

Praxisuntersuchung von Abluftanlagen mit ALD und dezentralen Lüftern mit WRG

Heinrich Huber
Hochschule Luzern, IGE
Horw, Schweiz



Praxisuntersuchung von Abluftanlagen mit ALD und dezentralen Lüftern mit WRG

Zusammenfassung

In 10 Siedlungen wurden in insgesamt 22 Wohnungen die installierten Einzel-Raum-Lüftungsgeräte und Abluftanlagen mit Aussenbauteil-Luftdurchlässen (ALD) untersucht. 13 Wohnungen waren mit Abluftanlagen mit ALD ausgerüstet, der Rest mit Einzel-Raum-Lüftungsgeräten. Im Rahmen des Projekts wurden die Filter gewechselt sowie die Geräte und die ALD gereinigt. Davor und danach wurden die Luftvolumenströme gemessen. Ebenfalls wurde der allgemeine Zustand und die Häufigkeit des Filterwechsels erfasst.

Bei den untersuchten Einzel-Raum-Lüftungsgeräten hatten Verschmutzungen die Luftvolumenströme um bis zu 80 % reduziert. Die Zuluft wurde in den meisten Fällen stärker beeinflusst als die Abluft. Um den Anfangswert wieder zu erreichen, genügt es nicht nur die Filter zu wechseln, sondern das gesamte Gerät, inkl. u. U. schlecht zugänglicher Elemente wie Aussenluftgitter und Insektenschutzgitter, muss gereinigt werden.

Eine Disbalance (ungleicher Zuluft- und Abluftvolumenstrom) reduziert den Nutzen der Wärmerückgewinnung (WRG). Eine Disbalance kann durch Verschmutzungen, Windeinflüsse und Auftriebskräfte, aber auch durch eine Kombination mit Abluftventilatoren in Bad/Dusche/WC entstehen. Je empfindlicher die Ventilatoren auf Störeinflüsse reagieren, desto grösser wird die Disbalance. Gegenüber dem Temperaturverhältnis (vereinfacht: Wirkungsgrad der WRG), das auf dem Prüfstand ermittelt wird, können die Disbalance, der Vereisungsschutz und geräteinterne Einflüsse den Nutzen der WRG markant reduzieren. Wenn auf dem Prüfstand ein Temperaturverhältnis von z. B. 70 % ermittelt wird, dürften die Lüftungswärmeverluste (bei einem mittleren europäischen Klima) bei den untersuchten Geräten typischerweise um ca. 40 bis 60 % reduziert werden.

Bei den Abluftanlagen mit ALD hat sich ebenfalls gezeigt, dass die Reinigung und der Filterwechsel einen deutlich grösseren Einfluss auf die Zuluft als auf die Abluft haben. Hier haben Verschmutzungen den Luftvolumenstrom um bis zu ca. 60 % reduziert. Bezüglich der Schweizer Normen waren die untersuchten ALD zu knapp dimensioniert. Bei den meisten marktgängigen Produkten müssten pro Zimmer zwei ALD eingesetzt werden, um den Anforderungen zu genügen.

Sowohl bei Abluftanlagen mit ALD wie auch bei Einzel-Raum-Lüftungsgeräten lag der Zuluftvolumenstrom im angetroffenen Zustand bei rund 60 % der Räume mindestens 30 % unter dem Minimalwert der Schweizer Wohnungslüftungsnorm SIA 2023. Bei etwa einem Viertel der Räume wurde gar ein Zuluftvolumenstrom gemessen, der bei höchstens 30 % des Normwertes lag. Dabei ist zu beachten, dass der hygienische Zustand im Allgemeinen zufriedenstellend bis gut war. Trotzdem führten Verschmutzungen zu massiv reduzierten Luftvolumenströmen. Das heisst, dass für diese Art von Anlagen eine regelmässige, professionelle Wartung unabdingbar ist. Insbesondere in Mietwohnungen können diese Arbeiten nicht an die Bewohner delegiert werden. Für eine einwandfreie Funktion der Lüftungsgeräte, resp. Elemente sind je nach Aussenluftqualität jährlich ein bis drei Instandhaltungsgänge durch Fachpersonen erforderlich.

1. Vorbemerkungen

Der Beitrag ist nach den schweizerischen Rechtschreiberegeln verfasst. Die Begriffe entsprechen Schweizer Normen und teilweise den deutschsprachigen Übersetzungen von Europäischen Verordnungen und CEN-Normen. In den Tabellen 1 und 2 finden sich die Beschreibungen der verwendeten Abkürzungen und Begriffe.

Tabelle 1: Abkürzungen

Abkürzung	Beschreibung	Abkürzung	Beschreibung
ABL	Abluft	SPI	Spezifische elektrische Geräteleistung (Specific Power Input)
ALD	Aussenbauteil-Luftdurchlass (vgl. Tab. 2)	WRG	Wärmerückgewinnung
AUL	Aussenluft	ZUL	Zuluft

Tabelle 2: Begriffe

Begriff	Beschreibung
Abluftanlage	Ventilatorgestützte Lüftung nur mit Abluftventilator. Hier sind immer Anlagen gemeint, bei denen die Ersatzluft hauptsächlich durch ALD nachströmt.
Aussenbauteil-Luftdurchlass	Luftdurchlass, der den geplanten Durchgang von Luft durch die äussere Gebäudehülle ermöglicht
Balancierte Lüftung	Ventilatorgestützte Lüftung, bei der Zu- und Abluftstrom den gleichen Auslegungswert besitzen und zeit- und lastabhängig aneinander angepasst werden
Einzel-Raum-Lüftungsgerät	Lüftungsgerät für die Lüftung einzelner Räume, hier immer mit WRG. Diese Geräte werden teilweise auch als 'dezentrale Lüfter mit WRG' bezeichnet.
Disbalance	Betriebszustand einer ventilatorgestützten Lüftung, bei der Zu- und Abluftvolumenstrom (temporär oder dauerhaft) nicht gleich gross sind.

2. Ausgangslage und Abgrenzung

In Schweizer Wohnbauten werden zunehmend Abluftanlagen mit ALD und Einzel-Raum-Lüftungsgeräte eingesetzt. Energieeffiziente Wohnraumlüftungen sind ein wichtiges Element in den kantonalen Energievorschriften [1]. Es ist unklar, wie weit die heutigen Abluftanlagen und Einzel-Raum-Lüftungsgeräte den schweizerischen Normen und Standards entsprechen. Die Energiefachstellen Regionalkonferenz Ostschweiz hat daher die Hochschule Luzern beauftragt solche Anlagen in einem Praxistest zu untersuchen. Die Untersuchung wurde 2017/18 durchgeführt und ist in einem Schlussbericht dokumentiert [2].

