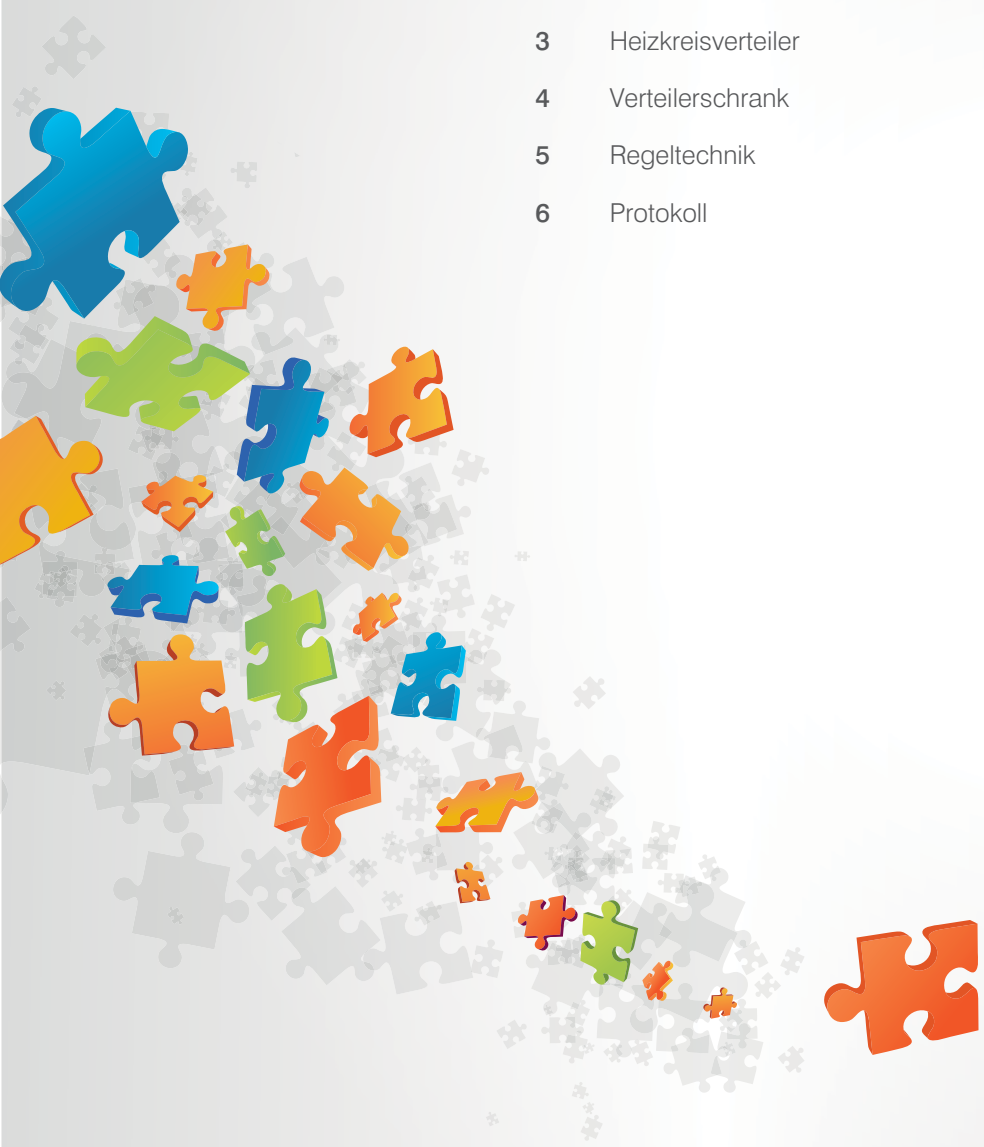




○ ○ ○ ○ Kapitel Bezeichnung ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

Seite

0	<b>BVF Richtlinien</b> .....	1
1	Rohr	
2	Verlegesystem (Heizen / Kühlen)	
3	Heizkreisverteiler	
4	Verteilerschrank	
5	Regeltechnik	
6	Protokoll	





# FLÄCHENHEIZUNG UND FLÄCHENKÜHLUNG

Fachinformation  
Stand: April 2010

TECHNIK



# Vorwort

Der Bundesverband Flächenheizungen und Flächenkühlungen e.V. (BVF) ist die Branchenorganisation der Hersteller und Vertriebsorganisationen von Flächenheizungs- und Flächenkühlungssystemen und deren Komponenten. Der BVF vertritt die Interessen seiner Mitgliedsfirmen im technischen bzw. anwendungstechnischen Bereich. Hier werden technische Richtlinien und Informationen zur Dokumentation der anerkannten Regeln der Technik im Bereich der Flächenheizung und Flächenkühlung erarbeitet.

Der BVF ist Herausgeber des Informationsdienstes Flächenheizungen und Flächenkühlungen. Mittlerweile liegen 12 aktualisierte Informationsdienste des BVF über unterschiedliche Themen vor. Diese Informationsdienste sind hier zusammengefasst und geben einen Überblick über die vielfältigen Aspekte moderner bauteilintegrierter Systeme der Flächenheizung und Flächenkühlung. Sie stehen als kostenlose Einzel-exemplare in Form von PDF-Dateien zum Download auf der BVF-Web-site unter: <http://www.flaechenheizung.de/Planer/Planer.php> bereit.

Der BVF ist kompetenter Gesprächspartner für Architekten, Planer, Fachverbände, Handwerksorganisationen, Prüfinstitute und Normungsgremien im Themenkreis Flächenheizung und Flächenkühlung. Er betreibt eine aktive Presse- und Informationsarbeit. Die BVF-Mitgliedsfirmen haben im Verband eine Plattform zum konstruktiven Dialog mit den Wettbewerbern. Der BVF e.V. repräsentiert durch seine Mitgliedsunternehmen ca. 80% des Marktvolumens in Deutschland.

Die Flächenheizung hat im Bereich des Ein- und Zweifamilienhauses mittlerweile einen Marktanteil von über 50% erreicht. Diese hohe Marktakzeptanz resultiert aus den Vorteilen der Flächenheizung wie thermische Behaglichkeit, Wirtschaftlichkeit, Umweltfreundlichkeit und die mit dem Einbau verbundene Zukunftssicherheit des Heizsystems.

Flächenheizungs- und Flächenkühlungssysteme bilden einen integralen Bestandteil des Gebäudes und sind somit eine Investition für die Zukunft und bieten auf Grund der niedrigen notwendigen Heizmittelttemperaturen ein ideales Heizsystem für den Einsatz von Brennwertkesseln, Wärmepumpen und Solarenergie. Brennwertfeuerstätten erreichen erst dann ihre hohen Jahresnutzungsgrade, wenn sie ausschließlich mit einem Flächenheizungssystem betrieben werden.

Die Nutzung von Umweltwärme, z.B. über den Einsatz von Wärmepumpen erfordert zur Erreichung hoher Jahresarbeitszahlen zwingend die Verwendung eines Flächenheizungssystems. Die Einkoppelung von Solarwärme für Heizzwecke ist ebenfalls dann besonders effizient, wenn nachgeschaltet ein Flächenheizungssystem verwendet wird. Gleichzeitig können diese wassergeführten Systeme mit geringem Aufwand für die Flächenkühlung erweitert und in den Sommermonaten als „stille“ Kühlung genutzt werden.

Die über die Mitgliedsunternehmen des BVF angebotenen Systemlösungen bieten ein breites Anwendungsspektrum für den Einsatz im Neu- und Altbau.

Neue Wohngebäude, die nach der Energieeinsparverordnung (EnEV) errichtet worden sind, erreichen, bevorzugt durch die Verwendung von Flächenheizungssystemen, eine sehr hohe energetische Effizienz. Fuß-

boden- und Wandheizungen arbeiten systembedingt mit sehr niedrigen Vor- und Rücklauftemperaturen, die den energetischen Aufwand im Bereich der Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung und Wärmeübergabe minimieren.

Wie statistisch nachgewiesen, fließen heute mehr als die Hälfte der Investitionen im Baubereich in die Modernisierung bestehender Gebäude. Hier gilt es durch einen Bewusstseinswandel bei den Beteiligten die Vorteile der Flächenheizungs- und -kühlungssysteme für die Modernisierung auf breiter Front zu verankern.

Die angebotenen Lösungen für den nachträglichen Einbau von Fußboden- und Wandheizungen erlauben es heute, ohne massive Eingriffe in den bestehenden Baukörper z.B. durch trockenverlegte Systeme mit niedrigen Aufbauhöhen, die Vorzüge der Flächenheizung und Flächenkühlung auch in diesen Gebäuden den Nutzern zugänglich zu machen.

Im Objektbau werden zunehmend die Systeme der thermischen Bauteilaktivierung bzw. Betonkernaktivierung eingesetzt. Die Nutzung der thermischen Speicherkapazität der Böden, Decken und Wände vorwiegend mehrgeschossiger Gebäude zum Heizen und Kühlen wird eine an Bedeutung zunehmende Anlagentechnik. Die thermische Bauteilaktivierung temperiert die Räume überwiegend durch Strahlungsaustausch, vergleichbar einer Kühldecke und einer Fußbodenheizung. Die integrierten Wasserkreisläufe halten die thermisch beteiligten Massen ganzjährig auf einem schmalen, den gewünschten Raumtemperaturen angenäherten Temperaturband. Hierdurch kann die Grundlast für die Heiz- und Kühllast gedeckt werden. Somit unterliegen die Raumtemperaturen geringeren jahreszeitlich bedingten Schwankungen. Die Systeme der thermischen Bauteilaktivierung werden z.Z. verstärkt in größeren Nutzgebäuden eingesetzt. Eine Übertragung dieser Technologie auf kleinere, z.B. Wohngebäude, zeichnet sich in Form von Pilotprojekten ab. Weiterführende Informationen unter:

[www.ggf-ral.de](http://www.ggf-ral.de)

Dipl.-Ing. Joachim Plate

Bundesverband Flächenheizungen und Flächenkühlungen e.V. (BVF)

Fon: +49 (0)2331 – 200 850

Fax: +49 (0)2331 – 200 817

[www.flaechenheizung.de](http://www.flaechenheizung.de)

[info@flaechenheizung.de](mailto:info@flaechenheizung.de)

---

# Inhalt

Vorwort	Seite	2
Wärme- und Trittschalldämmung beheizter und gekühlter Fußbodenkonstruktionen	Seite	4
Rohrsysteme und elektrische Heizleitungen in Flächenheizungen und Flächenkühlungen	Seite	8
Herstellung beheizter/gekühlter Fußbodenkonstruktionen im Wohnungsbau	Seite	13
Steuerung und Regelung von Flächenheizungen und -kühlungen auf Basis von Warm-/Kaltwasser für den Wohnungsbau	Seite	18
Warmwasser-Flächenheizung/-kühlung – Die ideale Voraussetzung für die Nutzung von Brennwertechnik, Solarenergie und Umweltwärme bei der Gebäudeheizung/-kühlung	Seite	24
Steuerung und Regelung von Elektro-Fußbodenheizungen	Seite	33
Herstellung von Wandheiz- und -kühlssystemen im Wohnungs-, Gewerbe- und Industriebau	Seite	36
Herstellung beheizter und gekühlter Fußbodenkonstruktionen im Gewerbe- und Industriebau	Seite	41
Einsatz von Bodenbelägen auf Flächenheizungen und -kühlungen – Anforderungen und Hinweise	Seite	46
Installation von Flächenheizungen und Flächenkühlungen bei der Modernisierung von bestehenden Gebäuden – Anforderungen und Hinweise	Seite	51
Bauteilintegrierte Systeme der Flächenheizung und Flächenkühlung – Aufbau und Funktionsweise	Seite	58
Herstellung dünn-schichtiger, beheizter und gekühlter Verbundkonstruktionen im Wohnungsbau	Seite	64

Hinweis: Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Weg und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten

# Wärme- und Trittschall-dämmung beheizter und gekühlter Fußbodenkonstruktionen

Beheizte und gekühlte Fußbodenkonstruktionen schaffen ein behagliches Wohnklima bei sparsamer Verwendung der eingesetzten Energie. Um die Anforderungen an Funktion und Wohnkomfort zu erfüllen, müssen bei der Planung und Herstellung dieses Bauteils einige Aspekte beachtet werden. Ein wichtiger Punkt ist die Wärme- und Trittschall-dämmung. Sie ist unerlässlich für den wirtschaftlichen und komfortablen Betrieb.

Der Gebäudeplaner oder der Ausführende hat die Aufgabe, die Dämmschichten insbesondere im Bereich der beheizten und gekühlten Fußbodenkonstruktionen entsprechend den gesetzlichen Vorschriften und Normen richtig auszuwählen und zu dimensionieren. Folgende Gesetze, Verordnungen und DIN-Normen haben zurzeit Gültigkeit. Deren bindende Wirkung richtet sich nach der Art der Vorschriften und ist differenziert zu betrachten.

## Energieeinsparverordnung (EnEV)

Die EnEV legt den maximal zulässigen Jahres-Primärenergiebedarf von Gebäuden sowie dessen Nachweis fest. Das Gebäude wird als eine energetische Einheit aus Baukörper und Heizungs- und Trinkwarmwasseranlage betrachtet. Der Planer soll in einem frühen Stadium eine optimale Kombination aus baulichem Wärmeschutz und Gebäudetechnik wählen. Daraus ergibt sich eine größere planerische Gestaltungsfreiheit bei der Umsetzung der Ziele der EnEV.

Bei der Verminderung des Primärenergiebedarfes kommt der Minimierung des Transmissionswärmeverlustes durch Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes und der Auswahl eines energetisch optimalen haustechnischen Konzeptes eine wesentliche Rolle zu. Beheizte und gekühlte Fußbodenkonstruktionen bieten mit ihren sehr niedrigen Betriebstemperaturen ideale Bedingungen zur Erreichung dieser Ziele. Sie gewährleisten ideale Betriebsbedingungen für die Energieverteilung besonders aus regenerativen Energiequellen.

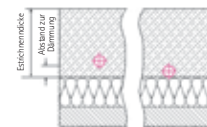
## Anforderungen an die Flächenheizung und -kühlung

Die EnEV verzichtet im Bereich „zu errichtende Gebäude“ auf eine Festlegung von U-Werten. Entscheidend ist eine sinnvolle Gestaltung der thermischen Hülle. Hierdurch entsteht der erforderliche Freiraum für den Architekten und den haustechnischen Planer, die Gewichtung zwischen Dämmstandard der Gebäudehülle und Anlageneffizienz so zu gestalten, dass der

von der EnEV geforderte Höchstwert des Jahres-Primärenergiebedarfs eingehalten wird. Für die Flächenheizung und Flächenkühlung in Gebäuden mit normalen Innentemperaturen gilt die DIN EN 1264-4 mit der in der Tabelle 1 festgelegten Mindest-Wärmeleitwiderständen für die Dämmschicht unter der Heiz- und Kühllebene.

Bei der Festlegung der einzubringenden Dämmung ist zusätzlich zu dem sich ergebenden U-Wert der zusätzliche spezifische Wärmeverlust für Bauteile mit Flächenheizung nach DIN V 4108-6, Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden, zu berücksichtigen.

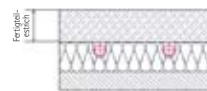
## Beheizte und gekühlte Fußbodenkonstruktionen im Wohnungsbau



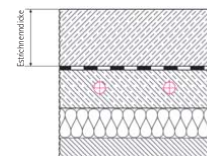
**Bauart A:**  
Schwimmende Estrichplatte mit Heizrohren innerhalb des Estrichs oberhalb der Dämmschicht, die auf einem tragenden Untergrund vollflächig aufliegt.



**Bauart B:**  
Schwimmende Estrichplatte mit Heizrohren unterhalb des Estrichs innerhalb der Dämmschicht.



Bei Trockensystemen kann die lastverteilende Estrichplatte auch als Fertigteilstrich hergestellt werden.



**Bauart C:**  
Heizelemente in einem Ausgleichs- oder Lastverteilungsstrich oberhalb einer zweilagigen Trennschicht (z.B. PE-Folie) aufgebracht wird.

## Mindest-Wärmeleitwiderstände der Dämmschichten unter der Fußbodenheizung aus DIN EN 1264 Teil 4

Wärmeleitwiderstand (m <sup>2</sup> K/W)	Darunter liegender beheizter Raum	Unbeheizter oder in Abständen beheizter darunter liegender Raum oder direkt auf dem Erdreich*	Darunter liegende Außenlufttemperatur		
			Auslegungsaußenlufttemperatur T <sub>d</sub> ≥ 0°C	Auslegungsaußenlufttemperatur 0°C > T <sub>d</sub> ≥ -5°C	Auslegungsaußenlufttemperatur -5°C > T <sub>d</sub> ≥ -15°C
	0,75	1,25	1,25	1,50	2,00

\* Bei einem Grundwasserspiegel ≤ 5 m sollte dieser Wert erhöht werden

## Genormte Bauarten von Estrichen im Wohnungsbau



## Abdichtungen

Art und Anordnung von Bauwerksabdichtungen müssen nach DIN 18195 vom Bauwerksplaner festgelegt werden.

Die Ausführung erfolgt nach DIN 18336. Gegebenenfalls ist zusätzlich eine Feuchtigkeitssperre gegen nachstoßende Restfeuchte aus dem Betonunterboden einzubauen, um eine Durchfeuchtung der Dämmung zu verhindern. Bei der Verwendung von Trockenestrichsystemen über Massivdecken darf auf die Feuchtigkeitssperre keinesfalls verzichtet werden, da die Gefahr der Durchfeuchtung der Trockenbaustoffe durch die Restfeuchte des Betonunterbodens besteht. Bei Holzbalkendecken muss die Anordnung und Ausführung von Abdichtungen zur Verhinderung von Feuchtigkeitwanderung vom zugehörigen Fachgewerk geplant und ausgeführt werden.

Sämtliche Maßnahmen der erforderlichen Abdichtungen müssen vom Bauwerksplaner festgelegt werden. Dies gilt auch bei unbeheizten Fußbodenkonstruktionen.

**Hinweis:** Beim Einsatz von PVC und lösungsmittelhaltigen Abdichtungen unter Polystyrol-Dämmstoffen muss zwischen diesen Bauschichten grundsätzlich eine Trennschicht (z.B. PE-Folie) angeordnet werden, um eventuelle Weichmacherwanderung zu verhindern, die zu einer Zerstörung der Polystyrol-Dämmstoffe führen kann.

## Tragender Untergrund

Der tragende Untergrund muss den statischen Anforderungen zur Aufnahme der Fußbodenkonstruktion und der vorgesehenen Nutzlast genügen. Er muss augenscheinlich erkennbar trocken sein, und eine ebene Oberfläche haben. Er darf keine punktförmigen Erhebungen oder ähnliches aufweisen, die zu Schallbrücken und/oder Schwankungen in den Estrichendicken führen können.

Die Höhenlage und die Ebenheit der Oberfläche des tragenden Untergrunds müssen bezüglich der Grenzabmaße und der Ebenheitstoleranzen bei Estrichen nach DIN 18560-2 der Anforderung der DIN 18202, Tabelle 2 und Tabelle 3, Zeile 2, entsprechen. Für die Verwendung von Estrich aus Fertigteilen (Trockenausbau) sind die besonderen Anforderungen des Herstellers, insbesondere an die Ebenheit des tragenden Untergrunds, zu beachten.

Zur Überprüfung der waagerechten Höhenlage des Unterbodens, der vorgegebenen Einbaudicke der Fußbodenkonstruktion und der höhengleichen Anschlüsse muss in jedem Raum ein Meterriss angelegt werden. Hierbei ist von dem Höhenbezugspunkt auszugehen, der vom Bauwerksplaner bzw. von der Bauleitung vorzugeben ist.

Falls Rohrleitungen oder Elektroleitungen auf dem tragenden Untergrund verlegt sind, müssen sie festgelegt sein. Durch einen Ausgleich ist wieder eine ebene Oberfläche zur Aufnahme der Dämmschicht – mindestens jedoch der Trittschalldämmung – zu schaffen. Die dazu erforderliche Konstruktionshöhe muss eingeplant sein.

Ausgleichsschichten müssen im eingebauten Zustand eine gebundene Form aufweisen. Schüttungen dürfen verwendet werden, wenn ihre Brauchbarkeit nachgewiesen ist. Druckbelastbare Dämmstoffe dürfen als Ausgleichsschichten verwendet werden.

Soll die Fußbodenkonstruktion z. B. in Duschen o.ä. ein wirksames Gefälle (> 1,5 %) erhalten, ist dieses Gefälle im tragenden Untergrund herzustellen, um die Forderungen nach einer gleichmäßigen Dicke des Estrichs zu erfüllen.

Vorhandene Bauwerksfugen im tragenden Untergrund müssen eine gleichmäßige Breite haben, vollkantig sein, geradlinig und fluchtgerecht verlaufen. Über Bauwerksfugen sind auch in der Dämmschicht und im Estrich Fugen anzuordnen.

Der tragende Untergrund muss augenscheinlich erkennbar trocken sowie frei von Verunreinigungen und losen Bestandteilen sein.

## Randdämmstreifen

Der Randdämmstreifen muss aus verformbarem Material bestehen. Seine Dicke ist so zu bemessen, dass nach Erhärten des Estrichs eine Zusammendrückbarkeit von mindestens 5 mm in horizontaler Richtung gegenüber sämtlichen angrenzenden und die Fußbodenkonstruktion durchdringenden Bauteilen (Wände, Türzargen, Rohrleitungen etc.) ermöglicht wird.

Der Randdämmstreifen wird durchgängig verlegt und reicht von der Rohdecke bis über den fertigen Fußboden. Bei mehrlagigen Dämmschichten muss der Randdämmstreifen vor dem Einbringen der Trittschalldämmschicht verlegt sein.

Der Randdämmstreifen ist gegen Lageveränderungen beim Estricheinbau zu sichern. Weiterhin muss sich der Randdämmstreifen im Bereich von Raumecken winklig biegen lassen, ohne seine Funktion zu verlieren.

Die überstehenden Teile des Randdämmstreifens und der hochgezogenen Abdeckung dürfen erst nach Fertigstellung des Fußbodenbelages bzw. bei textilen und elastischen Belägen erst nach der Erhärtung der Spachtelmasse, abgeschnitten werden.

## Dämmschicht

Zur Herstellung der Dämmschicht müssen die Dämmstoffe dicht gestoßen verlegt werden. Mehrlagige Dämmschichten sind so zu verlegen, dass die Stöße gegeneinander versetzt sind. Dabei dürfen höchstens zwei Lagen aus Trittschalldämmstoffen bestehen.

Die Dämmschicht muss vollflächig auf der Unterlage aufliegen. Hohlstellen sind durch geeignete Maßnahmen zu beseitigen.

Nach DIN 18560, Teil 2 sind die Zusammendrückbarkeit aller Dämmstoffschichten abhängig von den lotrechten Nutzlasten bis 3 kN/m<sup>2</sup> auf 5 mm und bis 5 kN/m<sup>2</sup> auf 3 mm begrenzt sowie bei Gussasphaltestrichen auf 3 mm begrenzt. Bei einer kombinierten Anwendung von Trittschall- und Wärmedämmplatten muss der Dämmstoff mit der geringeren Zusammendrückbarkeit oben liegen. Dies gilt nicht für trittschalldämmende Systemplatten und auch nicht für die Fälle des Rohausgleiches mit Wärmedämmplatten.

## Abdeckungen

Vor dem Einbringen des Estrichs muss die Dämmschicht abgedeckt und so vor Feuchtigkeit während der Estricheinbringung und des Abbindevorganges geschützt werden. Die Abdeckung verhindert ebenfalls, dass der Estrich in Fugen zwischen den Dämmplatten, zwischen Dämmschicht und Randdämmstreifen sowie in Bewegungsfugen eindringt. Wärme- und Schallbrücken werden so vermieden.

Bei Fußbodenheizung und Fußbodenkühlung ist die Dämmschicht mit einer mindestens 0,15 mm dicken PE-Folie vollflächig abzudecken. Die Abdeckung ist an den Stößen 80 mm überlappend zu verlegen oder bei geringerer Überlappung zu verkleben.

Andere Abdeckungen sind zulässig, sofern die gleichwertige Funktion erbracht wird. Beispielsweise kann eine Dämmschichtabdeckung entfallen, wenn Systemdämmstoffplatten eingesetzt werden, die eine in ihrer Funktion gleichwertige Oberfläche haben und das Eindringen von Estrichmörtel an den Fugen der Platten wirksam verhindern.

Falls erforderlich, ist bei Fliessestrich die Abdeckung z. B. durch Verkleben oder Verschweißen so auszubilden, dass sie bis zum Erstarren des Estrichs wasserundurchlässig ist.

## Dämmstoffe

Es sind nur genormte bzw. speziell bauaufsichtlich zugelassene und qualitätsgesicherte Dämmstoffe zulässig.

Es muss mindestens die Baustoffklasse B2 nach DIN 4102 für den Brandschutz nachgewiesen werden.

## Trittschalldämmung

Die Schalldämmung in einem Gebäude hat großen Einfluss auf die Wohnqualität. Es ist daher notwendig, Maßnahmen zur Trittschalldämmung einzuplanen und auszuführen.

Die Anforderungen an den Schallschutz legt die DIN 4109 fest. Hier sind die zum Schutz von Aufenthaltsräumen gegen Schallübertragung aus fremden Wohn- oder Arbeitsbereichen für die unterschiedlichsten Gebäudetypen geforderten Luft-

und Trittschalldämmwerte von Bauteilen enthalten, die auch beim Einbau einer Fußbodenheizung oder Fußbodenkühlung erfüllt werden müssen.

Der schwimmende Estrich, sowohl mit als auch ohne Fußbodenheizung/-kühlung, verbessert die Trittschalldämmung der Decke, weil er die Übertragung von Körperschall in die Deckenkonstruktion vermindert.

Wirksamer Trittschallschutz erfordert eine schallbrückenfreie Ausführung, was eine besonders sorgfältige Arbeit voraussetzt. Die Trittschalldämmung muss vollflächig ausgeführt werden. Trittschalldämmende Materialien werden gleichzeitig als Wärmedämmung verwendet. Es ist zu beachten, dass nicht alle Wärmedämmstoffe auch trittschalldämmende Eigenschaften haben.

## Auswahl der Wärmedämmung

Die EnEV verzichtet im Bereich „zu errichtende Gebäude“ auf eine Festlegung von U-Werten. Damit entfällt der in der früheren Wärmeschutzverordnung (WSchV) für Flächenheizungen festgelegte U-Wert von 0,35 W/m<sup>2</sup>K für die Bauteilschichten zwischen Heizebene und Außenluft, dem Erdreich oder Gebäudeteilen mit wesentlich niedrigen Innentemperaturen.

Anstatt der U-Wert-Begrenzung ist nun der spezifische zusätzliche Wärmeverlust aus diesen Bauteilsituationen gemäß DIN V 4108-6, Ziffer 6.1.4 zu berechnen. Da dieser Wert in die Gesamtbewertung des Energiebedarfs für das Gebäude einbezogen wird, entsteht eine größere Planungsfreiheit für die Dämmung von integrierten Flächenheizungen in Bauteilen. Eine Befreiung von diesem geforderten Einzelnachweis gemäß DIN V 4108-6: 2003-6 erfolgt nach Vorgabe des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) durch Einsatz einer Dämmschicht mit einem Wärmedurchlasswiderstand von 2,0 K/W (entspricht 8 cm Dämmung mit einer Wärmeleitfähigkeit  $\lambda = 0,04$  W/mK). Entscheidend ist jedoch eine sinnvolle Gestaltung der thermischen Hülle, um den von der EnEV geforderten Höchstwert des Jahres-Primärenergiebedarfs einzuhalten. Da die Einhaltung des Mindestwärmeschutzes auch in der EnEV im § 7 für alle zu errichtenden Gebäude eingefordert wird, erfüllt die Befreiungsgrundlage des DIBt exakt den Mindestdämmwert für die Flächenheizung in Gebäuden mit normalen Innentemperaturen gegen Außenluft gem. DIN EN 1264-4

entsprechend dem in der Tabelle 1 festgelegten Mindest Wärmeleitwiderstand für Dämmschicht unter der Heiz- und Kühlebene. Dies dokumentiert und bestätigt die Vorgabe des DIBt.

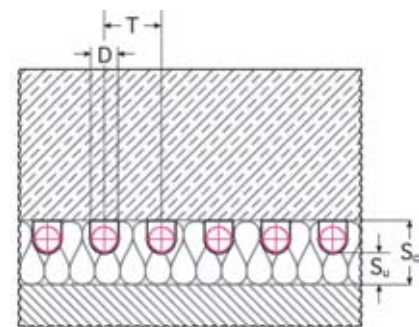
Die Mindestanforderungen an den Wärmeschutz unterhalb von Flächenheizungen und Flächenkühlungen regelt die EN 1264-4. Tabelle 1 enthält die Mindestanforderungen für die geschilderten Einbausituationen.

## Dimensionierung

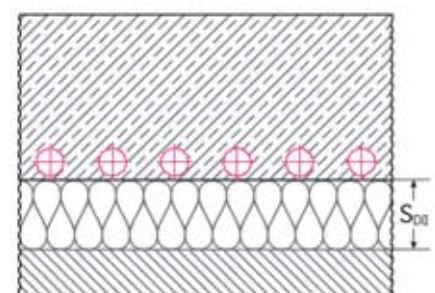
Die Dimensionierung der Dämmung muss entsprechend der gem. EnEV vorgegebenen U-Wert-Berechnung des entsprechenden Bauteiles vorgenommen werden. Die Systemanbieter von Flächenheizungen und Flächenkühlungen bieten jeweils mehrere Dämmkombinationen für die einzelnen Einsatzfälle an. Die Dämmdicke variiert je nach Wärmeleitfähigkeit der eingesetzten Dämmstoffmaterialien. Hier ist darauf zu achten, dass der konstruktive Aufbau der jeweiligen Geschossdecke rechtzeitig vor endgültiger Festlegung maßlich abgeklärt wird.

Es muss das gesamte Bauwerk betrachtet werden. Hierbei ist zu beachten, dass die wirksame Dämmdicke in der sich die Rohre bei einem System nach Bauart B befinden entsprechend der im nachfolgenden Bild befindlichen Gleichung berechnet wird.

$$s_{D\ddot{a}} = \frac{s_o \cdot (T - D) + s_u \cdot D}{T}$$



Mittlere Dämmdicke für profilierte Wärmedämmplatten



Mittlere Dämmdicke für ebene Wärmedämmplatten



**Folgende DIN-Normen müssen bei der Planung und Ausführung von Flächenheizungen und Flächenkühlungen beachtet werden:**

DIN 1055-3	Einwirkungen auf Tragwerke, Eigen- und Nutzlasten für Hochbauten	DIN EN 13167	Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßige hergestellte Produkte aus Schaumglas (CG)
DIN EN 1264	Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung	DIN EN 13168	Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßige hergestellte Produkte aus Holzwolle (WW)
EN 1991-1-1	Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-1 Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau	DIN EN 13169	Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßige hergestellte Produkte aus Bläherlit (EPB)
DIN EN 1991	Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke	DIN EN 13170	Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßige hergestellte Produkte aus expandiertem Kork (ICB)
DIN 4102	Brandschutz im Hochbau	DIN EN 13171	Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßige hergestellte Produkte aus Holzfasern (WF)
DIN 4108	Wärmeschutz im Hochbau	DIN 18195	Bauwerksabdichtungen
DIN 4109	Schallschutz im Hochbau	DIN 18202	Toleranzen im Hochbau
DIN 4701	Teil 10. Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen	DIN 18336	Abdichtarbeiten
DIN EN 13162	Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßige hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW)	DIN 18353	VOB, Teil C: Allgemeine technische Vorschriften für Bauleistungen, Estricharbeiten
DIN EN 13163	Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßige hergestellte Produkte aus expandiertem Polystyrol (EPS)	DIN 18560	Estriche im Bauwesen
DIN EN 13164	Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßige hergestellte Produkte aus extrudiertem Polystyrolschaum (XPS)	DIN EN 50350	Elektrische Raumheizung, Aufladesteuerung für Speicherheizung
DIN EN 13165	Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßige hergestellte Produkte aus Polyurethan-Hartschaum (PUR)	DIN V 44576	Elektrische Raumheizung, Fußbodenheizung
DIN EN 13166	Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßige hergestellte Produkte aus Phenolharzhartschaum (PF)		

# Rohrsysteme und elektrische Heizleitungen in Flächenheizungen und Flächenkühlungen

## Allgemeines

Die Flächenheizung hat in den letzten Jahrzehnten bei der Raumheizung immer mehr an Bedeutung gewonnen. Naturgemäß erlaubt es die Flächenheizung im Sommer mit der Heizanlage – bei entsprechend ausgebildeter Wärme- und Kälteerzeugung – auch eine Kühlfunktion zu übernehmen. Wir sprechen von Heizen/Kühlen. Nahezu jedes zweite Ein- und Zweifamilienhaus wird heute mit diesen Systemen ausgestattet. Auch in Büros, Schulen, Kindergärten, Museen, Ladengeschäften, Sporthallen, Industriehallen, Kirchen, Frei- und Grünflächen hat sich die Flächenheizung / Flächenkühlung aufgrund ihrer Vorteile etabliert.

### Die wesentlichen Vorteile sind:

- Kostengünstige Installation
- Wirtschaftliche und energieeffiziente Betriebsweise (Selbstregelleffekt)
- Behaglichkeit aufgrund niedriger Oberflächentemperaturen
- Freie innenarchitektonische Gestaltung
- Kein Renovierungs- und zusätzlicher Reinigungsaufwand für Heizflächen
- Günstigste raumluft-hygienische Verhältnisse
- Zukunftsorientiert und umweltfreundlich durch die Nutzbarkeit alternativer Energien

Wichtige Bauteile einer Flächenheizung / Flächenkühlung sind die Rohre aus Kunststoff, Mehrschichtverbundrohr oder Kupfer und die elektrischen Heizleitungen.

Bei Rohrsystemen erfolgt die Wärmezu- oder Wärmeabfuhr durch Wasser. Bei Heizleitungen wird der Effekt der Erwärmung eines stromdurchflossenen Leiters als Wärmequelle genutzt.

## CE-Kennzeichnung

Mit dem CE- Zeichen dokumentieren die Hersteller oder Importeure, dass das gekennzeichnete Produkt den Anforderungen der darauf anwendbaren harmonisierten Richtlinien der EU entspricht und in den Verkehr gebracht werden darf. Das CE-Zeichen ist aber weder als Herkunfts- noch als Qualitätszeichen anzusehen.

## Gütesicherung und Zertifizierung

Rohrsysteme und Heizleitungen werden im oder unter dem Estrich bzw. Belagsboden eingebaut. Sie werden also Bestandteil des Bauwerks und müssen somit ein Höchstmaß an Sicherheit bieten.

Nach Bauvertragsrecht dürfen nur, sofern Normen existieren, genormte Bauteile Verwendung finden. Darüber hinaus sollten die Bauteile fremdüberwacht bzw. gütegesichert (z. B. SKZ, DIN-CERTCO oder RAL zertifiziert) sein.

Bei zertifizierten Bauteilen ist durch regelmäßige Fremdüberwachung sichergestellt, dass nur einwandfreies Material, aufeinander abgestimmt, verwendet wird, so dass die vorgesehene Funktionsfähigkeit und Lebensdauer auch gewährleistet ist.

## Rohrsysteme

### Kunststoffrohre

Kunststoffrohre haben in vielen Bereichen der Heizungstechnik, aufgrund ihrer Eigenschaften, wie

- Korrosionsfreiheit
- hohe chemische Beständigkeit
- leichte Verarbeitbarkeit
- ökologische Unbedenklichkeit

eine große Akzeptanz erworben. Im Bereich der Warmwasser Fußbodenheizung werden sie nunmehr über 30 Jahren eingesetzt.

## Werkstoffe, Normung und Kennzeichnung

Geeignete und bewährte Rohrwerkstoffe sind in der DIN 4726 „Rohrleitungen aus Kunststoffen für Warmwasser-Fußbodenheizungen“ erfasst.

Rohrwerkstoffe können sein:

- Vernetztes Polyethylen (PE-X) nach DIN EN ISO 15875
- Polypropylen (PP) nach DIN IN ISO 15874
- Polybuten (PB) nach DIN EN ISO 15876
- Polyethylen erhöhter Temperaturbeständigkeit (PE-RT) nach ISO 22391
- Vernetztes Polyethylen mittlerer Dichte (PE-MDX) nach DIN 16894 / 16895
- Polyolefin-Aluminium-Verbundrohre nach DIN 16836
- Kunststoff-Verbundrohre nach DIN 16837
- Mehrschicht Verbund-Rohrleitungssysteme nach DIN EN ISO 21003
- Plastics piping systems for hot and cold water installation ISO 10508

In der DIN 4726 sind die Mindestanforderungen hinsichtlich Temperatur- und Druckbeständigkeit für die Verwendung in Warmwasser- Fußbodenheizungen festgelegt bzw. auf die entsprechenden Normen verwiesen.

Zur Identifizierung müssen die Rohre fortlaufend gekennzeichnet sein. Die Kennzeichnung muss mindestens Name oder Zeichen des Vertreibers und Name oder Zeichen des Rohrherstellers aufweisen

- DIN 4726
- DIN-Prüf- und Überwachungszeichen mit Registernummer
- Werkstoffkürzelzeichen (bei vernetztem Polyethylen zusätzlich Vernetzungsart)
- Außendurchmesser/Wanddicke des Basisrohres (Nennmaße)
- Herstellungsdatum
- Anwendungsklasse und zulässiger Betriebsdruck
- Maschinen-Nr. oder Produktions-Nr.
- "Sauerstoffdicht" für sauerstoffdichte Rohre
- gegebenenfalls Gütezeichen enthalten

## Zeitstand- und Temperaturfestigkeit

Die Mindestanforderungen nach DIN 4726 sichern einen Qualitätsstandard mit einer hohen Zeitstandfestigkeit, sowie eine über die Lebenszeit eines Gebäudes hinausgehende Sicherheitsreserve. Die Zeitstandfestigkeit der verschiedenen Rohrwerkstoffe ist vom Grundmaterial her unterschiedlich, erfüllt jedoch bei entsprechender Dimensionierung die Anforderungen der Anwendungsnorm DIN 4726 und Folgenormen.

## Betriebsbedingungen

Betriebsbedingungen für Kunststoffrohre werden in sogenannte Anwendungsklassen nach ISO 10508 eingeteilt. Sie beschreiben ein praktisches Temperaturprofil welches über einen kompletten Lebenszeitraum eines Rohres angenommen wird. Das Temperaturprofil für Fußbodenheizung wird in der Klasse 4 wie folgt beschrieben:

Daueremperatur:

20°C 2,5 Jahre

40°C 20 Jahre

60°C 25 Jahre

Kurzzeitige max. Temperatur:

70°C 2,5 Jahre

Störtemperatur:

100°C 100 Stunden

Kunststoffrohre werden mit einem Sicherheitsfaktor dimensioniert. Dieser ist bei Daueremperatur 1,5 und bei max. Temperatur 1,3.

Die Störtemperatur stellt einen Sicherheitsfaktor in sich selber dar.

Bei der Angabe einer Anwendungsklasse muss immer der dazugehörige Betriebsdruck angegeben werden.

## Korrosion und Sauerstoffdichtheit

Kunststoffrohre unterliegen keiner Korrosion. Um Sauerstoffeintritt in das Heizsystem durch das Kunststoffrohr zu verhindern, ist grundsätzlich dem Einsatz von sauerstoffdichten Rohren nach DIN 4726 Vorzug zu geben. Eine Sauerstoffdurchlässigkeit von  $\leq 0,1 \text{ g/m}^3 \text{ d}$  gilt nach DIN 4726, Ausgabe 2000 als sauerstoffdicht. In diesem Fall sind weitere Maßnahmen wie die Verwendung von Korrosionsschutzmittel oder Systemtrennung nicht notwendig.

Bei der Verwendung von Wasserzusätzen sind sowohl die Angaben des Rohr- als auch des Mittelherstellers zu beachten.

## Verarbeitungs- und Verbindungstechnik

Kunststoffrohre sind aufgrund der Flexibilität und des geringen Gewichts verlegefreundlich. Sehr große Ringbunde ermöglichen die Endlosverlegung eines jeden Heizkreises ohne Verbindungsstellen. Bei Anschlüssen an einen Heizkreisverteiler und bei der Herstellung von Verbindungen bieten millionenfach bewährte Klemm-Steck- und Pressverbinder sowie Polyfusion Schweißverfahren höchste Sicherheit. Es kann abfallfrei verarbeitet werden.

Maßnahmen zum mechanischen, chemischen Schutz, der Kompensation der Längenausdehnung und Schallentkopplung sind i.d.R. nicht notwendig.

## Mehrschichtverbundrohre

Mehrschichtverbundrohre stellen eine konsequente Weiterentwicklung der bewährten Vollkunststoffrohre dar. Durch den Verbund eines Kunststoffbasisrohres mit einer Metall-Lage aus z.B. Aluminium erhält das Verbundrohr Eigenschaften, die zwischen denen eines Metallrohres und eines Kunststoffrohres liegen. Die für Kunststoffrohre typischen Merkmale wie Biegebarkeit/Flexibilität, Korrosionsbeständigkeit und leichte Verarbeitbarkeit bleiben praktisch uneingeschränkt erhalten, werden jedoch durch die Attribute der Metallrohre - geringe thermische Längenausdehnung, höhere Druckfestigkeit und Sauerstoffdichtheit - erweitert.

## Werkstoff und Normung

In der Flächenheizung/Flächenkühlung werden üblicherweise Verbundrohre nach DIN 16836 bestehend aus hochstabilisiertem (PE-RT) oder vernetztem Polyethylen (PE-X), einer längsgeschweißten Aluminiumschicht und einer Deckschicht aus PE oder PE-X eingesetzt. Zur Erreichung der gewünschten Biegebarkeit und Flexibilität der Rohre sind Aluminiumstärken von 0,15 bis 0,3 mm vorherrschend, die einerseits das Rückfederverhalten des Innenrohres entsprechend reduzieren und zum anderen einen erheblichen Anteil zur Druckfestigkeit des Rohres beitragen.

Verbundrohre, die für den Einsatz in der Fußbodenheizung vorgesehen sind, sollten güteüberwacht und mit einem entsprechenden Gütezeichen des SKZ oder des DIN-CERTCO gekennzeichnet sein.

## Korrosion und Sauerstoffdichtheit

Die Korrosion stellt, wie bereits bei den Kunststoffrohren beschrieben, kein Problem dar. Das Aluminium ist durch die innere und äußere Kunststoffschicht hinreichend geschützt. Durch die Metallschicht ist das Heizrohr zu 100 % sauerstoffdicht.

## Verarbeitungstechnik

Prinzipiell sind alle gängigen Verbindungstechniken auch mit Verbundrohren nutzbar. In der Praxis wird dieser Rohrtyp mit Steckverbinder, Klemmringverschraubungen, Radialpressverbindern oder Schiebehülsevenverbindern verarbeitet, die auf die Eigenschaften des Verbundrohres abgestimmt sind. Schweißverfahren für die Herstellung von Verbindungen kommen nicht zum Einsatz.

Wie bei den reinen Kunststoffrohren sind auch hier sehr große Ringlängen darstellbar, so dass die Heizkreislänge nicht durch das Rohr limitiert wird. Auch alle übrigen Verarbeitungsempfehlungen entsprechen weitgehend den von den Kunststoffrohren bekannten Techniken, wobei grundsätzlich die Verarbeitungshinweise des Rohr- bzw. Systemherstellers zu beachten sind. Somit verbinden Mehrschichtverbundrohre die Vorteile von Kunststoff- und Metallrohren. Besonders eignen sie sich für solche Flächenheizungen und Flächenkühlungen, in denen systembedingt die spezifischen Biege- und Verarbeitungseigenschaften des Verbundrohres zum Tragen kommen.

## Kupferrohre

Für die Kupferrohre kommt nur eine Qualität zum Einsatz, Reinkupfer Cu-DHP. Der Rohrwerkstoff Kupfer hat sich schon sehr früh in Heizungsinstallationen bewährt. Kupferrohrsysteme mit unterschiedlichen Kunststoff-Ummantelungen werden seit über 30 Jahren erfolgreich im Markt für Flächenheizungen / Flächenkühlungen eingesetzt.

