mit EKG-Genauigkeit. Praxistests mit Gurt bestätigen, dass die Genauigkeit tatsächlich sehr hoch ist, wenn es keine Störfaktoren wie schlecht sitzende Gurte oder Softwarefehler gibt.

GPS-MESSUNG MIT TÜCKEN

Der Königsweg für die Geschwindigkeitsmessung bei Ausdauersportlern ist heutzutage ganz klar GPS. Einfach Uhr oder Smartphone mit passendem Sportmodus einschalten, Sport treiben, an den PC anschließen – und schon präsentiert sich die absolvierte Runde mit allen Daten fein säuberlich aufgezeichnet auf Google-Maps. Ein Service, den viele Sportler heute nicht mehr missen möchten und den viele auch dazu nutzen, um den Überblick zu haben über Streckenführung, Distanz und Zeitaufwand

ihrer Trainingsrunden. Die Aufzeichnungen bieten zudem die Grundlage für die Weiterverbreitung über Social Media.

Die meisten Sportler dürften die Genauigkeit ihrer GPS-Uhr aber überschätzen, denn meist misst die Sportuhr eine zu lange Strecke. Die Abweichungen bewegen sich bei guten Modellen um ein bis zwei Prozent, der Fehler kann aber auch fünf Prozent und mehr betragen, was dann bei langen Distanzen doch relevant ist. Doch wie kommt es zu diesen Ungenauigkeiten? Wer das verstehen will, sollte ein paar GPS-Basics kennen. Die GPS-Empfänger am Läuferhandgelenk empfangen Daten von den GPS-Satelliten. Dabei handelt es sich aber nicht bereits um die richtige Position des Empfängers, vielmehr strahlen die Satelliten ständig ihre eigene aktuelle Position und die genaue Uhrzeit aus. Damit eine GPS-Sportuhr richtig arbeiten kann, sind die Daten von mindestens vier Satelliten nötig. Befindet man sich nicht gerade in einer Häuserschlucht oder einem Tunnel, sollten vier bis zwölf Satelliten in Reichweite sein. Aus den angelieferten Daten berechnet der GPS-Empfänger am Handgelenk die Signallaufzeit und daraus kann er dann die eigene Position und die Geschwindigkeit bestimmen. Die GPS-Empfänger in Sportuhren nutzen dabei den sogenannten Standard Positioning Service (SPS), der mindestens bis auf 15 Meter genau arbeitet.

FOTO: ISTOCKPHOTO.COM



Für ambitionierte Sportler funktioniert die Pulsmessung mit Brustgurt noch immer am zuverlässigsten.

IN STÄDTEN SCHWIERIGER

Wichtig für Läufer ist zu wissen, dass die GPS-Genauigkeit «nur» für 95 Prozent der Messungen garantiert wird, es können also in Ausnahmefällen auch grössere Abweichungen auftreten. Aber eine gute Nachricht gibt es auch: Da immer mehr ältere GPS-Satelliten durch neuere Modelle ersetzt werden, steigt auch die Genauigkeit, sodass man bei der Positionsbestimmung meist nur noch von Abweichungen um die zehn Meter ausgehen kann. Je mehr Satelliten für den GPS-Empfänger sichtbar sind, desto besser. Hohe Gebäude, aber auch Berge und dichter Wald führen zu schlechterer Genauigkeit, weil die Auswahl an sichtbaren Satelliten dann geringer ist. Eine Faustregel: Je kleiner der sichtbare Ausschnitt zum Himmel ist, desto schlechter funktioniert die genaue Ortung. Der Grund: Man hat dann nur die senkrecht über einem befindlichen Satelliten zur Auswahl. Deren Signallaufzeiten sind aber recht ähnlich, was zu Ungenauigkeiten führt. Ein aktuelles GPS sucht sich genau die vier Satelliten in Reichweite aus, die am weitesten voneinander entfernt sind. Ausserdem sind in einer Stadt mit vielen Gebäuden die sogenannten Mehrwegeeffekte deutlich spürbar, also eine starke Reflexion von Signalen. Die GPS-Uhren korrigieren zwar diese Effekte, doch hier entstehen Abweichungen. Anders als die vorherrschende Meinung ist übrigens das Wetter kein grosser Störfaktor. GPS-Signale arbeiten

ausserhalb des sichtbaren Wellenspektrums, dichte Wolken oder Regen stören den GPS-Empfang bei guten Geräten nicht wirklich.

