

Raumkühlflächen

Teil 1: Leistungsmessung bei freier Strömung

Prüfregeln

DIN
4715-1

ICS 91.140.30

Deskriptoren: Kühlfläche, Raumklima, Leistung, Meßverfahren

Cooling surfaces for rooms – Part 1: Measuring of the performance with free flow; Test rules

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für Raumkühlflächen, die mit einer Flüssigkeit oder mit Luft als Wärmeträger betrieben werden. Sie können in den Raumumfassungen (Decken, Wände, Fußboden) integriert, diesen als Bauelemente vorgesetzt oder frei im Raum angeordnet sein.

Die Raumkühlflächen nehmen die sensible Wärme aus dem Raum unmittelbar durch Strahlung und freie Konvektion auf.

Die Prüfergebnisse nach dieser Norm sind auch anwendbar für Raumkühlflächen in Verbindung mit raumlufttechnischen Anlagen, soweit die Wärmeübergangsverhältnisse im Raum nicht beeinflußt werden (siehe Erläuterungen).

2 Zweck

In dieser Norm werden Prüfbedingungen und Verfahren festgelegt, nach denen die sensible Kühlleistung von Raumkühlflächen einheitlich und reproduzierbar bestimmt werden kann.

Die nach dieser Norm ermittelten Kennlinien (Norm-Kennlinien) und Kühlleistungen (Norm-Kühlleistungen) bilden die Grundlage für die Bemessung von Raumkühlflächen in zu kühlenden Räumen.

3 Prüfbedingungen

3.1 Norm-Prüfraum

Die Prüfung ist in einem geschlossenen, quaderförmigen Raum vorzunehmen, dessen Umfassung einschließlich aller zu öffnender Flächen aus wasserdurchströmten Metallplatten bestehen.

Als Richtmaße für den Prüfraum werden angegeben (siehe auch Erläuterungen):

Länge: 4 m

Breite: 4 m

Höhe: 3 m

Alle Prüfraumumfassungen sind innenseitig mit einer fugendicht montierten Wärmedämmung von 100 mm Schichtdicke (Wärmeleitfähigkeit $\leq 0,04 \text{ W/(mK)}$) zu versehen. Ein Oberflächenschutz geringer Wärmekapazität darf zusätzlich vorgesehen werden. Die lichten Prüfraummaße verringern sich somit um etwa 0,2 m gegenüber den oben angegebenen Maßen. Der Emissionsgrad der raumseitigen Oberflächen muß mindestens 0,9 betragen.

Der Prüfraum muß so dicht sein, daß eine Durchströmung durch die ihn umgebende Luft ausgeschlossen ist. Der Luft im Prüfraum darf keine erzwungene Strömung aufgeprägt werden.

3.2 Anordnung der Raumkühlflächen

Der Prüfling ist entsprechend den vom Hersteller angegebenen Einbaubedingungen symmetrisch im Prüfraum anzuordnen (siehe die Bilder 1 bis 6).

Bei Raumkühlflächen, die konstruktionsgemäß für eine vollflächige Anordnung vorgesehen sind, müssen mindestens 70 % der Prüfraumfläche zusammenhängend mit aktiven Prüfelementen belegt werden.

Bei geschlossenen Raumkühlflächen, die eine Hinterlüftung des Prüflings mit Raumluft ausschließen, sind die inaktiven Randflächen von der sichtbaren Oberfläche des Prüflings bis zur inneren Wärmedämmung des Prüfraumes mit Rand-Dämmplatten (Wärmeleitfähigkeit $\leq 0,04 \text{ W/(mK)}$) zu verschließen (siehe Bilder 1, 3 und 4).

Linien- oder streifenförmig angeordnete Deckenkühlflächen sollen wie folgt orientiert sein:

4 Prüfelemente in den Achsen B, D, F und H nach Bild 2

2 Prüfelemente in den Achsen B und H oder bei zu breiten Elementen mit einem Abstand von 10 cm zur Wand

1 Prüfelement in Achse E nach Bild 6

Bei linien- oder streifenförmig angeordneten Wandkühlflächen ist, unter Beachtung von Bild 3, analog zu verfahren.