## Werkstoff, Normung und Kennzeichnung

Die Norm EN 1057 regelt die Werkstoffqualität, Abmessungen, Toleranzen, Festigkeit und Prüfverfahren. Die Rohre sind dauerhaft und fortlaufend gekennzeichnet. Die Kennzeichnung enthält:

- Rohrname
- Herstellername
- Abmessung
- Norm (EN 1057)
- Herstellungsdatum

Für Kupferrohre kommt die Qualität Reinkupfer Cu-DHP zum Einsatz. Kupferrohre nach EN 1057 für Flächenheizungen und Flächenkühlungen, haben bei direkter Einbettung in Zement- und Calciumsulfat-Estrichen in der Regel eine werkseitige Ummantelung. Dieser Kunststoff-Schutzmantel erfüllt folgende Funktionen:

- mechanischer Schutz
- chemischer Schutz
- Kompensation der Längenausdehnung

Bei der Kombination Kupferrohre mit Gussasphalt entfällt der Schutzmantel. Es kommen nur blanke Rohre gemäß EN 1057 zum Einsatz.

## Zeit- und Temperaturfestigkeit

Die normalen Betriebsbedingungen (Druck, Temperatur und Zeit) in der Warmwasser-Fußbodenheizung und die Lagerung der Rohre sind ohne Einfluss auf das Material Kupfer. Selbst Temperaturen bis 100°C und zulässige Betriebsdrücke von 30 bis 67 bar sind ohne Einfluss auf die Zeitstandfestigkeit.

## Alterungsbeständigkeit

Kupferrohre haben sich im Heizungsbau jahrzehntelang bewährt. Aufgrund der materialbedingten Sauerstoffdichtigkeit von Kupferrohren können in den heute üblichen geschlossenen Heizungsanlagen auch verschiedene metallene Werkstoffe zusammengebaut werden, insbesondere Kupfer und Stahl, ohne dass es zu Problemen kommt. Auf eine Systemtrennung mit Wärmetauscher kann definitiv verzichtet werden.

Bei Verwendung von Wasserzusätzen sind die Angaben des jeweiligen Herstellers zu beachten.

## Verarbeitungs- und Verbindungstechnik

Kleine Außendurchmesser und reduzierte Wanddicken erlaubt eine zeitsparende Rohrverlegung. Kupferrohre können abfallfrei verarbeitet werden und sind zu 100 % recycelbar.

Verbindungselemente als Press-, Klemm-, Steckverbindungen oder auch zum Löteten werden von den jeweiligen Systemlieferanten auf das Rohrsystem abgestimmt vorgehalten.

## Heizleitungen für Elektro-Fußbodenheizungen

Elektrische Heizleitungen sind auf langjähriger Erfahrungsbasis ständig weiterentwickelt worden und stehen für entsprechende Anwendungen zur Verfügung. Sie müssen der IEC 60800 entsprechen. Die Umwandlung elektrischer Energie in Wärme erfolgt bei der Elektro-Fußbodenheizung direkt im Fußboden ohne besondere Umwandlungsverluste.

## Werkstoff, Normung und Kennzeichnung

In der Norm IEC 60800 Heating cables with rated voltage of 300/500 V for comfort heating and prevention of ice sind geeignete und bewährte Werkstoffe für Isolierhüllen und Mäntel aufgeführt. Die Norm EN 60335-2-96 „Besondere Anforderungen für Flächenheizelemente“ erfasst die Flächenheizelemente. Die Verwendung dieser Heizleitungen und Flächenheizelemente mit Prüfzeichen gewährleistet dem Betreiber einer solchen Heizungsanlage ein hohes Maß an Qualität und elektrischer Sicherheit.

Heizleitungen bestehen aus den funktions-tragenden Aufbauelementen Heizleiter und Isolierhülle. Dazu kommen als weitere Aufbauelemente Mäntel aus nicht metallenen oder metallenen Werkstoffen.

Als Werkstoffe für die Heizleiter werden überwiegend Chrom-Nickel- oder Kupfer-Nickel-Legierungen verwendet.

Die am häufigsten verwendeten Heizleitungen werden für Flächenheizelemente eingesetzt. Als Isolierhülle wird hier z.B. Perfluorethylen-Propylen (FEP) und einem

darüberliegenden Geflecht oder Gelege z.B. aus verzinntem Kupfer sowie Mäntel aus z.B. Polyvinylchlorid (PVC) oder Polyvinyliden-fluorid (PVDF) eingesetzt. Die Kombination dieser Materialien gewährleistet eine hohe thermische Beständigkeit, eine lange Lebensdauer und hat sich in der Praxis bestens bewährt.

Stand der Technik sind auch bei der elektrischen Direktheizung (im Estrich) beziehungsweise Speicherheizung verwendete Heizleitungen mit zwei Heizleitern, dies ermöglicht einen leichteren elektrischen Anschluss. Als Isolierhülle, Geflecht bzw. Gelege und äußeren Mantel finden die gleichen Werkstoffe Anwendung wie bei den Flächenheizelementen.

Darüber hinaus werden noch Heizleitungen des Typs NH2GQUY-90 verwendet. Diese Heizleitungen haben nur einen Heizleiter.

Das bei den Heizleitungen verwendete Geflecht bzw. Gelege dient als mechanischer Schutz und stellt sicher, dass der Fehlerstromschutzschalter im Fehlerfall auslösen kann.

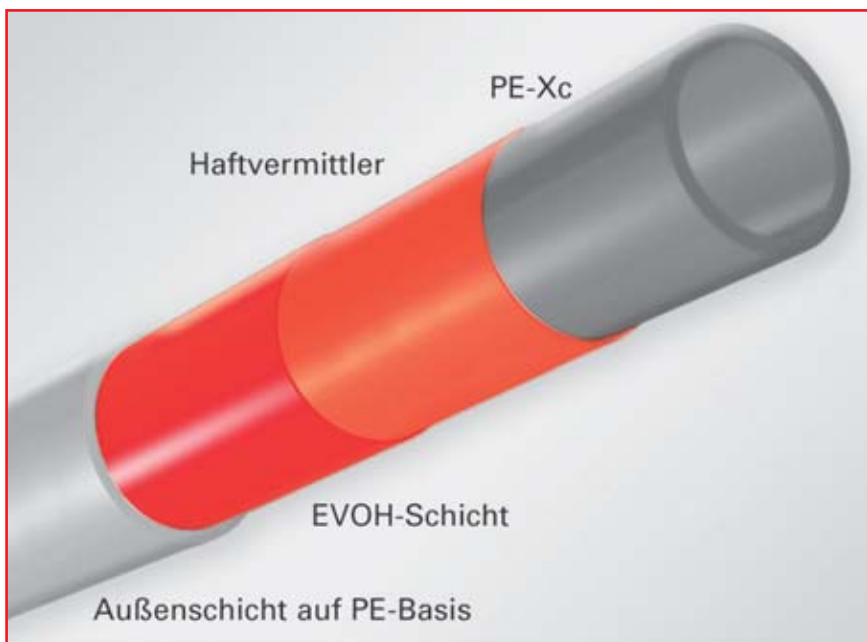
Der Einsatz dieser Heizleitungen ist nach IEC 60364-7-753 (VDE 0100-53) Elektrische Anlagen von Gebäuden – Teil 7: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Hauptabschnitt 753: Fußboden- und Decken-Flächenheizung insbesondere für Räume mit Badewanne oder Dusche vorgeschrieben.

## Aufbauten von Heizleitungen

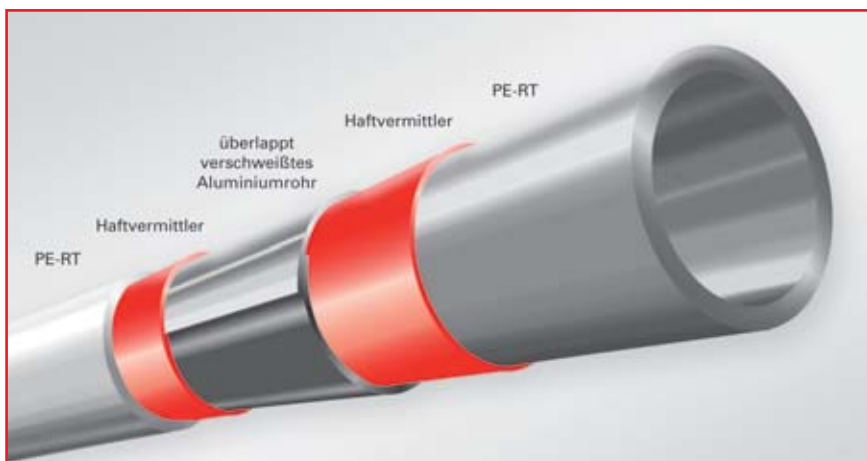
Die dargestellten Aufbauten entsprechen der IEC 60800. In der genannten DIN 0253 sind weitere Aufbauten beschrieben. Heizleitungen die für Flächenheizelemente verwendet werden, erhalten nur als fertiges Anschlusselement die Zeichnungsgenehmigung nach EN 60335-2-96.

Die Einhaltung der Mindestanforderungen nach IEC 60800 und nach DIN EN 60335-2-96 gewährleistet einen hohen Qualitätsstandard, sowie eine über die Lebenszeit eines Gebäudes hinausgehende Sicherheitsreserve.

### Aufbau eines Kunststoffrohres (PE-Xc -Rohr)



### Aufbau eines Mehrschichtverbund-Rohres



### Verarbeitungstechnik

Elektrische Fußbodenheizungsanlagen können als Speicherheizungen oder als Direktheizungen ausgeführt werden. Die Planung und Bemessung der Heizungen muss immer nach DIN 44 576 erfolgen.

Eine Direktheizung muss mindestens 16 Stunden in Betrieb genommen werden können. Für diese Flächenheizungsanlagen werden die Heizleitungen nach DIN VDE 0253 sowie Heizleitungen nach IEC 60800 verwendet.

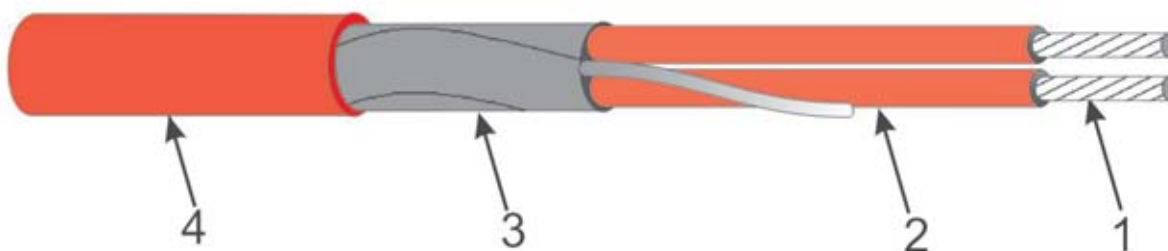
Eine besondere Art der Direktheizung ist die Einbettung der Flächenheizelemente unmittelbar unter Fliesen oder keramischen Belägen. Die hier eingesetzten Flächenheizelemente müssen der EN 60335-2-96 entsprechen.

Zur einfacheren Verlegung vor Ort werden die Heizleitungen und Flächenheizelemente, bereits bei der Herstellung, mäanderförmig auf wärmebeständige Trägermaterialien zu sogenannten Heizmatten verarbeitet. In der Regel werden Heizmatten mit einem Twin-Heizleiter verwendet. Der Anschluss dieser elektrischen Heizelemente ist für den Verarbeiter erheblich einfacher, da nur ein Anschlussende zur Anschlussdose geführt werden muss.

Bei der Verlegung der Heizleitungen ist darauf zu achten, dass die Biegeradien 5 x DA nicht unterschritten werden. Für Speicherheizungen und für Direktheizungen sind maximale flächenbezogene Aufnahmen von 100 W/m<sup>2</sup> bis 180 W/m<sup>2</sup> zulässig. Die Nennlängenaufnahme sollte 15 W/m nicht überschreiten.

Bei der Einbettung der Flächenheizelemente unmittelbar unter Fliesen oder keramischen Belägen betragen die maximale flächenbezogene Aufnahmen 70 W/m<sup>2</sup> bis 155 W/m<sup>2</sup>. Ist die flächenbezogene Aufnahme der Heizelemente >120 W/m<sup>2</sup>, muss die Regeleinrichtung zusätzlich eine zeitliche Begrenzung der Leistungsaufnahme ermöglichen, damit bei einem Wärmestau außerhalb der Position des Bodentemperaturfühlers oder -begrenzers die zulässige Maximaltemperatur nicht überschritten werden kann. Die Nennlängenaufnahme sollte 10 W/m nicht überschreiten. Die Heizleitungsabstände betragen bei den Heizmatten für Speicherheizungen und für Direktheizungen 8,0 cm bis 10,0 cm, bei den Heizmatten für Flächenheizelemente 5,0 cm bis 7,5 cm.

### Aufbau der Heizleitung für Flächenheizelemente 1 Kaltende



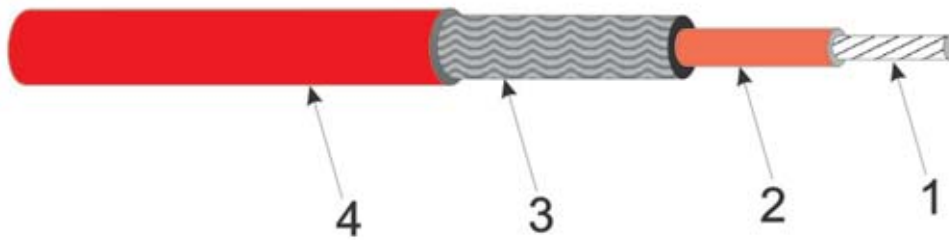
1. Heizleiter

2. Isolierhülle z.B. aus Perfluorethylen-Propylen (FEP)

3. Schutzgeflecht oder Schutzumlegung z.B. aus verzinntem Kupfer

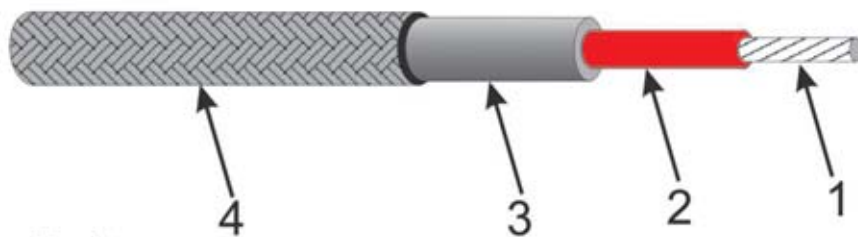
4. Außenmantel z.B. aus Polyvinylchlorid (PVC)

### Aufbau der Heizleitung für Flächenheizelemente 2 Kaltenden



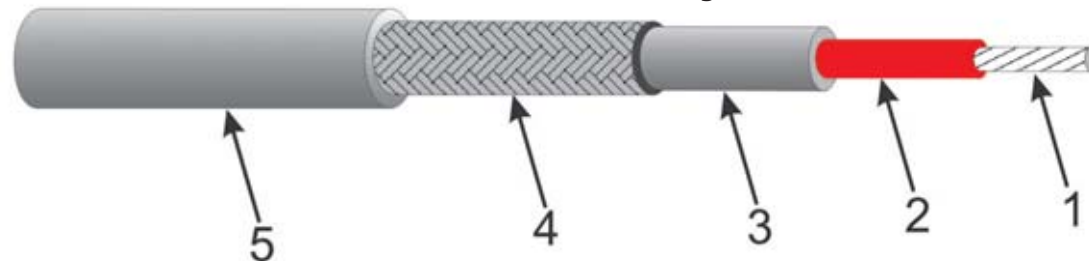
- 1. Heizleiter
- 2. Isolierhülle z.B. aus Perfluorethylen-Propylen (FEP)
- 3. Schutzgeflecht oder Schutzumlegung z.B. aus verzinnem Kupfer
- 4. Außenmantel z.B. aus Polyvinylchlorid (PVC)

### Aufbau der Heizleitung SiPC



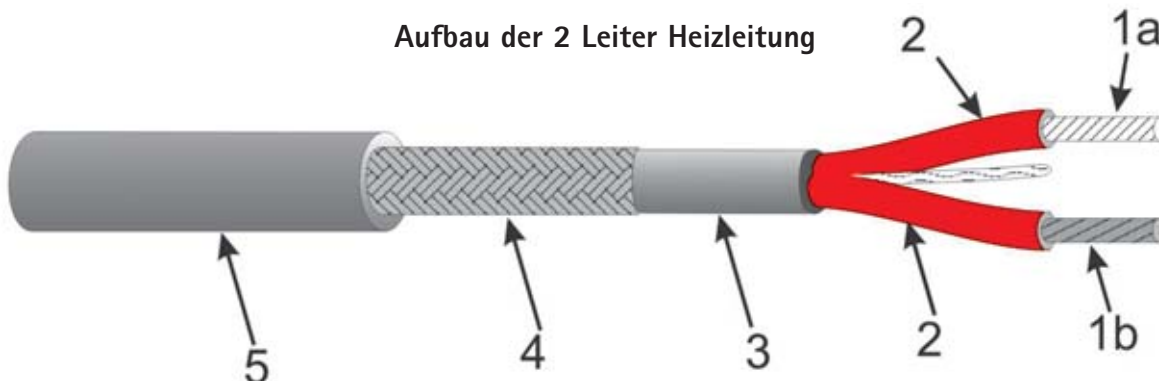
- 1. Heizleiter
- 2. Isolierhülle aus Silikonkautschuk (SiR)
- 3. Außenmantel aus Polyvinylchlorid (PVC)
- 4. Schutzgeflecht aus verzinnem Kupfer

### Aufbau der Heizleitung SiPCP



- 1. Heizleiter
- 2. Isolierhülle aus Silikonkautschuk (SiR)
- 3. Mantel aus Polyvinylchlorid (PVC)
- 4. Schutzgeflecht aus verzinnem Kupfer
- 5. Außenmantel aus Polyvinylchlorid (PVC)

### Aufbau der 2 Leiter Heizleitung



- 1a. Heizleiter
- 1b. Kaltleiter
- 2. Isolierhülle aus Perfluorethylen-Propylen (FEP), oder Silikonkautschuk (SiR)
- 3. Mantel aus z.B. Polyvinylchlorid (PVC)
- 4. Schutzgeflecht aus Metall
- 5. Außenmantel aus z.B. Polyvinylchlorid (PVC)

# Herstellung beheizter/ gekühlter Fußboden- konstruktionen im Wohnungsbau

Die Flächenheizung hat in den letzten Jahrzehnten bei der Raumheizung immer mehr an Bedeutung gewonnen. Nahezu jedes zweite Ein- und Zweifamilienhaus wird heute mit einer Flächenheizung ausgestattet. Aber auch in Büros, Schulen, Kindergärten, Museen, Ladengeschäften, Sporthallen, Industriehallen, Kirchen, Frei- und Grünflächen findet die Flächenheizung aufgrund ihrer Vorteile in verstärktem Maße Eingang. Der mögliche Zusatznutzen der „stillen“ Kühlung“ macht das System noch attraktiver.

## Die wesentlichen Vorteile sind:

- Kostengünstige Installation
- Wirtschaftliche und energieeffiziente Betriebsweise
- Behaglichkeit aufgrund niedriger Oberflächentemperaturen
- Freie innenarchitektonische Gestaltung
- Kein Renovierungs- und zusätzlicher Reinigungsaufwand für Heizflächen
- Günstigste raumlufthygienische Verhältnisse
- Zukunftsorientiert und umweltfreundlich durch die Nutzbarkeit alternativer Energien
- Zusatznutzen „Kühlen“

Die vorliegende Richtlinie bezieht sich auf beheizte und gekühlte Fußbodenkonstruktionen im Wohnungsbau und ähnlich genutzte Gebäude.

## Allgemeine Konstruktionsprinzipien

Der Aufbau von beheizten und/oder gekühlten Fußbodenkonstruktionen erfolgt auf einem tragenden Untergrund wie z.B. einer Beton- oder Holzbalkendecke. Die Estrichkonstruktion besteht aus einer Lastverteilungsschicht, dem schwimmenden Estrich, der Rohre bzw. Heizleitungen und der Dämmschicht.

Die Beheizung bzw. die Kühlung des Estrichs erfolgt durch Wärme- oder Kältezufuhr z.B. mit warmem oder kaltem Wasser. Die Rohre aus Kunststoff, Kunststoff- Aluminium- Verbundwerkstoff, Kupfer- Kunststoff oder Kupfer sind bei den Nass-Systemen in und bei den Trockensystemen mit Wärmeleitblechen unter dem Estrich angeordnet. Bei Trockenestrichsystemen mit integrierten Rohren liegen diese im Estrich.

Elektro-Fußbodenheizungen, sowie spezielle Renovierungssysteme können je nach Bauart ggf. auch auf dem Estrich und damit direkt unter dem Bodenbelag angeordnet werden.

## Warmwasser-Fußbodenheizung und Fußbodenkühlung

Bei der Wasser-Fußbodenheizung bzw. Fußbodenkühlung kann der Estrich als Baustellenestrich, als werkgemischter Trockenmörtel bzw. Fertigestrich oder als Fertigteilestrich hergestellt werden.

## Elektro-Fußbodenheizungen

Werden die elektrischen Heizleitungen direkt im Estrich angeordnet, spricht man von einer Elektro- Fußboden-Direkt- oder -Speicherheizung. Bei einer Anordnung auf dem Estrich handelt es sich um eine Elektro-Flächentemperierung, die in erster Linie der Behaglichkeitssteigerung und nicht der Deckung der Heizlast dient.

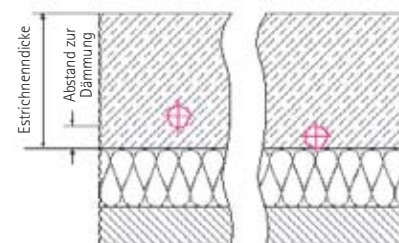
## Bauliche Voraussetzungen für beheizte/gekühlte Fußbodenkonstruktionen

Abdichtungsmaßnahmen des tragenden Untergrundes gegen Bodenfeuchtigkeit oder nicht drückendes Wasser sind vom Bauwerksplaner festzulegen. Diese Maßnahmen müssen nach DIN 18195 „Bauwerksabdichtungen“ ausgeführt sein. Es ist notwendig, dass die Innenputzarbeiten abgeschlossen sind.

Abdichtungs- bzw. Schutzmaßnahmen einzelner Gewerke aufgrund des Betriebszustands „Kühlen“ sind ebenfalls vom Bauwerksplaner festzulegen.

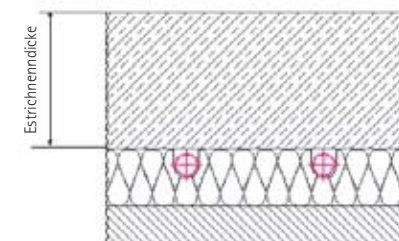
Nach DIN 18560 Teil 2 werden die beheizten/gekühlten Fußbodenkonstruktionen nach der Lage der Rohre bzw. der elektrischen Heizleiter in folgende Bauarten eingeteilt:

Bauart A und C mit Rohren innerhalb des Estrichs und Bauart B mit Rohren unterhalb des Estrichs.



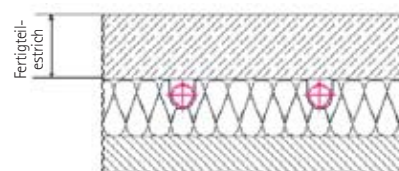
### Bauart A:

Schwimmender Estrich mit Rohren innerhalb des Estrichs oberhalb der Dämmschicht, die auf einem tragenden Untergrund vollflächig aufliegt.

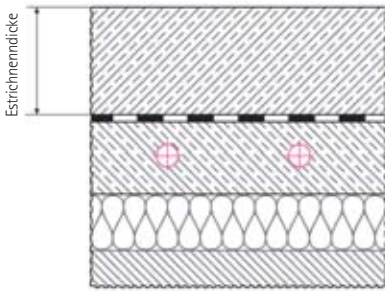


### Bauart B:

Schwimmender Estrich mit Rohren unterhalb des Estrichs innerhalb der Dämmschicht.



Bei Trockensystemen kann die lastverteilende Estrichplatte auch als Fertigteilestrich hergestellt werden.



### Bauart C:

Rohre in einem Ausgleichsestrich, auf dem der Estrich als Lastverteilungsschicht oberhalb einer Trennschicht (z.B. PE-Folie) aufgebracht wird.



Der Wandputz muss bis zum tragenden Untergrund (Beton- oder Holzbalkendecke) herab reichen. Der tragende Untergrund muss den statischen Anforderungen zur Aufnahme der Fußbodenkonstruktion und der vorgesehenen Nutzlast genügen. Die Höhenlage und die Ebenheit der Oberfläche des tragenden Untergrunds müssen bezüglich der Winkeltoleranzen und der Ebenheitstoleranzen den Anforderungen der DIN 18202, Tabelle 2 und Tabelle 3, Zeile 2, entsprechen. Zur Überprüfung der waagerechten Höhenlage des Unterbodens, der vorgegebenen Einbaudicke der Fußbodenkonstruktion und der höhengleichen Anschlüsse muss in jedem Raum ein Meterriss angelegt werden. Hierbei ist von dem Höhenbezugspunkt auszugehen, der vom Bauwerksplaner bzw. von der Bauleitung vorzugeben ist. Rohrleitungen, Elektroleitungen o. ä., die auf dem tragenden

Untergrund verlegt sind, müssen befestigt sein. Durch einen Ausgleich ist wieder eine ebene Oberfläche zu schaffen. Die dazu erforderliche Konstruktionshöhe ist bei der Planung zu berücksichtigen. Ausgleichsschichten müssen im eingebauten Zustand eine gebundene Form aufweisen. Schüttungen dürfen nur verwendet werden, wenn ihre Brauchbarkeit nachgewiesen ist. Als Ausgleichsschichten dürfen druckbelastbare Dämmstoffe verwendet werden. Soll die Oberfläche des schwimmenden Estrichs z. B. in Duschen o. ä. ein wirksames Gefälle erhalten, ist dieses Gefälle im tragenden Untergrund herzustellen, um die Forderungen nach einer gleichmäßigen Dicke des Estrichs zu erfüllen. Vorhandene Bauwerksfugen im tragenden Untergrund müssen eine gleichmäßige Breite haben, vollkantig sein, geradlinig und fluchtgerecht verlaufen. Über Bauwerksfugen sind auch in der Dämmschicht und im Estrich Fugen anzuordnen. Der tragende Untergrund muss augenscheinlich erkennbar trocken sowie frei von Verunreinigungen und losen Bestandteilen sein. Außentüren sowie Fenster müssen eingebaut sein, wobei erforderlichenfalls nicht verglaste Fensteröffnungen durch Folien zu schließen sind. Beim Einbringen des Estrichs dürfen Raumlufttemperaturen und Baustofftemperaturen nicht unterhalb +5°C liegen.

### Fußboden-Direktheizung/-kühlung

Die Rohre sind in oder unter dem Estrich angeordnet. Die Estrichennndicken sind bei Calciumsulfat- und Zement- Heizestrichen gemäß DIN 18560 Teil 2, Tabellen 1 bis 4 zu wählen und bei Bauart A zusätzlich um den Außendurchmesser der Rohre  $d$  zu erhöhen. Die Rohrüberdeckung muss bei der Biegezugfestigkeitsklasse F4 mindestens 45 mm, bei Fließestrichen dieser Biegezugfestigkeitsklasse CAF-F4 mindestens 40 mm betragen. Werden geringere Rohrüberdeckungen als 30 mm gewählt, muss die Eignung gesondert nachgewiesen werden. Bei der Direktheizung- / kühlung wird die Wärme- oder Kältezufuhr direkt nach Bedarf gesteuert.

### Elektro-Fußboden-Direkt- oder -Speicherheizung

Die Heizleitungen sind in oder unter der Estrichplatte angeordnet. Bei Speicherheizungen beträgt die Estrichennndicke ca. 80 mm. Bei der Speicherheizung wird der Estrich, vorzugsweise in den Nachtstunden, mit Wärme „aufgeladen“, die er dann nach der Ladezeit wieder kontinuierlich abgibt.

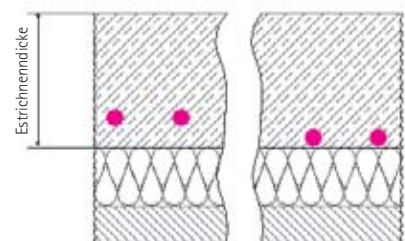
### Bauteile für Fußbodenheizungen und -kühlungen

#### Wärme- und Trittschalldämmung

Für die wirtschaftliche und komfortable Nutzung von beheizten/gekühlten Fußbodenkonstruktionen ist die Wärme und Trittschalldämmung ein wichtiges Bauteil. Weitere Informationen enthält die BVF-Richtlinie Nr.: 1. Wärme- und Trittschalldämmung beheizter und gekühlter Fußbodenkonstruktionen.

#### Rohre und Heizleitungen

Wichtige Bauteile einer Fußbodenheiz-/kühlanlage sind Rohre aus Kunststoff, Kunststoff-Aluminium-Verbundwerkstoff, Kupfer-Kunststoff oder Kupfer bzw. die elektrischen Heizleitungen. Bei Heiz-/Kühlrohren erfolgt die Wärmezufuhr durch warmes Wasser bei der Kühlung durch kaltes Wasser. Bei Elektro-Heizleitungen wird die Erwärmung eines stromdurchflossenen Leiters als Wärmequelle genutzt. Weitere Informationen hierzu können unter anderem der BVF-Richtlinie Nr.: 2 Rohrsysteme und elektrische Heizleitungen in Flächenheizungen und Flächenkühlungen entnommen werden.





## Nennstärken und Biegezugfestigkeit von Heizestrichen nach DIN 18560-2, Tabelle 1 und Abschnitt 3.2.2, für lotrechte Nutzlasten < 2 kN/m<sup>2</sup>

Estrichart	Bauart	Biegezugfestigkeitsklasse bzw. Härteklasse nach DIN EN 13813	Estrichnennstärke in mm min.	Rohrüberdeckung in mm min.
Calciumsulfat-Fließestrich CAF	A	F4	40 + d	40
	B, C	F4	35	
Calciumsulfat-Estrich CA	A	F4	45 + d	45
	B, C	F4	45	
Zement-Estrich CT	A	F4	45 + d	45
	B, C	F4	45	
Gussasphalt-Estrich AS	A	IC10	35	15
	B, C	IC10	35	

### Messstellen für die Messung der Belegreife des Estrichs

Zur Messung des Feuchtigkeitsgehaltes sind in der Estrichfläche geeignete Stellen auszuweisen. Es sollten mindestens 3 Messstellen je 200 m<sup>2</sup> bzw. je Wohnung ausgewiesen werden. Abweichend von dieser Mindestanforderung wird empfohlen, darüber hinaus mindestens eine Messstelle in jedem Raum auszuweisen.

Um den Messpunkt herum darf sich im Abstand von 10 cm (Durchmesser 20 cm) kein Heizungsrohr befinden.

### Estrich und Wärme-/Kälteverteilschicht

Der Estrich ist nicht nur das lastverteilende Bauteil für die Aufnahme des Bodenbelages und der Nutzlast, sondern zugleich auch die Verteilschicht für Wärme und Kälte.

Am häufigsten wird dieses Bauteil aus Zementestrich oder Fließestrich auf Calciumsulfatbasis erstellt.

Bei Trockensystemen (Bauart B) werden, insbesondere bei Altbausanierungen, überwiegend Trockenestrichplatten eingesetzt.

Bei der gesamten Konstruktion handelt es sich um einen „schwimmenden Estrich“. Die Anforderungen für einen schwimmend verlegten Estrich sind in DIN 18560, Teil 2 festgelegt.

Schwimmend auf der Dämmung bedeutet, dass die Estrichplatte keinerlei Verbindungen mit aufgehenden und angrenzenden Bauteilen haben darf. Dies wird dadurch verhindert, dass an allen aufgehenden und angrenzenden Bauteilen (Wänden, Säulen, Rohrleitungen, Treppen etc.) ein Randdämmstreifen verlegt wird.

Der Randdämmstreifen muss im eingebauten Zustand eine Bewegungsmöglichkeit des Estrichs von mindestens 5 mm sicherstellen.

Randdämmstreifen sowie ggf. die hoch geführte Abdeckfolie der Dämmung dürfen erst nach Fertigstellung des Oberbodenbelags bündig abgeschnitten werden.

Der Randdämmstreifen ist erforderlich, um Schallbrücken zu verhindern. Ferner dient er als Randfuge und kompensiert die thermische Ausdehnung des Estrichs.

Bei anderen als in der DIN 18560-2 angegebenen Biegezug-Festigkeitsklassen sind nach den Tabellen 1 bis 4 abweichende Estrichstärken möglich.

Dabei muss eine Rohrüberdeckung von mind. 30 mm eingehalten werden. Zudem muss eine Prüfung auf Tragfähigkeit, bei Stein- und keramischen Belägen auch auf Durchbiegung nach DIN 18560-2, Abschnitt 6.2, durchgeführt werden.

Ausgleichsestriche bei der Bauart C neigen wegen der geringen Überdeckung der Heizelemente zu Schwindrissen, die jedoch in der Regel ihre Funktionsfähigkeit nicht beeinträchtigen.

### Estriche zur Raumheizung-/kühlung

Estriche beheizter/gekühlter Fußbodenkonstruktionen unterscheiden sich in ihrer mörteltechnologischen Zusammensetzung in keiner Weise von nicht beheizten/gekühlten Estrichen im Wohnungsbau.

Der Estrich kann als Baustellenestrich auf Zement oder Calciumsulfat-Basis (z. B. Anhydrit) mit mind. der Festigkeitsklasse F4

(früher ZE/AE 20) erstellt werden. Fließestriche mit Zement oder Calciumsulfat als Bindemittel sind für Wasser-Fußbodenheizungen und -kühlungen geeignet.

Bei den Elektro-Fußbodenheizungen dürfen Fließestriche mit Zement oder Calciumsulfat-Bindern nur verwendet werden, wenn sie vom Hersteller des Estrichmörtels für den Temperaturbereich des vorgesehenen Systems freigegeben sind.

Die Temperatur im Bereich der Rohre darf bei Calciumsulfat- und Zementestrichen 55 °C und bei elektrischen Heizleitungen 65°C auf Dauer nicht überschreiten.

Dies ist besonders bei Rücklauftemperaturbegrenzern, sogenannten RTL-Ventilen, zu berücksichtigen.

Bei der Herstellung von Estrichen aus Calciumsulfat oder Zement dürfen nur solche Zusatzmittel verwendet werden, die den Volumenanteil der Luftporen des Mörtels um nicht mehr als 5% erhöhen.

## Zementestriche

Der Zementestrich sollte in einer weichplastischen Konsistenz eingebracht werden. Die Plastizität des Zementestrichs kann durch geeignete Zusatzmittel verbessert werden. Beim Einbringen darf die Temperatur des Zementestrichs 5°C nicht unterschreiten und soll anschließend weiterhin wenigstens 3 Tage auf mindestens 5°C gehalten werden. Ferner ist der Estrich wenigstens 3 Tage, bei niedrigen Temperaturen oder langsam erhärtenden Zementen entsprechend länger, vor dem Austrocknen und auch danach noch wenigstens 1 Woche vor schädlichen Einwirkungen z. B. durch Wärme, Schlagregen und Zugluft, zu schützen, um das Schwinden gering zu halten. Der Schutz vor Schlagregen und Zugluft ist bei kleineren Bauwerken im Allgemeinen ohne besondere Maßnahmen sichergestellt, wenn das Bauwerk geschlossen ist. Zementestrich sollte nicht vor Ablauf von 3 Tagen begangen und nicht vor Ablauf von 7 Tagen höher belastet werden.

## Calciumsulfatestriche

Bewegungsfugen sind wie bei Zementestrichen notwendig. Beim Einbringen darf die Temperatur des Calciumsulfatestrichs 5°C nicht unterschreiten. Sie soll anschließend wenigstens 2 Tage auf mindestens 5°C gehalten werden. Ferner ist der Estrich wenigstens 2 Tage vor schädlichen Einwirkungen, wie z. B. Wärme, Schlagregen und Zugluft zu schützen. Der Schutz vor Schlagregen und Zugluft ist bei kleineren Bauwerken im Allgemeinen ohne besondere Maßnahmen sichergestellt, wenn das Bauwerk geschlossen ist. Calciumsulfatestrich soll ungehindert austrocknen können und darf nicht einer dauernden Feuchtigkeitsbeanspruchung ausgesetzt werden. Bereiche im Estrich, in denen mit Feuchtigkeitsanreicherungen zu rechnen ist, müssen durch geeignete Maßnahmen - z. B. durch eine Dampfsperre davor - geschützt werden. Eine solche Maßnahme ist vom Planer bei der Bauwerksplanung festzulegen. Calciumsulfatestrich sollte nicht vor Ablauf von 2 Tagen begangen und nicht vor Ablauf von 5 Tagen höher belastet werden.

## Calciumsulfatfließestriche

Besondere Sorgfalt ist bei der Verlegung der Dämmung und vor allem der Abdeckung notwendig. Die wannenartige Abdeckung

bzw. Ausbildung der Dämmung muss der Konsistenz des Fließestrichs entsprechend dicht sein. Andere Abdeckungen sind zulässig, sofern die gleichwertige Funktion erbracht wird. Beispielsweise kann eine Dämmschichtabdeckung entfallen, wenn Systemdämmstoffplatten eingesetzt werden, die eine in ihrer Funktion gleichwertige Oberfläche haben und das Eindringen von Estrichmasse an den Fugen der Platten wirksam verhindern. Beim Einbringen sind die von den Bindemittelherstellern erarbeiteten Verarbeitungsrichtlinien einzuhalten.

## Gussasphaltestriche

Eine thermisch stabilisierte Variante der Gussasphaltestriche findet als Heizestrich Verwendung. Hierbei ist auf die hohe Verlegetemperatur des Gussasphaltestrichs zu achten. Detaillierte Informationen sind den Unterlagen der Systemanbieter zu entnehmen.

## Bewehrung

Eine Bewehrung von Estrichen auf Dämmschichten ist grundsätzlich nicht erforderlich. Das Entstehen von Rissen kann durch eine Estrichbewehrung nicht verhindert werden. In manchen Fällen kann eine Bewehrung jedoch zweckmäßig sein. Man unterscheidet zwischen einer Gitter- und Faser-Bewehrung. Bei einer Bewehrung aus Stahlmatten oder Betonstahlgitter soll die Verbreiterung von auftretenden Rissen und der Höhenversatz der Risskanten minimiert werden. Bei einer Bewehrung aus Fasern soll die Bildung von Schrumpf- bzw. Frühschwindrissen verringert werden. Estrichbewehrungen sind insbesondere bei ihrer Verwendung in Calciumsulfatestrichen gegen Korrosion zu schützen. Die Bewehrung ist im Bereich von Bewegungsfugen zu unterbrechen. Die Wahl der Bewehrung obliegt dem Planer.

## Estrichfugen

Über die Anordnung der Fugen ist ein Fugenplan zu erstellen, aus dem Art und Anordnung der Fugen zu entnehmen sind. Der Fugenplan ist vom Bauwerksplaner zu erstellen und als Bestandteil der Leistungsbeschreibung dem Ausführenden vorzulegen.

Praxistipp:

Bei der Planung von Fußbodenheizungen und -kühlungen sind die Heiz-/Kühlkreise

und die Estrichfelder in Abhängigkeit vom Oberbodenbelag aufeinander abzustimmen.

Über Bauwerksfugen sind auch im Estrich Fugen anzuordnen (Bewegungsfugen). Außerdem ist der Estrich vor aufgehenden Bauteilen durch Fugen zu trennen (Randfugen). Darüber hinaus notwendige Fugen sind so anzuordnen, dass möglichst gedrungene Felder entstehen. Bewegungsfugen innerhalb der Estrichfläche sind gegen Höhenversatz zu sichern.

Die Herstellung von Fugen ist aus bauphysikalischen Gründen erforderlich. Entsprechend ihrer Funktion haben die Fugen folgende Aufgaben:

- Randfugen sind Bewegungsfugen im Randbereich des Estrichs und vermindern Schallübertragungen vom Fußboden zu angrenzenden und durchdringenden Bauteilen (sogenannte Schallbrücken)
- Bewegungsfugen nehmen Formänderungen des Estrichs in alle Richtungen auf.

Ausführung der Bewegungsfugen:

Die Fugen müssen so ausgebildet sein, dass mind. 5 mm komprimierbarer Raum zwischen den Estrichflanken vorhanden ist. Bewegungsfugen reichen, außer bei Bauart C, von Oberkante Wärme- und Trittschalldämmung bis zur Oberkante des Bodenbelags und dürfen nicht von Bewehrungen bzw. Trägermassen überbrückt werden. Sie sind nach Fertigstellung elastisch zu verfüllen oder mit Fugenprofilen zu verschließen. Bauart C bietet die Möglichkeit, die Fugen im Ausgleichsestrich und im Oberbau unterschiedlich zu gestalten.

Bei Estrichen sind in Türdurchgängen i.d.R. Bewegungsfugen anzuordnen. Innerhalb einer Heiz/Kühlfläche mit unterschiedlich betriebenen Kreisen (z.B. unterschiedliche Regelzonen bei größeren Räumen, wie Ausstellungsräume oder Industrieflächen) sind i.d.R. zwischen diesen auch Bewegungsfugen anzuordnen.

Scheinfugen sind Sollbruchstellen für das Verkürzen des Estrichs.

Scheinfugen werden fast ausschließlich in Zementestrichen realisiert. Sie werden auch Kellenschnitte oder angeschnittene Fugen genannt. Damit der Estrich nicht unkontrolliert reißt, wird der frische Estrich vom Estrichleger - unter Beachtung der Verletzungsgefahr für die Rohre und Heizleitungen - mit der Kelle etwa zu max. 1/3 in der Dicke angeschnitten. Der Schwindriss erfolgt dann gezielt an dieser Stelle.

Nach dem Erhärten und Austrocknen des Estrichs sollten Scheinfugen kraftschlüssig, z. B. durch Vergießen mit Kunstharz, geschlossen werden. Die derart hergestellten und geschlossenen Scheinfugen müssen nicht beim Einbau der Bodenbeläge berücksichtigt werden, d.h. sie müssen nicht deckungsgleich in die Bodenbeläge übernommen werden.

Werden in Estrichen Scheinfugen in Tür- und Türläufigungen und Türdurchgängen angeordnet und diese als Fugen auch in Stein- und Keramikbelägen übernommen, sollten diese Scheinfugen nicht geschlossen werden.

Bei der Festlegung von Fugenabständen, Fugenbreite und Estrichfeldgrößen ist die Art des Bindemittels, der vorgesehene Bodenbelag, die Geometrie der Flächen und die Beanspruchung durch Nutzlasten und Temperaturänderung zu berücksichtigen. Bei Estrichen, die zur Aufnahme von Stein- oder keramischen Belägen vorgesehen sind, müssen außerdem die unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Estrich und Bodenbelag und die Raumtemperaturbegrenzung bei der Planung und Ausführung einbezogen werden.

Bei der Anordnung der Fugen sind die allgemeinen Regeln der Technik und die technischen Informationen und Merkblätter der Fachverbände zu berücksichtigen.

Bewegungsfugen dürfen nicht von Heiz-/Kühlelementen gekreuzt werden. Anschlussleitungen, die Bewegungsfugen kreuzen müssen, sind in geeigneter Weise, z.B. durch Überschubrohre von etwa 0,3 m Länge, zu schützen.

### Fußbodenkonstruktionen für den Altbau

Konventionelle Fußbodenkonstruktionen zum Heizen und Kühlen lassen sich im Altbau dann einsetzen, wenn die erforderliche Konstruktionshöhe und Tragfähigkeit mit dem Architekten geklärt ist. Für eine konventionelle Konstruktion wird ca. 65 mm Estrich benötigt. Das bedeutet eine zusätzliche Belastung von ca. 130 kg/m<sup>2</sup> durch den Estrich. Sind die notwendigen Bedingungen für den Einsatz der konventionellen Fußbodenheizungs- bzw. -kühlungssysteme nicht gegeben, kann auf marktgängige Lösungen für den Altbau zurückgegriffen werden. Hierzu werden von vielen Anbietern spezielle Systeme für den nachträglichen Einbau angeboten. Diese Konstruktionen sind leichter und können erheblich dünner aufgebaut werden.