Die Untersuchung beschränkt sich auf raumluftechnische Einrichtungen in Wohnungen von Mehrfamilienhäusern. Bei den Einzel-Raum-Lüftungsgeräten wurden nur Geräte mit kontinuierlichem Betrieb untersucht, da alternierend arbeitende Lüftungsgeräte (Push-Pull) in der Schweiz bisher wenig verbreitet sind.

3. Vorgehen und Methode

Aus 10 Siedlungen wurden insgesamt 22 Wohnungen ausgewählt. In 13 Wohnungen mit Abluftanlagen wurden insgesamt 59 ALD und 31 Abluft-Durchlässe untersucht. In 9 Wohnungen mit Einzel-Raum-Lüftungsgeräten wurden insgesamt 16 Geräte untersucht. In diesen Wohnungen waren zudem 19 Abluftventilatoren (Bad/Dusche/WC) vorhanden. Im Rahmen des Projekts wurden die Filter gewechselt sowie die Geräte und die ALD gereinigt. Davor und danach wurden die Luftvolumenströme gemessen. Ebenfalls wurde der allgemeine Zustand und die Häufigkeit des Filterwechsels erfasst.

Ergänzend zu den experimentellen Untersuchungen wurde der State of Art bei Abluftanlagen mit ALD und bei Einzel-Raum-Lüftungsgeräten beurteilt.

4. Ergebnisse der Praxisuntersuchung

4.1. Zustand der Anlagen

Interventionen durch Bewohner

Die Funktion von Anlagen kann durch Interventionen von Bewohnern beeinflusst werden. Dies kann ein manuelles oder zeitgesteuertes Abschalten von Geräten sein oder auch ein Verstellen von Luftdurchlässen. Bei der Erfassung der Interventionen (Abb. 1) wurde unterschieden, ob diese zeitlich begrenzt (z. B. nachts) oder dauernd erfolgten.

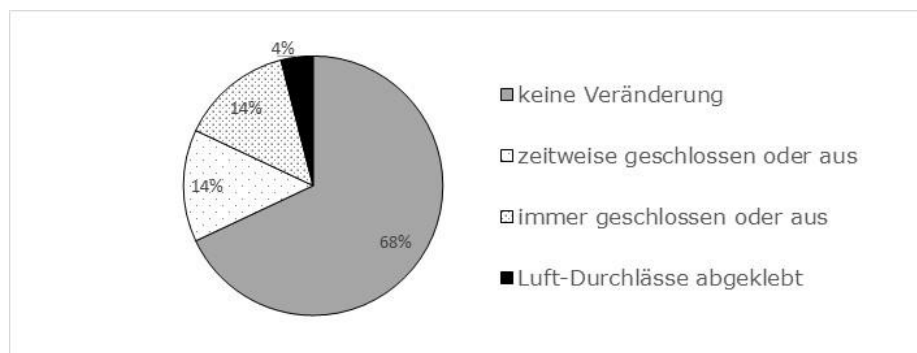


Abbildung 1: Interventionen durch Bewohner an den Lüftungen in den untersuchten Objekten

Hygiene und Verschmutzungen

Teilweise war ein regelmässiger Filterwechsel organisiert, so wurden bei 50 % der Wohnungen die Filter im letzten Jahr (oder kürzer) ersetzt. Bei 23 % der Wohnungen fand der letzte Filterwechsel vor 1 bis 2 Jahren statt. Bei 27 % der Wohnungen lag dies mehr als 2 Jahre zurück, resp. wurde noch nie durchgeführt (gemäss Erinnerung der Bewohner). Die untersuchten Einzel-Raum-Lüftungsgeräte waren alle mit Zuluftfiltern der Klasse F7 ausgerüstet, was den Schweizer Normen entspricht. Die ALD waren mit Aussenluftfiltern der Klassen G3 und G2 bestückt (die Norm-Anforderungen dazu sind nicht eindeutig).

Der angetroffene hygienische Zustand wurde visuell beurteilt und in drei Klassen (leicht, mittel und stark verschmutzt) eingeteilt. Die Auswertung in Abb. 2 zeigt, dass neben den Aussenluftfiltern speziell die Aussenluft-Gitter (inkl. Insektenschutzgitter) die am stärksten verschmutzten Elemente waren.

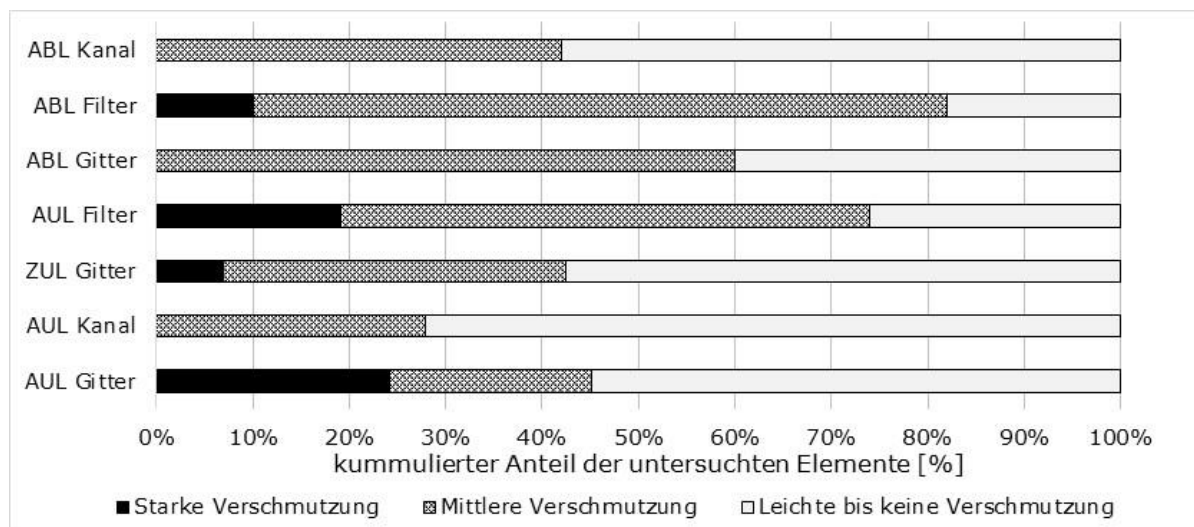


Abbildung 2: Auswertung der qualitativen Bewertung der Grobbeurteilung zur Hygiene (Total 22 Wohnungen)

Bei 7 Wohnungen wurden verdächtige Ablagerungen festgestellt, die ev. Schimmel enthalten könnten, bzw. es wurden Konditionen angetroffen, die ein erhöhtes Risiko für Schimmelbefall darstellen können (Kondensat an den Bauteilen). Im Projekt wurden keine Schimmeltests durchgeführt.

