

Einfluss von Verteilung und Regelung auf die Energieeffizienz der Heizungsanlage

Dipl.-phys. Sven Petersen
Uponor GmbH, Academy Norderstedt



Einfluss von Verteilung und Regelung auf die Energieeffizienz der Heizungsanlage

Agenda

1. Regelungstechnische Besonderheiten von Fußbodenheizungen
2. Der hydraulische Abgleich
3. Regelung bei der Fußbodenkühlung
4. Fußbodenheizung/-kühlung und die Wärmepumpe





Regelfähigkeit \neq Trägheit

- Außenklima
- Sonnenschein
- Personenlast
- Beleuchtung

Regelung
Gebäudeeigenschaften

⇒ Selbstregeleffekt

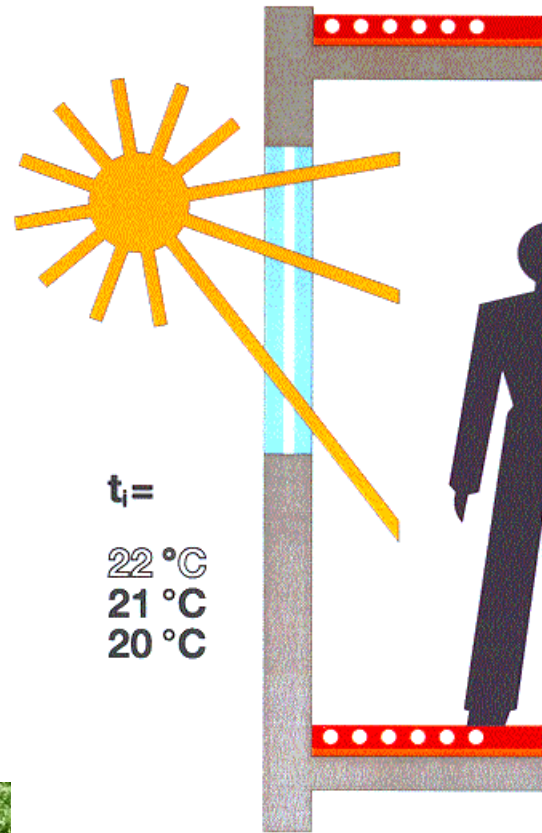


GET Nord

BDH
Bundesindustrieverband Deutschland
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.



Selbstreguleffekt



beim Anstieg der
Innentemperatur von 20°C
auf 22°C

Oberboden 26°C: 33%

Oberboden 24°C: 50%

Oberboden 22°C: 100%





Selbstregelleffekt

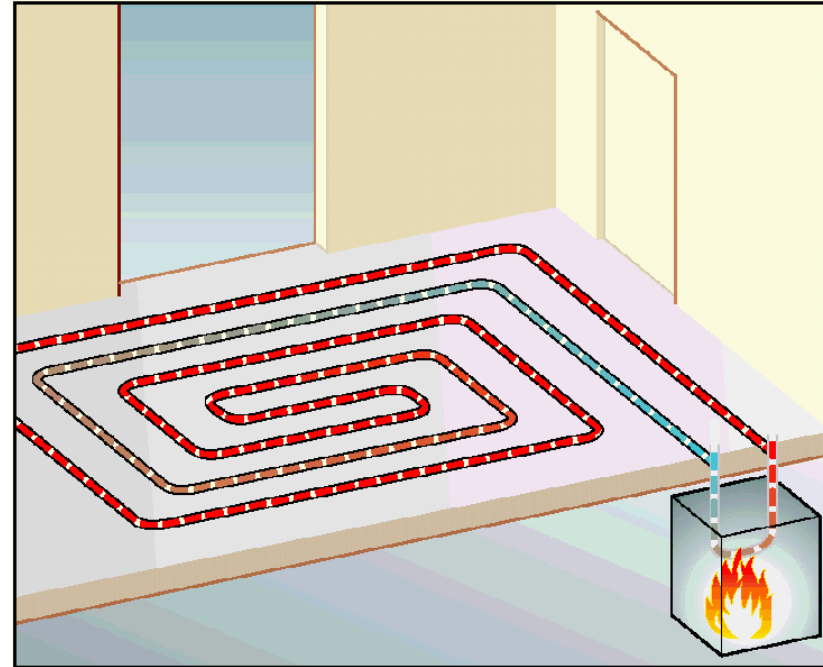
Konstante Situation:

Raumtemperatur: 20°C ;

Fußbodentemperatur $\text{ca. } 23^{\circ}\text{C}$

Leistung über die

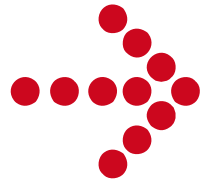
Fußbodenheizung 33 W/m^2



GET Nord

BDH

Bundesindustrieverband Deutschland
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.



Selbstreguleffekt

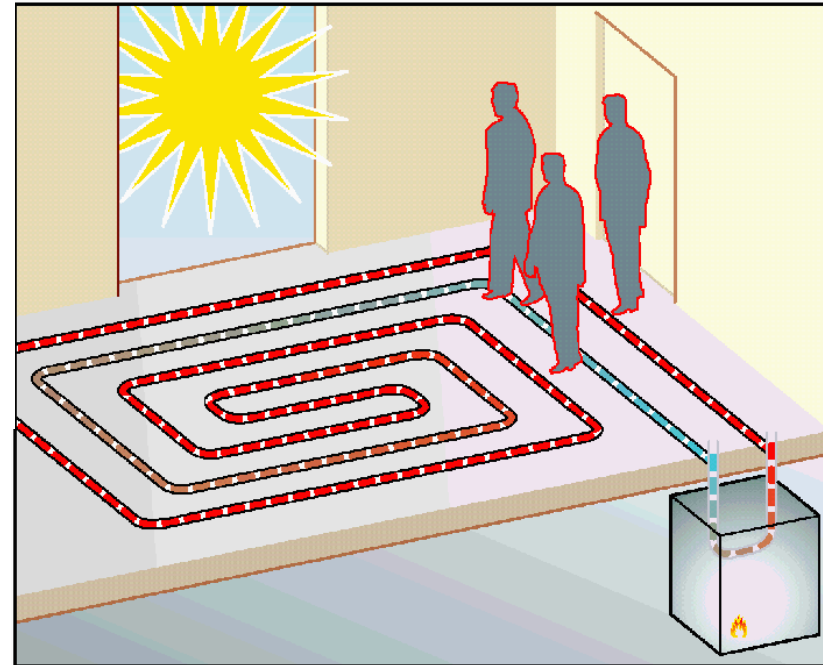
Zusätzliche Fremdwärme:

Raumtemperatur: 23°C

Fußbodentemperatur ca. 23°C

Leistung über die

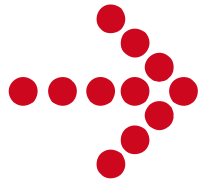
Fußbodenheizung 0 W/m²



GET Nord

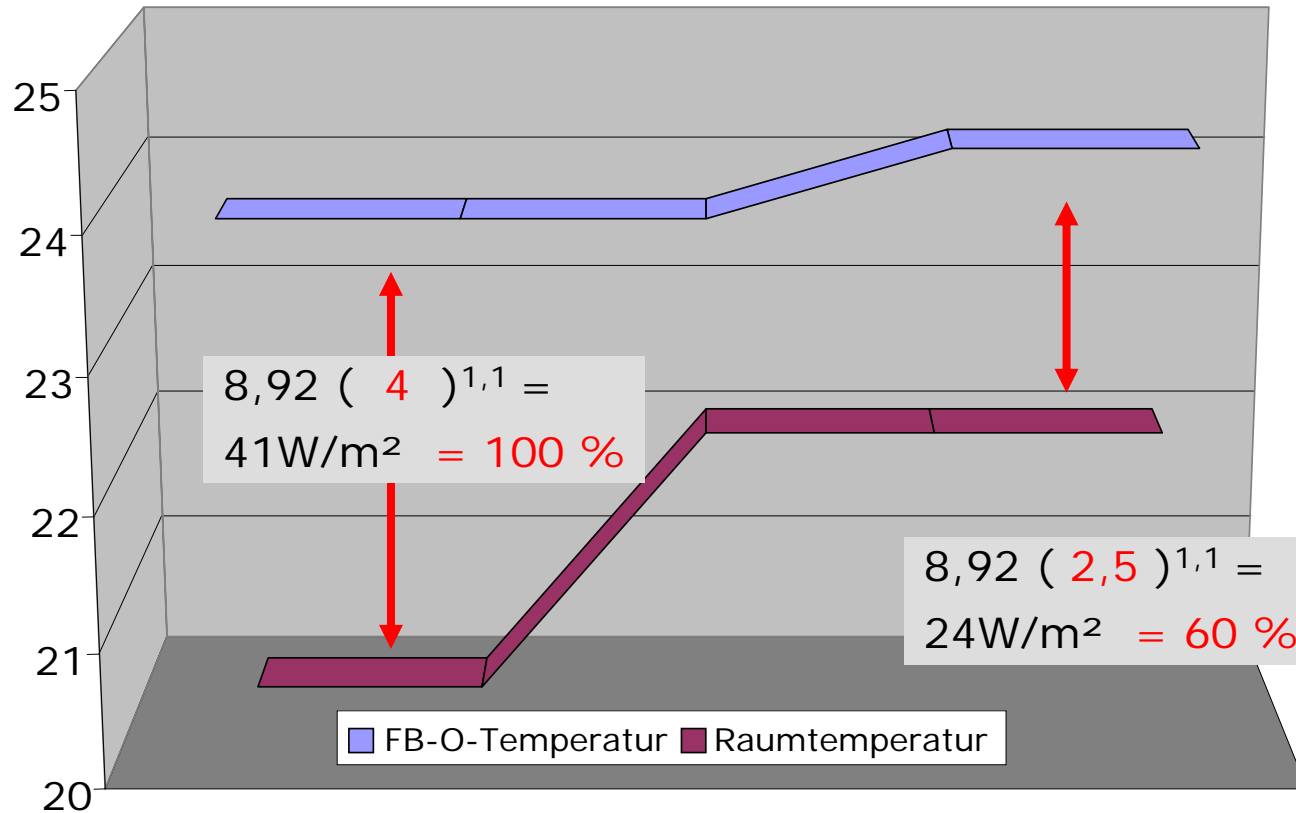
BDH

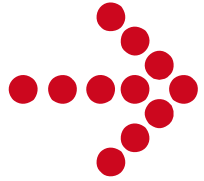
Bundesindustrieverband Deutschland
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.



Selbstreguleffekt

Basiskennlinie: $q = 8,92 (t_{FB,m} - t_i)^{1,1}$





Regelfähigkeit \neq Trägheit

- Speicherfähigkeit Gebäude
- Speicherfähigkeit Heizsystem
- Regelungsprinzip Heizsystem
- Absenkung

Gebäudeeigenschaften

Regelung

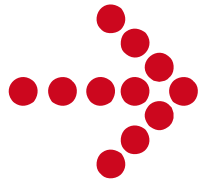
Nutzerverhalten

\Rightarrow keine Absenkung

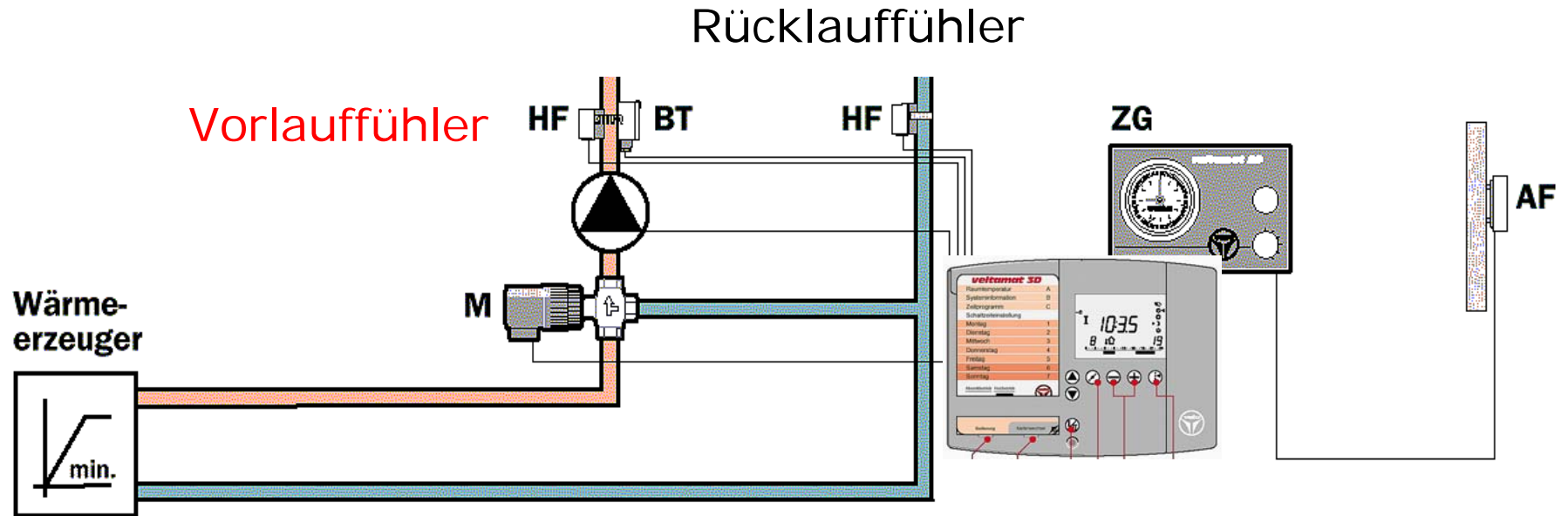


GET Nord

BDH
Bundesindustrieverband Deutschland
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.



Das Doppelfühlerprinzip

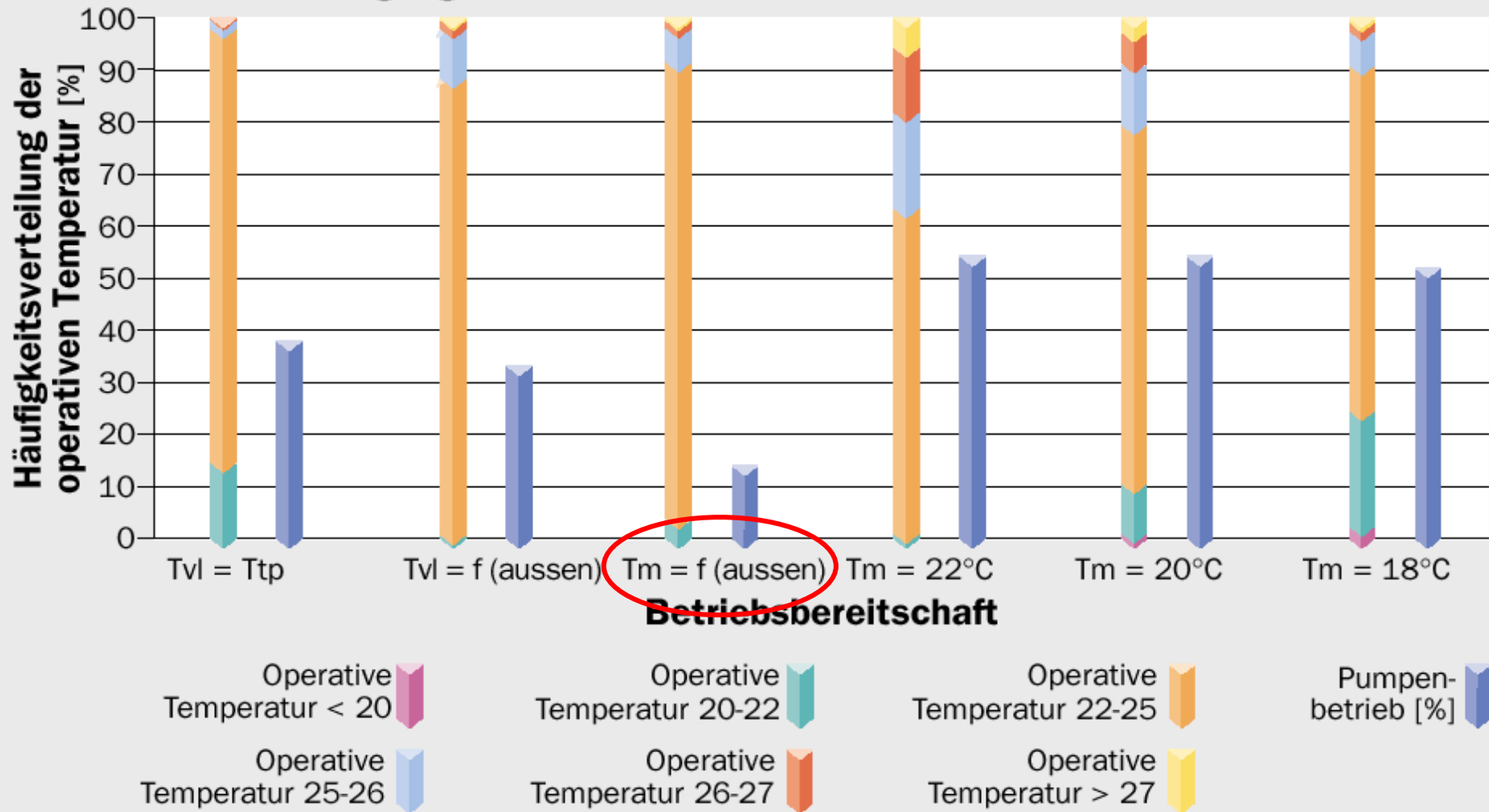


GET Nord

BDH

Bundesindustrieverband Deutschland
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.

