

ARC Seibersdorf research

# Grundsätzliche Überlegungen zur Messung von Enthalpiedifferenzen

Dipl.Ing. Alfons Witt, ARC Seibersdorf research GmbH  
2006

  
seibersdorf research

## Seibersdorf research - Bereiche



- **Werkstoffe & Produktionstechnik**
- Informationstechnologien
- Umwelt- & Lebenswissenschaften
- Gesundheit
- Medizintechnik
- Weltraumanwendungen

  
seibersdorf research

A.Witt

## Themen

- **Thermodynamische Grundlagen**
- **k-Faktor und Enthalpie**
- **k-Faktor bei Glykolgemischen**

## Thermodynamisch Zustandsgrößen

- p .....Druck [N/m<sup>2</sup>]
- V.....Volumen [m<sup>3</sup>]
- T.....Temperatur [K]
- U..... innere Energie [J]
- H.....Enthalpie [J]
- S.....Entropie [J/K]

## Zustandsgleichungen

### Thermische Zustandsgleichung

$$v = v(T, p)$$

$$v = R \cdot \frac{T}{p}$$

$$v(T, p) = v_0 [1 + \beta(T - T_0) - \kappa(p - p_0)]$$

$$\beta = \frac{1}{v} \left( \frac{\partial v}{\partial T} \right)_p$$

$$\kappa = \frac{1}{v} \left( \frac{\partial v}{\partial p} \right)_T$$

## Innere Energie

### kalorische Zustandsgleichung

$$u = u(T, v)$$

$$du = \left( \frac{\partial u}{\partial T} \right)_v dT + \left( \frac{\partial u}{\partial v} \right)_T dv$$

$$\left( \frac{\partial u}{\partial T} \right)_v = c_v(T, v) \quad \left( \frac{\partial u}{\partial v} \right)_T = 0$$

$$u(T) = \int_{T_0}^T c_v(T) dT + u_0$$

## Enthalpie

$$h = h(T, p)$$

$$h = u + p \cdot v$$

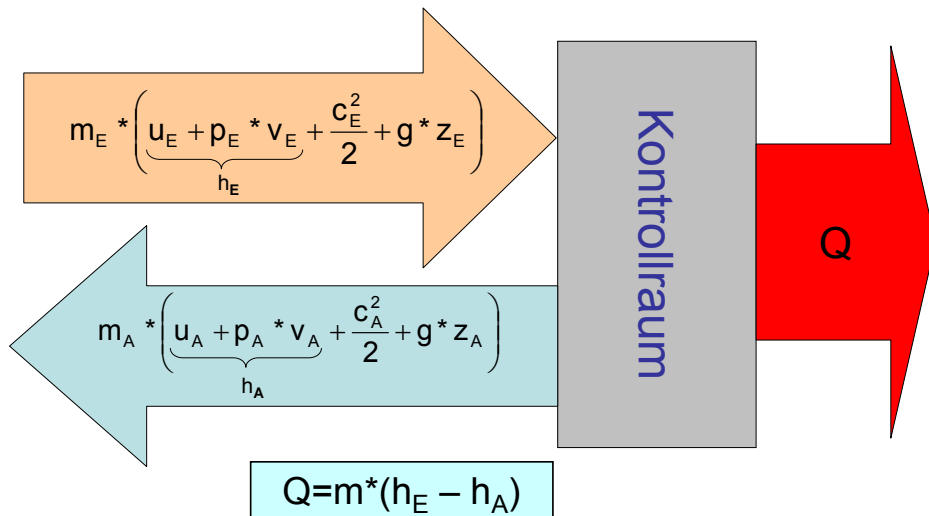
$$dh = \left( \frac{\partial h}{\partial T} \right)_p dT + \left( \frac{\partial h}{\partial p} \right)_T dp$$

$$\left( \frac{\partial h}{\partial T} \right)_p = c_p$$

$$v = v_0 = \text{const}$$

$$h(T, p) = h(T_0, p_0) + \int_{T_0}^T c_p(T) dT + v_0 \cdot (p - p_0)$$

## Energiebilanz



## Wärmezählung

$$Q = \int_{t_0}^{t_1} q_m \cdot \Delta h \cdot dt$$

Q..... die abgegebene oder aufgenommene Wärmemenge  
 q<sub>m</sub>..... der Massedurchfluss durch den Wärmezähler  
 Δh..... die Differenz zwischen den spez. Enthalpien im Vorlauf  
 und Rücklauf  
 t..... die Zeit

$$Q = \int_{V_0}^{V_1} k \cdot \Delta \theta \cdot dV$$

Q..... die abgegebene oder aufgenommenen Wärmemenge  
 V..... das Volumen der durchgeflossenen Flüssigkeit  
 k..... der Wärmeoeffizient; eine Funktion der Eigenschaften der  
 Wärmeträgerflüssigkeit bei entsprechenden Temperaturen und Druck  
 Δθ..... Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf

## k-Faktor gemäß EN 1434

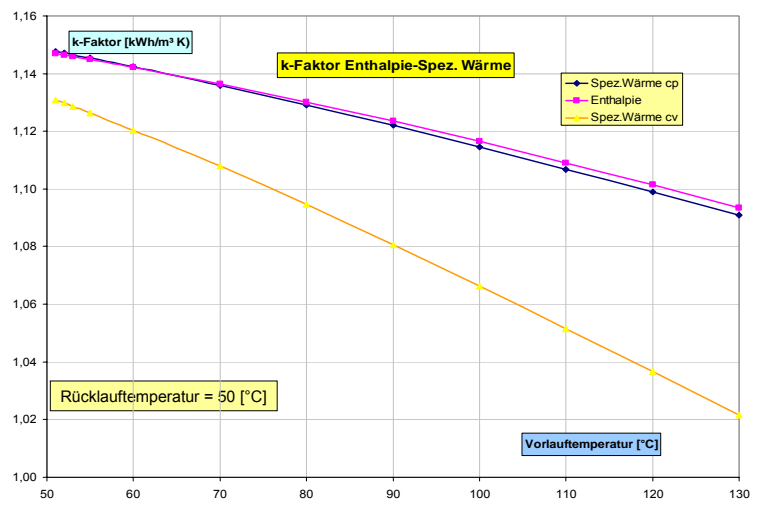
$$k(p, \Theta_f, \Theta_r) = \frac{1}{v} \frac{h_f - h_r}{\Theta_f - \Theta_r}$$

k..... Wärmeoeffizient  
 h<sub>f</sub>.....Enthalpie des Wärmeträgers im Vorlauf  
 h<sub>r</sub>.....Enthalpie des Wärmeträgers im Rücklauf  
 v..... spez. Volumen am Ort der Durchflussmessung

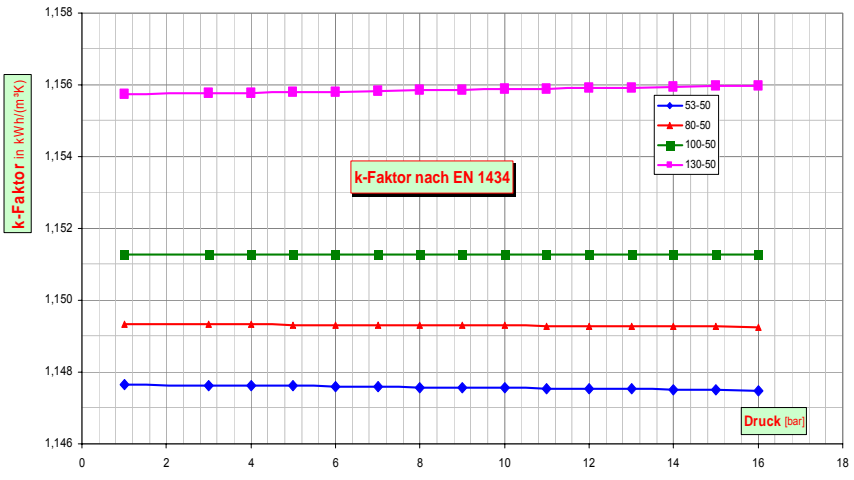
Ermittlung der Enthalpie nach der Industrienorm für thermodynamische Eigenschaften  
 von Wasser und Dampf ( IAPWS-IF 97 )

Wobei nach EN 1434 Teil 1 Abs. 8 ein Druck von 16 bar für Vorlauf und  
 Rücklauf einzusetzen ist

