

Bedienungsanleitung für Kraftsensoren

Impressum

Lieferant, Ort	Transmetra GmbH, CH-8247 Flurlingen
Gültig für...	Kraftsensoren
Copyright-Hinweis	© 2010 Transmetra GmbH.
Nachdruckverbot	Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung.
Änderungshinweis	Technische Änderungen vorbehalten.

Im Text genannte Hinweise

1.6 Warnhinweise; Seite 2



Die Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften müssen beachtet werden. Beim Betrieb müssen Sicherheitsvorkehrungen funktionsfähig sein.

5.1 Allgemeine Anforderungen; Seite 5



Vorsicht: Bei der Montage dürfen keine unzulässig großen Kräfte auf den Sensor wirken. Bei kleinen Nennkräften (< 100 N) Aufnehmer während der Montage elektrisch anschließen und Signal beobachten, das Messsignal darf die Grenzwerte nicht überschreiten.

5.2.4 Fester Einbau; Seite 6



Der Einbau ohne ausgleichende Elemente ist problematisch für die Betriebssicherheit!

7.1 Einschalten; Seite 8



Warmlaufdauer des Sensors beträgt ca. 5 Minuten.

7.3.2 Eigenresonanzen; Seite 9



Ein Betrieb der Einrichtung in der Eigenresonanz kann zu bleibenden Schäden führen.

Zuerst lesen

1.1 Sicherheits- und Warnhinweissymbole



Achtung:

Es besteht Verletzungsgefahr für Menschen.
Eine Beschädigung der Maschine ist möglich.



Hinweis:

Wichtige zu beachtende Punkte.

1.2 Bestimmungsgemäßer Gebrauch

Kraftsensoren sind zum Messen von Kräften in Prüfständen, Einpressvorrichtungen, Prüfvorrichtungen Pressen, Prüfmaschinen vorgesehen. Die Messgröße Kraft ist für Steuerungs- und Regelungsaufgaben geeignet. Es sind unbedingt die gültigen Rechts- und Sicherheitsvorschriften zu beachten. Die Kraftsensoren sind im Sinne des bestimmungsgemäßen Gebrauchs keine Sicherheitsbauteile. Die Sensoren sind sachgemäß zu transportieren und zu lagern. Die Montage, Inbetriebnahme, der Betrieb und die Demontage muss fachgerecht erfolgen.

1.3 Gefahren

Der Kraftsensor entspricht dem Stand der Technik und er ist betriebssicher.

1.3.1 Nichtbeachten der Sicherheitshinweise

Es können bei unsachgemäßem Einsatz Restgefahren entstehen (z.B. durch ungeschultes Personal). Die Bedienungsanleitung muss von jeder Person gelesen und verstanden werden, welche mit Montage, Inbetriebnahme, Wartung, Reparatur, Betrieb und Demontage des Kraftsensors betraut wird.

1.3.2 Restliche Gefahren

Der Anlagenplaner, Ausrüster und Betreiber muss sicherheitstechnische Belange für den Aufnehmer planen, realisieren und verantworten. Restliche Gefahren müssen minimiert werden. Auf die Restgefahren der Kraft-Messtechnik muss hingewiesen werden.

1.4 Umbauten und Veränderungen

Jede Veränderung des Aufnehmers ohne unsere schriftliche Zustimmung schließt eine Haftung unsererseits aus.

1.5 Personal

Die Aufstellung, Montage, Inbetriebnahme, der Betrieb und die Demontage darf nur durch qualifiziertes und geschultes Personal erfolgen. Das Personal muss Kenntnisse über Rechts- und Sicherheitsvorschriften haben und diese auch anwenden können.

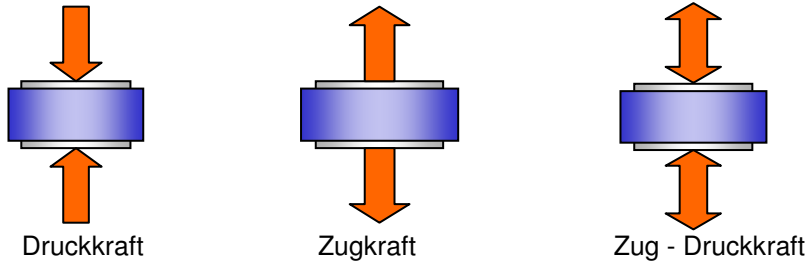
1.6 Warnhinweise



Die Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften müssen beachtet werden.
Beim Betrieb müssen Sicherheitsvorkehrungen funktionsfähig sein.

