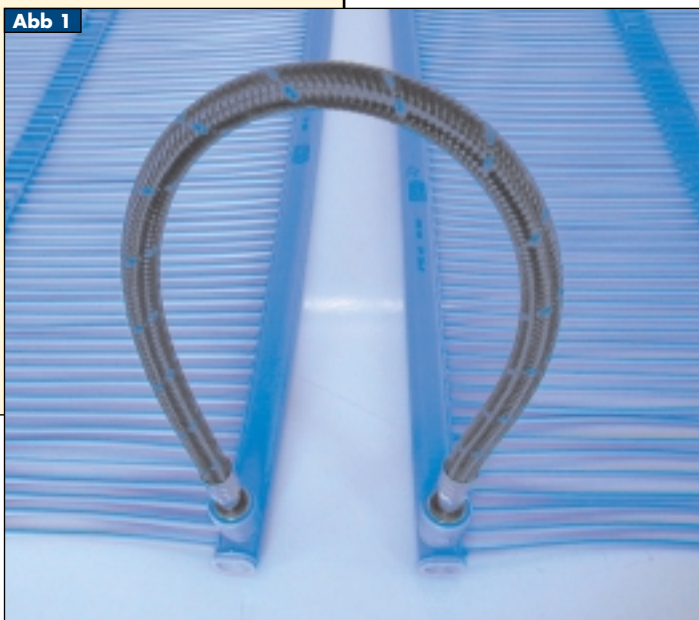


Heizen und Kühlen mit Kapillarrohrmatten



- ▶ **Neue Detaillösungen verbessern Wirtschaftlichkeit bei Flächenheizung und Kühlung**
- ▶ **Multivalenter Betrieb erhöht die Wirtschaftlichkeit**
- ▶ **Komfort durch Bauteilaktivierung mit aktiver Regelung**
- ▶ **Neue Berechnungsmodelle für den Einsatz von Kapillarrohrmatten**

Neue Steckverbinder erleichtern die Installation

Die Temperierung von Räumen über möglichst große Heiz- bzw. Kühlflächen bietet zwei entscheidende Vorteile: Durch den hohen Anteil an Strahlungswärme stellt sich ein behagliches Raumklima ein, zudem kann die Temperatur der Heiz- bzw. Kühlfläche nahe der Raumtemperatur liegen. Dadurch werden Verluste bei der Erzeugung, Speicherung und Verteilung minimiert und nicht zuletzt können Umweltenergie, Abwärme usw. eingesetzt werden.

Zunehmend werden in Fußbodenheizungen oder Kühldecken Kapillarrohrmatten aus Polypropylen verwendet. Diese wurden zwar schon vor etwa zwanzig Jahren für die Abwärmenutzung entwickelt, aber erst in jüngster Zeit zeigen sie ihre Stärken auch bei der Klimatisierung von Gebäuden. Mit ihrem geringen Platzbedarf, der geringen thermischen Trägheit und guten hydraulischen Eigenschaften können Kapillarrohrmatten vielfältig eingesetzt werden. Sie bieten dem Architekten weitgehende Gestaltungsfreiheit: etwa bei der Anwendung bei Kühldecken, Kühlsegeln, Kühlwänden, flexiblen Kühlflächen, Stoffsegeln

mit integrierten Matten, Köhlsäulen oder Köhlschächten. Zudem kann das System multivalent ausgelegt werden, also je nach Bedarf kühlen oder heizen.

Für ein weites Spektrum von Einsatzfällen existieren montagefreundliche Baukastensysteme und stehen belastbare Planungs- und Berechnungsunterlagen für Heiz- und Kühlsysteme zur Verfügung.

