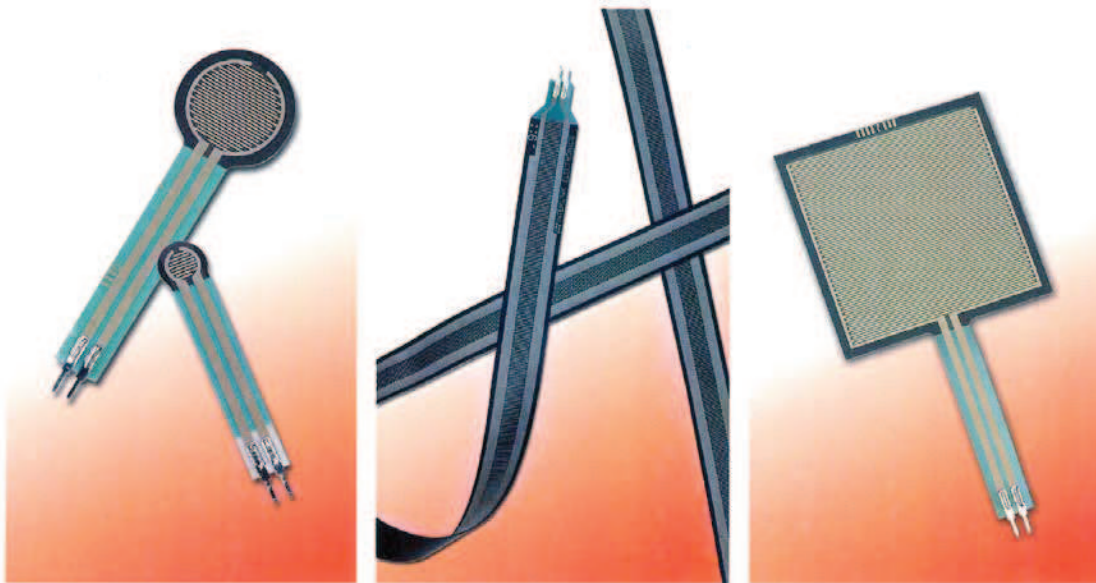


FSR™ - Sensoren

Daten, Eigenschaften und Hinweise zur Handhabung

FSR®
Force Sensing Resistors®



Anleitung zum Umgang mit einem innovativen Produkt.

**Distributed by
Conrad Electronic**

92240 Hirschau • Germany

www.conrad.de • www.conrad.biz • www.conrad.com

Der FSR - Sensor

Ein Überblick über die FSR - Technologie

Der Force Sensing Resistor (= Kraftabhängiger Widerstand) FSR - Sensor besteht aus drei Komponenten, die in Bild 1 gezeigt sind :



1. Die Trägerfolie für die FSR - Schicht. Auf ihrer Innenseite ist die schwarze FSR - Schicht aufgedruckt, ein halbleitendes Polymer.
2. Die Klebeschicht, eine doppelseitig klebende Folie genau definierter Dicke.
Ihre Aufgaben bestehen darin, die Komponenten des Sensors fest miteinander zu verbinden und einen konstanten Abstand zwischen den Trägerfolien sicherzustellen.
3. Die Trägerfolie für die Elektroden. Auf ihrer Innenseite sind die Elektroden aufgedruckt, deren Finger ineinander verschachtelt sind, sich aber nicht berühren.

Ein FSR - Sensor ändert seinen elektrischen Widerstand in Abhängigkeit von der auf die aktive Oberfläche eingeleiteten Kraft. Die Elektroden kontaktieren dann die FSR- Schicht und zwischen den Kontaktfingern werden Widerstandsbrücken aufgebaut. Je höher die eingeleitete Kraft ist, desto mehr Widerstandsbrücken werden geschlossen und parallel geschaltet. Der FSR - Sensor ist keine Wägezelle und kein Dehnungsmeßstreifen, obwohl er ähnliche Eigenschaften aufweist. FSR - Sensoren sind keine hochgenauen Meßwandler, sie eignen sich eher als Wandler für Bediengeräte.

