




# Destination IoT

-  Sensorik
-  Konnektivität
-  Sicherheit



## SMALL SENSOR IS WATCHING YOU

Biosignal-Sensoren in  
Wearables

[ch.rs-online.com](https://ch.rs-online.com)



# Small Sensor is watching you

## Biosignal-Sensoren in Wearables

**Wearables sind computerbasierte Geräte, die am Körper getragen werden und durch integrierte Sensoren auch diverse Biosignale erfassen. Diese werden drahtlos weitergeleitet und durch Algorithmen und Analysetools ausgewertet. Wearables werden einerseits benutzt, um Fitness und Wellness zu beobachten und zu steigern. Andererseits können sie im medizinischen Bereich eingesetzt werden. Hier sind jedoch Normen und hohe Sicherheitsanforderungen zu erfüllen.**

Mit der Normung für Wearables beschäftigt sich die DKE (Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik, deutsche Normungsorganisation). In zwei Gremien arbeitet man dort national und international parallel an entsprechenden Standardisierungen. Dabei wird klar unterschieden zwischen Fitness- und Medizin-Wearables.

### Freizeit-Wearables

- DKE-Arbeitsgremium national: DKE/K 802
- DKE-Mitarbeit international: IEC/TC 124

Das internationale Gremium IEC/TC 124 befasst sich mit folgenden Themen:

- Terminologie
- Entwicklung von Mess- und Prüfverfahren für textile Materialien, Geräte und Systeme mit elektrotechnischer Funktionalität
- Mess- und Bewertungsmethoden für Geräte und Verpackungen
- Gehäuse
- Testmethoden für die Messung der Kontakt-Oberflächentemperatur
- Zuverlässigkeit von Fitness-Wearables für die Herzfrequenzmessung und Schrittzählung
- andere Services

Im Rahmen der nationalen Gruppe DKE/K 802 geht es um rechtliche und technische Anforderungen für Freizeit-Wearables sowie um die Anpassung internationaler Richtlinien. Sie betreffen u.a. am Körper tragbare elektronische Geräte, implantierbare Bestandteile, elektronische Textilien und Schnittstellen. Tabelle 1 zeigt die bereits existierenden Normenentwürfe.

Normenentwurf	Inhalt
E DIN EN IEC 63203-201-3 (VDE 0750-36)	Elektronische Textilien - Bestimmung des elektrischen Widerstandes von leitfähigen Textilien unter simuliertem Mikroklima (IC 124/62/CD:2019)
E DIN EN IC 63203-402-1 (VDE 0750-35-1)	Produkte und Systeme - Zubehör - Prüf- und Bewertungsverfahren für handschuhartige Bewegungssensoren zur Messung der Fingerbewegungen (IC 124/60/CD:2019)
E DIN IC 63203-401-1 (VDE 0750-33-1)	Produkte und Systeme - Funktionselemente Bewertungsverfahren für dehnbare Widerstandssensoren (IEC124/39/CD:2018)
E DIN IC/TR 63203-250-1 (VDE 0750-32-1)	Elektronische Textilien - Druckknopfverbinder für Bekleidung aus E-Textilien und abnehmbare elektronische Geräte (IEC124/42/CD:2018)

Tabelle 1: Normenentwürfe für Freizeit-Wearables (Informationsquelle: DKE)

## Medizinische Wearables

Medizinische Wearables sollen nach ärztlicher Verordnung benutzt werden und sind nicht für den freien Eigengebrauch gedacht. Demgemäß sind für diese Art von Geräten entsprechende Zertifizierungen notwendig. International gilt dafür die Europäische Medizinprodukte-Verordnung, national wird sie als Medizinproduktegesetz umgesetzt.

- DKE-Arbeitsgremium national: DKE/UK 812.1
- DKE-Mitarbeit international: IEC/TC 62

Das internationale Gremium befasst sich mit folgenden Themen:

- elektrische Geräte
- elektrische Systeme
- Software im Gesundheitswesen
- Auswirkungen auf Patienten
- Auswirkungen auf Betreiber
- Auswirkungen auf andere Personen und die Umwelt
- Datensicherheit
- Datenintegrität
- Datenschutz

Im Rahmen der nationalen Arbeitsgruppe DKE/UK 812.1 geht es um die rechtlichen und technischen Anforderungen für die Diagnose mit medizinischen Wearables. Tabelle 2 zeigt Normen und Normenentwürfe für dieses Segment.

