

Der Fachartikel ist in etwas gekürzter Fassung im IKZ Fachplaner, Strobel-Verlag im Juni 2014 erschienen. Hier der Link: <http://www.ikz.de/uploads/media/020-025.pdf>

Anforderungen an die Dichtigkeit von Luftleitungsnetzen

Autor: Dipl. Ing. (FH) Jürgen Luft, Lindab GmbH

Einleitung

Seit mehr als 10 Jahren werden Anforderungen an die Dichtigkeit von Luftleitungen in europäischen Normen beschrieben. Damit ist genug Zeit vergangen um aufzuzeigen, wie der Stand auf den Baustellen heute aktuell immer noch ist.

Die im April 2003 veröffentlichte DIN EN 12237 war zuerst sowohl für Rundrohr, wie hinsichtlich der Dichtheit auch für Luftleitungen mit Rechteckquerschnitt gültig. Im Juli 2006 erschien dann endgültig auch die DIN EN 1507, wo nunmehr auch die erforderliche mechanische Festigkeit für rechteckige Luftleitungen, oder wie man bis dahin sagte Kanal, festgelegt wurde.

Mit Erscheinen dieser Normen wurden die bisherigen deutschen DIN-Normen zurückgezogen. Damit entfielen z.B. auch die bislang eindeutigen Blechstärkenanforderungen. Neu bei diesen europäischen Normen war, dass diese Festigkeitsanforderungen für den Druckbereich definierten, der meist bei Klima- und Lüftungsanlagen anzutreffen ist. Der maximale Druck ist demnach mit -750 bis +2000 Pa angegeben, als Höchstdrücke bei denen die Luftleitungen gewisse Stabilitätskriterien zu erfüllen haben. Unterhalb dieses Druckbereichs gibt es Abstufungen, die hier nicht detailliert werden sollen, weil auch oft nicht relevant und in zahlreichen Veröffentlichungen bereits erwähnt.

Es geht also auch darum, dass die Luftleitungen im Betrieb dauerhaft eine ausreichende Stabilität (limitierte Durchbiegungen, ...) aufweisen müssen, um dicht zu sein.

Was hat sich geändert?

Dazu zuerst der Stand der „guten alten DIN-Normen“:

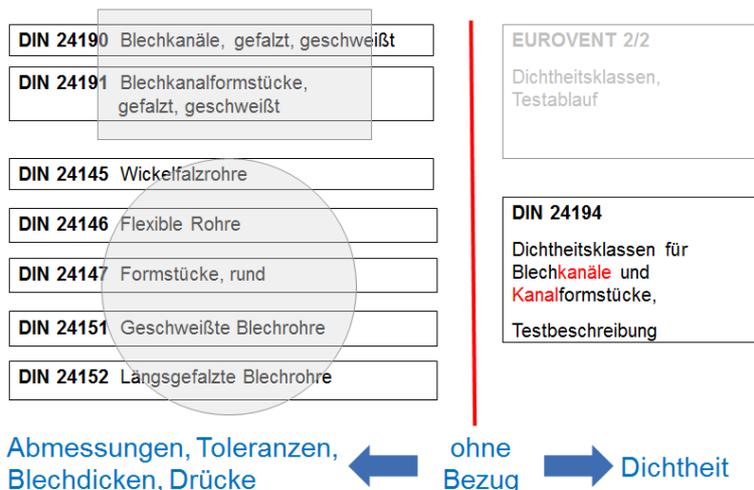


Bild 1: Normen früher

Alle vorgenannten DIN-Normen sind zurückgezogen und ersetzt durch:



Bild 2: Normen heute

Anforderungen an die Dichtigkeit

Die Anforderungen bzgl. Dichtigkeit an Luftleitungssysteme werden grundsätzlich in DIN EN 13779 beschrieben.

Einerseits gilt es für das ausgeführte System die allgemeine Mindestanforderung Dichtheitsklasse B nach DIN EN 12237 bzw. DIN EN 1507 nachzuweisen, andererseits wird das grundsätzliche Ziel beschrieben, nämlich die Leckage unter 2% des Gesamtvolumenstromes zu halten.