In einem Forschungsvorhaben der Westsächsischen Hochschule Zwickau (FH) in Zusammenarbeit mit der Clina Heiz- und Kühlelemente GmbH wurden die Nutzungsmöglichkeiten von Kapillarrohrmatten bei der Gebäudeklimatisierung umfassend untersucht. Mit Unterstützung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) wurden zahlreiche Detaillösungen für einen wirtschaftlicheren Einsatz entwickelt, neue Einsatzmöglichkeiten aufgezeigt und Algorithmen für die Auslegung erstellt. Exemplarisch wird im Folgenden ein Schwerpunkt der Arbeiten dargestellt – die Büroklimatisierung durch Zweiflächen-Bauteilaktivierung.

► Bauteilaktivierung

Klimatisierung und Behaglichkeit

Das wärmephysiologische Empfinden des Menschen wird durch verschiedene Parameter bestimmt. Nicht nur die Lufttemperatur, auch die Temperatur der Umgebungsflächen, vertikale Temperaturunterschiede, Zugluft und weitere Größen spielen eine entscheidende Rolle. Das Ziel, ein behagliches Raumklima zu erzeugen, wird von den verschiedenen Klimatisierungsvarianten in unterschiedlichem Maße erreicht.

Mit Hilfe eines Raummodells, das im Rahmen des Forschungsvorhabens SANIREV entwickelt worden war, wurden verschiedene Kühlvarianten quantitativ untersucht. Simuliert wurde ein Eckraum mit zwei aneinandergrenzenden Glasfassaden, der für eine Klimatisierung eine besondere Herausforderung darstellt.

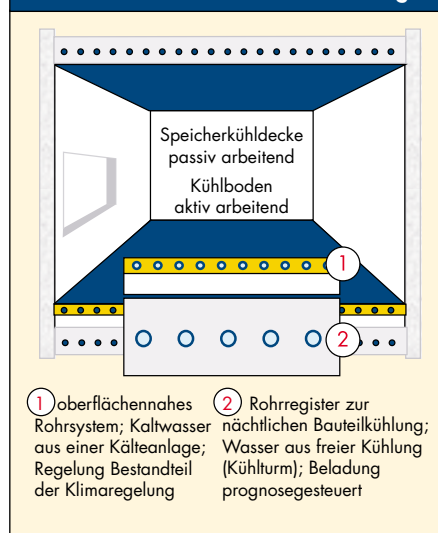
Ideale raumklimatische Verhältnisse unter sommerlichen Bedingungen waren nur durch Flächenkühlssysteme zu erreichen, da Nur-Luft-Systeme zu niedrige Temperaturen im Fußbodenbereich und hohe Strahlungstemperaturen aufwiesen. Auch reine Umluftkühler wie z.B. Kühlbalken waren wärmephysiologisch ungünstig. Bei optimierter Auslegung erwies sich auch eine Kombination von Strahlungskühlflächen mit Konvektionskühlern als vorteilhaft. Wirtschaftlich und architektonisch überzeugende Lösungen können beispielsweise mit Kühlseelen erreicht werden.

Zweiflächen-Bauteilaktivierung

Bei der Zweiflächen-Bauteilaktivierung kann ein regelbares Aktivsystem (Fußbodenfläche) mit einem trägen Passivsystem (z.B. eine Speicherkühldecke) kombiniert werden (Abb. 2). Die Anlage wird bivalent, also sowohl zur Raumbeheizung als auch zur Kühlung genutzt. Im Kühlfall wird die Speicherkühldecke prognosegesteuert mit nächtlicher Umweltenergie beladen.

