

## **Richtige Planung und Ausführung von beheizten sowie gekühlten Fußbodenkonstruktionen**

- Entwicklungstendenzen der Flächenheizung und –kühlung unter besonderer Berücksichtigung der Gebäuderenovation -

Dr. Michael Günther \*

Uponor-Velta GmbH & Co. KG, Norderstedt / Dresden  
Tel.: 0351/4 21 64 6 - 5 Fax: -7  
e-Mail: michael.guenther@velta.de

### **Kurzfassung**

Im Zusammenhang mit dem Konzipieren energieeffizienter Heizsysteme für neu zu errichtende Gebäude ist die klassische Fußbodenheizung seit langem Planungsbestandteil. So wird gegenwärtig fast jedes zweite Einfamilienhaus mit einer Fußbodenheizung ausgeführt. Die Systeme der klassischen Fußbodenheizung sind dabei technisch ausgereift, und Innovationen beziehen sich meistens nur auf Details.

Dennoch gibt es Überlegungen, diese Systeme für neue Anwendungsgebiete zu modifizieren und weiterzuentwickeln. Dabei müssen sich diese neuen Systemlösungen an den strukturellen Erfordernissen des Baugeschehens und den Wünschen der späteren Nutzer orientieren

Folgende Schwerpunkte des künftigen Baugeschehens einschließlich der zugehörigen Rahmenbedingungen werden hinsichtlich des Entwicklungspotentials von Flächenheizung und –kühlung gesehen:

1. Renovation, Sanierung, Aus- und Umbau einzelner Bauteile der Gebäude
2. Thermisch Behaglichkeit durch Raumkühlung von Büro- und Verwaltungsgebäuden sowie (Komfort-)Wohnbauten
3. Integration von Rohrregistern zum Heizen und Kühlen in Baufertigteile
4. Kombination von Rohrregistern zum Heizen und Kühlen mit neuartigen Baustoffen wie Walzbeton und Bauelementen wie PCM (Phasenumwandlung)

Nachfolgend sollen zu den beiden erstgenannten Aspekten die prinzipiellen technischen Möglichkeiten erläutert und einige erforderliche Randbedingungen aufgezeigt werden.

Abschließend werden Hinweise zum Planen und Ausführen von Fußbodenheizungen auf der Grundlage der überarbeiteten *Schnittstellenkoordination bei beheizten Fußbodenkonstruktionen* (Ausgabe Februar 2005) gegeben.

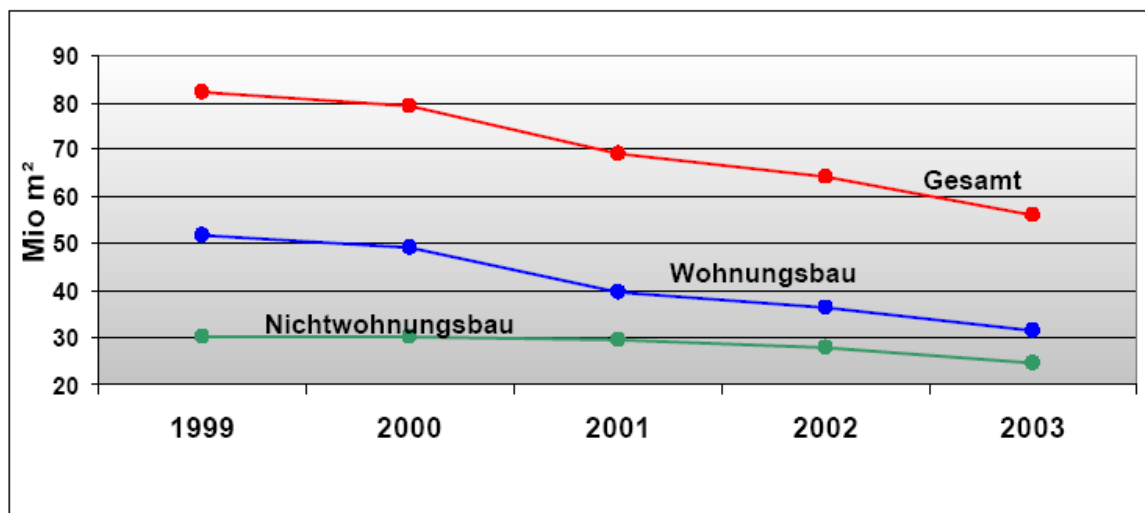
---

**\*Kurzvita:** 1977-82 Studium an der TU Dresden, 1982 – 1990 wiss. Ass. und Oberass. TU Dresden/Sektion Energieumwandlung/technische Gebäudeausrüstung; ab 1991 Ltr. velta Technisches Beratungsbüro Dresden; Lehrbeauftragter Berufsakademie Sachsen; Mitglied quo vadis Expertenkreis Fußbodenkonstruktion; Referent Architektenkammer Sachsen etc.

## 1. Gebäudebestand - Flächenheizungen für die Renovation

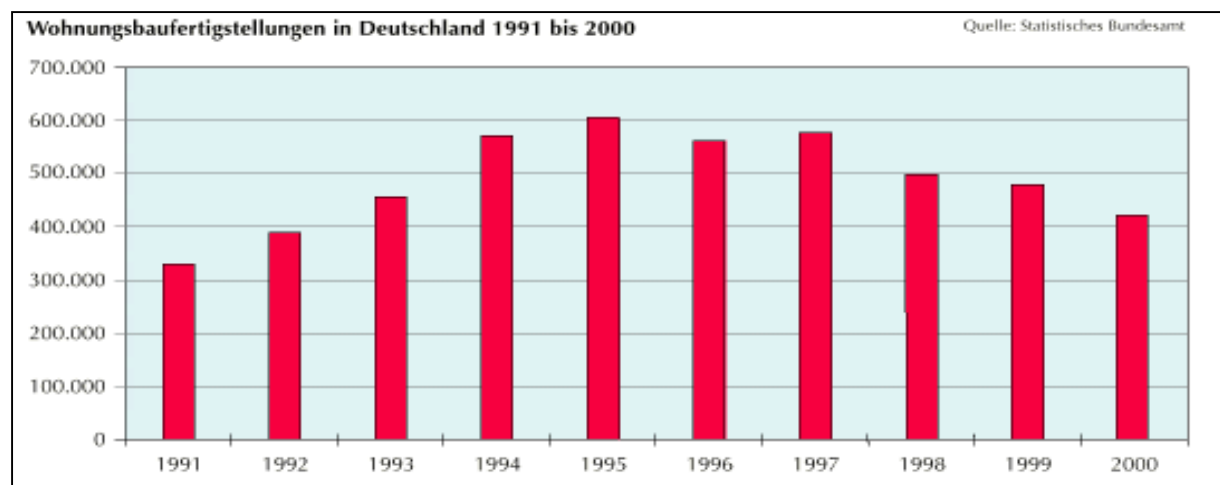
Seit mehreren Jahren verlagert sich das Baugeschehen vom Neubau zur Sanierung und Renovation des Gebäudebestandes. Hinsichtlich kritischer Kommentare zu dieser Entwicklung muß allerdings gesagt werden, daß die seit etwa 1997 verringerten Baufertigstellungen im Neubau (Bild 1.1 und 1.2) auf ein hohes Ausgangsniveau bezogen werden müssen.

### Bau-Fertigstellungen Deutschland in Mio m<sup>2</sup> im Neubau, Wohnungsbau / Nichtwohnungsbau



WB	51,7	49,1	39,6	36,3	31,5
NW	30,3	30,2	29,4	27,8	24,5
Gesamt	82,0	79,3	69,0	64,1	56,0
<b>Index</b>	<b>100,0</b>	<b>97,0</b>	<b>84,0</b>	<b>78,0</b>	<b>68,0</b>

**Bild 1.1:** Bauenwicklung im Neubau der Bundesrepublik Deutschlands



**Bild 1.2:** Wohnungsbaufertigstellungen - Relativierung eines kritischen Trends

## 1.1. Kreativität in der Renovation

Die Ausrichtung des Baugeschehens auf den Gebäudebestand bietet jedoch auch Chancen, an Wohnqualität zu gewinnen. Neben dem Erhalt wertvoller Bausubstanz spielen in diesem Zusammenhang Belange der Stadtentwicklung eine wichtige Rolle. Auch ist die Suche nach individuellen Wohnformen unter den Bedingungen einer Großstadt ein Antrieb bei der Aufwertung bestehender Wohnungen.

Ein Beispiel hierfür ist die „Kräutersiedlung“ in Dresden. Der gelungene architektonische Umbau von Wohngebäuden, errichtet in Plattenbauweise, zeigt, daß kostengünstige und dennoch kreative Varianten des Erhalts bestehender Bausubstanz neue Wege des Bauens sein können und müssen (Bild 1.3). Zukünftig werden sich lokale Leerstände auf die jeweils unattraktivsten Bestände konzentrieren. Die wichtigsten Einflußfaktoren werden hierbei die Lage und der Preis, aber auch im zunehmenden Maße die Wohnqualität sein. Sind diese Bedingungen zu dem Kauf oder der Miete der Immobilie nicht gegeben, wird diese mit hoher Wahrscheinlichkeit leerstehen.



**Bild 1.3:** „Kräutersiedlung“ in Dresden – architektonisch gelungener Umbau bestehender Plattenbauten

Allerdings ist die deutsche Bauindustrie im Vergleich zu anderen Industriezweigen bisher nicht besonders forschungs- und entwicklungsintensiv. So betragen die Forschungs- und Entwicklungsausgaben der Bauindustrie nur 0,1 % des Produktionswertes, während in anderen Industriebereichen 2 bis 3 % in die Vorbereitung späterer Innovationen investiert werden. Diese Gegenüberstellung zeigt einerseits ein Problem der Bauindustrie, andererseits aber auch eine große Chance auf.

Ein Modernisierungsbedarf im Gebäudebestand einschl. erforderlicher Innovationen muß sich u.a. an folgenden Mängeln orientieren:

- keine zeitgemäßen Bäder und Küchen
- fehlende oder ungenügend nutzbare Balkone
- unzureichender Dachgeschossausbau
- schlechte Qualität des baulichen Wärmeschutzes
- problematischer Trittschallschutz der Wohnungstrenndecken
- uneffektive Heizsysteme und fehlender thermischer Komfort.

Hinsichtlich des letztgenannten Aspektes können Planungen und Ausführungen von Flächenheizungen die Wohnqualität deutlich aufwerten.

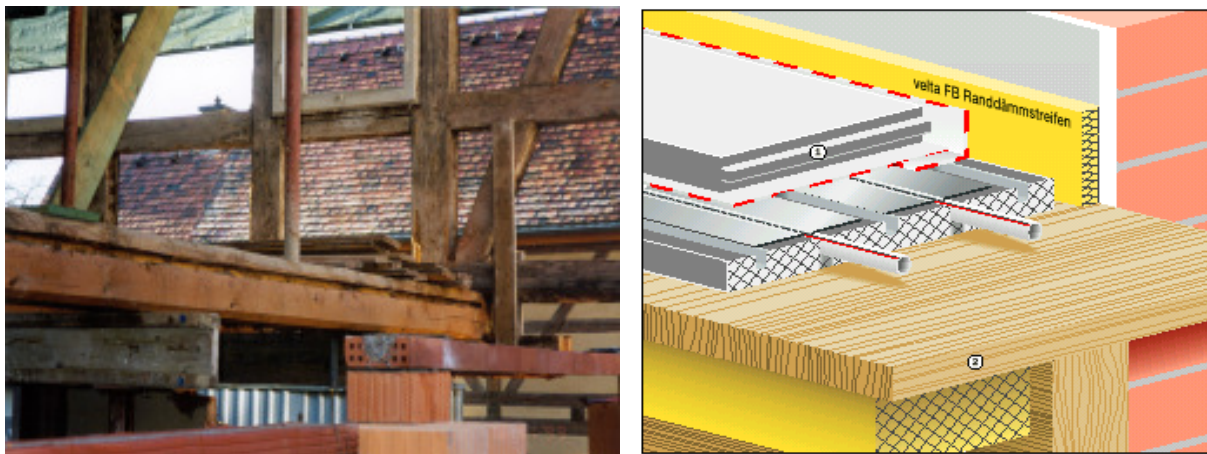
## 1.2. Konventionelle Systeme der Flächenheizung für den Gebäudebestand

Konventionelle Systeme der Flächenheizung für den Gebäudebestand sind die **trockenverlegte Fußbodenheizung** und gelegentlich die **Wandheizung**.

Anforderungen an Fußbodenheizungen für den Gebäudebestand sind folgende:

- geringe Konstruktionshöhe (ca. 5 cm) hinsichtlich niedriger Brüstungs- und Türdurchgangshöhen
- geringes spezifisches Gewicht (ca. 25 kg/m<sup>2</sup>) in Anbetracht der Tragfähigkeit der (Holzbalken-) Decken
- relativ hohe Heizwärmestromdichte (ca. 70 bis 90 W/m<sup>2</sup>), wenn auf einen hohen baulichen Wärmeschutz verzichtet wurde
- gutes Regelverhalten (Trockenverlegesysteme geringer Zeitkonstante).

Die trockenverlegte Fußbodenheizung, bestehend aus Verlegeplatte (Polystyrol), Aluminium- Wärmeleitlamelle, Heizrohr PE-Xa 14 x 2 mm, Abdeckfolie (Polyethylen) und Trockenestrichplatte zur Lastverteilung ist deshalb die typische Bauart im Zusammenhang mit der Komplettsanierung von Deckenkonstruktionen (Bild 1.4).



**Bild 1.4:** Erneuerung einer Holzbalkendecke und typischer Aufbau einer trockenverlegten Fußbodenheizung (velta siccus)

Neben trockenverlegten Fußbodenheizungen werden bevorzugt Wandheizungen in Naßputz- (Bild 1.5) oder Trockenausführung im Gebäudebestand ausgeführt.



**Bild 1.5:** Wandheizung in einem Lehmputz (links) auf Schiene bzw. in einer Holzkonstruktion auf einer Rohrträgermatte

Hinsichtlich des Planens und Ausführens der Wandheizung gibt es im Gegensatz zur Fußbodenheizung (EN 1264) noch keine europäische Norm. Deshalb sind beispielsweise die Angaben einiger Hersteller hinsichtlich der erreichbaren Heizleistung kritisch zu sehen. Andererseits werden hierzu an verschiedenen wärmetechnischen Einrichtungen und Instituten aufwendige Messungen durchgeführt.

Allgemein kann von einer maximalen Oberflächentemperatur von 35 °C, eventuell auch 40 °C ausgegangen werden. Der für eine Wandheizung vielfach angenommene Gesamtwärmeübergangskoeffizient  $\alpha_{\text{ges}}$  infolge Strahlung und Konvektion von 8 W/(m<sup>2</sup> · K) ist zunächst ein Richtwert, von dem in Abhängigkeit der Wandhöhe, Wandneigung und Oberflächentemperatur jedoch abgewichen werden sollte.

Folgende Anforderungen bestehen hinsichtlich des Putzes und der Verarbeitung:

- gute Wärmeleitfähigkeit (keine Leicht- oder Wärmedämmputze)
- Bindemittel Gips, Gips/Kalk, Kalk/Zement, Zement, Lehm und Kombination nach DIN 18 550
- Gips/Kalk-Gips-Putz ⇒ einlagige Verarbeitung
- „Schwind-“ und Lehmputze ⇒ mehrlagiges Verarbeiten ( $d_{i=1 \dots n} = 20 \text{ mm}$ )
- Oberputze als Silikat- und Kunstharzputze
- Bewehrung und Bewegungsfugen nach jeweiliger Konstruktion.

Bild 1.6 vermittelt eine Übersicht über relevante Putzarten, woraus entsprechend physikalischer Kenngrößen die besondere Eignung einzelner Putze für Wandheizungen ableitbar ist.

Putzart	Gips	Kalk- gips	Kalk	Kalk - Zement	Lehm
Rohdichte $\rho$ (kg/dm <sup>3</sup> )	1,1 ... 1,2	1,3 ... 1,4	1,4 ... 1,6	<b>1,6 ... 1,8</b>	<b>1,6 ... 1,8</b>
Wärmedehnung $\alpha$ (10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> )	19 ... 20	12 ... 17	8 ... 9	9 ... 10	<b>5</b>
Wärmekapazität $c_p$ (kJ/kg · K)	0,80	0,92	0,96 ... 1,05	0,96 ... 1,05	1,00
Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ (W/m · K)	0,35	0,70	0,80	<b>0,87</b>	<b>0,80 ... 0,90</b>
Dampfdiffusions- widerstand $\mu$ (-)	7 ... 17	<b>5 ... 6</b>	5 ... 15	10 ... 15	8 ... 15

**Bild 1.6:** Praxiswerte für thermische und hygrische Eigenschaften verschiedener Putzarten

Die Alternative zur Wandheizung im Naßputz ist die trockenverlegte Wandheizung unter Hinzunahme von Trockenestrichplatten oder anderweitigen Beplankungen (Bild 1.7).



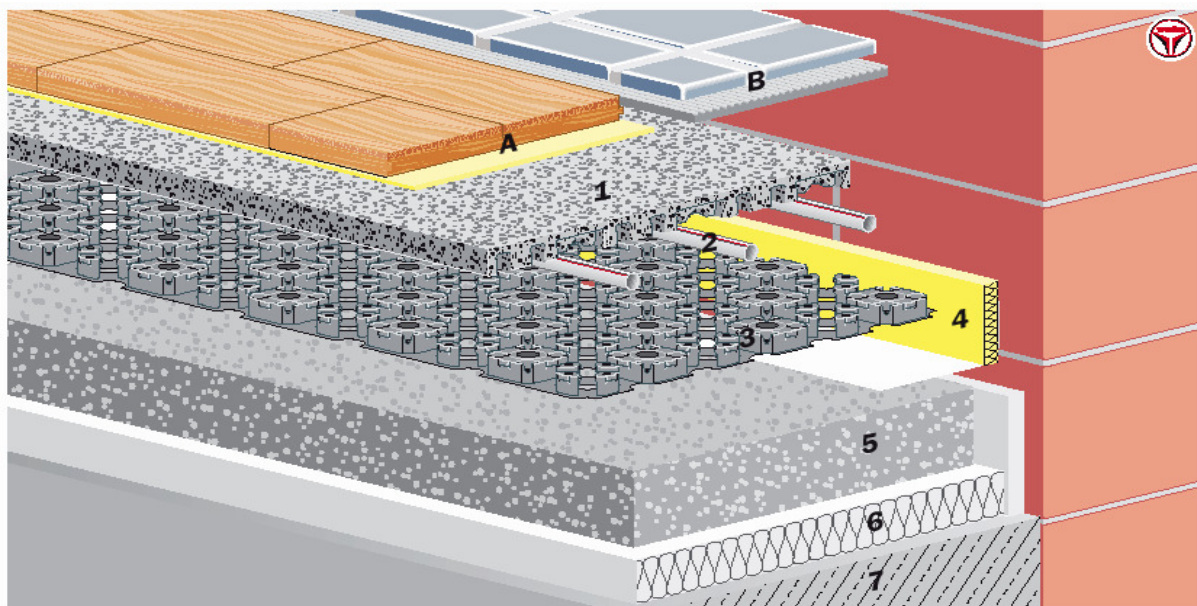
**Bild 1.7:** Trockenverlegte Wandheizung (velta siccus wall) im OP-Bereich des Krankenhauses St. Elisabeth in Leipzig

### 1.3. Neuartige Fußbodenheizung mit oberflächennahen Rohren

Während die im vorigen Kapitel genannten Varianten der Flächenheizung im Zusammenhang mit umfangreichen Renovationsarbeiten einschließlich der Erneuerung kompletter Bauteile stehen, ergibt sich im Rahmen der sog. sanften Renovation die Möglichkeit, die vorhandene Bausubstanz für die Montage einer neuartigen Flächenheizung zu nutzen.

