

Bericht

Horw, 1. November 2014
Seite 1/44

Hygieneuntersuchungen in der Komfortlüftung für energieeffiziente Gebäude

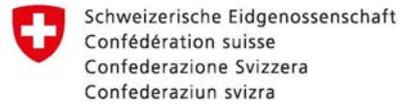


Horw, 1. November 2014

Seite 3/44

Bericht – Hygieneuntersuchungen in der Komfortlüftung für energieeffiziente Gebäude

Die Studie wurde unterstützt von:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Bundesamt für Gesundheit BAG



Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt des Kantons Basel-Stadt
Amt für Umwelt und Energie



Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion
des Kantons Bern



Amt für Wirtschaft und Arbeit
Energiefachstelle



Kanton Basel-Landschaft
Bau- und Umweltschutzdirektion
Amt für Umweltschutz und Energie

Beteiligte Vereine



Executive Summary

Unsicherheiten zum Thema Hygiene in Komfortlüftungen sitzen tief und sind schwer zu entkräften. Sowohl Laien als auch Fachleute diskutieren leidenschaftlich über diese recht komplexe Thematik. Viele unverifizierte Thesen und Behauptungen kursieren in Zeitschriften und Internetforen. Im Rahmen einer Messkampagne wurden 50 Komfortlüftungen in energieeffizienten Einfamilienhäusern hygienisch untersucht und die Anlagenbetreiber über Betriebs- und Wartungsstrategie befragt. Die Ergebnisse wurden statistisch ausgewertet, damit Status quo und Empfehlungen zum Thema „Hygiene in Komfortlüftungen“ hergeleitet werden können. Die vorliegende Studie ist als eine erste Untersuchung zu betrachten und die Ergebnisse als nicht abschliessend zu verstehen.

Die Hygieneinspektion lehnte sich stark an die Vorgaben der schweizerischen Hygienerichtlinie SWKI VA104 sowie an die Methodik aus einer früheren Hygienestudie [Ganz et al., 2012] an. Neben mikrobiologischen Untersuchungen stützt sich die vorliegende Studie auf den Ergebnissen einer technisch-optischen Kontrolle der hygienisch relevanten Komponenten des Lüftungssystems und auf Aussagen des Betreibers. Anlässlich eines Aufrufs zur Projektteilnahme meldeten sich über 300 Interessenten. Die Stichprobe wurde gemäss einem vordefinierten Auswahlverfahren auf 50 Objekte reduziert. Dabei wurde geachtet, dass nicht nur „Musterschüler“ sondern auch Mittelfeldanlagen und „worst cases“ mit berücksichtigt werden (Auswahlgrundlage: angegebenes Intervall für den Filterwechsel).

Wie bereits in einer früheren Studie festgestellt, ist die Problematik „Zugänglichkeit“ in Wohngebäuden nicht so akut, wie in Nicht-Wohngebäuden. Abgesehen von Einzelfällen waren alle hygienerelevanten Komponenten für die technisch-optische Untersuchung gut zugänglich. Der Einsatz von richtlinien-konformen Filtern bleibt aber auch im Einfamilienhausbereich ein signifikantes Problem. Denn, ein Drittel der untersuchten Anlagen hatte einen Zuluftfilter mit einer zu niedrigen Filterklasse. Nicht zuletzt könnte eine nicht normkonforme Vorgabe des Herstellers die Ursache dafür sein. Dennoch ist der Hygienezustand gemäss visueller Kontrolle in den meisten Fällen „gut“ bis „sehr gut“. Ob die Wärmerückgewinnung mit einer Übertragung von Feuchte begleitet wird, hat keinen belegbaren Einfluss auf den generellen Hygienezustand im Lüftungssystem. Ein häufig beobachteter Mangel war aber die Position des Aussenluftdurchlasses: 36% der Aussenluftansaugungen erfüllten die Anforderung der SIA 382/1 bzw. des SIA Merkblattes 2023 betreffs einer Mindesthöhe von 0,7 m nicht. 16% waren sogar in den Boden versenkt, was aus hygienischer Sicht unzulässig ist. Bei den 50 Anlagen waren 16 mit einem Erdluftregister ausgerüstet. Drei davon wurden wegen Staubansammlung beanstandet. An keiner konnten aber weitere Verschmutzungen wie Biofilm oder Schimmelpilzbefall mit der Endoskop-Kamera festgestellt werden.

Bei der Befragung kam es zum Ausdruck, dass die Zufriedenheit bei den Raumnutzern hoch war. Besonders attraktiv wirkte die Aussicht auf Energieeinsparung dank Energierückgewinnung und die staubfreie Luft. Bei 25 Anlagen lag aber der Aussenluftvolumenstrom, gemäss SIA-Vorgaben von 30 m³/h pro Person, zu tief.

80% der Betreiber geben an, im Rahmen der Inbetriebnahme unterwiesen gewesen zu sein. Ein Wartungskonzept hat aber nur etwa die Hälfte der Befragten. Häufig dienen dabei die Vorgaben des Herstellers als Grundlage. Ein Fünftel lässt die Wartung lieber durch einen externen Dienstleister (i.d.R. im Rahmen eines Servicevertrags) erledigen. Ein Fünftel macht die Wartung selbst.

Die wichtigsten Empfehlungen im Projekt waren, neben dem Einsatz von SWKI-konformen Luftfiltern und deren regelmässigen Austausch, die Vorgaben der SIA 382/1 hinsichtlich Aussenluftvolumenstrom einzuhalten. Damit soll gewährt sein, dass CO₂-Konzentration und Luftfeuchte im

Horw, 1. November 2014

Seite 5/44

Bericht – Hygieneuntersuchungen in der Komfortlüftung für energieeffiziente Gebäude

Raum in einem hygienisch zulässigen Bereich bleiben. Da sich tendenziell aus höheren Aussenluftvolumenströmen tiefere Raumluftheuchte einstellt, sollen in der kalten Jahreszeit Massnahmen für die Erhaltung der Raumluftheuchte auf einem gesundheitlich zuträglichen Niveau ergriffen werden.

Wie bereits im Rahmen einer früheren Datenerhebung in Mehrfamilienhäusern festgestellt wurde [Ganz et al., 2012], gehört die Hygieneinspektion nicht systematisch zum Instandhaltungsprogramm bei den Komfortlüftungen. Bei keinem der 50 Häuser wurde bisher eine Hygieneinspektion nach SWKI VA104 durchgeführt, obwohl einige Anlagen seit Erstellung gereinigt werden mussten. Es scheint, dass die Vorteile einer Hygieneinspektion dem Raumnutzer noch nicht genügend bekannt sind. Das vorliegende Projekt und insbesondere die Verbreitung der Ergebnisse sollen hierzu einen dienlichen Beitrag leisten.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung, Motivation, Zielsetzung	8
2. Vorgehensweise	9
2.1. Projektablauf.....	9
2.2. Methodik.....	9
2.2.1. Projektablauf	10
2.2.2. Technisch optische Bewertung	11
2.2.3. Messungen der Luft	12
3. Stichprobe	12
3.1. Herkunft, regionale Aufteilung	12
3.2. Wohnfläche	13
3.3. Anzahl Bewohner.....	13
3.4. Eigentümerverhältnis/Bezug zum Objekt	14
3.5. Anlagenalter.....	15
3.6. Anlagengrösse.....	15
3.7. Wärmerückgewinnungsanlage.....	15
4. Resultate	17
4.1. Anlagenaufbau und Betrieb.....	17
4.1.1. Lage Ansaugung	17
4.1.2. Umfeld Ansaugung.....	17
4.1.3. Höhe Aussenluftansaugung.....	18
4.1.4. Anlagenservice	18
4.1.5. Hygieneinspektion.....	19
4.1.6. Anlagenreinigung	19
4.2. Optisch-technische Untersuchung	20
4.2.1. Anteil nicht einsehbarer Komponenten.....	20
4.2.2. Technisch-optische Bewertung	21
4.2.3. Gründe der Abwertungen.....	21
4.3. Mikrobiologische Untersuchungen.....	22
4.3.1. Erfüllung des Schutzziels	22
4.3.2. Oberflächenkeimbelastung von Komponenten.....	23
4.4. Befragung Anlagenbetreiber	23
4.4.1. Planung Lüftungsanlage	23
4.4.2. Montage Lüftungsanlage	24
4.4.3. Erwartung Betreiber	24
4.4.4. Dokumentation vorhanden?	25
4.4.5. Instruktion bei der Inbetriebnahme	25
4.4.6. Filterwechsel-Rhythmus	26
4.4.7. Eigenbeurteilung Hygienezustand.....	26
4.4.8. Grundlage Beurteilung.....	27
4.4.9. Motivation zur Unterstützung des Projekts	27
4.4.10. Zufriedenheit Komfortlüftung.....	28
4.4.11. Stellenwert Hygienezustand der Anlage	28
4.4.12. Strategie für die Instandhaltung	29
5. Interpretation.....	30
5.1. Luftkeimverhältnis	30
5.2. Unzugängliche Komponenten	31
5.3. Beanstandungen (technisch-optische Untersuchung).....	32

Horw, 1. November 2014

Seite 7/44

Bericht – Hygieneuntersuchungen in der Komfortlüftung für energieeffiziente Gebäude

5.3.1.	Art der Wärmerückgewinnung und Hygienezustand	33
5.3.2.	Erdluftregister und Hygienezustand	34
5.3.3.	Zustand der Abluftleitung	35
5.3.4.	Verhältnis von Zuluft- zu Abluftvolumenstrom	35
5.3.5.	Anforderung Filterklasse nach SWKI VA104-01	36
5.3.6.	Zuluftvolumenstrom und Bewohnerzahl	37
6.	Schlussfolgerungen	39
7.	Literaturverzeichnis	41
8.	Anhang	43
8.1.	Anhang 1: Fragebogen für die Teilnahme an der Studie	43
8.2.	Anhang 2: Auszug der Checkliste für Begehungen	44

1. Einleitung, Motivation, Zielsetzung

Regelwerke, zuvorderst die SIA 180 *Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden*, schreiben kontrollierte Massnahmen für die Abfuhr von Luftschadstoffen und Feuchtigkeit aus den Räumen bei luftdichten Gebäudehüllen vor. Das schweizweit etablierte Qualitätslabel MINERGIE® verlangt deshalb einen automatischen Luftwechsel. Da Komfortlüftungen dank Wärmerückgewinnung höchste Wohnqualität bei geringem Energieverbrauch liefern, wird diese Lösung heute in 95% der Fälle eingesetzt [Kriesi, 2013]. Am Häufigsten werden Komfortlüftungen mit zentralem Lüftungsgerät installiert [Interconnection, 2014].

Eine hygienisch einwandfreie Aussenluftversorgung wird dank solchen Lüftungsanlagen versprochen. In der Öffentlichkeit werden aber immer wieder Stimmen laut, welche dies hinterfragen [Haustechnik, 2012]. Derzeit gibt es aber in der Schweiz keine wissenschaftlich gesicherten Grundlagen, um diese Aussagen/Hypothesen im Einfamilienhausbereich zu erhärten bzw. zu entkräften. Frühere Hygieneuntersuchungen behandelten lediglich raumluftechnische Anlagen in Mehrfamilienhäusern [Ganz et al., 2012].

Ziel der Studie ist es, Grundlagen für die Bewertung des hygienischen Zustands in Komfortlüftungen in der Deutschschweiz zu schaffen. Hiermit sollen Hypothesen und Postulate bestätigt oder widerlegt werden. Im Rahmen einer neutralen, branchenunabhängigen Felduntersuchung wurde eine grössere Anzahl an zentralen Komfortlüftungen in Einfamilienhäusern gemäss einem vordefinierten, anerkannten Verfahren (technisch, optisch, mikrobiologisch) untersucht und der hygienische Zustand beurteilt. Ergänzend zur hygienischen Untersuchung wurde der Stellenwert der Lufthygiene bei den Anlagenbetreibern befragt. Auf Basis dieser Datengrundlage wurde ein Fragenkatalog beantwortet. Zudem wurde auf eine neutrale Kommunikation der Resultate grossen Wert gelegt.

Eine sogenannte Komfortlüftung ist eine Art von Lüftungsanlagen mit der offiziellen Bezeichnung nach [SIA 382/1] „Einfache Lüftungsanlage“ oder „Lüftungsanlage mit Lufterwärmung“. Sie hat die Aufgabe Räume und Gebäude mit der hygienisch notwendigen Aussenluftmenge zu versorgen. Die Luft wird erwärmt (WRG ev mit LE) aber in der Regel nicht aktiv gekühlt oder / und befeuchtet. In dieser Feldarbeit wurden ausschliesslich Komfortlüftungsanlagen mit zentralem Lüftungsgerät in Einfamilienhäusern untersucht, welche mehr als ein Jahr in Betrieb waren.

Die Resultate sollten primär als Arbeitsmaterial und Entscheidungshilfe für die Festlegung der MuKE 2014 und als Entscheidungshilfe für zukünftige Bauherren dienen. Möchte der teilnehmende Hausbesitzer seine Anlage beurteilen (persönliches Ranking), kann er die Resultate aus seinem Hygienebericht mit den anonymisierten Ergebnissen des vorliegenden Berichts vergleichen. Zudem sollte die Studie der Branche helfen, ihre Dienstleistungen im Bereich Wartung und Instandsetzung von Komfortlüftungen bedarfsgerechter und praxisnaher zu gestalten. Zuletzt sollte durch diese Studie der Betreiber zu Thema Hygiene und Instandhaltung sensibilisiert werden. Wie bereits im Rahmen einer früheren Datenerhebung in Mehrfamilienhäusern festgestellt wurde [Ganz et al., 2012], gehört die Hygieneinspektion nicht systematisch zum Instandhaltungsprogramm bei den Komfortlüftungen. Das vorliegende Projekt und insbesondere die Dissemination der Ergebnisse sollen hierzu einen dienlichen Beitrag leisten.

Die vorliegende Studie ist als eine erste Untersuchung zu betrachten und die Ergebnisse als nicht abschliessend zu verstehen.

