

# Ladungsverstärker für 100 bis 1 000 000 Pikocoulomb

In Labors eingesetzte Ladungsverstärker kosten etwa 4000 bis 5000 Franken und bieten ein breites Spektrum von Messbereichen. Der vorgestellte Ladungsverstärker für den Einsatz kostet viel weniger, bei ähnlichen Eigenschaften.

MARTIN WOHLGENANNT

In piezoelektrischen Sensoren erzeugt ein Quarz- oder Keramikelement ein Messsignal, das der wirkenden Kraft proportional ist. Piezoelektrische Sensoren haben schnelle Ansprechzeiten und finden ein breit angelegtes Anwendungsspektrum bei der Messung von Kräften, Drücken, mechanischen Spannungen und Beschleunigungen.

## Riesiger Messbereich

Bahnbrechend ist eine derzeit einzigartige piezoelektrische Messkette, mit der sich Verformungen im Nanobereich ebenso messen lassen wie grosse Strukturdehnungen. Sie wird von Baumer Sensopress AG auf den Markt gebracht und besteht aus dem ultraempfindlichen piezoelektrischen Oberflächen-sensor DSPN 27, der über ein rauscharmes, höchst isolierendes Coaxialkabel mit dem Ladungsver-

stärker Dacu 800 verbunden ist. Das Messelement des Oberflächen-sensors ist eine Piezokeramikscheibe. Der Sensor erreicht Empfindlichkeiten bis zu 900 pC/micro-strain (pC = Pikocoulomb, siehe Kasten). Beim Ladungsverstärker handelt es sich um eine neue Entwicklung, die mit 14 umschaltbaren Bereichen Ladungen zwischen 100 und 1 000 000 pC verstärken kann und sich deshalb für fast alle piezoelektrischen Messungen eignet. Die Möglichkeit, eine einzige Messkette für kleine und grosse Messbereiche einzusetzen, vereinfacht Planung, Beschaffung und Inbetriebsetzung und schlägt auch mit Einsparungen bei der Lagerhaltung zu Buche.

## Dynamische Messung

Piezoelektrische Sensoren messen die Ladungsverschiebung, die bei der Verformung des Quarz-Sensorelementes entsteht. Da die Ladung fast zeitgleich mit der einwirkenden Kraft weitergegeben wird, ist die Messung hoch dynamisch. Aus diesem Grund eignen sich piezoelektrische Sensoren auch zur Messung pulsierender Kräfte. Obwohl sie vom Prinzip her nur für dynamische Messungen geeignet sind, ermöglichen besondere Bauarten auch quasi-statische Messungen in festgelegten Zyklen, die sowohl im Minuten- als auch im Millisekundenbereich liegen können.

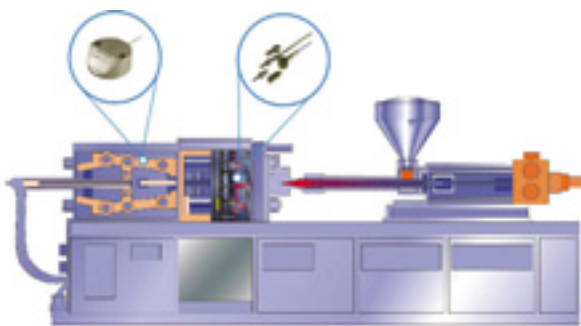
## Verstärkerbereich

Der Ladungsverstärker wandelt das lastproportionale Ladungssig-

## Pikocoulomb - Grössenordnungen im Vergleich

Die Ladungseinheit Coulomb (C) ist nach dem französischen Physiker Charles Augustin de Coulomb benannt und entspricht jener elektrischen Ladung, die bei einem Strom von einem Ampere während einer Sekunde verschoben wird. Alternativ gilt deshalb auch die Bezeichnung Amperesekunde (As). Zum Vergleich der Grössenordnungen: Die Verschiebung von  $6,24 \times 10^{18}$  Elektronen verursacht ein Coulomb.

nal in ein proportionales Ausgangsspannungssignal von  $\pm 10$  V um, das mit einer Genauigkeit von 1% zur Verfügung steht. Unabhängig von der Sensorempfindlichkeit lässt sich demnach am Ladungsverstärker derselbe Spannungsausgang einstellen. Allerdings stehen je nach Sensortyp unterschiedliche Empfindlichkeiten zur Verfügung, zum Beispiel 2 pC/bar oder 9,4 pC/bar oder 900 pC pro Dehnungseinheit. Um bei einer Maschine oder Anlage verschiedene, derart weit auseinander liegende Sensor-Ausgangsladungen auszuwerten, musste der Konstrukteur bisher aus mehreren Ladungsverstärkern mit unterschiedlichen Messbereichen den richtigen auswählen.



Messketten mit piezoelektrischen Sensoren und Ladungsverstärkern messen Kräfte, Drücke, mechanische Spannungen und Beschleunigungen. Bei Spritzgussmaschinen wird so der Werkzeug-Innendruck gemessen. (Bilder: Baumer Sensopress AG)

## 14 Messbereiche in einem Verstärker

Der Mehrbereichs-Ladungsverstärker Dacu 800 hingegen wertet in 13 fest kalibrierten Bereichen Sensor-Ausgangsladungen zwischen 100 und einer Mio pC aus, zusätzlich kann in einem weiten Bereich mit einem Potentiometer eine beliebige Ausgangsspannung eingestellt werden. Für jede Anwendung kann mit einem einzigen Ladungsverstärker der optimale Arbeitsbereich und somit die geforderte Signalaufösung gewählt und auch jederzeit angepasst werden. Es lassen sich unterschiedliche Applikationen wie etwa Dehnungssensoren mit Piezokeramik, Werkzeug-Innendrucksensoren oder Kraftsensoren mit Piezokristallen usw. realisieren.

