

Dichte Luftleitungssysteme als Basis für Energieeffizienz

Teil 1: Ursachen von Leckagen

TINA WEINBERGER*, JÖRG MEZ**

Um den Anforderungen der Bundesregierung gerecht werden zu können und den Gebäudebestand bis 2050 nahezu klimaneutral zu gestalten, braucht es mehr als den Austausch alter Heizungen und eine verbesserte Wärmedämmung alter Dächer. Ein wichtiger Aspekt, der dank Verbänden, Wissenschaft, Forschung und Fachleuten immer mehr in den Fokus rückt, ist die Dichtheit von Luftleitungssystemen. Denn hohe Leckageraten führen unter anderem zu unnötig hohem Energieverbrauch von raumlufttechnischen Anlagen. Im ersten Teil des Beitrags wird dargestellt, wie sich von der Ausschreibung bis zur Montage die Dichtheit schrittweise verschlechtert.

Luftleitungssysteme von Lüftungs- und Klimaanlage weisen zahlreichen Studien und Untersuchungen zufolge fast in ganz Europa durchschnittliche Leckageraten von 15 Prozent und mehr auf. Dies entspricht nach DIN EN 16798-3 der Dichtheitsklasse ATC 6 (Bild 1) und damit 2,5 Mal der schlechtesten Dichtheitsklasse A gemäß der früheren DIN EN 13779. Fast ein Sechstel des gesamten geförderten Luftvolumens geht dadurch in Zwischendecken, Schächten und andernorts verloren, statt in den Räumen anzukommen, die bestimmungsgemäß mit dem Lebensmittel Luft versorgt werden sollen. Ausgehend von diesen Leckageraten liegt der energetische Mehrbedarf raumlufttechnischer Anlagen aktuell bei bis zu 100 Prozent. Dies zu ändern und mit dichten Luftleitungssystemen das Erreichen des vorgegebenen Ziels der Bundesregierung zu unterstützen, ist heutzutage kein Problem mehr und sollte daher verpflichtend festgelegt werden.

Neben dem Verlust an wertvoller Luft bedeuten die Leckagen Effizienzstrafen und in der Folge unnötig hohe Kosten. So titelte die New York Times in Anlehnung an eine Untersuchung von Mc Kinsey & Company, dass dichte Luftleitungen das größte

Energieeinsparungspotenzial bei energetischen Sanierungen in den USA bieten. Ergebnissen des ICEE Reports „Energy savings estimates of duct sealing applications“ (Energieeinsparungen durch die Abdichtung von Luftleitungssystemen) zufolge können durch eine Beseitigung von Leckagen Energieeinsparungen von rund 46 Prozent und Stromkosteneinsparungen von etwa 50 Prozent erreicht werden. Diese Befunde bestätigt auch Marcel Riethmüller, Geschäftsführer der eco-green Energie GmbH & Co. KG: „Beispielhaft kann durch eine Reduzierung des Luftvolumenstroms um rund 20 Prozent der Energieeinsatz um etwa 50 Prozent verringert werden. Deshalb gilt grundsätzlich, dass eine Anpassung des real geförderten Luftvolumenstroms an den Bedarf – der sich ohne Leckagen ergeben würde – die Basis für eine energieeffiziente Lüftungsanlage ist. Und dafür werden als Grundlage zuverlässig dichte Luftleitungssysteme benötigt.“

Luftleitungssysteme bieten damit enormes Potenzial für Energieeinsparungen, Effizienzsteigerungen und zudem Kostensenkungen. Weiterhin sind sie eine grundlegende Voraussetzung, um die Wirksamkeit der seitens der Politik proklamierten Maßnahmen wie BIM, smarte Gebäu-



