

# Druckmesszellen in der Mechatronik

**Systemintegration von Druckmesszellen und Signalwandlern.** Maschinenbauprodukte lassen sich mit integrierten Drucksensoren bauraum- und kostenoptimiert entwickeln, indem man Druckmesszellen und elektronische Signalwandlung anwendungsspezifisch integriert. Dabei hilft es zu wissen, welche Messzellen und Signalwandler günstig verfügbar sind und welche Vor- und Nachteile sie haben. [© ME101721]

JOSEF VOLLMER

Hydraulische und pneumatische Druckmessungen sind in vielen Produkten des Maschinenbaus zu finden. Für die Automatisierungstechnik sind Sensoren mit Schraubverbindungen und integrierter Elektronik mit elektrischen Einheitschnittstellen (0 bis 10 V und 4 bis 20 mA) kommerziell verfügbar und ohne großen Aufwand einzubauen. Produkte, die einen begrenzten Bauraum besitzen und kostenoptimiert in mittleren oder großen Stückzahlen produziert werden, stellen andere Anforderungen an die Druckmesstechnik. In Druckschaltern oder Druckreglern sind oft nur wenige Kubikzentimeter Platz verfügbar. In solchen Produkten muss der Konstrukteur die eigentliche Druckmesszelle und die elektrische Signalwandlung separat integrieren. Dabei ist zum einen die Druckmesszelle auszuwählen – Keramik, Silizium, Edelstahl oder künftig

Kunststoff. Es ist außerdem die Montage-technik zu definieren – Schrauben, Schweißen oder Kleben. Auf der elektrischen Seite ist die funktionell und fertigungstechnisch optimale Signalverstärkung zu wählen. Dies alles sind Aufgaben an der Schnittstelle zwischen Maschinenbau und Elektronik, die zum Gebiet der Mechatronik gehören.