Stärker wirken sich da schon die Störungen in der Hochatmosphäre (Ionosphäre) aus, die etwa 80 Kilometer über der Erdoberfläche beginnt. Dort sorgt die Sonneneinstrahlung für eine Veränderung der Gasmoleküle, was die GPS-Signalausbreitung bremst. Das lässt sich nur über Korrekturdaten beheben, wie sie etwa von Differential GPS oder Korrektursatelliten (WAAS/EGNOS) gesendet werden. Das Problem: Diese Korrektursignale werden von den GPS-Laufuhren nicht verarbeitet, denn das würde viel Energie kosten. Zu Unrecht wird die Genauigkeit des GPS-Empfangs oftmals einzig auf den Empfänger in der Uhr abgewälzt. Die meisten Uhren für Läufer setzen mittlerweile auf die gleichen Chips. Unter der Haube werkelt ein SirfStar- oder MediaTek-Empfänger, der aus GPS-Prozessor, Energiemanagement und aktiver Störsenderfilterung besteht.

Entscheidender als die Chips ist in der Praxis die Antenne und deren Unterbringung im Gerät. Und ebenfalls nicht zu unterschätzen ist die Gerätesoftware. Die entscheidet schliesslich darüber, was der Sportler auf seiner Uhr sieht. Die Sportuhren berechnen einmal pro Sekunde die Position. Viel Zeit bleibt also nicht, um

die Daten aufzubereiten und korrekt anzuzeigen. Apropos korrekt: Noch ungenauer als die zurückgelegte Strecke ist die Anzeige der aktuellen Geschwindigkeit. Vor ein paar Jahren noch haben die Laufuhren einfach die Geschwindigkeit präsentiert, was bei GPS-Ungenauigkeiten zu Sprüngen in der Anzeige geführt hat. Die aktuellen Uhren glätten per Software die Werte zu einer gleichmässigen Anzeige. Das macht die Anzeige der aktuellen Geschwindigkeit zwar nicht genauer, als Läufer kriegt man aber einen besseren Einblick, in welchem Bereich man läuft. Ebenfalls mit Vorbehalt zu geniessen ist die Höhenmessung per GPS, vor allem dann, wenn man nicht nur die aktuelle Höhe bestimmen will, sondern am Schluss einer Tour die gesammelten Höhenmeter vergleicht. Da können bei drei Sportlern mit einer GPS-Uhr auf derselben Tour schnell einmal 50 bis 100 Höhenmeter Differenz pro 1000 Höhenmeter angezeigt werden. Einzelne Sportuhren für den Outdoorsportler haben daher zusätzlich zum GPS eine barometrische Höhenmessung in ihre Uhren verbaut.

INDOOR OHNE GPS

GPS ist trotz den angebrachten Vorbehalten eine recht genaue und vor allem einfache Methode, um im Freien die zurückgelegte Strecke zu messen, in Gebäuden ist sie aber wertlos. So gut wie alle Hersteller setzen deshalb als Ergänzung zu GPS auch Beschleunigungssensoren ein. Viele

Der heisseste Trend bei GPS-Uhren ist derzeit ein optischer Herzfrequenzmesser, der Pulsgurte in Zukunft überflüssig macht.



FOTO: ZVG

Gemessene Sensordaten am Handgelenk sind für Radsportler nutzlos.

