

Effiziente, kostengünstige und wartungsfreundliche zentrale Mehrfamilienhaus-Lüftungsanlagen – Planung, Betrieb und Brandschutz

E.Vent

S. Öttl, C. Speer,
R. Pfluger, A. Knotzer,
C. Obmascher, E. Lamprecht,
H. Gstrein, H. K. Malzer,
H. Reichl, A. Music,
D. Edwards, L. Lepp

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

48/2020

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

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

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

Auszugsweise Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in
dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Republik
Österreich und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Nutzungsbestimmungen:
<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/impressum/>

Effiziente, kostengünstige und wartungsfreundliche zentrale Mehrfamilienhaus-Lüftungsanlagen – Planung, Betrieb und Brandschutz

E.Vent

Dr. Christoph Speer, Silvia Öttl, PhD, Assoz. Prof. Dr.-Ing. Rainer Pfluger
Universität Innsbruck, Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften,
Arbeitsbereich Energieeffizientes Bauen

DI Armin Knotzer, AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

Christian Obmascher, Lamprecht Engelhard, J. Pichler Ges. m. b. H.

Hannes Gstrein, IIG – Innsbrucker Immobiliengesellschaft

DI Harald Konrad Malzer, NEUE HEIMAT TIROL

Harald Reichl, Gemeinnützige Alpenländische Gesellschaft für
Wohnungsbau und Siedlungswesen m.b.H.

Dipl. Ing. (FH) Admir Music, Alpsolar Klimadesign OG

David Edwards, Architectural Services im Auftrag vom Passivhaus Institut

Dipl.-Ing. Laszlo Lepp, Passivhaus Institut | Passivhaus Austria

Innsbruck, Juli 2020

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm Stadt der Zukunft des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). Dieses Programm baut auf dem langjährigen Programm Haus der Zukunft auf und hat die Intention Konzepte, Technologien und Lösungen für zukünftige Städte und Stadtquartiere zu entwickeln und bei der Umsetzung zu unterstützen. Damit soll eine Entwicklung in Richtung energieeffiziente und klimaverträgliche Stadt unterstützt werden, die auch dazu beiträgt, die Lebensqualität und die wirtschaftliche Standortattraktivität zu erhöhen. Eine integrierte Planung wie auch die Berücksichtigung von allen betroffenen Bereichen wie Energieerzeugung und -verteilung, gebaute Infrastruktur, Mobilität und Kommunikation sind dabei Voraussetzung.

Um die Wirkung des Programms zu erhöhen sind die Sichtbarkeit und leichte Verfügbarkeit der innovativen Ergebnisse ein wichtiges Anliegen. Daher werden nach dem Open Access Prinzip möglichst alle Projektergebnisse des Programms in der Schriftenreihe des BMK publiziert und elektronisch über die Plattform www.NachhaltigWirtschaften.at zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und AnwenderInnen eine interessante Lektüre.

DI Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	8
2	Abstract	10
3	Ausgangslage.....	12
3.1.	Volumenstromregelung und Balanceabgleich.....	12
3.1.1.	Allgemeine Zielsetzung und Anforderungen für den Balanceabgleich	12
3.2.	Brandschutz	14
3.2.1.	Gefahren durch Brand in Lüftungsanlagen.....	14
3.2.2.	Herausforderung gesetzliche Grundlagen.....	15
3.2.3.	Normen und Regelwerke in Österreich.....	16
3.2.4.	Normen und Regelwerke in Deutschland.....	16
3.2.5.	Normen und Regelwerke in der Schweiz.....	17
3.2.6.	Innovative Brandschutzlösungen auf Basis von Brandschutzkonzepten	18
3.3.	Planungstool	18
4	Projekthalt.....	19
4.1.	Volumenstromregelung & Balanceabgleich	19
4.1.1.	Besonderheiten beim Balanceabgleich für Zentralanlagen im Geschosswohnbau ..	19
4.1.2.	Automatischer Balanceabgleich durch volumenstromgeregelte Ventilatoren.....	20
4.1.3.	Wohnungsweiser Balanceabgleich mittels variabler aktiver Volumenstromregler ..	21
4.1.4.	Wohnungsweiser Balanceabgleich mittels passiver Konstantvolumenstromregler bzw. Volumenstrombegrenzer	22
4.1.5.	Auslegung von Lüftungsanlagen.....	22
4.2.	Konzeption Riesenflowfinder / druckkompensierte Volumenstrommessung	23
4.2.1.	Luftmengenregler in den vermessenen Wohnungen.....	28
4.3.	Brandschutz	29
4.3.1.	Einsatz unterschiedlicher Brandschutzkomponenten (Österreich).....	29
4.3.2.	Verwendung von Feuerschutzabschlüssen in Deutschland und der Schweiz	33
4.4.	Planungstool	33
5	Ergebnisse	34
5.1.	Balanceabgleich Messungen.....	34
5.1.1.	Messergebnisse und Auswertung der passiven und aktiven Volumenstromregler ..	34
5.1.2.	Balanceregung durch Messung der Druckdifferenz zwischen Raumluft und Außenluft	35
5.1.3.	Volumenstrommessung über den Druckabfall am Wärmeübertrager	37
5.1.4.	VSR & Balanceabgleich	38
5.1.5.	Balance-Disbalance und Messungen Graz.....	39
5.1.6.	Messungen der GWS	46

5.2. Brandschutzkonzepte	54
5.2.1. Ausgearbeitete Lösungen zum Brandschutz	54
5.2.2. Beurteilung der Lösungen durch die Brandverhütungsstellen.....	62
5.3. Umgesetzte Projekte.....	64
5.3.1. Lüftungstechnische Anlagenbeschreibung – Wohnanlage IN 22/23.....	64
5.3.2. Lüftungstechnische Anlagenbeschreibung – Wohnanlage SchuMo	72
5.3.3. Lüftungstechnische Anlagenbeschreibung – Wohnanlage Lendpark.....	81
5.4. Planungstool	86
5.4.1. Excel Vorplanung	86
5.4.2. Testweise Implementierung in einer 3D CAD Anwendung	91
5.5. Entwicklung eines Funktionsmusters: Volumenstromregler mit Kaltrauchsperrfunktion 100	
5.5.1. Volumenstromregler mit Kaltrauchsperrfunktion.....	100
5.6. Druckverlust, Ökologie und Kosten – Lüftungssysteme mit Fokus auf Brandschutz.....	105
5.6.1. Beispielgebäude.....	105
5.6.2. Methodik	105
5.6.3. CO ₂ -Emissionen Lüftungs-Materialien.....	106
5.6.4. Ergebnisse.....	106
5.6.5. Erkenntnisse	109
6 Schlussfolgerungen	111
7 Ausblick und Empfehlungen	112
8 Verzeichnisse.....	113
9 Anhang 120	

1 Kurzfassung

Zentrale Lüftungsanlagen bieten gerade im Mehrfamilienhaus- und Geschosswohnungsbau große Vorteile. Allerdings werden aufgrund erhöhter Kosten oder Komplexität durch erforderliche Brandschutzmaßnahmen und den Wartungsbedarf oft Lösungen realisiert, die in Effizienz, Balanceabgleich und Brandschutz bestenfalls als suboptimal bezeichnet werden können.

Ziel dieses Projektes ist es, **innovative Lösungen für den Brandschutz und den kontinuierlichen Balanceabgleich** bei gleichzeitiger Kostenreduktion für zentrale Lüftungsanlagen sowohl im Neubau als auch in der Sanierung zu schaffen. **Planungshilfen** bereits für die frühe Entwurfsphase werden entwickelt und in einem 3D-Grafik-Tool implementiert. Dabei werden **Platzbedarf, Volumenströme und Druckabfall** charakterisiert und Empfehlungen für den Entwurf von effizienten zentralen Lüftungsanlagen erstellt.

Auf Basis einer Recherche und Bestandsanalyse wurden die Anforderungen an den **Brandschutz** klar definiert. Die Einsatzmöglichkeiten unterschiedlicher Brandschutzkomponenten wie **Brandschutzklappen, FLI-VE** und **Kaltrauchsperrern** wurden detailliert untersucht und bewertet. Dabei wurden auch unterschiedlich Lösungen im europäischen Raum betrachtet. Innovative **Brandschutzkonzepte** wurden entwickelt und auch von Sachverständigen bewertet. Diese Konzepte wurden bereits in mehreren Projekten, sowohl in Innsbruck als auch in Graz umgesetzt. Schwerpunkt bei der Entwicklung der Konzepte lag dabei auf Kosteneffizienz, geringer Druckverlust durch die eingesetzten Komponenten sowie möglichst geringer Wartungsaufwand.

Auswertungen zum **Balanceabgleich** in verschiedenen Objekten in Graz und Innsbruck wurden anhand von Messungen der tatsächlichen Balance in einzelnen Wohnungen und am Zentralgerät mit jeweils unterschiedlichen **Volumenstromregelungskonzepten** durchgeführt, beurteilt und Problemstellen gefunden. Es wurden Lösungen für den Balanceabgleich von low-tech (passiv, ohne elektrische Antriebe) bis high-tech (elektrisch/mechanisch, Optimizer) untersucht.

Für die Überprüfung des Balanceabgleichs bedarf es einer hochgenauen Volumenstrommessung, da er sich als Differenz der Absolutwerte des Zu- und Abluft bzw. des Außenluft- und Fortluftvolumenstroms ergibt. Dafür wurde im Projekt eine Messeinrichtung, genannt **Riesenflowfinder**, konzipiert und aufgebaut, um die präzisen Messungen überhaupt durchführen zu können. Mehrere Methoden des Balanceabgleich wurden bewertet: Automatischer Balanceabgleich durch volumenstromgesteuerte Ventilatoren, wohnungsweiser Balanceabgleich mittels variabler aktiver Volumenstromregler, und auch wohnungsweiser Balanceabgleich mittels passiver Konstantvolumenstromregler oder Volumenstrombegrenzer.

Die Messungen zeigten **Disbalancen** in nahezu allen Gebäuden. Die transportierten Luftmengen an verschiedenen Tagen oder Tageszeiten weichen stark voneinander ab und die Balance der Gesamtanlagen musste überprüft und nachjustiert werden, um große Abweichungen zu vermeiden.

Mögliche **Synergien zwischen Brandschutz (Kaltrauchsperrre) und Volumenstromregelung** wurden genutzt und ein Funktionsmuster entwickelt. Eine Integration der Kaltrauchsperrenfunktion in den Volumenstromregler ist technisch umsetzbar. Dadurch ergeben sich Vorteile wie der Wegfall einer mechanischen Komponente im Lüftungssystem oder eine Energieeinsparung von mind. 10% durch geringere Druckverluste im Lüftungssystem.

Die Entwicklung des **Planungstools** gliederte sich in zwei Schritte: Erst wurde eine sehr einfache Version in Form eines **Excel-Tools** umgesetzt, in dem die groben Rahmenbedingungen sowie der Brandschutz inkludiert sind. Auf Basis dieses Tools wurde eine testweise Implementierung in einer **3D CAD Anwendung als Planungshilfe** entwickelt. Darin enthalten sind die Ermittlung des notwendigen

Volumenstroms inklusive der Schachtgröße, die Berechnung des Platzbedarfs für das Lüftungsgerät und ein Vorschlag des optimalen Lüftungsgeräts.

Das Excel-Tool bietet für den Anwender in einer **sehr frühen Planungsphase** eine Übersicht, welche **Lüftungsvarianten und Brandschutzkonzepte** überhaupt möglich sind. Dabei müssen noch gar nicht sämtliche Details zum Gebäude bekannt sein. Das Tool liefert eine grobe Kostenabschätzung der Investitions- und Wartungskosten des Brandschutzes sowie zum Druckverlust und der Effizienz der Lüftungsanlage. Die Implementierung der **3D CAD Anwendung als Testversion** konnte umgesetzt werden. Dieses Tool erleichtert die Entscheidungsfindung beim Entwurf und ermöglicht in der Folge eine **bessere Wirtschaftlichkeit und höhere Effizienz**, nicht nur der Lüftungsanlage, sondern des ganzen Projekts. Eine reale Anwendung sollte durch weiterführende detaillierte Entwicklungsarbeit begleitet werden.

Fazit: In diesem Projekt konnten **innovative Brandschutzkonzepte entwickelt** und bereits in Projekten **umgesetzt** werden, die deutliche **Fortschritte in Effizienz und Wirtschaftlichkeit** bieten. Die Entwicklung der Kombination aus Kaltrauchsperrung und Volumenstromregler bietet neue Chancen, um die Systeme noch effizienter zu gestalten. Der **Balanceabgleich** konnte in unterschiedlichen Projekten mittels neuer Messsysteme beurteilt und auch stark verbessert werden. Gerade bei geringen Volumenströmen bietet der Markt aber noch keine entsprechenden passiven Volumenstromregler, hier ist eine Entwicklung geeigneter Lösungen mit ausreichender Genauigkeit anzustreben. Die entwickelten **Planungstools** bieten gerade in der **frühen Planungsphase** eine starke Entscheidungshilfe, um Wirtschaftlichkeit und Effizienz der Systeme zu verbessern. Eine Weiterentwicklung zur realen Anwendung würde große Vorteile für Planer und Bauherren bieten.

2 Abstract

Central ventilation systems offer great advantages especially in multi-family and multi-storey residential buildings. However, due to increased costs or complexity caused by necessary fire protection measures and the need for maintenance, solutions are often implemented that can at best be described as suboptimal in terms of efficiency, balance and fire protection.

The aim of this project is to develop **innovative solutions for fire protection and continuous balance adjustment** while reducing costs for central ventilation systems in both new buildings and refurbishments. **Planning tools** for the early design phase are developed and implemented in a 3D graphic tool. **Space requirements, volume flows and pressure losses** are characterized and recommendations for the design of efficient central ventilation systems are made.

Based on an investigation and stock analysis the requirements for **fire protection** were clearly defined. The possible applications of different fire protection components such as **fire dampers, FLI-VE and cold smoke barriers** were examined and evaluated in detail. Different solutions in the European area were considered as well. Innovative **fire protection concepts** were developed and evaluated by authorized experts. These concepts have already been implemented in several projects, both in Innsbruck and Graz. The focus in the development of the concepts was on cost efficiency, low pressure losses due to the components used and the lowest possible maintenance effort.

Evaluations of the **balance adjustment** in various objects in Graz and Innsbruck were carried out, assessed and problem areas were found on the basis of measurements of the actual balance in single apartments and at the central unit, each with different **volume flow control concepts**. Solutions for balance adjustment ranging from low-tech (passive, without electrical drives) to high-tech (electrical/mechanical, optimizer) were investigated.

To check the balance adjustment, a highly accurate volume flow measurement is required, as it is the difference between the absolute values of the supply and extract air or the fresh air and extract air volume flow. For this purpose, a measuring device, called a **Riesenflowfinder**, was designed and set up in the project to enable the precise measurements to be carried out at all. Several methods of balance adjustment were evaluated: Automatic balance adjustment using volume flow controlled fans, apartment balance adjustment using variable active volume flow controllers, and also apartment balance adjustment using passive constant volume flow controllers or volume flow limiters.

The measurements showed **imbalances** in almost all buildings. The air volumes transported on different days or at different times of the day varied considerably and the balance of the overall systems had to be checked and readjusted to avoid major deviations.

Possible **synergies between fire protection** (cold smoke barrier) and **volume flow control** were used and a functional model was developed. An integration of the cold smoke barrier function in the volume flow controller is technically feasible, resulting in advantages such as the elimination of a mechanical component in the ventilation system or energy savings of at least 10% due to lower pressure losses in the ventilation system.

The development of the **planning tool** was divided into two steps: First, a very simple version in the form of an **Excel tool** was implemented, which includes the rough general conditions as well as fire

protection. Based on this tool, a test implementation in a **3D CAD application** was developed as a planning assistance. It includes the determination of the necessary volume flow including the dimensions of the ventilation shaft, the space required for the ventilation unit is calculated and the optimal ventilation unit is suggested.

The Excel tool offers the user an overview at a **very early planning stage** of which **ventilation variants and fire protection concepts** are possible at all. It is not necessary to know all the details of the building. The tool provides a rough estimate of the investment and maintenance costs of fire protection as well as the pressure loss and efficiency of the ventilation system. The implementation of the **3D CAD application as a test version** could be realized. This tool facilitates decision making during the design process and subsequently enables **better economy and higher efficiency**, not only of the ventilation system but of the whole project. However, a real application should be accompanied by further detailed development work.

Conclusion: In this project, **innovative fire protection concepts** have been **developed and implemented** in projects that offer significant **progress in efficiency and economy**. The development of the combination of cold smoke barrier and volume flow controller offers new opportunities to make the systems even more efficient. In various projects the **balance adjustment** could be assessed and greatly improved by means of new measuring systems. However, especially in the case of low volume flows the market does not yet offer any corresponding passive volume flow controllers; the aim here is to develop suitable solutions with sufficient accuracy. The developed **planning tools** offer a strong decision support, especially in the **early planning phase**, to improve the economy and efficiency of the systems. Further development for real application would offer great advantages for planners and building owners.

3 Ausgangslage

3.1. Volumenstromregelung und Balanceabgleich

Die nachfolgend erläuterten Zusammenhänge und Abbildungen zum Balanceabgleich sind weitgehend aus [1] entnommen und wurden um die neuen Entwicklungen und Erkenntnisse im Projekt E.Vent und Besonderheiten in Bezug auf die Lüftung im Geschosswohnbau ergänzt.

3.1.1. Allgemeine Zielsetzung und Anforderungen für den Balanceabgleich

Eine wesentliche Voraussetzung für den störungsfreien und effizienten Betrieb von Komfortlüftungsanlagen mit Zu- und Abluft ist der sogenannte Balanceabgleich, dass also die Lüftungsanlage möglichst genau so viel Luft in das Gebäude fördert, wie sie aus dem Gebäude entnimmt. Geht man von einer Anlage mit Aufstellung innerhalb der wärmegeämmten Gebäudehülle aus, so ist die Bilanz auf der Außen- und Fortluftseite zu ziehen. Strenggenommen sind die Massenströme von Außen- und Fortluft auf den gleichen Wert zu bringen. Da sich die Temperaturen und damit auch die Dichte der Luftströme kaum unterscheiden, kann näherungsweise auch von einer Volumenstrombalance gesprochen werden.

Wenn das Gerät zu viel Außenluft fördert, steigt der Druck im Gebäude an und die überschüssige Luft entweicht durch Leckagen in der Gebäudehülle. Dieser Zustand ist auf der rechten Seite der Abbildung 1 veranschaulicht. Dadurch wird die Massenbilanz ausgeglichen. Dauerhaft kann keine Differenz auftreten, auch dann nicht, wenn das Gebäude sehr dicht gebaut wurde. Mit steigender Gebäudedichtheit steigt lediglich der Überdruck im Gebäude bei gleichem *Außenluftüberschuss*. Bauphysikalisch ist dieser Zustand höchst bedenklich, denn in den Wintermonaten können auf diese Weise hohe Feuchtelasten in die Baukonstruktion eingetragen werden. Die mit hoher absoluter Feuchte beladene Luft dringt durch Ritzen und Spalten in weiter außenliegende Bauteilschichten ein. Auf diesem Weg kühlt sie bis unter den Taupunkt ab und das enthaltene Wasser kondensiert aus. Die so auftretende Durchfeuchtung kann fatale Bauschäden sowie Schimmelpilz verursachen und muss unter allen Umständen verhindert werden. Sehr gute Luftdichtheit verringert die Gefahr - dennoch ist es immer sicherer, die treibende Kraft, nämlich die Disbalance, zu minimieren.

Was geschieht bei *Fortluftüberschuss*, also höheren Fort- als Außenluftmengen? Auch hier erfolgt der Volumenstromausgleich über die Leckagen in der Gebäudehülle, aber in umgekehrter Richtung: Der Fortluftüberschuss wird durch Ritzen und Spalten in der Gebäudehülle von außen nachgesaugt. In diesem Fall sind in unserem Klima keine Bauschäden zu erwarten, weil in der Heizperiode kalte, trockene Luft von außen durch die Leckagen geführt wird. Es kommt nicht zu Kondensatausfall. Dennoch ist auch diese Form der Disbalance zu vermeiden, denn eintretende Kaltluft schränkt den Komfort ein (Zuglufterscheinungen). Darüber hinaus wird die Wirkung hochwertiger Feinstaubfilter umgangen, weil die Luft ungefiltert durch die Leckagen eintritt.

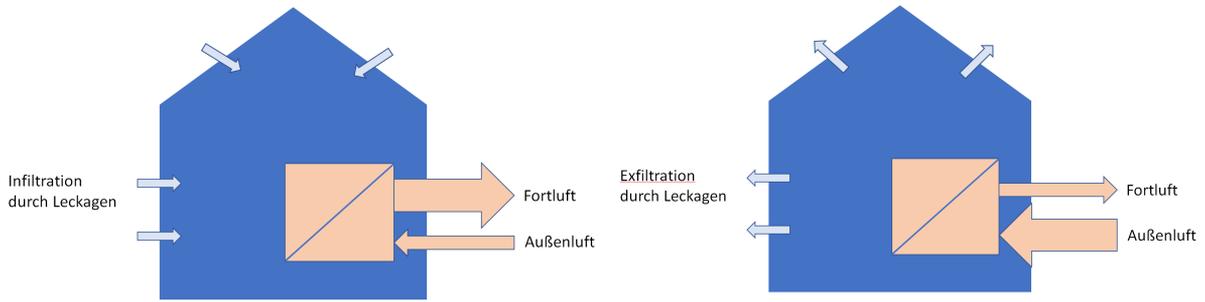


Abbildung 1: Effekte bei Fortluft- (links) bzw. Außenluftüberschuss (rechts); Quelle: [1]

In beiden Fällen, sowohl im Falle von Außenluftüberschuss als auch bei Fortluftüberschuss, ist die Effizienz der Wärmerückgewinnung reduziert. Wenn die warme Raumluft die Gebäudehülle bei Zuluftüberschuss durch Leckagen anstatt über den Wärmeübertrager verlässt, kann diese ihre Wärme nicht an die Außenluft abgeben. Im umgekehrten Fall (Abluftüberschuss) wird die Abluft nicht so weit abgekühlt und verlässt die Gebäudehülle mit höherer Temperatur als im perfekt balancierten Betrieb. Die Folge ist ebenfalls eine geringere Effizienz.

Ziel sollte daher sowohl aus bauphysikalischen als auch aus Effizienz- und Komfortgründen ein möglichst gut balancierter Betrieb der Anlage sein. Aus energetischer Sicht reicht es dabei aus, wenn die Balance im Bereich von +/-10 % gehalten wird, weil die erzwungene Durchströmung der Leckagen die natürliche In- bzw. Exfiltration teilweise ersetzt. Wird dieser Bereich jedoch überschritten, wird eine zusätzliche, d. h. höhere Durchströmung der Leckagen erzwungen, wodurch sich die Lüftungswärmeverluste erhöhen.

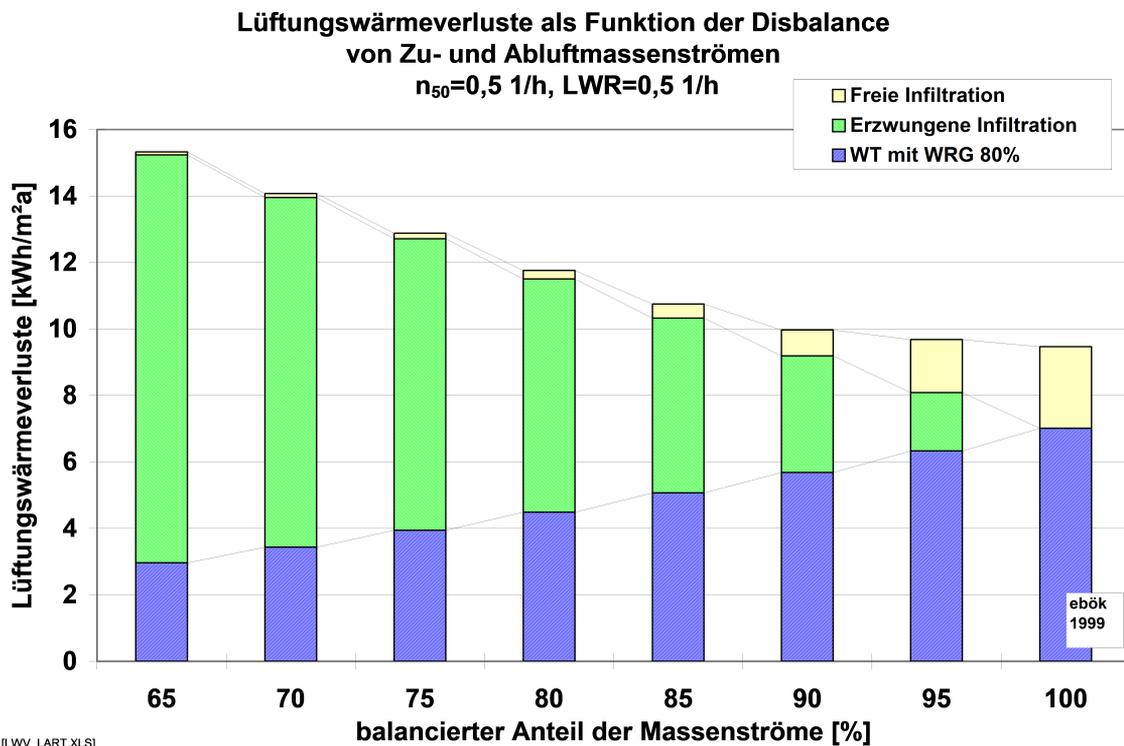


Abbildung 2: Lüftungswärmeverluste als Funktion der Disbalance von Zu- und Abluftmassenströmen bei einer Luftwechselrate von 0,5 1/h und einer Gebäudehülle mit dem Drucktestergebnis $n_{50}=0,5 \text{ 1/h}$; Quelle: PHI, AKKP 17

Es stellt sich die Frage, wie dieser Balanceabgleich erreicht werden kann. Bei der Inbetriebnahme werden zunächst die Zuluftvolumenströme auf Grundlage der Planung auf die einzelnen Räume aufgeteilt und entsprechend eingestellt. Ebenso geht man mit der Abluft vor. Verfügt das Gerät nur über konventionelle Ventilatoren, ist der Balanceabgleich daraufhin manuell vorzunehmen. Mit entsprechender Messtechnik (mit Staukreuzen, die in der Außen- und Fortluft eingebaut sind bzw. mit einem möglichst durchkompensierten Volumenstrommessgerät auf dem Außen- bzw. Fortluftdurchlass) gelingt dies mit einer Genauigkeit von ca. 5 %. Aufgrund der Nichtlinearität der Netzkennlinie stimmt diese Einstellung jedoch nur für eine Betriebsstufe. Wird diese angehoben bzw. abgesenkt, können sich deutliche Verschiebungen ergeben. Einige Geräte bieten daher in der Steuerung an, die Ventilatoreinstellungen für mehrere Betriebszustände abzuspeichern und im späteren Betrieb abzurufen. Dieses Verfahren weist im Betrieb Schwächen auf, wenn Änderungen am Druckabfall des Systems auftreten. Dies kann z. B. durch Filterverschmutzung oder durch das Verstellen von Drosselklappen und Ventilen sowie durch Kondensat im Wärmeübertrager (bei Wärmeübertragern ohne Feuchterückgewinnung) geschehen. Somit müsste der Balanceabgleich regelmäßig überprüft und nachreguliert werden. Weil dies in der Praxis erfahrungsgemäß versäumt wird, sollten Systeme mit automatischem Balanceabgleich bevorzugt werden. Nachfolgend wird erläutert, welche technischen Systeme hierfür in Frage kommen.

