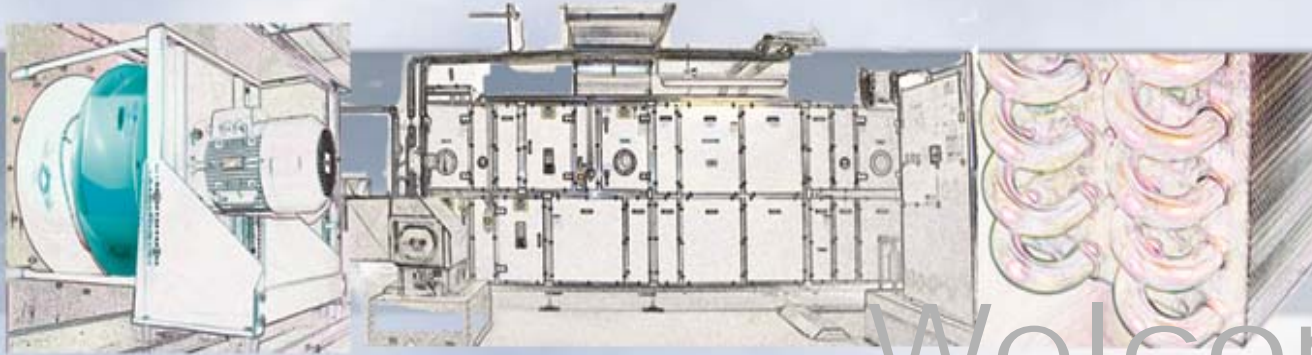


Willkommen



Bienvenue

Welcome

Hygiene von RLT-Anlagen

RLT-Anlagen im Kontext zur VDI 6022, VDI 3803 B.1
sowie ISO 16890

Prof. Dr.-Ing. Christoph Kaup

c.kaup@umwelt-campus.de



HOCHSCHULE TRIER
Umwelt-Campus Birkenfeld

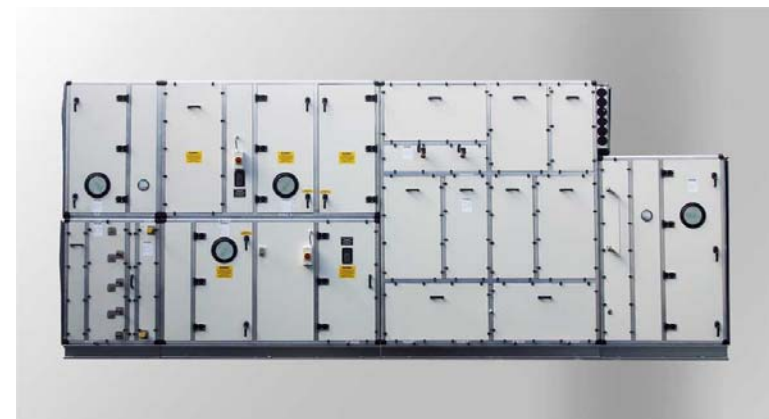
Umwelt macht Karriere.

Die **VDI 6022** gilt für **alle** Aufenthaltsräume in Gebäuden.
Das **Blatt 1** gilt für **alle RLT-Anlagen** und **-Geräte** und deren zentrale und dezentrale **Komponenten**, welche die Zuluftqualität beeinflussen.

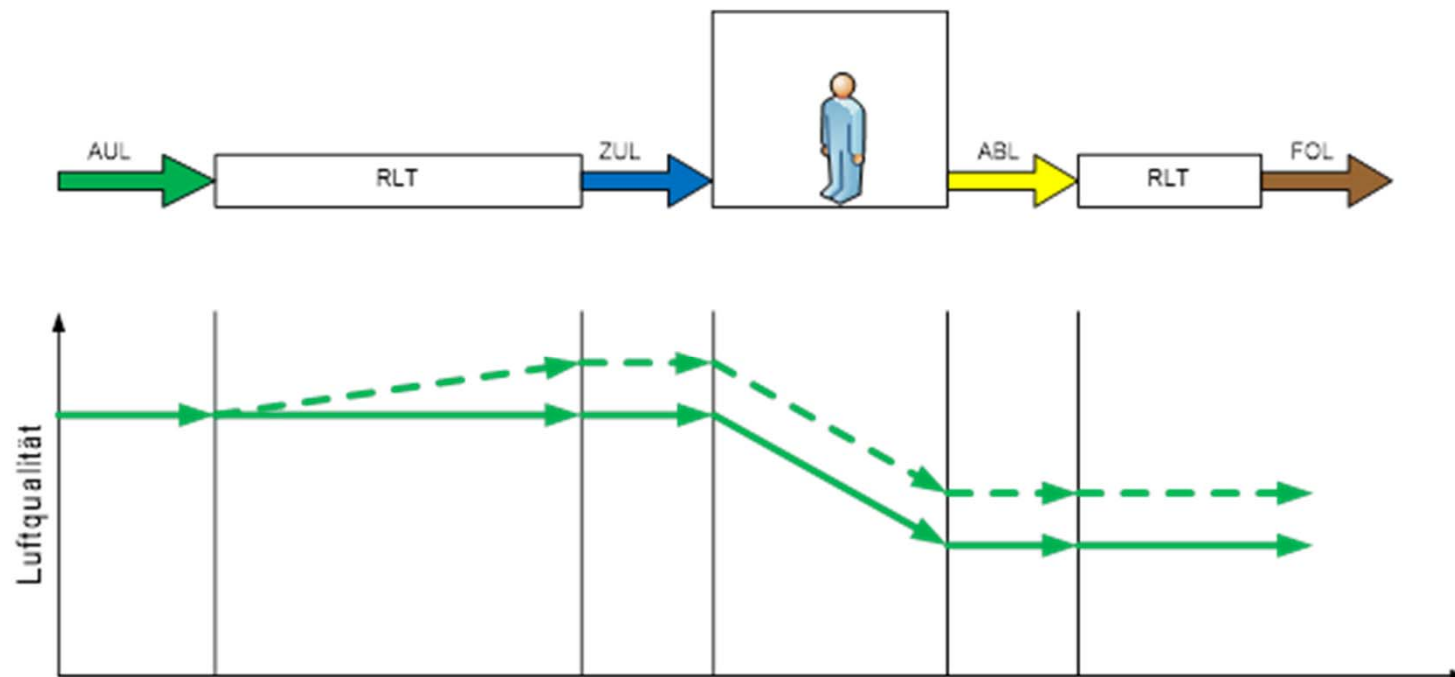
Sie gilt nur dann auch für Abluftanlagen, wenn diese die Zuluftqualität beeinflussen können.

Räume, die nicht zum vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt oder geeignet sind.

Anmerkung: Aufenthaltsdauer derselben Personen mehr als 30 Tage pro Jahr oder regelmäßig länger als zwei Stunden je Tag.



Zuluftqualität muss **mindestens** der **Qualität** einer **gesundheitlich zuträglichen Außenluft** entsprechen.
(gilt sowohl bei **Außenluft** als auch bei **Mischluft**).



Maßgeblich für die Erreichung der erforderlichen **Zuluftqualität** sind:

- die **Lage der Außenluftdurchlässe**
- die Wahl der **richtigen Außenluftvolumenströme** unter **Berücksichtigung der Personenbelegung** und der **gebäudebezogenen Emissionen** (auch bei ungünstigen Außenlufttemperaturen) und einer geeigneten Art der **Zuluftzuführung**
- eine **Luftfilterung**, die auf die **Raumlasten** und auf die **Außenluftqualität** abgestimmt ist.
- die Auswahl **geeigneter Materialien, Geräte** und **Luftaufbereitungsverfahren**

Maßgeblich für die Erreichung der erforderlichen **Zuluftqualität** sind:

- das **richtig dimensionierte** und **platzierte Luftführungssystem**
- die **hygienegerechte, saubere Montage** aller Komponenten und **deren luftführenden Oberflächen**
- die **Möglichkeit der Inspektion** aller Komponenten
- die **Verhinderung** von bestimmungswidrigem **Niederschlag** und der **möglichen Kontrolle** von gefährdeten Luftleitungsabschnitten
- die **weitgehende Vermeidung von Leckagen**



Für die Planung, Herstellung und Errichtung von **dezentralen RLT-Geräten** oder **-Endgeräten und deren Komponenten** gelten die **gleichen Hygieneanforderungen** wie bei zentraler RLT-Technik.

Der Gehalt der Zuluft an **organischen, anorganischen** oder **biologischen Inhaltsstoffen** darf denjenigen der **Vergleichsluft** in keiner Kategorie überschreiten (siehe Abschnitt 5.4). Die **Messverfahren** im **Abschnitt 8.4** stellen eine Auswahl dar, mit denen die wesentlichen hygienerelevanten Parameter erfasst und bewertet werden können.

Um **Umluft** mit Anteilen von Abluft **mit hohem oder sehr hohem Verunreinigungsgrad** praktisch zu ermöglichen, sind **Abluftreinigungsverfahren**, wie Luftwäscher oder Elektrofilter **zwingend notwendig**, um eine der Gesundheit zuträgliche Zuluft zu erzeugen.

In einigen speziellen Fällen (z. B. bei Toilettenabluft) ist die Verwendung der Abluft als **Umluft nicht zulässig**, siehe auch VDI 6022 Blatt 3.

Bei der Bewertung von **Kleinteilen/Materialien** (z. B. Schrauben, Nieten, Sensoren, Kunststoffkleinteile) innerhalb der luftführenden Bereiche, die die Forderungen an die Hygiene nicht vollständig erfüllen, ist die Wirkung und **Angemessenheit in Bezug** auf die **Zuluftqualität zu berücksichtigen**.

