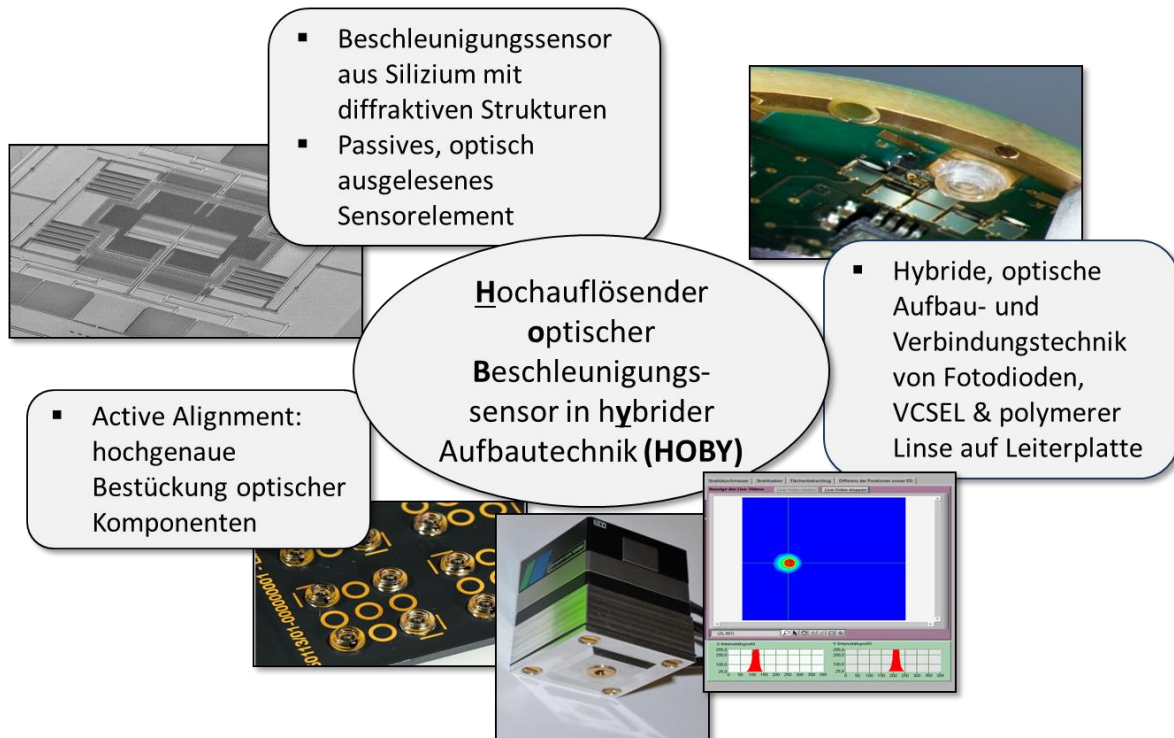


## Kurzbeschreibung zum geplanten IGF-Forschungsvorhaben

### Hochauflösender optischer Beschleunigungssensor in hybrider Aufbautechnik (HOBY)

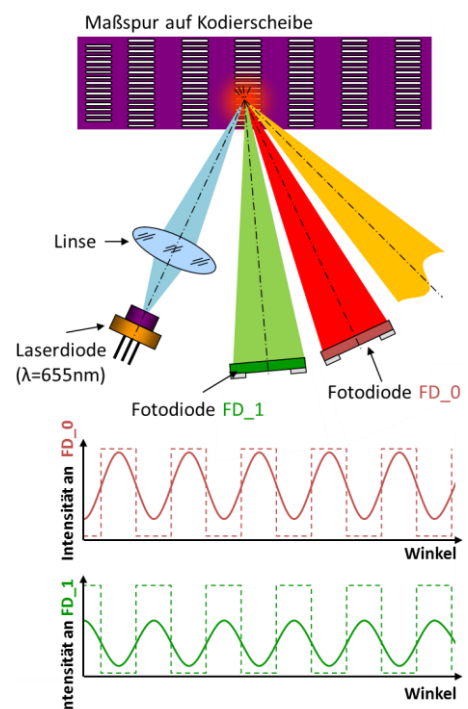


### Problemstellung / Motivation

MEMS-Beschleunigungssensoren sind weit verbreitete Lösungen in diversen Märkten wie der Automobilindustrie oder Konsumelektronik. Anwendungen reichen über das direkte Messen von Geschwindigkeitsänderungen über Navigation, Lageerkennung und Bewegungsmeldung bis hin zu Fehlerfrüherkennung und geophysikalischen Messungen. Diese Sensoren sind entweder hochempfindlich und teuer (z.B. Safran Colibrys) oder kostengünstig und besitzen nur eine geringe Auflösung (z.B. Freescale). Die meisten basieren auf kapazitiver Signalwandlung, driften während der Betriebsdauer und müssen kleinste Auslenkungen als Kapazitätsänderungen erfassen. Da hierzu eine Ausleseelektronik integriert ist, sind Einsatztemperaturen auf max. 125°C limitiert. Auch können von außen wirkende elektrische Störsignale die kapazitiven Messungen verfälschen. Dem gegenüber stehen optische Sensoren, mit denen kleinste Positionsverschiebungen einer seismischen Masse berührungslos von außen detektierbar sind. Die in diesem Projekt angestrebte Lösung kommt mit rein passiven Sensorstrukturen aus und kombiniert so die vorteilhaften Eigenschaften von Silizium-Beschleunigungssensorelementen mit einem optischen Ausleseprinzip und ermöglicht damit eine hohe Positionsauflösung.

