Jahresmessfehler

EMATEM-Sommerschule

Vortragender: Univ.-Prof. Dr. Dr. Franz Adunka

Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen

Problem

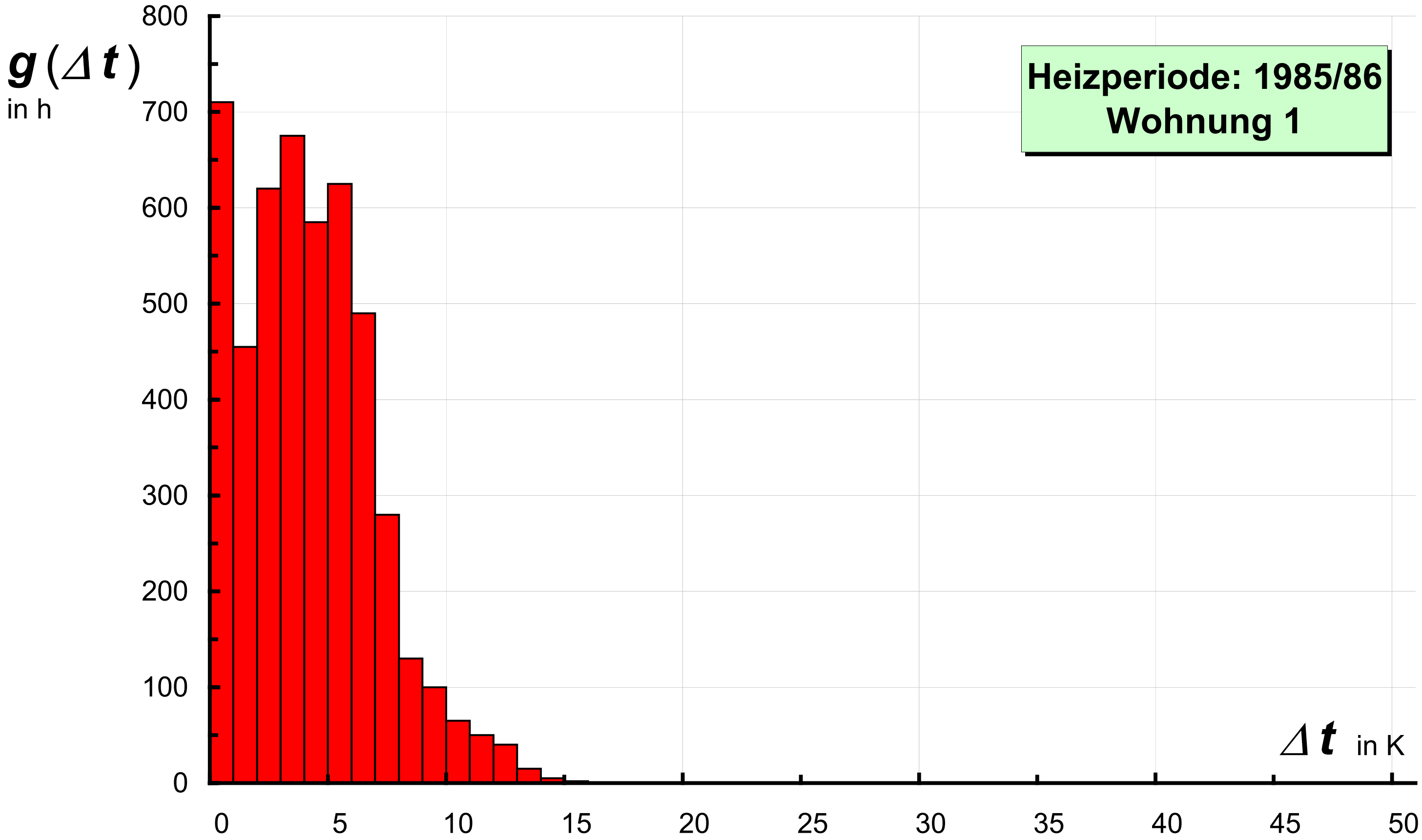
Kalibrierung/Eichung der Wärmezähler bei definierten Bedingungen:

- Maximalwerte
- Minimalwerte
- für Durchfluss ***Q*** und Temperaturdifferenz Δt