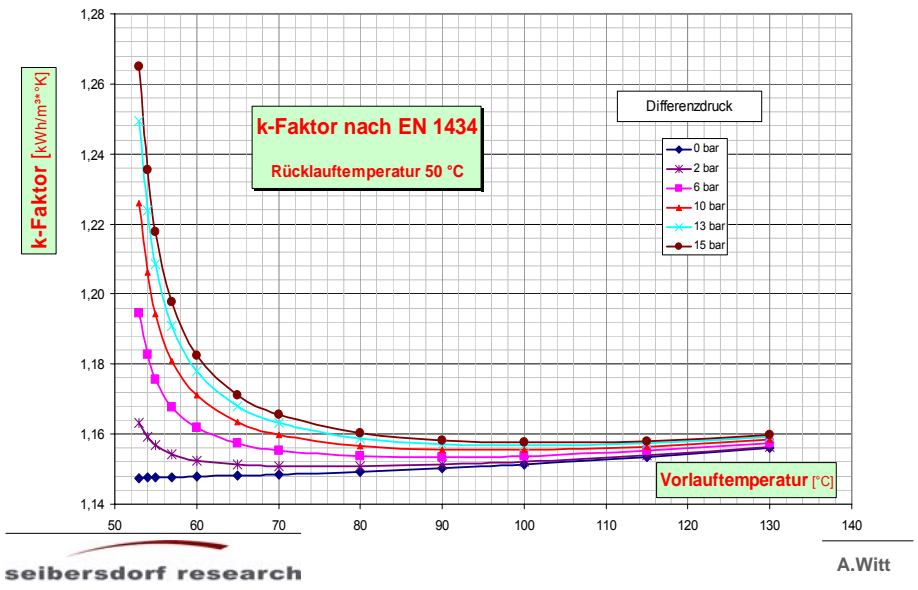
### k-Faktor aus Enthalpie und spez. Wärme berechnet



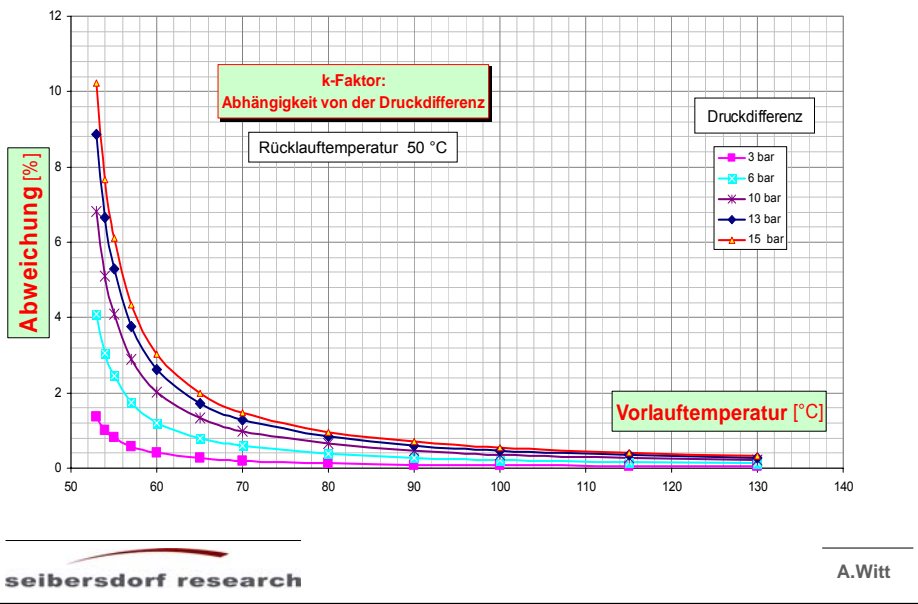
### Einfluss des Druckes auf den Wärmekoeffizienten



