



Eurovent 6/15 - 2021

Luftleckagen in Lüftungsanlagen: Richtlinien zur Verbesserung der Raumluftqualität und zur Korrektur der Leistung

Erste Ausgabe

Veröffentlicht am 17. Februar 2021 von
Eurovent, 80 Bd A. Reyers Ln, 1030 Brüssel, Belgien
secretariat@eurovent.eu

Dokumentenverlauf

Diese Eurovent-Branchenempfehlung / Code of Good Practice ersetzt alle früheren Ausgaben, die mit der Veröffentlichung dieses Dokuments automatisch veraltet sind.

Modifikationen

Diese Eurovent-Publikation wurde gegenüber früheren Ausgaben in folgender Weise geändert:

Änderungen gegenüber	Änderungen
1. Ausgabe	Aktuelle Ausgabe

Präambel

Kurz und bündig

Diese Empfehlung legt die Grundsätze der guten Praxis zur Begrenzung der internen Luftleckage in bidirektionalen Lüftungsgeräten fest, insbesondere in solchen, die mit einem Rotationswärmetauscher ausgestattet sind. Sie skizziert die wichtigsten Maßnahmen, die bei der Auslegung und Einstellung eines Gerätes zu berücksichtigen sind, um die Leckage zu minimieren. Die Empfehlung enthält auch Richtlinien, wie die angegebene Leistung aufgrund von Leckagen korrigiert werden kann. Eurovent ist der Meinung, dass diese Richtlinien ein gemeinsamer Industriestandard werden sollte. Die mögliche Größenordnung interner Leckageraten, die aus einer falschen Geräteauslegung resultieren und die entsprechenden Konsequenzen werden ebenfalls diskutiert.

Autoren

Dieses Dokument wurde von Eurovent herausgegeben und in gemeinsamer Arbeit von Teilnehmern der Produktgruppe „Air Handling Units“ (PG-AHU) und der Produktgruppe „Energy Recovery Components“ (PG-ERC) erstellt, die eine große Mehrheit aller auf dem EMEA-Markt tätigen Hersteller dieser Produkte repräsentiert. Besonders wichtige Beiträge wurden von Gunnar Berg (Redaktionsleiter), Hashim Alsadah, Bohumil Cimal, Viktor Levickij, Igor Sikonczyk, Timo Schreck und Ernst-Peter Wachsmann geliefert.

Copyright

© Eurovent, 2021

Sofern im Folgenden nicht anders angegeben, darf diese Publikation unter Angabe der Quelle ganz oder auszugsweise vervielfältigt werden. Für jede Verwendung oder Reproduktion von Fotos oder anderem Material, das nicht Eigentum von Eurovent ist, muss die Erlaubnis direkt bei den Urheberrechtsinhabern eingeholt werden.

Vorgeschlagene Zitierung

Eurovent AISBL / IVZW / INPA. (2021). Eurovent 6/15 - 2021 - Luftleckagen in Lüftungsanlagen: Richtlinien zur Verbesserung der Raumluftqualität und zur Korrektur der Leistung. Brüssel: Eurovent.

Wichtige Hinweise

Eurovent erteilt keine Zertifizierung auf der Grundlage dieses Dokuments. Alle mit der Zertifizierung zusammenhängenden Fragen werden von der unabhängigen Zertifizierungsgesellschaft des Verbandes - Eurovent Certita Certification - in Paris bearbeitet. Für weitere Informationen besuchen Sie www.eurovent-certification.com.

Contents

Eurovent 6/15 - 2021	1
Dokumentenverlauf	2
Modifikationen	2
Präambel	2
Kurz und bündig	2
Autoren	2
Copyright	2
Vorgeschlagene Zitierung	2
Wichtige Hinweise	2
Contents	3
Liste der Abkürzungen und Symbole	6
Verwendete Normen und Vorschriften	6
Vorwort	7
1. Das Problem der „Leckagen“	8
1.1 Arten von Leckagen	8
1.1.1 Interne Leckagen am Wärmetauscher und am Gehäuse des RLT-Geräts	8
1.1.2 Externe Leckagen	8
1.1.3 Filter-Bypass-Leckage	8
1.1.4 Leckage zwischen ODA-Eingang und EHA-Ausgang	8
1.2 Negative Folgen von externen und internen Leckagen	8
1.2.1 Auswirkungen von Leckagen auf den Energieverbrauch	9
1.2.2 Verschlechterung der IAQ	9
2. Hinweise auf Leckagen in Vorschriften und Normen	9
2.1 EN-Normen	10
2.2 Bauvorschriften	11
2.3 Ökodesign-Verordnung	11
3. Verfügbare Indikatoren und Testmethoden für interne Leckage	11
3.1 Abluftübertragungsverhältnis (EATR) und Außenluftkorrekturfaktor (OACF)	11
3.1.1 OACF	12
3.1.2 EATR	12
3.1.3 Korrelation von OACF und EATR	12
3.2 Voraussichtliche Änderungen der überarbeiteten EN 308	15
3.2.1 Typ A: Interne Dichtheitsprüfung der Komponenten im Labor	15

3.2.2 Typ B: Interne Dichtheitsprüfung der eingebauten Komponenten eines RLT-Gerätes im Labor	16
3.2.3 Typ C: Interne Dichtheitsprüfung des bauseits installierten RLT-Geräts.....	16
4. Verfügbare Indikatoren und Testmethoden für externe Leckage	16
4.1 Unterdruckprüfung	16
4.2 Überdruckprüfung.....	17
5. Mögliche Größe der internen Leckagerate durch falsche Geräteauslegung	17
5.1 Typische interne Leckageraten für rotierende Wärmetauscher	17
5.1.1 Fall 1. Beide Ventilatoren nach dem Rotor im Luftstrom (beides saugende Ventilatoren)	17
5.1.2 Fall 2: Beide Ventilatoren auf der Gebäudeseite (Abluftventilator druckseitig- Zuluftventilator saugseitig).....	18
5.1.3 Fall 3. Beide Ventilatoren auf der Außenseite (Zuluftventilator druckseitig- Abluftventilator saugseitig).....	19
5.1.4 Fall 4. Beide Ventilatoren vor dem Rotor druckseitig	19
5.2 Problem der falschen Ventilatoranordnung	20
6. Problemlösung.....	20
6.1 Einstellen der Grenzwerte für EATR und OACF.....	20
6.1.1 Eurovent-Empfehlung zu EATR	21
6.1.2 Eurovent-Empfehlung zu OACF	21
6.2 Kompensation des Luftstroms	21
6.3 Angemessene Zusammenarbeit aller beteiligten Parteien	21
7. Kodex der guten Praxis, um EATR und OACF niedrig zu halten	22
7.1 Korrekte Konfiguration der Ventilatoren	22
7.2 Drosselung zur Aufrechterhaltung des richtigen Druckausgleichs	22
7.2.1 Beide Ventilatoren saugseitig angeordnet (Abbildung 10)	22
7.2.2 Abluftventilator druckseitig – Zuluftventilator saugseitig (Abbildung11)	22
7.2.3 Beide Ventilatoren druckseitig (Abbildung 13)	23
7.2.4 Fortluftventilator saugseitig – Zuluftventilator druckseitig (Abbildung 12)	23
7.3 Anwendung des Spülbereichs.....	23
7.3.1 Einstellung und Lage des Spülsektors.....	23
7.4 Effektive Abdichtung des Rotors.....	25
7.5 Beseitigung von Leckagen zwischen den Seiten des RLT-Geräts - Konstruktions- und Ausführungsqualität.....	25
Anhang I - Korrektur der RLT-Leistung aufgrund interner Leckagen.....	27
A. So berechnen Sie korrigierte Luftstromraten (Kompensation).....	27
B. Wie Sie eine eventuelle Drosselung berechnen.....	27

Beide Ventilatoren nach dem Tauscher (Abluftventilator saugseitig- Zuluftventilator saugseitig)	.28
Beide Ventilatoren auf der Gebäudeseite (Abluftventilator druckseitig – Zuluftventilator saugseitig)	.....28
Beide Ventilatoren vor dem Tauscher (Abluftventilator druckseitig – Zuluftventilator druckseitig)	28
Beide Ventilatoren auf der Außenluftseite (Fortluftventilator Saugseitig – Zuluftventilator druckseitig)	.....28
C. Berechnung von Leckagen um einen Rotationswärmetauscher	.....28
Option 1 – Berechnung basierend auf vollständiger Kenntnis über den Rotationswärmetauscher	28
Option 2 – Berechnung basierend auf der Kenntnis von OACF und EATR (vom Rotorlieferanten angegeben)	.....30
D. Iterationsprozess	.....31
Wenn EATR kleiner oder gleich 5% ist	.....31
Wenn EATR mehr als 5% beträgt	.....31
E. Weitere Berechnungen aus den Ergebnissen	.....31
F. Korrektur der Temperatur- und Feuchteleistung	.....31
Temperatur-Nettowirkungsgrad η_t, net	.....31
Feuchte-Netto-Wirkungsgrad η_x, net	.....32
Anhang II – Berechnungsbeispiele für die Korrektur der Leistung	.....33
Beispiel 1	.....33
Beispiel 2	.....34
Über Eurovent	.....35
Unsere Mitgliedsvereine	.....35

Liste der Abkürzungen und Symbole

RLT	Raumlufotechnisches Gerät
EATR	Ablufttransferverhältnis in % (Verhältnis zwischen der Abluftmenge in der Zuluft und dem Zuluftmassenstrom)
EHA	Fortluft (Luftstrom, der das Abluftbehandlungssystem verlässt und in die Atmosphäre abgeleitet wird)
ERC	Energierückgewinnungs-Komponente
ETA	Abluft (Luftstrom, der den behandelten Raum verlässt und in das Luftbehandlungssystem eintritt)
IAQ	Luftqualität in Innenräumen
OACF	Außenluft-Korrekturfaktor (Verhältnis zwischen ODA- und SUP-Massenströmen)
ODA	Außenluft (Luftstrom, der vor der Wärmerückgewinnung von außen in das System eintritt)
PG-AHU	Eurovent-Produktgruppe „Air Handling Units“
SUP	Zuluft (Luftstrom, der nach der Wärmerückgewinnung in den behandelten Raum eintritt)

Zusätzliche Klärung der im Text verwendeten Begriffe

Der Begriff „Zuluftstrom“ bezeichnet den Außen- und Zuluftstrom.

„Abluftstrom“ bedeutet Abluft- und Fortluftstrom.

Verwendete Normen und Vorschriften

- [1] EN 13053 - Lüftung von Gebäuden - Raumlufotechnische Geräte - Bewertung und Leistung für Geräte, Komponenten und Abschnitte
- [2] EN 16798-3 - Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Lüftung für Gebäude - Teil 3: Für Nichtwohngebäude - Leistungsanforderungen an Lüftungs- und Raumklimasysteme
- [3] EN 1886 - Lüftung von Gebäuden - Luftbehandlungsgeräte - Mechanische Leistung
- [4] prEN 308 - Wärmetauscher - Prüfverfahren zur Feststellung der Leistung von Luft-Luft- und Abgas-Wärmerückgewinnungseinrichtungen
- [5] Verordnung (EU) Nr. 1253/2014 der Kommission vom 7. Juli 2014 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an Lüftungsgeräte

Vorwort

In der überwiegenden Mehrzahl der Systeme ist die Lüftung mit dem Transport von Luft verbunden. Während des Transports kann das Problem des Luftverlusts oder der unkontrollierten Luftvermischung aufgrund von Leckagen auftreten. Leckagen treten in verschiedenen Teilen des Lüftungssystems auf. Ein erheblicher Anteil davon befindet sich in den Luftkanälen. Ein weiterer Teil der Leckagen ist auf das Lüftungsgerät (RLT) und insbesondere auf dessen Energierückgewinnungskomponente (ERC) zurückzuführen.

Luftleckagen führen zu einer beträchtlichen Verschwendung von Energie, die für die Bewegung der überflüssigen Luft verbraucht wird, die nicht für Lüftungszwecke dient. Der Ventilator muss einen Druck erzeugen, der die erhöhten Druckverluste durch die Leckagen beinhaltet. Neben der Energieverschwendung führen Luftleckagen zu einer Verschlechterung der Raumluftqualität (IAQ), was sich negativ auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Gebäudenutzer auswirkt.

Diese Empfehlung behandelt die RLT-Geräte-bezogenen Leckagen und konzentriert sich in erster Linie auf die interne Leckage (zwischen Zu- und Abluftseite von bidirektionalen Geräten) in Wärmerückgewinnungsabschnitten. Die externen Leckagen (durch das Gehäuse) und die Filter-Bypass-Leckage werden nur kurz skizziert. Leckagen im Kanalsystem sind nicht abgedeckt.

Von den verschiedenen Arten von Wärmerückgewinnungskomponenten bieten Rotationswärmetauscher mehrere vorteilhafte Eigenschaften, darunter eine echte Gegenstrom-Wärmeübertragung, eine hohe Effizienz der Wärme- und Feuchterückgewinnung, einen niedrigen Druckabfall und eine geringe Empfindlichkeit gegenüber Einfrieren. Rotationstauscher sind jedoch am anfälligsten für interne Leckagen. Nach einer Statistik von Eurovent Market Intelligence sind 44% der RLT-Geräte auf dem europäischen Markt mit einem Rotationswärmetauscher ausgestattet. Es muss darauf geachtet werden, dass die Leckage beseitigt wird, um Energie zu sparen und die IAQ zu erhalten.

Diese Empfehlung enthält umfassende Hinweise auf Maßnahmen zur Minimierung und zum angemessenen Ausgleich von Leckagen.

1. Das Problem der „Leckagen“

Die meisten HLK-Planer und -Unternehmer sind sich der Luftleckagen im Zusammenhang mit RLT-Geräten bewusst. Nicht alle berücksichtigen diese Leckagen bei der Auslegung des Systems. Noch weniger wissen, wie groß diese Leckagen sein können, wenn das RLT-Gerät nicht richtig ausgelegt ist und welche Folgen dies hat. Dieses Kapitel gibt einen einheitlichen Überblick über die Arten von Leckagen und deren Auswirkungen. Außerdem wird der Status der aktuellen formalen Anforderungen für interne Leckagen diskutiert.

