

# Zukunftstaugliche Komfort- Lüftungssysteme in groß- volumigen Wohngebäuden im Spannungsfeld von Hygiene und Kosten

Infoblätter zur  
Lüftungsreinigung

B. Unterberger, E. Mairinger,  
J. Rammerstorfer, M. Krempl,  
W. Hüttler, F. Twardik, P. Tappler,  
W. Leitzinger

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

## 4c/2014

**Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter  
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

# Zukunftstaugliche Komfort- Lüftungssysteme in großvolumigen Wohngebäuden im Spannungsfeld von Hygiene und Kosten

Infoblätter zur Lüftungsreinigung

DI Beatrice Unterberger, DI (HTL) Emanuel Mairinger  
BauXund Forschung und Beratung GmbH

DI (FH) Johannes Rammerstorfer, DI (FH) Manuel Krempl,  
DI Walter Hüttler  
e7 Energie Markt Analyse GmbH

DI Felix Twardik, DI Peter Tappler  
IBO Innenraumanalytik OG

Ing. Wolfgang Leitzinger  
leit-wolf Luftkomfort e.U.

Wien, Juni 2013

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“). Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse [www.HAUSderZukunft.at](http://www.HAUSderZukunft.at) Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula  
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

---



## 1. Inhaltsverzeichnis

1.	Inhaltsverzeichnis.....	2
2.	Vorwort .....	3
3.	Folgerungen aus den Studienergebnissen .....	4
4.	Quellen und Arten der Verunreinigungen .....	6
5.	Auswirkungen von Verunreinigungen.....	8
6.	Feststellung des Reinigungsbedarfs.....	9
7.	Reinigungsvoraussetzungen .....	10
8.	Reinigungsmethoden .....	10
8.1.	Mechanische Bürstenreinigung.....	11
8.2.	Druckluftreinigung.....	13
8.3.	Mikrofaser-(Feucht)reinigung .....	15
8.4.	Manuelle Reinigung .....	16
9.	Anwendung der Methoden .....	16
10.	Reinigungsabläufe.....	18
10.1.	vertikale Luftleitungen.....	18
10.2.	horizontale Luftleitungen .....	19
10.3.	baumförmige Verrohrung.....	20
10.4.	sternförmige Verrohrung.....	21
11.	Reinigungskosten.....	23
12.	Abbildungsverzeichnis.....	24
13.	Tabellenverzeichnis.....	24
	Danksagung.....	25

## 2. Vorwort

Ausreichende Belüftung von Räumen führt nachweislich zu Verbesserungen der subjektiven Einschätzung der Luftqualität, zur Reduktion von gesundheitlichen Beschwerden sowie zur Steigerung der körperlichen und geistigen Leistungsfähigkeit. Komfortlüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung gewährleisten auch bei geschlossenen Fenstern eine hohe Raumlufthqualität. Insbesondere schützen sie vor Feuchte- und Schimmelschäden. Gut abgestimmte Systeme leisten außerdem einen wesentlichen Beitrag zur Energieeffizienzsteigerung von Gebäuden.

Die aktuelle Normungssituation und die Erfahrungen der Hersteller und Anlagenerrichter reichten bislang jedoch nicht aus, um wesentliche Fragen – wie beispielsweise Begründungen für Reinigungsmaßnahmen von luftführenden Bauteilen – fundiert beantworten zu können. Das fehlende Wissen und mangelnde Bewusstsein führte dazu, dass das Thema in der Praxis kaum beachtet oder sogar bewusst verdrängt wurde. Das betrifft neben erforderlichen baulichen Vorkehrungen (Wartungsöffnungen, Zugänglichkeit, reinigungsfreundliche Ausführung) und Wartungsanforderungen, insbesondere die Fragen der Langzeithygiene, der Betriebssicherheit (vorbeugender Brand- und Rauchschutz) und der längerfristigen Funktionalität und Gebrauchstauglichkeit der Lüftungsanlage.

Die Untersuchungen im Projekt „Zukunftstaugliche Komfortlüftungssysteme in großvolumigen Wohngebäuden im Spannungsfeld von Hygiene und Kosten (ZuKoLü)“ bestätigen, dass Wohnungslüftungen in bestimmten Abständen einer Reinigung zu unterziehen sind. Die zeitlichen Abstände sind von mehreren Faktoren abhängig. Die im Rahmen des Projektes erstellte Kostenbetrachtung über die Lebensdauer der Anlage zeigt, dass die periodischen Reinigungs- und Wartungskosten einen bedeutenden Anteil an den Gesamtkosten einnehmen.

Das wesentliche Ziel der Untersuchungen war das Erstellen von Infoblättern und Checklisten für Planung, Errichtung, Betrieb und Instandhaltung, sowie Reinigung von langzeithygienischen und kosteneffizienten Komfortlüftungsanlagen im großvolumigen Wohnbau.

Besonderes Augenmerk wurde auf das Thema „reinigungsfreundliche Ausführung“ gelegt, da bislang kaum ein Informationsfluss von Seiten der Reinigungsunternehmen an Planer und Ausführende stattfand. Im Zuge des Projektes wurden dazu insgesamt 18 Experten einschlägiger Unternehmen nach den Möglichkeiten und Erfahrungen mit der Reinigung von Wohnungslüftungssystemen befragt. Die zusammenfassenden Erkenntnisse aus diesen Interviews sind in diesem Dokument und in der „Checkliste für Lüftungsplaner und Ausführende“ aufbereitet.

### 3. Folgerungen aus den Studienergebnissen

#### ***Komfortlüftungsanlagen erhöhen die Luftqualität im Wohnraum***

Die Zuluftqualität ist bei allen untersuchten Anlagen aus hygienischer Sicht deutlich besser zu bewerten als die Außenluft- und die Raumluftqualität (bei natürlicher Lüftung) in Bezug auf Fein- und Feinststaub, Schimmel- und Hefepilze. Die Studienergebnisse zeigen klar, dass sich die Luftqualität im Wohnbereich durch die installierten kontrollierten Wohnraumlüftungen verbessert. Diese optimalen Voraussetzungen für die Innenraumluftsituation sind zugleich auch mit positiven Effekten auf Gesundheit und Wohlbefinden der BewohnerInnen verbunden.

#### ***Luftleitungen im Zuluftbereich befinden sich überwiegend in einem hygienisch sauberen Zustand!***

Bei ordnungsgemäßer Ausführung der Lüftungsanlage, richtiger Filterung und regelmäßiger Wartung kommt es im Regelfall zu keiner bedenklichen Vermehrung von Keimen wie Bakterien oder Schimmelpilzen an Oberflächen von luftführenden Bauteilen im Zuluftbereich. Standardmäßig wurde im Bereich der raumluftechnischen Zentralanlagen und der dezentralen Lüftungsgeräte der hygienisch-mikrobiologische Zustand im Bereich der Zuluftleitungen nach Filter und Wärmetauscher durch Stichproben überprüft. Bei etwa drei Viertel der Prüfungen war der Zustand zumindest hygienisch ausreichend oder besser. Bei mehr als 40 % aller überprüften Anlagen war hier der hygienisch-mikrobiologische Zustand sogar als "gut oder sehr gut" einzustufen (Beurteilung nach VDI 6022-1).

