



gruen heizt dezentral

Zukunft Hallenheizung



Energieeffiziente Beheizung
von Hallengebäuden

ErP-Richtlinie
Ab 2018



3 Vorwort

4 Wärme und Behaglichkeit in Großräumen:

Thermische Behaglichkeit für den Menschen

5 Hallengebäude:

Wohn- und Nichtwohngebäude

Besonderheiten von Hallengebäuden

6 Wärmetransport durch Konvektion und Strahlung

Raum-/Lufttemperatur

7 Hallenheizsysteme

8 Direkt beheizte Warmluft- und Lüftungssysteme

10 Infrarot-Dunkelstrahler

12 Infrarot-Hellstrahler

14 Gesamt-Analyse Energie-Effizienz von Hallengebäuden (GAEEH-Studie)

16 Regelwerke und Planungstools

EnEV 2014

figawa-hallen-tool 2015

Komponenten-Add-on

Leitfaden zur Planung neuer Hallengebäude

18 ErP-Anforderungen an Warmlufterzeuger, Dunkel- und Hellstrahler

19 TOP-TEN-Kriterien





gruen heizt dezentral



Coillager mit Warmluftsystem



Distributionszentrum mit Hellstrahlern

Im Zuge der Novellierung der Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009 tauchten in der energetischen Bewertung von Hallengebäuden in Verbindung mit dem EEWärmeGesetz diverse Probleme auf, da die Besonderheiten der Bau- und Nutzungsstruktur sowie der HLK-Anlagentechnik in Hallen in den Berechnungen und Bewertungen nach DIN V 18599 nicht in allen Punkten adäquat zum Ausdruck kamen.

Für die figawa war dies Anlass, die Initiative „Gruen heizt dezentral“ ins Leben zu rufen. Mit den Möglichkeiten der Öffentlichkeitsarbeit sollten Bauherren, Hallenbetreiber sowie alle beteiligten Planungsebenen auf die Probleme in den Regelwerken hingewiesen und in diesem Kontext die deutlichen Vorteile dezentraler Heizsysteme im Überblick bewusst gemacht werden.

Auf Veranlassung der figawa wurde ferner in Vorbereitung der EnEV 2014 ein groß angelegtes Forschungsprojekt zur Energieeffizienz von Hallengebäuden unter Beteiligung des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Straßenwesen gestartet. In dieser Studie wurde erstmals für Deutschland der Bestand an Hallengebäuden und das damit verbundene enorme Energieeinsparpotenzial ermittelt.

Die Ergebnisse dieser Studie führten zu einer Überarbeitung der DIN-Norm, die der EnEV 2014 zugrunde liegt und damit zu einer besonderen Berücksichtigung der Hallengebäude mit ihrer speziellen Heizungstechnologie. Die Systemeffizienz dezentraler Heizungstechnik wird in der EnEV 2014 besonders gewürdigt.

Das aktualisierte Factbook soll eine kurze Einführung in die Besonderheit von Hallengebäuden mit ihrer Heizungstechnik, in die Ergebnisse der GAEEH-Studie, in die Regelwerke und Planungshilfen geben.

Wärme und Behaglichkeit in Großräumen

Wie kommt thermische Behaglichkeit für den Menschen zustande?

Der Zweck der Heizungstechnik in Gebäuden ist in der Regel die Erzielung thermischer Behaglichkeit für die sich dort aufhaltenden Menschen. Für eine gute Leistungsfähigkeit und ein angenehmes Wohlbefinden benötigt der Mensch ein Gleichgewicht zwischen aufgenommener, produzierter und abgegebener Wärme. Physikalisch relevante äußere Faktoren zur Bestimmung der thermischen Behaglichkeit sind neben der Lufttemperatur die Luftbewegung, die relative Luftfeuchte sowie die mittlere Strahlungstemperatur der Umgebung.

Daneben wird das Temperaturempfinden durch den Grad der körperlichen Aktivität und die Bekleidung des Menschen beeinflusst. In Gebäuden, die der menschlichen Arbeit dienen, liegt die erforderliche Raumtemperatur typischerweise niedriger als in Wohngebäuden.



Was unterscheidet die Raumtemperatur von der Lufttemperatur?

Die Temperatur der Luft kann mit einem üblichen Thermometer gemessen werden. Das thermische Behaglichkeitsempfinden wird jedoch neben der Lufttemperatur ungefähr in gleicher Gewichtung durch die Strahlungstemperatur der Raumschließungsflächen bestimmt, mit denen sich der Mensch in Strahlungsaustausch befindet (die weiteren Einflussparameter – Luftfeuchtigkeit und Luftgeschwindigkeit – sind in den meisten Gebäuden ohne große Relevanz und werden deshalb hier nicht näher betrachtet). Jeder Mensch kennt die Wirkung des Strahlungsaustauschs mit der Umgebung z.B. positiv durch die Sonneneinstrahlung bei niedriger Lufttemperatur (im Winter bei wolkenlosem Himmel), aber auch negativ durch den Aufenthalt in einem beheizten Raum in Nähe einer schlecht gedämmten Wand oder in Nähe einer großen Fensterfläche im Winter. Die für das Temperaturempfinden ausschlaggebende Raumtemperatur misst man üblicherweise mit einer Globekugel.



Indoorspielplatz mit Warmluftsystem



Messehalle mit Warmluftsystem



Flughafenhalle mit Hellstrahlern

Hallengebäude

Worin unterscheiden sich Hallengebäude von Wohngebäuden?

Hallen können zunächst definiert werden als überwiegend gewerblich genutzte Gebäude oder Teile solcher Gebäude, bestehend aus Großräumen mit Raumhöhen von etwa 4 m und höher. Darunter zählen Fertigungs- und Montagehallen, Werkstätten, Ausstellungs- und Verkaufsräume, Lager- und Logistikhallen, Sporthallen, Kirchen etc.

Verglichen mit Wohngebäuden ist das Verhältnis der wärmeübertragenden Hüllfläche zum Raumvolumen bei Hallengebäuden signifikant kleiner. Darüber hinaus sind bei Hallengebäuden durch das Fehlen von Zwischenwänden und Zwischendecken die Masse und Wärmekapazität des Baukörpers im Verhältnis zu Raumvolumen und Hüllfläche deutlich niedriger. Betrachtet man nur den Baukörper, so haben Hallengebäude eine geringe thermische Zeitkonstante: sie lassen sich schnell aufheizen, kühlen aber nach Abschaltung der Heizungsanlage auch schnell wieder aus. Das reale Zeitverhalten von Hallengebäuden wird jedoch ganz wesentlich durch den Nutzinhalt des Gebäudes bestimmt (Erhöhung der wirksamen Wärmespeicherfähigkeit z.B. durch Maschinen, Einrichtungen, Lagergut).

Die Nutzung von Hallengebäuden wird durch die darin verrichteten Arbeitszeiten bzw. die Aufenthaltszeiten von Personen bestimmt. In der Regel (z.B. in einem einschichtigen Fertigungsbetrieb oder in einer Turnhalle) überwiegt die Nichtnutzungszeit deutlich die Nutzungszeit des Gebäudes.

Welche besonderen Fragen treten bei der Beheizung von Hallengebäuden auf?

Es kommt bei der Planung und Errichtung einer Hallenheizungsanlage nicht nur darauf an, eine bestimmte Wärmeleistung zu installieren, sondern diese auch im Aufenthaltsbereich der Menschen und zum richtigen Zeitpunkt wirksam werden zu lassen. Dabei sind die folgenden Parameter des Gebäudes und der Nutzung zu berücksichtigen:



Warmluft- und Lüftungssystem als Deckenmontage

a Welchen Einfluss hat die Hallenhöhe auf die Raumtemperatur?

