

# Moderne und energiesparende Strahlungsheizung für die restaurierten Münchner Museumshallen

*Modern, energy-saving radiant heating system for restored Munich museum rooms*

In die modern restaurierte ehemalige Messehalle in München wurde im Jahre 2002 eine neue Heizungsanlage mit Hellstrahlern der Schwank GmbH eingebaut. Die Halle wird vom deutschen Museum genutzt. Es entstand das „deutsche Verkehrsmuseum“. Nach ausführlichen Untersuchungen der Fachhochschule München sowie Besichtigungen und Untersuchungen der Bauabteilung des deutschen Museums unter Einbeziehung eines Fachplaners war man sicher, dass nur eine Strahlungsheizung mit vollisolierten Hellstrahlern den Anspruch in puncto technischer Möglichkeiten, optimalem Komfort und geringem Energieverbrauch erfüllen kann. Die ersten zwei Heizperioden zeigen, dass die hohen Ansprüche erfüllt werden. Grundlage der Ausführung war das neue Regelwerk G 638-1 des DVGW für Hellstrahler, was endgültig nun im November 2003 im Weißdruck erschienen ist.

A new heating system featuring visible-range radiant emitters supplied by Schwank GmbH was installed in 2002 in the modern, restored, former exhibition hall in Munich. This hall is utilized by the "Deutsches Museum". The German Museum of Transport has been created here. After detailed studies by the Technical University of Munich, inspections and investigations by the Buildings department of the Deutsches Museum, with inclusion of a specialist planner, there was certainty that just one radiant heating system with fully insulated radiant heaters would be able to meet requirements in terms of technical potentials, optimum comfort and low energy consumption. The first two heating periods demonstrate that these demand requirements are, indeed, fulfilled. The basis for execution was provided by the new DVGW Code G 638, Part 1, for visible-range radiant emitters, which was ultimately published as a finalized edition in November, 2003.

Dr.-Ing. Uwe Flohren  
Schwank GmbH, Köln



Tel. 0221/71 76 0  
E-Mail:  
u.flohren@schwank.de

## Einsatz von Hellstrahlern

Das Ergebnis dieser Untersuchungen: Für die teilweise über 20 Meter hohen Gebäude kam im Hinblick auf die künftige Nutzung als Ausstellungshallen nur eine Strahlungsheizung in Frage. Der in der zweiten Stufe angestellte Vergleich zwischen den beiden Varianten einer Gas-Infrarot-Strahlungsheizung – Hellstrahler oder Dunkelstrahler – führte nach vielen Gesprächen und Objektbesichtigungen schließlich zu der Entscheidung, in den Museumshallen vollisolierte, energiesparende Hellstrahler zu installieren. Die Halle III, die als erste neue Museumshalle im Mai 2003 anlässlich des 100-jährigen Geburtstages des Deutschen Museums eröffnet werden konnte, wurde mit 32 Hellstrahlern vom Typ „supraSchwank“ ausgestattet. Zum Einsatz kamen dort zwei Geräte vom Typ: „supraSchwank 20“ und 30 Geräte vom Typ: „supraSchwank 40“ (Bild 1) mit einer Gesamt-Nennwärmebelastung von 954,8 kW. Ausschlaggebend für die Wahl der Heizgeräte war insbesondere der hohe Wirkungsgrad der Schwank-Strahler. Die vollisolierten Hellstrahler haben einen Strahlungswirkungsgrad von 76,3% bis 80,9%\*

## Einleitung

Im Jahre 1907 entstand die über 3000 m<sup>2</sup> große Messehalle III auf dem Münchner Messegelände an der Theresienwiese – eine der bis dato größten freitragenden Eisenbetonbauten in Europa – ein Musterbeispiel für moderne Bautechnik. Nach wie vor nimmt das imposante Bauwerk in der Architekturgeschichte der bayerischen Landeshauptstadt einen besonderen Platz ein. Künftig dient die Halle zusammen mit zwei weiteren Gebäuden als Dependance des Deutschen Museums und beherbergt das Verkehrsmuseum. Im Zuge der aufwändigen Sanierung des denkmalgeschützten Bauwerkes stellte sich auch die Frage nach einer ebenso wirkungsvollen wie wirtschaftlichen Beheizung des großen Gebäudes. Nach zahlreichen Untersuchungen entschied sich die Museumsleitung für die Installation von Gas-Infrarot-Hellstrahlern der Schwank GmbH. 90 Jahre Nutzung für Messezwecke waren an den bauhistorisch bedeutsamen Hallen natürlich nicht spurlos vorübergegangen. Untersuchungen der Bausubstanz ergaben die Notwendigkeit einer grundlegenden statischen Sanierung. Im Laufe der Bauarbeiten stellte sich zudem heraus, dass die Schäden weitaus größer waren, als die erste Begutachtung vermuten ließ. So summierte sich der Sanierungsaufwand, der nicht nur statischen Erfordernissen,

