



Effiziente Energienutzung und die Einbindung erneuerbarer Energien durch die zentrale Flächenheizung in Hallenböden

Autoren: Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jan Martens, Dietmar Wattenberg, Gerhard Lübke, Dipl.-Ing. (FH) Bernd Quiel und Dipl.-Ing. Joachim Plate

Stand: 13.04.2015

Bundesverband Flächenheizungen und Flächenkühlungen e. V.

Gerichtsstr. 25

58097 Hagen

www.flaechenheizung.de

info@flaechenheizung.de



1. Einführung

Aus Gründen der Nachhaltigkeit, der Wirtschaftlichkeit und durch die Vorgaben des Gesetzgebers sind Architekten, Planer, Bauherren, Investoren und Projektentwickler bei der Errichtung von Gebäuden immer stärker gehalten, auf effiziente Energienutzung und die Einbindung erneuerbarer Energien zu achten.

Die Notwendigkeit, einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten, besteht auch bei der Planung und Errichtung von Hallengebäuden – diese werden in den energierechtlichen Vorschriften und in der öffentlichen Diskussion bisher allerdings nur am Rande betrachtet. Nach aktuellen Untersuchungen trägt der Bestand von ca. 420.000 Hallengebäuden am Industriestandort Deutschland mit ca. 15 % zum Endenergieverbrauch aller Gebäude für Raumwärme bei – eine keinesfalls zu vernachlässigende Größenordnung in der Energie- und Klimaschutzstrategie der Bundesrepublik Deutschland.

Am 1. Mai 2014 ist die Neufassung der Energieeinsparverordnung (EnEV 2014) in Kraft getreten. Die hier formulierten Anhebungen des Anforderungsniveaus gegenüber der vorigen EnEV-Fassung (EnEV 2009) sind nach dem Verständnis der Bundesregierung ein Zwischenschritt auf dem Weg zu einem Niedrigstenergiestandard im Neubau ab 2019/2021 (für öffentliche/private Gebäude) und zu einem nahezu klimaneutralen Gebäudebestand bis zum Jahre 2050 [1].

Die EnEV 2014 sieht u. a. eine Verschärfung der primärenergetischen Anforderungen im Neubau ab dem 1. Januar 2016 um 25 % vor. Für Hallengebäude, die mit Heizsystemen ausgestattet sind, die nicht mit erneuerbaren Energien betrieben werden, existieren Ausnahmen von dieser Verschärfung.

Siehe hierzu EnEV 2014, Anlage 2 (zu den §4 und §9) Anforderungen an Nichtwohngebäude, Punkt 1.1.2 und Punkt 1.3 [1] oder nachfolgende Infokästen:

1.1.2:

„Die Ausführungen zu den Zeilen 1.13 bis 8 der Tabelle 1 sind beim Referenzgebäude nur insoweit und in der Art zu berücksichtigen, wie beim Gebäude ausgeführt. Die dezentrale Ausführung des Warmwassersystems (Zeile 4.2 der Tabelle 1) darf darüber hinaus nur für solche Gebäudezonen berücksichtigt werden, die einen Warmwasserbedarf von höchstens 200 Wh/m²·d) aufweisen. **Auf Gebäudezonen mit mehr als 4 m Raumhöhe, die durch dezentrale Gebläse- oder Strahlungsheizungen beheizt werden, ist Zeile 1.0 der Tabelle 1 nicht anzuwenden.**“

1.3: Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten

„Die Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche eines zu errichtenden Nichtwohngebäudes dürfen die in Tabelle 2 angegebenen Werte nicht überschreiten. Satz 1 ist auf Außentüren nicht anzuwenden. **Für Gebäudezonen mit mehr als 4 m Raumhöhe, die durch dezentrale Gebläse- oder Strahlungsheizungen beheizt werden, gilt das Anforderungsniveau nach Tabelle 2 Zeile 1a, 2a, 3a und 4a.**“

