

Was ist zu beachten

Von Reinhard Siegismund und Frank Lucka

Messungen sollen den Istzustand einer Lüftungsanlage dokumentieren, um einschätzen zu können, ob die Anlage im Nennzustand die geforderten Nennleistungen erbringt. Die Forderungen der Nennleistungen ergeben sich aus den Vorschriften und Verordnungen, den Auflagen der genehmigten Bauunterlage und den anerkannten technischen Regeln. Was der prüfende Ingenieur dabei alles zu beachten hat, erläutert der folgende Artikel.

Im Vorfeld der Messungen sind die technischen Unterlagen mit Angaben der Messorte und der Sollwerte dem prüfenden Ingenieur vorzulegen. Die Position der Messstelle ist wichtig für die Messgenauigkeit. Zur Sicherstellung der Eignung der Messstelle sollten die Messstellen bereits während der Ausführungsplanung festgelegt und in den Ausführungs- und Montageplänen dargestellt werden.

Messstellenplanung

Bei der Planung der Messstellen ist zu berücksichtigen:

- Anordnung von Messstellen an allen Hauptkanälen und an Zuleitungen von Räumen mit hohen lufttechnischen Anforderungen.
- Mindestabstände zu Störstellen (wie Abzweige, Querschnittsänderungen, Richtungsänderungen oder Einbauten), Empfehlung: 8- bis 10-mal gleichwertiger Durchmesser.
- Zugänglichkeit der Messstelle (einschließlich des Platzbedarfs für die Handhabung des notwendigen Messgeräts) auch unter der Maßgabe, dass die Messstellen zur Einregulierung und zur regelmäßigen Überprüfung der Lüftungstechnischen Anlagen benötigt werden.

Protokollierung der Messung

Es ist dringend zu raten, alle Messungen zu protokollieren. Da für den späteren Nachweis der Leistung unvollständige Protokolle unzureichend sind, sollten mindestens



Dipl.-Ing. Reinhard Siegismund, Bad Vilbel. Von der IHK Gießen-Friedberg öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Klima-, Luft-, Heizungs- und Kältetechnik, Wärmemessung, Wärmedämmung und aktives Mitglied in vielen Berufsverbänden.



Dipl.-Ing. Frank Lucka, Planungsgesellschaft Versorgungstechnik mbH (PVT), Prenzlau. Bauaufsichtlich anerkannter Sachverständiger für sicherheitstechnische Gebäudeausrüstung und Sachverständiger für vorbeugenden Brandschutz in Prenzlau und Mitglied im VBI-Landesvorstand Berlin-Brandenburg.

folgende Daten und Randbedingungen der Messungen im Protokoll erfasst werden:

- genaue Messpunktbezeichnung (mit Anlagenbezeichnung, Messortbeschreibung, Ist- und Sollwert, Abweichung des Istwerts vom Sollwert, Bewertung der Abweichung),
- Randbedingungen der Messung (Außenluftzustand, Störstellen vor dem Messpunkt und Abstand der Störstelle vom Messpunkt, Lufttemperatur),
- Betriebszustand der Anlage während der Messung (zum Beispiel

100 Prozent Außenluft, Ventilator-schaltstufe beziehungsweise Frequenz des Frequenzumrichters, Zustand der Filter),

- die Art der Messung,
- Messgerät,
- Name der Person, die gemessen hat,
- Name der Mitwirkenden (das können einmal Zeugen sein!),
- Datum und Uhrzeit.

Wenn an den Anlagen bereits Messpunktbezeichnungen vorhanden sind, sollten diese weiter verwendet werden, um Verwechslungen zu vermeiden.

Messung des Luftvolumenstroms

Der Luftvolumenstrom wird über die Luftgeschwindigkeit und den freien Querschnitt an der Messstelle ermittelt. Für die Messung von Luftgeschwindigkeiten in Rundrohren wird das Schwerlinienverfahren und in Luftkanälen das Trivialverfahren (siehe Abb. Seite 40) angewendet.

