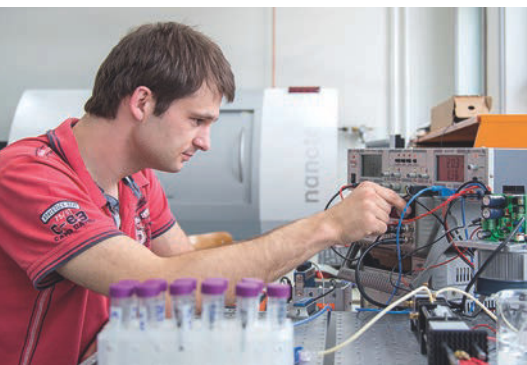


## Sonderheft Medizintechnik

<b>Hinrich Habeck</b> Vorwort	Seite 3	<b>Christian Stark, Felix Fiedler, Stefan Müller</b> Optische Konzentrationsbestimmung von Laktat in Blutplasma mittels NIR-Spektroskopie	Seite 41
<b>Henrik Botterweck, Stefan Fischer</b> Der BioMedTec Wissenschaftscampus Lübeck - mehr als Bio, Med und Tec?	Seite 4	<b>Benjamin Weber, Bodo Nestler</b> Kalibration von Pulsoxymetern durch direkte Spektralmodulation	Seite 45
<b>Christian Buj, Jens Horstmann, Ralf Brinkmann</b> Kontaktfreie Photoakustische Tomographie	Seite 7	<b>Matthias Weber, Klaas Bente, Anselm v. Gladiß, Matthias Graeser, Thorsten M. Buzug</b> Magnetische Partikelbildgebung mit einer feldfreien Linie	Seite 50
<b>Felix Fiedler, Christian Stark, Stefan Müller</b> Magnetophorese zur Trennung der Blutbestandteile für die optische Bestimmung von Laktat	Seite 10	<b>Christian Bollmeyer, Martin Mackenberg, Hartmut Gehring, Horst Hellbrück</b> Entwicklung einer kompakten Sensorplattform für den prototypischen Einsatz in der Medizintechnik	Seite 53
<b>Jens Hagenah, Michael Scharfschwerdt, Achim Schweikard</b> Von Herzchirurgie und Support Vector Maschinen: Wie ein lernender Algorithmus helfen kann, Herzklappenprothesen zu individualisieren	Seite 14	<b>Jürgen Grein, Mathias Beyerlein</b> Ophthalmotechnologie in der Biomedizintechnik – „Sehen“ meets „Technik“	Seite 58
<b>Stephan Klein, Lutz Wunsch, Sean Luenz, Hala El-Shaffey, Franziska Hainer</b> Eine neue Repositionshilfe für die Kinderchirurgie	Seite 19	<b>Bodo Nestler</b> Horizontenerweiterung: Ein Forschungssemester am Technion in Haifa	Seite 60
<b>Tobias Klepsch, Henrik Botterweck</b> Gefäß-Gewebe-Transport von Wirkstoffen beschichteter Implantate: Modellierung der Transportvorgänge	Seite 22	<b>Stephan Klein, Farina Steinert, Wen-Huang Wang, Stefanie Wichmann, Heike Wachenhausen, Folker Spitzenberger, Rolf Granow</b> Online-Lehre für die Medizintechnik im Bereich Regulatory Affairs	Seite 63
<b>Jan Krieger, Christian Damiani, Christian Hübner, Stephan Klein</b> Gefäß-Gewebe-Transport von Wirkstoffen beschichteter Implantate: Phänomenologische Modellierung	Seite 26	<b>Jürgen Tchorz, Markus Kallinger</b> Der Studiengang Hörakustik an der FH Lübeck	Seite 66
<b>Lars Kreutzburg, Vit Dolezal, Christian Hübner</b> Dynamik nanoskaliger Partikel an Gefäßwänden	Seite 30	<b>Silke Venker, Thorsten M. Buzug, Stephan Klein</b> Der gemeinsame internationale Master-Studiengang Biomedical Engineering in Lübeck	Seite 69
<b>Roma Kusche, Steffen Kaufmann, Ankit Malhotra, Paula Klimach, Martin Ryschka</b> Wearable zur Langzeitbestimmung der arteriellen Gefäßsteifigkeit	Seite 34	<b>Ullrich Wenkebach</b> Kurz zurücklehnen und dann weiter... vorgestellt von <b>Henning Schwarz</b> Neuerscheinungen	Seite 71 Seite 74
<b>Benjamin Redmer, Bodo Nestler</b> Optische Messung von Hämoglobinderivaten in nicht-hämolyisiertem humanem Vollblut	Seite 38	<b>Impressum</b>	Seite 78