Für neu zu errichtende Gebäude müssen darüber hinaus seit dem 1. Januar 2009 die Anforderungen des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes – aktuell in seiner Fassung von 2011 (EEWärmeG 2011) – eingehalten werden [2]. Aus beiden Instrumenten ergeben sich zahlreiche Wechselwirkungen bei der Erfüllung der Pflichten sowie der Nachweisführung. Die nachhaltige und wirtschaftliche Planung erfordert einen integralen Prozess mit Blick auf die Wechselbeziehung von Gebäude, Nutzung und Anlagentechnik, wobei in allen Abschnitten Energieeffizienz und Nutzung erneuerbarer Energien zu berücksichtigen ist – eine anspruchsvolle Herausforderung.

Der Leitfaden zur Planung neuer Hallengebäude nach EnEV 2014 und EEWärmeG 2011 soll dazu beitragen, das große Potenzial der Energieeinsparung und Emissionsminderung von Hallengebäuden in Deutschland zu erschließen [3].

Es stellt sich die Frage, ob das ambitionierte Klimaschutzziel mit der geschilderten Ausnahmeregelung für dezentrale Hallenheizsysteme erreichbar ist.

Sieht man auf die klimapolitische Zielerreichung im Bereich der zentralen Hallenheizung, ergibt sich ein vollständig anderes Bild: Schon heute wird das Anforderungsniveau der EnEV 2016 im Zusammenspiel mit dem EEWärmeG 2011 mit dem Einsatz von zentralen, warmwassergeführten Flächenheizsystemen in Hallenböden erreicht bzw. deutlich unterschritten.

Dieser Sachverhalt wird eindeutig durch den *Leitfaden zur Planung neuer Hallengebäude nach Energieeinsparverordnung EnEV 2014 und Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz 2011* bestätigt [3]. Die Autoren des Leitfadens, Prof. Dr.-Ing. Bert Oschatz, Dipl.-Ing. (FH) Jens Rosenkranz, ITG Dresden, und Dipl.-Ing. Konrad Weber, Weber Energieconsult, sind in ihrer wissenschaftliche Studie u. a. zu folgendem Ergebnis gekommen: Eine Fertigungshalle, die zentral mit einem Blockheizkraftwerk (BHKW) und einem Brennwertkessel zur Spitzenlastabdeckung über die Bodenfläche beheizt wird, unterschreitet bereits jetzt das Anforderungsniveau für 2016 um 38 % und den Erfüllungsgrad des EEWärmeG um 249 % (*siehe Tabelle 12, Spalte 11, Seite 62 aus [3]*).

Die dezentralen Heizsysteme in diesen Beispielen (Spalte 0 bis 6 in Tabelle 12, Seite 62) [3] erreichen ohne eine zusätzliche Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes ab 2016 **nicht** mehr den erforderlichen Erfüllungsgrad nach EEWärmeG und dies trotz der oben beschriebenen Ausnahmeregelung (Anforderungswert EnEV 2016 für dezentrale Heizsysteme $144,7 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, für zentrale Heizsysteme $117,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$). Diese Ergebnisse sind in erster Linie der Tatsache geschuldet, dass der Einsatz erneuerbarer Energien in dezentralen Hallenheizsystemen nur sehr eingeschränkt möglich ist. Die bekannten Vorteile der Flächenheizung wie geringe Vorlauftemperaturen gestatten den direkten Einsatz erneuerbarer Energien, wie z. B. Wärmepumpen. Übliches Temperaturpaar ist dort $35/28^\circ\text{C}$.

