

... FLÄCHENKÜHLUNG?



Eine Fußbodenheizung kann erstmal grundsätzlich auch zur Flächenkühlung herangezogen werden. Was es zu beachten gibt, lesen Sie in diesem Bericht

Chill down

Auf den ersten Blick sollte es doch kein Problem darstellen, eine Heizfläche zu einer Kühlfläche umzufunktionieren. Statt heißem Wasser prügelt man einfach eiskaltes Wasser durch die Anlage. Oder?



Bild: Upentor

Wie immer, wenn wir im SBZ Monteur ein solches Thema aufgreifen, gibt es allerlei erwähnenswertes Drumherum, das man wissen und verstehen kann. Schauen Sie sich also an, welche Zusammenhänge bestehen und welche Tipps man beachten sollte.

HEIZLAST VS. KÜHLLAST

Zur Ermittlung einer Heizlast schaut man sich die tiefsten äußeren Temperaturen an und setzt den Baukörper, also das Haus dieser Temperatur aus. Je nach Dämmung verlässt die Wärme über Außenwand und Fensterflächen die auf 20 °C zu beheizenden Räume.

Die Leute in dem Haus sollen nicht am eigenen Mief ersticken, also wird noch ein ordentlicher Luftwechsel in die Betrachtungen einbezogen. Außenluft von beispielsweise -12 °C strömt daher rechnerisch ins Haus und muss ebenso auf 20 °C erwärmt werden. Das Ergebnis ist im Wesentlichen die Heizlast. Die Kühllastberechnung ist zwar eng verwandt mit der Heizlast, erfährt aber ein paar andere Ansätze. Im Sommer bei glühendheißen 30 °C im Schatten will man einen Wohnraum für gewöhnlich nicht auf 20 °C herunterkühlen. Das wäre nicht nur sehr teuer, sondern auch abträglich für die Gesundheit der Bewohner. Das Gefühl eines solchen Temperatursturzes kann man nachempfinden, wenn man mal in seinem Hitzewahn die Klimaanlage eines sehr leistungsstarken Autos auf niedrigste Stufe stellt. Man kriegt beim Aussteigen, also dem Wechsel von 20 °C auf 30 °C, einen Kollaps.

Folglich arbeitet man sich im Sommer von oben an eine Wunschtemperatur heran. Meist sind es 26 °C, die gewünscht werden, also als höchste Temperatur gelten. In Abhängigkeit von den zu kühlenden Räumen ergeben sich dann wiederum die Wärmeströmungen an den Wänden und Fenstern nach außen, wobei die Temperaturdifferenzen schon deutlich kleiner sind als im Winter ($20\text{ °C} - -12\text{ °C} = 32\text{ K}$ im Winter, aber $30\text{ °C} - 26\text{ °C} = 4\text{ K}$ im Sommer).

Dann kann man noch feststellen, dass die Fenster im Sommer die Strahlungswärme der Sonne ins Haus lassen und die Bude kräftig aufheizen. Das passiert im Winter zwar auch, wird aber nicht von der Heizlast abgezogen. Der Grund dafür wird klar, wenn man sich den Wurstfall (worst case) vorstellt. Im Winter will ich die Bude auch nachts warm kriegen, dann wenn keine solaren Gewinne meine Heizung unterstützen. Im Sommer will ich vielleicht in der Mittagshitze meine Räume kühlen. Dann habe ich aber auch zeitgleich erhebliche solare Wärmeeinträge ins Gebäudeinnere und einen gegensätzlich gelagerten Wurstfall. Ersticken will man im Sommer auch nicht, also folgt wieder die Vorgabe eines Luftaustausches und so entstehen letztlich Kühllasten im Sommer, die man ebenso abbauen kann wie die Heizlasten im Winter.

STRATEGIEN AUF DEM PRÜFSTAND

Um eine Raumerwärmung zu erzielen, könnte man einen Eisenklotz per Flamme zum Glühen bringen und auf 800 °C erwärmen und in die Wohnung schieben. Bei einer Temperaturdifferenz von 780 K zur gewünschten Raumtemperatur (denn: $800\text{ °C} - 20\text{ °C} = 780\text{ K}$) würde ein Klotz mit Kantenlänge von 10 cm sicherlich ausreichen. Aber Sie merken schon, das hat sich nicht bewährt. Stattdessen installieren wir einen Heizkörper und versuchen mit möglichst geringer Wassertemperatur den Raum auf Temperatur zu bringen. Bei einer Vorlauftemperatur