1.1 Arten von Leckagen

Es gibt verschiedene Arten von Luftleckagen in Verbindung mit RLT-Geräten. Während sich diese Empfehlung auf die internen Leckagen konzentriert, müssen auch die anderen Arten von Leckagen bei der Produktbewertung berücksichtigt werden.

1.1.1 Interne Leckagen am Wärmetauscher und am Gehäuse des RLT-Geräts

Interne Leckagen sind unerwünschte Luftübergänge vom Abluftstrom in den Zuluftstrom und umgekehrt. Diese Art von Leckage kann nur bei bidirektionalen Lüftungsgeräten auftreten. Sie treten typischerweise innerhalb des RLT-Geräts auf, können aber auch außerhalb des Geräts bei falscher Kanalinstallation auftreten (z. B. wenn die Abluft- und Außenlufteinlässe zu nahe beieinander liegen).

1.1.2 Externe Leckagen

Externe Leckagen sind unerwünschte Luftübertragungen vom Inneren des RLT-Geräts nach außen (positive Leckagen) und umgekehrt (negative Leckagen). Sowohl bidirektionale als auch unidirektionale Lüftungsgeräte sind von dieser Art von Leckagen betroffen. Externe Leckagen hängen meist von der Qualität des RLT-Gehäuses ab.

In beiden Fällen (positive oder negative Leckagen) können solche Leckagen, je nach Standort des RLT-Geräts und der Umgebungsluftqualität, zu einem Problem mit der IAQ führen. Externe Leckagen verursachen auch ein Problem mit Energieverlusten bei Luftvolumen, Wärme oder Kälte.

1.1.3 Filter-Bypass-Leckage

Filter-Bypass-Leckage ist die unerwünschte Übertragung von unbehandelter Luft in die behandelte Luft unter Umgehung der Filtermedien. Abhängig von der Position des Filters innerhalb des RLT-Geräts hat eine hohe Filter-Bypass-Leckage zwei negative Folgen: geringere IAQ und ungeschützte interne RLT-Komponenten. Die Bypass-Leckage des Filters hängt von der Konstruktionsqualität des Filterrahmens ab.

1.1.4 Leckage zwischen ODA-Eingang und EHA-Ausgang

Abluft kann die Zuluft auch außerhalb des Gebäudes verunreinigen. Dies kann passieren, wenn der ODA-Einlass und der EHA-Auslass zu nahe beieinander liegen, wenn die Abluftströme falsch geleitet werden oder wenn der Wind die Abluft zum Zuluftseinlass leitet. Diese Unterbrechung der Luftströme ist nicht direkt eine Leckage, verunreinigt aber die Zuluft auf ähnliche Weise wie interne Leckagen. Daher muss sie bei der Betrachtung von Problemen der Zuluftverschmutzung in Lüftungsanlagen berücksichtigt und ausgeschlossen werden.

1.2 Negative Folgen von externen und internen Leckagen

Eine falsche Auslegung der Druckverteilung in einem Gerät (insbesondere durch die Anordnung der Ventilatoren), eine geringe Dichtigkeit des Gehäuses oder eine schlechte Verarbeitungsqualität führen

zu negativen Folgen in Bezug auf Energieverbrauch, Hygiene und IAQ. Im schlimmsten Fall können Leckagen die Erfüllung der vorgesehenen Leistung behindern.

1.2.1 Auswirkungen von Leckagen auf den Energieverbrauch

Positive externe RLT-Leckagen durch das Gehäuse führen zu einer Energieverschwendung. So kann z. B. erwärmte oder gekühlte Luft innerhalb des RLT-Geräts austreten, anstatt den vorgesehenen Bereich zu versorgen. Negative externe RLT-Leckagen durch das Gehäuse führen ebenfalls zu Energieverschwendung. Zum Beispiel dringt warme Luft aus der Umgebung in das Gerät ein, was sich im Sommer negativ auf die Kühlleistung auswirkt.

Um die geforderte IAQ (siehe unten) aufrechtzuerhalten, müssen sowohl interne als auch externe Leckagen durch einen erhöhten Außenluftstrom kompensiert werden. Es entstehen höhere Druckverluste in den RLT-Komponenten und dem Kanalnetz, was wiederum einen höheren Energieverbrauch bedeutet. Die Erhöhung des Luftstroms verändert den Arbeitspunkt des Ventilators und den Wirkungsgrad des Ventilators und führt in den meisten Fällen auch zu einem höheren Energieverbrauch. Selbst wenn das Lüftungsgerät also noch in der Lage ist, die erforderliche Frischluft in das Gebäude zu liefern, muss ein Luftstrom erzeugt werden, der nicht nur die effektiv zugeführte Frischluft, sondern auch die durch Leckagen verschwendete Luft enthält.

1.2.2 Verschlechterung der IAQ

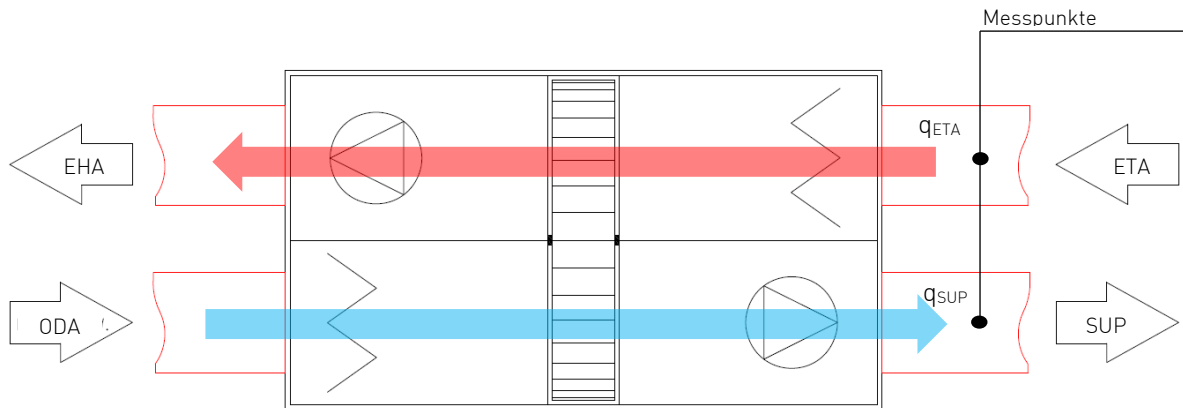
Positive externe Leckagen können dazu führen, dass Luft, die aus einem verschmutzten Raum (z. B. einem septischen Operationssaal oder einer Leichenhalle in einem Krankenhaus) abgesaugt wird, in den Raum, in dem sich das RLT-Gerät befindet, entweicht und diesen dadurch verschmutzt. Bei negativen externen Leckagen können Schadstoffe aus der Umgebung in das RLT-Gerät gesaugt werden und die Luft verunreinigen, die an das Gebäude verteilt wird.

Abhängig von der Qualität der Abluft und der Position des Filters im RLT-Gerät können interne Leckagen und Filter-Bypass-Leckagen dazu führen, dass auch verunreinigte Luft dem Gebäude zugeführt wird.

2. Hinweise auf Leckagen in Vorschriften und Normen

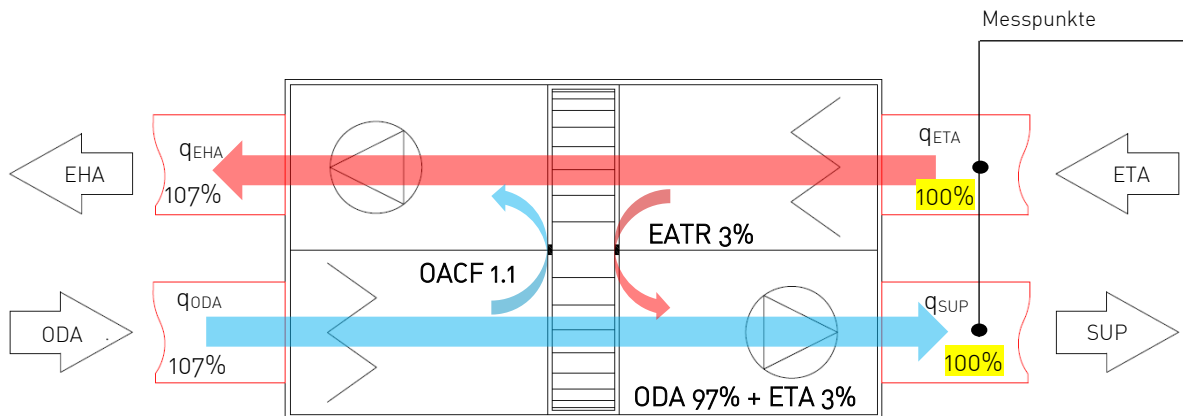
Wie bereits erwähnt, führen Leckagen zu einer Energieverschwendung und können eine Verschlechterung der IAQ verursachen. Obwohl das Problem bei falscher Auslegung erheblich ist, wird es von HLK-Anlagenplanern und Herstellern von RLT-Geräten nicht immer richtig erkannt.

In der Regel wird davon ausgegangen, dass der Nennvolumenstrom des RLT-Gerätes gleich dem erforderlichen Auslegungsaußenvolumenstrom ist, der vom Anlagenplaner vorgegeben wird. Solange die interne Leckage vernachlässigbar ist, ist diese Prämisse richtig. Wenn jedoch die interne Leckage relativ hoch ist (typisch für Geräte mit regenerativen Wärmetauschern), sind die Abweichungen nicht zu vernachlässigen. Die folgenden beiden Abbildungen veranschaulichen das Problem:



Prämisse: $q_{SUP} = q_{ODA}$ und $q_{ETA} = q_{EHA}$

Abbildung 1. Typischer Luftstromansatz. Keine Berücksichtigung von internen Leckagen und deren Auswirkungen auf Energieverbrauch und IAQ



Durch interne Leckagen: $q_{ODA} \neq q_{SUP}$ und $q_{ETA} \neq q_{EHA}$

Abbildung 2. Echte Einheit. Interne Leckagen beeinflussen Energieverbrauch und IAQ

Wie Abbildung 2 zeigt, kann in einem realen Gerät aufgrund von Leckagen der Außenluftvolumenstrom deutlich geringer sein als der effektiv ins Gebäude gelieferte Luftstrom. Außerdem verursachen die Leckagen einen erhöhten Durchfluss in einigen Teilen des Geräts, was wiederum zu einem höheren Energieverbrauch führt.

2.1 EN-Normen

Das Thema der internen Leckagen im RLT-Gerät wird in einigen EN-Normen nur oberflächlich behandelt.

Das Thema Leckagen in Wärmerückgewinnungsabschnitten wird in EN 16798-3 angesprochen, die sich mit der Auslegung von Lüftungs- und Klimaanlage beschäftigt. Die Norm enthält allgemeine Definitionen für das Abluftübertragungsverhältnis (EATR) und den Außenluftkorrekturfaktor (OACF) sowie die Klassifizierung des OACF in Wärmerückgewinnungssystemen.

EN 13053, die Anforderungen und Prüfungen für die Bewertung und Leistung von Lüftungsgeräten festlegt, legt dem Hersteller die Verantwortung für die Vermeidung von Leckagen vom Abluftstrom zum Zuluftstrom während der Prüfung eines Geräts mit Wärmerückgewinnung auf. Es wird erwartet,

dass die Faktoren EATR und OACF erst in der kommenden überarbeiteten EN 308 tiefgreifend behandelt werden.

Die oben genannten Normen sind jedoch in der EU-Gesetzgebung nicht harmonisiert und ihre Einhaltung ist nicht zwingend vorgeschrieben. Darüber hinaus enthalten sie weder Anforderungen bezüglich interner Leckagen noch eine Prüfmethode, die von den Marktaufsichtsbehörden angewendet werden könnte.

2.2 Bauvorschriften

Verbindliche Vorgaben für maximale Leckageraten finden sich in den Bauordnungen einiger EU-Mitgliedsstaaten. Zum Beispiel die polnische Verordnung über die technischen Anforderungen an Gebäude und die Lokalisierung von Gebäuden (Gesetzblatt 2002 Nr. 75 pos. 690 in der jeweils gültigen Fassung) fordert für Rotationswärmetauscher eine maximale Leckage der Abluft zur Zuluft bei 400 Pa von 5% und für Plattenwärmetauscher eine maximale Leckage der Abluft zur Zuluft von 0,25%. Die finnische Verordnung des Umweltministeriums über das Innenraumklima und die Belüftung von Neubauten verpflichtet den Planer, die Wärmerückgewinnung so zu planen, dass keine gesundheitsschädlichen Verunreinigungen oder Gerüche über die Wärmerückgewinnung verbreitet werden.

Dennoch sind die Anforderungen der einzelnen Mitgliedsstaaten nicht immer konsistent, gelten lokal und tragen nicht dazu bei, das Problem auf EU-Ebene zu lösen.

2.3 Ökodesign-Verordnung

Auch die zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Dokuments geltende Ökodesign-Verordnung für Lüftungsgeräte (1253/2014) geht nicht auf Anforderungen für Luftleckagen ein. Sie definiert jedoch den Zweck eines Lüftungsgeräts in Artikel 2, Definitionen (1); „um verbrauchte Luft durch Außenluft zu ersetzen“. Dieser Zweck wird durch Leckagen unterlaufen, ebenso wie das Ziel der Verordnung, Energie zu sparen.

3. Verfügbare Indikatoren und Testmethoden für interne Leckage

3.1 Abluftübertragungsverhältnis (EATR) und Außenluftkorrekturfaktor (OACF)

Gegenwärtig sind die etabliertesten Faktoren zur Charakterisierung interner Leckagen EATR und OACF. Beide Faktoren sind in der EN 16798-3 definiert und werden in der prEN 308 überarbeitet. Außerdem werden sie seit langem in den Leistungstests der Eurovent Certita Certification eingesetzt.

EATR und OACF sind vorerst grundsätzlich auf rotierende Wärmetauscher anwendbar und decken Leckagen innerhalb des Bauteils ab. Die laufenden Arbeiten zur Überarbeitung der EN 308 im CEN/TC 110 zielen jedoch darauf ab, ihren Anwendungsbereich zu erweitern.

3.1.1 OACF

Der Außenluftkorrekturfaktor (OACF) ist ein Verhältnis zwischen (i) Außenluft (ODA) und (ii) Zuluft (SUP) Massenströmen. Sie definiert die Summe aller Leckagen zwischen Zu- und Abluft. Wenn der OACF größer als 1 ist, ist die Summe dieser Leckagen von Zuluft zu Abluft. Wenn der OACF kleiner als 1 ist, ist die Summe der Leckagen von der Abluft zur Zuluft. OACF wird als Funktion der Druckdifferenz ($p_{22} - p_{11}$) ausgedrückt.