Mai bis September – Verschiedene Regelungsstrategien unter Berücksichtigung einer Betriebsbereitschaft von 18:00 - 06:00 Uhr

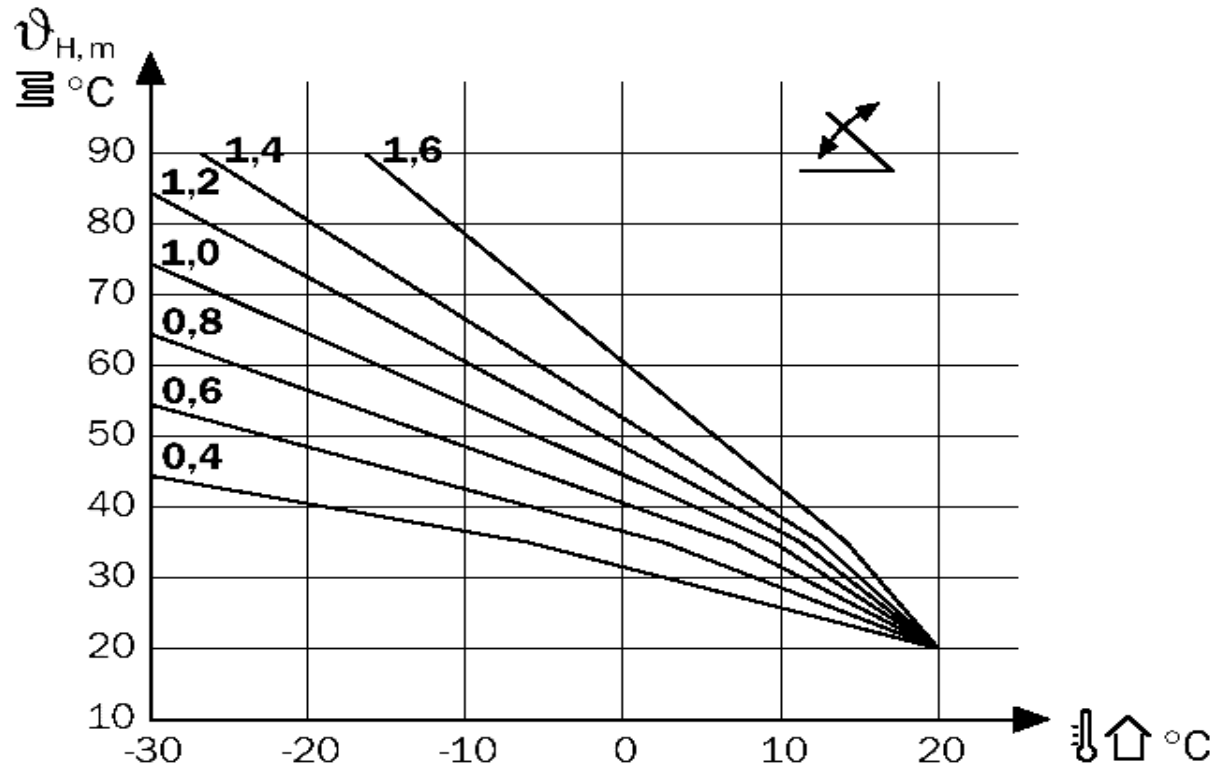




Heizungsregler 3D

Fußbodenheizungsgerechter Heizkörperexponent

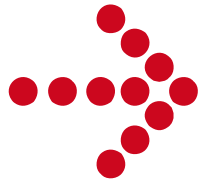
$n = 1,1$



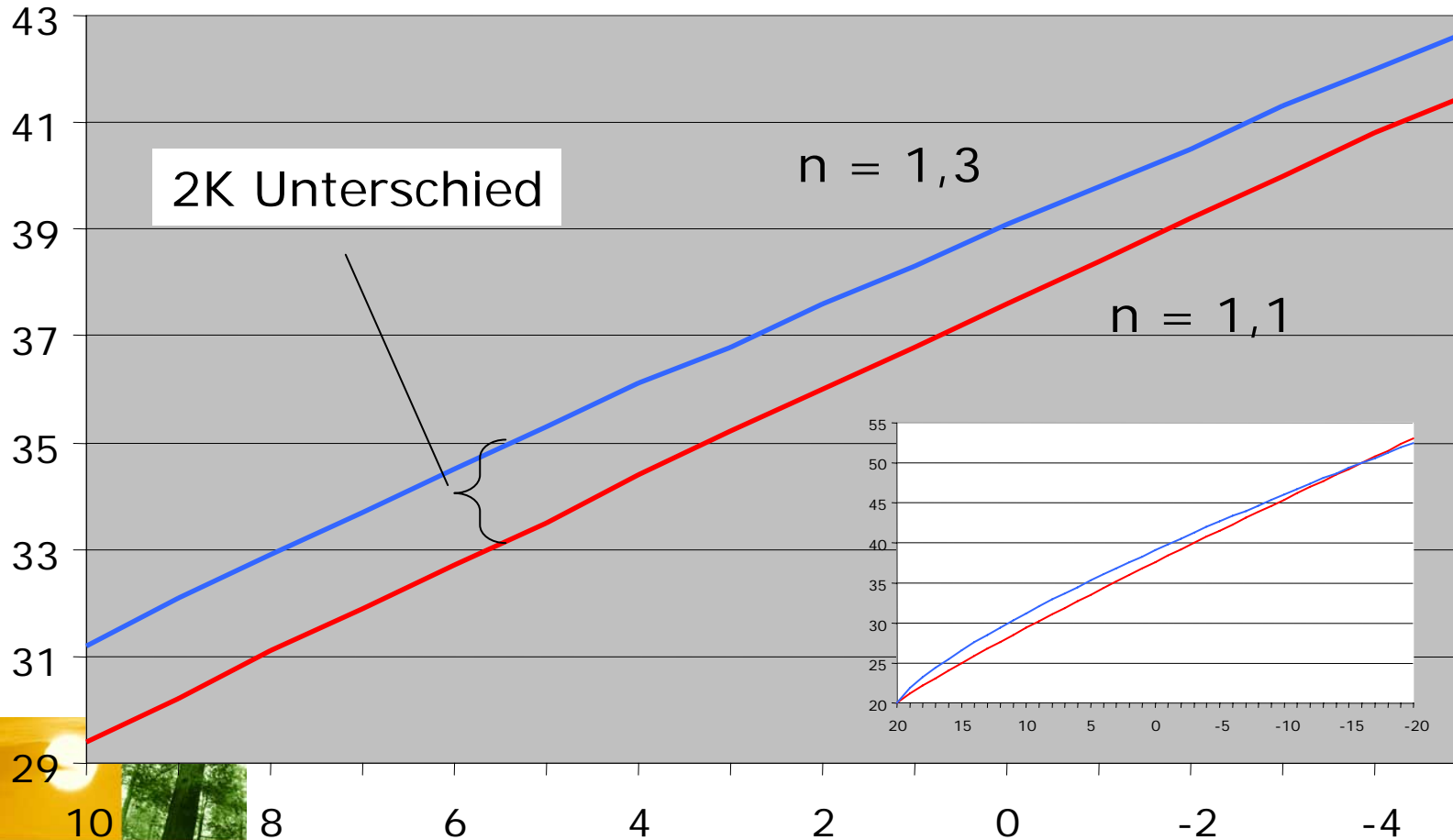
GET Nord

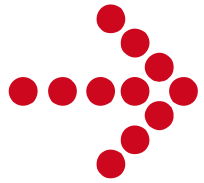
BDH

Bundesindustrieverband Deutschland
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.