Wenn kein geeigneter Messpunkt vorhanden oder die Zugänglichkeit nicht gegeben ist, lässt die DIN EN 12599 Messungen innerhalb des Luftbehandlungsgeräts oder des Ventilatorgehäuses zu. Allerdings sind diese Messungen nur zulässig, wenn gewährleistet werden kann, dass eine klare Querschnittszuordnung und eine gleichgerichtete Luftströmung gegeben ist. Eine Beeinträchtigung der Messung durch die messende Person beziehungsweise das Messgerät sind ebenfalls nicht zulässig.

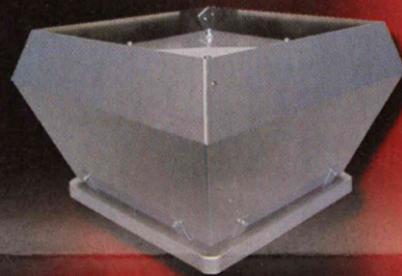
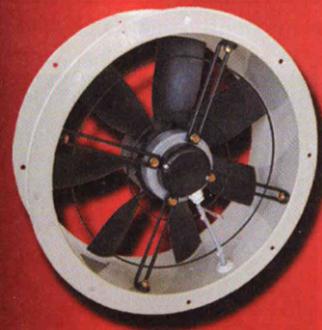
Da die Geschwindigkeitsverteilung über den Querschnitt der Luftleitung nicht gleichmäßig ist, muss mit Hilfe einer Netzmessung die mittlere Luftgeschwindigkeit ermittelt werden. Bei der Netzmessung wird der zu messende Querschnitt der Luftleitung in eine ausreichende Anzahl flächengleicher Felder (Kanal) beziehungsweise Kreisringe (Rundrohr) aufgeteilt. Je Feld/Kreisring wird die Luftgeschwindigkeit ermittelt und aus der Gesamtheit der Luftgeschwindigkeiten über den Querschnitt die mittlere Luftgeschwindigkeit gebildet. Mit der mittleren Luftgeschwindigkeit wird der Volumenstrom bestimmt.

Die flächenmäßige Aufteilung und somit die Anzahl der Messungen über den Querschnitt wird bestimmt durch die zu erzielende Messgenauigkeit und den relativen Ab-



Auch hier eine wertlose Messung direkt nach dem Druckstutzen.

IHR PARTNER FÜR LÜFTUNG + KLIMA



rosenberg [®] **ECOFIT**
ETRI
THE AIR MOVEMENT GROUP

Rosenberg Ventilatoren GmbH

Maybachstr. 1/9 • D-74653 Künzelsau
Fon 07940/142-0 • Fax 07940/142-125
www.rosenberg-gmbh.com
info@rosenberg-gmbh.com

Richtlinien

Als Grundlage der Messung ist die DIN EN 12599 „Lüftung von Gebäuden – Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumlufttechnischer Anlagen“ vom August 2000 heranzuziehen. Diese ersetzt die VDI 2080. In der DIN EN 12599 sind u. a. die Anforderungen an die Messstellen, die Messgeräte und die zulässigen Messunsicherheiten geregelt sowie die Durchführung der Messung beschrieben. Zu beachten ist jedoch, dass sich in den Tabellen der Norm einige kleine Fehler eingeschlichen haben, diese müssen kritisch geprüft werden. Spezielle Verordnungen und Richtlinien für die Ausführung von lufttechnischen Anlagen sind zum Beispiel die Landesbauordnungen sowie die Sonderbauvorschriften der jeweiligen Bundesländer (wie die Brandenburgische Krankenhaus-Pflegeheim-Bauverordnung). Beispielhafte anerkannte Regeln der Technik sind die DIN 1946 Raumlufttechnik, VDI 2053 Raumlufttechnische Anlagen für Garagen, VDI 2052 Raumlufttechnische Anlagen für Küchen und VDI 2087 Luftleitungssysteme Bemessungsgrundlagen. Bei der Arbeit mit der DIN 1946 ist darauf zu achten, dass der Teil 1 durch die DIN EN 12792 und der Teil 2 durch die DIN EN 13779 ersetzt wurden sowie der Teil 4 technisch überholt ist und derzeit überarbeitet wird. Bei Bestandsgebäuden ist es oft erforderlich, auch die alten Normen aus der Zeit der Anlagenerrichtung heranzuziehen.

stand einer Störstelle in Strömungsrichtung vor der Messstelle. Störstellen sind sämtliche Einbauten, die das Geschwindigkeitsprofil in der Luftleitung beeinflussen, wie zum Beispiel Richtungsänderungen, d. h. Bögen, Querschnittsänderungen oder Abzweige (siehe DIN EN 12599 Tabelle E1).

