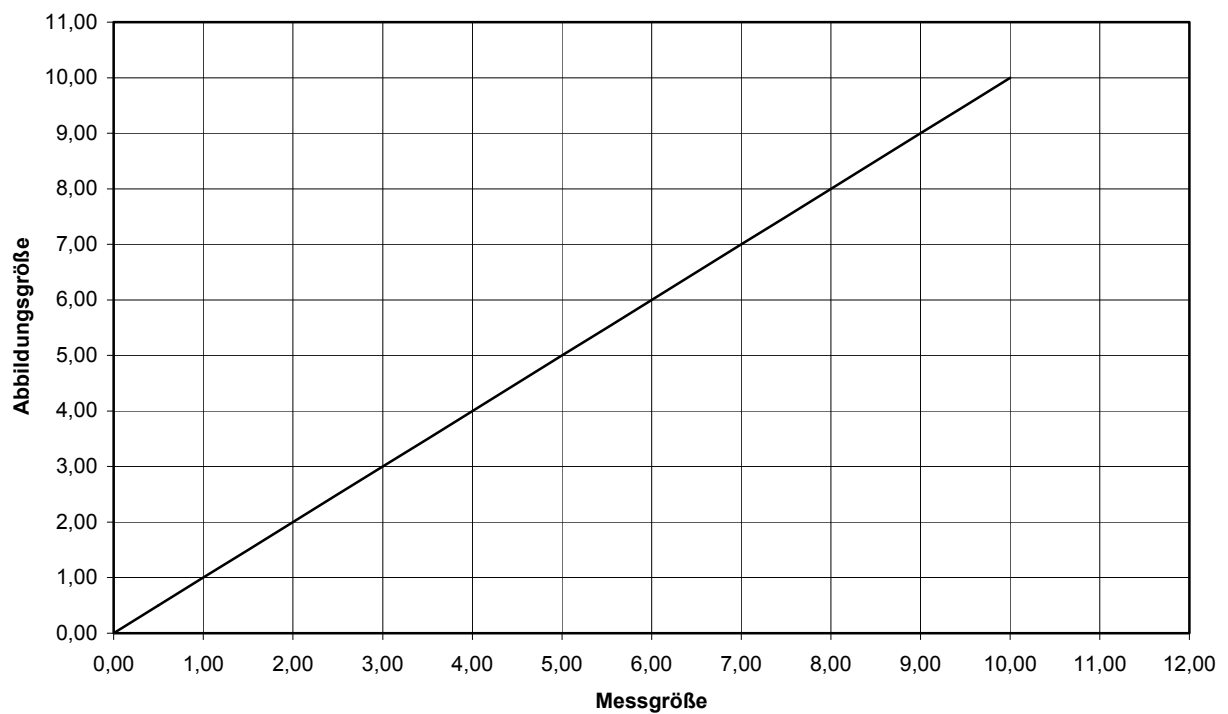


Inhaltsverzeichnis:

Thema	Bereiche	Seite
Ideale Messung	Kennlinie und Erklärung	3-2
Offsetfehler	Kennlinie und Erklärung	3-3
	Absoluter Offsetfehler	3-3
	Relativer Offsetfehler	3-3
Empfindlichkeitsfehler	Kennlinie und Erklärung	3-4
	Absoluter Empfindlichkeitsfehler	3-4
	Relativer Empfindlichkeitsfehler	3-4
Linearitätsfehler	Kennlinie und Erklärung	3-5
	Absoluter Linearitätsfehler (lineare Methode)	3-5
	Relativer Linearitätsfehler (lineare Methode)	3-5
	Absoluter Linearitätsfehler (Best-fitting Methode)	3-6
	Relativer Linearitätsfehler (Best-fitting Methode)	3-6
Temperaturfehler	Kennlinie und Erklärung	3-7
	Relativer Temperaturfehler des Offset	3-7
	Relativer Temperaturfehler der Empfindlichkeit	3-7
Hysteresefehler	Kennlinie und Erklärung	3-8

