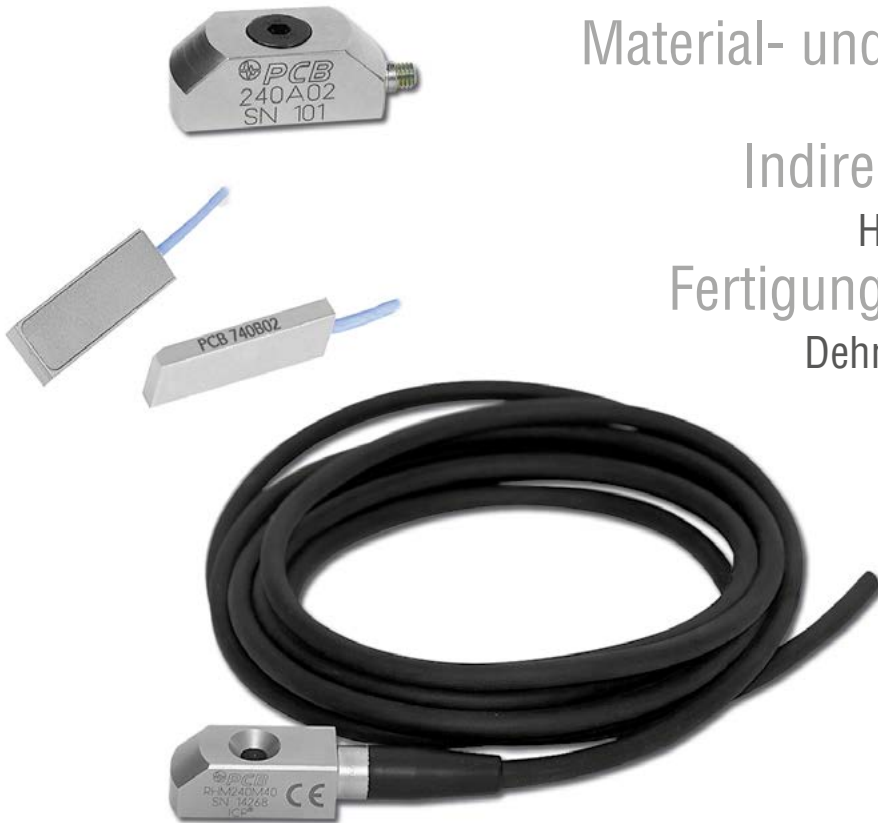




PIEZOELEKTRISCHE DEHNUNGSSENSOREN



Material- und Bauteiltests

Großer Frequenzbereich

Indirekte Kraftmessung

Hohe Dynamik

Fertigungsprozess-Monitoring

Dehnungsmessung

ICP[®]-Technologie

Strukturuntersuchung





Die Messung von dynamischen Kräften mit piezoelektrischen Sensoren stellt häufig eine große Herausforderung dar, wenn eine Montage des Sensors im Kraftfluss nicht oder nur mit großem Aufwand möglich ist. Zudem können in den Kraftfluss montierte Sensoren eine Veränderung der Steifigkeit im zu überwachenden System bewirken.

Abhilfe schaffen die piezoelektrischen Dehnungssensoren von PCB Piezotronics, die mittels Kraftnebenschlussmessung in vielen Anwendungen nach vorangehender Einmessung gleichwertige Messwerte liefern, wie im Kraftschluss messende Kraftsensoren.

Dabei macht man sich zunutze, dass die Kräfte zu Verformungen von Maschinenteilen führen, die mittels Dehnungssensoren präzise erfasst werden können. Dank der hohen Auflösung der Sensoren sind selbst Verformungen im Nanometerbereich messbar.