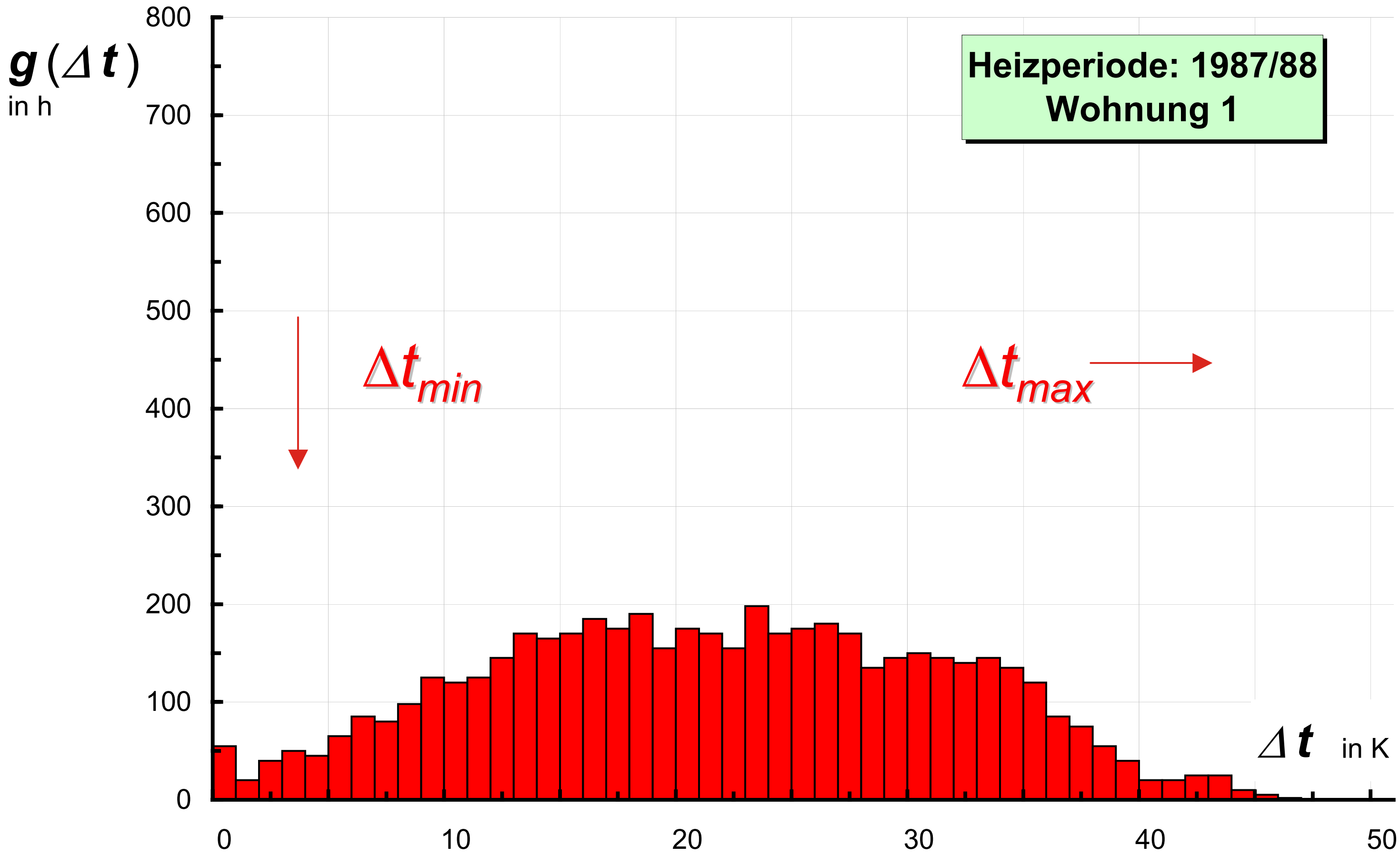
Tatsächlich:

- Temperatur- und
- Durchflusswerte **nicht** gleichverteilt

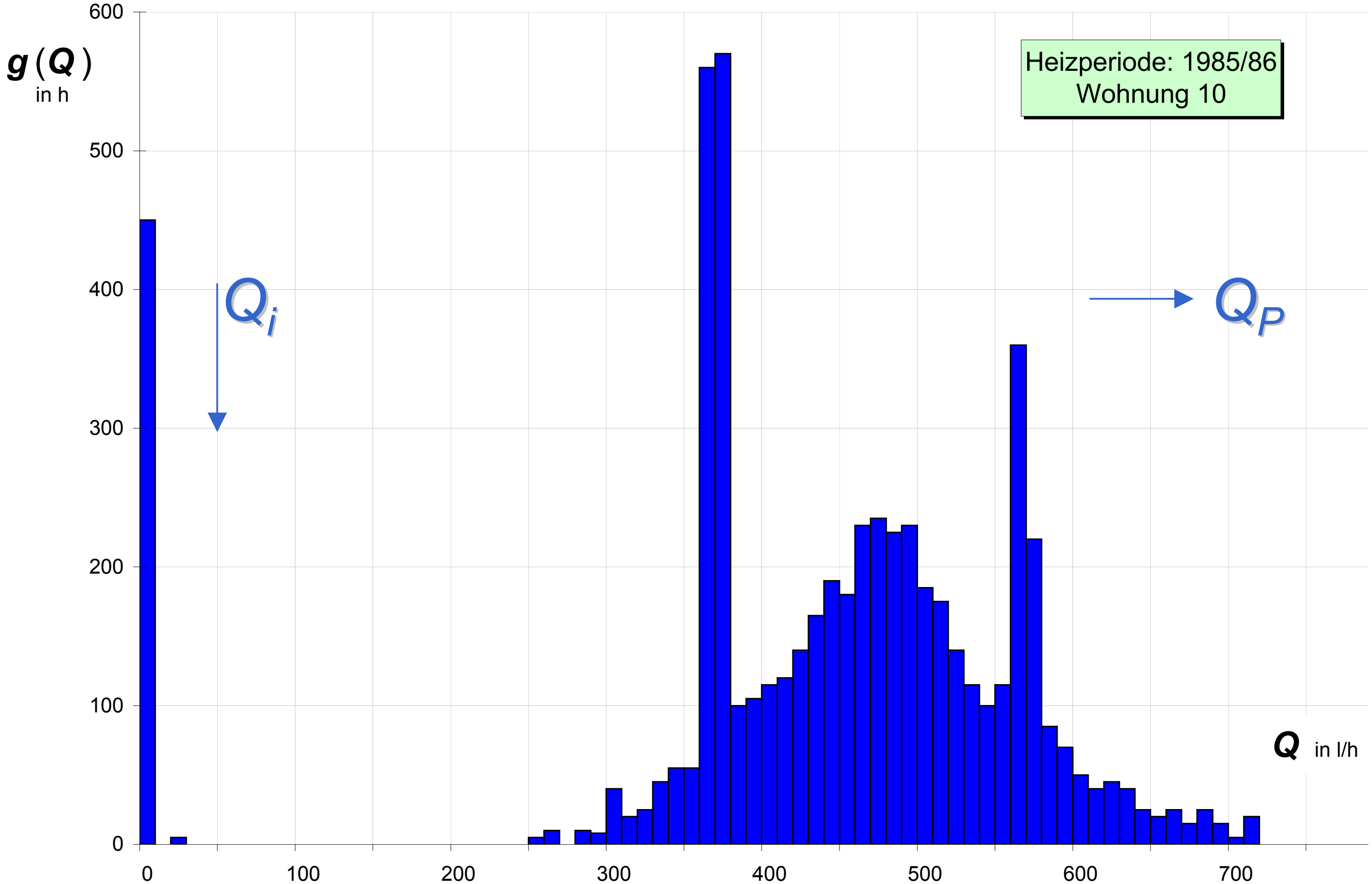
Beispiele - 1


$g(\Delta t)$
in h
800
700
600
500
400
300
200
100
0
Heizperiode: 1985/86
Wohnung 1
Δt in K
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50

Beispiel - 2

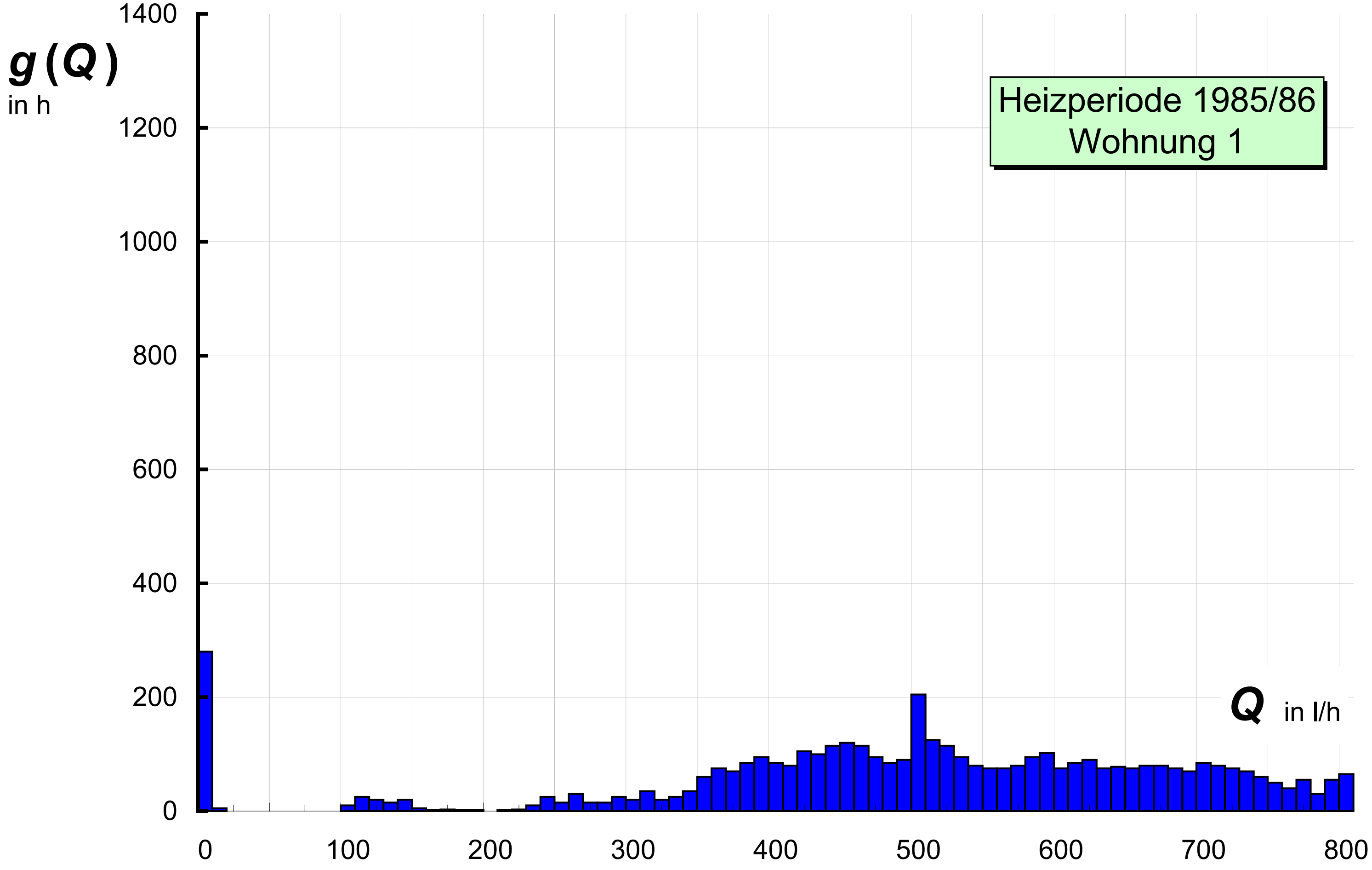

$g(\Delta t)$
in h
800
700
600
500
400
300
200
100
0
Heizperiode: 1987/88
Wohnung 1
Δt_{min}
Δt_{max}
Δt in K
0
10
20
30
40
50

