

ZuKoLü

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

B. Unterberger, E. Mairinger; W. Hüttler, M. Krempf,
J. Rammerstorfer; P. Tappler, F. Twrdik; W. Leitzinger

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

XX/2013

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>

ZuKoLü

Zukunftstaugliche Komfortlüftungssysteme in großvolumigen
Wohngebäuden im Spannungsfeld von Hygiene und Kosten

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

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

DI Peter Tappler
DI Felix Twrdik
IBO Innenraumanalytik OG

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

Wien, Juli 2013

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



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 richtungweisende 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 <http://www.HAUSderZukunft.at> Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

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

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	1
Abstract	4
1 Einleitung.....	7
1.1 Allgemeine Einführung in die Thematik.....	7
1.1.1 Schwerpunkt	8
1.1.2 Ziele	9
2 Hintergrundinformationen zum Projektinhalt	11
2.1 Beschreibung des Standes der Technik.....	11
2.1.1 Anlagensysteme.....	11
2.1.2 Themenverwandte Studien.....	15
2.1.3 Normen	21
2.2 Problemstellung	27
2.3 Projektinhalt, verwendete Methoden und Vorgangsweise	29
2.3.1 Reale Betriebsweisen – Umgebungsbedingungen, laufende Kosten, Reinigbarkeit	30
2.3.2 Dichtheitsprüfung und Leckageortung / Anlagenbeschaffenheit	30
2.3.3 Hygienische Untersuchung auf verschiedene Oberflächen von Luftleitungen.....	32
2.3.4 Auswertung und Verbreitung	33
3 Ergebnisse des Projektes	34
3.1 Anlagenauswahl	34
3.2 Anlagenbeschaffenheit	37
3.2.1 Visuelle Prüfung - Fotodokumentation.....	37
3.2.2 Rohrkamera	49
3.2.3 Erkenntnisse aus der visuellen Anlagenprüfung	51
3.2.4 Volumenstrommessungen	52
3.2.5 Leckagemessungen	54
3.3 Nutzer.....	59
3.3.1 NutzerInnenverhalten	59
3.3.2 NutzerInnenzufriedenheit	61
3.4 Hygienezustand der untersuchten Anlagen.....	63
3.4.1 Untersuchungsumfang der Hygieneprüfungen	63
3.4.2 Analytische Methoden der Hygieneprüfungen	64
3.4.3 Beurteilungsgrundlagen.....	67
3.4.4 Graphische Zusammenfassung und Diskussion der hygienerelevanten Messergebnisse	75
3.5 Reinhaltung und Reinigbarkeit.....	91
3.5.1 Wesentliche Punkte für Lüftungsplaner und Ausführende	91
3.5.2 Reinigung von Lüftungssystemen.....	98

3.6	Gesamtkostenbetrachtung	101
3.6.1	Einleitung	101
3.6.2	Definitionen Kostenkategorien	102
3.6.3	Randbedingungen und Definitionen der LZK-Berechnung	103
3.6.4	Kostenparameter	105
3.6.5	Einsparungspotentiale	110
3.6.6	Lebenszykluskosten	111
3.6.7	Zusammenfassung	115
4	Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms	117
4.1	Einpassung in das Programm	117
4.2	Beitrag zum Gesamtziel des Programms	117
4.3	Einbeziehung der Zielgruppen und Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse im Projekt	117
4.4	Umsetzungspotenziale für die Projektergebnisse	118
5	Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen	119
5.1	Schlussfolgerungen aus Sicht der Anlagenbeschaffenheit	119
5.2	Schlussfolgerungen aus Sicht der NutzerInnen	120
5.3	Schlussfolgerungen aus Sicht der Hygiene	121
5.4	Schlussfolgerungen aus Sicht der Reinhaltung und Reinigbarkeit	122
5.5	Schlussfolgerungen aus Sicht der Lebenszykluskosten	123
6	Ausblick und Empfehlungen	124
6.1	Empfehlungen	124
6.1.1	Empfehlungen an die Normungsgremien und Gesetzgebung	124
6.1.2	Empfehlungen an Entscheidungsträger, Planer und Ausführende	130
7	Literaturverzeichnis	133
8	Tabellen- / Abbildungsverzeichnis	137
8.1	Tabellen	137
8.2	Abbildungen	137
Anhang		
A 1.	Merkblatt für Bauträger	
A 2.	Checkliste für Lüftungsplaner und Ausführende	
A 3.	Infoblätter zur Lüftungsreinigung	
A 4.	Handout öffentlicher Workshop	

Kurzfassung

Ausgangssituation/Motivation

In den letzten Jahren wurde auf Bundes- und Landesebene der Niedrigstenergie- sowie Passivhausstandard im großvolumigen Wohnbau stark vorangetrieben. Dementsprechend stark gewachsen ist auch die Anzahl der eingesetzten zentralen Komfortlüftungsanlagen. Sie sind fixer Bestandteil energieeffizienter Gebäude, übernehmen wichtige Funktionen im Gebäudebetrieb und gewährleisten eine hohe Raumluftqualität. Unzureichende bauliche Maßnahmen sowie nicht definierte oder unklare Wartungsabläufe bzw. -intensitäten haben jedoch in der Vergangenheit zu mehr oder weniger (un)befriedigenden Lösungen bzw. zu unnötig hohen Kosten in der Wartung bzw. Schadensbehebung geführt. Darüber hinaus konnte aufgrund fehlender Untersuchungen die Frage der begründbaren Notwendigkeit einer regelmäßigen Reinigung von luftführenden Bauteilen in der Wohnungslüftung nicht ausreichend beantwortet werden.

Sowohl Bauträger als auch ProjektentwicklerInnen müssen jedoch einen Betrieb von Komfortlüftungsanlagen ohne Komplikationen gewährleisten können und verlangen zu Themen wie Langzeithygiene, Kostenintensität etc. eindeutige Aussagen und Richtlinien.

Inhalte und Zielsetzungen

Ziel des Projekts war es daher, aufbauend auf hygienische und technische Untersuchungen bestehender Lüftungsanlagen und luftführender Bauteile, auf vorhandene Literatur sowie die Praxiserfahrungen der ProjektpartnerInnen, des Expertenbeirats, der Bauträger und Industriepartner konkrete Richtlinien und Empfehlungen für hygienisch einwandfreie und kosteneffiziente Komfortlüftungsanlagen im großvolumigen Wohnbau zu erarbeiten.

Diese sollen zur Unterstützung insbesondere der Bauträger, Planer, Industriepartner sowie der Normung und Gesetzgebung Wartungs- sowie Reinigungserfordernisse und -möglichkeiten beschreiben sowie Antworten auf die damit verbundene (Lebenszyklus-) Kostenthematik geben.

Methodische Vorgehensweise

Das Projekt ZuKoLü gliedert sich neben der Projektkoordination in vier Arbeitspakete – in die Entwicklung des detaillierten Untersuchungsdesigns, die Untersuchung von den ausgewählten bestehenden Komfortlüftungsanlagen, Analyse und Auswertung der Messergebnisse sowie in die Erarbeitung der Schlussfolgerungen und Richtlinien inklusive der Verbreitung.

Unter Einbindung eines Expertenbeirates sowie namhafter Bauträger wurde ein für das Vorhaben strukturiertes Untersuchungsdesign entwickelt. Dieses diente als Grundlage für die Bearbeitung der ausgewählten Komfortlüftungsanlagen. Die Schwerpunkte lagen auf der Erhebung der realen Betriebsweise, der Anlagenbeschaffenheit, der Anlagenhygiene (Probeentnahmen an Oberflächen von luftführenden Bauteilen und Messungen der

Raumluftqualität) sowie der Reinigbarkeit. Die Untersuchungsergebnisse wurden detailliert dokumentiert, ausgewertet und analysiert. Im Anschluss erarbeitete das Team, unter Einbeziehung des Expertenbeirats und der Zielgruppen, Schlussfolgerungen und Empfehlungen.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Projektergebnisse liegen in Form des öffentlichen Ergebnisberichts mit den Empfehlungen für die Praxis, die Normung und Gesetzgebung sowie der ergänzenden zielgruppengerecht aufbereiteten Arbeitsbehelfe (Merkblatt für Bauträger, Checkliste für Lüftungsplaner und Ausführende, Infoblätter für Lüftungsreinigung) vor.

Untersucht wurden 18 repräsentative Lüftungsanlagen in ganz Österreich. Die Untersuchungsergebnisse zeigen einerseits die Robustheit des Komfortlüftungskonzeptes, andererseits Optimierungsmöglichkeiten, die jedenfalls genutzt werden sollten.

Aus Sicht der Hygiene zeigte sich bei allen untersuchten Anlagen eine deutliche Reduktion an Gesamteinstaub und Pilzsporen in der Zuluft verglichen mit der Außenluft – somit eine Verbesserung der Luftqualität durch die raumluftechnischen Anlagen im Gegensatz zur Fensterlüftung. Das dadurch reduzierte allergene bzw. irritative Potenzial, im Vergleich zur Außenluft, ist humanmedizinisch betrachtet besonders zu erwähnen.

Die Zuluftleitungen befanden 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.

Der Staubansammlungsgrad in den 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.

Die Grenzwerte des Staubansammlungsgrads für Abluftleitungen wurden bei allen untersuchten und vor 2006 errichteten Anlagen um ein Vielfaches überschritten. Die Querschnittsverengungen infolge dieser Ablagerungen können den Stromverbrauch des Ventilators deutlich erhöhen. Dementsprechend besteht durch die Reinigung der Anlage ein Potenzial zur Energieeinsparung. Darüber hinaus verursachen Staubansammlungen, neben der Brandlast, eine Verringerung der Volumenströme in den kontaminierten Strängen und können dadurch eine unerwünschte Einschränkung der Lüftungsfunktion bewirken.

Die Grundanforderung der Austauschbarkeit und Reinigbarkeit aller Komponenten und Anlagenteile war bei den betrachteten Anlagen nicht gegeben. Häufige Querschnittsänderungen z.B. von rechteckigen auf runde Leitungen, fehlende Revisionsöffnungen und allgemein eingeschränkte Zugänglichkeit zu Reinigungsabschnitten erschweren die Reinigbarkeit. Darüber hinaus gibt es noch wenige Firmen mit Erfahrung im Bereich der Reinigungen von Wohnungslüftungssystemen.

Die Untersuchungen zeigten praktisch bei allen 18 repräsentativen Anlagen einfach vermeidbare Material-, Planungs- bzw. Ausführungsmängel auf, die sich mittel- oder längerfristig signifikant auf die Instandhaltungskosten der Anlage auswirken. Bei einer Gesamtkostenbetrachtung über die Lebensdauer der Anlage nehmen die periodischen Reinigungs- und Wartungskosten einen bedeutenden Anteil ein.

Somit ist es auch aus dieser Sicht unabdingbar das Thema der Reinigbarkeit von Lüftungsanlagen für hochqualitative, hygienisch einwandfreie und kostenoptimale Anlagen bereits in der Planung sowie der Ausführung vertieft zu betrachten und zu berücksichtigen.

Ausblick

An der Erfordernis kontrollierte Wohnraumlüftungen auszuführen führt bereits heute, insbesondere aus Hygiene- und Komfortgründen, kein Weg vorbei. Die während des Projekts gewonnenen Erkenntnisse zeigen die Notwendigkeit sich auch zukünftig dem Thema Komfortlüftung verstärkt zu widmen. Dies betrifft einerseits planerische und bauliche Maßnahmen für die Lüftungssysteme und Luftleitungen, andererseits deren Wartungserfordernisse.

Diese sind wesentliche Voraussetzungen, um die angestrebte Marktdurchdringung von energieeffizienten, lebenszyklusoptimierten Gebäudekonzepten weiter zu forcieren.

Abstract

Starting point / Motivation

In the last years the low energy and passive house standards for high volume residential buildings were intensively promoted both on national as well as on regional level. Correspondingly the number of ventilation systems with energy recovery increased. They are an integral part of energy efficient buildings, play an important role in the operation of these buildings and assure a good indoor air quality. Inadequate constructional measures and undefined or inexplicit attendance processes or intensities lead in the past to more or less (un)satisfactory solutions resp. to unnecessary high costs for (structural) maintenance. Due to lacking investigations the reasoning for the necessity for regular cleaning intervals of auriferous components of the ventilation system could not be answered sufficiently.

Both the project promoter as well as the property developer must ensure the operation of ventilation systems with energy recovery without complications. Both demand clear statements and guide lines to issues like long-term hygiene, operation costs etc.

Content and Objectives

The goal of this project was therefore, based on the hygienic and technical analysis of existing ventilation systems, existing literature, the practical experiences of the project partners, the expert panel, notable property developers and industrial partners, to develop clear guidelines and recommendations for a hygienic flawless and cost efficient ventilation system with energy recovery for high volume residential buildings.

These results should in particular support project promoters, property developers, industrial partners as well as the standardisation and legislation processes to describe maintenance and cleaning requirements and possibilities and to give answers to the related life cycle cost issue.

Methods

This project consists – beside project management - of four parts: the development of a detailed research design, the examination of selected ventilation systems with energy recovery, the analysis and interpretation of the measuring results and the development of conclusions and guidelines including their dissemination.

A panel of external experts and notable property developer were integrated in the development of the project design. This was the basis for the later detailed analysis of the ventilation systems. The key aspects were on investigating the real operational mode and the configuration, the hygiene of these systems (sample taking on the surfaces of air-ducting components and measurements of the indoor air quality) and cleanability. The results of the investigations were documented in detail, appraised and analysed. Subsequently the

conclusion and recommendation of this report were developed within the project team under inclusion of the above mentioned expert panel and the target groups.

Results and conclusions

The project results are available in the public research report. There recommendations for a code of best practise, for standardisation and legislature as well as supplementary working devices for identified key target groups (technical bulletin for property developers, check lists for ventilation engineers and craftsmen, information sheet for ventilation system cleaning) can be found.

18 representative ventilation systems with energy recovery in Austria were researched. The results show on the one hand the robustness of this ventilation concept, on the other hand optimization potentials, which should be utilized in any case.

From a hygienic perspective all investigated ventilation systems show a significant reduction of fine dust and fungal spores in the incoming air compared to outdoor air – thus an indoor air quality improvement due to the ventilation system compared to window ventilation. This reduces the allergenic resp. irritative potential compared to outdoor air, which is in particular worth mentioning from a human health perspective.

The intake air ducts were predominately in hygienically clean conditions. When the ventilation system was realized in a proper form with correct air filtration and when regular maintenance was done, there is usually no critical germal reproduction of bacteria or mold on the surface of intake air ducts.

The degree of dust aggregation tended to increase over the time of operation and with low filter quality. The benchmark for a median cleanness quality class according to OeNORM EN 15780 trended to be exceeded by older ventilation systems and lower filter classes (range of approx. 10 years of operation).

The limit value of dust aggregation in exhaust air ducts was many times exceeded in all examined and before 2006 constructed systems. The cross section necking due to these depositions can lead to a considerably increased electricity demand of the ventilator. Therefore the cleaning of the system has an energy saving potential. Furthermore dust aggregations, beside thermal load, leads to a reduction of the volume flow rate in the contaminated section and can cause undesired constraint of the ventilation operation.

The basic requirement of replaceability and cleanability of all plant components was not met by the researched systems. Frequent changes in profile, e.g. from rectangular to circular ducts, lacking revision vents and generally limited access to duct sections complicates cleaning operations. In addition currently only few companies have experience with the cleaning of ventilation ducts of apartment buildings.

The investigations showed practically at all 18 installations easily avoidable material, planning resp. construction shortcomings, which medium or long term will significantly affect maintenance costs of the ventilation systems. Life cycle cost analysis show that cleaning and maintenance are considerable cost portions.

Therefore it is also from this perspective indispensable to look in detail at the issue of cleanability of ventilation systems for a high quality, hygienically flawless and cost optimal performance already in the planning phase as well as during construction.

Forecast

There is no way to bypass the requirement for ventilation systems with energy recovery taking hygienic and comfort reasons into account.

The project results clearly show the necessity to intensify research on ventilation systems with energy recovery. This applies to the planning and construction of the systems as well as on maintenance issues. These are important preconditions for the aimed market penetration of energy efficient, life cycle optimized building concepts.

1 Einleitung

1.1 Allgemeine Einführung in die Thematik

Internationale, nationale und bundesländerweise gesetzliche Vorgaben sowie förderrechtliche Anreize führten und führen zu unterschiedlichsten energieeffizienten Gebäudekonzepten – immer jedoch mit der Forderung nach einer bedeutend dichteren Gebäudehülle als in der Vergangenheit.

Eine luftdichte Gebäudehülle soll den unkontrollierten Austausch zwischen Raum- und Außenluft unterbinden. Im ersten Moment erscheint diese Anforderung im krassen Gegensatz zu unserem Bedürfnis nach Frischluft zu stehen. Aus Komfort- und Energiespargründen würde heute aber niemand mehr ein undicht gebautes Gebäude akzeptieren. Allein durch den Einbau dicht schließender Fenster wird noch keine ausreichende Luftdichtheit erreicht. Unkontrollierter Luftaustausch über Fugen in der Baukonstruktion ist weder bauphysikalisch erwünscht, noch hygienisch geeignet, um zufriedenstellende Raumluftzustände für den Menschen und einen ausreichenden Feuchte- und Schimmelschutz für die Bausubstanz zu gewährleisten. Bei Wohnungen, die nur über Fenster belüftet werden, ist in der überwiegenden Zeit der Nutzung mit hygienisch nicht akzeptablen Raumluftzuständen zu rechnen, da nur gelüftet werden kann, wenn der Komfort- und Energiesparanspruch, die Witterung und die Anwesenheit zumindest einer Person dies zulassen. Neben einer nicht ausreichenden Frischluftversorgung kann die unzureichende Feuchteabfuhr in der Nutzungseinheit insbesondere bei Wärmebrücken zu gesundheitsbeeinträchtigender Schimmelbildung führen, die auch über längere Zeit von den NutzerInnen unentdeckt bleiben kann.

Ziel eines der heutigen Zeit entsprechenden Gebäude- und Energiekonzeptes ist es, die Luft über hygienisch einwandfreie, inspizier- und reinigbare Wege ins Haus zu leiten und den Luftwechsel unabhängig von den Witterungsbedingungen an die Bedürfnisse des Menschen anzupassen. Die bei einer Komfortlüftung integrierte effiziente Wärmerückgewinnung minimiert die Wärmeverluste durch diesen Außenluftwechsel auf ein Minimum und temperiert die einströmende Luft auch in heißen Sommerperioden. Eine luftdichte Gebäudehülle erhöht die Effizienz des Lüftungssystems und verhindert einen unkontrollierten Luftwechsel.

Um ein wesentliches Ziel des Ausschreibungsprogrammes, die Marktdurchdringung dieser Komfortlüftungs-Technologie im Sinne eines CO₂-neutralen Gebäudesektors jedoch auch tatsächlich erreichen zu können, bedarf es den Nachweis der Funktionalität und der darauf aufbauenden Akzeptanz dieser Anlagen. Hier stellt sich neben der primärenergetischen Frage und der Kostenintensität insbesondere auch die, in den Fachkreisen sowie von Bauträgern und NutzerInnen immer wieder gestellte Frage nach der Langzeithygiene.

Unzureichende Planung und mangelhafte bauliche Ausführung sowie unzureichende Wartungsabläufe bzw. -intensitäten haben in der Vergangenheit zu mehr oder weniger befriedigenden Lösungen bzw. zu unnötig hohen Kosten in der Wartung bzw. Schadensbehebung geführt.

Sowohl Bauträger als auch Projektentwickler müssen den Betrieb einer solchen Komfortlüftungsanlage jedoch ohne Komplikationen gewährleisten können und verlangen zu diesem Thema eindeutige Aussagen und Richtlinien. Beispielsweise wurden 2010 in Salzburg und der Steiermark ca. 20% der neu gebauten Mehrfamilienhäuser mit Komfortlüftungsanlagen errichtet [LANG 2013]. Welche hygienischen Bedingungen nach mehreren Betriebsjahren in den luftführenden Bauteilen herrschen, können die Betreiber der Gebäude derzeit nur vermuten.

NutzerInnen hinterfragen immer mehr – und zu Recht – die Auswirkungen einer derartig relevanten Haustechnikkomponente für ihre Innenraumluft.

Und nicht zuletzt benötigen die Gesetzgeber und die Normungsverantwortlichen ausreichend wissenschaftlich belegte Fakten für die weiteren Verankerungsschritte.

Das Ziel des Projektes „Zukunftstaugliche Komfortlüftungssysteme in großvolumigen Wohngebäuden im Spannungsfeld von Hygiene und Kosten“ (auch ZuKoLü) ist es daher, Richtlinien für hygienische und kosteneffiziente Komfortlüftungsanlagen im großvolumigen Wohnbau zu erarbeiten. Dies soll abgestützt auf Messergebnisse bestehender Lüftungsanlagen und Rohrleitungskanäle, auf erfolgte Basisarbeiten (siehe Kap. 7 Literaturverzeichnis, S. 133) sowie auf Praxiserfahrungen der Projektpartner erfolgen.

Nur mit einer in Hinblick auf Langzeithygiene kosteneffizient funktionierenden Komfortlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ist es möglich, energetisch optimierte Gebäude zu einer ausreichenden Akzeptanz bei den Investoren, den Entwicklern und Umsetzern sowie bei den NutzerInnen zu führen.

Auch volkswirtschaftlich und gesundheitspolitisch ist die Sicherstellung einer hygienisch guten Innenraumluftqualität von hoher Bedeutung.

Die Bauträger, die als Praxispartner an diesem Projekt teilnehmen, zählen zu den namhaftesten österreichweit und können vielfältige Erfahrungen mit Komfortlüftungsanlagen aufweisen. Gemeinsam bewirtschaften sie mehrere tausend Wohneinheiten in Passivhausstandard und zusätzlich viele weitere Wohneinheiten mit Komfortlüftung.

1.1.1 Schwerpunkt

Das Projekt behandelt prioritär den Ausschreibungsschwerpunkt „Strategien, Ausbildung und Vernetzung“ sowie das damit zusammenhängende Thema der Entwicklung von Instrumenten und Tools zur Planung und Bewertung von Komfortlüftungssystemen im großvolumigen Wohnbau im Spannungsfeld von Hygiene und Kosteneffizienz im Zusammenhang mit der OIB-Richtlinie 6.

Kontrollierte WohnraumLüftungsanlagen, im Marketing auch als „Komfortlüftungen“ bezeichnet, stellen eine wesentliche Komponente von energieeffizienten Gebäuden dar. Für eine weitere Marktdurchdringung dieser Technologie besteht jedoch noch Forschungsbedarf. Empfehlungen für Planung und Betrieb von Lüftungsanlagen sind sehr detailliert in den Qualitätskriterien unter www.komfortlüftung.at festgehalten; die Frage der Notwendigkeit

einer Reinigung von luftführenden Leitungen wird jedoch nur unzureichend behandelt. Diese Frage beschäftigt Bauherrn und Projektentwickler, da diese einen Betrieb der Anlage ohne Komplikationen gewährleisten müssen. Die Entscheidung, in welchem Zeitintervall bzw. wie Anlagen dieser Art zu reinigen sind, beruht derzeit nicht auf anerkannten Forschungsergebnissen.

Da große Abschnitte von Luftleitungssysteme meist fix in das Bauwerk integriert sind und nur mit erheblichem baulichen Aufwand ausgetauscht werden können, ist ihre Lebensdauer entsprechend der Nutzungsdauer des Gebäudes anzupassen. Aufgrund des erheblichen Platzbedarfes sind ein Stilllegen der alten Leitungen und eine Neuinstallation im Regelfall nicht möglich. Der Material- bzw. Komponentenauswahl sowie der Sauberhaltung, lückenlosen Reinigbarkeit bzw. Sanierbarkeit ist daher bei der Konzeptionierung von Lüftungssystemen eine hohe Priorität zuzuordnen.

Bei der Projektbearbeitung werden Hygieneanforderungen auch mit ihren möglichen Auswirkungen auf die Energieeffizienz (insbesondere Primärenergiebedarf bzw. CO₂-Emission) behandelt. Beispielsweise sollten Anpassungen der Filterqualitätsklasse mit einer Änderung der Filterfläche entsprechend den herstellereinspezifisch empfohlenen Anströmgeschwindigkeiten, Anfangs- und Enddruckverlusten einhergehen, um einen Anstieg des elektrischen Energiebedarfs zu verhindern. Ein noch gänzlich unbeachteter Einflussfaktor betrifft die Erhöhung des elektrischen Energiebedarfes zur Luftförderung infolge von Ablagerungen in den Luftleitungen. Im Rahmen dieses Projektes werden diese Einflüsse abgeschätzt und in die Kostenbetrachtungen mit einbezogen.

1.1.2 Ziele

Mit dem vorliegenden Projekt *„Zukunftstaugliche Komfortlüftungssysteme in großvolumigen Wohngebäuden im Spannungsfeld von Hygiene und Kosten“* sollen bestehende Lüftungsanlagen und Luftleitungen hinsichtlich ihres hygienischen und technischen Standards untersucht werden und daraus verlässliche Aussagen hinsichtlich Abnahme, Inspektions- und Wartungserfordernisse in der Praxis getroffen werden.

Im Mittelpunkt steht die Erarbeitung von Richtlinien für hygienische und kosteneffiziente Komfortlüftungsanlagen im großvolumigen Wohnbau.

Folgende Produkte werden durch das Projekt zur Verfügung gestellt:

- **ein Leitfaden für Bauherren und Hausverwaltung zu Abnahmekriterien, Inspektions- und Wartungserfordernissen**
- **Grundlagen für den Normungsprozess und rechtliche Rahmenbedingungen**
- **eine Richtlinie für Planung und Ausführende Professionisten, wie Anlagen zukunftstauglich ausgeführt werden müssen, um eine Reinigung zu ermöglichen**

Niedrigstenergie- und Passivhäuser haben derzeit beim Neubau von großvolumigen Wohngebäuden einen Marktanteil von rund einem Drittel, wovon etwa 20% Passivhäuser sind. Zwischen den Bundesländern gibt es aufgrund der unterschiedlichen Wohnbauförderungssituationen große Unterschiede in der Marktdurchdringung von Wohnraumlüftungsanlagen. Die weitere Verbreitung der Niedrigstenergie-, Passivhaus-, und Plusenergiebauweise hängt auch wesentlich davon ab, inwieweit belastbares Know-how bezüglich dem Betrieb von Komfortlüftungsanlagen für einen weiten Kreis von Anwendern verfügbar gemacht wird.

Die Ergebnisse des Projekts richten sich an Wohnbauträger, Planungsbüros, Professionisten und deren Interessenvertretungen und sollen dem zukünftigen Errichter von Komfortlüftungsanlagen als wesentliche **Hilfestellung im Entscheidungsprozess, in der Planungsphase, bei der Umsetzung sowie im Betrieb der Anlage dienen**. Die Ergebnisse richten sich auch an Verantwortliche in Normungsgremien und Gesetzgebung.

2 Hintergrundinformationen zum Projektinhalt

2.1 Beschreibung des Standes der Technik

2.1.1 Anlagensysteme

Entsprechend der Systemdefinitionen im Projekt „Evaluierung von zentralen bzw. semi-zentralen Wohnraumlüftungen im Mehrfamilienhausbereich und Erstellung eines Planungs-Leitfadens“ [KAPFERER 2011] wurden auch im gegenständlichen Projekt folgende Begriffe verwendet:

Anlagenkurzbezeichnungen

Tabelle 1: Anlagensysteme

ANLAGENSYSTEM (AS)		
Kürzel	Bezeichnung	Beschreibung
Z	zentral (Mehrwohnungs-anlage)	Ein zentrales Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung versorgt mehrere Wohnungen. Die Volumenstromanpassung erfolgt durch Volumenstromregler für Zu- und Abluft je Wohneinheit.
SZ	semi-zentral (Mehrwohnungs-anlage)	Ein zentrales Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung versorgt mehrere Wohnungen mit konstantem Vordruck. Die Volumenstromanpassung erfolgt durch Sekundär-Ventilatoren für Zu- und Abluft je Wohneinheit. <i>Anmerkung: Ventilatoren zur individuellen Volumeneinstellung in den Wohneinheiten werden zusehends durch intelligente, vernetzte Volumenstromregler verdrängt. In diesem Projekt wurden keine semi-zentralen Systeme untersucht, jedoch wurde im Kapitel „Gesamtkostenbetrachtung“ diese Variante aufgenommen.</i>
SD	semi-dezentral (Mehrwohnungs-anlage)	Je Wohneinheit gibt es ein Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung. Die Außenluftansaugung (Filterung, Vorwärmung, ...) und/oder die Fortluftführung erfolgen zentral mit Stützventilatoren mit konstantem Vordruck.
D	dezentral (Einzelwohnungs-anlage)	Je Wohneinheit gibt es ein Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung. Die Luftaufbereitung der Außenluft (Filterung, Vorwärmung) und die Fortluftausblasung erfolgen für jede Wohnung getrennt.

Anlagenschemen

dezentral

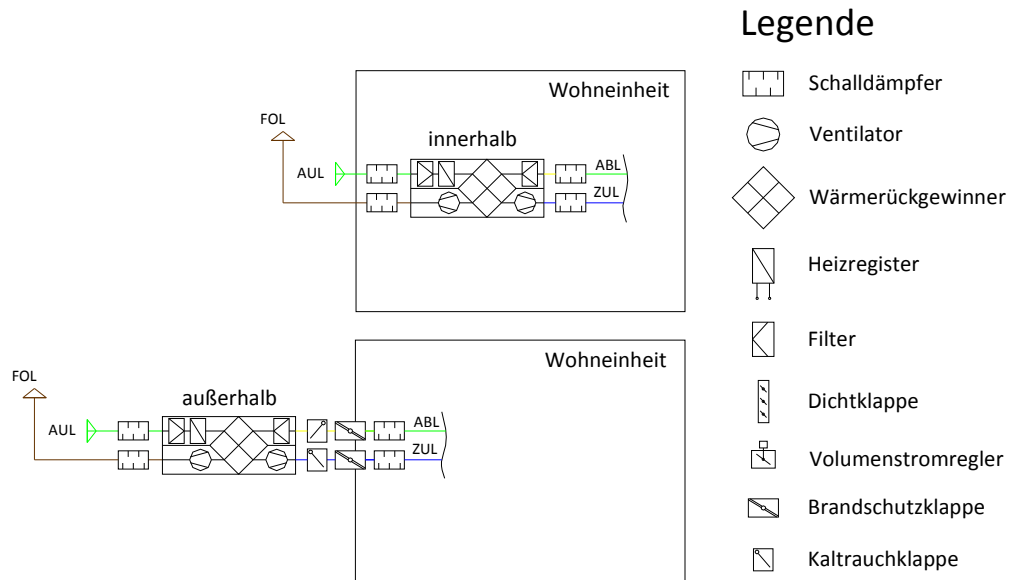


Abbildung 1: Schema einer dezentralen Anlage

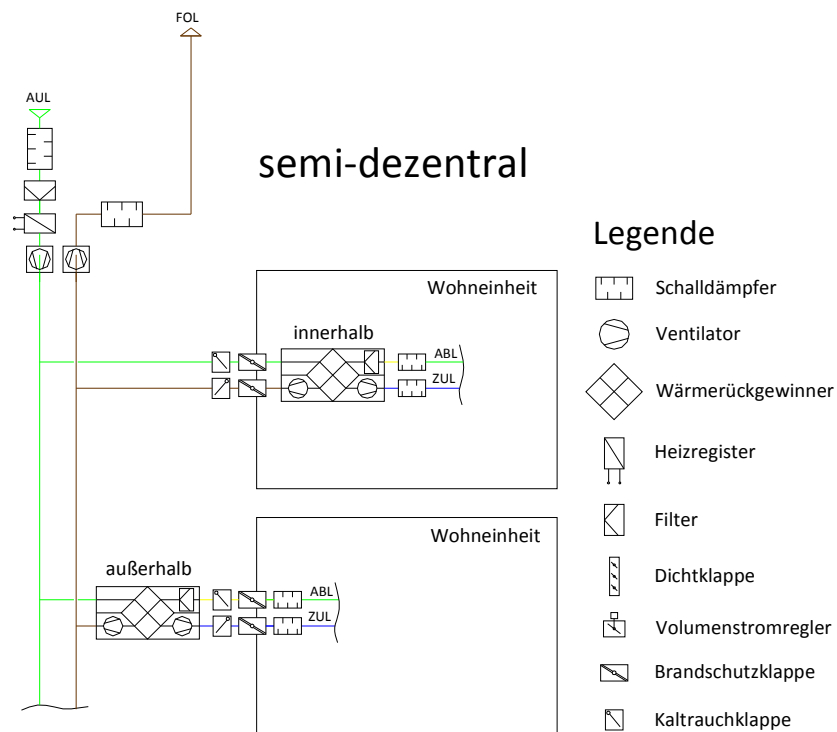


Abbildung 2: Schema einer semi-dezentralen Anlage

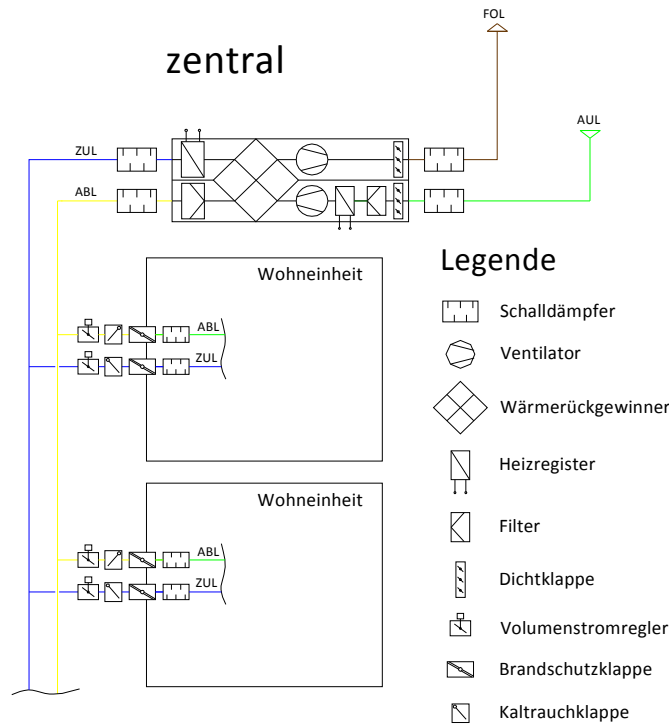


Abbildung 3: Schema einer zentralen Anlage

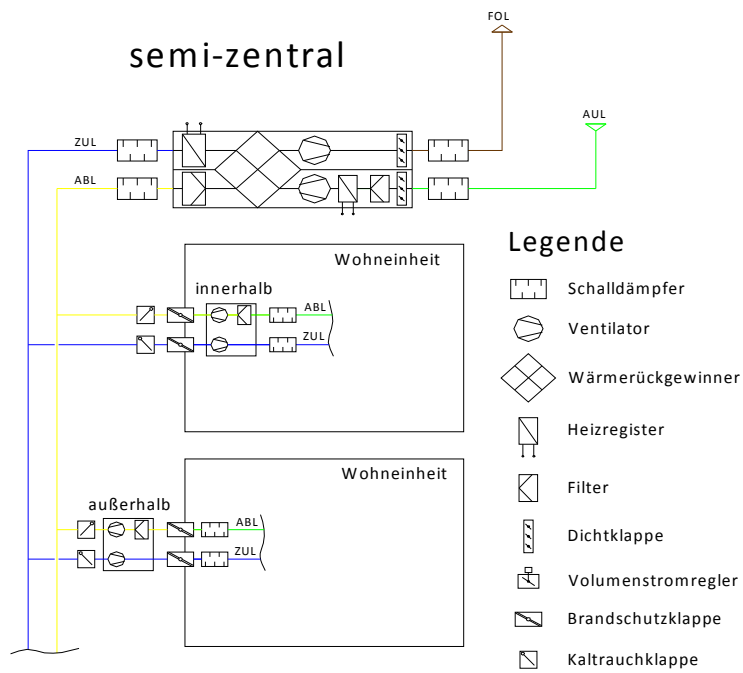


Abbildung 4: Schema einer semi-zentralen Anlage

Verteilformen

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.

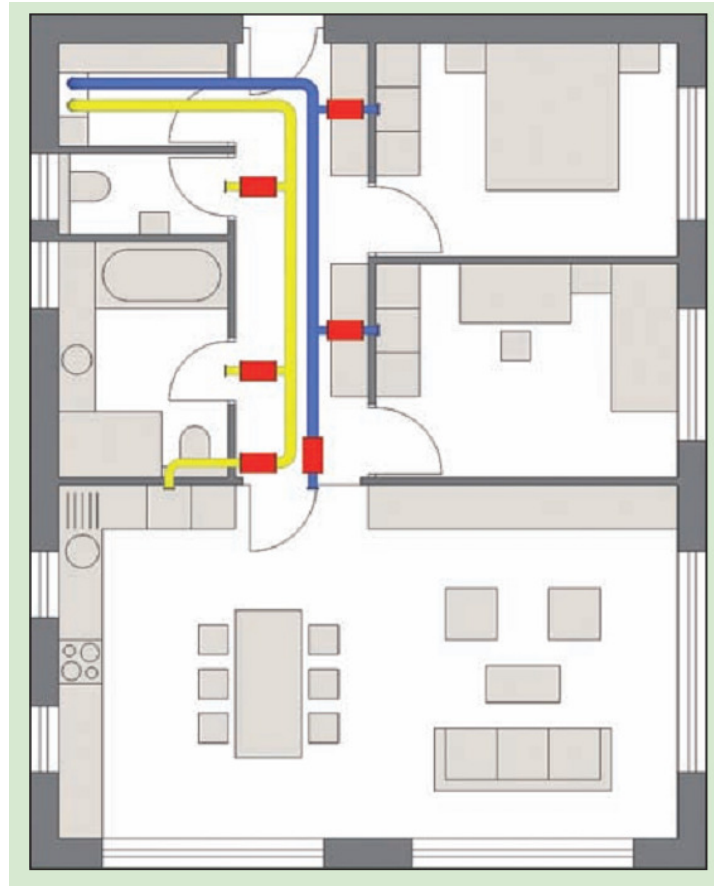


Abbildung 5: Baumförmige Verrohrung [KOMFORTLÜFTUNG 2013]

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 Telefonieschalldämpfung erfolgt hier platzsparend zentral im Luftverteiler.

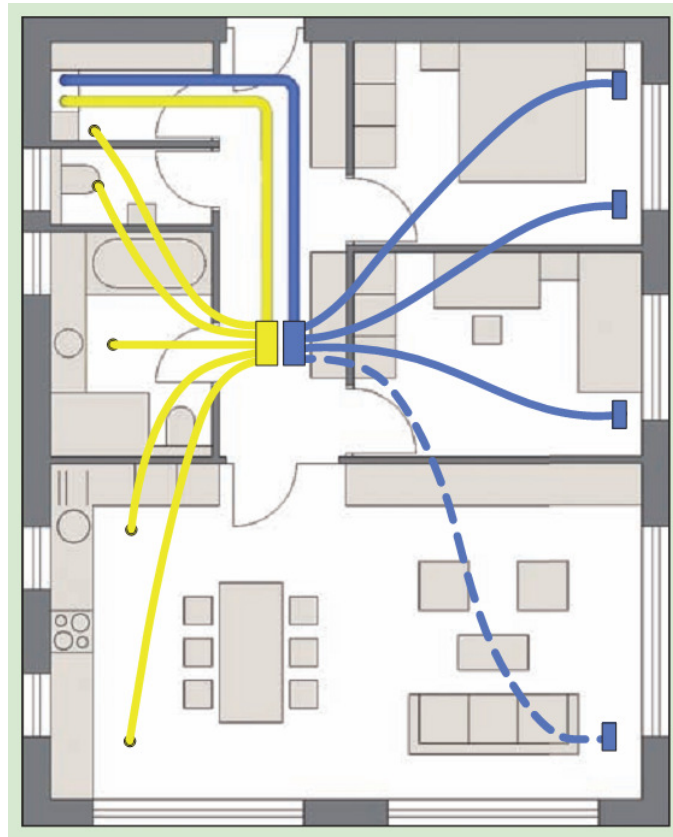


Abbildung 6: Sternförmige Verrohrung [KOMFORTLÜFTUNG 2013]

Im Fokus der Untersuchungen standen Systeme, die über je ein Verteilsystem für Zu- und Abluft verfügten. Raumkombinierte oder raumweise Systeme bzw. Geräte waren in der Untersuchung nicht eingeschlossen.

Die charakteristischen Merkmale, die Unterschiede in Hinblick auf Reinhaltung und Reinigung sind in Kapitel 3.5 detailliert beschrieben und kategorisiert.

2.1.2 Themenverwandte Studien

Niedrigstenergie- und Passivhausstandard im großvolumigen Wohnbau sind durch politische Zielvorgaben auf Bundes- und Landesebenen in den letzten Jahren stark vorangetrieben worden und in zahlreichen Projekten umgesetzt. Dementsprechend stark gewachsen ist auch die Anzahl der eingesetzten Lüftungsanlagen. Optimal eingestellte und einwandfrei arbeitende Anlagen sind nicht tatsächlicher Stand der Dinge, wie die technische Evaluierung von dezentralen, zentralen bzw. semizentralen Wohnraumlüftungen [KAPFERER 2011] zum Ergebnis hatte. Ebenso wenig dem Stand der Technik entsprechend sind die bisher vorliegenden Richtlinien, die einen einwandfreien Betrieb von Komfortlüftungsanlagen hinsichtlich der Einhaltung von Sauberkeits- und Hygienestandards beschreiben.

Gemessen an der strategischen technologiepolitischen, baupraktischen und letztlich auch sozialen Bedeutung dieses Themas ist die Zahl der vorliegenden Studien und Unter-

suchungen jedoch überschaubar und deren Aussagekraft in der Regel auf Teilaspekte beschränkt:

Die „**Passivhaus der Zukunft-Akademie**“ [PASSAWA 2011] initiierte einen Erfahrungsaustausch zwischen Bauträgern von großvolumigen Gebäuden im Niedrigstenergie- und Passivhausstandard. Es fand ein Wissenstransfer zwischen Bauträgern zu unterschiedlichen Erfahrungen bei Planung, Bau und Betrieb von energieeffizienten Wohngebäuden statt. 26 namhafte Bauträger aus ganz Österreich mit Erfahrung beim Bau von hocheffizienten Gebäuden nahmen am Projekt teil.

Ein Ergebnis aus der Passivhaus der Zukunft-Akademie war, dass Bauträger teilweise hohe Skepsis gegenüber der Technologie der kontrollierten Wohnraumlüftung äußern und keine klaren Wartungs- bzw. Reinigungsrichtlinien in den einzelnen Unternehmen vorliegen. Die Bauträger sehen eine weitere Marktdurchdringung von Wohnungslüftungsanlagen ohne klare Erkenntnisse über Hygienebedingungen in betriebenen Anlagen äußerst skeptisch. Seitens der Bauträger wird dringender Bedarf an klaren Richtlinien zu Erfordernissen hinsichtlich Wartung und Reinigung artikuliert. Ein weiteres Ergebnis bezüglich Hygiene im luftführenden Leitungsnetz war, dass von Planern und Ausführenden meist angeraten wird, das komplette Abschalten der Lüftungsanlage im Normalbetrieb aus hygienischen Gründen nicht zu ermöglichen. Die These besteht, dass dadurch keine bakterielle Belastung durch stehende Luft in Rohrleitungen entstehen kann. Fundiertes Wissen bzw. anerkannte Forschungsergebnisse liegen hierzu jedoch nicht vor.

Eine umfassende **Evaluierung von zentralen bzw. semizentralen Wohnraumlüftungen** [KAPFERER 2011] ist im Zuge eines 2010 abgeschlossenen Forschungsprojektes durchgeführt worden. Im Mittelpunkt ist die Entwicklung von Qualitätskriterien sowie eines Planungs-Leitfadens für Wohnungslüftungen im Mehrfamilienhaus gestanden.

Im PlanungsLeitfaden befindet sich der Parameter „Hygiene“ mit diesbezüglich allgemeinen Voraussetzungen bzw. Kriterien für die Planung, Komponentenwahl und Ausführung unterteilt in drei Qualitätsklassen.

Tabelle 2: Hygieneklasseneinteilung im PlanungsLeitfaden

(7) HYGIENE (HY)		
Klasse	Standard	Voraussetzung / Kriterien
HY1	hohe Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> • Luftleitungen rund, mechanisch belastbar, antistatisch, glatt, alterungsbeständig • Luftleitungssystem sehr kurz, strömungsoptimiert, wenige Querschnittsänderungen • alle luftdurchströmten Anlagenteile werden möglichst sauber gehalten und lassen sich im Bedarfsfall einfach reinigen, Austausch nicht erforderlich • keine Kondensation in den Luftleitungen möglich durch entsprechende Leitungsführung • Außenluft-Filterklasse F8 • Abluft-Filterklasse F6 (bei Rotationswärmetauschern F8) • Filterbypassvolumenstrom $\leq 1\%$ • Wartung und Instandhaltung durch geschultes Personal • zentrale Filter und -überwachung; Filterwechsel durch Personal gesichert; neue Außenluftfilter vor Nebelperioden • Gebäudeluftdichtheit $n_{50} \leq 0,3/h$ (hoher Pollenschutz)
HY2	erhöhte Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> • Luftleitungen überwiegend rund, mechanisch belastbar, antistatisch, glatt • Luftleitungssystem kurz, strömungsgünstig, mehrere Querschnittsänderungen • alle luftdurchströmten Anlagenteile werden möglichst sauber gehalten und lassen sich im Bedarfsfall reinigen oder austauschen • Kondensationsvermeidung in den Luftleitungen (Dämmung) • Außenluft-Filterklasse F7 • Abluft-Filterklasse F5 (bei Rotationswärmetauschern F7) • Filterbypassvolumenstrom $\leq 2\%$ • Zentraler Außenluftfilter, dezentrale Abluftfilter • Wartung und Instandhaltung durch Hausverwaltung • Abluftfilterwechsel durch NutzerInnen möglich; einfache Zugänglichkeit; Organisation der Ersatzfilter durch Hausverwaltung • Außenluftfilterüberwachung und gesicherter Wechsel durch Personal • Gebäudeluftdichtheit $n_{50} \leq 0,6/h$ (guter Pollenschutz)
HY3	mittlere Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> • Luftleitungssystem mittellang, zahlreiche Querschnittsänderungen • Verwendung kurzer nicht mechanisch belastbarer Schlauchstücke möglich • alle luftdurchströmten Anlagenteile werden möglichst sauber gehalten und lassen sich im Bedarfsfall reinigen oder austauschen; je nach Anlagengröße geringer bis erheblicher Reinigungsaufwand • Kondensationsvermeidung in den Luftleitungen (Dämmung) • Abluftfilterwechsel durch NutzerInnen; Organisation der Ersatzfilter durch Hausverwaltung • Außenluft-Filterklasse F6 • Abluft-Filterklasse G4 (bei Rotationswärmetauschern F6) • Filterbypassvolumenstrom $\leq 3\%$ • Außenluftfilterüberwachung empfohlen • Gebäudeluftdichtheit $n_{50} \leq 1,0/h$ (mittlerer Pollenschutz)

Bei der technischen Untersuchung ist die Wahl des Lüftungskonzeptes (semizentral, zentral), Luftmengen, Luftverteilung, Einbauten (z.B. für Regelung, Brandschutz, etc.) Druckverlust, Art der Wärmerückgewinnung, elektrischer Energiebedarf, Art des Vereisungsschutzes, Art der Nacherwärmung auf Komforttemperatur, erreichten Luftqualität (CO₂, Feuchte) und die tatsächliche Schallbelastungen im Wohnbereich erhoben worden.