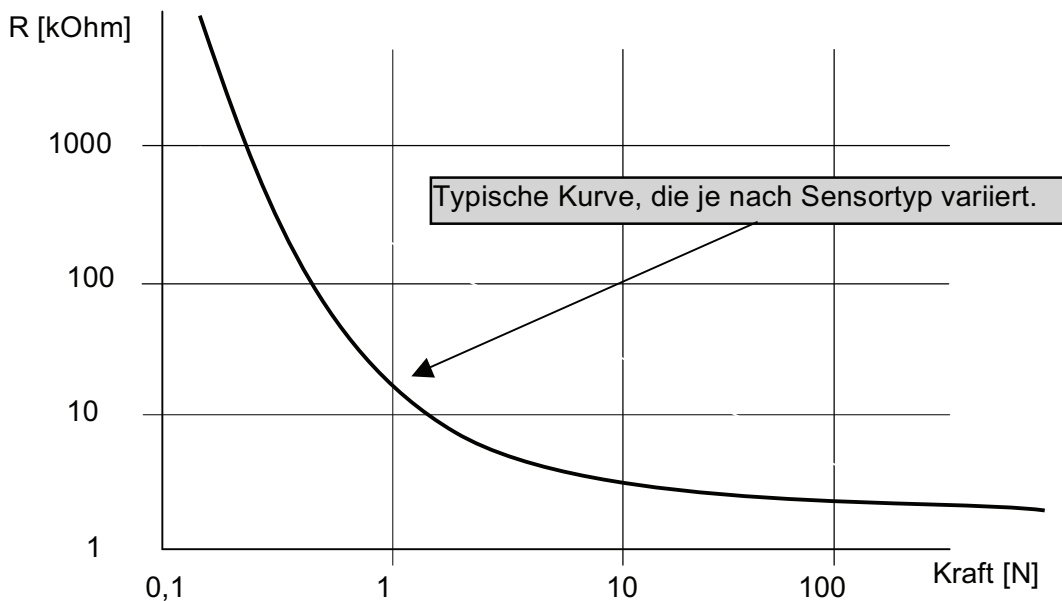
Kraft und Widerstand

Die Kraft- Widerstandskennlinie in Bild 1 verdeutlicht das grundsätzliche Verhalten des FSR - Sensors. Um den Kurvenverlauf besser interpretieren zu können, ist die Kurve im doppelt logarithmischen Maßstab gezeichnet.

Die gezeigten Werte stammen von unserem FSR - 152 (Aktive Fläche = 12,15 mm Durchmesser). Zur Einleitung der Kraft wurde eine Sonde aus Edelstahl mit 10 mm Durchmesser verwendet. An ihrer Spitze befindet sich eine Halbkugel aus Polyurethan mit einer Shorehärte von 60. Generell gesprochen, ist die Kennlinie eines FSR - Sensor ähnlich einer invertierten Exponentialfunktion.

Sehen Sie dazu die Kurve in Bild 1 :

Bild 1



Im Bereich niedriger Kräfte verhält sich der FSR - Sensor fast wie ein Schalter.

Die Einschaltsschwelle ist dadurch gekennzeichnet, daß der Widerstand ziemlich rasch von über 1 MOhm auf ca. 100 kOhm abfällt. Das ist der Beginn des dynamischen Bereichs, der ähnlich einer Exponentialkurve verläuft.

Sie wird von folgenden Parametern bestimmt :

- * Material, Dicke und Flexibilität der Trägerfolien für das FSR - Substrat
- * Breite der Leiterbahnen
- * Dicke der Klebeschicht.

Die Einschaltsschwelle steigt mit wachsender Stärke der Folien, sowie der Dicke der Klebeschicht. Wenn man die Klebeschicht wegläßt oder wenn diese weit entfernt vom Punkt der Krafteinleitung (das ist z.B. der Mittelpunkt der aktiven Fläche eines großflächigen FSR - Sensors) endet, so hat der FSR - Sensor einen niedrigeren Nullastwiderstand.

Dies entspricht praktisch einer Vorlast auf dem FSR - Sensor.

Im Bereich hoher Kräfte verläßt die Kennlinie die Exponentialkurve und nähert sich der Sättigung, wo eine Erhöhung der Kraft nur noch eine sehr geringe oder gar keine Änderung des Widerstands mehr zur Folge hat.

Für den in Bild 1 vermessenen FSR - Sensor (und auch die anderen) liegt diese Kraft jenseits von 100N.

Im Bereich niedriger Lasten verhält sich der FSR eher wie ein Kraftsensor, im Bereich hoher Lasten, nahe der Sättigung, entspricht sein Verhalten einem Drucksensor.

In Bild 1 liegt der tatsächlich gemessene Druckbereich bei 0,1 bis 100N, bezogen auf eine Fläche von 1 cm².