20. Jahrgang - März 2017

ISSN: 1618-5528

# impulse

Aus Forschung und Lehre



FACH  
HOCHSCHULE  
LÜBECK

University of Applied Sciences

[www.fh-luebeck.de](http://www.fh-luebeck.de)

Klaas Bente, M.Sc.  
 Universität zu Lübeck  
 Institut für Medizintechnik

Anselm v. Gladiß, M.Sc.  
 Universität zu Lübeck  
 Institut für Medizintechnik

Dipl.-Ing. Matthias Graeser  
 Universität zu Lübeck  
 Institut für Medizintechnik

Prof. Dr. rer. nat. Thorsten M. Buzug  
 Universität zu Lübeck  
 Institut für Medizintechnik

# ENTWICKLUNG EINER KOMPAKTEN SENSORPLATTFORM FÜR DEN PROTOTYPISCHEN EINSATZ IN DER MEDIZINTECHNIK

CHRISTIAN BOLLMEYER, MARTIN MACKENBERG, HARTMUT GEHRING, HORST HELLBRÜCK

## Motivation

Eingebettete Systeme sind in vielen Bereichen des Alltags allgegenwärtig. Angefangen von Mobiltelefonen bis zur Fahrzeugelektronik erleichtern uns eingebettete Systeme das tägliche Leben. Darüber hinaus ermöglicht die moderne Elektronik immer kleinere Sensoren und drahtlose Funkchips.

Sensorknoten sind eingebettete Systeme, die an spezielle Aufgaben angepasst werden. Ein Verbund von drahtlosen Sensorknoten bildet ein Sensornetz (Abbildung 1). Über sogenannte Gateway-Knoten können drahtlose Sensornetze auch an das Internet angeschlossen werden. Sie ermöglichen damit vielfältige Einsatzmöglichkeiten im Bereich Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge.

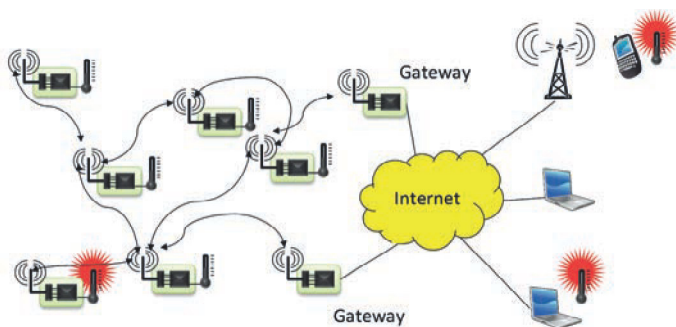


Abbildung 1. Sensornetz mit Gateway-Knoten zum Anschluss an das Internet

Die besondere Herausforderung bei der Entwicklung von drahtlosen Sensorknoten ist ein möglichst universelles und wiederverwendbares Hard- und Softwaredesign. Spezielle Anwendungen stellen zusätzlich besondere Anforderungen an die Hardware und benötigen z.B. spezielle Sensoren. Darüber hinaus ist eine kleine Bauform für viele Anwendungen vorteilhaft, weil sich die Sensorknoten so leichter in bestehende Systeme integrieren lassen.

Im folgenden Artikel wird die aktuelle Entwicklung eines Sensorknoten des Kompetenzzentrums CoSA (Kom-

munikation-Systeme-Anwendungen) kurz vorgestellt und die Einsatzmöglichkeit anhand eines aktuellen Projektes in der Medizintechnik verdeutlicht.