Hygiene-Untersuchungen an den Oberflächen der luftführenden Bauteile, Differenzdruckmessungen mit Leckagenortung, Messung des tatsächlichen Luftwechsels sowie die Erhebung von Wartungsintervallen und Betriebs- bzw. Reinigungskosten sind nicht Bestandteil des Projekts gewesen.

Eine spezielle Dichtheitsprüfung der Luftleitungen ist nur stichprobenartig durchgeführt worden. Der Dichtheit von Luftleitungen, insbesondere der Luftleitungen außerhalb der Wohnung, sollte laut Forschungsergebnisse jedoch deutlich höheres Augenmerk geschenkt werden, da diese ein wesentlicher Parameter für einen effizienten Betrieb sind.

Die Befragung von für die Wartung der Anlage zuständigen Personen hat ergeben, dass die untersuchten Anlagen bislang noch nie gereinigt worden sind. Die Frage, ob eine Reinigung notwendig wäre, ist von ca. ein Drittel bejaht worden, etwa. 40 % sind der Ansicht gewesen, dass dies nicht notwendig sei, der Rest der befragten Personen hat diese Frage nicht beurteilen können. Die Frage, wie die Hygiene in Lüftungsanlagen beurteilt werden kann, konnte jedoch nicht geklärt werden, da keiner der zuständigen Personen eine Hygieneschulung absolviert hatte.

60 Qualitätskriterien für Wohnraumlüftungen im Mehrfamilienhaus [KOMFORT-LÜFTUNG 2011]

Ein Teil der vom Verein komfortlüftung.at herausgegebenen „60 Qualitätskriterien für Wohnraumlüftungen im Mehrfamilienhaus“ nimmt Bezug auf das Thema „Reinhaltung und Reinigbarkeit“. Die themenrelevanten Kriterien sind:

- V1 luftdichte Gebäudehülle
- 10 (M) genauer Verlegungsplan und nachvollziehbare AnlagenAusführung
- 11c (E) Maßnahmen gegen eine Verschmutzung der Anlage bzw. Luftleitungen in der Bauphase
- 12 (M) kein Luftkurzschluss zwischen Außenluftansaugung und Fortluftauslass
- 13 (M) Außenluftansaugung
- 17-1 (E) wirksamer, hygienisch unbedenklicher Sole-Erdwärmetauscher
- 17-2 (E) wirksamer, hygienisch unbedenklicher Grundwasser-Wärmetauscher
- 21 (M) gute Reinigbarkeit des Lüftungsgerätes
- 22 (M) geringe Luftleckagen des Gerätes, keine Geruchsübertragung
- 26 (M) ausreichende Außenluftfilterqualität
- 27 (M) ausreichende Abluftfilterqualität
- 34 (M) leistungsgeregelter Frostschutz ohne Staubverschwelung
- 36 (E) hygienisch einwandfreie Feuchterückgewinnung
- 37 (E) keine bzw. nur hygienisch einwandfreie aktive Befeuchtung
- 39 (M) geeignete Luftleitungen

- 41 (M) einfache Reinigung der Luftleitungen
- 47 (M) geeignete Ein- und Auslässe
- 57 (M) Übergabe der Anlage inkl. Dokumentation
- 58 (M) Einweisung jedes neuen Mieters in die Funktion und Bedienung
- 59 (M) gesicherter, hygienischer und energiesparender Betrieb und professionelle Instandhaltung

Das Projekt „**Technischer Status von Wohnraumlüftungen, Evaluierung bestehender WohnraumLüftungsanlagen bezüglich ihrer technischen Qualität und Praxistauglichkeit**“ [GREML 2004.] abgeschlossen 2004, haben wesentliche Erkenntnisse zur Qualität von bestehenden Lüftungsanlagen mit sich gebracht. Im Zuge des Projekts sind 110 Befragungen von Anlagenbesitzern durchgeführt und 92 Anlagen in Einfamilienhäusern auf ihre Qualität untersucht worden.

Klare Empfehlungen sind in Richtung der reinigungsfreundlichen Ausführung des Luftleitungsnetzes (Zugänglichkeit, Ausführung) formuliert worden. Die einfache Reinigung der Luftleitungen sollte demnach immer möglich sein. „Auch bei entsprechender Filtrierung der Zuluft muss über die gesamte Lebenszeit eine Anlage damit gerechnet werden, dass die Leitungen einige Male gereinigt werden müssen“ so die Aussage der Projektergebnisse. Die Ergebnisse sind jedoch nicht mit Untersuchungen zu Hygienestandards und Leckagenortung hinterlegt gewesen.

Im Forschungsprojekt „**Auswirkungen energiesparender Maßnahmen im Wohnbau auf die Innenraumluftqualität und Gesundheit**“ [HUTTER 2005] sind die Veränderungen der Innenraumluftqualität im Zusammenhang mit energiesparenden Maßnahmen im Wohnbau und ihre Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit untersucht worden. Im Zuge des Projekts wurde eine umfassende Übersicht über Innenraumrelevante Luftverunreinigungen, deren Quellen und über die gesundheitlichen Auswirkungen erstellt.

Einen wesentlichen Stand der Technik stellt eine **Studie des TZWL** dar. [TZWL 2009] Das Europäische Testzentrum für Wohnungslüftungsgeräte (TZWL) hat Untersuchung an vier seit mehr als 25 Jahren betriebenen dezentralen Lüftungsanlagen im Hinblick auf die Hygiene der luftführenden Bauteile durchgeführt. Die Lüftungskanäle sind mit einer Rohrkamera inspiziert worden; eine mikrobiologische Untersuchung ist über Probenentnahmen auf verschiedenen Oberflächen der Anlage und Filter erfolgt. Die Inaugenscheinnahme der Luftleitungen zeigt nach den über 25 Betriebsjahren ein außerordentlich positives Bild.

Eine visuelle Inspektion kann jedoch keine eindeutige Aussage über die Notwendigkeit einer Reinigung des Lüftungssystems hinter dem Filtersystem treffen. Die Auswertung der Abstrichuntersuchungen auf verschiedenen Oberflächen der Anlage zeigt, dass die Anlage dem von der VDI 6022 geforderten Anspruch an die Hygiene nach der über 25-jährigen Betriebszeit ohne Reinigung nicht einhält.

Die Abstrichuntersuchungen der An- und Abströmseite der untersuchten reinluftseitigen Filter haben für alle untersuchten Anlagen keine signifikanten Belastungen ausgewiesen. Dies ist sicherlich auf die jährlichen Filterwechselintervalle zurückzuführen.

Bei den Abklatschuntersuchungen der Luftleitungen zeigte sich ein etwas anderes Bild. Hier sind sieben von 19 Proben als „Grenzwertig“, bzw. „unzureichend“ gemäß VDI 6022 (Hygienische Anforderungen an die raumlufttechnischen Anlagen) zu bezeichnen. Grenzwertige Proben betreffen alle vier untersuchten Wohneinheiten. Nach den Anforderungen der VDI-Richtlinie 6022 sind Reinigungsmaßnahmen notwendig.

Aussagen über Reinigungserfordernisse der luftführenden Bauteile mit Rückschlüssen auf den Realbetrieb der Anlage sind nicht getroffen worden. Ebenso ist nicht erhoben worden, welchen Einfluss Leckagen und der daraus resultierende FalschlufTVolumenstrom auf die Hygiene von Lüftungsanlagen haben.

Das **REHVA Guidebook No 8 "Cleanliness of ventilation systems"** [PASANEN 2007] stellt einen Leitfaden bezüglich der Sauberkeit von Lüftungsanlagen dar. Der 2007 von der VDI e.V. Gesellschaft für technische Gebäudeausrüstung und dem FGK Fachinstitut Gebäude-Klima e.V. erstellte Leitfaden beschreibt im allgemeinen Sauberkeitskriterien für Lüftungssysteme und Planungsprinzipien sowie Hinweise zur Errichtung von sauberen Lüftungsanlagen. Im Leitfaden werden darüber hinaus Reinigungsmethoden kurz beschrieben und die Methoden zur Überprüfung des Hygienezustands erläutert.

Der **Schlussbericht der Hochschule Luzern „Hygienezustand von Raumlufttechnischen Anlagen in der Schweiz** [HOCHSCHULE LUZERN 2012] stellt eine umfassende Erhebung des Hygienezustandes von 100 raumlufttechnischen Anlagen (davon 16 Wohngebäude) verschiedener Gebäude- und Anlagentypen dar.

Ziel des Projektes war ein umfassendes Bild über den hygienischen Zustand der raumlufttechnischer (RLT) - Anlagen zu erlangen sowie die Korrelation von Hygienezustand der Anlage und Qualität der von Ihnen gelieferten Zuluft zu untersuchen. Weiters wurde der Einfluss des Luftfilters auf Luftqualität und Hygiene analysiert und hinsichtlich der SWKI-Richtlinien (entsprechen den VDI- Richtlinien 6022) bewertet.

Die Ergebnisse zeigen, dass keine der untersuchten Anlagen einen hygienisch bedenklichen Zustand aufweist und durch die Zuluft de facto keine Verschlechterung der Luftqualität im Vergleich zur Außenluft stattfindet.

Der hygienische Zustand der Anlagen stellt sich wie folgt dar:

In etwas mehr als der Hälfte der Anlagen wurde keine der analysierten Oberflächen als unzureichend beurteilt. Bei Wohngebäuden ist dieser Anteil größer. Bei knapp einem Fünftel der Anlagen wird weniger als die Hälfte; bei rund einem Drittel der Anlagen wird mehr als die Hälfte der Oberflächen hinsichtlich Hygiene beanstandet.

Die Filterstufe wird als Maßnahme mit dem größten Einfluss auf die technisch-optische Qualität als auch auf die Keimzahl identifiziert. Anlagen mit Filterstufen F7 oder höher werden deutlich besser bewertet als Anlagen mit gröberer Filterstufe.

Hinsichtlich Wohngebäude wird festgestellt, dass der Anteil an Anlagen ohne Beanstandung höher liegt als bei Nicht-Wohngebäuden, gleichzeitig werden diese Anlagen deutlich weniger gewartet, bzw. Standards (SWKI) nicht eingehalten.

Anlagen, welche die technische Lebensdauer überschritten haben, weisen eine deutlich schlechtere technisch-/optische Beurteilung auf. Bezüglich Keimbelastung konnten keine Auffälligkeiten festgestellt werden

2.1.3 Normen

NATIONAL

LUFTECHNISCHE ANLAGEN

Im Folgenden sind relevante Normen und Richtlinien, die das Thema *Wartung und Reinigung von Lüftungssystemen* behandeln, dargestellt:

ÖNORM H 6021: 2003-09-01 Lüftungstechnische Anlagen - Reinhaltung und Reinigung

Diese ÖNORM umfasst Festlegungen zur Reinhaltung und Reinigung bei der Planung, Lieferung, Lagerung, Montage und der laufenden Kontrolle von Lüftungstechnischen Anlagen in Gebäuden. Es wird dabei insbesondere Bezug auf die technische Funktion, den vorbeugenden Brandschutz und die hygienischen Ansprüche genommen.

Für den Betrieb von Lüftungsanlagen sind grundsätzlich die Anforderungen der ÖNORM H 6021 (Tab.C.1) hinsichtlich Kontrolle, Reinigung und Filtertausch zu berücksichtigen:

- 1. Filterstufe: Kontrolle mind. alle 3 Monate, Tausch nach max. 1 Jahr.
- 2. Filterstufe: Kontrolle mind. alle 3 Monate, Tausch nach max. 2 Jahren.
- Wärmetauscheroberflächen: Visuelle Überprüfung und Reinigung jährlich.
- Alle übrigen Bauteile: Kontrolle jährlich.

Richtlinien zur Kontrolle und Reinigung des Leitungsnetzes sind nicht explizit Teil dieser Norm.

Die derzeit gültige Fassung der ÖNORM H 6021 gibt allgemein gültige Grundregeln zu diesem Thema vor, lässt jedoch einen teilweise weiten Interpretationsspielraum bezüglich der Reinigungserfordernisse, insbesondere was Luftleitungen betrifft.

Im Zuge der geplanten Überarbeitung der ÖNORM H 6021, muss eine Abstimmung mit der Ende 2011 erschienen ÖNORM EN 15780 erfolgen.

ÖNORM EN 15780: 2011-12-01: Lüftung von Gebäuden – Luftleitungen – Sauberkeit von Lüftungsanlagen

Diese neue Norm wurde am 11. 9. 2011 von der CEN angenommen und ist aufgrund ihres offiziellen Erscheinungsdatums Ende 2011 in Österreich ein noch nicht ausreichend bekanntes Dokument in der Lüftungsbranche.

Diese europäische Norm gilt sowohl für neue als auch für vorhandene Lüftungsanlagen und definiert die:

- Einstufung der Sauberkeitsqualität
- Vorgehensweise bei der Beurteilung des Reinigungsbedarfs (augenscheinliche Beurteilung, unterschiedliche Messverfahren)
- Häufigkeit der Beurteilung und die Anleitung für Überprüfungen der Anlage nach EN 15239 (Leitlinien für die Inspektion von Lüftungsanlagen) und EN 15240 (Leitlinien für die Inspektion von Klimaanlage), sofern zutreffend
- Wahl des Reinigungsverfahrens, um im Einklang mit der Übergabe-Dokumentation nach EN 12599 zu stehen
- Vorgehensweise bei der Beurteilung des Ergebnisses der Reinigung.

Die ÖNORM EN 15780 stellt im Projekt eine wesentliche Richtlinie für die Beurteilung und Vergleichbarkeit von Anlagenzuständen in Bezug auf ihre Sauberkeit dar.

ÖNORM H6038: 2006-05-01 Lüftungstechnische Anlagen - Kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen mit Wärmerückgewinnung - Planung, Montage, Prüfung, Betrieb und Wartung

Diese ÖNORM behandelt die Planung von Außenluftbedarf, Luftverteilung, Brand- und Schallschutzmaßnahmen, Regelung und Steuerung, Ausführung sowie Betrieb und Wartung von kontrollierten Wohnungslüftungs-Systemen. Kontrollierte Wohnungslüftungs-Systeme im Sinne dieser ÖNORM sind mechanische, in Dauerbetrieb befindliche Zu- und Abluftanlagen für Wohnungen. Weiters werden Anforderungen an die Komponenten sowie Methoden zur Prüfung der entsprechenden Leistungsdaten festgelegt.

Die ÖNORM H6038:2006 fordert die Berücksichtigung von Wartungs- und Reinigungsöffnungen in der Planung. Die Zugänglichkeit zu Anlagenkomponenten die Wartung und Reinigung bedürfen, ist laut dieser Norm sicherzustellen.

Zufällig parallel zur Laufzeit des gegenständlichen Projekt wurde in der Arbeitsgruppe 141.27 die Überarbeitung der ÖNORM H6038 vorgenommen. Da die beiden Projektpartner leit-wolf Luftkomfort und IBO Innenraumanalytik in dieser Arbeitsgruppe mit je einem Mitarbeiter vertreten sind, konnten die Erkenntnisse des Projektes unmittelbar in den neuen Normvorschlag übernommen werden.

Die Ende 2013 erwartete neue Fassung wird dazu konkretere Anforderungen an die Komponenten und die AnlagenAusführung enthalten. In der aktualisierten Basisnorm für die kontrollierte Wohnungslüftung wird im Abschnitt „Reinhaltung und Reinigung“ auf die ÖNORM H 6021 und die ÖNORM EN 15780 verwiesen.

ÖNORM H 6036:2007-06-01 Lüftungstechnische Anlagen - Bedarfsabhängige Lüftung von Wohnungen oder einzelner Wohnbereiche Planung, Montage, Betrieb und Wartung

Diese ÖNORM behandelt die Planung, Montage sowie den Betrieb und die Wartung von Be- und Entlüftungsanlagen von Wohnungen (Abluftanlagen mit Außenluftnachströmung ohne Wärmerückgewinnung) und einzelnen Wohnbereichen und Räume mit ähnlicher Zweckbestimmung (z.B. Wohneinheiten in Hotels oder Wohnheimen).

LUFTLEITUNGEN

ÖNORM EN 12097: 2006-11-01 Lüftung von Gebäuden — Luftleitungen — Anforderungen an Luftleitungsbauteile zur Wartung von Luftleitungssystemen.

In dieser Norm sind Anordnung und Größe von Reinigungsöffnungen definiert.

Je nach Kategorie des Luftverteilungssystems können unterschiedliche Reinigungsverfahren angewendet werden. Reinigungseinrichtungen sind von der in EN 13779 festgelegten Kategorie der Lüftungsanlage abhängig. Diese Kategorie beeinflusst die Anzahl der Zugangsdeckel oder -türen, das Reinigungsverfahren und die Reinigungszeiträume.

Davon abweichend wurden im Vorschlag zur ÖNORM H6038 die Reinigungsöffnungen aus hygienischen Gründen (zusätzliche Staubanhaftung, mögliche Fehlerquelle für Undichtheiten) auf die notwendige Anzahl reduziert.

Folgende Normen regeln die Anforderungen und Dichtheit von Komponenten und Luftleitungen in Lüftungssystemen:

Die Dichtheitsanforderungen erfolgen dabei mit einer einheitlichen Klassifizierung, außer für die ÖNORM EN 13180, wo keine Luftdichtheitsklassifizierung erfolgt, da das Luftleitungsmaterial über keine Fälze oder Nahtstellen verfügt und als physikalisch luftdicht gilt.

ÖNORM EN 12237:2003-07-01 Lüftung von Gebäuden – Luftleitungen - Festigkeit und Dichtheit von Luftleitungen mit rundem Querschnitt aus Blech

Anwendungsbereich: runde Luftleitungen aus Blech (Wickelfalzrohre), Bögen, T-Stücke, Reduzierungen, etc.

ÖNORM EN 1507 :2006-06-01 Lüftung von Gebäuden - Rechteckige Luftleitungen aus Blech - Anforderungen an Festigkeit und Dichtheit

Anwendungsbereich: eckige Luftleitungen aus Blech in allen Ausformungen

ÖNORM EN 1751 :1999-01-01 Lüftung von Gebäuden - Geräte des Luftverteilungssystems - Aerodynamische Prüfungen von Drossel- und Absperrelementen

Anwendungsbereich: Anforderungen an Drossel- und Absperrelemente, unter anderem auch Gehäuseleckage und Durchlässigkeit bei geschlossenem Klappenblatt

ÖNORM EN 13180:2002-02-01 Lüftung von Gebäuden – Luftleitungen – Maße und mechanische Anforderungen an flexible Luftleitungen

Anwendungsbereich: Prüfverfahren für die technischen Kennwerte flexibler Luftleitungen (z.B. mechanische Widerstandsfähigkeit)

ÖNORM EN 15727:2010-10-01 Lüftung von Gebäuden - Luftleitungen und Luftleitungsbauteile - Klassifizierung entsprechend der Luftdichtheit und Prüfung:

Anwendungsbereich:

Anforderungen an Luftleitungsbauteile, die mehr Funktionen als den Transport von Luft erfüllen, und nicht von den vorher angeführten Normen abgedeckt werden.

INBETRIEBNAHME

ÖNORM EN 14134:2004-03-01 – Lüftung von Gebäuden – Leistungsprüfung und Einbaukontrollen von Lüftungsanlagen von Wohnungen

In der ÖNORM H6038 wird auf diese Norm verwiesen. Diese EN Norm regelt die Vollständigkeitsprüfung, sowie Funktionsprüfungen, Funktionsmessungen und Sondermessungen.

ÖNORM EN 12599:2012-12-15 - Lüftung von Gebäuden - Prüf- und Meßverfahren für die Übergabe eingebauter raumluftechnischer Anlagen.

Diese Norm legt Prüfungen, Prüfverfahren und Messgeräte zur Feststellung der Gebrauchstauglichkeit von eingebauten Anlagen zum Zeitpunkt der Übergabe fest und ermöglicht die Wahl zwischen einfachen Prüfverfahren, wenn ausreichend, und aufwendigen Messungen, wenn erforderlich.

ÖNORM M 7140: 2013-07-01 Betriebswirtschaftliche Vergleichsrechnung für Energiesysteme nach dynamischen Rechenmethoden

Die vorliegende ÖNORM beschreibt aus den dynamischen Rechenmethoden die Barwert- und erweiterte Annuitätenmethode, anhand welcher in eindeutig vorgegebener Weise die Wirtschaftlichkeit von verschiedenen Energiesystemen dargestellt werden kann.

Die vorliegende Ausgabe ersetzt die Ausgabe ÖNORM M 7140:2004, die überarbeitet wurde.

ÖNORM H 5057:2011-03-01 Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Raumluftechnik-Energiebedarf für Wohn- und NichtWohngebäude

Diese ÖNORM ist Teil einer Normenreihe und wurde für die Festlegung von Ermittlungswerten die für die Umsetzung des Art. 3 und des Art. 7 der Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden erarbeitet. Die legislative Umsetzung erfolgte mit dem Energieausweis-Vorlagegesetz und den landesrechtlichen Bestimmungen der einzelnen Bundesländer. Darüber hinaus wurden die relevanten europäischen Normen aus dem Mandat 343 berücksichtigt.

GESAMTENERGIEEFFIZIENZ

ÖNORM EN 15239:2007-07-01 Lüftung von Gebäuden - Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Leitlinien für die Inspektion von Lüftungsanlagen

In dieser ÖNORM wird eine für die Inspektion von maschinellen und freien Lüftungsanlagen erforderliche Methode im Verhältnis zum Energieverbrauch dieser Anlagen entwickelt. Diese ÖNORM gilt sowohl für Wohn- als auch für NichtWohngebäude. Die Inspektion umfasst die Aspekte zur Ermittlung der Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes und dessen maschineller/elektrischer Anlage. Es ist nicht Ziel dieser Norm, eine vollständige Auditprüfung der Lüftungsanlage vorzuschreiben. Ihr Zweck besteht darin, die Funktionsfähigkeit und die Auswirkung der Anlage auf den Energieverbrauch zu bewerten. Sie enthält Empfehlungen zu möglichen Anlagenverbesserungen.

INTERNATIONAL

VDI 6022:2011 Hygiene-Anforderungen an raumluftechnische Anlagen und Geräte, Deutschland

Diese Richtlinie beschreibt die Anforderungen hinsichtlich der Planung, der Fertigung, der Ausführung, des Betriebens und der Instandhaltung von raumluftechnischen Anlagen. Blatt 2 der VDI 6022 beschreibt das Prüfverfahren hinsichtlich Hygiene-Anforderung von Lüftungsanlagen.

SWKI VA 104-01:2011 „Hygieneanforderungen an raumluftechnische Anlagen“, Schweiz

(entspricht VDI 6022)

SFS 2011:338 Funktionskontrolle von Lüftungsanlagen, Schweden

In Schweden (SFS 2011:338) ist gesetzlich geregelt, dass Lüftungsanlagen vor Inbetriebnahme und im Betrieb in regelmäßigen Abständen kontrolliert werden müssen. Die Kontrolle wird OVK (obligatorische Ventilations-Kontrolle) genannt.

- In Plan och bygglagen PBL 2010:900 ist geregelt, dass Kontrollen durchgeführt werden müssen
- In Plan och byggförordningen PBF kap 5 ist geregelt, wie die Kontrolle durchgeführt werden muss, bzw. welche Komponenten kontrolliert werden müssen.

Die Kontrollen betreffen sowohl Neubauten als auch Bestandsgebäude, in denen eine neue Lüftungsanlage eingebaut wird, oder bei denen gröbere Änderungen an der Lüftungsanlage vorgenommen werden (neue Installationen in Bestandsgebäuden oder größere Änderungen müssen bei der Baubehörde gemeldet werden). Die Kontrolle muss von einem unabhängigen, zertifizierten Kontrollanten (akkreditiert laut ISO/IEC 17024:2011) durchgeführt werden. Verantwortung für die Durchführung der Kontrolle trägt der Eigentümer.

Von der Regelung bezüglich der regelmäßigen Kontrolle ausgenommen sind Ein- und Zweifamilienhäuser, hier gilt nur die Kontrolle vor Inbetriebnahme. Dem Eigentümer wird jedoch empfohlen, trotzdem eine regelmäßige Funktionskontrolle durchführen zu lassen, da er indirekt für das Aufrechterhalten der Funktion des Gebäudes verantwortlich ist. Von der Regelung außerdem ausgenommen sind Bauten der Land- und Forstwirtschaft, Industriebauten und Militärsbauten.

1. Kontrolle vor Inbetriebnahme

Bei der Kontrolle vor Inbetriebnahme wird kontrolliert:

- Dass die Funktion und Eigenschaften der Lüftungsanlage die Anforderungen laut Norm erfüllt
- Dass keine Verunreinigungen in der Anlage vorhanden sind
- Dass Anleitungen und Wartungshandbücher vorhanden und leicht zugänglich sind

- Dass die Lüftungsanlage ihren Anforderungen entsprechend funktioniert (geregelt in BFS 2011:6)

2. Regelmäßige Kontrolle

In regelmäßigen Abständen (je nach Gebäudetyp und Lüftungsanlage) ist das Gebäude einer Funktionskontrolle zu unterziehen. Anforderungen an den Ablauf und Dokumentation der Kontrolle und an den Kontrolleur sind in BFS 2011:16 geregelt. Bei der regelmäßigen Kontrolle gibt es ein sog. „OVK“-Protokoll. Eine Ausgabe des Protokolls muss dem Eigentümer übergeben werden, eine zweite ist der Baubehörde zu übermitteln.

Kontrolliert wird:

- Ob die Funktion und Eigenschaften der Lüftungsanlage den Anforderungen der Norm, die zum Zeitpunkt der Installation gegolten hat, entspricht
- dass keine Verunreinigungen in der Anlage vorhanden sind
- Dass Anleitungen und Wartungshandbücher vorhanden und leicht zugänglich sind
- Dass die Lüftungsanlage ihren Anforderungen entsprechend funktioniert

Bei Bedarf der Reinigung oder sonstigen Maßnahmen, ist dies im Protokoll zu notieren und die Durchführung zu veranlassen. Ebenfalls Bestandteil der Untersuchung ist Möglichkeiten zu erheben, welche zur Steigerung der Energieeffizienz der Lüftungsanlage/des Gebäudes führen. In **BFS 2012:7** gibt es noch allgemeine Hinweise und Leitfäden, was bei der Kontrolle zu berücksichtigen und dokumentieren ist.

Die unterschiedlichen Gebäudekategorien sind in folgenden Intervallen einer regelmäßigen Kontrolle (Geregelt in PBF 2011:16) zu unterziehen:

Tabelle 3: Gebäudekategorien

Gebäudekategorie	Nutzung	Lüftungsanlage	Kontrolle
Gebäudekategorie 1	Vorschulen, Schulen, Pflegeeinrichtungen	(unabhängig von der Art der Lüftungsanlage)	alle 3 Jahre
	MFH, Büros*)	mechanischen Zu- und Abluftanlage (mit oder ohne Wärmerückgewinnung)	alle 3 Jahre
Gebäudekategorie 2	MFH, Büros*)	mechanischen Abluftanlage (mit oder ohne Wärmerückgewinnung) freie Lüftung mittels Schachtlüftung	alle 6 Jahre
* Hochschulen, Universitäten, Versammlungslokale, Geschäftslokale, Theater, Kinos, Sportanlagen, Museen, Hotels und Garagen zählen je nach Art der Lüftungsanlage zu Kategorie 1 oder 2			

2.2 Problemstellung

Kontrollierte Wohnraumlüftungen mit Wärmerückgewinnung (Komfortlüftungen) sind fixer Bestandteil eines Haustechnikkonzepts energieeffizienter Gebäude. Die Anlagen sollen neben energetischen Vorteilen vor allem eine als gut empfundene Luftqualität ermöglichen und die Gesundheit und das Wohlbefinden der NutzerInnen unterstützen. Komfortlüftungen übernehmen auch die wichtige Funktion der Schadstoff- und Feuchteabfuhr zur Vermeidung von Schimmelbefall.

Häufig begegnen PlanerInnen und Ausführende jedoch den Bedenken von Bauträgern und BewohnerInnen hinsichtlich der Hygiene im Leitungsnetz. Das Ergebnis der „Passivhaus der Zukunft-Akademie“ – Erfahrungsaustausch zwischen Bauträgern [PASSAWA 2011] – zeigte deutlich, dass Bauträger teilweise hohe Skepsis gegenüber der Technologie der kontrollierten Wohnraumlüftung aufweisen. Die Unternehmen haben zwar zahlreiche Gebäude mit Lüftungsanlagen in Ihrem Portfolio, klare Richtlinien zu Reinigung und Wartung sind jedoch nicht vorhanden. In Österreich sind derzeit keine Verordnungen bzw. rechtliche Grundlagen, die eine Reinigung oder Inspektion der Lüftungssysteme im Wohnbau vorschreiben, vorhanden.

Damit Lüftungssysteme, die an sie gestellten Anforderungen erfüllen können, sind Maßnahmen zur Reinhaltung und gegebenenfalls Reinigungsmaßnahmen notwendig. In welchem Maße, auch bei funktionstüchtigen Filtern und regelmäßigem Filterwechsel eine hygienische Belastung der luftführenden Bauteile vorliegt und dadurch gesundheitliche Auswirkungen entstehen können, war bislang nicht geklärt.

Die Wärmerückgewinnung stellt die Kernkomponente bei Komfortlüftungsanlagen dar. Ihre Funktion ist in der Heizsaison ausschlaggebend für einen verringerten Energieverbrauch. In Hitzeperioden kann sie einen Beitrag zum Schutz gegen sommerliche Überwärmung leisten. Bei moderaten Außentemperaturen, geeigneter Witterung, geringer Außenlärmbelastung und natürlichen Lüftungsmöglichkeiten in allen Ablufträumen wird manchmal davon Gebrauch gemacht, die Lüftungsanlage auf minimaler Stufe zu betreiben bzw. vorübergehend abzustellen. In diesen Perioden ist die Bereitschaft der Nutzer über Fenster zu lüften, deutlich höher als in den kühleren Jahreszeiten. Bauträgern wird in Österreich zumeist davon abgeraten, den Nutzern ein komplettes Ausschalten der Lüftungsanlage zu ermöglichen. Grund ist die weit verbreitete Befürchtung, dass durch unkontrollierte Luftströmungen im Leitungsnetz hohe Luftfeuchten verursacht werden und in dessen Folge das Risiko einer mikrobiellen Belastung erhöht wird.

In Deutschland hingegen werden unter der Mehrzahl von Planern und Experten klare Empfehlungen zum Abschalten im Sommer, gegeben. [JUNG 2010]

Eine eindeutige Klärung dieses Dissenses liegt derzeit nicht vor. Wie weit der mechanisch herbeigeführte Luftwechsel im Sommerbetrieb reduziert, oder ob dieser gänzlich vermieden werden kann, ist nicht geklärt.

Die Reduktion von Luftmenge und Betriebszeiten haben einen positiven Einfluss auf den Energieverbrauch für die Luftförderung und die winterliche Raumlufffeuchte. Durch Optimierung des Anlagenbetriebs wird der Bedarf an elektrischer Energie gesenkt und ein positiver Beitrag zur Steigerung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden geleistet und senken somit die CO₂-Emissionen.

Einen weiteren wesentlichen Parameter für den effizienten Betrieb von Komfortlüftungsanlagen stellt die Dichtheit des Leitungsnetzes dar.

Leckagen können in Gebäude- Hohlräumen Über- oder Unterdrücke aufbauen, die unbeabsichtigte Luftströmungen zwischen Gebäudeabschnitten hervorrufen. Werden Außen-Luftleitungen saugseitig durch Tiefgarage oder Räume mit belasteter Luft geführt, kann diese Luft in das System und damit auch in die Wohnungen gelangen. Bei aktuell realisierten und ausgeschriebenen mehrgeschossigen Wohnbauten werden überwiegend die Lüftungsanlagen in Dichtheitsklasse B (Übersicht Dichtheitsklassen siehe Kapitel 2.3.2 S. 30) ausgeführt. Die Abluft der Küchen wird in Dichtheitsklasse C ausgeführt. Die (empfohlene) Überprüfung der Dichtheitsklasse der Luftleitungssysteme wird in der Praxis im Regelfall nicht durchgeführt.

Die im Kapitel 2.1.3 (S. 21ff.) angeführte Normen schlagen zur Überprüfung der Dichtheit vor, Teilstrecken des Luftleitungssystems zu untersuchen. Durch die heutzutage verkürzten Bauabläufe ist das Zeitfenster für die erforderliche Zugänglichkeit nur sehr klein.

Nachträgliche Versuche einen Dichtheitstest auszuführen scheitern meist aufgrund organisatorischer, vertraglicher aber auch praktischer Gegebenheiten, wie sich im Projekt bei den sich in Betrieb befindlichen Anlagen zeigte. Da die Lüftungsinstallationen der einzelnen Wohneinheiten an einem gemeinsamen Steigstrang meist in einem unterschiedlichen Fertig-

stellungszustand sind, bedarf es gesonderter Vereinbarungen und organisatorischem Geschick die Messungen so anzuberaumen, dass der Bauablauf nicht verzögert wird.

Erfahrungswerte über die in der Praxis erzielten Dichtheitsklassen des Leitungsnetzes, Art, Lage und Größe von Leckagen gibt es bei kontrollierten Wohnraumlüftungen so gut wie keine.

In diesem Projekt wurden dazu bei den zwei Neubauvorhaben Leckagemessungen in Teilabschnitten durchgeführt.

2.3 Projektinhalt, verwendete Methoden und Vorgangsweise

Im Rahmen dieses Projekts wurden theoretisches Wissen, Erfahrungen aus der bisherigen Anwendung von Komfortlüftungsanlagen in großvolumigen Gebäuden und Messergebnisse aus anlagenspezifischen Untersuchungen zusammengeführt, strukturiert und zu Leitfäden und Richtlinien für die breite Anwendung verdichtet. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit von mehreren Wohnbauträgern und ForschungspartnerInnen aus unterschiedlichen Wissensgebieten gewährleistet praxismgerechte Ergebnisse, die über das Einzelobjekt hinausgehen. Die für die Unternehmenspartner und damit auch für die breite Umsetzung entscheidenden Faktoren Wirtschaftlichkeit und Praxistauglichkeit standen im Zentrum der Untersuchung.

Die am Projekt teilnehmenden Bauträger brachten Erfahrung aus der Umsetzung von innovativen Wohngebäuden ein.

Zur Erreichung des Projektziels, den Zielgruppen Richtlinien für hygienische und kosteneffiziente Komfortlüftungsanlagen im großvolumigen Wohnbau zur Verfügung zu stellen, war die logische Abfolge bzw. die Korrelation der Arbeitspakete Voraussetzung.

Unterstützt wurde das Projektteam durch die Konsulenten

- Dr. Christian Pöhn (Stadt Wien, MA 39)
- Ao Univ. Prof. Dr. Thomas Bednar (Institut für Hochbau und Technologie, Forschungsbereich Bauphysik und Schallschutz, TU Wien),
- OA Assoz.-Prof. DI. Dr.med Hans-Peter Hutter (Institut für Umwelthygiene, Medizinische Universität Wien) sowie
- durch die am Projekt teilnehmenden Bauträger und
- die interviewten Reinigungsfirmen.

Darauf aufbauend wurde das detaillierte „Untersuchungs-Design“ entwickelt, das durch Einbindung des Expertenbeirats und der Bauträger auf die bauträgerrelevanten Fragestellungen konkretisiert wurde. Dieses beinhaltet alle relevanten Messpunkte und Erhebungen zur Anlagenkonfiguration, die für eine hygienische Bewertung von Lüftungsanlagen notwendig sind. Die Erhebung der realen Betriebsbedingungen war ebenso Teil dieses Designs, um Rückschlüsse auf Wartungs- und Reinigungserfordernisse ziehen zu können.

Verwendete Methoden

- Desk Research, Erhebung angewandter Messkonzepte vorhandener Studien
- Bedarfskonkretisierung durch Bauträgerinterviews
- Expertengespräche (Interviews mit Spezialisten, Einbindung des Experten-Beirats)

Das erarbeitete Untersuchungs-Design diente als Grundlage für die folgende Bearbeitung der ausgewählten Komfortlüftungsanlagen.

Die Anlagenauswahl aus dem Portfolio der Bauträger basierte in erster Linie auf dem Alter der Anlage. Darüber hinaus wurde versucht eine möglichst repräsentative Auswahl an Anlagenkonzepten zu untersuchen. Folgende charakteristische Parameter wurden für die Auswahl herangezogen:

- Baujahr der Lüftungsanlage
- Lüftungssystem (zentral / semi-dezentral / dezentral)
- Material der Luftleitung (verzinktes Stahlblech / Kunststoff)
- Art der Verteilung (baumförmige Verteilung / sternförmige Verteilung)
- Geografische Verteilung - österreichweit

Die Schwerpunkte der Erhebungen lagen auf folgenden Bereichen:

2.3.1 Reale Betriebsweisen – Umgebungsbedingungen, laufende Kosten, Reinigbarkeit

- Befragung Hausverwaltung (Person vor Ort) bzw. Verantwortlicher für Wartung und Instandhaltung zur Erhebung der realen Betriebsverhältnisse und der laufenden Kosten.
- Begehung der Anlage und qualitative Beurteilung der Anlagenbeschaffenheit sowie Erhebung der Umgebungsbedingungen.
- Gemeinsame Begehung der Anlage mit Reinigungsfachunternehmen und Untersuchung der Reinigbarkeit bzw. Austauschbarkeit von luftdurchströmten Anlagenteilen.
- Befragung der NutzerInnen zur Zufriedenheit mit der Lüftungsanlage und Erhebung des Nutzerverhaltens.

2.3.2 Dichtheitsprüfung und Leckageortung / Anlagenbeschaffenheit

GEBÄUDELUFTDICHTHEIT

- Die Undichtheiten von Gebäuden haben neben der energetischen und der bauphysikalischen Bedeutung vermutlich auch einen relevanten hygienischen Einfluss auf die Raumluft, der noch weitgehend unerforscht ist. Da moderne Fenster und Türen an der Gesamtwohnungsleckage kaum noch beteiligt sind, dominieren Luftleckagen über Schächte, Baukonstruktionen, Elektroinstallationen, Kamine, usw.

Eindeutig zuordenbar sind die stark steigenden Kondensationsschäden aufgrund von Luftundichtheiten in der Gebäudehülle. Es wird weiters vermutet, dass bei wechselnder Durchströmung der Leckagewege infolge von Wind oder Thermik relevante Mengen an Schimmelsporen, Fasern oder Stäube in die Raumluft gelangen. Während diese bei kontrollierten Wohnungslüftungen aufgrund des stetigen Luftwechsels verdünnt werden, könnte es bei anderen Lüftungskonzepten (Abluftsystemen) oder unzureichendem Luftaustausch (bei durchschnittlichem Fensterlüftungsverhalten) zu einer Anreicherung kommen.

- Die Luftdichtheit wurde stichprobenartig bei zwei Bestandprojekten, in vier Wohnungen gemessen. Bei einem in Fertigstellung befindlichen Neubauprojekt konnte die noch ausständige Differenzdruckmessung auf das Projekt abgestimmt werden.
- Ein weitverbreitetes Problem stellen neben der Schallübertragung auch die Geruchsübertragungen zwischen einzelnen Wohneinheiten dar. Die Ursachen liegen zumeist an einer unzureichenden internen Luftdichtheit im Bereich der gemeinsamen Installationsschächte. Eine weitere Möglichkeit besteht durch unzulässige Luftübertragungen über gemeinsame Luftleitungen.

DICHTHEIT LUFTLEITUNGEN

- Die Undichtheiten von Luftleitungen haben neben der energetischen Bedeutung, vermutlich auch bei bestimmten Anlagenkonstellationen einen relevanten hygienischen Einfluss auf die Luftqualität, der noch weitgehend unerforscht ist. Die bei zentralen Anlagen systembedingt höheren Betriebsdrücke und Luftleitungsoberflächen führen hier vermehrt zu Problemen mit der Einhaltung der geforderten Energieeffizienz aufgrund von relevanten Leckagevolumenströmen.
- Die Dichtheitsklasse der Luftleitungen und die Definition der Dichtheitsprüfungen muss bereits im Planungsstadium festgelegt werden. Die zu prüfenden Stränge sind wegen Zugänglichkeit (Montageplan) vorab festzulegen und im Bauzeitplan entsprechend zu berücksichtigen.
- Üblicherweise scheitern nachträgliche Versuche, einen Dichtheitstest auszuführen, aufgrund organisatorischer, vertraglicher aber auch praktischer Gegebenheiten.

Das Messdesign greift diesen Ansatzpunkt auf und versucht bei Bestands- und Neubauprojekten eine Aussage über die Dichtheit und vorhandenen Leckagen der Luftleitungen zu machen.

- Bei den beiden Neubauprojekten konnte die Überprüfung der Dichtheit nach EN 12237 (bei Luftleitungen mit rundem Querschnitt) von Teilstrecken (Zu- und Abluftleitung in einem Steigschacht) des Luftleitungssystems durchgeführt werden.

Die Dichtheitsmessungen der Luftleitungen wurden mittels eines speziell für kleine Volumenströme gebauten Differenzdruckmessgeräts durchgeführt. Die Leckageortung erfolgte mittels Theaternebel.

- Bei den untersuchten Bestandprojekten waren aufgrund der verbauten Schachtsituationen und abgehängten Decken die Luftleitungen nicht mehr zugänglich und eine zerstörungsfreie Messungen daher nicht möglich.
- Die Leckagenortung mittels Theaternebel konnte bei den Bestandsgebäuden durch vorhandenen geschossweise Schachtdämmungen und den vorhandenen Undichtheiten der Außenhülle im Schachtbereich nicht zielführend eingesetzt werden, da die Verdünnung des Theaternebels zu stark war.

VOLUMENSTROM

- Der Volumenstrom wurde bei den Luftdurchlässen (Zu- und Abluft) mittels Nulldruck-Kompensationsverfahren und Volumenstromtrichter bei allen 18 untersuchten Anlagen gemessen.
- Die seitens der Hausverwaltung bzw. Bauherrn zur Verfügung gestellten Dokumentationsunterlagen der Lüftungsanlagen beinhalteten zum überwiegenden Teil die Einregulierungsprotokolle der Zu- und Abluftdurchlässe („Party-Stellung“) und ermöglichten eine Quantifizierung der tatsächlich gemessenen Volumenströme.
- Die Erhebung der Luftwechselraten erfolgte von September 2012 bis April 2013. Die Luftwechselraten wurden in jeder Wohneinheit zum Zeitpunkt der Begehung und Beprobung gemessen.
- Die unterschiedlichen Betriebszustände über den Jahresverlauf wurde im Zuge der Nutzerbefragungen erhoben.

2.3.3 Hygienische Untersuchung auf verschiedene Oberflächen von Luftleitungen

- Untersuchung auf verschiedenen Oberflächen von luftführenden Bauteilen mittels Nährbodenabklatschproben, Untersuchung der Keimdichte an luftführenden Oberflächen durch Nährbodenabklatsch (Schimmelpilze und Gesamtkeimzahl) nach VDI 6022 (Schimmelpilze und Gesamtkeimzahl). Detaillierte Mess-Methodik inkl. relevanter Normen siehe Kapitel 3.4 Hygienezustand der untersuchten Anlagen
- Untersuchung Staubansammlungsgrad an verschiedenen Oberflächen von luftführenden Bauteilen
- Messung Luftkeime (Untersuchung auf Hefe- und Schimmelpilzsporen) in Raumluft, Zuluft und Außenluft
- Messung Feinstaubkonzentration (PM10, PM2,5, PM1) in Raumluft, Zuluft und Außenluft

2.3.4 Auswertung und Verbreitung

Die Ergebnisse der Erhebungen und Messungen stellten die Grundlage für die Analyse und Auswertung dar. Das Arbeitspaket konzentrierte sich auf die Analyse und Auswertung der vom Projektteam, Expertenbeirat und Bauträger formulierten relevanten Fragestellungen. In die Bewertung der Ergebnisse wurde zusätzlich der Umweltmediziner Prof. Dr. med. H. P. Hutter mit einbezogen.

Die Analyse und Auswertung erfolgte wie im Folgenden dargestellt:

- Einzelauswertung durch Projektpartner im Hinblick auf spezifische Aspekte (Hygiene, Kosten,..)
- In einen gemeinsamen Projektworkshop werden Ergebnisse diskutiert und ev. vertiefende Auswertungen definiert
- Rückkopplung der Ergebnisse mit dem Expertenbeirat
- Finalisierung durch gemeinsamen Projektworkshop

Die Ergebnisse der Analyse und Auswertung – und somit die Projektergebnisse – wurden zielgruppengerecht in Form eigener Unterlagen für die Praxis (Merkblatt, Checkliste, Infoblätter) sowie als schriftliche Empfehlungen für Norm und Gesetz aufbereitet. Diese richten sich an Wohnbauträger, Planer, Ausführende Professionisten und deren Interessengruppen sowie an die Verantwortlichen in den Normungsgremien und der Gesetzgebung. Verbreitet wurden bzw. werden die Ergebnisse zum einen durch die beteiligten Unternehmenspartner sowie bei Fachveranstaltungen und Workshops.

3 Ergebnisse des Projektes

Im folgenden Kapitel sind die wesentlichen Ergebnisse der Untersuchungen der einzelnen Objekte sowie die theoretische Betrachtung der Reinigbarkeit und die theoretische Lebenszykluskostenbetrachtung dargestellt.

3.1 Anlagenauswahl

Die Einladung zur Teilnahme am Projekt und zur Verfügung Stellung von Objekten erfolgte gezielt an Bauträger, welche bereits mehrere Pilotprojekte und innovative Gebäudekonzepte mit Lüftungsanlage in den letzten Jahren umgesetzt haben. Das Hauptkriterium für die Anlagenauswahl, eine Betriebsdauer von mehr als 6 Jahren, schränkte die Anzahl der möglichen großvolumigen Untersuchungsobjekte stark ein, da die Mehrzahl der bislang umgesetzten Passiv- und Niedrigstenergiegebäude nach 2007 errichtet wurden.

Die Anlagenauswahl aus den von den Bauträgern genannte Gebäuden erfolgte anhand den unter 2.3 definierten Kriterien. In diesem Sample befanden sich jedoch keine Lüftungssystem mit Kunststoffrohren. Der Vergleich des Verschmutzungsgrades von unterschiedlichen Leitungsmaterialien war für das Projektteam jedoch von Interesse, aus diesem Grund musste von der Gebäudekategorie großvolumiger Wohnbau abgegangen werden. Es wurden zwei Einfamilienhäuser mit Luftleitungen aus Kunststoff in die Untersuchung aufgenommen.

Darüber hinaus war der Zustand von neu errichteten Lüftungsanlagen im Vergleich zu Bestandsanlagen von Interesse. Die Frage nach der Oberflächenbeschaffenheit von Luftleitungen vor Inbetriebnahme sollte mit dieser Untersuchung geklärt werden. Zwei großvolumige Passivwohnhäuser in Wien mit Fertigstellung 2013 wurden hierfür in die Untersuchung aufgenommen.

In Summe wurden 11 Objekte mit unterschiedlichen Lüftungssystemen und insgesamt 18 Wohneinheiten untersucht. Ein Überblick über die untersuchten Anlagen und Wohnungen ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Anlagenaufstellung der untersuchten Objekte

Objekt Nr.	Whg/ Anlage	Bauträger Kurzbezeichnung	Fertigstellung Zeitraum	WE belüftet	Anlagentyp
1		A	> 2012	100 - 150	zentral
2	a	B	2006-2008	<50	zentral
2	b	B	2006-2008	<50	zentral
3	a	C	2006-2008	<50	zentral
3	b	C	2006-2008	<50	zentral
4	a	D	2000-2002	<50	semidezentral
4	b	D	2000-2002	<50	semidezentral
5	a	E	<2000	50-100	semidezentral
5	b	E	<2000	50-100	semidezentral
6	a	E	2000-2002	> 300	semidezentral
6	b	E	2000-2002	> 300	semidezentral
7	a	C	2000-2002	<50	dezentral
8	a	C	2006-2008	50-100	dezentral
8	b	C	2006-2008	50-100	dezentral
9	a	F	2006-2008	1	dezentral
10	a	G	2006-2008	1	dezentral
11	a	B	> 2012	50-100	zentral
11	b	B	> 2012	50-100	zentral
18	in Summe				

Die folgenden Grafiken geben einen Überblick über die untersuchten Anlagen, unterteilt in Lüftungssystem, Anlagenalter, Verteilform und Gebäudekategorie.

