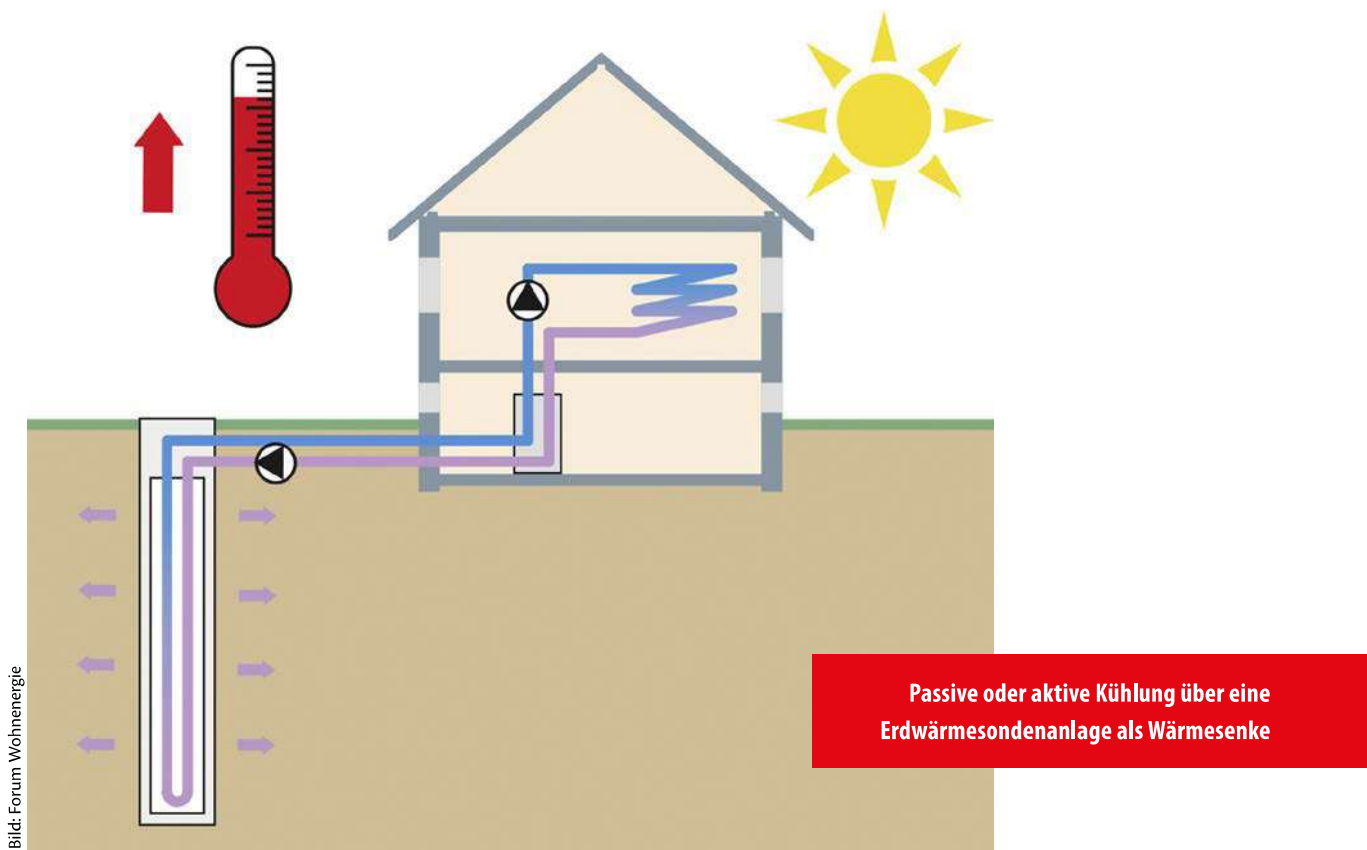


Wärmesenken für die Flächenkühlung



Das Wärmeträgermedium Wasser ist es, welches die Doppelfunktion von Heizen im Winter und Kühlen im Sommer mit einer Flächenheizung/-kühlung ermöglicht. Dafür ist nicht wie beim Heizen eine Wärmequelle, sondern eine Wärmesenke notwendig. Demzufolge wird der Heizkreisverteiler zum Kühlkreisverteiler, denn er führt die Wärme nicht in den Raum, sondern entzieht diese dem Raum.

Um mit einer Flächenheizung/-kühlung vom Heizbetrieb in den Kühlbetrieb wechseln zu können, ist eine Umschaltung von einer Wärmequelle auf eine Wärmesenke notwendig. Der Heizkreisverteiler versorgt die Wärmeübergabekreise mit einer Vorlauftemperatur, die deutlich niedriger als die Raumtemperatur ist und wird dadurch zum Kühlkreisverteiler. Im Gegensatz zum Heizbetrieb, der eine Übertemperatur an die raumumschließenden Flächen bringt, um Wärme an den Raum zu übertragen, wird nun eine Untertemperatur hergestellt, um dem Raum Wärme zu entziehen. Über einen niedrig temperierten Massestrom wird über den Vorlauf des Wärmeübergabekreises dem Raum dadurch Wärme entzogen, indem das Wärmeträgermedium Wasser des (untertemperierten) Vorlaufes über die thermisch aktivierten Flächen dem Raum Wärme entzieht und über den infolgedessen höher temperierten Rücklauf (negative Spreizung) an die Wärmesenke bringt. Diese Wärmesenke benötigt gleichfalls eine deutlich niedrigere Temperatur als der Rücklauf, um die Wärme aufnehmen zu

können und wieder einen deutlich kühleren Vorlauf (Masse-Volumenstrom) in die raumumschließenden Flächen bringen zu können. Und die Entwärmung des Raumes beginnt erneut.

Die wassergeführte Flächenkühlung erfolgt äußerst effizient, da sie nicht die Luft, sondern die Oberflächen von Bauteilen kühlt. Dieses Wirkprinzip kommt der Physiologie des Menschen und der daraus resultierenden thermischen Behaglichkeit deutlich näher, als die Luft zu kühlen, was oft mit recht unangenehmen Luftbewegungen einhergeht, worauf viele Menschen sehr empfindlich reagieren. Die installierte Wärmeverteilung und Wärmeübergabe bleiben unverändert, nur die Temperaturen ändern sich und damit die Wirkung der thermisch aktivierten Flächen, im Wechselspiel zwischen Wärmesenke und Wärmequelle.

Woher die Kälte für die Flächenheizung/-kühlung kommt, soll hier anhand der beiden unterschiedlichen Bereitstellungsarten von Kälte erläutert werden. Denn diese kann sowohl passiv als auch aktiv bereitgestellt werden.

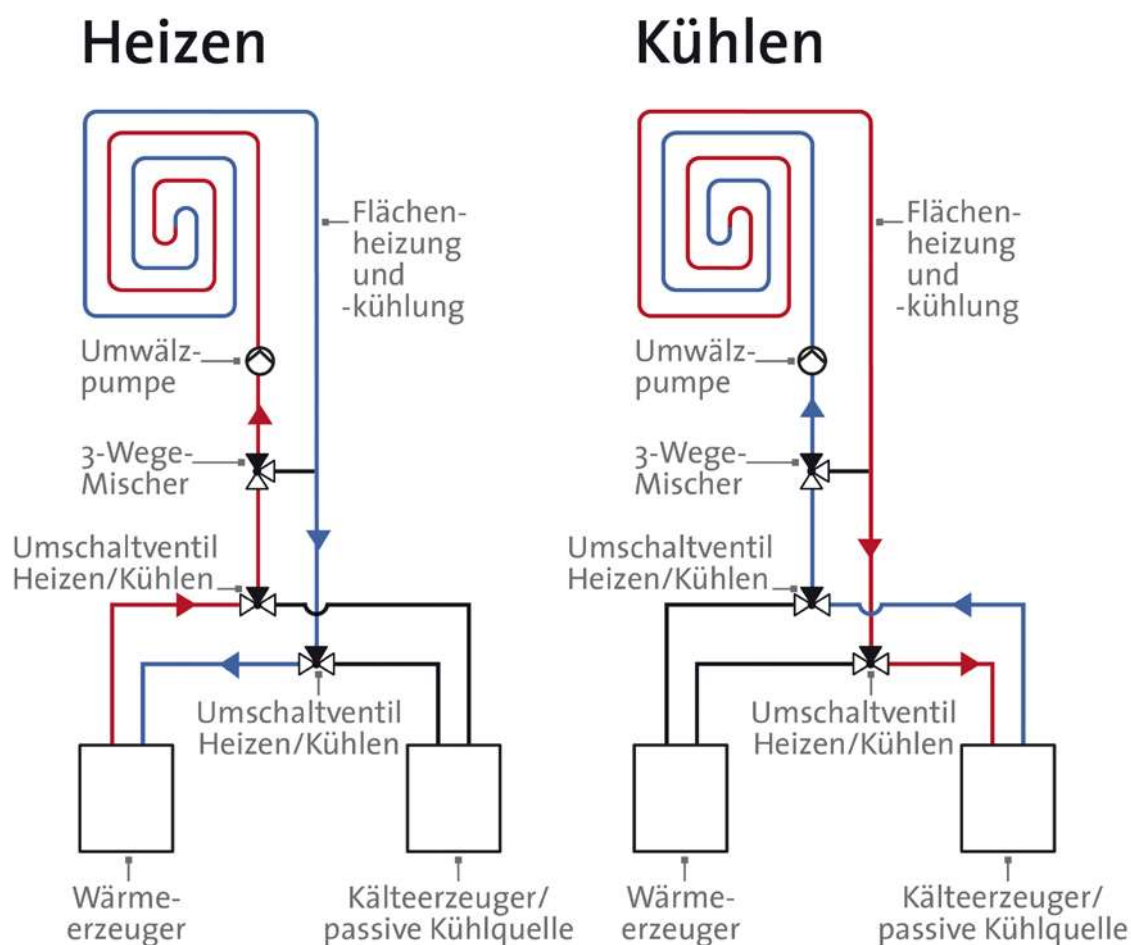
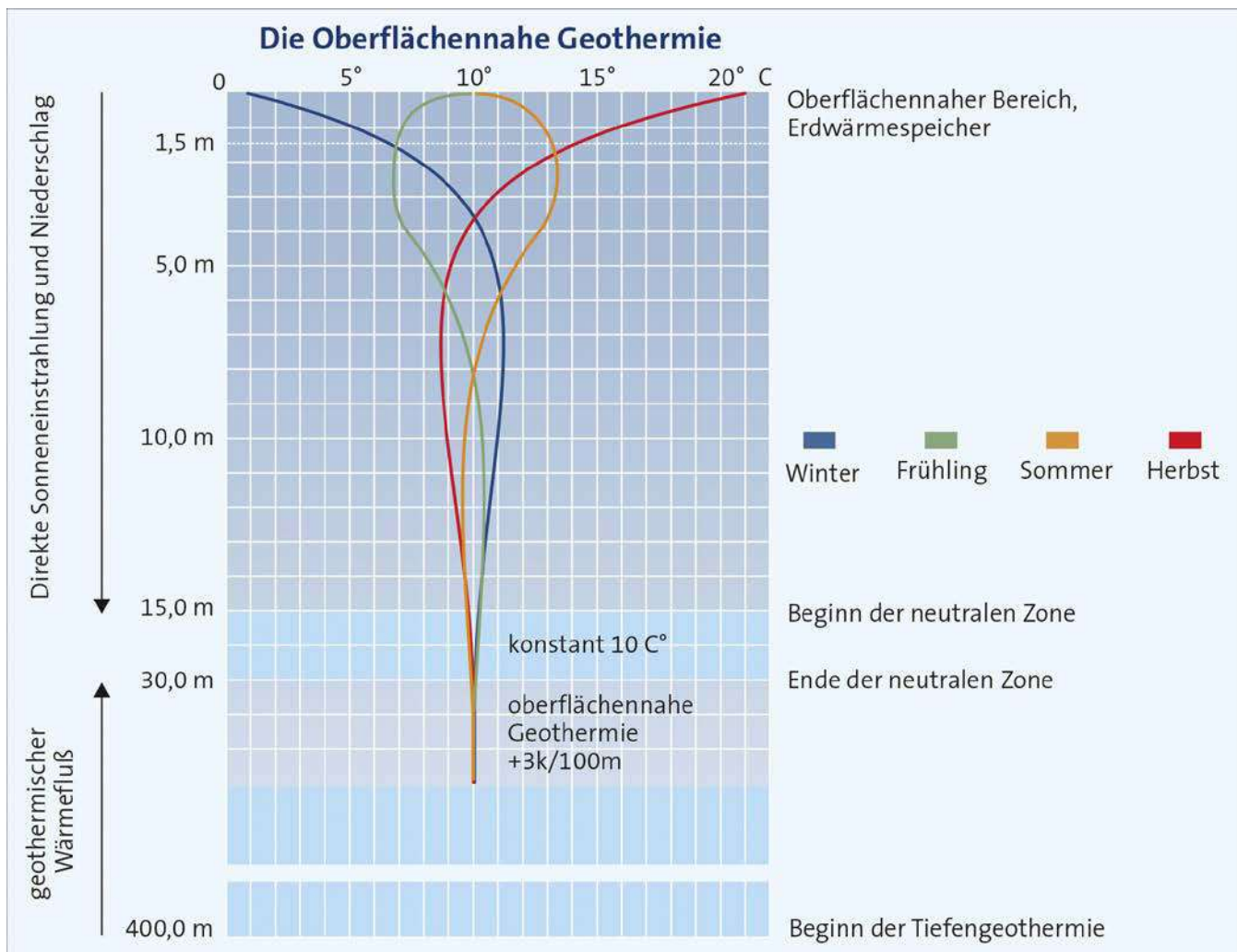


Bild: Fachbereich Flächenheizung/-kühlung im BDH

Funktionsgrafik Heizen – Kühlen mit den Bypass-Einrichtungen in der Anlagenhydraulik



Das Wärmeregime im oberflächennahen Untergrund bietet in den Sommermonaten eine für die passive Kühlung notwendige Temperaturdifferenz

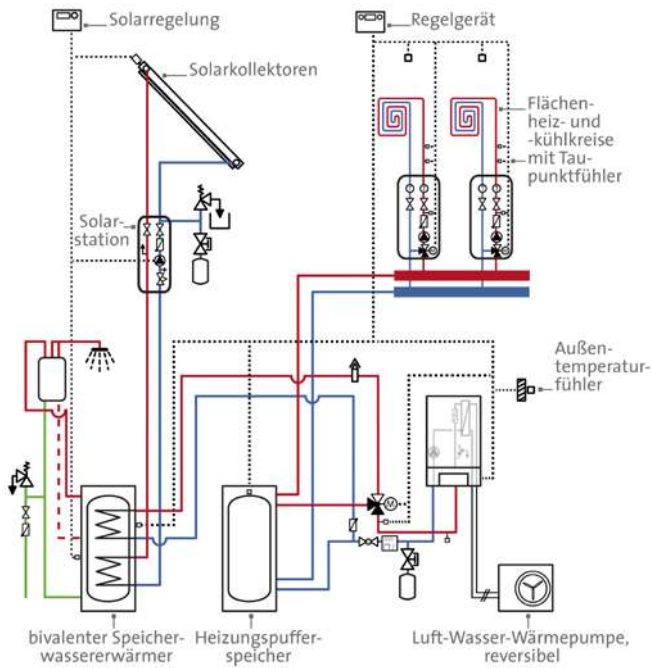
PASSIVE UND AKTIVE KÜHLUNG

Die passive Kühlung benötigt keine Endenergie zur Bereitstellung von Kälte, sondern lediglich Hilfsenergie für die Umwälzpumpen im Heiz- bzw. Kühlkreis und im Wärmesenkenkreis. Eine passive Wärmesenke kann eine unnatürliche Wärmequelle (z. B. Prozesskälte), aber auch eine natürliche Wärmequelle sein, wie z. B. die einer erdgekoppelten Wärmepumpe, die mit ihrer Wärmequellenanlage Umweltwärme aus dem oberflächennahen Untergrund nutzt, um für den Heizbetrieb im Winter eine Übertemperatur für den Heizkreis bereitzustellen. Dieselbe Wärmequellenanlage wirkt allein über die Temperaturen als Wärmesenken- oder Kältequellenanlage. Für die passive Kühlung wird die Wärmepumpe über einen Bypass umgangen und eine direkte Verbindung zwischen Wärmequelle und Wärmesenke hergestellt. Bei der aktiven Kühlung wird die Wärmepumpe genutzt, allerdings in reversibler Betriebsweise, durch Prozessumkehrung des Kältekreises. Es

ändert sich lediglich die Richtung des Wärmestroms (Umkehrung des Wärmestroms) durch die thermische Be- oder Entladung des Wärmeträgermediums (Heizwasser).

Die Verhältnisse im oberflächennahen Untergrund zeigen, dass diese Temperaturen ausreichend kühl sind, um als passive Wärmesenke wirken zu können. Die Kühlleistung ist abhängig von der vorherrschenden Temperaturdifferenz und der Wärmeaufnahme der Flächenkühlung. Mit einer Grundwasserbrunnenanlage kann ebenso passiv gekühlt werden wie mit einer Erdwärmesondenanlage. Mit erdgekoppelten Wärmepumpen ist neben der passiven Kühlung auch eine aktive Kühlung durch Prozessumkehr möglich.

Sollte keine Wärmesenkenanlage zur Verfügung stehen oder die notwendige Kühlleistung nicht erbracht werden können, besteht die Möglichkeit einer aktiven Kühlung. Die aktive Kühlung kann auch mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe in reversibler Betriebsweise umgesetzt werden. Durch die Umkehrung des Kälte-



Anlagenschema einer aktiven Kühlung mit reversibler Luft-Wasser-Wärmepumpe und solarthermischer Trinkwassererwärmung

kreises wird der Verflüssiger zum Verdampfer und der Verdampfer zum Verflüssiger. Die aktive Bereitstellung von Kälte kann der zu kompensierenden Kühllast genau angepasst werden.

HYDRAULISCHE ERGÄNZUNGEN/VORAUSSETZUNGEN

Für den Kühlbetrieb einer Flächenheizung/-kühlung ist neben der Bereitstellung einer Wärmesenke auch die hydraulische Integration derselben notwendig. Die Art und Weise ist abhängig von der Wärmesenkenanlage. Ein Platten-Wärmeübertrager wirkt auch als Systemtrenner, bei unterschiedlichen Medien. Der Masse-Volumenstrom und die Spreizung sind festzulegen und zwischen Wärmesenken- und Flächenkühlkreis abzustimmen.

Die Masseströme sind wie die Temperaturdifferenzen wesentlich für die Leistungsbestimmung. Das ist für den Heizbetrieb ebenso und Planungsgrundlage. Heizleistung ist aber nicht gleich Kühlleistung. Das liegt zum einen an den unterschiedlichen Wärmeübergängen (Bauteil-Luft/Luft-Bauteil) und zum anderen an den Unterschieden in der Positionierung/Ausrichtung. Ebenso wie bei den Heizleistungen bestehen auch bei den Kühlleistungen Unterschiede in den Wärmestromdichten. Grundsätzlich ist die Kühlleistung immer geringer als die Heizleistung.

Ein weiterer Grund dafür ist die kleinere Spreizung (Temperaturdifferenz zwischen VL und RL), die mit Volumenstrom kompensiert werden muss, um einen effizienten Betrieb sicherzustellen, ähnlich der maximalen Oberflächentemperatur bei Fußboden- und Deckenheizung, stets für den Kühlfall an allen Flächen, eine Mindestvorlauftemperatur. Während die maximalen Oberflächentemperaturen primär dem Wohle des Menschen entsprechen, kommt eine Mindestvorlauftemperatur dem Bauteil zugute und damit dem Bauwerk. Eine Mindestvorlauftemperatur von 18 °C stellt sicher, dass es zu keinen Taupunktunterschreitungen im oder am Bauteil kommen wird, welche Tauwasserausfall provozieren. Tauwasserausfall in oder an Bauteilen ist grundsätzlich zu vermeiden. Aus diesem Grund kommt zur hydraulischen Ergänzung auch noch diese regelungstechnische Komponente hinzu. Raumthermostate können auch den Kühlbetrieb regeln.

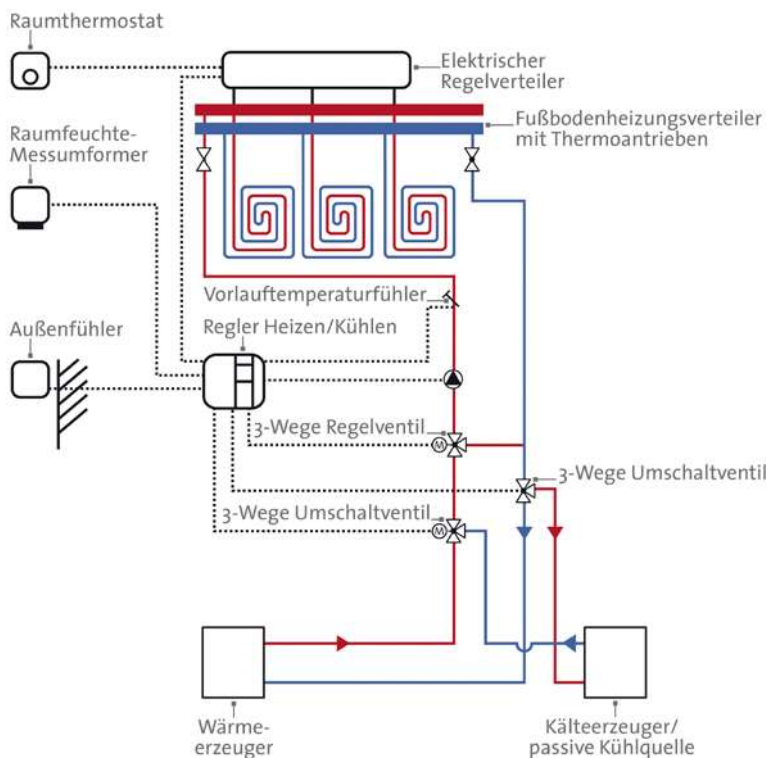
Der Taupunktwächter ist die unverzichtbare sicherheitstechnische Einrichtung der Flächenkühlung. Er überwacht die relative Feuchte (Wasserdampfaktivität) an der Bauteiloberfläche oder an kritischen Oberflächen der Anlage und schaltet bei drohender Unterschreitung der Taupunkttemperatur (dynamischer Grenzwert) die Kühlfunktion aus, um keine Feuchteschäden am oder im Bauteil zu provozieren. Beispielsweise liegt die Taupunkttemperatur bei einer re-

Bild: Fachbereich Flächenheizung/-kühlung im BDH

Typische thermische Kennwerte für eine Flächenheizung/-kühlung nach DIN EN 1264 und DIN EN ISO 11855

Orientierender Vergleich von Oberflächentemperatur und Wärmestromdichte in Bezug zur wirksamen Fläche						
	Heizen ($\vartheta_i = 20^\circ\text{C}$)			Kühlen ($\vartheta_i = 26^\circ\text{C}$)		
	q_H in W/m^2	A_{wirk} in m^2	ϑ_{Fm} in $^\circ\text{C}$	q_H in W/m^2	A_{wirk} in m^2	ϑ_{Fm} in $^\circ\text{C}$
Boden	100	10,00	29	45	10,00	18
Wand	160	6,50	40	65	6,50	18
Decke	60	17,00	29	85	17,00	18

Bild: Fachbereich Flächenheizung/-kühlung im BDH



Regelungsstrategie einer Flächenheizung/-kühlung inkl. Umschaltung und Taupunktwächter in Form eines Raumfeuchte-Messumformers.

lativen Luftfeuchte von 60 % und einer Lufttemperatur von 26 °C bei 18 °C.

ZWEI LEISTUNGSBEREICHE DER FLÄCHENKÜHLUNG

Der Kühlbetrieb bietet im Gegensatz zum Heizbetrieb zwei Leistungsbereiche: die Anköhlleistung und die Vollköhlleistung.

- Die Anköhlleistung resultiert aus der Auslegung nach Heizlast gemäß der DIN EN 12831.

- Die Vollköhlleistung orientiert sich in der Auslegung nach Köhlleistung gemäß der VDI 2078.

Bei der Anköhlung erfolgt die Auslegung nach der Heizlast mit den hierfür notwendigen Wärmestromdichten. Der Köhlbetrieb erfolgt ohne hydraulische Anpassung auf den Köhlbetrieb. Die Anköhlleistung erfüllt die Anforderung an eine Optimierung der thermischen Behaglichkeit durch Senkung der Raumtemperatur in den Sommermonaten um einige Kelvin in Abhängigkeit der Außentemperatur.

Bei der Vollköhlung erfolgt die Auslegung nach der Köhlleistung mit den hierfür notwendigen Wärmestromdichten zur Sicherstellung einer maximalen Raumtemperatur von z. B. 26 °C, unabhängig von der Außentemperatur. Die Vollköhlleistung erfüllt somit die Anforderung einer maximalen Raumtemperatur von 26 °C während der Sommermonate. Um diese Leistung erreichen zu können, müssen engere

Verlegeabstände realisiert werden, die in der Regel zusätzliche Wärmeübergabekreise fordern. Neben diesem Mehraufwand bei der Montage ist der hydraulische Abgleich nach Vollköhlung herzustellen und zu dokumentieren.

Beide Leistungsbereiche können sowohl mit einer passiven als auch mit einer aktiven Köhlung bedient werden. Die erreichbare Köhlleistung je Quadratmeter ist je nach Flächenorientierung (Boden, Wand oder Decke) unterschiedlich und weicht von der Heizleistung je Quadratmeter ab. Der Fachbereich Flächenheizung/-köhlung im BDH hat im Rahmen eines System- und Kostenvergleiches festgestellt, dass in den meisten modernen EFH eine Anköhlung durchaus ausreichend ist, um nicht nur die thermische Behaglichkeit zu erhöhen, sondern bisweilen auch die Vollköhlleistung zu kompensieren.

Die nebenstehende Tabelle zeigt einen Vergleich der Anköhlleistungen an Boden, Wand und Decke, die aus der Auslegung nach Heizlast resultieren, im Bezug zu der berechneten Köhlleistung nach VDI 2078, welche den Anforderungen der Vollköhlung entspricht. Des Weiteren sind in diesem Vergleich auch die systembedingten Unterschiede in den An-

wendungen Boden, Wand und Decke klar zu erkennen. Darüber hinaus zeigt die Tabelle auch einen prozentualen Anteil an der Köhlleistung, die eine Anköhlung zu erreichen vermag. Die hier genannten Werte aus der Köhlleistungsberechnung des Gebäudes sind beispielhaft zur Orientierung zu verstehen, da bei der Köhlleistung zusätzliche Parameter im Detail entscheidend sind, wie z. B. Art der Verschattung, Raumgeometrie, Anteil transparenter Flächen, allgemeiner sommerlicher Hitzeschutz der Baustoffe und -materialien (Schichtenaufbau der thermischen Hülle), Lage des Gebäudes, Umraum usw. Sollten diese Voraussetzungen nicht ausreichend sein, ist eine Auslegung nach Köhlleistung als Vollköhlung naheliegend. Die individuellen Wünsche des Bauherrn entscheiden letztlich. Reicht ihm eine Anköhlung oder benötigt er eine Auslegung zur Vollköhlung?

DIFFERENZIERUNG DER AUSLEGUNG ALS PLANUNGSGRUNDLAGE

Die Vorteile der passiven Köhlung liegen in den minimalen Investitions- und Betriebskosten mit gleichzeitigem Synergiepotenzial (z. B. Unterstützung der natürlichen Regeneration bei erdgekoppelten Wärmequellenanlagen im Sommer). Nachteilig sind die oft begrenzten Köhlleistungen, da diese stets von der Kapazität der Wärmesenke in Abhängigkeit des Bedarfs (Köhlleistung) abhängen. Für einen thermischen Aus-

Bild: Fachbereich Flächenheizung/-köhlung im BDH

Beispielhafter Vergleich der Anköhlleistungen an Boden, Wand und Decke in Nassbauweise (Raumliste BDH-Beispielhaus EFH-Neubau)

Erdgeschoss								
		Anköhlleistung in W (nach Heizlast)						
Raumbezeichnung	Fläche in m ²	ϑ in °C (Heizen)	Heizlast nach DIN EN 12831 in W	Boden	Wand	Decke	ϑ in °C (Kühlen nach DIN EN 15251)	Kühllast nach VDI 2078 in W
Flur	6,32	18	238	63	168	152	25	0
Windfang / Garderobe	9,05	18	392	172	278	248	25	206
Gästetoilette	2,39	18	108	45	101	59	25	91
Hauswirtschaftsraum	7,24	18	381	148	177	218	25	146
Wohnzimmer / Essbereich	30,90	20	1.132	522	601	778	25	1.288
Küche	13,80	20	507	246	325	348	25	658
Speiseraum	3,92			<i>ohne Anforderung</i>				
Summen Erdgeschoss	73,62		2.758	1.196	1.650	1.803		2.388
Anteil an Kühllast (EG) in %				50	69	76		
Obergeschoss								
		Anköhlleistung in W (nach Heizlast)						
Raumbezeichnung	Fläche in m ²	ϑ in °C (Heizen)	Heizlast nach DIN EN 12831 in W	Boden	Wand	Decke	ϑ in °C (Kühlen nach DIN EN 15251)	Kühllast nach VDI 2078 in W
Flur / Diele	16,46	18	691	271	399	495	25	123
Badezimmer	10,11	24	418	185	326	420	25	276
Schlaf- und Ruheraum	15,69	20	558	270	477	598	25	407
Kinderzimmer 1	15,12	20	537	247	477	381	25	494
Kinderzimmer 2	15,12	20	537	246	477	370	25	483
Summen Obergeschoss	72,50		2.741	1.219	2.155	2.264		1.783
Anteil an Kühllast (OG) in %				68	121	127		
Gesamt-Summen				2.415	3.805	4.067		4.171
Anteil der Anköhlleistung an der Kühllast (Vollkühlung) in %				58	91	98		

Quelle: BDH Fachbereich Flächenheizung/-kühlung

Bild: Fachbereich Flächenheizung/-kühlung im BDH

Vergleich von Anköhl- und Vollköhlleistung in einem EFH-Neubau am Beispiel einer Flächenheizung/-kühlung an Boden, Wand und Decke

gleich kann aber in vielen Fällen eine passive Kühlung im Wohnbereich ausreichend sein, wenn keine besonderen Wärmelasten im umbauten Raum vorherrschen. Die begrenzten Köhlleistungen erklären sich aus der passiven Betriebsweise, wo keine aktive Kälte erzeugt wird, sondern lediglich eine bestehende Wärmequellenanlage als Wärmesenkenanlage genutzt wird. Lediglich die beiden Umwälzpumpen der beiden Wärmeübertragungskreise sind bei der passiven Kühlung in Betrieb. Eine aktive Kühlung verlangt hingegen zusätzlich einen Kälteerzeuger als Kompressor, der eine definierte Köhlleistung bereitstellt. Die hieraus gewonnene Wärme kann z. B. als Prozesswärme anderen Nutzungsanforderungen zugeführt werden.

Für die aktive Kühlung kann festgehalten werden, dass deren Vorteile dann zum Tragen kommen, wenn z. B. in Bürogebäuden oder Serverräumen definierte Köhlleistungen erforderlich sind. Nachteilig wirken sich dahingehend die höheren Investitions- und Betriebskosten aus.

Der nächste Teil dieser Serie behandelt die Kombination verschiedener Wärmeübergabesysteme. ■



AUTOR



Bild: Frank Hartmann

Autor ist Frank Hartmann
Referent des Fachbereichs
Flächenheizung/-kühlung im
Bundesverband der Deutschen
Heizungsindustrie (BDH)
Tel.: (09 38 1) 71 68 31
Frank.hartmann@bdh-koeln.de
www.flaechenheizung-bdh.de