

Skalierung des Ausgangssignals

Definition der Messkette

Zur Bestimmung einer unbekanntes *Messgröße*, wie z.B. Kraft, Drehmoment oder Beschleunigung, werden *Sensoren* eingesetzt.

Sensoren stehen am Anfang einer *Messkette* und formen die unbekanntes Messgröße um in ein Messsignal, das sich elektrisch weiterverarbeiten lässt (Abbildung 1).

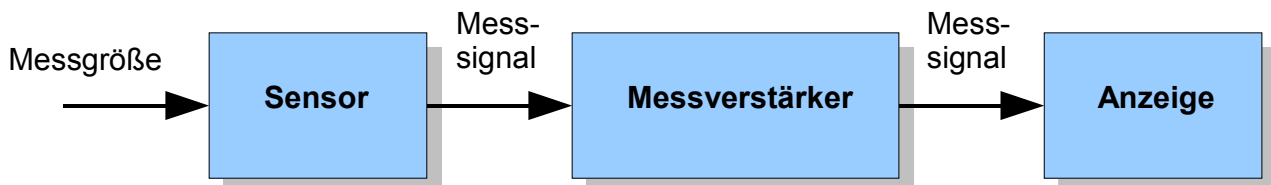


Abbildung 1: Messkette, bestehend aus Sensor, Messverstärker und Anzeige

Sensoren werden auch als „Messumformer“ bezeichnet, da sie eine physikalische Größe, z.B. Kraft, in eine elektrische Größe, z.B. elektrische Spannung umformen. Sie sind also die „Sinnesorgane“ der Messkette.

Da das Messsignal des Sensors in der Regel sehr klein und schwierig weiter zu verarbeiten ist, wird ein Messverstärker benötigt.

Messverstärker haben die Aufgabe, ein schwaches elektrisches Signal in ein Messsignal mit größerer Amplitude zu wandeln. Sofern der Sensor eine Hilfsenergie benötigt (z.B. eine Brückenspeisespannung beim Kraftsensor), stellt er diese zur Verfügung. Teilweise ist zusätzlich eine Anzeige im Messverstärker integriert.

Im Messverstärker kann auch ohne Anzeige eine Umformung oder Umsetzung eines analogen Messsignals in ein digitales Messsignal erfolgen. Das Messsignal wird dann über eine Schnittstelle weiterverarbeitet.

Aufbau des Sensors

Der Sensor selbst besteht in der Regel aus mehreren Komponenten. Bei der Umformung der Messgröße nutzt man meist einen physikalischen Effekt.

Die Kraft wird z.B. durch eine mechanische Feder umgeformt in eine geometrische Dehnung. Die geometrische Dehnung wird dann über den „Thomson-Effekt“ umgeformt in eine Änderung des elektrischen Widerstands. Zur elektrischen Messung eines Widerstands benötigt man wiederum eine Hilfsenergie und eine elektrische Schaltung. Diese einzelnen Funktionen sind in einem Kraftsensor vorhanden.

Letztlich gibt es eine Vielzahl von unterschiedlichen konstruktiven Maßnahmen, physikalischen Effekten und elektrischen Schaltungen, um einen Sensor zu realisieren. Die unterschiedlichen Arten von Sensoren haben die Aufgabe, die Messgröße mit einem eindeutigen und mathematisch beschreibbaren Zusammenhang in ein weiterverarbeitbares Messsignal umzuformen.¹

¹ Beispiele für einen nicht eindeutigen Zusammenhang sind z.B. „Kriechen“ und Hysterese eines Sensors: bei einem Kraftwert können unterschiedliche Messsignale auftreten, je nach Vorbelastung des Sensors.

Der einfachste mathematische Zusammenhang zwischen Messgröße und Messsignal wäre ein linearer Zusammenhang. In diesem Fall muss man die Messgröße nur mit einem Faktor multiplizieren, um das Messsignal zu erhalten.

Achtung: Dieser Faktor ist beim Sensor auf jeden Fall mit zwei physikalischen Einheiten behaftet, da er eine Umformung zwischen zwei physikalischen Größen beschreibt!