RLT-Anlagen sind in der Regel erst zum **bestimmungsgemäßen Betrieb des Gebäudes in Betrieb zu nehmen**. Eine Inbetriebsetzung der Lüftungsanlage während der **Bauphase** kann zu Konsequenzen bezüglich der Sauberkeit der Luftleitungen und Komponenten führen. In jedem Fall sind unmittelbar **vor Aufnahme des bestimmungsgemäßen Betriebs** der **Nachweis der Sauberkeit** und gegebenenfalls die Reinigung der eingebauten RLT-Anlage inklusive aller Luftleitungen einzuplanen.

Die Sauberkeit und Dichtheitsklassen für die Luftleitungen sind nach **Tabelle 1 und Tabelle 2** auszuwählen.

Tabelle 2. Sauberkeits- und Dichtheitsklassen mit typischen Anwendungsbeispielen

Sauberkeits- klasse	Empfohlene Dichtheits- klasse*	Typische Beispiele für Luftleitungen die folgende Räume versorgen
Niedrig	B	Lagerräume, Technikräume (Räume außerhalb des Geltungsbereichs der VDI 6022 Blatt 1)
Mittel	C	Büros, Hotels, Restaurants, Schulen, Theater, Wohngebäude, Einkaufsbereiche, Ausstellungsgebäude, Sportstätten, allgemeine Bereiche in Krankenhäusern und allgemeine Arbeitsbereiche in der Industrie
Hoch	D	Laboratorien, Behandlungsbereiche in Krankenhäusern, andere Räume mit erhöhten Anforderungen an die Raumluftqualität

* nach EN 12237 für runde Leitungen und EN 1507 für eckige Leitungen

	Sauberkeitsklasse		
	Niedrig (nur für Anwendungsbeispiele nach Tabelle 1, außerhalb des Geltungsbereich der VDI 6022 Blatt 1)	Mindestanforderung (entspricht Sauberkeitsqualitätsklasse „Mittel“ nach EN 15780)	Empfehlung (entspricht Sauberkeitsqualitätsklasse „Hoch“ nach EN 15780)
Etiketten ^{a)}	ja, möglichst nur außen	ja, nur außen	ja, nur außen
Freiliegende Dichtmasse	ja	ja, < 5 % der Oberfläche ^{a)}	ja, < 5 % der Oberfläche ^{b)}
Leichte Zinkoxidschicht	ja	ja	nein
Leichter Ölüberzug	ja	ja	ja
Leichtes Vorragen von Nieten oder Schrauben	ja ^{c)}	ja ^{b)}	ja ^{c)}
Innendämmung	ja	nein	nein
Rückstände durch Plasmaschneiden	ja	ja	nein
Fertigungs- oder lagerungsbedingte Verunreinigungen	ja, leichte Verunreinigung, z. B. loser Schmutz, Späne, Laub, Feuchtigkeit möglich	nein, keine sichtbaren Verunreinigungen	nein, besenrein nach VDI 6022 Blatt 1, Abschnitt 10.5
Werksseitige Reinigung	nein	ja, losen Schmutz (Späne) entfernen	ja, bei Bedarf; komplettes Auswischen und Nassreinigung auf Wunsch ^{c)}
Verpackung	nein, nur Ladungssicherung	nein	ja, Kanal-, Rohr- und große Formteile geeignet verschlossen (siehe Abschnitt 5.1), kleine Formteile gegebenenfalls eingepackt ^{d)}

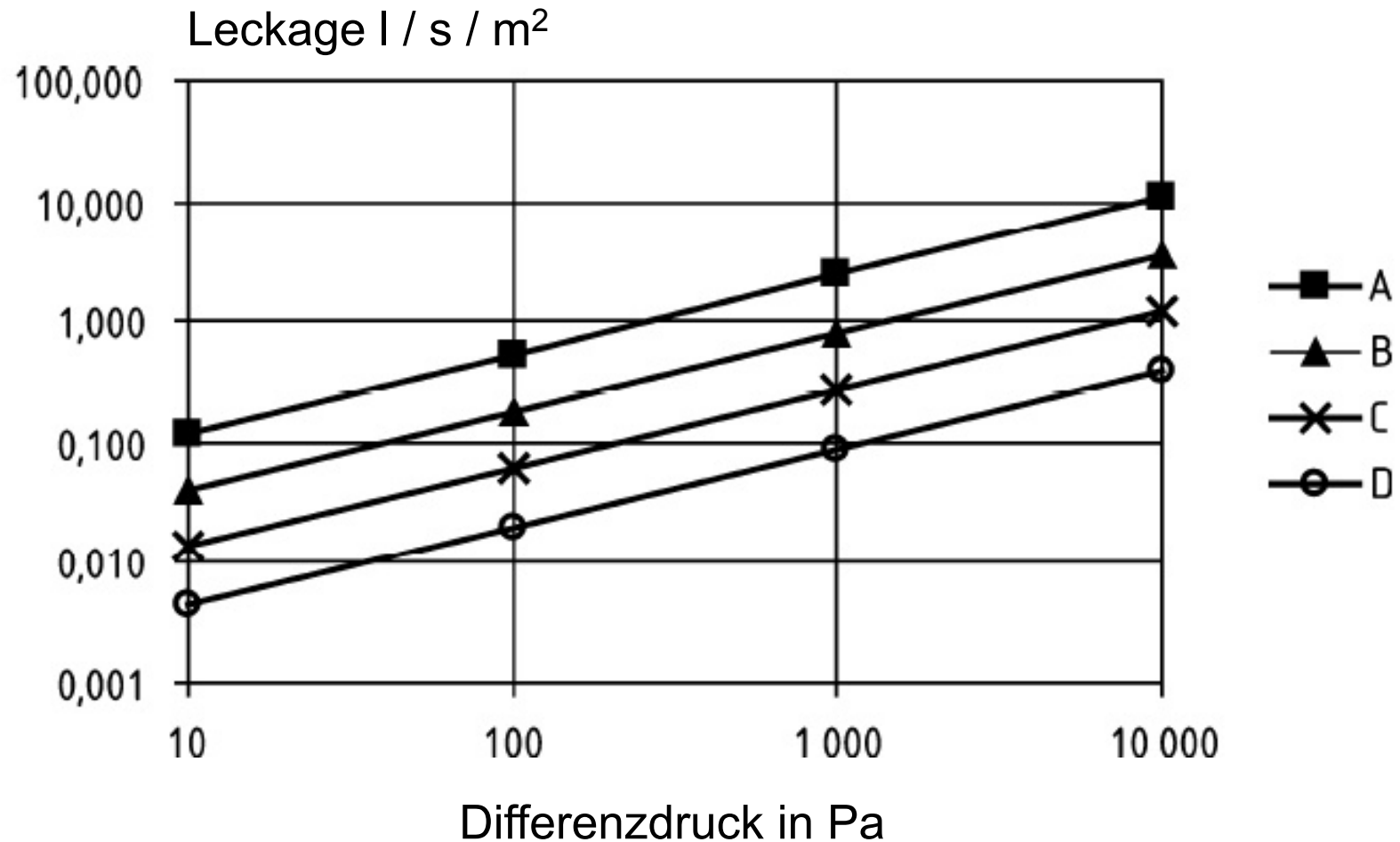
a) Etiketten innerhalb von Luftleitungen sind nur bei niedriger Sauberkeitsklasse zulässig. Es wird daher empfohlen, möglichst rückstandsfrei ablösbare Etiketten zu verwenden und diese im Zuge der Montage zu entfernen oder diese grundsätzlich zu vermeiden, um z. B. Störungen an Volumenstromreglern zu verhindern.

b) zusammenhängende Beurteilungsfläche mindestens 5 m²

c) nach EN 12097: max. Schraubenlänge 13 mm, bzw. resultierend ein Überstand von Schrauben und Nieten von max. 12 mm; , Um Verletzungen von Instandhaltungspersonal zu vermeiden, soll ein Abstand von einem Meter von Revisions- und Reinigungsöffnungen eingehalten werden. In jedem Fall dürfen Reinigungs- und Instandhaltungsarbeiten nicht behindert werden.

d) Insbesondere bei der hohen Sauberkeitsqualitätsklasse sind die optionalen Ausführungen (Umfang der Verpackung, Auswischen, Nassreinigung und Transport) vertraglich festzulegen.

Dichtheitsklassen (Prüfdrücke siehe EN 1507 und EN 12237)



Bei der **Planung der Außenluftansaugung** sind folgende Aspekte zu beachten:

- Die Lage der Außenluftansaugöffnungen ist so zu wählen, dass eine **negative Beeinflussung der Ansaugluftqualität** durch lokale Emissionsquellen wie Fortluft, Rauchgas, Geruchs-, und sonstige Störquellen (z. B. verkehrsreiche Straßen, ...) **möglichst gering** gehalten wird. Andernfalls muss mit einer geeigneten **Luftfilterauswahl** der Beeinträchtigung der Luftqualität entgegengewirkt werden, siehe VDI 6022 Blatt 3 und VDI 3803 Blatt 4.

(Anordnung der Außenluftansaugung siehe EN 16798-3)

Bei der **Planung der Außenluftansaugung** sind folgende Aspekte zu beachten:

- Der Außenluftdurchlass ist wegen der Gefahr von Kontaminationen mit Mikroorganismen nicht in der **Nähe** und **nicht in Hauptwindrichtung** von **Nasskühltürmen** anzuordnen, siehe auch VDI 2047 Blatt 2 und VDI 4250 Blatt 2.
- Bei einer Außenluftansaugöffnung in der Fassade sind **zusätzliche thermische und stoffliche Lasten** durch die **Grenzschicht an der Gebäudeoberfläche** zu beachten.