von 55 °C ist die Differenz zur Raumtemperatur dann nur noch 35 K (denn: $55\text{ °C} - 20\text{ °C} = 35\text{ K}$). Dafür ist der Heizkörper dann auch entsprechend größer als der eben beschriebene 10-cm-Würfel. Schaut man sich diese Logik für den Kühlfall an wird es noch spannender. Um einen Raum abzukühlen muss ich zwingend eine Grenze einhalten. Ich darf den Taupunkt nicht unterschreiten. Denn wenn ich diesen Taupunkt unterschreiten würde, dann müsste ich zwingend das entstehende Kondensat ableiten. Zum Taupunkt wird gleich noch etwas geschrieben. Nehmen wir aber mal für dieses Gedankenexperiment eine tiefste Temperatur von 16 °C an um in der Sommerzeit einen Raum zu kühlen. Dann hätte man nur noch eine Differenztemperatur zwischen Raum und Kühlfläche von 10 K (denn: $26\text{ °C} - 16\text{ °C} = 10\text{ K}$). Entsprechend groß müsste also die Fläche werden, die dann diese Kühlenergie liefert. So kann man von dem Beispiel des glühenden Würfels zum Standardheizkörper die gedankliche Brücke schlagen zur Kühlfläche, die dann fast notwendigerweise riesig groß sein muss und über den gesamten Fußboden verteilt wird, um bei der zwangsläufig geringen Temperaturdifferenz überhaupt noch einen Kühleffekt im Raum zu erzielen.



An schwülen Sommertagen kann sich Tauwasser an kühlen Getränkegläsern niederschlagen

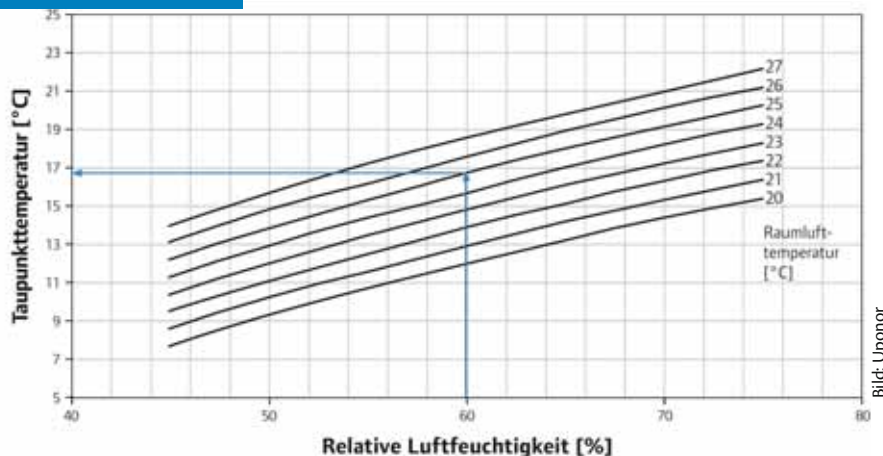


Bild: Uponor

Beispiel einer Taupunktermittlung bei Raumlufttemperatur 25 °C, rel. Luftfeuchtigkeit 60 %, Taupunkttemperatur 16,8 °C

SCHLAUES ZUM TAUPUNKT

Bei schwüler Sommerluft, die wir ja nun mal annehmen müssen als Worstfall für die Kühlung, wäre die Luft mit erheblichen Mengen an Feuchte unterwegs. Erkennbar wird das, wenn wir uns ein Glas mit sehr kühlem Wasser auf den sommerlich gedeckten Gartentisch stellen. Es beschlägt, oder anders gesagt, die Lufttemperatur unterschreitet in der Nähe des Glases den Taupunkt, das Wasser taut aus und perlt außen am Glas herab. Überträgt man diese Erkenntnis auf einen Fußboden im Wohnzimmer, in den man entsprechende Kühlschlangen verlegt hat, kann die Luft ja nicht anders reagieren. Sie unterscheidet natürlich nicht zwischen Glas und Fliese und taut aus, sobald..., ja: sobald der Taupunkt unterschritten wird. Die Folge wäre ein nasser Fußboden. Und nicht nur die Rutschgefahr auf einer Fliese hält uns davon ab, diesen Taupunkt bei der Flächenkühlung zu unterschreiten. Die entstehende Feuchte würde auch die Basis schaffen für Schimmel und so noch weitere Bauwerksschäden nach sich ziehen. Die eiserne Regel ist also: Meide den Taupunkt wie der Teufel das Weihwasser.

Will man dem Taupunkt auf die Schliche kommen, hilft einmal der gesunde Menschenverstand, also: je schwüler die Luft, desto höher der Taupunkt. Als fast schon wissenschaftliches Hilfsmittel dient das Mollierdiagramm (auch h-x-Diagramm genannt), das wir im SBZ Monteur für Sie schon beschrieben haben (zuletzt in Heft 8/2014, auch im Netz abrufbar).

Und Hersteller von Systemen zur Flächenkühlung bieten abgespeckte, sehr leicht ablesbare Diagramme an, die wir als Beispiel hier präsentieren.

Würde man also an einem Hygrometer den angegebenen Luftzustand ablesen (60 % Luftfeuchte) und das Thermometer würde die Temperatur von 25 °C anzeigen, so würde man den Taupunkt bei 16,8 °C festlegen können. Unterschreitung bedeutet Tauwasserbildung und in letzter Konsequenz eine feuchte Schlingerbahn im Wohnzimmer mit Schimmelbewuchs unter den Schränken.

GOLDENE REGELN ZUR AUSLEGUNG

Unter anderem aufgrund der vorgenannten Bedingungen können folgende Regeln gelten:

GOLDEN-CHILLING-RULES

- 1. Geringe Verlegeabstände der Rohre:**
 - höhere Kühlleistungen bei hoher Vorlauftemperatur
- 2. Kurze Kühlkreislängen:**
 - geringere Druckverluste bei kleiner Spreizung
- 3. Großer Rohrdurchmesser:**
 - geringere Druckverluste bei kleiner Spreizung
- 4. Oberboden mit guter Wärmeleitfähigkeit:**
 - bessere Wärmeübertragung
- 5. Geringe Estrichüberdeckung:**
 - verbesserte Regelfähigkeit
 - bei drohender Taupunktunterschreitung

Etwas ausführlichere Begründungen für die Punkte 1 bis 5 sind:

1. GERINGER VERLEGEABSTAND

Je geringer der Verlegeabstand der kälteübertragenden Rohre gewählt wird, desto mehr Rohroberfläche wird dem Estrich angeboten, um die Kühle an den Raum weiterzugeben. Bei einem Abstand von satten 30 cm der Kühlleitungen zueinander wird zwischen den Rohren eine höhere Temperatur herrschen, als wenn man enge 10 cm gewählt hätte. Höhere Temperaturen bedeuten aber geringere Kühlleistung.

2. GERINGE KÜHLKREISLÄNGEN

Schickt man kühles Wasser durch ein Rohr, welches durch einen warmen Raum geführt wird, so erwärmt sich dieses Wasser. Mit zunehmender Erwärmung nimmt natürlich die Kühlleistung stetig ab. Das bedeutet, dass die ersten 10m einer solchen Kühlleitung vielleicht noch 17°C, haben die nächsten zehn bereits 18°C und nach voller Durchströmung von 80 m Rohr kommt das Wasser mit 25°C zurück zum Verteiler. Dabei haben die letzten Meter nur noch eine geringe Kühlwirkung. Dagegenhalten kann man nur, wenn man das Wasser ordentlich beschleunigt durch die Rohre jagen lässt. Das kostet aber Pumpenleistung, denn wer sonst will das Wasser beschleunigen.

Die bauliche Alternative hingegen sieht so aus, dass man ganz einfach die Länge von 80 m eines Kreises vermeidet und daher die Erwärmung des Rohres während des Kühlens des Raumes begrenzt. Man verlegt statt einmal 80 m zweimal 40 m. Nach 40 m zuckelt das Wasser noch mit kühlen 23°C durch die Leitung und versammelt sich am Verteiler. Kurze Kreise haben also einen guten Einfluss auf die Pumpenleistung bei nach wie vor hoher Kühlleistung.

3. GROSSE ROHRDURCHMESSER

Jagt man das Kühlwasser in Rohren durch den Estrich, entstehen natürlich Druckverluste. Setzt man den Massenstrom als konstant voraus, beispielsweise bei 100 kg pro Stunde (kg/h), so werden unterschiedliche Rohrdimensionen natürlich auch unterschiedlich schnell durchströmt. Für 100 kg/h stellt sich beispielsweise für ein Rohr



Die richtige Auslegung und anschließende Einregulierung am Verteiler ist gleichermaßen wichtig für die Funktion der Flächenheizung bzw. Kühlung

WIE FUNKTIONIERT EIGENTLICH...