Luftdichtheits- klasse nach DIN EN 13779	Luftdichtheits- klasse nach EUROVENT 2/2	Luftdichtheits- klasse nach DIN 24194 Teil 2	Grenzwert der Lecklufrate (f_{max}) $m^3 \times s^{-1} m^{-2}$
A	A	II	$0,027 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$
B	B	III	$0,009 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$
C	C	IV	$0,003 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$
D			$0,001 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$

Die Dichtheitsklassen sind dabei lediglich als - während der Montage zu überprüfende- Hilfsgrößen zu verstehen, um dieses 2%- Ziel zu erreichen. Aber im Hintergrund steht in Deutschland auch die EnEV mit indirekten Vorgaben.

Laut EnEV 2014, Tabelle 1 -Ausführung des Referenzgebäudes, 5.2 und 5.3 Raumluftechnik – Zu- und Abluftanlage, sind diese mit bedarfsabhängiger Luftvolumenstromregelung wie folgt auszulegen:

Spezifische Leistungsaufnahme

- Zuluftventilator $P_{SFP} = 1,5 \text{ kW}/(m^3/s)$
- Abluftventilator $P_{SFP} = 1,0 \text{ kW}/(m^3/s)$

Zuschläge können nur für den Fall von HEPA-Filtern, Gasfiltern oder Wärmerückführungsclassen H2 oder H1 angerechnet werden.

Das Problem dabei? Bei der spezifischen Leistungsaufnahme geht der Gesamtluftvolumenstrom ein – also auch die Leckage:

$$P_{SFP} = \frac{\text{elektrische Leistungsaufnahme des Ventilators}}{\text{Gesamtluftvolumenstrom}}$$

„Zukunftssichere“ Anlagen sollten daher den Empfehlungen der DIN EN 13779 folgen und “in vielen Fällen die empfohlene Mindestklasse“ C, oder sogar D bei besonders hohen Anforderungen an die Energieeffizienz, aufweisen.

Feststellungen

Was sind also trotz dieser Normen die Gründe dafür, dass oft

- die benötigten Luftmengen nicht wie geplant in den Räumen ankommen?
- die geplante Luftqualität nicht erreicht wird?
- Isolierungen sich aufblähen oder sogar platzen?
- Dichtheitsklasse B oder C nicht nachgewiesen werden können?
- die Leckagen 15% und mehr betragen
- in Einzelfällen Dichtheitstests sogar um 3 Dichtheitsklassen daneben liegen - also 900% mehr Leckage als geplant ergeben!?
- Abnahmen verweigert werden?
- es selbst renommierteste Unternehmen trifft?
- umfangreiche Nacharbeiten erfolgen müssen?
- Luftleitungen sogar ausgetauscht werden müssen?

An den Herstellern alleine kann es nicht länger liegen, denn die meisten haben ihre Hausaufgaben gemacht und bieten Luftleitungen in den höheren Dichtheitsklassen an.

Mögliche Ursachen

Nachstehend der Versuch die diversen Gründe, die zu höheren Leckagen führen, aufzuzeigen.

Veraltete Ausschreibungen

In manchen Fällen sind es einfach veraltete Ausschreibungen, wo jedoch dem Luftleitungshersteller eine gewisse Aufklärungspflicht obliegt. Oft wird noch nach alter DIN 24190/24191 und Dichtheit nach DIN 24194 ausgeschrieben. Luftleitungen nach diesen Normen genügen jedoch keineswegs in allen Fällen den Anforderungen der EN-Normen.

Blechdicken

Blechdicken können ausgeschrieben werden, sind aber kein Garant für ausreichend stabile und damit dichte Kanäle. Was auch gerne in der Vergangenheit schon übersehen wurde und mehr denn je heute nach DIN EN 1507 zu beachten ist: „Die Flächenversteifungen werden durch konstruktive Maßnahmen wie Sicken, Stehfalze, Verrippungen, Verstrebungen und dergleichen erzielt und sind vom Hersteller zweckentsprechend zu wählen.“ (Zitat aus DIN 24190)

Der Hersteller muss die (Druck-) Stabilität und Dichtheit, je nach Klassifikation in DIN EN 12337 und DIN EN 1507, sicherstellen und diese belegen können – egal welche Blechstärken oder Versteifungen bzw. Konstruktion zur Ausführung gelangt.