Bei der **Planung der Außenluftansaugung** sind folgende Aspekte zu beachten:

- Eine **Rezirkulation vom Fortluftdurchlass zur Außenluftansaugung** ist zu vermeiden. Dabei sind insbesondere **folgende Grundsätze** zu beachten:
 - ✓ Die **Qualität der Fortluft**
 - ✓ Lage der Durchlässe zueinander (**Höhendifferenz und Abstand – Außenluftdurchlass möglichst nicht über dem Fortluftdurchlass**)
 - ✓ **Hauptwindrichtung**

Bei der **Planung der Außenluftansaugung** sind folgende Aspekte zu beachten:

- Eine **Rezirkulation vom Fortluftdurchlass zur Außenluftansaugung** ist zu vermeiden. Dabei sind insbesondere **folgende Grundsätze** zu beachten:
 - ✓ Die **Luftgeschwindigkeit im Fortluftdurchlass** (ist eine **Strömungsquelle** - möglichst **hohe Luftgeschwindigkeit**), vorzugsweise **senkrecht nach oben**
 - ✓ Die **Luftgeschwindigkeit im Außenluftdurchlasse** (ist eine **Strömungssenke** - möglichst **niedrige Luftgeschwindigkeit** wählen)

Für luftführende Bauteile gilt:

- Luftführende Bauteile müssen aus Materialien bestehen, die **weder gesundheitsgefährdende Stoffe emittieren** oder **Gerüche abgeben** noch **einen Nährboden für Mikroorganismen bilden können** - Nachweis z. B. gemäß DIN EN ISO 846. **Metallische Oberflächen** erfüllen bei **Besenreinheit** diese Anforderungen.
- Die Oberflächen müssen **abriebfest** sein.

Für luftführende Bauteile gilt:

- Die Materialien, die Oberflächengestaltung und die geometrischen Formen der **Anlagenkomponenten sollen** einer **Anhaftung, Ablagerung und Abgabe von Verunreinigungen vorbeugen**. Dazu sind z. B. Aussteifungen mit runden Profilen auszuführen, scharfkantige Bögen und Übergangsstücke sowie unnötig lange in den Luftstrom hineinreichende Blechtreibschrauben oder Nieten zu vermeiden, siehe Tabelle 2.

Für luftführende Bauteile gilt:

- **Anstriche und Dichtmaterialien**, die beim Betrieb der RLT-Anlagen **gesundheitsschädliche Stoffe** oder **Gerüche abgeben** können, sowie **offenporige Auskleidungen, offenporige Dämmmaterialien** oder **offenporige Dichtungen im Kontakt** mit dem **Luftstrom** sind **unzulässig** (Ausnahme: Schalldämpfer). Freiliegende **Dichtmassen** müssen **mikrobiologisch unbedenklich** sein und gemäß Tabelle 2 beschränkt werden.



RLT-Anlagen müssen so zu betreiben sein, dass **mikrobielle Vermehrung** auf Oberflächen luftführender Komponenten, **insbesondere Luftfiltern**, sowie auf **technisch bedingt nassen Flächen** weitgehend vermieden wird.

Die Zugänglichkeit der Anlagenkomponenten für die regelmäßige Instandhaltung ist sicherzustellen.



Behandlungen (z. B. mit Bioziden) und **Beschichtungen** (z. B. mit Nanopartikeln) der luftführenden Oberflächen sind nur dann zulässig, wenn die eingebrachte Substanz während des Betriebs der RLT-Anlage und der fachgerechten Entsorgung **keine relevante Gesundheitsgefährdung darstellt.**

Die Wirksamkeit von Behandlungen oder Beschichtungen in Bezug auf die Hygiene ist mit geeigneten Verfahren nachzuweisen.

Für **kurzzeitige Stillstandszeiten** der RLT-Anlage, bedingt z. B. durch eine **Nachabschaltung** oder **Wartungsarbeiten**, ist durch **automatisches Schließen** der im Luftleitungssystem anzuordnenden **Klappen** Außenluft, Fortluft, gegebenenfalls Zuluft) zu verhindern, dass Luft aufgrund von **Wind- oder Auftriebskräften** durch die Anlage strömt. Diese Anforderungen gelten nicht für Wohnungslüftungsanlagen.

Kühler sind trockenzufahren.



Zusätzlich ist **bei längeren Stillstandszeiten** der RLT-Anlage (mehr als zwei Tage) sicherzustellen, dass hinter Befeuchtern keine feuchten Stellen verbleiben.

Hierzu sind Befeuchter rechtzeitig abzuschalten und das Luftleitungssystem trockenzufahren (**Vorlaufabschaltung**).

Es sind die entsprechenden notwendigen Schaltbefehle zum automatischen Trockenfahren in die Gebäudeautomation einzugeben.

Festlegung: **einstufige oder mehrstufige Filterung**

Ziele:

- Hygiene
- Filterstandzeiten
- Außenluftqualitäten
- energetischen Aspekte

gemeinsam zu betrachten (siehe VDI 3803 Blatt 4).

Mindestforderungen der Hygiene zur Abscheidung von Stäuben sind:

- Filterung der **Zuluft mindestens F7 (ISO ePM1 50 %)**
- Filterung **vor dem Luftbehandlungsgerät** (auch Ventilator) **mindestens M5 (ISO ePM10 50 %)**
- Filterung der Sekundärluft nach Erfordernis, zur Sicherstellung der Hygiene im Gerät aber mindestens **ISO ePM10 50 %**
- Filterung der Luft **vor luftführende Hohlräumen**, die **anteilig mit Außenluft** beaufschlagt sind **mindestens F9 (ISO ePM1 80 %)**

Anmerkung: Die bisherigen **Klassifizierungen (M5, F7, F9) entfallen**, weil sie im Rahmen der **internationalen Normung neu definiert** wurden.

Bei einer **einstufigen Filterung** muss der Filter **mindestens der Klasse F7 (ISO ePM1 50 %)** entsprechen.

Zur Anordnung der Luftfilterstufen gilt, dass beim Einsatz von Antriebsriemen im Luftstrom, bei denen ein **Riemenabrieb zu erwarten** ist, eine **nachgeschaltete Filterstufe** vorzusehen ist.

Aus Gründen der **Hygiene** ist es zu **empfehlen**, **zwei Filterstufen** einzusetzen. Die **erste Filterstufe** dient dem **Schutz der Komponenten**, die **zweite Filterstufe** stellt die **Zuluftqualität** sicher.

Unter **Berücksichtigung der Außenluftqualität** werden die **Filterklassen nach Tabelle 4** empfohlen.

Tabelle 4 Empfohlene Filterklassen (angelehnt an **EN 16798-3**)

Außenluft- qualität nach VDI 6022 Blatt 3	Zuluftqualität nach VDI 6022 Blatt 3				
	ZUL 1	ZUL 2	ZUL 3	ZUL 4	ZUL 5
AUL 1	M5 + F7 ISO ePM10 50 % + ISO ePM1 50 %	F7 ISO ePM1 50 %	F7 ISO ePM1 50 %	F7 ISO ePM1 50 %	-
AUL 2	F7 + F7 a) ISO ePM2,5 65 % + ISO ePM1 50 %	M5 + F7 a) ISO ePM10 50 % + ISO ePM1 50 %	M5 + F7 a) ISO ePM10 50 % + ISO ePM1 50 %	F7 ISO ePM1 50 %	M5 ISO ePM10 50 %
AUL 3	F7 + F9 a) ISO ePM1 50 % + ISO ePM1 80 %	F7 + F7 a) ISO ePM2,5 65 % + ISO ePM1 50 %	M6 + F7 ISO ePM10 50 % + ISO ePM1 50 %	F7 ISO ePM1 50 %	F7 ISO ePM1 50 %

a) Bei Gaskonzentrationen in der Außenluft über den WHO-Werten sind geeignete Molekularfilter einzusetzen.

Table 17. minimale **Filtererabscheidegrade** basierend auf den **Partikeln** der **Außenluft**

Außenluft Qualität	Zulutklassen				
	SUP 1	SUP 2	SUP 3	SUP 4	SUP 5
ODA (P) 1	88% ^a	80% ^a	80% ^a	80% ^a	Nicht spezifiziert
ODA (P) 2	96% ^a	88% ^a	80% ^a	80% ^a	60%
ODA (P) 3	99% ^a	96% ^a	92% ^a	80% ^a	80%

^a kombinierte mittlere Filterabscheidegrade über eine oder mehrere Filterstufen in Übereinstimmung der mittleren Filterabscheidegrade gemäß EN 779

Der **kombinierte Filterabscheidegrad** errechnet sich aus:

$$E_t = 100 \cdot \left(1 - \left(\left(1 - \frac{E_{s1}}{100} \right) \cdot \left(1 - \frac{E_{s2}}{100} \right) \cdot \dots \cdot \left(1 - \frac{E_{sn+1}}{100} \right) \right) \right)$$

mit:

E_t Totale Filter Effizienz

E_{sn+1} Effizienz jeder Filterstufe

Table 18. Anwendung von **Gas Filtern** als Zusatz zur Partikel Filtration basierend auf den **Gasen der Außenluft**

Außenluft- qualität					
	SUP 1	SUP 2	SUP 3	SUP 4	SUP 5
ODA (G)1	empfohlen				
ODA (G) 2	notwendig	empfohlen			
ODA (G)3	notwendig	notwendig	empfohlen		

G = Gas Filtration; soll die gewünschte Klasse der Zuluftqualität berücksichtigen

ODA Qualitätskategorien

Die Dimensionierung soll in Übereinstimmung mit EN ISO 10121–1 and EN ISO 10121–2 erstellt werden.

Was sind die **relevanten Partikelgrößen** für VDI 6022:

- PM_{10} ,
- $PM_{2,5}$ und
- PM_1

Welche **Anforderungen an die Abscheideleistung**?

