

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Heizsystemen für Industriehallen

Matthias Hemmersbach

Wirtschaftlichkeit ist im Industriebau das wichtigste Planungskriterium. Hier gilt es für die Hallenkonstruktion und insbesondere für das Heiz- und Kühlsystem Lösungen zu finden, die über den Nutzungszeitraum möglichst geringe Investitions-, Energie-, Instandsetzungs- und Wartungskosten ermöglichen und darüber hinaus eine größtmögliche Nutzungsflexibilität bieten. Dabei ist es erforderlich, Gebäudehülle und Technische Ausrüstung ganzheitlich zu betrachten.

Den Anforderungen des EE-Wärme-Gesetzes werden Industrieflächenheizsysteme in Verbindung mit Wärmepumpen sowie Wärmetauscher- und Speichersystemen zur Abwärmenutzung besonders gerecht. Industrieflächenheizungen ermöglichen die Nutzung von Abwärme auf einem niedrigen Temperaturniveau.

Moderne Industriegebäude für die Produktion, Lagerung und Logistik müssen aber auch in Bezug auf Funktionalität, Zuverlässigkeit und Nutzungsflexibilität hohen Ansprüchen gerecht werden. Nutzungsflexibilität bedeutet dabei, dass für die verschiedensten Lagergüter wie Lebensmittel, Elektronikbauteile oder Papiererzeugnisse eine konstante Temperatur und Feuchte der Raumluft über die gesamte Hallenhöhe gewährleistet werden kann.

Anforderung: konstantes Raumklima

Neben einer möglichst freien, flexiblen Raumgestaltung stellt sich in Abhängigkeit vom Lagergut auch die Frage nach einer effektiven und energieeffizienten Kühlung. Spätere Umnutzungen, bei denen Kühl- oder sogar Explosionsschutzanforderungen

bestehen, sind bei der Auswahl des Heizsystems ebenfalls in die Überlegungen mit einzubeziehen.

Die wirtschaftlichste Lösung zur Beheizung und/oder Kühlung kann daher nur mit einer ganzheitlichen Betrachtung des Gebäudetyps „Lager-, Logistik-, Industrie- und Werkhallen“ gefunden werden. Hierzu ist es erforderlich, alle Kostenarten und -beträge im Verlaufe des Nutzungszeitraums gegenüberzustellen. Der folgende Systemvergleich ermittelt daher die Vollkosten verschiedener Hallenheizsysteme anhand folgender Wirtschaftlichkeitskriterien:

- Energiekosten
- Investitionskosten
- verbrauchsgebundene Kosten
- Wartungs- und Instandhaltungskosten.

Anhand des folgenden Beispiels einer Flugzeug-Wartungshalle soll der Wirtschaftlichkeitsaspekt von Lösungen zur Beheizung von Gebäuden stärker in den Fokus gerückt werden.

Der Auftraggeber und Investor suchte im dargestellten Fall nicht nur eine gesetzeskonforme Lösung, die den Anforderungen der EnEV und dem EE-WärmeG entspricht, sondern darüber hinaus eine Lösung zur wirtschaftlichen Beheizung des Gebäudes:

Der Autor

Dipl.-Ing (FH) Matthias Hemmersbach,
Leiter Marktsegment Planer Uponor GmbH, Hamburg

Tabelle 1

Auszug aus VDI 2067 – rechnerische Nutzungsdauer sowie Aufwand für Inspektion, Wartung und Instandsetzung sowie Bedienung von Anlagen

Anlagenkomponenten	Nutzungsdauer in Jahren	Aufwand Instandsetzung in %	Aufwand Wartung/Inspektion in %	Aufwand Bedienung in h/a
Warmwasser-Fußbodenheizungen	50	1	0	0
Gasleitungen	40	1	0	0
Gas-Brennwertkessel > 200 kW	20	1	2	20
Luft/Wasser-Wärmepumpe > 200 kW	18	1	1,5	5
Gas-Infrarotstrahler (Dunkelstrahler) wie Gas-Brenner mit Gebläse	16	2	10	0
Umwälzpumpen	10	2	0	0

eine Flugzeug-Wartungshalle mit einer Grundfläche von etwa 3.200 m² und einer durchschnittlichen lichten Höhe von 17 m. Um die Frage zu klären, wie das Gebäude am wirtschaftlichsten zu beheizen ist und ob diese Lösung mit dem EE-WärmeG konform ist, wurde ein Systemvergleich auf Grundlage der Nutzenergiebedarfswerte gemäß DIN V 18599 erstellt.

Für das vorliegende Gebäude wurden folgende drei Beheizungsarten untersucht:

1. Erdgas-Dunkelstrahler
2. Gas-Brennwert-Heizkessel in Verbindung mit einer Industrieflächenheizung
3. Luft/Wasser-Wärmepumpe in Verbindung mit einer Industrieflächenheizung.

Ermittlung der Kosten

Für die drei Varianten der Hallenheizsysteme werden die Gesamtkosten über den betrachteten Nutzungszeitraum anhand der VDI-Richtlinie 2067 ermittelt.