Richtig bestellen

Die Bestellungen bei den Herstellern von eckigen Luftleitungen gingen im vergangenen Jahr noch zu ca. 60% mit Dichtheitsklasse II nach DIN 24194 ein - also der gar nicht mehr zulässigen Dichtheitsklasse A nach DIN EN 1507! (siehe vorstehende Vergleichstabelle).

Dabei wäre es notwendig, sogar eine Dichtheitsklasse besser zu bestellen als erreicht werden soll, wie nachstehend unter Montage erläutert wird.

Hängt das nur an dem Preisdicken? Es gibt genug Veröffentlichungen die belegen, dass die relativ geringen Mehrkosten bei Kanal sich innerhalb von 2 Jahren amortisieren. Ein undichter Kanal wird jedoch 20 Jahre und länger betrieben und kann, weil meist kaum zugänglich, nicht nachgebessert werden!

Aber nicht nur im Bereich eckiger Luftleitungen werden die auf dem Markt erhältlichen Systeme manchmal abgewählt. Auch im Rundbereich gibt es nach wie vor Montagen, wo auf die werksmontierte Dichtung gerne mal verzichtet und den Monteuren das Abdichtungsproblem überlassen wird. In der Regel zahlt sich das aber nicht aus, trotz Pauschalauftrag an den Subunternehmer.

Häufiges Beispiel aus der Praxis:

Verzweifelte Anrufe von Monteuren, die feststellen, dass ein Dichtheitsprüfgerät keinen Druck aufbaut!? Frage: Was soll geprüft werden? Oft Dichtheitsklasse B oder C und in praktisch 100% der Fälle Kanal.

Das Problem löst sich sehr schnell, wenn der Monteur auf das Klebeetikett sieht und dann dort DK II DIN 24194 (= nur A nach EN-Normen) sich wieder findet! Wie soll man da B oder sogar C nachweisen? Damit zum nächsten Einflussfaktor: Montagen.

Montagen

Bereits in DIN EN 24194 stand: „... dass die insgesamt zulässige Leckage des Kanalsystems zu jeweils 50% auf die Fertigung und auf die Montage verteilt ist“.

Heute, wo die Luftleitungen deutlich dichter gefertigt werden, ist also der Montageeinfluss prozentual sogar noch wesentlich höher. So zeigt sich in der Praxis, dass Montagefirmen, die so montieren „wie schon immer“, meist eine Bauchlandung machen.



Bild 3: Nachgebesserte Luftleitungen in einer Klinik

Dies trifft vor allem auch auf Subunternehmen zu, wenn diese nicht richtig eingewiesen bzw. denen die Anforderungen nicht verständlich gemacht werden.

Dabei ist es recht einfach, die Anforderungen umzusetzen, wenn die kritischen Punkte mal erkannt und deutlich dargestellt werden.

Selbst für erfahrene Bauleiter zeigt sich nicht auf den ersten Blick - und häufig erst zu spät - wie mangelhaft die Monteure u.U. gearbeitet haben. Eine Beachtung der Montageanleitungen der Hersteller und eine Einweisung, gerade von häufig auch noch bei einem Projekt wechselnden Subunternehmen, sind daher unerlässlich.

Nur einige Montagedetails:

Schraubenlöcher bereits montierter Bauteile sind zu beachten!