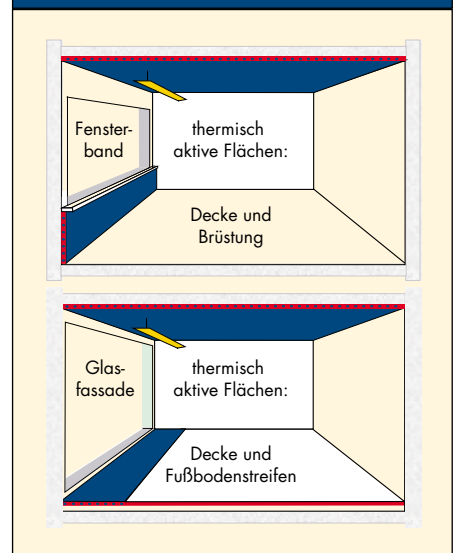
Eine sehr vorteilhafte Systemvariante stellt der Austausch der passiven Speicherdecke durch eine thermisch aktive Decke dar (Abb. 3). Damit sind beide Wärmeübertragerflächen im Raum direkt regelbar. Die bessere Kompensation der thermischen Lasten sorgt für eine erhöhte Behaglichkeit. Diese Auslegung hat weitere Vorteile: Da nur ein Regelkreis je Raum nötig ist, sinken die Investitionskosten und es lässt sich in großem Umfang Umweltenergie nutzen, da das System dynamisch mit raumnahen Temperaturen arbeitet. Zusätzlich sollte stets eine definierte Luftzufuhr erfolgen, wobei die Luft in einer Klimaanlage so aufbereitet wird, dass die Stofflasten – die im Raum auftreten – abführbar sind.

Abb 2: Zweiflächen-Bauteilaktivierung



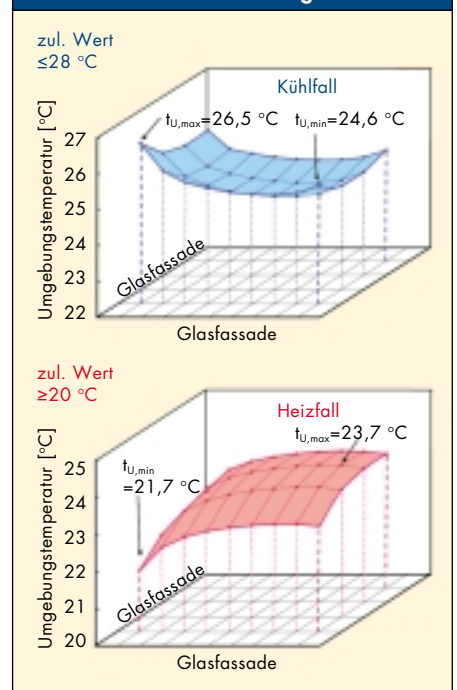
Für diese Variante wurde ein wärmetechnischer und wärmephysiologischer Extremfall, ein Eckraum mit zwei Vollglasfassaden, simuliert. Die Untersuchungen wurden bis zu einer sommerlichen Kühllast von 90 W/m^2 und bis zu einer winterlichen Außentemperatur

Abb 3: Kombinationsmöglichkeiten thermisch aktiver Flächen



von $-15 \text{ }^\circ\text{C}$ geführt. Es konnte nachgewiesen werden, dass das System alle für Büros typischen Lasten bei sehr guter Behaglichkeit energetisch effizient kompensieren kann. Die Verteilungen der Strahlungstemperatur der Umgebung und der Strahlungstemperatur-Asymmetrie im Sommer und Winter zeigt Abb. 4. Die hohen Kühl- und Heizleistungen können bei raumnahen Wassertemperaturen erreicht werden. Zur Raumkühlung ($90 \dots 50 \text{ W/m}^2$) sind Kaltwassertemperaturen im Bereich $16,6 - 20,8 \text{ }^\circ\text{C}$ und zur Raumheizung Warmwassertemperaturen von $26,0 - 28,6 \text{ }^\circ\text{C}$ ausreichend.

Abb 4: Verteilung der Strahlungstemperatur der Umgebung über dem Raumgrundriss (10 m x 5 m) eines Eckraumes mit zwei Vollglasfassaden.