### Einfluss der Druckdifferenz auf den k-Faktor

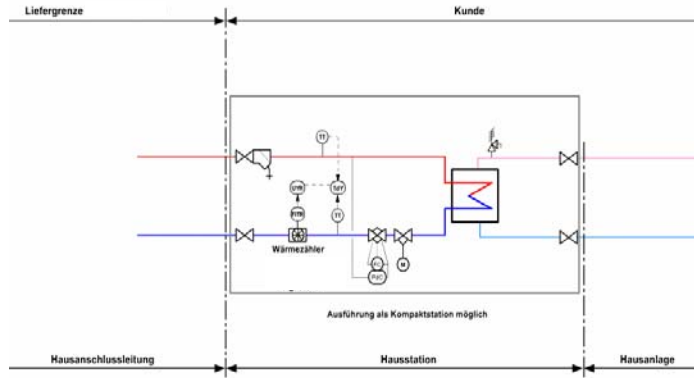


### Einfluss der Druckdifferenz auf den k-Faktor in %



## Wärmeübergabestation

EMATEM

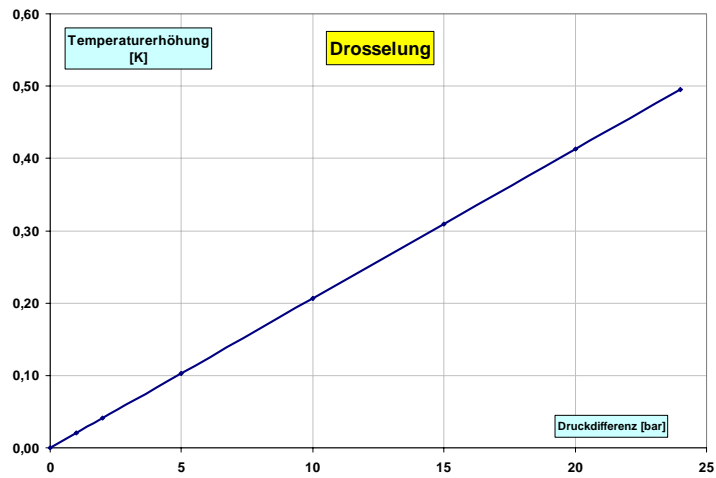


seibersdorf research

A.Witt

## Temperaturerhöhung durch Drosselung

EMATEM



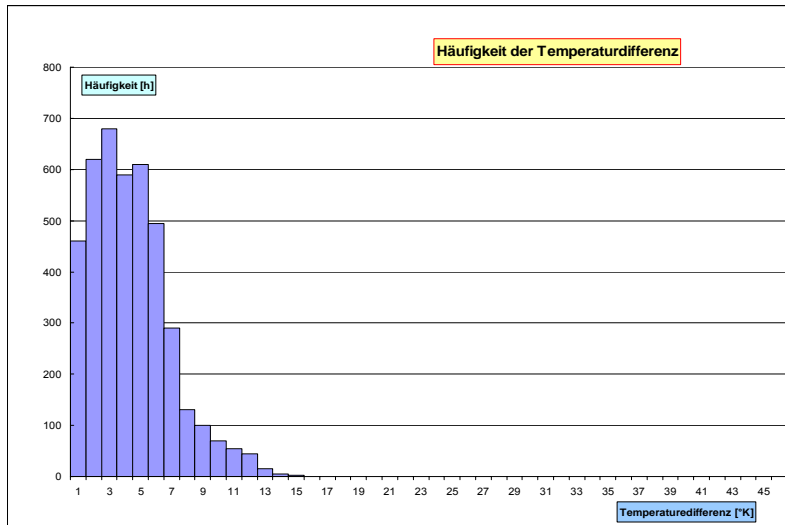