Für diesen Anwendungsfall wurde das System *velta minitec* (Bild 1.8) entwickelt. Es handelt sich dabei um eine Fußbodenheizung mit oberflächennahen dünnen Rohren (PE-Xa mit 9,9 x 1,1 mm), die direkt auf den vorhandenen Fußboden (Estrich, Fliesen oder Dielung) verlegt werden kann. Fußbodenheizung (Folienelement zur Aufnahme der Rohre), Ausgleichsmasse und neuer Oberbodenbelag erfordern dabei lediglich eine Konstruktionshöhe von ca. 3 bis 5 cm. Dabei wird vorausgesetzt, daß der vorhandene Untergrund bereits Forderungen an die Wärme- und Trittschalldämmung erfüllt.

Das System ist keine klassische Fußbodenheizung im Sinne von EN 1264 oder auch DIN 18 560. Es ist am ehesten mit der Wirkweise einer Elektroheizmatte zu vergleichen, die gelegentlich bei der Erneuerung eines keramischen Oberbodenbelages in den Verlegemörtel integriert wird. Allerdings sind die Betriebskosten des wassergeführten Systems *velta minitec* im Vergleich zum Einsatz von Elektroenergie weitaus geringer.

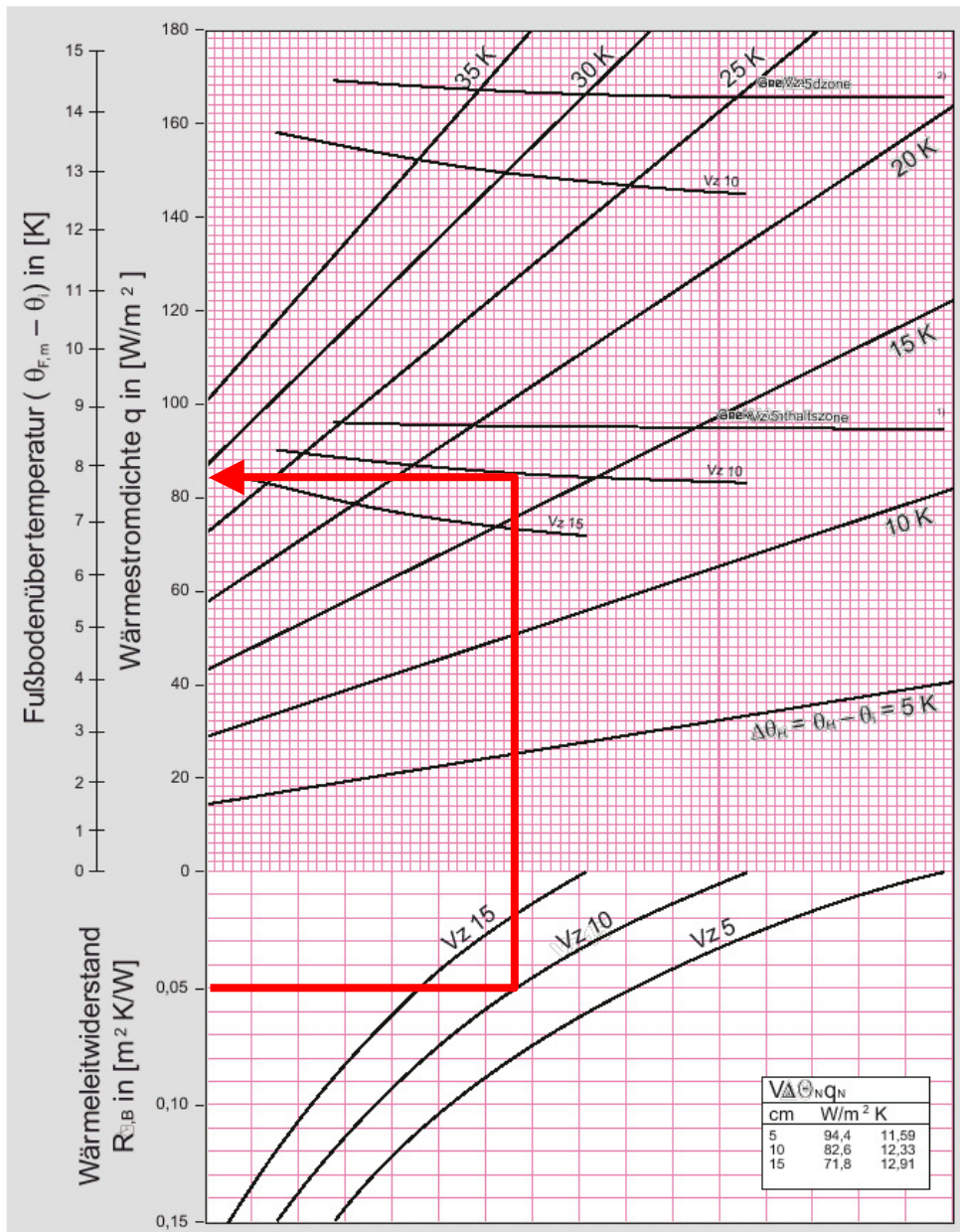


- |   |  |
|---|--|
| <b>A</b> schwimmendes Parkett mit Ausgleichsunterlage       | <b>5</b> alter Estrich                 |
| <b>B</b> Fliesenbelag mit Sicherheitsfliesenkleber flexibel | <b>6</b> Wärme- und Trittschalldämmung |
| <b>1</b> selbstverlaufende Hochleistungs-Ausgleichsmasse    | <b>7</b> Stahlbetondecke               |
| <b>2</b> <i>velta minitec</i> PE-Xa Rohr 9,9 x 1,1 mm       |  |
| <b>3</b> <i>velta minitec</i> Folienelement                 |  |
| <b>4</b> <i>velta minitec</i> Randdämmstreifen              |  |

**Bild 1.8:** Flächenheizung *velta minitec* zum direkten Verlegen auf den vorhandenen Fußboden

Wärmetechnisch ergeben sich bei einem Rohrabstand von üblicherweise 10 cm und keramischen Oberbodenbelag bei einer Raumtemperatur von 20 °C ca. 85 W/m<sup>2</sup>, die mit einer sehr geringen Vorlauftemperatur von ca. 40 °C erreicht werden (Bild 1.9).

Infolge des massearmen Systems und der oberflächennahen Rohrlage ist die Zeitkonstante sehr gering. Hinsichtlich des schnellen Erreichens der gewünschten Raumtemperatur im Anschluß an eine Heizunterbrechung spielt zwar die Baukonstruktion (wirksame Speichermasse) die entscheidende Rolle, dennoch ist ein flink regelbares Heizungssystem wie velta minitec prinzipiell ein Vorteil (Bild 1.10).



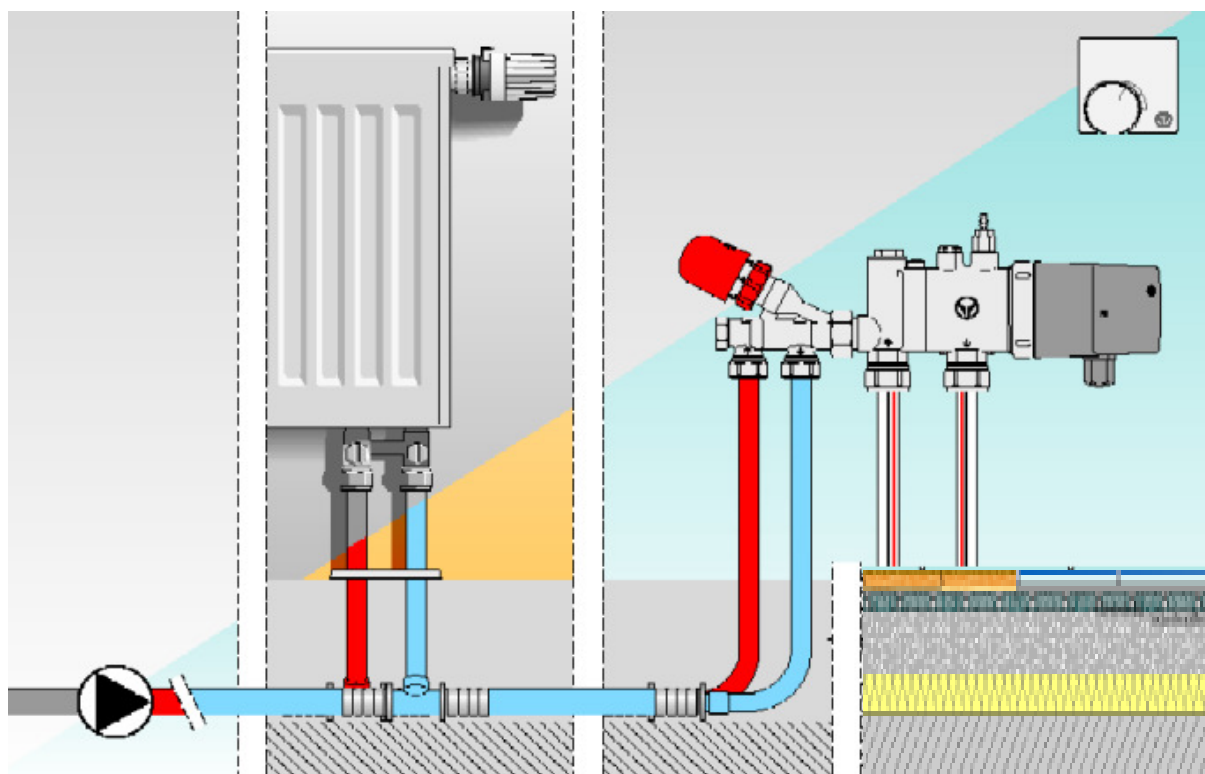
**Bild 1.9:** velta minitec – Auslegungsdigramm zum Bestimmen der Heizleistung (Bsp.: keramischer Oberbodenbelag  $R_{\lambda, B} = 0,05 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ; Rohrabstand Vz 10, d.h. 10 cm; mittlere Heizwasserüberbertemperatur  $\Delta\theta_{H,m} = 17 \text{ K}$ ; Heizwärmestromdichte  $q_H = 84 \text{ W/m}^2$ )



System	Aufheizung in min				Abkühlung in min	
	Verzugszeit $\tau_u$	Ausgleichszeit $\tau_g$	63% Heizleistung $\tau_{63}$	90% Heizleistung $\tau_{90}$	$\tau_u$	$\tau_g$
Trocken-System ( $t_v = 49 \text{ }^\circ\text{C}$ )	4	30	25	62	7	108
Trocken-System ( $t_v = 42 \text{ }^\circ\text{C}$ )	4	30	25	62	8	105
Naß-System ( $t_v = 34 \text{ }^\circ\text{C}$ )	10	89	60	166	13	337
<b>velta minitec</b>			<b>27</b>			

**Bild 1.10:** Zeitkonstanten verschiedener Bauarten von Fußbodenheizungen

Der Anschluß kleiner Heizkreise von velta minitec bis max. 20 m<sup>2</sup> an bestehende Heizungsanlagen sollte über eine Regelstation RS 2 (Bild 1.11) erfolgen, die eine separate Umwälzpumpe enthält und zugleich die Vorlauftemperatur auf das erforderliche Niveau absenkt. Für größere zu beheizende Flächen stehen Etagenregelstationen zur Verfügung, an die ein konventioneller Verteiler/Sammler angeschlossen werden kann.



**Bild 1.11:** Anschluß von velta minitec an eine Regelstation RS 2 bei kombinierten Anlagen mit Heizkörpern

Das Errichten der gesamten neuen Fußbodenkonstruktion auf dem vorhandenen Untergrund schließt folgende Arbeiten ein:

1. Prüfen des Untergrundes auf Rückstände und Feuchtigkeit
2. Kontrolle der zulässigen Ebenheitstoleranzen nach DIN 18 202
3. (Tabelle 3 / Zeile 3 oder höhere Anforderung entsprechend des Oberbodens)
4. Ggfs. Säubern, Schleifen, Einebnen des Untergrundes
5. Grundieren und ggfs. Absanden (Herstellerangaben beachten)
6. Verlegen des Randstreifens, des selbstklebenden Folienelementes und der Heizungsrohre
7. Einbringen der Ausgleichsmasse (Dünnestrich)
8. Abwarten der Begehrbarkeit (je nach Herstellerangaben zwischen 2 Stunden und 2 Tagen)
9. Beginnen des Funktionsheizens (für 2 bis 11 Tage je nach Herstellerangaben) nach einer Wartezeit von ca. 2 bis 7 Tagen
10. Verlegen des Oberbodenbelages.

Grundiermasse, Ausgleichsmasse, Kleber und Fugenmörtel sind Bauprodukte, die der Bodenleger bei namhaften Herstellern einkauft und verarbeitet. Im Rahmen einer Schnittstellenkoordination sollten sich zuvor Heizungsbaumeister und Bodenleger über die gemeinsame Vorgehensweise beim Errichten der neuen beheizten Fußbodenkonstruktion abstimmen (Bild 1.11).



**Bild 1.12:** Vorbehandeln des Untergrundes und Einbringen der Ausgleichsmasse durch den Bodenleger

Im Ergebnis der Ausführung ist ein neuer Fußboden geringster Konstruktionshöhe entstanden, der sowohl die generelle thermische Behaglichkeit im Raum als auch den thermischen Fußkomfort garantiert.

Hinsichtlich der Belastbarkeit zeigten Untersuchungen der Materialprüfanstalt (MPA) Darmstadt, daß der geprüfte Fußbodenaufbau die im Wohnungs- und Geschäftsbau mögliche Einzellast von 4 kN ohne sichtbare Veränderungen an der Oberfläche übersteht.

## **2. Behagliche sommerliche Raumtemperaturen durch Flächenkühlung – Möglichkeiten und Grenzen**

### **2.1. Einleitung**

Ca. 90 % aller Neuwagen weisen eine Klimaanlage auf, so daß Temperaturen um 22 bis 24 °C einerseits den Komfort erhöhen, andererseits die Unfallhäufigkeit auf Grund höherer Konzentrationsfähigkeit der Fahrzeugführer deutlich reduzieren. Zumindest das Streben nach verbesserter sommerlicher thermischer Behaglichkeit und Komfort wird zunehmend auf Gebäude jeglicher Nutzung übertragen.

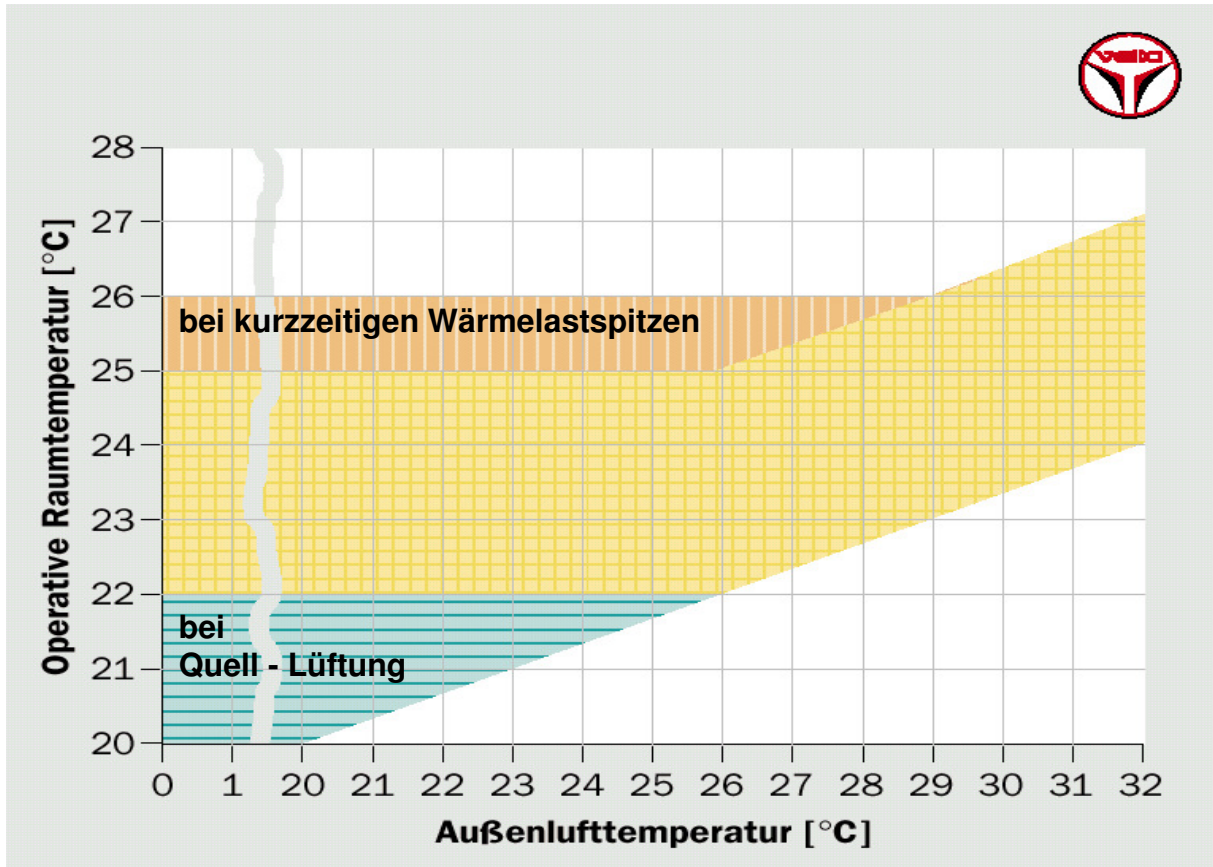
Zahlreiche Büro- und Verwaltungsbauten, Krankenhäuser und Heime sowie Warenhäuser, aber auch Industriehallen und bauphysikalisch nicht optimal gestaltete Wohnhäuser weisen einen (sommerlichen) Kühlkältebedarf auf. In diesem Zusammenhang sind technische Anlagen zur Raumkühlung zu planen, um die Raumtemperatur möglichst auf ca. 26 bis 27 °C begrenzen zu können.

Nachdem in den vergangenen Jahren zunehmend Diskussionen über hygienische Probleme und gesundheitlich unvorteilhafte Begleiterscheinungen bei Raumkühlung durch raumluftechnische Anlagen (RLT) geführt wurden /1/, werden gegenwärtig oftmals Systeme der Flächenkühlung bevorzugt /2/, /3/. Dabei dienen thermisch aktive Bauteile des Gebäudes – Boden, Wand und Decke – der Lastkompensation /4/, /5/, während die raumluftechnischen Anlagen nach den Kriterien der Raumluftqualität bemessen und in der Baugröße gegenüber früheren Konzepten reduziert werden.