Messunsicherheiten

Die Messgenauigkeit wird durch die Größe der Messunsicherheiten bestimmt (siehe DIN EN 12599 Anhang J). Messunsicherheiten ergeben sich durch Einflüsse am Messort wie ein unregelmäßiges Geschwindigkeitsprofil sowie durch Ablesetoleranzen, Messgerätefehler oder stark schwankende Messwerte. Zu jeder Messung ist eine Berechnung der gesamten Messunsicherheit an der Messstelle durchzuführen und zu dokumentieren.

Messung in Rechteckkanälen

Bei der Luftgeschwindigkeitsermittlung in Rechteckkanälen (auch Trivalverfahren genannt) wird der Querschnitt durch ein Gitternetz in flächenmäßig gleiche Felder aufgeteilt. Die Mittelpunkte der einzelnen Felder bilden jeweils einen zu messenden Punkt.

Das Messergebnis kann durch Durchschnittswert bildende Messgeräte genauer werden. Bei rechteckigen Querschnitten mag diese Methode angehen, bei runden Querschnitten geht dies nicht. Wichtig ist, dass bei Durchschnittswert bildenden Geräten die Achse des Messgeräts stets genau gleichbleibend in Strömungsrichtung geführt wird. Der Durchschnitt ist nur an einem jeweils festen Punkt auf dem Gitternetz (Kanal) oder der Schwerlinie (Rohr) zu bilden. Das Messgerät sollte niemals durch die Messstelle hindurch gezogen werden.

Messung in Rundrohren

Für die Messung von Volumenströmen in Rundrohren wird nach DIN EN 12599 das Schwerlinienverfahren angewendet (siehe Abb. unten). Da auf der Längsachse des Rundrohrs die größte, aber für den gesamten Querschnitt nicht reprä-



Die Verkleidung des Luftkanals erlaubt keine ordentliche Messung der Luftmenge. Hier kann keine richtige Messung nach Fertigstellung der Anlage stattgefunden haben.

sentative Luftgeschwindigkeit zu erwarten ist, darf die Messung der Luftgeschwindigkeit zur Volumenstrombestimmung niemals auf der Mittelachse (Längsachse) erfolgen. Die Messung erfolgt auf Schwerlinien entlang von zwei senkrecht aufeinander stehenden Radien des Rundrohrs, wobei die Schwerlinien jeweils flächenmäßig gleich große Kreisringe bilden. Die Anzahl der Schwerlinien ist von der Messgenauigkeit und der Unregelmäßigkeit des Geschwindigkeitsprofils, das durch den relativen Abstand der Messstelle zu Störstellen bestimmt wird, abhängig. Mit Hilfe der Tabelle G5 der DIN EN 12599 lassen sich die Abstände der Schwerlinien von der Außenwand des Rundrohrs bestimmen. Die Anzahl der Messpunkte kann mit der Tabelle G7 und dem Bild G7 der DIN EN 12599 ermittelt werden.

Messungen an Luftauslässen

Für die Messungen der Luftgeschwindigkeit an Luftauslässen kann die Netzmessmethode nicht angewendet werden, da an den Auslässen ein zu unregelmäßiges Geschwindigkeitsprofil vorherrscht. Es gibt Hersteller von Luftauslässen, die in Ihren Unterlagen einen Messpunkt bestimmt haben, über den die Luftmenge sich bestimmen lässt. Oft ist dem messenden Sachverständigen das Fabrikat der Luftdurchlässe nicht bekannt und er misst deshalb nach seinen Methoden.