Die Voraussetzungen für die Durchführung des Vorhabens waren:

Horw, 1. November 2014

Seite 9/44

Bericht – Hygieneuntersuchungen in der Komfortlüftung für energieeffiziente Gebäude

- eine neutrale, wissenschaftlich verfasste Studie zum hygienischen Zustand von Komfortlüftungen in energieeffizienten Einfamilienhäusern ohne Mitarbeit von Unternehmen aus der Gebäudetechnik
- die Studie soll die Erkennung von Trends ermöglichen und eine statistisch gestützte Aussagekraft haben (mindestens 50 individuelle Wohneinheiten, unterschiedliche Produkte, Hinzuziehung von unabhängigen Experten)

Die Studie sollte Antworten auf folgende Fragen liefern:

- Welche Anlagenarten (Anlagenaufbau) sind im Bereich Komfortlüftungen in der Schweiz am häufigsten zu finden? (s. Abs. 3.6, 3.7 und 4.2.2)
- Welche hygienischen Mängel kommen mit welcher Häufigkeit in Komfortlüftungen vor? (s. Abs. 4.2.2, 5.2 und 5.3)
- Welche sind die häufigsten Ursachen, die zu einem Hygienemangel führen? (s. Abs. 4.2.3)
- Welchen Stellenwert hat die Lufthygiene bei den Eigentümern? (s. Abs. 4.4.11)
- Wie gut kennen die Hauseigentümer den hygienischen Zustand ihrer Komfortlüftung und allenfalls die Risiken von vorhandenen hygienischen Mängeln? (s. Abs. 4.4.8)
- Wie organisieren die Eigentümer die Anlagenwartung? (s. Abs. 4.4.6 und 4.4.12)
- Wie oft wurde die Anlage gereinigt? (s. Abs. 4.1.6)
- Wird die Anforderung an die Filterklasse eingehalten? (s. Abs. 5.3.5)
- Gibt es eine Korrelation zwischen Wärmerückgewinnungstyp und Hygienezustand? (s. Abs. 5.3.1)
- Gibt es eine Korrelation zwischen Erdluftregister und Hygienezustand? (s. Abs. 5.3.2)

2. Vorgehensweise

2.1. Projektablauf

Das Projekt bestand im Wesentlichen aus folgenden Arbeitsschritten:

1. Bestimmung von Methodik und Vorgehensweise in Absprache mit Projektteam und Beirat
2. Ausschreibung und Auswahl von 50 Einfamilienhäusern
3. Validierung des Inspektionsverfahrens an zwei bis drei Pilotobjekten
4. Durchführung der Messkampagne und Verfassung der einzelnen Hygieneberichte
5. Datenauswertung und Beantwortung des Fragenkatalogs, Zusammenfassen der Ergebnisse in einem Schlussbericht
6. Öffentlichkeitsarbeit und Vorstellung der Studie am Energieforum Schweiz, November 2014

2.2. Methodik

In Anlehnung an [Ganz et al., 2012] fliessen folgende Aspekte in die Hygieneuntersuchung ein:

- Zugänglichkeit der einzelnen Komponenten

Horw, 1. November 2014

Seite 10/44

Bericht – Hygieneuntersuchungen in der Komfortlüftung für energieeffiziente Gebäude

- qualifizierte Sichtprüfung
- Luftkeim-, Feuchte- und CO₂-Messung
- Betrieb aus der Sicht des Betreibers

Wichtiger Hinweis:

Wegen der Komplexität der mikrobiologischen und chemischen Prozesse in der Lüftungsanlage und deren Abhängigkeit von wechselhaften Randbedingungen wie Aussentemperatur und Luftfeuchte dürfen diese Aspekte nicht einzeln bewertet werden. Um eine fundierte Aussage über Hygienezustand und Risikopotenzial zu machen, soll vielmehr eine gesamtheitliche Betrachtung angestrebt werden. Der Befund ergibt sich dann aus der Summe der einzelnen Beobachtungen, wobei die Gewichtung der einzelnen Faktoren vom Hygieneinspektor zu bestimmen ist.

2.2.1. Projektablauf

Die Anlagenakquisition erfolgte durch die gezielte Anfrage (Mailing mit Fragebogen) von Eigentümern und Architekten von energieeffizienten Einfamilienhäusern. Die Anmeldungen dienten als Grundgesamtheit für die Bildung einer Stichprobe. Auf Basis der Antworten der Eigentümer wurde die Stichprobe gemäss einem vordefinierten, systematischen Verfahren ausgewählt. Bei dieser Selektion wurden sowohl erfolgsversprechende als auch problematische Anlagen mit berücksichtigt, damit die Erhebung ebenso *best and worst cases* umfasst.

Eine Checkliste für die Ortsbegehung und für das Interview der Hausbesitzer wurde beruhend auf der Methodik der Hochschule Luzern aus einem früheren Projekt [Ganz et al., 2012] entworfen und an 3 Pilotanlagen erprobt. Im Interview wurde, neben der Einhaltung der Vorschriften, die Einstellung der Hauseigentümer gegenüber der Reinigung und hygienischen Wartung (Vorurteile, Kosten/Nutzen, Risikobewusstsein, ...) gefragt. Das Ergebnis dieser erweiterten Hygieneinspektion wurde mit den Empfehlungen des Hygieneinspektors in einem Hygienebericht festgehalten, der dem Hauseigentümer ausgehändigt wurde.

Für das Mailing wurde auf eine öffentlich zugängliche Datenbank zurückgegriffen. Anschreiben und Antwortformular (s. *Anhang 1: Fragebogen für die Teilnahme an der Studie*) wurde per Post verschickt. Die Resonanz war mit über 300 Anmeldungen sehr positiv. Die Angaben der Hausbesitzer zu Hersteller, Anlagentyp, Luftvolumenstrom, Wärmeaustauschertyp, etc. wurden zuerst mittels Cross-Checks überprüft bzw. bereinigt, bevor sie in die Datenbank aufgenommen wurden.

Die Studie war für eine Stichprobe von 50 Anlagen ausgelegt. Das Auswahlverfahren erfolgte gemäss Abbildung 1. Dabei ging es primär um die Erhaltung einer homogenen Stichprobe gemäss Relevanz der Kriterien. Insgesamt wurden 52 Anlagen ausgewählt, wobei 2 als Reserven dienen sollten.

Die Hygieneinspektionen wurden durch geschultes Personal (Schulung Kategorie A nach SWKI 104-1 und Unterweisung durch Fachexperten aus dem Beirat) mittels der Begehungs-Checkliste durchgeführt (s. *Anhang 2: Auszug der Checkliste für Begehungen*). Luftproben wurden von einem akkreditierten mikrobiologischen Labor analysiert. Die Daten wurden vom Hygieneinspektor in die Datenbank eingetragen. Nachdem die Ergebnisse aus allen 50 Objekten eingegeben waren, wurde die Datenbank an den Partner Hochschule Luzern zwecks Auswertung und Berichterstattung übergeben.

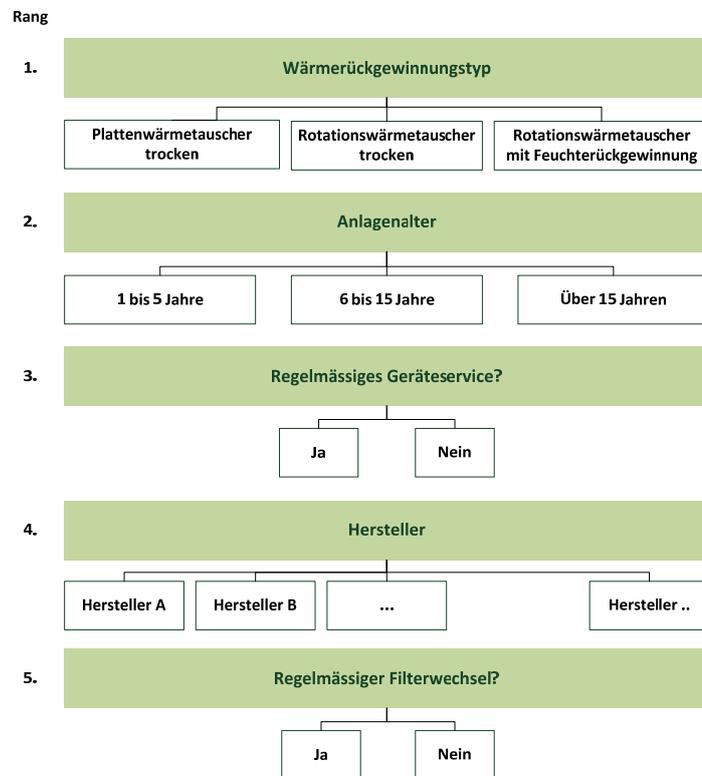


Abbildung 1: Auswahlverfahren bei der Bildung der Stichprobe. Angegeben ist die Priorität der einzelnen Auswahlkriterien.

Für die Datenauswertung wurde am Anfang des Projekts ein Auswertepan mit dem Fachbeirat abgestimmt. Auf dieser Basis wurden die Daten anonym ausgewertet und in dem vorliegenden Bericht graphisch aufgearbeitet.

2.2.2. Technisch optische Bewertung

Die Komponenten des Lüftungssystems wurden durch trainierte Augen einzeln auf ihren Hygienestatus geprüft. Dabei wurde eine Punkteskala von 1 bis 6 verwendet, wobei 1 die beste Belastungspunktezahl war und 6 eine Komponente auszeichnet, die nicht einsehbar war. Ab einer Belastungspunktezahl von 3 liegt ein mangelhafter Zustand vor.

Tabelle 1: Bewertungsregeln für die technisch-optische Beurteilung (in Anlehnung an [Ganz et al., 2012])

Befund	Belastungspunktezahl bzw. Zuschlag
Alles in Ordnung	1
Schmutz/Korrosion	Mind. +1
Beschädigung	Mind. +1
Konstruktive Mängel (z.B. eingeschränkte Zugänglichkeit)	Mind. +1
Innendämmung	+2
Nicht einsehbar	6

2.2.3. Messungen der Luft

Bei jeder Anlage wurden die wesentlichen Parameter der Zuluft und der Aussenluft messtechnisch erfasst. Die Keimmessung erfolgte nach dem Impaktionsverfahren. Hierfür wurde ein kalibrierter Luftkeimsammler vom Typ *MicroBio MB2 Bioaerosol Sampler* des Herstellers Cantium Scientific eingesetzt. Das Probenvolumen für die Messung der Aussenluft und der Raumluft betrug 200 l.

Zur Identifikation wurden verschiedene Nährmedien eingesetzt:

- Caso-Agar (Hersteller: Oxoid) für die Erfassung der aerobe, mesophile Gesamtkeimzahl,
- Dichloran Glycerin DG18-Agar (Hersteller: Oxoid) für die Erfassung der Schimmelpilze.

Die Kultivierung und Auswertung der Proben erfolgten in einem Fachlabor (Swissattest, St. Gallen). Alle Kolonien wurden ausgezählt (Angabe von KBE/Platte) und die Gattungen aufgrund kulturmorphologischer Merkmale bestimmt. Die Berechnung der Bakterien erfolgte durch Subtraktion der Schimmelpilze (ausgezählt auf DG 18) von der Gesamtkeimzahl (auf Caso-Agar).

Die CO₂-Konzentration und die physikalischen Eigenschaft der Luft wurde anhand eines Messgeräts vom Typ Air Quality Monitor der Fa. H+H AG (Messprinzip: nicht dispersive Infrarotmessung) ermittelt.

Im Projekt wurden systematisch in jedem Objekt der Zuluft- und Abluftvolumenstrom erfasst. Die Volumenstrommessung erfolgte durch die Erfassung die Luftgeschwindigkeit in der Kernströmung an einer geraden Strecke unmittelbar vor dem Lüftungsgerät und die Eingabe der Rohrrinnenweite in das Messgerät. Hierfür wurde ein Hitzdrahtanemometer von Typ PCE-009 des Herstellers PCE Instruments eingesetzt.

3. Stichprobe

3.1. Herkunft, regionale Aufteilung

Die Objekte wurden nach Grossregion sortiert um die Herkunft der Daten zu dokumentieren (s. Abbildung 2). Aus organisatorischen und finanziellen Gründen beschränkt sich die Studie auf die deutschsprachige Schweiz. Die Grossregion wurde auf Basis der Postleitzahl der Wohnobjekte ermittelt.

Die Hälfte der untersuchten Objekte befindet sich in der Ostschweiz. Die andere Hälfte stammt jeweils zu 1/3 aus dem Mittelland, der Nordwestschweiz und aus dem Raum Zürich. Zwei Anlagen stammen aus der Zentralschweiz.

Der Anlagenstandort war kein Auswahlkriterium und hat keinen direkten Einfluss auf die Projektergebnisse. Die resultierende Aufteilung ist viel mehr darauf zurückzuführen, dass bereits bei den Anmeldungen (i.e. in der Grundgesamtheit), die Anlagen aus der Ostschweiz stark überrepräsentiert waren.

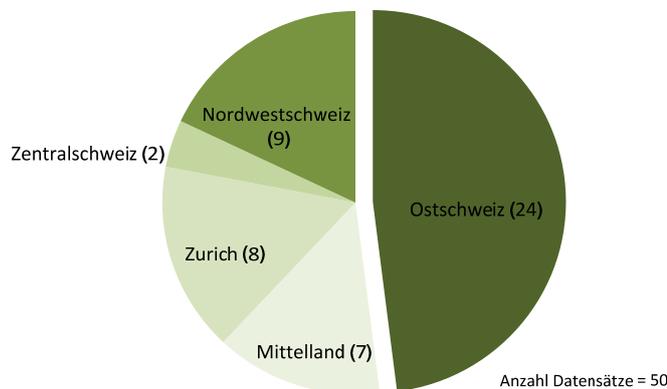


Abbildung 2: Aufteilung der untersuchten Anlagen nach Grossregion

3.2. Wohnfläche

Die Wohnobjekte wurden nach Wohnfläche sortiert. Hierfür wurden drei Kategorien gebildet (s. Abbildung 3).

Mehr als die Hälfte der Wohnungen haben eine Wohnfläche grösser als 200 m² und liegen somit deutlich über den Schweizer Wohnflächendurchschnitt von 99 m² pro Wohnung [BFS, 2014].

Die Wohnfläche hat, ausser bei der Bestimmung des Aussenluftvolumenstroms, keinen direkten Einfluss auf die Projektergebnisse. Deshalb wurde sie bei der Objektauswahl nicht berücksichtigt. Lediglich sollte sich der Aussenluft-Volumenstrom (i.e. die Anlagengrösse) gemäss SIA 382/1 *Lüftungs- und Klimaanlageanlagen – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen* an die geplante Anzahl von Bewohnern bzw. die zu belüftete Geschossfläche orientieren [SIA 382/1].

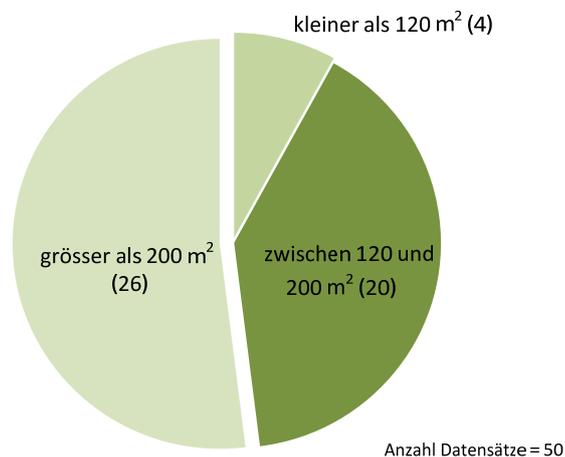


Abbildung 3: Aufteilung der Stichprobe nach Wohnfläche

3.3. Anzahl Bewohner

Die Wohnobjekte wurden nach der Zahl der Bewohner sortiert. Hierfür wurden vier Kategorien gebildet (s. Abbildung 4).

Ca. die Hälfte der Wohnobjekte weist eine Belegungsdichte von 3 bis 4 Personen auf. Der Mittelwert liegt bei 3.8. Diese Zahl liegt über dem Schweizer Durchschnitt von 2.3 Bewohner pro Wohnung [BFS, 2014].