seibersdorf research

A.Witt



### Temperaturdifferenz Häufigkeitsverteilung in einer Heizsaison (Fall 1)

EMATEM

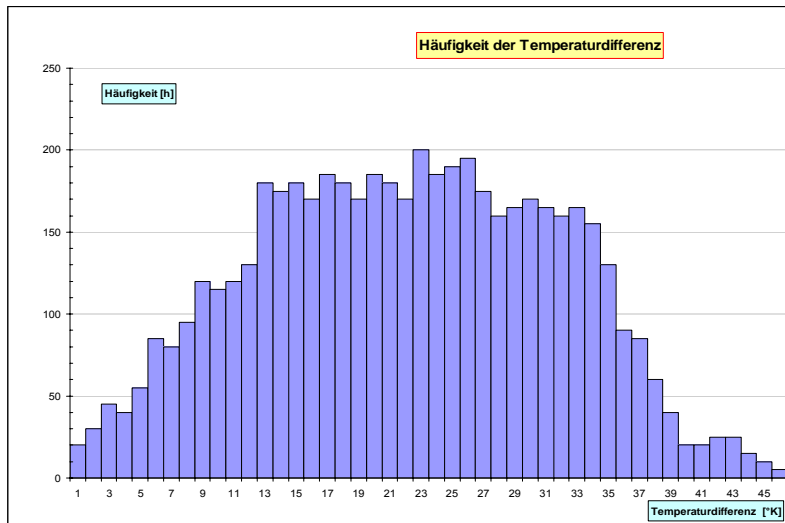


seibersdorf research

A.Witt

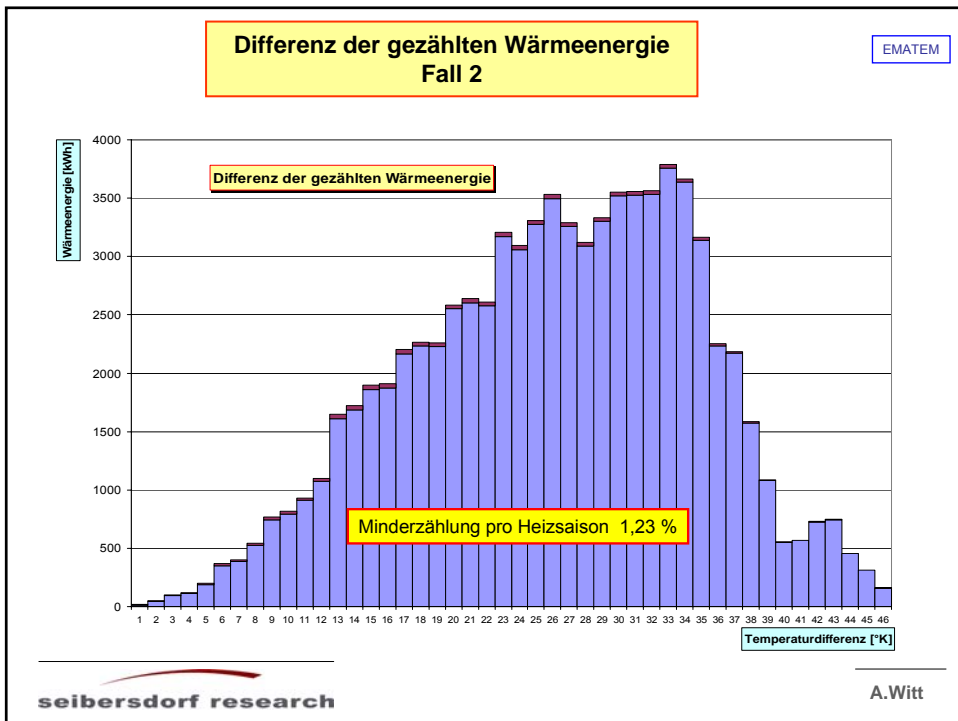
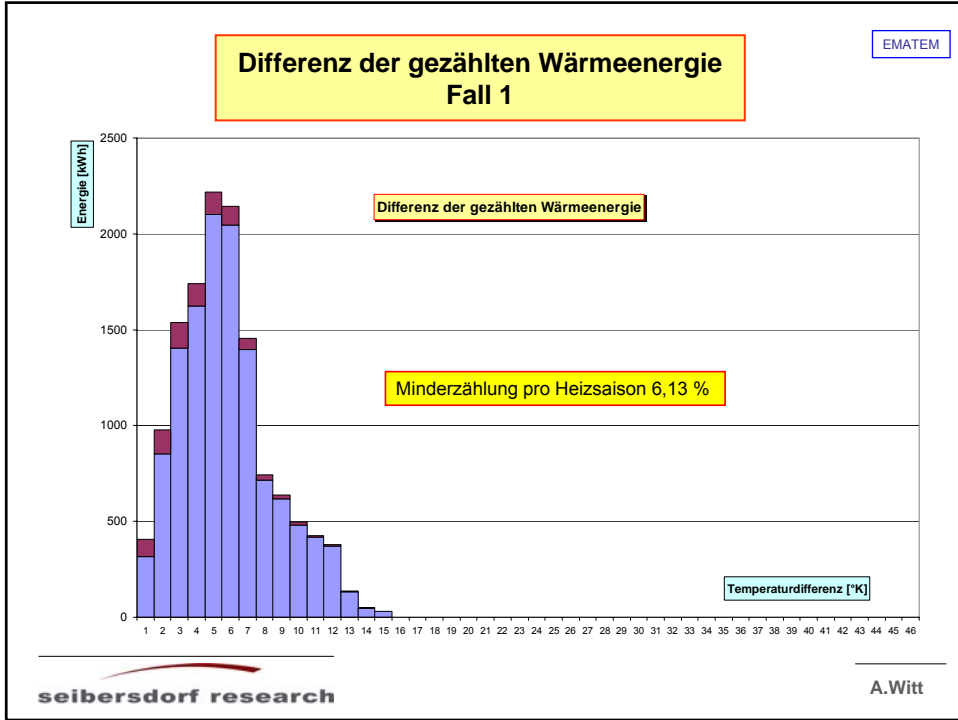
### Temperaturdifferenz Häufigkeitsverteilung in einer Heizsaison (Fall 2)

