

Pfiffiges Konzept fürs Niedrigenergiehaus

Rasch regelbare Flächenheizung



Ulrich Soller*

Die nachfolgend dargestellte schnell regelbare Flächenheizung ist in ein Niedrigenergiehaus integriert, das über eine kontrollierte Wohnungslüftung mit Erdwärmetauscher und Wärmerückgewinnung sowie einen Installationsbus verfügt. Unter dem Westteil des Hauses liegt im Erdreich zusätzlich eine Wärmetauscherfläche zum Kühlen einzelner Räume. Der Autor bietet im folgenden Artikel sehr interessante Einblicke in den Aufbau und in die Auslegung des Flächenheizungssystems und macht Angaben zu ersten Betriebserfahrungen.

Für die drei verschiedenen Heizflächen (Fußboden, Wand und Dachschräge) im Dreifamilienhaus mit Büro wurden die von der Flächenkühlung in Verwaltungsgebäuden oder Kaufhäusern her bekannten Kapillarmatten aus Polypropylen verwendet. Die Röhren mit $d_i = 2,4$ mm für Vor- und Rücklauf liegen hier im Abstand von 15 mm im Wechsel. Durch den

geringen Abstand zwischen Vor- und Rücklauf (15 mm) ist die Temperaturspreizung des Mediums auf ca. 3 K (max. 5 K) begrenzt. Dies ergibt eine sehr gleichmäßige Oberflächentemperatur, führt aber zu Anforderungen an die hydraulische Auslegung.

Mit Radiatoren vergleichbares Zeitverhalten

Um während der Heizperiode die Wärmegewinne in möglichst großem Umfang realisieren zu können, hat man darauf geachtet, daß das System eine möglichst geringe Trägheit aufweist. Durch übereinander geklebte Holzfaserverplatten mit der Funktion der Dämmung für Trittschall und Wärme sowie der Druckverteilung wurde die Speichermasse minimiert. Die mittlere Lage mit 22 mm Dicke nutzte man zudem zur Verlegung der Anschlußleitungen. Auf der oberen Holzfaserverplatte (mit Nut und Feder) wurden die Kapillarmatten der Firma Clina ausgelegt und befestigt (Bilder 1 und 2). Mit einem faserarmierten Nivellierestrich von 8–10 mm Dicke wurde die obere Wärme

und Druck verteilende Schicht zum Verlegen der Fußbodenfliesen hergestellt (Bild 3). Für den Aufbau unter dem Nivellierestrich sind auch andere Materialien, die die gleichen Bedingungen erfüllen, denkbar. Im Wohnzimmer der Wohnung C wurde das Zeitverhalten beim Wechsel von Absenkbetrieb auf Heizbetrieb in 1,9 m Abstand von den Verteilungen der Kapillarmatten, also ca. Raummitte, gemessen. Nach 14 Minuten stieg die Fußbodenoberflächentemperatur von 21,1 °C auf 22,1 °C. In dieser Zeit ist auch die Ansprechverzögerung durch die EIB-Regelung mit thermischen Stellantrieben und durch die Anschlußleitung berücksichtigt. Rechnet man auf den Beginn der Temperaturänderung zurück, liegt die Totzeit des Systems bei ca. 10 Minuten. Das Zeitverhalten ist damit vergleichbar mit dem von Radiatoren als örtlichen Heizflächen.

Ergänzende Heiz- und Kühlflächen

Die Kapillarmatten sind auf Innenwänden aus Gipsplatten und bevorzugt unter den Fenstern auf Außenwänden aus Kalksandleichtsteinen (Yali) befestigt und in den Innenputz mit ca. 1,5 cm Dicke integriert (Bild 4). Diese Anordnung kommt in den Bädern, den Räumen mit Parkett (OG der Wohnung A) und im Büro (DG) vor. Die Totzeit ist dabei geringer als bei der Fußbodenheizung, auch wenn die Speichermasse der Wand den Temperaturanstieg verlangsamt.