Die Belegungsdichte hat nur einen indirekten Einfluss auf die Projektergebnisse, etwa weil der Aussenluft-Volumenstrom (i.e. die Anlagengrösse) sich an die geplante Anzahl von Bewohnern bzw. nach der Nettogeschossfläche richten muss (s. hygienebedingter Mindestluftwechsel gemäss [SIA 382/1] bzw. [SIA MB 2024]). Die Belegungsdichte war im Auswahlverfahren kein Kriterium.

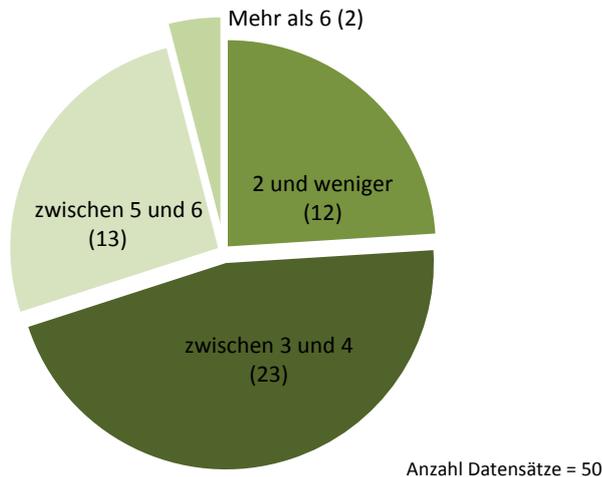


Abbildung 4: Aufteilung nach Belegungsdichte

3.4. Eigentümerverhältnis/Bezug zum Objekt

Abbildung 5 zeigt das Besitzverhältnis von den Bewohnern zum Wohnobjekt. Die Mehrheit der Bewohner waren Bauherren. Zwei Familien haben das Gebäude nach Errichtung gekauft. Eine Familie lebt im Mietverhältnis. Das Besitzverhältnis war kein Auswahlkriterium und hat keinen direkten Einfluss auf die Projektergebnisse. Es ist aber ein guter Indikator, in wie weit die gegenwärtigen Bewohner bei der Planung und der Gestaltung des Wohnobjekts und der darin enthalten Gebäudetechnik hinzu-gezogen wurden.

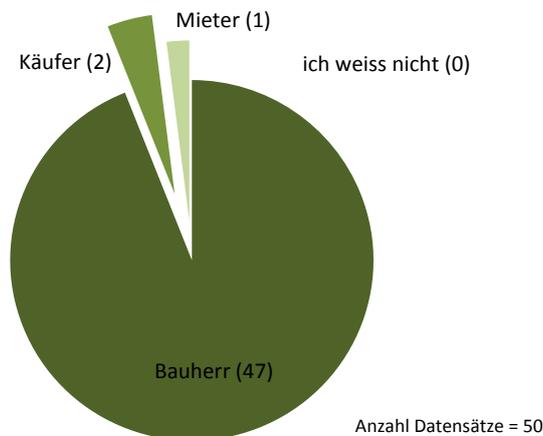


Abbildung 5: Besitzverhältnis von den Bewohnern zum Wohnobjekt

3.5. Anlagenalter

Die inspizierten Anlagen wurden nach Alterskategorie sortiert (s. Abbildung 6). Das Anlagenalter war ein Auswahlkriterium (s. Abbildung 1), auch wenn keine direkte Korrelation zwischen Alter und Hygienezustand zu erwarten ist [Ganz et al., 2012].

Ein Drittel der Anlagen war vor weniger als fünf Jahren errichtet worden. Bei diesen Anlagen ist laut Erfahrung des Projektteams noch keine Anlagenreinigung erforderlich. Zwei Drittel der Anlagen sind zwischen 5 und 15 Jahre alt. Keine Anlage ist älter als 15 Jahre.

Der Mangel in der Stichprobe an Anlagen älter als 15 Jahre ist dadurch bedingt, dass das Objektportfolio (angemeldete Wohnobjekte) keine solche Anlage beinhaltet. Der Fokus im Projekt liegt auf energieeffizienten Gebäuden, die erst nach dem Jahr 1999 in grösserer Stückzahl in der Schweiz gebaut wurden.

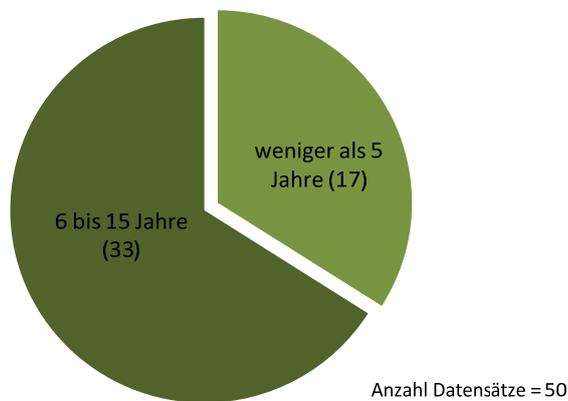


Abbildung 6: Alter der inspizierten Lüftungssysteme. Keine Anlage war älter als 15 Jahre.

3.6. Anlagengrösse

Die Anlagengrösse wird durch den maximalen Zuluftvolumenstrom des Lüftungsgerätes gekennzeichnet. Drei Kategorien wurden gemäss Tabelle 2 gebildet: typische Komfortlüftungen für Wohnungen bieten i.d.R. bis zu 230 m³/h Luft. Komfortlüftungen für Wohnhäuser können i.d.R. bis zu 550 m³/h Luft fördern. Für Volumenströme über 550 m³/h sind nur wenige Komfortlüftungen auf dem Markt zu finden.

Die Hälfte der inspizierten Anlagen fördert zwischen 230 bis 550 m³/h Luft. 19 Anlagen fördern bis zu 230 m³/h. In der Stichprobe waren keine Anlagen mit über 550 m³/h zu finden. Bei 6 Anlagen gab es keine Angaben zum Nennvolumenstrom.

3.7. Wärmerückgewinnungsanlage

Die Anlagen wurden nach dem Typ der Wärmerückgewinnungskomponente sortiert (s. Abbildung 8). Dieses Kriterium war das Auswahlkriterium erster Wahl (s. Auswahlverfahren in Abs. 2.2).

Die Stichprobe besteht zu zwei Dritteln aus Anlagen mit einer Wärmerückgewinnung mit einem Plattenwärmetauscher ohne Feuchterückgewinnung. Ein Fünftel der Anlagen beinhaltet einen Rotationswärmetauscher mit Feuchteübertragung. Ein Zehntel der Anlagen hat einen Plattenwärmetauscher mit Feuchteübertragungsfunktion.

Den Autoren war es bei dieser Untersuchung ein Anliegen, Anlagen mit Rotationswärmetauscher zu bevorzugen, da diese i.d.R. eine höhere interne Leckagerate (i.e. Übertragung von Abluft in die

Zuluft) haben als die mit Plattenwärmeaustauscher. Daher wurde die Gesamtheit der angemeldeten Rotoren in die Stichprobe übernommen.

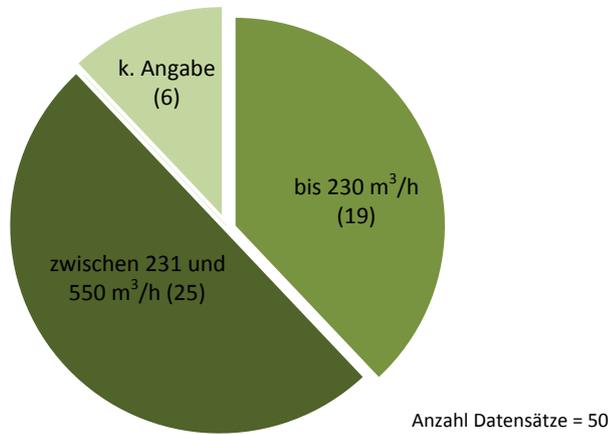


Abbildung 7: Anlagen grösse. Keine Anlage weist einen maximalen Zuluftvolumenstrom von über 550 m³/h auf.

Bis zu 230 m ³ /h	Kleine EFH sowie Geschosswohnungsbau
231 – 550 m ³ /h	Typisches EFH-Segment
551 – 1000 m ³ /h	Zweifamilienhäuser, Villen und andere luxuriöse Wohnhäuser.

Tabelle 2: Klassifizierung von zentralen kontrollierten Wohnraumlüftungen mit Wärmerückgewinnung nach Aussenluft-Volumenstrom [Interconnection, 2014]

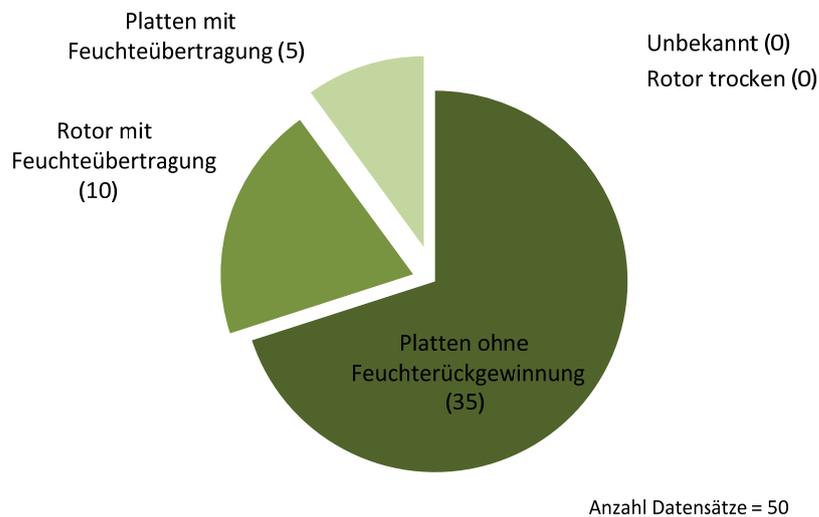


Abbildung 8: Aufteilung der Stichprobe nach Typ der Wärmerückgewinnungsanlage

4. Resultate

4.1. Anlagenaufbau und Betrieb

4.1.1. Lage Ansaugung

Die von der Lüftungsanlage angesaugte Luft muss soweit wie möglich frei von Luftschadstoffen sein [SWKI VA104-01]. Die Lage der Ansaugung bestimmt die Qualität der angesaugten Aussenluft mit. Dieses Merkmal war kein Auswahlkriterium, aber kann ein guter Indikator bei Mängeln sein. Deshalb wurde er dokumentiert. Fünf Kategorien standen zur Verfügung (s. Abbildung 9)

In der untersuchten Stichprobe befinden sich 10% der Wohnobjekte in der Stadt und der Rest auf dem Land.

Das Ergebnis lässt sich so erklären: die Zielgruppe des Projekts waren Einfamilienhäuser. Diese befinden sich in der Regel auf dem Land oder am Stadtrand, jedoch sehr selten im Stadtzentrum.

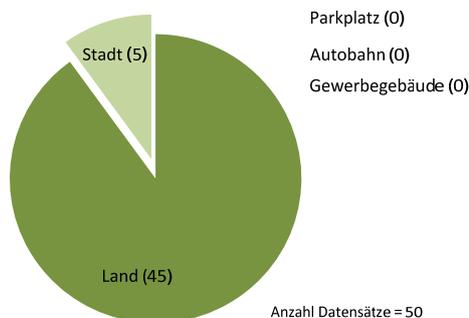


Abbildung 9: Lage der inspizierten Wohngebäude

4.1.2. Umfeld Ansaugung

Das Umfeld der Luftansaugung liefert Hinweise auf eine mögliche Belastung der Aussenluft und muss deshalb bei der Auswahl des Filters berücksichtigt werden (s. dazu [SWKI VA104-01]). Vier Kategorien wurden definiert (s. Abbildung 10). Unter anderem wurde geprüft, in wie weit Schnee (als Feuchtequelle) in das Lüftungsnetz eindringen könnte.

Bei keinen der 50 Objekte wurde die Ansaugung in der Nähe von Müllcontainern gebaut. Hohes Gras oder Gefahr durch Schnee- und Regeneindringen stellt ebenso kein besonderes Problem dar. Lediglich das Laub und der Pollen von Bäumen und Sträuchern kann ein Risikopotential darstellen, insbesondere wenn die Aussenluftfassung tief oder unter Boden ist.

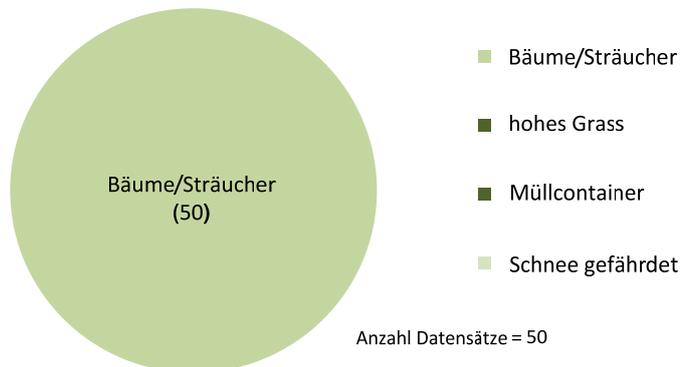


Abbildung 10: Umfeld der Ansaugung gibt Auskunft über möglichen Luftschadstoffen in der angesaugten Aussenluft

4.1.3. Höhe Aussenluftansaugung

Die SIA schreibt für die Luftansaugfassung eine Mindesthöhe von 0.7 m vor [SIA MB 2023]. 64% der Anlagen erfüllen diese Anforderung. Bei 8 Anlagen ist die Aussenluftansaugung im Boden versenkt, etwas, was ein besonderes Hygienerisiko darstellt, z.B. wegen Ansammlung von Laub oder von anderem leicht verderblichen Gut im unterirdischen Luftschacht.

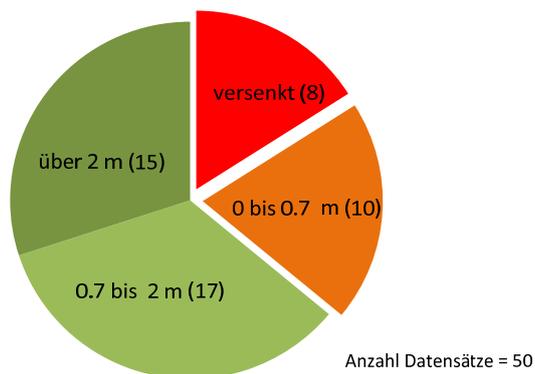


Abbildung 11: Einbauhöhe des Aussenluftdurchlasses

4.1.4. Anlagenservice

Lüftungssysteme, die regelmässig durch Fachleute gewartet werden, weisen i.d.R. weniger Hygienemängel auf [Ganz et al., 2012].

Der Betreiber wurde gefragt, ob die Wartung im Rahmen eines Wartungsvertrags erfolgt. 20% der Befragten geben an, einen Wartungsvertrag zu haben (s. Abbildung 12).

