

## Tattoos, die über den Körper wachen

Ingenieure haben winzige Elektroniksysteme entwickelt, die flexibel wie die menschliche Haut sind. Aufgeklebt könnten sie Herzströme analysieren und bei Gefahr warnen.

VON Sven Stockrahm | 12. August 2011 - 10:39 Uhr

Über den Piratenkopf als Tattoo-Motiv lässt sich streiten. Wichtiger ist, was sich unter dem Freibeuter verbirgt: Millimeter große Schaltkreise aus Halbleitern, Transistoren und Leuchtdioden, angetrieben von winzigen Solarzellen oder Induktionsspulen. Kaum größer als eine Briefmarke und flexibel wie die menschliche Haut soll dieses Gerät sein. Wie ein Abzieh-Tattoo klebt es auf der Haut und könnte einst Daten unserer Körperfunktionen sammeln, senden und signalisieren. Acht Jahre Entwicklungsarbeit stecken in den ersten Elektro-Sensoren, die sich wie eine zweite Haut auf dem Körper befestigen lassen. Wer mag, kann sie hinter einem Tattoo-Motiv verstecken.

Die Technik eröffne "ganz neue Funktionalitäten nicht nur in medizinischen Anwendungen", sagt der Materialforscher John Rogers von der Universität von Illinois über seine Entwicklung. Zusammen mit seinem internationalen Team präsentierte er das "epidermale Elektroniksystem" jetzt im Magazin Science. Die Wissenschaftler treten damit den Beweis an, wie sich in Zukunft etwa Herz- oder Hirnströme jenseits von Kliniklabors oder Sportcentern messen und überwachen lassen.

"Unser Ansatz unterscheidet sich deutlich von Mess-Elektroden, die mit Klebemittel oder Gurten an der Haut haften und an sperrige Instrumente angeschlossen sind", sagt Rogers. Die neu entwickelten Sensoren schmiegen sich dank eines wasserlöslichen Kunststoffes direkt an die menschliche Haut, ähnlich wie ein Abzieh-Tattoo. Und sie haften auf ihr mehr als 24 Stunden. Spezieller Kleber ist nicht notwendig, die Haftung erfolgt rein physikalisch. Dabei wirken Anziehungsmechanismen, die sich durch die Ladungsverteilungen in einzelnen Atomen ergeben. Wissenschaftler kennen diese Kräfte als Van-der-Waals-Kräfte, benannt nach dem Physiknobelpreisträger von 1910. Die Natur hat schon vielfach Verwendung dafür: Geckos flitzen dank der molekularen Anziehung senkrecht die Wände hoch oder krabbeln kopfüber an der Decke.

### Die Liste der Anwendungsmöglichkeiten ist lang

"Bindemittel und gesundheitsschädliche Chemikalien sind überflüssig", sagt der Mediziner und Bioingenieur Brian Litt von der Universität von Pennsylvania im amerikanischen Philadelphia. Die Sensoren seien so biegsam und verformbar wie die Haut, ließen sich dehnen, quetschen und knittern. "Revolutionär", findet Litt die Elektro-Tattoos der Entwickler. Auch der Neurologe John McDonald von der renommierten Johns-Hopkins-

Uni in Baltimore ist beeindruckt: "Damit werden die Karten in diesem Bereich neu gemischt."

Die Liste künftiger Anwendungsmöglichkeiten ist lang: Die Tattoos könnten nicht nur in der Medizin Behandlungen und Wundheilung überwachen sowie in der Diagnostik eingesetzt werden. Rogers und sein Team stellen sich gar Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine vor. Auf den Hals geheftet, konnten die Sensoren bereits einfache Muskelbewegungen unterscheiden, die durch Sprachübungen ausgelöst werden. Mit einfachen Befehlen wie "auf", "ab", "links" und "rechts" steuerten die Forscher in einem Versuch sogar die Figur in dem simplen Computerspiel Sokoban . Mit einer Genauigkeit von immerhin mehr als 90 Prozent.

