

## INSTITUT FÜR EXPERIMENTALPHYSIK

A-8010 Graz, Petersgasse 16  
Telefon: (0316) 873 / 8141  
Telefax: (0316) 873 / 8655



**Graz, 09.11.2010**

## **G u t a c h t e n**

An die Firma  
easyTherm  
Infrarot Wärmesysteme GmbH  
Thomas A. Edison-Straße 2  
7000 Eisenstadt

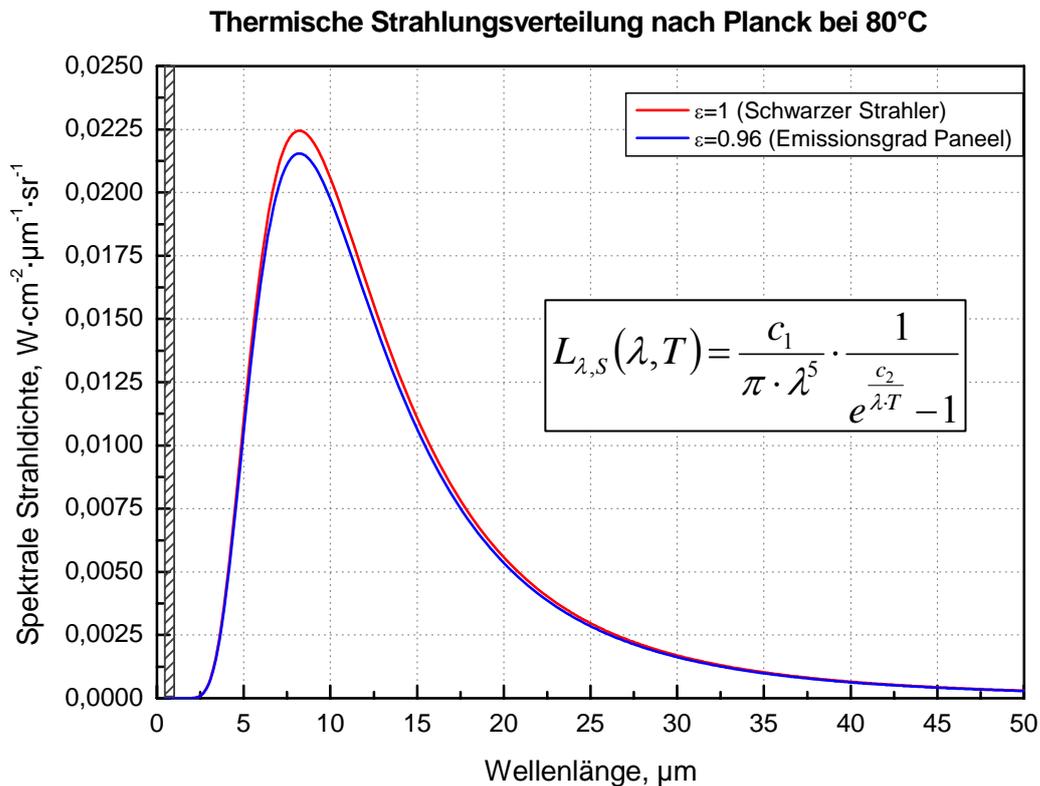
### *Gutachten über physikalische Eigenschaften der easyTherm Infrarot Wärmepaneele.*

Dem Gutachter standen zwei Elektroheizplatten für die Untersuchungen zur Verfügung, eine in der Dimension 120 x 750 x 19 mm mit einer elektrischen Anschlussleistung von 700 W und eine in der Dimension 60 x 60 x 19 mm mit einer elektrischen Anschlussleistung von 250 W. Nach einer Aufheizzeit von etwa 15 Minuten erreichen beide Elektroheizplatten auf der Vorderseite eine Endtemperatur von etwa 80 – 85°C.

Die Rückseite der Elektroheizplatte (kurz auch Paneel genannt) besteht aus poliertem Edelstahl und hat eine spiegelnde Oberfläche. Aus der Rückseite der Elektroheizplatte kommt wegen dieser spiegelnden Oberfläche keine Wärmestrahlung aus dem Panel. Bei Messung mit einem Strahlungs-pyrometer (Fa. Raytek, Typ Raynger ST), welches auf Wärmestrahlung im Bereich von (8 – 14)  $\mu\text{m}$  anspricht wird bei unseren optischen Messungen nur die jeweilige Umgebungstemperatur gemessen. Die berührend gemessene Temperatur der spiegelnden Rückseite und der Vorderseite erfolgte mit einem digitalen Thermometer der Fa. Leybold und einem NiCr – Ni Thermoelement. Diese betragen an der Rückseite für das große Panel (57  $\pm$  2)°C, für das kleine (58  $\pm$  2)°C. An der Vorderseite der Paneele werden berührend (84  $\pm$  2)°C am großen Panel und (79  $\pm$  2)°C an dem kleinen Panel gemessen.