Der Staubansammlungsgrad (das ist eine Maßzahl für die abgelagerte Staubmenge innerhalb der Luftleitung) in Zuluftleitungen stieg tendenziell in Abhängigkeit von der Betriebsdauer und bei niedriger Filterqualität. Der Richtwert für die mittlere Sauberkeitsqualitätsklasse nach ÖNORM EN 15780 wurde bei älteren Anlagen und niedriger Filterklasse (Größenordnung von etwa 10 Jahren Betriebszeit) tendenziell überschritten. Jüngere Anlagen entsprachen den Anforderungen der mittleren Sauberkeitsqualitätsklasse, die bei Wohnraumlüftungen angestrebt werden sollte.



Abbildung 1 und 2: Zuluftleitungen mit grenzwertiger und akzeptabler Sauberkeit

### ***Staubansammlungen in Abluftleitungen beeinträchtigen die Funktion der Lüftungsanlage***

Die Menge der Staubansammlung im Abluftsystem wurde bei vielen untersuchten Anlagen nicht erkannt oder unterschätzt. NutzerInnen bemerkten, dass nach einigen Jahren Betrieb der Verschmutzungsgrad der Abluftfilter deutlich nachlässt. Der Grund dafür liegt in der zunehmenden Rückhaltung von Fasern und Hausstaub in den Abluftleitungen. Die größten Staubmengen waren in Luftleitungen von Küchen- und Badezimmern feststellbar, wobei die Ablagerungen mit zunehmender Entfernung vom Ventil langsam abnehmen. Beim Luftdurchlass aller untersuchten und vor 2006 errichteten Anlagen wurden die Grenzwerte der ÖNORM EN 15780 um ein Vielfaches überschritten.

Die Querschnittsverengungen infolge dieser Ablagerungen können den Stromverbrauch des Ventilators deutlich erhöhen. Durch Reinigung der Anlage besteht ein Potenzial zur Energieeinsparung. Darüber hinaus verursachen Staubansammlungen eine Verringerung der Volumenströme in den kontaminierten Strängen und können dadurch eine unerwünschte Einschränkung der Lüftungsfunktion bewirken.

Eine nicht zu unterschätzenden Gefahr bedeuten Ablagerungen aber für den vorbeugenden Brandschutz. In erster Linie stellt das Gemisch aus Flusen, Staub und Fett selbst eine Brandlast dar, die eine Brandentstehung und -ausbreitung begünstigen kann. Neben der eigentlichen Brandlast können schon relativ geringe Mengen an Staub das zuverlässige Verschließen von Kaltrauchsperrern verhindern, und damit die Sicherheit von Personen gefährden, bzw. eine Geruchsübertragung bei bestimmten Verhältnissen begünstigen.



Abbildung 3 und 4: typische Ablagerungen in Abluftleitungen nach mehrjährigem Betrieb

### ***Komfortlüftungssysteme sind in einem regelmäßigen Intervall zu warten und zu reinigen***

Empfehlungen zu Wartungsabläufen von Komfortlüftungsanlagen sind in der 2012 veröffentlichten Forschungsarbeit der Programmlinie Haus der Zukunft Plus mit dem Titel „Wartungskosten Minus“ [Quelle: Schöberl&Pöll] dargestellt. Es empfiehlt sich eine vom Bauträger bzw. von der Hausverwaltung organisierte Wartung durchzuführen, um sicher zu stellen, dass diese regelmäßig und fachgerecht erfolgt. Die Praxis zeigt, dass dies z.B. beim Filtertausch durch die NutzerInnen nicht in jedem Fall gewährleistet ist. Als Kriterium für Wartung und Filterwechsel soll der Druckverlust aufgrund der Filterbeladung herangezogen

werden. Ein verkürztes Filterwechselintervall kann die Wartungskosten erhöhen, bewirkt aber ein Absinken der Energiekosten im laufenden Betrieb.

Im Einklang mit den geltenden Normen ist aus hygienischen Gründen ein Filtertausch auch bei Nichterreichen der Enddruckdifferenz der Filterüberwachung nach spätestens 12 Monaten vorzunehmen.

Wann eine Reinigung von Anlagenabschnitten erforderlich ist, wird im Abschnitt 6: „Feststellung des Reinigungsbedarfs“ erläutert.

## 4. Quellen und Arten der Verunreinigungen

Luftgetragene Verunreinigungen gelangen durch die Ansaugung von Außenluft und die Absaugung von Raumluft in das System. Verunreinigungen können aber auch von nicht abriebbeständigen Materialien in den Luftleitungen stammen. Dies betrifft jedoch nur ältere Lüftungssysteme, bei denen zum Teil noch innenliegende, faserhaltige Dämmmaterialien eingesetzt wurden.

### **Außenluft:**

Je nach Abscheidegrad des Außenluftfilters (abhängig von Filterklasse) und der Filterbypassleckage wird in den danach angeordneten luftdurchströmten Anlagenteilen ein kleiner Teil der in der Luft verbleibenden Teilchen abgeschieden. Diese Partikel werden bei den heute üblichen Filterklassen (tendenziell mindestens F7) erst nach einigen Jahren als sehr feiner Staubbelag an der Rohroberfläche sichtbar. Solange diese Staubmenge im Verhältnis zu der in der Wohnung abgelagerten sehr klein ist, keiner hohen relativen Luftfeuchte ausgesetzt wird und nicht in die Raumluft gelangt, ist eine gesundheitlich negative Beeinflussung praktisch auszuschließen.

Die Zusammensetzung und die Größe der Partikel in der Außenluft können je nach Ort und Jahreszeit sehr unterschiedlich sein. Die Größe und das Material der Partikel bestimmen auch deren gesundheitlichen Einfluss.

### **Feinstaub:**

Als Feinstaub (PM 10) bezeichnet man Schwebstaub, dessen Teilchendurchmesser kleiner als 10 Mikrometer (0,01 Millimeter) ist. Als gesundheitlich besonders relevant wird Feinstaub unterhalb von 2,5 Mikrometer (PM 2,5) eingestuft. Feine Teilchen gelangen bis in die Lungenbläschen und in den Blutkreislauf. Zahlreichen Studienergebnisse belegen diverse negative Gesundheitseffekte auf den gesamten menschlichen Organismus. Das sind vor allem Beeinträchtigungen der Atemwege und des Herzkreislaufsystems, sowie Einbußen der geistigen Leistungsfähigkeit. Da Feinstaub im urbanen Raum vorwiegend durch Verbrennungsprozesse entsteht, der auch andere krebserregende Stoffe enthält, geht von ihm besondere Gefahr aus. An stark befahrenen Straßen oder durch Hausbrand kann die Feinstaubkonzentration daher besonders hoch sein.

Wie zahlreiche Studien gezeigt haben, sind die Hauptverursacher für Feinstaub der Verkehr, der Hausbrand und die Industrie. Beim Verkehr stammt der Großteil von Diesel-Kfz und der

Aufwirbelung von Straßenstaub. Alte, mit Holz oder Kohle betriebene Einzelöfen sind beim Hausbrand die Hauptverursacher. Bei der Industrie stammt der Gutteil aus der Bauwirtschaft. [Quelle: umweltbundesamt.at].