Top-Features

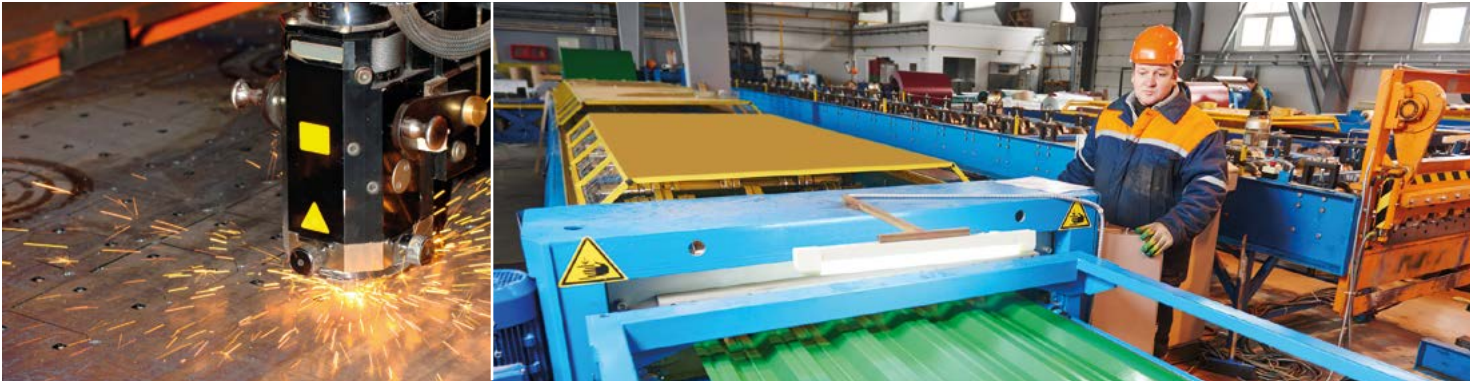
- Indirekte Kraftmessungen abseits des Kraftflusses
- Kein Einfluss auf die Systemsteifigkeit
- Hohe Auflösung
- Großer Frequenzbereich
- Industrielle Ausführung erhältlich

Typische Einsatzbereiche

- Überwachung einer Vielzahl von industriellen Fertigungsprozessen
- Strukturdynamische Untersuchungen
- Material- und Bauteiltests

EINLEITUNG

Einleitung	3
Produktübersicht	4
Dehnungssensoren in der Metallverarbeitung	5
Dehnungssensoren in der Kunststoffverarbeitung	5
Dehnungssensoren in der Papierverarbeitung	5
Weitere Anwendungen in der Produktionstechnik	6
Strukturdynamische Untersuchungen mit Dehnungssensoren	6
Material- und Bauteiltests mit Dehnungssensoren	6
Untersuchung von Schienenverkehrsanlagen	6
Auswertung der Signale von Dehnungssensoren	7
Spitzenwerterfassung mit Messmodul für die Hutschienenmontage	7



ROBUSTER ICP®-DEHNUNGSSENSOR FÜR INDUSTRIELLE ANWENDUNGEN

Der Dehnungssensor **RHM240M40** wurde speziell für den Einsatz in industriellen Umgebungen entwickelt. Vor den in solchen Umgebungen häufig auftretenden elektromagnetischen Feldern sowie vor Störungen durch Erdschleifen wird das Sensorsignal dank der erdfreien Montage des Aufnehmers effektiv geschützt. Auch das integrierte, am Sensor vergossene robuste Polyurethan-Anschlusskabel trägt zur Industrietauglichkeit dieses Sensors bei. Der Messbereich von 300 $\mu\epsilon$ ist optimal für die Überwachung von Fertigungsprozessen geeignet, zum Beispiel in der Metallverarbeitung.

Top-Features

- Empfindlichkeit 10 mV/ $\mu\epsilon$
- Messbereich $\pm 300 \mu\epsilon$
- Integriertes Kabel, Länge 3 m, offene Enden
- Masseisolierte Schraubmontage