2 Begriffserklärungen

2.1 Krafrichtung



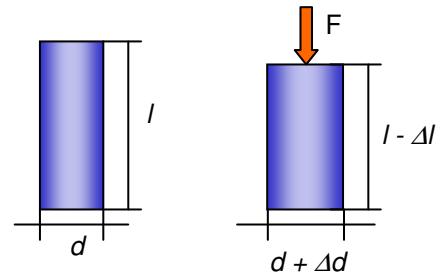
Duckkraftaufnehmer	→	Druckkraft	≅	positivem Ausgangssignal
Zugkraftaufnehmer	→	Zugkraft	≅	positivem Ausgangssignal
Zug - Druckkraftaufnehmer	→	Zugkraft	≅	positivem Ausgangssignal
Druck - Zugkraftaufnehmer	→	Druckkraft	≅	positivem Ausgangssignal

2.2 Federkonstante

Unter der Druckkraft F wird der Messkörper um den Betrag Δl gestaucht. Die Federkonstante berechnet sich nach:

Federkonstante c eines Sensors

$$c = \frac{F}{\Delta l}$$



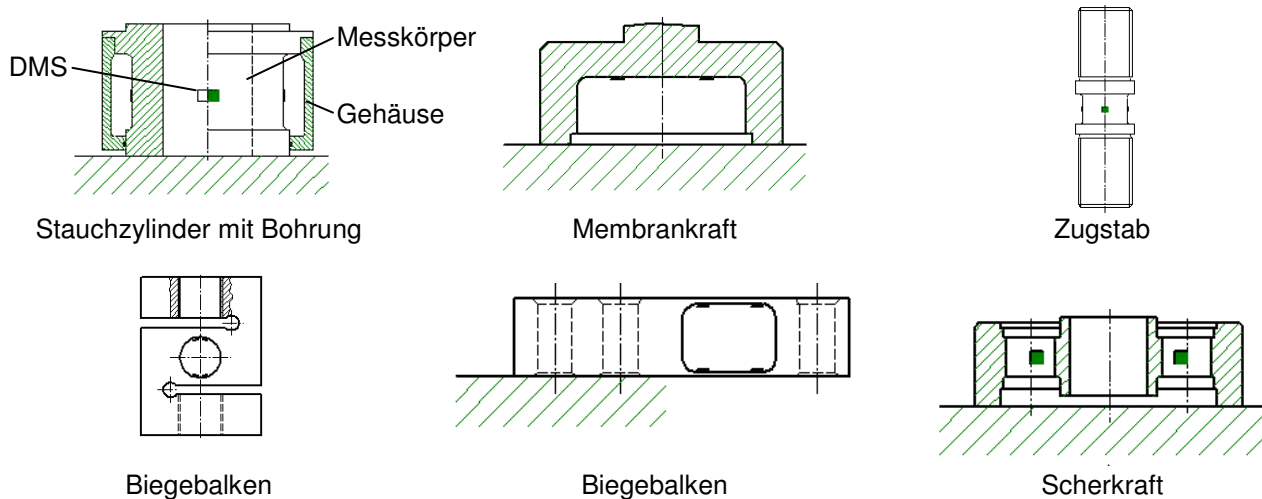
3 Produktbeschreibung

Der Sensor dient zur Messung von statischen und dynamischen Kräften. Die Einbaulage des Kraftsensors ist horizontal oder vertikal.

3.1 Mechanischer Aufbau

Der Kraftsensor besteht aus einem Messkörper und einem Gehäuse. Durch die eingeleitete Kraft entstehen im Messkörper mechanische Spannungen, die mittels Dehnungsmessstreifen (DMS) gemessen werden. Da das erhaltene Messsignal sehr klein ist, werden die DMS zu einer Vollbrücke zusammengeschaltet. Durch die Brückenschaltung erhält man zusätzlich auch eine Temperaturkompensation des Messsignals.

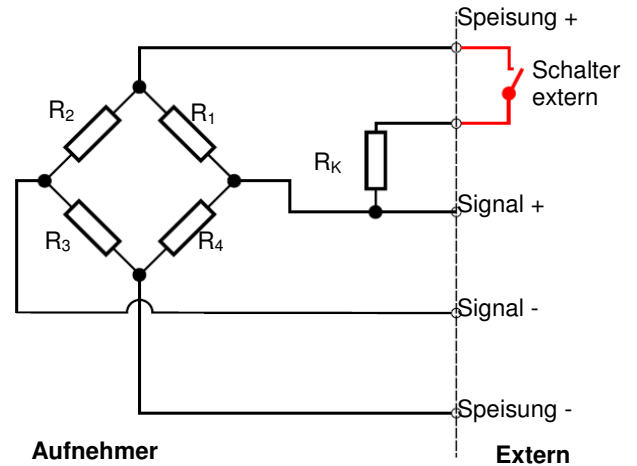
Die Kraftaufnehmer sind in folgende Typen aufgeteilt:



3.2 Elektrischer Aufbau

Die Dehnmessstreifen-Vollbrücke ist direkt auf den Stecker, oder auf das Kabel herausgeführt.