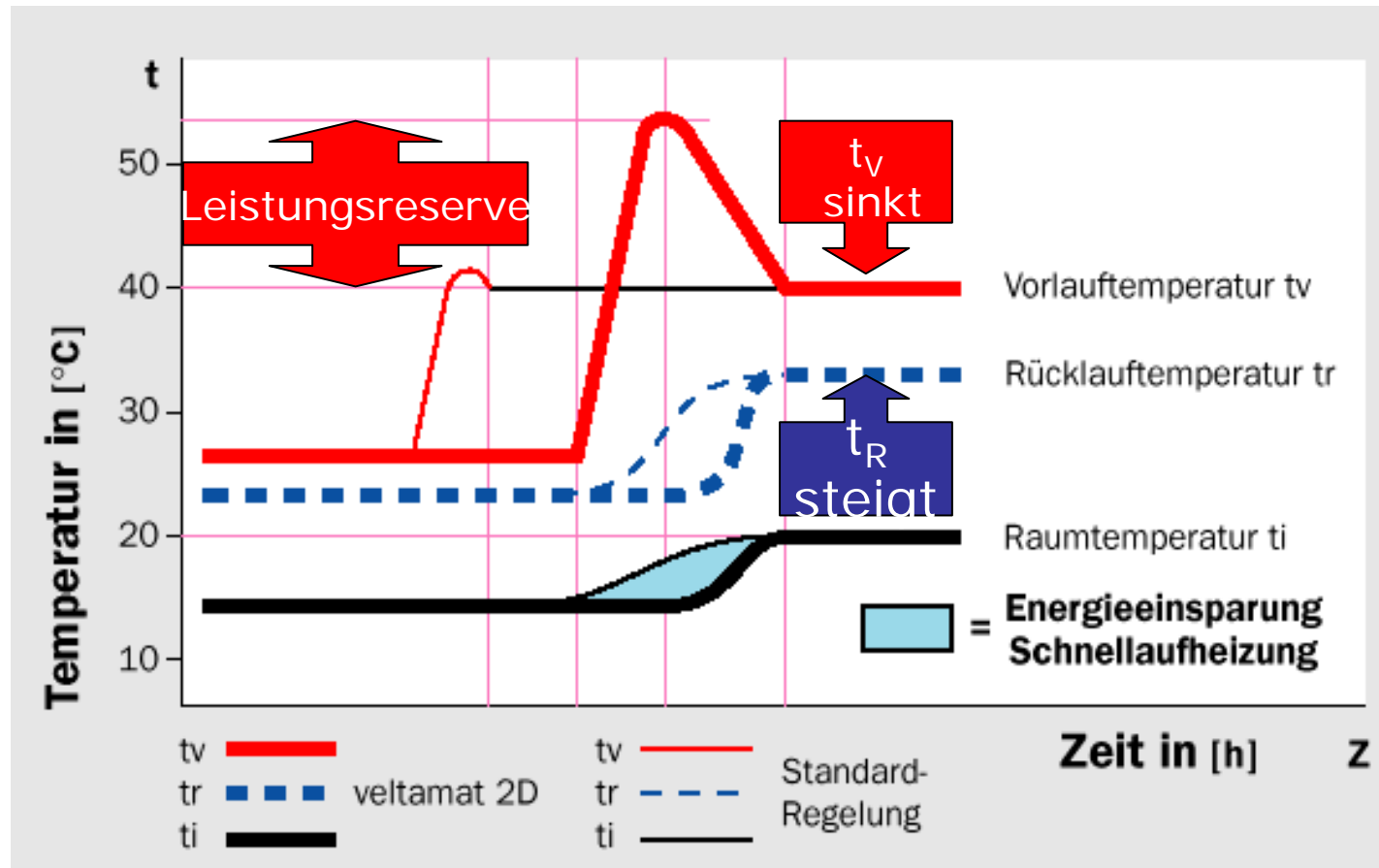


Einfluss des Heizkörperexponenten



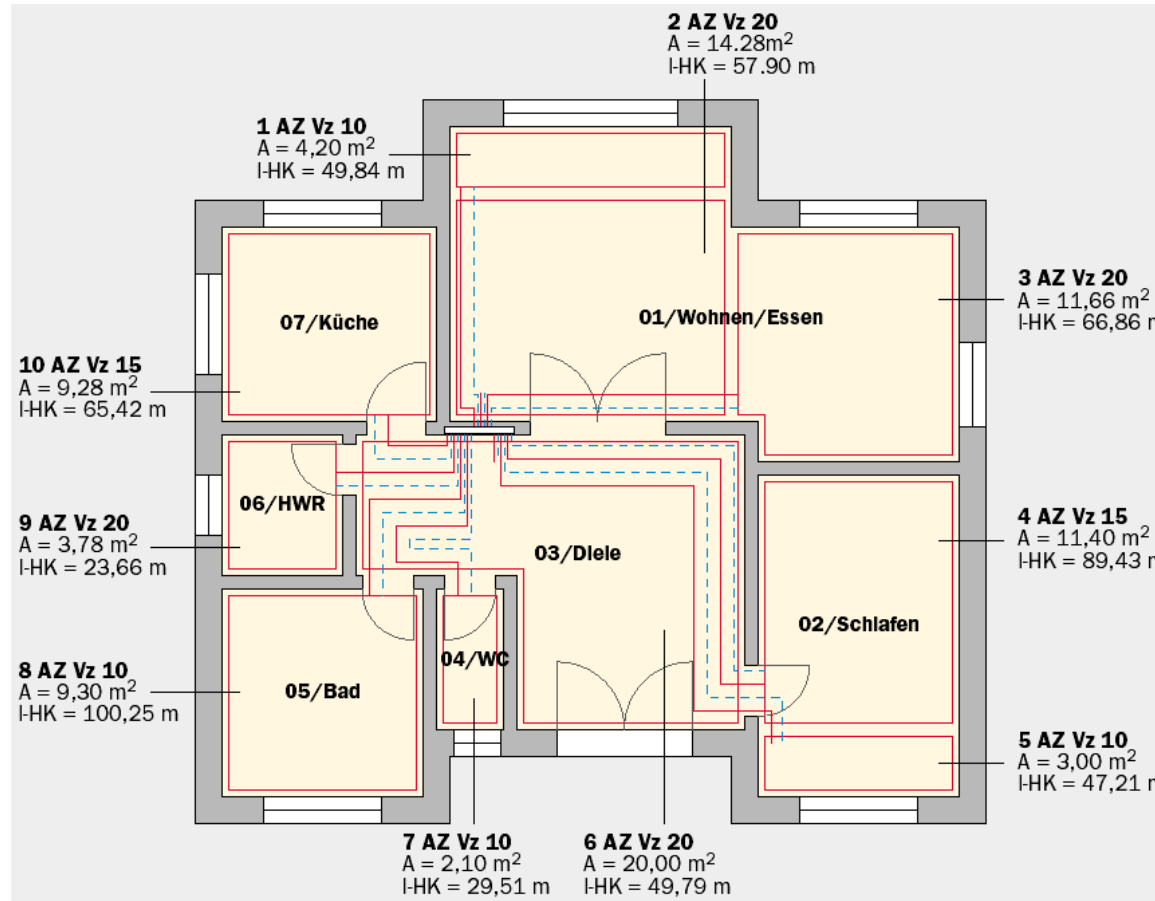


Prinzip der Schnellaufheizung





Hydraulischer Abgleich



GET Nord

BDH

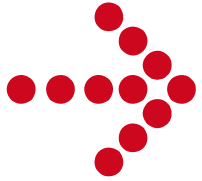
Bundesindustrieverband Deutschland
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.



