

An die Energieeffizienz von raumlufttechnischen Anlagen werden immer höhere Anforderungen gestellt. Dabei spielt die Dichtheit des Luftleitungssystems eine besondere Rolle. Hier steckt das größte Potenzial, wenn die Luftvolumenströme mit geringen Leckagen an den tatsächlichen Bedarf angepasst werden können. Durch eine herstellereigene Serienüberwachung der Luftleitungen könnte eine Ursache für Leckagen minimiert werden.

Mit Sicherheit dicht

Qualitätssicherung in der Fertigung von Luftleitungen – von Jürgen Luft

Die Energieeffizienz von RLT-Anlagen kann entweder durch verbesserte Wirkungsgrade oder durch Luftvolumenströme realisiert werden, die an den tatsächlichen Lüftungsbedarf angepasst werden. Nur eine umfassende Planung, die Verwendung energieeffizienter Komponenten, deren fachgerechte Montage und Inbetriebnahme sowie regelmäßige Wartung führen zu entsprechend funktionierenden Anlagen und reduzierten Lebenszykluskosten (LCC), die zunehmend zum Beurteilungs- und Entscheidungskriterium werden. Niedrige Geräte- und Luftleitungsleckagen werden in diesem Zusammenhang künftig genauer berücksichtigt werden müssen. Entsprechende Messungen vor einer Montage gewinnen daher an Bedeutung.

Neue Normreihe

Mit der Überarbeitung der DIN EN 13779 „Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme“ (September 2007), die in Kürze zweigeteilt als EN 16798 Teil 3 „Energieeffizienz von Gebäuden: Lüftung von Nichtwohngebäuden – Anforderungen an die

Leistung von Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsystemen“ und als Technical Report TR 16798-4 erscheinen wird, bekommt die Dichtheit der Luftleitungen deutlich mehr Bedeutung. So wird im normativen Teil mindestens die Einhaltung der Dichtheitsklasse B an der montierten Anlage gefordert. Nur mit entsprechend dichten Luftleitungen ist auch die geforderte spezifische Ventilatorleistung (SFP) erreichbar. Mit der EN 16798-3 differenziert man künftig auch zwischen dem SFP-Wert der Zuluft und der Abluft. Aber selbst die bislang in der EnEV 2014 geforderten SFP-Werte sind häufig angesichts von Leckagen in Luftlei-

tungssystemen von oft mehr als 15 % nicht erreichbar.

Dichtheitsprüfung vor Ort

Nicht nur bei Verträgen nach DIN 18379/VOB Teil C „Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Raumluchttechnische Anlagen“ sondern immer sollte bei neu errichteten Anlagen eine Abnahme auf Basis DIN EN 12599 „Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluchttechnischer Anlagen“ durchgeführt und evtl. Mängel beseitigt werden. Die Prüfung sollte allerdings während der Montagephase durchgeführt werden, solange die Luftleitungen noch zugänglich sind. Wurden sie nicht durchgeführt, sind Luftmengenabweichungen in einzelnen Räumen oft der Grund für aufwändige Untersuchungen. In vielen Fällen sind undichte Luftleitungssysteme die Ursache und der Luftleitungshersteller als Schuldiger verdächtigt und auf die Baustelle zitiert. Erst nach einem aufwändigen Baustellenbesuch oder langen Diskussionen offenbaren sich dann die Mängel, beispielsweise durch eine erhöhte Leckage aufgrund einer unsauberen Montage.



Jürgen Luft ist Leiter des Geschäftsfelds Lüftung bei der Wöhler Messgeräte Kehrgeräte GmbH in Bad Wünnenberg. Kontakt zum Autor: juergen.luft@cci-dialog.de

Fertigung von Luftleitungen

Jeder Luftleitungshersteller, vor allem bei eckigen Bauteilen, kennt aber auch die möglichen Auswirkungen auf die Qualität der Luftleitungen (Dichtheit) bei Produktionsumstellungen, Personalwechsel oder dem zeitweiligen Einsatz von Leiharbeitern. Haben die Luftleitungshersteller ihre Serienproduktion gut und mit ausreichend Stammpersonal organisiert, sollten die vertraglich zugesicherten Dichtheitsklassen eingehalten werden können. Gerne lassen sich einige Luftleitungshersteller ihre Fertigung oder Produkte hinsichtlich der Erfüllung der Dichtheitsanforderungen nach den relevanten Normen prüfen und zertifizieren. Dies ist aber bei Luftleitungen ohne besondere Anforderungen in der Regel nur ein einmaliger oder jährlicher Prüfungsvorgang, ohne dass seitens der prüfenden Stelle eine regelmäßige Überwachung stattfindet.