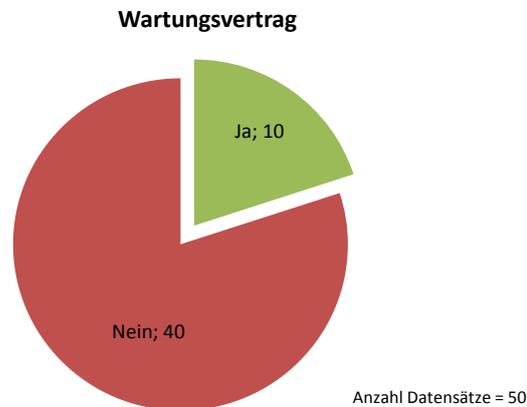


Abbildung 12: Erfolgt die Anlagenwartung im Rahmen eines Wartungsvertrages?

4.1.5. Hygieneinspektion

Die SWKI-Richtlinie schreibt bei Lüftungsanlagen ohne Befeuchtung eine Hygieneinspektion alle 3 Jahre vor.

Der Betreiber wurde gefragt, wann die letzte Hygieneinspektion nach anerkanntem Standard (z.B. SWKI oder VDI) stattgefunden hat. Keiner der 50 Betreiber konnte zu dieser Frage eine konkrete Angabe machen (Abbildung 13).

Bereits in einem früheren Projekt im Bereich Mehrfamilienhaus mit dezentraler Wohnungslüftung [Ganz et al., 2012] wurde festgestellt, dass die SWKI VA104-01 sehr wenig Anwendung findet (gerade in 1 von 16 Wohnobjekten).

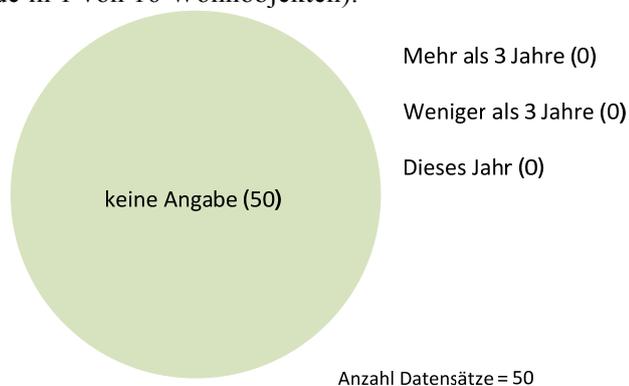


Abbildung 13: Wann hat die letzte Hygieneinspektion nach anerkanntem Standard stattgefunden?

4.1.6. Anlagenreinigung

Für die Anlagenreinigung gibt es generell keine Vorgabe, lediglich Erfahrungswerte aus der Praxis liegen dem Projektteam vor. i.d.R. erfolgt eine Anlagenreinigung auf Empfehlung des Hygieneinspektors (vorbeugende Massnahme) oder um einen Mangel zu beseitigen (korrektive Massnahme).

Die Betreiber wurden über den Zeitpunkt der letzten fachgerechten Reinigung befragt. Bei 6% hat die letzte Reinigung vor weniger als 3 Jahren stattgefunden, bei 12% hat die Reinigung im Jahre der Studie stattgefunden. Die Mehrzahl (82%) konnte zu dieser Frage keine exakte Angabe machen (Abbildung 14).

Ob eine Baureinigung vor Objektübergabe erfolgte, wissen die meisten Eigentümer nicht. Es wäre deshalb empfehlenswert, diese Angabe zu dokumentieren, z.B. im Rahmen der Minergie®-Zertifizierung.

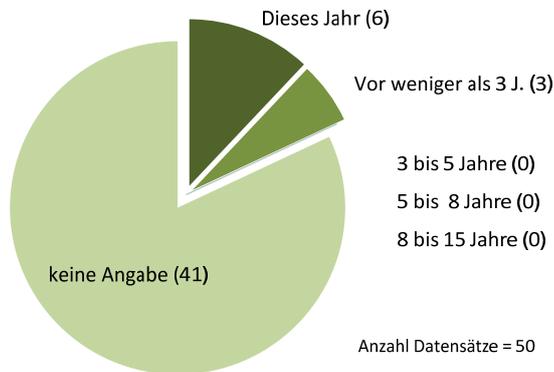


Abbildung 14: Wann hat die letzte Anlagenreinigung stattgefunden?

4.2. Optisch-technische Untersuchung

4.2.1. Anteil nicht einsehbarer Komponenten

Die Zugänglichkeit zu einer Komponente ist eine Voraussetzung für die Durchführung der Inspektion bzw. der Reinigung. Alle Komponenten der untersuchten Lüftungssysteme wurden auf Ihre Zugänglichkeit geprüft.

Von 412 untersuchten Komponenten war es eine, die nicht zugänglich war und drei, die bedingt zugänglich waren (Abbildung 17). Dabei handelt es sich um einen Kondensatablauf bzw. um Zuluftauslässe.

Die Besonderheit, dass die Lüftungsanlagen in Wohngebäuden deutlich weniger unzugängliche Bauteile aufweisen als in Nichtwohngebäuden [Ganz et al., 2012], ist hiermit erneut belegt.

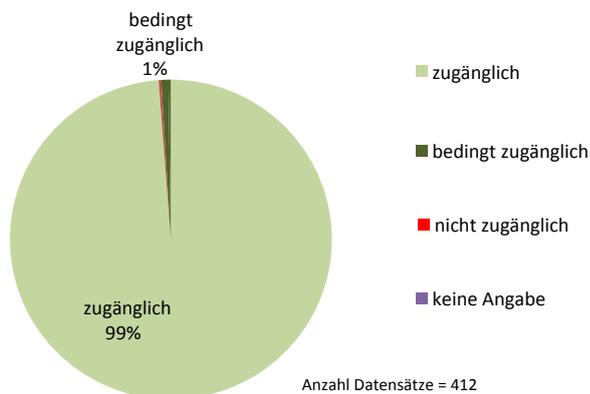


Abbildung 15: Zugänglichkeit der einzelnen Komponenten

4.2.2. Technisch-optische Bewertung

Die Komponenten des Lüftungssystems wurden einzeln nach ihrem Hygienezustand durch trainierte Augen bewertet. Die Belastungspunkte wurden gemäss der Bewertungsregel in Abs. 2.2.2 vergeben. Für schwer zugängliche Komponenten wie das Erdluftregister wurde eine Hochdefinition- Endoskop-Kamera eingesetzt.

Abbildung 16 stellt die Ergebnisse dieser Untersuchung dar. Bei manchen Komponenten bestehen einige wenige Datenlücken. Die Datenverfügbarkeit (Datensatzqualität) kann jedoch als *sehr gut* bewertet werden.

Da gemäss Bewertungsverfahren ein mangelhafter Zustand bei einer Belastungspunktezahl ab 3 vorliegt, wurde beim Ranking ausschliesslich Komponenten mit einer Belastungspunktezahl kleiner oder gleich 2 berücksichtigt.

Die Komponenten, die am besten abgeschnitten haben, sind die Filterkammer 1 und 2, mit 90% „sehr gut“ bzw. „gut“ (49 bzw. 47 untersuchte Fälle).

Die Komponenten, die tendenziell am schlechtesten abgeschnitten haben, waren der Kondensatsablauf (37 untersuchte Fälle) und das Erdluftregister (16 untersuchte Fälle).

Abluftrohre gehören generell nicht zur Zuluftanlage und unterliegen daher nicht der Hygienerichtlinie. Es wird jedoch vermutet, dass Abluftstränge stark verschmutzen [Haustechnik, 2012], was zu einer Abnahme des Volumenstromes und zu einer Disbalancierung der Luftströme innerhalb der WRG führt. Da alle untersuchten Lüftungssysteme über eine Wärmerückgewinnung verfügen, wurde der Abluftstrang, unweit von der Abluftfassung, ebenso im Rahmen der Studie untersucht. Mit 80% „sehr gut“ bzw. „gut“ stellten folglich die untersuchten Abluftrohre kein besonderes Problem (hygienisch oder brandschutztechnisch) dar.

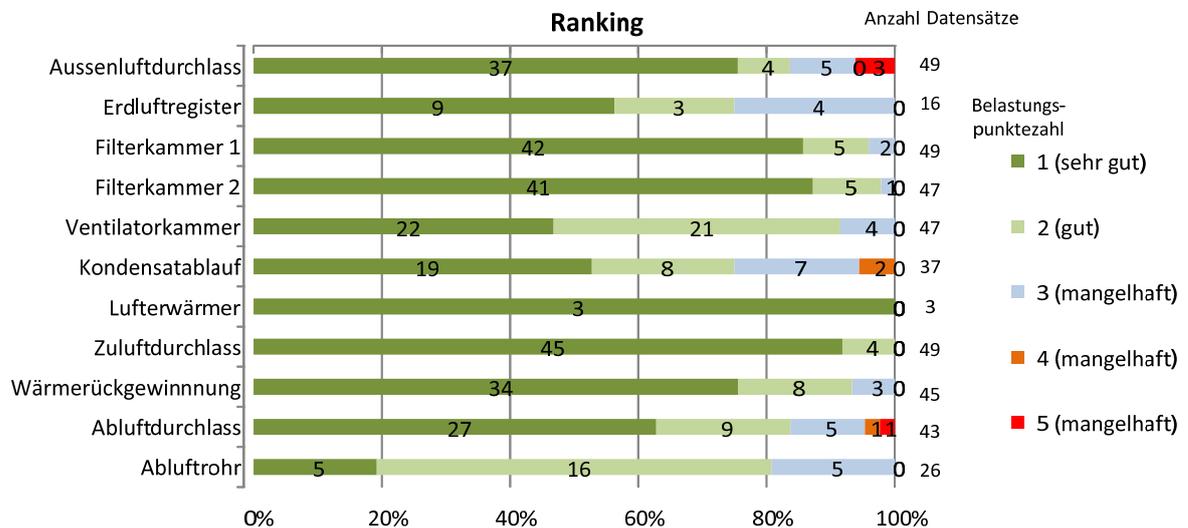


Abbildung 16: Ergebnis der technisch-optischen Beurteilung der Einzelkomponenten (ohne Belastungspunktezahl 6, keine Zugänglichkeit)

4.2.3. Gründe der Abwertungen

Im Rahmen der Bewertung des Hygienezustandes anhand technisch-optischer von Merkmalen hat der Hygieneinspektor den Grund für die Abwertung dokumentiert. Dabei durfte er zwischen sechs Kategorien wählen (Abbildung 17).

Die meisten Abwertungen sind auf konstruktive Mängel zurückzuführen, ganz vorne der Kondensatsablauf.

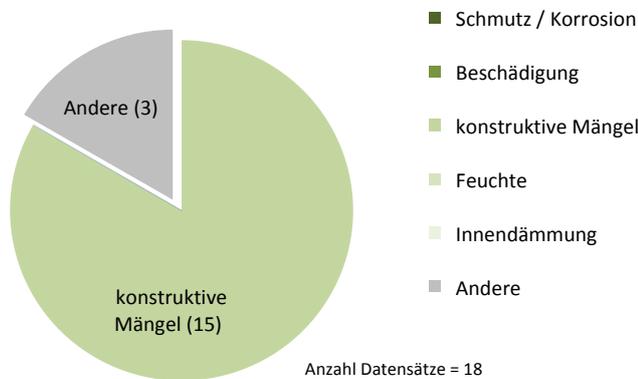


Abbildung 17: Ursache für die Abwertung von Komponenten im Rahmen der technisch-optischen Untersuchung

4.3. Mikrobiologische Untersuchungen

4.3.1. Erfüllung des Schutzziels

Ziel der Hygiene-Bemühungen in der SWKI VA104 ist es, dass die Luft durch die Lüftungsanlage zumindest nicht verschlechtert wird. Der Nachweis der Zielerreichung erfolgt durch einen Vergleich der Zuluft mit der Vergleichsluft (i.e. in dieser Studie, die Aussenluft).

Um diese Frage zu beantworten, wurden Luftprobe in der Aussen- und Zuluft entnommen und von einem kompetenten mikrobiologischen Labor auf Bakterien und Schimmelpilze untersucht. Abbildung 18 zeigt, dass 96% der Anlagen (48 von 50) das Schutzziel zum Zeitpunkt der Untersuchung erfüllten. Bei einer Anlage war die Bakterienzahl eindeutig höher in der Zuluft als in der Aussenluft. Bei einer anderen waren sowohl Bakterien als auch Pilze eindeutig höher. Gemäss einer europäischen Vergleichsstudie zur Raumluftqualität [ECA-IAQ, 1993] waren aber für beide Anlagen die Keimzahl in der Zuluft als „sehr niedrig“ einzustufen. Gemäss dem heutigen Stand der Wissenschaft bestand für die betroffenen Raumnutzer, Allergiker ausgenommen, kein direktes Gesundheitsrisiko (Näheres in Kap. 5.1).

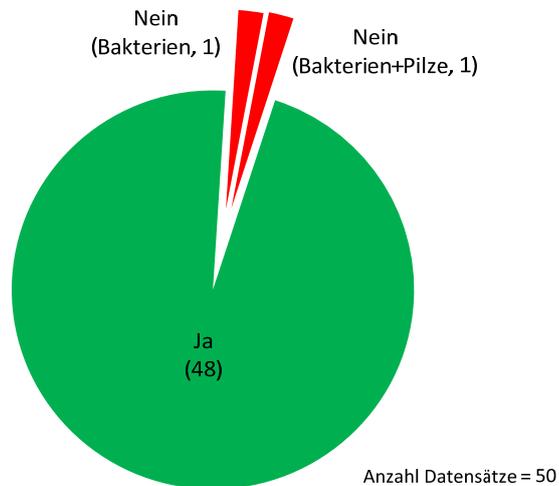


Abbildung 18: Ist die Keimzahl in der Zuluft kleiner als in der Aussenluft? Dabei wurde zwischen Bakterien und Pilzen unterschieden.

4.3.2. Oberflächenkeimbelastung von Komponenten

Die SWKI VA104-01 sieht im Rahmen der Hygieneinspektion eine Kontrolle des Hygienezustandes mittels Abklatschproben an Flächen vor, wo ein mikrobiologische Besiedlung leicht möglich ist, wie z.B. Filtern, Schalldämpfern, Wärmerückgewinnung, Kondensatwannen, etc.

Es gab bei der technisch-optischen Prüfung bei keinem der untersuchten Lüftungssysteme einen Verdacht auf mikrobielle Besiedlung von Oberflächen (keine Schimmelpilzspuren oder von anderen Biofilmtypen waren optisch feststellbar). Deshalb liegen im Projekt kein Ergebnis von Oberflächenkeimmessung vor.

4.4. Befragung Anlagenbetreiber

4.4.1. Planung Lüftungsanlage

Energetische, akustische und hygienische Anforderungen an die Lüftungsanlage machen die Planung der Anlage zu einer recht anspruchsvollen Aufgabe.

Der Betreiber wurde gefragt, wer die Planungsaufgabe wahrgenommen hat. Vier Kategorien stand zur Wahl (Abbildung 19).

Über zwei Drittel der untersuchten Anlagen wurden von Fachplanern dimensioniert. Ca. 18% der Bauherren überliessen aber diese Aufgabe dem Architekten. In 6% der Fälle hat der Geräteelieferant das System selbst geplant.