Mit zunehmender Hallenhöhe ist der Wahl des richtigen Beheizungssystems eine noch größere Bedeutung beizumessen. Aufsteigende Wärme, bedingt durch den thermischen Auftrieb, kann heutzutage durch geeignete Strahlungs- und Warmluftsysteme vermieden werden. So wird kein unerwünschtes Wärmepolster im Deckenbereich entstehen.

b Welche Rolle spielt der Luftwechsel in Hallengebäuden?

Lange offenstehende Tore (z.B. bei Verladeprozessen) oder produktionsbedingte Luftwechsel zur Abfuhr von Schweißgasen oder anderen Dämpfen können zu hohen Lüftungswärmeverlusten in Hallen führen, die mit steigender Lufttemperatur steigen und die Transmissionsverluste des Gebäudes deutlich überschreiten können. Das Heizungssystem muss schnell auf Wärmesenken wie aber auch auf das Auftreten innerer Wärmequellen reagieren und einen Ausgleich schaffen.

c Welche Bedeutung hat die räumliche Auslastung des Hallengebäudes?

Zeitweise werden in Hallengebäuden nur Teilbereiche (z.B. Teilflächen oder einzelne Arbeitsplätze) genutzt oder es sind für verschiedene Nutzungen mehrere unterschiedliche Temperaturzonen erforderlich. Mit zentralen Heizungssystemen sind solche räumlichen Teilnutzungen kaum wirtschaftlich zu beheizen.

d Welche Rolle hat die zeitweise Nutzung (Beschäftigungsschwankungen/Schichtbetrieb)?

Wenn das Gebäude z.B. nur 40 von 168 Wochenstunden genutzt wird spielen Aufheiz- und Abkühlvorgänge in der Jahresenergiebilanz eine ganz wesentliche Rolle. Dezentrale Heizsysteme mit ihrer sehr geringen thermischen Trägheit spielen hier ihren großen Vorteil gegenüber zentralen Heizsystemen in Hallen aus: sie bringen die Wärmeleistung punktgenau dann und dorthin, wo sie wirklich gebraucht wird. Wärmeträgersysteme wie Wasser oder Dampf entfallen bei der dezentralen Heizung, es entstehen keine Stillstands- und Verteilungsverluste. Lange Aufheizzeiten sind ein gravierender Faktor der Energieverschwendung in Hallengebäuden, diese werden durch dezentrale Systeme auch weitestgehend vermieden. Dezentrale Heizsysteme bieten, im Gegensatz zu den zentralen Systemen, die Möglichkeit einer Komplettabschaltung der Anlage außerhalb der Nutzungszeit bei gleichzeitigem Temperaturabsenk- bzw. Frostschutzbetrieb. Eine permanente Bereitstellung von Fernwärme, Warmwasser oder Dampf mit dem daraus resultierenden Energieverbrauch ist nicht erforderlich.

Wärmetransport in Hallengebäuden

In Hallengebäuden ist wegen des großen Volumens ein effektiver Wärmetransport nur durch erzwungene Luft-Konvektion oder Infrarotstrahlung möglich. Die in Wohngebäuden übliche Heizkörperheizung (natürliche Konvektion) wäre in Hallen nahezu wirkungslos und würde durch die thermische Trägheit wesentlich mehr Ressourcen benötigen.

Bei der Konvektionsheizung wird die Hallenluft (und / oder Außenluft) durch geeignete Ventilatoren angesaugt, über ein Brennkammer-Wärmetauschersystem erwärmt und mit einer Zuluft-Verteilung dem Raum gleichmäßig zugeführt. Die bereits im Raum evtl. vorhandene aufsteigende Abwärme von Betriebsprozessen, Maschinen, Personen, Beleuchtung sowie Sonneneinstrahlung kann in den Heizprozess aufgenommen und durch Re-Zirkulation in den Arbeitsbereich zurückgeführt werden.

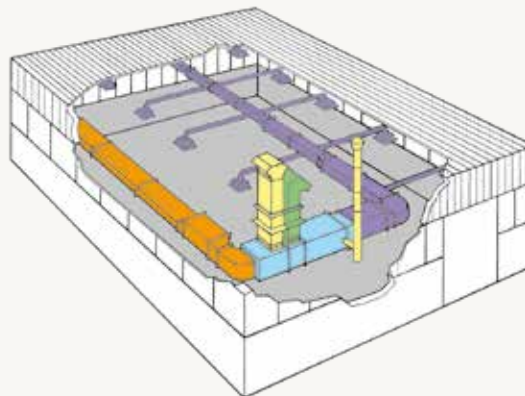
Durch die flächige und gleichmäßige Verteilung der Wärme im gesamten Raum werden Kaltzonen vermieden. Das Behaglichkeitsgefühl der im Raum befindlichen Personen wird positiv beeinflusst.

Bei der Wärmestrahlung findet die Übertragung der Wärme von einem Körper zu einem anderen ohne Wärmeträger statt. Während bei Konvektion und Wärmeleitung also die Wärmeenergie in Form von Molekularbewegungen vom Ort höherer Temperatur zu dem niedriger fließt, erfolgt bei der Wärmestrahlung der Energietransport in Form elektromagnetischer Wellen (Infrarot-Strahlung), d.h. ohne Wärmeträgermedium. Die von einer Fläche ausgestrahlte Wärmeenergie ist stark überproportional der Temperaturdifferenz, d.h. z.B. bei einer Erhöhung der Temperatur der Wärmequelle auf das Doppelte erhöht sich die abgegebene Strahlungswärme auf etwa das 16-fache. Wärmestrahlung durchdringt Luft nahezu verlustfrei und temperiert beim Auftreffen die Wände, Maschinen, Lagergut, Fußboden, welche daraufhin diese Wärme wieder an die Umgebung abgeben. Natürlich erfährt auch der Mensch, der sich im Strahlungsaustausch mit der Wärmequelle befindet eine direkte Erwärmung. Die aufgenommene Strahlungswärme wird in der Regel als sehr angenehm empfunden. Beispiele: Strahlungswärme des Feuers im Freien, Wärme der Sonnenstrahlung auf der Erde oder direkt auf der Haut, Strahlungsheizung.

Beide Wärmeübertragungsmechanismen – Zwangskonvektion wie Infrarotstrahlung – wirken in Großräumen unmittelbar. Die dadurch resultierenden geringeren Nutzungszeiten (Brennerlaufzeiten) tragen erheblich dazu bei die (Energie-) Ressourcen zu schonen.

Zwangskonvektion

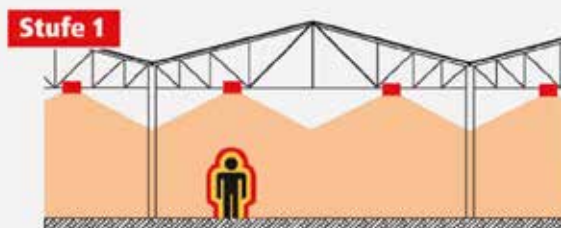
Warmluft-Lüftungssystem



Das Warmluft-Lüftungssystem nutzt optimal aufsteigende Wärme, das bedeutet kein Wärmestau wie bei konventioneller Hallenheizung.

Infrarot-Wärmestrahlung

Hell- und Dunkelstrahler



Sie durchdringt Luft fast verlustfrei und temperiert erst beim Auftreffen auf die Wände, Boden oder Körper. Diese strahlen in der Folge wiederum selbst Wärme ab.