OACF gibt einen allgemeinen Wert der internen Leckagen an, mit Angabe der Hauptflussrichtung, aber es ist nicht explizit der Charakter der Leckage.

3.1.2 EATR

Exhaust Air Transfer Ratio (EATR) ist ein Verhältnis zwischen (i) der Abluftmenge in der Zuluft und (ii) dem Zuluftmassenstrom. Er beschreibt den Grad der Verunreinigung der Zuluft durch die Abluft. EATR wird als Funktion der Druckdifferenz ($p_{22} - p_{11}$) ausgedrückt.

3.1.3 Korrelation von OACF und EATR

OACF und EATR sind so miteinander korreliert, dass, wenn OACF unter 1,0 – 1,05 liegt, die EATR schnell ansteigt. Wenn die OACF hoch ist, sinkt die EATR asymptotisch auf 0%. Wenn die OACF-Werte unter 0,95 liegen, ist auch die EATR größer als 5%. Abbildung 4 zeigt eine typische OACF- und EATR-Beziehung in Abhängigkeit von der Druckdifferenz zwischen Zu- und Abluft ($p_{22} - p_{11}$).

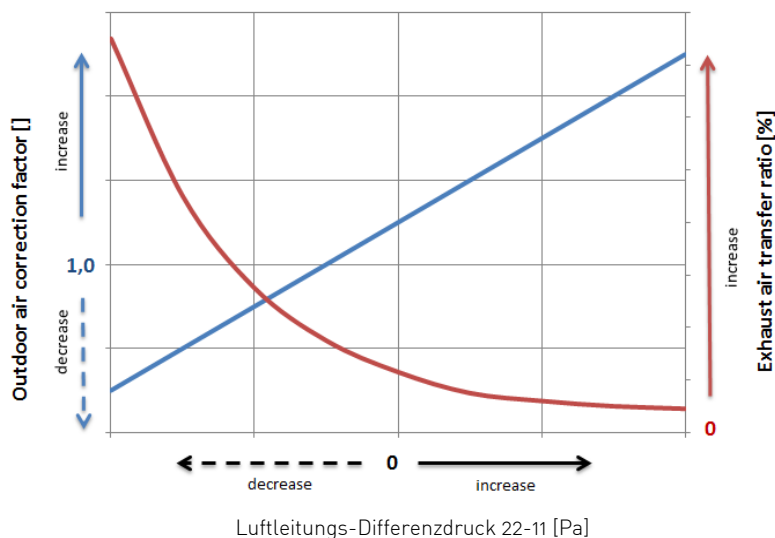


Abbildung 4. OACF- und EATR-Beziehung in Funktion der Druckdifferenz

Das allgemeine Verhalten der Leckagen in Abhängigkeit von EATR und OACF als Funktion von ΔP_{22-11} bei gleichen SUP/ETA-Luftströmen und ohne Berücksichtigung des Spülsektors ist in Abbildungen 5 bis Abbildung 7 dargestellt.

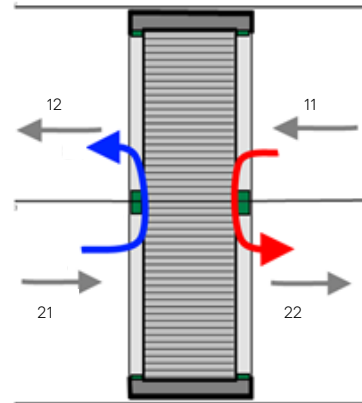


Abbildung 3. Leckagen über den Rotor können in beide Richtungen auftreten

3.1.3.1 Verhalten bei positivem ΔP_{22-11}

Auf beiden Seiten des Rotors sind die Druckverhältnisse positiv. Die Leckagerichtung ist immer von der Zuluftseite zur Abluftseite. Ein geringer Anteil an Abluftverschleppung ist möglich.

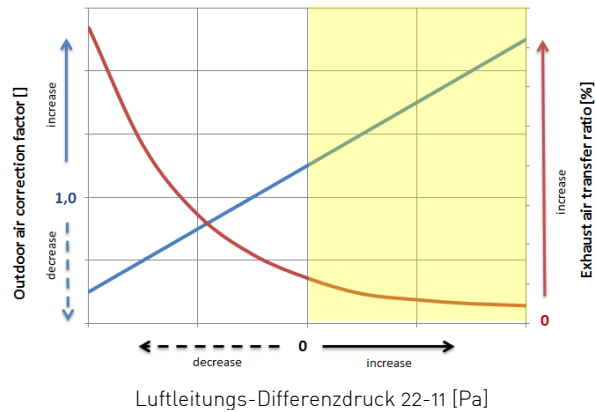
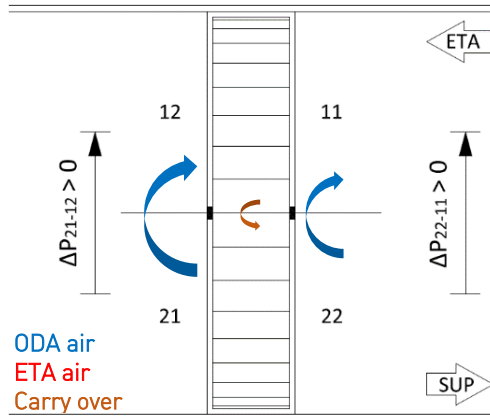


Abbildung 5. Verhalten der internen Leckagen bei positivem ΔP_{22-11}

3.1.3.2 Verhalten bei ΔP_{22-11} gleich oder nahe Null

Die Druckdifferenz $p_{22} - p_{11}$ ist gleich oder nahe Null. Auf der Gebäudeseite des Wärmetauschers ist keine Leckage vorhanden. Die Druckdifferenz $p_{21} - p_{12}$ ist positiv. Auf der Außenseite des Rotors entsteht eine Leckage von Zuluft zu Abluft. Eine geringe Menge an Abluftverschleppung ist möglich.

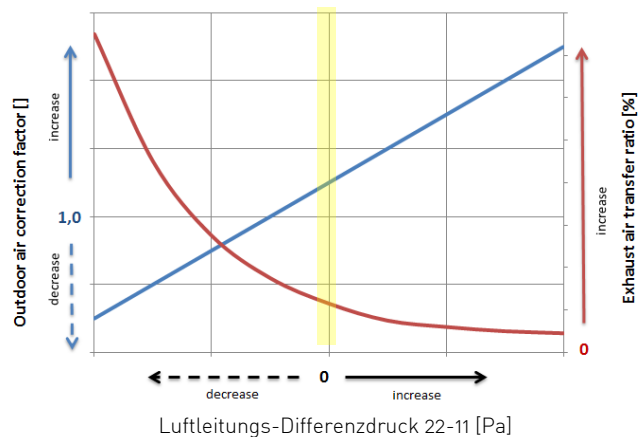
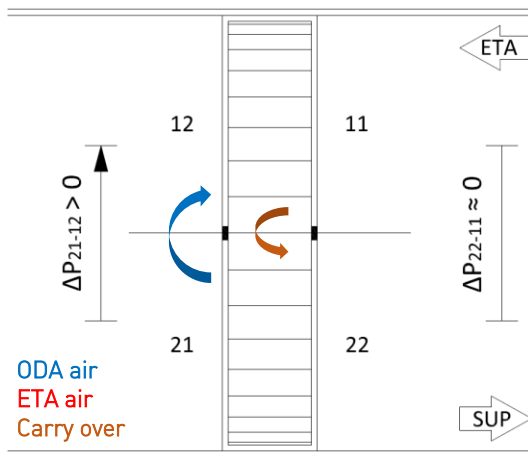


Abbildung 6. Verhalten der internen Leckagen bei ΔP_{22-11} nahe Null.

3.1.3.3 Verhalten bei negativem ΔP_{22-11}

Die Druckdifferenz auf beiden Seiten des Rotors ist negativ. Abluft leckt auf beiden Seiten zur Zuluftseite. Zusätzlich findet eine geringe Abluftverschleppung statt.

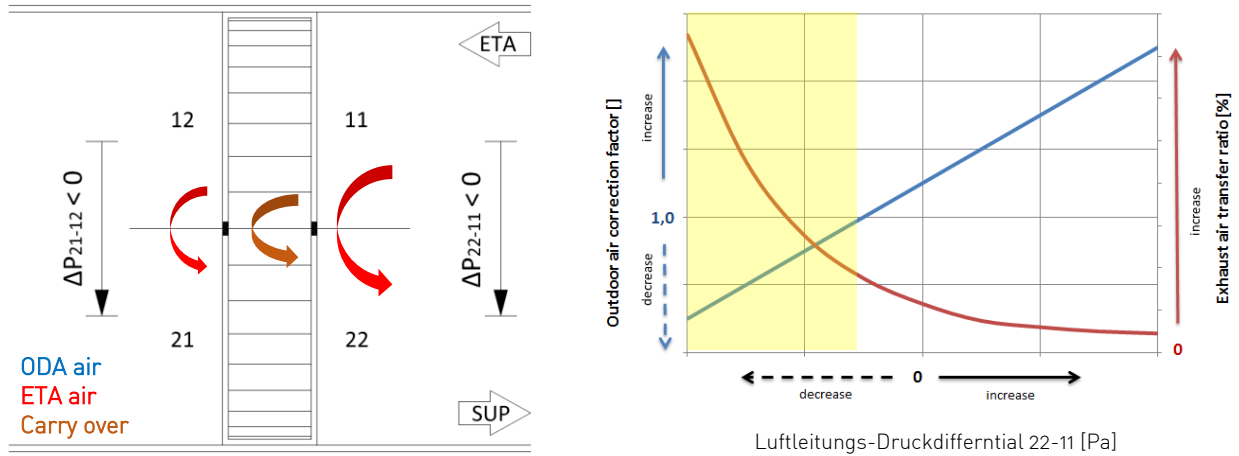


Abbildung 7. Verhalten der internen Leckagen bei negativem ΔP_{22-11}

3.1.3.4 Typische OACF-Werte und Einflussfaktoren

Die interne Leckage ist eine Funktion der Druckunterschiede zwischen Zu- und Abluft, des Rotordurchmessers, der Dichtungsausführung und -beschaffenheit, des Spülsektors, der Drehzahl und einiger anderer weniger wichtiger Parameter. Bei kleinen Rotoren sind die internen Leckagen relativ höher als bei größeren Rotoren. Bei 250 Pa Druckdifferenz Δp_{22-11} schwanken die OACF-Werte bei 1000-mm-Rotoren meist zwischen 1,12 und 1,2 (Extremwerte bis 1,05 und bis 1,3) und pendeln sich bei 2000-mm-Rotoren auf 1,08 – 1,16 (ein Lieferant 1,03) ein.

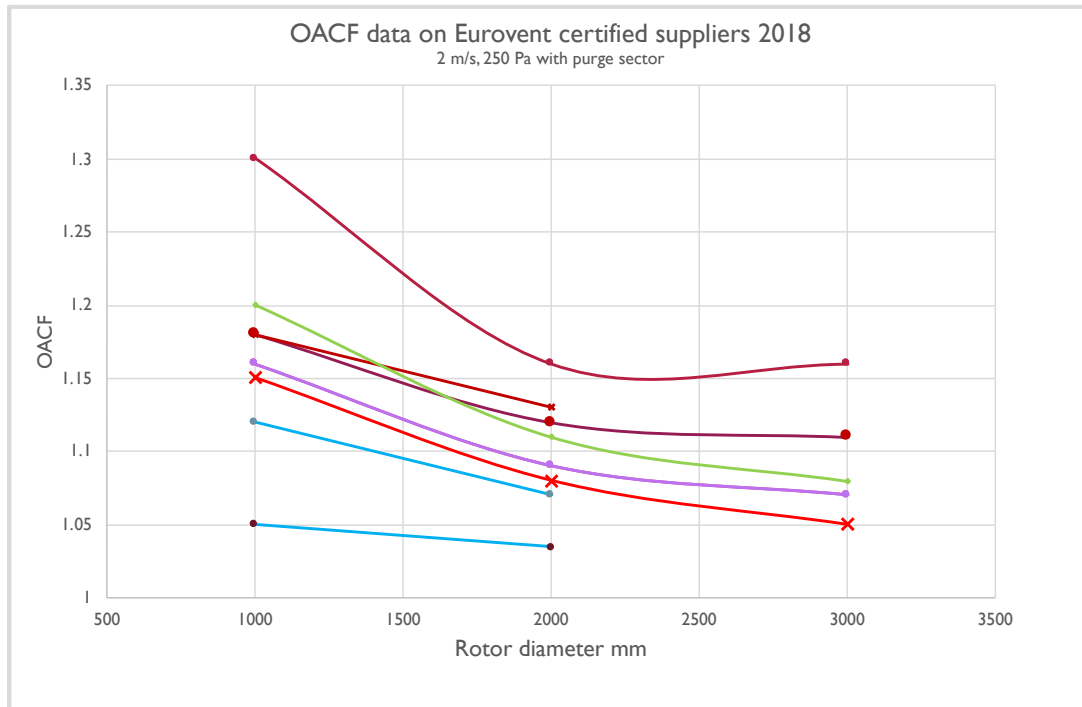


Abbildung 8. Typische OACF-Werte von Eurovent-zertifizierten Lieferanten

OACF fällt unter 1, wenn die Druckdifferenz Δp_{22-11} unter -100 Pa sinkt. Abbildung 9 zeigt OACF-Werte von 1000 mm und 2000 mm Rotoren mit Standard-Bürstendichtung bei einem Druckdifferenzbereich von -750 bis $+750$ Pa.