Beispiele - 3

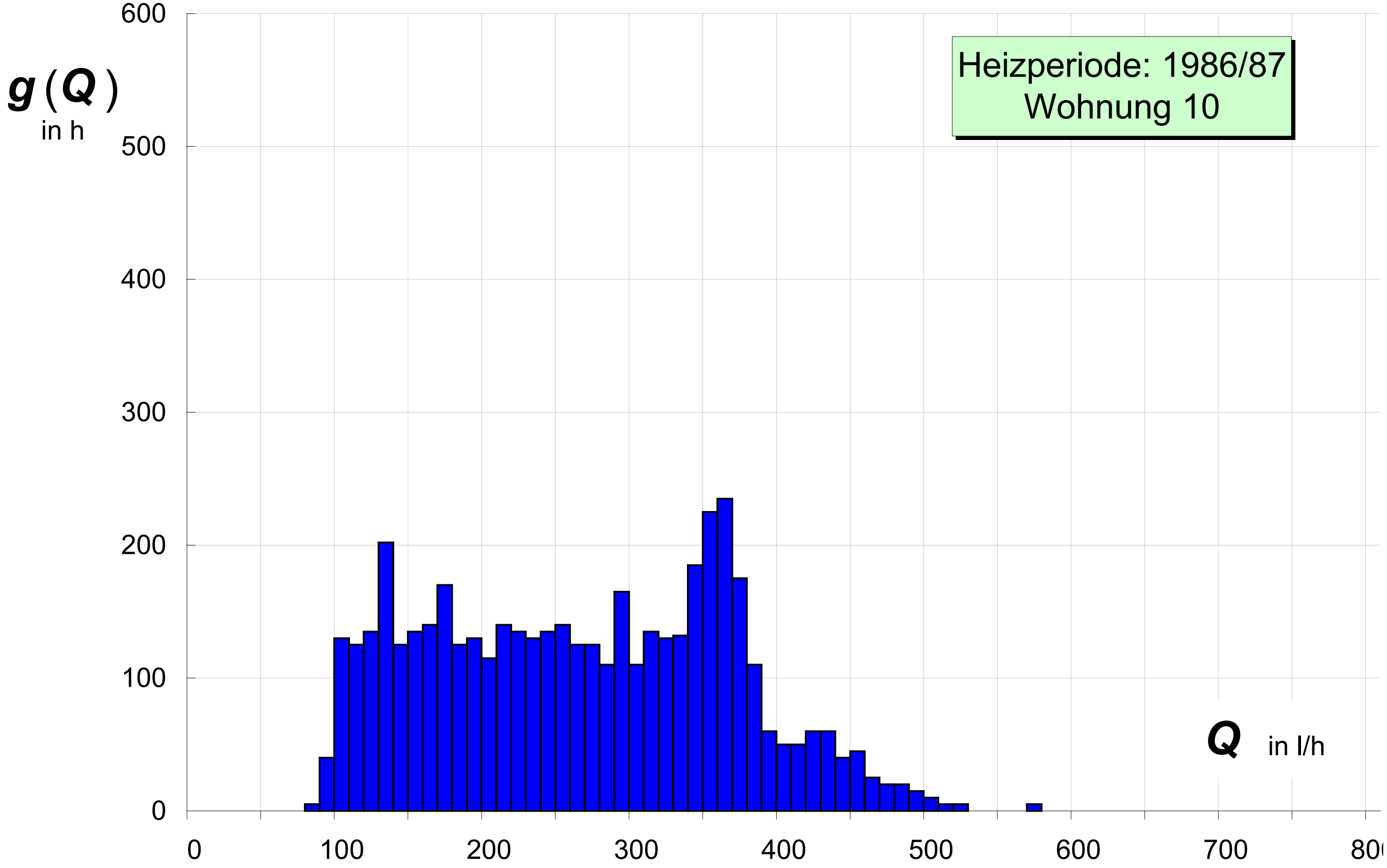


600
500
400
300
200
100
0
g (Q)
in h
Heizperiode: 1985/86
Wohnung 10
Q_i
Q_P
Q in l/h
0
100
200
300
400
500
600
700

Beispiele - 4


g(Q)
in h
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
Heizperiode 1985/86
Wohnung 1
Q in l/h
0
100
200
300
400
500
600
700
800

Beispiele - 5


600
500
400
300
200
100
0
g(Q)
in h
Heizperiode: 1986/87
Wohnung 10
Q in l/h
0
100
200
300
400
500
600
700
800