In vier Räumen mit Dachflächen sind ergänzende Heiz- bzw. Kühlflächen in der Dachschräge angebracht. Die Kapillarmatten wurden auf den Gipskartonplatten aufgeklebt (Bild 5) und stellen bei den geringen Speichermassen die Flächen mit dem günstigsten Zeitverhalten dar. In zwei Fäl-



Bild 1 Befestigen der Heizmatten auf dem Fußboden

* Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Soller, IfEU, Ingenieurgesellschaft für Energie- und Umwelttechnik, 14478 Fahrland, Telefon (03 32 08) 5 77 43 Telefax (03 32 08) 5 77 44

Bild 2 Detailschnitt Fußbodenaufbau mit Heizmatten

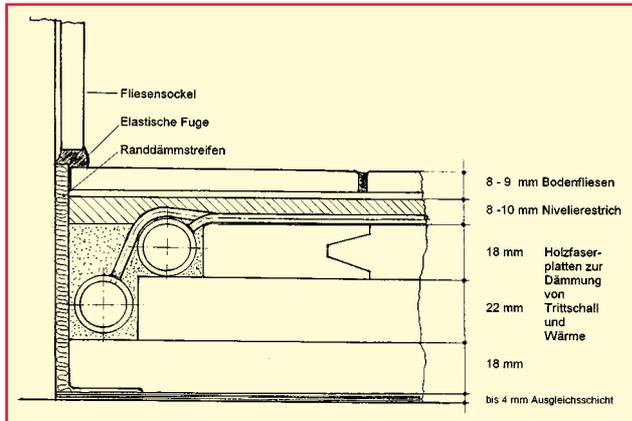


Bild 3 Aufbringen des Nivellierestrichs



len betrifft es Schlafräume, die an heißen Tagen mit im Erdreich gekühlten Wasser auf angenehme Raumbedingungen gebracht werden können.

Mehrere Umwälzpumpen sinnvoller

Alle Raumgruppen von einer zentralen Pumpe aus zu versorgen, hätte bei einem Volumenstrom von 10–15 l/h je m² Heizfläche eine Temperaturspreizung von ca. 3,5 K und damit ein sehr groß dimensioniertes Verteilnetz mit großer Heizpumpe bei entsprechendem Strombedarf bedeutet. Beim Einfamilienhaus nach NEH-Standard ($Q_{N-Geb} = 4 \text{ kW}$) ist diese Lösung möglich, aber ab der Größe des Dreifamilienhauses sind mehrere kleinere Pumpen mit begrenzten Laufzeiten die bessere Alternative – diese wurde auch gewählt. Die Umwälzpumpe im Technikraum mit der längsten

Laufzeit ist für eine geringere Fördermenge bei größerer Temperaturspreizung ausgelegt. In den Wohnungsverteiltern, in denen dann die Zuleitungen zu den einzelnen Räumen abgehen, ist jeweils eine weitere Pumpe eingesetzt, die jedoch nur in Betrieb ist, wenn mindestens ein Raum der Wohnung Wärme anfordert. Diese Pumpe ist für den Auslegungsvolumenstrom der Heizflächen (abzüglich

Schlafzimmer) ausgelegt. Mit dieser Auslegung und Betriebsweise ist gleichzeitig der Strombedarf der Wohnungspumpe minimiert. Das Übersichtsschema Heizung (Bild 6 und 7) zeigt die Zusammenhänge.

Heizflächenauslegung und hydraulische Bedingungen

Bei der Auslegung der Kapillarmatten ist als Besonderheit zu berücksichtigen, daß in den Matten die Strömung mit $Re < 1000$ stabil laminar ist. Der Druckverlust ist damit proportional der Geschwindigkeit. Die übliche Daumenpeilung für den Druckverlust liegt dann daneben. Rechnen ist also angesagt.

Zur gleichmäßigen Verteilung ist bei größeren Heizflächen der Anschluß im Tichelmannsystem zweckdienlich. Auch sollte die Mattenlänge in einem Raum keine großen Differenzen aufweisen. Kürzere Matten sollten am Fenster liegen, weil sich durch den größeren Volumenstrom dort eine höhere Oberflächentemperatur einstellt. Der Mindestvolumenstrom bei der längsten (ungünstigsten) Matte beträgt 10 l/hm².

Bei keinem der Räume liegt der spezifische Wärmebedarf über 55 W/m² Heizfläche. In den Wohnräumen beträgt er meist im Rahmen von ca. 40 W/m². Mit einer Vorlauftemperatur von 31 °C im Wohnungsmischkreis können alle Räume ausreichend beheizt werden. Damit reicht eine Vorlauftemperatur im Heizkreis von 40 °C bei $\vartheta_a = -14 \text{ °C}$ zur Versorgung aller Wohnungen und des Büros aus. Die Heizkurve beginnt bei $\vartheta_a = 12 \text{ °C}$ mit ca. 28 °C. Da die Vorlauftemperatur der Heizung 40 °C nicht übersteigt, konnte – auch wegen des geringen Platzes im Wohnungsverteilter – auf das Rückschlagventil in der Beimischstrecke verzichtet werden. Der Wunsch des Fernwärmeversorgers nach einer Rücklauftemperatur von 40 °C oder tiefer, kann – außer