3.2. Brandschutz

3.2.1. Gefahren durch Brand in Lüftungsanlagen

Lüftungsanlagen können im Brandfall, bedingt durch ihre Betriebsart, eine Ausbreitung von Feuer und Rauch begünstigen oder selbst Ursprung eines Brandes werden. Neben der Übertragung von Feuer ist insbesondere die Ausbreitung von Rauch und Brandgasen durch Lüftungsanlagen zu verhindern. Dieser Gefahr kann mit Hilfe eines risikogerechten Brandschutzkonzepts wirksam vorgebeugt werden [2]. Für die Entwicklung eigener Brandschutzkonzepte ist das grundlegende Verständnis der Ursachen sowie der Ausbreitung eines Brandes erforderlich.

Brandentstehung

Zur Brandentstehung können Lüftungsanlagen z.B. über defekte elektrische Anlagenteile, Überhitzung infolge Überlastung der Ventilatoren oder sonstiger bewegender sowie treibender Anlagenteile beitragen. Ein besonderer Gefahrenschwerpunkt liegt dabei in der Lüftungszentrale, weil hier die Brandlast aus Elektroleitungen mit möglichen Zündquellen zusammentreffen. Bei einem Brand in der Lüftungszentrale können Feuer und Rauch über die in mehreren Geschossen oder Brandabschnitten angeschlossenen Leitungen auf andere Gebäudebereiche übertragen werden [2].

Zur Vermeidung einer Brandentstehung sind daher Ventilatoren auf Überlastung und Übertemperatur zu überwachen (z.B. mittels Drehzahlüberwachung). Lufterhitzer müssen auf Übertemperatur überwacht werden und einen ausreichenden Abstand (mindestens 40 cm) zu brennbaren Stoffen aufweisen. Falls die Filter aus brennbaren Stoffen bestehen, müssen diese auf Funkenbildung überwacht und geerdet bzw. in den Potentialausgleich mit einbezogen werden.

Brandausbreitung

Feuer und Rauch können sich im Brandfall jeweils durch die Lüftungsanlagen auf die versorgten Gebäudebereiche und durch abschnittsübergreifende oder -verbindende Leitungen, Kanäle und Schächte auf andere Räume, Geschosse oder Brandabschnitte ausbreiten. Folgende Brandübertragungsursachen durch Lüftungsleitungen sind möglich:

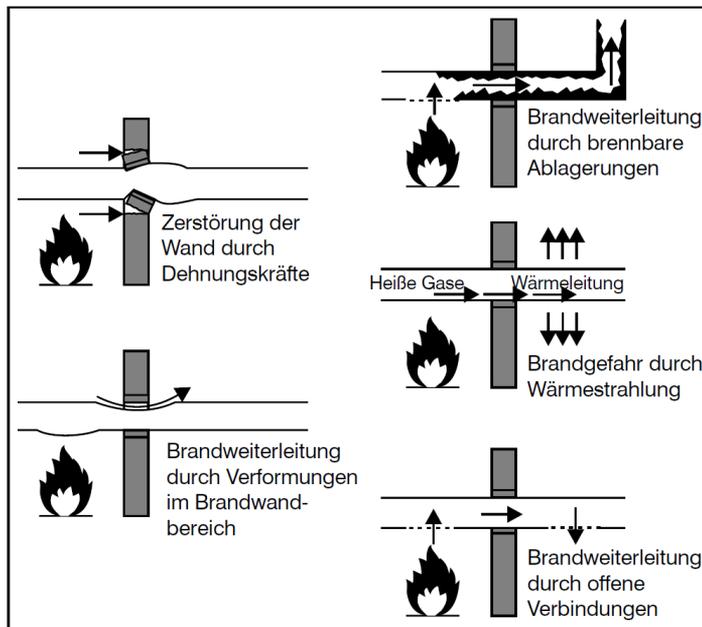


Abbildung 3: Brandübertragungsursachen durch Lüftungsleitungen; Quelle: [2]

Führt eine Lüftungsleitung durch brandschutztechnisch getrennte Bereiche (z.B. nicht versorgte Brandabschnitte), ist sie außerhalb des zu versorgenden Abschnittes feuerwiderstandsfähig, aus nichtbrennbaren Baustoffen sowie öffnungslos herzustellen [2].

Brandschutzkonzept für Lüftungsanlagen

Brandschutzmaßnahmen für Lüftungsanlagen können im Rahmen eines ganzheitlichen Brandschutzkonzeptes ergriffen werden. Das Brandschutzkonzept beschreibt allgemein die aufeinander abgestimmten Maßnahmen, die realisiert werden müssen, um die Möglichkeit der Brandentstehung zu verhindern bzw. die zu erwartenden Brandschäden auf ein verantwortbares Maß zu reduzieren. Ein grundlegendes Kriterium dabei ist das Erreichen der Schutzziele.

3.2.2. Herausforderung gesetzliche Grundlagen

Die große Herausforderung bei der Entwicklung von einheitlichen Brandschutzkonzepten sind die gesetzlichen und normativen Grundlagen: Allein in Österreich gibt es über 100 gesetzliche Regelungen im Brandschutz, über 250 Ö-NORMEN und EU-NORMEN sowie neun Bau- und Feuerpolizei-Gesetze. Dabei können von Bundesland zu Bundesland Unterschiede auftreten – es gibt keine einheitlichen Regeln im Brandschutz. Ein Sachverständiger meinte dazu: „In jedem Bundesland brennt es anders...“

Bei allen gesetzlichen Grundlagen muss man die Normenhierarchie beachten. Beispiele dazu: Gesetze sind Rechtsvorschriften, die durch gesetzgebende Organe (Nationalrat, Landtag) beschlossen wurden und kundgemacht sind. Verordnungen sind Rechtsvorschriften, die nur aufgrund von Gesetzen

erlassen werden dürfen; sie enthalten nähere Ausführungsregeln zu den Gesetzen. Wo in Gesetzen nicht näher bestimmte Begriffe verwendet werden, kommt die Normung zum Tragen.

Das Ziel im Projekt war die Entwicklung und Dokumentation von Brandschutzkonzepten, welche alle Schutzziele erfüllen, um in jedem österreichischen Bundesland angepasst an das jeweilige Gebäude zur Anwendung kommen zu können.

3.2.3. Normen und Regelwerke in Österreich

In der OIB Richtlinie 2 ist der Brandschutz im Gebäude, darunter auch für Lüftungsanlagen, in Österreich geregelt. Die aktuelle Fassung der OIB Richtlinien ist jene aus 2019: Die OIB-Richtlinien 2019 wurden in der Generalversammlung des OIB am 12. April 2019 unter Anwesenheit der Vertreter der Bundesländer beschlossen. Das Inkrafttreten der OIB-Richtlinien 2019 hängt allerdings von den einzelnen Bundesländern ab und wird jeweils separat beschlossen. Die vollständige Fassung der OIB Richtlinien sind unter [3] abrufbar.

Die OIB Richtlinie 2 beinhaltet unter anderem:

- Begriffsbestimmungen
- Allgemeine Anforderungen und Tragfähigkeit im Brandfall
- Ausbreitung von Feuer und Rauch innerhalb des Bauwerkes
- Ausbreitung von Feuer auf andere Bauwerke
- Flucht- und Rettungswege
- Brandbekämpfung

In österreichischen Lüftungsanlagen spielen zwei ÖNORMEN eine große Rolle: Die ÖNORM H 6031: Einbau und Erprobung von Brandschutzklappen, sowie die ÖNORM H 6027: Lüftungstechnische Anlagen, Feuerschutzabschlüsse auf Basis intumeszierender Materialien mit oder ohne mechanischem/s Verschlusselement, Verwendung und Einbau. Diese beiden Normen werden in Kapitel 4.3.1. genau erläutert.

3.2.4. Normen und Regelwerke in Deutschland

Die Grundlagen für den Brandschutz in Lüftungsanlagen in Deutschland bildet die Muster-Lüftungsanlagen-Richtlinie: Die Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Lüftungsanlagen (Muster-Lüftungsanlagen-Richtlinie – M-LüAR, im Folgenden „M-LüAR 2015“ genannt) wurde durch das DIBT-Berlin als amtliche Mitteilung am 10.02.2016 veröffentlicht.

Brandschutzmaßnahmen in Verbindung mit Gebäudeinstallationen, z.B. Lüftungs- und Leitungsanlagen, sind in Bauwerken sehr komplex. Die Muster-Lüftungsanlagen-Richtlinie von 2005, zuletzt geändert im Dezember 2015, und die auf Grundlage des Musters baurechtlich eingeführten Lüftungsanlagen-Richtlinien der Bundesländer beschreiben im Wesentlichen die zu erfüllenden baurechtlichen Schutzziele. Der Ersteller des Brandschutzkonzeptes definiert die erforderlichen projektspezifischen Schutzziele, die ggf. auch von der Lüftungsanlagen-Richtlinie abweichen können. Die Umsetzung dieser projektspezifischen Schutzziele muss durch den Fachplaner Lüftung in Abstimmung mit dem Ersteller des Brandschutzkonzeptes erfolgen. Die grundlegenden

brandschutztechnischen Schutzziele für Lüftungsanlagen werden in folgenden baurechtlichen Regelwerken definiert:

§ 14 Brandschutz, MBO 2002, zuletzt geändert in 2016

Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und deren Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.

§ 41 Lüftungsanlagen, MBO 2002, zuletzt geändert in 2016

(1) Lüftungsanlagen müssen betriebssicher und brandsicher sein; sie dürfen den ordnungsgemäßen Betrieb von Feuerungsanlagen nicht beeinträchtigen.

(2) Lüftungsleitungen sowie deren Bekleidungen und Dämmstoffe müssen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen; brennbare Baustoffe sind zulässig, wenn ein Beitrag der Lüftungsleitung zur Brandentstehung und Brandweiterleitung nicht zu befürchten ist. Lüftungsleitungen dürfen raumabschließende Bauteile, für die eine Feuerwiderstandsfähigkeit vorgeschrieben ist, nur überbrücken, wenn eine Brandausbreitung ausreichend lang nicht zu befürchten ist oder wenn Vorkehrungen hiergegen getroffen sind.

(3) Lüftungsanlagen sind so herzustellen, dass sie Gerüche und Staub nicht in andere Räume übertragen. [...]

In der „M-LüAR 2015“ können für Einzelfälle nicht alle Details so beschrieben werden, dass der Anwender sie ohne eine projektspezifische Schutzzielbetrachtung einsetzen kann. Die hier erarbeiteten Kommentare und Anwendungsempfehlungen sollen dabei helfen, die grundlegenden Lösungsvorschläge der Lüftungsanlagen-Richtlinie bei der ganzheitlichen Betrachtung eines Einzelfalls umzusetzen und die Nachweisführung der Erfüllung der Schutzziele zu vereinfachen.

Eine genaue Erläuterung der M-LüAR 2015 ist in [4], Kapitel 6.11 zu finden.

3.2.5. Normen und Regelwerke in der Schweiz

Brandschutz ist in der Schweiz eine staatliche Angelegenheit. Die entsprechenden Vorschriften anzuordnen und durchzusetzen ist eine hoheitliche Aufgabe. Gemäß schweizerischem Recht liegt die gesetzgeberische Kompetenz im Bereich Brandschutz bei den Kantonen.

Die Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF) als Dachorganisation der kantonalen Gebäudeversicherungen verfasste in der Vergangenheit Brandschutz-Mustervorschriften für die Kantone. Diese Mustervorschriften wurden 2004 erstmals, basierend auf der Interkantonalen Vereinbarung zum Abbau Technischer Handelshemmnisse (IVTH), für alle Kantone verbindlich erklärt. Somit galten, trotz kantonaler Zuständigkeit, ab dem 1. Januar 2005 für die ganze Schweiz materiell einheitliche Brandschutzvorschriften. Diese wurden nach 10 Jahren komplett überarbeitet, mit Beschluss vom 18. September 2014 für alle Kantone als verbindlich erklärt, am 1. Januar 2015 in Kraft gesetzt und seitdem leicht angepasst. Die teilrevidierten Brandschutzvorschriften 2015 sind nun seit dem 1. Januar 2017 in Kraft. Mit dem Vollzug sind in den Kantonen nach wie vor die kantonalen und/oder kommunalen Brandschutzbehörden beauftragt.

Die vollständigen Schweizerischen Brandschutzvorschriften VKF sind unter [5] online einsehbar. Die Vorschriften werden zudem ergänzt durch die VKF-anerkannten Stand-der-Technik-Papiere der Holzbranche (Lignum-Dokumentation Brandschutz).

3.2.6. Innovative Brandschutzlösungen auf Basis von Brandschutzkonzepten

Technisch gesehen legen "Brandschutzkonzepte" dar, wie bauliche, anlagentechnische und betriebliche Sicherheitsmaßnahmen in ihrem Zusammenwirken dabei helfen, einen bestimmten Schutzwert im Hinblick auf festgelegte Interessen bzw. ein "Schutzziel" zu erreichen. In diesem Sinne wird nachfolgend versucht, zentrale Lüftungsanlagen im Wohnungsbau so zu gestalten, dass die Schutzziele erreicht werden, mit mindestens einem der folgenden Interessen:

- Senkung der Investitionskosten
- Senkung der Wartungskosten
- Verbesserung der Anlageneffizienz
- Senkung der Fehleranfälligkeit
- Einsparung von Platz, insbesondere im Wohnbereich
- Verbesserung der Reinigungsmöglichkeiten der Anlage

In vielen Fällen ist es möglich, mehrere der genannten Vorteile bei gleichbleibender oder sogar verbesserter Sicherheit zu erreichen, insbesondere wenn das Brandschutzkonzept individuell auf das Bauvorhaben abgestimmt wird. Gerade bei nachträglichem Einbau in der Sanierung kann ein bewusstes Abweichen vom regulären Standardverfahren (normkonforme Variante) bedeutende technische und ökonomische Vorteile ermöglichen. Nachfolgende Kapitel zeigen hier innovative Lösungen auf, die auf die jeweiligen Erfordernisse des jeweiligen Gebäudes angepasst werden können.

3.3. Planungstool

Um die mittlerweile auch in der Öffentlichkeit allgemein anerkannten, in der Staatengemeinschaft definierten und in Österreich angestrebten Klimaschutzziele zu erreichen, ist u.a. die Errichtung und Modernisierung von energieeffizienten und auch im Betrieb klimaneutralen Gebäude unerlässlich. Solche Gebäude müssen hinsichtlich ihres Energie- und Primärenergieverbrauchs explizit auf diese Ziele hin geplant werden. Bereits bei der ersten Idee bzw. ersten Entwurf wird im Wesentlichen ihre Energieperformance festgelegt. Im Falle eines ungünstigen Entwurfes – bspw. bei einem Architektur-Wettbewerb – entstehen enorme Zusatzkosten, will man diese Objekte gegen Ende des Planungsprozesses noch energetisch optimieren. Einer der relevanten Preistreiber in der Planungsphase ist daher eine Planung, die die Klimaschutzziele als unerlässlichen Projektinhalt unzureichend berücksichtigt oder gar vernachlässigt. Um diese Fehler zu vermeiden, werden verlässliche, erprobte und validierte Tools als Planungshilfen benötigt. Damit wird den PlanerInnen eine ganzheitliche Projektierung ermöglicht und energetisch relevante Inhalte können von Anfang an mitgedacht und geplant werden.

Eine frühzeitige Einbindung der Planung und Dimensionierung von Lüftungsanlagen bereits im Vorentwurf von Projekten war bisher Großteils nicht vorhanden. Daraus resultierende Planungsfehler wie fehlende Flächen und Räume für zentrale Zu- und Abluftführung, fehlende Schächte und Durchbrüche oder über- oder unterdimensionierte Technikräume für die zentrale Lüftungstechnik führen bei der weiteren Genehmigungs- und Ausführungsplanung bis hin zur Ausführung eines Gebäudes oft zu unnötiger Kostensteigerung im Bereich der Lüftungsanlagen.

Auch der Brandschutz wurde in der frühen Planungsphase bisher nur wenig berücksichtigt. Dadurch entstehen oft aufwendige Brandschutzlösungen mit hohen Installations- und Wartungskosten, die zu vermeiden wären.

4 Projektinhalt

4.1. Volumenstromregelung & Balanceabgleich

4.1.1. Besonderheiten beim Balanceabgleich für Zentralanlagen im Geschosswohnbau

Gegenüber der Lüftungsanlage im Einfamilienhaus weist die Zentralanlage für mehrere Wohneinheiten zusätzliche Anforderungen und Besonderheiten auf.

Gesamtbalance am Zentralgerät

Werden von einem Zentralgerät mehrere Wohneinheiten versorgt, ist zunächst darauf zu achten, dass die zu- bzw. abgeführten Gesamtvolumenströme in Balance sind. Nur dann kann die volle Effizienz der Wärmerückgewinnung genutzt werden. Diese wird, wie nachfolgend beschrieben, automatisiert nachgeregelt.

Balanceabgleich der einzelnen Wohneinheiten

Zusätzlich zur Gesamtbalance besteht die Anforderung, die jeweiligen Wohneinheiten in Balance zu bringen. Es könnte in Summe für ein ganzes Gebäude (Geschosswohnbau) genau so viel Zu- wie Abluft gefördert werden, einzelne Wohneinheiten dagegen in Disbalance sein, nämlich dann, wenn sich Zu- und Abluftüberschüsse in Summe aufheben. Der Über- bzw. Unterschuss der Volumenströme in den einzelnen Wohneinheiten gleicht sich in diesem Fall entweder intern im Gebäude durch Querströmungen oder durch In- bzw. Exfiltration durch die Gebäudehülle aus. Beide Leckageströmungen können unerwünschte Effekte bewirken und sind daher weitgehend zu vermeiden. Werden einzelne Wohneinheiten im Über- bzw. Unterdruck betrieben, so kann es zu Geruchsübertragungen, z.B. aus Küchenräumen in das Treppenhaus (bei undichten Wohnungseingangstüren) oder zwischen den Wohneinheiten durch gebäudeinterne Leckagen kommen. In- bzw. Exfiltration durch die Gebäudehülle wurde bereits erläutert, wobei wiederum insbesondere die Exfiltration aufgrund der Gefahr von Bauschäden vermieden werden muss. Komforteinbußen durch Zugluft sowie die CO-Rückströmung bei Verbrennungsgeräten sind auch im Geschosswohnungsbau strikt zu vermeiden.

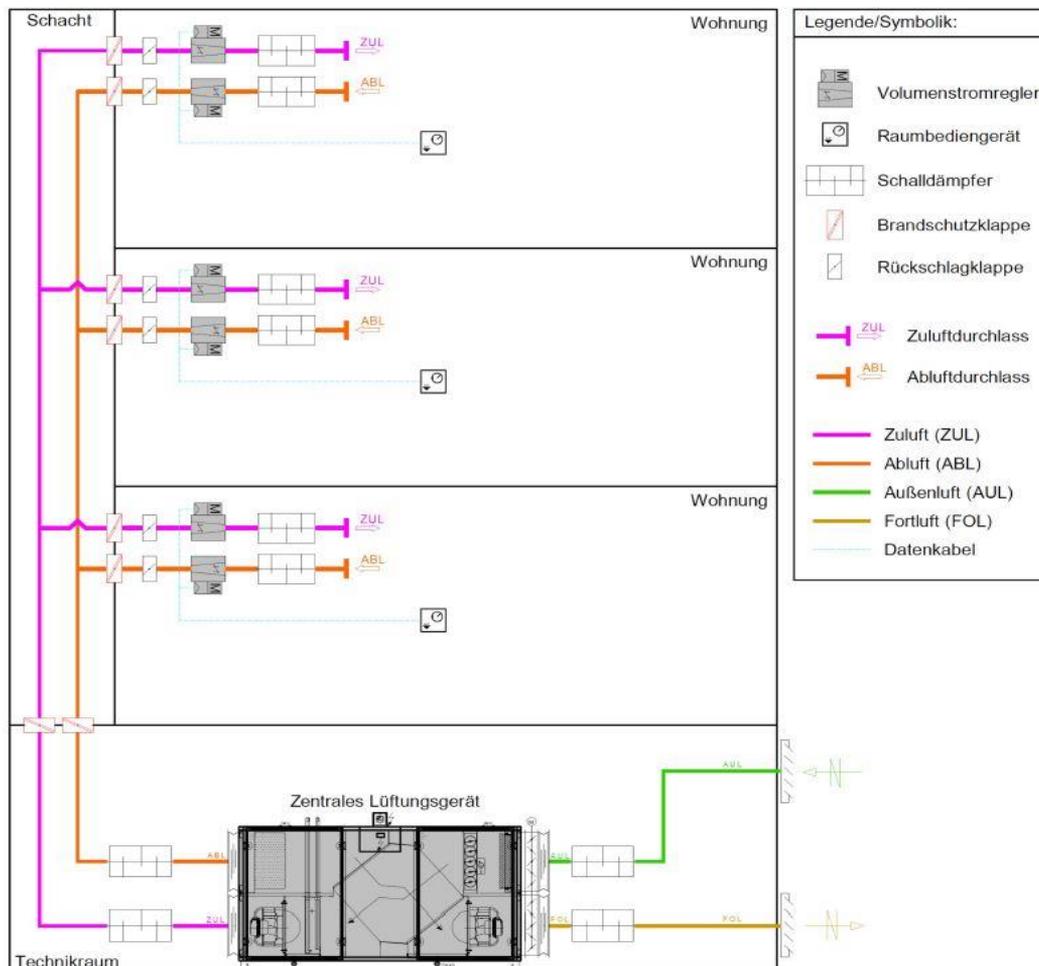


Abbildung 4: Lüftungsanlage im Geschosswohnbau, Zentrale und dezentrale Volumenstrombalance; Quelle: [6]

Um den Balanceabgleich wohnungswise durchzuführen, werden entweder aktive oder passive Volumenstromregler eingesetzt. Alternativ kann auch mit wohnungswisen Einzelventilatoren gearbeitet werden. Man spricht dann von einem sogenannten semizentralen System, weil ein Lüftungsgerät zwar mehrere Wohneinheiten gemeinsam versorgt, diese aber den jeweils gewünschten Zu-/Abluftvolumenstrom mit einem eigenen Ventilatorpaar erzeugen. Gegenüber der Drosselung durch Klappen bieten geregelte Ventilatoren zwar den Vorteil, dass die Strömungsenergie nicht dissipiert, allerdings weisen sie gegenüber großen Zentralventilatoren aufgrund ihrer geringen Baugröße deutlich geringere Ventilatoreffizienzen auf. Betrachtet man die Gesamteffizienz, so fällt diese bei semizentralen Systemen nur unwesentlich besser aus. Die Investitionskosten der Einzelventilatoren liegen aber im Vergleich zum System mit Volumenstromreglern im Wohnungsbau deutlich höher, daher wurden derartige Systeme in den letzten Jahren nur wenig realisiert. Im Bürobau mit größeren Untereinheiten gewinnt das semizentrale System aber wieder an Bedeutung. Nachfolgend wird der Balanceabgleich im Falle von Einzel- und Zentralventilatoren erläutert.

4.1.2. Automatischer Balanceabgleich durch volumenstromgeregelter Ventilatoren

Ist der von einem Ventilator geförderte Volumenstrom bekannt, so kann er auf den jeweiligen Sollwert gesteuert werden. Wird einer der beiden Ventilatoren, z. B. der Zuluftventilator, auf einen bestimmten

Wert eingestellt (dieser wird in der Steuerung als „Master“ bezeichnet) und kann dieser konstant gehalten werden, muss der zweite Ventilator, in diesem Fall der Abluftventilator (bezeichnet als „Slave“) auf den gleichen Wert nachgeregelt werden. Auf diese Weise wird für alle Volumenstromereinstellungen eine automatische Balance erreicht, deren Genauigkeit von den beiden Absolutwerten der Volumenstrommessung abhängt. Wie eine solche Volumenstrom-Konstantregelung technisch umgesetzt wird, hängt von der Baugröße und dem zulässigen Aufwand ab. Große Ventilatoren verfügen heute häufig bereits über *Druckmessstutzen an der Einlaufdüse des Ventilators*.

Wenn im Umkreis der Einlaufdüse keine störenden Elemente verbaut sind, kann über eine Druckdifferenzmessung zwischen statischem Druck vor der Einlaufdüse und dynamischem Druck an der Engstelle der Düse bei einem kalibrierten Ventilator mit einer Genauigkeit von +/-2% auf den Volumenstrom geschlossen werden. Eine Balanceregulierung erreicht damit im ungünstigsten Fall eine Genauigkeit von 4%, für diesen Zweck also vollkommen ausreichend. Am höchsten fällt die Genauigkeit aus, wenn der Ventilator direkt in der Einbaulage im Gerät kalibriert wird. Auch dies wird von einigen Herstellern angeboten.

Eine kostengünstigere Methode, die eher bei kleinen Ventilatoren eingesetzt wird, ist die elektronische Steuerung von Volumenkonstantventilatoren (mit vorwärts gekrümmten Schaufelblättern) über die Messung der Drehzahl und der Leistungsaufnahme. Die im Labor bestimmte Genauigkeit dieses Verfahrens liegt bei ca. 5%. Im mittleren und oberen Volumenstrombereich sind noch bessere Genauigkeiten möglich.

4.1.3. Wohnungsweiser Balanceabgleich mittels variabler aktiver Volumenstromregler

Zur Messung des Volumenstroms wird eine Messblende oder ein Messkreuz mit Druckdifferenzmessung eingesetzt. Dabei ist der Volumenstrom nach Bernoulli proportional zur Wurzel der Druckdifferenz. Die Regelung versucht über den Stellantrieb der motorisch betriebenen Drosselklappe den gewünschten Sollwert des Volumenstroms zu erreichen. Der nachfolgend dargestellte aktive Volumenstromregler wurde an der UIBK mit dem gleichen Prüfaufbau wie die nachfolgend erläuterten passiven Volumenstrombegrenzer getestet. Für die Genauigkeit ist dabei sowohl die Winkelgenauigkeit des Klappenblattantriebes als auch die Stellzeit bei dynamischen Volumenstromänderungen relevant.



Abbildung 5: Aktiver Volumenstromregler LMV-D3-MF-F (Quelle: Fa. Pichler)

4.1.4. Wohnungsweiser Balanceabgleich mittels passiver Konstantvolumenstromregler bzw. Volumenstrombegrenzer

Passive Volumenstromregler benötigen keine Spannungsversorgung, hier übernehmen rein mechanische Komponenten die Regelungsaufgabe. In nachfolgender Abbildung 6 werden die an der UIBK untersuchten Modelle in der Schnittdarstellung sowie Ansicht gezeigt. Die Regler arbeiten aufgrund von aerodynamischen Kräften des Luftstroms. Dabei wird die Regelklappe so verstellt, dass auf einen vorgegebenen Volumenstrom hin geregelt wird. Voraussetzung ist ein gewisser Vordruck, welcher vom Hersteller angegeben wird. Aufgrund der Luftströmung entsteht an der Regelklappe ein Drehmoment, welches in Schließrichtung wirkt. Dieses wird durch einen Regelbalg verstärkt. Hierbei strömt die Luft durch eine Öffnung in die Klappe hindurch und staut sich dann im Regelbalg. Dieser dient auch gleichzeitig als Dämpfungselement und verhindert somit Schwingungen bei der Volumenstromregelung. Eine Feder wirkt diesem Moment in Schließrichtung entgegen, deren Federkraft (und damit die Volumenstromvorgabe) über eine Schraube eingestellt werden kann.

