

Fußbodenheizung/-kühlung

Teil 1 Neubau

Dieses Informationsblatt behandelt die wasserführende Fußbodenheizung/-kühlung und betrachtet den Einsatz in Wohn-, Büro- oder ähnlichen Gebäuden. Sondersysteme wie Industrieflächen, thermoaktive Bauteilsysteme (TABS) oder Sportböden werden nicht berücksichtigt. Weitere Informationen zu diesen Systemen enthält das BDH-Informationsblatt 79 „Flächenheizung/-kühlung in Hallen“. Die Wand- und Deckenheizung/-kühlung ist im Informationsblatt 77 beschrieben.

Im Teil 2 des Informationsblattes 51 wird der Einsatz der Fußbodenheizung/-kühlung in Bestandsgebäuden inklusive Modernisierungsbeispielen beschrieben.

Das Thema „Flächenheizung/-kühlung“ behandeln auch die BDH-Informationsblätter 37 „Wärmeübergabe- und Kühlsysteme in Verbindung mit einer Wärmepumpe“, das Informationsblatt 63 „Zusammenstellung und Einbau von Wärmeübergabesystemen“, das Informationsblatt 76 „Dokumentation der Flächenheizung/-kühlung in Wohngebäuden“ und das Informationsblatt 77 „Wand- und Deckenheizung/-kühlung“ sowie das Informationsblatt 79 „Flächenheizung/-kühlung in Hallen“. Alle Informationsblätter sowie weitere nützliche Informationen stehen unter www.flaechenheizung-bdh.de zur Verfügung.

1 Einleitung

Der Wärmemarkt kann einen erheblichen Beitrag zur Erreichung der nationalen Klimaschutzziele 2030 und 2050 leisten.

Die Doppelstrategie aus „effizienten Systemen“ und „erneuerbaren Energien“ ist dafür entscheidend. Zudem muss das Gebäude integral und die Anlagentechnik als Gesamtsystem betrachtet werden, damit die vorhandenen Potentiale vollumfänglich gehoben werden können. Ein wichtiger Baustein auf Seiten der Anlagentechnik ist dabei die Wärmeübergabe im Raum.

Um die Energiewende im Wärmemarkt voranzubringen, muss eine systemische Heizungsmodernisierung erfolgen. Nach einer Studie des ITG Dresden [1] ergibt sich allein durch die Modernisierung der Wärmeübergabe ein CO₂-Einsparpotenzial von bis zu 5,5 Mio. t pro Jahr bei Absenkung der Vorlauftemperaturen auf 35 °C bei entsprechender Optimierung.

Als Niedrigtemperatursystem ist es die Flächenheizung/-kühlung, welche die Grundlagen schafft, um eine hohe Energieeffizienz in der Wärmeerzeugung realisieren zu können.

Neben der Effizienzsteigerung durch Systemtemperaturen, die nahe an der gewünschten Raumtemperatur liegen, ermöglicht die Nutzung von Wasser als Wärmeübertrager zwei Funktionen in einem System: Heizen im Winter und Kühlen im Sommer. Damit werden ganzjährig thermische Behaglichkeit, Energieeffizienz und Integration erneuerbarer Energien begünstigt.

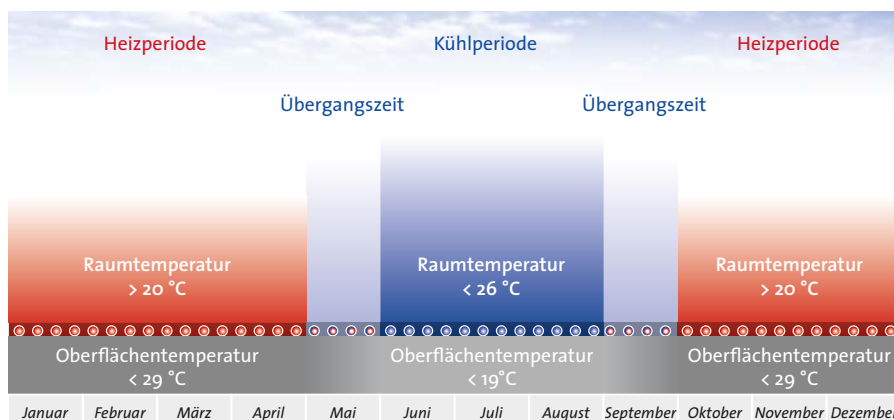
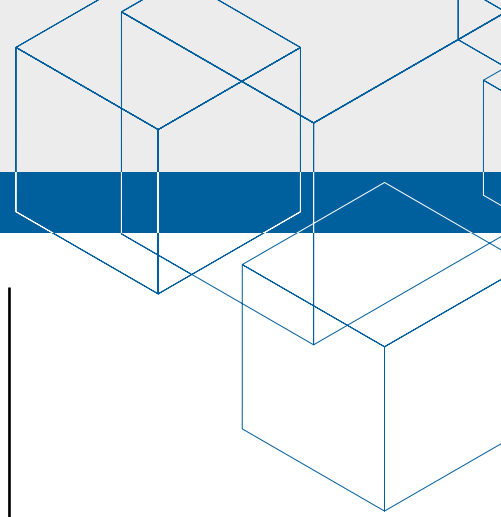


Abbildung 1: Doppelnutzen in einem System: Heizen im Winter und Kühlen im Sommer; Quelle: BDH

Bundesverband der
Deutschen Heizungsindustrie e.V.
Frankfurter Straße 720–726
51145 Köln
Tel.: (0 22 03) 9 35 93 - 0
Fax: (0 22 03) 9 35 93 - 22
E-Mail: info@bdh-industrie.de
Internet: www.bdh-industrie.de

1	Einleitung	1
2	Planung	3
2.1	Heiz-/Kühllast und Heiz-/Kühlleistung	3
2.2	Wärmeverteilschicht	4
2.3	Systemkomponenten	4
2.4	Planungsablauf	4
3	Ausführung und Aufbau	5
3.1	Konstruktionsvarianten	5
3.2	Systembeschreibungen	6
3.2.1	Nassbauweise	6
	Noppensystem	6
	Tackersystem	7
	Klettsystem	7
	Gittermattensystem	8
	Schienensystem	8
3.2.2	Trockenbauweise	9
3.2.3	Weitere Systeme	9
3.3	Bauliche Voraussetzungen	10
3.3.1	Tragender Untergrund	10
3.3.2	Ausgleichsschichten	10
3.3.3	Bauwerksabdichtung	11
3.3.4	Wärme- und Trittschalldämmung	12
3.3.5	Zusammendrückbarkeit aller Dämmschichten	13
3.3.6	Heizestriche – (lastabtragende Wärmeverteilschichten)	13
3.3.7	Fugenanordnung und Estrichfelder	15
3.3.8	Funktionsheizten	16
3.3.9	Belegreifheizten	16
3.3.10	Bodenbeläge	16
4	Fußbodenkühlung	17
4.1	Die Ankühlung	18
4.2	Die Vollkühlung	18
4.3	Passive und aktive Kühlung	18
5	Heiz-/Kühlkreisverteiler, Regelung und Hydraulik	19
5.1	Vorlauftemperatur	19
5.2	Heiz-/Kühlkreisverteiler	20
5.3	Einzelraumregelung / Zonenregelung	20
5.4	Hydraulischer Abgleich	21
6	Inbetriebnahme	21
6.1	Dokumentation	21
6.2	Nachweise	21
6.3	Betreibereinweisung	21
7	Systemgedanke	21
8	Förderprogramme	22
9	Fazit	22
	Literaturhinweise	23



2 Planung

Die Planung der Wärmeübergabe beginnt mit der Entwurfsplanung auf Basis der Heizlast (DIN EN 12831 „Energetische Bewertung von Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast“) und je nach Anforderungen unter Berücksichtigung der Kühllast (VDI 2078 „Berechnung der thermischen Lasten und Raumtemperaturen (Auslegung Kühllast und Jahressimulation)“) des Gebäudes.

Die für die Flächenheizung/-kühlung relevanten Normen sind DIN EN 1264 „Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung“ und DIN EN ISO 11855 „Planung, Auslegung, Installation und Steuerung flächenintegrierter Strahlheizungs- und -kühlsysteme“.

Darüber hinaus sind allgemeine und systemspezifische Anforderungen zur Berechnung der Heiz- und/oder Kühllast, sowie zur Festlegung der Systemauswahl erforderlich. Dementsprechend sind auch die Betriebsweisen der Fußbodenheizung/-kühlung festzulegen und wie folgt zu unterscheiden:

- Heizen (nur Heizbetrieb)
- Heizen und Ankühlen (Auslegung nach der Heizlast DIN EN 12831)
- Heizen und Vollkühlen (Auslegung nach der Kühllast (VDI 2078))

und in einer Baubeschreibung zusammenzufassen. Die Unterscheidung der beiden Kühlfunktionen „Ankühlen“ und „Vollkühlen“ ist in Kapitel 4 beschrieben.

In diesem Zusammenhang werden im Heizfall nicht nur die normativ vorgegebene Außentemperatur entsprechend der jeweiligen Klimazone, sondern auch die in den Räumen sicherzustellenden Raumtemperaturen als grundlegende Rahmenbedingungen festgelegt.

Diese Grundlagen sind mit den Bauherren abzustimmen und zu dokumentieren. Hierzu dient zuerst die objektspezifisch erstellte Raumliste, in der jeder einzelne Raum einer Wohn- oder Nutzungseinheit aufgeführt ist, und die das gesamte Bauvorhaben von der Entwurfsplanung über die Ausführungsplanung bis zur Inbetriebnahme und Übergabe begleitet. Über die Planung hinaus ist auch die Gewerke-Koordination notwendig. Bei der Fußbodenheizung/-kühlung muss sich der Anlagenmechaniker SHK mit dem Estrichbauer und Bodenleger abstimmen.

Hinweis: Bei der Planung einer Fußbodenheizung/-kühlung ist stets der gesamte Bodenaufbau zu betrachten. Dies gilt für Bodenbeläge ebenso wie für ggf. notwendige Ausgleichsschichten und Installationsebenen unterhalb der Systemrohbene.

2.1 Heiz-/Kühllast und Heiz-/Kühlleistung

Die Fußbodenheizung/-kühlung kompensiert mit ihren Leistungen die Heiz- und/oder Kühllast.

Im Neubau betragen die spezifischen Heizlasten nach den heute gültigen Effizienzstandards in der Regel kaum mehr als 30 W/m². Grundsätzlich ist die Frage zu klären, ob die notwendige Heizlast mit der Fläche für die Fußbodenheizung kompensiert werden kann, oder ob zusätzlich erforderliche Sekundärflächen notwendig sind.

	Oberflächentemp. ϑ_F am Bauteil in °C		Wärmeübergangskoeffizient α am Bauteil in W/(m ² · K)		Max. spezifische Leistung q_H in W/m ²	
	max. beim Heizen	max. beim Kühlen	Heizung	Kühlung	Heizung bei ϑ_i 20 °C	Kühlung bei ϑ_i 26 °C
Boden	29	19	10,8	6,5	ca. 100	ca. 45

Tabelle 1: Thermische Kennwerte inklusive Flächen-/Leistungsbezüge der Fußbodenheizung/-kühlung; Werte in Anlehnung an DIN EN 1264 und DIN ISO 7730

Die spezifischen Kühllasten von Nicht-Wohngebäuden betragen in der Regel typischerweise ca. 60 W/m². Die Kühllast wird aber durch weitere Faktoren wie Fensterflächenanteil, U-Werte der Baustoffe und Baukonstruktion, Sonneneinstrahlung oder innere Lasten beeinflusst und diese können zu einer höheren Kühllast führen. Wohngebäude weisen in der Regel eine deutlich geringere Kühllast auf, welche oft schon mit der Ankühlleistung (siehe 4.1) kompensiert werden kann.

