



Part-financed by the European Union  
(European Regional Development Fund  
and European Neighbourhood and  
Partnership Instrument)



# Wandheizungssysteme Aktueller Stand der Diskussion

Autoren:

Marcel Friese, B.Sc.

Dr.-Ing. Anatol Worch

Braunschweig, 2013



# Inhaltsverzeichnis

<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>VI</b>
<b>1 Grundlagen</b>	<b>1</b>
1.1 Wandheizungssysteme . . . . .	1
1.1.1 Wasserführende Wandheizung . . . . .	3
1.1.2 Elektrische Wandheizung . . . . .	3
1.2 Strahlungsheizung (vs. Konvektorheizung) . . . . .	4
1.3 Effekte im Raum (für den Nutzer) . . . . .	6
<b>2 Aktuelle wissenschaftliche Untersuchungsprojekte</b>	<b>8</b>
2.1 Untersuchungen der energetischen Kennwerte der Strahlungsheizkörper der Firma SunVital GmbH . . . . .	8
2.2 Beispielhafte Vergleichsmessung zwischen Infrarotstrahlungsheizung und Gasheizung im Altbaubereich . . . . .	9
2.3 Thermografische Vergleichsmessung eines massiven Ziegelsteinmauerwerks bei unterschiedlichen Heizmethoden . . . . .	10
2.4 Forschungsprojekt Asamstraße 3 - Sanierung von zwei Gründerzeitgebäuden . . . . .	12
2.5 Energetische Bewertung elektrischer Wandheizungen . . . . .	14
<b>3 Aktueller Stand der Diskussion</b>	<b>16</b>
3.1 Veröffentlichungen aus Wissenschaft und Praxis . . . . .	16
3.1.1 Bausubstanz schützen und Nutzerkomfort erhöhen . . . . .	16
3.1.2 Perfektes Raumklima . . . . .	18
3.1.3 Wand- und Bodenheizung in der Kombination . . . . .	19
3.1.4 Restaurierung und energetische Optimierung eines Baudenkmals (erbaut 1679) . . . . .	20
3.1.5 Bauteilintegrierte Systeme der Flächenheizung und Flächenkühlung - Aufbau und Funktionsweise . . . . .	22
3.2 Energieeffizienz von Wandheizungen . . . . .	22

3.3	Nutzen für die Gebäudesubstanz . . . . .	23
3.4	Nutzen für den Nutzer/Bewohner . . . . .	25
3.5	Kombinationsmöglichkeiten mit weiteren Techniken; Zusammenwirken mit regenerativen Energien . . . . .	26
<b>4</b>	<b>Anwendung/Nutzung in der Praxis</b>	<b>27</b>
4.1	Kostenbeispiele . . . . .	27
4.2	Kompatibilität mit der aktuellen Energiegesetzgebung . . . . .	28
<b>5</b>	<b>Ausblick/Anwendungsperspektiven</b>	<b>30</b>
	<b>Literatur</b>	<b>31</b>

# Tabellenverzeichnis

1.1	Zusammensetzung von Solarstrahlung . . . . .	5
2.1	Wandaufbau im Bereich der konventionellen Heizkörper . . . . .	11
2.2	Wandaufbau im Bereich der Wandheizung . . . . .	11
2.3	Wandaufbau im Bereich der unbeheizten Außenwand . . . . .	11
4.1	Kostenverteilung . . . . .	27
4.2	Beispiele für Energiegesetze und -verordnungen . . . . .	29

# Abbildungsverzeichnis

1.1	Einbauarten . . . . .	2
1.2	Einbauarten . . . . .	2
1.3	Schematische Darstellung der Wärmetransportmechanismen Leitung, Konvektion und Strahlung . . . . .	4
1.4	Behaglichkeitsfelder für das Wertepaar Raumlufttemperatur / mittlere Raumumschließungsflächentemperatur . . . . .	7
2.1	Schematische Darstellung des elektrischen Wandheizungssystems (aus: Forschungsbericht . . . . .	15
2.2	Vergleich des Primärenergiebedarfs einer Wandheizung und eines her- kömmlichen Heizsystems . . . . .	15
3.1	Montage des Hypoplan-Wandheizungssystems . . . . .	17
3.2	Vergleich der Oberflächentemperaturen von Räumen mit verschiede- nen Heizsystemen (aus: [13]) . . . . .	21
3.3	Prinzipskizze einer diffusionsoffenen, kapillaraktiven Innendämmung .	24
4.1	Tabelle A.1 - Primärenergiefaktoren aus DIN V 18599-1 (02-2007) . .	29

# 1 Grundlagen

## 1.1 Wandheizungssysteme

Wandheizungssysteme gibt es in verschiedenen Varianten. Klassische Wandheizungssysteme arbeiten nach dem Wirkprinzip einer Fußbodenheizung, die an der Wand montiert wird (siehe Abbildung 1.1). Sie lassen sich grob in wasserführende und elektrische Systeme unterteilen. Die Systeme haben z.T. unterschiedliche Eigenschaften und eignen sich daher nicht gleichermaßen für dasselbe Einsatzgebiet.

Grundsätzlich können Wandheizungen sowohl im Nassverfahren, als auch im Trockenverfahren eingebaut werden. Beim Nassverfahren werden vorgefertigte Heizregister, die aus wasserführenden Rohren aus Kunststoff-, Kupfer-, oder Verbundwerkstoffen oder aus elektrischen Heizleitungen bestehen, direkt auf dem Untergrund befestigt und anschließend eingeputzt (siehe Abbildung 1.2a). Der Untergrund kann sowohl die Wand selber, oder aber eine Innendämmung sein. Als Putz kommen diffusionsoffene Putze aus Kalk, Kalk-Zement- oder Lehm zum Einsatz. Neben vorgefertigten Heizregistern in verschiedenen Höhen und Breiten gibt es auch die Möglichkeit, die Heizleitungen individuell auf der Baustelle zu verlegen und somit mehr Gestaltungsfreiheit zu haben und die Lage der Heizleitungen an die lokalen Gegebenheiten anzupassen.

Für den Trockenbau gibt es verschiedene Möglichkeiten, Wandheizungen in Bauteile zu integrieren. Zum einen lassen sich die Heizleitungen in einer Unterkonstruktion verlegen (Abbildung 1.2b) und zum anderen gibt es vorgefertigte Trockenbauplatten, in denen die Heizleitungen bereits integriert sind (Abbildung 1.2c). Diese müssen nach dem Einbau lediglich an den Vor- und Rücklauf bzw. den Stromanschluss angeschlossen werden. Der Vorteil der Trockenbauvariante ist, dass beim Einbau keine Feuchtigkeit in das Bauwerk eingebracht wird, somit die Bausubstanz geschont wird und Trocknungszeiten entfallen. Weiterhin erfolgt der Einbau sehr schnell, da meistens ohnehin Trockenbauplatten installiert werden müssen und lediglich die zusätzliche Zeit für das Anschließen der Wandheizung anfällt.

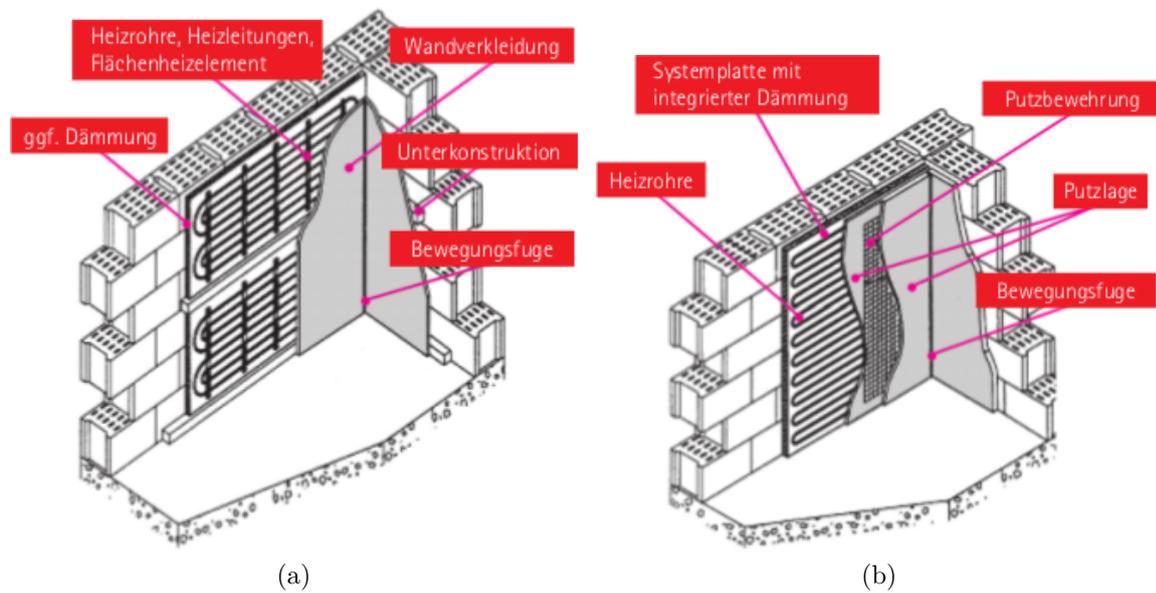


Abbildung 1.1: (a) Wandheizung mit Verlegung der Heizrohre direkt auf der Wand; (b) Wandheizung mit Verlegung der Heizrohre in oder auf einer Systemplatte (aus: [3])

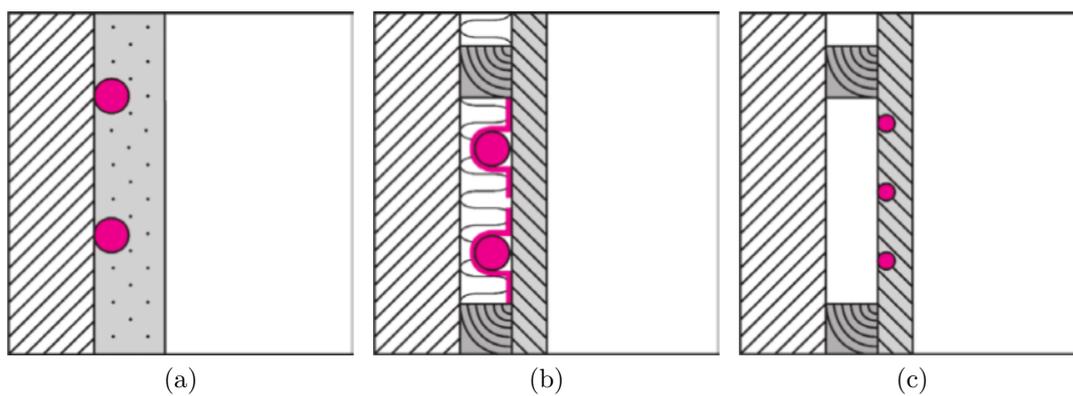


Abbildung 1.2: Vertikale Schnitte: (a) Rohrsystem im Wandputz; (b) Rohrsystem in Unterkonstruktion mit Trockenbauplatte; (c) Rohrsystem in Trockenbauplatte - Wand (aus: [3])

### 1.1.1 Wasserführende Wandheizung

Wasserführende Wandheizungen können mit entsprechender Anschlusstechnik an bereits bestehende Heizungsanlagen angeschlossen werden. So eignen sie sich neben dem Einsatz im Neubau auch gut im Sanierungsbau. Die Heizleitungen bestehen meist aus Reinkupfer, da diese sowohl diffusionsdicht, als auch alterungsbeständig sind. Die hohe Wärmeleitfähigkeit von Kupfer sorgt auch bei niedriger Vorlauftemperatur für hohe Wärmeübertragung, was den Wirkungsgrad positiv beeinflusst. Durch diese geringen Vorlauftemperaturen ist auch der Einsatz von Wärmepumpen und Solar Kollektoren möglich. Beim Einsatz von reversiblen Wärmepumpen kann durch einen Kaltwasserbetrieb auch gekühlt werden, was an warmen Sommertagen eine Alternative zu konventionellen Klimaanlage darstellt.

