

Wärmetechnische Abnahmemessungen an Naßkühltürmen (VDI-Kühlturmregeln)

DIN 1947

Thermal acceptance tests on wet cooling towers (VDI cooling tower code)

Ersatz für Ausgabe 06.59

Inhalt

		Seite		Seite	
1	Anwendungsbereich und Zweck	1	6	Bestimmung der Unsicherheit des Ergebnisses ..	6
1.1	Anwendungsbereich	1	6.1	Bestimmung der Unsicherheit aufgrund nicht erfaßbarer systematischer Abweichungen der Meßergebnisse	6
1.2	Zweck	1	6.2	Bestimmung der durch nicht erfaßbare syste- matische Abweichungen der Meßergebnisse bedingten Meßunsicherheit einer Meßgröße ..	8
1.3	Gegenstand der wärmetechnischen Gewähr- leistung	1	6.3	Bestimmung der Unsicherheit aufgrund zufäl- liger Abweichungen der Meßergebnisse und zeitlicher Schwankungen der Meßgrößen	8
2	Kennfelder	2	6.4	Anwendungsbeispiel	9
2.1	Aufbau der Kennfelder	2	7	Abnahmebericht	9
2.2	Parameter der Kennfelder	2	8	Formelzeichen	9
2.3	Ausführungsbeispiel	2	Anhang A:	Darstellung von Kennfeldern	10
3	Meßverfahren und Meßgeräte	2	Anhang B:	Meßstellenpläne	12
3.1	Allgemeines	2	Anhang C:	Beispiel zur Auswertung der Meßer- gebnisse und zur Bestimmung der Unsicherheit des Ergebnisses	16
3.2	Messungen	2	Anhang D:	t -Verteilung nach Student	23
4	Abnahmemessungen	3			
4.1	Vertragliche Vereinbarungen	3			
4.2	Vorbereitung der Abnahmemessungen	4			
4.3	Durchführung der Abnahmemessungen	5			
5	Auswertung der Meßergebnisse und Gewähr- leistungsnachweis	5			
5.1	Auswertung der Meßwerte	5			
5.2	Vergleich mit zugesicherten Werten	6			
5.3	Übertragung der Abweichung auf Gewähr- leistungsbedingungen	6			

1 Anwendungsbereich und Zweck

1.1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für wärmetechnische Abnahmemessungen an Naturzug- und Ventilator-Naßkühltürmen.

Die Festlegungen betreffen die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Abnahmemessungen. Sie sollen bereits im Liefervertrag berücksichtigt und als verbindlich anerkannt werden. Abweichungen von diesen Regeln sowie Ergänzungen sollen besonders vereinbart werden.

Bei kleinen, serienmäßig gebauten Kühltürmen genügt im allgemeinen eine Abnahmemessung an einem Prototyp der Serie unter Anwendung dieser Norm.

Die Norm wendet sich an:

- Lieferer
- Besteller
- Betreiber
- Sachverständige
- Genehmigungsbehörden

1.2 Zweck

Die im Vertrag zwischen Lieferer und Besteller zugesicherten thermischen und hydraulischen Eigenschaften

des Naßkühlturms sollen durch Abnahmemessungen nachgewiesen werden.

Die Begriffe „Gewährleistung“, „Werte“ und „Abnahme“ sind in dieser Norm im technischen und nicht im juristischen oder kaufmännischen Sinne zu verstehen.

Juristische und kaufmännische Folgerungen aus einer Erfüllung oder Nichterfüllung der in einem Vertrag zugesicherten Werte sind nicht Gegenstand der vorliegenden Norm.

1.3 Gegenstand der wärmetechnischen Gewährleistung

Der Kühlturm muß in einem Gewährleistungspunkt ($t_{LG}, \phi_{LG}, z_G, \dot{m}_{WG}$, bei Ventilatorkühltürmen zusätzlich P_G) eine bestimmte Kaltwassertemperatur erreichen oder unterschreiten. Das für den Kühlturm geltende Kennfeld enthält vor allem den um den Gewährleistungspunkt liegenden Bereich, in dem die Abnahmemessungen durchgeführt werden dürfen (siehe Abschnitt 4.3.3).