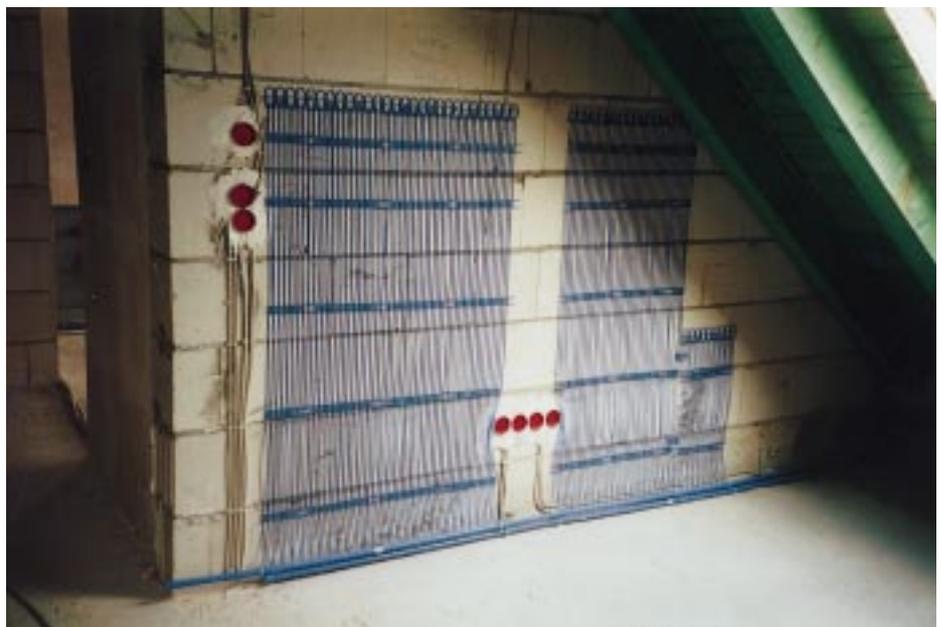


Bild 4 Heizmatten an der Wand vorbereitet für Innenputz



**Bild 5 Heizmatten auf Gipskartonplatten ge-
klebt für Dachschräge**

am Ende des Speicherladebetriebs – erfüllt werden. Im Normalfall liegt die Rücklauf-temperatur auf der Primärseite bei ca. 30 °C.

Die Kapillarmatten aus PP weisen keine Diffusionssperre auf. Zur Minimierung der Korrosionsgefahr sind deshalb im Heizkreis zusätzlich nur Teile aus Nirostahl, Kupfer, Rotguss und Bronze eingebaut.

Praktisches Regelungskonzept

Alle Räume erhalten einen Raumtemperaturregler, der über den europäischen Installationsbus (EIB) das zugehörige Regelventil mit thermischem Stellantrieb öffnet und die Pumpe in der Wohnung mit Heizbedarf einschaltet. Dabei ergibt sich ein Zwei-punktverhalten, das zu einem ungefähren Einhalten des Auslegungsvolumenstroms führt. Nur wenn ein Raum Wärme anfordert, läuft neben der zugehörigen Wohnungsumwälzpumpe die zentrale Umwälzpumpe. Das Regelventil der Fernwärme-übergabestation sorgt für die Wärmebereitstellung. Diese Verknüpfung minimiert den Strombedarf für die Umwälzung des Heizwassers. Eine Volumenstromregelung in den Räumen würde zu ungleichmäßiger Oberflächentemperatur führen.

Die Raumtemperaturregler haben eine Taste, um Normalheizbetrieb und Absenkbetrieb zu schalten. An einem Rädchen ist die Temperatur um + 3 Kelvin korrigierbar. Im Programm ist eine Absenkung um 2 K hinterlegt. Zwischen 22.00 und 5.30 Uhr greift zusätzlich die Nachtabsenkung des zentralen Fernheizreglers. Der Warmwasserspeicher mit 300 l wird vor Ende der Nachtabsenkung (ca. 4.30 Uhr) aufgeladen. Der Fernheizregler begrenzt den Primärvolumenstrom über das Regelventil auf getrennte Werte für Heiz- und Speicherladebetrieb. Der Wärmehähler liefert dazu die Signale (Impulse).