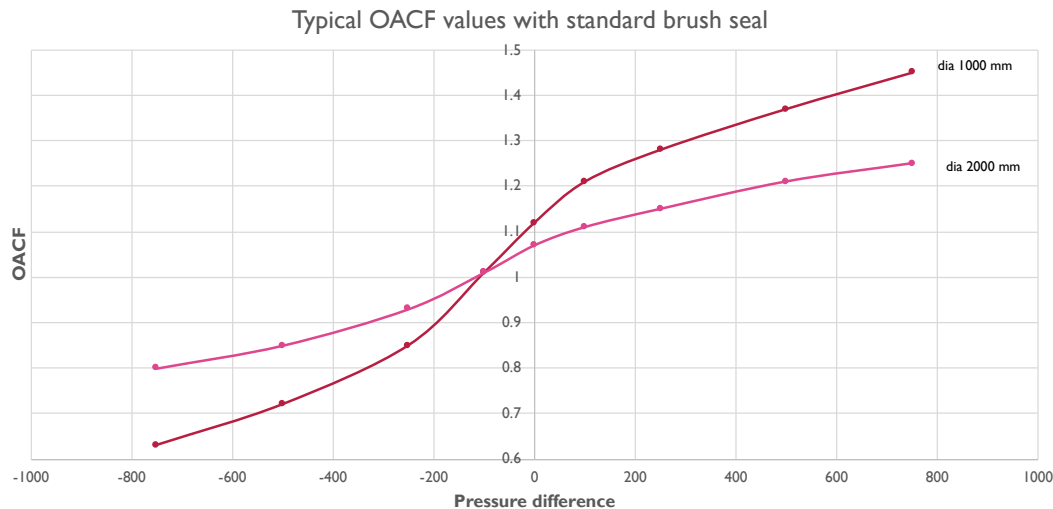


Abbildung 9. Typische Werte von OACF mit rotierenden Wärmetauschern

Die Konfiguration des RLT-Geräts und insbesondere die Positionierung des Ventilators in Bezug auf den Rotor hat den größten individuellen Einfluss auf die Druckdifferenz zwischen Zu- und Abluft um den Rotor. Die Platzierung des RLT-Gerätes im Gebäude hat Einfluss auf die Kanallänge und Druckverluste und damit auf die Druckdifferenz zwischen Zu- und Abluft. Daher muss Δp_{22-11} für jede Installation separat berechnet werden. In den Analysen in Abschnitt 0 wird angenommen, dass sich das RLT-Gerät in beiden Luftströmen in der Nähe des Außenbereichs befindet.

3.2 Voraussichtliche Änderungen der überarbeiteten EN 308

Bei der Überarbeitung der EN 308 bestand eine der Hauptaufgaben darin, eine Standardmessung für interne Leckagen OACF und EATR zu erstellen. Eine Möglichkeit für Rekuperatoren und Systeme mit Zwischenmedium kann die Prüfung mit einem statischen Verfahren sein.

Es werden 3 Testtypen definiert:

- Typ A: ERC im Labor
- Typ B: ERC im RLT-Gerät eingebaut und im Labor getestet
- Typ C: ERC im RLT-Gerät eingebaut und vor Ort getestet, wahrscheinlich späteres Upgrade

3.2.1 Typ A: Interne Dichtheitsprüfung der Komponenten im Labor

Der Testtyp A ist inzwischen recht gut dokumentiert und hat folgende Hauptkomponenten von Interesse:

1. Die ERC-Komponente des Typs C1 (rekuperative Systeme) und C2 (Systeme mit zwischengeschaltetem Wärmeträgermedium) wird bei geschlossenen Kanalanschlüssen mit 250 Pa Überdruck auf der Abluftseite (bzw. 100 Pa bei Geräten für den Einsatz unter 250 Pa) geprüft. Zuluftseite ist auf 0 Pa eingestellt.

2. Wenn die statische interne Leckage höher als 3% oder Kategorie C3 (regenerative Systeme) ist, muss das Gerät mit einem dynamischen Prüfverfahren getestet werden, um die OACF- und EATR-Werte zu definieren.
3. Das dynamische Prüfverfahren (für OACF und EATR) wird mit mehreren Differenzdruckprüfpunkten durchgeführt. Die Punkte decken die vom Lieferanten angegebene maximal zulässige Druckdifferenz ab. Es werden sowohl positive als auch negative Druckdifferenzen getestet.
4. Für wechselweise akkumulierende Wärmetauscher ist bisher kein Prüfverfahren beschrieben.
5. Die EATR wird mit der Tracergasmethode getestet.

3.2.2 Typ B: Interne Dichtheitsprüfung der eingebauten Komponenten eines RLT-Gerätes im Labor

Eines der Hauptprinzipien der Prüfung ist die Bereitstellung von Leckagedaten zur Beschreibung der Leistung des RLT-Gerätes hinsichtlich interner Leckagen.

Der Testtyp B dient der unabhängigen Zertifizierung von RLT-Geräten und der Marktüberwachung. Die Definition des Testtyp B ist zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Dokuments noch in Arbeit. Im vorgesehenen Prüfverfahren erzeugen die Ventilatoren des RLT-Gerätes den Auslegungsluftstrom und die Druckbedingungen, wie in EN 13053 definiert. OACF und EATR werden mit Messungen an den Auslässen des RLT-Gerätes definiert. Es ist vorgesehen, dass der Test Leckagen an den Wärmetauschern und am Gehäuse des RLT-Gerätes berücksichtigt.

3.2.3 Typ C: Interne Dichtheitsprüfung des bauseits installierten RLT-Geräts

Die Arbeiten für diesen Abschnitt haben zum Zeitpunkt des Schreibens noch nicht begonnen. Das Haupthindernis ist die Messgenauigkeit vor Ort. Es ist möglich, dass diese Methode in einer späteren Phase dokumentiert wird.

4. Verfügbare Indikatoren und Testmethoden für externe Leckage

Externe Gehäuseleckagen am RLT-Gerätegehäuse werden nach EN 1886 (Kapitel 6) gemessen und klassifiziert. Externe Leckagen können bei Überdruck (Überdruck im RLT-Gerät im Vergleich zur Umgebung) oder Unterdruck (Unterdruck im RLT-Gerät im Vergleich zur Umgebung) geprüft werden.

Bei RLT-Geräten mit Abschnitten, die unter Überdruck arbeiten (bei denen der Betriebsdruck unmittelbar hinter dem Ventilator 250 Pa Überdruck überschreitet), werden die Überdruckabschnitte getrennt vom Rest des Gerätes geprüft. Wenn der Überdruck 250 Pa nicht überschreitet, ist eine Unterdruckprüfung ausreichend. Der Rest des Gerätes wird unter Unterdruck getestet. Es ist auch erlaubt, das gesamte Gerät unter Über- und Unterdruck zu testen. Außerdem werden an einer Modellbox sowohl bei Unterdruck als auch bei Überdruck Luftdichtheitsprüfungen durchgeführt. In diesem Fall ist die Leckageklasse mit (M), gemäß EN 1886, zu ergänzen.

4.1 Unterdruckprüfung

Die Luftleckage des montierten RLT-Gerätes wird bei 400 Pa Unterdruck geprüft und darf den in Tabelle 1 angegebenen Wert nicht überschreiten.

Maximale Leckagerate (f400) [l / s . m ²]	Leckluftklasse des Gehäuses
0,15	L1

0,44	L2
1,32	L3

Tabelle 1. Gehäuse-Leckluftklasse des RLT-Geräts unter 400 Pa Unterdruck

4.2 Überdruckprüfung

Der an den Überdruckabschnitten anliegende Prüfdruck beträgt 700 Pa Überdruck oder den maximalen Betriebsüberdruck des RLT-Geräts, je nachdem, welcher Wert größer ist. Der Luftaustritt aus den Abschnitten, die einem Überdruck von 700 Pa ausgesetzt sind, entspricht den Angaben von Tabelle 2.

Maximale Leckagerate (f700) [l / s . m ²]	Leckluftklasse des Gehäuses
0,22	L1
0,63	L2
1,90	L3

Tabelle 2. Gehäuse-Leckluftklasse des RLT-Geräts unter 700 Pa Überdruck

Eurovent empfiehlt die Verwendung von RLT-Geräten mit einer Gehäuse-Leckluftklasse von mindestens L2(R). Die Klasse L1 ist für Geräte für spezielle Anwendungen wie Reinräume geeignet.

5. Mögliche Größe der internen Leckagerate durch falsche Geräteauslegung

Wie in den vorangegangenen Kapiteln erwähnt, haben interne Leckagen erhebliche Auswirkungen sowohl auf die IAQ als auch auf den Energieverbrauch. Während die interne Leckage bei Plattenwärmetauschern und Rundlaufsystemen kein großes Problem darstellt, kann sie bei rotierenden Wärmetauschern nicht ignoriert werden.

Rotationswärmetauscher haben neben vielen guten Eigenschaften eine mögliche Schwachstelle, die beachtet werden muss, um eine Gefährdung der Zuluftqualität und einen Verlust der Energieeffizienz zu vermeiden. Die Leckagerate bei Rotationswärmetauschern kann im Vergleich zu anderen Tauschertypen höher sein. Mit gutem Produktdesign, korrekter RLT-Gerätekonfiguration (Ventilatorpositionen), guter Verarbeitung bei der Installation, korrekter Inspektion und Wartung des Dichtungssystems und anderen Maßnahmen zur Minimierung der Druckdifferenz können die Leckagen zwischen Zu- und Abluftstrom minimiert werden. Die internen Leckagen mit Intervall-Energierückgewinnungssystem sollten ähnlich wie Rotoren betrachtet werden.

Normalerweise wird die Rate der internen Leckage in rotierenden Wärmetauschern am meisten von der Konfiguration der Ventilatoren beeinflusst. Typische Leckageraten sind unten im Abschnitt 0 aufgeführt. Wie die vorgestellten Abbildungen zeigen, führen einige der Ventilatoranordnungen zu sehr hohen internen Leckageraten und sollten vermieden werden.

5.1 Typische interne Leckageraten für rotierende Wärmetauscher

5.1.1 Fall 1. Beide Ventilatoren nach dem Rotor im Luftstrom (beides saugende Ventilatoren)

Diese Konfiguration ist die empfehlenswerteste, um interne Leckagen zu minimieren. Die Druckunterschiede zwischen den Luftströmen um den Rotor werden minimiert.

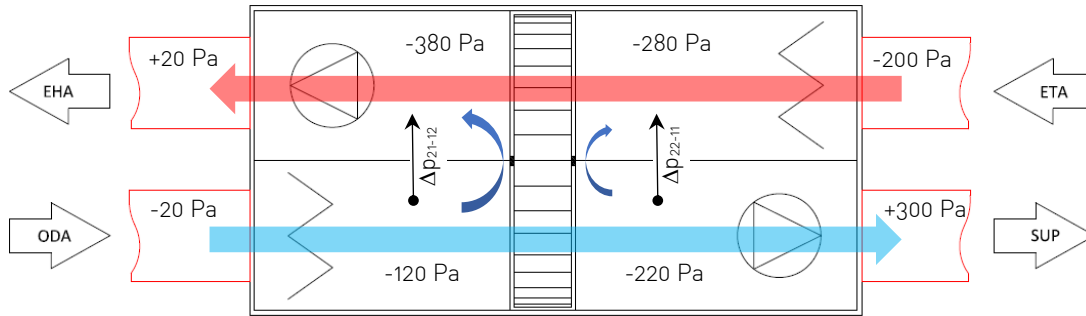


Abbildung 10. Ideale Ventilatorpositionen, die Ventilatoren befinden sich nach dem Rotor in den jeweiligen Luftströmen

Typischerweise ist die statische Druckdifferenz zwischen den Luftströmen auf der Ab- oder Zuluftseite leicht im Überdruck. In der Praxis hat sich gezeigt, dass die Druckdifferenz Δp_{22-11} in Installationen recht häufig noch negativ ist und zusätzliche Maßnahmen zum Ausgleich der Druckdifferenzen und zur Minimierung der EATR erforderlich sind.

Differenzdruck	Typischer OACF Wert	Typischer EATR Wert
$\Delta p_{22-11} > 0$	OACF > 1	EATR < 3% ohne Spülzone EATR < 1% mit Spülzone
$\Delta p_{21-12} > 0$		
$\Delta p_{22-11} < 0$	$1 < \text{OACF} < 1,15$	EATR < 7% ohne Spülzone EATR < 3-5% mit Spülzone
$\Delta p_{21-12} > 0$		
$\Delta p_{22-11} < 0$	$0,8 < \text{OACF} < 0,95$	$5\% < \text{EATR} < 20\%$
$\Delta p_{21-12} < 0$		

Tabelle 3. Typische OACF- und EATR-Werte für die Konfiguration von Zuluft- und Fortluftventilator. Schätzung basierend auf Daten von Eurovent Certita Certification.

5.1.2 Fall 2: Beide Ventilatoren auf der Gebäudeseite (Abluftventilator druckseitig-Zuluftventilator saugseitig)

In Lüftungsanlagen mit Umluftbetrieb oder wenn Kundenanforderungen und Markttradition zu preisgetriebenen Lösungen tendieren, ist diese Konfiguration üblich.

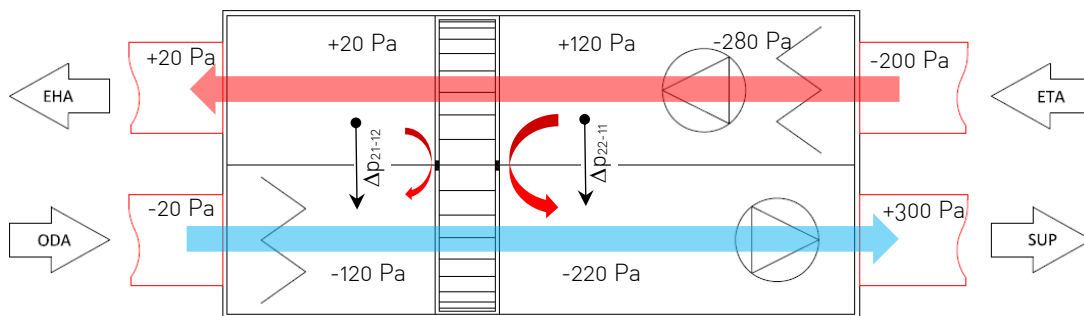


Abbildung 11. Beide Ventilatoren auf der Gebäudeseite

Der druckbeaufschlagte Abluftventilator verursacht in den meisten Installationsfällen einen deutlichen Überdruck auf der Abluftseite (Δp_{22-11} ist negativ). Die EATR wird hoch sein und der OACF wird unter 1,0 liegen. Ein Spülsektor sollte vermieden werden, da er nicht funktioniert und nur eine zusätzliche Leckage der Abluft in die Zuluft verursacht.