Eine regelmäßige Qualitätskontrolle mit entsprechenden Nachweisen ist hingegen meist nur bei DIN EN ISO 9001 „Qualitätsmanagementsysteme“ zertifizierten Firmen üblich. Lediglich bei Entrauchungsleitungen, die bislang als einzige „Luftleitungen“ CE-zertifiziert werden müssen, ist nicht nur ein jährliches und unabhängiges Produktzertifizierungsaudit durch eine notifizierte Stelle vorgeschrieben.

Nach DIN EN 12101- Teil 7 „Rauch- und Wärmefreihaltung – Entrauchungskanalstücke“ im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle eine tägliche Dichtheitsprüfung an einem Entrauchungskanalstück und gegebenenfalls an einem Anschluss durchzuführen.

Vorteile einer Serienprüfung

Dabei liegen die Vorteile einer freiwilligen, herstellereigenen Serienüberwachung auf der Hand. Der

Luftleitungshersteller kann im Falle von Problemen auf der Baustelle die Qualitätserfüllung durch dokumentierte Stichprobenmessungen nachweisen. Dadurch können eventuelle Ansprüche seitens der Auftraggeber wesentlich einfacher, ohne Baustellenbesuch, zurückgewiesen werden. Allerdings wird in der Regel der Aufwand für eine Dichtheitsprüfung gescheut, denn nach den Produktnormen muss ein Luftleitungssystem von mindestens 10 m² Luftleitung aufgebaut und geprüft werden. Die Bauteile sind nach der Prüfung zudem meist nicht mehr verkäuflich. Die Dichtheitsprüfung unterbleibt erst recht, wenn keine geeignete Messeinrichtung zur Verfügung steht oder externe Dienstleister für die Messung eingeschaltet werden müssen.

Dabei ist eine Serienüberwachung des einmal überprüften und eventuell sogar zertifizierten Qualitätsstandards relativ einfach möglich. Serienüberprüfungen sind jedoch in den Produktnormen nicht beschrieben. Bei der Serienüberwachung geht es lediglich darum, Abweichungen vom Fertigungs- bzw. Qualitätsstandard festzustellen, wozu ein einfacher Prüfablauf sich als geeignet erwiesen hat.

Prüfverfahren an Luftleitungsteilen in der Serienfertigung

Eine Prüfung an Serienteilen beziehungsweise an einem Kundenauftrag sollte zeitnah erfolgen können, einfach in den Fertigungsablauf zu integrieren sein und die weitere bestimmungsgemäße Nutzung des Teiles ermöglichen (beschädigungs-/zerstörungsfrei). Mit geeigneten und in der Norm DIN EN 15727 „Lüftung von Gebäuden - Luftleitungen und Luftleitungsbauteile, Klassifizierung entsprechend der Luftdichtheit und Prüfung“ hinsichtlich den Genauigkeitsanforderungen beschriebenen Messgeräten ist die Dichtheitsmessung an einzelnen Bauteilen möglich.

Enddeckel- Methode

Die auf den ersten Blick einfachste Methode ist der beid- oder wenn erforderlich mehrseitige Verschluss von Luftleitungskomponenten mit Enddeckeln, wobei ein Enddeckel mit Luftanschluss und ein zweiter mit Anschluss zur Druckmessung versehen ist.

Bei runden System mit genormten Durchmesser ist dies einfach möglich; bei eckigen Luftleitungen mit

Norm	Titel
DIN EN 1507	„Rechteckige Luftleitungen aus Blech - Anforderungen an Festigkeit und Dichtheit“ (Juli 2006)
DIN EN 12237	„Luftleitungen - Festigkeit und Dichtheit von Luftleitungen mit rundem Querschnitt aus Blech“ (Juli 2003)
DIN EN 13180	„Luftleitungen - Maße und mechanische Anforderungen für flexible Luftleitungen“ (März 2002)
DIN EN 1751	„Geräte des Luftverteilungssystems - Aerodynamische Prüfungen von Drossel- und Absperrelementen“ (Juni 2014)
DIN EN 15727	„Luftleitungen und Luftleitungsbauteile, Klassifizierung entsprechend der Luftdichtheit und Prüfung“ (Oktober 2010)
DIN EN 13403	„Nichtmetallische Luftleitungen - Luftleitungen aus Dämmplatten“ (August 2003)

Übersicht Produktnormen zu Luftleitungen und Komponenten

Anmerkung: Die DIN EN 1507 wird derzeit überarbeitet. Angedacht ist eine Festlegung, welche Komponenten in einem Luftleitungssystem mit mindestens 10 m² Leitungsoberfläche zu testen sind.



