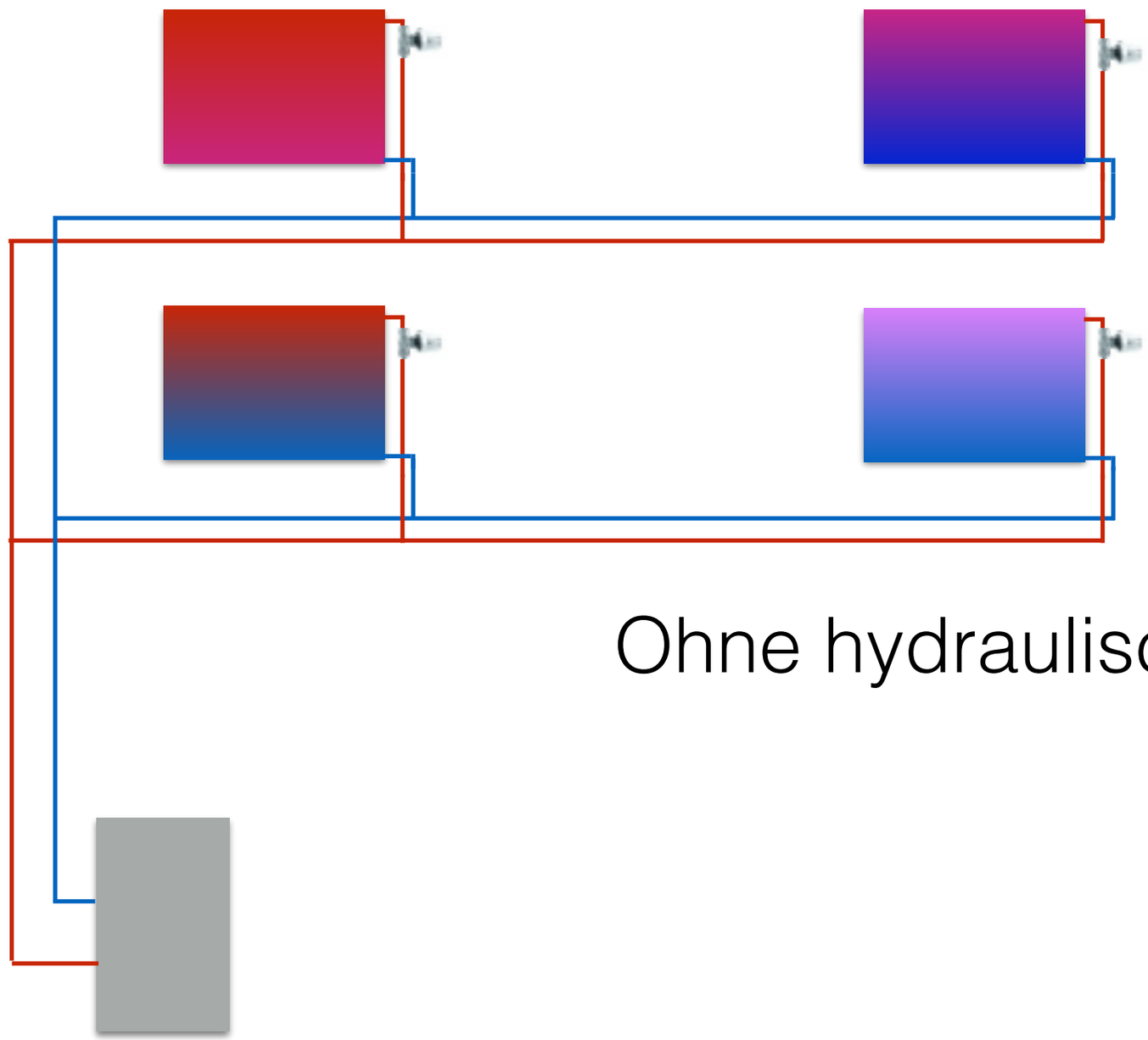
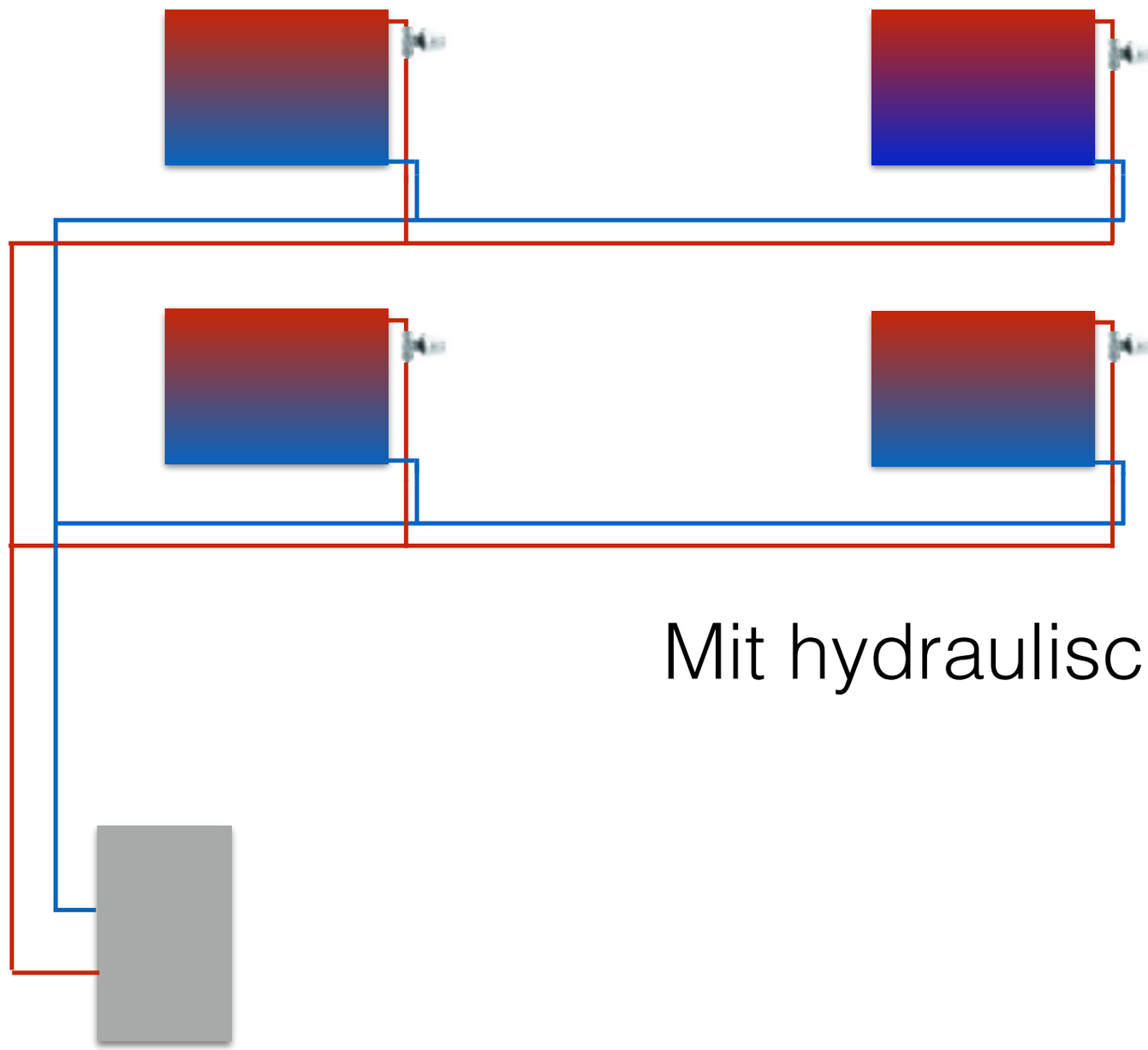
Hydraulischer Abgleich



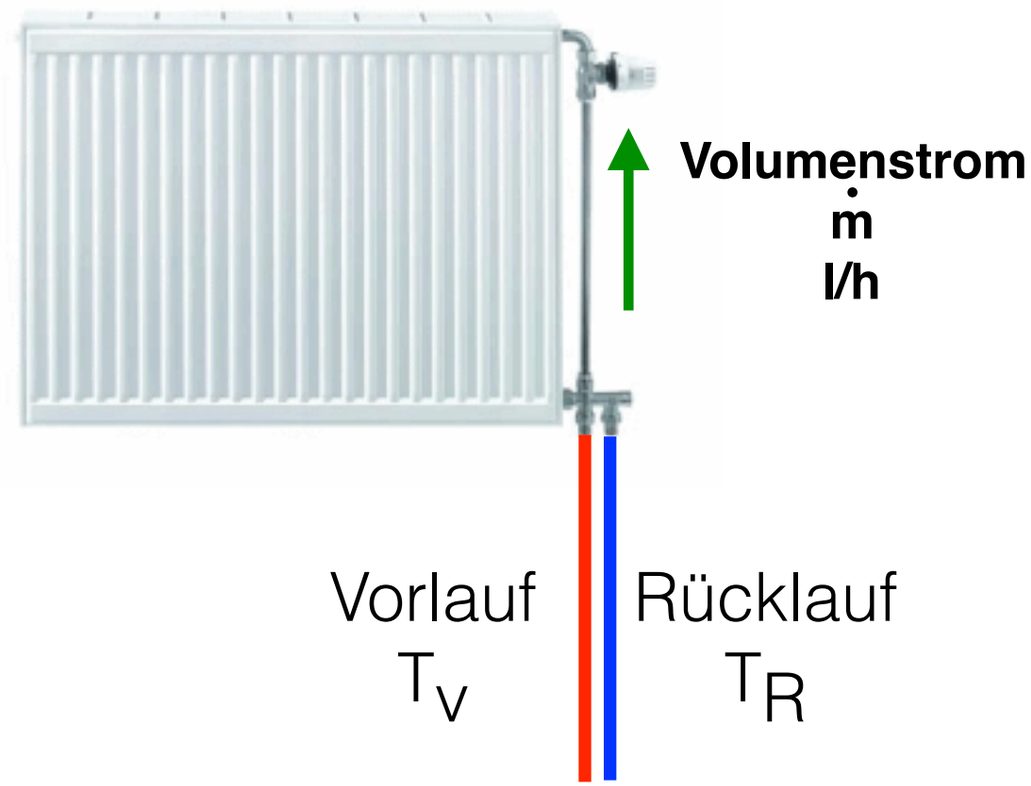
Ohne hydraulischen Abgleich

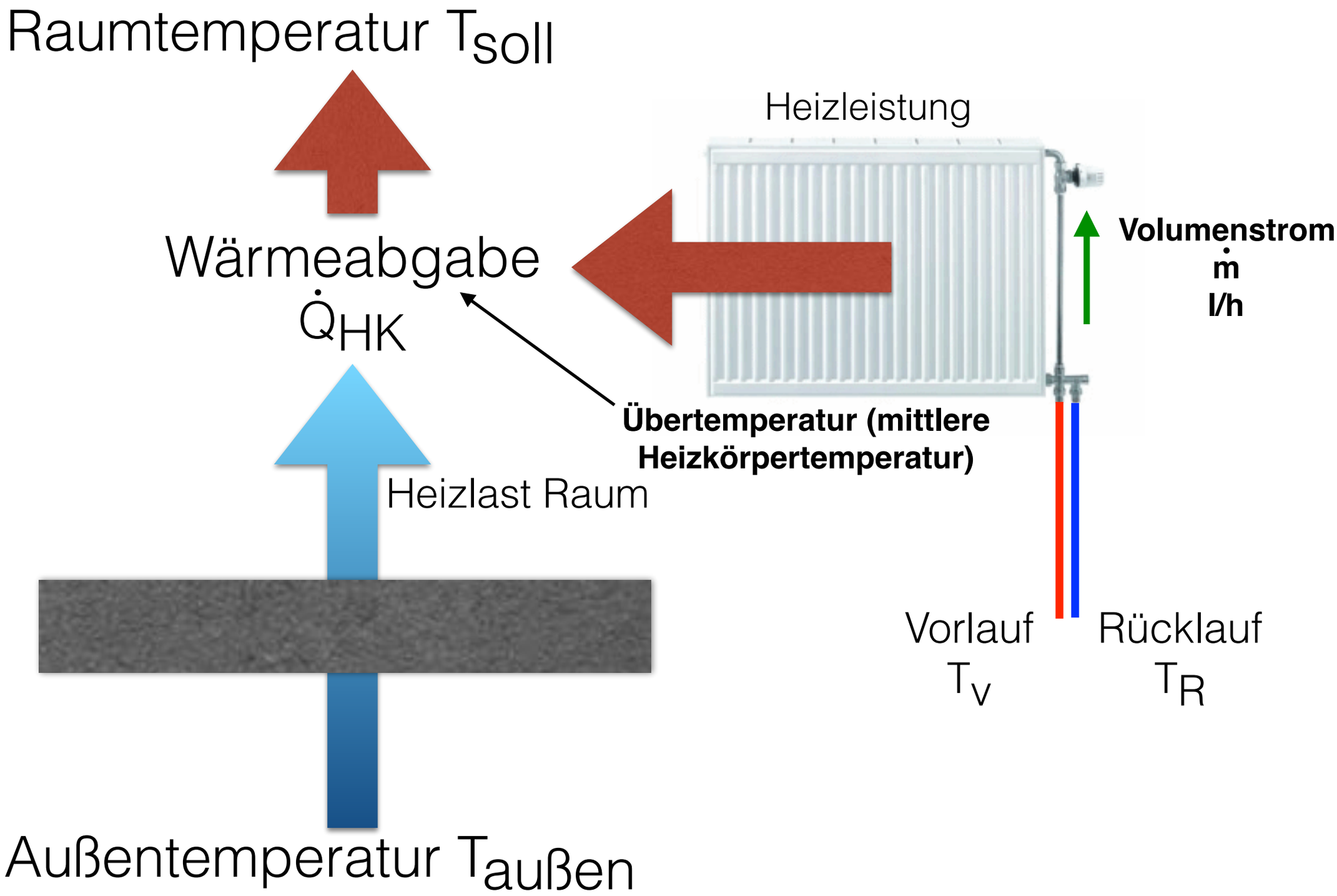


Mit hydraulischen Abgleich

Warmes Wasser fließt durch den Heizkörper und erwärmt diesen - Wärme wird an den Raum abgegeben - kälteres Wasser fließt zurück zur Heizung um dort wieder erwärmt zu werden.

Nur richtige Menge Wasser erzeugt die gewünschte Raumtemperatur.

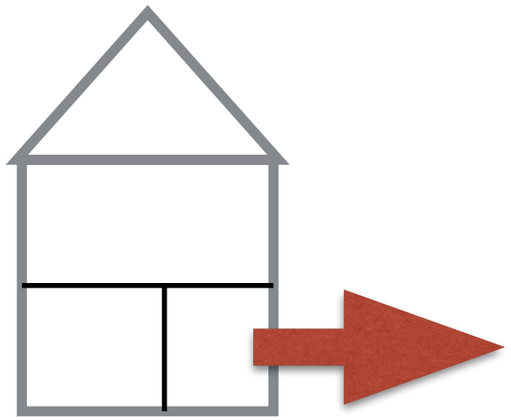



Raumtemperatur T_{Soll}
Heizleistung
Wärmeabgabe
$\dot{Q}_{HK}$
Volumenstrom
$\dot{m}$
l/h
Übertemperatur (mittlere Heizkörpertemperatur)
Heizlast Raum
Vorlauf
T_V
Rücklauf
T_R
Außentemperatur $T_{außen}$

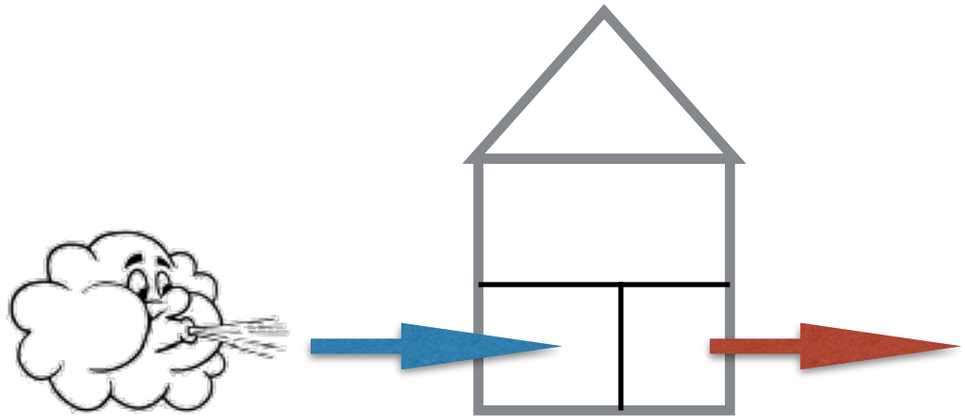
Heizlast des Raums bestimmen

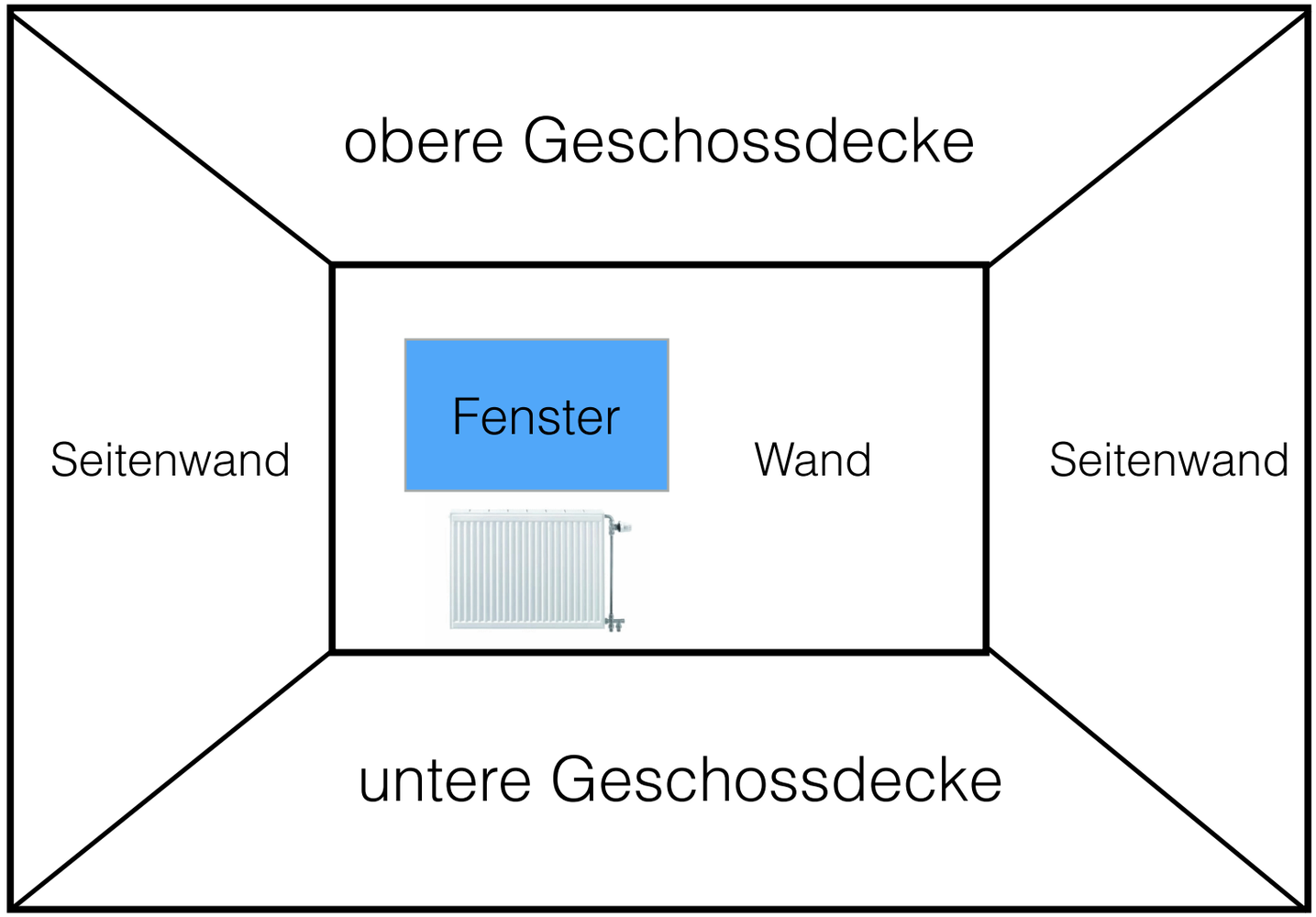
Wärmeverlust besteht aus zwei Teilen:

Wärmeverlust durch Transmission



Lüftungswärmeverluste





Jeder Raum besteht aus vier Wänden mit Türen und Fenstern, unterer Geschossdecke, oberer Geschossdecke

Wände zwischen Räumen mit **gleicher** Raumtemperatur übertragen keine Wärme und werden nicht berücksichtigt.

für jede Schicht eines Bauteils muss der Wärmedurchlasswiderstand R ermittelt werden:

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

R = Wärmedurchlasswiderstand in $(m^2*K)/W$

d = Dicke der Bauteilschicht in m

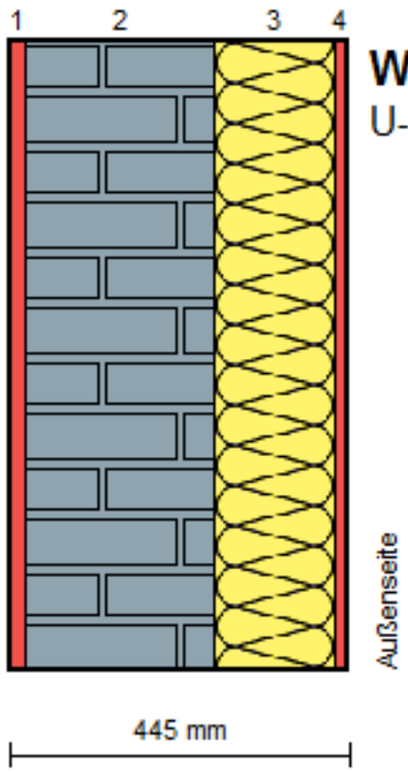
λ = Wärmeleitfähigkeit in W/(m*K)

Wärmedurchgangswiderstand des gesamten Bauteils:

$$R_T = R_{si} + \sum_{i=1}^{n} R_i + R_{se}$$

Rsi	Wärmeübergangswiderstand an der Bauteilinnenseite [(m²*K)/W]
Rse	Wärmeübergangswiderstand an der Bauteilaußenseite [(m²*K)/W]
Ri	Wärmeduchlasswiderstand der i-ten Schicht [(m²*K)/W]

Beispiel: Außenwand



Wand

U-Wert = 0,185 W/m²K

1: 20 mm, Gipsputz
2: 250 mm, Klinker
3: 160 mm, Polystyrolschaum
4: 15 mm, Kalk - Gipsputz

Schicht	Material	d [cm]	λ [W/(m*K)]	R_i [(m²K)/W]
1	Gipsputz	2	0,57	0,0351
2	Klinker	25	1,4	0,1786
3	Polystrolschaum	16	0,032	5,0000
4	Kalk-Gipsputz	1,5	0,58	0,0259
	Gesamt	**44,5**		**5,2395**
			R_{si}	0,1300
			R_{se}	0,0400
			R_T	5,4095

Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$H_T = \sum_{i=1}^{n}(A_i * U_i * F_{xi}) + H_{WB} + \Delta H_{T,FH}$$

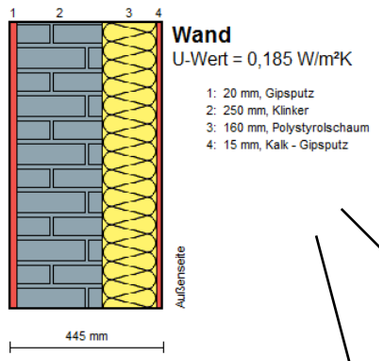
A_i	wärmeübertragende Umfassungsfläche [m²]
U_i	zugehöriger U-Wert [W/(m²K]
F_{xi}	Temperatur-Korrekturfaktor gemäß DIN V 4108-6
H_{WB}	Wärmebrückenzuschlag 0,10 * A (allgemein), 0,05 * A (Details nach DIN 4108 Bbl. 2) oder genaue Berechnung
$\Delta H_{T,FH}$	spez. Wärmeverluste über Bauteile mit Flächenheizung [W/K]

Wärmeverlust durch Transmission in W

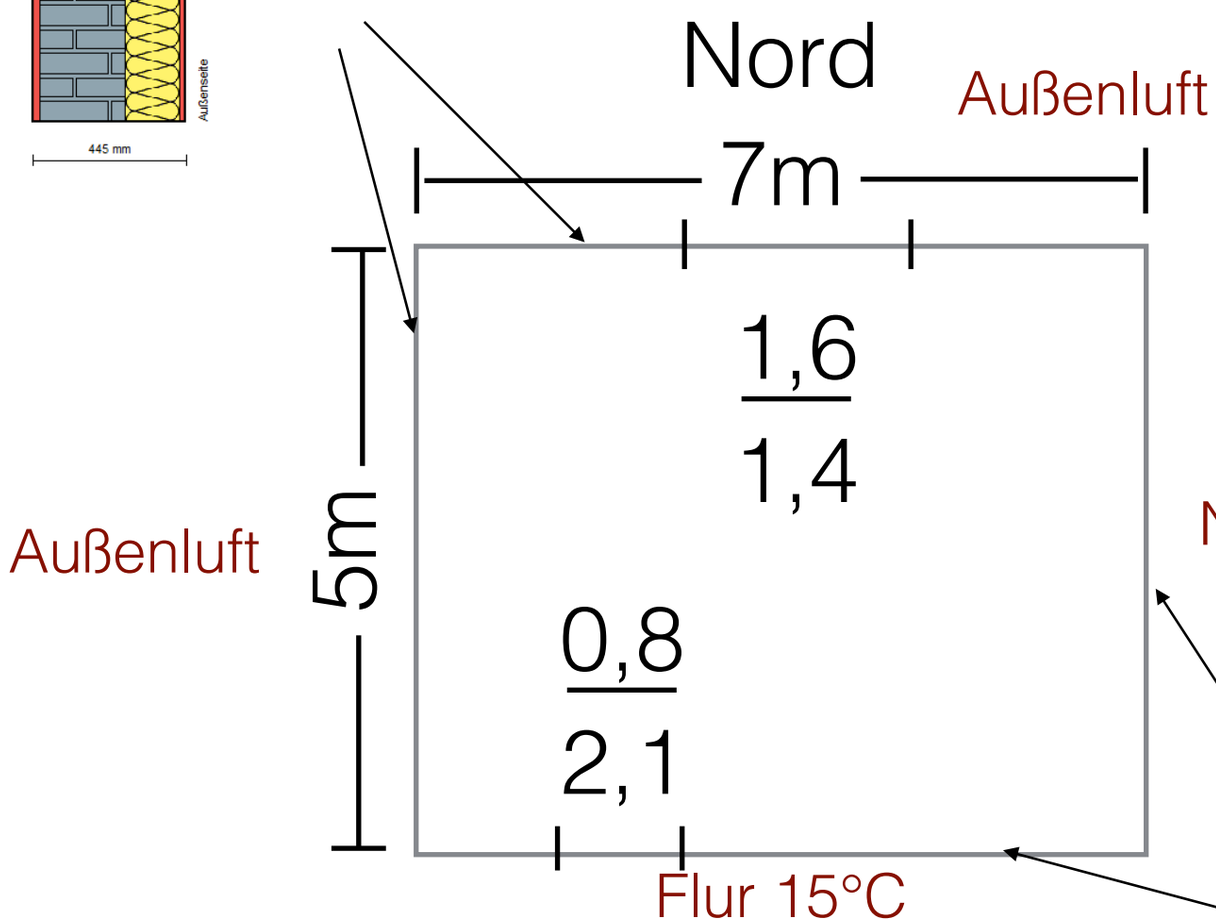
$$Q_T = H_T * (\vartheta_R - \vartheta_e)$$

ϑ_R	Raumtemperatur in °C
ϑ_e	Bezugsaussentemperatur in °C Region Frankfurt: -12°C

Beispielraum

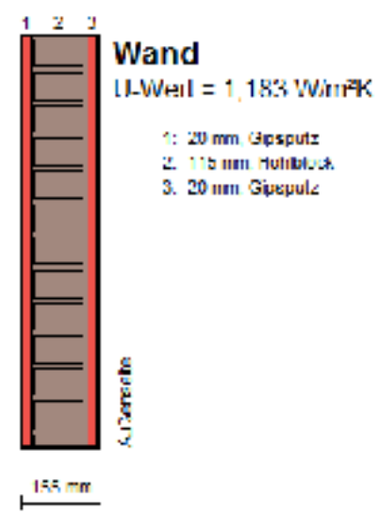


Raumhöhe = 2,8 m



Fenster: U_W=0,95 W/(m²K)

Tür: U_D=1,4 W/(m²K)



unterste Geschossdecke zu ungeheiztem Raum, 10°C, U=1,2 W/(m²K)
oberste Geschossdecke zu Raum mit 20°C, U=1,2 W/(m²K)

Transmissionsverluste Beispielraum

Bauteil	Fläche [m²]	U-Wert [W/(m² *K)]	F_{xi}	Temperaturdifferenz [K]	H_T [W/K]	Q_T [W]
Wand Nord abz. Fenster	11,76	0,185	1	32	2,1756	69,62
Fenster Nord	2,24	0,95	1	32	2,128	68,10
Wand Süd abz. Tür	17,92	1,183	1	5	21,19936	106,00
Tür Süd	1,68	1,4	1	5	2,352	11,76
Wand West	14	0,185	1	32	2,59	82,88
unterste Geschossdecke	35	1,2	0,5	10	21	210,00
					$Q_{T,\ gesamt}$	**548,35**

Lüftungswärmeverluste Hv

$$H_v = n * V * \rho_L * c_{pL}$$

	Luftwechselrate [h^{-1}]
n	0,7 h^{-1} für Gebäude ohne Luftdichtheitsprüfung sehr hoch (WC, Raucherräume): 1,0 h^{-1}
V	Luftvolumen (Netto-Volumen)
$\rho_L * c_{pL}$	wirksame Speicherfähigkeit der Luft = 0,34 Wh/(m^3K)

Berechnung für Beispielraum

Länge innen [m]	Breite innen [m]	Höhe innen [m]	Netto-Volumen [m³]	Luftwechselrate [h^{-1}]	H_V [W/K]	ΔT K	Q_V [W]
4,4	6,4	2,4	67,584	0,7	16,084992	32	514,72
					$Q_{V,gesamt}$		**514,72**

Gewinne

solare Gewinne (transparente Bauteile)

$$\phi_{s,M} = \sum_{j=1}^{m}\left(I_{s,M,j} * \sum_{i=1}^{n}\left(F_S * F_C * F_F * F_W * g_{\perp,i} * A_{i,j}\right)\right)$$

j	Orientierung
i	Bauteil
$I_{s,M,j}$	mittlere Strahlungsintensität
F_S	Verschattungsfaktor (0,9 für übliche Anwendungsfälle
F_C	Sonnenschutzvorrichtung (1,0)
F_F	Abminderungsfaktor für den Rahmenanteil (0,7)
F_W	Abminderungsfaktor infolge nicht senkrechtem Strahlungseinfall (0,9)
$g_{\perp,i}$	Gesamtenergiedurchlassgrad
$A_{i,j}$	Fensterfläche (Rohbau-Öffnungsmaße)

interne Wärmegewinne

Wohngebäude: 5 W/m²

Büro und Verwaltungsgebäude: 6 W/m²

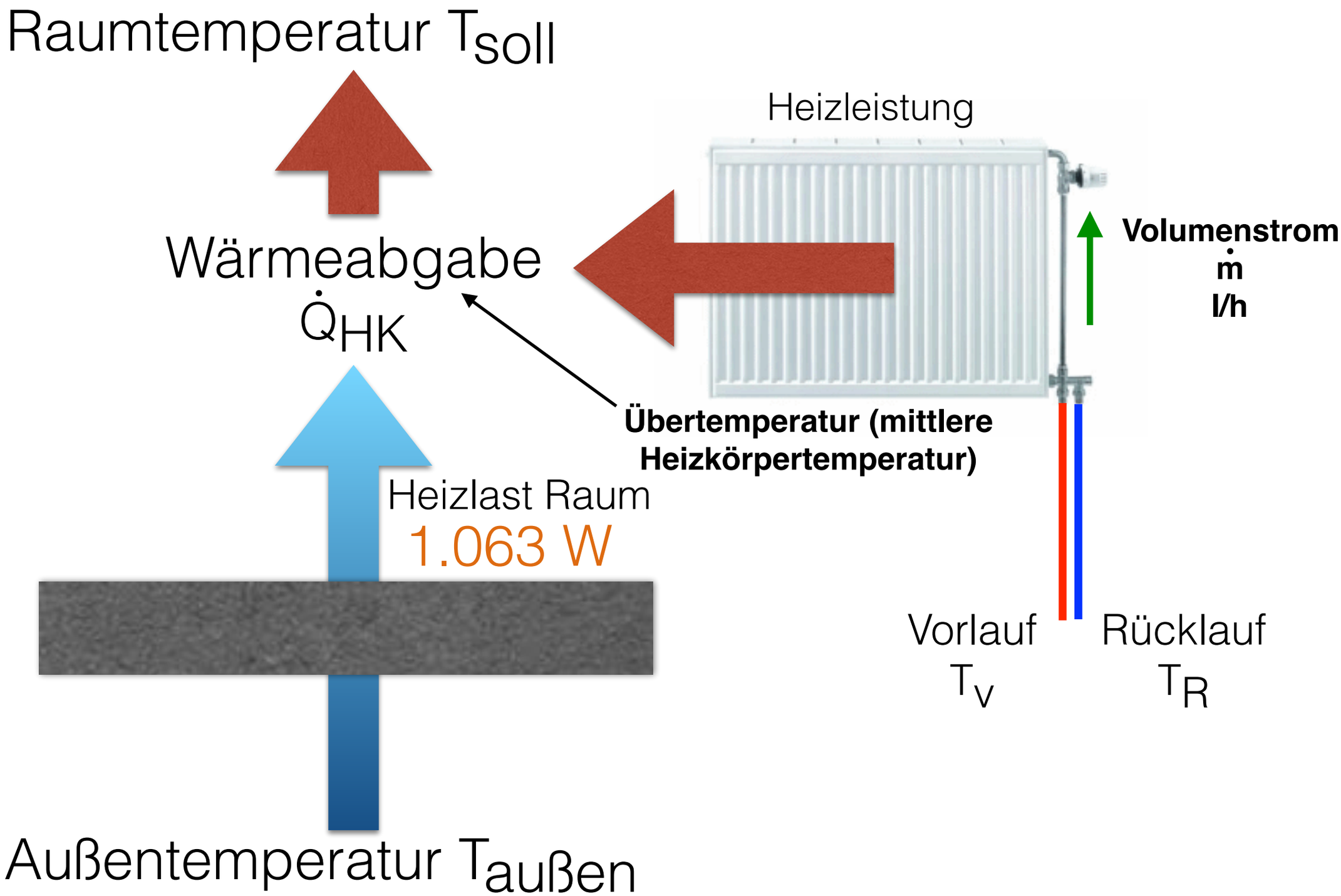
Wärmeabgabe Mensch ~ 100 W

Wärmegewinne sind nicht konstant -> werden nicht berücksichtigt !

Heizlast des Beispielraums

	Q [W]
Transmission	548,35
Lüftung	514,72
Summe	**1063,07**

Diese Leistung muss der Heizkörper liefern


Raumtemperatur T_{Soll}
Heizleistung
Wärmeabgabe
$\dot{Q}_{HK}$
Volumenstrom
$\dot{m}$
l/h
Übertemperatur (mittlere Heizkörpertemperatur)
Heizlast Raum
1.063 W
Vorlauf
T_V
Rücklauf
T_R
Außentemperatur $T_{außen}$

Wärmeleistung des Heizkörpers:

$$\phi = \phi_{Norm} * \left(\frac{\Delta\vartheta_m}{\Delta\vartheta_{m,Norm}}\right)^n$$

ϕ	Wärmeleistung der Heizfläche
ϕ_{Norm}	Norm-Wärmeleistung
$\Delta\vartheta_m$	logarithmisch gemittelte Übertemperatur
$\Delta\vartheta_{m,Norm}$	logarithmisch gemittelte Norm-Übertemperatur
n	Heizflächenexponent (z.B. 1,3)

logarithmisch gemittelte Übertemperatur:

$$\Delta\vartheta_m = \frac{\vartheta_{VL} - \vartheta_{RL}}{\ln\left(\frac{\vartheta_{VL} - \vartheta_R}{\vartheta_{RL} - \vartheta_R}\right)}$$

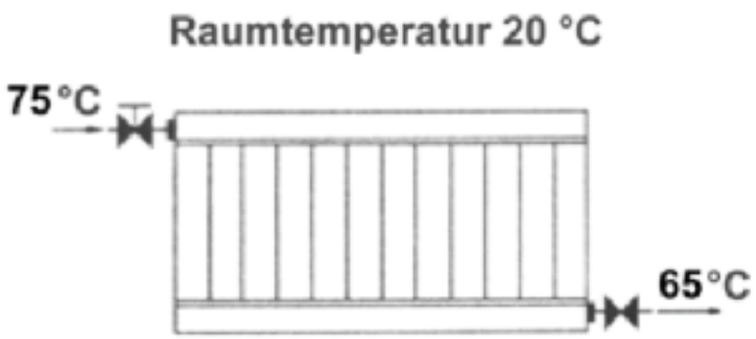
$\Delta\vartheta_m$	[K]	mittlere Übertemperatur
ϑ_R	[°C]	Raumtemperatur
ϑ_{VL}	[°C]	Vorlauftemperatur
ϑ_{RL}	[°C]	Rücklauftemperatur

linear gemittelte Übertemperatur (Näherung):

$$\Delta\vartheta_m = \frac{\vartheta_{VL} + \vartheta_{RL}}{2} - \vartheta_R$$

$\Delta\vartheta_m$	[K]	mittlere Übertemperatur
ϑ_R	[°C]	Raumtemperatur
ϑ_{VL}	[°C]	Vorlauftemperatur
ϑ_{RL}	[°C]	Rücklauftemperatur

für Normheizleistung:



$$\Delta\vartheta_{m,norm} = \frac{\vartheta_{VL} + \vartheta_{RL}}{2} - \vartheta_R = \frac{75+65}{2} - 20 = 50\ K$$

$$\Delta\vartheta_{m,norm} = \frac{\vartheta_{VL} - \vartheta_{RL}}{\ln\left(\frac{\vartheta_{VL} - \vartheta_R}{\vartheta_{RL} - \vartheta_R}\right)} = \frac{75-65}{\ln\left(\frac{75-20}{65-20}\right)} = 49{,}83\ K$$

Formel auflösen:

$$\Delta\vartheta_m = \sqrt[n]{\frac{\phi * \Delta\vartheta_{m,Norm}{}^n}{\phi_{Norm}}}$$

Heizkörperexponent: Abhängigkeit der Heizkörperleistung von der Heizkörpertemperatur (Übertemperatur oberhalb der Raumtemperatur)

Konvektoren n = 1,4 Radiatoren n = 1,3 Flächenheizung n = 1,1 oder -> Herstellerangabe

$\Delta\vartheta_m'$: Übertemperatur [K]

mittlere Übertemperatur bei Nennleistung

Kehrwert Heizkörperexponent
0,77 ist der Kehrwert von 1,3

$$\Delta\vartheta_m' = \Delta\vartheta_m * \left(\frac{Raumheizlast\ [W]}{Heizkörperleistung\ [W]}\right)^{0,77}$$

Normleistung 75/65/20°C

mittlere Übertemperatur bei Normleistung
49,83K

Vorlauftemperatur festlegen

Der ungünstigste Heizkörper ist der Heizkörper mit der größten Übertemperatur.

Die Vorlauftemperatur wird auf 3…6 °C über der höchsten Heizkörpertemperatur festgelegt.

= Norm-Raumtemperatur + Heizkörperübertemperatur

auf volle 5°C aufrunden

Der ungünstigste Heizkörper hat eine Spreizung von 7 … 12 K. Alle anderen Heizkörper haben bei dieser Vorlauftemperatur geringere Rücklauftemperaturen und damit größere Spreizungen.

Innerhalb einer Anlage können Spreizungen zwischen 5K bis über 40K vorkommen.