Eine wasserführende Wandheizung reagiert im Vergleich zu einer vergleichbaren Fußbodenheizung schneller, da sie näher an der Bauteiloberfläche liegt. Im Vergleich zur elektrisch betriebenen Variante reagiert sie allerdings deutlich träger.

Im Sanierungsbereich werden die wasserführenden Heizleitungen oft auch für die sog. „Bauteiltemperierung“ verwendet (siehe Abschnitt 2.4). Hierbei werden die Leitungen in Bereichen mit Feuchteproblemen (Sockelbereich von Außenwänden oder anderen erdberührenden Bauteilen) ohne Innendämmung direkt auf der Wand montiert. Durch die Temperierung in diesen Bereichen wird das Aufsteigen von Feuchte im Bauteil verhindert. Somit wird die Bauteiltemperierung sowohl zum Schutz der Baustanz, als auch zur Beheizung von Räumen genutzt. Auch die reine Nutzung als Raumheizung in Bauteilen ohne Feuchteproblemen ist natürlich möglich. In Museen wird diese Variante häufig angewendet.

Im Folgenden wird die Bauteiltemperierung nicht weiter berücksichtigt, solange nicht explizit darauf hingewiesen wird.

### 1.1.2 Elektrische Wandheizung

Elektrische Wandheizungen (oft auch als Infrarotstrahlungsheizungen<sup>1</sup> bezeichnet) können entweder als Trockenbausystem im Wandaufbau integriert, oder aber in Form von Gegenständen an der Wandoberfläche angebracht werden. So kann z.B. der Badezimmer Spiegel als Heizfläche genutzt werden, was zusätzlich den Vorteil bringt, dass dieser nicht beschlägt.

Die Mindestdiefe der Heizflächen beträgt nur 0,8 - 3,0 cm, denn die einzige Aufgabe der Heizfläche ist es, die Wärme der rückseitig angebrachten oder integrierten elektrischen Heizleitungen flächig zu verteilen und so eine gleichmäßig strahlende Fläche zu erzeugen. Diese Art der elektrischen Wandheizung wird auch als „Niedertemperatur-

---

<sup>1</sup>Wärmestrahlung liegt im Infrarotbereich (siehe 1.2)

Strahlungsheizung“ oder „Dunkelstrahler“ bezeichnet, da die Anschlussleistung relativ gering ist und die Oberflächentemperaturen mit  $106\text{ °C}^2$  entsprechend niedrig<sup>3</sup> sind.

Ein großer Vorteil von elektrischen Wandheizungen ist die unmittelbare Ansprache. So eignen sie sich hervorragend als Zusatzheizung für nur temporär oder selten genutzte Bereiche. Gerade die nicht im Wandaufbau integrierten Geräte lassen sich gezielt platzieren und können relativ einfach in ihrer Position verändert werden.

## 1.2 Strahlungsheizung (vs. Konvektorheizung)

Bei einem Wandheizungssystem handelt es sich um eine sog. „Strahlungsheizung“. Um die unterschiedlichen Wirkungsweisen verschiedener Heizungssysteme zu verstehen, ist es hilfreich, sich die physikalischen Grundlagen dahinter zu verdeutlichen. Wärme ist eine Energieform, die Systemgrenzen überwinden kann. Dabei wird stets ein Temperatenausgleich angestrebt, der durch verschiedene Wärmetransportmechanismen realisiert wird. Man unterscheidet 3 Arten des Wärmetransports, die in Abbildung 1.3 dargestellt sind:

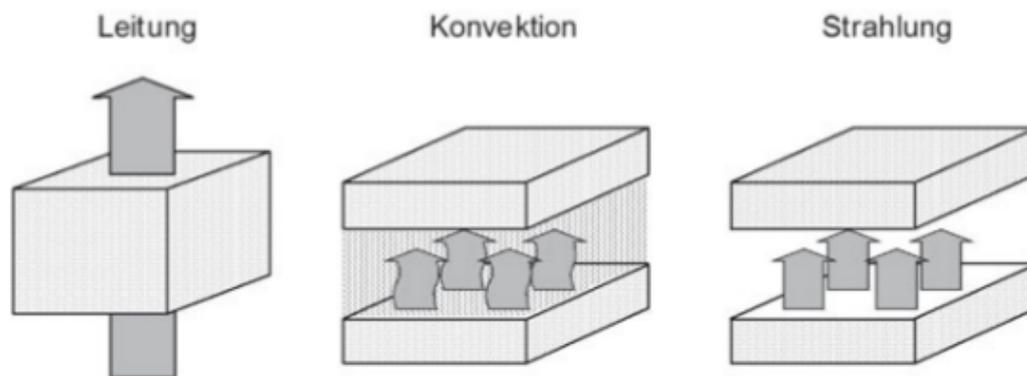


Abbildung 1.3: Schematische Darstellung der Wärmetransportmechanismen Leitung, Konvektion und Strahlung (aus: [9])

Die verschiedenen Wärmetransportmechanismen treten stets gleichzeitig, allerdings zu unterschiedlichen Anteilen in Abhängigkeit vom System, auf. Anhand des Namens lässt sich bereits unschwer erkennen, dass bei einer Strahlungsheizung die Wärmestrahlung überwiegt. Wie hoch der Strahlungsanteil tatsächlich ist, hängt von verschiedenen Faktoren, wie Einbauart, Einbauort, Luftbewegung im Raum, etc. ab. Um

<sup>2</sup>zulässige Oberflächentemperatur in Wohnräumen in leicht erreichbarer Höhe bis 1,80 m nach DIN EN 60335-2

<sup>3</sup>Im Vergleich zu Hochtemperaturstrahlern mit Oberflächentemperaturen mit bis zu  $950\text{ °C}$  (im Weiteren nicht weiter berücksichtigt)

die Vorteile einer Strahlungsheizung bestmöglich nutzen zu können, sollte der Strahlungsanteil so hoch wie möglich sein.

Bei der Wärmestrahlung wird die Temperaturdifferenz der Oberflächen zweier Körper durch den Wärmetransport über elektromagnetische Wellen ausgeglichen. Im Gegensatz zu den anderen beiden Transportmechanismen wird für den Wärmetransport durch Strahlung keine Materie als Trägermedium benötigt. Prinzipiell kann Wärmestrahlung also auch in einem Vakuum stattfinden.

In Abhängigkeit von der Quelle der Wärmestrahlung unterscheidet man zwischen kurzwelliger und langwelliger Strahlung. Dabei hängt die Wellenlänge der Strahlung eines Körpers von seiner Oberflächentemperatur ab. Je wärmer die Oberfläche ist, desto kurzwelliger und energiereicher ist die Wärmestrahlung, die von ihr ausgeht. Besonders kurzwellige Strahlung wird auch als „Solarstrahlung“ bezeichnet, da ihr Ursprung die Sonne ist. Diese setzt sich folgendermaßen zusammen:

Anteil [%]	Strahlungsart	Wellenlänge [ $\mu\text{m}$ ]
7	UV-Strahlung	< 0,38
47	sichtbare Strahlung	0,38 - 0,78
46	langwellige Sonnenstrahlung	0,78 - ca. 3,00

Tabelle 1.1: Zusammensetzung von Solarstrahlung

Der Wellenlängenbereich der Wärmestrahlung, die von einer Strahlungsheizung ausgeht, liegt im Infrarotbereich bei ungefähr 3 - 800  $\mu\text{m}$ . Der Grenzwert von 3  $\mu\text{m}$  ist ein Literaturwert, der eigentlich nicht genau bestimmt werden kann, da der Übergang von solarer Strahlung zur Wärmestrahlung eher fließend ist.

Trifft die Strahlung auf einen Körper, so wird nicht die komplette Strahlung von diesem aufgenommen. In Abhängigkeit von seinem Material wird die Strahlung

- zu einem Teil aufgenommen (Absorption),
- zu einem Teil hindurchgelassen (Transmission),
- und zu einem Teil reflektiert (Reflexion).

Dabei ergibt die Summe der 3 Anteile immer 100 % bzw. 1. Es gilt also:

$$R + A + T = 1 \text{ bzw. } \rho + \alpha + \tau = 1$$

mit

$\rho$ bzw. R	=	Reflexionsgrad
$\alpha$ bzw. A	=	Absorptionsgrad
$\tau$ bzw. T	=	Transmissionsgrad

Der vom Körper absorbierte Teil der Strahlung sorgt also dafür, dass dieser sich erwärmt. Hier liegt auch ein großer Vorteil der Strahlungsheizung gegenüber der Konvektorheizung. Letztere gibt ihre Wärmeenergie überwiegend an die vorbeiströmende Luft ab, die dann wiederum die Wärmeenergie an Menschen oder auch Gegenstände weitergibt. Die Wärmeenergie wird also nicht direkt übertragen, sondern über die Luft als zusätzliches Transportmedium. Dadurch ist die Heizleistung von Konvektorheizungen auch direkt abhängig von der Strömungsgeschwindigkeit der vorbeiströmenden Luft. Warme und somit auch trockenere Luft sorgt für ein unangenehmes Raumklima und durch die erhöhte Luftbewegung wird Staub aufgewirbelt und in der Schwebe gehalten. Somit erhöht sich also auch die Staubbelastung der Raumluft. In feuchter Luft kann der Staub von der Feuchtigkeit außerdem gebunden werden und durch das dadurch erhöhte Gewicht zu Boden fallen. In trockenerer Atmosphäre allerdings halten sich die Partikel entsprechend länger in der Raumluft.