Dichtheitstest an einer einzelnen Komponente

variierenden Abmessungen kostenintensiver. Dabei ist auch zu beachten, dass es durch Montage-notwendigkeiten zu einer Beschädigung der Produkte kommen kann.

Der Vorteil dieser Methode ist, dass die Prüfung sozusagen dem Produkt folgen kann, also örtlich flexibel ist und die Prüfung auf Druck und Unterdruck möglich ist.

Unterdruck-Prüfstands-Methode

In der Praxis hat sich gezeigt, dass eine Prüfung nur mit Unterdruck ausreichend ist, um Abweichungen vom Fertigungs- bzw. Qualitätsstandard in der Serie festzustellen. Bei der „großen“ Eigen- oder Fremdprüfung/Zertifizierung (mit mind. 10 m²) wurde ja ein Dichtheitstest mit Unterdruck durchgeführt, so dass der Bezug gegeben ist. Zudem sind Luftleitungen bei Unterdruck wesentlich kritischer hinsichtlich einem Versagen, so dass auch aus diesem Grund die Unterdruckprüfung von Vorteil ist.

Es sind dabei keine so aufwändigen Abdichtmaßnahmen notwendig, wie man zunächst vermutet! Die Prüfung kann parallel und ohne große Störung des Fertigungsablaufes tatsächlich innerhalb weniger Minuten durchgeführt werden!

Bei der Unterdruck-Methode wird das zu prüfende Teil auf eine ent-

sprechend große mit Zellkautschuk beklebte Bodenplatte gestellt. Auf der anderen Seite wird ein mit Zellkautschuk belegter Deckel angedrückt und dann mit Unterdruck geprüft. Die Anschlüsse für das Dichtheitsprüfgerät befinden sich in der Bodenplatte, die also unverändert immer wieder zum Einsatz kommt.

Der Prüfstand selbst kann einfach und schnell von dem Luftleitungshersteller selbst in seiner Fertigung gebaut werden.

Ein weiterer Vorteil ist, dass diese Methode grundsätzlich bei runden, ovalen und eckigen Bauteilen einsetzbar ist. Selbst komplexe Bauteile sind prüffähig, wenn diese standfest sind oder entsprechend fixiert werden.



Dichtheitstest in einer Serienfertigung an einer eckigen Luftleitung. Der Prüfstand kann einfach und schnell vom Luftleitungshersteller in Eigenregie in seiner Fertigung aufgebaut werden. Diese Methode ist bei bei runden, ovalen und eckigen Bauteilen einsetzbar. Selbst komplexe Bauteile können geprüft werden, wenn sie standfest auf der Bodenplatte stehen oder fixiert werden.

Es ist also nicht notwendig, jeweils passende Enddeckel zu fertigen oder auch nur abzukleben! Vorteilhaft kann es sein, Deckel verschiedener Größe vorzuhalten, wobei ein Deckel immer einige Abmessungen abdecken kann.

Die Aufstellung auf einer Zellkautschukplatte ersetzt sozusagen die Dichtung – das heißt, es wird hier wirklich nur das geprüft, was werksseitig beeinflussbar ist.

Das machen sich auch Hersteller z.B. von Luftkanalprofilen zu Nutze in der Entwicklung und bei serien-nahen Kontroll-Messungen.



Anwendung in der Entwicklung von Luftkanalprofilen (Werksfoto: Hermann Metallverarbeitung GmbH)

Eckig und rund

Wenn hier eckige Bauteile am Beispiel gezeigt werden dann deshalb,

weil diese ca. 2/3 Marktanteil in Deutschland aufweisen. Allerdings muss man auch zur Kenntnis nehmen, dass bei rechteckigen Luftleitungen die Fehleranfälligkeit, bis diese geliefert und endmontiert sind, am größten ist.

Das heißt jedoch nicht, dass die Dichtheit runder Luftleitungen per se besser ist. Es gibt dort sowohl bei den Nennweiten in gepresster Ausführung (meist bis ca. 250 mm üblich) Unterschiede, als auch vor allem bei den größeren (handgebauten) Nennweiten. Bei den großen Nennweiten werden zwar oft aus der Großserienfertigung stammende Steckstutzen mit Dichtung eingesetzt, jedoch werden die Teile in manueller Fertigung zusammengefügt bzw. gefalzt. Die Qualität der Falze, ob mit oder ohne Dichtung usw., ist oft entscheidend für die erreichte Dichtheitsklasse.