Differenzdruck	Typischer OACF Wert	Typischer EATR Wert
$\Delta p_{22-11} < -300$ Pa	$0,7 < OACF < 0,9$	$10\% < EATR < 20\%$ ohne Spülzone
$\Delta p_{21-12} < -100$ Pa		$15\% < EATR < 25\%$ mit Spülzone

Tabelle 4. Typische OACF- und EATR-Werte für die Konfiguration des Abluftventilators druckseitig und des Zuluftventilators saugseitig. Schätzung basierend auf Daten von Eurovent Certia Certification.

5.1.3 Fall 3. Beide Ventilatoren auf der Außenseite (Zuluftventilator druckseitig- Abluftventilator saugseitig)

Es wird davon ausgegangen, dass man bei der Platzierung des Zuluftventilators vor dem Rotor Leckagen der Abluft in die Zuluft vermeiden kann. Dies ist sicherlich richtig, allerdings um den Preis einer sehr hohen Zuluftleckage zur Abluft, d.h. sehr hoher OACF-Werte.

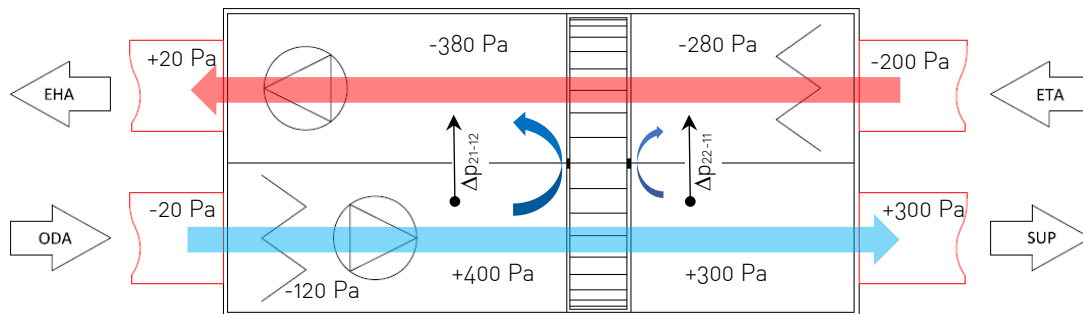


Abbildung 12. Beide Ventilatoren auf der Außenseite

Differenzdruck	Typischer OACF Wert	Typischer EATR Wert
$\Delta p_{22-11} > 300-600$ Pa	$1,15 < OACF < 1,5$	$EATR < 1\%$ ohne Spülzone
$\Delta p_{21-12} > 500-800$ Pa		$EATR = 0\%$ mit Spülzone

Tabelle 5. Typische OACF- und EATR-Werte für die Konfiguration von druckseitigen Zuluftventilatoren und saugseitigen Abluftventilatoren. Schätzung basierend auf Daten von Eurovent Certia Certification.

5.1.4 Fall 4. Beide Ventilatoren vor dem Rotor druckseitig

In einigen Fällen wird vorgeschlagen, dass sich beide Ventilatoren vor dem Rotor im Luftstrom befinden. Auf der Zuluftseite herrscht ein viel höherer statischer Druck, und die Druckdifferenzen sind sehr positiv, was zu ziemlich hohen internen Leckagen führt.

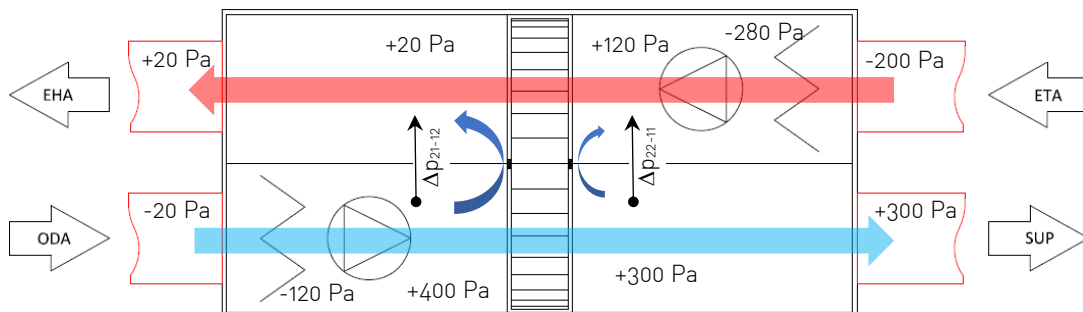


Abbildung 13. Beide Ventilatoren druckseitig vom Rotor

Differenzdruck	Typischer OACF Wert	Typischer EATR Wert
$\Delta p_{22-11} < 200-400 \text{ Pa}$	$1,1 < \text{OACF} < 1,3$	EATR < 3% ohne Spülzone
$\Delta p_{21-12} < 400 \text{ Pa}$		EATR < 1% mit Spülzone

Tabelle 6. Typische OACF- und EATR-Werte für die Konfiguration von Zuluftventilator druckseitig- und Abluftventilator druckseitig. Schätzung basierend auf Daten von Eurovent Certita Certification.

5.2 Problem der falschen Ventilator Konfiguration

Der vorherige Abschnitt zeigt, dass eine Konfiguration mit beiden Ventilatoren auf der Gebäudeseite (Fall 2) zu einer hohen Leckage der Abluft zur Zuluftseite führt. Dies steht im Widerspruch zu einer korrekten IAQ und dem Schutz der Gesundheit und des Wohlbefindens der Menschen im versorgten Raum. Wenn die internen Leckagen niedrig gehalten werden, ergibt sich immer ein effizienteres Gerät, sowohl in Bezug auf die Energieeffizienz als auch auf die IAQ.

Die Platzierung des Abluftventilators vor dem Rotor wird jedoch in vielen Märkten favorisiert. Einige Normen empfehlen generell, den Abluftventilator vor der Energierückgewinnungskomponente zu platzieren, um die Ventilatorwärme zu sparen. Dies ist im Allgemeinen richtig, aber speziell bei Rotoren ist der Nachteil durch interne Leckagen so groß, dass dies vermieden werden sollte.

RLT-Geräte werden immer kompakter, wodurch die Produktionskosten optimiert werden können, indem der Abluftventilator vor dem Rotor platziert wird. Obwohl die Platzierung des Abluftventilators vor dem ERC ein RLT-Gerät in der Regel kürzer und billiger macht, geht dies zu Lasten der Luftqualität und in den meisten Fällen auch der Energieeffizienz. Wenn Leckagen nicht berücksichtigt werden, mag diese Konfiguration für Konstrukteure eine attraktive Option sein, in Wirklichkeit ist sie jedoch eine nachteilige Konstruktion.

Es muss auch beachtet werden, dass, falls man Feldmessungen der Wärmerückgewinnung durchführen würde, die Abluftleckage zur Zuluft die Messdaten verbessern würde und zur Verwirrung des Kunden verwendet werden kann.

In den meisten fortschrittlichen Lüftungsmärkten, in denen Rotationswärmerückgewinnung üblicherweise eingesetzt werden, ist es üblich, nur die Ventilator Konfiguration mit beiden Ventilatoren nach dem Rotor im Luftstrom zu verwenden.

Eine Reihe von Maßnahmen und Einschränkungen, die in Kapitel 6 beschrieben werden, ermöglichen es, falsch konstruierte Produkte vom Markt zu nehmen, interne Leckagen deutlich zu reduzieren und die IAQ zu verbessern.

6. Problemlösung

6.1 Einstellen der Grenzwerte für EATR und OACF

Alle internen Leckagen, beschrieben durch EATR- und OACF-Werte, verschlechtern die Qualität der Zuluft und/oder verringern die Energieeffizienz des Lüftungssystems. Beide Sachverhalte zeigen die Notwendigkeit, vernünftige Grenzwerte für interne Leckagen einzuführen. Die empfohlenen Grenzwerte beruhen auf den Erfahrungen von Herstellern und Konstrukteuren in der Lüftungsbranche.

6.1.1 Eurovent-Empfehlung zu EATR

Die Verunreinigung der Zuluft mit der Abluft (dargestellt durch EATR) kann ein Problem darstellen, wenn die Abluftqualität nicht zufriedenstellend ist. Wenn die Qualität akzeptabel ist, kann eine Außenluftmengenkompensation das Problem lösen.

Für **EATR < 1% bei** Auslegungsbedingungen ist keine zusätzliche Kompensationsmaßnahme erforderlich

Für **1% ≤ EATR ≤ 5%** bei Auslegungsbedingungen ist der Nennzuluftvolumenstrom um den EATR-Prozentsatz zu erhöhen ($SUP_{corr} = SUP \cdot (1 + EATR)$), um die Abluftleckage bei Auslegungsbedingungen zu kompensieren und den erforderlichen Zuluftvolumenstrom (erforderlicher Auslegungs-Außenluftvolumenstrom) zu gewährleisten. Der Nenn-Abluftvolumenstrom ist mit dem EATR-Prozentsatz ($ETA_{corr} = ETA \cdot (1 + EATR)$) zu erhöhen, um den Druckausgleich im Gebäude aufrechtzuerhalten. Diese Kompensation ist nur möglich, wenn die Abluft die Kategorie ETA1 erfüllt. Bei schlechterer Qualität der Abluft ist EATR < 1% vorgeschrieben.

EATR > 5% ist überhaupt nicht akzeptabel. Selbst bei guter Abluftqualität wäre die Kompensation so hoch, dass sie sich auf das ausgelegte Kanalsystem und alle Elemente auswirken würde.

6.1.2 Eurovent-Empfehlung zu OACF

Die Vermischung der Außenluft mit der Abluft (dargestellt durch OACF) beeinflusst hauptsächlich den Energieverbrauch. Die Empfehlung orientiert sich also an den Bemühungen, die Ineffizienz des Lüftungssystems zu mindern.

Bei Auslegungsbedingungen muss OACF im Bereich von **0,95 bis 1,1** liegen (OACF-Klasse 4 der EN 16798-3:2017)

Für RLT-Geräte mit Umluft und einem Außenluftvolumenstrom zwischen 10% und 100% des Nennvolumenstroms werden EATR und OACF der Referenzkonfiguration für den maximalen deklarierten Außenluftvolumenstrom unter Winterheizbedingungen berücksichtigt.

6.2 Kompensation des Luftstroms

Bei rotierenden Wärmetauschern und periodischen Energierückgewinnungssystemen ist es möglicherweise nicht möglich, interne Leckagen vollständig zu beseitigen. In solchen Fällen ist es notwendig, den Luftstrom zu kompensieren, um die korrekte IAQ aufrechtzuerhalten und die Zu- und Abluft im Gebäude auszugleichen.

Einen Leitfaden zur Berechnung der Leistung eines Lüftungsgerätes unter Berücksichtigung von Leckagen finden Sie unter Anhang I - Korrektur der RLT-Leistung aufgrund interner Leckagen.

Die Richtlinie legt fest, wie Leckagen in einem RLT-Gerät mit rotierendem Wärmetauscher und zwei saugseitig angeordneten Ventilatoren zu berechnen und zu behandeln sind. Der Leitfaden kann als Vorlage für andere RLT-Gerätekonfigurationen verwendet werden.

Die Richtlinie gibt auch an, wie der Temperaturwirkungsgrad und der Feuchtwirkungsgrad aufgrund von Leckagen zu korrigieren ist.

6.3 Angemessene Zusammenarbeit aller beteiligten Parteien

Die skizzierten Maßnahmen zur Begrenzung des Problems der „internen Leckagen“ können nicht nur von den Herstellern der RLT-Geräte in Angriff genommen werden. Um effiziente Maßnahmen zu

ergreifen und das erwartete Ergebnis zu erzielen, ist eine angemessene Zusammenarbeit mit Planern von Lüftungsanlagen und Inbetriebnehmern erforderlich. Zunächst müssen die Planer korrekte Werte für den Druckabfall in allen Teilen des Kanalnetzes bereitstellen. Als nächstes müssen die Hersteller von RLT-Geräten entsprechende Berechnungen durchführen und notwendige konstruktive Maßnahmen ergreifen, um die Leckage zu minimieren. Schließlich muss der Inbetriebnehmer die Geräte (Drosselung, Spülbereich) vor Ort nach den Richtlinien des Herstellers korrekt einstellen. Nachlässigkeit in einer dieser Phasen kann die Bemühungen zunichtemachen.

7. Kodex der guten Praxis, um EATR und OACF niedrig zu halten

7.1 Korrekte Konfiguration der Ventilatoren

Eine Voraussetzung für geringe interne Leckagen, insbesondere bei Geräten mit rotierendem Wärmetauscher, ist die richtige Positionierung der Ventilatoren. Die am meisten empfohlene Konfiguration umfasst beide Ventilatoren, die sich hinter dem Tauscher befinden (siehe Abbildung 10 in Abs. 5.1.1, Fall 1). Es bietet die beste Balance, um die EATR zu begrenzen und einen niedrigen OACF zu erhalten. Wenn die EATR unter 1% liegt, muss nur die OACF für den Zuluftstrom berücksichtigt werden. Um die EATR zu begrenzen, kann die Abluft durch Hinzufügen einer Klappe oder durch korrekte Dimensionierung des dem ERC vorgeschalteten Kanalsystems gedrosselt werden.

Eine weitere akzeptable Positionierung ist die Konfiguration, bei der sich beide Ventilatoren vor dem Tauscher befinden (siehe Abbildung 13 in Abs. 0.4, Fall 4). Es erleichtert die Beibehaltung der korrekten Ausrichtung von OACF und EATR. In dieser Konfiguration kann nur die Zuluft gedrosselt werden, aber normalerweise ist dies nicht erforderlich.

7.2 Drosselung zur Aufrechterhaltung des richtigen Druckausgleichs

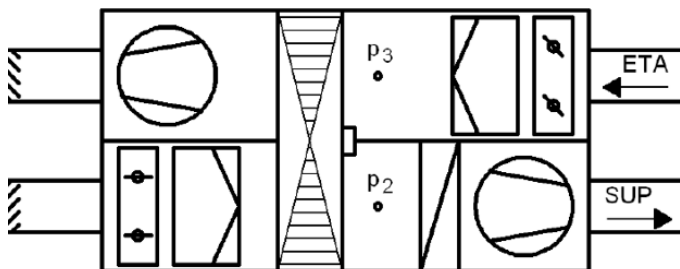


Abbildung 14. Drosselung

Die Drosselung hängt von der Konfiguration der Ventilatoren ab, wie unten erläutert.