Internationale Nomen und Normenentwürfe	Inhalt
DIN EN IC 80601-2-59 (VDE 0750-2-59)	Besondere Anforderungen für die Sicherheit einschließlich der wesentlichen Leistungsmerkmale von Wärmebildkameras für Reihenuntersuchungen von Menschen auf Fieber (IC 80601-2-59:2017); Deutsche Fassung EN IC 80601-2-59:2019
DIN EN IC 80601-2-30 (VDE 0750-2-30)	Besondere Festlegungen für die Sicherheit einschließlich der wesentlichen Leistungsmerkmale von automatisierten nicht-invasiven Blutdruckmessgeräten (IC 80601-2-30:2018); Deutsche Fassung EN IC 80601-2-30:2019
DIN EN ISO 80601-2-61	Besondere Festlegungen für die Sicherheit einschließlich der wesentlichen Leistungsmerkmale von Pulsoximetriegeräten (ISO 80601-2-61:2017, korrigierte Fassung 2018-02); Deutsche Fassung EN ISO 80601-2-61:2019
DIN EN 60601-2-40 (VDE 0750-2-40)	Besondere Festlegungen für die Sicherheit einschließlich der wesentlichen Leistungsmerkmale von Elektromyographen und Geräten für evozierte Potentiale (IC 60601-2-40:2016); Deutsche Fassung EN 60601-2-40:2019
E DIN EN ISO 80601-2-85 (Entwurf)	Besondere Anforderungen für die Sicherheit einschließlich der wesentlichen Leistungsmerkmale von Geräten für die zerebrale Oximetrie (ISO/DIS 80601-2-85:2020); Deutsche und Englische Fassung prE ISO 80601-2-85:2020
E DIN EN IC 80601-2-86 (VDE 0750-2-86) (Entwurf)	Besondere Festlegungen für die Sicherheit und wesentliche Leistungsmerkmale von Elektrokardiographen einschließlich Diagnosegeräten, Überwachungsgeräten, ambulanten Geräten, Elektroden, Kabeln und Elektrodenleitungen (IEC [62D/1628/CD:2018])
E DIN EN IC 60601-2-23 (VDE 0750-2-23) (Entwurf)	Besondere Festlegungen für die Sicherheit einschließlich der wesentlichen Leistungsmerkmale von Geräten für die transkutane Partialdrucküberwachung (IEC62D/1627/CD:2018)
E DIN EN 60601-2-4/A1 (VDE 0750-2-4/A1) (Entwurf)	Besondere Festlegungen für die Sicherheit einschließlich der wesentlichen Leistungsmerkmale von Defibrillatoren (IEC 62D/1344/CDV:2016); Deutsche Fassung EN 60601-2-4:2011/FprA1:2016

Tabelle 2: Normen und Entwürfe für medizinische Wearables (Informationsquelle: DKE)

Die medizinischen Wearables können im Rahmen der ärztlichen Diagnose, Behandlung oder Medikamentendosierung eingesetzt werden. Erst wenn sie dem Medizinproduktegesetz entsprechen, ist eine Anerkennung durch die Krankenkassen überhaupt möglich. Beispiele für Anwendungen, die für einen zukünftigen zertifizierten Einsatz als medizinisches Wearable in Frage kämen sind: EKG-Geräte, Blutdruck- und Blutsauerstoff-Messung, Textilien zur Herzstrommessung, Pflaster zur Temperaturmessung, Erfassung von Atemparametern, Kontrolle der Patientenlagerung und Überwachung von Diabestes-Patienten. Damit könnten die ärztliche Heimüberwachung und die Telemedizin unterstützt werden.

## Zuckeralarm

Zu den medizinischen Wearables zählen zum Beispiel Systeme zur kontinuierlichen Glukosemessung (CGM, Continuous Glucose Monitoring). Sie messen den Zuckerwert im Unterhautfettgewebe und können als Echtzeit-CGM (rtCGM; Real Time) oder als Intermittent Scanning Continuous Glucose Monitoring (iscCGM) ausgeführt sein.

Ein rtCGM-System umfasst Sensor, Sender (Transmitter) und Empfangsgerät. Der Sensor wird am Körper aufgeklebt und enthält einen Messfaden, der in das Unterhautfettgewebe geführt wird. Dort misst er dann kontinuierlich. Bei anderen Systemen befindet sich der Sender direkt am Sensor. Über ein Smartphone, eine Smartwatch oder ein Tablet zeigt eine App die Messwerte an.