sondern auch Denkmalschutzaspekten gerecht werden musste, insgesamt auf rund 86 Millionen Mark. Finanziert wird diese Investition je zur Hälfte vom Freistaat Bayern und von der Landeshauptstadt München. Bei Großprojekten dieser Dimension spielt natürlich nicht nur der Umbau- und Sanierungsaufwand eine wichtige Rolle, sondern auch die Kosten für den laufenden Betrieb des Gebäudes. Ein nicht unwesentlicher Faktor für das Thema Wirtschaftlichkeit: die Heizkosten. Speziell dieser Aspekt wurde im Zusammenhang mit der Sanierung der Münchner Ausstellungshallen im Rahmen einer Diplomarbeit untersucht, die Anfang 1998 von der Fachhochschule München, den Münchner Stadtwerken und dem Deutschen Museum in Auftrag gegeben worden war.

Bild 1:  
Hellstrahler  
supraSchwank  
Fig. 1:  
Luminous heater  
supraSchwank



\*gemessen durch DVGW Prüflaboratorium nach DIN EN 419-2

Der Gesamt-Anlagenwirkungsgrad der in der Museumshalle installierten Heizungsanlage liegt sogar bei mehr als 95 %. Werte, die für größtmögliche Energieeinsparung sorgen. Weitere Vorzüge der Beheizung mit Schwankstrahler sind die gleichmäßige Wärmeverteilung durch die flächendeckende Auslegung der Heizanlage und der nahezu geräuschlose Betrieb der Geräte, der dafür sorgt, dass die ruhige Atmosphäre der Ausstellung nicht gestört wird. Die Steuerung der Heizungsanlage sieht eine Aufteilung der Halle in mehrere Regelzonen vor. Auf diese Weise ist es möglich, die Heizleistung unterschiedlichen klimatischen Bedingungen in der 3000 m<sup>2</sup> großen Halle optimal und feinfühlig anzupassen.

Die Regelung des Systems erfolgt über eine zentrale Gebäudeleittechnik, die auch für die Steuerung der gesamten Licht- und Klimatechnik zuständig ist.

Für das Münchner Technikmuseum – das größte der Welt – spielte bei der Realisierung dieses Projektes nicht nur die Frage einer möglichst wirtschaftlichen und wirkungsvollen Beheizung der Hallen eine Rolle, sondern auch der Aspekt, den Technik interessierten Besuchern eine moderne Heizungsanlage präsentieren zu können.

Eine Hallenheizung, die Wärme nicht nur spürbar, sondern auch sichtbar macht. Die neue Schwank-Heizung wurde im Sommer 2002 eingebaut und vorläufig in Betrieb genommen. Bereits in den ersten Wintermonaten, während der Einrichtung der Museumshalle, musste sich die neue Heizungsanlage bewähren. Oft standen die Tore auf, Ausstellungsstücke wurden eingebracht. Nach der offiziellen Eröffnung im Mai 2003 nahm dann auch die Heizung unter den normalen täglichen Bedingungen des Museumsbetriebes ihre Arbeit auf, vollautomatisch über die Gebäudeleittechnik (Bild 2).