Resumeé

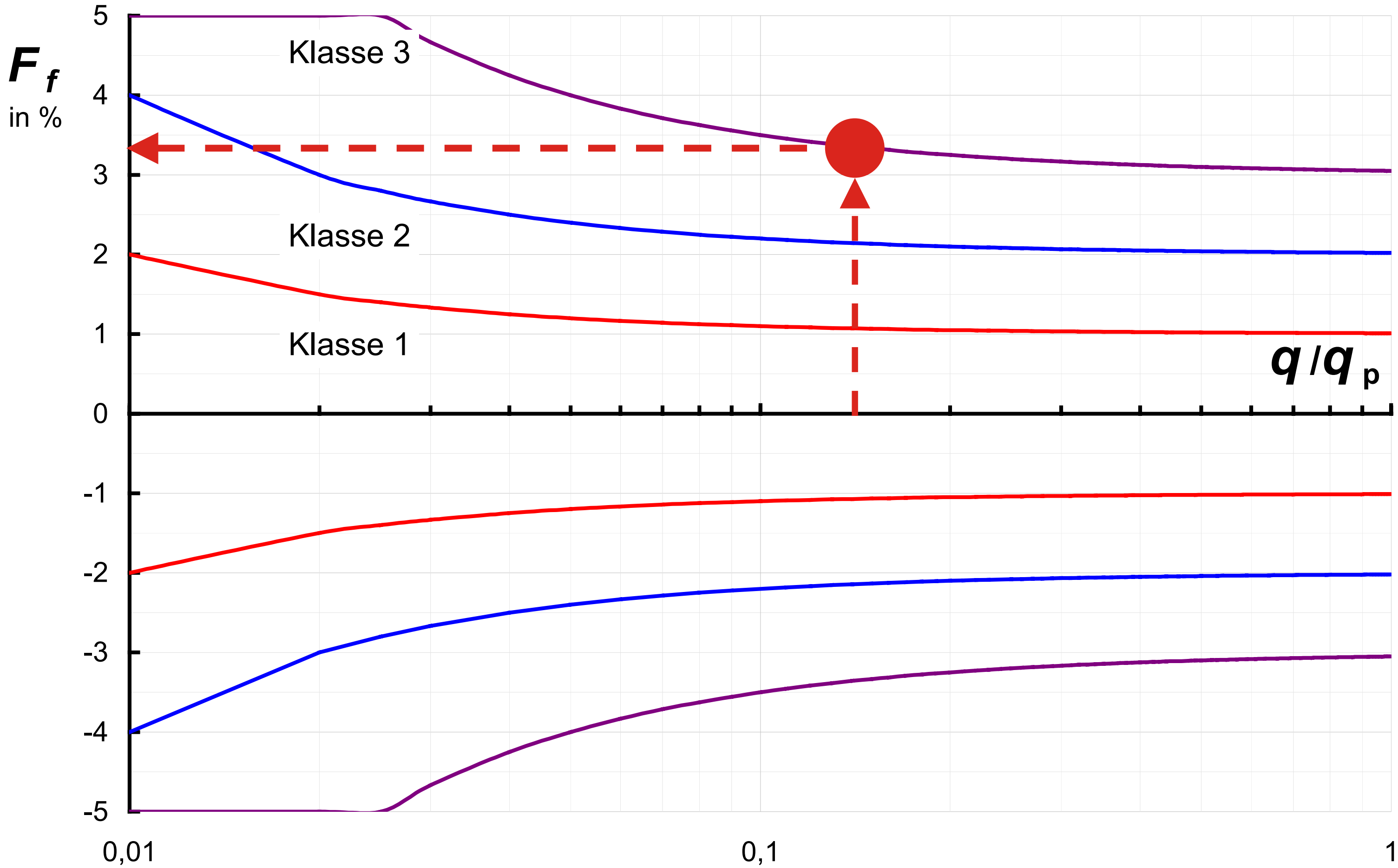
Zähler werden bei bestimmten Betriebszuständen kalibriert

- Angabe der Messfehler unbefriedigend

Praxis: teilweise ganz anders

- Andere Definition des Messfehlers

Definition des/r Messfehler/s



Was ist für Praxis wichtig?

Fehler der Verbrauchserfassung ist wichtig

Wirklicher **Jahresverbrauch:**

$$E_{\mathrm{H}} = \int_{0}^{\tau_{\mathrm{H}}} \Delta t(\tau)\, Q(\tau)\, k(\Delta t, Q, p)\, d\tau$$

Gemessener Jahresverbrauch:

$$E_{H,reg} = \int_0^{T_H} \Delta t_{reg}(\tau)\, Q_{reg}(\tau)\, k_{reg}(\Delta t, Q, p)\, d\tau$$

Differenz ist Registrierungs- oder **Jahresmessfehler**

$$F_J = \frac{E_{H,reg} - E_H}{E_H} \times 100$$

Wie wird F_J ermittelt:

$$\boxed{Q_{reg} = Q\,(1 + F(Q))}$$

$$\boxed{\Delta t_{reg} = \Delta t\,(1 + F(\Delta t))}$$

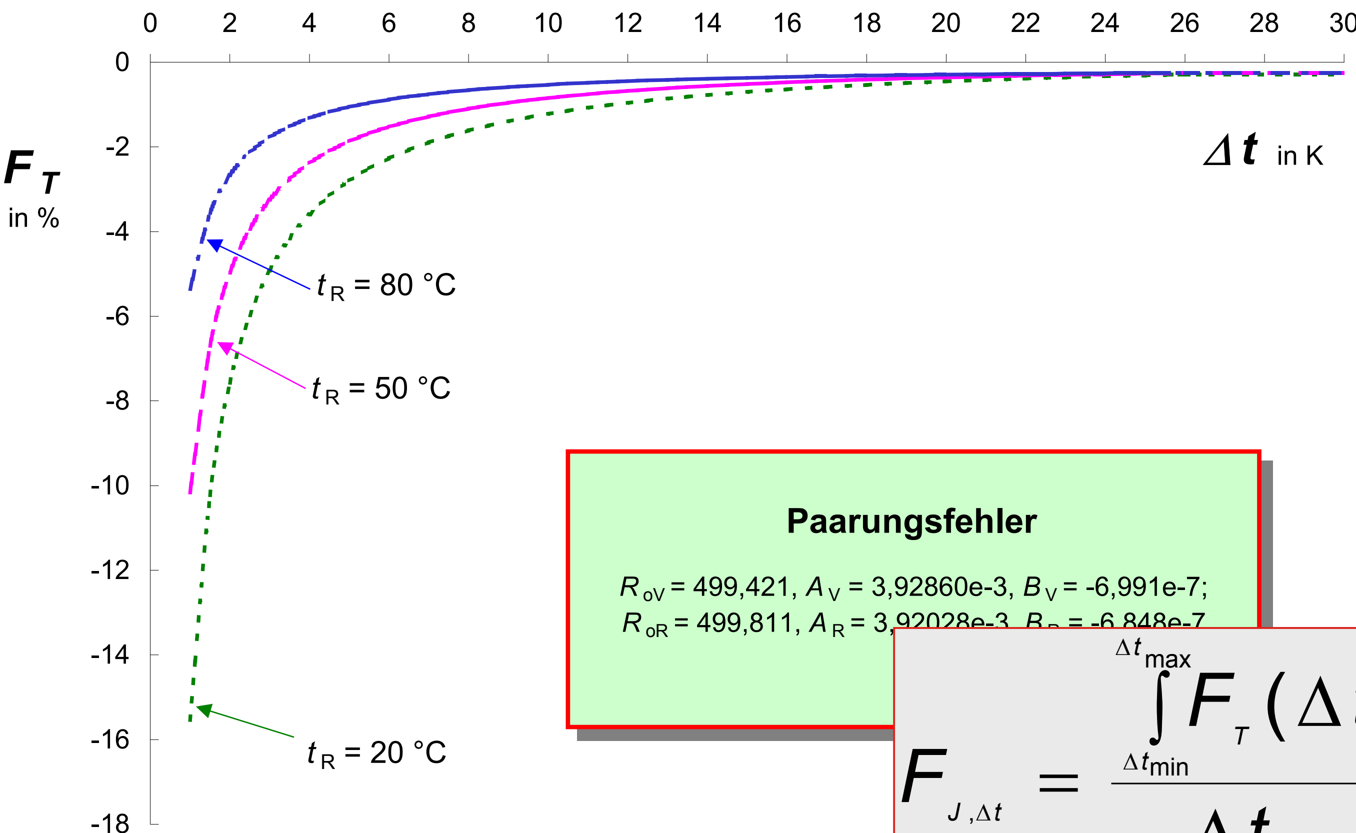
Ausführung der Integrationen ergibt F_J

Spezialfälle: $g(\Delta t) = g(Q) = 1$

$$\boxed{F_J = F_{J,Q} + F_{J,\Delta t}}$$

Mittlerer Fehler des Fühlerpaares F_T über alle Zustände ergibt $F_{J,\Delta t}$

Temperaturdifferenzfehler F_T

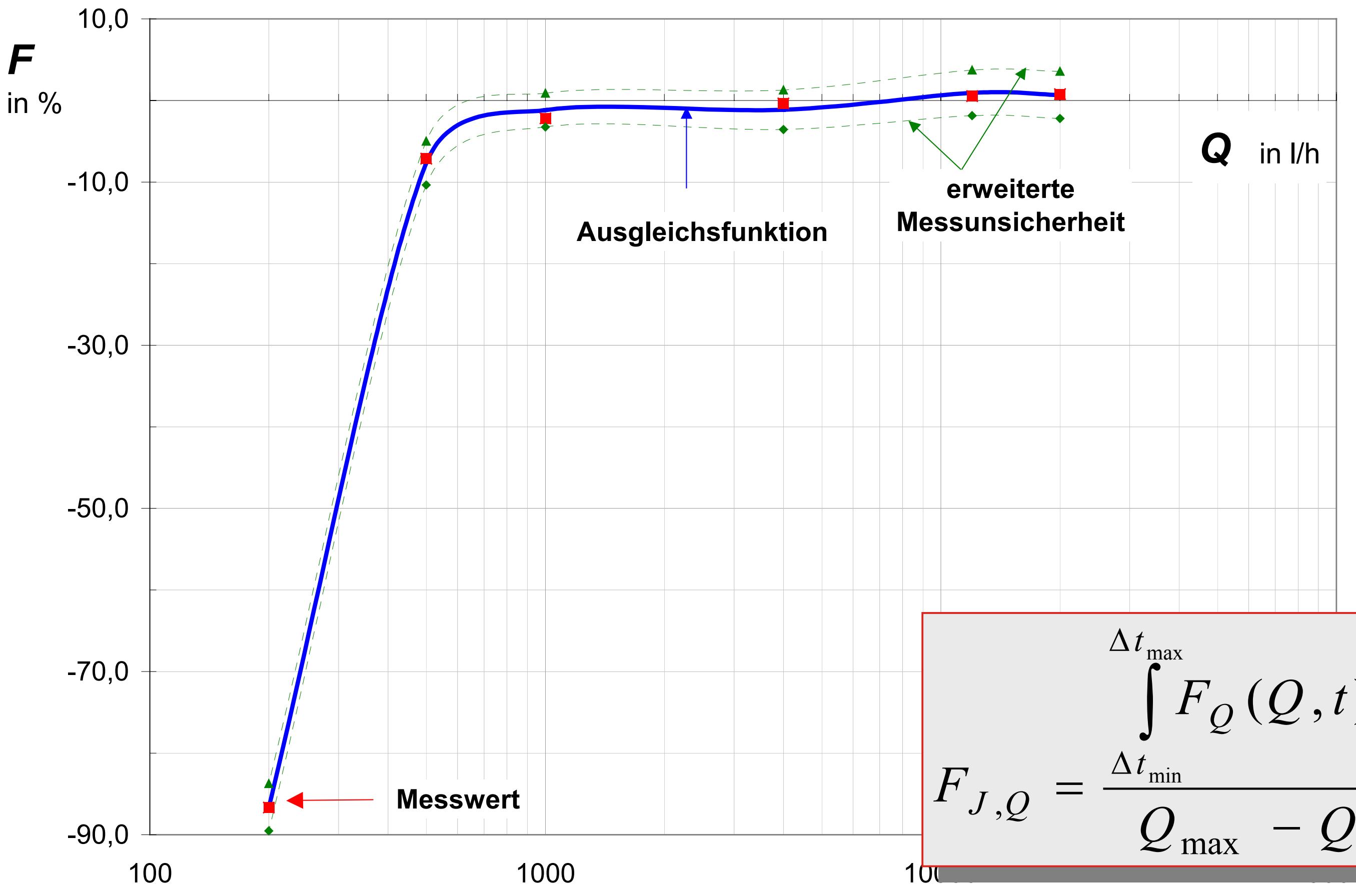


Paarungsfehler

R_{oV} = 499,421, A_V = 3,92860e-3, B_V = -6,991e-7;
R_{oR} = 499,811, A_R = 3,92028e-3, B_R = -6,848e-7