Bei linienförmigen Raumkühlflächen, die konstruktionsgemäß für eine raumlange Anordnung vorgesehen sind, müssen mindestens 80 % der Prüfraumlänge mit aktiven Prüfelementen belegt werden.

Für sonstige Raumkühlflächen ergeben sich Anordnungsbedingungen – z. B. Anzahl – nur aus der meßtechnisch erforderlichen Mindestleistung von 500 W unter Normbedingungen.

Wandkühlflächen werden nach Bild 3 vor der Achse A angeordnet.

Bodenkühlflächen werden nach Bild 4 angeordnet.

Kühlkonvektoren werden nach Bild 5 bzw. Bild 6 angeordnet.

3.3 Anschluß der Raumkühlflächen

Alle Anschlußleitungen innerhalb des Prüfraumes sind auf kürzestem Wege ohne Einbauten – wie Pumpen, Armaturen u. ä. – zu verlegen und mit einer Wärmedämmung (Wärmeleitkoeffizient $\leq 0,04 \text{ W/(mK)}$), deren Dicke gleich dem Außendurchmesser der Anschlußleitungen ist, zu versehen.

Werden die Raumkühlflächen mit Luft als Kühlmedium betrieben, darf diese Luft nicht in den Prüfraum geleitet werden. Damit wird bei diesem Meßverfahren nur die Kühlleistung der Raumkühlfläche erfaßt.

3.4 Leistungsermittlung

Die Kühlleistung wird aus dem Produkt von Massenstrom und Enthalpiedifferenz des Kühlmediums bestimmt.

Fortsetzung Seite 2 bis 13

Normenausschuß Heiz- und Raumluftechnik (NHRS) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

4 Prüfverfahren

4.1 Einbringen der Kühllast

Die Kühllast wird über 12 Simulatoren nach Bild 8 eingebracht. Die Anordnung im Prüfraum erfolgt nach den Bildern 1 bis 6. Der Mantel der Kühllast-Simulatoren besteht aus lackiertem Stahlblech. Der Emissionsgrad der inneren und äußeren Oberfläche muß mindestens 0,9 betragen. Die Kühllast-Simulatoren werden durch Glühlampen beheizt. Die Leistung darf höchstens 180 W betragen und muß insgesamt stufenlos regelbar sein. Die elektrische Leistung wird als Wirkleistung mit Meßgeräten der Güteklasse 0,5 bestimmt (siehe Bild 9).

4.2 Bezugstemperatur

Die raumseitige Bezugstemperatur wird mit einem Globus-Thermometer (siehe Bild 10) in der senkrechten Mittelachse E 5 des nach Anordnung des Prüflings verbliebenen Prüf-raumes (siehe Bilder 1 bis 6) in einer Höhe von 1,1 m über dem Prüf-raumboden gemessen.

Bei Kühlkonvektoren, die in Raummitte angeordnet sind, ist eine Meßachse zu wählen, die außerhalb der Konvektionsströmung des Prüflings liegt (siehe Bild 6).

4.3 Lufttemperatur

Die Lufttemperaturen werden mit strahlungsunempfindlichen Temperaturfühlern gemessen. Die Meßpunkte befinden sich nach den Bildern 1 bis 6 in der senkrechten Achse L in den Höhen 0,1 m, 1,1 m und 1,7 m über dem Prüf-raumboden. Bei geschlossenen Raumkühlflächen wird zusätzlich die Lufttemperatur im Hohlraum hinter dem Prüfling gemessen (siehe Bild 1).

Bei Kühlkonvektoren, die in Raummitte angeordnet sind, sind 2 Meßachsen zu wählen (siehe Bild 6):

- a) außerhalb der Konvektionsströmung,
- b) innerhalb der Konvektionsströmung des Prüflings.

4.4 Temperatur der Metallplatten

Die Temperaturen der wasserdurchströmten Metallflächen sind auf deren Innenseiten zu bestimmen. Die Meßpunkte liegen jeweils im Flächenmittelpunkt (siehe Bilder 1 bis 6).

4.5 Temperatur des Kühlmediums

Die Temperatur des Kühlmediums wird wie folgt gemessen:

- bei Wasser z. B. mit Thermoelementen oder Widerstandsthermometern in Temperaturmeßköpfen nach DIN 4704 Teil 1,
- bei Luft z. B. mit Thermoelementen oder Widerstandsthermometern nach VDI 2080.