Messung mittels Messhaube

Die Messung kann mittels Messhauben, die die Luft sammeln und in eine Messeinrichtung leiten, erfolgen. Bei dem Einsatz von Messhauben ist unbedingt auf die Einsatzgrenze der Messhaube hinsichtlich des maximalen und des minimalen Luftvolumenstroms zu achten. Durch Verengung des Querschnitts der Messhaube wird der Luftstrom auf die Messeinrichtung (zum Beispiel Anemometer oder Flügelrad) kanalisiert und dadurch beschleunigt. Die beschleunigte Strömung erzeugt einen Gegendruck am Auslass, der wiederum den Volumenstrom im Kanal beeinflussen kann. Zur Messung von Drallauslässen sind Messhauben zu verwenden, in denen der Drall gleichgerichtet wird. Die

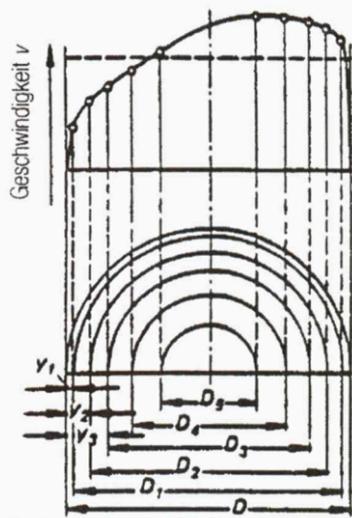
Gleichrichtung des Dralls kann mittels Gewebeüberzug der Haube realisiert werden. Ohne eine Gleichrichtung können Messfehler bis zu 30 Prozent auftreten. Die Messung mit Messhauben, z. B. in den Größen 1250/650 mm, 650/650 mm, 650/325 mm und 250 mm Durchmesser hat sich bei uns sehr bewährt. So kann die Luftverteilung über viele Luftdurchlässe relativ zügig erfasst werden. Sicherergestellt muss sein, dass die Anlage bestimmungsgemäß läuft, Fenster und Türen sollten geschlossen sein und die Brandschutzklappen sollten nicht gleichzeitig geprüft werden, da zur Prüfung der Brandschutzklappen eine Funktionsprüfung gehört und dadurch Teile des Luftverteilernetzes geschlossen werden, sodass keine repräsentative Messung mehr möglich ist.

Messung an Gitterauslässen

An Gitterauslässen wird die Luftgeschwindigkeit mit Hilfe eines großen Flügelrads (zum Beispiel mit einem Durchmesser von 100 mm) durch die Schlaufenmethode gemessen. Bei der Schlaufenmethode wird das Messgerät (Flügelrad) gleichmäßig über den gesamten Querschnitt geführt. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Geschwindigkeit der Führung des Messgeräts 1/5 der zu erwartenden Luftgeschwindigkeit nicht übersteigt. Da direkt nach den Luftleitlamellen der Auslässe die Luftgeschwindigkeit erhöht wird und eine wirbelreiche Luftströmung vorherrscht, soll das Flügelrad in einem Mindestabstand zum Gitter von ca. 5 cm geführt werden.

Abweichungen von 200 Prozent

Die Erfahrung von Luftgeschwindigkeitsmessungen an Auslässen zeigt, dass vor allem an Auslässen für kleinere Luftmengen, wie Tellerventile, der WC-Entlüftung große Abweichungen, oft bis zu 200 Prozent, von der geforderten Sollluftmenge festzustellen sind. Bei der Mehrzahl der Messungen wird ein zu geringer Luftvolumenstrom festgestellt. Die Ursache liegt meist in mangelnder Einregulierung, bei knapper Dimensionierung der Gesamtanlage ohne Berücksichtigung von Leckverlusten. Leckverluste kön-



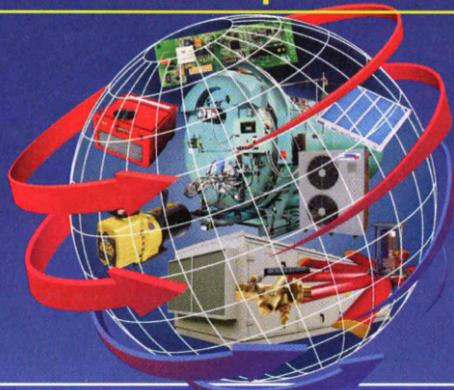
Einteilung eines Rohrquerschnitts in flächengleiche Kreisringe (D_i Schwerlinien-durchmesser, y_i Wandabstand).