$$F_{J,\Delta t} = \frac{\int_{\Delta t_{min}}^{\Delta t_{max}} F_T(\Delta t, t_R)\, d\Delta t}{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}$$

Durchflussfehler F_Q



$$F_{J,Q} = \frac{\int_{\Delta t_{\min}}^{\Delta t_{\max}} F_Q(Q,t)\, dQ}{Q_{\max} - Q_{\min}}$$

Typische Jahresmessfehler

Jahresmessfehler *FJ* für die vorher definierten Vor- und Rücklauffühler sowie die Verteilungsfunktionen der Temperaturdifferenzen und Durchflüsse im Projekt Arsenal (Heizperioden 1985/86, 1986/87 und 1987/88).

Alle Angaben in %

Heizperiode	t_R = 20 °C	t_R = 50 °C	t_R = 80 °C	**max. zul. Fehlergrenze**
1985/86	-2,50	-1,18	0,19	± 10 % (8 %) [1)]
1986/87	-1,60	-0,81	0,19	
1987/88	-0,81	-0,02	0,17	

1) Der Klammerwert bezieht sich auf die Verwendung des Durchflusssensors im oberen Messbereich in der Genauigkeitsklasse 3

Einfluss von Störungen auf den JMF

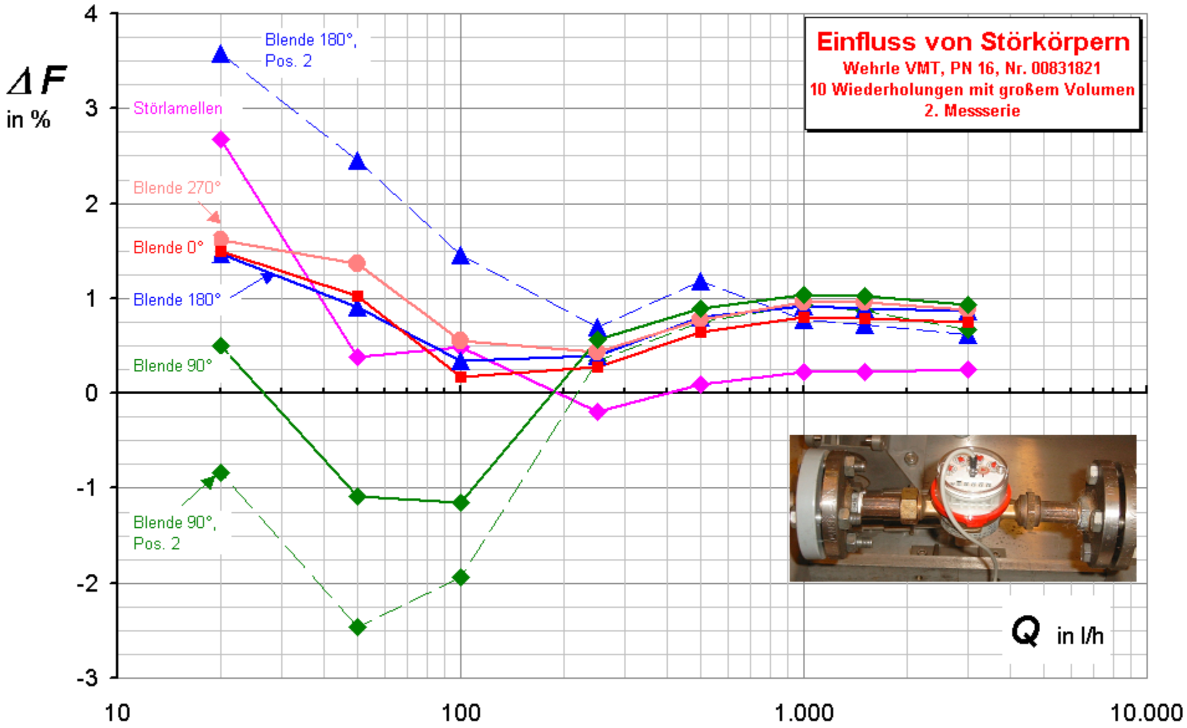
Wesentlich ist, in welchem Durchflussbereich Störung wirkt. In vielen Fällen gilt:

$$F_{S,Q} = F_0 + \frac{c}{Q}$$

D.h.: Störung wirkt sich besonders im unteren Messbereich aus

Einfluss auf Jahresmessfehler ...

... ist abhängig von der Häufigkeitsverteilung, siehe Beispiel:sowie *Q*



Daten zum Beispiel

Q ist gleichverteilt

$$F_{J,Q} = \frac{\int\limits_{Q_i}^{Q_P} [F_{S,Q} + F(Q)]\, Q\, dQ}{\int\limits_{Q_i}^{Q_P} Q\, dQ} = F_0 + \frac{2c}{Q_P} + \frac{\int\limits_{Q_i}^{Q_P} Q\, F(Q)\, dQ}{\int\limits_{Q_i}^{Q_P} Q\, dQ} =$$

$$= F^{*}_{J,Q} + \overline{F(Q)}$$

Zum Diagramm ...