Liegt nur der Gewährleistungspunkt vor, kann die Theorie der Verdunstungskühlung, auf deren Darstellung hier verzichtet wird, zur Aufstellung des Kennfeldes benutzt werden.

Fortsetzung Seite 2 bis 24

Normenausschuß Maschinenbau (NAM) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

2 Kennfelder

2.1 Aufbau der Kennfelder

Ein bestimmter Aufbau der Kennfelder ist nicht vorgegeben. Der Bereich, in dem die Abnahmemessungen durchgeführt werden dürfen, ist nach Abschnitt 4.3.3 im Kennfeld einzugrenzen. Der Maßstab ist so zu wählen, daß Temperaturen auf 0,1 K abgelesen werden können.

2.2 Parameter der Kennfelder

Der Sollwert der Kaltwassertemperatur soll in Abhängigkeit von folgenden Größen dargestellt werden:

- Temperatur der Umgebungsluft
- Relative Luftfeuchte der Umgebungsluft
- Warmwassermassenstrom
- Warmwassertemperatur

Zusätzlich sollte die Kühlzonenbreite eingetragen werden.

Bei Ventilator-Kühltürmen muß noch der Leistungsbedarf der Ventilatoren als Parameter einbezogen werden, während der Zustand der Umgebungsluft vereinfachend allein durch die Temperatur des feuchten Thermometers erfaßt werden kann.

Liegen Korrekturkurven für den Einfluß weiterer Größen (z. B. Windgeschwindigkeit, Temperaturschichtung der Atmosphäre) vor, so sind diese zusätzlich zu berücksichtigen.

2.3 Ausführungsbeispiel

Im Anhang A ist je ein Beispiel für ein Kennfeld eines Naturzug-Naßkühlturms und eines Ventilator-Naßkühlturms enthalten.

3 Meßverfahren und Meßgeräte

3.1 Allgemeines

Bei Abnahmemessungen sind folgende Größen zu messen:

- Warmwassermassenstrom
- Warmwassertemperatur
- Kaltwassertemperatur
- Temperatur der Umgebungsluft
- Temperatur des feuchten Thermometers in der Umgebungsluft
- Leistungsbedarf der Ventilatoren (bei Ventilator-Kühltürmen)
- Windgeschwindigkeit
- Luftdruck
- Kühlturm-Pumpförderhöhe

Im Bedarfsfall sind zu messen:

- Windrichtung
- Temperaturschichtung der Atmosphäre (bei Naturzug-Kühltürmen)
- Luftmassenstrom
- Schwadenzustand
- Temperatur und Massenstrom des Zusatzwassers

DIN-Normen oder andere Regelwerke, die für ein hier eingesetztes Meßverfahren bestehen, sind anzuwenden.

Einen Überblick über die Instrumentierung geben die Meßstellenpläne in Anhang B.

Die Geräte sind vor und nach den Messungen zu kalibrieren oder zu prüfen. Bei der Prüfung nach der Messung reicht eine Stichprobe aus. Die ermittelten Korrekturen sind bei der Auswertung zu berücksichtigen.

Der Meßbereich der Geräte ist so zu wählen, daß sich möglichst enge Fehlergrenzen ergeben. Ihre Genauigkeitsklasse soll der angestrebten Meßgenauigkeit entsprechen. Zählende Meßgeräte sind zugelassen, sofern durch zusätzliche Messung von Augenblickswerten nachgewiesen wird, daß sich Schwankungen in den zulässigen Grenzen halten.

3.2 Messungen

3.2.1 Temperatur

Zu messen sind die Warmwassertemperatur t_{W1} , die Kaltwassertemperatur t_{W2} und die Temperaturen des trockenen und des feuchten Thermometers t_L und t_F in der Umgebungsluft. Besondere Aufmerksamkeit verdient die Kaltwassertemperatur t_{W2} wegen ihres unmittelbaren Einflusses auf den Gewährleistungsvergleich.