- **Absolut** (z. B. mindestens 80% PM_{10}) oder
- **Relativ** (z. B. Abscheideleistung abhängig von der Außenluft (gem. WHO Empfehlung))

Um den Filteranwendern eine Orientierung und Einkaufshilfe zu geben, schlägt die deutsch-schweizerische **VDI-SWKI Expertenarbeitsgruppe Luftfiltration** einen „Übersetzungsschlüssel“ vor:

Anstelle

M5	Mindestanforderung	ISO ePM₁₀ ≥ 50%
F7	Mindestanforderung oder / und	ISO ePM_{2.5} ≥ 65% ISO e PM₁ ≥ 50%
F9	Mindestanforderung	ISO ePM₁ ≥ 80%

Um den Filteranwendern eine Orientierung und Einkaufshilfe zu geben, schlägt **EVIA** vor:

Anstelle

G2	Mindestforderung	ISO_{Coarse}	≥ 30%
G3	Mindestforderung	ISO_{Coarse}	≥ 45%
G4	Mindestforderung	ISO_{Coarse}	≥ 60%
M5	Mindestanforderung	ISO ePM₁₀	≥ 50%
M6	Mindestanforderung	ISO ePM_{2.5}	≥ 50%
F7	Mindestanforderung	ISO ePM₁	≥ 50%
F8	Mindestanforderung	ISO ePM₁	≥ 70%
F9	Mindestanforderung	ISO ePM₁	≥ 80%

Alte Fassung (noch im Entwurf)

Sind am Einbauort **lang anhaltende hohe Luftfeuchtigkeiten** oder eine Durchfeuchtung der Luftfilter oder Schalldämpfer in diesem Temperaturniveau über einen Zeitraum von ca. 2 Tagen zu erwarten (z. B. in Nebelgebieten, Gebieten mit häufigen lang anhaltenden Niederschlägen), sind **geeignete Maßnahmen zur Vermeidung von mikrobieller Vermehrung** vorzusehen.

Dies kann z. B. durch **Vorerwärmung um ca. 3 K umgesetzt** werden.

Widerspruch, bzw. nur durch **Erdwärmeübertrager möglich!**

Aktueller Weißdruck

Bei Außenlufttemperaturen $> 0 \text{ °C}$ können **hohe relative Luftfeuchtigkeiten ($> 80 \%$)** an Komponenten in RLT-Anlagen zu Problemen durch **mikrobielles Wachstum** führen. Feuchtigkeiten $> 90 \%$ führen auch bei kurzzeitiger Überschreitung beispielsweise an Luftfiltern zu Problemen.

Sind am Einbauort **lang anhaltende hohe Luftfeuchtigkeiten** oder eine **Durchfeuchtung** der **Luftfilter** oder **Schalldämpfer** in diesem Temperaturniveau zu erwarten, sind **häufigere Kontrollen** durchzuführen und **gegebenenfalls geeignete Maßnahmen** zu ergreifen.



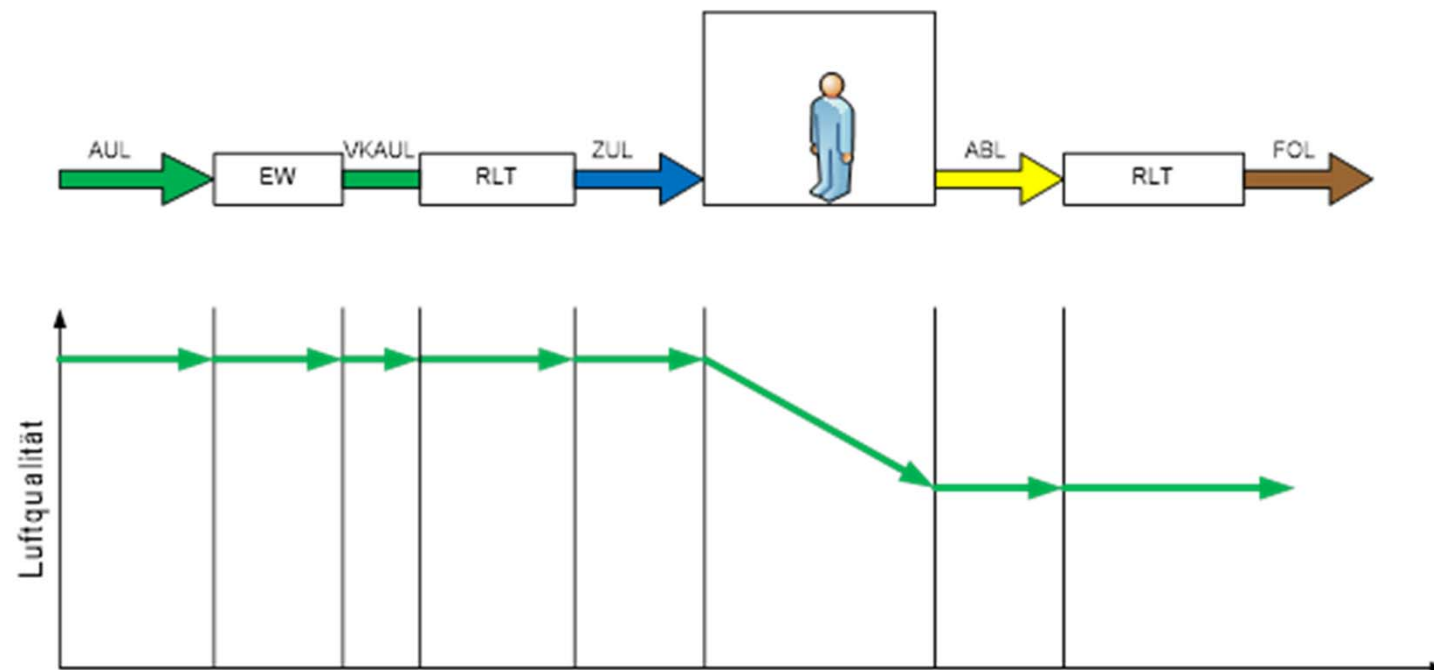
Die erste Filterstufe ist saugseitig zur Reinhaltung der Luftbehandlungselemente einzusetzen. Zusätzliche Grobfilter sind zulässig.

...

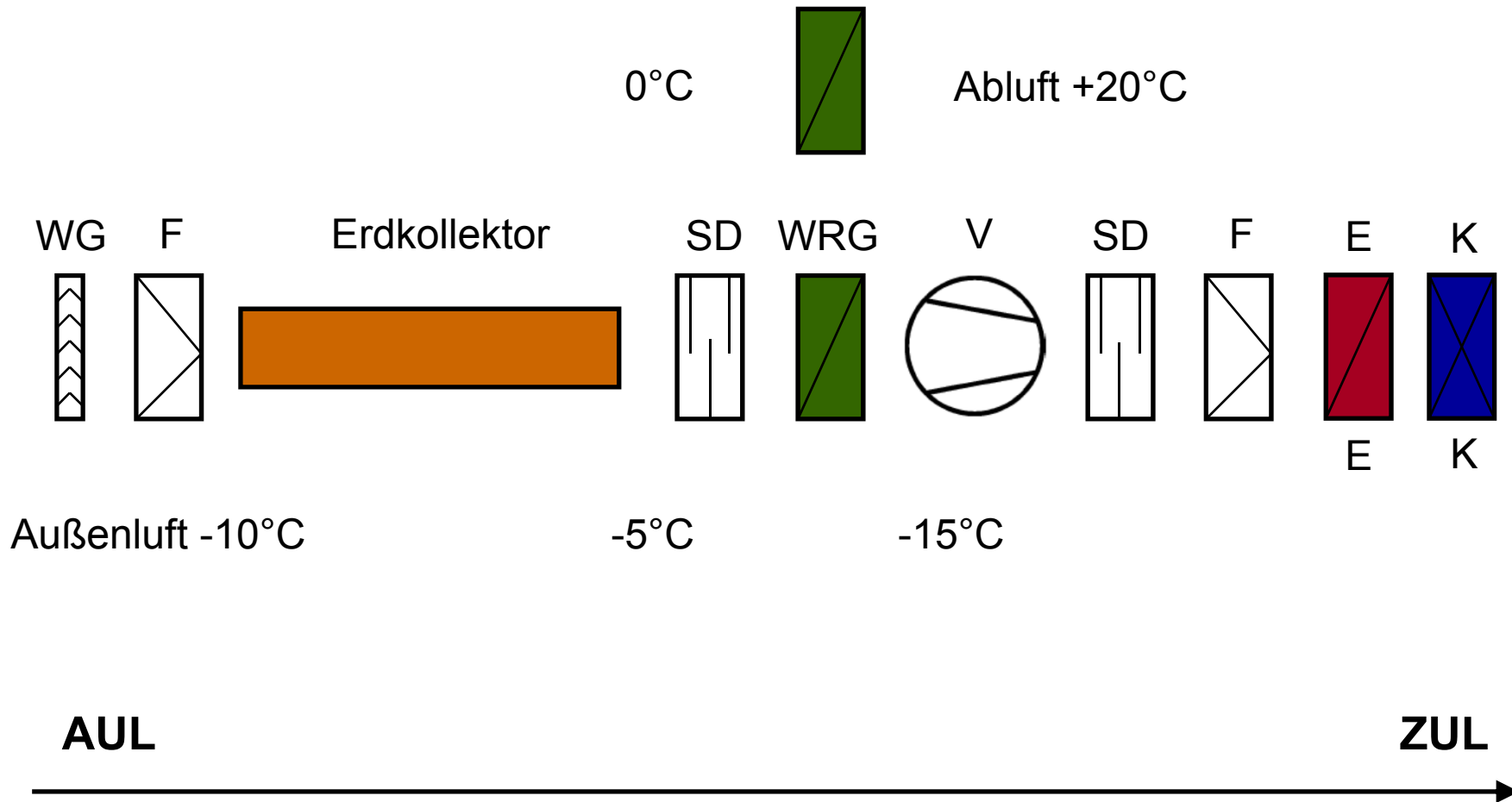
Zur Vermeidung von **Filterdurchfeuchtungen** ist VDI 6022 Blatt 1 zu beachten. **Alle Bauteile sind durch Filter zu schützen. Eine apparative Filtervorerwärmung (z. B. Lufterwärmer vor dem Filter) ist daher nicht zulässig.**

(Entwurf erscheint im Juni 2018)