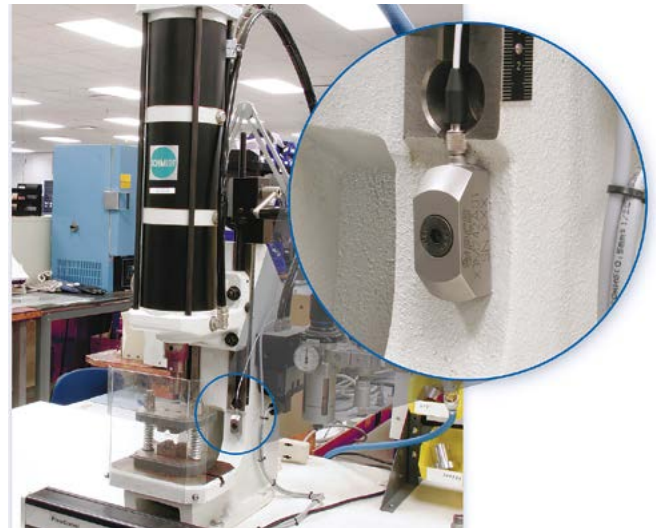


UNIVERSELL EINSETZBARE DEHNUNGSSENSOREN

Die ICP®-Dehnungssensoren der Serie **RHM240A0X** sind vielseitig einsetzbar und mit verschiedenen Messbereichen zwischen 50 und 300 $\mu\epsilon$ erhältlich. Sie werden in Forschung und Entwicklung sowie in Prüfständen eingesetzt und sind auch für einige industrielle Anwendungen geeignet. Das Sondermodell **M242A01** verfügt über einen Ladungsausgang und kann in Kombination mit einer geeigneten Signalaufbereitung für die Überwachung besonders langsam ablaufender Prozesse verwendet werden.

Top-Features

- Empfindlichkeit 10, 50 oder 100 mV/ $\mu\epsilon$
- Messbereich ± 50 , ± 100 oder $\pm 300 \mu\epsilon$
- 10-32-Anschlussbuchse
- Schraubmontage

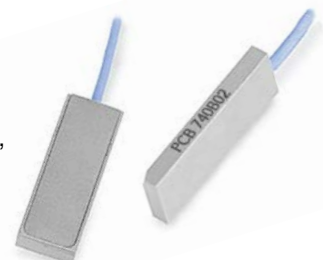


ICP®-MINIATUR-DEHNUNGSSENSOR

Der Dehnungssensor **740B02** eignet sich bestens für strukturelle dynamische Untersuchungen. Dank seiner besonders kompakten Bauform mit einer Länge von 15 mm und einem Gewicht von 0,5 Gramm wird der Einfluss auf das Schwingungsverhalten der untersuchten Struktur minimiert. Mit seinem großen Frequenzbereich von 0,5 ... 100.000 Hz ist dieses Modell auch für die Analyse besonders hochfrequenter Schwingungen geeignet.

Top-Features

- Empfindlichkeit 50 mV/ $\mu\epsilon$
- Messbereich $\pm 100 \mu\epsilon$
- Integriertes Low-Noise-Kabel, Länge 3 m, endend auf 10-32 Stecker
- Klebmontage





DEHNUNGSSENSOREN IN DER METALLVERARBEITUNG

Bei Fertigungsverfahren in der Metallverarbeitung können verschiedene Produktionsfehler auftreten. Zu den möglichen Ursachen zählen beispielsweise ein abgenutztes Bearbeitungswerkzeug, eine falsche Parametrierung der Maschine, fehlerhaftes oder falsch positioniertes Ausgangsmaterial sowie Verschmutzungen. Im besten Fall resultiert daraus die Herstellung eines unbrauchbaren Werkstückes, im schlimmsten Fall eine Beschädigung der Maschine. Da die meisten Fertigungsverfahren den Einsatz einer Druck- oder Zugkraft erfordern, um das gewünschte Endprodukt oder Halbfabrikat herzustellen, bietet sich zur rechtzeitigen Fehlererkennung die Auswertung der auftretenden Kraft an, wobei in vielen Fällen die indirekte Kraftmessung mit Dehnungssensoren die wirtschaftlichste Lösung darstellt.

Dehnungssensoren eignen sich für die optimale Überwachung einer Vielzahl von Fertigungsverfahren. Im Bereich des Umfor-

mens zählen dazu verschiedene **Druck-, Zug-, Zugdruck- und Biegeumformverfahren**, insbesondere das **Pressen**. Auch der Maschinenschutz im Bereich der Fügeverfahren wie **Crimpen und Nieten** sowie der Trennverfahren wie **Schneiden, Stanzen und Spalten** zählt zu den Haupteinsatzgebieten von Dehnungssensoren. Bemerkenswert ist, dass selbst viele mit minimalem oder ohne Kraftaufwand ablaufende Fertigungsprozesse wie **Schweißen** oder **Laser- und Wasserstrahlschneiden** mit Dehnungssensoren überwacht werden können. Auch bei solchen Verfahren treten im Fehlerfall größere Kräfte auf, die bei Überwachung mit Dehnungssensoren und geeigneter Auswertung zuverlässig erkannt werden.

