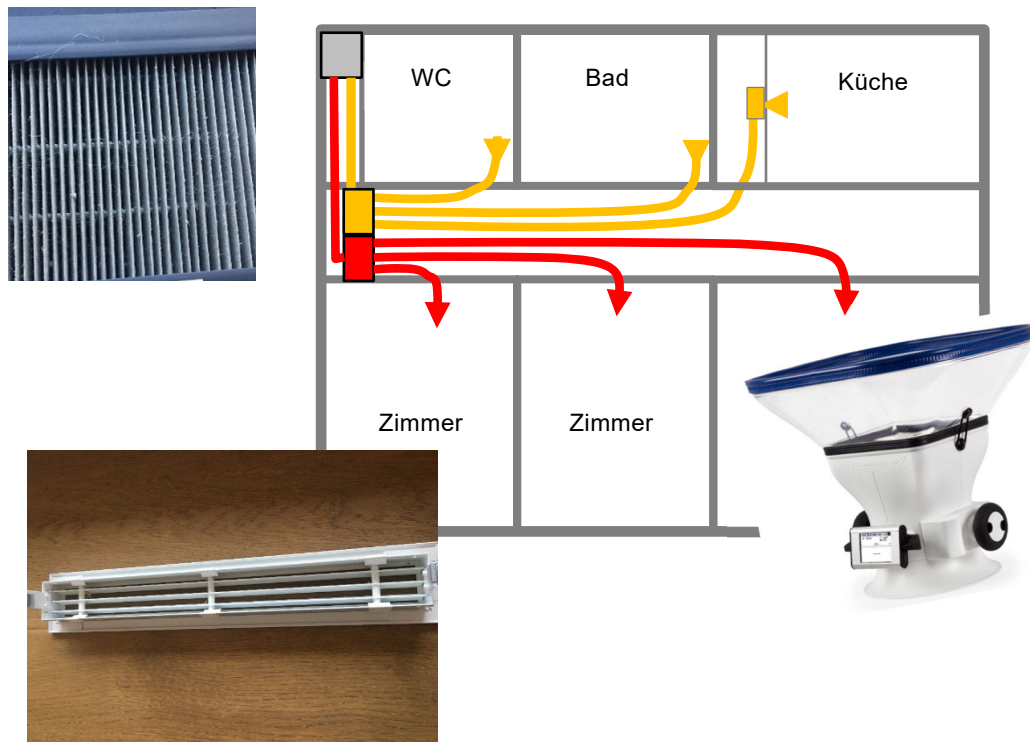


Bericht

Horw, 28.06.2021

Komfortlüftung im Vollzug Energie

Praxisuntersuchung von einfachen Lüftungsanlagen (Einzelwohnungsanlagen) bezüglich Funktion, Energie und hygienischem Zustand



Impressum

Auftraggeber

EnFK Regionalkonferenz Ostschweiz
c/o Andrea Lötcher
Leiter Abteilung Energieeffizienz
Amt für Energie und Verkehr Graubünden
Rohanstrasse 5
7000 Chur

Auftragnehmer

Hochschule Luzern
Technik & Architektur
Institut Gebäudetechnik und Energie
Technikumstrasse 21
CH-6048 Horw

Verfasser

Claudia Hauri HSLU – T&A
Heinrich Huber HSLU – T&A
Alex Primas HDLU – T&A

Verteiler

Andrea Lötcher EnFK RK
Ostschweiz

SAP-Nr.

1122114

Dateiname

b_20210628_KL_im_Vollzug_r.docx

Änderungsverzeichnis

Vers.	Datum	Status	Änderungen und Bemerkungen	Bearbeitet von
1	12.04.2021		Vorabzug Schlussbericht, Vorabzug	Hau, Huh
2	19.04.2021		Vorabzug Schlussbericht, lektoriert	Huh, Rfr
3	21.04.2021		Schlussbericht	Huh
4	28.06.2021	final	Bereinigungen nach Vorstellung bei EnFK Ost-Ch	Huh

Zusammenfassung

Vorgehen und Methode

In 7 Siedlungen wurden in insgesamt 11 Wohnungen Komfortlüftungen (Einzelwohnungsanlagen des Typs «einfache Lüftungsanlage» nach SIA 382/1) untersucht. Im Rahmen des Projekts wurden die Filter gewechselt sowie die Geräte und verschmutzte Luftdurchlässe gereinigt. Im angetroffenen und im sauberen Zustand wurden die Luftvolumenströme gemessen. Zudem wurde der allgemeine hygienische Zustand und die Häufigkeit des Filterwechsels erfasst.

Resultate

Mit einer Ausnahme wurden die Filter mindestens einmal jährlich gewechselt. Die Anlagen wiesen im angetroffenen Zustand mehrheitlich geringe bis mittlere Verschmutzungen auf. Bei den Abluftdurchlässen, den Abluftleitungen und den Aussenluftfiltern wurden bei 3 Anlagen starke Verschmutzungen beobachtet. Insgesamt wurde der hygienische Zustand als gut bis zufriedenstellend beurteilt. Ein Grund ist, dass bei 7 Anlagen ein Wartungsvertrag vorhanden war.

Zwischen den Luftvolumenströmen im angetroffenen und sauberen Zustand wurde im Mittel eine Zunahme von lediglich 6 % beobachtet. Die Disbalance (Differenz zwischen Zuluft und Abluft) lag sowohl im angetroffenen wie auch im sauberen Zustand im Mittel aller Anlagen bei 12 %, was als moderat bezeichnet werden kann. Diese Werte deuten darauf hin, dass die untersuchten Anlagen ein stabiles Betriebsverhalten aufweisen und die Wartungsintervalle von typischerweise einem Jahr angemessen sind. Trotzdem wurden Einzelfälle mit Mängeln angetroffen. In einer Anlage (mit Wartung durch den Eigentümer) war im angetroffenen Zustand der Abluftfilter ausgebaut. In dieser Anlage und zwei weiteren Anlagen wurden Disbalancen von 20 bis 30 % angetroffen. Hier ist eine neue Einregulierung unbedingt zu empfehlen.

Die gemessenen Luftvolumenströme lagen im Mittel aller Anlagen bei rund 130 % des von der SIA 2023 geforderten Minimalwerts. Die Gründe liegen bei unnötigen Zuluftdurchlässen im Durchströmbereich (Wohnzimmer) und bei hohen Abluftmengen in Abstell- und Technikräumen.

Die spezifische elektrische Aufnahmeleistung (SPI) konnte bei 6 Anlagen ermittelt werden. Bei einem rund 15 Jahre alten Geräte wurde der Grenzwert der SIA 382/1 überschritten. Bei drei Geräten lag der SPI-Wert zwischen Ziel- und Grenzwert. Bei zwei Geräten wurde der Zielwert unterschritten. Im Vergleich zu Untersuchungen vor rund 10 Jahren hat sich der SPI-Wert um rund ein Drittel verbessert. Mit Geräten der neuesten Generation (wie eines in der Untersuchung angetroffen wurde), ist zu erwarten, dass künftig der SPI-Wert rund 20 % unter dem heutigen SIA-Zielwert liegt.

Vergleich mit anderen Wohnungslüftungssystemen

In einem Vorgängerprojekt [1] wurden 13 Abluftanlagen und 16 Einzelraumlüftungsgeräte mit einer analogen Methode untersucht.

Im Vergleich zu den untersuchten Komfortlüftungen waren die untersuchten Abluftanlagen und Einzelraumlüftungsgeräte häufig zu knapp dimensioniert. Bei Abluftanlagen werden die Aussenbauteil-Luftdurchlässe (ALD) typischerweise zu klein gewählt, resp. für einen normgerechten Luftvolumenstrom müssen von marktüblichen Produkten pro Zimmer zwei ALD eingesetzt werden, um den Normwert zu erreichen. Bei Einzelraumlüftungsgeräten wird im Durchschnitt über alle Geräte der geforderte Luftvolumenstrom geringfügig unterschritten. Dabei ist aber zu beachten, dass 12 der untersuchten 16 Geräte (vorwiegend neuere Konstruktionen) durchschnittlich nur etwa die Hälfte des geforderten Zuluftvolumenstroms geliefert haben. Dass der Mittelwert über alle Geräte nahe beim Normwert liegt, ist damit begründet, dass die anderen 4 Geräte (davon 3 alte Konstruktionen) deutlich höhere Luftvolumenströme gefördert haben.

Je geringer die Differenz des Luftvolumenstroms vom angetroffenen zum saubereren Zustand ist, desto stabiler und robuster ist ein Lüftungssystem. Bei den Abluftanlagen war diese Differenz dreimal höher als bei den Komfortlüftungen und bei den Einzelraumlüftungsgeräten gar fünfmal. Das kann auch so interpretiert werden, dass Abluftanlagen und Einzelraumlüftungsgeräte deutlich häufiger gewartet werden müssen als Komfortlüftungen, damit sie eine vergleichbare Stabilität erreichen.

Eine Disbalance reduziert den energetischen Nutzen und kann zu bauphysikalisch und hygienisch unerwünschten Luftströmen führen. Bei den Komfortlüftungen war die Disbalance im angetroffenen Zustand im Mittel um den Faktor 3 geringer (d. h. besser) als bei den Einzelraumlüftungsgeräten und bei den Abluftanlagen gar um den Faktor 5. Im saubereren Zustand schneidet die Komfortlüftung immer noch um den Faktor 2 besser ab.

Empfehlungen

Aus den Ergebnissen des vorliegenden Projekts und des Vorläuferprojekts [1] werden die folgenden Empfehlungen abgeleitet. Neben diesen Empfehlungen wird als selbstverständlich vorausgesetzt, dass die Anforderungen der Normen eingehalten werden.

Empfehlungen für alle Anlagentypen:

- Bei der Einregulierung und Abnahme müssen die Luftvolumenströme in allen Räumen einreguliert, gemessen und protokolliert werden. Damit sind auch die ALD und Einzelraumlüftungsgeräte gemeint.
- Die Filterwechsel sollen nur durch Fachleute durchgeführt werden. Es wird unbedingt davon abgeraten die Filterwechsel an Mieter zu delegieren.
- Etwa alle 5 Jahre soll eine Anlage durch eine Fachfirma kontrolliert und bei Bedarf gereinigt werden. Dabei sollen alle Luftvolumenströme gemessen und bei Bedarf neu einreguliert werden.

Empfehlungen für Komfortlüftungen

- In Wohnzimmern im Durchströmbereich soll keine Zuluft zugeführt werden. Ausgenommen sind Kleinwohnungen bis 2 ½-Zimmer.
- Lüftungsgeräte sollen so gewählt werden, dass der Luftvolumenstrom bei Auslegung der Anlage höchstens bei 50 % des vom Lieferanten deklarierten maxi Luftvolumenstrom liegt¹.
- Ein Filterwechsel, eine Reinigung und eine grobe Inspektion der Anlage soll jährlich durch eine Fachperson durchgeführt werden. Je nach Luftbelastung und Filtergrösse ist allenfalls dazwischen ein weiterer Filterwechsel erforderlich.

Empfehlungen für Abluftanlagen mit ALD

- Mit den marktgängigen Produkten müssen pro Zimmer zwei ALD installiert werden, damit der von der Norm geforderte Zuluftvolumenstrom erreicht wird.
- Die Filter der ALD sollen alle 3 Monate ersetzt werden². Zudem sollen die ALD mindestens einmal jährlich durch eine Fachperson inspiziert und gereinigt werden.

Empfehlungen für Einzelraumlüftungsgeräte

- Damit der geforderte Luftvolumenstrom erreicht wird, müssen die Geräte grosszügig dimensioniert werden.
- Robuste und grössere Gerätebauarten sind im Betrieb stabiler als leicht gebaute und kleinere Gerätebauarten.
- Die Filter sollen alle 3 Monate ersetzt werden². Zudem sollen die Einzelraumlüftungsgeräte mindestens einmal jährlich durch eine Fachperson inspiziert und gereinigt werden.

¹ Beispiel: Ein Lieferant bezeichnet sein Lüftungsgerät mit "WLA 300" und meint mit der Zahl 300 den maximalen Luftvolumenstrom in m³/h. Typischerweise erreicht ein solches Gerät bei einem Luftvolumenstrom von 150 m³/h (oder tiefer) energetische und akustische Werte, die gemäss Schweizer Standards im Dauerbetrieb als gut bezeichnet werden können.

² Das heisst, dass alle 3 Monate jedes Schlafzimmer von einer fremden Person betreten wird. In der Praxis sind die Wartungsintervalle meistens länger, was dann aber zu einem weniger stabilen Betrieb führt.

Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangslage und Zielsetzung	6
1.1. Ausgangslage	6
1.2. Zielsetzung	6
1.3. Abgrenzung	6
2. Grundlagen	6
2.1. Begriffe	6
3. Vorgehen / Methode	7
3.1. Messobjekte	7
3.2. Messungen	7
3.3. Dokumentation des hygienischen Zustandes	8
4. Resultate	8
4.1. Charakterisierung der untersuchten Objekte	8
4.2. Typen der Wohnungslüftungsgeräte	10
4.3. Filterwechsel und Reinigung	11
4.3.1. Organisation der Wartung	11
4.3.2. Einfluss von Filterwechsel und Reinigung auf den Luftvolumenstrom	11
4.4. Vergleich der Luftvolumenströme mit den SIA-Normwerten	14
4.5. Luftmengenbilanz über die gesamte Wohnung	19
4.6. Hygiene	20
4.7. Elektrische Leistungsaufnahme der Lüftungsgeräte	21
4.8. Unter- und Überdruck in den Wohnungen	22
5. State of Art in Kürze	23
5.1. Auslegung von Komfortlüftungen	23
5.2. Wohnungslüftungsgeräte	24
5.2.1. Elektrische Leistungsaufnahme	24
5.2.2. Enthalpieübertrager und Vereisungsschutz	24
5.2.3. Ecodesign-Anforderungen	25
5.3. Betrieb mit Disbalance	25
5.4. Hygiene, Wartung und Robustheit der Anlagen	26
6. Fazit	27
7. Literaturverzeichnis	31
8. Anhang 1: Summenhäufigkeit der Zuluftvolumenströme der Zimmer	32
9. Anhang 2: Objektdokumentation	34
9.1. Objekt 1, Horw	34
9.2. Objekt 2, Horw	38
9.3. Objekt 3, Zug	42
9.4. Objekt 4, Zug	46
9.5. Objekt 5, Birmensdorf	50
9.6. Objekt 6, Birmensdorf	55
9.7. Objekt 7, Birmensdorf	60
9.8. Objekt 8, Kastanienbaum	64
9.9. Objekt 9, Kastanienbaum	69
9.10. Objekt 10, Zofingen	74
9.11. Objekt 11, Zofingen	80
10. Anhang 2: Abkürzungen	85

1. Ausgangslage und Zielsetzung

1.1. Ausgangslage

In den Jahren 2017/2018 wurde im Auftrag der EnFK³ Regionalkonferenz Ostschweiz die Praxisuntersuchung «Untersuchung zu Abluftanlagen und Einzelraumlüftungen im Vollzug Energie» [1] durchgeführt. In der Arbeit wurden zwei Lüftungssysteme untersucht, die zurzeit eine geringe Verbreitung haben. Direkte Vergleiche mit der stark verbreiteten Komfortlüftung (gemäss SIA 382/5 [3] «einfache Lüftungsanlage») fehlen aber. Daher hat die EnFK Regionalkonferenz Ostschweiz eine gleichartige Untersuchung zu Komfortlüftungen von einzelnen Wohnungen (sog. Einzelwohnungsanlagen) initiiert.

1.2. Zielsetzung

Für Komfortlüftungsanlagen sollen vergleichbare Daten zur Verfügung gestellt werden, wie sie im Projekt «Abluftanlagen und Einzelraumlüftungen im Vollzug Energie» für die Abluftanlagen mit Aussenbauteil-Durchlässen (ALD) und für Einzelraumlüftungsgeräte erhoben wurden. Dies sind insbesondere:

- Raumweise Luftvolumenströme im angetroffenen und im gereinigten Zustand
- Disbalance (Zu- oder Abluftüberschuss) der Wohnung im angetroffenen und im gereinigten Zustand
- Luftvolumenströme im Vergleich mit den Anforderungen der SIA-Normen
- Qualitative Beurteilung des hygienischen Zustandes
- Beurteilung des Stands der Technik

Die Ergebnisse sollen einen Vergleich zwischen den drei mechanischen Standard-Lüftungssystemen im Wohnbau möglich.

1.3. Abgrenzung

Die Untersuchungen beschränken sich auf Einzelwohnungsanlagen des Anlagentyps einfache Lüftungsanlage gemäss SIA 382/5 [3].

2. Grundlagen

2.1. Begriffe

Komfortlüftung

Gemäss der Terminologie der SIA 382/5 ist eine Komfortlüftung eine «einfache Lüftungsanlage». Diese Anlagen umfassen mindestens folgende Komponenten:

- Zuluft- und Abluftventilator
- Aussen- und Abluftfilter
- Wärmerückgewinnung
- Zuluft- und Abluftverteilung

Einzelwohnungsanlage

Eine Einzelwohnungsanlage versorgt ausschliesslich eine einzelne Wohnung.

Abbildung 1 zeigt das Prinzip einer Komfortlüftung, Typ Einzelwohnungsanlage mit der Bezeichnung der wichtigsten Komponenten und Anlageteile.

³ EnFK: Energiefachstellen Konferenz

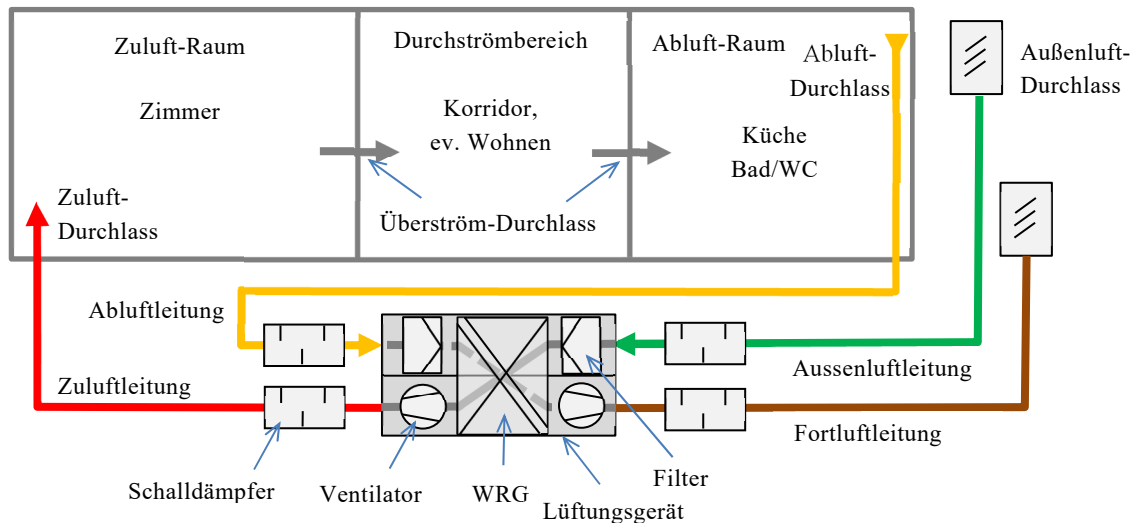


Abbildung 1: Prinzip der Komfortlüftung, Typ Einzelwohnungsanlage

3. Vorgehen / Methode

3.1. Messobjekte

In insgesamt 11 Wohnungen in Mehrfamilienhäusern von 7 Siedlungen wurde eine Beurteilung von Komfortlüftungen durchgeführt.

Die Objekte wurden über Anfragen bei Systemanbietern und via private Kontakte gesucht. Dabei wurde darauf geachtet, dass verschiedene Bauarten und Fabrikate von Lüftungsgeräten vertreten waren.

Da die Messkampagne in die Zeit Covid-19-Pandemie fiel, war es wegen freiwilligen und verordneten Massnahmen nicht möglich mehr Wohnungen resp. Nutzer und Verwaltungen für die Untersuchung zu finden.

3.2. Messungen

Volumenstrommessungen

Die Luftvolumenströme wurden im angetroffenen (ungereinigten) und im sauberen Zustand gemessen. Bei beiden Zuständen liefen die Anlagen mit den gleichen Einstellungen. Die Luftmengenmessung erfolgte, wenn möglich, mit dem Messgerät Acin Flowfinder MK2 (Abbildung 2). Wenn dies aufgrund der lokalen Verhältnisse nicht möglich war, wurden die Luftmengen mit einem Flügelrad- oder Hitzdraht-Anemometer bestimmt. Die Anemometermessung ist aber bezüglich Luftvolumenstrom mit einer grossen absoluten Messunsicherheit behaftet. Aus dem Vergleich zwischen der Messung vor und nach der Reinigung/Filterwechsel kann, aufgrund der identischen Messsituation, aber trotzdem eine Aussage zur Wirkung der Reinigung resp. des Filterwechsels gemacht werden (relative Veränderung des Luftvolumenstroms). Soweit möglich, d.h. wenn die Luftdurchlässe zugänglich waren, wurden sämtliche Zuluft- und Abluftdurchlässe gemessen und daraus die Bilanz über die Wohnung erstellt.



Abbildung 2: FlowFinder MK 2

Elektrische Aufnahmeleistung

Zusätzlich zu den Luftvolumenströmen wurde die elektrische Aufnahmeleistung der Lüftungsgeräte im angetroffenen und gereinigten Zustand gemessen. Über die gemessenen Luftvolumenströme konnte die spezifische elektrische Leistungsaufnahme ermittelt werden.

Differenzdruck zur Umgebung

Mit einem Messgerät, das für kleine Druckdifferenzen geeignet ist, wurde die Druckdifferenz von der Wohnung zur Umgebung gemessen. Bei einem Abluftüberschuss stellt sich ein Unterdruck, bei einem Zuluftüberschuss ein Überdruck ein. Insbesondere durch Wind ergeben sich bei dieser Messung Schwankungen, so dass die Messergebnisse als Richtwerte zu verstehen sind.

Spezifikation der Messgeräte

In Tabelle 1 sind die verwendeten Messgeräte und ihre Messunsicherheiten aufgelistet.

Tabelle 1: Verwendete Messgeräte

Messgerät	Messgrösse	Wo	HP- Nummer ^{a)}	Messunsicherheit
Acin Flowfinder MK2	Luftvolumenstrom	Zu- und Abluftdurchlässe	1.08 HP 455	± 3% v. M. min. 3 m ³ /h
Anemometer Testo	Geschwindigkeit	Zu- und Abluftdurchlässe ^{b)}	1.18 HP 012	± (0,03 m/s + 5 % v. Mw.)
DG 700	Druckdifferenz	Wohnung zu Umgebung	1.07 HP 043	± 1 % v.M. mind. ± 0,15 Pa
EMU	Elektr. Leistung	Lüftungsgerät	1.13 HP 083	Klasse 2, IEC 1036

a) interne Gerätebezeichnung des Labors Gebäudetechnik

b) nur falls eine Messung mit dem FlowFinder nicht möglich war

3.3. Dokumentation des hygienischen Zustandes

Neben physikalischen Messungen wurde der hygienische Zustand der Anlage vor der Reinigung fotografisch festgehalten und grob klassiert.

4. Resultate

4.1. Charakterisierung der untersuchten Objekte

Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die untersuchten Objekte.

Tabelle 2: Übersicht der untersuchten Objekte

Objekt Nr.	Wohnung ID-Nr.	Ort	Baujahr	Kochstelle	Miete oder Eigentum	Intervall Filterwechsel	Wohnungsgrösse
1	110	Horw	2006	Umluft	Mietwohnung	1 x jährlich (Wartungsvertrag)	2 ½ Zimmer
2	210	Horw	2010	Umluft	Eigentums-Wohnung	1 x jährlich ^{a)} (Eigentümer)	4 ½ Zimmer
3	310	Zug	2011	Abluft	Mietwohnung	1 x jährlich (Hauswart)	5 ½ Zimmer
4	410	Zug	2011	Abluft	Mietwohnung	1 x jährlich (Hauswart)	5 ½ Zimmer
5	510	Birmensdorf	2014	Umluft	Mietwohnung	1 x jährlich (Wartungsvertrag)	4 ½ Zimmer
6	610	Birmensdorf	2014	Umluft	Mietwohnung	1 x jährlich (Wartungsvertrag)	3 ½ Zimmer
7	710	Birmensdorf	2014	Umluft	Mietwohnung	1 x jährlich (Wartungsvertrag)	2 ½ Zimmer
8	810	Kastanienbaum	2016	Umluft	Eigentums-Wohnung	1 x jährlich ^{b)} (Wartungsvertrag)	5 ½ Zimmer
9	910	Kastanienbaum	2016	Umluft	Eigentums-Wohnung	1 x jährlich ^{b)} (Wartungsvertrag)	5 ½ Zimmer
10	1010	Zofingen	2007	Umluft	Eigentums-Wohnung	unregelmässig (Eigentümer)	4 ½ Zimmer
11	1110	Zofingen	2016	Umluft	Mietwohnung	1 x jährlich (Wartungsvertrag)	2 ½ Zimmer

a) Zusätzlich wurde bei dieser Wohnung eine komplette Reinigung der Rohre durchgeführt.

b) Bei der jährlichen Kontrolle werden die Filter ausgewechselt, zusätzlich werden 2 Filterpaare zum Wechseln durch die Bewohner deponiert. Die zusätzlichen Filter werden aber in der Regel nicht genutzt.

Anlagentyp

Alle Wohnungen sind mit einer Komfortlüftung (einfache Lüftungsanlage), Typ Einzelwohnungsanlage ausgerüstet. Die Beschreibung der Lüftungsgeräte findet sich im nächsten Kapitel.

Geografische und klimatische Lage

Alle Objekte befinden sich im Raum Zentralschweiz/Espace Mittelland in einer Höhenlage von rund 400 bis 600 m über Meer.

Baujahr und Alter

Das Baujahr liegt zwischen 2006 und 2016. Zum Zeitpunkt der Untersuchung waren das Alter der Wohnungen resp. der Anlagen:

- Älter als 10 Jahre: 2 Wohnungen
- Alter 5 bis 10 Jahre: 6 Wohnungen
- Jünger als 5 Jahre: 3 Wohnungen

Eigentumsverhältnisse

4 Wohnungen waren im Eigentum der Bewohner. Die übrigen 7 Wohnungen waren in Miete.

Wohnungsgrösse

Gemessen nach der Zimmerzahl sind die Wohnungsgrössen:

- 2 ½ Zimmer: 3 Wohnungen
- 3 ½ Zimmer: 1 Wohnung

- 4 ½ Zimmer: 3 Wohnungen
- 5 ½ Zimmer: 4 Wohnungen

Kochstellenabluft

In 9 Wohnungen erfolgt die Kochstellenentlüftung mit einer Dunstabzugshaube mit Umluftbetrieb eingebaut. 2 Wohnungen haben eine Fortlufthaube.

Nutzerintervention

Unter einer Nutzerintervention wird der bewusste Eingriff in den Betrieb oder die Funktion der Anlage verstanden. Dies reicht von der Einstellung der Betriebsstufe, über das Abschalten der Anlage bis zum Verstellen oder Abkleben von Luftdurchlässen. Neben der Art von möglichen Interventionen wurde im Projekt auch die Dauer der Intervention erfasst.

Im Gegensatz zum Projekt «Abluft und Einzelraumlüftungen in Vollzug», wo bei rund einem Drittel der Anlagen Nutzerinterventionen vorgenommen wurden, wurden bei dieser Untersuchung nur wenige Nutzerinterventionen festgestellt. In 2 Wohnungen wurde das Zeitprogramm der Steuerung durch die Nutzer auf ihre Bedürfnisse angepasst. In einer Wohnung wurde der Abluftfilter entfernt.

4.2. Typen der Wohnungslüftungsgeräte

Es wurden 5 Typen von Lüftungsgeräten angetroffen, die von 4 verschiedenen Herstellern stammen. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die technischen Daten gemäss Herstellerangabe.

Tabelle 3: Technische Daten der angetroffenen Geräte

Leistungskenngrösse / Spezifikation	Einheit	Hersteller und Gerätetyp				
		Herst. 1 Typ A	Herst. 1 Typ B	Herst. 2 Typ C	Herst. 3 Typ D	Herst. 4 Typ E
Energieklasse ^{a)}		A	A	A	b)	A ⁺
Art der Wärmerückgewinnung		Platten-WÜ	Platten-WÜ	Rotor	Platten-WÜ	Platten-WÜ
Temperaturverhältnis	%	93	90	84	90	92
Feuchteverhältnis	%	-	-	90	-	-
Höchster Luftvolumenstrom	m ³ /h	230	400	250	260	
Bezugs-Luftvolumenstrom ^{c)}	m ³ /h	162	245	182	150	123
Spezifische elektrische Aufnahmeleistung ^{c)}	W/(m ³ /h)	0.31	0.28	0.27	0.34	0.163
Innere Leckage	%	1	0.5	< 1	1.5	0.19
Äussere Leckage	%	3	1.7	1.31	0.9	0.35
Schalleistung Gehäuse	dB(A)	40	52	52	40	49
Aussenluftfilter		F7 (ISO ePM ₁ ≥55%)	F7 (ISO ePM ₁ ≥55%)	ePM ₁ 50%	F6	F7 (ePM ₁ 50-65%)
Abluftfilter		G4 (ISO Coarse≥65%)	G4 (ISO Coarse≥65%)	ePM _{1.0} 50%	G3	G4 (Coarse≥90%)
a) Mit zentralen Bedarfssteuerung (CTRL = 0.85)						
b) Gerät von 2006, hat noch keine Energieetikette						
c) bei einem Bezugs-Druckverlust (externer Förderdruck) von 50 Pa						

Tabelle 4 zeigt, welcher Typ von Lüftungsgerät in welcher Wohnung installiert waren.

Tabelle 4: In den Wohnungen installierte Typen der Lüftungsgeräte

Typ Lüftungsgerät	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D	Typ E
Wohnung ID-Nr.	110	210 310 410 810 910	510 610 710	1010	1110

8 Lüftungsgeräte sind mit einer Wärmerückgewinnung (WRG) mit Platten-Wärmeübertrager (PWÜ) ohne Feuchterückgewinnung ausgerüstet. Bei 3 Lüftungsgeräten besteht die WRG aus einer rotierenden Wärmerückgewinnung (Rotor) mit Feuchterückgewinnung.

4.3. Filterwechsel und Reinigung

4.3.1. Organisation der Wartung

Durch Befragungen wurde erhoben, wie häufig die Filter gewechselt werden, bzw. wann der letzte Filterwechsel stattgefunden hat.