## Hardware und Software des Sensorknotens

Als Basis für die Entwicklung des Sensorknotens dient der vorhandene Sensorknoten TriSOS (3xSOS: Smart Object Systems, Self Organizing Systems, Service Oriented Systems), welcher im Zeitraum 2008 - 2012 vom Kompetenzzentrum CoSA im Rahmen eines Projektes entwickelt wurde [1]. Ziele der Neuentwicklung sind eine kompaktere Bauform und eine Erweiterung der On-Board Sensorik, die modular noch erweitert werden kann. Die Grundlage der neuen Sensorknotenarchitektur bildet ein 8 Bit ATxmega128A1U Mikrocontroller der Fa. Atmel, bei dem ein digitaler 14-Bit Beschleunigungssensor der Fa. Bosch [2] und ein digitaler 24-Bit Luftdrucksensor [3] bereits integriert sind. Diese Sensoren können zum Beispiel für die Lageerkennung eines Objektes, Fallerkennung, präzise Höhenmessung [4] oder für die Lokalisation verwendet werden. Die Daten der Sensoren können bei Bedarf auf dem integrierten EEPROM gespeichert werden. Für die drahtlose Kommunikation im Sensornetz verfügt der Sensorknoten über eine IEEE802.15.4 kompatible Funkschnittstelle. Der Sensorknoten wird über einen 3.7 V Li-Ion Akku (1300 mAh) mit Energie versorgt. Abhängig von der Anwendung und Optimierung kann damit eine Laufzeit von

Bezeichnung	Komponente
Mikrocontroller	Atmel ATxmega128A1U
Beschleunigungssensor	Bosch BMA280
Luftdrucksensor	Measurement Specialties MS5803-01BA
Funkschnittstelle	Atmel AT86RF233
Akku	3.7 V Li-Ion mit 1300 mAh
Ultra Wide Band Modul	Decawave DW1000

Tabelle 1. Komponenten des Sensorknotens mit UWB Erweiterung

mehreren Wochen erreicht werden. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die verwendeten Hardwarekomponenten.

Der integrierte USB-Anschluss kann alternativ zur Energieversorgung bzw. zum Laden des Akkus verwendet werden und dient gleichzeitig als virtuelle serielle Schnittstelle. Daten aus dem Sensornetz können darüber direkt im PC gespeichert werden.

Der Sensorknoten kann wie der Vorgänger mit einer Erweiterungsplatine an die Anforderungen der jeweiligen Anwendung angepasst werden. Die Erweiterungsplatine wird mittels Stiftleisten auf den Sensorknoten gesteckt und kann daher ohne großen Aufwand ausgetauscht werden. Über die Stiftleisten werden zwei Ports des Mikrokontrollers nach außen geführt, die z.B. den Anschluss zusätzlicher Sensoren mittels SPI oder I<sup>2</sup>C sowie das Einlesen analoger Werte über den integrierten AD/DA Wandler ermöglichen. Programmiert wird der Knoten über das herausgeführte JTAG-Interface und das kostenlose AtmelStudio.

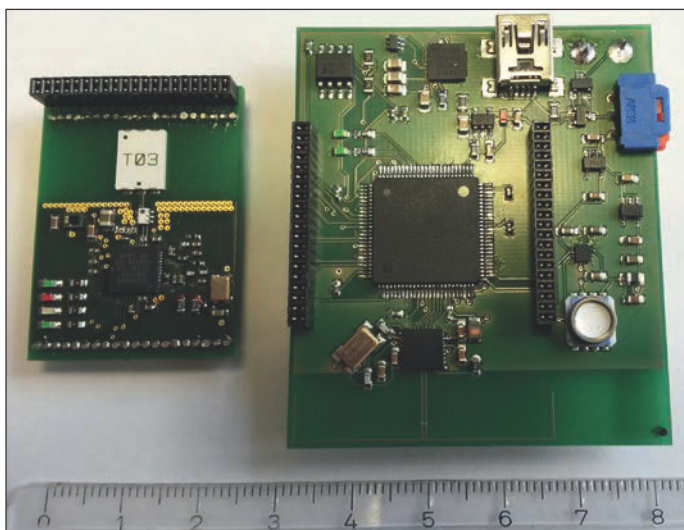


Abbildung 2. Entwickelter TriSOS Sensorknoten (rechts) mit UWB Erweiterungsplatine (links)