Bild 4: Mehrfach montierte Luftleitung, unter Missachtung der Hersteller-Montageanleitung



Bild 5: Unverschlossene Schrauben oder Nietlöcher

Nur eine Konsequenz von offenen Schraubenlöchern:

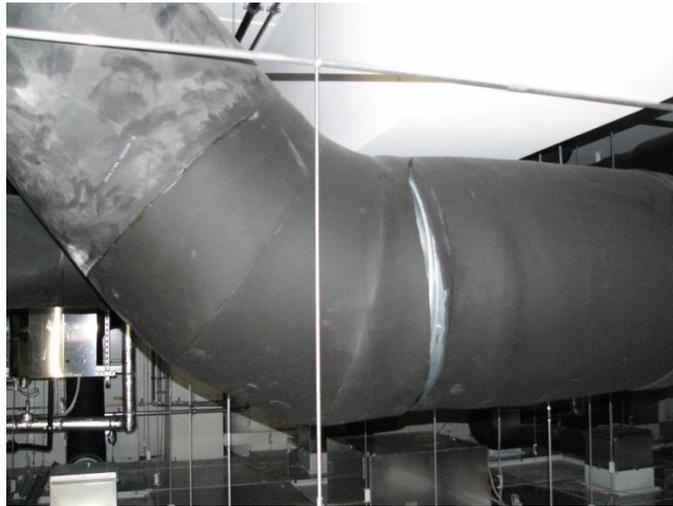


Bild 6: Geplatzte Isolierung, bedingt durch die unsachgemäße Wiederverwendung bereits montierter Bauteile

Nicht fachgemäße Anbringung von Dichtungen, wobei es da viele Varianten gibt. Hierzu kann nur erneut dringend auf die Hersteller-Montageanleitungen verwiesen werden.



Bild 7: Rundgeklebte Dichtung



Bild 8: Unfachmännische Eckenausführung und zudem hygienisch bedenkliche Abdichtung

Die Beispiele könnten durchaus fortgeführt werden. Es hat sich gezeigt, dass meist noch ein einfacher Versuch am überzeugendsten ist, um zu zeigen, wie groß die Auswirkung von scheinbar kleinen Undichtigkeiten ist:

Man nehme ein einfaches kleines Bauteil, beaufschlage es mit Druck und drehe dann nur eine Blechtreiberschraube heraus:

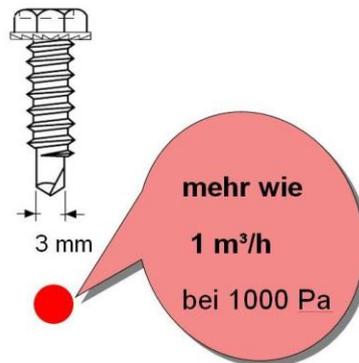


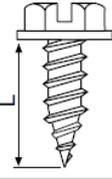
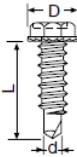
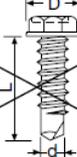
Bild 9: „Schraubenloch-Effekt“

Wer Baustellenkenntnis hat weiß, da sind meist nicht nur ein paar Schraubenlöcher oder Spalten in dieser Größenordnung zu finden.

Schrauben und Nieten

Schrauben und Nieten sind ein immer wiederkehrendes Thema – nicht nur wegen der Hygieneanforderungen der VDI 6022.

Grundsätzlich sind Schrauben mit Bohrspritze kritisch zu sehen – einmal wegen der Späne und zum anderen mit Blick auf Leckagen, nämlich wenn die Bohrspritze zu groß ist und das Loch nicht durch die Schraube vollkommen ausgefüllt wird.

	<p>Schraube mit scharfer Spitze</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sehr dicht • Stabil, da sich im dünnen Metall ein Bund bildet
	<p>Schraube mit reduzierter Bohrspitze</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sehr dicht • Stabil, da nur ein kleiner Teil des dünnen Metalls weggebohrt wird
	<p>Schraube mit Bohrspitze</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nicht dicht • Instabil, da ein großer Teil des dünnen Metalls weggebohrt wird
	<p>Druckdichte Niete</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sehr dicht • Stabil • Sehr umständliche Montage
	<p>Niete</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nicht dicht, wenn der innere Splint herausfällt • Stabil • Umständliche Montage

(Quelle: Lindab GmbH)

Bild 10: Schrauben- und Nietempfehlung - nach DIN EN 12097 ist die Schraubenhöchstlänge 13 mm

Nicht systemkonforme Bauteile

Darüber könnte man einige Seiten schreiben. Vermutlich ist dies mit einem Praxisbeispiel noch am besten exemplarisch erklärt:

Schullüftung, Luftleitungssystem < 50m², Dichtheitsklasse C soll nachgewiesen werden. Alle Systeme mit Lippendichtung, also normal kein Problem.