Das iscCGM benötigt Sensor, Lesegerät oder App. Der Unterschied ist, dass die Werte manuell mit Lesegerät oder Smartphone ausgelesen werden, indem die Person damit über den Sensor fährt. Die Messmethoden sind für unterschiedliche Einsatzfälle und Umstände vorgesehen.

Außerdem wird im Bereich der Glukosemessung und der Medikamentenabgabe mit Pflastern und Pumpen gearbeitet. Hier handelt es sich um Techniken, die nur auf ärztlichen Rat und Verordnung eingesetzt werden.

Zum Beispiel hat das Unternehmen [Diabeloop](#) mit dem DBLG1-System ein Medizingerät für die automatisierte Insulinabgabe (AID) entwickelt. Es handelt sich um ein integriertes personalisiertes Hybrid-Closed-Loop-System. Das CE-zertifizierte DBLG1-System reproduziert die Funktionen der Bauchspeicheldrüse und realisiert die automatisierte Blutzuckerkontrolle.

Der selbstlernende Algorithmus wird auf einem geschützten Handset gehostet und per Bluetooth mit einem kontinuierlichen Glukosemonitor (CGM) und einer Patch-Insulinpumpe verbunden. In Echtzeit können so die Glukosewerte der Patientinnen und Patienten analysiert und daraus die nötige Insulindosis berechnet werden.



Bild 1. Das DBLG1-System passt die Insulinabgabe durch einen Algorithmus an.  
(Bild: Pressebild Diabeloop)

## Freizeit-Wearables - wie geht es mir?

Für viele Anwendungen gibt es Freizeit-Wearables, die jedoch für gesunde Personen vorgesehen sind und keine medizinisch genauen Parameter liefern. Zur Unterstützung einer gesunden Lebensweise oder zur sportlichen Motivierung sind sie jedoch gut geeignet. Hier ist es zum einen wichtig, dass die Geräte den Anwender nicht stören und möglichst unbemerkt ihre Arbeit tun. Außerdem muss eine breite Akzeptanz vorliegen und die Bedienung einfach und komfortabel sein.

Mit Freizeit Wearables lassen sich Vitalwerte des Körpers erfassen und überwachen. Dafür werden unter anderem folgende Geräte genutzt:

- Smartwatches
- Intelligente Kleidung (z.B. T-Shirts, Sohlen, Mützen)
- Smartes Zubehör (z.B. Windelsensoren)
- Berührungslose Sensorik (z.B. Bettsensoren)
- Elektronische Messgurte
- Sensorpflaster (Patches)
- Smarte Brillen
- Tätowierungen (Nanotinten)
- Hörgeräte
- Brillen

Die Auswertungen können im Wearable, auf dem Smartphone o.ä., in der Cloud oder auf anderen Geräten erfolgen. Sie liefern Informationen über Vitalparameter (z.B. Herzfrequenz, Sauerstoffsättigung des Bluts), das Befinden (Aktivität, Stress-Level) und den körperlichen Status (Analysen, Trends).

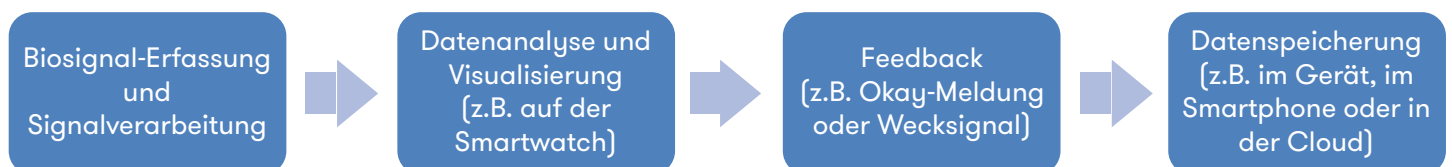


Bild 2. Überblick über Funktionen von Freizeit-Wearables

Das Marktforschungs-Institut [Facts and Factors](#) beziffert in seinem aktuellen Forschungsbericht „Wearable Technology Market“ den weltweiten Markt für Wearable-Technologien im Jahr 2021 mit etwa 115,8 Milliarden USD. Bis zum Jahr 2028 prognostizieren die Analysten ein Wachstum auf voraussichtlich zirka 380,5 Milliarden USD. Darin sind allerdings auch Wearables ausserhalb des Gesundheitsbereichs enthalten - z.B. AR- und VR-Headsets im Spielbereich.

