

Wärmeübergabe- und Kühlsysteme in Verbindung mit einer Wärmepumpe

1 Einleitung

Rund drei Viertel des Energiebedarfs privater Haushalte werden für die Erzeugung von Heizungswärme und Warmwasser aufgewendet. Ein sparsamer Umgang mit den natürlichen Ressourcen und die damit verbundenen ökonomischen und ökologischen Vorteilen sind für immer mehr Menschen entscheidende Kriterien für eine Heizungsanlage. Hier bieten sich Wärmepumpen als echte Alternative zu Anlagen mit fossilen Energieträgern an. Einige Wärmepumpen können neben der Gebäudebeheizung und Warmwasserbereitung im Sommer auch Kühlfunktionen übernehmen. Detaillierte Informationen zur Anlagenkonfiguration von Wärmepumpen erhalten Sie im BDH-Informationsblatt 25 „Wärmepumpen“.

Eine Heizungsanlage mit einer Wärmepumpe besteht aus den Hauptkomponenten:

- Wärmequellenanlage (Erdreich, Wasser, Luft oder Abwärme),
- Wärmepumpenanlage und
- Wärmenutzungsanlage inklusive Wärmeübergabe.

Im Heizbetrieb wird der Wärmequelle Energie entzogen, die in der Wärmepumpe auf ein für die Wärmeversorgung eines Gebäudes nutzbares Temperaturniveau angehoben wird. Anschließend wird diese Wärme an die Wärmenutzungsanlage, also das Heiz- und/oder Warmwassersystem des Gebäudes, übergeben. Im Kühlbetrieb wird dem Gebäude Wärmeenergie über die Wärmenutzungsanlage oder separate Kühlkreise – nun als Kühlsystem arbeitend – entzogen und an die Wärmequelle – in diesem Fall Wärmesenke – abgegeben.

Die Wärmenutzungsanlage umfasst die Wärmeverteilung im Gebäude sowie die Wärmeübergabe in den zu beheizenden Räumen. Die Wärmeübergabe erfolgt durch Flächenheizungen (Fußboden-, Wand- oder Deckenheizung), Heizkörper oder Gebläsekonvektoren. Über Flächenheizung und Gebläsekonvektoren kann auch eine Raumkühlung erfolgen. Bei den Flächenkühlsystemen handelt es sich nicht um Klimaanlage; im Sommer ist darüber jedoch eine Reduzierung der Raumlufttemperatur um 4 bis 6 K möglich.

2 Technische Grundlagen

Ein sparsamer, umweltbewusster Energieeinsatz und eine möglichst hohe Energieeffizienz bei der Gebäudeheizung oder -kühlung lassen sich dann erreichen, wenn das Gesamtsystem der Wärmeversorgung oder Kühlung passgenau auf die Anforderung des Objektes zugeschnitten ist. Hierbei sind die Nutzeranforderungen, wie z. B. die gewünschte Raumtemperatur, die Heizgewohnheiten sowie die Behaglichkeit im Raum, zu berücksichtigen.

Für den energieeffizienten Einsatz von Wärmepumpen müssen die einzelnen Anlagenkomponenten fachgerecht geplant und in optimaler Weise in das Gesamtsystem integriert werden. Dabei sind die Betriebsbedingungen so festzulegen, dass ein energieoptimierter Betrieb gewährleistet wird. Die wesentlichen Einflussgrößen in puncto Energieeffizienz einer Wärmepumpenanlage sind die Systemtemperaturen und die Umlaufwassermengen.

Dabei gilt grundsätzlich: Je niedriger die benötigte maximale Vorlauftemperatur des Heizsystems bzw. – im Falle der aktiven Kühlung – je höher die minimal benötigte Vorlauftemperatur des Kühlsystems ist, desto effizienter und wirtschaftlicher arbeitet die Wärmepumpe. Durch die in diesem Fall vorliegende minimale Spreizung der Temperatur zwischen Wärmequelle und Wärmeübergabe wird die Effizienz

BDHBundesindustrieverband Deutschland
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.Bundesindustrieverband Deutschland
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.
Frankfurter Straße 720-726
51145 Köln
Tel.: (0 22 03) 9 35 93-0
Fax: (0 22 03) 9 35 93-22
E-Mail: Info@bdh-koeln.de
Internet: www.bdh-koeln.de

der Wärmepumpenanlage maßgeblich beeinflusst. Die Energieausbeute des Systems sowie die notwendige elektrische Antriebsenergie hängen sehr stark von diesen Randbedingungen ab. Die höchste Effizienz und den geringsten Energieverbrauch erzielen Wärmepumpen bei einer geringen Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmeabgabe.

Für den Heizbetrieb gilt, dass nicht die normativen Auslegungs- und Prüfbedingungen und der so ermittelte COP-Wert die maßgeblichen Größen für die Bewertung der Energieeffizienz sind, sondern vielmehr die Jahresarbeitszahl. Diese wird über den gesamten Verlauf der Heizperiode ermittelt und stellt das Verhältnis von abgegebener Nutzwärme zu zugeführter Energie dar.

Die Wärmequellentemperatur ist in der Regel von den klimatischen und geothermischen Gegebenheiten abhängig und nur bedingt beeinflussbar. Daher ist die Systemtemperatur entsprechend anzupassen bzw. objektspezifisch durch planerische Maßnahmen zu steuern. Eine Wärmepumpenanlage sollte möglichst mit einem großflächigen Niedertemperatur-Wärmeübergabesystem (Flächenheizung oder Heizkörper) kombiniert werden. Die Auslegung der Anlagenhydraulik ist hierbei von großer Bedeutung.

Flächenheizungen zeichnen sich im Regelfall durch eine große speicherfähige Masse sowie ein vergleichsweise großes Anlagenvolumen aus. Damit wird eine Nachführung von Wärme mit längerer Laufzeit für die Wärmepumpe ermöglicht, was wiederum ein häufiges Takten vermeidet. Zur weiteren Erhöhung des Anlagenvolumens ist die Einbindung eines Pufferspeichers in den Hydraulikkreislauf möglich.

Kommen Heizkörper zum Einsatz, sind diese an den Wärmepumpenbetrieb und die damit verbundenen niedrigen Systemtemperaturen bzw. Umlaufwassermengen anzupassen. Durch die Einbindung eines Pufferspeichers in den Hydraulikkreislauf kann das Anlagenvolumen erhöht werden.

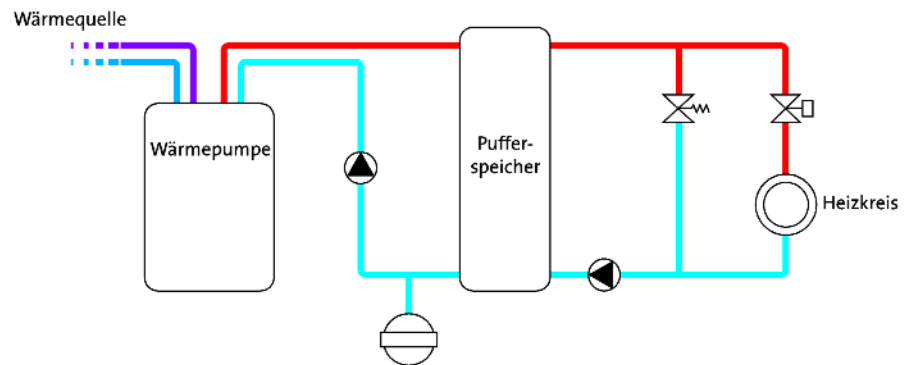


Abb. 1: Prinzipielle Heizflächenanbindung über hydraulische Entkopplung von Erzeuger- und Verbraucherkreis

Eine Kombination der verschiedenen Wärmeübergabe- und Kühlsysteme ist möglich bzw. gewünscht, wenn das Wärmeübergabesystem nicht nur für den Heizbetrieb, sondern auch für die sommerliche Kühlung genutzt werden soll. Wird eine Kühlung mit der Flächenheizung vorgesehen, ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Anlagenkonfiguration Einschränkungen bei der Kühlleistung bedingen kann. Für das Flächenheizungs- und Flächenkühlsystem sollte der Wärmedurchlasswiderstand des Aufbaus möglichst niedrig sein, um den Energiefluss möglichst wenig zu behindern.

Wärmepumpenanlagen mit Flächenheizungen oder Heizkörpern unterliegen den Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) und sind im Regelfall mit selbsttätig wirkenden Einzelraumregelungen auszustatten. Für den sicheren Betrieb einer Wärmepumpe ist die benötigte Umlaufwassermenge zur Nutzung der bereitgestellten Energie auf der Wärmepumpen- wie Verbraucherseite durch geeignete Maßnahmen oder gegebenenfalls eine hydraulische Trennung vorzusehen.

Grundsätzlich ist mit einer Wärmepumpe auch die Möglichkeit der effizienten Warmwasserbereitung gegeben. Die Hersteller bieten verschiedene Lösungsmöglichkeiten zur Bereitstellung der benötigten Warmwassermenge unter Berücksichtigung der notwendigen hygienischen Bedingungen an.

3 Systembedingungen für den Heizbetrieb

Bedingt durch die Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes ist es möglich, neben Flächenheizungen auch Heizkörper in Verbindung mit Wärmepumpen effizient einzusetzen. In einigen Anwendungsfällen werden auch Heizkörper mit Flächenheizungen kombiniert. Werden ausschließlich Heizkörper eingesetzt, müssen die Auslegungssystemtemperaturen wärmepumpengerecht bemessen werden. Für die Renovierung im Gebäudebestand stehen neben Heizkörpern auch Wand-, Decken- und dünn-schichtige Fußbodenheizungssysteme als Nass- oder Trockenversion zur Verfügung. In Anlagen mit Heizkörpern und Thermostatventilen muss ein Pufferspeicher vorgesehen werden.

Bei der Dimensionierung des Systems ist im Wesentlichen auf ein ausreichend dimensioniertes Leitungssystem für große Volumenströme sowie auf entsprechend ausreichend dimensionierte Heizflächen zu achten. Aus energetischen Gründen sollten möglichst niedrige Systemtemperaturen gewählt werden. Da ältere Heizungsanlagen in der Regel überdimensioniert sind, können die Systemtemperaturen bei der Renovierung meistens durch einfache Maßnahmen gesenkt werden (z. B. Einzelraumtemperaturregelung im Referenzraum auf höchste Stellung bringen). In sanierten Gebäuden sinken die Systemtemperaturen allein aufgrund der verminderten Heizlast bereits ab. Die Auslegung der Heizflächen ist in jedem Fall zu überprüfen. Eine weitere Verringerung der Systemtemperaturen kann meist bereits durch den Austausch einiger weniger Heizkörper erreicht werden. Dies betrifft bevorzugt Räume mit einem geringen Anteil an Außenflächen (Küchen, Bäder).

3.1 Zentrale Systemtemperaturregelung und Pufferspeicher

Für eine exakte Wärmeübergabe im Gebäude ist in jedem Fall eine witterungs- oder raumtemperaturgeführte Regelung der Systemtemperatur vorzusehen.

Ist ein Pufferspeicher eingebunden, so erfolgt die Dimensionierung in Abhängigkeit des ausgewählten Wärmeübergabesystems und unter Berücksichtigung seiner vorgesehenen Funktion. Pufferspeicher, die in Anlagen zum Heizen und Kühlen eingesetzt werden, sind wärme- und kältegedämmt auszuführen, um eine Schwitzwasserbildung zu vermeiden. Werden multivalente Pufferspeicher verwendet, also solche, an die neben der Wärmepumpe auch weitere Wärmequellen, z. B. Kachelofen, Solaranlage etc. angeschlossen werden und die ggf. auch die Warmwasserbereitung sicherstellen, sind Einrichtungen zur sicheren Regelung der Systemtemperatur einzusetzen. Dies ist erforderlich, da die Pufferspeichertemperatur zumindest in Teilen des Speichers zur Warmwasserbereitung höher sein muss als die Vorlauf-temperatur des Wärmeübergabesystems.

3.2 Einzelraumregelung

Gemäß der derzeit gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV) sind alle Räume mit selbsttätig wirkenden Einrichtungen zur Begrenzung der Raumtemperatur auszustatten.

Am Heizkörper geschieht dies mittels eines einstellbaren Thermostatventils. Sind mehrere Heizkörper in einem Raum erforderlich, bietet sich der Einsatz eines Zonenventils an, das – wenn es die Anordnung zulässt – sowohl mit einem Thermostatventil als auch mit einem elektrischen Antrieb ausgestattet werden kann. Werden elektrische Antriebe eingesetzt, so werden diese mittels eines elektrischen Raumreglers (Raumthermostat) angesteuert.

Bei Flächenheizungen wird je Raum ein elektrischer Raumthermostat vorgesehen, der die zum Raum zugehörigen Heizkreise nach Bedarf regelt. Eine weitere Möglichkeit bietet die dezentrale Verwendung von mechanisch wirkenden Raumthermostaten.

Unabhängig von der Wahl der Wärmeübergabe (Heizkörper oder Flächenheizung) ist der hydraulische Abgleich des Heizsystems wichtig. Nur so kann wirksam vermieden werden, dass die Systemtemperatur durch den Nutzer über die Auslegungstemperatur angehoben werden muss, um hydraulisch benachteiligte Räume ausreichend mit Wärme zu versorgen. Dies hätte einen steigenden Energieaufwand zur Folge.

Für den störungsfreien Betrieb einer Wärmepumpe muss eine Umlaufwassermenge gemäß Herstellerangaben des Nennvolumenstroms durch die Heizungsanlage sichergestellt sein. Hierzu kann eine hinreichend große Teilfläche des Gebäudes als

Regelgröße für den Wärmepumpenregler herangezogen werden, z. B. der Wohn-/ Essbereich. Dies kann auch durch die Installation einer hydraulischen Weiche oder eines Pufferspeichers erfolgen. Hier kommen sowohl Reihenspeicher mit Differenzdrucküberströmventil als auch Trennspeicher zur Anwendung.

4 Systembedingungen für den Kühlbetrieb

In den letzten Jahren sanken durch den verbesserten Wärmeschutz sowie durch die solare Architektur die Heizlasten von Gebäuden. In Umkehr dazu stiegen jedoch in den Sommermonaten die Kühllasten aufgrund der solaren und inneren Lasten in vielen Gebäuden dramatisch an. Die Kühllasten werden im Wesentlichen durch die Ausrichtung des Raumes, den Sonnenschutz sowie dessen Anordnung (innen oder außen), durch die Beleuchtung und die maschinelle Einrichtung beeinflusst. Durch das Kühlsystem soll die thermische Behaglichkeit in Gebäuden und der Erhalt der körperlichen Leistungsfähigkeit sichergestellt werden.

Wegen der geringen Temperaturdifferenz zwischen Kühlwasser- und Raumlufttemperatur sind Flächenkühlungen dafür prädestiniert, einen Beitrag zur Raumkühlung zu leisten. Je größer der Strahlungsanteil der Kühlleistung ist, desto behaglicher wird sie von den Nutzern empfunden.

Zur Sicherstellung der Systemtemperatur im Kühlbetrieb ist ein Regler notwendig, der die Funktionen Heizen und Kühlen gemeinsam abdeckt. Die Systemtemperatur wird bei Flächenkühlsystemen damit sicher oberhalb des Taupunkts geregelt, sodass eine Kondensatbildung an Verteilleitungen und Übergabeflächen vermieden wird. Zur Vermeidung von Kondensatbildung an den Rohrleitungen müssen freiliegende Kühlwasserleitungen isoliert werden.

4.1 Natürliche Kühlung (passive Kühlung)

Grundwasser und Erdreich in größeren Tiefen sind in den Sommermonaten gewöhnlich kälter als die Umgebungstemperatur. Mittels einer Flächenkühlung wird dem Raum Wärme entzogen und dem Erdreich oder Grundwasser zugeführt. Dies geschieht mittels eines parallel zum Wärmepumpenkreislauf angeordneten Wärmetauschers im Sole- und Grundwasserkreislauf der Wärmequellenseite. Dabei wird die Systemtemperatur über eine Regelfunktion bis oberhalb der Taupunkttemperatur geregelt. Mit einem entsprechenden Vierleitersystem können unterschiedliche Räume gleichzeitig beheizt oder gekühlt werden.

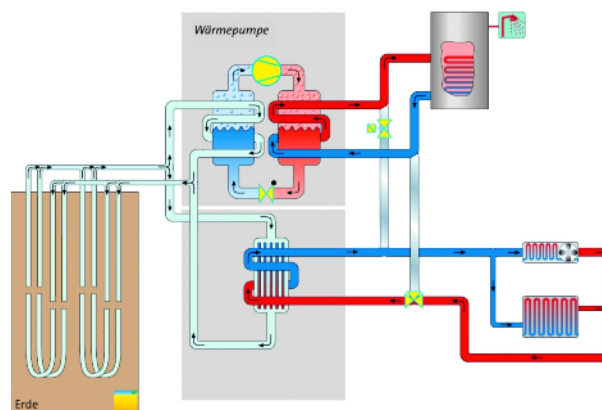


Abb. 2: Prinzip der passiven Kühlung

Die Vorteile der passiven Kühlung liegen in den minimalen Betriebskosten sowie in der Unterstützung bei der Regeneration der Wärmequelle im Sommer. Nachteilig sind die im Vergleich zur aktiven Kühlung geringeren Kühllasten, die im Wesentlichen von der zur Verfügung stehenden Kühlquelle abhängen.

4.2 Kühlung mit maschineller Unterstützung (aktive Kühlung)

Eine aktive Kühlung ist bei speziell hierfür gebauten Wärmepumpen durch eine Umkehr des Arbeitsprozesses möglich. Der ursprüngliche Verdampfer wird zum

Verflüssiger und der Verflüssiger wird zum Verdampfer. Mit einem Zusatzwärmetauscher kann die dabei entstehende Abwärme noch sinnvoll genutzt werden, z. B. zur Schwimmbad- oder Warmwassererwärmung.

Dem Raum wird über das Kühlsystem Wärme entzogen, die über das Rohrnetz zur Wärmepumpe transportiert wird. Die Wärmepumpe kühlt über den Verdichter die Systemtemperatur ab und führt die Abwärme über den Verdampfer an die Sole und damit das Erdreich oder direkt an die Außenluft ab. Wird das Warmwasser über einen multivalenten Pufferspeicher erzeugt, ist für den Kühlfall ein separater Kühlwasserpufferspeicher erforderlich.

Die Vorteile der aktiven Kühlung liegen in der gegenüber der passiven Kühlung höheren Kühlleistung sowie in der Unterstützung der Wärmequellenregeneration. Nachteilig sind die gegenüber der passiven Kühlung höheren Betriebskosten und der bei multivalenten Pufferspeichern benötigte separate Kühltpeicher.

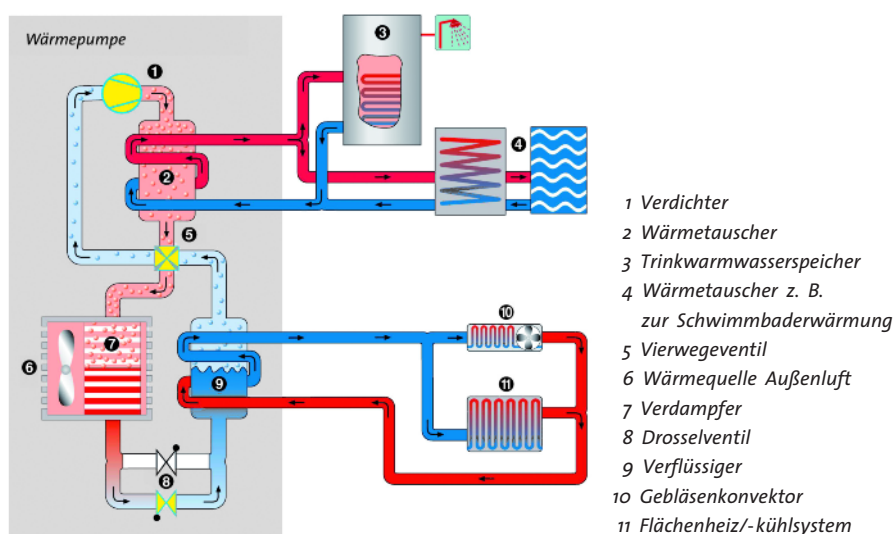


Abb. 3: Prinzip der aktiven Kühlung

4.3 Taupunktüberwachung und Kondensatvermeidung bei Flächenkühlsystemen

Je nach Anlagenkonzept kann mit einer dezentralen oder einer zentralen Taupunktüberwachung gearbeitet werden. Die dezentrale Taupunktüberwachung wird bei größeren Gebäuden mit unterschiedlichen Nutzungsbereichen und Merkmalen angewendet. Gewerblich genutzte Objekte werden häufig achsenweise aufgeteilt. In diesem Fall empfiehlt es sich, jeder Achse einen Taupunktwärter zuzuordnen, um flexibel auf die spätere Nutzung des Gebäudes reagieren zu können. In den Rahmen der Fenster, die sich öffnen lassen, sollten Schalter angeordnet werden, die beim Öffnen des Fensters die Kühlung abschalten.

Eine zentrale Taupunktüberwachung empfiehlt sich bei Einfamilienhäusern. Dementsprechend sind Thermostate zum Heizen und Kühlen einzusetzen.