Fitness-Armbänder setzen sogar ausschliesslich auf die Sensoren und lassen GPS aus Stromspargründen aussen vor. Die Beschleunigungssensoren arbeiten meist auf rund 50 Hz und sind für den Einsatz im Sport vorkalibriert. Sie registrieren Bewegungen in alle Richtungen (3D-Sensoren). Abhängig von den gemessenen Bewegungen werden die Aktivitäten in bestimmte Klassen unterteilt. Die Gadgets unterscheiden damit – allerdings recht grob –, ob ein Sportler wirklich aktiv ist, eine Pause macht oder zum Beispiel leichte Arbeiten im Haushalt ausführt. Damit Ausdauerleistungen erkannt werden, registrieren die Sensoren Bewegungen meist in 30-Sekunden-Intervallen. Wer also mit seinem Fitnessarmband am Computer sitzt und einmal kurz das Handgelenk schüttelt, kriegt dafür keine Aktivität registriert. Erst wenn Sie länger als 30 Sekunden am Stück die Hand bewegen, registriert der Sensor das als Aktivität. Die 30 Sekunden-Intervalle werden meist noch über mehrere Minuten gebündelt. Wenn zum Beispiel fünf Minuten Aktivität am Stück registriert wird, schreiben Ihnen die Gadgets ein erstes Workout gut. Ähnliche Bewegungsmuster wollen die Geräte dabei erkennen und entsprechend etwa einen Lauf von einem Tennismatch unterscheiden.

Neben der blossen Aktivität und der Zuordnung zu einer Sportart wird auch versucht, einen Rhythmus in der Bewegung zu erkennen. So soll es möglich sein zu bestimmen, ob es sich beispielsweise um einen Tempolauf oder ein lockeres Traben handelt. In einem bestimmten Abstand, oft Messintervalle von einer Minute, werden die aufgezeichneten Bewegungen in Schritte umgerechnet. Doch Moment, woher weiss ein Fitness-Gadget, wie viele Schritte eine bestimmte Bewegung ausmachen? Das wissen sie natürlich nicht, die Schrittzahle ist eigentlich nur ein Trick, um Nutzern einen Eindruck von der gemessenen Aktivität zu geben. Wenn also 1000 Schritte angezeigt werden, bedeutet das nicht automatisch, das man auch wirklich ganz genau 1000 Schritte zurückgelegt hat. Doch die Daten sind natürlich auch nicht völlig aus der Luft gegriffen, ohne passenden Input geht das aber nicht. Viele Hersteller verwenden dazu Videodaten, etwa von Läufern oder Tennisspielern, sodass eine bestimmte Bewegung mit einem zugeordneten Rhythmus einer Sportart und einer Intensität zugeordnet werden kann. Daraus ergibt sich dann ein Durchschnittswert für die zurückgelegten Schritte. Hat man dann

noch bei der Einrichtung des Geräts die Körpergröße angegeben, wird die Zahl der Schritte einfach mit einem Durchschnittswert für die Schrittlänge multipliziert – und schon hat man eine grobe Distanzangabe. Diese Methode ist allerdings sehr viel ungenauer als die Messung per GPS. Was man tun kann, um die Ergebnisse zu verbessern, ist, die Sensoren zu kalibrieren. Hier können wir einen Zeitsprung in die Pre-GPS-Ära machen, als noch mit Sensoren am Schuh gelaufen wurde. Heute kombinieren Hersteller wie Garmin GPS und Sensoren, indem Daten von GPS-Messungen einem Sensor zur Kalibrierung eingepflegt werden. Beim Laufen klappt das ganz gut, vor allem, wenn man nicht das Streckenprofil wechselt. Gemessene Sensordaten am Handgelenk sind aber zum Beispiel für Radsportler nutzlos. Auch beim Kraft- und Fitnesstraining (Stepper, Cross-Trainer) oder zum Beispiel beim Treppensteigen liefern die Sensordaten allein im Prinzip keine wirklich nützlichen Informationen, weil die Erfassung der realen Bewegungen zu ungenau ist.

VO2MAX ALS SCHÄTZUNG

Ein für viele Sportler wichtiger Wert ist die VO2max, die maximale Sauerstoffaufnahme. Der Wert gibt an, wie viele Milliliter Sauerstoff der Körper maximal pro Minute verwerten kann und ist damit eine Art Obergrenze für die Ausdauerleistungsfähigkeit. Die wissenschaftliche

Messung der VO2max ist aufwendig, meist wird dazu ein Laufband verwendet und der Sportler über Intervallbelastungen an die Grenzen getrieben. Über die Messungen des Sauerstoffgehaltes der eingeatmeten und ausgeatmeten Luft, des Volumens der ausgeatmeten Luft und der dafür benötigten Zeitspanne kann die VO2max berechnet werden. Sie liegt je nach Trainingszustand zwischen 10 und 90 ml/kg/min, wobei man sich als Grundregel merken kann, «mehr ist besser», also je höher der Wert ist, desto besser die Ausdauer. Wer es ernst meint mit dem Sport und systematisch trainieren will, für den ist der Gang zur Leistungsdiagnostik durchaus aufschlussreich.