Dennoch, das Dichtheitsprüfgerät baut die 200 Pa Prüfdruck nicht auf. Alle Anschlüsse, Luftdurchlässe usw. sind aber dicht!?

Die Leckagesuche ist lästig, aber mit ausreichend Erfahrung und Trick ...: Bei Erhöhung des SOLL-Prüfdruckes (Vorsicht, geht nicht so bedenkenlos bei Kanal!!!) hört man es pfeifen.

Feststellung: Es waren je Strang 3 Schalldämpfer eingebaut, angeblich „gleichwertige“ ...!

Die Rohrschalldämpfer waren offensichtlich von einem Isolierer gebaut, also ohne Doppelbord und ohne Abdichtung an den Enddeckeln.

Mit jeder Abklebung kam man näher an die geforderte Dichtheitsklasse ..., wenn da nicht Sichtmontage gewesen wäre, wo man kein Klebeband sehen wollte!

Nur eines von vielen Beispielen, wo nicht systemkonforme oder angeblich gleichwertige Produkte eine ansonsten tadellose Installation zunichte machen und Mehrkosten verursachen.

„Manipulierte“ Luftleitungsstränge bei der Abnahme?

Eine etwas delikate Frage, die jedoch nicht selten gestellt wird.

Ja, man kann, aber die Freude währt nicht lange!

Um es an der Stelle mal deutlich zu sagen: Es kann beim Dichtigkeitstest nicht auf die Stelle nach dem Komma ankommen oder ob es genau 2% Leckage sind, wenn andererseits 15% oder mehr heute vielfach noch üblich sind.

Zwischen den Dichtheitsklassen ist immer der Faktor 3, siehe obige Tabelle mit den Grenzwerten der Lecklufttrate. Bei Dichtheitsprüfgeräten, die einen automatischen Ausdruck generieren, werden alle Prüf-Werte angedruckt. Da man nur den SOLL-Druck, die zu prüfende Dichtheitsklasse und die m²-Luftleitungsoberfläche eingeben muss, bleibt nur der Manipulationsspielraum bei der m²-Eingabe. Aber die 3-fachen m² (für die Verbesserung um eine Dichtheitsklasse) dürften in der Regel auffallen!?

Die 2. Manipulationsmöglichkeit ist genau so wenig eine wirkliche:

Der auf Dichtigkeit zu prüfende Luftleitungsstrang muss im Vorfeld festgelegt werden, so wollen es die Normen.

Also könnte man (nein, man hat schon!) mit viel Silikon hier nachhelfen. Ein Fall ist bekannt, da war die Abnahmemessung so ungewöhnlich gut, dass der Abnehmende den Strang daneben auch mal geprüft hat, Hier muss man sagen, zum Glück der ausführenden Firma wurde das da schon aufgedeckt.

Denn es kann (und ist schon) schlimmer kommen:

Stellen Sie sich vor, z.B. 10 Stockwerke, mit je 10 baugleichen Strängen. 2 Stränge davon werden geprüft, für gut befunden, weil mit viel Silikon ..., dann sind die Decken zu, die Anlage geht in Betrieb. Dann stellt man schlechte Luftqualität oder schon bei der Abnahme zu geringe Luftmengen fest und sucht. Da die meisten Ventilatoren- bzw. Gerätehersteller eine Luftvolumenstrommessung schon integriert haben, ist schnell nachgewiesen, dass der Ventilator die geplante Luftmenge fördert. Die Leckagesuche kann losgehen – an den 98% nicht geprüften Leitungen!

Rund oder Eckig

Kommen wir doch noch mal auf den Ursprung zurück, also auf die Planung. Bereits planungsseitig können durch die richtige Luftleitungsauswahl die Weichen für leckagearme und damit energieeffiziente Luftleitungssysteme gestellt werden – unabhängig von der Hersteller- oder Montagequalität.

