

Gestickte Sensorik

# Vielfältige Anwendungsmöglichkeiten

Gemeinsam mit dem Kompetenzzentrum Strukturleichtbau e.V. und der TU Chemnitz werden in der LSE GmbH gestickte Sensoren für die Strukturintegration in Polymerwerkstoffen zur Erhöhung der Funktionen und Leistungsdichte von Bauteilen in Kunststoffverbundbauweise entwickelt. *elektronik industrie* zeigt wie es geht und stellt einige Applikationen vor.

Die gestickten Sensoren können physikalisch-technische Größen wie Dehnung, Kapazität oder Füllstand in Behältern detektieren, die bisher mit Sensoren in bekannten Technologien gemessen werden. Die Vorteile dieser Sticktechnologie liegen insbesondere darin, große Flächen kostengünstig mit Sensoren auszustatten. Durch die strukturintegrierte Einbettung in komplexe Verbundstrukturen lassen sich Produkte mit zusätzlichen Funktionen herstellen, wodurch deren Gebrauchswert gesteigert wird.

### Sensorherstellung

Als Sensormaterialien werden metallische Werkstoffe in Drahtaufmachung oder beschichtete leitfähige bzw. leitfähige Garne verwendet. Das Sensormaterial wird auf einem Vlies (technisches Textil) sticktechnologisch befestigt. Im **Bild 1** wird eine vergrößerte Darstellung gezeigt. Der im Bild erkennbare Draht wird im Tailored-Fiber-Placement-Verfahren vorgelegt und mit dem deutlich sichtbaren violetten Faden auf dem Vlies fixiert. Die Geometrien sind hierbei prinzipiell frei wählbar herstellbar. Die Strukturauflösung liegt z. Z. bei 0,8 mm. Es können kapazitiv, induktiv oder resistiv arbeitende Sensoren realisiert werden. Das Sensormaterial richtet sich nach dem jeweiligen Anwendungszweck des Sensors oder des Sensor-Arrays. So werden für Dehnungssensoren (analog zu Dehnungsmess-



Bild 1: Sticktechnologisch verlegter Sensordraht. (Alle Bilder: LSE-Lightweight)

streifen) Widerstandsdrähte aus Konstantan verwendet. Für kapazitive oder induktive Sensoren kann auch Kupferdraht verwendet werden. Ebenso lassen sich beschichtete oder leitfähige Garne verarbeiten. Die Auswahl des Drahtmaterials richtet sich nach dem Einsatzzweck und den Platzverhältnissen am Einsatzort. Die Drahtdurchmesser betragen 40 bis 100 µm. Übliche additive oder subtraktive Strukturierungsverfahren unter Verwendung von aggressiven Chemikalien müssen also nicht verwendet werden. Nach dem Stickprozess erfolgt die elektrische Kontaktierung durch Verlöten des Sensordrahtes an Kontaktplättchen. Die Weiterverarbeitung anderer Sensoren richtet sich nach der Zielapplikation.

Für die Funktion als Dehnungssensor erfolgt danach das Einlaminiere in polymere Matrixwerkstoffe. So entsteht ein sensorisiertes Bauteil – z. B. ein Blattfederelement mit Sensor und der Zielstellung, aus

bewegten Strukturen Funktionssignale zu erzeugen.

### Dehnungssensor

Für Dehnungssensoren ist beispielsweise der Gesamtwiderstand eine wichtige Kenngröße, trägt er doch maßgeblich zur Verlustleistung eines Sensorsystems bei. Neben den für Dehnungsmessstreifen üblichen Widerstandswerten von 120 Ω, 350 Ω und 1 kΩ sind auch alle Werte dazwischen realisierbar. Die Toleranzen liegen derzeit bei ±10% in der Serienfertigung, für Laboranwendungen sind auch ±3% erreichbar.

