Dichte Luftleitungssysteme als Basis für Energieeffizienz

Teil 2: Prüfen und abdichten

TINA WEINBERGER*, JÖRG MEZ**

Die Dichtheit etlicher Luftleitungssysteme liegt unterhalb der schlechtesten Dichtheitsklasse. Neben weiteren Nachteilen bringt dies erhebliche Energieverluste mit sich. Nachdem im ersten Teil des Fachbeitrags die vielfältigen Ursachen für Leckagen dargestellt wurden, geht es im vorliegenden Beitrag um die Kontrolle und Verbesserung der Dichtheit.

AEROSEAL-VERFAHREN ZUR ABDICHTUNG VON LUFTLEITUNGSSYSTEMEN

Eine Lösung zur Abdichtung kompletter Luftleitungssysteme bietet beispielsweise das in den USA entwickelte und patentierte Aeroseal-Verfahren, welches 2015 von der MEZ-TECHNIK GmbH nach Deutschland eingeführt und seitdem europaweit verbreitet wurde. Mit dem Verfahren lassen sich Luftleitungssysteme sowohl bei neuen RLT-Anlagen als auch bei Bestandsanlagen innerhalb kurzer Zeit von innen heraus ohne vorherige Suche nach Leckagen abdichten. Bis zu einem Durchmesser von 15 mm werden dabei Undichtigkeiten durch das Einbringen eines den Anforderungen der VDI 6022 entsprechenden hygienisch unbedenklichen Dichtstoffs dauerhaft beseitigt. In der Regel ist dafür kein Eingriff in die Bausubstanz nötig. Die Anlage kann mit Ausnahme des Abdichtungsprozesses – der meist innerhalb weniger Stunden und mit nur ein bis zwei Personen abgeschlossen ist – ungestört genutzt werden. Die Amortisationszeiten liegen daher mehrheitlich bei nur ein bis fünf Jahren. Bei einer integrativen Planung können die Gesamtkosten eines Gewerks reduziert werden und sowohl die Kosten als auch der Zeitaufwand für die Abdichtung selbst sind gering.

Ist ein Luftleitungssystem – egal welcher Dichtheitsklasse – fertig montiert, erfolgt in der Regel eine Überprüfung „gemäß Vorgaben". Sie startet meist mit einer visuellen Inspektion des Systems, um potenzielle Undichtigkeiten frühzeitig erkennen und bereits vor der Inbetriebnahme abdichten zu können. Eine visuelle Überprüfung ist jedoch generell nur an den Stellen möglich, die gut zugänglich sind und liefert selbst beim Einsatz von Sprühnebel oder Seifenlauge nur dann brauchbare Ergebnisse, wenn der Prüfer ausreichend Erfahrung und Aufmerksamkeit mitbringt. Neben der visuellen Inspektion bietet eine messtechnische Überprüfung, die meist in Anlehnung an die DIN EN 12599 erfolgt, die Möglichkeit, den Leckagevolumenstrom zu quantifizieren und damit die Dichtheitsklasse eines Systems zu bestimmen. Das Problem ist, dass die messtechnische Prüfung meist bloß an Teilstücken erfolgt und nur dann zwingend durchgeführt werden muss, wenn sie im Leistungsverzeichnis ausdrücklich angegeben wurde. Ist dies – wie häufig – nicht der Fall, sind die Abnahmekriterien Ermessensspielraum. Viele dieser Anlagen „landen" in den Händen von Sachverständigen, die sich nach Aussage von Reinhard Siegismund, ö. b. u. v. Sachverständiger und Beratender Ingenieur VBI, vor Arbeit nicht retten können. „Dabei sind wir nicht nur gefragt, wenn Zusagen nicht eingehalten werden (zum Beispiel Dichtheitsklasse C) und der Bauherr dann eine Neuinstallation der Luftleitungen verlangt, was durchaus mal mit Kosten in sechsstelliger Größenordnung verbunden ist."