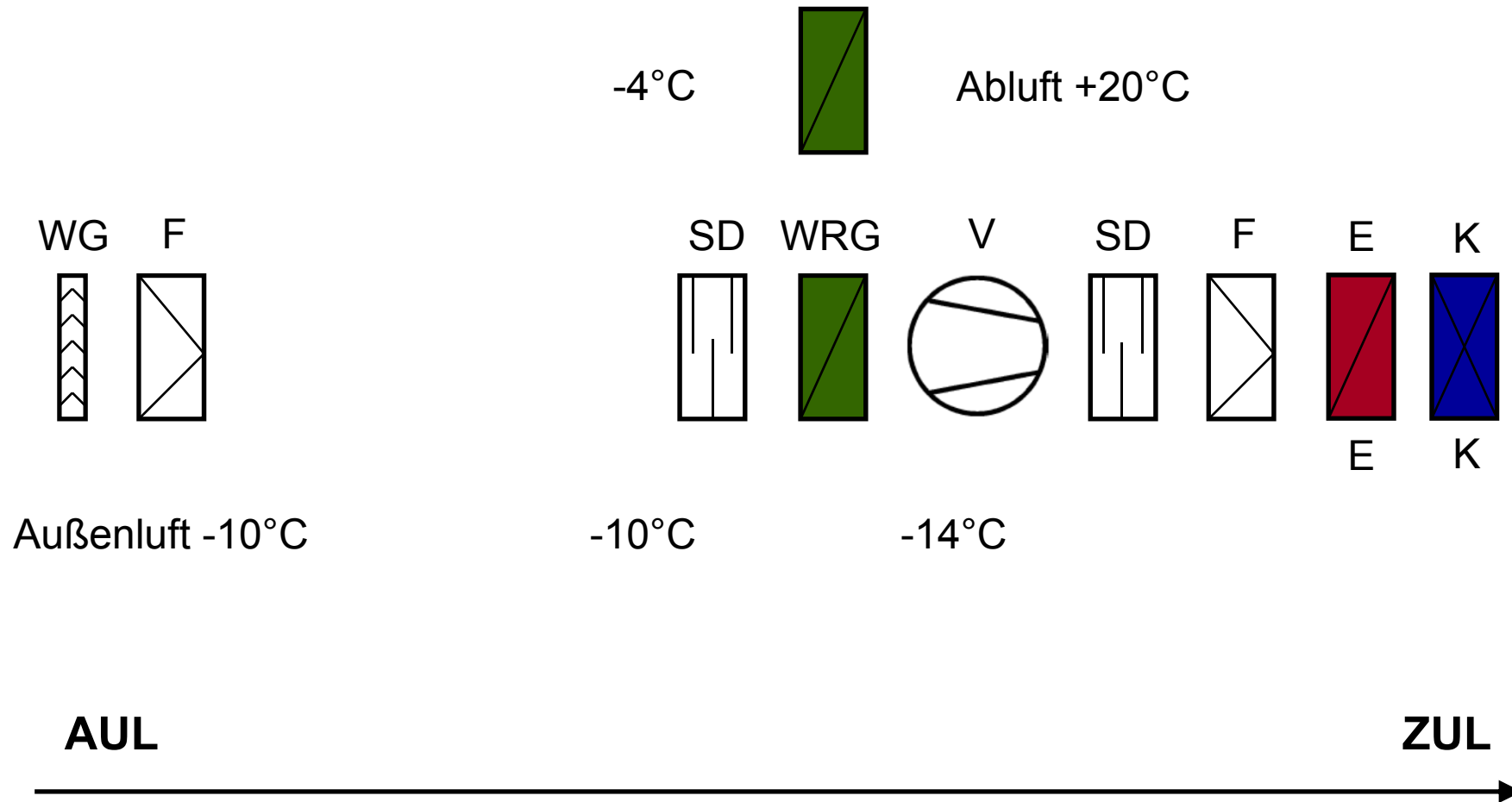
Zuluftqualität muss **mindestens** der **Qualität** einer **gesundheitlich zuträglichen Außenluft** entsprechen.
(keine Verschlechterung durch EW).



Anlage mit Erdwärmeübertrager



Anlage ohne Erdwärmeübertrager



Erdwärmeübertrager

Erdwärmeübertrager können zur Vorerwärmung oder zur Vorkühlung der Außenluft genutzt werden. Allerdings wird durch den Einsatz eines **Erdwärmeübertragers (EWÜ) zwingend das Potenzial der nachgeschalteten Wärmerückgewinnung (WRG) reduziert.**

Wird z. B. mit einem EWÜ eine Temperaturerhöhung von 5 K realisiert, reduziert sich damit das nutzbare Potenzial der nachgeschalteten WRG gleichzeitig um diese 5 K.

Ohne EWÜ würden z. B. von 5 K ohnehin 4 K (bei 80 % Übertragungsgrad der WRG) durch die WRG übertragen werden. Der Nutzen des EWÜ würde also netto bei 1 K, also bei **(1-ETAWRG)** liegen.

Erdwärmeübertrager

Somit **reduziert** sich der **Vorteil** eines vorgeschalteten EWÜ deutlich, da der **EWÜ und die WRG** um das gemeinsame **Wärmepotenzial konkurrieren**.

Als **positiv** kann aber die **Vorerwärmung der WRG** durch den EWÜ bewertet werden, da durch den EWÜ der **Vereisungsschutz** der **WRG deutlich später** genutzt werden muss, als es ohne EWÜ der Fall wäre. Der Einsatz des Vereisungsschutzes und damit eine Minderung der WRG-Wärme wird mit dem EWÜ reduziert.

Kritisch ist der EWÜ nicht nur im Hinblick auf die **energetische Konkurrenz zur WRG** zu sehen, sondern auch im Hinblick auf die **hygienischen Rahmenbedingungen**, siehe VDI 6022.

Ventilator

Der **Zuluftventilator** ist **nach der ersten Filterstufe** anzuordnen. Aus Gründen der Hygiene sind Ventilatoren oder Ventilatorenantriebe zu bevorzugen, bei denen mit **keiner Verschlechterung der Luftqualität durch Riemenantrieb** zu rechnen ist. Hinter Zuluftventilatoren mit Riemenantrieb in den Luftstrom muss eine **zusätzliche Filterstufe** (mindestens nach Tabelle 4) angeordnet werden. Aus Gründen der leichten Reinigbarkeit sind bei den **Radialventilatoren freilaufende Räder zu empfehlen**.

Zuluftventilatoren sollen so angeordnet werden, dass die **saugseitigen Leckluftströme minimiert** werden.

Ventilator

Die Ventilatoren müssen zur **Instandhaltung zugänglich** sein. Radialventilatoren mit Gehäuse sollen für Reinigungszwecke einen **Wasserablauf** mit Verschluss haben oder müssen insgesamt leicht ausbaubar sein. Bei Nenngrößen 400 mm Laufraddurchmesser ist ein leicht abnehmbarer **Revisionsdeckel** am Ventilatorgehäuse vorzusehen.

Die **Motorkabelverlegung** soll auf **kurzem Wege** ohne Leerrohre erfolgen.

Wärmerückgewinnung

Für die Wärmeübertrager in Wärmerückgewinnungssystemen gelten die in Abschnitt 6.3.15 getroffenen Festlegungen. Eine **Übertragung von Schad- und/ oder Geruchsstoffen aus der Abluft** ist zu vermeiden.

Wärmerückgewinner mit Leckage sind immer dann als **Umluftfall** zu betrachten, wenn kein ausreichendes, kontrolliertes **Druckgefälle von der Außenluft zur Fortluft** in der Wärmerückgewinnung gesichert ist. **Schadstoffübertragung** durch **Mitrotation oder Umschaltvolumen** ist ebenfalls zu bewerten. Kann eine solche Übertragung nicht ausgeschlossen werden, dürfen diese Wärmerückgewinnungssysteme nur eingesetzt werden, wenn auch die **Verwendung von Umluft** in der Anlage **hygienekonform** ist.

Berippte Wärmeübertrager

Der **Wärmeübertrager** ist von Fetten und Ölen **gereinigt** einzubauen. Die **luftberührten Oberflächen** sollen **technisch glatt** und **korrosionsbeständig** sein.

Zur optischen Prüfung, gegebenenfalls zur Probenahme und zur Reinigung, müssen **Wärmeübertrager beidseitig ausreichend zugänglich** sein und **gegebenenfalls ausziehbar** sein.

Zur Reduzierung der Verschmutzung und Verlängerung der Reinigungsintervalle ist eine **vorgeschaltete Luftfilterung** vorzusehen, bei zentralen RLT-Geräten mindestens mit einer **Filterstufe der Klasse ISO ePM10 50 %**.

Berippte Wärmeübertrager

Je nach Lamellenabstand und Reinheit der Luft ist die **Bautiefe in Luftrichtung** derart **zu begrenzen**, dass eine **vollständige und durchgängige Reinigung** mit **handelsüblichen Hilfs- und Betriebsmitteln** noch einfach möglich ist, **gegebenenfalls muss der Wärmeübertrager in der Bautiefe geteilt ausgeführt** werden.

Aufgrund der Anforderungen an die Reinigbarkeit hat sich bei Lamellen-Wärmeübertragern als **Luftherhitzer** der **Lamellenabstand von mindestens 2 mm** bewährt, er ist in Abhängigkeit von der Reinheit der durchströmenden Luft gegebenenfalls größer festzulegen.

Bei **Kühlern mind. 2,5 mm**.

Berippte Wärmeübertrager

Der Lamellenabstand bei Wärmeübertragern muss aus **energetischen und hygienischen Gründen mindestens 2,0 mm, bei Kühlern 2,5 mm** betragen. **Lufterwärmer dürfen nicht zur Trocknung der ersten Filterstufe** eingesetzt werden.