Ein weiterer Vorteil der Strahlungsheizung gegenüber der konventionellen Konvektorheizung ist die Möglichkeit, die Heizflächen unsichtbar in Bauteile (Decken, Wände, Fußboden) oder auch in flächige Gegenstände (Bilder, Spiegel) einzubauen. Dies ist bei gewöhnlichen Konvektorheizungen nicht ohne Weiteres möglich, da diese von Raumluft umgeben sein müssen, um durch Konvektion über das Medium Luft die Wärme im Raum zu verteilen. Eine Ausnahme bilden die sogenannten Bodenkanalheizungen. Diese werden direkt vor größeren Glasflächen in den Fußboden eingelassen. Durch die aufsteigende Wärme bildet sich vor den kalten Fensterflächen ein Warmluftschleier. Bei dieser Variante der Konvektorheizungen sind lediglich die Öffnungen zu sehen, durch die die Warmluft nach oben steigt.

### 1.3 Effekte im Raum (für den Nutzer)

Wie in Abbildung 1.4 zu sehen ist, gibt es einen gewissen Zusammenhang zwischen thermischer Behaglichkeit, Raumlufttemperatur und Oberflächentemperatur der raumumschließenden Flächen. Es ist zu erkennen, dass die Raumlufttemperatur ohne Verlust der thermischen Behaglichkeit abgesenkt werden kann, wenn die Oberflächentemperatur der raumumschließenden Flächen gleichzeitig erhöht wird. Genau

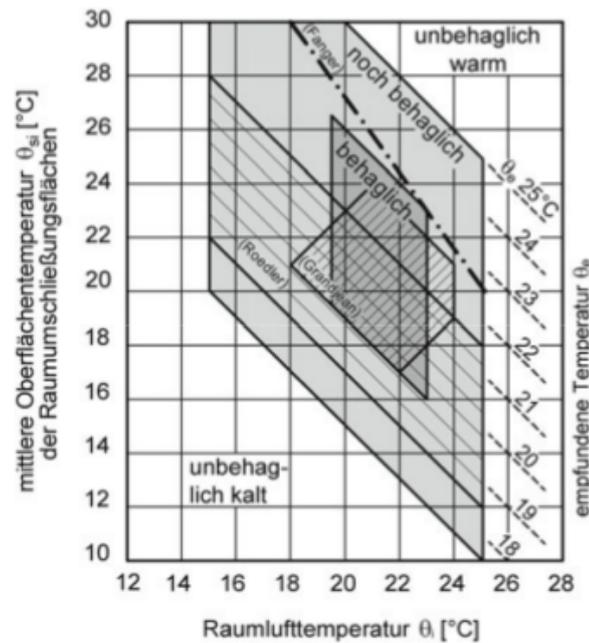


Abbildung 1.4: Behaglichkeitsfelder für das Wertepaar Raumlufttemperatur / mittlere Raumumschließungsflächentemperatur (nach [5], [15], [6] und [7])

dies ist bei Strahlungsheizungen der Fall. Natürlich wird die Oberfläche der Wand, in der die Wandheizung montiert ist, warm und strahlt die Wärme in den Raum ab. Sobald die Strahlung dann auf einen Körper, Gegenstand oder eine andere Wand trifft, absorbiert das Objekt einen Teil der Strahlung und erwärmt sich dadurch ebenfalls. Wie in 1.2 erläutert, wird auch ein Teil reflektiert, der wiederum auf ein anderes Objekt tritt und dieses erwärmt. Dadurch werden alle Wände gleichmäßig erwärmt, was ebenfalls zur Behaglichkeit beiträgt. Der Effekt, bei dem in der Nähe von schlecht oder gar nicht gedämmten Außenwänden Zugscheinungen und Unbehaglichkeit auftritt, wird dadurch wirksam vermindert.

Die Strahlungswärme selber erwärmt die Raumluft nicht. An den von der Strahlung erwärmten Wandoberflächen nimmt jedoch auch die Raumluft Wärme auf, so dass durch dadurch ausgelöste leichte Konvektion die Gesamtsituation erwärmt wird. Allerdings ist der konvektive Effekt bei einer Wandheizung geringer als bei einer Konvektorheizung.

Wandheizungen sorgen durch die genannten Effekte für eine physiologisch günstige Erwärmung des menschlichen Körpers. Durch den hohen Strahlungs- und niedrigen Konvektionsanteil wird dabei die Raumluft weniger erwärmt und aufgewirbelt als bei Konvektorheizungen. So eignen sich Wandheizungen besonders für Museen oder für Räume mit hohen Hygieneansprüchen, wie z.B. in Krankenhäusern.

## **2 Aktuelle wissenschaftliche Untersuchungsprojekte**

Im Folgenden werden Auszüge ausgesuchter, aktueller Untersuchungen zum Thema „Wandheizung“ zusammengefasst, die einen beispielhaften Überblick über den derzeitigen Stand vermitteln sollen.

### **2.1 Untersuchungen der energetischen Kennwerte der Strahlungsheizkörper der Firma SunVital GmbH**

Projekt bearbeitet von:

IET GmbH  
Institut für angewandte Energietechnologie  
Jena, 2011-08-11  
Keßlerstraße 27  
07745 Jena

Beschreibung:

Die Firma SunVital GmbH stellt elektrisch betriebene Natursteinstrahlheizkörper her, von denen drei Exemplare energetisch bewertet wurden. Es handelte sich um zwei Heizkörper mit einer Fläche von 0,9 m x 0,6 m und einer Nennleistung von 500 W, sowie einen Heizkörper mit einer Fläche von 1,1 m x 0,6 m und einer Nennleistung von 600 W. Zusätzlich wurde die Handhabbarkeit und der Einsatz im Wohnbereich untersucht.

Ergebnisse:

Die energetischen Eigenschaften der untersuchten Strahlungsheizkörper werden als gut bewertet. Es wurde ein Strahlungsanteil von 45 % gemessen, der auch im Teillastbetrieb erreicht werden konnte. Bei Montage an der Decke wurden sogar Strahlungs-

anteile bis ca. 70 % erreicht. Das liegt daran, dass warme Luft nach oben steigt und somit die Wärme durch die beschränkte Konvektion unter der Decke nicht wegtransportiert wird. Aufgrund der Testergebnisse wird ein erhebliches Energieeinsparpotential bescheinigt. Es wird speziell die Eignung als Zusatzheizung für kühler belassene Bereiche wie Arbeitszimmer oder Essbereich hervorgehoben.

Zusätzlich wird eine genaue standortbezogene Heizlastbestimmung für die Strahlungsheizkörper angeraten, um anhand dieser die nötige Anzahl an Heizkörpern zu ermitteln.

## **2.2 Beispielhafte Vergleichsmessung zwischen Infrarotstrahlungsheizung und Gasheizung im Altbaubereich**

Projekt bearbeitet von:

Dr.-Ing. Peter Kosack  
Graduate School CVT  
Arbeitskreis Ökologisches Bauen  
TU Kaiserslautern  
Gottlieb-Daimler-Straße 42  
67663 Kaiserslautern

Beschreibung:

Es wurde in der Heizperiode 2008/2009 der Energieverbrauch einer Infrarot-Flächenheizung der Firma Knebel und einer herkömmlichen Gasheizung gegenübergestellt um den prinzipiellen Nutzen und die Tauglichkeit einer Infrarot-Flächenheizung im Wohnbereich zu untersuchen. Bei der Infrarot-Flächenheizung handelte es sich durchgehend um elektrisch betriebene Dunkelstrahler (siehe Abschnitt 1.1.2) mit Oberflächentemperaturen zwischen 70 °C und 100 °C.

Ergebnisse:

Die Untersuchungen haben ergeben, dass die Infrarotheizung eine durchaus sinnvolle Alternative zu herkömmlichen Heizsystemen darstellt. Es wird darauf hingewiesen, dass sie in Normen und Verordnungen nicht bzw. nicht ausreichend berücksichtigt wird. Bis zu 50 % Einsparung werden bei der Nutzung einer Infrarotheizung gegen-

über einer Fußbodenheizung oder einer Nachtspeicherheizung angegeben. Die Argumente für eine Infrarotheizung seien folgende:

- geringe Investitionskosten
- keine Nebenkosten (z.B. für einen Schornsteinfeger)
- Wartungsfreiheit
- zu 100 % regenerativ betreibbar

Ohne vergleichende Untersuchungen mit anderen Fabrikaten gemacht zu haben, werden folgende allgemeine Eigenschaften für Infrarotstrahlungsheizungen im Wohnbereich aufgeführt:

- 60 °C - 120 °C Oberflächentemperatur<sup>1</sup>
- keine Speichermassen
- möglichst simple, flächige Konstruktionen

## **2.3 Thermografische Vergleichsmessung eines massiven Ziegelsteinmauerwerks bei unterschiedlichen Heizmethoden**

Projekt bearbeitet von:

TSK - Andreas Kinz  
Klingerweg 35  
D-64853 Otzberg

Beschreibung:

Zwei nebeneinanderliegende Räume in einem massiven Gebäude aus Ziegelsteinmauerwerk wurden mit unterschiedlichen Heizsystemen ausgestattet. Ein Raum wurde durch konventionelle Heizkörper und der andere Raum durch eine wasserführende Wandheizung beheizt. Durch thermografische Aufnahmen der Wände wurde der Einfluss der beiden Heizungssysteme auf das Mauerwerk untersucht. Zum Energieträger der Heizungssysteme wird in diesem Bericht keine Angabe gemacht.

40 cm	Vollziegelmauerwerk mit Kalkputz
-------	----------------------------------

Tabelle 2.1: Wandaufbau im Bereich der konventionellen Heizkörper

40,0 cm	Vollziegelmauerwerk mit Kalkputz
1,0 cm	klimalehm® Heizungsputz
2,0 cm	Schilfrohrdämmplatte
2,7 cm	Mehrschicht-Metallverbundrohr 16 mm eingeputzt in klimalehm® Heizungsputz
0,3 cm	Lehmedelputz

Tabelle 2.2: Wandaufbau im Bereich der Wandheizung

40 cm	Vollziegelmauerwerk mit Kalkputz
0,3 cm	Lehmedelputz

Tabelle 2.3: Wandaufbau im Bereich der unbeheizten Außenwand

Ergebnisse:

Bei identischem Innenklima (22 °C, 33 % rel. Luftfeuchte) lag die Temperatur der mit der Wandheizung beheizten Außenwand (Ausrichtung NNW) an der Außenseite 0,4 K unter der Temperatur der Wand des Raumes, der durch Heizkörper beheizt wurde (Ausrichtung NNW). Und das obwohl die Außenwand im Bereich der Wandheizung innen auf 38,5 °C aufgeheizt wurde. Die Oberflächentemperatur an der Innenseite des anderen Raumes lag bei 21,5 °C.