Optional ist eine Kontrolle eingebaut. Hierzu wird die DMS-Vollbrücke über einen externen Schalter so verstimmt, dass am Ausgang ein der positiven Nennkraft entsprechendes Messsignal abgegriffen werden kann.



4 Konstruktion und Planung

Bitte bei Beginn der Konstruktion folgende Punkte abklären:

- Platzbedarf für das Anschlusskabel.
- Aufnehmer muss für die Prüfmittelüberwachung (Kalibrierung) leicht demontierbar sein.
- Gegebenenfalls einen Dummy für die Montage und für Testläufe vorsehen.
- Platzbedarf für eine Überlastsicherung berücksichtigen.
- Anforderungen an die Kraft-Einleitungsflächen berücksichtigen.
- Maximale Last bestimmen (beschleunigte Massen erzeugen ebenfalls Kräfte).
- Dynamische Eigenschaften des Aufbaus.
- Umgebungsbedingungen.
- Temperaturgradienten.
- Auswirkung von Temperaturänderungen auf den Aufbau

Weitere Angaben siehe im Kapitel Montage.

- Elektrische Messgeräte vorsehen (auch für den Test bzw. Fehlersuche)

4.1 Berechnungsbeispiel für eine beschleunigte Masse

Beispiel Masse m fällt mit der Geschwindigkeit v auf eine Platte, dadurch entstehen Kraftspitzen (Beschleunigung, Verzögerung).

Bewegungsenergie der Masse $E_v = \frac{1}{2} m \cdot v^2$

Abbremsenergie $E_B = F \cdot s$
Der Bremsweg s ist abzuschätzen.

Beispiel

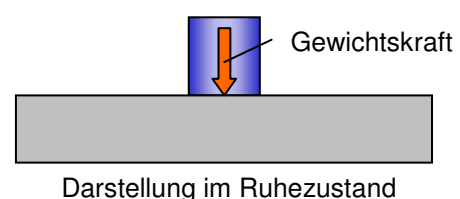
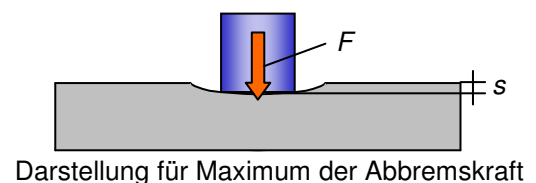
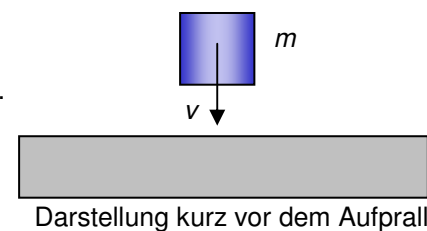
$v = 1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/h}$; $m = 1 \text{ kg} \rightarrow E_v = 0,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$

Abbremsung

$s = 0,1 \text{ mm} \rightarrow E_B = F \cdot s = E_v$

$\rightarrow F = E_v / s = 0,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 / 0,0001 \text{ m} = 5000 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2 = 5000 \text{ N}$

Gewichtskraft = $m \cdot g$ mit g = örtliche Fallbeschleunigung



5 Montage mechanisch

5.1 Allgemeine Anforderungen

Anforderungen an die Auflagefläche und Kräfteinleitungsflächen:
 Flächen auf HRC 50 gehärtet, geschliffen bzw. geläppt, Rauigkeit Rz 4, Ebenheit 0,02 mm.
 Bei möglicher Überlast sollte ein Überlastschutz vorgesehen werden.
 Zur Kalibrierung sollte der Aufnehmer leicht ausgebaut werden können.

Montage:

- Der Unterbau für den Kraftaufnehmer sollte eine möglichst plane Montagefläche (Ebenheit 0,02 mm) aufweisen.
- Der Unterbau muss schmutz-, fett- und staubfrei sein.
- Aufnehmer bei der Montage nicht überlasten. (Auch eine kurzfristige Überlastung kann den Sensor unbrauchbar machen)
- Für die Ausrichtung der mechanischen Einleitungsteile möglichst Dummies verwenden.
- Die Kräfteinleitung ist möglichst punktförmig vorzunehmen.
- Die Lastführung, Kräfteinleitungskomponenten und der Kraftaufnehmer müssen starr, d.h. spielfrei miteinander verbunden sein
- Die eingeleiteten Kräfte sollten immer in der aufnehmerspezifischen Wirklinie auf den Kraftaufnehmer einwirken (siehe Datenblatt). So bilden die aufgebrachte Last und der Kraftaufnehmer eine durchgängige Kraftwirkungslinie.
- Die Belastung des Aufnehmers mit Quer-, Seitenkräften und Drehmoment ist unbedingt zu vermeiden, selbst kleine Querkräfte erzeugen unter Umständen größere Messunsicherheiten. Zusätzlich kann der Federkörper dadurch (in Abhängigkeit vom Messbereich) plastisch verformt werden.
- Bei beweglichen Einbautagen, insbesondere auch bei hängender Montage in Zugrichtung, sind zur Kräfteinleitung die im Datenblatt aufgeführten Gelenkköpfe zu empfehlen.
- Kraftnebenschlüsse (Kabel, Schläuche, Rohre usw.) vermeiden