Zum Einsatz kommen in der Regel zwei unterschiedliche Ausführungen, deren Kombination einen hohen Komfort und maßgebliche Sicherheit bietet. Im Raum mit der höchsten Kühllast, dem sogenannten Referenzraum, wird ein Sensor eingesetzt, der die Raumtemperatur und Raumluftfeuchte erfasst. In Abhängigkeit von diesen Faktoren wird vor Erreichen der Taupunktunterschreitung die Kühlung reduziert oder abgeschaltet. Reine Feuchtesensoren, als Anlegefühler ausgeführt, werden an Oberflächen wie z. B. Boden, Wand, Decke, Rohrleitungen oder Verteilern montiert. Bildet sich an deren Oberfläche ein dünner Kondensatfilm, schalten diese über eine integrierte Wächterfunktion die Zuführung des Kühlmediums ab. Nach Abtrocknung des Kondensatfilms auf dem Sensor des Taupunktwärters wird die Anlage wieder in Betrieb gesetzt.

Hinweis: Bei kombinierten Anlagenkonzepten (Heizkörper und Flächenheizung) ist darauf zu achten, dass die Heizkörper im Sommer nur dann mit Kühlwasser be-

aufschlagt werden dürfen, wenn die Bildung von Kondensat an den Heizkörpern und den entsprechenden Rohrleitungen regelungstechnisch unterbunden wird. In Nassräumen wie Bädern ist eine Kühlung nur in Absprache mit dem Nutzer vorzusehen und beim Einbau entsprechend regelungstechnisch einzuplanen.

4.4 Typische Kühlleistungen von Flächensystemen in Aufenthaltszonen

- Fußboden: ca. 35 W/m
- Wand je nach Ausführung ca. 35–50 W/m
- Decken je nach Ausführung und ohne Konvektivanteile ca. 50–110 W/m

4.5 Grenzwerte der Oberflächentemperaturen:

Die Oberflächentemperaturen von Flächenkühlungen werden durch die Taupunkttemperatur begrenzt. Diese ist vom Luftdruck, der relativen Luftfeuchte und der Lufttemperatur abhängig.

So sollten nachfolgende Richtwerte der Oberflächentemperaturen in Aufenthaltszonen nicht unterschritten werden, um einen optimalen thermischen Komfort zu gewährleisten. Dabei ist aber eine Unterschreitung des Taupunkts im Baustoff zu vermeiden.

Fußbodenkühlungen	19 °C
Wandkühlungen	20 °C
Deckenkühlungen	16 °C

4.6 Typische Kühlleistungen von Flächensystemen in Randzonen bzw. direkt besonnten Bereichen:

In direkt besonnten Bereichen ist die Verwendung einer Flächenkühlung an Boden oder Wand besonders sinnvoll, da die von der Sonne erzeugte Oberflächentemperatur direkt an das Kühlwasser abgeführt wird. Der Anteil der Strahlungswärme, der in den Raum reflektiert wird, sinkt erheblich. Bereits dieser Effekt hat einen starken Einfluss auf die Raumtemperatur, ohne dass eine aktive Kühlung des Raumes stattgefunden hätte. Je nach Oberflächentemperatur können bis zu 80 W/m bei einer Fußbodenkühlung im direkt besonnten Randbereich abgeführt werden.

4.7 Einzelraumregelung

Bei Flächenheizungen/-kühlungen muss je Raum ein Raumthermostat mit Wirkstimmkehr vorgesehen werden, um im Sommer den Kühlfall regelungstechnisch abbilden zu können.

4.8 Anwendung

Bevorzugte Anwendungsfälle für Flächenkühlungen sind:

Bürräume:	Deckenkühlung, Fußbodenkühlung vor der Fassade
Eingangsbereiche:	Fußbodenkühlung, Wand- und Deckenkühlung im Empfangsbereich
Wohnräume:	Fußboden- und Wandkühlung

Werden seitens der Nutzer Anforderungen gemäß VDI 2078 an die Kühlanlage gestellt, so ist im Einzelfall zu überprüfen, ob die Kühlleistung z. B. durch ein Zusatzgerät erhöht werden kann.

BDH-Informationen dienen der unverbindlichen technischen Unterrichtung. Eine Fehlerfreiheit der enthaltenen Informationen kann trotz sorgfältiger Prüfung nicht garantiert werden.

Weitere Informationen unter:
www.bdh-koeln.de

Herausgeber:
Interessengemeinschaft
Energie Umwelt Feuerungen GmbH
Infoblatt 37 März/2011