Auch die GPS-Sportuhren bieten die Ermittlung des VO2max-Werts an. Schaut man etwas genauer nach, etwa in den Datenblättern, dann steht dort meist etwas milder «VO2max-Schätzung». Das Prinzip dahinter ist einfach: Es gibt



Schritte sind vor allem für Einsteiger eine einfache Messeinheit, um die eigene Aktivität besser einschätzen zu können.



Damit Zürich in Form bleibt: der ZKB ZüriLaufCup 2016.

Dietiker Neujahrslauf, Dietikon
Laufsporttag Winterthur, Winterthur
Männedorfer Waldlauf, Männedorf
GP der Stadt Dübendorf, Dübendorf
Zürich Marathon (Cigrun), Zürich

9. Januar
5. März
19. März
9. April
24. April

9. Mai
4. Juni
15. Juni
26. Juni
21. August

Zürchersee-Lauf, Adfoltorn am Albis
Rüti-Lauf, Rüti
Greifensee-Lauf, Uster
Pfäferssee-Lauf, Wetzikon

27. August
10. September
17. September
29. September

Mehr unter www.zkbzuerilaufcup.ch

Die nahe Bank  Zürcher Kantonalbank

NEU. SO WIE VOR 30 JAHREN.



VOM ERFINDER DES ENERGIERIEGELS 1986: DER NEUE ENERGIZE | MIT NATÜRLICHEN ZUTATEN
LEICHT ZU ÖFFNEN & ZU KAUFEN | ACHTUNG TRIATHLETEN: KLEBT NICHT MEHR AM OBERROHR!

PowerBar

YOU'RE STRONGER THAN YOU THINK™

POWERBAR® is a registered trademark, used under license.

www.PowerBar.ch



ein lineares Verhältnis zwischen Sauerstoffaufnahme und Laufgeschwindigkeit. Je schneller man läuft, desto höher ist die Sauerstoffaufnahme. Lässt man einen austrainierten Athleten gegen ein Couch-Potatoo antreten und beide laufen mit gleicher Geschwindigkeit, dann ist ihre Sauerstoffaufnahme gleich. Klar ist auch, dass der Topssportler dabei weit unter seinem $\dot{V}O_2\text{max}$ -Wert liegt, der Untrainierte näher am Maximum. Die GPS-Uhren haben ein recht genaues Auge auf die Geschwindigkeit und auch auf den Puls. Auch hier gibt es Parallelen: Je schneller die Laufgeschwindigkeit des Athleten, desto höher ist die Herzfrequenz.

Eine $\dot{V}O_2\text{max}$ -Schätzung funktioniert folgendermassen: Wichtig ist, dass man die Uhr mit persönlichen Daten gefüttert hat, vor allem mit Geschlecht, Alter und maximaler Herzfrequenz. Dann werden beim Training Herzfrequenz und Speed gemessen. Die gesammelten Daten werden von der Software der Uhr in Segmente eingeteilt und bereinigt. Zum Beispiel werden die Teile der Aufzeichnungen nicht berücksichtigt, bei denen der Sportler angehalten hat, etwa, weil er eine Strasse überqueren musste und wegen des Verkehrs gezwungen war zu stoppen. Auch nicht berücksichtigt werden Abschnitte, bei denen die Herzfrequenz sprunghaft ansteigt, wie man es bei sehr langen Läufen oft sieht. Anhand der gesammelten Daten macht die Software eine Schätzung für die $\dot{V}O_2\text{max}$, die die oben beschriebene Abhängigkeit von Geschwindigkeit und Puls berücksichtigt. In Tests ergab sich dabei eine Genauigkeit von 95 Prozent gegenüber den Labortests für Läufer und 92 Prozent für