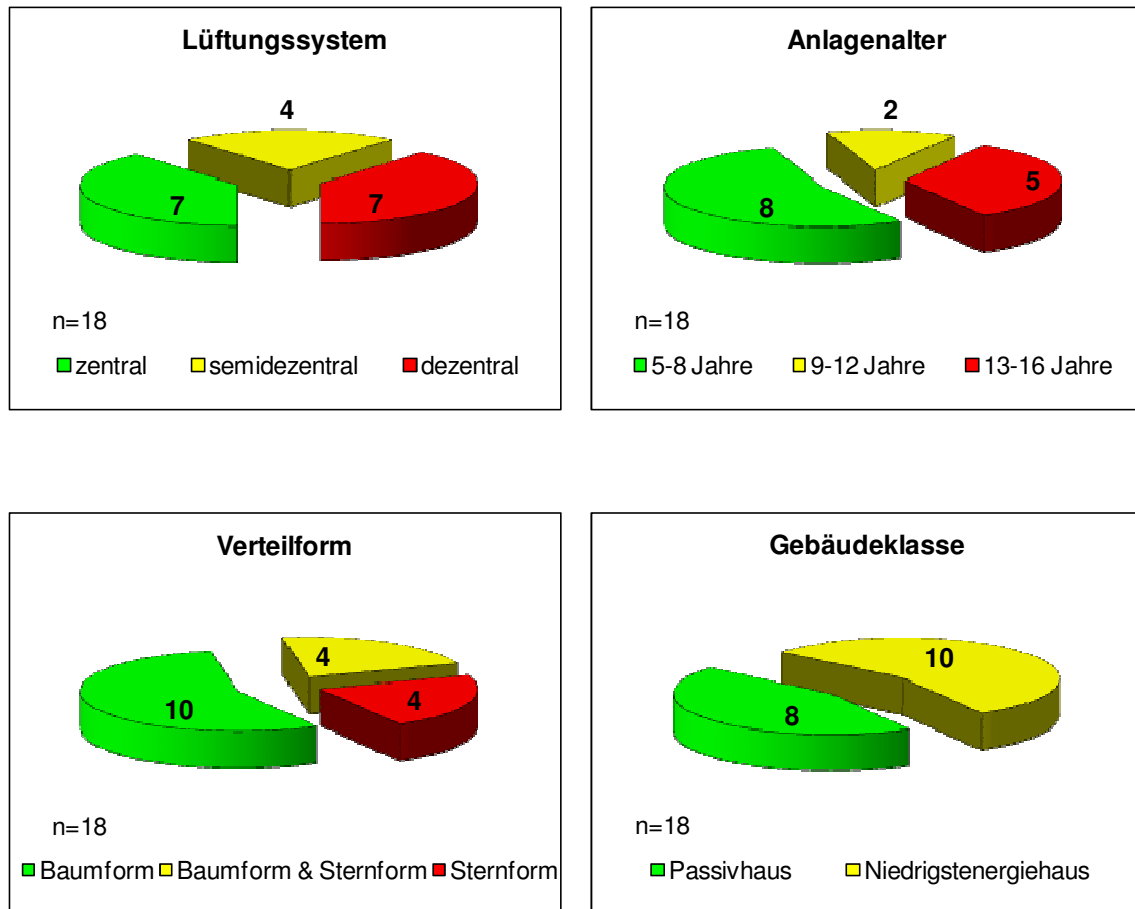


Abbildung 7: Anlagenüberblick nach Lüftungssystem, Anlagenalter, Verteilform und Gebäudeklasse

Bei den untersuchten Lüftungssystemen kann zwischen zentral, semidezentral und dezentral unterschieden werden. Im großvolumigen Wohnbau werden aufgrund der niedrigeren Investkosten zunehmend zentrale Systeme eingesetzt. Semizentrale Systeme sind heute fast nur mehr in klein- bis mittelgroßen Wohnhausanlagen zu finden.

Bei den Leitungsmaterialien kommt im großvolumigen Wohnbau überwiegend verzinktes Stahlblech bzw. abschnittsweise flexible Aluminiumleitungen zum Einsatz.

Die Verteilformen sind bei den untersuchten Anlagen hauptsächlich baumförmig ausgeführt. Die sternförmige Luftverteilung ist bei Wickelfalzrohren eher selten zu finden. Diese ist grundsätzlich fast nur bei flexiblen Kunststoffleitungen üblich. Kombinationen aus baum- und sternförmiger Luftverteilung bei Wickelfalzverrohrung sind eher selten anzutreffen.

Kunststoffleitungen sind im großvolumigen Wohnbau eher noch die Ausnahme, bei Einfamilien- und Reihenhäusern hingegen immer häufiger im Einsatz.

Alle untersuchten Anlagen und Wohnungen sind mit einer WohnraumLüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ausgeführt. Ein Drittel der untersuchten Anlagen sind im Passivhausstandard errichtet.

Das Anlagenalter wurde durch das Projektteam mit mindestens fünf Jahren bei der Anlagenauswahl angesetzt. Die älteste untersuchte Anlage ist 16 Jahre im Betrieb.

Um die bei den älteren Anlagen gesammelten Erfahrungen und Messergebnisse besser bewerten zu können, wurden auch zwei großvolumige Neubauprojekte während der Bauphase und kurz nach Fertigstellung untersucht.

Die Untersuchungen der ausgewählten Objekte entlang des unter 2.3 dargestellten Messdesigns erfolgte im Zeitraum von September 2012 bis April 2013. Die zusammengefassten Ergebnisse und Erkenntnisse sind in den folgenden Kapiteln dargestellt. Die detaillierten Ergebnisse der einzelnen Objekte sind nicht öffentlich zugänglich. Diese wurden nur dem Auftraggeber und dem jeweiligen Bauträger zur Verfügung gestellt.

3.2 Anlagenbeschaffenheit

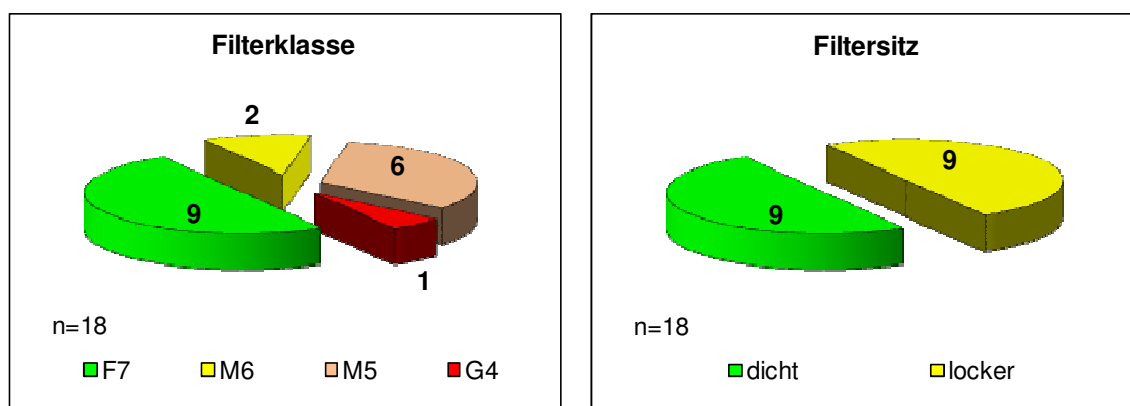


Abbildung 8: Anlagenüberblick nach Filterklasse des Außenluftfilters und Filtersitz

Die Filterklassen sind bei den untersuchten Anlagen hauptsächlich in F7-Qualität ausgeführt.

Der Filtersitz ist bei den untersuchten Anlagen und Wohnungen sehr ausgewogen. Bei den Untersuchungen konnte bei neun Anlagen ein dichter Filtersitz und bei neun Anlagen ein lockerer Filtersitz festgestellt werden.

3.2.1 Visuelle Prüfung - Fotodokumentation

Bei den nachstehend dokumentierten Situationen handelt es sich sowohl um positiven wie auch negativen Beispiele aus den untersuchten Lüftungssystemen.

Ein Kurzkommentar zur vorgefundenen Situation ist unter den Abbildungen beschrieben.

BESTANDS-
GEBÄUDE

Ansaugung



Abbildung 9: Außenluftansaugung neben Fortluftöffnung

Eine zu knapp positionierte Außenluftansaugung neben einer Entlüftungseinheit erhöht das Risiko einer Geruchsübertragung.

NEUBAU

Ansaugung



Abbildung 10: Außenluftansaugung in zu geringer Höhe.

Eine Außenluftansaugung in zu geringer Höhe erhöht die Ansaugung von groben, bodennahen Partikeln.

BESTANDS-
GEBÄUDE

Ansaugung

Außenluftfassung

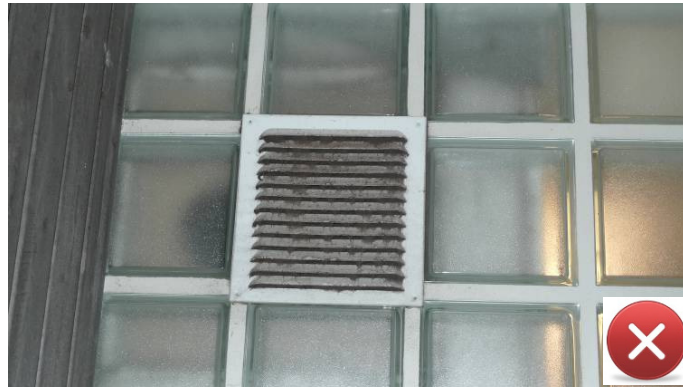


Abbildung 11: Außenluftansaugung je Wohneinheit über Glasbaustein-Fassade

Die Außenluftansaugung erfolgt über die Glasbaustein-Fassade separat für jede Wohneinheit. Das Wetterschutzgitter und der dahinter liegende Hohlraum in der Fassade weisen bereits starke Verschmutzungen auf.

BESTANDS-
GEBÄUDE

Ansaugung



Abbildung 12: Außenluftansaugung neben einer Tiefgaragenabfahrt

Eine zu knapp positionierte Außenluftansaugung neben einer Tiefgaragenabfahrt erhöht das Risiko einer Geruchsbelästigung und Schadstoffbelastung.

BESTANDS-
GEBÄUDE

Geruchsübertragung



Abbildung 13: Außenluftansaugung neben Fallstrangentlüftung

Eine zu knapp positionierte Außenluftansaugung neben einer Entlüftungseinheit erhöht das Risiko einer Geruchsübertragung.

BESTANDS-
GEBÄUDE

Geruchsübertragung



Abbildung 14: Nachträgliche unprofessionelle Verlängerung der Außenluftansaugung zur Vermeidung von Geruchsübertragung.

BESTANDS-
GEBÄUDE

Zuluftansaugung



Abbildung 15: stark mit Grobschmutz verunreinigtes, erdverlegtes Außenluftrohr

Durch die, an einen Beachvolleyballplatz angrenzende, ungünstige Position der Außenluftansaugung kommt es zum Eintrag von Sandpartikeln.

BESTANDS-
GEBÄUDE

Zuluftschacht – Blick
nach oben Decke



Abbildung 16: Außenluftschacht (vergessene Schalung)

Die organischen Bestandteile der Schalung stellen neben dem hygienischen Risiko eine mögliche Brandlast im Außenluftbereich dar.

BESTANDS-
GEBÄUDE

EWT



Abbildung 17: Außenluftansaugung EWT: EWT Rohr aus PE (DN 300)

Die EWT-Rohre zeigen Reinigungsschlieren und offensichtliche Spuren von Wasser.

BESTANDS-
GEBÄUDE

Lüftungsgerät

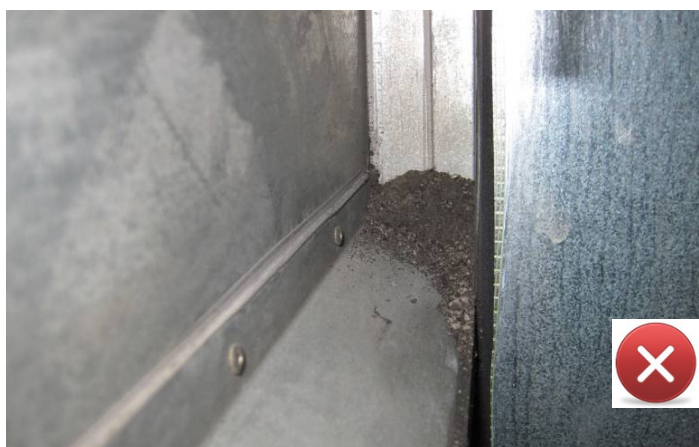


Abbildung 18: Staubablagerung im Kompaktgerät

Durch die Konstruktion des Kompaktlüftungsgerätes kommt es zu Staubablagerungen.

NEUBAU

Filter



Abbildung 19: dichter Filtersitz

BESTANDS-
GEBÄUDE

Filter



Abbildung 20: Taschenfilter 1. Filterstufe, Filtereinbausituation
Aufgrund der Einbausituation verringert sich die Filterfläche.

BESTANDS-
GEBÄUDE

Filter

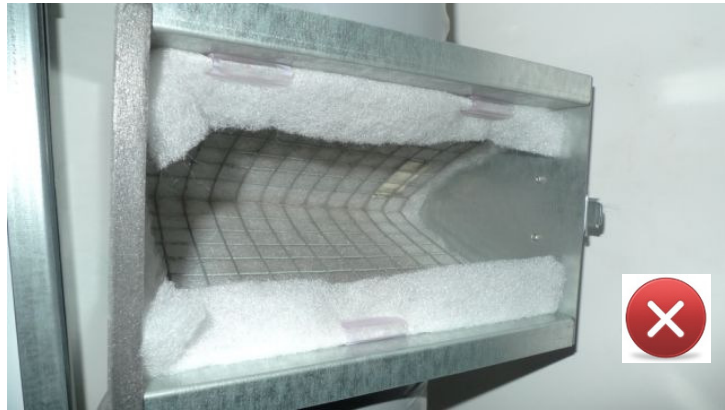


Abbildung 21: Filter falsch positioniert
Durch den mangelhafter Filtersitz wird der Filter umströmt.

BESTANDS-
GEBÄUDE

Filter



Abbildung 22: Filter richtig positioniert
Die Strömungsrichtung erfolgt hier von oben nach unten.

BESTANDS-
GEBÄUDE

Wärmetauscher



Abbildung 23: Ablagerungen von Rauchinhaltsstoffen im Lüftungsgerät

Die Ablagerungen von Rauchinhaltsstoffen sind im Lüftungsgerät am Abluftventilator (links) deutlich ersichtlich.

NEUBAU

Luftverteilung



Abbildung 24: Strömungsgünstige und reinigungsfreundliche Ausführung mit 45°-Abzweiger

BESTANDS-
GEBÄUDE
Lüftungsgerät



Abbildung 25: Blick ins Lüftungsgerät einer Raucherwohnung
Verunreinigungen durch Küchenfett und Rauchinhaltsstoffe am Plattentauscher und in der Tropftrasse.

NEUBAU
Luftleitung



Abbildung 26: Abklebung
Mangelhafte Abklebung mit ungeeignetem Klebeband

NEUBAU
Zuluftleitung



Abbildung 27: Zuluftleitung vor Zuluftdurchlass.
Feiner Staubbelag sichtbar.

BESTAND
Zuluftleitung



Abbildung 28: Abluftleitung nach Abluftdurchlass.
Keine Verunreinigung sichtbar.

NEUBAU
Zuluftleitung



Abbildung 29: Zuluftleitung vor Zuluftdurchlass.
Metallrückstände sichtbar.

BESTANDS-
GEBÄUDE
Zuluftleitung

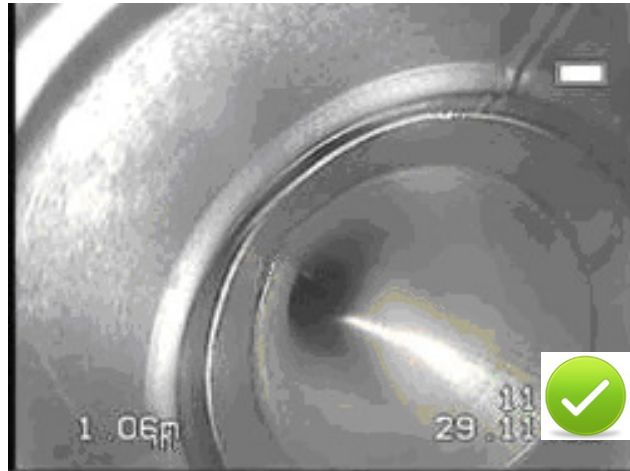


Abbildung 30: Zuluftleitungen mit akzeptabler Sauberkeit

BESTANDS-
GEBÄUDE
Abluftleitungen



Abbildung 31: Staub- und Flusenablagerungen in den Abluftleitungen nach mehrjährigem Betrieb.

BESTANDS-
GEBÄUDE
Abluftleitungen



Abbildung 32: Abluftleitung einer Raucherwohnung

Deutlich sind die starken Verfärbungen der Verunreinigung in der Abluftleitung zu sehen.

BESTANDS-
GEBÄUDE
Filter bei
Abluftdurchlass



Abbildung 33: Flusenfilter bei Abluftdurchlass

Flusenfilter bei Abluftdurchlässen müssen häufig gereinigt bzw. getauscht werden. Ein Flusenfilter mit einer nur geringen Filterfläche führt mit zunehmender Verschmutzung zu erheblichen Druckverlusten.

NEUBAU

Revisionsöffnungen



Abbildung 34: Revisionsöffnungen

Gute Zugänglichkeiten zu den Komponenten der Lüftungsanlage in der Wohnung.

3.2.2 Rohrkamera

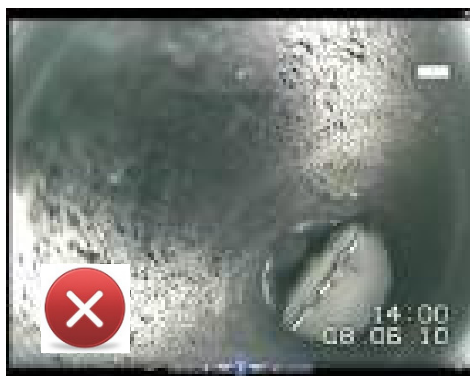


Abbildung 35: Abluftleitung mit hängengebliebener, offener Klappe (von Gerät aus kommend)

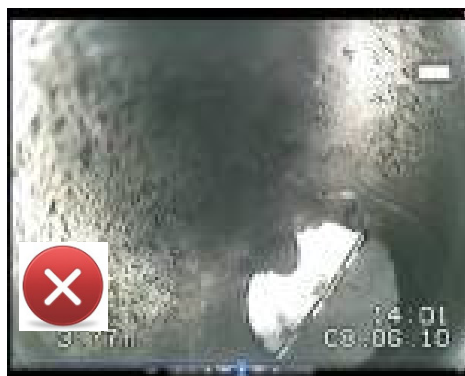


Abbildung 36: Abluftleitung mit geschlossener Klappe

Die Klappe wurde mit Hilfe der Kamera geschlossen.

Blockierte bzw. hängen gebliebene Klappen wurden bei verschiedenen Anlagen im Zuge der Untersuchungen gefunden.



Abbildung 37: Abluftleitung, Schalldämpfer

Es konnten tlw. starke Verunreinigung (Abluft geräteseitig) im Lochblech des Schalldämpfers festgestellt werden.



Abbildung 38: Abluftleitung, Schalldämpfer



Abbildung 39: Abluftleitung, vor Abzweiger

In den Abluftleitungen konnte im Bereich der Abzweiger bei allen Projekten Ablagerungen festgestellt werden.

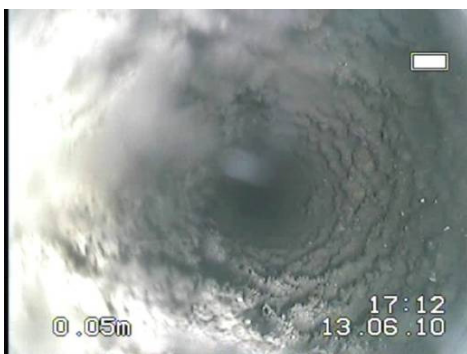


Abbildung 40: Abluftventil Küche

Die Abluftleitungen der Küchen zeigten bei fast allen Projekten ein mittleres bis hohes Maß an Staub- und Flusenablagerungen.



Abbildung 41: Abluftleitung Küche

Die Verschmutzung nimmt mit der Leitungslänge ab.



Abbildung 42: Abluftleitung, Badezimmer



Abbildung 43: Abluftventil Badezimmer

Ähnlich wie die Küchenabluftleitungen zeigte sich auch bei den Abluftleitungen in den Bädern bei fast allen Projekten mittlere bis hohe Mengen an Staub und Flusen



Abbildung 44: Zuluftleitung, Abzweiger

Ungünstige, scharfkantige Baustellenausführung des Abzweigers. In die Zuluftleitung hineinragende Metallkanten verstärken die Anhaftung von Flusen und Staub.



Abbildung 45: Abluftleitung, Blick auf Irisblende

Eine voll funktionstaugliche Irisblende, die im Reinigungsfall durch einen Zugriff von außen zu öffnen sein sollte, um die Reinigung darüber hinaus zu ermöglichen.

3.2.3 Erkenntnisse aus der visuellen Anlagenprüfung

Die vorgefundenen Situationen bei den untersuchten Lüftungssystemen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Position der Außenluftansaugung ist von wesentlicher Relevanz für die Luftqualität.
- Insbesondere nutzungsbedingte Staub- (etwa: Kinderspielplatz, Beachvolleyballplatz) oder Abgasentwicklungen (Tiefgarage) sollten bei der Ansaugpositionierung berücksichtigt werden.
- Weiters führte der mehrfach vorgefundene undichte Filtersitz zu einer Filterumströmung. Dadurch kommt es zu Ablagerungen und verringerter Abscheidung von Teilchen, wie es sich auch in den Ergebnissen der Partikelmessungen (Siehe Hygiene Kapitel 3.4 S. 63ff.) zeigt.

- Im Abluftsystem waren beim Großteil der geprüften Anlagen relevante Staubablagerungen nach den Abluftdurchlässen festzustellen. Diese Ablagerungen stammen aus diversen Innenraumquellen, wie z.B. textiler Abrieb, Fasern sowie durch Rauchinhaltsstoffe bei Raucherwohnungen.
- Bei den untersuchten Anlagen waren aufgrund von verbauten Schachtsituation und abgehängten Decke der überwiegende Teil der Luftleitungen nicht mehr zugänglich. Nicht erreichbare Luftleitungsabschnitte erfordern eine zerstörende Öffnung von Schachtwänden oder Zwischendecken, die nicht nur die Kosten der Reinigung in die Höhe treiben, sondern auch Unannehmlichkeiten für die Bauträger und NutzerInnen mit sich führen.
- Weitere relevante Probleme für die Reinigung ergeben sich durch unnötige, nicht normgemäße Verwendung von Schrauben bei der Montage der Luftleitungen. Diese Schraubeneinstände in den Luftleitungen wurden bei einem Großteil der Anlagen vorgefunden, führen zu erhöhten Ablagerungen und erschweren sowie verteuern die Reinigung.
- Hochflexible für mechanische Reinigungen nicht geeignete Alufolienschläuche mit Drahtspirale, stellen eine hohe Herausforderung für die Reinigbarkeit von Luftleitungen dar. Obwohl dies bekannt ist, zeigte sich bei den untersuchten Anlagen, dass dieser Ausführungsstandard noch immer gängige Praxis ist.
- Bei den Abluftdurchlässen zeigte der Einsatz von Flusenfiltern, dass unerwünschte Verunreinigung der Abluftleitungen vermieden und damit die Reinigungsintervalle dieser Bauteile signifikant verlängert werden konnten.

Auf die Erkenntnisse aufbauende, detaillierte Empfehlungen finden sich in der *Checkliste für Lüftungsplaner und Ausführende* (siehe Anhang A 2).

3.2.4 Volumenstrommessungen

In der Praxis entstehen durch weitverzweigte Rohrnetze, hohe Druckverluste und unzureichende Dichtheitsklassen Leckagenverluste von über 30 % des Nennluftvolumenstromes auftreten. Dadurch muss das Gerät 30 % mehr Luft fördern, als eigentlich notwendig wäre. Da der Leistungsbedarf für die Luftförderung mit der 2. bis 3. Potenz in Abhängigkeit des Volumenstroms ansteigt, verursachen Leckagen dieser Größenordnung einen Mehrverbrauch an elektrischem Strom für die Luftförderung von 70-120 %. Die nach ÖNORM H 5057 vorgeschriebenen Effizienzklassen SFP (Specific Fan Power, Spezifische Ventilatorleistung) können damit nicht mehr eingehalten werden.

Ausgehend von der erforderlichen Luftqualität und dem Klassifizierungsverfahren, wurden bei den untersuchten Lüftungssystemen die erforderlichen Luftvolumenströme seitens der Lüftungsplaner berechnet und ausgelegt. Die geplanten Luftvolumenströme müssen an den Durchlässen einstellbar sein. Die in den Einregulierungsprotokollen dokumentierte Volumenstrombilanz erfolgt im Regelfall in der „Party-Stellung“.

Die nachstehende Abbildung 46 zeigt die Disbalancen der Volumenströme in den untersuchten Wohnung.

Der Volumenstrom wurde bei den Luftdurchlässen mittels Nulldruck-Kompensationsverfahren (Fabrikat Flow Finder) und parallel mit einem konventionellen Volumenstromtrichter ohne Druckkompensation (Fabrikat Almemo) gemessen.

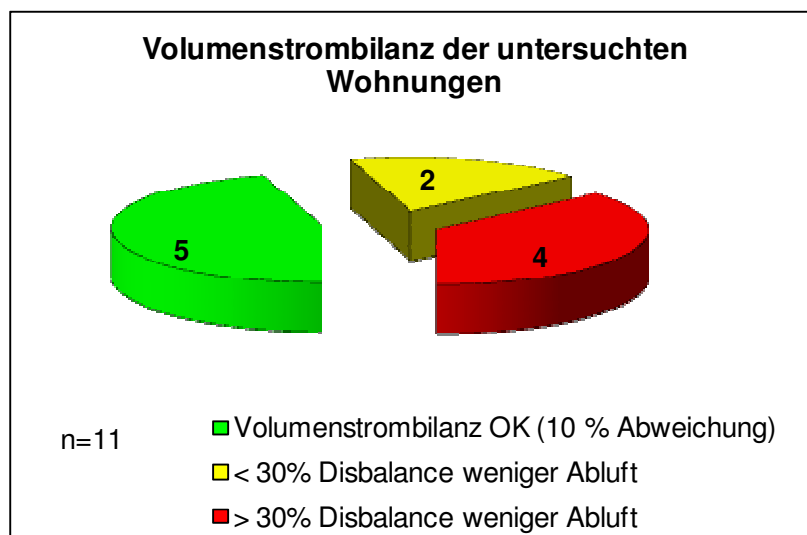


Abbildung 46: Volumenstrombilanz der untersuchten Wohnungen

Bei 5 von 11 der untersuchten Lüftungssysteme kommt es zu einer 10 % Abweichung der einregulierten Volumenstrombilanz (Party-Stellung).

Mehr als 30% Abweichung der einregulierten Volumenstrombilanz (Party-Stellung) konnten bei 4 der untersuchten Lüftungssysteme festgestellt werden.

Luftmengen – Vergleich Auslegung / Real

Die Erhebung der Luftwechselraten im Sommerbetrieb, Winterbetrieb und in der Übergangszeit erfolgte von September 2012 bis April 2013. Die Luftwechselraten wurden in jeder Wohneinheit zum Zeitpunkt der Begehung und Beprobung gemessen.

Die nachstehende Tabelle zeigt die Ergebnisse einer repräsentativen Volumenstrommessung einer untersuchten Wohnung.

Die einregulierten Werte wurden dem Messprotokoll, Stellung „Party“, übernommen.

Tabelle 5: Volumenstrombilanz der untersuchten Wohnung

TOP A		NORMAL		PARTY			ECO		AUS	
		FlowFi	ALMEMO	Auslegungs- werte	FlowFi	ALMEMO	FlowFi	ALMEMO	FlowFi	ALMEMO
		m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h				
Bad	ABL	4	-	43	36	34	-	-	-	-
Wc EG	ABL	-	45	43	30	43	-	-	47	-
SlaZi	ZUL	40	33	46	20	20	-	-	44	
KiZi	ZUL	-	35	43	37	21	-	-	-	-
Kü 1 OG	ZUL	35	31	70	20	15	19	18	19	16
Kü 1 OG	ABL	86	84	74	20	15	-	-	-	-
WoZi 2 OG	ZUL	37	33	k.A.	20	18	19	20	19	-
Summe	ABL			160	86	92				
Summe	ZUL			159	97	74				

Im Zuge der Messungen konnte festgestellt werden, dass zwischen Party- und ECO-Stellung bei der Regelung keine Änderungen im Volumenstrom messbar ist.

Bei zentralen Anlagen ist der wohnungsweise bzw. sind die vernetzten Volumenstromregler für die zugeführte Luftmenge verantwortlich. Die Regelungsgenauigkeit des Volumenstroms ist vom anstehenden Vordruck abhängig.

Bei starken Staubablagerungen kann es trotz voll geöffneter Regelklappe zu einer Verminderung des AbluftVolumenstroms kommen. D. h. der für eine saubere Luftleitung konzipierte Vordruck ist aufgrund des höheren Strömungswiderstandes im Abluftsystem der Wohneinheit nicht mehr ausreichend.

Bei Einsatz höherer Filterklassen sollte aufgrund der dadurch erhöhten Druckwiderstände eine entsprechende Erhöhung der Filterfläche erfolgen.

Bei dezentralen Anlagen sind bei älteren Lüftungsgeräten noch keine KonstantVolumenstrom geregelten Ventilatoren vorhanden. Dadurch kommt es bei anwachsenden Druckverlusten durch Verunreinigungen und Undichtheiten im Lüftungsnetz zu einem Absinken des Volumenstroms. Dies wurde bei mehreren Messungen festgestellt.

3.2.5 Leckagemessungen

Bei den durchgeführten Leckagemessungen wurden **Gebäude (thermische Hülle)** und **Luftleitungen** untersucht:

Gebäude (thermische Hülle):

Bei zwei Bestandgebäude und einem Neubauprojekt konnte die Überprüfung der Luftdichtheit (Differenzdruckmessung) nach ÖNORM EN 13829 (ISO 9972) durchgeführt werden. Die Leckageortung erfolgte mittels Rauchrohr.

BESTAND:

Die durchgeführten Differenzdruckmessungen (Blower-Door-Messungen) zeigten bei den gemessenen älteren Wohnungen (> 7 Jahre) eine Verschlechterung der Luftdichtheit im Bereich der Außenhülle.

- n_{50} -Wert der Wohnung bei Übergabe (lt. Bestandsunterlagen): 0,60 1/h
- n_{50} -Wert der Wohnung nach > 7 Jahre Nutzung (im Zuge des Projektes gemessener Wert): 0,80 1/h
- n_{50} -Wert der Wohnung nach > 14 Jahre Nutzung: unbekannt

Die Verschlechterung der Luftdichtheit lässt sich auf folgende Leckagen zurückführen:

- Bauanschlussfuge von Fenstern und Fenstertüren
- interne undichte Schächte bzw. abgehängte Decke
- aufgehende Glashalteleisten bei Fixverglasungen

NEUBAU:

Die durchgeführten Differenzdruckmessungen bestätigten die hier geforderte, sehr niedrig Luftdichtheit der thermischen Gebäudehülle

- n_{50} -Wert je Stiege bei Übergabe, im Zuge des Projektes gemessener Wert: < 0,30 1/h

Es ist damit zu rechnen, dass je nach Art der luftdichten Ebene mit einer tendenziellen Zunahme der Leckagen mit der Nutzungsdauer zu rechnen ist. Bei manchen in der Baupraxis angewendeten Abdichtmaßnahmen, Materialien und Dichtstoffen zeigt sich bei Folgemessungen, dass die Dichtheitsanforderungen über einen als dauerhaft geltenden Zeitraum von 50 Jahren nicht erfüllt werden können. Entsprechende Maßnahmen, wie z.B. eine zusätzliche mechanische Sicherung (siehe die Empfehlungen in der ÖNORM B13829) sind in Detaillierung zu beachten.

Luftleitungen:

Ein weiterer entscheidender Parameter für einen optimalen Betrieb von Komfortlüftungsanlagen stellt die Dichtheit des Leitungsnetzes dar. Die Dichtheit der Luftleitungen, insbesondere der Luftleitungen außerhalb der Wohnung, ist ein wesentlicher Parameter für einen effizienten Betrieb.

Die Klassifizierung und die Prüfung der Dichtheit von runden Luftleitungen sind in der ÖNORM EN 12237, die von rechteckigen Luftleitungen in der ÖNORM EN 1507 angegeben. Die Anforderungen an die Dichtheit von Luftbehandlungsgeräten, einschließlich Bypass-Undichtheit von Filtern sowie deren Prüfung, sind in der EN 1886 enthalten.

Es ist zu beachten, dass die Dichtheitsklassen so gewählt werden, dass weder die Infiltration, in einer bei Unterdruck betriebenen Installation, noch die Exfiltration, aus einer bei Überdruck betriebenen Installation, einen festgelegten Anteil des Luftvolumenstromes - für die gesamte Anlage - unter Betriebsbedingungen übersteigt.

Um übermäßige Energieverluste zu vermeiden und die vorgesehene Luftverteilung zu sichern, sollte dieser Anteil üblicherweise geringer als 2 % sein, was im Allgemeinen Klasse B nach ÖNORM EN 12237 und ÖNORM EN 1507 entspricht.

Leitlinien zur Abschätzung der Leckraten und deren Einfluss auf die Luftströme und den Energieverbrauch sind in ÖNORM EN 15242 und ÖNORM EN 15241 enthalten.

Die Qualität der Dichtheitsklassen des Luftleitungsnetzes wirken sich wie folgt aus:

- Klasse B ist die allgemeine Mindestanforderung an Luftleitungen und auch die Mindestanforderung an Fortluftleitungen, die im Gebäude einem Überdruck ausgesetzt sind. Eine Ausnahme bilden Luftaufbereitungszentralen.
- Klasse C ist in vielen Fällen die empfohlene Mindestklasse, besonders bei einer hohen Druckdifferenz im Rohrgehäuse oder wenn Undichtheiten zu einer Gefährdung der Raumluftqualität, der Regelung der Druckbedingungen oder der Funktionsfähigkeit der Anlage führen können.
- Klasse D wird in besonderen Situationen angewendet und gilt auch für die für Klasse C beschriebenen Fälle, vor allem bei Installationen mit hohen Anforderungen in Bezug auf die Hygiene oder die Energieeffizienz.

Bei den beiden Neubauprojekten konnte die Überprüfung der Dichtheit nach EN 12237 (bei Luftleitungen mit rundem Querschnitt) von Teilstrecken des Luftleitungssystems durchgeführt werden. Die Leckageortung erfolgte mittels Theaternebel.

NEUBAU:

Die durchgeführten Dichtheitsprüfungen zeigten bei den untersuchten Schächten (Zu- und Abluft) folgende Ergebnisse:

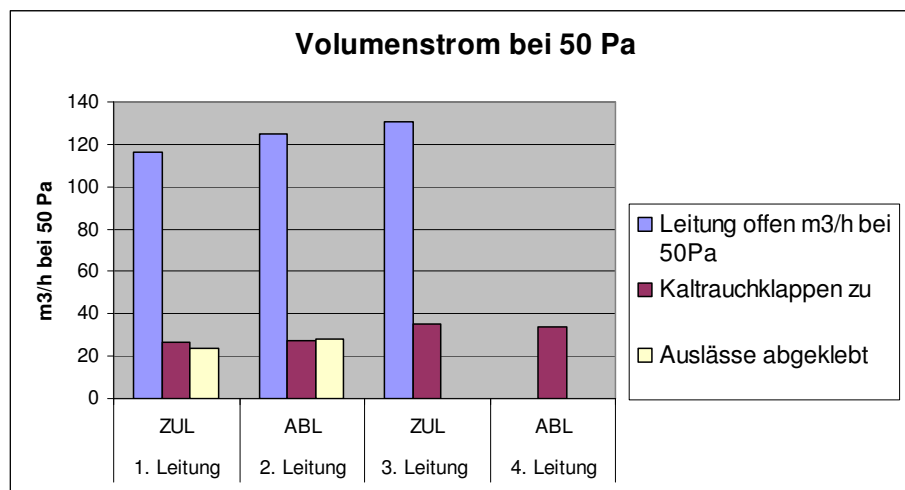


Abbildung 47: Volumenstrom bei 50 Pa

1. Luftleitungen: Zuluft

Messung 1: Luftleitungen offen – Überdruck

Messung 2: Kaltrauchklappen geschlossen – Unterdruck

Messung 3: Luftleitungen abgeklebt - Unterdruck

2. Luftleitungen: Abluft

Messung 1: Luftleitungen offen – Überdruck

Messung 2: Kaltrauchklappen geschlossen – Überdruck

Messung 3: Luftleitungen abgeklebt - Überdruck

3. Luftleitungen: Zuluft

Messung 1: Luftleitungen offen – Überdruck

Messung 2: Kaltrauchklappen geschlossen – Unterdruck

4. Luftleitungen: Abluft

Messung 1: Kaltrauchklappen geschlossen – Überdruck

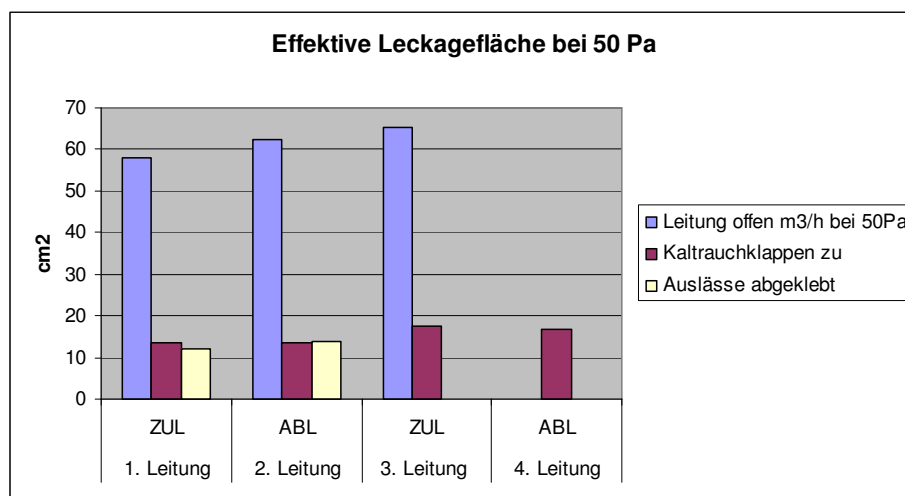


Abbildung 48: Effektive Leckagefläche bei 50 Pa

1. Luftleitungen - Zuluft:

Messung 1 Überdruck : Luftleitungen offen

Volumenstrom: 116 m³/h

eff. Leckagefläche: 58,0 cm²

Messung 2 – Unterdruck: Kaltrauchklappen fallen zu

Volumenstrom: 28,6 m³/h

eff. Leckagefläche: 13,4 cm²

Messung 3 - Unterdruck: Luftleitungen abgeklebt

Volumenstrom: 23,9 m³/h

eff. Leckagefläche: 11,9 cm²

2. Luftleitungen: Abluft

Messung 1 - Überdruck: Luftleitungen offen

Volumenstrom: 125 m³/h

eff. Leckagefläche: 62,3 cm²

Messung 2 - Überdruck: Kaltrauchklappen fallen zu

Volumenstrom: 27,3 m³/h

eff. Leckagefläche: 13,6 cm²

Messung 3 - Überdruck: Luftleitungen abgeklebt

Volumenstrom: 27,9 m²/h
 eff. Leckagefläche: 13,9 cm²

3. Luftleitungen: Zuluft

Messung 1 - Überdruck: Luftleitungen offen
 Volumenstrom: 131 m²/h
 eff. Leckagefläche: 65,3 cm²

Messung 2 – Unterdruck: Kaltrauchklappen fallen zu
 Volumenstrom: 34,9 m²/h
 eff. Leckagefläche: 17,4 cm²

4. Luftleitungen: Abluft

Messung 1 – Überdruck: Kaltrauchklappen fallen zu
 Volumenstrom: 33,6 m²/h
 eff. Leckagefläche: 16,8 cm²

Die Klassifizierung für Luftleitungen mit rundem Querschnitt aus Blech erfolgt gem. der ÖNORM EN 12237, Ausgabe: 2003-07-01. Die Luftdichtheitsklassen müssen Tabelle 2 (Nummerierung gem. Norm) entsprechen:

Tabelle 2 — Klassifizierung von Luftleitungen

Luftdichtheits- klasse	Grenzwert des statischen Drucks (p_s) Pa		Grenzwert der Luftleckrate (f_{max}) $m^3 \times s^{-1} m^{-2}$
	Positiv	Negativ	
A	500	500	$0,027 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$
B	1000	750	$0,009 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$
C	2000	750	$0,003 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$
D ^a	2000	750	$0,001 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$
^a Luftleitungssystem für besondere Anwendungen			

Bei der Auswahl der Messabschnitte musste auf den Baufortschritt und die Zugänglichkeit Rücksicht genommen werden. Die in einem gemeinsamen Steigschacht geführten Zu- und Abluftleitungen mit rundem Querschnitt waren nur durch geschoßweise Revisionsöffnungen zugänglich. Die Leitungen wurden im Kellergeschoß von dem weiterführenden Rohrleitungsnetz zur Lüftungszentrale hin getrennt. In den Wohnungen wurden die Zu- und Abluftdurchlässe demontiert und dicht abgeklebt. Zur Ermittlung der Leckageraten wurden die Kaltrauchklappen durch Über- bzw. Unterdruck in den Zu- und Abluftleitungen geschlossen.

Die ausgeschriebene Dichtheitsklasse B entspricht allgemeinen Mindestanforderungen an Luftleitungen und auch den Mindestanforderungen an Fortluftleitungen, die im Gebäude einem Überdruck ausgesetzt sind. Eine Ausnahme bilden Luftaufbereitungszentralen.

Im Zuge der Messungen wurden Leckagen (eff. Leckagefläche) bzw. Fehlvolumenströme festgestellt, die auf Mängel im Bereich von Verbindungsstellen bei den Luftleitungen selber

(Produktmängel, Qualitätsverluste, mechanische Schäden) sowie auf mangelhafte Einbindungen von Einbauten (Produktions-, Installationsmängel) zurückzuführen sind.

Erfahrungsgemäß handelt sich bei dieser Ausführungsqualität um gängige Praxis. Durch eine normkonforme Ausführung sowie eine gezielte Abnahme ließen sich die genannten Mängel jedoch deutlich reduzieren.

Daraus resultierende Fragen für zukünftige Untersuchungen und Planungen von Luftleitungsnetzen:

- Ist bei Luftleitungen oder beim gesamten Lüftungssystem bei zunehmendem Alter mit einer Verschlechterung hinsichtlich der Dichtheit zu rechnen¹?
- Welchen Einfluss hat die Dichtheit der Luftleitungen bzw. des gesamten Lüftungssystems auf die Langzeithygiene, Funktionstauglichkeit und die Effizienz [SFP] eines Lüftungssystems aus?

Die ausgeschriebene Dichtheitsklasse B und die damit verbundenen Grenzwerte für die Leckraten (f_{\max}) der überprüften Zu- und Abluftleitungen konnten bei beiden Neubauprojekten bestätigt werden.

3.3 Nutzer

3.3.1 NutzerInnenverhalten

Im Zuge der Anlagenuntersuchung wurden die jeweiligen BewohnerInnen und AnlagenbetreiberInnen bezüglich Nutzung und Zufriedenheit befragt. Da der Wohnraum an sich die wesentliche Quelle für Verunreinigungen in der Abluft darstellt, steht auch das Nutzungsverhalten in direktem Zusammenhang mit der Anlagenhygiene. Besondere Belastungsquellen innerhalb eines Haushalts stellen Tabak- und Kerzenrauch, Mensch- und Tierhaar, Hausstaub und Flusen von Kleidern dar.

Eine Untersuchung der Hausstaubzusammensetzung war im Projektdesign dieses Projekts nicht enthalten und wurde daher nicht durchgeführt.

¹) Specific Fan Power, Spezifische Ventilatorleistung

Abbildung 49 gibt einen quantitativen Überblick über mögliche Quellen von Verunreinigungen im Abluftstrang der untersuchten Anlagen:

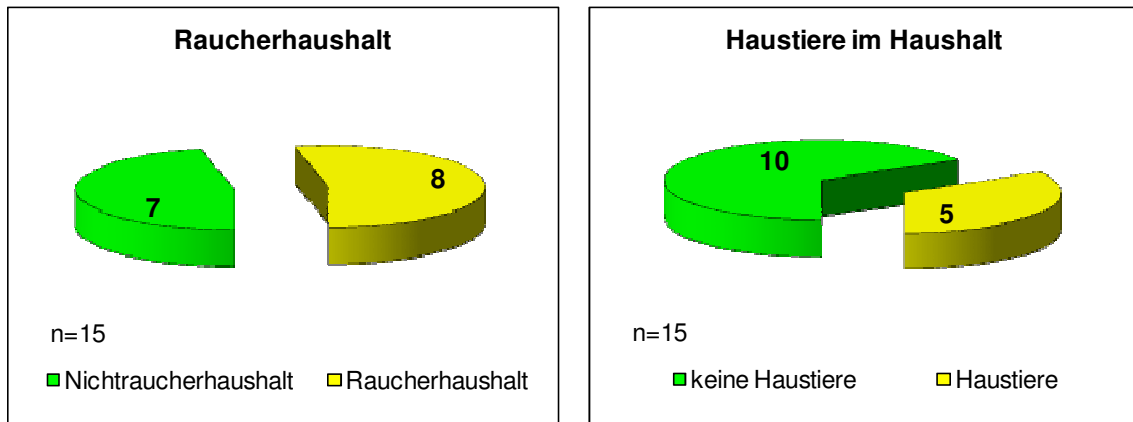


Abbildung 49: Anlagenüberblick nach Nutzerverhalten; Raucherhaushalt und Haustiere

Demnach wird in knapp über der Hälfte der Haushalte geraucht, wobei in der Darstellung auch jene gezählt werden, in denen nach eigenen Angaben nur wenig, bzw. unregelmäßig geraucht wird. Tabakrauch setzt sich in den Luftleitungen sowie im Gerät ab und fördert dadurch zusätzlich das Anhaften von Verunreinigungen. Dadurch kommt es einerseits zu verstärkten Ablagerungen in den Leitungen, andererseits kann die Funktion von Anlagen-teilen beeinträchtigt werden. Tierhaare stellen eine weitere Quelle für Verunreinigungen dar. In einem Drittel der untersuchten Haushalte leben Haustiere.

Wie in dargestellt werden nur 14 der 15 bewohnten Haushalte ganzjährig betrieben; eine dezentrale Anlage wurde komplett ausgeschaltet.