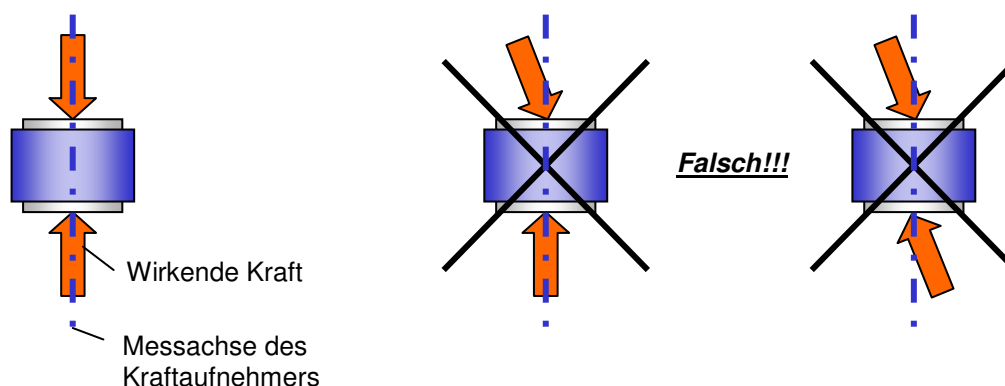
Vorsicht: Bei der Montage dürfen keine unzulässig großen Kräfte auf den Sensor wirken. Bei kleinen Nennkräften (< 100 N) Aufnehmer während der Montage elektrisch anschließen und Signal beobachten, das Messsignal darf die Grenzwerte nicht überschreiten.

Kraftrichtung = Messrichtung des Sensors (geometrische Achse)

Die Aufnehmer immer schonend behandeln.

5.2 Zusätzliche Hinweise

5.2.1 Fläche - Fläche



- ⇒ Flächen immer plan (möglichst geschliffen)
- ⇒ Flächen immer parallel zueinander
- ⇒ Kräfteinleitung immer auf der Messachse

5.2.2 Fläche - ballig

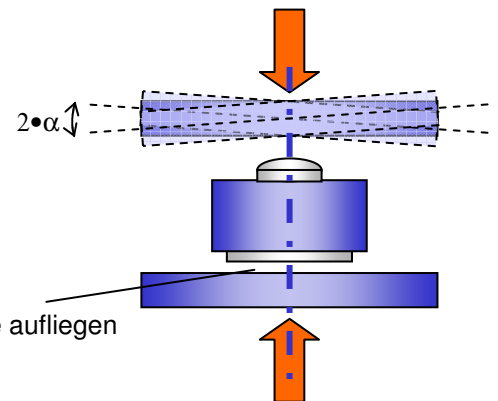
Die ballige Einleitung dient zum Ausgleich von kleinen winkligen Abweichungen der Einleitungsebenen zueinander.

Fehler $\sim (1 - \cos(\alpha))$

z.B. $\alpha = 1,8^\circ \rightarrow$ Fehler auf Endwert bezogen 0,05%

- \Rightarrow Flächen immer Plan (möglichst geschliffen)
- \Rightarrow Winkelfehler minimieren

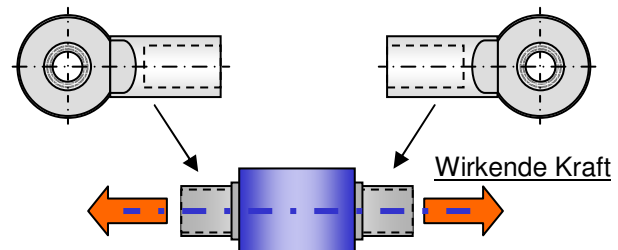
Aufnehmer muss auf der gesamten Fläche aufliegen



5.2.3 Gelenkösen

Dienen zur Vermeidung von Querkräften bei Zugkraftsensoren

- \Rightarrow Ausgleich von Achsversatz
- \Rightarrow Krafteinleitung in Achsrichtung
- \Rightarrow **Nicht für Druckkräfte geeignet!!!**

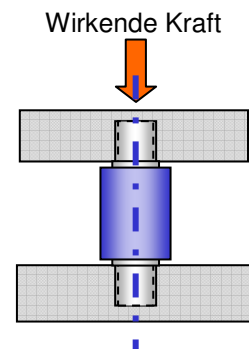


5.2.4 Fester Einbau



Der Einbau ohne ausgleichende Elemente ist für die Betriebssicherheit problematisch!