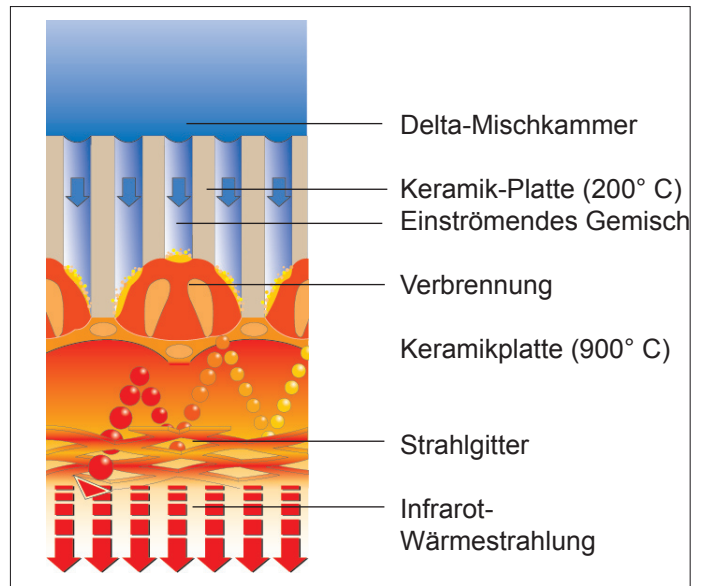


**Bild 2:** Hallenheizung der Münchner Museumshallen

**Fig. 2:** The hall heating system installed in the Munich museum rooms

**Bild 3:** Schnittdarstellung Gas-Injektorbrenner

**Fig. 3:** Sectional view of the gasinjector-brenner



Große Produktions-, Lager- und Ausstellungshallen möglichst wirtschaftlich zu beheizen ist eine Aufgabe, die mit konventionellen Systemen kaum zufriedenstellend gelöst werden kann. Wesentlich effektiver arbeiten in diesem Bereich Strahlungsheizungen, die vorzugsweise mit Erd- oder Flüssiggas betrieben werden. Ausschlaggebend für die besondere Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen ist nicht nur die effiziente Umsetzung des Brennstoffes in Wärme: Infrarotstrahler wärmen nach dem Prinzip der Sonne: Erst wenn die Wärmestrahlung auf einen Körper trifft, wird die Strahlungsenergie in fühlbare Wärme umgewandelt. Die vom Menschen empfundene Temperatur setzt sich im Wesentlichen aus der Lufttemperatur und der Strahlungstemperatur zusammen. Um mit einer Infrarot-Strahlungsheizung eine gewünschte Behaglichkeit zu erzielen, muss die Lufttemperatur somit um den Anteil der Strahlungstemperatur verringert werden:

$$t_e = t_l + t_s$$

$t_e$  Empfindungstemperatur oder Behaglichkeitstemperatur

$t_l$  Lufttemperatur

$t_s$  Strahlungstemperatur

Durch die sich im Mittel einstellende niedrigere Lufttemperatur von 3 K bis 5 K verringern sich die Transmissions- und Lüftungsverluste, in gleichem Maße somit der Energieverbrauch. Bei direktbefeuerten mit Gas betriebenen Strahlungsheizungen wird zwischen Hellstrahlern und Dunkelstrahlern unterschieden. Im deutschen Museum kommen wie beschrieben vollisolierte energiesparende Hellstrahler zum Einsatz.

### Die Hellstrahler-Technik

Hellstrahler sind mit einem atmosphärischen Gas-Injektorbrenner ausgerüstet. In den keramischen Brennerplatten wird das nahstöchiometrische Gas/Luft-Gemisch verbrannt, was die Brennerplatte an ihrer Oberseite auf ca. 900° C erwärmt und zum sichtbar roten Glühen bringt (Bild 3). Mittels Reflektoren wird dann die erzeugte Wärmestrahlung in den zu beheizenden Bereich gelenkt. Die hohe Temperatur sorgt für eine sehr effektive und intensive Strahlungswirkung, die hier für eine komfortable und wirtschaftliche Heizung erforderlich ist.

### Der Hellstrahler „supraSchwank“

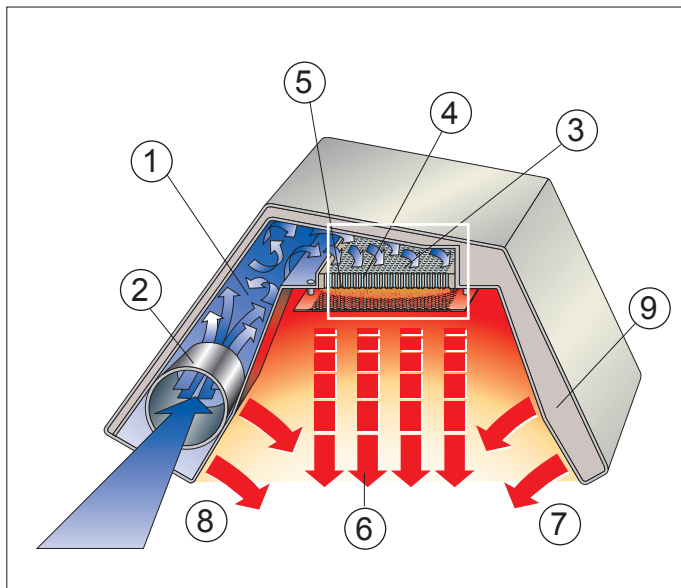
Je ausgewogener beim Hellstrahler das Gas-Luft-Gemisch ist, das den Keramikplatten zugeführt wird, um so effizienter ist die Wärmestrahlung (Bild 4). Dafür sorgt beim supraSchwank die patentierte Delta-Mischkammer (1): Ein Mischrohr (2) nimmt das exakt dosierte Brenngas auf und verwirbelt es mit der Verbrennungsluft zu einem zündwilligen Gas-Luft-Gemisch, das in der Mischkammer (Brennkammer) gleichmäßig verteilt und vorgewärmt wird.