Bei einer weiteren Messung wurden die äußeren Oberflächentemperaturen der durch die Wandheizung beheizten Außenwand und einer unbeheizten Außenwand (Ausrichtung ONO) des gleichen Raumes untersucht. Hier lag der Temperaturunterschied bei 1,5 K.

Nach Meinung des Verfassers des Berichts ist der Temperaturunterschied auf eine geringere Feuchte der Außenwand im Bereich der Wandheizung und der damit verbundenen besseren Dämmwirkung zurückzuführen. Diese These sollte kritisch betrachtet werden, denn der Wandaufbau (siehe Tabellen 2.1 bis 2.3) hat großen Einfluss auf die Wärmeverteilung über den Querschnitt und muss daher unbedingt berücksichtigt werden. Durch die Dämmebene aus Schilfrohr, auf der die Wandheizung angebracht ist, wird der Energieeintrag in die Wand behindert. Daher ist es eher unwahrscheinlich, dass dadurch die Feuchtigkeit in der Wand verdrängt und somit die Dämmwirkung

<sup>1</sup>Dermaßen hohe Oberflächentemperaturen können nur in Spezialfällen angewendet werden, in denen ein direkter Kontakt zum Nutzer ausgeschlossen werden kann (z.B. Deckeninstallation)

der Außenwand verbessert wird.

Die naheliegendere Erklärung für die leicht erhöhte äußere Oberflächentemperatur ist der absolute Energieeintrag in die Wand. Wie bereits erwähnt, wird dieser im Bereich der Wandheizung durch die Dämmschicht behindert und steht somit nicht zur Verfügung um die äußere Oberflächentemperatur der Außenwand zu erhöhen. Wo weniger Wärmeenergie in die gesamte Konstruktion eingebracht wird, kann auch weniger nach außen abstrahlen.

Im Rahmen einer Studienarbeit an der TU Braunschweig [18] wurde der Energieeintrag einer Wandheizung in eine Ziegelwand analysiert. Dabei wurde u.a. ein Wandaufbau untersucht, der mit dem hier vorhandenen vergleichbar ist (Wandheizung mit 12 mm Rohrdurchmesser in 19 mm XPS-Wärmedämmung<sup>2</sup> auf 11,5 cm Ziegelmauerwerk). Die Untersuchung bestätigt, dass der Energieeintrag in die Ziegelwand sehr gering ist und somit kaum für eine Feuchtereduzierung innerhalb der Außenwand verantwortlich sein kann. Auch ein Co<sub>2</sub>olBricks-Forschungsprojekt behandelt diese Thematik genauer. Nähere Informationen zu den Co<sub>2</sub>olBricks-Projekten sind unter <http://co2olbricks.eu> bekommen.

Neben den objektiven Messergebnissen wird in dem Bericht erwähnt, dass sich das subjektive Wärmeempfinden im durch die Wandheizung beheizten Raum verbessert hat, was auf die geringe Konvektionswärme und den hohen Anteil an Strahlungswärme zurückgeführt wird.

## 2.4 Forschungsprojekt Asamstraße 3 - Sanierung von zwei Gründerzeitgebäuden

Projekt bearbeitet von:

Wolfgang Robl  
MGS Münchner Gesellschaft für Stadterneuerung mbH  
Haager Straße 11  
81671 München

Beschreibung:

Untersucht wurden zwei Gründerzeitgebäude mit nahezu identischem Grundriss. In 2 Wohnungen des einen Gebäudes, sowie in 2 Kellerräumen wurden Wandheizungen für eine Bauteiltemperierung (siehe Abschnitt 1.1.1) installiert. Dazu wurden die

---

<sup>2</sup>extrudierter Polystyrol-Hartschaumstoff

Bestandswände eingeschlitzt um die Heizleitungen darin unterzubringen. Die Wände wurden anschließend konventionell verputzt und die Dimensionierung so gewählt, dass ein nachträglicher Anschluss von Heizkörpern ggf. noch möglich war.

Zunächst wurde sowohl der Energieverbrauch, als auch der Austrocknungseffekt unter Ausschluss möglicher Nutzereinflüsse untersucht. Dazu wurde vor dem Bezug der Räumlichkeiten ein Versuchsaufbau installiert, der folgende Daten erfassen sollte:

- Energieverbrauch
- Temperaturverlauf
- thermische Behaglichkeit
- Raumlufttemperatur
- mittlere Umfassungsflächentemperatur
- Wärmemenge
- Vor- und Rücklauftemperatur der Heizkreise

Weiterhin wurden im Kellerbereich Kernbohrungen in verschiedenen Mauerwerkstiefen durchgeführt um anhand der Bohrkerne den Austrocknungseffekt zu untersuchen.

#### Ergebnisse:

Grundsätzlich spräche nichts gegen eine Wandtemperierung, auch im Mietwohnungsbau. Das Nutzerverhalten (Lüftung, Regelung der Raumtemperatur) hat allerdings großen Einfluss auf die Energieeinsparung. Optimierungspotential besteht durch die Nutzung solarer Energie, besonders in der wärmeren Jahreszeit. Unter diesen Umständen wäre eine Energieeinsparung gegenüber konventionellen Heizsystemen durchaus möglich. Besonders gut wirkte sich die Wandheizung auf den Feuchtegehalt im Mauerwerk des Kellergeschosses aus.

## 2.5 Energetische Bewertung elektrischer Wandheizungen

Projekt bearbeitet von:

Baltzer, Sidney; Streblow, Rita; Müller, Dirk  
E.ON Energy Research Center (E.ON ERC), RWTH Aachen University c/o  
Mathieustraße 10  
52074 Aachen

Beschreibung:

Im Rahmen des Projektes wurde ein neuartiges elektrisches Wandheizsystem untersucht (siehe Abbildung 2.1). Dieses Wandheizsystem wird direkt auf der Wand moderner Wohn- und Bürogebäude angebracht und soll durch schnelles Ansprechverhalten binnen weniger Minuten thermischen Komfort bieten. Ziel dabei ist es, Energie zu sparen, da diese nur bei Bedarf bereitgestellt werden muss. Für die Untersuchungen wurde das Wandheizsystem in zwei Wohngebäuden in Niedrigenergie- und Passivhausstandard und in einem Bürogebäude betrachtet.

Das dynamische Verhalten des Wandheizsystems wurde sowohl mittels dynamischer Gebäudesimulation, als auch durch Mitarbeiter der TU München experimentell untersucht. Die experimentell ermittelten Daten wurden für die Validierung des Simulationsmodells verwendet.

Ergebnisse:

Nach Baltzer, Streblow und Müller kann ein dynamisches, an den Bedarf angepasstes elektrisches Wandheizsystem bis zu 25 % Primärenergie im Vergleich zu herkömmlichen Systemen mit Brennwertkessel einsparen (siehe Abbildung 2.2).

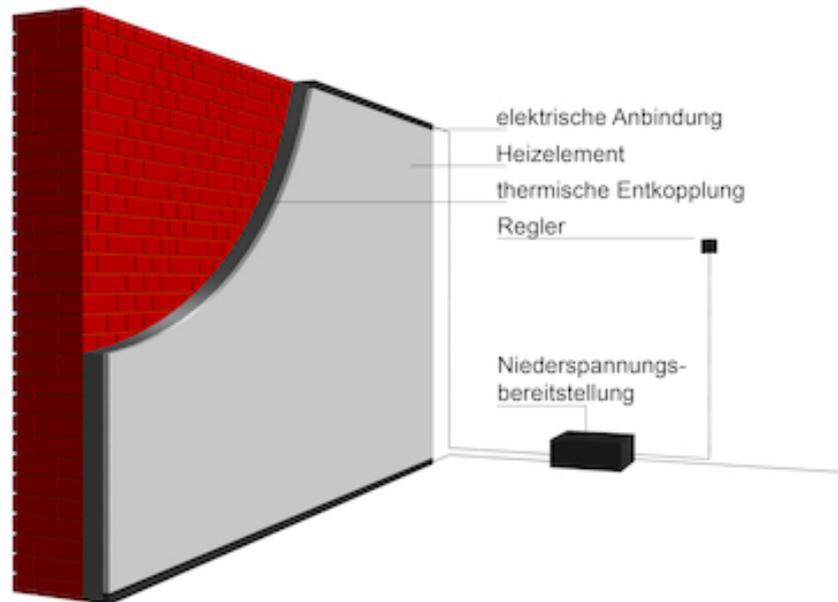


Abbildung 2.1: Schematische Darstellung des elektrischen Wandheizungssystems (aus: [1])

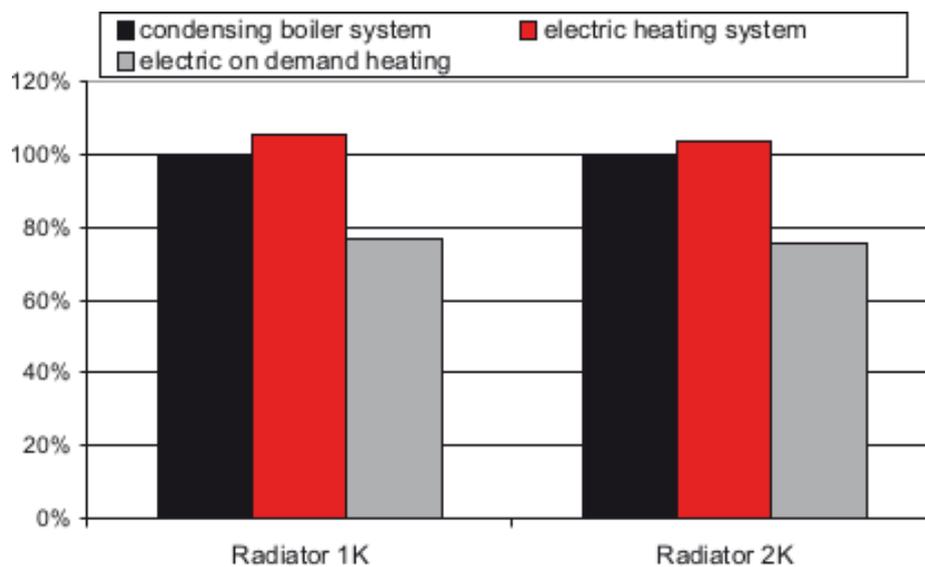


Abbildung 2.2: Vergleich des Primärenergiebedarfs einer Wandheizung und eines herkömmlichen Heizsystems (aus: [1])

## 3 Aktueller Stand der Diskussion

### 3.1 Veröffentlichungen aus Wissenschaft und Praxis

In diesem Abschnitt werden die Inhalte ausgewählter Veröffentlichungen in Fachmagazinen wiedergegeben um einen Überblick über aktuelle Anwendungsgebiete von Wandheizungssystemen zu vermitteln.