- \Rightarrow Einleitung muss querkräftfrei erfolgen
- \Rightarrow Es darf kein Drehmoment im Aufnehmer entstehen
- \Rightarrow Die Einleitungsflächen müssen zueinander parallel sein (axiale Krafteinleitung)
- \Rightarrow Die Krafteinleitung muss über die Krafteinleitungspunkte (Gewinde, Klotte, usw.) und nicht über das Sensorgehäuse erfolgen.

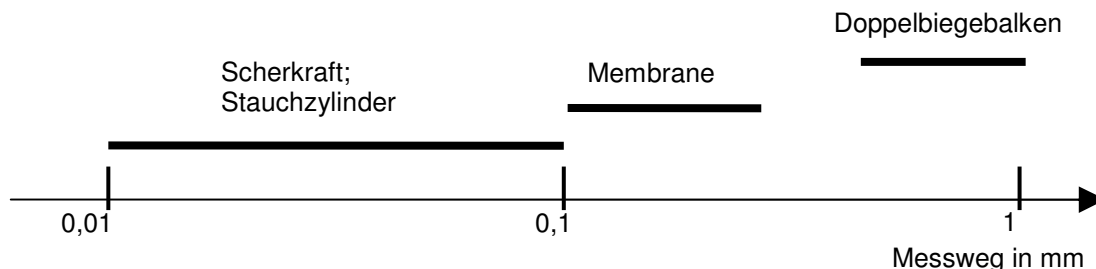


**Zu berücksichtigen ist die Temperaturdehnung der Teile!
Die Wirkung ist in der Regel nicht planbar.**

5.3 Überlastschutz

5.3.1 Messweg

Abschätzung des Messweges des Sensors



Typische Werte für den Messweg bei Kraftsensoren

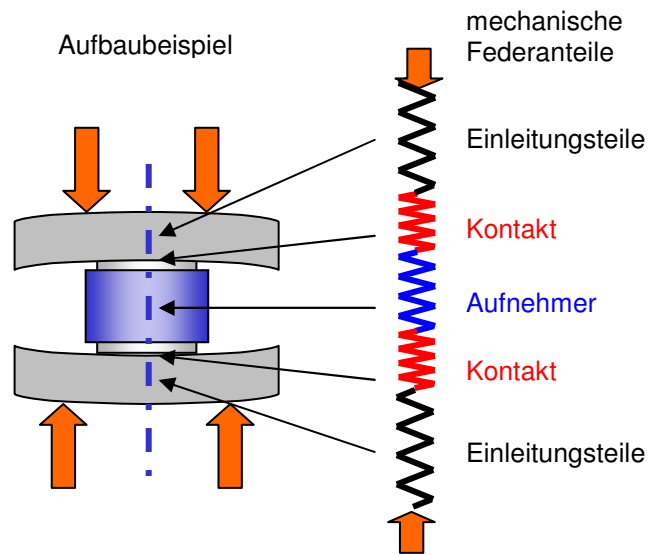
Zusätzlich zu berücksichtigen sind:

Kontaktsteifigkeit (Steifigkeit des Überganges vom Einleitungsteil auf den Sensor), Steifigkeit der Einleitungsteile usw.

Beispiel für die Abschätzung der gesamten Federsteifigkeit einer Kraftmessanordnung

zu berücksichtigen sind mindestens die Federkonstanten:

- ⇒ des Aufnehmers
- ⇒ der Kontaktflächen
- ⇒ der Einleitungsteile



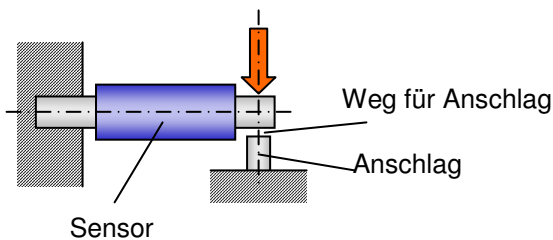
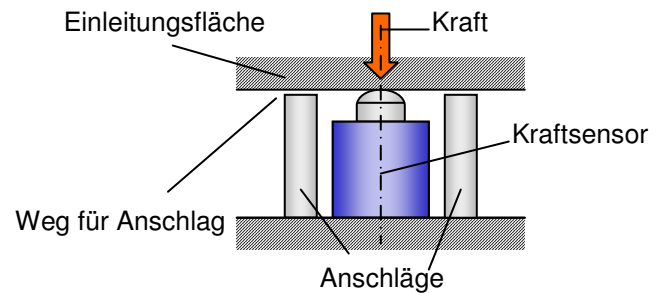
5.3.2 Einfacher Überlastschutz

Vorsicht! Der Messweg ist in der Regel sehr klein.

Für einen einfachen Überlastschutz kann ein auf das entsprechende Maß geschliffener Anschlag hergestellt werden.

Alle Teile sollten geschliffen und gehärtet sein. Es ist eine sehr genaue Ausrichtung der Flächen erforderlich.

