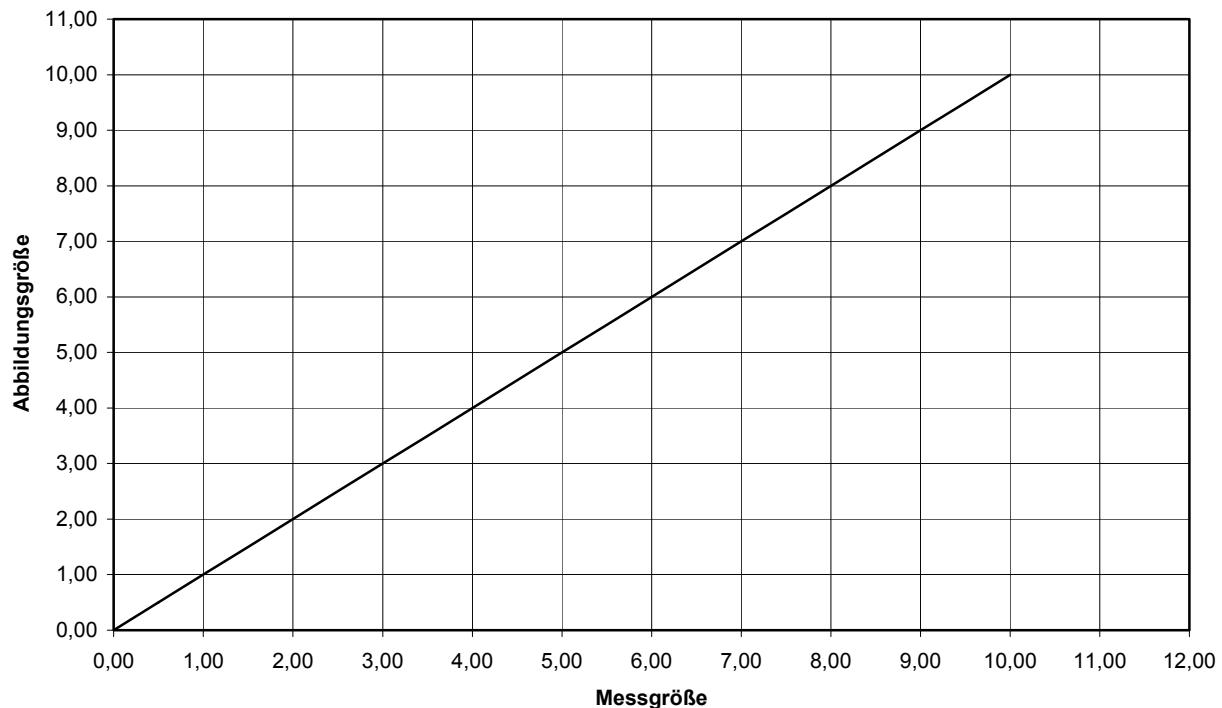


**Inhaltsverzeichnis:**

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:**

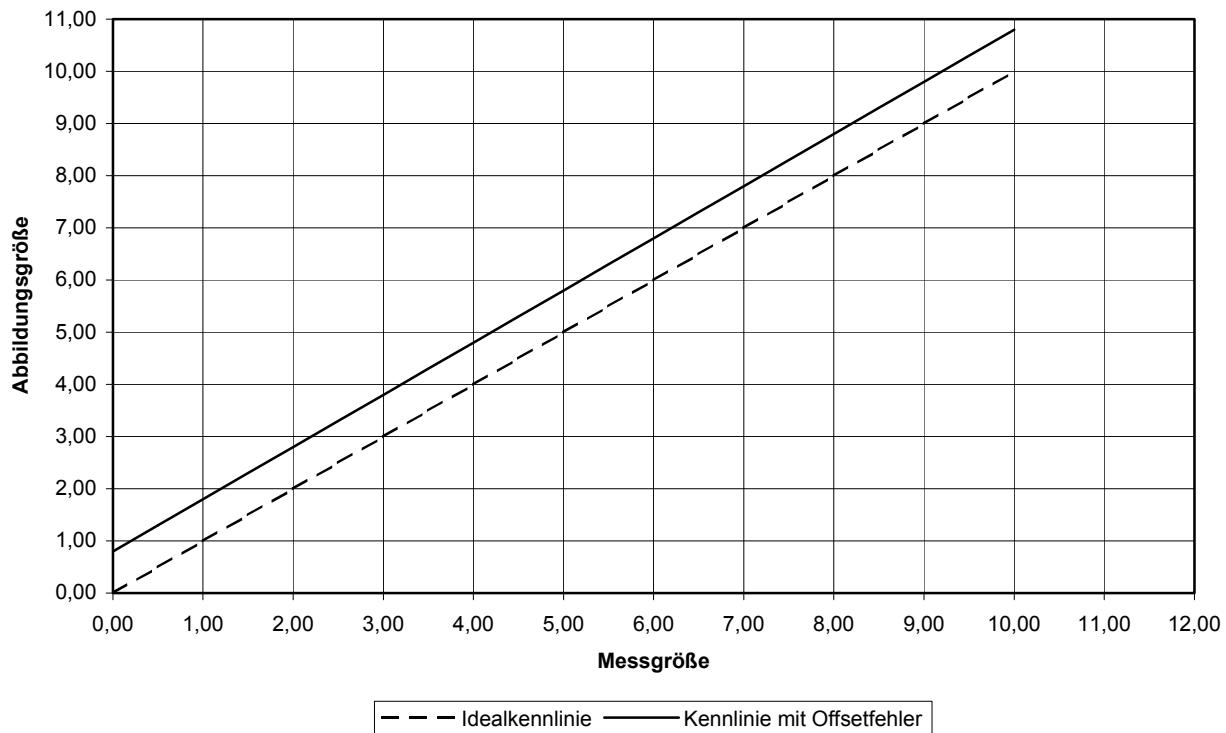
Eine ideale Messung bildet die Messgröße x linear auf die Abbildungsgröße y ab.