Abbildung 2 zeigt den Sensorknoten (rechts) mit einer Ultra-Wide-Band Erweiterungsplatine (links) zur Anwendung in der Lokalisierung. Die Maße des Sensorknotens inklusive Erweiterungsplatine betragen 5,5 x 4,7 x 2 cm.

Als Software-Plattform dient die im Kompetenzzentrum CoSA entwickelte Firmware TriSOS. Diese Firmware besteht aus mehreren Bibliotheken, die das Ansprechen von Hardwarekomponenten oder die Durchführung notwendiger Konfigurationen z.B. die der Funkschnittstelle oder der digitalen Interfaces (I<sup>2</sup>C oder SPI) ermöglichen und vom Benutzer in die Software eingebunden werden können. Ein Überblick der vorhandenen Bibliotheken ist in Abbildung 3 dargestellt. Die Treiber für die Sensoren werden über Bibliotheken eingebunden

TriSOS Firmware

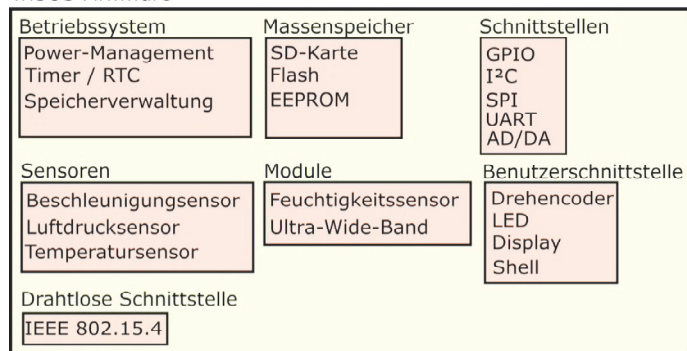


Abbildung 3. Software Module in der TriSOS Firmware

und können ohne großen Aufwand in unterschiedlichen Anwendungen verwendet werden.

Das Codebeispiel im Listing 1 illustriert die einfache Verwendung des Beschleunigungssensors über vorhandene Bibliotheken: Auf ähnliche Weise kann z.B. auch der barometrische Drucksensor zur Höhenmessung oder die Funkschnittstelle angesprochen werden.

```
// Treiber für Beschleunigungssensor
#include "src/hwmodule/devices/bma2x2.h"
// Initialisieren der Schnittstellen
#include "src/app/boot.h"
boot_init(); // Initialisierung von I2C und SPI
bma2x2_init(); // Initialisierung des Beschleunigungssensors
bma2x2_calibrate_all_axis(); // Kalibrieren des
Beschleunigungssensors
```

Listing 1. Beispiel zum Initialisieren von Sensoren mittels der TriSOS Firmware und Treibern

### Prototypische Anwendung des Sensorknotens

Das hier vorgestellte Anwendungsbeispiel stammt aus dem Forschungskolleg LUMEN (Luebeck Medical Engineering). Das Forschungskolleg LUMEN bearbeitet in mehreren Forschungsprojekten den Themenbereich Kreislauf und Gefäße. Hierbei steht die Forschung an neuen Verfahren zur Modellierung und Messung der wichtigsten diagnostischen Parameter und die Entwicklung schneller Therapien im Vordergrund. Das Teilprojekt I „Multisensorische Adjustierung der invasiven Blutdruckmessung zur Kompensation von Änderungen in der Körperposition“ wird vom CoSA Kompetenzzentrum bearbeitet und im Folgenden kurz vorgestellt.