Die hier vorgestellten Dehnungssensoren dienen nicht primär dazu, mechanische Spannungen in anderen Bauteilen zu erfassen, wie das mit Dehnungsmessstreifen realisiert wird. Vielmehr geht es darum, mechanische Bauteile zu funktionalisieren, z. B. Strukturbauteile in Faserverbundbauweise mit einem Sensor auszustatten, um Aussagen über deren momentanen Zustand zu gewinnen (Health Monitoring). Der Sensor ist also bereits im Bauteil integriert. Das Bauteil schützt den Sensor durch die strukturintegrierte Bauweise vor Umwelteinflüssen wie Feuchte. Durch die Wahl der Sensorgeometrie und des Widerstandswertes

lassen sich Bauteil und Sensor passgenau aufeinander abstimmen.

Durch die Strukturintegration von Federelement und Sensor kann die Anzahl der Einzelbauteile, wie z. B. in einem Gaspedal, reduziert werden. Zur Auswertung der Sensorsignale werden die übli-



Bild 2: Gaspedal zur Demonstration der Arbeitsweise einer Pedalfeder mit integriertem Sensor.

**AUTOR**



Dipl.-Ing. Jan Leibelt, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Kompetenzzentrum Strukturleichtbau e.V., Chemnitz und Dipl.-Ing. Holg Elsner (**Bild**), Geschäftsführer LSE-Lightweight Structures Engineering GmbH, Chemnitz

chen Brückenschaltungen wie bei klassischen Dehnungsmessstreifen verwendet. Bei allgemein üblichen Standardwiderstandswerten kann entsprechende industrielle Auswertelektronik genutzt werden.

## Füllstandssensoren

Kapazitive Sensoren dienen beispielsweise zur Bestimmung des Füllstandes in Behältern. Die Prinzipien zur Speisung derartiger Sensoren sowie die Auswertung der Messsignale sind hinreichend bekannt.

Sensoren, die in die Flüssigkeit eintauchen, können realisiert werden, indem das Vlies mit der Sensorstruktur in Kunststoff eingebettet wird. Der eigentliche Sensor ist somit geschützt und die mechanische Stabilität gegeben. Die Grundkapazitäten liegen im Bereich von kleiner 100 pF. Die Kapazitätsänderung kann z.B. bei Wasser als Medium 30 % bis 50 % der Grundkapazität betragen.

## Touch-Sensoren

Eine andere Art kapazitiver Sensoren sind die sog. Touch-Sensoren. Sie dienen zur Auslösung von Schaltaktionen an Bedienpanels und werden dort eingesetzt, wo auf mechanische Tasten verzichtet werden muss. Üblicherweise werden bei der kapazitiv arbeitenden Technologie das Sensorelement und die Auswerterschaltung auf einer Leiterplatte aufgebaut. Am Kompetenzzentrum Strukturleichtbau e.V. wurde diese Technik aufgegriffen und anstelle des Sensors auf der Leiterplatte ein gesticktes Sensorelement verarbeitet. Dieses Element hat eine Materialstärke von etwa 200 µm und lässt sich unkompliziert auf ebene, stark gekrümmte oder auch gepolsterte Flächen kleben, nähen oder auch in polymere Matrixwerkstoffe einbetten bzw. hinterspritzen.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Sensorelementen auf Leiterplatten können gestickte Sensoren nicht als geschlossene Flächen (Polygone) ausgebildet werden. Wie verschiedene Aufbauten gezeigt haben, ist das jedoch kein Nachteil. Es gelten prinzipiell die gleichen Designregeln für die Elektronik zur Ansteuerung und Auswertung der Sensorsignale. Die Empfind-