$$y = E \bullet x$$

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:**

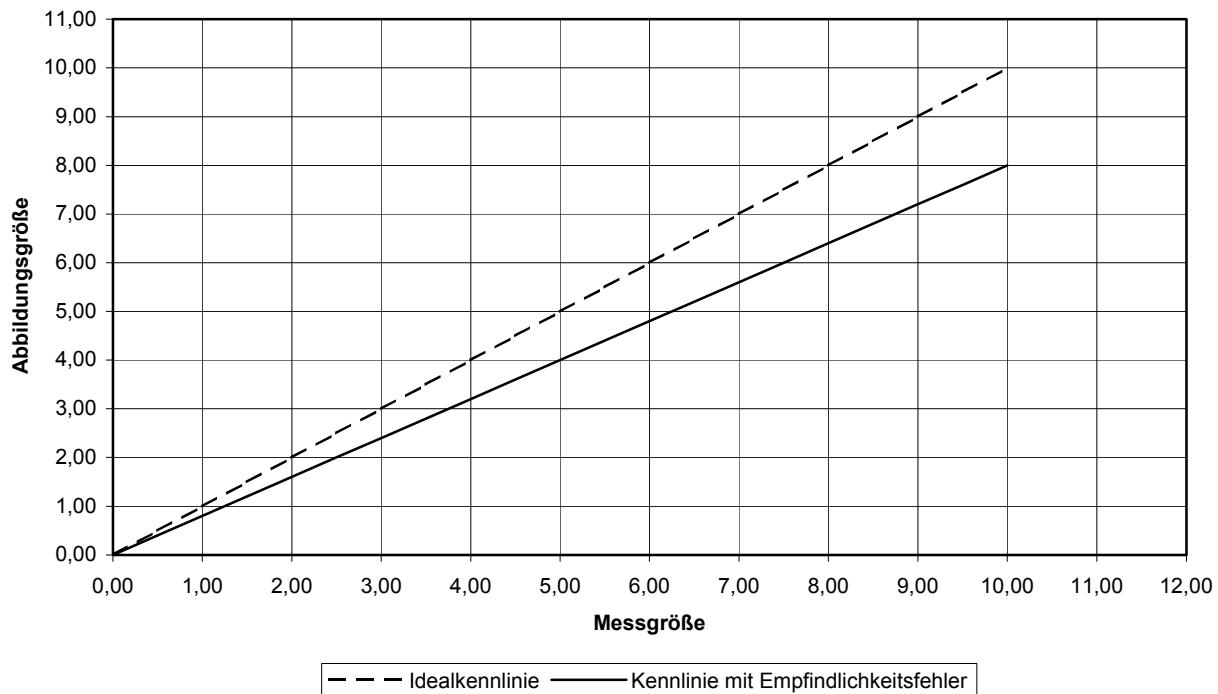
Der absolute Offsetfehler  $F_{\text{Offset}}$  wird bestimmt, indem man die Abweichung im Nullpunkt ermittelt. Beim Diagramm oben wäre der Offsetfehler z.B. +0,8

**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)

$\Delta y$  = Änderung der Abbildungsgröße y

$\Delta x$  = 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).