#### 3.1.1 Bausubstanz schützen und Nutzerkomfort erhöhen

SBZ 15/16-2009 (SBZ.Sanitär.Heizung.Klima - Fachmagazin) [12]:

Die Wahl eines geeigneten Heizungssystems spielt bei der Sanierung von Kirchen eine wichtige Rolle. Die weit verbreiteten Konvektorheizungen haben in Kombination mit falschem Heizverhalten zu erheblichen Gebäudeschäden geführt. Auch im Hinblick auf Komfort und Hygiene entsprechen derartige Systeme nicht mehr den heutigen Anforderungen. Aus diesen Gründen wurde die St. Elisabeth-Kirche in Hanau im Rahmen eines achtmonatigen Sanierungsprojektes von August 2008 bis April 2009 mit einem Wandheizungssystem ausgestattet.

Eines der Hauptziele war es, bestehende Kältebrücken zu beseitigen und somit Schädigungen der Bausubstanz durch, mit Ruß des Kerzenrauchs verschmutztes, Tauwasser in Zukunft zu verhindern. Im Zuge der Sanierungsmaßnahmen sollte ebenfalls die alte ölgefeuerte Konvektorheizungsanlage ersetzt werden, um somit gleichzeitig die konvektive Verteilung von Ruß und Rauch zu verringern. Die Sanierungsmaßnahmen wurden von Jürgen Krieg vom Architekturbüro Krieg + Wart Architekten koordiniert. Dieser entschied sich für das Hypoplan-Wandheizungssystem der Firma KME. Die Wärmeabgabe erfolgt bei diesem System über mineralische Heizflächen an der Wand, in die Kupferrohrregister eingebettet sind (siehe Abbildung 3.1).

Ein wichtiges Kriterium bei der Wahl des Heizungssystems war, dass die Kirche ohne störende große Heizkörper oder Luftauslässe beheizt werden kann, so dass die Raumgestaltung nicht vom Heizsystem beeinträchtigt wird. Neben den charakterlichen Eigenschaften von Wandheizungen, wie hoher Strahlungsanteil und dadurch vermiedene Luft- und Staubverwirbelungen, bietet das System auch energetische Vorteile. Durch das Absenken der Raumlufttemperatur bei gleichbleibendem subjektivem Wärme-



Abbildung 3.1: Montage eines Hypoplan-Wandheizungssystems (aus: [12])

empfinden (siehe Abbildung 1.4), im Vergleich zum Konvektionssystem, werden pro K Temperaturabsenkung ca. 5 - 6 % Heizenergie gespart. Dieser Aspekt macht sich hier so deutlich bemerkbar, da die Kirche nicht permanent, sondern nur temporär geheizt wird.

Die Behaglichkeit der Besucher im Aufenthaltsbereich wird durch eine höhere relative Luftfeuchtigkeit und die Vermeidung von Fallluftströmungen positiv beeinflusst.

Geplant wurde die Wandheizungsanlage von der Eckert-Planungsgesellschaft für Heiztechnik aus Ostheim/Urspringen. Die Wandheizungsanlage hat folgende Eigenschaften:

- Heizlast: 78 kW
- 174 Heizregister (Höhe: 2,30 m, Breite: 1,00 m, Rohrdurchmesser: 10 mm)
- beheizte Wandfläche: 391 m<sup>2</sup>
- 4 Verteiler mit insgesamt 30 Heizkreisen
- jeder Heizgruppenverteiler versorgt max. 8 Heizgruppen
- Vorlauftemperatur: 40 °C
- mittlere Rücklauftemperatur: 27 °C
- maximaler Druckverlust: 16156 Pa

In diesem Fall ist die Wandheizung an das Fernwärmenetz angeschlossen. Durch die niedrigen Vorlauftemperaturen eignet sich das System allerdings auch sehr gut für den Betrieb mit Niedertemperatur- oder Brennwertkesseln und natürlich regenerativen Energien.

Die Anschlussleitungen der Heizregister wurden bodennah unter Putz montiert, wodurch hier häufig auftretende Feuchtigkeitsprobleme beseitigt werden konnten (Bauteiltemperierung). Somit konnte nicht nur das Raumklima verbessert werden, sondern gleichzeitig auch die Bausubstanz vor aufsteigender Feuchtigkeit geschützt werden.

### 3.1.2 Perfektes Raumklima

BundesBauBlatt Ausgabe 3/2013 - ENERGIE [2]:

Der Marktanteil von Flächenheiz- und Kühlsystemen im Bereich von Sanierung im Gebäudebestand nimmt zu. Im Fokus steht dabei neben den Vorteilen für die Raumgestaltung und die Lufthygiene vor allem auch das niedrigere Temperaturniveau<sup>1</sup> (siehe Abschnitt 1). Gerade die energetischen Vorteile beeinflussen den aktuellen Markttrend positiv für solche Systeme. Weiterhin spricht die Bandbreite an Systemlösungen für nahezu alle Gegebenheiten für den Einsatz von Flächenheiz- und Kühlsystemen. Bei energetischen Sanierungen ist es zunächst üblich, die Außendämmung so weit zu verbessern, dass die Grenzwerte der Energiegesetzgebung eingehalten werden. Im nächsten Schritt sollten neben dem Ersatz von überdimensionierten Wärmeezeugern auch die Wärmeverteilung und -übergabe angepasst werden. Hier bieten sich bei wasserführenden Heizungsanlagen Flächenheizungen an, deren Systemtemperaturen bei 35/28 °C (Vorlauf/Rücklauf) liegen.

Die Einsatzmöglichkeiten von Flächenheizungen im Sanierungsbereich sind von den baulichen Gegebenheiten abhängig. Für den Einsatz von Wandheizungen müssen entsprechende Flächen vorhanden sein und der Untergrund muss geeignet sein. Hinter den freien Wandflächen sollten sich keine Installationen befinden.

Flächenheizungen sind in Kombination mit regenerativen Energiequellen und den entsprechenden niedrigen Systemtemperaturen ein effizientes Heizsystem. Bei der Planung und Installation ist besonders die Koordination der verschiedenen Gewerke zu beachten.

---

<sup>1</sup>Flächenheizsysteme werden i.A. mit niedrigeren Temperaturen betrieben als herkömmliche Heizsysteme.

### 3.1.3 Wand- und Bodenheizung in der Kombination

SBZ 21/11 [16]:

Flächenheizungen gehören durch die Popularität regenerativer Wärmeerzeuger wie Wärmepumpen oder Kombinationen aus Brennwert-Anlagen plus Solarthermie zur Standardausstattung von Neubauten. Doch auch im Sanierungsbereich können Flächenheizungen zu Einsparung von Primärenergie beitragen. Denn sobald ein Altbau durch entsprechende Dämmmaßnahmen einen niedrigeren Energiebedarf aufweist, eignen sich Flächenheizungen aufgrund ihrer geringen Vorlauftemperaturen für die Wärmeverteilung. Zusätzlich kann dann Heizenergie durch eine niedrigere Raumlufttemperatur eingespart werden, die durch die Strahlungswärme kompensiert wird. Diese Eigenschaften waren bisher der klassischen Fußbodenheizung vorbehalten. Für eine kombinierte Nutzung von Fußboden- und Wandheizung würden folgende Punkte sprechen:

- Kleine Bäder haben keine ausreichend große Bodenfläche um die nötige Heizlast zu decken; die Nutzer wollen dennoch eine energiesparende Flächenheizung
- Gerade in Neubauten sind häufig energiesparende Wärmeerzeuger mit niedrigen Vorlauftemperaturen installiert; andere Formen der Wärmeverteilung wären dadurch energetisch kontraproduktiv
- Durch den hohen Strahlungsanteil entsteht ein hoher thermischer Komfort
- In Kinderzimmern z.B. kann durch die Fußbodenheizung die Grundlast und durch eine schnell ansprechende und separat schaltbare Wandheizung temporäre Bedarfsspitzen gedeckt werden; Das Prinzip „warm spielen - kühl schlafen“ kann dadurch erreicht werden.

Wasserführende Wandheizungen können sowohl im Nass- als auch im Trockenbau ausgeführt werden. Der Trend geht allerdings deutlich in Richtung der Trockenbauvariante<sup>2</sup>. Dafür gibt es zwei wesentliche Gründe:

- Da bei Neubauten der Trend allgemein zum schnellen Trockenausbau geht, entscheiden sich viele Bauherren dazu, die ohnehin notwendigen Verkleidungplatten mit Wandheizungselementen zu versehen und Baukosten zu sparen.
- Durch den Trockenbau entfallen Trocknungszeiten und es wird keine zusätzliche Feuchtigkeit in den Raum gebracht.

---

<sup>2</sup>Gilt nicht für den Denkmalbereich.

Wandheizungen stellen im Allgemeinen die kostengünstigere Alternative zu Fußbodenheizungen dar, denn diese müssen verhältnismäßig aufwändig in den Fußbodenaufbau integriert werden. Wandheizungen hingegen werden oberflächennah eingebaut und können mit höheren Oberflächentemperaturen gefahren werden.

Aus dem Artikel lässt sich entnehmen, dass man im Allgemeinen mit einer halb so großen Heizfläche an der Wand die gleiche Heizleistung erzielt wie auf dem Boden. Der Umkehrschluss lautet also, dass bei gleicher Fläche die Vorlauftemperatur im Vergleich zur Fußbodenheizung ohne Einbußen in der Wärmeleistung nochmals deutlich reduziert werden kann.

### **3.1.4 Restaurierung und energetische Optimierung eines Baudenkmals (erbaut 1679)**

Bausubstanz 4|2011 [13]:

Wandheizungen haben sich besonders in der Altbau- und Denkmalsanierung bewährt. Die gleichmäßige Erwärmung der Wände hat dabei eine abtrocknende Wirkung. Gerade bei hohen Räumen sorgen Wandheizungen für eine gleichmäßige Temperaturverteilung, wodurch das Problem aufsteigender Wärme unter die Decke verhindert wird. Auch an Wärmebrücken bleiben die Oberflächentemperaturen gleichmäßig und sinken nicht schlagartig, wie es bei Konvektionsheizsystemen der Fall ist. Dadurch wird die Schimmelbildung durch Kondensatausfall an diesen Stellen wirksam verhindert (siehe Abbildung 3.2).