Großer Aufwand für meist geringen Erfolg

Wurden in einem Luftleitungssystem durch visuelle oder messtechnische

*Tina Weinberger – Die Text-Ingenieurin, Dr.-Ing. Maschinenbau (Energietechnik) und freie Fachjournalistin
Bild: Tina Weinberger

**Geschäftsführer der MEZ-TECHNIK GmbH (Co-Autor)
Bild: MEZ-TECHNIK GmbH

Prüfungen Undichtigkeiten identifiziert, gilt es diese abzudichten. Dieser Prozess erfolgte lange Zeit händisch und iterativ – sprich eine Stelle nach der anderen, beginnend bei großen Leckagen hin zu immer kleineren Leckagen. Je nach Art der Undichtigkeit kommen dabei Dichtbänder, Kaltschrumpfbänder und vieles mehr zum Einsatz. Mit viel Aufwand, Zeit, einer guten Zugänglichkeit des Systems sowie ausreichend Erfahrung, Sorgfalt und Genauigkeit des Ausführenden kann damit durchaus Dichtheitsklasse B oder gar C erreicht werden. Dies ist jedoch eher die Ausnahme. Eine vorab garantierte Dichtheitsklasse C würde für Anlagenbauer und Planer ein hohes Risiko bedeuten.

Dichtheitsklasse C auf dem Papier, A in der Realität

Ist das Luftleitungssystem dann „fertig“ abgedichtet und die geforderte Dichtheitsklasse erreicht, bestätigt der Anlagenbauer die Dichtheit der Anlage. Dabei ist jedoch zu beachten, welcher Anteil des Luftleitungssystems zur Bestimmung der Dichtheitsklasse geprüft wurde. 100 Prozent, 50 Prozent oder nur die in der DIN EN 12599 als Referenz angegeben 10 m² bzw. 10 Prozent der Leitungsoberfläche mit repräsentativem Querschnitt aller Bauteile. Ist letzteres der Fall, ist in der Praxis keine aussagekräftige und repräsentative Aussage über die Dichtheit des gesamten Luftleitungssystems möglich. Denn selbst bei Luftleitungssystemen, die in der Gesamtheit eine Dichtheitsklasse A oder schlechter aufweisen, entsprechen oftmals Teilabschnitte der Dichtheitsklasse C. Wird genau einer dieser Abschnitte überprüft, könnte es passieren, dass einem Luftleitungssystem mit einer Dichtheitsklasse schlechter A (Leckagerate von rund 15 Prozent und mehr) eine Dichtheitsklasse C (0,67 Prozent Leckagerate) bestätigt wird. Sie sieht für den Bauherren auf dem Papier gut aus, würde jedoch in der Praxis durch hohe Leckageraten zu unnötig hohen Mehrkosten führen und Einbußen in der Energieeffizienz bedeuten.

Verschlechterung der Dichtheitsklassen

Prozesskette Luftleitungsbau	Vorgegebene Dichtheitsklasse (Leckagerate)	Real erzielbare Dichtheitsklasse (Leckagerate)
Dichtheitsklasse und deren Erfüllung wird vom Planer in der Ausschreibung vorgegeben	C (0,67 %)	C (0,67 %)
Luftkanalhersteller fertigt, prüft und liefert gemäß Vorgaben	C (0,67 %)	C (0,67 %)
Luftkanalbauteile werden zur Baustelle transportiert und dort weiter „bearbeitet“ (Handling)	C (0,67 %)	B (2 %)
Montagefirma montiert und prüft gemäß Vorgaben	C (0,67 %)	A (6 %) - 2,5 x A (15 %)
Reinigungsfirma reinigt gemäß Vorgaben	C (0,67 %)	A (6 %) - 2,5 x A (15 %)
MSR-Technik reguliert die Anlage ein	C (0,67 %)	A (6 %) - 2,5 x A (15 %)
Anlage wird an den Bauherren übergeben	C (0,67 %)	A (6 %) - 2,5 x A (15 %)
Anlage im Betrieb	C (0,67 %)	≥ 2,5 x A (≥ 15 %)

Bild 2 • Theoretische Vorgaben für Luftleitungssysteme und real erzielbare Dichtheitsklassen.
Bild: Tina Weinberger