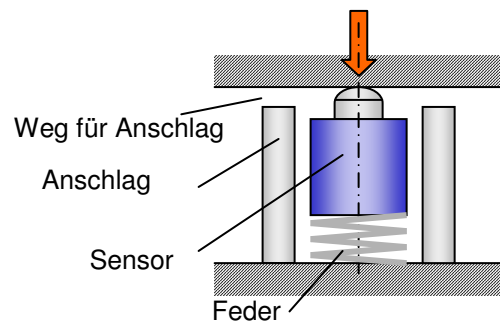
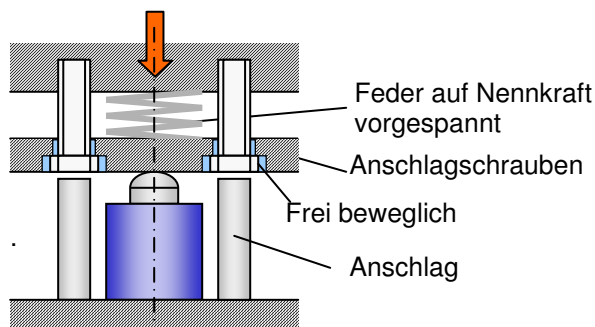
Weg für Anschlag = Messweg bei Nennkraft · 1,1



Überlastschutz für Biegebalken (großer Messweg)

5.3.3 Vergrößerung des Messweges

Mittels Feder wird der Weg für den Anschlag vergrößert



Weg für Anschlag ist durch die Feder bestimmt
Nachteile: Großer Messweg und Sensor muss axial geführt werden.

Durch die auf Nennkraft vorgespannte Feder (Tellerfederpaket) wird im Nennbereich eine höhere Steifigkeit erreicht. Oberhalb der Vorspannkraft wird die Feder weich und man erhält in diesem Bereich einen größeren Messweg.

6 Elektrischer Anschluss

6.1 Kabel

Als Kabel nur abgeschirmtes Kabel mit möglichst geringer Kapazität verwenden. Wir empfehlen Messkabel aus unserem Programm. Sie sind zusammen mit unseren Sensoren getestet und erfüllen die messtechnischen Anforderungen.

6.2 Schirmungsanschluss

Der Schirm bildet zusammen mit Sensor und externer Elektronik einen Faradayschen Käfig. Dadurch haben elektromagnetische Störungen keinen Einfluss auf das Messsignal. Bei Problemen mit Potentialunterschieden empfehlen wir den Aufnehmer zu erden.

6.3 Verlängerungskabel

Vorsicht: Die Messkabellänge geht je nach Brückenwiderstand und Aderquerschnitt in den Kennwert des Sensors ein. Deshalb den Sensor zusammen mit Verlängerungskabel bei Transmetra GmbH bestellen und Kalibrieren lassen.

Abhängigkeit des Kennwertes von der Kabellänge:

Aderquerschnitt	Kabelwiderstand pro m	Abweichung pro m Kabellänge bei Brückenwiderstand 350 Ω	Abweichung pro m Kabellänge bei Brückenwiderstand 700 Ω	Abweichung pro m Kabellänge bei Brückenwiderstand 1000 Ω
0,14 mm ²	0,28 Ω	0,08%	0,04%	0,028%
0,25 mm ²	0,16 Ω	0,046%	0,023%	0,016%
0,34 mm ²	0,12 Ω	0,034%	0,017%	0,012%

Kabelwiderstand = 2 x Widerstand der Kabellänge (beide Speiseleitungen des Sensors)

Bei Transmetra werden die Sensoren mit der bestellten Kabellänge kalibriert. Deshalb braucht in diesem Fall die Kabellänge nicht berücksichtigt werden.

6.4 Verlegung der Messkabel

Messkabel nicht zusammen mit Steuerleitungen oder Starkstromkabeln verlegen. Es ist immer auf möglichst großen Abstand zu Motoren, Trafos und Schützen zu achten, denn deren Streufelder können zu Störungen der Messsignale führen.

Falls Störungen über das Messkabel auftreten empfehlen wir eine Verlegung des Kabels in einem geerdetem Stahlpanzerrohr.

Bei der Konstruktion ist der Platzbedarf für das Anschlusskabel zu berücksichtigen.

Das Anschlusskabel darf nicht starr herausgeführt werden.

7 Messen

7.1 Einschalten

Die Warmlaufdauer des Sensors beträgt ca. 5 Minuten. Danach kann mit Messungen begonnen werden.



Warmlaufdauer des Sensors beträgt ca. 5 Minuten.

7.2 Statische / Quasistatische Kräfte

Unter einer statischen bzw. quasistatischen Kraft versteht man eine sich nur langsam verändernde Kraft.

Die Kalibrierung der Sensoren erfolgt statisch auf einer Kalibriereinrichtung.