Komfort

In der Untersuchung wurden keine Schall- oder Behaglichkeitsmessungen durchgeführt. In den Objekten, in denen die Bewohner bei den Messungen anwesend waren, wurde diese Aspekte jedoch qualitativ abgefragt.

Einige Bewohner hatten ihre Einzel-Raum-Lüftungsgeräte nachts oder auch dauernd ausgeschaltet, da sie diese als zu laut empfinden. In anderen Wohnungen wurde dazu keine Bemerkungen gemacht. Auch bei den Abluftanlagen mit ALD war der Schall teilweise störend. Dabei wurden laute Abluftventilatoren bemängelt, welche dauernd in Betrieb sind.

Bei den Abluftanlagen mit ALD war Zugluft öfters ein Thema als bei Einzel-Raum-Lüftungsgeräten. In mehreren Objekten wurden die ALD in einzelnen oder allen Zimmern zeitweise oder dauernd geschlossen. In einem Objekt wurden die ALD gar abgeklebt. In einer Wohnung mit Einzel-Raum-Lüftungsgeräten war die Lüftung quasi ausser Betrieb gesetzt, indem die Schieber bei der Zuluft und Abluft geschlossen wurden.

4.2. Reinigung

Die untersuchten Lüftungselemente wurden gereinigt und, falls vorhanden, die Filter gewechselt. Diese Tätigkeit wird im Folgenden vereinfacht als Reinigung bezeichnet. In einigen Fällen waren Insektenschutzgitter (feinmaschige Gitter nach dem Aussenluftgitter) vorhanden. Diese Elemente waren teilweise schwer zugänglich, z. B. nur durch Demontage von anderen Elementen. Für Bewohner war es in solchen Fällen kaum ersichtlich, dass diese Elemente vorhanden sind und dass sie gereinigt werden müssen. Die schlecht zugänglichen Insektenschutzgitter waren in einigen Fällen stark verschmutzt. Die Reinigung dieser Elemente hat den Luftstrom stärker erhöht als der Filterwechsel.

4.3. Vergleich mit den Norm-Luftmengen

Die gemessenen Luftmengen wurden mit den Minimalwerten des aktuellen schweizerischen Standards SIA 2023 [3] verglichen. Diese Norm-Luftmengen sind:

- Zuluftvolumenstrom für Wohn- und Schlafzimmer 30 m³/h;
- Abluftvolumenstrom in Küche, Bad und Dusche 40 m³/h;
- Abluftvolumenstrom in einem WC (ohne Bad oder Dusche) 20 m³/h.

Die Auswertung der Abluftanlagen mit ALD zeigt bei der Zuluft einen deutlich grösseren Einfluss der Reinigung und des Filterwechsels als auf der Abluftseite (Abb. 3). Oft waren ALD vorhanden, welche zum Erreichen der Norm-Luftmengen höhere Unterdrücke in der Wohnung erfordern, als die 4 bis 5 Pa, die gemäss SIA 2023 vorgegeben werden.

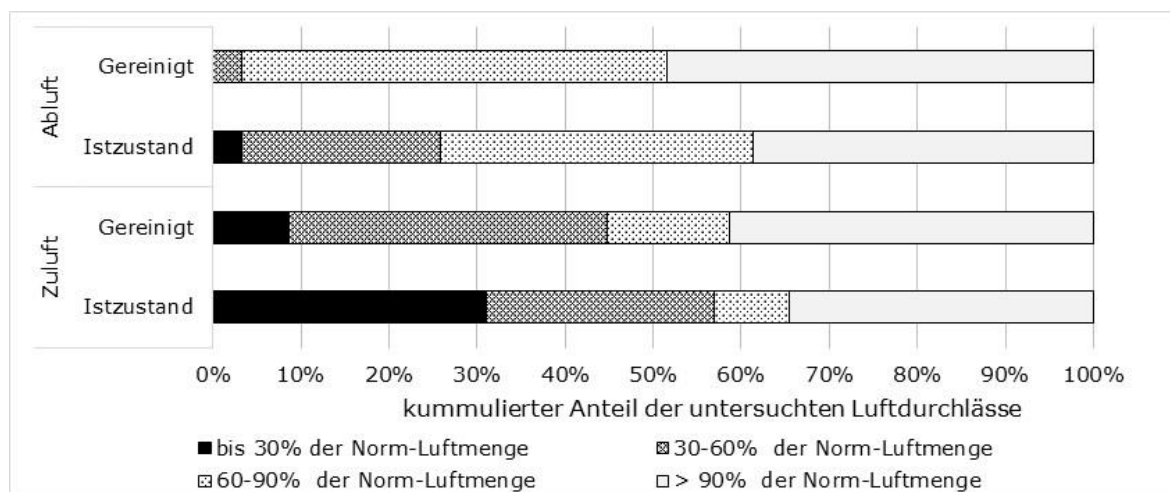


Abbildung 3: Vergleich mit Luftmengen gem. SIA 2023 vor/nach der Reinigung bei Abluftanlagen mit ALD

Die Auswertung der Objekte mit Einzel-Raum-Lüftungsgeräten (Abb. 4) zeigt insbesondere bei der Zuluft einen grossen Einfluss von Reinigung und Filterwechsel. Dass im gereinigten Zustand auf der Abluftseite eine tiefere Einhaltung der Norm-Luftmengen vorhanden ist als auf der Zuluftseite, dürfte mit den zusätzlichen Abluftanlagen (Bad/Dusche/WC) zusammenhängen.