Die invasive Druckmessung des arteriellen Blutdrucks und des zentralen Venendrucks gilt als Standard bei kritischen Eingriffen in der Neuro- oder Herzchirurgie. Abbildung 4 zeigt schematisch den Aufbau einer invasiven Blutdruckmessung an einem liegenden Patienten.

Die Position des Druckaufnehmers / Messwandlers ist auf der Höhe des Referenzpunktes – rechter Vorhof bei auf dem Rücken liegenden Patienten – auszurichten. Ständige Änderungen in

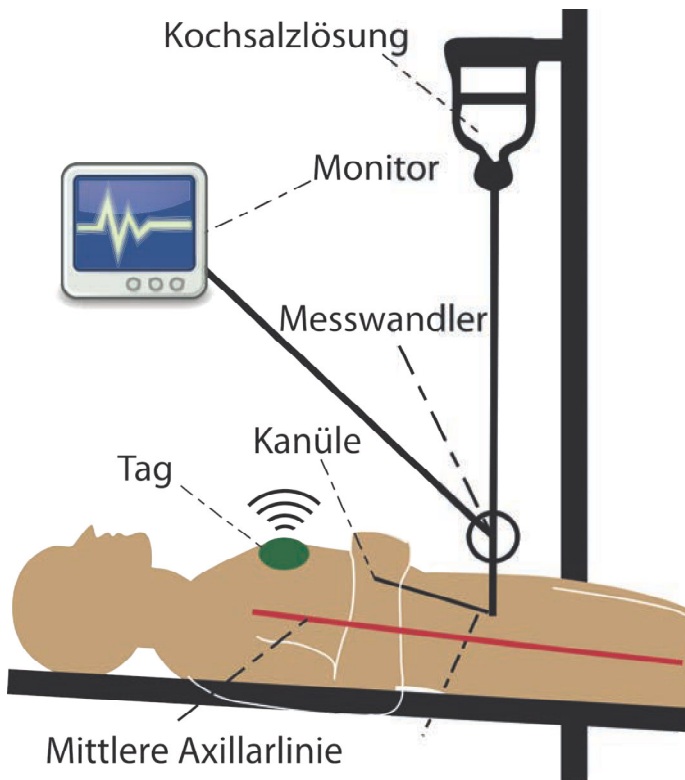


Abbildung 4. Schematische Darstellung eines liegenden Patienten und Messaufbau für die invasive Blutdruckmessung

der Position des Patienten etwa in der Höhe bei radiologischen Interventionen oder in der Körperlage bei minimal-invasiven Eingriffen erfordern eine manuelle Nachjustierung, da der Blutdruck fehlerhaft angezeigt wird [5].

In dem Forschungsprojekt wird die automatische Korrektur des intravasal gemessenen Blutdrucks bezogen auf die Position des Patienten angestrebt. Dazu ist die Bestimmung der Position des Referenzpunktes und des Druckaufnehmers mit einer Genauigkeit von +/- 1 cm vorzugsweise mit einem 2-Sensor-System (Referenzpunkt Patient und Druckaufnehmer) entscheidend. Dazu planen wir im Projekt, verschiedene Verfahren zur Positionsbestimmung basierend auf einem drahtlosen Netz aus Sensoren (Body-Area-Network BAN) [12] zu vergleichen, zu kombinieren, prototypisch umzusetzen und zu evaluieren.

Basis des multisensorischen anwendungsoptimierten Messaufbaus sind Orientierungssensoren zur Messung von 3D Winkeln im Raum und 3D-Lokalisation z.B. mittels UWB-Systemen (Ultra Wide Band). Die Einbeziehung zusätzlicher Sensorik im Tisch oder Patienten führt zu einem adaptiven, intelligenten und zuverlässigen System. Als Basis für die erfolgreiche Durchführung dieses Projekts ergänzen sich die Expertisen in den Bereichen drahtloser Sensoren (FHL, ITM), Lageerkennung und Navigation (FHL, ITM) und Monitoring in der Anästhesie (UK S-H).