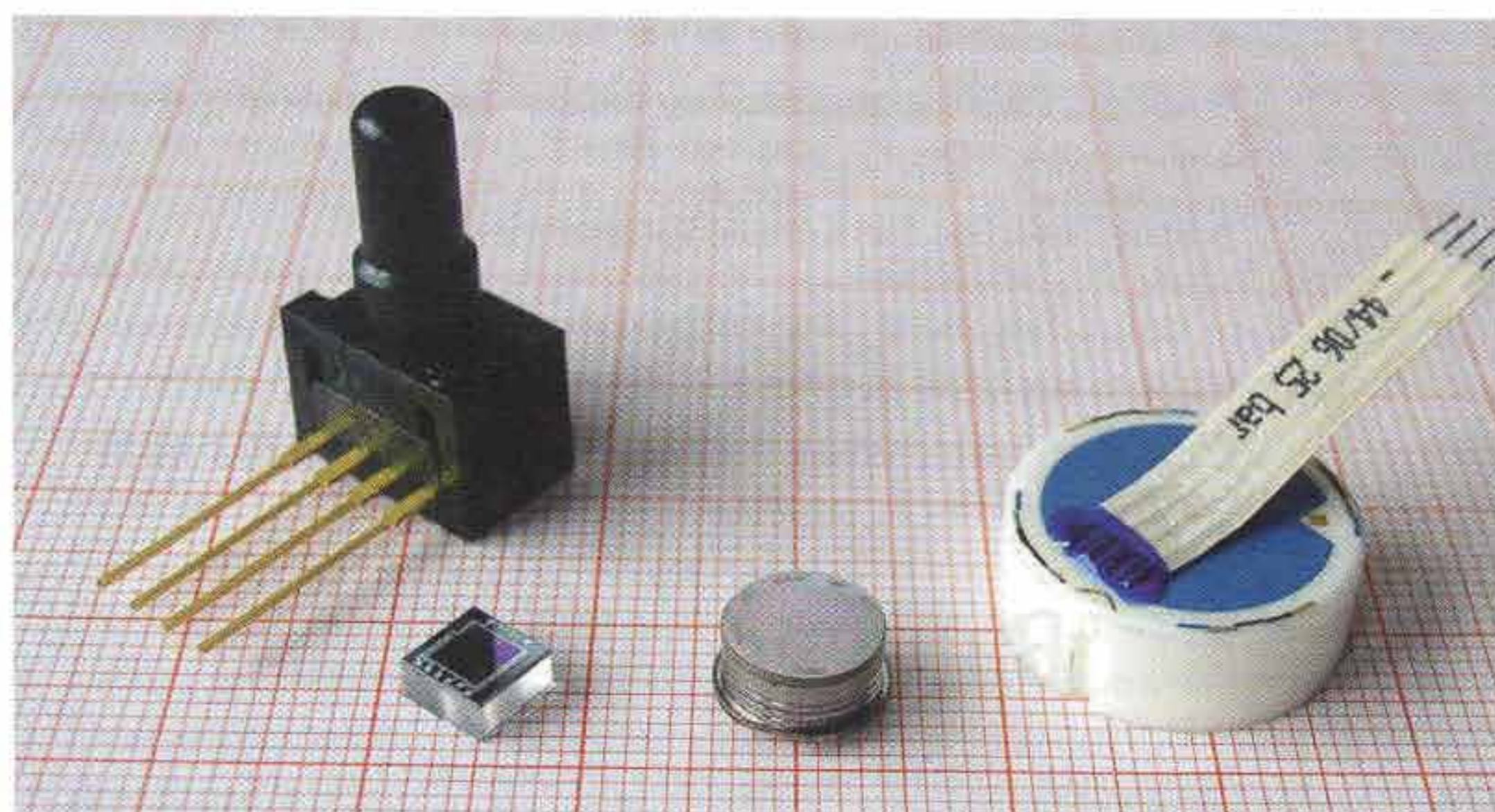
## Druckmesszellen im Überblick

Die primäre Druckmessung geschieht mit Messzellen, bei denen der Druck eine Membran auslenkt, auf der Dehnungsmessstreifen oder piezoresistive Widerstände aufgebracht oder integriert sind. Solche Messzellen können etwa Silizium-, Edelstahl- oder Keramik-Membranen enthalten, die alle ihre jeweiligen Vor- und Nachteile besitzen. Bild 1 zeigt Beispiele solcher Messzellen.

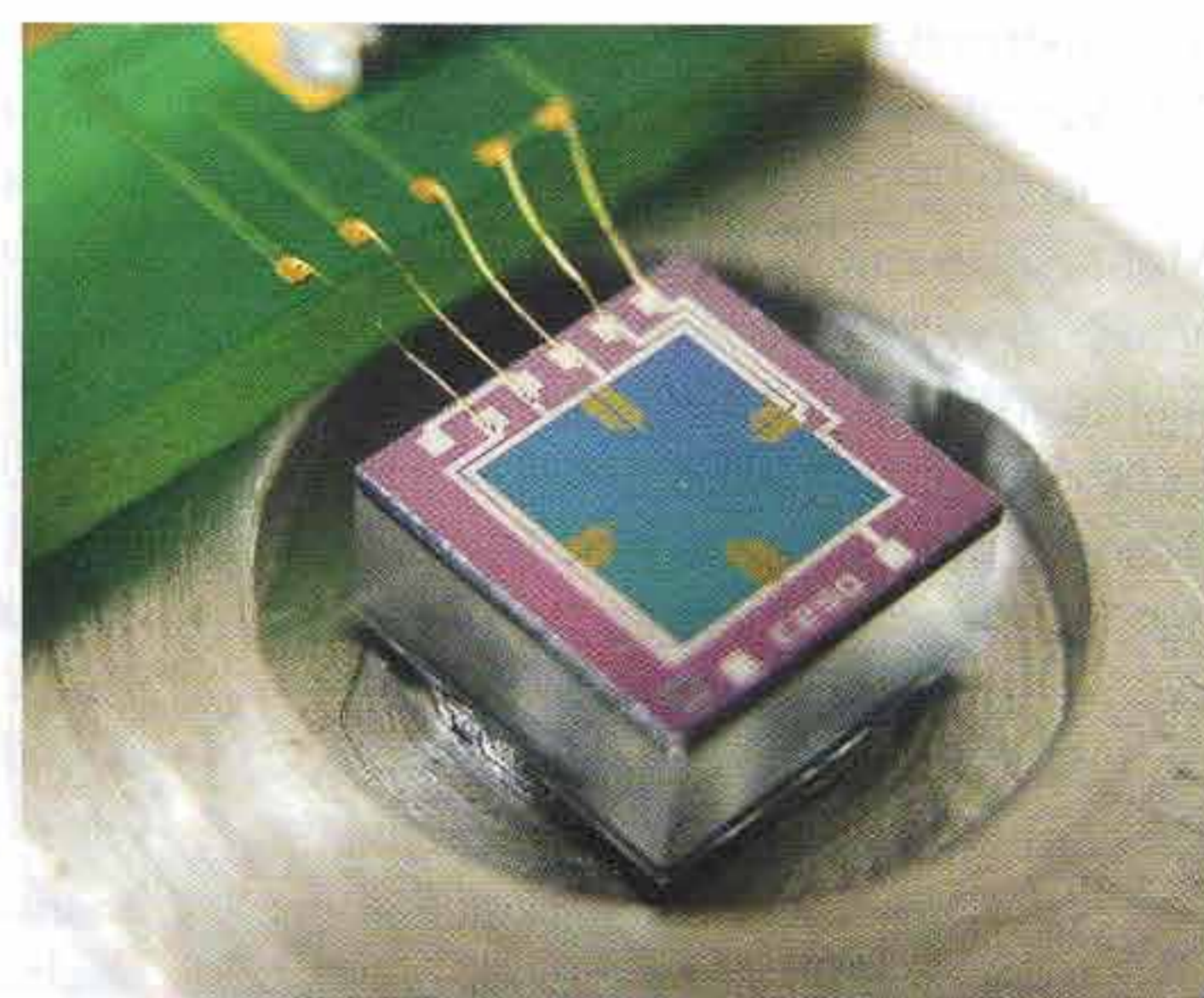
## KONTAKT

Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg,  
53754 Sankt Augustin,  
Tel. 0 22 41 / 8 65 -3 86,  
Fax 0 22 41 / 8 65 -83 86,  
[www.fh-bonn-rhein-sieg.de](http://www.fh-bonn-rhein-sieg.de)