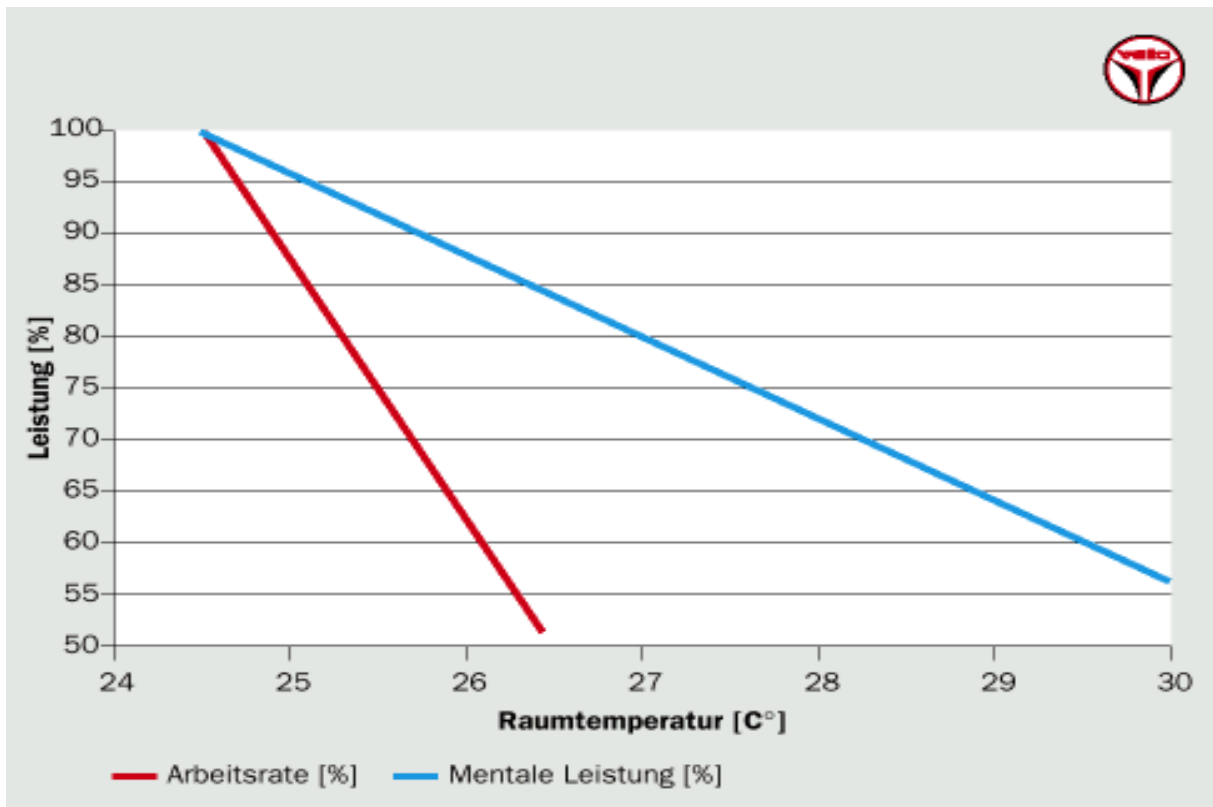
Der nachfolgende Abschnitt des Beitrages widmet sich vorrangig den Möglichkeiten, aber auch den Grenzen von Fußbodenkühlung und Betonkernaktivierung. Diese Lösungen gestalten sich zunächst aus Sicht niedriger Investitionskosten vorteilhaft, kann doch insbesondere eine Fußbodenheizung mit einfachen Mitteln die Zusatzfunktion der Raumkühlung übernehmen.

### **2.2. Notwendigkeit der sommerlichen Raumkühlung**

DIN 1946 /6/ (Bild 2.1) benennt zunächst für die Planung von RLT - Anlagen die relevanten Raumtemperaturen in Abhängigkeit der Außenlufttemperaturen, die unter Berücksichtigung der Arbeitsstättenrichtlinie /7/ nicht überschritten werden sollten. Führende Bauphysiker Deutschlands wiesen allerdings zu Recht darauf hin, daß bauphysikalisch schlecht ausgeführte Gebäude durchaus höhere sommerliche Raumtemperaturen aufweisen können und vorgenannte Richtlinien nur empfehlenden Planungscharakter haben. Untersuchungen von WYON /8/, /9/ (Bild 2.2) und PETZOLD /10/ zeigen jedoch auch, daß sowohl Arbeitsproduktivität als auch mentale Leistung bei höheren Raumtemperaturen als 26 °C deutlich abnehmen.

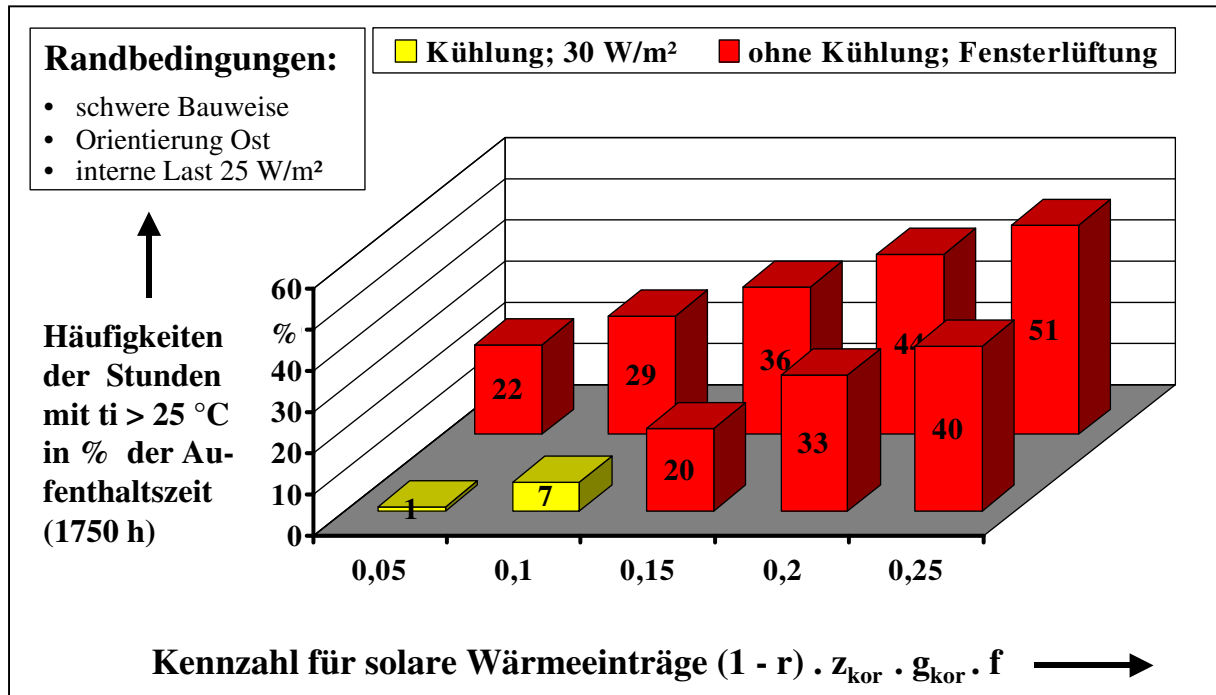


**Bild 2.1:** Empfohlene operative Raumtemperaturen nach DIN 1946 in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur /6/



**Bild 2.2:** Geistige Leistungsfähigkeit und körperliche Arbeitsproduktivität in Abhängigkeit der Raumtemperatur nach WYON /8/, /9/

ROUVEL /11/ empfiehlt eine sommerliche Raumtemperatur von 25 °C mit einer maximal zulässigen Überschreitungshäufigkeit von 10 % der Aufenthaltszeit und kommt zu dem Schluß, daß für zahlreiche Bürogebäude (10 m<sup>2</sup> Nutzfläche pro Person; energieeffiziente PC- und Beleuchtungstechnik) neben einem guten Sonnenschutz (in der Grafik ausgedrückt durch die Kennzahl für solare Wärmeeinträge) eine aktive Raumkühlung betrieben werden muß. Bild 2.3 zeigt für ein ostorientiertes Bürogebäude, daß eine spezifische Kühlleistung von ca. 30 W/m<sup>2</sup> erforderlich ist, um behagliche sommerliche Raumtemperaturen zu erreichen.



**Bild 2.3:** Guter Sonnenschutz und Raumkühlung als Bedingung zum Erreichen der Raumtemperatur von 25 °C mit geringer Überschreitungshäufigkeit (< 10%) für ein Bürogebäude nach ROUVEL /11/

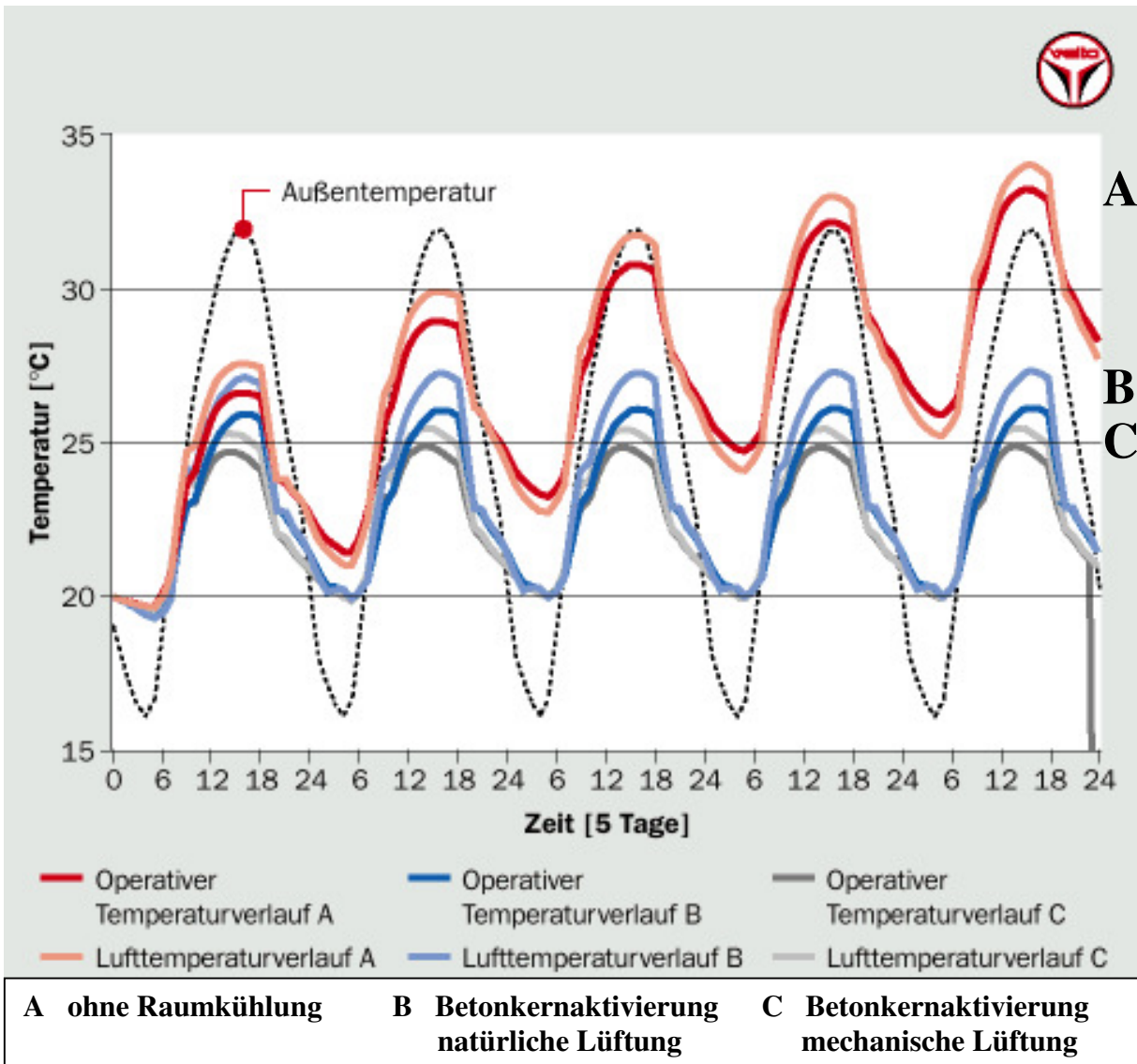
Wird auf Sonnenschutz und Raumkühlung verzichtet, ist das sukzessive Aufschwingen der Raumtemperatur zu erwarten (Bild 2.4). DEECKE /12/ bzw. DEECKE/GÜNTHER/OLESEN /13/ zeigen exemplarisch für ein Bürogebäude mit nachgenannter Spezifik, daß bei Verzicht auf Raumkühlung sommerliche Raumtemperaturen von ca. 34 °C zum Wochenende zu erwarten sind.

Im Beispiel wird die Raumkühlung mit dem Verfahren der Betonkernaktivierung realisiert. Hierbei werden Rohrregister mittig im Betonkern der Decken verlegt. In den Nachtstunden wird die Speichermasse der Decke aktiviert, indem Wasser mit einer Temperatur von ca. 18 bis 20 °C durch die Rohrregister zirkuliert. Die Decke entlädt sich dann im Tagesverlauf, wenn externe und interne Belastungen zu einem Anstieg der Raumtemperatur führen. Damit steigt dann auch wieder die Deckentemperatur an, bis die nächste nächtliche Aktivierung (Betonkernkühlung) einsetzt.

Dem Beispiel liegt eine max. Kühlleistungsdichte an der Deckenunterseite von ca. 30 W/m<sup>2</sup> zugrunde. Diese Leistung könnte jedoch auch mit einer Fußbodenkühlung erbracht werden.



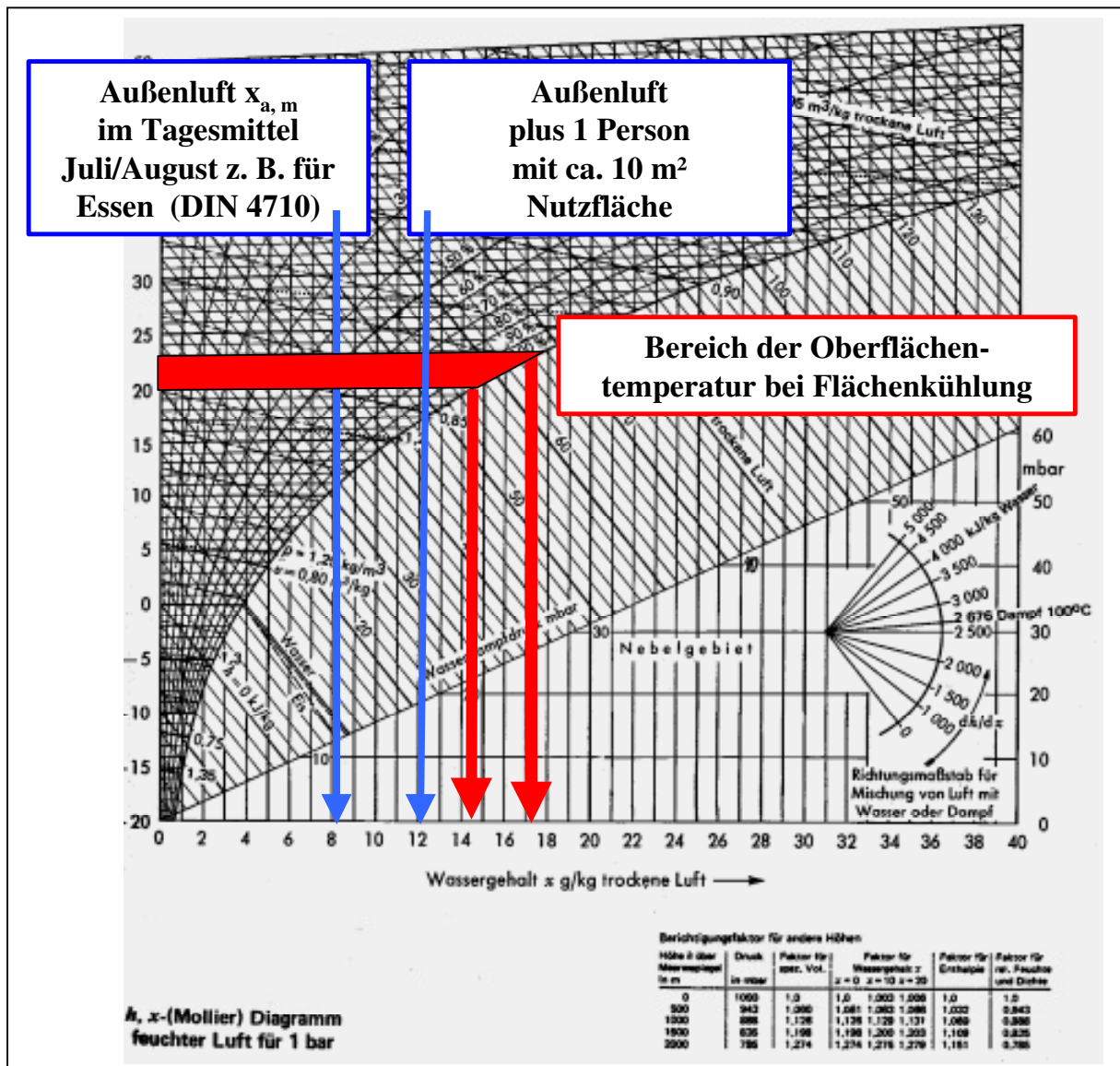
<b>Gebäude</b>	leichte Bauweise
<b>Raum</b>	südlich, 20 m <sup>2</sup> „Zwei – Riegel - Büro“
<b>Fenster</b>	U = 1,1 W/m <sup>2</sup> . K; g = 0,6
<b>Sonnenschutz</b>	z = 0,25
<b>Betondecke</b>	s = 300 mm
<b>Oberboden</b>	Teppich
<b>Nutzung</b>	8 – 18 Uhr; 2 Personen; 2 PC; teilw. Kunstlicht



**Bild 2.4:** Tagesgänge der operativen Raumtemperatur in einem Bürogebäude

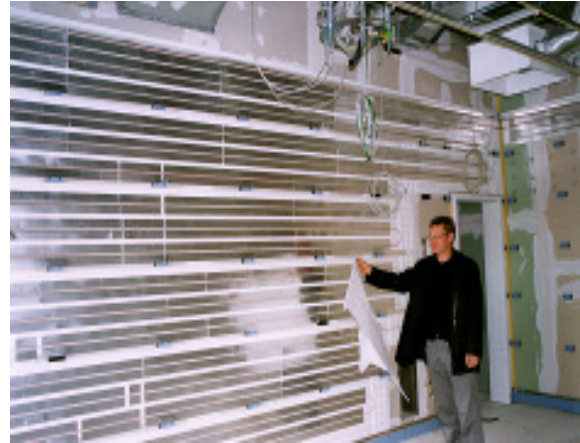
### 2.3. Systeme der bauwerksintegrierten Flächenkühlung

Prinzipiell können sämtliche Raumumschließungsflächen zur Raumkühlung herangezogen werden. Generell gilt hinsichtlich der max. erzielbaren Kühlleistungen, daß eine Oberflächenkondensation ausgeschlossen bleibt. Der Blick auf das Mollier – h,x - Diagramm unter Hinzunahme der DIN 4710 (regionale Außenluftfeuchten) /14/ zeigt für bürotypische interne Stofflasten, daß Oberflächentemperaturen von ca. 20 bis 22 °C weitgehend unkritisch sind. Jedoch sind für Versammlungsräume aufgrund der höheren Personendichte und raumvolumenbezogenen Feuchteproduktion (dezentrale) Anlagen zur Entfeuchtung ratsam.