2.2 Wärmeverteilschicht

Die Fußbodenheizung/-kühlung wirkt über die im Aufbau der Wärmeverteilschicht aus Estrich integrierten Systemrohre im Heizbetrieb mittels Übertemperatur und im Kühlbetrieb mittels einer Untertemperatur zum Raum an der Oberfläche. Dabei ist die Zielsetzung eine gleichmäßige thermische Aktivierung der Oberfläche als mittlere Oberflächentemperatur ($t_{F,m}$) über die Wärmeübergabeschicht zu erreichen. Die Besonderheit der Fußbodenheizung ist, dass die Wärmeverteilschicht gleichzeitig die Lastverteilschicht ist.

Je größer die Temperaturdifferenz zwischen Raumtemperatur und Oberflächentemperatur, desto höher ist die wirksame Wärmestromdichte.

Die Wärmestromdichte q in W/m^2 ist die relevante Leistungsgröße

Wie groß der Wärmestrom durch eine Schicht eines Bauteils ist, hängt neben der Temperaturdifferenz auch von der Wärmeleitfähigkeit des Materials und der Bauteilstärke ab. So lässt sich die Wärmestromdichte gemäß Basis-Kennlinie (DIN EN 1264-1) über folgende Formel ermitteln:

$$q = 8,92 (t_{F,m} - t_i)^{1,7}$$

$t_{F,m}$ = mittlere Fußbodentemperatur

t_i = Raumtemperatur

Zur vereinfachten Berechnung der Wärmestromdichte q ohne Exponenten, nennt DIN 1264-5 (siehe Tabelle 1) einen Wärmeübergangskoeffizienten α für

Fußbodenheizung: $10,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Fußbodenkühlung: $6,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Beispiel: $q_H = 10,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \times (29 \text{ °C} - 20 \text{ °C}) = 10,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \times 9 \text{ K} = 97,2 \text{ W}/\text{m}^2$

2.3 Systemkomponenten

Die Fußbodenheizung/-kühlung besteht in der Regel aus den nachfolgenden Komponenten:

1. Wärmeübertragungsfläche inkl. Befestigung sowie etwaige Systemplatten/-profile
2. Systemrohre der Wärmeübergabeflächen (Heiz-/Kühlkreise) innerhalb der Wärmeverteilschicht
3. Durchlaufende Zuleitungen der Heiz-/Kühlkreise inklusive Anschlüsse am Heiz-/Kühlkreisverteiler
4. Heiz-/Kühlkreisverteiler inklusive Ventile, Stellglieder und Armaturen, Absperrheiten und Einrichtungen zum Füllen/Entleeren, Spülen und Entlüften sowie zur Durchführung des hydraulischen Abgleichs
5. Regeleinheit zum Anschluss der Stellglieder; sowohl drahtgebunden als auch drahtlose Funkregelung (Einzelraumtemperaturregelung, Taupunktwärter, etc.)

2.4 Planungsablauf

Der Planungsablauf umfasst sämtliche Vorbereitungen zur Ausführung entsprechend den festgelegten Planungsgrundlagen.

- Raumliste 1 - (Ergebnisse aus Tektur und Berechnungen; Bezeichnung der Räume, Flächen, Volumina, Heizlasten, spezifische Heizlasten, Raumtemperaturen, besondere Anforderungen).
- Raumliste 2 - (Planungsergebnisse aus Raumliste 1; - raumweise Zuordnung der Wärmeübergabekreise nach Prüfung der zu Verfügung stehenden Flächen, inkl. Einzelraumtemperaturregelung, hydraulische Kennwerte und relevante Einstellungen für den hydraulischen Abgleich; Berechnungsergebnisse).
- Funktionale Baubeschreibung mit sämtlichen Auslegungsparametern zur Regelungsstrategie und Betriebsweise (nur Heizen, Heizen und Ankühlen, Heizen und Vollkühlen, drahtgebundene, oder funkbasierte Einzelraumtemperaturregelung).
- Positionierung des Heiz-/Kühlkreisverteilers an möglichst zentraler Stelle, um annähernd gleichlange durchlaufende Zuleitungen zu ermöglichen und die maximale Heiz-/Kühlkreislänge nicht zu überschreiten. Sollte eine zentrale Positionierung

nicht möglich sein, oder bei großen Grundrissen, sind entsprechend der betreffenden Grundrissaufteilung mehrere Heiz-/Kühlkreisverteiler zu positionieren.

- Verlegeplan - (mit Bezeichnung der Zuordnung aus der Raumliste 2 und Kennzeichnung besonderer Merkmale und Positionen, wie Integration von haustechnischen Komponenten, Raumluft- und Beleuchtungstechnik, Elektro-Installation, usw.), sowie Hinweisen zur Schnittstellenkoordination mit allen beteiligten Gewerken.

Der Verlegeplan umfasst neben der Festlegung der Belegungsflächen auch Einbauten (z.B. Luftauslässe) im Boden, ebenso wie die hierfür notwendigen Leitungsführungen.

Dementsprechend ist der Verlegeplan mit sämtlichen betroffenen Gewerken abzustimmen und über die Bauleitung an alle Beteiligten vor Beginn der Montagearbeiten auszuhändigen.

Etwaige Änderungen während des Baugeschehens sind im Verlegeplan einzutragen, um diesen nach Abschluss der Arbeiten mit der tatsächlichen Einbausituation abzugleichen und als Bestandsplan in die Dokumentation mit aufzunehmen.

3 Ausführung und Aufbau

Die Ausführung und der Aufbau einer Fußbodenheizung/-kühlung sind nach den gültigen Gesetzen (z.B. Gebäudeenergiegesetz (GEG)), Verordnungen (z.B. Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB)), Normen und Richtlinien vorzunehmen.

Grundsätzlich stehen für den Einbau einer Fußbodenheizung/-kühlung die Bauarten A bis D nach DIN EN 1264 „Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung“¹⁾ zur Verfügung, wobei in der Regel Bauart A und Bauart B zur Anwendung kommen.

Hinweis: Wie bei jedem wassergeführten System ist auch für die Fußbodenheizung/-kühlung nach Fertigstellung eine Dichtigkeitsprüfung gemäß DIN EN 1264 Teil 4 „Installation“ durchzuführen und zu dokumentieren.

3.1 Konstruktionsvarianten

- **Bauart A:** Bei dieser Bauart sind die Systemrohre bei der Fußbodenheizung/-kühlung oberhalb der Dämmschicht in die Last- bzw. Wärmeverteilschicht eingebettet. Durch die direkte Einbettung der Systemrohre wird eine gute Wärmeübertragung erreicht.
- **Bauart B:** Bei Bauart B befinden sich die Systemrohre unter der Last- bzw. Wärmeverteilschicht direkt in der Systemplatte. Bei dieser Bauart kommen im Boden sowohl normale Nassestriche als auch Trockenestrich-Systeme zum Einsatz. Bei trocken verlegten Systemen erfordert die Wärmeübertragung an die Last- bzw. Wärmeverteilschicht zusätzliche Wärmeleitvorrichtungen, z. B. Wärmeleitbleche.

Die Registerbauweise entspricht der Bauart B, da die Systemrohre sich unter der Wärmeverteilschicht, bzw. lastabtragenden Schicht in der Systemplatte befinden. Über Wärmeleitbleche wird als Wärmeleitvorrichtung die Wärme auf die Wärmeverteilschicht übertragen.

Hinweis: Für Heizestriche (Nassestriche) ist die DIN 18560 „Estriche im Bauwesen“ Teil 2 „Estriche und Heizestriche auf Dämmschichten (schwimmende Estriche)“ zu berücksichtigen.

¹⁾ Die Bauarten C und D werden in diesem Informationsblatt nicht behandelt. Die Bauart C ist wärmetechnisch ähnlich der Bauart A. Der Unterschied liegt darin, dass bei der Bauart C die Systemrohre im Ausgleichsestrich liegen, auf den der Estrich mit einer Trennschicht aufgebracht wird. Die Bauart D behandelt Sondersysteme..


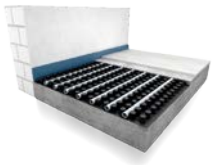

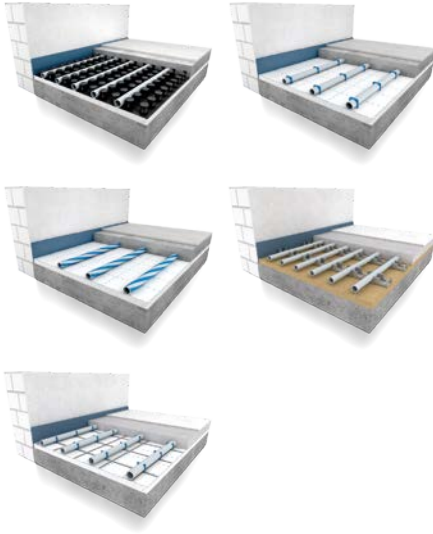

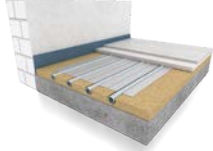
Beispiele Aufbauen Boden	Bauart A nach DIN EN 1264	Bauart B nach DIN EN 1264
Dünnschicht 		
Nass-Estrich 		
Trocken-Estrich 		

Tabelle 2: Bauarten einer Fußbodenheizung/-kühlung (Bauart A und Bauart B)

In Tabelle 2 werden praxisgerechte Ausführungsvarianten als Schnittdarstellung für den Boden mit den dazugehörigen Komponenten gezeigt. Unterschieden wird hier nach den Bauarten A und B.

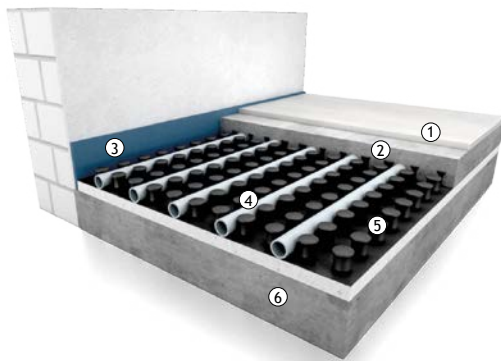
3.2 Systembeschreibungen

Die Fußbodenheizung/-kühlung kann in Nass- und Trockenbauweise zur Anwendung kommen.

3.2.1 Nassbauweise

- Noppensystem

Je nach Hersteller befinden sich auf der Oberseite der Noppensystemplatte speziell ausgeformte Noppen, die etwas höher als die Rohre sind und die verlegten Rohre fest in ihrer Position halten. Diese Systemplatten beinhalten die Trittschall-Dämmung und sind seitlich mit einem Stufen- oder Hakenfalz bzw. einer Folienüberlappung ausgestattet. Dies dient zur estrichdichten Verbindung der Systemplatten. Die Noppengröße und -anordnung geben die Rohrabstände vor. Systembedingte normgerechte Verlegeabstände in einfacher Montage und eine hohe Trittfestigkeit sind die wesentlichen Merkmale dieses Systems.