**Jörg Mez, Geschäftsführer der MEZ-TECHNIK GmbH (Co-Autor).
Bild: MEZ-TECHNIK GmbH



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

detechnik, Quartierskonzepte, effiziente und energiesparende Ventilatoren oder eine verpflichtende Wärmerückgewinnung auszuschöpfen. Und auch in punkto Luftreinigung und dem damit verbundenen Brand- und Bautenschutz stellen dichte Luftleitungen eine wichtige Grundvoraussetzung dar. So erklärt Sven Rentzschler, CEO der Reven GmbH: „Bei der Luftreinigung, wie sie zum Beispiel für lebensmittelverarbeitende und Maschinenbaubetriebe typisch ist, werden aus den Bearbeitungsmaschinen Aerosole von Kühl- und Schmiermitteln beziehungsweise Frittier-, Brat-, und Backölen abgesaugt. Diese lagern sich dann auf den Luftleitungssystemen ab und kondensieren. Weisen die Luftleitungssysteme Undichtigkeiten auf – und das ist bei fast allen Anlagen der Fall – regnen die Öle sprichwörtlich aus den Leitungssystemen vom Dach. Die Folge sind oftmals Schäden an Schaltschränken und teuren Produktionsanlagen. Weiterhin bleibt zu bedenken, dass es sich bei den aus den Luftleitungssystemen tropfenden Flüssigkeiten in schöner

Regelmäßigkeit um reine und leicht entzündliche Öle handelt. Also um eine erhebliche zusätzliche Brandlast, an die meist so lange keiner denkt, bis es dann brennt.“

Prozesskette mit Dichtheitsverlusten

Eine garantierte Dichtheit von Luftleitungssystemen setzt voraus, dass die aktuelle Prozesskette im Luftleitungsbau um zwei wesentliche Arbeitsschritte ergänzt wird:

1. Nachweis der Mindestdichtheit gesamter Luftleitungssysteme (der Klasse C) durch einen unabhängigen Prüfer und
2. dadurch bedingt (in den meisten Fällen) eine nachträgliche Abdichtung des gesamten Luftleitungssystems.

Eine Funktionsmessung sollte damit zur Pflicht werden. Unterschreitet die messtechnisch ermittelte Dichtheit in der Errichtungsphase die vereinbarte Dichtheitsklasse, sollte eine Nachbesserung verpflichtend durchgeführt werden müssen. Bisher können nämlich weder Planungsvorgaben noch Produktions- und Mon-

tagestandards durch Normen und andere Regelwerke eine gute Dichtheit und damit hohe Energieeffizienz einer RLT-Anlage garantieren. Der Grund ist eine graduelle Verschlechterung der Dichtheit entlang der gesamten Prozesskette (Ausschreibung, Planung, Herstellung, Transport, Handhabung und Montage), die wesentlich zu den in der Praxis meist angetroffenen Leckageraten von 15 Prozent und mehr beiträgt.

BERECHNUNGSMODULE

Tools zur Berechnung der Effizienz raumlufttechnischer Anlagen und des energetischen Optimierungspotenzials:

- BfEE-Effizienzrechner Klima-Lüftung des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle: www.bfee-online.de
Menüpunkt Effizienzpolitik/Energieeffizienz von Gebäuden/Effizienzrechner Klima-Lüftung
- AC-OPT, Energieeffizienz-Software von Claus Handel für die Simulation von RLT-Anlagen: www.rlt-simulation.de
- Leitungsleckagerechner lindQST: www.lindqst.com
Menüpunkt lindQST/Leitungsleckagerechner

Ständliches Leckluftvolumen bei Dichtheitsklassen A bis D

Beispiel: Bauteilvolumen 750 l, Bauteiloberfläche 4,5 m², 250 Pa

Dichtheitsklasse	Beispiel für 15 % Leckage des Volumenstroms	A	B	C	D
Prüfdruck in Pa:		250	250	250	250
Oberfläche in m ² :		4,5	4,5	4,5	4,5
Max. Luftleckrate in m ³ /s * m ² :		0,0009773	0,0003258	0,0001086	0,0000362
Luftleckrate in m ³ /s:		0,0044	0,0015	0,0005	0,0002
Luftleckrate in m ³ /h:		15,8321	5,2774	1,7591	0,5864
Luftleckrate in l/s:		4,3978	1,4659	0,4886	0,1629
Luftleckrate in l/h:	39.580	15.832	5.277	1.759	586
Bauteilvolumen	52,5 x	21 x	7 x	2,3 x	0,78 x

▲ Bild 1 • Das Bild zeigt anschaulich die Leckageverluste in Abhängigkeit von der Dichtheitsklasse.