Wenn Kräfte gemessen werden sollen, die über dem Sättigungspunkt liegen, so muß die Kraft über eine größere Fläche eingeleitet werden, damit der dynamische Bereich nicht verlassen wird. Natürlich gilt hier auch der Umkehrschluß :

Kleinere Aktuatoren werden den FSR - Sensor früher in die Sättigung führen, da der zur Sättigung notwendige Druck bei einer niedrigeren Kraft erreicht wird.

FSR - Sensoren richtig einsetzen

Wichtige Schritte zum optimalen Ergebnis

1. Beginnen Sie mit realen Erwartungen.

Machen Sie sich mit den Eigenschaften Ihres Sensors vertraut

Ein FSR - Sensor ist keine Wägezelle, kein Dehnungsmeßstreifen und kein Druckwandler.

Er eignet sich am besten für dynamische Messungen, mit recht guten Ergebnissen.

Die Genauigkeit der Sensoren liegt üblicherweise im zweistelligen Prozentbereich, Details entnehmen Sie bitte den Datenblättern.

Wenn Sie mit einem FSR - Linearpotentiometer oder einem XYZ- Pad Positionen messen wollen, so können Sie Genauigkeiten von $\pm 1\%$ erreichen.

Genauigkeit sollte nicht mit Auflösung verwechselt werden.

Die Auflösung der Kraft eines FSR - Sensors ist besser als $\pm 5\%$.

Die Auflösung der Position liegt bei ca. 0,5 mm.

2. Wählen Sie den Sensor aus, der am besten zu Ihrer Applikation paßt.

Einschränkungen bei der Integration eines FSR - Sensors sind nur Gestalt und Größe. Der Sensor sollte also so ausgewählt werden, daß er optimal zum mechanischen Element paßt, das ihn betätigen wird. FSR - Sensoren besitzen praktisch identische elektrische Eigenschaften und spezielle Ausgangssignale können nur durch mechanische Maßnahmen erreicht werden (Abdeckungen, Mechanik und Größe des Bedienelements).

3. Entwerfen Sie ein reproduzierbares mechanisches Bedienelement (Aktuator).

Folgen Sie den folgenden Richtlinien, um das optimale Ergebnis zu erzielen:

- * Stellen Sie eine gleichmäßige Krafteinleitung sicher. Der FSR - Sensor reagiert sehr feinfühlig auf die Verteilung der eingeleiteten Kraft. Es ist schwieriger, eine konstante Einleitung der Kraft zu realisieren, als nur die Kraft konstant zu halten. Aber nur, wenn die Verteilung der Kraft über den Sensor bei jedem Zyklus gleich ist, wird das Meßergebnis gut reproduzierbar sein. Die Beschichtung des Aktuators mit einer dünnen Elastomerschicht kann dabei sehr hilfreich sein, da sie Inhomogenitäten der Oberflächen ausgleichen kann.
- * Wie Sie wissen, ist der FSR - Sensor mittels eines doppelseitigen Klebers zur Erreichung eines definierten Abstands verklebt. Achten Sie bitte darauf, daß diese Verklebung nicht die Einleitung der Kraft behindert oder gar unmöglich macht. Wenn Sie beispielsweise den Sensor mittels einer großen starren Fläche bedienen möchten, würden Sie kein sinnvolles Meßergebnis erzielen. Der Aktuator muß also immer geometrisch kleiner sein, als die aktive Fläche des Sensors.
- * Der FSR - Sensor hat ein definiertes Setzverhalten. Das Ausgangssignal wird also variieren, wenn der Gradient der Krafteinleitung variiert.

4. Verwenden Sie nur die empfohlenen Interfaceschaltungen

In den meisten Anwendungen soll eine Spannung in Abhängigkeit von der Kraft als Ausgangs-

signal gemessen werden. Ausführliche Unterlagen zur Schaltungstechnik erhalten Sie auf Wunsch von uns.

Wir empfehlen, einen Strom / Spannungswandler einzusetzen. Dieser gibt Ihnen ein Ausgangssignal, das umgekehrt proportional zur gemessenen Kraft ist.

Dieses in etwa lineare Signal bietet optimale Auflösung und erleichtert die Signalaufbereitung.

5. Kalibrieren Sie das System für höchste Genauigkeit

Die bestmögliche Genauigkeit der Kraftmessung wird durch Kalibrierung erreicht. Dazu gibt es zwei Möglichkeiten.

