

Dichtheitsprüfung von Luftleitungen in der Praxis

Energieeinsparung in RLT-Anlagen

Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Luft, Technischer Leiter Development

Auf dem RLT-Markt scheint es nur zwei entgegengesetzte Positionen zu geben: Planer und ausführende Firmen, die die Normen und Notwendigkeiten zur Energieeinsparung anerkennen und bis zur letzten Konsequenz (Dichtheitstest) umsetzen und solche, die die Notwendigkeit von dichten Luftleitungen teils sogar vehement abstreiten! Jedem ist bewusst, dass LV-Forderungen alleine nicht genügen, um die gewünschte RLT-Anlagenqualität zu gewährleisten, sondern dass auch (Abnahme-) Prüfungen an ausgeführten Anlagen erforderlich sind. Wie bedeutend Luftleitungsleckagen hinsichtlich Energieverschwendung tatsächlich sind, wird am Beispiel von Heizungsanlagen deutlich: Leckagestellen lassen Luft unkontrolliert ausströmen, wodurch die letzten Heizkörper oft kalt bleiben. Messungen an (mangelhaft) ausgeführten Anlagen haben belegt, dass bis zu 1/3 der für den jeweiligen Raum ausgelegten Luftmenge wegen Leckagen dort nicht ankommt.

DICHTE LUFTLEITUNGEN VON NORMEN GEFORDERT

Die in der europäischen Richtlinie „Energy Performance of Buildings Directive“ (EPBD) 2002/91 festgelegten Energieeinsparungsziele werden über die Energieeinsparverordnung sowie über Normen und Richtlinien umgesetzt. Für Lüftungs- und



Abb.2 Leckageprüfgeräte

Klimaanlagen gilt dafür in erster Linie DIN EN 13779: „Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Klima- und Lüftungs-

anlagen“. Die (Un-)Dichtigkeit von Luftleitungen ist nach DIN EN 13779 bei der Ermittlung des Luftvolumenstromes für die Auslegung der Ventilatoren unter Hinweis auf DIN EN 15242 „Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Luftvolumenströme in Gebäuden einschließlich Infiltration“ zu berücksichtigen.

Demnach ist bei unbekannter Dichtheitsklasse des Luftleitungssystems mit 15 % Verlust zu rechnen; bei Dichtheitsklasse A immerhin noch mit 6 %.

Nach der letzten Ausgabe der DIN EN 13779 sollten aber 2 % nicht überschritten werden! Dichtheitsklasse A (entspricht Dichtheitsklasse II nach alter DIN 24194) ist also in der Regel bei Weitem nicht ausreichend und wird demzufolge in DIN EN 13779 nicht mehr empfohlen. Mangelnde Luftdichtigkeit bewirkt Leckagen, die verschiedene Auswirkungen haben können und stets zu Mehrkosten führen, Abb.3. Man sollte daher bei der Abnahme/Inbetriebnahme dokumentieren können, wie dicht das errichtete Luftleitungssystem ist.



Abb.1 Baustellen-Leckagetest

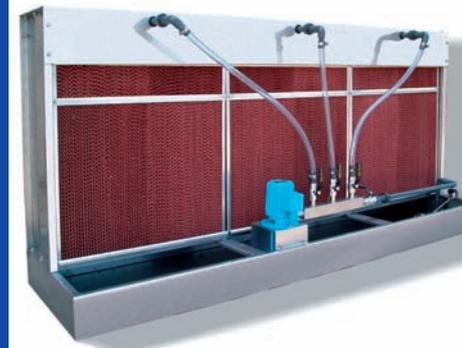
ABNAHMEN NACH DIN EN 12599

Abnahmeprüfungen sind, aufgrund der Forderung in der VOB Teil C, in der Regel Bestandteil jedes Vertrages über die Errichtung einer raumlufttechnischen Anlage. Dazu sollte auch der Dichtheitstest von Luftleitungen gehören.