Die speziellen Lösungen für den Altbau sind technisch sehr vielfältig und deshalb an dieser Stelle nicht umfassend darstellbar. Es wird hier auf die Unterlagen der einzelnen Systemanbieter verwiesen.

Hierzu verweisen wir auf die BVF Richtlinie Nr.: 10 Installation von Flächenheizungen und Flächenkühlungen bei der Modernisierung von bestehenden Gebäuden und die BVF Richtlinie Nr.: 12 Herstellung dünn-schichtiger beheizter/gekühlter Verbundkonstruktionen im Wohnungsbau.

Um eine sachgerechte Planung durchzuführen und eine dauerhaft funktionsfähige Fußbodenkonstruktion – beheizt oder gekühlt – herzustellen, sind z.B. die nachfolgenden Gesetze und DIN Normen anzuwenden:

### Energieeinsparverordnung (EnEV)

DIN 1055	Einwirkungen auf Tragwerke
DIN EN 1264	Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung
EN 1991-1-1	Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-1 Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau
DIN 4102	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
DIN 4108	Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden
DIN 4109	Schallschutz im Hochbau
DIN EN 12831	Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast
DIN EN 13162 - 13171	Wärmedämmstoffe für Gebäude
DIN 18195	Bauwerksabdichtungen
DIN 18202	Toleranzen im Hochbau
DIN 18336	VOB, Teil C: Abdichtarbeiten
DIN 18353	VOB, Teil C: Estricharbeiten
DIN 18380	VOB, Teil C: Heizanlagen und zentrale Wassererwärmungsanlagen
DIN 18560	Estriche im Bauwesen
DIN EN 50350	Elektrische Raumheizung, Aufladesteuerung für Speicherheizung
DIN V 44576	Elektrische Raumheizung, Fußbodenheizung

Schnittstellenkoordination bei beheizten Fußbodenkonstruktionen

# Steuerung und Regelung von Flächenheizungen und -kühlungen auf Basis von Warm-/Kaltwasser für den Wohnungsbau

Beheizte / gekühlte Fußboden- und Wandkonstruktionen haben in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. Nahezu jedes zweite Ein- und Zweifamilienhaus wird heute bereits mit einer Flächenheizung ausgestattet.

Wirtschaftlicher und energieeffizienter Betrieb, günstige raumlufthygienische Verhältnisse, zukunftsorientiertes und umweltfreundliches Niedertemperatursystem, sind die Aspekte bei der Entscheidung für eine Flächenheizung. Das bringt Behaglichkeit für die Wohnräume.

Neben der Heizfunktion bietet sich z.B. für die heißen Sommermonate die „stille“ Flächenkühlung über das vorhandene System an.

Um die hohen Anforderungen an Funktion, Wohnkomfort und Behaglichkeit zu erfüllen, müssen bei der Planung und Herstellung dieses Bauteils einige Aspekte berücksichtigt werden. Hier geben die BVF Informationsdienste praxisnahe Hilfestellungen. Neben diesen konstruktiven Details ist die Planung und Ausführung der Regelung ein weiterer wichtiger Punkt für die wirtschaftliche und komfortable Nutzung der Gebäudeheizung- und -kühlung.

Die vorliegende Information beschreibt regeltechnische Einrichtungen und deren Ausführung für die Regelung der Wassertemperatur und des Wasservolumenstroms einer Flächenheizung, bzw. Flächenkühlung. Weiterhin werden Hinweise zur Regelung für ein behagliches und komfortables Raumklima gegeben.

## Allgemeine Anforderungen an die Regelanlage eines Heiz-/Kühlsystems

- Optimale Energienutzung
- Einfache, verständliche Bedienung
- Präzise Einhaltung der vorgegebenen Solltemperatur
- Zeitgenaues Erreichen der gewünschten Solltemperatur
- Schnelle Reaktion auf wechselnde Einflüsse

## Selbstregeleffekt

Unabhängig von den notwendigen regeltechnischen Einrichtungen greift bei einem Heizsystem mit niedrigen Heizflächentemperaturen der Selbstregeleffekt. Er beeinflusst unmittelbar die Leistungsabgabe.

Die Leistungsabgabe einer Heizfläche in den Raum erfolgt nahezu proportional zur Temperaturdifferenz zwischen der Temperatur der Oberflächen der Heizflächen und der Raumtemperatur.

Da die Temperaturdifferenz zwischen der Oberfläche z. B. des Fußbodens und des Raumes sehr gering ist, reduziert sich die Leistungsabgabe der Fußbodenheizung in erheblichem Maße bei einem Anstieg der Raumlufttemperatur.

In einem gut gedämmten Wohngebäude liegt die Fußbodenoberflächentemperatur bei einer Fußbodenheizung im Mittel während der Heizperiode bei ca. 23°C.

Steigt z. B. durch Sonneneinstrahlung die Raumlufttemperatur von 20°C auf 21°C bei einer Oberflächentemperatur von 23°C, so reduziert sich die Wärmeabgabe um ein Drittel.

Umgekehrt hat die Absenkung der Raumlufttemperatur einen Anstieg der Leistungsabgabe zur Folge.

Der Selbstregeleffekt der Flächenheizung unterstützt die regeltechnischen Einrichtungen bei der Schaffung eines behaglichen Raumklimas.

## Regeltechnische Einrichtungen

Der Architekt und Planer muss die gesetzlichen Vorschriften und Normen bei der Planung der Regelungseinrichtungen einbeziehen. Der Anlagenersteller muss die zum Betrieb notwendigen Regelkomponenten einbauen und die Einstellungen vornehmen.

## Energieeinsparverordnung (EnEV)

Die EnEV legt die Anforderungen an die regeltechnischen Einrichtungen einer Heizungsanlage fest.

Bei der Verminderung des Energiebedarfs kommt der Regelung eine wichtige Rolle zu. Durch den Einbau einer Einzelraumregelung können deutliche Einsparungen an Energie erzielt werden.

Dementsprechend sind in § 14 der EnEV Anforderungen an Einrichtungen zur Steuerung und Regelung gestellt.

Während im Satz (1) die Anforderungen an die Zentralsteuerung aufgeführt sind, wird in Satz (2) zusätzlich eine raumweise Regelung der Raumtemperatur gefordert.

Eine Nachrüstung ist in bestehenden Gebäuden in Bezug auf Energieeinsparung und Komfort sinnvoll.

## Zentrale Regelung

Die zentrale Regelung erfasst die Außentemperatur oder eine andere geeignete Führungsgröße und beeinflusst danach die Vorlauftemperatur des Systems.

Flächenheiz- und -kühlsysteme benötigen für eine effiziente Betriebsweise vergleichsweise geringe, wenig schwankende Vorlauftemperaturen. Kann dies durch die Bauart des Wärme- oder Kälteerzeugers nicht gewährleistet werden, ist eine selbsttätige, unabhängig arbeitende Vorlauftemperaturregelung erforderlich.

Bei Wärme- und Kälteerzeugern mit Zwangs- bzw. Mindestumlauf und geringem Wasserinhalt kann zur Entkopplung die Zwischenschaltung einer hydraulischen Weiche sinnvoll sein.

## Einzelraumtemperaturregelung

Neben der zentralen Regelung fordert die EnEV eine raumweise selbsttätig wirkende Temperaturregelung.

Regelgröße ist die Raumtemperatur. Dazu wird die Temperatur in jedem Raum erfasst und der zugehörige Volumenstrom geregelt.

Die richtige Positionierung des Raumtemperaturfühlers ist Grundvoraussetzung für die einwandfreie Funktion. Er ist so anzuordnen, dass Umgebungseinflüsse wie Zugluft, Fremdwärmequellen, Sonneneinstrahlung oder auch Abdeckung durch Vorhänge vermieden werden.

Systemhersteller von Flächenheizungen/-kühlungen bieten hierzu abgestimmte Regelkomponenten an, wodurch bestmögliche Regelungsergebnisse erzielt werden.

Beim Einsatz systemfremder Erzeugnisse, insbesondere Raumtemperaturreglern, die in Schalterkombinationen integriert werden sollen, muss die Gebrauchstauglichkeit in Verbindung mit einem Niedertemperatur-Heiz- und -Kühlsystem nachgewiesen sein.

## Verdrahtete Systeme

Raumtemperaturregler können in verschiedenen Ausführungen mit unterschiedlichen Zusatzfunktionen ausgestattet sein:

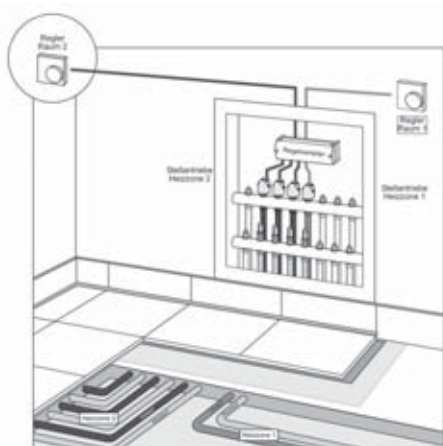


Bild 1: Allgemeine Funktion der Stellantriebe, Regelverteiler und Raumthermostate

Die einfachste Reglervariante ist der thermomechanische Bimetall-Temperaturregler (2-Punkt-Regler) mit thermischer Rückführung.

## Elektronischer Raumtemperaturregler

Elektronische Raumtemperaturregler mit Fühler arbeiten mit elektromechanischen Bauteilen (Relais) oder Halbleiterbauelementen. Der Vorteil von Halbleiterbauelementen gegenüber elektromechanischen- und Bimetall-Ausführungen ist die geräuschlose Arbeitsweise. Bei elektronischen Raumtemperaturreglern mit Display ist die Anzeige von Mess- und Einstellwerten möglich.

## Uhrenthermostat (programmierbar)

Mit den bei Uhrenthermostaten vorhandenen Programmiermöglichkeiten lassen sich z.B. Heiz- und Absenckphasen individuell einstellen.

## Regler für den Heiz- und Kühlbetrieb

Für das wahlweise Heizen oder Kühlen ist es notwendig, geeignete Regler einzusetzen. Durch ein Umschaltsignal wird die Anlage in die jeweilige Betriebsart versetzt. Im Kühlbetrieb muss durch geeignete Maßnahmen die Taupunktunterschreitung vermieden werden.

## Elektrische Regelverteiler

Bei Einzelraumregelungen dienen die elektrischen Regelverteiler (auch Klemm-, Anschlussleiste oder Steuermodule genannt) als Verdrahtungshilfe sowie für die Aufnahme weiterer regelungstechnischer Komponenten wie Pumpenlogik, Programm- oder Zeitschaltungen.

Auch die Umschaltung der Einzelraumregelung für den Heiz- oder Kühlbetrieb kann hier integriert sein.

Bei der Kombination mit Pumpenlogik wird die Umwälzpumpe abgeschaltet, wenn keiner der Kreise Wärme/Kälte anfordert.

## Funk Systeme

Bei drahtlosen Regelsystemen wird das Regelsignal mittels Funktechnik übertragen. Die Funkregelsysteme sind ideal für Nachrüstung von bestehenden Anlagen. Vermehrt werden die Funksysteme auch im Neubausektor eingesetzt. Der Verdrahtungsaufwand zwischen Raumtemperaturregler und Regelverteiler entfällt.

## Vernetzte Systeme (Bussysteme)

Vernetzte Regelsysteme ermöglichen die Koordination der Anlagenteile z. B. Kesseltemperatur, Solaranlagen, Wärmepumpen sowie kontrollierte Wohnungslüftungssysteme und somit die Raumtemperatur wirtschaftlich zu regeln. Alle Betriebszustände werden zentral erfasst und fließen über ein Datennetz (z. B. EIB, LON, etc.). Diese Anlagen ermöglichen bei entsprechender Ausstattung eine Beeinflussung des Betriebes über Telefon- oder Datenfernleitungen.

## Ventile und Stellantriebe

Gemäß DIN EN 1264 muss jeder Heizkreis 2 Absperrventile und 1 Abgleicheinrichtung besitzen, die unabhängig voneinander betätigt werden können.

## Ausführungsvarianten: Ventile

Jedem hydraulischen Kreis ist ein Ventil zugeordnet, das den Kreis öffnen bzw. schließen soll. Dieser Betätigungsvorgang erfolgt durch entsprechende Stellglieder. Bei Zwei-Punkt-Regelung gibt es nur geöffneten oder geschlossenen Ventilzustand. Mittels spezieller Antriebe kann auch eine Stetigregelung ausgeführt werden.

## Thermische Stellantriebe

Die Stellantriebe werden am Verteiler auf den Ventilen montiert und betätigen diese raumtemperaturabhängig nach Bedarf.

Diese Stellantriebe werden überwiegend im Zwei-Punkt-Verfahren angewandt (Auf/Zu). Dabei besteht noch die Möglichkeit, diese Varianten stromlos offen bzw. stromlos geschlossen einzusetzen. Die Stellantriebe können sowohl als Netz- als auch Kleinspannungsausführung eingesetzt werden.

## Stromlose, stetige Einzelraumregelung durch Thermostatventile

Der Fühler des Thermostatventils muss zur Erfassung der Raumtemperatur in dem zu regelnden Raum angeordnet sein. Damit erfolgt eine lastabhängige Beeinflussung des Volumenstroms

## Sonderfall in Nebenräumen

Im Unterschied zu ständig benutzten Räumen (Aufenthaltsräume) werden Flure, Diele, Treppenhäuser, und Abstellräume als Nebenräume (gem. DIN EN 12831 Beiblatt 1) bezeichnet, weil sie nur kurzzeitig genutzt werden.

Häufig wird in diesen Nebenräumen, insbesondere in Fluren, der Verteiler eingebaut und es erfolgt bereits über die oberhalb der Dämmschicht verlegten Anbindelungen zum Verteiler für die anderen Heizkreise eine ausreichende Versorgung dieses Raumes mit Heizwärme.

Analog der bewährten Praxis kann von der vorgeschriebenen Einzelraumregelung nach der EnEV abgewichen werden. Die benötigte Heizlast für diese Nebenräume wird über die Rohre der Heizkreise für die anderen Räume bereits abgedeckt.

Zur Realisierung einer Einzelraumregelung müssten diese Leitungen aufwändig gedämmt werden, um einen zusätzlichen Heizkreis zu verlegen.

Deshalb kann hier vom Vorliegen einer Härte nach § 25 der EnEV ausgegangen werden. Demzufolge müssen kleinere Nebenräume bei einer Fußbodenheizung nicht mit einer Einzelraumregelung ausgestattet werden.

## Hydraulik

Eine wichtige Voraussetzung für die einwandfreie Funktion einer Regelung ist eine abgestimmte Hydraulik des gesamten Systems.

Nach DIN 18380 sind die Anlagenteile so einzustellen, dass die geforderten Funktionen und Leistungen erbracht und die gesetzlichen Bestimmungen erfüllt werden. Der hydraulische Abgleich ist so vorzunehmen, dass bei bestimmungsgemäßem Betrieb, also z.B. auch bei Raumtemperaturabsenkung oder Betriebspausen der Heiz-/Kühlanlage, alle Verbraucher entsprechend ihrem Bedarf versorgt werden.

Nur mit einem in allen Komponenten hydraulisch abgeglichenen System lässt sich die erforderliche Regelgenauigkeit erreichen.

Der hydraulische Abgleich gehört zum Leistungsumfang des Auftragnehmers.

## Normen und Richtlinien

EnEV	Energieeinsparverordnung
DIN V 18599	Energetische Bewertung von Gebäuden
DIN EN 12828	Heizungssysteme in Gebäuden - Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen
DIN EN 12831	Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast Beiblatt 1 Nationaler Anhang NA
VOB DIN 18380	Heizanlagen und zentrale Wassererwärmungsanlagen
DIN EN 1264	Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung - Teil 4: Installation
DIN 18386	Gebäudeautomation
VDI 0100	Errichtung von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V

Die Bilder 1 – 4 zeigen übliche hydraulische regeltechnische Schaltungen als Beispiel.

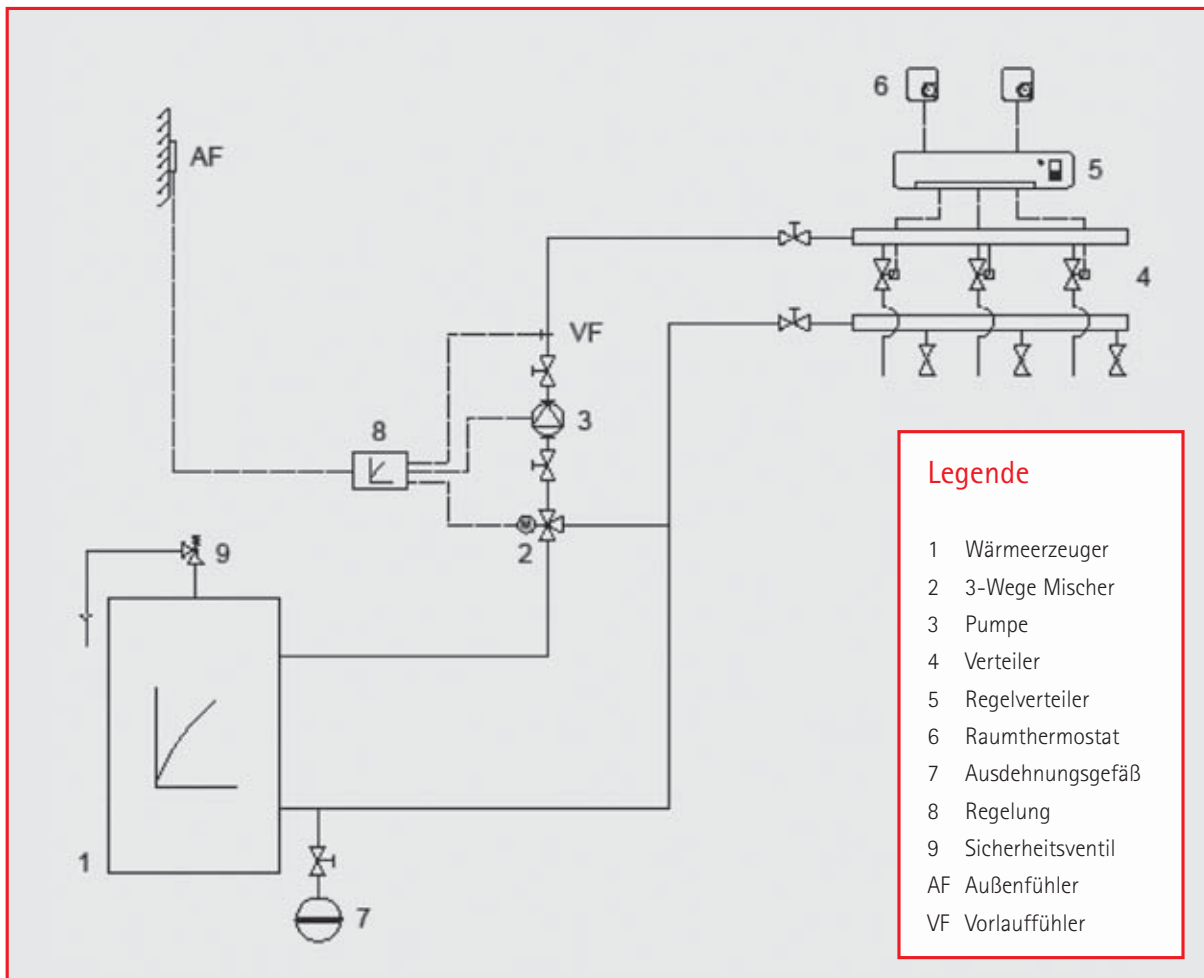


Bild 1: Fußbodenheizung direkt an Niedertemperatur- oder Brennwertkessel angeschlossen. Einzelraumregelung verdrahtet.

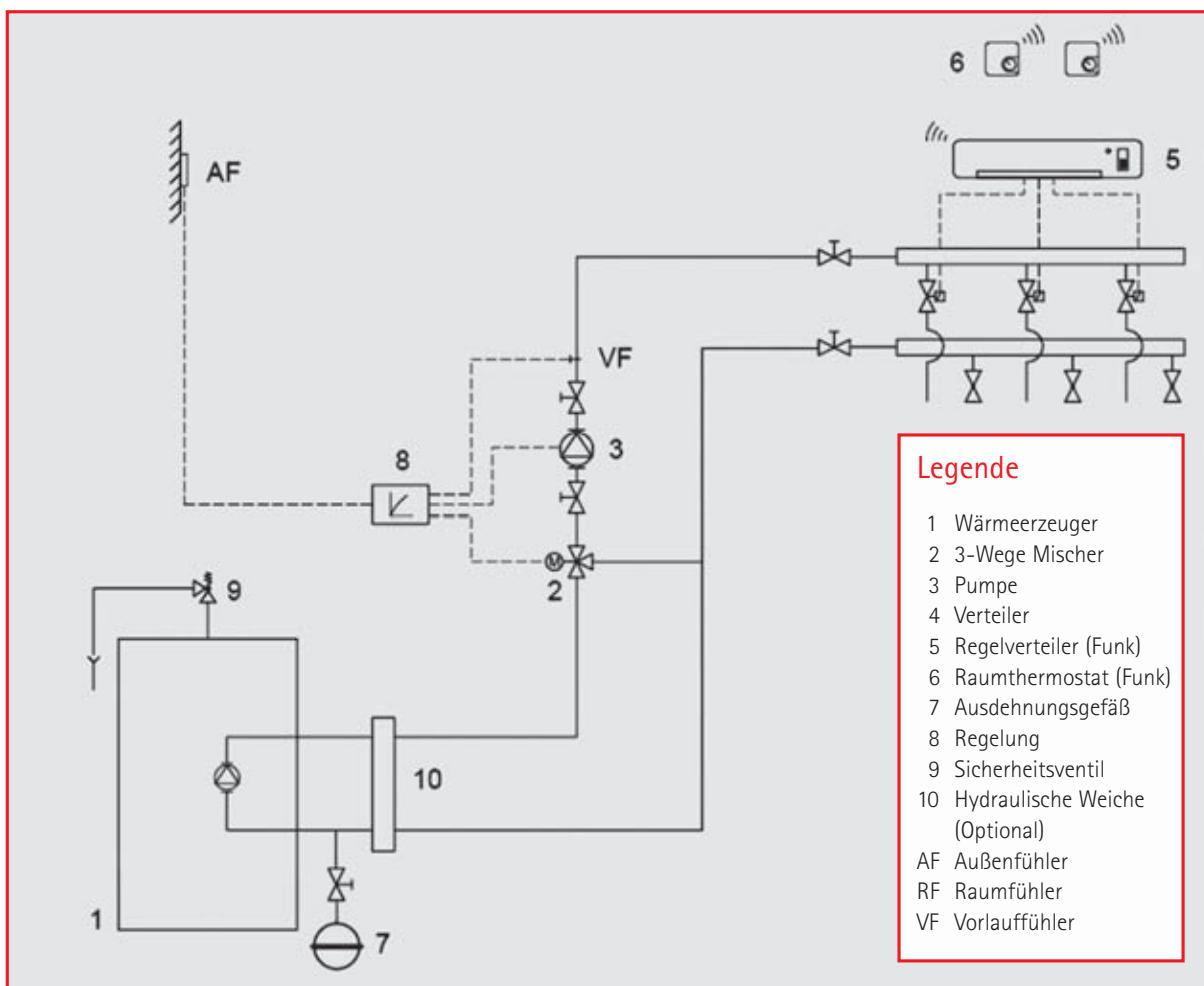


Bild 2: Schaltbild der Fußbodenheizung mit hydraulischer Weiche und Einzelraumreglung über Funk.

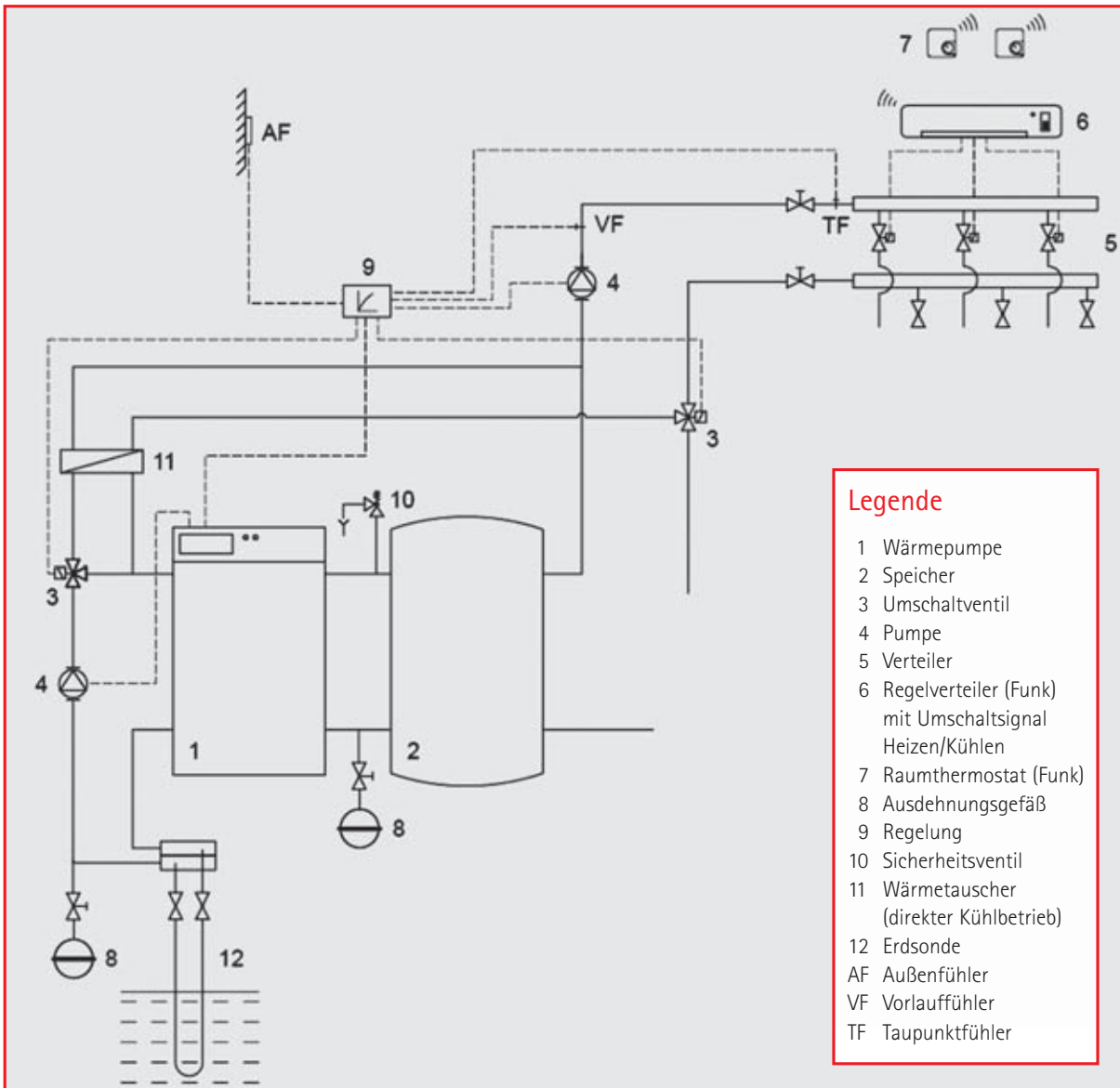


Bild 3: Schaltbild Wärmepumpe mit Pufferspeicher und Einzelraumregelung über Funk. Umschalten Heizen / Kühlen.



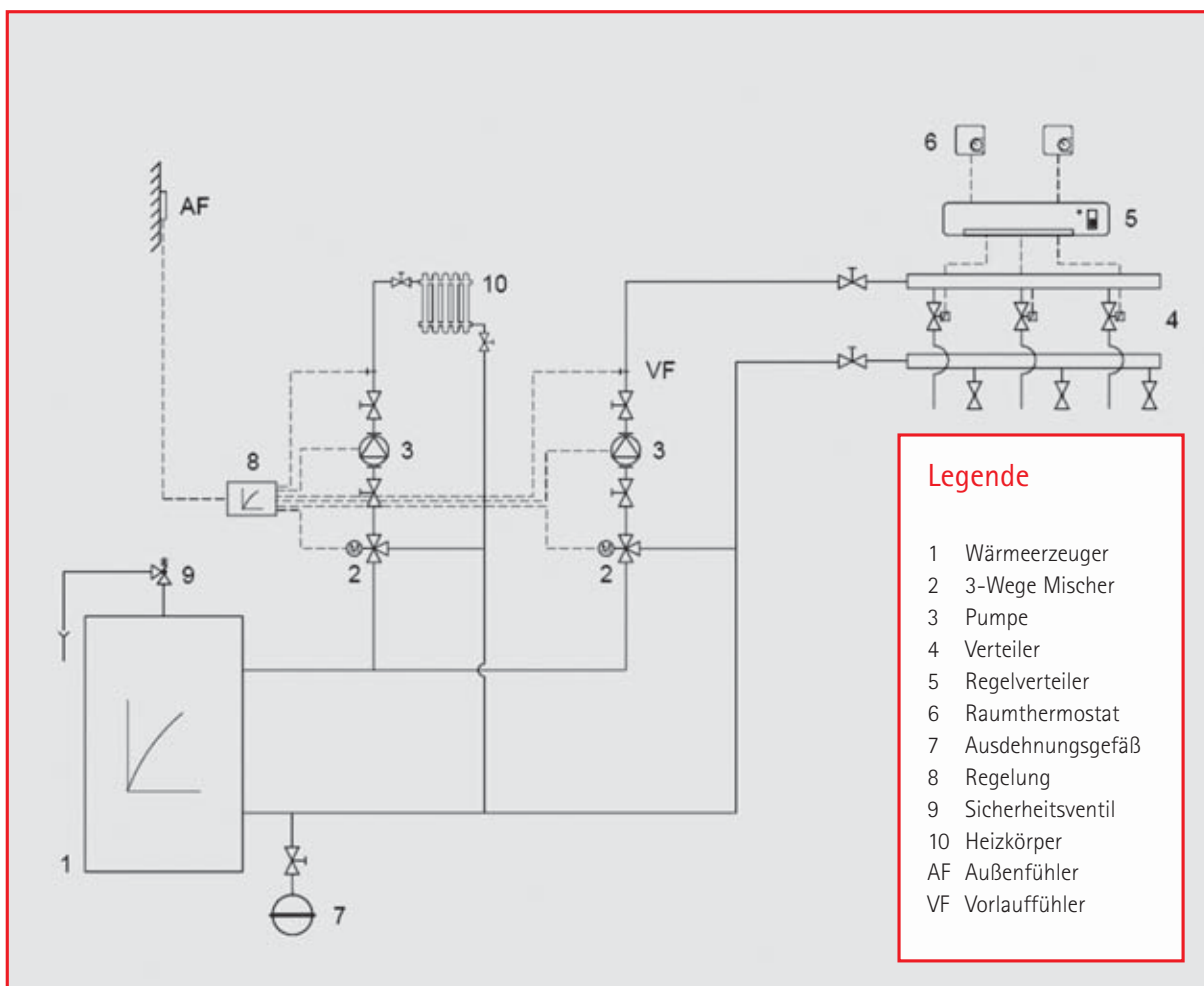


Bild 4: Bei kombinierten Heizungsanlagen Fußbodenheizung mit Heizkörper sind die Systeme hydraulisch zu trennen, da unterschiedliche Temperatur- und Zeitprofile erforderlich sind.

# Warmwasser-Flächenheizung/-kühlung – Die ideale Voraussetzung für die Nutzung von Brennwerttechnik, Solarenergie und Umweltwärme bei der Gebäudeheizung/-kühlung

Der Wunsch nach einem komfortablen und behaglichen Heizsystem hat dazu geführt, dass die Fußbodenheizung bei der Raumheizung immer mehr an Bedeutung gewonnen hat. Daneben spielt für viele Bauherren ein möglichst geringer Energieverbrauch des Gebäudes eine wichtige Rolle. Immer mehr Bedeutung findet auch die Anwendung der Flächenkühlung.

Fossile Energiereserven stehen nicht unbegrenzt zur Verfügung. Die Freisetzung von CO<sub>2</sub> bei der Verbrennung beeinträchtigt das Weltklima. Daher wurde der Heiz- und Kühlenergiebedarf moderner Gebäude durch eine Verbesserung der Wärmedämmung und der Heizanlagentechnik kontinuierlich weiter herabgesenkt. Architektonische Maßnahmen, wie die passive Nutzung von Sonnenenergie durch eine Südausrichtung des Gebäudes, wirken ebenfalls mildernd auf den Energieverbrauch.

Der Jahresheizwärmebedarf eines Wohnhauses, welches nach der aktuellen Energieeinsparverordnung EnEV errichtet wird, liegt zwischen ca. 30 bis 70 kWh/m<sup>2</sup>a. Dieser Verbrauch entspricht ungefähr 3 – 7 m<sup>3</sup> Erdgas oder 3 – 7 l Heizöl pro m<sup>2</sup> beheizter Fläche und Jahr. Was nach der alten Wärmeschutzverordnung von 1995 als Niedrigenergiehaus galt, ist nach der EnEV bereits Standard.

Zur Schonung der Umwelt ist es notwendig, diesen Heizwärmebedarf möglichst energieeffizient oder, falls möglich, durch den Einsatz von regenerativen Energiequellen bereit zu stellen.

Es stehen bewährte und anerkannte Anlagen zur Heizenergieversorgung zur Verfügung, die der Forderung nach Energie-

einsparung und Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen nachkommen.

Die

- Öl-/Gasbrennwertgeräte
- Sonnenkollektoren
- und Wärmepumpen

sind Wärmeerzeuger, die effizient mit fossilen Energieträgern umgehen bzw. Sonnenenergie oder Umweltwärme bei der Bereitstellung des Heizwärmebedarfs nutzen.

Allen Anlagen ist eines gemeinsam: Die Nutzung der einzusetzenden Energie ist umso besser, je geringer die notwendige Vorlauftemperatur des Heizwassers ist.

Die Absenkung der Rücklauftemperatur steigert bei Brennwertgeräten den Kesselwirkungsgrad, vermindert bei Sonnenkollektoren, die zur Unterstützung der Raumheizung eingesetzt werden, die Wärmeverluste der Kollektoren und erhöht die mögliche Nutzungsdauer der Solarheizung. Eine Verringerung der Vorlauftemperatur erhöht die Effizienz von Wärmepumpen.

Die Konsequenz ist, dass moderne rationelle Heizsysteme am günstigsten so ausgelegt und betrieben werden, dass sie mit möglichst niedrigem Betriebsmittelniveau betrieben werden, um den Energieverbrauch möglichst gering zu halten. Niedrigtemperatur bedeutet hier eine Temperatur, die einen möglichst geringen Unterschied zu der gewünschten Raumtemperatur hat. Dadurch wird ebenfalls erreicht, dass die Verluste für die Bereitstellung und die Wärmeverteilung des Heizsystems minimiert werden.

Niedrigtemperaturheizungen lassen sich mit großen Heizflächen realisieren. Fußboden- und Wandheizungen sind eine ideale Lösung, die Niedrigtemperaturheizung umzusetzen.

Mit einfachen Mitteln ist auch über die Fußboden- und Wandheizflächen die sog. stille Kühlung realisierbar, zweifellos ist die Kühlleistung auf diesem Wege begrenzt, so lässt sich jedoch selbst bei Komfortklima Anforderungen eine erhebliche Grundlast mit geringem Energieeinsatz abdecken.

Unter dem Gesichtspunkt des Energieverbrauchs verbuchen die Flächenheizungen einen weiteren Pluspunkt:

Das Wohlbefinden und die empfundene Temperatur werden durch das Zusammen-

wirken von Strahlungswärme und Wärme der Raumluft bestimmt. Da Fußboden- und Wandheizungen einen vergleichsweise hohen Strahlungswärmeanteil (ca. 60–75 %) bei der Wärmeabgabe haben, kann die Raumlufttemperatur um 1–2 K gegenüber anderen Heizsystemen niedriger gewählt werden. Daraus resultiert eine systembedingte Energieeinsparung von ca. 6–12 %, da die Lüftungs- und Transmissionswärmeverluste des Gebäudes vermindert werden.

Im Folgenden werden die Kombination von Fußboden- und Wandheizungen sowie auch die stille Kühlung mit den verschiedenen Techniken zur rationellen Energieverwendung beschrieben.

## Brennwerttechnik

Die Brennwerttechnik ist eine ausgereifte und verbreitete Anlagentechnik der Gebäudeheizung.

Die Abgase eines Wärmeerzeugers enthalten neben der fühlbaren Wärme auch latente, d. h. versteckte, nicht fühlbare Wärme. Die latente Wärme ist im Wasserdampf der Abgase enthalten, der bei der Verbrennung von Gas und Öl entsteht.

Die sehr wirksame Steigerung der Energie-nutzung durch die Brennwertkessel beruht auf der Nutzung der Energie des Wasserdampfes der Abgase.

Die im Abgas vorhandene Wärme entweicht bei normalen Niedertemperatur- Heizkesseln zusammen mit dem Wasserdampf ungenutzt in die Umgebung.

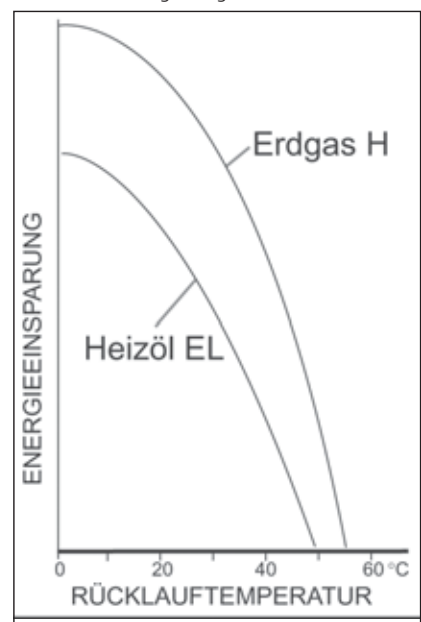


Abbildung 1: Gewinn durch Teilcondensation bei Brennwert-Feuerstätten

Bei Brennwertkesseln kann der Wasserdampf an einem Wärmeübertrager im Abgasstrom kondensieren und somit seine Energie an den Heizungsrücklauf abgeben. Dieser Effekt lässt sich nur dann effizient nutzen, wenn die Rücklauftemperatur nur wenig oberhalb der Raumtemperatur liegt. Die Abbildung 1 stellt den Gewinn durch die Ausnutzung des Brennwerteffektes in Abhängigkeit von der Kondensationstemperatur, die etwa der Rücklauftemperatur der Anlage entspricht, dar. Es wird deutlich, dass bei einer Rücklauftemperatur von weniger als 30 °C, die von Fußboden- und Wandheizungen in Neubauten im Jahresmittel noch unterschritten werden kann, ein Teil der Gebäudeheizung durch den Einsatz der Brennwerttechnik bereitgestellt wird. Bei einem Brennwertgerät auf Erdgasbasis beträgt die Energieeinsparung gegenüber konventionellen Heizkesseln bis zu 15 %. Abbildung 2 zeigt ein Basisschaltbild für den Anschluss einer Wand- und Fußbodenheizung an einen Brennwert-Heizkessel. Weitere Informationen sind dem Informationsdienst „Steuerung und Regelung von Flächenheizungen und -kühlungen auf Basis von Warm-/Kaltwasser für den Wohnungsbau“ des Bundesverbandes Flächenheizungen und Flächenkühlungen e.V. (BVF) zu entnehmen.

Brennwertkessel in Verbindung mit Flächenheizungen gestatten eine wesentlich verbesserte Energienutzung.

## Solarenergie

Die Weiterentwicklung der Solartechnik im Bereich der Kollektoren und Wärmespeicherung hat dazu geführt, dass Kombinations-systeme für die solare Brauchwasserbereitung und die Unterstützung der Raumheizung zur Verfügung stehen. Es gibt Anlagen, die über einen Kombinationswärmespeicher verfügen, der sowohl für die Trinkwassererwärmung als auch als Pufferspeicher für die Raumheizungsunterstützung dient. Eine Untersuchung der Stiftung Warentest hat gezeigt, dass moderne Kombinationsanlagen zur Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung bereits mit einer Kollektorfläche von 10 bis 15 m<sup>2</sup> bis zu 24 % des Energiebedarfs für Heizung und Warmwasser eines Niedrigenergiehaus mit Solarenergie abdecken. In einem nach Wärmeschutzverordnung gedämmten Haus sind es immerhin noch etwas mehr als 20 %, die dann von der Sonne bereitgestellt werden. Abbildung 3 zeigt das Schema einer Solaranlage für Warmwasser und Heizung mit Bedarfheizung durch einen Heizkessel. Die Gebäudeheizung wird an sonnigen Tagen in der Übergangszeit durch die Solaranlage abgedeckt bzw. unterstützt. Die Abbildung 4 zeigt den Querschnitt eines Flachkollektors und die Abhängigkeit des Wirkungsgrades von der Temperaturdifferenz zwischen Absorber und Umgebung. Möglichst niedrige Temperaturdifferenzen zwischen Kollektor

und Umgebung erhöhen den Wirkungsgrad des Systems. Dafür eignet sich die Wand- und Fußbodenheizung besonders, weil die Rücklauftemperatur nur gering über der Raumtemperatur liegt. Dadurch können die Kollektoren auch bei niedrigen Außentemperaturen mit günstigem Wirkungsgrad Wärme in den Heizkreis abgeben. Die Niedrigtemperatur-Wand- und Fußbodenheizung ist ein optimales Heizsystem für Nutzung von Sonnenenergie bei der Gebäudebeheizung.

Bereits bei nach den gesetzlich geltenden Vorschriften gedämmten Gebäuden kann aufgrund der geringen Vorlauftemperatur der Wand- und Fußbodenheizung ein erheblicher Teil des Heizenergiebedarfs durch eine Solaranlage bereitgestellt werden.

## Wärmepumpe

In der Umgebungsluft, im Grundwasser und im Erdreich steht Energie in großem Umfang zur Verfügung. Diese Energie ist zur Gebäudebeheizung zunächst nicht nutzbar, da das Temperaturniveau unter dem der gewünschten Raumtemperatur liegt. Mit einer Wärmepumpe kann die Energie dieser Wärmequellen nutzbar gemacht werden. Dazu wird die vorhandene Wärme auf eine höhere, nutzbare Temperatur gebracht. Die Wärme steht dann zur Gebäudebeheizung zur Verfügung. Dieser Prozess erfolgt durch die Zufuhr von mechanischer Energie, welche durch einen Elektro- oder Verbrennungsmotor bereitgestellt wird (Siehe Abbildung 6). Je größer die Temperaturdifferenz zwischen der Wärmequelle (Umgebung, Erdreich, Grundwasser) und der benötigten Vorlauftemperatur der Gebäudeheizung ist, umso größer ist die aufzuwendende mechanische Hilfsenergie. Eine Wärmepumpe macht Umweltwärme zur Bereitstellung von Heizwärme nutzbar. Dazu wird Hilfsenergie benötigt. Für eine elektrisch angetriebene Wärmepumpe ergibt sich ein Energieflussbild nach Abbildung 7. Das Verhältnis von nutzbarer Wärmeleistung und der aufgenommenen mechanischen Hilfsenergie wird als Leistungszahl bezeichnet. Aus dem physikalischen Prinzip des Prozesses folgt, dass die Leistungszahl umso höher ist, je geringer die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle (Umwelt) und Wärmenutzungsanlage (Heizsystem) ist. Daher werden Wärmepumpen fast ausschließlich in Verbindung mit Flächenheizungen eingebaut.