Von C nach A in wenigen Schritten

Wie im ersten Teil des Beitrags dargestellt, kann nahezu jeder einzelne Schritt der Prozesskette im Luftleitungsbau die Qualität und damit die Dichtheit des gesamten Luftleitungssystems negativ beeinflussen (s. Abb. 2). Wird also beispielsweise die Dichtheitsklasse C (0,67 Prozent Leckagerate) ausgeschrieben, lässt sich prozessbedingt ohne nachträgliche Abdichtung in der Praxis meist bestenfalls Dichtheitsklasse A (6 Prozent Leckagerate) erreichen. Werden nur die Mindestanforderungen der Dichtheitsklasse B in den Ausschreibungen von (öffentlichen) Auftraggebern oder Planern gefordert, liegen die Leckageraten im Betrieb durchschnittlich bei 15 Prozent und mehr. Folglich werden Luftleitungssysteme genau genommen entgegen der selbst erlassenen Anforderungen bei einer nicht mehr definierten Dichtheitsklasse betrieben, die 2,5 mal der schlechtesten Dichtheitsklasse A entspricht. In der Konsequenz bedeutet dies neben zahlreichen weiteren Nachteilen erhebliche Energie- und Effizienzverluste sowie unnötig hohe Kosten. So bestätigt Detlef Malinowsky, Sachverständiger, Referent für TGA-Technik, KfW- und BAFA-gelisteter Berater sowie Vorstand der Energiegenossenschaft und des Gewerbeverbands: „Die Dichtheit von Luftleitungssystemen entspricht

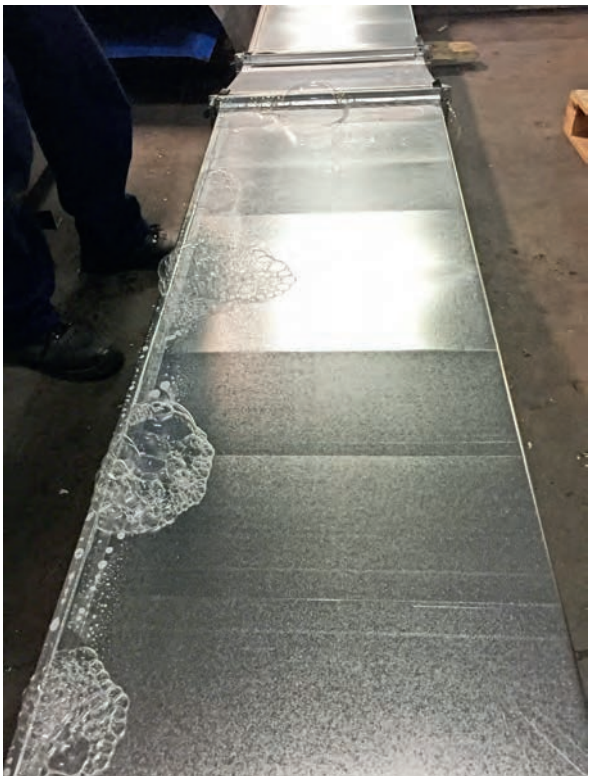

Bild 1 • Bei einer visuellen Dichtheitsprüfung lassen sich (nicht offensichtliche) Leckagen mit Hilfe von Sprühnebel oder einer Seifenlauge identifizieren, da sich an undichten Stellen Blasen bilden. Typische Fehlerstellen für Undichtigkeiten sind Kanten und Falze sowie Verbundstellen.
Bild: MEZ-TECHNIK GmbH

meiner eigenen Einschätzung nach in der Praxis in etwa 50 Prozent der Fälle keiner Dichtheitsklasse. Dies bedeutet, dass die Luftleitungen sehr undicht sind und in der Folge

- Geräusche in Zwischendecken entstehen, die bis in den Nutzraum störend zu hören sind;
- ungewollte Luftüberströmungen und damit Geruchsbelästigungen bedingen, weil beispielsweise die Luft von einem geruchsintensiven Raum, wie einer Cafeteria, in eine Bürofläche strömt;
- die Luftverteilung in einem verzweigten Luftkanalsystem fehlt und deshalb das System nicht lufttechnisch einreguliert werden kann;
- lufttechnisch unterversorgte Räume und damit eine schlechte Luftqualität durch zu hohe CO_2-Werte resultieren;
- Fehlfunktionen von Volumenstromreglern unvermeidbar sind, weil der Vordruck zu niedrig ist;
- der Energieaufwand am Ventilator unnötig steigt, um die Leckageluftmengen auszugleichen;
- keine Reserven vorhanden sind, um steigende Filterdrücke zu überwinden, die durch eine Verschmutzung während des Betriebs entstehen (in der Regel laufen die meisten neuen RLT-Anlagen bereits nach der Abnahme mit der maximalen Leistung).