Bei 9 Wohnungen war die regelmässige Filterwartung durch einen Servicevertrag oder durch die Hauswartung organisiert. In diesen Wohnungen wurden die Filter jährlich oder in einem kürzeren Intervall gewechselt.

In einer Wohnung ohne organisierten Filterwechsel war nur noch der Aussenluftfilter vorhanden, der Abluftfilter wurde durch den Bewohner entfernt.

Bei den 7 Anlagen mit Servicevertrag wurde anlässlich des Filterwechsels auch das Lüftungsgerät gereinigt. Nicht gereinigt wurden das Aussenluftgitter und die Luftdurchlässe in der Wohnung. Bei einer Wohnung konnten die Messungen vor und nach einer kompletten Reinigung der Anlage inkl. Reinigung der Luftverteilung durchgeführt werden. Dabei wurden selbstverständlich auch die Filter gewechselt.

4.3.2. Einfluss von Filterwechsel und Reinigung auf den Luftvolumenstrom

In den untersuchten Objekten wurden die Luftmengen im angetroffenen und im sauberen Zustand gemessen. Die beiden Messungen erfolgten mit denselben Einstellungen unter den gleichen Bedingungen. Für den Vergleich der Luftvolumenströme im angetroffenen und im sauberen Zustand wurde der Faktor der relativen Veränderung der Luftmenge nach der Formel 1 bestimmt.

$$f_{clog} = 1 - \frac{q_{v,clog}}{q_{v,clean}} \quad (1)$$

wobei

f_{clog} Verschmutzungsfaktor des Luftvolumenstroms

$q_{v,clog}$ Luftvolumenstrom im angetroffenen Zustand

$q_{v,clean}$ Luftvolumenstrom im sauberen Zustand

Der Verschmutzungsfaktor wird in Prozent angegeben. Ein Wert von 0 % bedeutet, dass keine Veränderung des Luftvolumenstroms stattgefunden hat und 100 % bedeutet eine maximale Veränderung. Für den Vergleich der Anlagen werden Veränderungen bis 10 % (unbedeutend), 10-33 % (klein), 33-66 % (mittel) und >66 % (gross) unterschieden.

In Abbildung 3 ist die Auswertung der Messungen an den einzelnen Zuluft- und Abluftdurchlässen dargestellt. Diese beinhaltet insgesamt 48 Zuluftdurchlässe und 52 Abluftdurchlässe.

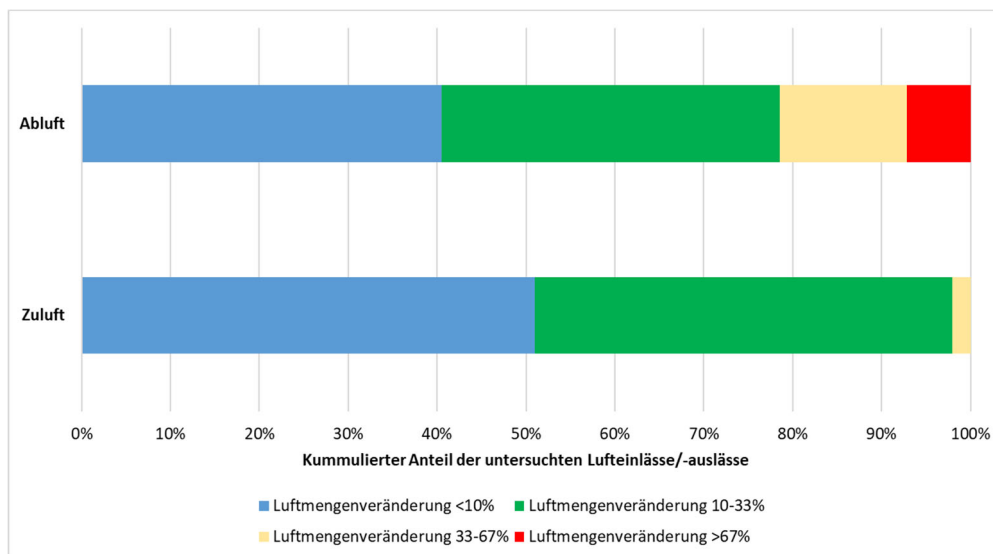


Abbildung 3: Vergleich Luftmengenveränderung durch Filterwechsel und Reinigung pro Auslass

Die Veränderung des Luftvolumenstroms durch die Reinigung und den Filterwechsel war auf der Abluftseite höher als auf der Zuluftseite. Bei gut 51 % der Zuluftdurchlässe und bei gut 40 % der Abluftdurchlässe liegt die Veränderung der Luftmenge unter 10 % und kann daher als unbedeutend klassiert werden. Auf der Zuluftseite gibt es keine Veränderungen von mehr als 66 % und bei der Abluft ist die Veränderung bei ca. 7 % der Durchlässe grösser als 66 %. Auf der Zuluftseite liegen ca. 47 % und auf der Abluftseite ca. 38 % der Luftmengenänderung im Bereich zwischen 10-33 %.

In Abbildung 4 sind die Veränderung der Luftvolumenströme über die gesamte Wohnung aufgeführt. Zuerst wurden die Summen aller Zuluftdurchlässe und die Summen aller Abluftauslässe pro Wohnung gebildet. Danach wurden die Summen der Volumenströme im angetroffenen und im sauberen Zustand verglichen.

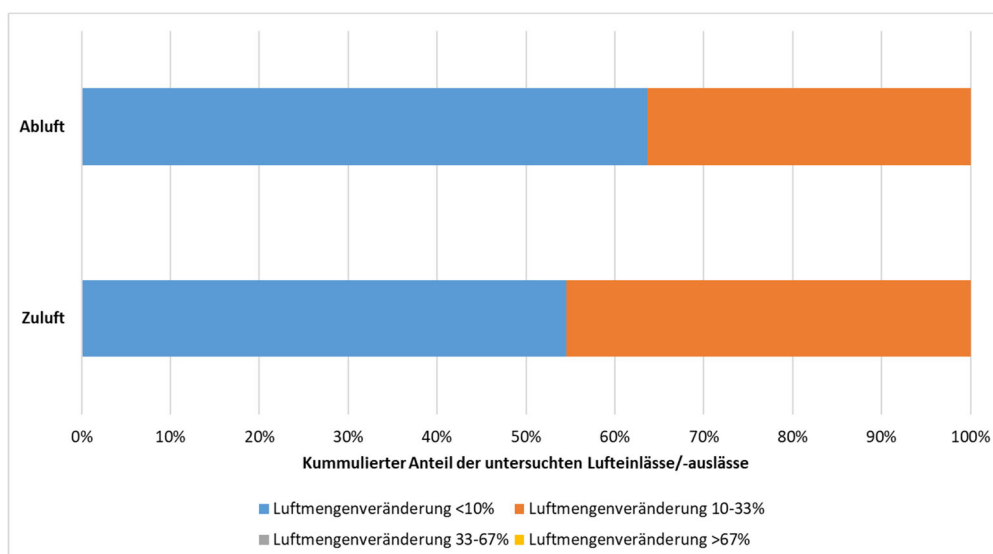


Abbildung 4: Vergleich Luftmengenveränderung durch Filterwechsel und Reinigung pro Wohnung

Die Veränderung der Luftvolumenströme durch Filterwechsel und Reinigung über die gesamte Wohnung ist deutlich kleiner als pro Luftdurchlass. So betragen die Veränderungen bei ca. 64 % der Abluftdurchlässe und ca. 55 % der Zuluftdurchlässe weniger als 10 % und ist als unbedeutend zu klassieren. Bei den restlichen ca. 36 % (Abluft) und ca. 45 % (Zuluft) liegt die Veränderung bei 10-33 % ist daher als klein einzustufen.

Die detaillierten Angaben zu der Veränderung der Luftmenge aufgeteilt pro Wohnung finden sich in Kapitel 10, Anhang 2.

Vergleich mit dem Projekt «Abluftanlagen und Einzelraumlüftungen im Vollzug Energie» [1]

Bei den Abluftdurchlässen wurden vergleichbare Veränderungen der Luftvolumenströme durch Filterwechsel und Reinigung festgestellt. Die ALD und die Einzelraumlüftungsgeräte waren jedoch wesentlich empfindlicher. So wurde bei rund 40 % der ALD und Einzelraumlüftungsgeräte nach dem Filterwechsel eine Zunahme des Luftvolumenstroms von 33.3 bis 66.6 % festgestellt und bei ca. 7 % gar eine Zunahme von über 66.6 %.

Wiederholung der Filterwechsel und Reinigung in Wohnung 110

In der Wohnung 110 konnten die Luftvolumenströme vor und nach zwei Filterwechseln gemessen werden. 2018 und 2019 fanden die Filterwechsel im Rahmen der normalen jährlichen Servicegänge statt. Wegen der Corona-Massnahmen fielen der geplante Servicegang und Filterwechsel von 2020 aus. Im Februar 2021 hat der Bewohner die Filter selbst ersetzt. Dabei wurden ein Originalfilter des Geräteherstellers und ein Alternativprodukt von einem Filtershop miteinander verglichen.

Abbildung 5 zeigt wie sich die Luftvolumenströme und die spezifische Ventilatorleistung (SPI, vgl. Kap. 4.7) bei Stufe 2 verändert haben. Die Messung vom Feb. 2021 mit dem alten Filter zeigt, dass sich nach 1.5 Jahren der Luftvolumenstrom wegen Filterverschmutzung deutlich reduziert hat. Das Filterwechselintervall von max. einem Jahr ist hier angemessen. Zudem lag auch die spezifische Ventilatorleistung fast beim doppelten Wert wie im sauberen Zustand. Die Messungen vom Feb. 2021 mit dem Originalfilter und einem Alternativprodukt zeigen, dass der Originalfilter zu leicht besseren Kennwerten (höherer Luftvolumenstrom bei tieferem SPI) führt.

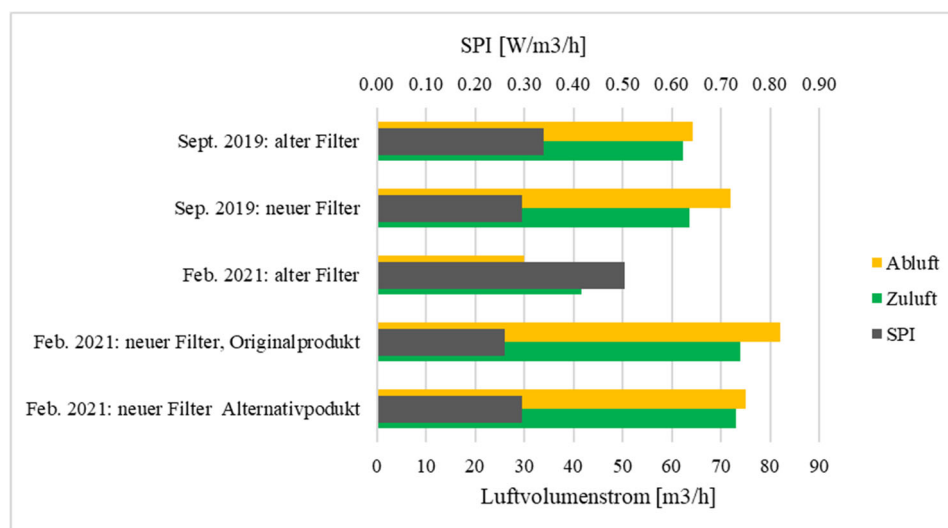


Abbildung 5: Vergleich Veränderung Luftvolumenströme und SPI durch Filterwechsel und Reinigung in Wohnung 110, gemessen auf Stufe 2

4.4. Vergleich der Luftvolumenströme mit den SIA-Normwerten

Die gemessenen Luftvolumenströme werden mit den minimal geforderten Werten der SIA 2023[2] und SIA382/5 [3] verglichen, die in Tabelle 5 aufgeführt sind. Da die SIA 382/5 bei Erstellung der untersuchten Anlagen noch nicht gültig war, bezieht sich die Bewertung auf die SIA 2023.

Tabelle 5: Minimale Zuluft- und Abluftvolumenströme für Dauerbetrieb gemäss SIA Merkblatt 2023 [2] und SIA382/5 [3]

Raumtyp	Minimaler Luftvolumenstrom	
	SIA 2023	SIA 382/5
Zulufträume		
- Zimmer, Wohnzimmer (als geschlossener Raum mit Tür)	30 m ³ /h	30 m ³ /h
- Wohnzimmer im Durchströmbereich	0 m ³ /h	0 m ³ /h
Ablufträume		
- Bad, Dusche	40 m ³ /h	30 m ³ /h
- Sep. WC (ohne Bad oder Dusche)	20 m ³ /h	15 m ³ /h
- Küche (als geschlossener Raum mit Tür)	40 m ³ /h	20 m ³ /h
- Küchen im Durchströmbereich	40 m ³ /h	0 m ³ /h
- Räume mit kurzzeitiger Nutzung (ca. 2 h pro Tag)	n.a.	10 m ³ /h

Tabelle 6 zeigt für die verschiedenen Raumtypen mit den Mittelwerten, das Minimum und das Maximum der gemessenen Luftvolumenströme im angetroffenen und im sauberen Zustand. Von den 100 angetroffenen Luftdurchlässen in 87 Räumen konnten 94 mit dem FlowFinder gemessen werden. Bei 3 Luftdurchlässen musste der Luftvolumenstrom mit Anemometer abgeschätzt werden. Bei 2 Luftdurchlässen war wegen Möblierung kein Zugang möglich. Ein Luftdurchlass ist nicht funktionsfähig, da die Luftleitung mit Beton verstopft ist.

Tabelle 6: Raumtypen mit gemessenen Luftvolumenströmen im angetroffenen und im sauberen Zustand

Raumtyp	Zimmer	Wohnen, Durchströmbereich	Küche	Bad/Dusche	WC	Abstellraum, Technik
Anzahl Räume	29	11	10	20	4	10
Luftvolumenströme im angetroffenen Zustand						
Mittelwert [m ³ /h]	33	47	45	24	23	34
Minimum [m ³ /h]	15	29	6	5	9	12
Maximum [m ³ /h]	53	100	87	52	47	63
Luftvolumenströme im sauberen Zustand						
Mittelwert [m ³ /h]	35	49	47	30	27	28
Minimum [m ³ /h]	17	30	14	12	16	13
Maximum [m ³ /h]	56	98	87	52	49	60
Veränderung durch Filterwechsel/Reinigung						
Mittelwert [m ³ /h]	2	2	2	6	4	-6

In Abbildung 6 sind die in den Zulufträumen (Zimmer) und im Durchströmbereich gemessenen Zuluftvolumenströme im angetroffenen und sauberen Zustand dargestellt. Im Mittel beträgt die Zunahme durch Filterwechsel und Reinigung 2 m³/h oder 7 %. Der Anteil der Zimmer mit zu tiefen Luftvolumenströmen (< 85 % des Normwertes) hat sich durch die Reinigung von 24 % auf 28 % erhöht. Bei der Wohnung 1010 war im angetroffenen Zustand keine Abluftfilter vorhanden. Durch

den Einbau des Filters und eine Nachjustierung haben sich in drei der vier Zimmern dieser Wohnung die Luftvolumenströme reduziert. In 8 Zimmern haben sich der Luftvolumenstrom um max. 1 m³/h verändert. In 17 Zimmern nahm der Luftvolumenstrom zwischen 2 und 12 m³/h zu. Bei gut der Hälfte der Zimmer ist der Luftvolumenstrom mind. 15 % bis max. 85 % höher als der Normwert. Dies liegt vorwiegend an der Dimensionierung und weniger an der Einregulierung.

Alle Wohnzimmer liegen im Durchströmbereich. Die Norm verlangt in Räumen im Durchströmbereich keinen Zuluftvolumenstrom. Bei Wohnungen mit vielen Ablufträumen (Küchen, Bad, Dusche, WC) ergab sich aber bei der Auslegung nach SIA 2023 das Problem, dass der minimal erforderliche Abluftvolumenstrom grösser ist als der minimal erforderliche Zuluftvolumenstrom. Das ist ein möglicher Grund für die Zuluft im Durchströmbereich. In vielen Fällen dürfte es aber das Unwissen der Planer sein, dass Räume im Durchströmbereich auch ohne separate Zuluft gut durchlüftet werden.

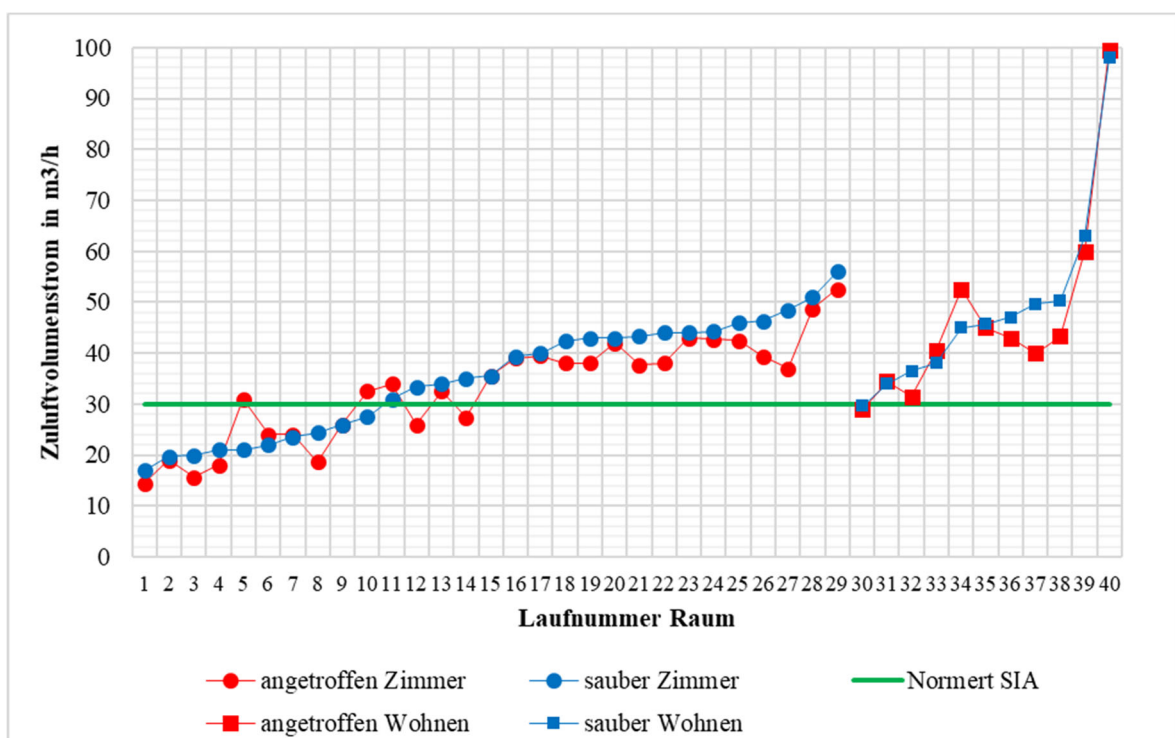


Abbildung 6: Zuluftvolumenströme in den Zimmern und in Wohnzimmern im Durchströmbereich im angetroffenen und im sauberen Zustand

Abbildung 7 sind die Kategorien der gemessenen Luftvolumenströme des Raumtyps Bad/Dusche dargestellt. Die mittlere grüne Kategorie umfasst die Räume, bei denen der Luftvolumenstrom dem Minimalwert der SIA 2023 entspricht, inkl. der Toleranz von 15 %, die die Norm für die Einregulierung zugesteht. Die an den grünen Bereich eingrenzenden gelben Kategorien weichen zwischen rund 15 und 35 % vom Normwert ab.

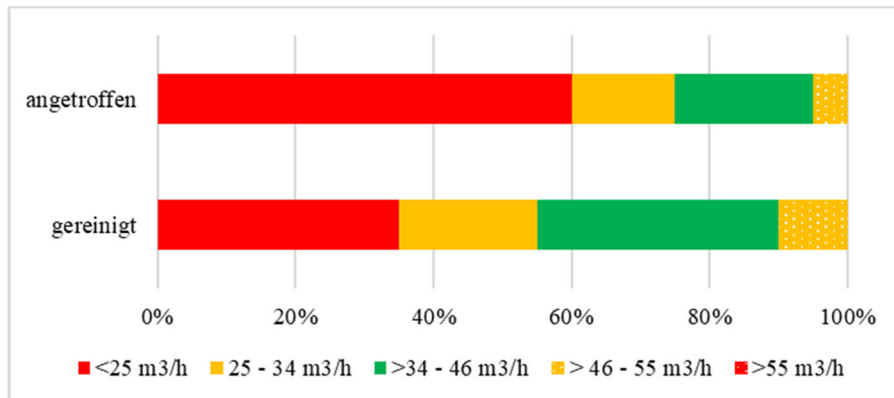


Abbildung 7: Abluftvolumenstrom-Kategorien in den Bädern und Duschen im angetroffenen und im sauberen Zustand

Von allen Raumtypen war die absolute und prozentuale Veränderung der Luftvolumenströme durch Filterwechsel und Reinigung in den Bädern/Duschen am grössten. Dies liegt daran, dass die Abluftdurchlässe stärker verschmutzen als die Zuluftdurchlässe. Trotzdem hat in 7 Bädern/Duschen der Luftvolumenstrom um max. $1 \text{ m}^3/\text{h}$ zugenommen. In 13 Bädern/Duschen betrug die Zunahme 2 bis $28 \text{ m}^3/\text{h}$. Auffällig ist, dass auch im gereinigten Zustand bei über einem Drittel der Bäder/Duschen der Luftvolumenstrom deutlich unter dem Normwert der SIA 2023 liegt. Dies lässt sich vorwiegend durch die Auslegung und weniger durch die Einregulierung erklären. Auf der anderen Seite fanden sich keine Bäder/Duschen mit einem sehr hohen Luftvolumenstrom. Durch die tieferen Anforderungen der neuen SIA 382/5 relativiert sich diese Aussage aber.

Die Küchen der untersuchten Wohnungen lagen ebenfalls alle im Durchströmbereich. Da bei der Planung der Anlagen SIA 2023 massgebend war, ist auch hier eine Abluftstelle (für eine Dauerlüftung) vorgegeben. Auffällig ist die grosse Streuung von 14 bis $87 \text{ m}^3/\text{h}$ (im gereinigten Zustand). Nur bei 2 der 10 Küchen lag der Messwert im Bereich des Normwertes. Bei 2 Küchen war der Luftvolumenstrom um mehr als 35 % unter dem Normwert und bei 4 um mind. 50 % über dem Normwert. Durch Filterwechsel/Reinigung hat sich der Luftvolumenstrom in 2 Küchen um jeweils rund $8 \text{ m}^3/\text{h}$ reduziert. Das dürfte damit zusammenhängen, dass sich in diesen Wohnungen der Abluftvolumenstrom von Bad/Dusche deutlich erhöht hat (Reinigung der Abluftdurchlässe). Bei 3 Küchen hat sich der Abluftvolumenstrom um 0 bis $1 \text{ m}^3/\text{h}$ erhöht. Bei den restlichen 5 Küchen lag die Zunahme durch Reinigung/Filterwechsel bei 3 bis $9 \text{ m}^3/\text{h}$. Die Veränderung war im Vergleich zum Raumtyp Bad/Dusche relativ klein. Dies kann damit zusammenhängen, dass bei Küchen im Durchströmbereich die Raumluftbelastung durch Staub recht gering ist und diese Abluftdurchlässe daher weniger verschmutzen (mehr Textilfasern in Bad/Dusche). Die Abluftdurchlässe in den Küchen weisen eine Distanz zur Kochstelle auf, bei der kaum eine Belastung durch Kochwaren zu erwarten ist.

Beim Raumtyp Abstellraum/Technikraum werden in der SIA 2023 keine Anforderungen gestellt. Auch SIA 382/5 verlangt erst ab einer Raumfläche von 10 m^2 eine mechanische Abluft. In der Fachliteratur finden sich Empfehlungen für Abluftvolumenströme von 10 bis $20 \text{ m}^3/\text{h}$. Der Mittelwert von $28 \text{ m}^3/\text{h}$ und insbesondere die Spitzenwerte von rund 50 und $60 \text{ m}^3/\text{h}$ sind daher erstaunlich hoch. Eine Erklärung konnte nicht gefunden werden. Bei 2 Wohnungen hat sich der Abluftvolumenstrom im Abstellraum durch die Reinigung um jeweils rund $15 \text{ m}^3/\text{h}$ reduziert. Die Ursache dürfte darin liegen, dass sich in diesen Wohnungen der Abluftvolumenstrom in Bad/Dusche deutlich erhöht hat.

Der Raumtyp WC (ohne Bad/Dusche) wurde insgesamt 4-mal angetroffen, wobei sich 2 davon in einer Wohnung befinden. Bei 3 dieser Räume lagen die im sauberen Zustand gemessenen Luftvolumenströme im Bereich der Normwerte. Bei einem WC wurde ein hoher Wert von $49 \text{ m}^3/\text{h}$ gemessen.

In Abbildung 8 werden die gemessenen Luftvolumenströme der gesamten Wohnungen mit den Normwerten verglichen. Auf der Zuluftseite konnten bei sämtlichen Wohnungen alle Durchlässe gemessen werden, auf der Abluftseite war dies nur in 10 von 11 Wohnungen möglich. Allgemein lässt sich die Tendenz zu einer Überdimensionierung erkennen. Im Mittel beträgt der gemessene Luftvolumenstrom im sauberen Zustand 129 % des Normwerts der SIA 2023. Wobei dieser Wert bei 4 Wohnungen überschritten wird. Das Minimum liegt bei 82 % und das Maximum bei 179 %.

Bei 7 Wohnungen liegen die Messwerte im sauberen Zustand zwischen 82 und 125 % des Normwertes, was als angemessene Auslegung und Einregulierung bezeichnet werden kann. 4 Anlagen mit 144 bis 179 % des Normwertes können als überdimensioniert bezeichnet werden. Die Ursache für die (zu) hohen Luftvolumenströme liegen zum grossen Teil bei den hohen Zuluftvolumenströmen im Durchströmbereich und hohen Abluftvolumenströmen in den Abstell- und Technikräumen.

Bei 6 Wohnung hat sich der Luftvolumenstrom durch Filterwechsel/Reinigung um weniger als 11 % und gleichzeitig um weniger als 10 m³/h verändert. Bei 4 Wohnungen hat der Luftvolumenstrom zwischen 12 und 23 % resp. um 18 bis 36 m³/h zugenommen. Bei der Wohnung 1010 wurde der Luftvolumenstrom um 15 % resp. 23 m³/h reduziert, da der fehlende Abluftfilter eingesetzt wurde und die Luftvolumenströme neu justiert wurden.

Zeigt das Verhältnis der gemessenen Luftvolumenströme im Vergleich zu den Normwerten der SIA 2023.

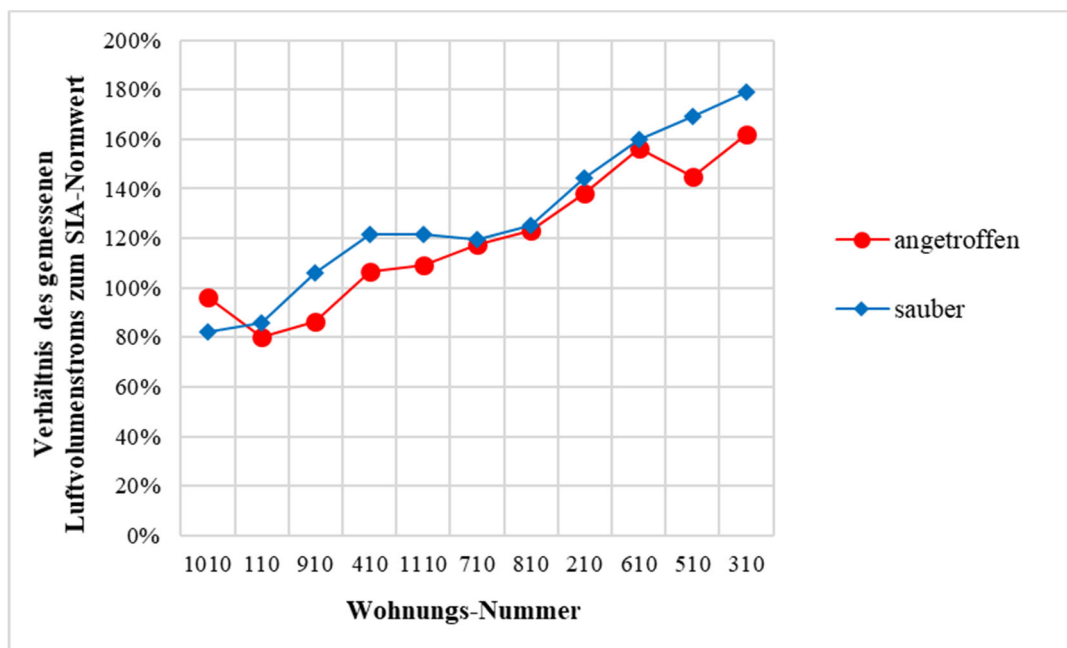


Abbildung 8: Luftvolumenströme der Wohnung im angetroffenen und im sauberen, Prozentangabe der Messwerte im Vergleich zum Normwert der SIA 2023

Vergleich mit dem Projekt «Abluftanlagen und Einzelraumlüftungen im Vollzug Energie» [1]

Abbildung 9 zeigt eine analoge Auswertung der Messungen der Einzelraumlüftungsgeräte, wie sie in Abbildung 6 für die Zulufräume für Komfortlüftungen dargestellt ist. Dabei wird der Zuluftvolumenstrom in den einzelnen Zimmern im angetroffenen und gereinigten Zustand beurteilt. Es ist ersichtlich, dass die Normwerte der Luftvolumenströme deutlich schlechter erreicht wurden als bei den Komfortlüftungen. Zudem ist der Einfluss der Verschmutzung resp. von Reinigung und Filterwechsel ausgeprägter.