Speziell für den Einsatz im industriellen Umfeld bietet sich das Modell **RHM240M40** (siehe Seite 3) an, das über ein robustes integriertes Anschlusskabel sowie eine Masseisolierung verfügt.

DEHNUNGSSENSOREN IN DER KUNSTSTOFFVERARBEITUNG

In der Kunststoffverarbeitung kommen aufgrund der unterschiedlichen Werkstoffeigenschaften Urform-, Umform- und Fügeverfahren zur Anwendung, die sich von den Methoden in der Metallverarbeitung unterscheiden. Auch hier gibt es Anwendungsgebiete für Dehnungssensoren. In Spritzguss- und Blasformmaschinen zum Beispiel überwachen sie die Schließ- und Haltekraft der beiden Formhälften. Bei der Herstellung von Blisterverpackungen leisten

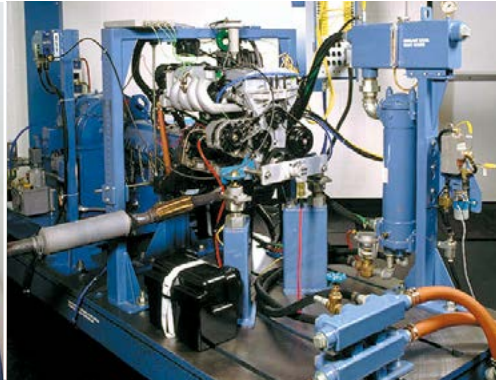
Dehnungssensoren einen wichtigen Beitrag, um Quetschungen des Verpackungsgutes zu vermeiden.

Trennende Verfahren in der Kunststoffverarbeitung ähneln denen in der Metallverarbeitung, wobei Kunststoffe in der Regel mit kleineren Kräften bearbeitet werden. Hier empfiehlt sich der Einsatz des Modells **RHM240A01** mit besonders hoher Empfindlichkeit.

DEHNUNGSSENSOREN IN DER PAPIERVERARBEITUNG

Auch Maschinen zum **Schneiden, Stanzen, Heften und Falzen** von Papier eignen sich hervorragend zur Überwachung mit Dehnungssensoren. Die Verarbeitung des Papiers erfolgt unter Anwendung einer Kraft, die am einfachsten mit Dehnungssensoren erfasst

und ausgewertet werden kann. Fehler, die beispielsweise durch stumpfe Werkzeuge oder Papierrückstände hervorgerufen werden können, werden mittels einer Spitzenkrafterfassung (siehe Seite 7) zuverlässig erkannt.



WEITERE ANWENDUNGEN IN DER PRODUKTIONSTECHNIK

Viele weitere Werkstoffe wie **Textilien, Glas, Holz und Natursteine** sowie **Nahrungsmittel** werden häufig mit mechanischen Verfahren bearbeitet, die sich mit Dehnungssensoren und einer geeigneten Auswertung unkompliziert überwachen lassen.

Ebenfalls erwähnenswert ist die Einsatzmöglichkeit an **Abfall- und Schrotterarbeitungsmaschinen**, deren Trenn- und Umformprozesse aufgrund des heterogenen Ausgangsmaterials besonders störanfällig sind.

STRUKTURDYNAMISCHE UNTERSUCHUNGEN MIT DEHNUNGSSENSOREN

Wenn im Rahmen einer Strukturuntersuchung die auf die zu untersuchende Struktur wirkenden Kräfte statt der Vibrationen von Interesse sind, werden Dehnungssensoren verwendet, insbesondere an großen Strukturen wie **Brücken und Stahlgerüsten**. An **Windenergieanlagen** kommen Dehnungssensoren zum Einsatz, um Verformungen an den Rotorblättern oder am Getriebe zu untersuchen. Zudem lassen sich die Sensoren für eine **Transferpfadanalyse** ein-

setzen, um den vibroakustischen Signalfuss in einer Struktur zu untersuchen. Entsprechende Verfahren kommen beispielsweise in der **Automobil- sowie Luft- und Raumfahrtindustrie** zum Einsatz, wenn beispielsweise die Schallausbreitung durch die Karosserie oder den Rumpf untersucht und optimiert werden soll. Insbesondere das sehr kleine und leichte Modell **740B02** mit einem Frequenzbereich bis 100 kHz bietet sich für akustische Untersuchungen an.