Für die Entwicklung von Freizeit-Wearables werden eine Menge verschiedener Ansätze verfolgt und es haben sich in den letzten Jahren viele Start-Ups gegründet, die Produkte für diesen Bereich entwickeln. Nicht alle Ideen wurden oder werden erfolgreich umgesetzt, bei manchen erweist sich die messtechnische Lösung als nicht optimal oder es fehlt die Akzeptanz bei den potentiellen Nutzerinnen und Endkunden. Auf jeden Fall wird viel ausprobiert.



Bild 3. Allgemeine Funktionalitäten von medizinischen Freizeit-Wearables

## Die Uhr für alle Fälle

Eine Kategorie von Wearables sind Smartwatches, die neben Kommunikations- und Uhrenfunktionen zusätzlich z.B. Pulsmessung, und EKG durchführen können, Blutdruck messen, als Schrittzähler arbeiten oder den Kalorienverbrauch bei Bewegung ermitteln.

Die Pulsmessung erledigt eine Smartwatch optisch mit Infrarotlicht (Photoplethysmographie, PPG). Dabei wird Infrarotlicht in die Haut gesendet und gemessen, wie viel Licht die Haut davon reflektiert. Dieser Wert ist davon abhängig, wie viel Blut durch die oberflächlichen Kapillaren fließt. Bei jedem Pulsschlag wird die Blutmenge in den Kapillaren grösser und es wird dann mehr Licht absorbiert und weniger reflektiert. Die Uhr wandelt die reflektierte Lichtmenge in eine Pulswelle um. Über diese Pulswellenanalyse lassen sich die Herzfrequenz ermitteln und zum Beispiel eine Rhythmusstörung erkennen.

Wenn Handgelenk und Sensor sauber sind und sich die Uhr dicht an der Haut befindet, kann bei dieser Messung laut Experten der Deutschen Herzstiftung von einer Zuverlässigkeit von über 90% ausgegangen werden.

Beim EKG wird der elektrische Impuls gemessen, der jeden Herzschlag auslöst. In einem Einkanal-EKG wird ein 30-Sekunden-Messvorgang gestartet. Herzrhythmusstörungen können damit besser erkannt werden als bei einer reinen Pulsmessung. Smartwatches, die auch den Blutdruck messen, müssen im allgemeinen zusätzlich regelmässig mit einem Blutdruckmessgerät kalibriert werden.



Bild 4. Ein eigenständiges V-Sensor-Miniaturgerät von Lemn Micro Devices sendet die Messergebnisse via Bluetooth an ein Smartphone. Dort zeigt die e-Checkup-App die Ergebnisse der Blutdruckmessung. (Bild: Pressebild Lemn Micro Devices)



Der von Lemn Micro Devices (LMD) benutzte V-Sensor kann die fünf Vitalparameter Blutdruck, Blutsauerstoff-Gehalt (SpO2), Atemfrequenz, Pulsfrequenz und Körpertemperatur messen. Die Ergebnisse werden innerhalb von weniger als einer Minute von der zugehörigen e-Checkup-App angezeigt.

Der V-Sensor ist ein Modul mit einer fingerspitzenförmigen Vertiefung auf der Oberfläche und einem in flexiblen Kunststoff eingebetteten MEMs-Drucksensor. Er enthält ausserdem einen optischen Sensor, einen Temperatursensor und ein ASIC, das die Signale der Sensoren aufbereitet und digitalisiert sowie die LEDs und die Kommunikation steuert.



*Bild 5. Die Huawei Watch GT 3 Pro ist mit Smartphones ab Android 6.0, Harmony OS 2 oder iOS 9.0 kompatibel und lässt sich über den aktuellen Bluetooth-5.2-Standard mit den Geräten verbinden. (Bild: Pressebild HUAWEI Consumer Business Group)*

Auch die HUAWEI Watch GT 3 Pro bietet Gesundheits-Features an. Es lassen sich Schrittzahl und Kalorienverbrauch, Herzfrequenz, Blutsauerstoff-Sättigung (SpO2), Stresslevel und die Schlafqualität messen. Zusätzlich ist eine EKG-Analyse per App samt Arteriosklerose-Risikoscreening in Vorbereitung. Zur Zeit durchläuft die EKG-App noch das CE-Kennzeichnungsverfahren für Medizinprodukte. Sie wird zur Verfügung gestellt, wenn alle rechtlichen Anforderungen für das Inverkehrbringen und die Inbetriebnahme gemäss der Verordnung (EU) 2017/745 erfüllt sind.