Aus Gründen der Hygiene ist eine **durchgängige Reinigung** zu gewährleisten. Für berippte Wärmeübertrager ab einer **Bautiefe von 300 mm (450 mm bei fluchtender Rohranordnung)** bezogen auf einen **Lamellenabstand von 2 mm** sind daher **besondere Maßnahmen** erforderlich; eine **geteilte Ausführung** mit **entsprechender Zugangsmöglichkeit** wird **empfohlen**. Bei **größeren Lamellenabständen** kann die zulässige **Bautiefe linear größer** gewählt werden.

Berippte Wärmeübertrager

Wärmeübertrager müssen **zur Reinigung beidseitig zugänglich** sein, oder müssen mit vertretbarem Aufwand **zur Reinigung ausgebaut werden können**. Eine **beidseitige Hochdruckreinigung** wird empfohlen.

Bei der Notwendigkeit einer Reinigung im eingebauten Zustand ist auf die kontrollierte Wasserableitung (z. B. Wanne) konstruktiv zu achten.

Der **Wärmeübertrager** ist so zu gestalten, dass ein **Reinigungsstrahl (Hochdruckreinigung)** bis **zum Ende der Bautiefe durchgängig mit einer kinetischen Restenergie** erhalten bleibt.

Berippte Wärmeübertrager

Zur Überprüfung einer etwaigen Verschmutzung muss der Wärmeübertrager so gestaltet sein, dass ein **Reinigungsfließ (z. B. als Docht)** mindestens mit einer Dicke, welche dem Lamellenabstand entspricht, durch den Wärmeübertrager gezogen werden kann. Anhand der **Verfärbung und Anhaftungen** am Reinigungsfließ kann der **Verschmutzungsgrad optisch abgeschätzt** werden.



Quelle: VDI 3803, Blatt1 Entwurf 06/2018

Wärmerückgewinner

Alle **Wärmerückgewinner** müssen zur **Reinigung beidseitig zugänglich** sein, oder müssen mit **vertretbarem Aufwand zur Reinigung ausgebaut** werden können. Eine **beidseitige Hochdruckreinigung** wird **empfohlen**.

...

Der **Wärmerückgewinner** ist so zu gestalten, dass ein **Reinigungsstrahl (Hochdruckreinigung) bis zum Ende** der Bautiefe durchgängig mit **einer kinetischen Restenergie** erhalten bleibt. Zur **Überprüfung** einer **etwaigen Verschmutzung** muss der Wärmerückgewinner so gestaltet sein, dass ein **Reinigungsfließ (z. B. als Docht)** mindestens mit einer Dicke, welche dem Lamellenabstand entspricht, durch den Wärmerückgewinner gezogen werden kann.

Wärmerückgewinner

Anhand der **Verfärbung** und **Anhaftungen** am Reinigungsfließ kann der **Verschmutzungsgrad optisch abgeschätzt** werden. **Plattenwärmeübertrager** ab einer **Bautiefe von 1.200 mm** bezogen auf einen **Lamellenabstand von 3 mm** sind bezüglich der Reinigbarkeit **besonders auszuführen**, z. B. **geteilte Ausführung**.

Bei **anderen Lamellenabständen** kann die zulässige Bautiefe **proportional** und **linear angepasst** gewählt werden.

Der **Mindestlamellenabstand** bei **Plattenwärmeübertragern** muss **2 mm** betragen.

Es dürfen nur **Materialien** eingesetzt werden, die eine **mikrobielle Vermehrung nicht fördern** und **dauerhaft korrosionsbeständig** sind.

Die Komponenten zur Luftbefeuchtung müssen gut zugänglich sein. Insbesondere müssen sie so gestaltet sein, dass die **wasserführenden Bereiche** jederzeit **inspiziert, geprüft und gereinigt** werden können.

Befeuchter dürfen nur unter Einhaltung der notwendigen **Befeuchterstrecke vor Luftfiltern oder Schalldämpfern** eingesetzt werden, ein **Wassereintrag in Luftfilter und Schalldämpfer** ist in jedem Fall **zu vermeiden**.

Um die Kondensatbildung in Luftleitungen zu vermeiden, muss u. a. die **Befeuchtungsstrecke ausreichend dimensioniert** und eine homogene Verteilung der Feuchtigkeit über den Luftquerschnitt sichergestellt sein.

Luftbefeuchter sind zusammen mit Vor- und Nachwärmern so auszulegen, dass nach der Befeuchtungsstrecke eine **relative Feuchte von 90 % nicht überschritten** wird.

Mikrobielle Vermehrung in Befeuchtungseinrichtungen, **auch in Stillstandszeiten, ist zu vermeiden.**

Vorzusehen ist eine **Schauöffnung** (mindestens 150 mm Durchmesser) und eine von außen bedienbare Beleuchtung der Befeuchterkammer.

Der Betriebszustand der Beleuchtung muss außen erkennbar sein. Weiterhin ist eine **Verdunklungsmöglichkeit der Schauöffnung** (Ausnahme Dampfbefeuchtung) vorzusehen. Durch das Gehäuse der Befeuchtung darf kein Licht von außen einfallen.

Das in den Befeuchter eingespeiste Wasser muss die mikrobiologischen Anforderungen der **Trinkwasserverordnung (TrinkwV)** erfüllen. Die sonstigen Anforderungen an das zur Befeuchtung verwendete Wasser sind der **Richtlinie VDI 3803 Blatt 1, Tabelle B1** zu entnehmen. Eine **Rückspeisung** in das Trinkwassernetz muss durch entsprechende **Sicherungseinrichtungen ausgeschlossen** werden, siehe DIN EN 1717.

Eine Überschreitung der Beurteilungswerte nach Tabelle 3 muss z. B. durch **geeignete Konstruktionen** und **Reinigungsmöglichkeiten** verhindert werden.

Kondensatwannen sind mit **allseitigem Gefälle** zum Wasserablauf, auch im Einbauzustand, und Siphon vorzusehen, bei dem luftseitige Leckagen verhindert werden.

Ein direkter **Anschluss der Wasserabläufe an das Abwasser-**
netz ist **nicht zulässig**.

Bei Abschaltung oder **Ausfall der RLT-Anlage** muss der **Befeuchter automatisch abgeschaltet** werden. Die notwendige **Vorlaufabschaltung** muss sicherstellen, dass die Befeuchterkammer bei planmäßigem Herunterfahren vorher **trocken-**
gefahren werden kann.

Es muss gewährleistet werden, dass in Stillstandsphasen der Anlage oder in Zeiträumen ohne Befeuchtungsanforderung, die **länger als 48 Stunden** andauern, die **Wanne und die Leitungen vollständig entleert** werden können. Ziel ist es, die Anlage so ausreichend zu entleeren, dass die durch Oberflächenspannungen verbleibenden Wasserreste durch das „**Trockenfahren**“ der Anlage **vollständig getrocknet** werden können.

Tropfenabscheider und **Gleichrichter** müssen zum Austausch oder zur Reinigung **leicht demontierbar gestaltet** sein.

Befeuchter mit Umlaufwasser sind mit einer **Absalzvorrichtung** zu versehen. Die Einrichtungen zur Wasserspeicherung (Wasserbehälter, Wasserwannen usw., inklusive Rohrleitungen) müssen so gestaltet sein, dass eine **vollständige Entleerung** durch **einfache Bedienungsmaßnahmen** möglich ist.

Tabelle 3. Hygieneparameter „Umlaufwasser“

Verfahren/Hygieneparameter	Beurteilungswerte Umlaufwasser
Gesamtkoloniezahl (Bakterien) nach DIN EN ISO 6222 oder TrinkwV	< 1000 KBE/ml
<i>Legionella</i> sp. nach DIN EN ISO 11731 und DIN EN ISO 11731-2	< 100 KBE/100 ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> King B Agar, 36 °C, 48 h DIN EN ISO 16266	< 100 KBE/100 ml

Anhang A

Anwendung	Anmerkung / Beispiele	Umlaufwasser	Frischwasser
Mikrobiologische Mindestanforderungen an Füll- und Speisewasser von Befeuchtungsanlagen	Auszug der TrinkwV 2001	-	B1
Abluftbefeuchter*	Kontakt-, Hybrid- oder Sprühbefeuchter	Herstellerangaben	
Zuluftbefeuchter	Kontakt-, Hybrid- oder Sprühbefeuchter , Hochdruckbefeuchter	B3 + B2.1	B1 + B2.2
Rückkühlwerke	Offene und geschlossene Kühltürme als Serienkühlturm, z. B. Nasskühlturm, Nass-/Trockenkühlturm	B4	siehe 42. BlmschV und VDI 2047 Blatt 2
Dampfbefeuchter	Siehe Abschnitt 6.2.10	-	B1

Übersicht für die Anwendung nachfolgender Tabellen:

* Wenn die Abluft Einfluss auf die Zuluft hat, so sind die Vorgaben der Zuluftbefeuchter (siehe VDI 6022 Blatt 1) zu beachten.