In Abbildung 1. ist das Strahlungsverhalten eines Planck'schen Strahlers mit einer Oberflächentemperatur von 80°C und einem Emissionsgrad  $\epsilon = 1$  dargestellt. Nach unseren Messungen mit Hilfe des oben genannten Strahlungs-pyrometers besitzt die Oberfläche der uns zu Verfügung gestellten Elektroheizplatten (eine mit weiß emaillierter Oberfläche und eine mit schwarz emaillierter Oberfläche) einen Emissionsgrad von  $\epsilon = 0.96 \pm 0.02$  im Wellenlängenbereich von (8 – 14)  $\mu\text{m}$ , was in sehr guter Annäherung ein dem Planck'schen Strahler entsprechender Wert ist. Deshalb besitzt die emaillierte Oberfläche des Paneels optimale Bedingungen für die Aussendung von Wärmestrahlung. (Die entsprechende Kurve für das Paneel mit einer Oberflächentemperatur von 80°C unter Berücksichtigung des von uns gemessenen Emissionskoeffizienten von 0.96 ist ebenfalls in Abb. 1. dargestellt.

Das Forschungszentrum Seibersdorf Research, Abteilung Laser und optische Strahlung, unterscheidet zwischen Infrarot A, B und C. (Infrarot A: 780 bis 1400 nm kurzwellige IR-Strahlung, Infrarot B: 1400 bis 3000 nm mittelwellige IR-Strahlung, Infrarot C: über 3000 nm langwellige IR-Strahlung) Die Strahlung des Paneels entspricht nach Abbildung 1 jener von Infrarot C (Wellenlänge über 3 µm), ist also nach der vorgenannten Definition langwellige Infrarotstrahlung.



*Abbildung 1:* Spektrale Strahldichtevertelung  $L$  nach dem Planck'schen Strahlungsgesetz bei 80°C für einen Schwarzen Körper und für das Paneel berechnet, mit einer Emissivität 0.96. Der schraffierte Bereich kennzeichnet in etwa das sichtbare Spektrum. Durch die optimalen Oberflächenbedingungen des Paneels wird ein fast an den Schwarzen Strahler angenähertes Wärmestrahlungsverhalten des Paneels erreicht.

Nur ein geringer Teil der Wärmeenergie wird über Konvektion abgegeben, dies ist jedoch unvermeidlich. Die untersuchten Wärmepaneele entsprechen vom Prinzip her der angenehmen Strahlung eines Kachelofens.

Über die Befestigungspunkte des Paneels sind nur sehr geringe Wärmeverluste durch Wärmeleitung zu erwarten. Wegen der spiegelnden Rückseite des Paneels sind auch Wärmeverluste an die Wand, an welcher das Panel montiert ist, minimal. Durch eine entsprechende Steuerung der Energiezufuhr des Paneels über Thermostate, welche die gewünschte Raumtemperatur erfassen ist noch eine zusätzliche Kostenminimierung möglich.

Aus all diesen Gegebenheiten kann man feststellen, dass fast die gesamte Heizleistung (entspricht der eingekoppelten elektrischen Energie) des Paneels über Wärmestrahlung, abgestrahlt von der Vorderseite der Elektroheizplatte erfolgt.

Der Gutachter hat beide Paneele einem praktischen Dauertest im eigenen Haushalt unterzogen und hat die Paneele als äußerst angenehme Heizungs- bzw. Strahlungsquellen empfunden, die einen Raum in sehr kurzer Zeit äußerst behaglich bezüglich des Wärmeempfindens erscheinen lassen. Ein Panel wurde in einem Badezimmer als alleinige Heizung montiert und dort durch seine guten Wärmestrahlungseigenschaften äußerst angenehm vom Gutachter empfunden.

Durch die überwiegende Wärmeabgabe über Strahlung wird das Entstehen von Konvektion weitgehend vermieden, daher ist dieses Panel als Heizung für Allergiker und für Räumlichkeiten in denen keine Staubaufwirbelungen erfolgen soll, hervorragend geeignet. Durch seine günstigen Dimensionen ist das Panel sowohl an der Wand als auch an der Decke einfach zu montieren.