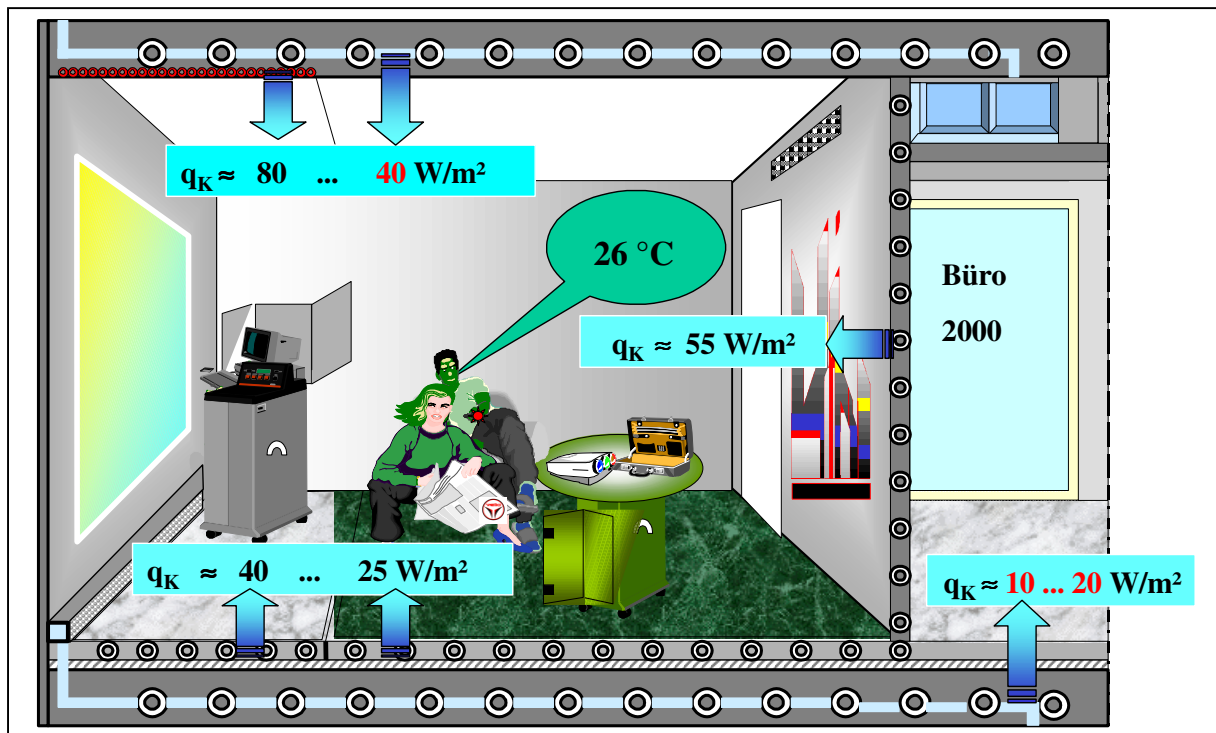
**Bild 2.5:** Vergleich von Wassergehalt der Außenluft bzw. bürotypischer interner Stofflast und kritischem Wassergehalt unter Berücksichtigung der Oberflächentemperaturen bei Flächenkühlung

Bild 2.7 zeigt realisierbare Kühlleistungsdichten von thermisch aktiven Bauteilen. Hierbei ist zwischen trägheitsarmen Systemen mit oberflächennahen Rohren und der Betonkernaktivierung als Massivspeichersystem zu unterscheiden (Bild 2.6).



**Bild 2.6:** Rohrregister in Deckenmitte -  
Betonkernaktivierung

Oberflächennahe Rohre -  
Flächenkühlung



**Bild 2.7:** Kühlleistungsdichten der thermisch aktiven Bauteilen Boden – Wand –  
Decke (bezogen auf eine Raumtemperatur von 26 °C)

Die realisierbaren Kühlleistungsdichten werden neben dem Vermeiden jeglicher Kondensation maßgeblich durch folgende Randbedingungen begrenzt::

- **Betonkernaktivierung:** Systemträglichkeit; Regelungsstrategie und Fahrweise
- **Wandkühlung:** Vermeiden von Fallströmungen und Zugscheinungen nach Strömungsumlenkung (Fußboden)
- **Fußbodenkühlung:** Wärmeleitung Fuß – Oberfläche (Entwärmung)

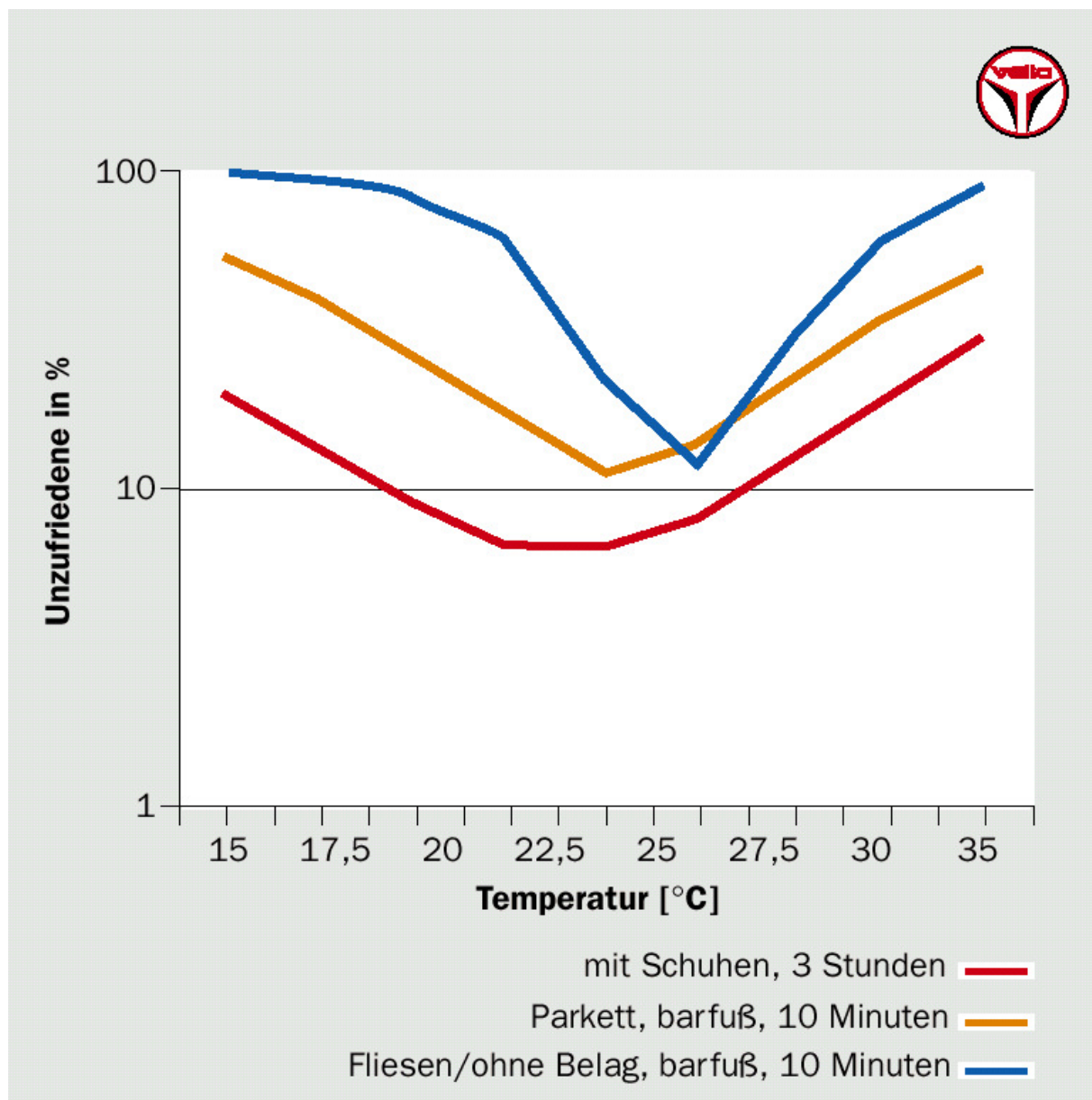


## 2.4. Fußbodenkühlung – Möglichkeiten und Grenzen

Thermische Behaglichkeit erfordert auch, sog. partikuläre Behaglichkeitskriterien einzuhalten. Bild 2.8 zeigt dazu die optimalen (geringste Unzufriedenheitsrate) und die noch zulässigen Oberflächentemperaturen (allgemein maximal 10 % Unzufriedene, was jedoch bei Personen ohne Schuhe nicht erreicht werden kann).

Daraus ergeben sich folgende Schlußfolgerungen für die Fußbodenkühlung:

- Die minimal zulässige Oberflächentemperatur beträgt ca. 19 °C.
- In Barfußbereichen (z. B. Bad) ist der Fußboden generell nicht zu kühlen.



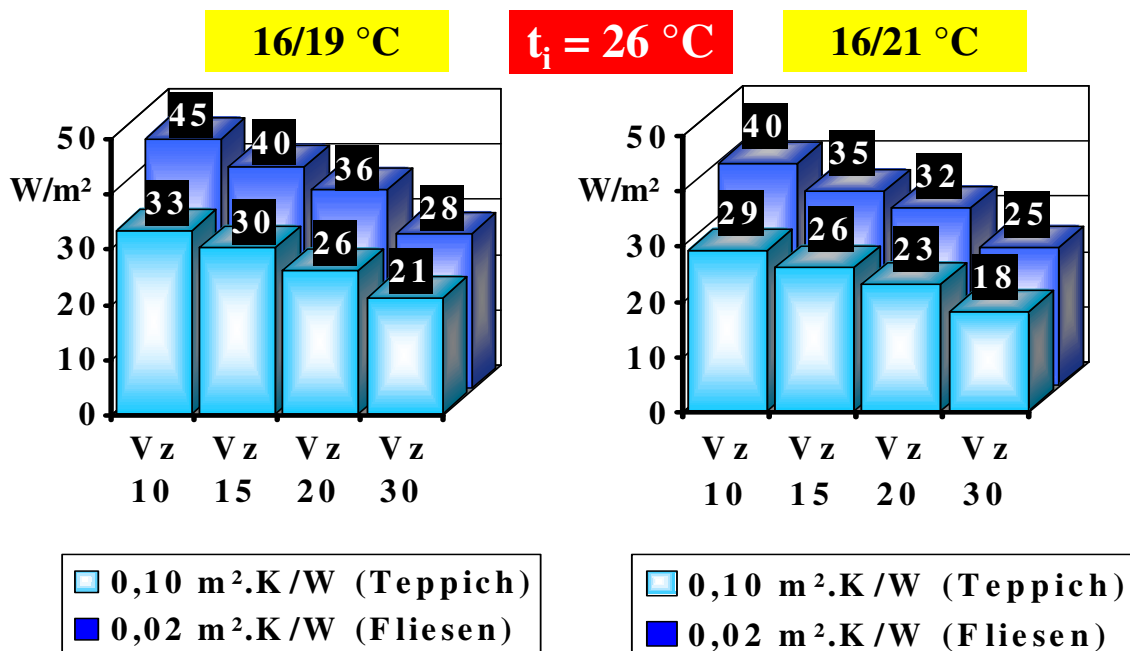
**Bild 2.8:** Unzufriedene in Abhängigkeit der Oberflächentemperaturen eines Fußbodens nach FANGER

Die theoretischen Grundlagen zum Berechnen der stationären und instationären Kühlleistungsdichten haben KAST/KLAN/ROSENBERG /15/, /16/ erarbeitet, indem ausgehend von FEM – Modellierungen handhabbare Gleichungen abgeleitet wurden. Die Kennliniengleichung für Kühlböden lautet wie folgt:

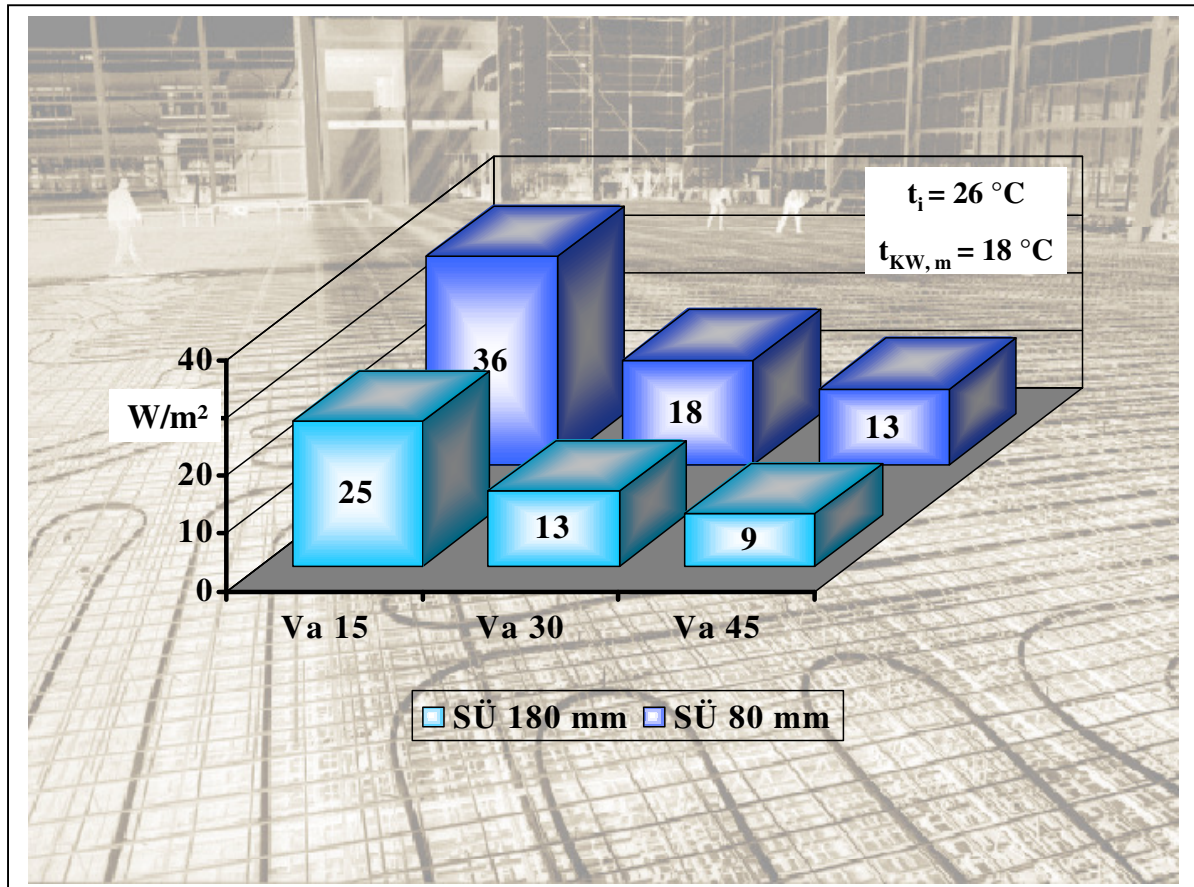
$$q = B_{H,K} \cdot a_T^{m_T} \cdot a_M \cdot a_{\ddot{U}}^{m_{\ddot{U}}} \cdot \Delta\theta^n \quad (1)$$

- mit:
- $B_{H,K}$  Systemkonstante (Heizen(Kühlen); Boden/Wand/Decke)
  - $a_T^{m_T}$  Teilungsfaktor (Erfassung des Rohrabstandes)
  - $a_M$  Werkstoff – Faktor (Parameter Rohrwerkstoff)
  - $a_{\ddot{U}}^{m_{\ddot{U}}}$  Überdeckungsfaktor (Parameter Rohrüberdeckung)
  - $\Delta\theta$  „treibender“ Temperaturunterschied Fußboden - Raum
  - $n$  Exponent ( $n = 1,0$ )

Auf vorgenannter Grundlage ergeben sich beispielsweise die im Bild 2.9 dargestellten Kühlleistungsdichten. Für relevante Leistungen empfiehlt sich insbesondere für den Oberbodenbelag Teppich ein Rohrabstand von 10 cm.

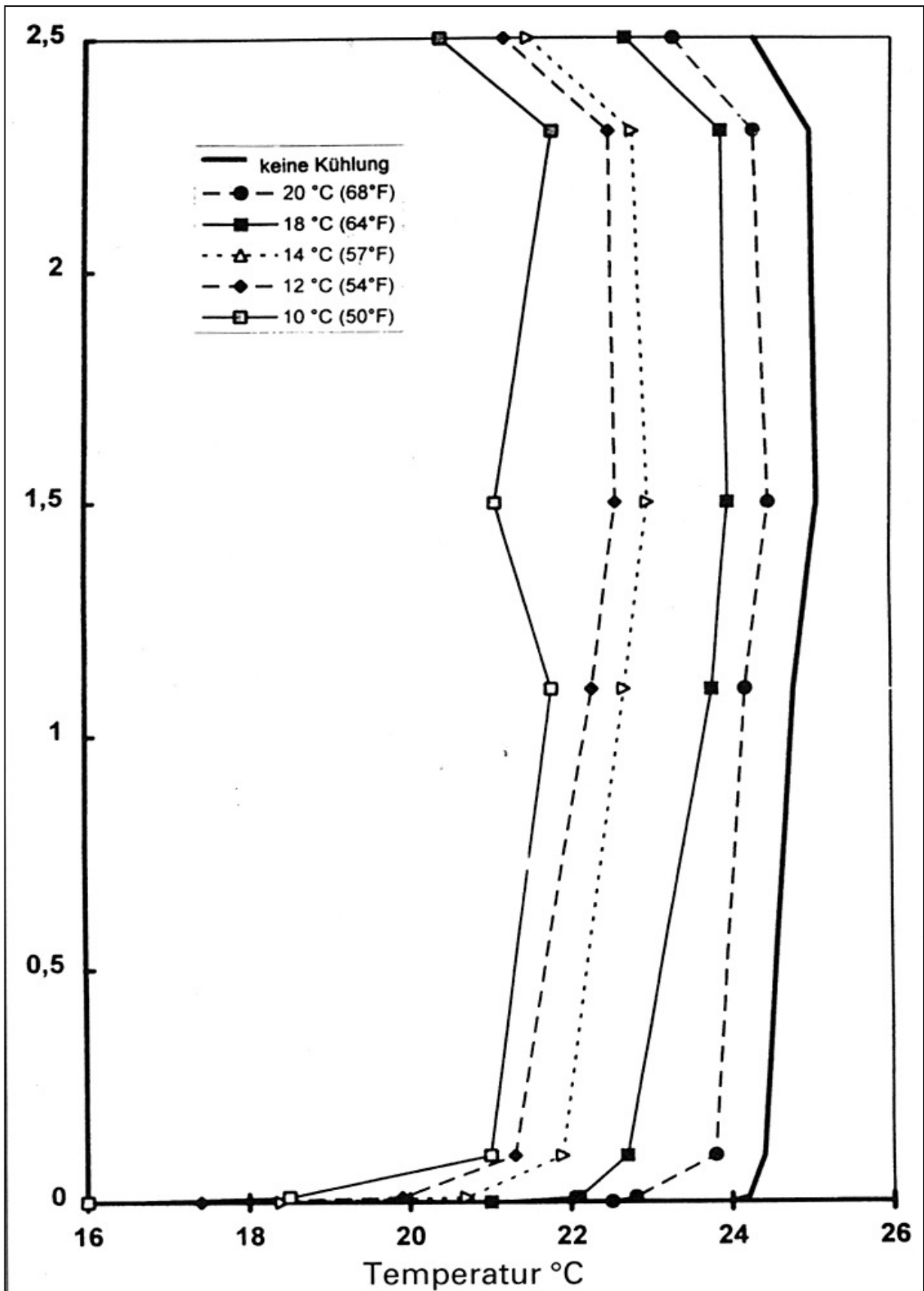


**Bild 2.9:** Leistungsdichten eines Kühlbodens in Abhängigkeit des Rohrabstandes ( $V_z$  10 = 10 cm), des Oberbodens und der Systemtemperaturen