Entwicklungstendenzen in der Büroklimatisierung

Die ersten Klimaanlage waren Luftsysteme, die relativ geringe Lasten abzuführen hatten. Dieses Konstruktionsprinzip wurde zunächst auch bei immer größer werdenden Anlagen beibehalten. Die Komfortverbesserung gegenüber nichtklimatisierten Bürogebäuden wurden mit hohen Investitions- und Energiekosten erkaufte und große Kanalquerschnitte durchzogen die Bürobauten. Die Behaglichkeit war durch weiterhin hohe Strahlungstemperaturen, Zugluft und Geräuschenwicklung geschmälert. Vor etwa vierzig Jahren kamen Induktionsklimaanlagen mit geringerem Platzbedarf auf, die zwar individuell regelbar waren, ansonsten aber kaum Komfortverbesserungen mit sich brachten. Erst in den neunziger Jahren konnten Kühldecken in Verbindung mit einer Klimaanlage für einen hygienisch bedingten Zuluftstrom ein uneingeschränkt angenehmes Raumklima erzeugen. Zusätzlich reduzierten die höheren Kühlwassertemperaturen von $16 \text{ }^\circ\text{C}$ (gegenüber $6 \text{ }^\circ\text{C}$ bei Induktionsklimaanlagen) den Energieaufwand. Die Investitionskosten waren jedoch hoch. Ab etwa 1998 setzte sich deshalb sehr rasch die thermische Bauteilaktivierung über Massivspeicherdecken durch. Sie hat erheblich geringere Investitionskosten als die Kühldecke, arbeitet mit $18 \text{ }^\circ\text{C}$ bei höheren Kühlwassertemperaturen und erweitert somit die Möglichkeit der freien Kühlung. Bei der konventionellen Bauteilaktivierung fehlt jedoch die Möglichkeit einer individuellen Regelung. Als konsequente Fortentwicklung bietet sich hier die Zweiflächen-Bauteilaktivierung an, bei der eine aktive Lastregelung über Kapillarrohmatten möglich ist.

► Produktentwicklungen

Für den praktischen Einsatz von sowohl Flächensystemen als auch in konvektiven Systemen wurden zahlreiche Detaillösungen entwickelt, von denen hier nur einige exemplarisch vorgestellt werden können:

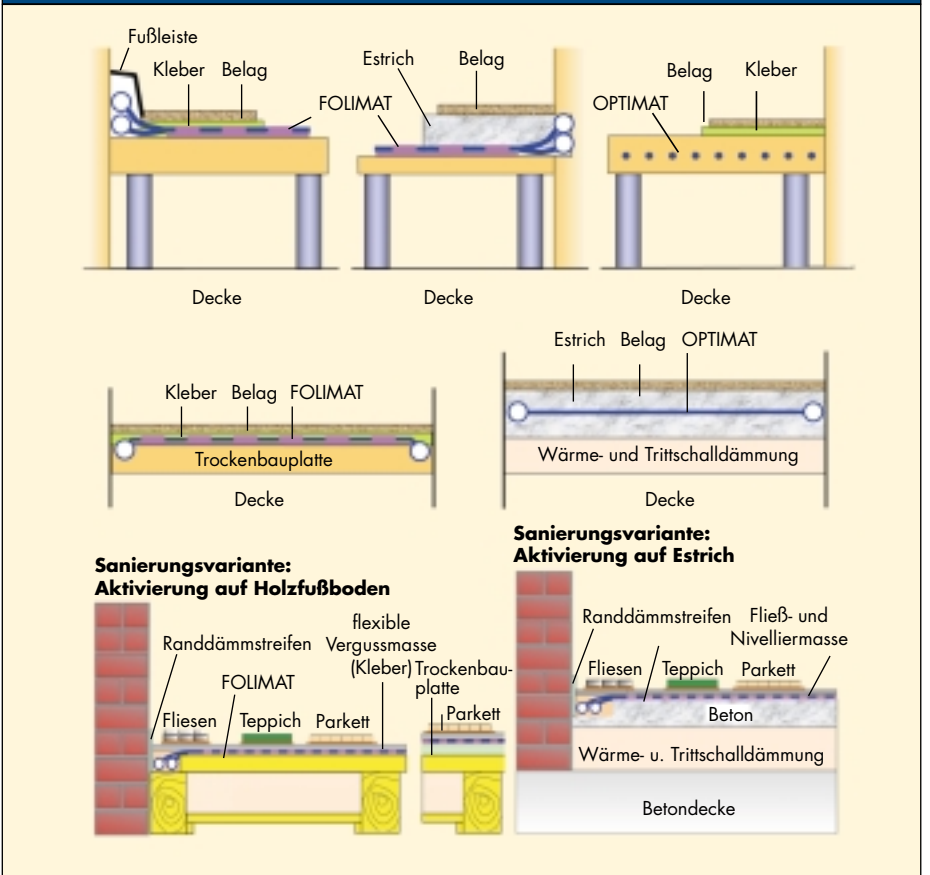
So wurden z. B. bekannte Lösungen wie Metalldecken oder Gipskartondecken mit aufgeklebten Kapillarrohrmatten durch Neuentwicklungen ergänzt (Blähglas- oder Dekorglasplatten mit integrierten Kunststoff-Kapillarrohrmatten; Wärmeleitpaneele aus Alustrangpressprofilen; freigespannte Kapillarrohrmatten über offenen Paneel- oder Rasterdecken; thermisch aktivierte Holzpaneele).