Hallen- heizsysteme



Hellstrahler in Montagehalle

Worin unterscheiden sich zentrale und dezentrale Heizsysteme in Hallen?

Zentrale Systeme (meist mit Pumpen-Warmwasser-Betrieb) benötigen i.d.R. einen Heizraum/Übergabestation, in dem Primärenergie (Gas, Öl oder evtl. Fernwärme) in warmes Wasser umgewandelt wird. Mittels Verteilungssystem (z.B. durch Rohrleitungen) wird die Wärmeenergie dann zum eigentlichen Nutzraum transportiert.

Dezentrale Systeme sind dagegen dadurch charakterisiert, dass die Primärenergie (Gas, Öl) vom Heizgerät direkt im Nutzraum in Wärme umgewandelt wird – ein zusätzlich erforderlicher Wärmetransport sowie eine Wärmespeicherung entfällt.



Papierlager mit Warmluftsystem

Zentrale Systeme ermöglichen prinzipiell den Einsatz verschiedener Wärmeerzeuger-Technologien und unterschiedlicher Brennstoffe (fossile und biogene) bei Verbrennungsaggregaten. Durch die räumliche Trennung von zentralem Wärmeerzeuger und dem Ort der Wärmeübergabe entstehen jedoch zwangsweise Wärmeverluste durch den Transport sowie ein erhöhter Bedarf von elektrischer Antriebsenergie. Hinzu kommt eine gewisse Trägheit des Heizsystems mit längeren Aufheiz- und Abkühlvorgängen. Auf typische schnelle Lastwechsel in Hallengebäuden z.B. durch Toröffnungen, Materialtransport, innere Wärmequellen etc. können zentrale Heizsysteme nur ungenügend reagieren. Flächenhafte Anordnungen der Wärmeübertragung können ferner zu einer Einschränkung der Hallennutzung führen. Bei einer Fußbodenheizung lassen sich z.B. Verankerungen für Maschinen und Regalsysteme nur begrenzt einbringen, eine spätere Umnutzung der Halle oder hohe Punktlasten durch Transportfahrzeuge können problematisch werden.

Zentrale und dezentrale Heizsysteme unterscheiden sich zudem fundamental in ihrer Masse und Wärmekapazität und damit in ihrer Speicherwirkung. Verglichen mit einem Wärmeübergabesystem mit Deckenstrahlplatten oder gar einer Fußbodenheizung ist die beteiligte Masse der dezentralen Systeme minimal. Diese Systeme können praktisch als trägheitslos angesehen werden: die geforderte Wärmeleistung steht wenige Sekunden nach Signaleintritt zur Verfügung. Dezentrale Systeme können sich damit dynamischen Wechseln des Heizbetriebes wesentlich besser anpassen.

Dezentrale Systeme mit ihren vielfältigen Adaptionmöglichkeiten erlauben eine individuelle Anpassung des Heizsystems an die spezifischen Raum- und Nutzungsbedingungen sowie die heiztechnischen Anforderungen und reduzieren so deutlich den Energieverbrauch. Bei Nutzungsänderungen des Hallengebäudes räumlicher oder zeitlicher Art bieten dezentrale Systeme größte Flexibilität. Dezentrale Heizsysteme werden im Wesentlichen mit Gas oder Öl betrieben und lassen sich in 4 Produktkategorien einteilen.



Werfthalle mit Dunkelstrahlern

Direkt beheizte Warmluft- und Lüftungssysteme

Direkt beheizte Warmluft- und Lüftungssysteme

Warmluft-Heizsysteme stellen aufgrund ihrer universellen Einsetzbarkeit den größten Anteil der Wärmeversorgungsanlagen in Hallengebäuden dar. Grundmerkmal der Wärmeübergabe im Nutzraum ist, dass die Wärmeenergie in Form eines Warmluftstroms mittels Axial- oder Radialgebläse eingebracht und gleichmäßig verteilt wird. Der Nutzraum wird durch den Warmluftstrom durchspült. Direktbeheizte Warmluftherzeuger (WLE) (Wärmeerzeuger und Wärmeübergabesystem dezentral im Nutzraum) werden betrieben mit atmosphärischen Gasbrennern oder Gebläsebrennern im Wesentlichen auf Basis von Gas oder Öl. Mittlere und große Hallengebäude können durch den Einsatz von Anlagen mit entsprechender

größerer Leistung ($> 600 \text{ kW}$) mit einem einzigen Gerät und Luftverteilsystem flächendeckend sinnvoll beheizt werden. Auch ist die Einbringung von temperierter und gefilterter Frischluft/Mischluft problemlos möglich.

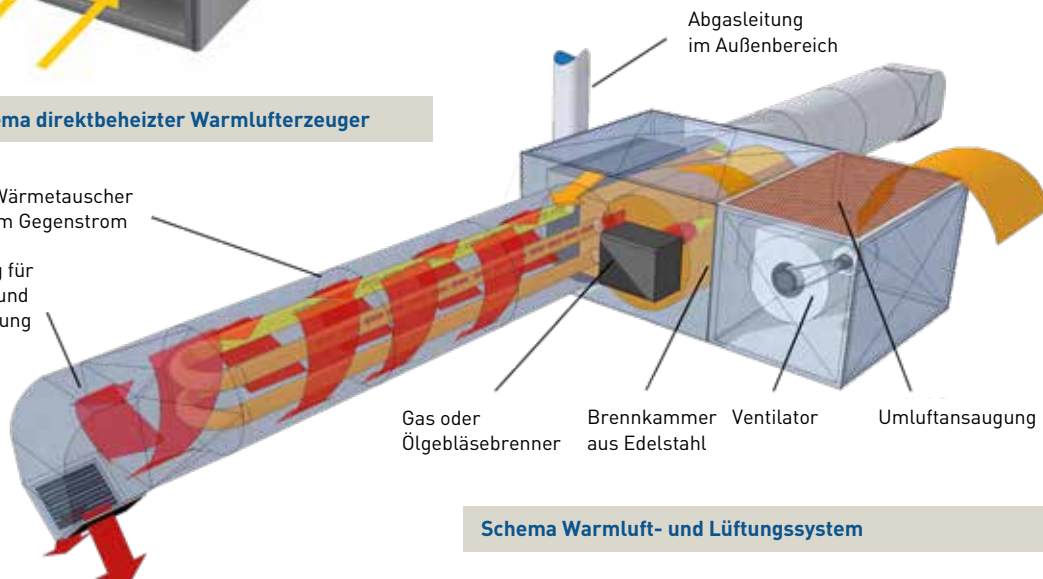
Brennwertnutzung und Wärmerückführung

Moderne Brennwert-Warmluftherzeuger mit modulierenden Brennern nutzen zusätzlich die Kondensationswärme des Brennerabgases und erreichen dabei feuerungstechnische Wirkungsgrade von bis zu 105 % (bezogen auf H_i). Zur Nutzung des Wärmepolsters unter der Hallendecke können zusätzliche Deckenventilatoren eingesetzt werden, die Regelung erfolgt über eine geeignete Temperaturdifferenz. Bei direkt beheizten Warmluft- und Lüftungssystemen kann durch Zuführung temperierter und gefilterter Frischluft (konditionierte Luftergänzung) der Lufthaushalt im Ausgleich gehalten werden.