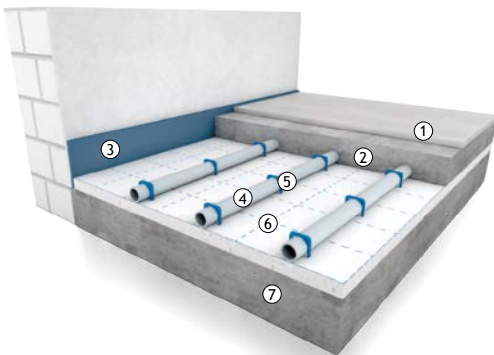


- ① Bodenbelag
- ② Last- bzw. Wärmeverteilungsschicht
- ③ Randdämmstreifen
- ④ Systemrohr
- ⑤ Noppensystemplatte mit Trittschalldämmung
- ⑥ Bodenfläche (Untergrund)

Abbildung 2: Bodenaufbau Noppensystem

• Tackersystem

Als Trittschalldämmung ist die Systemplatte bei einer Tacker-Systemplatte auf der Oberseite mit einer geeigneten stabilen, bedruckten Rasterfolie, eventuell ergänzt durch Gewebe, versehen. Die Systemplatten werden zum Schutz vor eindringendem Anmachwasser des Estrichs oder dünnflüssigem Estrich an den Stößen verklebt, da sonst unerwünschte Schallbrücken entstehen könnten. Mit dem Tackergerät werden die Klipse über die Systemrohre hinweg in die Systemplatte gedrückt. Die U-förmigen Widerhakenklipse halten die Systemrohre fest auf der Systemplatte, da sich die Widerhaken an der Unterseite der Deckschicht aufstellen und spreizen. Ein Merkmal des Tackersystems ist die völlige Freiheit bei der Verlegung der Systemrohre.



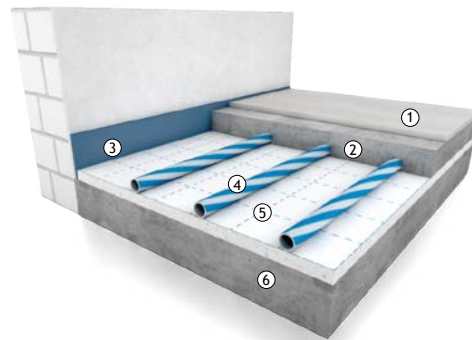
- ① Bodenbelag
- ② Last- bzw. Wärmeverteilungsschicht
- ③ Randdämmstreifen
- ④ Systemrohr
- ⑤ Widerhakenklipse (Tacker)
- ⑥ Tackersystemplatte mit Trittschalldämmung
- ⑦ Bodenfläche (Untergrund)

Abbildung 3: Bodenaufbau Tackersystem

• Klettsystem

Das Klett-System ähnelt dem Tackersystem, da auch hier eine Trittschalldämmung die Grundlage für die Systemplatte bildet und mit einer geeigneten stabilen, bedruckten Rasterfolie, eventuell ergänzt durch Gewebe, versehen ist. Die Verlegung ist ähnlich frei wie bei dem Tacker-System, da die Leitungen ebenso entsprechend des Rasters auf der Systemplatte geführt werden. Lediglich die Art der Befestigung ist eine andere, was sich auch in der Materialbeschaffenheit der Rasterfolie zeigt. Diese ist mit einer Vliesoberfläche ausgestattet, um das Systemrohr, welches mit einem Hakenband ummantelt ist, horizontal auf der Systemplatte als Klett-System zu fixieren.

Durch die Biegsamkeit und Formstabilität des Systemrohres, sowie der Schwerkraft, vermag das Klett-System auf eine Durchdringung und eventueller Beschädigung der Trittschalldämmung zu verzichten, da die Klett-Verbindungen ausreichend stabilisieren, um jedwede Estrich-Einbringung zu ermöglichen, ohne dass sich die Lage der Systemrohre verändert. Dennoch ist auch hier auf den Schutz der Systemrohre und ausreichender Befestigung zu achten.



- ① Bodenbelag
- ② Last- bzw. Wärmeverteilungsschicht
- ③ Randdämmstreifen
- ④ Systemrohr mit Klettband
- ⑤ Klettsystemplatte mit Trittschalldämmung
- ⑥ Bodenfläche (Untergrund)

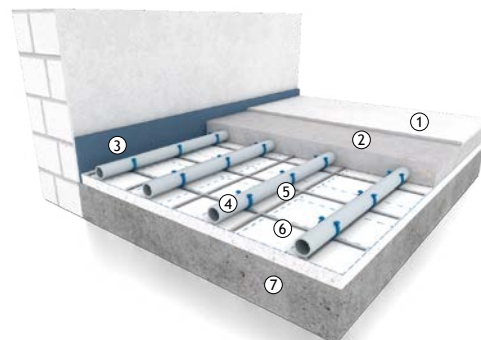
Abbildung 4: Bodenaufbau Klettsystem

All diesen drei Nasssystemen der Bauart A für den Fußboden ist gleich, dass Sie mit einem Abroller (Rohrspindel) als Montagehilfe auch von einem Monteur ausgeführt werden können.

Sowohl beim Klettsystem wie auch beim Tackersystem bietet das aufgedruckte Raster der Systemplatte eine Orientierung für die Leitungsführung und Einhaltung gleichmäßiger Teilungs-Abstände entsprechend der Auslegung.

- Gittermattensystem

Das Gittermattensystem ist ein dämmstoffunabhängiges System, bei dem nach der Verlegung der Dämmung, inkl. Randdämmstreifen und daran anschließenden, vollflächigen PE-Folienbahn (Schrenzlage oder Trennschicht) spezielle Rohrträgermatten, sogenannte Gittermatten aus Stahldraht ausgelegt werden. Die Matten werden zur Fixierung untereinander mit Mattenbindern verbunden. Anschließend werden die Systemrohre im berechneten Verlegeabstand gemäß Verlegeplan auf den Matten mit Kunststoffklipsen verlegt und befestigt.



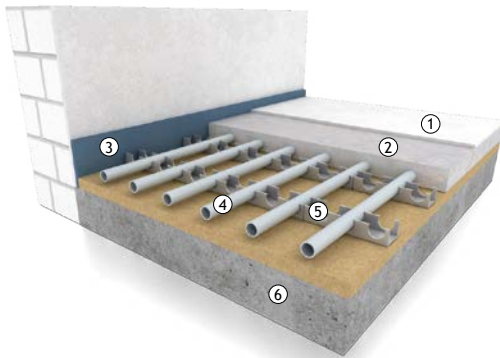
- ① Bodenbelag
- ② Last- bzw. Wärmeverteilungsschicht
- ③ Randdämmstreifen
- ④ Systemrohr
- ⑤ Halteklips
- ⑥ Gittermatte auf Trittschalldämmung
- ⑦ Bodenfläche (Untergrund)

Abbildung 5: Bodenaufbau Gittermattensystem

- Schienensystem

Das Schienensystem ermöglicht in der Nassbauweise (Bauart A) die Positionierung auf dem Fußboden. Dabei dient die Systemschiene der Leitungsführung mit entsprechenden Verlegeabständen.

Das Schienensystem ist wie das Gittermattensystem dämmstoffunabhängig. Bei einigen Systemen für die Bodenverlegung gehören Trittschall-Dämmplatten, mit Folienkaschierung und Rasteraufdruck zur Orientierung, als Systemkomponente (Systemplatte) dazu. Die Schienen werden ausgelegt in Abhängigkeit der Verlegerichtung und der Geometrie des Raumes und auf der mit PE-Folie abgedeckten Dämmebene fixiert. Je nach Hersteller haben die Schienen vorgestanzte Flanken, in denen die Systemrohre mit gleichmäßigen Rohrabständen eingeklipst werden.



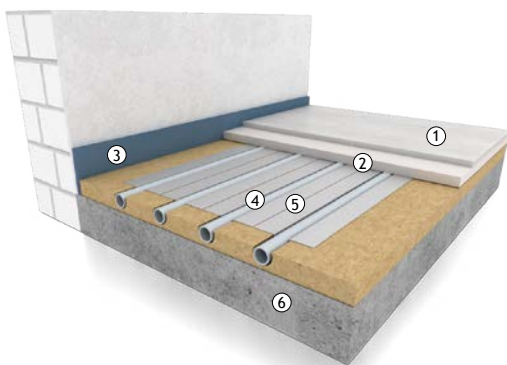
- ① Bodenbelag
- ② Last- bzw. Wärmeverteilungsschicht
- ③ Randdämmstreifen
- ④ Systemrohr
- ⑤ Systemschiene auf Trittschalldämmung
- ⑥ Bodenfläche (Untergrund)

Abbildung 6: Bodenaufbau Schienensystem

3.2.2 Trockenbauweise

Für den Trockenbau bietet die Flächenheizung/-kühlung die Registerbauweise. Die Systemrohre befinden sich entsprechend der Bauart B in der Systemplatte mit Wärmeleitblechen. Als Wärmeverteilungsschicht wird eine Trockenestrichplatte flächenbündig darübergelegt. Die Wärmeleitbleche übertragen die Wärme an die Wärmeverteilungsschicht Trockenestrichplatte. Auf die Ebenheit der Unterkonstruktion und der Positionierung der Trockenbauplatten ist im besonderen Maße zu achten, um eine optimale Wärmeübergabe zwischen Systemrohr, Wärmeleitblech und Trockenbauplatte (Wärmeverteilungsschicht) zu ermöglichen.

Als Lastverteilungsschicht für den Fußboden werden z. B. Trockenestrichsysteme zweischichtig und fugenversetzt verlegt. Alternativ können auch spezielle Estrichziegel und miteinander verklebte Fertigbetonplatten als Last- und Wärmeverteilungsschicht verwendet werden. Die Hauptmerkmale dieses Systems sind die schnelle Fertigstellung, das geringe Flächengewicht und die schnelle Belegreife für den Bodenbelag, da die Trockenzeiten sehr gering sind oder komplett entfallen können.



- ① Bodenbelag
- ② Last- bzw. Wärmeverteilungsschicht
- ③ Randdämmstreifen
- ④ Systemrohr
- ⑤ Wärmeleitblech in Trittschalldämmung
- ⑥ Bodenfläche (Untergrund)

Abbildung 7: Bodenaufbau Registerbauweise

3.2.3 Weitere Systeme

Neben den verbreiteten und hier dargestellten Standardsystemen gibt es auch herstellerspezifische Systemlösungen. Deren Besonderheiten und Anwendungsmerkmale sind bei den Herstellern zu erfragen.

Weitere spezielle Systeme der Flächenheizung/-kühlung für die Modernisierung werden im Informationsblatt 51 „Flächenheizung/-kühlung, Teil 2: Modernisierung“ behandelt.

3.3 Bauliche Voraussetzungen

Je nach Nutzung der verschiedenen Räume sind die erforderlichen Aufbauhöhen zu definieren und durch die Geschosshöhenkontrolle zu überprüfen. Die Positionierung des Heiz-/Kühlkreisverteilers ist festzulegen und eine Raumliste zu erstellen, in der jeder Raum in seiner Nutzung beschrieben wird und die entsprechenden Kennwerte für die Fußbodenheizung/-kühlung enthalten sind. In allen Räumen muss von der Bauleitung deutlich sichtbar der Meterriss gekennzeichnet sein.