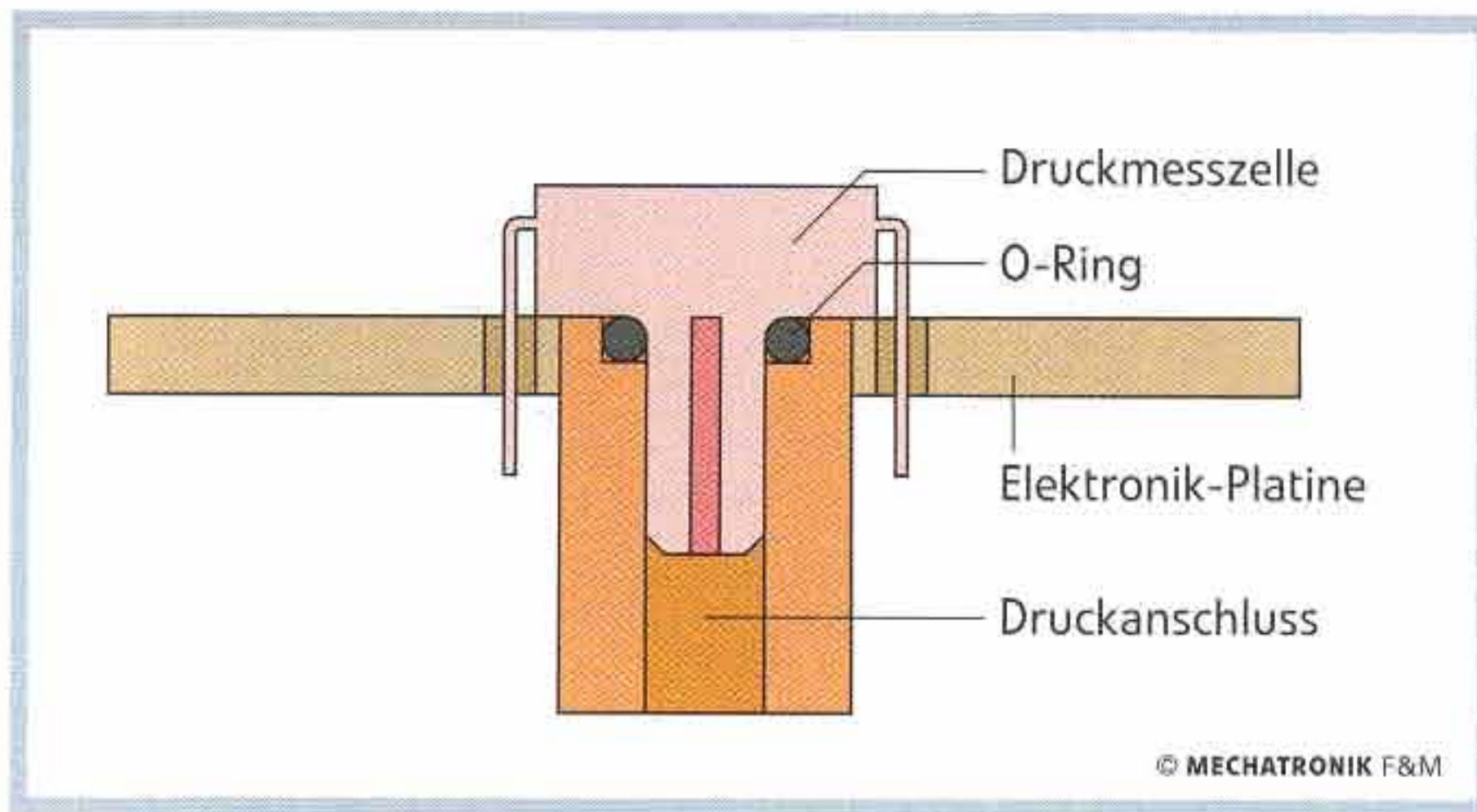
Silizium-Messzellen selbst werden zur Befestigung und Abdichtung oft aufgeklebt, teilweise auch mit Elastomerdichtungen eingeklemmt. Die elektrische Kontaktierung erfolgt im sogenannten Drahtbond- (Bild 2) oder im Klemmverfahren. Diese Methoden sind in den meisten Maschinenbauunternehmen nicht verfügbar. Für die Praxis bieten sich deshalb Silizium-Messzellen in Kunststoffgehäusen an, die mechanisch relativ einfach integriert werden können. Bild 3 zeigt ein Konstruktionsbeispiel einer solchen Integration; derartige Produkte können relativ ein-



1 Druckmesszellen, v. l. n. r.: a) Silizium-Messzelle im Kunststoffgehäuse (Honeywell), b) Silizium-Messzelle auf Glasträger (Aktiv Sensor), c) Edelstahl-Messzelle (Sensor-Technik Wiedemann), d) Keramik-Messzelle (Metallux)