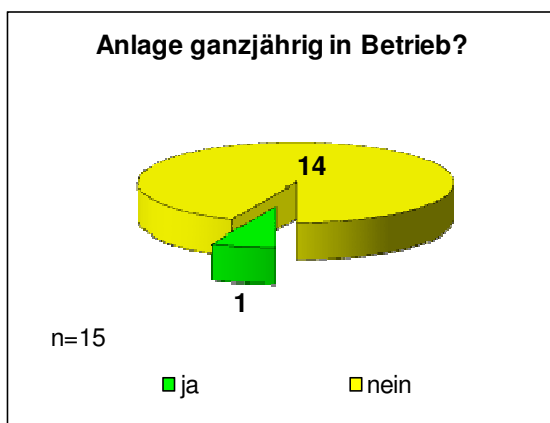


Abbildung 50: Anlagenüberblick nach Nutzerverhalten; Anlagenbetrieb

3.3.2 NutzerInnenzufriedenheit

Die Befragung der NutzerInnen bezüglich Zufriedenheit zeigte, dass für den überwiegenden Teil der Bewohner die Lüftungsanlage ein Kriterium für die Wohnungswahl darstellte.

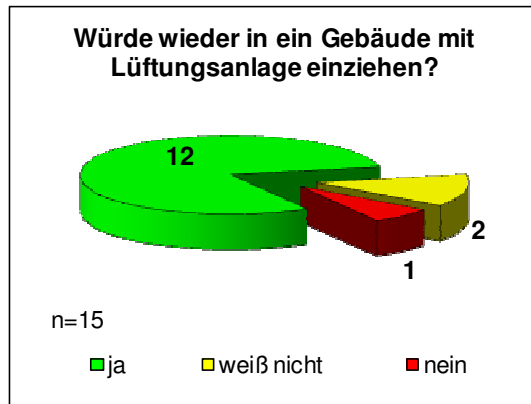


Abbildung 51: Anlagenüberblick nach Nutzerzufriedenheit

Grundsätzlich wird darauf hingewiesen, dass ausschließlich die Auswertung der 15 untersuchten Bestands-Lüftungsanlagen dargestellt ist. Aus dem Ergebnis der Befragung können keine allgemeinen Schlussfolgerungen gezogen werden. Weiters wird herausgestellt, dass die NutzerIn einer dezentralen Anlage die Lüftungsanlage aufgrund von Unzufriedenheit im Betrieb komplett ausgeschaltet (stromlos) hat.

Die Illustration der Zufriedenheit mit der Lüftungsanlage im Allgemeinen sowie mit der Luftqualität bei den untersuchten Anlagen wird in **Abbildung 52** und **Abbildung 53** gezeigt. Die Bewertung erfolgt nach Schulnoten; es werden jeweils die Mittelwerte sowie die Standardabweichung dargestellt. Es wird nach folgenden Kategorien unterschieden:

- Nutzer bewohnt das Objekt bereits seit der Erstübergabe – Objekt wurde von einem Vormieter übernommen
- Filterwechsel wird gemeinschaftlich organisiert – Filterwechsel wird selbst organisiert
- nach Mietrechtsverhältnis
- nachträgliche Änderungen am Haustechnikkonzept wurden durchgeführt / nicht durchgeführt

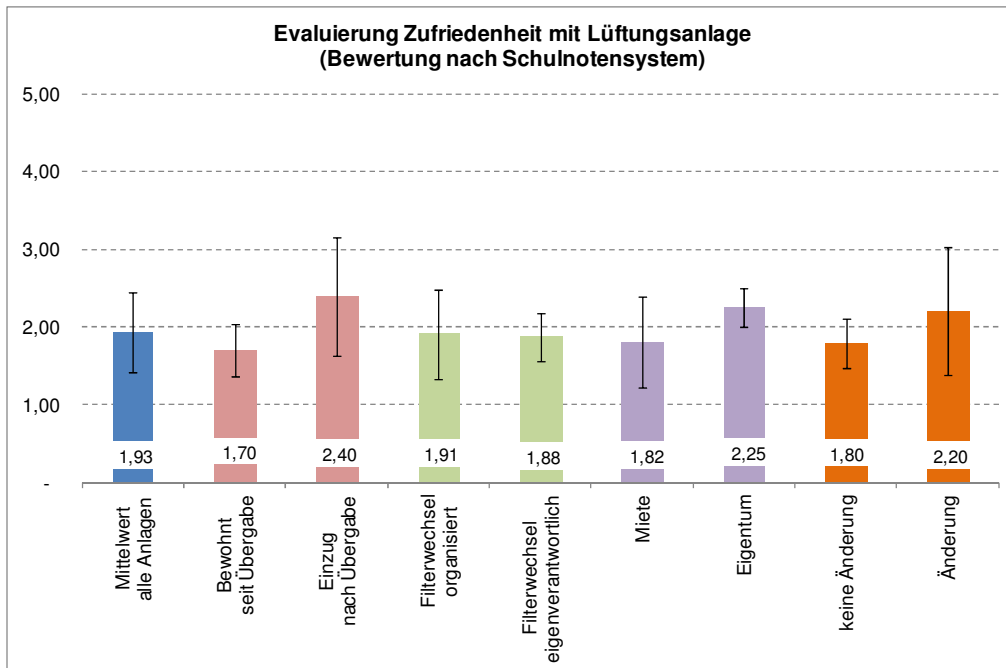


Abbildung 52: Evaluierung der Nutzerzufriedenheit mit der Lüftungsanlage

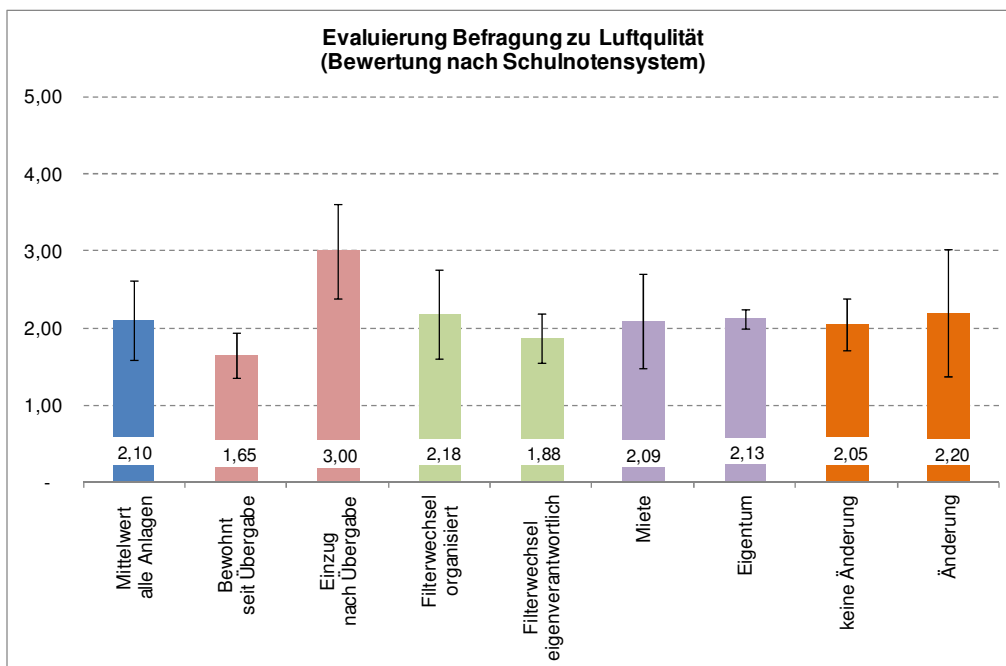


Abbildung 53: Evaluierung der Nutzerzufriedenheit mit der Luftqualität

Grundsätzlich werden keine Auffälligkeiten festgestellt. Allerdings ist die Anlagenanzahl zu gering, um einer statistischen Beurteilung standhalten zu können. Die Interpretation der Ergebnisse ist hier jedoch trotzdem informativ angeführt:

Die Zufriedenheit bei Nutzern, welche nicht seit der Erstübergabe in der Wohnung sind, ist schlechter bewertet. Dies ist zum einen auf einer mangelnden Einschulung von Nachmietern zurückzuführen, zum anderen kann es bereits ein Indiz auf vorhandene Disbalancen der

Luftmengen, z.B. infolge von Verschmutzung sein. Bei der Organisation des Filterwechsels wurden keine erwähnenswerten Unterschiede festgestellt. Die Unterscheidung der Rechtsform zeigt eine geringfügig höhere Zufriedenheit bei den Nutzern in Mietobjekten im Vergleich zu den Eigentümern. Hier wäre eine eher kritischere Haltung bei den Mietern zu erwarten gewesen. Zudem sind Bewohner von Objekten, bei denen das Haustechnikkonzept nachträglich geändert wurde erwartungsgemäß unzufriedener. Bei den untersuchten Objekten handelt es sich teilweise um Pilotprojekte errichtet vor 2002, bei denen Anpassungen im Haustechnikkonzept erforderlich waren. Dies betraf in den betroffenen Fällen die ausgelegte Heizleistung und Wärmeabgabe.

Generell kann festgestellt werden, dass die Zufriedenheit der BewohnerInnen mit der Lüftungsanlage sehr hoch ist und die Einschätzung der Luftqualität gut ist.

Bei qualitativen Fragestellungen zur Funktionalität der Anlage wurde in vielen Fällen die Heizungsanlage bzw. Wärmeabgabe als mangelhaft eingestuft, nicht jedoch die Lüftungsanlage.

Bezüglich des Hygienezustands bzw. den Staubablagerungen in den Luftleitungen wurde von den BewohnerInnen keine Bedenken geäußert. Den BewohnerInnen sind größtenteils die Ablagerungen in den Abluftleitungen bewusst, eine Gefährdung der Gesundheit wird nicht befürchtet.

3.4 Hygienezustand der untersuchten Anlagen

3.4.1 Untersuchungsumfang der Hygieneprüfungen

Es wurden raumluftechnische Anlagen auf ausgewählte hygienische Parameter in Anlehnung an VDI 6022-1 und ÖNORM H 6021 untersucht. An repräsentativen Positionen der luftleitenden Oberflächen des Luftleitungs- und -verteilsystems wurden folgende Parameter untersucht:

- Konzentration mesophiler Schimmelpilze und Hefen
- Konzentration mesophiler Mikroorganismen (Gesamtkoloniezahl, Bakterien und Pilze)
- Staubansammlungsgrad (Sauberkeitsgrad)

Die aufbereitete Zuluft der raumluftechnischen Anlagen wurde in Anlehnung an die Vorgaben der VDI 4300 Blatt 10 [VDI 2008] auf kultivierbare vitale Hefe- und Schimmelpilzsporen untersucht. Weiters wurde die Konzentration an Feinstaub in den Größenklassen PM1.0, PM2.5 und PM10 kontinuierlich gemessen, und aufgezeichnet. Die Ergebnisse der Messungen wurden in Hinblick auf bestehende Richt- und Referenzwerte (in Anlehnung an die VDI-Richtlinienreihe 6022) [VDI 2011] und entsprechend der Vorgaben der ÖNORM EN 15780 [ÖNORM EN 15780] bewertet.

3.4.2 Analytische Methoden der Hygieneprüfungen

Untersuchung von aerogenen Schimmelpilzsporen in raumluftechnischen Anlagen

Die Probenahme erfolgte in der Regel bei Normalbetrieb der raumluftechnischen Anlage. Die Probenahmen zur Untersuchung auf Hefe- und Schimmelpilzsporen erfolgten in Anlehnung an VDI 4300 Blatt 10 [VDI 2008]. Als Vergleichswerte dienten aktuelle Messungen der Außenluft.

Als Probenahmegerät wurde ein Luftkeimsammler (MAS-100, Fa. Merck) eingesetzt, der nach dem Impaktionsverfahren zur Bestimmung von vitalen Hefe- und Schimmelpilzen arbeitet. Die nominale Luftstrom-Rate beträgt 100 Liter pro Minute ($\pm 2,5\%$). Als Nährmedien wurden Malzextrakt-Agar mit Chloramphenicol und Gentamicin sowie Dichloran-Glycerin (DG18)-Agar, Fa. Merck, zur Isolierung und Zählung von kultivierbaren Schimmelpilzen verwendet.

Zur Bestimmung der Konzentration an koloniebildenden Einheiten kultivierbarer vitaler mesophiler Pilze in der Raum- oder Außenluft (im Folgenden vereinfachend auch als Sporenkonzentration bezeichnet) wurden pro Messpunkt drei Einzelbeprobungen mit je 100 Liter Sammelvolumen durchgeführt. Nach der Probenahme wurden die Nährmedien 3 bis 7 Tage bei 25 °C (± 1 °C) bebrütet. Zur Bestimmung der Sporenkonzentration von vitalen thermophilen Pilzen wurden Einzelbeprobungen von je 200 Liter Volumen durchgeführt. Die Auszählung erfolgte nach Bebrütung der Luftkeimindikatoren über 48 bis 72 Stunden bei 36 °C (± 1 °C).

Die Pilzsporenkonzentration wurde durch Auszählung der bei der Bebrütung gebildeten makroskopisch sichtbaren Kolonien bestimmt. Als Ergebnis wird die auf Basis der ausgezählten Kolonien und unter Berücksichtigung der Sammelcharakteristik des Sammlers errechnete Konzentration in koloniebildenden Einheiten pro Kubikmeter Luft (KBE/m^3)² angegeben. Das Ergebnis wurde auf maximal zwei signifikante Stellen gerundet. Die errechneten Zahlenwerte werden bis maximal 8.000 KBE/m^3 angeführt, bei höheren Ergebnissen erfolgt die Angabe „> 8.000“.

Befanden sich auf den Nährmedienplatten im Durchschnitt vier bis zehn oder mehr als 100 Kolonien, so wurde das Ergebnis als „semiquantitativ“ gekennzeichnet. Unter vier Kolonien pro Platte ist eine Konzentrationsberechnung laut VDI 4300 Blatt 10) [VDI 2008] nicht sinnvoll, in diesem Fall wurde das Ergebnis als „n.b.“ (Konzentration unter der Bestimmungsgrenze) angegeben.

Die Verfahren zur Identifizierung von Hefe- und Schimmelpilzen gestalten sich in Anlehnung an die vom Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg [AK QS 2004] empfohlenen Methoden. Es wurden jene Pilze auf Art- oder Gattungsniveau identifiziert, von denen eine gebäudebezogene Relevanz bekannt ist. Die Pilzkulturen wurden mit Hilfe lichtmikroskopischer Verfahren (Stereolupe Nikon SMZ 1500, Vergrößerung 7,5- bis

²⁾ Da mit dem Verfahren nur keimfähige Pilzsporen erfasst werden, kann die Gesamtsporenkonzentration höher als der angegebene Wert sein.

112,5-fach) und Nikon Optiphot 2 Lichtmikroskop im Hellfeld- und Differentialinterferenz-Kontrastverfahren, Vergrößerung 100- bis 1000-fach mit Ölimmersion) analysiert.

Die Messung der Lufttemperatur sowie der relativen Luftfeuchtigkeit erfolgte mittels eines kalibrierten elektronischen Messgerätes (E+E Humiport 20).

Hygienisch-mikrobiologische Untersuchung von Oberflächen

Die Probenahmen zur Untersuchung von Oberflächen auf vitale Schimmel- und Hefepilze (lebensfähige Schimmelpilzsporen, Hyphen oder Mycelbruchstücke) erfolgten durch Abklatsch (Kontaktprobenahme) an ausgewählten Stellen. An jedem Messpunkt wurden Einzelbeprobungen durchgeführt. Als Nährmedien wurden YM-Keimindikatoren für Hefen und Schimmelpilze auf Oberflächen (Fa. Biotest) verwendet, die eine Kontaktfläche von 25 cm² aufweisen. Die Keimindikatoren enthielten zur Unterdrückung des Bakterienwachstums die Substanzen Chloramphenicol und Streptomycin. Die Probenahme erfolgte in Anlehnung an DIN 10113-3 [DIN 1997].

Zur Bestimmung der mesophilen Pilze wurden die Nährmedien nach der Probenahme 3 bis 7 Tage bei 25 °C (±1 °C) bebrütet. Das Vorhandensein von lebensfähigen Sporen, Hyphen oder Mycelbruchstücken führt zum Heranwachsen von makroskopisch sichtbaren Kolonien. Es erfolgte eine quantitative Auswertung durch Auszählung der bei der Bebrütung gebildeten Kolonien.

Für die Bestimmung der Gesamtkoloniezahl (Schimmelpilze, Hefen und Bakterien) wurden als Nährmedien TC-Keimindikatoren (Fa. Biotest) verwendet, die eine Kontaktfläche von 25 cm² aufweisen. An jedem Messpunkt wurden Einzelbeprobungen durchgeführt. Die Bebrütung erfolgte für 3 bis 7 Tage bei 30 °C (±1 °C).

Probenahme und Analytik der Feinstaubuntersuchung

Die Sammlung für die Bestimmung der Feinstaubkonzentration erfolgte durch Ansaugen der Raumluft mittels radialsymmetrischem Ansaugkopf und Messung mittels eines Aerosolspektrometers nach dem Prinzip der Lichtstreuung in einer Laser-Messkammer (Dustmonitor 1.108, Fa. Grimm). Die Datenaufnahme erfolgte in 15 Größenklassen:

(0,3 – 0,4 / 0,4 – 0,5 / 0,5 – 0,6 / 0,6 – 0,8 / 0,8 – 1,0 / 1,0 – 1,6 / 1,6 – 2,0 / 2,0 – 3,0 / 3,0 – 4,0 / 4,0 – 5,0 / 5,0 – 7,5 / 7,5 – 10,0 / 10,0 – 15,0 / 15,0 – 20,0 / 20,0 – 25,0 µm)

Die Angaben die Kanäle PM₁₀, PM_{2.5} und PM_{1.0} in µg/m³ (Mikrogramm pro m³) wurden geräteintern aus der Partikelanzahl und dem verfahrensspezifischen C-Faktor rechnerisch ermittelt. Der Default-Wert für den C-Faktor beträgt 1.

Die Abkürzungen PM_{xx} stehen für folgende Fraktionen:

- PM₁₀ : Particulate matter (Schwebestaub) mit einem aerodynamischen Durchmesser unter 10 µm. PM₁₀ wird im deutschen Sprachgebrauch auch als „Feinstaub“ bezeichnet.
- PM_{2.5}: Particulate matter mit einem aerodynamischen Durchmesser unter 2,5 µm
- PM_{1.0}: Particulate matter mit einem aerodynamischen Durchmesser unter 1,0 µm

Die Feinstaubfraktionen PM1.0, PM2.5 und PM10 sind Teilmengen der Gesamtschwebstaubkonzentration.

Tabelle 6: Größenfraktionen zur Erfassung der Schwebstaubbelastung: ergänzt nach [UBA 2004]

Gesamt-schwebstaub (TSP)	Als Gesamtschwebstaub (Total suspended particulates = TSP) wird die mit konventionellen Sammlern gemessene Schwebstaub-Konzentration bezeichnet. Dabei wird ein Großteil der luftgetragenen Partikel erfasst.
PM10	Bei PM10-Messverfahren ist das Ziel, eine Sammelcharakteristik zu verwirklichen, welche der thorakalen Fraktion (jener Masseanteil einatembarer Partikel, der über den Kehlkopf hinausgeht) entspricht. Bei diesen Verfahren sollen per definitionem 50 % der Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 10 µm erfasst werden; bei größeren Partikeln wird der gesammelte Anteil deutlich geringer, bei kleineren höher. Die derart bestimmte Staubfraktion ist eine Teilmenge des TSP. Im deutschen Sprachraum hat sich die Bezeichnung "Feinstaub" für PM10 eingebürgert.
PM2.5	Bei diesem Verfahren sollen per definitionem 50 % der Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 2,5 µm erfasst werden (der etwa dem Anteil entspricht, der bis in die Alveolen gelangt); bei größeren Partikeln wird der gesammelte Anteil deutlich geringer, bei kleineren höher. Die derart bestimmte Staubfraktion ist eine Teilmenge des PM10 und sollte weitgehend der alveolengängigen Fraktion entsprechen.
PM10-2.5	Partikel, die größer als 2,5 µm aber kleiner als 10 µm sind. Im Englischen als „coarse fraction“ bezeichnet.
PM1.0	Sehr feine Partikel, deren aerodynamischer Durchmesser kleiner als 1 µm ist.

Das Aerosolspektrometer ermöglicht die Messung der Feinstaubbelastung in hoher zeitlicher Auflösung und erlaubt die Korrelation von Aktivitäten und der Feinstaubbelastung. Die Messung der in der Luft vorhandenen Partikel erfolgte nach dem Prinzip der Lichtstreuung in einer Laser-Messkammer (Dustmonitor 1.108, Fa. Grimm), wobei die Teilchenanzahl in 15 Größenklassen erfasst wird. Aus der gemessenen Korngrößenverteilung werden die Fraktionen durch Berechnungsfaktoren ermittelt und aufsummiert. Die Berechnungsfaktoren basieren auf der Summenhäufigkeitsverteilung der EN 12341 (PM10), die unter Berücksichtigung des Abscheideverhaltens des Probeneinlasses des Testgerätes und der Partikeldichte durch Korrelation mit gravimetrischen Messungen angepasst wurden. Für die Kalibration der Kanalgrenzen wurde das Gerät mit definierten Latexpartikeln eingestellt. Geräteintern wurden die Streulichtintensitäten mit Testaerosolen bekannter Teilchengröße und Dichte bestimmt und zur Bestimmung der Massenkonzentration polydisperser Gemenge mit einem empirisch ermittelten Korrekturfaktor versehen.

Da aus den ermittelten Partikelanzahlen und -größen geräteintern rechnerisch eine exakt so zu bezeichnende „berechnete Massenkonzentration“ ermittelt wurde, würde eine derartige Konzentration nicht mit einer allfällig parallel gravimetrisch bestimmten Massenkonzentration ident sein. Der Grund hierfür ist, dass der jeweilige Korrekturfaktor nicht bekannt und es auch zu erwarten ist, dass sich der Faktor kurzfristig mit der Zeit ändert. Um dennoch Ergebnisse darstellen zu können, wurde der geräteintern voreingestellte, für durchschnittliche Situationen anzuwendende Korrekturfaktor von 1 für den gesamten Messzeitraum angenommen. Da anzunehmen ist, dass der Unterschied zwischen der gravimetrisch und der rechnerisch über die Partikelanzahlen und -größen bestimmten Massenkonzentration nicht gravierend ist, wurde in der Dokumentation und der Darstellung der Ergebnisse auch für die „berechnete Massenkonzentration“ die Einheit µg/m³ gewählt.

Untersuchung des Staubansammlungsgrads von Luftleitenden Oberflächen

Die Prüfung des Staubansammlungsgrads von Luftleitenden Oberflächen erfolgte durch Wischen mit Lösemittel (Ethanol) unter Verwendung einer Schablone in Anlehnung an Anhang I der ÖNORM EN 15780. [ÖNORM EN 15780] Die eingesetzten Mikrofasertücher wurden vor der Verwendung bei 60 °C thermisch konditioniert. Die Bestimmung der Staubmasse erfolgte durch Differenzwägung. Die berechneten Ergebnisse des Staubansammlungsgrads werden in Milligramm pro m² (mg/m²) angegeben und auf maximal zwei signifikante Stellen gerundet.

3.4.3 Beurteilungsgrundlagen

Beurteilungsgrundlagen für aerogene Schimmelpilzsporen in raumluftechnischen Anlagen

Grenz- oder Richtwerte für die Belastung der Raumlufte oder der Luft aus RLT-Anlagen mit Pilzsporen sind in Österreich nicht vorhanden. In der technischen Richtlinie VDI 6022 Blatt 1 über Hygiene-Anforderungen an raumluftechnische Anlagen heißt es sinngemäß: RLT-Anlagen müssen in allen luftführenden Bereichen so betrieben und instand gehalten werden, dass eine zusätzliche Belastung durch Schadgase sowie anorganische und organische Verunreinigungen sicher vermieden wird. Eine Vermehrung von Mikroorganismen in der Anlage muss vermieden werden. Der Gehalt der Zuluft an Stäuben, Bakterien, Pilzen und biologischen Inhaltsstoffen darf denjenigen der Außenluft vor Ort beziehungsweise den der Raumlufte im Aufenthaltsbereich in keiner Kategorie überschreiten. Darüber hinaus ist sicherzustellen, dass keine gesundheitlich bedenklichen oder geruchsaktiven Stoffe zusätzlich in die Luft gelangen.

Beim Auftreten erhöhter Sporenkonzentrationen durch Quellen im Innenraum oder innerhalb von RLT-Anlagen besteht die Gefahr, dass die regelmäßige Exposition gegenüber einer erhöhten Sporenmenge insbesondere für Allergiker sensibilisierend wirkt, und zwar spezifisch auf die im Lebensraum vorhandenen Schimmelpilzarten. [GAMS 1998] Eine nachgewiesene Kontamination kann aber auch für Nicht-Allergiker ein mögliches Gesundheitsrisiko bedeuten. Für eine Beurteilung der Situation ist, vor allem bei höheren Konzentrationen, nicht allein die Anzahl der Sporen, sondern zusätzlich die Kenntnis der Artenzusammensetzung von Bedeutung.

Das Ausmaß einer Gesundheitsgefährdung ist abhängig von der Art des Schadens und der Empfindlichkeit der Raumnutzer. Im Positionspapier zu Schimmelpilzen in Innenräumen des Arbeitskreises Innenraumluft [AK IRL 2010] des österreichischen Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft wird ausgeführt: „Aus epidemiologischen Studien geht eindeutig hervor, dass bei Schimmelpilzwachstum gesundheitliche Beeinträchtigungen auftreten können. Diese können vor allem Atemwegsbeschwerden durch allergische Reaktionen oder auch toxische Reaktionen mit einer Vielzahl von möglichen Symptomausprägungen sein. Wenngleich der kausale Zusammenhang zwischen gesundheitlichen Auswirkungen und Sporen- bzw. Toxinkonzentrationen in der Raumluft oft nicht eindeutig festzustellen ist, ist in Anwendung des Vorsorgeprinzips die Belastung zu minimieren, auch bevor es zu Erkrankungen kommt.“ Schimmelpilzquellen im Innenraum sind in jedem Fall aus Gründen des vorbeugenden Gesundheitsschutzes zu beseitigen [UBA 2005].

Die je nach Umfeld und Vegetationsperiode stark unterschiedliche Sporenbelastung der Außenluft beeinflusst auch die Grundkonzentration in RLT-Anlagen. Die Konzentration an Schimmelpilzsporen in der Zuluft und im Innenraum kann nicht losgelöst von der Außenluftkonzentration betrachtet werden.

Thermophilen Pilzen, die sich auch bei höheren Temperaturen (z.B.: 37 °C) ausgezeichnet vermehren können, kommt eine besondere gesundheitliche Relevanz zu, da einige Vertreter (z.B.: *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*) beim Menschen zu Infektionen führen können. Aus Vorsorgegründen sollte in der Innenraumluft die Konzentration an Sporen thermophiler Pilze so niedrig wie möglich sein.

Hefepilze können speziell im Sommer hohe Konzentrationen in der Außenluft erreichen (bis etwa 2.000 KBE/m³). In der Raumluft können Hefepilze dann in relevanten Konzentrationen (etwa 300 KBE/m³ über der Hefepilz-Konzentration der Außenluft) vorkommen, wenn viel verfügbares Wasser sowie aufgeschlossene Substrate (z.B. Pflanzensäfte) vorhanden sind. In der Regel ist vermehrtes Auftreten von Hefepilzen in der Innenraumluft nicht mit Feuchteschäden oder Schimmelpilzbefall korreliert. Hingegen können kontaminierte Luftbefeuchter oder raumluftechnische Anlagen, besiedelte Pflanzen sowie der Eintrag aus der Außenluft zu erhöhten Hefepilz-Konzentration im Innenraum führen. [SEIDL 2011]

Als Beispiele für Schimmelpilze mit hoher Indikation für Feuchteschäden (Feuchteindikatoren) werden in der VDI-Richtlinie 4300-10 folgende Arten und Gattungen angegeben: *Acremonium* spp., *Aspergillus penicilloides*, *Aspergillus restrictus*, *Aspergillus versicolor*, *Chaetomium* spp., *Engyodontium* (*Tritirachium*) *album*, *Phialophora* spp., *Scopulariopsis brevicaulis*, *Scopulariopsis fusca*, *Stachybotris chartarum* sowie *Trichoderma* spp..

Alternaria alternata, *Aureobasidium pullulans*, *Botrytis cinerea*, *Cladosporium* spp., *C. herbarum*, *C. cladosporioides* und *Epicoccum nigrum* werden in der ISO/DIS 16000-17 [ISO 2009] als Beispiele für typische Außenluftarten genannt.

Als Bewertungs- und Orientierungshilfe für Schimmelpilzuntersuchungen in der Raumluft wird von der Innenraumlufthygienekommission des UBA Berlin ein Bewertungsschema angegeben, das abhängig von Konzentration und Artenzusammensetzung in der Innenraum- und Außenluft Hinweise auf das Vorhandensein einer Schimmelpilzquelle im Innenraum liefern kann. Dieses Schema kann auch für RLT-Anlagen herangezogen werden. Es wird in der Publikation angemerkt, dass nicht alle Problemsituationen mit dem vorgeschlagenen Schema bewertet werden können. So kann z.B. die Bewertung einer Luftprobe im Spätherbst schwierig sein, wenn der Sporengehalt der Außenluft in kurzer Zeit stark verringert wird (Oktober-November mit kalter und feuchter Witterung). In diesem Zeitraum können aus der Außenluft stammende Sporen, die über die Vegetationsperiode zuvor im Innenraum sedimentiert sind, das Ergebnis einer Luftprobe stark beeinflussen. Umgekehrt können auch ungewöhnlich belastete Außenluftproben eine Interpretation der Ergebnisse erschweren.

Die Innenluft-Parameter in der folgenden Tabelle sind nicht als eigenständige Kriterien gedacht, sondern sind in einer umfassenden Auswertung gemeinsam zu betrachten.

Tabelle 7: Bewertungshilfe für kultivierbare Schimmelpilze (nach UBA-Berlin [UBA 2005])

Innenluft-Parameter	Innenraumquelle unwahrscheinlich	Innenraumquelle nicht auszuschließen ^a	Innenraumquelle wahrscheinlich ^b
<i>Cladosporium</i> sowie andere Pilzgattungen, die in der Außenluft erhöhte Konzentrationen erreichen können	Wenn die KBE/m ³ einer Gattung in der Innenluft unter dem 0,7 (bis 1,0)-fachen der Außenluft liegen $I_{typA} \leq A_{typA} \times 0,7 (+0,3)$	Wenn die KBE/m ³ einer Gattung in der Innenluft unter dem 1,5 ± 0,5-fachen der Außenluft liegen $I_{typA} \leq A_{typA} \times 1,5 (\pm 0,5)$	Wenn die KBE/m ³ einer Gattung in der Innenluft über dem 2-fachen der Außenluft liegen $I_{typA} > A_{typA} \times 2$
Summe der KBE der untypischen Außenluftarten	Wenn die Differenz zwischen der KBE-Summe Innenraumluft minus Außenluft der untypischen Außenluftarten nicht über 150 KBE/m ³ liegt $I_{\sum untypA} \leq A_{\sum untypA} + 150$	Wenn die Differenz zwischen der KBE-Summe Innenraumluft minus Außenluft der untypischen Außenluftarten nicht über 500 KBE/m ³ liegt. $I_{\sum untypA} \leq A_{\sum untypA} + 500$	Wenn die Differenz zwischen der KBE-Summe Innenraumluft minus Außenluft der untypischen Außenluftarten über 500 KBE/m ³ liegt. $I_{\sum untypA} > A_{\sum untypA} + 500$
eine Gattung (Summe der KBE aller zugehörigen Arten) der untypischen Außenluftarten	Wenn die Differenz zwischen der KBE-Summe Innenraumluft minus Außenluft der Gattung nicht über 100 KBE/m ³ liegt $I_{EuntypG} \leq A_{EuntypG} + 100$	Wenn die Differenz zwischen der KBE-Summe Innenraumluft minus Außenluft der Gattung nicht über 300 KBE/m ³ liegt $I_{EuntypG} \leq A_{EuntypG} + 300$	Wenn die Differenz zwischen der KBE-Summe Innenraumluft minus Außenluft der Gattung über 300 KBE/m ³ liegt $I_{EuntypG} > A_{EuntypG} + 300$
eine Art der untypischen Außenluftarten mit gut flugfähigen Sporen	Wenn die Differenz zwischen Innenraumluft und Außenluft nicht über 50 KBE/m ³ liegt $I_{EuntypA} \leq A_{EuntypA} + 50$	Wenn die Differenz zwischen Innenraumluft und Außenluft nicht über 100 KBE/m ³ liegt $I_{EuntypA} \leq A_{EuntypA} + 100$	Wenn die Differenz zwischen Innenraumluft und Außenluft über 100 KBE/m ³ liegt $I_{EuntypA} > A_{EuntypA} + 100$
eine Art der untypischen Außenluftarten mit geringer Sporenfreisetzungsrate	Wenn die Differenz zwischen Innenraumluft und Außenluft nicht über 30 KBE/m ³ liegt $I_{EuntypAGS} \leq A_{EuntypAGS} + 30$	Wenn die Differenz zwischen Innenraumluft und Außenluft nicht über 50 KBE/m ³ liegt $I_{EuntypAGS} \leq A_{EuntypAGS} + 50$	Wenn die Differenz zwischen Innenraumluft und Außenluft über 50 KBE/m ³ liegt $I_{EuntypAGS} > A_{EuntypAGS} + 50$

^a Indiz für Quellensuche

^b Indiz für kurzfristige intensive Quellensuche

^c die angegebenen Konzentrationen gelten für Pilzarten mit gut flugfähigen Sporen. Für Pilzsporen mit geringer Flugfähigkeit sowie für thermotolerante Pilzarten gelten deutlich geringere Konzentrationen

A Konzentration in der Außenluft in KBE/m³

I Konzentration in der Innenraumluft in KBE/m³

typ A typische Außenluftarten bzw. -gattungen

(wie z.B. *Cladosporium*, sterile Myzelien, ggf. Hefen, ggf. *Alternaria*, ggf. *Botrytis*)

untyp A untypische Außenluftarten bzw. -gattungen

(wie z.B. Pilzarten mit hoher Indikation für Feuchteschäden wie *Acremonium* sp., *Aspergillus versicolor*, *A. penicilloides*, *A. restrictus*, *Chaetomium* sp., *Phialophora* sp., *Scopulariopsis brevicaulis*, *S. fusca*, *Stachybotrys chartarum*, *Tritirachium (Engyodontium) album*, *Trichoderma* sp.)

$\sum untyp A$ Summe der untypischen Außenluftarten (andere als typ A)

$Euntyp A$ eine Art, die untypisch ist in der Außenluft und gut flugfähige Sporen besitzt

$Euntyp AGS$ eine Art, die untypisch ist in der Außenluft und Sporen mit geringer Flugfähigkeit besitzt,

z.B. *Phialophora* sp., *Stachybotrys chartarum*

$Euntyp G$ eine Gattung, die untypisch ist in der Außenluft

Beurteilungsgrundlagen für Keime an Oberflächen in raumluftechnischen Anlagen

Zur Beurteilung der Ausführung von raumluftechnischen Anlagen wird in erster Linie auf die VDI-Richtlinienreihe 6022 [VDI 2011] zugegriffen, da diese Richtlinien den Stand der Technik der baulichen, technischen und organisatorischen Anforderungen hinsichtlich der Planung, der Fertigung, der Ausführung, des Betriebens und der Instandhaltung von raumluftechnischen Anlagen beschreiben.

Das Auftreten erhöhter Keimkonzentrationen an Oberflächen im Außenluft- und Zuluftbereich von raumluftechnischen Anlagen stellt generell aus hygienischen Gründen eine unerwünschte Situation dar. Grenz- oder Richtwerte für die Belastung von Oberflächen durch Mikroorganismen sind in Österreich nicht vorhanden, den diesbezüglichen Stand der Technik gibt die deutsche VDI-Richtliniereihe 6022 vor. Die Richtlinie VDI 6022 Blatt 1 [VDI 2011] fordert Abklatschproben von Oberflächen im Rahmen von Hygieneinspektionen und gibt Erfahrungswerte und Maßnahmen bei Oberflächenuntersuchungen an.

Tabelle 8: Erfahrungswerte und Maßnahmen bei Oberflächenuntersuchungen nach VDI-6022-1

Konzentration Ergebnis der Unter- suchung [KBE/25 cm ²]	Hygienisch- mikrobiologischer Zustand der Fläche	Handlungsempfehlung
< 25	gut oder sehr gut	Kein Handeln erforderlich.
25 ... 100	Grenzwertig	Ursachen sind zu suchen und zu beseitigen. Diese Elemente sollen gründlich gereinigt oder demnächst ausgewechselt werden. Aufnahme in den Wartungsplan.
> 100	unzureichend	Ursachen sind zu suchen und zu beseitigen. Diese Elemente sollen dringend gründlich gereinigt oder ausgetauscht werden. Sofortiges Handeln erforderlich.

Beurteilungsgrundlagen der Feinstaubuntersuchung

In Österreich gibt es derzeit keine Grenzwerte für Feinstaub in der Raumluft von Innenräumen oder die Zuluft aus RLT-Anlagen. Für die Außenluft sind Grenzwerte im österreichischen Immissionsschutzgesetz Luft (IG-L, BGBl. 115/97) in Umsetzung der Richtlinie 1999/30/EG festgesetzt. Weiters existieren Luftgüteleitwerte der WHO. [WHO 2006]

Tabelle 9: Grenzwerte gemäß IG-L, gültig seit Juli 2001

Schadstoff	Konzentration	Mittelungszeit
TSP	150 µg/m ³	Tagesmittelwert, trat am 31.12.2004 außer Kraft
PM10	50 µg/m ³	Tagesmittelwert; zulässige Anzahl von Überschreitungen pro Kalenderjahr: von 2005 bis 2009: 30, ab 2010: 25
PM10	40 µg/m ³	Jahresmittelwert Überschreitungen nicht zulässig

Tabelle 10: Luftgüteleitwerte der WHO

Schadstoff	Konzentration	Mittelungszeit
PM10	50 µg/m ³	24-Stunden-Mittelwert
	20 µg/m ³	Jahresmittelwert
PM2.5	25 µg/m ³	24-Stunden-Mittelwert
	10 µg/m ³	Jahresmittelwert

Insbesondere die feineren Partikel des Schwebstaubs in der Luft (PM2.5, PM1.0 und kleinere Fraktionen) können bis tief in die Lunge bis in die Lungenbläschen gelangen und zu negativen gesundheitlichen Auswirkungen, wie z.B. Atemwegs- und Herz-Kreislauf-erkrankungen, führen. Aus lufthygienischer Sicht ist Feinstaub als jener Luftschadstoff anzusehen, der mit gravierenden gesundheitlichen Auswirkungen verbunden ist. Maßnahmen zur Reduktion der Feinstaubbelastung sollten daher aus Sicht des österreichischen Umweltbundesamtes zum Schutz der Gesundheit mit hoher Priorität umgesetzt werden. [UBA 2005B]

Der Grenzwert für PM10 in der Außenluft gemäß IG-L basiert auf Risikoabschätzungen einer Exposition gegenüber einer mehr oder weniger gut definierten physikalischen und chemischen Zusammensetzung der Außenluft. Auch wenn Innenraumluft durch die Außenluft beeinflusst wird, zeigen sich doch deutliche Unterschiede in der physikalischen, chemischen und biologischen Zusammensetzung. Eine direkte Übertragung des Grenzwertes der Außenluft zur gesundheitlichen Bewertung der Feinstaubbelastung der Innenraumluft ist daher nicht möglich. Angesichts der nur begrenzt zur Verfügung stehenden Daten zur Exposition gegenüber Feinstäuben in Innenräumen, insbesondere zur chemischen Zusammensetzung des Feinstaubes und zu Dosis-Wirkungsbeziehungen, lässt sich derzeit keine fundierte Risikobewertung von Feinstaub in der Innenraumluft vornehmen. [BLGL 2007].

Die deutsche Ad-hoc-Arbeitsgruppe kommt zu dem Schluss, dass weder die deutschen Immissionsgrenzwerte der 22.Bimsch-VO noch die von der WHO vorgeschlagenen Luftgüteleitwerte der Umgebungsluft als generelle Beurteilungsmaßstäbe für die Innenraumluft verwendet werden können. Es erschien dieser Arbeitsgruppe lediglich vertretbar, den von der WHO abgeleiteten Tagesmittelwert für PM2.5 von 25 µg/m³ in reinen WohnInnenräumen ohne spezifische eigene Quellen zur Orientierung heranzuziehen. Es wird angenommen, dass diese Feinstaubfraktionen überwiegend aus der Außenluft stammt. [AD-HOC AG 2008] Dieser Wert kann zur Orientierung auch als Richtwert für die Zuluft aus RLT-Anlagen dienen, wobei immer die Außenluftkonzentration mit zu berücksichtigen ist.

Als wesentliche Feinstaub-Innenraumquellen sind zu nennen: Verbrennungsprozesse (Kamine, Gasthermen, Gasherde), das Abbrennen von Kerzen und insbesondere Rauchen im Innenraum.

Das derzeitige Fehlen geeigneter Bewertungsmaßstäbe, die für alle Innenräume anwendbar sind, bedeutet nach Angabe der deutschen Ad-hoc-Arbeitsgruppe jedoch in keinem Fall, dass Feinstaub in der Innenraumluft als "gesundheitlich unbedenklich" einzustufen ist.

Bekannte Feinstaubquellen im Innenraum sind daher zu identifiziert und möglichst minimiert werden.

Beurteilungsgrundlagen für den Staubansammlungsgrad

Die ÖNORM EN 15780 [ÖNORM EN 15780] nennt Sauberkeitsqualitätsklassen für die Beurteilung der Sauberkeit von Oberflächen in Lüftungsanlagen sowohl für neue als auch für bereits vorhandene Lüftungs- und Klimaanlage. Die Norm definiert die Kriterien für die Beurteilung der Sauberkeit sowie die Überprüfung der Wirksamkeit von durchgeführten Reinigungen.

Im Anhang A.2 werden drei Sauberkeitsqualitätsklassen definiert und deren typische Anwendungen genannt (siehe die folgende Tabelle 11).

Tabelle 11: Sauberkeitsklassen nach ÖNORM EN 15780

Qualitätsklasse	Typische Beispiele
Niedrig	Räume, die nicht durchgehend belegt sind, z. B. Lagerräume, Technikräume
Mittel	Büros, Hotels, Restaurants, Schulen, Theater, Wohnheime, Einkaufsbereiche, Ausstellungsgebäude, Sportstätten, allgemeine Bereiche in Krankenhäusern und allgemeine Arbeitsbereiche in der Industrie
Hoch	Laboratorien, Behandlungsbereiche in Krankenhäusern, hochwertige Büros

Für bereits in Betrieb befindliche Luftleitungen gibt der Anhang A.3 akzeptable Sauberkeitsgrade an. Um den Sauberkeitsqualitätsklassen der ÖNORM EN 15780 zu entsprechen, müssen die in der folgenden Tabelle genannten Grenzwerte unterschritten werden.

Tabelle 12: Akzeptable Sauberkeitsgrade für in Betrieb befindliche Luftleitungen nach ÖNORM EN 15780

Sauberkeitsqualitätsklasse	Akzeptabler Sauberkeitsgrad Zuluftleitung	Akzeptabler Sauberkeitsgrad Umluft- oder Sekundärluftleitung
Niedrig	< 4,5 g/m ²	< 6,0 g/m ²
Mittel	< 3,0 g/m ²	< 4,5 g/m ²
Hoch	< 0,6 g/m ²	< 3,0 g/m ²

Für von trockenem Staub betroffene Abluftleitungen (durch die Luft in die Atmosphäre abgeführt wird) gelten weniger strenge Grenzwerte. Abluftanlagen sollen gereinigt werden, wenn sich die Luftströmung durch die Anlage um 15% oder mehr verringert. Wenn eine derartige Messung nicht praktikabel ist, darf die gravimetrische Staubkonzentrations-Prüfung angewendet werden. Eine Abluftleitung sollte gereinigt werden, wenn die Staubkonzentration 9.0 g/m² überschreitet.

Anmerkung: Bei Volumenstrom geregelten Anlagen, die heute als Standard anzusehen sind, kann nur die gravimetrische Staubkonzentrations-Prüfung angewendet werden.

Für neue Luftleitungen gibt der Anhang A.6 akzeptable Staubansammlungsgrade an. In der Praxis ist damit die Größe der Verschmutzung gemeint, die als zulässig gilt (siehe die folgende Tabelle 13).

Tabelle 13: Akzeptable Staubansammlungsgrade für neue Luftleitungen nach ÖNORM EN 15780

Sauberkeits- qualitätsklasse	Akzeptabler Staubansammlungsgrad Zuluft-, Umluft- oder Sekundärluftleitung	Akzeptabler Staubansammlungsgrad Abluftleitung
Niedrig	< 0,9 g/m ²	< 1,8 g/m ²
Mittel	< 0,6 g/m ²	< 1,8 g/m ²
Hoch	< 0,3 g/m ²	< 0,9 g/m ²

Für die Beurteilung von WohnraumLüftungsanlagen wird vorgeschlagen, die Sauberkeits-qualitätsklasse "Mittel" heranzuziehen, die auch aus Sicht der Projektergebnisse für die Einhaltung der Hygiene ausreichend erscheint.

In der technischen Richtlinie VDI 6022 Blatt 1 [VDI 2011], die Hygieneanforderungen an raumluftechnische Anlagen und Geräte beschreibt, wird in Abschnitt 4.3.2 ausgeführt, dass die Oberflächen von Doppelböden, mit denen die Luft in direktem Kontakt ist, die gleichen Kriterien wie das leitungsgebundene Luftleitungssystem erfüllen und in gleichem Maße zu reinigen sein müssen. In Abschnitt 4.3.10 werden für die Luftführung durch Hohlraum- oder Doppelböden zusätzliche Anforderungen festgehalten, die im Folgenden auszugsweise wiedergegeben werden:

- Vor Inbetriebnahme sind die Hohlräume von sämtlichen groben Verunreinigungen wie Baumaterialresten zu befreien und sorgfältig mit einem Staubsauger zu reinigen.
- Ein Staub bindender, abriebfester Anstrich aller luftberührender Flächen ist empfehlenswert.
- Das Einbringen oder Eindringen von Staub oder geruchsbelastenden Stoffen organischen oder anorganischen Ursprungs in den Hohlraum ist auszuschließen.
- Die Trockenheit des Hohlraums muss während der Betriebszeit der RLT-Anlage gesichert sein.
- Eine Sichtprüfung und schriftliche Dokumentation der Ergebnisse unmittelbar vor dem Verschließen ist erforderlich.
- Wegen der grundsätzlich erschwerten Inspektions- und Reinigbarkeit von Hohlräumen oder Doppelböden muss die in den Hohlraum- oder Doppelboden eingblasene Luft mindestens mit Luftfiltern der Filterklasse F9 gefiltert sein (Ausnahme Rechnerräume).

3.4.4 Graphische Zusammenfassung und Diskussion der hygienerelevanten Messergebnisse

Vorbemerkungen

In den folgenden Abschnitten werden die aggregierten Ergebnisse der hygienisch relevanten Parameter aller untersuchten Objekte verglichen. Die Untersuchung der von den RLT-Anlagen aufbereiteten Zuluft auf die Konzentration an Pilzsporen und Feinstaub erfolgte bei den Objekten 02 bis 10, das sind jene, die bereits seit längerer Zeit in Betrieb waren. Die mikrobiologischen Oberflächenuntersuchungen, die an bestimmten Komponenten der RLT-Geräte und im Luftverteilsystem vorgenommen wurden sowie Messungen des Staubansammlungsgrads wurden in den Anlagen der Objekte 02 bis 10 und zusätzlich im Lüftungssystem der 2013 fertig gestellten Objekte 01 und 11 durchgeführt.