Kanalrechenschieber helfen, den zu Rundrohr vergleichbaren hydraulischen Kanalquerschnitt festzulegen. Basis ist immer der Rundquerschnitt, für den alle strömungstechnischen Daten wie Druckverlust etc. ermittelt sind.

Wurde ein Kanalquerschnitt mal festgelegt, wird dann in der Folge normal kein Vergleich mehr zu Rundrohr erfolgen. Tatsächlich ist es aber so, dass der Kanal in der Regel dann einen höheren Druckverlust hat als das ursprünglich mal zugrunde gelegte Rohr. Dabei sollte Druckverlust alleine schon Grund genug sein - öfter als bisher - sich für Rundrohrsysteme zu entscheiden.

Es kommt aber auch noch ein Aspekt bezüglich der Dichtigkeit dazu. Kanal wird gewählt um möglichst in die Breite zu gehen und Höhe zu sparen.

Betrachtet man mal den gleichwertigen Querschnitt nach Recknagel-Sprenger ergibt sich folgendes Bild:

Leckage  \neq Leckage 

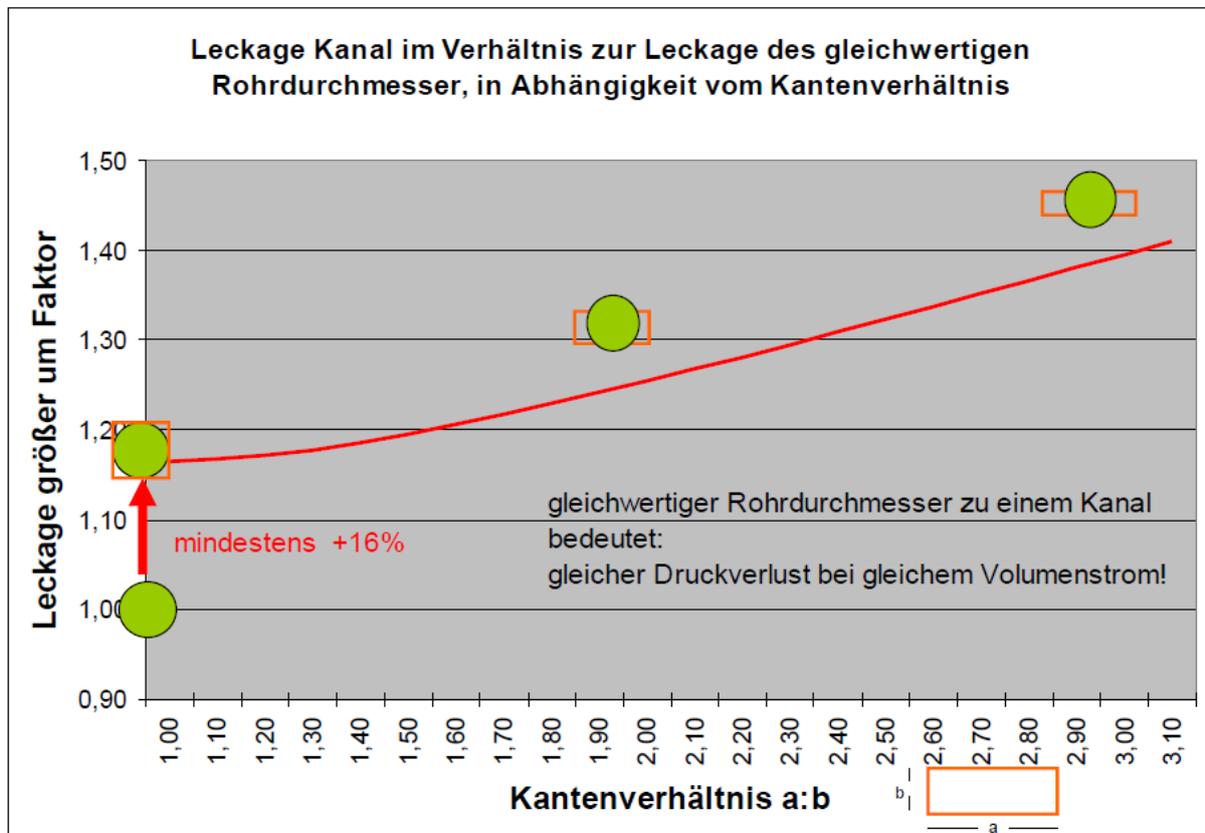


Bild 11: Oberflächenzunahme in Abhängigkeit des Kanal-Kantenlängen-Verhältnisses

Also selbst im günstigsten Fall, dem quadratischen Kanal (der praktisch nie zur Anwendung kommt), ist die Luftleitungsfläche mind. 16% größer – und im gleichen Verhältnis auch die (zulässige!) Leckage.

Denn die Leckage ist definiert – siehe vorstehende Tabelle- in m^3 pro Sekunde pro m^2 -Luftleitungsfläche. Also ganz „legal“ hat Kanal immer mehr Leckage als ein Rundrohrsystem.

Es ist also offensichtlich: Wenn grundsätzlich Kanal gewählt wird und je flachere Kanäle zur Ausführung gelangen, wird es schwieriger, die von DIN EN 13779 geforderten 2% Gesamtleckage zu realisieren.

Es kann also durchaus sinnvoll sein, eine bestehende Planung unter dem Gesichtspunkt Umstellung auf Rundrohr nochmals zu überarbeiten, wenn es um die Erstellung eines energieeffizienten Gebäudes geht.

Raumluftqualität

Leckagen beeinflussen aus verschiedenen Gründen die Raumluftqualität, so dass diese noch mal einer besonderen Erwähnung bedarf.