2. Die Flächenheizung als zentrales Hallenheizsystem

Die BVF-Richtlinie „Herstellung beheizter und gekühlter Fußbodenkonstruktionen im Gewerbe- und Industriebau“ beschreibt den Aufbau und die Funktion dieser Systeme [4]. Weiterhin werden die eindeutigen Vorteile der zentralen Niedertemperaturbeheizung beschrieben:

- zukunftsorientiert und umweltfreundlich durch die Nutzung regenerativer Energien
- hohe thermische Behaglichkeit aufgrund optimaler Oberflächentemperaturen
- günstige raumlufthygienische Verhältnisse
- freie innenarchitektonische Gestaltung
- kostengünstige Installation und Betrieb

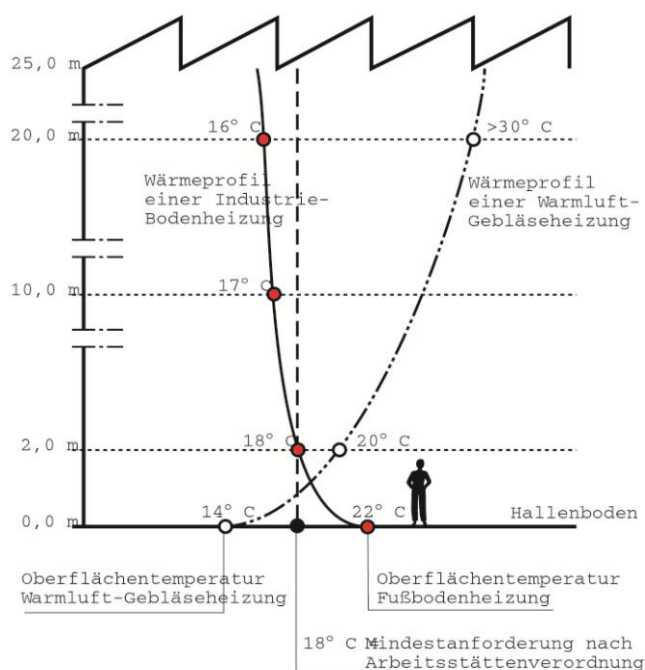


Bild 1: Vertikale Temperaturprofile unterschiedlicher Hallenheizsysteme [4]

3. Wirtschaftlichkeit und Energieeffizienz

Für zukünftige Gebäudekonzepte spielt der Energieverbrauch eine wichtige Rolle. Eine Flächenheizung ist ein wirtschaftliches und energieeffizientes Wärmeverteilungssystem. Die Betriebskosten lassen sich kontinuierlich planen, eine Wartung ist nicht erforderlich. Die Lebensdauer der Heizungsrohre entspricht der Lebensdauer des Gebäudes. Am Hauptverteiler wird die Vorlauftemperatur auf ca. 40°C reguliert. Bei einer daraus resultierenden Rücklauftemperatur von 30°C wird das System mit einer Temperaturspreizung von 10 Kelvin betrieben. Die Wärmeabgabe erfolgt dort, wo sie benötigt wird. Durch die Nutzung von Abwärmequellen kann der Einsatz von Primärenergie reduziert werden. Eine Kombination zwischen Flächenheizung und Wärmeerzeugern mit niedriger Vorlauftemperatur wie BHKW, Wärmepumpen oder Brennwertkesseln ist eine sehr wirtschaftliche Möglichkeit der Raumtemperierung. Um aus einer niedrigen Temperatur eine ausreichende Heizleistung zu erhalten, muss die wärmeabgebende Fläche ausreichend groß sein. Zusätzliche Wartungskosten wie zum Beispiel die Reinigung der Wärmequellen entfallen [4].

Wenn über die Temperierung von Gebäuden gesprochen wird, spielt die Kühlung im Sommer eine wichtige Rolle. Die Fußbodenheizung kann mit geringem anlagentechnischem Aufwand auch zur Kühlung eingesetzt werden. Auf diese Weise können innere Kühllasten effizient abgeführt und das Objekt gekühlt werden.