- * Einstellung von Verstärkung und Offset der Elektronik.
Die Referenzspannung und der Rückkopplungswiderstand des Strom / Spannungswandlers werden an das Ausgangssignal jedes einzelnen FSR - Sensors angepaßt.
- * Ablegen der Fehlerkurve.
Eine parametrische Fehlerkurve wird in Ihrem System abgelegt.
Durch Messen der Ausgangssignale mehrerer FSR - Sensoren erhalten Sie eine typische Kennlinie. Danach vermessen Sie jeden einzelnen FSR - Sensor und speichern Sie dessen Fehlerkurve ab.
Falls notwendig, können Sie auch noch eine Temperaturkompensation in Ihr System einfügen.

Der Umgang mit dem FSR - Sensor

Was Sie tun und was Sie nicht tun sollten

Was Sie tun sollten

- * Befolgen Sie die 5 Hinweise unter "FSR - Sensoren richtig einsetzen"
- * Montieren Sie den FSR - Sensor auf einer ebenen und glatten Fläche
- * Vorsicht bei Anbringung eines FSR - Sensors auf einer gekrümmten Oberfläche.
Dies kann zu einer Vorlast führen, d.h. der Sensor liefert durch die Berührung und Verspannung der beiden Trägerfolien bereits ein Ausgangssignal, obwohl noch keine Kraft eingeleitet wird.
Der Sensor funktioniert zwar noch, aber er kann driften und der Dynamikbereich wird eingeschränkt.
Die Stärke der Krümmung, die man einem FSR - Sensor zumuten kann, ist eine Funktion der Größe der aktiven Fläche. Je kleiner der Sensor ist, desto geringer wird die Auswirkung einer Krümmung sein.
- * Vermeiden Sie Luftblasen beim Aufkleben des Sensors. Verwenden Sie einen dünnen homogenen doppelseitigen Kleber oder bestellen Sie das Teil gleich mit Kleberückseite.
- * Vermeiden Sie Knicke oder Beschädigungen im aktiven Bereich. Diese können falsche Ausgangssignale zur Folge haben.
- * Schützen Sie den Sensor vor scharfen und spitzen Gegenständen (Kugelschreiber auf der aktiven Fläche) mittels einer Deckschicht aus Polycarbonat oder Elastomer.

- * Setzen Sie weiches Gummi oder eine Feder ein, wenn Sie einen bestimmten Weg zur Betätigung des Sensors benötigen.

Was Sie nicht tun dürfen

- * Verdrehen oder knicken Sie die Anschlußfahnen des FSR - Sensors nicht.
Die kann zum Bruch der gedruckten Silberbahnen führen. Eine Biegung darf nur zum Silberdruck hin erfolgen, muß diesen also komprimieren. Der minimale Biegeradius von 2,5 mm darf nicht unterschritten werden. Biegen Sie den Sensor nicht in der aktiven Fläche, das kann zu einer Vorlast führen und das Ausgangssignal verfälschen.
- * Blockieren Sie nicht die Ventilationsöffnung. Diese befindet sich üblicherweise zwischen den beiden Silberbahnen der Anschlußfahnen. Sie dient dazu, atmosphärische Luftdruckschwankungen auszugleichen. Wenn Sie Drücke messen möchten, muß sich der aktive Bereich des FSR - Sensors innerhalb der Druckkammer, die Ventilationsöffnung außerhalb befinden.
- * Versuchen Sie nicht, direkt an den gedruckten Anschlüssen zu löten. Die Lötverbindung wird nicht dauerhaft fest sein und Sie könnten die Trägerfolie beschädigen.
Bestellen Sie den FSR - Sensor mit angecrimpten Anschluß oder verwenden Sie einen Nulllaststecker.
- * Verwenden Sie keinen aggressiven Kleber (Cyanacrylat), er könnte die Trägerfolien beschädigen.
- * Vermeiden Sie Einwirkung von Scherkräften auf den Sensor.
- * Vermeiden Sie höhere Ströme als 1 mA pro cm² aktivierter Fläche, dies kann den Sensor zerstören.
- * Verwenden Sie den FSR nicht als Meßelement für statische Lasten.
Aufgrund seiner Konstruktion hat der FSR - Sensor ein "Kriechverhalten", das heißt, sein Widerstand ändert sich kontinuierlich bei konstanter Belastung.
Je nach Höhe der Last kann dieses Kriechen einige Stunden dauern und der Widerstandswert bis zu 20% absinken.
- * Setzen Sie den Sensor nicht ungeschützt konstanter Feuchtigkeit aus, vermeiden Sie vor allem, daß Feuchtigkeit in die Ventilationsöffnung eindringen kann.
Die Trägerfolien des FSR bestehen zwar aus widerstandsfähigem Kunststoff, sind aber dennoch hygroskopisch. Feuchtigkeit im Sensor kann zu Korrosion führen.