## Smarte Pflaster

Auch Patch-Sensoren (Smart Patches) sind Wearables, die sich im Gesundheitsbereich zur Diagnose verwenden lassen. Mit seinem Partner accensors hat beispielsweise [Covestro](#) ein intelligentes Patch entwickelt, das aus zwei Elementen besteht. Eines ist ein Wegwerf-Patch für den Einmalgebrauch. Auf ihm befinden sich die Sensoren. Das andere ist ein wiederverwendbares Patch, welches die Elektronik enthält.

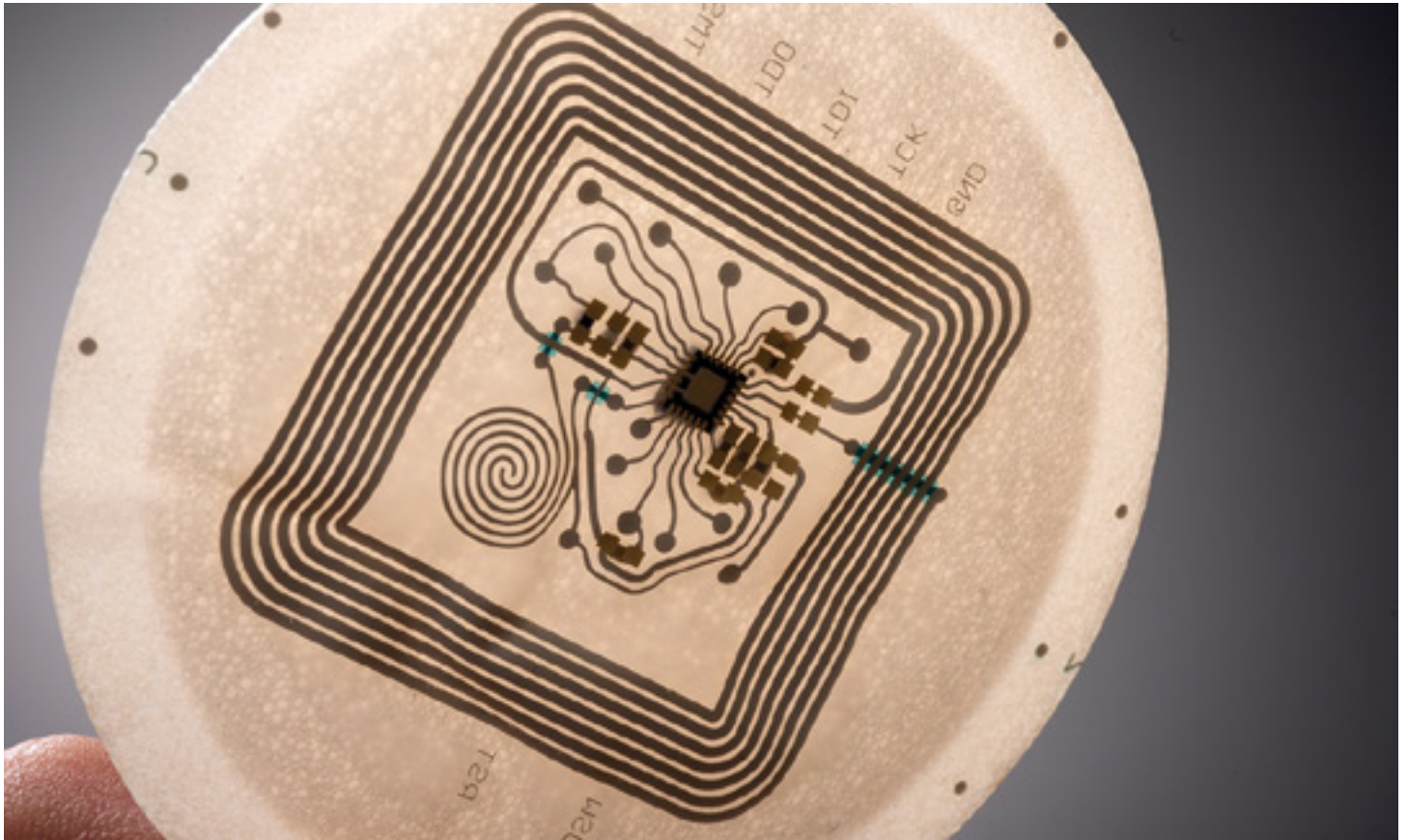


Bild 6. Die smarten Pflaster von Covestro enthalten elektronische Schaltungen (Bild: Pressebild Covestro)

Auch aus Nanotinten können flexible Temperatursensoren oder Dehnungsmessstreifen gefertigt und chemische Analysetechnologien implementiert werden. Wenn die Verträglichkeit gegeben ist, lassen sich mit diesen gedruckten Sensoren individuelle Medizinanwendungen realisieren.