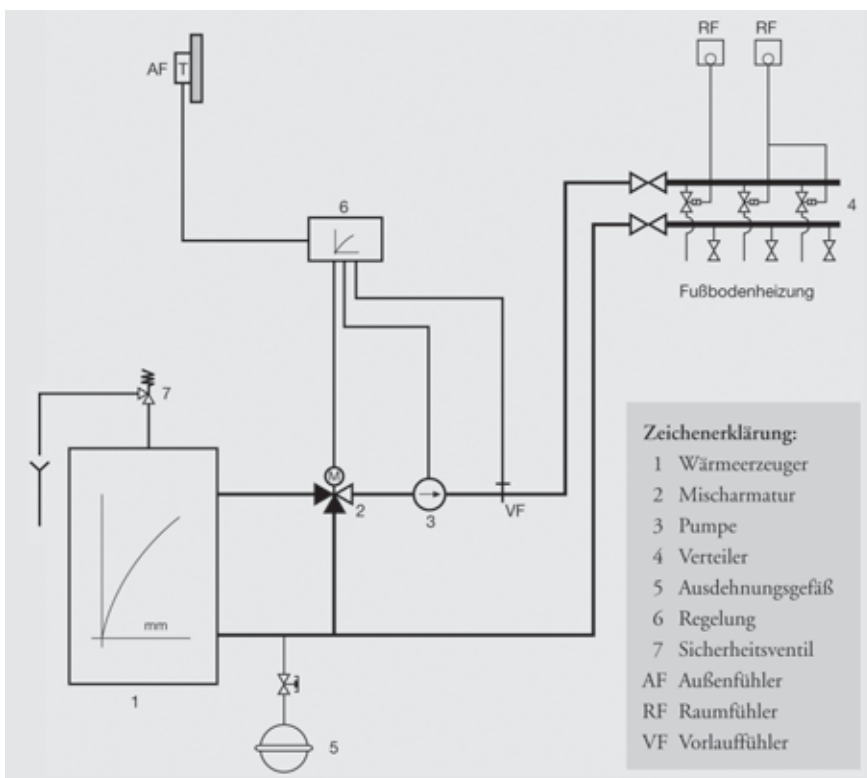


Abbildung 2: Beispielschaltbild für den Anschluss einer Warmwasser-Wand- und Fußbodenheizung an einen Brennwert-Heizkessel

Je nach Wärmequelle und der Art des Wärmeübergabesystems können folgende Werte für die durchschnittlichen Jahresarbeitszahlen erreicht werden:

• Erdreich	4
• Grundwasser	4,5
• Luft	3

Quelle:  
Bundesverband Wärmepumpen e.V.

Diese Werte gelten für Heizsysteme mit einer maximalen Vorlauftemperatur von 35 °C. So wird zur Gebäudebeheizung mit einer Wärmepumpe (Erdreich) in Verbindung mit einer Niedrigtemperatur Fußbodenheizung 75 % des Jahresheizenergiebedarfs durch die Nutzung von Umweltwärme bereitgestellt. Die Abbildungen 8–10 zeigen Beispiele für die Ausführung von Wärmepumpen mit einer Warmwasser-Fußbodenheizung/-kühlung.

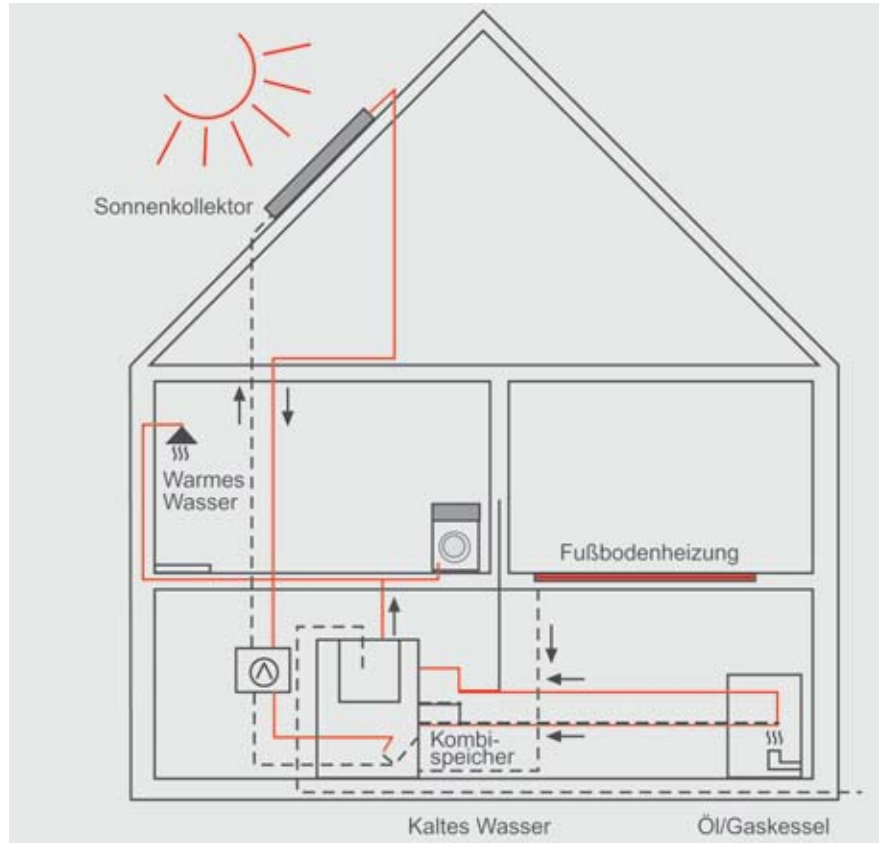


Abbildung 3: Beispielschema einer Solaranlage

Abbildung 4: Querschnitt und allgemeine Wirkungsgradkennlinie für Sonnenkollektoren (prinzipiell).  
Nach: Heizung+Klima-Technik, ISBN 3-486-26213-0

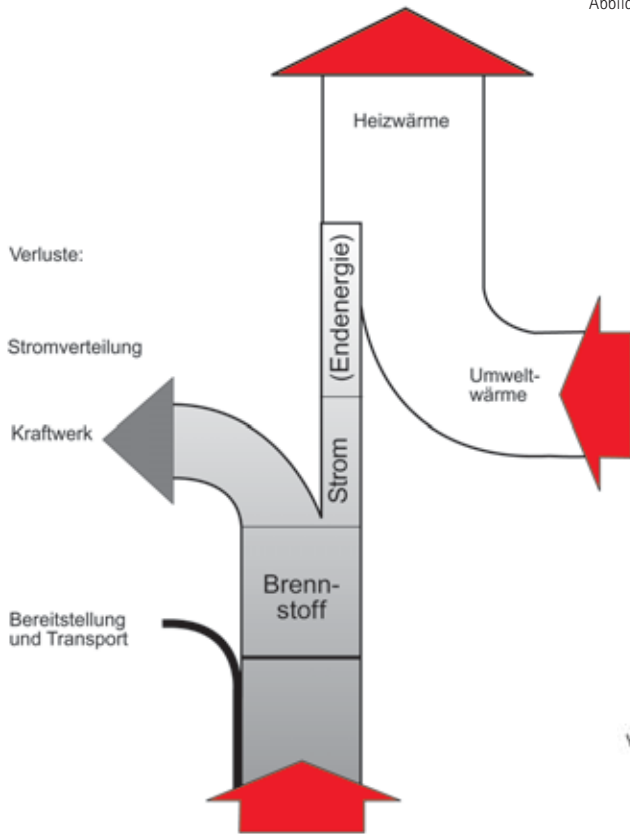
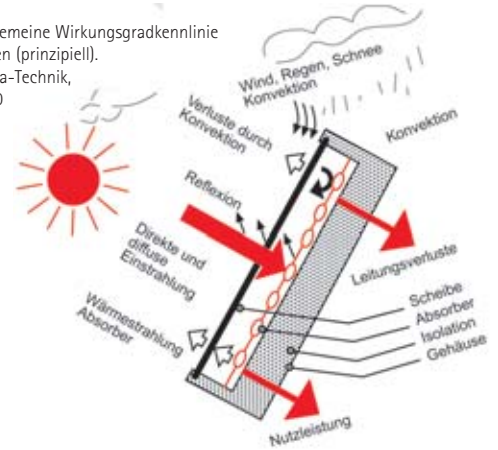


Abbildung 6: Energieflussbild für eine elektrische Wärmepumpe

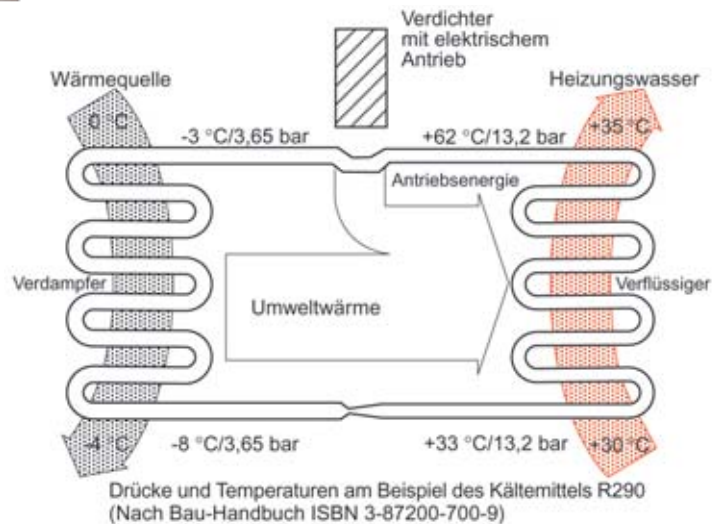


Abbildung 5: Funktionsschema einer Wärmepumpe

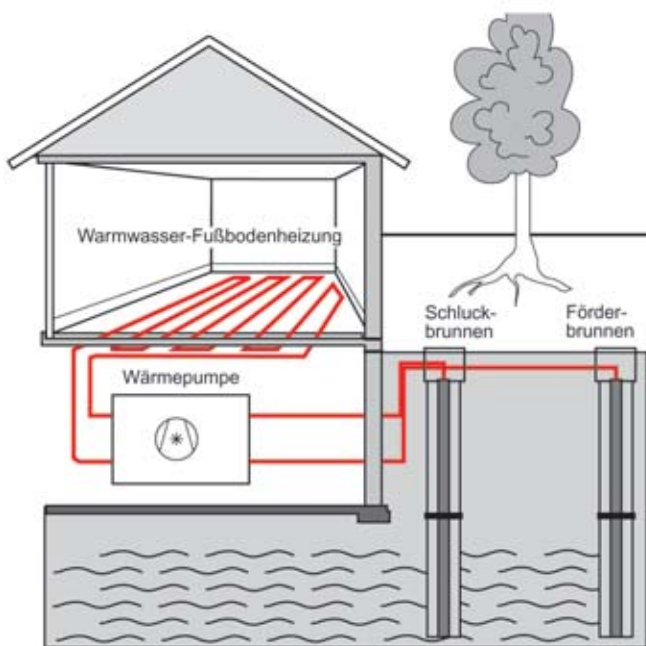


Abbildung 7: Schema einer Grundwasser-Wärmepumpen-Heizungsanlage

## Zusammenfassung

Für die Beheizung von Gebäuden stehen Wärmeerzeuger zur Verfügung, die einen schonenden Umgang mit fossilen Brennstoffen sowie die Nutzung von regenerativen Energiequellen und Umweltwärme ermöglichen. Das Potenzial der Energieeinsparung und die damit verbundene Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen mit dieser Technik lassen sich nur vollständig ausschöpfen, wenn die Differenz zwischen Heizmitteltemperatur und Raumtemperatur so gering wie möglich ist. Damit ist die Warmwasser-Flächenheizung die ideale Voraussetzung für die Nutzung von Brennwertechnik, Solarenergie und Umweltwärme.

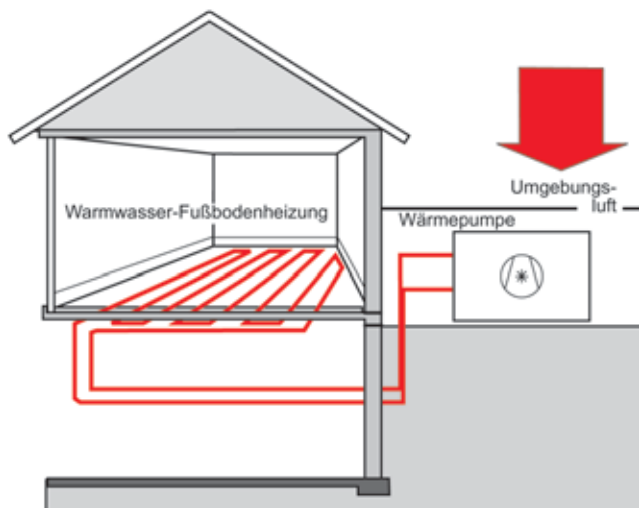
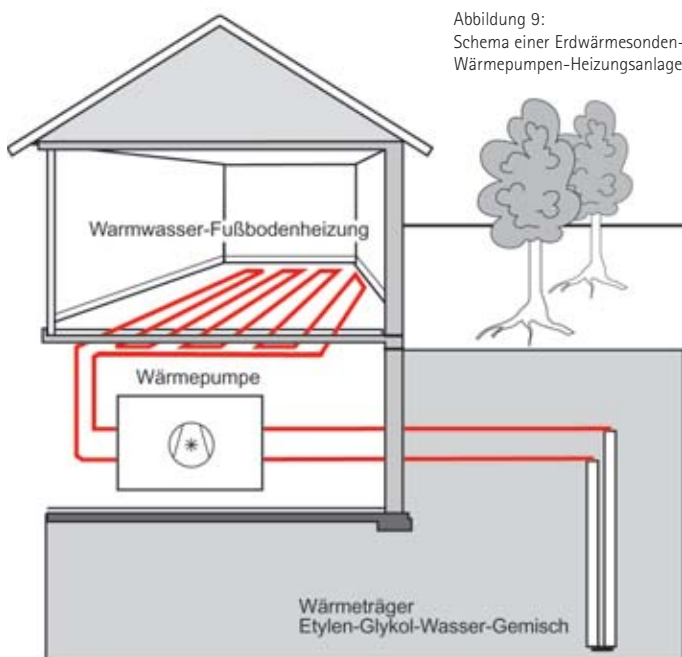


Abbildung 8: Schema einer Luft/Wasser-Wärmepumpen-Heizungsanlage

Abbildung 9:  
Schema einer Erdwärmesonden-  
Wärmepumpen-Heizungsanlage



## Hydraulische Einbindung

### Allgemeine Anforderungen

Eine wichtige Voraussetzung für die einwandfreie Funktion einer Regelung ist eine abgestimmte Hydraulik des gesamten Systems.

Nach DIN 18380 sind die Anlagenteile so einzustellen, dass die geforderten Funktionen und Leistungen erbracht und die gesetzlichen Bestimmungen erfüllt werden. Der hydraulische Abgleich ist so vorzunehmen, dass bei bestimmungsgemäßen Betrieb, also z. B. auch bei Raumtemperaturabsenkung oder Betriebspausen der Heizanlage, alle Wärmeverbraucher entsprechend ihrem Wärmebedarf versorgt werden.

Nur mit einem in allen Komponenten hydraulisch abgeglichenem System lässt sich die erforderliche Regelgenauigkeit erreichen.

Der hydraulische Abgleich gehört zum Leistungsumfang des Auftragnehmers.

### Hydraulische Einbindung kombinierter Flächenkühl-/heizsysteme

Um eine kombinierte Flächenheizung-/kühlung nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten und optimalen Behaglichkeits-Bedingungen betreiben zu können, bedarf es einer auf die speziellen Anforderungen konzipierten Regel-Anlage. Neben dem Einsatz von aufwendiger MSR Technik können jedoch auch vergleichbar einfach konzipierte und damit überschaubare Regelungen zum Ziel führen. Allgemeine Anforderungen an Regelungsanlagen gekoppelter Systeme ergeben sich weiter wie folgt:

- Optimale Energienutzung
- Einfache verständliche Regelung
- Präzises Einhalten der Solltemperatur
- Zeitgenaues Erreichen der Solltemperatur
- Schnelle Reaktion auf wechselnde Einflüsse

Gekoppelte Flächenheiz-/kühlssysteme bieten insgesamt viele Vorteile gegenüber konventionellen Systemen

Finanzen:

- Niedrige Investitionskosten
- Niedrige Betriebskosten

- Eine Anlage mit zwei Funktionen
- Wartungsfreiheit

Energetik

- Nutzung regenerativer Quellen möglich
- Hohe Energieeffizienz durch niedrige Heizmittel- und hohe Quellentemperaturen. d. h. wenig Energieverluste.

### Umschalten Heizen/Kühlen

Bei der Umschaltung von Heizen auf Kühlen ist darauf zu achten, dass alle beteiligten Regelorgane diese Information erhalten. Im Kühlfall müssen die Stellantriebe der Einzelraumregelung (im Gegensatz zum Heizfall) bei steigender Raumtemperatur geöffnet werden. Dies wird durch ein Signal (z.B. potentialfreier Umschaltkontakt) sichergestellt.

### 2-Leitersysteme

Bei Zweileitersystemen, d.h. 1 Vorlauf und 1 Rücklauf, wird zentral zwischen den Betriebsarten Heizen/Kühlen umgeschaltet. Dasselbe Leitungssystem mit je einem Vorlauf und einem Rücklauf wird für beide Betriebsarten verwendet.

Da bei diesen Systemen kein individuelles paralleles raum- oder zonenweises Heizen und Kühlen möglich ist, sind Zweileitersysteme vor allem in kleineren Objekten verbreitet.

### 4-Leitersysteme

Das Vierleitersystem besteht aus je einem Vor- und Rücklauf für die Heizfunktion und einem weiteren Vor- und Rücklauf für die Kühlfunktion.

Hierdurch ist das individuelle Heizen und Kühlen einzelner Räume oder bestimmter Zonen möglich.

Beispielsweise ist es so möglich, in größeren Objekten, Räume die nach Norden ausgerichtet sind zu beheizen und Räume mit Südausrichtung gleichzeitig zu kühlen.

Die Umschaltung der Betriebsart erfolgt über elektronische Regelungen mit elektrisch betriebenen Regelventilen.

### Taupunkt (Schutz vor Feuchtigkeit)

Bei allen Arten der Kühlung ist unbedingt darauf zu achten, dass an keiner Stelle im System Feuchtigkeit durch zu geringe Temperaturen auftritt. Dies wird entweder durch Wassertemperaturen oberhalb des Taupunktes oder durch eine Taupunktregelung gewährleistet.

### Einbindung von Wärmepumpen

Wärmepumpen lassen sich aufgrund ihres niedrigen Temperaturniveaus in einfacher Weise mit Flächenheizungen aber auch Flächenkühlssystemen optimal betreiben. Da die Auslegungsvorlauftemperatur heutzutage je nach Anlagenkonzeption und Gebäude nur ca. 35° C beträgt, können Wärmepumpen im einfachsten Fall direkt auf den angeschlossenen Heizkreis aufgeschaltet werden.

### Fazit: Flächenheizungen in Wand, Boden und Decke

Die Werterhaltung und -steigerung der Bausubstanz beinhaltet immer stärker auch die energetische Betrachtung von Gebäuden. Durch die Beheizung und Kühlung von Wänden, Böden oder/und Decken entsteht nicht nur ein erheblicher Komfort-Vorsprung, sondern auch ein zukunftsweisendes großflächiges Energieverteilssystem, das sich für die Nutzung und vor allem auch für die Nachrüstung regenerativer Energiesysteme anbietet.

Steigende Energiekosten und das wachsende Umweltbewusstsein fördern den Einsatz alternativer Energiesysteme z.B. Solaranlagen und Wärmepumpen.

Unter Berücksichtigung des dazu passenden Energieverteilensystems steht einer späteren Nachrüstung nichts im Wege. Mit geringem zusätzlichem regelungs- und anlagentechnischen Aufwand, kann mit Flächenheizungen über die Wärmepumpe auch gekühlt bzw. temperiert werden.

Die als passive Kühlung bezeichnete Betriebsweise lässt sich sehr kostengünstig verwirklichen. Viele Wärmepumpenhersteller bieten hier bereits entsprechende anschlussfertige Lösungen für die passive oder aktive Kühlung auch für kleinere Objekte an.

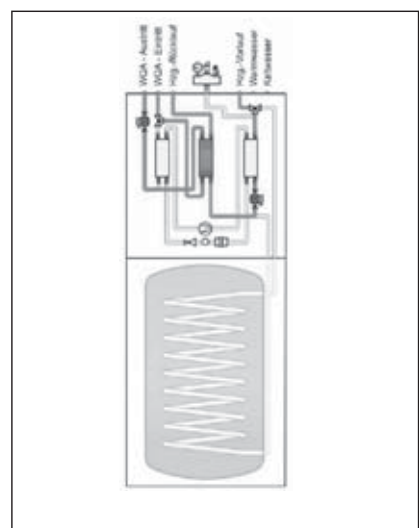
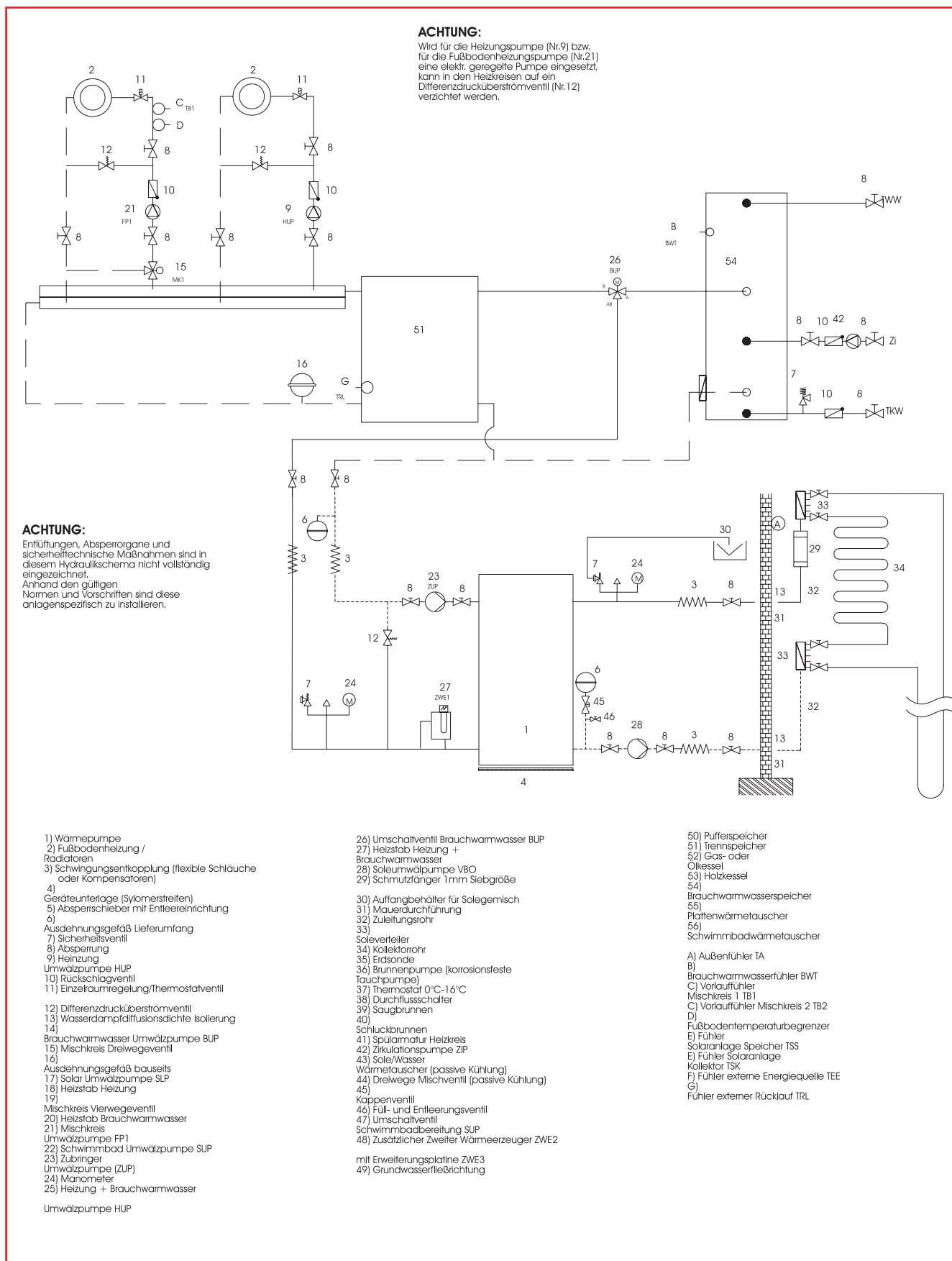


Abbildung 10: Funktionsschema Sole-Wasser-Wärmepumpe mit passiver Kühlfunktion

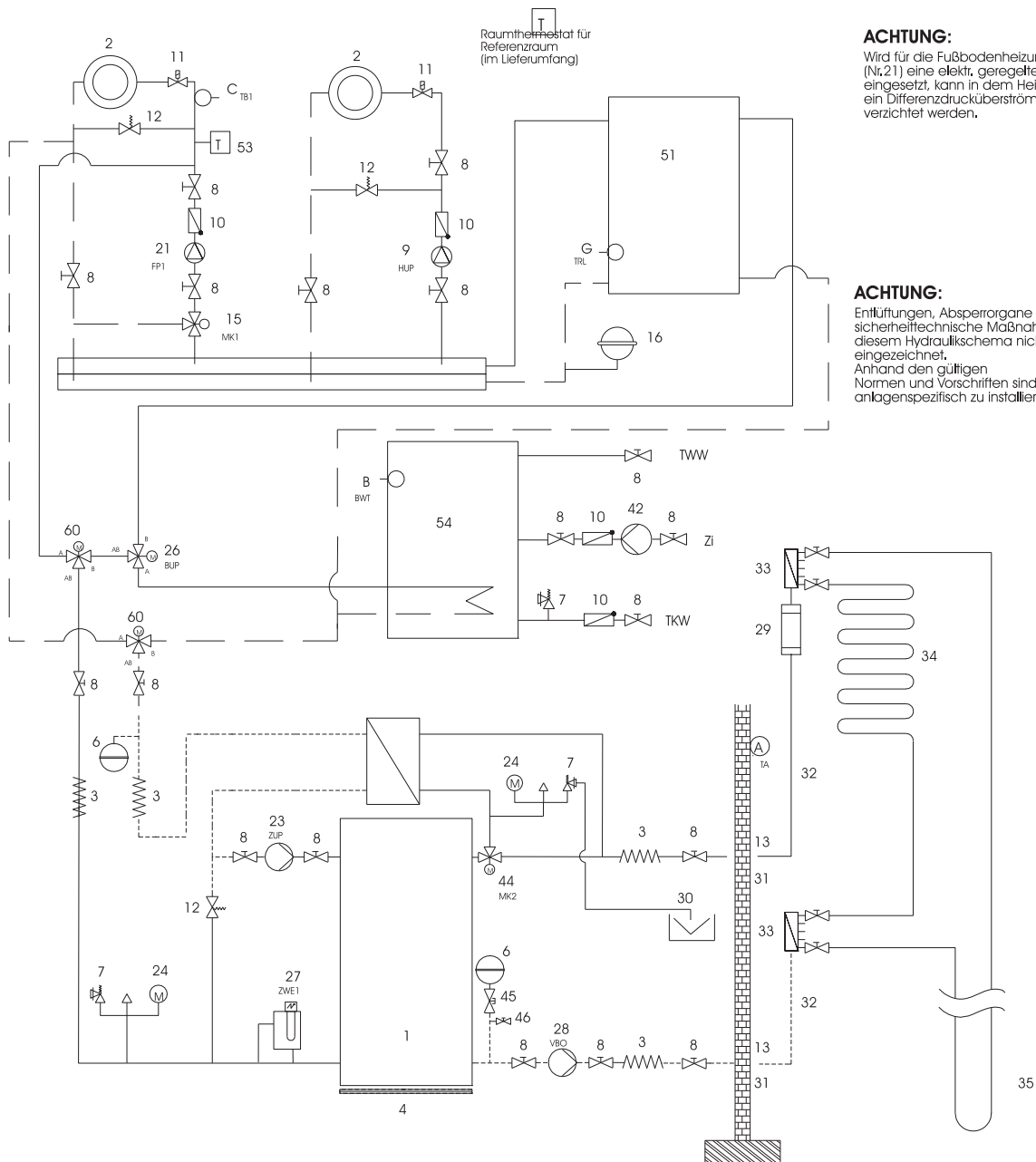
# Ausgeführte Anlagenbeispiele

## Anhang

### Hydraulische Beispielschemata



Schaltbild 11: Wärmepumpe, Betriebsart Heizen



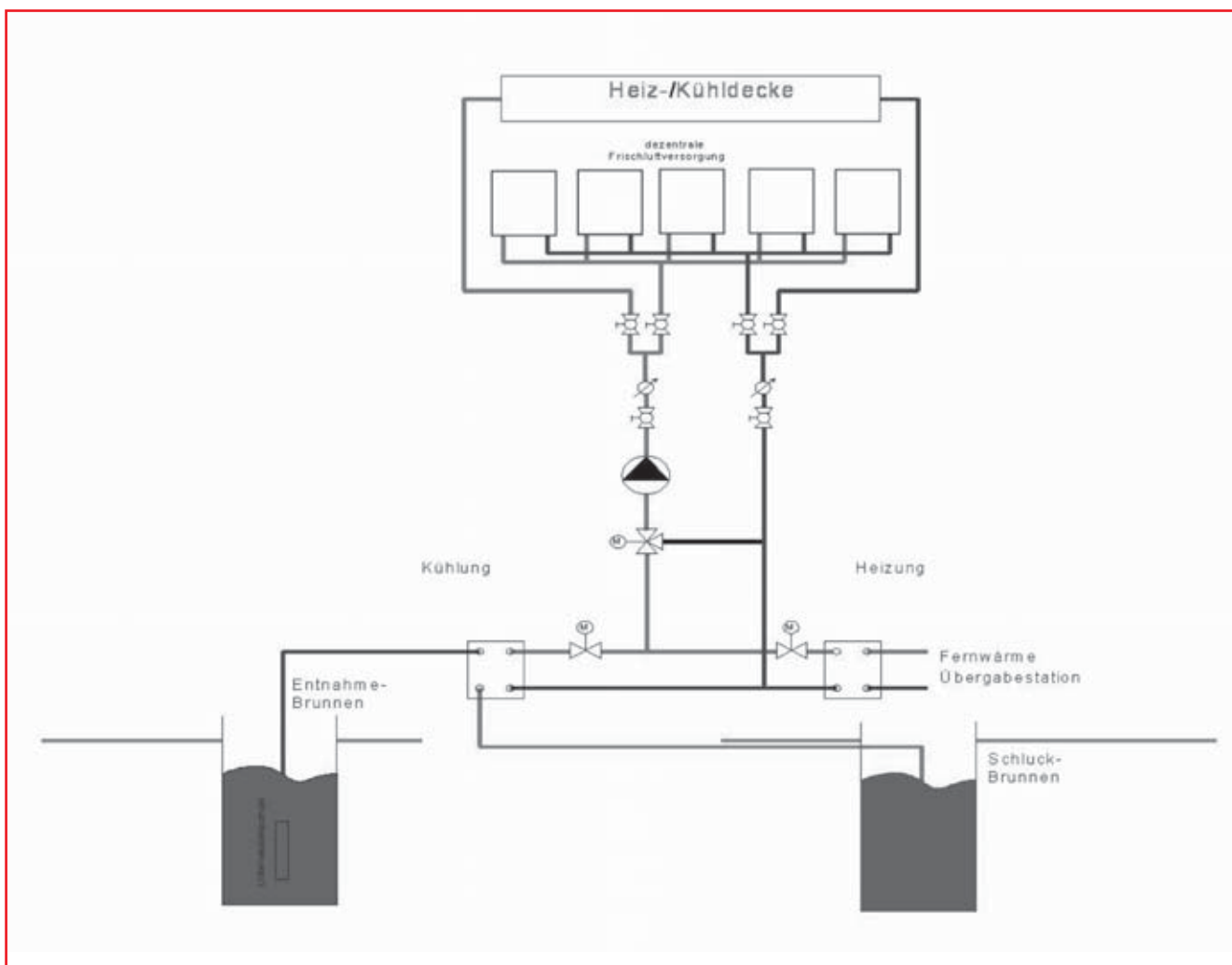
**ACHTUNG:**  
Wird für die Fußbodenheizungspumpe (Nr.21) eine elektr. geregelte Pumpe eingesetzt, kann in dem Heizkreis auf ein Differenzdrucküberströmventil (Nr.12) verzichtet werden.

**ACHTUNG:**  
Entlüftungen, Absperrorgane und sicherheitstechnische Maßnahmen sind in diesem Hydraulikschema nicht vollständig eingezeichnet. Anhand den gültigen Normen und Vorschriften sind diese anlagenspezifisch zu installieren.

- |  |  |   |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Wärmepumpe</li> <li>2) Fußbodenheizung / Radiatoren</li> <li>3) Schwingungsentkopplung (flexible Schläuche oder Kompensatoren)</li> <li>4) Geräteunterlage (Sylomerstreifen)</li> <li>5) Absperrschieber mit Entleereinrichtung</li> <li>6) Ausdehnungsgefäß Lieferumfang</li> <li>7) Sicherheitsventil</li> <li>8) Absperrung</li> <li>9) Heizung Umwälzpumpe HUP</li> <li>10) Rückschlagventil</li> <li>11) Einzelraumregelung/Thermostatventil</li> <li>12) Differenzdrucküberströmventil</li> <li>13) Wasserdampfdiffusionsdichte Isolierung</li> <li>14) Brauchwarmwasser Umwälzpumpe BUP</li> <li>15) Mischkreis Dreiwegeventil</li> <li>16) Ausdehnungsgefäß bauseits</li> <li>21) Mischkreis Umwälzpumpe FP1</li> <li>23) Zubringer Umwälzpumpe (ZUP)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>24) Manometer</li> <li>26) Umschaltventil Brauchwarmwasser BUP</li> <li>27) Heizstab Heizung + Brauchwarmwasser</li> <li>28) Soleumwälzpumpe VBO</li> <li>30) Auffangbehälter für Solegemisch</li> <li>31) Mauerdurchführung</li> <li>32) Zuleitungsrohr</li> <li>33) Soleverfeiler</li> <li>34) Kollektorrohr</li> <li>35) Erdsonde</li> <li>42) Zirkulationspumpe</li> <li>43) Sole/Wasser Wärmetauscher (passive Kühlung)</li> <li>44) Dreiwege Mischventil (passive Kühlung)</li> <li>45) Kapfenventil</li> <li>46) Füll- und Entleerungsventil</li> <li>51) Trennspeicher</li> <li>53) Taupunktwächter (optional als Zubehör)</li> <li>54) Brauchwarmwasserspeicher</li> <li>60) Umschaltventil Kühlbetrieb</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>A) Außenfühler TA</li> <li>B) Brauchwarmwasserfühler BWT</li> <li>C) Vortaufühler Mischkreis 1 TB1</li> <li>G) Fühler externer Rücklauf TRL</li> </ul> |
|--|--|---|

Schaltbild 12: Wärmepumpe, Betriebsart Heizen und passives Kühlen





Schaltbild 13: Heiz-/Kühldecke mit Kälteversorgung über Grundwasser und Wärmeversorgung über Fernwärme

## Normen und Richtlinien

EnEV	Energieeinsparverordnung
DIN EN 12828	Heizungssysteme in Gebäuden - Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen
DIN EN 12831	Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast
DIN EN 12831	Beiblatt 1 Nationaler Anhang NA
VOB DIN 18380	Heizanlagen und zentrale Wassererwärmungsanlagen
DIN EN 1264	Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung
VDI 2078	Kühllastberechnung
DIN EN ISO 7730	Thermische Behaglichkeit
DIN 4108-3	Klimabedingte Feuchteschutz
DIN 18386	Gebäudeautomation
VDE 0100	Errichtung von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V

## EnEV (Energieeinsparverordnung)

Die EnEV legt u.a., Anforderungen an die regeltechnischen Einrichtungen einer Heizanlage fest.

Bei der Verminderung des Energiebedarfs kommt der Regelung der Heizungsanlage eine wichtige Rolle zu.

So können durch den Einbau einer Einzelraumregelung deutliche Einsparungen an wertvoller Heiz-Energie erzielt werden.

Dementsprechend sind in § 14 der EnEV Anforderungen an Einrichtungen zur Steuerung und Regelung gestellt. Während im Satz (1) die Anforderungen an die Zentralheizung aufgeführt sind, wird in Satz (2) zusätzlich eine raumweise Regelung der Raumtemperatur gefordert.

Eine Nachrüstung ist auch in bestehenden Gebäuden in Bezug auf Energieeinsparung und Komfort sehr sinnvoll.

## Literaturhinweise

### Radtke U.

Winnenden:  
Heizungs-Journal Verlags-GmbH  
Das ABC der Flächenheizung und Flächenkühlung, ISBN 3-924788-16-2

### Beuth-Verlag

Systemzusammenstellung von Flächenkühlung, Gütesicherung RAL-GZ 963/2  
Deutsches Institut für Güte-Sicherung u. Kennzeichnung E.V., Beuth-Verlag

### Fachinstitut Gebäude-Klima

Stille Kühlung: Energieeinsparung durch den Einsatz von alternativen Systemen der „stillen“ (passiven) Kühlung in Bürogebäuden und energetische Bewertung der Kälteerzeugung für die „Stille Kühlung“  
Bietigheim-Bissingen, Gebäude-Klima e.V. 1997

### Schloz T.

Informationszentrum Raum und Bau Stuttgart, Kühlung mit Solarenergie  
Stuttgart, IRB-Verl., 1991, 3. erw. Auflage

### Informationszentrum Raum und Bau Stuttgart

Informationszentrum Raum und Bau der Fraunhofer-Gesellschaft . Nr.661  
Kühlung mit Solarenergie  
Stuttgart, IRB Verl., 1985, 1. Auflage

### Glück B.

Bewertungsmaßstab zur optimalen Anordnung, Gesundheitsingenieur 1991, Heft 2

### Glück B.

Heizen und Kühlen über Wand und Deckenflächen, HLH 1991, Heft 9

### Glück B.

Kriterien zum Einsatz thermisch aktiver Flächen, Stadt und Gebäudetechnik 1992, Heft 5

### Cousin R

Raumklimatisierung aus der Wand  
HLH 1990

### Cousin R.

Raumklimatisierung aus der Wand  
HLH 1990

### Hauser G.

Wasserdurchströmte Decken zur Raumkonditionierung  
20. internationaler Arlberg-Kongress 1998

### Olesen B.W.

Flächenheizung und Kühlung – Einsatzbereiche für Fußboden-, Wand- und Deckenheizung  
19. internationaler Arlberg Kongress 1997

# Steuerung und Regelung von Elektro-Fußbodenheizungen

Die elektrische Fußbodenheizung wird in drei unterschiedlichen Systemvarianten angeboten:

- Fußboden Direktheizung
- Gesteuerte Fußbodenheizung
- Fußboden Speicherheizung

Bei allen drei Systemen wird mit elektrischen Heizleitern oder Flächenheizelementen die Fußbodenkonstruktion, in der Regel der Heizestrich, zur Deckung des Wärmebedarfs erwärmt, und dann die Wärme an die Raumluft abgegeben. Bei der Speicher- und der Teilspeicherheizung wird durch erhöhten Konstruktionsaufbau bewusst eine zeitliche Verschiebung der Wärmeabgabe vom Heizestrich an die zu beheizenden Räume erreicht. So kann in Schwachlastzeiten des Energieversorgungsunternehmens zum günstigen Stromtarif der Estrich aufgeheizt und die Wärme verzögert während der Nutzungszeiten an die Räume abgegeben werden. Dient die Flächenheizung nicht der Deckung des Wärmebedarfs sondern der Fußwärme und Komforthöhung, so wird dies als Fußbodentemperierung bezeichnet.

## Selbstregelleffekt

Insbesondere bei Fußbodenspeicher- oder Teilspeicherheizungen, aber auch bei der gesteuerten Direktheizung, greift unabhängig von vorhandenen Steuerungseinrichtungen ein physikalischer Effekt, der die Leistungsabgabe reguliert. Die nachfolgende Erläuterung trifft nicht zu bei sehr oberflächennah verlegten Heizleitungen (z.B. direkt unter dem Bodenbelag) und/oder im Interesse einer schnellen Reaktion bewusst gewählten hohen Anschlussleistung.

Vor allen regeltechnischen Einrichtungen greift bei einem Heizsystem mit niedrigen

Heizflächentemperaturen, insbesondere Fußbodenheizungen, ein physikalischer Effekt, der die Leistungsabgabe reguliert. Die Leistungsabgabe einer Heizfläche an den Raum erfolgt nahezu proportional zur Temperaturdifferenz zwischen Heizflächentemperatur und Raumlufttemperatur.

In einem verordnungskonform gedämmten Wohngebäude liegt die Fußbodenoberflächentemperatur bei einer Fußbodenheizung im Mittel während der Heizperiode bei etwa 23 °C.

Da die Temperaturdifferenz zwischen der Oberfläche des Fußbodens und des Raumes sehr gering ist, reduziert sich die Leistungsabgabe der Fußbodenheizung in erheblichen Maße bei einem Anstieg der Raumlufttemperatur.

Steigt z.B. die Raumlufttemperatur bei einer Fußbodenoberflächentemperatur von 23 °C aufgrund der Sonneneinstrahlung im Raum von 20 °C auf 21 °C, so reduziert sich die Wärmeabgabe um ein Drittel. Umgekehrt hat die Absenkung der Raumlufttemperatur einen Anstieg der Leistungsabgabe zur Folge.

Der Selbstregelleffekt der Fußbodenheizung erfolgt unabhängig von regeltechnischen Anlagen und zeitlich mit veränderten Raumtemperaturbedingungen. Damit ist die Grundlage für ein behagliches Raumklima geschaffen.

## Regeltechnische Einrichtungen

Der Architekt und Planer muss die gesetzlichen Vorschriften und Normen bei der Planung der Regelungseinrichtungen einbeziehen. Der Anlagenersteller muss die zum optimalen Betrieb notwendigen Einstellungen vornehmen.

## Energieeinsparverordnung (EnEV)

Die neue Energieeinsparverordnung ist am 1. Okt. 2009 in Kraft getreten und legt in Verbindung mit der DIN V 4701-10 und DIN V 4108-6 auch die Anforderungen an die regelungstechnischen Einrichtungen einer Heizanlage fest.

Die EnEV ist ein Teil eines Maßnahmenpaketes zur Einsparung bzw. rationellen Verwendung von Energie und zur Redzierung der CO<sub>2</sub>-Emission. Neben den bautechnischen Anforderungen kommt auch der Regelung der Heizungsanlage eine wichtige Rolle zu.

(Dementsprechend sind in § 14 der Verordnung Anforderungen an Einrichtungen zur Steuerung und Regelung gestellt:

(1) Zentralheizungen müssen beim Einbau in Gebäude mit zentralen selbsttätig wirkenden Einrichtungen zur Verringerung und Abschaltung der Wärmezufuhr sowie zur Ein- und Ausschaltung elektrischer Antriebe in Abhängigkeit von

- von der Außentemperatur oder
- einer anderen geeigneten Führungsgröße und
- der Zeit ausgestattet werden)

In der EnEV ist für die elektrische Fußbodenheizung zwar nicht ausdrücklich eine Einzelraumregelung erwähnt, aber die DIN V 4701-10 schreibt unter Punkt 5.3.1 auch für elektrische Flächenheizungen eine Einzelraumregelung vor und unterscheidet zwischen verschiedenen Varianten bis hin zu Einrichtungen mit Optimierungsfunktionen.

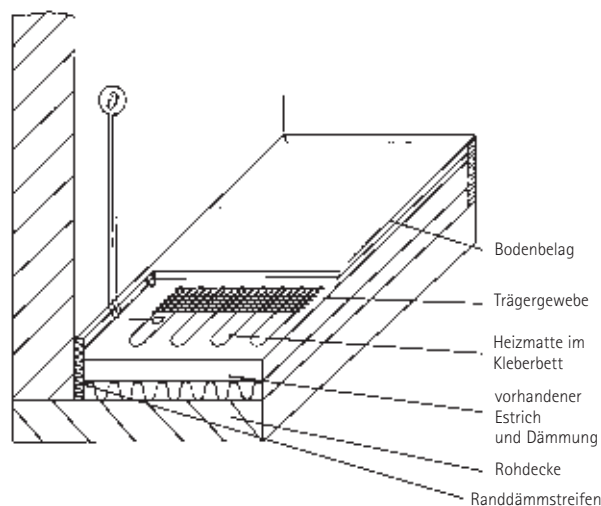


Bild 1: Elektro-Fußbodenheizung unter dem Bodenbelag

## Direkt- oder gesteuerte Fußbodenheizung

Bei der elektrischen Direktheizung wird vom EVU (Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmen) 24 h am Tag Strom für Heizzwecke geliefert. Für die gesteuerte Fußbodenheizung wird vom EVU mindestens 16 Stunden am Tag der Strom für Heizzwecke zur Verfügung gestellt, wobei die Unterbrechungen nicht länger als jeweils 2 h betragen dürfen und die Freigabedauer zwischen zwei Unterbrechungen mindestens 2 h betragen soll.