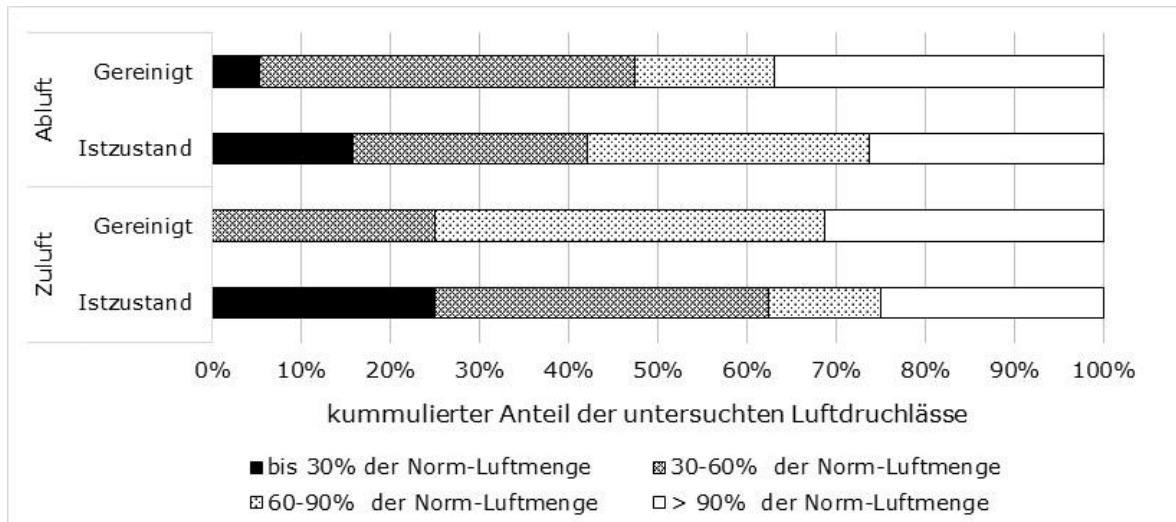


Abbildung 4: Vergleich mit Luftmengen gem. SIA 2023 vor/nach der Reinigung bei Einzel-Raum-Lüftungsgeräten

4.4. Disbalance der Einzel-Raum-Lüftungsgeräte

Bei den Einzel-Raum-Lüftungsgeräten wurde die Disbalance vor und nach der Reinigung ausgewertet. In Abb. 5 bedeutet ein positiver Wert ein Zuluftüberschuss und ein negativer Wert ein Abluftüberschuss. Durch die Reinigung wurde der Betrag der Disbalance in 9 (von 16) Fällen zum Teil deutlich reduziert, in 5 Fälle aber auch erhöht. Nur in 2 Fällen war vor und nach der Reinigung eine vernachlässigbar kleine Disbalance vorhanden. Bei einigen Geräten (Nr. 123, 613 und 622) war ein Zuluftüberschuss von 50 % aus akustischen Gründen bewusst geplant. In einigen Wohnungen werden Einzel-Raum-Lüftungsgeräte durch die zusätzlichen Abluftventilatoren stark beeinflusst. Beim Gerät 612 wurde deshalb nach der Reinigung gar auf der Abluftseite Luft angesaugt.

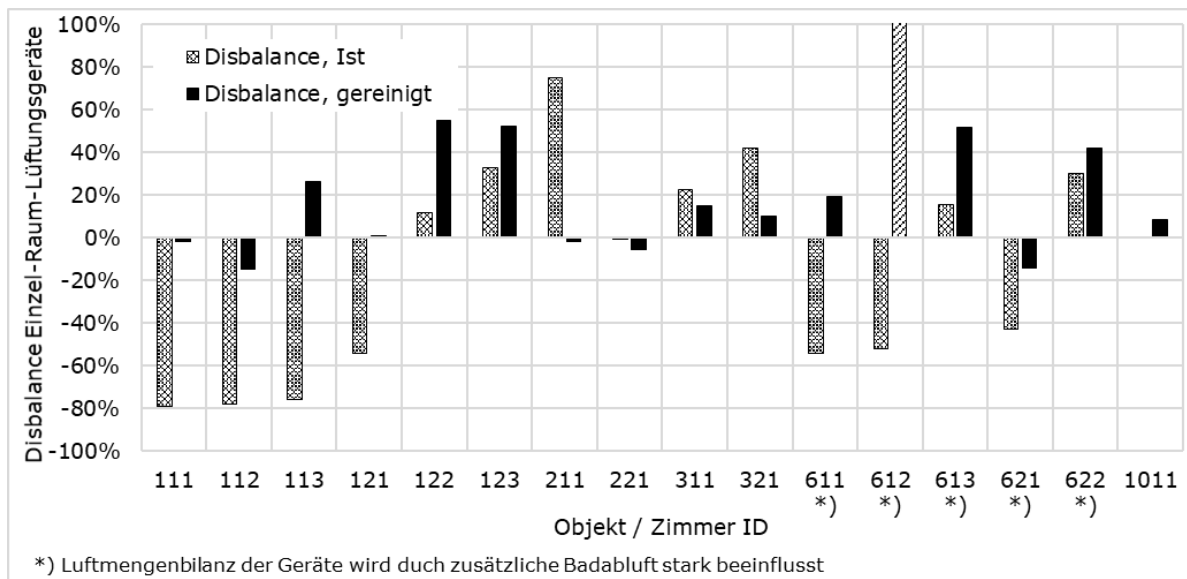


Abbildung 5: Disbalance der Einzelraumgeräte vor/nach der Reinigung (positive Werte = Zuluftüberschuss)

4.5. Luftmengenbilanz der gesamten Wohnung

In denjenigen Objekten, bei welchen alle Lufterlässe und Auslässe gemessen werden konnten, wurde eine Luftmengenbilanz über die gesamte Wohnung erstellt (Abb. 6). Auch hier bedeutet ein positiver Wert ein Zuluftüberschuss.

Die Resultate zeigen bei der Mehrheit der Objekte einen deutlichen Abluftüberschuss. Dies bedeutet, dass in vielen Fällen ein wesentlicher Teil der Aussenluft durch Infiltration nachströmt. In der Disbalance ist neben der Infiltration auch die Messunsicherheit enthalten. Durch die Reinigung wurde die Disbalance in den meisten Fällen reduziert.

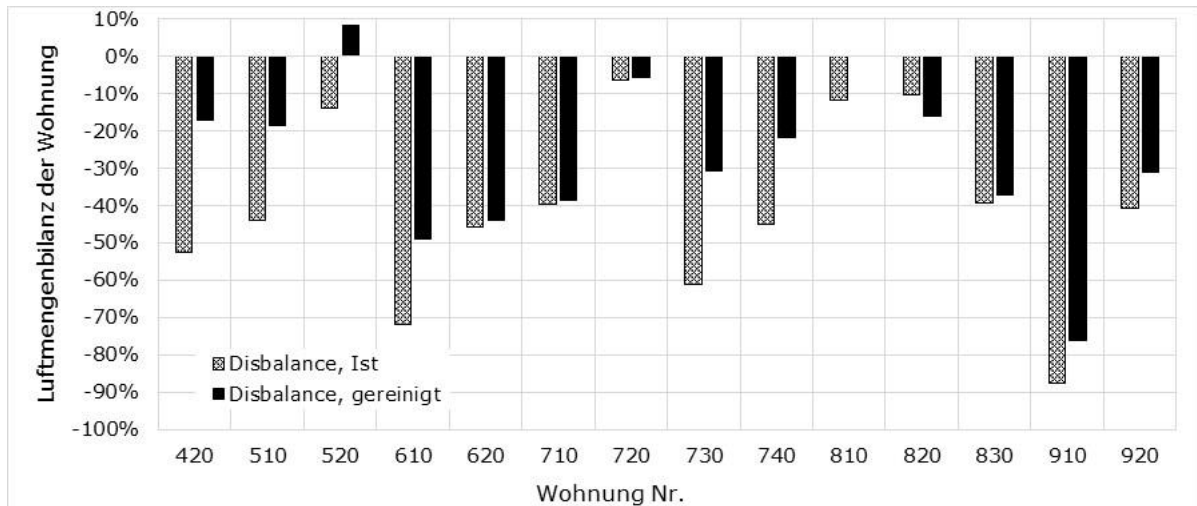


Abbildung 6: Luftmengenbilanz vor/nach der Reinigung, in Wohnungen in denen alle Luftdurchlässe gemessen werden konnten (Negative Werte bedeuten einen Abluftüberschuss)