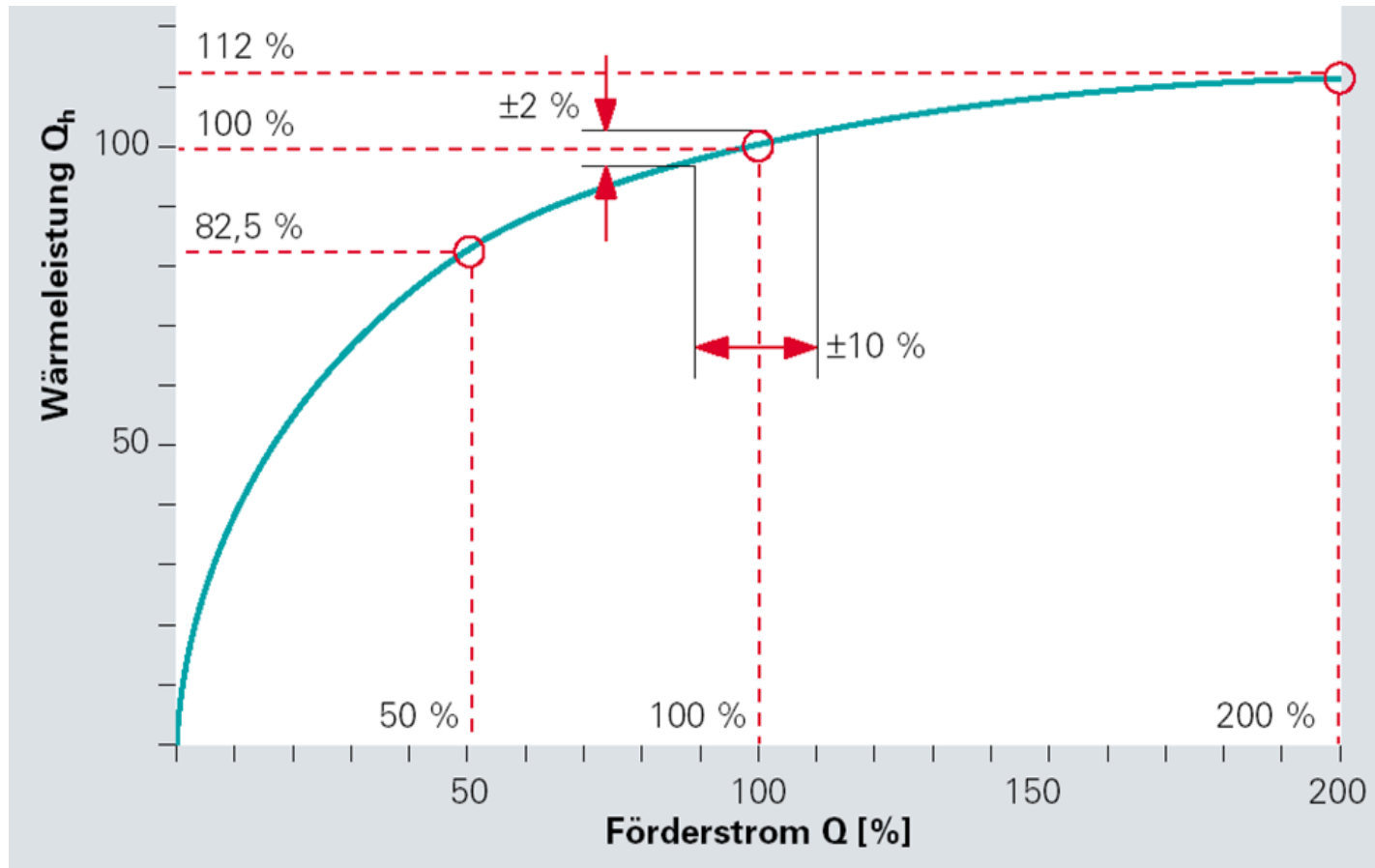
Effekt eines nicht durchgeführten hydraulischen Abgleichs

berechnete Wassermenge bei korrektem hydraulischen Abgleich [kg/h]	Wassermenge bei 55 mbar Druckverlust [kg/h]	Änderung der Wassermenge	Änderung der Wärmeabgabe
21,4	65	204%	12%
117,9	59	-50%	-17,5%
122,4	53	-57%	-17%
18,3	65	255%	13%
97,4	46	-53%	-17%
62,8	65	4%	0%
4,5	88	1856%	27%
73,5	43	-41%	-25%
16,3	100	513%	20%
105,7	54	-49%	-17%





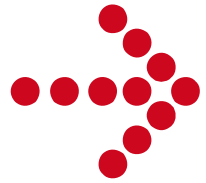
Abhängigkeit zwischen Förderstrom und Wärmeleistung



GET Nord

BDH

Bundesindustrieverband Deutschland
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.



Drehzahl Affinitätsgesetze

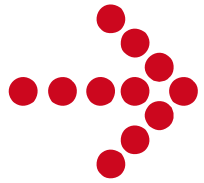
• Das Affinitätsgesetz beschreibt die Drehzahlabhängigkeit der Förderkenngrößen von Kreiselpumpen. Es lässt sich aus den allgemeinen Ähnlichkeitsbeziehungen als Sonderfall herleiten. Es gilt:

• 1. Modellgesetz $Q_2 = \frac{n_2}{n_1} \cdot Q_1$

2. Modellgesetz $H_2 = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \cdot H_1$

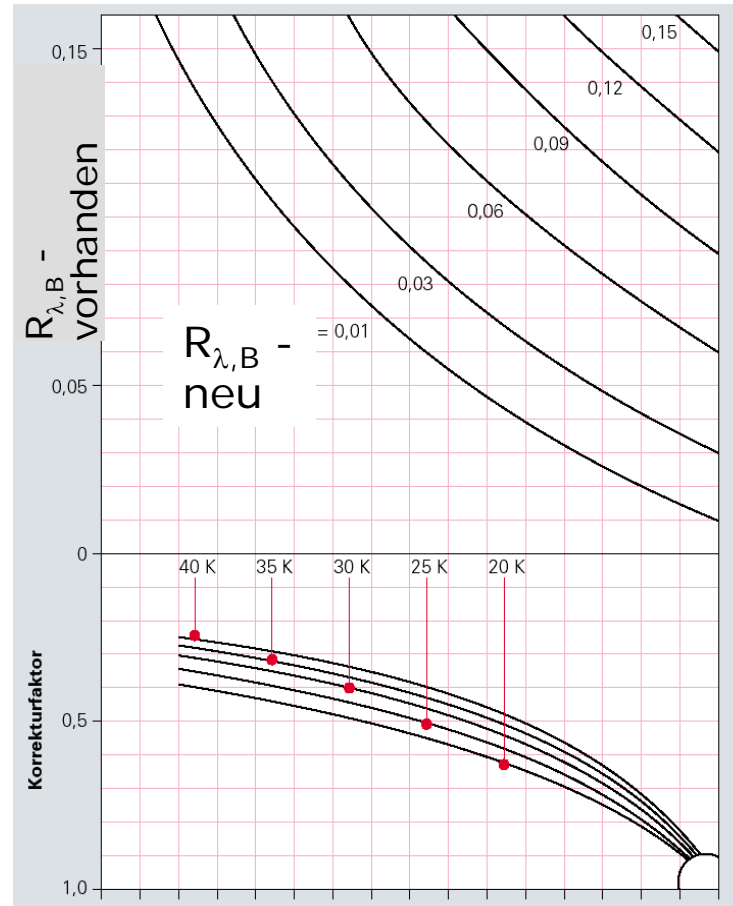
3. Modellgesetz $P_2 = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 \cdot P_1$





Abhängigkeit zwischen Förderstrom und Oberbodenbelag

$$\Delta T = (T_{Hm} - T_i) \text{ [K]}$$

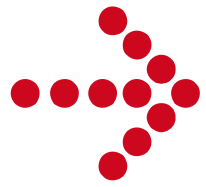




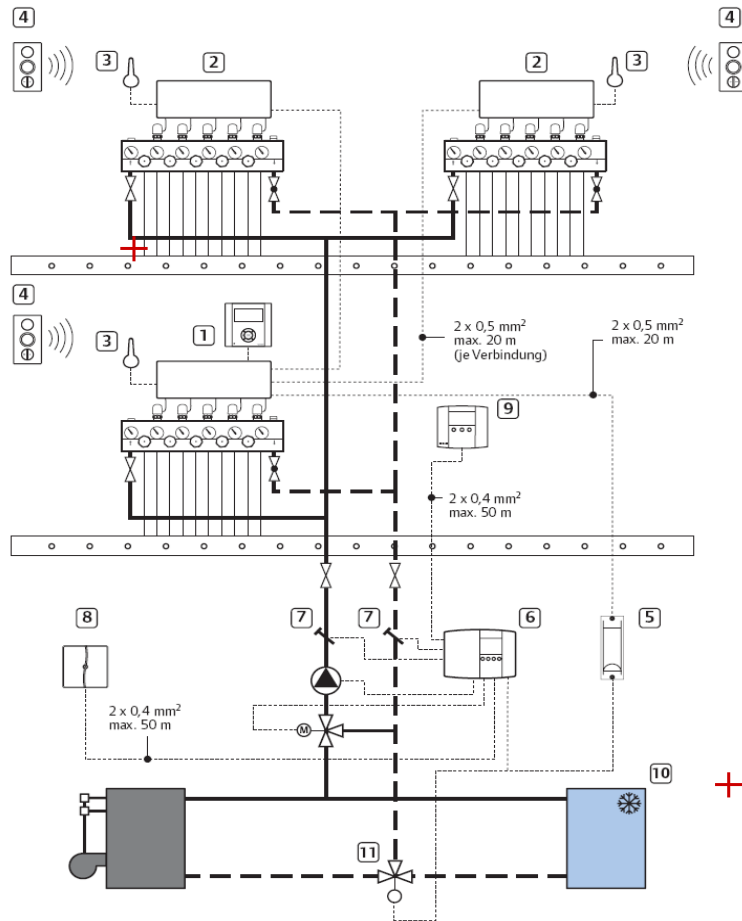
Energieeffizienz des hydraulischen Abgleichs