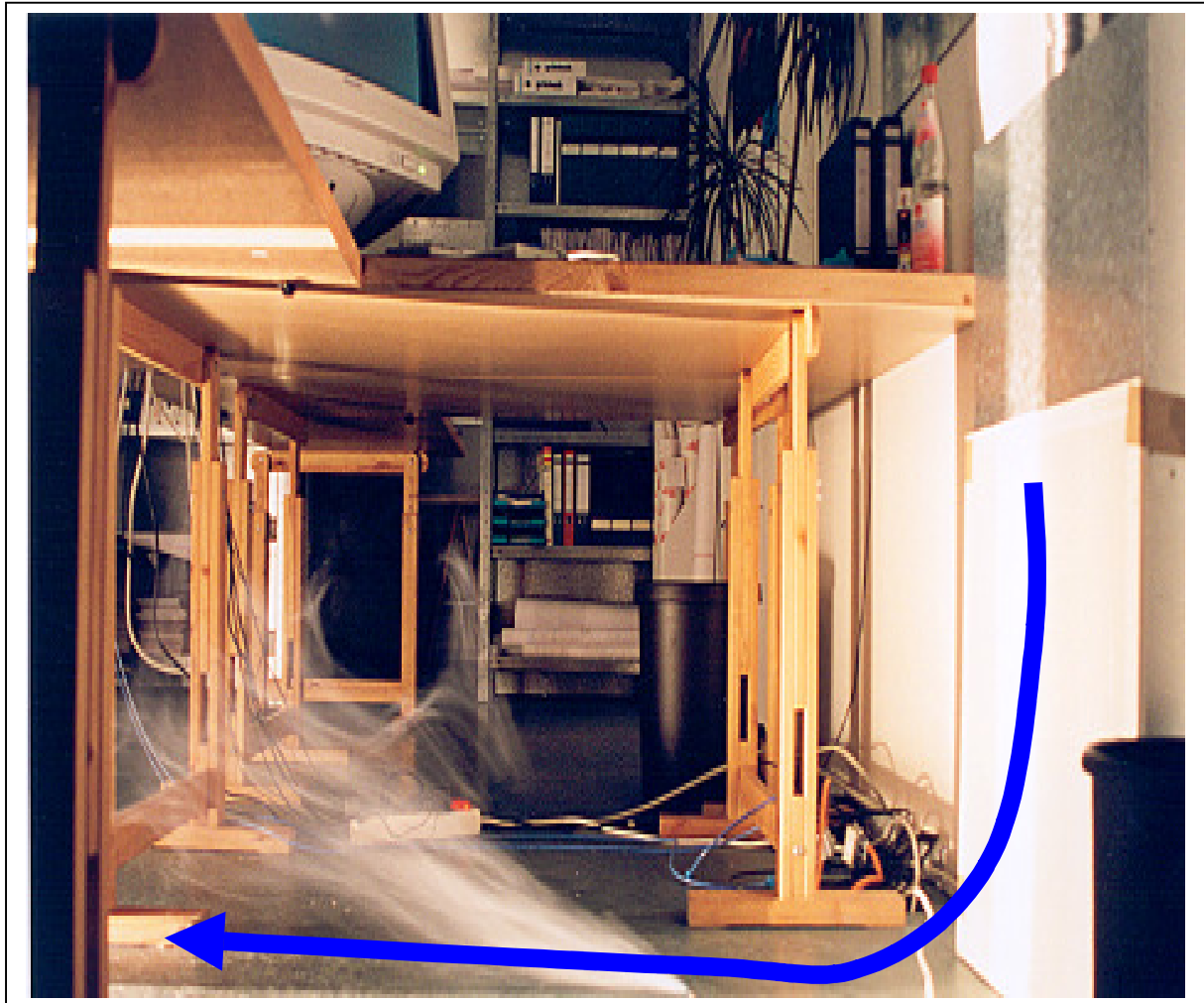
**Bild 2.10:** Fußbodenkühlung in Industriehallen – Kühlleistungsdichten in Abhängigkeit der Betonüberdeckung  $s_{\ddot{U}}$  und des Rohrabstandes ( $V_a$  15 = 15 cm)

Bei der Fußbodenkühlung beträgt der Gesamtwärmeübergangskoeffizient  $\alpha_{ges,K}$  ca.  $6\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  und ist damit nur fast halb so groß wie bei einer Fußbodenheizung. Da bei Fußbodenkühlung fast keine Konvektion nachweisbar ist (der konvektive Wärmeübergangskoeffizient  $\alpha_{k,K}$  beträgt ca.  $0,5\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ) dominiert der Strahlungsanteil. Es kann durchaus von ausschließlicher Strahlungskühlung gesprochen werden (HENNE /17/, /18/). Daraus leitet sich ab, daß die Verteilung der Raumlufttemperatur in fußbodengekühlten Räumen sehr ausgeglichen ist (Bild 2.11 nach OLESEN /19/).



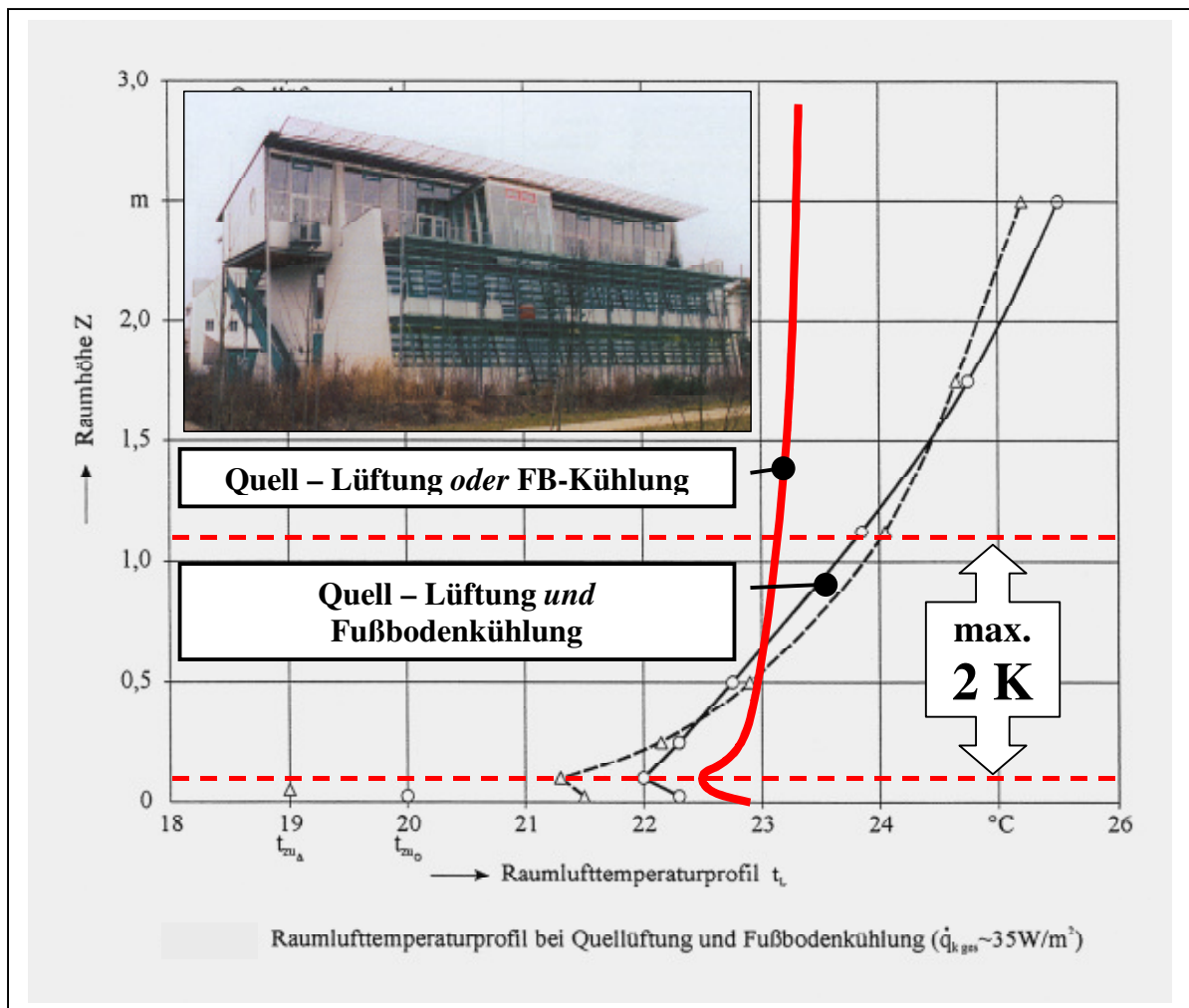
**Bild 2.11:** Vertikale Raumlufttemperaturverteilung bei Fußbodenkühlung in Abhängigkeit der Vorlauftemperatur (OLESEN /19/)

Die geringe Untertemperatur in einer Schichtdicke bis ca. 20 cm oberhalb des Fußbodens gleicht den Verhältnissen bei Quell – Lüftung. Hierbei dringt impulsarme Luft mit einer Untertemperatur von ca. 2 bis 3 K gegenüber der mittleren Raumlufttemperatur in den Raum ein und bildet einen Frischluftsee am Fußboden (Bild 2.12). Die Frischluft erwärmt sich an den Wärmequellen (Personen, PC, etc.) und steigt nach oben.



**Bild 2.12:** Quell – Lüftung in Analogie zur Fußbodenkühlung: Ausbildung eines Frischluftsees und Strömungsablösung am Fußboden an örtlichen Wärmequellen

Grenzen in der Anwendung der Fußbodenkühlung ergeben sich für die Kombination dieser mit Quell – Lüftung (fußbodennaher Luftauslaß). Hierbei überlagern sich die Luftströmungen, und in der Folge entsteht ein spürbarer Temperaturgradient. Dieser sollte entsprechend den Planungsprinzipien für Quell – Lüftung zwischen Höhe des Fußknöchels (Referenzpunkt 0,1 m über OKFF) und dem thermischen Scherpunkt bzw. des Nackens einer sitzenden Person (Referenzpunkt 1,1 m über OKFF) 2 K nicht überschreiten. Bild 2.13 zeigt, daß dieser Wert bei einer Kombination von Quell – Lüftung und Fußbodenkühlung mit einer summarischen Kühlleistungsdichte von ca. 35 W/m<sup>2</sup> erreicht wird.



**Bild 2.13:** Raumlufttemperaturprofile bei Quell – Lüftung und der Kombination von Quell – Lüftung mit Fußbodenkühlung (Büro- und Wohngebäude)

Infolge einer (aktivierten) Luftströmung über dem Fußboden könnte theoretisch die Leistungsdichte des Kühlbodens gesteigert werden, da sich der konvektive Anteil erhöhen würde. Für die Überlagerung von freier (Kühlboden) und erzwungener (Luftanströmung) Konvektion gilt dabei (GLÜCK /20/):

$$Re_{\text{komb}} = \sqrt{Re^2 + 0,41 \cdot Gr} \quad (2)$$

$$\alpha_K = (\alpha_{K,\text{erzw}}^3 + \alpha_{K,\text{frei}}^3)^{0,333} \quad (3)$$

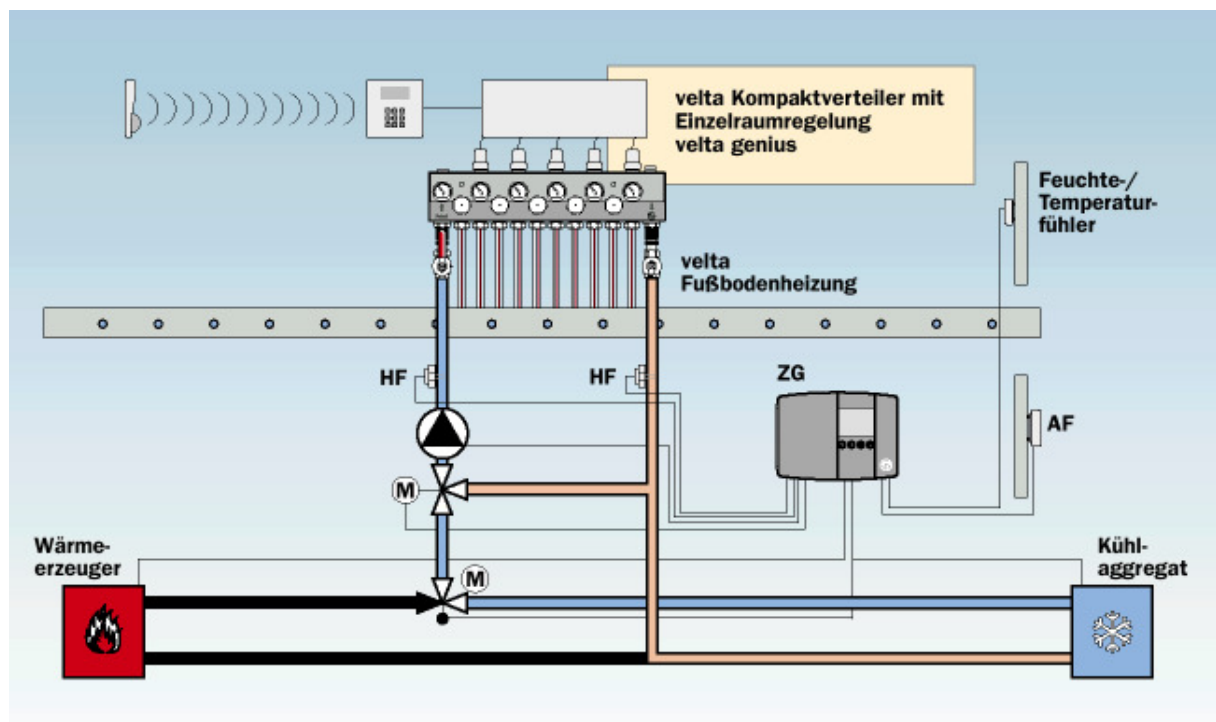
- mit:
- Re Reynolds – Ähnlichkeitskennzahl; erzwungene Strömung
  - Gr Grashof – Ähnlichkeitskennzahl; freie Konvektionsströmung
  - $\alpha_{K,\text{erzw}}$  Wärmeübergangskoeffizient, erzwungene Konvektion
  - $\alpha_{K,\text{frei}}$  Wärmeübergangskoeffizient, freie Konvektion

Allerdings ist diese Überlegung nicht praxisrelevant. Die zulässigen Luftgeschwindigkeiten liegen gemäß DIN 1946 für Raumlufttemperaturen von 22 °C bei max. 0, 15 m/s. Demnach führen fußbodennahe aktivierte Luftströmungen in Verbindung mit der Untertemperatur des Frischluftsees sehr schnell zu Zugscheinungen.

## 2.5. Hydraulische Einbindung und Regelungstechnik der Fußbodenkühlung

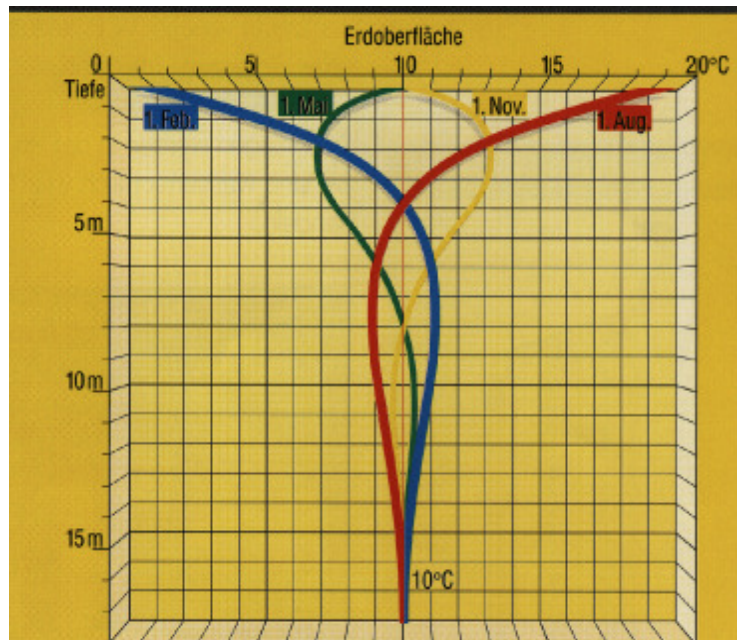
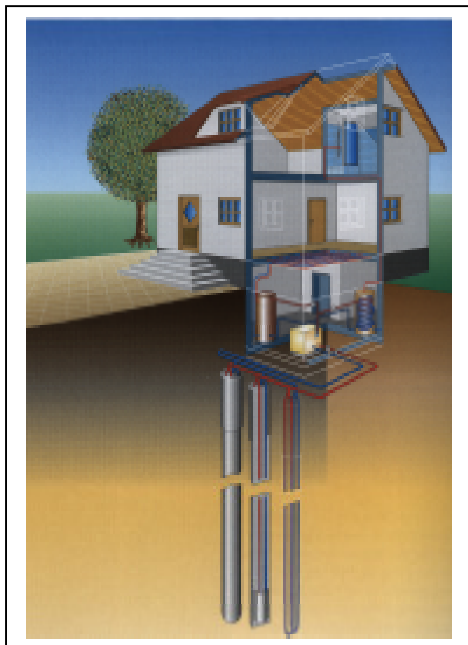
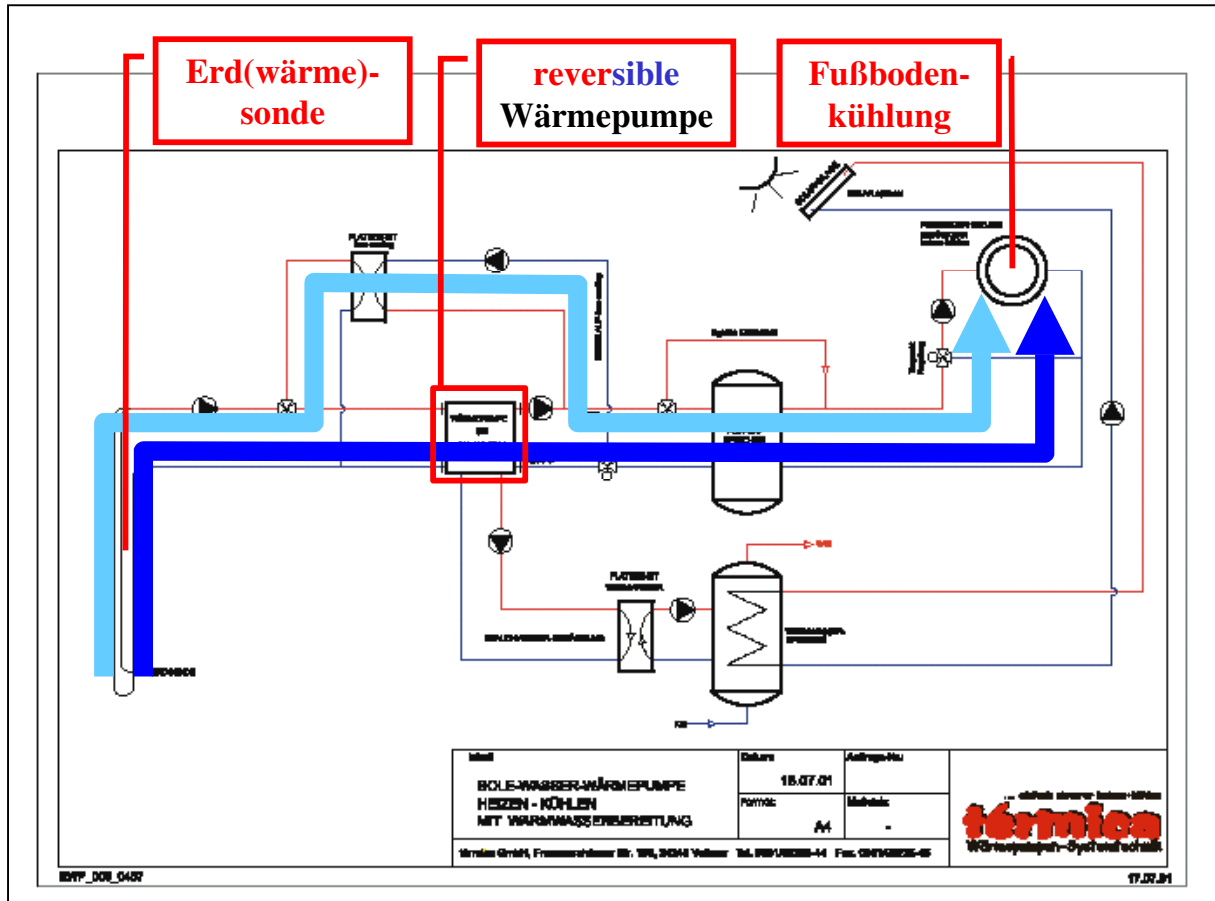
Bild 2.14 zeigt das prinzipielle Anlagenschema für die Kombination von Fußbodenheizung und –kühlung. Über den Zentralregler (ZG) wird mittels Umschaltventil nach einer Übergangswetterperiode vom Heiz- auf den Kühlbetrieb umgeschaltet. Ein Temperatur – Feuchte – Fühler in einem Referenzraum erfaßt kritische Luftzustände hinsichtlich möglicher Kondensation und bewirkt zusammen mit Regler und Drei – Wege – Ventil in diesem Fall die Vorlauftemperaturanhebung.