7.2.1 Beide Ventilatoren saugseitig angeordnet (Abbildung 10)

Abluftdrosselung, Verengung des Abluftkanals oder Hinzufügen einer Klappe vor dem ERC, damit p_3 kleiner (Unterdruck) oder gleich p_2 ist. Die OACF muss bei der Dimensionierung des Abluftventilators berücksichtigt werden. Sie kann als vernachlässigbar angesehen werden, wenn sie unter 1% liegt.

7.2.2 Abluftventilator druckseitig – Zuluftventilator saugseitig (Abbildung 11)

Drosselung ist keine Option. In dieser Konfiguration ist eine EATR-Kompensation wahrscheinlich nicht möglich, da ein erhöhter Zu- und Abluftstrom die Druckverluste erhöht und die EATR vergrößert.

7.2.3 Beide Ventilatoren druckseitig (Abbildung 13)

In diesem Fall muss die Zuluft eventuell gedrosselt werden, um die richtige Druckdifferenz zwischen Zu- und Abluftstrom zu erreichen. Der OACF muss bei der Dimensionierung des Zuluftventilators berücksichtigt werden, der EATR, wenn er unter 1% liegt, muss nicht berücksichtigt werden.

7.2.4 Fortluftventilator saugseitig – Zuluftventilator druckseitig (Abbildung 12)

Eine erneute Drosselung ist hier keine Option, sie führt nur dazu, dass mehr Frischluft an den Abluftstrom „verloren“ geht. Bei dieser Konfiguration muss die OACF bei der Dimensionierung beider Ventilatoren berücksichtigt werden. Diese Konfiguration führt dazu, dass es keine Leckagen vom Abluftstrom zum Zuluftstrom gibt, führt aber zu einem ineffizienten Gerät aufgrund übertriebener Leckagen (hoher OACF).

7.3 Anwendung des Spülbereichs

Der Spülsektor wird in Rotoren eingesetzt, um Leckagen zu verringern. Durch die Drehung des Rades gelangt ein Teil der Luft von der Abluft- zur Zuluftseite. Diese Leckage wird als Verschleppung bezeichnet und ist abhängig von Drehzahl, Rotorabmessungen und Druckverlust. Die Trennung von Außenluft und Abluft bei regenerativen Rotationswärmetauschern muss durch einen funktionierenden Spülsektor sichergestellt werden.

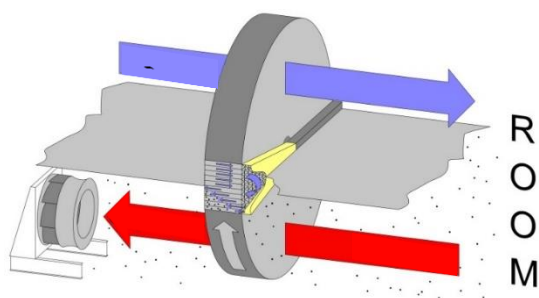


Abbildung 15. Spülsektor

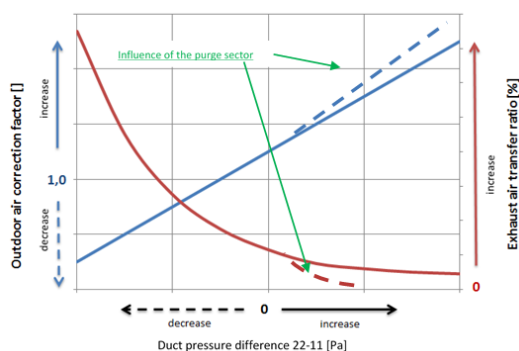


Abbildung 16. Einfluss des Spülbereichs auf EATR und OACF

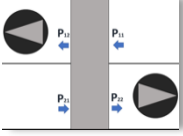
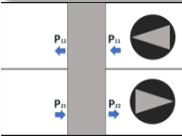
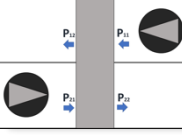
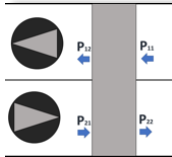
Wie Abbildung 16 veranschaulicht, setzt ein funktionierender Spülsektor die EATR technisch auf 0% (d. h. kleiner als 1% - die Versuchstoleranz), sofern ein ausreichender positiver Differenzdruck auf der Zuluft- und Abluftseite vorhanden ist. Tatsächliche Messwerte liegen weit unter 0,5%. Zu beachten ist, dass eine funktionierende Spülzone die OACF ungefähr um den Betrag des Spülvolumenstroms erhöht.

Ein Spülsektor ist der Teil des Rotationswärmetauschers, der dessen ordnungsgemäßen Betrieb sicherstellt. Er arbeitet nur bei positiver Druckdifferenz zwischen Zu- und Abluftstrom korrekt. Sie sollte also immer verwendet werden, wenn $\Delta p_{22-11} > 0$ ist. Bei einer negativen Druckdifferenz wird die Spülzone nicht empfohlen.

7.3.1 Einstellung und Lage des Spülsektors

Der Vorteil eines variablen Spülwinkels ist die Möglichkeit, den effektivsten Winkel für die gegebenen Bedingungen einzustellen, um den Druckabfall und den Wirkungsgrad unter Beibehaltung des erforderlichen Spülvolumenstroms zu optimieren.

Die allgemeinen Richtlinien für die Winkleinstellung in Abhängigkeit von der Konfiguration der Ventilatoren und der tatsächlichen Druckdifferenz sind in Tabelle 7 unten dargestellt.

Konfiguration	$p_{22}-p_{11} < 0 \text{ Pa}$	$p_{22}-p_{11} = 0 - 250 \text{ Pa}$	$p_{22}-p_{11} = 250 - 500 \text{ Pa}$	$p_{22}-p_{11} > 500 \text{ Pa}$
	Keine Spülzone empfohlen.	Grosser Spülzonenwinkel*	Kleiner Spülzonenwinkel*	Keine Spülzone notwendig. Rotor säubert sich aufgrund hohem Differenzdruck.
	Spülzone funktioniert nicht; es würde nur mehr Kontamination verursachen. In diesem Fall keine Spülzone empfohlen.			
	Keine Spülzone empfohlen.	Grosser Spülzonenwinkel*	Kleiner Spülzonenwinkel*	Keine Spülzone notwendig. Rotor säubert sich aufgrund hohem Differenzdruck.
	Keine Spülzone empfohlen.	Grosser Spülzonenwinkel*	Kleiner Spülzonenwinkel*	Keine Spülzone notwendig. Rotor säubert sich aufgrund hohem Differenzdruck.

*Siehe Herstellerempfehlung

Tabelle 7. Empfohlene Einstellung des Spülwinkels

Der Spülsektor kann an verschiedenen Stellen platziert werden, wie Abbildung 17 zeigt.

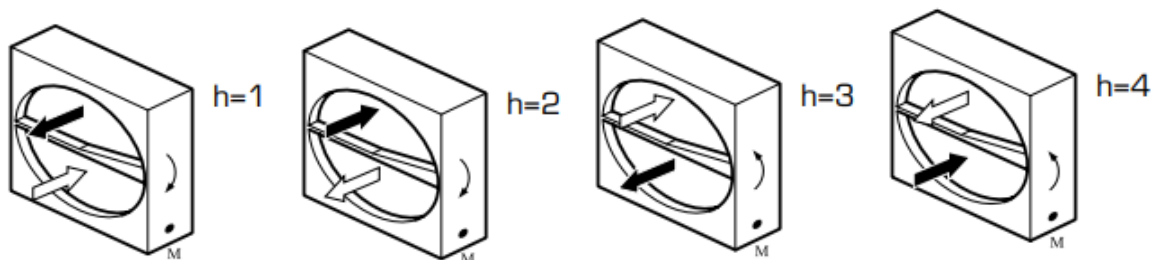





Abbildung 17. Lage des Spülbereichs

 Supply air
 Extract air
 Direction of rotation

Damit der Spülsektor korrekt funktioniert, muss sich der Rotor vom Abluftstrom in den Spülsektor drehen, wo der Zuluftvolumenstrom die eingeschlossene Abluft herausdrückt. Die Beibehaltung dieses Wertes und der entsprechenden Druckdifferenz, wie in Tabelle 7 oben gezeigt, sollte zu einem effektiven Spülsektor führen. Die Position der Spülung führt dann nur zu einer geringen Änderung, wenn sie sich in einer der vier unter Abbildung 17 aufgeführten Positionen befindet. Ein effektiver Spülsektor bedeutet, dass es keine Verschleppung vom Abluftvolumenstrom in den

Zuluftvolumenstrom gibt, der Abluftvolumenstrom, der im Rotor gefangen ist, während er von einem Luftstrom zum anderen rotiert.

7.4 Effektive Abdichtung des Rotors

Perimeter- und Mittelbalkendichtung verhindern Luftleckagen von der Zuluft- zur Abluftseite. Die Abdichtung sollte so gestaltet sein, dass sie immer in der richtigen Position ist. Der beste Fall wäre eine selbsteinstellende Konstruktion oder das Fehlen jeglichen mechanischen Kontakts. Toleranzen in Rotormasse und Gehäuse müssen begrenzt werden, um die Funktion des Dichtungssystems unter allen Umständen zu unterstützen.

Eine effiziente Rotorabdichtung kann eine Verschleppung nie verhindern. Für ein effizientes Rotorabdichtungssystem muss bei positivem Differenzdruck eine geeignete Spülzone verwendet werden. Die Spülzone - falls vorhanden - ist ein Teil des Dichtungssystems.

Es ist besonders darauf zu achten, dass die Mittelbalkenabdichtung trotz der Auslegung der Spülzone den Zu- und Abluftstrom in allen Bereichen kontinuierlich trennen muss. Vom Standpunkt der Abdichtung aus gesehen gehört der Bereich der Spülzone zum Abluftstrom.

Der niedrigste OACF-Wert ohne Beeinträchtigung der Funktion der Spülzone kann bei Differenzdruck Null angenommen werden. Typische Werte liegen zwischen 1,02-1,21 für einen Rotor mit 1 m Durchmesser. Die Werte werden bei größeren Durchmessern besser. Daher ist die Abdichtung bei kleinen Rädern wichtiger. Eine gute Dichtung hat OACF-Werte kleiner als 1,1 und so nahe wie möglich an 1,0.

Wenn die zulässige EATR 5% beträgt, dann ist der niedrigste akzeptable OACF-Wert 0,95. Aufgrund der Massenbilanz ist EATR gleich oder größer als $(1 - \text{OACF})$ in Prozent, sofern $\text{OACF} < 1$.

Generell ist festzustellen, dass die OACF je nach Rotordurchmesser in einem Bereich zwischen 0,95 - 1,1 liegen sollte, wenn eine funktionale Spülzone verwendet wird (EATR ist technisch gesehen Null). OACF-Werte unter 0,95 müssen vermieden werden.

Alle Eurovent-zertifizierten Hersteller von Rotationswärmetauschern liefern nachgewiesene EATR- und OACF-Werte für verschiedene Bedingungen.

7.5 Beseitigung von Leckagen zwischen den Seiten des RLT-Geräts - Konstruktions- und Ausführungsqualität

Intersektorale Leckagen entstehen vor allem bei Komponenten zur Energierückgewinnung. Diese Leckage kann an diesem Gerät separat gelöst und gemessen werden, wie in den vorherigen Kapiteln beschrieben. Dennoch gibt es eine große Aufgabe für RLT-Gerätehersteller und Servicetechniker, die internen Leckagen zu minimieren.

Der riskanteste Teil ist der Platz für die ERC-Installation. Die Grenze zwischen dem RLT-Gerät und seinem eingebetteten ERC sollte sorgfältig ausgelegt und im Werk überprüft werden. Rotationswärmetauscher weisen selbst erhebliche Leckagen auf, aber auch ein Plattenwärmetauscher kann bei unsachgemäßem Einbau eine Schnittpunkteleckage verursachen. Der Block des Plattenwärmetauschers wird regelmäßig zur Reinigung ausgebaut. Beim Wiedereinsetzen kann die Dichtung beschädigt werden, oder es kann ein Spalt durch fehlerhafte Installation entstehen, der eine intersektorale Leckage verursachen kann. Sie sollte bei jeder Wartung sorgfältig überprüft werden.

Ein weiterer riskanter Punkt ist die sektorübergreifende Aufteilung. Diese Wand, die Zu- und Abluftströme trennt, ist oft mit Öffnungen für Kabel oder Rohre versehen. Es wird dringend empfohlen, in diesem Fall geeignete Kabelverschraubungen zu verwenden. Die Größe der Verschraubung muss der Wandstärke und dem Kabeldurchmesser entsprechen. Rohrleitungen müssen rundum abgedichtet werden. Die Trennwand kann auch wegen des Einbaus anderer Innenteile perforiert sein. Eine größere Anzahl von Öffnungen für Schrauben oder Nieten kann eine nennenswerte Leckage verursachen. Die Trennwand sollte an allen Seiten, die mit den umlaufenden Gehäusewänden in Kontakt sind, ausreichend abgedichtet sein. In einigen Anordnungen befindet sich diese Trennwand neben der Servicetür, und die korrekte Abdichtung hängt von der korrekten Position der Tür ab. Die Qualität und korrekte Position der Dichtung sollten bei jedem Schließen der Tür überprüft werden.

Die letzte Gefahr liegt direkt im Gehäuse. Eine Seitenwand, die sowohl an den Zuluft- als auch an den Abluftbereich angrenzt, kann einen „Luftbypass“ verursachen. Die Öffnungen in der Innenfläche der Platte können einen Luftkurzschluss durch einen Hohlraum im Inneren der Sandwichplatte (nur durch eine Isolierung gefüllt) verursachen. In dieser Hinsicht können Geräte, die in getrennten Abschnitten geliefert werden, vorteilhaft sein (komplette dichte Gehäuse für zu- und abluftseitige Komponenten, außer ERC), um die interne Leckage über die Zwischenwand zu begrenzen).