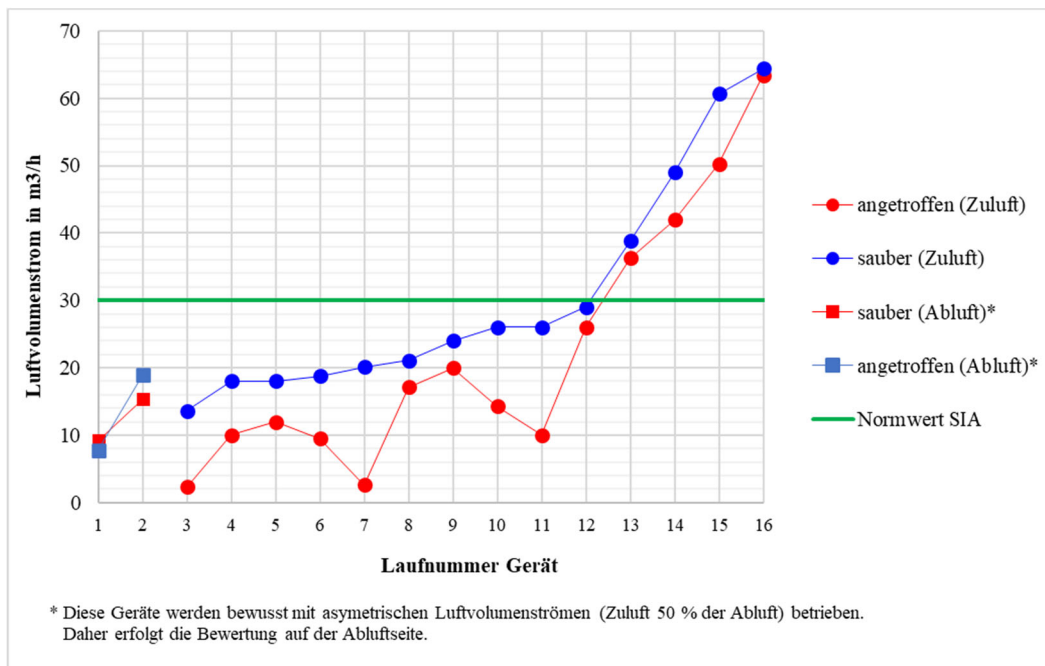


Abbildung 9: Luftvolumenströme von Einzelraumlüftungsgeräten aus dem Projekt [1] im angetroffenen und sauberen Zustand

Bei den Abluftanlagen mit ALD ergab sich ein vergleichbares Bild. Abbildung 10 zeigt, dass nur in Zimmern mit 2 ALD die Normwerte erreicht wurden. Zudem wurde auch hier der Luftvolumenstrom durch Filterwechsel und Reinigung markant stärker beeinflusst als bei den Komfortlüftungen.

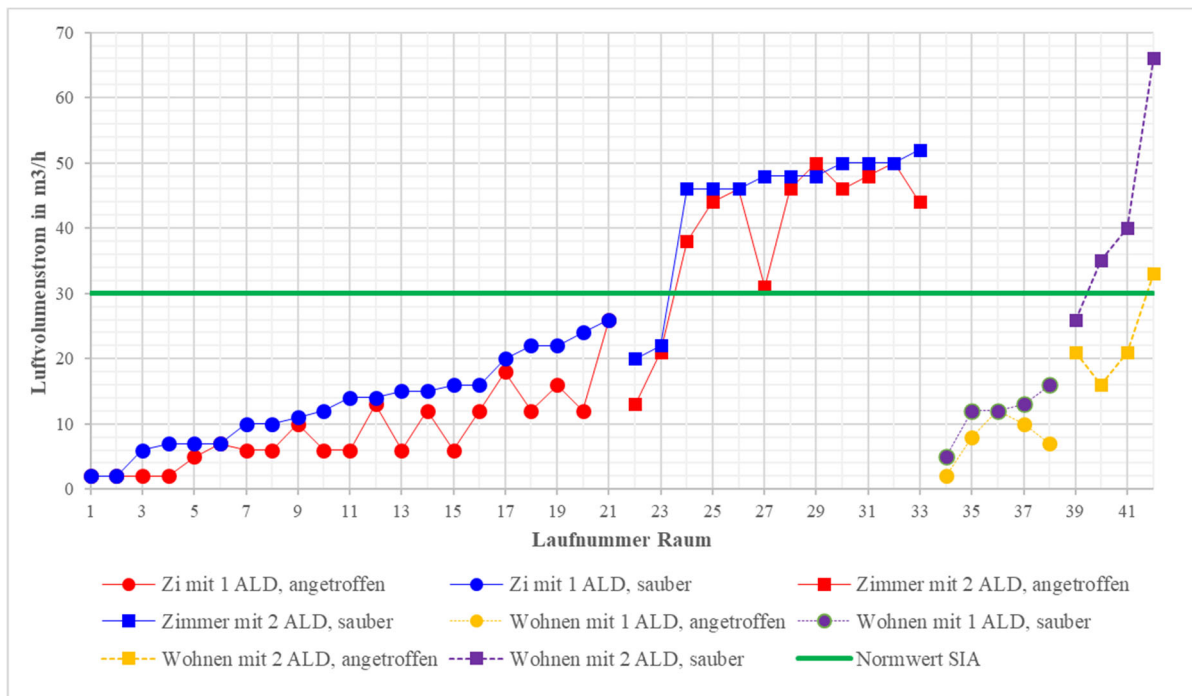


Abbildung 10: Zuluftvolumenströme durch ALD aus dem Projekt [1] im angetroffenen und sauberen Zustand, unterteilt in Zimmer mit 1 und in Zimmer mit 2 ALD, sowie Wohnräume

Im Anhang 1 sind die Zuluftvolumenströme der Zimmer aus als Summenhäufigkeitsdiagramme dargestellt.

4.5. Luftmengenbilanz über die gesamte Wohnung

In denjenigen Objekten, wo alle Lufteinlässe und Auslässe gemessen werden konnten, wurde die Disbalance über die gesamte Wohnung berechnet. In Abbildung 11 sind diese Resultate dargestellt. Ein positiver Wert bedeutet ein Zuluftüberschuss und ein negativer Wert ein Abluftüberschuss.

Der Disbalance-Faktor ist definiert mit:

$$f_{dis} = \frac{q_{v,ZUL} - q_{v,ABL}}{\max(q_{v,ZUL}; q_{v,ABL})} \quad (2)$$

wobei $q_{v,ZUL}$ der Zuluftvolumenstrom und $q_{v,ABL}$ der Abluftvolumenstrom ist.

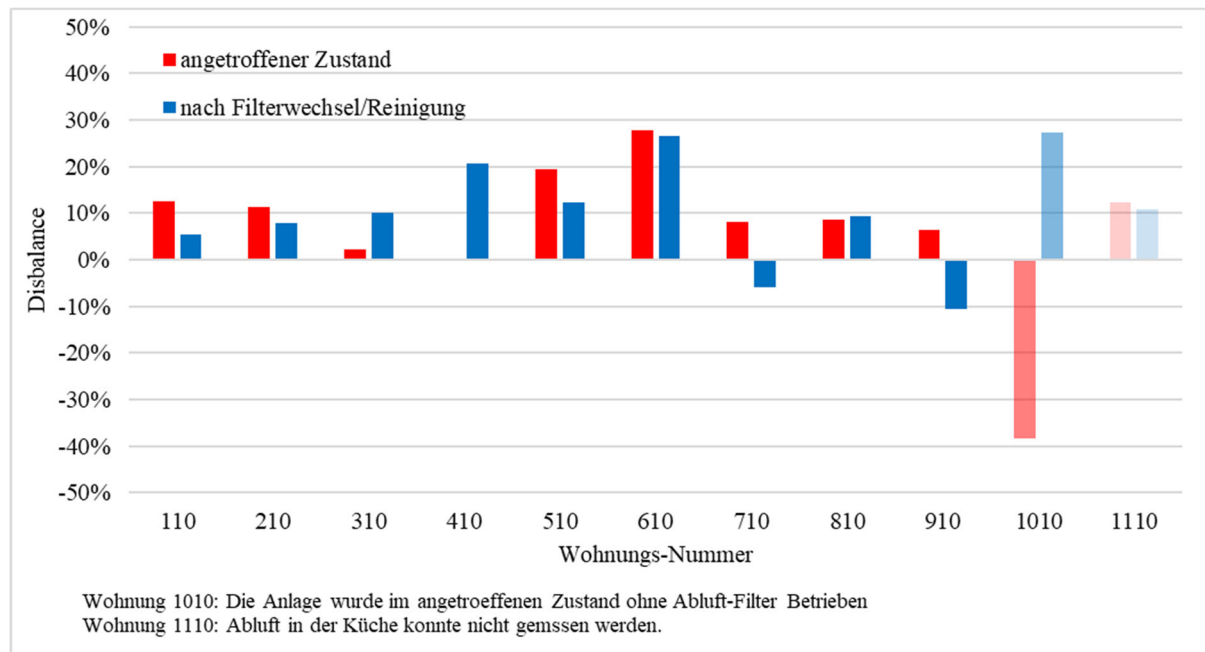


Abbildung 11: Disbalance in angetroffenen und im sauberen Zustand (in Wohnungen, in denen alle Luftdurchlässe gemessen werden konnten). Negative Werte bedeuten ein Abluftüberschuss.

In 9 der 11 untersuchten Wohnungen war es möglich eine Luftmengenbilanz über die gesamte Wohnung zu bilden. In einer Wohnung (1110) konnten nicht alle Abluftauslässe gemessen werden, der Auslass in der Küche war nicht zugänglich.

In einer Wohnung (1010) wurde die Anlage vor der Reinigung/Filterwechsel ohne Abluftfilter betrieben. Beim Filterwechsel wurden wieder zwei Filter (Aussenluft- und Abluftfilter) eingesetzt. Diese Wohnung hatte daher im angetroffenen Zustand eine grosse negative Disbalance (ca. -38 %). Nach dem Einsetzen der Filter und der Reinigung, war eine positive Disbalance von ca. 27 % vorhanden.

Der Mittelwert des Betrags der Disbalance lag im angetroffenen und im sauberen Zustand bei 12 %. Bei 5 Wohnungen lag die Disbalance bei max. 10 %, was als guter Wert bezeichnet werden kann. Bei 2 weiteren Wohnungen waren es 10 bis 20 %. Bei den Wohnungen 410, 610 und 1010 wäre aufgrund der Disbalance von über 20 % eine Einregulierung zu empfehlen.

Vergleich mit dem Projekt «Abluftanlagen und Einzelraumlüftungen im Vollzug Energie»[1]

Abbildung 12 zeigt die Disbalance der Einzelraumlüftungsgeräte. Die Disbalancen sind dabei deutlich grösser als bei den untersuchten Komfortlüftungen. Zudem wird die Disbalance markant stärker durch Filterverschmutzung und andere Effekte beeinflusst als bei den Komfortlüftungen.

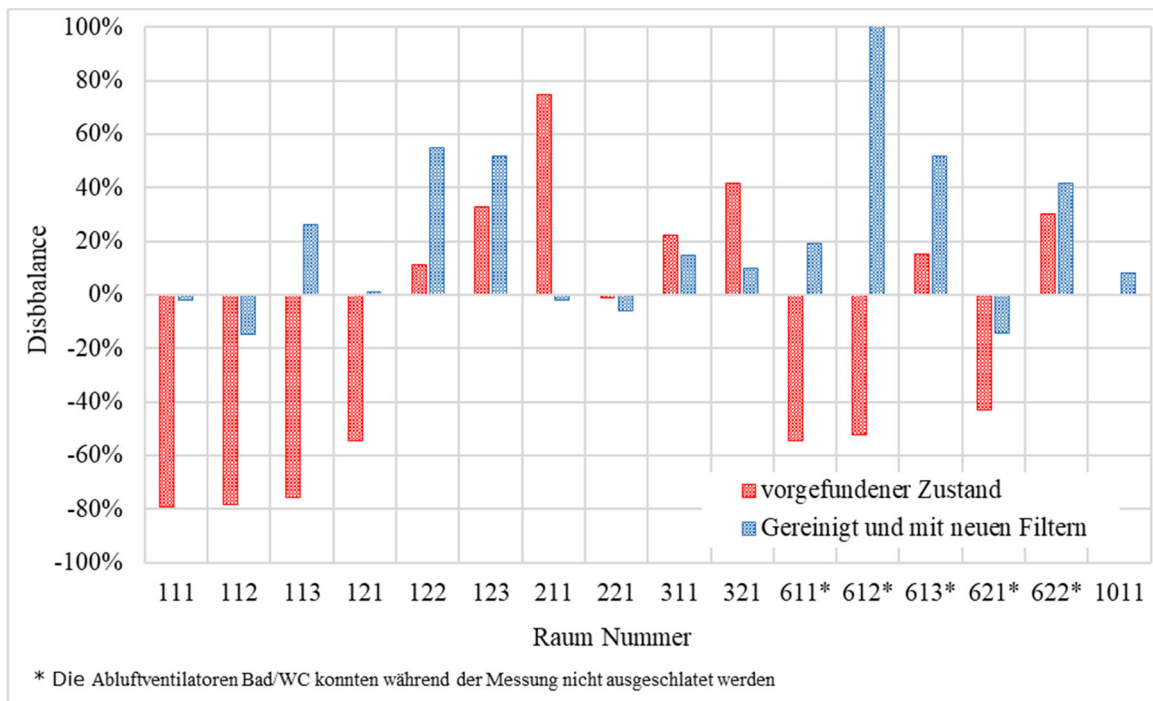


Abbildung 12: Disbalance im angetroffenen und im sauberen Zustand bei den Einzelraumlüftungsgeräten aus dem Projekt [1]. Negative Werte bedeuten ein Abluftüberschuss.

4.6. Hygiene

Der angetroffene hygienische Zustand wurde grob eingeteilt in «starke Verschmutzung 1», «Mittlere Verschmutzung 2» und «leichte bis keine Verschmutzung 3», die Einteilung wurde für jedes Anlagenteil separat vorgenommen.

In der Tabelle 7 sind die bewerteten Anlagenteile aufgeführt und in Tabelle 8 das Bewertungsraster.

Tabelle 7: Bewertete Punkte (Anlagenteile)

Bewertete Anlagenteile		
Aussenluft / Zuluft	Abluft	Gerät
Aussenluftdurchlass	Abluftdurchlässe	Wärmerückgewinnung
Aussenluftfilter	Abluftleitungen	
Zuluftleitungen	Abluftfilter	
Zuluftdurchlass		

Tabelle 8: Bewertungsraster

Hygiene	Ist-Zustand
1	Starke Verschmutzung
2	Mittlere Verschmutzung
3	Leichte bis keine Verschmutzung

Die Auswertung aller beurteilten Anlagenteile ist in Abbildung 13 dargestellt.

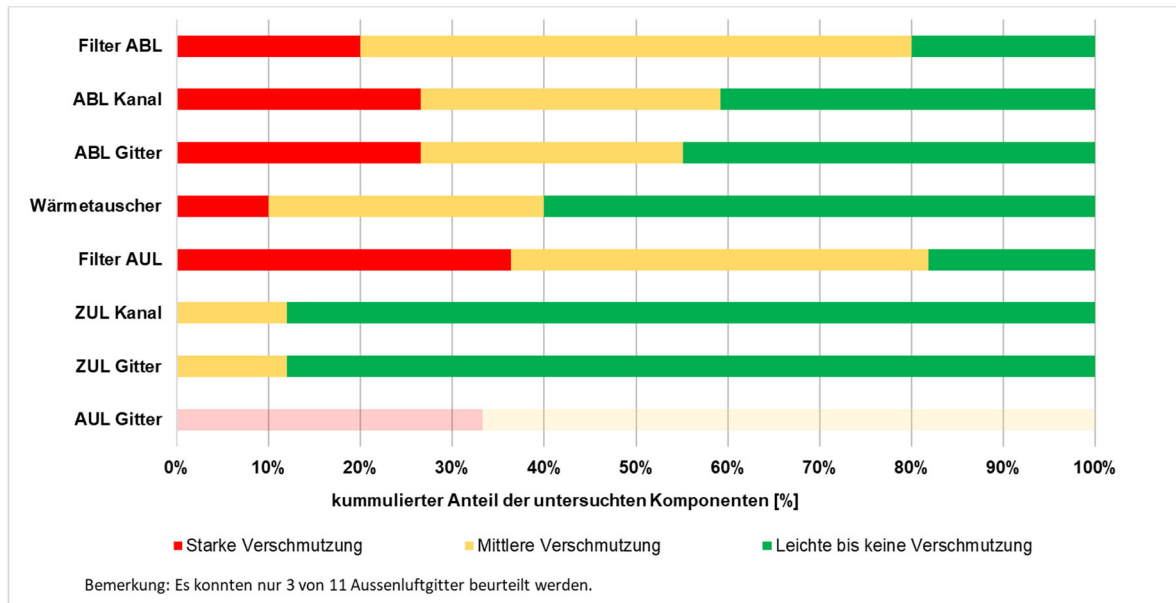


Abbildung 13: Auswertung der qualitativen Bewertung der Grobbeurteilung zur Hygiene

Am wenigsten verschmutzt waren die Zuluftdurchlässe und die Zuluftleitungen, bei ca. 88% war lediglich eine leichte oder keine Verschmutzung feststellbar. Die stärkste Verschmutzung war bei den Aussenluftfiltern vorhanden, etwas über ein Drittel der Filter (36%) war stark verschmutzt. Ebenfalls deutliche Verschmutzungen waren bei 25 % der Abluftdurchlässe und Abluftleitungen feststellbar. Bei den Aussenluftdurchlässen konnten lediglich drei von 11 Elementen beurteilt werden, die andern waren nicht zugänglich. Diese Klassierung ist daher wenig aussagekräftig.

4.7. Elektrische Leistungsaufnahme der Lüftungsgeräte

In den untersuchten Objekten wurde die elektrische Leistungsaufnahme der Lüftungsgeräte im angetroffenen und im sauberen Zustand gemessen. Die beiden Messungen erfolgten mit denselben Einstellungen unter den gleichen Bedingungen. Eine Messung war bei 6 der 11 der untersuchten Wohnungen möglich.

Die Beurteilung erfolgt anhand der spezifischen Leistungsaufnahme, die auch in den SIA-Normen mit der englischen Abkürzung SPI (Sepcific Power Input) verwendet wird. Der SPI-Wert ist definiert mit:

$$SPI = \frac{2 \cdot P_{el}}{q_{v,ZUL} + q_{v,ABL}} \quad (3)$$

wobei

- SPI Sepcific Power Input in W/(m³/h)
- P_{el} elektrische Aufnahmeleistung in W
- $q_{v,ZUL}$ Zuluftvolumenstrom in m³/h
- $q_{v,ABL}$ Abluftvolumenstrom in m³/h

SIA 382/1:2014 nennt für die SPI folgende Werte:

- Grenzwert 0.42 W/(m³/h)
- Zielwert 0.28 W/(m³/h)

Abbildung 14 zeigt die SPI-Werte der gemessenen Anlagen.

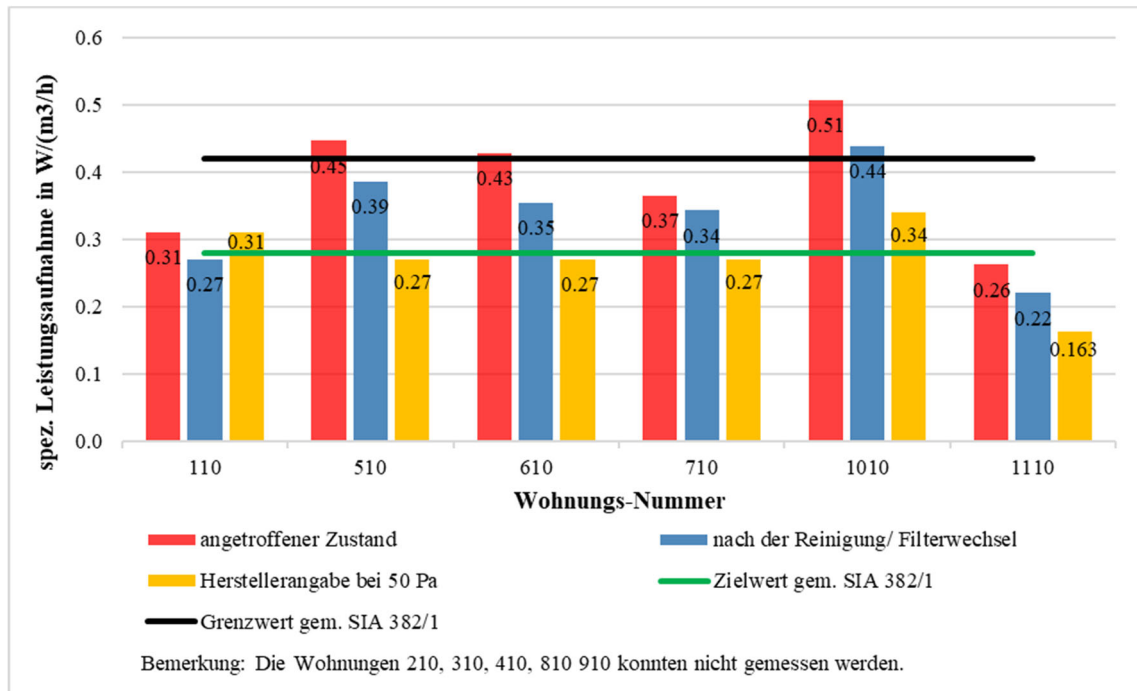


Abbildung 14: Spezifische Leistungsaufnahme (SPI) der Anlagen

Bei allen gemessenen Anlagen nimmt der SPI-Wert nach der Reinigung und dem Filterwechsel ab. Im angetroffenen Zustand liegt der Mittelwert der SPI bei $0.39 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ und sauberen Zustand bei $0.34 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$, was einer Reduktion von 13 % entspricht.

Gemäss SIA 382/1 wird der SPI-Wert im sauberen Zustand beurteilt. Bei 5 der 6 untersuchten Anlagen wird der Grenzwert eingehalten. Der Zielwert wird bei 2 Wohnungen erreicht.

Das Gerät der Wohnung 1010 muss als unterdimensioniert bezeichnet werden. Zudem stammt es aus dem Jahr 2007. Allerdings ist zu beachten, dass auch das Gerät der Wohnung 110 rel. alt ist, resp. aus dem Jahr 2006 stammt. Dieses Gerät ist aber grosszügig dimensioniert und die Anlage hat eine kurze Luftverteilung.

4.8. Unter- und Überdruck in den Wohnungen

Der Differenzdruck zwischen der Wohnung und dem Aussenraum wurde im angetroffenen und im Zustand gemessen. Die nachfolgende Abbildung gibt eine Übersicht über die Resultate.

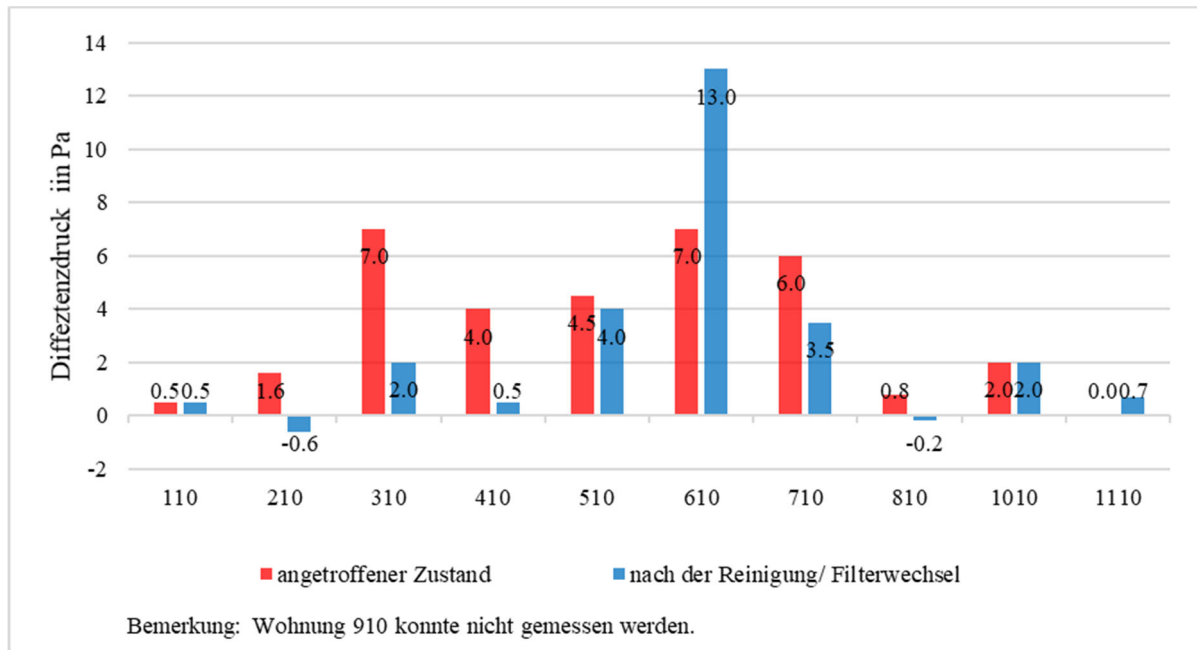


Abbildung 15: Über- und Unterdruck in den Wohnungen im angetroffenen und sauberen Zustand

In 10 der 11 untersuchten Wohnungen war eine Messung des Differenzdruckes möglich. Im angetroffenen Zustand betrug der Betrag des durchschnittlichen Differenzdruckes 3.3 Pa und im sauberen Zustand 2.7 Pa. In allen bis auf zwei Wohnungen wurde der Druckdifferenz durch die Reinigung/Filterwechsel kleiner. Im angetroffenen Zustand wurde in allen Wohnungen ein Überdruck festgestellt, nach der Reinigung/Filterwechsel wurde bei zwei Messungen ein leichter Unterdruck von <1 Pa festgestellt.

Bei Wohnungen mit raumluftabhängigen Feuerungen fordern die SIA-Normen, dass eine Lüftungsanlage höchstens 4 Pa Unterdruck erzeugen darf. Alle Anlagen haben diese Anforderung erfüllt.

Die Annahme, dass die Wohnungen in denen eine negative Disbalance (Abluftüberschuss), festgestellt wurde, auch ein Unterdruck gemessen werden konnte, hat sich nicht bestätigt. Dies ist auf die Messunsicherheit und durch die Rahmenbedingungen (Wind, Stackeffekt) zu erklären.

5. State of Art in Kürze

5.1. Auslegung von Komfortlüftungen

Per 1. Mai 2021 wird das Merkblatt SIA 2023 durch die Norm SIA 382/5 abgelöst. Mit der neuen Norm wird zum einen die Auslegung der Luftvolumenströme einfacher und zum anderen wird der minimale Gesamtluftvolumenstrom einer Wohnung in der Regel kleiner. Der wesentliche Grund ist, dass die minimal erforderlichen Abluftvolumenströme um ca. 25 % reduziert wurden. Mit den neuen Anforderungen würden die Normwerte bei allen 11 untersuchten Anlagen erreicht.

5.2. Wohnungslüftungsgeräte

5.2.1. Elektrische Leistungsaufnahme

Benchmark

Im Projekt wurden Lüftungsgeräte mit einem Alter von 3 bis 13 Jahren untersucht. Bei Geräten mit einem Alter von rund 10 Jahren lag die Benchmark der spezifischen elektrischen Aufnahmeleistung (SPI) bei rund $0.25 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$, bezogen auf einen externen Druckverlust von 50 Pa. Das Nachfolgeprodukt des Geräts A (s. Tabelle 3) weist bereits einen SPI-Wert von $0.17 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ auf. Bei Geräten mit Platten-Wärmeübertragern kann daher ein SPI-Wert von $0.20 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$, bezogen auf einen externen Druckverlust von 50 Pa, als neuer Benchmark angesehen werden. Geräte mit Rotoren liegen wegen des Rotorantriebs etwas höher. Bestgeräte erreichen hier einen SPI-Wert von $0.25 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$.

Vergleich mit älteren Untersuchungen

In einem BFE-Projekt, das 2007 und 2008 von der HSLU durchgeführt wurde [5], fanden Messung an 6 Komfortlüftungsanlagen statt. In einer Qualitätskontrolle von Minergie-Wohngebäuden im Kanton Zürich von 2011 [6] konnten die SPI-Werte von 11 Komfortlüftungsanlagen bestimmt werden. Bei beiden Untersuchungen ist der Filterzustand nicht dokumentiert. Es kann eine mittlere Filterverschmutzung angenommen werden.

Tabelle 9 zeigt die SPI-Werte aus den Messungen des vorliegenden Projekts und der beiden erwähnten älteren Arbeiten. Obwohl die Anzahl der gemessenen Objekte in den einzelnen Untersuchungen statistisch bedingt aussagekräftig ist, können die Werte doch für ihren Untersuchungszeitraum als repräsentativ bezeichnet werden. Sie entsprechen allgemeinen Erfahrungen und widerspiegeln den Stand der Gerätetechnik. Pauschal kann gesagt werden, dass sich die SPI-Werte in den letzten 10 Jahren um rund einen Drittel verbessert hat. Durch die technische Weiterentwicklung der Wohnungslüftungsgeräte (s. Abschnitt «Benchmark») kann erwartet werden, dass die SPI-Werte von realen Anlagen weiter sinken und innerhalb der nächsten 5 Jahre Mittelwerte von $0.30 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ zu erwarten sind. Bestwerte bei realen Anlagen dürften $0.20 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ erreichen.

Tabelle 9: Vergleich von SPI-Werten aus drei Untersuchungen

Bezeichnung der Untersuchung	Messungen in den Jahren	Anzahl Anlagen	Spezifische Aufnahmeleistung SPI in $\text{W}/(\text{m}^3/\text{h})$		
			Mittelwert	kleinster Wert	höchster Wert
Reduktion des Elektrizitätsverbrauchs von Kleinlüftungsanlagen [5]	2007, 2008	6	0.59	0.30	1.03
Qualitätskontrolle von Lüftungsanlagen in Minergie-Gebäuden [6]	2011	11	0.47	0.29	1.09
Komfortlüftungen im Vollzug Energie Angetroffener Zustand	2018, 2019	6	0.39	0.22	0.51
			0.35	0.26	0.44

5.2.2. Enthalpieübertrager und Vereisungsschutz

Unter einem Enthalpieübertrager wird ein Wärmeübertrager verstanden, der neben sensibler Wärme auch Feuchte von der Abluft an die Zuluft überträgt. Damit kann ein Beitrag geleistet werden, dass die Raumluftheuchte im Winter weniger oft auf (zu) tiefe Werte sinkt.

Die im Projekt untersuchten Geräte mit Rotor waren mit Enthalpieübertragern ausgerüstet.

Bei Geräten mit Platten-Wärmeübertragern lassen sich ebenfalls Enthalpieübertrager einbauen. Bei den untersuchten Geräten war das aber nicht der Fall.

Neben der Feuchterückgewinnung bieten Enthalpieübertrager den Vorteil, dass sie die Wärmerückgewinnung vor Vereisung (auf der Abluftseite) schützen können. Im schweizerischen Mittelland ist dazu ein Feuchteverhältnis (auch Rückfeuchtzahl genannt) von mind. 60 % erforderlich. In alpinen Lagen sind mind. 80 % zu empfehlen. Enthalpieübertrager sind eine energetisch optimale Lösung für den Vereisungsschutz.