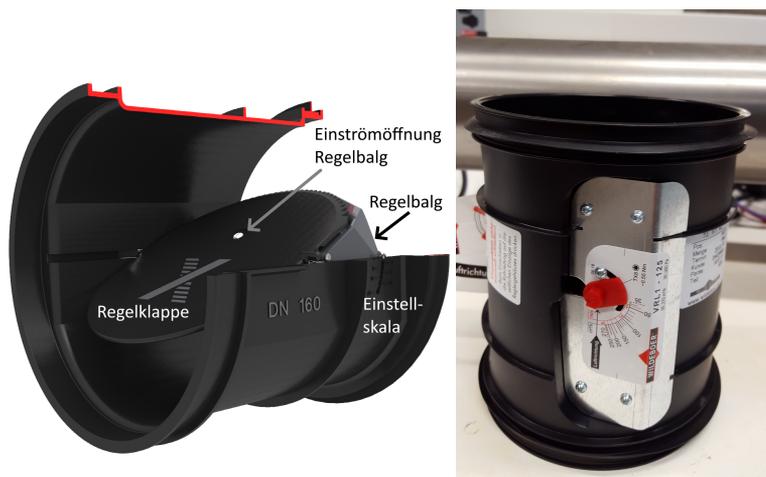


Abbildung 6: Passive Volumenstromregler; Quelle: TROX GmbH, KVS-Regler Serie VFL

4.1.5. Auslegung von Lüftungsanlagen

Die Auslegung der Lüftungsanlagen über die personenunabhängige Abluftforderung der ÖNORM H 6038 führt zum Teil zu wesentlich höheren Volumenströmen als der erforderliche personenbezogene Luftwechsel von $20 \text{ m}^3/(\text{h Person})$. Somit stellt sich die Frage, ob sich durch eine Reduktion der Volumenströme ein effektiveres und kostengünstigeres System erstellen lässt.

Sinnhaftigkeit

Durch die Stufenschaltung (2 oder 3 Stufen) kann zwar auf das Nutzungsverhalten der Bewohner eingegangen werden, allerdings bringt dies höhere Investitionskosten mit sich, weshalb viele Bauherren reine Abluftanlagen bevorzugen. Ebenso werden die Lüftungsanlagen mit Stufenschaltung oft nur auf der kleinsten Stufe gefahren, auch wenn die Bewohner zu Hause sind. Dies wirft die Frage auf, ob eventuell übertechnisierte Anlagen benutzt und auch mit weniger Aufwand ein angenehmes Raumklima erzeugt werden könnte – etwa durch einen Kompromiss zwischen mechanischer und natürlicher Belüftung. Wenn die Bewohner und weitere Besucher anwesend sind und die Belastung der Raumluft ansteigt, hat dieser Ansatz auch die Möglichkeit, den erforderlichen Luftwechsel über

Fensterlüftung zu kompensieren. Dies würde niedrigere Investitions- sowie Betriebskosten für die Lüftungsanlage bedeuten.

Optimierung

Durch eine sinnhafte Optimierung der Lüftungsanlage bzw. einem Low-Tech-Konzept könnte man Kosten und Ressourcen sparen (kleiner Schächte, kleiner Leitungen und weniger Dämmaufwand) ohne auf den Komfort einer Zu- und Abluftanlage verzichten zu müssen. Ein Lösungsansatz dafür ist die Verwendung von voreingestellten Volumenstromreglern (mechanische Bedienung), welche ganzjährig denselben Volumenstrom fördern. Hierzu müsste die Dimensionierung eben dieser Volumenströme nochmals überdacht werden.

Volumenstromregler (VSR)

Eine Liste mit den gängigen, am Markt erhältlichen VSR zeigt, welche Volumenstromregler für solche Einsatzbereiche sinnvoll sind. Die wichtigsten Kriterien für einen VSR in diesem Einsatzbereich sind ein möglichst kleiner Vordruck, kleine Volumenströme, mechanische Bedienbarkeit und ein niedriger Preis. Aus 32 betrachteten VSR wurden vier ausgewählt, welche die Bedingungen am besten erfüllen.

Tabelle 1: Ausgewählte VSR für Low-Tech-Lösungen

Bezeichnung	Hersteller	Größen	V_min [m³/h]	V_max [m³/h]	Min. Druck [Pa]	Max. Druck [Pa]	Fehlertoleranz
EVb	Pichler	DN 80	13	110	30	300	
VRL 1	WILDEBOER	DN 80 bis DN 250	13	1060	30	300	
VFL Serie	Trox	DN 80 bis DN 250	14	764	30		±10 %
VFC Serie	Trox	DN 80 bis DN 250	22	1332	30		±10 %

4.2. Konzeption Riesenflowfinder / druckkompensierte Volumenstrommessung

Für die Überprüfung des Balanceabgleichs bedarf es einer hochgenauen Volumenstrommessung, da dieser sich als Differenz der Absolutwerte des Zu- und Abluft bzw. des Außenluft- und Fortluftvolumenstroms ergibt. Aus energetischer Sicht können ca. +/-10% des Nennvolumenstroms als Disbalance toleriert werden, d.h. die relative Messgenauigkeit sollte idealerweise bei ca. 1-2%, maximal bei 3% liegen. Kostengünstige Messverfahren, wie Staudruckmessung (mit Venturirohr) bzw. Messkreuze (siehe Beispiel in Abbildung 7) scheiden aus, da in aller Regel nicht mit den dafür erforderlichen Einbaumöglichkeiten in bestehenden Anlagen zu rechnen ist (Eingriff in laufende Anlage, Platzbedarf, erforderliche Beruhigungsstrecken, etc.).



Abbildung 7: Messkreuz mit digitaler Anzeige; Quelle: KIMO Instruments

Mobile Messkreuze, wie in Abbildung 8 ersichtlich, haben einen zu geringen Messbereich bzw. ist der Druckverlust bei höheren Volumsströmen zu groß, sodass der Volumsstrom der Anlage direkt von der Messung beeinflusst wird und somit für eine genaue Messung unbrauchbar ist.



Abbildung 8: Airflow Meter; Quelle: KIMO Instruments

Für eine Anemometermessung ist ebenfalls eine gut ausgebildete Strömung (lange Beruhigungstrecke) erforderlich, ansonsten reduziert sich die Messgenauigkeit erheblich. Aufgrund der erforderlichen punktwisen Abrasterung des Strömungsprofils, sowohl in der X-Ebene als auch in der Y-Ebene, handelt es sich darüber hinaus um eine zeitaufwendige Messmethode mit eingeschränkter Reproduzierbarkeit (Veränderung des Volumenstroms während der Messung). Ein Messgerät dieser Bauweise findet sich als Beispiel in Abbildung 9.



Abbildung 9: Airflow Meter; Quelle: KIMO Instruments

Die wohnungsweise Messung der Volumenströme muss schnell und „schmutzfrei“ (also ohne bauliche Eingriffe) erfolgen können, um die BewohnerInnen minimal zu stören. Bei den kleineren Volumenströmen in Wohnungen und damit Zu- und Abluftventilen/-auslässen wird mit Trichtern bzw. Volumenstrom-Messhauben gemessen. Für die Messung der Gesamt-Disbalance am Zentralgerät muss ein etwas aufwändigerer Messaufbau gewählt werden. Es bleiben die Tracergasmessung und die druckkompensierte Blendenmessung als geeignete Messmethoden übrig. Die Anschaffung eines Tracergasmessgeräts scheidet aufgrund der hohen Anschaffungskosten von etwa 55.000 EURO aus.

Im Projekt E.Vent wurde daher eine mit Stützventilator druckkompensierte Volumstrommessung für hohe Volumenströme gewählt. Dafür gibt es keine marktgängigen Produkte, sehr wohl wird diese Methode aber als das Mittel der Wahl für genaue Prüfstandsaufbauten (in Einzelanfertigung) gewählt. Da das Konsortium über das notwendige Know-how für den Bau verfügte, wurde eine portable Messeinrichtung, ein portables Messgerät mit Messeinheit und Stützventilator, für Messungen an zentralen Frischluft- und Fortluftauslässen konzipiert, aufgebaut und eingesetzt. Ähnlich einem Blower-Door Messprinzip wurde das Messkonzept für einen „Riesenflowfinder“ konzipiert (Abbildung 10).

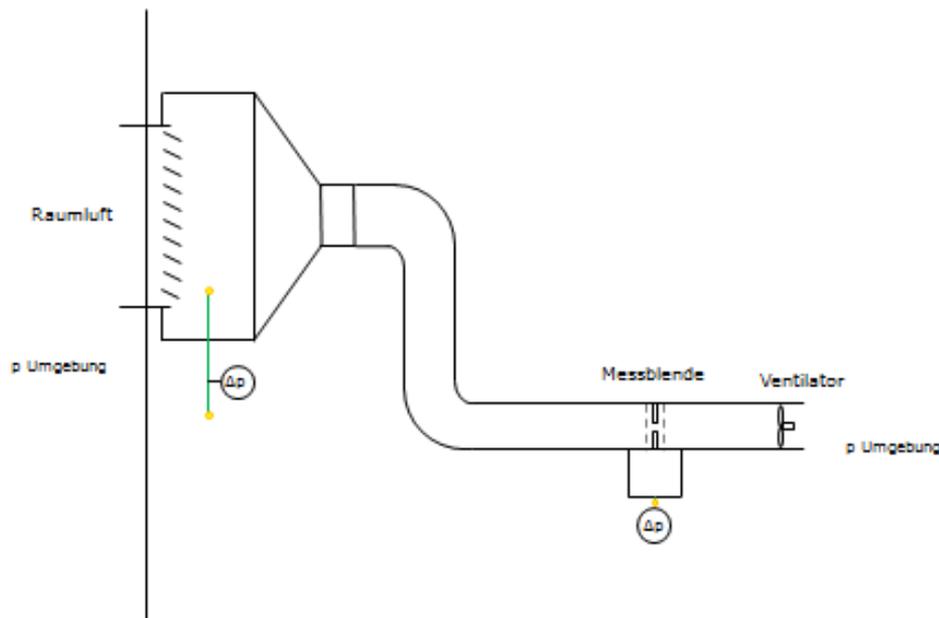


Abbildung 10: Vorschlag Messaufbau für E.Vent zur Balancemessung am Gesamtlüftungssystem; Quelle: Waldemar Wagner/AEE INTEC, Christoph Speer/UIBK

Folgende Komponenten umfasst dieser Messaufbau (Abbildung 10):

- Anpassbare Trichterkonstruktion zum Anlegen an die Lüftungsgitter/-auslässe (100 x 50 cm)
- Flexibler Flexrohr-/Schlauchanschluss (3 bis 5 m)
- Messblende / thermischer Massen-Durchfluss
- Differenzdruckmessung

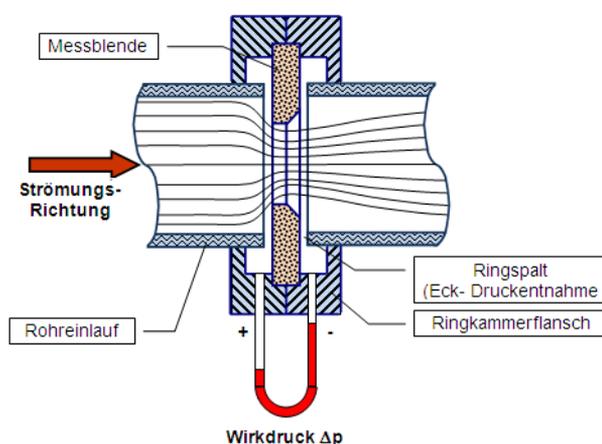


Abbildung 11: Schema einer Blendenmessstrecke mit Eckdruckentnahme nach DIN EN ISO 5167-2; Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Messblende>, abgerufen am 9.6.2020, 9:50

Die Messblende wurde durch ein thermisches Massen-Durchfluss-Messsystem der Type: FMT400-VTS ersetzt (Abbildung 12).

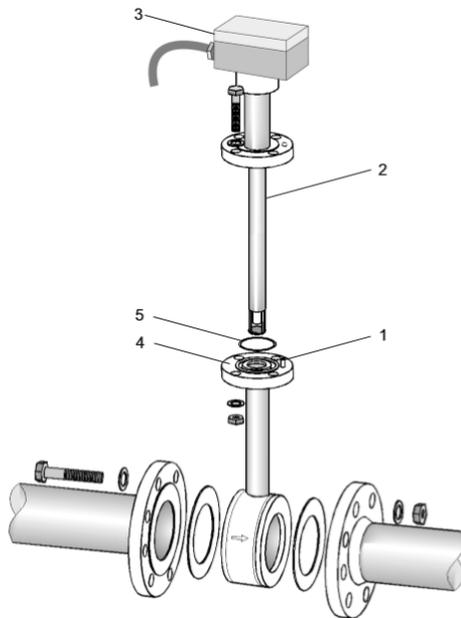
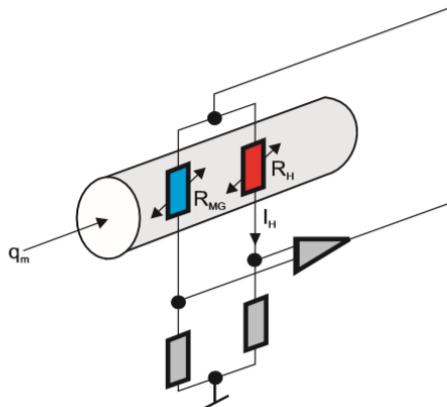


Abbildung 12: Schema der thermischen Massen-Durchflussmessung; Quelle: Anleitung Sensyflow FMT400-VTS



G00825

Abbildung 13: Prinzip Schaltbild der thermischen Massen-Durchflussmessung; Quelle: Anleitung Sensyflow FMT400-VTS

Physikalische Grundlage der Messung

Thermische Durchfluss-Messverfahren (Abbildung 13) nutzen unterschiedliche Wege, um die strömungsabhängige Abkühlung eines erhitzten Widerstands als Messsignal auszuwerten. Beim Heißfilmanemometer mit konstanter Temperaturdifferenzregelung wird der beheizte Platinwiderstand auf einer konstanten Übertemperatur gegenüber einem unbeheizten Platinfühler im Gasstrom gehalten. Die zur Aufrechterhaltung der Übertemperatur notwendige Heizleistung ist dabei direkt abhängig von der Strömungsgeschwindigkeit und den stofflichen Eigenschaften des Gases. Bei bekannter (und konstanter) Gaszusammensetzung lässt sich der Massestrom ohne zusätzliche Druck- und Temperaturkompensation durch elektronische Auswertung der Heizstrom/Massestromkurve ermitteln. Mit der Normdichte des Gases ergibt sich hieraus unmittelbar der Norm-Volumenstrom. Bei

der hohen Messbereichsdynamik von bis zu 1:100 werden Genauigkeiten von kleiner 1 % vom Messwert realisiert.

Stützventilator

Der Stützventilator hat die Aufgabe, die Druckverluste des kompletten Messsystems zu kompensieren. Das Lüftungssystem wird somit vom Messsystem nicht beeinflusst. Die Drehzahl des Stützventilators wird so eingestellt, dass der Differenzdruck zwischen Lüftungsauslass (Einlass) und Umgebung gleich Null ist.



- Drehzahlsteuerung über externen Stufentrafo
- Spannungsgesteuerte Anpassung der Luftleistung



Laufrad: Diagonalventilator mit dreidimensional geformten Laufschaufeln, denen ein dreidimensional geformter Stator nachgeschaltet ist. Dies ergibt einen ausgezeichneten aerodynamischen Wirkungsgrad. Das Laufrad ist in zwei Ebenen ausgewuchtet (GG.3 DIN ISO 1940).

Motor: Asynchron-Kondensatormotor ausgelegt für Spannungssteuerung mittels Transformator. Der Motor ist geschützt im Nabenbereich untergebracht und übt keine störenden Einflüsse auf die Aerodynamik aus. Ein eingebauter Thermostatschalter schützt den Motor vor Überlastung.

Gehäuse: Bis Baugröße 200 Gehäuse aus Polyamid, Baugröße 250 bis 355 Gehäuse aus verzinktem Stahlblech. Ab Baugröße 400 ist das Gehäuse aus AlMg3 hergestellt.

Montage: Variable Einbaulage, horizontaler und vertikaler Einbau möglich. Direkte In-Line Montage in das Rohrnetz. Integrierte Montagekonsole für einfache Ventilatorbefestigung.

Preiswert und effizient: ETALINE setzt den Standard für hohe Wirkungsgrade im gesamten Kennlinienfeld. Der drehzahlsteuerbare Motor ist zudem eine attraktive Alternative zu deutlich teureren Steuerungskonzepten.

Energiesparende Alternative: Die hohe Effizienz des ETALINE basiert auf seiner aerodynamischen Güte. Aufgrund der axialen Durchströmung minimiert diese Baureihe die Einbauperluste im Vergleich zu Radialventilatoren deutlich.

Flexibel und kompakt: Durch die hohen aero-

Abbildung 14: Stützventilator zum Druckausgleich für Gesamt-System; Quelle: ruck Ventilatoren GmbH

Im jeweiligen Messfall wurden die konkreten Messbedingungen (Zugang zu der Luftansaugung bzw. -auslass) geprüft und das Volumenstrommessgerät („Großgerät“ oder „Riesenflowfinder“) mit Druckkompensation für höhere Volumenströme am Zentralgerät zur Messung der Disbalance von gesamten Lüftungssystemen herangezogen (siehe Messungen Kapitel 5.1.6.).

4.2.1. Luftmengenregler in den vermessenen Wohnungen

Das Bedienelement für die Luftmengeneinstellung in den gemessenen Wohnungen in Graz besteht aus einem Drehregler inklusive Taster mit LED (Abbildung 15). Der Drehregler dient der stufenlosen Einstellung zwischen Grund- und Maximallüftung. Der Taster mit LED-Anzeige dient der Einstellung einer „Partylüftung“ mit einer vordefinierten Laufzeit von 30 Minuten.

Wird der Taster betätigt, leuchtet die Leuchtdiode grün und die Luftmenge wird auf den Maximalwert erhöht. Nach Ablauf der Laufzeit von 30 Minuten erlischt die Leuchtdiode und die Lüftung fährt auf den Volumenstrom laut Drehregler zurück.

Für die Datenauswertung wurde die Stellung des Drehreglers von Stufe 0 bis Stufe 10 angenommen. Dabei beschreibt Stufe 0 (-) die minimale Luftmenge und Stufe 10 (+) die maximale Luftmenge.



Abbildung 15: Bedienelement für die Luftmengeneinstellung in den Wohnungen der Wohngebäude Albert Schweitzer Gasse 14 und Am Rehgrund 17, beide in Graz; Quelle: Lufttechnik Schmeißer

4.3. Brandschutz

4.3.1. Einsatz unterschiedlicher Brandschutzkomponenten (Österreich)

Der Einsatz von unterschiedlichen Brandschutzelementen weist verschiedene Vor- und Nachteile auf. Während Brandschutzklappen in jeder Größe und Form einsetzbar sind, haben FLI-VE eine begrenzte Nennweite. Im Gegenzug unterliegen die FLI-VE keiner regelmäßigen Kontrollprüfung, wohingegen Brandschutzklappen mind. einmal jährlich einer visuellen und funktionellen Kontrolle unterzogen werden müssen. Dies erfordert das Vorhandensein einer Revisionsluke und führt zu deutlich höheren Kosten im Hinblick auf die Wartung der Anlage. FLI-VE können wiederum nur in Kombination mit Kaltrauchsperrern zum Einsatz kommen, welche zusätzliche Druckverluste verursachen und fehleranfällig sind. Im Folgenden werden die verschiedenen Komponenten detailliert im Hinblick auf Vor- und Nachteile bei einem Einbau in Lüftungssysteme in Österreich beschrieben.

Brandschutzklappen

Brandschutzklappen sind bewegliche Absperrorgane in Lüftungsleitungen. Sie müssen in die Lüftungsleitungen beim Durchtritt durch brandabschnittbegrenzende Bauteile (Brandwände oder brandbeständige Decken) eingebaut sein und sind hochbrandhemmend oder brandbeständig gemäß ÖNORM H 6025. Brandschutzklappen werden im Normalbetrieb offengehalten und haben im Brandfall die Leitung an der Brandabschnittsgrenze selbsttätig gegen Brandrauch- und Flammendurchtritt abzuschließen. Das Verschlusselement (Klappenblatt oder Lamellen) innerhalb des Gehäuses kann durch thermische, rauchempfindliche oder manuelle Auslösemechanismen aktiviert werden. Die Auslösung der Klappe erfolgt durch ein Schmelzlot oder thermoelektrisch über einen Federrücklaufmotor ab 72°C bzw. 95°C bzw. über Automationssystem und Stellmotor. Dadurch wird in geschlossener Stellung die raumabschließende Wirkung der Klappe herbeigeführt.

Alle Anforderungen an Brandschutzklappen sind in der ÖNORM H 6025 („Lüftungstechnische Anlagen – Brandschutzklappen (BSK)“) ausgeführt. Brandschutzklappen dürfen ab dem 01.09.2012 in der EU

nur dann in Verkehr gebracht werden, wenn diese eine CE-Kennzeichnung tragen. Die Voraussetzung für eine CE-Kennzeichnung ist die Konformität mit der Produktnorm ÖNORM EN 15650, der Prüfnorm ÖNORM EN 1366-2 und der Klassifizierungsnorm ÖNORM EN 13501-3.

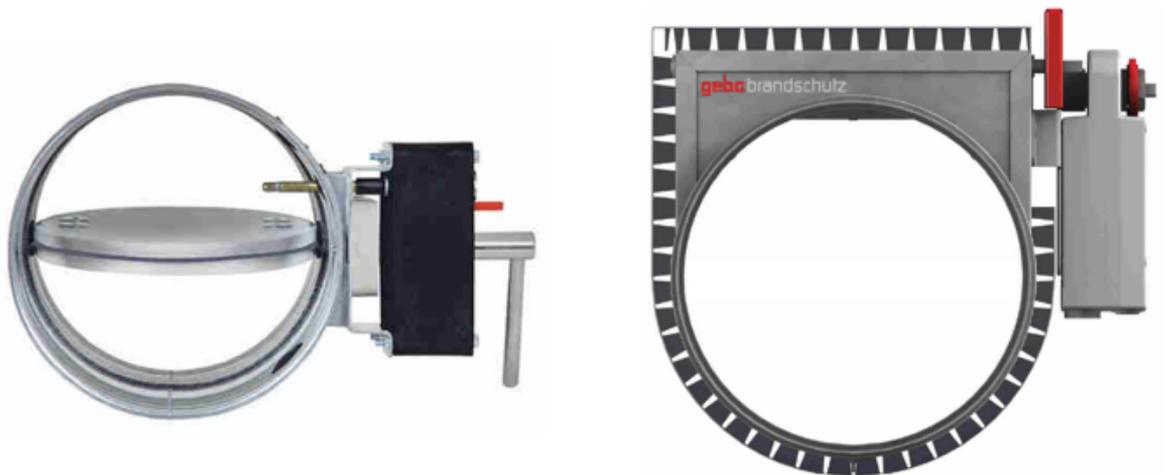


Abbildung 16: Brandschutzklappe, links mit Klappenblatt im Querschnitt, rechts ohne Klappenblatt im freien Querschnitt; Quelle: Fa. Geba

Die Brandschutzklappen sind mit Antrieb und Auslösevorrichtung als Einheit geprüft und auch als solche gemeinsam einer periodischen Kontrollprüfung zu unterziehen. Umfang und Anforderung an diese Prüfung sind in der ÖNORM H 6031 („Lüftungstechnische Anlagen — Einbau und Kontrollprüfung von Brandschutzklappen und Brandrauch-Steuerklappen“) beschrieben. Auslösevorrichtungen, Stellantriebe, Endschalter u. a. müssen für die Überprüfung zugänglich sein. In Abhängigkeit der vorhandenen Einbausituation und Klappenausführung müssen Kontrollöffnungen in den angeschlossenen Luftleitungen vorhanden sein. Das Intervall sowie der Umfang der Kontrollprüfung sind gemäß behördlicher Vorschriften und den Herstellerangaben festzulegen. Es wird ein halbjährliches Überprüfungsintervall empfohlen. Die Kontrollprüfung besteht aus einer visuellen und einer funktionellen Kontrolle und ist mindestens einmal jährlich durchzuführen. Hierfür sind bauseitige Revisionsöffnungen in Unterdecken, Schachtwänden, anschließenden Lüftungsleitungen etc. in ausreichender Anzahl und Größe vorzusehen.

FLI und FLI-VE

FLI-VE ist die Kurzbezeichnung für Feuerschutzabschlüsse in Lüftungsleitungen auf Basis intumeszierender Materialien mit mechanischem Verschlusselement. Als Intumeszenz wird eine Ausdehnung oder das Anschwellen eines Körpers, also eine Volumenzunahme ohne chemische Umwandlung bezeichnet. Beim Brandschutz bedeutet der Begriff intumeszierend das zweckdienliche „Schwellen“ bzw. Aufschäumen von Materialien.

Die ÖNORM H 6027 legt die Anforderungen an die Verwendung und den Einbau von Feuerschutzabschlüssen in Lüftungsleitungen auf Basis intumeszierender Materialien mit mechanischem oder ohne mechanisches Verschlusselement in Bauwerken fest. Intumeszierende Feuerschutzabschlüsse können unter bestimmten Voraussetzungen in Lüftungstechnischen Anlagen, dort wo Luftleitungen einen Brandabschnitt durchstoßen, die Ausbreitung von Feuer und Rauch durch die Luftleitung verhindern. Intumeszierende Feuerschutzabschlüsse sind ohne begleitende

Maßnahmen nicht geeignet, den Durchtritt von Rauch mit einer Temperatur unterhalb der Auslösetemperatur des intumeszierenden Materials zu verhindern. Das heißt, Feuerschutzabschlüsse müssen zur Vermeidung der Rauchübertragung zwingend mit einer Kaltrauchsperrre montiert werden. Sie sind deshalb nicht gleichwertig und kein Ersatz für automatisch über rauchempfindliche Elemente auslösende Brandschutzklappen und dürfen nur in jenen Anwendungsfällen verwendet werden, in denen solche automatischen Klappen nicht eingesetzt werden müssen. Die Anwendung von Feuerschutzabschlüssen in Lüftungsleitungen auf Basis intumeszierender Materialien mit mechanischem oder ohne mechanisches Verschlusselement wird z. B. durch Vorgaben der Behörde, einschlägige technische Richtlinien oder durch ein Brandschutzkonzept geregelt. Die Anforderungen, Nachweise, Güteüberwachung und Kennzeichnung werden in den Verwendungsgrundsätzen OIB-095.4-001/06-005 und OIB-095.4-002/05-009 Ausgabe 2006.04 festgelegt.

Der intumeszierender Feuerschutzabschluss FLI hat eine thermische Auslösung bei 150°C-170°C, das mechanische Verschlusselement VE eine thermische Auslösung bei 70°C-75°C. Feuerschutzabschlüsse müssen zur Vermeidung der Rauchübertragung zwingend mit einer Kaltrauchsperrre montiert werden. Weiters ist die Schließung dieser gravimetrisch wirkenden Rückschlagklappe ausschließlich bei ausgeschaltetem Zentrallüftungsgerät gewährleistet. D.h. eine externe Rauchdetektion, die zur Abschaltung des Lüftungsgerätes führt, ist Voraussetzung für die Erreichung des Schutzzieles „Vermeidung der Rauchübertragung“ unterhalb des Temperaturniveaus für die Auslösung des Klappenblattes bei ca. 72°C.

Eine Übereinstimmung des Produktes FLI-VE mit den Bestimmungen der Verwendungsgrundsätze wird mit dem Übereinstimmungszeugnis und der ÜA-Kennzeichnung dokumentiert. Die maximale Nennweite ist mit 160 mm beschränkt. Es sind auch geprüfte Produkte mit größerer Nennweite verfügbar, die aber keine ÜA-Kennzeichnung haben und daher nur mit behördlicher Genehmigung eingesetzt werden dürfen.

Aufgrund der Bauart und Funktionsweise von Feuerschutzabschlüssen ist eine regelmäßige Kontrollprüfung dieser Feuerschutzabschlüsse nicht erforderlich. Vom Montageunternehmen, das den Feuerschutzabschluss einbaut, muss dem Auftraggeber jedoch ein schriftliches Installationsattest entsprechend der ÖNORM H 6027 ausgestellt werden.