MATERIAL- UND BAUTEILTESTS MIT DEHNUNGSSENSOREN

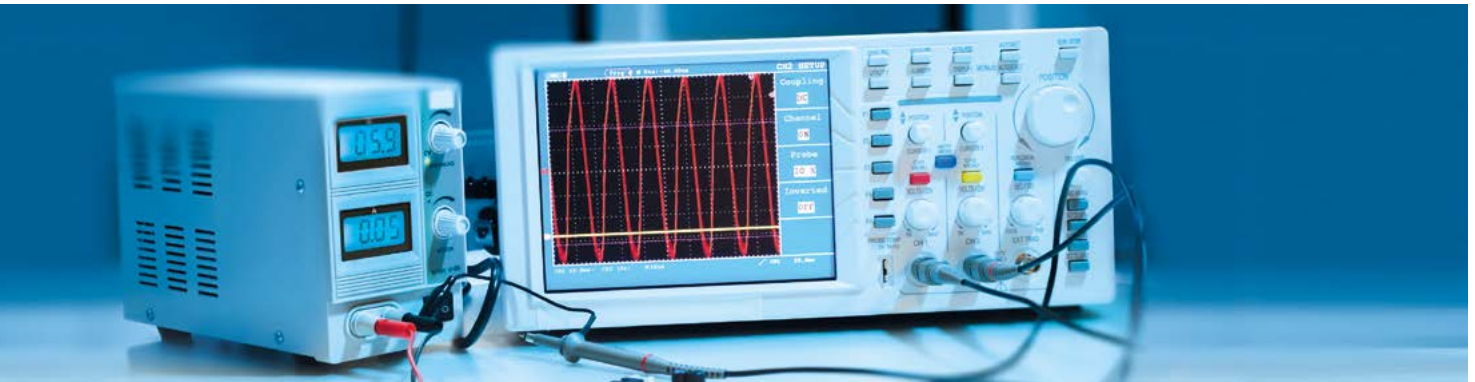
Auch für **Material- und Bauteiltests in Prüfständen** werden Dehnungssensoren verwendet. Das Prüfobjekt wird mit einer Druck- oder Zugkraft belastet, die mit einem zusätzlichen Kraftsensor gemessen wird. Der Dehnungssensor erfasst gleichzeitig die resul-

tierende Verformung des Prüfobjektes. Aus den Ausgangssignalen beider Sensoren lassen sich Aussagen zur Materialsteifigkeit und -belastbarkeit ableiten.

UNTERSUCHUNG VON SCHIENENVERKEHRSANLAGEN

An Schienenverkehrsanlagen montierte Dehnungssensoren eignen sich für die **Triggerung von Luft- und Körperschallmessungen** sowie für die **Überwachung des Zugverkehrs**. Ein Vergleich der Überfahrtdauer über je einen Dehnungssensor am Beginn und am Ende der Messstrecke erlaubt die Feststellung, ob der Zug mit gleichmäßiger Geschwindigkeit durch den Untersuchungsabschnitt gefahren ist oder ob er seine Geschwindigkeit geändert hat. Aus der zeitlichen Differenz zwischen der Triggerung an beiden Messpunkten lässt sich außerdem die mittlere Fahrgeschwindigkeit des Zuges ableiten.