## DVGW – Arbeitsblatt G 638-1

Im Wesentlichen regelt das DVGW – Arbeitsblatt G 638-1 – die Planung, Erstellung, Instandhaltung und den Betrieb von Raum- und Freiflächenheizungen mit Heizstrahlern nach DIN EN 419-1, also Hellstrahlern. Weiterhin sind selbstverständlich die bauaufsichtlichen Vorschriften, die Bestimmungen der UVV, der Berufsgenossenschaft, des VDE sowie das DVGW – Arbeitsblattes G 600 zu beachten. Aktuell liegt nun für Heizungsanlagen mit Heizstrahlern ohne Gebläse (Hellstrahlern) das neue DVGW – Arbeitsblatt G 638-1, Ausgabe November 2003, vor. Da dieses neue Regelwerk schon bei der Erstellung der Heizungsanlage im deutschen Museum als Entwurf vorlag, wurde diese moderne Anlage natürlich schon mit den darin enthaltenen neuen Erkenntnissen geplant und ausgeführt. Das DVGW – Technische Komitee „Gasinstallation“ – überarbeitete dieses Arbeitsblatt unter Mitwirkung des FIGAWA-Arbeitskreises „Hellstrahler“, von Arbeitsschutz, Gewerbeaufsicht, Bauaufsicht, dem Zentralverband des Sanitär- und Heizungshandwerks sowie dem Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks.

Die Überarbeitung des Arbeitsblattes wurde notwendig, um u. a. die Erkenntnisse der Bundesanstalt für Arbeitsschutz zur physiologischen Bewertung von Hellstrahlern aufzunehmen. Ein weiterer entscheidender Grund war die Vorlage der europäischen Norm DIN EN 13410 „Heizungsanlagen mit Gas – Infrarotstrahlern – Be- und Entlüftung von gewerblich und industriell genutzten Gebäuden“. Alle CEN-Mitglieder sind daran gehalten, dass dieser europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Die neue G 638-1 entspricht nun dem aktuellen Stand der Technik und wird den Anforderungen moderner Heizungsanlagen mit Hellstrahlern gerecht. Durch die Einarbeitung der o. a. Erkenntnisse werden die Möglichkeiten der Planung und Ausführung wesentlich dynamischer. Neben einer Vielzahl von kleineren Anpassungen werden folgende wesentliche Änderungen deutlich:



**Bild 4:**  
Schnittdarstellung supraSchwank 40  
**Fig. 4:**  
Sectional view of the supraSchwank 40

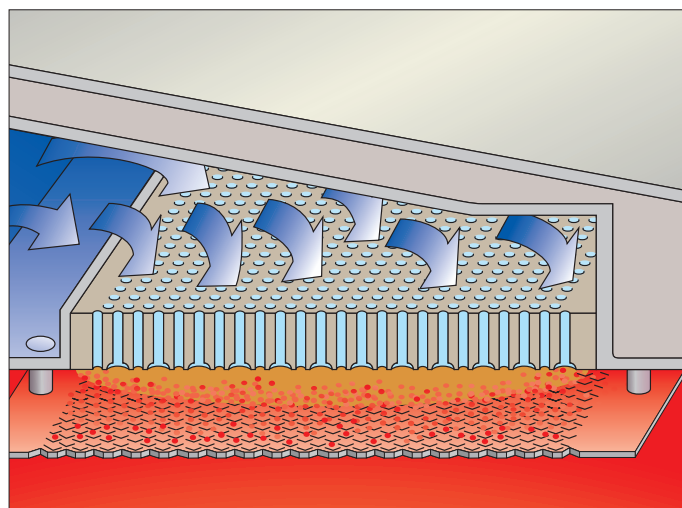
Durch den gewonnenen Auftrieb werden die Keramikplatten (3) selbst bei niedrigen Gas-Anschlussdrücken an jedem Punkt gleichmäßig mit Verbrennungsenergie versorgt. Das Brenngas strömt von der Brennkammer aus in tausende kleine Bohrungen (4) der keramischen Brennerplatte, dem Herzstück eines jeden Hellstrahlers (Bild 5). In der Oberfläche der Keramikplatte verbrennt das Gemisch und erzeugt dabei jeweils ein kleines Flämmchen (5). Diese Flämmchen brennen, wie schon gesagt, kurz unter der Oberfläche der Keramikplatten. Somit geben sie ihre Energie direkt und unmittelbar an die keramische Brennerplatte ab, die so an ihrer Oberfläche auf ca. 900° C erhitzt wird. Die dabei entstehende Verbrennungswärme sorgt dafür, dass eine angenehme Strahlungswärme (6) freigesetzt wird. Die spezielle Oberflächenstruktur und Rezeptur der Keramikplatte optimiert zusätzlich die Strahlungsausbeute. Durch den schnellen Wärmeübergang in der Keramikplatte läuft der Verbrennungsvorgang zudem „gekühlt“ ab. Das bedeutet: Die kontrollierte Verbrennung von umweltfreundlichem Erdgas erfolgt extrem schadstoffarm. Die NO<sub>x</sub>-Werte liegen unter 10 ppm. Die spezielle Konstruktion der Hellstrahler sorgt außerdem dafür, dass auch die Abwärme gezielt in Wärmestrahlung umgesetzt wird. Verantwortlich dafür sind die Reflektoren (7), die im Betriebszustand des Strahlers bis auf 500° C erwärmt werden und mit ihrer Wärmestrahlung den Wirkungsgrad des Strahlers noch einmal erhöhen. Diese Kombination aus direkter Strahlung der keramischen Brennerplatte (6) und zusätzlicher Strahlung durch die warmen Reflektoren (8) nennt man Kombi-strahlung, eine Kombination also aus Hell-und Dunkelstrahlung.

Besonders wirtschaftlich macht den Hellstrahler die 100 % Vollisolierung des Gehäuses und des Reflektors. Die Isolierung sorgt für den besonders hohen Strahlungswirkungsgrad und verringert den

Gasverbrauch gegenüber unisolierten Hellstrahlern erheblich. Die aufwändige Isolierung (9) besteht aus einer speziellen Aluminiumsilikafaser, ist temperaturbeständig und hat einen extrem hohen Wärmeleitwiderstand. Diese verhindert die Abstrahlung von Abwärme in Richtung Decke, die „eingefangene“ Wärme wird vielmehr in den zu beheizenden Bereich abgestrahlt. Zusätzlich ist der supraSchwank vor der Oberfläche der Keramikplatte mit einem Strahlgitter ausgestattet. Dieses wird sowohl durch die Abwärme als auch durch die Strahlungswärme erhitzt und reflektiert diese Wärme wiederum auf die Keramikplatte. Auf diese Weise entsteht ein Pingpong-Effekt, der zur beiderseitigen Erhitzung führt und den Leistungsgrad des Heizsystems noch einmal erheblich steigert. Nur so ist es möglich, dass der Hellstrahler einen, gemessen durch DVGW - Prüflaboratorium nach DIN EN 419-2, hohen Strahlungswirkungsgrad aufweisen kann.

Für ein Höchstmaß an Sicherheit sorgt bei allen Schwank-Strahlern eine Mikroprozessorgesteuerte Ionisations-Flammenüberwachung. Unkontrollierter Betrieb ist somit ausgeschlossen.