Funktionsschema direktbeheizter Warmluftherzeuger

Wärmetauscher im Gegenstrom
Luftverteilung für zugfreie Luft und Wärmeverteilung



Schema Warmluft- und Lüftungssystem



Mehr Informationen im WLE-Folder unter:
http://www.euro-air.com/images/brochures/WLE_Studie_2014_figawa_240615_web.pdf

Offsetdruckerei
mit Warmluft- und
Lüftungssystem



Warmlufterzeuger
in Deckenmontage

Warmluft-Lüftungssystem



Lagerzelt mit Warmlufterzeuger



Warmlufterzeuger für Torschleier

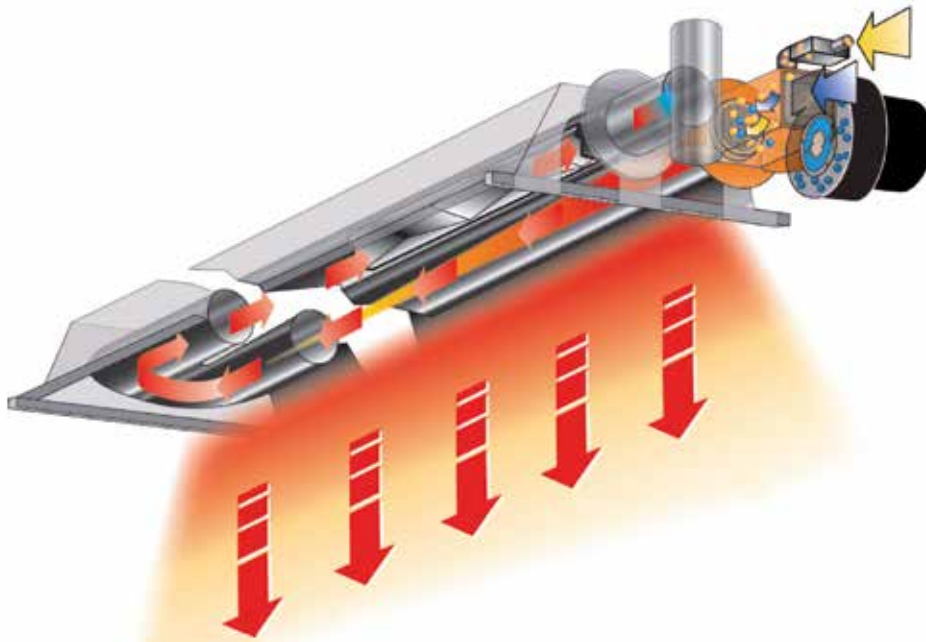
Infrarot-Dunkelstrahler

Dunkelstrahler – herkömmlich auch »Strahlrohre« genannt – beheizen den Aufenthaltsraum vornehmlich durch Infrarotstrahlung. Spezielle Brenner mit Gebläse – in der Regel mit Gas, in wenigen Fällen auch mit Öl betrieben – erzeugen innerhalb eines Stahlrohres (typische Rohrdurchmesser sind 80 bis 100 mm, bei anderen Bauarten auch bis zu 400 mm) eine lang gestreckte Flamme bzw. einen Abgasstrom, der die Rohroberfläche auf Temperaturen von 200 bis ca. 600 °C erhitzt.

Die heiße Rohroberfläche emittiert Infrarot-Wärmestrahlung. Durch Reflektorkonstruktionen – teilweise mit Wärmedämmung – oberhalb und seitlich der Strahlrohre wird die Wärmestrahlung gerichtet zum Aufenthaltsbereich gelenkt. Die Verbrennungsgase werden mittels eines

Abgassystems nach außen abgeführt. Dunkelstrahler sind dezentrale Wärmeerzeuger und Wärmeübergabesysteme in einer Baueinheit. Das Einsatzfeld von Dunkelstrahlern beginnt daher erst mit Installationshöhen von ca. 3 m, bei hohen Geräteleistungen sind Höhen von mind. 8 m erforderlich.

Mehr Effizienz: Die Lösung lautet: Innovative Wärmerückgewinnungssysteme durch Nutzung der im Abgas enthaltenen Wärme (Brennwerttechnik) und Wärmerückführung von z.B. Prozesswärme oder Beleuchtungswärme. Die rückgewonnene Wärme/Energie kann zur Beheizung der Frischluft und zur Beheizung und/oder Warmwasserbereitung genutzt werden.



Dunkelstrahler Wirkprinzip

Mehr Informationen zur Infrarot-Heizung unter: www.elvhis.com



Dunkelstrahler: Durch spezielle Mischeinrichtungen werden Flammenlängen bis zu 6 m im Strahlrohr erzeugt, um eine gleichmäßige Wärmeverteilung zu erzielen.



Lagerhalle mit Dunkelstrahlern



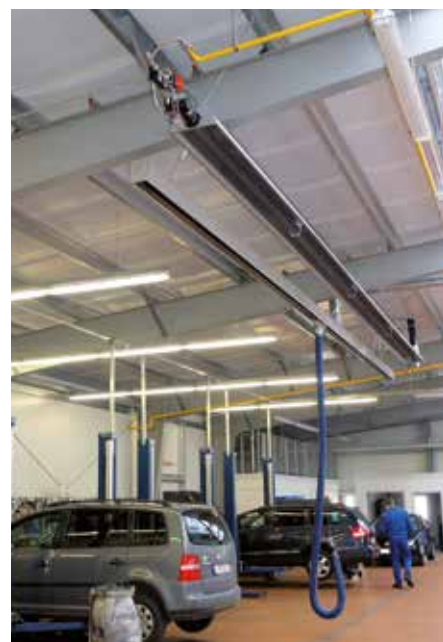
Metallbearbeitungshalle mit Dunkelstrahlern



Werkhalle mit Dunkelstrahlern



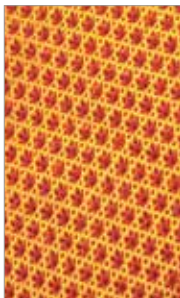
Distributionszentrum mit Dunkelstrahlern



Kfz-Halle mit Dunkelstrahlern

Infrarot-Hellstrahler

Hellstrahler – auch Infrarotstrahler genannt – emittieren Wärmestrahlung im für das menschliche Auge nicht sichtbaren Wellenlängenbereich – daher die Namensgebung. Klassische Hellstrahler arbeiten mit Brenngasen, die in einem speziellen Injektorbrenner vollständig mit der erforderlichen Verbrennungsluft vorgemischt werden, sog. premix-System. Das homogenisierte Gas/Luft-Gemisch tritt durch eine perforierte Keramikfläche, in deren Oberfläche der Verbrennungsprozess stattfindet. Die keramische Brennfläche kommt im Betrieb bei Oberflächentemperaturen von 850 bis 950 °C zum Glühen und ist damit gleichzeitig Strahlfläche.



Glühende Keramikplatte eines Hellstrahlers:

Bei Oberflächentemperaturen von ca. 850 – 950 °C findet die Gasverbrennung direkt in der Keramikplatte statt, ein Großteil der freiwerdenden Verbrennungswärme wird in Infrarotstrahlung umgesetzt, die Bildung von thermischem NO_x wird unterdrückt.