Alle betrachteten Systeme sind hinsichtlich ihrer Heizleistung und der Temperaturverteilung im Raum vergleichbar ausgelegt. Die Dimensionierung aller Heizsysteme und deren Komponenten erfolgte durch ein TGA-Ingenieurbüro anhand der gültigen Anforderungen aus DIN-Normen und Herstellerdaten. Für Ersatzinvestitionen wurde eine jährliche Kostensteigerung von 2 % zugrunde gelegt.

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde eine Nutzungsdauer von 20 Jahren unterstellt. Da die mögliche Nutzungsdauer der Einzelkomponenten teilweise unterhalb des betrachteten Nutzungszeitraums liegt, müssen Einzelkomponenten der Beheizungsvarianten im Laufe des Betriebs instand gesetzt oder ausgetauscht werden.

Die Instandsetzungs- und Austauschkosten gehen jeweils in die Betrachtung der Investitionskosten mit ein. Grundsätzlich wurden Werte für die Nutzungsdauer sowie Instandhaltungskosten der VDI-Richtlinie 2067 entnommen. Für die Bewertung dieser Kostenart wurde einheitlich eine jährliche Teuerung von 3 % angenommen.

Randbedingungen für den Systemvergleich

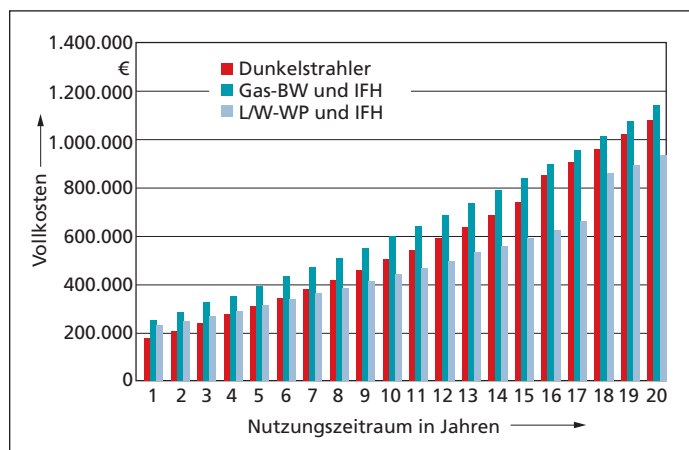
Für das Referenzobjekt wurden mithilfe der Energieberatungssoftware ETU-Hottgenroth jeweils Energieausweise für die verschiedenen Varianten gemäß Energieeinsparverordnung 2009 (EnEV 2009) erstellt. Die Energiebedarfsberechnung erfolgte nach der Bilanzierungsmethode der DIN V 18599. Für die Heizlastberechnung und Auslegung der Heizsysteme wurden die jeweiligen technischen Regelwerke und Planungsrichtlinien herangezogen.

Besonderes Augenmerk gilt darüber hinaus der Einhaltung der Anforderungen des EE-Wärme-Gesetzes, das konkrete Nutzungspflichten für erneuerbare Energien und Ersatzmaßnahmen für die Bereitstellung von Heiz- und Kühlenergie formuliert.

Nachweis der Nutzungspflichten im EE-WärmeG

1) Erdgas-Dunkelstrahler:

Für die Beheizungsart ist gemäß EE-WärmeG keine Anrechnung erneuerbarer Energien möglich. Als Ersatzmaßnahmen kommen nur Energie-Einsparmaßnahmen an der Gebäudehülle in Betracht. Dies erfolgt über die Verbesserung der U-Werte der Hüllflächenbauteile, um die EnEV-Anforderungen um 15 % zu unterschreiten.



Übersicht über die im Systemvergleich betrachteten Kostenarten

Neben den Fassaden- und Dach-Sandwich-Elementen müssen hierzu auch die Fensterbänder-Stegplatten energetisch optimiert werden: Die baulichen Mehrkosten für die Erreichung der EnEV-Unterschreitung der Flugzeug-Wartungshalle beziffern sich auf 84.400 €. Die damit erreichte Primärenergieeinsparung sowie die Investitionskosten gehen in den Systemvergleich ein.

2) Gas-Brennwert-Heizkessel und Industrieflächenheizung:

Aufgrund der fehlenden erneuerbaren Energien erfolgt auch mit dieser Beheizungsart keine Anrechnung im EE-WärmeG. Auch hier muss die Gebäudehülle wie oben beschrieben optimiert werden, um die Nutzungspflichten über die Ersatzmaßnahme zu erfüllen.

Der Vorteil dieser Beheizungsart gegenüber der Gasstrahler-Variante ist, dass prinzipiell Abwärme (z. B. aus der Druckluftzeugung oder aus anderen Produktionsprozessen) genutzt werden könnte. Dies ist in vielen Produktionsstätten möglich, so dass die zusätzlichen erforderlichen Dämmmaßnahmen bei Erreichen eines Abwärme-Deckungsanteils von 50 % am Gesamt-Wärmebedarf entfallen können.