Gerade durch die Beheizung der potentiell kalten Außenwände kann demnach bei relativ geringer Raumlufttemperatur ein hoher thermischer Komfort erreicht werden. Wie groß der Bedarf an Heizflächen tatsächlich ist, ist abhängig vom Gebäudetyp, der Wärmedämmung, vom System und der entsprechenden Vorlauftemperatur.

Am häufigsten werden Systeme verwendet, bei denen wasserführende Rohrleitungen in den Innenputz integriert werden. Dafür werden meistens vorgefertigte Heizregister verwendet. Als Putz eignen sich Kalk-, Kalk-Zement- oder Lehmputze. Der Vorteil von Lehmputzen ist, dass sie sehr gute bauphysikalische und raumklimatisierende Eigenschaften besitzen. Sie regulieren durch Aufnahme und Abgabe von Feuchtigkeit die Luftfeuchtigkeit und sind in der Lage, Schadstoffe und Gerüche aus der Luft zu absorbieren. Hinzu kommt seine hervorragende Verarbeitbarkeit und die sehr gute Wärmeleitung im Vergleich zu grobporigen Putzen. Letztere sorgt für eine optimale Wärmeverteilung.

Eine Alternative zum Nassverfahren bieten Wandheizungen im Trockenbau. Auch hier wird Lehm verwendet. Allerdings in Form von fertigen Trockenbauplatten, in denen

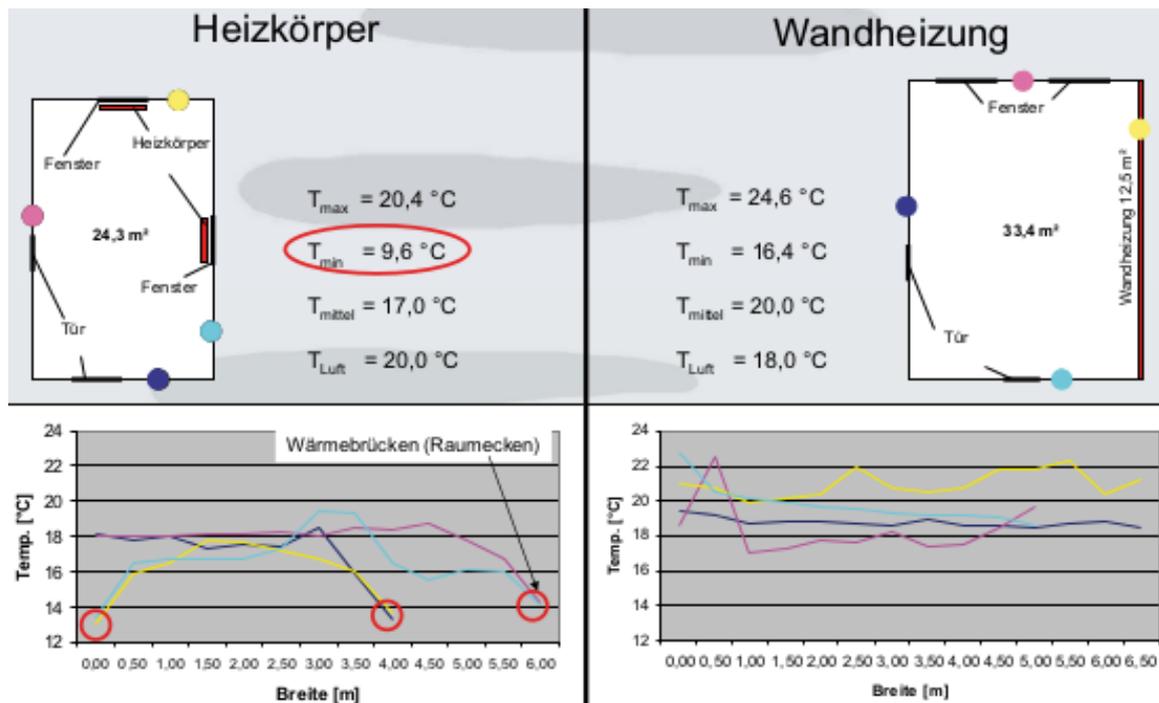


Abbildung 3.2: Vergleich der Oberflächentemperaturen von Räumen mit verschiedenen Heizsystemen (aus: [13])

die Heizleitungen bereits integriert sind. Überall dort, wo zusätzlicher Feuchteintrag schädlich für das Bauwerk ist und Trocknungszeiten verkürzt werden sollen, finden solche Platten Verwendung. Zum Beispiel im Dachgeschossausbau oder in Holzhäusern.

Das im Bericht genannte, zu restaurierende Fachwerkgebäude besteht aus einem Bruchsteinsockel, hat eine Gesamtfläche von ca. 400 m<sup>2</sup> und besteht aus einem Haupthaus und einem Längsanbau. Das Gebäude wurde mit einer Innendämmung aus Schilfrohrdämmplatten im Erdgeschoss und Weichholzfaserplatten im Obergeschoss ausgestattet und komplett durch eine Wandheizung beheizt. Im gut gedämmten Dachgeschoss kommen dafür Trockenbau-Klimaelemente aus Lehm und im restlichen Gebäude in Mörtel eingeputzte Rohrleitungen zum Einsatz. Die Wärmeerzeugung übernimmt eine Gas-Brennwerttherme auf Niedertemperaturtechnik.

Das Fazit des Berichts ist, dass sich die gewählten Baustoffe und Techniken, die im Rahmen der mehr als zehn Jahre dauernden Sanierung verwendet wurden, in hohem Maße bewährt haben. Das Gebäude bietet ein hervorragendes Raumklima bei historischem Ambiente. Dafür wurde das Sanierungsprojekt 2012 mit dem 1. Preis des von der Deutschen Stiftung Denkmalschutz und dem Zentralverband des Deutschen Handwerks verliehenen Bundespreis für Handwerk in der Denkmalpflege ausgezeichnet.

### 3.1.5 Bauteilintegrierte Systeme der Flächenheizung und Flächenkühlung - Aufbau und Funktionsweise

Informationsdienst Flächenheizung + Kühlung. Richtlinie Nr. 11 [4]:

Flächenheiz- und Kühlsysteme sind unabhängig von ihrer Orientierung immer als Gesamtkonzept zu verstehen. Dabei ist es besonders wichtig, alle an Planung und Ausführung beteiligten Gewerke systematisch aufeinander abzustimmen. Die Effektivität von Flächenheiz- und Kühlsystemen ist wesentlich von ihrer Orientierung abhängig. Es ist also entscheidend, ob das System in Boden oder Decke, oder aber in Wände eingebaut wird. Um die Vorteile der Systeme optimal zu nutzen kann es erforderlich sein, verschiedene Orientierungen zu kombinieren. Nicht zu vernachlässigen sind auch die Wand- und Bodenbeläge bzw. die Deckenverkleidung. Durch ihre spezifischen Energieübertragungseigenschaften können sie großen Einfluss auf die Effektivität der Systeme haben.

Bei Wandheizungen ist zu berücksichtigen, dass die konvektive Wärmeübertragung geringer ist als bei Fußbodenheizungen. Allerdings gibt es bei Wandheizungen keine Beschränkung der maximalen Oberflächentemperatur, da im Gegensatz zu Fußbodenheizungen ein dauerhafter Kontakt ausgeschlossen werden kann. Somit können durch höhere Oberflächentemperaturen höhere Heizleistungen erzielt werden. Um diese Oberflächentemperaturen zu erreichen, ist es allerdings notwendig die mittlere Heizwassertemperatur zu erhöhen. Da meist nicht alle Wände eines Raumes für die Installation einer Wandheizung zur Verfügung stehen, kann es sinnvoll sein, Wand- und Fußbodenheizung zu kombinieren, um die mittlere Heizwassertemperatur zu minimieren.

Durch das niedrige Temperaturniveau lassen sich Flächenheizungen und -kühlungen optimal mit Wärmepumpen betreiben. Im Idealfall können die Wärmepumpen direkt an den Heizkreislauf angeschlossen werden. Da Wärmepumpen für einen einwandfreien Betrieb einen Mindestdurchfluss haben müssen, sollten sie stets mit einem Pufferspeicher kombiniert werden.

## 3.2 Energieeffizienz von Wandheizungen

Wasserführende Wandheizungen werden mit geringen Vorlauftemperaturen von max. 50 °C betrieben. Diese reichen aus, um die Wandoberfläche optimal aufzuheizen und somit den Temperaturgradienten zwischen der Raumlufttemperatur und der Oberfläche der raumumschließenden Flächen zu minimieren. Konvektorheizungen dagegen werden, je nach Dämmstandard und Außentemperatur, meist mit höheren Vorlauf-

temperaturen betrieben. Daraus einen energetischen Vorteil der Wandheizung gegenüber der Konvektorheizung abzuleiten ist nicht ganz richtig, denn das höhere Temperaturniveau der Konvektorheizung ist nicht ohne Weiteres mit einem höheren Energiebedarf gleichzusetzen. Das Mehr an Heizenergie fällt nämlich i.A. nur zum Anfang der Heizperiode an um das entsprechende Temperaturniveau zu erreichen. Wie viel Energie letztendlich zur Aufrechterhaltung des thermischen Komforts bereitgestellt werden muss, hängt viel mehr vom Nutzerverhalten und von Wärmeverlusten durch eine schlecht gedämmte Gebäudehülle ab. Letzteres ist auch der Grund dafür, dass beim Einsatz von Wandheizungen zur Bauteiltemperierung z.T. hohe Energieverluste auftreten können.

Elektrisch betriebene Strahlungsheizungen haben dagegen einen echten energetischen Vorteil. Sie reagieren sehr flink und können somit bei Bedarf eingeschaltet werden. Dadurch wird der Raum wirklich nur dann beheizt, wenn er auch genutzt wird (siehe Abschnitt 2.5). Weiterhin sind die technischen Verluste bei Erzeugung, Speicherung und Verteilung bei elektrischen Systemen äußerst gering. Durch unerwünschte Wärmeströme oder Hilfsenergiebedarf haben wasserführende Standardheizsysteme dagegen zusätzliche Energieverluste.