Kennlinie des Sensors

Bei einem linearen Zusammenhang zwischen Messgröße „F“ und dem Messsignal „s“ genügt ein Faktor zur Beschreibung der Kennlinie. Dieser Faktor ist beim Sensor die Steigung der Geraden Nennkennwert S_N / Nennkraft F_N (Abbildung 2).

$$s = \frac{S_N}{F_N} \cdot F \quad (1)$$

Das Ausgangssignal des Sensors ist die Differenzspannung U_D der Wheatstone'schen Brückenschaltung (Abbildung 3). Da diese Spannung zur Brückenspeisung U_S proportional ist, gibt man das Ausgangssignal des Sensors an „pro Volt Brückenspeisung“. Bei Sensoren mit Brückenschaltungen bezieht man also die Differenzspannung U_D auf die Brückenspeisung: $s = U_D / U_S$.

U_D liegt in der Größenordnung weniger Millivolt, daher wird die Steigung in Millivolt pro Volt angegeben.

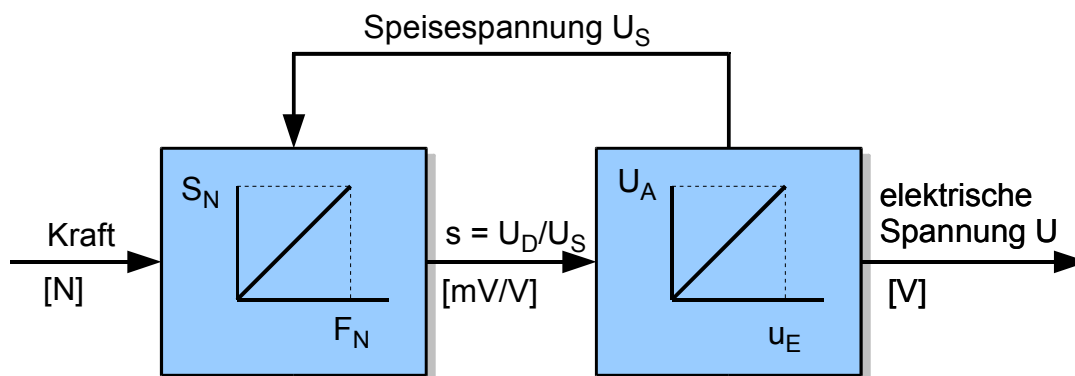


Abbildung 2: Kennlinien der Messkette

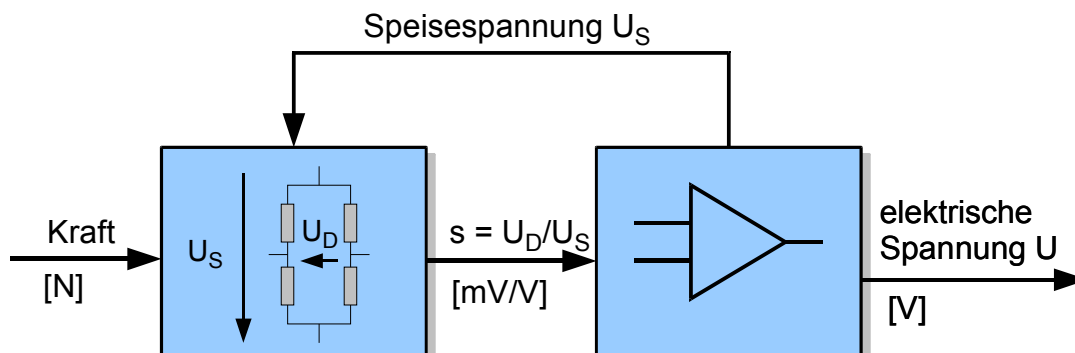


Abbildung 3: elektrische Funktionsblöcke der Messkette

Kennlinie des Messverstärkers

Das Ausgangssignal s des Sensors ist das Eingangssignal für den Messverstärker. Der Faktor zur Beschreibung der Kennlinie des Messverstärkers ist die Gerade mit der Steigung Messbereichsendwert U_A / Eingangsempfindlichkeit u_E (Abbildung 2). Da der Messverstärker selbst die Speisespannung für die Wheatstone'sche Brücke zur Verfügung stellt, gibt man hier keinen „Verstärkungsfaktor“ an zwischen Messbereichsendwert U_A und Eingangsspannung U_D , sondern die Steigung U_A / u_E . Wenn der Messverstärker am Eingang mit der Eingangsempfindlichkeit u_E (z.B. +2 mV/V) beaufschlagt wird, erhält man am Ausgang den Messbereichsendwert U_A , (z.B. +10 V).