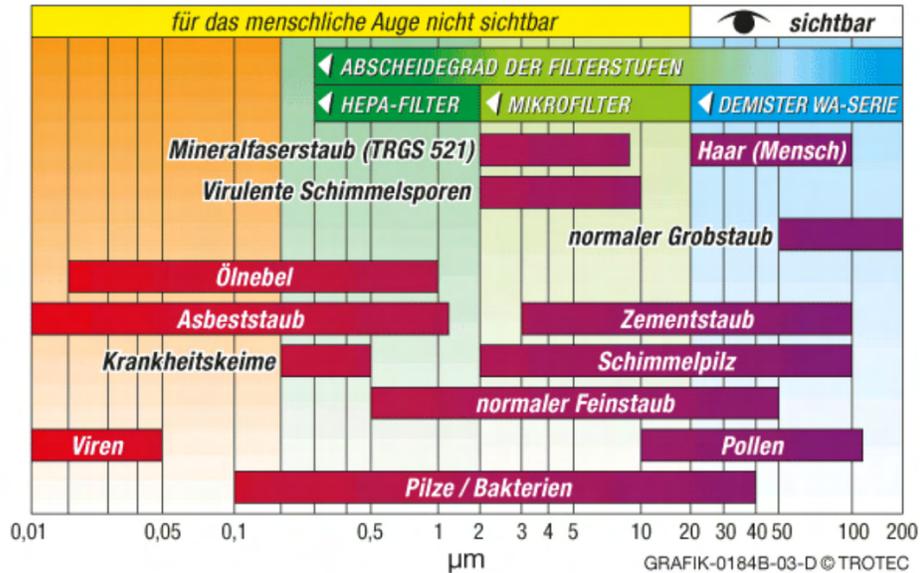


Abbildung 5: Durchmesser unterschiedlicher Partikel, Quelle: Fa. Trotec

Partikelgröße µm	>10	>1	>0,1	0,01 - 0,1
Partikel	Pollen, Grobstaub	Sporen	Bakterien	Feinstaub (Ruß, Viren, Abgase)
Filterqualität	Abscheidegrad			
G4	85%	15%	0%	0%
F6	100%	50%	5%	0 - 5%
F7	100%	85%	25%	0 - 25%
F8	100%	95%	35%	0 - 35%
F9	100%	98%	45%	0 - 45%

Tabelle 1: Abscheidegrade unterschiedlicher Filterklassen, Quelle: komfortlüftung.at

Die in der Außenluft- bzw. Zuluft eingesetzte Filterklasse F7 ermöglicht ab einer Partikelgröße von größer 2 µm (Mikrometer) eine nahezu vollständige Abscheidung. Feinste Staubpartikel und Aerosole, bestimmte Bakteriengattungen, Zellbestandteile von Pilzen und Bakterien, sowie Viren können von dieser Filterklasse nur zu einem sehr geringen Teil zurückgehalten werden. Eine höhere Filterklasse als F9 ist in Wohnungslüftungen aufgrund der erforderlichen Filterfläche und der entstehenden Betriebskosten nicht üblich, aber auch nur bedingt sinnvoll.

#### Abluft:

In den Ablufträumen wird die Raumluft im oberen Bereich der Wand oder an der Decke abgesaugt. Da im Regelfall keine Filterung direkt am Abluftdurchlass erfolgt, gelangen alle

Schwebeteilchen ungehindert in das Abluftsystem bis zur Abluftfilterung, die meist erst im Lüftungsgerät zum Schutz von Komponenten angeordnet ist. Die Staubbilddung der Raumluft ist abhängig von der Sauberkeit der Wohnungsflächen, der Nutzungsintensität, der Staubfreisetzung und -aufwirbelung durch Nutzer oder Haustiere und weiteren Faktoren. In den Abluftleitungen zeigt sich dadurch bereits nach wenigen Monaten eine gut sichtbare Flusen- und Staubbilddung, die nach wenigen Jahren zu einem bereits querschnittsverengenden Belag anwachsen kann.

Die Zusammensetzung der Partikel in der Raumluft wird durch unzählige Faktoren beeinflusst. Einen wesentlichen Einfluss hat der Abrieb von Kleidung und Oberflächen durch die Nutzung. Der Mensch selbst gibt ständig durch die Erneuerung der Haut Teilchen ab. Ein Großteil der Partikel ist größer als 10 µm oder sogar mit freiem Auge und geeignetem Sonnenlichteinfall sichtbar. Feinere Partikel werden hauptsächlich durch Tabakrauch und Kerzenflammen freigesetzt. Der zusätzliche Eintrag von Feinstaub aus der Außenluft hängt primär vom ungefilterten Außenluftanteil durch Fensterlüftung oder Undichtheiten ab.

## 5. Auswirkungen von Verunreinigungen

Am häufigsten werden Verunreinigungen in Lüftungssystemen mit Hygienebeeinträchtigungen in Verbindung gebracht. Tatsächlich stehen nach den aktuellen Untersuchungen dieses Projektes aber andere Problempunkte im Vordergrund:

- **Brandlast:** Die in den vorwiegend in Abluftsystemen in größeren Mengen abgelagerten Flusen im Bad und der fetthaltige Staub aus der Küche stellen eine Brandlast dar.
- **Brand- oder Rauchausbreitung:** Durch Ablagerungen können Kaltrauchsperrungen und unter Umständen auch Feuerschutzabschlüsse nicht mehr zuverlässig wirksam werden.
- **Funktionsbeeinträchtigungen:** Größere Staubablagerungen beeinflussen die Funktion von Volumenstromreglern und Ventilatoren. Folgen daraus sind:
  - ein merkbarer Anstieg des Schalls durch Gehäuseabstrahlung bei dezentralen Lüftungsgeräten infolge höherer Druckverluste;
  - eine Reduktion des Abluftvolumenstroms durch Anstieg des Druckverlustes bei Volumenstromreglern mit unzureichender Vordruck-Reserve;
  - Disbalance und damit verbundene Geruchs- oder im Brandfall auch Rauchübertragung zwischen den Wohneinheiten.
- **Hygiene:** Eine negative Beeinflussung der Gesundheit der Nutzer kann nur auftreten, wenn die in den Ablagerungen enthaltenen Sporen und Bakterien durch hohe relative Feuchte und entsprechende Temperaturen zum Wachstum angeregt werden. Als hygienekritisch gelten:
  - längere erdverlegte Lüftungsrohre im Sommer;

- feucht-warme Außenluft, die im Zuluftsystem abgekühlt wird;
- Außenluftleitungen und (verschmutzte) Außenluftfilter in Nebelphasen;
- unkontrollierte Rückströmungen aus dem Abluftsystem in den Raum (bei abgeschalteter Anlage) hervorgerufen durch Wind, Thermik oder raumluftabhängige, unterdruckerzeugende raumlufttechnische Systeme.

## 6. Feststellung des Reinigungsbedarfs

Die ÖNORM EN 15780: 2012: „Sauberkeit von Lüftungsanlagen“ definiert 3 Sauberkeitsqualitätsklassen, wobei für die Wohnungslüftung die mittlere Klasse anzuwenden ist. Die Klassen werden nach der Staubdichte der Oberfläche in g/m<sup>2</sup> eingeteilt. Dabei ist zu beachten, dass für die Übergabe fünffach strengere Werte gelten, als für den laufenden Betrieb.

Die Feststellung der Stauboberflächendichte kann mit mehreren Messmethoden erfolgen, deren Aufwand aber meist nicht gerechtfertigt ist. Alternativ kann eine erfahrene („kalibrierte“) Person eine augenscheinliche Abschätzung vornehmen.

Die ÖNORM EN 15780 gibt weiters Vorschläge für Inspektionsintervalle an. RLT-Geräte sollen demnach alle 12 Monate, Luftleitungen und Luftdurchlässe alle 24 Monate inspiziert werden.