Während einige Firmen sämtliche Dichtheitstests ignorieren, haben andere Firmen diese bereits als festen Bestandteil in ihr Abnahmeprozedere aufgenommen. Nicht zuletzt, um den vielfach ausführenden Sub-Unternehmer nicht aus der Verantwortung zu lassen. Für die Erfüllung der betreffenden vertraglichen Festlegungen ist eine frühzeitige Berücksichtigung von Dichtheitstests im Planungsstadium notwendig. Diese sollten daher explizit ausgeschrieben werden. Nachträgliche Versuche, einen Dichtheitstest ausführen zu lassen, scheitern meist aufgrund vertraglicher, aber auch praktischer Gegebenheiten. Dabei sind rechtzeitig geplante und berücksichtigte Dichtheitstests heute sehr einfach.

Verdunstungsbefeuchter Typ HEF

von



- **Adiabatischer Befeuchter mit Umlauf- oder Direktwasserbetrieb.**
- **Keine Wasseraufbereitung erforderlich.**
- **Imprägnierte, korrosionsbeständige Glasfaserkassetten in Edelstahlrahmen eingefasst.**
- **Optional mit Tropfenabscheider.**
- **Hoher Wirkungsgrad bis 90%.**
- **Ideal für die Verdunstungskühlung geeignet.**
- **Ausführung gemäß VDI 6022 lieferbar.**

DIN EN 13779 verweist dazu ebenso wie die VOB Teil C bzw. DIN 18379 auf die Ausführungen in DIN EN 12599 „Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumluftechnischer Anlagen“.

Abnahmeprüfungen, und damit auch Dichtheitsprüfungen, sind technisch und wirtschaftlich begründet. Sie bieten aber

in der Beschreibung des Anwendungsgebietes eher für den Laborgebrauch heranzuziehen sind. Als ausreichend große Teilstrecke des Luftleitungssystems gelten mind. 10 m² Luftleitungsfläche. Sofern keine gesamte Prüfung des Luftleitungssystems vorgenommen werden soll, sind aber mindestens 10 % der Luftleitungs-

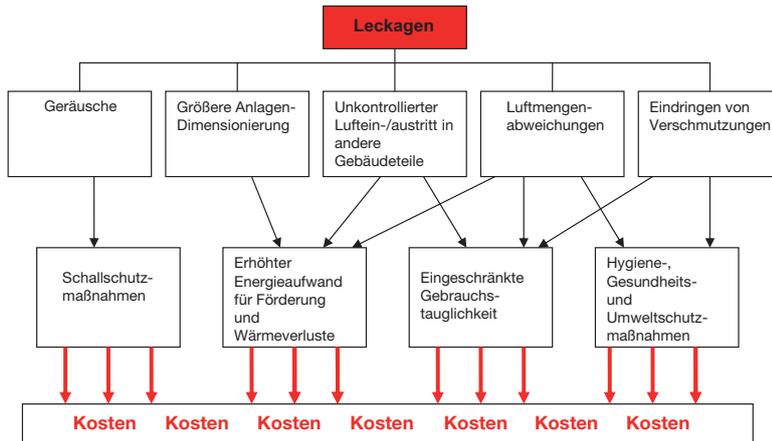


Abb.3 Auswirkungen von Leckagen

auch den Ausführenden die Möglichkeit einer lückenlosen Dokumentation im vertragsrechtlichen Sinne.

MESSUNG DES LECKLUFTSTROMES NACH NORM

Nach DIN EN 13779 sollten Dichtheitsprüfungen in jedem Stadium der Ausführung durchgeführt werden, in dem die gesamte Dichtheit prüfbar ist und erforderliche Reparaturen leicht vorgenommen werden können. Die Vorgehensweise wird in DIN EN 12599 beschrieben. Danach ist es zweckmäßig, die Messung des Leckluftstromes während der Montage der Anlage an ausreichend großen Teilstrecken des Systems durchzuführen, Abb.1.

Die Normen

- ▶ DIN EN 12237 „Luftleitungen – Festigkeit und Dichtheit von Luftleitungen mit rundem Querschnitt aus Blech“ und
- ▶ DIN EN 1507 „Rechteckige Luftleitungen aus Blech – Anforderungen an Festigkeit und Dichtheit“

geben noch detailliertere Hinweise.