Kaltrauchsperrren

Kaltrauchsperrren werden in Kombination mit FLI-VE eingesetzt. Sie können den Durchtritt von Rauch mit einer Temperatur unterhalb der Auslösetemperatur des intumeszierenden Materials durch Luftleitungen verhindern. Sie bestehen aus einer Luftrückschlagklappe, die bei Umgebungstemperatur gegen die Strömungsrichtung luft- und rauchdicht ausgeführt ist. Sie müssen bei einer Druckdifferenz von weniger als 10 Pa in Strömungsrichtung geschlossen sein.

Vor- und Nachteile Brandschutzklappe vs. FLI-VE

Die nachfolgende Tabelle 2 stellt Eigenschaften von Brandschutzklappen und FLI-VE gegenüber.

Tabelle 2: Brandschutzklappe vs. FLI-VE

	Brandschutzklappe	FLI-VE
Kontrollprüfung	Mindestens einmal jährlich durchzuführen; eine Revisionsluke muss vorhanden sein	Keine regelmäßige Kontrolle notwendig
Maximale Größe	Offen, eckig und rund möglich	Maximale Nennweite 160 mm, nur rund
Druckverluste	Niedrig, freier Querschnitt ist möglich	Niedrig, freier Querschnitt ist möglich. Aber nur in Kombination mit Kaltrauchsperrung, daher hohe Druckverluste

Der Einsatz von Brandschutzklappen bietet keine Einschränkung bezüglich Form und Größe der Lüftungsleitung. Allerdings ziehen die jährlichen Kontrollprüfungen Wartungskosten nach sich, die über den Lebenszyklus nicht zu vernachlässigen sind und einen erheblichen Mehraufwand gegenüber FLI-VE darstellen.

FLI-VE bieten den Vorteil, keiner Überprüfung zu unterliegen und damit fallen keine laufenden Wartungskosten an. Hierbei sei aber erwähnt, dass nach Herstellerangaben durchaus eine Überprüfung anfallen kann: Oft finden sich Hinweise zu Überprüfungen in Anleitungen und Inbetriebnahme-Protokollen. Die maximale Nennweite von 160 mm schränkt die Einsatzmöglichkeiten ein, wobei es auch FLI-VE mit größeren Nennweiten am Markt gibt. Diese dürfen jedoch nur unter speziellen Gegebenheiten und bei Verwendung eines Brandschutzkonzepts eingesetzt werden. Die zwingende Kombination mit einer Kaltrauchsperrung ist ein weiterer Nachteil. Kaltrauchsperrungen verursachen hohe Druckverluste und sind in der Praxis recht fehleranfällig. Da sie aber keiner Kontrolle unterliegen, bleiben diese Fehlfunktionen oft unentdeckt.

Vergleichskriterium Kosten

Dieses Vergleichskriterium kann man nach Investitionskosten, Betriebskosten und Wartung aufschlüsseln. Die Investitionskosten sind für Brandschutzklappen im Vergleich zu FLI-VE inkl. Kaltrauchsperrung ähnlich hoch. Je nach Anbieter können geringfügige Unterschiede auftreten – der Preis für die einzelne Komponente ist hier meistens aber nicht ausschlaggebend. Bei Brandschutzklappen muss zusätzlich eine Revisionsluke geplant und eingebaut werden, was zu einem Mehraufwand führen kann.

Die Betriebskosten fallen für FLI-VE plus Kaltrauchsperrung leicht höher aus, da der Druckverlust zu leicht höherem Strombedarf führt.

Die Wartungskosten für Brandschutzklappen wiegen recht schwer. Mehrere Objekte und deren Wartungsverträge wurden analysiert; dabei wurde eine große Bandbreite bei den Wartungskosten für Brandschutzklappen festgestellt. In erster Linie hängen die Kosten von der Anzahl der Brandschutzklappen ab, ob Revisionsöffnungen vorhanden sind und wie gut die Brandschutzklappen erreichbar sind. Oftmals wird auch ein Pauschalpreis für die gesamte Anlage vereinbart. Der Preis kann aber auch von der Stückzahl der Brandschutzklappen abhängen. Bei geringer Stückzahl wird oft Anfahrt

oder Aufwand extra berechnet. Alle diese Kosten können über den ganzen Lebenszyklus einer Lüftungsanlage deutlich ins Gewicht fallen. Für FLI-VE plus Kaltrauchsperrre hingegen fallen keine jährlichen Wartungskosten an.

4.3.2. Verwendung von Feuerschutzabschlüssen in Deutschland und der Schweiz

Deutschland

Die grundlegenden Bestimmungen zur Verwendung von Feuerschutzabschlüssen in Deutschland sind im [4] in Kapitel 6.11.2 detailliert dargelegt. Die Verwendung von Feuerschutzabschlüssen in Lüftungsleitungen auf Basis intumeszierender Materialien ist in Deutschland standardmäßig ohne weitere Maßnahmen nicht möglich. Durch den Einsatz eines Brandschutzkonzepts sowie durch Nachweis der Gleichwertigkeit mit bestehenden Lösungen bzw. durch Nachweis der Erreichung der Schutzziele ist der Einsatz von Feuerschutzabschlüssen in Lüftungsleitungen auf Basis intumeszierender Materialien trotzdem nicht ausgeschlossen.

Eine neue Entwicklung in Deutschland ist die Entwicklung von sogenannten wartungsfreien Brandschutzklappen (Fa. geba brandschutz). Dabei wird eine Brandschutzklappe Typ WFK angeboten, bei der keine Revisionsöffnung erforderlich ist, eine Funktionsprüfung entbehrlich und die Wartung über eine Kamerabefahrung erfolgt. Die Zulassung dieses Produkts erfolgte bisher aber nur für Deutschland.

Schweiz

Auch in der Schweiz ist die Verwendung von Feuerschutzabschlüssen in Lüftungsleitungen auf Basis intumeszierender Materialien, ähnlich wie in Deutschland, nicht standardmäßig möglich [7]. Eine Verwendung ist nur mit Genehmigung der zuständigen Brandschutzbehörden möglich. Somit ist auch hier ein Brandschutzkonzept erforderlich.

4.4. Planungstool

Im Rahmen von E.Vent wurde eine Planungshilfe für Lüftungsplaner, Architekten, Bauingenieure, etc. entwickelt, um eine Vereinfachung für die frühe Planungsphase bieten zu können.

Bislang beschränken sich Planungshilfen für die frühe Planungsphase von energieeffizienten Gebäuden rein auf die Elemente der Gebäudehülle wie Dach, Wand, Fenster, Verschattung etc. und der daraus resultierenden Energiebilanz. Bei der Projektplanung kann eine Planungsunterstützung der zentralen Lüftungsanlage schon bei der Vorprojektierung erfolgen und die Eingabe von Lüftungskomponenten ist möglich. Daraus kann man direkt die Ansprüche an den Brandschutz ableiten und die Planung des Brandschutzes ebenso in die frühe Planungsphase einbinden.

Die Entwicklung des Planungstools gliederte sich in zwei Schritte: Erst wurde eine sehr einfache Version in Form eines Excel-Tools umgesetzt, in dem die groben Rahmenbedingungen sowie der Brandschutz inkludiert sind. Auf Basis dieses Tools wurde eine testweise Implementierung in einer 3D CAD Anwendung als Planungshilfe entwickelt.

In Kapitel 5.4 sind alle Ergebnisse hierzu beschreiben.

5 Ergebnisse

5.1. Balanceabgleich Messungen

5.1.1. Messergebnisse und Auswertung der passiven und aktiven Volumenstromregler

Im nachfolgenden Diagramm ist der am Prüfstand der UIBK [8] gemessene Volumenstrom bei unterschiedlichen Vordrücken dargestellt. Als Sollwert wurde an den Volumenstromreglern von Pichler und Wildeboer $50 \text{ m}^3/\text{h}$ vorgegeben. Beim passiven Volumenstromregler von TROX war keine Stufenlose Einstellung möglich, daher wurde hier der nächstgelegene Sollwert von $48 \text{ m}^3/\text{h}$ gewählt.

Die Ergebnisse lassen erkennen, dass die Volumenströme der passiven Volumenstromregler bei Vordrücken bis ca. 90 Pa deutlich unter dem vorgegebenen Sollwert liegen, erst danach bleiben sie nahezu konstant, obwohl die Volumenstromregler laut Angaben beider Hersteller bereits ab einem Vordruck von 30 Pa verwendet werden können. Damit kann die geforderte Genauigkeit für den Balanceabgleich von $\pm 10 \%$ bei weitem nicht eingehalten werden. Hohe Vordrücke sind jedoch mit unnötig hohen Stromkosten für den Ventilatorstromeinsatz verbunden und sollten vermieden werden.

Der ebenfalls im Diagramm dargestellte aktive Volumenstromregler weist einen über den gesamten Vordruckbereich nahezu konstanten Volumenstrom auf, Abweichungen sind auf Regelungenauigkeiten zurückzuführen. Allerdings weist er einen Offset von ca. 12 % auf. Für den Einsatz zum Balanceabgleich sind diese Volumenstromregler ohne Abgleich der Sollwerte ebenfalls ungeeignet, wenn die $\pm 10 \%$ -Grenzen eingehalten werden sollen.

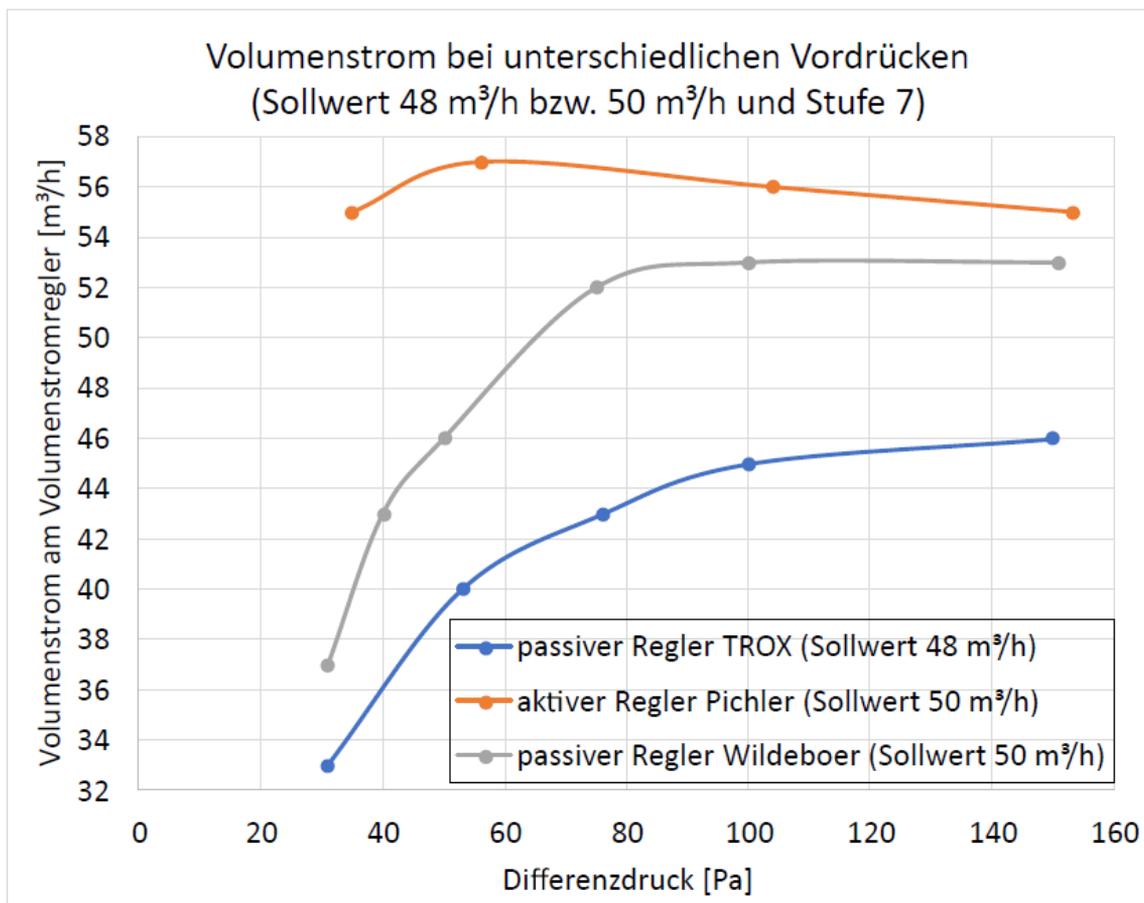


Abbildung 17: Volumenstrom bei unterschiedlichem Vordruck (Quelle: [8])

Neben diesem stationären Verhalten wurde auch das dynamische Regelverhalten in der Arbeit [8] untersucht. Dabei hat sich gezeigt, dass der Istwert bei einer Sollwertänderung erst nach ca. 1,5 Minuten erreicht wird. Außerdem wird das Klappenblatt nicht stufenlos variiert, sondern regelt erst nach Überschreiten einer gewissen Spannungsdifferenz der Steuerspannung.

Die in diesem Abschnitt beschriebenen Probleme zu geringer Genauigkeit zeigen die Notwendigkeit weiterer technischer Entwicklungen auf, um den Balanceabgleich in den genannten Grenzen praxisnah und mit vertretbarem Aufwand einhalten zu können. Die nachfolgende beschriebene innovative Steuerstrategie wurde ebenfalls in [8] realisiert und an einem kleinen Beispielgebäude am Campus der UIBK getestet.

Neben diesen Labortests zum Stand der Technik sowie innovativer Verfahren wurde das Regelverhalten im realen Einsatzfall in mehreren Beispielgebäuden im Rahmen des Projektes E.Vent untersucht.

5.1.2. Balanceregung durch Messung der Druckdifferenz zwischen Raumluft und Außenluft

Wie in Abbildung 18 veranschaulicht, erkennt man sowohl Außenluftüberschuss als auch Abluftüberschuss anhand von Über- bzw. Unterdruck im Gebäude. Durch Messung der Druckdifferenz zwischen Innen und Außen kann man daher auf Disbalance schließen. Allerdings wird dieses

Messsignal durch Winddruck auf der Luv-Seite bzw. Windsog auf der Lee-Seite des Gebäudes beeinflusst bzw. gestört. Insbesondere Böen können erheblichen Über- bzw. Unterdruck an der Fassade verursachen. Diese zeitlichen Druckschwankungen müssen über zeitliche Mittelung bzw. Tiefpassfilter eliminiert werden. Optimal wäre zusätzlich noch eine örtliche Mittelung, also die Druckmessung an unterschiedlichen Stellen rund um das Gebäude. Dies kann entweder hydraulisch durch Verlegen von Schlauch-Ringleitungen um das Gebäude oder elektronisch über die Anbringung mehrerer Druckdifferenzsensoren an allen Fassadenseiten realisiert werden. Beide Verfahren sind allerdings mit einigem Aufwand verbunden. Mit der heute bereits sehr günstig verfügbaren hochgenauen Druckmesstechnik, ggf. in Kombination mit Funk-Datenübertragung, lassen sich solche Lösungen bereits mit vertretbarem Aufwand realisieren. Abbildung 18 zeigt das Funktionsprinzip der Balanceregulierung mittels Differenzdruckmessung.

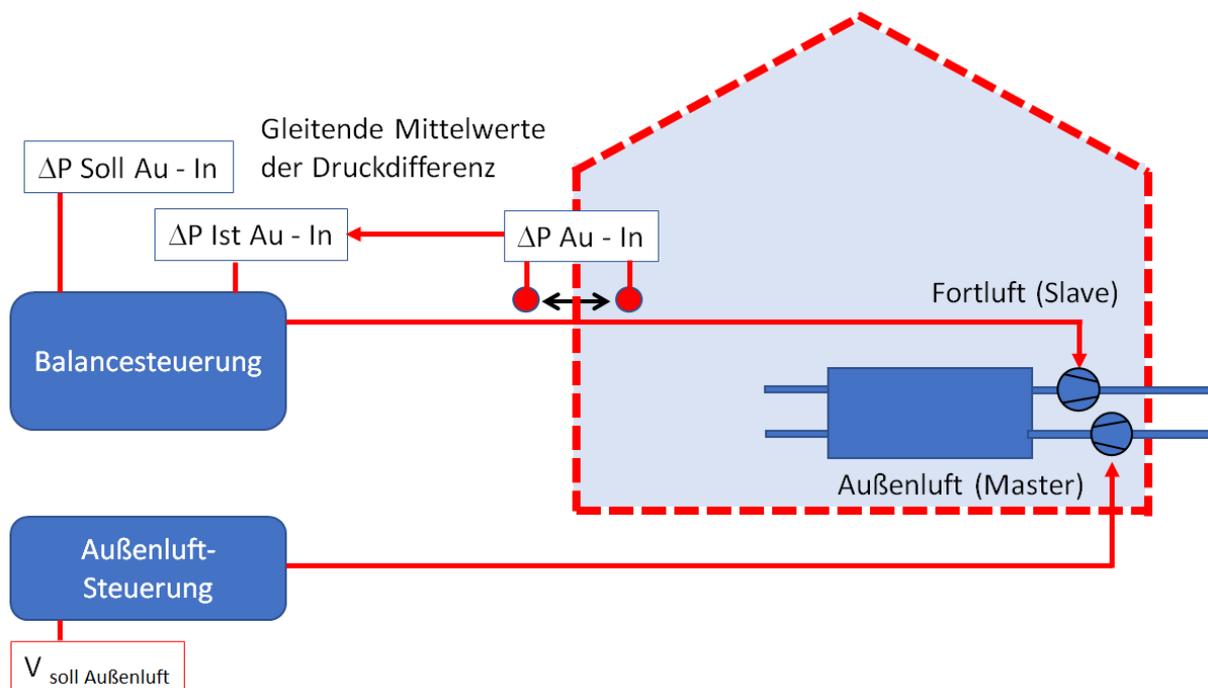


Abbildung 18: Prinzip des Balanceabgleichs mittels Differenzdruckmessung zwischen Raumluft und Außenluft

Neben den genannten Störungen des Messsignals durch Winddruck spielen auch Fensteröffnungen eine Rolle. Das Verfahren geht zunächst davon aus, dass das Gebäude eine bestimmte Luftdichtheit aufweist. Diese kann mit dem Differenzdruckverfahren und dem Lüftungsgerät auch messtechnisch bestimmt und zur Abstimmung der Regelparameter herangezogen werden. Wird lediglich der Außenluftventilator (bzw. analog der Fortluftventilator) mit stufenweise steigendem Volumenstrom betrieben, so steigt der Gebäudeinnendruck an (bzw. sinkt ab). Die so ermittelte Kennlinie stellt die Gebäudecharakteristik bei geschlossenen Fenstern dar. Bei einem oder mehreren geöffneten Fenstern sinkt der Differenzdruck auf Werte nahe Null, weil sich der Außenluft- bzw. Fortluftüberschuss durch die Fensteröffnung ausgleichen kann. In dieser Zeit liegt keine verwertbare Information zum Balanceabgleich vor.

Die Anforderung an eine derartige Steuerung ist es nun, mit allen in der Praxis auftretenden Störgrößen zurecht zu kommen und zu jeder Zeit zumindest einen praktikablen Kompromiss für den

Balanceabgleich zu erreichen. Der Vorteil einer solchen Regelung ist, dass sie für alle (auch bereits installierte) Geräte ohne Eingriff in die Hardware des Lüftungskanalnetzes nachgerüstet werden kann.

Um die Praktikabilität dieses Verfahrens zu überprüfen, wurde ein Testaufbau in einem Bürocontainer an der Universität Innsbruck installiert und im Rahmen einer Masterarbeit untersucht. Die Ergebnisse sind in [9] publiziert.

5.1.3. Volumenstrommessung über den Druckabfall am Wärmeübertrager

Die im letzten Kapitel erläuterte Differenzdruckmessung zwischen Raumluft und Außenluft weist einen prinzipiellen Nachteil auf: Sie verlangt eine Schlauchverbindung zwischen Innen und Außen sowie eine Installation der Regelelektronik mit eingebautem Druckdifferenzsensor und elektrotechnischer Verschaltung mit der Steuerung des Lüftungsgeräts. Der Einbau und die Inbetriebnahme sind mit einigem Aufwand verbunden, es bedarf hierfür qualifizierten Personals und es besteht eine gewisse Fehleranfälligkeit. Aus diesem Grund sind normalerweise Verfahren zu bevorzugen, die direkt vom Hersteller des Lüftungsgeräts implizit gelöst werden können. Zu diesen Verfahren gehört das eingangs erwähnte Verfahren mittels volumenstromgeregelten Ventilatoren. In den letzten Jahren werden aus Effizienzgründen jedoch zunehmend Ventilatoren mit rückwärtsgekrümmten Schaufelblättern eingesetzt, die derzeit noch keine Konstantvolumenstrom-Regelung ermöglichen (keine eindeutig auswertbare Kennlinie). Bietet das Kanalnetz ausreichend Platz für Beruhigungsstrecken von Volumenstrommeseinrichtungen (Messblenden, Staukreuze etc.), kann damit jeweils der Volumenstrom von Außen- und Fortluft bestimmt werden. Der Außenluftvolumenstrom wird dann auf den Sollvolumenstrom eingestellt („Master“), der Fortluftvolumenstrom kann als „Slave“ auf den gleichen Wert gebracht werden. Dieses Verfahren ist erprobt und funktionssicher, weist allerdings erheblichen Platzbedarf und zusätzlichen Druckabfall für die Messblenden bzw. Staukreuze auf. Aus diesem Grund wurde das Verfahren zur Messung des Druckabfalls über den Wärmeübertrager entwickelt, das nachfolgend beschrieben ist.

Wie bereits erläutert, benötigen klassische Messblenden oder Staukreuze etc. eine Beruhigungsstrecke (glattes Kanalstück ohne Formteile und Einbauten). Diese kann je nach Einbauten bis zum Fünffachen des Nenndurchmessers des Kanals betragen. Da aus Kosten- und Effizienzgründen (Druckabfall) aber stets versucht wird, das Kanalnetz so kompakt wie möglich zu planen, ist diese Möglichkeit in vielen Fällen ausgeschlossen. Der Gegenstrom-Wärmeübertrager im Gerät stellt allerdings selbst einen Druckabfall dar, der u. U. als Signal für eine Volumenstrommessung bzw. Regelung in Frage kommt. Er stellt eine Parallelschaltung von Kanälen mit geringer Strömungsgeschwindigkeit und hoher Oberfläche dar, die in praktisch allen Betriebszuständen laminar durchströmt werden. Der Zusammenhang zwischen Volumenstrom und Druckabfall ist in diesem Strömungsbereich linear, bietet also eine sehr gute Voraussetzung für die Volumenstrommessung. Dieser Zusammenhang tritt auch bei Filtern auf. Diese sind jedoch aufgrund des Filterdruckanstiegs durch Verschmutzung nicht für Messzwecke geeignet. Auch beim Wärmeübertrager kann eine Druckänderung durch Verengung der Kanäle auftreten. Werden die Filter regelmäßig gewechselt, ist eine Verschmutzung der Übertragerlamellen weitgehend ausgeschlossen. In seltenen Fällen kann der Wärmeübertrager durch Ausbauen und Abduschen gereinigt werden. Ein weiterer Effekt kann ebenfalls den Druckabfall im Wärmeübertrager beeinflussen: Kondensattropfen, die sich in den Wintermonaten bei Unterschreiten des Taupunkts bilden, sollten möglichst rasch zur Kondensatwanne abfließen, versperren jedoch aufgrund der Kapillarwirkung Teile des Kanalquerschnitts. In diesem Zustand weicht der Volumenstrom, der mittels einer kalibrierten Messung des Druckabfalls über den

Wärmeübertrager bestimmt wurde, signifikant ab. Dieses Verfahren ist daher für konventionelle Wärmeübertrager ohne Feuchterückgewinnung ausgeschlossen. In den letzten Jahren sind Wärmeübertrager mit diffusionsoffenen Membranen auf den Markt gekommen, die praktisch kein Kondensat entstehen lassen, weil der Wasserdampf von der Außenluftseite wieder vollständig aufgenommen wird. In diesem Fall kann das Verfahren, wie nachfolgend erläutert, eingesetzt werden.

Wird der statische Druck vor und hinter dem Wärmeübertrager vom Hersteller bei unterschiedlichen Volumenströmen bestimmt, kann daraus die Kalibriergerade für den Volumenstrom in Abhängigkeit des Druckdifferenzsignals bestimmt werden. Diese Prozedur wird sowohl zwischen Außen- und Zuluft als auch zwischen Ab- und Fortluft angewendet. Der Außenluftventilator kann als „Master“ auf den gewünschten Volumenstrom-Sollwert gebracht und der Fortluftventilator auf möglichst genau den gleichen Wert nachgeregelt werden (Master-Slave-Regelung). Abbildung 19 zeigt das Messprinzip mit der entsprechenden Regelung bzw. Steuerung.

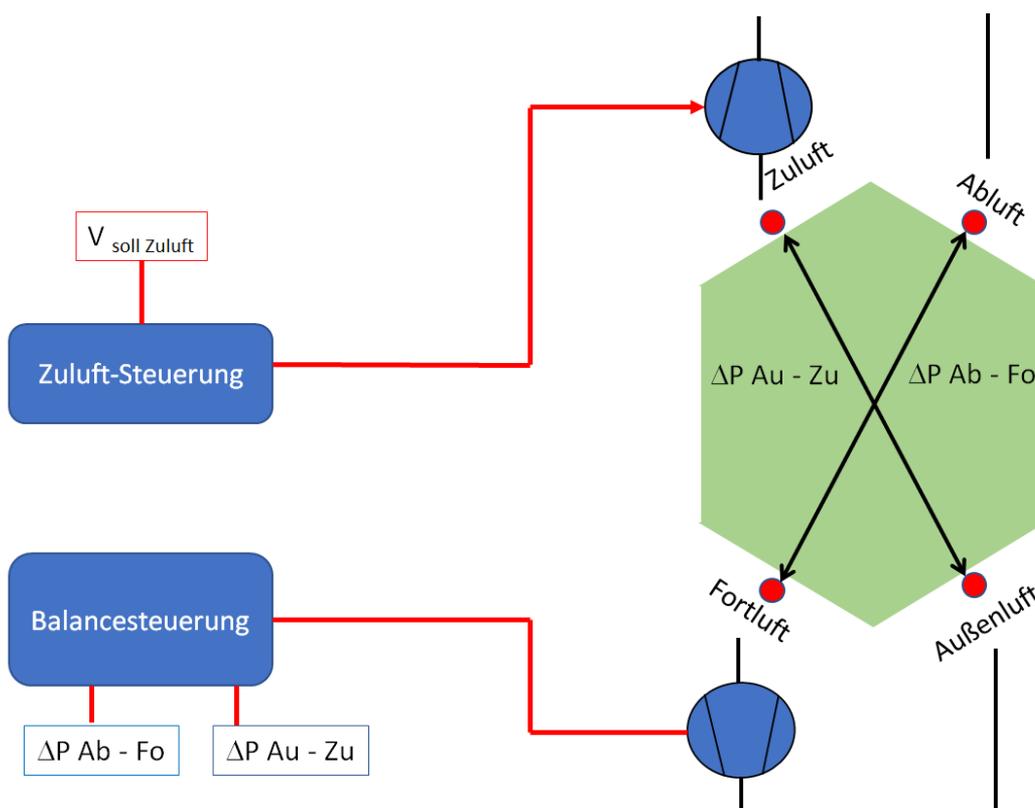


Abbildung 19: Balanceabgleich mittels Messung der Druckdifferenz über den Gegenstrom-Wärmeübertrager

Als technisch problematisch stellt sich heraus, den statischen Druck jeweils vor und nach dem Übertrager zu bestimmen. Hierfür ist eine geeignete ungestörte Messstelle im Gerät zu bestimmen.