4.6 Meßunsicherheit

Die Meßunsicherheit für die Temperaturdifferenz zur Leistungsbestimmung (siehe Abschnitt 4.11) muß unter 0,05 K, für die übrigen Temperaturen unter 0,1 K liegen.

4.7 Massenstrom

Der Massenstrom (Wasserstrom bei wasserbeaufschlagten, Luftstrom bei luftbeaufschlagten Raumkühlflächen) ist nach den Herstellerangaben einzustellen. Er ist auf eine technisch sinnvolle Baueinheit (Modul, Register, Rohr usw.) zu beziehen. Der Massenstrom darf sich während der Prüfung nicht mehr als um $\pm 1\%$ verändern.

Der Massenstrom wird wie folgt gemessen:

- bei Wasser: Wägeverfahren nach DIN 4704 Teil 11)
- bei Luft: Drosselgeräte nach DIN 1952

1) Der Massenstrom kann auch mit anderen Einrichtungen gemessen werden, wenn diese vor und nach jeder Prüfung mit dem Wägeverfahren überprüft werden.

4.8 Raumluftrömung

Luftgeschwindigkeit und Turbulenzgrad werden nach DIN 1946 Teil 2 ermittelt. Die Meßorte sind wie folgt festgelegt (siehe Bild 7 und Erläuterungen):

- Höhe 0,1 m: Achspunkte B7, E7, H7, B3, E3, H3
- Höhe 1,1 m: Achspunkte E7, E3

4.9 Beharrungszustand

Während der gesamten Prüfdauer ist der Beharrungszustand aufrechtzuerhalten. Die Meßwerte sind in regelmäßigen Abständen durch ein Datenerfassungssystem festzustellen. Der Beharrungszustand ist erreicht, wenn die Standardabweichungen der leistungsbestimmenden Temperaturen (mindestens 12 Einzelmessungen in regelmäßigen Abständen während der letzten Stunde) kleiner als die folgenden Werte sind:

- mittlere Temperatur des Kühlmediums: 0,05 K
- raumseitige Bezugstemperatur: 0,05 K
- Temperatur der einzelnen Raumumfassungen: 0,5 K

4.10 Ermittlung der Kühlleistung

Die Kühlleistung $\dot{Q}$ wird bestimmt aus:

$$\dot{Q} = \dot{m} (h_2 - h_1) \quad (1)$$

Hierin sind:

- $\dot{m}$ Massenstrom des Kühlmediums
- h_1 spezifische Enthalpie des Kühlmediums am Eintritt
- h_2 spezifische Enthalpie des Kühlmediums am Austritt

Für die Differenz der spezifischen Enthalpien gelten:

$$\text{für Wasser: } h_2 - h_1 = 4,186 (t_2 - t_1) \text{ in kJ/kg} \quad (2)$$

$$\text{für Luft: } h_2 - h_1 = 1,02 (t_2 - t_1) \text{ in kJ/kg} \quad (3)$$

Hierin sind:

- t_1 Temperatur des Kühlmediums am Eintritt in °C
- t_2 Temperatur des Kühlmediums am Austritt in °C

Die Kühlleistung kann bei einer Bezugstemperatur zwischen 22 °C und 27 °C ermittelt werden. Die Oberflächentemperaturen der Innenseite der wasserdurchströmten Metallflächen, bei geschlossenen nicht hinterlüfteten Prüflingen (auch die hinter den Prüflingen), sind so zu steuern, daß sie höchstens um ± 1 K von der Bezugstemperatur abweichen.

Meßwerte für die Kühlleistung sind nur dann zu verwenden, wenn die Raumbilanz aus zugeführter und abgeführter Wärme eine Grenzabweichung von ± 30 W überschreitet.