Für medizinische Anwendungen, z.B. im LUMEN Projekt oder im Bereich E-Health oder Homecare, ist vorgesehen, den neu entwickelten Sensorknoten als BAN am menschlichen Körper zu befestigen. Der Datenaustausch im BAN erfolgt über eine IEEE802.15.4 kompatible Funkschnittstelle. Ein Gateway-Knoten verbindet das BAN mit einem zentralen PC zum Auswerten von Messergebnissen.

Abbildung 5 stellt den Aufbau des Sensorknotens für die Anwendung in der Medizintechnik dar. Die Lokalisierung des Herzreferenzpunktes erfolgt über UWB und synchronisierte, differentielle Luftdruckmessungen. Durch die Synchronisierung der Luftdruckmessung über die Funkschnittstelle wird die Höhenmessung nicht durch erzeugte Luftdruckschwankungen, z.B. durch das Öffnen und Schließen von Türen, beeinflusst. Details haben wir in [4] veröffentlicht. Die Lage des Patienten kann über den Beschleunigungssensor berechnet werden. Der Prozessor übernimmt dabei die Steuerung der Funkchips und führt die Signalverarbeitung durch.

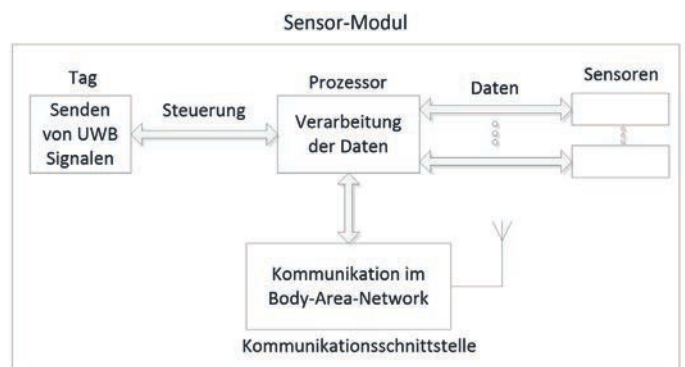


Abbildung 5. Sensorknoten mit UWB-Modul für die Anwendung in der Medizintechnik

### Messergebnisse des Sensorknotens mit UWB Modul

Über einen Gateway-Knoten können die erfassten Messdaten für andere Teilnehmer in Rechnernetzen zur Verfügung gestellt werden. Zur Auswertung der Messdaten, z.B. mit Matlab, senden Teilnehmer im BAN die Messdaten an den Gateway-Knoten. Empfangene Messdaten werden in einer Log-Datei zur späteren Verwendung gespeichert. Die Log-Datei enthält die ID des Absenders und Beschleunigungswerte, Luftdruckwerte und die über UWB gemessene Entfernung. Ein Auszug einer Log-Datei ist im Listing 2 dargestellt.

```

=====
= ID  AccX  AccY  AccZ  Druck Anker Druck Tag  Entfernung
=====
1003   9   -37  4100  3361242274  3357580093  0.000
1003   3   -16  4084  3361301363  3357615985  0.516
1003  -14    8  4072  3361222446  3357594256  0.526
1003   4   -18  4105  3361254903  3357577964  0.516
1003  -13   -6  4089  3361213803  3357621199  0.530
=====
    
```

Listing 2. Beispiel einer Log-Datei mit Messdaten des Sensorknoten

Über die synchronisierte Messung des Luftdrucks und digitale Signalverarbeitung können Informationen über die räumliche Nähe zwischen den Sensoren gewonnen werden. Ob sich Sensorknoten in einem Raum befinden, kann über die Korrelation von Luftdruckwerten abgeschätzt werden. Details zu dem entwickelten Verfahren haben wir in [6] veröffentlicht.

In medizinischen Anwendungen können diese Informationen zur Steigerung der Robustheit von Sensoren eingesetzt werden, z.B. um zu überprüfen ob ein Sensor aus dem OP entfernt wurde. Darüber hinaus wird eine Kontexterkenkung von drahtlosen Sensoren möglich.