Aus der ZuKoLü-Studie wurden folgende Kontroll-/Inspektions- und Reinigungsintervalle abgeleitet:

- **Kontrolle von Lüftungsgeräten** auf Verschmutzungen im Zuge des Filterwechsels (mindestens jährlich) durch Wartungspersonal.
- **Kontrolle der Luftleitungen** auf Ablagerungen im Zuge der jährlich erforderlichen Funktionsprüfung von Brandschutzklappen durch Wartungspersonal.
  - Bei **Auffälligkeiten und Unsicherheiten** bei der Beurteilung von Ablagerungen ist ein **unabhängiger Sachverständiger** beizuziehen.
- **Alle 5 Jahre ab Inbetriebnahme** ist durch einen **unabhängigen Sachverständigen** eine zumindest augenscheinliche Bewertung der Sauberkeitsklasse vorzunehmen und zu entscheiden, ob eine Reinigung erforderlich ist. Für diese Beurteilung ist eine relevante Stichprobenanzahl an Wohneinheiten heranzuziehen.

	Lüftungs- gerät	AUSSENLUFT		ZULUFT	ABLUFT				FORTLUFT
		keine Filterung bei Ansaugung	Filterung bei Ansaugung		Abluftstrang einzelner WE		Abluftstrang mehrerer WE		
					keine Filterung am Durchlass	Filterung am Durchlass	ungefilterte Abluft	gefilterte Abluft	
empfohlenes Reinigungsintervall (Jahre)	10	5-10	10-15	10-15	5-10	15	10-15	20	20

Tabelle 2: empfohlene bzw. erwartete Reinigungsintervalle

## 7. Reinigungsvoraussetzungen

Die Maßnahmen zur Reinhaltung, sowie die für eine kostenoptimierte, lückenlose und ohne Bauteilzerstörung mögliche Reinigung erforderliche Ausführung der Lüftungsanlagen sind im Dokument „Checkliste für Lüftungsplaner und Ausführende“ detailliert beschrieben und dargestellt.

## 8. Reinigungsmethoden

Ziel jeder Reinigungsmethode sollte eine möglichst gründliche Entfernung von Verschmutzungen sein. Methoden, die lediglich eine Desinfektion ohne Entfernung der Verunreinigungen zum Ziel haben (z. B. Kaltvernebelung von Desinfektionsmitteln), sind aus mehreren Gründen abzulehnen

Bei trockenen, nicht fest haftenden Verunreinigungen sind trockene Reinigungsmethoden zumeist ausreichend, um die Sauberkeitsqualitätsklasse „mittel“ mit nur einer Reinigungsstufe erreichen zu können. Für Ablagerungen aus einem Gemisch von Staub und Fett (Küchenabluft) oder Tabakrauch muss unter Umständen auch ein höherer Reinigungsaufwand unter Verwendung von Reinigungsmitteln (Feuchtreinigung) in Kauf genommen werden. Gegebenenfalls müssen in manchen Fällen sogar Komponenten (z. B. Wärmetauscher) ausgetauscht werden, wenn eine Reinigung zu zeitaufwändig erscheint und den Zeitwert deutlich überschreiten würde.

Für die in den letzten Jahren in den Markt eingeführten Luftverteilsysteme sind nicht immer parallel geeignete Reinigungsmethoden entwickelt worden. Bei einigen Systemen muss auf spezialisierte Unternehmen mit eigens dafür entwickelten Reinigungsaufsätzen zurückgegriffen werden. Aus diesem Grund wird empfohlen, vor der Entscheidung zum Systemeinsatz ein verbindliches Angebot für die Lüftungsreinigung einzuholen, bzw. vom Anbieter beistellen zu lassen.

Vor Beginn der Reinigungsarbeiten ist eine Kamerainspektion empfehlenswert. Dabei wird der Sauberkeitszustand dokumentiert (Videoaufzeichnung), eventuelle Hindernisse lokalisiert und Reinigungsabschnitte festgelegt. Im Zuge der Inspektion können dazu bereits erforderliche Revisionsöffnungen angefertigt werden.

Während der Reinigung bzw. nach Abschluss der Arbeiten ist die Sauberkeit der Oberflächen wieder mittels Video oder Fotos zu dokumentieren.

## **8.1. Mechanische Bürstenreinigung**

Die mechanische Bürstenreinigung ist das am häufigsten eingesetzte Verfahren bei runden Luftleitungen, da dieses eine sehr gründliche und rasche Entfernung von leicht bis mäßig anhaftenden Verunreinigungen ermöglicht. Die gelösten Verschmutzungen werden gleichzeitig über ein Sauggebläse bzw. bei kleineren Luftleitungen über einen leistungsfähigen Staubsauger abgesaugt, abgeschieden und entsorgt. Bürsten können auch bei rechteckigen oder ovalen Luftleitungen eingesetzt werden. Dabei muss die Drehrichtung in kurzen Abständen periodisch geändert werden, um das notwendige Pendeln von einer Seitenwand zur anderen zu erzeugen. Die Rotation der Bürste kann durch eine flexible Welle mit bedienseitig angeschlossener Akkubohrmaschine oder durch einen Druckluftantrieb erfolgen. Der Reinigungsabschnitt wird so gewählt, dass er problemlos von einer Seite mit der Bürste durchfahren werden kann. Am anderen Ende des Reinigungsabschnittes wird das Absauggerät angeschlossen. Luftleitungen, die an den zu reinigenden Abschnitt anschließen, müssen mittels aufblasbaren Abdichtballons oder Deckeln verschlossen werden. Diese Abdichtungen zur Vermeidung von Falschluf sind erforderlich, um eine durchgehend hohe, im Bereich von 7-10m/s hohe Absauggeschwindigkeit im Reinigungsabschnitt einhalten zu können. Andernfalls besteht die Gefahr, dass Ablagerungen nur unzureichend abtransportiert werden. Nach Präparation der Luftleitungen kann mit der Reinigung des Rohres begonnen werden. Die Bürste wird unter permanenter Rotation in Richtung der Absaugung weitergeschoben. Die Planung der Reinigungsreihenfolge der Abschnitte ist wesentlich, damit nicht bereits saubere Bereiche wieder verschmutzt werden. Grundsätzlich wird bei den Luftdurchlässen und kleinen Leitungsdimensionen begonnen und Richtung Hauptleitungen weitergearbeitet.



Abbildung 6: Prinzipschema einer Bürstenreinigung, Quelle: breg-rauchfangkehrer.at



Abbildung 7: Bürste, Quelle: Luft AG



Abbildung 8: flexible Welle mit Kunststoffbürsten

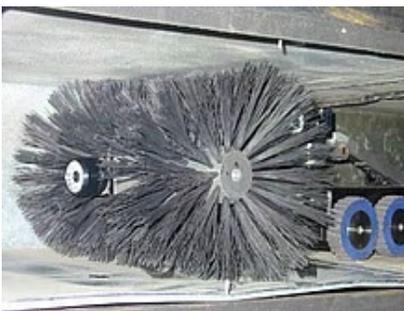


Abbildung 9: Reinigungsroboter, Quelle: rohrmax.at

Eine weitere Möglichkeit besteht bei Rechteckleitungen durch den Einsatz von sogenannten Reinigungsrobotern, die eine schwenkbare Bürstenwalze verwenden. Mittels integrierter Rohrkamera wird der Roboter in der Luftleitung gesteuert.