Dichtheitsklasse

Bereits bei der Ausschreibung wird häufig nur die Dichtheitsklasse B und damit die Mindestanforderung der DIN EN 16798-3 bzw. der EnEV für Sanierung und Neubau gefordert. Diese bedeutet, dass in Standardbauwerken eine Undichtheit von 2 Prozent (Dichtheitsklasse B oder ATC 4) stillschweigend akzeptiert und erlaubt wird. Bestehen besondere Anforderungen an die Hygiene oder Energieeffizienz, wird in Anlehnung an die VDI 3803, die VDI 6022, die EnEV sowie die DIN 16798-3 und 15780 die Dichtheitsklasse C (0,67 Prozent Leckage oder ATC 3) empfohlen und im Idealfall auch ausgeschrieben. Dabei erklärt Reinhard Siegismund, ö. b. u. v. Sachverständiger und Beratender Ingenieur VBI: „Weit verbreitet ist heute bei der Planung und Ausführung von raumluftechnischen Anlagen, dass Regeln und Normen gerade so erfüllt werden. Oft wird mir als Sachverständiger bei der Abnahme dann die Messtoleranz erläutert, mit der meine Messergebnisse zu bewerten sind. Dies entspricht in der Regel +/- 20 Prozent, wobei zum Erreichen einer gerade noch akzeptablen Abweichung des Soll- vom Istwerts fast immer - 20 Prozent angesetzt wird. Die Ziele Energieeinsparung, Umweltschutz und die Gesundheit der Menschen werden dabei viel zu oft und leichtsinnig wegen einer meist nur geringen Kosteneinsparung verspielt.“ Dementsprechend ist die beste Dichtheitsklasse D in kaum einer Ausschreibung zu finden. Und das, obwohl die Herstellung von Luftleitungsbauteilen in der Dich-

theitsklasse D (ATC 2) unter Einhaltung der DIN 1507 bzw. HFL2002 ¹⁾ (für eckige Luftleitungsbauteile), der DIN 12237 bzw. HFL3002 (für runde Luftleitungsbauteile) sowie der DIN EN 15727 und DIN EN 1751 in der Praxis meist kein Problem darstellt.

Dichtheitsverluste durch den Transport zur Baustelle

Problematisch in punkto Dichtheitsklasse wird es jedoch mit dem Transport der Bauteile vom Hersteller zur Baustelle und dem anschließenden Handling. Durch das Heben der Bauteile in den LKW, das Stapeln im Fahrzeug, das Ausladen, das erneute Stapeln auf der Baustelle usw. geht in der Praxis meist eine Dichtheitsklasse verloren. Gründe sind unter anderem unvermeidbare, leichte Formänderungen durch Verzug sowie beschädigte Falze und Dichtungen. Ausgehend von einer nach wie vor häufig ausgeschriebenen, geplanten und produzierten Dichtheitsklasse B bleibt dann oft nur noch die Dichtheitsklasse A (ATC 5), was Undichtheiten von rund 6 Prozent bedeutet statt einer Leckage von 2 Prozent (Bild 3).