Noch bleibt der Elektronikbaukasten im Miniaturformat aber unausgereift. "Ein Knackpunkt ist, wie man das System mit Energie versorgen kann, ohne die Vorteile des kleinen Geräts zu verspielen", sagt Thomas Stieglitz, Professor für Biomedizinische Mikrotechnik an der Uni Freiburg. Die Ingenieure um Rogers haben dafür zwar kabellose Induktionsspulen und winzige Solarzellen in die elektronische Haut eingebaut. "Dass die Spulen bereits kleinste verbaute Dioden zum Leuchten bringen können, konnten wir bereits zeigen", sagt Entwickler Rogers. Wie kontinuierlich sie und die Solarzellen letztlich Strom liefern, ist aber ungewiss. "Wenn ich für das Gerät wiederum eine Batterie in der Rückentasche herumtragen muss, ist die Frage, wo der Unterschied zu bereits vorhandenen mobilen Messgeräten liegt", sagt Stieglitz. Instrumente, die Herzströme per Langzeit-EKG aufzeichnen, sind heute schon im Einsatz. Patienten tragen dabei Geräte etwa in der Größe eines Smartphones bei sich.

Möglicherweise reicht es zunächst aus, dass die Elektro-Tattoos nur EKG-Sequenzen registrieren und aufzeichnen, die von der Norm abweichen und in diesem Fall Alarm schlagen. Schon heute gibt es Ringspeicher, die nur kurze Zeitintervalle von einigen Minuten speichern. Registrieren sie nichts Ungewöhnliches, werden die Daten verworfen und der Speicherplatz bleibt frei. Doch wie übertragen die elektronischen Tattoos ihre gesammelten Messwerte? "Bislang haben wir alle Aufzeichnungen mit dünnen Kabeln von den Hautkontakten zu externen Speichergeräten gesendet", sagt Rogers. Zwar entwarfen die Forscher die Bauteile so, dass sie für eine Funkübertragung taugen, doch noch funktioniert der kabellose Datentransfer nicht.

Entscheidend für hautähnliche Sensoren ist auch ihre Robustheit. "Ein Manko ist noch die Wechselwirkung der Geräte mit der Haut", sagt der Bioingenieur Litt. Denn die Haut produziert Schweiß und Talg, auf ihr wachsen Haare und sie wirft Schuppen ab. Das alles nagt an der Lebensdauer der elektronischen Zweithaut.

"Für eine Zulassung in Therapie und Diagnostik, braucht es zudem eine gewisse Fehlersicherheit", sagt der Elektrotechniker Stieglitz. Wenn die Pulsuhr eines Joggers sich mal verzählt, sei das egal. "Wenn aber ein Gerät die Wirkung eines Herzmedikaments prüfen soll, dann muss es zuverlässig sein." Stieglitz sieht noch viel Arbeit auf die

Entwickler zukommen. An eine medizinische Anwendung sei wohl erst in ein paar Jahren zu denken, ein Zulassungsverfahren bräuchte Zeit.

### **Neu gegründetes Unternehmen übernimmt Vermarktung**

Die Entwickler sind trotzdem zuversichtlich, ihre Forschung rasch aus dem Labor in die reale Welt bringen zu können. Der Leiter des Teams ist Mitbegründer des Geräteunternehmens mc10. Dort arbeitet man bereits daran, Teile der nun vorgestellten Technologie zu vermarkten. Ein Sportartikelhersteller habe bereits Interesse bekundet. "Es gibt eine Zusammenarbeit mit Reebok für eine simple Anwendung, die schon 2012 auf den Markt kommen könnte", erzählt Rogers. Mehr will er dazu nicht sagen.

"Rogers und sein Team haben gezeigt, was bereits möglich ist", sagt der Bioingenieur Brian Litt. Auch der Neurologe McDonald ist überzeugt, dass die elektronische Haut nur der Anfang ist. "Wir werden solche Technologien schon bald in der Anwendung sehen." Allerdings werden sich die künftigen Sensoren wohl auf einzelne Aufgaben beschränken. Bei der Trickkiste, die Rogers und sein Team jetzt vorgestellt haben, stelle sich die Frage, "wofür man überhaupt so viel Zeug in einem Gerät braucht", sagt Thomas Stieglitz. "Die Entwickler wollten wohl zeigen, was man alles unterbringen kann."

**COPYRIGHT:** ZEIT ONLINE

**ADRESSE:** <http://www.zeit.de/wissen/2011-08/elastische-elektronik-haut>