

# Akusto-elektrisches Multisensorsystem für die Inline-Prozessanalytik in flüssigen Medien

14267 BR

In diesem Projekt wurde ein Multisensorsystem entwickelt, das die gleichzeitige Erfassung akustischer und elektrischer Eigenschaften flüssiger Stoffgemische kontinuierlich und direkt im Prozess mit einer einzigen miniaturisierten Sonde gestattet.

Dieses neuartige Multisensorsystem zeichnet sich durch folgende Merkmale aus:

- robustes inline-fähiges Prozessanalyzesystem für die Erfassung von Schallgeschwindigkeit, Schallschwächung, Leitfähigkeit, DK-Wert und Temperatur,
- neuartige miniaturisierte Sondenkonstruktion, die die Ultraschallwandleranordnung gleichzeitig als Messkondensator für die elektrische Mediencharakterisierung nutzt,
- Sensorelektronik in einer Low-cost- und einer High-end-Variante (vollständig digitale Signalverarbeitung, Erfassung des komplexen DK-Wertes in einem weiten Frequenzbereich),
- hohe Messfolgefrequenzen und implementierte Filteralgorithmen für ein günstiges Signal- Rausch-Verhältnis,
- Autarker Sensorbetrieb mit LC-Display (Low-cost-Variante) oder PC-gekoppelter Betrieb,
- modernes Schnittstellenkonzept (inkl. Ethernet-Anschluss)
- umfangreiche Kalibriermöglichkeiten des Sensorsystems (Temperatur, Stoffkonzentration),
- optimiertes Preis-/Leistungsverhältnis durch Mehrfachnutzung von Hardwareressourcen.

Auf der Basis von zahlreichen Simulationen und Testaufbauten wurde zunächst eine miniaturisierte Sonde entwickelt, die die Erfassung von vier Messgrößen (Schallgeschwindigkeit, Schallschwächung, DK-Wert und Verlustwinkel) sowie der Temperatur ermöglicht. Dabei wurde das Design der Wandler und der Elektroden insbesondere hinsichtlich Schallfeldcharakteristik, Grundkapazität des Messkondensators und Schirmungsmöglichkeiten optimiert. Für eine hohe mechanische, chemische und thermische Stabilität, verbunden mit einer preiswerten Realisierbarkeit, wurden verschiedene Materialien untersucht, um den unterschiedlichen Anforderungen gerecht zu werden.

Bei der Entwicklung der Sensorelektronik wurden zwei alternative Konzepte verfolgt. Zum einen wurde in einer aufwandsminimierten Low-cost-Variante ein möglichst kompaktes und autark zu betreibendes Sensorsystem realisiert, das durch Kopplung mit einem grafischen Touch-Screen-Display als Vor-Ort-Anzeiger umgesetzt wurde. Am Leistungsumfang und der Funktionalität wurden bewusst Abstriche in Kauf genommen. So erfolgt die dielektrische Mediencharakterisierung nur bei einer ausgewählten Frequenz und die Sendespannung der Ultraschallwandleranordnung ist limitiert.

Zum anderen wurde eine High-end-Version entwickelt, die sich insbesondere durch einen erweiterten Funktionsumfang, ein besseres Signal-Rauschverhältnis bei den Messparametern, eine niedrigere Messunsicherheit und eine hohe Systemstabilität auszeichnet. Aufgrund der hohen Messdynamik und der umfangreichen Berechnungen bei dem gewählten Direkt-Sampling-Verfahren, ist für die Messwerterfassung, -verarbeitung und -darstellung die Kopplung mit einem PC erforderlich.

Die Entwicklung des Moduls für die Erfassung des komplexen DK-Spektrums und der akustischen Parameter erfolgte zunächst eigenständig. Später wurden die Einzelmodule zu einem Gesamtkonzept vereinigt, wobei darauf geachtet wurde, dass die parallele Nutzung von Hardwareressourcen möglich ist. Die Hardware- und Messablaufsteuerung erfolgt auf einem x86-basierten Rechnerboard mit embedded Linux in Verbindung mit einem FPGA. Das kombinierte Sensormodul für die Messwerterfassung, der Wobbel-Signalgenerator, die Endstufe zur Erzeugung der Ultraschallsignale, die A/D-Wandlereinheit und das Präzisionstemperaturmodul bilden die wesentlichen weiteren Hardwareteile. Die modular gestaltete Firmware erleichtert das Implementieren von neuen Kalibrier- oder Datenauswerterroutinen.

In umfangreichen Funktionstests und Untersuchungen zur Stoffapplikationen konnte die Leistungsfähigkeit der entwickelten Sensorsysteme unter Beweis gestellt werden. Die Funktionsmuster der realisierten Sensorsysteme bilden eine gute Grundlage, um direkt durch kmU's in kommerziell verfügbare Produkte überführt zu werden. Auch die Ergebnisverwertung durch Ausgründung wird gegenwärtig geprüft.

Bearbeitet wurde das Forschungsthema von 2/2005 bis 7/2007 am **Institut für Automation und Kommunikation e.V. Magdeburg** (Steinfeldstraße 3, 39179 Barleben, Tel. 039203/810-22) unter der Leitung von Dr. J. Auge (Leiter der Forschungsstelle Prof. Dr. U. Jumar) und an der **Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Mikro- und Sensorsysteme**, Lehrstuhl Messtechnik/Sensorik (Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg, Tel.: 0391/67-18310) unter der Leitung von Dr. F. Eichelbaum (Leiter der Forschungsstelle Prof. Dr. P. Hauptmann).

--> [TIB](#)

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

Das IGF-Vorhaben Nr. 14267 BR der Forschungsvereinigung DECHEMA, Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., Theodor-Heuss-Allee 25, 60486 Frankfurt am Main wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages