

Autor**Rolf Werner**

Leiter Technisches Marketing Haus-
technik, Wieland-Werke AG,
89079 Ulm

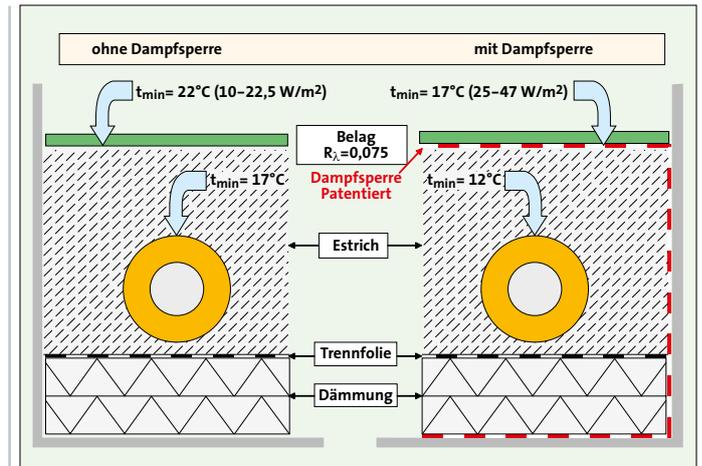


Bild 1: Konventionelle Flächenkühlung (links) und Behr-System (rechts), beide mit großem Verlegeabstand

Flächenkühlung: Extreme Kühlleistung dank Dampfsperre

Optimiertes Fußbodenheiz- und Kühlsystem

Die aktive Kühlung von Büroräumen setzt sich immer mehr durch. Der Grund liegt nicht nur allein darin, dass der Klimawandel auch in Deutschland langfristig zu heißeren Sommern führt. Auch der Einsatz von Computern, Druck- und Kopiergeräten erhöht die thermische Belastung der Räume beträchtlich. Hinzu kommt die architektonisch bedingte Fassadengestaltung mit großen Glasflächen. Die Erkenntnis, dass die thermische Behaglichkeit in Arbeitsräumen kalkulierbar leistungserhaltend wirkt, lässt eine effiziente Raumkühlung zum Standard werden.

Konventionelle Flächenkühlsysteme im Fußboden weisen nur eine begrenzte Leistungsfähigkeit auf. Der abzuführenden Wärmeleistung steht als größte physikalische Herausforderung der Taupunkt entgegen. Um Schwitzwasserbildung zu vermeiden, können konventionelle Kühlsysteme meist nicht mit sehr tiefen Temperaturen gefahren werden, was wiederum die Kühlleistung limitiert. Genau hier setzt das optimierte, patentierte Fußboden-Kühlsystem des erfahrenen Stuttgarter Klimaexperten Dipl.-Ing. (FH) Peter Behr an. Dank einer Dampfsperre, die den gesamten Fußbodenaufbau umschließt, kann die Taupunktsgrenze verlagert werden – und zwar von der Oberfläche der Rohrleitungen an die Estrichoberfläche (Bild 1). Die Estrichoberfläche wiederum weist höhere Temperaturen als die vergleichsweise kühlen Rohre auf. Aufgrund dieser Verlagerung kann das Behr-System mit wesentlich niedrigeren Temperaturen und damit höheren Kühlleistungen gefahren werden.

Mit minimal z.B. 12°C an der Rohroberfläche (statt 17°C) und minimal 17°C an der Estrichoberfläche (statt 22°C) ermöglicht das optimierte System unter üblichen Bedingungen die dauerhafte Einhaltung der 26°C-Vorgabe bei der Raumtemperatur. Die von Peter Behr entwickelte Auslegung erreicht dabei Kühlleistungen, die doppelt so hoch liegen

wie bei vergleichbaren konventionellen Fußbodenkühlsystemen (Bild 2) und das bei gleichen oder sogar größeren Rohrverlegeabständen. Das System baut dabei weniger auf erzielbare Spitzenleistungen, sondern vielmehr auf die Wirkung passiver Speicherflächen. Deshalb wurde das Behr-System bewusst als Fußbodenkühlung konzipiert, um die Deckenbereiche wie auch die übrigen Raumumschließungsflächen als Passivspeicher zur Dämpfung von Kühllastspitzen in die Berechnung einbeziehen zu können. Die erforderlichen Oberflächentemperaturen am Bodenbelag bewegen sich im Tagesverlauf dabei zwischen 21 und 23°C. Das bedeutet optimale thermische Behaglichkeit.

Vollwertige Doppelfunktion Heizen/Kühlen

Die thermisch aktive Fußbodenfläche ermöglicht neben der Kühlung im Sommer auch ein sehr angenehmes Beheizen der Räume in der kalten Jahreszeit. Für eine optimale Temperaturleitfähigkeit sorgen dabei Kupferrohre. Dank der hervorragenden Materialeigenschaften des Werkstoffes Kupfer in Bezug auf Wärmeleitung erfolgt die Temperierung im Heiz- und Kühlmodus mit geringem Energieaufwand. Zudem müssen für diese Anwendung die eingesetzten Rohrleitungen nicht nur absolut sauerstoffdiffusionsdicht, sondern auch dauerhaft imper-

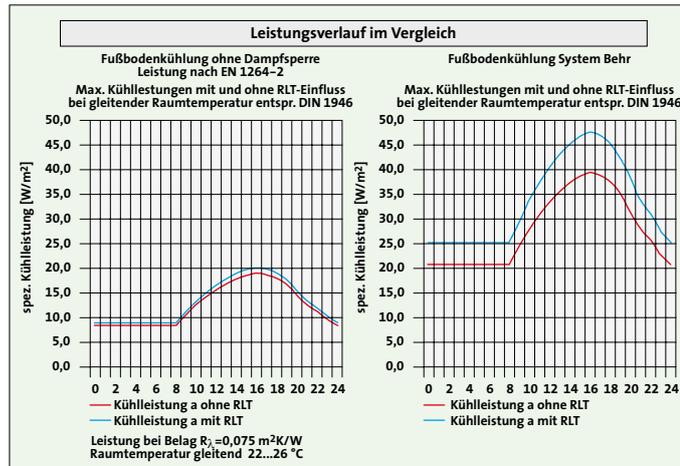


Bild 2: Leistungsvergleich: Fußbodenkühlung mit und ohne Dampfsperre

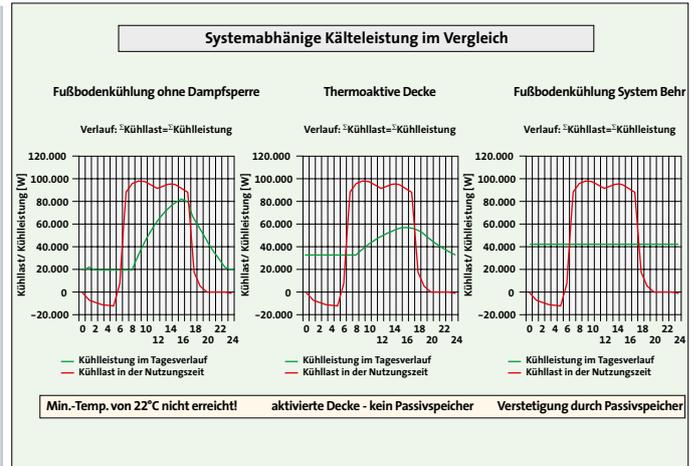


Bild 3: Spitzenlastwerte im Systemvergleich

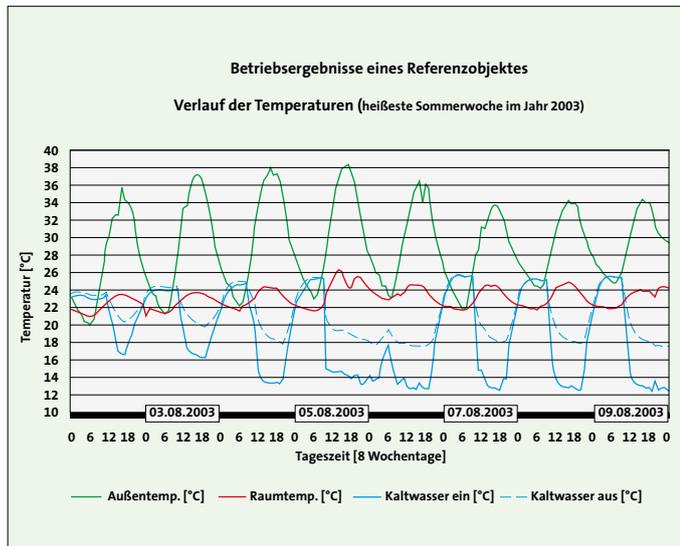


Bild 4: Messergebnisse Behr-System – Pilotprojekt SSB AG

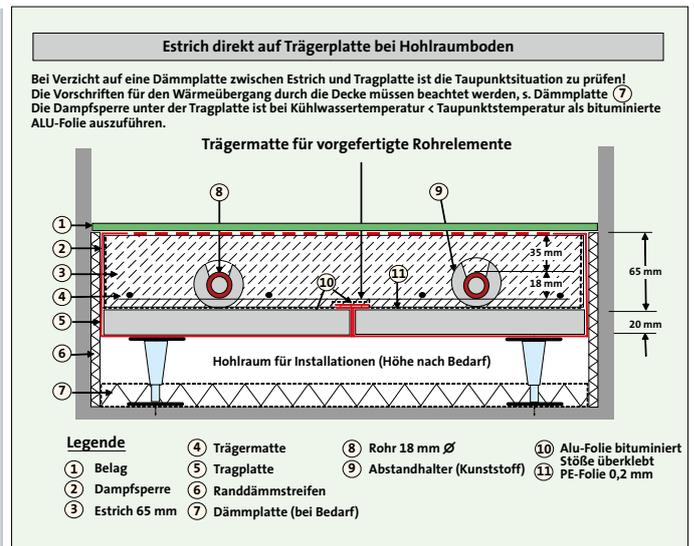


Bild 5: Der innovative Fußbodenaufbau beim Bauvorhaben Step 8.2

meabel gegenüber Wasserdampf sein. Auch aus diesem Grund fiel die Wahl auf ein nahtlos gezogenes Metallrohr, also ohne Schweißnaht. Der alterungsbeständige Werkstoff bietet zudem eine unbegrenzte Zeitstandsfestigkeit und damit eine unter praktischen Belangen unbegrenzte Lebensdauer des Hochleistungs-Temperierungssystems. Die Konzeption des Fußbodenkühlsystems ermöglicht bei reduzierten Raumtemperaturen in der Nacht (z.B. 22 bis 23 °C) noch relativ hohe spezifische Kühlleistungen im Vergleich zu nicht optimierten Systemen. Dadurch lassen sich in den Nachtstunden die passiven Speicherflächen, also Decke und Wände, auf die Ausgangstemperatur von 22 bis 23 °C regenerieren. Die passiven Speicherflächen stehen damit in Spitzenlastzeiten am nächsten Tag wieder als Wärmespeicher zur Verfügung. Die Temperaturunterschiede der Speicherflächen betragen in der Regel ca. 2 K. Das genügt um die erforderliche Leistung der Kältemaschine auf einen Minimalwert zu reduzieren. Große Anteile der erforderlichen Kühlung werden damit in die Nachtstunden verlagert. Dies bringt zusätzliche Vorteile für die Betriebskosten durch vermehrte Nutzung des möglichen Nachtтарifs und durch die Nutzung der Nachtkühle. Die nachgewiesene Speicherkapazität des Raums ermöglicht eine Verstetigung der vorzuhaltenden Kühlleistung, wie

Bild 3 zeigt. Mit einem von Peter Behr entwickelten Rechenprogramm lassen sich die Verhältnisse im Stundentakt über 24 h dynamisch darstellen. Das Behr-System ist seit 2002 in einem Bürogebäude der Stuttgarter Straßenbahn erfolgreich im Betrieb getestet worden. Es wird derzeit im Rahmen eines vergleichenden Pilotversuchs in einem Bürokomplex im aktuellen Bauvorhaben „Step 8.2“ in Stuttgart Vaihingen installiert (siehe Anwendungsbeispiel unten).

Bewährt im Praxiseinsatz

Im genannten Pilotprojekt bei der Stuttgarter Straßenbahnen AG hat sich das Behr-System im Praxiseinsatz bewährt, wie die Messergebnisse einer Untersuchung zeigen (Bild 4). Das Messergebnis in der heißesten Woche im August 2003 mit Spitzentemperaturen über 36 °C im Stuttgarter Innenstadtbereich verdeutlicht, dass das System auch bei extremen Außentemperaturen die Vorgaben erfüllt. Die dazu vorgesehenen Kaltwassertemperaturen als Kühlmedium sind nur mit dem patentierten Verfahren möglich. Die am vierten Tag gemessene höchste Raumtemperatur ist auf geöffnete Fenster zurückzuführen. Nach Schließen der Fenster ging selbst in der wärmsten Phase des Messtages (gegen 16 Uhr) die Temperatur wieder auf 24 °C zurück.



Bild 6a und b: Hohlraumboden (links) und Rohrinstallation (rechts)



Bild 6c und d: Verlegung der Rohre (links) und Anschluss an die Hauptleitung (rechts)

Anwendungsbeispiel: Das Bauvorhaben „Step 8.2“ in Stuttgart

Unter dem Namen „Step 8.2“ lässt die Step Stuttgarter Engineering Park GmbH in einem neuen Gewerbegebiet in Stuttgart-Vaihingen ein modernes sechsgeschossiges Bürohaus mit 10 800 m² Gesamtfläche errichten (Bild 7). Im Rahmen dieses aktuellen Bauvorhabens – das Teil eines Komplexes mit mehreren Gebäuden ist – wird das Behr-System derzeit im höchsten Stockwerk als Pilotanlage installiert.

Nachhaltigkeit durch Flexibilität

Ein wichtiges Kriterium war hier, dass das Temperierungs-System wechselnden Flächenaufteilungen nach Nutzerwünschen gerecht werden muss. Nach dem modernen Leitbild des „flexiblen Büros“ sollen hier durch das Einziehen von rückbaubaren Zwischenwänden Büroräume mit jederzeit veränderbarer Größe entstehen. Durch die Segmentierbarkeit des Heiz- und Kühlsystems über die Installation eines anpassbaren Verteilsystems ist das Behr-System an alle Nutzungswünsche ideal anpassbar. Eine Bereichstrennung zur Abrechnung der Betriebskosten für das Heizen und Kühlen ist damit ohne Änderungen der Rohrinstallation möglich.

Die Büroräume werden über in der Gebäudemitte platzierte Versorgungsschächte erschlossen, die Temperierung erfolgt über eine Ringleitung, die wie beschrieben, segmentierbar ist. Der Fußbodenaufbau (siehe Bilder 5 und 6a bis d) zeigt einen Hohlraumboden, der für die Verlegung von Elektro-Installationsleitungen vorgesehen ist. Auf die

Tragplatte des Hohlraumbodens, die unterseitig von einer wärmedämmenden Alufolie, auch als Dampfsperre, umschlossen ist, wurde das Flächentemperierungs-System installiert. Zusammen mit einer dampfsperrenden Beschichtung an der Estrichoberseite (hier Epoxydharz) wird der Estrich inklusive Tragplatte wie mit einer Schutzhaut umschlossen. Die auf der Unterseite der Tragplatte aufgebrauchte Alu-Folie ersetzt bei Geschosstrenndecken die sonst erforderliche, klassische Dämmplatte. Zur Rohrfixierung werden verzinkte Estrichgitter auf der Tragplatte verlegt. Eine 65 mm hohe Estrichschicht deckt die Rohrinstallation ab. Sie ist seitlich und an der Oberfläche vollständig von der Dampfsperre umhüllt. Den Abschluss des Aufbaus bildet der Fußbodenbelag.

Einfache Nachrüstbarkeit und Qualität für Werterhalt

Der Planer Peter Behr verwendete für sein System bewusst den neuen Typus der flexiblen Kupferrohre mit fest haftender Ummantelung, die aufgrund ihres Eigenschaftsprofils für diese Anwendung die wirtschaftlichste Lösung darstellen. Das gewichtsreduzierte und formstabile Installationsrohr ist aufgrund seiner Flexibilität erstaunlich einfach zu verarbeiten und gleichzeitig äußerst robust gegenüber den alltäglichen Beanspruchungen auf der Baustelle. In der Dimension 18 x 2 mm bietet das CTX-Rohr einen ausreichenden Querschnitt, um auch unter extremen klimatischen Bedingungen punktuell zusätzliche Kühl-, Heiz- oder raumlufttechnische Zusatzgeräte versorgen zu können – zum Beispiel in den Bereichen unter den Fenstern. Auch die



Bild 6e: Der fertig verlegte Estrich



Bild 7: Das Bauvorhaben Step 8.2 in Stuttgart-Vaihingen (rechts im Bild)

nachträgliche Installation solcher Zusatzgeräte kann aufgrund des gewählten Leitungskonzeptes ganz ohne zusätzliche Versorgungsleitungen erfolgen.

Sichere Aussagen durch direkten Systemvergleich

Das innovative, patentierte Behr-System soll nun im Bauvorhaben „Step 8.2“ einem vergleichenden Erfahrungstest unterzogen werden, um die Vorzüge des besonderen Bodenaufbaus einschließlich vollwertiger Heiz- und Kühltechnik in einem System zu demonstrieren. Für einen Vergleich besonders vorteilhaft ist hier, dass die weiteren Geschosse des Gebäudes mit konventionellen, thermisch aktivierten Decken und Zusatzheizkörpern unter den Fenstern ausgestattet sind. Dadurch lässt sich in diesem Gebäude eine zuverlässige Langzeitgegenüberstellung der unterschiedlichen Systemlösungen unter vergleichbaren Bedingungen durchführen. Es ist offensichtlich, dass ein kombiniertes Flächenheiz-/kühlsystem über die beschriebenen Vorteile hinaus auch bei den Investitionskosten besonders günstig abschneidet. Dies gilt insbesondere dann, wenn das System dazu genutzt werden kann, eine Verstetigung der anfallenden Kühllasten zu erreichen und damit Leistungsspitzen abgebaut werden. Dadurch können z.B. die Nennweiten von Versorgungsleitungen verringert werden, auch mit entsprechenden positiven Auswirkungen auf die Leitungsführung. Viel mehr fällt jedoch ins Gewicht, dass die Leistung des Kälteerzeugers und damit die Investitionskosten deutlich reduziert werden können.