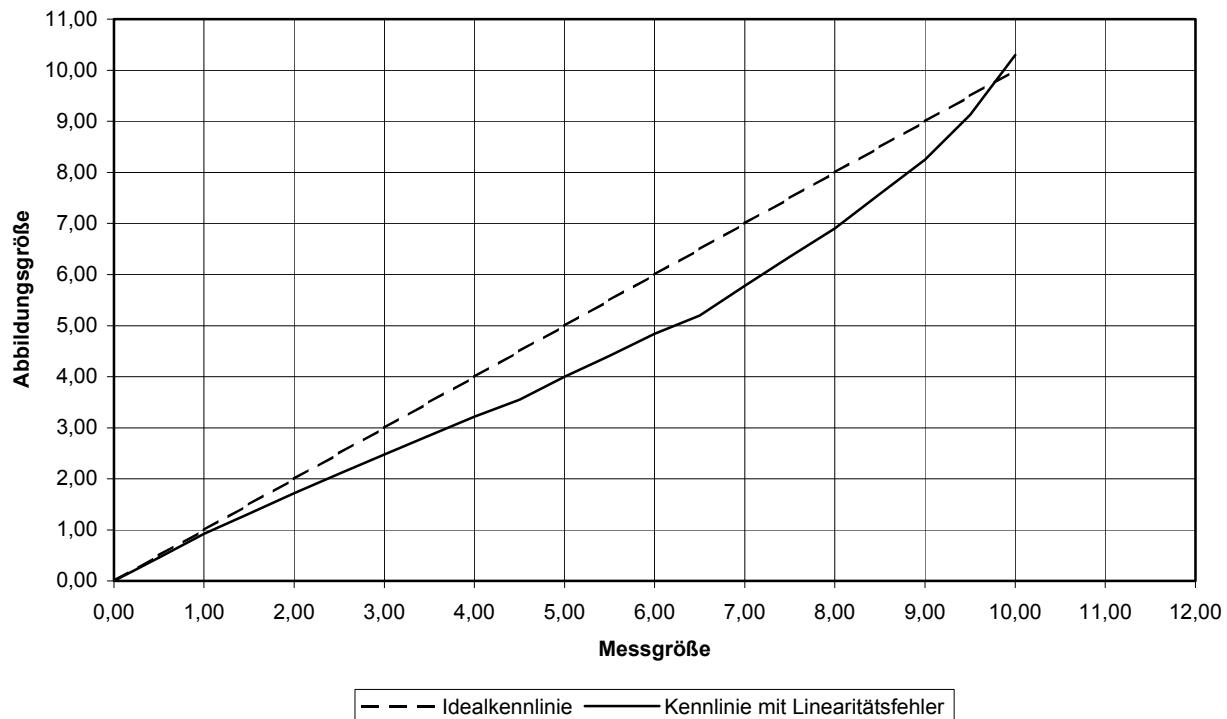
Falls die Messkurve **nicht linear verläuft, wird durch den Anfangs- und Endpunkt eine Gerade gezogen** und an dieser der absolute Empfindlichkeitsfehler  $F_{\text{Empfindlichkeit}}$  abgelesen.

### 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 Geraden 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 Geraden 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 Näherungsgeraden der neue Sollwert der Abbildungsgröße  $y_{soll\ neu}$  berechnet.
- Nun wird der relative Fehler wie folgt berechnet:

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

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  $E_{ist\ neu}$  und ein angepasster Offset  $t_{ist\ neu}$  ermittelt werden.

Das Gleichungssystem lautet:

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

$n$  = Anzahl der Messwerte

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

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

$\sum_{i=1}^n x_n$  = 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

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

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

**Die maximale Abweichung der Messkurve von dieser Geraden ist der absolute Linearitätsfehler.**

### **Bestimmung des relativen Linearitätsfehlers 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).

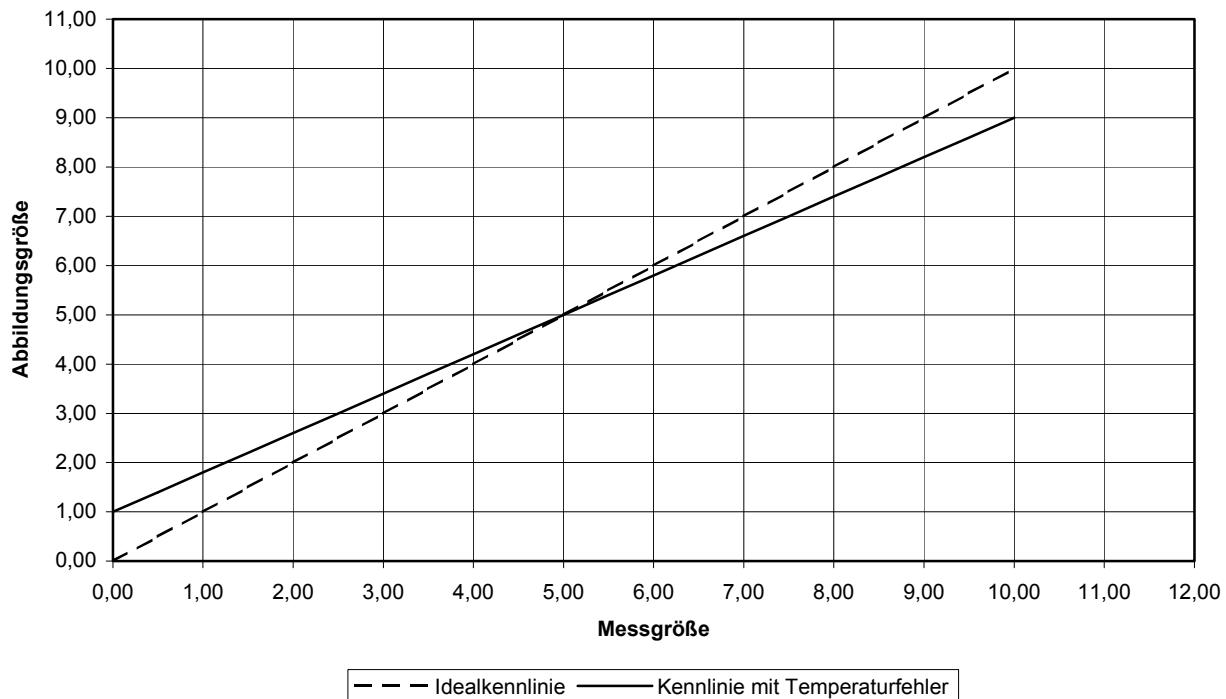
Für den Messwert mit der maximalsten Abweichung von Messkurve und Näherungsgerade kann ein neuer Sollwert der Abbildungsgröße  $y_{sol\ neu}$  berechnet werden.

Dieser wird in folgende Gleichung eingesetzt:

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

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.

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

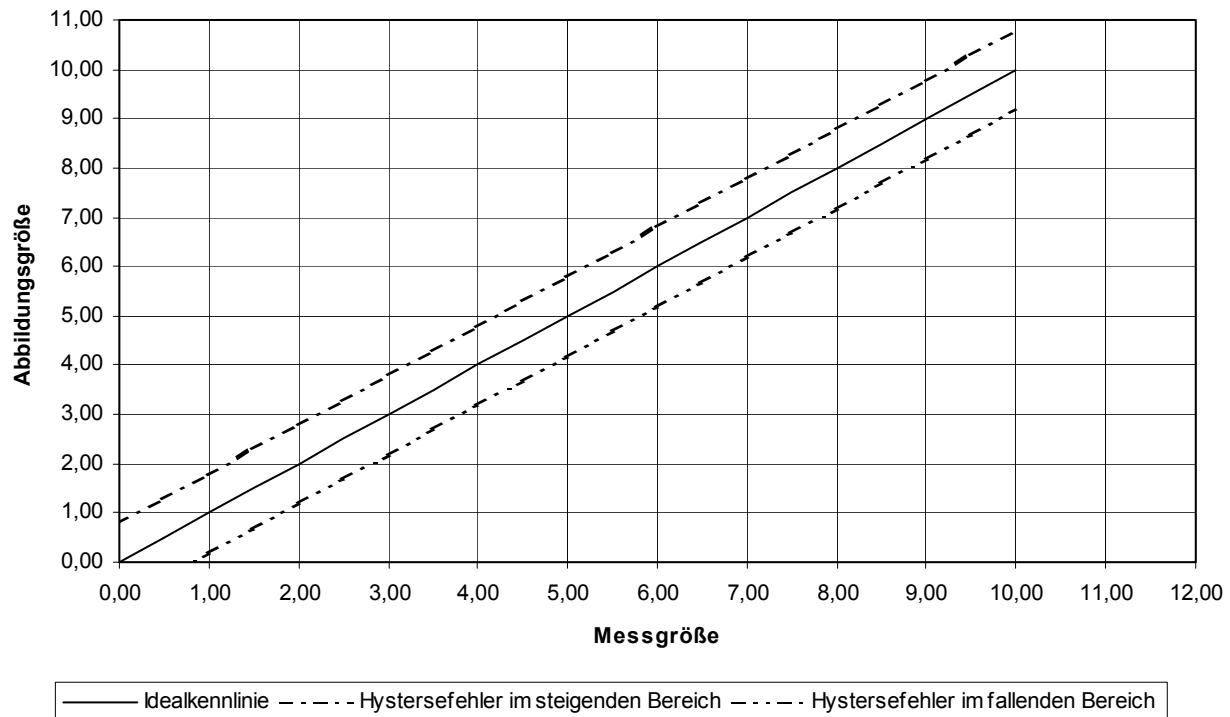
$T_k(\text{Empfindlichkeit})$  = relativer Temperaturfehler der Empfindlichkeit in  $\frac{\%}{K}$

$f_r(T_1)$  = 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 Hysteresefehler:**

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