



# **Abschlussbericht**

(Kurzfassung)

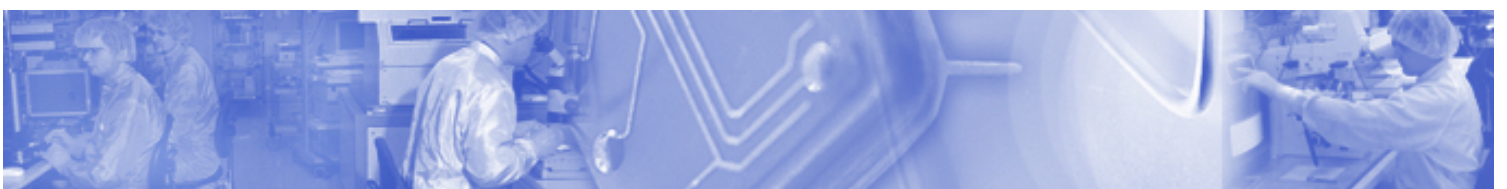
**Entwicklung eines Mikrosystems minimalen  
Energiebedarfs durch Einsatz eines innovativen  
Sigma-Delta Verfahrens  
(LowPower Mikrosystem)**

AiF-Vorhaben-Nr: 205ZN

Projektlaufzeit: 01.03.2006 - 31.10.2008

Verfasser: Matthias Dienger

Der vollständige Bericht kann von Interessenten angefordert werden.



## Zusammenfassung

Ziel des aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. (AiF) geförderten Forschungsvorhabens LowPower Mikrosystem (AiF-FV-Nr. 205ZN) war die Entwicklung eines innovativen Ausleseverfahrens für komplexe Mikrosysteme, insbesondere für mikromechanische Drehratensensoren. Hierbei stand vor allem eine Reduktion der Leistungsaufnahme im Fokus. Aufgrund einer weiteren Verbesserung der Leistungseigenschaften des Gesamtsystems bezüglich Verlustleistung, Einfluss parasitärer Kapazitäten und Platzbedarf war die Umsetzung in ein ASIC vorgesehen.

Die für den Primärtrieb benötigte Treiberschaltung wurde in Form eines selbstanschwingenden, elektromechanischen Oszillators realisiert. Vorteil dieses Ansatzes besteht in der Einfachheit und der geringen Anzahl der für die Implementierung benötigten Komponenten und damit in der geringen Leistungsaufnahme dieser Art von Antriebsschaltung.

Die Auswertung des Sekundärschwingers wurde durch eine Synthese aus Sensor und Sigma-Delta Wandler in Form eines elektromechanischen Sigma-Delta-Modulators implementiert. Neben einer geringen Leistungsaufnahme und einer frühzeitigen Digitalisierung mit guter Rauschunterdrückung beinhaltet diese Art der Auswertung auch eine direkte Regelung des Sensorelementes. Leistungsbestimmende Parameter des Systems wie Bandbreite, Linearität, Signalstabilität und Empfindlichkeit gegenüber Prozessschwankungen werden hierdurch entscheidend verbessert. Darüber hinaus wird eine hohe Modularität und Adaptierbarkeit der Sensoreigenschaften erreicht.

Neben den vielversprechenden, theoretischen Ergebnissen des Systementwurfs für Auswerteschaltungen von Drehratensensoren hat das Projekt LowPower auch grundlegende Entwicklungsmethoden für derartige Systeme hervorgebracht. Hier ist insbesondere die Modellierung des mechanischen Sensors in einer Hardwarebeschreibungssprache zu nennen. Exakte, Nichtidealitäten berücksichtigende Modelle dieser Art sind Voraussetzung für die simulatorische Verifikation des gesamten elektromechanischen Systems auf Transistorebene. Zusammen mit den erarbeiteten Systementwurfswerkzeugen ist es somit möglich die Entwicklungsergebnisse des Projektes nahtlos aufzugreifen und anknüpfende Forschungsarbeiten unmittelbar fortzuführen.

Die Funktionalität der auf Transistor-, wie auch auf Layoutebene implementierten, innovativen LowPower Schaltungen wurde mit den eingesetzten Simulationsmodellen und -werkzeugen verifiziert, wobei sich deren Vorteile gegenüber aktuell eingesetzten Sensorauswerteschaltungen herauskristallisierte. Insbesondere kann hierbei eine Leistungsaufnahme des Gesamtsystems von lediglich 1 mW ermittelt werden, was eine deutliche Reduktion der Verlustleistung gegenüber bestehenden Lösungen bedeutet.

Darüber hinaus wurde das entwickelte System erfolgreich in eine diskrete Schaltung umgesetzt. Die diskreten Prototypen erzielten eine Auflösung von 60 dB in einer Bandbreite von 100 Hz, was für eine diskrete Schaltungsumsetzung ein gutes Resultat darstellt. Probleme ergeben sich hierbei jedoch noch im Bezug auf die Nullpunktstabilität der Sensoren, wofür derzeit entsprechende Kompensationsansätze evaluiert werden.

Durch eine geringfügige Anpassung von Designparametern der Schaltungsumsetzung kann im Rahmen eines zweiten Multi-Project-Wafer Runs auch ein voll funktionsfähiger, integrierter Prototyp erhalten werden.

**Das Ziel des Vorhabens wurde teilweise erreicht.**

## Durchführende Forschungsstellen

HSG-IMIT  
Institut für Mikro- und Informationstechnik  
der Hahn-Schickard-Gesellschaft e.V.  
Wilhelm-Schickard-Strasse 10  
78052 Villingen-Schwenningen  
<http://www.hsg-imit.de>

**Leiter der Forschungsstelle:**

Prof. Dr. Holger Reinecke  
Prof. Dr. Yiannos Manoli  
Prof. Dr. Roland Zengerle

Lehrstuhl für Mikroelektronik  
IMTEK  
Institut für Mikrosystemtechnik  
Universität Freiburg  
Georges-Köhler-Allee 102  
79110 Freiburg

**Leiter der Forschungsstelle:**

Prof. Dr. Yiannos Manoli

## Förderhinweis

Das Forschungsvorhaben LowPower - Mikrosystem (AiF-FV-Nr. 205ZN) wurde aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMW) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) gefördert.