2 Silizium-Messzelle, verklebt, elektrisch kontaktiert mittels Drahtbonden (FH BRS)



**3 Einbau eines Silizium-Drucksensors (Kunststoffgehäuse)**

**4 Edelstahl-Messzelle, verschweißt, elektrisch kontaktiert mittels Leitkleben (Sensor-Technik Wiedemann)**

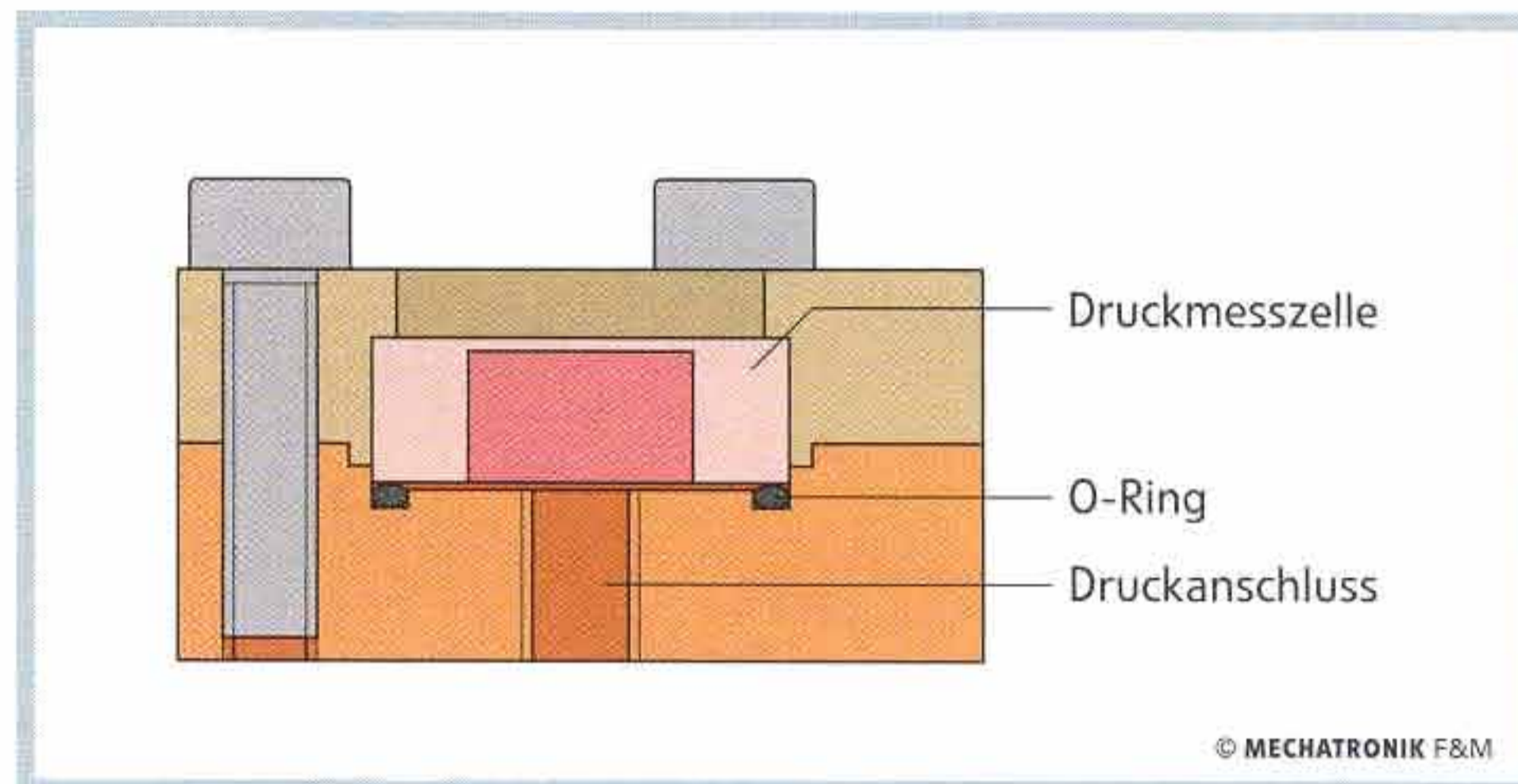


fach montiert werden, vor allem wenn ein externer Lieferant die Elektronikplatine einschließlich Drucksensor zuführt.

Edelstahl-Messzellen werden in der Regel mittels Schweißverfahren befestigt – ein Prozess, den der Sensorhersteller als Zulieferer meist besser beherrscht als der Kunde (Bild 4). Die elektrische Kontaktierung erfolgt wie bei der ungehäuseten Silizium-Messzelle über das Drahtbonds oder mithilfe elektrisch leitfähiger Kleber. Hier ist es sinnvoll, komplette Baugruppen gemeinsam mit einem Zulieferer zu entwickeln.