Breite Anwendung bei Neubau und Sanierung ermöglicht die Anordnung von aufgeklebten Kapillarrohrmatten auf Akustik-Metallkassetten mit Steckverbindungen für die einfache Montage.

Neuere konstruktive Lösungen gestatten auch die Aktivierung von Hohlraumböden oder Doppelböden (Abb. 5). Dabei kann der Aktivfußboden prinzipiell im Nassverfahren oder im Trockenverfahren erstellt werden.

Generell wurden für alle Komponentenentwicklungen wärmetechnische Berechnungsmodelle erstellt. Anschließend erfolgten Optimierungen mit Trendanalysen. Die besten Lösungen wurden als Muster gebaut und auf zertifizierten Prüfständen untersucht. Auf Basis der Messwerte konnten die theoretischen Modellierungen verifiziert werden, sodass belastbare Berechnungsmodelle (Rechenprogramme) vorliegen.

Abb 5: Varianten aktiver Fußbodensysteme mit Kapillarrohrmatten für Neubau und Sanierung



Wegen der minimalen Temperaturwelligkeit an der Oberfläche erreichen Fußbodenheizungen mit Kapillarrohrmatten höhere Normheizleistungen als konventionelle Systeme. Sie benötigen minimale Vorlauf-

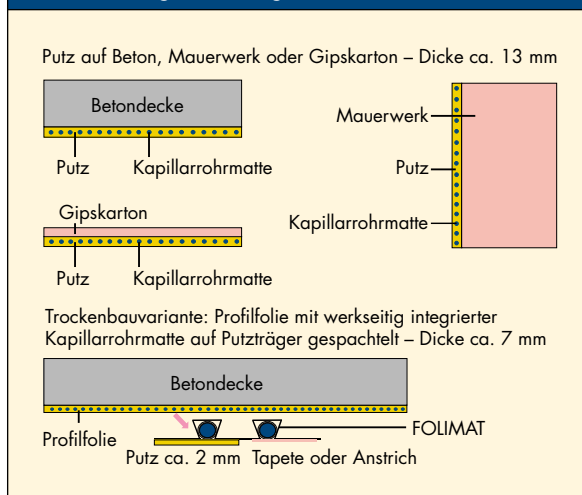
temperaturen (ca. 30 °C), was den Einsatz dieses Systems speziell bei solarer Wärmebereitstellung bzw. bei Wärmepumpennutzung für Niedrigenergiehäuser attraktiv macht.