Der Einbau einer Fußbodenheizung/-kühlung setzt eine „geschlossene“ Baustelle voraus, d. h. alle angrenzenden Bauteile müssen vorhanden sein. Fenster und Außentüren müssen sich zugfrei verschließen lassen, um den einzubringenden Estrich vor Schäden durch Nässe, extremen Temperaturschwankungen und Zugluft zu schützen. Die Montage der haustechnischen Installationen ist abzuschließen. Schlitze sind zu verputzen und eventuelle Innenputzarbeiten müssen bis zum Rohfußboden entsprechend der DIN 18560-2 abgeschlossen und abgetrocknet sein.

Hinweis: Starke Temperaturschwankungen und unterschiedliche Lichteinstrahlungen sollten nach Einbringung des Estrichs vermieden werden. Diese können zu einem zu schnellen, bzw. ungleichmäßigem Austrocknen des Nassestrichs führen, was zu unerwünschten Rissen führen kann.

3.3.1 Tragender Untergrund

Der Rohfußboden muss die Anforderungen der DIN 18560 erfüllen sowie, den statischen Anforderungen der Fußbodenheizung/-kühlung und den benötigten Nutzlasten entsprechend, ausreichend trocken und fest sein. Der Untergrund ist vor der Montage des Systems von groben Verunreinigungen wie Putz- und Mörtelresten zu säubern und besenrein zu fegen.

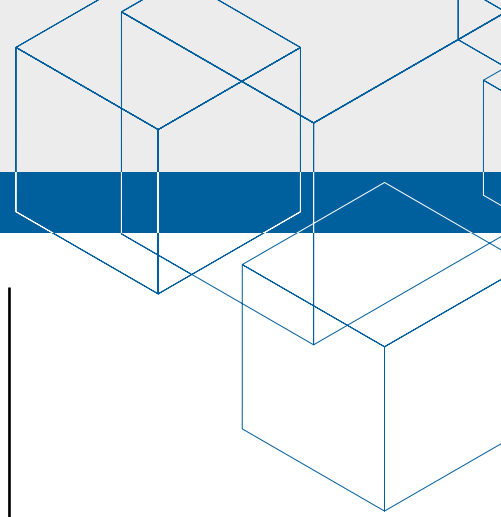
Eventuelle punktuelle Erhebungen können zu ungewollten Schallbrücken oder zu unerwünschten Unterschieden in der Last- bzw. Wärmeverteilschichtdicke führen. Soll die Fußbodenheizung/-kühlung z. B. in Duschen mit einem Gefälle von mehr als 1,5 % verlegt werden, ist das Gefälle bereits im tragenden Untergrund herzustellen, um eine gleichbleibende Last- bzw. Wärmeverteilschichtdicke zu gewährleisten.

Die Oberfläche muss für das Auslegen der Systemplatte vorbereitet sein und darf keine größeren Unebenheiten aufweisen, Grundlage bilden hierfür die Werte, die in der DIN 18202 „Toleranzen im Hochbau – Bauwerke“ festgehalten sind. Gemäß DIN 18560-2 „Estriche und Heizestriche auf Dämmschichten (schwimmende Estriche)“ ist vom Bauwerksplaner eine separate Installationsebene zu definieren, zu planen und in der Konstruktionshöhe zu berücksichtigen, wenn Leitungen, Rohrleitungen, Kanäle oder andere Einbauteile auf dem tragenden Untergrund verlegt werden sollen.

Grundsätzlich ist zu berücksichtigen, dass die Ebenheit der gesamten Fläche einer aufzubringenden Fußbodenheizung/-kühlung die Grundlage für eine gleichmäßige Überdeckung der Systemrohre bildet.

3.3.2 Ausgleichsschichten

Entspricht der Untergrund nicht den geforderten Ebenheitstoleranzen, so muss dies durch einen Niveaueausgleich korrigiert werden. Eventuelle Rohrleitungen oder Kanäle auf dem Rohfußboden sind nach DIN 18560 zu befestigen und anschließend mittels einer Ausgleichsschicht als ebene Fläche zur vollflächigen Aufnahme der Systemdämmung abzuschließen. Ausgleichsschichten ermöglichen einerseits das Ausgleichen von Unebenheiten des Untergrundes, als auch das Ausgleichen von Installationsebenen.



	Abstand der Messpunkte				
	0,1 m	1,0 m	4,0 m	10,0 m	15,0 m
Nichtflächenfertige Oberseiten von Decken, Unterbeton und Unterböden mit erhöhten Anforderungen, z. B. zur Aufnahme von schwimmenden Estrichen, Industrieböden, Fliesen- und Plattenbelägen, Verbundestrichen und fertige Oberflächen für untergeordnete Zwecke, z. B. in Lagerräumen, Kellern	5 mm	8 mm	12 mm	15 mm	20 mm
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
Flächenfertige Böden mit erhöhten Anforderungen, z. B. mit selbstverlaufenden Spachtelmassen	1 mm	3 mm	9 mm	12 mm	15 mm

Tabelle 3: Ebenheitstoleranzen nach DIN 18202:2019-07

Ungebundene Schüttungen aus Natur- oder Brechsand dürfen für die Ausgleichsschicht nicht verwendet werden, sondern spezielle Ausgleichsmassen oder Dämmestriche, die im eingebauten Zustand eine gebundene Form aufweisen oder aber geeignete druckbelastbare Dämmstoffe. Die für die Ausgleichsschicht erforderliche Konstruktionshöhe und das zusätzliche Gewicht sind bei der Planung zu berücksichtigen, ebenso wie die Herstellerangaben zur Verlegereife, Restfeuchte und zu eventuell erforderlichen Grundierungen auf dem Untergrund.

Sollten Versorgungsleitungen (z.B. Wasserleitungen, Strom- und Kommunikationskabel, usw.) auf dem Boden verlegt werden, sind gemäß DIN 18560-2 entsprechende Installationsebenen zu definieren. Ebenso sind diese Leitungen entsprechend den nationalen Bestimmungen gegen wechselnde Temperaturen zu schützen.

DIN 1850-2 definiert Ausgleichsschichten auch um Installationsebenen auszufüllen, um somit wieder eine ebene Oberfläche zur unterbrechungsfreien Aufnahme der Dämmschicht zu schaffen.

Grundsätzlich ist dann die Trittschalldämmung, bzw. Systemplatte als oberste geschlossene Lage zu verlegen.



Abbildung 8: Ausgleichsschichten

3.3.3 Bauwerksabdichtung

Die erforderlichen Abdichtungsmaßnahmen sind in der DIN 18195 „Abdichtung von Bauwerken“ Beiblatt 2 „Hinweise zur Kontrolle und Prüfung der Schichtdicken von flüssig verarbeiteten Abdichtungsstoffen“ festgelegt. Die Verantwortung für die Ausführung und Art der Bauwerksabdichtung liegt hierfür beim Hochbauplaner. Grundsätzlich ist je nach Belastung eine Bauwerksabdichtung gegen Bodenfeuchte des Erdreichs zu berücksichtigen. Ebenso bei Erdgeschossböden ohne Unterkellerung und Kellergeschossböden, die an das Erdreich grenzen (siehe Abbildung 9).

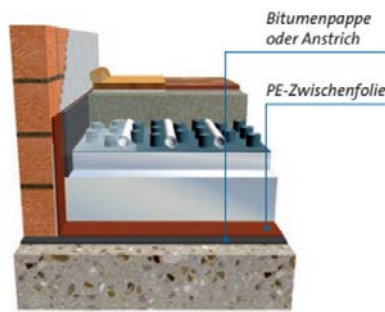


Abbildung 9: Abdichtungen gegen Bodenfeuchte

Hinweis: Durch den Bauwerksplaner ist festzulegen, inwieweit zum Schutz empfindlicher Bodenbeläge eine Sperre gegen nachstoßende Feuchte aus dem Betonboden erforderlich ist.

In Nassräumen, z. B. in Duschen ist gegen Oberflächenwasser die Abdichtung oberhalb der Lastverteilschicht durchzuführen. Diese muss mit einem Dichtklebesystem oder einem dichtenden Anstrich erfolgen.

3.3.4 Wärme- und Trittschalldämmung

Bei Dämmebenen/-schichten der Fußbodenheizung/-kühlung ist zwischen den Anforderungen Trittschall- und Wärmedämmung zu unterscheiden. Aus diesem Grund ist bei Systemen der Fußbodenheizung/-kühlung in der Regel die Trittschalldämmung bereits in die Systemplatte integriert.

Hinsichtlich der Wärmedämmung einer Fußbodenheizung/-kühlung ist das GEG und der systembedingte Mindest-Wärmeschutz nach DIN EN 1264-4 nur dann heranzuziehen, wenn das System in der thermischen Hülle des Gebäudes bzw. in Bauteilen, die an Räume mit deutlich niedrigeren Temperaturen angrenzen, integriert wird.

Die Wärme- und Trittschalldämmung ist für die wirtschaftliche und komfortable Nutzung einer Fußbodenheizung/-kühlung unerlässlich. Das aktuelle GEG beinhaltet keine Vorgaben zum spezifischen U-Wert für eine Fußbodenheizung/-kühlung, sondern fordert eine Begrenzung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes der Gebäudehülle und des maximal zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfs.

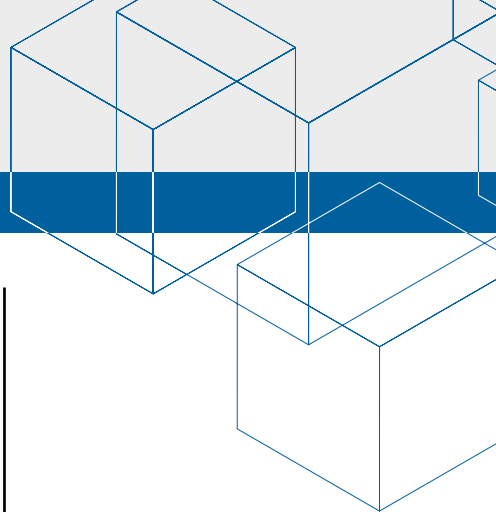
Architekten, Planern und Heizungsbauern bietet dies Möglichkeiten, die Dämmstoffstärke bis auf den Mindestwärmeschutz frei anzupassen, die dann durch den Energieberater im Energiepass bindend festgelegt wird. Das GEG weist allerdings auf die Mindestanforderung für die Dämmschicht nach den anerkannten Regeln der Technik hin. Diese sind in der DIN EN 1264-4 festgeschrieben.