Ideale Messung:

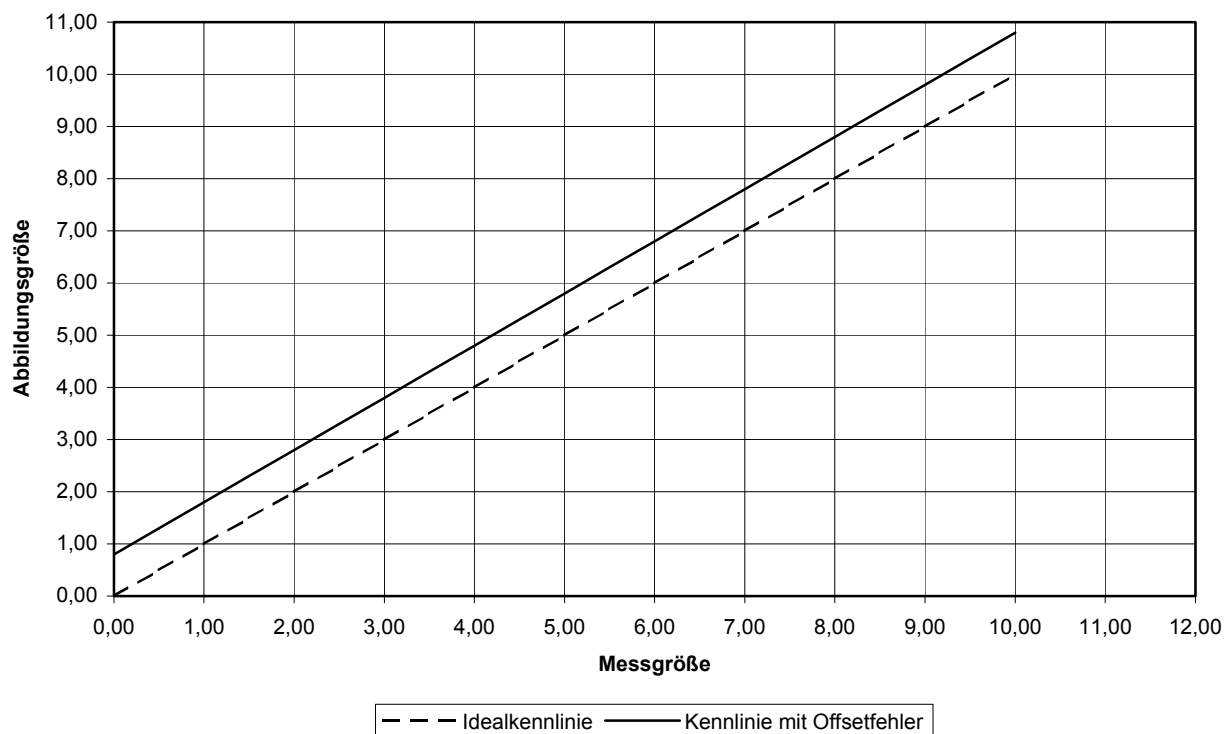
Eine ideale Messung bildet die Messgröße x linear auf die Abbildungsgröße y ab.

$$y = E \cdot x$$

y = Abbildungsgröße (Spannung)

E = Empfindlichkeit (= Steigung der Gerade)

x = Messgröße (Druck)

Messung mit Offsetfehler:

Bei einer Messung mit Offsetfehler sind die Abbildungswerte um einen konstanten Faktor aus dem Nullpunkt verschoben. (= Nullpunktverschiebung)
Man nennt diesen Fehler auch additiven Fehler.