Die wesentlichen Punkte daraus sind nachfolgend erläutert, auch wenn diese Normen trotz anderslautender Aussagen

oberfläche einzubeziehen. Alle Öffnungen des Systems sind zunächst zu verschließen. Ein Gebläse/Ventilator wird dann über eine Volumenstrommesseinrichtung (kalibriertes Drosselgerät) angeschlossen. Als Prüfdruck werden 200 Pa, 400 Pa oder 1000 Pa als Überdruck bei Zuluftleitungen oder als Unterdruck bei Abluftleitungen vorgeschlagen. Der Prüfdruck sollte so gewählt werden, dass er in der Mitte des mittleren Betriebsdruckes liegt. Für eine Abweichung vom mittleren Betriebsdruck, der nach DIN EN 12599 zulässig ist, wird eine Umrechnungsformel angegeben.

DIN EN 12237/1507 schreibt die Aufrechterhaltung des gewählten Prüfdruckes $\pm 5\%$ für 5 Min. vor. Zur Ermittlung der Leckluftströmung ist die Luftleitungsfläche gemäß DIN EN 14239 zu ermitteln. Die Division des gemessenen Leckluftvolumens durch die Luftleitungsfläche ergibt die Leckluftströmung:

$$f = \frac{q_v}{A_j} \quad \left[\frac{l \times s^{-1}}{m^2} \right]$$

Zur Beurteilung werden die Grenzwerte für die Dichtheitsklassen nach DIN EN 13779

(gleichlautend in DIN EN 12237 und 1507 aufgeführt) herangezogen:

Luftdichtheitsklasse	Grenzwert der Leckluftrate (f_{max}) l x s ⁻¹ m ⁻²
A	0,027 x p _t ^{0,65}
B	0,009 x p _t ^{0,65}
C	0,003 x p _t ^{0,65}
D	0,001 x p _t ^{0,65}

Bei abweichenden Temperaturen und atmosphärischem Druck ist eine Korrektur der Ergebnisse vorzunehmen.

BERÜCKSICHTIGUNG SEITENS DER PLANUNG

Aus den Prüfbedingungen wird deutlich, weshalb DIN EN 13779 die Forderung nach Definition der Prüfungen bereits im Planungsstadium aufstellt: Mit einer frühzeitigen Festlegung der zu prüfenden Teilstrecken und der Koordinierung mit dem Montageablauf sowie rechtzeitiger Bereitstellung der Prüfeinrichtungen wird eine zügige Durchführung der Prüfung ermöglicht. Die Prüfplanung sollte deshalb berücksichtigen:

- ▶ die Festlegung der zu prüfenden Teilstrecken,
- ▶ die Verwendung geeigneter Luftleitungskomponenten,
- ▶ die Benennung eines seitens des Auftraggebers zur Abnahme Berechtigten,
- ▶ den Montageablauf und die Baustellenbedingungen,
- ▶ die Zugänglichkeit des Luftleitungssystems bezüglich anderer Gewerke,
- ▶ die Bereitstellung eines Ventilators und einer Volumenstrommesseinrichtung bzw. eines kompletten Leckageprüfgerätes,
- ▶ die Bereitstellung der Bauteile zum Verschließen der Öffnungen.