Keramik-Messzellen sind meist größer als die anderen hier aufgeführten Messzellen (Bild 1). Sie sind robuster und werden vorzugsweise eingeklemmt, wobei die Abdichtung über O-Ringe erfolgt (Bild 5). Die elektrische Kontaktierung erfolgt über Stecker oder Kabel, die angelötet werden. Keramik-Messzellen sind aufgrund ihrer Robustheit und Größe einfach zu montieren.

In der Entwicklung sind Messzellen aus Kunststoff, die aufgrund spezieller Materialien voraussichtlich nicht wesentlich kostengünstiger als die schon verfügbaren Messzellen aus Silizium, Edelstahl oder Keramik sein werden. Kunststoff-Messzellen bieten aber die Möglichkeit, sie ein-



**5 Einbau einer Keramik-Messzelle**

fach in komplexere Kunststoffbauteile zu integrieren.

### Den Temperatureinfluss kompensieren

Jede der hier vorgestellten Messzellen hat ihre Vor- und Nachteile. Die praktische Auswahl richtet sich nach den Anforderungen an Funktion, Montagefreundlichkeit und Preis. Generell ist bei allen aufgeführten Messzellen das Signal von der Temperatur abhängig; etliche Hersteller integrieren deshalb schon einfache Maßnahmen zur Kompensation dieses Temperatureinflusses.

Silizium-Messzellen sind vor allem aufgrund des Materials Silizium nicht für al-

le Medien geeignet. Aggressive Medien oder auch Medienbestandteile können die Membran angreifen. In der Praxis werden Silizium-Messzellen in der Industriepneumatik und auch mit nicht aggressiven Flüssigkeiten eingesetzt. In vielen Hydraulikanwendungen und besonders für aggressive Medien werden eher Edelstahl- und Keramik-Messzellen eingesetzt, deren Membranen aufgrund ihres Materials unempfindlich sind.

Auf der elektrischen Seite geben Silizium-Messzellen maximale Ausgangssignale zwischen 100 und 300 mV ab, während die Ausgangsspannungen bei Edelstahl- und Keramik-Messzellen zwischen 10 und 30 mV liegen. Damit erfordert die Signalverstärkung bei Silizium-Messzellen meist weniger Aufwand, und das Sensorsystem ist weniger stör anfällig. Bei größeren Stückzahlen sind Silizium-Messzellen oftmals preisgünstiger.

### Mit Signalwandlerbausteinen automatisierbar

Komplexe mechatronische Produkte, die mehr als nur einen einfachen Drucksensor darstellen, enthalten oft Elektronikplatinen für Überwachungs-, Steuerungs- und Regelfunktionen. Hier bietet es sich an, die für einen Drucksensor benötigte Signalverstärkung gleich mit in die vorhandene Elektronikplatine zu integrieren und so einen spürbaren Kostenvorteil zu erzielen.