### Driftkompensation

Eine wichtige Funktion erfüllen die Reset-Schaltung und Driftkompensation: Da keine Messkette unendlich isoliert werden kann, sind Veränderungen des Ausgangssig-

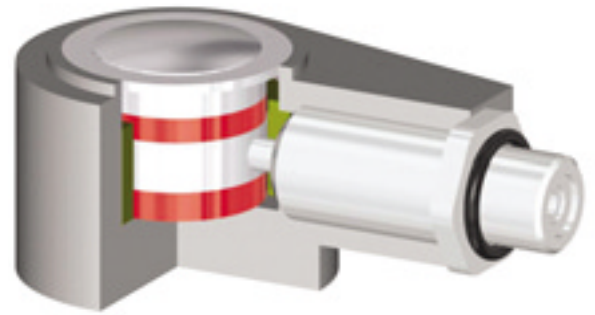
nals durch Ladungsverluste und Temperaturänderungen unvermeidlich. Auch bei konstanter physikalischer Messgrösse (z. B. Kraftwirkung auf den Sensor) ändert sich demnach das Ausgangssignal (es «driftet»). Je grösser diese Drift ist, desto ungenauer sind die Messungen. Deshalb werden piezoelektrische Sensoren vor jeder Messung durch einen Reset auf Null gestellt und anschliessend wieder aktiv geschaltet. Der durch das Eingangsrauschen verursachte Reset-Operate-Sprung wird vom leistungsfähigen Mikroprozessor des Ladungsverstärkers elektronisch kompensiert. Ausserdem ist die Eingangs-Offsetspannung auf  $\pm 50 \mu\text{V}$  abgeglichen. Dadurch wird die Drift der Messkette erheblich reduziert. Die Ausgangsoffset bleibt über den gesamten Temperaturbereich des Ladungsverstärkers unter  $\pm 5 \text{ mV}$ .

### Werkzeugschutz

Da die piezoelektrische Messkette mit dem Mehrbereichs-Ladungsverstärker auch minimale Dehnungen hoch auflöst und auf diese Weise z. B. auch kleinste Teile zwischen den zwei Formhälften erkennt, dient sie unter anderem als Crashdetektor in Werkzeugschutz-Applikationen in Spritzgiessmaschinen und Umformmaschinen, aber auch zur Überwachung und Regelung der Schliesskraft. Sie empfiehlt sich jedoch auch in einer ganzen Reihe weiterer Anwendungen: so etwa zur Kraftüberwachung bei Crimpmaschinen, zum Überwachen des Klick-Effektes bei der Montage von Uhrengehäusen oder zur Regelung von Einpresskräften bei der Montage von Stiften, Achsen und Lagern.

### Spritzgussmaschine

Die Vielzahl von Applikationen zeigt sich auch bei Spritzgiessmaschinen, wo von der Holmdehnung über den Werkzeugschutz und die Düsenanlagekraft bis zum Einspritzdruck und dem Werkzeugin-



**Piezokraftsensor:** In piezoelektrischen Sensoren wird jene Ladungsverschiebung gemessen, die bei der Verformung eines Quarz-Sensorelementes entsteht.

### Feindehnungsmessung: $\mu\text{m/m}$ , $\mu\epsilon$ und microstrain

Dehnung ist die Längenänderung eines Gegenstandes bezogen auf seine ursprüngliche Länge. Ihre SI-Einheit ist Meter pro Meter. Da diese Grössenordnung bei der Messung sehr kleiner Längenänderungen aufwändig in der Handhabung wäre, ist hier meist von Mikrometer pro Meter ( $\mu\text{m/m}$ ) die Rede. Im anglo-amerikanischen Raum und in global aktiven Unternehmen und im Forschungs- und Laborbereich sind auch die Einheiten Microepsilon ( $\mu\epsilon$ ) und microstrain gebräuchlich, die einem  $\mu\text{m/m}$ , bzw. 0,001 Promille entsprechen.

nendruck eine ganze Reihe von anspruchsvollen Aufgaben durch piezoelektrische Messketten gelöst werden. Ein besonderes Beispiel sind Sensoren für die direkte Messung des Werkzeuginnendruckes: Sie haben eine zylindrische Form und lassen sich mit ihren Frontdurchmessern von 2,5 mm, 4 mm und 6 mm auch bei Platzmangel am bestgeeigneten Ort in der Kavität platzieren. Bei Temperaturen bis zu  $200^\circ\text{C}$  messen sie Drücke bis 2000 bar. Der 4-mm-Sensor z. B. hat eine Ausgangsladung von  $9,4 \text{ pC/bar}$  mit einer Genauigkeit von  $\pm 1\%$ . Die Sensoren erfassen auch kleinste Druckschwankungen, deren Werte über den Ladungsverstärker an die Anlagensteuerung übermittelt werden. ■

Martin Wohlgenannt, Fachredakteur BR Dornbirn

**go** Halle 1.1  
Stand Co4  
Automation days



**Bahnbrechend in der piezoelektrischen Messtechnik ist eine Messkette mit einem Mehrbereichs-Ladungsverstärker, der Ladungen zwischen 100 und 1000000 pC verstärken kann.**

(Bildquelle: Baumer Sensopress AG)

### Mail-box

Baumer Sensopress AG  
Hummelstr. 17, 8501 Frauenfeld  
Tel. 052 728 13 93  
Fax 052 728 13 95  
www.baumersensopress.com