PRAKTISCHE DURCHFÜHRUNG

Das Verschließen der Öffnungen eines Luftleitungssystems ist von großer Bedeutung. Improvisierte Folienabdeckungen z. B. mit Klebebänder können enorme Messfehler verursachen. Sinnvoll ist die Nutzung systemkonformer Bauteile, die auch andere Vorteile bieten, z. B. reinigungsfreundliche Revisionsöffnungen und (Luftdurchlass-) Anschlusskästen für das Einsetzen von Absperrballons oder für eine Weiterverwendung geeignete Enddeckel. Bei runden Luftleitungen sind aufblasbare Absperrballons verwendbar, während bei eckigen Luftleitungen praktisch nur Endböden zum Verschließen angebracht werden können. Manche Firmen setzen auch dickwandige Folien ein, die bei Montage bereits zwischen zwei Kanalbauteilen eingeklemmt werden und später leicht herausgezogen werden können. Werden diese Bauteile bei der Ausführungsplanung bereits vorgesehen, fallen außer dem Zeitaufwand kaum Mehrkosten an. Der Anschluss des Gebläses/Ventilators bzw. der Messeinrichtung selbst kann ebenfalls über einen vorbereiteten Enddeckel oder entsprechende Reduzieranschlussstücke erfolgen. Es kann damit z. B. auch bei den Luftauslässen angeschlossen werden. Zu beachten ist, dass zwischen dem Gebläse-/Ventilatoranschluss und der Druckmessstelle ein ausreichender Abstand vorliegen muss, um eine Beeinflussung der Druckmessung zu vermeiden. Ventilatoren und Messeinrichtungen können bei entsprechenden Anbieterfirmen erworben werden. Wichtig ist, das zu erwartende Leckluftvolumen grob abzuschätzen, um Ventilator und Messeinrichtung mit dem entsprechenden Volumenstrombereich einzusetzen. Praktisch

sind allerdings komplette Leckageprüfgeräte, die universell einsetzbar sind. Abb.2 zeigt ein Gerät, das bei jedem Druck sicher die Dichtheitsklasse ermittelt, ohne dass eine Umrechnung erforderlich wird. Absperrballons für Nennweiten bis 630 mm sind ebenfalls bei entsprechenden Anbieterfirmen erhältlich.

LECKLUFTRATE ZU HOCH?

Wenn die vertraglich festgehaltene Dichtheit nicht nachweisbar ist, kann dies zu Problemen führen. Die Wahrscheinlichkeit, dass dieser Fall eintritt, ist jedoch gering, wenn Systemkomponenten eingesetzt wurden, die für die entsprechende Dichtheitsklasse geeignet sind und bei der Montage sorgfältig vorgegangen wur-

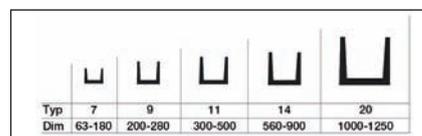


Abb.4 Bsp. für ein abgestuftes Lippen-Dichtsystem

de. Bei heutigem Stand der Technik ist mit qualitätsgesicherten runden Luftleitungen mindestens die Dichtheitsklasse C erreichbar. Runde Luftleitungen mit abgestuften Lippendichtungen erreichen sogar die Dichtheitsklasse D, Abb.4. Bei eckigen, gefalteten Luftleitungen hingegen ist D nur bei Abmessungen bis zu Kantenlängen von ca. 750 mm praktisch erreichbar, da mit der Baugröße die Montageeinflüsse ansteigen – wobei die Luftleitungskomponenten selbst unbegrenzt in gefalteter Ausführung in Dichtheitsklasse D ausgeführt werden könnten. Um Größenordnungen zu verdeutlichen: Bei eckigen Luftleitungen sprach man früher von 50 % Montageein-

