

Flexibel. Kostengünstig. Effizient.

Individuell gestaltbare Kraftsensorik für das Lasten- Leichtbaufahrrad »L-LBF«

Angetrieben von Trends und Technologien, wie Industrie 4.0, IoT und Predictive Maintenance, wird die kontinuierliche Überwachung von Zuständen in Maschinen und Anlagen im industriellen Kontext immer wichtiger. Für die Realisierung solcher intelligenten Systeme steigt der Bedarf an günstiger Sensorik mit guter Integrationsfähigkeit. Innerhalb des »L-LBF«-Projektes wurden individuell designte Kraftmessmodule entwickelt, welche die Nutzlast und deren Verteilung in der Transportbox bei Ladung messen und auch während der Fahrt ihre Lage überwachen.

Das Sensormodul: Kapazitive Kraftsensorik aufgebaut im Schichtdesign

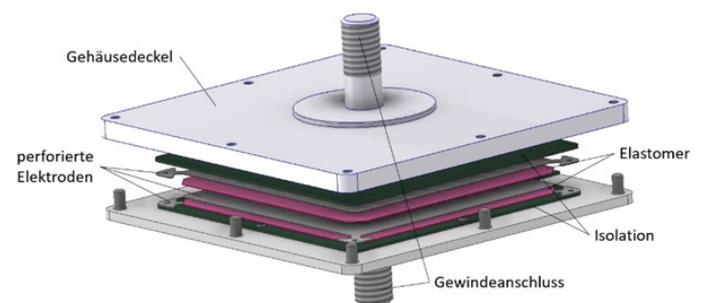
Zwischen den beiden Gehäusehälften befindet sich eine Schichtanordnung aus Elastomerfolien und mikrostrukturierten Metallfolien, die den kapazitiven Sensoraufbau bilden.

Während viele Kraftsensoren auf komplexen Verformungskörpern basieren, deren Dehnung mit dem piezoresistiven Messprinzip (Dehnmessstreifen) erfasst wird, nutzt die vom Fraunhofer LBF entwickelte und patentierte sog. DELTA-C®-Sensorik dieses kapazitive Messprinzip aus dünnen Elastomer- und Metallfolien. Der besondere Clou liegt in der Mikrostrukturierung der Metallelektroden, die eine hohe Sensitivität und Linearität der Sensorik ermöglicht. Die dünnen Elektroden weisen ein hexagonales Lochmuster im Submillimetermaßstab auf, das

im Ätzverfahren hergestellt wird. Sie sind von Elastomerfolien aus Naturkautschuk getrennt, die als elastisches Dielektrikum dienen. Integriert in gefräste Aluminiumgehäuse ergeben sich durch diesen Schichtverbund robuste Kraftsensoren, die eine Gesamthöhe von nur acht Millimetern haben.

So weist der dargestellte Prototyp eine maximale Hysterese von nur 2,7 Prozent des Messbereichs auf. Über das Design der Elektroden und des Gehäuses können sowohl der Messbereich als auch die Sensitivität leicht skaliert werden.

Inhärente Hystereseeffekte des Materials können auf Auswertungsseite mit KI-Algorithmen weiter reduziert werden. Dies ist besonders effizient, da die Elektronik verglichen mit der Hardware günstig ist.



Schematische Darstellung des Sensoraufbaus zur kapazitiven Kraftmessung.

Integration der Sensormodule in das »L-LBF« zur kontinuierlichen Transportgutüberwachung

Die Sensormodule bringen durch ihr Design den großen Vorteil mit, als Verbindungselemente zwischen der Transportbox und dem Vorderrahmen zu fungieren. Vier dieser Sensormodule fixieren damit die vier Ecken der Transportbox mit dem Lastenrad. An diesen vier Stellen wird lokal die Lasteinleitung durch das zu transportierende Gut gemessen. Damit erhält der Fahrer sogar während der Fahrt die Auskunft über die Nutzlastverteilung in seiner Box auf einem Display direkt am Lenkrad. Die Messdaten werden in Echtzeit dargestellt.

Damit kann die Beladung der Cargobox, ohne ihren Schwerpunkt signifikant zu erhöhen, optimiert und während der Fahrt überwacht werden.