Zur Messung werden geeichte Instrumente eingesetzt, und zwar vornehmlich

- Flüssigkeits-Thermometer
- Platin-Widerstandsthermometer
- Thermolemente
- Quarzthermometer

Die Messungen sind nach VDI/VDE 3511 und VDI/VDE 2640 Blatt 4 durchzuführen.

3.2.1.1 Wassertemperatur

Die Temperatur des Warmwassers wird im Zulauf zum Naßkühlturm oder in der Wasserverteilung des Naßkühlturms gemessen.

Die Kaltwassertemperatur wird vorzugsweise im Auslaufteil des Naßkühlturms vor der Kühlwasserpumpe gemessen. Bei großen Naßkühltürmen können hier beträchtliche Temperaturunterschiede im Meßquerschnitt zwischen den verschiedenen Meßstellen auftreten. Weicht innerhalb einer Meßperiode für mindestens einen Meßort der zeitliche Mittelwert um mehr als 1 K vom (vorläufigen) Gesamtmittelwert ab, d. h.

$$\Delta_k = \max \left| \bar{t}_{W2, m_k} - \bar{t}_{W2, m_k, i} \right| > 1 \text{ K} \quad (1)$$

$$i = 1, \dots, M$$

$$\bar{t}_{W2, m_k} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \bar{t}_{W2, m_k, i} \quad (2)$$

(Formelzeichen siehe Abschnitt 8)

dann muß mindestens einmal, vorzugsweise jedoch zu Beginn und Ende der Abnahmemessungen, an den einzelnen Temperaturmeßstellen die Strömungsgeschwindigkeit ermittelt werden. In diesem Fall werden bei der Berechnung des Gesamtmittelwertes der Kaltwassertemperatur die einzelnen Meßwerte mit dem Verhältnis der örtlichen zur durchschnittlichen Strömungsgeschwindigkeit gewichtet.

Bei Einspeisung von Zusatzwasser in das Naßkühlturmbecken muß dessen Einfluß auf die Kaltwassertemperatur berücksichtigt werden.

3.2.1.2 Luftzustand

Zur Messung der Temperatur der Umgebungsluft und der Temperatur des feuchten Thermometers in der Umgebungsluft werden vorwiegend Aspirations-Psychrometer eingesetzt.

3.2.2 Wassermassenstrom

Es wird der zugeführte Massenstrom bestimmt. Die Meßeinrichtung ist daher in der Warmwasserleitung vorzusehen. Sollte wegen der örtlichen Gegebenheiten eine Messung dort nicht möglich sein, kann sinngemäß in der Kaltwasserleitung gemessen werden. Hierbei muß jedoch die Differenz zwischen Warm- und Kaltwassermassenstrom mit Hilfe einer Massenbilanz berücksichtigt werden.

Geräte zur Messung des Wassermassenstroms sind mit ihren Meßunsicherheiten in Abschnitt 6.2.2 angegeben (siehe auch DIN 1944).

3.2.3 Leistungsbedarf der Ventilatoren

Die Genauigkeit der einzusetzenden Strom- und Spannungswandler sowie Leistungsmesser soll betragen:

- $\leq 1\%$ der Motorleistung für Motorleistungen unter 250 kW
- $\leq 0,2\%$ der Motorleistung für Motorleistungen über 250 kW

Die Prüfprotokolle für die verwendeten Meßgeräte müssen vorliegen.

Es soll nur die elektrische Leistungsaufnahme der Antriebsmotoren gemessen werden. Bezieht sich die vertragliche Zusicherung auf die Leistungsaufnahme an der Ventilatorwelle, so ist die gemessene elektrische Leistungsaufnahme mit dem Wirkungsgrad des Antriebs nach dem Prüfprotokoll zu korrigieren.