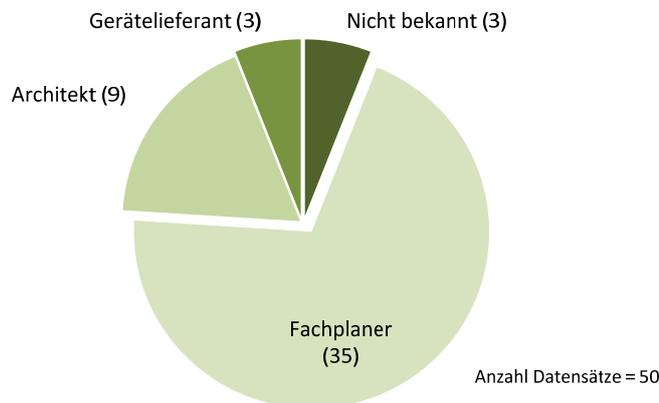


Abbildung 19: Verantwortlicher für die Planung des Lüftungssystems

4.4.2. Montage Lüftungsanlage

Der Betreiber wurde gefragt, wer die Montage der Anlage wahrgenommen hat. Vier Kategorien standen zur Wahl (Abbildung 20).

Zu über 85% der Fälle wurde die Lüftungsanlage durch eine Fachfirma realisiert.

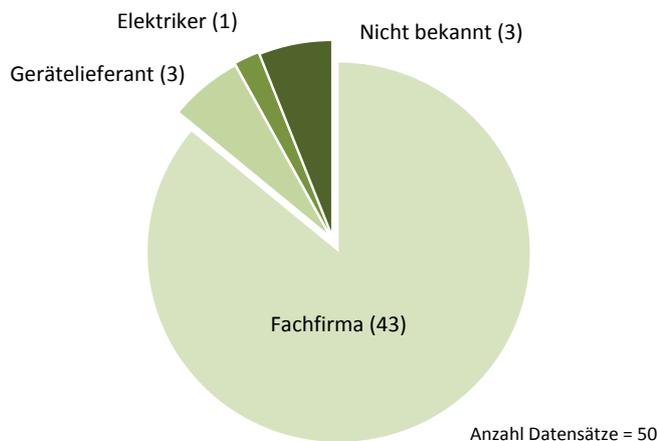


Abbildung 20: Verantwortlicher für die Ausführung des Lüftungssystems

4.4.3. Erwartung Betreiber

Der Betreiber wurde gefragt, welche Erwartungen er an die Komfortlüftung stelle. Sieben Kategorien standen zur Wahl (Abbildung 20).

Zur Hälfte waren es energetische Gedanken, die den Betreiber beschäftigen. Zu 40% der Fälle wird die Komfortlüftung als ein Mittel zur Gewährung sauberer, staub- und allergenefreier Luft gesehen.

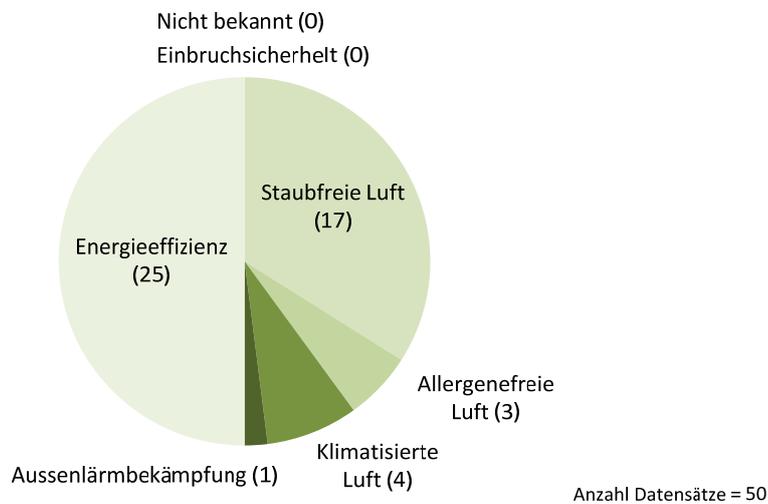


Abbildung 21: Erwartungen des Betreibers an das Lüftungssystem

4.4.4. Dokumentation vorhanden?

Der Betreiber wurde gefragt, ob er im Besitz einer Anlagendokumentation sei. Zu 92% der Fälle wurde diese Frage bejaht (Abbildung 22). Es ist deutlich mehr als in einer früheren Feldstudie [Ganz et al., 2012], wo gerade 30% der Wohnobjekte (insgesamt 16 Stück) über technische Unterlagen verfügten.

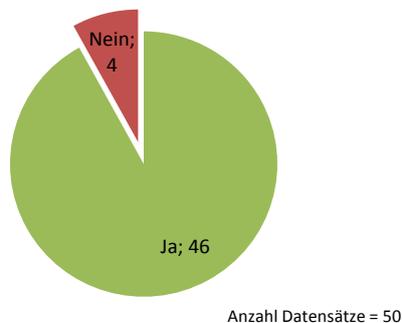


Abbildung 22: Ist eine Dokumentation zum Lüftungssystem vorhanden?

4.4.5. Instruktion bei der Inbetriebnahme

Die Eigentümer wurden gefragt, ob er bei der Inbetriebnahme der Anlage von einem Fachmann unterwiesen wurde. Zu 80% der Fälle wurde diese Frage bejaht (Abbildung 23).

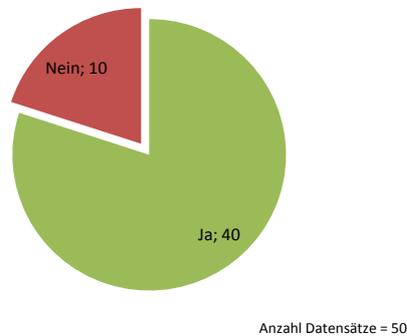


Abbildung 23: wurden die Betreiber bei der Inbetriebnahme des Lüftungssystems unterrichtet?

4.4.6. Filterwechsel-Rhythmus

Der Verein MINERGIE® empfiehlt einen Filterwechselrhythmus, je nach Produkt und Exponiertheit der Lage, von ein- bis dreimal jährlich [Haustechnik, 2012]. Die Richtlinie SWKI VA104 sieht ein Wechsel-Mindestintervall von 1 Jahr bei der Filterstufe 1 und von 2 Jahren bei der Filterstufe 2 vor. Die Ergebnisse der Befragung stellt Abbildung 24 dar.

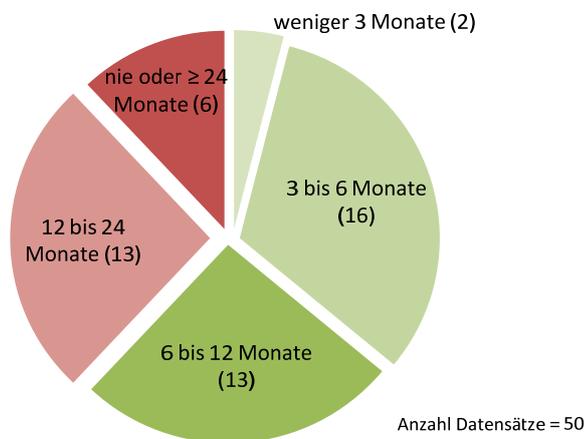


Abbildung 24: Rhythmus beim Filterwechsel in der Zuluft

4.4.7. Eigenbeurteilung Hygienezustand

Die Betreiber wurden gebeten, eine kritische Selbstbeurteilung ihres Lüftungssystems hinsichtlich Hygiene abzugeben (Abbildung 25).

20% der Befragten konnten sich dazu nicht klar äussern. 66% der Befragten beurteilten den Hygienezustand als „gut“ bis „sehr gut“. Ein Teilnehmer bewertete den Zustand seiner Anlage als „schlecht“.

In [Ganz et al., 2012] bewerteten die Betreiber von Komfortlüftungen in Mehrfamilienhäusern zu 73% den Hygienezustand in ihrer Anlage als „gut“ bis „sehr gut“.

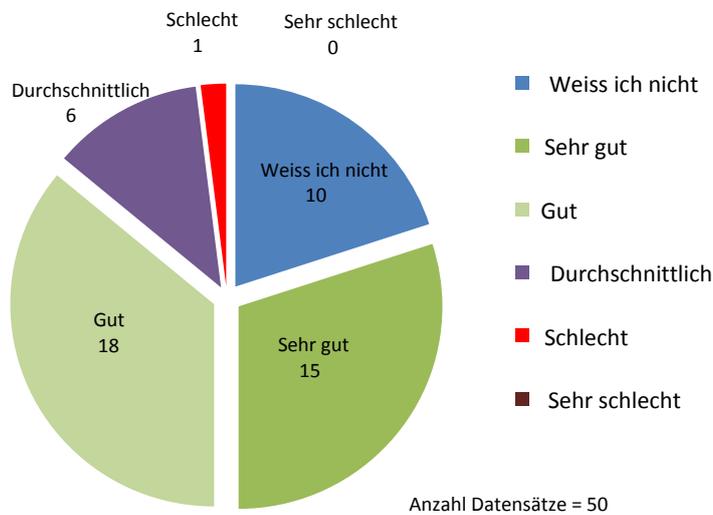


Abbildung 25: Benotung des Hygienezustands des Lüftungssystems durch den Betreiber

4.4.8. Grundlage Beurteilung

Als Grundlage ihrer Beurteilung nannten die Teilnehmer folgende Gründe (S. Abbildung 26)

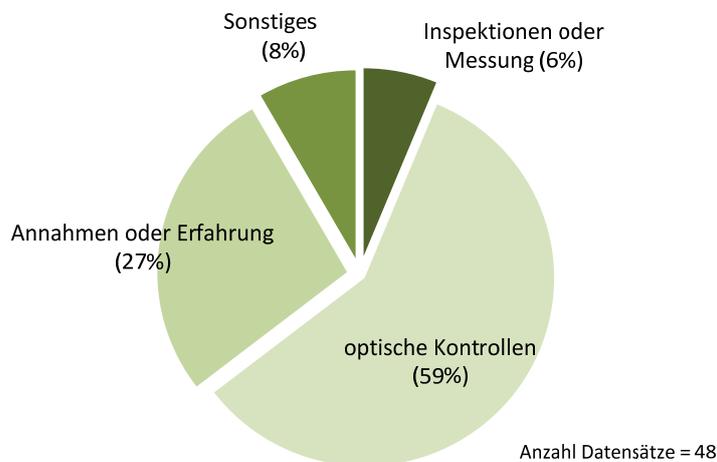


Abbildung 26: Grundlage der Selbstbeurteilung

4.4.9. Motivation zur Unterstützung des Projekts

Der Betreiber konnte bis zu 3 Gründe für die Unterstützung im Projekt erwähnen. Abbildung 27 fasst die Ergebnisse zusammen.
Den grössten Ansporn bot die Aussicht auf eine fachmännische Untersuchung sowie Näheres über den Hygienezustand zu erfahren.

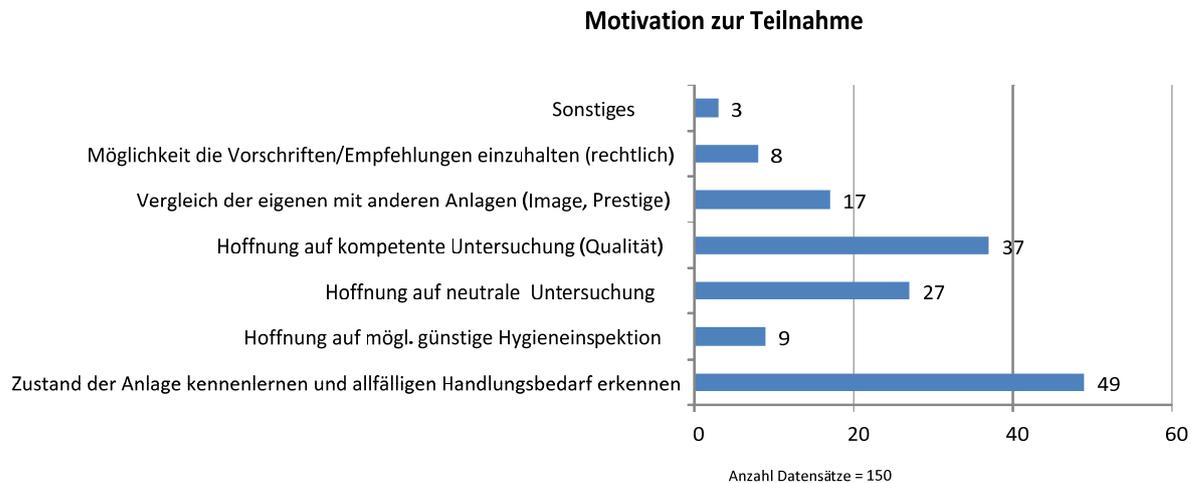


Abbildung 27: Motivation des Betreibers zur Teilnahme an der Studie

4.4.10. Zufriedenheit Komfortlüftung

Die Teilnehmer wurden nach ihrer allgemeinen Zufriedenheit mit dem Lüftungssystem befragt und, wenn sie noch einmal bauen sollten, ob sie sich wieder für eine Komfortlüftung entscheiden würden. Zu 90% wurde diese Frage bejaht (Abbildung 28).

Dass die Zufriedenheit mit der Lüftungsanlage auf einem hohen Niveau liegt wurde bereits bei einer früheren Studie in Österreich festgestellt worden [Tappler, 2014]. Allerdings berichten die Autoren über eine Abnahme der Zufriedenheit bei der zweiten Interview (Zeitabstand: 1 Jahr). Die grösste Problematik läge bei der als zu niedrig empfundenen Luftfeuchtigkeit in der kalten Jahreszeit.

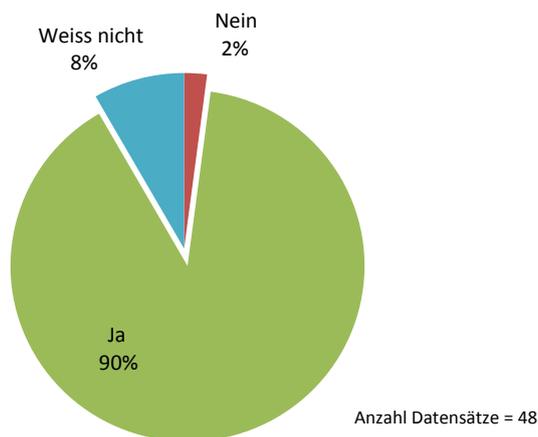


Abbildung 28: Anteil Zufriedenheit mit der Komfortlüftung

4.4.11. Stellenwert Hygienezustand der Anlage

Die Betreiber wurden nach dem Stellenwert der Hygiene im Lüftungssystem hinsichtlich diverser Aspekte gefragt. Abbildung 29 fasst die Ergebnisse zusammen.

Im Folgenden werden der Einfachheit halber, lediglich die Ergebnisse „sehr hoch“ und „hoch“ betrachtet. Demnach hat die Auswirkung der Anlagenhygiene auf die Gesundheit des Raumnutzers den höchsten Stellenwert, gefolgt von der Möglichkeit Energie zu sparen. Auf Rang drei liegt die Thematik „Vermeidung von Betriebsausfällen“, gefolgt von der Möglichkeit zur Kosteneinsparung. Die Mehrheit der Teilnehmer sieht den Aspekt der Rechtssicherheit als wenig relevant.