## Zentrale Regelung für Direkt- oder gesteuerte Fußbodenheizung

Die zentrale Regeleinrichtung erfasst die Außentemperatur oder eine andere geeignete Führungsgröße und führt nachgeschalteten Regeleinrichtungen für die raumweise Temperaturregelung diese und auch die Zeitinformation zu.

Der Witterungsfühler wird in der Regel an der Außenwand des Gebäudes montiert, zu der sich die Hauptnutzungsräume befinden. Das Zentralsteuergerät ist bei einem Mehrfamilienhaus in der Regel in der Hauptverteilung, bei einem Einfamilienhaus in der Wohnungsverteilung untergebracht.

## Raumtemperaturregelung für Direkt- oder gesteuerte Fußbodenheizung

Für die individuelle raumweise Regelung der Heizintensität werden unterschiedliche Systeme angeboten. Ein kombinierte Raum/ Bodentemperaturregler ist eine der möglichen Varianten. Hierbei schaltet der in dem jeweiligen Raum angeordnete Raumtemperaturregler die Heizleistung abhängig von der Raumtemperatur ein/aus und ein eingebauter Bodentemperaturregler schaltet die Heizleistung abhängig von dem vom Zentralsteuergerät vorgegebenen Sollwert ab, auch wenn die gewünschte Raumtemperatur noch nicht erreicht ist. Dieser Regler hat auch die Funktion eines Temperaturbegrenzers. Eine weitere mögliche Variante ist der Einbau der Raum- oder Zonensteuerung in der Elektro-Verteilung.

In jedem Fall ist pro Raum oder Heizzone der Einbau mindestens eines Fußbodenfühlers erforderlich, über den die Außentemperatur- und zeitgeführte Beheizung der Fußbodenkonstruktion gesteuert wird. Wenn mit diesem Fühler nicht auch eine Begrenzung der Bodentemperatur im Fehlerfall realisiert wird, muss pro Raum oder Heizzone zusätzlich ein Temperaturbegrenzer eingesetzt werden.

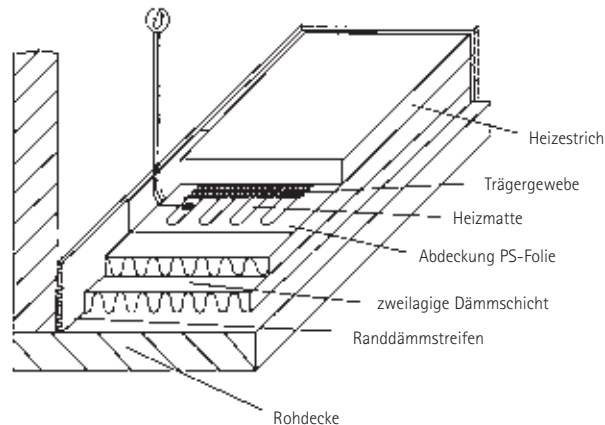


Bild 2: Elektro-Fußbodenheizung im oder unter dem Estrich

## Speicherheizung

Bei einer Fußboden Speicherheizung wird überwiegend während der Schwachlastzeit in der Nacht und nachrangig auch während einiger Stunden am Tage die Fußbodenkonstruktion aufgeheizt. Zeitverzögert wird dann bedarfsabhängig die Wärme an den Raum abgegeben.

## Zentrale Regelung für Speicherheizung

Ein Witterungsfühler, der in der Regel an der Außenwand angebracht wird, zu der die Haupträume angeordnet sind, erfasst die Mauerwerktemperatur und führt diese in geeigneter Weise an das in der Elektroverteilung montierte Zentralsteuergerät. Der Fühler wird deshalb in der Wand eingeputzt, um eine Durchschnittstemperatur zu erfassen. Zusätzlich wird im Zentralsteuergerät ein geeigneter Mittelwert aus dem Temperaturgang der letzten 24h gebildet. Damit ist eine bedarfsgerechte Aufladung sichergestellt. Am Zentralsteuergerät werden die anlagen und EVU spezifischen Parameter eingestellt. Heute sind diese Geräte mit einem Microcontroller ausgestattet.

Die Temperaturbegrenzung im Störfall übernimmt bei der Speicherheizung die Zentralsteuerung. Damit wird eine unzulässige lange Aufladedauer verhindert. Sobald die der Bemessung zugrunde gelegte Freigabedauer für die Aufladung überschritten ist, schaltet eine Freigabeüberwachung alle angeschlossenen Heizkreise ab.

## Raumtemperaturregelung für Speicherheizung

Die individuelle Regelung der einzelnen Zonen oder Räume erfolgt über Aufladeregler. Aufladeregler sind in der Regel in der Elektroverteilung montiert, können aber auch kombiniert mit einem Raumthermostat im Einzelfall im Raum montiert sein.

Am Aufladeregler ist ein Bodentemperaturfühler angeschlossen, der abhängig von der Zeit, Witterung und den eingestellten Parametern die Fußbodentemperatur führt und überwacht. Getrennte Einsteller für Nacht- und Tagladung ermöglichen eine optimale Anpassung an unterschiedliche Nutzungsgewohnheiten und Stromtarife des EVU.

Wenn eine Fußbodenspeicherheizung für die Beheizung gewählt wird, soll für die Wohnräume eine Zusatz-Direktheizung eingeplant werden. Wenn diese Zusatzheizung ebenfalls als Bodenheizung ausgeführt wird, erfolgt die Steuerung über einen Raumthermostaten und einen Temperaturbegrenzer oder ein kombiniertes Gerät, wie unter Direktheizung beschrieben.

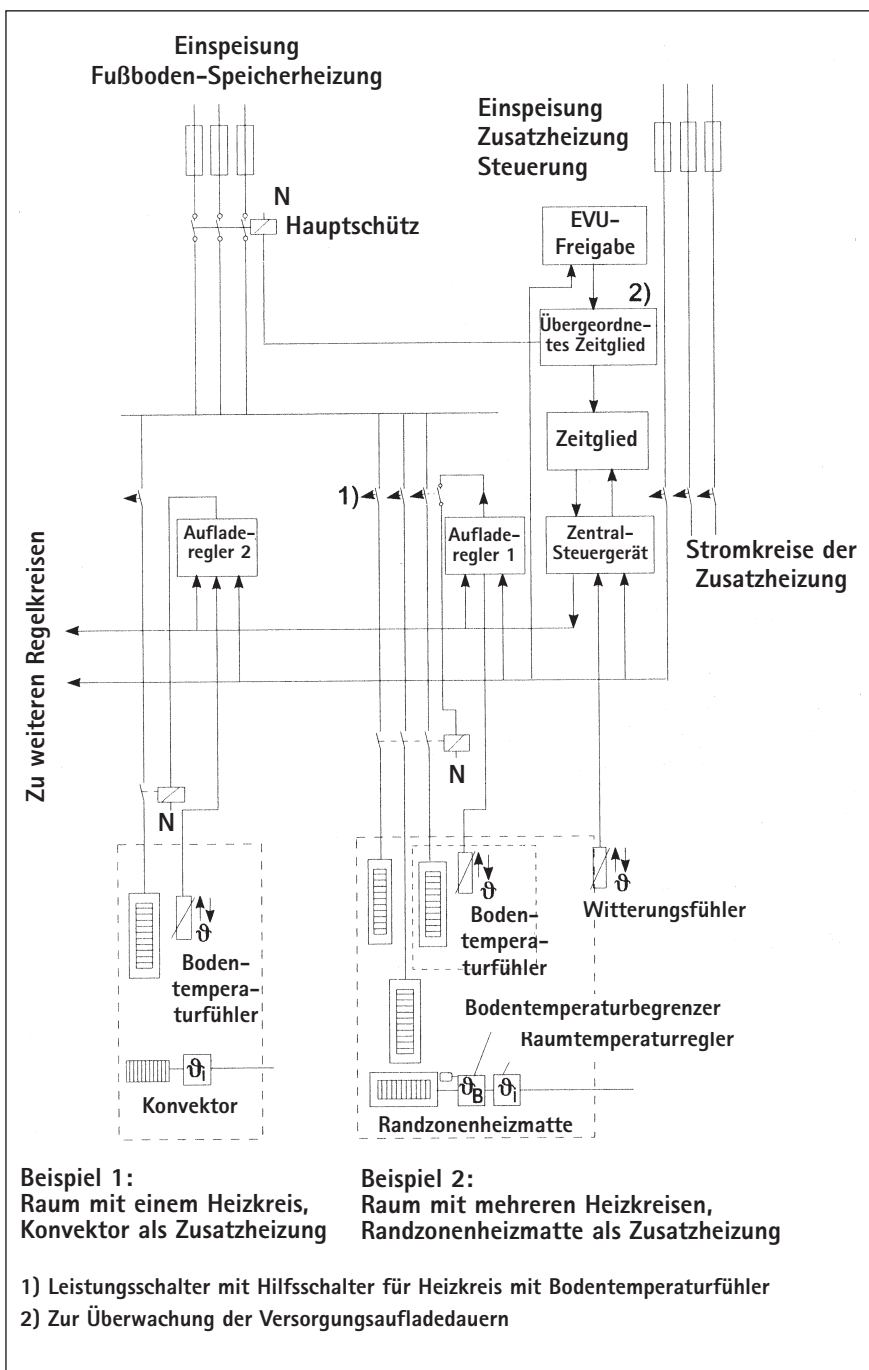


Bild 3: Steuerung einer Elektro-Speicherheizung nach DIN V 44576

**Hinweis:**

Das obenstehende Anschlussbeispiel einer elektrischen Fußboden-Speicherheizung ist eine Prinzipdarstellung. Abhängig von den Vorschriften des jeweiligen EVU kann die Ausführung von diesem Vorschlag abweichend sein.

**Normen und Richtlinien:**

DIN EN 12098-3	Mess-, Steuer- und Regleinrichtungen für Heizungen - Teil 3: Witterungsführte Regeleinrichtungen für Elektroheizungen
DIN EN 12098-4	Mess-, Steuer- und Regleinrichtungen für Heizungen - Teil 4: Tarifgeführte Ein-/Ausschalt-Optimierer für Elektroheizungen
DIN EN 50350:2004	Elektrische Raumheizung; Aufladesteuerung für elektrische Speicherheizung
DIN 44576:2007	Elektrische Raumheizung; Fußbodenheizung
DIN EN 60730-1/-2-9	Automatische elektrische Regel- und Steuergeräte für den Hausgebrauch und ähnliche Anwendungen
DIN EN 60335-2-96: 2002 + A1: 2004 + A2: 2009	Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke - Teil 2-96: Besondere Anforderungen für Flächenheizelemente (IEC 60335-2-96:2002 + A1:2003), (VDE 0700-96)
DIN IEC 60335-2-106: 2007	Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke - Teil 2-106: Besondere Anforderungen für Heizsysteme unter Teppichen zur Raumheizung (IEC 61/2739/CDV: 2004)
DIN VDE 0100-753	Errichten von Niederspannungsanlagen - Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art; Teil 753: Fußboden- und Decken-Flächenheizungen

# Herstellung von Wandheiz- und -kühlsystemen im Wohnungs-, Gewerbe- und Industriebau

Wandheiz-/kühlsysteme haben sich in den vergangenen Jahren in Kombination mit modernen Wärmeerzeugungstechniken und ähnlich wie Fußbodenheizungen einen zunehmend wachsenden Marktanteil erobert.

Wandheiz-/kühlsysteme fördern die Behaglichkeit des Raumklimas:

- Im Heizfall wird der größte Teil der Wärme als Strahlungswärme abgegeben.
- Wandheiz-/kühlsysteme erhöhen die empfundene Behaglichkeit proportional zu dem Anteil der beheizten oder gekühlten raumumfassenden Flächen.

Wandheiz-/kühlsysteme tragen dazu bei, den Energieverbrauch zu senken: Die empfundene Behaglichkeit hängt von der operativen Temperatur, dem Mittelwert aus Lufttemperatur und der durchschnittlichen Oberflächentemperatur der raumumfassenden Flächen ab. Durch die Erhöhung der mittleren Oberflächentemperatur der raumumfassenden Flächen im Heizfall kann die Lufttemperatur abgesenkt werden. Dieser Zusammenhang führt zu einer deutlichen Absenkung des Energieverbrauchs aufgrund von reduzierten Wärmeverlusten. Die Raumluftqualität wird als angenehmer empfunden.

Im Kühlfall bewirken die aktivierten Umfassungsflächen durch die sogenannte „stille Kühlung“ ein sehr behagliches Raumklima. Hierbei liegt die Wandoberflächentemperatur nur ca. 4 bis 6 Kelvin unter der Raumlufttemperatur.

Wandheiz-/kühlsysteme sind Niedrigtemperatursysteme. Große Flächen des Raumes können zur Belegung genutzt werden. Die

Heiz- / Kühlmitteltemperatur liegt daher nur geringfügig über bzw. unter der Raumlufttemperatur. Eine Kombination mit einer Fußbodenheizung /-kühlung ist möglich.

Weitere Vorteile eines Wandheiz-/kühlsystemes sind:

- Kostengünstige Installation
- Wirtschaftliche und energieeffiziente Betriebsweise
- Innenarchitektonische Freiräume
- Kein Renovierungs- und zusätzlicher Reinigungsaufwand für Heizflächen
- Günstigste raumlufthygienische Verhältnisse
- Zukunftsorientiert und umweltfreundlich durch die Nutzbarkeit regenerativer Energien
- Gute Regelfähigkeit
- Behagliches Raumklima

## Einsatzgebiete

Wandheiz-/kühlsysteme eignen sich hervorragend für den Einsatz in Niedrigenergiehäusern.

Durch die idealen hygienischen Verhältnisse in Räumen mit Wandheiz-/kühlsysteme sind diese auch für den Einsatz in Krankenhäusern und Sportstätten bestens geeignet. Die Reduzierung der Unfallgefahr und die Behaglichkeitsanforderungen in Bädern und Schwimmbädern machen die Wandheizung hier zu einem interessanten Heizsystem, da auch eine optimale Kombination mit einer Fußbodenheizung möglich ist. Eine Kühlfunktion ist aufgrund erhöhter Luftfeuchtigkeit und Nutzerempfinden nicht erforderlich. Im Bestand überzeugen die Wandsysteme mit vielfältigen praxisnahen Ausführungsmöglichkeiten.

Die Erfahrungen aus der Normung und Konstruktion der Fußbodenheizungen werden auch bei den Wandheiz-/kühlsystemen genutzt und sind in DIN EN 1264 genormt.

Die vorliegende Richtlinie bezieht sich auf die Herstellung von Wandheiz-/kühlsysteme und gibt den derzeit vorliegenden technischen Erfahrungsstand wieder.

Um eine sachgerechte Planung durchzuführen und eine dauerhaft funktionsfähige beheizte bzw. gekühlte Wandkonstruktion herzustellen, sind die am Schluss dieser Richtlinie angegebenen Normen und Regeln einzuhalten.

## Allgemeine Konstruktionsprinzipien eines Wandheiz-/kühlsystems

Das System kann als Warmwasser-System mit Rohren aus Kunststoff, Kunststoff-Aluminium-Verbundwerkstoff, Kupfer-Kunststoff oder Kupfer und als elektrisches System (nur Heizung) mit elektrischen Heizleitungen oder Flächenheizelementen errichtet werden.

Bei Wandsystemen werden die Rohre, Heizleitungen oder Flächenheizelemente direkt oder auf einer Dämm- bzw. Systemplatte auf der Wand verlegt und befestigt. Die raumseitige Wandkonstruktion dient als wärmeübertragende Fläche. Sie kann mit

- Wandputz
- Trockenbauplatte
- Holz-, Kunststoff- oder Metallplatte

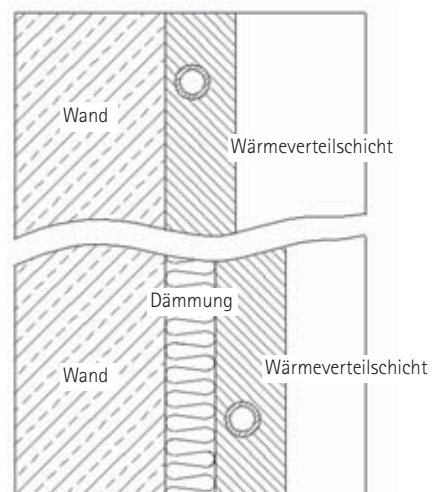
ausgeführt werden.

Sind zusätzliche Wandbeläge gewünscht, so können

- Tapete oder Anstrich
- Strukturputz
- Fliesen oder Naturwerkstein

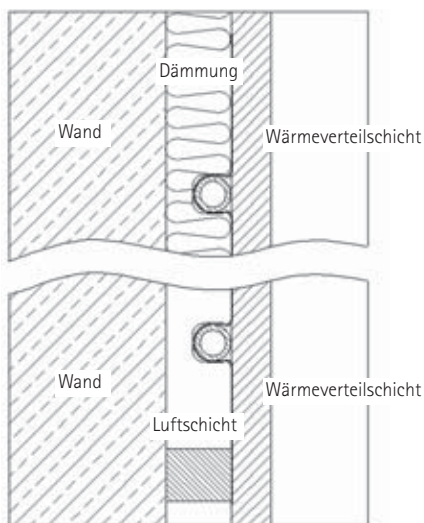
eingesetzt werden.

## Bauarten von Wandheiz-/kühlsystemen



### Bauart A:

Rohre oder Heizleitungen in der Wärmeverteilschicht (Putz oder Trockenbauplatte). Ausführung direkt auf der Wand oder mit zusätzlicher Dämmschicht.



### Bauart B:

Rohre- oder Heizleitungen in der Dämmschicht integriert (evtl. mit Leitblech). Ausführung direkt auf der Wand oder mit zusätzlicher Dämmschicht.

### Folgende Ausführungsformen der Bauart A sind möglich

- Wandheiz-/kühlsysteme direkt auf der Wand, Heizrohre, -leitungen in der Wärmeverteilungsschicht (Wandputz)

Soweit eine Dämmung an dieser Position nicht erforderlich ist, werden die Rohre direkt auf der Wand verlegt. Die Rohre werden mit geeigneten Befestigungen fixiert. Bewegungsfugen im Wandbelag können erforderlich sein.

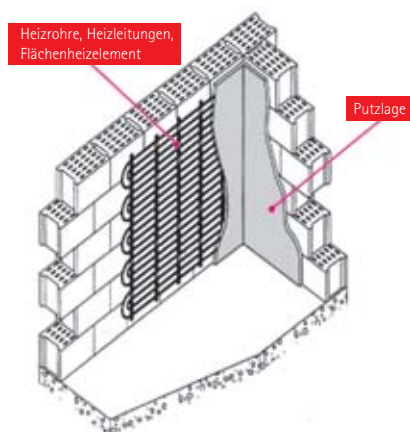


Bild 1: Verlegung der Rohre, Heizleitungen und Flächenheizelemente direkt auf der Wand mit Wandputz

- Wandheiz-/kühlsysteme mit Systemplatte und Dämmung; Heizrohre, -leitungen in der Wärmeverteilungsschicht (Wandputz)

Die Befestigung der Systemplatte erfolgt mit Tellerdübeln oder anderen geeigneten dauerhaften Mitteln auf der Wand. Die Rohre werden in oder auf der Wand befestigt.

Bei größeren aktiven Wandflächen dieser Bauart können zusätzliche Bewegungsfugen erforderlich sein. Art und Anordnung sind vom Planer vorzugeben.

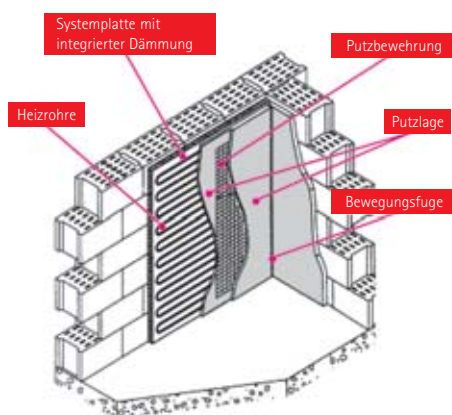


Bild 2: Verlegung der Rohre in oder auf einer Systemplatte mit Wandputz

Bei den erforderlichen Putzarbeiten sind die Verarbeitungsvorschriften des Systemherstellers, die DIN 18550 und die VOB/C DIN 18350 zu beachten. Eine größere Putzdicke kann ein Arbeiten in mehreren Putzlagen erforderlich machen.

Gipsputze sollten vorzugsweise einlagig zweischichtig (frisch in frisch) verarbeitet werden. In die oberste Schicht kann eine Putzbewehrung eingebettet werden.

- Wandheiz-/kühlsysteme auf Unterkonstruktion; Rohre, Heizleitungen in der Wärmeverteilungsschicht (z.B. Trockenbauplatte)

Die abschließende Wandverkleidung wird als Trockenbauplatte mit integrierten Rohren ausgeführt.

Um die Längenausdehnung der Wandkonstruktion zu ermöglichen, sind Bewegungsfugen zu angrenzenden und durchdringenden Bauteilen (z.B. Boden, Decke und Wände) herzustellen.

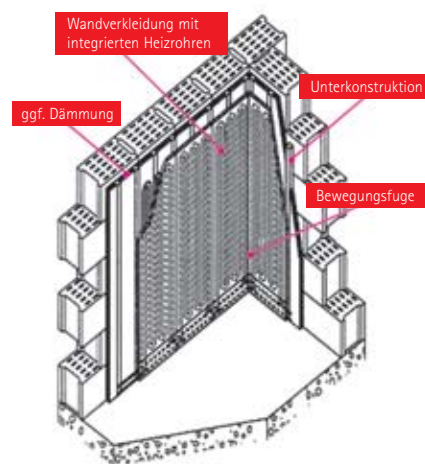


Bild 3: Verlegung der Rohre innerhalb spezieller Wandverkleidungsplatten

### Folgende Ausführungsformen der Bauart B sind möglich

- Wandheizung direkt auf der Wand; Heizrohre, -leitungen sind von der Wärmeverteilungsschicht getrennt

Die Heizrohre oder Heizleitungen bzw. Flächenelemente erwärmen den Hohlraum zwischen Wand und Verkleidung. Die Wärmeübertragung erfolgt über die Verkleidung an den Raum. Die abschließende Wandverkleidung wird auf der Unterkonstruktion befestigt. Eine Kühlfunktion ist bei dieser Konstruktion nicht realistisch.

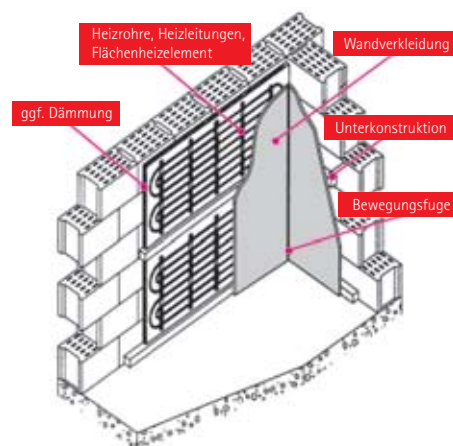


Bild 4: Verlegung der Rohre, Heizleitungen und Flächenelemente direkt auf der Wand bzw. einer Dämmung in einem Hohlraum und Verkleidung ausgeführt mit Trockenbauplatte

- Wandheiz-/kühlsysteme in der Systemplatte mit integrierter Wärmedämmung (evtl. mit Leitblech) und vorgesetzter Energieverteilungsschicht (Trockenbauplatte)

Die Rohre oder Heizleitungen sind in eine Systemplatte mit Wärmeleitblechen integriert. Die Wärmeübertragung erfolgt durch Wärmeleitung der Bleche über die Wandverkleidung in den Raum bzw. im Kühlfall aus dem Raum heraus in das gekühlte Rohr.

Die abschließende Wandverkleidung wird auf der Unterkonstruktion befestigt. Um die Längenausdehnung der Wandkonstruktion zu ermöglichen, sind Bewegungsfugen zu angrenzenden und durchdringenden Bauteilen (z.B. Boden, Decke und Wand) herzustellen. Art und Anordnung der Fugen sind vom Planer vorzugeben.

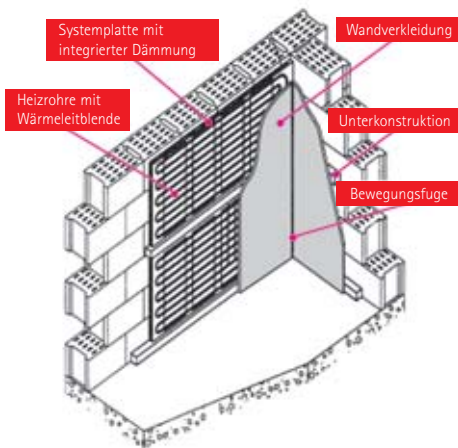


Bild 5: Verlegung der Rohre in einer Systemplatte. Zur Verbesserung der Wärmeverteilung werden auch Wärmeleitbleche eingesetzt.

## Bauliche Voraussetzungen für beheizte/gekühlte Wandkonstruktionen

Wandheiz-/kühlsysteme können auf gemauerten Wänden, Fertigteil- und Betonwänden sowie als Ständerkonstruktion aufgebauten Trockenbauwänden ausgeführt werden. Die Wand muss den statischen Anforderungen zur Aufnahme der Wandheiz-/kühlsysteme und der vorgegebenen Statik genügen. Die Wand muss den Anforderungen hinsichtlich Winkel- und Ebenheitstoleranzen der DIN 18202 entsprechen. Alle Elektro- und Sanitärinstallationsarbeiten in der für die Beheizung/Kühlung vorgesehenen Wand müssen abgeschlossen sein. Vorhandene Rohrleitungen, Elektroleitungen o. ä., die auf der Rohwand verlegt sind, müssen festgelegt sein. Vorhandene Bauwerksfugen in der Wand müssen eine gleichmäßige Breite haben, vollkantig sein, geradlinig und fluchtgerecht verlaufen. Über konstruktiven Bauwerksfugen sind die Wandflächen zu unterbrechen.

Die Rohwand muss augenscheinlich erkennbar trocken sowie frei von Verunreinigungen und losen Bestandteilen sein. Bevor die beheizte Wandkonstruktion hergestellt wird, müssen Außentüren sowie Fenster eingebaut sein, wobei erforderlichenfalls nicht verglaste Fenster- oder Türöffnungen durch Folien zu schließen sind.

Bei der Ausführung der Putz- und Fliesenarbeiten dürfen Raumlufttemperaturen und Baustofftemperaturen nicht unterhalb +5°C liegen. Wird die Wandverkleidung gespachtelt, sind die Verarbeitungshinweise des Spachtelmaschenherstellers zu beachten.

## Bauteile für Wandheiz-/kühlsysteme

### ● Wärmedämmung

Der Wärmedurchgangskoeffizient der Bauteilschichten zwischen Wandheiz-/kühlsystemen und Außenluft oder zu Gebäudeteilen mit wesentlich niedrigeren Innentemperaturen ist gemäß EnEV bzw. DIN EN 1264 zu dimensionieren. Sinnvoll ist ein U-Wert von wenigstens 0,35 W/m<sup>2</sup>K.

Bei Renovierungen gilt der U-Wert < 0,30 W/m<sup>2</sup>K bzw. 0,24 W/m<sup>2</sup>K für Außenwände entsprechend EnEV, Anhang 3, ggf. sind die Anforderungen aus dem Energiepass der EnEV zu berücksichtigen.

Wandheiz-/kühlsysteme an Wänden zu fremden Bereichen sind nach DIN EN 1264 auszuführen. Die Berechnung des Wärmeleitwiderstandes der Gesamtkonstruktion RIW erfolgt ab der Rohrebene.

Bei der Planung eines Wandheiz-/kühlsystems ist zu berücksichtigen, dass auch die Rückseite der Wand erwärmt bzw. gekühlt wird.

Der Wärmestrom in den bzw. aus dem rückseitigen Raum hängt von der Wandkonstruktion und der ggf. eingebauten Dämmung ab.

Bei Anbringung einer Innendämmung an Außenwänden ist ggf. eine genaue bauphysikalische Betrachtung, in Bezug auf Taupunkt in der Wandkonstruktion, vorzunehmen.

### ● Rohre und Heizleitungen

Wichtige Bauteile eines Wandheiz-/kühlsystems sind die Rohre aus Kunststoff, Kunststoff-Aluminium-Verbundwerkstoff, Kupfer-Kunststoff oder Kupfer und die elektrischen Heizleitungen bzw. Flächen-

heizelemente. Bei Rohren erfolgt der Wärmetransport durch warmes bzw. kaltes Wasser. Bei elektrischen Heizleitungen bzw. Flächenheizelementen wird der Effekt der Erwärmung eines stromdurchflossenen Leiters als Wärmequelle genutzt (nur Heizung). Weitere Informationen können unter anderem dem Informationsdienst „Rohre und elektrische Heizleitungen“ des Bundesverbandes Flächenheizungen und Flächenkühlungen e. V. entnommen werden.

### ● Befestigung von Rohren und Heizleitungen bzw. Flächenheizelementen

Rohre und Heizleitungen bzw. Flächenheizelemente sind so zu befestigen, dass deren planmäßige Lage – horizontal und vertikal – sichergestellt ist.

Die Vorgaben für die maximalen Abstände der Rohrfixierung sind systemspezifisch. Die Herstellerangaben sind zu beachten.

Es ist systemabhängig zu klären, ob eine Entlüftungsmöglichkeit zu schaffen ist.

### ● Putzbewehrung

Die Notwendigkeit einer Putzbewehrung hängt von dem verwendeten Wandheiz-/kühlsystem und Putzsystem ab.

Der Einbau einer Putzbewehrung ist nach den Angaben des Wandheiz- bzw. Putzsystemherstellers auszuführen.

Putzbewehrungen sind Einlagen im Putz z. B. aus mineralischen Fasern oder aus Kunststofffasern.

Eine Putzbewehrung erhöht die Zugfestigkeit des Putzes und beugt der Verbreiterung von eventuell auftretenden Rissen vor.

### ● Wandputz

Der Wandputz und die Wandverkleidung sind bei einem Wandheiz-/kühlsystem die „Wärmeverteilschicht“.

Dieses Bauteil wird als Putz wahlweise mit den Bindemitteln Gips, Kalk, Lehm, Zement oder Kombinationen daraus nach DIN 18550 hergestellt.

Eine eventuell erforderliche Vorbehandlung des Putzuntergrundes (Haftgrund, Feuchtigkeitssperre etc.) ist in den Bauablauf einzuplanen.



Wandputze für Wandheiz-/kühlsysteme unterscheiden sich im Allgemeinen in ihrer mörteltechnologischer Zusammensetzung nicht von Putzen für nicht beheizte oder gekühlte Wandkonstruktionen.

Systembezogen sind Putze mit speziellen Eigenschaften einsetzbar.

Silikat- und Kunstharzputze können als Oberputz nach Herstellerangaben verwendet werden.

Wärmedämmputze sind für Wandheiz-/kühlsysteme ungeeignet.

Bei gipsgebundenen Wandputzen darf die Vorlauftemperatur von 50°C oder die vom Systemanbieter angegebene Maximaltemperatur nicht überschritten werden.

Übliche Vorlauftemperaturen im Kühlbetrieb sind für Wandputze unkritisch. Allerdings ist eine Taupunktunterschreitung durch entsprechende regelungstechnische Maßnahmen zu verhindern, siehe dazu auch die Richtlinie „Steuerung und Regelung von Flächenheizungen und -kühlungen auf Basis von Warm-/Kaltwasser für den Wohnungsbau“ des Bundesverbandes Flächenheizungen und Flächenkühlungen e. V.

#### ● Wandbekleidungen

Wandbekleidungen werden aus Gipskarton-, Gipsfaser-, Holz-, Kunststoff-, Metall- oder Keramikplatten hergestellt und eignen sich besonders bei der Bestandsrenovierung. Insbesondere für den Kühlfall ist auf eine gute Wärmeleitfähigkeit der Wandverkleidung zu achten.

Bei gipsgebundenen Trockenbauplatten darf die Vorlauftemperatur von 50°C oder die vom Systemanbieter angegebene Maximaltemperatur nicht überschritten werden.

Bewegungsfugen sind nach Angaben des Plattenherstellers auszuführen.

### Inbetriebnahme

#### ● Dichtheitsprüfung für wasserführende Wandheiz-/kühlsysteme

Die Dichtheit der Rohre sollte unmittelbar vor den Putzarbeiten oder der Montage der Wandverkleidung durch eine Kaltwasserdruckprobe überprüft werden.

In begründeten Fällen (Beschädigungsgefahr für die Anbindeleitungen) kann das Abdrücken auch nach den Putzarbeiten erfolgen.

Die Höhe des Prüfdruckes beträgt wenigstens 4 bar und max. 6 bar. Herstellerangaben können hiervon abweichen. Dichtheit und Prüfdruck müssen in einem Prüfprotokoll nach Angaben des Systemanbieters angegeben sein.

Anschließend wird der Betriebsdruck eingestellt und aufrecht erhalten.

Sofern vor den Putz- und Belagsarbeiten auf Dichtheit geprüft wird, sind während des Aufbringens des Wandputzes und der Montage der Wandverkleidung die Rohre mit dem Betriebsdruck zu beaufschlagen.

#### ● Funktionsheizungen bei Wandheiz-/kühlsystemen (für den Heizfall)

Das Funktionsheizen von Wandheiz-/kühlsystemen, die mit einem zementgebundenen Putz oder Spachtelmasse ausgeführt worden sind, darf frühestens 21 Tage nach dem Aufbringen des Putzes oder der Spachtelmasse begonnen werden.

Bei gipsgebundenem Putz oder Spachtelmasse kann nach einem Tag begonnen werden, bei Lehmputz ist frühestens nach 7 Tagen bzw. nach den Angaben des Herstellers zu beginnen.

Das Funktionsheizen beginnt mit einer Vorlauftemperatur von 25° C, die mindestens 3 Tage zu halten ist. Danach wird die maximale Auslegungsvorlauftemperatur eingestellt und 4 Tage gehalten.

Bei Gipsputzen kann unmittelbar die maximale Auslegungsvorlauftemperatur eingestellt werden.

Bei Wandheiz-/kühlsystemen mit Wandbekleidungen ohne weiteren Putz ist das Funktionsheizen unmittelbar nach der Montage der Wandbekleidungen durchzuführen.

Über das Funktionsheizen ist vom Heizungsbauer ein Protokoll mit mindestens folgenden Angaben zu erstellen:

1. Aufheizdaten mit jeweiligen Vorlauf- oder Heizleitungstemperaturen
2. Erreichte maximale Vorlauf oder Heizleitungstemperatur
3. Betriebszustand der Anlage und Außentemperatur bei Übergabe

#### ● Oberflächentemperatur

Die mittlere Oberflächentemperatur eines Wandheiz-/kühlsystems sollte unter Berücksichtigung von Behaglichkeitskriterien bei bestimmungsgemäßem Heizbetrieb im Auslegungsfall ca. 40°C oder die vom Systemanbieter angegebene Maximaltemperatur nicht überschreiten.

Im Kühlbetrieb sollte eine Oberflächentemperatur von 19°C nicht unterschritten werden.

#### ● Regelung

Wandheiz-/kühlsysteme sind mit einer zentralen Wassertemperatur-Regelung auszustatten, die in Abhängigkeit von Außentemperatur oder anderen geeigneten Führungsgrößen und der Zeit wirkt.

Für den Kühlbetrieb ist eine Taupunktüberwachung vorzusehen.

Elektro-Wandheizungen müssen mit Temperaturwächtern ausgestattet werden, die dafür sorgen, dass die maximal zulässige Oberflächentemperatur nicht überschritten wird.

Räume mit Wandheiz-/kühlsysteme sind mit einer selbsttätig wirkenden raumweisen Raumtemperaturregelung auszustatten.

Weitere Hinweise zur Regelung von Flächenheizungen /-kühlungen sind dem Informationsdienst des Bundesverbandes Flächenheizungen und Flächenkühlungen e.V.:

#### ● Steuerung und Regelung von Flächenheizungen und -kühlungen auf Basis von Warm-/Kaltwasser für den Wohnungsbau

#### ● Steuerung und Regelung von Elektro-Fußbodenheizungen

zu entnehmen.

#### ● Leistung von Wandheiz-/kühlsystemen

Die Leistung eines Wandheiz-/kühlsystemes hängt von der Differenz zwischen der mittleren Oberflächentemperatur der Wandfläche und der Raumtemperatur ab.

Als Gesamtwärmeübergangskoeffizient wird bei vertikalen Flächen ein  $\alpha$ -Wert von 8 W/m<sup>2</sup>K sowohl für den Heiz- als auch für den Kühlfall angesetzt.

Die Leistungskennlinien sind systemspezifisch und werden durch eine wärmetechnische Prüfung nach DIN EN 1264 ermittelt.

Jedes Wandheiz-/kühlsystem hat eine systemeigene Kennlinie. Je nach Konstruktionsaufbau des verwendeten Wandsystems ist der

Wärmestrom zwischen den Rohren und der raumseitigen Oberfläche von folgenden unterschiedlichen Parametern abhängig:

- Abstand der Rohre
- Durchmesser, Material und Wanddicke der Heizrohre
- Überdeckungshöhe der Rohre durch Putz oder Wandverkleidung
- Die Wärmeleiteigenschaften des Putzes oder der Wandverkleidung
- Einbau von Wärmeleitblechen

Die systemeigenen Kennlinien der Wandheiz-/kühlsysteme werden i.d.R. in einem Diagramm dargestellt, in dem die Wärmestromdichte ( $W/m^2$ ) in Abhängigkeit von der mittleren Differenz der Heiz- od. Kühlmitteltemperatur zur Raumtemperatur (K) aufgetragen ist.

- Zusätzliche Anforderungen an die Verlegung von Elektro-Wandheizungssystemen

Werden Wandheizungssysteme mit Heizleitungen bzw. Heizmatten errichtet, so müssen Heizleitungen nach DIN VDE 0253 der Bauart NH2GMY mit zusätzlicher metallischer Schutzumflechtung zum Einsatz kommen.

Flächenheizelemente und Systeme mit Heizleitungen ohne Schutzumflechtung müssen mit Baustahlmatten oder Metallgeweben mit einer maximalen Feld- bzw. Maschenweite von 50mm x 50mm abgedeckt werden. Die Baustahlmatte oder entsprechende Gewebe sind mit in die elektrische Schutzmaßnahme einzubeziehen. Flächenheizelemente müssen das VDE-Prüfzeichen tragen.

Alle Systeme sind zum Schutz gegen indirekte Berührung über eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung mit einem Nennfehlerstrom  $I_N \leq 30$  mA zu betreiben.

**Achtung:**  
Nach dem jetzigen Normenstand ist die Ausführung von elektrischen Wandheizungen nur mit Sicherheitskleinspannung zulässig!

- Isolations- und Widerstandsprüfung bei Elektro-Wandheizungen  
Nach dem Einbau der Heizleitungen bzw. Flächenheizelemente ist eine Isolations- und Widerstandsprüfung durchzuführen.

Die gemessenen Werte sind zu kontrollieren und zu dokumentieren.

- Wärmeleistung von Elektro-Wandheizungen

Für die Auslegung einer Elektro-Wandheizung ist eine mittlere Wärmestromdichte von  $100 W/m^2$  anzusetzen.

Die Anschlussleistung sollte  $125 W/m^2$  nicht übersteigen.

## Technische Regeln und Normen:

### Energieeinsparverordnung (EnEV) VOB, Teil C der entsprechenden Gewerke:

#### Allgemeine Technische Vorschriften für Bauleistungen

DIN EN 1057	Kupferrohre
DIN 4726	Rohrleitungen aus Kunststoff für Warmwasser-Fußbodenheizungen
DIN 1168	Baugipse
DIN EN 1264	Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung
DIN 4102	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
DIN 4108	Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden
DIN 4109	Schallschutz im Hochbau
DIN 4701 Teil 10	Energetische Bewertung heiz- und raumlüfttechnischer Anlagen
DIN EN 13162 -13171	Wärmedämmstoffe für Gebäude
DIN 18180	Gipskartonplatten
DIN 18181	Gipskartonplatten im Hochbau
DIN 18182	Zubehör für die Verarbeitung von Gipskartonplatten
DIN 18202	Toleranzen im Hochbau
DIN 18350	VOB Teil C: Putz- und Stuckarbeiten
DIN 18550	Putz
DIN 18557	Werkmörtel
DIN VDE 0253	Isolierte Heizleitungen
DIN VDE 0100	Bestimmungen für das Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000V
DIN EN 60335	Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke

Schnittstellenkoordination bei Flächenheizungs- und Flächenkühlungssystemen in bestehenden Gebäuden

# Herstellung beheizter und gekühlter Fußboden- konstruktionen im Gewerbe- und Industriebau

Bis in die frühen achtziger Jahre wurde die Fußbodenheizung hauptsächlich im Wohnungsbau, vornehmlich im Ein- und Zweifamilienhaus, eingesetzt. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen über die thermischen Auswirkungen dieser Beheizungsart, insbesondere das günstige vertikale Temperaturniveau und weitere Nutzervorteile, bilden die Grundlage für den Einsatz auch im Gewerbe- und Industriebereich.

Bei großer Raumhöhe ist es besonders wichtig, die Verteilung der gewünschten Raumtemperatur optimal und wirtschaftlich zu gestalten. Konvektiv erzeugte Wärmepolster unter der Hallendecke sind zu vermeiden. Diese Anforderung wird durch eine großflächige Beheizung über den Hallenboden mit einem günstigen vertikalen Temperaturprofil erfüllt. Daher werden Fußbodenheizungen in zunehmendem Maße im Gewerbe- und Industriebereich mit großen und hohen Hallenbauten eingesetzt.

Die Fußbodenheizung ermöglicht eine freie und flexible Raumgestaltung, da keine störenden Heizaggregate vorhanden sein müssen. Die Reinigung der Fußböden bedeutet gleichzeitig die Reinigung des Wärmeverteilsystems.

Eine Fußbodenheizung im Gewerbe und Industriebau ist ein wirtschaftliches und energieeffizientes Wärmeverteilsystem. Die Fußbodenheizung kann mit geringem anlagentechnischem Aufwand auch zur Kühlung eingesetzt werden. Auf diese Weise können innere Kühllasten effizient abgeführt werden.

Die vorliegende Richtlinie gibt den derzeitigen Stand der Technik für die Herstellung beheizter und gekühlter Fußbodenkonstruktionen im Gewerbe- und Industriebau wieder.

Fußbodenheizungen werden in Gewerbe- und Industriebauten als Warmwasser- und Elektro-Fußbodenheizung ausgeführt. Bei der Warmwasser-Fußbodenheizung werden vom Heizwasser durchströmte Heizrohre in die Fußbodenkonstruktion integriert. Dabei kommen vorzugsweise Kunststoff-, Kupfer- oder Kupfer-Kunststoff- und Kunststoff-Aluminium-Verbundrohre zum Einsatz. Bei Elektro-Fußbodenheizungen erwärmen stromdurchflossene elektrische Heizleitungen die Fußbodenkonstruktion.

Fußbodenheizungen werden z.B. eingesetzt in:

- Produktionshallen
- Montage- und Wartungshallen
- Lagerhallen / Verteilzentren
- Hochregalläger / Logistikzentren
- Flugzeughangars
- Markt- und Messehallen

Ferner werden Flächenheizungen als Untergefrierschutz von Kühllhäusern sowie für die Eisfreihaltung von Nutzflächen in Kühllhäusern eingesetzt. Diese Anwendung erfordert spezielle Planungs- und Ausführungsmaßnahmen, die in der vorliegenden Richtlinie nicht behandelt werden.

Die Gewerbe- und Industriefußbodenheizung erfüllt die Anforderungen der Arbeitsstättenverordnung/-Richtlinie ohne die bei anderen Heizungsarten z.T. erforderlichen Unterstützungsmaßnahmen (z.B. Bodenroste gegen Fußkälte) in vorteilhafter Weise.