Die keramische Strahlfläche ist von teilweise aufwändigen Reflektorkonstruktionen umgeben, die die Infrarotstrahlung richten und zum Aufstellungsraum lenken. Moderne Hellstrahler-Bauformen, sog. Kombistrahler, nutzen die von Abgas überströmten Reflektorflächen als zusätzliche

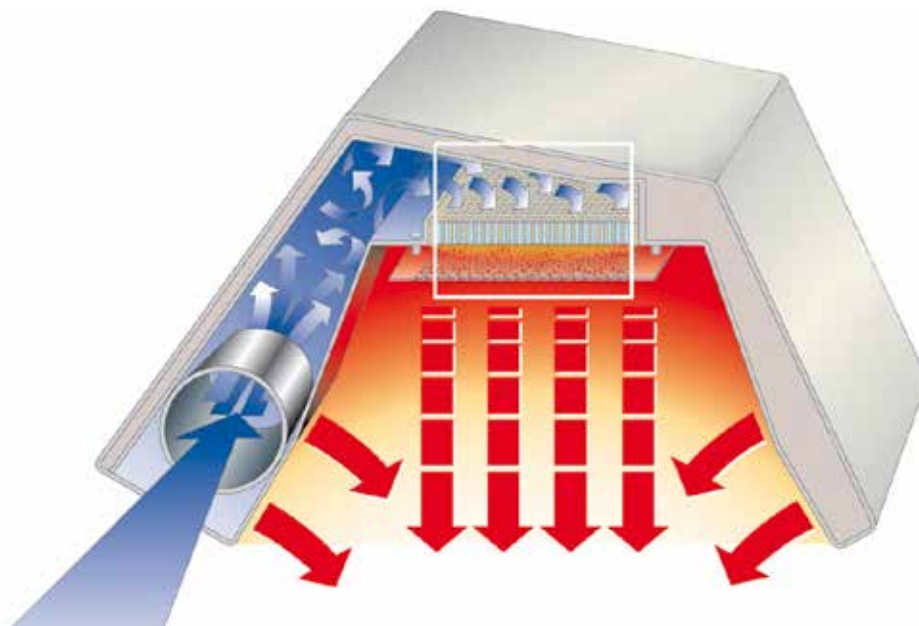
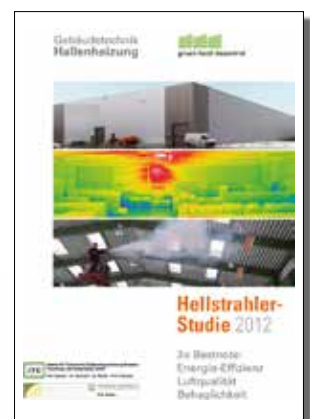
Dunkel-Strahlflächen. Hellstrahler werden unter der Decke, im Bereich der Dachkonstruktion oder an den oberen Seitenwänden installiert. Ähnlich wie bei Dunkelstrahlern müssen bei Hellstrahlern Mindestaufhängehöhen von mindestens ca. 3,5 m bis hin zu 9 m zur Vermeidung von lokal zu hohen Strahlungsintensitäten gegeben sein.

In mittleren und großen Hallengebäuden sind bei hoher Heizlast zur flächendeckenden Beheizung des Gebäudes stets mehrere Einzelgeräte zu installieren.

Hybrid-Systeme mit Brennwertnutzung für Hell- und Dunkelstrahler

Von verschiedenen Herstellern werden auch sog. Hybridsysteme angeboten, die den Abgasen die noch enthaltenen Restmengen an Energie mittels Wärmetauscher entziehen und diese einer Nutzung in anderen Heizsystemen zuführen: z.B. zur Beheizung von angrenzenden Büroräumen, zur Brauchwassererwärmung oder zur Erwärmung der Außenluft.

Mehr Informationen zu Hellstrahlern unter:
www.strahler-studien.de



Hellstrahler Wirkprinzip



Bahnwartungshalle mit Hellstrahlern



Hellstrahler in Autowerkstatt



Werkhalle mit Hellstrahlern



Hellstrahler in Deckenmontage



Produktionshalle mit Hellstrahlern

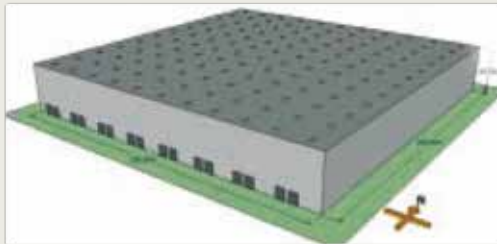
Gesamt-Analyse Energie-Effizienz von Hallengebäuden (GAEEH-Studie)



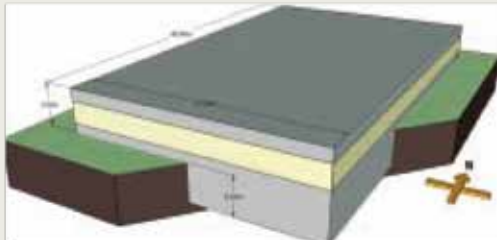
Werkstatt



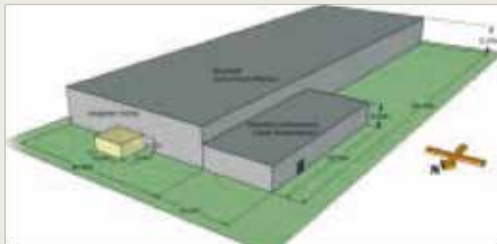
Fertigungshalle



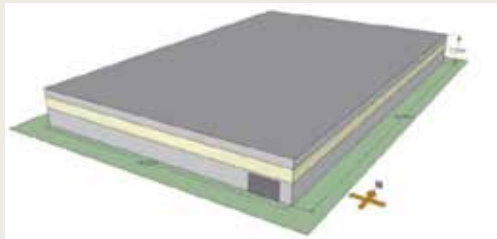
Logistikhalle



Sporthalle



Baumarkt



Lebensmittelmarkt

In der Studie vom Institut für Technische Gebäudeaus-rüstung Dresden (ITG) und der Universität Kassel wurden für Deutschland erstmals Hallengebäude umfassend wissenschaftlich hinsichtlich des Bestands und ihrer Gesamtenergieeffizienz untersucht. Das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung förderte die Studie im Rahmen der Forschungsinitiative „Zukunft Bau“.

Im Forschungsprojekt sollten u.a. typische marktrelevante, zentrale und dezentrale Heizsysteme in Hallen hinsichtlich ihrer Gesamteffizienz betrachtet werden, um eine sichere Basis für ihre energetische Bewertung im Rahmen der Normenreihe DIN V 18599 und der EnEV 2014 schaffen.

Die Forschungsarbeit lieferte auch erstmals belastbare statistische Daten über den Gesamtbestand von Hallengebäuden in Deutschland und ihren Gesamtenergieverbrauch für Raumwärme. Dieser hat mit einem erheblichen Anteil von 15% am Gesamtenergieverbrauch für Raumwärme aller Wohn- und Nichtwohngebäude und bietet damit ein hohes Potenzial zur Einsparung von Energie und zur Reduktion von CO₂.

FORSCHUNGSINITIATIVE
Zukunft BAU

In der Studie wurden zunächst systematisch alle empirischen und statistischen Daten über Hallengebäude, ihre Gebäudestruktur, Nutzungsprofile und Energieverbräuche zusammengetragen und ausgewertet. Es wurden sechs charakteristische Gebäudearten (Werkstatt, Fertigungsbetrieb, Logistikhalle, Sporthalle, Baumarkt und Lebensmittelmarkt) mit typischen Nutzungsprofilen identifiziert und in Simulationsrechnungen auf ihr thermisches Verhalten untersucht.

Simulationsrechnungen mit verschiedenen Heizsystemen:

Die Simulation erfolgte mit einem vereinfachten Zonenmodell. Zentrales Rechenergebnis ist der Jahresheizenergieverbrauch des Gebäudes mit den verschiedenen Heizsystemen.