4. Thermische Behaglichkeit nach DIN EN ISO 7730

Kriterien für thermische Behaglichkeit sind in DIN EN ISO 7730 beschrieben [5]. Die thermische Behaglichkeit hängt vereinfacht von der operativen Temperatur ab, dem Mittelwert aus Raumlufttemperatur und der durchschnittlichen Oberflächentemperatur der raumumfassenden Flächen. Bei einer Erhöhung der mittleren Oberflächentemperatur der raumumfassenden Flächen kann die Raumlufttemperatur abgesenkt werden und die Raumluftqualität wird als angenehmer empfunden – genau das bietet die Flächenheizung. Nach Prof. Dr. Ole Fanger ist thermische Behaglichkeit derjenige Zustand des Befindens, der Zufriedenheit mit der thermischen Umgebung ausdrückt. Für einen ausgeglichenen Wärmehaushalt des Menschen ist es erforderlich, dass die im Körper produzierte Wärme in einem Gleichgewicht zur abgegebenen Wärme steht. Die notwendige Wärmeabgabe des Menschen erfolgt durch Konvektion, Wärmeleitung, Wärmestrahlung, Verdunstung und Atmung. Der Mensch reagiert sehr empfindlich auf Temperaturänderungen, schlechte Luftqualität und vor allem auf störende Luftströmungen (Zug). Zur Vermeidung von Zug sollte die Luftgeschwindigkeit

im Mittel kleiner als etwa 0,2 m/s bleiben, was bei rein luftgeführten Hallenheizsystemen nur schwer umzusetzen ist. Da thermische Behaglichkeit physiologisch stark vom Wärmeaustausch des menschlichen Körpers abhängt, wird sie hauptsächlich von folgenden Faktoren beeinflusst:

- Temperatur der Raumluft
- Temperatur der Umschließungsflächen
- Luftgeschwindigkeit
- Luftfeuchte
- Körperliche Betätigung und Bekleidung

Neben der Strahlungssymmetrie, wie in Bild 1 dargelegt, spielt das vertikale Raumtemperaturprofil ebenfalls eine wichtige Rolle für die Behaglichkeit.

Wie schon aus dem Wohnungsbau nach aktuellem EnEV-Standard bestens bekannt, stellt sich auch bei Flächenheizungen in Hallen ein sehr gutes vertikales Temperaturprofil ein. Nachfolgendes Bild 2 zeigt dieses gemessene Temperaturprofil aus einer unveröffentlichten Untersuchung „Messung der thermischen Behaglichkeit in einer Werkhalle“ des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE aus dem Jahr 2013 [6].

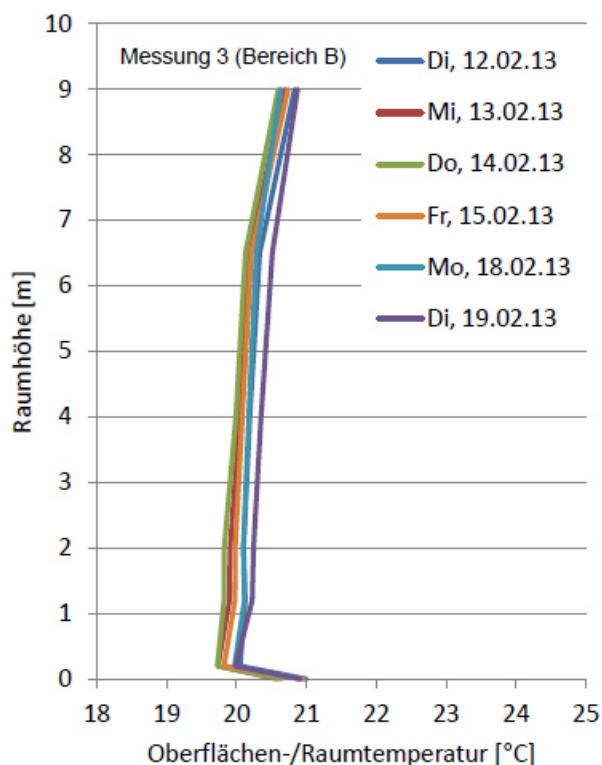


Bild 2: Vertikaler Temperaturverlauf in einer Lagerhalle mit Fußbodenheizung [6]

Die Oberflächentemperaturen der umgebenden Flächen eines Raumes wie Boden, Wände und Decke sind wegen der Wärmestrahlung wesentlich für den Wärmeaustausch des menschlichen Körpers und damit für die Behaglichkeit.