Maßnahme	Energieeinsparung in kWh/(m ² a)	Investition in €/m ²
Dämmung (Dach, Kellerdecke, Außenwand)	50 ... 150	50 ... 250
Fenster	20 ... 50	30 ... 150
Kesseltausch	20 ... 120	20 ... 80
Komfortlüftung	10 ... 25 (max)	20 ... 70
Solare Trinkwassererwärmung	5 ... 20 (max)	35 ... 50
Solare Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung	10 ... 25 (max)	50 ... 80
Hydraulischer Abgleich und Heizungsoptimierung nach baulicher Modernisierung	10 ... 20	1 ... 6





Regelung bei der Fußbodenkühlung



Erläuterungen:

- 1 Funk-Basiseinheit
- 2 Funk-Regelmodul C-55
- 3 Antenne
- 4 Funk-Raumfühler
- 5 Schaltmodul H/K
- 6 Heizungsregler 3D mit Kühlkarte 3D-K
- 7 Fühler ESMB
- 8 Außenfühler ESMT
- 9 Fernbedienung Heizen/Kühlen
- 10 Kaltwassersatz
- 11 Umschaltventil

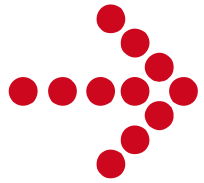
+ Optimierung der FBH



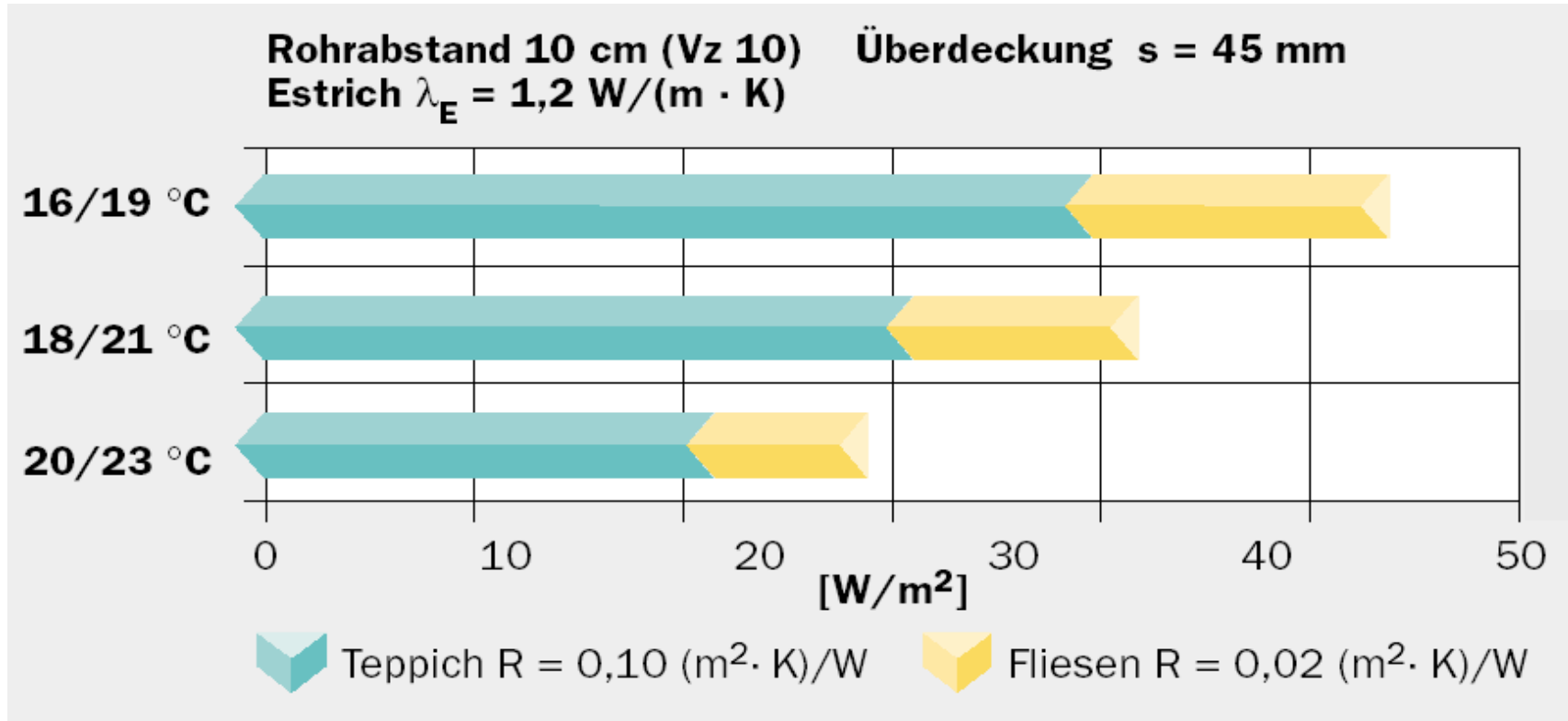
GET Nord

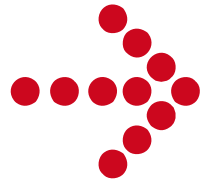
BDH

Bundesindustrieverband Deutschland
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.



Leistungen der Fußbodenkühlung





Uponor Funk-Einzelraumregelung

- C-55, Regelmodul

- I-75, Bedienmodul

- dazu:

Externe Antenne
Leitungen
Montagematerial
Anleitungen



GET Nord

BDH

Bundesindustrieverband Deutschland
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.



Uponor Einzelraumregelung



Regelmodul C-33

Für **6** Raumfühler T-33, T-35, T-37 und max. 8 Thermoantrieben TA/TR **24 V**.

- Pumpenlogik
- Ventilintervall
- Überlastschutz

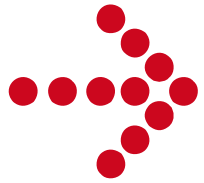


Regelmodul C-35 wie C-33, mit:

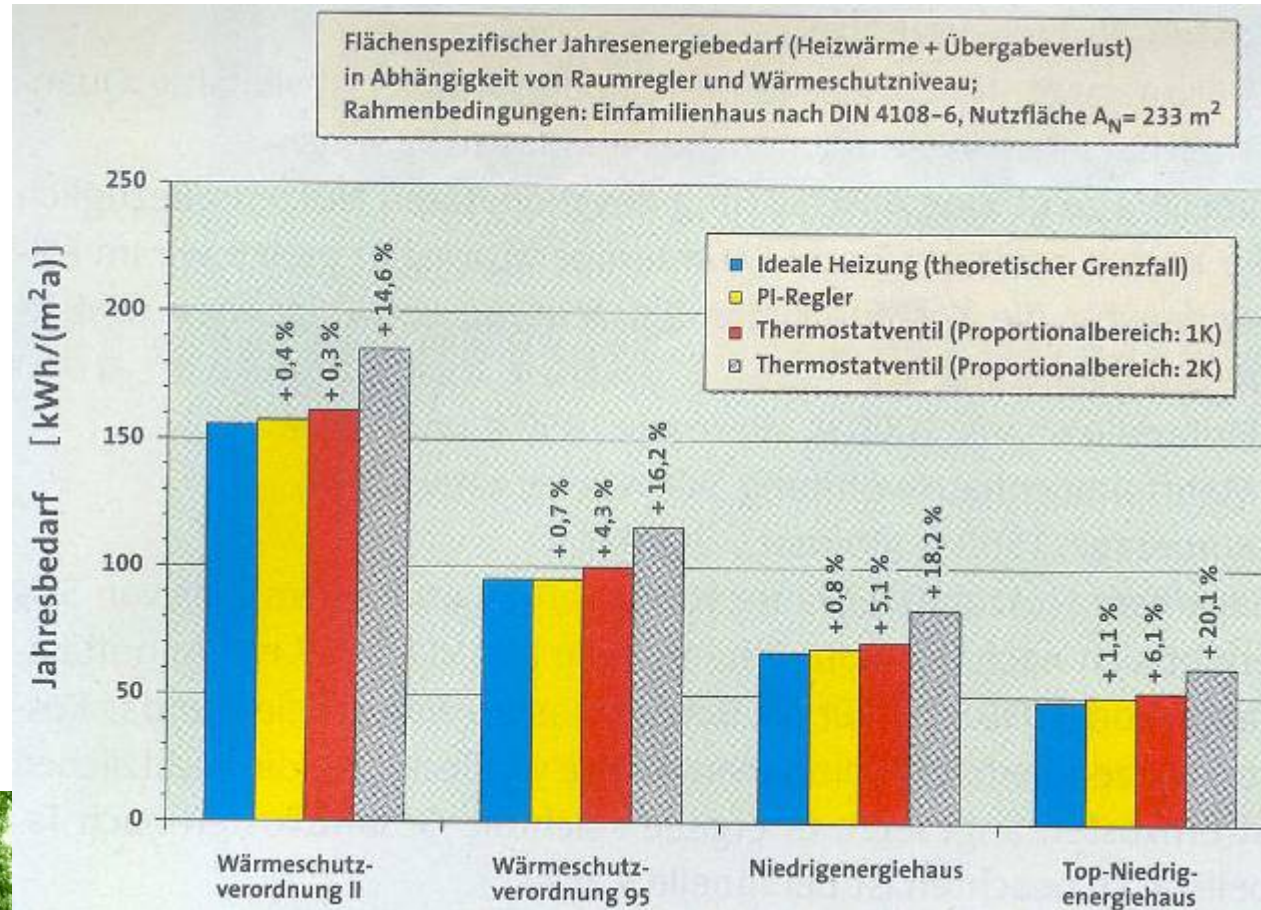
Für **12** Raumfühlern T-33, T-35, T-37 und max. 14 Thermoantrieben TA/TR **24 V**.