## ● Auszug aus der Arbeitsstätten Verordnung:

### § 6 Raumtemperaturen

(1) In Arbeitsräumen muss während der Arbeitszeit eine unter Berücksichtigung der Arbeitsverfahren und der körperlichen Beanspruchung der Arbeitnehmer gesundheitlich zuträgliche Raumtemperatur vorhanden sein. Satz 1 gilt auch für Bereiche von Arbeitsplätzen in Lager-, Maschinen und Nebenräumen.

(2) Es muss sichergestellt sein, dass die Arbeitnehmer durch Heizungseinrichtungen keinen unzuträglichen Temperaturverhältnissen ausgesetzt sind.

Erläuterungen zu Absatz 2  
Bei der Wahl, Auslegung und Anordnung der Heizeinrichtungen muss darauf geachtet werden, dass die Arbeitnehmer nicht gesundheitsschädlichen thermischen Einflüssen ausgesetzt sind.

Das kann z.B. bei Warmluftgebläsen, Heizstrahlern oder anderen wärmeabgebenden Betriebseinrichtungen der Fall sein, die unmittelbar auf den Arbeitsplatz gerichtet sind.

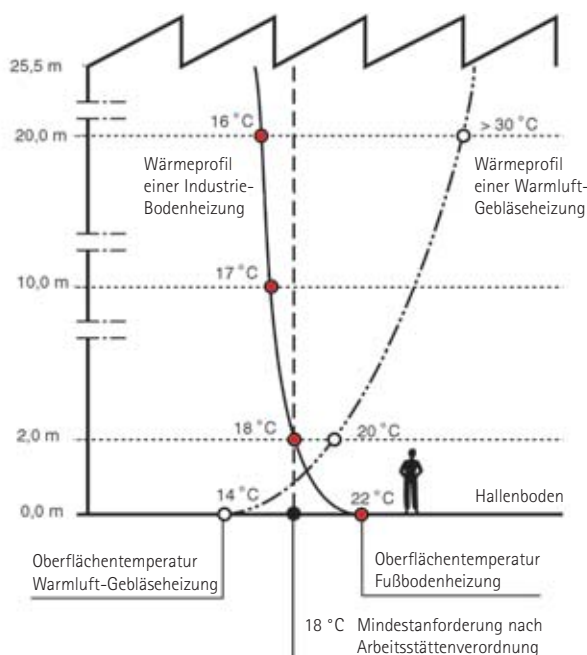


Bild 1: Typische vertikale Temperaturprofile in einer Industriehalle mit unterschiedlicher Beheizung unter gleichen Bedingungen

## ● Arbeitsstätten Richtlinie 8/1 Kapitel 2.2

Ein ausreichender Schutz gegen Wärmeab-  
leitung ist ferner gegeben, wenn eine Ober-  
flächentemperatur des Fußbodens von nicht  
weniger als 18°C gewährleistet ist, z.B. durch  
Heizungsanlagen oder andere geeignete  
betriebliche Einrichtungen.

## Allgemeine Konstruktions- prinzipien

### ● Planungshinweise

Die Dimensionierung der gesamten Boden-  
konstruktion wird bestimmt durch die bei  
späterer Nutzung auftretenden statischen  
und dynamischen Lasten, wie z.B. Punktlasten  
von Maschinen, Regalen und Radlasten  
von Fahrzeugen. Die Nutzlasten sind in  
Gewerbe- und Industriebauten erheblich  
höher als im Wohnungsbau. Der Fußboden-  
aufbau wird objektbezogen vom Planer und  
Statiker vorgegeben. Die Heizrohre werden  
in der Regel direkt in die lastaufnehmende  
Betonplatte integriert.

Nahezu in jede Betonplattenkonstruktion –  
Stahl-, Spann-, Stahlfaser-, Vakuum-, Walz-  
beton etc. – kann eine Flächenheizung ein-  
gebaut werden. Die Dimensionierung der  
Betonplatte erfolgt immer durch den Stati-  
ker.

Bei statisch richtig dimensionierten Beton-  
platten werden die Heizrohre und Heizlei-  
tungen durch die Lasten auf die Betonplatte  
nicht beansprucht. Eingebettete Heizrohre  
und Heizleitungen haben keinen Einfluss auf  
die Druckfestigkeit des Betons.

## Wärmedämmung

Die Notwendigkeit einer Wärmedämmung  
unterhalb der Heizebene regelt die Energie-  
einsparverordnung (EnEV). Hier gilt nach  
§ 4 – für Nichtwohngebäude mit niedrigen  
Innentemperaturen ( $>12^{\circ}\text{C}$ ,  $<19^{\circ}\text{C}$ ) – die  
generelle Anforderung: Bei zu errichtenden  
Gebäuden mit niedrigen Innentemperaturen  
darf der nach Anhang 2 Nr. 2 zu bestim-  
mende spezifische, auf die wärmeübertra-  
gende Umfassungsfläche bezogene Trans-  
missionswärmeverlust die Höchstwerte in  
Anlage 2 Nr. 1 nicht überschreiten.  
Nach der EnEV gelten für die Wärmedäm-  
mung unterhalb der Heizebene keine spezi-  
fischen Grenzwerte. Vielmehr ist, durch den

Bauwerksplaner, eine ganzheitliche Bewer-  
tung des Baukörpers, unter Berücksichtigung  
des § 6 vorzunehmen.

EnEV, § 7 Mindestwärmeschutz,  
Wärmebrücken

Bei zu errichtenden Gebäuden sind Bauteile,  
die gegen die Aussenluft, das Erdreich oder  
Gebäudeteile mit wesentlich niedrigeren  
Innentemperaturen abgrenzen, so auszu-  
führen, dass die Anforderungen des Min-  
destwärmeschutzes nach den anerkannten  
Regeln der Technik eingehalten werden.  
Hier ist im Besonderen die DIN 4108-2 zu  
beachten.

Eine Wärmedämmung ist jedoch gem. EnEV  
nicht notwendig, in

- Industriebauten mit einer Norm-  
Innentemperatur  $\leq 12^{\circ}\text{C}$
- Industriebauten mit einer Norm-  
Innentemperatur von mehr als  $12^{\circ}\text{C}$   
und weniger als  $19^{\circ}\text{C}$ , die weniger  
als 4 Monate im Jahr beheizt und  
weniger als 2 Monate gekühlt werden
- Werkstätten, Werkhallen und Lager-  
hallen, soweit sie nach ihrem üblichen  
Verwendungszweck großflächig  
und lang anhaltend offen gehalten  
werden müssen
- Industriebauten, in denen der Einbau  
einer Wärmedämmung einen unange-  
messenen Aufwand nach § 25 Befrei-  
ungen darstellt.

Anmerkung

Durch eine Amortisationsrechnung kann ein  
unangemessener Aufwand nachgewiesen  
werden.

Es ist zu beachten: erfolgte eine Befreiung  
gem. § 25 Befreiungen, so ist trotzdem gem.  
DIN 4108-2 ein R-Wert von  $\leq 0,90\text{ m}^2\text{K/W}$   
einzuhalten.

Hinweis:

Dämmschichten, die unterhalb der Beton-  
platte auf Erdreich, also außerhalb einer  
Bauwerksabdichtung, eingesetzt werden,  
müssen gem. DIN 4108-2 die Zulassung als  
„Perimeterdämmung“ haben. Nur dann dür-  
fen die Wärmedurchgangswerte verwendet  
werden.

## Ausführung des Betons

Stahlbeton

Eine verbreitete Betonausführung für Indus-  
trieböden ist Stahlbeton. Stahlbetonplatten  
sind mit einer Mattenbewehrung ausgestattet.  
Die Bewehrung ist vielfach mit unterer und

oberer Bewehrung im Beton ausgeführt. Die  
beiden Bewehrungsebenen bestehen aus  
Baustahlmatten, die durch spezielle  
Abstandhalter auf dem tragenden Unter-  
grund aufgeständert sind.

Eine Bewehrungslage kann zur Befestigung  
der Heizrohre oder Heizleitungen genutzt  
werden.

Stahlfaserbeton

besteht aus Beton unter Zugabe von Stahl-  
fasern. Bei dieser Betonausführung wird auf  
eine Mattenbewehrung verzichtet, so dass  
ein Trägerelement für die Befestigung der  
Heizrohre und Heizleitungen einzuplanen  
ist. Die gleichmäßig verteilten Fasern ver-  
bessern die Druck-, Biege- und Zugfestigkeit  
gegenüber einem unbewehrten Beton.

Vakuumbeton

erhält seinen Namen durch die abschlie-  
ßende Behandlung des bereits verdichteten  
und nivellierten Betons. Hierdurch wird dem  
Beton ein großer Teil des Anmachwassers  
entzogen, was eine Verbesserung der Früh-  
und Endfestigkeit der oberflächennahen  
Betonschicht mit sich bringt. Zur Vakuum-  
behandlung werden Filtermatten und  
Saugschalungen auf die Betonoberfläche  
aufgelegt. Mit einer Vakuumpumpe wird  
über der Betonoberfläche ein Unterdruck  
erzeugt, der das Anmachwasser absaugt. Je  
nach Ausführung der Bewehrung besteht  
Vakuumbeton aus Stahlbeton, Spannbeton,  
Stahlfaserbeton, o. ä.

Einbettung der Heizrohre bzw.  
Heizleitungen

Die Positionierung der Heizrohre bzw. Heiz-  
leitungen ist von der Nutzung und den sta-  
tischen Gegebenheiten in der Betonplatte  
abhängig.

Bei der vertikalen Positionierung der Heiz-  
rohre und Heizleitungen ist die Bohrtiefe  
z.B. für Regal- und Maschinenverankerungen  
zu beachten. Soll aus diesen Gründen die  
Heizebene in einer anderen Höhenlage pla-  
ziert werden, so ist dies technisch möglich.  
Wird der Beton mit Mattenbewehrung aus-  
geführt (Stahlbeton oder Spannbeton), so  
kann das Heizrohr bzw. die Heizleitung an  
den Bewehrungsmatten befestigt werden  
(siehe Bild 2).

Wird der Beton ohne Mattenbewehrung  
ausgeführt (Stahlfaserbeton, Spannbeton,  
unbewehrter Beton), so wird das Heizrohr  
bzw. die Heizleitung auf System- oder Trä-  
gerelementen befestigt (siehe Bild 3).



Bild 2: Betonkonstruktion mit Mattenbewehrung

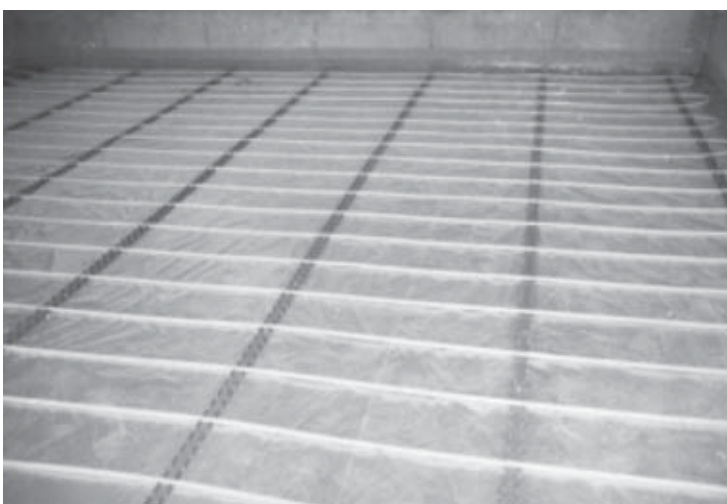


Bild 3: Betonkonstruktion ohne Mattenbewehrung

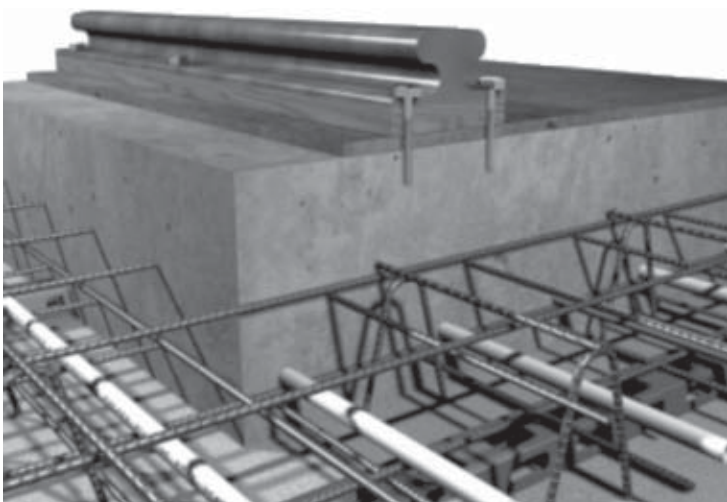


Bild 4: Befestigungsbeispiel von Halleneinrichtungen

## Halleneinrichtung

In gewerblich und industriell genutzten Gebäuden werden oft Einrichtungen wie z.B. Hochregallager oder Maschinen auf dem Betonboden nachträglich verankert. Der Heizungs-Fachplaner muss darüber informiert sein, wie tief diese Verankerungen in die Betonplatte eindringen. Selten besteht die Gefahr, dass die Verankerungen bis zur Heizrohr- bzw. Heizleitungsebene in die Betonplatte eindringen. Sollte dies aufgrund einer nicht ausreichenden Dicke der Betonplatte doch der Fall sein, so ist das Heizrohr bzw. die Heizleiter in diesem Bereich auszusparen.

Die Gewerbe- und Industrieflächenheizung kann auch als beheizte Estrichkonstruktion ausgeführt werden.

Die Ausführung kann als schwimmender Estrich, Estrich auf Trennschicht oder Verbundestrich ausgeführt werden.

Die Dämmung für einen schwimmenden Estrich muss für die auftretenden Nutzlasten ausreichend druckfest sein. Art und Dicke des Estrichs und der Dämmschicht sind vom Bauwerksplaner festzulegen.

Voraussetzung für einen Verbundestrich ist ein absolut kraftschlüssiger Verbund zum Betonuntergrund.

Diese Arten der Ausführung eignen sich insbesondere zum nachträglichen Einbau einer Industriefußbodenheizung auf bestehenden Betonflächen.

## Beton-Fugentechnik:

### Bewegungsfugen

werden in der Betontechnik auch als Raumfugen bezeichnet. Sie trennen die Betonplatten durchgehend mit einem Abstand von ca. 20 mm und haben eine weiche Fugeneinlage als Füllstoff (z.B. Schaum- oder Faserstoffplatte), die schon vor dem Einbringen des Betons fixiert wird. Raumfugen werden im Normalfall zu angrenzenden, aufgehenden und durchdringenden Bauteilen angebracht. Die Fußbodenheizung beeinflusst die Planung der Raumfugen nicht, da die Fugfelder im Allgemeinen immer wesentlich größer als die Heizkreise und die thermischen Bedingungen von untergeordneter Bedeutung sind. Zusätzliche Raumfugen sind bei beheizten Bodenkonstruktionen in der Regel nicht notwendig.

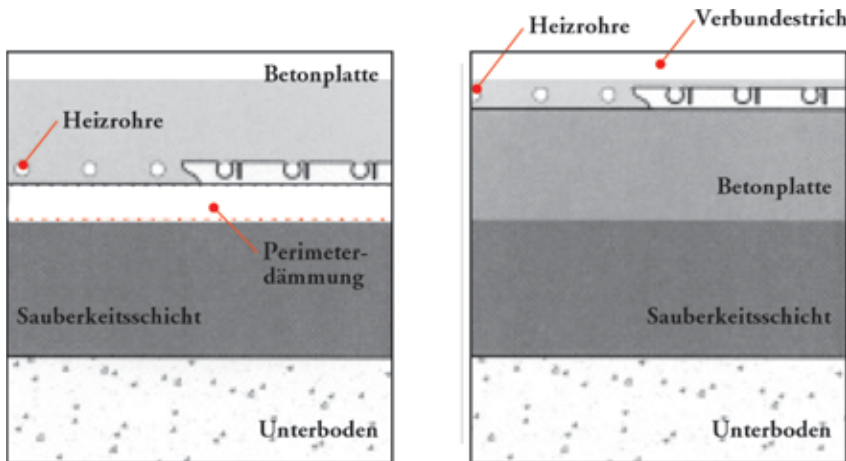


Bild 5: Industrieflächenheizung im Beton und Verbundestrich

Heizrohre bzw. Heizleitungen, die Raumfugen durchqueren, sind aufgrund der zu erwartenden mechanischen Belastungen im Fugenbereich mit Schutzhülsen zu schützen. Art und Anordnung der Raumfugen sowie ggf. eine erforderliche Verdübelung ist vom Statiker – unabhängig vom Vorhandensein einer Fußbodenheizung – festzulegen.

#### Scheinfugen

werden nachträglich in die Betonplatte eingeschnitten und dienen als Sollbruchstelle für das baustoffbedingte Schwinden der Betonplatte. Sie sind ca. 3–4 mm breit und werden je nach Lage der Heizrohre und Heizleitungen in einer Einschnitttiefe von ca. 25–30 % der Plattendicke ausgeführt.

### Fugenanordnung

Die Fugenplanung ist von dem Bauwerksplaner bzw. Statiker unabhängig von der Fußbodenheizung vorzugeben. Der Heizungs-Fachplaner hat die Fugen bei der Anordnung der Heizkreise bzw. Anbindeleitungen zu berücksichtigen. Die Art und Lage der Fuge ist im Wesentlichen abhängig von z.B.:

- Art des Betoneinbaues, des Untergrundes und der Tragschicht
- Plattendicke
- örtliche Verhältnisse (Stützen, Wände, Kanäle)
- langfristig wirkende Lasten bzw. Nutzen

### Regelung von Industriefußbodenheizungen

Industriefußbodenheizungen fallen unter die Vorschriften der EnEV nach § 14 Verteilungseinrichtungen und Warmwasseranlagen. Die Anforderungen an die Einrichtungen zur Steuerung und Regelung aus dieser Verordnung sind zu erfüllen. Bei der Raumtemperatur-Regelung ist für „Raumgruppen gleicher Art und Nutzung“ Gruppenregelung zulässig. Der hydraulische Abgleich der einzelnen Heizkreise ist entsprechend der VOB DIN 18380 durchzuführen. Sollte die Industriefußbodenheizung auch zur Kühlung eingesetzt werden, ist durch geeignete regelungstechnische Einrichtungen die Unterschreitung des Taupunkts zu verhindern. Dies soll bereits bei der Regelung der Vorlauftemperatur berücksichtigt werden, ansonsten bei Gruppenregelung pro Regelzone.

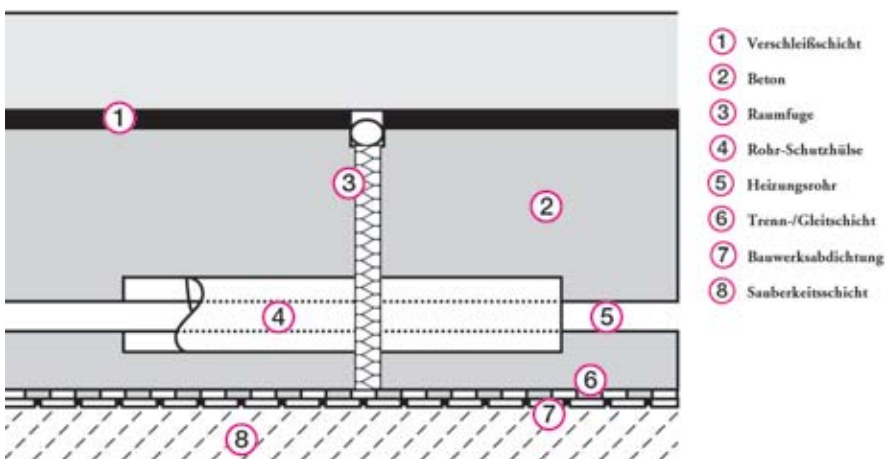


Bild 6: Darstellung einer Raumfuge als Bewegungsfuge

## Normen und Richtlinien

### Energieeinsparverordnung (EnEV)

DIN 1045 Beton und Stahlbeton

DIN 1055 Einwirkungen auf Tragwerke

DIN EN 1264 Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung

EN 1991-1-1 Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-1 Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau

DIN 4102 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen

DIN 4108 Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden

DIN EN 12831 Heizanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast

DIN EN 13162 Wärmedämmstoffe für Gebäude - werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW)

DIN EN 13163 Wärmedämmstoffe für Gebäude - werkmäßig hergestellte Produkte aus expandiertem Polystyrol (EPS)

DIN EN 13164 Wärmedämmstoffe für Gebäude - werkmäßig hergestellte Produkte aus extrudiertem Polystyrolschaum (XPS)

DIN EN 13165 Wärmedämmstoffe für Gebäude - werkmäßig hergestellte Produkte aus Polyurethan-Hartschaum (PUR)

DIN EN 13166 Wärmedämmstoffe für Gebäude - werkmäßig hergestellte Produkte aus Phenolharzhartschaum (PF)

DIN EN 13167 Wärmedämmstoffe für Gebäude - werkmäßig hergestellte Produkte aus Schaumglas (CG)

DIN 18195 Bauwerksabdichtungen

DIN 18202 Toleranzen im Hochbau

DIN 18336 VOB, Teil C: Abdichtungsarbeiten

DIN 18380 VOB, Teil C: Heizanlagen und Zentrale Warmwassererwärmungsanlagen

DIN 18560 Estriche im Bauwesen

DIN V 44576 Elektrische Raumheizung, Fußbodenheizung

VDE 0100 Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V

# Einsatz von Bodenbelägen auf Flächenheizungen und -kühlungen – Anforderungen und Hinweise

## ALLGEMEINE HINWEISE

Die Flächenheizung hat in den letzten Jahrzehnten bei der Raumheizung immer mehr an Bedeutung gewonnen. Nahezu jedes zweite Ein- und Zweifamilienhaus wird heute mit einer Flächenheizung ausgestattet. Aber auch in Büros, Schulen, Kindergärten, Museen, Ladengeschäften, Sporthallen, Industriehallen, Kirchen, Frei- und Grünflächen findet die Flächenheizung aufgrund ihrer Vorteile in verstärktem Maße Eingang. Der mögliche Zusatznutzen der „stillen“ Kühlung“ macht das System noch attraktiver.

Die wesentlichen Vorteile sind:

- Wirtschaftliche und energieeffiziente Betriebsweise
- Zukunftsorientiert und umweltfreundlich durch die Nutzbarkeit alternativer Energien
- Behaglichkeit aufgrund niedriger Oberflächentemperaturen
- Günstigste raumlufthygienische Verhältnisse
- Freie innenarchitektonische Gestaltung
- Einsatz von unterschiedlichen Bodenbelägen, wie Fliesen, Platten, Holz- und Kork-Parkett, textile- und elastische Bodenbeläge etc.
- Kostengünstige Installation
- Kein Renovierungs- und zusätzlicher Reinigungsaufwand für Heizflächen

Diese Richtlinie gilt für Fußbodenheizung und Fußbodenkühlung.

Sie enthält knappe und zielführende Informationen über die Besonderheiten bei der Planung und Ausführung von Bodenbelägen.

Allgemeine technische Informationen über die Verarbeitung von Bodenbelägen sind den zitierten Richtlinien und Merkblättern zu entnehmen.

## Bodenbeläge

Grundsätzlich kann auf einer Flächenheizung/-kühlung jede Bodenbelagsart aufgebracht werden. Dies gibt dem Bauherrn, Planer bzw. Architekten bei der Auswahl des Bodenbelages für eine Flächenheizung die Möglichkeit aus einer Vielzahl von Bodenbelägen zu wählen. Bodenbeläge bilden die Nutzschiene eines Fußbodens.

Bei der Elektro-Fußbodenheizung können im Bereich des Oberbodens systembedingt höhere Temperaturen auftreten und damit die Verwendung von z.B. flexiblen Belägen sowie Laminat oder Holzfußböden einschränken.

## Arten der Bodenbeläge

### Keramische Fliesen und Platten

Zu den keramischen Fliesen und Platten zählen Steinzeug, Steingut, sowie Terrakotta und Mosaik in glasierter und unglasierter Form.

### Natursteine und Naturwerkstein

Naturwerksteine sind Marmor, Travertin, Granit, Schiefer, Gneis, Basalt u.s.w..

### Betonwerksteine und Terrazzo

Betonwerksteine bestehen aus zerkleinertem Naturgestein (z.B. Quarzit, Basalt) die mit Zement gebunden und als Plattenware angeboten werden. Terrazzo ist der örtlich als ganze Fußbodenfläche eingebrachte und geschliffene Estrich. Eine Besonderheit ist der geschliffene Gussasphalt (bituTerrazzo), der statt Zement Bitumen als Bindemittel aufweist.

### Textile Bodenbeläge aus Natur- und Synthetikfasern

Diese können in Platten- oder Bahnenware zum Einsatz kommen. Textile Bodenbeläge bestehen aus synthetischen Fasern und Naturfasern.

Bei textilen Bodenbelägen für die Flächenheizung wird die Eignung produktbezogen durch das Zusatzsymbol „Fußbodenheizung“ dokumentiert. Siehe hierzu Bild 1.



Bild 1: Zusatzsymbol "Fußbodenheizung" für Teppichböden

## Elastische Beläge

Zu den elastischen Bodenbelägen gehören: PVC – Ein- und Mehrschichtbeläge, Polyolefin-, Kunstkautschuk- und Linoleum – Bodenbeläge.

## Holz

Parkett wird überwiegend aus europäischen oder tropischen Hölzern hergestellt. Es sind im Wesentlichen zu unterscheiden:

1. Stabparkett und Tafelparkett
2. Mosaikparkett und Lamparkett
3. Mehrschichtparkett (zwei- oder dreischichtig)
4. Parkettdielen (einschichtig, massiv)

Weitere Böden aus Holz sind Holzpflaster, Holzdielen oder Furnierböden.

## Kork

Korkbeläge werden als ein- oder mehrschichtige Fliesen aus massivem Kork zur vollflächigen Klebung oder als mehrschichtiges Element im Verbund mit Holzwerkstoffen zur schwimmenden Verlegung hergestellt. Die Korkschiene besteht aus Naturkork und einem Bindemittel.

## Laminat

Laminat ist ein Verbundwerkstoff der aus mehreren Lagen besteht: Nutz- oder Deckschiene, Trägerschiene (Holzwerkstoff), Unterschicht bzw. Gegenzug.



## PLANUNG

Bereits in der Planungsphase der Fußbodenheizung/-kühlung müssen die Informationen über die Art und Eigenschaften des späteren Bodenbelages vorliegen. Hierzu zählen im wesentlichen die Dicke des Belages und die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$ , bzw. der sich daraus ergebende Wärmedurchlasswiderstand  $R_{\lambda,B}$ . Tabelle 1 enthält einige Richtwerte für verschiedene Bodenbeläge. Endgültige Werte sind bei den Bodenbelagsherstellern einzuholen. Die Kenntnis und Berücksichtigung des Wärmedurchlasswiderstandes des Bodenbelages bereits bei der Planung ermöglicht eine optimale Auslegung und damit eine hohe Effizienz des späteren Betriebes der Flächenheizung bzw. -kühlung. Der Wärmedurchlasswiderstand des Bodenbelages, inklusive der zum Bodenbelag gehörenden Unterlage, darf den Wert von  $R_{\lambda,B} = 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$  nicht überschreiten. Der vorgegebene Wert von  $R_{\lambda,B} = 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$  für den Wärmedurchlasswiderstand des Bodenbelages kann nach besonderer schriftlicher Vereinbarung mit dem Bauherrn erhöht werden, wenn dies nicht zu einer Überschreitung der in der DIN 18560

festgelegten Temperatur im Bereich der Heizelemente innerhalb des Estrichs führt. Für Räume die Nutzungsgemäß nicht grundsätzlich mit einem Fliesenbelag ausgerüstet werden, soll für die wärmetechnische Auslegung der Flächenheizung/-kühlung der Wert aus der DIN EN 1264 von  $R_{\lambda,B} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$  angesetzt werden. Dies stellt sicher, dass auch bei einem späteren Wechsel des Bodenbelages mit einem höheren Wärmedurchlasswiderstand die Wärme- bzw. Kühlleistung gewährleistet bleibt. Je höher der Wärmedurchlasswiderstand, umso höher muss die Heizwassertemperatur bzw. umso niedriger muss die Kühlwassertemperatur gewählt werden. Dies beeinflusst die energetische Effizienz des Wärmeerzeugers, z.B. eines Brennkessels oder einer Wärmepumpe negativ. Daher muss eine Abstimmung mit dem Bauherrn über den einsetzbaren Bodenbelag unbedingt erfolgen.

## VORBEREITENDE MASSNAHMEN

Vor Beginn der Bodenbelagsarbeiten ist der Untergrund gemäß VOB (z.B. Ebenheit, Feuchte) zu prüfen.

In diesem Zusammenhang sind die Hinweise aus der BVF Infoschrift „Schnittstellenkoordination bei Flächenheizungs- und Flächenkühlungssystemen in bestehenden Gebäuden“ zu beachten.

## Fugen

Damit die schalldämmende Funktion, sowie die Ausdehnung eines schwimmenden Heizestrichs nicht beeinträchtigt wird, dürfen Randfugen durch Verschmutzung (z.B. Mörtelreste oder Spachtelmasse) nicht überbrückt werden. Die überstehenden Teile des Randstreifens und der hochgezogenen Abdeckung dürfen, gem. DIN 18560 Teil 2, erst nach Fertigstellung des Fußbodenbelages, einschließlich der Verfugung bzw. bei textilen und elastischen Belägen erst nach Erhärtung der Spachtelmasse abgeschnitten werden.

Die vom Bauwerksplaner erstellten Fugenpläne sind von den nachfolgenden Gewerken zu berücksichtigen.

Erforderliche Bewegungsfugen im Estrich sind in die Bodenbeläge zu übernehmen und gegen Höhenversatz zu sichern.

Scheinfugen sollten kraftschlüssig verschlossen sein.

Zusätzlich sind Bewegungsfugen im Oberbodenbelag in Abhängigkeit des Belagsmaterials, der Bodengröße und dem gewählten Verlegemuster zu planen und auszuführen.

## Belegreife

Nach der Herstellung und entsprechender Liegezeit des Estrichs sowie nach dem Funktionsheizen ist das Feststellen der Belegreife mittels CM-Messung Voraussetzung für die Aufbringung der Bodenbeläge. Nur bei einer Flächenheizung kann auf Hilfseinrichtungen zur Erreichung der Belegreife verzichtet werden. Die maximalen Feuchtigkeitsgehalte von Heizestrichen vor der Verlegung von Bodenbelägen enthält Tabelle 2.

Der Bodenleger entscheidet über die Notwendigkeit des Belegreifheizens.

Der Ablauf des Belegreifheizens ist in Bild 2 dargestellt.

In diesem Zusammenhang sind die Hinweise aus der BVF-Infoschrift „Schnittstellenkoordination bei beheizten Fußbodenkonstruktionen“ zu beachten.

Das Belegreifheizen ist gemäß VOB eine besondere Leistung und somit gesondert zu vergüten.

**Tabelle 1: Planungsrichtwerte für vollflächig verklebte Bodenbeläge auf Fußbodenheizung**

Bodenbelags-Material	Dicke in mm	Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ in W/(mK)	Wärmedurchlasswiderstand $R_{\lambda,B}$ in $\text{m}^2 \text{K/W}$
Keramische Fliesen	13	1,05	0,012
Marmor	12	2,1	0,0057
Natursteinplatten	12	1,2	0,010
Betonwerkstein	12	2,1	0,0057
Teppichböden		-	0,07 - 0,17
Nadelvlies	6,5	0,54	0,12
Linoleum	2,5	0,17	0,015
Kunststoffbelag	3,0	0,23	0,03
PVC-Beläge o. Träger	2,0	0,20	0,010
Mosaikparkett (Eiche)	8,0	0,21	0,038
Stab-Parkett (Eiche)	16,0	0,21	0,08
Mehrschichtparkett	11,0 - 14,0	0,09 - 0,12	0,03 - 0,15
Laminat	9	0,17	0,05

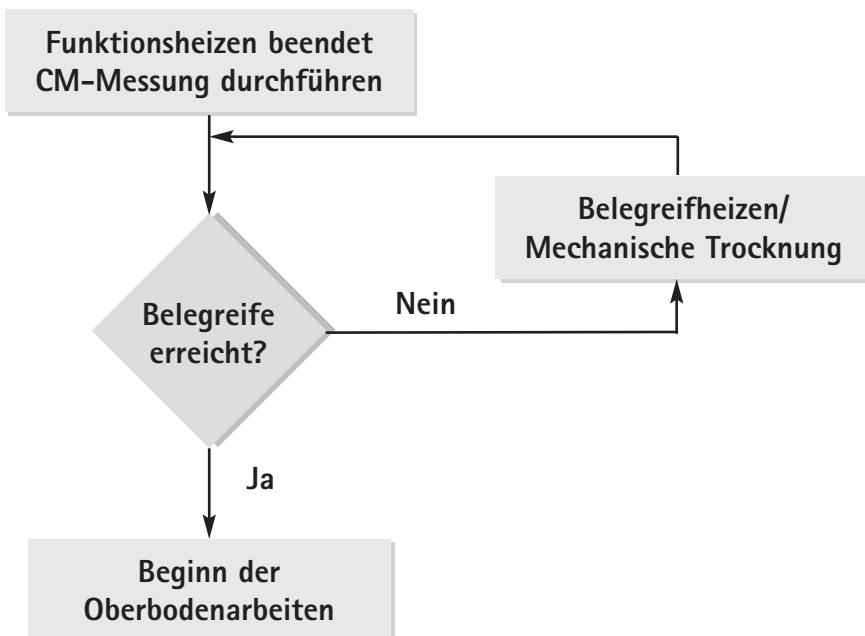
**Tabelle 2: Für die Belegreife der Bodenbeläge maßgebende maximale Feuchtigkeitsgehalte von Heizestrichen**

(Fachinformationsdienst Flächenheizung BVF, Schnittstellenkoordination bei beheizten Fußbodenkonstruktionen)

Maximal zulässiger Feuchtegehalt des Estrichs in %, ermittelt mit dem CM-Gerät bei		Zementestrich soll (%)	Calciumsulfat- estrich soll (%)
Oberboden			
ObBo 1	textile Beläge 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

\* ObBo 1 bis ObBo 4 = Arbeitsschritte im Schnittstellenprotokoll

Bild 2: Bestimmung der Belegreife



## AUSFÜHRUNG DER VERLEGUNG

### Klebstoffe, Fugenmaterial und Spachtelmasse

Für die Klebung und Verfugung aller Beläge bei beheizten/gekühlten Fußbodenkonstruktionen dürfen nur solche Stoffe verwendet werden, die vom Hersteller als „Für Fußbodenheizung geeignet“ bezeichnet sind.

Sie dürfen weder den Untergrund noch den Oberboden schädigend beeinflussen und im abgebundenen Zustand nicht gesundheits-schädlich sein.

Die Notwendigkeit und Dicke einer Spachtelung richtet sich nach der Art und Beschaffenheit des Untergrundes, des Klebstoffs, des Bodenbelags sowie der Nutzung.

### Holz und Kork – Verlegung

Aufgrund der technologischen Eigenschaften der Naturprodukte Holz und Kork und der raumklimatischen Verhältnisse während der Heizperiode können nachträglich, sich bildende Fugen im Bodenbelag nicht ausgeschlossen werden. Sind sie im Allgemeinen gleichmäßig verteilt, bilden sie keinen Qualitätsmangel. Je nach Produkt gibt es die schwimmende Verlegung oder die vollflächige Verklebung. Grundsätzlich sind beide Verlegearten möglich, wobei die vollflächige Verklebung vorzuziehen ist, da der Wärmedurchlasswiderstand gemindert wird.

### Laminat

Die Verlegung der Laminatfußbodenelemente soll schwimmend erfolgen, wobei die Verarbeitungshinweise der Hersteller zu beachten sind.

### Unter- bzw. Trittschalltrennlagen unter Laminat, Holz und Kork-Bodenbelägen

Eine ggf. unter dem Oberbodenbelag eingesetzte Trennlage muss für die Verwendung auf Flächenheizungen geeignet sein.

Für die üblichen Polyethylenschaumstoffe empfiehlt sich eine geschlossenzellige Struktur, eine Dicke von mindestens 2 mm und eine flächenbezogene Masse von mindestens 65 g/m<sup>2</sup>. Je nach Anwendung können auch Korkunterlagen, Synthetikvliese oder Glasfaservliese verwendet werden.

## Elastische Bodenbeläge

Elastische Bodenbeläge sind vollflächig zu kleben. Lose Verlegungen sind nur dann anwendbar, wenn der Hersteller seinen Belag hierzu als geeignet ausgewiesen hat.

## Textile Bodenbeläge

Textile Bodenbeläge sollten auf Heizstrichen ganzflächig geklebt werden. Klebstoffe und die Auftragsmenge müssen für den vorgesehenen Verwendungszweck geeignet sein.

Es können auch Klebstoffsysteme, welche ein problemloses Wechseln des Belages bei Erneuerung zulassen, eingesetzt werden.

## Oberflächenbehandlung von Parkett und Holzpflaster

Geeignete Maßnahmen zur Oberflächenbehandlung sind Versiegeln, Ölen und Wachsen (Herstellervorgaben bitte beachten). Seitenverleimende Versiegelungsmittel sind zu vermeiden.

Um eine sachgerechte Planung durchzuführen und eine dauerhaft funktionsfähige Fußbodenkonstruktion herzustellen, sind die nachfolgenden Verordnungen, Hinweise und DIN-Normen anzuwenden, bzw. zu beachten:

### Energieeinsparverordnung (EnEV)

DIN 1055	Lastannahmen für Bauten
DIN EN 1264	Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung
EN 1991-1-1	Einwirkungen auf Tragwerke
DIN 4102	Brandschutz im Hochbau
DIN 4108	Wärmeschutz im Hochbau
DIN 4109	Schallschutz im Hochbau
DIN EN 13162 - 13171	Wärmedämmstoffe für Gebäude
DIN 18195	Bauwerksabdichtungen
DIN 18201	Toleranzen im Bauwesen
DIN 18202	Toleranzen im Hochbau
DIN 18332	VOB, Teil C: Natursteinarbeiten
DIN 18333	VOB, Teil C: Betonwerkarbeiten
DIN 18336	VOB, Teil C: Abdichtarbeiten
DIN 18352	VOB, Teil C: Fliesen-Plattenarbeiten
DIN 18353	VOB, Teil C: Estricharbeiten

DIN 18356	VOB, Teil C: Parkettarbeiten
DIN 18365	VOB, Teil C: Bodenbelagarbeiten
DIN 18367	VOB, Teil C: Holz-Pflasterarbeiten
DIN 18560	Estriche im Bauwesen
DIN 44576	Elektrische Raumheizung, Fußbodenspeicherheizung

## Info-Schriften anderer Organisationen:

Handbuch für das Estrich- und Belaggewerbe Technik.  
Rudolf Müller Verlag, Köln  
ISBN 3-481-01300-0

Merkblatt Keramische Fliesen und Platten, Natursteinwerk und Betonstein auf beheizten zementgebundenen Fußbodenkonstruktionen  
Fachverband des Deutschen Fliesengewerbes im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes  
Kronenstr. 55-58  
D-10117 Berlin-Mitte  
Tel.: 030-203 14 0  
Fax: 030-203 14 420  
E-Mail: [info@zdb.de](mailto:info@zdb.de)  
[www.zdb.de](http://www.zdb.de)

Keramische Fliesen und Platten, Naturwerkstein und Betonwerkstein auf calciumsulfatgebundenen Estrichen  
Fachverband des Deutschen Fliesengewerbes im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes  
Kronenstr. 55-58  
D-10117 Berlin-Mitte  
Tel.: 030-203 14 0  
Fax: 030-203 14 420

INFORMATIONSDIENST HOLZ  
Holzbauhandbuch,  
Reihe 6, Teil 4,  
Folge 2: Parkett

Holzabsatzfonds –  
Absatzförderung  
der deutschen Forst- und Holzwirtschaft  
Godesberger Allee 142-148  
53175 Bonn  
Tel.: 0228-30838-0  
Fax: 0228-30838-30  
E-Mail: [info@holzabsatzfonds.de](mailto:info@holzabsatzfonds.de)  
[www.holzabsatzfond.de](http://www.holzabsatzfond.de)

Merkblatt Vorbereitende Maßnahmen zur  
Verlegung von Parkett sowie elastischen  
und textilen Bodenbelägen auf beheizten  
Fußbodenkonstruktionen  
Zentralverband Parkett und Fußboden-  
Technik (ZVPF)  
Meckenheimer Allee 71  
D-53115 Bonn  
Tel.: 0228-631201  
Fax: 0228-695462  
E-Mail: [info@zv-parkett-fussboden.de](mailto:info@zv-parkett-fussboden.de)  
[www.zv-parkett.de](http://www.zv-parkett.de)

Textiler Bodenbelag und Fußbodenheizung  
Europäische TeppichGemeinschaft e.V.  
Hans-Böckler-Str. 205  
D-42109 Wuppertal  
Tel.: 0202-759791  
Fax: 0202-759797  
E-Mail: [info@teppich-siegel.de](mailto:info@teppich-siegel.de)  
[www.teppich-siegel.de](http://www.teppich-siegel.de)

Fußböden. Vom Naturstein bis zum Kunststoff  
ISBN-Nr. 3-88835-093-X  
Arbeitsgemeinschaft der Verbraucherver-  
bände e.V. (AgV)  
Heilsbachstr. 20  
D-53123 Bonn  
Tel.: 0228-64890  
Fax: 0228-644258

Industriegruppe Estrichstoffe auf  
Calciumsulfatbasis IGE /Industrieverband  
Werktrockenmörtel e.V. WTM/Bundes-  
vereinigung Naßmörtel im Bundesverband  
der Deutschen Mörtelindustrie e.V.  
Düsseldorfer Str. 50  
D-47051 Duisburg  
Tel.: 0203-992390  
Fax: 0203-99239-97

Kleben von Kork-Bodenbelägen  
Stand Juli 1999  
Merkblatt TKB-5  
Industrieverband Klebstoffe e.V.  
RWI-Haus Völklinger Str. 4  
D-40219 Düsseldorf  
Tel.: 0211-67931-19  
Fax: 0211-67931-8833  
E-Mail: [info@klebstoffe.com](mailto:info@klebstoffe.com)  
[www.klebstoffe.com](http://www.klebstoffe.com)

Beurteilen und Vorbereiten  
von Untergründen  
Verlegen von elastischen und textilen  
Bodenbelägen, Schichtstoffelementen  
(Laminat) und Parkett  
Beheizte und unbeheizte  
Fußbodenkonstruktionen  
BUNDESVERBAND ESTRICH UND BELAG e.V.  
(BEB)  
Industriestr. 19  
D-53842 Troisdorf  
Tel.: 02241-3973960  
Fax: 02241-3973969  
E-Mail: [info@beb-online.de](mailto:info@beb-online.de)  
[www.beb-online.de](http://www.beb-online.de)

## Anschriften von an dieser BVF Richtlinie beteiligten Organisationen:

Deutscher Kork-Verband e.V.  
Mittelstr. 50  
D-33602 Bielefeld  
Tel.: 0521-1369740  
Fax: 0521-9653377  
E-Mail: [info@kork.de](mailto:info@kork.de)  
[www.kork.de](http://www.kork.de)

Fachverband des Deutschen Fliesen-  
gewerbes im Zentralverband des Deutschen  
Baugewerbes  
Kronenstr. 55-58  
D-10117 Berlin-Mitte  
Tel.: 030-20314-0  
Fax: 030-20314-419  
E-Mail: [info@fachverband-fliesen.de](mailto:info@fachverband-fliesen.de)  
[www.fachverband-fliesen.de](http://www.fachverband-fliesen.de)

Verband der Deutschen Parkettindustrie e.V.  
Vdp  
Flutgraben 2  
D-53604 Bad Honnef  
Tel: 02224-9377-0  
Fax:02224-9377-77  
E-Mail: [verband@parkett.de](mailto:verband@parkett.de)  
[www.parkett.de](http://www.parkett.de)

Verband der europäischen Laminat-  
fussbodenhersteller e. V (EPLF)  
Mittelstr. 50  
D-33602 Bielefeld  
Tel.: 0521-1369760  
Fax: 0521-9653377  
E-Mail: [info@eplf.com](mailto:info@eplf.com)  
[www.eplf.com](http://www.eplf.com)

Deutsches Teppich-Forschungsinstitut e.V.  
Charlottenburger Allee 41  
D-52068 Aachen  
Tel.: 0241-9679 000  
Fax: 0241-9679 200  
E-Mail: [postmaster@tfi-online.de](mailto:postmaster@tfi-online.de)  
[www.tfi-online.de](http://www.tfi-online.de)

Zentralverband Parkett und Fußboden-  
Technik  
Meckenheimer Allee 71  
D-53115 Bonn  
Tel.: 0228-631201  
Fax: 0228-695462  
E-Mail: [zv.parkett.bodenleger@gmx.net](mailto:zv.parkett.bodenleger@gmx.net)  
[www.ZV-Parkett.de](http://www.ZV-Parkett.de)

Bundesverband Estrich und Belag e.V.  
Industriestr. 19  
D-53842 Troisdorf-Oberlar  
Tel.: 0224-13973960  
Fax: 0224-13973969  
E-Mail: [info@beb-online.de](mailto:info@beb-online.de)  
[www.beb-online.de](http://www.beb-online.de)

# Installation von Flächenheizungen und Flächenkühlungen bei der Modernisierung von bestehenden Gebäuden – Anforderungen und Hinweise

## ALLGEMEINE HINWEISE

Die Flächenheizung hat in den letzten Jahrzehnten bei der Raumheizung immer mehr an Bedeutung gewonnen. Nahezu jedes zweite Ein- und Zweifamilienhaus wird heute mit einer Flächenheizung ausgestattet. Aber auch in Büros, Schulen, Kindergärten, Museen, Ladengeschäften, Sporthallen, Industriehallen, Kirchen, Frei- und Grünflächen findet die Flächenheizung aufgrund ihrer Vorteile in verstärktem Maße Eingang. Der mögliche Zusatznutzen der „stillen“ Kühlung“ macht das System noch attraktiver.