► Putze für thermisch aktive Flächen

Bisher wurden Putze meist in Richtung besserer Dämmwerte optimiert, wenn die Wärmeleitfähigkeit überhaupt eine Rolle spielte. Für thermisch aktive Flächen ist hingegen eine hohe Leistungsübertragung vorteilhaft, damit umgebungsnahe Kühl- bzw. Heizwassertemperaturen genutzt werden können. Dementsprechend besitzen Putze für thermisch aktive Flächen noch ein erhebliches Entwicklungspotential. Mit üblichem Maschinenputz MP 75 beträgt die Normkühlleistung von Decken ca. 80 W/m². Durch die Kombination verschiedener Maßnahmen konnten bereits bei ersten Messungen Normkühlleistungen bis ca. 95 W/m² erreicht werden:

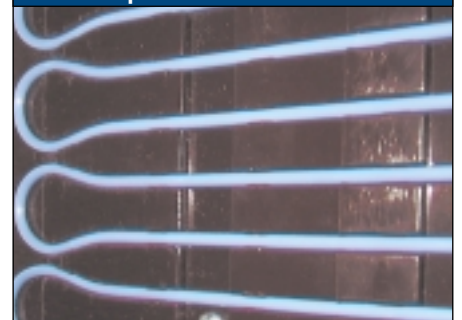
Mit der Verwendung von Tapezierfolie, in

Abb 6: Varianten aktiver Decken – und Wandflächen auf beliebigen Putzträgern



die Kapillarrohre eingebettet sind (Abb. 6,7), konnten die Putzdicken drastisch reduziert werden. Während im Normalputz integrierte Kapillarrohrmatten mit einer Gesamtdicke von etwa 13 mm ausgeführt werden, erreicht

Abb 7: In Tapezierfolie eingebettete Kapillarrohre



man mit Tapezierfolie Gesamtdicken um 7 mm. Die Deckschichten betragen teilweise nur 2 - 3 mm bei glatter Oberfläche und ca. 3 mm bei strukturierter Oberfläche. Durch Strukturierung wurde die Putzoberfläche vergrößert. Zwar vergrößert sich dadurch der Strahlungsfluss nur geringfügig, der konvektive Wärmeübergang steigt jedoch fast linear mit der Oberfläche. Weiteres Optimierungspotential besteht bei der Putzzusammensetzung.

► Fazit

Kapillarrohrmatten sind umweltverträglich in der Herstellung und im Betrieb, sie sind langzeitstabil und recycelbar. Seit 1990 sind in Deutschland über 1,5 Mio. m² Kühldecken mit Kapillarrohrmatten installiert worden. Insbesondere im Büro- und Verwaltungsbau erweitern Kapillarrohrmatten die Möglichkeiten der Bauteilaktivierung. Sie reduzieren die Trägheit dieser Systeme und vergleichmäßigen den Temperaturverlauf. Vorteilhaft ist der einfache Aufbau, der platzsparende Einbau und – speziell bei multivalentem Betrieb – die Wirtschaftlichkeit. Die Zweiflächen-Bauteilaktivierung erlaubt die Nutzung von Umweltenergie und bietet aufgrund ihrer guten Regelbarkeit ein behagliches Raumklima.

Auch für den Wohnungsbau bieten sich zahlreiche Einsatzmöglichkeiten: In der Altbauanierung erlauben Kapillarrohrmatten aufgrund der geringen Bauhöhe die Installation einer Fußbodenheizung. Bei denkmalgeschützten Gebäuden können optisch unauffällig Wandheizungen eingesetzt werden, die bei Innendämmung zudem Feuchteschäden verhindern helfen.

Im vorgestellten Forschungsvorhaben wurden neue Komponenten entwickelt, wie z.B. Steckverbinder für die schnelle Montage, Strangpressprofile aus Aluminium als Wärmeleitpaneele und Profilmatten zur werksseitigen Bestückung mit Kapillarrohrmatten. Zudem wurden Lösungen mit dem Ziel ausgearbeitet, die Investitionskosten zu reduzieren. Beispiele sind: die Verringerung des Fußbodenestrichs bis hin zu einem kompletten Verzicht, die Minimierung der Putzdicken und „tapezierbare“ Rohrregister bei thermisch aktiven Flächen. Nicht zuletzt konnte mit mathematischen Modellen und Algorithmen das Verständnis der Wärmetransportvorgänge für die unterschiedlichen Einsatzgebiete verbessert werden.