**Bild 5:**  
Detailansicht Keramische Brennerplatte  
**Fig. 5:**  
Detail view of ceramic heating plate



Durch die Erkenntnisse der Bundesanstalt für Arbeitsschutz ist die maximal erlaubte Strahlungsasymmetrie neu zu bewerten. Aus dem früher starren Grenzwert von maximal 200 W/m<sup>2</sup> Strahlungsasymmetrie ist eine Kurve entstanden, die diesen maximalen Grenzwert nun in Abhängigkeit der Lufttemperatur sieht. Diese Erkenntnis ist eigentlich jedem aus dem täglichen Leben bekannt: bei niedrigen Lufttemperaturen empfindet der Mensch eine große Sonneneinstrahlung als angenehm (siehe im Winter im Schnee bei klarem Himmel und Sonnenschein). Im Sommer bei hohen Lufttemperaturen kann dieser Anteil an Sonnenstrahlung schon als unangenehm hoch empfunden werden. Genau diese Abhängigkeit beschreibt das neue Regelwerk als Grenzwerte: die Mindestaufhängehöhen von Hellstrahlern bei unterschiedlichen Lufttemperaturen wurden neu festgelegt.

Lag beispielsweise bei der alten G 638-1 der untere Grenzwert der Aufhängehöhe eines Strahlers starr bei 4 Metern, kann heute z. B. ein Strahler mit einer Nennwärmebelastung von 3 kW bei einer Lufttemperatur von 0 °C und Schräginstallation von 45° auf einer Höhe von 2,2 Metern installiert werden. Beträgt die Lufttemperatur in diesem Falle z. B. 15°C, steigt die Mindestaufhängehöhe auf 2,7 Meter. Dieses lässt den Fachplanern viel mehr Möglichkeiten bei den Auslegungen. Durch die theoretisch ermittelten und praktisch nachgewiesenen Erkenntnisse, die in

die DIN EN 13410 aufgenommen wurden, ergeben sich nach der neuen G 638-1 wieder mehrere Möglichkeiten der sicheren Abgasabführung bei Hellstrahlern:

- die Abführung der Abgas-/Luftmischung durch thermische Entlüftung
- der Abgas-/Luftmischung durch mechanische Entlüftung
- Abführung der Abgas-/Luftmischung durch den natürlichen Luftwechsel.

Ziel aller Untersuchungen, Berechnungen und Messungen war immer die sichere Abführung der Abgas-/Luftmischung aus dem Raum. Beeinträchtigungen, Belästigungen und Kondensationserscheinungen bei Heizungen mit Hellstrahlern sind immer auszuschließen.

Wählt der Fachplaner die Abführung durch thermische Entlüftung, enthält das Arbeitsblatt eine einfache Berechnungsmethode zur Bestimmung des freien Querschnittes der Entlüftungsöffnung. Die Abluftführung ist ausreichend, wenn je kW in Betrieb befindlicher Wärmebelastung 10 m<sup>3</sup>/h Abluft aus dem Aufstellungsraum abgeführt werden. Durch die Reduktion des Abluftvolumens von 30 m<sup>3</sup>/h aus der vorhergehenden G 638-1 auf das nun erforderliche und mit genügend Sicherheiten belegte Maß wurde endlich wieder der Schritt in die richtige Richtung gemacht. Unsere europäischen Nachbarn arbeiten schon lange mit großem Erfolg ohne irgend ei-

nen Zwischenfall mit dem niedrigen Wert. Diese ausreichenden 10 m<sup>3</sup>/h Abluft sind natürlich auch gültig, wenn sich der Fachplaner für die mechanische Entlüftung mittels Wand- oder Dachventilatoren entscheidet.

Hellstrahler dürfen ohne eine besondere Einrichtung für die Abführung der Abgas-/Luftmischung betrieben werden, wenn die Abführung durch einen sicheren natürlichen Luftwechsel aus dem Aufstellungsraum nach draußen gewährleistet ist. Dieses kann der Fall sein, wenn mit Sicherheit nachgewiesen ist, dass der natürliche Luftwechsel mehr als das 1,5fache des Raumvolumens pro Stunde beträgt (z. B. eine Verladehalle oder Werfthalle, an der eine Stirnseite komplett offen ist). Bei einer Teilflächenheizung oder einer Arbeitsplatzbeheizung in einem z. B. sonst geschlossenen Raum ist der Betrieb ohne Abluftführung erlaubt, wenn nicht mehr als 5 W/m<sup>3</sup> Raumvolumen Wärmebelastung betrieben werden. Ist nicht sichergestellt, dass die zuvor beschriebenen Mindestanforderungen eingehalten werden, ist eine thermische oder mechanische Abluftführung vorzusehen.

Das neue Arbeitsblatt G 638-1, ein klarer Vertrauensbeweis in die moderne und zukunftssichere Heiztechnik mit Hellstrahlern. Das Beispiel des deutschen Museums macht es mehr als deutlich.

