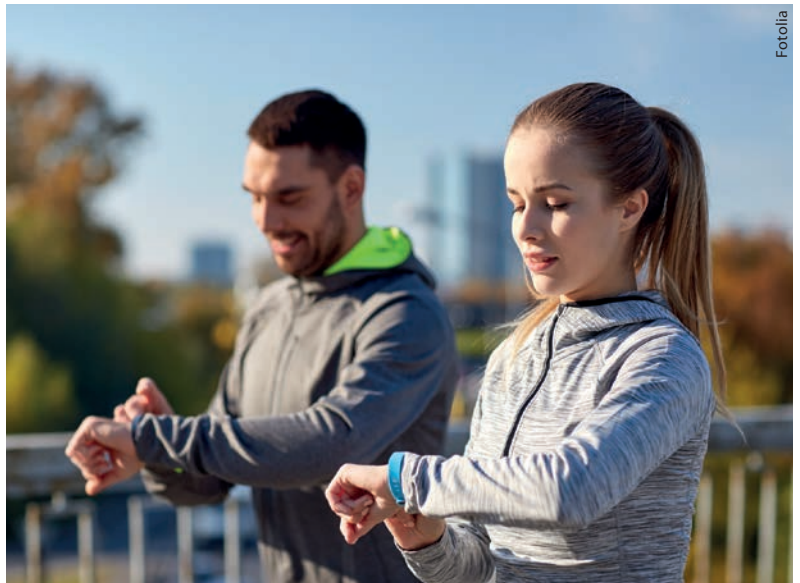


## ■ Mess' dich fit!

Fitness-Tracker analysieren Sensordaten, um die Aktivität und Befindlichkeit ihres Trägers zu erfassen.

Was einst Leistungssportlern im Training vorbehalten war, zieht nun in den Alltag ein: Sensoren, die ihren Träger vermessen, um daraus mit Hilfe von Algorithmen Empfehlungen für ein gesünderes Leben abzuleiten. Die dedizierten Fitness-Tracker gibt es vor allem als Armbänder und Uhren. Der wichtigste Sensor darin ist zweifellos der Beschleunigungssensor, weil er bei vielen Analysen eine Rolle spielt. Bei ihm handelt es sich um ein mikroelektromechanisches Bauteil, das aus zwei Balkenstrukturen besteht, die ineinander verschachtelt sind. Die eine ist fixiert, die andere schwingungsfähig aufgehängt. Gemeinsam bilden sie einen Kondensator. Wird der Sensor entlang seiner Schwingungsachse beschleunigt, verändern sich die Abstände zwischen den festen und den beweglichen Balken periodisch. Die hieraus resultierende kapazitive Schwankung liefert das Eingangssignal für eine Auswerteelektronik, welche die Richtung und Größe der Beschleunigung ermittelt. Für gewöhnlich steckt in einem Fitness-Tracker ein integrierter Sensor für alle drei Raumachsen.

Der Beschleunigungssensor erkennt die Orientierung im Raum aufgrund der Schwerkraft sowie die dynamischen Veränderungen aufgrund einer Bewe-



Fitnessarmbänder zeichnen während des Trainings viele Daten auf und erlau-

ben anschließend eine umfassende Auswertung.

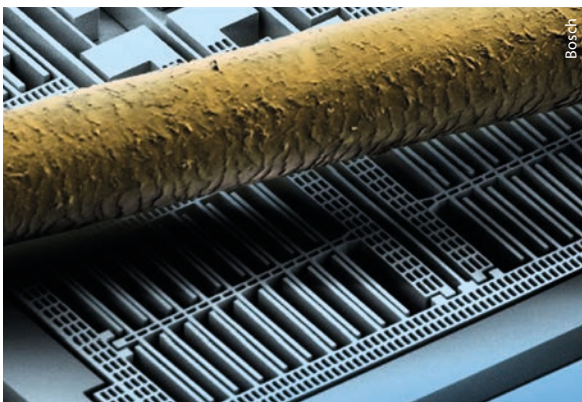
gung. Ein Algorithmus erlaubt es, aus dem periodischen Signal der dynamischen Veränderung zunächst die Zahl der Schritte zu berechnen und mit Hilfe der hinterlegten Körpergröße und weiteren Signaleigenschaften (Form, Frequenzen auftretender Periodizitäten etc.) die Schrittlänge zu ermitteln. Länge und Zahl der Schritte liefern die zurückgelegte Wegstrecke. Ist das Körpergewicht des Trägers bekannt, lässt sich der Kalorienverbrauch angeben.

Der Beschleunigungssensor ermöglicht auch die Analyse des Schlafs. Aus Sensorperspektive bedeutet der Zustand „Schlaf“, dass über längere Zeit nur das statische Signal der Schwerkraft zu messen ist. Beim unruhigen Schlaf wälzt sich der Träger des Trackers im Bett herum, sodass der Sensor kurze dynamische Veränderungen wahrnimmt. Zudem wechselt die Orientierung des statischen Signals immer wieder.