5. State of Art von Abluftanlagen

5.1. Dimensionierung

Gemäss SIA 2023, wie auch prSIA 382/5 [4], muss in einem Zimmer ein Luftvolumenstrom von mind. 30 m³/h durch den ALD nachströmen. Dabei darf im sauberen Zustand ein Unterdruck von 4 Pa resultieren. Auf dem Markt finden sich kaum ALD, bei denen sich diese Anforderungen mit einem ALD pro Raum erfüllen lassen. Bei den gängigen Produkten strömt bei einem Unterdruck von 4 Pa gemäss Lieferantenangaben typischerweise ein Luftvolumenstrom von 10 bis 20 m³/h nach. Das bedeutet, dass pro Raum zwei ALD eingesetzt werden müssen. Die im Rahmen dieses Projekts durchgeführten Messungen bestätigen diese Aussage. Auch bei den Messungen in 8 Wohnungen im Projekt ABLEG [5] waren die ALD nur in einzelnen Fällen auf die Luftvolumenströme der SIA 2023 ausgelegt. Generell war die Zufriedenheit der Nutzer mit der Raumluftqualität trotzdem gut. Allerdings wiesen einige Wohnungen eine tiefe Personenbelegung auf.

In der Schweizer Wohnungslüftungsnorm wird standardmässig davon ausgegangen, dass 25 % der Abluft durch Infiltration in die Wohnung strömt. Der Abluftvolumenstrom muss daher um den Faktor 1,33 grösser sein als die Summe der Luftvolumenströme der ALD. Dieser Faktor hat sich als Durchschnitt der Messungen in diesem Projekt, wie auch bei ABLEG bestätigt. Allerdings können im Einzelfall grössere, nicht planbare Abweichungen entstehen (vgl. Abb. 6).

5.2. Thermische Behaglichkeit

Im Projekt ENABL [6] wurde die thermische Behaglichkeit bei verschiedenen ALD experimentell und mittels Simulationen untersucht. Die Aussage ist, dass bei einer fachgerechten Positionierung gemäss Lieferantenangaben bei den untersuchten Produkten kein unzulässiges Zugluftisiko auftritt.

Im Projekt ABLEG wurde in der Bewohnerbefragung nach der subjektiven Beurteilung der thermischen Behaglichkeit gefragt. Zitat aus [5]: «9 der 25 befragten Personen nahmen nie und etwa die Hälfte nur manchmal Zugluft in den Räumen wahr, wobei nur 1 Person aus 25 über permanente Zugluft klagt. Einige Personen haben angegeben, dass sie nur bei starkem Wind Zugluft wahrnehmen.» (Ende Zitat)

In [7] wird auf eine Befragung in der Überbauung Hunziker-Areal, Zürich hingewiesen. 40 % der Personen, die dort in Wohnungen mit Abluftanlagen mit ALD leben, nehmen immer oder regelmässig einen Luftzug wahr.

Die verfügbaren Quellen geben kein einheitliches Bild über die thermische Behaglichkeit bei Abluftanlagen mit ALD. Der Anteil an negativen Rückmeldung zu Zugserscheinungen ist aber höher als bei Lüftungsanlagen mit WRG.

6. State of Art von Einzel-Raum-Lüftungsgeräten

6.1. Energieeffizienz

Ein grosser Anteil der auf dem Markt verfügbaren Einzel-Raum-Lüftungsgeräte zeichnet sich durch eine tiefe spezifische Ventilatorleistung (SPI) aus. Ein Grund ist, dass wegen des entfallenden Kanalnetzes der Förderdruck der Ventilatoren gering ist. Teilweise lassen sich die kleinen SPI aber auch durch geringe Filterstufen erklären.

Die thermische Effizienz wird üblicherweise durch das zuluftseitige Temperaturverhältnis gemäss der folgenden Gleichung aus prEN 13141-8:2018 [8] quantifiziert.

$$\eta_{\theta,su} = \frac{\theta_{22} - \theta_{21}}{\theta_{11} - \theta_{21}}$$

dabei ist

- $\eta_{\theta,su}$ das Temperaturverhältnis an der Zuluftseite;
- θ_{11} die Ablufttemperatur (Eintritt in das Gerät) in °C;
- θ_{21} die Aussenlufttemperatur (Eintritt in das Gerät) in °C;
- θ_{22} die Zulufttemperatur (Austritt aus dem Gerät) in °C.

Wenn der Zu- und Abluftstrom gleich gross sind und keine Leckagen oder störende Wärmeflüsse vorhanden sind, entspricht dies dem Grad der zurückgewonnenen Wärmeenergie. In der Praxis wird der Nutzen der WRG aber durch folgende Einflüsse geschmälert:

- Wärmefluss über das Gerätegehäuse und durch Leckagen
- Disbalance infolge nicht idealer Einregulierung im sauberen Zustand
- Disbalance infolge Verschmutzung
- Disbalance durch Druckverhältnisse am Gebäude (Wind und Stackeffekt)
- Disbalance bei Kombination mit Abluftanlagen
- Vereisungsschutz der WRG

Bei den im Projekt untersuchten Geräten dürfte die Differenz zwischen dem Temperaturverhältnis und dem effektiven Nutzen der WRG (Reduktion der Lüftungswärmeverluste) im schweizerischen Mittelland (Klimastation Zürich) im Bereich von 10 bis 30 Prozentpunkten und im Alpenen Bereich (Klimastation Davos) im Bereich von 20 bis 50 Prozentpunkten liegen. Wenn also z. B. bei einem Gerät das zuluftseitige Temperaturverhältnis bei Prüfstandbedingungen bei 70 % liegt, reduzieren sich die jährlichen Lüftungswärmeverluste im realen Betrieb in Zürich um 40 bis 60 % und in Davos um 20 bis 50 %.