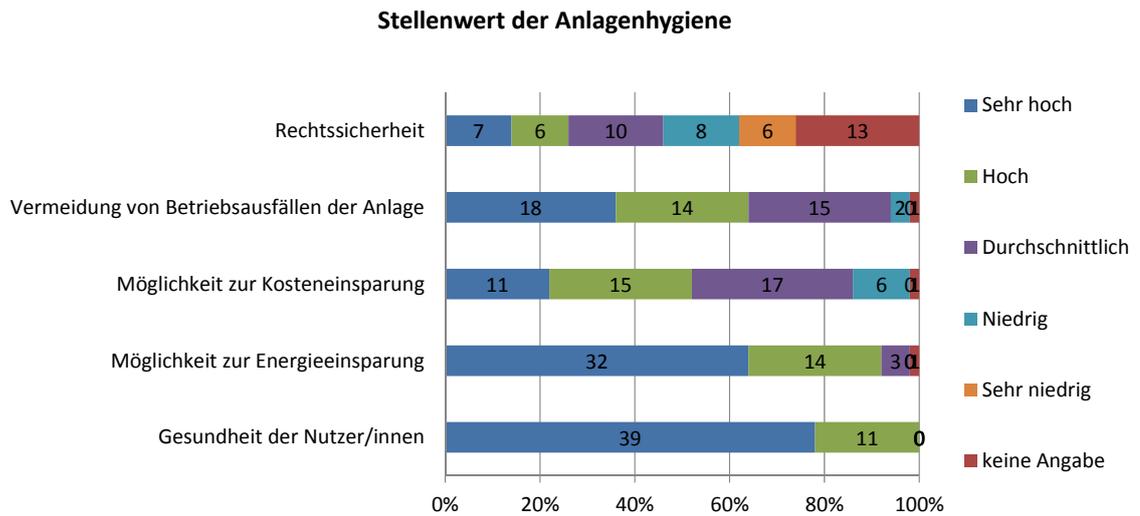


Abbildung 29: Stellenwert der Anlagenhygiene hinsichtlich unterschiedlicher Aspekte.

4.4.12. Strategie für die Instandhaltung

Zum Thema *Instandhaltung* wurde dem Betreiber eine Reihe geschlossener Fragen gestellt (Abbildung 30).

Etwa die Hälfte der Teilnehmenden hat ein Wartungskonzept bzw. führt ein Wartungshandbuch. Ebenso die Hälfte der Befragten wartet ihr Lüftungsgerät gemäss Herstellervorgaben. Nur ein Fünftel der Befragten lässt die Wartung durch eine externe Fachfirma machen, i.d.R. im Rahmen eines Wartungsvertrags. Etwa ein Fünftel gibt an, die Wartung selbst zu erledigen.

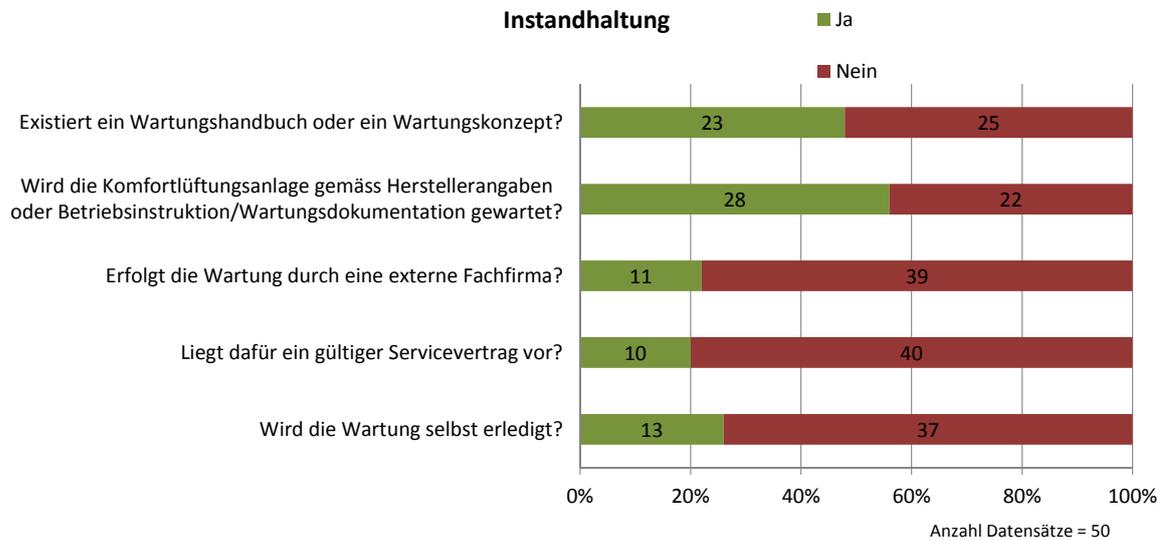


Abbildung 30: verfolgte Strategie bei der Instandhaltung des Lüftungssystems

5. Interpretation

5.1. Luftkeimverhältnis

Eine Primäranforderung an ein Lüftungssystem ist, dass dank fachmännischer Planung, Errichtung und Betrieb, die Qualität der Zuluft nicht schlechter ist als die der Vergleichsluft (s. [SWKI VA104-01]).

In der Studie wurden Bakterien und Pilze in Aussenluft (i.e. Vergleichsluft) bzw. Zuluft getrennt erfasst.

In Abbildung 31 und Abbildung 32 wurden die Verhältnisse Zuluft zu Aussenluft für Bakterien und Pilze für alle Objekte gebildet und in Reihe dargestellt. Der rot markierte Bereich gibt an, wann die Zuluftkonzentration höher als die der Aussenluft ist.

Bei den Bakterien ist dies bei zwölf Anlagen der Fall, bei den Pilzen nur bei einer, wobei das Bakterienverhältnis bei dieser Anlage ebenso zu hoch war.

Das Verhältnis Zuluft- zu Aussenluft-Keimkonzentration war demnach bei insgesamt zwölf Anlagen zu hoch. Bei zehn Anlagen waren aber die Luftkeimkonzentrationen derart tief, dass die Laborwerte keinen eindeutigen Hinweis auf eine Keimvermehrung in der Anlage lieferten. Sie lagen im üblichen Unsicherheitsbereich des Messverfahrens. Bei zwei Anlagen war hingegen der Verdacht auf Keimvermehrung deutlich stärker. Den betroffenen Bewohnern wurde eine Wiederholmessung empfohlen. Sollten dabei die Laborwerte erneut deutlich auf eine Keimvermehrung hinweisen, ist die Anlage einer fachmännischen Reinigung zu unterziehen.

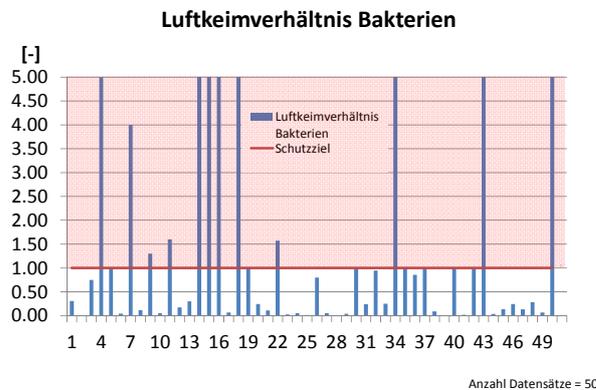


Abbildung 31: Bakterien-Verhältnis. In der Graphik wurden die Ausreisser (Maximalwert bei 265) aus Darstellungsgründen gekappt.

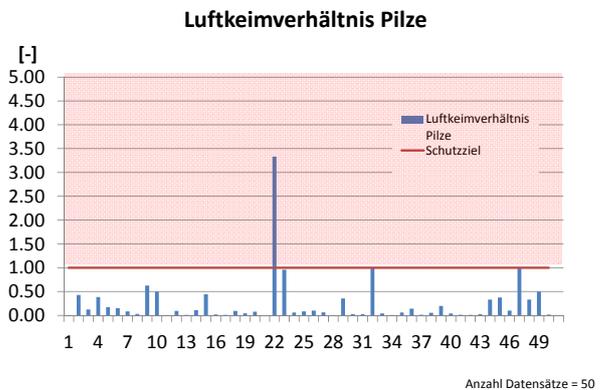


Abbildung 32: Pilz-Verhältnis

Fazit:

Gemäss Laborwerte und der Erfahrung des Projektteams bestand bei zwei der 50 Anlagen ein höheres Verdachtsmoment auf Keimvermehrung im Lüftungssystem. Die Luftkeimkonzentration in der Zuluft war aber im üblichen Bereich für Wohnbauten, sodass gemäss dem heutigen Stand der Wissenschaft für die betroffenen Raumnutzer, Allergiker ausgenommen, kein direktes Gesundheitsrisiko bestand. Dieses Beispiel zeigt wie komplex der Umgang mit dem Schutzziel ist. Das Schutzziel, als Momentanaufnahme des Luftkeimverhältnisses zwischen Aussenluft und Zuluft, darf nicht als alleiniges Kriterium für die Bewertung des Hygienezustands eines Lüftungssystems angesehen werden. Vielmehr ergibt sich diese Beurteilung aus der Analyse mehrerer Merkmale gemäss SWKI VA104-1.

Hinweis: Die SWKI-Richtlinie verlangt, dass die Zuluft nicht mehr Luftkeime aufweist als die Vergleichsluft. Jedoch alleine durch den Filter und durch Impaktion bzw. Sedimentation entlang der Anlage ergeben sich bei der Zuluft per se, weniger Keime als bei der Vergleichsluft. Im Rahmen einer früheren Hygienestudie [Ganz et al., 2012] wurde bereits darauf hingewiesen, dass das Schutzziel, wie es derzeit formuliert ist, zu wenig streng ist und auch bei den meisten Anlagen mit deutlicher Verschmutzung und Hygienemängeln, noch eingehalten werden kann. Deshalb möchten die Autoren der vorliegenden Studie darauf hinweisen, dass allein das Erfüllen des Schutzzieles kein ausreichendes Kriterium für die Beurteilung des Hygienezustandes der Komfortlüftung ist. Dieser ergibt sich vielmehr aus der Kombination verschiedener Betrachtungen (technisch-optische Untersuchung, Oberflächenkeime, Luftkeime, ...) gemäss SWKI VA104-1.

5.2. Unzugängliche Komponenten

In der Stichprobe wurden weniger als 1% der hygienisch relevanten Komponenten als schwer zugänglich gekennzeichnet. Demnach ist diese Fragestellung statistisch nicht auswertbar. Auf diese Frage kann in dieser Studie nicht weiter eingegangen werden.

Horw, 1. November 2014

Seite 32/44

Bericht – Hygieneuntersuchungen in der Komfortlüftung für energieeffiziente Gebäude

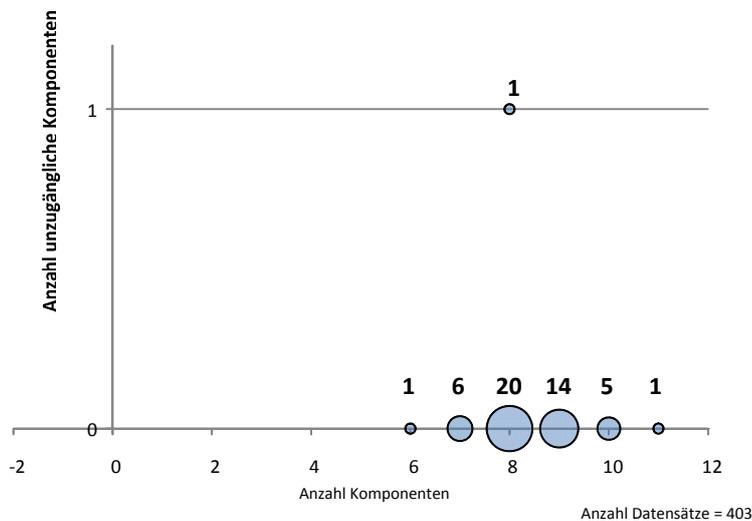


Abbildung 33: Zeigt die Paarung zwischen der Komponentenzahl einer Anlage und wie viele davon unzugänglich waren. Von den 20 Anlagen mit acht hygienisch relevanten Komponenten hatte eine Anlage eine unzugängliche Komponente.

5.3. Beanstandungen (technisch-optische Untersuchung)

Im Rahmen der technisch-optischen Untersuchung wurde eine Anlage beanstandet, sobald mindesten eine ihrer Komponenten als „nicht in Ordnung“ eingestuft wurde.

Es stellt sich die Frage, wie viele ihrer Komponenten im Durchschnitt tatsächlich mangelhaft sind.

Abbildung 34 zeigt die Paarung zwischen der Komponentenzahl einer Anlage und wie viele davon beanstandet wurden. Die grössten Anlagen (2 Stück) bestehen aus 10 hygienisch relevanten Komponenten. Bei beiden wurden 3 Komponenten jeweils beanstandet. Bei 4 Anlagen wurden bis zu 6 Komponenten beanstandet. Bei 2 Anlagen wurde keine Angabe gemacht.

Ca. 16% der Anlagen haben 50% oder mehr Komponenten, die mangelhaft sind. Zum Vergleich lagen die Ergebnisse bei der ersten Hygienestudie im Bereich Wohngebäude bei 19% (s. [Ganz et al., 2012], Kap. 6.4.1). Damit liegen die Ergebnisse der zwei Studien im ähnlichen Bereich.

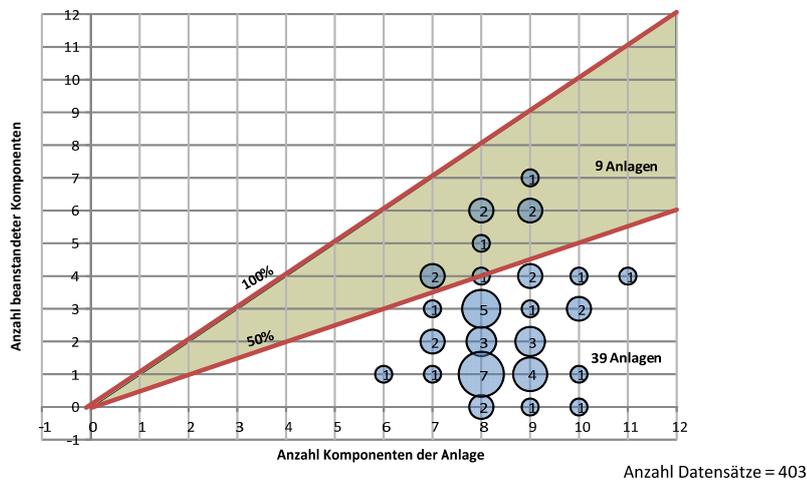


Abbildung 34: Anzahl technisch-optische Beanstandungen (ohne unzugängliche Komponenten) zur Gesamtzahl der hygiene relevanten Komponenten in der Anlage (Darstellung nach [Ganz et al., 2012]).