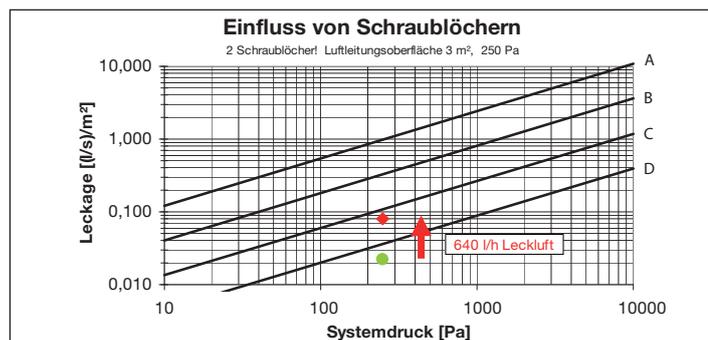


Abb.5 Einfluss von Schraublöchern

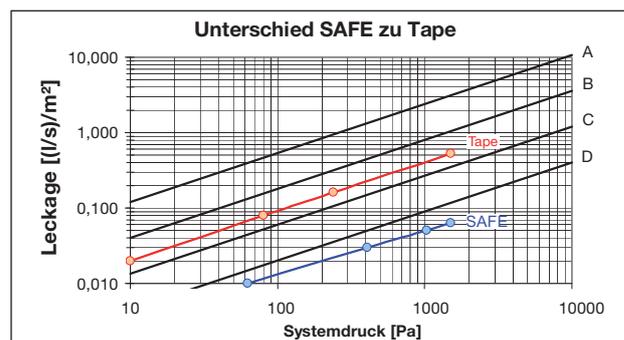


Abb.6 SAFE-Lippendichtung im Vergleich zu Kaltschweißband



ALLES AUS EINEM HAUS

**Klimatechnik · Wärmepumpe
Luftbefeuchtung · Luftentfeuchtung**

...ob nur Kühlung, Kühlung oder Heizung, Kühlung und Heizung, Mono-, Duo-, Trio-, Quadro- oder VRF-Split-Systeme, eine- oder vierzig Inneneinheiten je Außeneinheit, Anbindung an EIB, Profibus oder Lon Works, Befeuchtung oder Entfeuchtung, mit Strom oder mit Gas betrieben, Kälteleistung 1,5 kW oder 135 kW, Heizleistung 3,2 kW oder 150 kW, Entfeuchtungsleistung 10 l/Tag oder 900 l/Tag, Dampfleistung 0,6 kg/h oder 272 kg/h, Beratung, Auslegung, Inbetriebnahme oder Support...

**A. Kaut GmbH + Co. · Windhukstr. 88 · 42277 Wuppertal
Tel. (02 02) 26 820 · Fax (02 02) 26 82 100 · e-mail: info@kaut.de**

Berlin Tel. 03 33 97 / 6 86 80 · Dresden Tel. 03 51 / 25 47 30 · Frankfurt Tel. 0 61 09 / 6 96 80
Hamburg Tel. 0 40 / 2 54 06 80 · München Tel. 0 89 / 68 09 19 60 · Nürnberg Tel. 0 91 29 / 40 54 60
Stuttgart Tel. 0 71 61 / 3 89 99 50

fluss hinsichtlich Leckage bereits schon bei Dichtheitsklasse A! Prinzipiell haben eckige Luftleitungen einige Nachteile, vor allem in der Montage, aber auch physikalisch hinsichtlich der theoretischen Leckluftmenge – hierzu später noch einige Erläuterungen. Ist die Leckluftmenge zu hoch, empfiehlt sich, zuerst alle verschlossenen Luftleitungsenden genau zu prüfen. Eine Sichtkontrolle der verlegten Luftleitungen sollte anschließend vorgenommen werden. Rauchpatronen erleichtern das Aufspüren von Leckagestellen. Oft gestaltet sich die Suche nach Leckagen aus verschiedenen Gründen jedoch schwierig:

- ▶ baulich eingeschränkte Zugänglichkeit,
- ▶ Leckagen setzen sich oft aus vielen kleinen Undichtigkeiten zusammen,
- ▶ zu große Abmessungen, um mit Rauchstäbchen die Stöße zu prüfen,
- ▶ Verwendung von Rauchpatronen aus hygienischen Gründen unerwünscht.

Häufig wird daher auf Verdacht begonnen, alle Stöße, Verbindungen etc., soweit noch zugänglich, nachzudichten. Einfacher ist es jedoch von vornherein darauf zu achten, geeignete Systemkomponenten fachgerecht zu verbauen!

FACHGERECHTE MONTAGE

Eine fachgerechte Montage zahlt sich aus. Das Montagepersonal sollte entsprechend vorbereitet werden, um die Anforderungen realisieren zu können. Monteure unterschätzen den Einfluss von Undichtigkeiten häufig. Grundsätzlich gilt: Wo Licht durchfällt, ist die Dichtheit einer Luftleitung in Zweifel zu ziehen. Im Folgenden einige Beispiele, um die Größenordnung von Leckagen zu verdeutlichen: Ein einziges, unverschlossenes Schraubenloch mit 3 mm Durchmesser verliert in der Stunde bei einem Druck von 250 Pa im Luftleitungssystem ca. 320 Liter Luft, Abb.5. Die Abdichtung der Bauelemente gegeneinander spielt natürlich auch eine große Rolle.