Auf die erwähnten Einflussgrössen wird im Folgenden eingegangen.

6.2. Wärmefluss über das Gerätegehäuse und Leckagen

Bei Einzel-Raum-Lüftungsgeräten, wie sie in diesem Projekt untersucht wurden, liegt das zuluftseitige Temperaturverhältnis im Bereich von 65 bis 80 %. Die WRG überträgt dabei ca. 50 bis 65 % der sensiblen Wärme von der Abluft an die Zuluft. Zusätzlich kommen ca. 10 bis 15 % der Zulufterwärmung durch Ventilatorabwärme, Wärmefluss durch das Gerätegehäuse sowie Leckagen zustande. Bei Energienachweisen soll daher berücksichtigt werden, dass das zuluftseitige Temperaturverhältnis selbst bei Idealbedingungen nicht der eingesparten Wärmeenergie entspricht.

6.3. Vereisungsschutz der WRG

Bei Minustemperaturen kann allfälliges Kondensat in der Abluft gefrieren. Gemäss Lieferantenangaben, die im Rahmen des Projekts eingeholt wurden, muss davon ausgegangen werden, dass Einzel-Raum-Lüftungsgeräte typischerweise bis zu einer Aussentemperatur von -5 °C voll einsatzfähig sind. Bei tieferen Aussentemperaturen wird der Zuluftvolumenstrom reduziert oder das Gerät wird ganz ausgeschaltet.

Diese Praxis widerspricht den Anforderungen der Schweizer Normen, nach denen eine Lüftungsanlage innerhalb des Auslegungsbereichs die Behaglichkeitsanforderungen und alle Funktionen einhalten muss. Die Auslegetemperatur liegt bei Klimastationen im schweizerischen Mittelland bei -10 bis -15 °C und sinkt in Alpenen Stationen bis -26 °C. Mit den üblichen Vereisungsschutzstrategien leisten Einzel-Raum-Lüftungsgeräte keinen Beitrag zur Reduktion des Heizleistungsbedarfs, da die WRG bei Auslegetemperaturen

nicht aktiv ist. Zudem kann der Jahresnutzen der WRG durch die Vereisungsschutzstrategie in Zürich um bis zu ca. 10 % und in Davos um bis zu 35 % reduziert werden. Bei energetisch guten Lösungen, wie z. B. Enthalpietauschern, kann die Auswirkung auf den Jahresnutzen vernachlässigbar gering sein. Rechenmodelle zur Berücksichtigung der Vereisungsschutzstrategie finden sich in prEN 13142:2018 [9].

6.4. Empfindlichkeit des Luftstroms

Die Empfindlichkeit des Luftstroms gemäss prEN13141-8:2018 besagt, um wie viel Prozent sich der Luftvolumenstrom verändert, wenn die statische Druckdifferenz zwischen innen und aussen +20 Pa oder -20 Pa beträgt. In der EU-Verordnung zur Energieetikette von Wohnraumlüftungsgeräten DV EU 1254/2014 [10] wird dieser Wert als Druckschwankungsempfindlichkeit bezeichnet. Bei Geräten, die mit einer Energieetikette versehen sind, ist die Druckschwankungsempfindlichkeit in der Produktedeclaration aufgeführt. In der prEN 13142:2018 ist die Empfindlichkeit des Luftstroms gemäss Tabelle 3 klassifiziert.

Tabelle 3: Klassierung der Empfindlichkeit des Luftstroms gemäss prEN 13142:2018

Klasse	Maximale Abweichung des Luftvolumenstroms im Verhältnis zum maximalen Luftvolumenstrom in %, bei einer Aussendruckdifferenz von	
	+ 20 Pa	- 20 Pa
S1	≤ 10	≤ 10
S2	≤ 20	≤ 20
S3	≤ 30	≤ 30
nicht klassifiziert	> 30	> 30

Mit zunehmender Empfindlichkeit des Luftstroms nimmt in der Praxis die Disbalance zu. Bei Wind oder durch den Stackeffekt sind diese Einflüsse von den lokalen Bedingungen abhängig. Wie die Untersuchungen in diesem Projekt zeigen, führen aber auch Verschmutzungen zu erheblichen Disbalancen. In der Regel ist eine hohe Empfindlichkeit des Luftstroms energetisch ein Nachteil.

Da viele Einzel-Raum-Lüftungsgeräte nicht mit einer Energieetikette ausgerüstet werden müssen, finden sich nur wenige Geräte, bei denen die Empfindlichkeit des Luftstroms resp. die Druckschwankungsempfindlichkeit deklariert ist. Es ist aber anzunehmen, dass ein erheblicher Teil der Geräte in die Klassen S3 und «nicht klassifiziert» fallen würde.

6.5. Betrieb mit Disbalance

Einzel-Raum-Lüftungsgeräte werden oft mit Abluft-Ventilatoren in Bad, Dusche und WC kombiniert. Dabei arbeiten die Einzel-Raum-Lüftungsgeräte systembedingt mit Disbalance, d.h. der Zuluftstrom ist höher als der Abluftstrom. Durch den Unterdruck strömt zusätzlich ein Infiltrationsluftstrom in die Wohnung.

Definitionen:

- Der Zuluftstrom bei ausgeschalteter Abluftanlage wird als Referenz-Luftstrom q_{ref} bezeichnet.
- Das Referenz-Temperaturverhältnis beschreibt den Nutzen der WRG bezogen auf den Referenz-Luftstrom.

Abbildung 7 zeigt das Referenz-Temperaturverhältnis in Funktion des Verhältnisses des Luftstroms der Abluftanlage zum Referenz-Luftstrom. Als Parameter ist die Luftdurchlässigkeiten der Gebäudehülle aufgeführt, die folgenden Fällen entspricht:

- $q_{a50} = 0.0 \text{ (m}^3\text{/h)/m}^2$: Absolute dichte Gebäudehülle
- $q_{a50} = 0.6 \text{ (m}^3\text{/h)/m}^2$: Zielwert für Neubauten gemäss SIA 180 [11]
- $q_{a50} = 1.6 \text{ (m}^3\text{/h)/m}^2$: Grenzwert für Neubauten mit mech. Lüftung gem. SIA 180
- $q_{a50} = 100 \text{ (m}^3\text{/h)/m}^2$: Leicht geöffnetes Fenster für die Nachströmung der Abluft

Der Abbildung liegen folgende Annahmen zugrunde:

- Die Hüllfläche für die Infiltration ist doppelt so gross wie die Energiebezugsfläche.
- Der Luftvolumenstrom der Einzel-Raum-Lüftungsgeräte beträgt $0.55 \text{ m}^3/\text{h}$ pro m^2 Energiebezugsfläche (Standardwert SIA 380/1 [12]). Dies ist auch der Referenz-Luftstrom.
- Im balancierten Betrieb beträgt das Temperaturverhältnis der Einzel-Raum-Lüftungsgeräte 70 %.
- Die Druckschwankungsempfindlichkeit der Einzel-Raum-Lüftungsgeräte weist Klasse S3 auf.
- Die Disbalance steigt proportional mit dem Unterdruck in der Wohnung an.
- Die Abhängigkeit des Temperaturverhältnisses in Funktion des Luftstrom-Verhältnisses verhält sich wie bei einem Gegenstrom-Wärmeübertrager.