$$y = (E \cdot x) + t$$

y = Abbildungsgröße

E = Empfindlichkeit (= Steigung der Gerade)

x = Messgröße

t = Offsetfehler

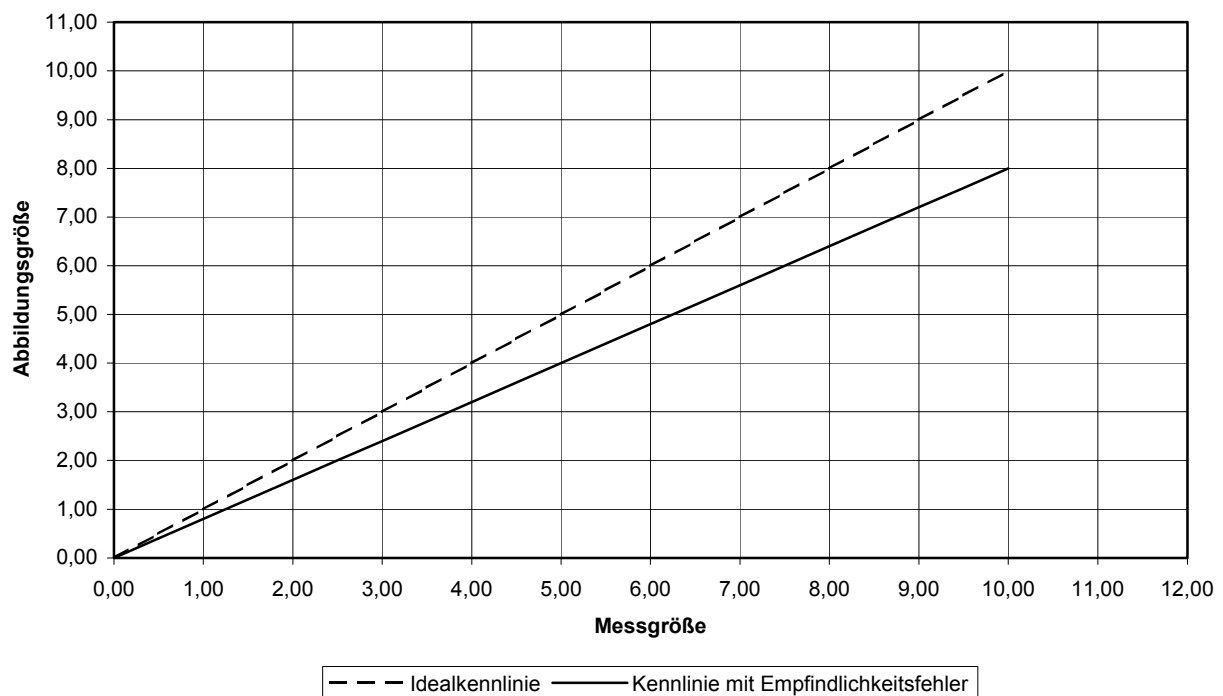
Bestimmung des absoluten Offsetfehlers:

Der absolute Offsetfehler F_{Offset} wird bestimmt, indem man die Abweichung im Nullpunkt ermittelt. Beim Diagramm oben wäre der Offsetfehler z.B. +0,8

Bestimmung des relativen Offsetfehlers:

$$f_{r \text{ Offset}} = \frac{F_{\text{Offset}}}{\text{Endwert}} \cdot 100\% \quad (\text{full Scale})$$

Der relative Offsetfehler $f_{r \text{ Offset}}$ bezieht sich auf full Scale (=Endwert, maximales Soll)

Messung mit Empfindlichkeitsfehler:

Bei Messungen mit Empfindlichkeitsfehler weicht die Empfindlichkeit (= Steigung der Geraden) ab. Man nennt diesen Fehler auch multiplikativer Fehler.

$$E = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

E = Empfindlichkeit (= Steigung der Gerade)

Δy = Änderung der Abbildungsgröße y

Δx = Änderung der Messgröße x

Bestimmung des absoluten Empfindlichkeitsfehlers:

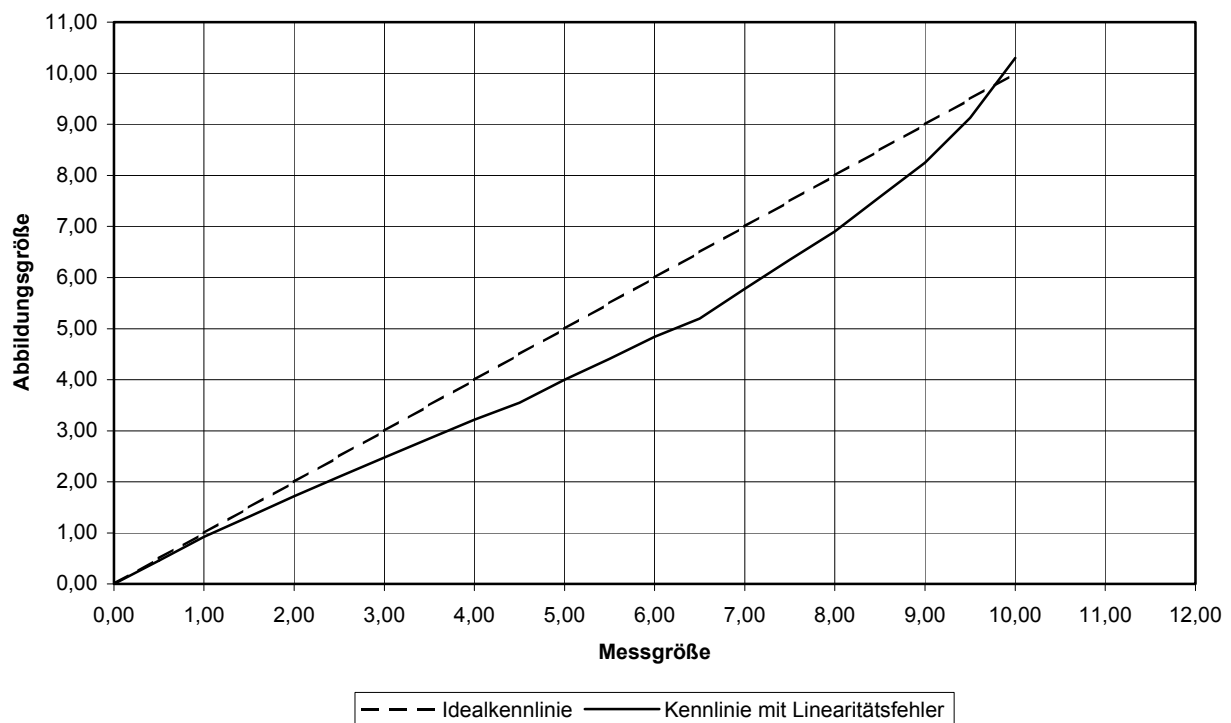
Falls die Messkurve **linear verläuft**, wird der absolute Empfindlichkeitsfehler $F_{\text{Empfindlichkeit}}$ in einem beliebigen Messpunkt direkt abgelesen. Man bildet das Verhältnis der Abbildungsgrößenänderung zur Messgrößenänderung (siehe Formel oben).

Falls die Messkurve **nicht linear verläuft, wird durch den Anfangs- und Endpunkt eine Gerade gezogen** und an dieser der absolute Empfindlichkeitsfehler $F_{\text{Empfindlichkeit}}$ abgelesen.

Bestimmung des relativen Empfindlichkeitsfehlers:

$$f_{r \text{ Empfindlichkeit}} = \frac{E_{\text{ist}} - E_{\text{soll}}}{E_{\text{soll}}} \cdot 100\% \quad \text{bezogen auf den Sollwert}$$

$$f_{r \text{ Empfindlichkeit}} = \frac{E_{\text{ist}} - E_{\text{soll}}}{E_{\text{ist}}} \cdot 100\% \quad \text{bezogen auf den Istwert}$$

Messung mit Linearitätsfehler:

Bei Messungen mit Linearitätsfehler wird die Messgröße x nicht linear auf die Abbildungsgröße y abgebildet.