Orange hinterlegt: Anlagen, deren Komponenten zu 50 % und mehr beanstandet wurden.

5.3.1. Art der Wärmerückgewinnung und Hygienezustand

Dieser Abschnitt soll einen Beitrag zur Beantwortung der Frage liefern, ob der Typ der WRG generell einen Einfluss auf den Hygienezustand eines Lüftungssystems hat. Hierfür wurde die technisch-optische Beurteilung aller Komponenten im Projekt (435 Datensätze) herangezogen und nach dem Typ der WRG sortiert. Abbildung 35 stellt das Ergebnis dar. Nicht im Projekt vertreten waren Anlagen mit einem Rotationswärmetauscher ohne Feuchteübertragung („Rotations-WT trocken“) (s. Abschnitt 3.7).

Betrachtet man die Noten 1 und 2 („sehr gut“ bzw. „gut“), unterscheiden sich die Anlagen mit Plattenwärmetauschern mit bzw. ohne Feuchterückgewinnung kaum voneinander (Anteil „sehr gut“ und „gut“ in beiden Fällen über 85%). Bei den Rotationswärmetauschern mit Feuchterückgewinnung wurden sogar alle Komponenten mit „sehr gut“ beurteilt.

Fazit:

In der vorliegenden Stichprobe konnte kein deutlicher Unterschied beim Hygienezustand zwischen Anlagen mit bzw. ohne Feuchterückgewinnung festgestellt werden. Angesichts der relativ kleinen Stückzahl der Stichproben kann aber diese Aussage nur bedingt auf den ganzen Anlagenpark der Schweizer übertragen werden. Weitere, vertiefte Untersuchungen sind hier vonnöten.

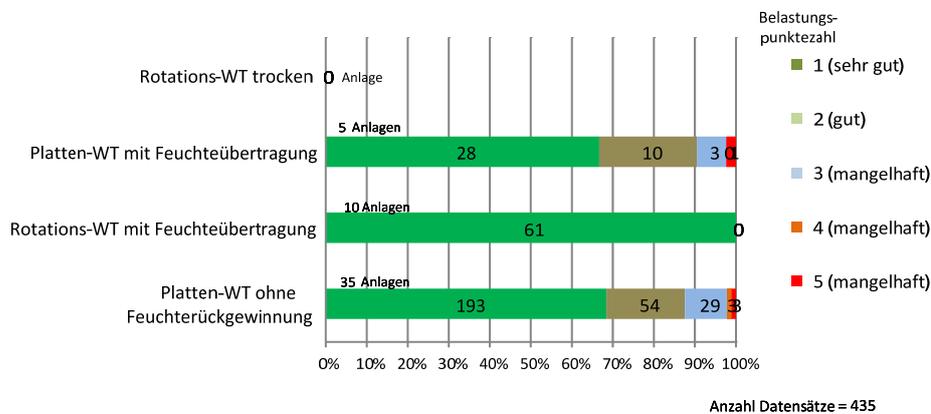


Abbildung 35: WRG-Art und Zustand

5.3.2. Erdluftregister und Hygienezustand

In der Branche war das Risikopotential von Erdluftregistern hinsichtlich Hygiene lange ein Diskussionsthema, trotz eindeutiger Hinweise aus einer breitangelegten Felduntersuchung [Flückiger et al., 1997]. Der Verein Deutscher Ingenieure entschied sich unlängst, eine Richtlinie speziell zu diesem Thema auszuarbeiten [VDI 6022-12, 2014]. Die Aufnahme dieser Richtlinie in die Schweiz wurde diskutiert. Bis dato wurde sie nicht vom Schweizerischen Verein von Gebäudetechnik-Ingenieuren SWKI übernommen.

Das Projekt wollte einen kleinen Diskussionsbeitrag leisten, indem der Hygienezustand der Erdluftregister separat ausgewertet wurde. Von den 16 inspizierten Erdluftregistern wiesen drei (19%) Mängel auf und wurden beanstandet (Abbildung 36). Dabei ging es primär um Ansammlung von Staub, Schimmelpilz, Biofilm oder Feuchtigkeitspuren konnten bei diesen Anlagen mittels einer Endoskopkamera nicht festgestellt werden. Bei den restlichen Anlagen war der Hygienezustand in Ordnung.

Angesicht der kleinen Stichprobe lässt sich keine allgemeingültige, belastbare Aussage treffen.

Hygienezustand Erdluftregister



Anzahl Datensätze = 16

Abbildung 36: Zustand Luft-Erdwärmeaustauscher

Fazit:

Im Projekt wurden drei von 19 Erdluftregistern wegen Staubansammlung beanstandet. Feuchtigkeit und Biofilm wurden optisch nicht festgestellt. Wegen der beschränkten Anzahl Messobjekte ist keine statistisch gestützte Aussage möglich. Weitere Untersuchungen, mit einem Pool an Erdluftregister mit unterschiedlichen Merkmalen (Länge, Baustoffe, Gefälle, Verlegungstechnik, ...) werden als Ergänzung zu [Flückiger et al., 1997], z.B. als Langzeitbeobachtung empfohlen.

Hinweis:

SWKI VA104-01 schreibt vor, dass Luftfilter nicht selbst zur Quelle von gesundheits- und geruchsbelastenden Bestandteilen insbesondere durch Mikroorganismen in der Zuluft werden können. Deshalb wird i.d.R. vom Einbau einer ersten Filterstufe vor dem Erdluftregister abgeraten. Die in Deutschland erschiene VDI-Richtlinie [VDI 6022-12, 2014] sieht aber die Vorfiltrierung als ein möglicher Weg zur Sicherstellung der Luftqualität am Ausgang des Erdluftregisters. Dieser Aspekt wurde im Projekt besonders untersucht: bei keinem Erdluftregister mit Vorfilter wurden hygienische Mängel entdeckt.

5.3.3. Zustand der Abluftleitung

Verstaubte Luftleitungen können ein Risikopotential hinsichtlich Brandschutzes darstellen. Im Projekt wurde der Hygienezustand der Abluftleitungen gesondert ausgewertet (s. Abbildung 37). Von den 26 untersuchten Abluftrohren waren zwei (i.e. 8% der Datensätze) nicht in Ordnung. Werden bei dieser Betrachtung die Abluftgitter ebenso mit einbezogen, stellt man fest, dass diese in 13% der Fälle beanstandet wurden. Das ist zwar häufiger als bei den Abluftrohren, absolut betrachtet gehören sie aber zu den hygienisch relevanten Komponenten, die am wenigsten beanstandet werden (s. Abbildung 16 im Abs. 4.2.2).



Abbildung 37: Hygienezustand der Abluftleitungen

5.3.4. Verhältnis von Zuluft- zu Abluftvolumenstrom

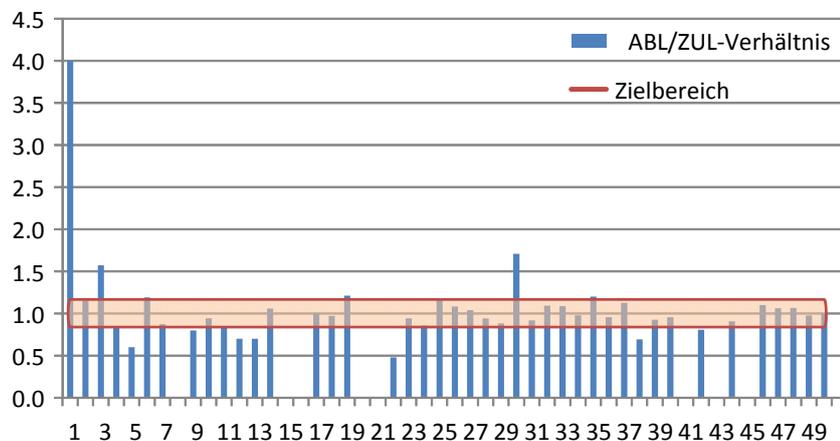
Zwecks Energierückgewinnung sollen Zuluft- und Abluftmassenströme ähnlich hoch sein. Frühere Untersuchungen haben gezeigt, dass korrekt ausbalancierte Anlagen selten zu finden sind [Frei et al., 2011].

Da Zu- und Abluft in einem ähnlichen Temperaturbereich liegen (i.e. ähnliche Dichte aufweisen) wurde in Abbildung 38 lediglich das Verhältnis der Volumenströme aufgetragen. Anzustreben ist eine

balancierte Anlage, i.e. ein Verhältnis nah dem Wert 1. Bereits eine Balanceungleichheit von 20% kann eine Reduzierung des Temperaturänderungsgrades um 10% verursachen [Impulsprog. HT]. Im Projekt wurde der Zielbereich als der Bereich um den Wert $1 \pm 20\%$ definiert. Fünf von 42 Anlagen lagen oberhalb des Bereichs (i.e. Haus in Unterdruck), sieben unterhalb (Haus in Überdruck). Ein Unterdruck ist hygienisch umso problematischer, da unfiltrierte Aussenluft durch Undichtheiten in der Gebäudehülle in das Haus hineindrängen kann. Durch ungünstige Druckverhältnisse zwischen Kellerräumen und Wohnbereich kann es zudem in bestimmten Regionen zum Ansteigen der Radonbelastung innerhalb des Gebäudes führen.

Fazit:

Etwas mehr als ein Viertel der Lüftungssysteme im Projekt weist einen um mehr als 20% disbalancierten Betrieb auf.



Anzahl Datensätze = 42

Abbildung 38: Verhältnis zwischen Ab- und Zuluftvolumenstrom.

5.3.5. Anforderung Filterklasse nach SWKI VA104-01

Die SWKI VA104-01 schreibt als Mindestanforderung eine Filterklasse F7 für die Zuluft vor. Bei den inspezierten Anlagen wurde die Effizienzklasse des eingebauten Filters nach EN 779:2012 dokumentiert¹.

Ein Drittel der untersuchten Anlagen wies keinen SWKI VA104-01 konformen Zuluftfilter auf (s. Abbildung 39).

In einem früheren Hygieneprojekt betrug in Mehrfamilienhäusern mit dezentraler Wohnungslüftung der Anteil an SWKI-nicht-konformen Filtern 62% [Ganz et al., 2012]. Warum dieser Anteil in Einfamilienhäusern deutlich niedriger ist, konnte im Rahmen des vorliegenden Projekts nicht geklärt werden.

Die Herstellervorgabe bzgl. Filterklasse in der Zuluft wurde ebenso dokumentiert. Von den 50 untersuchten Lüftungsgeräten wurde bei 22 Geräten (44%) eine Filterklasse von mindestens G4 vorgeschrieben. Warum bei 12% der Anlagen eine höhere Filterklasse eingebaut wurde, als vom Hersteller verlangt, konnte im Projekt nicht geklärt werden.

¹ Die erfassten Daten sind die des Herstellers. Eine eigene Filterprüfung, z.B. nach den Kriterien der SWKI VA101-01 würde den Rahmen dieses Projekts sprengen.

Anforderung Filterklasse Zuluft gemäss SWKI VA104

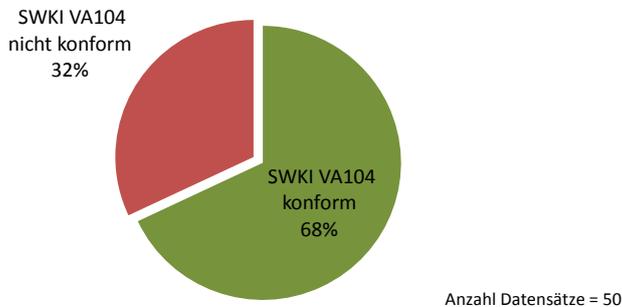


Abbildung 39: Anteil der untersuchten Filter, die die Mindestfilterklasse gemäss SWKI VA104 erfüllen

Aus der Sicht der Lufthygiene spielt die Abluft eine sekundäre Rolle. Z.B. schreibt die SWKI-Richtlinie nur bei Umluftanlagen eine Mindestfilterklasse für die Abluft vor. Komfortlüftungen verfügen i.d.R. über keine Umluftklappe. Es ist daher durchaus relevant, die eingebaute Filterklasse im Abluftstrang zu dokumentieren. Damit kann z.B. der Bedarf an Reinigung der Wärmerückgewinnungsanlage besser eingeschätzt werden. Abbildung 40 zeigt, dass in der untersuchten Stichprobe die meisten Anlagen (48 von 50) mit einem Grobfilter ausgestattet sind.

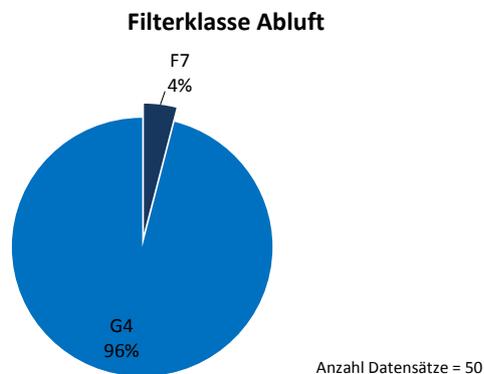


Abbildung 40: Filterklasse in der Abluft

Fazit:

Ein Drittel der untersuchten Anlagen war mit einem Zuluftfilter ausgerüstet, dessen Filterklasse die Anforderung der SWKI VA104 nicht erfüllt. Die Ursache könnte bei der Vorgabe seitens Hersteller liegen. Bei 44% der Anlagen verlangte der Hersteller lediglich eine Filterklasse G4 oder höher. Alle Lüftungsgeräte ausser zwei waren mit einem Grobfilter von Typ G4 in der Abluft ausgestattet. Zu prüfen wäre, ob ein besserer Filter die Abluftleitung besser gegen Staub schützen und damit den Reinigungsbedarf verringern würde.

5.3.6. Zuluftvolumenstrom und Bewohnerzahl

Bei Komfortlüftungen ist die Mindest-Zuluftmenge in der Schweiz derzeit nicht eindeutig vorgeschrieben. Während der Verein MINERGIE® als Richtwert etwa 30 m³/h pro Raum empfiehlt [Minergie, 2014], schreibt die SIA für den Wohnbereich, Tage und bei Aussentemperaturen zwischen 0 °C und 25 °C, 30 m³/h pro Person vor [SIA 382/1].

Um die Einhaltung dieser Werte in der Praxis zu überprüfen, wurde der Zuluftvolumenstrom im Normalbetrieb vor Ort gemessen² und durch die Anzahl der im Haushalt lebenden Personen dividiert und anschliessend in drei Kategorien eingeteilt. Alle Messungen haben tagsüber stattgefunden. Abbildung 41 zeigt die Medianwerte und das 10- bzw. 90-Perzentil der drei Kategorien. Ein Trend zur Abnahme der personenspezifischen Luftmenge bei Zunahme der Haushaltgrösse ist in der Graphik zu erkennen. Bei Haushalten mit mehr als 4 Personen liegt der Medianwert nur noch bei 16.9 m³/h.

