

# Drahtlose Sensornetzwerke in der Laborautomatisierung

## Kabellose Technologien bieten auch im Produktionsumfeld und in der Laborautomatisierung enormes Potential

Das Eindringen des Computers in alle Lebensbereiche, das „pervasive“ oder „ubiquitäre Computing“, eröffnet enorme Marktpotentiale für funkgestützte, infrastrukturlose Systeme. Auch im Labor oder in der Produktionsumgebung sind solche Systeme den kabelbasierten Lösungen zunehmend überlegen. Gerade die schnelle und selbstorganisierende Installation drahtloser Sensornetzwerke verheißen hier eine deutliche Steigerung von Produktivität und Qualität.

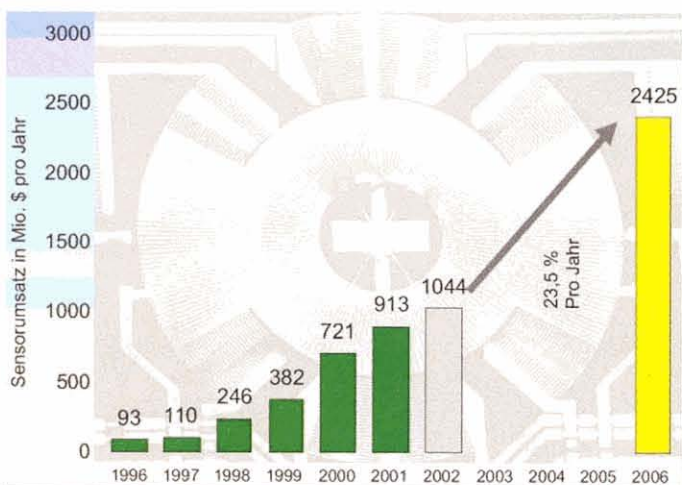


Abb. 1: Prognostizierte Entwicklung des Sensorumsatzes (Quelle: Mikroelektronik – Trendanalyse 2001)

Heutige Netzinfrastrukturen wie Wireless-LAN (WLAN) in Handhelds oder Bluetooth in Handys werden kontinuierlich ausgebaut und ermöglichen durch Ad-hoc-Eingliederung jedem Nutzer Zugang und sofortigen Zugriff auf unterschiedliche Netzwerkdienste. Aber nicht nur im Consumer-Bereich sondern auch in der Automatisierungstechnik und dem Fahrzeugbau eröffnen Ad-hoc-Netzwerke völlig neue Anwendungsbereiche. Die „Radio Frequency Identification“ (RFID) und drahtlose Sensornetzwerke sind nur zwei von vielen innovativen Techniken in diesem Bereich. Eingebettete Systeme, „Embedded Systems“, die mit diesen drahtlosen Kommunika-

tionstechniken ausgestattet sind, erlauben durch zusätzliche Integration von Sensoren eine immer umfassendere Darstellung der Umgebung.

Um die neuen Möglichkeiten der neuen Technologien aber voll ausschöpfen zu können, sind weitere wissenschaftliche Fortschritte erforderlich, zum Beispiel bei der spontanen Vernetzung und der Selbstorganisation von Sensoren oder bei der Verbindung bisher separater Felder. Auch der Kontext- und Lokationsbezug muss deutlich verbessert und der „Quality of Service“ sowie das Echtzeitverhalten der Systeme gesteigert werden.

Sensoren liefern objektive Informationen über Produktions-, Fertigungs- und gebäu-

detechnische Prozesse. Diese Informationen bilden die notwendige Voraussetzung für jede Prozessautomatisierung und Qualitätsüberwachung. Weiterhin gewährleisten sie eine Verringerung des Energie- und Rohstoffverbrauches, reduzieren die Umweltbelastung, erhöhen den Komfort so-

soren beobachtet und die Messergebnisse über eine serielle Kommunikation durch Punkt-zu-Punkt-Verbindungen an ein LIMS überstellt (Abb. 2a). Der Nachteil dieser Lösung ist die hohe Anzahl der benötigten I/O-Schnittstellen und die zahlreichen Leitungen zum LIMS. Deren