Die Einzelraumregelung *velta genius* kommuniziert über Funk mit dem Zentralregler und ist im Winter zur Einzelraumtemperaturregelung einsetzbar. Aufgrund der begrenzten Leistungen des Kühlbodens ist eine sommerliche Einzelraumtemperaturregelung wenig sinnvoll. Die thermischen Stellantriebe am Sammler werden jedoch durch *velta genius* automatisch mit der erforderlichen Hubumkehr bewegt, wenn vom Heiz- auf den Kühlbetrieb umgeschaltet werden soll.



**Bild 2.14:** Fußbodenheizung und –kühlung als Bestandteil der Gesamtanlage

Hinsichtlich des ökologischen Bauens ist es ein Vorzug, daß die Fußbodenkühlung eine Hochtemperaturkühlung darstellt. So können die benötigten Vorlauftemperaturen von ca. 16 bis 20 °C durch Erd(wärme)sonden oder Bodenplattenkühler (thermische Nutzung des Fundamentes eines Gebäudes als Wärmeübertrager) realisiert werden (GÜNTHER /21/). Reichen die Vorlauftemperaturen bzw. Leistungen dieser geothermischen Wärmesenke nicht mehr aus, kann eine umschaltbare Wärmepumpe als Kältemaschine dienen (Bild 2.15).

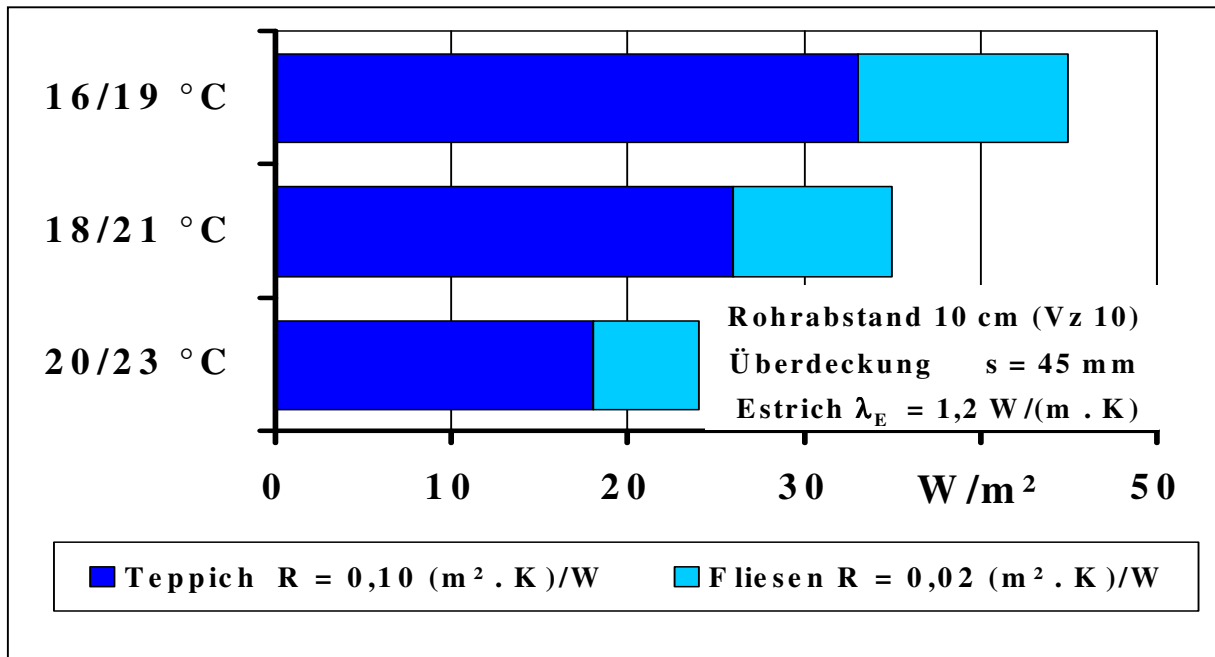


**Erd(wärme)sonde als Wärme-Quelle (Heizbetrieb) und –senke (Kühlbetrieb)**

**Saisonale Erdreichertemperatur in Abhängigkeit der Tiefe**

**Bild 2.15:** Direkte Kühlung des Fußbodens über Erd(wärme)sonden bzw. indirekte Kühlung über umschaltbare Wärmepumpen

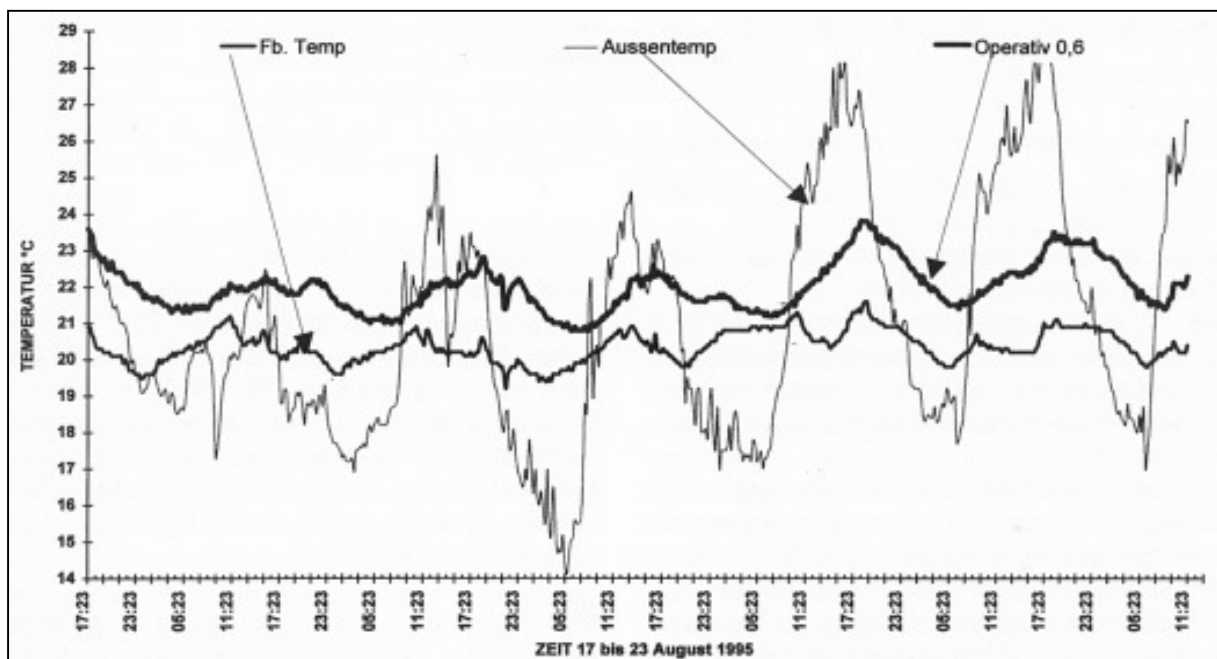




**Bild 2.16:** Leistungsdichten eines Kühlbodens in Abhängigkeit der Vor- und Rücklaufertemperaturen

## 2.6. Planungsempfehlungen für die Fußbodenkühlung

Eine ggfs. notwendige Raumkühlung zum Erreichen sommerlicher thermischer Behaglichkeit kann in relativ einfacher Weise durch die Funktionserweiterung einer Fußbodenheizung zum Kühlboden erreicht werden. Dabei sollte ein enger Rohr- abstand von 10 cm gewählt werden. Vergleichsweise große Kühlleistungsdichten ergeben sich bei keramischen Oberböden bzw. Fliesen.

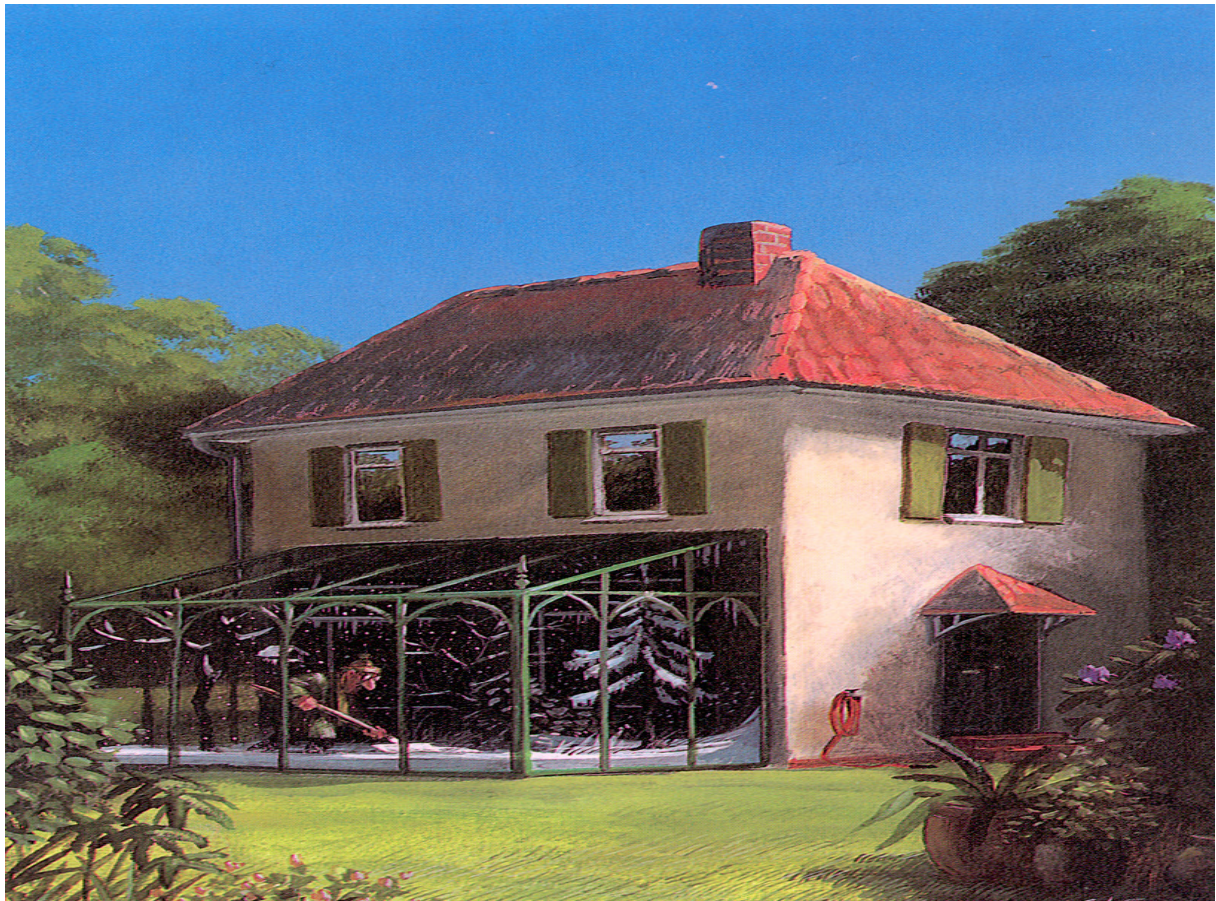


**Bild 2.17:** Empfundene sommerliche Raumtemperatur von weniger als 24 °C in einem Einfamilienhaus mit Fußbodenkühlung (OLESEN /22/).

Infolge der Fußbodenkühlung wird sich die Raumtemperatur um ca. 2 bis 4 K gegenüber einem ungekühlten Raum reduzieren. Sommerliche Raumtemperaturen um 24 °C (Bild 2.17) können als optimal angesehen werden.

Hinsichtlich der erzielbaren Kühlleistungsdichten sind Grenzen durch das Vermeiden jeglicher Kondensationserscheinungen und eine aus Sicht des Fußkomforts minimal zulässige Oberflächentemperatur gesetzt. Die Systemkonfiguration (Anzahl und Umfang der Kühlflächen) ist natürlich auf die Gebäudekonstruktion und den resultierenden Kühlkältebedarf abzustimmen.

Zur Fußbodenkühlung kann das Erdreich thermisch genutzt werden. Ab einer Tiefe von ca. 8 Metern hat das Erdreich i.d.R. saisonal konstante Temperaturen von ca. 10 °C, so daß Erd(wärme)sonden und Bodenplattenkühler unterkellerten Gebäude als sommerliche Wärmesenke fungieren können. Ist das Reservoir erschöpft, kann eine reversible Wärmepumpe zugeschaltet werden.



**Bild 2.18:** Wintergarten !? – Fußbodenkühlung nicht übertreiben !

### 3. Ausgewählte Aspekte des Planens und Ausführens von beheizten Fußbodenkonstruktionen

#### 3.1. Schnittstellenkoordination bei beheizten Fußbodenkonstruktionen

Die überarbeitete *Schnittstellenkoordination bei beheizten Fußbodenkonstruktionen* /23/ dient als Fachinformation der Koordination aller Gewerke von Planung bis Ausführung. Das Merkblatt wurde von einem verbändeübergreifenden Arbeitskreis erarbeitet, berücksichtigt die anerkannten Regeln der Technik aller Gewerke und schafft damit die Grundlage zum Erbringen einer mangelfreien Werkleistung.



**Bild 3.1** Funktionalität durch (Gewerke-)Koordination

Das Merkblatt enthält neben wertvollen Arbeitsanleitungen (Bautagebuch) und Checklisten als unmittelbar nutzbare Arbeitshilfen folgende Abschnitte:

1. Merkblatt FBH – M1  
„Schnittstellenkoordination bei beheizten Fußbodenkonstruktionen“
2. Dokumentation FBH-D1  
„Ablaufprotokoll für die Herstellung beheizter Fußbodenkonstruktionen“
3. Dokumentation FBH-D2  
„Dichtheitsprüfung für Fußbodenheizungen gemäß DIN EN 1264-4“
4. Dokumentation FBH-D3  
„Protokoll zum Funktionsheizen für Calciumsulfat- und Zementestriche als Funktionsprüfung für Fußbodenheizungen“
5. Merkblatt FBH-M2  
„Vorbereitende Maßnahmen zur Verlegung von Oberbodenbelägen auf Zement- und Calciumsulfatestrichen“
6. Arbeitsanweisung/Dokumentationen FBH-AD  
„CM–Messung“
7. Dokumentationen FBH-D4  
„Protokoll zum Belegreifheizen“ des Estrichs“

Die Ausgabe 2005 der Schnittstellenkoordination ersetzt die Fassung von 1999 und kann über die involvierten Verbände bezogen oder über verschiedene homepages des internets heruntergeladen werden. Nachfolgend sollen einige, aus der Sicht des Autors dieses Beitrags neue bzw. veränderte Empfehlungen des neuen Merkblatts zum Planen und Ausführen beheizter Fußbodenkonstruktionen vorgestellt werden.

### 3.1.1. Planungs- und Bauablauf (FBH-M1)

#### Markierung der Feuchte – Meßstellen sowie Feuchte - Messung

- Die vom Heizungsplaner in den Planungszeichnungen auszuweisende Anordnung der Feuchte-Meßstellen ist abhängig von der größten Dicks des Estrichs, den ungünstigsten Lüftungsbedingungen im Raum und der geringsten Heizwärmestromdichte der Fußbodenheizung. *Die genaue Planungsanweisung wird innerhalb des Merkblattes etwas vermißt.*
- Als Empfehlungen gelten eine Meßstelle pro Raum, bei größeren Räumen (mehr als 50 m<sup>2</sup>) entsprechend mehrere Meßstellen.
- Im Rahmen des Ausführens sind die Meßstellen nach den Bedingungen vor Ort vom Verleger der Dämmschicht (Nivellierer) zu überprüfen, durch den Heizungsbaumeister zu markieren (Bild 3.2) und durch den Estrichleger zu übernehmen.
- Maßgebend für die Belegreife des Estrichs sind die in Tabelle 1 genannten maximalen Feuchten (Bild 3.3).