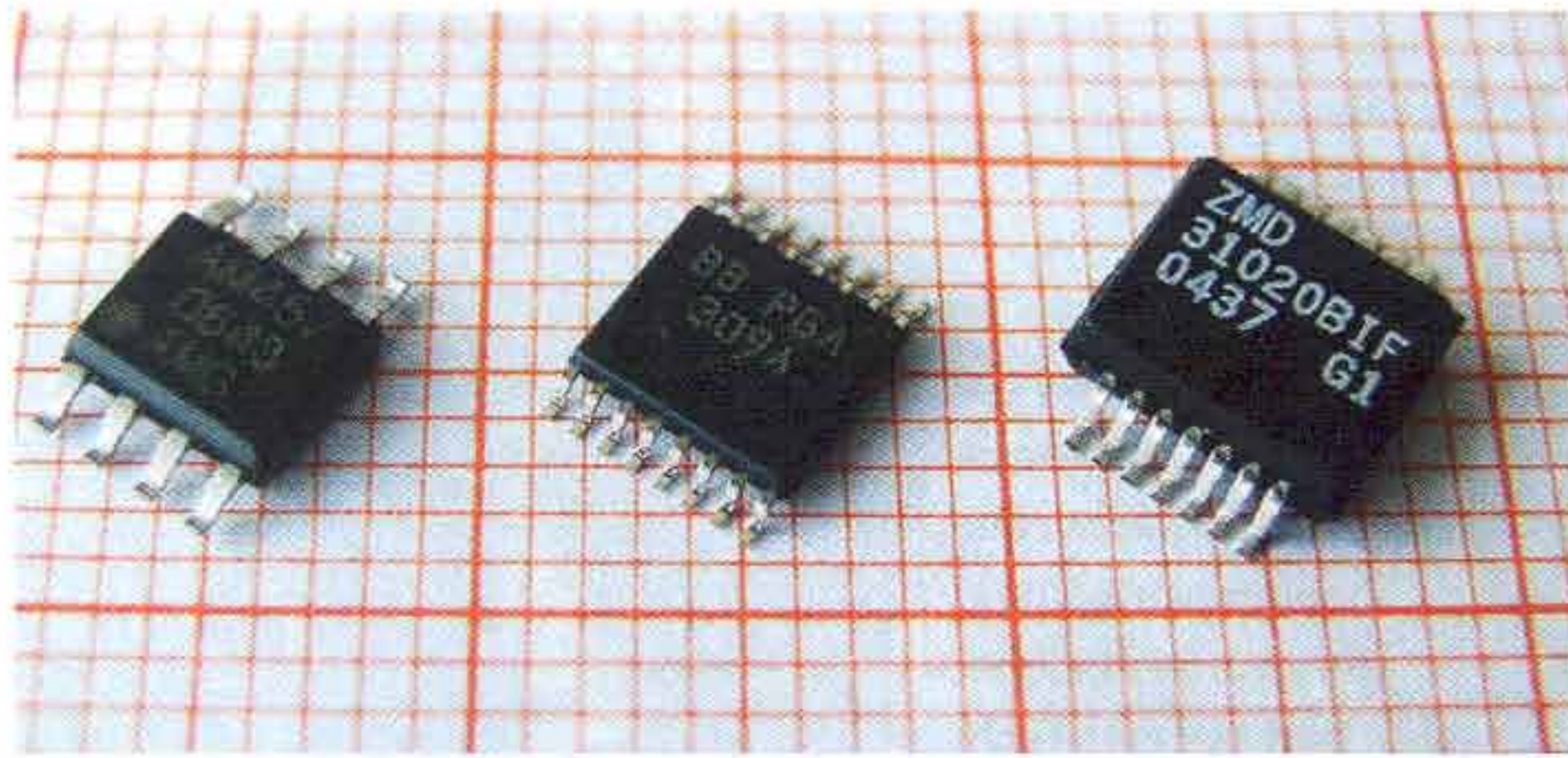
## FAZIT

### Standarddruckmesszellen und digitale Signalverstärkung

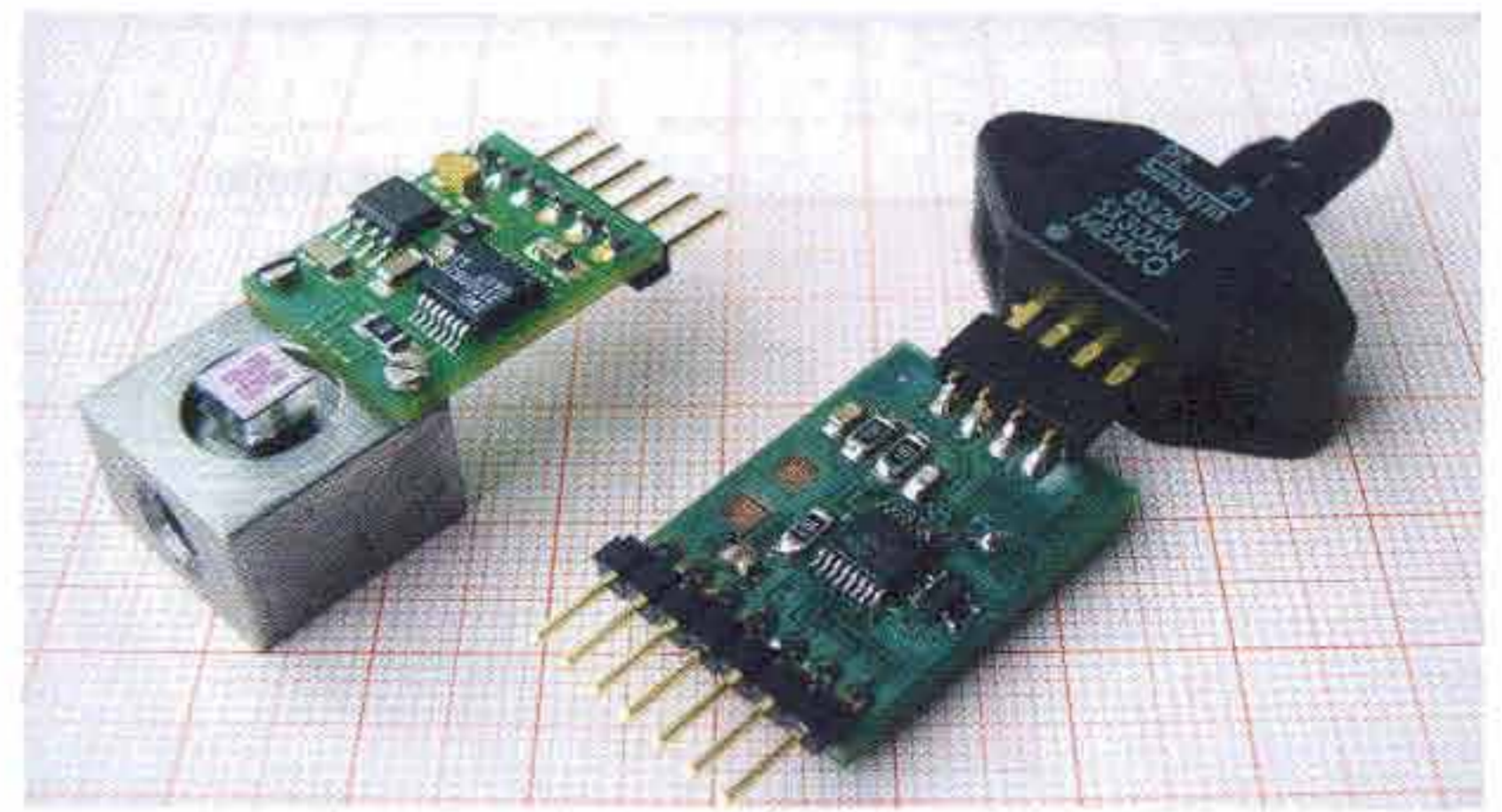
Für die anwendungsspezifische Integration von Druckmesszellen und zugehörigen Signalwandlern sind unterschiedliche Produkte standardmäßig am Markt verfügbar. Bei aggressiven Medien werden Edelstahl- und Keramik-Messzellen eingesetzt. Als kostengünstige Version in Anwendungen mit nichtaggressiven Medien, besonders in der Pneumatik, verwendet man zum Großteil mikromechanische Druckmesszellen aus Silizium.