3) Luft/Wasser-Wärmepumpe und Industrieflächenheizung:

Die Luft/Wasser-Wärmepumpe ermöglicht die Nutzung von Umweltwärme und ist damit im EE-WärmeG anrechenbar. Der Jahresenergiebedarf für die Beheizung wird ausschließlich über die Wärmepumpe gedeckt. Damit liegt der regenerative Anteil deutlich über den geforderten 50 %. Die Anforderungen des EE-WärmeG an die Nutzungspflicht sind damit komplett erfüllt. Es sind keine weiteren Optimierungen an der Gebäudehülle erforderlich. Der mit dem EnEV-Standard und der Anlagenkonfiguration erreichte Primärenergiebedarf sowie die Investitionskosten gehen in den Systemvergleich ein.

Ergebnisse des Systemvergleichs

Für die Luft/Wasser-Wärmepumpe und die betonintegrierte Industrieflächenheizung ergibt sich primärenergetisch eine Unterschreitung der EnEV-Mindestanforderung von 31 %, die aufgrund des hohen Regenerativ-Anteils des Wärmeerzeugers erreicht werden (Jahresarbeitszahl 3,0). Die Variante Gas-Brennwert-Anlage mit Industrieflächenheizung erreicht gegenüber der EnEV-Mindestanforderung eine Verbesserung von 16 %, die im Wesentlichen durch die energetische Verbesserung der Gebäudehülle zustande kommt. Für die Variante Gas-Dunkelstrahler wurde ein EnEV-Verbesserungsmaß von 26 % ermittelt.

Tabelle 2

Übersicht der Kostenarten

Variante	Einheit	Gas-BW + IFH + EnEV – 15 % (gem. EE-WärmeG)	Dunkelstrahler + EnEV – 15 % (gem. EE-WärmeG)	Luft/ Wasser-WP + IFH
Energiebilanzdaten				
Nutzenergiebedarf	kWh/m ²	137,5	137,5	149,6
Anlagenverluste	kWh/m ²	32,2	13,4	
Endenergiebedarf (Brennstoffbedarf)	kWh/m ²	169,8	150,9	53,7
Primärenergiebedarf	kWh/m ²	168,8	149,6	139,7
CO ₂ -Ausstoß	kg/m ²	37	32	34
Investitionskosten	€	223.290	145.732	212.254
Gasanschluss	€	5.500	5.500	5.500
Wärmeerzeugung	€	36.236		110.000
Wärmeverteilung + Rohrleitungen	€	13.700	11.600	13.700
Wärmeübergabe	€	83.054	43.832	83.054
Mehrkosten für Dämmung	€	84.800	84.800	
Verbrauchsgebundene Kosten	€/a	31.882	27.262	22.824
Endenergie (Brennstoffbedarf)	kWh/a	546.247	485.445	
Erdgas	m ³	48.329	41.127	
Arbeitstarif	€/m ³	0,652	0,652	
Grundpreis	€/a	182	182	
Endenergie (elektrische Energie)				
Strom	kWh/a	1.062	1.642	172.843
Arbeitstarif	€/kWh	0,131	0,131	0,131
Grundpreis	€/a	50	50	182
Betriebsgebundene Kosten	€/a	792	2.537	1.300
Wartung	€/a	350	1.360	200
Instandsetzung	€/a	362	877	1.100
Inspektion/Schornsteinfeger	€/a	80	300	0

In der Vollkostenbetrachtung (Tabelle 2) wurden darüber hinaus alle weiteren Kostenarten für den Nutzungszeitraum kumuliert. Für die Dunkelstrahler ergeben sich zunächst deutliche Vorteile aufgrund der geringen Investitionskosten. Bereits im sechsten Nutzungsjahr amortisiert sich aufgrund der deutlich geringeren Energiekosten allerdings die Mehrinvestition in die Luft/Wasser-Wärmepumpe.

Die frühen erforderlichen Ersatzinvestitionen lassen die Mehrkosten für Dunkelstrahler im Nutzungszeitraum weiter anwachsen. Für die Variante Gas-Brennwert und Industrieflächenheizung liegen die Vollkosten etwa 5,6 % über denen der Dunkelstrahler. Für Gebäude, in denen eine Abwärmenutzung möglich ist, können die Gesamtkosten im Beispiel um etwa 35 % deutlich reduziert werden.

Fazit

Im beschriebenen Systemvergleich müssen die – mit fossilen Energieträgern – betriebenen Varianten mit Gas-Brennwertkessel sowie mit Gas-Dunkelstrahler jeweils die Mehrkosten für die Verbesserung der Gebäudehülle angerechnet werden, um dem EE-WärmeG gerecht zu werden. Damit ergibt sich für die Industrieflächenheizung in Verbindung mit einer Luft/Wasser-Wärmepumpe die größte Wirtschaftlichkeit. Darüber hinaus ermöglicht die Industrieflächenheizung generell eine Abwärmenutzung. Auch in Verbindung mit Gas-Brennwerttechnik und einer anteiligen Wärmerückgewinnung, z. B. aus der Druckluftherzeugung, ergeben sich deutliche Einsparpotenziale gegenüber einer Beheizung mit Gas wie bei den Gas-Infrarotstrahlern.