## Schlaue Sohlen

Ein sogenanntes textiles Wearable ist die intelligente Sohle. Hier gibt es diverse Technologien, die zum Beispiel eine Ganganalyse für Parkinson-Patienten machen, Druck und Temperatur bei Diabetikern erfassen, das Lauftraining auswerten oder im Fall des Falles einen Alarm auslösen.

Ein Beispiel für Sensorsohlen, die drahtlos kommunizieren, sind die ReGo-Sohlen von Moticon. Damit können Belastungen und Bewegungen am Fuß durch Mustererkennung automatisch analysiert werden. Trainer oder Therapeutinnen erhalten damit Informationen über den Leistungsstand des Menschen und über Besonderheiten seines Bewegungsapparates.

Die Sohle erfasst die plantare Druckverteilung am Fuss, Fussposition, Sprungweiten oder Bodenkontaktzeiten. Dazu werden 16 Plantar-Drucksensoren und eine 6-Achsen-Inertial-Messeinheit verwendet. Ein USB-C-Ladegerät ist in der Sohle integriert und die Daten werden über Bluetooth Low Energy übertragen. Das Smartphone oder ein Tablet arbeiten als Edge-Computing-System für die Datenverarbeitung und zur Synchronisation mit der ReGo Cloud.



Bild 7. Die Datenerfassung wird durch die integrierte Bewegungserkennung ausgelöst (Bild: Pressebild Moticon ReGo AG)

## Neugierige Beifahrer

Das Fraunhofer IIS und die Daimler AG arbeiten gemeinsam an der Validierung eines »Mobilization Seats« mit integrierter kapazitiver Sensortechnologie. Der Sitz enthält 36 textile Sensoren, die in Rückenlehne und in Sitzfläche eingearbeitet sind. Durch Änderung des elektrischen Feldes erfassen die kapazitiven Bewegungssensoren positionsgenau und in Echtzeit die Gewichtsverlagerungen der Sitzenden. Ziel des Projektes ist die Verbesserung der Lebens- und Arbeitsbedingungen von Menschen, die im Alltag lange im Fahrzeug sitzen müssen.



Bild 8. LKW-Fahrerinnen und -Fahrer könnten von dem elektronischen Sitz profitieren. (Bild: Pressebild Fraunhofer IIS/Jakob Wagenbrenner)

## Ein Ring für alle Fälle

Das finnische Unternehmen ÖURA hat einen smarten Fingerring entwickelt. Der Ring Gen3 bietet ein 24/7-Gesundheits-Tracking mit Tages-Herzfrequenz-Überwachung, Temperatursystem, Periodenvorhersage und Trainings-Herzfrequenz-Überwachung. Ein neuer Schlafstufen-Algorithmus und die Blutsauerstoff-Erkennung (SpO2) sind in Vorbereitung.

Im Ring befinden sich infrarote, rote und grüne LEDs zur Überwachung der Herzfrequenz, sieben Temperatursensoren (Forschungslevel). NTC-Sensoren (NTC = negativer Temperaturkoeffizient) und ein kalibrierter Sensor können Schwankungen der Hauttemperatur erfassen. Ein IR-Sensor hilft bei der optimalen Ausrichtung und ein integriertes Ladegerät zeigt die Ladestatusanzeige über LEDs an. Es sind 16 MB Flash-Speicher verfügbar. Zur Datenanalyse und Bewertung gibt es eine Smartphone-App.