Die Arbeitsstättenverordnung sagt: „ In umschlossenen Arbeitsräumen muss unter Berücksichtigung der Arbeitsverfahren, der körperlichen Beanspruchung und der Anzahl der Beschäftigten sowie der sonstigen anwesenden Personen, ausreichend gesundheitlich zuträgliche Atemluft vorhanden sein.“

Kein Wunder also, dass fehlende Luftmengen bei Abnahmen heute schon Hauptgrund No.1 sind, um nach Leckagen zu suchen. Ursachen können neben Leckagen natürlich auch unterbliebene oder mangelhafte Einregulierungen sein.

Künftig wird durch die Luftqualitätsmessung nach VDI 6022 Blatt 3 unter Umständen nicht nur nach Leckagen gesucht sondern zu einem Zeitpunkt nach der Abnahme die ganze Funktion der RLT-Anlage in Frage gestellt.

VDI 6022 Blatt 3 fordert für die Beurteilungsstufe 1 eine einfache Messung der Raumluftqualität, 30 – 100 Tage nach Beginn der Gebäude-/Raum- und Lüftungsanlagennutzung.

Dazu sind Messdaten für Temperatur, Luftfeuchtigkeit und CO₂ aufzunehmen und unter Berücksichtigung der für den Raum maßgebenden Raumluftqualitäts-Klassifikation zu bewerten.



(CDL 210, Fa. Lindab)

Bild 12: Kostengünstiges Messgerät für den Nachweis der Raumluftqualität nach Beurteilungsstufe 1 gemäß VDI 6022-3.

Zusammenfassung

Es gäbe sicher noch viele Leckage-Gründe und deren Auswirkungen anzusprechen. Es kann hier abschließend nur empfohlen werden, sich gedanklich mit der Thematik auseinander zu setzen um letztendlich zu erkennen, dass es oft genug nur an wenigen, leicht abzustellenden Details hängt. Dichtere Luftleitungssysteme unterliegen wie vieles einem Entwicklungsprozess – auch montageseitig.

Nur montagebegleitende Messungen, wie u.a. nach DIN EN 12599 vorgesehen, helfen Mängel rechtzeitig zu erkennen und abzustellen.

Dichtheitsmessungen tragen dazu bei, eine RLT-Anlage in dem geplanten Zustand zu errichten und energieeffizient über die vorgesehene Nutzungsdauer zu betreiben.



(LT 600, Fa. Lindab)

Bild 13: Tragbares Dichtheitsmessgerät