**In Europa (noch) nicht verfügbar:**

Bei der konventionellen Bürstenreinigung sind Bürstenkopf und Absaugung getrennt. Alternativ dazu gibt es ein Produkt, bei dem Bürste und Absaugerschlauch eine Einheit bilden, wobei nur Querschnitte ab etwa 100 mm Höhe bzw. Durchmesser durchfahren werden können. Der Vorteil dieser Methode ist die Reinigungsmöglichkeit von nur einer Öffnung (z. B. Durchlassseite) aus. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die gelösten Verunreinigungen sofort abgesaugt werden und nicht aufgrund der weiter entfernten Absaugung verschleppt werden, und damit andere bereits gereinigte Rohrabschnitte verunreinigen können. Der Nachteil besteht in der deutlich geringeren Reichweite und Flexibilität des Absaugerschlauches im Vergleich zu flexiblen Wellen.



Abbildung 10: Bürste und Absaugerschlauch kombiniert, Quelle: rotobrush

## 8.2. Druckluftreinigung

### **Druckluftreinigung von Komponenten:**

Druckluft bietet die Möglichkeit, schwierig reinigbare Komponenten, die beispielsweise keine Spülung mit Wasser erlauben, oder nicht ausbaubar sind (Wärmetauscherlamellen, Schalldämmkulissen, Rotoren oder Membranen mit sorptiver Beschichtung), von Grobstaub zu befreien. Diese Art der Reinigung kann nur außen oder in Räumen angewendet werden, wo Staub freigesetzt werden darf.

### **Druckluftreinigung von Luftleitungen:**

Anstelle einer Bürste wird bei der Druckluftreinigung ein Düsenkopf verwendet, der den Staub durch Luftstrahlen von der Rohrwand ablöst und aufwirbelt. Analog zur Bürstenreinigung werden die luftgetragenen Verschmutzungen durch Absaugen an einer anderen Rohröffnung entfernt. Die Druckluftreinigung erlaubt die Entfernung von leicht anhaftendem Staub. Nicht immer ist der Reinigungserfolg so gründlich wie bei einer mechanischen Bürstenreinigung. Aus diesem Grund werden auch kombinierte Reinigungsköpfe für Druckluft und Bürste eingesetzt.

Die Druckluftreinigung bietet aber noch mehr Möglichkeiten. Die Hersteller haben verschiedene mechanische Aufsätze entwickelt, wie beispielsweise dünne Silikonschläuche, die durch den Luftstrom peitschende Bewegungen ausführen und so auch schwer zugängliche Stellen (Ecken, Schlitz) erreichen können. Diese Methode wird vorrangig bei rechteckigen Rohrleitungen mit vielen Querschnittsänderungen eingesetzt.

Als Nachteil der Druckluftreinigung ist der zusätzliche apparative Aufwand für die Bereitstellung von Druckluft zu nennen. Bei Wohnhausanlagen ist die Zuleitung von Kraftstrom, wie er für die meisten Verdichter erforderlich ist, nicht immer gesichert. Der Verdichterbetrieb und die austretende Druckluft erzeugen Lärm, der bei Wohnhäusern aufgrund des über mehrere Tage oder sogar Wochen andauernden Reinigungsbetriebes störend sein kann.

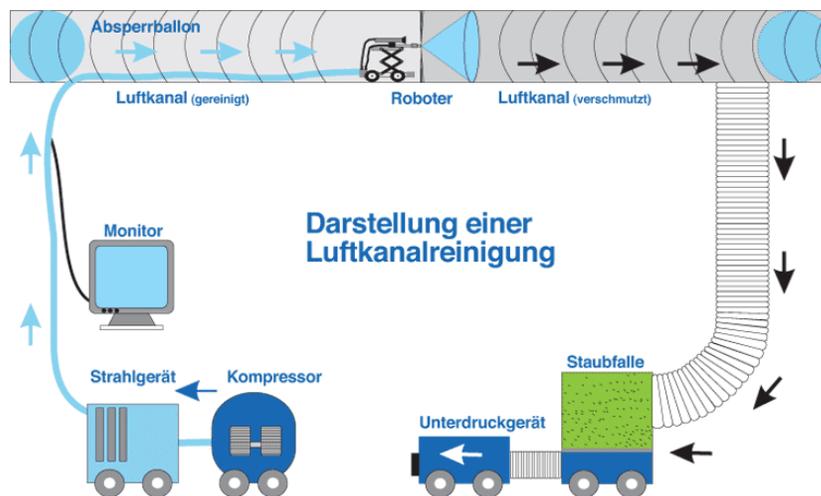


Abbildung 11: Prinzipschema einer Druckluftreinigung, Quelle: Steg Umweltschutz



Abbildung 12: Druckluftdüse für kleine Rohrquerschnitte



Abbildung 13: rotierende Druckluftdüse mit Kunststoffschnören

Quelle: Fa. Bösch Mess- und Reinigungssysteme



Abbildung 14: Drucklufthaspel mit Peitschendüse  
Quelle: Fa. Bösch Mess- und Reinigungssysteme

### 8.3. Mikrofaser-(Feucht)reinigung

Mikrofasern können grundsätzlich trocken oder feucht eingesetzt werden. Feuchte Mikrofasern setzen im Gegensatz zu Nassreinigungsmethoden nur geringste Wassermengen ein, um Staub zu binden oder fettige Verschmutzungen ablösen zu können. In das Lüftungssystem sollte nur so viel Feuchtigkeit eingebracht werden, wie innerhalb kürzester Zeit wieder verdunsten kann.

Für die Feuchtreinigung werden beispielsweise mit Wasser und Reinigungsmittel benetzte Mikrofasersterne verwendet, die ähnlich wie bei der Bürstenreinigung im rotierenden Zustand durch die Leitungen bewegt werden.

Diese Reinigungsmethode ist nur für runde Luftleitungen mit geringer Staubbeladung einsetzbar. Sie wird meist als zweite Reinigungsstufe eingesetzt, wenn eine hohe Sauberkeitsklasse gefordert ist, oder die erste Reinigungsstufe (z. B. Druckluftreinigung) nicht gründlich genug war. Mit ihr lässt sich auch ein Fettfilm von Oberflächen entfernen, welcher durch Bürsten oder Druckluft nicht beseitigt werden kann. Bei Kunststoffleitungen, die zu elektrostatischer Aufladung neigen, bietet diese Methode die Möglichkeit, den hartnäckig an der Oberfläche haftenden feinen Staub effektiv zu binden.



Abbildung 15 und 16: „Spider Mob“ zur Feuchtreinigung, Quelle: Boesch Mess- und Reinigungssysteme

## **8.4. Manuelle Reinigung**

Unter manueller Reinigung sind alle Methoden zu verstehen, bei denen Handwerkzeuge (Bürsten, Staubsauger), Tücher oder Schwämme eingesetzt werden. Diese Reinigungsart ist im Regelfall dort anzuwenden, wo die Oberflächen frei zugänglich sind, wie z. B. Innenseiten von Lüftungsgeräten, großen Luftleitungen oder Luftdurchlässen. Zur besseren Staubbindung werden feuchte Tücher, bei fettigen Oberflächen gegebenenfalls auch tensid- oder alkoholhaltige Reinigungsmitteln eingesetzt. Desinfektionsmittel sind grundsätzlich in Lüftungsanlagen ohne Befeuchtungs- oder Kühlsysteme nicht erforderlich. Reinigungs- bzw. Lösungsmittel, die selbst gesundheitsschädliche Inhaltsstoffe enthalten (z. B. polyzyklische Aromate) sind nicht zulässig. Ebenfalls vermieden werden sollten Reinigungsmittel, die aufdringliche Geruchsstoffe enthalten.