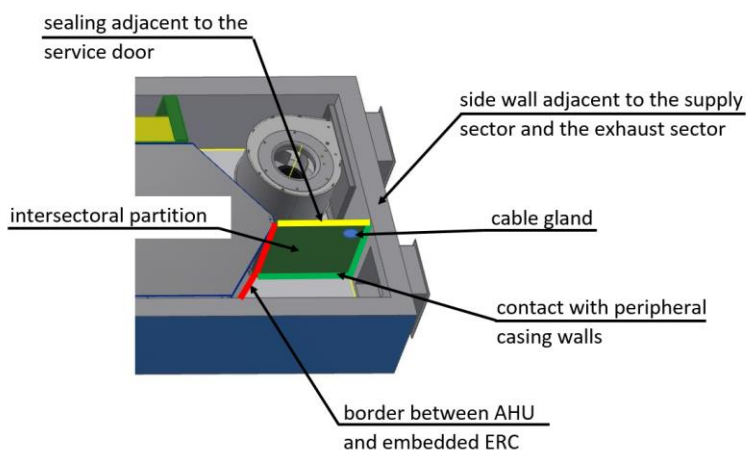


Abbildung 18. Beispiel für interne Teile des Lüftungsgeräts, die Einfluss auf die Leckage haben

Ein Leck in einer Mischkammer ist ein separates Problem. Ein gewisser Leckagepegel ist in diesem Teil immer zu erwarten, auch wenn die Mischklappe geschlossen ist.

Anhang I - Korrektur der RLT-Leistung aufgrund interner Leckagen

Die Hauptursache für Leckagen ist normalerweise die Energierückgewinnungskomponente (ERC), insbesondere wenn es sich um einen Regenerator (normalerweise ein Rotationswärmetauscher) handelt. Leckagen durch den Einbau eines ERC oder der Zwischenebenen im RLT-Gerät werden hier nicht behandelt, müssen aber ausgewertet und beachtet werden, ebenso wie eventuelle externe Leckagen.

A. So berechnen Sie korrigierte Luftstromraten (Kompensation)

Der erste Schritt bei der Berechnung der Leckagen ist die Berechnung aller Druckverluste der RLT-Geräte mit dem jeweiligen Luftstrom durch jedes Gerät. Um dann die Leckagen berechnen zu können, muss man den Druck um den ERC an den beiden Einlassseiten; ODA = Außen (p_{21}) und ETA = Abluft (p_{11}), und den beiden Auslassseiten; SUP = Zuluft (p_{22}) und EHA = Abluft (p_{12}) berechnen. Dies geschieht durch Aufsummieren aller auf die Teile wirkenden Drücke mit Vorzeichen (negativ für einen Druckabfall und positiv für einen Ventilator) von der Außenluftansaugung zur Luft vor dem ERC (p_{21}) und von der Innenluftansaugung zur Luft vor dem ERC (p_{11}). Für Filter sind Auslegungsdruckverluste zu verwenden. Die Berechnung geht davon aus, dass die Drücke innerhalb des Gebäudes und im Freien gleich sind. Die Drücke hinter dem ERC, p_{22} und p_{12} , ergeben sich aus der Addition des ERC-Druckabfalls auf der jeweiligen Luftseite zu p_{21} bzw. p_{11} .

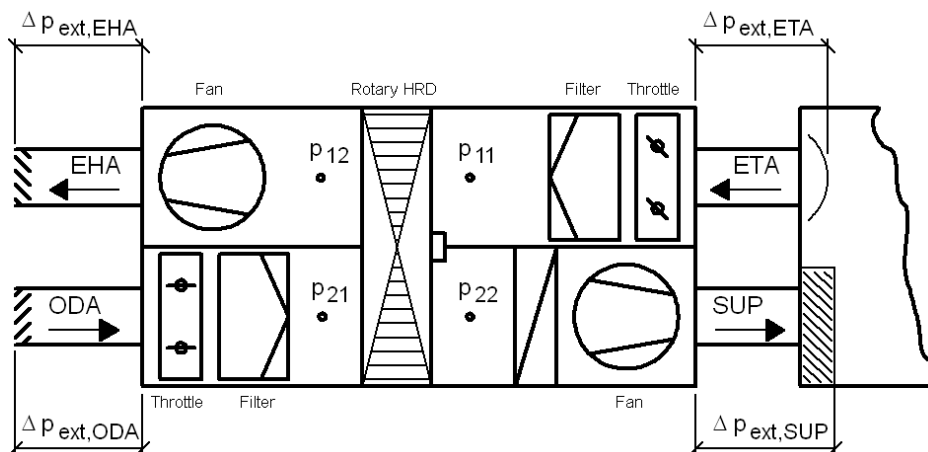


Abbildung 19. Druckberechnungen in einem Luftbehandlungsgerät.

B. Wie Sie eine eventuelle Drosselung berechnen

Eine Drosselung sollte in Erwägung gezogen werden, wenn die Gefahr besteht, dass Abluft aufgrund einer ungünstigen Druckdifferenz zwischen Zu- und Abluft in die Zuluft entweicht ($EATR > 0\%$). Nachfolgend wird die mögliche Handhabung der Drosselung beschrieben.

Die Druckdifferenz auf der Außenluftseite und der Abluftseite ist auf 50 Pa eingestellt, sofern nicht anders angegeben. Die restlichen externen statischen Drücke sind an den Zu- und Abluftöffnungen gemäß EN 13053 Absatz „Prüfung von Geräten mit Wärmerückgewinnung“ einzustellen. Es ist jedoch sinnvoll, die Druckdifferenz auf Außenluftseite und Abluftseite auf 1/3 der Außendrucke einzustellen, wenn diese unter 150 Pa liegen (der Rest wie bisher).

Beide Ventilatoren nach dem Tauscher (Abluftventilator saugseitig- Zuluftventilator saugseitig)

Wenn die Drosselung in Betracht gezogen wird und p_{11} höher als p_{22} ist – stellen Sie die Drossel in der Abluft so ein, dass p_{11} mit p_{22} gleich wird, der Drosseldruckabfall wird $p_{22} - p_{11}$. Es wird empfohlen, dass der Druck p_{11} (der höhere Unterdruck) in einem installierten RLT-Gerät 0 bis 20 Pa niedriger ist als p_{22} .

Eine Drosselung auf der Außenluftseite sollte normalerweise vermieden werden, aber wenn die OACF zu hoch ist und die Druckdifferenz $p_{22} - p_{11}$ mehr als 20 Pa beträgt, kann die OACF durch Einstellen der Drossel auf der Außenluftseite verringert werden. Es wird empfohlen, nur die notwendige Einstellung vorzunehmen, um die OACF-Anforderung zu erfüllen. Der Druck p_{11} muss mindestens 20 Pa niedriger sein als der Druck p_{22} .

Beide Ventilatoren auf der Gebäudeseite (Abluftventilator druckseitig – Zuluftventilator saugseitig)

Es gibt keine Möglichkeit, in diesem Fall eine Drosselung zu verwenden.

Beide Ventilatoren vor dem Tauscher (Abluftventilator druckseitig – Zuluftventilator druckseitig)

Wenn eine Drosselung in Betracht gezogen wird und p_{11} höher als p_{22} ist - stellen Sie die Drossel in der Zuluft so ein, dass p_{11} mit p_{22} gleich wird, der Drosseldruckabfall wird $p_{22} - p_{11}$. Es wird empfohlen, dass der Druck p_{11} (der untere Überdruck) in einem installierten RLT-Gerät 0 bis 20 Pa niedriger ist als p_{22} .

Eine Drosselung auf der Abluftseite sollte normalerweise vermieden werden, aber wenn die OACF zu hoch ist und die Druckdifferenz $p_{22} - p_{11}$ mehr als 20 Pa beträgt, dann könnte die OACF durch Verstellen der Drossel auf der Abluftseite verringert werden. Es wird empfohlen, nur die notwendige Einstellung vorzunehmen, um die OACF-Anforderung zu erfüllen. Der Druck p_{11} muss mindestens 20 Pa niedriger sein als der Druck p_{22} .

Beide Ventilatoren auf der Außenluftseite (Fortluftventilator Saugseitig – Zuluftventilator druckseitig)

Es gibt keine Möglichkeit, in diesem Fall eine Drosselung zu verwenden.

C. Berechnung von Leckagen um einen Rotationswärmetauscher

Option 1 – Berechnung basierend auf vollständiger Kenntnis über den Rotationswärmetauscher

Der Spülsektorenwinkel sollte so ausgelegt sein, dass der Verschleppungsstrom von der Abluft in die Zuluft gleich Null ist, wenn sich der Rotor mit voller Drehzahl dreht (bei geschlossenem Kreislauf auf der Abluftseite müssen beide Seiten den gleichen Spülsektorenwinkel haben). Der Spüldurchfluss, $q_{\text{Spülzone}}$, kann aus der Spülfläche berechnet werden (offene Stirnfläche im Spülsektor) und die Luftgeschwindigkeit in diesem Bereich. Die Geschwindigkeit kann aus der Druckdifferenz über dem Spülsektor durch Umkehrrechnung gegen den Druckabfall berechnet werden.

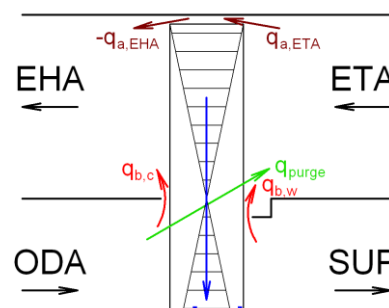


Figure 20. Leckagen durch Rotationswärmetauscher

Die Leckagen durch die Dichtungen an den Zwischenebenen können aus den Druckdifferenzen $p_{22} - p_{11}$ (Innenseite) bzw. $p_{21} - p_{12}$ (Außenseite), dem Leckagefaktor (kann durch Messung ermittelt werden) und der Länge für die jeweiligen Dichtungen (normalerweise der Rotordurchmesser) berechnet werden. Man muss die Leckagerichtung im Auge behalten, die durch die Vorzeichen der jeweiligen Druckdifferenz gegeben ist, die Leckage geht von der Außen-/Zuluftseite zur Ab-/Fortluftseite, wenn die Druckdifferenz positiv ist. Bei einer negativen Druckdifferenz kommt es zu einer Leckage von Abluft zu Zuluft, was zu einer EATR größer Null führt. Dies muss entweder durch Drosselung oder eventuell durch Kompensation durch Erhöhung des Zu- und Abluftstroms behoben werden.

Um die Leckagen am Rotorumfang zu behandeln, wird angenommen, dass der Hohlraum außerhalb der Umfangsdichtungen luftdicht zur Umgebung ist, um externe Leckagen zu vermeiden. Wenn dies der Fall ist, kann man davon ausgehen, dass der Druck im Hohlraum der mittlere Druck der vier verschiedenen Drücke p_{11} bis p_{22} unter Berücksichtigung des jeweiligen Vorzeichens ist. Die Leckagen durch die Dichtungen zum Hohlraum von den vier Seiten um den Rotor herum können einzeln mit der Druckdifferenz zwischen der jeweiligen Seite und dem Hohlraum, dem Leckagefaktor (kann durch Messung ermittelt werden) und der Länge für die jeweiligen Dichtungen (normalerweise der halbe Rotordurchmesser multipliziert mit π) berechnet werden. Man muss die Leckagerichtung im Auge behalten, die durch das Vorzeichen der jeweiligen Druckdifferenz, die Leckage geht von einer Seite in den Hohlraum, positive Durchflussrichtung, wenn die Druckdifferenz positiv ist. Die Summe der Leckagen zum Hohlraum muss null sein (Leckagen zum und vom Hohlraum müssen sich die Waage halten).

Voraussetzung für die Berechnung der Auswirkung der Leckagen ist ein RLT-Gerät nach Abbildung 20 und dass die Zu- und Abluft bei Inbetriebnahme des RLT-Gerätes geprüft und richtig eingestellt sind. Die Auswirkungen der Leckagen auf den ein- und ausströmenden Luftstrom sind zu behandeln (**Hinweis: Alle Additionen und Subtraktionen sind unter Berücksichtigung der Leckagerichtung vorzunehmen**):

1. Im Falle eines Spülsektors: Der Spülstrom, $q_{\text{Spülzone}}$, muss sowohl zum Außenluftstrom als auch zum Abluftstrom addiert werden und, wenn es sich um einen offenen Auslass auf der Abluftseite handelt, zur Luft, die durch den Rotor auf der Abluftseite strömt, addiert werden. Wenn kein Spülsektor vorhanden ist, wird durch den Verschleppungseffekt die gleiche Menge an eingeschlossener Luft zwischen den Luftseiten übertragen; Zu- und Abluft, die Auswirkung ist eine Erhöhung der EATR entsprechend dem Verschleppungsstrom geteilt durch den Zuluftvolumenstrom.
2. Leckagevolumenstrom von der Außenluft zur Abluft durch Dichtungen an der Zwischenebene – der Leckagevolumenstrom muss sowohl zum Außenluftvolumenstrom als auch zum Abluftvolumenstrom addiert werden.
3. Leckageströmung von der Zuluft zur Abluft durch Dichtungen an der Zwischenebene – die Leckage ist zum Außenluftvolumenstrom, der zu- und abluftseitig durch den Rotor strömenden Luft und dem Abluftvolumenstrom zu addieren.
4. Der Leckagevolumenstrom zwischen der Außenluft und dem Hohlraum muss zum Außenluftvolumenstrom addiert werden.
5. Der Leckagevolumenstrom zwischen Zuluft und Hohlraum ist zum Außenluftvolumenstrom und der durch den Rotor strömenden Luft im Zuluftvolumenstrom zu addieren.
6. Der Leckagevolumenstrom zwischen Abluft und Hohlraum ist vom Abluftvolumenstrom und der durch den Rotor strömenden Luft im Abluftvolumenstrom abzuziehen.