Montage unter Hochdruck

Bei der Montage der Bauteile verschlechtert sich die Dichtheit weiter, selbst wenn die Montageempfehlungen des HFL, Herstellerverband für Luftleitungen e. V., eingehalten werden. Gründe sind zum Beispiel, dass Luftleitungsbauteile oftmals nicht mehr zu 100 Prozent ihrer ursprünglichen Form entsprechen und damit nicht exakt zueinander passen. Die Zugänglichkeit zu einigen Bauteilen ist erheblich eingeschränkt und die

Herangehensweise „Versuch, Irrtum, neuer Versuch“ führt insbesondere bei Schrauben, Nieten und Klammern zu neuen Leckagen, wenn nicht mehr gebrauchte Löcher einfach belassen und nicht extra abgedichtet werden. Eine weitere Ursache für Undichtheiten sind Aufmaßteile und Passlängen, die auf der Baustelle unter oft schwierigen Bedingungen gefertigt werden und die Unterschiede zwischen Planung und realer Situation vor Ort ausgleichen sollen (Bild 4, 5 und 6). Zwei weitere wichtige Aspekte für dichte Luftleitungssysteme sind ausreichend Zeit und Platz für die Montage. Beide fehlen in der Praxis oft, so die Erfahrung von Christian Podeswa, Schulungsreferent bei der Helios Ventilatoren GmbH & Co. KG: „Es wird zunehmend schwerer, aufgrund der baulichen Anforderungen in Planung und Umsetzung, die Luftleitungssysteme so auszulegen und zu installieren, wie es der Baustandard fordern würde. Fehlender Platz und immer kürzere Installationszeiten führen zu einem hohen Druck. Und das bei einer Arbeit, die eigentlich ein hohes Maß an Besonnenheit und Genauigkeit fordert. Das Ergebnis wirkt sich dann leider nachteilig auf die Dichtheit der Anlage aus“ (Bild 7).

Der günstigste Bieter und ein Montagemix mit Dichtheitsklassen A bis D

Ein weiterer Grund für eine Verschlechterung der Dichtheitsklasse bei der Montage kann die Auswahl des billigsten – und damit häufig auch weniger erfahrenen – Bieters sein. Ein Auswahlkriterium, das nach Reinhard Siegismund zu überden-

Luftdichtheitsklasse der Luftleitung nach DIN EN 1507 und DIN EN 12237 (alte DIN EN 13779)		DIN EN 16798-3	Leckagerate [%]	Grenzwert der Luftleckagerate $f_{max} \left[\frac{m^3/s}{m^2} \right]$
		ATC 7		Nicht klassifiziert
		ATC 6	15	$0,0675 \cdot p_{Prüf} \cdot 10^{-3}$
A		ATC 5	6	$0,027 \cdot p_{Prüf} \cdot 10^{-3}$
B		ATC 4	2	$0,009 \cdot p_{Prüf} \cdot 10^{-3}$
C		ATC 3	0,67	$0,003 \cdot p_{Prüf} \cdot 10^{-3}$
D		ATC 2 ¹⁾	0,22	$0,001 \cdot p_{Prüf} \cdot 10^{-3}$
		ATC 1 ¹⁾	0,07	$0,00033 \cdot p_{Prüf} \cdot 10^{-3}$
¹⁾ Luftleitungen für besondere Anforderungen $p_{Prüf}$ [Pa] Prüfdruck – Auslegungsdruckdifferenz des zu prüfenden Luftleitungssystems oder Luftleitungsteilsystems				

Bild 2 • Tabelle Dichtheitsklassen.

¹⁾ Technische Unterlagen „HFL2002 – Luftdichtheit eckige Luftleitung“ und „HFL3002 – Luftdichtheit runde Luftleitung“, <https://hflev.de/downloads>



◀ Bild 3 • Typische Transportschäden mit negativen Auswirkungen auf die Dichtheit der Luftleitungskomponenten und damit des gesamten Systems entstehen beispielsweise dadurch, dass insbesondere große Luftleitungsbauteile sich bei der Handhabung verziehen.

▼ Bild 4 • Typische Montagefehler, die zu Leckagen und Undichtigkeiten im Gesamtsystem führen können, sind zum Beispiel Luftleitungsbauteile, in deren Ecken sehr großzügig Dichtmasse eingebracht wurde.



◀ Bild 5 • Löcher, die bei Montagen nach dem „Try and Error“-Verfahren entstehen, werden in vielen Fällen nicht abgedichtet, sondern verbleiben als Leckagen im Luftleitungssystem.