Dies bedeutet, dass die meisten RLT-Anlagen eigentlich gar nicht abgenommen werden dürften, weil keine der Anlagen die geplante Funktion erfüllen kann." Marcel Riethmüller, Geschäftsführer der ecogreen Energie GmbH & Co. KG, pflichtet ihm bei: „Wenn ich die montierten Kanäle teilweise sehe und auch höre, würde ich mich freuen, wenn wir in der Praxis überhaupt die Dichtheitsklasse B erreichen würden." Valerie Leprince, Geschäftsführerin von PLEIAQ berichtet: „Eine kürzlich im Rahmen der Arbeitsgruppe des Tightvent Airtightness Association Committee (TAAC; Tightvent Ausschuss für Luftdichtheit) durchgeführte Umfrage zeigt, dass das Bewusstsein in Europa – mit Ausnahme Schwedens – bezüglich der Luftdichtheit von Luftleitungssystemen sehr gering ist. Darüber hinaus haben kürzlich in Frankreich im Rahmen des Effinergie+-Labels durchgeführte Messungen gezeigt, dass fast 50 Prozent der Luftleitungssysteme eine Luftdichtheit von 2,5 mal der Dichtheitsklasse A oder sogar noch schlechter aufweisen und das, obwohl sie so geplant wurden, dass sie die vom Effinergie+-Label mindestens geforderte Dichtheitsklasse A erreichen sollten. Dies zeigt eindeutig, dass sich die bisherigen Baugewohnheiten ändern müssen."

Mehrkosten durch undichte Leitungen

Eine Änderung der Baugewohnheiten, die die Bedeutung dichter Luftleitungssysteme in den Fokus rückt, ist nicht nur aus energetischer Sicht sinnvoll. Vielmehr lassen sich mit dichten Leitungssystemen auch Mehrkosten vermeiden, die durch den Verlust an Wärme und Kälte entstehen. So berichtet Jens Amberg, Erfinder des Luftenergiezählers und Geschäftsführer der Luftmeister GmbH, Kirchzarten: „Meist wird bei der Dichtheit von Luftleitungen nur auf den Verlust von Luftmengen geachtet, also die Kubikmeter Luft, die entweichen und nicht nutzbar sind. Einen mindestens ebenso großen Stellenwert haben aber die Verluste an kostspieliger Wärme oder Kälte, die luftseitig transportiert wird." Wolf Rienhardt, selbstständig tätig für Planung, Training, Beratung in der HLKS-Technik und Mitglied im Deutschen Fachverband für Luft- und Wasserhygiene (DFLW), berechnet beispielhaft die durch Undichtigkeiten verursachten Mehrkosten einer Teilklimaanlage (Lüften, Filtern, Heizen, Kühlen) für die Luftförderung und Lufterwärmung in einer Winterperiode auf Grundlage statistischer Wetterdaten für den Standort Mühldorf/Inn zu rund 370 Euro (Luftbehandlung) bzw. 385 Euro (Luftbehandlung und Luftförderung). Valerie Leprince bestätigt diese Zahlen und

Bild 3 • Bei der ersten Dichtheitsprüfung wurden im Luftleitungssystem im BV Daimler Office V Undichtigkeiten festgestellt, die der Luftdichtheitsklasse A entsprechen. Um die Leckagen zu reduzieren und für das gesamte Luftleitungssystem Dichtheitsklasse C zu erreichen, erfolgte anschließend eine Abdichtung mit dem Aeroseal-Verfahren. Bild: Aerotechnik GmbH

sagt: „Verschiedene Berechnungen, Untersuchungen und Studien haben gezeigt, dass sich durch die Beseitigung von Undichtigkeiten in Luftleitungssystemen die Heizlasten zwischen 5 Prozent und 18 Prozent, die Kühllasten zwischen 10 Prozent und 29 Prozent reduzieren lassen. Zudem führen Leckagen in Luftleitungssystemen dazu, dass rund 30 Prozent bis 75 Prozent mehr Ventilatorleistung und in RLT-Anlagen eine um bis zu 48 Prozent höhere Kühlleistung erforderlich ist. Durch die zuverlässige Beseitigung der Leckagen lassen sich hingegen bis zu 50 Prozent der Energiekosten der eingesetzten Ventilatoren einsparen."