Folgende Heizsysteme wurden in den Simulationsrechnungen untersucht:

Zentrale Systeme: Warmwasser-Deckenstrahlplatten mit Parametervariation, Fußbodenheizung mit Parametervariation, Indirekte Luftheizung

Dezentrale Systeme: Direkt befeuerte Warmluft-erzeuger, Hellstrahler

Ergebnisse der Simulationsrechnungen

Die in nachfolgender Tabelle zusammengefassten Ergebnisse stellen für charakteristische Randbedingungen und Anlagenparameter typische Endenergie-

bedarfe der Wärmeübergabe im Gebäude dar. Für die zentralen Systeme müssen noch die Verluste der Erzeugung und Verteilung, für dezentrale Warmluft-erzeuger die Verluste der Erzeugung hinzugerechnet werden, für die Variante Hellstrahler sind die Zahlen identisch mit dem End-Energiebedarf des Systems.

Wesentliche Ergebnisse des Systemvergleichs von dezentraler und zentraler Heiztechnik:

Bei größerer Raumhöhe zeigen dezentrale Heizsysteme (Hellstrahler/ähnlich Dunkelstrahler und Warmluft-erzeuger mit zusätzlichen Deckenventilatoren) deutlich ihre Überlegenheit im Energiebedarf.

Bei niedrigen Hallen (z.B. 7 m) und sehr gutem baulichen Wärmeschutz/hohere Dichtheit werden die Ergebnisdifferenzen im Endenergiebedarf der verschiedenen Heizsysteme geringer.

Bei den dezentralen Strahlungssystemen bestätigt sich die sehr schnelle Reaktionszeit, die Absenkung

der Lufttemperatur gegenüber der geforderten Raumtemperatur und der Einfluss des Strahlungsfaktors der Geräte auf die Gesamteffizienz.

Für die Fußbodenheizung zeigt sich generell die starke Abhängigkeit des Ergebnisses vom Vorhandensein/ Nichtvorhandensein der Bodendämmung. Darüber hinaus zeigten die Berechnungen die systembedingte Trägheit drastisch auf: Bei zeitlich eingeschränkter Nutzung macht sich ein reduzierter Heizbetrieb praktisch nicht energiesparend bemerkbar.

Bei der Berechnung des Energieverbrauchs mit Deckenstrahlplatten zeigen sich in den Berechnungen die Charakteristika dieses Heizsystems in Hallen: Aufgrund der flächenhaften Anordnung der Deckenstrahlplatten unter der Hallendecke und der ungerichteten Strahlung auf relativ niedrigem Temperaturniveau werden obere Wandbereiche des Gebäudes mit angestrahlt, zusätzliche Konvektionsströme und Transmissionsverluste im oberen Hallengereich sind die Folge.

Endenergiebedarf pro Jahr und m² (KWh/m²a) Quelle: Tabelle 10 GAEEH-Studien-Kommentar

1. Modellgebäude - Hohe Halle: 16m Deckenhöhe				
Heizsystem	Fußboden ungedämmt	Bewertung	Fußboden ideal gedämmt	Bewertung
Dezentral: Hellstrahler	128,01	★★★★★	117,86	★★★★★
Luftheizung mit zus. Deckenventilatoren	135,32	★★★★	125,46	★★★★
Zentral: Deckenstrahlplatten	144,16	★★	129,62	★★
Fußbodenheizung	158,13	★	130,25	★

2. Modellgebäude - Niedrige Halle: 7m Deckenhöhe				
Heizsystem	Fußboden ungedämmt	Bewertung	Fußboden ideal gedämmt	Bewertung
Dezentral: Hellstrahler	82,61	★★★★	78,70	★★★★
Luftheizung mit zus. Deckenventilatoren	82,08	★★★★★	78,63	★★★★★
Zentral: Deckenstrahlplatten	88,96	★★	83,05	★★
Fußbodenheizung	103,33	★	90,61	★

Bewertung: ★★★★★ = höchste Effizienz/Endenergiebedarf

Regelwerke und Planungstools

DIN V 18599-5 EnEV 2014

Klarheit und Planungssicherheit

Durch die Energieeinsparverordnung werden konkrete Anforderungen an die energetische Qualität von Gebäuden formuliert, welche im Geltungsbereich 2 der EnEV errichtet, erweitert oder modernisiert werden.

Hinsichtlich der Anforderungen im Einzelfall unterscheidet die EnEV nach verschiedenen Kriterien, wie Anwendungsfall – Art der Maßnahme bzw. Grund der Nachweisführung:

- Beleg der energetischen Qualität bei Verkauf/Vermietung,
- Nachweis der Einhaltung energetischer Anforderungen bei Neubau, Modernisierung/Umbau, Erweiterung,

Gebäudeart:

- Wohngebäude,
- Nichtwohngebäude. Hallengebäude fallen in aller Regel unter die Kategorie Nichtwohngebäude der EnEV. **Ausnahmen vom Geltungsbereich**, welche auch Hallen sein können, formuliert § 1 EnEV

Nichtwohngebäude wurden bis zur neuen EnEV 2014 undifferenziert betrachtet. Kindergärten und Krankenhäuser wurden genauso behandelt wie Produktionshallen und Flugzeughangars. Die Ergebnisse der GAEEH-Studie haben dazu geführt, dass die Norm neu gefasst wurde (DIN V 18599-5), indem die Unterschiede berücksichtigt und damit die unrealistische Bewertung beendet wurden. Diese Änderung hat zu dem Ergebnis geführt, dass dezentrale Heiztechnik auf Grund ihrer Systemeffizienz in Hallengebäuden mit Deckenhöhe > 4 m von den verschärfenden Auflagen der neuen EnEV ab dem 1.1.2016 befreit ist.

Die EnEV 2014 sieht nämlich gegenüber der alten Regelung zwei drastische Verschärfungen für Hallengebäude vor, die einen erheblichen Mehraufwand bedeuten können:

- Nichtwohngebäude mit Innentemperaturen $\geq 19 \text{ °C}$ müssen ab dem 1.1.2016 um 20 % besser isoliert werden (siehe Anlage 2, Tabelle 2 der EnEV 2014).
- Der zulässige Primärenergiebedarf aller Nichtwohngebäude wird ab dem 1.1.2016 pauschal um 25 % reduziert (siehe Anlage 2, Tabelle 1 der EnEV 2014).

Wird dezentrale anstelle zentraler Heiztechnik eingesetzt, können diese beiden Verschärfungen entfallen. Das bedeutet: Gegenüber der EnEV 2014 bleibt für diese Systeme alles beim Alten.

Die Befreiung durch Systemeffizienz trägt der Tatsache Rechnung, dass dezentrale Lösungen sowohl ökologisch wie ökonomisch besser dastehen: Sie sind effizienter, sparsamer, emissionsärmer, und das bei günstigeren Investitions- und Betriebskosten. Die Vorgaben der EnEV und des EEWärmeG werden mit dezentraler Heiztechnik klar erfüllt, meistens sogar übererfüllt. Der Neubau von Hallengebäuden profitiert so von der Einsparung des Mehraufwands. Es entsteht Spielraum für andere Ausgaben oder erspart dem Auftraggeber bares Geld. Zudem kann der energetische Vorteil genutzt werden, um an anderer Stelle flexibel zu planen.

SOFTWARE FÜR DIE HALLENPLANUNG

Das figawa hallen-tool 2015 bietet zwei komfortable Anwendungen: die Berechnung und Auswahl eines Hallenheizsystems und die Erstellung des Energieausweises ausschließlich für Hallengebäude.