$$U = \frac{U_A}{u_E} \cdot s \quad (2)$$

Kennlinie der Messkette

Die Kennlinie der Messkette ergibt sich aus der Multiplikation der einzelnen Kennlinien: Der Zusammenhang zwischen dem Ausgangssignal U und der Kraft F ist:

$$U = \frac{S_N}{F_N} \cdot \frac{U_A}{u_E} \cdot F \quad (3)$$

Beispiel zur Berechnung des Skalierungsfaktors

Technische Daten des Kraftsensors		Technische Daten des Messverstärkers	
mechanischer Messbereich des Kraftsensors (Nennkraft F_N)	elektrisches Ausgangssignal des DMS bei Nennkraft F_N (Nennkennwert S_N)	elektrischer Messbereich des Messverstärkers (Eingangsempfindlichkeit u_E)	elektrisches Ausgangssignal des Messverstärkers bei u_E (Messbereichsendwert U_A)
500,00 N	1,005 mV/V	2,000 mV/V	5,000 V

Im angegebenen Beispiel wird ein Sensor mit Nennkraft 500 N verwendet, der ein Ausgangssignal von 1,005 mV/V liefert.

Die Eingangsempfindlichkeit des verwendeten Messverstärkers ist 2 mV/V. Das Ausgangssignal des verwendeten Messverstärkers bei 100% Aussteuerung ist 5,000 Volt.

$$U = \frac{1,005 \text{ mV/V}}{500,00 \text{ N}} \cdot \frac{5,000 \text{ V}}{2,000 \text{ mV/V}} = 0,005 \frac{\text{V}}{\text{N}} \cdot F \quad (4)$$

Der Skalierungsfaktor für die gesamte Messkette ist dann 0,005 V/N. Bei 500 N erhält man 2,500 Volt Ausgangssignal.

Bei der Nennkraft 500,00 N wird der Messverstärker zu 50% angesteuert, weil der Sensor ein Ausgangssignal von 1,005 mV/V abgibt, während der Messverstärker eine Eingangsempfindlichkeit von 2 mV/V hat.

In Worten: Der Skalierungsfaktor ist Nennkennwert/Nennkraft x Messbereichsendwert / Eingangsempfindlichkeit

Einstellung der Messverstärker GSV-1 und GSV-11

Die Messverstärker mit Analogausgang GSV-1 und GSV-11 haben die Möglichkeit, die Eingangsempfindlichkeit anzupassen. Durch eine Steckbrücke kann die Eingangsempfindlichkeit in 4 Stufen verändert werden.

Bei einem Messverstärker mit 2 mV/V kann man die Eingangsempfindlichkeit anpassen zwischen 2 mV/V, 1 mV/V, 0,5 mV/V und 0,2 mV/V.

Dies entspricht einer zusätzlichen Verstärkung des Ausgangssignals um die Faktoren 1, 2, 4 bzw. 10.

Einstellung der Messverstärker GSV-2 und GSV-3

Die Messverstärker GSV-2 und GSV-3 formen die analoge Messgröße in ein digitales Messsignal.

Der digitale Messbereichsendwert U_A ist bei diesen Messverstärkern frei einstellbar.

Die Fragestellung lautet hier: Wie muss der Messbereichsendwert eingestellt werden, damit die Anzeige genau der physikalischen Messgröße entspricht. Das Verhältnis von Anzeigewert „U“ zur Messgröße „F“ soll 1:1 betragen. Durch Umstellen von Gleichung (3) erhält man unter der Voraussetzung $U/F = 1:1$

$$U_A = \frac{F_N}{S_N} \cdot u_E \quad (5)$$

In Worten: Der Messbereichsendwert U_A ist
Nennkraft / Nennkennwert * Eingangsempfindlichkeit

Hinweis:

Bei den Produkten GSV-2 und GSV-3 wird der Messbereichsendwert U_A als „Normierungsfaktor“ bezeichnet.

Literatur

VDI/VDE-Richtlinien 2637 / 2638.	Definitionen der technischen Merkmale von Sensoren
VDI/VDE-Richtlinien 2600	Struktur einer Messkette
DIN 1319-1, DIN 1319-2	Grundbegriffe der Messtechnik
DIN 1319-3, DIN 1319-4	Auswertung von Messungen einer einzelnen Meßgröße, Messunsicherheit
DIN V ENV 13005:1999-06,	Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen. 1999, Beuth Verlag GmbH, Berlin
DIN EN ISO 7500-1:2004-11	Prüfung und Kalibrierung der Kraftmesseinrichtung (ISO 7500-1:2004)