Auch auf die Baukosten wirken sich Leckagen in Luftleitungssystemen negativ aus. So werden Lüftungs-, Teilklima- und RLT-Anlagen bereits bei der Planung überdimensioniert und die Volumenströme um 15 bis 20 Prozent höher angesetzt, damit der real benötigte Mindestluftwechsel gewährleistet werden kann. Die Folge sind unnötig hohe Kosten, überdimensionierte Lüftungsgeräte, ein höherer Platzbedarf für größere Leitungen und Bauteile sowie ein Mehraufwand bei der Schalldämmung und Statik. Während Bauherren und Betreiber bei der Energieeffizienz eher mal ein Auge zudrücken, führen nach Christian Podeswa, Schulungsreferent bei der Helios Ventilatoren GmbH & Co. KG, die immer mehr in den Vordergrund rückenden Mehrkosten durch undichte Luftleitungssysteme langsam, aber sicher zu einem Umdenken. „Neben den gesetzlichen Vorgaben und normungstechnischen Grundlagen, die immer mehr auf eine höhere Effizienz von Lüftungsanlagen abzielen, werden auch immer mehr Betreiber auf die Wirtschaftlichkeit einer Lüftungsanlage aufmerksam. Eine entscheidende Rolle spielt dabei die Dichtheit. Denn salopp ausgedrückt: Wofür zahle ich und was bringt mir mein aufbereitetes Lebensmittel Luft in der Zwischendecke, wo es doch eigentlich in den Nutzungsräumen bereitgestellt werden soll?" Detlef Malinowsky unterstützt diese Aussage mit einer Beobachtung aus der Praxis: „Welche Bereiche in einem Bürogebäude haben die beste Luftqualität?" Die Antwort lautet: „Die Schächte und Zwischendecken!"

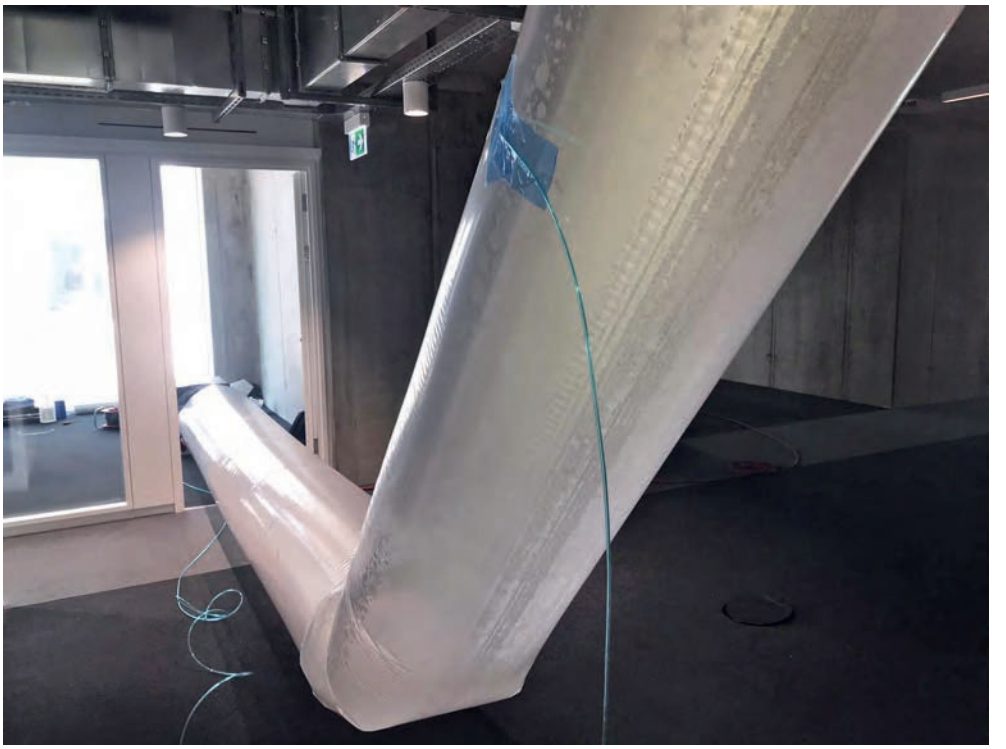

Bild 4 • Das Einleiten des feinst zerstäubten Dichtstoffs erfolgt über einen Folienschlauch, der das Abdichtungsgerät über einen Anschlusspunkt im Dachbereich mit dem gesamten abzudichtenden Luftleitungssystem verbindet. Bild: Aerotechnik GmbH