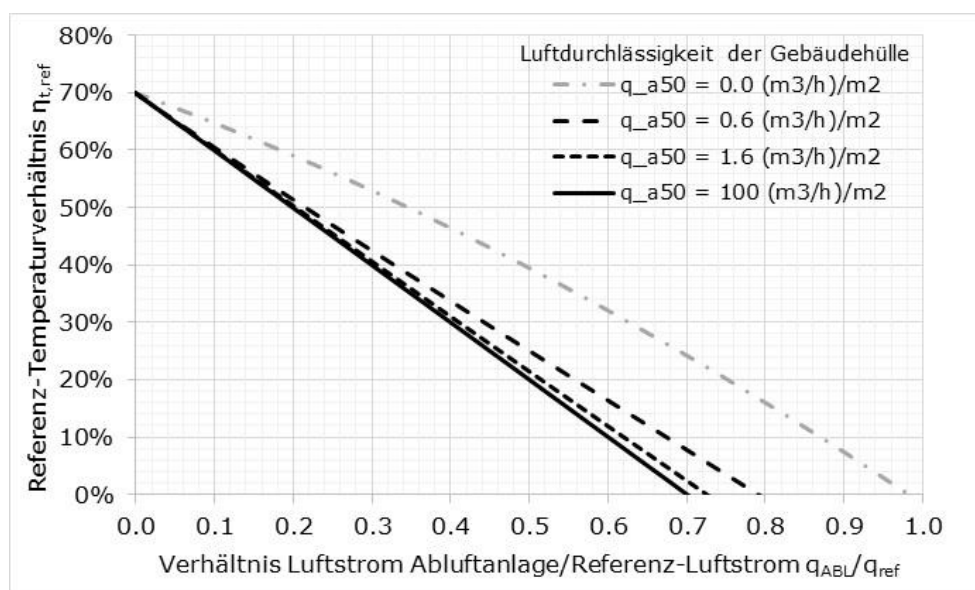


Abbildung 7: Referenz-Temperaturverhältnis bei der Kombination eines Gerätes mit WRG mit einer Abluftanlage (ohne WRG), in Funktion des Luftstroms der Abluftanlage

Bei einem Verhältnis des Luftstroms der Abluftanlage zum Referenz-Luftstrom von $q_{ABL}/q_{ref} = 0.5$ und einer Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle, die dem Grenzwert der SIA 180 entspricht, strömen gut 90 % der Ersatzluft (der Abluftanlage) durch Infiltration nach und die restlichen 10 % durch die Disbalance der Einzel-Raum-Lüftungsgeräte. Der Unterdruck in der Wohnung liegt bei ca. 1 Pa. Wenn die Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle dem Zielwert entspricht, strömen knapp 80 % der Ersatzluft durch Infiltration nach und der Unterdruck erreicht rund 4 Pa. Bei Neubauwohnungen mit 4 und mehr Zimmern entspricht das einem Bad-Abluftventilator mit 40 bis 50 m^3/h . Bei Kleinwohnungen mit weniger als 3 Zimmern könnten sich relativ hohe Unterdrücke einstellen. Dort sollten für die Nachströmung der Abluft ALD vorgesehen werden.

Beispiel:

In einer Wohnung werden drei Einzel-Raum-Lüftungsgeräte mit einem Luftvolumenstrom von jeweils $30 \text{ m}^3/\text{h}$ betrieben. Das Temperaturverhältnis liegt bei 70 %. Im Bad ist ein Abluftventilator mit einem Luftvolumenstrom von $45 \text{ m}^3/\text{h}$ vorhanden. Die Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle entspricht dem Zielwert der SIA 180.

Der Referenz-Luftstrom beträgt $90 \text{ m}^3/\text{h}$. Das Verhältnis des Luftstroms der Abluftanlage zum Referenz-Luftstrom liegt bei 0.50. Gemäss Abb. 7 sinkt das Referenz-Temperaturverhältnis bei Betrieb der Badabluft auf 25 %. Wenn die Einzel-Raum-Lüftungsgeräte dauernd in Betrieb sind und die Abluftanlage täglich 2 h eingeschaltet ist, sinkt der Nutzen der WRG im Tagesmittel um ca. 4 Prozentpunkte. In neuen Wohnungen sind oft zwei Abluftanlagen für Bad, Dusche und WC vorhanden. Damit wird der Nutzen der WRG bei bedarfsgesteuerten Abluftanlagen um rund 8 Prozentpunkte reduziert. Bei Dauerbetrieb der Abluftanlagen wird der Nutzen der WRG in der Grössenordnung von 50 Prozentpunkte reduziert.

6.6. Schall

Die akustische Beurteilung von Einzel-Raum-Lüftungsgeräten in realen Wohnungen war nicht Gegenstand der experimentellen Arbeiten. Es ist aber zu erwähnen, dass die Lieferantangaben zum Schall teilweise unklar und mangelhaft sind. Dadurch werden oft Einzel-Raum-Lüftungsgeräte installiert, die nicht den Schweizer Normen entsprechen. Gemäss SIA 2023 darf der Schalldruckpegel, den eine Lüftungstechnische Einrichtung in einem Wohn- oder Schlafzimmer verursacht, max. 25 dB(A) betragen. Bei einer üblichen Raumdämpfung von 1 bis 2 dB darf der Schalleistungspegel nicht über 26 bis 27 dB(A) liegen. Eine Lüftungsanlage kann nur dann als funktionsfähig bezeichnet werden, wenn die akustischen Anforderungen eingehalten werden. Daher soll der energetische Nutzen auch nur dann angerechnet werden, wenn diese Anforderung eingehalten ist. Eine akustisch korrekte Angabe für ein Gerät erfolgt immer als Schalleistungspegel.