14 x 2 mm eine Strömungsgeschwindigkeit von 0,35 m pro Sekunde (m/s) ein. Bei gleichem Volumenstrom und einem Rohr mit den Maßen 17 x 2 mm fließt es nur noch 0,21 m/s schnell. Das entspricht 60 % des Wertes für das kleinere Rohr. Und letztlich geht die Geschwindigkeit quadratisch in den Druckverlust mit ein. Der Druckverlust in großen Rohren ist also, bei angenommenem konstantem Massenstrom, erheblich geringer und daher anzustreben.

4. LEITFÄHIGER OBERBODEN

Würde man einen kühlen Fußboden haben, diesen aber mit sehr guter Wärmedämmung auslegen, würde der Raum weniger Wärme nach unten abgeben. Ein dicker Teppich in unseren Behausungen sorgt seit Jahrhunderten für relativ warme Fußböden, arbeitet also gegen Fußkälte. Will ich aber unbedingt Wärme abtransportieren, also kühlen, dreht ein Teppich seine Eigenschaft natürlich nicht um. Klar ist, dass ein dicker Flokati auf dem kühlen Boden die eigentliche Kühlwirkung herabsetzt. Das gilt natürlich auch für den Beheizungsfall. Dicke Teppiche verzögern den Wärmedurchgang und mindern die Wärme- oder Kälteleistung unabhängig davon, ob gekühlt oder erwärmt werden soll.

GERINGE ESTRICHÜBERDECKUNG

Für diese Zielvorgabe sind wegen der notwendigen Stabilität natürlich enge Grenzen gesetzt. Eine Estrichdicke von 1 cm würde sehr schnell brechen. Aber klar ist, dass man eine Kühlfunktion, die durch den Estrich an den Raum transportiert wird, natürlich sehr viel schneller regulieren kann, wenn diese Estrichschicht sehr dünn ist.

Habe ich 2 t Estrich abgekühlt und möchte plötzlich gegensteuern, wird es schwierig innerhalb von drei Minuten eine Reaktion auszulösen. Sind es jedoch nur 500 kg ergibt sich zwangsläufig eine geringere Trägheit.

Ein Vergleich aus den Zeiten der Gussheizkörper, die dann durch Kompaktheizkörper abgelöst wurden, zeigt einen ähnlichen Effekt bei den Regeleigenschaften. Habe ich einen alten 200-kg-Guss-Heizkörper erwärmt, der dann 1500 Watt liefert, so ergibt sich eine andere Trägheit beim Schließen des Thermostatventils als bei einem 15-kg-Flach-Heizkörper mit gleicher Leistung.

AUSLEGUNG UND EINREGULIERUNG

Die Auslegung einer Flächenkühlung kann per Diagramm erfolgen. Es liefert die beste und schnellste Übersicht bezüglich der Zusammenhänge. Sehen Sie sich daher das Beispiel an. Die gewünschten Kühlleistungen können nur dann erreicht

ERMITTLUNG DER AUSLEGUNGS-VORLAUF-TEMPERATUR $\vartheta_{V, \text{Ausl.}}$

Ermittlung der Auslegungsvorlauf-temperatur $\vartheta_{V, \text{Ausl.}}$

Vorgabe:

$$q_c = 29 \text{ W/m}^2$$

$$\vartheta_i = 26 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$R_{\lambda, B} = 0,05 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

Errechnet:

$$\vartheta_{V, \text{Ausl.}} = \vartheta_i - \Delta\vartheta_c - (\vartheta_V - \vartheta_R)/2$$

$$\vartheta_{V, \text{Ausl.}} = 26 - 9 - 2/2$$

$$\vartheta_{V, \text{Ausl.}} = 16 \text{ }^\circ\text{C}$$

Gewählt:

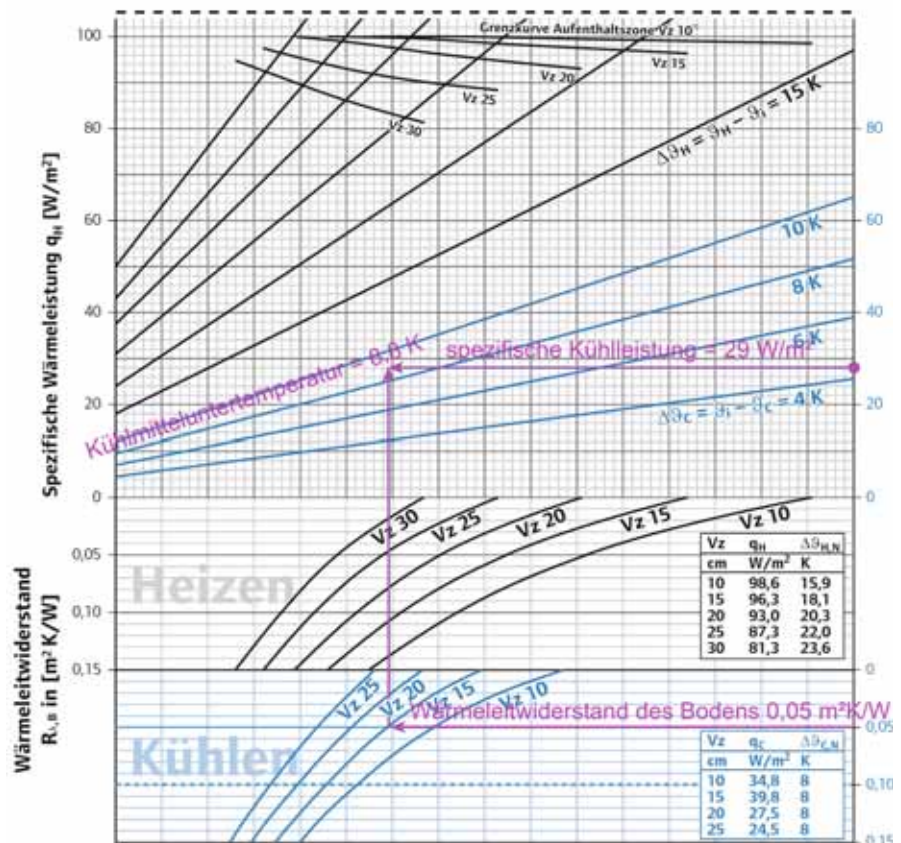
$$\text{Verlegeabstand} = V_z 15$$

Auslegungsspreizung:

$$\vartheta_V - \vartheta_R = 2 \text{ K}$$

Abgelesen:

$$\Delta\vartheta_c = 8,8 \text{ K}$$





DICTIONARY

Kühlfläche	=	cooling plate
Kühllast	=	cooling load
Taupunkt	=	dewpoint
goldene Regel	=	golden rule

werden, wenn sowohl die mittlere Oberflächentemperatur als auch die Auslegungsvorlaufemperatur oberhalb der Taupunkttemperatur der Umgebungsluft liegen (siehe Diagramm auf Seite 12). Um Schwitzwasserbildung an Anlagenkomponenten zu vermeiden, ist eine taupunktgeführte Vorlaufemperaturregelung vorzusehen.

Um zu gewährleisten, dass die unterschiedlichen Heiz- und Kühlkreise den vorbestimmten Volumenstrom erhalten, ist es notwendig, die Hydraulik einzuregulieren. Hersteller solcher Systeme, wie beispielsweise Uponor, bieten hierzu einerseits regelungstechnische Komponenten an. Diese sind in der Lage, den Abgleich durch eine sog. Adaption vorzunehmen. Es kann jedoch auch die konventionelle Theorie zum hydraulischen Abgleich herangezogen werden. Das bedeutet, dass der ungünstigste Kühlkreis als Maßstab für sämtliche andere Kreise des gleichen Verteilers gilt. Sind mehrere Verteiler in einem System untergebracht, so gilt es, auch diese hydraulisch abzugleichen. Hierfür sind Differenzdruckregler bestens geeignet. Diese werden in den Abgang zum jeweiligen Verteiler installiert und sorgen für eine bedarfsgerechte Druckdifferenz.

Also, alles kein Hexenwerk und technische Lösungen sind für die unterschiedlichen Anforderungen vorhanden.



AUTOR



Dipl.-Ing. (FH) Elmar Held ist verantwortlicher Redakteur des SBZ Monteur. Er betreibt ein TGA-Ingenieurbüro, ist Dozent an der Handwerkskammer Dortmund sowie öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger
Telefon (0 23 89) 95 10 21
Telefax (0 23 89) 95 10 22
E-Mail held@sbz-online.de
www.ingenieurbueroheld.de