Paradigmenwechsel und Umdenken im Luftleitungsbau

Christian Podeswa ist der Meinung, dass die Zeit reif für einen Wandel ist: „Da Lüftungsleitungen einen erheblichen Teil einer Anlage darstellen, sollte hier angesetzt werden, um diese zukünftig dichter zu gestalten und somit einen ruhigen und effizienten Betrieb der Ventilatoren bzw. der Gesamtanlage zu ermöglichen. So wird ein Trend kommen, der sich mit unseren Ansprüchen entwickelt, Luftleitungsnetze in Zukunft dichter und somit effizienter zu gestalten."

Auch Valerie Leprince sieht Handlungsbedarf: „Es braucht einen Sinneswandel, der dazu führt, dass das Bewusstsein der Menschen für die Bedeutung dichter Luftleitungssysteme gestärkt und sensibilisiert wird. Hierzu sollte bei der Inbetriebnahme systematisch eine vorgeschriebene Luftdichtheitsprüfung des ganzen Systems durchgeführt werden. Denn so können Bauherren, Planer und Anlagenbauer schnell und einfach sehen, dass die Luftdichtheit in der Regel ohne zusätzliche Maßnahmen schlecht ist. Wie viel an Mehrkosten dies bedeutet – auch hinsichtlich der Heiz- und Kühllasten sowie des Energieverbrauchs von Ventilatoren – kann einfach mit Gleichungen berechnet und anhand vieler Untersuchungsergebnisse aus Feldmessungen aufgezeigt werden. Ein guter Ansatz wäre hierbei auch, die Auswirkung von Leckagen auf bisher unbeachtete Aspekte, wie zum Beispiel Lärm, Staubansammlung und Raumluftqualität, in weiteren Forschungsarbeiten zu untersuchen und dann in die Gleichungen mit einfließen zu lassen. Und last but not least sollte eine geringere Messunsicherheit gewährleistet sowie ein international vereinheitlichtes und verbessertes Messprotokoll und eine gesetzlich vorgeschriebene Dichtheitsklasse C eingeführt werden."

Dichtheitsklasse C als Standard

Mit dem Wunsch nach dichten Luftleitungssystemen stehen Podeswa und Leprince nicht allein da. Immer mehr Experten, Verbände und Fachleute wollen, dass die Dichtheitsklasse C als Mindestforderung festgeschrieben wird. Eine perfekte Chance, diesen Paradigmenwechsel auch normativ vorzugeben, wäre die Verankerung einer Mindestdichtheitsklasse (C) im Gebäudeenergiegesetz (GEG) gewesen. So wäre es sinnvoll, eine im Leistungsverzeichnis verpflichtend auszuschreibende Mindestdichtheitsklasse festzuschreiben,

die bei der Übergabe einer Lüftungs- oder RLT-Anlage für das gesamte Luftleitungssystem durch unabhängige Prüfer nachgewiesen werden muss. Für Neuanlagen oder sanierte Altanlagen wäre eine Übergabe mit Einregulierungsprotokollen empfehlenswert. Realistisch umsetzbar wären all diese Forderungen jedoch nur dann, wenn die bisherige Prozesskette im Luftleitungsbau neben der für das ganze System verpflichtend einzuhaltenden und nachzuweisenden Mindestdichtheitsklasse um einen weiteren Schritt ergänzt würde: die nachträgliche Abdichtung kompletter Luftleitungssysteme mit zuverlässigen und innovativen Methoden. Denn nur so kann die Dichtheitsklasse C als neuer Standard für komplette Luftleitungssysteme zuverlässig und auf lange Sicht gewährleistet und bereits von Anfang an garantiert werden.

