

## ETH Zürich Labor für Physikalische Elektronik CH-8093 Zürich

Teilnahme Hannover Messe 2007

**go!**  
make  
your market

### Mikrosensor zur Blutdruckmessung

## Kraftsensitiv und mobil

**Immer mehr Menschen leiden an Krankheiten des Herz-Kreislauf-Systems. Je früher Unregelmässigkeiten erkannt werden, desto grösser sind die Heilungschancen. Der Blutdruck ist ein wichtiges Indiz für den Zustand des Patienten. Ein winziger Berührungssensor misst jetzt extern, zuverlässig und neu auch kontinuierlich den gesamten Blutdruckverlauf. Und ermöglicht die mobile Überwachung der Patienten. Ein weiterer Beweis für die führende Rolle der Schweiz in der Mikro-system- und Medizintechnik.**

Das neue Berührungssensor-System im Miniformat von 2x3 mm ist dank moderner Mikrotechnologie und Mikroelektronik ein **wahres Kraftpaket an Sensitivität** – mit hoher Abtastrate und vielen Funktionen. Das System ist sehr benutzerfreundlich und ideal geeignet zur externen Messung des Blutdrucks, beispielsweise an der Hautoberfläche (arterielle Tonometrie).

Ansätze mit mikromechanischen Sensorelementen wiesen bisher nicht die notwendige Empfindlichkeit auf, die für eine stabile und zuverlässige Blutdrucküberwachung notwendig ist. Erst das neu entwickelte System mit membranbasierten Sensorelementen und integrierter Ausleselektronik auf demselben Chip ermöglicht reproduzierbare Messungen der Blutdruckkurve auf der Hautoberfläche mit ausreichender Sensitivität.

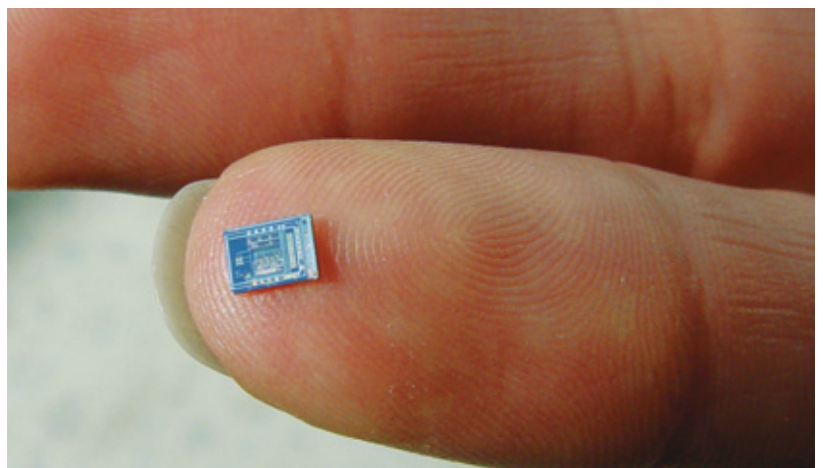
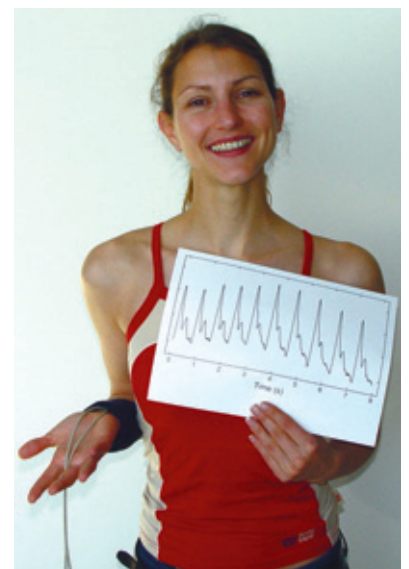
Der Vorteil des neuen Verfahrens gegenüber der herkömmlichen Methode mit Hilfe einer Blutdruckmanschette liegt darin, dass der **gesamte Blutdruckverlauf kontinuierlich aufgezeichnet** werden kann. Aus dem exakten Kurvenverlauf lassen sich viele weitere Kennwerte bestimmen, etwa die Herzeffizienz oder das Pumpvolumen. Es können sogar mögliche Verstopfungen oder Engpässe in den Blutgefässen erkannt werden. Mit Hilfe des

neuen Sensors kann zusätzlich durch eine Analyse des aufgenommenen Blutdrucksignals die Puls- und Atemfrequenz des Patienten sowie der Einfluss der Atemfrequenz auf den Blutdruck gemessen und überwacht werden. Kurz: **Insgesamt werden wesentlich umfangreichere Informationen über den Zustand des Patienten gewonnen.**