Die anliegende Kraft darf bis zur Nennkraft jeden beliebigen Wert annehmen.

7.3 Dynamische Kräfte

7.3.1 Allgemeines

Die statisch durchgeführte Kalibrierung der Kraftsensoren ist auch für den dynamischen Einsatzfall gültig.
Bemerkung: Die Frequenz der Kraft muss kleiner als die Eigenfrequenz des mechanischen Messaufbaus sein.

Die Schwingbreite ist auf 70 % des Nennkraft zu begrenzen.

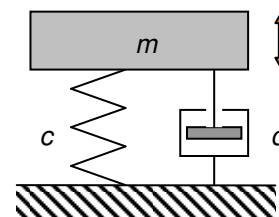
7.3.2 Eigenresonanzen

Der Kraftaufnehmer stellt zusammen mit seinen Einbauteilen einen mechanischen Schwinger dar. Die sich ergebende Eigenresonanz der Anordnung kann nach folgender Formel abgeschätzt werden:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1000 \cdot c}{m}}$$

f = Eigenresonanz
 c = Federkonstante in N/mm
 m = Masse in kg

abgeschätzten Federkonstante c aus Nennkraft / Messweg
(siehe 5.3.1 Messweg)



Die Dämpfung d des Schwingers kann für einfache Abschätzungen vernachlässigt werden.



Ein Betrieb der Einrichtung in der Eigenresonanz kann zu bleibenden Schäden führen.

7.4 Störgrößen

7.4.1 Temperatur

Strahlungswärme → Höhere Temperaturen als erwartet (Abschirmung)
 Temperaturgradient → Fehler in der Temperaturkompensation
 Schnelle Temperaturänderungen führen häufig zu Temperaturgradienten.

7.4.2 Feuchtigkeit

- Normale Luftfeuchtigkeit bis 90% rel. Luftfeuchte hat keinen Einfluss auf den Werkstoff
- Die Aufnehmer sind nicht Seewasserfest

7.4.3 Gase

Aggressive Gase können Kabel, Werkstoff und DMS-Brücke schädigen.

7.4.4 Radioaktivität

Einfluss auf Werkstoff und DMS ist von uns nicht getestet und kann deshalb nicht empfohlen werden.

7.4.5 Vakuum

Für Kraftsensoren sind in der Regel keine Probleme zu erwarten bei
Großvakuum von 10^3 mbar bis 1 mbar, z. B. für die Vakuumverpackung
Feinvakuum von 1 mbar bis 10^{-3} mbar, z. B. zur Beschichtung

Probleme durch Ausgasen der Werkstoffe des Kraftsensors ist im Einzelfall abzuklären bei
Hochvakuum von 10^{-3} mbar bis 10^{-7} mbar, z. B. für die wissenschaftliche Forschung
Ultrahochvakuum von 10^{-7} mbar bis 10^{-12} mbar, z. B. für die wissenschaftliche Forschung

7.4.6 Mechanische Störungen

Es können Messwertverfälschungen durch folgende Störgrößen auftreten

- Torsion
 - Biegung
 - Querlasten
 - Vibrationen → minimieren durch Schwingungsentkopplung
- Störgrößen vermeiden bzw. minimieren

7.4.7 EMV

- Elektrische Störungen,
- Magnetische Störungen,
- EMV (elektromagnetische Störungen, Schweißgeräte usw.)

Mit Abdeckungen, Schirmungen usw. diese Störgrößen vermeiden.

7.5 Kontrolle (Option)

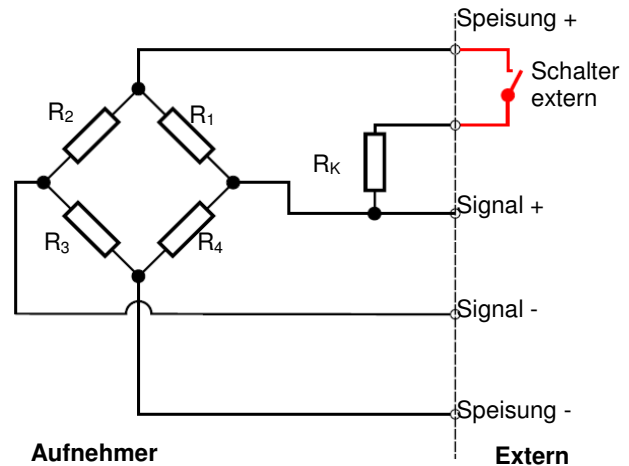
Über einen Kontrollwiderstand wird im Sensor ein Signal erzeugt, das dem Nennwert des Sensors entspricht.

Vorteile:

Nachkalibrierungen werden reduziert. Vor jeder Messung kann der Nullpunkt und der Nennwert überprüft werden.

Funktion:

Durch Anlegen der positiven DMS-Versorgungsspannung wird die Messbrücke elektrisch verstimmt, so dass am Ausgang ein Messsignal von 100% des Nennwertes zur Verfügung steht. Optional sind 50%, 80% möglich.