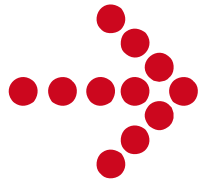
- Heizen/Kühlen** potenzialfrei umstellbar durch externes Signal
- geeignet zum Anschluss der **Schaltuhr I-35**





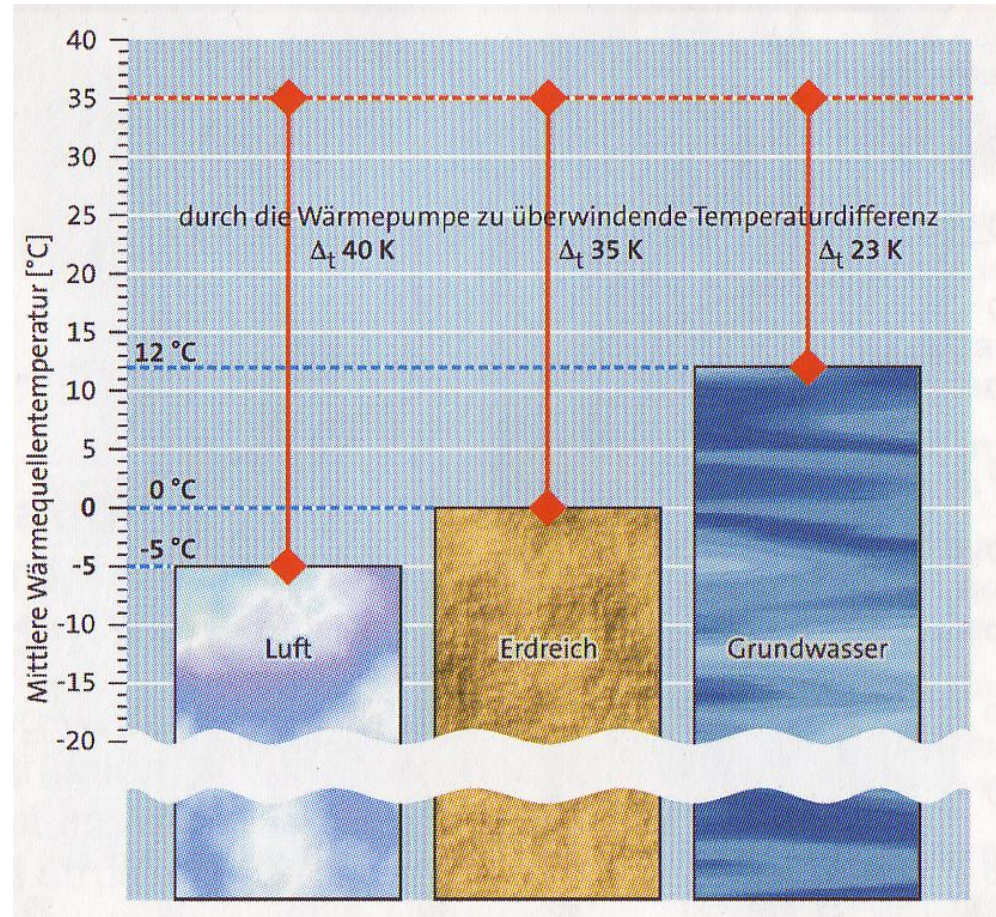
Energieeffizienz von Einzelraumregelungen