	Beheizter Raum	Unbeheizter oder unregelmäßig beheizter Raum	Auslegungs-Außentemperatur		
			0 °C	-5 °C	-15 °C
Wärmedurchlasswiderstand R_{λ} in m^2K/W	0,75	1,25	1,25	1,50	2,00

Tabelle 4: Mindest-Wärmedurchlasswiderstände der Bauteile unterhalb der Systemrohre einer Fußbodenheizung/-kühlung nach DIN EN 1264-4

Die Materialien der Wärme- und Trittschalldämmung müssen geprüft sein und der Bauartzulassung entsprechen. Grundsätzlich ist zwischen Wärmedämmung und Trittschalldämmung zu unterscheiden. In der Regel wird die Wärmedämmung bauseits erstellt, was eine entsprechende Schnittstellenkoordination verlangt. Die Systemplatte einer Fußbodenheizung/-kühlung beinhaltet in der Regel daher nur eine Trittschalldämmung. Die Bauteilstärken und Aufbauten der Wärmedämmung sind bei jedem Bauvorhaben zu prüfen und festzulegen, da diese sehr unterschiedlich ausfallen können, aber jeweils im Wesentlichen den gesamten Bodenaufbau bestimmen.

Darüber hinaus sind die DIN 4108 „Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden“ sowie die DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ für das jeweilige Bauvorhaben zu berücksichtigen.



Bei stärkeren Dämmschichten ist eine Kombination von Trittschall- und Wärmedämmplatten zu empfehlen. Die Trittschalldämmung hat als schalldämmende Maßnahme einen besonderen Einfluss auf die Wohnqualität, sie minimiert die Übertragung von Geräuschen in Gebäuden, die durch Gehen z. B. in Nachbarräumen und Treppenhäusern entstehen.

- **Dämmschichtanordnung**

Wird die Wärme- und Trittschalldämmung kombiniert, dann ist die Trittschalldämmung wegen des besseren schallschutztechnischen Verhaltens unterhalb der druckfesteren Wärmedämmung zu verlegen.

Sind Kabel oder Rohre auf der Rohdecke montiert, so ist die Trittschalldämmung in diesem Fall grundsätzlich als geschlossene Fläche ohne Unterbrechung über der Ausgleichsdämmung zu verlegen. Die Dämmschichten werden im Verbund, Stoß an Stoß verarbeitet, mehrere Lagen sind versetzt zueinander anzuordnen.

3.3.5 Zusammendrückbarkeit aller Dämmschichten

Die Dämmschicht muss die vorgegebene Nutzlast tragen. Dabei ergibt sich bei Trittschalldämmstoffen aus der Differenz der Lieferdicke und der Dicke unter Belastung die Zusammendrückbarkeit der Dämmung.

Die Zusammendrückbarkeit aller Dämmschichten darf nach der DIN 18560-2 (Tabelle 1), in Abhängigkeit von der Nutzlast, nicht mehr als 5 mm (bis max. 3,0 kN/m²) bzw. 3 mm (ab 4,0 kN/m² bis 5,0 kN/m²) betragen. Die Werte für die Zusammendrückbarkeit der einzelnen Lagen sind zu addieren. Hierbei ist für eine druckbelastbare Wärmedämmung der Wert Null anzusetzen.

3.3.6 Heizestriche – (lastabtragende Wärmeverteilschichten)

Die Vorgaben der DIN 4109 für den Schallschutz in Gebäuden erfordern einen Heizestrich (Last- bzw. Wärmeverteilschicht) in schwimmender Ausführung. Eine schwimmende Lastverteilschicht verbessert die Trittschalldämmung der Decke, weil sie die Übertragung von Körperschall in die Deckenkonstruktion vermindert. Voraussetzung hierfür ist, dass der Heizestrich auch bei Erwärmung keinen unmittelbaren Kontakt zu tragenden Bauteilen hat. Die jeweilige Festigkeitsklasse, Estrichart, Dicke, die Aufteilung der Estrichfelder und insbesondere der Fugenplan mit den benötigten Messstellen zur Restfeuchtemessung werden u. a. in Abhängigkeit von der Nutzung vom Bauwerksplaner festgelegt.

Darüber hinaus gelten die Herstellerangaben hinsichtlich Verarbeitungshinweise, Einsatzbereiche, Lastverteilschichtdicke, Reifezeit und Funktionsheizten. Heizestriche müssen den Anforderungen der DIN 18560-2 entsprechen und neben den Festigkeitswerten eine vollständige Umschließung der Systemrohre und hohe Verdichtung zur optimalen Wärmeübertragung aufweisen. Die zulässige Temperatur im Bereich der Systemrohre darf bei Zement- und Calciumsulfat-Estrichen gemäß DIN 18560-2 im Mittel 55 °C und bei Gussasphaltestrichen 45 °C nicht überschreiten.

Die gängigsten Heizestricharten in Verbindung mit einer Fußbodenheizung/-kühlung sind Estriche auf Zement- oder Calciumsulfatbasis. Der Einbau von Zement- (CT) oder Calciumsulfat-Estrichen (CA) erfolgt entweder in steifplastischer Konsistenz oder als Fließestrich. Als Fließestriche bezeichnet man Estriche, die sich aufgrund ihrer fließfähigen Konsistenz bei der Einbringung nahezu von selbst bzw. mit sehr geringem Aufwand nivellieren.

In DIN 18560-2 sind alle relevanten Anforderungen bezüglich Qualität, Dicke, Härte und Festigkeit von Estrichen festgehalten. In Abhängigkeit der gewählten Bauart und der benötigten Nutzlast müssen die DIN-Angaben entsprechend umgesetzt werden. Bei Heizestrichen ist insbesondere die Einhaltung der Mindestrohrüberdeckung von Bedeutung.

Nach DIN EN 1264 sind beim Einbringen des Estrichs Schutzmaßnahmen zu beachten:

- größere, auch kurzzeitige Belastungen der Dämmschicht müssen vermieden werden, um die Wirksamkeit der Dämmung nicht zu verringern
- das installierte Systemrohr und die Systemplatten der Flächenheizung/-kühlung müssen beim Transport des Estrichmörtels mit Brettern oder Ähnlichem geschützt werden

- es dürfen während der Estricheinbringung keine Zusatzstoffe verwendet werden, durch die sich der Volumenanteil der Luftporen im Estrich um mehr als 5 % erhöht und zu Festigkeitsverlusten führt.




	 Zement-Estrich	 Calciumsulfat-Estrich	 Trockenestrich-System
Begehbar nach	4-5 Tage	3 Tage	sofort
Abbindephase / Heizbeginn	21 Tage	7 Tage	1 Tag
Ende Funktionsheizen / Aufheizvorgang	28 Tage	14 Tage bzw. nach Herstellerangabe	2 Tage

Tabelle 5: Typische Fertigstellungszeiten für die Last- bzw. Wärmeverteilschicht/Estriche

- **Zementestrich/Zement-Fließestrich**

Das Hauptmerkmal des Zementestrichs liegt in der Temperatur- und Feuchtigkeitsbeständigkeit. Es ist ein weichplastischer Estrichmörtel bzw. Zementfließestrich zu bevorzugen, der für eine formschlüssige Einbettung der Systemrohre sorgt. Zementestriche sind für Innen-, Außen- und Nassbereiche, wie z. B. in Bäder und Duschen geeignet. Erforderliche Fugen und Estrichfelder sind vom Bauwerksplaner festzulegen und vom Heizungsbauer bei der Heizkreiseinteilung zu berücksichtigen.

- **Calciumsulfat-Estrich/Calciumsulfat-Fließestrich**

Fließestriche auf Calciumsulfatbasis enthalten Gips als Bindemittel. Durch seine geringe Volumenänderung (Schwund) bei der Erhärtung können mit Calciumsulfat-Fließestrich auch größere Flächen weitgehend fugenlos verlegt werden. Er kann im gesamten Wohnbereich, auch in Bädern unter Verwendung einer Schutzfolie bzw. einer geeigneten Abdichtung verlegt werden.

- **Trockenestrich-Systeme**

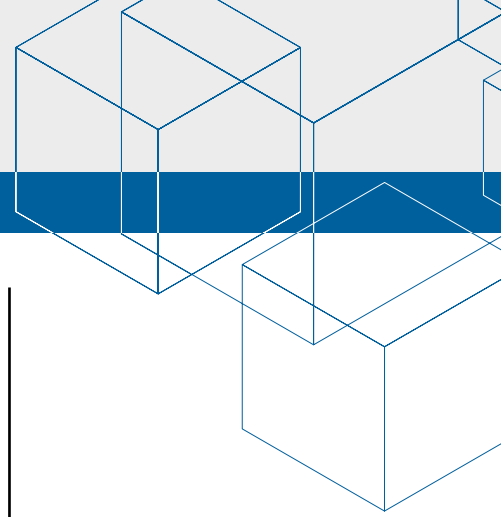
Trockenestrich-Systeme bestehen aus vorgefertigten Elementen in Form von Platten, z. B. Gipsfaserplatten, die im Verbund verlegt und im Fugenstoß verklebt und verschraubt werden.

Bei Trockenestrich kann sofort nach Aushärtung des Klebers der Bodenbelag aufgebracht werden.

- **Randdämmstreifen**

Entsprechend DIN 18560 ist ein Randdämmstreifen an allen Umfassungswänden und aufgehenden Bauteilen aufzustellen, der verhindert, dass der Heizestrich/ Last- bzw. Wärmeverteilschicht mit statischen Elementen des Gebäudes in Verbindung kommt und Schallbrücken bildet. Der Übergang zwischen Randdämmstreifen, Wärme- bzw. Trittschalldämmung bzw. Systemplatte muss dicht sein. Durch den Randdämmstreifen wird eine an den Wänden umlaufende Randfuge hergestellt, die nach DIN 18560 einen Bewegungsraum von 5 mm für die Lastverteilschicht gewährleisten muss. Die verwendeten Randdämmstreifen-Materialien müssen diese Forderung erfüllen.

Bei einer mehrlagigen Dämmschicht ist der Randdämmstreifen vor dem Verlegen der obersten Dämmschicht aufzustellen und gegen Lageveränderungen beim Einbringen der Last- bzw. Wärmeverteilschicht zu sichern. Er besteht z. B. aus geschlossenzelligem 8-10 mm starkem Dämmstoff mit einer seitlich angeschweißten Folenschürze und vorbereiteter Abreißschlitzung. Dabei darf der nach oben überstehende Teil des Randdämmstreifens erst nach Fertigstellung der Belagsarbeiten des Fußbodens entfernt werden.



3.3.7 Fugenanordnung und Estrichfelder

Entsprechend DIN 18560-2 ist ein Fugenplan mit den abgestimmten Heizkreisen und festgelegten Estrichfeldern vom Bauwerksplaner zu erstellen und als Bestandteil der Leistungsbeschreibung dem ausführenden Estrichleger sowie den Nachfolgewerken auszuhändigen. Der Fugenplan beinhaltet Fugenart, Fugenverlauf und Fugenabstände.

Bei der Anordnung der Fugen sind die allgemeinen Regeln der Technik und die technischen Informationen und Merkblätter der Fachverbände zu berücksichtigen. Die Größe der Estrichfelder ist abhängig von den Heizkreisen, dem Belag, der Bodengeometrie, der Estrichdicke und dem Schwindverhalten des Bindemittels.