5.1.4. VSR & Balanceabgleich

Die Verwendung von passiven Volumenstromreglern bzw. Volumenstrombegrenzern bei den realisierten Sinfonia-Projekten in Innsbruck wie IN 43, IN 28 der Neuen Heimat Tirol sowie Schubert-Mozartblock der IIG hat gezeigt, dass voreingestellte Werte lt. Herstellerangaben bei niedrigeren Volumenströmen um 60 m³/h Abweichungen von bis zu 40% aufweisen, welche in weiterer Folge einzeln durch stufenlose Verstellung des Reglers manuell nachjustiert werden müssen, damit ein

Balanceabgleich mit einer Abweichung von max. 10% erzielt werden kann. Dieses Erfordernis stellt einen wesentlichen Mehraufwand bei der Einregulierung der Luftmengen dar, welches die Inbetriebnahme gegenüber Lüftungsanlagen mit motorisch geregelten Volumenstromreglern entsprechend erschwert.

Fazit:

Da für geringe Volumenströme keine entsprechenden passiven Volumenstromregler bzw. Volumenstrombegrenzer am Markt erhältlich sind, ist die Industrie gefordert, hierzu geeignete Lösungen mit ausreichender Genauigkeit anzubieten.

Die grundsätzliche Vereinbarkeit der passiven Volumenstromregler bzw. Volumenstrombegrenzer mit der aktuellen ÖN H 6038, insbesondere mit dem Punkt 6.2 Abwesenheitsbetrieb ist zu klären. Es folgt der Auszug aus ÖN H 6038: 2014.

Abwesenheitsbetrieb

Aus der ÖNÖRM H 6038: „In der kalten Jahreszeit ist ein abgesenkter Betrieb anzustreben, um die Entfeuchtung der Räume zu minimieren. Da bei Abwesenheit der Nutzer personenbezogene Lasten nicht auftreten und daher nicht abgeführt werden müssen, ist ein abgesenkter Betrieb zulässig. Für einen abgesenkten Betrieb bei Abwesenheit der Nutzer darf ein 0,15-facher Raumlufwechsel bezogen auf das Volumen über der Nutzfläche der Wohnung nicht unterschritten werden. Dieser Luftwechsel kann auch mit einem intermittierenden Betrieb des Lüftungsgerätes erreicht werden.“

Für den Fall, dass der Abwesenheitsbetrieb, auch bei einer Mindestauslegung der Luftmengen mit 20 m³/h pro Person, ermöglicht werden muss, ist dies bei der Entwicklung von geeigneten passiven Volumenstromreglern bzw. Volumenstrombegrenzern entsprechend zu berücksichtigen.

5.1.5. Balance-Disbalance und Messungen Graz

Bei den aktuell verfügbaren Lüftungsgeräten und Volumenstromreglern kann es im Betrieb zu **Disbalancen** kommen, also zu Abweichungen von Zuluft- von Abluftmassenstrom in Bezug auf einzelne Wohneinheiten, bzw. von Fortluft- zu Außenluftmassenstrom in Bezug auf das gesamte Gebäude. Dies kann negative Folgen haben, u.a.:

- Höhere **Wärmeverluste** bzw. **Reduktion der Gesamteffizienz der Wärmerückgewinnung**
- Mögliche **Bauschäden** bei Überdruck durch Zuluftüberschuss (Kondensation von feuchter Raumluft in der Baukonstruktion)
- Einschränkungen bei der thermischen **Behaglichkeit** durch Zugluft bei Kaltlufteintritt (Unterdruck bei Abluftüberschuss)
- Gefahr der **CO-Rückströmung** bei Unterdruck durch Abluftüberschuss im Zusammenhang mit kombiniertem Betrieb der Lüftung mit Feuerstellen
- **Geruchsübertragung** zwischen den Wohneinheiten über Undichtheiten (Schächte bzw. Treppenhaus)

Gründe für Disbalance können Veränderungen in der externen Pressung sein (z.B. durch verschmutzte Filter oder verstellte Ab- und Zuluftöffnungen), aber auch Probleme beim automatischen Balanceabgleich. Welche Abweichungen im Geschosßwohnbau in der Praxis tatsächlich auftreten, ist bislang noch weitgehend unbekannt, weil die Messungen mit erheblichem Aufwand und Kosten verbunden sind.

Bislang sind die am Markt erhältlichen Konstantvolumenstromregler ausschließlich für mittlere bis hohe Luftgeschwindigkeiten konzipiert. Im praktischen Betrieb (z.B. Sozialwohnungsbau) zeigt sich aber, dass beim Balanceabgleich Volumenstromregler mit hoher Genauigkeit für Luftgeschwindigkeiten von 1-4 m/s benötigt werden. Bisherige Abweichungen liegen derzeit noch im Bereich von 30-50% der eingestellten Werte. Um dies auch messtechnisch bestätigen zu können, wurden Messungen in Innsbruck und Graz in einzelnen Wohnungen von Gebäuden und eine Balance der Gesamt-Lüftungssysteme der Gebäude gemacht. Im Folgenden werden einige der Ergebnisse für Graz beschrieben.

Wohnbau Albert Schweitzer Gasse 14

Das von der GWS im Passivhaus-Standard errichtete, klimaaktiv Gold zertifizierte Wohngebäude Albert Schweitzer Gasse 14 in Graz (Abbildung 20) beinhaltet 16 Mietwohnungen und wurde 2016 fertig gestellt.



Abbildung 20: Hofansicht Wohngebäude Albert Schweitzer Gasse 14 Graz; Quelle: AEE INTEC

Das Lüftungsgerät des zentralen Be- und Entlüftungssystems mit Wärmerückgewinnung ist in einem kleinen Dachraum untergebracht. Im Zuge der Inbetriebnahme wurden Messungen zum Balanceabgleich gemacht – das Protokoll dazu findet sich in Abbildung 21.

1. Protokollierung der Luftmengen Zuluft und Abluft

Nr.	Raumbezeichnung	Planung			Messung 1		Messung 2		Messung 3		Ventilart	Einstellung	Überströmung V _{ÜBER} m³/s
		V _{ZU} m³/h	V _{AB} m³/h	V _{ÜBER} m³/h	V _{ZU} m³/h	V _{AB} m³/h	V _{ZU} m³/h	V _{AB} m³/h	V _{ZU} m³/h	V _{AB} m³/h			
1	Wohnen Top 17	30	40	10	29	42	30	40			Schnabelvent.		-
2	Zimmer Top 17	50		50	53		52				Schnabelvent.		-
3	Bad/WC Top 17		40	40		38		40			Tellervent.		-
4	Technik EG	20	20		22	23	20	22			Tellervent.		-
5	Wohnen Top 18	10	60	50	15	58	15	60			Schnabelvent.		-
6	Bad Top 18		35	35		35		35			Tellervent.		-
7	Zimmer 1 Top 18	50		50	52		52				Diffusor		-
8	WC Top 18		15	15		18		18			Tellervent.		-
9	Zimmer 2 Top 18	25		25	25		25				Schnabelvent.		-
10	Zimmer 3 Top 18	25		25	28		27				Schnabelvent.		-
11	Wohnen Top 19	10	60	50	12	62	13	62			Diffusor		-
12	Bad Top 19		35	35		36		36			Tellervent.		-
13	Zimmer 1 Top 19	50		50	48		48				Schnabelvent.		-
14	WC Top 19		15	15		18		16			Tellervent.		-
15	Zimmer 2 Top 19	25		25	25		25				Schnabelvent.		-
16	Zimmer 3 Top 19	25		25	28		28				Schnabelvent.		-
17	Wohnen Top 20	10	60	50	10	59	10	60			Diffusor		-
18	Bad Top 20		35	35		34		33			Tellervent.		-
19	Zimmer 1 Top 20	50		50	51		52				Diffusor		-
20	WC Top 20		15	15		15		15			Tellervent.		-
21	Zimmer 2 Top 20	25		25	25		25				Schnabelvent.		-
22	Zimmer 3 Top 20	25		25	23		24				Schnabelvent.		-
gesamt:		430,00	430,00	---	446,00	438,00	446,00	437,00					---

2. Volumestrombalance	Messung 1		Messung 2		Messung 3		Disbalance	Regelungsart	Einstellung
	V _{AUL} m³/h	V _{FOL} m³/h	V _{AUL} m³/h	V _{FOL} m³/h	V _{AUL} m³/h	V _{FOL} m³/h			
1 Außenluftansaugung	460	---	455	---	---	---	1%	FU	
2 Fortluftauslass	---	450	---	460	---	---		FU	

3. Inbetriebnahme gemäß Herstellervorgaben erfolgt:

ja

Unterschrift: 

Abbildung 21: Auszug aus dem Protokoll zu Balanceabgleichmessungen während der Inbetriebnahme des Wohngebäudes in der Albert Schweitzer Gasse 14 in Graz; Quelle: GWS

Zur Überprüfung der Balance wurden im Zuge des Projekts E.Vent weitere Messungen im laufenden Gebäudebetrieb im Winter 2018/2019 durchgeführt. Am 14.11.2018 wurde die Luftgeschwindigkeit über allen Zu- und Abluft-Auslässen in den Räumen der einzelnen Wohnungen mittels Messtrichter und Anemometer gemessen und daraus die Volumenströme ermittelt. Das aggregierte Ergebnis dazu findet sich in Abbildung 22. Die mittlere Disbalance der Wohnungen gesamt lag knapp unter 10%; die Abweichungen bei etwa der Hälfte der einzelnen Wohnungen war aber erheblich größer, nämlich um die 30% Prozent. Interessant war, dass die MieterInnen zum Zeitpunkt der Messungen unterschiedlichste Regler-Stufen für die Lüftung eingestellt hatten und kein Zusammenhang zwischen Reglerstufe und Größe der Disbalance abgeleitet werden konnte.

Bei der Messung der Volumenströme der Gesamt-Lüftungsanlage am 7.2.2019 lag die Abweichung zwischen Zuluft- und Abluft-seitigem Strang bzw. die Disbalance ebenfalls unter 10%, auch wenn die geförderte Luftmenge gesamt viel höher als am 14.11.2018 war (Abbildung 23). Am Ergebnis dieser Messungen konnte bestätigt werden, dass die Volumenstromregler in den Wohnungen in Abhängigkeit der eingestellten Regler-Stufen sehr unterschiedliche Luftmengen einregeln.

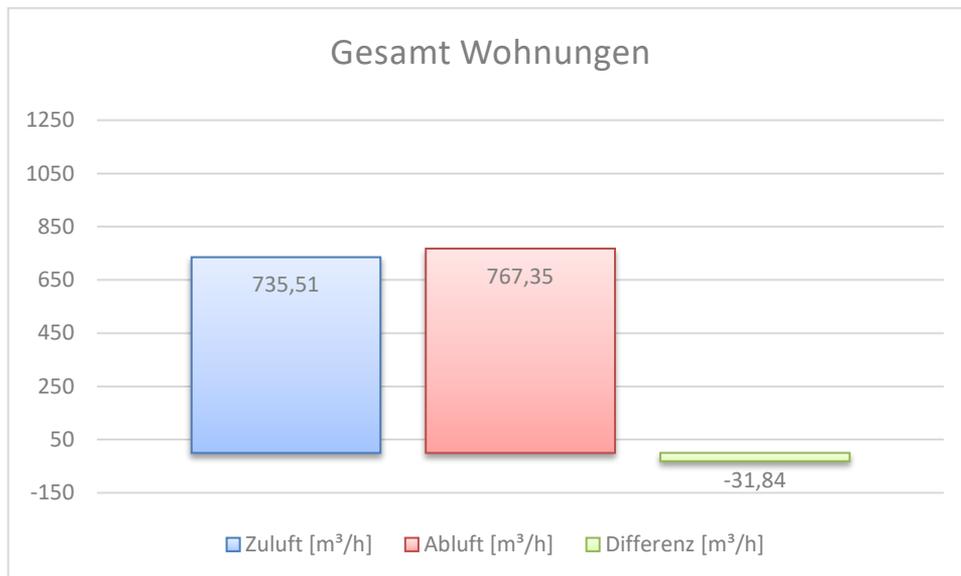


Abbildung 22: Summe der Zuluft- (links) und der Abluftvolumenströme (rechts) aller einzeln am 14.11.2018 gemessenen Räume der 16 Wohneinheiten in der Albert Schweitzer Gasse 14 in Graz; Quelle: AEE INTEC

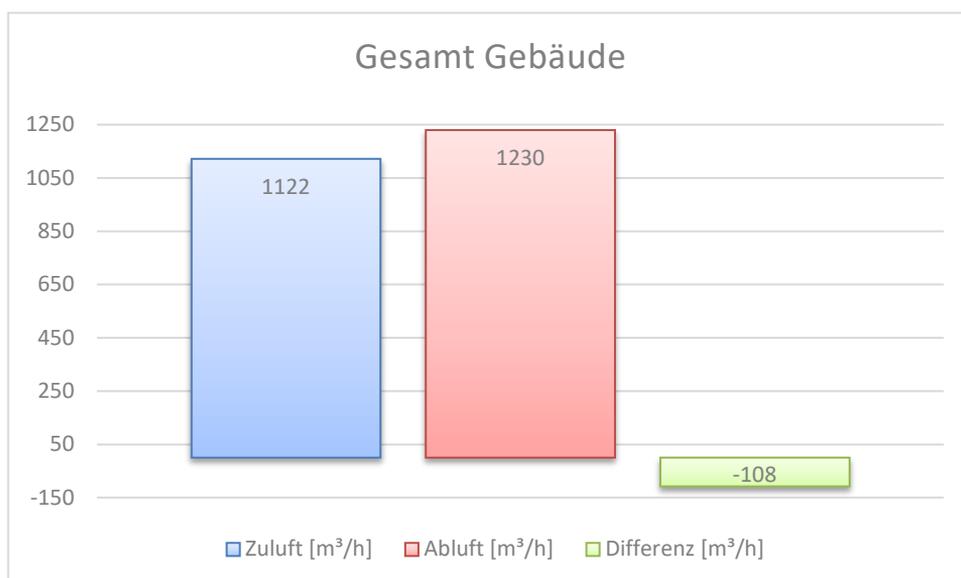


Abbildung 23: Zentral am Außenluft- (links) und Fortluftgitter (rechts) des zentralen Lüftungssystems in der Albert Schweitzer Gasse 14 in Graz gemessenen Volumenströme am 7.2.2019, Quelle: AEE INTEC

Wohnbau Am Rehgrund 17

Das im Passivhaus-Standard errichtete, klimaaktiv Silber zertifizierte Wohngebäude Am Rehgrund 17 in Graz (Abbildung 24) beinhaltet 17 Mietwohnungen und wurde 2013 fertig gestellt.



Abbildung 24: Südostansicht des Wohngebäudes Am Rehgrund 17 Graz; Quelle: AEE INTEC

Das Lüftungsgerät des zentralen Be- und Entlüftungssystems mit Wärmerückgewinnung ist in einem Technikraum im Erdgeschoß untergebracht. Vor der Inbetriebnahme wurde eine Aufstellung der Volumenströme je Wohnung gemacht – die Übersicht dazu findet sich in Abbildung 25.

Zusammenstellung Luftvolumenströme

Betriebsvolumenstrom

Anlage 1				
Zone	ZUL [m³/h]	ABL [m³/h]	Volumenstromregler	Anzahl
Zone 1	120	120	TSVR-1.1 DN100	2
Zone 2	105	105	TSVR-1.1 DN100	2
Zone 3	85	85	TSVR-1.1 DN100	2
Zone 4	105	105	TSVR-1.1 DN100	2
Zone 5	105	105	TSVR-1.1 DN100	2
Zone 6	90	90	TSVR-1.1 DN100	2
Zone 7	80	80	TSVR-1.1 DN100	2
Zone 8	85	85	TSVR-1.1 DN100	2
Zone 9	120	120	TSVR-1.1 DN100	2
Zone 10	105	105	TSVR-1.1 DN100	2
Zone 11	90	90	TSVR-1.1 DN100	2
Zone 12	80	80	TSVR-1.1 DN100	2
Zone 13	85	85	TSVR-1.1 DN100	2
Zone 14	120	120	TSVR-1.1 DN100	2
Zone 15	105	105	TSVR-1.1 DN100	2
Zone 16	90	90	TSVR-1.1 DN100	2
Zone 17	80	80	TSVR-1.1 DN100	2
SUMME:	1650	1650	Anzahl Zonenregelung	34

Abbildung 25: Übersicht der einzustellenden Volumenströme in den 17 Wohnungen Am Rehgrund 17 in Graz; Quelle: GWS

Zur Überprüfung der Balance wurden im Zuge des Projekts E.Vent auch Am Rehgrund 17 Messungen im laufenden Gebäudebetrieb im Winter 2018/2019 durchgeführt. Am 15.11.2018 wurde die Luftgeschwindigkeit über allen Zu- und Abluft-Auslässen in den Räumen der einzelnen Wohnungen mittels Messtrichter und Anemometer gemessen und daraus die Volumenströme ermittelt. Das aggregierte Ergebnis dazu findet sich in Abbildung 25. Die mittlere Disbalance der Wohnungen gesamt lag knapp unter 10%; nur in zwei Wohnungen gab es Abweichungen, die deutlich höher waren. Interessant war, dass die meisten MieterInnen zum Zeitpunkt der Messungen mittlere Regler-Stufen für die Lüftung eingestellt hatten. Ein Zusammenhang zwischen Reglerstufe und Größe der Disbalance konnte aber auch in diesem Fall nicht abgeleitet werden.

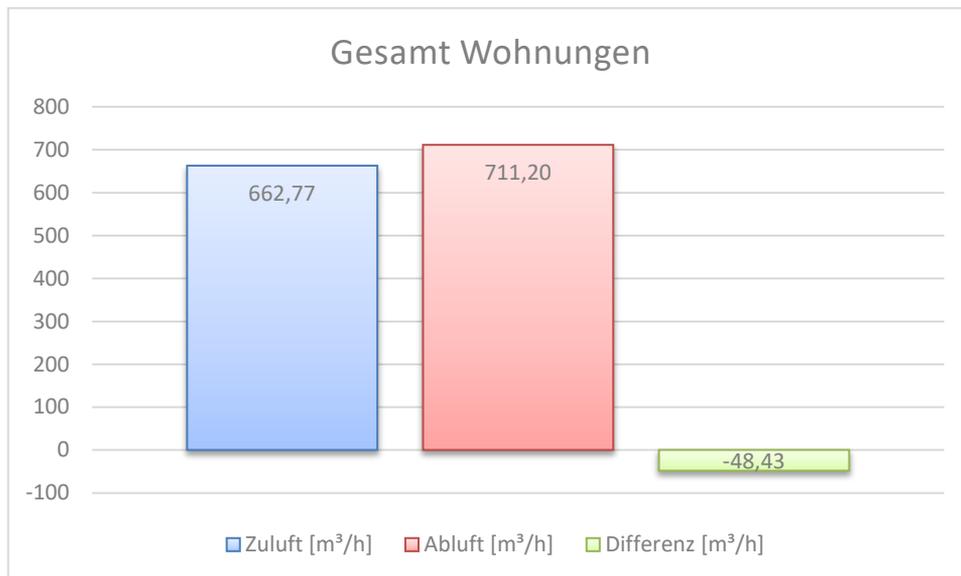


Abbildung 26: Summe der Zuluft- (links) und der Abluftvolumenströme (rechts) aller einzeln am 15.11.2018 gemessenen Räume der 17 Wohneinheiten Am Rehgrund 17 in Graz; Quelle: AEE INTEC

Bei der Messung der Volumenströme der Gesamt-Lüftungsanlage am 7.2.2019 lag die Abweichung zwischen Zuluft- und Abluft-seitigem Strang bzw. die Disbalance aber weit über 10% (Abbildung 27). Auch war die geförderte Luftmenge gesamt viel höher als am 15.11.2018. Am Ergebnis dieser Messungen konnte gezeigt werden, dass die transportierten Luftmengen an verschiedenen Tagen oder Tageszeiten stark voneinander abweichen und die Balance der Gesamtanlage ständig überprüft werden sollte, um keine so großen Abweichungen zu bekommen.

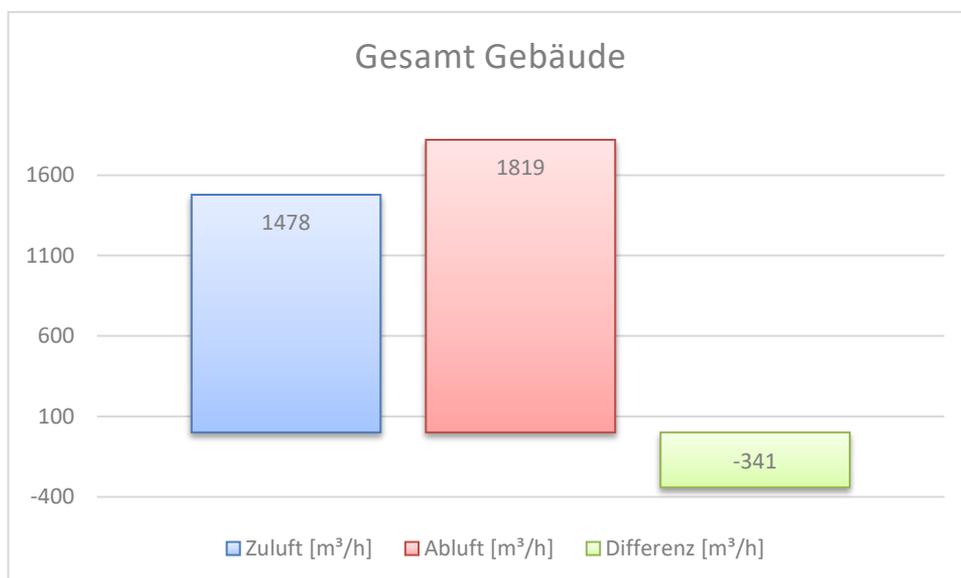


Abbildung 27: Zentral am Außenluft- (links) und Fortluftgitter (rechts) des zentralen Lüftungssystems Am Rehgrund 17 in Graz gemessenen Volumenströme am 7.2.2019; Quelle: AEE INTEC

5.1.6. Messungen der GWS

Methodik – Berechnung des Wärmerückgewinnungsgrades

Die Berechnung der Effizienz der Wärmerückgewinnung erfolgte nach ÖNORM EN 13141-7 (2010). Es wurde das darin beschriebene Temperaturverhältnis auf der Zuluftseite nach folgender Formel ermittelt:

$$\eta_{\theta,su} = \frac{\theta_{22} - \theta_{21}}{\theta_{11} - \theta_{21}} \cdot \frac{q_{m22}}{q_{m21}}$$

$\eta_{\theta,su}$... Temperaturverhältnis des Geräts auf der Zuluftseite

θ_{11} ... Lufttemperatur der einströmenden Abluft

θ_{21} ... Lufttemperatur der einströmenden Außenluft

θ_{22} ... Lufttemperatur der ausströmenden Zuluft

q_{m22} ... Luftmassenstrom der ausströmenden Zuluft

q_{m21} ... Luftmassenstrom der einströmenden Außenluft

Da die Luftmassenströme nicht permanent gemessen wurden, wurde das Verhältnis der Massenströme in der Berechnung vernachlässigt bzw. die Massenströme als gleich angenommen (Verhältnis = 1).

Datenfilterung

Die Messungen an den verschiedenen Lüftungsgeräten der GWS Gebäude in Graz erfolgten über einen Zeitraum zwischen September 2018 und Februar 2020, wobei es Unterschiede zwischen den einzelnen Anlagen gab (manche wurden kürzer vermessen). Da es bei den Messdaten Ausfälle der Messwerte gab, wurden die Daten im ersten Schritt dahingehend gefiltert, dass alle leeren Messzeitpunkte entfernt wurden. Im zweiten Schritt wurde der Wärmerückgewinnungsgrad nach der oben beschriebenen Formel für jeden Messzeitpunkt berechnet. Im dritten Schritt wurden alle Ergebnisse kleiner 0 % und größer 100 % entfernt. Diese gefilterten Werte werden in den nachfolgenden Kapiteln dargestellt.

Ergebnisse – Temperaturverläufe Olga Rudel Zeynek Gasse 25

Abbildung 28 zeigt beispielhaft den Temperaturverlauf der Anlage Olga Rudel Zeynek Gasse 25. Dargestellt sind die Außenlufttemperatur (grün), die Zulufttemperatur (schwarz), die Ablufttemperatur (rot) und die Fortlufttemperatur (gelb) über den Zeitraum Februar 2019 bis Februar 2020.

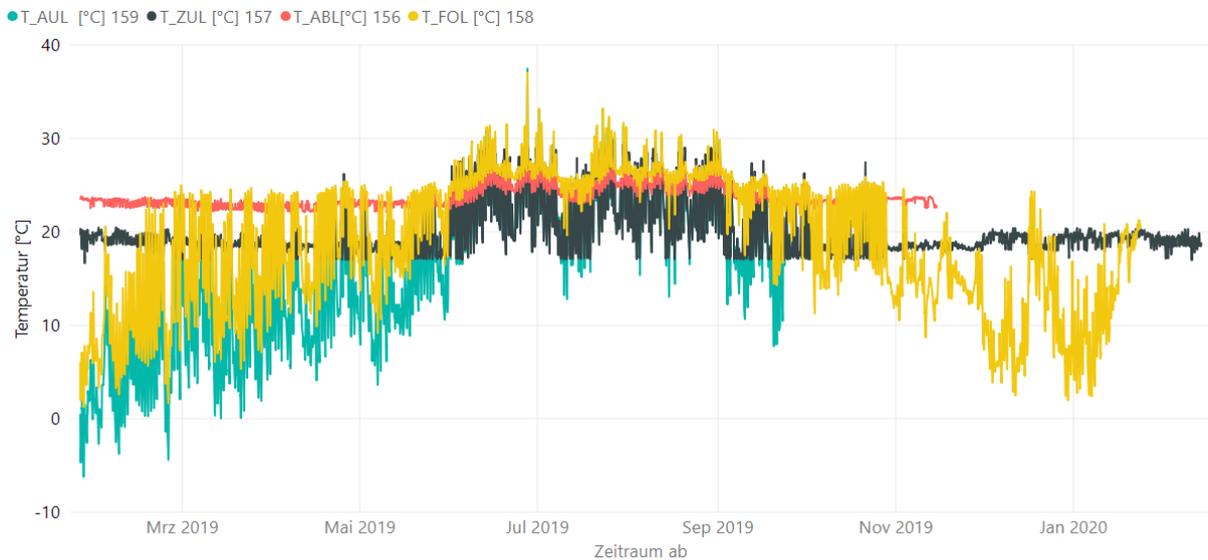


Abbildung 28: Temperaturverlauf der Anlage „Olga Rudel Zeynek Gasse 25“ im Zeitraum Februar 2019 bis Februar 2020

Zur besseren Analyse der Temperaturniveaus und -verläufe im Winter wurden in Abbildung 29 nur die Daten vom Februar 2019 dargestellt. Dabei zeigt sich eine Zulufttemperatur zwischen 18°C und 20°C sowie eine Ablufttemperatur von knapp 23°C. Auch ein plötzliches Absinken der Außenlufttemperatur, wie am 24. Februar, zeigt keine Auswirkung auf die Zulufttemperatur.



Abbildung 29: Temperaturverlauf der Anlage „Olga Rudel Zeynek Gasse 25“ im Februar 2019

Für die Analyse der Temperaturverläufe im Sommer wird der Monat Juni 2019 in Abbildung 30 im Detail dargestellt. Dabei zeigt sich, dass ein Anstieg der Außenlufttemperatur zwar zu einem Anstieg der Zulufttemperatur führt, die Ablufttemperatur davon aber kaum beeinflusst wird, was auf ein behagliches Raumklima, unabhängig von der Außenluft, hinweist.