Heizen und Kühlen in einem System \Rightarrow Wärmepumpen

Wärmequellen:
unterschiedliche
Temperaturdifferenzen



Auslegungsdiagramm

$$\Delta\Theta_H = 19,5^\circ\text{C}$$

$$\Theta_{HM} = 39,5^\circ\text{C}$$

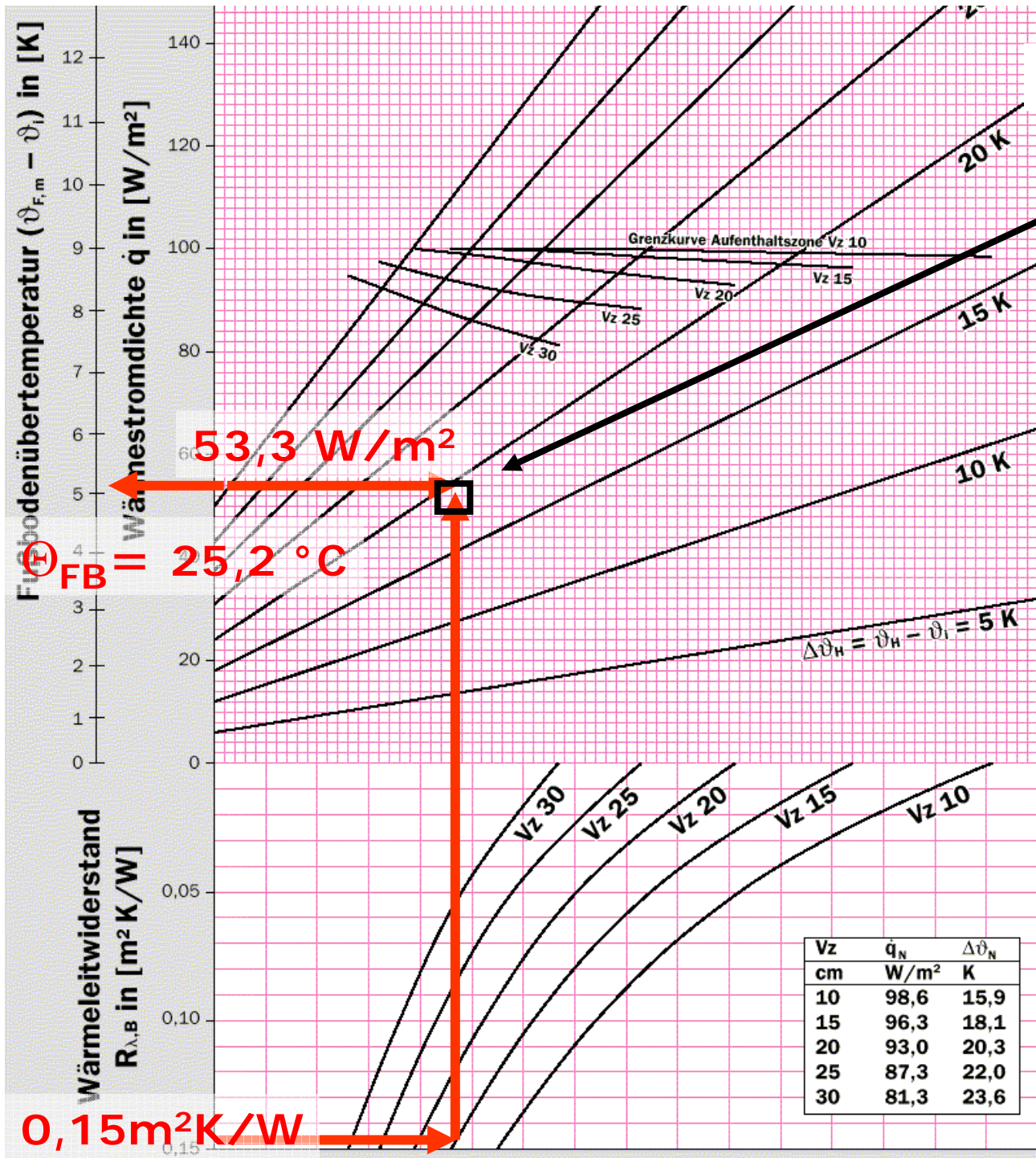
$$\Theta_{Vdes} = 42,0^\circ\text{C}$$

Voraussetzung:
ZE + VD 450/
450N/550N

Tecto

$S_{\ddot{U}} = 45 \text{ mm}$

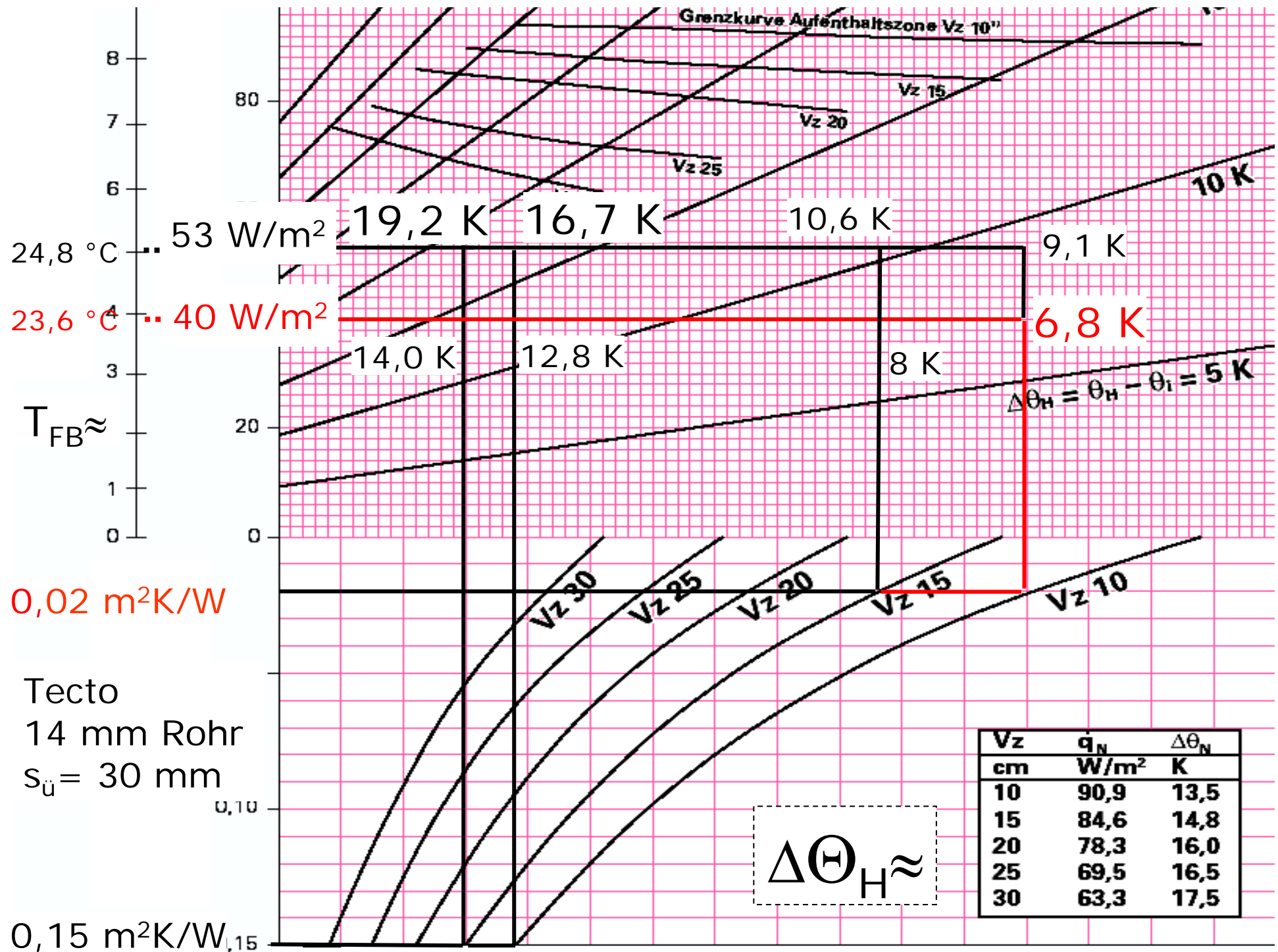
$\lambda_{\ddot{U}} = 1,2 \text{ W/mK}$



$0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$

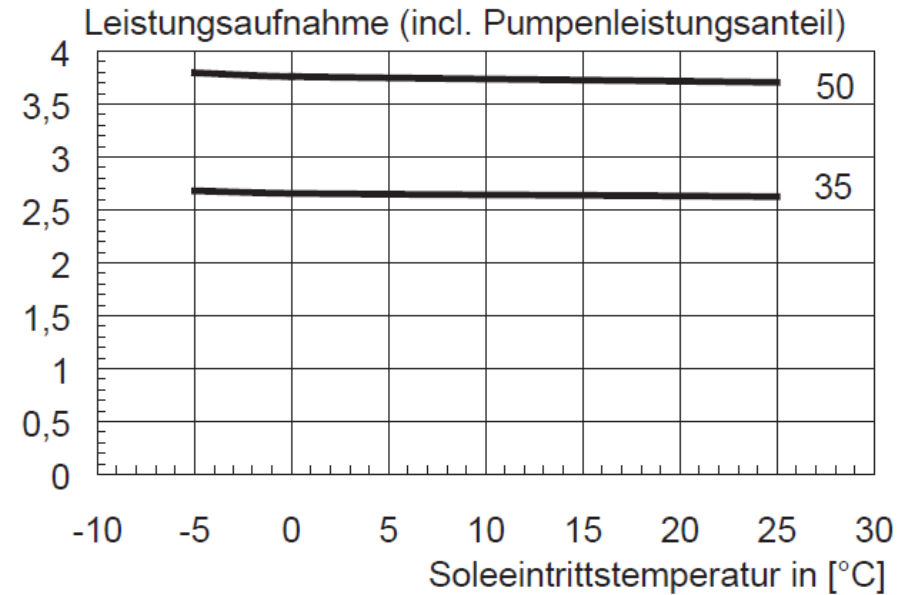
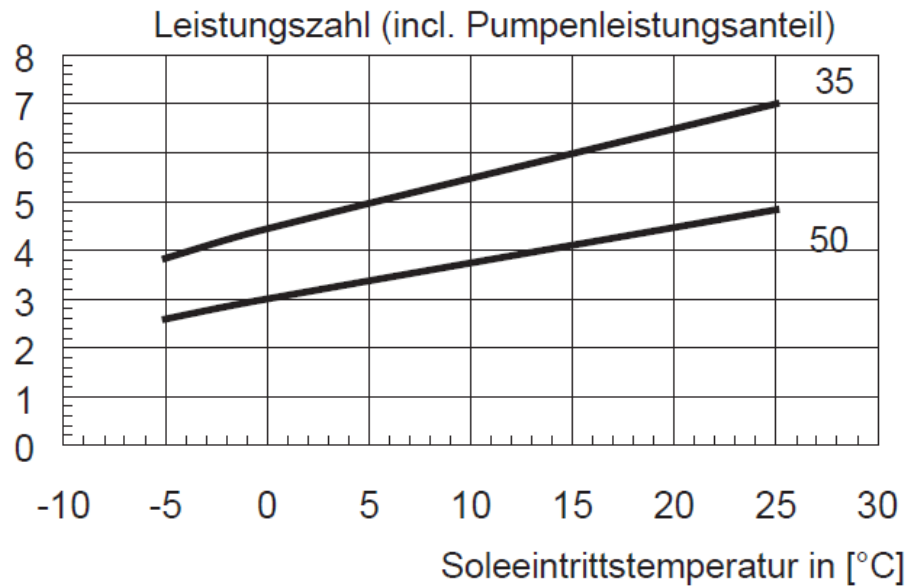
$\Theta_{FB} = 25,2^\circ\text{C}$

$53,3 \text{ W/m}^2$





Entwicklung der Leistungszahl



Für Uponor WP H/K SWP 12 K

GET Nord

BDH
Bundesindustrieverband Deutschland
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.



Konsequenz

- 35°C im Verhältnis zu 42,5°C bei 0°C Sole:
- Leistungszahl steigt von ca. 3,7 auf 4,4
- Leistungsaufnahme steigt von 2,7 auf 3,2 kW

- Mehrkosten durch einen anderen Oberbodenbelag:
- $0,5 \text{ KW} \times 1800\text{h/a} \times 0,1521 \text{ €/KWh} \approx \underline{\underline{137 \text{ €/a}}}$



GET Nord

BDH
Bundesindustrieverband Deutschland
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.

Herzlichen Dank

für Ihre Aufmerksamkeit



GET Nord

BDH
Bundesindustrieverband Deutschland
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.