Abb.7 Schraubenlose Verbindungen

Hierbei gibt es unterschiedliche Auffassungen darüber, welche Lösung sinnvoll ist:

- ▶ Bei eckigen Luftleitungen in den Ecken oft rund geklebte Dichtbänder neigen zu Leckagen, weil das Dichtband nicht in der ursprünglichen Position bleibt.
- ▶ Bei Rundsystemen wird die Abdichtung



Abb.8 Zu bevorzugende Überkreuzabdichtung

mit Tape, also Klebe- oder Kaltschweißbändern, fälschlicherweise höherwertiger eingestuft als ein Lippendichtsystem. Mit einem einfachen Versuch kann dies widerlegt werden. Tatsächlich hat eine „getapte“ Verbindung gegenüber einem hochwertigen Lippendichtsystem bei 250 Pa eine um ca. 400 l/h höhere Leckluftmenge pro Meter Dichtlänge, Abb.6.

Wenn zudem noch schraubenlose Verbindungen, Abb.7, eingesetzt werden, reduzieren sich nicht nur Montagezeiten, sondern auch Fehlerquellen für Undichtigkeiten.

- ▶ Ein längsgefalteter Kanal verliert über den (maschinell gut ausgeführten) Längsfalz ca. 500 l/h bei 250 Pa pro Meter Falzlänge, wenn dieser keine zusätzliche Abdichtung hat. Ein schlecht ausgeführter, von Hand geschlossener Falz ohne Abdichtung erreicht ein Vielfaches dieses Wertes! Vorsicht also vor einzelnen, noch „schnell beschafften“ Formstücken.

Einige weitere Hinweise, die bauseits zu beachten sind:

- ▶ schonende Entladung und Einlagerung sowie behutsamer Baustellentransport,
- ▶ Prüfung auf Beschädigungen und Deformierungen,
- ▶ geeignete Befestigung/Abhängung unter Vermeidung von Punktlasten,
- ▶ fachgerechte Montage u. Abdichtung,
- ▶ runde Luftleitungen: wo notwendig, geeignete Blechtreibschrauben verwenden

(Herstellerempfehlung beachten),

- ▶ eckige Luftleitungen: nur geeignete, ggf. geprüfte oder vom Hersteller empfohlene Dichtmaterialien einsetzen; planparallele Ausrichtung der Flanschebenen vor der Verschraubung,
- ▶ gebrauchte Bauteile sind nur sehr eingeschränkt wieder verwendbar, daher nur neue Bauteile verbauen,
- ▶ versehentlich eingebrachte Bohrungen (Blechtreibschrauben) verschließen.

PRINZIPIELLER NACHTEIL VON ECKIGEN LUFTLEITUNGEN IN BEZUG AUF DAS LECKLUFTVOLUMEN

Die empfindlichere Montage ist nur ein Grund, weshalb eckige Luftleitungen allgemein höhere Leckluftstraten und einen höheren Energieverbrauch aufweisen. In Vorbereitung von Dichtheitstests stellen Planer immer öfter selbst fest, welche Vorteile runde Luftleitungen bieten. Zumal die Reduzierung von Luftmengen und der Übergang auf semi-zentrale Systeme geringere Luftmengen und damit kleinere Durchmesser erfordern. Der „Nachteil runder Luftleitungen“, weniger anpassungsfähig zu sein als ein eckiger Kanal, gehört damit der Vergangenheit an.

Im Vergleich zu runden Luftleitungen ha-

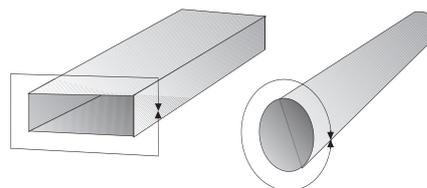


Abb.9 Weniger Dichtungslänge – mind. 27% weniger Oberfläche = weniger Leckage mit runden Luftleitungen!