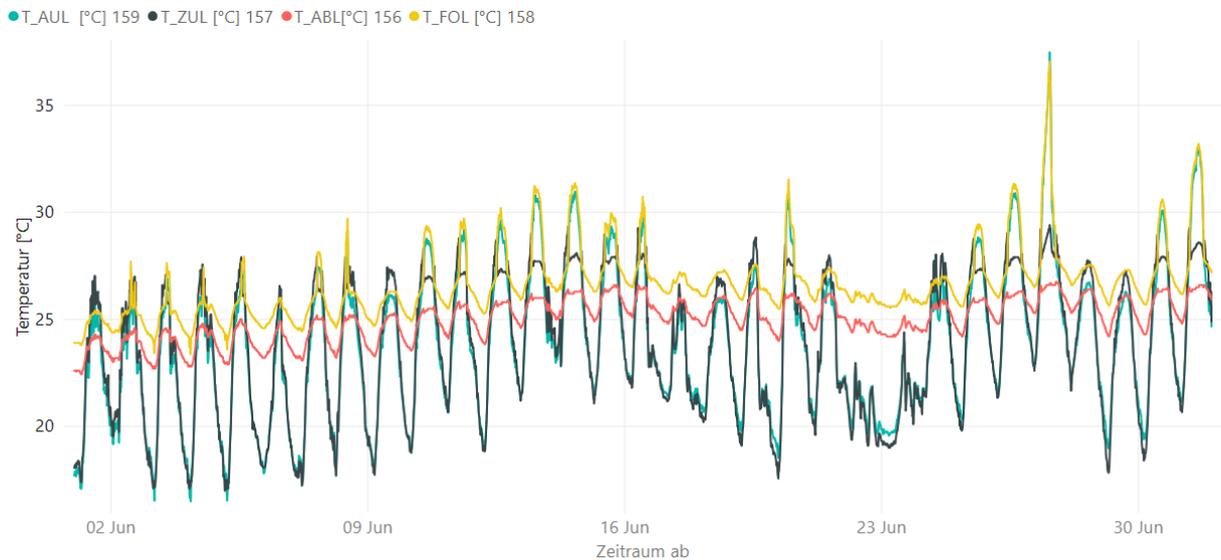


Abbildung 30: Temperaturverlauf der Anlage „Olga Rudel Zeynek Gasse 25“ im Juni 2019

Zur Verdeutlichung dieser Aussage wurden in Abbildung 31 drei Tage im Juni dargestellt, wobei einer dieser Tage jener mit der höchsten gemessenen Außenlufttemperatur ist. Wie bereits erwähnt, führt ein Steigen der Außenlufttemperatur zwar zu einem Steigen der Zulufttemperatur, aber nicht zu einer Erhöhung der Ablufttemperatur.

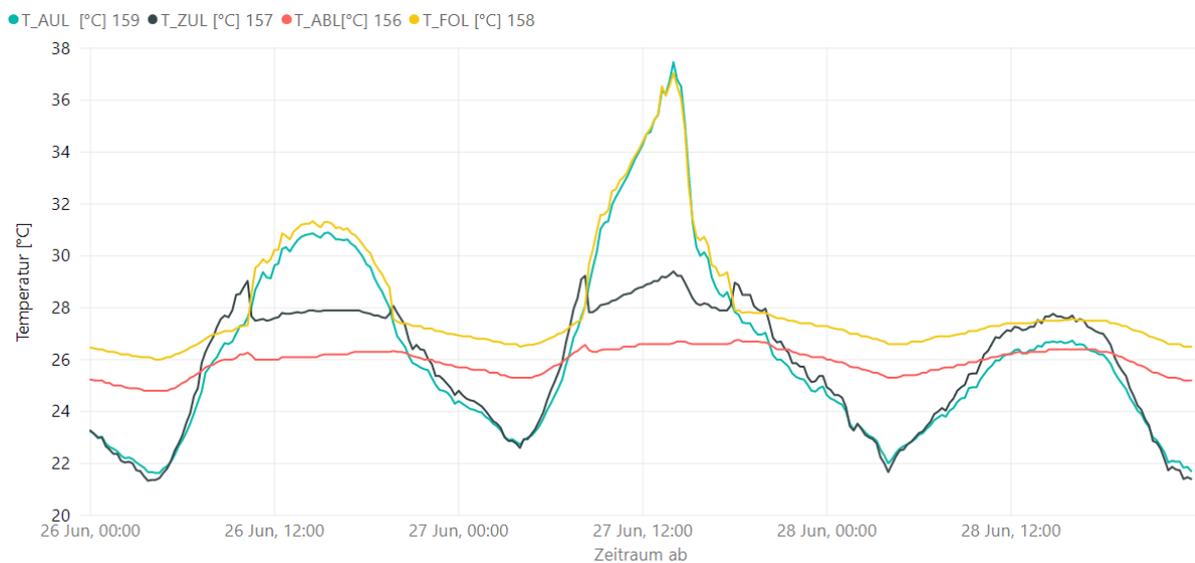


Abbildung 31: Temperaturverlauf der Anlage „Olga Rudel Zeynek Gasse 25“ für drei Tage im Juni 2019

Feuchteverlauf Albert Schweizer Gasse 14

Als Beispiel für den Feuchteverlauf im Winter wurden für die Anlage Albert Schweizer Gasse 14 die Daten vom Jänner 2019 abgebildet (siehe Abbildung 32). Dargestellt sind die Außenluftfeuchte (grün), die Zuluftfeuchte (schwarz), die Abluftfeuchte (rot) und die relative Luftfeuchtigkeit der Fortluft (gelb). Dabei zeigen sich sehr geringe Feuchtwerte der Zuluft mit Werten zwischen 10 % und 30 % r.F. Die Abluftwerte bewegen sich im dargestellten Zeitraum zwischen 30 % und 40 % r.F.

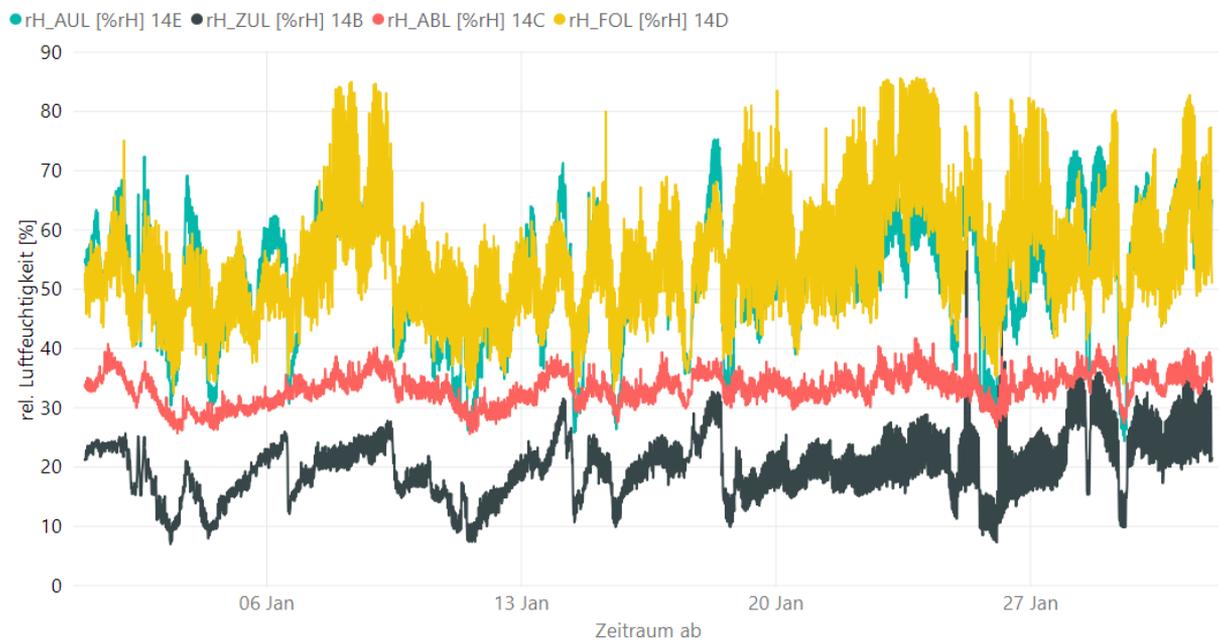


Abbildung 32: Feuchteverlauf bei der Anlage „Albert Schweizer Gasse 14“ im Jänner 2019

Behaglichkeit Albert Schweizer Gasse 14

Abbildung 33 zeigt die Ablufttemperatur in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur über den gesamten Betrachtungszeitraum. Dadurch soll eine vereinfachte Bewertung der Behaglichkeit ermöglicht werden. Die Analyse zeigt, dass die Ablufttemperatur fast durchwegs über 20°C und auch bei sehr hohen Außentemperaturen unter 30°C liegt.

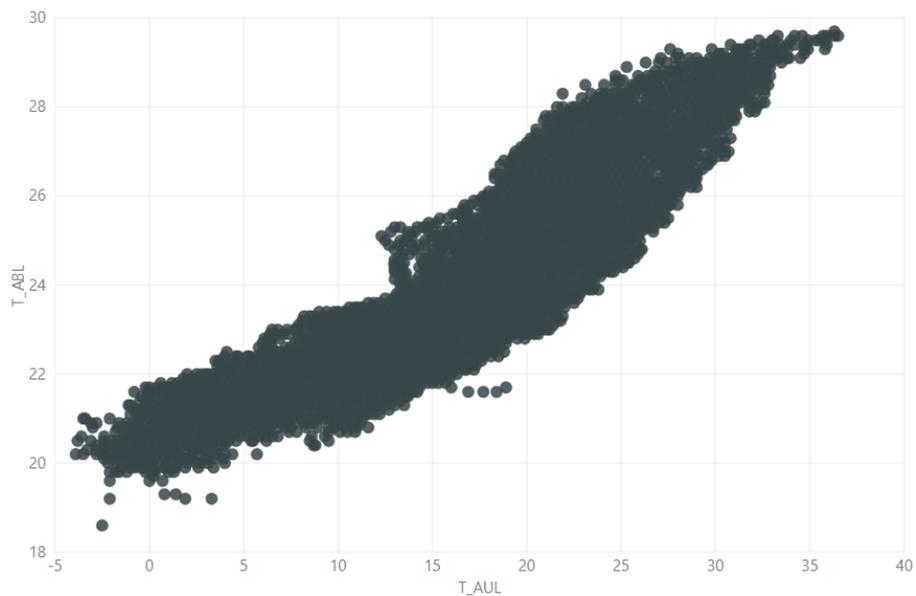


Abbildung 33: Ablufttemperatur in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur bei der Anlage „Albert Schweizer Gasse 14“ im gesamten Zeitraum

Behaglichkeit Am Rehgrund 17

Abbildung 34 zeigt die Ablufttemperatur in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur über den gesamten Betrachtungszeitraum bei der Anlage Am Rehgrund 17. Dadurch soll eine vereinfachte Bewertung der Behaglichkeit ermöglicht werden.

Die Analyse zeigt, dass die Ablufttemperatur selbst bei geringsten Außentemperaturen kaum unter 22°C liegt. Die im Energieausweis gerechneten 20°C Raumtemperatur werden in diesem Fall nie erreicht bzw. unterschritten. Auf der anderen Seite der Skala zeigt sich, dass bei höchsten Außenlufttemperaturen Ablufttemperaturen von rund 28°C erreicht werden.

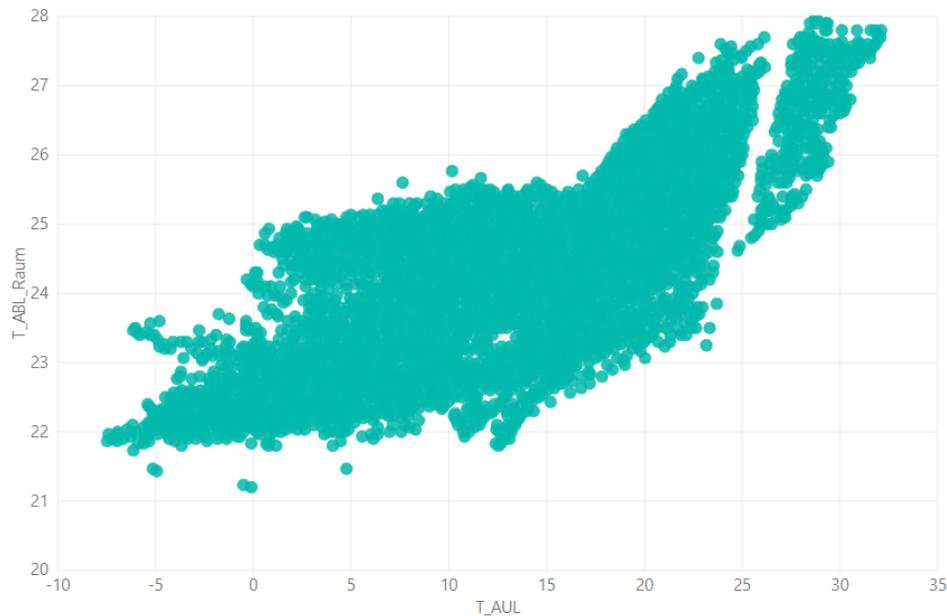


Abbildung 34: Ablufttemperatur in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur im gesamten Zeitraum bei der Anlage „Am Rehgrund 17“

Wärmerückgewinnungsgrad – Olga Rudel Zeynek Gasse 23

Abbildung 35 zeigt den Wärmerückgewinnungsgrad der Anlage Olga Rudel Zeynek Gasse 23 in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur. Dabei zeigt sich, dass bei geringen Außenlufttemperaturen eine Wärmerückgewinnung von max. 90% erreicht wird. Bei steigenden Außenlufttemperaturen nimmt die Effizienz der Wärmerückgewinnung kontinuierlich ab, bis sie ab einem bestimmten Wert wieder zu steigen beginnt. Abbildung 36 zeigt einen Auszug der Ergebnisse für den Messzeitraum Oktober 2018 bis März 2019 (Heizperiode).

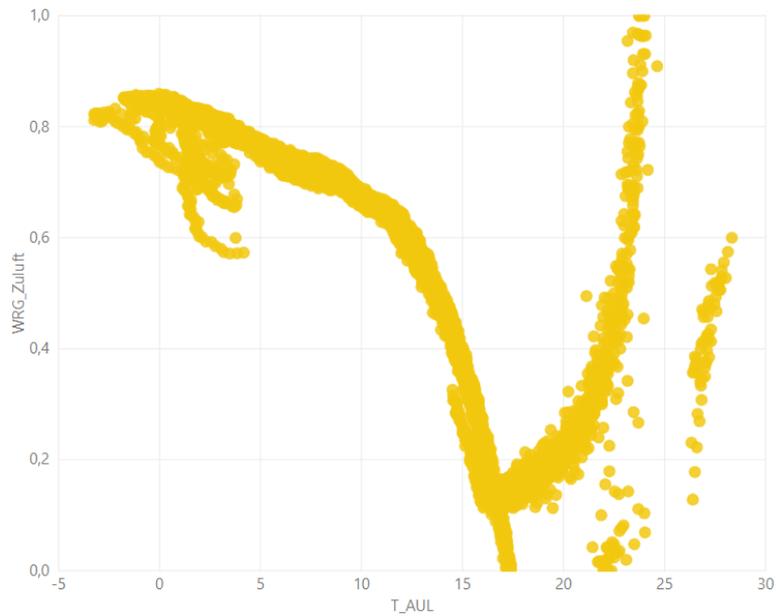


Abbildung 35: Effizienz der Wärmerückgewinnung der Anlage „Olga Rudel Zeynek Gasse 23“ im gesamten Zeitraum

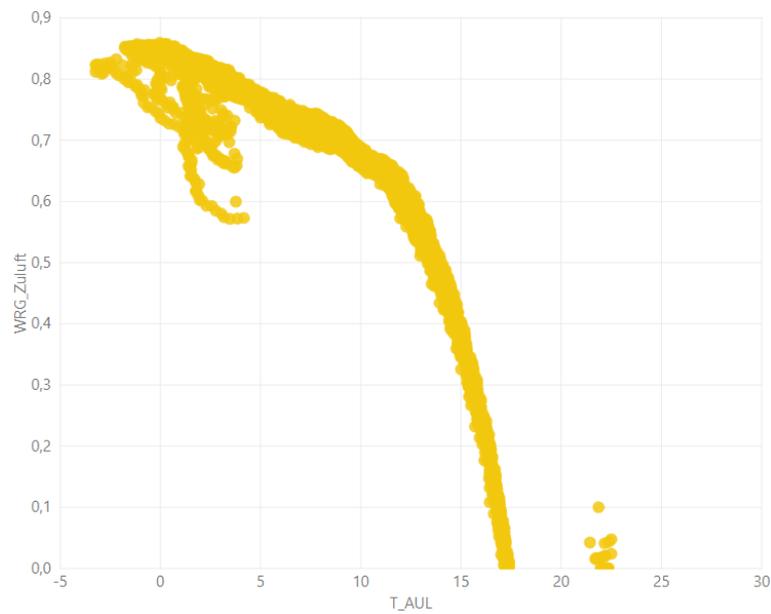


Abbildung 36: Effizienz der Wärmerückgewinnung der Anlage „Olga Rudel Zeynek Gasse 23“ im Zeitraum Oktober 2018 bis März 2019

Wärmerückgewinnungsgrad – Albert Schweizer Gasse 14

Abbildung 37 zeigt den Wärmerückgewinnungsgrad der Anlage Albert Schweizer Gasse 14 in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur über den gesamten Zeitraum. Dabei zeigen sich Wärmerückgewinnungsgrade von 80 % bis 100 % über das gesamte Spektrum der Außenlufttemperatur.

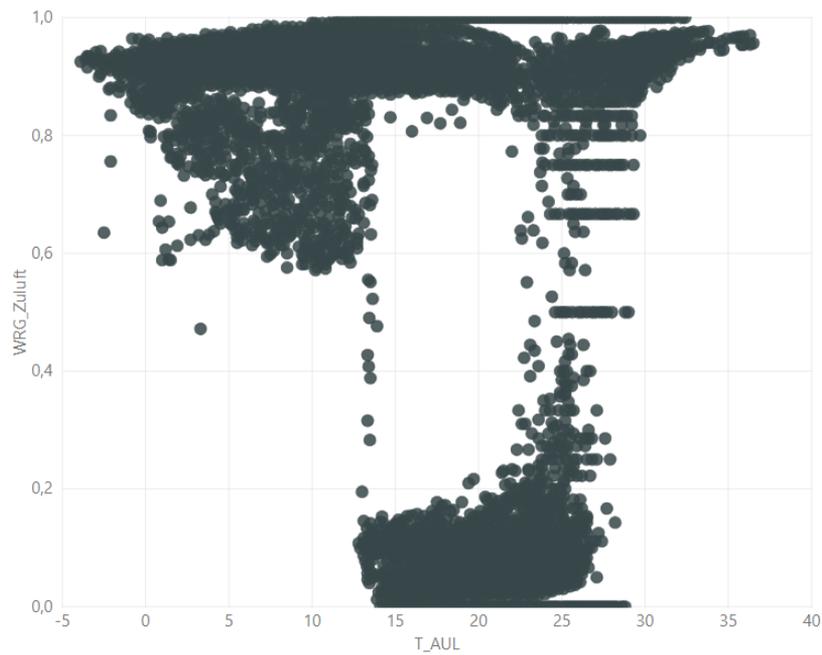


Abbildung 37: Effizienz der Wärmerückgewinnung der Anlage „Albert Schweizer Gasse 14“ im gesamten Zeitraum

Betrachtet man exemplarisch nur den Winter (Oktober bis März), zeigt sich folgendes Bild (siehe Abbildung 38). Der Wärmerückgewinnungsgrad liegt zu großen Teilen bei über 90%, mit Werten aber auch bis knapp unter 60%.

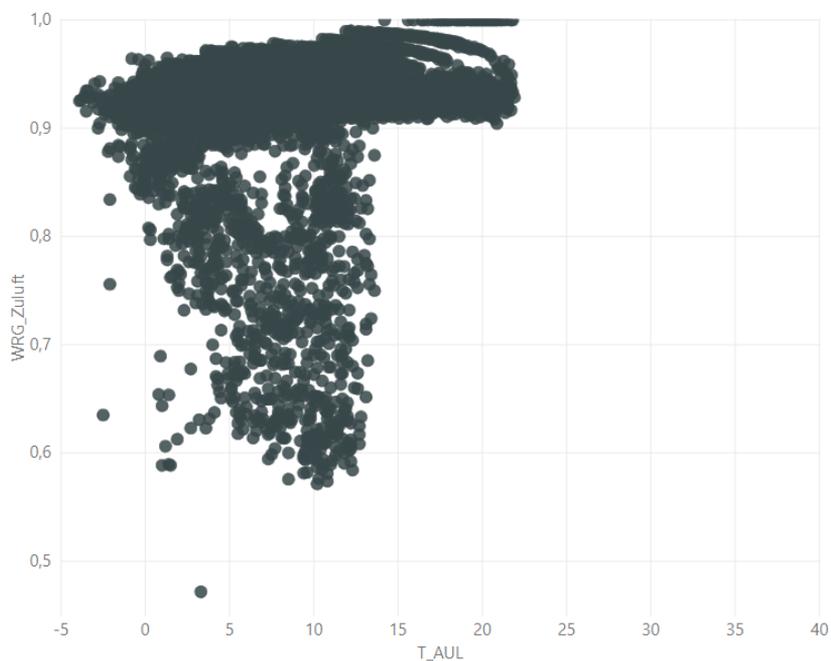


Abbildung 38: Effizienz der Wärmerückgewinnung der Anlage „Albert Schweizer Gasse 14“ im Zeitraum 1. Oktober 2018 bis 31. März 2019

In den Sommermonaten zeigt sich, dass die Wärmerückgewinnung in der Regel nicht aktiv ist und nur bei sehr hohen Außentemperaturen wieder aktiv wird.

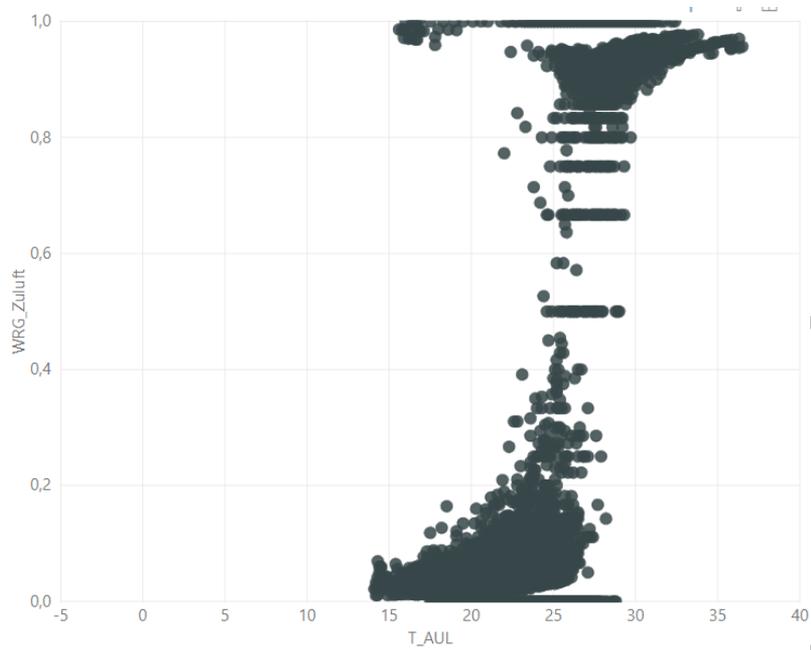


Abbildung 39: Effizienz der Wärmerückgewinnung der Anlage „Albert Schweizer Gasse 14“ im Zeitraum 1. Juni 2019 bis 31. August 2019

In Abbildung 40 ist der durchschnittliche Wärmerückgewinnungsgrad in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur abgebildet. Dabei bestätigen sich die schon vorhin festgestellten Erkenntnisse, dass die Wärmerückgewinnung im Winter sehr gute Werte erzielt, in der Übergangszeit sowie im Sommer nicht aktiv ist und erst bei hohen Außenlufttemperaturen wieder aktiv wird.

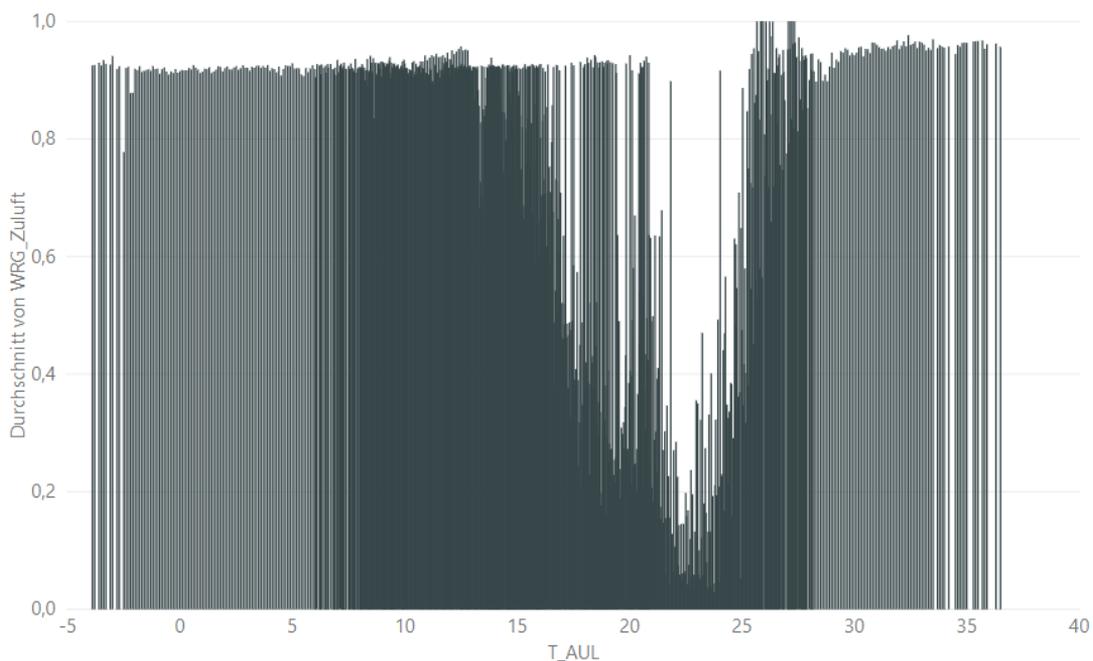


Abbildung 40: Effizienz der Wärmerückgewinnung der Anlage „Albert Schweizer Gasse 14“ als Durchschnittswert in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur

5.2. Brandschutzkonzepte

5.2.1. Ausgearbeitete Lösungen zum Brandschutz

Im Folgenden werden vier unterschiedliche Brandschutzkonzepte vorgestellt, die leicht adaptierbar sind und alle Schutzziele erfüllen. Diese können an individuelle Lösungen ohne großen Aufwand angepasst werden und wurden bereits durch Sachverständige evaluiert und positiv beurteilt.

Variante 1: Dachaufstellung mit brandbeständigem Riegel

Das zentrale Lüftungsgerät wird auf dem Dach installiert. Die Zu- und Abluftleitungen mit einem Durchmesser von $D > 160$ mm werden ohne Brandschutzkomponente in den darunterliegenden Installationsschacht geführt. Die einzelnen Wohnungen werden mittels Zu- und Abluftleitungen aus dem Installationsschacht mit $D < 160$ mm und Installation von FLI-VE und Kaltrauchsperrung versorgt. Bei dieser Ausführung muss ein möglicher Brandüberschlag vom Lüftungsgerät über das Dach verhindert werden. Hierfür kann ein Brandriegel aus brandbeständigem Material hergestellt werden. Das Dämmmaterial innerhalb des Brandriegels ist in diesem Fall nebensächlich. Um Wärmebrücken zu vermeiden, kann der Brandriegel beispielsweise mittels Mineralwolle oder Mauerwerkssteinen mit schlechter Wärmeleitfähigkeit (z.B. Ytong) erstellt werden. Auf die Installation von FLI-VEs bei der Durchdringung der obersten Geschossdecke kann verzichtet werden.