Da die Paneele auf beiden Seiten und an den Rändern mit Metallplatten gekapselt sind entspricht das Element einem Faraday'schen Käfig und es kann durch diesen Aufbau keinerlei Elektromog aus dem Panel austreten.

Zusammenfassung:

Wegen der bevorzugten Wärmeabgabe über Strahlung kann in sehr kurzer Zeit nach Inbetriebnahme der Elektroheizplatte ein angenehm behagliches Raumklima bezüglich des menschlichen Temperaturempfindens attestiert werden. Dies wurde durch eigene Langzeit-Tests des Gutachters bestätigt.



Ao.Univ.-Prof. Dr. G. Pottlacher  
Institut für Experimentalphysik  
Petersgasse 16  
8010 Graz  
Austria

## Anhang:

### Physikalische Grundlagen zur Wärmeübertragung

Der Wärmeübergang kann auf drei verschiedene Arten vor sich gehen:

#### a) Konvektion

Der Wärmetransport kommt durch einen Materietransport zustande, z. B. durch Strömung eines heißen Mediums, das bei Berührung mit einem kälteren Medium Wärmeenergie abgibt, bzw. durch ein Mischen von Medien verschiedener Temperatur. Ein solcher Transport ist zwangsläufig nur bei flüssigen und gasförmigen Medien möglich.

#### b) Wärmeleitung

Das ist ein Wärmetransport, der ohne Materietransport vor sich geht. Es pflanzt sich lediglich die Energie der ungeordneten Bewegung (Wärmebewegung, bei Festkörpern Schwingungen um die Ruhelage, bei Flüssigkeiten und Gasen fortschreitende und rotierende Bewegungen der atomaren Teilchen sowie Schwingungen der Atome in Molekülen) fort. Man kann sich dies als eine Art Stoßfortpflanzung vorstellen.

#### c) Wärmestrahlung

Die Wärmeübertragung erfolgt hier durch elektromagnetische Wellen. Solche werden von jedem Körper ausgesandt, der eine Temperatur  $T > 0$  besitzt. Da diese Wellen sich auch im Vakuum fortpflanzen, ist dieser Wärmetransport nicht an Materie gebunden.

Für einen sogenannten **schwarzen Körper** (gemeint ist damit ein Körper mit total schwarzer Oberfläche, der also alle auf ihn fallende Strahlung absorbiert und umgekehrt auch alle von innen an die Oberfläche gelangende Strahlung "herausläßt", Emissionskoeffizient  $\varepsilon_K = 1$ )<sup>1)</sup> kann die spektrale Intensitätsverteilung durch eine relativ einfache Beziehung wiedergegeben werden, das **PLANCKsche Strahlungsgesetz**:

$$I_{\lambda,S} = \frac{a_1}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{a_2/\lambda T} - 1}$$

$a_1 = 2 \cdot h \cdot c^2$ ,  $a_2 = h \cdot c / k$ ,  $c_V$  Vakuumlichtgeschwindigkeit,  $h$  PLANCKsches Wirkungsquantum,  $k$  BOLTZMANN-Konstante ( $1,38 \cdot 10^{-23}$  J/K).

$I_{\lambda,S,K}$  ist die bei einer bestimmten Wellenlänge  $\lambda$  innerhalb eines kleinen Wellenlängenintervalls (z. B. innerhalb einer Wellenlängeneinheit  $\Delta \lambda = 1 \text{ \AA}$ ) emittierte Lichtintensität des

---

<sup>1)</sup> Ein geschlossener Kasten emittiert aus einer kleinen Öffnung eine Strahlung, die weitgehend die Strahlung eines schwarzen Körpers ist. Daher wird die Strahlung des schwarzen Körpers vielfach auch Hohlraumstrahlung genannt. Solche Hohlräume dienen als Eichlichtquellen.

schwarzen Körpers.<sup>2)</sup> Die spektrale Intensitätsverteilung der Strahlung eines schwarzen Körpers ist also nur von der Temperatur abhängig.