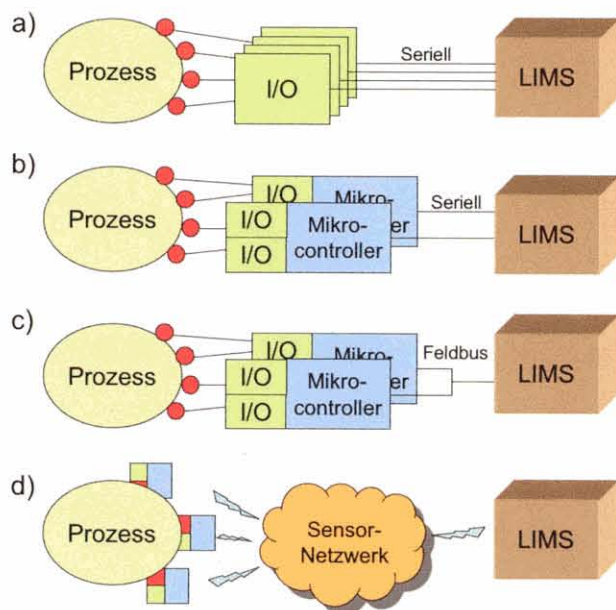


Abb. 2: Laborautomatisierung: a) Direkter Datentransfer der Messergebnisse zum zentralen LIMS, b) Vorverarbeitung durch Mikrocontroller und Übertragung der Daten über Multi-Point-to-Point Verbindungen, c) Einführung von Feldbussystemen zur Kommunikation, d) Dezentrale Messdatenaufnahme und -vorverarbeitung durch Einsatz drahtloser Sensornetzwerke

wie die Flexibilität der Prozessauswertung und letztendlich die Wirtschaftlichkeit. Aktuelle hochintegrierte Sensoren auf Mikrosystembasis ersetzen zunehmend herkömmliche Sensoren. Der Umsatz dieser Sensoren wird demnach in den nächsten Jahren aufgrund des günstigen Preises deutlich zunehmen (Abb. 1).

### Sensorknoten funken Messdaten

Laborprozesse wurden ursprünglich mit einfachen Sen-

senzen ausgestattet. Die Anzahl wurde durch eine Vorverarbeitungsstufe mit Mikrocontrollern und Multi-Punkt-zu-Punkt-Verbindungen verringert (Abb. 2b), und zurzeit wird der Verdrahtungsaufwand durch Feldbussysteme wie Profi-Bus, CAN-Bus oder Interbus weiter reduziert (Abb. 2c). Der Trend in der Prozessautomatisierung geht derzeit aber ganz klar zur zunehmenden Verschiebung der verarbeitenden Hardware von einem zentralen LIMS in Richtung des Prozesses (Abb. 2d).



Und genau diesem Trend folgen die Ansätze einer Sensornetzwerkarchitektur innerhalb der Prozessumgebung. Dabei werden Sensorknoten möglichst dicht am Prozess positioniert, um Messdaten so exakt wie möglich aufzunehmen und diese drahtlos an das LIMS zu übertragen. Dabei entfällt der Verdrahtungsaufwand völlig.

### Selbstorganisierende Ad-hoc-Netzwerke

Die hohen Integrationsdichten von Halbleitern ermöglichen die Entwicklung extrem kleiner intelligenter Module, die aus Sensoren, Aktoren, Prozessoren und

durch integrierte Fehlererkennungs- und Korrekturmechanismen verhindert. Neben Anwendungen für großflächige Gebiete – wie die Überwachung von brandgefährdeten Wäldern oder das kontinuierliche Monitoring der Meerestemperatur – besitzen Sensornetzwerke daher auch in der Laborautomatisierung ein hohes Potenzial. Sensornetzwerke ermöglichen eine zentrale Kontrolle und präzise Koordination von Prozessen. Konvergenzerkennung von Messwerten ermöglicht rechtzeitiges Beenden der Arbeitsabläufe und erhöht den Durchsatz der Prozesse in der Abarbeitungsschleife. Das frühzeitige Erkennen von Fehl-

lassen sich ohne Aufwand platzieren und bilden eigenständig ein selbstkonfigurierendes drahtloses Netzwerk. Sie leiten alle vorverarbeiteten Informationen automatisch an eine Datensenke weiter, z.B. an ein LIMS oder an mobile PDAs (Abb. 5).

### Das drahtlose Labor

Datenaggregation und Filterung redundanter Daten stehen dabei als wichtige Techniken zur Reduzierung des Kommunikationsaufwandes zur Verfügung. Die Vorteile bestehen in der einfachen und flexiblen Installation der Sensorknoten ohne zusätzlichen Verdrahtungsaufwand

dem Gefahrenbereich. Durch die Mobilität der Sensorknoten ist der Mensch in der Lage, sich frei innerhalb des Labors zu bewegen, was die Funktionalität des Sensornetzwerkes in keiner Weise beeinflusst.

Die Integration von Sensornetzwerken in eine Laborumgebung verbessert die Steuerung und das Monitoring von Arbeitsprozessen erheblich. Dies führt zu einer Qualitätserhöhung der Prozessüberwachung und einer Reduzierung von auftretenden Fehlern. Die schnelle Installation der Sensorknoten beschleunigt die Entwicklungszyklen von Prozessen und steigert damit den wirtschaftlichen Erfolg.