Pilzsporenkonzentration

Ergebnisse der Messungen der Schimmelpilz Sporenkonzentration

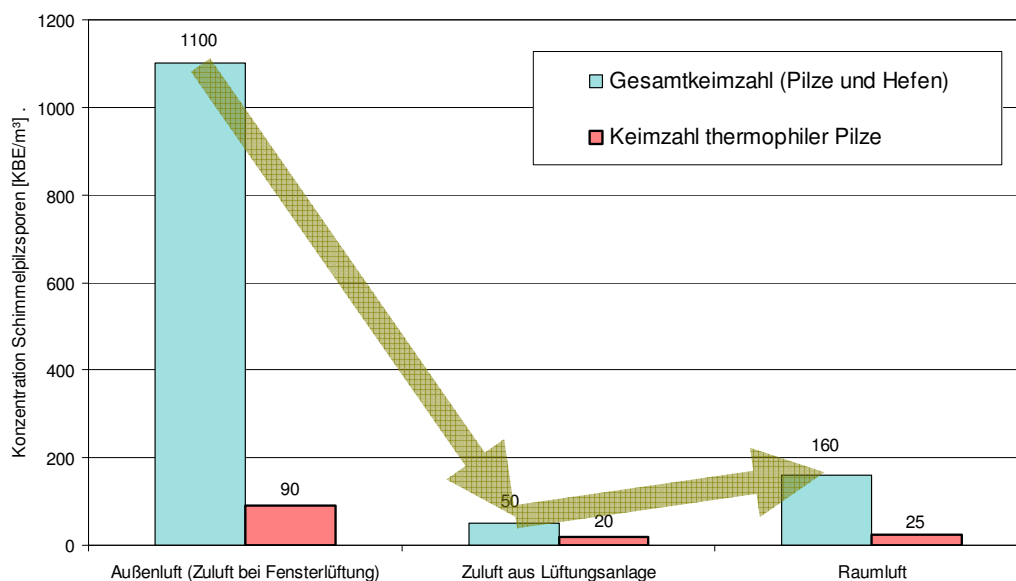


Abbildung 54: Mesophile Pilzsporen – Typische Konzentrationsverhältnisse

Um die Wirkung der raumluftechnischen Anlagen auf die Veränderung der Pilzsporenkonzentration darzustellen, wurden Messungen in der Außenluft, in der Zuluft und in der Raumluft durchgeführt. Für die Auswertung wurde jeweils die relative Zuluftkonzentration der Gesamtmenge an mesophilen Pilzsporen bezogen auf die aktuelle Außenluftkonzentration berechnet. Ein Wert von 100 % würde bedeuten, dass die gesamte Menge an Sporen in der Außenluft auch in der Zuluft vorgefunden wurde. Ein Wert von über 100 % würde auf eine Vermehrung der Pilzsporen innerhalb des RLT-Systems hinweisen. Ist die relative Konzentration niedriger als 100 %, wurde durch die Lüftungsanlage die Menge an Pilzsporen im Vergleich zur Außenluft reduziert.

Für alle untersuchten Anlagen unabhängig vom Datum der Inbetriebnahme gilt, dass die Sporenkonzentration in der Zuluft gegenüber der Außenluft reduziert wurde. Bei keiner Anlage kam es zu einer Zunahme der Konzentration an Sporen von Pilzen und Hefen. Hinweise auf aktive Quellen, die im Bereich der Lüftungsanlagen vorhanden wären, wurden demnach bei keiner einzigen Anlage gefunden. Es war deutlich zu erkennen, dass die Konzentration in der Raumluft, die ja auch durch diverse andere Faktoren wie Zimmerpflanzen, Menge an Hausstaub im Wohnbereich, Zeitpunkt der letzten Fensterlüftung, usw. beeinflusst wird, bei allen Objekten signifikant höher war als die Sporenkonzentration in der von der Lüftungsanlage aufbereiteten Zuluft. In Bezug auf die Pilzsporenkonzentration führten demnach alle Anlagen zu einer Verbesserung der Luftqualität.

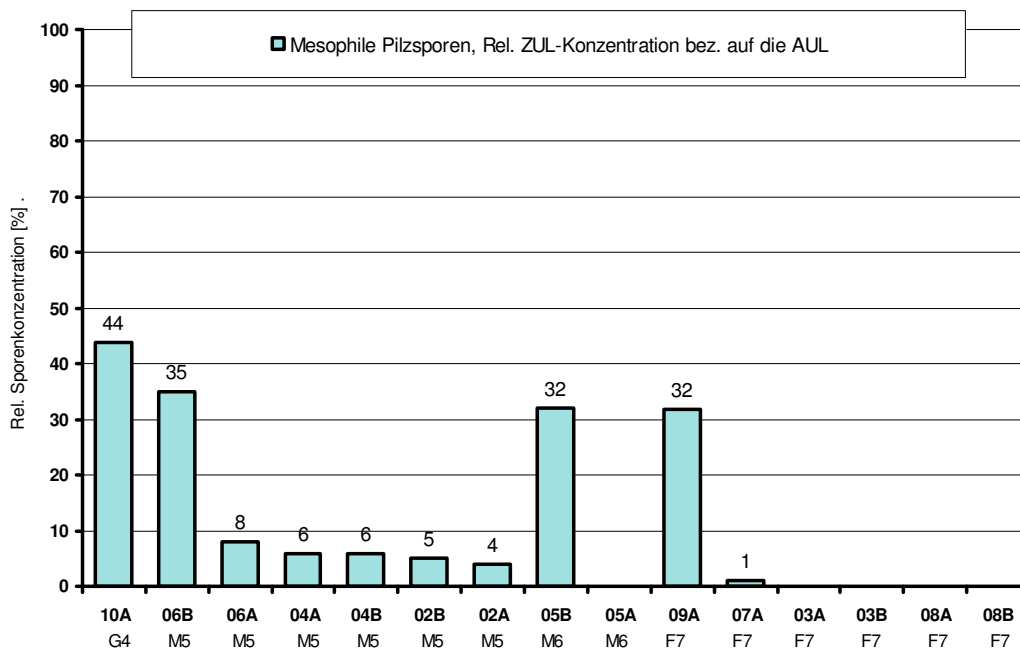


Abbildung 55: Mesophile Pilzsporen, Rel. ZUL-Konzentration bezogen auf die AUL

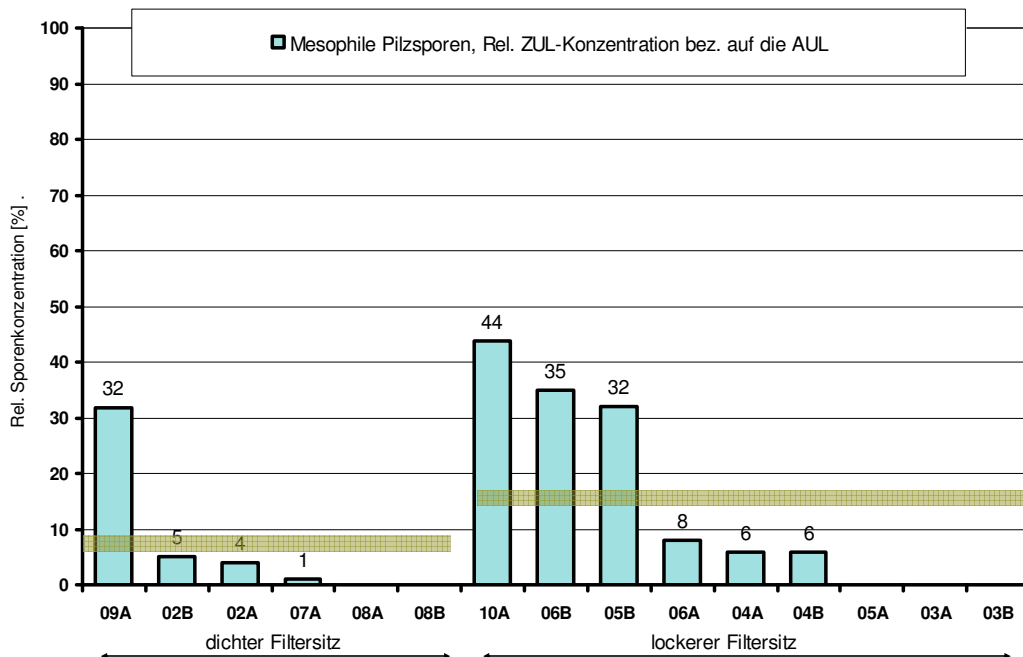


Abbildung 56: Mesophile Pilzsporen, Rel. ZUL-Konzentration bezogen auf die AUL

Erwartungsgemäß war die geringste Reduktion bei jener Anlage festzustellen, die nur mit einem Luftfilter der Filterklasse G4 (Grobfilter) ausgerüstet war. Eine derartig niedrige Filterklasse entspricht auch nicht den Vorgaben der ÖNORM H 6038. Bei den meisten Anlagen, die mit F7-Feinfiltern ausgestattet waren, lag die Sporenkonzentration in der Zuluft in einem sehr niedrigen Bereich bzw. sogar unter der analytischen Nachweisgrenze.

Tendenziell war zu erkennen, dass sich ein dichter Filtersitz positiv auf den Pilzsporen-Abscheidegrad auswirkte. Bei eher lockerem Filtersitz war tendenziell eine weniger gute Abscheideeffizienz der Pilzsporen durch die Filter erkennbar, was wahrscheinlich auf die mögliche Umströmung der Filterelemente zurückzuführen ist.

Einerseits war bei allen Anlagen eine Reduktion der Sporenkonzentration feststellbar, andererseits wurden darüber hinaus die besten Ergebnisse in Bezug auf die Verbesserung der Luftqualität bei dichtem Filtersitz und Verwendung von Feinfiltern (zum Beispiel Filterklasse F7) erhalten.

Feinstaub

Ähnlich der Vorgangsweise bei den luftgetragenen Pilzsporen wurde die Feinstaubfraktionen PM1.0, PM2.5 und PM10 in der Außenluft, in der Zuluft aus der Lüftungsanlage und in der Raumluft untersucht, um die Gesamtwirkung der Lüftungsanlage auf die Feinstaubkonzentration zu prüfen. Es wurde die relative Zuluftkonzentration der Feinstaubfraktionen bezogen auf die aktuelle Außenluftkonzentration bei allen untersuchten Anlagen berechnet und grafisch gegenübergestellt. Werte unter 100 % relative Konzentration sagen aus, dass hier eine Reduktion der Feinstaubkonzentration in der Lüftungsanlage stattgefunden hat, bei

einer relativen Konzentration von über 100 % wäre es zu einer zusätzlichen Partikel-freisetzung innerhalb der Anlage gekommen.

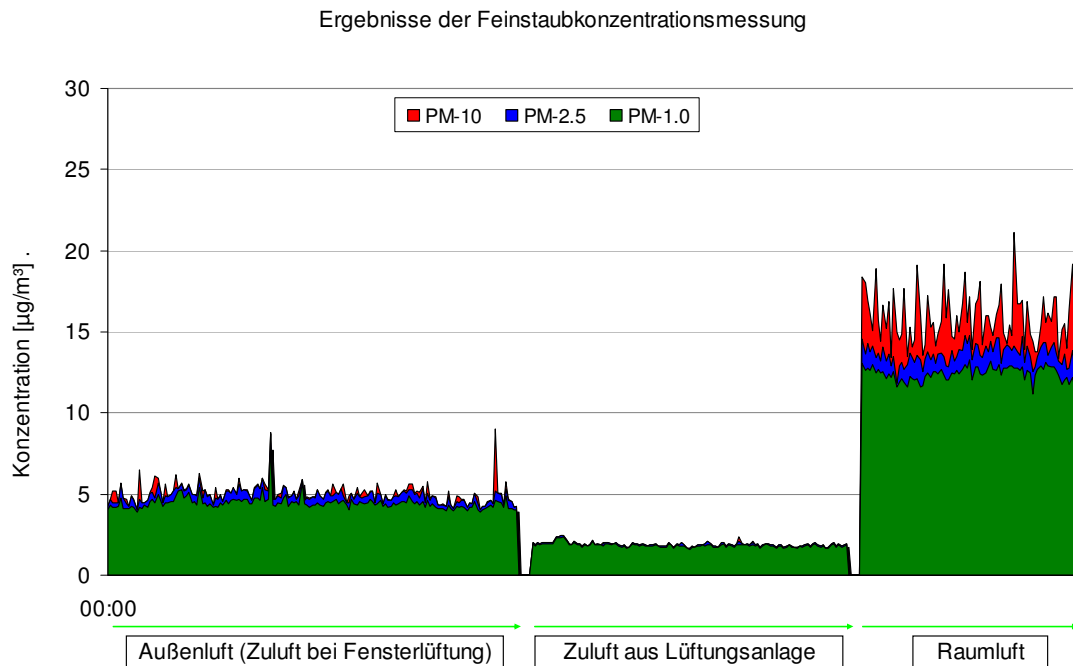


Abbildung 57: Feinstaub – Typische Konzentrationsverhältnisse

In Bezug auf die Feinstaubkonzentration PM10, war zu beobachten, dass alle Anlagen zu einer Verringerung der Feinstaubmenge führten. Der Abscheidegrad war jedoch generell niedriger als bei den Pilzsporen. Einschränkend ist hier anzumerken, dass der durch die Luftfilter realisierte Abscheidegrad stark von der Größenklassenverteilung der Staubfraktionen in der Außenluft abhängt. Da davon auszugehen ist, dass die Feinstaub-Zusammensetzung in der Außenluft von Ort zu Ort und zu verschiedenen Zeitpunkten unterschiedlich war, sind die Ergebnisse der einzelnen Anlagen nur eingeschränkt vergleichbar.

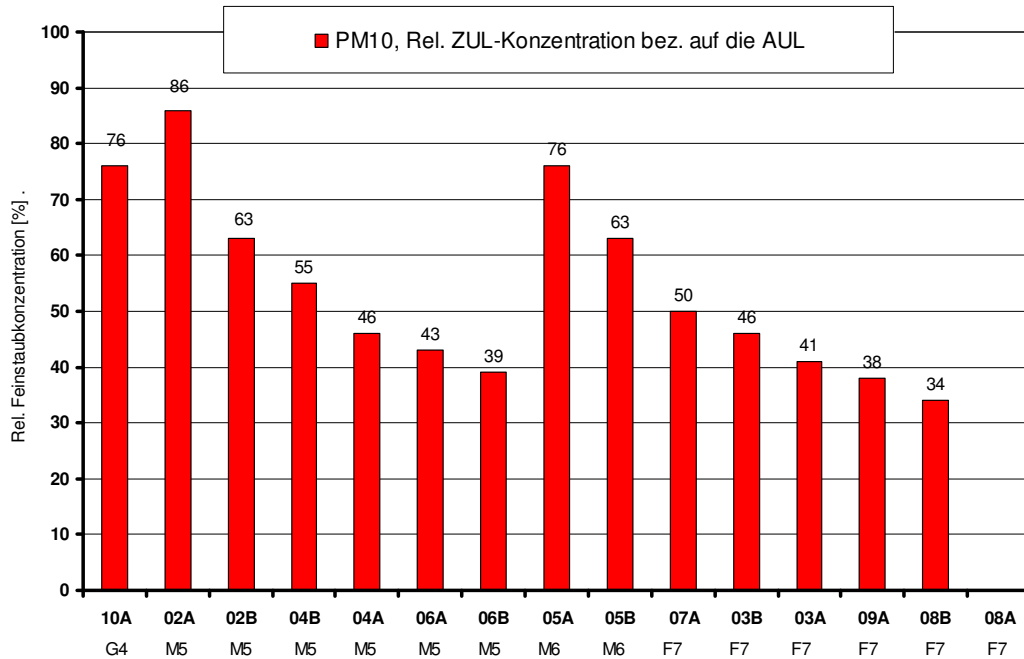


Abbildung 58: Feinstaub – Rel. ZUL-Konzentration bezogen auf die AUL

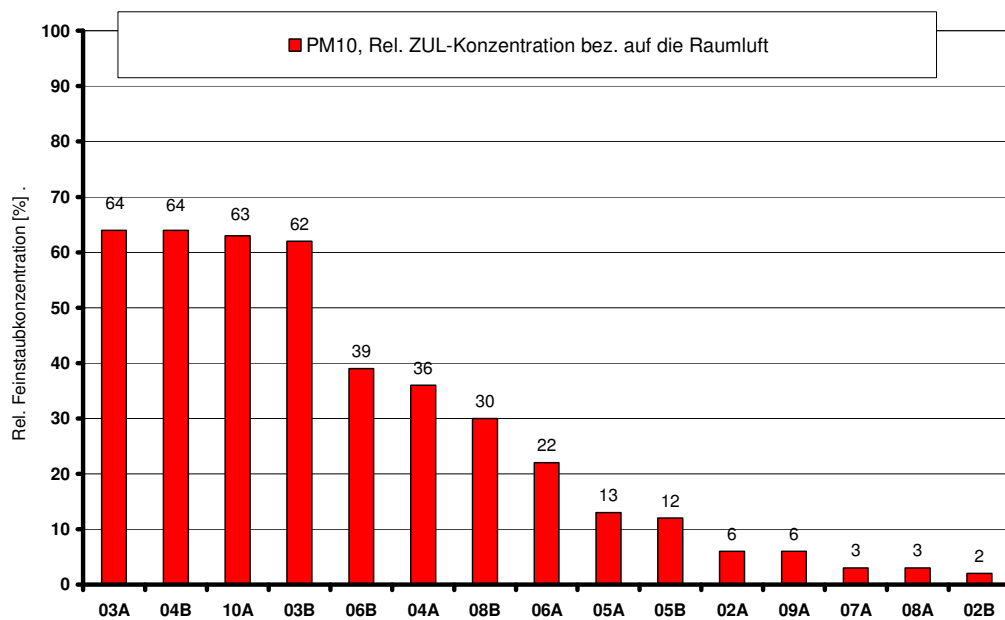


Abbildung 59: Feinstaub – Rel. ZUL-Konzentration bezogen auf die Raumluft

Bei allen Partikelfractionen war eine leichte Tendenz zu erkennen, dass mit besserer Filterqualität auch die Zuluftkonzentration im Vergleich zur Außenluft deutlicher reduziert wurde. Es war auch zu erkennen, dass bei allen Anlagen die Zuluftkonzentration der untersuchten Feinstaubfraktionen signifikant unter der Konzentration in der umgebenden Raumluft war. Dieser Effekt war besonders ausgeprägt in den Raucherwohnungen zu bemerken. Bei allen untersuchten Anlagen wurde demnach eine Verbesserung der Luftqualität durch die eingebrachte Zuluft bewirkt.

Mikrobiologische Oberflächenuntersuchungen

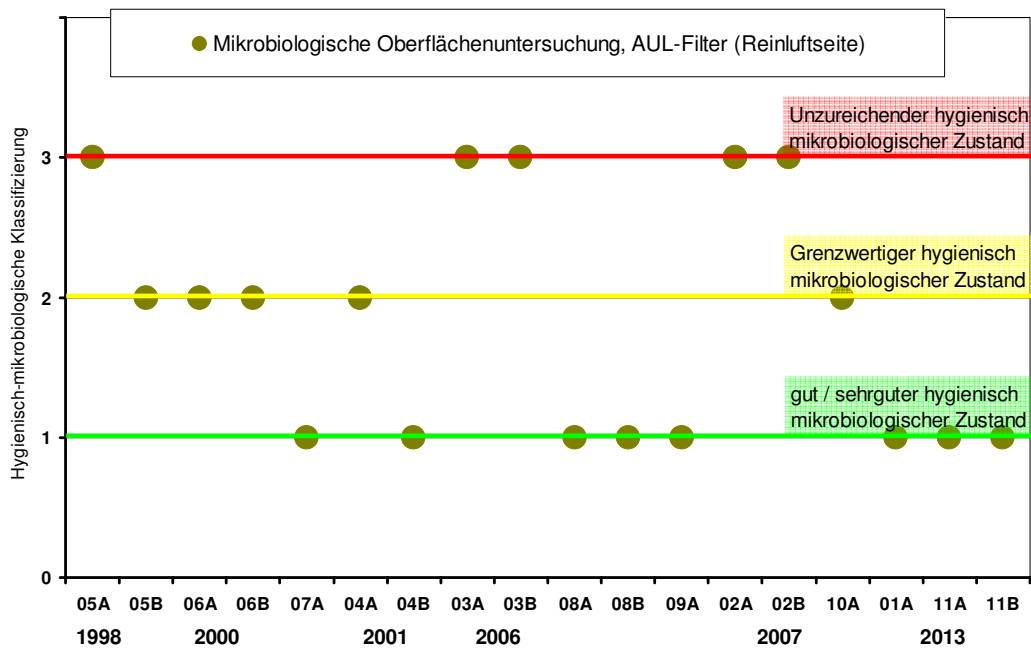


Abbildung 60: Mikrobiologische Oberflächenuntersuchung, AUL-Filter (Reinluftseite)

AUL-Filter (Reinluftseite)

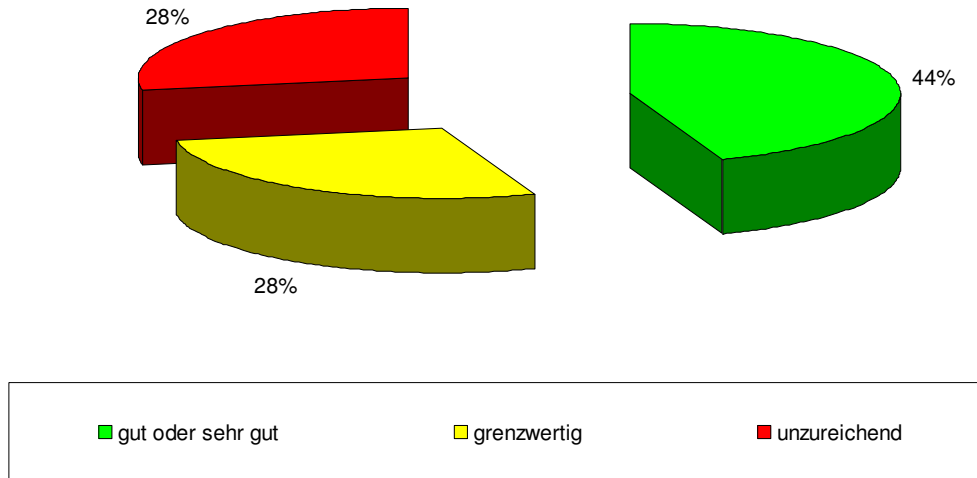


Abbildung 61: AUL-Filter (Reinluftseite)

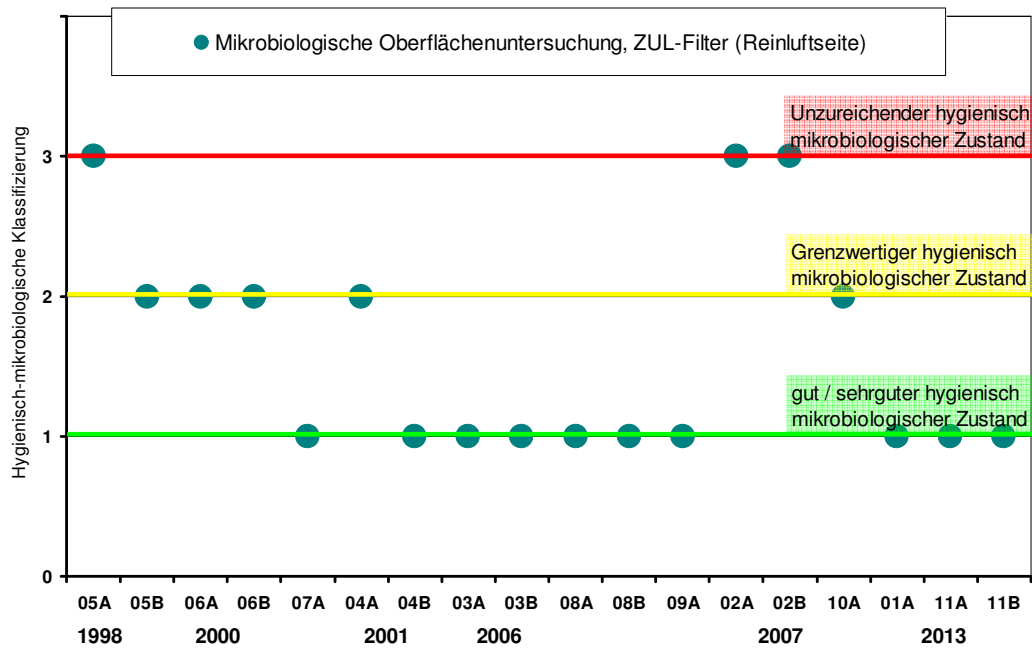


Abbildung 62: Mikrobiologische Oberflächenuntersuchung, ZUL-Filter (Reinluftseite)

ZUL-Filter (Reinluftseite)

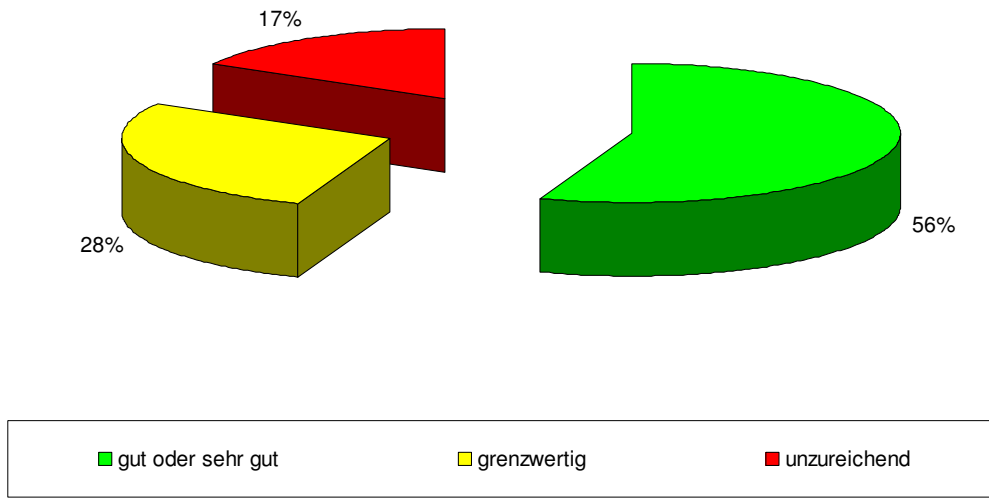


Abbildung 63: ZUL-Filter (Reinluftseite)

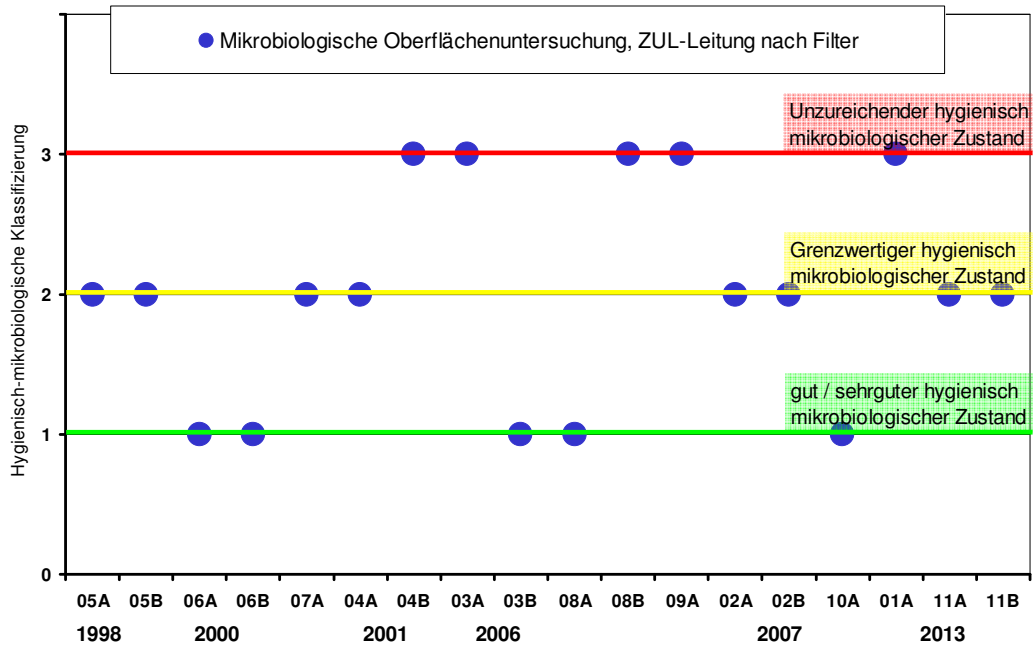


Abbildung 64: Mikrobiologische Oberflächenuntersuchung, ZUL-Leitung nach Filter

ZUL-Leitung nach Filter

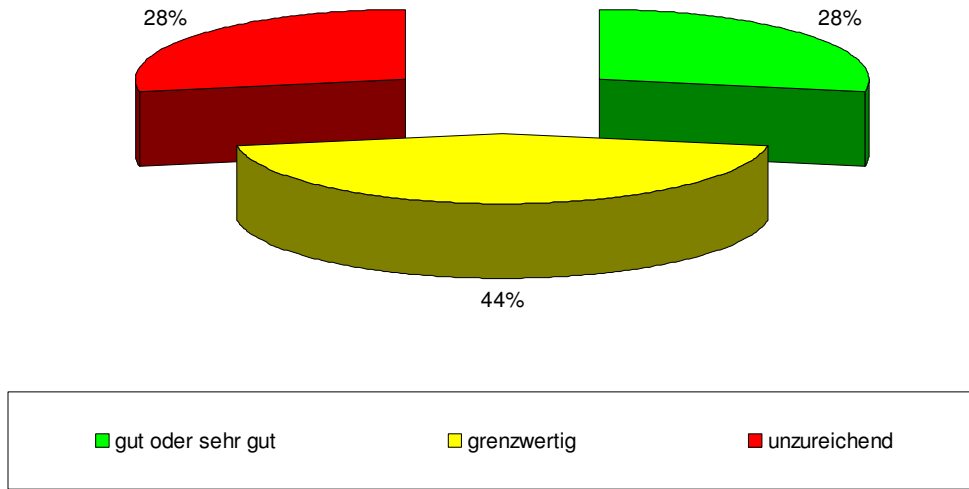


Abbildung 65: ZUL-Leitung nach Filter

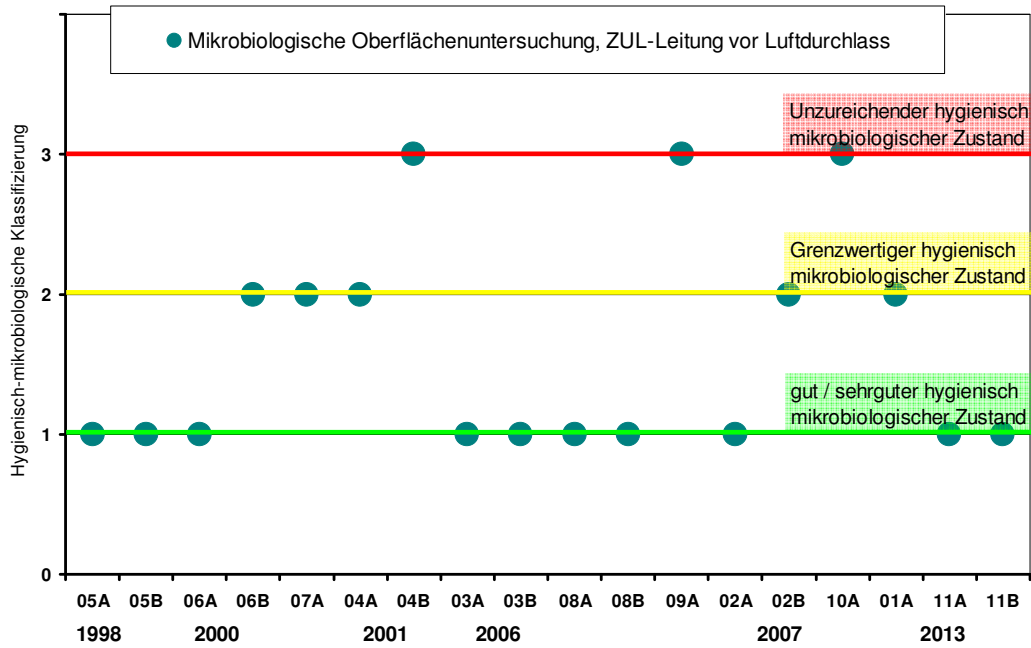


Abbildung 66: Mikrobiologische Oberflächenuntersuchung, ZUL-Leitung vor Luftdurchlass

ZUL-Leitung vor Luftdurchlass

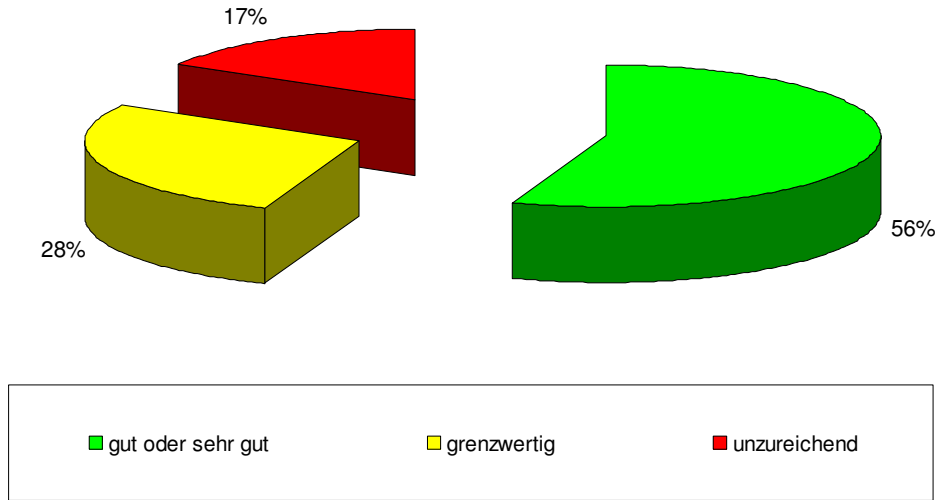


Abbildung 67: ZUL-Leitung vor Luftdurchlass

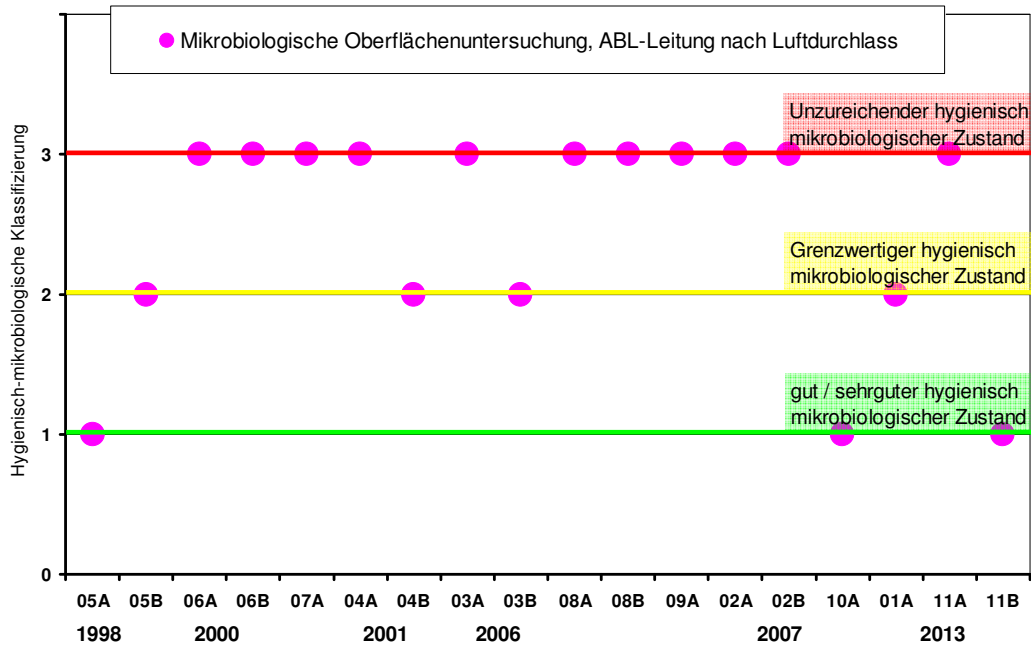


Abbildung 68: Mikrobiologische Oberflächenuntersuchung, ABL-Leitung nach Luftdurchlass

ABL-Leitung nach Luftdurchlass

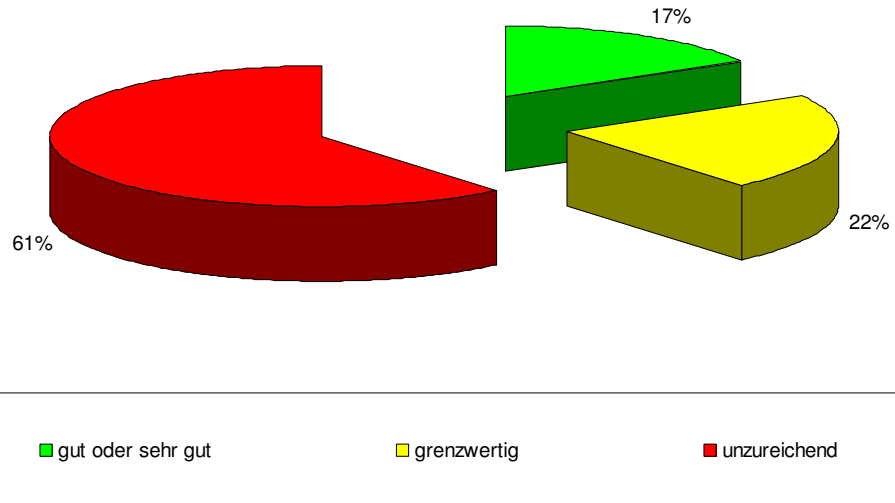


Abbildung 69: ABL-Leitung nach Luftdurchlass

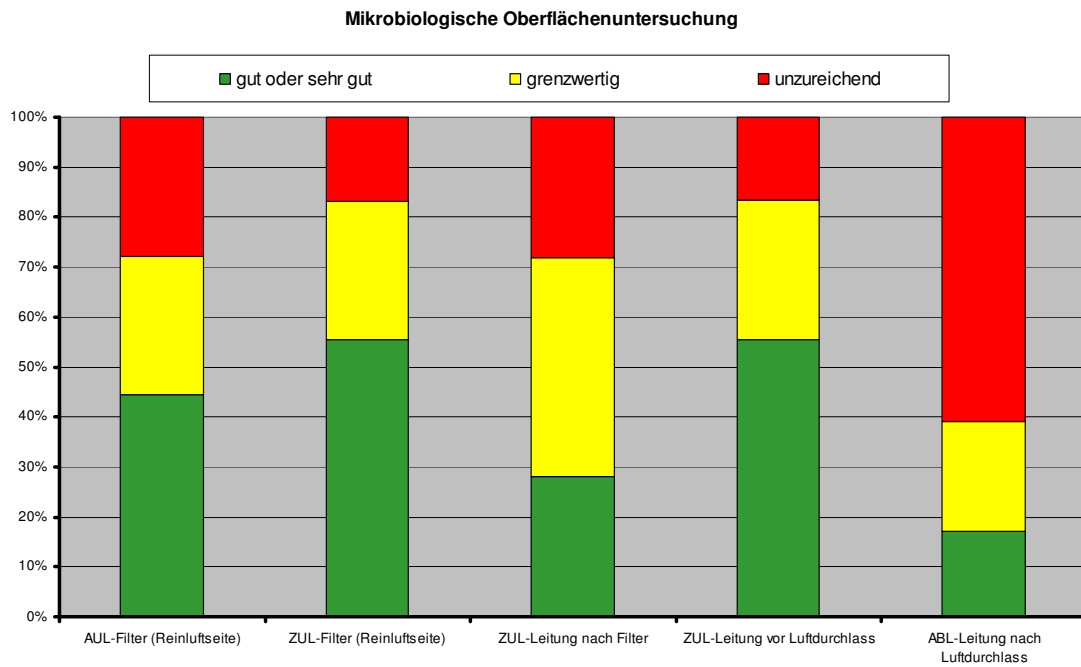


Abbildung 70: Zusammenfassende Darstellung der mikrobiologischen Oberflächenuntersuchungen



Abbildung 71: Zusammenfassende Bilder der Probenentnahmestellen

Mikrobiologische Qualität – RLT-Anlagen

Die reinluftseitigen Oberflächen der in den Lüftungsanlagen verwendeten Außenluftfilter waren in Bezug auf ihren hygienisch-mikrobiologischen Zustand bei knapp der Hälfte der Anlagen als „gut“ oder „sehr gut“ einzustufen, etwa bei einem Viertel der Anlagen war der Zustand bereits unzureichend.

Die Untersuchung der Zuluftfilter zeigte bei mehr als der Hälfte der Anlagen einen einwandfreien, allerdings bei 17 % einen unzureichenden hygienisch-mikrobiologischen Zustand. Derartige Filter sind auszutauschen. Wie zu erwarten war, bestand keine Korrelation mit dem Baujahr oder dem Datum der Inbetriebnahme der Anlagen. Luftfilter sind regelmäßig auszutauschen, wobei die in den Normen genannten Intervalle eine gute Orientierung für das Wechselintervall darstellen. Diesbezüglich wird insbesondere auf die Empfehlungen der deutschen technischen Richtlinie VDI 6022 hingewiesen.

Standardmäßig wurde auch im Bereich der raumlufttechnischen Zentralanlagen und der dezentralen Lüftungsgeräte der hygienisch-mikrobiologische Zustand im Bereich der Zuluftleitung nach Filter und Wärmetauscher durch Stichproben überprüft. Bei etwa drei Viertel der Prüfungen war hier der Zustand sehr gut, gut oder Grenzwertig, bei etwas mehr als einem Viertel der Anlagen war der mikrobiologische Zustand unzureichend. Eine eindeutige Korrelation mit dem Baujahr bzw. dem Zeitpunkt der Inbetriebnahme bestand nicht, hygienisch-mikrobiologisch unzureichende Oberflächen wurden vereinzelt sowohl bei zentralen als auch bei semidezentralen und dezentralen Anlagen vorgefunden. Auffallend war, dass auch an der stichprobenartig untersuchten Position bei einer Neuanlage ein hygienisch-mikrobiologische unzureichender Zustand vorlag. Diese mikrobiologische Verunreinigung hatte bei diesem Einzelfall natürlich nichts mit der Betriebsweise und der Betriebsdauer zu tun, da es sich ja um eine Neuanlage handelte. Aufgrund dieses singulären Ergebnisses kann zwar keine allgemeine Folgerung gezogen werden. Es ist jedoch ein Hinweis darauf, dass bei der Installation der Anlagenkomponenten vor Ort auf ein Mindestmaß an Hygiene und Sauberkeit zu achten ist. Derartige Vorgaben sind insbesondere in den Normen und technischen Regeln ÖNORM H 6021 und VDI 6022 enthalten.

Mikrobiologische Qualität – Luftverteilnetz

Zur Prüfung des Luftverteilnetzes wurden bei allen in Betrieb befindlichen und den neu errichteten Anlagen mikrobiologische Prüfungen in einer Zuluftleitung direkt vor dem Luftdurchlass und in einer Abluftleitung direkt nach dem Luftdurchlass vorgenommen.

Zuluft

Bei den Stichproben im Luftverteilsystem direkt vor einem Zuluftdurchlass war der hygienisch-mikrobiologische Zustand bei mehr als der Hälfte der Messungen als "gut oder sehr gut" zu beurteilen. In dieser Gruppe waren auch jene Anlagen zu finden, die zum Teil schon seit 1998 bzw. 2000 in Betrieb sind. Bei etwas mehr als einem Viertel der Prüfungen lag ein Grenzwertiger hygienisch-mikrobiologische Zustand vor. Bei drei Prüfungen waren die Oberflächen mikrobiell belastet, so dass der Zustand als "unzureichend" einzustufen war. Hierbei handelte es sich um eine semidezentrale Anlage und zwei dezentrale Anlagen. Zentrale Anlagen waren hier nicht betroffen. In den drei als unzureichend zu klassifizierenden Fällen stand die Verunreinigung jedoch weniger mit dem Zustand des gesamten Luftverteilsystems in Zusammenhang, als vielmehr mit der eingesetzten Ausführungsform des Zuluftdurchlasses.

Die Luftdurchlässe waren in zwei der drei Fälle im bodennahen Bereich bzw. direkt in den Boden eingelassen, wodurch generell eine hohe Verunreinigungswahrscheinlichkeit durch Eindringen von Staub und Schmutz aus dem Wohnbereich gegeben war. Scheidet man diese beiden begründeten Einzelfälle aus, ergibt sich aus den stichprobenartigen Prüfungen des Zuluftsystems direkt vor einem Zuluftdurchlass, dass nur an einer von den verbleibenden 16 Anlagen ein hygienisch-mikrobiologisch unzureichende Zustand vorlag, was einem Anteil von nur rund 6 % entspricht.

Abluft

Die stichprobenartigen Prüfungen der Abluftleitungen direkt nach dem jeweiligen Abluftdurchlass ergaben bei fast zwei Drittel der Anlagen (mehr als 60 %) einen hygienisch-mikrobiologischen Zustand, der nach VDI 6022 als "unzureichend" einzustufen wäre. Dieses Ergebnis korreliert in den überwiegenden Fällen mit einer auch optisch erkennbaren zum Teil sehr starken Verschmutzung der Oberflächen. Eine klare Korrelation mit der Betriebsdauer oder dem Baujahr der Anlage war nicht erkennbar. Sowohl bei einer der geprüften Neuanlagen, als auch bei den bereits in Betrieb befindlichen Anlagen jeden Alters waren stark mikrobiell kontaminierte Abluftleitungen feststellbar.

Bei weniger als 20 % (3 der 18 geprüften Anlagen) lag keine nennenswerte mikrobielle Kontamination vor. Im Einzelnen waren das eine neu errichtete Anlage, eine bereits seit 1998 betriebene Anlage, deren Abluftleitung zwar optisch sehr stark verschmutzt, der anhaftende Staub allerdings nicht nennenswert mikrobiell belastet war und eine dezentrale Anlage, bei der in den Abluftdurchlässen Flusenfilter integriert waren und diese Filter nach Nutzerangaben auch regelmäßig gereinigt wurden. Bei allen anderen Anlagen wäre der hygienisch-mikrobiologische Zustand bei Beurteilung nach VDI 6022 als "Grenzwertig" oder "unzureichend" zu klassifizieren. Für Abluftleitungen gelten jedoch nicht dieselben strengen hygienischen Vorgaben wie für die Zuluft.