Bei den relativ alten Geräten A und E mit Platten-Wärmeübertragern wird der Vereisungsschutz durch Abschalten des Zuluftventilators gelöst. Diese kann zu einem hohen Unterdruck in der Wohnung und zu Komfortproblemen führen. Diese Lösung ist gemäss SIA 382/5 nicht zulässig und darf in Wohnungen mit Feuerungen auch aus Sicherheitsgründen nicht eingesetzt werden.

Die neueren Geräte B und D reduzieren den Zuluftvolumenstrom bei einem Vereisungsrisiko. Gemäss SIA 382/5 ist diese Lösung zulässig, wenn der Zuluftvolumenstrom um max. 30 % reduziert wird. Die Ausnahme sind Wohnungen mit Feuerungen, da dort diese Disbalance bereits einen zu hohen Unterdruck verursachen kann.

5.2.3. Ecodesign-Anforderungen

Die europäischen Ecodesign-Anforderungen für Wohnungslüftungsgeräte, die heutigen VO (EU) 1253/2014, befanden sich bei Projektabschluss in der Revision, ebenso die daran angegliederte VO(EU) 1254/2014, die die Energieetikette für Wohnungslüftungsgeräte definiert. Die Schweiz hat die bisherigen europäischen Anforderungen übernommen und wird dies vermutlich auch nach der Revision tun.

Wesentliche geplante Neuerungen sind:

- Die Reduktion der Energieeffizienz durch interne Leckagen wird berücksichtigt.
- Der Energieaufwand für den Vereisungsschutz wird berücksichtigt.
- Die Faktoren für Steuerung/Regelung werden differenzierter festgelegt.
- Eine Feuchterückgewinnung erhält einen Bonus bei der Wärmerückgewinnung.
- Die Energieklassen werden neu festgelegt, sodass ein Gerät, das heute die Klasse A1 erreicht, neu typischerweise in die Klasse B fällt.

Die im Projekt untersuchten neueren Geräte wären von den Verschärfungen voraussichtlich wenig betroffen, da sie eine tiefe innere Leckage und energetisch moderate Lösungen für den Vereisungsschutz aufweisen. Geräte C würde sogar vom Bonus für den Enthalpieübertrager profitieren.

5.3. Betrieb mit Disbalance

Eine Disbalance führt dazu, dass parallel zum mechanisch geförderten Zuluft- und Abluft-Volumenstrom eine Infiltration oder Exfiltration vorhanden ist. Ein solcher Betrieb schwächt den Nutzen der Wärmerückgewinnung (WRG). Zudem können die durch Disbalance verursachten Differenzdrücke resp. Luftströme hygienische und/oder bauphysikalische Probleme verursachen.

In der der Arbeit «Abluftanlagen und Einzelraumlüftungen im Vollzug Energie» [1] wurden Modelle vorgestellt, wie der Nutzen der WRG mit Berücksichtigung der Disbalance berechnet werden kann. Hier wird nur der Fall einer WRG mit paralleler Infiltration oder Exfiltration behandelt. Dazu dient folgender Ansatz:

$$\eta_{korr} = \eta_{\theta} \cdot f_{WRG} \quad (4)$$

wobei

η_{korr} Nutzen der WRG bei Berücksichtigung der Disbalance

η_θ Temperaturverhältnis der WRG bei balanciertem Betrieb
 f_{WRG} Korrekturfaktor für den Nutzen der WRG infolge Disbalance, gemäss Abbildung 16

Der Disbalancefaktor f_{dis} in der Abszisse des Diagrammes wird gemäss Gleichung 2 (Kapitel 4.5) bestimmt.

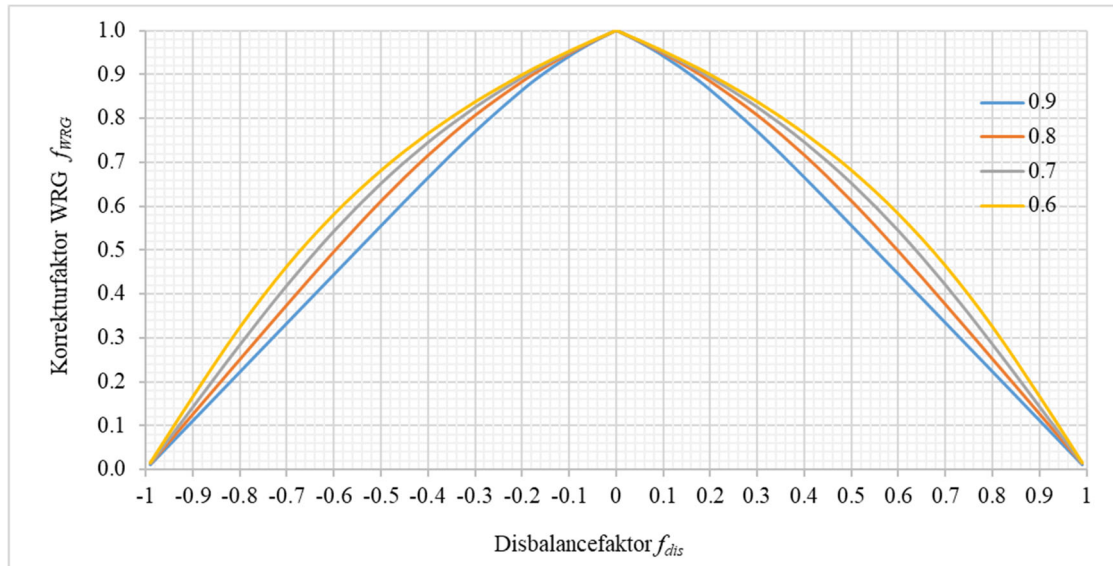


Abbildung 16: Korrekturfaktor für den Nutzen der WRG infolge Disbalance

Bei den Messungen der 11 Komfortlüftungen wurde für die Disbalance resp. den Disbalancefaktor ein Mittelwert (genauer: Betrag des Mittelwerts) von $f_{dis} = 0.12$ (12 %) ermittelt. Bei einem Temperaturverhältnis von $\eta_\theta = 0.90$ wird aus Abbildung 16 ein Korrekturfaktor von $f_{WRG} = 0.93$ abgelesen. Damit ergibt sich

$$\eta_{korr} = 0.90 \cdot 0.93 = 0.84$$

Die Disbalance reduziert also den Nutzen der WRG um 6 Prozentpunkte.

Bei der Untersuchung von Einzelgeräten wurde ein Mittelwert des Betrags der Disbalance von ca. 0.30 ermittelt. Bei einem gleichen Temperaturänderungsgrad von 0.90 reduziert sich dabei der Nutzen der WRG um rund 20 Prozentpunkte.

5.4. Hygiene, Wartung und Robustheit der Anlagen

Bei den untersuchten Wohnungen in der vorliegenden Arbeit, wie auch bei der Untersuchung von Abluftanlagen und Einzelraumlüftungsgeräten im Vorgängerprojekt [1] war bei rund 80 % der Wohnungen ein Wartungsvertrag und damit ein regelmässiger Filterwechsel vorhanden. Typisch war ein halbjährlicher bis jährlicher Filterwechsel. Der hygienische Zustand war dadurch bei der Mehrheit der Objekte gut bis zufriedenstellend. Mängel wie fehlende oder vernachlässigte Filter waren die Ausnahme.

In einer Bachelorthesis der HSLU von 2018 [7] wurden 31 Komfortlüftungen (Einzelwohnungsanlagen) mit einem Alter von 5 bis 15 Jahre beurteilt. Dabei wurde ermittelt, welche Faktoren den hygienischen Zustand in welchem Grad beeinflussen. In 8 älteren Geräten waren noch Zuluftfilter der Klasse G4 (Grobstaubfilter) vorhanden, in allen übrigen wurde die Klasse F7 vorgefunden. Bei 8 Geräten fand der letzte Filterwechsel vor 2 bis 4 Jahren statt, bei den übrigen Geräten vor 3 bis 12 Monaten.

Die Verschmutzung wurde qualitativ in einer Skala von einem Wert 1 für sauber bis zu einem Wert von 5 für extrem verschmutzt eingeteilt. Der Wert 3 entspricht einer normalen Verschmutzung. Von den 23 Geräten, bei denen der Filter mindestens jährlich gewechselt wurden, wurde der Verschmutzungsgrad nur bei einem mit dem Wert 5 beurteilt, bei den anderen war eine regelmässige Verteilung zwischen den Werten 1 und 3 vorhanden. Bei den andern 8 Geräten erhielt eines den Wert 3 und die anderen die Werte 4 und 5. Der Filterwechsel und die damit verbundenen Kontroll- und kleineren Reinigungsarbeiten haben damit klar eine statistische Relevanz. In der Arbeit wurden noch andere Einflussfaktoren auf den hygienischen Zustand resp. die Verschmutzung untersucht, wie z. B. die Aussenluft- und die Raumlufbelastung. Solche Faktoren haben selbstverständlich einen Einfluss, aber eine statistische Signifikanz war nicht vorhanden.

Beim Vergleich von Komfortlüftungen (Messungen im vorliegenden Projekt) mit Abluftanlagen und Einzelraumlüftungsgeräten in [1] ergibt sich bezüglich der hygienischen Beurteilung kein relevanter Unterschied. Die Auswirkungen von üblichen Filterbelastungen und Verschmutzungen sind bei den verschiedenen Anlagentypen aber frappant verschieden: Bei Komfortlüftungen werden die Luftvolumenströme und die Disbalance im Mittel um den Faktor 2 bis 5 weniger stark verändert als bei Abluftanlagen und Einzelraumlüftungsgeräten.

6. Fazit

Im vorliegenden Projekt wurde das Betriebsverhalten von Komfortlüftungen untersucht. Einige der gewonnenen Kennwerte lassen sich mit Resultaten aus dem Vorgängerprojekt «Abluftanlagen und Einzelraumlüftungen im Vollzug Energie» [1] vergleichen. In Tabelle 10 sind vergleichbare Daten dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass die Daten von allen gemessenen Objekten berücksichtigt sind, d.h. auch von Anlagen und Geräten mit offensichtlichen Mängeln (z. B. fehlender Abluftfilter; zu hoher Unterdruck durch nicht abschaltbaren Abluftventilator).

Tabelle 10: Kennzahlen der drei Wohnungslüftungssysteme aus dem vorliegenden Projekt und aus dem Projekt [1]

Kenngrösse / Beschreibung	Wohnungslüftungssystem		
	Komfortlüftung	Abluftanlage mit ALD	Einzelraumlüftungsgeräte
Zeitraum der Untersuchung	2019 - 2020	2017 - 2018	2017 - 2018
Anzahl untersuchte Einheiten			
Wohnungen	11	13	9
Zulufräume ^{a)} , resp. Einzelraumlüftungsgeräte	29	26	16
Luftvolumenstrom der gesamten Wohnung			
Verhältnis des gemessenen Luftvolumenstroms im sauberen Zustand zum Normwert			b)
Mittelwert	129 %	80 %	
Minimum - Maximum	82 – 179 %	27 – 167 %	
Luftvolumenstrom in den Zulufräumen			
im sauberen Zustand (Normwert 30 m ³ /h)			
Mittelwert	35 m ³ /h	24 m ³ /h	28 m ³ /h
Minimum - Maximum	17 – 56 m ³ /h	2 - 52 m ³ /h	9 - 64 m ³ /h
Verhältnis des Luftvolumenstrom im angetroffenen Zustand zum Luftvolumenstrom im sauberen Zustand, in Zulufräumen			
Mittelwert	94 %	83 %	70 %
Minimum - Maximum	76 – 143 % ^{d)}	38 – 105 %	13 – 98 %
Disbalance im sauberen Zustand		c)	
Mittelwert	12 %	24 %	27 %
Minimum - Maximum	0 – 28 %	0 – 63 %	1 – 133 % ^{e)}
Disbalance im angetroffenen Zustand		c)	
Mittelwert	12%	62 %	40 %
Minimum - Maximum	0 – 38 %	5 – 158 %	0 – 79 %
a) Ohne Räume im Durchströmbereich b) Bei den Einzelraumlüftungsgeräten erfolgte keine Beurteilung der gesamten Wohnung c) Die Disbalance entspricht dem Verhältnis der Infiltration zum Zuluftvolumenstrom durch die ALD e) Beim grössten Wert war im angetroffenen Zustand der Abluftfilter ausgebaut, was zu Nachjustierungen auf der Zuluftseite geführt hat d) Beim grössten Wert war die Ursache der Unterdruck eines nicht abschaltbaren Abluftventilators			

Aus dem Vergleich lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Bei Komfortlüftungen werden die von den Normen geforderten Luftvolumenströme in den Zimmern und der gesamten Wohnungen typischerweise gut erreicht bis überschritten. Bei den Luftvolumenströmen der Wohnungen wird eine Tendenz zu einer Überdimensionierung beobachtet, die vorwiegend daher stammt, dass in Wohnzimmern, die im Durchströmbereich liegen, unnötig Zuluft eingeblassen wird.
- Abluftanlagen mit Aussenluftdurchlässen (ALD) erreichen die von den Normen geforderten Luftvolumenströme in vielen Fällen nicht. Hier besteht eine Tendenz zur Unterdimensionierung. Ein wesentlicher Grund dürfte darin liegen, dass für normkonforme Anlagen in den Zimmern typischerweise zwei ALD erforderlich wären. Aus Gründen der Ästhetik, des Schallschutzes, des thermischen Komforts und ev. auch der Kosten wird aber meist nur ein ALD installiert.
- Bei Einzelraumlüftungsgeräten wird in den Zimmern im Durchschnitt der geforderte Luftvolumenstrom geringfügig unterschritten. Dabei ist aber zu beachten, dass bei 12 der 16 untersuchten Geräte (vorwiegend neuere Konstruktionen) durchschnittlich nur etwa die Hälfte des geforderten Zuluftvolumenstroms vorhanden war. Dass der Mittelwert über alle

Geräte nahe beim Normwert liegt, ist damit begründet, dass die anderen 4 Geräte (davon 3 alte Konstruktionen) deutlich höhere Luftvolumenströme gefördert haben.

- Das Verhältnis vom gemessenen Luftvolumenstrom im angetroffenen und im sauberen Zustand sagt aus, wie stabil oder robust die Anlagen und Geräte im Betrieb sind. Hier schneiden die Komfortlüftungen offensichtlich besser ab als die beiden anderen Systeme. Das kann auch so interpretiert werden, dass Abluftanlagen, spez. die ALD, und Einzelraumlüftungsgeräte häufiger gewartet werden sollen als Komfortlüftungen, damit sie eine vergleichbare Stabilität aufweisen.
- Eine Disbalance reduziert den energetischen Nutzen und kann zu bauphysikalisch und hygienische unerwünschten Luftströmen führen. Auch hier schneiden die Komfortlüftungen deutlich besser ab als die beiden anderen Systeme. Insbesondere liegen bei den Komfortlüftungen die Mittelwerte aber auch die Extreme im angetroffenen und sauberen Zustand vergleichsweise nahe beieinander, was wiederum auf einen stabilen und robusten Betrieb hindeutet. Bei Abluftanlagen und Einzelraumlüftungsgeräten ist es erstaunlich, welche hohe Disbalancen im angetroffenen Zustand ermittelt wurden, und wie die Disbalancen durch die Verschmutzungen zugenommen haben.

Empfehlungen

Aus den Ergebnissen des vorliegenden Projekts und des Vorläuferprojekts [1] werden die folgenden Empfehlungen abgeleitet. Neben diesen Empfehlungen wird als selbstverständlich vorausgesetzt, dass die Anforderungen der Normen eingehalten werden.

Empfehlungen für alle Anlagentypen:

- Bei der Einregulierung und Abnahme müssen die Luftvolumenströme in allen Räumen einreguliert, gemessen und protokolliert werden. Damit sind auch die ALD und Einzelraumlüftungsgeräte gemeint.
- Die Filterwechsel sollen nur durch Fachleute durchgeführt werden. Es wird unbedingt davon abgeraten die Filterwechsel an Mieter zu delegieren.
- Etwa alle 5 Jahre soll eine Anlage durch eine Fachfirma kontrolliert und bei Bedarf gereinigt werden. Dabei sollen alle Luftvolumenströme gemessen und bei Bedarf neu einreguliert werden.

Empfehlungen für Komfortlüftungen

- In Wohnzimmern im Durchströmbereich soll keine Zuluft zugeführt werden. Ausgenommen sind Kleinwohnungen bis 2 ½-Zimmer.
- Lüftungsgeräte sollen so gewählt werden, dass der Luftvolumenstrom bei Auslegung der Anlage höchstens bei 50 % des vom Lieferanten deklarierten maxi Luftvolumenstrom liegt⁴.
- Ein Filterwechsel, eine Reinigung und eine grobe Inspektion der Anlage soll jährlich durch eine Fachperson durchgeführt werden. Je nach Luftbelastung und Filtergrösse ist allenfalls dazwischen ein weiterer Filterwechsel erforderlich.

Empfehlungen für Abluftanlagen mit ALD

- Mit den marktgängigen Produkten müssen pro Zimmer zwei ALD installiert werden, damit der von der Norm geforderte Zuluftvolumenstrom erreicht wird.
- Die Filter der ALD sollen alle 3 Monate ersetzt werden⁵. Zudem sollen die ALD mindestens einmal jährlich durch eine Fachperson inspiziert und gereinigt werden.

⁴ Beispiel: Ein Lieferant bezeichnet sein Lüftungsgerät mit "WLA 300" und meint mit der Zahl 300 den maximalen Luftvolumenstrom in m³/h. Typischerweise erreicht ein solches Gerät bei einem Luftvolumenstrom von 150 m³/h (oder tiefer) energetische und akustische Werte, die gemäss Schweizer Standards im Dauerbetrieb als gut bezeichnet werden können.

⁵ Das heisst, dass alle 3 Monate jedes Schlafzimmer von einer fremden Person betreten wird. In der Praxis sind die Wartungsintervalle meistens länger, was dann aber zu einem weniger stabilen Betrieb führt.

Empfehlungen für Einzelraumlüftungsgeräte

- Damit der geforderte Luftvolumenstrom erreicht wird, müssen die Geräte grosszügig dimensioniert werden.
- Robuste und grössere Gerätebauarten sind im Betrieb stabiler als leicht gebaute und kleinere Gerätebauarten.
- Die Filter sollen alle 3 Monate ersetzt werden. Zudem sollen die Einzelraumlüftungsgeräte mindestens einmal jährlich durch eine Fachperson inspiziert und gereinigt werden.

7. Literaturverzeichnis

- [1] Primas, Alex; Huber, Heinrich; Hauri, Claudia; Näf, Michel: Abluftanlagen und Einzelraumlüftungen im Vollzug Energie. Hochschule Luzern, Horw, Dez. 2018 (Erstellt im Auftrag der EnFK Regionalkonferenz Ostschweiz)
- [2] Merkblatt SIA 2023:2008 Lüftung im Wohnbau. SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverband, Zürich
- [3] SIA 382/5:2021 Mechanische Lüftung in Wohngebäuden. SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverband, Zürich
- [4] SIA 382/1:2014 Lüftungs- und Klimaanlageanlagen – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen. SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverband, Zürich
- [5] Furter, Rudolf; Casartelli, Ernesto; Lang, Markus: Reduktion des Elektrizitätsverbrauchs in Klein-Lüftungsanlagen. Hochschule Luzern, Horw, 2009 (BFE-Projekt Nr. 101977)
- [6] Weber, Andres: Qualitätskontrolle von Lüftungsanlagen in Minergie-Wohngebäuden. Beitrag am Energie-Praxis-Seminar 2/2011. Amstein+Walthert AG, Zürich, 2011
- [7] Schmid, Nina; Vorburger, Patrick: Langzeiterfahrungen mit verschiedenen Wohnungslüftungskonzepten, Bachelorthesis BAT_G_18_17. Hochschule Luzern, Horw, 2018

8. Anhang 1: Summenhäufigkeit der Zuluftvolumenströme der Zimmer

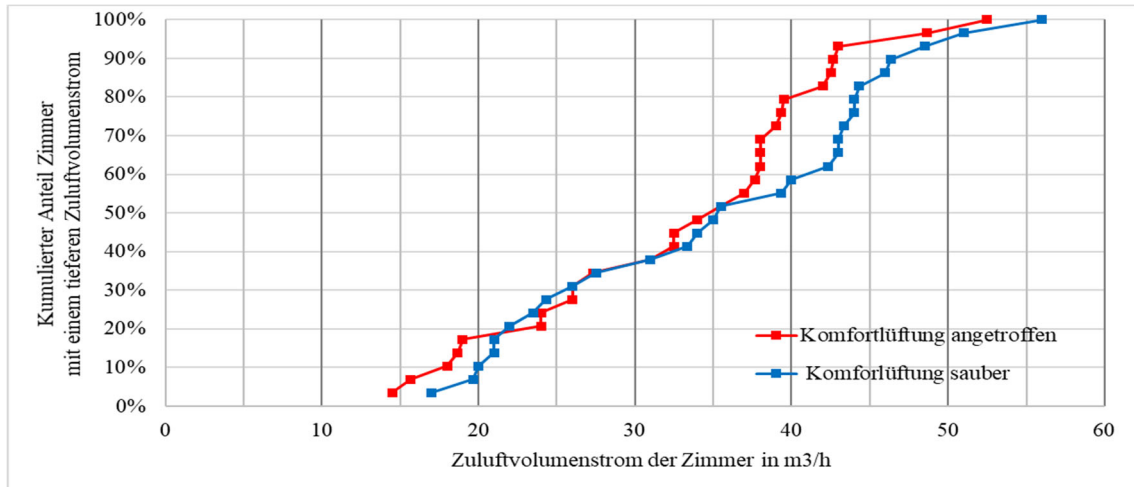


Abbildung 17: Summenhäufigkeit der Zuluftvolumenströme in den Zimmern mit einer Komfortlüftung im angetroffenen und im sauberen Zustand

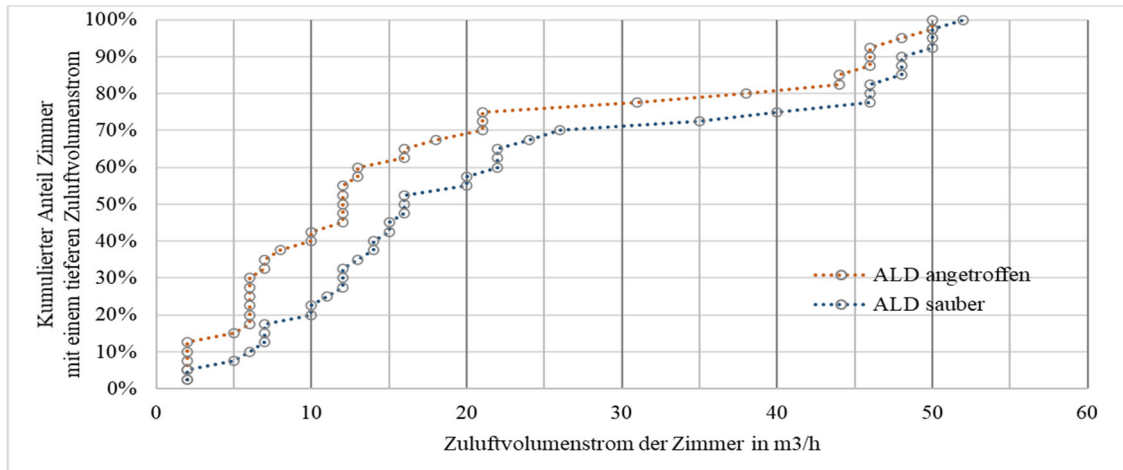


Abbildung 18: Summenhäufigkeit der Zuluftvolumenströme in den Zimmern mit Aussenbauteil-Luftdurchlässen (ALD) im angetroffenen und im sauberen Zustand

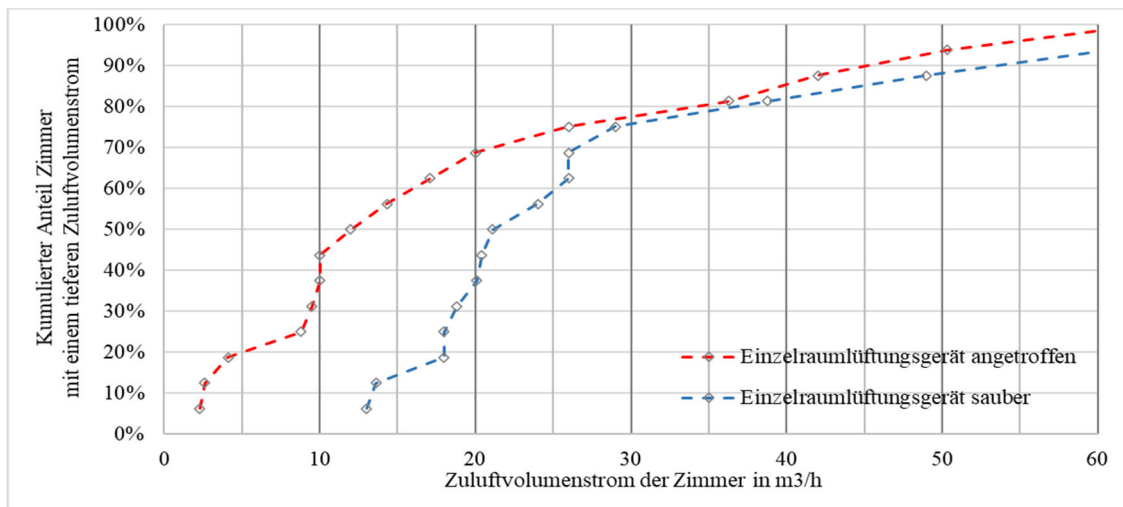


Abbildung 19: Summenhäufigkeit der Zuluftvolumenströme in den Zimmern mit Einzelraumlüftungsgeräten im angetroffenen und im sauberen Zustand

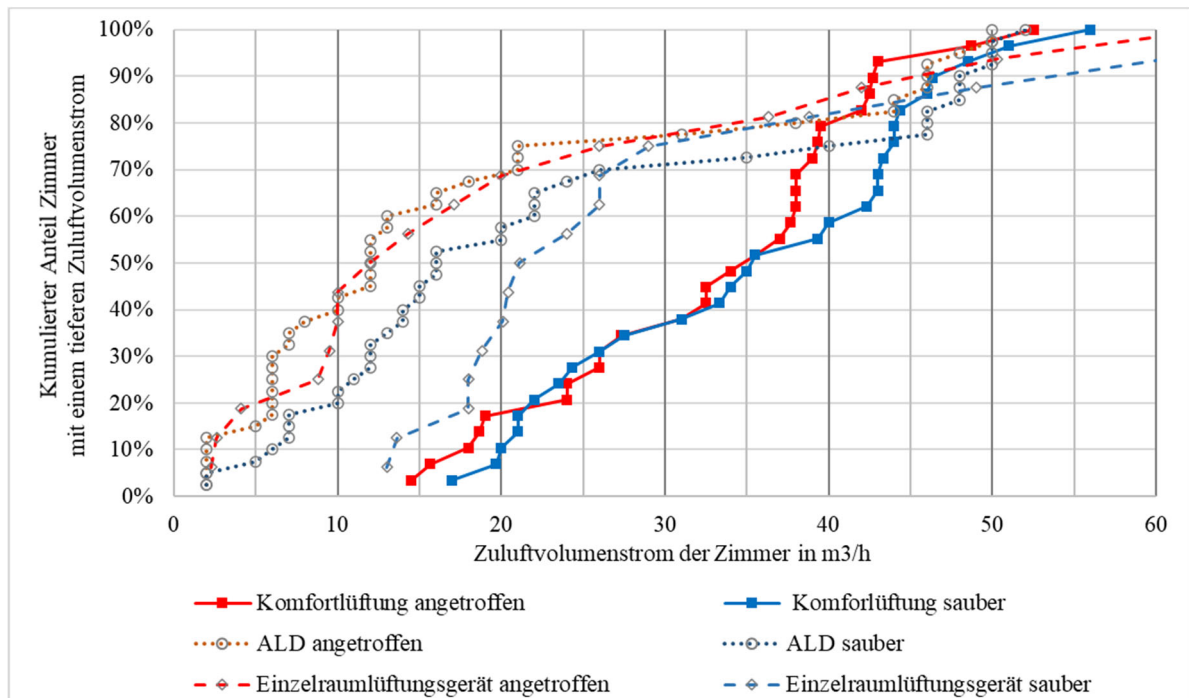


Abbildung 20: Summenhäufigkeit der Zuluftvolumenströme bei allen drei Lüftungssystemen im angetroffenen und im sauberen Zustand

Tabelle 11 zeigt den prozentualen Anteil der Zimmer, bei denen der Zuluftvolumenstrom unterhalb der Toleranz der SIA 2023 und SIA 382/5 lag. Die untere Toleranzschwelle liegt bei 85 % des minimalen Zuluftvolumenstroms von 30 m³/h, das heisst bei 25.5 m³/h.

Tabelle 11: Anteil der Zimmer mit einem Zuluftvolumenstrom unterhalb der Toleranzschwelle der SIA 2023 und SIA 382/5

Lüftungssystem	Anteil der Zimmer mit einem Zuluftvolumenstrom unter der Toleranzschwelle der SIA 2023 und SIA 382/5	
	im angetroffenen Zustand	sauberen Zustand
Komfortlüftung	24 %	28 %
Abluftanlagen mit ALD	75 %	68 %
Einzelraumlüftungsgeräte	69 %	56 %

9. Anhang 2: Objektdokumentation

Nachfolgend werden die Detailresultate der Messungen in den einzelnen Objekten sowie die Bild-dokumentation der angetroffenen Situation dokumentiert.

9.1. Objekt 1, Horw

Das Objekt wurde 2006 gebaut, alle Wohnungen sind mit einer einfachen Lüftungsanlage ausgestattet. In der Siedlung wurde eine Wohnung untersucht.

Wohnung ID-Nr.: 110

In dieser 2.5 Zimmer Wohnung wurden alle Zu- und Abluftauslässe gemessen, es konnte eine Luftbilanz über die Wohnung erstellt werden.

