

## 1.1.5 Messfehler und Messunsicherheit: Durchflussmessung

Sachworte: Messfehler (bekannte, systematische Einflüsse), Messabweichung (synonym zu „Messfehler“), Empfindlichkeit, Durchflussmessung

Ein Sensor zur Messung des Volumendurchflusses  $Q$  liefert einen Ausgangsstrom  $I$ :

$$I = a \sqrt{b Q} .$$

$a$  und  $b$  sind Geräteparameter, die vom Hersteller mit systematischen Messabweichungen (Toleranzen)  $\varepsilon_a = \pm 1 \%$  und  $\varepsilon_b = \pm 3 \%$  spezifiziert sind.

### a) Welche Empfindlichkeit $E$ besitzt der Sensor?

Die Empfindlichkeit  $E$  eines Messgliedes ist allgemein definiert als

$$E = \frac{\text{Änderung der Ausgangsgröße } x_a}{\text{Änderung der Eingangsgröße } x_e} = \frac{dx_a}{dx_e} \quad (1)$$

Mit  $I$  als Ausgangsgröße und  $Q$  als Eingangsgröße lässt sich Gl. (1) für kleine Änderungen  $dI$  bzw.  $dQ$  schreiben als

$$E = \frac{dI}{dQ} = \frac{1}{2} a \sqrt{\frac{b}{Q}} \quad (2)$$

### Hat der Sensor eine lineare Kennlinie?

Die Empfindlichkeit  $E$  ist nach Gl. (2) vom Durchfluss  $Q$  abhängig und damit nicht konstant. Deshalb ist die Sensorkennlinie  $I = E Q$  nicht linear. Bei einer linearen Kennlinie wäre das Ausgangssignal  $I$  proportional zum Eingangssignal  $Q$ , d.h.  $I \sim Q$ .

### b) Welcher relative Messfehler $F_{rel}$ kann im ungünstigsten Fall entstehen?

Der Strom  $I$  wird als multiplikative Verknüpfung der Größen  $a$  und  $b$  ermittelt. Somit erfolgt der Lösungsweg analog zur vorhergehenden Aufgabe 1.1.4.

$$F_{rel} = \sum a_i \varepsilon_i = \varepsilon_a + \frac{1}{2} \varepsilon_b \quad (3)$$

Im ungünstigsten Fall (worst case) addieren sich die Beträge der einzelnen Messabweichungen.

$$F_{rel} = \pm \left( |\varepsilon_a| + \frac{1}{2} |\varepsilon_b| \right) = \pm \left( 1\% + \frac{1}{2} 3\% \right) = \pm 2,5\% \quad (4)$$

Hinweis: In der Übung wurde in Übereinstimmung mit dem Buch für bekannte, systematische Einflüsse der Begriff „Fehler“ verwendet, der mit gleicher Bedeutung in der Literatur häufig als „Messabweichung“ bezeichnet wird.