Da die Sensoren auch hochfrequente Kräfte erfassen, können daneben beispielsweise auch Informationen über den Zustand der befahrenen Straßen gewonnen werden.

Weitere Applikation als Griffsensorik

Dieses kapazitive Sensorsystem weist eine gute dynamische Performance auf und kann auf einfach gekrümmten Strukturen in verschiedensten Größen appliziert werden. Daher ist es geradezu prädestiniert für die Integration in vorhandene Griffstrukturen. Als Technologiedemonstrator wurden die Fahrradgriffe eines Lastenrades gewählt, die eine enge Krümmung aufweisen, nur eine geringe Wandstärke besitzen und eine für die Haptik notwendige Elastizität benötigen. Der Aufbau des Fahrradgriffs wurde dabei so angepasst, dass Millimeter dünne Sensorschichtsysteme integriert wurden, die eine kontinuierliche Griffkontaktkraftmessung im Betrieb ermöglichen. Die dabei gewonnenen Daten der Messung werden in Echtzeit an einem Display angezeigt.

Hohes Transferpotenzial

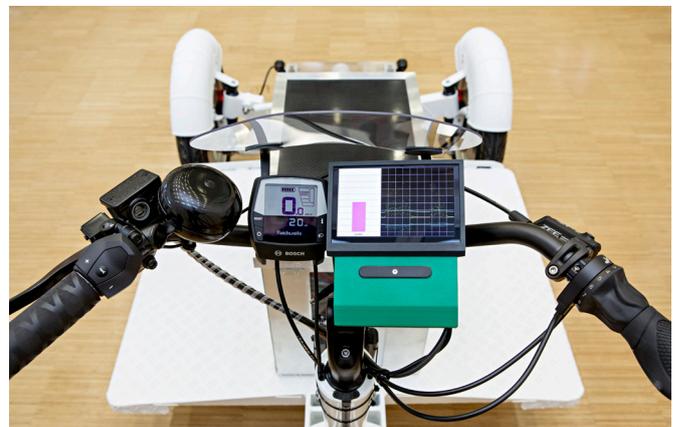
Die DELTA-C®-Technologie ist insbesondere interessant für Hersteller im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus, da sie die Erfassung von statischen und dynamischen Kräften zur Zustandsüberwachung ermöglicht und die Integration von Kraftsensorik an bisher unzugänglichen Stellen realisierbar macht. Außerdem erlaubt die Technologie eine wirtschaftliche Herstellung der Sensoren, da sowohl die Ausgangsmaterialien als auch die automatisierbare Fertigung im industriellen Maßstab geringe Kosten verursachen.

Durch die Integration einer Kraftsensorik in Elastomerkomponenten eröffnen sich für die DELTA-C®-Technologie darüber hinaus weitere Einsatzmöglichkeiten, wie im Automobil- und Schiffbau. Aber auch die Schwingungstechnik, die

Hausgerätetechnik, die Medizintechnik und die Konsumerelektronik sind sinnvolle Anwendungen.

Dass die Technologie zudem aktorisch nutzbar ist, kann perspektivisch weitere Potenziale freilegen, zum Beispiel zur aktiven Schwingungsminderung: Wird der Sensor mit Wechselspannung angeregt, können gezielt dynamische Kräfte in die angekoppelten Strukturen eingeleitet werden und störenden Schwingungen entgegenwirken.

Die Experten am Fraunhofer LBF werden mit ihrem Know-how und ihrer Erfahrung noch offene wissenschaftlich technologische Fragen in disziplinübergreifenden Forscherteams beantworten und damit den technologischen Reifegrad der Sensoren erhöhen.



Ein Display am Lenker zeigt die Messdaten der Sensoren in Echtzeit.

Mehr Informationen

www.lbf.fraunhofer.de/de/projekte/leichtbau-lastenfahrrad.html

Kontakt

Dr.-Ing. William Kaal
Schwingungstechnische
Optimierung
Tel. +49 6151 705-440
william.kaal@
lbf.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für
Betriebsfestigkeit und Sys-
temzuverlässigkeit LBF
Bartningstr. 47
64289 Darmstadt
www.lbf.fraunhofer.de

Sebastian Rieß, M.Sc.
Tel. +49 6151 705-378
sebastian.riess@
lbf.fraunhofer.de