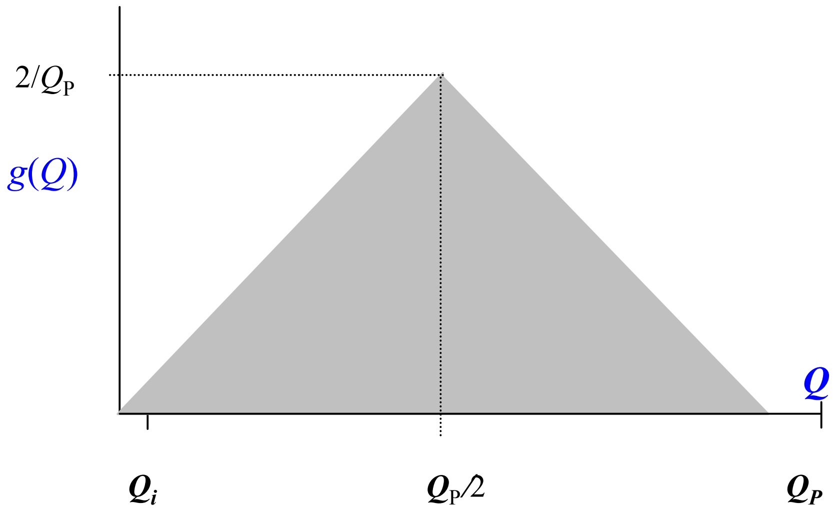
Kurve: „Blende 180°, Pos. 2“,

$$F^*_{J,Q}\,[\%] = 0{,}5 + \frac{60}{Q_P}$$

Durchfluss in l/h
Im konkreten Fall ergibt sich mit c = 60, Q_P = 1.500 l/h und Q_i = 20 l/h für den Störeinfluss auf den Jahresmessfehler:

$$F^*_{J,Q} = F_0 + \frac{2c}{Q_P\left(1 + \frac{Q_i}{Q_P}\right)} = 0{,}5\ \% + \frac{120}{1520} = 0{,}58\ \% = 0{,}5\ \% + 0{,}08\ \%$$

Durchflüsse nicht gleichverteilt



$$g(Q) \approx \begin{cases} k\,Q & \text{für} \quad 0 \le Q \le \dfrac{Q_P}{2} \\ k\,(Q_p - Q) & \text{für} \quad \dfrac{Q_P}{2} \le Q \le Q_P \end{cases}$$

Jahresmessfehler $F_{J,Q}$

$$F_{J,Q} = \frac{\int_{Q_i}^{Q_P} (F + F_{S,Q})\, g(Q)\, Q\, dQ}{\int_{Q_i}^{Q_P} g(Q)\, Q\, dQ} = \ldots = F_0 + \frac{3}{5}\left(\frac{2\,c}{Q_P}\right) + \overline{F(Q)}$$

Einfluss der Verteilung senkt noch $F_{J,Q}$.

Konkret: = 0,55 % (statt 0,58 %)

Grund: spezielle Verteilung

aus Gleichverteilung

Ähnlich bei T-Sensoren

Schwieriger, da $f(Q,t_V,t_R)$

$$\Delta F_E = F_{E,V} - F_{E,R} = \Delta F_{E,0} + \frac{a}{Q} + \frac{b}{\Delta t}$$

Q-Einfuss = 0, Δt ... Gleichverteilung

$$F_{J,\Delta t} = \frac{\int\limits_{\Delta t_{min}}^{\Delta t_{max}} \int\limits_{Q_i}^{Q_P} \Delta t \; [\Delta F_E + \Delta F(\Delta t)] \; d\Delta t}{\int\limits_{Q_i}^{Q_P} \Delta t \; d\Delta t} = \ldots =$$

$$= \Delta F_{E,0} + \frac{2b}{\Delta t_{max} + \Delta t_{min}} + \overline{\Delta F(\Delta t)}$$

Einfluss von *Q* und Δt-Verteilung

$$F_{J,\Delta,} = \frac{\int\limits_{\Delta t_{\min}}^{\Delta t_{\max}} \int\limits_{Q_i}^{Q_P} \Delta t \, Q \left[\Delta F_{E,0} + \frac{a}{Q} + \frac{b}{\Delta t} + \Delta F(\Delta t)\right] \, dQ \, d\Delta t}{\int\limits_{Q_i}^{Q_P} \Delta t \, Q \, dQ \, d\Delta t} = \ldots$$

$$F_{J,\Delta,} = \Delta F_{E,0} + \frac{2a}{Q_p + Q_i} + \frac{2b}{\Delta t_{\max} + \Delta t_{\min}} + \overline{\Delta F(\Delta t)} =$$

$$= \Delta F^{*}_{E,0} + \overline{\Delta F(\Delta t)}$$

Einfluss Rechenwerk

$$F_J = F_{J,Q} + F_{J,\Delta t} + F_{J,R}$$

Praktische Rechnung ergibt:

$$-0{,}14\,\% \leq F_{J,R} \leq 0{,}88\,\%$$

Gesamter Jahresmessfehler

Typische realistische Werte von Folie 16 + 0,6 %, d.h.

$$\boxed{F_J \approx 2\,\%}$$

Schwächen des Modells

Beim DFS: konstante Temperatur angenommen

Messunsicherheiten vernachlässigt (*U* < 0,4 %