Man kann aber genauso einen Rundrohrbogen oder ein sonstiges Rundbauteil auf die Platte stellen und prüfen. Allerdings würde dies nur eine Teilprüfung darstellen, da die zum Lieferumfang gehörende, werksseitig montierte Dichtung nicht mit geprüft würde. Hier kann man sich wenn notwendig helfen, indem man einfach Bundkrägen aufschiebt, die wiederum mit ihrem Bord eine gute Abdichtung gegenüber der Zellkautschuk-Bodenplatte bzw. dem Deckel bieten. Mit dem im nachfolgenden Bild gezeigten Dichtheitsprüfgerät lassen sich einzelne Bauteilprüfungen durchführen und komplette Anlagen bis zu einigen 100 m² im Leckagebereich von 0 bis 55 l/s (200 m³/h) messen. Das Gerät kann sowohl in der Serienfertigung eingesetzt werden - ob mit Enddeckeln oder Prüfplatte - wie auch auf Baustellen.

Häufigkeit von stichprobenartigen Überprüfungen

Eine Aufstellung des Prüfstandes nahe an der Fertigung, also z.B.



Wöhler DP 700, Dichtheitsprüfgerät für RLT- und KWL-Anlagen sowie einzelnen Komponenten

nach der Endfertigung und vor der Versandbereitstellung, minimiert den Aufwand für die Prüfung erheblich und erhöht die Akzeptanz auch bei den Werkern.

Eine Serienüberwachung könnte daher z.B. wie folgt realisiert werden:

Tests durchzuführen. Die Überprüfungen sollten an unterschiedlichen Produktausführungen und an jeder Fertigungslinie durchgeführt werden.

Auch ist die Forderung, in DIN EN 12101 Teil 7 eine Dichtheitsprüfung täglich an einem Entrau-

Dichtheitsklasse nach DIN EN 13779	Zu empfehlende Serienüberwachung an einzelnen Komponenten
A	In der Regel keine Abdichtung (außer an den Ecken bei eckigen Luftleitungen) – einfache Sichtkontrolle Anmerkung: Jeder Luftleitungshersteller sollte im eigenen Interesse seiner Hinweispflicht nachkommen und den Besteller darauf hinweisen, dass diese Dichtheitsklasse nicht mehr normgerecht ist!
B	Sichtkontrolle des Werkers + einmal in der Woche 2 Bauteile prüfen
C	Sichtkontrolle des Werkers + täglich je ein Kanal + ein Formstück prüfen. Je nach Projekt/Auftragsgröße Teile aus jedem Auftrag prüfen.
D	Sichtkontrolle des Werkers + Endkontrolle + bei jedem Auftrag mind. je ein Kanal- + ein Formstück prüfen

Hierbei handelt es sich um erprobte Vorschläge, die je nach Fertigungsgegebenheiten oder Liefervereinbarung eingeschränkt oder ausgeweitet angewandt werden können. So kann häufiger Personalwechsel dafür sprechen, die Stichprobenanzahl zu erhöhen oder sogar immer bei Personalwechsel

chungskanalstück und einem Anschluss durchzuführen, oft schon aus rein praktischen Erwägungen nicht ausreichend. Da eine Rückverfolgbarkeit in der Verantwortung des Herstellers liegt, ist eine häufigere Prüfung einzelner Produkte oder Produktchargen sinnvoll - alleine schon wegen der auf-

tragsbezogenen Zuordnung und evtl. Dokumentation dem Kunden gegenüber.

Eine freiwillige Überwachung kann immer als Verkaufsargument herausgestellt werden oder einfach auch nur dazu dienen, evtl. Forderungen einer derzeit diskutierten CE-Kennzeichnung von Luftleitungen zuvor zu kommen.

Eine konsequente Serienüberwachung nach dieser Beschreibung sollte voll und ganz ausreichend sein, auch wenn die Meinung über eine mögliche CE-Kennzeichnung von Luftleitungen zweigeteilt ist unter deutschen Herstellern.

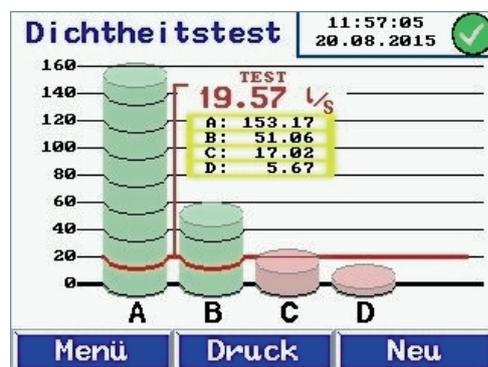
Und selbst wenn die ebenfalls derzeit konkret beabsichtigte EUROVENT-Zertifizierung sich durchsetzen sollte, wird der Hersteller immer selbst über eine Prüfmöglichkeit verfügen müssen.