7. Der Leckagevolumenstrom zwischen Abluft und dem Hohlraum ist vom Abluftvolumenstrom abzuziehen.
8. Berechnen Sie OACF und EATR.

$$OACF = \frac{q_{m,21}}{q_{m,22}}$$

wobei

<i>OACF</i>	Korrekturfaktor für Außenluft
$q_{m,21}$	Außenluftmassenstrom (Außenluftvolumenstrom multipliziert mit Luftdichte 1,2), in kg/s
$q_{m,22}$	Zuluftmassenstrom (Zuluftvolumenstrom multipliziert mit Luftdichte 1,2), in kg/s

$$EATR = \frac{q_{m,22} - q_{m,22,net}}{q_{m,22}} = \frac{q_{m,11,transfer}}{q_{m,22}}$$

wobei

<i>EATR</i>	ablufübertragungsgrad (normalerweise in% angegeben)
$q_{m,22}$	zuluftmassenstrom (Zuluftvolumenstrom multipliziert mit Luftdichte 1,2), in kg/s
$q_{m,22,net}$	der Anteil des Zuluftmassenstroms, der als Außenluft entsteht, in kg/s
$q_{m,11,transfer}$	die Summe der Abluftmassenstrom-Leckagen zur Zuluft (Leckluftvolumenstrom multipliziert mit Luftdichte 1,2), in kg/s

9. Wenn die EATR größer als 1% ist, wird die EATR/100 mit dem erforderlichen Zuluftvolumenstrom (erforderlicher Auslegungs-Außenluftvolumenstrom) multipliziert und zum Zuluftvolumenstrom und zum Abluftvolumenstrom addiert, um die richtige Außenluftmenge und das Gleichgewicht im Gebäude zu erhalten:

$$q_{SUPcorr} = q_{SUP} \cdot (1 + EATR/100), \text{ und;}$$

$$q_{ETAcorr} = q_{ETA} \cdot (1 + EATR/100).$$

Option 2 – Berechnung basierend auf der Kenntnis von OACF und EATR (vom Rotorlieferanten angegeben)

Sobald die statische Druckdifferenz $p_{22} - p_{11}$ berechnet ist, können die internen Leckagewerte OACF und EATR von der ERC-Komponentensoftware berechnet werden. Es wird empfohlen, den vom Lieferanten der Komponente empfohlenen Spülsektor zu verwenden. Es wird auch empfohlen, zu überprüfen, ob der Komponentenlieferant korrekte Daten für alle Druckdifferenzbedingungen liefert.

Die Auswirkungen der internen Leckagen OACF und EATR auf den jeweiligen Luftvolumenstrom in und aus dem Rotor müssen behandelt werden.

1. Wenn EATR größer als 1% ist, werden die Zu- und Abluftvolumenströme um den EATR (%) – Wert erhöht:

$$q_{\text{SUPcorr}} = q_{\text{SUP}} \cdot (1 + \text{EATR}/100)$$

$$q_{\text{ETACorr}} = q_{\text{ETA}} \cdot (1 + \text{EATR}/100)$$

2. Die Außen- und Fortvolumenströme werden um den OACF-Wert korrigiert:

$$q_{\text{ODACorr}} = q_{\text{SUPcorr}} \cdot \text{OACF}$$

$$q_{\text{EHACorr}} = q_{\text{ETACorr}} + q_{\text{SUPcorr}} \cdot (\text{OACF} - 1)$$

D. Iterationsprozess

Man muss einen Iterationsprozess verwenden, um das richtige Ergebnis zu erhalten, da die Luftvolumenströme die Druckabfälle und die Drücke um den Rotor herum beeinflussen, Druckunterschiede führen zu Leckagen und die Leckagen beeinflussen die Luftvolumenströme. In diesem Fall handelt es sich jedoch um einen konvergenten Prozess. Führen Sie einfach die Berechnung der Abschnitte A und C mindestens dreimal in einer Schleife durch oder prüfen Sie, wann sie konvergiert. Die folgenden Bedingungen sollten verwendet werden, um die Iteration zu stoppen:

Wenn $\text{OACF}_{n+1} - \text{OACF}_n < 0,01$ und $\text{EATR}_{n+1} - \text{EATR}_n < 0,2\%$, Iteration beenden.

Wenn EATR kleiner oder gleich 5% ist

Das RLT-Gerät erfüllt angemessene Anforderungen, wenn der OACF im Bereich von 0,95 bis 1,1 liegt.

Wenn EATR mehr als 5% beträgt

Das RLT-Gerät erfüllt nicht die angemessenen Anforderungen.

Bemerkung: Wenn das RLT-Gerät die Anforderungen nicht erfüllt, versuchen Sie eine Drosselung oder eine andere Ventilatorconfiguration.

E. Weitere Berechnungen aus den Ergebnissen

Die Ventilatorleistung wird aus den Ergebnissen und auch aus Qualitätsfaktoren für das RLT-Gerät berechnet, wie z. B. die interne spezifische Ventilatorleistung (SFP_{int}).

F. Korrektur der Temperatur- und Feuchteleistung

Durch die internen Leckagen wird möglicherweise Abluft in die Zuluft übertragen (EATR). Dadurch werden die gemessenen Temperatur- und Feuchte-Wirkungsgrade erhöht. Um die Abluftmenge in der Zuluft (EATR) in der Wirkungsgradberechnung zu neutralisieren, wird der Begriff Nettowirkungsgrad benötigt. Diese Berechnung ist nur bei der Berechnung des Wirkungsgrads bei Messungen vor Ort oder bei RLT-Geräten unter Labortestbedingungen erforderlich, bei denen die EATR höher als 3% ist.

Die Nettowirkungsgrade werden wie folgt berechnet:

Temperatur-Nettowirkungsgrad $\eta_{t,\text{net}}$

Nettoübertragung der fühlbaren Wärme von der Abluft in die Zuluft, unter Berücksichtigung der EATR und die Luftmassenströme.

$$\eta_{t,net} = \frac{\left(\frac{\theta_{22} - EATR \cdot \theta_{11}}{1 - EATR} - \theta_{21} \right)}{(\theta_{11} - \theta_{21})}$$

Wo

<i>EATR</i>	ablftübertragungsgrad
θ_{11}	temperatur Ablufteintritt, in °C
θ_{21}	temperatur Zuluft Eintritt, in °C
θ_{22}	temperatur Zuluftaustritt, in °C

Feuchte-Netto-Wirkungsgrad $\eta_{x,net}$

Nettoübertragung der latenten Wärme von der Abluft in die Zuluft, bezogen auf den EATR und die Luftmassenströme.

$$\eta_{x,net} = \frac{\left(\frac{x_{22} - EATR \cdot x_{11}}{1 - EATR} - x_{21} \right)}{(x_{11} - x_{21})}$$

Wo

<i>EATR</i>	ablftübertragungsgrad
x_{11}	absolute Feuchte Ablufteintritt, in g/kg
x_{21}	absolute Feuchte Zuluft Eintritt, in g/kg
x_{22}	absolute Feuchte Zuluftausgang, in g/kg

Anhang II – Berechnungsbeispiele für die Korrektur der Leistung

Die Beispiele veranschaulichen das in Anhang 1 dargestellte Berechnungsverfahren. Berechnungen von Leckagen um einen rotierenden Wärmetauscher werden gemäß Option 1 auf der Grundlage vollständiger Kenntnisse über den rotierenden Wärmetauscher durchgeführt (Anhang I Absatz C).

Beispiel 1

RLT gemäß Abbildung 19. Beide Ventilatoren nach dem Rotor im Luftstrom (beide saugende Ventilatoren) – alle Drücke sind Unterdrücke. Spülen Sie den Sektor zwischen Außenluft und Abluft.

Data:	Supply air flow: 1.0 m ³ /s	Extract air flow: 1.0 m ³ /s
	Outdoor air, ODA, duct pressure drop: 50 Pa	Extract air, ETA, duct pressure drop: 200 Pa

Row nb	Charateristic	Formula (refers to row nb)	Iteration				Unit
			Start	1	2	3	
1	Supply air stream						
2	Outdoor air flow, initial value	26, column - 1	1	1.078	1.08	1.08	m ³ /s
3	ODA duct Pressure Drop		-50	-50	-50	-50	Pa
4	Design filter PD		120	126	126	126	Pa
5	Rotary PD		166	166	167	167	Pa
6	Exhaust air stream						
7	ETA duct pressure drop		-200	-200	-200	-200	Pa
8	Throttling PD	7-9-16; 0 if > 0	59	65	67	67	Pa
9	Design filter PD		77	77	77	77	Pa
10	Rotary PD		166	176	176	176	Pa
11	Exhaust air flow, initial value	29, column - 1	1	1.078	1.078	1.078	m ³ /s
12	Pressure differences						
13	p11	7-8-9	-336	-342	-344	-344	Pa
14	p12	13-10	-502	-518	-520	-520	Pa
15	p21	3-4	-170	-176	-176	-176	Pa
16	p22	3-4-5	-336	-342	-343	-343	Pa
17	pvoid	(13+14+15+16)/4	-336	-344.5	-345.75	-345.75	Pa
18	Rotary leakages						
19	qPurge (due to p21 -p11)		0.039	0.039	0.039	0.039	m ³ /s
20	qa,ODA (due to p21 -pvoid)		0.019	0.019	0.019	0.019	m ³ /s
21	qa,SUP (due to p22 -pvoid)		0	0.001	0.001	0.001	m ³ /s
22	qa,ETA (due to p11 -pvoid)		0	0.001	0.001	0.001	m ³ /s
23	qa,EHA (due to p12 -pvoid)		-0.019	-0.02	-0.02	-0.02	m ³ /s
24	qb,w (warm side) (p21 -p12)		0	0	0	0	m ³ /s
25	qb,c (cold side) (p22 -p11)		0.02	0.02	0.02	0.02	m ³ /s
26	Calc. outdoor air flow	qSUP+19+20+21+24+25	1.078	1.08	1.08	1.08	m ³ /s
27	Calc. SUP rotor air flow	qSUP+21+24	1	1.001	1.001	1.001	m ³ /s
28	Calc. EHA rotor air flow	qETA+19-22+24	1.039	1.038	1.038	1.038	m ³ /s
29	Calc. exhaust air flow	qETA+19-22-23+24+25	1.078	1.078	1.078	1.078	m ³ /s
30	OACF		1.08	1.08	1.08	1.08	
31	EATR		< 1	< 1	< 1	< 1	%

Beispiel 2

RLT gemäß Abbildung 19. Beide Ventilatoren nach dem Rotor im Luftstrom (beide saugende Ventilatoren) – alle Drücke sind Unterdrücke. Spülen Sie den Sektor zwischen Außenluft und Abluft.

Data:	Supply air flow: 0.6 m ³ /s	Extract air flow: 0.8 m ³ /s
	Outdoor air, ODA, duct pressure drop: 50 Pa	Extract air, ETA, duct pressure drop: 200 Pa

Row nb	Charateristic	Formula (refers to row nb)	Iteration				Unit
			Start	1	2	3	
1	Supply air stream						
2	Outdoor air flow, initial value	26, column - 1	0.6	0.6772	0.6731	0.6734	m ³ /s
3	ODA duct Pressure Drop		-50	-50	-50	-50	Pa
4	Design filter PD		78	89	88	88	Pa
5	Rotary PD		82	85	84	84	Pa
6	Exhaust air stream						
7	ETA duct pressure drop		-200	-200	-200	-200	Pa
8	Throttling PD	7-9-16; 0 if > 0	0	0	0	0	Pa
9	Design filter PD		60	60	60	60	Pa
10	Rotary PD		121	131	130	130	Pa
11	Exhaust air flow, initial value	29, column - 1	0.8	0.8761	0.8714	0.8718	m ³ /s
12	Pressure differences						
13	p11	7-8-9	-260	-260	-260	-260	Pa
14	p12	13-10	-381	-391	-390	-390	Pa
15	p21	3-4	-128	-139	-138	-138	Pa
16	p22	3-4-5	-210	-224	-222	-222	Pa
17	pvoid	(13+14+15+16)/4	-245	-254	-253	-253	Pa
18	Rotary leakages						
19	qPurge (due to p21 -p11)		0.0336	0.0315	0.0317	0.0316	m ³ /s
20	qa,ODA (due to p21 -pvoid)		0.0151	0.0149	0.0148	0.0148	m ³ /s
21	qa,SUP (due to p22 -pvoid)		0.0068	0.0061	0.0062	0.0062	m ³ /s
22	qa,ETA (due to p11 -pvoid)		-0.0041	-0.0024	-0.0026	-0.0026	m ³ /s
23	qa,EHA (due to p12 -pvoid)		-0.0167	-0.0168	-0.0168	-0.0168	m ³ /s
24	qb,w (warm side) (p21 -p12)		0.0055	0.0044	0.0045	0.0045	m ³ /s
25	qb,c (cold side) (p22 -p11)		0.0163	0.0162	0.0162	0.0162	m ³ /s
26	Calc. outdoor air flow	qSUP+19+20+21+24+25	0.6772	0.6731	0.6734	0.6734	m ³ /s
27	Calc. SUP rotor air flow	qSUP+21+24	0.6123	0.6105	0.6107	0.6107	m ³ /s
28	Calc. EHA rotor air flow	qETA+19-22+24	0.8431	0.8384	0.8388	0.8388	m ³ /s
29	Calc. exhaust air flow	qETA+19-22-23+24+25	0.8761	0.8714	0.8718	0.8718	m ³ /s
30	OACF		1.13	1.12	1.12	1.12	
31	EATR		< 1	< 1	< 1	< 1	%

Note: Throttling is needed on outdoor air side in order to reduce the OACF

Über Eurovent

Eurovent ist Europas Industrieverband für Innenraumklima (HVAC), Prozesskühlung und Lebensmittelkühlketten-Technologien. Seine Mitglieder aus ganz Europa repräsentieren mehr als 1.000 Organisationen, die Mehrheit davon kleine und mittlere Hersteller. Basierend auf objektiven und überprüfbaren Daten erwirtschaften diese zusammen einen Jahresumsatz von mehr als 30 Mrd. EUR und beschäftigen rund 150.000 Mitarbeiter im Verbandsgebiet. Damit ist Eurovent eines der größten überregionalen Branchengremien seiner Art. Die Aktivitäten der Organisation basieren auf hochgeschätzten demokratischen Entscheidungsprinzipien, die gleiche Bedingungen für die gesamte Branche sicherstellen, unabhängig von Organisationsgrößen oder Mitgliedsbeiträgen.

Unsere Mitgliedsvereine

Unsere Mitgliedsverbände sind große nationale Branchenverbände aus Europa, die Hersteller aus den Bereichen Innenraumklima (HVAC), Prozesskühlung, Lebensmittelkühlkette und industrielle Lüftungstechnik vertreten.

Die mehr als 1.000 Hersteller in unserem Netzwerk (Eurovent „Affiliated Manufacturers“ und „Corresponding Members“) sind in den Aktivitäten von Eurovent auf demokratische und transparente Weise vertreten.

→ Ausführliche Informationen und eine Liste aller unserer Mitglieder finden Sie unter www.eurovent.eu