## Die wesentlichen Vorteile sind

- Wirtschaftliche und energieeffiziente Betriebsweise
- Zukunftsorientiert und umweltfreundlich durch die Nutzbarkeit alternativer und regenerativer Energien
- Behaglichkeit aufgrund niedriger Oberflächentemperaturen
- Günstigste raumlufthygienische Verhältnisse
- Freie innenarchitektonische Gestaltung
- Kostengünstige Installation
- Kein Renovierungs- und zusätzlicher Reinigungsaufwand für Heizflächen

Die geschilderten Vorteile der Flächenheizungs- und Kühlungssysteme führen verstärkt auch im Gebäudebestand, beim Umbau, bei Renovierung und Modernisierung zu einer steigenden Nachfrage nach entsprechend geeigneten Lösungen.

## RAHMENBEDINGUNGEN IN BESTEHENDEN GEBÄUDEN

### Der Baukörper

Der Wärmeschutz des bestehenden Gebäudes ist hinsichtlich der Energieeinsparverordnung (EnEV) zu prüfen.

In der EnEV gibt § 9 „Änderung, Erweiterung und Ausbau von Gebäuden“ Hinweise auf einzuhaltende Wärmedurchgangskoeffizienten von Außenbauteilen. Die Anforderungen der EnEV gelten nicht, wenn weniger als 10% der Außenbauteile des Gebäudes geändert werden. Bei einer Erweiterung des bestehenden Gebäudes um zusammenhängend mindestens 50 m<sup>2</sup> müssen die Anforderungen der EnEV an neu zu errichtende Gebäudeteile erfüllt werden.

Beim nachträglichen Einbau von Flächenheizungs- und Kühlungssystemen in Böden, Wänden oder Decken in vorhandenen Gebäuden sind die baulichen Gegebenheiten zu beachten, insbesondere

### Fußbodenheizung und Kühlung:

- Verfügbare Aufbauhöhe
- Beschaffenheit des Untergrundes
- Tragfähigkeit des Untergrundes

### Wandheizung und Kühlung:

- Freie, verfügbare Wandfläche
- Beschaffenheit des Untergrundes
- Vorhandene Installationen

### Deckenheizung und Kühlung:

- Verfügbare Raumhöhen
- Beschaffenheit der Decken
- Tragfähigkeit der Decken

## Die Heizungsanlage

Besonders vorteilhaft für die Kombination mit einer Flächenheizung sind Niedertemperatur- und Brennwert-Feuerstätten. Durch die niedrigen Heizmitteltemperaturen bei

Flächenheizungen wird der Brennstoff besonders effizient genutzt. Bestehende Wärmeerzeuger müssen nicht prinzipiell ausgetauscht werden.

Die Kombination von Flächenheizungs- und Kühlungssystemen mit Wärmepumpen und/oder der Solarenergienutzung schafft die Voraussetzungen zur Erreichung höchster energetischer Effizienz.

Welche Bestandteile des vorhandenen Heizsystems übernommen oder ggf. auszutauschen sind, sollte im konkreten Einzelfall vom Fachmann entschieden werden.

## SYSTEME DER FLÄCHENHEIZUNG UND FLÄCHENKÜHLUNG

Man unterscheidet bei Flächenheizungs- und Kühlungssystemen nach der Form des Wärmetransports zwei grundsätzliche Arten:

### Wassergeführte Flächenheizungs- und Kühlungssysteme

Wassergeführte Flächenheizungs- und Kühlungssysteme werden als Direktheizungen ausgeführt.

Die Wärmeabgabe erfolgt hierbei durch wasserführende Rohre aus Kunststoff-, Kupfer-, oder Verbundwerkstoffen.

Die Bestimmung der Wärmeleistung und der Kühlleistung von wasserdurchströmten Flächenheiz- und Kühlsystemen wird in der DIN EN 1264-5 beschrieben.

### Elektro-Flächenheizung

Elektrische Flächenheizungsanlagen können als Speicherheizungen, Direktheizungen oder als Zusatzheizungen ausgeführt werden.

Die Wärmeabgabe erfolgt durch in die Konstruktion eingebettete, stromdurchflossene Heizleitungen oder Heizfolie, die bevorzugt als Direktheizung zum Teil keine zusätzliche Aufbauhöhe benötigen. Bei Wandheizungen stehen Flächenheizelemente zur Verfügung.

Nach Bauvertragsrecht dürfen nur, sofern Normen existieren, genormte Bauteile Verwendung finden. Darüber hinaus sollten die Bauteile fremdüberwacht bzw. gütegesichert (z. B. DIN-CERTCO (www.dincertco.de) oder RAL zertifiziert (www.ggf-ral.de)) sein.

Im Folgenden werden die verschiedenen Ausführungsarten von wasserführende Flächenheizungs- und Kühlungssystemen beschrieben.

## AUSFÜHRUNGSARTEN VON FLÄCHENHEIZUNGEN UND KÜHLUNGEN

### Boden

Im Boden gibt es zwei Ausführungsarten. Nasssysteme und Trockensysteme.

Bild 1: NB1 – Rohrsystem auf Dämmplatte im Nassestrich

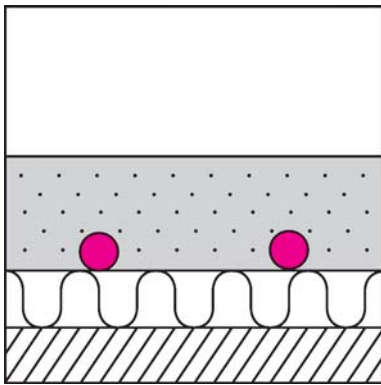


Bild 2: NB2 – Rohrsystem in Dämmplatte im Nassestrich

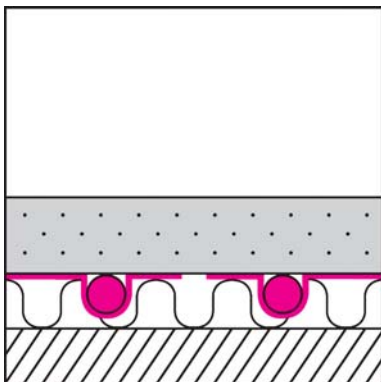


Bild 3: NB3 – Verbundkonstruktion: Rohrsystem auf Altuntergrund in Ausgleichsmasse/-estrich

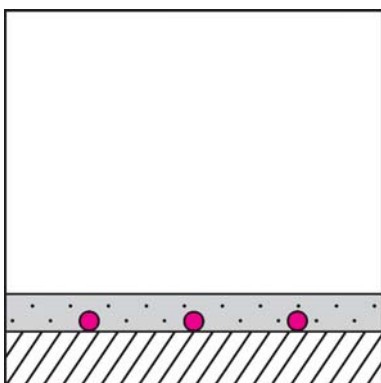
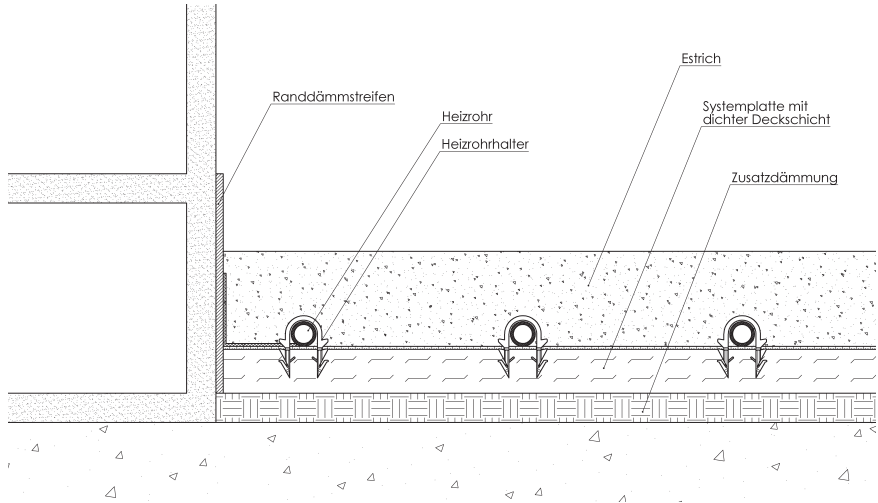


Bild 4: Aufbau der Bauart A einer Fußbodenheizung/-kühlung in Nassbauweise.



### Bodenkonstruktionen in Nassbauweise

Nasssysteme werden in drei Varianten unterschieden.

NB1 – Rohrsystem auf Dämmplatte im Nassestrich. Diese Art entspricht der Bauart A nach DIN 18560-2. Bild 1 zeigt diese Lösung.

NB2 – Rohrsystem in Dämmplatte mit Nassestrich. Diese Konstruktion entspricht der Bauart B nach DIN 18560-2. Bild 2 zeigt diese Lösung.

NB3 – Verbundkonstruktion: Rohrsystem auf Altuntergrund in Ausgleichsmasse/-estrich. Bild 3 zeigt diese Lösung.

Die klassischen Verlegearten, bei der die konventionellen Nassestriche zum Einsatz kommen, benötigen eine verfügbare Aufbauhöhe von mindestens 6 cm (exklusive Dämmschicht) und einen massiven Untergrund mit einer statischen Eignung für die zusätzliche Flächenlast von ca. 1 – 1,25 kN/m<sup>2</sup>.

Wenn geringere Flächenlasten oder Aufbauhöhen erforderlich werden, kommen dünn-schichtige Spezialestriche zum Einsatz.

Bild 4 zeigt beispielhaft den Aufbau der Bauart A einer Fußbodenheizung/-kühlung in Nassbauweise.

Weiterführende Details sind der BVF-Richtlinie Nr.: 3 „Herstellung beheizter /gekühlter Fußbodenkonstruktionen im Wohnungsbau“ zu entnehmen.

### Bodenkonstruktionen in Trockenbauweise

Sie besitzen geringe Flächengewichte bei niedriger Aufbauhöhe und alle Vorteile des Trockenausbaus.

Die Ausbauezeit bis zur Einbringung der Bodenbeläge ist im Vergleich zu nassverlegten Systemen deutlich kürzer.

Beim Einsatz von Trockenausbauplatten (Fertigteil-estrich) kommen prinzipiell Fußbodenheizsysteme nach Bauart B zum Einsatz. Zur genaueren Unterscheidung werden diese in 3 Varianten unterschieden.

TB1 – Rohrsystem in Dämmplatte mit Trockenestrich. Hier werden die Rohrleitungen in Systemdämmplatten verlegt, zumeist mit Wärmeleitblechen und Folienabdeckung. Die Trockenestrichplatten dienen als Lastverteilschicht. Bild 5 zeigt diese Lösung.

Als Lastverteilschicht sind ebenso geeignet:

- Spezielle „Estrichziegel“ mit Nut und Feder, direkt sichtbar oder mit zusätzlichem Bodenbelag versehen
- Fertigbetonplatten, die untereinander verklebt werden und mit Bodenbelag versehen

TB2 – Rohrsystem in Systembodenplatte mit/ohne Dämmschicht. Die Rohre werden bei dieser Ausführung direkt in der Systemplatte verlegt. Je nach System kann es eine dünn-schichtige Verbundkonstruktion sein oder die Systemplatte dient gleichzeitig als lastverteilende Schicht die schwimmend auf einer Dämmschicht verlegt wird. Bild 6 zeigt diese Lösung.

Dünnschichtige beheizte Verbundkonstruktionen sind nicht Gegenstand dieser Information und werden in der BVF-Richtlinie Nr.: 12 „Herstellung dünnschichtiger, beheizter/ gekühlter Verbundkonstruktionen im Wohnungsbau“ behandelt (Beispiel siehe Bild 7).

TB3 - Rohrsystem auf Dämmplatte in Gussasphaltestrich. Die Rohrleitungen werden auf geeigneten Dämmplatten mit Abdeckung verlegt. Bild 8 zeigt diese Lösung.

Beim Einsatz von Gussasphalt kommen nur Fußbodenheizsysteme nach Bauart A oder B zum Einsatz. Es ist eine temperaturbeständige Dämmung sowie Kupferrohr zu verwenden. Bild 9 stellt die Bauart A dar.

Bild 10 und 11 zeigen Ausführungsformen der Trockenverlegung.

Bild 5: TB1 – Rohrsystem in Dämmplatte mit Trockenestrich

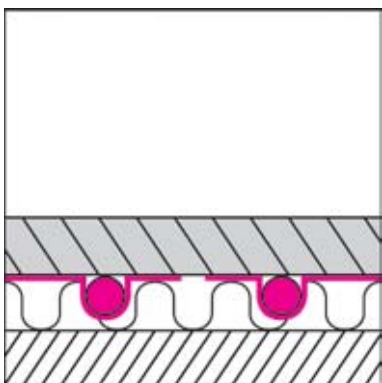


Bild 6: TB2 – Rohrsystem in Systembodenplatte mit/ ohne Dämmschicht

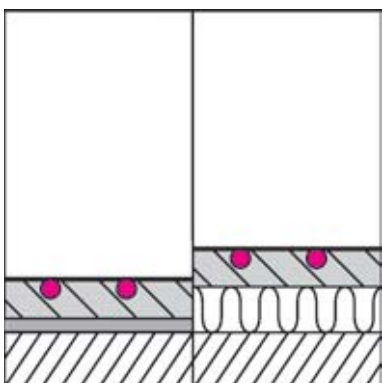


Bild 7: Bodenkonstruktion TB2 mit Trockenestrichplatten (TE)

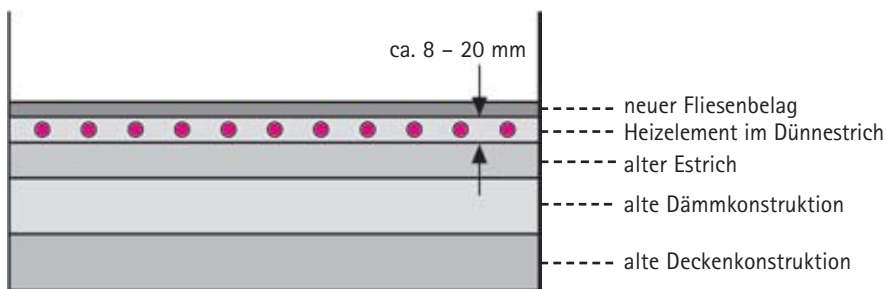


Bild 8: TB3 – Rohrsystem auf Dämmplatte in Gussasphaltestrich

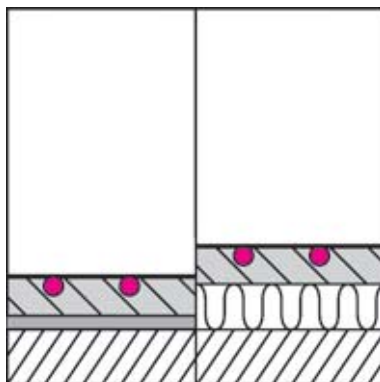


Bild 9: Bodenkonstruktion nach Bauart A mit Gussasphaltestrich

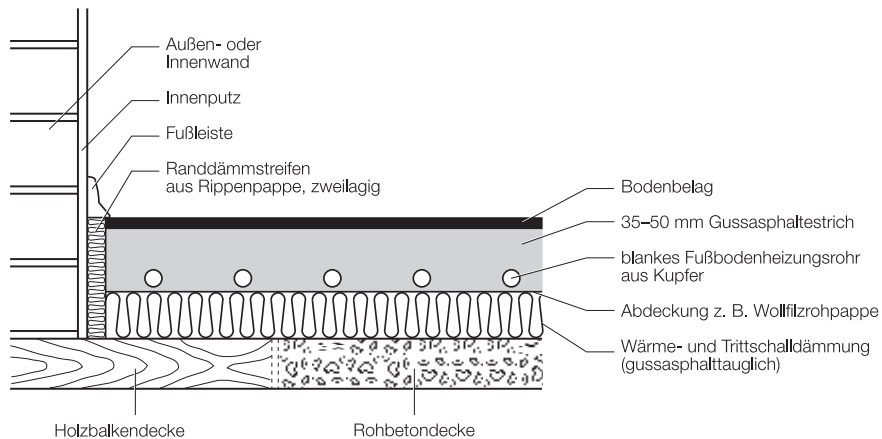
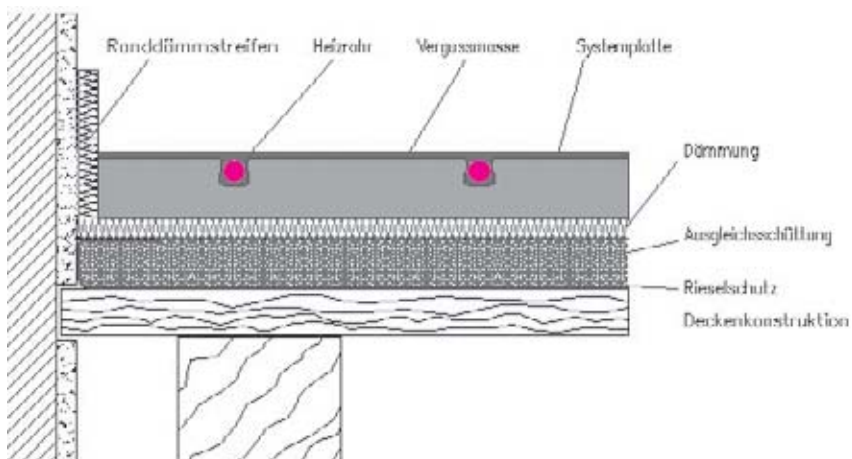


Bild 10: Bodenkonstruktion TB2 mit Trockenestrichplatten (TE)



## Bauliche Voraussetzungen für Trockensysteme

Der tragende Untergrund muss ausreichend trocken sein und eine ebene Oberfläche aufweisen, die den Anforderungen der DIN 18202, Tabelle 3, bei Trockenausbauplatten Zeile 4 entspricht (siehe Anhang).

Erfüllt der Untergrund nicht die Ebenheitstoleranzen, ist eine Niveaueinrichtungsschicht einzubauen. Diese Forderung gilt für Beton und für Holzdecken. Voraussetzung bei Holzdecken ist, dass die Dielenbretter festliegen sowie „gesund“ und tragfähig sind. Je nach Ausgleichshöhe sind verschiedenartige Schichten möglich.

In Bild 10 und 11 werden Ausgleichsschichten mit gebundener und loser Trockenschüttung auf einem Dielenboden dargestellt.

Die Ausgleichsschicht kann aber auch mit einer Spachtelmasse ausgeführt werden.

Bei all diesen Maßnahmen sind die bauphysikalischen Gesichtspunkte zu beachten (Tragfähigkeit des Untergrunds, Dampfdiffusion etc.).

### Wärmedämmung

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Einhaltung der Dämmvorschrift für Fußbodenheizung- und Kühlungs-systeme. Hier sind die Mindestwärmeleitwiderstände der Dämmschichten unter dem System gemäß DIN EN 1264-4 (Tabelle 2) einzuhalten und die Anforderungen der Energieeinsparverordnung zu beachten. Hierbei übernimmt bereits die Systemdämmschicht den größten Teil. Der evtl. notwendige Rest muss eine darunter liegende Zusatzdämmung übernehmen. Vorhandene Dämmungen z.B. in Holzdecken können angerechnet werden.

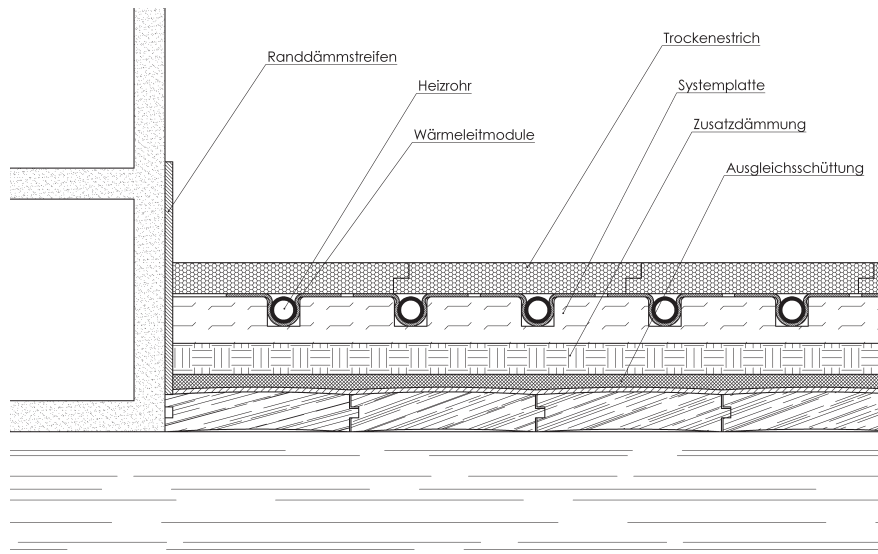
### Trittschallschutz

Bei Holzdecken bleibt der ursprüngliche Trittschallschutz erhalten und wird sogar durch die zusätzlich aufgebrachte Masse verbessert. Wird bei Betondecken der Bodenbelag einschließlich des alten schwimmenden Estrichs entfernt, soll nach Möglichkeit ein Trittschallschutz hergestellt werden.

### Wandheizungen / -kühlungen

Bei z.B. fehlenden Bodenaufbauhöhen oder erhaltenswerten Bodenbelägen kann die Realisierung einer Wand- bzw. Deckenheizung bzw. -kühlung eine sinnvolle Alternative sein.

Bild 11: Bodenkonstruktion TB1 mit Trockenestrichplatten (TE)



Die Wandheizung/ -kühlung kann auf gemauerten Wänden, Fertigteil- und Betonwänden sowie auf als Ständerkonstruktion aufgebauten Trockenbauwänden ausgeführt werden. Die raumseitige Wandkonstruktion dient als übertragende und verteilende Fläche.

Folgende Ausführungsvarianten werden dabei unterschieden.

NW1 – Rohrsystem im Wandputz. Die Rohrleitungen werden auf einem geeigneten Untergrund befestigt und liegen innerhalb der Putzschicht. Bild 12 zeigt diese Lösung.

TW1 – Rohrsystem in Unterkonstruktion mit Trockenausbauplatte. Diese Ausführung entspricht Bauart B nach DIN EN 1264. Die Rohrleitungen liegen zwischen der Unterkonstruktion und sind in den Systemdämmplatten verlegt. Meistens dienen Wärmeleitbleche und Trockenbauplatten als Abdeckung. Bild 13 zeigt diese Lösung.

TW2 – Rohrsystem in Trockenbau-Platte – Wand. Diese Konstruktion entspricht der Bauart A nach DIN EN 1264. Die Systemplatten bestehen aus Trockenbauplatten mit integrierten Rohrleitungen und werden auf der Unterkonstruktion an der Wand befestigt. Bild 14 zeigt diese Lösung.

Sind zusätzliche Wandbeläge gewünscht, so können

- Tapete oder Anstrich
- Strukturputz
- Fliesen oder Naturwerkstein

eingesetzt werden.

Bild 15 zeigt eine mögliche Bauart der Wandheizung/-kühlung, wobei die Heizelemente unmittelbar auf die Rohwand aufgebracht werden. Diese Ausführungsart kann gewählt werden, wenn eine Wärmedämmung, z.B. auf Innenwänden nicht erforderlich ist.

Soll die Wandheizung bzw. Wandkühlung auf Außenmauern eingesetzt werden, ist die Verwendung von Systemplatten mit integrierter Wärmedämmung sinnvoll. Diese Variante zeigt Bild 16.

Wandheizungen bzw. Wandkühlungen werden in der erweiterten DIN EN 1264-5 behandelt.

Bei Renovierungen gilt der U-Wert 0,24 W/m<sup>2</sup>K für Außenwände entsprechend EnEV, Anlage 3 Tabelle 1, ggf. sind die Anforderungen aus dem Energiepass der EnEV zu berücksichtigen

Bei Wandheizung bzw. Wandkühlung im inneren Wohnbereich ist die Wärmedämmung, im Einvernehmen mit dem Nutzer, auf die technischen Belange des Nebenraumes abzustellen.

Hinweise für die Planung und die weiteren baulichen Voraussetzungen sind in der BVF-Richtlinie Nr.: 7 „Wandheiz/-kühl-systeme im Wohnungs-, Gewerbe- und Industriebau“ enthalten.

Ebenso sind dort weitere Ausführungsvarianten aufgeführt.



Bild 12: NW1 – Rohrsystem im Wandputz

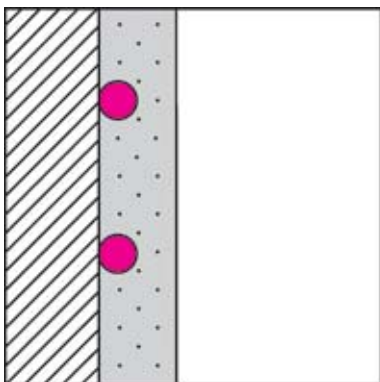


Bild 13: TW1 – Rohrsystem in Unterkonstruktion mit Trockenausbauplatte

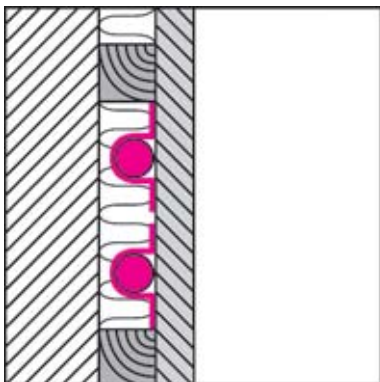


Bild 14: TW2 – Rohrsystem in Trockenbau-Platte – Wand

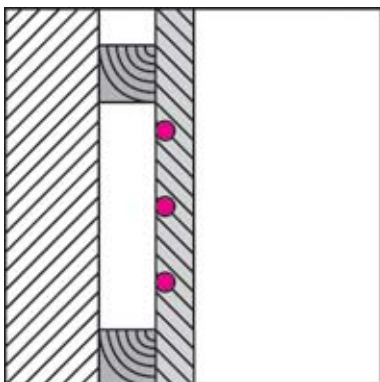


Bild 15: Wandheizung mit Verlegung der Heizrohre, direkt auf die Wand

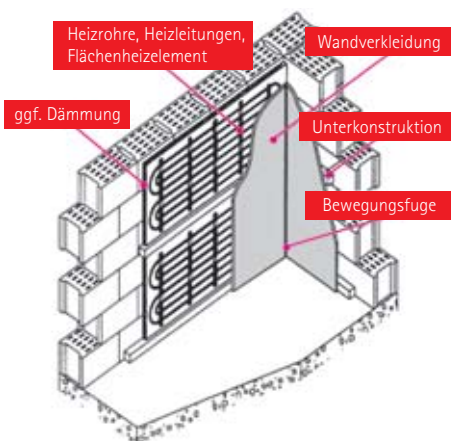


Bild 16: Wandheizung mit der Verlegung von Heizrohre in oder auf einer Systemplatte mit Wandputz

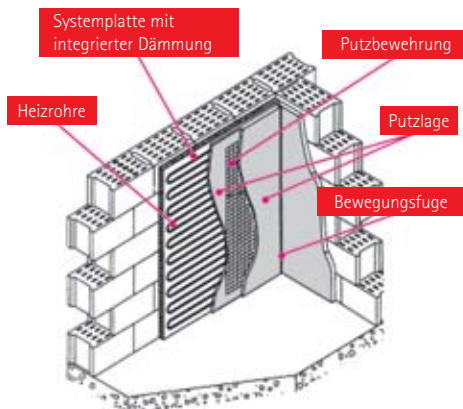


Bild 17: ND1 – Rohrsystem im Deckenputz

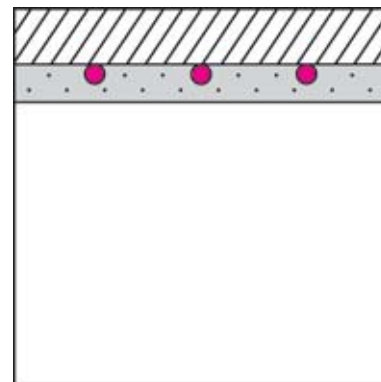
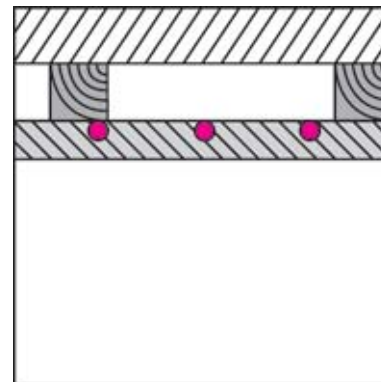


Bild 18: ND1 – Rohrsystem in Trockenbau-Platte – Decke



## Deckenheizungen/ -kühlungen

Speziell in gewerblich genutzten Räumen stellt die Deckenheizung eine weitere Alternative dar, insbesondere bei Nutzung als Heiz-/Kühldecke.

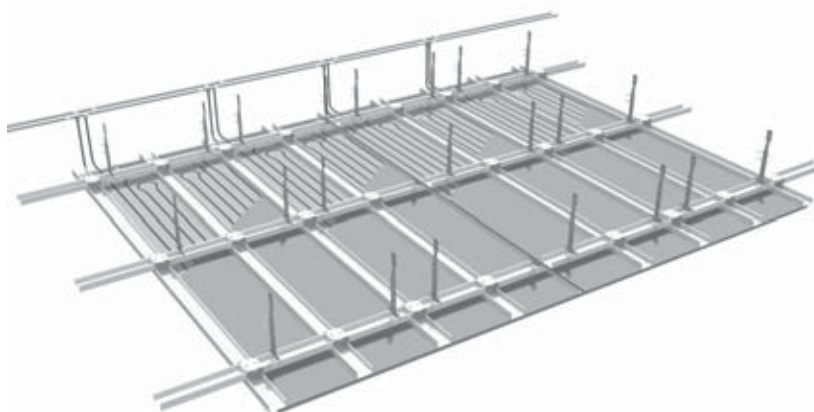
Neben dieser Doppelnutzung können auch optische und/oder akustische Belange der Raumgestaltung berücksichtigt werden. In diese beiden Ausführungsvarianten wird unterteilt:

ND1 – Rohrsystem im Deckenputz. Diese Art entspricht der Bauart A nach DIN EN 1264. Die Rohrleitungen werden auf einem geeigneten Untergrund befestigt und liegen innerhalb der Putzschicht. Bild 17 zeigt diese Lösung.

TD1 – Rohrsystem in Trockenbau-Platte – Decke. Diese Variante entspricht ebenfalls der Bauart A nach DIN EN 1264. Die Systemplatten bestehen aus Trockenbauplatten mit integrierten Rohrleitungen und werden auf der Unterkonstruktion an der Decke befestigt. Bild 18 zeigt diese Lösung.

Eine beispielhafte Ausführungsform mit Trockenbauplatten auf Metallunterkonstruktion zeigt Bild 19.

Bild 19: Deckenheizung in Trockenbauplatten auf Metallunterkonstruktion



## Flächenkühlung

Die Bereitstellung von Kaltwasser und die zentrale Regelungstechnik dieser Kombinationssysteme sind nicht Gegenstand dieser Richtlinie. Die Kühlleistung der baukörperintegrierten Systeme wird durch die Wasserdampftaupunkttemperatur der Umgebungsluft begrenzt. Sie darf nicht unterschritten werden und wird üblicherweise durch einen Taupunktfühler erfasst. Weitere Einzelheiten sind den Unterlagen der Systemanbieter zu entnehmen.

## Zusammenarbeit der Gewerke

Die Planung und Errichtung einer Flächenheizung bzw. Flächenkühlung erfordert eine gründliche Koordination der Gewerke Bauwerksplaner, Heizungsbauer, Estrichleger und Bodenleger. Zu beachten sind die Hinweise aus der BVF Infoschrift „Schnittstellenkoordination bei Einsatz von Flächen-

heizungen und Flächenkühlungen in bestehenden Gebäuden“. Beim Einbau von Flächenheizungen und Flächenkühlungen in bestehenden Gebäuden ist die Abstimmung der Gewerke im Vorfeld von großer Bedeutung für die Qualität der durchzuführenden Arbeiten.

Frühzeitige Koordination vermeidet späteren Ärger und überflüssige Kosten. Um

eine sachgerechte Planung durchzuführen und eine dauerhaft funktionsfähige Flächenheizungs- bzw. Kühlkonstruktion herzustellen, sind die nachfolgenden Verordnungen, Hinweise und DIN-Normen anzuwenden, bzw. zu beachten:

Tabelle 1: Ebenheitstoleranzen nach DIN 18202

Zeile	Bezug	Stichmaße als Grenzwerte in mm bei Messpunktabständen in m				
		0,1 m	1 m	4 m	10 m	15 m
1	Nichtflächenfertige Oberseiten von Decken, Unterbeton und Unterböden	10 mm	15 mm	20 mm	25 mm	30 mm
2	Nichtflächenfertige Oberseiten von Decken, Unterbeton und Unterböden mit erhöhten Anforderungen, z.B. zur Aufnahme von schwimmenden Estrichen, Industrieböden, Fliesen- und Plattenbelägen, Verbundestrichen Fertige Oberflächen für untergeordnete Zwecke, z.B. in Lagerräumen, Kellern	5 mm	8 mm	12 mm	15 mm	20 mm
3	Flächenfertige Böden, z.B. Estriche als Nutzestriche, Estriche zur Aufnahme von Bodenbelägen Bodenbeläge, Fliesenbeläge, gespachtelte und geklebte Beläge	2 mm	4 mm	10 mm	12 mm	15 mm
4	Flächenfertige Böden mit erhöhten Anforderungen, z.B. mit selbstverlaufenden Spachtelmassen	1 mm	3 mm	9 mm	12 mm	15 mm
5	Nichtflächenfertige Wände und Unterseiten von Rohdecken	5 mm	10 mm	15 mm	25 mm	30 mm
6	Flächenfertige Wände und Unterseiten von Decken, z.B. geputzte Wände, Wandbekleidungen, untergehängte Decken	3 mm	5 mm	10 mm	20 mm	25 mm
7	Wie Zeile 6, jedoch mit erhöhten Anforderungen	2 mm	3 mm	8 mm	15 mm	20 mm

Auszug aus DIN 18202, April 1997, Tabelle 3

Tabelle 2: Mindest-Wärmeleitwiderstände der Dämmschichten unter der Fußbodenheizung aus DIN EN 1264 Teil 4

	Darunter liegender beheizter Raum	Unbeheizter oder in Abständen beheizter darunter liegender Raum oder direkt auf dem Erdreich *	Darunter liegende Außenlufttemperatur		
			Auslegungsaußenlufttemperatur $T_d \geq 0^\circ\text{C}$	Auslegungsaußenlufttemperatur $0^\circ\text{C} > T_d \geq -5^\circ\text{C}$	Auslegungsaußenlufttemperatur $-5^\circ\text{C} > T_d \geq -15^\circ\text{C}$
Wärmeleitwiderstand $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$	0,75	1,25	1,25	1,50	2,00

\* Bei einem Grundwasserspiegel  $\leq 5$  m sollte dieser Wert erhöht werden

## Normen und Richtlinien

Energieeinsparverordnung (EnEV)

EN 1057 Kupferrohre

DIN 1055-3 Einwirkungen auf Tragwerke

EN 1991-1-1 Einwirkungen auf Tragwerke

DIN 1168 Baugipse

DIN EN 1264 Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung

DIN EN 12831 Heizanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Normheizlast

DIN 4102 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen

DIN 4108 Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden

DIN 4109 Schallschutz im Hochbau

DIN 4701 Teil 10 Energetische Bewertung von heiz-, warmwasser- und Lüftungstechnischen Anlagen

DIN 4726 Rohrleitungen aus Kunststoffen für die Warmwasser-Fußbodenheizung

DIN EN 1362 – 1371 Wärmedämmstoffe für Gebäude

DIN 18180 Gipskartonplatten

DIN 18181 Gipskartonplatten im Hochbau

DIN 18182 Zubehör für die Verarbeitung von Gipskartonplatten

DIN 18195 Bauwerksabdichtungen

DIN 18202 Toleranzen im Hochbau

DIN 18350 VOB, Teil C: Putz- und Stuckarbeiten

DIN 18336 VOB, Teil C: Abdichtarbeiten

DIN 18353 VOB, Teil C: Estricharbeiten

DIN 18382 Elektrische Kabel- und Leitungsanlagen in Gebäuden

DIN 18550 Putz

DIN 18557 Werkmörtel

DIN 18560 Estriche im Bauwesen

EN 50350 Elektrische Raumheizung, Aufladesteuerung für Fußbodenheizung

DIN 44576 Elektrische Raumheizung – Fußbodenheizung – Gebrauchseigenschaften – Begriffe, Prüfverfahren, Bemessung und Formelzeichen

VDE 0100 Errichten von Starkstrom-Anlagen mit Nennspannungen bis 1000 V

DIN EN 60335 Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke

DIN EN 15377 Heizungsanlagen in Gebäuden – Planung von eingebetteten Flächen, Flächenheiz- und Kühlsystemen mit Wasser

DIN V 18599 Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung

Weitere wertvolle Hinweise und Informationen siehe unter: [www.flaechenheizung.de](http://www.flaechenheizung.de)

# Bauteilintegrierte Systeme der Flächenheizung und Flächenkühlung – Aufbau und Funktionsweise

Beheizte Fußboden-, Wand-, und Deckenkonstruktionen haben in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. Nahezu jedes zweite Ein- und Zweifamilienhaus wird heute bereits mit einer Flächenheizung ausgestattet.

Wirtschaftlicher und energieeffizienter Betrieb, günstige raumlufthygienische Verhältnisse, zukunftsorientiertes und umweltfreundliche Niedertemperatursysteme, sind die Aspekte bei der Entscheidung. Das bringt Behaglichkeit für die Nutzer.

Neben der Heizfunktion bietet sich darüber hinaus für die heißen Sommermonate die „stille“ Flächenkühlung über das vorhandene System an.

Um die hohen Anforderungen an Funktion, Wohnkomfort und Behaglichkeit zu erfüllen, müssen bei der Planung und Herstellung einige Aspekte berücksichtigt werden. Hier geben die vorhandenen BVF- Informationsdienste praxisnahe Hilfestellungen.

Die vorliegende Information beschreibt die Planung und die Ausführung von bauteilintegrierten Heiz- und Kühl-Systemen in neu zu errichtenden und bestehenden Gebäuden.

## Einleitung

### Thermische Behaglichkeit im Raum

Der Mensch ist in der Lage, sich den äußeren Bedingungen anzupassen.

Der Bereich der thermischen Behaglichkeit übt einen wesentlichen Einfluss auf das Wohlbefinden und die Gesundheit aus. Die

Grenzen des Bereichs thermischer Behaglichkeit sind jedoch fließend, da eine Vielzahl von Faktoren die Behaglichkeit beeinflusst. Hier sind zum Beispiel zu nennen: Gebäudebauart und das persönliche Empfinden sowie der Gesundheitszustand des Nutzers. Auch psychische Faktoren haben Einfluss auf das Behaglichkeitsempfinden des Menschen.

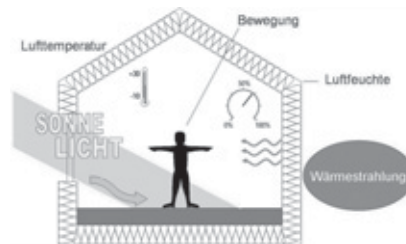


Abb.1 Einflussfaktoren der thermischen Behaglichkeit

Die thermische Behaglichkeit lässt sich durch Festlegung durchschnittlicher Werte wie z.B. für Luftzustände und Umgebungslächentemperaturen definieren.

Der aktuelle Erkenntnisstand über thermische Behaglichkeit ist in der DIN EN ISO 7730 zusammengefasst.

Das Temperaturempfinden des Menschen hängt wesentlich von der Wärmebilanz des Körpers ab.

Parameter für das positive Empfinden des Umgebungsklimas sind hiernach:

- Luft- und Strahlungs-Temperatur
- Luftgeschwindigkeit
- Luftfeuchte
- körperliche Tätigkeit
- Bekleidung

Die Wärmeproduktion des Menschen ist abhängig vom Stoffwechsel und vom Tätigkeitsgrad.

Der menschliche Körper versucht ständig, die Körpertemperatur von 37°C und somit einen Gleichgewichtszustand zwischen Wärmeproduktion und Wärmeabgabe aufrecht zu erhalten.

Die Hauptwärmeabgabe erfolgt über Wärmeabstrahlung zu Umschließungsflächen mit niedrigeren Oberflächentemperaturen. Je tiefer die Temperatur der Umschließungsflächen, desto höher muss die Raumluft erwärmt werden um eine zufrieden stellende Behaglichkeit zu erreichen.

Umgekehrt kann bei höheren Temperaturen der Umschließungsflächen die Raumlufttemperatur bei gleicher Behaglichkeit deutlich reduziert werden.

Der gleiche Effekt gilt für die Flächenkühlung. Die Raumlufttemperatur muss über

die Umschließungsflächen nicht so weit reduziert werden wie bei einer Luft-Klimaanlage, um eine vergleichbare Behaglichkeit zu erzielen.

Aufgabe eines optimalen Heizsystems ist es, den Menschen nicht aufzuheizen, sondern den Strahlungsaustausch in angenehme Verhältnisse zu bringen.

Durch das Beheizen bzw. Kühlen der Umgebungsflächen des Raums wird die optimale thermische Behaglichkeit erreicht.

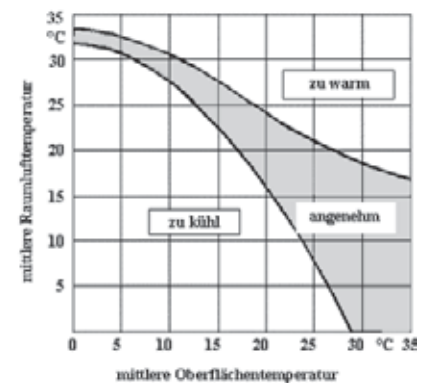


Abb.2 Thermische Behaglichkeit in Abhängigkeit von Raumtemperatur und Raumumschließungstemperaturen

Das von Flächenheizungen/-kühlungen erzeugte Wohnklima kommt den physiologischen Bedürfnissen des Menschen besonders entgegen.

Es beeinflusst vor allem den Wärme- und Feuchtehaushalt des Menschen und wirkt positiv auf das vegetative Nervensystem, das die autonomen Körperfunktionen steuert.

## Kühlen mit Flächenheizungen

### Flächenorientierung von Boden- / Wand- / Decken-Systemen

Grundsätzlich sollten alle Flächenheiz- und -kühlsysteme unabhängig von ihrer Orientierung als Gesamtkonstruktion verstanden werden. Die Komponenten sowie Planung und Ausführung der unterschiedlichen Gewerke müssen systematisch aufeinander abgestimmt sein.