▲ Bild 6 • Leckagen sind oft auch an Verbindungen unterschiedlicher Luftleitungskomponenten zu finden, die nicht sorgfältig und fachgerecht ausgeführt wurden.

ken wäre. „Vielleicht sollten wir die Vergabeordnung ändern und bei öffentlichen Ausschreibungen den billigsten und den teuersten Bieter aus dem Vergleich herausnehmen. Denn momentan regiert bei der Vergabe in unserem Land oft das Motto: ‚Der bil-

ligste Bieter ist zu beauftragen‘. Der Auftragnehmer führt dies im Sinne ‚Das Billigste ist für unseren Kunden gut genug‘ meist mit den entsprechenden Nachteilen für die Dichtheit fort. Viel sinnvoller wäre es hingegen, wie in der Vergabeverordnung

des Bundes vorgegeben, bei der Vergabe den wirtschaftlichsten Bieter zu beauftragen. Den zu bestimmen ist zugegebenermaßen – ohne Vorerfahrung mit den Bietern – oft schwierig bis unmöglich. Es wäre jedoch eine Chance, um wegzukommen von Luftleitungssystemen, die aus den billigsten Komponenten, vom günstigsten Anlagenbauer so aufgebaut werden, dass sie mit maximaler Messtoleranz gerade noch die Mindestanforderungen einer per se schlechten Dichtheitsklasse erfüllen.“ Hinzu kommt, dass bei der Montage eine Verbindung verschiedenster Komponenten erfolgt. Je nachdem, um welches Bauteil es sich handelt, wurde es nach anderen Kriterien zertifiziert und erfüllt nicht exakt die gleichen Dichtigkeitsstandards. Auch werden auf Baustellen immer mal wieder einzelne Bauteile eingesetzt, die



◀ Bild 7 • Zu den Ursachen für Undichtheiten gehören auch komplizierte Aufmaßbauteile, die auf der Baustelle gefertigt und oft unter beengten Platzverhältnissen mit dem restlichen Luftleitungssystem verbunden werden müssen.

▼ Bild 8 • Außer dem Anlagenbauer haben auch andere Gewerke erheblichen Einfluss auf die Dichtheit des finalen Luftleitungssystems. Beispielsweise ist es keine Seltenheit, dass Luftleitungsbauteile als Sitzgelegenheit genutzt werden.

nicht der Dichtheitsklasse des Gesamtsystems entsprechen. So kann es vorkommen, dass in einem Luftleitungssystem, das in der Gesamtheit die Dichtheitsklasse B oder C erfüllen soll, einzelne Bauteile mit der Dichtheitsklasse A verbaut werden. Das Erreichen der vorgegebenen Dichtheitsklasse für das Gesamtsystem (B oder C) ist ohne Austausch des Bauteils mit der Dichtheitsklasse A oder ohne eine nachträgliche Abdichtung damit nicht möglich. Gleiches gilt für bereits montierte Luftleitungsbauteile mit einer guten Dichtheitsklasse, die im Zuge der Montage des restlichen Luftleitungssystems von parallel arbeitenden Gewerken beispielsweise als Sitzgelegenheit genutzt werden, sich dadurch verformen und nicht mehr der ursprünglichen Dichtheitsklasse entsprechen (Bild 8 und Bild 9).



Luftleitungssysteme abdichten

Wie die Dichtheit eines Luftleitungssystems überprüft werden kann, erfahren Sie im zweiten Teil des Beitrags, in dem anhand eines Beispiels auch gezeigt wird, wie sich die Dichtheit erheblich verbessern lässt.

- ▶ Bild 9 • Undichtigkeiten entstehen in vielen Fällen auch dadurch, dass Luftleitungsbauteile nach dem Einbau anderen Gewerken „im Weg liegen“ und zum Überwinden des Hindernisses einfach nur Bretter auf die empfindlichen Bauteile gelegt und diese dann als „Brücke“ missbraucht werden.
Alle Bilder: MEZ-TECHNIK GmbH