Lüftungsgeräte enthalten verschiedene Komponenten, die gegebenenfalls ausgebaut werden müssen, um eine gründliche Reinigung zu ermöglichen. Beispielsweise sind Plattenwärmetauscher vorzugsweise einer Nassreinigung mit fettlöslichen Reinigungsmitteln zu unterziehen. Dabei ist zu beachten, dass nicht alle Plattenwärmetauscher (feuchtedurchlässige Membranen) oder beschichtete Rotoren eine Nassreinigung (Wasserbad, Dampfstrahler) zulassen. Die Herstellerangaben sind jedenfalls zu beachten. Dezentrale Geräte weisen manchmal noch offenliegende Platinen und Elektronik auf, die vor Feuchtigkeit geschützt werden müssen.

## **9. Anwendung der Methoden**

Die Auswahl der Reinigungsmethode ist hauptsächlich von der Querschnittsgeometrie, den Querschnitts- und Richtungsänderungen, der mechanischen Belastbarkeit, der Oberflächenbeschaffenheit (glatt / gerillt) und der Art der Verunreinigung abhängig. Das Rohrmaterial selbst (Metall oder Kunststoff) spielt für die Art der Reinigung eine untergeordnete Rolle. Das Bürstenmaterial und die Härte sind jedenfalls an das Material und die Verschmutzungsanhaftung anzupassen, um ein Aufrauen der Oberfläche zu vermeiden.

<i>Reinigungsart</i>	<i>manuell</i>	<i>rotierende Bürsten</i>	<i>Druckluft</i>	<i>Mikrofaser-(Feucht)reinigung</i>
<i>Art der Luftleitung</i>				
<i>Rechteck-Leitungen bis 600 mm Höhe</i>		<b>1</b>	<b>2</b>	
<i>Rechteck-Leitungen über 600 mm Höhe</i>	Individuelle Entscheidung nach technischen Möglichkeiten, Lage der Luftleitungen, Zerlegbarkeit oder Bekriechbarkeit; oder Kombination mehrerer Methoden			
<i>Starre Rund- oder Ovalrohre bis ca. 600 mm Durchmesser</i>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b> (nur für gering verschmutzte Rundrohre Ø65 bis 300 mm)
<i>Rechteckige Flachkanäle kleiner Dimension</i>		<b>2</b> (auch Kombination von Bürste und Druckluft möglich)	<b>1</b>	
<i>Flexible gewellte Rohre rund oder oval</i>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b> (nur für gering verschmutzte Rundrohre Ø65 bis 300 mm)
<i>Flexible gerillte Rohre rund oder oval</i>		<b>2</b>	<b>1</b>	
<i>Erdverlegte Lüftungsrohre</i>				<b>1</b>
<i>Lüftungsgeräte</i>	Glatte Innenflächen werden manuell feucht gereinigt. Für eingebaute Komponenten sind unterschiedliche Verfahren erforderlich.			

Tabelle 3: Übersicht der Reinigungsanwendungen

1...bevorzugte Methode

2...alternative Methode

## **10. Reinigungsabläufe**

Um einen lückenlose und ökonomische Reinigung gewährleisten zu können, sind in Abhängigkeit der Lage (horizontal / vertikal), der Verteilungsart (baumförmig / sternförmig) und der Art der Einbauteile unterschiedliche Vorgangsweisen und Abfolgen erforderlich.

### **10.1. vertikale Luftleitungen**

Senkrechte Luftleitungen werden hauptsächlich innerhalb von Schächten im Kernbereich von Gebäuden geführt. Der Beginn der Reinigung erfolgt prinzipiell am höchsten Punkt der Luftleitung. Eine Reinigung von unten nach oben ist aufgrund des Eigengewichts der Reinigungsausrüstung nur über wenige Meter möglich und wird daher nur in Ausnahmefällen durchgeführt.

#### **Schachttyp A**

Für die Schachtausbildung gibt es die Variante A, die die Ausbildung feuerbeständiger Schachtwände vorsieht. Damit entfallen brandschutztechnische Anforderungen zwischen den innenliegenden Geschoßen. Öffnungen gegenüber den angrenzenden Räumen sind für die erforderliche Feuerwiderstandsdauer abzuschotten.

Für eine Reinigung ist im höchsten Punkt der Luftleitung ein Zugang zum Einführen eines Reinigungskopfes zu schaffen. Gleichzeitig ist am Fußpunkt der Luftleitung die Absaugung vorzunehmen. Gemäß ÖNORM H 6038 sind diese Vertikal-Sammelleitungen durchgängig in einer Größe auszuführen, um eine Reinigung zu erleichtern. Grundsätzlich wäre auch die Reduktion um eine bis maximal zwei Dimensionen möglich, ohne die Reinigungsmethoden einzuschränken oder den Aufwand zu erhöhen.

## Schachttyp B

Die zweite Variante der Schachtausbildung sieht eine geschoßweise brandschutztechnische Abschottung bei den Geschoßdecken vor. Daraus ergeben sich Schachtwände ohne konkrete Anforderungen an den Brandschutz. Die meisten handelsüblichen in den Deckenschotts zu integrierenden Brandschutzklappen bzw. Feuerschutzabschlüsse können mit Bürsten nicht durchfahren werden, daher ist je Geschoß ein Zugang im obersten Bereich des Schachtes erforderlich. Hier wird der Reinigungskopf in die Luftleitung eingebracht, wobei die Absaugung gleichzeitig im Geschoß darunter passiert.

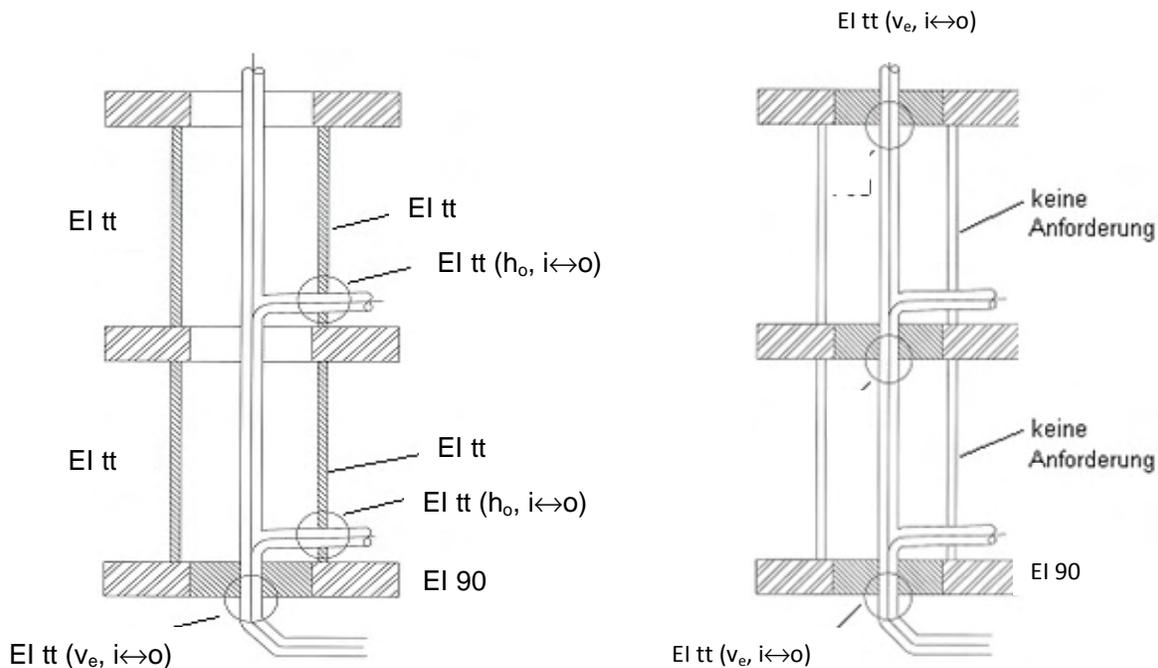


Abbildung 17 und 18 : Schachttyp A (links) und Schachttyp B (rechts), Quelle: Installationen-Richtlinie, MA 37