Abdichtung in der Praxis

Das Aeroseal-Verfahren (s. Infokasten) kam beispielsweise bei der Lüftungsanlage des Projekts Daimler Office V in Stuttgart-Vaihingen zum Einsatz. Mit dem Bau der Anlage war die Aerotechnik GmbH, Münsingen, beauftragt. Um die im Leistungsverzeichnis geforderte Dichtheitsklasse C für das gesamte System zu gewährleisten, wurden zunächst ausschließlich Luftleitungskomponenten dieser Dichtheitsklasse bestellt, geliefert und verbaut. Die Aufhängung erfolgte mit Hilfe von Profilschienen, um Undichtigkeiten durch Schrauben zu vermeiden. Lediglich in den Schächten konnte auf Bohrungen in den Luftleitungen zur Aufhängung nicht verzichtet werden. Nach Fertigstellung der Anlage zeigte sich bei einer Dichtheitsprüfung, dass in den Steigschächten statt der geforderten Dichtheitsklasse C nur A erreicht wurde. Wie von Anfang an geplant, folgte im nächsten Schritt die Abdichtung des gesamten Systems mit dem Aeroseal-Verfahren. Hierzu mussten die Brandschutzklappen zur Abtrennung der Stränge in den einzelnen Etagen geschlossen werden. Es genügte, das Abdichtungsgerät an einer einzigen Stelle anzuschließen: an einem Steigschacht im Dachbereich, über den alle weiteren Steigschächte durch das Luftleitungssystem miteinander verbunden waren. Nach der erfolgreichen Verbindung von Abdichtungsgerät und Steigschacht über einen Folienschlauch wurde der mit Hilfe von Druck und Temperatur in feinste Teilchen zerstäubte Dichtstoff eingeleitet, der dann zusammen mit der Luft durch das undichte Luftleitungssystem strömte. Da an undichten Stellen lokal der Druck absinkt, wird die mit Dichtstoff beladene Luft in deren Richtung umgelenkt und durchströmt die Undichtigkeiten von innen nach außen. Dabei lagern sich kleinste Mengen des Dichtstoffs an den Rändern der Leckagen ab, sodass Leckagen bis zu einem Durchmesser von 15 mm nach und nach dauerhaft verschlossen werden. Ohne vorherige Suche, ohne zusätzlichen Aufwand, ohne Dreck und ohne Staub. Innerhalb weniger Stunden konnten die Leckagemengen so reduziert werden, dass ausgehend von der Dichtheitsklasse A die geforderte Dichtheitsklasse C leicht erreicht wurde.

Förderung für mehr Effizienz

Über ein Förderprogramm für Einzelmaßnahmen in Bestandsgebäuden kann die Erstinstallation oder Erneuerung einer Lüftungsanlage subventioniert werden, wenn durch die Erneuerung oder Instandsetzung mindestens eine mit Messungen nachgewiesene Dichtheitsklasse B (gemäß DIN 1507:2006-07 bzw. DIN 12237:2003-07) erreicht wird. Konkret werden bis zu 20 Prozent Tilgungszuschuss auf einen Kredit der KfW gewährt. Im Bereich der Prozesslüftungstechnik ist über das technologieoffene Förderprogramm „Energieeffizienz in der Wirtschaft (EEW)“ eine Förderung von bis zu 40 Prozent möglich. Auch hier gilt die Dichtheitsklasse B als Maßgabe. Als Anhaltspunkt für die Förderrate werden die erwarteten CO_2-Einsparungen, die einer Energieeinsparung gleichgesetzt werden, gegenüber dem Bestand herangezogen.

Inwieweit die Vorgabe einer Dichtheitsklasse B als Standard für eine Förderung ausreichend sein sollte, ist für viele Experten strittig. Nichtsdestotrotz wird der Ansatz positiv gesehen und so sagt Marcel Riethmüller: „Man kann oft froh sein, wenn die Firmen das Luftleitungssystem überhaupt auf Dichtigkeit überprüfen. Und um eine Förderung zu erhalten, muss diese mit einem Messprotokoll nachgewiesen werden.“ Immerhin ist eine nachgewiesene Dichtheitsklasse B mit Leckageraten von 2 Prozent im Vergleich zu den bisher häufig vorhandenen Leckageraten von 15 Prozent ein wichtiger Schritt in die richtige Richtung.