EMATEM

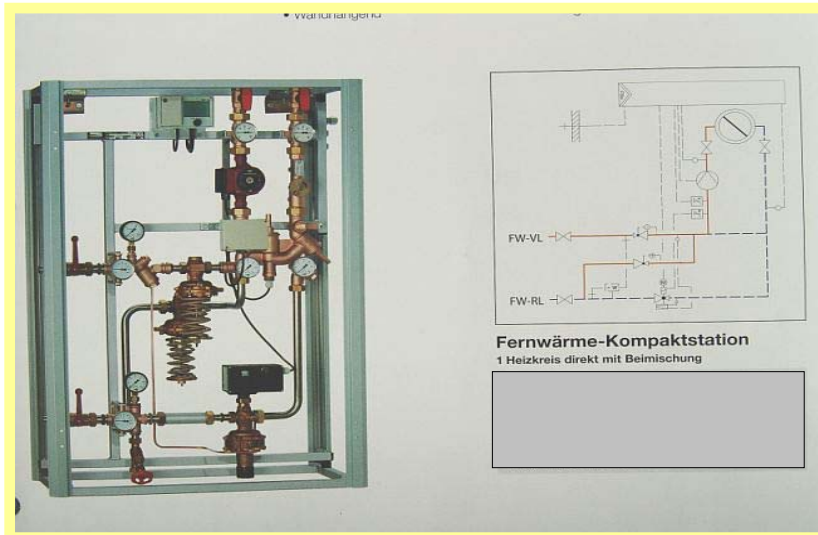


seibersdorf research

A.Witt



## Kompaktstation

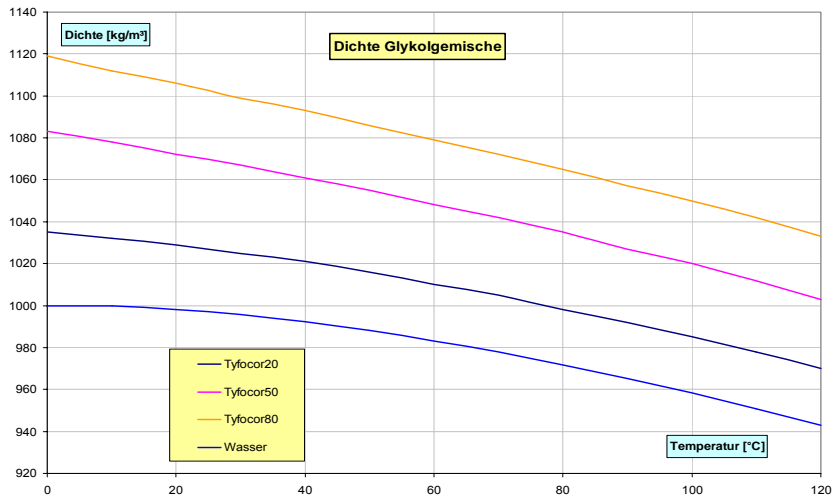


## Fernwärmeübergabestation



## Dichte von Ethylenglykolgemischen

EMATEM

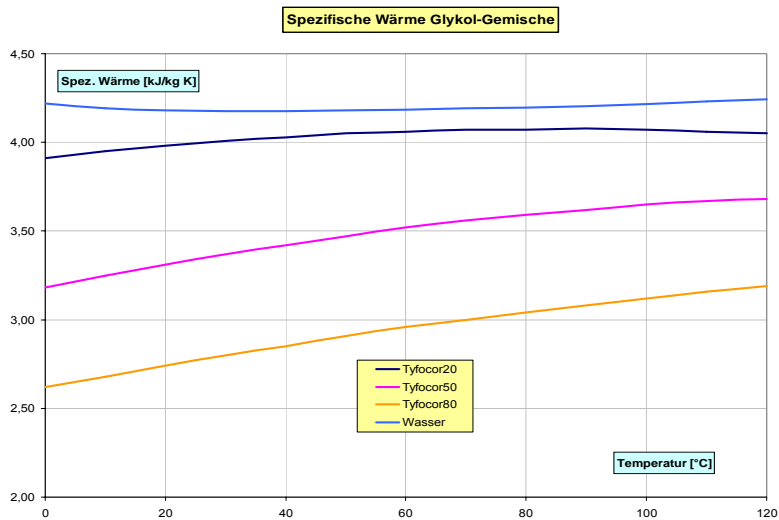


seibersdorf research

A.Witt

## Spezifische Wärme von Ethylenglykolgemischen

EMATEM



seibersdorf research

A.Witt