⇒ Kalibrierkontrolle nur bei unbelastetem Kraftaufnehmer verwenden.

8 Wartung

8.1 Wartungsplan

Tätigkeit	Häufigkeit	Datum	Datum	Datum
Kontrolle von Kabel und Stecker	1x jährlich			
Kalibrierung	< 26 Monate			
Kontrolle der Befestigung	1x jährlich			

8.2 Fehlersuchtablelle

Diese Tabelle dient zur Suche der häufigsten Fehler und deren Maßnahmen zu Behebung.

Störung	Mögliche Ursache	Beseitigung
Kein Signal	Spannungsversorgung fehlt oder falsch	<ul style="list-style-type: none"> •Außerhalb zul. Bereich •Versorgung anschließen •Kabel defekt •Netzversorgung fehlt
	Signalausgang falsch angeschlossen	<ul style="list-style-type: none"> •Ausgang richtig anschließen •Auswerteelektronik defekt
Aufnehmer reagiert nicht auf Kraft	Sensor nicht richtig montiert	•richtig montieren
	Spannungsversorgung fehlt	<ul style="list-style-type: none"> •Außerhalb zul. Bereich •Versorgung anschließen •Kabel defekt •Netzversorgung fehlt
	Kabel defekt	•Kabel reparieren
	Stecker falsch angeschlossen	•richtig anschließen
	Kraftnebenschluss	•Nebenschluss beseitigen
Signal hat Aussetzer	Kabel defekt	•Kabel reparieren
Nullpunkt außerhalb Toleranz	Kabel defekt	•Kabel reparieren
	Sensor verspannt eingebaut	•richtig einbauen
	starke Querkräfte	•Querkräfte verringern
	Sensor überlastet	•einsenden an Hersteller
Anzeige falsch	Kalibrierung stimmt nicht	•neu kalibrieren
	Aufnehmer defekt	•Reparatur bei Hersteller
	Kraftnebenschluss	•Nebenschluss beseitigen

9 Außer Betrieb setzen

Alle Sensoren müssen fachgerecht ausgebaut werden.

Auf das Gehäuse des Sensors keine Schläge mit Werkzeug ausüben.

Keine Biegemomente, Querkräfte, Drehmoment z.B. durch Hebel auf den Sensor ausüben.

10 Transport und Lagerung

Der Transport der Sensoren muss in geeigneten Verpackungen erfolgen.

Bei kleineren Sensoren genügen stabile Kartons, die gut ausgepolstert sind (z.B. Luftpolsterfolie, Kunststoffchips, Papierschnipsel). Der Sensor sollte sauber in Folie eingepackt werden. Größere Sensoren sollten in Kisten verpackt werden.

10.1 Transport

Nur gut verpackte Sensoren zum Transport freigeben. Der Sensor darf sich in der Verpackung nicht hin und her bewegen. Die Sensoren müssen vor Feuchtigkeit geschützt werden.

⇒ Nur geeignete Transportmittel verwenden.

10.2 Lagerung

Die Lagerung der Aufnehmer darf nur in trockenen, staubfreien Räumen erfolgen.
Rostempfindliche Teile leicht einölen.

11 Entsorgung

Die Kraftsensoren sind entsprechend den gültigen Rechtsvorschriften zu entsorgen.
Siehe auch unsere „Allgemeine Liefer- und Verkaufsbedingungen“ www.transmetra.ch

12 Kalibrierung

Kraftsensoren sind bei Lieferung werksseitig mit rückführbar kalibrierten Messmitteln justiert und geprüft.
Optional kann eine Kalibrierung der Sensoren erfolgen.

12.1 Werkskalibrierung

Aufnahme von Messpunkten und Ausstellung eines Kalibrierprotokolls. Zur Kalibrierung werden rückführbar kalibrierte Messmittel eingesetzt. Bei dieser Kalibrierung werden die Sensordaten überprüft.

12.2 DKD-Kalibrierung

Kalibrierung des Sensors nach den Richtlinien des DKD. Bei dieser Kalibrierung wird die Messunsicherheit des Kraftmessgerätes bestimmt. Weitere Informationen erhalten Sie beim Deutschen Kalibrierdienst unter <http://www.dkd.eu/>.

12.3 Rekalibrierung

Die Rekalibrierung des Kraftsensors sollte spätestens nach 26 Monaten durchgeführt werden.
Kürzere Intervalle sind sinnvoll bei:

- Überlastung des Sensors,
- nach Instandsetzung,
- nach unsachgemäßer Handhabung,
- Forderung von Qualitätsstandards,
- Besondere Anforderung an die Rückführbarkeit.

13 Datenblatt

Siehe www.transmetra.ch .

14 Literatur

Dubbel, Taschenbuch für den Maschinenbau, Springer Verlag.