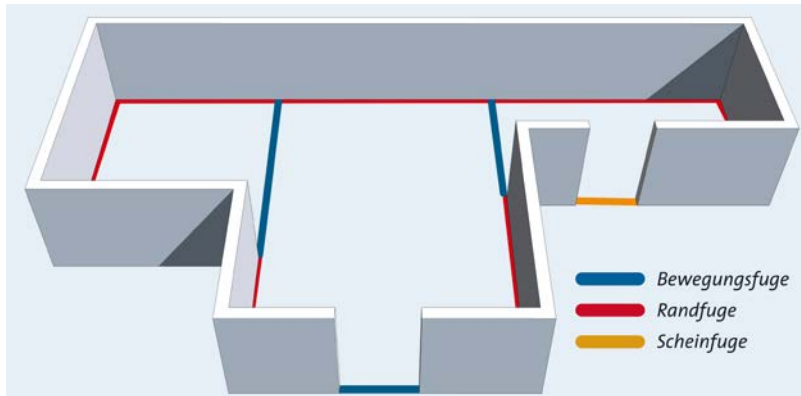


Abbildung 10: Darstellung normgerechter Fugenarten

- **Bauwerksfugen**

Bauwerksfugen, auch Gebäudetrennfugen genannt, gehen durch alle tragenden und nichttragenden Teile des Bauwerks hindurch. Sie trennen zwei separate Baukörper vollständig voneinander, beispielsweise ein bestehendes Gebäude und einen Anbau. Sie müssen grundsätzlich, unabhängig von der Estrichart bis zum Bodenbelag übernommen werden. Gemäß DIN 18560 wird zwischen Bewegungsfugen, Randfugen und Scheinfugen unterschieden (siehe Bild 11).

- **Bewegungsfugen**

Die Bewegungsfugen trennen den gesamten Estrichquerschnitt vollständig bis hin zur Wärme- und Trittschalldämmung. Bewegungsfugen haben die Aufgabe, eine freie Beweglichkeit von Estrichteilflächen gegeneinander zu ermöglichen und eine Übertragung von Schall und Schwingungen zu verhindern. Das Fugenmaterial muss mindestens 5 mm zusammendrückbar sein. Die Dicke des Fugenmaterials soll 10 mm nicht unterschreiten. Kreuzen Anbindeleitungen eine Bewegungsfuge, so ist es empfehlenswert diese mit einem flexiblen Schutzrohr von etwa 0,3 m Länge im Bereich der Kreuzungsstelle zu versehen.

- **Randfugen**

Randfugen sind Bewegungsfugen im Randbereich der Last- bzw. Wärmeverteilschicht, die durch einen umlaufenden Randdämmstreifen hergestellt werden und so den Estrich von den statischen Bauteilen trennen. Die Schallübertragung zu den Wänden und durchdringenden Bauteilen wird dadurch verhindert.

- **Scheinfugen**

Scheinfugen sind, wie die Bezeichnung bereits andeutet, keine echten Fugen. Scheinfugen, auch Schwindfugen genannt, können eine kontrollierte Rissbildung beim Verkürzen des Estrichs, z. B. infolge vom Schwinden des Estrichs, einleiten. Sie haben den Zweck, den Verlauf möglicher auftretender Risse im Estrich durch die gezielte Schwächung des Querschnitts vorzugeben und können so zusätzlich zur Entspannung von bereits mit Bewegungsfugen aufgeteilten Estrichfeldern dienen.

Ein Kellenschnitt wird etwa ein Drittel in die Estrichplatte eingeschnitten. Nach dem Aufheizen müssen die Fugen fachgerecht verübelt werden und z. B. mit Kunstharz geschlossen werden. Geschlossene Scheinfugen müssen im Bodenbelag nicht deckungsgleich als Fuge übernommen werden. Übernehmen Scheinfugen teilweise die Funktion einer Bewegungsfuge (z. B. in Türdurchgängen unter keramischen Belägen), müssen die Fugen auch im Bodenbelag abgebildet sein.

3.3.8 Funktionsheizen

Beim Aufheizen der Last- bzw. Wärmeverteilschicht wird unterschieden in das Funktionsheizen (Nachweis des Heizungsbauers für die Erstellung eines mängelfreien Gewerkes – Erreichen der maximalen Längendehnung der Last- bzw. Wärmeverteilschicht) und das Belegreifheizen (Austreiben der Estrichfeuchte bis zur Belegreife). Das Funktionsheizen ist gemäß DIN EN 1264-4 durchzuführen. Als Bestandteil der Heizungsanlagen-Installation ist der Verlauf des Funktionsheizens gemäß den Herstellerangaben und den zugehörigen Aufheizprotokollen auszuführen und zu dokumentieren.

Mit einer Vorlauftemperatur zwischen 20 °C und 25 °C, die mindestens 3 Tage lang beizubehalten ist, beginnt das Funktionsheizen. In den anschließenden 4 Tagen muss die maximale Auslegungstemperatur eingestellt und auf diesem Wert gehalten werden. Anschließend ist die Last- bzw. Wärmeverteilschicht wieder abzuheizen. Nach der Funktionsheizphase ist der Estrich vor Zugluft und schneller Abkühlung zu schützen (siehe Tabelle 6).

Für fertige Zementestriche beginnt das Funktionsheizen nach 21 Tagen und bei fertigen Calciumsulfatestrichen nach 7 Tagen. Abweichungen nach den jeweiligen Herstellerangaben berücksichtigen.

Hinweis: Bei Trockenestrich-Systemen kann bereits nach 1 Tag mit dem Funktionsheizen begonnen werden.

3.3.9 Belegreifheizen

Vor dem Aufbringen des Bodenbelags ist vom Bodenleger die Belegreife, gemessen am Feuchtegehalt des Estrichs, zu überprüfen. Die zulässige Restfeuchte ist abhängig von Estrichart und Bodenbelag. Ermittelt wird die Restfeuchte mit dem CM-Gerät (Feuchtigkeitsprüfgerät für Estriche nach der Calcium-Carbid-Methode).

Sollte nach dem Beenden des Funktionsheizens die notwendige Restfeuchte des Estrichs noch nicht erreicht sein, kann ein Belegreifheizen durchgeführt werden.

In täglichen Schritten von 10 °C wird das Belegreifheizen, beginnend bei einer Vorlauftemperatur von ca. 25 °C, bis zur maximalen Vorlauftemperatur von 55 °C durchgeführt. Die maximale Vorlauftemperatur wird so lange gehalten, bis die geforderte Restfeuchte erreicht ist. Im Anschluss wird die Vorlauftemperatur wieder in Schritten von 10 °C gesenkt bis auf ca. 25 °C.

Das Belegreifheizen ist als besondere Leistung nach VOB Teil C bzw. DIN 18380 durch den Auftraggeber gesondert zu beauftragen.

3.3.10 Bodenbeläge

Nach Abschluss des Funktionsheizens sowie erforderlichenfalls des Belegreifheizens und Feststellen der Belegreife durch den Bodenleger kann die Verlegung des jeweiligen Bodenbelags erfolgen. Die Oberfläche des eingebrachten Estrichs/Last- bzw. Wärmeverteilschicht erfüllt in der Regel die Ebenheitsanforderungen für das Aufbringen von Bodenbelägen ohne zusätzliches Spachteln. Grundsätzlich müssen alle Oberbodenbeläge, aber auch alle für die Vorbehandlung und Verarbeitung eingesetzten Werkstoffe, „für Flächenheizung/-kühlung geeignet“ und vom Hersteller dafür ausgewiesen sein. Die Beläge müssen den einschlägigen Normen entsprechen und die Eignung des Belages zum Verlegen auf der Last- bzw. Wärmeverteilschicht vom Bodenleger bestätigt werden.

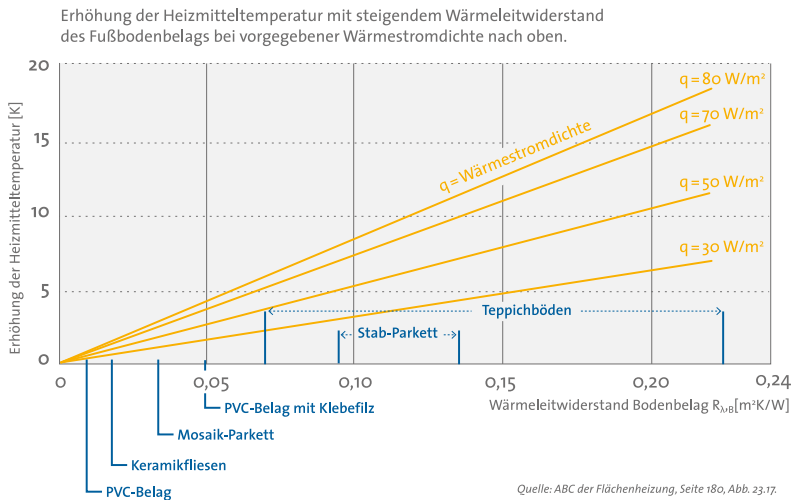


Abbildung 11: Diagramm zur Erhöhung der Heizmitteltemperatur in Abhängigkeit des Wärmeleitwiderstandes

Nicht nur bei der Veränderung von Bodenbelägen bei einer bestehenden Fußbodenheizung in der Modernisierung, sondern auch im Neubau, ist der jeweilige Wärmeleitwiderstand des Bodenbelages zu berücksichtigen. Aus der Erhöhung des Wärmeleitwiderstandes (z.B. vorher: Natursteinbelag, nachher: Teppichboden) resultiert auch eine notwendige Erhöhung der Heizmitteltemperatur (Vorlauftemperatur) um die notwendige, bzw. vorherige Wärmestromdichte erreichen zu können.

4 Fußbodenkühlung

Statt des warmen Wassers (Heizwasser) während der Heizperiode wird im Sommer gekühltes Wasser (Kühlwasser), durch das Wärmeübergabesystem geführt.

Der durch die Systemfläche strömende Wasserkreislauf nimmt die Wärme auf und führt sie ab. Wegen der geringen Temperaturdifferenz zwischen Kühlwasser- und Raumlufttemperatur sorgen Flächenkühlungen für eine sanfte Kühlung des Raumes und steigern die thermische Behaglichkeit.

Für die Berechnung der Wärmestromdichte im Kühlbetrieb q_K wird aufgrund des umgekehrten Wärmestroms ein anderer Wärmeübergangskoeffizient α als im Heizbetrieb angesetzt. Die Temperaturdifferenz ergibt sich hier aus der gewünschten Raumtemperatur und der Oberflächentemperatur im Kühlbetrieb. (siehe Tabelle 1)

Beispiel: $q_K = 6,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \times (26 \text{ }^\circ\text{C} - 19 \text{ }^\circ\text{C}) = 6,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \times 7 \text{ K} = 45,5 \text{ W}/\text{m}^2$

Um die Systemtemperatur im Kühlbetrieb zu steuern, muss ein Regler, der die Funktionen Heizen und Kühlen gemeinsam abdeckt, installiert und mit den entsprechenden Raumthermostaten verbunden sein. Somit kann über den Raumthermostaten im Winter der Heizbetrieb und im Sommer der Kühlbetrieb vom Nutzer individuell geregelt werden.

Über die Regelfunktionen des Wärmekomforts hinaus, muss eine Regelung für den Kühlbetrieb auch die sicherheitstechnische Einrichtung eines Taupunktwächters erfüllen. Diese stellt sicher, dass die Vorlauftemperatur während des Kühlbetriebs stets oberhalb des Taupunkts geführt wird, um Tauwasserausfall in und an Bauteilen zu vermeiden. Freiliegende Leitungen, sowie Anschlussleitungen des Heiz-/Kühlkreisverteilers, sowie der Wärmeverteilung, sind entsprechend zu dämmen.