Der energetische Systemvergleich von dezentraler (Warmluftzeuger, Hell- und Dunkelstrahler) und zentraler Heiztechnik mit dem Referenzgebäude wird durch das figawa-hallen-tool ermöglicht. Durch die Fokussierung auf Hallengebäude mit den darin auftretenden Besonderheiten erlaubt das Programm eine besonders schnelle Berechnung mit korrekten und nachvollziehbaren Ergebnissen. Seit der Einführung 2010 hat es sich durch seine Benutzerfreundlichkeit bei Architekten, Ingenieuren und Planern bestens im Markt bewährt und wurde aktuell weiterentwickelt und mit neuen Funktionen ausgestattet. Die Version 2015 berücksichtigt die Vorgaben der in 2011 neu gefassten Normreihe DIN V 18599-5 sowie das EEWärmeG und die Energieeinsparverordnung EnEV 2014/2016.

Die Version 2015 basiert auf einem Excel-Tool und stellt damit keine besonderen Anforderungen an Hardware oder Betriebssysteme. Die Menüführung ist einfach und weitgehend selbsterklärend und orientiert sich strikt an der Arbeitsweise der Heizungsingenieure und Fachplaner. Neu ist der gesteigerte Convenience-Grad des Tools für den Anwender; insbesondere durch die ausführlichen Hilfetexte im jeweiligen Berechnungsblatt.

KOMPONENTEN- ADD-ON

Die ideale Ergänzung zur Berechnung der Heizlast nach DIN EN 12831

Das neu entwickelte Add-on auf Basis der empfohlenen Heizlastnorm DIN EN 12831 ermöglicht die Auslegung der einzelnen Heizungskomponenten (Kessel, Heizflächen, Fußbodenheizung, Strahler, Rohrnetz etc.), indem die Daten des Hallen-Tools direkt übernommen werden.

Die Heizlastberechnung nach DIN V 18599 liefert überschlägige Werte. Diese können im Ergebnis erheblich von der Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 abweichen. So weicht z.B. in München (Norm-Außentemperatur = -16 °C) die Heizlast bei einer Raumtemperatur von 19 °C um 13 % ab. Transmissionswärmeverluste an das Erdreich (bei großen Hallen wesentlich!) werden nach DIN EN 12831 um bis zu 60 % (und mehr) niedriger berechnet!

Zwischen der DIN EN 12831 und DIN V 18599 bestehen die wesentlichen Unterschiede in der Berechnung bei Transmissionswärmeverlusten durch Bodenplatten, Lüftungswärmeverlusten (kein extra Fenster-Luftwechsel) und durch eine Höhenkorrektur für Hallen mit Raumhöhen über 5 m.

Darüber hinaus enthält das Komponenten-Add-on als weiteres Leistungsmerkmal die Berechnung von U-Werten, von ebenen Wänden, mit Luftschichten, Berechnung der erforderlichen Isolierdicke bei vorgegebenem U-Wert und vor allem die Berechnung der Schwere des Bauteils und damit die Schwere des Gebäudes. Damit entfällt die möglicherweise fehlerhafte Einstufung nach DIN V 18599 in leichte, mittelschwere oder schwere Bauart.

Die Prüfung des figawa-Hallen-Tools und des figawa-Komponenten-Tools auf Normkonformität, Rechengenauigkeit und Nutzerfreundlichkeit erfolgte durch das Institut für Technische Gebäudeausrüstung (ITG Dresden, Prof. Dr. Bert Oschatz).

Beide Rechentools sind in der Vollversion für 4 Wochen zum Test als Download erhältlich unter: <https://figawa.org/verband/berechnungssoftware-fur-hallenheizungen>



Erster Leitfaden zur Planung neuer Hallengebäude nach EnEV 2014 und EEWärmeG 2011

Mit Förderung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit wurde das Institut für technische Gebäudeausrüstung, ITG- Dresden mit dem Studienprojekt zur Entwicklung eines Leitfadens für die Planung von neuen Hallengebäuden beauftragt. Nach mehrjähriger Forschungsarbeit steht dieser umfassende Leitfaden jetzt Architekten, Fachplanern und Ingenieuren als einzigartiges Arbeitsmittel zur Verfügung.

Der Leitfaden erläutert die grundlegenden Zusammenhänge zwischen EnEV 2014 (mit den Anforderungsstufen 2014 und 2016) und EEWärmeG 2011 für die Planung und Baupraxis von Hallengebäuden. Aus beiden Instrumenten ergeben sich zahlreiche Wechselwirkungen bei der Erfüllung der Pflichten wie auch bei der Nachweisführung. Die nachhaltige und wirtschaftliche Planung erfordert einen integralen Prozess mit Blick auf die Wechselbeziehung von Gebäude, Nutzung und Anlagentechnik unter Berücksichtigung von Energieeffizienz und Nutzung erneuerbarer Energien in allen Abschnitten – eine anspruchsvolle Herausforderung. Dabei werden – so weit wie möglich – systematisch die Besonderheiten dieser heterogenen Gebäudekategorie in Bauweise, Nutzung und Anlagentechnik berücksichtigt. Für modellhafte Hallengebäude werden wirtschaftliche und praxisgerechte Musterlösungen und Erfüllungsvarianten von Gebäude und Anlagentechnik dargestellt.

Der Leitfaden soll auch dazu beitragen, das große Potential der Energieeinsparung und Emissionsminderung von Hallengebäuden in Deutschland zu erschließen.

Kostenlos als Download unter: www.figawa.org/verband/leitfaden-zur-planung-neuer-hallengebäude

Ab 2018: ErP stellt hohe Effizienz-Anforderungen an dezentrale Hallenheizungssysteme

ErP steht für Energy-related Products und bezeichnet die Ökodesign-Richtlinie der EU. Ziel ist, durch EU-weit einheitliche Rechtsvorschriften Energie und andere Ressourcen bei Herstellung, Betrieb und Entsorgung von energieverbrauchsrelevanten Produkten einzusparen. Die ErP-Richtlinie legt in Verordnungen für bestimmte Produktgruppen („Lots“) die verbindlichen, produktgruppenspezifischen Mindestanforderungen in puncto Energieeffizienz sowie den zeitlichen Rahmen fest.

Ab 01.01.2018 gilt die ErP-Richtlinie auch für Infrarot-Strahler (Dunkel- oder Hellstrahler) und für Warmluft-erzeuger. Es dürfen nur noch Systeme in den Europäischen Markt gebracht werden, welche die laut ErP geforderte „Saisonale-Mindest-Effizienz“ erfüllen.

Dieser Wert wird mit einem von der europäischen Kommission verbindlichen Mess- und Berechnungsverfahren ermittelt und gilt gleichermaßen für alle Hersteller und Lieferanten, die Heizgeräte in der EU in den Verkehr bringen wollen. Diese Wirkungsgrade, also die „Saisonale Energieeffizienz“* müssen einheitlich gekennzeichnet und öffentlich zugänglich gemacht werden. Das Labeling für Dezentrale Heizsysteme entfällt, da diese nicht in Verbraucherkreisen zum Einsatz kommen.

Die ErP-Richtlinie ermöglicht erstmals eine objektive Vergleichbarkeit aller Heizgeräte in Bezug auf Leistung und Energieeffizienz. Planer, Handwerk und Kunden profitieren sofort von der neuen Transparenz. Zudem wird auf Herstellerseite die Optimierung und Innovation der Systeme angeregt.