Beispiel:

Im Datenblatt eines realen Einzel-Raum-Lüftungsgerätes finden sich folgende Angaben:

Zu-/Abluft \dot{V} m ³ /h	30
Geräusch dB(A), Abstrahlung L_{pA} in 3 m	22

Die Angabe ist so zu verstehen, dass der Schalldruckpegel im Freifeld gemessen in 3 m Abstand 22 dB(A) beträgt. Umgerechnet auf den Schalleistungspegel sind das rund 40 dB(A). In einem typischen Zimmer stellt sich ein Schalldruckpegel von 38 bis 39 dB(A) ein. Für den Einsatz in Wohn- und Schlafzimmern ist das Gerät akustisch ungeeignet.

7. Schlussfolgerungen

7.1. Abluftanlagen

Verschmutzungen haben den Luftvolumenstrom um bis zu ca. 60 % reduziert. Auffallend ist, dass die von SIA 2023 geforderten minimalen Luftvolumenströme auf der Zuluftseite weniger gut erreicht werden als bei den Einzel-Raum-Lüftungsgeräten. Ein Grund dürfte bei dem grossen Einfluss der Gebäudedichtheit (Infiltration) liegen. Dabei kann neben Aussenluft auch belastete Luft über Installationszonen oder Luft aus anderen Wohnungen nachströmen. Ein zweiter Grund ist, dass die ALD häufig zu knapp dimensioniert sind. Bei den meisten marktgängigen Produkten müssten pro Zimmer zwei ALD eingesetzt werden, um den Schweizer Normen zu genügen.

7.2. Einzel-Raum-Lüftungsgeräte

Bei den untersuchten Einzel-Raum-Lüftungsgeräten hatten Verschmutzungen die Luftvolumenströme um bis zu 80 % reduziert. Die Zuluft wurde in den meisten Fällen stärker beeinflusst als die Abluft. Um den Anfangswert wieder zu erreichen, genügt es nicht nur die Filter zu wechseln, sondern die gesamte Anlage, inkl. u.U. schlecht zugänglicher Elemente wie Aussenluftgitter und Insektenschutzgitter, muss gereinigt werden. Gegenüber dem Temperaturverhältnis, das auf dem Prüfstand ermittelt wird, können die Disbalance, der Vereisungsschutz und geräteinterne Einflüsse den Nutzen der WRG markant reduzieren. Bei der Planung und in Energienachweisen soll diese berücksichtigt werden. Eine entscheidende Leistungskenngrösse ist dabei die Empfindlichkeit des Luftstroms. Je höher dieser Wert ist, umso höher wird in der Praxis die Disbalance ausfallen (u.a. wegen Verschmutzung) und desto mehr wird der Nutzen der WRG durch unerwünschte Einflüsse und durch die Kombination mit Abluftanlagen geschmälert. Es wird empfohlen Einzel-Raum-Lüftungsgeräte einzusetzen, bei denen die Empfindlichkeit des Luftstroms die Klasse S2 oder S1 erreicht.

7.3. Allgemein

Sowohl bei Abluftanlagen mit ALD wie auch bei Einzel-Raum-Lüftungsgeräten lag der Zuluftvolumenstrom im angetroffenen Zustand bei rund 60 % der Räume mindestens 30 % unter dem Minimalwert der SIA 2023. Bei etwa einem Viertel der Räume wurde gar ein Zuluftvolumenstrom gemessen, der bei höchstens 30 % des Normwertes lag. Dabei ist zu

beachten, dass der angetroffene hygienische Zustand im Allgemeinen als unkritisch bezeichnet werden kann. Trotz einzelner Wartungsmängel war das Sample der untersuchten Anlagen keinesfalls vergammelt, sondern in einem Zustand der als typisch bezeichnet werden kann. Trotzdem führen Verschmutzungen zu massiv reduzierten Luftvolumenströmen. Das heisst, dass für diese Art von Anlagen eine regelmässige, professionelle Wartung unabdingbar ist. Insbesondere in Mietwohnungen können diese Arbeiten nicht an die Bewohner delegiert werden. Auch bei Wohneigentum lässt sich nur ein Teil der Arbeiten an die Eigentümer übertragen. So ist es z. B. nicht realistisch, dass ein Grossteil der Eigentümer ein Insektenschutzgitter für die Reinigung wiederholt fachgerecht aus- und einbaut.

Für eine einwandfreie Funktion der Lüftungsgeräte und Elemente sind je nach Aussenluftqualität jährlich ein bis drei Instandhaltungsgänge erforderlich. Es ist unklar, wie stark Bewohner sich durch das häufige Betreten von Schlafzimmern durch Dritte gestört fühlen. Diese Räume dürften von vielen Leuten als Intimsphäre betrachtet werden. Zudem sind auch die Kosten für diese Arbeiten zu berücksichtigen.

8. Literatur- und Quellenverzeichnis

- [1] Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE) Ausgabe 2014. Konferenz Kantonalen Energiedirektoren (EnDK)
- [2] Primas, Alex; Huber, Heinrich; Hauri, Claudia; Näf, Michael: Abluftanlagen und Einzelraumlüftungen im Vollzug Energie. Hochschule Luzern, Horw (Schweiz), 2018
- [3] Merkblatt SIA 2023:2008 Lüftung im Wohnbau. SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverband, Zürich
- [4] Normentwurf prSIA 382/5:2018 Lüftung in Wohnbauten. SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverband, Zürich
- [5] Huber, Heinrich; Stünzi, Christian; Sibold, Christoph, Kunz Dominique: ABLEG - Abluftanlagen in der energetischen Gebäudeerneuerung, Im Auftrag des Bundesamts für Energie BFE, Bern, 2018
- [6] Dorer, Viktor; Pfeiffer, Andreas: ENABL - Energieeffiziente und bedarfsgerechte Abluftsysteme mit Abwärmenutzung. EMPA, Dübendorf, 2002
- [7] Aussage Franz Sprecher, AHB Stadt Zürich im Interview «Lüftungskonzepte als Architekturaufgabe», TEC21 34/2018, S. 32-36
- [8] prEN 13141-8:2018 Lüftung von Gebäuden – Leistungsprüfung von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen - Teil 8: Leistungsprüfung von mechanischen Zuluft- und Ablufteinheiten ohne Luftführung
- [9] prEN 13142:2018 Lüftung von Gebäuden – Bauteile/Produkte für die Lüftung von Wohnungen – Geforderte und frei wählbare Leistungskenngrößen
- [10] Delegierte Verordnung (EU) Nr. 1254/2014 der Kommission vom 11. Juli 2014 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Kennzeichnung von Wohnraumlüftungsgeräten in Bezug auf den Energieverbrauch
- [11] Norm SIA 180:2014 Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden. SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverband, Zürich
- [12] Norm SIA 380/1:2016 Heizwärmebedarf. SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverband, Zürich