ben eckige Luftleitungen schon aufgrund der größeren Oberfläche einen deutlichen Nachteil bei der Dichtheit. Der Unterschied erklärt sich über den hydraulischen Durchmesser, der für die Dimensionierung von eckigen Luftleitungen zugrunde zu legen ist. Die zulässige Leckage nach Norm ist über die Luftleitungsoberfläche definiert. Größere Oberfläche bedeutet also größeren Leckluftvolumenstrom absolut – der Ventilator muss mehr fördern/größer dimensioniert sein. Demnach ist die Luftleitungsoberfläche für eine eckige Luftleitung bei einem Kanal-Kantenlängenverhältnis

von 1:1 um 27 % größer, bei einem üblichen Kanal-Kantenlängenverhältnis von 1:2 bereits 43 %, Abb.9. Entscheidet man sich also für eine eckige Luftleitung, ergibt sich daraus zwangsläufig ein um mindestens 27 % größerer Leckluftvolumenstrom.

NEUE NORMEN

Der im Dez. 2007 erschienene Norm-Entwurf DIN EN 15727 „Luftleitungen-Technische Luftleitungsprodukte, Klassifizierung entsprechend der Luftdichtheit und Prüfung“ sieht eine Prüfung von Luftleitungs-System-Bauteilen vor, die mehr Funktionen als den Transport von Luft erfüllen. Diese Norm stellt die gleichen Anforderungen wie DIN EN 13779 bzw. 12237 und 1507 auf und schließt somit die Lücke bei nicht systemkonformer Bauteilverwendung. Damit wird also auch für die Zulieferer von einzelnen Komponenten die Einhaltung von Dichtheitsvorschriften wichtig. Der im April 2008 erschienene Norm-Entwurf

DIN EN 15780 „Luftleitungen – Sauberkeit von Lüftungsanlagen“ hat aus hygienischen Gesichtspunkten Vorschläge für die Verwendung von Dichtheitsklassen aufgenommen. Dass es sich hierbei nicht nur um hygienisch anspruchsvolle Gebäudetypen handelt, wird schnell ersichtlich (Stichwort: ungereinigte Zwischendecken und Hohlräume).

TATSÄCHLICHE ERGEBNISSE BEI DURCHGEFÜHRTEM DICHT- HEITSTEST AN RLT-ANLAGEN

Die Tests zeigen unterschiedliche Ergebnisse. Einige Anlagen liegen weit entfernt von der geforderten Dichtheitsklasse, die anderen erfüllen sie auf Anhieb oder liegen so nahe daran, dass mit geringem Aufwand die Dichtheitsklasse erreicht werden kann. Bei Anlagen, die die Dichtheitsklassen nicht erfüllen, stellt sich meist heraus, dass Dichtheitsanforderungen nicht rechtzeitig berücksichtigt wurden. Nichtbeachtung

in der Planungsphase, falsche Bauteilverwendung oder unzureichende Sensibilisierung auf der Montage sind die häufigsten Ursachen. Oft wird die Anforderung an die Dichtheit gerne übersehen oder gar auf ein „Durchkommen“ gehofft. Dabei sind fehlende Luftmengen in den Räumen bei der Abnahme oft der Anlass nachzuforschen, wo die vom Gerät geförderte Luftmenge verbleibt. Die früher oft praktizierte „Sanierung“ durch eine größere Riemenscheibe auf dem Motor oder Motor-/Ventilatoraus-tausch zur Erhöhung der Luftleistung funktioniert heute, in Zeiten der Energieeinsparung, nicht mehr. Dies hat sogar schon dazu geführt, dass Luftleitungen wieder ausgebaut werden mussten.

Autor

*Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Luft,
Technischer Leiter Development
Lindab, Bargteheide
Fotos und Grafiken: Lindab
www.lindab.de*

Die Welt ist keine Scheibe - Ihre Anzeigen auch nicht [...]



innovatools

Werkzeuge für den Erfolg

Fach.**Journal**

Fachzeitschrift für Erneuerbare Energien & Technische Gebäudeausrüstung

[Hier mehr erfahren](#)



innovapress

*Innovationen publik machen
schnell, gezielt und weltweit*

Filmproduktion | Film & Platzierung | Interaktive Anzeige | Flankierende PR | Microsites/Landingpages | SEO/SEM | Flashbühne