### 3.3 Nutzen für die Gebäudesubstanz

In einigen praktischen Beispielen und Untersuchungen (siehe z.B. Abschnitt 2) wurde bestätigt, dass sich der Einbau einer Wandheizung positiv auf die Gebäudesubstanz auswirken kann. Durch die Erwärmung der Bauteile wird vorhandene Feuchtigkeit verdrängt, bzw. aufsteigende Feuchtigkeit im Sockelbereich verhindert. Gerade bei Gebäudesanierungen, wo aufgrund von Bestandsschutz o.ä. der Einbau von Horizontalsperren oder anderen Abdichtungsmaßnahmen nicht möglich ist, stellte sich die Installation von Wandheizsystemen als gute Alternative heraus. Allerdings muss dafür auf eine Innendämmung zwischen der Wandheizung und der Bestandswand verzichtet werden, damit der Energieeintrag in die Wand hoch genug ist um die Feuchtigkeit zu verdrängen. Dabei ist zu beachten, dass bei derartiger Anwendung Energieverluste durch den Wärmetransport nach außen auftreten. Es ist daher unbedingt erforderlich, solche Systeme von Fachplanern planen zu lassen um im Vorfeld realistische Energiebilanzen zu erhalten.

Bei vielen energetischen Sanierungsmaßnahmen im Bestandsbau kommt Innendämmung zum Einsatz. Historische, erhaltenswerte Fassaden in Verbindung mit der aktuellen Energiegesetzgebung machen ihren Einsatz notwendig. Das Problem bei der Verwendung von Innendämmung ist, dass sich in der Ebene zwischen Innendämmung und Außenwand Kondensat bilden kann. Wenn die dadurch entstandene Feuchtigkeit

nicht mehr abtrocknen kann, kann diese die Bausubstanz angreifen und somit zu Bauschäden führen. Das Innendämmungssystem muss für eine derartige Feuchtebelastung geeignet sein. In der Praxis haben sich verschiedene Systeme (diffusionsoffen, nicht-diffusionsoffen, kapillaraktiv, nicht-kapillaraktiv) bewährt. Bei diesen sog. kondensattollerierenden Innendämmungen wird bewusst ein Dampfstrom in die Dämmebene zugelassen (siehe Abbildung 3.3), da die anfallende Feuchtigkeit die Möglichkeit hat, diese wieder zu verlassen.

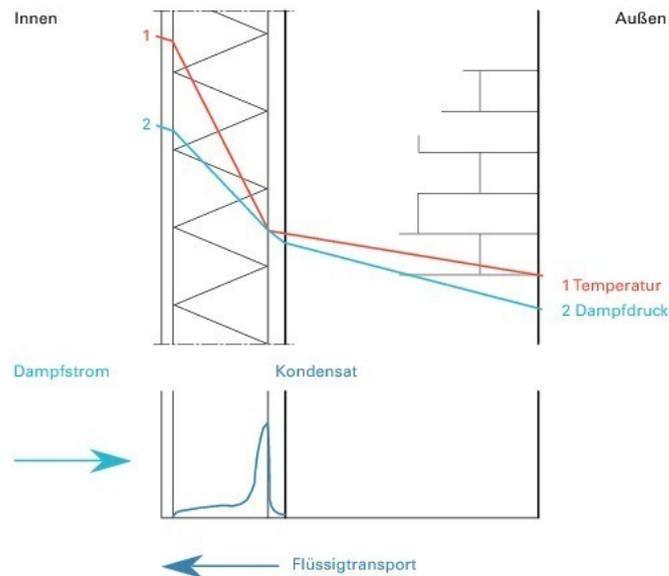


Abbildung 3.3: Prinzipskizze einer diffusionsoffenen, kapillaraktiven Innendämmung (aus: DBZonline Ausgabe 02/2011 - Bautechnik)

Wandheizungen sollen das Abtrocknen des Kondensats unterstützen. Die angefallene und nicht von alleine abtrocknende Feuchtigkeit zwischen der Innendämmung und der Außenwand soll mit Hilfe der Wärme der Wandheizung abtrocknen und durch die Innendämmung in den Innenraum diffundieren. Dass dieses Prinzip tatsächlich funktioniert, scheint zunächst unwahrscheinlich. Schließlich ist es die Aufgabe der Innendämmung, möglichst keine Wärme in Richtung der Außenwand hindurchzulassen. Somit stünde auch keine Wärme zur Verfügung, um angefallene Feuchteansammlungen abtrocknen zu lassen. Der Einfluss von Wandheizungen auf das Feuchteverhalten von Außenwänden mit und ohne Innendämmung wird u.a. im Rahmen einer Co<sub>2</sub>olBricks-Forschung genauer untersucht.

Eine wichtige Eigenschaft von Wandheizungen ist, dass sie durch die Strahlungswärme auch in großen Räumen (z.B. Museen) alle Wände nahezu gleichmäßig erwärmen. Selbst an kritischen Stellen, wie Wärmebrücken bleibt die Temperatur gleichmäßig verteilt und sinkt nicht schlagartig ab, wie es bei Konvektorheizungen der Fall ist. Dadurch kann die Oberflächentemperatur in diesen Bereichen erhöht und somit der Schimmelbildung entgegengewirkt werden.

### 3.4 Nutzen für den Nutzer/Bewohner

Die integrierten Wandheizungen müssen weder von Staub gereinigt, noch regelmäßig lackiert werden und sind somit auch die wartungsärmere Alternative zu Heizkörpern. Die Raumgestaltung kann dadurch eingeschränkt werden, dass die Heizflächen möglichst frei bleiben müssen, damit die Wandheizung funktioniert. Steht z.B. ein großer Schrank vor der Heizfläche, so trifft die Wärmestrahlung nicht mehr auf den Nutzer und andere Wände um diese aufzuheizen, sondern lediglich auf den Schrank. Bilder hingegen stören aufgrund ihrer geringen Masse die Funktion der Wandheizung kaum, allerdings können diese nicht ohne weiteres angebracht werden. Sollen Bohrungen in einer beheizten Wand vorgenommen werden, so ist höchste Vorsicht geboten. Je nachdem wo genau die Heizleitungen oder -rohre in der Wand verlegt wurden, sind keine Bohrungen möglich. In den meisten Fällen sind diese allerdings in ausreichendem Abstand verlegt, sodass eine Bohrung dazwischen prinzipiell möglich ist. Um die Lage der Heizleitungen oder -rohre zu bestimmen gibt es verschiedene Möglichkeiten. Es gibt z.B. spezielle Thermofolien, die man bei zunächst ausgeschalteter (kalter) und dann laufender Wandheizung einfach an die Wand hält und die durch Verfärbung die genaue Lage der Heizleitungen oder -rohre anzeigen.

Der Hauptnutzen eines Wandheizungssystems ist allerdings der, in vorherigen Abschnitten bereits erwähnte, hohe Strahlungsanteil, der damit verbundene thermische Komfort und das gute Raumklima. Es werden weniger Luft- und Staubverwirbelungen erzeugt und die Luft trocknet nicht so stark aus. Verhältnismäßig geringere Mehrkosten können somit für ein gesundes Wohlbefinden sorgen.

### **3.5 Kombinationsmöglichkeiten mit weiteren Techniken; Zusammenwirken mit regenerativen Energien**

Wandheizungen arbeiten überwiegend mit niedrigen Vorlauftemperaturen und eignen sich daher gut für den Einsatz verschiedener Wärmeerzeuger, wie:

- Fernwärme,
- Niedertemperatur- und Brennwertkessel,
- Solartechnik und
- Wärmepumpen

Dies ist besonders reizvoll, da der Einsatz solcher Technik finanziell gefördert wird. Die Kombination von Flächenheizung + Wärmepumpe ist zudem optimal, um im Sommer eine angenehme und wirtschaftliche Raumkühlung zu ermöglichen. Sinnvoll ist die Kombination mit Lüftungsanlagen. Dadurch kann eine minimale Außenluftstrate und ein geregelter Raumluf austausch ermöglicht werden, wodurch sichergestellt werden kann, dass nicht zu viel kühle Außenluft in den Raum gelangt, die dann wiederum erst wieder mit Energieaufwand auf das entsprechende Temperaturniveau aufgeheizt werden muss. Gleichzeitig wird aber ein notwendiger Raumluf austausch gewährleistet um den Raum mit ausreichend Frischluft zu versorgen. Diese beiden Faktoren sind neben dem thermischen Komfort sehr wichtig, um ein behagliches Raumklima zu schaffen. Dadurch kann zusätzlich die Raumluf tfeuchte geregelt werden.

Für selten oder nur temporär genutzte Räume sind elektrische Wandheizungen nach Abschnitt 1.1.2 bestens geeignet, da sie bei Bedarf schnell reagieren. In Aufenthaltsräumen, die häufig und lange genutzt werden bietet sich eine Kombination von Fußboden- und wasserführender Wandheizung an. Da die Fußbodenheizung tiefer im Fußboden eingebettet ist, als die Wandheizung in der Wand, reagiert sie viel träger. Dadurch eignet sie sich gut, um den Grundbedarf an Wärme zu decken. Die Wandheizung kann dann aufgrund ihrer schnelleren Ansprache bei Bedarf dazugeschaltet werden.

## 4 Anwendung/Nutzung in der Praxis

### 4.1 Kostenbeispiele

Durch die niedrigen Systemtemperaturen von Wandheizungssystemen ist der Einsatz von Wärmepumpen möglich. Laut des Herstellers Uponor werden dadurch pro Jahr im Vergleich zu einer herkömmlichen Heizung erhebliche Heizkosteneinsparungen möglich, so dass sich die Investitionskosten bereits nach wenigen Jahren amortisiert haben. Im Vergleich zu Fußbodenheizungen scheinen Wandheizungen nach einem Artikel der SBZ (Ausgabe 21-11) in der Herstellung rund 25 % günstiger zu sein, wenn man sich auf die installierte Leistung und nicht die Fläche bezieht.

Gefördert wird energieeffizientes Bauen z.B. durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) oder die Deutsche Energie-Agentur (dena). Im Sanierungsbereich werden energieeffiziente Modernisierungen durch zinsgünstige Darlehen und Zuschüsse unterstützt.

Sind die Wandheizungssysteme erst einmal installiert, so sind die dadurch geringen Nebenkosten und das angenehme Raumklima ein überzeugendes Argument bei der Vermietung. Jedoch sollte man als Vermieter darauf achten, dass die Mieter den Umgang mit Wandheizungssystemen beherrschen. So lassen sich ein unwirtschaftlicher Betrieb und eventuelle Schäden durch z.B. ungünstig platzierte Bohrungen vermeiden.