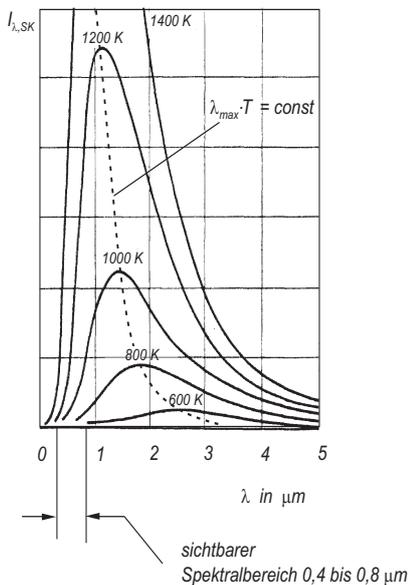


Abbildung 2: Spektrale Intensitätsverteilung des Schwarzen Körpers bei verschiedenen Temperaturen

Das Maximum der Strahlungsintensität verschiebt sich bei zunehmender Temperatur des Körpers nach immer kürzeren Wellenlängen hin. Für die Verschiebung des Intensitätsmaximums gilt das **WIENSche Verschiebungsgesetz**

$$\lambda_{max} \cdot T = const,$$

das sich aus dem PLANCKschen Gesetz herleiten läßt.  $\lambda_{max}$  ist die Wellenlänge des Intensitätsmaximums.

Aus dem PLANCKschen Gesetz kann auch noch eine Beziehung für die gesamte Strahlungsintensität - über alle Wellenlängen insgesamt (entspricht der Fläche unter der Kurve) - hergeleitet werden, das **STEFAN-BOLTZMANNsche Gesetz**:

$$I_{ges} = \sigma_s T^4$$

Wird die von einer Fläche  $A$  in den Halbraum emittierte Strahlung betrachtet, so ist  $\sigma_s = 5,66910^{-8} \text{ W / m}^2 \text{ K}^4$  (**Strahlungskonstante**). Die pro Zeiteinheit abgegebene Strahlungsenergie ( $P = I \cdot A$ ), also die **Strahlungsleistung** ist

$$P = \sigma_s T^4 A.$$

Die gesamten Gesetze gelten für **schwarze Körper**.

### Strahlungsabgabe eines Körpers an die Umgebung.

Hat man einen Körper der Temperatur  $T_K$  vorliegen, so strahlt er eine Intensität

$$I_K = \epsilon_K I_{SK} = \epsilon_K \sigma_s T_K^4,$$

d. h. insgesamt eine Strahlungsleistung

$$P = \epsilon_K I_{SK} A_K = \epsilon_K \sigma_s T_K^4 A_K$$

ab ( $A_K$  Körperoberfläche). Dabei ist angenommen, daß  $\epsilon_K = const$  für alle Wellenlängen des Körpers, dieser also grau strahlend ist.

Befindet sich der Körper in einem schwarzen Raum der Temperatur  $T_U$ , dann steht diese im Strahlungsaustausch mit dem Körper.

<sup>2)</sup> Genauer:  $I_\lambda$  ist die Energie, die bei einer Wellenlänge jeweils innerhalb eines Spektralbereichs der Wellenlängeneinheit pro Zeiteinheit senkrecht zur Oberfläche des Strahlers pro Flächeneinheit in die Raumwinkeleinheit (1 Steradian) ausgestrahlt wird.

Ist  $T_K = T_U$  dann besteht ein Strahlungsgleichgewicht. Ist  $T_K > T_U$  geht vom Körper eine Strahlungsleistung von

$$P = \varepsilon_K \sigma_S A_K (T_K^4 - T_U^4) \text{ über.}$$

Wobei  $\varepsilon_K$  Emissionskoeffizient, (kleiner als 1),  $\sigma_S = 5,66910^{-8} \text{ W / m}^2 \text{ K}^4$  Strahlungskonstante,  $A_K$  Fläche des strahlenden Körpers,  $T_K$  Temperatur des Körpers,  $T_U$  Temperatur der Umgebung ist.

Der Austausch von Wärmeenergie durch Strahlung spielt im täglichen Leben eine sehr große Rolle. Die Behaglichkeit eines Wohnraumes beispielsweise hängt sehr von der Temperatur seiner Wände ab. Selbst wenn die Luft warm genug ist, aber die Wände kalt sind, wird der Raum noch bis zu einem gewissen Grad als kalt empfunden. Bei den üblichen Heizkörpern der Warmwasser-Zentralheizung sorgen große vertikale Flächen für ein Aufheizen und Hochströmen der Luft und damit für eine Konvektion, die zwangsläufig auch eine Staubaufwirbelung mit sich bringt.

Quelle:

Skriptum Physik für Bauingenieure

Herausgeber: Dr. G. Pottlacher

Institut für Experimentalphysik der Technischen Universität Graz.