## 10.2. horizontale Luftleitungen

Waagrecht verlaufende Luftleitungen erfordern für die Absaugung höhere Strömungsgeschwindigkeiten als vertikale Luftleitungen, um eine Sedimentation von Partikeln zu verhindern. Die Schwerkraft kann im Gegensatz zu senkrechten Leitungen für den Vortrieb des Reinigungskopfes nicht genutzt werden. Horizontale Luftleitungen sind meist in Zwischendecken verbaut, in Dämmebenen integriert oder brandschutztechnisch verkleidet. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, bei großen Querschnittsänderungen, Abzweigungen oder unüberwindbaren Komponenten (z. B. Brandschutzklappen) eine Bauteilöffnung vornehmen zu müssen. Beim Setzen einer Revisionsöffnung dürfen der Brandschutz und die Dämmung nicht beeinträchtigt werden. Die Öffnung sollte jedoch bei der nächsten Reinigung wieder genutzt werden können.

### 10.3. baumförmige Verrohrung

Die baumförmige Verrohrung über Abzweiger stellt die klassische Methode der Luftverteilung dar. Die abzweigenden Luftleitungen werden entsprechend des Luftvolumenstroms weiter reduziert. Innerhalb der Wohneinheit werden zur Minimierung von Schallübertragungen zwischen den einzelnen Räumen sogenannte Telefonieschalldämpfer (rot eingezeichnet) eingebaut. Der Reinigungsablauf ist beispielhaft für das Abluftsystem (gelb) angeführt:

- 1.) Abluftleitung von dezentralem Lüftungsgerät (Punkt a) trennen und an Absaugung anschließen. Bei zentralen Anlagen ist die Absaugung an die Abluftleitung über eine Revisionsöffnung oder einen Abzweiger anzuschließen und die weiterführende Leitung Richtung Zentralgerät abzudichten.
- 2.) Durchlässe b und c abdichten
- 3.) Reinigungskopf in d einsetzen und bis Abzweiger c reinigen
- 4.) d abdichten und c öffnen
- 5.) Reinigungskopf in c einsetzen und bis Abzweiger c reinigen
- 6.) c abdichten und b öffnen
- 7.) Reinigungskopf in b einsetzen und bis Abzweiger b reinigen
- 8.) b abdichten und d öffnen
- 9.) Reinigungskopf in d einsetzen und bis Abzweiger b reinigen
- 10) Revisionsöffnung nach Abzweiger b anfertigen (nach zwei 90°-Bögen), Reinigungskopf einsetzen und bis zur Absaugung reinigen

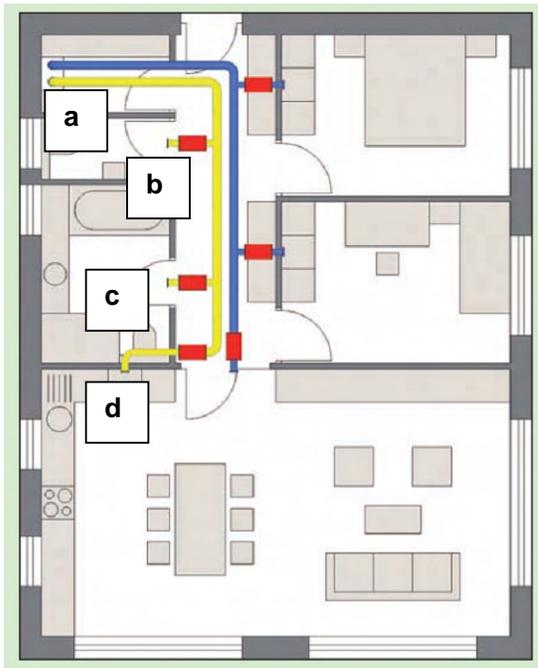


Abbildung 19: baumförmige Verrohrung, Quelle: komfortlüftung.at

Anhand dieses Beispiels kann man sofort erkennen, dass der manipulative Aufwand selbst für relativ einfache Rohrnetze sehr hoch ist. Hinzu kommen in der Praxis noch zusätzliche Hindernisse in Form von nicht reinigbaren Folienschläuchen oder Komponenten, die nicht durchfahren werden können (z. B. Volumenstromregler, Heizregister).

In diesem Beispiel musste zur Erreichbarkeit des letzten Abschnittes der Hauptleitung eine Revisionsöffnung angefertigt werden, wobei die abgehängte Decke im Vorraum aufgeschnitten werden muss. Alternativ zu Revisionsdeckeln können bei der Installation bereits T-Stücke mit Deckeln vorgesehen werden.

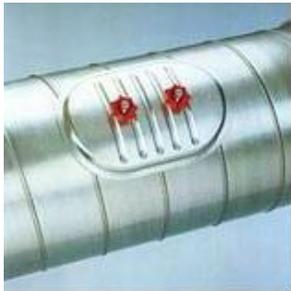


Abbildung 20: Revisionsdeckel, Quelle: Fa. Lindab



Abbildung 21: T-Stück mit Deckel

#### 10.4. sternförmige Verrohrung

Die sternförmige Verrohrung mittels Luftverteilkästen für Zu- und Abluft ist eine speziell für die Wohnungslüftung entwickelte Art der Verrohrung, die in den letzten Jahren immer mehr Verbreitung fand. Alle vom Luftverteiler zu den Räumen verlaufenden Rohre sind im Regelfall flexibel und haben die gleiche Dimension. Aus Gründen der besseren Integrierbarkeit sind die Luftleitungsdurchmesser gegenüber der Variante mit Abzweigern im Querschnitt reduziert. Das bedeutet, dass für Räume mit mehr als einer Person auch mehrere Luftleitungen erforderlich sind. Die Telefoneschalldämpfung erfolgt hier platzsparend zentral im Luftverteiler. Der Reinigungsablauf ist auch hier für das Abluftsystem beispielhaft angeführt:

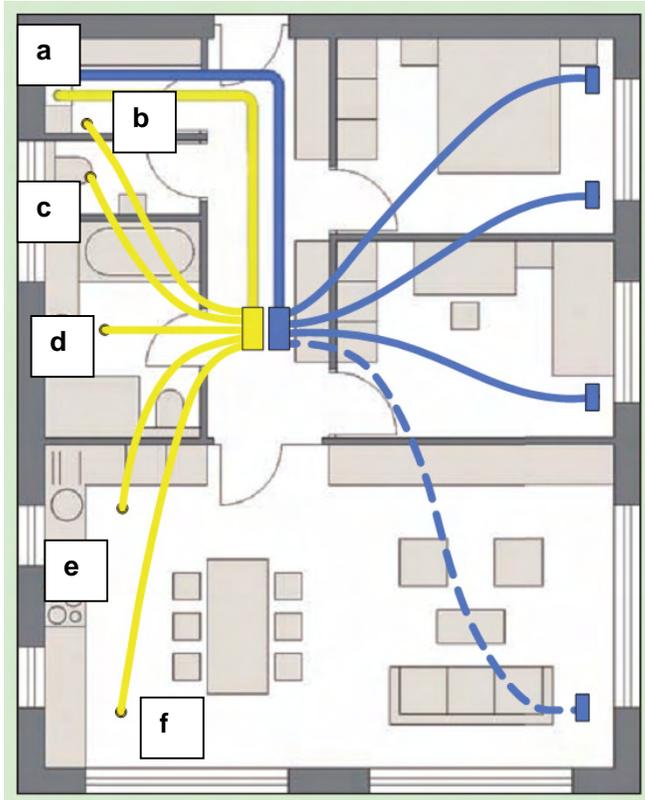


Abbildung 22: sternförmige Verrohrung, Quelle: komfortlüftung.at

- 1.) Abluftleitung von dezentralem Lüftungsgerät (Punkt a) trennen und an Absaugung anschließen. Bei zentralen Anlagen ist die Absaugung an die Abluftleitung über eine Revisionsöffnung oder einen Abzweiger anzuschließen und die weiterführende Leitung Richtung Zentralgerät abzudichten.
- 2.) Durchlässe c, d, e und f abdichten
- 3.) Reinigungskopf in Durchlass b einsetzen und bis Luftverteiler reinigen
- 4.) Durchlass b, d, e und f abdichten und Durchlass c öffnen
- 5.) Reinigungskopf in Durchlass c einsetzen und bis Verteiler reinigen
- 6.) bis 11) Reinigung d, e, f analog b und c
- 12.) Luftverteiler öffnen, Reinigungskopf in Hauptleitung einsetzen und bis zur Absaugung reinigen

Bei sternförmiger Verrohrung scheint der manipulative Aufwand nicht geringer zu sein als bei der baumförmigen Verrohrung. Den entscheidenden Vorteil der sternförmigen Variante bringt aber die zentrale Eingriffsmöglichkeit über den offenbaren Luftverteiler, während bei der baumförmigen Verrohrung manchmal mehrere dezentrale Revisionsöffnungen für die Reinigung angefertigt werden müssen.

## 11. Reinigungskosten

Die ermittelten Reinigungskosten variieren stark in Abhängigkeit von der mehr oder weniger reinigungsfreundlichen Anlagenbeschaffenheit innerhalb der Wohneinheiten. Zudem können nur wenige Unternehmen auf ausreichende Erfahrungswerte zurückgreifen. Dementsprechend ist in Tabelle 4 die Kostenbandbreite für eine Anlagenreinigung angeführt.

POSITION	MINIMUM	MAXIMUM	MITTEL- WERT	EINHEIT
Abluft innerhalb WE	2,00	6,00	4,00	€/m <sup>2</sup>
Zuluft innerhalb WE	2,00	6,00	4,00	€/m <sup>2</sup>
Steigleitungen in Schächten	0,35	0,55	0,45	€/m <sup>2</sup>
Horizontalverteilung	0,53	0,80	0,67	€/m <sup>2</sup>
Lüftungszentrale	0,32	0,48	0,40	€/m <sup>2</sup>
Dezentrale Geräte	0,80	1,20	1,00	€/m <sup>2</sup>
Abluftanlage	0,20	0,60	0,40	€/m <sup>2</sup>

Tabelle 4: Reinigungskosten der definierten Anlagensysteme je m<sup>2</sup> Nutzfläche und durchgeführter Reinigung

Die Basis für die Kalkulation der Reinigungskosten ist meist eine vorangegangene Begehung und stichprobenartige Inspektion der Anlage. Pläne oder Dokumentation werden eher selten zur Beurteilung des Reinigungsaufwandes herangezogen. Da eine exakte Aufwandsberechnung aufgrund vieler unbekannter Faktoren nicht möglich ist, kann für Reinigungsangebote kein Fixpreis erwartet werden. Die Verrechnung erfolgt immer nach dem tatsächlichen Aufwand.

Die Minimierung der Reinigungskosten und etwaiger baulicher Zusatzkosten kann durch eine kurze Rohrführung in Verbindung mit einem möglichst geringen Manipulationsaufwand sichergestellt werden. Grundsätzliche Vorkehrungen sind in der Checkliste für Lüftungsplaner und Ausführende enthalten.

## 12. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 und 2: Zuluftleitungen mit grenzwertiger und akzeptabler Sauberkeit.....	4
Abbildung 3 und 4: typische Ablagerungen in Abluftleitungen nach mehrjährigem Betrieb .....	5
Abbildung 5: Durchmesser unterschiedlicher Partikel, Quelle: Fa. Trotec.....	7
Abbildung 6: Prinzipschema einer Bürstenreinigung, Quelle: breg-rauchfangkehrer.at.....	12
Abbildung 7: Bürste, Quelle: Luft AG    Abbildung 8: flexible Welle mit Kunststoffbürsten .....	12
Abbildung 9: Reinigungsroboter, Quelle: rohrmax.at.....	12
Abbildung 10: Bürste und Absaugschlauch kombiniert, Quelle: rotobrush .....	13
Abbildung 11: Prinzipschema einer Druckluftreinigung, Quelle: Steg Umweltschutz.....	14
Abbildung 12: Druckluftdüse für kleine Rohrquerschnitte.....	14
Abbildung 13: rotierende Druckluftdüse mit Kunststoffschnüren .....	14
Abbildung 14: Drucklufthaspel mit Peitschendüse .....	15
Abbildung 15 und 16: „Spider Mob“ zur Feuchtreinigung, Quelle: Boesch Mess- und Reinigungssysteme .....	15
Abbildung 17 und 18 : Schachttyp A (links) und Schachttyp B (rechts), Quelle: Installationen- Richtlinie, MA 37.....	19
Abbildung 19: baumförmige Verrohrung, Quelle: komfortlüftung.at.....	20
Abbildung 20: Revisionsdeckel, Quelle: Fa. Lindab    Abbildung 21: T-Stück mit Deckel .....	21
Abbildung 22: sternförmige Verrohrung, Quelle: komfortlüftung.at.....	22

## 13. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Abscheidegrade unterschiedlicher Filterklassen, Quelle: komfortlüftung.at .....	7
Tabelle 2: empfohlene bzw. erwartete Reinigungsintervalle .....	10
Tabelle 3: Übersicht der Reinigungsanwendungen.....	17
Tabelle 4: Reinigungskosten der definierten Anlagensysteme je m <sup>2</sup> Nutzfläche und durchgeführter Reinigung .....	23

## Danksagung

Das Projektteam bedankt sich bei den untenstehenden Reinigungsunternehmen mit denen wir im Rahmen des Projektes „ZuKoLü“ in Kontakt getreten sind. Durch Ihre Bereitschaft zur Weitergabe von Erfahrungen war es uns möglich einen wichtigen Schritt zur Wissensweitergabe an Bauträger, Planer und Ausführende zu setzen.

Die Auflistung erfolgt in alphabetischer Reihenfolge:

breg rauchfangkehrer

CO-Plan GmbH

Günther Bautechnik GmbH

HCN Clean AG Lüftungshygiene

HBL Haidinger

hlr e.U. Helm Lüftungs-Reinigung

ITA Indus

Luft AG

ProLuft GmbH

R. Furrer Klima-Lüftungsreinigung

Reby AG Lüftungshygiene

RohrMax RohrreinigungsgesmbH

RWS innovative Sanierungssysteme GmbH

saubereLuft GmbH

SUS Abflusssdienst GmbH

SVLW Schweizer Verein Luft- und Wasserhygiene