Bild 3: Einflussgrößen der thermischen Behaglichkeit. Copyright: Wienerberger Germany

Die DIN EN ISO 7730 enthält Verfahren, anhand derer das allgemeine menschliche Wärmeempfinden und der Grad der Unzufriedenheit von Menschen mit ihrer thermischen Umgebung statistisch vorausgesagt werden können. Die Norm ermöglicht die analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit unter Berücksichtigung der örtlichen Kriterien.

5. Vorteile der zentralen Industriebodenheizung

Neben den o. g. bereits beschriebenen Vorzügen in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit und Energieeffizienz sowie die Behaglichkeit ergeben sich mit der Verwendung einer zentralen Industrieflächenheizung weitere vielfältige Vorteile.

Da die Industrieflächenheizung vollflächig und hauptsächlich über die Wärmestrahlung wirkt, werden konvektionsbedingte Luftbewegungen vermieden. Das führt dazu, dass beispielsweise anfallende Stäube oder andere Emissionen, wie z. B. Schweißgase, nicht unkontrolliert in der Halle verteilt werden.

Als weiterer Pluspunkt kann der geräuschlose Betrieb der Industrieflächenheizung genannt werden. Dezentrale Systeme, wie beispielsweise Dunkelstrahler und gebläsebetriebene Luftherhitzer, sind während des Betriebs relativ laut und können in Produktionshallen eine zusätzliche Lärmemission erzeugen. Dies ist bei

Industrieflächenheizungen nicht der Fall, da hier zentral erwärmtes Wasser geräuschlos durch die Leitungen fließt und die Energie abgibt.

Zusätzliche Vorteile sind die absolute Wartungsfreiheit, der unkomplizierte Betrieb sowie die freie Raumgestaltung (unsichtbare Heizung).

6. Wirtschaftliche und architektonische Aspekte

Der üblicherweise eingeschlagene Weg bei der Entwurfs- und Ausführungsplanung eines Hallengebäudes beginnt mit der Gebäudehülle. Die Gebäudehülle wird über das Referenzgebäudeverfahren der EnEV in Bezug auf die U-Werte der Außenbauteile ausgewählt. Dann wird häufig versucht, das Erneuerbare-Energien-Gesetz mittels Ersatzmaßnahmen (EnEV -15 %) zu erreichen. Wenn dieser Teil des Gebäudes geplant ist, wird häufig erst an das energetische Konzept gedacht. Mit der Zusammenlegung von Wärmeschutzverordnung und Heizungsanlagenverordnung zur EnEV sollte diese Herangehensweise eigentlich verändert werden. Heutzutage ist es wichtig, dass man nach Festlegung der Nutzungsanforderungen (z. B. Standardnutzungsprofil DIN V 18599-10) die Wechselwirkungen der Gebäudetechnik und der Gebäudehülle betrachtet. Beispielsweise kann man mit dem Einsatz einer zentralen Industrieflächenheizung einen großen Teil der benötigten Wärmeenergie aus einer erneuerbaren Quelle beziehen. Dies führt dazu, dass das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz auf diesem Weg eingehalten ist und die Gebäudehülle lediglich den Referenzgebäudestandard der Energieeinsparverordnung erzielen muss. Insbesondere bei den großen Hüllflächen von heutigen Industriehallen liegt hier ein enormes Einsparpotenzial – auch nach der Verschärfung im Jahr 2016.

Bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes ist immer der sogenannte Lebenszyklusansatz zu wählen, in dem alle Investitions-, Betriebs-, Wartungs- und Instandsetzungskosten während der gesamten Nutzungsdauer erfasst werden. Dieses kann z. B. anhand der VDI 2067 (Betrachtung aller Kostenarten und Beträge nach vorgegebenen Rahmen) erreicht werden.