Zur Signalwandlung stehen angepasste, präzise Signalwandlungsbausteine auf analoger und digitaler Basis zur Verfügung. Digitale Signalwandler können in einer Serienproduktion automatisiert per SPS oder PC justiert werden.

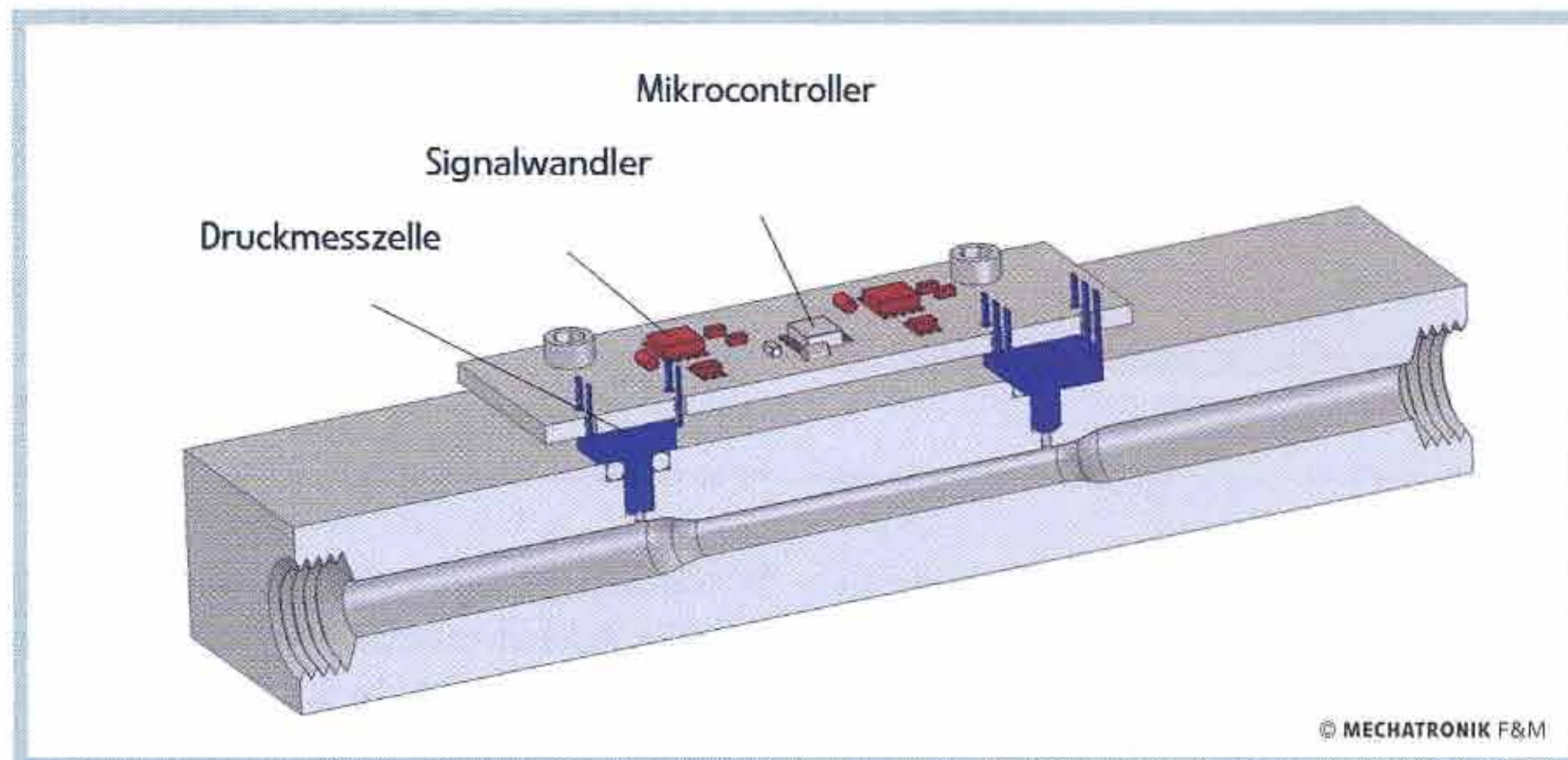
Eine optimale Integration der Messzellen in die Mechanik und eine Integration der Signalwandler in vorhandene Elektronikplatinen ermöglichen eine bauraum- und kostenoptimierte Produktentwicklung.