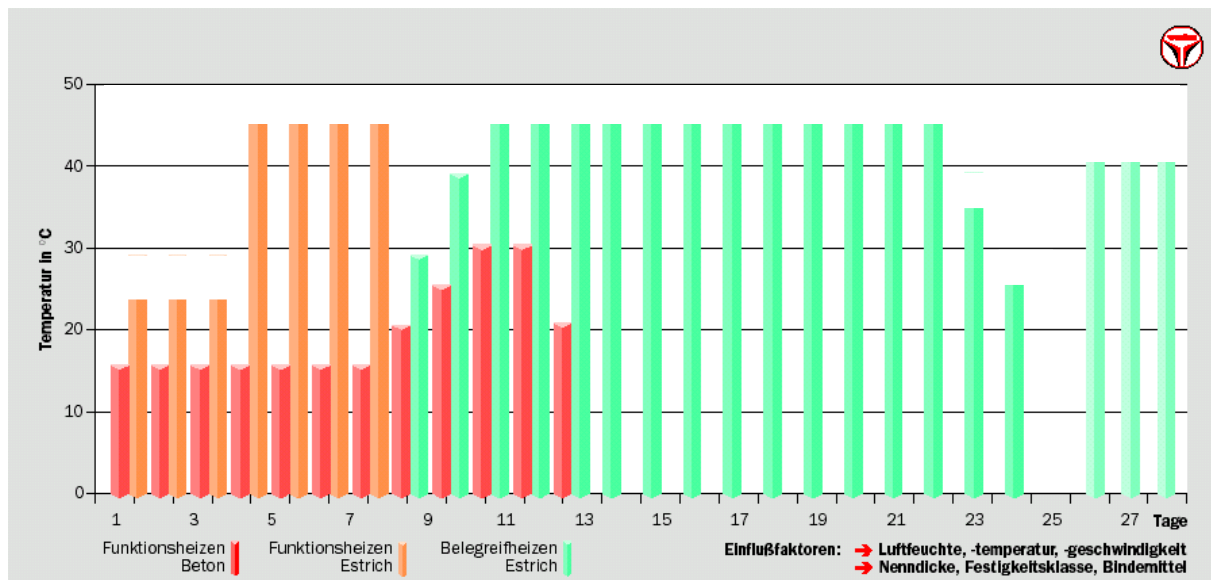
**Bild 3.2** Meßstellenmarkierung eines Herstellers von Fußbodenheizungen

	Oberboden	Zement-Estrich soll [%]	Calciumsulfat-estrich soll [%]
ObBo 1	textile und elastische Beläge	1,8	0,3
ObBo 2	Parkett	1,8	0,3
ObBo 3	Laminatboden	1,8	0,3
ObBo 4	Keramische Fliesen bzw. Natur-/Betonwerksteine	2,0	0,3

**Bild 3.3** Anforderungen an die maximale Feuchte des Estrichs

## Funktions- und Belegreifheizen

- Der Heizungsbaumeister ist zum Nachweis seines mangelfreien Werkes zum Funktionsheizen gemäß DIN EN 1264-4 verpflichtet.
- Im Rahmen des Funktionsheizens ist zunächst eine Vorlauftemperatur von zunächst 25 °C für 3 Tage einzuhalten. Anschließend wird die geplante maximale Vorlauftemperatur (Vollastfall) für 4 Tage aufrechterhalten.
- Das Belegreifheizen als Voraussetzung für den Beginn der Arbeiten des Oberbodenlegers ist dagegen eine Sonderleistung des Heizungsbaumeisters und muß durch den Bauherrn gesondert beauftragt werden. *Die Fristen zum Erreichen der Belegreife sind von zahlreichen Einflußfaktoren wie z.B. Luftfeuchte, -temperatur, -geschwindigkeit, Estrichdicke, Festigkeitsklasse, Bindemittel etc. abhängig.*
- Eine Beschleunigung des Trocknungsvorganges kann durch den Betrieb der Fußbodenheizung (Belegreifheizen), Luftwechselraten oder Maßnahmen wie das mechanische Trocknen erreicht werden. *Hierbei ist jedoch im Hinblick auf Verformungen des Estrichs Vorsicht geboten.*



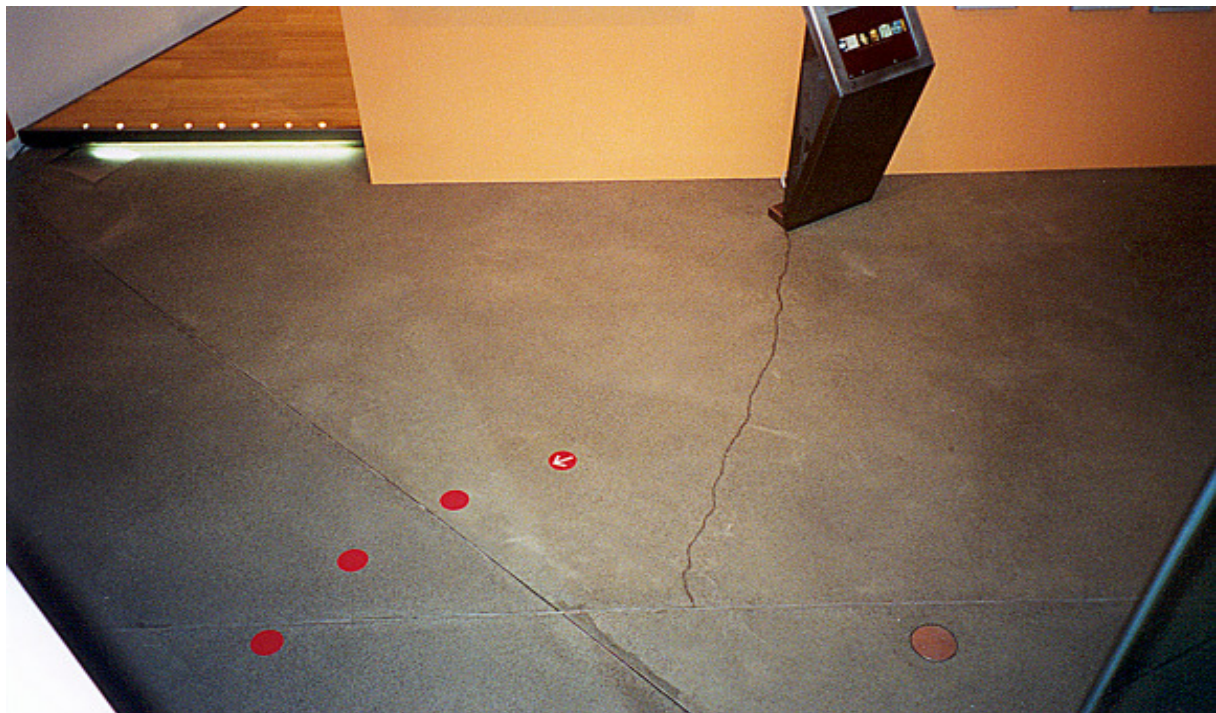
**Bild 3.4** Funktions- und Belegreifheizen bei beheizten Fußbodenkonstruktionen  
In Anlehnung an die Schnittstellenkoordination 1999 (GÜNTHER /24/)

### 3.1.2. Ablaufprotokoll für die Herstellung beheizter Fußbodenkonstruktionen (FBH-D1)

- Die Dokumentation FBH-D1 (Bild 3.5) behandelt den Bauablauf und das Ineinandergreifen der beteiligten Gewerke. Die Dokumentation ist entweder die Grundlage für ein Bautagebuch oder als Checkliste zu verwenden.
- Das Ablaufprotokoll enthält einige Sachverhalte, auf die nochmals besonders aufmerksam gemacht werden soll:
  - Der Fugenplan ist in Abstimmung mit Estrich- und Oberbodenleger im Rahmen der Architekturplanung zu erarbeiten. *Hierbei kann es durch veränderte Architekturentwürfe zu zahlreichen Umplanungen kommen, in deren Verlauf die Koordination vernachlässigt wird, so daß Schäden vorprogrammiert sind.*

Zuständig	Unter- schrift	Ar- beits- schritt	Beschreibung des Arbeitsschrittes	erledigt ja / nein
Tätigkeiten müssen unbedingt beachtet werden. Die Ausführungen erfolgen nicht zwingend an dieser Stelle		8.	<u>Schnittstellen Heizung/Estrich/Oberboden</u>	
	BL	8.1	Die Messstellen sind im Plan festgelegt (vgl. auch 3.2, 7.4).	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	BL/ Estr	8.1.1	Die Messstellen sind vorhanden und dokumentiert.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Heiz/ Estr	8.2	Beginn Funktionsheizten nach der Estrichverlegung bei – Zementestrich 21 Tage – Calciumsulfatestrich 7 Tage, – bzw. entsprechend dem eingesetzten System ..... Tage	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Heiz	8.2.1	Funktionsheizten der Fußbodenheizung ist durchgeführt und dokumentiert. (nach DIN EN 1264-4; siehe Dokumentation FBH-D3).	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Ob- Bo	8.3	Ist ein Belegreifheizen erforderlich?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	BH/ BL	8.3.1	Belegreifheizen ist gesondert beauftragt.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	BH/ Heiz	8.3.2	Belegreifheizen ist durchgeführt und dokumentiert (siehe Dokumentation FBH-D4).	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

**Bild 3.5** Auszug aus der Dokumentation FBH-D1 - Ablaufprotokoll



**Bild 3.6** Risse sind ungewollte Fugen: eigenwillige (und fehlerhafte) Planung und Ausführung eines Heizestrichs

- Rohrkonzentrationen sind zu vermeiden (Bild 3.7). *Die Festigkeit der Estrichscheibe ist bei zu dichter Rohrlage gefährdet. Außerdem ist die Wärmeabgabe unnötig groß, so daß die partielle thermische Belastung des Estrichs Schäden verursachen kann bzw. eine Überheizung des Raumes unvermeidbar ist. Ein Wärmedämmen der Rohre ist dabei im Hinblick auf die resultierende verminderte Estrichüberdeckung der Rohre unzulässig.*



**Bild 3.7** Planungs- und Ausführungsfehler: unnötige Heizrohrkonzentration

### 3.1.3. Dichtheitsprüfung für Fußbodenheizungen gemäß DIN EN 1264-4 (FBH-D2)

- Abweichend von der bisherigen Schnittstellenkoordination (Ausgabe 1999) und den Forderungen der VOB wird ein Prüfdruck in Höhe des doppelten Betriebsdruckes, mindestens jedoch 6 bar gefordert. *Vermißt werden Aussagen zum zulässigen Druckabfall unter Berücksichtigung der Rohrmontage. Es muß außerdem auf die Forderung hingewiesen werden, prinzipiell mit Wasser abzudrücken. Hinsichtlich der Winterbaustellen ergeben sich Maßnahmen zur Frostfreihaltung, die nicht unproblematisch sein können.*

### 3.1.4. Protokoll zum Belegreifheizen des Estrichs (FBH-D4)

- Das Belegreifheizen soll i.d.R. direkt im Anschluß an das Funktionsheizen durchgeführt werden. *Durch Bauverzögerungen kann es jedoch zu einer Unterbrechung von Funktions- und Belegreifheizen kommen. Das ist gesondert zu protokollieren.*

- Während des Belegreifheizens sollen Folien-Zwischentests Aufschluß über die erreichte Feuchte im Sinne einer abschätzenden Vorprüfung geben. *Diese Folientests ersetzen in keiner Weise die abschließende CM-Messung als Indikator der Belegreife.*
- Das Belegreifheizen unter Verwendung einer automatischen Regelung ist speziell zu protokollieren.
- Die meisten zeitlichen Angaben beziehen sich auf eine Estrichnenndicke von 70 mm. *Für davon abweichende Nenndicken ergeben sich zwangsläufig andere Zeiten.*



Bringing  
comfort  
to life





Widerstands-  
messverfahren  
(Nach Gebrauch  
können Elektroden  
mechanisch  
demontiert und  
wieder verwendet  
werden)

**spätere  
CM - Messung**

Markierung der Meßstellen / Vorprüfung  
Quelle: Praxistipp [www.velta.de](http://www.velta.de) Juli 2001

Beheizte Fußbodenkonstruktionen    B&O    Bernau/Cottbus 26. und 27.05.2004    michael.günther@velta.de

**Bild 3.8**    velta Praxisseminare für Heizungsbaumeister – Verständnis für die Belange beteiligter Gewerke und Erwerb eigener Fachkompetenz

### 3.2. Hinweise auf Neu- und Besonderheiten des Regelwerks für beheizte Fußbodenkonstruktionen

Es soll an dieser Stelle auf die Normen DIN EN 13 813 „Estrichmörtel und Estrichmassen – Eigenschaften und Anforderungen“ und DIN 18 560 „Estriche im Bauwesen“ hingewiesen werden. Diese überarbeiteten Normen sind zwar in die Praxis eingeführt, dennoch sollen einige spezielle Sachverhalte nochmals hervorgehoben werden.



Estrichmörtel auf der Basis von:	Druckfestigkeit	Biegezugfestigkeit	Verschleißzustand nach Sidens	Verschleißzustand nach BCA	Verschleißzustand gegen Rollboomspreiung	Oberflächenhärte	Eindringtiefe	Widerstand gegen Rillspurenbildung von Estrichen mit überlagerten Verleibungszeit	Schleifen und Quetschen	Konstanz	pH-Wert	Elastizitätsmodul	Schlagfestigkeit	Haltbarkeit
Zement	N	N	N <sup>4</sup> (eine von drei)		O	O	O	O	O	O	O	O	Q <sup>4</sup>	O
Calciumsulfat	N	N	O	O	O	-	O	O	O	O	N	O	-	O
Magnesia	N	N	O	O	O	N <sup>4</sup>	-	O	-	O	O	O	-	O
Gussasphalt	-	-	O	O	O	-	N	O	-	-	-	-	-	-
Kunstharz	O	O	-	N <sup>4</sup> (eine von zwei)		O	-	O	-	O	O	-	O	N <sup>4</sup>

N = Normativ O = Optional, wenn zutreffend - = nicht zutreffend <sup>4</sup> nur für Estrichmörtel

**Bild 3.9** DIN EN 13 813 Eigenschaften und Klassifizierung – Estrichmörtel und Prüfungen für alle Estrichmörtelarten (ALTMANN /25/)

Die überarbeitete DIN 18 560 „Estriche im Bauwesen“ enthält Tabellen für das Bestimmen der Nenndicken von (unbeheizten) Estrichen in Abhängigkeit der Estrichart. *Diese Tabellen stehen nunmehr für verschiedene lotrechte Nutzlasten zur Verfügung, so daß eine höhere Planungssicherheit und Kontrolle der Ausführung möglich ist (Bild 3.10).*

**Tabelle 4 — Nenndicken und Biegezugfestigkeit bzw. Härte unbeheizter Estriche auf Dämmschichten<sup>1)</sup> für lotrechte Nutzlasten (Einzellasten bis 4,0 kN<sup>2)</sup>, Flächenlasten ≈ 5 kN/m<sup>2</sup>)**

Estrichart	Biegezugfestigkeitsklasse bzw. Härteklasse nach DIN EN 13813	Estrichnenndicke <sup>a</sup> in mm bei einer Zusammendrückbarkeit der Dämmschicht c ≤ 3 mm	Bestätigungsprüfung			
			Biegezugfestigkeit $f_{Bz}$ N/mm <sup>2</sup>		Eindringtiefe mm	
			kleinster Einzelwert	Mittelwert	bei (22 ± 1) °C	bei (40 ± 1) °C
Calciumsulfat-Fließestrich CAF	F 4	≥ 65	≥ 3,5	≥ 4,0	-	-
	F 5	≥ 55	≥ 4,5	≥ 5,0	-	-
	F7	≥ 50	≥ 6,5	≥ 7,0	-	-
Calciumsulfat-estrich CA	F 4	≥ 75	≥ 2,0	≥ 2,5	-	-
	F 5	≥ 65	≥ 2,5	≥ 3,5	-	-
	F7	≥ 60	≥ 3,5	≥ 4,5	-	-
Gussasphalt-estrich AS	IC 10	≥ 35	-	-	≤ 1,0	≤ 4,0
Kunstharz-estrich SR	F 7	≥ 60	≥ 4,5	≥ 5,5	-	-
	F 10	≥ 50	≥ 6,5	≥ 7,0	-	-
Magnesia-estrich MA	F 4 <sup>b</sup>	≥ 75	≥ 2,0	≥ 2,5	-	-
	F 5	≥ 65	≥ 2,5	≥ 3,5	-	-
	F 7	≥ 60	≥ 3,5	≥ 4,5	-	-
Zementestrich CT	F 4	≥ 75	≥ 2,0	≥ 2,5	-	-
	F 5	≥ 65	≥ 2,5	≥ 3,5	-	-

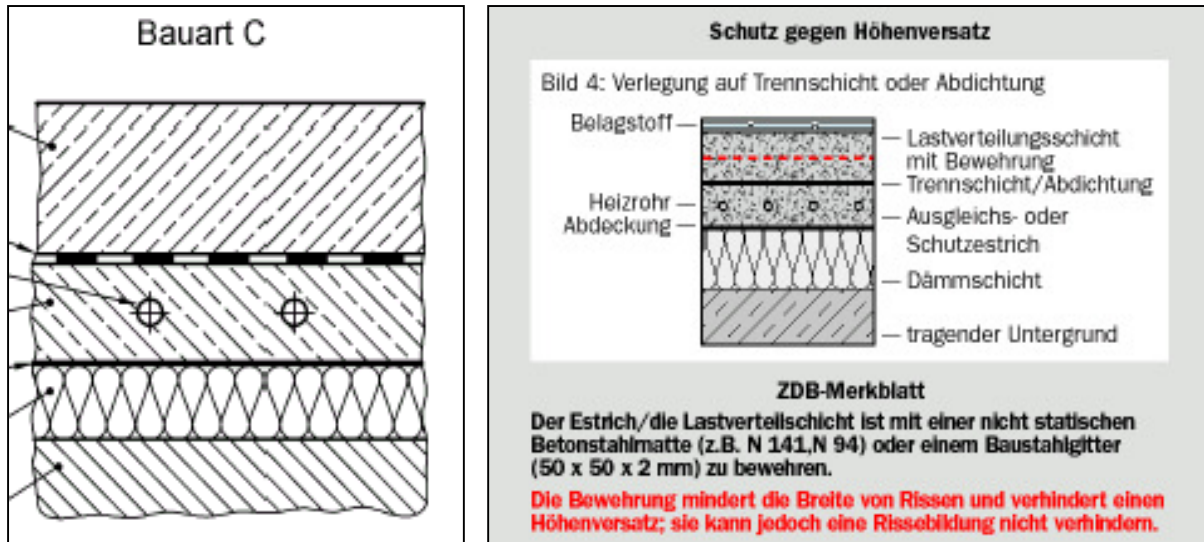
<sup>a</sup> Bei Dämmschichten ≤ 40 mm kann bei Calciumsulfat-, Kunstharz-, Magnesia- und Zementestrichen die Estrichnenndicke um 5 mm reduziert werden.

<sup>b</sup> Die Oberflächenhärte bei Steinholzestrichen muss mindestens SH 30 nach DIN EN 13813 entsprechen.

**Bild 3.10** Nenndicken und Biegezugfestigkeiten bzw. Härte unbeheizter Estriche auf Dämmschichten für lotrechte Nutzlasten (Einzellasten bis 4,0 kN; Flächenlasten ≈ 5 kN/m<sup>2</sup>)

Besondere Hinweise werden im Text zu folgenden Aspekten der Planung gegeben:

- Möglichkeit des Abweichens von den Tabellenwerten zur Nenndicke bzw. Heizrohrüberdeckung, wenn eine Eignungsprüfung (Tragfähigkeit, bei keramischen Belägen auch Durchbiegung) durchgeführt wird
- Erreichen einer Restfeuchte von 0,3% des Ausgleichsestrichs (Calciumsulfat-estrich) bei der Bauart C (Heizrohre im Schutzestrich; Mörtelbett auf Trennlage) vor Auflegen der Trennlagen (Bild 3.11)
- Hinweis für Bauart C auf häufige Schwindrißbildungen des Ausgleichsestrichs, der keine lastverteilende Funktion hat (*Konsequenz für das Bestimmen der lastverteilenden Schichten oberhalb der Trennlage !*)



**Bild 3.11** Bauart C bzw. Mehrschichtenaufbau: eine nicht unproblematische Fußbodenkonstruktion

Besondere Hinweise sind der Planung der Bewegungsfugen gewidmet. Nach wie vor ist das Schadenspotential bei (beheizten) Fußbodenkonstruktionen ohne ausreichende bzw. falsche Fugenunterteilungen relativ groß.