Anhang A

Parameter	Grenzwerte	Bemerkungen
Koloniezahl bei 22°C und 36°C	100 / ml	
Coliforme Bakterien	0 / 100 ml	
Escherichia coli (E. coli)	0 / 100 ml	
Enterokokken	0 / 100 ml	
Clostridium perfringens (einschließlich Sporen)	0 / 100 ml	Bei Wasser, deren Rohwasser von Oberflächenwasser beeinflusst wird
Legionella spec.	100 / 100 ml	Technischer Maßnahmewert
Pseudomonas aeruginosa	0 / 100 ml	Für medizinische Einrichtungen

Tabelle A1. Mikrobiologische Parameter der TrinkwV 2001 und VDI/DVGW 6023

Anhang A

Beschaffenheit	Einheiten	für Raumluftqualität RAL 2, RAL 3 oder RAL 4	für Raumluftqualität RAL 1 (EDV-Räume)	für Raumluftqualität RAL 1 (Steril- und Reinräume)
Aussehen		klar, farblos und ohne Bodensatz	klar, farblos und ohne Bodensatz	klar, farblos und ohne Bodensatz
pH-Wert ^{a)}		6,5 – 9,5	6,5 – 9,5	6,5 – 9,5
Elektrische Leitfähigkeit ^{b)} (25°C)	µS/cm	< 1000	< 300 ^{c)}	< 120 ^{c)}
Summe Erdalkalien (Gesamthärte)	mmol/l (°d)	< 0,72 (< 4)	< 0,72 (< 4)	< 0,36 (< 2)
Chlorid (Cl⁻)	mmol/l (mg/l)	< 4 (< 140)	< 1,4 (< 50)	< 0,55 (< 20)
Sulfat /SO₄²⁻	mmol/l (mg/l)	< 1,2 (< 115)	< 0,4 (< 38)	< 0,15 (< 15)
Oxidierbarkeit in O₂	g/m ³	< 10	< 5	< 2
Gesamtkeimzahl ^{d)}	KBE/ml	< 1000	< 100	< 10
Legionellen spec. ^{d)}	KBE/100ml	< 100	< 100	< nicht nachweisbar

Tabelle A2. Empfohlene Richtwerte für die Beschaffenheit des **Umlaufwassers** in Kontakt-, Hybrid- oder Sprühbefeuchtern

a) Bei Systemeinheiten aus Aluminium ist der pH-Wert auf max. 8,5 zu begrenzen

b) Bei Befeuchtung auf über 95% rel. Feuchte ist mit Tropendurchschlag zu rechnen. In diesen Fällen ist die elektrische Leitfähigkeit zu reduzieren.

c) In Einzelfällen können höhere Werte zugelassen werden. Es ist dann mit höherer Filterstaubbelastung zu rechnen.

d) Hinweise zu Untersuchungsintervallen und Durchführungsvorgaben sind der VDI 6022 Blatt 1 zu entnehmen.

Anhang A

Beschaffenheit	Einheiten	für Raumluftqualität RAL 2, RAL 3 oder RAL 4	für Raumluftqualität RAL 1 (EDV-Räume)	für Raumluftqualität RAL 1 (Steril- und Reinräume)
Aussehen		klar, farblos und ohne Bodensatz	klar, farblos und ohne Bodensatz	klar, farblos und ohne Bodensatz
pH-Wert ^{a)}		5,5 – 9,5	5,5 – 9,5	5,5 – 9,5
Elektrische Leitfähigkeit ^{b)} (25°C)	µS/cm	< 500	< 300 ^{c)}	< 120 ^{c)}
Summe Erdalkalien (Gesamthärte)	mmol/l (°d)	< 0,72 (< 4)	< 0,72 (< 4)	< 0,36 (< 2)
Chlorid (Cl⁻)	mmol/l (mg/l)	< 2 (< 70)	< 1,4 (< 50)	< 0,55 (< 20)
Sulfat /SO₄²⁻	mmol/l (mg/l)	< 0,5 (< 50)	< 0,4 (< 38)	< 0,15 (< 15)
Oxidierbarkeit in O₂	g/m ³	< 5	< 5	< 2
Gesamtkeimzahl ^{d)}	KBE/ml	< 100	< 100	< 10
Legionellen spec. ^{d)}	KBE/100ml	< 100	< 100	< nicht nachweisbar

Tabelle A2. Empfohlene Richtwerte für die Beschaffenheit des **Frischwassers** in Kontakt-, Hybrid- oder Sprühbefeuchtern

a) Bei Systemeinheiten aus Aluminium ist der pH-Wert auf max. 8,5 zu begrenzen

b) Bei Befeuchtung auf über 95% rel. Feuchte ist mit Tropendurchschlag zu rechnen. In diesen Fällen ist die elektrische Leitfähigkeit zu reduzieren.

c) In Einzelfällen können höhere Werte zugelassen werden. Es ist dann mit höherer Filterstaubbelastung zu rechnen.

d) Hinweise zu Untersuchungsintervallen und Durchführungsvorgaben sind der VDI 6022 Blatt 1 zu entnehmen.

Anhang A

Beschaffenheit	Einheiten	für Raumluftqualität RAL 2, RAL 3 oder RAL 4	für Raumluftqualität RAL 1 (EDV-Räume)	Für Raumluftqualität RAL 1 (Steril- und Reinräume)
Aussehen		klar, farblos und ohne Bodensatz	klar, farblos und ohne Bodensatz	klar, farblos und ohne Bodensatz
pH-Wert		5,5 – 8,2	5,5 – 8,2	5,5 – 8,2
Elektrische Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm	< 50	< 20	< 5
Summe Erdalkalien (Gesamthärte)	mmol/l (°d)	< 0,18 (< 1)	< 0,09 (< 0,5)	< 0,01 (< 0,05)
Chlorid (Cl ⁻)	mmol/l (mg/l)	< 0,5 (< 18)	< 0,14 (< 5)	< 0,03 (< 1)
Sulfat /SO ₄ ²⁻	mmol/l (mg/l)	< 0,15 (< 14)	< 0,03 (< 3)	< 0,01 (< 1)
Oxidierbarkeit in O ₂	g/m ³	< 1	< 0,1	< 0,05
Gesamtkeimzahl	KBE/ml	< 100	< 50	< 5
Legionellen spec.	KBE/100ml	< 100	< 100	< nicht nachweisbar

Tabelle A4. Empfohlene Richtwerte für die Beschaffenheit des Befeuchtungswassers für **Direkt-befeuchtungssysteme** (z. B. Hochdruckbefeuchter) bei denen das Befeuchterwasser annähernd zu 100% an die Luft abgegeben wird

Anhang A

Beschaffenheit	Einheiten	Vom Umlaufwasser beaufschlagtes Material ^{a)}		
		C-Stahl und Buntmetalle ^{b)}	C-Stahl und andere Metalle, alle beschichtet	Kunststoffe, Cr-Ni-Mo-Stahl
Aussehen		klar, farblos und ohne Bodensatz	klar, farblos und ohne Bodensatz	klar, farblos und ohne Bodensatz
pH-Wert ^{c)}		7,4 bis 9,5	7,4 bis 9,5	7,4 bis 9,5
Elektrische Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm	< 2200	< 2500	<3000
Summe Erdalkalien (Gesamthärte)	mmol/l	< 0,7	< 0,7	<0,7
	(°d)	(< 4)	(< 4)	(< 4)
Summe Erdalkalien (Gesamthärte) bei chem. Härtestabilisierung	mmol/l	< 3,6	< 3,6	< 3,6
	(°d)	(< 20)	(< 20)	(< 20)
Chlorid (Cl ⁻)	mmol/l	< 4,2	< 7	< 5,6
	(mg/l)	(< 150)	(< 250)	(< 200)
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mmol/l	< 3,4	4,2	< 6,3
	(mg/l)	(< 325)	(< 400)	(< 600)
Oxidierbarkeit in O ₂	g/m ³	< 20	< 20	< 20

Tabelle A5. Empfohlene Richtwerte für die Beschaffenheit des **Umlaufwassers** in **Verdunstungskühlanlagen** (bei geschlossenen Verdunstungskühlern Oberflächentemperatur am Wärmeübertrager < 60°C)

Generell

- **weitgehende Vermeidung von Leckagen.**
- **Wärmerückgewinner mit Leckage** sind immer dann als **Umluftfall** zu betrachten, wenn kein **ausreichendes, kontrolliertes Druckgefälle** von der **Außenluft zur Fortluft** in der Wärmerückgewinnung gesichert ist. Schadstoffübertragung durch **Mittrotation** oder **Umschaltvolumen** ist ebenfalls zu bewerten.

VDI 3803 Blatt 1 Entwurf



Einfluss der Leckage bei RLT-Anlagen

Zuluft

Außenluft V_{AUL} m³/h t_{AUL} °C Anordnung des Ventilators (Zuluft)

Nennraten WRG η_{WRG} % $dP_{WRG, Zuluft}$ Pa

Systemwirkungsgrad $\eta_{Sys.}$ %

Auslegungsleistung $P_{m, Ausl.}$ **5.093 W** dP_{total} **1.115 Pa** Ventilatorwärme K
 $t_{WRG0} = 17,5$ °C

Leckage

Kanal (saugseitig) % -0,3 % $t_{L1} =$ °C dP_{Angabe} Pa $V_{11} = 10.030$ m³/h $t_{K1} = 0,03$ °C

Gehäuse (saugseitig) % -1,2 % $t_{L2} =$ °C Pa $V_{12} = 10.150$ m³/h $t_{G1} = 0,231$ °C

Ventilatorwärme vor der WRG K $t_V = 0,2$ °C

Leckage vor der WRG % -3,0 % $t_{L3} = 6,9$ °C $V_{13} = 10.455$ m³/h $t_{WRG1} = 0,427$ °C

WRG korr. $\eta_{WRG, korr.}$ **68,8** % $dP_{WRG, korr.}$ **215 Pa** $t_{WRG} = 17,32$ °C

Leckage nach der WRG % -7,0 % $t_{L4} = 24,1$ °C $V_{14} = 11.187$ m³/h $dt_{WRG2} = 18,9$ °C