Hinweis: Die Heizleistung eines Systems ist nie analog der Kühlleistung, sondern aufgrund der Wärmeübergaberichtung und geringeren Temperaturdifferenz in der Regel geringer. Aus diesem Grund ist die Auslegungspriorität als Planungsgrundlage festzulegen.

Die Fußbodenkühlung bietet zwei verschiedene Kühlleistungen, die Ankühlung und die Vollkühlung. Der Unterschied besteht im Wesentlichen in den Verlegeabständen und Anzahl der Kühlkreise. Auch für die Flächenkühlleistung ist der Wärmeleitwiderstand des jeweiligen Bodenbelages relevant.

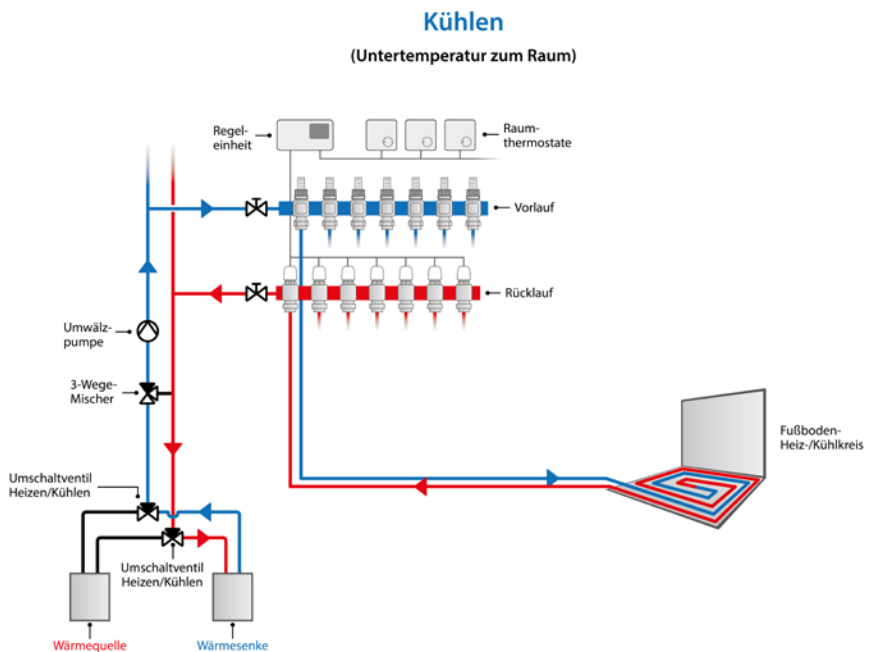


Abbildung 12: Typisches Anlagenschema für eine Fußbodenkühlung

4.1 Die Ankühlung

Die Ankühlleistung resultiert aus der Auslegung nach Heizlast und ermöglicht eine Reduzierung der Raumtemperatur im Sommer. Die Ankühlung vermag somit zwar keine definierte Raumtemperatur (analog zur Heizlast) sicherzustellen, steigert aber dennoch durch Herstellung einer Untertemperatur, die thermische Behaglichkeit der Menschen im Raum.

Die Auslegung nach Heizlast bedeutet, dass die Dimensionierung (Verlegeabstände, Anzahl der Heiz-/Kühlkreise, usw.) zur Kompensation der Heizlast (DIN EN 12831) erfolgt. Dementsprechend ist die Auslegung nach Heizlast die natürliche Grenze der Ankühlleistung.

Um eine definierte Kühllast kompensieren zu können, kann eine Ankühlleistung – je nach Bauart und Rahmenbedingungen, insbesondere im Wohnungsbau – durchaus ausreichen, was allerdings im Einzelfall zu prüfen ist, bzw. mit den Prioritäten der Nutzungsanforderungen zu vereinen ist.

Ist die zu erwartende Ankühlleistung in den entsprechenden Räumen nicht zu erreichen, muss die Auslegung für den Kühlbetrieb als „Vollkühlung“ erfolgen.

4.2 Die Vollkühlung

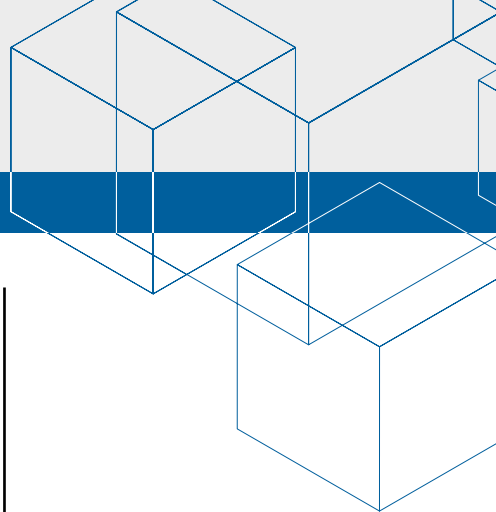
Die Vollkühlung verfolgt das Ziel der Auslegung nach Kühllast entsprechend der VDI 2078 mit einer definierten Raumtemperatur, z. B. maximal 26 °C. Um diese Anforderungen sicherstellen zu können, gilt es zuerst die Kühllast zu berechnen, um die Planungsgrundlagen zur Auslegung zu ermitteln.

Im Gegensatz zur Ankühlung sind bei der Vollkühlung ein höherer Materialbedarf, sowie Montageaufwand nötig, da in der Regel ein engerer Verlegeabstand (Rohrteilung T) verlegt und ein größerer Massestrom geführt wird. Aus diesem Grund entstehen mehr Kühlkreise, als zur Kompensation der Heizlast notwendigen Heizkreise.

Hinweis: Die unterschiedlichen Masseströme von Ankühlung und Vollkühlung sind im Sinne des hydraulischen Abgleichs zu berücksichtigen.

4.3 Passive und aktive Kühlung

Die passive Kühlung generiert die Nutzung einer natürlichen Wärmesenke (z.B. Erdwärmesonden, Regenwasserzisternen, Grundwasser-Brunnen, usw.) und benötigt somit



keine Endenergie, sondern lediglich Hilfsenergie. Die aktive Kühlung generiert eine technische Wärmesenke (z.B. reversible Wärmepumpe, Kältemaschinen, usw.) und benötigt somit sowohl Endenergie, als auch Hilfsenergie.

Mit beiden Kühlsystemen kann sowohl eine Anköhlung, als auch eine Vollkühlung erreicht werden. Das Kühlsystem gibt keine Auskunft über die Kühlleistung.

5 Heiz-/Kühlkreisverteiler, Regelung und Hydraulik

Die Heizlast kennzeichnet den notwendigen Wärmestrom (Übertemperatur) in den Raum zum Aufrechterhalten einer vorgegebenen Soll-Raumtemperatur. Diese entspricht der Wärmemenge je Zeiteinheit, die der warme Raum bzw. das Gebäude an die kältere Umgebung abgibt.

Analog dazu beinhaltet die Kühllast die notwendige Wärmeabfuhr (Untertemperatur) im Sommer zur Aufrechterhaltung einer vorgegebenen Soll-Raumtemperatur (Vollkühlung) oder Temperaturdifferenz (Anköhlung). In Abhängigkeit von der Außentemperatur, den inneren Lasten sowie den Eigenschaften des Gebäudes oder der Sonneneinstrahlung verändert sich die tatsächliche Heizlast bzw. Kühllast.

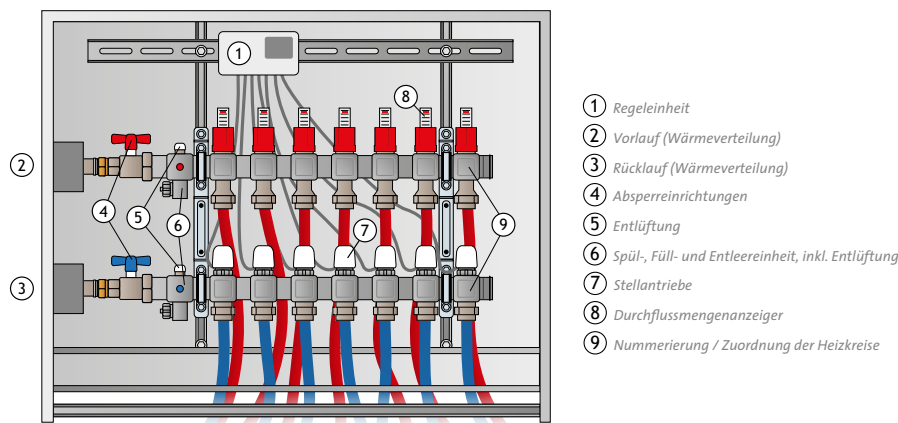


Abbildung 13: Heiz-/Kühlkreisverteiler

5.1 Vorlauftemperatur

Der Kühlbetrieb führt eine niedrige Vorlauftemperatur (z.B. 18 °C), um eine Untertemperatur zum Raum herzustellen. Im Heizbetrieb wird eine hohe Vorlauftemperatur (z.B. 35 °C) geführt, die eine Übertemperatur zum Raum herstellt.

Die zentrale Regelung einer Fußbodenheizung/-kühlung regelt die Vorlauftemperatur in Abhängigkeit von geeigneten Führungsgrößen, z. B. Außentemperatur, so dass der aktuelle Wärmebedarf gedeckt werden kann, unnötig hohe Vorlauftemperaturen jedoch vermieden werden.

Im Kühlfall stellt die zentrale Regelung sicher, dass eine für die Kühlanwendung geeignete Vorlauftemperatur (Untertemperatur) eingehalten und zugleich die Taupunkttemperatur nicht unterschritten wird, um Kondensatbildung an Verteilleitungen und Übergabeflächen auszuschließen.

Heizen (Übertemperatur zum Raum)

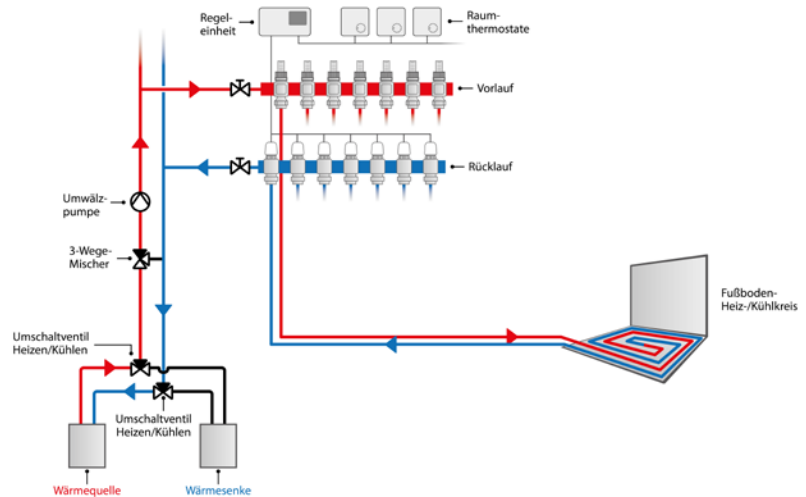


Abbildung 14: Typisches Anlagenschema für eine Fußbodenheizung

5.2 Heiz-/Kühlkreisverteiler

Heiz-/Kühlkreisverteiler sollten möglichst zentral positioniert werden, um eine etwa gleichmäßige Aufteilung der durchlaufenden Leitungen (Anbindeleitung) zu ermöglichen. Bei größeren Flächen sind entsprechend mehrere Heiz-/Kühlkreisverteiler zu positionieren. Das Thema Anbindeleitung ist im gemeinsamen Merkblatt von BDH, BVF und ZVSHK näher erläutert. Das Technische Merkblatt steht zum kostenfreien Download zur Verfügung unter: www.flaechenheizung-bdh.de/fileadmin/download/TM_Anbindeleitungen.pdf.