Fazit:

Bei den untersuchten Anlagen wurden die Luftströme nicht systematisch nach der Zahl der Bewohner ausgelegt. Im Projekt ist ein Trend zu erkennen: je mehr Personen im Haushalt, desto geringer die personenspezifische Zuluftmenge.

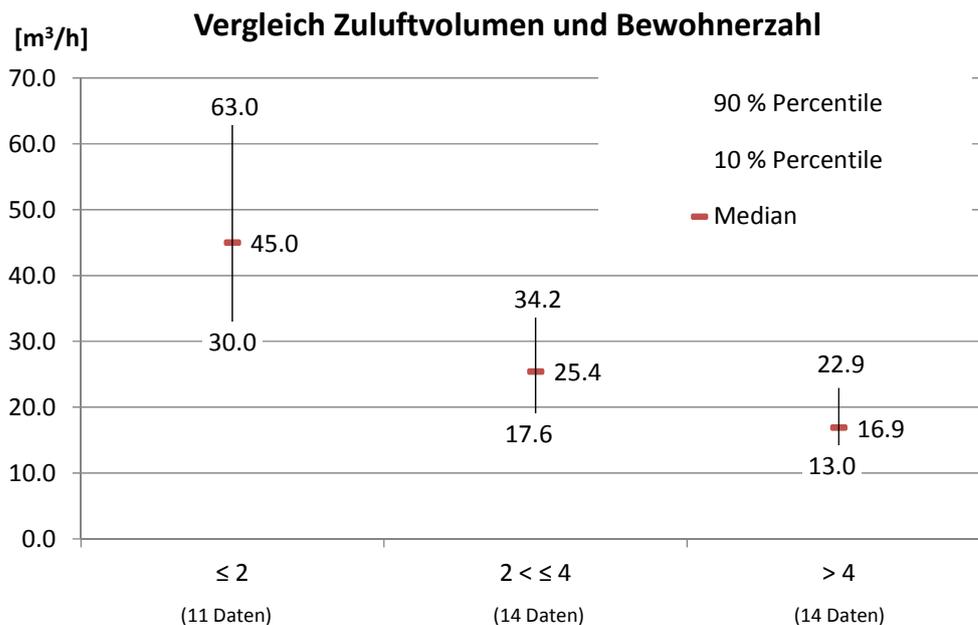


Abbildung 41: Zuluftvolumenstrom pro Bewohner in Abhängigkeit der Haushaltgrösse

² Die eingebauten Filter wurden dabei nicht ausgetauscht.

6. Schlussfolgerungen

Die vorliegende Studie nimmt sich vor, auf Basis einer Datenerhebung in Anlehnung an die Vorgaben der Schweizer Hygienerichtlinie SWKI VA104 und an die Methodik aus einem früheren Hygieneprojekt, den Status Quo in Lüftungssystemen von energieeffizienten Einfamilienhäusern in der Deutschschweiz zu erfassen. Die Ergebnisse werden statistisch ausgewertet und diskutiert. Resultate aus einer früheren Hygienestudie in Mehrfamilienhäusern wurden mit einbezogen und Ähnlichkeiten und Unterschiede diskutiert.

Die Studie beruht auf der Erhebung von technisch-optischen Merkmalen, von mikrobiologischen Laborwerten und auf der Befragung der Betreiber. Wie bereits in einer früheren Studie festgestellt, ist die Problematik „Zugänglichkeit“ in Wohngebäuden nicht so akut, wie in Nicht-Wohngebäuden. Abgesehen von Einzelfällen waren alle hygiene relevanten Komponenten für die technisch-optische Untersuchung gut zugänglich. Der Einsatz von richtlinien-konformen Filtern bleibt aber auch im Einfamilienhausbereich ein Problem. Denn ein Drittel der untersuchten Anlagen hatte einen Zuluftfilter mit einer zu niedrigen Filterklasse. Eine Ursache dafür, könnte eine nicht normkonforme Vorgabe des Geräteherstellers sein, wie die Studie zeigt. Dennoch ist der Hygienestatus gemäss visueller Kontrolle in den meisten Fällen „gut“ bis „sehr gut“. Ob die Wärmerückgewinnung mit einer Übertragung von Feuchte begleitet wird hat keinen belegbaren Einfluss auf den generellen Hygienestatus in dem Lüftungssystem. Im Projekt wurden insgesamt 16 Erdluftregister untersucht. Drei darunter wurden beanstandet. Bemängelt wurde ausschliesslich die Ansammlung von Staub. Schimmelpilzbefall oder andere Biofilme wurden nicht beobachtet. Ein häufig beobachteter Mangel war die Positionierung des Aussenluftdurchlasses: 36% der Aussenluftansaugungen erfüllten die Anforderung der SIA-Norm betreffs Mindesthöhe nicht. 16% waren sogar in den Boden versenkt, was aus hygienischer Sicht unzulässig ist.

Bei der Befragung kam es zum Ausdruck, dass die Zufriedenheit bei den Raumnutzern hoch war. Besonders attraktiv wirkte die Aussicht auf Energieeinsparung dank Energierückgewinnung und die staubfreie Luft. 80% der Betreiber geben an, im Rahmen der Inbetriebnahme unterwiesen gewesen zu sein. Ein Wartungskonzept hat aber nur etwa die Hälfte der Befragten. Häufig dienen dabei die Vorgaben des Herstellers als Grundlage. Ein Fünftel lässt die Wartung lieber durch einen externen Dienstleister (i.d.R. im Rahmen eines Servicevertrags) erledigen. Ein Fünftel macht die Wartung selbst.

Wichtigste Empfehlungen im Projekt war, neben dem Einsatz von nach SWKI-VA101-01 Luftfiltern und deren regelmässigen Austausch, die Vorgaben der SIA 382/1 hinsichtlich Aussenluftvolumenstrom einzuhalten. Damit soll gewährt sein, dass CO₂-Konzentration und Luftfeuchte im Raum in einem hygienisch zulässigen Bereich bleiben. Bei den Komponenten soll insbesondere dem Schutz des Erdluftregisters gegenüber Feststoff-Verschmutzung grössere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Die in der Studie untersuchten Wärmerückgewinnungsanlagen mit Feuchteübertragung hatten keinen auffälligen Einfluss auf den allgemeinen Hygienestatus im Lüftungssystem. Die kleine Anzahl Objekte lässt aber keine Verallgemeinerung zu.

Wie bereits im Rahmen einer früheren Datenerhebung in Mehrfamilienhäusern festgestellt wurde, gehört die Hygieneinspektion nicht systematisch zum Instandhaltungsprogramm bei den Komfortlüftungen. Bei keinem der 50 Häuser wurde bisher eine Hygieneinspektion nach SWKI VA104 durchgeführt, obwohl einige Anlagen seit Erstellung hätten gereinigt werden müssen. Es scheint, dass die Vorteile einer Hygieneinspektion dem Raumnutzer noch nicht genügend bekannt

Horw, 1. November 2014

Seite 40/44

Bericht – Hygieneuntersuchungen in der Komfortlüftung für energieeffiziente Gebäude

sind. Das vorliegende Projekt und insbesondere die Dissemination der Ergebnisse sollen einen dienlichen Beitrag hierzu leisten.

7. Literaturverzeichnis

- [BFS, 2014] Bundesamt für Statistik: Bau- und Wohnungswesen - Die wichtigsten Zahlen. Gebäude- und Wohnungsstatistik 2012.
<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/09/01/key.html>. Zuletzt am 03.07.2014 abgerufen
- [EN 13779] Europäische Norm EN 13779: Lüftung von Nichtwohngebäuden - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage 2007-09
- [Frei et al., 2011] Frei, B. Stockhaus, R., Huber, H.: Erhöhung der Energieeffizienz von Kleinlüftungsanlagen; Schlussbericht, Bundesamt für Energie, 2011-06
- [Flückiger et al., 1997] Flückiger, B., Wanner, H.U., Lüthy, P.: Mikrobielle Untersuchungen von Luftansaug-Erdregistern, Projektbericht, ETH Zürich, 1997-02
- [Ganz et al., 2012] Ganz Klima GmbH und Hochschule Luzern: Hygienezustand von Raumluftechnischen Anlagen in der Schweiz, Teilprojekte 1 und 2. Abschlussbericht vom 12. März 2012 - Der Bericht ist verfügbar unter http://www.hslu.ch/t-fgz_aktuelles
- [Haustechnik, 2012] haustechnik.ch: Komfortlüftung unter der Lupe: Komfort oder Ärger? https://www.minergie.ch/tl_files/download/Artikel/2012_Haustechnik_ch_12_2.pdf. Zuletzt am 22.07.2014 abgerufen
- [ECA-IAQ, 1993] European Collaborative Action: Indoor Air Quality and its Impact On Man, Biological Particles in Indoor Environments, Report 12, Office for Official Publication of European Communities, Luxembourg, 1993
- [Impulsprog. HT] Bundesamtes für Konjunkturfragen: Impulsprogramm Haustechnik, «Wärmerückgewinnung in Lüftungs- und Klimaanlage», Bern, 1987
- [Interconnection, 2014] Interconnection Consulting: Der Markt für kontrollierte Wohnraumlüftung in DACH 2014. Pressemitteilung.
www.interconnectionconsulting.com/index.php?lang=de&presse=75.
Zuletzt am 22.07.2014 abgerufen
- [Kriesi, 2013] Kriesi, R.: Was ist denn wirklich Sache bei Minergie? Spektrum Gebäudetechnik, pp. 68-70, 2013-05
- [Minergie, 2014] Minergie: Dimensionierungshilfe Komfortlüftung.
www.minergie.ch/tl_files/download/dh_kl.pdf . Zuletzt am 11.08.2014 abgerufen
- [SIA 382/1] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Lüftungs- und Klimaanlage - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen, Zürich, 07-2014
- [SIA MB 2023] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: SIA Merkblatt 2023. Lüftung in Wohnbauten, Zürich, 06-2008
- [SIA MB 2024] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: SIA Merkblatt 2024. Standard-Nutzungsbedingungen für Energie- und Gebäudetechnik, Zürich, 10-2006
- [SUVA, 2014] Suva, Grenzwerte am Arbeitsplatz, Suva – Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz, Luzern, 2014-01

Horw, 1. November 2014

Seite 42/44

Bericht – Hygieneuntersuchungen in der Komfortlüftung für energieeffiziente Gebäude

- [SWKI VA101-01] Klassifizierung, Testmethoden und Anwendung von Luftfiltern
- [SWKI VA104-01] SWKI: Hygiene-Anforderungen an Raumluftechnische Anlagen und Geräte, Schweizerischer Verein von Wärme- und Klimaingenieuren (SWKI), 2006-04
- [SWKI VA104-02] Hygiene-Anforderungen an Raumluftechnische Anlagen und Geräte – Messverfahren und Untersuchungen bei Hygienekontrollen und Hygieneinspektionen, Schweizerischer Verein von Wärme- und Klimaingenieuren (SWKI), 2007-07
- [Tappler, 2014] Tappler, P. et al: Bewohnergesundheit und Raumlufqualität in neu errichteten, energieeffizienten Wohnhäusern. Endbericht. Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie, 2014
- [VDI 6022-12, 2014] Verein Deutscher Ingenieure: Richtlinie VDI 6022 Blatt 1.2 "Raumluftechnik, Raumlufqualität - Hygieneanforderungen an Raumluftechnische Anlagen und Geräte - Hinweise zu erdverlegten Luftleitungen (VDI-Lüftungsregeln)", Düsseldorf, 2014-06

8. Anhang

8.1. Anhang 1: Fragebogen für die Teilnahme an der Studie



Anmeldung zur Teilnahme

Name

Strasse

PLZ/Ort

Email

Tel.Nr. für Terminvereinbarung

Ich möchte bei dieser Hygieneuntersuchung teilnehmen. Als hygiene- und energiebewusster Hausbesitzer möchte ich gerne wissen, wie es um meine Anlage steht.

Für die Vorauswahl der Teilnehmer braucht es jedoch noch einige Eckdaten über die Anlage:

Hersteller (z.B. Hoval, Zehnder,...)	
Typenbezeichnung (steht auf dem Typenschild des Gerätes oder im Handbuch)	
Baujahr der Anlage	
Wie oft wird der Filter gewechselt?	Alle _____ Monate
Wann war der letzte Geräteservice?	
Sind Sie mit der Luftqualität in den Räumen zufrieden?	
Ist gute Raumlüftung für Sie wichtig?	
Bemerkung / Besonderes	

Einverständniserklärung:

Der Unterzeichnende erklärt sich damit einverstanden, dass die erhobenen Daten für die Auswertung der Studie „Hygieneuntersuchung Komfortlüftungen für Energieeffiziente Gebäude“ der IG-Passivhaus Schweiz verwendet werden dürfen.

Die Auswertung und Veröffentlichung der Ergebnisse durch die IG-Passivhaus erfolgt anonymisiert.

Einverständnis erteilt am: _____ Unterschrift: _____

8.2. Anhang 2: Auszug der Checkliste für Begehungen

Projektnummer: GR_227		Hygieneninspektor:		<input checked="" type="checkbox"/> 1./ <input type="checkbox"/> 2. Prüfung	
Liegenschaft					
Besitzername		Telefon		E-Mail	
Lage <input checked="" type="checkbox"/> Land <input type="checkbox"/> Stadt <input type="checkbox"/> Autobahn <input type="checkbox"/> Parkplatz <input type="checkbox"/> Gewerbe					
Umgebung <input checked="" type="checkbox"/> Bäume <input type="checkbox"/> Sträucher <input type="checkbox"/> hohes Gras <input type="checkbox"/> Müllcontainer <input type="checkbox"/> Schnee gefährdet					
AULKommenta:		Höhe: 2		Hausseite: W rechte H AULFoto: sam_2035	
PositionFOL:		Höhe: -0.4		Hausseite: W rechte H FOLFoto: sam_2034	
Anzahl Personen: 5		Wohnfläche: 210		LüftungsanlageFoto: sam_2042	
Anlagentyp und -beschreibung					
Hersteller: Hoval		Typ: RS 250		Baujahr: 2011	
Anschlussleistung: 58		Luftmenge von:		bis: 250 Doku vorhanden: <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	
Wärmetauscher <input type="checkbox"/> Platten <input type="checkbox"/> Rotor		Feuchterückgewinnung: <input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein			
Beschreibung von Besonderheiten 2012 wurde der Wärmetauscher ersetzt- der Motor war defekt.				Art des Kondensatablaufes kein.	
Kanal-/Rohrart: Anschlüsse 160 Blech, Verteilung 80-90 Kunststoff					
Unterhalt					
Inbetriebnahmeinstruktion erfolgt?		<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein		Wartungsvertrag? <input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein	
UnterhaltLetzterService: 15.04.2011		letzter Filterwechsel: 14.11.2013		Filterwechselzyklus: 12	
Letzte Hygieneinspektion:		letzte Reinigung:			
Filter Zuluft vorgegeben: F7 Klasse/Typ		verbaut: F7			
Filter Abluft vorgegeben: G4 Klasse/Typ		verbaut: G4			
Besonderheiten Filter: Seperater Feinfilter in Aussenluftleitung vor dem Lüftungsgerät montiert. (Dichtheit, Einbau,Situation)					