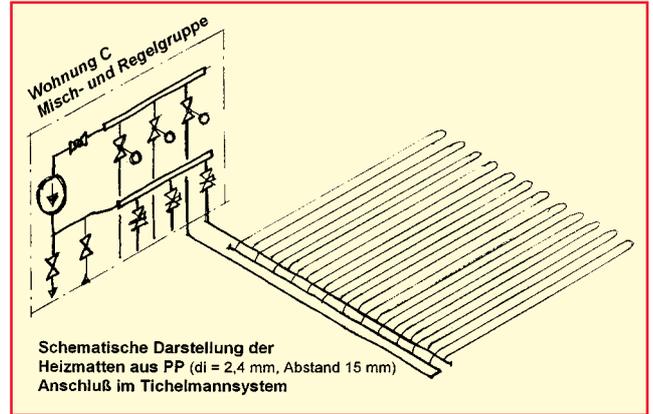


Bild 7 Schema der Anbindung von Wohnung C

Bisherige Betriebserfahrung

Die Frage „Was kostet das?“ wird offenlassen. Es steckt einiges an Eigenleistung in der Anlage. So ist der Programmieraufwand nicht unerheblich. Außerdem ist die Frage der Abgrenzung schwierig: Welcher Anteil des Installationsbusses oder der Fliesenarbeiten kann der Heizung zugerechnet werden? Wer einen Prototyp baut, hat i.d.R. höhere spezifische Kosten. Da das Haus noch keine ganze Heizperiode voll genutzt ist, kann keine gesicherte Jahresabrechnung vorgelegt werden. Unter Abzug des Aufwandes für die Wassererwärmung liegt jedoch der Jahreswärmebedarf bei ca.

60 kWh/ m² × a. Dieser Wert kann voraussichtlich noch etwas reduziert werden. Ein Mieter stellt die Fenster gerne schräg. Durch das programmtechnische Verknüpfen der vorhandenen Fensterkontakte mit der Raumtemperaturregelung kann die Heizung bis auf Frostschutztemperatur abgesenkt werden. Die vorhandene Wohnungslüftung liefert die hygienisch erforderliche Außenluftfrate.

Eine zuerst im Wohnungsverteiler eingesetzte Gleichstrompumpe mit 8 W bei 24 V erwies sich als zu laut. Um die Geräusche der Wohnungsumwälzpumpen zu begrenzen, wurden Wechselstrom-Pumpen verbunden mit einem Stufenrafo nachgerüstet, wie er auch für Ventilatoren üblich ist.

Bei Fenstern mit einer k-Zahl von 1,1 W/m²K ist die Abschirmung der Fenster durch Heizkörper nicht mehr erforderlich. Trotzdem wird eine leicht erwärmte Wandfläche über der Sitzcouch als besonders angenehm empfunden. Dies

gilt auch für die bis auf eine Höhe von 1,6 m beheizte Längswand (zusätzlich zum Fußboden) in den Baderäumen. Auch mit einem Gasbrennwertgerät als Wärmeerzeuger läßt sich dieses Konzept bei Rücklauftemperaturen um 26°C sehr gut verbinden. □

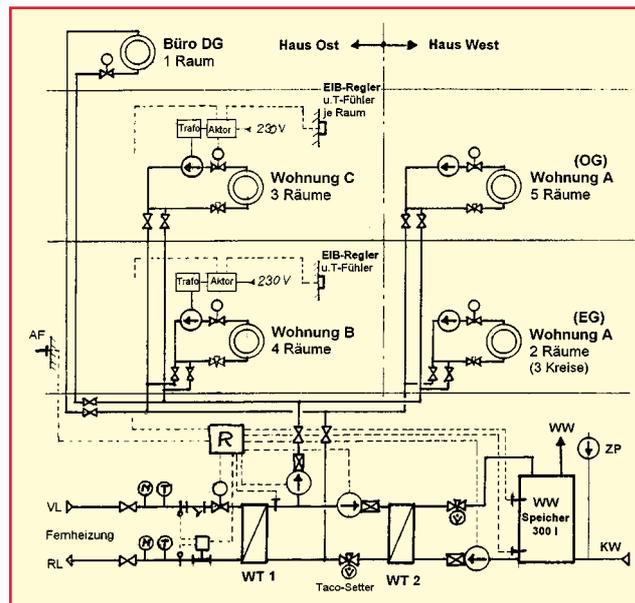


Bild 6 Übersichtsschema der Heizungsanlage