Neue Produkte
Neue Technologie
Neue Anwendungen

Eine Welt von HVAC&R-Lösungen

- Über 1.800 Aussteller aus 30 Ländern
- Dutzende von kostenlosen Fortbildungsseminaren
- Sonderveranstaltungen aus der Industrie usw

KOSTENLOSE Anmeldung und Informationen:
www.ahrexpo.com



AHREXPO®

Internationale Messe für Klimaanlage - Heizung - Kühlung

23. – 25. Januar 2006
McCormick Place North & South
Chicago, Illinois, USA

Co-Sponsor:



Ehren-Sponsor:



Organisation und Verwaltung:

INTERNATIONAL EXPOSITION CO.

tel: (203) 221-9232 e-mail: info@ahrexpo.com

nen bei längeren Kanälen, die durch lufttechnisch nicht behandelte Nebenräume führen, überraschend groß sein.

Oft werden den Sachverständigen Messprotokolle gezeigt, die nicht den Anforderungen genügen und dann auch nicht als Nachweis für die erbrachten Leistungen taugen. Auffallend sind die Messungen mit Durchschnittswert bildenden Anemometern in Rohren, oder es wird mit dem gleichen Gerät nur dort gemessen, wo Luft strömt, die Fläche wird aber insgesamt gerechnet, oder es wird der Rahmen des Gitters als Fläche mitgerechnet. Solche Messungen sind vielleicht zur Kontrolle, ob Luft ankommt, nützlich, die Luftmenge wird damit nicht bestimmt.



Diese Messstelle 7, direkt nach den Druckstutzen des Ventilators, ist unbrauchbar. Leider sind solche Messstellen oft vorzufinden, die Protokolle dieser Firmen sind nichts wert.

Fehlmessungen vermeiden

Um Fehlmessungen an Luftauslässen zu vermeiden, ist bei der Messung mit Flügelrädern zu beachten, dass diese nur Luftgeschwindigkeiten parallel zur Flügelachse erfassen können. Wenn eine parallel zur Flügelachse verlaufenden Luftströmungen nicht gegeben ist, muss eine Messhaube zur Gleichrichtung der Luft eingesetzt werden.

Einsatzgrenzen beachten

Vor Beginn einer Messung müssen die Einsatzgrenzen der vorhandenen Messinstrumente beachtet werden, da die Messinstrumente außerhalb der Einsatzgrenzen durch zu hohe Messfehler keine verwertbaren Daten liefern. So können aufgrund der Funktionsprinzipien Messungen mit Prandtlrohr, Pitotrohr, Messblende oder Stauleiste erst ab einer Geschwindigkeit von 2,0 m/s mit einer hinreichenden Genauigkeit erfolgen. Flügelräder sind je nach Größe erst ab einer Geschwindigkeit von 0,4 m/s einsetzbar. Kleinere Geschwindigkeiten sind mittels Hitzdrahtanemometer zu erfassen. Die Einsatzgrenze der Messinstrumente ist nicht nur durch eine Mindestgeschwindigkeit, sondern auch durch eine Maximalgeschwindigkeit vorgegeben. In der obenstehenden Tabelle sind beispielhaft einige Messinstrumente mit ihren Einsatzgrenzen aufgeführt.

Luftgeschwindigkeiten (in m/s)

Messgerät	minimal	maximal
Hitzdrahtanemometer	0	10
Flügelrad bis ca. d = 20 mm	0,4	60
Flügelrad bis ca. d = 100 mm	0,25	15
Prandtlrohr	2,0	je nach Ausführung
Pitotrohr	2,0	je nach Ausführung