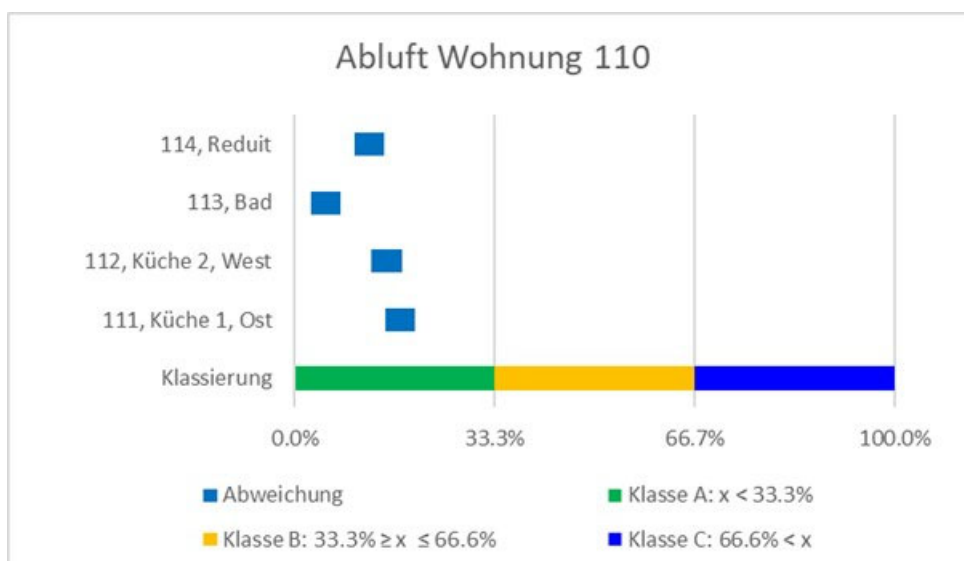


Abbildung 21: Wohnung ID 110: Veränderung der Abluftmengen vor / nach der Reinigung bzw. Filterersatz

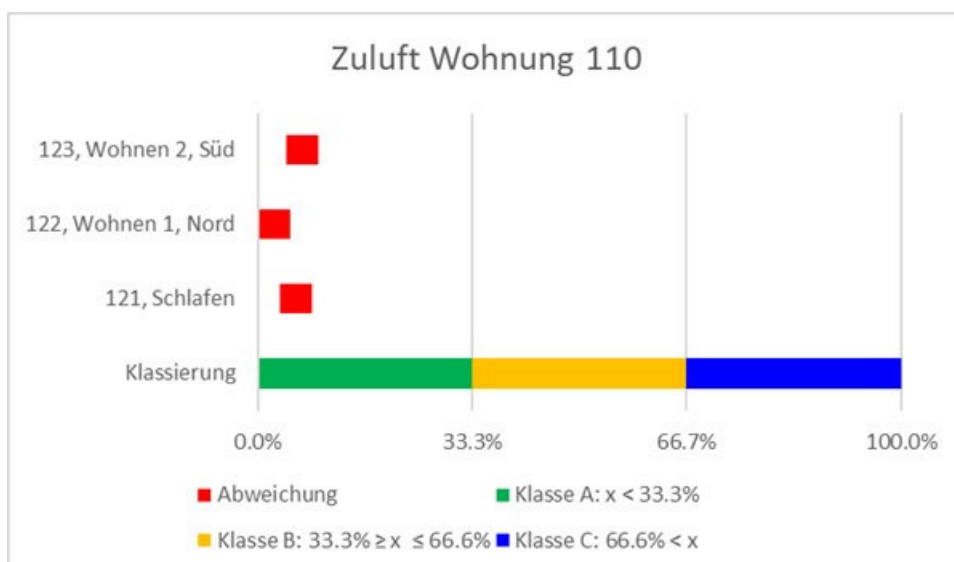


Abbildung 22: Wohnung ID 110: Veränderung der Zuluftmengen vor / nach der Reinigung bzw. Filterersatz

Die Veränderungen sind bei diesem Objekt eher klein (Klasse A $x < 33\%$), zu erkennen ist eine etwas grössere Veränderung bei der Abluft. Die Abluftauslässe waren etwas stärker verschmutzt als die Zuluft.

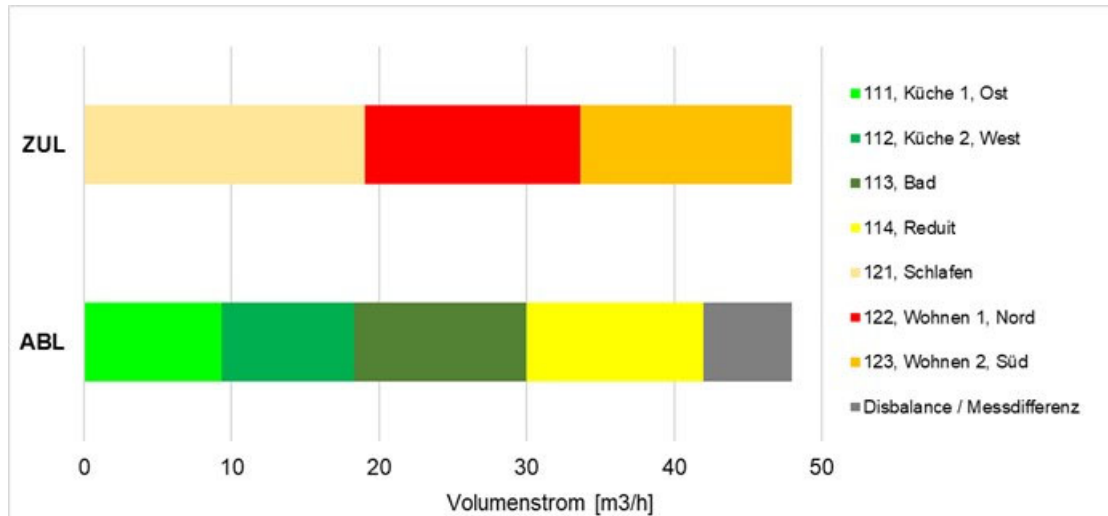


Abbildung 23: Wohnung ID 110: Luftmengenbilanz vor der Reinigung bzw. Filterersatz

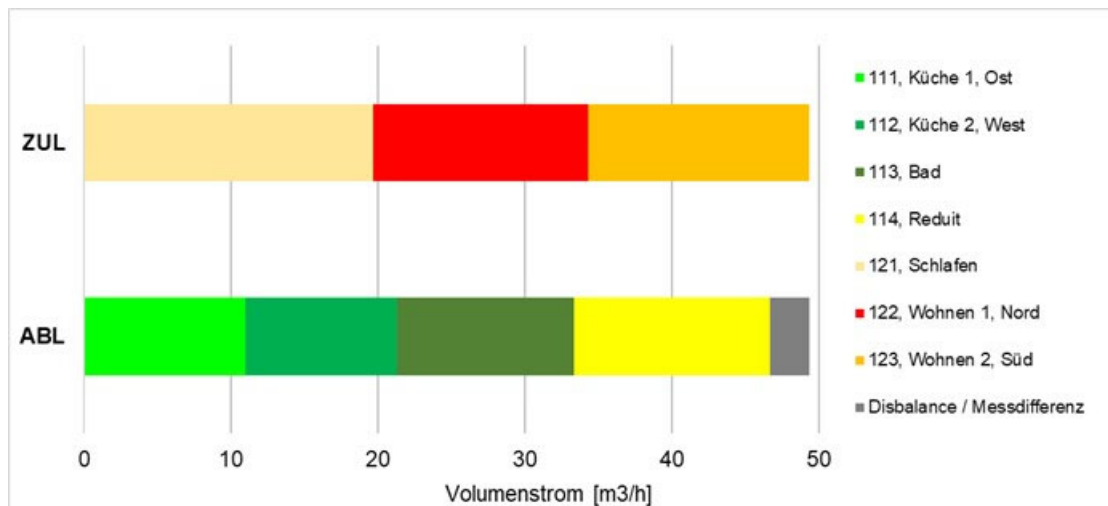


Abbildung 24: Wohnung ID 110: Luftmengenbilanz nach der Reinigung bzw. Filterersatz

Durch das Wechseln der Filter und die Reinigung der Anlage hat sich die Abluft um ca. 11 % und die Zuluft um ca. 3 % erhöht. Die Disbalance hat sich von ca. 12 % auf ca. 5 % verkleinern.

Bilddokumentation zu Wohnung ID-Nr.: 110:

Abbildung 25: WNG ID 110: AUL-Filter

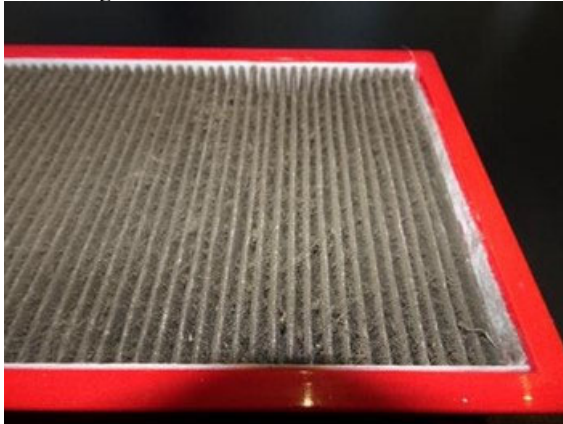


Abbildung 26: WNG ID 110: ABL-Filter



Abbildung 27: WNG ID 110 ABL-Gitter (Bad)



Abbildung 28: WNG ID 110: ABL-Kanal



Abbildung 29: WNG ID 110: ZUL-Gitter (Schlafen)



Abbildung 30: WNG ID 110: ZUL-Filter (Schlafen)



Abbildung 31: WNG ID 110: ZUL-Kanal (Schlafen)



Abbildung 32: WNG ID 110: WRG

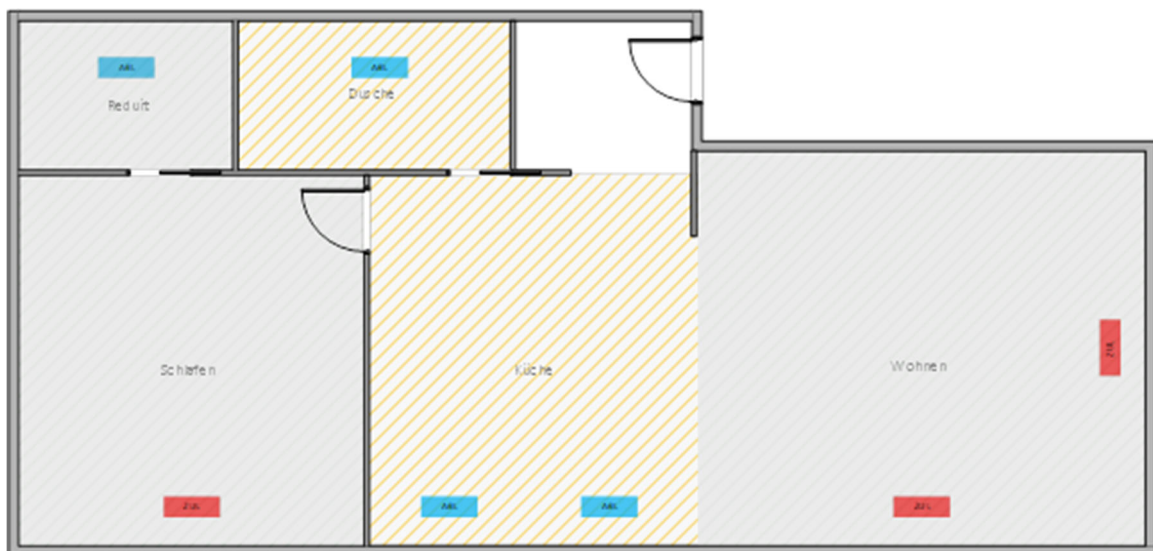


Abbildung 33: Grundriss Wohnung 110

9.2. Objekt 2, Horw

Das Objekt wurde 2010 gebaut, alle Wohnungen sind mit einer einfachen Lüftungsanlage ausgestattet. In der Siedlung wurde eine Wohnung untersucht.

Wohnung ID-Nr.: 210

In dieser 4.5 Zimmer Wohnung wurden alle Zu- und Abluftauslässe gemessen, es konnte eine Luftbilanz über die Wohnung erstellt werden.

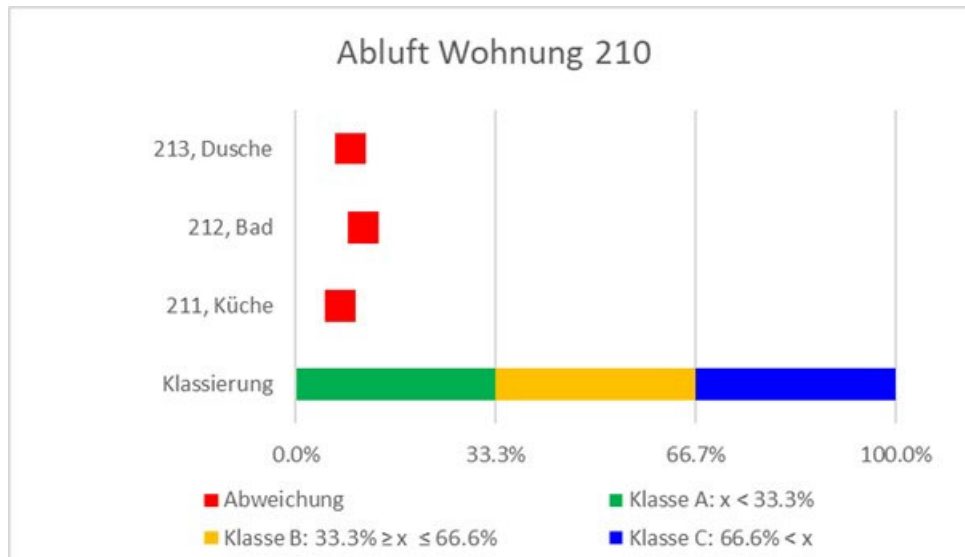


Abbildung 34: Wohnung ID 210: Veränderung der Abluftmengen vor / nach der Reinigung bzw. Filterersatz

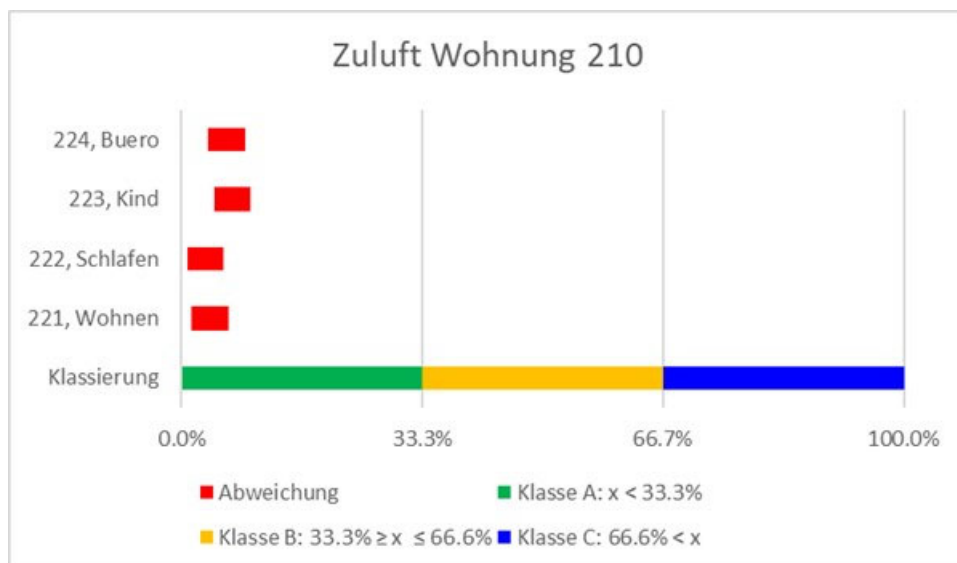


Abbildung 35: Wohnung ID 210: Veränderung der Zuluftmengen vor / nach der Reinigung bzw. Filterersatz

Die Veränderungen sind bei diesem Objekt eher klein (Klasse A $x < 33\%$), zu erkennen ist eine etwas grössere Veränderung bei der Abluft. Die Abluftauslässe waren etwas stärker verschmutzt als die Zuluft.

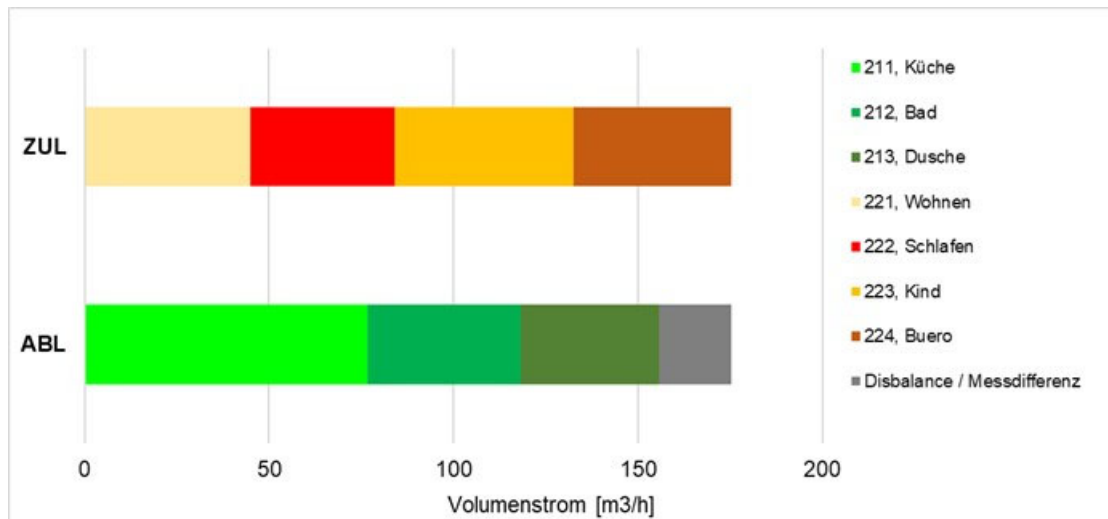


Abbildung 36: Wohnung ID 210: Luftmengenbilanz vor der Reinigung bzw. Filterersatz

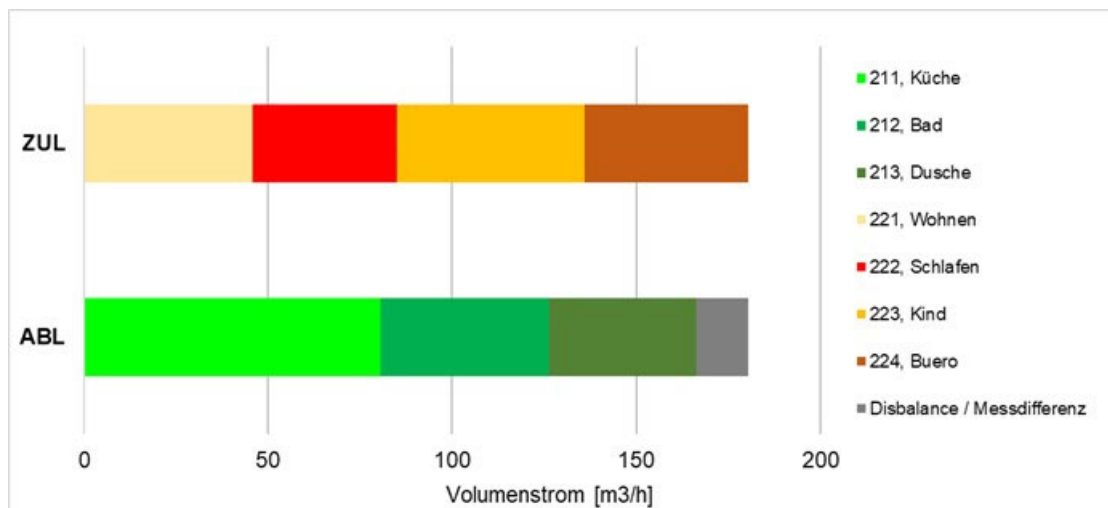


Abbildung 37: Wohnung ID 210: Luftmengenbilanz nach der Reinigung bzw. Filterersatz

Durch das Wechseln der Filter und die Reinigung der Anlage hat sich die Abluft um ca. 7 % und die Zuluft um ca. 3 % erhöht. Die Disbalance hat sich von ca. 11 % auf ca. 8 % verkleinern.

Bilddokumentation zu Wohnung ID-Nr.: 210:

Abbildung 38: WNG ID 210: AUL-Filter



Abbildung 39: WNG ID 210: ABL-Filter



Abbildung 40: WNG ID 210: WRG



Abbildung 41: WNG ID 210: Gerät





Abbildung 42: Grundriss Wohnung 210

9.3. Objekt 3, Zug

Das Objekt wurde 2011 gebaut, alle Wohnungen sind mit einer einfachen Lüftungsanlage ausgestattet. In der Siedlung wurden zwei Wohnungen untersucht.

Wohnung ID-Nr.: 310

In dieser 5.5 Zimmer Maisonette Wohnung wurden alle Zu- und Abluftauslässe gemessen, es konnte eine Luftbilanz über die Wohnung erstellt werden.

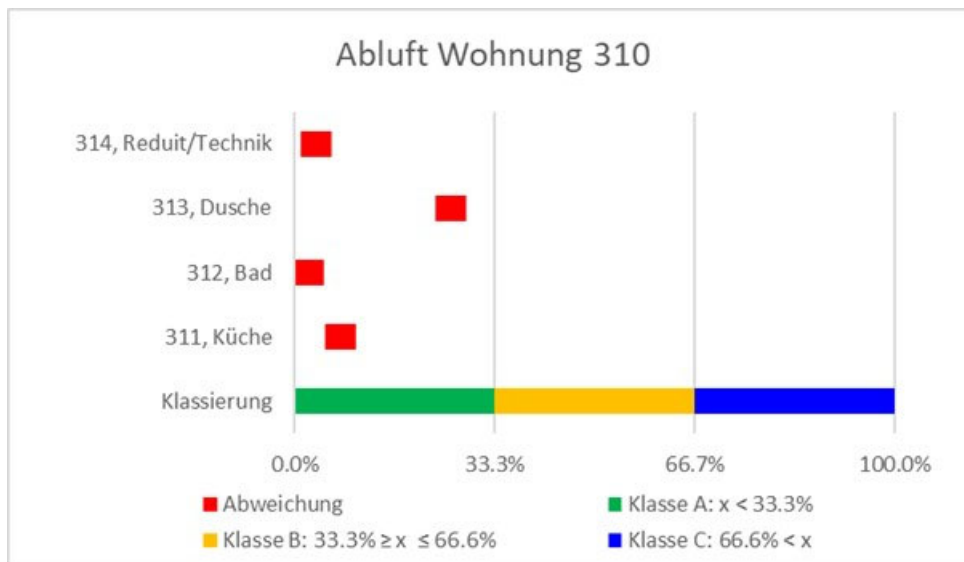


Abbildung 43: Wohnung ID 310: Veränderung der Abluftmengen vor / nach der Reinigung bzw. Filterersatz

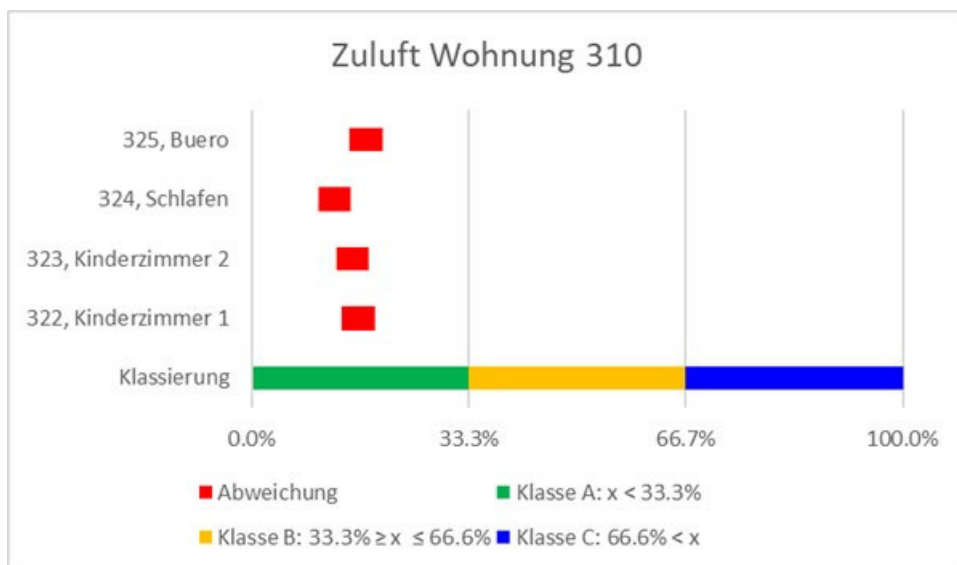


Abbildung 44: Wohnung ID 310: Veränderung der Zuluftmengen vor / nach der Reinigung bzw. Filterersatz

Die grösste Veränderung hat sich im Raum Bad 313 ergeben, dort stieg der Abluftvolumenstrom von 26 m³/h auf 34 m³/h (ca. 24 %) an. Die Veränderungen in der Zuluft liegen alle zwischen ca. 10 und 15 %.

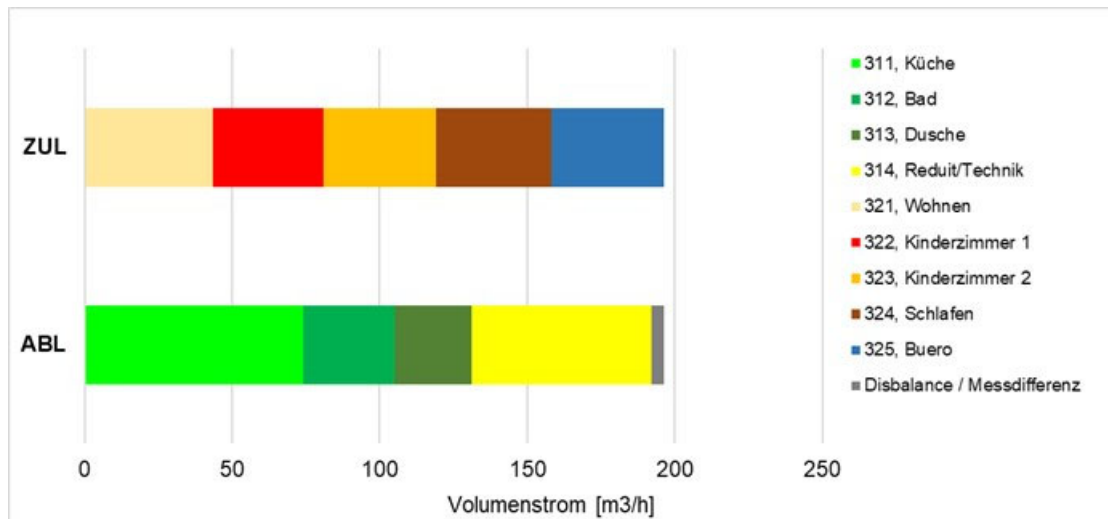


Abbildung 45: Wohnung ID 310: Luftmengenbilanz vor der Reinigung bzw. Filterersatz

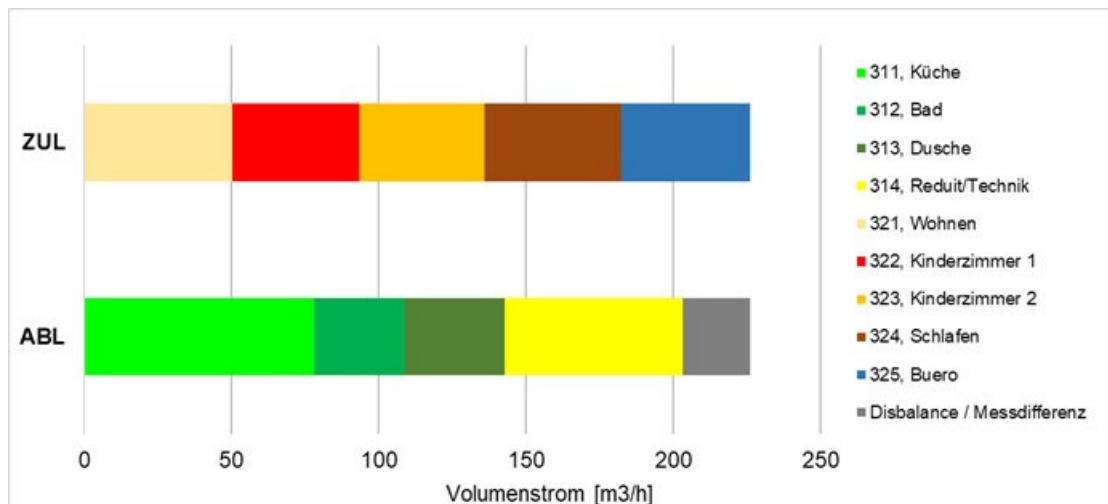


Abbildung 46: Wohnung ID 310: Luftmengenbilanz nach der Reinigung bzw. Filterersatz

Bemerkung: Die Abluftmenge in der Küche konnte nicht mit dem FlowFinder gemessen werden, die Messung wurde mit einem Anemometer durchgeführt.

Durch das Wechseln der Filter und die Reinigung der Anlage hat sich die Abluft um ca. 6 % und die Zuluft um ca. 15 % erhöht. Die Disbalance hat sich von ca. 10 % auf ca. 2 % verkleinern.