Radfahrer. Als Anhaltspunkt also durchaus respektabel. Der Vorteil der GPS-Messung ist, dass sich die Sportler dabei nicht komplett verausgaben müssen. Die maximale Herzfrequenz wird ohne eigene Angaben anhand des Alters geschätzt, hier dürfte wohl das grösste Fehlerpotenzial liegen. Schlechtere $\dot{V}O_2\text{max}$ -Genauigkeit liefern Tests, die auf Belastungsmessung verzichten. Hier wird dann nur das Verhältnis von maximaler und Ruhe-Herzfrequenz berücksichtigt und über die sogenannte Uth-Sørensen-Øvergaard-Pedersen Schätzung ein Näherungswert berechnet. Die $\dot{V}O_2\text{max}$ ist dabei ungefähr $\text{Herzfrequenz max} / \text{Herzfrequenz min}$ multipliziert mit 15. Liegt der Maximalpuls bei 180 und die Ruheherzfrequenz bei 60, kommt man demnach auf einen $\dot{V}O_2\text{max}$ -Wert von 45 ml/min/kg.

VORHERSAGE VON BESTZEITEN

Für ambitionierte Ausdauersportler kann die $\dot{V}O_2\text{max}$ -Messung relevant sein, anderen ist dieser Wert aber auch völlig egal. Was bei allen zählt, sind Wettkampfergebnisse. Und hier bieten einige GPS-Uhren eine Vorhersagefunktion an, die ebenfalls mit der $\dot{V}O_2\text{max}$ zusammenhängt. Dabei bedienen sich die Uhren an einfachen Tabellen, die den Zusammenhang von $\dot{V}O_2\text{max}$ und Finisier-Zeiten abbilden, die in Studien ermittelt wurden. Mit einem $\dot{V}O_2\text{max}$ -Wert von 54 beispielsweise wird man nach der Vorhersage die 3-Stunden-Marathongrenze knapp knacken können und auf 10 Kilometern unter 39 Minuten laufen. Die Pauschalvorhersagen sind

Sportler sind nicht mehr zwingend auf GPS-Uhren angewiesen, auch Smartphone-Apps zeichnen Daten auf und bereiten sie zur Auswertung auf.

allenfalls motivierend und zeigen das Potenzial auf, sie sind aber wenig verbindlich.

SCHWANKENDER KALORIENVERBRAUCH

Fast alle Sportuhren spucken nach getaner Arbeit – sprich Sport – eine Kalorienzahl aus, die man im Scheweisse seines Angesichts verbraucht hat und beim Essen als Supplement auf den Tagesverbrauch draufpacken darf. Nicht wenige Menschen nutzen GPS-Uhren und andere Gadgets daher auch als Orientierung beim Abnehmen, und da sind Kalorien nun mal die wichtigste Währung. Wichtig zu wissen: Auch hier sind die Werte reine Schätzwerte und können massiv von der individuellen Realität abweichen. Den genauen Kalorienverbrauch kann man nur mit aufwendiger Labortechnik bestimmen. Aber zumindest kann die Uhr in Kombination mit den Pulswerten den Anstrengungsgrad erkennen, wodurch die Angaben etwas genauer werden.

Dennoch gilt: Die Technik-Gadgets schätzen nur. Dazu verwenden fortgeschrittene Geräte die persönlichen Angaben (Grösse, Gewicht) und nutzen zwei Werte, den Sauerstoffverbrauch (siehe $\dot{V}O_2\text{max}$) und den respiratorischen Quotienten (RQ). Der RQ beschreibt das Verhältnis von ausgeatmetem Kohlendioxid zum gleichzeitig aufgenommenen Sauerstoff; dabei ergeben sich Werte von 0,7 bis 1. Pro Liter verbrauchtem Sauerstoff rechnet man mit ungefähr fünf verbrauchten Kalorien. Dauer und Intensität im

Sport beeinflussen den RQ, sodass in der Regel der Energieverbrauch immer aktuell berechnet wird und am Schluss die Summe über das komplette Training die Kalorienschätzung bildet. Im Vergleich zur Labormessung liegt diese Methode um bis zu zehn Prozent daneben.

