

**Raumkühlung in Wohngebäuden**  
**Sommerliches Kühlen per Heizkörper (Beispiel)**

ID-N°: 26001-00K

Disz: H/K

Der zunehmende Einbau von elektrischen Wärmepumpen für die Zwecke der Gebäudeheizung eröffnet die Option, diese Anlage nicht nur für's Beheizen im Winter sondern auch für die Raumkühlung im Sommer zu verwenden. Ob das Sinn macht und wieviel es bringt, soll in diesem Beitrag am Beispiel eines üblichen Plattenheizkörpers untersucht werden.

Betrachtet wird eine 2-lagige Platte der Abmessungen LxH 1000x600 mm.



{Hersteller: KERMI / [www.kermi.com/de](http://www.kermi.com/de) }

**Heizleistung**

bei 75/65/20°C:	1.666 W
bei 55/45/20°C:	854 W
bei 70/40/20°C:	968 W
HK-Exponent n:	1,293

Katalogdaten

$t_{HK,mittel} = 70\text{ °C}$	$\Delta t_{HK-Luft} = 50\text{ K}$	$\dot{m} = 143\text{ kg/h}$
$t_{HK,mittel} = 50\text{ °C}$	$\Delta t_{HK-Luft} = 30\text{ K}$	$\dot{m} = 73\text{ kg/h}$
$t_{HK,mittel} = 55\text{ °C}$	$\Delta t_{HK-Luft} = 35\text{ K}$	$\dot{m} = 27,7\text{ kg/h}$

$$\dot{Q} = \dot{m} \times c_p \times (t_{VL} - t_{RL}) \quad \text{Wärmestrom durch den HK}$$

mit:  $c_p$ =spez. Wärmekapazität Wasser = 4,19 kJ/(kg\*K)

$$\dot{Q} = k \times A \times (t_{HK,mittel} - t_{Raumluft})^n \quad \text{Heizkörperleistung}$$

mit: n=Heizkörperexponent (typischerweise 1,1..1,3)

$$\frac{\dot{Q}_1}{\dot{Q}_2} = \left( \frac{\Delta t_{1, HK-Luft}}{\Delta t_{2, HK-Luft}} \right)^n \quad \text{{wenn k=konstant und A=konstant}}$$

Formelcheck:  $\frac{\dot{Q}_{55/45}}{\dot{Q}_{75/65}} = \left(\frac{50-20}{70-20}\right)^n \gg \dot{Q}_{55/45} = \dot{Q}_{75/65} \times \left(\frac{30}{50}\right)^{1,293} = 860 \text{ W}$

Der Kermi-Katalog weist 854 W aus. Formel ist also hinreichend genau.

## Heizkörper als Einrichtung zur sommerlichen Raumlufkühlung

### (1) Überlegungen zur Betriebstemperatur des Heizungswassers

In der Kältetechnik übliche 6/12°C wären bei Betrieb mit Wärmepumpe mühelos möglich.

ABER: kühlt sich Raumluf auf Temperaturen <16°C ab, besteht immer das Risiko von Tauwasserbildung (in Abhängigkeit von der relativen Feuchte der Raumluf / siehe [h,x-Diagramm](#)).

Schlussfolgerung: eine sommerliche Betriebstemperatur des Vorlaufs <16°C ist zu vermeiden.

### (2) Überlegungen zum Volumenstrom

Das vorhandene Rohrnetz mit Pumpe und Ventilen ist für den Winterfall ausgelegt (in diesem Beispiel mit 55/45/20°C). Die Hydraulik wird ohne Änderung irgendeiner Einstellung bei Kühlbetrieb qualitativ gleich gut arbeiten, wenn der umgewälzte Volumenstrom im Sommer derselbe wie im Winter ist. Dieses hydraulische Ziel darf nicht aus dem Auge verloren werden (**73 kg/h**).

Im Moment ist jedoch die Heizkörperleistung (als sommerliche Kühlleistung) noch unbekannt. Wir setzen für eine 1.Abschätzung die erwartete Rücklaufstemperatur der Heizkörper 3 K niedriger als die Temperatur der Raumluf: 25°C – 3K = 22°C

Damit wären die Parameter für die Berechnung wie folgt:

$$t_{VL} = 16^\circ\text{C}$$

$$t_{RL} = 22^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{RL-VL} = 6 \text{ K und } t_{HK,mittel} = 19^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{HK-Luft} = (25-19)^\circ\text{C} = 6 \text{ K} \text{ \{dies ist der „Motor“ für den Wärmeaustausch zwischen Raumluf und HK\}}$$

Unter diesen Bedingungen beträgt die Kühlleistung des HK:

$$\frac{\dot{Q}_{16/22}}{\dot{Q}_{55/45}} = \left(\frac{25-19}{50-20}\right)^n \gg \dot{Q}_{16/22} = \dot{Q}_{55/45} \times \left(\frac{6}{30}\right)^{1,293} = \mathbf{107 \text{ W}}$$

Bei dieser Leistung ergibt sich der Volumenstrom wie folgt:

$$\dot{m} = 0,107 \text{ kW} / (4,19 \text{ kJ}/(\text{kg K}) / (22-16)^\circ\text{C}) = \mathbf{15,3 \text{ kg/h}} \gg \text{zu klein !!}$$

Verringert man die Temperaturdifferenz RL-VL ergeben sich 2 Effekte:

- (1) Der erforderliche Volumenstrom nimmt zu;
- (2) Die Kühlleistung des Heizkörpers nimmt ebenfalls zu, weil sich die mittlere Heizwassertemperatur von der Temperatur der Raumluf etwas weiter entfernt und somit die Temperaturdifferenz („Motor“) zwischen Heizkörper und Raumluf zunimmt.

Setzen wir also die geplante RL-Temperatur auf 18°C<sup>1</sup> und schauen, welche Leistung der Heizkörper dabei einnimmt:

$$\frac{\dot{Q}_{16/18}}{\dot{Q}_{55/45}} = \left(\frac{25 - 17}{50 - 20}\right)^n \gg \dot{Q}_{16/18} = \dot{Q}_{55/45} \times \left(\frac{8}{30}\right)^{1,293} = \mathbf{155 \text{ W}}$$

Daraus ergibt sich ein notwendiger Volumenstrom von:

$$\dot{m} = 0,155 \text{ kW} / (4,19 \text{ kJ}/(\text{kg K}) / (18-16)^\circ\text{C}) = \mathbf{66,6 \text{ kg/h}} \gg \text{gut...}$$

Der Zielvolumenstrom (73 kg/h) wird zwar nicht ganz erreicht, aber in guter Näherung. Damit lässt sich hydraulisch leben.

Eine elektronisch geregelte Pumpe<sup>2</sup> hält die eingestellte Förderhöhe konstant. Der geringere Volumenstrom wirkt sich also nicht auf den Druck in der Anlage aus.

Da das Ventil eine etwas geringere Wassermenge durchlässt, wird der Druckverlust über dem Ventil kleiner. Damit sinkt die Ventilautorität – bleibt aber insgesamt noch in einer akzeptablen Größe.

### (3) Was bringt die sommerliche Raumkühlung über Heizkörper?

Die Raumtemperatur im Wohnungsbau ist nicht 24 Std gleich. Sie folgt in gewisser Analogie der Außentemperatur und insbesondere der Intensität der Sonneneinstrahlung. Dabei kommt es je nach Wärmespeichervermögen der Bausubstanz des Raumes und seiner Einrichtungsgegenstände zu zeitlichen Verzögerungen in der Auswirkung. Für die Maximaltemperatur im Raum spielt auch die Himmelsrichtung-gebundene Lage der Fenster eine maßgebliche Rolle – ebenso wie die Flächengröße der Fenster. Außerdem ist die morgendliche Starttemperatur bedeutsam: wie wirksam war die nächtliche Auskühlung? Kurz: jeder Raum reagiert anders auf sommerliches Wetter. Insofern lässt sich keine einfache, berechnungsscharfe, allgemeingültige Aussage formulieren über die Wirksamkeit des Heizkörpers als raumkühlendes Objekt. Klar ist lediglich: es wirkt...

Wer raumspezifisch ausrechnen möchte, welche Temperaturen sich zu welcher Uhrzeit im Raum einstellen werden, der vertiefe sich in die **VDI 2078**<sup>3</sup>. Diese Norm rechnet mit instationären Wärmeenergien und ist die aktuelle Grundlage für Kühllastberechnungen in Neubauprojekten.

Die Kühlleistung des Heizkörpers wurde weiter oben mit Bezug auf 25°C Raumtemperatur vorgenommen. Über den 24-stündigen Tagesverlauf ist diese Temperatur natürlich nicht konstant. Nachmittags kann sie darüber hinaus ansteigen (dann steigt auch die Kühlleistung des HK's) und nachts wird sie darunter absinken (dann sinkt auch die Kühlleistung des HK's). Nehmen wir an, die mittlere 24-Std-Leistung des HK sei 110 W. Dann erbringt der Heizkörper

---

<sup>1</sup> Theoretisch kann man die RL-Temperatur noch niedriger ansetzen. Aber eine Temperaturdifferenz  $t_{\text{RL}} - t_{\text{VL}}$  von weniger als 2 K ist in der Praxis regeltechnisch nicht erreichbar.

<sup>2</sup> Bei einer unregelmäßigen Pumpe nimmt die Förderhöhe zu, wenn der Volumenstrom abnimmt

<sup>3</sup> [VDI 2078:2015-06](#) Berechnung der thermischen Lasten und Raumtemperaturen (Auslegung Kühllast und Jahressimulation)

in 24 Std eine Kühlarbeit von 2,64 kWh. Ist das viel oder wenig?

Wasser zu Eis gefroren (0°C) erfordert **334 kJ/kg**, um das gesamte Eis in flüssiges Wasser von 0°C umzuwandeln.

$$110 \text{ W} = 110 \text{ J/s} = 0,110 \text{ kJ/s} \quad || \quad 334 \text{ kJ/kg} : 0,110 \text{ kJ/s} = 3.036 \text{ s/kg}$$

Nach 3036 s ist 1 kg Eis vollständig geschmolzen. Im Verlaufe von 24 Std sind somit  $24 \times 3600 \text{ s} : 3036 \text{ s/kg} = \mathbf{28,5 \text{ kg/d}}$  Eis geschmolzen.

### Gegenprobe:

$$28,5 \text{ kg/24h} \times 334 \text{ kJ/kg} = 9.519 \text{ kJ/24h} = 9.519 \text{ kJ}/(24 \times 3600)\text{s} = 0,110 \text{ kJ/s} = 0,110 \text{ kW} = 110 \text{ W}$$

Die Wärmemenge, die der „kalte“ Heizkörper dem Raum in 24 Std entzieht, entspricht also derjenigen Wärmemenge, die 57 Stück ½-Liter-Flaschen voll Eis dem Raum bei der Eisschmelze entziehen.

Die durchschnittliche Raumtemperatur wird sich damit typischerweise um mindestens 1,5..2,0 °C niedriger einstellen. Ein Effekt, für den keinerlei Erstinvestition getätigt werden muss.



Schönheitsfehler: übliche Thermostatventile gehen in den Schließbetrieb, wenn die Raumtemperatur auf Werte oberhalb des Sollwerts ansteigt. Sie öffnen wieder, wenn die Raumtemperatur unter den Sollwert abgefallen ist. Das ist das Gegenteil dessen, was im sommerlichen Kühlfall gewünscht ist.



Für den sommerlichen Kühlbetrieb reicht es üblicherweise, wenn das Thermostventil in die maximale Öffnungsstellung gedreht wird (entspricht einer Solltemperatur von ca. 26..28°C). Ansonsten müssen statt der einfachen Dehnstoffkörper-Thermostventile (*Stellorgane ohne Hilfsenergie*) andere **Stellantriebe mit Hilfsenergie** eingebaut werden (Verkabelungsaufwand oder batteriebetrieben in Verbindung mit Funktechnologie (z.B. [Buderus SRC plus](#))). Deren Stellsinn kann im Sommerbetrieb dann über automatische Schalteinrichtungen umgekehrt werden.

Zum Vergleich: habe der betrachtete Raum 3 m<sup>2</sup> Fensterfläche und diese sind genau nach Süden ausgerichtet. Wie bei vielen Wohngebäuden sei ein äußerer Sonnenschutz nicht vorhanden. Dann wird die Wärmewirkung der Sonne nur durch...

- die Glasqualität,
- den Winkel, den das Fenster zur Sonne bildet,
- Gebäudeverschattung (Bäume, andere Gebäude in der Nachbarschaft, Topologie) und
- den inneren Sonnenschutz (z.B. Vorhang)

... reduziert. Von den maximal 1.000 W/m<sup>2</sup>, die von der Mittagssonne als Einstrahlwert ausgehen, bleiben dann typischerweise etwa 300..400 W/m<sup>2</sup>, die als Aufheizleistung im Raum wirksam werden. Über den Tag verteilt ergibt das in etwa folgendes Bild für ein unverschattetes Gebäude an einen warmen Sommertag:

Uhrzeit	Einstrahlwert [W bzw. J/s] je m <sup>2</sup> Fenster- fläche	Eingestrahlte Wärmemenge [Wh]	Kumulierte Wärmemenge [Wh]
0-1	-10	-10	-10
1-2	-20	-20	-30
2-3	-30	-30	-60
3-4	0	0	-60
4-5	20	20	-40
5-6	40	40	0
6-7	70	70	70
7-8	100	100	170
8-9	140	140	310
9-10	190	190	500
10-11	230	230	730
11-12	290	290	1020
12-13	<b>350</b>	350	1370
13-14	300	300	1670
14-15	250	250	1920
15-16	220	220	2140
17-18	190	190	2330
18-19	160	160	2490
19-20	130	130	2620
20-21	100	100	2720
21-22	80	80	2800
22-23	50	50	2850
23-0	25	25	<b>2875</b>

In unserem Beispiel sind 3 m<sup>2</sup> Fensterfläche angenommen. Die im Raum wirksam werdende Wärmemenge aus Sonneneinstrahlung beträgt dann 3m<sup>2</sup> x 2875 Wh/m<sup>2</sup> = **8.625 Wh**. Der zuvor betrachtete Heizkörper mit durchschnittlich 110 W Kühlleistung entzieht dem Raum im gleichen Zeitraum 24 h x 110 Wh/h = **2.640 Wh**. Das entspricht etwa **31%** der eingestrahnten Wärmemenge. Ein Effekt, der ohne Zweifel körperlich als angenehm empfunden werden wird.