Bilddokumentation zu Wohnung ID-Nr.: 310:

Abbildung 47: WNG ID 310: AUL-Filter



Abbildung 48: WNG ID 310: ABL-Filter

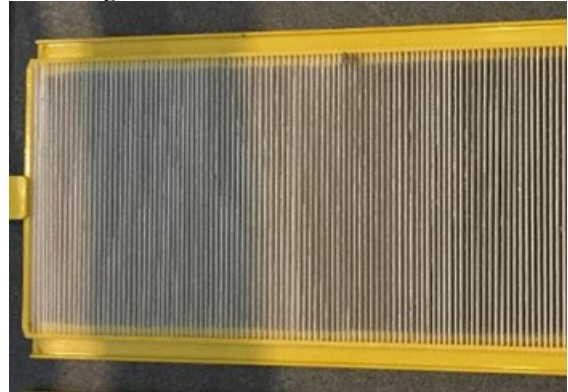


Abbildung 49: WNG ID 310: ABL-Ventil (Dusche)



Abbildung 50: WNG ID 310: ABL-Kanal



Abbildung 51: WNG ID 310: ZUL-Durchlass (Wohnen)



Abbildung 52: WNG ID 310: ZUL-Kanal

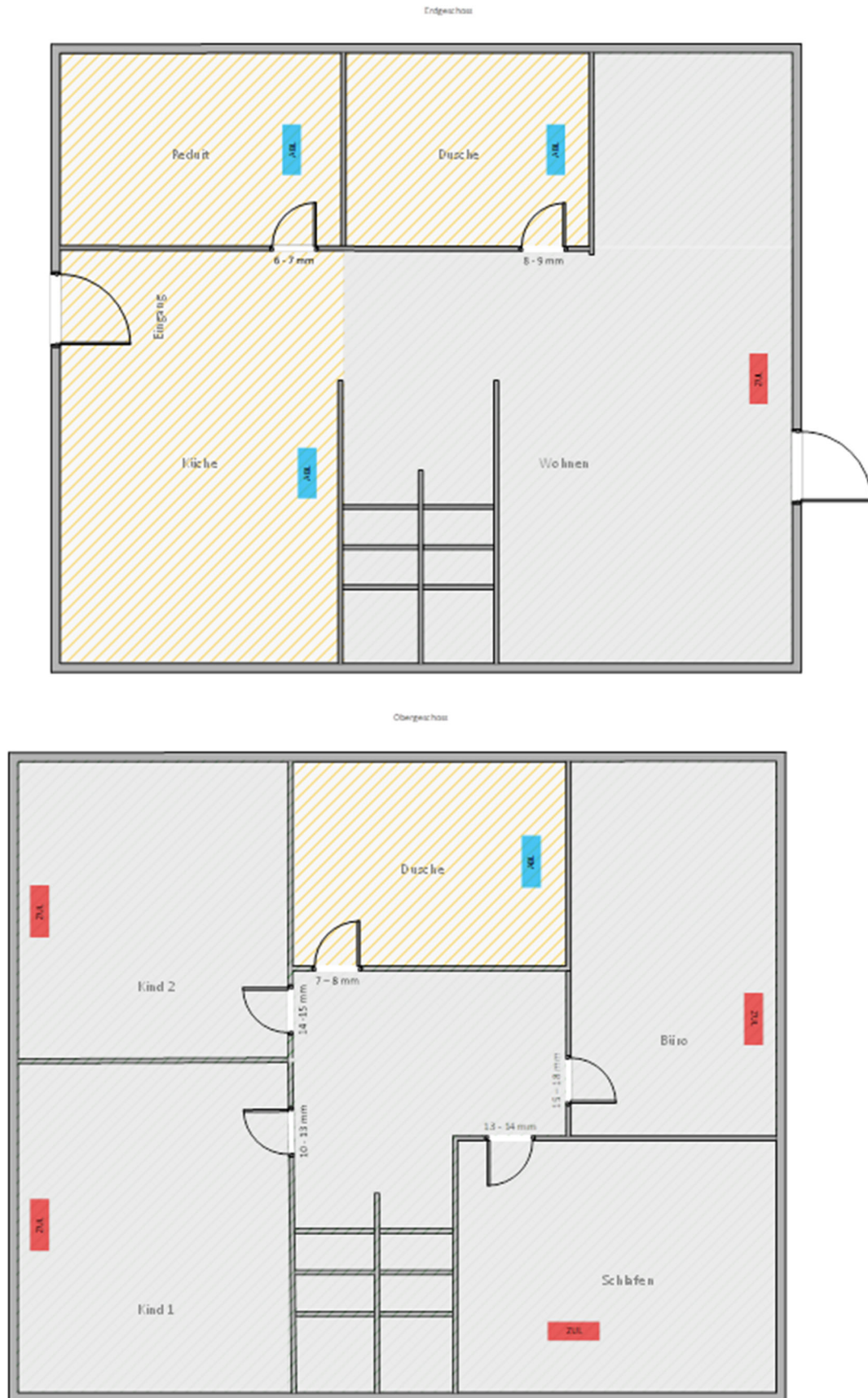


Abbildung 53: Grundriss Wohnung 310

9.4. Objekt 4, Zug

Das Objekt wurde 2011 gebaut, alle Wohnungen sind mit einer einfachen Lüftungsanlage ausgestattet. In der Siedlung wurden zwei Wohnungen untersucht.

Wohnung ID-Nr.: 410

In dieser 5.5 Zimmer Wohnung wurden alle Zu- und Abluftauslässe gemessen, es konnte eine Luftbilanz über die Wohnung erstellt werden.

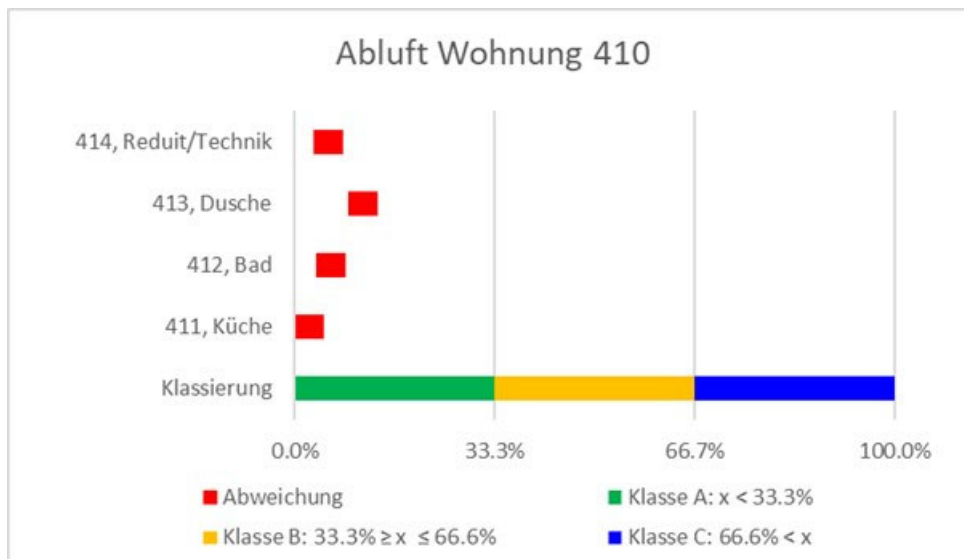


Abbildung 54: Wohnung ID 410: Veränderung der Abluftmengen vor / nach der Reinigung bzw. Filterersatz

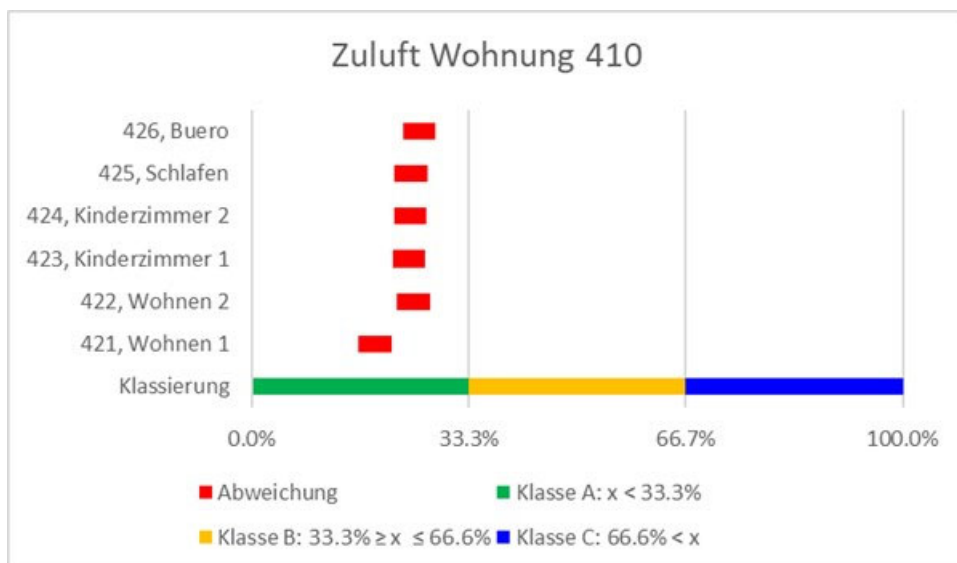


Abbildung 55: Wohnung ID 410: Veränderung der Zuluftmengen vor / nach der Reinigung bzw. Filterersatz

Bei diesem Objekt ist die Veränderung in der Zuluft grösser als in der Abluft. Die Zuluft verändert sich um ca. 16 % bis 24 % und die Abluft um lediglich 3 % bis 9 %.

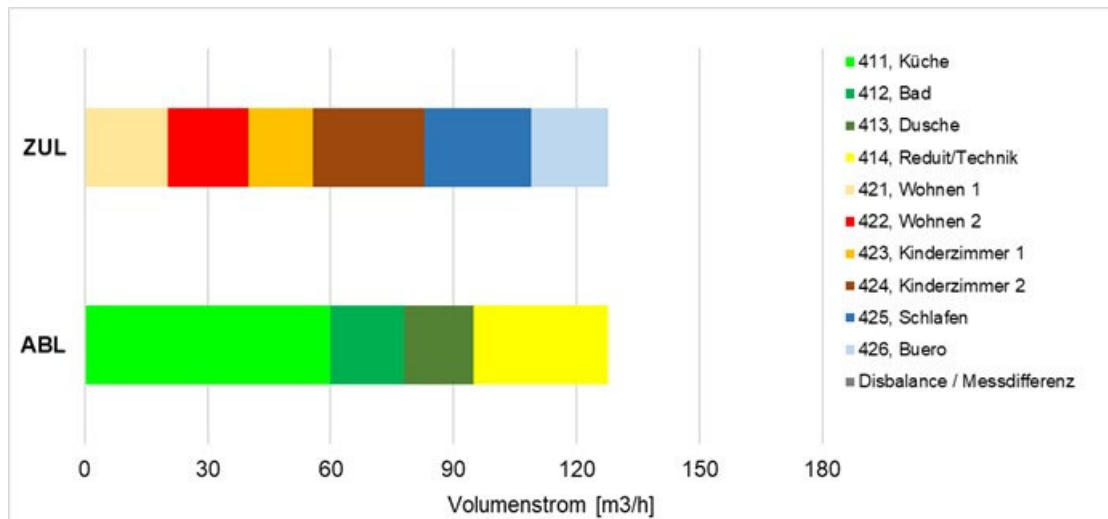


Abbildung 56: Wohnung ID 410: Luftmengenbilanz vor der Reinigung bzw. Filterersatz

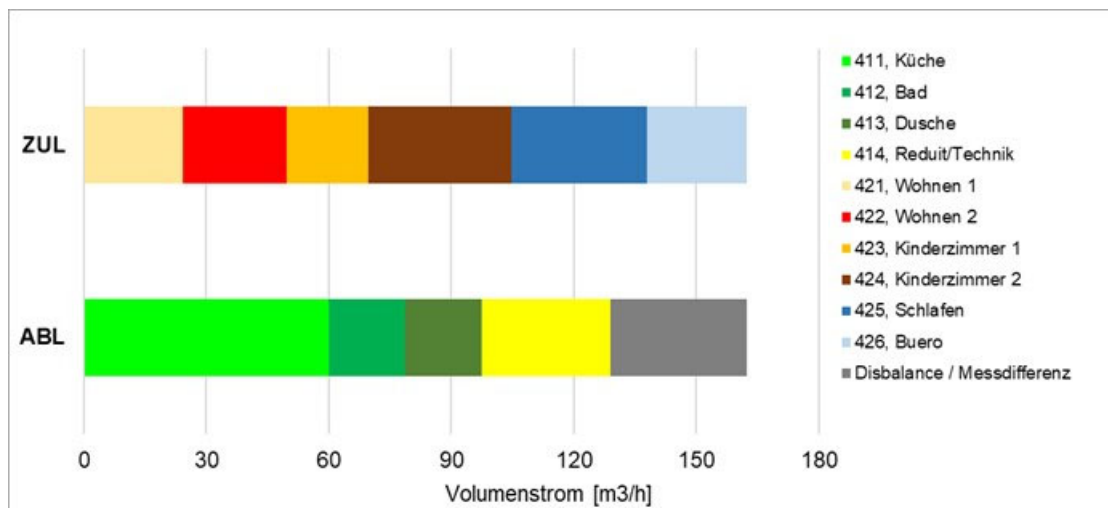


Abbildung 57: Wohnung ID 410: Luftmengenbilanz nach der Reinigung bzw. Filterersatz

Bemerkung: Die Abluftmenge in der Küche konnte nicht mit dem FlowFinder gemessen werden, die Messung wurde mit einem Anemometer durchgeführt.

Durch das Wechseln der Filter und die Reinigung der Anlage hat sich die Zuluft um ca. 27 % erhöht, die Abluft nur um ca. 1 %. Die Disbalance ist auf 21 % gestiegen.

Bilddokumentation zu Wohnung ID-Nr.: 410:

Abbildung 58: WNG ID 410: AUL-Filter

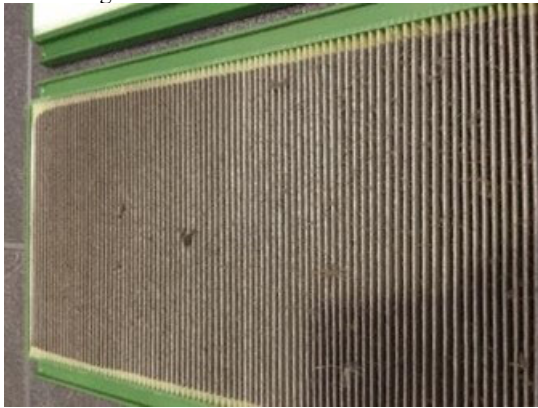


Abbildung 59: WNG ID 410: ABL-Filter



Abbildung 60: WNG ID 410: ABL-Ventil



Abbildung 61: WNG ID 410: ABL-Filter



Abbildung 62: WNG ID 410: Wärmetauscher



Abbildung 63: WNG ID 410: Gerät



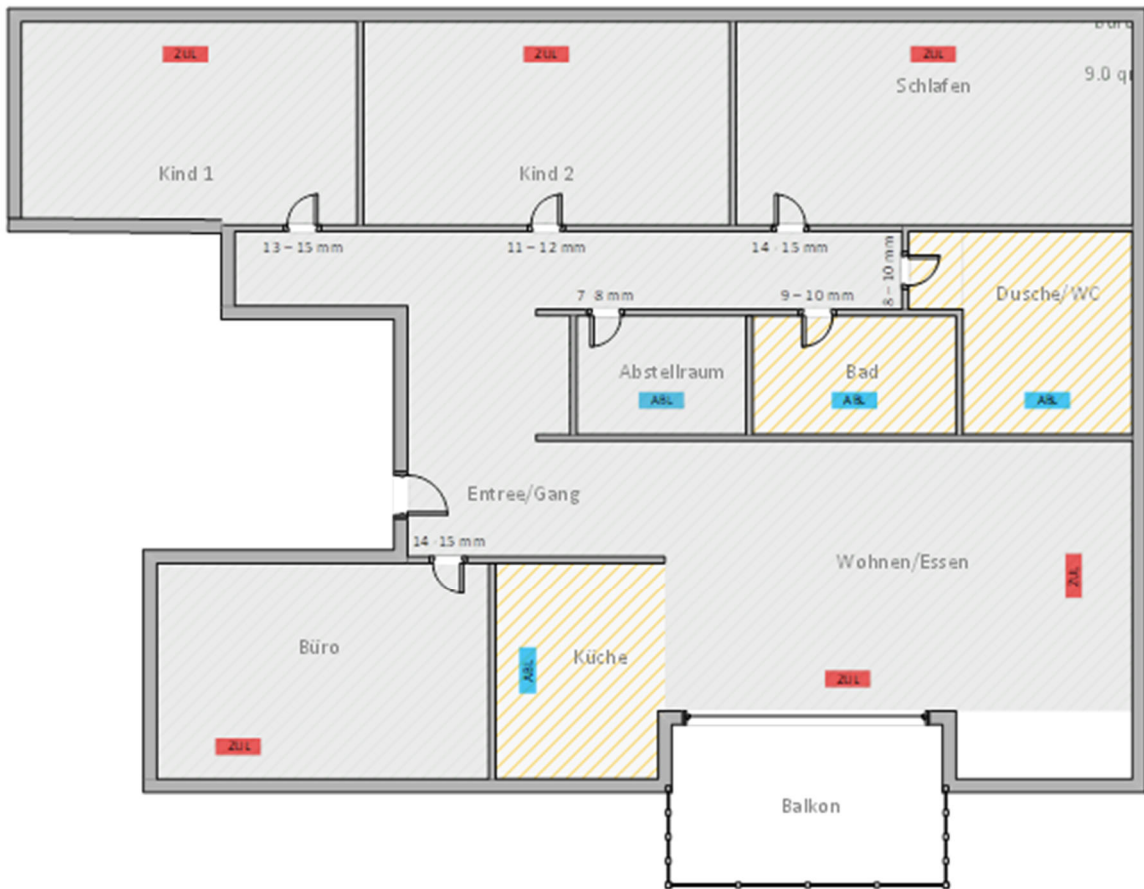


Abbildung 64: Grundriss Wohnung 410

9.5. Objekt 5, Birmensdorf

Das Objekt wurde 2014 gebaut, alle Wohnungen sind mit einer einfachen Lüftungsanlage ausgestattet. In der Siedlung wurden drei Wohnungen untersucht.

Wohnung ID-Nr.: 510

In dieser 4.5 Zimmer Wohnung wurden alle Zu- und Abluftauslässe gemessen, es konnte eine Luftbilanz über die Wohnung erstellt werden.

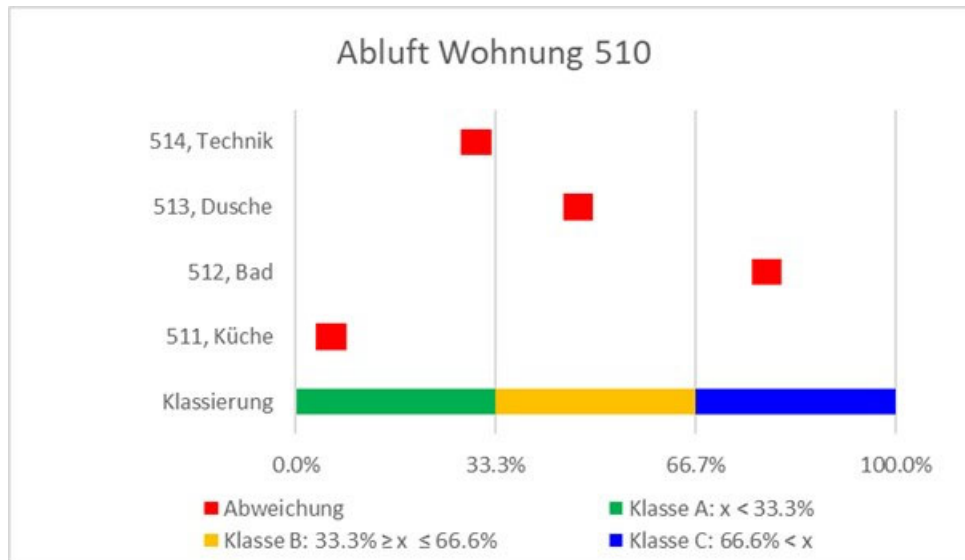


Abbildung 65: Wohnung ID 510: Veränderung der Abluftmengen vor / nach der Reinigung bzw. Filterersatz

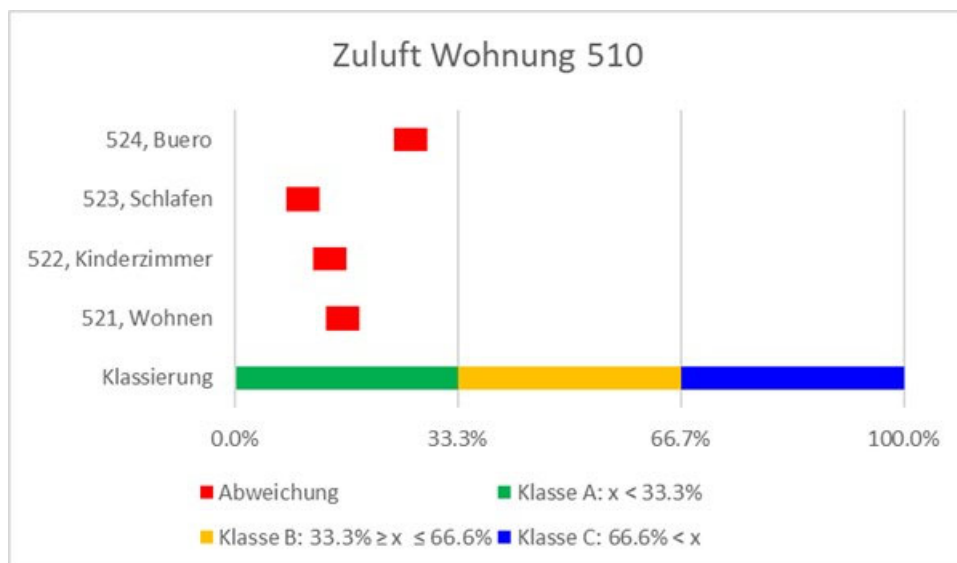


Abbildung 66: Wohnung ID 510: Veränderung der Zuluftmengen vor / nach der Reinigung bzw. Filterersatz

Die Veränderungen bei der Zuluft sind alle unter 30 % daher Klasse A $x < 33\%$. Bei der Abluft sind die Veränderungen deutlich höher, 513 Dusche Klasse B und 512 Bad Klasse C.

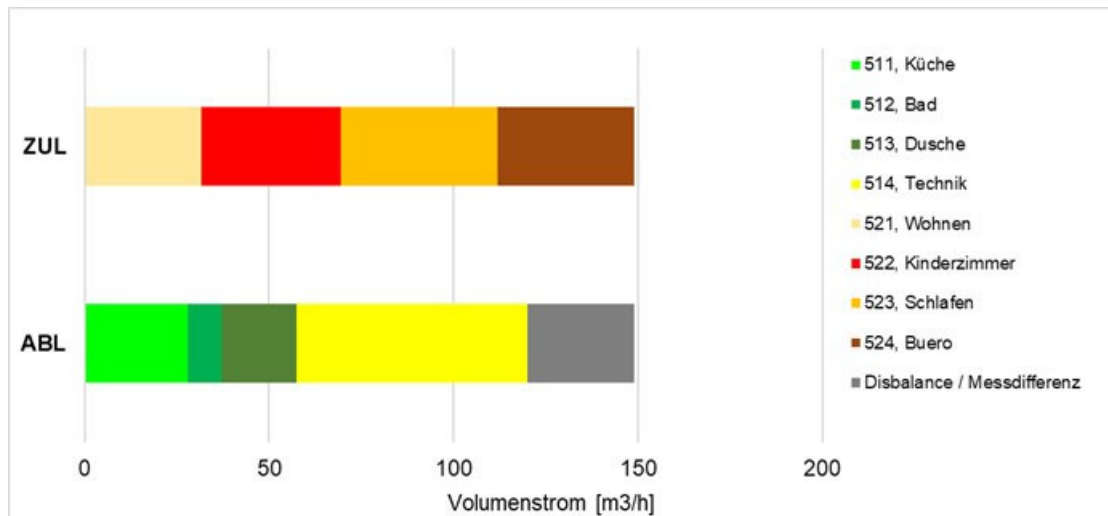


Abbildung 67: Wohnung ID 510: Luftmengenbilanz vor der Reinigung bzw. Filterersatz

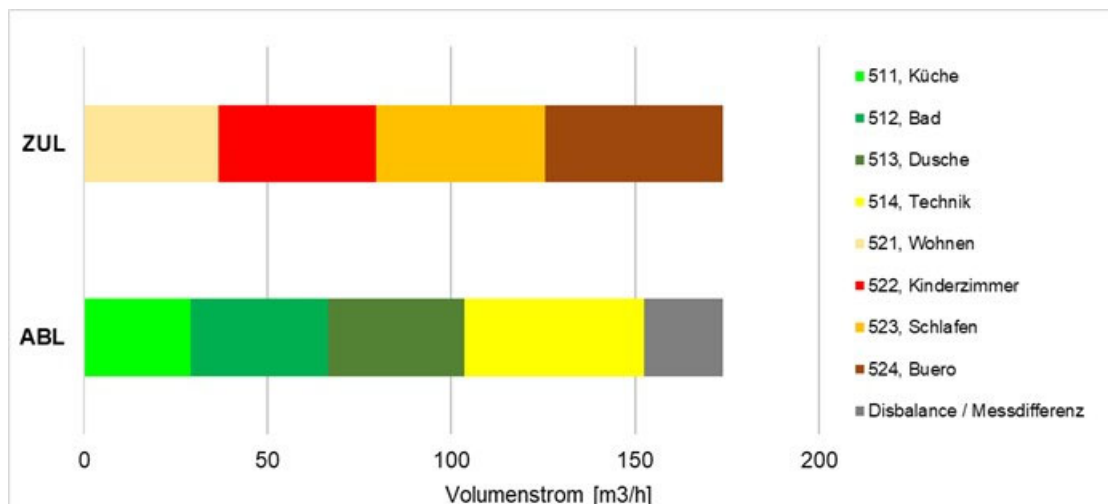


Abbildung 68: Wohnung ID 510: Luftmengenbilanz nach der Reinigung bzw. Filterersatz

Durch das Wechseln der Filter und die Reinigung der Anlage hat sich die Zuluft um ca. 17 %, die Abluft um ca. 27 % erhöht. Die Disbalance ist von ca. 20 % auf ca. 12 % gesunken. Vor allem in den Räumen 512 Bad und 513 Dusche konnte der Abluftvolumenstrom deutlich von 9 m³/h auf 38 m³/h und von 21 m³/h auf 37 m³/h erhöht werden.

Bilddokumentation zu Wohnung ID-Nr.: 510:

Abbildung 69: WNG ID 510: AUL-Filter



Abbildung 70: WNG ID 510: AUL-Gitter



Abbildung 71: WNG ID 510: ABL-Filter



Abbildung 72: WNG ID 510: Fliegengitter beim Gerät

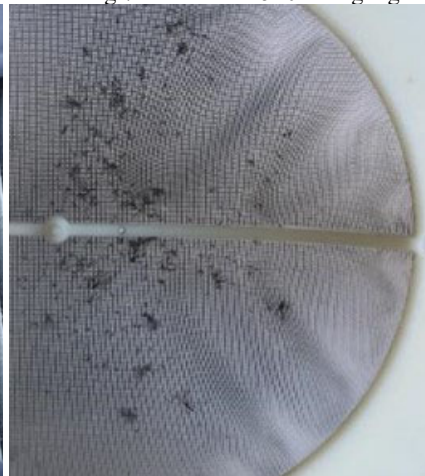


Abbildung 73: WNG ID 510: ABL-Gitter



Abbildung 74: WNG ID 510: ZUL-Gitter



Abbildung 75: WNG ID 510: Wärmetauscher



Abbildung 76: WNG ID 510: Lüftungsgerät



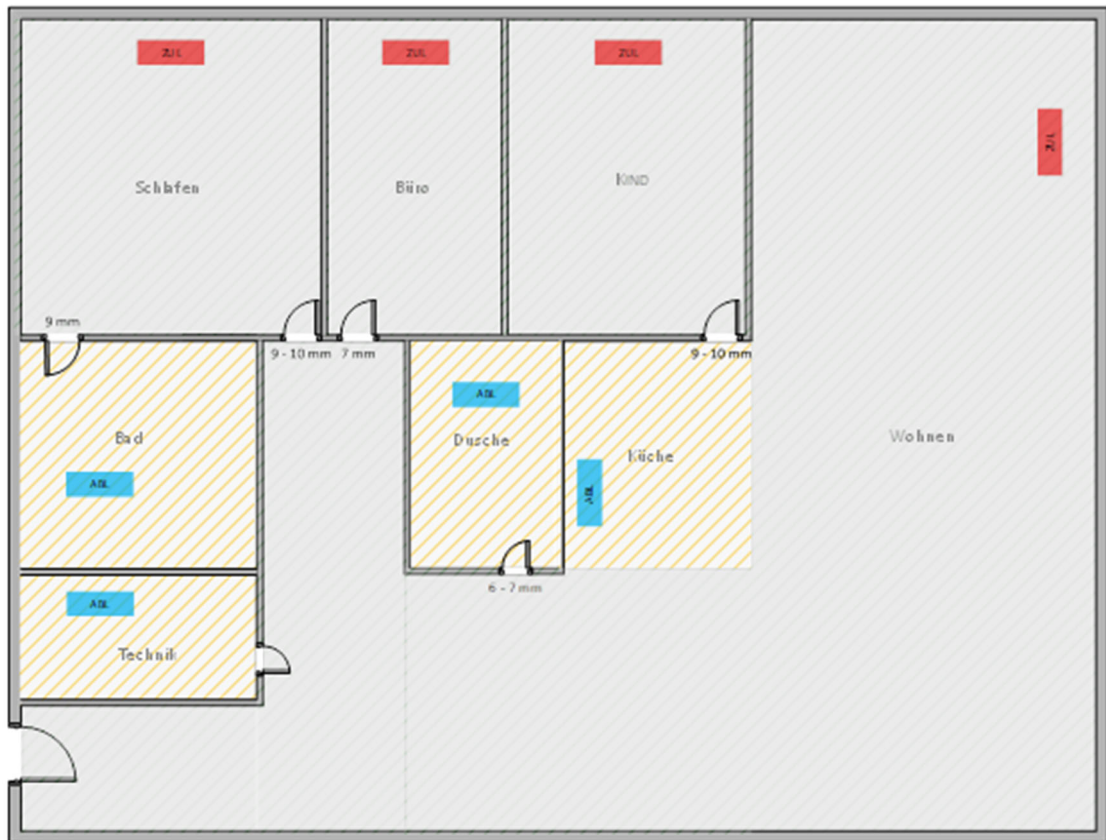


Abbildung 77: Grundriss Wohnung 510

9.6. Objekt 6, Birmensdorf

Das Objekt wurde 2014 gebaut, alle Wohnungen sind mit einer einfachen Lüftungsanlage ausgestattet. In der Siedlung wurden drei Wohnungen untersucht.

Wohnung ID-Nr.: 610

In dieser 3.5 Zimmer Wohnung wurden alle Zu- und Abluftauslässe gemessen, es konnte eine Luftbilanz über die Wohnung erstellt werden.