Die Grösse des Sensorchips und seine externe Anwendbarkeit auf der Hautoberfläche ermöglichen zudem eine **mobile Überwachung von Risikopatienten** bei minimalen Komforteinbussen. Der Sensor lässt sich als Ergänzung zur mobilen EKG-Überwachung einsetzen. Zudem hat der Blutdrucksensor

auch das Potenzial, die bisherige intravaskuläre Blutdruckmessung von Patienten auf der Intensivstation zu ersetzen. Weitere Anwendungen liegen im Bereich der Messungen an Kindern als Patienten.

Alle notwendigen Mikromechanik-Prozesse wurden so ausgelegt, dass das



Sensorsystem in CMOS- oder Mikroelektronik-Technologie weitgehend in Einklang mit industriellen Standards der Chipproduktion gefertigt werden kann. Dieser Kompatibilität wurde höchste Priorität eingeräumt, um den Schritt in die Produktion zu vereinfachen, aber auch um den Stückkostenpreis niedrig zu halten. Ein integriertes Sensorsystem mit derart umfangreicher Funktionalität schon auf dem Sensorchip selbst, welches keine zusätzliche, aufwändige Elektronik benötigt, bringt auch deutliche Kostenvorteile.

Das Blutdrucksensorsystem wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Universitätsspital Zürich, insbesondere der Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie (Prof. Gregor Zünd und Dr. Jürg Grünenfelder), entwickelt. Alle Tests mit den Prototypen wurden ebenfalls am Universitätsspital Zürich durchgeführt. Zurzeit bestehen Kontakte mit mehreren Medizintechnik-Firmen. Es ist geplant, mit einer dieser Firmen die entwickelten Sensoren weiter zu optimieren und die notwendigen medizinischen und technischen Tests durchzuführen.

#### Markt

Das neue Blutdrucksensorsystem bietet die Möglichkeit, neben bestehenden auch neue Märkte zu erschliessen:

Im Bereich der mobilen Patientenüberwachung gibt es noch keine vergleichbaren Geräte. Im Bereich der klinischen Intensivmedizin lässt sich aufgrund der kosteneffektiven Massen-

fertigung ein deutlich niedrigerer Preis gegenüber bestehenden Sensorsystemen realisieren – mit dem Vorteil, dass die Messung nichtinvasiv erfolgt.

#### Abstract

### Microsensor for continuous, extravascular blood pressure measurements

A monolithic tactile or pressure sensor system is presented, which includes on a single 2 mm-by-3 mm chip an array of micromachined sensors as well as specifically designed analog and digital circuitry. The sensors are small micromachined membranes, the deflection of which is capacitively detected. The circuitry on chip, which includes signal conditioning and interface units and provides a digital signal output, is needed to provide satisfactory system sensitivity. The overall system is fabricated using standard industrial CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) technology and a small number of postprocessing steps to release the sensitive membranes. A biocompatible soft material is used for packaging so that it is comfortable to wear such a device also during longer periods of time. The principal advantages of this system are its high sensitivity, which renders the device suitable for extravascular or percutaneous recording (tonometry), a fast data rate or high readout frequency, which enables the recording of the whole blood pressure waveform to obtain comprehensive information on the patient status, and the small system dimensions, which allow for using it in portable devices for continuous blood pressure monitoring without constraining the patient. The target applications include the use in hospital intensive care and in mobile units for continuous blood pressure monitoring.

#### Kontakt

**Prof. Andreas Hierlemann**  
**Labor für Physikalische Elektronik**  
**ETH Zürich**  
ETH Hönggerberg, HPT-H4.2  
Wolfgang-Pauli-Strasse 16  
CH-8093 Zürich  
Tel. +41 (0)44 633 34 94  
Fax +41 (0)44 633 10 54  
hierlema@phys.ethz.ch

#### Förderung

Schweizer Nationalfonds, Projekt  
«Computer-aided and Image-guided Medical Interventions»  
(COME), Teilprojekt 11: Robotics in  
Cardiovascular Surgery.