Es gibt auch noch andere Wege, um den Kalorienverbrauch zu messen, leider sind diese noch ungenauer. Viele Fitness-Gadgets verwenden etwa eine direkte Umrechnung von Herzfrequenzdaten in Kalorien, was natürlich nur als grober Richtwert dient. Der Vorteil ist: Das klappt ganz einfach, aber man liegt damit um bis zu 35 Prozent daneben. In vielen Fitness-Armbändern wird die Kalorienschätzung sogar komplett ohne Pulsmessung gemacht. Von Sensoren entdeckte Bewegungen werden dabei in Kalorien umgerechnet. Hier hat man den grössten Fehleranteil von bis zu 60 Prozent, das ist dann nicht einmal mehr als grober Richtwert tauglich.

EXPERIMENT SCHLAFQUALITÄT

Auch bei der Messung der Schlafqualität kommen 3D-Sensoren zum Einsatz. Zuerst einmal wird die Einstellung der Uhr berücksichtigt und das Gerät schätzt, dass die längste Ruhephase zwischen 18 Uhr und 8 Uhr eine Schlafphase ist. Einige Geräte muss man als Nutzer auch explizit per Knopfdruck auf den bevorstehenden Schlaf hinweisen. Da Menschen in den seltensten Fällen die ganze Zeit im Tiefschlaf sind, kennen die Uhren Schlafmuster, die man in

Tests festgestellt hat. Als qualitativ hochwertig gilt der Schlaf, wenn man sich dabei möglichst wenig bewegt hat. Dafür werden auch wieder die Sensordaten herangezogen. Wichtig: Ein Hinweis auf schlechten Schlaf ist es, wenn man sich über einen längeren Zeitraum immer wieder bewegt. Kurze, heftige Bewegungen, wie sie etwa beim Umdrehen im Bett registriert werden, fallen nicht so stark ins Gewicht. Insgesamt gesehen ist die Schlafanalyse aber ein Bereich, in dem noch viel experimentiert wird und wo die aus Uhren ermittelten Daten noch nicht wirklich aussagekräftig sind.

UNGEFÄHRE REGENERATIONSZEITEN

Wer schon mal mit einer aktuellen GPS-Uhr gespielt hat, wird bestimmt auch die Angaben zur Erholungszeit aufmerksam beobachtet haben. Meist sind diese Angaben gefühlt viel zu hoch. Nach einem Tempotraining kriegt man von den Uhren bis mehrere Tage Ruhe verordnet und vor allem: Die Angaben verschiedener Uhren bei gleichen Belastungen unterscheiden sich. Bei Vergleichstests (gleichzeitiges Tragen zweier GPS-Sportuhren) auf langen Läufen in der Marathonvorbereitung wurden durch die eine Uhr vier Tage Ruhe verordnet, während die andere sogar eine Regenerationsdauer von sechs Tagen angezeigt sah. Danach verkürzten sich bei gleicher Laufdauer die empfohlenen Regenerationszeiten auf bis zu 36 Stunden, um kurz vor Ende der Vorbereitungsphase wieder auf drei Tage anzusteigen. Interessant zu beobachten war, dass zumindest die Tendenz bei beiden Uhren gleich



GPS-Uhren helfen nicht nur beim Training, sondern bestimmen auch die nötige Regenerationsdauer. Allerdings benötigen die angegebenen Daten individuellen Interpretationsspielraum.

GPS-Uhren stellen heutzutage Daten bereit, für die Sportler früher ins Lauflabor mussten.



FOTO: ISTOCKPHOTO.COM





Und Stop! Im «modernen» Wettkampfsport heutzutage das Standardbild beim Zieleinlauf.

Lassen Sie die Gadgets doch auch mal zu Hause.