Staubansammlungsgrad – Sauberkeitsqualitätsklasse der Luftleitungssysteme

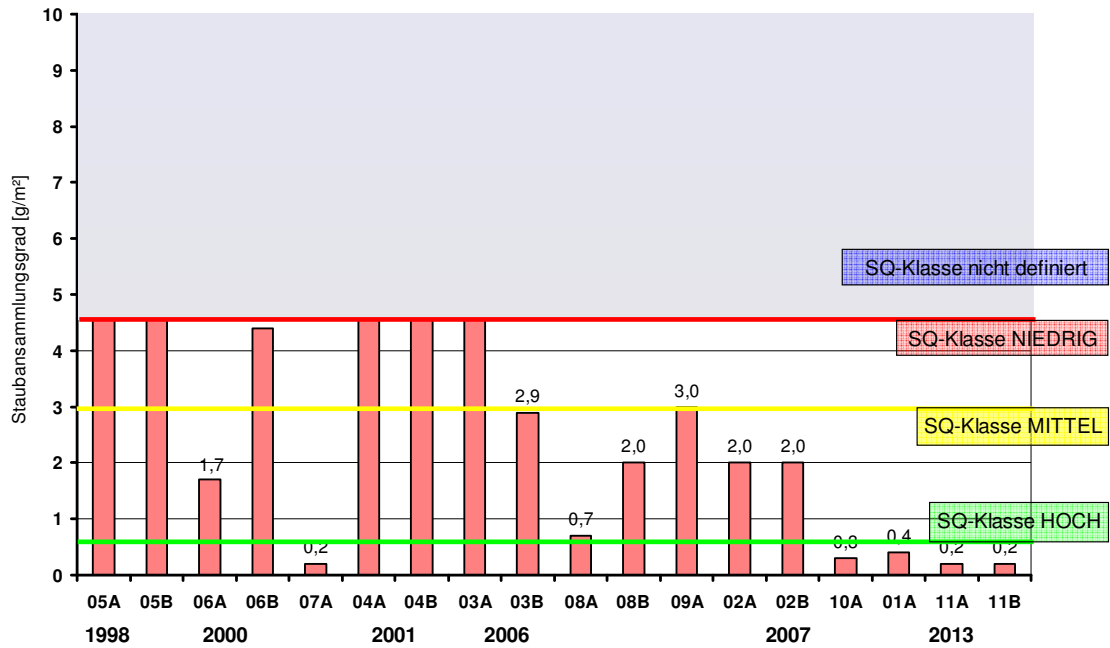


Abbildung 72: Staubansammlung – ZUL-Leitung nach Filter

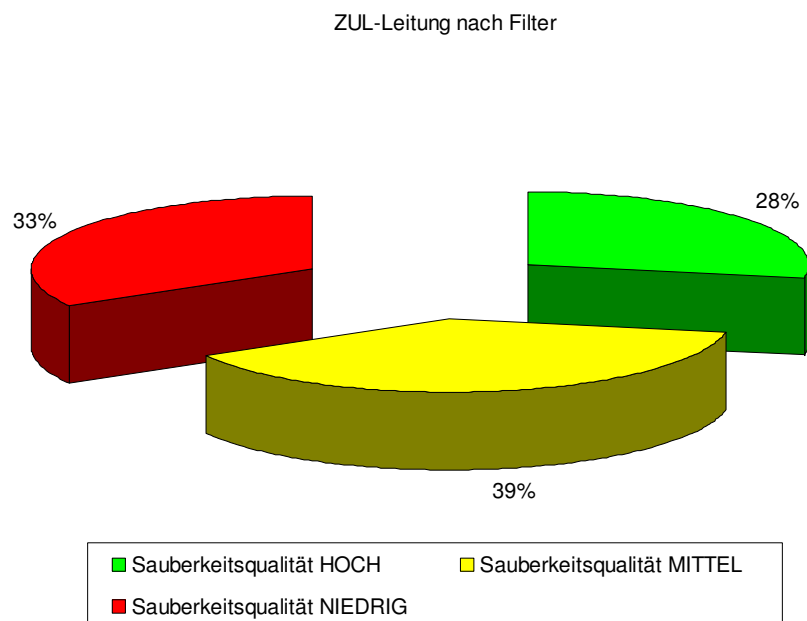


Abbildung 73: ZUL-Leitung nach Filter

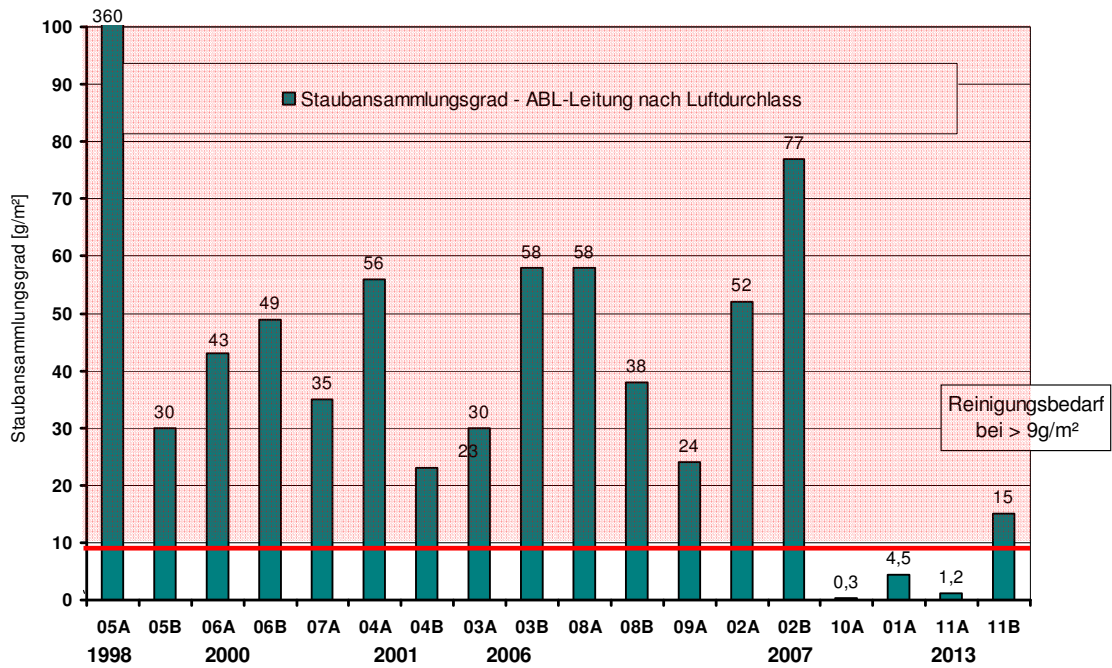


Abbildung 74: Staubansammlungsgrad – ABL-Leitung nach Luftdurchlass

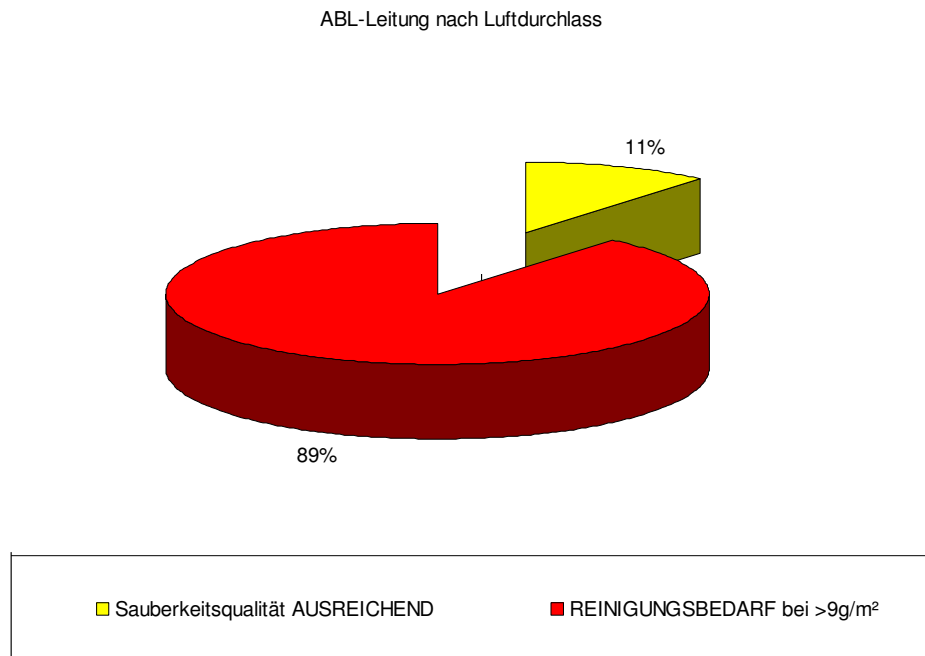


Abbildung 75: ABL-Leitung nach Luftdurchlass

Der Staubansammlungsgrad von Luftleitungen (das ist die Staubflächendichte in Gramm Staub je Quadratmeter Luftleitende Oberfläche) wird in der österreichischen Norm ÖNORM EN 15780 in Abhängigkeit von der gewählten Sauberkeitsqualitätsklasse begrenzt. Für die Beurteilung von Wohnraum-Lüftungsanlagen wurde im Rahmen dieses Projekts vorgeschlagen, die Sauberkeitsqualitätsklasse "Mittel" heranzuziehen. Dies stünde im Einklang mit den Angaben der derzeit in einer Entwurfsphase vorliegenden ÖNORM H 6038, die sich mit der kontrollierten mechanischen Be- und Entlüftung von Wohnungen mit Wärmerückgewinnung beschäftigt. Richtwerte bestehen in der genannten ÖNORM EN 15780 sowohl für Zuluft- als auch für Abluftleitungen.

Standardmäßig wurde der Staubansammlungsgrad in einer Zuluftleitung nach Filter und Wärmetauscher direkt bei der raumlufttechnischen Zentralanlage bzw. nach dem Lüftungsgerät und – meist im Badezimmer der Wohnungen – in einer Abluftleitung kurz nach einem Abluftdurchlass geprüft.

Zwei Drittel der geprüften Zuluftleitungen erfüllten die Vorgaben der mittleren Sauberkeitsqualitätsklasse, etwas mehr als ein Viertel der Stichproben erfüllten sogar die Anforderungen für eine hohe Sauberkeitsqualitätsklasse nach ÖNORM EN 15780. Im Zuluftbereich war eine deutliche Tendenz zu einem höheren Staubansammlungsgrad bei längerer Betriebszeit erkennbar. Vier Anlagen (mehr als 20 %), von denen die meisten bereits seit mehr als zehn Jahren in Betrieb waren, wiesen eine Staubflächendichte von deutlich mehr als 4,5 g/m² auf, was laut Norm die maximale Obergrenze der niedrigen Sauberkeitsqualitätsklasse darstellt. Diese Anlagen wiesen demnach bereits eine undefinierte Sauberkeitsqualitätsklasse auf. Derartige Anlagenteile sollten jedenfalls gereinigt werden.

In Bezug auf den Staubansammlungsgrad für Abluftleitungen erfüllte nur rund ein Zehntel der geprüften Anlagen die Anforderung der ÖNORM EN 15780. Die maximale Staubflächendichte von 9 g/m² wurde von knapp 90 % der geprüften Anlagen überschritten. Dieses Ergebnis korreliert eindeutig mit einer auch optisch erkennbaren, zum Teil sehr starken Verschmutzung der Abluftleitungen. Eine klare Korrelation der Staubflächendichte mit der Betriebsdauer oder dem Baujahr der Anlage war nicht erkennbar. Bei fast allen in Betrieb befindlichen Anlagen wurde der Grenzwert der Norm um ein Vielfaches überschritten. Auch jene Anlagen, bei denen der zugängliche Bereich der Abluftleitungen durch die Nutzer in Eigenregie bereits in der Vergangenheit gereinigt wurde, wiesen eine signifikante Überschreitung des Norm-Grenzwertes auf. Hohe Staubflächendichten wurden auch in jenen Anlagen vorgefunden, die im Jahr 2007 in Betrieb gegangen waren und somit die jüngsten Objekte der Vergleichsmessungen darstellten. Die einzige Ausnahme stellt jene dezentrale Anlage dar, deren Abluftdurchlässe mit einem Flusenfilter ausgestattet waren, wobei diese nach Nutzeraufgaben auch regelmäßig inspiziert und gereinigt wurden. Bei dieser Anlage war sowohl optisch als auch in Hinblick auf die gemessene Staubmenge die tadellose Sauberkeit der Abluftleitungen feststellbar.

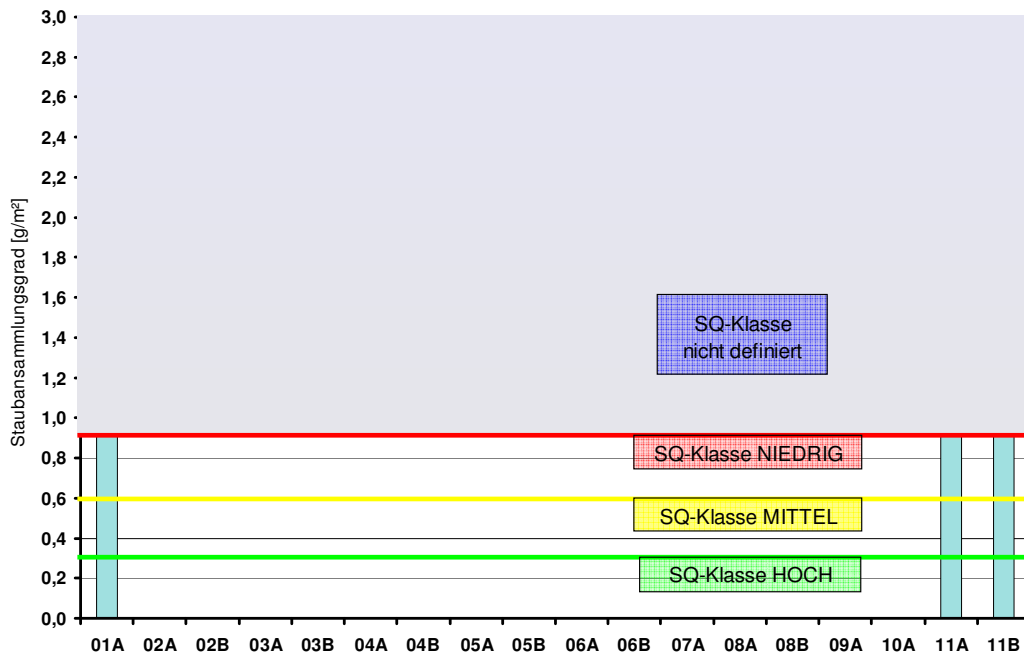


Abbildung 76: Staubansammlungsgrad – ZUL-Leitung vor Luftdurchlass (NEUANLAGEN)

Zu Vergleichszwecken wurde bei den untersuchten Neuanlagen der Staubansammlungsgrad auch am Ende des Luftverteilnetzes vor den Zuluftdurchlässen gemessen. Für neue Luftleitungen gelten nach ÖNORM EN 15780 wesentlich strengere Richtwerte als für bereits in Betrieb befindliche Luftleitungen.

Es zeigte sich dass bei den drei stichprobenartig untersuchten Anlagen sowohl die Anforderungen für eine mittlere als auch niedrige Sauberkeitsqualitätsklasse nicht eingehalten wurden. Die Anlagen wiesen daher eine in der Norm nicht mehr definierte Sauberkeitsqualitätsklasse auf. Diese Ergebnisse sind als Hinweis zu interpretieren, dass bereits bei der Installation der Anlagenkomponenten vor Ort auf das notwendige Maß an Hygiene und Sauberkeit zu achten ist. Wie schon bei der Interpretation der mikrobiellen Verunreinigungen ausgeführt, wären diesbezüglich insbesondere die Vorgaben der Normen und technischen Regeln ÖNORM H 6021 und VDI 6022 zu beachten.

3.5 Reinhaltung und Reinigbarkeit

3.5.1 Wesentliche Punkte für Lüftungsplaner und Ausführende

Nachstehende Punktation entspricht der Struktur der Checkliste für Lüftungsplaner und Ausführende (Siehe Anhang A 2.) In dieser Checkliste sind im Kapitel 7. „Hygiene, Reinhaltung und Reinigbarkeit“ die detaillierten Erläuterungen nachlesbar.

(7.1) Sauberkeit und Reinhaltung

01 Einhaltung der Sauberkeitsqualitätsklasse „mittel“ gem. ÖNORM EN 15780 bei Übergabe und im Betrieb.

02 Verfolgung des Grundsatzes „Reinhaltung vor Reinigung“.

03 Reinhaltung der luftdurchströmten Anlagenteile von der Herstellung bis zur Anlieferung.

04 Reinhaltung der luftdurchströmten Bauteile von der Lagerung auf der Baustelle bis zur Inbetriebnahme.

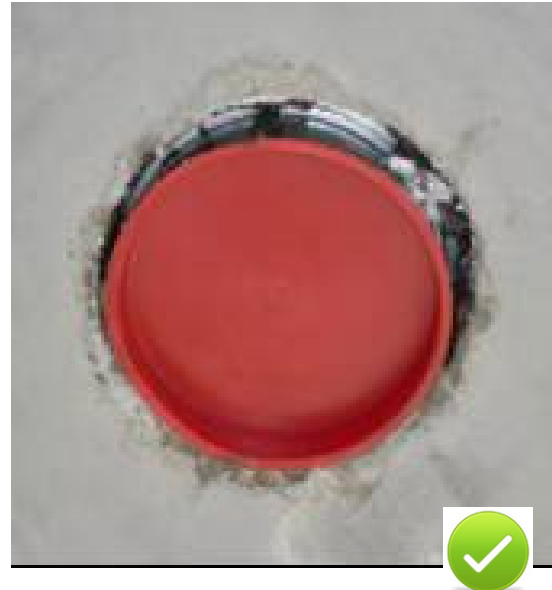


Abbildung 77: negatives Beispiel der Lagerung

Abbildung 78: Staubschutzkappe

05 Möglichst zerspannungsfreier Zuschnitt von Luftleitungen

06 Die Filterung der Außen- bzw. Zuluft hat mindestens mit der Filterklasse F7 gem. ÖNORM EN 779 zu erfolgen.

07 Die Filterung der Abluft hat mindestens mit der Filterklasse G4 gem. ÖNORM EN 779 zu erfolgen.

08 Außenluft- und Fortluftöffnungen sind vor Anbringung der Durchlässe vor dem Eindringen von Kleintieren, Staub, Niederschlag, etc. zu schützen.

09 Das Inbetriebnehmen der Anlage ohne Luftfilter (auch kurzzeitig) ist nicht zulässig.

(7.2.) Geeignete Materialien und Formen der Luftleitungen

01 Verwendung von Luftleitungen aus mechanisch beanspruchbaren Materialien, innen abriebfest, korrosionsbeständig und glatt (Rautiefe $\leq 0,15$ mm).

02 KEINE hochflexiblen Luftleitungen (z.B. Alufolienschläuche mit Drahtspirale).

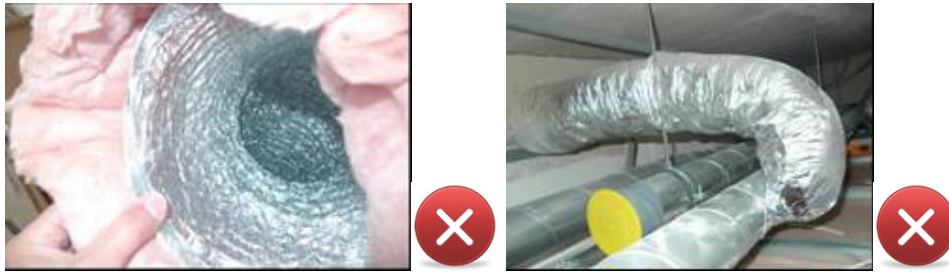


Abbildung 79: nicht zulässige „Schalldämm-Folienschläuche“, Innen- und Außenansicht



Abbildung 80: nicht zulässige Folienschläuche, Innen- und Außenansicht

03 KEINE flexiblen Leitungen mit gerillter Innenwand (Aluflexrohre, gerillte Kunststoffrohre).

04 KEINE runden Luftleitungen mit einem Innendurchmesser kleiner als 60 mm.

05 KEINE Rechteck- oder Ovalleitungen mit einem Seitenverhältnis größer als 1 : 4.

(7.3.) Dichtheit der Luftleitungen

01 Dichtheit runder Luftleitungen gem. ÖNORM EN 12237 mindestens Klasse „C“.

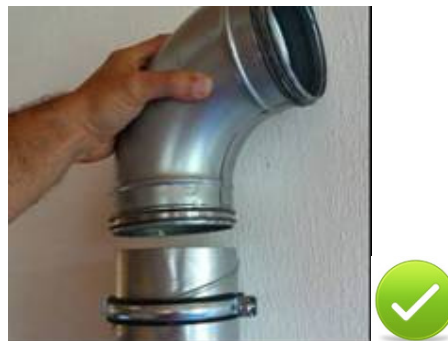


Abbildung 81: vorteilhafte Formstücke mit (doppelter) Lippendichtung

02 Dichtheit eckiger Luftleitungen gem. ÖNORM EN 1507 mindestens Klasse „C“.

03 Bauliche Vorkehrungen zum stichprobenartigen Nachweis der Dichtheit.

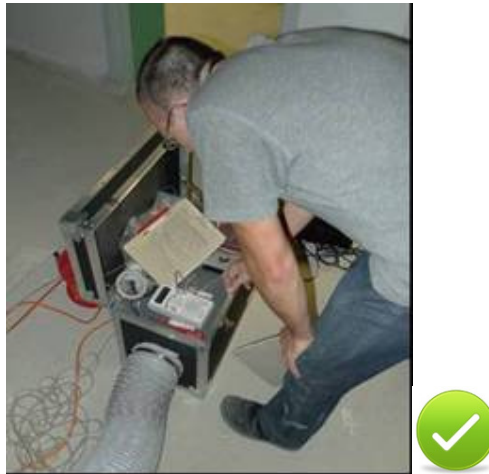


Abbildung 82: stichprobenartige Leckagemessung einzelner Luftleitungsabschnitten

04 Wasserdichte Systeme und Ausführung bei erd- oder betonverlegten Rohrleitungen.

(7.4.) Ausführung des Luftleitungssystems

01 Die Leitungsführung hat so zu erfolgen, dass die Leitungslängen minimiert und möglichst wenige Umlenkungen erforderlich sind.



Abbildung 83: vorteilhafte Verwendung von 45°- Bögen und 45°-Abzweigern

02 Querschnittsreduzierungen sind nur vorzunehmen, wenn es aus Platz- oder Kostengründen erforderlich ist

03 Auswahl von Komponenten, die kein Hindernis bei der Reinigung darstellen.

04 Abweichend von den Bestimmungen der ÖNORM EN 12097 ist der Einbau von Reinigungsdeckeln in Luftleitungen aus hygienischen* Gründen auf das notwendige Minimum zu reduzieren.

05 Alle luftdurchströmten Anlagenteile der Steigleitungen sind über zerstörungsfreie Zugangsmöglichkeiten und Revisionsöffnungen reinigbar zu gestalten.

06 Alle luftdurchströmten Anlagenteile der horizontal geführten Luftleitungen sind über wiederverschließbare (ohne Bauteilzerstörung) Zugangsmöglichkeiten und Revisionsöffnungen reinigbar zu gestalten.

07 Alle luftdurchströmten Anlagenteile der Luftverteilung innerhalb der Wohneinheit sind zerstörungsfrei über geplante Zugänge (Revisionsdeckel, Luftdurchlässe) reinigbar zu gestalten.

08 KEINE in die Luftwege ragende spitze oder scharfkantige Teile (z.B. Schrauben).

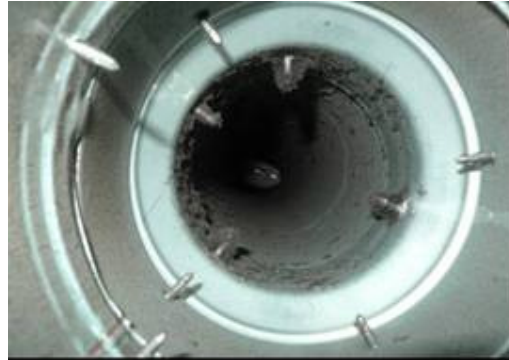


Abbildung 84: Unzählige Schrauben und beginnende, sichtbare Flusenanhafung

09 Das nachträgliche Anbringen von Abzweigungen (Bundkrägen, Sattelstücken) in die Luftleitungen ist zu vermeiden. Es sind bereits vorgefertigte und fertig abgedichtete Formstücke ohne scharfkantige Blechränder zu verwenden.

(7.5.) Zusätzliche Anforderungen an Außenluft- und Fortluftleitungen

01 Außenluftleitungen sind möglichst kurz zu führen und so zu gestalten, dass eine gute Zugänglichkeit von beiden Seiten des Leitungsabschnittes für eine Reinigung gegeben ist.

02 KEINE luftdurchströmten Erdwärmetauscher, in denen Kondensat entstehen kann.

03 Luft-Wasser- bzw. Luft-Sole-Register sind bei Nutzung von Erdwärme immer als Kühlregister mit Tropfasse auszuführen. Es hat ein Anschluss an eine Abwasserleitung mit Kugelsiphon zu erfolgen.

04 Fortluftleitungen sind möglichst kurz zu führen und so zu gestalten, dass eine gute Zugänglichkeit von beiden Seiten des Leitungsabschnittes für eine Reinigung gegeben ist.

(7.6.) Außenluft- und Fortluftdurchlässe für dezentrale Anlagen

01 Anordnung von Außenluft- und Fortluftdurchlässen gem. ÖNORM EN 13779.

02 Außenluftdurchlässe sollten ein Vogelschutzgitter, aber kein Mückengitter aufweisen.

(7.7.) Integration dezentraler Geräte

01 Dezentrale Lüftungsgeräte sollten nach Möglichkeit außerhalb der Wohneinheiten (Stiegenhaus) situiert sein, um eine von den Nutzern unabhängige Zugänglichkeit für Wartungszwecke zu ermöglichen.

02 Die Integration der Lüftungsgeräte hat so zu erfolgen, dass ein Austausch des gesamten Gerätes ohne (zerstörende) Bauteilöffnung mit geringem Aufwand erfolgen kann.

03 Der Platz vor dem Gerätedeckel ist so zu bemessen, dass ein Tausch der Filter, Ausbau der Wärmerückgewinnung, Reinigung der Geräteinnenseiten, etc. einfach möglich ist.

(7.8.) Anforderungen an dezentrale Geräte

01 Mechanisch beanspruchbares Gehäuse, innen abriebfest und glattflächig, minimierte Wärmebrücken, um Kondensation zu vermeiden.

02 Korrosionsbeständigkeit aller Bauteile, die mit Wasser in Berührung kommen (z.B. Wärmeübertrager und Tropfzasse)

03 Alle Komponenten im Gerät (Wärmetauscher, Ventilatoren, Motore, Klappen, Elektronik, etc.) sind einfach wartbar und austauschbar.

04 KEINE offenliegende Elektronik (Platinen), KEINE freiliegenden Kabel, die eine Reinigung behindern.

(7.9.) Ausführung von Lüftungszentralen

01 Die Raumanforderungen sind im Zuge der Architekturplanung bereits zu berücksichtigen. Das Platzangebot für die Komponenten darf die Dimensionierung und damit die Funktionalität, Leistungsfähigkeit, Energieeffizienz und Wartungskosten nicht negativ beeinflussen.

02 Der Aufstellort des Gerätes ist so auszuwählen, dass das Wartungspersonal möglichst ohne Gerüste, Leitern oder Personensicherung Arbeiten durchführen kann.

03 Die Komponenten (Schalldämpfer) sind so anzuordnen, dass ein möglichst geringer Demontageaufwand für Reinigungs- oder Austauschzwecke gegeben ist.

(7.10.) Anforderungen an zentrale Lüftungsgeräte und periphere Komponenten in Anlehnung an RLT-Richtlinie 01

Thematisch relevante Punkte der RLT Richtlinie 01 wurden in die Checkliste für Lüftungsplaner und Ausführende aufgenommen sowie mit den Erkenntnissen dieses Projektes für die Empfehlungen abgeglichen.

Die Empfehlungen gliedern sich in folgende Bereiche

- RLT 01: Gehäuse
- RLT 01: Luftanschlüsse bzw. Luftöffnungen (Außenluft- und Fortluftdurchlässe)
- RLT 01: zusätzliche Anforderungen bei wetterfester Geräteausführung
- RLT 01: Klappen und Mischeinheit
- RLT 01: Filtereinheit
- RLT 01: Wärmerückgewinnereinheit
- RLT 01: Luftherwärmer- und Luftkühlereinheit

- RLT 01: Schalldämpfereinheit
- RLT 01: Ventilatereinheit
- Sonstige Anforderungen an Geräte

(7.11.) Abnahme und Inbetriebnahme

01 Die Sauberkeitsqualitätsklasse „mittel“ ist im Rahmen der Montage der Durchlässe (vor Inbetriebnahme) bei allen Luftleitungen in den Wohnungen zu überprüfen.

02 Kontroll- und Prüfverfahren nach Vereinbarung gemäß ÖNORM EN 14134. Anfertigung eines Abnahmeprotokolls.

03 Der Zeitpunkt der Inbetriebnahme hat nach Abschluss der letzten Staubarbeiten zu erfolgen.

04 Der Betrieb der Anlage ist nur mit neuwertigen Filtern der geplanten Filterklasse zulässig.

(7.12.) Betriebsweise

01 Die Lüftungsanlage (dezentral oder zentral) muss die Möglichkeit einer Abschaltung der Ventilatoren bieten.

02 Die vollständige und längerfristige Abschaltung beider Ventilatoren bei Anlagen mit nicht vorhandener dicht schließender Außenluft- und Fortluftklappe (dezentrale Anlagen) ist aus hygienischen Gründen nicht empfehlenswert.

(7.13.) Dokumentation

01 Im Bestandsplan der Lüftungsinstallation sind alle Zugänge und Revisionsöffnungen einzuzeichnen.

02 Die Dokumentation beinhaltet unter anderem:

- Wartungs- und Reinigungsanweisungen mit Zeitintervallen für Wartungsfirma
- Liste mit Beschaffungsadressen (Filter, Ersatzteile, Sachverständige, Reinigungsfirmen)
- Reinigungskostenkalkulation anhand eines verbindlichen Angebotes einer Reinigungsfirma
- Betriebs-, Wartungs- und Reinigungsanleitung für die Nutzer

(7.14.) Wartung und Reinigung

01 Die Wartung von Reinigung von Zentralgeräten hat durch fachkundiges Personal zu erfolgen.

02 Das Filterwechselintervall für Außen-, Zu- und Abluftfilter beträgt längstens 12 Monate für die erste Filterstufe bzw. bei einstufiger Filterung und 24 Monate für die zweite Filterstufe.

03 Die Kontrolle von Lüftungsgeräten auf Verschmutzungen ist im Zuge des Filterwechsels (mindestens jährlich) durch Wartungspersonal durchzuführen

04 Die Kontrolle der Luftleitungen auf Verschmutzungen ist im Zuge der jährlich erforderlichen Funktionsprüfung von Brandschutzklappen durch Wartungspersonal durchzuführen.

05 Alle 5 Jahre ab Inbetriebnahme ist durch einen unabhängigen Sachverständigen eine zumindest augenscheinliche, stichprobenartige Bewertung der Sauberkeitsklasse nach ÖNORM EN 15780 aller Anlagenabschnitte vorzunehmen und zu entscheiden, ob eine Reinigung erforderlich ist.

06 Der Anlagenzustand ist für jeden Abschnitt der Anlage (je Wohnung, je Schacht, Außenluftstrang, etc.) vor und nach der Reinigung zu dokumentieren (Foto oder Video).

3.5.2 Reinigung von Lüftungssystemen

Nachstehende Punktation entspricht der Struktur des Infoblattes zur Lüftungsreinigung. Dieses Infoblatt ist in elf Kapitel aufgeteilt und neben Schlussfolgerungen aus den Studienergebnissen, Quellen- und Auswirkungen von Verunreinigungen, mit Reinigungsvoraussetzungen und Methoden sowie Kosten in detaillierten Erläuterungen nachlesbar.

Folgerungen aus den Studienergebnissen

Positive und negative Beispiele werden beschrieben und Empfehlungen erläutert.



Abbildung 85: Zuluftleitungen mit Grenzwertiger und akzeptabler Sauberkeit

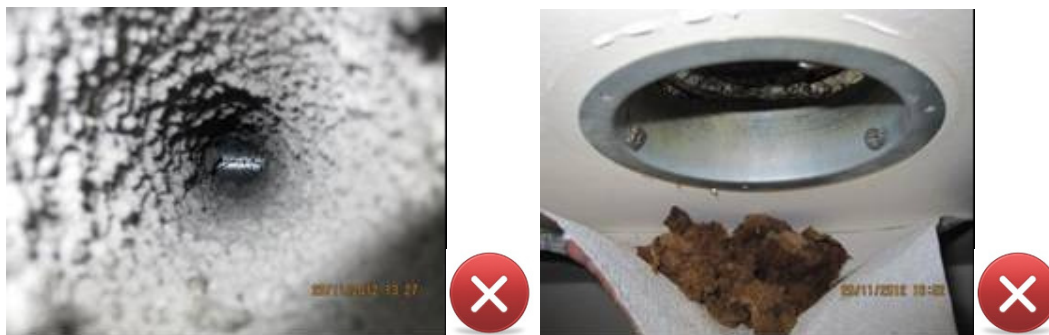


Abbildung 86: Typische Ablagerungen in Abluftleitungen nach mehrjährigem Betrieb

(4) Quellen und Arten der Verunreinigungen

Luftgetragene Verunreinigungen gelangen durch die Ansaugung von Außenluft und die Absaugung von Raumluft in das System. Bei älteren Lüftungssystemen, bei denen zum Teil noch innenliegende, faserhaltige Dämmmaterialien eingesetzt wurden, können Verunreinigungen auch durch derartige nicht abriebbeständige Materialien stammen.

- **Außenluft:** Je nach Ort und Jahreszeit kann die Zusammensetzung der Partikel in der Außenluft sehr unterschiedlich sein. Die Größe und das Material bestimmen auch deren gesundheitlichen Einfluss. Ein optimierter Abscheidegrad des Außenluftfilters (tendenziell mindestens F7) sowie eine minimierte Filterbypassleckage sind zur Vermeidung einer Verunreinigung des Lüftungssystems relevant.
- **Feinstaub:** Als Feinstaub bezeichnet man Schwebstaub, dessen Teilchendurchmesser kleiner als 10 Mikrometer (0,01 Millimeter) ist. In zahlreichen Studien ist die negative Auswirkung dieser Staubbelastung, die im urbanen Raum zumeist durch Verbrennungsprozesse verursacht wird, auf den menschlichen Organismus belegt. Ab einer Partikelgröße von größer 2 Mikrometer ist eine nahezu vollständige Abscheidung durch die in der Außen- und Zuluft eingesetzte Filterklasse F7 zu erreichen.

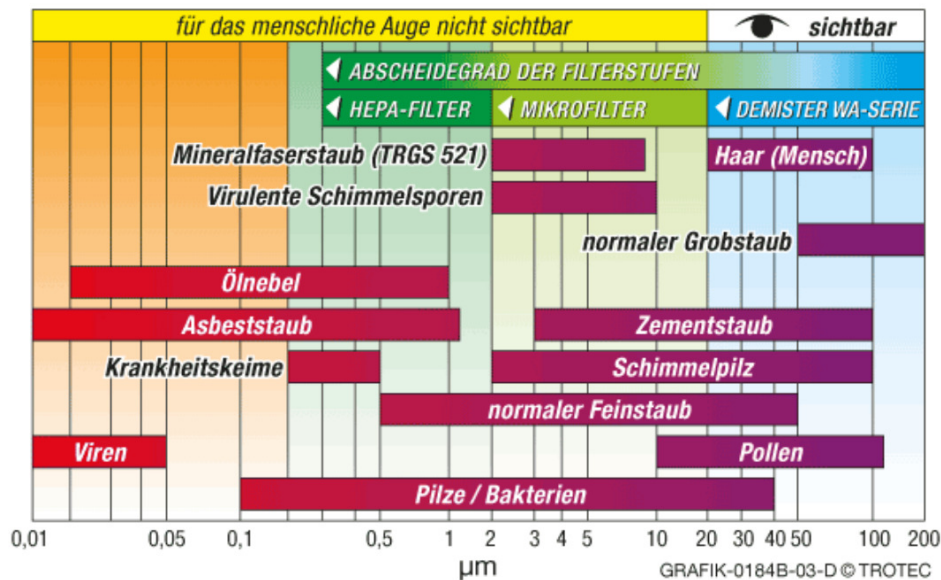


Abbildung 87: Durchmesser unterschiedlicher Partikel, Quelle: Fa. Trotec

- **Abluft:** Die Staubbelastung der Raumluft - und damit in Folge der Abluft - hängt unter anderem von der Sauberkeit der Wohnungsoberflächen, der Nutzungsintensität, der Stauffreisetzung und –aufwirbelung durch Nutzer und Haustiere ab. 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. Ohne Filterung am Abluftdurchlass kann dadurch ein sichtbarer, querschnittsverengender Belag im Bereich der Abluftleitungen anwachsen.

(5) Auswirkung von Verunreinigungen

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

- Brandlast
- Brand- oder Rauchausbreitung
- Funktionsbeeinträchtigungen
- Hygiene

(6) Feststellung des Reinigungsbedarfs

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

- Kontrolle von Lüftungsgeräten
- Kontrolle der Luftleitungen
- Bei Auffälligkeiten und Unsicherheiten bei der Beurteilung von Ablagerungen ist ein unabhängiger Sachverständiger beizuziehen
- Alle 5 Jahre ab Inbetriebnahme

Tabelle 14: Empfohlene bzw. erwartete Reinigungsintervalle

	Lüftungs- gerät	AUSSENLUFT		ZULUFT	ABLUF T				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

(7) Reinigungsvoraussetzungen

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

(8) Reinigungsmethode

Die vier wesentlichsten Methoden im Überblick:

- Mechanische Bürstenreinigung
- Druckluftreinigung von Komponenten und Luftleitungen
- Mikrofaser-Feuchtreinigung
- Manuelle Reinigung

(9) Anwendung der Methoden

Die Auswahl der Reinigungsmethode hängt wesentlich von den folgenden Rahmenbedingungen ab:

- der Querschnittsgeometrie
- den Querschnitts- und Richtungsänderungen
- der mechanischen Belastbarkeit
- der Oberflächenbeschaffenheit (glatt / gerillt) und
- der Art der Verunreinigung

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 eine Aufrauung der Oberfläche zu vermeiden.

(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. Beispielhafte Reinigungsabläufe sind in den beiliegenden Infoblättern (Infoblätter zur Lüftungsreinigung) nachzulesen.

(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. Im Anhang A 3 (Infoblätter zur Lüftungsreinigung), ist die Kostenbandbreite für eine Anlagenreinigung mit Stand 2013 angeführt.

3.6 Gesamtkostenbetrachtung

3.6.1 Einleitung

Die elektrische Energie zur Luftförderung sowie die regelmäßige Inspektion und Wartung bilden bisweilen die monetären Aufwände für den Betrieb lufttechnischer Anlagen ab. Die Reinigung von Anlagen und Luftleitungen stellt einen bisher kaum erhobenen Kostenfaktor dar, für welchen nur sehr wenig Expertise und Erfahrungswerte vorliegen.

In diesem Abschnitt werden anhand einer Lebenszykluskostenberechnung mit Berücksichtigung des Restwerts nach ÖNORM M7140 sämtliche Kosten lufttechnischer Anlagen inkl. Reinigung für einen definierten Betrachtungszeitraum dargestellt. Weitere Kostenparameter sind die Investitionskosten und Instandhaltungskosten nach Erreichen der technischen Lebensdauer sowie die jährlichen Betriebs- und Wartungskosten. Dem gegenübergestellt werden die Einsparpotentiale, die sich aus der Reduktion des

Heizwärmebedarfs sowie aus den Vermeidungskosten zur Sanierung von baulichen Schäden infolge Schimmelbildung ergeben.

Ziel ist die Quantifizierung sämtlicher Kostenfaktoren über einen definierten Betrachtungszeitraum sowie die Darstellung von kosteneffizienten Varianten für Komfortlüftungssysteme hinsichtlich Betrieb und Errichtung. Dazu werden unterschiedliche Planungs- und Ausführungsqualitäten für gute und schlechte Reinigbarkeit definiert, sowie Maßnahmen zur Erhöhung des Reinigungsintervalls dargestellt.

Als Berechnungsbasis wurden insgesamt sieben Anlagensysteme definiert sowie anhand eines theoretischen Gebäudemodells spezifiziert und ausgelegt. Die Investitionskosten wurden auf Grundlage von Erhebungen bei Bauträgern und Fachplanern in Abstimmung mit Benchmarks aus der Literatur festgelegt. Zur Ermittlung der Stromkosten wurde für die spezifizierten Anlagen eine Druckverlustberechnung durchgeführt. Im Berechnungsmodell werden bereits steigende Druckverluste infolge von Verschmutzung und Filter integriert. Die Betriebskosten je Anlagensystem wurden auf Basis von Daten aus der Literatur sowie aus den erhobenen Anlagen festgelegt und beinhalten im Wesentlichen den Filtertausch und die regelmäßige Geräteinspektion und Überprüfung der Einbauten. Die Erhebung der Reinigungskosten erfolgte mittels Befragung von Reinigungsfirmen im In- und deutschsprachigen Ausland sowie auf Basis von konkreten Angeboten. Die Reinigungsintervalle für unterschiedliche Anlagenabschnitte bauen auf den Projektergebnissen auf und wurden vom Projektteam festgelegt. Die Einsparung an Heizwärme stellt einen, für das Gebäude repräsentativen Durchschnittswert aus unterschiedlichen Wärmerückgewinnungsgraden und Energiepreisen dar. Die kontrollierte Be- und Entlüftung gewährleistet einen zuverlässigen Schutz vor Feuchte- und Schimmelschäden. Daraus abgeleitet werden Vermeidungskosten ermittelt aus der durchschnittlichen Sanierungsrate für Schimmelschäden in Wohngebäuden berücksichtigt.

Die Kosten und Einsparpotentiale sind unter Kapitel 3.6.5 (S. 110) detailliert dargestellt.

3.6.2 Definitionen Kostenkategorien

Lebenszykluskosten

In den Lebenszykluskosten werden sämtliche Kosten lufttechnischer Anlagen unter Berücksichtigung des Anlagenrestwerts nach ÖN M7140 für einen definierten Betrachtungszeitraum dargestellt. Kostenparameter sind die Investitions- und Instandhaltungskosten, die jährlichen betriebs- und verbrauchsgebunden Kosten sowie die Reinigungskosten. Rückbau- und Entsorgungskosten werden im gewählten Betrachtungszeitraum nicht abgebildet.

Restwert

Der Wert der Anlage nach Ablauf des Betrachtungszeitraumes entsprechend der technischen Lebensdauer der Anlagenkomponenten. Es wird gemäß ÖN M 7140 eine zeitlich lineare Wertminderung angenommen, wobei der Restwert nach Ablauf der technischen Lebensdauer null ist.

Investitionskosten

Die Investitionskosten beinhalten die Planungs- und Errichtungskosten für die Lüftungsanlage inkl. Luftleitungsnetz und Montage sowie für sämtliche erforderliche Einbauten und Antriebe inkl. Regelung. Mehr-, bzw. Minderkosten, z.B. für den Platzbedarf der Installationsschächte, sämtliche Trockenbaumaßnahmen, etc. sind nicht berücksichtigt.

Instandhaltungskosten

Re-Investitionskosten für Anlagenteile nach Erreichen der technischen Lebensdauer in Höhe der Erstinvestitionen inkl. Montage- und Personalkosten.

Betriebskosten (betriebsgebundene Kosten)

Die Betriebskosten beinhalten die regelmäßige Inspektion und Wartung von Lüftungsgerät und Einbauten sowie die Kosten für die Filterwechsel inkl. Personal- und Fahrtkosten.

Verbrauchskosten (verbrauchsgebundene Kosten)

Die verbrauchsgebundenen Kosten beziffern den Verbrauch an elektrischer Energie zur Luftförderung. Sonstige Hilfsenergien für Antriebe, Volumenstromregler etc. werden nicht berücksichtigt.

Reinigungskosten

Die Reinigungskosten beinhalten die Kosten für die einmalige Reinigung der Luftkanäle, bzw. der Lüftungsgeräte inkl. Personalkosten. Gegebenenfalls erforderliche Trockenbauarbeiten sind nicht berücksichtigt. In den Reinigungskosten enthalten sind die anteilmäßigen Kosten für eine regelmäßige Hygieneinspektion.

Vermeidungskosten Schimmelschäden

Kosten für eine umfassende Sanierung von Schimmelschäden für eine definierte jährliche Sanierungsrate inkl. Sachverständigengutachten.

3.6.3 Randbedingungen und Definitionen der LZK-Berechnung

A. Definition des Referenzgebäudes

Die Berechnung der Lebenszykluskosten wurde anhand eines theoretischen Gebäudemodells durchgeführt. Als Referenzgebäude wurde ein 5-stöckiges Wohngebäude mit insgesamt 100 Wohneinheiten definiert. Die Wohnnutzfläche beträgt jeweils 75m², die Dimensionierung der Luftmenge ergibt sich zu max. 100m³/h pro Wohneinheit. In der Betriebskostenberechnung wird von einer durchschnittlichen Luftmenge (Voll- und Teillastbetrieb) von 75m³/h ausgegangen.

B. Definition der Anlagensysteme

Insgesamt wurden für die Berechnung 7 Anlagensysteme analog zu den Definitionen unter Kapitel 2.1.1 bestimmt und für das oben beschriebene Referenzgebäude ausgelegt sowie die Anlagenteile spezifiziert. Zur Luftführung stehen insgesamt 10 Schächte zur Verfügung, wobei jeweils zwei Wohneinheiten je Stockwerk über Brandschutzklappen und Volumenstromregler (bei den zentralen/semizentralen Anlagen) und Schalldämpfern versorgt werden.

Zentrale Anlage 1

Eine zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, Ventilatoren und Filterung versorgt jeweils 10 Wohneinheiten über einen gemeinsamen Schacht (5 Stockwerke á zwei Wohneinheiten). Insgesamt gibt es somit 10 zentrale Anlagen. Zur Luftmengenregulierung befinden sich Volumenstromregler in den Zu- und Abluftleitungen zu den Wohneinheiten.

Zentrale Anlage 2

Eine zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, Ventilatoren und Filterung zur Versorgung aller Wohneinheiten. Die Verteilung in die Schächte erfolgt über Horizontalleitungen aus einem zentralen Haustechnikraum. Zur Luftmengenregulierung befinden sich Volumenstromregler in den Zu- und Abluftleitungen zu den Wohneinheiten.

Semizentrale Anlage

Eine zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, Ventilatoren und Filterung zur Versorgung aller Wohneinheiten mit konstantem Vordruck. Die Verteilung in die Schächte erfolgt über Horizontalleitungen aus einem zentralen Haustechnikraum. Die Luftmengenregulierung erfolgt je Wohneinheit mittels vernetzter Volumenstromregler in Zu- und Abluft, die eine Optimierung des Anlagendruckes ermöglichen; in der Abluftleitung ist vor dem Volumenstromregler eine Filterbox situiert.

Dezentrale Anlage 1

Ein dezentrales Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung, Ventilatoren und Filterung versorgt je eine Wohneinheit. Das Gerät ist in der Anschaffung preisgünstig, die Einzelkomponenten können nicht getauscht werden. Die Außen- und Fortluftführung erfolgt über die Fassade.

Dezentrale Anlage 2

Ein dezentrales Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung, Ventilatoren und Filterung versorgt je eine Wohneinheit. Das Gerät ist hochwertig, alle Komponenten können für die Wartung, Reinigung entnommen, bzw. nach Ende der Lebensdauer getauscht werden. Die Außen- und Fortluftführung erfolgt über einen gemeinsamen Schacht.

Semi- Dezentrale Anlage

Ein dezentrales Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung, Ventilatoren und Filterung versorgt je eine Wohneinheit. Das Gerät ist hochwertig, alle Komponenten können für die Wartung, Reinigung entnommen, bzw. nach Ende der Lebensdauer getauscht werden. Die Außen- und Fortluftführung erfolgt für jeweils 10 Geräte über einen gemeinsamen Schacht. Im Schacht befinden sich Stützventilatoren sowie ein zentraler Filter vor der Außenluftansaugung.