Bild 9. Die Ringe können unter anderem zur Schlafüberwachung benutzt werden. (Bild: Pressebild ÖURA)

## Ein Sensor mit drei LEDs

Der Sensor [Biofy® Eco1](#) von Intelligent LED Solutions enthält einen Biofy® SFH7070 Sensor. SFH7070 besteht aus einer Fotodiode und drei grünen LEDs mit einer Wellenlänge von 530nm und kann zur Überwachung der Herzfrequenz benutzt werden. Dabei misst man die Blutmenge, die durch die Blutgefäße fließt, indem man die Hautoberfläche mit Licht bestrahlt. Das Licht wird unterschiedlich vom Blut und dem umgebenden Gewebe absorbiert. Nicht absorbiertes Licht wird zum Detektor zurückgeführt. Das grüne Emissionsspektrum erlaubt die Messung der Pulsfrequenz am Handgelenk. Die Eco1-Bauteile sind LED-Lichtquellen auf FR4-Leiterplatten mit thermischen Durchgangsverbindungen für das Wärmemanagement.

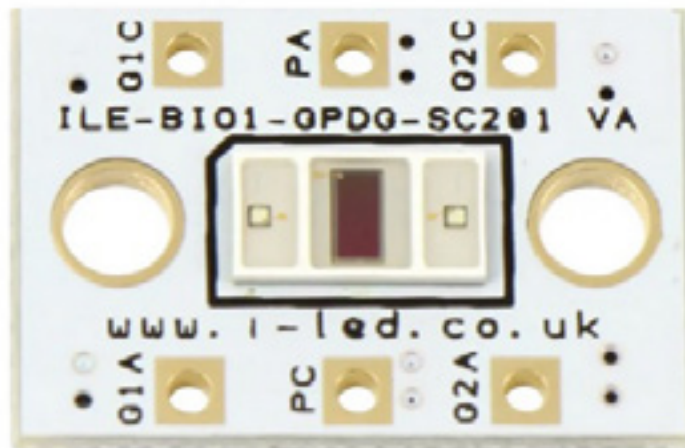


Bild 10. Das SFH7070 enthält zwei grüne LEDs mit 530nm und einen Detektor mit einer spektralen Empfindlichkeit im Bereich von 402 bis 694nm. (Bild: RS Components)

## Der Baukasten

Wer selbst probieren möchte, eine einfache Smartwatch zu programmieren, kann das mit dem [BitWearable Kit](#) aus dem Mikro-Bit-System von Shenzhen Chaihuo Maker Education machen. Damit lässt sich u.a. ein Schrittzähler erstellen oder ein Alarm auslösen, wenn man ungewollt einschläft. Das Kit enthält eine BitWear, die als Micro:Bit-Erweiterungsplatine dient, an Bord sind ein Vibrationsmotor, ein Summer und eine adressierbare RGB-LED.



Bild 11. Das Kit ist die Basis für diverse Wearable-Anwendungen (Bild: RS Components)

## Flinke Plattform

Das Kit [STEVAL-MKSBOX1V1](#) von STMicroelectronics ist unter anderem für Wearable-Sensor-Plattformen (z.B. Schrittzähler für die Gurtpositionierung) vorgesehen. Damit können Bewegungs- und Umgebungs-Sensordaten erfasst werden und über die ST BLE Sensor-App auf dem Smartphone per Bluetooth übertragen werden. Die Platine enthält einen digitalen Temperatursensor (STTS751), eine 6-Achsen-Inertial-Messeinheit (LSM6DSOX), einen 3-Achsen-Beschleunigungsmesser (LIS2DW12 und LIS3DHH), ein 3-Achsen-Magnetometer (LIS2MDL), ein Höhenmesser/Drucksensor (LPS22HH), ein Mikrofon/Audiosensor (MP23ABS1), ein Feuchtigkeitssensor (HTS221), einen ARM Cortex-M4-Mikrocontroller mit DSP und FPU (STM32L4R9), Bluetooth Smart-Konnektivität v4.2 (SPBLE-1S) und eine Programmier- und Debugging-Schnittstelle.



Bild 12. Neben vielen anderen Funktionen kann mit dem STEVAL-MKSBOX1V1 von STMicroelectronics ein Schrittzähler realisiert werden (Bild: RS Components)

## Handgelenk-Kit und Herz-Wearable

Die optischen biometrischen Sensoren Si117X von Silicon Labs können in Wearable-Produkten im Fitness- und Wellness-Bereich eine erweiterte Herzfrequenzmessung (HFM) in Verbindung mit EKG-Möglichkeiten realisieren.