Bestimmung des absoluten Linearitätsfehler nach der linearen Methode:

Durch den Anfangs- und Endpunkt der Messkurve wird eine Gerade gelegt. **Die maximale Abweichung der Messkurve von der Gerade ist der absolute Linearitätsfehler.**

Bestimmung des relativen Linearitätsfehlers nach der linearen Methode:

- Die tatsächliche Messkurve wird durch eine Gerade angenähert, die durch den Anfangs- und Endpunkt der Messkurve geht.
- Von dieser Gerade wird die Empfindlichkeit E_{ist} ermittelt. (vgl. Empfindlichkeit)
- Mit der allgemeinen Grundgleichung $y = (E \cdot x) + t$ wird nun durch einsetzen der Ist-Wert von Empfindlichkeit E_{ist} und Offset t (aus Messkurve) und dem Messwert x mit der maximalsten Abweichung zwischen Messkurve und Näherungsgerade der neue Sollwert der Abbildungsgröße $y_{\text{soll neu}}$ berechnet.
- Nun wird der relative Fehler wie folgt berechnet:

$$f_{r \text{ Linearität}} = \frac{y_{\text{ist}} - y_{\text{soll neu}}}{\text{Endwert}} \cdot 100\% \quad (\text{full Scale})$$

Er bezieht sich auf das maximale Soll des Abbildungswertes und auf die Messgröße mit der maximalsten Abweichung.

Bestimmung des absoluten Linearitätsfehlers nach der Best-fitting Methode:

Die Best-fitting Methode stellt ein verbessertes Verfahren zur Linearitätsfehlerbestimmung dar, in dem eine angepasste Empfindlichkeit $E_{\text{ist neu}}$ und ein angepasster Offset $t_{\text{ist neu}}$ ermittelt werden.

Das Gleichungssystem lautet:

$$\begin{aligned} n \cdot a_0 + \sum_{i=1}^n x_n \cdot a_1 &= \sum_{i=1}^n y_n \\ \sum_{i=1}^n x_n \cdot a_0 + \sum_{i=1}^n x_n^2 \cdot a_1 &= \sum_{i=1}^n x_n \cdot y_n \end{aligned}$$

n = Anzahl der Messwerte

a_0 = angepasster Offset $t_{\text{ist neu}}$

a_1 = angepasste Empfindlichkeit $E_{\text{ist neu}}$

$\sum_{i=1}^n x_n$ = Summe aller Messwerte x

$\sum_{i=1}^n y_n$ = Summe aller Abbildungswerte y

$\sum_{i=1}^n x_n^2$ = Summe der Quadrate der einzelnen Messwerte x

$\sum_{i=1}^n x_n \cdot y_n$ = Summe der Produkte der einzelnen Wertepaare x, y

Nun entsteht eine neue Geradengleichung $y = (E_{\text{ist neu}} \cdot x) + t_{\text{ist neu}}$ mit der die korrigierte Näherungsgerade beschrieben wird und ein neuer Sollwert der Abbildungsgröße $y_{\text{soll neu}}$ berechnet werden kann.

Die maximale Abweichung der Messkurve von dieser Gerade ist der absoluter Linearitätsfehler.

Bestimmung des relativen Linearitätsfehler nach der Best-fitting Methode:

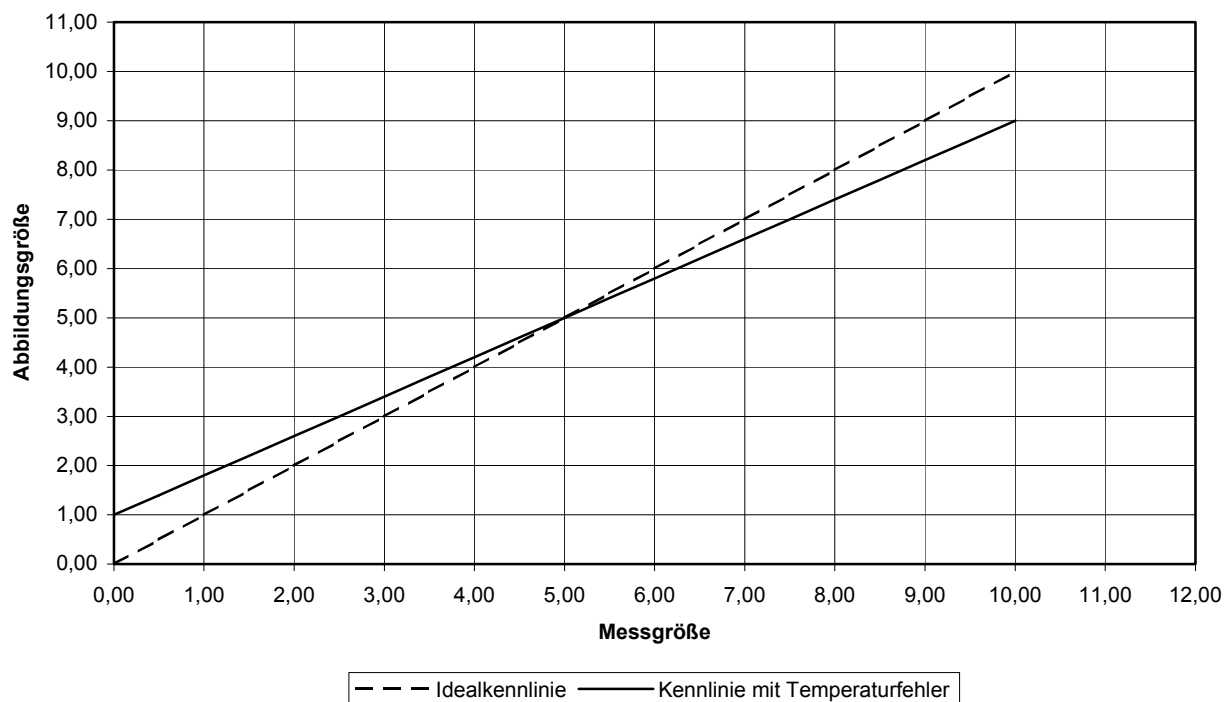
Für die Bestimmung des relativen Linearitätsfehlers muß erst die Gleichung für die Näherungsgerade nach dem Best-fitting Verfahren bestimmt werden (s. oben).

Für den Messwert mit der maximalsten Abweichung von Messkurve und Näherungsgerade kann ein neuer Sollwert der Abbildungsgröße $y_{\text{sol neu}}$ berechnet werden.

Dieser wird in folgende Gleichung eingesetzt:

$$f_{r \text{ Linearität}} = \frac{y_{\text{ist}} - y_{\text{soll neu}}}{\text{Endwert}} \cdot 100\% \quad (\text{full Scale})$$

Er bezieht sich auf das maximale Soll des Abbildungswertes und auf die Messgröße mit der maximalsten Abweichung.

Messungen mit Temperaturfehler:

Bei Messungen mit Temperaturfehler mischen sich Offsetfehler und Empfindlichkeitsfehler. Dies führt zu einer Verschiebung der Kennlinie aus dem Nullpunkt und zu einer Veränderung der Empfindlichkeit.

Bestimmung des relativen Temperaturfehlers für den Offset:

Der relative Temperaturfehler wird aus den relativen Offsetfehlern bei zwei verschiedenen Temperaturen ermittelt.

$$T_k(\text{Offset}) = \frac{f_r(T_2) - f_r(T_1)}{(T_2 - T_1)}$$

$T_k(\text{Offset})$ = relativer Temperaturfehler des Offset in $\frac{\%}{K}$

$f_r(T_1)$ = relativer Offsetfehler bei Temperatur T_1 in K

$f_r(T_2)$ = relativer Offsetfehler bei Temperatur T_2 in K

T_1 = Temperatur T_1 in K

T_2 = Temperatur T_2 in K

Bestimmung des relativen Temperaturfehlers für die Empfindlichkeit:

Der relative Temperaturfehler wird aus den relativen Empfindlichkeitsfehlern bei zwei verschiedenen Temperaturen ermittelt.

$$T_k(\text{Empfindlichkeit}) = \frac{f_r(T_2) - f_r(T_1)}{(T_2 - T_1)}$$

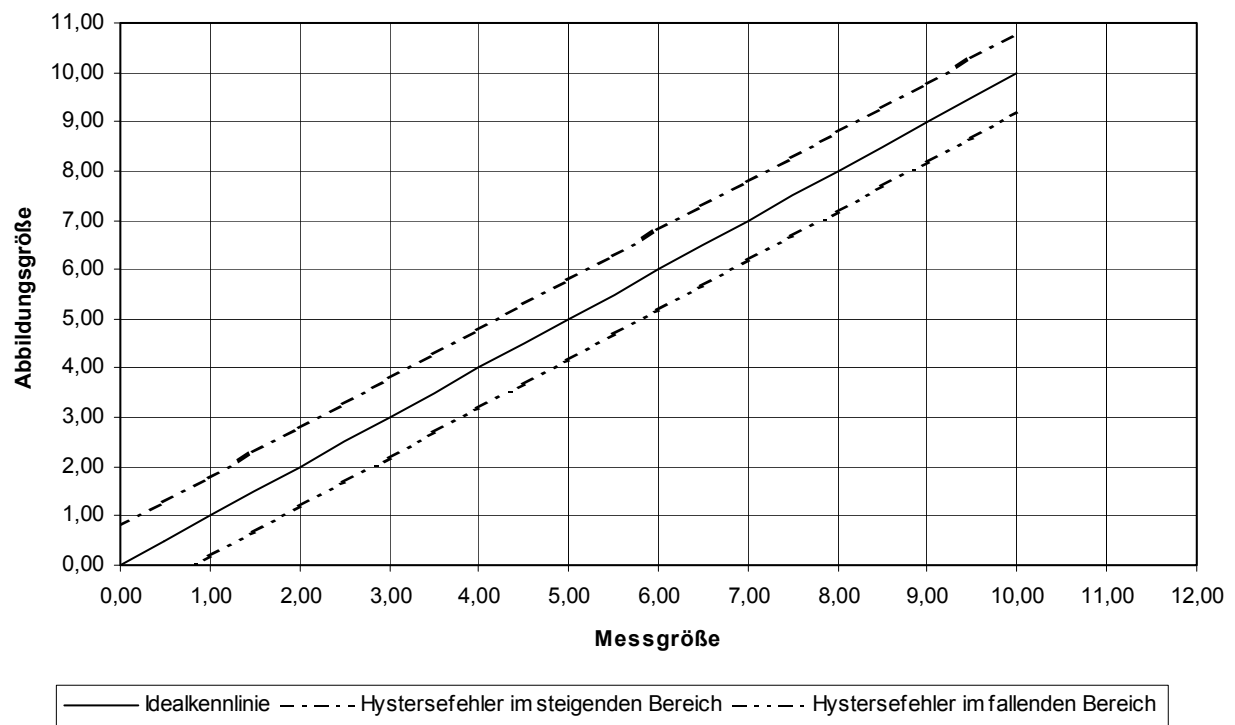
$T_k(\text{Empfindlichkeit})$ = relativer Temperaturfehler der Empfindlichkeit in $\frac{\%}{K}$

$f_r(T_1)$ = relativer Empfindlichkeitsfehler bei Temperatur T_1 in K

$f_r(T_2)$ = relativer Empfindlichkeitsfehler bei Temperatur T_2 in K

T_1 = Temperatur T_1 in K

T_2 = Temperatur T_2 in K

Messungen mit Hystereseffehler:

Bei Messungen mit Hystereseffehlern ist der Offsetfehler bei steigender und sinkender Messgröße unterschiedlich.