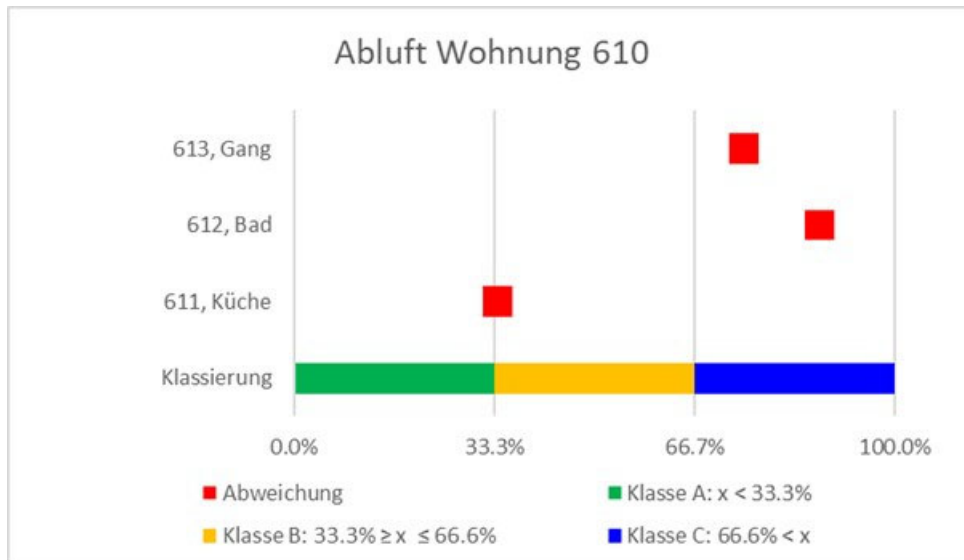


Abbildung 78: Wohnung ID 610: Veränderung der Abluftmengen vor / nach der Reinigung bzw. Filterersatz

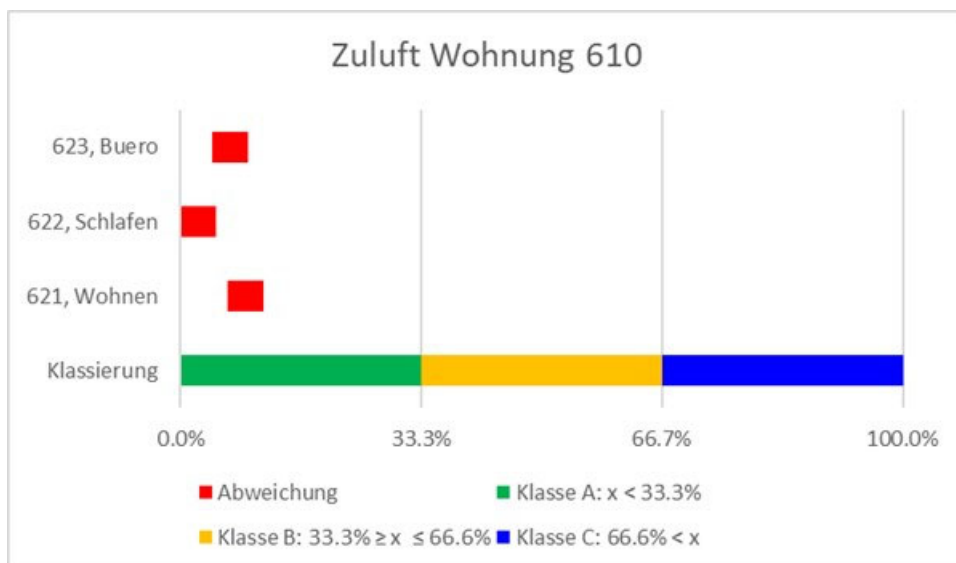


Abbildung 79: Wohnung ID 610: Veränderung der Zuluftmengen vor / nach der Reinigung bzw. Filterersatz

Die Veränderungen bei der Zuluft sind alle unter 30 % daher Klasse A $x < 33\%$. Bei der Abluft sind die Veränderungen deutlich höher, 612 Bad und 613 Gang liegen beide in Klasse C $66.6\% < x$.

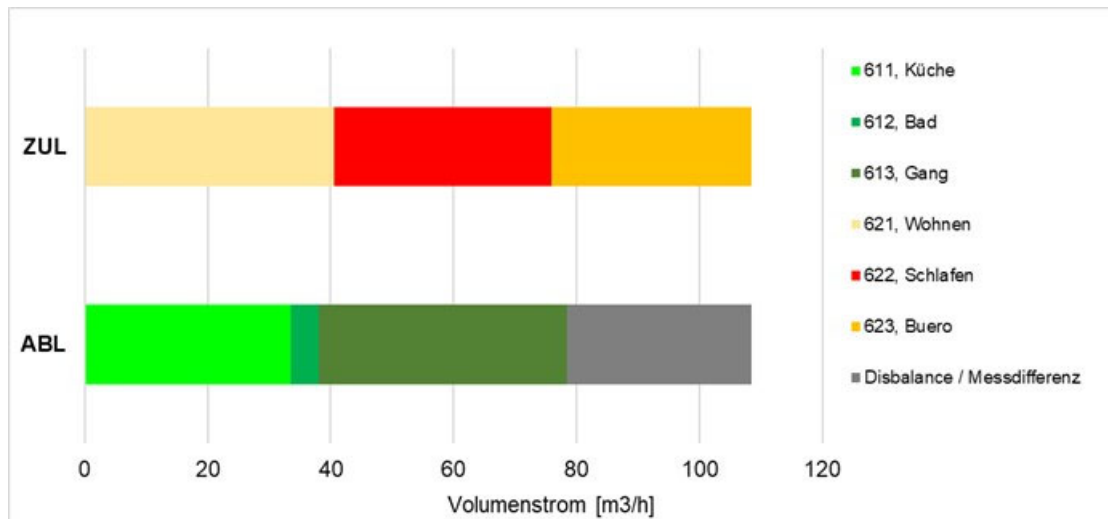


Abbildung 80: Wohnung ID 610: Luftmengenbilanz vor der Reinigung bzw. Filterersatz

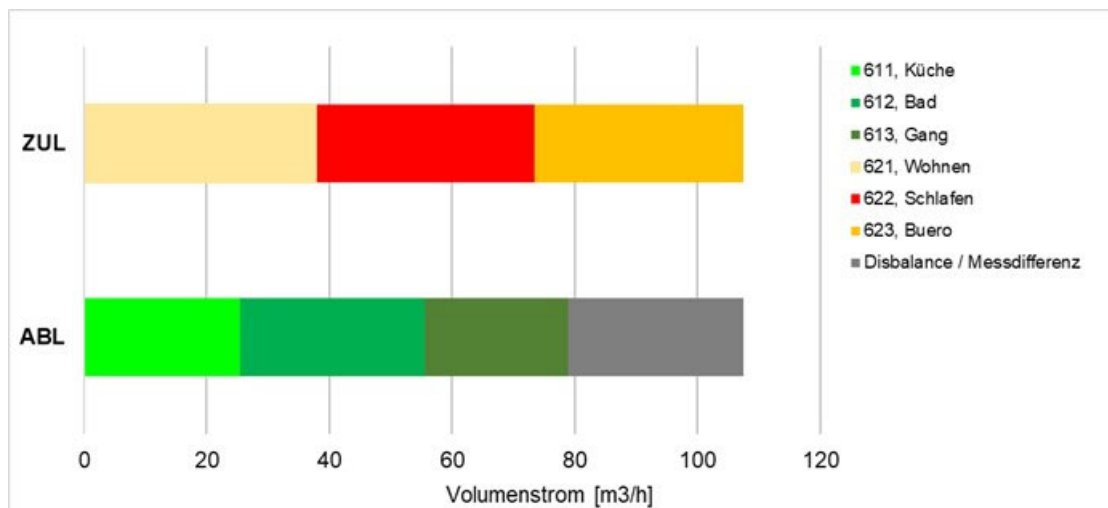


Abbildung 81: Wohnung ID 610: Luftmengenbilanz nach der Reinigung bzw. Filterersatz

Durch das Wechseln der Filter und die Reinigung der Anlage hat sich die Zu- und Abluftmenge nur minimal $\pm 1\%$ verändert. Die Disbalance ist daher auch nur um 1% von ca. 28% auf 27% gesunken. Bei der Abluft hat sich allerdings die Luftmengen der einzelnen Räume stark verändert, in der Küche 611 von $34\text{ m}^3/\text{h}$ auf $26\text{ m}^3/\text{h}$ (-ca. 24%), im Bad 612 von $5\text{ m}^3/\text{h}$ auf $30\text{ m}^3/\text{h}$ (+ca. 670%) und im Gang von $41\text{ m}^3/\text{h}$ auf $24\text{ m}^3/\text{h}$ (-ca. 42%).

Bilddokumentation zu Wohnung ID-Nr.: 610:

Abbildung 82: WNG ID 610: AUL-Filter



Abbildung 83: WNG ID 610: AUL-Durchlass



Abbildung 84: WNG ID 610: ABL-Filter



Abbildung 85: WNG ID 610: Fliegengitter beim Gerät



Abbildung 86: WNG ID 610: ABL-Gitter



Abbildung 87: WNG ID 610: Lüftungsgerät



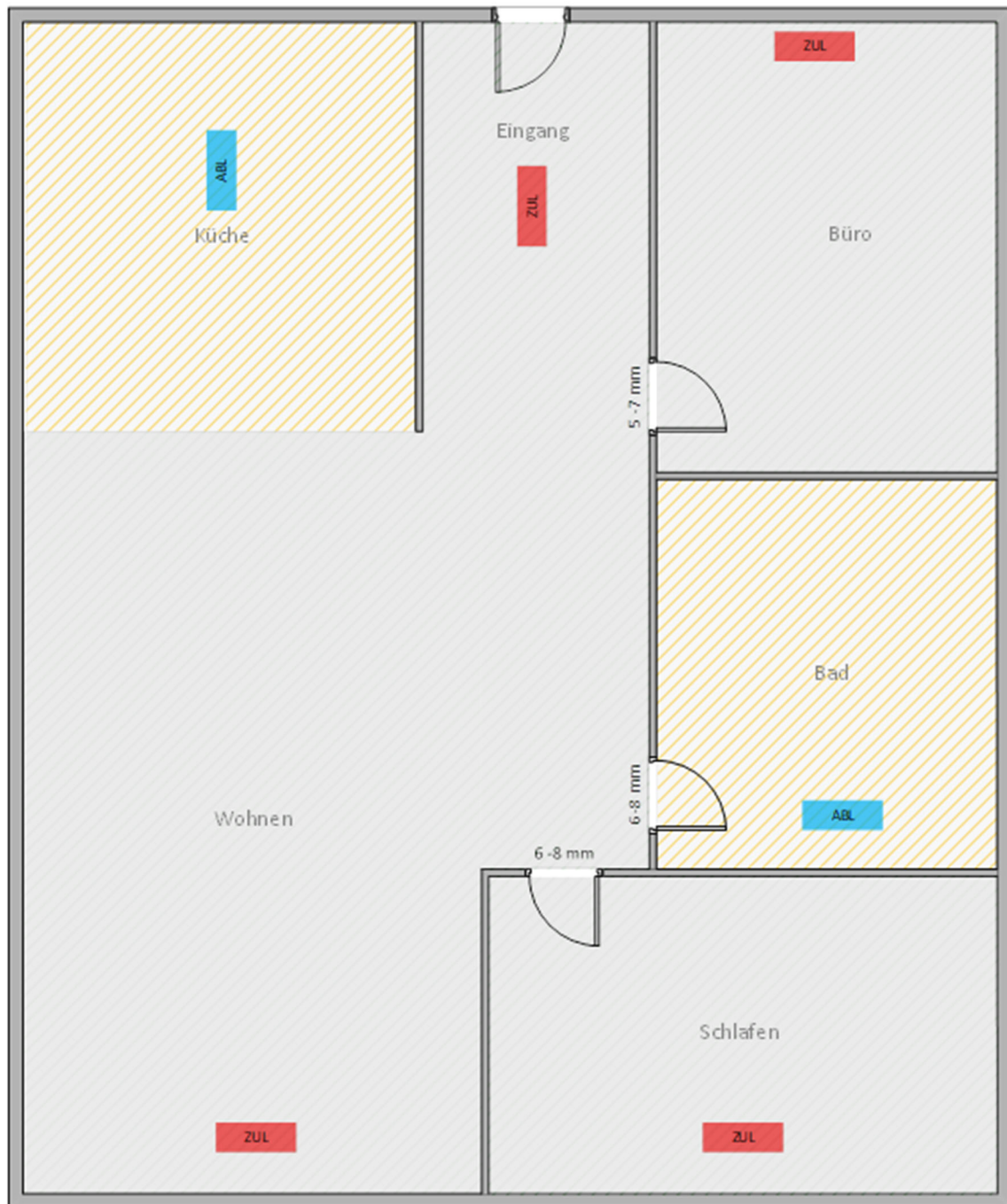


Abbildung 88: Grundriss Wohnung 610

9.7. Objekt 7, Birmensdorf

Das Objekt wurde 2014 gebaut, alle Wohnungen sind mit einer einfachen Lüftungsanlage ausgestattet. In der Siedlung wurden drei Wohnungen untersucht.

Wohnung ID-Nr.: 710

In dieser 2.5 Zimmer Wohnung wurden alle Zu- und Abluftauslässe gemessen, es konnte eine Luftbilanz über die Wohnung erstellt werden.

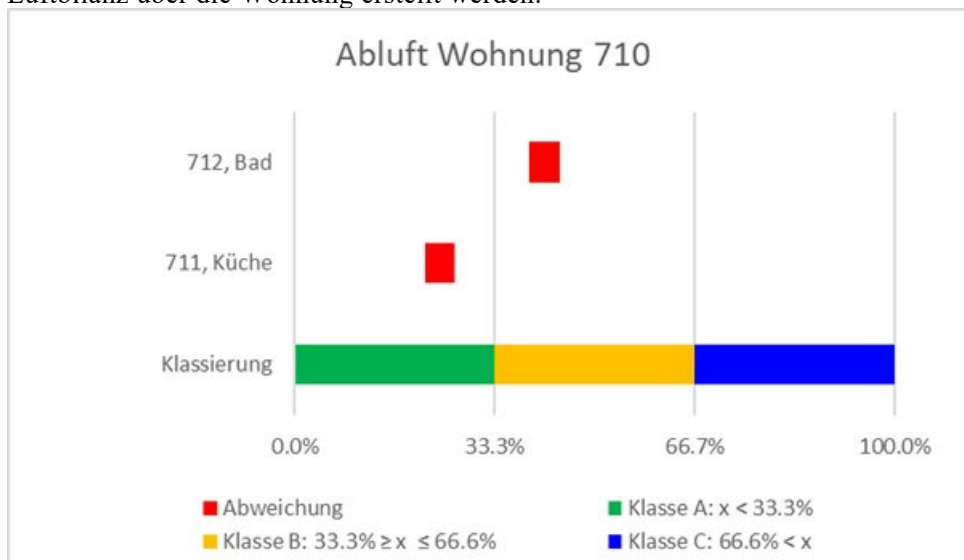


Abbildung 89: Wohnung ID 710: Veränderung der Abluftmengen vor / nach der Reinigung bzw. Filterersatz

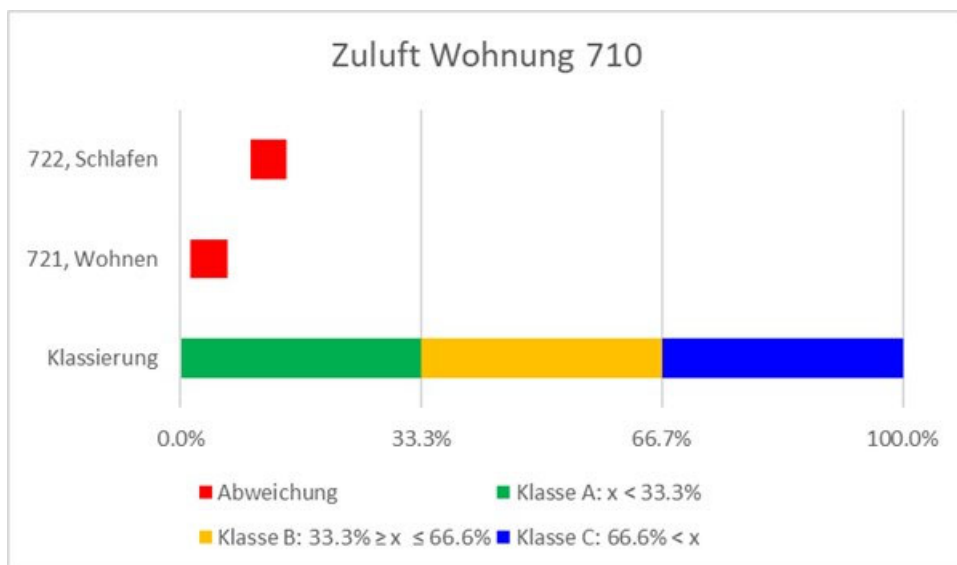


Abbildung 90: Wohnung ID 710: Veränderung der Zuluftmengen vor / nach der Reinigung bzw. Filterersatz

Die Veränderungen bei der Zuluft sind alle unter 30 % daher Klasse A $x < 33\%$. Bei der Abluft sind die Veränderungen etwas höher, 712 Bad Klasse B und 711 Küche Klasse A.

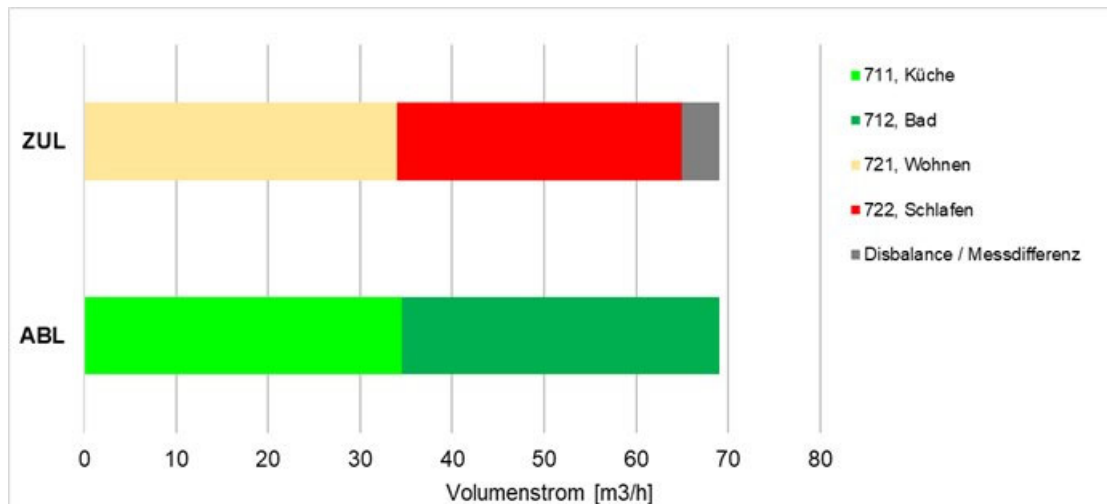


Abbildung 91: Wohnung ID 710: Luftmengenbilanz vor der Reinigung bzw. Filterersatz

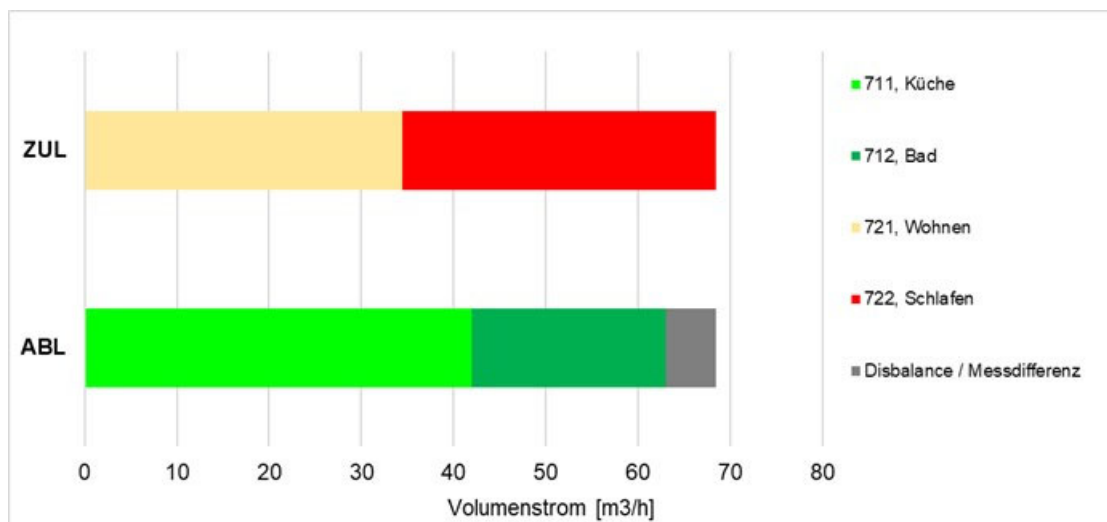


Abbildung 92: Wohnung ID 710: Luftmengenbilanz nach der Reinigung bzw. Filterersatz

Durch das Wechseln der Filter und die Reinigung der Anlage hat sich die Zuluftmenge um ca. 5 % reduziert und die Abluftmenge um ca. 10 % erhöht. Die Disbalance ist sich von ca.+8 % (Zuluftüberschuss) auf von ca.-6 % (Abluftüberschuss) verändert.

Bilddokumentation zu Wohnung ID-Nr.: 710:

Abbildung 93: WNG ID 710: AUL-Filter



Abbildung 94: AUL-Gitter



Abbildung 95: WNG ID 710: ABL-Filter



Abbildung 96: Fliegengitter beim Gerät





Abbildung 97: Grundriss Wohnung 710

9.8. Objekt 8, Kastanienbaum

Das Objekt wurde 2016 gebaut, alle Wohnungen sind mit einer einfachen Lüftungsanlage ausgestattet. In der Siedlung wurden zwei Wohnungen untersucht.

Wohnung ID-Nr.: 810

In dieser 5.5 Zimmer Wohnung wurden alle Zu- und Abluftauslässe gemessen, es konnte eine Luftbilanz über die Wohnung erstellt werden.

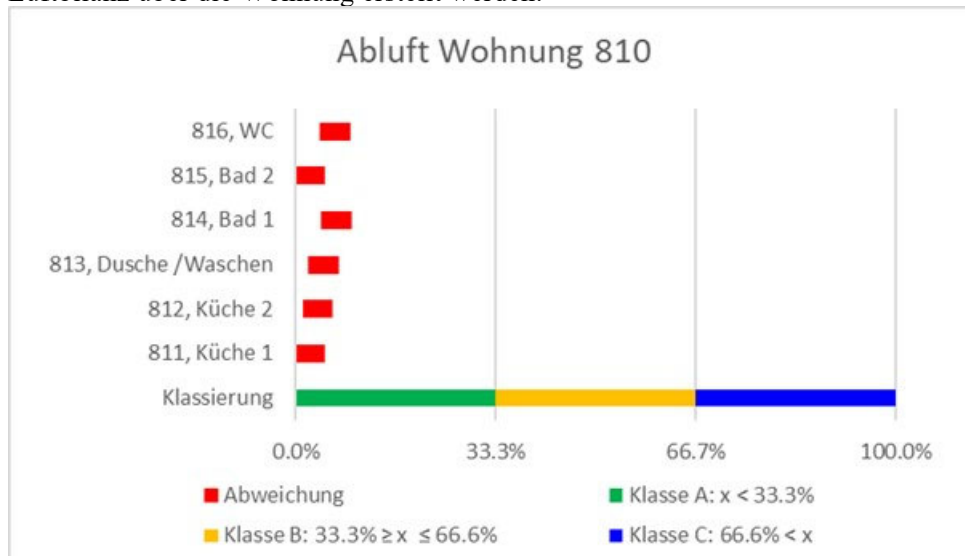


Abbildung 98: Wohnung ID 810: Veränderung der Abluftmengen vor / nach der Reinigung bzw. Filterersatz

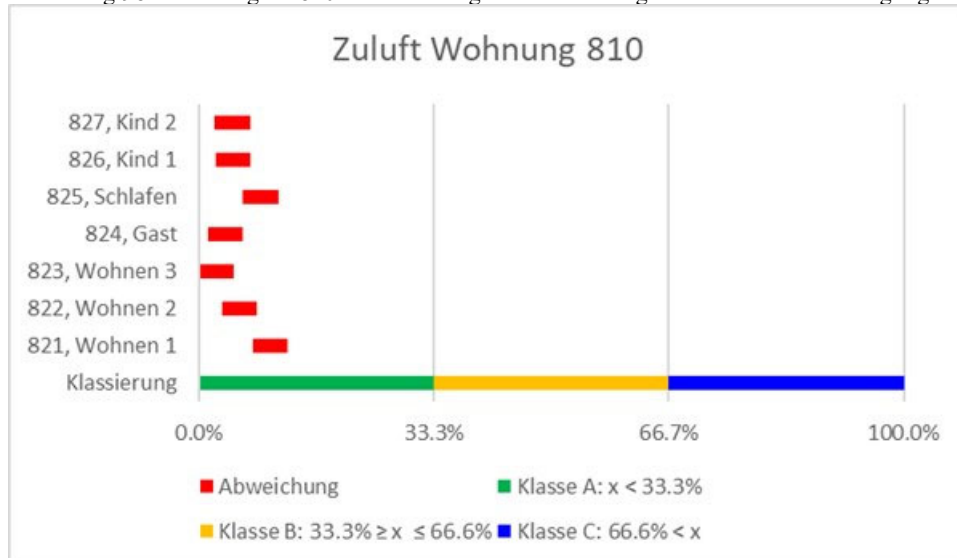


Abbildung 99: Wohnung ID 810: Veränderung der Zuluftmengen vor / nach der Reinigung bzw. Filterersatz

Bemerkung: 815 Bad 2 konnte nicht mit dem FlowFinder gemessen werden, die Messung wurde mit dem Anemometer durchgeführt.

Die Veränderungen sind bei diesem Objekt sowohl bei der Abluft wie auch bei der Zuluft eher klein (Klasse A $x < 33\%$).

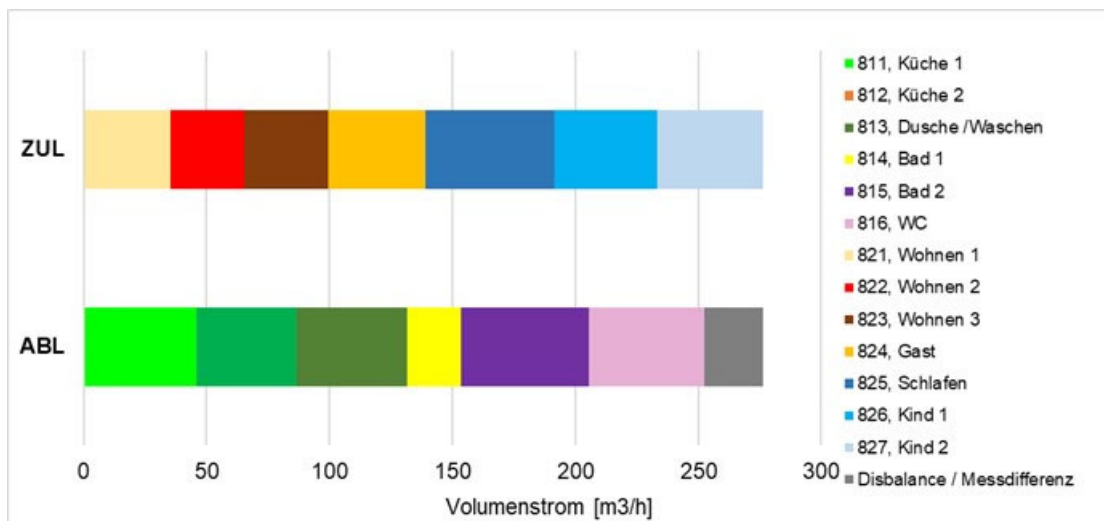


Abbildung 100: Wohnung ID 810: Luftmengenbilanz vor der Reinigung bzw. Filterersatz

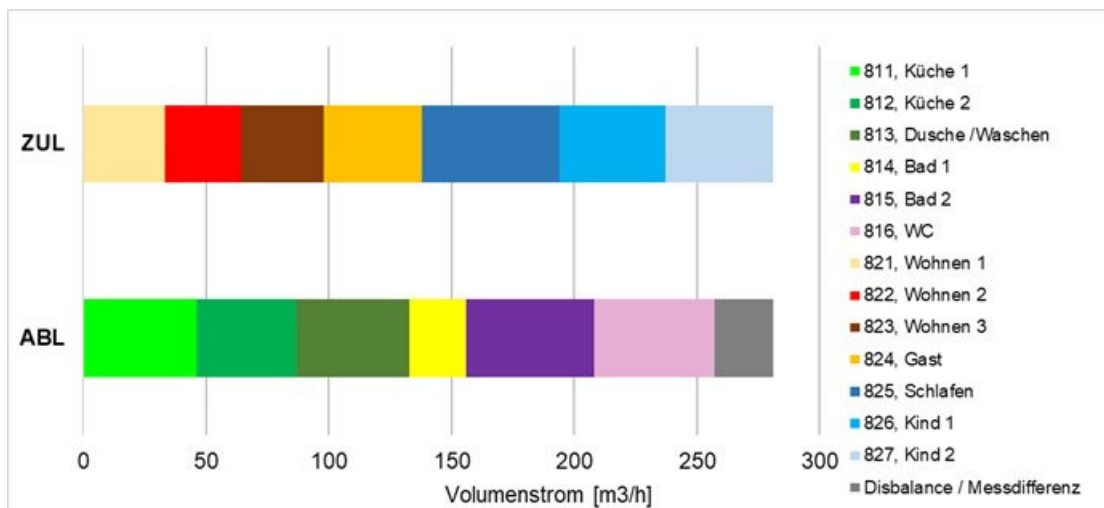


Abbildung 101: Wohnung ID 810: Luftmengenbilanz nach der Reinigung bzw. Filterersatz

Bemerkung: 815 Bad 2 konnte nicht mit dem FlowFinder gemessen werden, die Messung wurde mit dem Anemometer durchgeführt.

Durch das Wechseln der Filter und die Reinigung der Anlage hat sich die Zuluftmenge und die Abluftmenge um ca. 2 % erhöht. Die Disbalance blieb unverändert bei ca.+9 %.
 Die Anlage war in einem sehr sauberen Zustand.

Bilddokumentation zu Wohnung ID-Nr.: 810:

Abbildung 102: WNG ID 810: AUL-Filter



Abbildung 103: WNG ID 810: ABL-Filter



Abbildung 104: WNG ID 810: ABL-Gitter



Abbildung 105: WNG ID 810: Lüftungsgerät



Abbildung 106: WNG ID 810: Wärmetauscher

Bemerkung: Die gesamte Lüftungsanlage, Filter, Wärmetauscher und Auslässe waren sehr sauber.



Abbildung 107: Grundriss Wohnung 810

9.9. Objekt 9, Kastanienbaum

Das Objekt wurde 2016 gebaut, alle Wohnungen sind mit einer einfachen Lüftungsanlage ausgestattet. In der Siedlung wurden zwei Wohnungen untersucht.

Wohnung ID-Nr.: 910

In dieser 5.5 Zimmer Wohnung wurden alle Zu- und Abluftauslässe gemessen, es konnte eine Luftbilanz über die Wohnung erstellt werden.