Sie eignen sich für Smart Watches, für Armband-, Pflaster- oder andere Wearables. Eine Komplettlösung enthält das Sensormodul Si117X, den HFM-Algorithmus, Wireless Gecko-SoCs zur Bluetooth-Konnektivität sowie ein Entwicklungs-Kit fürs Handgelenk mit Muster-Code und Beispielprojekten.

Die Sensoren haben einen Stromverbrauch von weniger als 50µA (Sensor und LED zusammen) bei kontinuierlichem HFM-Betrieb. Die Synchronisierung von Puffer und Beschleunigungsmesser sorgt für Energieeinsparungen auf Systemebene. Die Sensoren bieten ein Signal/Rauschverhältnis (SNR) von >100 dB und sind in der Lage, Umgebungsrauschen und fehlerhafte Daten auszublenden.

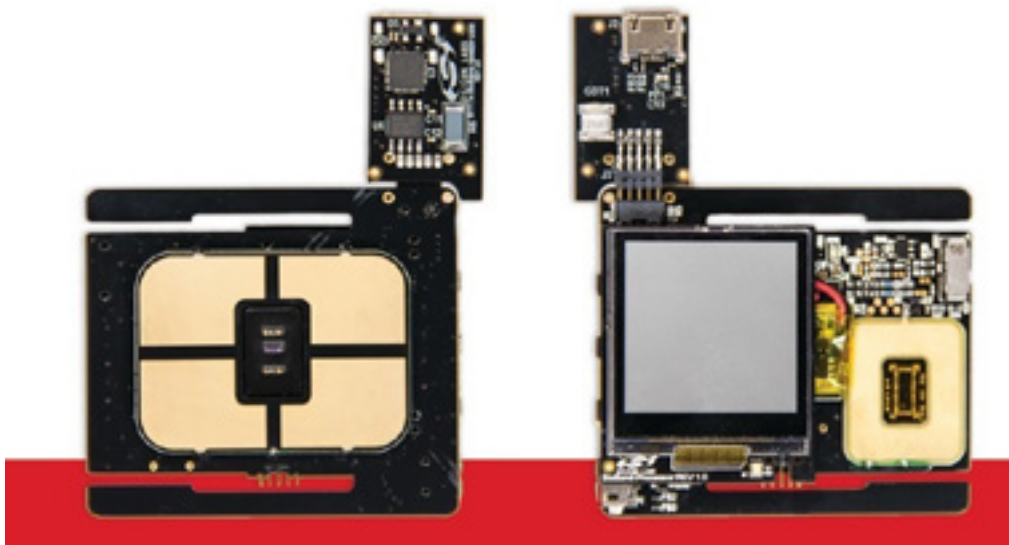


Bild 13. Die biometrischen Sensoren Si117X von Silicon Labs befinden sich in einem 28-Pin-LGA-Modul mit 3,7mm x 7mm. Außerdem gibt es EKG- und PPF-Entwicklungs-Kits fürs Handgelenk. (Bild: Pressebild Silicon Labs)

Eine genauere Analyse der Herzfrequenz-Wellenform ermöglichen biometrische Analysen, einschließlich der Herzfrequenz-Variabilität (HRV), der Belastungsanalyse und des Pulsvolumens. Außerdem lassen sich Biometrien mit optischen Photoplethysmogramm-(PPG-)Messungen kombinieren und daraus physiologische Parameter ableiten. Ein Modul unterstützt bis zu vier LEDs (die gleichzeitig angesteuert werden können). Die Vier LED-Treiber sind unabhängig voneinander programmierbar (von 1,7 bis 310 mA). Zu weiteren Features zählen ein Photodetektor, ein 24-Bit-ADC mit einem Dynamikbereich >100 dB, digitale I2C- und SPI-Schnittstellen, ein programmierbarer Event-Interrupt-Prozessor, ein Host-Kommunikationsprozessor sowie Eingänge für zwei externe Photodioden.



Bild 14. Das Evaluierungskit [Si1145/46/47-M01](#) (USB-Tool-Stick) ebenfalls von Silicon Labs wird mit einer Programmier-Software geliefert. Damit kann auf Funktionen der optischen Sensoren (Si1145-M01, Si1146-M01 und Si1147-M01) zugegriffen werden. Mit dem Kit können auch Herzfrequenz- und Pulsoximetrie-Anwendungen realisiert werden. (Bild: RS Components)

## Quellen:

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

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

[www.herzstiftung.de/smartwatches-herzpatienten](http://www.herzstiftung.de/smartwatches-herzpatienten)