Wärmeübertragerkennwert

$$a = \frac{\vartheta_{VL} - \vartheta_{RL}}{\vartheta_{VL} - \vartheta_{R}}$$

Maß für die Regelbarkeit der Heizfläche

a zwischen 0,3 und 1,00

aV =ΔpV/ΔpGes

aV: Ventilautorität
ΔpV: Druckdifferenz über dem Ventil, Pa
Δpges: gesamte Druckdifferenz im volumenvariablen Kreis, Pa

nicht kleiner als 0,3
nicht größer als 0,7

Durchflussmenge berechnen:

$\Delta\vartheta_{REF}$ = 20°C

Spreizung

$$\Delta\vartheta_S = 3 * \Delta\vartheta_m' * \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{4 * (\Delta\vartheta_{VL} - \Delta\vartheta_m' - \Delta\vartheta_{REF})}{3 * \Delta\vartheta_m'}}\right)$$

$\Delta\vartheta_m'$ Übertemperatur

Volumenstrom

sollte zwischen 15 l/h und 100 l/h liegen

$$\dot{m} = 0{,}86 \left[\frac{l * K}{Wh}\right] * \frac{Raumheizlast}{\Delta\vartheta_s}$$

Ventilkennwert k_V - Wert berechnen:

$$k_v = 0{,}001 \left[\frac{m^3}{l}\right] * \dot{m} * \left(\frac{1000}{\Delta p}\right)^{0{,}5}$$

Δp mbar Ventildruckverlust (meist 50...100 mbar)

Vorgehensweise

- Berechnung der raumweisen Heizlast
- Aufnahme der Heizkörperleistungen
- Feststellung der Dimensionierung der Heizkörper
- Suche des ungünstigsten Heizkörpers und Festlegung der Vorlauftemperatur
- Bestimmung der Volumenströme
- Druckverlust des Ventils bestimmen
- Voreinstellwerte der Ventile bestimmen
- Förderhöhe der Pumpe bestimmen
- Einstellung der Heizkörperventile

Grundlegende Erkenntnis

- Wärmeabgabe hängt vom Bedarf des Raums ab
- Heizkörper erreicht bestimmte Wärmeleistung genau bei einer mittleren Heizkörpertemperatur.
- Rücklauftemperatur lässt sich nicht erzwingen. Sie ergibt sich aus der mittlerer Heizkörpertemperatur und der Vorlauftemperatur.
- Der Volumenstrom ergibt sich aus dem Leistungsbedarf des Raumes und der Spreizung.

Achtung:

- Durchflussmenge sollte nicht mehr als 100 l/h betragen
  Fliessgeräusche, hohe Verluste
- Spreizung darf nicht zu groß sein - zu geringe Durchflussmengen sind zu vermeiden (> 15 l/h)
  schlechtes Regelverhalten, Verstopfen
- Spreizung im System sollte maximal 25K betragen.
  max. Spreizung bei Wandheizkessel

Mittlere Rücklauftemperatur: $\frac{\sum_{i=erster\ Heizkörper}^{i=letzter\ Heizkörper} \dot{m}_i * \vartheta_{RL,i}}{\dot{m}_{gesamt}}$

Förderhöhe der Pumpe

$$P\,[m] = \frac{(\,\Delta p_{Rohrnetz} * 2 * l_{Strang} * ZF\,)}{10000\,[\frac{m}{Pa}]}$$

$\Delta p_{Rohrnetz}$	[Pa/m]	Druckverlust im Rohrnetz (i.d.R. 50 bis 150 Pa/m), meist 100 Pa/m
l_{Strang}	[m]	Längster Strang (näherungsweise über Kubatur: 2 * (Länge + Breite + Höhe)
ZF		Zusatzverlustfaktor (z.B. 2,2)

Vorgabewerte

Vorlauftemperatur	75	°C	min. Außentemperatur	-12	°C

Kubatur

Länge	8	m	Breite	7	m		Höhe	6	m

Hydraulischer Abgleich - Einstellwerte

Raum Nummer	Geschoß	Raum Bezeichnung	Raum °C	Heizlast [W]	Typ	Höhe mm	Breite mm	Heizkörper Nennleistung [W]	Über-temperatur K	Spreizung K	Ventil	Volumen-strom l/h	Ventil druckverlust mbar	sonstige Druckverluste mbar	kV-Wert m³/h	Ventil	Einstellwert aus Tabelle	Rücklauf °C
6		Bad	24	1136	22	500	800	1164	49,1	35,6		27,47	70,00		0,10			39,44
3		Dusche	24	652	22	590	800	992	36,2	52,8		10,52	70,00		0,04			22,22
11		Esszimmer/Küche	23	1683	22	500	1500	2182	40,9	47,5		30,50	70,00		0,12			27,55
1		Flur	23	963	22	700	800	1527	35,1	54,3		15,24	70,00		0,06			20,88
5		Hobbyraum	15	666	22	600	1900	3195	14,9	65,2		8,78	70,00		0,03			9,60
9		Schlafzimmer	23	2250	33	450	1250	2418	47,3	38,6		50,38	70,00		0,19			36,37
12		WC	20	320	10	300	500	233	63,8	12,0		23,32	70,00		0,09			63,05
10		Wirtschaftsraum	18	451	10	600	800	546	43,2	47,5		8,17	70,00		0,03			27,52
7		Wohnzimmer	23	3107				3511	45,5	41,3		64,77	70,00		0,24			33,75
8		Zimmer 1	23	809	22	600	1400	2354	22,0	63,7		10,32	70,00		0,04			11,96
2		Zimmer 2	23	668	22	600	1000	1682	24,6	62,7		9,15	70,00		0,03			12,30

Ergebnisse

Maximale Übertemperatur	63,8	°C
Empfohlene Vorlauftemperatur	60,0	°C
kleinste Rücklauftemperatur	9,60	°C
größte Rücklauftemperatur	63,05	°C
Gesamt-Volumenstrom	250,75	l/h
Druckverluste im Rohrnetz (100 Pa/m)	100	Pa/m
Längster Strang	35	m
Zusatzverlustfaktor ZF (2,2)	2,2	
Pumpenförderhöhe	1,54	m
Rücklauftemperatur	32,77	°C

$$\frac{\sum_{i=erster\ Heizkörper}^{i=letzter\ Heizkörper} \dot{m}_i * \vartheta_{RL,i}}{\dot{m}_{gesamt}}$$

InDiGuD • Ingenieur-Dienstleistung Günter Dörrhöfer

Dipl. Ing. **Günter Dörrhöfer**
Gebäudeenergieberater (HWK)
Eddersheimer Str. 28
65439 Flörsheim am Main

Telefon: 06145 3799 550
Mobil: 0151 105 165 17
Email: info@indigud.de
http://www.indigud.de

- Energieberatung
- Vor-Ort Beratung
- Fördermittelberatung
- KfW Anträge
- Energetische Baubegleitung
- Energieausweise für Wohn- und Nichtwohngebäude