Mechanische Abluftanlage

Besteht in Nassräumen (Bad, WC) keine Möglichkeit einer natürlichen Lüftung, muss die entstehende Feuchte mechanisch weggelüftet werden. Alternativ zu den Komfortlüftungssystemen wurde für die Gegenüberstellung der Lebenszykluskosten eine mechanische Abluftanlage ausgelegt. Für das Referenzgebäude wurden dementsprechend zwei dezentrale Abluftventilatoren mit Grobfiltereinsätzen je Wohneinheit angenommen. Die Abluftführung erfolgt über die Schächte. Die Zuluft strömt unkontrolliert über definierte Zuluftelemente nach.

C. Wirtschaftliche Randbedingungen

Die wirtschaftlichen Faktoren für die Lebenszyklusberechnung wurden wie folgt festgelegt;

- Betrachtungszeitraum: 30 Jahre
- Restwerte berücksichtigt
- Preisindex (real): 2,00%/a
- Energiepreisindex (real) 2,80%/a
- Kalkulationszinssatz (real) 2,0%/a
- Kalkulationszinssatz (nominal) 4,04%/a

3.6.4 Kostenparameter

A. Investitionskosten

Die dargelegten Investitionskosten wurden auf Grundlage von Erhebungen bei Bauträgern und Fachplanern in Abstimmung mit Benchmarks aus der Literatur festgelegt. Die Investitionskosten beziehen sich ausschließlich auf die Kosten für die Lüftungsanlage inkl. Luftleitungsnetz und Montage sowie auf sämtliche erforderliche Einbauten und Antriebe sowie auf die Regelung. Mehr-, bzw. Minderkosten, z.B. für den Platzbedarf der Installationsschächte, sämtliche Trockenbaumaßnahmen, etc. sind nicht berücksichtigt. Tabelle 15 zeigt die spezifischen Investitionskosten der Anlagensysteme.

Tabelle 15: Spezifische Investitionskosten der definierten Anlagensysteme je m² Wohnnutzfläche

ANLAGENSYSTEM	LÜFTUNGS-GERÄT	LUFT-LEITUNGEN	GESAMT	EINHEIT
----------------------	-----------------------	-----------------------	---------------	----------------

Zentrale Variante 1	23,40	47,86	71,26	€/m ²
Zentrale Variante 2	5,50	49,23	54,73	€/m ²
Semizentrale Variante	5,50	51,80	57,30	€/m ²
Dezentrale Variante 1	22,00	47,65	69,65	€/m ²
Dezentrale Variante 2	28,80	47,65	76,45	€/m ²
Semi-Dezentrale Variante	33,24	53,13	86,37	€/m ²
Abluftanlage	2,80	18,75	21,55	€/m ²

Die spezifischen Investitionskosten liegen bei den Systemen mit einem Zentralgerät bei ca. 55€/m². Das System mit einer Zentralanlage je Schacht liegt mit über 71€ etwas über der, in der Erstinvestition günstigeren dezentralen Variante und rund 5€/m² unter dem hochwertigeren System. Die Semi-Dezentrale Variante weist mit etwas über 85€/m² die höchsten spezifischen Investitionskosten auf. Das mechanische Abluftsystem liegt mit über 21€/m² bei rund einem Drittel der Lüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung.

Abbildung 88 zeigt die vorige Tabelle in grafischer Darstellung.

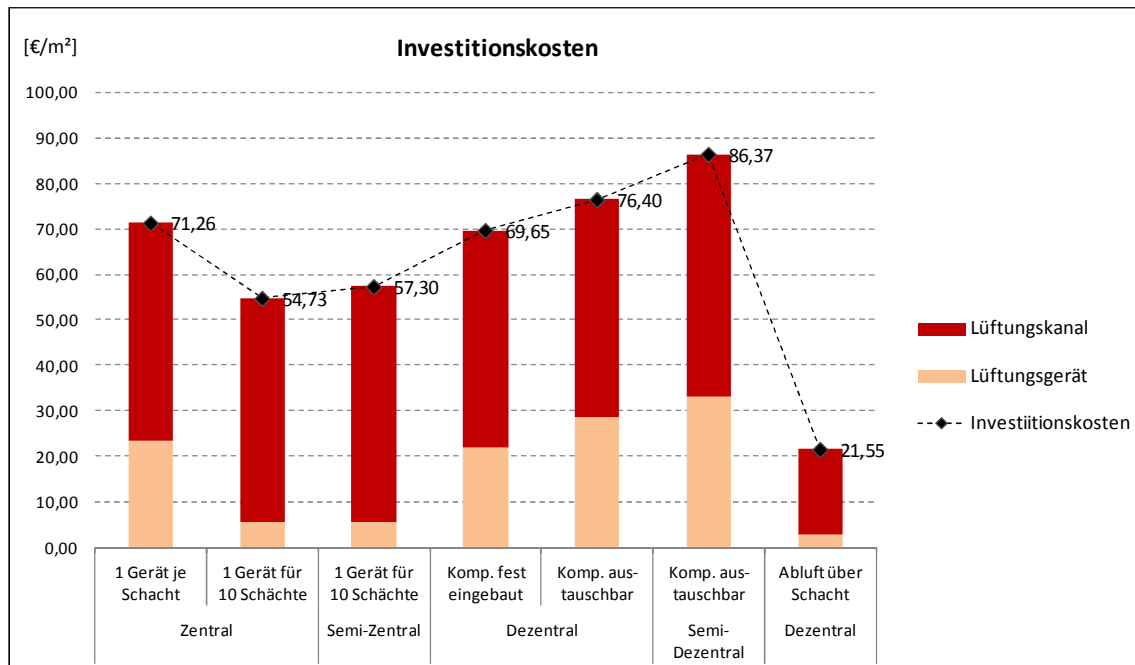


Abbildung 88: Spezifische Investitionskosten der definierten Anlagensysteme je m² Wohnnutzfläche

B. Technische Lebensdauer

Für sämtliche Anlagenteile wurde eine technische Lebensdauer festgelegt. Dementsprechend wird nach Erreichen dieser eine Reinvestition in Höhe der Erstinvestition

in der Kostenberechnung berücksichtigt. Anlagenteile welche die Lebensdauer noch nicht erreicht haben werden mit dem Anlagenrestwert bewertet.

- Ventilatoren / Regelung: 20 Jahre
- Gehäuse / WT 50 Jahre
- Dezentrales Gerät günstig 15 Jahre
- Elektrische Antriebe 20 Jahre
- Luftkanäle + Einbauten 50 Jahre

C. Verbrauchs- und betriebsgebundene Kosten

Die verbrauchsgebundenen Kosten beziffern den Verbrauch an elektrischer Energie zur Luftförderung. Die Berechnung wurde für die jeweiligen Systeme spezifisch für standardmäßig ausgelegte Anlagen durchgeführt. Sonstige Hilfsenergien für Antriebe, Volumenstromregler etc. werden nicht berücksichtigt. Der Strompreis wurde unter Berücksichtigung einer jährlichen Energiepreissteigerung (vgl. 3.6.3) im ersten Jahr mit 0,20€ Brutto je kWh [STATISTIK 2011B] angenommen.

Tabelle 16: Verbrauchsgebundene Kosten der definierten Anlagensysteme je m² Wohnnutzfläche im ersten Jahr

VARIANTE	LÜFTUNGS-GERÄT	EINHEIT
Zentrale Variante 1	0,84	€/m ² *a
Zentrale Variante 2	0,97	€/m ² *a
Semizentrale Variante	0,97	€/m ² *a
Dezentrale Variante 1	0,54	€/m ² *a
Dezentrale Variante 2	0,54	€/m ² *a
Semi- dezentrale Variante	0,52	€/m ² *a
Abluftanlage	0,06	€/m ² *a

Aus der Gegenüberstellung kann abgeleitet werden, dass durch die Systemauswahl die verbrauchsgebundenen Kosten erheblich beeinflusst werden (Faktor 2 möglich). Der Mehraufwand für die Luftförderung kann durch gute Planung erheblich reduziert werden.

Die Erhöhung des Druckverlustes infolge von Verschmutzung wird im Berechnungsmodell durch einen zunehmenden Faktor über das Reinigungsintervall berücksichtigt. In der Praxis stellt sich dies durch eine teils starke Verringerung der Leitungsquerschnitte sowie einer höheren Rohrrauigkeit der Oberflächen dar. Auf der Zuluftseite wurden kaum Verschmutzungen durch den Betrieb festgestellt wodurch es in diesem Sinne auch zu keiner Druckverlustserhöhung im Kanal kommt.

Die Betriebskosten setzen sich zusammen aus den Kosten für regelmäßige Inspektion und Wartung der Lüftungsgeräte sowie den Kosten für die Filterwechsel. Die nachfolgende Abbildung stellt die Betriebskosten der untersuchten Anlagen mit Werten aus der Literatur gegenüber.

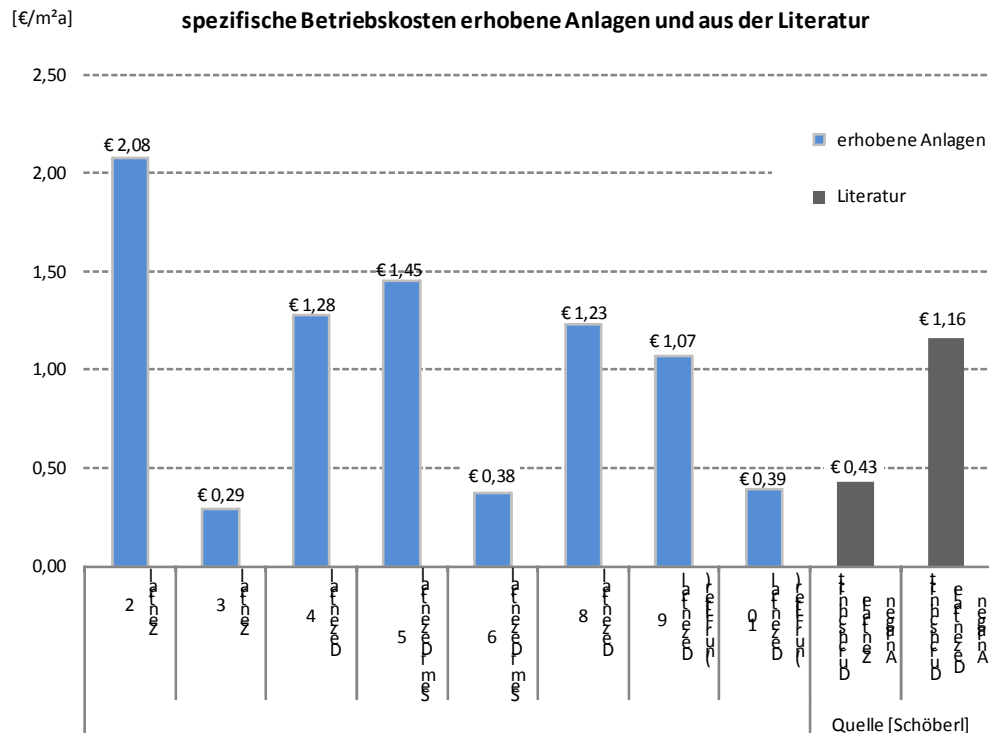


Abbildung 89: Betriebskosten der erhobenen Anlagen und aus der Literatur

Es zeigen sich in der Praxis erhebliche Unterschiede bei den Wartungsverträgen. Dies begründet sich zumeist durch erhebliche Unterschiede im spezifizierten Wartungsumfang sowie durch differenzierte Berechnungsansätze (Pauschalen, Abrechnung nach Aufwand etc.). [SCHÖBERL 2011.]

Für die Lebenszykluskostenberechnung wurde für jede Variante eine zentral organisierte Wartung mit folgenden Betriebskosten angesetzt:

Tabelle 17: Betriebskosten der definierten Anlagensysteme je m² Wohnnutzfläche

VARIANTE	LÜFTUNGS-GERÄT	EINHEIT
Zentrale Variante 1	0,55	€/m ² *a
Zentrale Variante 2	0,50	€/m ² *a
Semizentrale Variante	0,55	€/m ² *a
Dezentrale Variante 1	1,00	€/m ² *a
Dezentrale Variante 2	1,00	€/m ² *a
Semi- Dezentrale Variante	0,80	€/m ² *a
Abluftanlage	0,30	€/m ² *a

Die Reinigungskosten wurden anhand von Angeboten sowie im Zuge einer gezielten Befragung diverser Reinigungsfirmen in Österreich, Deutschland und der Schweiz ermittelt. Die Kosten variieren stark in Abhängigkeit von der Reinigbarkeit, wie in Kapitel 3.5 beschrieben. Dies betrifft in erster Linie die Anlagenbeschaffenheit innerhalb der Wohneinheiten. Zudem können die Firmen kaum Erfahrungswerte zurückgreifen. Dementsprechend sind in **Tabelle 18** Minimum- und Maximum- Kosten für eine Anlagenreinigung angeführt. In der Berechnung werden die Mittelwerte verwendet und über das jeweils festgelegte Reinigungsintervall gleichmäßig verteilt.

Tabelle 18: Reinigungskosten der definierten Anlagensysteme je m² Nutzfläche und durchgeführter Reinigung

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

Zusammenfassend zeigt Abbildung 90 die jährlichen Kosten dargestellt für das Jahr 1:

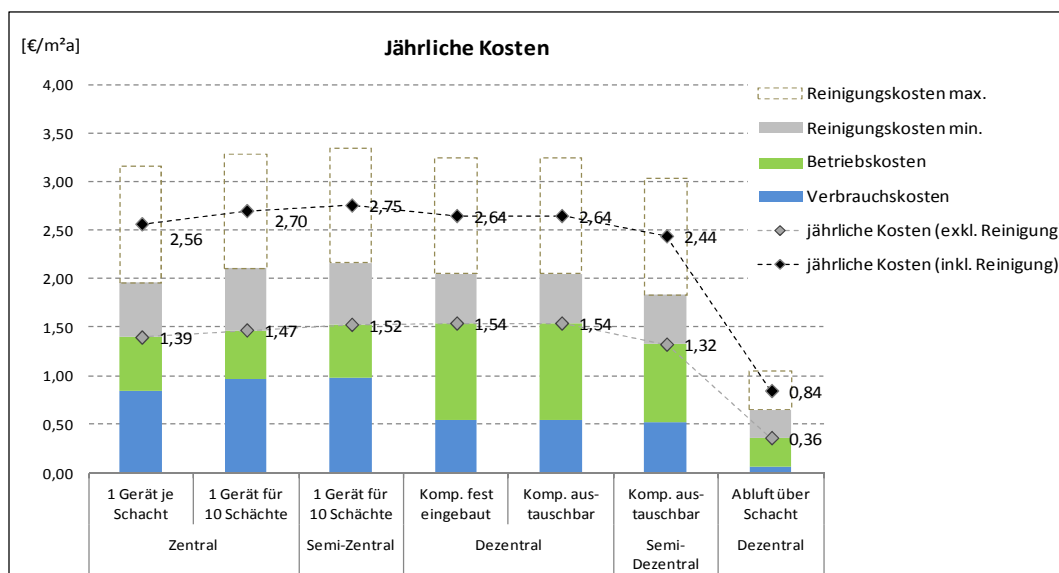


Abbildung 90: Zusammenfassung Verbrauchs- und Betriebskosten sowie Reinigungskosten

Die Summe aus Betriebs- und Verbrauchskosten liegt im dargestellten Beispiel im Bereich von 1,40 – 1,55€/m². Die unterschiedlichen Kostenaufteilungen ergeben sich durch die effizientere Luftförderung, bzw. die höheren Filterkosten bei den dezentralen Systemen im Vergleich zu den zentralen Systemen.

Darauf aufbauend sind die Reinigungskosten mit den Minimum- und Maximum-Werten sowie die gesamten betriebs- und verbrauchsgebundenen Kosten mit den mittleren Reinigungskosten aufgetragen. Die dargestellten Reinigungskosten beziehen sich jeweils auf ein 10-jähriges Intervall für die wohnungsinternen Leitungen sowie für das Lüftungsgerät und einem 15-jährigen Intervall für horizontale Verteil- und Steigleitungen. Die jährlichen monetären Aufwände erhöhen sich durch die regelmäßige Anlagenreinigung (Mittelwerte) auf rund 2,50 – 2,80€/m². Es kann festgestellt werden, dass sich die jährlichen Kosten zu je einem Drittel aus Strom-, Wartungs- und Reinigungskosten zusammensetzen.

3.6.5 Einsparungspotentiale

A. Einsparung Heizwärmebedarf

Gut abgestimmte Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung tragen erheblich zur Steigerung der Energieeffizienz eines Gebäudes bei. Die theoretische Einsparung durch die Reduktion des Heizwärmebedarfs gemäß ÖNORM B 8110 Teil 6 berechnet sich in Abhängigkeit von Wärmerückgewinnungsgrad und Standort zu rund 12 – 16 kWh/m²a.

Für die Ermittlung des monetären Einsparungspotentials werden für das Referenzgebäude Wärme-gestehungskosten von 0,075 Euro/kWh im ersten Berechnungsjahr und eine Einsparung von 1,125 Euro/m²a festgelegt.

B. Vermeidung von Schimmelschäden

Komfortlüftungsanlagen gewährleisten durch einen kontinuierlichen Luftaustausch die konstante Abfuhr von Feuchtelasten und bieten somit einen zuverlässigen Schutz vor Feuchte- und Schimmelschäden. In der Praxis hat sich gezeigt, dass in kontrolliert be- und entlüfteten Gebäuden kaum mehr Bauschäden infolge Schimmelbildung auftreten.

Durch die Vermeidung von Schäden und den daraus resultierenden Sanierungserfordernissen kann ein Kosteneinsparungspotential abgeleitet werden. Die durchschnittliche, jährliche Sanierungsrate bei Wohngebäuden liegt in Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen bei 3 – 5%. Die Kosten einer Sanierung werden mit 2.500 Euro beziffert. Bezogen auf das Referenzgebäude beträgt das rechnerische Einsparpotential bei 4% erforderlicher Sanierungsrate 1,28€/m² Wohnnutzfläche.

3.6.6 Lebenszykluskosten

Die Lebenszykluskosten wurden für die sieben betrachteten Anlagenspezifikationen unter Zugrundelegung der oben definierten Randbedingungen und Kostendaten berechnet. Dabei wurden drei Berechnungsszenarien festgelegt.

- Szenario 1 bildet den Status quo der Anlagenbeschaffenheit ab, so wie dieser bei den untersuchten Anlagen vorgefunden wurde. Wohnungsinterne Leitungen sind anteilig mit flexiblen Leitungen ausgeführt, teilweise sind Reinigungsbarrieren vorhanden. Das Reinigungsintervall wurde äquivalent zur Darstellung in **Abbildung 90** mit 10 Jahren für die wohnungsinternen Leitungen sowie für das Lüftungsgerät, bzw. 15 Jahren für Horizontal- und Steigleitungen angesetzt. Die Kosten entsprechen den Mittelwerten aus Tabelle 18.
- Szenario 2 stellt Varianten mit einer optimierten Planungs- und Ausführungsqualität dar. In der Planungsphase wurden Reinigungsabschnitte definiert und die Zugänglichkeit gewährleistet. In der Ausführung wird auf flexiblen Leitungen verzichtet; es sind keine Reinigungsbarrieren (z.B. in Form von einstehenden Schrauben) vorhanden. Die dadurch in der Investition anfallenden Mehrkosten werden mit einem 10%igem Aufschlag bei den Erstinvestitionen angesetzt. Die Reinigungskosten entsprechen den, in Tabelle 18 gezeigten Minimumkosten; die Reinigungsintervalle bleiben unverändert zu Szenario 1.
- In Szenario 3 wird die Auswirkung durch die Verlängerung des Reinigungsintervalls dargestellt, wie es z.B. mittels Grobstaubfilter am Ventil zur Verminderung von abluftseitigen Grobstaub- und Flusenablagerungen erreicht werden kann. Im Berechnungsmodell wurde eine Verlängerung des Reinigungsintervalls von 10 auf 15 Jahre berücksichtigt. Gleichzeitig steigt durch den Flusenfilter an jedem Abluftdurchlass der Druckverlust und somit der Strombedarf zu Beginn.

In Abbildung 91 sind die Lebenszykluskosten für Szenario 1 nach einem Betrachtungszeitraum von 30 Jahren dargestellt. Die Investitionskosten beinhalten neben den Anfangsinvestitionen auch die Kosten für die Erneuerung von Anlagenteilen nach Erreichung der festgelegten Lebensdauer. Die Verbrauchskosten fassen sämtliche elektrische Energien zusammen und beinhalten einen zyklisch steigenden Faktor zur Berücksichtigung von Leitungsvermischung. Die Betriebskosten beinhalten die Filter sowie alle erforderlichen Inspektionen und Reparaturen zur Erreichung der angenommenen Lebensdauer. Unter Reinigungskosten sind die mittleren Kosten nach Tabelle 18 für die Luftleitungen in den Wohneinheiten, die Steig- und Horizontalverteilung sowie für die Geräte zusammengefasst.

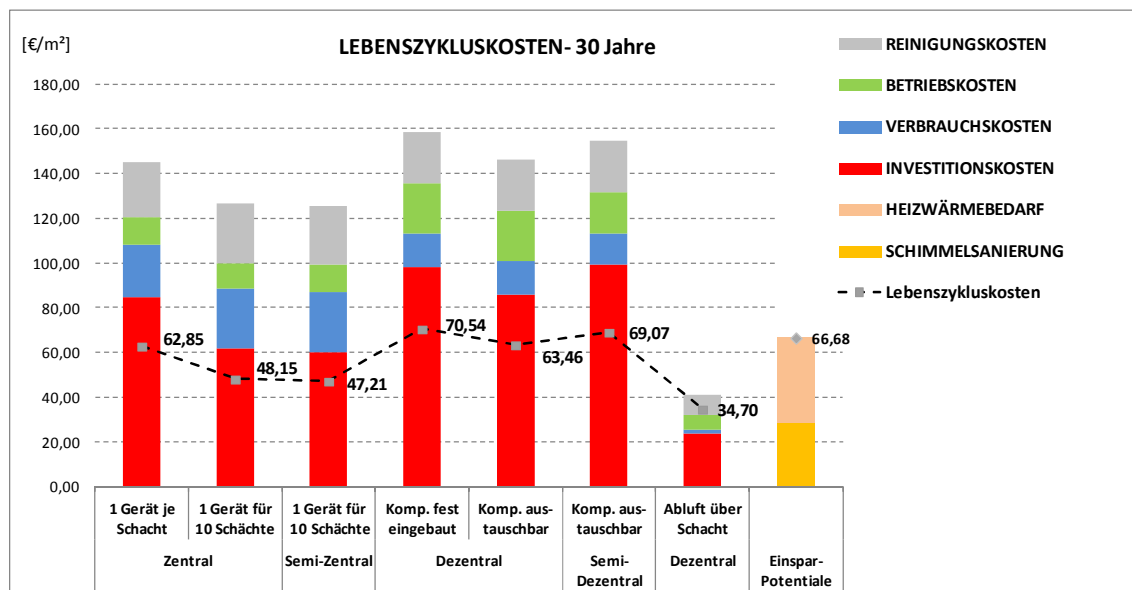


Abbildung 91: Lebenszykluskosten in [€/m²] für Szenario 1 nach einem Betrachtungszeitraum von 30a

Das höhere Kostenniveau des Investitionsanteils bei den dezentralen Systemen gegenüber den Zentralen wird in den Lebenszykluskosten wiedergegeben. Bei den dezentralen Systemen liegt nach dem Betrachtungszeitraum System 1 über dem höherwertigen System 2. Aufgrund der gewählten Preissteigerungsraten sind die Verbrauchskosten gegenüber den Betriebskosten etwas stärker gewichtet als im Jahr 1. Die Reinigungskosten stellen wie in Abbildung 90 gezeigt einen Kostenfaktor in der Größenordnung von Wartung und Stromkosten dar. Bei den Einsparpotentialen stellt die Reduktion des Heizwärmebedarfs aufgrund der definierten Preisentwicklungen die gewichtigere Position dar.

Die als verbundene Punkte dargestellten Lebenszykluskosten berechnen sich aus den Gesamtkosten für Investition, Strom, Wartung und Reinigung abzüglich des Anlagenrestwerts und den Einsparungspotentialen. Die zentralen Systeme 2 und 3 (eine zentrale Anlage für das Gebäude) weisen mit deutlich unter 50 €/m² Wohnnutzfläche die geringsten Lebenszykluskosten auf, liegen jedoch knapp 13 Euro über der mechanischen Abluft mit rund 35 €/m². Der Anteil der Reinigungskosten beträgt rund 23 – 27 €/m². Die zentrale Anlage 1 sowie die dezentrale Anlage 2 liegen mit knapp über 60 €/m² rund 25% darüber. Die semidezentrale Anlage mit unter 70 €/m², bzw. die dezentrale Anlage 1 mit über 70 €/m² stellen im berechneten Fall die Systeme mit den höchsten Kosten dar.

Abbildung 92: stellt die Systeme in Szenario 2 gegenüber.

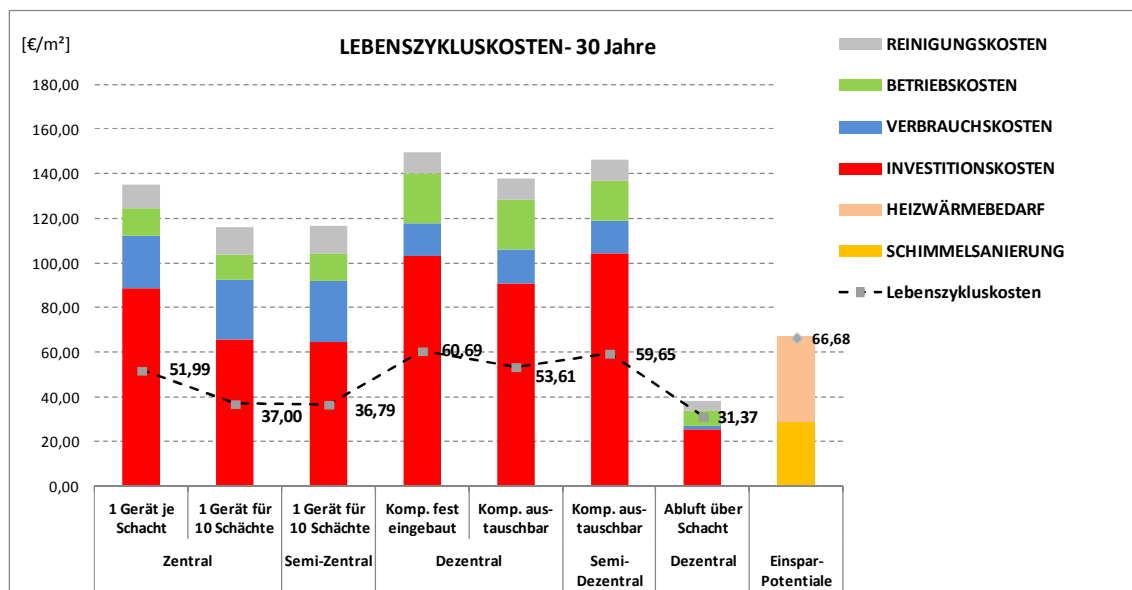


Abbildung 92: Lebenszykluskosten [€/m²] für Szenario 2 nach einem Betrachtungszeitraum von 30a

Entsprechend der obigen Szenariobeschreibung erhöht sich der Investitionskostenanteil aufgrund der höheren Erstinvestitionen gegenüber Abbildung 91 zugunsten geringerer Reinigungskosten. Insgesamt können die Lebenszykluskosten der Komfortlüftungsanlagen nach einem Betrachtungszeitraum von 30 Jahren um 10 - 12 €/m² reduziert werden. Die zentralen Systeme 2 und 3 liegen mit rund 37 €/m² nur noch 5 € über der mechanischen Abluft. Die Systeme mit den höchsten Kosten liegen noch bei ca. 60 €/m².

In Szenario 3 wird die Verlängerung des Reinigungsintervalls auf die Lebenszykluskosten, dargestellt in Abbildung 93 untersucht. Die Investitions-, Verbrauchs- und Betriebskosten entsprechen jenen aus Szenario 1.

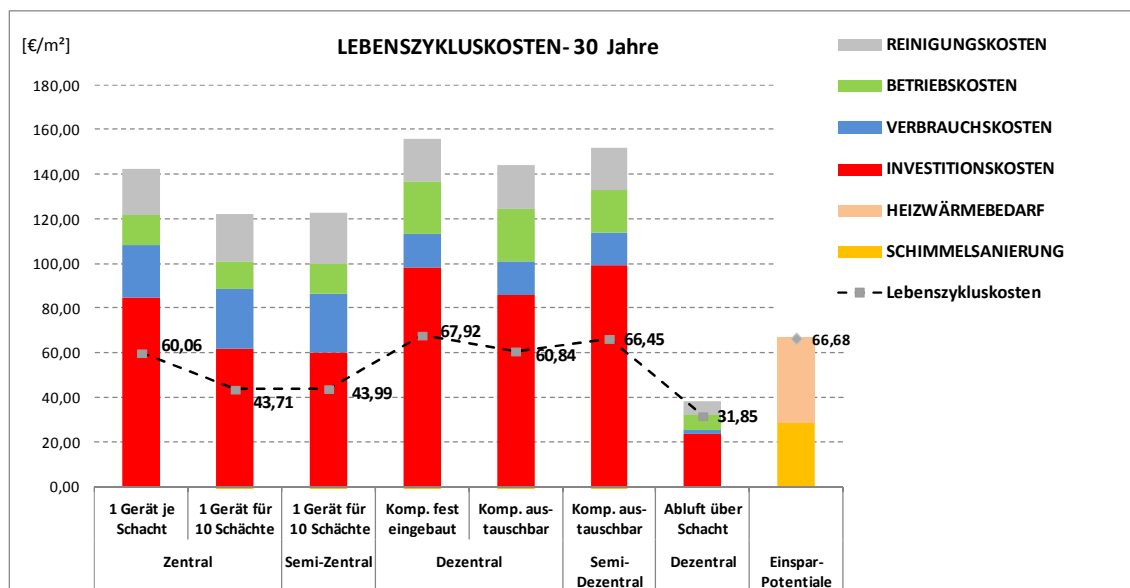


Abbildung 93: Lebenszykluskosten [€/m²] für Szenario 3 nach einem Betrachtungszeitraum von 30a

Bei den Reinigungskosten ergibt sich gegenüber Abbildung 91 eine Reduktion um rund 4 - 5 € auf nunmehr 19 – 23 €/m². Somit wird festgestellt, dass eine Verlängerung des Reinigungsintervalls nur eine geringe Reduktion der Lebenszykluskosten bei den Verbrauchskosten zur Folge hat.

Vielfach sind zentrale Abluftanlage aufgrund der fehlenden Möglichkeit einer natürlichen Lüftung von Nassräumen Bestandteil der Haustechnik ohnehin einzuplanen. Darauf aufbauend werden in Abbildung 94 die Lebenszykluskosten der zentralen Anlage 2 sowie der dezentralen Anlage 2 ohne Berücksichtigung der Einsparungspotentiale für die Szenarien 1 und 2 dargestellt. Diese belaufen sich restwertbereinigt für das zentrale System auf 115 €/m² in Szenario 1 und 104 €/m² in Szenario 2. Bei der dezentralen Anlage liegen die Kosten bei 135 €/m², bzw. 126 €/m². Die Kosten für die Abluftanlage abzüglich Restwert liegen bei ca. 33 €/m², die Einsparpotentiale ergeben in Summe rund 66 €/m². Nicht quantifizierbar sind jene Einsparungen, welche durch die gesundheitlichen Auswirkungen infolge von Schimmelschäden verursacht werden.

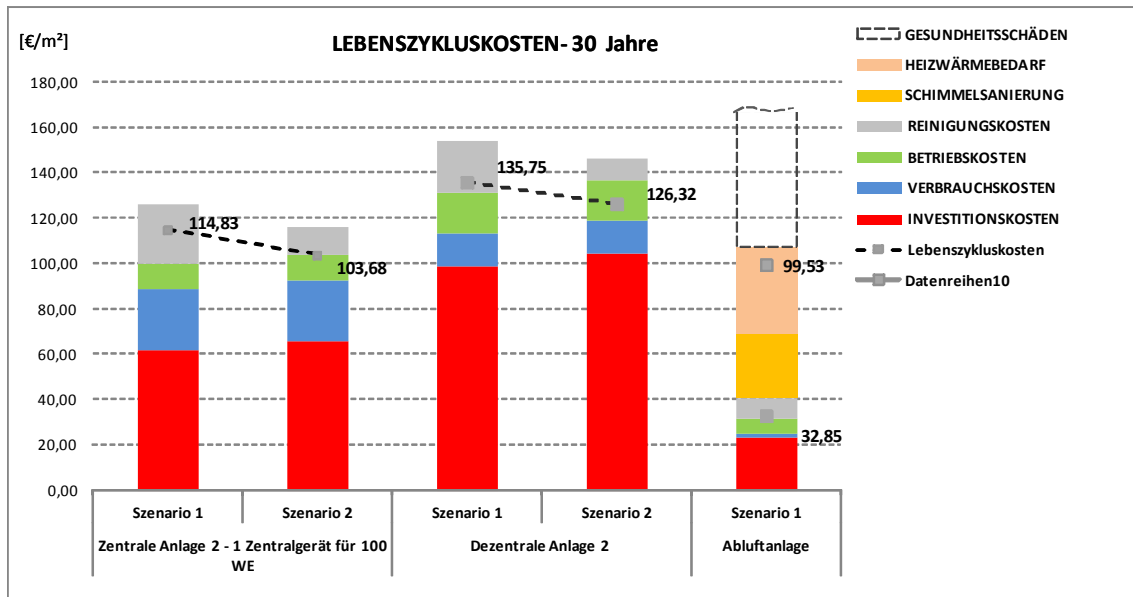


Abbildung 94: Gegenüberstellung der Lebenszykluskosten [€/m²] Zentrale Anlage 2, Dezentrale Anlage 2 und Abluftanlage

Die Abbildung zeigt die Gegenüberstellung der Kosten von Komfortlüftungsanlagen mit der Abluftanlage (als „Sowieso- Kosten“) und den Einsparungspotentialen. Es zeigt sich, dass im Berechnungsbeispiel die Lebenszykluskosten der Komfortlüftungsanlagen durch die Kosten der Abluftanlage und der Einsparungen annähernd ausgeglichen werden.

3.6.7 Zusammenfassung

- Es wurden sieben unterschiedliche Lüftungsanlagen bezogen auf ein Referenzgebäude mit insgesamt 100 Wohneinheiten definiert und hinsichtlich der ökonomischen und energetischen Gesichtspunkte evaluiert. Darunter sind jeweils drei zentrale wie dezentrale Anlagen mit Wärmerückgewinnung sowie eine mechanische Abluftanlage mit unkontrolliert eingebrachter Zuluft.
- Bei den Komfortlüftungsanlagen ergeben sich die geringsten Investitionskosten durch das zentrale bzw. semizentrale System mit einer Anlage für das gesamte Gebäude. Die zentrale Variante mit einer Anlage je Schacht liegt im Bereich der beiden dezentralen Varianten; die semi-dezentrale Anlage weist die höchsten Investitionskosten auf.
- Die Verbrauchskosten sind bei dezentralen Systemen bedingt durch das kürzere Leitungsnetz und effektivere Ventilatoren am geringsten.
- Bei den Betriebskosten liegen die dezentralen Systeme aufgrund des höheren Aufwands beim Filtertausch tendenziell höher.
- Insgesamt unterliegen die erhobenen sowie die aus der Literatur entnommenen Betriebskosten erheblichen Schwankungen.

- Für Reinigungskosten liegen bislang kaum Erfahrungswerte vor – Preisangaben orientieren sich gegenwärtig am geschätzten Zeitaufwand und sind stark abhängig von Anlagenbeschaffenheit und Zugänglichkeit.
- Die geringsten Lebenszykluskosten der Komfortlüftungssysteme bezogen auf das Referenzgebäude werden durch die zentralen Anlagen erreicht.
- Gegenüber Abluftanlagen kann eine Kostenneutralität erreicht werden.
- Bei allen Systemen wirkt sich eine Mehrinvestition zugunsten einer optimierten Planung und Ausführung hinsichtlich Reinigbarkeit günstig auf die Lebenszykluskosten aus.

Gute Reinigbarkeit wird erreicht durch:

- Definition von Dichtheits- und Sauberkeitsklasse der gesamten Lüftungsanlage
- Erarbeitung eines Reinigungskonzeptes, dazu zählt
 - die Definition von Reinigungsabschnitten bereits in der Planungsphase und
 - die Gewährleistung guter Zugänglichkeit
 - Einholen eines verbindlichen Reinigungsangebotes
- ausreichend dimensionierte Querschnitte
- Vermeidung von flexiblen Luftleitungen
- Vermeidung von Reinigungsbarrieren in der Ausführung

4 Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms

4.1 Einpassung in das Programm

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen die Notwendigkeit sich dem Thema Komfortlüftung – auch zukünftig - vertieft zu widmen. Nur durch hygienisch und kosteneffiziente Komfortlüftungsanlagen ist die Marktdurchdringung von energieeffizienten, Lebenszyklusoptimierten Gebäudekonzepten zu erwarten. Dies ist wiederum die Voraussetzung für die Erreichung des zentralen Programmziels – die treibhausrelevanten Emissionen im Gebäudesektor auf Null zu reduzieren.

Die Verbreitung des hier erarbeiteten Wissens ermöglicht weitere aufbauende fachliche Diskussionen und Untersuchungen, wodurch es zu der angestrebten Weiterentwicklung im Hinblick auf die strategischen, energieeffizienten Zielsetzungen im Bereich der Bauwirtschaft kommen kann.

4.2 Beitrag zum Gesamtziel des Programms

Das Programm Haus der Zukunft plus fördert zukunftsweisende Konzepte für nachhaltige und energiesparende Gebäude wie solare Niedrig(st)energiegebäude und Passivhäuser. Dieser Focus auf Energieeffizienz ist in Anbetracht des global steigenden Energiebedarfs das Gebot der Stunde. Hygienische und kosteneffiziente Komfortlüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung leisten hierbei einen wesentlichen Beitrag und gewährleisten gleichzeitig einen hygienisch notwendigen Luftwechsel.

4.3 Einbeziehung der Zielgruppen und Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse im Projekt

Zentrale Zielgruppen sind

- die Bauträger als Bauherrn und damit „Besteller“ solcher Gebäude bzw. Gebäudetechnologie,
- die (Fach-)PlanerInnen als fachliches Herzstück jedes Planungsprozesses
- die Ausführenden Unternehmen, die letztendlich für die DetailAusführung und Ausführungsqualität verantwortlich zeichnen
- die Mitglieder ausgewählter, einschlägiger Normungsausschüsse, die für die Überarbeitung der aktuellen Normen und Richtlinien verantwortlich ist
- die Hersteller von Lüftungsanlagen,
- die Reinigungsfirmen von haustechnischen Anlagen.

Die Zielgruppen wurden in vielfältiger Form, wie die Aufnahme in den wissenschaftlichen Projektbeirat, im Zuge von Interviews, Messungen, Feedbackmöglichkeiten, Präsentation etc., in die Erarbeitung der Projektergebnisse eingebunden.

4.4 Umsetzungspotenziale für die Projektergebnisse

Die Notwendigkeiten der Energieeffizienz im Gebäudesektor, der Sicherstellung einer ausreichend hygienischen Innenraumluftqualität sowie der Vermeidung von Bauschäden durch zu geringe Lüftung bedingen Komfortlüftungsanlagen.

Um diese Ziele erfüllen zu können, müssen die Anlagen optimal geplant, umgesetzt sowie betrieben werden – und die Normungs- sowie Gesetzesvorgaben den rechtlichen Rahmen bieten. Die Projektergebnisse sind dafür eine wichtige Unterstützung und haben durch die internationalen und nationalen Energieeffizienz-Zielsetzungen ein großes Umsetzungspotential.

In Österreich liegt im geförderten Wohnungsneubau der Anteil aller Wohnungen mit einer Wohnraumlüftung mit kontrollierter Be- und Entlüftung bei derzeit etwa einem Drittel. Dieser Anteil ist aufgrund verbesserter Wohnbauförderbedingungen in den vergangenen Jahren regional sehr unterschiedlich.

5 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

Die Projektergebnisse zeigen in vielfältiger Form einerseits die Robustheit des Komfortlüftungskonzeptes auf – andererseits Optimierungsmöglichkeiten, die jedenfalls genutzt werden sollen.

Die gewonnenen Erkenntnisse sind eine wesentliche Basis für die weiteren nötigen Entwicklungen sowie Umsetzungen von optimierten Komfortlüftungsanlagen. Die aus den Schlussfolgerungen abgeleiteten Empfehlungen, zielgruppengerecht aufbereitet, geben einen schnellen Überblick über die relevantesten Punkte auf dem Weg zu - und bei dem Betrieb von - kostenoptimalen, praxistauglichen Anlagen.

- Das Merkblatt für die Bauträger gibt Antwort auf die relevanten Fragen dieser Zielgruppen – der Raumlufthygiene und Reinigungserfordernisse, die Auswirkung der Anlagenkonfiguration auf die Hygiene und Reinigbarkeit sowie die Prüfung des Hygienezustandes und die Reinigungsdurchführung.
- Die Checkliste für Lüftungsplaner und Ausführende baut auf den geltenden Normen und vorhandenen Richtlinien auf und konkretisiert die Anforderungen mit den Erkenntnissen und Erfahrungen des Projektteams.
- Infoblätter für die Lüftungsreinigungen geben einen Überblick über die Reinigungsvarianten – die Rahmenbedingungen sowie Vor- und Nachteile der Möglichkeiten.

Weiters gibt es, aufbauend auf die Erfahrung der Projektpartner, Studien sowie auf die Projektergebnisse, abgeleitete Empfehlungen an die Normungsarbeit und Gesetzgebung.

Zusammen mit den Hintergrundinformationen in diesem Bericht, unter anderem zu Hygiene, Nutzerbefragung und Kosteninformationen, finden die Zielgruppen Antworten auf diesbezüglich oftmals gestellte Fragen.

5.1 Schlussfolgerungen aus Sicht der Anlagenbeschaffenheit

Trotz des stichprobenartigen Umfangs der untersuchten Anlagen zeigte sich ein immer wieder kehrender Optimierungsbedarf, aus dem sich folgende Schlussfolgerungen ableiten lassen:

Die Position der Außenluftansaugung ist von wesentlicher Relevanz für die Luftqualität. Neben den klimatischen und vegetativen Einflüssen ist auf eine vandalensichere Lage am Grundstück bzw. Gebäude zu achten. Insbesondere Stoffe die durch den Filter nicht abgeschieden werden können (Feinstaub, Gerüche, Schadstoffe) sollten bei der Ansaugpositionierung berücksichtigt werden.

Weiters führte der mehrfach vorgefundene undichte Filtersitz zu einer Filterumströmung. Bei nachträglichen Filterumbauten auf höhere Filterklassen bzw. etwaigen Herstellerwechseln ist besonders auf einen dichten Filtersitz zu achten. Dadurch kam es zu Ablagerungen und verringerter Abscheidung von Teilchen, wie sich aus den Partikelmessungen ableiten lässt.

Folgekosten und Probleme ergaben sich insbesondere für die Reinigbarkeit durch unnötige, nicht normgemäße Verwendung von Schrauben bei der Montage der Luftleitungen. Diese Schraubeneinstände in den Luftleitungen wurden bei einem Großteil der Anlagen vorgefunden, führen zu erhöhten Ablagerungen, erschweren die Reinigung oder führen zu Beschädigung von Reinigungsausrüstung, wodurch mit einer Erhöhung der Reinigungskosten gerechnet werden muss.

Hochflexible für mechanische Reinigungen nicht geeignete Alufolienschläuche mit Drahtspirale stellen eine hohe Herausforderung für die Reinigbarkeit von Luftleitungen dar. Bei den untersuchten Anlagen zeigte sich sowohl bei Bestandsgebäuden wie Neubauten das dieser Ausführungsstandard noch immer gängige Praxis ist. Nicht erreichbare Luftleitungsabschnitte erfordern eine zerstörende Öffnung von Schachtwänden oder Zwischendecken, die nicht nur die Kosten der Reinigung in die Höhe treiben, sondern auch Unannehmlichkeiten für die Bauträger und NutzerInnen mit sich führen.

Der durchgehende Belag an den Rohroberflächen aus fetthaltigem Staub (Küchen) und Flusen (Bad) im Abluftsystem stellt eine noch unbekannte Brandlast dar. Durch die Ablagerungen funktionieren möglicherweise Kaltrauchsperrern und Feuerschutzabschlüsse nicht mehr zuverlässig.

Eine Funktionsbeeinträchtigungen bzw. möglicher Geruchs- bzw. Schallübertragung zwischen den Wohnungen ist möglich.

Detaillierte Empfehlungen finden sich in der *Checkliste für Lüftungsplaner und Ausführende* (siehe Anhang A 2).

5.2 Schlussfolgerungen aus Sicht der NutzerInnen

Aus Nutzersicht wurde sowohl die Qualität der Raumluft als durchgängig gut bis sehr gut erachtet als auch die Zufriedenheit mit der Lüftungsanlage insgesamt positiv bewertet.

Keine Bedenken wurden hinsichtlich des Hygienezustandes sowie einer möglichen Gesundheitsbeeinträchtigen geäußert. Festgestellt wurde jedoch ein Bewusstsein für die sich im Abluftsystem bildenden Ablagerungen. Einzelne Bewohner gaben bei der Befragung zu Protokoll, eine abnehmende Belastung der Abluftfilter mit steigender Betriebszeit der Anlage bemerkt zu haben. Dies ist insofern eine plausible Beobachtung, dass mit zunehmender Verschmutzung der Luftleitungen eine größere Anzahl an Verunreinigungen in der Leitung anhaften bleibt.

5.3 Schlussfolgerungen aus Sicht der Hygiene

Die vielfach von Bauträgern und BewohnerInnen geäußerten Bedenken, dass es durch raumluftechnische Anlagen zu einer Verschlechterung der Luftqualität kommt, wurden durch die mikrobiologischen Messungen und Untersuchung der Feinstaubkonzentrationen in keiner Form bestätigt. Generell zeigte sich eine deutliche Reduktion an Gesamtfeinstaub und Pilzsporen in der Zuluft verglichen mit der Außenluft. Darüber hinaus lieferten tendenziell jene Anlagen die besten Ergebnisse, die mit hochwertigen und dicht sitzenden Filtern ausgeführt wurden.

Sowohl bei einzelnen zentralen als auch bei dezentralen Lüftungsgeräten wurden hygienische Mängel an den Oberflächen festgestellt. Bei den durchgeführten Messungen wurde jedoch auch bei diesen Anlagen keine mikrobielle Belastung in der aufbereiteten und in die Wohnräume eingeleiteten Zuluft festgestellt. Dies lässt darauf schließen, dass die geringe Menge an Partikeln an der Oberfläche haften bleiben und nicht vom Luftstrom mitgerissen werden. Damit kann festgehalten werden, dass die mikrobielle Bewertung der Oberflächen keine geeignete Methode für die absolute Bewertung des Hygienezustandes darstellt. Die Partikel sind in einer Wohnung auch bei überdurchschnittlichem Reinigungsmaß in viel größerer Menge vorhanden, als im Außenluft – Zuluftsystem der Lüftungsanlage. In Relation zueinander haben die Oberflächen in der Wohnung einen weitaus bedeutenderen Einfluss auf die Raumlufthygiene wie die weitaus kleinere Oberfläche in der Lüftungsanlage. Zum Vergleich: die Oberfläche einer Wohnung ohne Einrichtung beträgt allein etwa 300-400 m², das Außenluft-Zuluftsystem verfügt über eine Oberfläche (inklusive anteilmäßige Wärmetauscherfläche) von 15 bis 25 m² bei dezentralen und etwa maximal 80 m² bei zentralen Anlagen.