Daten der Sensoren:

FSR400

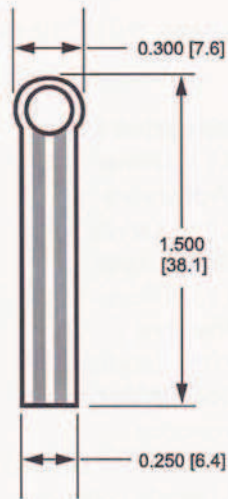


Figure 5:
Part No. 400 (0.2" Circle)

Active Area: 0.2" [5.0] diameter

Nominal Thickness: 0.012" [0.30 mm]

Material Build:

Semiconductive Layer

0.004" [0.10] PES

Spacer Adhesive

0.002" [0.05] Acrylic

Conductive Layer

0.004" [0.10] PES

Rear Adhesive

0.002" [0.05] Acrylic

Connector Options

- a. No connector
- b. Solder Tabs (not shown)
- c. AMP Female connector

FSR402

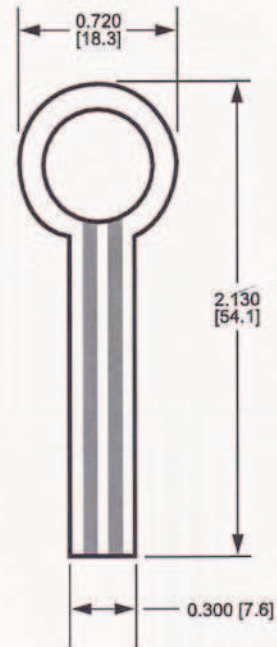


Figure 6:
Part No. 402 (0.5" Circle)

Active Area: 0.5" [12.7] diameter

Nominal thickness: 0.018" [0.46 mm]

Material Build:

Semiconductive Layer

0.005" [0.13] Ultem

Spacer Adhesive

0.006" [0.15] Acrylic

Conductive Layer

0.005" [0.13] Ultem

Rear Adhesive

0.002" [0.05] Acrylic

Connector Options

- a. No connector
- b. Solder Tabs (not shown)
- c. AMP Female connector

FSR406

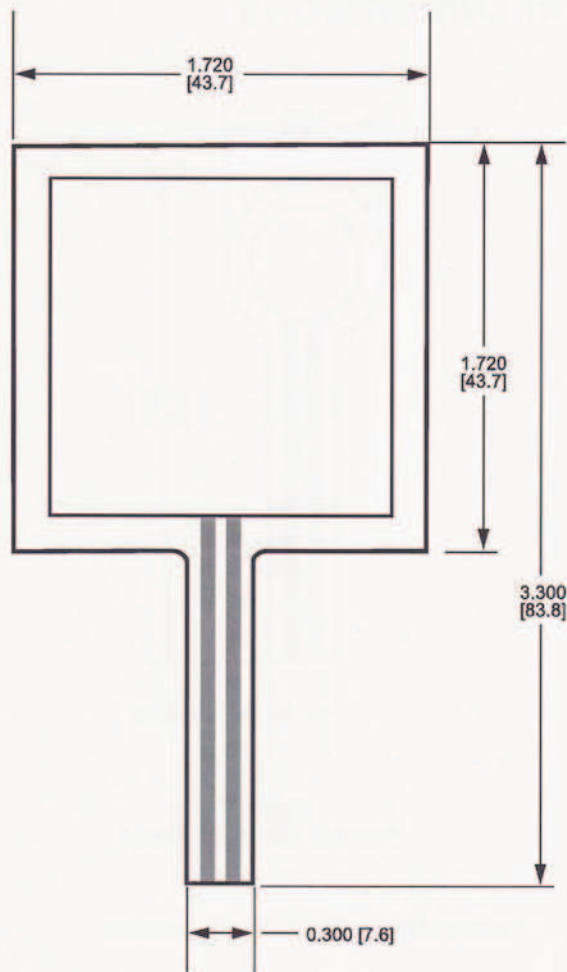


Figure 7:
Part No. 406 (1.5" Square)

Active Area: 1.5" [38.1] x 1.5" [38.1]

Nominal thickness: 0.018" [0.46 mm]

Material Build:

Semiconductive Layer

0.005" [0.13] Ultem

Spacer Adhesive

0.006" [0.15] Acrylic

Conductive Layer

0.005" [0.13] Ultem

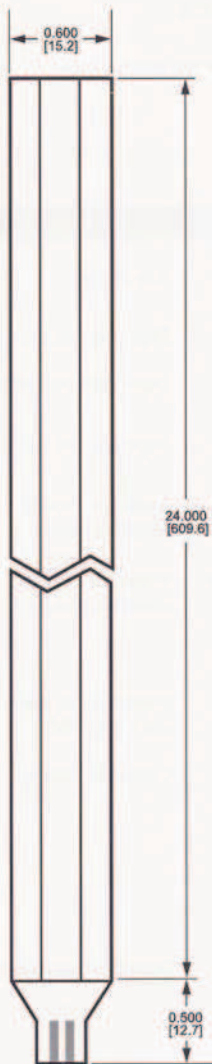
Rear Adhesive

0.002" [0.05] Acrylic

Connector Options

- No connector
- Solder Tabs (not shown)
- AMP Female connector

FSR408



Active Area: 24" [609.6] x 0.25" [6.3]

Nominal thickness: 0.135" [0.34 mm]

Material Build:

Semiconductive Layer

0.004" [0.10] PES

Spacer Adhesive

0.006" [0.15] Acrylic

Conductive Layer

0.004" [0.10] PES

Rear Adhesive

0.002" [0.05] Acrylic

Connector Options

- a. No connector
- b. Solder Tabs (not shown)
- c. AMP Female connector

Figure 8
Part No. 408 (24" Trimmable Strip)

Dimensions in brackets: millimeters
Dimensional Tolerance: $\pm 0.015"$ [0.4]
Thickness Tolerance: $\pm 10\%$

Hinweis :

Aufgrund der Verwendung organischer Werkstoffe unterliegen FSR - Sensoren sehr großen Fertigungstoleranzen. Wenn Sie FSR - Sensoren für Meßzwecke einsetzen möchten, so empfehlen wir Ihnen diese für einen bestimmten Arbeitspunkt zu spezifizieren. Sprechen Sie mit uns, wir sind Ihnen gerne behilflich.

Technische Daten von FSR - Sensoren

Substrat	Polyätherimid Polyäthersulfon Polyester	
Baugröße	8 x 8 mm ² bis 350 x 350 mm ²	Jede beliebige flache Form
Dicke	200 bis 750 µm	
Wiederholbarkeit (Sensor zu Sensor)	+ 300% bis - 60 % bei 0,3N + 90% bis - 35% bei 1N + 30% / - 30% bei 10N + 20% / - 20% bei 100N	Typische Werte, abhängig vom mech. Aufbau. Alle Messungen bei 23°C und mit einer Sonde von 1cm ² Fläche.
Wiederholbarkeit (eines einzigen Sensors)	+ 70% bis - 35 % bei 0,3N + 70% bis - 35% bei 1N + 15% / - 15% bei 10N + 3% / - 3% bei 100N	Typische Werte, abhängig vom mech. Aufbau Alle Messungen bei 23°C und mit einer Sonde von 1cm ² Fläche.
Einschaltkraft	0,2 bis 1N	Typischer Wert
Nennkraft	100N	Maximalwert nahe der Sättigung Stempel von 1cm ² Fläche, 60 Shore.
Widerstand	> 1 MOhm	unbelasteter Sensor
Betätigungsweg	vernachlässigbar	
Mech. Ansprechzeit	< 2 ms	mechanisch
El. Ansprechzeit	0,1 bis 10 ms	elektrisch
Hysterese	ca. 20%	bezogen auf Widerstandswert
Kapazität	10 pF bis 10 nF	Abhängig vom Aufbau
Lebensdauer	> 10 Mio. Schaltzyklen	bei 35 N
Betriebstemperatur	- 40°C < Temp < + 85°C	negativer Temp. Koeffizient
Temp. Koeffizient	- 0,8 % / K	
Feuchtigkeit	85% RF max.	Widerstandsanstieg möglich Kondensation vermeiden
Strom	max. 1 mA	pro cm ² <u>aktivierter</u> Fläche
Spannung	1 bis 5 V	
Verlustleistung	1 mW max.	

Hinweis :

Die in diesem Papier gezeigten Kennlinien und Angaben dienen zur Veranschaulichung der Funktionsweise der FSR - Sensoren. Genau Technische Daten einzelner Typen sind auf Anfrage verfügbar

Irrtümer und technische Änderungen vorbehalten.