Ermittlung des Sollzustands

Um den Sollzustand ermitteln zu können, muss sichergestellt sein, dass die Lüftungsanlage auch im Sollzustand fährt. Hierbei ist auf die Schaltstufe des Ventilators oder die Frequenz des Frequenzumrichters zu achten. Weiterhin muss die Stellung der Klappen (wie Außenjalousieklappe oder Umluftklappe) und der Volumenstromregler vor Messbeginn kontrolliert werden. Messungen zeigen, dass die Anlagen im Umluftbetrieb und im Außenluftbetrieb verschiedene Messergebnisse aufweisen. Diese Feststellungen und eventuelle Besonderheiten, wie spürbare Undichtheiten oder verschmutzte Filter, sind im Messprotokoll zu dokumentieren. Alle Anlagenteile müssen richtig laufen, d. h. Ventilatoren im Sollzustand, Klappen in Endstellung offen, Filter neu oder Normalstand, Anlage gesäubert, Fenster und Türen geschlossen und Temperaturen im künftigen Regelbereich.

Druckmessungen

Im Rahmen der Abnahmemessungen werden statische Drücke zur Überprüfung des Druckabfalls von Einbauten gemessen. Zur Vermeidung von Messfehlern sollte die Messbohrung möglichst klein und graffrei sein. Die Druckmessstutzen sind zentrisch zum Kanal anzuordnen und dicht auszuführen. Wird lediglich eine Messbohrung ausgeführt, ist darauf zu achten, dass der Messschlauch bündig mit der Kanalwandung abschließt. Um Höhenkorrekturen zu vermeiden, empfiehlt es sich, die Umgebungsdruckmessstelle des Messgeräts auf die gleiche Höhe wie die statische Druckentnahmestelle zu bringen.

Dem Ingenieur, der plant, abnimmt oder der Anlagen einreguliert, ist zu raten, Lehrgänge mit praktischen Messübungen zu besuchen, wie diese von Fachhochschulen, z. B. Köln und Cottbus, dem VDI oder der TOS-Technische Organisation Sachverständige, Hamburg, angeboten werden.

Besser sorgfältig prüfen

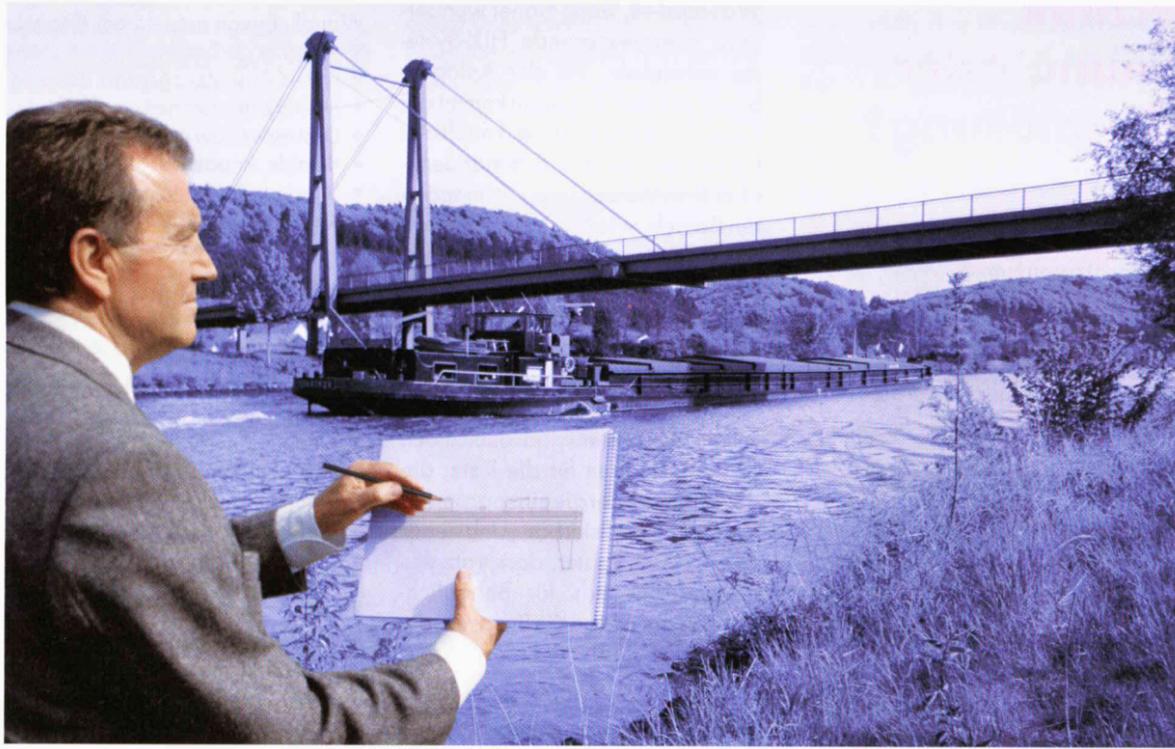
Als Sachverständiger muss ich bei Rechtsstreiten über die Nennleistung von haustechnischen Anlagen oft feststellen, dass die vereinbarten Leistungen nicht erreicht werden. Nach HOAI gehört das Nachweisen von erbrachten Nennleistungen für den Planer nicht zum Leistungsbild in der Leistungsphase VIII. Das heißt in der Praxis, dass diese Leistung als „Besondere Leistung“ vom Ingenieur anzubieten und vom Auftraggeber zu beauftragen ist. Diese besondere Leistung wird, weil sie zusätzliche Kosten verursacht, in der Regel nicht beauftragt, sondern der Ersteller der Anlagen misst oft als „Einsteiger“, ob die von ihm installierte Anlage die geforderte Leistung bringt.

