

Energieeffiziente Gebäudetechnik mit Doppelfunktion

Heizen und Kühlen mit Flächentemperierungssystemen

Flächentemperierungssysteme bestimmen als Niedrigtemperatursysteme aufgrund ihrer vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten immer öfter die Gebäudetechnik. Ein weiterer Grund ist allerdings die Doppelfunktion dieses Systems, die nicht nur ein Heizen im Winter ermöglicht, sondern auch ein Kühlen im Sommer.

Zwar wurde der Heizwärmebedarf in der letzten Dekade mehr als halbiert, der Kühlbedarf von Gebäuden steigt allerdings weit über 200%, Tendenz steigend. Dieser Beitrag stellt diese besondere Doppelfunktion der Flächenheiz- und Kühlsysteme vor und zeigt dabei die regelungs- und steuerungstechnische Relevanz sowie die hierzu notwendige gebäudetechnische Infrastruktur auf.

Flächenheizung und Wärmebereitstellung

Die Heizfunktion wirkt durch eine Übertemperatur. Der Wärmestrom erfolgt aus dem Bauteil in den Raum durch Erhöhung der Oberflächentemperatur.

- Während der Heizfunktion wirkt der umbaute Raum als Wärmesenke, der durch die Übertemperatur des Systems thermisch beladen wird und die der Mensch über die Haut wahrnimmt.

Dafür ist eine übergeordnete Wärmequelle (technische Wärmebereitstellung) notwendig. (z. B. ein Pufferspeicher, der durch diverse Wärmeerzeuger thermisch beladen wird – Wärmebereitstellung).

Der Pufferspeicher bildet als thermischer Akkumulator im Zentrum der wassergeführten Zentralheizungsanlage die Schnittstelle zwischen Wärmeerzeugung und Wärmenutzung/Wärmeübergabe im Raum. Seine Aufgabe ist die Bereitstellung von Heizungswasser für die Wärmeübertragung an den Raum.

Die Wärmebereitstellung in Gebäuden betrifft allerdings nicht nur die Raumwärme, sondern auch die Bereitstellung von Trink-Warmwasser. Die unten stehende Grafik zeigt die drei wesentlichen Bauformen von Kombi-Pufferspeichern.

Ein Heizungspufferspeicher ist für eine Flächenheizung/-kühlung zwar nicht immer zwingend notwendig, wie beispielsweise für gewerbliche Anwendungen in Nichtwohngebäuden, diversen Sonderfällen oder bei spezifischen baulichen Anforderungen. Dennoch sprechen aber viele Gründe für die Wärmebereitstellung mittels eines zentralen Heizungspufferspeichers.

Nicht nur für eine multiple Wärmebereitstellung aus verschiedenen Wärmequellen, sondern auch zur nachhaltigen Steigerung des Deckungsanteils zur solarthermischen Heizungsunterstützung ist dies im Kontext des Niedrigtemperatursystems Flächenheizung nicht selten das Argument für einen Pufferspeicher. Im Betriebsfall einer passiven Flächenkühlung wird der Pufferspeicher über einen hydraulischen Bypass umgangen.

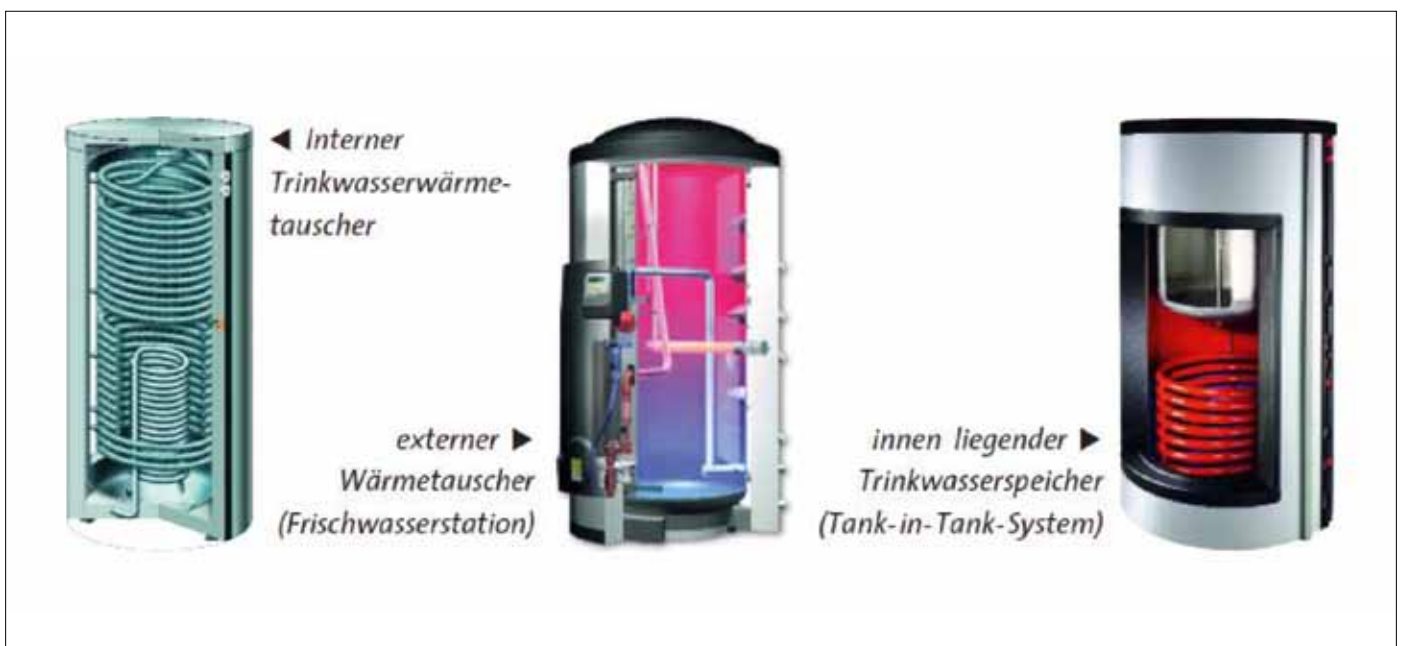


Bild 1: Pufferspeichersysteme.

Der Pufferspeicher als Schnittstelle der Wärmeübertragung

In der Regel sind Pufferspeicher im Bereitstellungsbereich (Schichtenbereich) entsprechend temperiert, um den Anforderungen an die Wärmeübertragung an den Raum zu entsprechen, die als Bereitstellungstemperatur durch den oder die Wärmeerzeuger sichergestellt wird. Die Integration einer solarthermischen Anlage als Wärmequelle ist bei einem Pufferspeicher entweder intern oder extern möglich. Durch die niedrigen Systemtemperaturen einer Flächenheizung/-kühlung können auch niedrige Temperaturen der thermischen Solaranlage innerhalb der Heizperiode effizient genutzt werden. Der Solarertrag wird dadurch in der Energiebilanz deutlich erhöht.

In der Anwendung einer aktiven Flächenkühlung kann auch ein „Kälte“-Pufferspeicher eingesetzt werden, der somit nicht als Wärmequelle, sondern als Wärmesenke dient und insbesondere in der aktiven Kühlung zum Einsatz kommt. Dieser wird nicht durch einen Wärmeerzeuger thermisch beladen, sondern durch einen Kälteerzeuger thermisch entladen. Bei der passiven Kühlung wird der Pufferspeicher (der als Wärmespeicher in der Regel für den Heizbetrieb bereitsteht), um einen externen Wärmeübertrager ergänzt, der einen hydraulischen Bypass zum Pufferspeicher bildet und die Wärmesenke versorgt, also Wärme aus dem umbauten Raum abführt.

Der geregelte Wärmeübertragungskreis

An der Heizwasser-Entnahmeseite wird der Heizkreis zur Wärmeverteilung angeschlossen. Der klassische Heizkreis für eine Flächenheizung/-kühlung wird in der Regel als geregelter Heizkreis ausgeführt, der die Vorlauftemperatur dynamisch in Abhängigkeit der Außentemperatur anpasst und zu den jeweiligen Wärmeübergabesystemen bringt. Über die in der Heizungsregelung integrierte Heizkennlinie wird die maximale Vorlauftemperatur im Auslegungsfall festgelegt, die durch die Mischereinrichtung verwirklicht wird.

Dieser geregelte Heizkreis ist bei der Kühlung derselbe, da die typische Baugruppe „Geregelte Heizkreisstation“ – bestehend aus den wesentlichen Komponenten Umwälzpumpe und einem motorisch betriebenen Drei-Wege-Mischventil – lediglich die Zwangszirkulation mit dynamischen Vorlauftemperaturen sowohl für das Kühlen als auch für das Heizen erledigt. Außerhalb der Heizperiode und vor allem im Sommer kann durch eine reversible Temperierung mit der Flächenheizung/-kühlung ein doppelter Nutzen erzielt werden.

Durch die hohe energetische Qualität der thermischen Hülle wirken die winterlichen Wärmegewinne als sommerliche Wärmelasten. Über eine Flächenkühlung wird nicht nur im Hochsommer die thermische Behaglichkeit im umbauten Raum erhöht. Umso sinnvoller und konsequenter erscheint somit die Doppelfunktion einer

Flächenheizung/-kühlung entsprechend dieser Bedarfsdynamik. Die aus dem Kühlprozess gewonnene Wärme kann z. B. zur Trinkwassererwärmung verwendet werden.

Flächenkühlung und Kältebereitstellung

Die Kühlfunktion wirkt durch eine Untertemperatur. Der Wärmestrom erfolgt in das Bauteil aus dem Raum durch Reduzierung der Oberflächentemperatur. Beide Funktionen werden mit demselben Wärmeübergabesystem realisiert. Es ändert sich lediglich die Richtung des Wärmestroms (Umkehrung des Wärmestroms) durch die thermische Be- oder Entladung des Wärmeträgermediums (Heizwasser).

- Während der Kühlfunktion wirkt der Raum als Wärmequelle, welche durch die Untertemperatur des Systems thermisch entladen wird. Dafür ist eine dementsprechende Wärmesenke notwendig. (z. B. ein Kälte-Pufferspeicher, der durch diverse Kälteerzeuger thermische entladen wird – Kältebereitstellung).

Aufgrund der geringen Temperaturdifferenzen zwischen Kühlwasser, Raumluft und Körpern ist eine Flächenheizung/-kühlung bestens dafür geeignet – im Sinne der thermischen Behaglichkeit und Energieeffizienz – einen Beitrag zur Raumkühlung zu leisten. Dabei wirkt sich besonders die flächenbezogene Kühlleistung auf das Wohlbefinden der Nutzer aus.

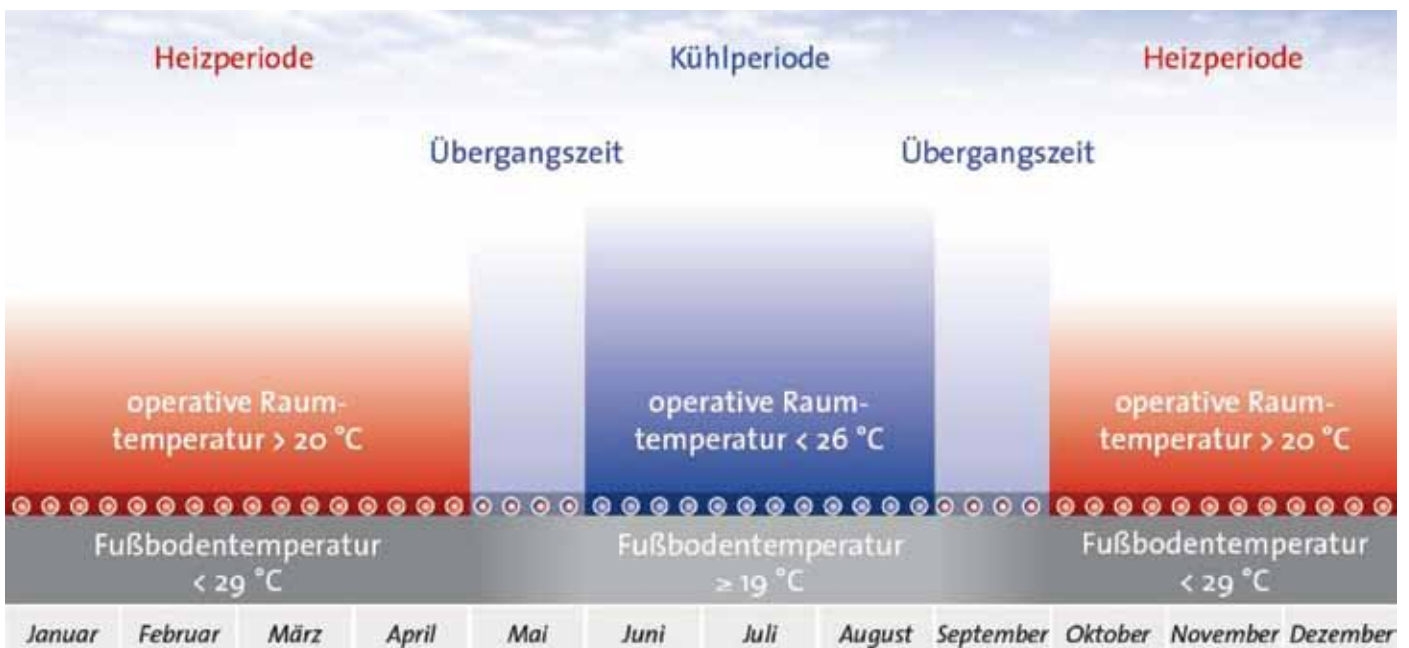


Bild 2: Heizen im Winter und Kühlen im Sommer mit einem System.

Umkehrung des Wärmestroms (Taupunktunterschreitung)

Bei einer Umkehrung des Wärmestroms zur Flächenkühlung wird nicht von einer maximalen Vorlauftemperatur gesprochen, sondern von einer Mindest-Vorlauftemperatur. Auch dies markiert den direkten Zusammenhang mit den Temperaturbereichen des menschlichen Körpers, berücksichtigt aber auch den baulichen Feuchteschutz. Durch die Absenkung der Oberflächentemperatur (Untertemperatur im Bauteil) kann die Gefahr einer Taupunktunterschreitung bestehen, die z.B. wirksam mit einem sogenannten Taupunktwärter verhindert werden kann.

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

Die Umschaltung von Flächenheizung auf Flächenkühlung

Die hydraulische Umschaltung für die Flächenkühlung wird zwischen Heizkreisstation und Pufferspeicher integriert, da der Pufferspeicher in der Regel für den Heizbetrieb (bzw. im Sommer für WW-Bereitung) während der Heizperiode notwendig sein wird. Interne Wärmegewinne werden innerhalb der Heizperiode in der Regel auf der Wärmeseite bilanziert. Im Sommer aber sind es – insbesondere im Hochsommer – interne Wärmelasten, die eine Kühlung verlangen. Die erreichbare Kühlleistung je Quadratmeter ist je nach Flächenorientierung (Boden, Wand oder Decke) unterschiedlich und weicht von der Heizleistung je Quadratmeter ab (siehe Tabelle).

Die hydraulische Umschaltung ist Bestandteil des Systems und entsprechend den Komponenten und der Auslegung konfiguriert. Sowohl der Heiz- als auch der Kühlbetrieb werden von einer zentralen Steuereinheit sichergestellt, welche sowohl die Pumpen als auch die Umschaltung entsprechend den Temperaturen, welche über Sensoren erfasst werden, betreibt. Der Taupunktwärter ist als sicherheitstechnische Einrichtung in die Steuereinheit integriert.

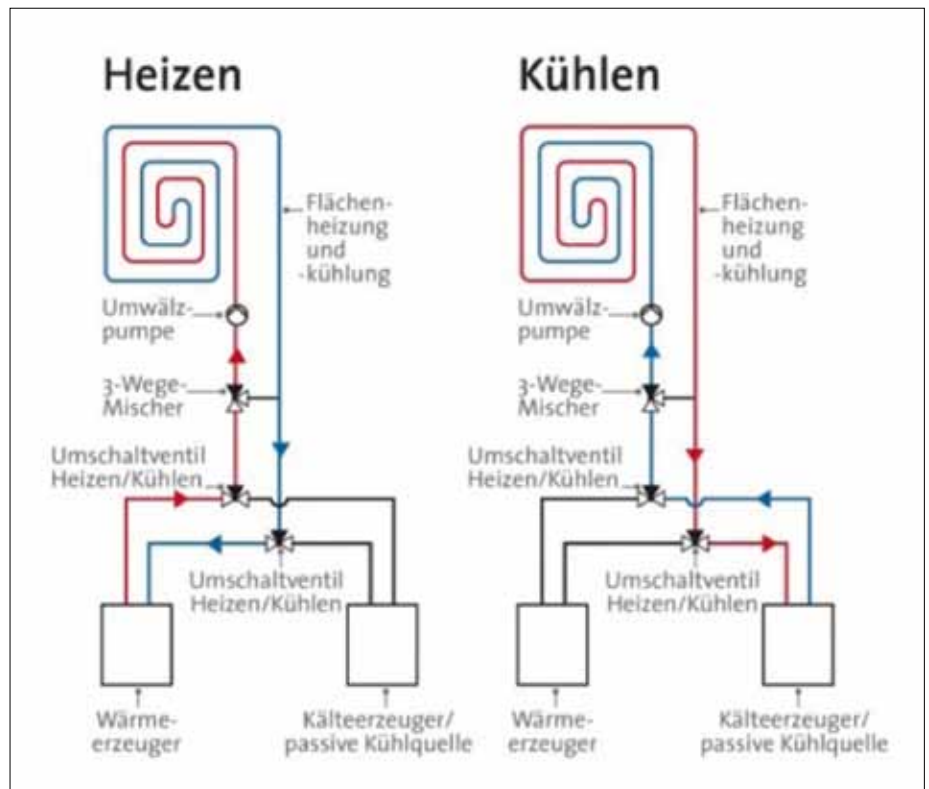


Bild 3: Funktionsgrafik Heizen-Kühlen mit den Bypass-Einrichtungen in der Anlagenhydraulik.

NORMEN UND REGELWERKE

- EnEV 2016 – Verordnung zur Energieeinsparung von Gebäuden (2016)
- DIN 4108 – Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden
- DIN EN 1264 – Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung;
 - Teil 1: Definitionen und Symbole, 2011;
 - Teil 2: Fußbodenheizung: Prüfverfahren für die Bestimmung der Wärmeleistung unter Benutzung von Berechnungsmethoden, 2009;
 - Teil 3: Auslegung, 2009;
 - Teil 4: Installation, 2009;
 - Teil 5: Heiz- und Kühlflächen in Fußböden, Decken und Wänden – Bestimmung der Wärmeleistung und der Kühlleistung, 2009
- VDI-Richtlinie 2035 – Blatt 1 „Vermeidung von Steinbildung (2005) und Blatt 2 „Vermeidung von heizungswasserseitiger Korrosion (2009)
- DIN 18560 – Estriche im Bauwesen
- DIN 18550 – Putz und Putzsysteme
- VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen
- DIN 18202 – Toleranzen im Hochbau – Bauwerke
- WTA Merkblatt 4-5-99/D Beurteilung von Mauerwerk – Mauerwerksdiagnostik
- DIN 18195 – Bauwerksabdichtungen
- DIN 4109 – Schallschutz im Hochbau; Anforderungen und Nachweise
- DIN 1961 – VOB, Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen –
 - Teil B: Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen
- DIN 18350 – VOB, Teil C – Putz- und Stuckarbeiten
- DIN 18180 – Gipsplatten – Arten und Anforderungen
- DIN EN 520 – Gipsplatten – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren
- DIN 18380 – VOB, Teil C – Heizanlagen

Weitere Informationen bietet das BDH-Informationsblatt 51 „Flächenheiz- und /-kühlsysteme, Teil 2 Modernisierung“ – <http://www.flaechenheizung-bdh.de/fachinformationen/altbau/>

Tabelle: Typische thermische Kennwerte für eine Flächenheizung/-kühlung.

	Oberflächentemperatur ϑ_f am Bauteil in °C		Wärmeübergangskoeffizient α am Bauteil in $W/(m^2 \cdot K)$		Maximale spezifische Leistung q_h in W/m^2	
	Maximal beim Heizen	Minimal beim Kühlen	Heizung	Kühlung	Heizung bei $\vartheta_i = 20^\circ C$	Kühlung bei $\vartheta_i = 26^\circ C$
Boden	29	19	10,8	6,5	Ca. 100	Ca. 45
Wand	40	18	8	8	Ca. 160	Ca. 65
Decke	29	18	6,5	10,8	Ca. 60	Ca. 85

Quelle: Werte in Anlehnung an DIN EN 1264 und DIN ISO 7730

Passive und aktive Kühlung

Die Kälte kann auf zwei verschiedene Weisen bereitgestellt werden; entweder passiv aus Erdsonden, Erdkollektoren, Energiekörben oder aktiv aus Kältemaschinen, Kaltwassersätzen oder umschaltbaren Wärmepumpen. Dementsprechend wird von einer passiven oder von einer aktiven Kühlung gesprochen.

- Die passive Kühlung verlangt lediglich eine natürliche Wärmesenke, die keinen Endenergieaufwand verlangt, um Kälte zu erzeugen. Dies ist in der Regel ein Erdwärmeübertrager im Untergrund, der eine zuverlässige hohe Temperaturdifferenz zur Wärmequelle (Innenraum) aufweist. Je größer und konstanter diese Temperaturdifferenz ist, desto qualitativ hochwertiger ist die Wärmesenke, von der die Kühlwirkung bzw. Kühlqualität abhängt. Für den Betrieb ist lediglich ein Bypass in

Form eines Wärmeübertragers zur Systemtrennung mit einer Pumpengruppe für den sekundären Wärmeübertrager (Wärmesenke) notwendig.

- Die aktive Kühlung benötigt anstelle der natürlichen Wärmequelle einen Kälteerzeuger, der eine definierte Kälte erzeugt. Dies kann z. B. eine reversible Wärmepumpe sein, die im Winter heizt und im Sommer kühlt. Die aus dem Kühlprozess generierte Wärme kann anderen Prozessen zugeführt werden. Mit einer aktiven Kühlung können definierte Kühlleistungen mit hoher Regelgüte realisiert werden. Im Gegensatz zur passiven Kühlung ist bei der aktiven Kühlung neben der Hilfsenergie für die Umwälzpumpe zusätzliche Endenergie für das Kälteaggregat notwendig.

Die Vorteile der passiven Kühlung liegen in den minimalen Investitions- und

Betriebskosten mit gleichzeitigem Synergiepotenzial (z. B. Unterstützung der natürlichen Regeneration bei erdgekoppelten Wärmequellenanlagen im Sommer). Nachteilig sind die begrenzten Kühlleistungen, da diese stets von der Qualität der Wärmesenke abhängen. Für einen thermischen Ausgleich kann aber in vielen Fällen eine passive Kühlung im Wohnbereich ausreichend sein, wenn keine besonderen Wärmelasten im umbauten Raum vorherrschen. Die begrenzten Kühlleistungen erklären sich aus der passiven Betriebsweise, wo keine Kälte aktiv erzeugt wird, sondern lediglich eine Anköhlung in Verbindung einer (natürlichen) Wärmesenke. Lediglich die beiden Umwälzpumpen der beiden Wärmeübertragungskreise sind bei der passiven Kühlung in Betrieb. Eine aktive Kühlung verlangt hingegen zusätzlich einen Kälteerzeuger, der eine definierte Kälteleistung bereitzustellen vermag.

Für die aktive Kühlung kann festgehalten werden, dass deren Vorteile dann zum Tragen kommen, wenn z. B. in Bürogebäuden oder Serverräumen definierte Kühlleistungen erforderlich sind. Darüber hinaus ist die aktive Kühlung im Stande, einen gleich höheren Beitrag zur Wärmebereitstellung für Trink-Warmwasser zu leisten. Nachteilig wirken sich dahingehend die höheren Investitions- und Betriebskosten aus.

Fazit

Flächenheiz- und kühlssysteme überzeugen nicht nur durch ihre Doppelfunktion, sondern auch in ihrer Energieeffizienz sowohl in der Heiz- als auch in der Kühlfunktion. Darüber hinaus bieten Flächentemperierungssysteme eine Vielzahl an Möglichkeiten zur raumgestalterischen Option und können u. a. mit Akustikeigenschaften kombiniert werden. Die notwendige Wärmesenkenanlage für die passive Kühlung muss nicht zwingend aus der Wärmequellenanlage (bzw. dem Funktionsprinzip) einer Heizungswärmepumpe bestehen, wie z. B. einer Erdwärmesondenanlage oder Energiepfählen, sondern kann beispielsweise auch im Kontext der Regenwassernutzung geschehen. Entscheidend wird allerdings immer die Steuerungs- und Regelungstechnik sein. Insbesondere zur Kühlfunktion muss die Vermeidung einer Taupunktunterschreitung am und im Bauteil zuverlässig vermieden werden. ■

Autor: Frank Hartmann

Bilder: BDH