**Bild 3.12** Einwandfreie Fugenplanung und –ausführung dank durchgängiger Schnittstellenkoordination (CityCenter Dresden)

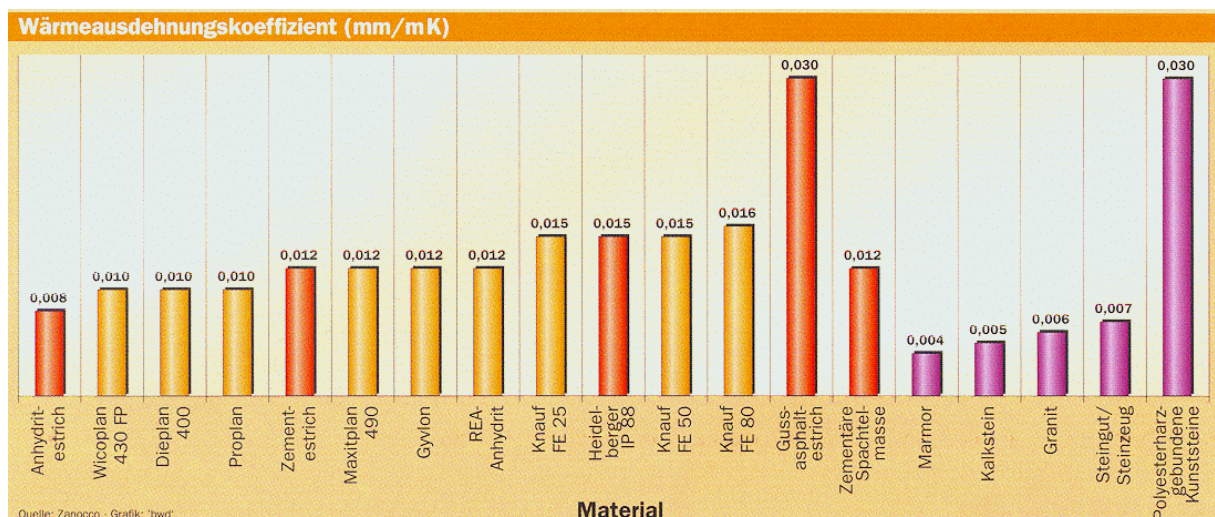
Folgende Planungskriterien zum Fugenbild sind (neuerdings) zu beachten:

- fallbezogene Planung des Fugenbildes
  - Festlegung von Fugenabständen, Fugenbreiten und Estrichfeldgrößen bauvorhabenbezogen
  - Einflußgrößen sind Art des Bindemittels, vorgesehener Bodenbelag, Geometrie der Fläche und Beanspruchung durch Nutzlasten sowie Temperaturänderungen (Bild 3.13).

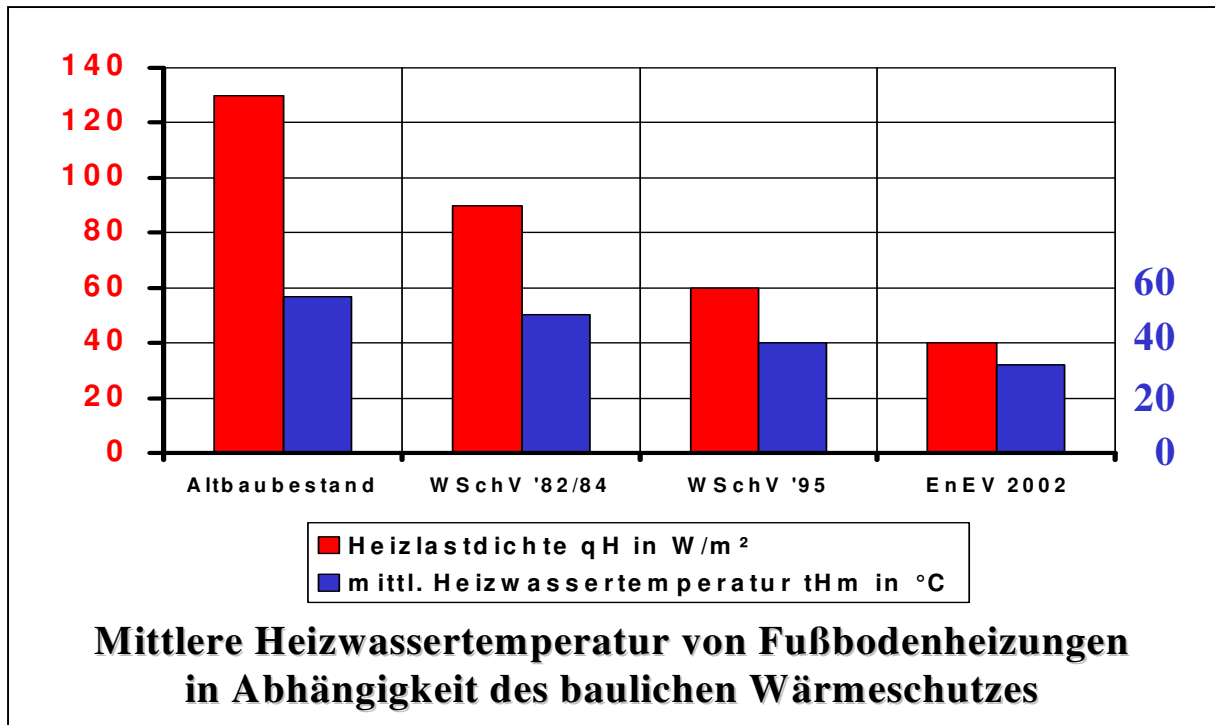
*Pauschale Richtwerte wie in der Vergangenheit (z.B. Zementestrichfeldgröße max. 40 m<sup>2</sup>; Verhältnis der Kantenlängen max. 2 zu 1; Bevorzugen gedrungener Estrichfelder) waren für den Praktiker zunächst hilfreich, aber für die Planung (scheinbar) nicht ausreichend. Mittlerweile stehen Fachbücher und Planungshilfen zur Verfügung, die Hilfestellungen für fehlerfreie Planungen ermöglichen sollten (UNGER /26/, TIMM /27/, /28/ u.a.).*

*Bei dieser Planung ist aus heizungstechnischer Sicht zu berücksichtigen, daß sich die notwendigen maximalen Vorlauftemperaturen bei Fußbodenheizungen infolge des guten baulichen Wärmeschutzes neu zu errichtender Gebäude (Anwendung der Energieeinsparverordnung EnEV 2002) in den vergangenen Jahren deutlich verringert haben (Bild 3.14). Auch sind die dargestellten Temperaturen nur im Vollast-Zustand der Anlage erforderlich, und dieser besteht in der Heizperiode nur wenige Tage. (Bild 3.15).*

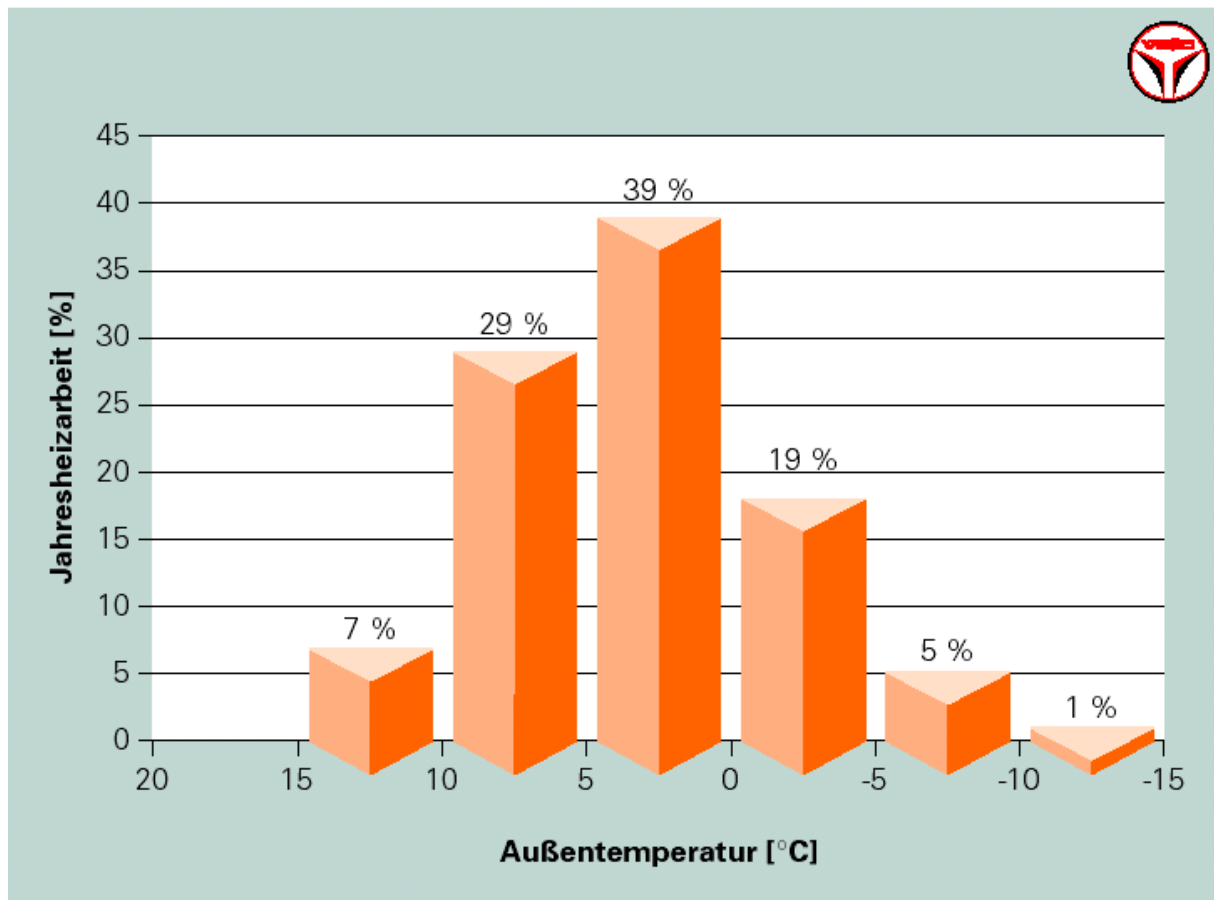
*Außerdem sollte bei sehr genauen Untersuchungen des Einflusses der Temperatur auf Verformungen von Estrich und Bodenbelag das Temperaturgefälle in der Bodenkonstruktion berücksichtigt werden. So herrschen unterhalb eines keramischen Bodenbelages bereits weitaus niedrigere Temperaturen als im Estrichkern.*



**Bild 3.13** Thermischer Längenausdehnungskoeffizient verschiedener Estriche und Bodenbeläge



**Bild 3.14** Das Niedrigenergiehaus ist Standard im Neubau – die maximale Vorlauftemperatur der Fußbodenheizung beträgt  $35^{\circ}C$



**Bild 3.15** Verteilung der prozentualen Heizarbeit in der Heizperiode

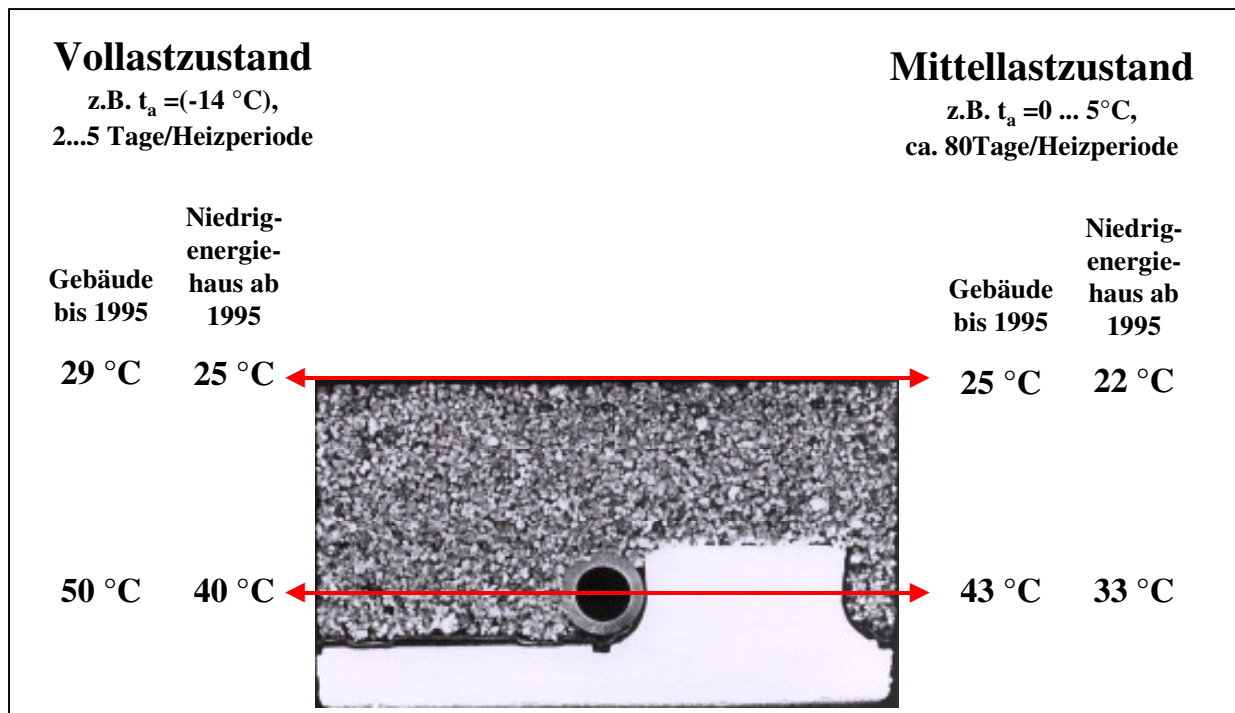


Bild 3.16 Temperaturen im Kern eines beheizten Estrichs und an der Oberfläche in Abhängigkeit der Heizlast von älteren und neuen Gebäuden

- Berücksichtigung größerer Temperaturunterschiede im Heizestrich
  - Anordnen von Bewegungsfugen in den Türdurchgängen (*Grund: mögliche Heizkreisabschaltung infolge der Einzelraumtemperaturregelung*)
  - Planung von Bewegungsfugen zwischen einzelnen Heizkreisen eines Raumes, die abgeschaltet werden können (*in praxi kaum zutreffend; außerdem ist die Temperaturzunahme außenwandnaher Estrichfelder infolge direkter Sonneneinstrahlung bei bodenreichender Verglasung teilweise höher als bei Fußbodenheizungen*)

### 3.3. Richtige Planung und Ausführung von beheizten Fußbodenkonstruktionen - Zusammenfassung



Willst du menschlich mit Menschen  
in Städten mit Menschen verkehren,  
stelle die Uhr nach dem Turm,  
nicht nach der Sonne, mein Freund !

**Hebbel**, Der Praktiker spricht

Neue europäische und überarbeitete nationale Normen waren notwendig. Die modifizierte Schnittstellenkoordination bei beheizten Fußbodenkonstruktionen ist nützlich. Am dienlichsten ist jedoch neben der gewerkespezifischen Fachkompetenz das Verständnis und der Respekt hinsichtlich der Arbeit des anderen.

## Quellen / Literaturverzeichnis zum 2. Abschnitt

- /1/ DOMPKE, M./  
KRUPPA, B./  
MAYER, E. Sick Building Syndrome II  
TGC GmbH, Bonn, 1996
- /2/ - Krankenhaushygienische Leitlinien für die Ausführung und den Betrieb von raumluftechnischen Anlagen (RLT – Anlagen) in Krankenhäusern  
Hygieneleitlinie der DGKH, SGSH, ÖGHMP  
Berlin, 2002
- /3/ WIERCIOCH, H. Betriebserfahrungen mit Betonkernaktivierung;  
Bauvorhaben M+W Zander, Stuttgart.  
23. Internat. velta Kongreß, Kongreßband;  
St. Christoph, 2001
- /4/ GÜNTHER, M. Die Zukunft der Niedertemperatur – Heizung nach Inkrafttreten der Energieeinsparverordnung  
21. Internat. velta Kongreß, Kongreßband;  
St. Christoph, 1999
- /5/ GÜNTHER, M. Ideen und Hypothesen von gestern – Grundlagen des Future Building Design von morgen ?  
22. Internat. velta Kongreß, Kongreßband;  
St. Christoph, 2000
- /6/ - DIN 1946 Teil 2 – Raumluftechnik;  
Gesundheitstechnische Anforderungen
- /7/ - Arbeitsstättenverordnung;  
Arbeitsstättenrichtlinie ASR 8/1
- /8/ WYON, D. P. The effects of moderate heat stress on typewriting performance.  
Ergonomics, 17, S. 309 – 318.
- /9/ WYON, D. P. Termiskt inneklimat och människors prestationsförmaga. Norsk VVS-Teknisk Arsmöte. 5mja., Trondheim. Norsk VVS, 8, S. 593 – 597.
- /10/ PETZOLD, K. Raumlufthemperatur.  
Verlag Technik Berlin.  
Bauverlag Wiesbaden und Berlin. 1983
- /11/ ROUVEL, L. /  
KOLMETZ, S. Thermische Bewertung von Gebäuden unter sommerlichen Randbedingungen  
Gesundheitsingenieur gi 118(1997), H. 2, S. 65 –74

- /12/ DEECKE, H. Betonkernaktivierung – von A – Z.  
25. Internat. velta Kongreß, Kongreßband;  
St. Christoph, 2003
- /13/ DEECKE, H./  
GÜNTHER, M./  
OLESEN, B. W. Betonkernaktivierung  
Norderstedt, 2003.
- /14/ - DIN 4710 – Meteorologische Daten
- /15/ KAST, W./  
KLAN, H./ Leistungen von Heiz- und Kühlflächen  
HLH 45 (1994), Nr. 6, S. 278 – 281
- /16/ BOHLE, J./  
KAST, W./  
KLAN, H. Systemstudien an instationär betriebenen  
Flächenheizungen / -kühlungen  
HLH 50 (1999), Nr. 3, S. 74 – 77
- /17/ HENNE, A. Kühlleistungsvermögen von Fußbodenheiz- /  
-kühlsystemen  
TAB 9 / 2001, S. 33 – 35
- /18/ HENNE, A. Leistungseffizienz von Kühlböden  
TAB 6 / 2002, S. 33 – 36
- /19/ OLESEN, B. W. Möglichkeiten und Begrenzungen der Fußboden-  
kühlung  
17. Internat. velta Kongreß, Kongreßband;  
St. Christoph, 1995
- /20/ GLÜCK, B. Wärmeübertragung – Wärmeabgabe von Raum-  
heizflächen und Rohren  
VEB Verlag für Bauwesen, Berlin, 1989.
- /21/ GÜNTHER, M. (Geo-)Thermische Nutzung des Untergrundes im  
Zusammenwirken mit thermisch aktiven Flächen  
24. Internat. velta Kongreß, Kongreßband;  
St. Christoph, 2002
- /22/ OLESEN, B. W. Auslegung. Leistung und Regelung der Fußboden-  
kühlung  
18. Internat. velta Kongreß, Kongreßband;  
St. Christoph, 1996

### **Quellen / Literaturverzeichnis zum 3. Abschnitt**

- /23/ - Schnittstellenkoordination bei beheizten  
Fußbodenkonstruktionen  
Bundesverband Flächenheizungen e.V. (BVF)  
Februar 2005

- /24/ GÜNTHER, M.                   Integrale Planung – Anspruch nur für den Architekten?  
23. Internat. velta Kongreß, Kongreßband;  
St. Christoph, 2001
- /25/ ALTMANN, H.-D.               DIN 18 560 „Estriche im Bauwesen“ – neue Bezeichnungen und erweiterte Anforderungen an Estriche  
24. Internat. velta Kongreß, Kongreßband;  
St. Christoph, 2002
- /26/ UNGER, A.                     FUSSBODENATLAS®  
QUO-VADO AG®, Office Donauwörth, 5. Auflage,  
2004
- /27/ TIMM,                         Estriche. Arbeitshilfen für Planung und Qualitätssicherung  
Vieweg Verlag, 3. Auflage, 2004
- /28/ -                               Fließestriche auf Calciumsulfatbasis in Feuchträumen / Austrocknung von Fließestrichen auf Calciumsulfatbasis / Calciumsulfatestrich auf Fußbodenheizung / Beurteilung und Behandlung der Oberflächen von Calciumsulfat-Fließestrichen / Fugen in Calciumsulfat-Fließestrichen  
Merkblatt 1- 5 der Industriegruppe Estrichstoffe u.a., Darmstadt / Duisburg; 2000