Die beschriebene Unterdruck-Prüfstands-Methode hätte durchaus das Potenzial auch zu einem normativen Standard weiter entwickelt zu werden und somit auch von solchen Prüfstellen eingesetzt zu werden.

Anforderungen an die Messtechnik Um eine zeitnahe und einfach in den Fertigungsablauf zu integrierende Prüfung zu ermöglichen, sind Prüfstand und Messtechnik leicht bedienbar zu gestalten. Ist der „Prüfstand“ einmal installiert, reduziert sich der Aufwand auf die Aufbringung des Prüflings und die Einstellung der Prüfparameter sowie die Dokumentation des Ergebnisses.

Bei einer Prüfung müssen Prüfdruck und Oberfläche bekannt sein sowie die Dichtheitsklasse, die erreicht werden soll. Mit dem in Bild gezeigten Gerät erfolgt der Messablauf automatisch. Am Ende der Messung wird am Display angezeigt, ob die Dichtheitsklasse erfüllt oder nicht erfüllt wird. Doku-

mentiert werden kann das Ergebnis per Ausdruck oder Speicherung im Gerät oder auf einem angeschlossenen PC.



Prüfergebnis am Bildschirm des Wöhler DP 700

Werden gleichartige Bauteile gefertigt, reduziert sich der Aufwand weiter, so dass nur noch die Quadratmeter einzugeben sind. Dabei ist darauf zu achten, dass hier nicht die Anzahl der Quadratmeter aus der Abrechnung nach DIN 18379 eingegeben wird, sondern die tatsächliche Oberfläche anzusetzen ist. Gegebenenfalls ist die in DIN EN 1751 sowie DIN EN 15727 erwähnte virtuelle Oberfläche für eine Klassifizierung der Bauteile nach diesen Normen zu berücksichtigen.

An die Messgeräte bestehen nach DIN EN 15727 folgende Anforderungen bzgl. der Messgenauigkeit des Leckagestromes:

bis $1,8 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$: $\pm 0,09$ $10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$, mehr als $1,8 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$: $\pm 5\%$ bzw. in l/s:

bis 0,018 l/s: $\pm 0,0009$ l/s, mehr als 0,018 l/s: $\pm 5\%$)

Diese Norm ist heranzuziehen, da sie sich mit der Messung einzelner Komponenten beschäftigt. Häufig sieht man Messgenauigkeitsangaben, die nur eine %-Zahl vom Messwert nennen. In der Regel sind %-Werte als alleinige Angaben

nicht ausreichend, da zu kleinsten Messwerten hin der Messfehler nicht beliebig klein werden kann. Bei digitalen Messgeräten bleibt

z.B. immer mindestens die Auflösung der Anzeige als absoluter Messfehler bestehen. Häufig stellt der kleinste Messfehler eines Messgerätes bereits ein Vielfaches der Auflösung dar. Darin ist die Forderung nach Angabe einer Kombination aus %-Wert und absoluter Genauigkeit in den Normen begründet.

Fazit

Zertifikate bzw. Baumusterprüfungen sind zwar eine wichtige Voraussetzung, aber nur bedingt verwendbar, wenn es letztendlich um die Beurteilung der Dichtheit im montierten Zustand geht. Meist unterscheiden sich die Ergebnisse dieser werks- bzw. laborseitigen oder prüfstellenseitigen Dichtheitstests sehr stark von dem Ergebnis auf der Baustelle an einer ausgeführten Anlage.

Dieser Sachverhalt führt immer wieder zu aufwändigen Fehlersuchen und Nachbesserungsarbeiten. Hier kann die herstellereigene Serienüberwachung eine Lücke schließen, indem sie die vermutete Abweichungen im Herstellerwerk mit einer höheren Sicherheit ausschließen lässt. Dem Anlagenbauer kann so nicht nur bei kritischen Projekten mit einem auftragsbezogenen Prüfprotokoll mehr an die Hand gegeben werden. Außerdem bietet die Qualitätsauswertung ein schlagkräftiges Argument für das Marketing – im Gegensatz zu einem CE-Zeichen, mit dem nicht geworben werden darf.