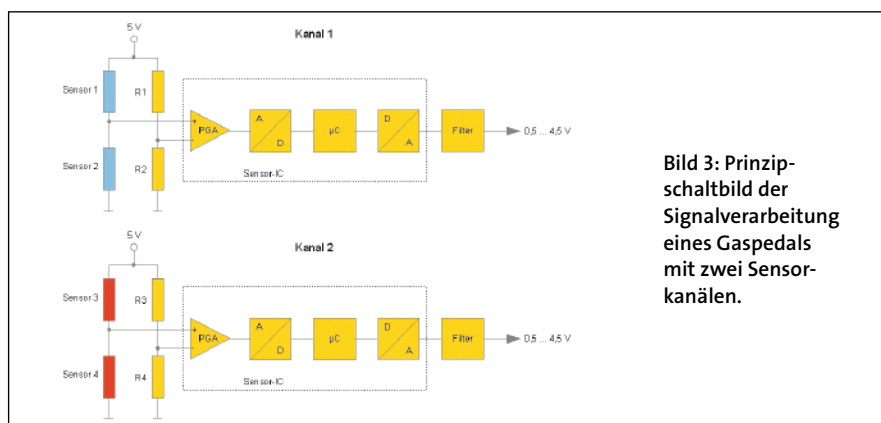


Bild 3: Prinzipschaltbild der Signalverarbeitung eines Gaspedals mit zwei Sensorkanälen.

lichkeit lässt sich elektronisch oder über die Größe des Sensorelements verändern.

## Gaspedal

Eine Ausführungsform eines Gaspedals ist in Bild 2 zu sehen. Eine mechanisch vorgespannte Feder aus textilverstärktem duroplastischen Polymerwerkstoff erzeugt die Rückstellkraft des Pedals. In der Feder ist ein Sensor integriert, dessen Widerstandsänderung ein Maß für die Stellung des Pedals ist.

In weiteren Realisierungsvarianten sind vier Sensoren integriert, mit denen zwei unabhängige Sensorkanäle gebildet werden. Die Auswertung der Widerstandsänderungen erfolgt durch Brückenschaltungen. Jeweils zwei Sensorelemente werden zu einem Halbbrückenarm verschaltet. Der andere Halbbrückenarm bzw. die Vergleichsspannung wird auf der Auswerterschaltung gebildet. Da insgesamt vier Sensorelemente vorhanden sind, können zwei unabhängige Messkanäle gebildet werden.

Zur Signalkonditionierung dient ein Sensor-IC. Das Bild 3 zeigt die Verarbeitungskette, um das Sensorsignal in eine analoge Spannung umzusetzen.

Die Brückenspannung von einigen Millivolt wird einem programmierbaren Verstärker (PGA), zugeführt. Ein Analog-Digital-Wandler (ADC) digitalisiert das verstärkte Brückensignal und gibt es an den Mikrocontroller (µC) weiter. Mit diesem wird das Signal in einen Spannungsbereich von 0,5... 4,5V angepasst. Ein nachfolgender Digital-Analog-Wandler (DAC) stellt das konditionierte Signal zur Weiterverarbeitung zur Verfügung. Das nachfolgende aktive Tiefpassfilter dient der Glättung und Verbesserung der Stör-

terdrückung. Außerdem fungiert es als Treiber zur Signalauskopplung. Beide Sensorkanäle können gleichlaufende oder auch gegenläufige Signale liefern. Es sind auch andere Bereiche realisierbar. (sb)

**infoDIRECT** 424ei0410  
 ▶ Link zu LSE-Lightweight Structures Engineering GmbH  
[www.elektronik-industrie.de](http://www.elektronik-industrie.de)

## Kontakt:

### Kompetenzzentrum Strukturleichtbau e.V. **SLB**

Kompetenzzentrum Strukturleichtbau e.V.  
 Jens Ulbricht  
 Technologie- Campus 1  
 D-09126 Chemnitz  
 fon +49 (0)371 5347 649  
 fax +49 (0)371 5347 648  
 jens.ulbricht@slb.tu-chemnitz.de  
<http://www.strukturleichtbau.de>



Lightweight Structures Engineering GmbH

Lightweight Structures Engineering GmbH  
 Holg Elsner  
 Technologie- Campus 1  
 D-09126 Chemnitz  
 fon +49 (0)371 5347 642  
 fax +49 (0)371 5347 643  
 lse-gmbh@gmx.de  
<http://www.lse-chemnitz.de>