Die einzelnen Heiz-/Kühlkreise je Raum bzw. Gebäudeabschnitt werden an einen Heizkreisverteiler mit Vor- und Rücklaufbalken angeschlossen (siehe Abbildung 14). Jeder Heiz-/Kühlkreis besitzt ein Stellventil zur Steuerung des Massenstroms, welches mit einem elektrischen Stellantrieb ausgestattet ist. Darüber hinaus kann an jedem Heizkreis ein zusätzlicher Durchflusswiderstand eingestellt werden, siehe unten „Hydraulischer Abgleich“.



Abbildung 15: Regelung der Fußbodenheizung/-kühlung

5.3 Einzelraumregelung/Zonenregelung

Die Regelung der Wärmeübergabe Fußbodenheizung/-kühlung erfolgt in Wohngebäuden als Einzelraumregelung und in Nicht-Wohngebäuden in der Regel als Zonenregelung. Thermostate, die vom Gesetzgeber in jedem Raum vorgeschrieben sind, erfassen die Raum- bzw. Zonentemperatur und deren Abweichung vom eingestellten Sollwert. Es wird ein Signal per Kabel oder Funk an die Steuereinheit im Verteilerschrank übermittelt, der entsprechende Stellantrieb zur Steuerung des Wasserdurchsatzes öffnet oder schließt dann den Heiz-/Kühlkreis, je nach Bedarf.

Für die kombinierte Anwendung Heizen und Kühlen muss ein geeigneter Heiz-/Kühlkreisregler installiert sein.



5.4 Hydraulischer Abgleich

Gemäß VOB Teil C bzw. DIN 18380 „VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Heizanlagen und zentrale Wassererwärmungsanlagen“ ist der hydraulische Abgleich einer Heiz-/Kühlanlage zwingend vorgeschrieben, dadurch werden optimale Betriebsbedingungen sichergestellt. In der DIN 94679 „Hydraulische Systeme in heiz-, kühl- und raumlufttechnischen Anlagen“ wird die Durchführung näher beschrieben.

Aufgrund der unterschiedlichen Länge und Anzahl der Rohrbiegungen bei den Strang-Zuleitungen vor dem Heizkreisverteiler und unterschiedlichen Heizkreislängen liegen sehr unterschiedliche Fließwiderstände vor. Um sicherzustellen, dass jeder Heizkreis mit dem bei der Projektierung ermittelten Massenstrom versorgt wird, erfolgt eine Einregulierung der Heizkreise am Heizkreisverteiler.

Ein hydraulischer Abgleich spart Energie, optimiert die Wärmeverteilung in den Systemflächen, verhindert Fließgeräusche, sorgt für einen guten Wirkungsgrad der Anlage und erhöht die Regelfähigkeit des Systems.

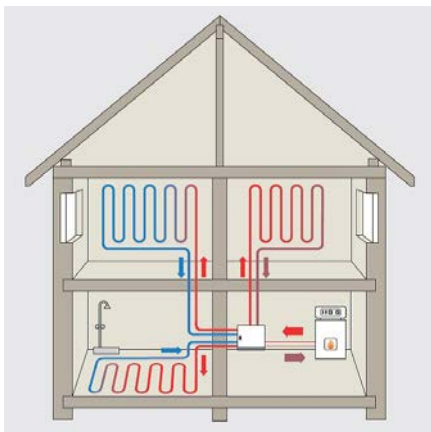


Abbildung 16a: Flächenheizung – hydraulisch nicht abgeglichen

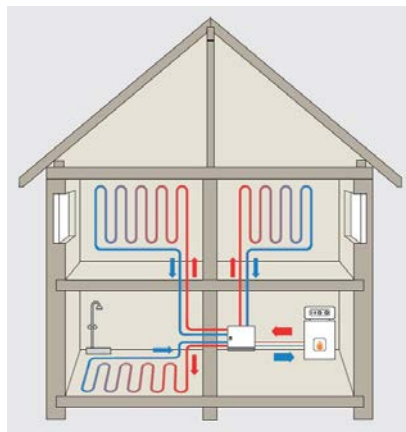


Abbildung 16b: Flächenheizung – hydraulisch abgeglichen

6 Inbetriebnahme

Die Inbetriebnahme einer Fußbodenheizung/-kühlung erfolgt nach der vollständigen Fertigstellung des Systems, inklusive Regelungstechnik (Einzelraum-/ bzw. Zonenregelung).

6.1 Dokumentation

Grundlage für die Inbetriebnahme ist die Dokumentation der gesamten Wärmeübergabe. Sie beinhaltet neben den Planungsgrundlagen, die Heiz- bzw. Kühllastberechnung, die Auslegung und Bezeichnung des Systems, wie im BDH-Informationsblatt 76 „Dokumentation der Wärmeübergabe – Flächenheizung/-kühlung“ dargestellt und erläutert.

6.2 Nachweise

Im Rahmen der Inbetriebnahme sind auch die Nachweise der erstellten Anlage, wie Dichtigkeitsprotokoll, hydraulischer Abgleich und Pumpendruck, sowie etwaige Fachunternehmererklärungen (z.B. für Förderprogramme) zu übergeben.

6.3 Betreibereinweisung

Im Rahmen der Betreibereinweisung ist eine entsprechende Person in die Funktion der Anlage einzuweisen und zu erklären. Dies betrifft auch die Erläuterung der verschiedenen Regelfunktionen, sowie -einstellungen zur individuellen Bedienung des Wärmekomforts.

7 Systemgedanke

Das Energieeinsparpotenzial eines modernen Heiz- und Kühlsystems kommt nur dann zum Tragen, wenn alle Komponenten aufeinander abgestimmt sind und als ein

Gesamtsystem betrachtet werden. Angefangen vom Heiz- bzw. Kühlkreis, bestehend aus Rohrregister und Dämmung, über Armaturen, Rohrverbinder, hydraulische Anbindung über den Verteiler, Aktor/Stellantrieb, elektrischer Regelverteiler, Einzelraumthermostat/Einzelraumbediengerät bis zum Datenübertragungsweg (Funk/Leitung) und die Sensoren z. B. Feuchtefühler garantieren die Funktionalität des Systems und geben dem Fachbetrieb die Sicherheit im Haftungsfall.

Die aufeinander abgestimmten Systemkomponenten eines Herstellers garantieren:

- die Gültigkeit der System-Planungsleistung des Herstellers
- den Anspruch auf die ganzheitliche Service-Leistung des Herstellers
- den effizienten und nachhaltigen Betrieb der Anlage
- den optimalen Komfort (Heizen und Kühlen), wenn die planerischen und produkt spezifischen Vorgaben des Systemherstellers umgesetzt werden

Die Entscheidung für das eine oder andere System hängt von den Rahmenbedingungen ab, insbesondere von der Heiz- bzw. Kühllast des Gebäudes, seinem Verwendungszweck, der Ausrichtung, Grundstücksgröße und nicht zuletzt den Präferenzen der Investoren.



Abbildung 17: Abgestimmte Systemkomponenten und Planungsservice der Systemhersteller bilden die Grundlage für ein effizientes System; Quelle: BDH

Die systemische Abstimmung sämtlicher Komponenten der Wärmeübergabe entspricht ebenso dem Systemgedanken, wie des Gesamtsystems aus Wärme- bzw. Kälteerzeugung/-bereitstellung, Wärme-, bzw. Kälteverteilung und Wärme-/Kälteübergabe. Hieraus resultiert nicht nur Planungssicherheit inklusive der Unterstützung von Systemherstellern, sondern auch Funktions- und Betriebssicherheit.

Von den Serviceleistungen der Systemhersteller zur Planungsunterstützung profitieren Planungsbüros ebenso wie Fachhandwerksunternehmen.

8 Förderprogramme

Für einen Neubau können zinsgünstige Kredite und Zuschüsse beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) oder bei der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) beantragt werden. Die Programme beinhalten auch die Wärmeübergabe. Darüber hinaus stehen eventuell noch regionale Förderprogramme zur Verfügung. Die jeweils aktuellen und geeigneten Förderprogramme sind im Rahmen einer Energieberatung festzustellen.

9 Fazit

Der Einbau einer Fußbodenheizung/-kühlung im Neubau bietet Potenzial Energie zu sparen und Komfort zu steigern. Durch die niedrigen Vorlauftemperaturen eignet es sich besonders für die Kombination mit erneuerbaren Energien. Damit entspricht die Fußbodenheizung/-kühlung als Komponente der Wärmeübergabe den Anforderungen des GEG.

Neben der hohen Effizienz bietet eine Fußbodenheizung/-kühlung eine behagliche Wärme im Winter sowie ein angenehmes Raumklima im Sommer in einem System.

Vor diesem Hintergrund hat sich die Fußbodenheizung/-kühlung als das führende Wärmeübergabesystem im Neubau etabliert

Nachfolgend eine Übersicht der prägnanten Merkmale einer Fußbodenheizung/-kühlung:

- wirtschaftlich und energieeffizient – mit niedrigen Vorlauftemperaturen
- energiesparend – reduzierte Raumtemperaturen möglich bei gleicher Behaglichkeit
- bezahlbar – der Einbau ist in der Regel nicht teurer als bei freien Heizflächen, z. B. Heizkörpern
- umweltfreundlich – in Kombination z. B. mit Brennwertechnik, Wärmepumpen
- behaglich – große Wärmeflächen erzeugen eine milde Strahlungswärme
- komfortabel – im Sommer mit Kühlfunktion, als praktisch kostenloser Zusatznutzen großzügig – platzsparend bei einer freien Raumgestaltung
- großzügig – platzsparend bei einer freien Raumgestaltung
- unsichtbar – keine störenden Einflüsse auf die Raumpoptik
- sicher – keine Verletzungsgefahr durch Kanten z. B. in Kindergärten
- vielseitig – nahezu jeder Bodenbelag ist einsetzbar
- anpassungsfähig – in Boden, Wand und Decke integrierbar
- hygienisch – keine Staubverwirbelung, ideal für Asthmatiker und Stauballergiker
- sauber – keine extra Reinigung der Systemflächen nötig
- flexibel – passende Systeme im Neubau für verschiedenste Anwendungsfälle

Unter diesen Gesichtspunkten ist eine Flächenheizung/-kühlung bei einer fachgerechten Installation, nach den gültigen Normen und mit qualitativ hochwertigen Materialien, eine sinnvolle Entscheidung für die gesamte Lebensdauer des Gebäudes.



Abbildung 18: Merkmale einer Flächenheizung/-kühlung

Literaturhinweise

[1] Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden „Einschätzung von Heiz- und Kühlsystemen bei der Wärmeübergabe im Raum“; Endbericht Februar 2021



Weitere Informationen unter:
www.bdh-koeln.de

Herausgeber:
Interessengemeinschaft
Energie Umwelt Feuerungen GmbH
Infoblatt 51-1 06/2023