Doch wie wird eine Erholungszeit durch die Uhr überhaupt berechnet? Die Hersteller verraten dazu kaum Details. Eine oft verwendete Methode ist der Einbezug der Herzfrequenzvariabilität (HFV), also die Veränderungen im Herzrhythmus. Der HFV-Wert ist bei gut erhaltenen Sportlern hoch, bei schlecht erhaltenen bzw. übertrainierten Sportlern niedrig. Klingt komisch, der Grund dafür ist aber folgender: Die HFV wird vom vegetativen Nervensystem gesteuert, das wiederum in ein sympathisches (Sympathikus) und parasympathisches Nervensystem (Parasympathikus) untergliedert ist. Der Sympathikus ist dafür zuständig, dass unser Körper Herausforderungen meistern kann, etwa Trainings oder tägliche Arbeit. Der Parasympathikus übernimmt die Erholung. Wenn sich ein Sportler im Training fordert, übernimmt also der Sympathikus das Ruder, die Herzfrequenz geht hoch, die HFV geht aber runter, denn das Herz gibt so viel Gas wie möglich. Stress bedeutet also wenig Variabilität, Erholung dagegen einen hohen HFV-Wert. Um die Erholungszeit für einen Athleten zu berechnen, werden seine Ruhe-Herzfrequenz, sein Maximalpuls sowie die HFV-Werte berücksichtigt. Ausserdem wird, falls möglich, auf «historische» Werte zurückgegriffen, also auch berücksichtigt, wie schnell sich der Sportler von ähnlichen Belastungen schon mal erholt hat. Uhren können also durchaus lernfähig sein. Warum die Erholungsempfehlungen in der Praxis abweichen, hängt damit zusammen, welche Parameter die Uhren für die komplette Erholung zugrunde legen. Nur wenn die Uhr den Sportler im regenerierten Zustand erlebt hat, kann sie die Unterschiede zur Belastung genauer einschätzen. Deshalb gilt: Je öfter Sie mit Pulsmessung laufen, desto präziser werden die Ergebnisse für die Regenerationszeiten sein. Ohne Pulsmessung (also nur über die Tempo- und Distanzangaben berechnet) sind die Angaben definitiv nicht zu gebrauchen, denn dies alleine sagt noch nichts über die Intensität der Belastung aus.

war, auch wenn die konkreten Empfehlungen nie dieselben waren. Mit etwas Routine kann man die Empfehlungen daher durchaus als Anhaltspunkt einsetzen.

Wichtig zu wissen: Die Angaben bedeuten nicht, dass man überhaupt keinen Sport machen sollte oder darf in der angegebenen Zeit, denn kein eingefleischter Sportler will in der Marathonvorbereitung sechs Tage Pause machen. Das muss er aber auch nicht, denn die Uhren zeigen lediglich, wie lange es dauern würde, bis man von einem Training wieder komplett erholt ist, und das kann nach einem harten und langen Lauf mit Endbeschleunigung gut ein paar Tage dauern. Was wiederum aber nicht bedeutet, dass man in der Zwischenzeit nicht andere, etwas weniger intensive Trainingsreize setzen darf. Die Angaben können dahingehend interpretiert werden, den richtigen Trainingsmix zwischen intensiven und weniger intensiven Einheiten zu finden.

BLUTDRUCK, SCHRITTLÄNGE UND BODENKONTAKTZEIT

So fortschrittlich die aktuelle Technik erscheint: Die Entwicklung ist noch lange nicht beendet. Mit Hilfe entsprechender Apps und Sensoren wird die Datenerfassung künftig noch einmal massiv gesteigert werden, vor allem mit so genannten Wearables. So heissen Computersysteme, die am Körper getragen werden. Kopfhörer spielen nicht mehr nur Musik ab, sondern messen gleichzeitig auch den Puls, Sensoren am Oberkörper kontrollieren Parameter wie Blutdruck, Körpertemperatur und Schweißproduktion und Sensoren am Laufschuh erfassen Schrittfrequenz, Fussaufsatzwinkel und Bodenkontaktzeit. Der Laufcoach sitzt dadurch direkt auf dem Schuh, denn nach erfolgter Messung gibt der virtuelle Experte über Kopfhörer beim nächsten Training Anweisungen, wie man seinen Laufstil oder die Schrittfrequenz verändern kann und soll. Grundsätzlich nicht uninteressant, aber auch hier stellt sich die Frage, was das ausser einem Anhaltspunkt wirklich bringt.

Denn der Sensor am Schuh sieht natürlich (noch) nicht, was die Knie, die Hüfte oder Oberkörper zur gleichen Zeit machen und er weiss auch nicht, wie der Sportler um die Hüfte gebaut ist und ob er einen Senk- oder Spreizfuss besitzt. Ein erfahrener realer Coach aus Fleisch und Blut wird der Technik daher sicher noch eine Weile überlegen sein.