So kann beispielsweise die Flächenheizung zwar in der Erstinvestition teurer sein, aber aufgrund der geringeren Betriebs-, Wartungs- und Instandsetzungskosten über den Gesamtzeitraum der Gebäudenutzung als wirtschaftlichste Alternative genannt werden. Zahlreiche Beispiele belegen diese These.

Neben diesen Ansätzen ist zu beachten, dass mit einer zentral geführten Industrieflächenheizung absolute architektonische Freiheit gewährleistet wird. Dieses gilt insbesondere für die Einrichtung der Halle. Mit einer Flächenheizung braucht der

Nutzer keinerlei Rücksicht auf das Heizsystem nehmen, wenn er seine Inneneinrichtung (z. B. Produktionsanlagen, Regalanlagen usw.) plant. Weiterhin ist er bei der heutzutage immer wichtiger werdenden möglichen Umnutzung ebenfalls völlig frei.

Dezentrale Systeme, wie beispielsweise Dunkelstrahler, sind fest an der Decke montiert und können nicht ohne weiteres verlegt werden. Wenn beispielsweise bei einer Umplanung des Logistikkonzeptes Regale unterhalb der Dunkelstrahler angeordnet werden müssen, dann dürfen diese aus Brandschutzgründen nicht mehr betrieben werden.

Gasdunkelstrahler müssen zudem mit den Medien Strom und Gas versorgt werden. Diese Leitungen führen ebenfalls über das Hallendach und schränken die Gebäudenutzung ein. Weiterhin ist zu beachten, dass jedes dezentrale System einen eigenen Schornstein benötigt, der dann als Durchdringung durch die Dachhaut ausgebildet werden muss. Dieser Schornstein muss jährlich vom Schornsteinfeger begutachtet werden (und dieses in 20 m Höhe). Gleiches gilt für die jährliche Wartung. Zudem haben beispielsweise Gasdunkelstrahler lediglich eine Lebensdauer von 15 Jahren.

7. Fazit

Für die Flächenheizung ergeben sich vor allem in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit erhebliche Vorteile. Zudem ist sie nahezu wartungsfrei.

Die architektonische Gestaltungsfreiheit bleibt uneingeschränkt erhalten und das Raumangebot lässt sich optimal nutzen. Auch im Hinblick auf Behaglichkeit und Energieeffizienz zeigen sich zahlreiche Vorteile. Außerdem lassen sich Quellen aus erneuerbaren Energien optimal nutzen. Die Einhaltung der Energieeinsparverordnung und des EEWärmeG ist durch den Einsatz von erneuerbaren Energien auch in Zukunft problemlos möglich. Die Politik muss sich die Frage stellen, inwieweit die Ausnahmeregelungen in der Energieeinsparverordnung für dezentrale Hallenheizsysteme mit den ambitionierten Klimaschutzzielen der Bundesregierung vereinbar sind.

Es besteht seitens der Architekten eine Beratungspflicht hinsichtlich erneuerbarer Energien.

8. Literatur

- [1] *EnEV 2014: Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung 18.11.2013, nichtamtliche Lesefassung, 18.11.2013.*
- [2] *EEWärmeG_2011: Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG), 2011.*
- [3] *Leitfaden zur Planung neuer Hallengebäude nach Energieeinsparverordnung EnEV 2014 und Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz 2011, Ausgabe 2015.*
- [4] *INFORMATIONSDIENST FLÄCHENHEIZUNG + KÜHLUNG, BVF Richtlinie Nr.: 8 Herstellung beheizter und gekühlter Fußbodenkonstruktionen im Gewerbe- und Industriebau, Ausgabe Januar 2015, Bundesverband Flächenheizungen und Flächenkühlungen e. V.*
- [5] *DIN EN ISO 7730:2005 Berechnung des PMV- und PPD-Index (thermische Behaglichkeit).*
- [6] *Messung der thermischen Behaglichkeit in einer Werkhalle. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. Unveröffentlichte Untersuchung im Auftrag des BVF e. V. 2013.*