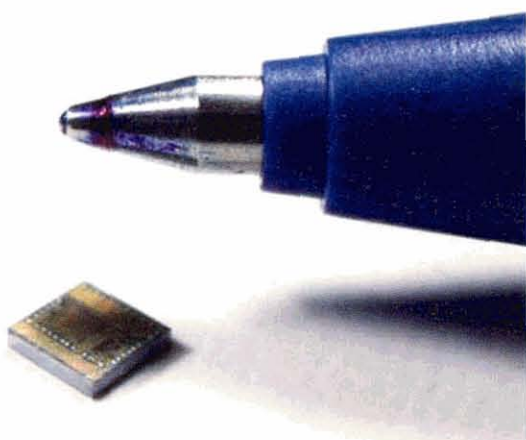


Abb. 3: Beispiel für einen hochintegrierten Sensorknoten (Foto: Jason Hill, UCB)

Speichern bestehen (Abb. 3). Sie können Berechnungen durchführen und unterschiedliche Umgebungswerte messen. Hunderte dieser Sensorknoten treten drahtlos miteinander in Verbindung und bilden dadurch pervasive Ad-hoc-Sensornetzwerke (Abb. 4), die eine Überwachung komplexer physikalischer Systeme gestatten. Die Energiereserven dieser Sensorknoten und die Prozessorleistung sind durch die geringe Größe der Komponenten aber stark limitiert. Sehr rechenintensive und vor allem kommunikationsintensive Aufgaben sind deshalb derzeit nicht ohne weiteres durchführbar.

Bei der drahtlosen Übertragung von Informationen wird ein möglicher Datenverlust

funktionen vermeidet zudem kostenintensive Folgeschäden.

Die Administration und Steuerung des Sensornetzwerkes kann beispielsweise durch die Steuerungs- und Testumgebung SeNeTs (www.senets.org) erfolgen. Der anvisierte Preis eines Sensorknotens wird in einigen Jahren etwa den Preis von einem Euro-Cent erreichen und so einen kostengünstigen Einsatz großer drahtloser Sensornetzwerke ermöglichen.

In der Prozessumgebung werden alle Komponenten (Mikrotiterplatten, Rührer, Pipettierautomaten) mit Sensorknoten bestückt, um den Verkehr von Steuer- und Messdaten mit einem drahtlosen statt mit einem drahtgebunden Netz zu übertragen. Die einzelnen Sensorknoten

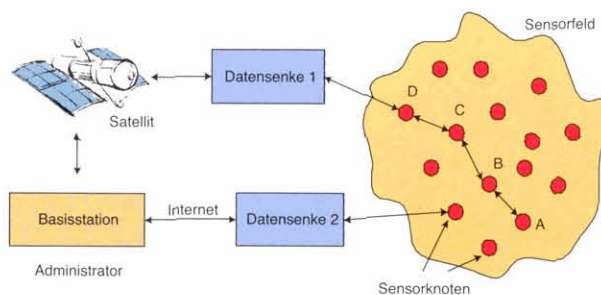


Abb. 4: Schematische Darstellung des Datenflusses in einem Sensornetzwerk

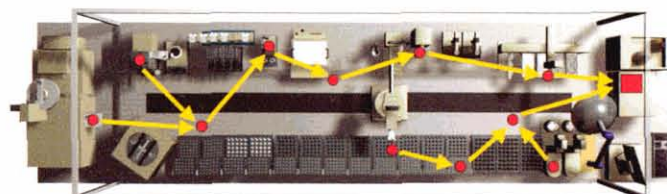


Abb. 5: Sensornetzwerk aus drahtlos miteinander kommunizierenden Sensorknoten entlang einer Reaktionsstrecke

wie auch der mobilen Prozessüberwachung.

Ein weiteres Anwendungsszenario besteht in der Ausrüstung des Laborpersonals mit Sensorknoten zur Überwachung der Vitalfunktionen. Dabei werden die Sensorknoten am Menschen oder innerhalb des Schutzanzuges platziert, was eine kontinuierliche Überwachung der Herzfrequenz und das sofortige Erkennen von Anomalien ermöglicht. Des Weiteren detektiert ein Sensor innerhalb des Schutzanzuges Gefahrstoffe, die durch einen Riss in der Hülle eintreten könnten. Dies gewährleistet eine rechtzeitige Evakuierung der Person aus

Dipl.-Ing. Jan Blumenthal,  
jan.blumenthal@uni-rostock.de

Dipl.-Ing. Frank Reichenbach,  
frank.reichenbach@uni-rostock.de

Prof. Dr. Dirk Timmermann,  
dirk.timmermann@uni-rostock.de

Universität Rostock  
Fakultät für Informatik  
und Elektrotechnik  
Institut für Angewandte  
Mikroelektronik und Datentechnik  
Büro: Warnemünde, Haus 1, Raum 1330  
Richard-Wagner-Straße 31  
18119 Rostock