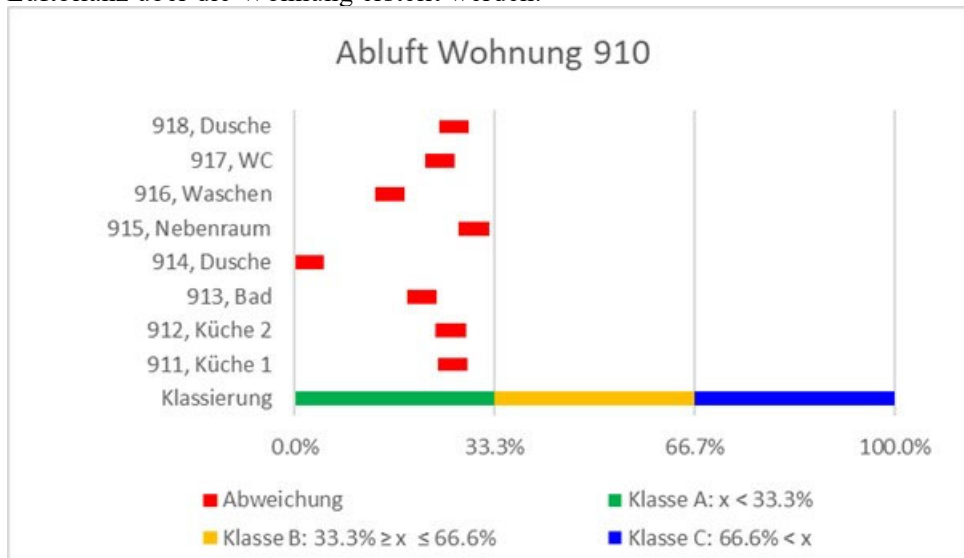


Abbildung 108: Wohnung ID 910: Veränderung der Abluftmengen vor / nach der Reinigung bzw. Filterersatz

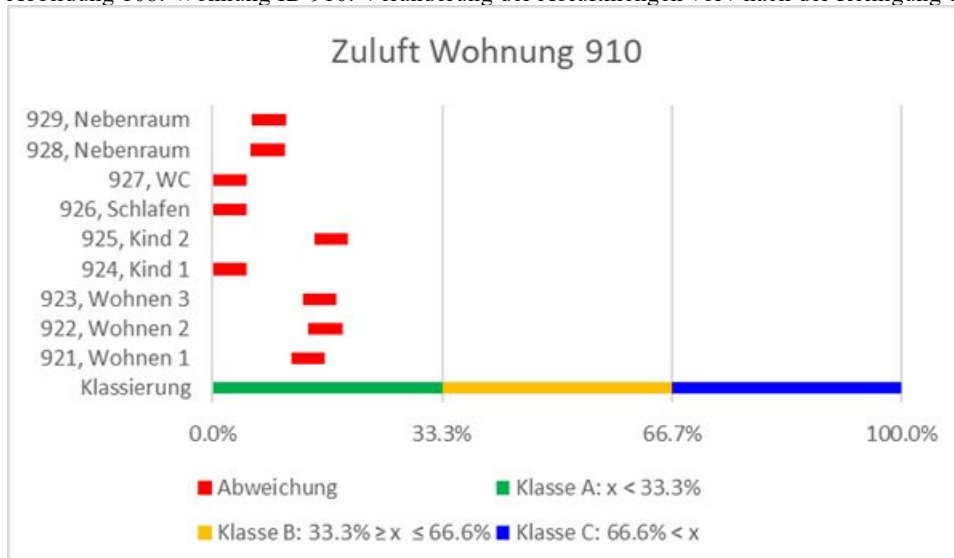


Abbildung 109: Wohnung ID 910: Veränderung der Zuluftmengen vor / nach der Reinigung bzw. Filterersatz

Bemerkung: 916 Waschen konnte nicht mit dem FlowFinder gemessen werden, die Messung wurde mit dem Anemometer durchgeführt. 924 Kind 1, das Lüftungsrohr ist zubetoniert, deshalb erhält dieser Raum keine Zuluft.

Die Veränderungen sind bei diesem Objekt eher klein (Klasse A $x < 33\%$), zu erkennen ist eine etwas grössere Veränderung bei der Abluft. Die Abluftauslässe waren etwas stärker verschmutzt als die Zuluft.

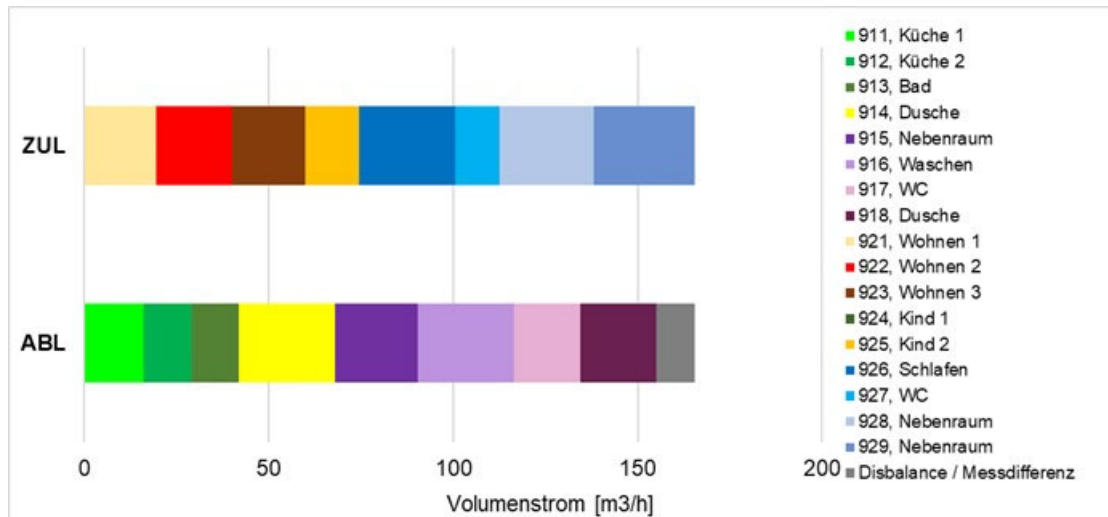


Abbildung 110: Wohnung ID 910: Luftmengenbilanz vor der Reinigung bzw. Filterersatz

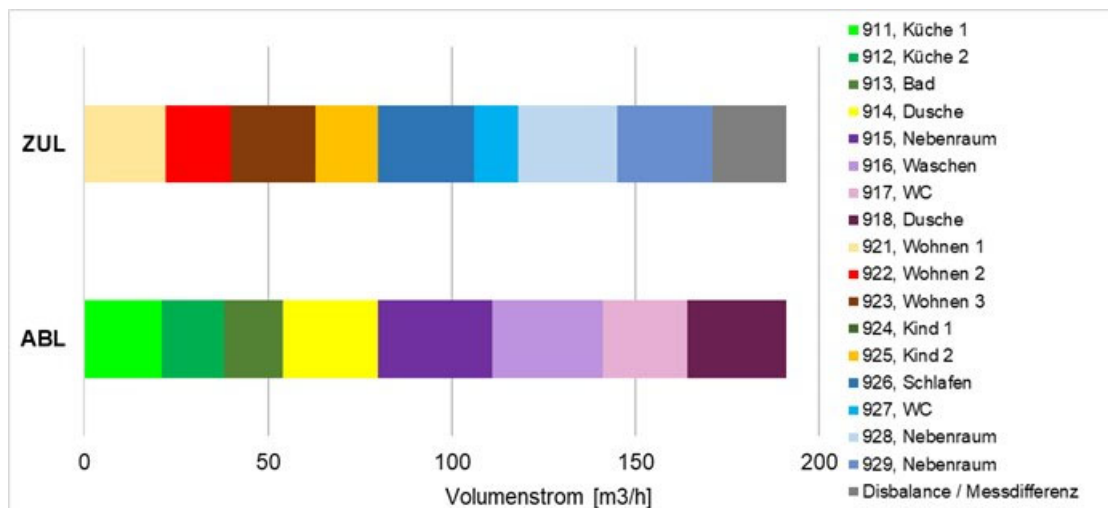


Abbildung 111: Wohnung ID 910: Luftmengenbilanz nach der Reinigung bzw. Filterersatz

Bemerkung: 916 Waschen konnte nicht mit dem FlowFinder gemessen werden, die Messung wurde mit dem Anemometer durchgeführt. 924 Kind 1, das Lüftungsrohr ist zubetoniert, deshalb erhält dieser Raum keine Zuluft.

Durch das Wechseln der Filter und die Reinigung der Anlage hat sich die Zuluftmenge um ca. 3 % und die Abluftmenge um ca. 23 % erhöht. Die Disbalance hat sich von ca.+6 % (Zuluftüberschuss) auf ca.-12 % (Abluftüberschuss) erhöht.

Bilddokumentation zu Wohnung ID-Nr.: 910:

Abbildung 112: WNG ID 910: AUL-Filter



Abbildung 113: WNG ID 910: ABL-Filter



Abbildung 114: WNG ID 910: ABL-Gitter



Abbildung 115: WNG ID 910: ABL-Gitter



Abbildung 116: WNG ID 910: Wärmetauscher

Abbildung 117: WNG ID 910: Lüftungsgerät



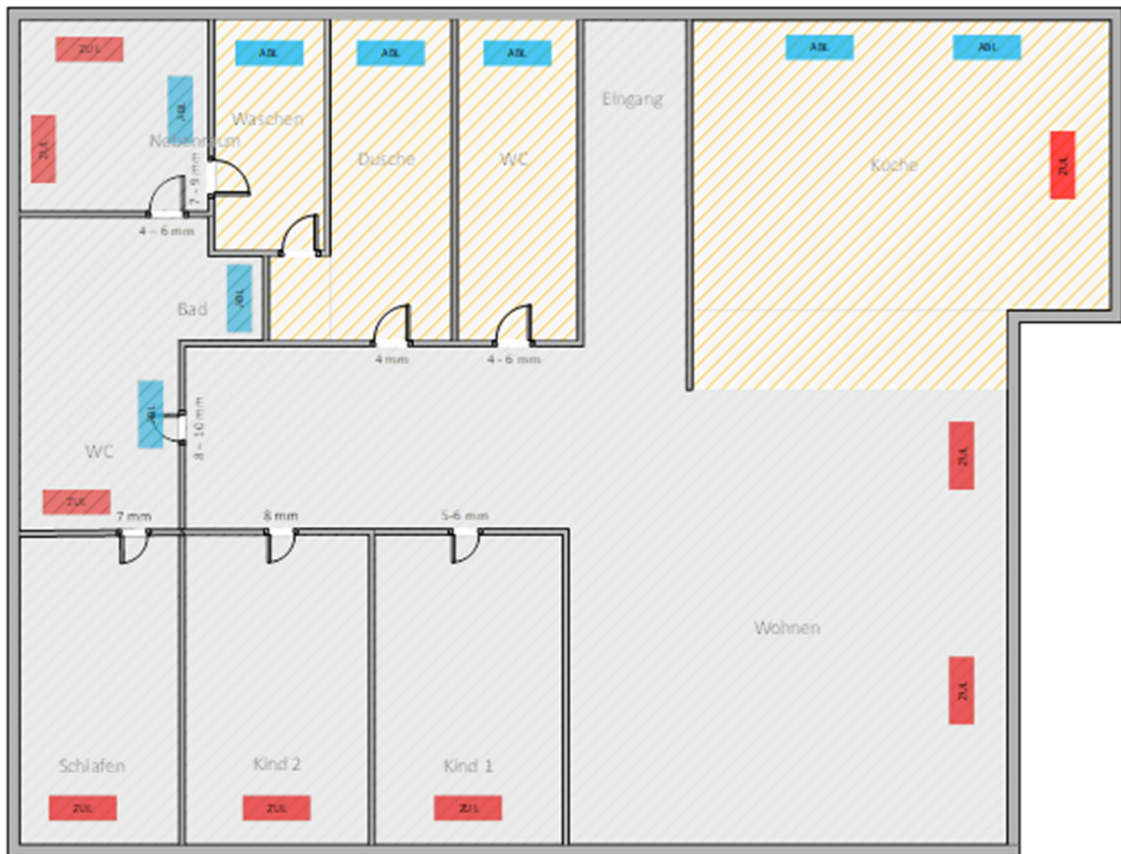


Abbildung 118: Grundriss Wohnung 910

9.10. Objekt 10, Zofingen

Das Objekt wurde 2007 gebaut, alle Wohnungen sind mit einer einfachen Lüftungsanlage ausgestattet. In der Siedlung wurde eine Wohnung untersucht.

Wohnung ID-Nr.: 1010

In dieser 4.5 Zimmer Wohnung wurden alle Zu- und Abluftauslässe gemessen, es konnte eine Luftbilanz über die Wohnung erstellt werden.

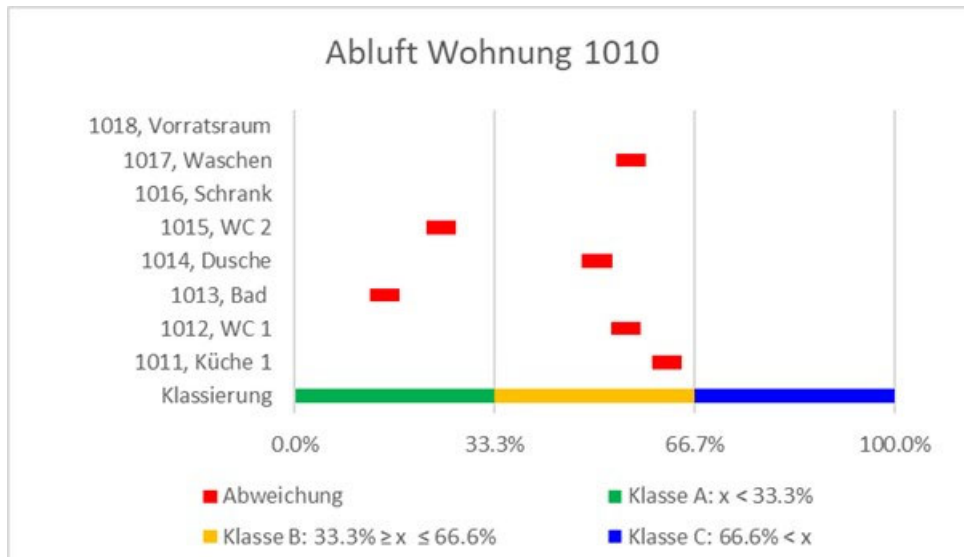


Abbildung 119: Wohnung ID 1010: Veränderung der Abluftmengen vor / nach der Reinigung bzw. Filterersatz

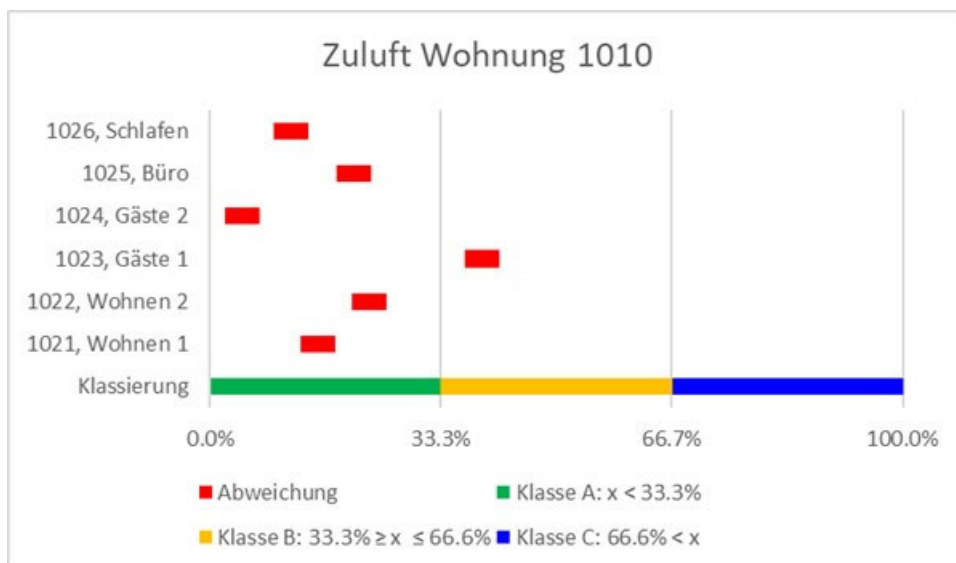


Abbildung 120: Wohnung ID 9100: Veränderung der Zuluftmengen vor / nach der Reinigung bzw. Filterersatz

Die Veränderungen bei der Abluft, liegen mehrheitlich (5 von 7 Auslässe) in der Klasse B, bei der Zuluft liegen die Veränderungen (5 von 6 Auslässen) in der Klasse A. Die Abluftauslässe waren stärker verschmutzt als die Zuluft.

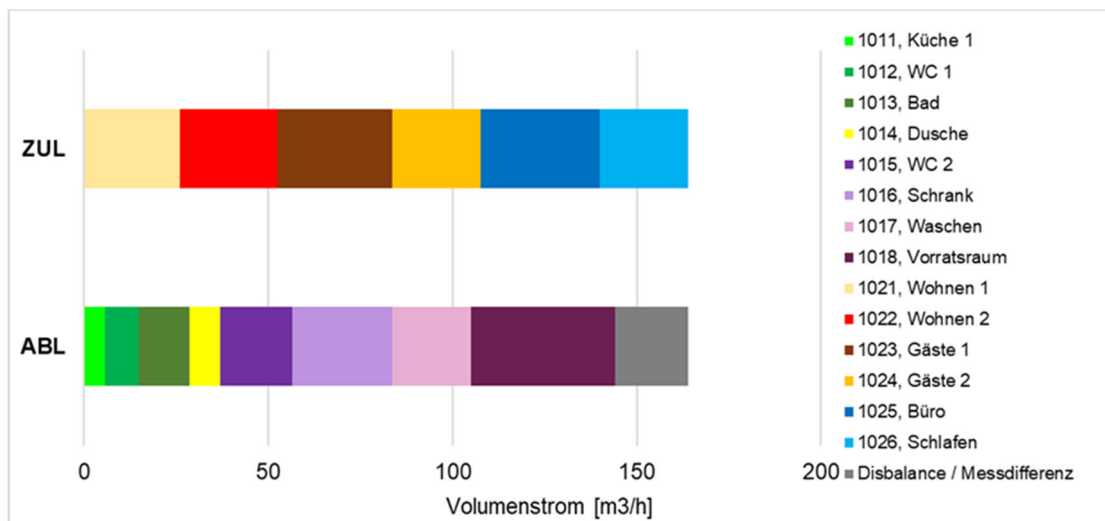


Abbildung 121: Wohnung ID 910: Luftmengenbilanz vor der Reinigung bzw. Filterersatz

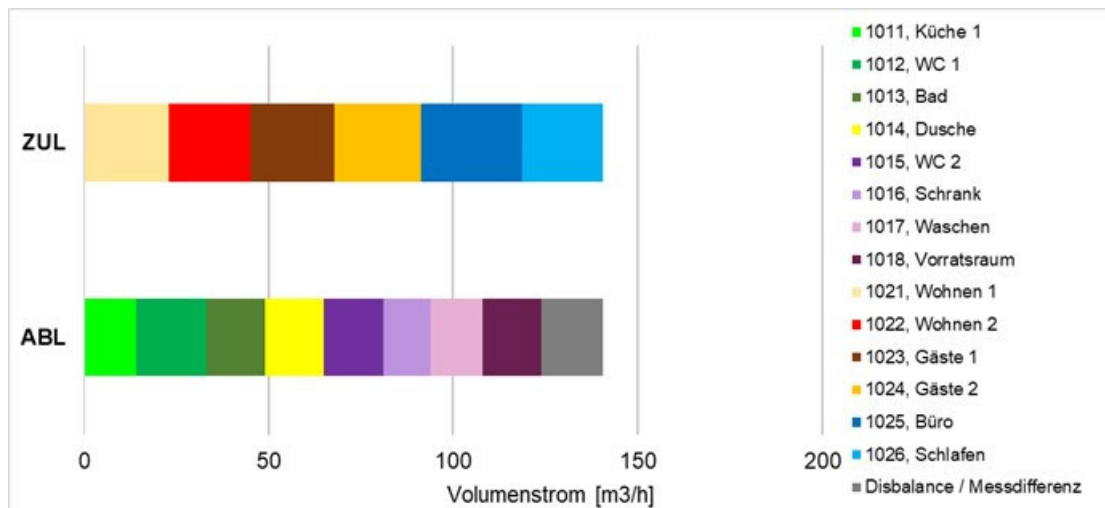


Abbildung 122: Wohnung ID 910: Luftmengenbilanz nach der Reinigung bzw. Filterersatz

Bemerkung: Es war nur ein Aussenluftfilter, aber kein Abluftfilter vorhanden.

Durch das Wechseln der Filter und die Reinigung der Anlage hat sich die Zu- und Abluftmenge je ca. 14 % reduziert. Die Disbalance blieb konstant bei ca. 12 %.

Das sich die Luftmengen insgesamt reduziert haben, ist auf den zusätzlichen Druckverlust des Filters zurückzuführen.

Bilddokumentation zu Wohnung ID-Nr.: 1010:

Abbildung 123: WNG ID 1010: AUL-Filter



Abbildung 124: WNG ID 1010: Das Gerät wurde nur mit einem Aussenluftfilter betrieben



Abbildung 125: WNG ID 1010: ABL-Gitter



Abbildung 126: WNG ID 1010: ABL-Kanal



Abbildung 127: WNG ID 1010: Wärmetauscher



Abbildung 128: WNG ID 1010: Lüftungsgerät





Abbildung 129: Grundriss Wohnung 1010

9.11. Objekt 11, Zofingen

Das Objekt wurde 2016 gebaut, alle Wohnungen sind mit einer einfachen Lüftungsanlage ausgestattet. In der Siedlung wurde eine Wohnung untersucht.

Wohnung ID-Nr.: 1110

In dieser 2.5 Zimmer Wohnung konnten nicht alle Abluftauslässe gemessen werden, es konnte keine Luftmengenbilanz über die Wohnung erstellt werden.

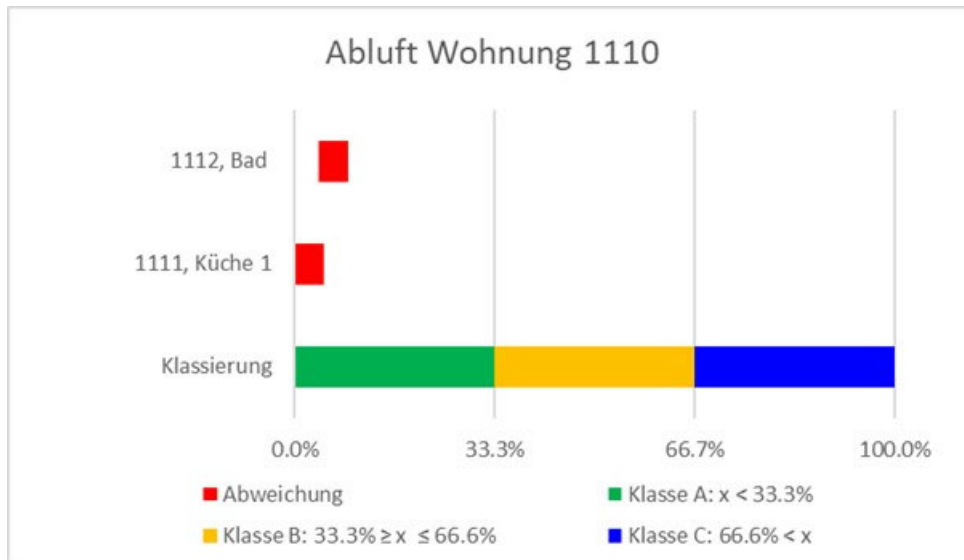


Abbildung 130: Wohnung ID 1110: Veränderung der Abluftmengen vor / nach der Reinigung bzw. Filterersatz

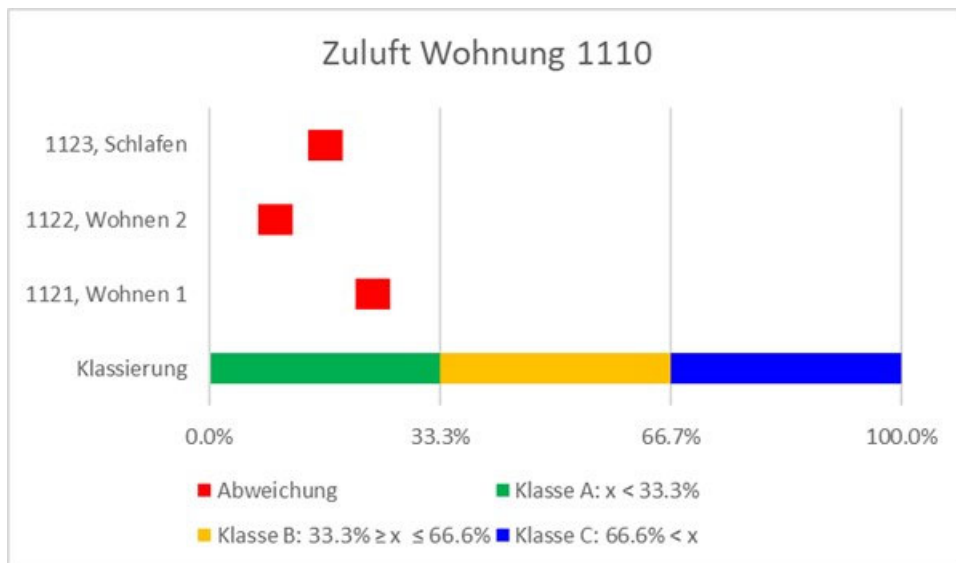


Abbildung 131: Wohnung ID 1110: Veränderung der Zuluftmengen vor / nach der Reinigung bzw. Filterersatz

Die Veränderungen sind bei diesem Objekt eher klein (Klasse A $x < 33\%$), zu erkennen ist eine etwas kleinere Veränderung bei der Abluft.

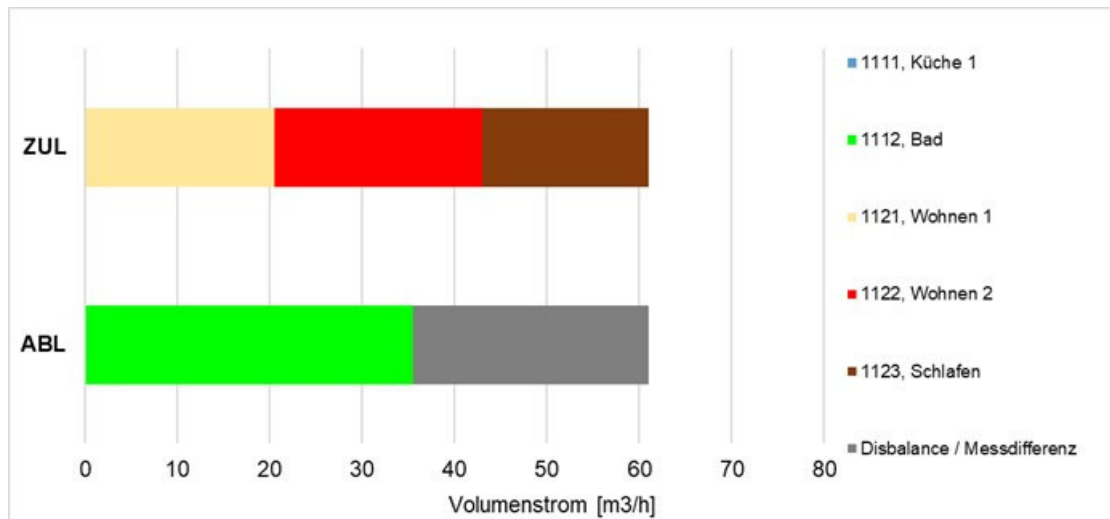


Abbildung 132: Wohnung ID 1110: Luftmengenbilanz vor der Reinigung bzw. Filterersatz

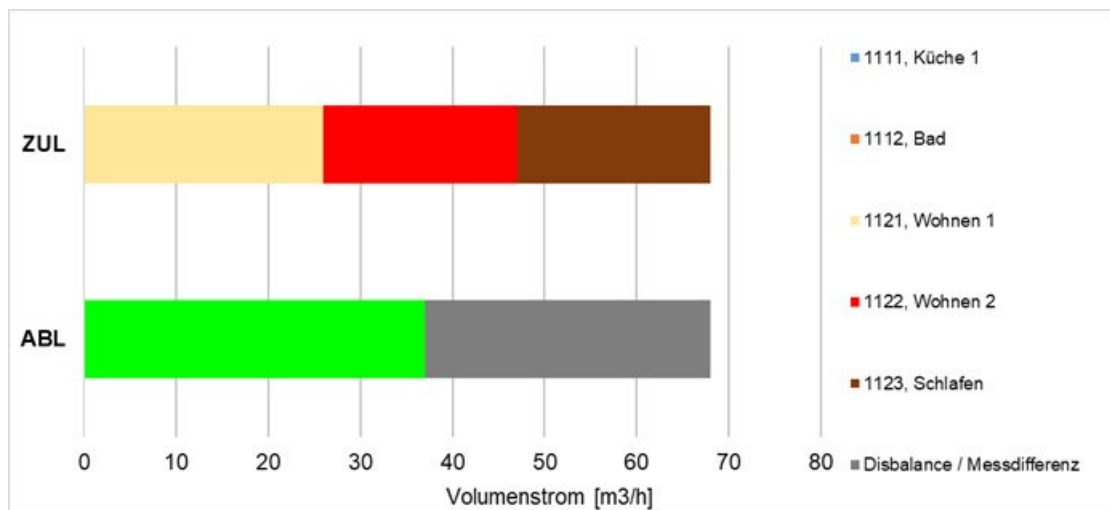


Abbildung 133: Wohnung ID 1110: Luftmengenbilanz nach der Reinigung bzw. Filterersatz

Bemerkung: Der Abluftauslass in der Küche konnte nicht ausgemessen werden, daher kann keine Luftmengenbilanz erstellt werden.

Durch das Wechseln der Filter und die Reinigung der Anlage hat sich die Zuluftmenge um ca. 11 % und die Abluftmenge um ca. 4 % erhöht.

Bilddokumentation zu Wohnung ID-Nr.: 1110:

Abbildung 134: WNG ID 1110: AUL-Filter



Abbildung 135: WNG ID 1110: ABL-Filter



Abbildung 136: WNG ID 1110: ABL-Kanal



Abbildung 137: WNG ID 1110: Wärmetauscher





Abbildung 138: Grundriss Wohnung 1110

10. Anhang 2: Abkürzungen

Abkürzung	Beschreibung
ABL	Abluft
ALD	Aussenbauteil-Luftdurchlass
AUL	Aussenluft
FOL	Fortluft
WRG	Wärmerückgewinnung
WNG	Wohnung
ZUL	Zuluft