Die Beschleunigungssensoren ermöglichen nicht nur die Lageerkennung eines Patienten. Wird ein Sensorknoten, wie in Abbildung 4 dargestellt, auf der Brust des Patienten befestigt, kann bei einem ruhenden Patienten auch die Atmung detektiert werden. Abbildung 6 zeigt die gefilterten Beschleunigungswerte in X-Richtung. Die Veränderung der Beschleunigungswerte durch die Lageänderung des Sensors beim Heben und Senken des Brustkorbs ist deutlich zu erkennen. Daraus lassen sich dann Atemfrequenz und Störungen ableiten. Des Weiteren zeigt die Kurve die hohe Empfindlichkeit der Sensorik.

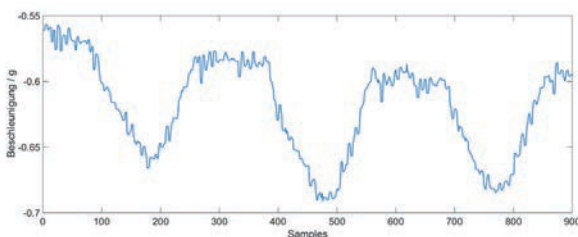


Abbildung 6. Gefilterte Messwerte des Beschleunigungssensors in X-Richtung zeigt das Heben und Senken des Brustkorbs durch die Atmung

## Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Artikel haben wir den neu entwickelten Sensorknoten als flexible, modulare Plattform vorgestellt. Der Sensorknoten baut auf dem von CoSA entwickelten TriSOS-Sensorknoten auf und verwendet die gleiche Firmware. Dadurch kann auf bereits entwickelte Softwarekomponenten zurückgegriffen werden. Dies ermöglicht eine kostengünstige bzw. zeitsparende Entwicklung von neuen Anwendungen. Unser Sensorknoten integriert einen hochgenauen Luftdrucksensor, einen empfindlichen Beschleunigungssensor, sowie eine Funkschnittstelle. Über separate Hardwaremodule kann der Sensorknoten um zusätzliche Sensorik oder Schnittstellen an die speziellen Bedürfnisse der Anwendung angepasst werden. Die Anwendungsbereiche unseres Sensorknotens reichen somit von der Logistik bis hin zur Medizintechnik. Dies ermöglicht eine schnelle Anpassung der Software an unterschiedliche Problemstellungen. In einer medizinischen Anwendung wird

der Sensorknoten zur Lokalisierung des Herzreferenzpunktes und der Lageerkennung eines Patienten eingesetzt. Die Messergebnisse zur Kontexterkenkung für medizinische Sensoren sind auf wissenschaftlichen Konferenzen veröffentlicht worden.

Für die Zukunft planen wir den Aufbau eines kompletten UWB-Lokalisationssystems für medizinische Anwendungen auf Basis des Sensorknotens. Zusätzliche Messwerte der integrierten Sensoren werden verwendet, um Lokalisationsergebnisse weiter zu verbessern und die Robustheit des Systems weiter zu erhöhen.

## Danksagung

Diese Arbeit fand im Rahmen des LUMEN I Teilprojektes „Multisensorische Adjustierung der invasiven Blutdruckmessung zur Kompensation von Änderungen in der Körperposition“ des CoSA Kompetenzzentrums statt. Projektpartner des LUMEN I Teilprojektes sind die Universität zu Lübeck, Institut für Telematik, das Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck, Klinik für Anästhesiologie und die Fa. Ubisense AG, Düsseldorf.

Diese Arbeit wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (Förderkennzeichen 01EZ1140B, LUMEN).