Die Anforderungen an beheizte und/oder gekühlte in Bauteilen integrierte Flächen sind vielfältig.

Dämmung, Kühl-/Heizleistung, mechanische Beanspruchung, Nutzlast, Abdichtung, Feuchteempfindlichkeit und die Raumgestaltung sind zu berücksichtigen.

Die physikalischen wärme- und kühltechnischen Eigenschaften der zu heizenden/kühlenden Flächen sind wesentlich von ihrer Orientierung also Boden, Wand oder Decke abhängig. Die Einbindung in den Baukörper ist zudem abhängig von der Raum- und Gebäudegeometrie.

Die Kombination von unterschiedlichen Orientierungen kann je nach zugrunde gelegtem Heiz-/Kühl-Konzept sinnvoll sein.

Aufgrund von Strahlungs- und Konvektionsvorgängen ergeben sich durch die Ausrichtung der aktiven Flächen erhebliche Unterschiede in ihrem Leistungsspektrum. Zur Optimierung der angestrebten Heiz- und Kühlleistungen ist auch die Auswahl von Deckenverkleidungen, Wand- und Bodenbelägen mit den zugehörigen spezifischen Energieübertragungseigenschaften z.B.

- Wärmeübergangskoeffizienten
- Strahlungssymmetrie/-verhalten zu berücksichtigen.

## Bewertung der Flächen für den Heiz- und Kühlfall

### Boden

Für den Standardfall kann davon ausgegangen werden, dass der Boden hohe Heizleistungen aufweist, die eine komfortable und energiesparende Beheizung erlauben. Für den Kühlfall sollte der Boden als Grundkühlung betrachtet werden.

Es stellen sich Raumtemperaturen ein, die einen deutlichen Komfortvorsprung im Vergleich zu nicht gekühlten Gebäuden erzielen.

Für ein angenehmes Raumklima kann die Grundkühlung über den Boden durch den großflächigen milden Wärmeentzug gut eingesetzt werden.

Nachfolgend Wärmeübergangskoeffizienten und resultierende Leistungen für Bodenheizflächen und Bodenkühlflächen:

Bodenheizung  
 $\alpha = \text{ca. } 11,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$   
 $q = \text{bis ca. } 100 \text{ W/m}^2$

Bodenkühlung  
 $\alpha = \text{ca. } 7,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$   
 $q = \text{max. ca. } 30\text{-}40 \text{ W/m}^2$

Höhere Bodenkühlleistungen können in großflächig verglasten Eingangshallen, Autohäusern oder offen gestalteten Atrien bei direkter Sonneneinstrahlung erzielt werden.

Der Energieüberschuss durch direkte Sonneneinstrahlung auf die Bodenflächen kann direkt abgeführt werden. Hier bietet sich die Bodenkühlung an, da die überschüssige Energie genau dort abgeführt wird, wo sie entsteht.

### Wand

Ein Großteil der Raumumfassungsflächen besteht aus senkrechten Wänden. Diese können zur Raumheizung- und/-kühlung genutzt werden. Im Vergleich zur Bodenheizung ist jedoch zu berücksichtigen, dass der Wärmeübergangskoeffizient geringer ist als am Boden.

Da ein dauerhafter Kontakt zu den Wänden meist ausgeschlossen werden kann, können höhere Heizleistungen durch höhere Oberflächentemperaturen erreicht werden.

Hierzu muss jedoch auch die mittlere Heizwassertemperatur angehoben werden.

Da oft nicht jede Wand im Raum zur Verfügung steht, ist zu prüfen, ob eine Kombination aus Wand- und Bodenheizung zur Minimierung der mittleren Heizwassertemperaturen sinnvoll ist.

Die Einbindung einer Wandheizung/-kühlung in den Baukörper ist abhängig von der Raum- und Baueometrie.



Abb.3  
Wandheizsystem für Nassverlegung

Nachfolgend Wärmeübergangskoeffizienten und resultierende Leistungen von Wandheizflächen/-kühlflächen:

Wandheizleistung  
 $\alpha = \text{ca. } 8,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$   
 $q = \text{bis ca. } 160 \text{ W/m}^2$

Wandkühlleistung  
 $\alpha = \text{ca. } 8,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$   
 $q = \text{max. ca. } 40\text{-}50 \text{ W/m}^2$

### Decke

Die Deckenheizung /-kühlung kann als Bauart A direkt in den Putz eingearbeitet werden, wodurch reaktionsschnelles Heizen und Kühlen ermöglicht wird. Diese Variante ist auch sehr gut für Gebäudesanierung geeignet.



Abb.4:  
Deckenheiz/-kühlsystem in der Putzschicht integriert

Weiter sind aber auch schnell reagierende, von der Decke entkoppelte und abgehängte Systeme möglich.



Abb.5  
abgehängtes Deckenheiz/-kühlsystem

Nachfolgend Wärmeübergangskoeffizienten und resultierende Leistungen für Deckenheiz/-kühlflächen:

Deckenkühlung  
 $\alpha = \text{ca. } 11,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$   
 $q = \text{bis ca. } 50 - 60 \text{ W/m}^2$

Deckenheizung  
 $\alpha = \text{ca. } 6,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$   
 $q = \text{bis ca. } 50 \text{ W/m}^2$

## Aspekte der Bauphysik für den Kühlfall

Wird mit einem Flächenheizungssystem gekühlt, muss dem Aspekt Kondenswasserbildung erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werden. Eine Flächenkühlung ohne regelungstechnische Berücksichtigung der Feuchte ist nur in Ausnahmefällen möglich. Die Luft in einem Gebäude enthält stets ein gewisses Maß an Feuchtigkeit in Form von Wasserdampf. Die Fähigkeit der Luft, Wasserdampf aufzunehmen wächst mit ihrer Temperatur.

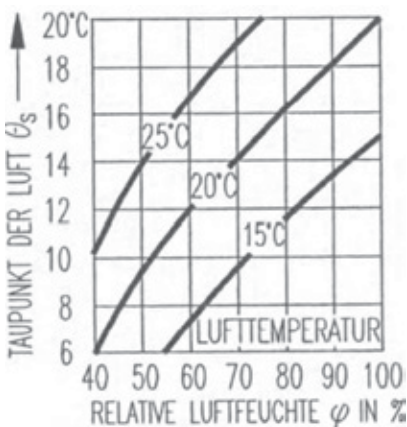
Unter dem Taupunkt versteht man die Temperatur, bei der 100% Sättigung erreicht wird und somit keine weitere Feuchtigkeit mehr aufgenommen werden kann. Besonders an Kühlflächen, auf denen die Temperatur niedrig ist, kann dieser Punkt relativ schnell erreicht werden. Als Folge wird „Schwitzwasser“ an diesen Flächen entstehen.

Das in Flächenkühlungssystemen zirkulierende Wasser darf daher eine kritische Temperatur nicht unterschreiten. Dies kann durch unterschiedliche Verfahren erreicht werden.

Bei den heute üblichen Systemen wird entweder die Vorlauftemperatur oberhalb des Taupunktes gehalten oder der Kühlwasserzufluss wird bei Erreichen des Taupunktes zeitweise unterbrochen.

Räume, bei denen mit sehr hohem Feuchtigkeitsanfall zu rechnen ist, z.B. Badezimmer und Küchen, werden in der Regel vom Kühlbetrieb ausgenommen.

Eine ausführliche Beschreibung eines Berechnungsverfahrens für die Feuchtigkeitsverhältnisse in Baukonstruktionen z.B. Wänden (Glaser-Verfahren) findet sich in der DIN 4108-3 (07-2001).



Taupunkttemperaturen in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit

## Einfluss von Boden- und Wandbelägen auf die Heiz-/Kühlleistung

Die Leistungsabgabe im Heiz- und Kühlfall wird entscheidend durch den Wärmeleitwiderstand des Boden- bzw. Wandbelags beeinflusst. Dies ist auch bei der Auslegung einer Fußboden- oder Wandheizung/-kühlung zu berücksichtigen. So bedarf es bei Verwendung von Bodenbelägen mit hohen Wärmeleitwiderständen wie z.B. Teppichböden einer Erhöhung der Heizmitteltemperaturen, um den erhöhten Wärmeleitwiderstand auszugleichen.

Für den Kühlfall bedeutet dies eine erforderliche Absenkung der Kaltwassertemperatur, die aber auf Grund der Taupunktunterschreitung nicht beliebig tief erfolgen kann.

Daher sollten besonders bei der Planung von Objekten mit Flächenheiz- und -kühlssystemen sowie hohen spezifischen Lasten vorzugsweise Boden-/Wandbeläge mit günstigem, also niedrigem Wärmeleitwiderstand berücksichtigt werden.

## Verwendung regenerativer Kühlquellen

Die Nutzung von regenerativen Kühlquellen stellt eine kostengünstige Lösung für die Kühlung bzw. Temperierung von Objekten jeder Größe dar. Als regenerative Kühlquelle kann vor allem das Erdreich oder Grundwasser genutzt werden. Außenluft eignet sich als Kühlquelle nur begrenzt, da diese im Kühlfall meist gleiche bzw. höhere Temperaturen aufweist als der zu kühlende Raum.

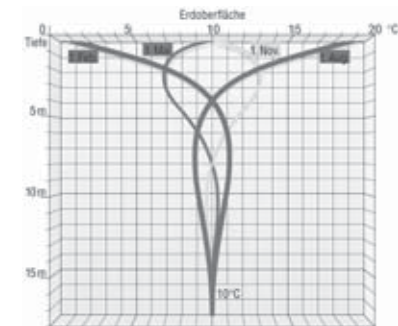


Abb.6 Jahrestemperaturverlauf im Erdreich (°C), Quelle BWP

## Passive Kühlung

Bei der passiven Kühlung wird der Temperaturunterschied zwischen zu kühlendem Raum und der natürlichen Kühlquelle genutzt. Beispielsweise kann mit einem Wärmeaustauscher das entsprechende Temperaturniveau übertragen werden. In dieser Betriebsart sind lediglich die Umwälzpumpen in Betrieb.

Durch fortlaufenden Wärmeeintrag kann die Kühlleistung abnehmen. Erfahrungsgemäß eignen sich durch Bohrung eingebrachte Erdsonden besser für den passiven Kühlbetrieb als oberflächennahe Erdkollektoren. Die erreichbare Kühlleistung richtet sich nach der installierten Übertragerfläche der Bodenheizung.

Selbst wenn die errechnete Kühllast und die geplante Raumtemperatur nicht erreicht werden, stellen sich Raumtemperaturen ein, die einen deutlichen Komfortvorsprung im Vergleich zu nicht gekühlten Gebäuden haben.

Für ein angenehmes Raumklima kann die Grundkühlung über den Boden durch den großflächigen milden Wärmeentzug gut eingesetzt werden.

## Aktive Kühlung

Für die aktive Kühlung wird Energie (Strom/Gas...) benötigt, um eine Kältemaschine oder eine umschaltbare Wärmepumpe anzutreiben. Der Kältekreislauf besteht aus den folgenden Grundbestandteilen:

- Verdampfer
- Verdichter
- Verflüssiger
- Expansionsorgan

Ein umlaufendes Transportmedium, das so genannte Kältemittel, entzieht dem zu kühlenden Raum über den Verdampfer überschüssige Wärme.

Diese Wärmeenergie wird über den Verflüssiger an die Umgebung wieder abgegeben. Zur Funktion des Kältekreislaufs ist ein Verdichter erforderlich, der den Kreislauf aufrecht erhält und für den Transport des Kältemittels sorgt.

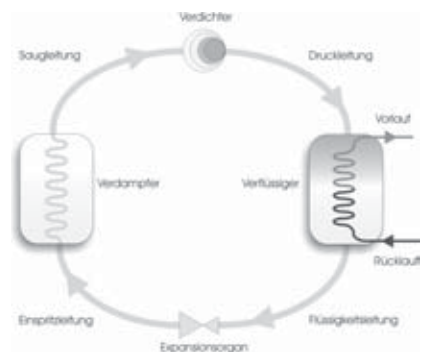


Abb. 7 Funktionsschema Kältekreislauf

Bei Objekten mit anfallenden Kühllasten über das gesamte Jahr, werden zunehmend Kältemaschinen verwendet, mit denen sowohl aktive und passive Betriebsweise möglich ist.

Diese Maschinen arbeiten bis zu einer bestimmten Außentemperatur in passiver Betriebsweise. Nach Erreichung einer maximalen Außentemperatur, d.h., die Temperaturdifferenz zwischen zu kühlenden Gebäude und Umgebung reicht für einen passiven Kühlbetrieb nicht mehr aus, schaltet die Kältemaschine selbsttätig auf aktiven Kühlbetrieb um. Diese Kombination aus aktiver und passiver Kühlung macht so eine sehr kostensparende Betriebsweise möglich.

## Regelung kombinierter Flächenheiz- und -kühlsysteme

Um eine kombinierte Flächenheizung/-kühlung nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten und optimalen Behaglichkeitsbedingungen betreiben zu können, bedarf es einer auf die speziellen Anforderungen konzipierten Regelanlage.

Allgemeine Anforderungen an Regelanlagen gekoppelter Systeme ergeben sich wie folgt:

- Optimale Energienutzung
- Einfache verständliche Regelung
- Präzises Einhalten der Solltemperatur
- Zeitgenaues Erreichen der Solltemperatur
- Schnelle Reaktion auf wechselnde Einflüsse

Gekoppelte Flächenheiz-/-kühlsysteme bieten insgesamt viele Vorteile gegenüber konventionellen Systemen.

### Finanzen

- Niedrige Investitionen
- Niedrige Betriebskosten
- Eine Anlage mit zwei 2 Funktionen
- Wartungsfreiheit

### Energetik

- Nutzung regenerativer Quellen möglich
- Hohe Energieeffizienz durch niedrige Heizmittel- und hohe Kühlwassertemperaturen. d.h. wenig Energieverluste

## Umschalten Heizen/Kühlen

Bei der Umschaltung von Heizen auf Kühlen ist darauf zu achten, dass alle beteiligten Regelorgane diese Information erhalten. Im Kühlfall müssen die Stellantriebe der Einzelraumregelung (im Gegensatz zum Heizfall) bei steigender Raumtemperatur geöffnet werden. Dies wird durch ein Signal (potentialfreier Umschaltkontakt) sichergestellt.

## Zweileitersysteme

Bei Zweileitersystemen, d.h. ein Vorlauf und ein Rücklauf, wird zentral zwischen den Betriebsarten Heizen/Kühlen umgeschaltet. Ein und dasselbe Leitungssystem mit je einem Vorlauf und einem Rücklauf wird für beide Betriebsarten verwendet. Da bei diesen Systemen kein individuelles paralleles raum- oder zonenweises Heizen und Kühlen möglich ist, sind Zweileitersysteme vor allem in kleineren Objekten verbreitet.

## Vierleitersysteme

Das Vierleitersystem besteht aus je einem Vor- und Rücklauf für die Heizfunktion und einem weiteren Vor- und Rücklauf für die Kühlfunktion.

Hierdurch ist das individuelle Heizen und Kühlen einzelner Räume oder bestimmter Zonen möglich.

Beispielsweise ist es in größeren Objekten so möglich, Räume die nach Norden ausgerichtet sind, zu beheizen und Räume mit Südausrichtung gleichzeitig zu kühlen.

Die Umschaltung der Betriebsart erfolgt über elektronische Regelungen mit elektrisch angetriebenen Regelventilen.

## Einbindung von Wärmepumpen

Wärmepumpen lassen sich aufgrund ihres niedrigen Temperaturniveaus in idealer Weise mit Flächenheizungen und auch Flächenkühlsystemen optimal betreiben. Da die Heizmitteltemperatur ca. 35°C beträgt, können Wärmepumpen im einfachsten Fall direkt an den Heizkreis angebunden werden.

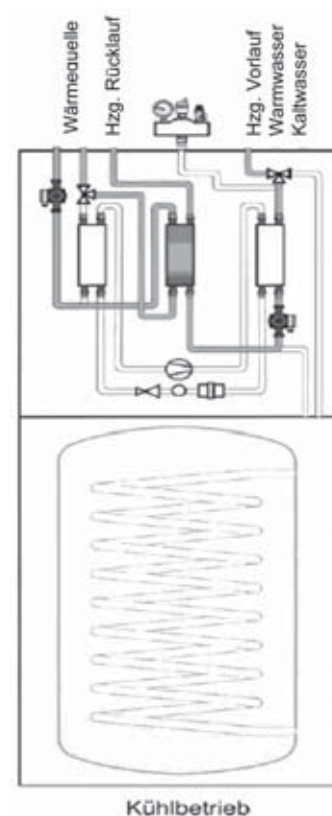


Abb. 8  
Funktionsschema Sole/Wasser-Wärmepumpe mit passiver Kühlfunktion

Wärmepumpen benötigen für einen einwandfreien Betrieb eine Mindestdurchflussmenge.

Daher ist für einen störungsfreien Betrieb der Wärmepumpe ein Pufferspeicher grundsätzlich zu empfehlen. Mit geringen zusätzlichem regelungs- und anlagentechnischen Aufwand kann mit Flächenheizungen über die Wärmepumpe auch gekühlt bzw. temperiert werden.

Die als passive Kühlung bezeichnete Betriebsweise lässt sich so sehr kostengünstig verwirklichen.

Viele Wärmepumpenhersteller bieten hier bereits entsprechende anschlussfertige Lösungen mit passiver oder aktiver Kühlfunktion auch für kleinere Objekte an.

## Ausgeführte Anlagenbeispiele

### Fußbodensysteme Beispiel 1

Bankgebäude  
Büro-, Schulungs- und Schalterräume  
Bruttofläche 10.000 m<sup>2</sup>  
Heizen und Kühlen mit einem Fußboden-  
heizungssystem auf einer Hohlraumboden-  
konstruktion  
Wärme-/Kälteversorgung über Wärmepumpe  
mit 64 Erdsonden



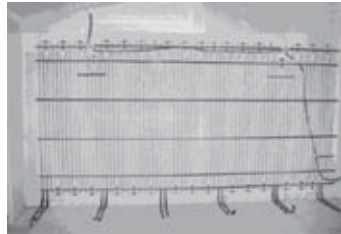
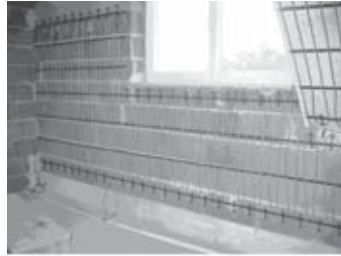
### Beispiel 2

Hotelgebäude  
Flächenheiz-/kühlssystem in 25 Suiten, einer  
Lounge, dem Festsaal und Foyer  
Im Rahmen der Hotelerweiterung wurden  
ca. 7.500 m Flächenheiz-/kühlrohre ver-  
baut.



### Wandsysteme Beispiel 1

Stadtvilla  
Wohn- und Schlafräume  
Bruttowandfläche 300 m<sup>2</sup>  
Wärme-Kälteversorgung über  
Sole-/Wasserwärmepumpe mit  
Horizontalkollektor



### Beispiel 2

Produktions- und Entwicklungs-  
gebäude  
Wandheizung/-kühlung ca. 540 m<sup>2</sup>



### Deckensysteme Beispiel 1

Produktions- und Entwicklungsgebäude  
3000 m<sup>2</sup> Bruttofläche  
Produktions-, Entwicklungs- und Laborräume  
Heizen und Kühlen mit Deckenheiz- und  
Kühlplatten  
Wärmeversorgung über Gaskessel 40/34°C  
Kälteversorgung über Kaltwassersatz 14/17°C



### Beispiel 2

Spezialklinik  
Behandlungs- und Warteräume  
mit 300 m<sup>2</sup> Kühldecke





## Anhang

### Normen und Richtlinien

DIN EN 12828	Heizungssysteme in Gebäuden -Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen-
DIN EN 12831	Heizungsanlagen in Gebäuden -Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast-
DIN EN 12831	Beiblatt 1 -Nationaler Anhang NA-
VOB DIN 18380	-Heizanlagen und zentrale Wassererwärmungsanlagen-
DIN EN 1264	Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung
VDI 2078	-Kühllastberechnung-
DIN EN ISO 7730	-Thermische Behaglichkeit-
DIN 4108-3	-Klimabedingter Feuchteschutz-
DIN 18386	-Gebäudeautomation-
VDE 0100	-Errichtung von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V-

Energieeinsparverordnung (EnEV)  
Die EnEV legt u. a. Anforderungen an die regeltechnischen Einrichtungen einer Heizanlage fest.

Bei der Verminderung des Energiebedarfs kommt der Regelung der Heizungsanlage eine wichtige Rolle zu.  
So können durch den Einbau einer Einzelraumregelung deutliche Einsparungen an wertvoller Heiz-Energie erzielt werden.

Dementsprechend sind in § 14 der EnEV Anforderungen an Einrichtungen zur Steuerung und Regelung gestellt. Während im Satz (1) die Anforderungen an die Zentralheizung aufgeführt sind, wird in Satz (2) zusätzlich eine raumweise Regelung der Raumtemperatur gefordert.

Eine Nachrüstung ist auch in bestehenden Gebäuden in Bezug auf Energieeinsparung und Komfort sehr sinnvoll.

#### Literaturhinweise

Radtke U.  
Heizungs-Journal Verlags-GmbH  
Das ABC der Flächenheizung und Flächenkühlung  
ISBN 3-924788-16-2

Beuth-Verlag  
Systemzusammenstellung von Flächenkühlungen  
Gütesicherung RAL-GZ 963/2  
Deutsches Institut für Güte-Sicherung u. Kennzeichnung E.V.  
Beuth-Verlag

Fachinstitut Gebäude-Klima  
Stille Kühlung: Energieeinsparung durch den Einsatz von alternativen Systemen der „stillen“ (passiven) Kühlung in Bürogebäuden und energetische Bewertung der Kälteerzeugung für die „Stille Kühlung“  
Bietigheim-Bissingen, Gebäude-Klima e.V.  
1997

Schloz T.  
Informationszentrum Raum und Bau  
Stuttgart  
Kühlung mit Solarenergie  
Stuttgart, IRB-Verl., 1991, 3. erw. Auflage

Informationszentrum Raum und Bau  
Stuttgart  
Informationszentrum Raum und Bau der Fraunhofer-Gesellschaft . Nr.661  
Kühlung mit Solarenergie  
Stuttgart, IRB Verl. 1985  
1. Auflage

Glück B.  
Bewertungsmaßstab zur optimalen Anordnung  
Gesundheitsingenieur 1991, Heft 2

Glück B.  
Heizen und Kühlen über Wand und Deckenflächen  
HLH 1991, Heft 9

Glück B.  
Kriterien zum Einsatz thermisch aktiver Flächen,  
Stadt und Gebäudetechnik 1992, Heft 5

Cousin R.  
Raumklimatisierung aus der Wand  
HLH 1990

Hauser G.  
Wasserdurchströmte Decken zur Raumkonditionierung  
20. internationaler Arlberg-Kongress 1998

Olesen B.W.  
Flächenheizung und Kühlung – Einsatzbereiche für Fußboden- Wand- und Deckenheizung  
19. internationaler Arlberg Kongress 1997

# Herstellung dünn-schichtiger, beheizter und gekühlter Verbund- konstruktionen im Wohnungsbau



Die Fußbodenheizung und damit verbunden die Möglichkeit der Raumkühlung hat in den letzten Jahrzehnten bei der Auswahl der Systeme zur Raumheizung/-kühlung immer mehr an Bedeutung gewonnen. Nahezu jedes zweite Ein- und Zweifamilienhaus wird heute mit einem wasserführenden System der Fußbodenheizung ausgestattet, das mit einem geringen zusätzlichen Aufwand auch zur Raumkühlung eingesetzt werden kann. Aber auch in bestehenden Gebäuden findet nun diese Systeme aufgrund ihrer Vorteile in verstärktem Maße Eingang.

## Die wesentlichen Vorteile sind:

- Kostengünstige Installation
- Wirtschaftliche und energieeffiziente Betriebsweise
- Behaglichkeit aufgrund niedriger Oberflächentemperaturen
- Freie innenarchitektonische Gestaltung
- Kein Renovierungs- und zusätzlicher Reinigungsaufwand für Heizflächen
- Günstigste raumlufthygienische Verhältnisse

- Zukunftsorientiert und umweltfreundlich durch die Nutzbarkeit alternativer Energien
- Die Möglichkeit der Raumkühlung

Die vorliegende Richtlinie bezieht sich auf dünn-schichtige Fußbodenverbundkonstruktionen ohne Dämmschicht, mit integrierten wasserführenden Rohrsystemen zum Heizen und Kühlen im Wohnungsbestand. Mit einer Verbundkonstruktion ist eine direkt auf dem bestehenden Bodenbelag oder Rohfußboden aufzubringende Ausgleichsschicht gemeint. Der Einsatz dieser Systeme setzt voraus, dass eine Prüfung erfolgt, in welchem Umfang die Anforderungen der EnEV, in Bezug auf die zu erfüllenden Dämmanforderungen, zu berücksichtigen sind.

## Einführung

Konventionelle Fußbodenheizungs-/kühlungskonstruktionen lassen sich im Altbau dann einsetzen, wenn die erforderliche Konstruktionshöhe und Tragfähigkeit mit dem Architekten geklärt ist. Für eine konventionelle Konstruktion der Bauart A wird in der Regel 65 mm Estrich benötigt. Das bedeutet eine zusätzliche Belastung von ca. 130 kg/m<sup>2</sup> durch den Estrich. Alternativ stehen Trockenbaulösungen zur Verfügung, deren Aufbauhöhen von typischerweise 40 bis 50 mm eine Realisierung oft dennoch nicht zulassen. Fußbodenheizungs-/kühlungssysteme mit dünn-schichtigen Estrichen erfüllen die Anforderungen in bezug auf Statik und Aufbauhöhen im Altbau und erweitern damit deren Einsatzbereich.

Die geringere thermische Masse von dünn-schichtigen Heiz-/ kühlestrichen verbunden mit der oberflächennahen Anordnung der wasserführenden Elemente reduziert die Reaktionszeit dieser Systeme und ermöglicht deutlich niedrigere Betriebstemperaturen.

## Allgemeine Hinweise

Beschrieben wird in dieser Richtlinie die Planung und Ausführung von Fußbodenheizungen/-kühlungen, die in dünn-schichtigen mineralisch oder organisch gebundenen Mörteln eingebettet werden, wobei die Mörteldicke nicht den Mindestnennstärken der DIN 18560 „Estriche im Bauwesen“ entspricht. Nicht beschrieben werden elektrische Direktheizsysteme, die oberflächennah im Dünnbettverfahren auf einem bestehenden Estrich aufgebracht werden. Hierbei werden Aufbauhöhen von weniger als 10 mm erreicht.

In Abgrenzung zum konventionellen Heizestrich nach DIN 18560-2 wird nachfolgend der Begriff „Dünnheiz-/kühlestrich im Verbund“ verwendet.

Solche Systeme werden in dieser Richtlinie beschrieben und finden hauptsächlich im Sanierungs- und Renovierungsbereich Anwendung.

Unabhängig vom Stand der Technik müssen die Ausführenden die Eignung des gewählten Dünnheiz-/kühlestrichs für den jeweiligen Anwendungsfall unter Berücksichtigung der vor Ort vorliegenden Rahmenbedingungen prüfen.

Wertvolle Hinweise für Planung und Bauablauf sind in der BVF-Informationsschrift „Schnittstellenkoordination bei Flächenheizungs- und Flächenkühlungssystemen in bestehenden Gebäuden“ zu finden.

## Prüfung der baulichen Voraussetzungen und vorbereitende Maßnahmen

- Tragfähigkeit des Untergrundes
- Ebenheit nach DIN 18202 Tab. 3, Zeile 3, siehe Anhang, prüfen und ggf. Ausgleich von größeren Unebenheiten
- Aufbauhöhe (alter Belag, bestehender Estrich etc.)
- geschlossener Baukörper (Fenster/Türen vorhanden, Bauteil- und Raumlufttemperaturen nicht unterhalb +5°C)
- Funktion der Bewegungsfugen. Vorhandene Fugen sind zu übernehmen und ggf. weitere im bestehenden, schwimmenden Estrich anzulegen
- Herstellen der Aufnahmefähigkeit des Untergrundes (lose Teile, Staub etc. entfernen). Der tragende Untergrund muss augenscheinlich erkennbar trocken sein.
- Haftbrücke bestimmen

Die Art der zu verwendeten Haftbrücke ist abhängig vom Material des Altuntergrundes. Bewährt haben sich für Calciumsulfat- und Zementestriche die dispersionsgebundenen Grundierungen. Für Magnesia- bzw. Steinhölzestriche und Gussasphaltestriche sind kunstharzgebundene Haftbrücken Stand der Technik. Holz und keramische Untergründe, je nach Beschaffenheit und Vorbehandlung, können sowohl mit dispersionsgebundenen, als auch mit kunstharzgebundenen Haftbrücken behandelt werden.

Bei der Auswahl und Aufbringung der Haftbrücke sind die Herstellerangaben zu beachten.

Es ist notwendig, dass eventuelle Innenputzarbeiten abgeschlossen sind.

## Fußbodenheiz-/kühlsysteme

Für Dünneheiz-/kühlestriche im Verbund werden speziell abgestimmte Systeme der Elektro-Fußbodenheizung und Warmwassersysteme für den Heiz- und Kühlbetrieb von einzelnen Anbietern ausgewiesen.

## Mörtelsysteme

Estrichmörtel für Dünneheiz-/kühlestriche im Verbund können auf Basis Zement oder Calciumsulfat aufgebaut und müssen von den Anbietern für diese Verwendung als geeignet ausgewiesen sein.

## Fugen

Über die Art und Anordnung der Fugen im Dünneheiz-/kühlestrich ist ein Fugenplan zu erstellen. Bestehende Fugen sind zu übernehmen. Der Fugenplan ist vom Bauwerksplaner zu erstellen und als Bestandteil der Leistungsbeschreibung dem Ausführenden vorzulegen.

Entsprechend ihrer Funktion haben die Fugen folgende Aufgaben:

- Randfugen sind Bewegungsfugen im Randbereich des Estrichs und vermindern Schallübertragungen vom Fußboden zu angrenzenden und durchdringenden Bauteilen (sogenannte Schallbrücken)

- Bewegungsfugen nehmen Formänderungen des Estrichs in alle Richtungen auf.

Ausführung der Bewegungsfugen:

Die Fugen müssen so ausgebildet sein, dass mind. 5 mm komprimierbarer Raum zwischen den Estrichflanken vorhanden ist.

Bei der Festlegung von Fugenabständen, Fugenbreite und Estrichfeldgrößen ist die Art des Bindemittels, der vorgesehene Bodenbelag, die Geometrie der Flächen und die Beanspruchung durch Nutzlasten und Temperaturänderung zu berücksichtigen. Bei Heiz-/kühlestrichen, die zur Aufnahme von Stein- oder keramischen Belägen vorgesehen sind, müssen außerdem die unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Estrich und Bodenbelag und die Raumtemperaturbegrenzung bei der Planung und Ausführung einbezogen werden.

Thermisch unterschiedlich belastete Estrichfelder sind durch Dehnungsfugen zu trennen.

Bei der Anordnung der Fugen sind die allgemeinen Regeln der Technik und die technischen Informationen und Merkblätter der Fachverbände zu berücksichtigen.

In der Baupraxis hat es sich bewährt, bei Flächengrößen ab etwa 40 m<sup>2</sup> Estrichfelder durch Bewegungsfugen zu trennen. Bei Flächen unter 40 m<sup>2</sup> sollen auch dann Bewegungsfugen angelegt werden, wenn eine Seitenlänge von 8 m überschritten wird.

Über Bauwerksfugen sind auch im Dünneheiz-/kühlestrich Fugen anzuordnen (Bewegungsfugen). Darüber hinaus notwendige Fugen sind so anzuordnen, dass möglichst gedrungene Felder entstehen.

Obwohl es sich um eine Verbundkonstruktion handelt, ist der Dünneheiz-/kühlestrich von aufgehenden Bauteilen durch Fugen zu trennen (Randfugen).

Bewegungsfugen dürfen nicht von Heiz-/kühlelementen gekreuzt werden. Anschlussleitungen, die Bewegungsfugen kreuzen müssen, sind in geeigneter Weise, z.B. durch Ummantelungen von etwa 0,3 m Länge, zu schützen.

## Ausführung, Einbau und Inbetriebnahme

Auf den grundierten Untergrund (Haftbrücke) werden die Systemelemente verlegt/verklebt. Der Estrichmörtel wird gleichmäßig auf das Heiz-/kühlsystem gegossen. Um eine hohlraumfreie Ummantelung der Rohre zu erreichen, sollte die Gesteinskörnung des Estrichmörtels ein Größtkorn von 1 mm aufweisen und ein gutes Fließverhalten zeigen. Dadurch wird sowohl ein guter Wärmeübergang gewährleistet wie auch die Tragfähigkeit der Konstruktion sichergestellt. Die Mindestaufbauhöhe ist eine systemabhängige Größe, die bestimmt wird durch das Heiz-/kühlsystem und den verwendeten Estrichmörtel. Am Markt existieren Systeme mit einer Gesamtaufbauhöhe von 8 bis 20 mm (ohne Bodenbelag). Bild 1 zeigt den schematischen Aufbau einer Verbundkonstruktion

## Prüfungen/Massnahmen

Nach erfolgtem, der Herstellerangabe nach einzuhaltendem, Abbinde- und Trocknungsvorgang, ist die Fußbodenkonstruktion einer Funktionsprüfung durch ein Funktionsheizen, zu unterziehen.

**Tabelle 1: Ebenheitstoleranzen** (Auszug aus DIN 18202, April 1997, Tabelle 3)

Zeile	Bezug	Stichmaße als Grenzwerte in mm bei Messpunktabständen in m				
		0,1 m	1 m	4 m	10 m	15 m
2	Nichtflächenfertige Oberseiten von Decken, Unterbeton und Unterböden mit erhöhten Anforderungen, z.B. zur Aufnahme von schwimmenden Estrichen, Industrieböden, Fliesen- und Plattenbelägen, Verbundestrichen Fertige Oberflächen für untergeordnete Zwecke, z.B. in Lagerräumen, Kellern	5 mm	8 mm	12 mm	15 mm	20 mm
3	Flächenfertige Böden, z.B. Estriche als Nutzestriche, Estriche zur Aufnahme von Bodenbelägen Bodenbeläge, Fliesenbeläge, gespachtelte und geklebte Beläge	2 mm	4 mm	10 mm	12 mm	15 mm
4	Flächenfertige Böden mit erhöhten Anforderungen, z.B. mit selbstverlaufenden Spachtelmassen	1 mm	3 mm	9 mm	12 mm	15 mm

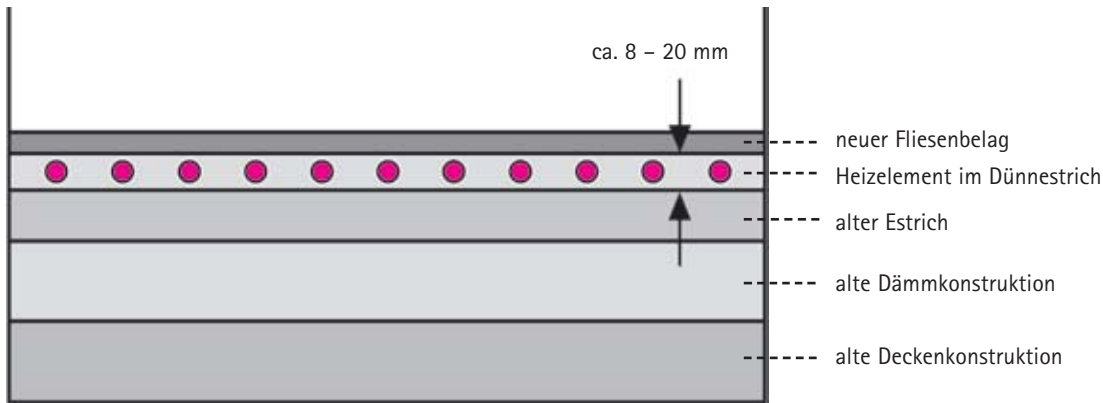


Bild 1: Aufbau einer dünn-schichtigen, beheizten/gekühlten Verbundkonstruktion

Zudem ist vor der Bodenbelagsverlegung zu prüfen ob die Konstruktion, eine der Belagsart entsprechende Belegreife besitzt.

Sofern dies nicht zutrifft muss durch ein Belegreifheizen der Feuchtegehalt reduziert werden.

### Funktionsheizen

Je nach Heiz-/ Kühlsystem und Zusammensetzung des Estrichmörtels wird mit dem Funktionsheizen nach entsprechender Liegezeit des Estrichs begonnen. Generell kann gesagt werden, dass die Liegezeiten bei calciumsulfatgebundenen Estrichmörteln kürzer gewählt werden können als bei zementgebundenen Estrichmörteln. Die Angaben der Estrichmörtelhersteller bzw. der Hersteller des Heiz-/ Kühlsystems sind zu beachten. Ebenso kann bei wasserführenden Heiz-/ Kühlsystemen in der Regel früher mit dem Funktionsheizen begonnen werden als bei Elektrofußbodenheizungen.

Bei Elektrofußbodenheizungen ist wichtig, dass die Temperatur mit einem Maximaltemperaturbegrenzer in Form eines Fußbodentemperaturreglers begrenzt wird.

Verweist auf die in Richtlinie 9 genannten Organisationen!

Das Funktionsheizen ist zu protokollieren. In der Regel ist die Konstruktion nach 24 Stunden begehbar. Die Anwendung eines kombinierten Funktions- und Belegreifheizens nach der Richtlinie „Schnittstellenkoordination bei beheizten Fußbodenkonstruktionen“ ist zu prüfen.

### Belegreifheizen

Aufgrund der geringen Schichtdicke des Dünneheiz-/ -kühlestrichs ist ein Belegreifheizen in der Regel nicht erforderlich. Die Prüfung der Belegreife mittels CM-Messung ist aufgrund der oft geringen Abstände der Systemrohre/-leiter in der Praxis kaum

möglich. Bewährt hat sich daher der sogenannte Folientest. Dabei erfolgt die Prüfung der Austrocknung bei maximal zulässiger Vorlauftemperatur/Heizleistung gemäß Angaben des Estrichmörtellieferanten während des Heizungsbetriebes durch Auflegen einer ca. 50 cm x 50 cm großen Folie auf den Estrich über dem Heizregister. Die Ränder werden mit Klebeband abgeklebt. Die Räume sind weiterhin gut zu lüften.

Zeigen sich innerhalb von 24 Stunden keine Feuchtigkeitsspuren unterhalb der Folie, ist die Belegreife erreicht.

### Aufbringen des Oberbodens

Nach Abschluss des Funktionsheizens und Feststellen der Belegreife ist der Dünneheiz-/ -kühlestrich zur Aufnahme von Belägen geeignet. Aufgrund der Fließfähigkeit der Materialien ist in der Regel eine Spachtelung nicht erforderlich. Für das Aufbringen des Oberbodens gelten die DIN 18352 VOB Teil C ATV Fliesen- und Plattenarbeiten, die DIN 18365 VOB Teil C ATV Bodenbelagsarbeiten und DIN 18356 VOB Teil C ATV Parkettarbeiten sowie die Angaben des Herstellers. In diesem Zusammenhang wird auf die BVF-Richtlinie Nr.: 9 Einsatz von Bodenbelägen auf Flächenheizungen und -kühlungen hingewiesen.

### Zusammenarbeit der Gewerke

Die Planung und Errichtung einer Flächenheizung bzw. Flächenkühlung erfordert eine gute Koordination der Gewerke Bauwerksplaner, Heizungsbauer, Estrichleger und Bodenleger. Zu beachten sind die Hinweise aus der BVF Informationsschrift „Schnittstellenkoordination bei Flächenheizungs- und Flächenkühlungssystemen in bestehenden Gebäuden“. Beim Einbau von Flächenheizungen und Flächenkühlungen in bestehenden Gebäuden ist die Abstimmung der Gewerke im Vorfeld von großer Bedeutung für die

Qualität der durchzuführenden Arbeiten. Frühzeitige Koordination vermeidet späteren Ärger und überflüssige Kosten.

## Normen und Verordnungen

Um eine sachgerechte Planung durchzuführen und eine dauerhaft funktionsfähige dünn-schichtige Verbundkonstruktion herzustellen, sind die nachfolgenden Verordnungen und Normen anzuwenden bzw. vom Planer zu prüfen und ggf. zu berücksichtigen:

### Energieeinsparverordnung (EnEV)

DIN 1055-3	Einwirkungen auf Tragwerke
DIN EN 1991-1-1	Einwirkungen auf Tragwerke
DIN 4102	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
DIN 18202	Toleranzen im Hochbau
DIN EN 12831	Heizanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Normheizlast
DIN EN 13813	Estrichmörtel, Estrichmassen und Estriche; Estrichmörtel, Estrichmassen, Eigenschaften und Anforderungen.
DIN EN 1264-1	bis -5 Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung
DIN 4726	Rohrleitungen aus Kunststoffen für die Warmwasser-Fußbodenheizung
DIN 4108	Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden
DIN 4109	Schallschutz im Hochbau
DIN EN 13162-13171	Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe für Gebäude
DIN 18195	Bauwerksabdichtungen
DIN 18336	VOB, Teil C: Abdichtarbeiten
DIN 18353	VOB, Teil C: Estricharbeiten
DIN 18382	Elektrische Kabel- und Leitungsanlagen in Gebäuden
VDE 0100	Errichten von Starkstrom-Anlagen mit Nennspannungen bis 1000 Volt
DIN EN 60335	Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke

Schnittstellenkoordination bei Flächenheizungs- und Flächenkühlungssystemen in bestehenden Gebäuden

## Wir helfen Ihnen bei Ihrer Entscheidung für die Zukunft!

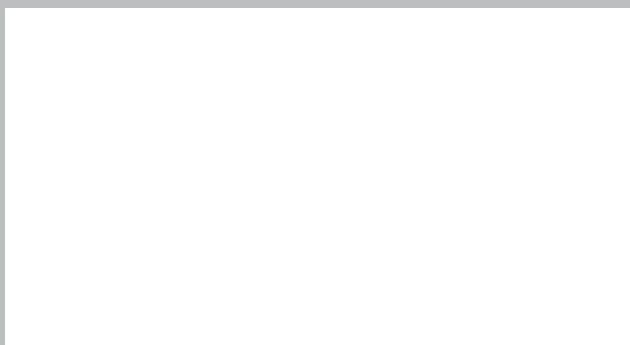
Der Bundesverband Flächenheizungen und Flächenkühlungen e.V. (BVF) – ein Zusammenschluss namhafter System- und Komponentenanbieter für wassergeführte Flächenheizungen und -kühlungen und Elektroflächenheizungssysteme – wurde bereits 1971 gegründet.

Dabei sind die erklärten Ziele sachliche Informationsarbeit, Normenarbeit zu unterstützen, Güteanforderungen zu entwickeln sowie Forschungsaufträge zu vergeben und für den Bauherren nutzbar zu machen.

Der BVF ist kompetenter Partner für Planer, Architekten, Verbände, Handwerksorganisationen, Prüfinstitute und Normungsgremien. Interessante und vieldiskutierte Themen rund um die Flächenheizung und Flächenkühlung werden für Sie objektiv aufbereitet. Flächenheizungen und Flächenkühlungen verbinden technischen Fortschritt mit umweltgerechten und wirtschaftlichen Anforderungen. Sie sind zukunftssicher, ermöglichen freie Raumgestaltung und schaffen ein gesundes und behagliches Umfeld.

Der BVF bietet Ihnen durch sein Know-how und die Vielzahl an Mitgliedsfirmen umfangreiche Informationen rund um das Thema Flächenheizung und -kühlung an. Antworten auf Ihre Fragen finden Sie auf den BVF-Internetseiten unter:

[www.flaechenheizung.de](http://www.flaechenheizung.de)



Bundesverband Flächenheizungen und Flächenkühlungen e.V. · Hochstraße 115 · D-58095 Hagen  
Tel.: +49 (0) 23 31 / 20 08 50 . Fax: +49 (0) 23 31 / 20 08 17 · [info@flaechenheizung.de](mailto:info@flaechenheizung.de) · [www.flaechenheizung.de](http://www.flaechenheizung.de)