Es gilt:

$$|(\dot{Q}_T + \dot{Q}_{\text{SIM}} + \dot{Q})| \leq 30 \text{ W} \quad (4)$$

Hierin sind:

- $\dot{Q}_T$ Wärmestrom für die Prüf-raumumfassung
- $\dot{Q}_{\text{SIM}}$ Wärmeleistung der Simulatoren
- $\dot{Q}$ Kühlleistung der Raumkühlflächen

4.11 Norm-Kennlinie, Norm-Kühlleistung und Kennlinienfeld

Das Ergebnis der Leistungsprüfung sind Kennlinien, die die —gegebenenfalls bezogene— Kühlleistung in Abhängigkeit von der Untertemperatur darstellen. Sie werden bei konstantem Massenstrom aus mindestens 3 Meßpunkten, die zwischen etwa 6 K und 12 K Untertemperatur möglichst gleichmäßig verteilt sind, bestimmt. Der Massenstrom ist anzugeben.

Die Kühlleistung $\dot{Q}$ des Prüflings wird als Funktion der Untertemperatur Δt dargestellt:

$$\dot{Q} = C \cdot \Delta t^n \quad (5)$$

Hierin sind:

- C Koeffizient
- Δt Untertemperatur
- n Exponent

Die Konstante C und der Exponent n lassen sich ermitteln, indem die Meßwerte $\dot{Q}$ in einem Diagramm mit logarithmisch geteilten Achsen als Funktion der Untertemperatur Δt aufgetragen werden und durch die Meßpunkte eine Gerade so gelegt wird, daß die Summe der Abweichungsquadrate ein Minimum wird (siehe Bild 11).

Die Untertemperatur Δt ist als logarithmisches Mittel in folgender Form zu bilden:

$$\Delta t = \frac{t_2 - t_1}{\ln \frac{t - t_1}{t - t_2}} \quad (6)$$

Hierin sind:

- t_1 Eintrittstemperatur des Kühlmediums
- t_2 Austrittstemperatur des Kühlmediums
- t Bezugstemperatur

Die Kühlleistung bei einer Untertemperatur von 10 K und einer Temperaturspreizung von etwa 2 K bei Kühlmedium Wasser bzw. etwa 10 K bei Kühlmedium Luft gilt als Norm-Kühlleistung. Die zugehörige Kennlinie gilt als Norm-Kennlinie, der Massenstrom als Nenn-Massenstrom.

Mindestens eine weitere Kennlinie ist bei halbem Nenn-Massenstrom aufzunehmen. Mehrere Kennlinien bilden ein Kennlinienfeld.

Die Meßunsicherheit für die Norm-Kühlleistung darf die folgenden Werte nicht überschreiten:

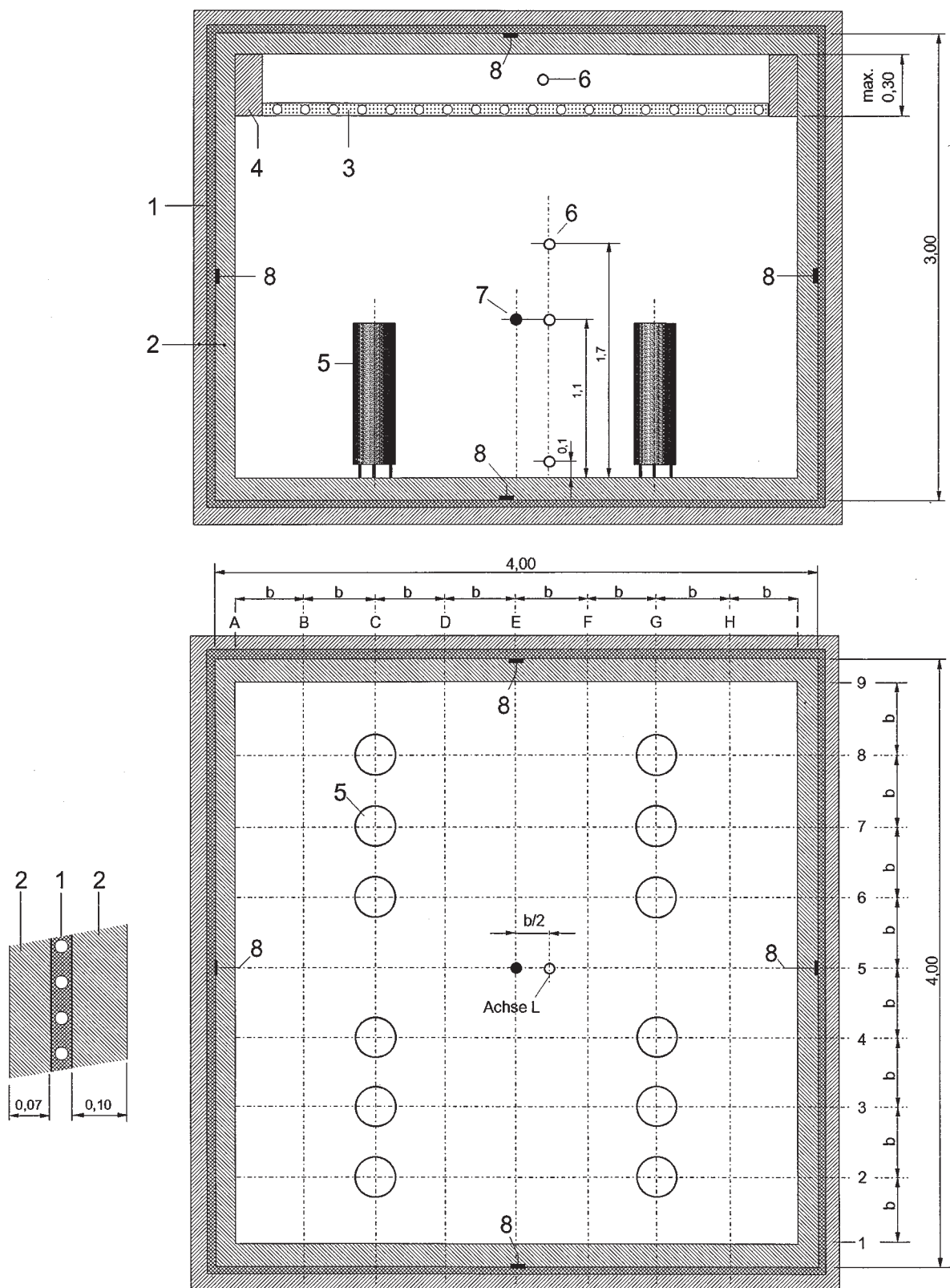
- bei Wasser als Kühlmedium: 3 %
- bei Luft als Kühlmedium: 5 %

5 Prüfbericht

Das Prüflaboratorium erstellt einen Prüfbericht auf der Grundlage der in dieser Norm enthaltenen Meßverfahren und Rechenoperationen. Er soll mindestens folgende Angaben enthalten:

- Prüfstelle
- Auftraggeber
- Hersteller des Prüflings
- Handelsbezeichnung bzw. Modell/Typ des Prüflings
- Beschreibung des Prüflings:
 - a) Konstruktion mit wärmetechnisch relevanten Abmessungen
 - b) Werkstoffe
 - c) Oberflächenbeschaffenheit
- Beschreibung des Meßaufbaues und Anordnung des Prüflings
- je Meßpunkt:
 - a) Bezugstemperatur t
 - b) Ein- und Austrittstemperatur des Kühlmediums t_1, t_2
 - c) Untertemperatur Δt
 - d) Massenstrom des Kühlmediums $\dot{m}$
 - e) Kühlleistung $\dot{Q}$
 - f) Lufttemperaturen t_L
 - g) Temperaturen der wasserdurchströmten Metallplatten t_o
 - h) mittlere Luftgeschwindigkeit und Turbulenzgrade $\bar{v}, T_u$
- Norm-Kühlleistung
- Exponent n und Koeffizient C der Kennliniengleichung
- grafische Darstellung der Kennlinie bzw. des Kennlinienfeldes (siehe Beispiel Bild 11)

Maße in m



- | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 wasserdurchströmte Metallplatten | 5 Kühllast-Simulator |
| 2 Wärmedämmung | 6 Meßort für Lufttemperatur |
| 3 Prüfling | 7 Meßort für Globus-Thermometer |
| 4 Rand-Dämmplatte | 8 Meßort für Metallplatten-Temperatur |

Bild 1: Prüfraum mit Anordnung einer geschlossenen Deckenkühlfläche, der Simulatoren, der Meßachsen und der Meßorte der Temperatur