## Literaturverzeichnis

- [1] 3-SOS (TriSOS) Smart Object Systems Self-Organizing Systems . Horst Hellbrück, Erik Kamsties. 14, s.l. : Fachhochschule Lübeck, 2009. 1618-5528.
- [2] Datasheet BMA 280. Bosch. [Online]  
[http://ae-bst.resource.bosch.com/media/products/dokumente/bma280/BST-BMA280-DS000-11\\_published.pdf](http://ae-bst.resource.bosch.com/media/products/dokumente/bma280/BST-BMA280-DS000-11_published.pdf)
- [3] Datasheet MS5803-01BA Miniature Variometer Module. Measurement Specialties. [Online]  
<http://www.meas-spec.com/downloads/MS5803-01BA.pdf>
- [4] Precise Indoor Altitude Estimation based on differential barometric Sensing for wireless Medical Applications. Christian Bollmeyer, Tim Esemann, Hartmut Gehring, Horst Hellbrück, In Body Sensor Networks Conference 2013 (BSN2013), 2013.
- [5] Error in central venous pressure measurement. Figg KK, Nemergut EC. Anest Analg 2009; 108: 1209-11.
- [6] Wireless Medical Sensors - Context, Robustness and Safety. Christian Bollmeyer, Mathias Pelka, Hartmut Gehring, Horst Hellbrück. In 49th annual conference of the German Society for Biomedical Engineering (BMT 2015), 2015.

**Autoren**

**Christian Bollmeyer, M.Sc.**

Fachhochschule Lübeck

Fachbereich Elektrotechnik und Informatik

(korrespondierender Autor)

Mönkhofer Weg 239

23562 Lübeck

E-Mail: [christian.bollmeyer@fh-luebeck.de](mailto:christian.bollmeyer@fh-luebeck.de)

**Martin Mackenberg, M.Sc.**

Fachhochschule Lübeck

Fachbereich Elektrotechnik und Informatik

**Prof. Dr. med. Hartmut Gehring**

Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck

Klinik für Anästhesiologie

**Prof. Dr.-Ing. Horst Hellbrück**

Fachhochschule Lübeck

Fachbereich Elektrotechnik und Informatik

bildlich gesprochen, vom Kopf zu den Füßen, indem sie nach Kopfverletzungen und Verletzungen der Wirbelsäure, nach Thoraxverletzungen und solchen des Abdomens schließlich mit Verletzungen der Extremitäten enden. Jedes Kapitel ist zudem in sich strukturiert. Stets folgt einer Beschreibung der jeweiligen Anatomie eine Analyse der Verletzungen und, wo möglich, ein Abschnitt zur Prävention. Den Schluß bilden jeweils eine Zusammenfassung mit Aufgaben und ein zumeist umfangreiches Literaturverzeichnis. Am Ende des Buches finden sich die Lösungen der gestellten Aufgaben sowie ein vergleichsweise kurz gehaltenes Sachverzeichnis. Der untadelige Text wird, fast überflüssig zu betonen, durch eine Vielzahl sehr anschaulicher Bilder und Graphiken unterstützt. Selbst der Einband unterscheidet sich wohltuend von so mancher heute leider immer öfter anzutreffenden Seitenverpackung. Fest, robust und dauerhaft tritt dieser Band dem Leser entgegen, der ihn getrost nach Hause tragen kann in der Gewißheit, eine Fülle an Inhalt schwarz auf weiß zu besitzen.

## IMPRESSUM

### HERAUSGEBER

Präsidium der Fachhochschule Lübeck  
Mönkhofer Weg 239  
23562 Lübeck  
[www.fh-luebeck.de](http://www.fh-luebeck.de)

### REDAKTION

Autoren/-innen  
Schlussredaktion:

Prof. Dr.-Ing. Stephan Klein  
Labor für Medizinische Sensor- und Gerätetechnik  
Fachhochschule Lübeck  
[www.msgt.fh-luebeck.de](http://www.msgt.fh-luebeck.de)

Frank Mindt, M.A.  
Pressestelle  
Fachhochschule Lübeck  
Telefon: 0451 300 - 5305  
Fax: 0451 300 - 5470  
E-mail: [presse@fh-luebeck.de](mailto:presse@fh-luebeck.de)

### SATZ UND LAYOUT

Thowo - Thorben Wolkowski  
E-mail: [info@thowo.de](mailto:info@thowo.de)  
[www.thowo.de](http://www.thowo.de)

### FOTOS

Autoren/-innen, Pressestelle

ISSN 1618 5528

AUFLAGE  
600 Exemplare