### Projektziel

Technisches Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines neuartigen, optischen Beschleunigungssensors mit hybrider Aufbautechnik. Die Messung basiert auf der Beugung kohärenten Laserlichts an diffraktiven Silizium-Mikrostrukturen und der Detektion von Beugungsmaxima durch Fotodioden (siehe nebenstehende Abbildung). Eine



Beschleunigung bewirkt eine Bewegung der diffraktiven Struktur und dadurch eine modulierte Intensität auf den Fotodioden in Form von Sinus- und Cosinus-Signalen, die digital mithilfe einer „Arctan-2-Interpolation“ weiterverarbeitet werden und so eine höhere Messauflösung ergeben. Weiter wirkt sich die Anwendung eines präzisen Bestückungsverfahrens (Active Alignment) der optischen Einheit vorteilhaft für diese Lösung aus. Dieses Verfahren erspart ein aufwändiges Nachjustieren optischer Komponenten eines jeden einzelnen Sensors. Stattdessen werden während der Montage bereits alle optischen Komponenten hochgenau zueinander bestückt. Das Sensorelement in Silizium erlaubt eine Skalierbarkeit des Sensors, mit dem Unterschied, dass sich keine aktiven Schaltungsteile auf dem Silizium befinden. Damit ist der neuartige optische Beschleunigungssensor prinzipiell auch für Hochtemperaturanwendungen prädestiniert, bei denen das Sensorelement im Bereich der hohen Temperatur und das Optikmodul in einer Umgebung mit moderaten Temperaturen angeordnet sind. Aufgrund seines passiven Charakters hat das Sensorelement auch mehr Gestaltungsfreiheit in Bezug auf die Aufbau- und Verbindungstechnik und hinsichtlich des erreichbaren Messbereichs bzw. Dynamikumfangs. Dadurch können die technischen Daten von Beschleunigungssensoren erweitert werden.

### **Lösungsansatz**

Für die Realisierung der Optikeinheit werden die Bauteile ausgelegt, wobei hierzu u.a. Simulationen der Strahlenoptik zur Bestimmung der Linsenform gehören. Die optischen Elemente, wie beispielsweise die Linse, werden auf einer Platine präzise platziert. Bei dieser Bestückung wird die Lage der Linse während des Prozesses ständig überprüft und mithilfe von Nanoaktoren hochgenau positioniert. Hahn-Schickard hat hierfür ein eigenes Tool entwickelt und bringt dieses hier zum Einsatz. Weiter wird eine Ausleseelektronik entworfen mit der die Bestimmung der Beschleunigungen erfolgt.

Parallel zu dieser Entwicklung verläuft eine Konzeptphase mit einer Silizium-Prozessentwicklung, die die für den Anwendungsbereich erforderlichen Variationen und Maskenlayouts umfasst. Da die Optikeinheit räumlich von dem passiven Sensorelement getrennt ist und somit ein modulares Konzept vorliegt, wird angestrebt, mit nur einer einzigen optimierten Optikeinheit auszukommen, um möglichst alle Anwendungen abzudecken. Spezifische Anforderungen unterschiedlichster Anwendungen und Messbereiche sowie die dazu erforderlichen Variationen werden konsequent in das Sensorelement verlagert. Dies ist erreichbar, weil der Laser stets als Spot auf die Mikrostruktur projiziert wird und weil die Anordnung der detektierenden Fotodioden wiederum variabel ist. Zur Fertigung der passiven Silizium-Sensorstruktur hat Hahn-Schickard umfangreiche Erfahrungen zu Lithografie- und Ätzprozessen. Hinzu kommt die Aufbau- und Verbindungstechnik für die Gehäusung und Schutz des Sensorelements und zur außen liegenden Anbringung der Fotodioden.

In diesem Vorhaben sollen Funktionsmuster für den Nachweis der Funktionalität, die Generierung einer Sensorkennlinie und die Bestimmung der Genauigkeit und Auflösung realisiert werden, die während der Projektlaufzeit und nach Projektende von interessierten Unternehmen evaluiert werden können.

### **Durchführende Forschungsstellen**

#### Forschungsstelle

Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung  
Allmandring 9b  
70569 Stuttgart



Leiter der Forschungsstelle: Prof. Dr.-Ing. André Zimmermann  
Projektleitung: Volker Kible und Dipl.-Phys. Hermann Scheithauer