6 Signalwandlerbausteine v. l. n. r.: a) analoger Signalverstärker, justierbar durch externe Widerstände (Analog Microelectronics), b) analoger Signalverstärker mit digitaler Justage (Texas Instruments), c) Signalverstärker auf Mikrocontrollerbasis (ZMD Dresden)



7 Versuchsmuster der FH Bonn-Rhein-Sieg; links: Silizium-Messzelle mit digitaler Signalverstärkung auf Mikrocontrollerbasis, rechts: Silizium-Messzelle im Kunststoffgehäuse mit digital justierter analoger Signalverstärkung



8 Beispielsystem: schneller Flusssensor für Gase

onszeiten zwischen 1 und 10 ms. Die Reaktionszeiten analoger Bausteine mit digitaler Justage liegen demgegenüber im Sub-ms-Bereich, zeigen aber Defizite in der Genauigkeit. Diese spielen allerdings nur bei Präzisionsmessungen eine Rolle.

### Vorteilhafte Systemintegration

Je nach Anforderungen können die Druckmesszellen und Signalwandlerbausteine miteinander kombiniert werden. Hier gibt es prinzipiell viele Möglichkeiten, aus denen je nach Präzision, Bauraum und Kosten gewählt werden kann. Bild 7 zeigt Beispiele, die an der Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg aufgebaut wurden.

Vorteile zeigt die Integration von Messzelle und Signalwandler, wenn die Messzelle anwendungsspezifisch integriert und der Signalwandler gemeinsam mit weiteren mikroelektronischen Bauteilen auf einer einzigen Platine kombiniert werden kann. Bild 8 zeigt als Beispiel einen schnellen Präzisions-Massendurchflusssensor für Gase auf Drucksensorbasis, wie er beispielhaft für Sprühanwendungen eingesetzt wird. ■

### Autor

Prof. Dr. JOSEF VOLLMER (josef.vollmer@fh-bonn-rhein-sieg.de) lehrt an der Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg die Fächer Sensorik und Mechatronische Systeme im Studiengang Maschinenbau. In Industrieprojekten beschäftigt er sich mit anwendungsspezifischer Sensor- und Systemintegration.

Da alle oben aufgeführten Druckmesszellen eine relativ große Fertigungstreuung besitzen, ist neben einer reinen Signalverstärkung immer eine individuelle Justage des Ausgangssignals nötig. Konventionell werden dafür Operationsverstärker verwendet. Die Justage erfolgt dabei oft über Potentiometer oder durch das Austauschen von Widerständen. Für Silizium-Messzellen mit Signalen bis 300 mV ist die Verwendung von Operationsverstärkern relativ einfach möglich; für Edelstahl- und Keramik-Messzellen mit Signalen unter 30 mV ist der Aufwand mit Operationsverstärkern größer. Hersteller von Elektronikbausteinen bieten deshalb speziell angepasste Signalwandlerbausteine an, die typische Ausgangssignale zwischen 0,5 und 4,5 V beziehungsweise zwischen 0 und 5 V liefern. Diese Signalwandler sind speziell für Druckmesszellen entwickelt und bieten gegenüber einfachen Operationsverstärkern wesentliche Vorteile.

Neben Präzisions-Messverstärkern auf rein analoger Grundlage gibt es Bausteine, die teilweise oder ganz digital aufgebaut sind. Bild 6 zeigt eine Auswahl solcher Signalwandler, alle in SMD-Technik.

Analoge Signalwandlerbausteine, die mit externen Widerständen justiert werden, haben geringe Reaktionszeiten und sind

bei großen Stückzahlen preiswert beziehbar. Für mittlere und größere Stückzahlen ist die Justage über den Austausch von Widerständen oder durch das Einstellen von Potentiometern relativ aufwendig und stellt einen gewissen Anspruch an das Montagepersonal.

Signalwandlerbausteine auf digitaler Basis können automatisiert mithilfe einer SPS oder einer PC-Steuerung justiert werden. Die sensorspezifischen Werte für die Verstärkung und andere Parameter speichert der Signalwandlerbaustein oder ein externer Speicher (EEPROM). Allein das Einlegen des Produkts und das Starten des Justagevorgangs wären noch durch das Montagepersonal nötig, wenn der Vorgang nicht sogar gänzlich automatisiert wird. Darüber hinaus haben solche digitalen Bausteine Zusatzfunktionen wie integrierte Temperaturmessung und eine Temperaturkompensation des Sensorsignals.

Digitale Signalwandlerbausteine sind prinzipiell in zwei Bauarten verfügbar: Bausteine mit rein analoger Verstärkung, die digital justiert werden können, und Bausteine, die im Wesentlichen einen Mikrocontroller enthalten, der die Justage mit einem Rechenvorgang durchführt. Bausteine mit Mikrocontroller können sehr präzise sein, haben aber oft Reakti-