Ein zweiter wichtiger Sensor in Fitness-Trackern dient der Pulsmessung. Meist geschieht sie optisch. Die Messung nutzt aus, dass das Herz den Gefäßen ein charakteristisches Verhalten aufprägt: Der kontrahierende Herzmuskel drückt Blut durch die Gefäße und

weitet sie dabei. Entspannt sich der Herzmuskel wieder, fließt das Blut aus den Gefäßen zurück zum Herzen, sodass die Gefäße dünner und weniger stark durchblutet werden. Erfassen lässt sich das mit einer Diode im Fitness-Tracker, die meist grünes Licht auf die Haut abstrahlt. Das Absorptionsverhalten der Blutgefäße ändert sich im Rhythmus des Herzens so stark, dass sich aus der Modulation des reflektierten Lichts die Pulsfrequenz des Trägers ableitet. Manche Sensoren arbeiten zusätzlich mit einer Infrarotdiode, weil infrarotes Licht tiefer in die Haut eindringt. Das macht die Messung zuverlässiger.

Aus der Pulsfrequenz lässt sich auf die körperliche Aktivität schließen: Schläft, sitzt oder bewegt sich der Träger des Fitness-Trackers? Der Pulssensor kann daher die Analysen verbessern, die auf der Basis des Beschleunigungssensors erfolgen. Denn manche Bewegungen des Arms führen bei einer reinen Beschleunigungsmessung zu falschen Schlüssen. Zum Beispiel sollte Zähneputzen nicht als sportliche Aktivität gewertet werden – trotz Armbewegung. Prüft dagegen ein Algorithmus, ob mit der vermeintlichen Bewegung auch ein steigender Puls verbunden ist,



In der rasterelektronenmikroskopischen Aufnahme eines Beschleunigungssensors (zum Größenvergleich liegt ein menschliches Haar auf der Struktur) sind die kammartigen Siliziumstrukturen zu erkennen, welche die Beschleunigung in einer Raumrichtung messen. Die Auslenkung der beweglichen Balken erreicht dabei nur wenige 10 nm.

kann der Tracker das Zähneputzen richtig einordnen.

Die Aussagekraft der Pulsmessung ist allerdings begrenzt. Baulich bedingt sitzt der dafür zuständige Sensor sowohl in den Uhren als auch in den Armbändern auf der Außenseite des Handgelenks. Anatomisch wäre jedoch eine Messung auf der Innenseite günstiger, weil dort die Adern üblicherweise deutlicher hervortreten. Behaarung, eine dunkle Haut oder Tattoos erschweren ebenfalls die Messung. Zudem sollte der Fitness-Tracker eng anliegen, damit kein Streulicht aus der Umgebung stört.

Einige Tracker-Modelle ermitteln den Puls mit Hilfe der Bioimpedanzmessung. Über Elektroden im Tracker wird ein schwacher Wechselstrom in den Körper eingekoppelt und über zwei weitere Elektroden wieder abgegriffen. Die einzelnen Körperbestandteile wie Fett, Muskeln oder Flüssigkeiten besitzen verschiedene komplexe Widerstände, die sich in Größe und Phasenverschiebung der gemessenen Signalspannung niederschlagen. Das Prinzip findet bereits in der klinischen Praxis und –



allerdings mit relativ ungenauen Ergebnissen – in Körperfettwaagen Anwendung. Bei der Pulsmessung im Fitness-Tracker erfasst die Bioimpedanzmethode die Widerstandsänderungen aufgrund des Blutflusses durch die Adern.

Beschleunigungs- und Pulsmessung decken bereits viele Sensorfunktionen von Fitness-Trackern ab. Bei einigen Produkten konzentrieren sich die Hersteller daher ansonsten lieber auf die Einbindung der Analyseergebnisse in Smartphone-Apps oder die Cloud als auf die Integration zusätzlicher Sensoren. Manche Modelle besitzen aber noch weitere Sensoren. Zum

Beispiel warnt ein UV-Sensor, ausgeführt als Photodiode, vor starker Sonneneinstrahlung. Ein anderer Sensor misst die Temperatur der Haut, was nützlich ist für die Bestimmung der Aktivität oder auch als Indikator für eine mögliche Erkrankung des Trägers dienen kann. Eine Hautwiderstandsmessung mit zwei Elektroden wiederum kann Hinweise auf eine emotionale Erregung liefern. Und ein Drucksensor, der kapazitiv oder piezo-resistiv arbeitet, ermöglicht eine auf dreißig Zentimeter genaue Höhenauflösung und gibt damit beispielsweise Aufschluss darüber, ob der Träger gerade Treppen steigt.

### Maschinell gelernt

Um die Analysen der Geräte möglichst zuverlässig zu machen, finden Tests mit teils mehreren tausend Probanden statt. Auf der Basis dieser Referenzdaten lassen sich die Algorithmen mit Hilfe des maschinellen Lernens verbessern. Denn die größte Herausforderung bei den Analysen ist die starke Varianz der Messwerte von Mensch zu Mensch. Ein 100 Kilogramm schwerer Mann erzeugt schon bei der Schlafanalyse völlig andere Beschleunigungswerte als eine 50 Kilo-

gramm leichte Frau. Erschwerend kommt hinzu, dass sich der Arm als Messort in manchen Situationen schlecht eignet:

Joggen mit dem Kinderwagen etwa,

wo die Hand relativ bewegungslos am Lenker verbleibt, oder Bankdrücken im Fitnessstudio, wo die Arme über Kopf sind und dadurch relativ schlecht vom Blut durchflossen werden. Die gute Nachricht ist aber: Für zuverlässigere Analysen der Tracker ist oft keine neue Hardware erforderlich, sondern nur ein Software-Update.

\*

Ich danke Christina Strohrmann von der Bosch Sensortec GmbH in Reutlingen für hilfreiche Erläuterungen.

Michael Vogel