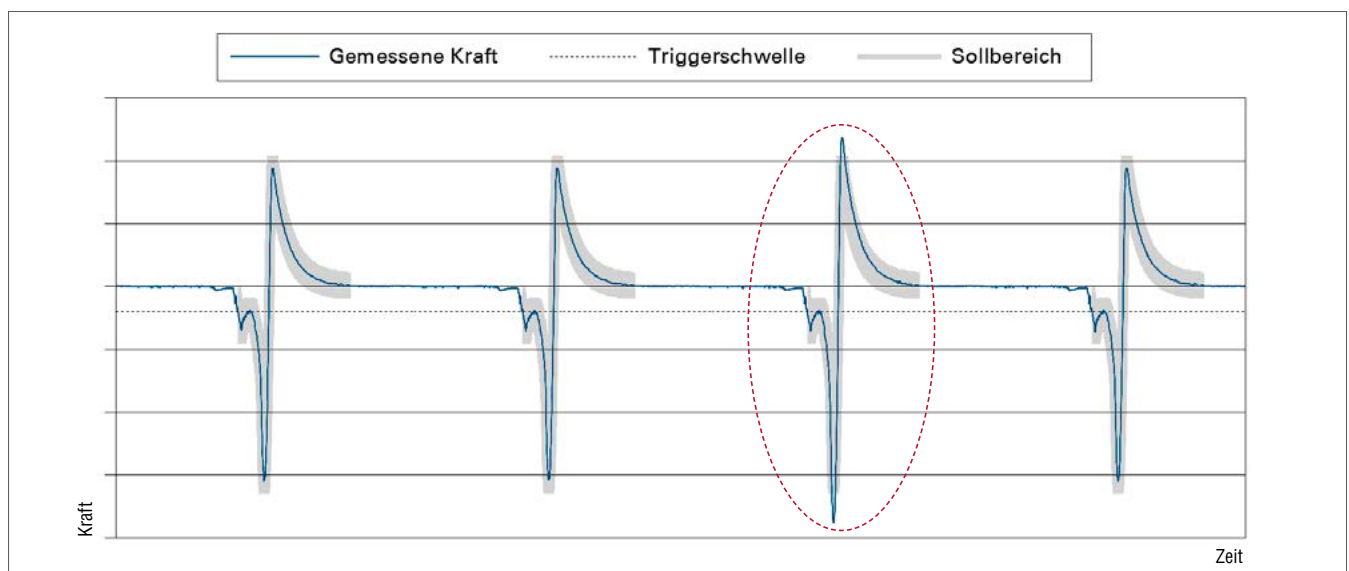


AUSWERTUNG DER SIGNALE VON DEHNUNGSSENSOREN

Da piezoelektrische Dehnungssensoren für unterschiedlichste Anwendungen eingesetzt werden, ergeben sich auch verschiedene Anforderungen an die Signalauswertung. Im einfachsten Fall wird einfach untersucht, ob das Messsignal einen durch Referenzmessungen ermittelten Grenzwert überschreitet und daher einen fehlerhaften Fertigungsprozess signalisiert.

Für detailliertere Auswertungen wird eine sogenannte **Signaturanalyse** mit einem der folgenden Verfahren durchgeführt:

1. Vergleich einer Sollkurve mit einer Istkurve.
2. Integration des Signals zur Überwachung der während des Prozesses eingesetzten Energie (im Idealfall wird zusätzlich die Wirkstrecke erfasst und mit der aus der Dehnung abgeleiteten Kraft multipliziert).
3. Abschnittsweise Betrachtung des Prozesses, wobei jeder Abschnitt mit einem der beiden vorgenannten Verfahren ausgewertet wird.



Signaturanalyse mit Verfahren 1 (siehe oben) an einer Presse: Während der Fertigungsprozesse wird der aktuelle Messwert fortlaufend mit einer Sollkurve verglichen. Das im dritten dargestellten Prozess gefertigte Halbfabrikat wird aufgrund von Messwerten außerhalb des Sollbereiches ausgemustert.

SPITZENWERTERFASSUNG MIT MESSMODUL FÜR DIE HUTSCHIENENMONTAGE

Für die Spitzenwerterfassung bietet PCB® mit dem Modell **410C01** für die Hutschiennenmontage auch ein passendes Messmodul an, das einen ICP®-Dehnungssensor speist und anhand seines Ausgangssignals einen Spitzenwert ermittelt, der beispielsweise an eine SPS ausgegeben wird. Bei Überschreitung des Sollbereiches kann die SPS geeignete Maßnahmen ergreifen, zum Beispiel das gerade bearbeitete Werkstück aussortieren. Nach Abschluss des Fertigungsprozesses setzt die SPS den Spitzenwert des Messmoduls ohne manuelles Eingreifen auf den Nullpunkt zurück und startet einen neuen Fertigungszyklus.



Modell 410C01
Messmodul für die
Hutschiennenmontage