3.2.4 Kühlturm-Pumpförderhöhe

Die gemessene Kühlturm-Pumpförderhöhe

$$H_p = \frac{v}{g} \left[(p - p_0) + \frac{\rho}{2} \cdot w^2 \right] + H \quad (3)$$

(Formelzeichen siehe Abschnitt 8)

– H ist die Höhendifferenz zwischen Meßstelle und Beckenoberkante – ist um die Strömungsverluste zwischen Meßstelle und Zulaufkanal in Höhe der Beckenoberkante zu korrigieren. Strömungsverluste in diesem Sinne sind z.B. bedingt durch Wandreibung, Umlenkung, abrupte Querschnittsänderung.

3.2.5 Luftdruck

Der Luftdruck wird vorwiegend mit einem Quecksilber-Barometer, einem Siedebrometer oder einem Dosenbarometer gemessen.

3.2.6 Windrichtung und Windgeschwindigkeit

Die Windrichtung und Windgeschwindigkeit werden mit einer Wetterfahne und einem Schalenkreuzanemometer in 10 m Höhe über Grund an einer von Bauten möglichst nicht gestörten Stelle gemessen.

3.2.7 Temperaturschichtung der Atmosphäre

Bei Naturzug-Naßkühltürmen und Ventilator-Naßkühltürmen mit zusätzlicher Kaminwirkung hat die Dichte der Umgebungsluft Einfluß auf den Luftdurchsatz und damit die Kühlleistung des Kühlturms.

Um den Einfluß einer Dichteschichtung berücksichtigen zu können, kann die Temperatur (nötigenfalls auch die Feuchte) der Umgebungsluft neben dem Kamin gemessen werden. Dazu können an Drahtseilen hängende oder von Ballons getragene Thermometer (bzw. Psychrometer) benutzt werden.

3.2.8 Temperatur und Massenstrom des Zusatzwassers und des Abflutwassers

Hierfür können die Verfahren verwendet werden, die für das Kreislaufwasser geeignet sind.

4 Abnahmemessungen

4.1 Vertragliche Vereinbarungen

4.1.1 Allgemeines

Zwischen Besteller und Lieferer sind bereits bei Vertragsabschluß Vereinbarungen über die Abnahmemessungen zu treffen.

Hierbei sind die Verfahren und gegebenenfalls erforderliche Abweichungen von dieser Norm festzulegen. Falls auch die Hinzuziehung von neutralen Sachverständigen gewünscht wird, ist dies bei Vertragsabschluß zu vereinbaren.

Soweit bei den Messungen Verfahren angewendet werden, für die bereits VDI-Richtlinien oder DIN-Normen bestehen, sind die dort angegebenen Festlegungen anzuwenden. Dabei ist auch zu vereinbaren, ob zur Kontrolle mit zwei unabhängigen Meßsystemen gemessen werden soll.

Einen Überblick über Meßgrößen und Meßstellen gibt Anhang B.

Sofern es nicht möglich ist, die Meßstellen nach den Regeln einzurichten, müssen die Vertragspartner die sich daraus ergebenden Meßunsicherheiten vor den Abnahmemessungen feststellen.

4.1.2 Zeitpunkt der Abnahmemessungen

Die Abnahmemessungen sind innerhalb von 12 Monaten nach der Inbetriebnahme, möglichst bei den klimatischen Verhältnissen, der Kühlzonenbreite und dem Wassermassenstrom vorzunehmen, die der Gewährleistung zugrunde gelegt sind.

4.1.3 Leitung der Abnahmemessungen

Die Abwicklung des Abnahmeverfahrens ist zwischen Lieferer und Besteller möglichst schon bei Vertragsabschluß zu vereinbaren. Die Leitung der Abnahmemessungen kann einem neutralen Sachverständigen übertragen werden.

Der Leiter ist für die ordnungsgemäße Durchführung und Auswertung der Abnahmemessungen verantwortlich. Er hat im Einvernehmen mit den Vertragspartnern unter Beachtung der anlagenbedingten Meßmöglichkeiten festzulegen, welche der in Abschnitt 3 aufgeführten Messungen durchzuführen sind.

Die Vertragspartner müssen über die Einzelheiten der Abnahmemessungen unterrichtet werden.