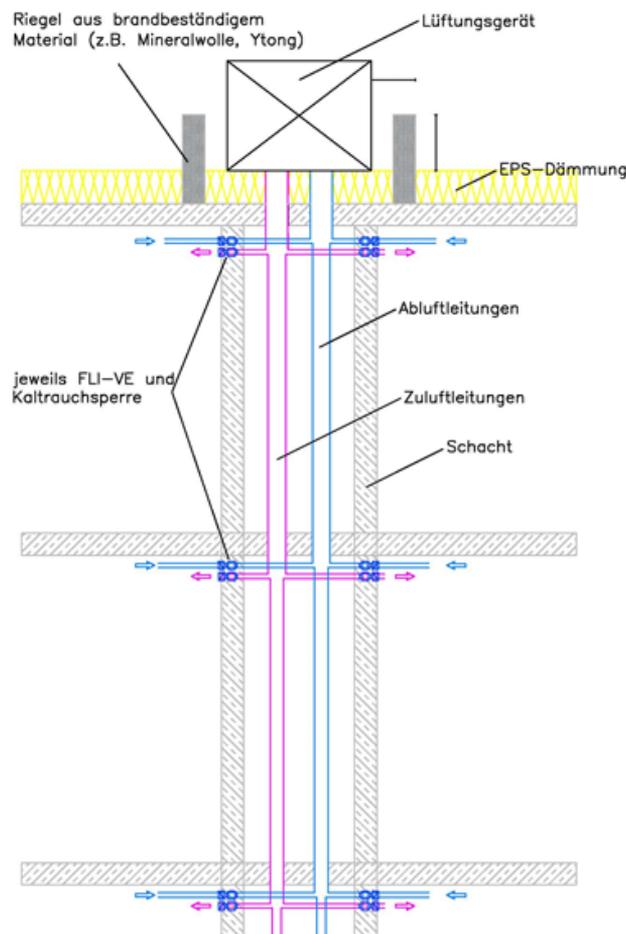


Abbildung 41: Variante 1 – Dachaufstellung mit brandbeständigem Riegel; Quelle: UIBK

Variante 2: Dachaufstellung mit Hosenstück

Das zentrale Lüftungsgerät wird auf dem Dach installiert, die Zu- und Abluftleitungen des Lüftungsgeräts werden aufgesplittet und mit Durchmessern von $D < 160$ mm mittels Installation von FLI-VE in den darunterliegenden Installationsschacht geführt. Die einzelnen Wohnungen werden mittels Zu- und Abluftleitungen aus dem Installationsschacht mit $D < 160$ mm und Installation von FLI-VE und Kaltrauch Sperre versorgt.

Nach der Durchdringung der obersten Geschossdecke können die aufgesplitteten Leitungen wahlweise wieder zusammengeführt oder getrennt weitergeführt werden. Im Vergleich zu Variante 1 müssen FLI-VEs bei der Durchdringung der obersten Geschossdecke installiert werden.

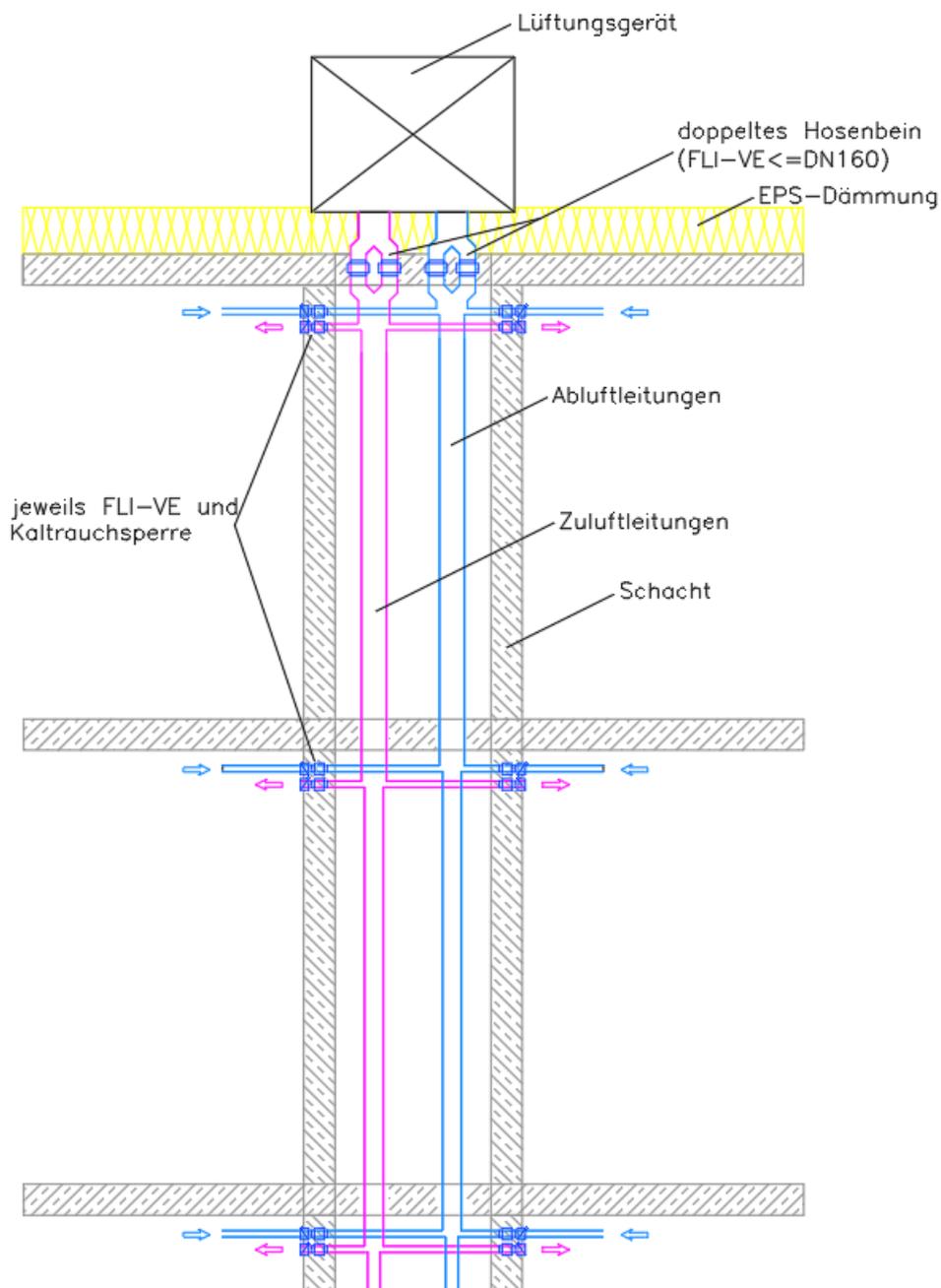


Abbildung 42: Variante 2 – Dachaufstellung mit Hosenstück; Quelle: UIBK

Variante 3: Technikraum mit verlängertem Arm

Das zentrale Lüftungsgerät wird im Technikraum installiert, die Leitungen werden an einer geeigneten Stelle durch die Fassade geführt und an der Fassade vertikal bis zu den einzelnen Wohnungen geführt. Die Leitungen werden vom Lüftungsgerät (Technikraum) horizontal bis zu einer geeigneten Stelle für die Durchdringung der Außenwand als ein Brandabschnitt ausgebildet (verlängerter Arm). Auf die Installation von Brandschutzkomponenten kann in diesem Bereich somit verzichtet werden. Die horizontalen Leitungen müssen mittels brandbeständiger Materialien den Anforderungen des Technikraums entsprechen. Die Zu- und Abluftleitungen an der Fassade werden nach Möglichkeit gesammelt mittels brandbeständiger Dämmmaterialien (bspw. Mineralwolle) ummantelt, um einen etwaigen Brandüberschlag zu verhindern. Bei der erneuten Durchdringung der Fassade zur Versorgung der Wohnungen müssen jeweils FLI-VEs und Kaltrauchsperrern installiert werden. Dieses System eignet sich besonders für den Sanierungsfall, da die Arbeiten hauptsächlich außerhalb des Wohnbereichs stattfinden und der Platzbedarf für die nachträgliche Installation reduziert wird.

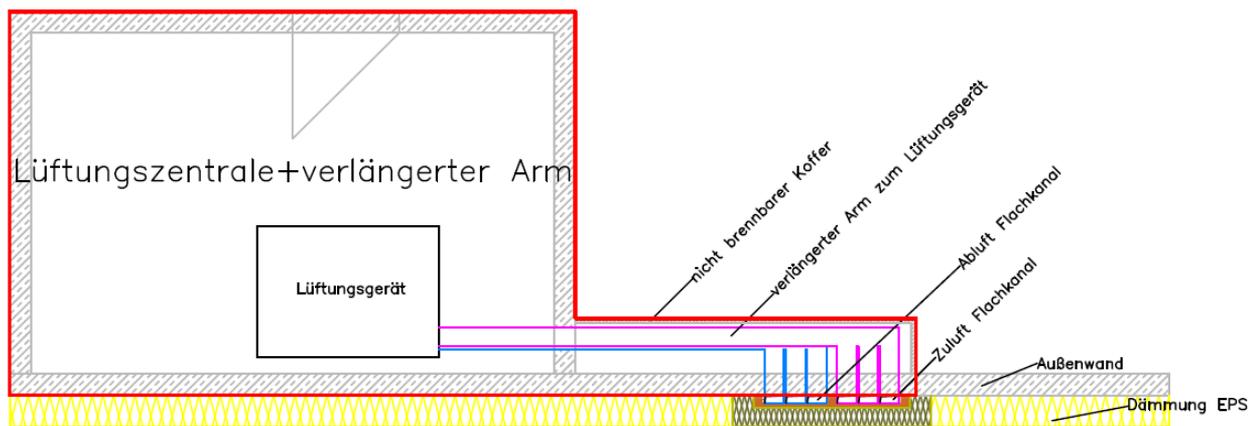


Abbildung 43: Variante 3 – Technikraum mit verlängertem Arm; Quelle: UIBK

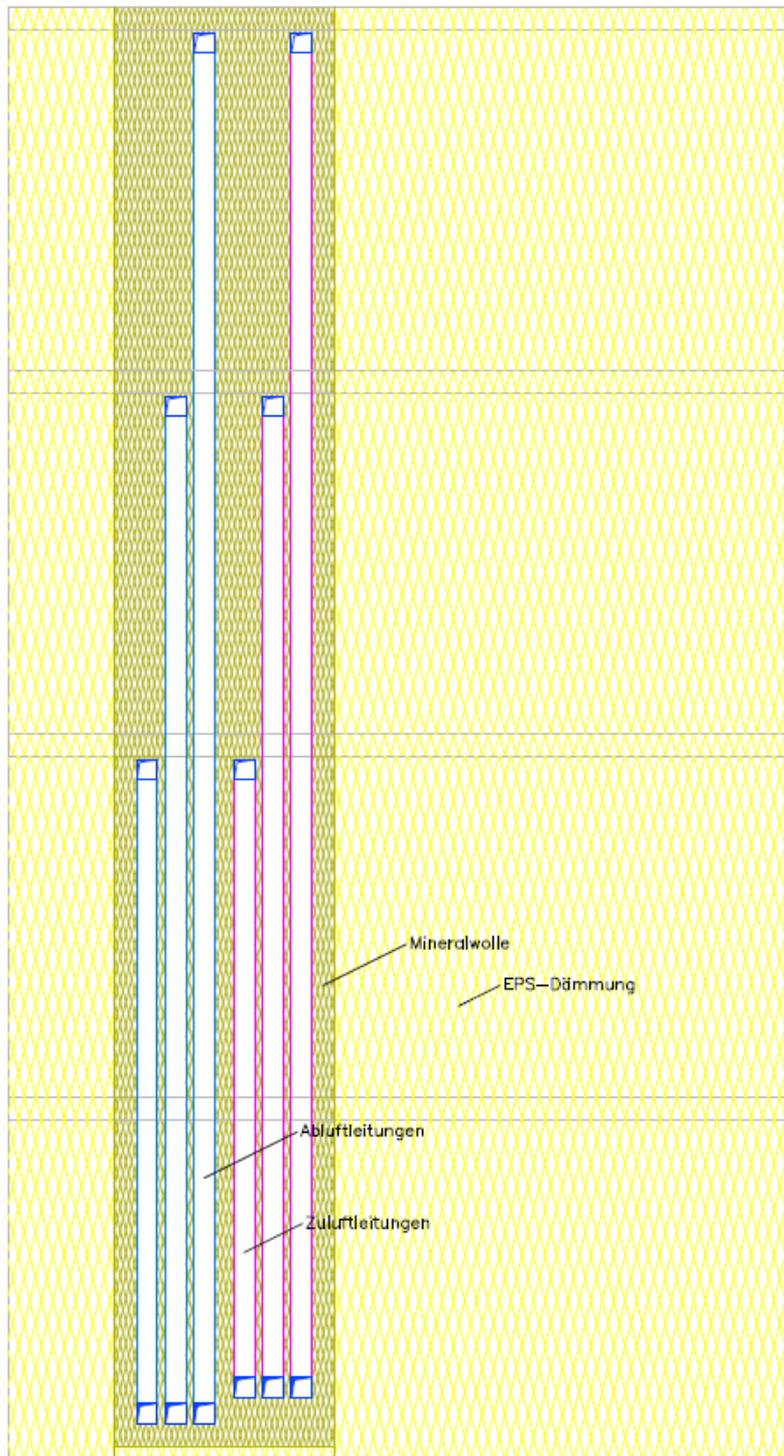


Abbildung 44: Leitungen an der Fassade; Quelle: UIBK

Schnitt hor. Variante 3

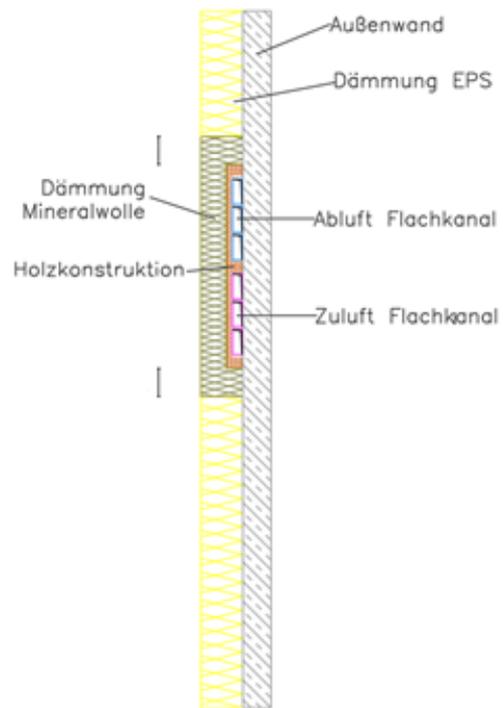


Abbildung 45: Kanalführung; Quelle: UIBK

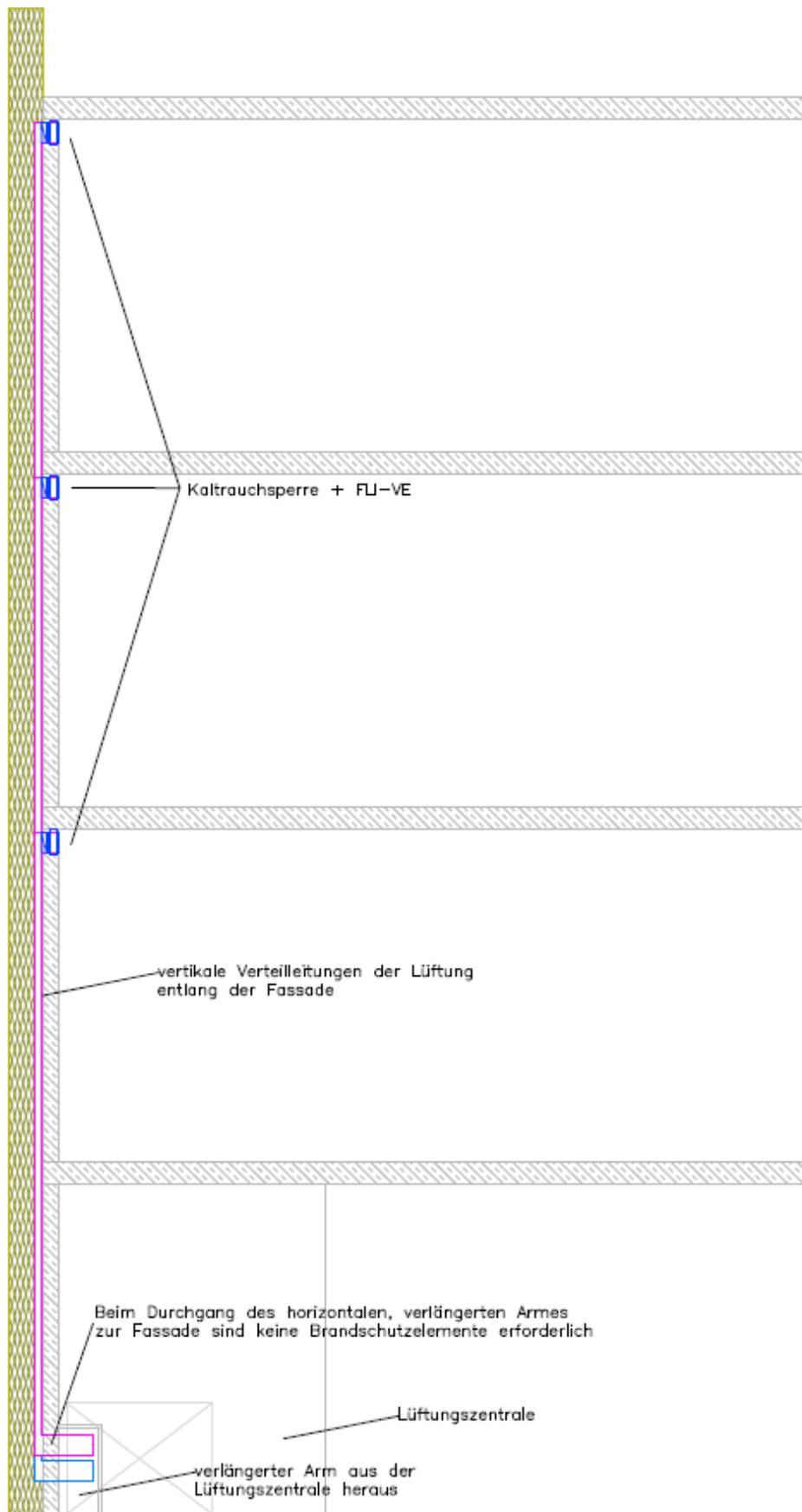


Abbildung 46: Übergang zu den Wohnungen; Quelle: UIBK

Diese Variante wurde im Zuge einer Masterarbeit genauer untersucht [10], auch im Hinblick auf die Leitungsführung im Wärmedämmverbundsystem. Eine Möglichkeit zur Umsetzung ist in Abbildung 47 dargestellt.

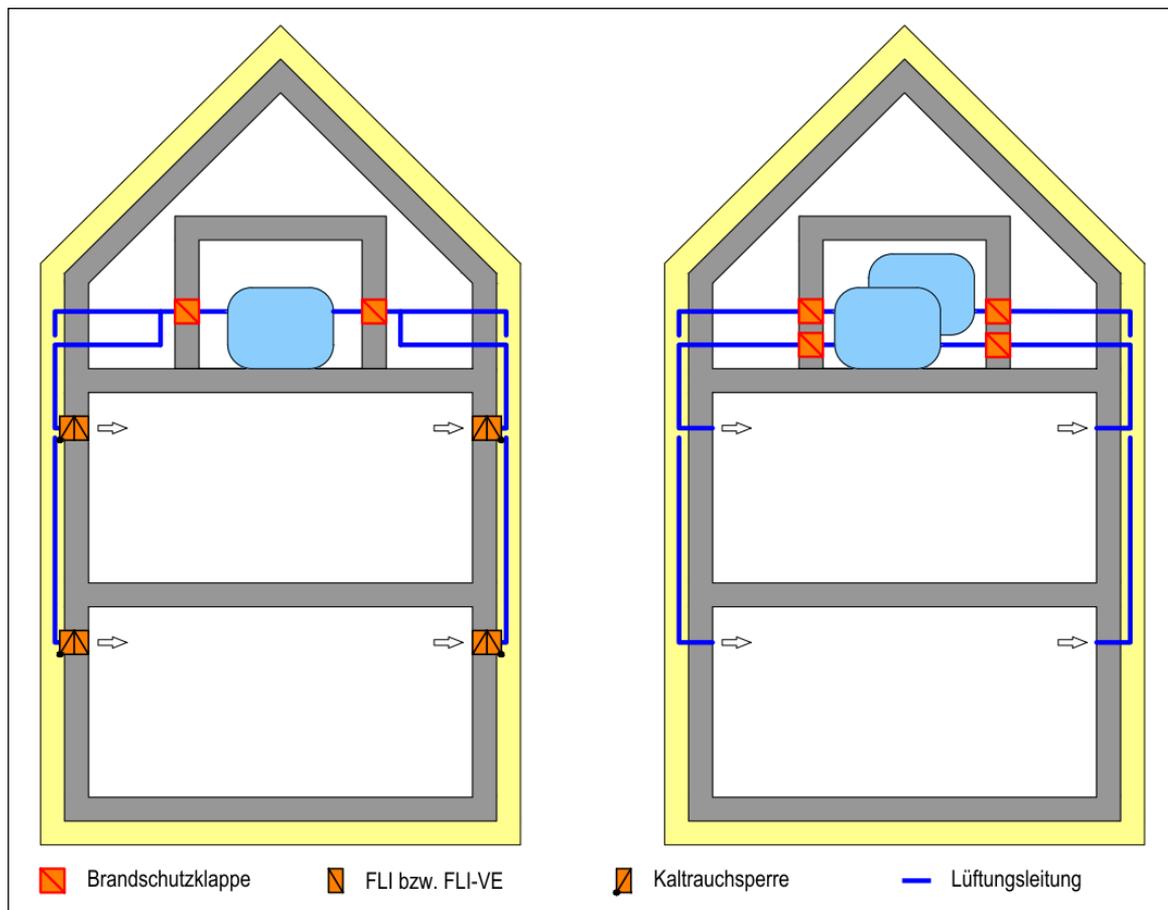


Abbildung 47: Leitungsführung in der Fassade; Quelle: [10]

Variante 4: Schacht mit Einblasdämmung

Die vertikalen Verteilleitungen werden in einem Versorgungsschacht geführt, der nachträglich mit einer Dämmung vollständig verfüllt wird (bspw. durch eine Einblasdämmung). Der Brandüberschlag von den Lüftungsrohren auf Leitungen anderer Gewerke wird dadurch verhindert. Die Brandschutzziele werden für die Durchtritte der Zu- und Abluftversorgung in die Wohneinheiten durch eine temperaturbeständige Kaltrauchsperrere erfüllt, FLI-VEs sind nicht erforderlich. Durch die Kombination der Einblasdämmung mit Variante 1 (ohne FLI-VE) oder Variante 2 (mit FLI-VE) wird das System in Bezug auf Brandschutzkomponenten noch weiter reduziert.

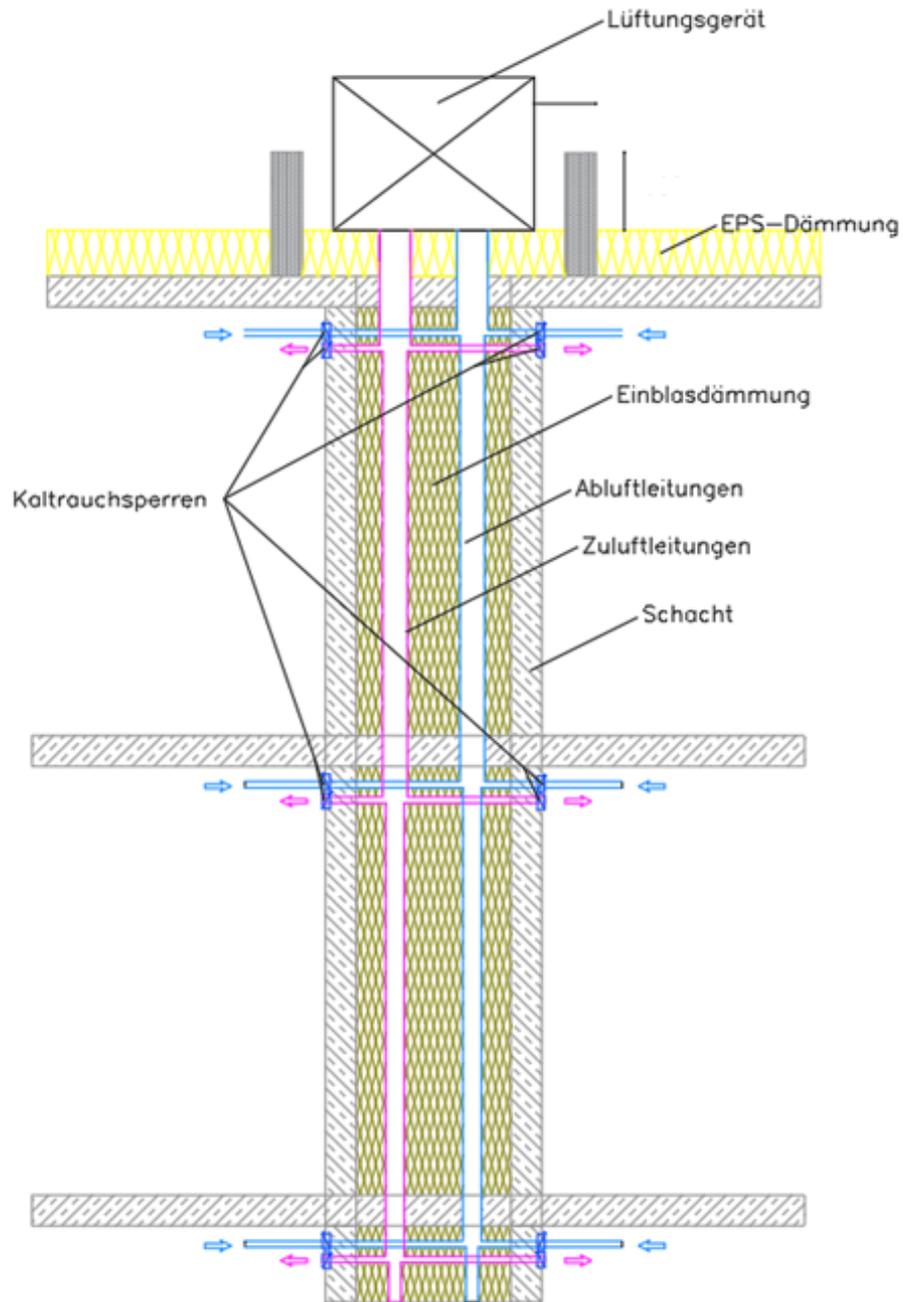


Abbildung 48: Variante 4 – Schacht mit Einblasdämmung, Dachaufstellung; Quelle: UIBK

Bei der Aufstellung des zentralen Lüftungsgeräts im Kellergeschoss kann bei den wohnungsweisen Durchführungen ebenfalls auf FLI-VEs verzichtet werden. Brandschutzklappen bei den Durchführungen des Technikraums sowie FLI-VEs bei den Durchführungen der Verteilleitungen in den Schacht sind weiterhin erforderlich.