Bei den meisten Einsatzbereichen können die Kosten gegenüber konventionellen Technologien gesenkt werden. Die Wirtschaftlichkeit wird sich weiter verbessern, wenn Kapillarrohrsysteme die vollständige thermische Konditionierung von Gebäuden übernehmen.

PROJEKTORGANISATION

■ Förderung

Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA)
11019 Berlin

Projekträger Jülich (PTJ) des BMWA
Forschungszentrum Jülich GmbH
Dipl.-Ing. Jürgen Gehrman
54425 Jülich

■ Förderkennzeichen

0327241 A, B

IMPRESSUM

■ ISSN

0937 – 8367

■ Herausgeber

Fachinformationszentrum Karlsruhe,
Gesellschaft für wissenschaftlich-technische
Information mbH
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

■ Nachdruck

Nachdruck des Textes nur zulässig bei
vollständiger Quellenangabe und gegen
Zusendung eines Belegexemplares;
Nachdruck der Abbildungen nur mit
Zustimmung der jeweils Berechtigten.

■ Autor

Dr. Franz Meyer

BINE Informationsdienst Kompetenz in Energie

BINE informiert zu Energieeffizienz-
technologien und erneuerbaren Energien:

In kostenfreien Broschüren, unter
www.bine.info und per Newsletter zeigt
BINE, wie sich gute Forschungsideen in
der Praxis bewähren.

BINE ist ein vom Bundesministerium für
Wirtschaft und Arbeit geförderter
Informationsdienst.

Kontakt:

Fragen zu diesem **projektinfo**?

Wir helfen Ihnen weiter – wählen Sie
die BINE Experten-Hotline:

Tel. 0228 / 9 23 79-44

Allgemeine Fragen?

Wünschen Sie allgemeine Informationen
zum energie- und umweltgerechten
Planen und Bauen? Dann wenden Sie
sich bitte an die unten stehende
Adresse.



BINE

Informationsdienst

Fachinformationszentrum Karlsruhe
Büro Bonn
Meckenstraße 57, 53129 Bonn

Fon: 0228 / 9 23 79-0

Fax: 0228 / 9 23 79-29

E-Mail: bine@fiz-karlsruhe.de

Internet: www.bine.info

► PROJEKTADRESSEN

- Clina Heiz- und Kühlelemente GmbH
Dipl.-Ing. B. Chahed
Lübarser Straße 40-46
13435 Berlin
- Westsächsische Hochschule Zwickau
Prof. Dr. Bernd Illing
Prof. Dr.-Ing. Bernd Glück
Westsächsische Hochschule
Zwickau (FH)
Dr.-Friedrichs-Ring 2A
08056 Zwickau

► ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

Literatur

- Glück, B.: Fachlicher Teil des gemeinsamen Abschlußberichtes der F/E-Themen: Entwicklung von Produkten mit Kunststoff-Kapillarrohrmatten zur umweltschonenden Raumheizung und -kühlung (FKZ 0327241A). Umweltschonende Raumheizung und -kühlung durch multivalenten Einsatz von Kunststoff-Kapillarrohrmatten (FKZ 0327241B). Bearb.: Clina Heiz- und Kühlelemente GmbH, Berlin; Westsächsische Hochschule Zwickau, Januar 2003.
- Fachinstitut Gebäude-Klima e.V., Bietigheim-Bissingen (Hrsg.): Entwicklung von Produkten mit Kunststoff-Kapillarrohrmatten zur umweltschonenden Raumheizung und -kühlung. FIA-News. 31. Ausgabe, November 2001.
Internet: <http://www.fia-news.de>