Bei Lüftungslagen, die nach der jeweiligen Anlagenprüfverordnung der Bundesländer durch dafür anerkannte Sachverständige geprüft werden, werden die Hauptluftmengen und nur im Einzelfall die Luftverteilung gemessen und geprüft. Diese Prüfleistung wird als Position im Leistungsverzeichnis meist an die Firma, die die Anlage installiert, vergeben. Diese beauftragt dann auch den anerkannten Sachverständigen. Auch hier misst der Ersteller einer Anlage durch einen Subunternehmer selbst. Meine Erfahrung zeigt, dass bei Rechtsstreiten in vielen Fällen die zuvor durch einen anerkannten Sachverständigen als richtig geprüften Anlagenleistungen nicht erbracht wurden. Dies trifft besonders in den Fällen zu, wenn der anerkannte Sachverständige vom Unternehmer selbst und nicht vom Bauherrn beauftragt wird. Die durch zeitlichen und finanziellen Druck nötige Eile bringt es mit sich, dass die Abnahmen schnell und „ohne Mangel“, allerdings nur direkt an die beauftragte ausführende Firma, als „in Ordnung“ bestätigt werden. Es sollte überlegt werden, ob diese anerkannten Sachverständigen nicht besser durch den für sein Gebäude verantwortlichen Bauherrn direkt beauftragt werden. Wenige Bundesländer (wie zum Beispiel Brandenburg) haben die Vergabe an Ausführungsfirmen in Verwaltungsanweisungen für öffentliche Bauherrn untersagt und die öffentlichen Auftraggeber angewiesen, den Sachverständigen selbst zu beauftragen.

Dass die Leistungen der Lüftungsgeräte selbst, der Kältemaschine, der Heizkessel oder Rückkühler und der Sekundärgeräte nicht stimmten, sind nach unseren Beobachtungen Einzelfälle. Dass allerdings die Medientemperaturen oder Drücke nicht stimmen und damit eine ungenügende Leistung der Geräte zur Folge haben, ist eher festzustellen. Den die Anlagen abnehmenden Ingenieuren ist zu raten, das Erreichen der erforderlichen Medienwerte bei der Abnahme zu prüfen.

Reinhard Siegismund

Stabilität und Sicherheit ...
... mit dem innovativen GÜNTNERprofile






...keep(s) your quality.



Leckagesicher.
Der Axialverflüssiger verfügt über das patentierte GÜNTNERtragrohrsystem sowie das GÜNTNERprofile. Diese Merkmale sorgen für hohe Leckagesicherheit

bei Transport und Betrieb. Weitere Informationen über zukunftsweisende Güntner-Produkte erhalten Sie unter unserer **kostenfreien Infoline** **+49 (0)800 – 48 36 86 37.**

Hans Güntner GmbH
www.guentner.de
D-82256 Fürstenfeldbruck