*Mit der „Saisonalen Energieeffizienz“ berücksichtigt die Kommission, wie schon bei Heizkesseln, richtigerweise das tatsächliche Heizverhalten über ein komplettes Jahr. Wann laufen die Geräte mal dauerhaft in Volllast? Wann haben wir mal die minimalen Auslegungstemperaturen nach Heizlastberechnung? Kaum, wie jeder weiß, Heizgeräte arbeiten im Schnitt 85 % im Teillastbetrieb, also in den Übergangszeiten, und nur etwa 15% im Volllastbetrieb. Stufenlos modulierend regelbare Heizgeräte mit Verbrennungsluftanpassung in der Teillast gewinnen auch deshalb völlig zurecht stärker an Bedeutung und beeinflussen die saisonale Energieeffizienz überaus positiv.

Das sind die ErP-Anforderungen an Warmluft-erzeuger:

Effizienzanforderungen (Gas und Öl), Umsetzung in zwei Stufen:

1. **Ab 01. Januar 2018: Mindest-Effizienz 72 %**
Ab 01. Januar 2020: Mindest-Effizienz 78 %
2. Grenzwerte für Stickoxid-Emissionen:
Ab 26. September 2018 maximal 100 mg/kWh (180 mg/kWh Öl)
Ab 01. Januar 2021 maximal 70 mg/kWh (150 mg/kWh Öl)

Was fordert die ErP-Richtlinie für Dunkel- und Hellstrahler?

Effizienzanforderungen, Umsetzung in einer Stufe

1. **Dunkelstrahler**
Ab 01. Januar 2018: Mindest-Effizienz 74 %
2. Grenzwerte für Stickoxid-Emissionen:
Ab 01. Januar 2018 maximal 200 mg/kWh.
3. **Hellstrahler**
Ab 01. Januar 2018: Mindest-Effizienz 85 %
4. Grenzwerte für Stickoxid-Emissionen:
Ab 01. Januar 2018 maximal 200 mg/kWh.

Für 2019 steht eine Überprüfung der Eco Design Anforderungen für Hell- und Dunkelstrahler durch die EU Kommission an. Durch Analyse der veröffentlichten Effizienzen und Grenzwerte soll die am Markt vorhandene Gerätetechnik festgestellt und in einem nächsten zeitlichen Schritt über eine eventuelle Erhöhung der Anforderungen entschieden werden.

Hallenheizung:

Entscheiden zum richtigen Zeitpunkt / Integrierte Planung

1. Große Raumhöhen

Deckenhöhen von 4 - 30 Metern

2. Wärmespeicherkapazität von Gebäudehülle und Einrichtung

Je nach Eigenschaft der Gebäudehülle sowie der Masse und Beschaffenheit der Einrichtung (Maschinen, Werkstoffe, Lagergut) variiert der Bedarf an zu erzeugender Wärme.

3. Verschiedene Temperaturzonen / Teilbeheizung

(wechselnde) zu beheizende Arbeitsbereiche oder Nutzungstypen (Baumarkt, Blumencenter, Logistikzentrum, Kommissionierung, Lager, etc.).

4. Hohe Luftwechselraten

häufige oder längere Toröffnungszeiten (z.B. Kommissionierungsbereich in Lager- und Logistikzentren oder Belüftung bei Produktionsprozessen (Produktions- oder Montagehalle, etc.)

5. Einschichtbetrieb / zeitweise Nutzung

Wird das Hallengebäude nicht durchgehend 24 h /365 Tage in Wechselschicht genutzt, muss das Heizsystem schnell und flexibel auf die Bedarfszeiten reagieren.

6. Niedrige Investitionskosten

zeichnen dezentrale Hallenheizsysteme besonders gegenüber zentralen Systemen aus.

7. Niedriger Primärenergieverbrauch, reduzierter CO₂-Ausstoß

Dezentrale Hallenheizsysteme erzeugen nur dort und dann Wärme, wenn sie gebraucht wird. Durch ihre effiziente Wärmeübergabe werden beste Werte erreicht.

8. Niedrige Betriebskosten

Auch bei den Betriebskosten schneiden dezentrale Hallenheizsysteme gegenüber zentralen Systemen durch räumlich und zeitlich punktgenauen Betrieb sehr gut ab.

9. Schnelle Amortisation

der Anlagentechnik aufgrund niedriger Investitions- und Betriebskosten

10. Langfristige Nutzungsflexibilität

Veränderungen und Umnutzungen des Hallengebäudes werden durch flexible dezentrale Heizsysteme erleichtert. Keine Einschränkungen von Belastungen des Fußbodens, schnelle Anpassungen an neue Erfordernisse wie Änderung der Installation oder Nutzung erneuerbarer Energien.

Die Entscheidung über die Auswahl eines Hallenheizsystems fällt in der Regel in einer sehr frühen Phase der Realisierung eines Bauprojekts – für den Energieausweis bereits bei der Abgabe des Bauantrags! Architekten, Bauingenieure, TGA-Planer und Bauherren sollten deshalb schon in den ersten Planungsphasen die Wechselwirkung von baulicher Beschaffenheit, beabsichtigter Nutzung, Investitions- und Betriebskosten sowie einer langfristigen Nutzungsperspektive des Hallengebäudes analysieren. Trifft mindestens eines der folgenden wichtigen Kriterien auf das geplante Objekt zu, ist unter gesamtwirtschaftlichen und langfristigen Aspekten der Einsatz eines dezentralen Hallenheizsystems bevorzugt zu berücksichtigen.

Für welche Nutzungszwecke sind dezentrale Heizsysteme sinnvoll?

- » In der Eisen- u. Stahlindustrie wie z. B. Maschinenbau
- » In allen Bereichen der Fertigung und Produktion (Herstellung und Verarbeitung von Werkstoffen aller Art), Apparatebau
- » In der Automobil- und Zulieferindustrie (Fertigung, Montage, Reparatur, Waschhallen)
- » In Werften (Schiffsbau und Reparatur)
- » In Gewerbehallen (Werkstätten, Servicebetriebe, Verkaufsräume, Supermärkten, Shopping-Center)
- » In Verkehrsbetrieben (Fertigung, Montage und Reparatur von Bussen und Schienenfahrzeugen), Feuerwehr, Fahrzeugdepots
- » In Flugzeughangars und Reparaturhallen
- » In Sport- und Freizeiteinrichtungen (Sport- und Eissporthallen, Tribünen, Indoor und Stadien)
- » In Versammlungsräumen aller Art (Kirchen, Museen, Ausbildungsstätten)
- » In der Hotellerie und Gastronomie
- » In der Landwirtschaft (Tieraufzucht, Ställe, Gartenbau, Gewächshäuser, Agrarindustrie)
- » In Lagerhallen und Logistikzentren

Weitere Informationen

- aktuelle Studienergebnisse
- Herstellerverzeichnis
- Downloads
- Bildarchiv
- figawa-hallen modul

unter www.figawa.org/gas/unsere-themen



Initiative: gruen heizt dezentral

Bildnachweis: figawa Bildarchiv, Bilder Hallengebäude: Goldbeck GmbH, Bielefeld

Dritte aktualisierte Auflage 2018

figawa – Bundesvereinigung der Firmen im Gas- und Wasserfach e.V. – Technisch-wissenschaftliche Vereinigung
Marienburger Straße 15 · 50968 Köln · Fon + 49 (0) 221 / 37668-32 · Fax + 49 (0) 221 / 37668-61
E-Mail: info@figawa.de

Unter dem Dach der figawa mit den Fachbereichen Gas, Wasser und Rohrleitungen sind die Herstellerfirmen dezentraler Hallenheizsysteme organisiert. Infrarot Strahlungsheizungen, Europäischer Leitverband der Hersteller von Gas-Infrarot-Hellstrahlern e.V. (ELVHIS), European Association of Air Heater Manufactures (EURO-AIR)