Ventilatorwärme nach der WRG K $t_V = 20,4$ °C

Gehäuse (druckseitig) % 1,0 % Pa $V_{15} = 11.075$ m³/h $dt_{G2} = 20,4$ °C

Kanal (druckseitig) % 2,0 % Pa $V_{16} = 10.853$ m³/h $dt_{K2} = 20,4$ °C

Volumenstrom Raum ZUL _{tats.} **10.853** m³/h

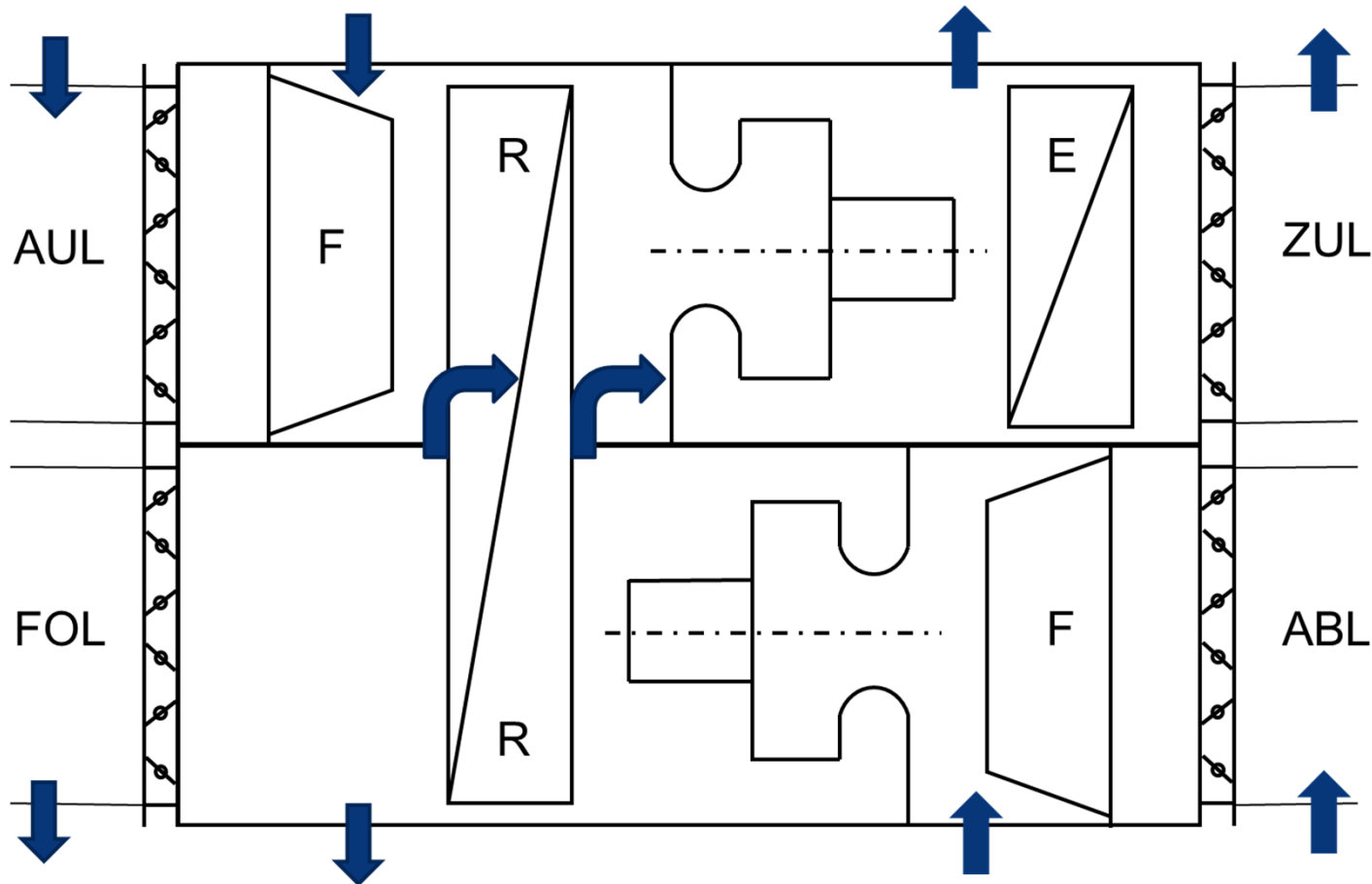
Volumenstrom Raum AUL _{tats.} **9.702** m³/h

Volumenstrom Raum AUL _{notw.} **11.187** m³/h $V_{fan} = 11.187$ m³/h

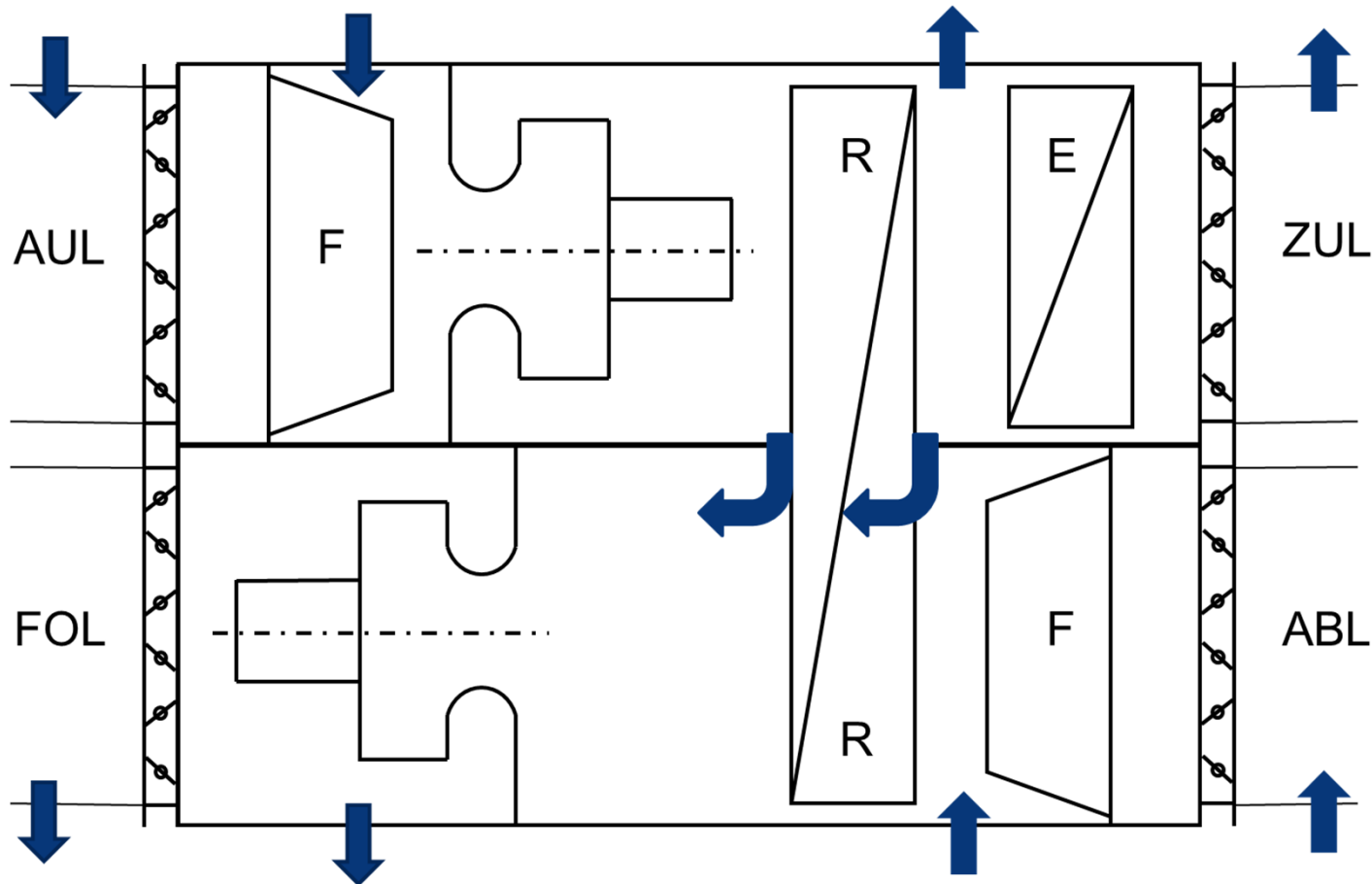
Volumenstrom Raum FOL _{notw.} **11.187** m³/h **Wärmebereitstellungsgrad 81,6** %

© Prof. Dr.-Ing. Christoph Kaup HOWATHERM Klimatechnik GmbH 2017 (Exponent zur dP Berechnung 1,6)

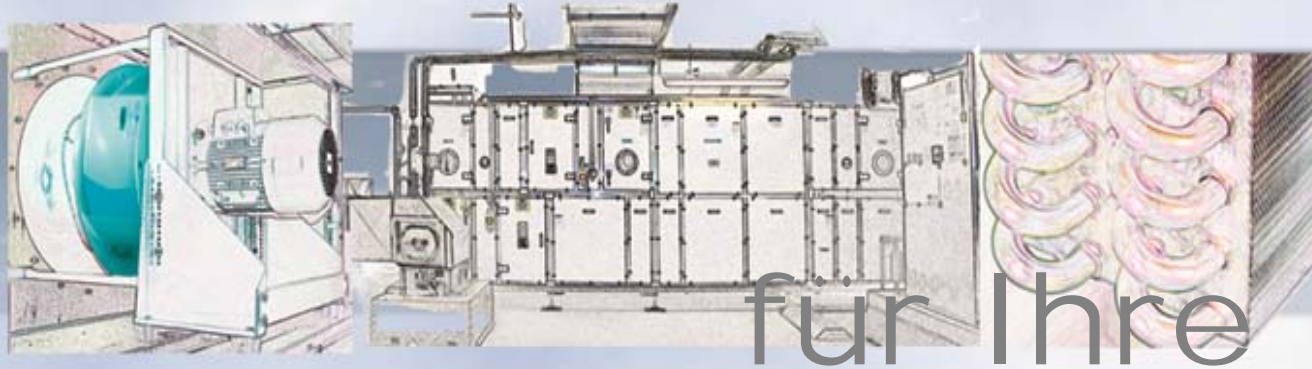
Leckagefluss **thermisch** sinnvoll



Leckagefluss **hygienisch** sinnvoll



Herzlichen Dank



für Ihre
Aufmerksamkeit

Die neue 6022 Blatt 1

RLT-Anlagen im Kontext zur VDI 3803 B.1
EN 779, sowie ISO 16890

Prof. Dr.-Ing. Christoph Kaup
c.kaup@umwelt-campus.de



HOCHSCHULE TRIER
Umwelt-Campus Birkenfeld
Umwelt macht Karriere.