Bezüglich der Hygiene im Luftleitungsnetz muss zwischen Zu- und Abluftbereich unterschieden werden. Aus dem Abluftbereich kann im Regelfall, d. h. bei ganzjährigem Betrieb der Anlage und gesicherter Verhinderung einer Strömungsrichtungsumkehr, kein hygienisches Risiko entstehen.

Im Zuluftteil des Luftverteilnetzes wurden auch nach längerer Betriebsdauer mehrheitlich hygienisch ausreichende Verhältnisse vorgefunden, einige Anlagen wiesen jedoch vermehrte Staubablagerungen auf.

Ergänzend zu den hygienischen Untersuchungen, erfolgte eine humanmedizinische Bewertung der Ergebnisse. Hier ist insbesondere das reduzierte allergene bzw. irritative Potenzial im Vergleich zur Außenluft zu erwähnen. Dadurch folgt besonders für Menschen, die auf Schimmelpilzsporen empfindlich oder allergisch reagieren, eine insgesamt günstigere Situation als bei Fensterlüftung. Dies könnte auch für Pollen gelten, die im Rahmen dieser Untersuchung zwar nicht befundet wurden, aber ein ähnliches Verhalten wie Schimmelsporen zeigen.

Nicht außer Acht gelassen werden darf aus humanmedizinischer Sicht die Relevanz der diversen Innenraumaktivitäten, die vielfach die Absenkung der Feinstaubkonzentration gegenüber der Umgebungsluft egalisierte.

5.4 Schlussfolgerungen aus Sicht der Reinhaltung und Reinigbarkeit

Im Abluftsystem waren beim Großteil der geprüften Anlagen relevante Staubablagerungen nach den Abluftdurchlässen festzustellen. Diese Ablagerungen stammen aus diversen Innenraumquellen, wie z.B. textiler Abrieb, Fasern oder Rauchinhaltsstoffe bei Raucherwohnungen. Bei sämtlichen in Betrieb befindlichen Anlagen ohne Abluftfilterung bestand Reinigungsbedarf im Abluftbereich. Diese Staubansammlungen stellen grundsätzlich kein hygienisches Risiko dar, sofern eine länger andauernde Strömungsrichtungsumkehr verhindert wird. Diese Ablagerungen sind jedoch aus Gründen des vorbeugenden Brand-schutzes, möglicher Funktionsbeeinträchtigungen von Kaltrauchsperrern und Volumenstrom-reglern, möglicher Geruchsübertragung zwischen den Wohnungen und akustischen Gründen regelmäßig zu entfernen.

Bei einer Wohnung, die mit Flusenfiltern bei den Abluftdurchlässen ausgestattet war, zeigte sich jedoch keine signifikante Staubbelastung im Abluftsystem. Auch wenn dies nur ein Einzelfall war, ist dieses Ergebnis ein klarer Hinweis darauf, dass durch den Einsatz von Flusenfiltern direkt bei den Abluftdurchlässen eine unerwünschte Verunreinigung der Abluft-leitungen vermieden und damit die Reinigungsintervalle dieser Bauteile signifikant verlängert werden können. Der Einsatz von Filtern direkt an den Abluftdurchlässen bringt jedoch auch Nachteile mit sich, die von Fachleuten kontrovers diskutiert werden.

Aufbauend auf den Messergebnissen und Erhebungen vor Ort wurden empfohlene Reinigungsintervalle festgelegt. Diese finden sich im Detail im beiliegenden Merkblatt für Bauträger und in den Infoblättern zur Lüftungsreinigung wieder.

Bislang fand kein ausreichender Informationsaustausch zwischen Reinigungsunternehmen und Planern statt, wodurch die Gefahr besteht, dass die Bauträger und damit auch NutzerInnen zum Teil hohe Folgekosten zu tragen haben, die mit der problematischen Reinigbarkeit der Anlagen in Zusammenhang stehen.

Lüftungsleitungen von Wohnraumlüftungen sind großteils im Gebäude integriert oder nicht sichtbar hinter Verkleidungen geführt, um diese optisch unauffällig zu gestalten. Im Gegen-satz zu Industrie- und Gewerbelüftungen, die meist ohne optische Ansprüche in großen Bereichen frei verlaufen, besteht bei Wohnraumlüftungen nicht die Möglichkeit kurze Reinigungsabschnitte ohne die notwendige zerstörende Bauteilöffnungen zu realisieren. Aus diesem Grund muss speziell im Wohnungsbereich auf die abschnittsweise Zugänglichkeit zu den Leitungsabschnitten geachtet werden. Systeme, die lange Reinigungsabschnitte ermöglichen und zeitsparend reinigbar sind, bzw. lange Reinigungsintervalle ermöglichen, sind unbedingt zu bevorzugen.

Aus diesem Grund wird dringend empfohlen die in den Dokumenten „Checkliste für Lüftungs-planer und Ausführende“ und „Informationsblätter zur Lüftungsreinigung“ in der Konzeptionierung, Planung und Ausführung von Lüftungssystemen einzubeziehen.

5.5 Schlussfolgerungen aus Sicht der Lebenszykluskosten

Für die regelmäßige Reinigung von Lüftungsanlagen liegen bislang kaum Erfahrungswerte bezüglich der Kosten vor. Preiskalkulationen richten sich gegenwärtig projektspezifisch nach dem tatsächlichen Arbeitsaufwand und sind somit stark von der jeweiligen Anlagenbeschaffenheit abhängig. Als Kostentreiber wurde zum einen die Zugänglichkeit zu den Geräten und Leitungsabschnitten sowie damit verbunden die Verteilform genannt, zum anderen das Vorhandensein von Reinigungsbarrieren. Hier im speziellen zu nennen sind einstehende Selbstbohrschrauben die zur Beschädigung von Werkzeugen wie Bürsten, Kameraköpfen etc. führen können, häufige Querschnittswechsel sowie grundsätzlich nicht bis schwer reinigbare flexible Alufolienschläuche mit Drahtspirale. In der Gesamtkostenbetrachtung wurde die Anlagenreinigung unabhängig vom System als bedeutsamer Kostenparameter identifiziert, welcher bei gegenwärtig oftmalig vorzufindenden Planungs- und Ausführungspraktiken die Strom- oder Betriebskosten übersteigen kann.

Im Zuge der Berechnung der Lebenszykluskosten können alle relevanten Größen zur Identifikation eines kostenoptimalen Anlagensystems berücksichtigt und hinsichtlich Gesamtkosten optimiert werden. Durch die Analyse mehrerer Ausführungsszenarien konnte eindeutig festgestellt werden, dass durch entsprechende Maßnahmen in der Planungsphase sowie in der Ausführung hinsichtlich einer guten Reinigbarkeit wesentliche Einsparungspotentiale bei den Gesamtkosten erzielt werden können.

Zusammenfassend zeigt sich, dass das Thema der Reinigbarkeit von Lüftungsanlagen für hochqualitative, hygienisch einwandfreie und kostenoptimale Anlagen sowohl bereits in der Planung, als auch bei der Ausführung berücksichtigt werden muss. Dazu wurden im Projekt entsprechende Leitfäden erarbeitet. Weiteres zeigt sich bei umfassender Betrachtung, dass Komfortlüftungsanlagen gegenüber mechanischen Abluftanlagen keine wesentlichen Mehrkosten darstellen.

6 Ausblick und Empfehlungen

6.1 Empfehlungen

6.1.1 Empfehlungen an die Normungsgremien und Gesetzgebung

Ausgehend von den Projektergebnissen, den Erfahrungen der Projektpartner und den im europäischen Raum geltenden Normen und Richtwerten finden sich anbei die Empfehlungen an die österreichischen Normungsausschüsse sowie die Gesetzgeber hinsichtlich einer Weiterentwicklung der derzeit gültigen Normen und Gesetze.

Weiters wurden bereits durch die aktive Mitarbeit von Projektpartner in den relevanten Normungsgremien Projektergebnisse in die Normungsarbeit eingebracht. Diese werden in die Überarbeitungen der Normen einfließen.

Die Empfehlung für den Gesetzgeber beziehen sich auf die OIB-Richtlinie 6 und werden dem OIB-Sachverständigenbeirat und zuständigen Normungsgremien zur Kenntnis gebracht.

ÖNORM H 6038

Nachstehende Empfehlungen sind in ähnlicher Form in den aktuellen Vorschlag zur Überarbeitung der ÖNORM H 6038 (Version 2013-07-04) übernommen worden.

Planung und Dimensionierung

- **Außenluft-Konditionierung:**
 - Aus hygienischen Gründen ist die indirekte Vorwärmung der Außenluft mit einem Kreislaufsystem mit frostgeschütztem Wärmeträger (Sole-Erd-Wärmetauscher) dem Luft-Erd-Wärmetauscher vorzuziehen. Bei einem Luft-Erd-Wärmetauscher können Risikobereiche für die Bildung mikrobieller Kontaminationen entstehen, die durch Filter nicht vollständig abgeschieden werden können. Die Konzeption von Luft-Erd-Wärmetauschern wird daher nicht empfohlen.
- **Sollte in Einzelfällen zur Außenluft-Konditionierung ein Luft-Erd-Wärmetauscher vorgesehen werden, sind zur Minimierung der hygienischen Risiken folgende Hinweise zu beachten:**
 - Um die Ansaugung von Schadstoffen im Erdreich (z.B. Radon) zu verhindern, ist das System luft- und weitgehend diffusionsdicht auszuführen. In Radon-Risikogebieten ist auf die Dichtheit besonders Wert zu legen (z.B. durch Schweißverbindung der Rohre).
 - Die Verlegung im Erdreich erfolgt mit wasserdichten Rohren in frostfreier Tiefe, wobei auf die Reinigbarkeit zu achten ist.

- Die Rohre sind mit durchgehendem Gefälle (mindestens 3 %) im Erdreich zu verlegen und müssen innen glatt sein. Es ist konstruktiv sicherzustellen, dass das Gefälle über die gesamte Lebensdauer des Systems durchgängig erhalten bleibt, und Kondensat kontrolliert abgeleitet wird.
- **Sicherstellung eines ordnungsgemäßen Betriebes:**
 - Es ist sicherzustellen, dass im Betrieb der einzelnen Anlagen keine Umkehr der Strömungsrichtung aufgrund der variablen Druckverhältnisse im System auftreten kann (Verhinderung von Geruchsübertragung).
- **Reinhaltung und Reinigung:**
 - Die Sauberkeit von Lüftungsanlagen ist wichtig für das Wohlbefinden und die Gesundheit des Menschen, den Energiebedarf und hinsichtlich brandschutztechnischer Aspekte. Grundsätzlich ist die Reinhaltung einer allfällig notwendigen Reinigung vorzuziehen. Die ÖNORMEN EN 15780 und H 6021 legen allgemeine Anforderungen und Verfahren fest, die zur Beurteilung und Aufrechterhaltung der Sauberkeit von Lüftungsanlagen erforderlich sind. Für Wohnungslüftungsanlagen ist als Mindestanforderung die Sauberkeitsqualitätsklasse „mittel“ gemäß ÖNORM EN 15780 anzuwenden.
 - Abweichend von den Bestimmungen der ÖNORM EN 12097 ist der Einbau von Reinigungsdeckeln in Luftleitungssystemen aus hygienischen Gründen auf das notwendige Minimum zu reduzieren. Die Größe und Einbaulage von Reinigungsdeckeln sind gesondert zu vereinbaren.
 - Es ist bereits in der Planungsphase darauf Bedacht zu nehmen, dass die Teillängen der Luftleitungen, Querschnittsänderungen, Leitungsumlenkungen u. dgl. ohne bauliche Eingriffe reinigbar ausgeführt werden. Die Verwendung von Blechschrauben, die in den Strömungsquerschnitt ragen, ist zu vermeiden.
 - Die Zugänglichkeit zu den Anlagenkomponenten für Wartung und Reinigung ist sicherzustellen.

Dimensionierung und Ausführung

- **Spezifische elektrische Leistungsaufnahme der Anlage im realen Betrieb:**
 - Siehe Empfehlungen OIB-Richtlinie 6 und ÖNORM H 5057

Anforderung an die Komponenten

- **Allgemeines:**
 - Bei Verwendung von nichtmetallischen Werkstoffen ist sicherzustellen, dass diese keine relevanten Schadstoffemissionen aufweisen und keinen Nährboden für mikrobielles Wachstum liefern. Für die Nachweisführung kann die EN ISO 846 angewendet werden.

- **Luftfilter:**
 - Die Außenluft bzw. die Zuluft ist durch einen Luftfilter mit mindestens der Klasse F7 gemäß ÖNORM EN 779 zu filtern. Für die Abluft sind Filter mindestens der Klasse G4 gemäß ÖNORM EN 779 vorzusehen.
 - Filter – Bypass – Leckagen verringern den tatsächlichen Wirkungsgrad der Luftfilter, vor allem bei höherwertigen Filtern. Um die hohe Filterqualität aufrechterhalten zu können, ist eine sichere Abdichtung zwischen dem Filtereinsatz und dem Luftfilterrahmen einerseits und dem Luftfilterrahmen und der Innenwand des Lüftungsgerätes andererseits herzustellen.
 - Der Einbau und die Befestigung der Luftfilter müssen so erfolgen, dass ein Wechsel ohne Werkzeug erfolgen kann.

- **Luft/Luft-Wärmetauscher:**
 - Bei einem Wärmeaustauscher mit Kondensatausfall ist zum Auffangen des Kondenswassers eine geeignete Wanne mit Gefälle über die Breite des Wärmetauschers vorzusehen. An niedrigster Stelle ist ein Kondensatablauf anzuordnen und über einen Geruchsverschluss (z.B. Kugelsifon) mit Rücksaugicherung an das Abwassernetz anzuschließen. Die Auffangwanne ist aus korrosionsbeständigem Material herzustellen.
 - Der Einbau und die Befestigung der Luftfilter müssen so erfolgen, dass ein Wechsel ohne Werkzeug erfolgen kann.

- **Steuerung und Regelung:**
 - Eine Anzeige der aktuellen elektrischen Leistungsaufnahme für die Geräteeinheit wird empfohlen.

- **Leistungsanforderungen an mechanische Zuluft- und Abluftgeräte:**
 - Als Mindestanforderung für die interne und externe Leckage ist ein Grenzwert von 3% des größten deklarierten LuftVolumenstromes einzuhalten.

- **Luftleitungen:**
 - Luftleitungen müssen aus mechanisch beanspruchbaren Materialien hergestellt werden. Sie müssen innen abriebfest, glatt und korrosionsbeständig sein, und dürfen mit Ausnahme der Schalldämpfer keine sorptionsfähigen Oberflächen enthalten. Gemauerte oder mit freiliegendem Dämmmaterial ausgekleidete Luftleitungen sind unzulässig. Als glatt sind sie dann anzusehen, wenn die maximale Rautiefe des verwendeten Materials 0,15 mm nicht übersteigt (z.B. verzinktes Stahlblech).
 - Für die Ausführung der Luftleitungen wird die Brennbarkeitsklasse A2 gemäß ÖNORM EN 13501-1 empfohlen.
 - Luftleitungen müssen aus energetischen Gründen mindestens der Dichtheitsklasse C gemäß ÖNORM EN 12237 entsprechen.
 - Die Verwendung von dünnwandigen Folienschläuchen (Aluminium- oder PVC-Mantel mit Drahtspirale) ist aus Gründen der erforderlichen Reinigbarkeit nicht zulässig. Die Verwendung von flexiblen Aluminiumrohren ist weitestgehend zu

vermeiden und nur für Anschlüsse an Luftdurchlässe bis zu 300 mm gestreckter Länge oder für die Schalldämpfung bis zu 1000 mm Länge zulässig, sofern die Reinigbarkeit oder Austauschbarkeit gewährleistet ist.

Montage

- **Voraussetzungen für Montagebeginn:**
 - Die Termin- und Ablaufplanung für die Montage der Lüftungstechnischen Anlage im Zusammenhang mit den bauseitigen Arbeiten hat so zu erfolgen, dass keine durch Verschmutzung verursachten Mehrfacharbeiten auftreten.
 - Für die Lagerung müssen trockene, besenreine Räume zur Verfügung stehen.
 - Vor Beginn der Montagearbeiten der Lüftungstechnischen Anlage sind die Räume zu reinigen (besenrein). Der Terminplan ist so zu erstellen, dass die Komplettierung der Lüftungstechnischen Anlage nach Abschluss staubverursachender Arbeiten erfolgt.
- **Luftleitungen:**
 - Werden Luftleitungen in Teilabschnitten montiert, sind diese nach Teilfertigstellung zur Vermeidung von Verschmutzung an den Ein- und Austrittsöffnungen staubdicht zu verschließen.
- **Kondensatabfluss:**
 - Im Zuge der Inbetriebnahme des Lüftungsgerätes ist die einwandfreie Funktion des Kondensatabflusses zu überprüfen und sicherzustellen.
- **Luftdurchlässe:**
 - Um Verschmutzungen zu vermeiden, sind die Öffnungen der Luftdurchlässe bis zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme zu verschließen.

Vollständigkeitsprüfung, Inbetriebnahme und Übergabe

- **Inbetriebnahme:**
 - Vor Inbetriebnahme ist zumindest eine Vollständigkeitsprüfung gemäß ÖNORM EN 14134 vorzunehmen. Lüftungsgeräte dürfen nur mit neuwertigen Luftfiltern in Betrieb genommen werden. Über die Inbetriebnahme ist ein Protokoll anzufertigen, in dem alle nachstehend beschriebenen Vorgänge dokumentiert sind.

Wartung und Reinigung

- **Zu-/Abluftgerät:**
 - Um die Funktion der Luftfilter während des Betriebes sicherzustellen, ist in regelmäßigen Abständen eine Überprüfung vorzunehmen. Bei auffälliger Verschmutzung oder Leckagen sowie bei Überschreitung der zulässigen Enddruckdifferenz oder bei Erreichen des zeitlichen Intervalls zur Auswechslung sind die Luftfilter auszutauschen. Bei Einsetzen neuer Luftfilter

ist auf den luftdichten Abschluss zwischen Filterrahmen und Einbauwand zu achten.

- Wärmetauscher und deren Zubehör sind hinsichtlich Verschmutzung, Korrosion und Beschädigung sowie Dichtheit augenscheinlich zu überprüfen und bei Bedarf zu reinigen und erforderlichenfalls instand zu setzen.
- Die Ventilatoren sind auf Verschmutzung, Beschädigung und Korrosion zu überprüfen und bei Bedarf zu reinigen oder instand zu setzen.

- **Komponenten der Anlage:**

- Die Komponenten der Anlage sind periodisch auf Verschmutzung, Beschädigung und Korrosion zu prüfen und erforderlichenfalls instand zu setzen.
- Luftdurchlässe weisen an ihrer Sichtfläche nach längerem Betrieb Feststoff-Ablagerungen auf, die bei Bedarf zu entfernen sind.
- Bei der Überprüfung und Reinigung ist sicherzustellen, dass die Funktionstüchtigkeit und die Einstellungen an den Komponenten erhalten bleiben.

ÖNORMEN H 6021 und H 6024

Brandschutz

- **Brandlast durch Verunreinigungen und Ablagerungen im Abluftleitungsnetz:**

- Durch die, in den Abluftleitungen ohne Abluftfilter, festgestellten Verunreinigungen (z.B. Seifen und Fette) kommt es zu Ablagerungen, die eine relevante Brandlast darstellen. Dadurch besteht die Möglichkeit einer Schwellbrandausbreitung ausgelöst durch z.B. entzündete Küchenfette.

Empfehlung:

Aus Sicht des Projektteams sollten hier weiterführende Untersuchungen durch die beiden Brandschutz technischen Prüfstellen in Wien und Linz, in Abstimmung und Rücksprache mit den zuständigen Normungsgremien, vorangetrieben werden.

H 6021

Wartung und Reinigung

- **Reinigungsintervalle:**

- Für die Einhaltung der Sauberkeitsqualitätsklasse „mittel“ gem. ÖNORM EN 15780 bei Übergabe und im Betrieb.

Empfehlung:

Die für die Klasse „mittel“ angegebenen Grenzwerte der Stauboberflächendichte sind in der Praxis durch Einhaltung der Filteranforderungen, Reinhaltungsmaßnahmen, sowie Inspektion und Reinigung in den vorgeschlagenen Intervallen erreichbar.

Tabelle 19: Empfohlene Reinigungsintervalle

	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

ÖNORM EN 13779

Anforderungen an die Luftleitungen

- **Schrauben und Nieten:**

- Bei den untersuchten Anlagen wurden sehr häufig weit in die Luftleitungen einstehende Schrauben vorgefunden. Diese erschweren eine mechanische Reinigung und Austauschbarkeit Luftleitungen. Bei den untersuchten Anlagen zeigte sich das dieser Ausführungsstandard noch immer gängige Praxis ist, obwohl keine Erfordernis für die Verschraubung von Wickelfalzformstücken besteht.

Empfehlung:

Die Verwendung von Schrauben, die in den Querschnitt hineinragen ist grundsätzlich zu vermeiden.

OIB-Richtlinie 6

- In der aktuellen Fassung der OIB-Richtlinie 6, Ausgabe 2011, wird unter Punkt 11.2 auf die SFP-Werte (Specific Fan Power - spezifische Leistungsaufnahme der Ventilatoren für Zu- bzw. AbluftVolumenstrom) in der ÖNORM H 5057 verwiesen. Diese SFP-Werte setzen saubere Filter und trockene Bauteile voraus. Aufgrund der Projektergebnisse hat sich gezeigt das diesbezüglich ein Bedarf für die Überarbeitung der ÖNORM H 5057, Tabelle 2, SFP Kategorien geben ist.

Empfehlung:

Bei der Überarbeitung der SFP-Werte ist besonderes Augenmerk auf die, vom Anlagenalter und von der Wartungssorgfalt beeinflussten, unterschiedlichen Druckzuständen (zunehmender Filterbelegung, Undichtheiten im Luftleitungsnetz etc.) zu legen

6.1.2 Empfehlungen an Entscheidungsträger, Planer und Ausführende

Aufbauend auf die Projektergebnisse und Schlussfolgerungen, wurden Empfehlungen für die wesentlichen Zielgruppen in der Konzeptionierung, Planung, Umsetzung und im Betrieb formuliert.

Diese finden sich im **Anhang A 2**. Sie wurden für die Anwendung in großvolumigen Wohngebäuden konzipiert, können jedoch auch sinngemäß für kleinvolumige Wohngebäude bzw. reine Abluftanlagen angewendet werden.

Es handelt sich dabei um die folgenden drei Werkzeuge für die Praxis:

Merkblatt für Bauträger

Das Merkblatt gliedert sich in drei inhaltliche Abschnitte:

- Raumlufthygiene und Reinigungserfordernisse
- Auswirkung der Anlagenkonfiguration auf die Hygiene und Reinigbarkeit
- Prüfung des Hygienezustandes und die Reinigungsdurchführung

In den jeweiligen Kapiteln wurden für Bauträger und Investoren relevante Fragestellungen erläutert und mit klaren Empfehlungen praxistauglich beantwortet

Checkliste für Lüftungsplaner und Ausführende

Die erarbeitete Checkliste für Lüftungsplaner und Ausführende ist für die Anwendung in großvolumigen Wohngebäuden konzipiert worden.

Ergänzend zu Hintergrundinformationen gliedert es sich in die folgenden Themenbereiche:

- Sauberkeit und Reinhaltung
- Geeignete Materialien und Formen der Luftleitungen
- Dichtheit der Luftleitungen
- Ausführung des Luftleitungssystems
- Zusätzliche Anforderungen an Außenluft- und Fortluftleitungen
- Außenluft- und Fortluftdurchlässe für dezentrale Anlagen
- Integration dezentraler Geräte
- Anforderungen an dezentrale Geräte
- Ausführung von Lüftungszentralen
- Anforderungen an zentrale Lüftungsgeräte und periphere Komponenten in Anlehnung an RLT-Richtlinie 01
- Abnahme und Inbetriebnahme
- Betriebsweise
- Dokumentation
- Wartung und Reinigung

Die Anforderungen in der Checkliste können für die Konkretisierung funktionaler Ausschreibungen bzw. Qualitätsbeschreibungen bestimmter Produkte, sowie die Planungs- und Ausführungsoptimierung, verwendet werden.

Infoblatt für Reinigungsfirmen

Das erarbeitete Infoblatt für Reinigungsfirmen ist für die Anwendung in großvolumigen Wohngebäuden konzipiert worden.

Neben den Folgerungen aus den Studienergebnissen und Quellen bzw. Arten der Verunreinigungen, werden die Auswirkungen von Verunreinigungen und die Feststellung des Reinigungsbedarfes sowie die Umsetzung detailliert beschrieben:

- Reinigungsvoraussetzungen
- Reinigungsmethoden
 - Mechanische Bürstenreinigung
 - Druckluftreinigung
 - Mikrofaser-Feuchtreinigung
 - Manuelle Reinigung
- Anwendung der Methoden
- Reinigungsabläufe
 - vertikale Luftleitungen
 - horizontale Luftleitungen
 - baumförmige Verrohrung
 - sternförmige Verrohrung
- Reinigungskosten

Folgende Potentiale und Empfehlungen wurden aus den Projektergebnissen sowie Praxiserfahrungen des Projektteams für weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Bereich der Komfortlüftungssysteme abgeleitet.

Vorrangig betrifft dies die Bereiche der

- erforderlichen baulichen Vorkehrungen
 - Wartungsöffnungen:
Mit welchem Einfluss und in welcher Ausführung beeinflussen Wartungsöffnungen die Langzeithygiene und Funktionstauglichkeit bzw. Effizienz eines Lüftungssystems?
 - Zugänglichkeit:
Welche Möglichkeiten gibt es für die Planung und Ausführung von Installationsschächten und Luftleitungsführungen?
 - reinigungsfreundliche Ausführung:
Können durch eine fokussierte reinigungsfreundliche Planung, Ausschreibung und Ausführung des Lüftungssystems die Reinigungs- und Instandhaltungskosten spürbar reduziert werden?

- Gebäudeluftdichtheit:

Mit welchen Verschlechterungen ist hinsichtlich der Gebäudeluftdichtheit über die Nutzungsdauer zu rechnen?

Langzeitverhalten der eingesetzten Materialien, Abklebungen und Dichtstoffe, hinsichtlich der Luftdichtheit?

Welchen Einfluss hat die Gebäudedichtheit auf die Langzeithygiene und Funktionstauglichkeit bzw. Effizienz eines Lüftungssystems?
- Lüftungssysteme
 - Dichtheit der Luftleitungen und des gesamten Lüftungssystems

Mit welchen Verschlechterungen ist hinsichtlich der Dichtheit bei Luftleitungen bzw. des gesamten Lüftungssystems zu rechnen?

Welchen Einfluss hat die Dichtheit der Luftleitungen und des gesamten Lüftungssystems auf die Langzeithygiene und Funktionstauglichkeit bzw. Effizienz eines Lüftungssystems?
 - SFP (Specific Fan Power, Spezifische Ventilatorleistung):

Welche SFP-Zuschläge bzw. –Abschläge sind, beeinflusst von dem Anlagenalter und von der Wartungssorgfalt, aufgrund unterschiedlichen Druckzuständen (zunehmender Filterbelegung, Undichtheiten im Luftleitungsnetz etc.) zu berücksichtigen?
- Wartungsanforderungen
 - Langzeithygiene:

Wie schauen die hygienischen Zustände bei Bestandsanlagen > 15 Jahre aus?
 - Betriebssicherheit (Brand- und Rauchschutz):

Welchen Einfluss haben Ablagerungen in den Luftleitungen für den Brand- und Rauchschutz?

Stellen unterschiedliche hohe Ablagerungsmengen in Luftleitungen, unterscheidbare Gefährdungen dar?

Durch welche Quellen kann es zur Entzündung der Ablagerungen in den Luftleitungen kommen?

7 Literaturverzeichnis

AD-HOC AG (2008): Ad-hoc-Arbeitsgruppe (2008): Gesundheitliche Bedeutung von Feinstaub in der Innenraumluft. Mitteilungen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe. Innenraumrichtwerte der Innenraumluftthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 2008, 51:1370-1378.

AK QS (2004): Arbeitskreis Qualitätssicherung – Schimmelpilze in Innenräumen (2004): Schimmelpilze in Innenräumen – Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement. Herausgeber: Landes-Gesundheitsamt Baden-Württemberg, überarbeitete Fassung.

AK IRL (2010): AK Innenraumluft am BMLFUW (2010): Positionspapier zu Schimmelpilzen in Innenräumen, veröffentlicht am 11.11.2004, aktualisiert 2010.

www.Innenraumanalytik.at/Newsletter/posschipi.pdf

BLGL (2007): Verhalten, Vorkommen und gesundheitliche Aspekte von Feinstäuben in Innenräumen. Bayrisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit. Schriftenreihe zur Umweltmedizin, Band 17

DIN (1997): DIN 10113-3 (1997): Bestimmung des Oberflächenkeimgehaltes auf Einrichtungs- und Bedarfsgegenständen im Lebensmittelbereich — Teil 3: Semiquantitatives Verfahren mit Nährbodenbeschichteten Entnahmeverrichtungen (Abklatschverfahren)

GAMS (1998): Gams J: Schimmelpilze in Innenräumen; Umwelt & Gesundheit Heft 4/1998, 9. Jahrgang

GREML (2004): Greml et al., Technischer Status von Wohnraumlüftungen, Evaluierung bestehender Wohnraumlüftungsanlagen bezüglich ihrer technischen Qualität und Praxis-tauglichkeit

[HOCHSCHULE LUZERN 2012]: Hochschule Luzern – Technik und Architektur „Hygienezustand von raumlufttechnischen Anlagen in der Schweiz“, vom 26.07.2012

HUTTER (2005): Hutter H-P, Moshammer H, Wallner P, Ganglberger E, Geissler S, Twrdik F, Wenisch A, Tappler P (2005): Auswirkungen energiesparender Maßnahmen im Wohnbau auf die Innenraumluftqualität und Gesundheit. Veränderungen der Innenraumluftqualität im Zusammenhang mit energiesparenden Maßnahmen im Wohnbau und ihre Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit: Bestimmung von Handlungsbedarf auf der Basis von Forschungsergebnissen und Erfahrungsberichten. Endbericht. Forschungsvorhaben F 1469

ISO (2009): ISO/CD 16000-17 (2009): Indoor air - Part 17: Detection and enumeration of moulds – Culture based method, Draft

JUNG (2010): Mündliche Quelle: DI Patrick Jung, Ingenieurbüro P. Jung in Köln, Visiting Professor an der Donau-Universität Krems, Department für Bauen und Umwelt, 2010

KAPFERER (2011): Kapferer et. al., Evaluierung von zentralen bzw. semizentralen Wohnraumlüftungen, Klima+Energiefonds, Energie der Zukunft Endbericht, 2011, www.komfortlueftung.at/fileadmin/komfortlueftung/MFH/01_815594_Evaluierung_WRL_MFH_Endbericht_Dezember2010_final_v1.2.pdf

KOMFORTLÜFTUNG (2011): Verein Komfortlüftung, 60 Qualitätskriterien für Wohnraumlüftungen im Mehrfamilienhaus: V1.0: 25.02.2011

KOMFORTLÜFTUNG (2013): www.komfortlueftung.at, Zugriff am 10.September 2013

LANG 2013: Ing. Günter Lang, Lang Consulting, www.passivhaus-datenbank.org, pers. Mitteilung (2013)

LUZERN (2012): Hochschule Luzern – Technik und Architektur: Hygienezustand von raumluftechnischen Anlagen in der Schweiz, Luzern, 2012

ÖNORM EN 1507: 2006-06-01 Lüftung von Gebäuden - Rechteckige Luftleitungen aus Blech - Anforderungen an Festigkeit und Dichtheit

ÖNORM EN 1751:1999-01-01 Lüftung von Gebäuden - Geräte des Luftverteilungssystems – Aerodynamische Prüfungen von Drossel- und Absperrelementen

ÖNORM EN 12237:2003-07-01 Lüftung von Gebäuden – Luftleitungen - Festigkeit und Dichtheit von Luftleitungen mit rundem Querschnitt aus Blech

ÖNORM EN 12599:2012-12-15 - Lüftung von Gebäuden - Prüf- und Meßverfahren für die Übergabe eingebauter raumluftechnischer Anlagen.

ÖNORM EN 13180:2002-02-01 Lüftung von Gebäuden – Luftleitungen – Maße und mechanische Anforderungen an flexible Luftleitungen

ÖNORM EN 14134:2004-03-01 – Lüftung von Gebäuden – Leistungsprüfung und Einbaukontrollen von Lüftungsanlagen von Wohnungen

ÖNORM EN 15239:2007-07-01 Lüftung von Gebäuden - Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Leitlinien für die Inspektion von Lüftungsanlagen

ÖNORM EN 15727:2010-10-01 Lüftung von Gebäuden - Luftleitungen und Luftleitungsbauteile - Klassifizierung entsprechend der Luftdichtheit und Prüfung:

ÖNORM EN 15780: 2011-12-01: Lüftung von Gebäuden – Luftleitungen – Sauberkeit von Lüftungsanlagen

ÖNORM H 5057:2011-03-01 Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Raumluftechnik-Energiebedarf für Wohn- und NichtWohngebäude

ÖNORM H 6021: 2003-09-01 Lüftungstechnische Anlagen - Reinhaltung und Reinigung

ÖNORM H 6038: 2013-07-04 Lüftungstechnische Anlagen - Kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen mit Wärmerückgewinnung - Planung, Montage, Prüfung, Betrieb und Wartung

ÖNORM M 7140: 2013-07-01 Betriebswirtschaftliche Vergleichsrechnung für Energiesysteme nach dynamischen Rechenmethoden

PASANEN (2007): Pasanen et al., "Cleanliness of ventilation systems, VDI e.V. Gesellschaft für technische Gebäudeausrüstung und FGK Fachinstitut Gebäude-Klima e.V., REHVA Guidebook No 8, 2007

PASSAWA (2011): Passawa et al., Passivhaus der Zukunft-Akademie: , Berichte aus Energie- und Umweltforschung 62/2011, http://www.hausderzukunft.at/hdz_pdf/berichte/endbericht_1162_passivhaus_der_zukunft_akademie.pdf

SCHÖBERL (2011): Schöberl Helmut, Hofer Richard: Reduktion der Wartungskosten von Lüftungsanlagen in Plus-Energiehäusern, Projektbericht im Rahmen des Programms Haus der Zukunft, Wien 2011

SEIDL (2011): Seidl, Hans Peter (Lehrstuhl für Mikrobiologie an der Technischen Universität München), Vortrag auf der Fachtagung für biogene Schadstoffe und Gesundheit, Berlin, September 2011

SFS (2011): SFS 2011:338 Funktionskontrolle von Lüftungsanlagen, Schweden

STATISTIK (2011a): Statistik Austria: „Jahresdurchschnittspreis und Steuern für die wichtigsten Energieträger 2011“ für elektrischer Strom (Haushalte), www.statistik.at/web_de/static/jahresdurchschnittspreise_und_steuern_2011_fuer_die_wichtigsten_energietr_068760.pdf (abgerufen am 12.04.2013, 10:17)

STATISTIK (2011B): Statistik Austria: „Jahresdurchschnittspreis und Steuern für die wichtigsten Energieträger 2011“ für elektrischer Strom (Haushalte) , Zugriff am 12.04.2013

SWKI VA 104-01:2011 „Hygieneanforderungen an raumluftechnische Anlagen“, Schweiz (entspricht VDI 6022)

TZWL (2009): TZWL e.V - Technischer Bericht Hygieneuntersuchung an Lüftungsanlagen in Wohngebäuden der Wohnbau Westfalen GmbH; Europäisches Testzentrum für Wohnungslüftungsgeräte; Dortmund; 2009

UBA (2004): Stuserhebung betreffend Überschreitungen des IG-L Grenzwertes für PM10 an den Messstellen Eisenstadt, Illmitz und Kittsee im Jahr 2002; Umweltbundesamt GmbH erstellt im Auftrag der Burgenländischen Landesregierung, Wien, Oktober 2004

UBA (2005): Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen. Erstellt durch die Innenraumlufthygienekommission des Umweltbundesamtes, UBA, Dessau 2005

UBA (2005b): Schwebestaub in Österreich; Fachgrundlagen für eine kohärente österreichische Strategie zur Verminderung der Schwebestaubbelastung, Umweltbundesamt GmbH, Bericht BE-277 Wien, Juni 2005

VDI (2008): VDI 4300 Blatt 10 (2008): Messung von Innenraumverunreinigungen. Messstrategien zum Nachweis von Schimmelpilzen in Innenräumen. VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 5: Analysen- und Messverfahren II, Juli 2008

VDI (2011): VDI 6022:2011 Hygiene-Anforderungen an raumluftechnische Anlagen und Geräte, Deutschland

WHO (2006): Air Quality Guidelines. Global update. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. World Health Organisation (WHO), Geneva

www.euro.who.int/InformationSources/Publications/Catalogue/20070323_1

8 Tabellen- / Abbildungsverzeichnis

8.1 Tabellen

Tabelle 1:	Anlagensysteme.....	11
Tabelle 2:	Hygieneklasseneinteilung im PlanungsLeitfaden.....	17
Tabelle 3:	Gebäudekategorien.....	27
Tabelle 4:	Anlagenaufstellung der untersuchten Objekte.....	35
Tabelle 5:	Volumenstrombilanz der untersuchten Wohnung.....	54
Tabelle 6:	Größenfraktionen zur Erfassung der Schwebstaubbelastung: ergänzt nach [UBA 2004].....	66
Tabelle 7:	Bewertungshilfe für kultivierbare Schimmelpilze (nach UBA-Berlin [UBA 2005]).....	70
Tabelle 8:	Erfahrungswerte und Maßnahmen bei Oberflächenuntersuchungen nach VDI-6022-1.....	71
Tabelle 9:	Grenzwerte gemäß IG-L, gültig seit Juli 2001.....	71
Tabelle 10:	Luftgüteleitwerte der WHO.....	72
Tabelle 11:	Sauberkeitsklassen nach ÖNORM EN 15780.....	73
Tabelle 12:	Akzeptable Sauberkeitsgrade für in Betrieb befindliche Luftleitungen nach ÖNORM EN 15780.....	73
Tabelle 13:	Akzeptable Staubansammlungsgrade für neue Luftleitungen nach ÖNORM EN 15780.....	74
Tabelle 14:	Empfohlene bzw. erwartete Reinigungsintervalle.....	100
Tabelle 15:	Spezifische Investitionskosten der definierten Anlagensysteme je m ² Wohnnutzfläche.....	105
Tabelle 16:	Verbrauchsgebundene Kosten der definierten Anlagensysteme je m ² Wohnnutzfläche im ersten Jahr.....	107
Tabelle 17:	Betriebskosten der definierten Anlagensysteme je m ² Wohnnutzfläche....	109
Tabelle 18:	Reinigungskosten der definierten Anlagensysteme je m ² Nutzfläche und durchgeführter Reinigung.....	109
Tabelle 19:	Empfohlene Reinigungsintervalle.....	129

8.2 Abbildungen

Abbildung 1:	Schema einer dezentralen Anlage.....	12
Abbildung 2:	Schema einer semi-dezentralen Anlage.....	12
Abbildung 3:	Schema einer zentralen Anlage.....	13
Abbildung 4:	Schema einer semi-zentralen Anlage.....	13
Abbildung 5:	Baumförmige Verrohrung [KOMFORTLÜFTUNG 2013].....	14
Abbildung 6:	Sternförmige Verrohrung [KOMFORTLÜFTUNG 2013].....	15
Abbildung 7:	Anlagenüberblick nach Lüftungssystem, Anlagenalter, Verteilform und Gebäudeklasse.....	36

Abbildung 8:	Anlagenüberblick nach Filterklasse des Außenluftfilters und Filtersitz	37
Abbildung 9:	Außenluftansaugung neben Fortluftöffnung.....	38
Abbildung 10:	Außenluftansaugung in zu geringer Höhe.....	38
Abbildung 11:	Außenluftansaugung je Wohneinheit über Glasbaustein-Fassade.....	39
Abbildung 12:	Außenluftansaugung neben einer Tiefgaragenabfahrt	39
Abbildung 13:	Außenluftansaugung neben Fallstrangentlüftung.....	40
Abbildung 14:	Nachträgliche unprofessionelle Verlängerung der Außenluftansaugung zur Vermeidung von Geruchsübertragung	40
Abbildung 15:	stark mit Grobschmutz verunreinigtes, erdverlegtes Außenluftrohr.....	40
Abbildung 16:	Außenluftschaft (vergessene Schalung)	41
Abbildung 17:	Außenluftansaugung EWT: EWT Rohr aus PE (DN 300)	41
Abbildung 18:	Staubablagerung im Kompaktgerät	41
Abbildung 19:	dichter Filtersitz	42
Abbildung 20:	Taschenfilter 1. Filterstufe, Filtereinbausituation.....	42
Abbildung 21:	Filter falsch positioniert.....	43
Abbildung 22:	Filter richtig positioniert.....	43
Abbildung 23:	Ablagerungen von Rauchinhaltsstoffen im Lüftungsgerät	44
Abbildung 24:	Strömungsgünstige und reinigungsfreundliche Ausführung mit 45°-Abzweiger	44
Abbildung 25:	Blick ins Lüftungsgerät einer Raucherwohnung	45
Abbildung 26:	Abklebung	45
Abbildung 27:	Zuluftleitung vor Zuluftdurchlass.....	45
Abbildung 28:	Abluftleitung nach Abluftdurchlass.....	46
Abbildung 29:	Zuluftleitung vor Zuluftdurchlass.....	46
Abbildung 30:	Zuluftleitungen mit akzeptabler Sauberkeit	47
Abbildung 31:	Staub- und Flusenablagerungen in den Abluftleitungen nach mehrjährigem Betrieb.....	47
Abbildung 32:	Abluftleitung einer Raucherwohnung	48
Abbildung 33:	Flusenfilter bei Abluftdurchlass.....	48
Abbildung 34:	Revisionsöffnungen.....	49
Abbildung 35:	Abluftleitung mit hängengebliebener, offener Klappe (von Gerät aus kommend)	49
Abbildung 36:	Abluftleitung mit geschlossener Klappe	49
Abbildung 37:	Abluftleitung, Schalldämpfer	50
Abbildung 38:	Abluftleitung, Schalldämpfer	50
Abbildung 39:	Abluftleitung, vor Abzweiger	50
Abbildung 40:	Abluftventil Küche.....	50
Abbildung 41:	Abluftleitung Küche	50
Abbildung 42:	Abluftleitung, Badezimmer.....	51

Abbildung 43:	Abluftventil Badezimmer	51
Abbildung 44:	Zuluftleitung, Abzweiger	51
Abbildung 45:	Abluftleitung, Blick auf Irisblende	51
Abbildung 46:	Volumenstrombilanz der untersuchten Wohnungen	53
Abbildung 47:	Volumenstrom bei 50 Pa	56
Abbildung 48:	Effektive Leckagefläche bei 50 Pa.....	57
Abbildung 49:	60	
Abbildung 49:	Anlagenüberblick nach Nutzerverhalten; Raucherhaushalt und Haustiere..	60
Abbildung 50:	Anlagenüberblick nach Nutzerverhalten; Anlagenbetrieb.....	60
Abbildung 51:	Anlagenüberblick nach Nutzerzufriedenheit.....	61
Abbildung 52:	Evaluierung der Nutzerzufriedenheit mit der Lüftungsanlage	62
Abbildung 53:	Evaluierung der Nutzerzufriedenheit mit der Luftqualität.....	62
Abbildung 54:	Mesophile Pilzsporen – Typische Konzentrationsverhältnisse	75
Abbildung 55:	Mesophile Pilzsporen, Rel. ZUL-Konzentration bezogen auf die AUL.....	76
Abbildung 56:	Mesophile Pilzsporen, Rel. ZUL-Konzentration bezogen auf die AUL.....	77
Abbildung 57:	Feinstaub – Typische Konzentrationsverhältnisse	78
Abbildung 58:	Feinstaub – Rel. ZUL-Konzentration bezogen auf die AUL.....	79
Abbildung 59:	Feinstaub – Rel. ZUL-Konzentration bezogen auf die Raumluft	79
Abbildung 60:	Mikrobiologische Oberflächenuntersuchung, AUL-Filter (Reinluftseite)	80
Abbildung 61:	AUL-Filter (Reinluftseite)	81
Abbildung 62:	Mikrobiologische Oberflächenuntersuchung, ZUL-Filter (Reinluftseite).....	81
Abbildung 63:	ZUL-Filter (Reinluftseite)	82
Abbildung 64:	Mikrobiologische Oberflächenuntersuchung, ZUL-Leitung nach Filter	82
Abbildung 65:	ZUL-Leitung nach Filter	83
Abbildung 66:	Mikrobiologische Oberflächenuntersuchung, ZUL-Leitung vor Luftdurchlass	83
Abbildung 67:	ZUL-Leitung vor Luftdurchlass.....	84
Abbildung 68:	Mikrobiologische Oberflächenuntersuchung, ABL-Leitung nach Luftdurchlass.....	84
Abbildung 69:	ABL-Leitung nach Luftdurchlass	85
Abbildung 70:	Zusammenfassende Darstellung der mikrobiologischen Oberflächenuntersuchungen	85
Abbildung 71:	Zusammenfassende Bilder der Probenentnahmenstellen.....	86
Abbildung 72:	Staubansammlung – ZUL-Leitung nach Filter.....	88
Abbildung 73:	ZUL-Leitung nach Filter	88
Abbildung 74:	Staubansammlungsgrad – ABL-Leitung nach Luftdurchlass.....	89
Abbildung 75:	ABL-Leitung nach Luftdurchlass.....	89
Abbildung 76:	Staubansammlungsgrad – ZUL-Leitung vor Luftdurchlass (NEUANLAGEN)	91

Abbildung 77:	negatives Beispiel der Lagerung.....	92
Abbildung 78:	Staubschutzkappe.....	92
Abbildung 79:	nicht zulässige „Schalldämm-Folienschläuche“, Innen- und Außenansicht.....	93
Abbildung 80:	nicht zulässige Folienschläuche, Innen- und Außenansicht.....	93
Abbildung 81:	vorteilhafte Formstücke mit (doppelter) Lippendichtung.....	93
Abbildung 82:	stichprobenartige Leckagemessung einzelner Luftleitungsabschnitten.....	94
Abbildung 83:	vorteilhafte Verwendung von 45°- Bögen und 45°-Abzweigern.....	94
Abbildung 84:	Unzählige Schrauben und beginnende, sichtbare Flusenanhftung	95
Abbildung 86:	Typische Ablagerungen in Abluftleitungen nach mehrjährigem Betrieb.....	98
Abbildung 87:	Durchmesser unterschiedlicher Partikel, Quelle: Fa. Trotec	99
Abbildung 88:	Spezifische Investitionskosten der definierten Anlagensysteme je m ² Wohnnutzfläche.....	106
Abbildung 89:	Betriebskosten der erhobenen Anlagen und aus der Literatur	108
Abbildung 90:	Zusammenfassung Verbrauchs- und Betriebskosten sowie Reinigungskosten.....	110
Abbildung 91:	Lebenszykluskosten in [€/m ²] für Szenario 1 nach einem Betrachtungszeitraum von 30a	112
Abbildung 92:	Lebenszykluskosten [€/m ²] für Szenario 2 nach einem Betrachtungszeitraum von 30a	113
Abbildung 93:	Lebenszykluskosten [€/m ²] für Szenario 3 nach einem Betrachtungszeitraum von 30a	114
Abbildung 94:	Gegenüberstellung der Lebenszykluskosten [€/m ²] Zentrale Anlage 2, Dezentrale Anlage 2 und Abluftanlage	115

Anhang

A 1. Merkblatt für Bauträger

A 2. Checkliste für Lüftungsplaner und Ausführende

A 3. Infoblätter zur Lüftungsreinigung

A 4. Handout öffentlicher Workshop