FAZIT: INTERPRETATION MIT AUGENMASS

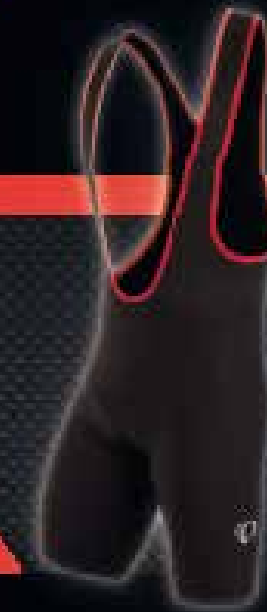
«Fakten statt Vermutung», lautet das grosse Argument passionierter Selbstvermesser. Noch nie konnten Freizeitsportler so viele Daten über sich erheben und noch nie ging es so einfach. Die Sache hat nur zwei Haken, erstens: In vielen Fällen sind die Daten nicht ganz exakt und in erster Linie Annäherungswerte, die von körperbewussten Menschen mit etwas Erfahrung durchaus auch intuitiv oder mit einfachen Praxistests ermittelt werden können. Und zweitens: Die von der Technik gezogenen Schlüsse sind nicht immer richtig und orientieren sich an Mittelwerten, die individuell stark abweichen können. Ein Beispiel: Sie haben die drei Stunden im Marathon leider wieder nicht geknackt, obwohl die GPS-Uhr bei der Rennvorhersage genau das prophezeit hat? Nehmen wir mal an, es lag nicht daran, dass Sie einfach keinen guten Tag hatten, auch nicht an Staus in einem zu engen Läuferfeld und auch nicht daran, dass Sie taktische Fehler gemacht haben wie ein zu schnelles Loslaufen. Doch woran lag es dann? Die Vorhersage Ihrer Marathon-Zeit beruht auf der ermittelten VO₂max. Die wird mit 95-prozentiger Wahrscheinlichkeit von der Uhr richtig berechnet. Sie beruht auf Puls und Geschwindigkeit, die ebenfalls mit der Uhr ermittelt werden. Ein paar Schläge zu wenig bei der Pulsmessung, dafür ein bisschen zu viel Speed bei der GPS-Messung – und schon verfälscht sich das Gesamtergebnis.

Unser Aufruf an «moderne» Ausdauersportler lautet daher: Nutzen Sie die Errungenschaften der modernen Technik, aber nutzen Sie sie mit Augenmass und Gelassenheit und interpretieren Sie die Zahlen auf dem Display nicht immer als bare Münze, sondern als Orientierungs- und Richtungsangabe. Zum Aha-Effekt könnte auch werden, wenn Sie einmal die Zeit zusammenzählen, die Sie für die Nutzung all Ihrer technischen Gadgets aufwenden. Wie viel Wochenzeit benötigen Sie zum Installieren, Aufzeichnen, Teilen und Auswerten? Vielen wird erst dann bewusst, dass sie zwar viel aufzeichnen, aber wenig auswerten, oder sie realisieren, dass sie für all die Spielereien so viel Aufwand betreiben, dass sie Zeit locker zwei-, drei Stunden mehr trainieren könnten.

Lassen Sie daher Uhr, Tracker oder Smartphone auch mal für einzelne Trainings zu Hause liegen und laufen Sie einfach los, so wie früher! Achten Sie dabei einzig und alleine auf Ihre Empfindungen. Sie werden sehen, dass die geschickte Kombination von Intuition, Erfahrung und Technik schlussendlich am meisten Fortschritte bringt. **f**



1:1 ANATOMIC INTERFACE



P.R.O. PURSUIT BIG SHORT

ES HAT MEHR ALS 50 JAHRE GEDAURT, UM EIN SOLCH EINFACHES, ABER GLEICHZEITIG LEISTUNGSSTARKES SITZPOLSTER WIE DIESES ZU ENTWICKELN.

Das neue P.R.O. Anatomic 1:1 Chamois® ist wie eine zweite Haut, indem das Polster direkt in das Material eingearbeitet und nach dem Top-Down-Prinzip konstruiert ist. Das Relief ist auf der Unterseite, so dass eine komplett glatte Oberfläche zur Haut hin geschaffen wurde. An den wichtigsten Kontaktpunkten wurde das Polster verstärkt, auf unnötig ständendes Material wurde verzichtet.