In 2.4 werden ebenfalls konkrete Gebäudedaten und Kosten genannt:

Bau (Kostengruppen 300 und 400)	0,8 Mio Euro
Wandtemperierung pro Wohnung	ca. 2.800 Euro
Heizungsinstallation pro Wohnung (konventionell)	ca. 1.800 Euro

Tabelle 4.1: Kostenverteilung

## 4.2 Kompatibilität mit der aktuellen Energiegesetzgebung

Aktuelle Gesetze und Verordnungen im Energiebereich haben zum einen das Ziel, dass der allgemeine Energieverbrauch gesenkt wird und zum anderen die unbedingt nötige Energie möglichst aus regenerativen Energiequellen bezogen wird.

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) gehört zu den bekanntesten Vertretern der Energiegesetzgebung. Im Mai 2014 wird voraussichtlich die EnEV 2014 eingeführt und löst damit die aktuelle EnEV 2009 ab. Auf der Internetseite des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung ([www.bmvbs.de](http://www.bmvbs.de)) oder auch unter [www.enev-online.de](http://www.enev-online.de) sind stets aktuelle Informationen abrufbar. Für den Bestandsbau werden sich voraussichtlich keine neuen Anforderungen ergeben.

Nach EnEV wird der Primärenergiebedarf eines Gebäudes anhand von Primärenergiefaktoren (siehe Abbildung 4.1) errechnet. Je höher der Faktor, desto höher ist der Primärenergiebedarf. Im Bereich von Heizungssystemen wird hier allerdings die Energiegewinnung und nicht die Wärmeverteilung bewertet. Dadurch unterscheidet sich eine wasserführende Wandheizung nach EnEV prinzipiell nicht von einer gewöhnlichen Heizungsanlage. Bei elektrisch betriebenen Wandheizungen ergibt sich allerdings das Problem, dass Strom als Energiequelle einen sehr hohen Primärenergiefaktor hat. Dieser könnte durch eine extreme Gebäudedämmung oder durch eine nicht-elektrisch betriebene Hauptheizungsanlage ausgeglichen werden. Eine extreme Gebäudedämmung, die den hohen Primärenergiefaktor des Stroms ausgleicht, ist meist nicht mehr möglich oder unwirtschaftlich. Somit bleibt nur die Variante, die elektrische Wandheizung lediglich als Zusatzheizung zu installieren und den Grundbedarf an Heizenergie durch eine Heizungsanlage, deren Energiequelle einen niedrigen Primärenergiefaktor hat, zu decken. Dies kann langfristig gesehen, besonders vor dem Hintergrund des steigenden Anteils an regenerativ erzeugtem Strom und den ohnehin hohen Dämmstandards, als kritisch betrachtet werden. In Baden Württemberg gibt es bereits das sog. Erneuerbare-Wärme-Gesetz BW (EWärmeG) für Altbauten, das fordert, bis 2020 den Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung in Baden Württemberg von zurzeit 8 auf 16 % zu erhöhen. Ein solches Gesetz ist auch in anderen Bundesländern denkbar und spräche insgesamt für den Einsatz elektrischer Wandheizungssysteme. Um einen Überblick über die Vielzahl an Energiegesetzen und -verordnungen zu bekommen, sind einige davon in Tabelle 4.2 dargestellt.

Energieträger <sup>a</sup>		Primärenergiefaktoren $f_p$	
		insgesamt	nicht erneuerbarer Anteil
		A	B
Brennstoffe	Heizöl EL	1,1	1,1
	Erdgas H	1,1	1,1
	Flüssiggas	1,1	1,1
	Steinkohle	1,1	1,1
	Braunkohle	1,2	1,2
	Holz	1,2	0,2
Nah-/Fernwärme aus KWK <sup>b</sup>	fossiler Brennstoff	0,7	0,7
	erneuerbarer Brennstoff	0,7	0,0
Nah-/Fernwärme aus Heizwerken	fossiler Brennstoff	1,3	1,3
	erneuerbarer Brennstoff	1,3	0,1
Strom	Strom-Mix	3,0	2,7
Umweltenergie	Solarenergie, Umgebungswärme	1,0	0,0

<sup>a</sup> Bezugsgröße Endenergie: Heizwert  $H_i$ .

<sup>b</sup> Angaben sind typisch für durchschnittliche Nah-/Fernwärme mit einem Anteil der KWK von 70 %.

Abbildung 4.1: Tabelle A.1 - Primärenergiefaktoren<sup>a</sup> aus DIN V 18599-1 (02-2007)

ARegV	Anreizregulierungsverordnung
EBPG	Energiebetriebene-Produkte-Gesetz
EnEG	Energieeinsparungsgesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
EnVHV	Energieverbrauchshöchstwertverordnung
EnVKV	Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
KraftNav	Kraftwerksnetzanschlussverordnung
NAV	Niederspannungsanschlussverordnung
StromGVV	Stromgrundversorgungsverordnung
HeizAnlV	Heizungsanlagenverordnung
WärmeschutzV	Wärmeschutzverordnung

Tabelle 4.2: Beispiele für Energiegesetze und -verordnungen

## 5 Ausblick/Anwendungsperspektiven

Die Bundesregierung hat das Ziel, bis zum Jahr 2050 einen klimaneutralen Gebäudestandard etabliert zu haben. Um dieses Ziel zu erreichen ist es nötig, neue Technologien intelligent zu nutzen und deren Entwicklung voranzutreiben. Dabei sollte der gesamte Lebenszyklus eines Gebäudes (Herstellung, Betrieb, Abriss) berücksichtigt werden. Im Sanierungsbereich gilt es, neue Technologien so gut wie möglich zu integrieren, um den bestmöglichen Kompromiss zwischen den Anforderungen des Nutzers und der Erhaltung des Bestandes zu finden. Dabei muss in einigen Fällen behutsam mit dem Bestand umgegangen werden, um bauhistorisch wertvolle Gebäude so lange wie möglich zu erhalten.

Wandheizungssysteme können durch flexible Anwendbarkeit einen wertvollen Beitrag dazu leisten, den Energieverbrauch im Gebäudebetrieb zu reduzieren und somit die Natur zu entlasten. Vor allem die gute Eignung zum Betrieb mit regenerativen Energien macht sie zu einem zukunftssicheren System. Weiterhin können sie auch in historischem Bestand eingesetzt werden ohne Bausubstanz zu beeinträchtigen. Im Gegenteil: Richtig angewendet, können Wandheizungssysteme zum Schutz der Bausubstanz beitragen.

Um sämtliche Vorteile von Wandheizungssystemen nutzen zu können ist jedoch eine professionelle Planung und Ausführung unerlässlich.

# Literatur

- [1] Baltzer, Sidney; Streblow, Rita; Müller, Dirk: *Energetische Bewertung elektrischer Wandheizungen*, Aachen: RWTH Aachen University
- [2] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.): *Perfektes Raumklima*, In: BundesBauBlatt Online, Ausgabe 3/2013 - ENERGIE
- [3] Bundesverband Flächenheizungen und Flächenkühlungen e.V. (Hrsg.): *Richtlinie Nr. 10: Installation von Flächenheizungen und Flächenkühlungen bei der Modernisierung von bestehenden Gebäuden - Anforderungen und Hinweise*, Hagen: Informationsdienst Flächenheizung + Kühlung, 2010.
- [4] Bundesverband Flächenheizungen und Flächenkühlungen e.V. (Hrsg.): *Richtlinie Nr. 11: Bauteilintegrierte Systeme der Flächenheizung und Flächenkühlung - Aufbau und Funktionsweise*, Hagen: Informationsdienst Flächenheizung + Kühlung, 2010.
- [5] Fanger, Povl O.: *Thermal Comfort - Analysis and Applications in Environmental Engineering*, Kopenhagen: Danish Technical Press, 1970.
- [6] Frank, Walther: *Die Erfassung des Raumklimas mit Hilfe richtungsempfindlicher Frigorimeter*, In: Gesundheitsingenieur 89 (1968) Heft 10, S. 301 bis 308
- [7] Grandjean, Etienne: *Regelung des Wärmehaushaltes im menschlichen Körper*, In: Regelungstechnische Praxis (1979) Heft 3, S.59 bis 62
- [8] Grote, Karl-Heinrich (Hrsg.); Feldhusen, Jörg (Hrsg.): *Dubbel - Taschenbuch für den Maschinenbau*, 22. Auflage, Berlin: Springer-Verlag, 2007.
- [9] Häupl, Peter; Homann, Martin; Lözow, Christian; Riese, Olaf; Maas, Anton; Höfker, Gerrit; Nocke, Christian; Willems, Wolfgang (Hrsg.): *Lehrbuch der Bauphysik*, 17. Auflage, Wiesbaden: Springer-Vieweg-Verlag, 2012
- [10] Hofmann, Helga: *Flächentemperierung*, In: Deutsche BauZeitschrift, Ausgabe 06/2006
- [11] Lohmeyer, Gottfried. C. O.; Post, Matthias.: *Praktische Bauphysik*, 22. Auflage, Hannover: Springer-Vieweg-Verlag, 2012.

- 
- [12] Menzinger, Wolfgang; Dick, Georg: *Bausubstanz schützen und Nutzerkomfort erhöhen. 391 m<sup>2</sup> warme Wände*, In: sbz Sanitär-, Heizungs-, Klima- und Klempnertechnik Jg.: 64, Nr.15/16, 2009, Seite 32-35, Stuttgart: Gentner Verlag, 2011
- [13] Meurer, Gerd: *Restaurierung und energetische Optimierung eines Baudenkmals (erbaut 1679)*, 5. Auflage, Düsseldorf: Werner-Verlag, 2005.
- [14] Pistohl, Wolfram: *Handbuch der Gebäudetechnik - Planungsgrundlagen und Beispiele: Band 2 - Heizung / Lüftung / Energiesparen.*, In: Bausubstanz 4|2011
- [15] Roedler, F.: *Wärmephysiologische und hygienische Grundlagen*, In: H. Rietschels Lehrbuch der Heiz- und Lüftungstechnik. 14. Auflage, Berlin: Springer-Verlag, 1970.
- [16] sbz Sanitär-, Heizungs-, Klima- und Klempnertechnik (Hrsg.): *Wand- und Bodenheizung in der Kombination*, In: sbz Sanitär-, Heizungs-, Klima- und Klempnertechnik, Ausgabe 21-2011, Stuttgart: Gentner Verlag, 2011
- [17] Schild, Kai; Willems, Wolfgang M.: *Wärmeschutz*, Wiesbaden: Vieweg +Teubner-Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2011.
- [18] Wehlburg, Mareike: *Parameterstudie zur Frostgefährdung von Hausinstallations-technik bei Anbringung einer Innendämmung*, Braunschweig: Technische Universität Braunschweig, 2013.