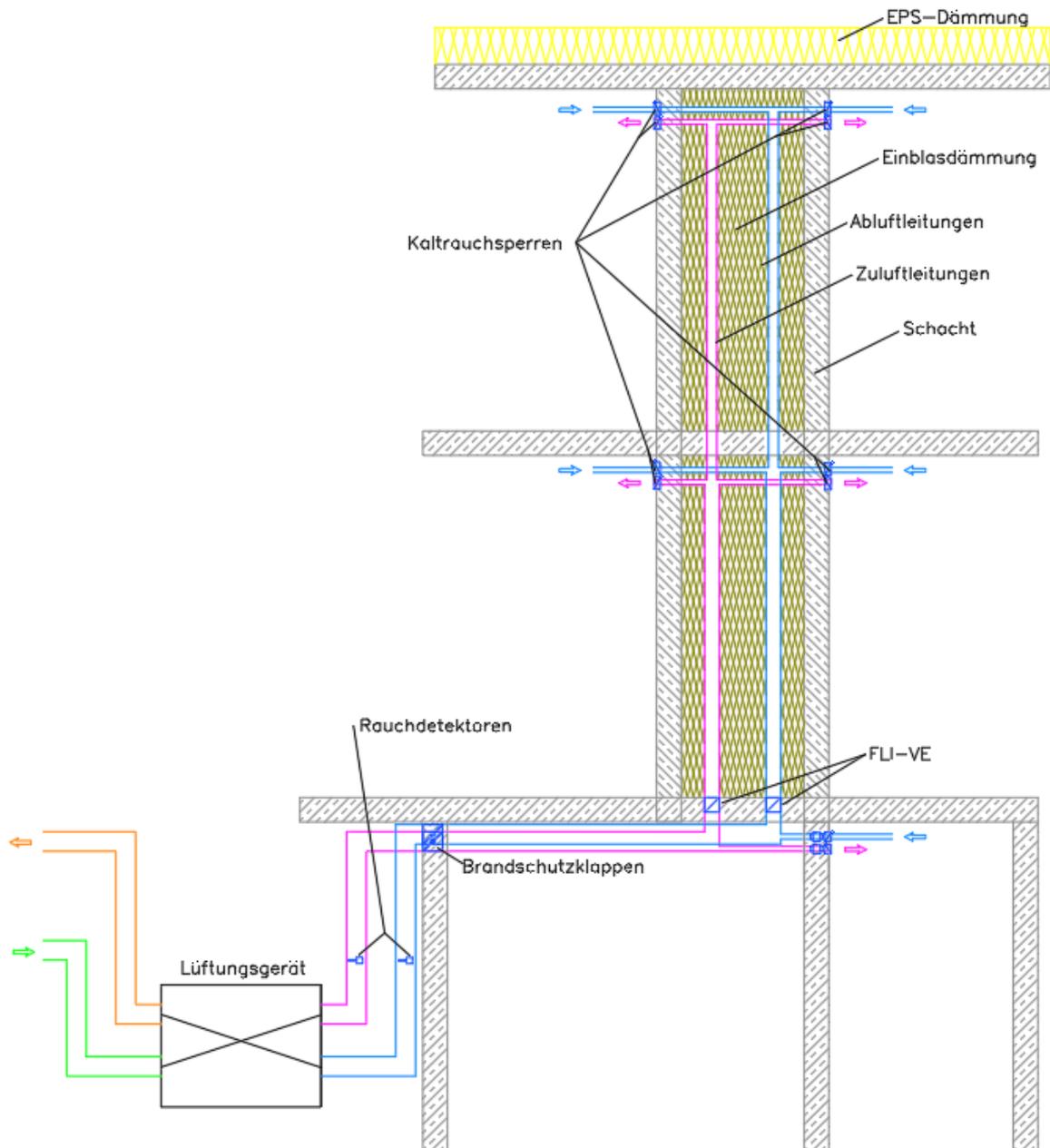


Abbildung 49: Variante 4 – Schacht mit Einblasdämmung, Kelleraufstellung; Quelle: UIBK

5.2.2. Beurteilung der Lösungen durch die Brandverhütungsstellen

Ing. Bernhard Stibernitz, Tiroler Landesstelle für Brandverhütung

Bei Variante 1 ist laut Ing. Stibernitz Folgendes zu beachten:

- Bei einer Schachtgröße von mehr als 2 m² ist eine zusätzliche Entlüftungsöffnung nötig.
- Eine Möglichkeit dafür wäre ein Mineralwollekranz, waagrecht in ca. 1 m Abstand, 1 m breit.
- Mineralwolle wird bei Durchdringung oder Verzug benötigt.
- Ein Brandriegel sollte 15 cm überragend sein; 10 cm breiter Gasbetonstein sollte ausreichen.

Variante 2:

- besser mit Variante 1 arbeiten, da unkomplizierter
- eher als Sonderlösung zu betrachten, wenn Dämmkranz oder Riegel nicht möglich ist
- Sowohl bei Variante 1 und 2 gilt: Eine einfache Einhausung für technische Anlage auf dem Dach ist kein Geschoss oder Technikraum.
- Hingegen ist eine Lösung IM Dachraum mit Einhausung als Technikraum zu betrachten, somit ist eine Brandschutzklappe erforderlich.

Variante 3:

- Brandübertritt auf die Fassade muss verhindert werden
- mit FLI-VE möglich, eventuell auch größer DN 160 mm
- Brandriegel der Fenster darf nicht verletzt werden, ansonsten keine Probleme mit Fenster/Lüftungsleitungen
- Eine Möglichkeit ist, den Brandriegel höher zu setzen oder die Brandriegel geschossweise zu setzen bei einer Querverteilung.
- Dach- oder Kelleraufstellung kein Unterschied
- Schachtführung mit Mineralwolle
- Wohnungsübergang mit FLI-VE

Variante 4:

- Schachtverfüllung nach OIB ohne Brandschutzkonzept ist nicht zulässig, da die Leitungen durch eine Trennwand führen. Ein Abschluss in der Leitung der Widerstandsklasse der Wand entsprechend ist erforderlich.
- Versatz der Leitungen bei gegenüberliegenden Wohnungen notwendig; alternativ FLI-VE

Allgemeine Anmerkungen und Tipps Ing. Stibernitz:

- Die Variante aus Deutschland (Brandschutzklappen ausgerüstet mit Stellmotoren, an denen durch Fernbedienung Funktionsprüfungen ausgeführt werden können) mit einer monatlich durchgeführten Funktionsprüfung sind in Österreich nicht möglich.
- Allerdings ist gegen eine Sichtkontrolle via Kamera (z.B. Snake Eye oder ähnliches) prinzipiell nichts einzuwenden.
- Einbau der Geräte in die Fassade (z.B. Wärmepumpe): Überprüfung notwendig, ob Fassadenqualität erhalten bleibt, Fassadenbrände möglich
- Empfehlung, die Kaltrauchsperrn in Intervallen zu prüfen & gegebenenfalls zu tauschen
- In Betondecke eingelegte Leitungen: Statik muss erfüllt sein, Temperaturbedingung muss erfüllt sein. Schwächung der Decke – genaue Klärung und Details fehlen bisher

Dipl.-Ing. Herbert Hasenbichler, Landesstelle für Brandverhütung in Steiermark

Bei Variante 1 ist laut Dipl.-Ing. Hasenbichler Folgendes zu beachten:

- Diese Variante ist bis Gebäudeklasse 4 möglich und OIB-konform auch ohne Brandschutzklappen. Ab Gebäudeklasse 5 sind andere Dämmstoffe zu verwenden oder die Ausführung der Baukonstruktion wie oberste Decke mitentscheidend, was ausgeführt werden muss.

Variante 2:

- Ist mit Hosenbein ohne Probleme in FLI-VE machbar

Variante 3:

- Diese Variante ist ebenfalls gut vorstellbar, wenn ab Gebäudeklasse 5 das EI90-Schutzziel auch durch die Verteilrohre und Dämmmaterial bedacht wird. Die Rohre, die in das EPS eingearbeitet werden, müssen ohne EPS zwischen den Verteilrohren und rundherum zum EPS hin mit nicht brennbarem Dämmmaterial verfüllt sein, zumindest ab Gebäudeklasse 4.
- Beim Ein-/Austritt in/aus Wohnungen müssen FLI-VE und Kaltrauchsperrern (mit oder ohne Volumenstrom-Kombination) vorhanden sein.

Variante 4:

- Diese Lösungen nur mit Kaltrauchsperrern ist nur zu Stiegenhäusern hin möglich, später beim Eintritt/Austritt in/aus Wohnungen muss wieder mind. FLI-VE wegen Brandausbreitungsverhinderung installiert sein.
- Stiegenhäuser bedürfen keiner separaten Schottung, weil dort rechtlich nichts Brennbares sein darf und sich daher Brand auch nicht ausbreiten kann.

Allgemeine Anmerkungen und Tipps Dipl.-Ing. Hasenbichler:

- Ab Gebäudeklasse 5 ist Dämmmaterial generell wegen Brandschutz zu beachten!

5.3. Umgesetzte Projekte

In allen hier beschriebenen Projekten wurden verschiedene Varianten der entwickelten Brandschutzkonzepte umgesetzt – teils komplett, manchmal auch nur Teile davon.

5.3.1. Lüftungstechnische Anlagenbeschreibung – Wohnanlage IN 22/23

<p>Wohnanlage IN 22/23</p> <p>Lönstraße 20, 22, 24</p> <p>Lönstraße 26, 28</p> <p>Mößlgasse 17, 19</p> <p>Mößlgasse 36</p> <p>Domanigweg 2, 4, 6, 8</p> <p>Eigentümer:</p> <p>Neue Heimat Tirol</p>

Ausgangssituation und Rahmenbedingungen:



Abbildung 50: Die „Franzosenhäuser“ fertig saniert und fit für die Klimawende; Quelle: NEUE HEIMAT TIROL

1950 kurz nach Kriegsende übernimmt die Neue Heimat Tirol (NHT) den Auftrag für die französische Garnison in Innsbruck Wohnraum zu schaffen. Die Ausführung der sogenannten „Franzosenhäuser“ endete nach kurzer Bauzeit im Jahre 1954. Tatsächlich sind „die Franzosen“ dort aber nie eingezogen und die nachkriegsbedingte Wohnraumnot der Innsbruckerinnen und Innsbrucker konnte so rasch weiter gemildert werden.



Abbildung 51: Gesamtansicht der unsanierten Objektgruppe; Quelle: Google Earth

Die „Franzosenhäuser“ bestehen aus sechs Einzelgebäuden mit zwölf Treppenhäusern und 84 Wohnungen. Der Standort befindet sich ca. 2,3 km vom Zentrum der Innsbrucker Altstadt entfernt. Damals am Stadtrand gelegen, bietet sie heute eine ruhige, grüne und dennoch zentrale Stadtlage mit hoher Lebens- und Wohnqualität.

Bei dem Projekt IN 22/23 handelt es sich um sechs bewohnte Bestandwohngebäude derselben Bauweise, bestehend aus je vier Stockwerken (EG + 3). Die Erschließung der 84 Wohnungen erfolgt über zwölf von außen zugänglichen Stiegenhäuser mit jeweils sieben Wohnungen, aufgeteilt wie folgt:

EG: 2 Wohnungen
1.OG: 2 Wohnungen
2.OG: 2 Wohnungen
DG: 1 Dachgeschoßwohnung (zzgl. allgemeine Dachbodenräume)



Abbildung 52: Unterstützende Planung mittels 3D designPH-Modellierung und PHPP-Variantenberechnung; Quelle: Passivhaus Institut Innsbruck

Ziel der energetischen Sanierung war von Beginn an der EnerPHit Sanierungs-Standard des Passivhaus Institutes in Darmstadt. Der EnerPHit Standard beschreibt eine Sanierung mit Passivhauskomponenten, aber mit leicht erhöhtem Luftdichtheitswert (max. 1,0 1/h) und Wärmebrückenbeiwert (nicht alle Wärmebrücken sind ökonomisch sinnvoll und tragbar sanierbar) gegenüber dem Passivhaus Neubaustandard. Daraus ergibt sich bei EnerPHit ein maximaler Heizwärmebedarf nach PHPP von 25 kWh/(m²*a). Auch die Integration einer qualitativ hochwertigen Komfortlüftungsanlage ist vorzusehen. Die Planung und Projektierung wurde durch das Passivhaus Institut Innsbruck mittels 3D designPH-Modellierung und PHPP-Variantenberechnung im Rahmen des EU-Projektes Sinfonia unterstützt. Die PHPP-Variantenberechnung diente vor allem der Ermittlung jener Maßnahmen mit maximalem Impact hinsichtlich eines ökonomischen Optimums der Sanierung.

Auf Grund von Erfahrungen aus Sinfonia-Projekten, welche einen massiven Eingriff innerhalb der bewohnten Wohnungen zur Folge hatten, wurde hierbei ein besonderes Augenmerk darauf gelegt, dass das Lüftungskonzept bzw. die Integration der erforderlichen Lüftungsanlage einen möglichst geringen Eingriff innerhalb der bewohnten Wohneinheiten verursacht, was zum folgenden Lüftungskonzept mit fassadenintegrierter Luftleitungsführung führte.

Lüftungstechnische Beschreibung

Lüftungskonzept:

Die Gebäude werden über zwölf passivhauszertifizierte Kompaktlüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung mit Frischluft versorgt, welche einerseits für hygienischen Luftwechsel sorgen und andererseits das Gebäude von Schäden an Bauteilen (Schimmel, Feuchte, etc.) bewahren. Es handelt sich dabei um Be- und Entlüftungsanlagen. Die einzelnen Lüftungsgeräte befinden sich jeweils in allgemeinem Dachbodenraum des jeweiligen Dachgeschoßes. Über fassadengeführte Lüftungsleitungen versorgt jedes Lüftungsgerät jeweils sieben Wohneinheiten mit konstanter Luftmenge.

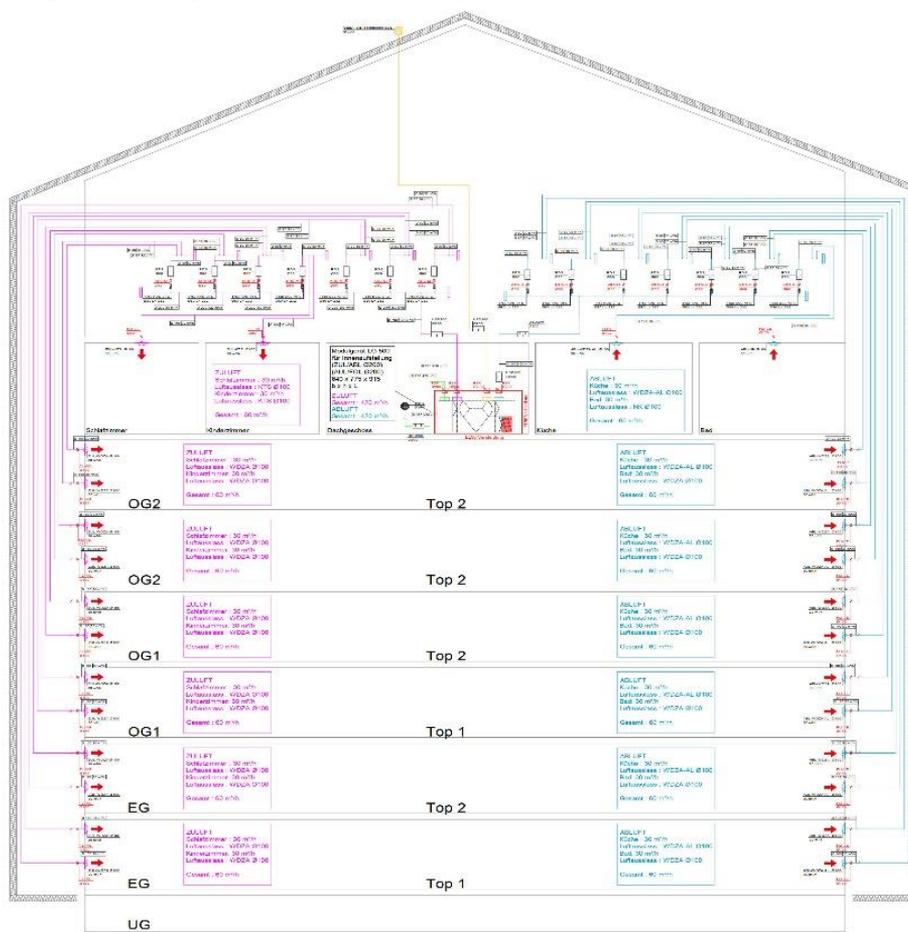


Abbildung 53: Lüftungsschema; Quelle: Alpsolar Klimadesign

Lüftungsgerät und Auslegungsparameter:

Alle zwölf Lüftungsanlagen wurden wie folgt ausgeführt:

- Hersteller / Type: PICHLER / LG500
- Aufstellort: Allg. Dachbodenraum innerhalb einer EI90-Einhausung
- Ansaugöffnung Frischluft: Über Ansaugöffnungen mit Wetterschutzgitter in der Außenwand
- Ausblasöffnung Fortluft: über Dachausblashaube
- Auslegungsvolumenstrom: $20 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{Pers.}$
- Max. Gesamtvolumen: $420 \text{ m}^3/\text{h}$ (zzgl. $10 \text{ m}^3/\text{h}$ für den Dachbodenraum)



Abbildung 54: Lüftungsgerät mit E190-Einhausung und abnehmbarer Wartungstür; Quelle: Alpsolar Klimadesign

Dachboden- und fassadengeführte Luftverteilung:

Die Zuluft- und Abluftmengen von insgesamt 420 m³/h werden über einen gemeinsamen Luftverteilerbalken gleichmäßig mit einer Luftmenge von jeweils 60 m³/h auf die sieben Wohnungen aufgeteilt. Dabei ist jeder Wohnungsabgang zuluft- und abluftseitig mit einem passiven Volumenstromregler bzw. Luftmengenbegrenzer, Kaltrauchklappe und Schalldämpfer ausgestattet.



Abbildung 55: Luftverteilerbalken mit Volumenstrombegrenzer; Quelle: Alpsolar Klimadesign

Die Luftverteilung für die Dachgeschoßwohnungen erfolgt frei verlegt innerhalb der Dachbodenräume und des sogenannten Spitzbodens oberhalb der Dachgeschoßwohnungen. Die Zuluft- und Abluftleitungen für die unteren sechs Wohnungen der Geschoße EG bis 2. OG werden raumweise über die Fassade geführt. Die Lüftungsrohre aus verzinktem Wickelfalzrohr mit der Dimension DN 80 wurden zum Teil in den Bestandsputz eingeschlitzt und anschließend mit der neuen Wärmedämmung überdämmt.



Abbildung 56: Die drei Schritte für optimale Leitungsführung an der Fassade: 1. Genaues Anzeichnen auf der Bestandsfassade, 2. exaktes Ausnehmen der bestehenden Dämmung & Putz, 3. Einpassen der Lüftungsleitungen ohne großen Zwischenraum; Quelle: NEUE HEIMAT TIROL

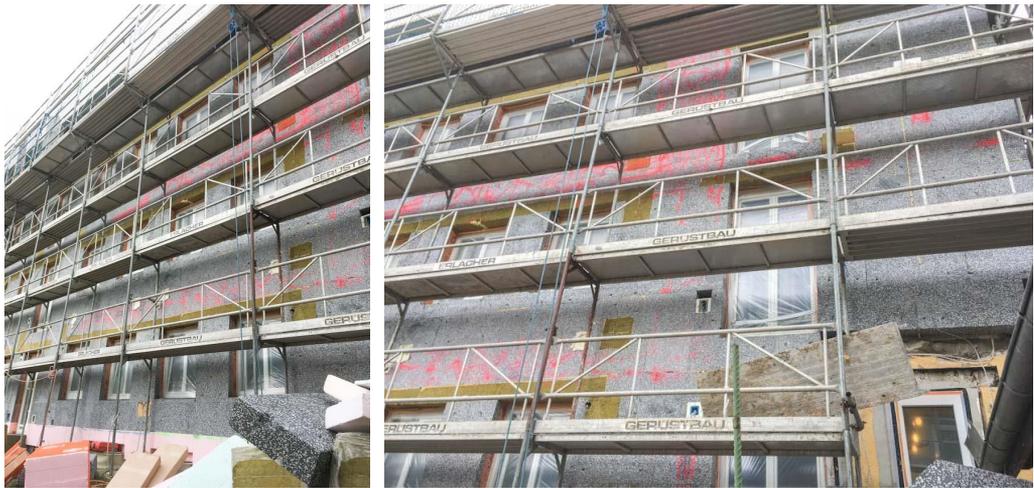


Abbildung 57: Leitungsführung an der Fassade nach Anbringung der Fassadendämmung; Quelle: Alpsolar Klimadesign

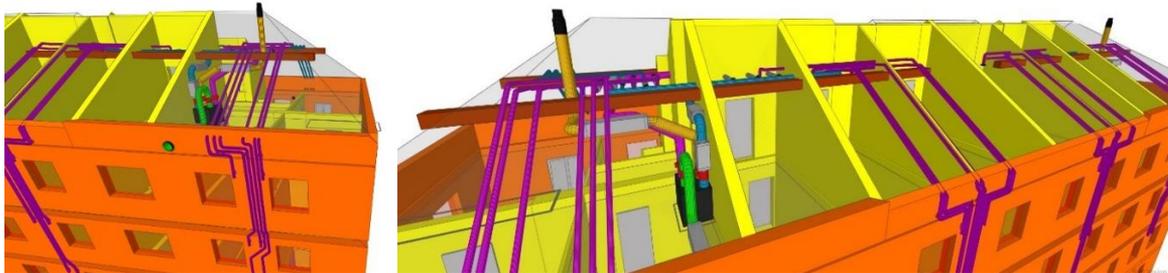


Abbildung 58: 3D-Planung: Leitungsführung im Dachboden und an der Fassade; Quelle: Alpsolar Klimadesign

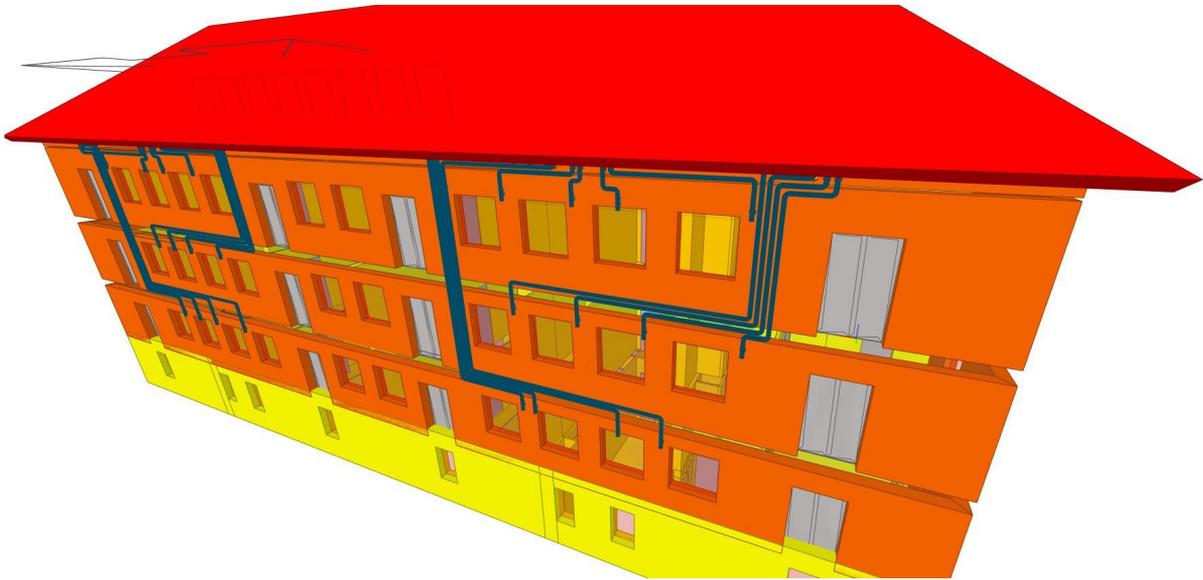


Abbildung 59: 3D-Planung: hofseitige Abluftleitungen an der Fassade; Quelle: Alpsolar Klimadesign

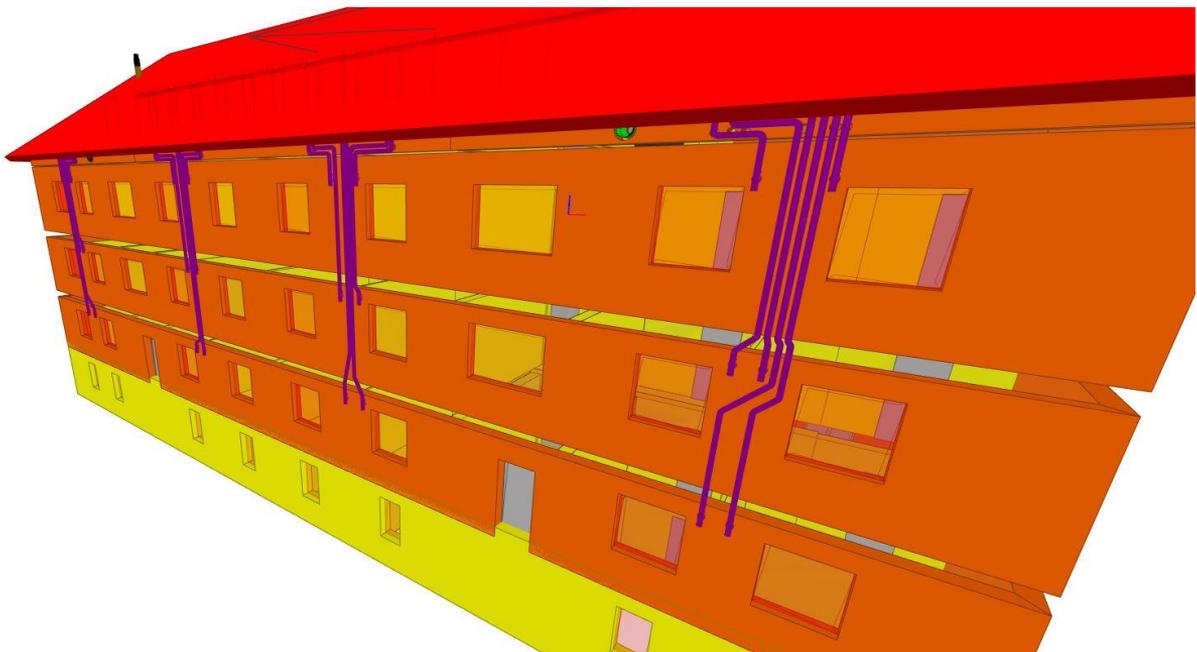


Abbildung 60: 3D-Planung: straßenseitige Zuluftleitungen an der Fassade; Quelle: Alpsolar Klimadesign

Auf Grund der vorteilhaften Zimmereinteilung, worin die Wohn- und Schlafräume straßenseitig bzw. Bad und Küche hofseitig angeordnet wurden, konnte jede Wohnung von der Fassade aus über lediglich vier Kernbohrungen mit Zuluft und Abluft erreicht werden. Durch die sich einstellende Kaskadenlüftung ergab sich eine ideale Durchströmung aller Räume.

Das Kaskadenlüftungsprinzip wurde auch aufgrund des geringen Verteilungsaufwandes innerhalb der bewohnten Wohnungen gewählt. Zusätzlich können so die benötigten Luftmengen weiter reduziert und zu trockene Luft im Winter vermieden werden. Dieses Verteilsystem bot auch die Möglichkeit, zuerst alle Kernbohrungen von außen bis kurz vor den Innenputz zu führen und erst beim Fenstertausch in der konkreten Wohnung die Bohrung händisch mit Hammer und Meißel vollständig

zu öffnen. Eine minimale Störung der Mieter während der gesamten nachträglichen Installation der Komfortlüftungsanlage bezüglich Schmutz und Lärm war die Folge.

Diese Art der Installation wurde von den Mietern sehr gut angenommen. 76 von 84 Wohnungen (90%) konnten sofort an die Komfortlüftungsanlage angeschlossen werden. Innerhalb der nächsten zweieinhalb Jahre sollten alle Wohnungen aufgrund von Wohnungswechseln vollständig angebunden sein. Auch hier zeigt sich ein weiterer deutlicher Vorteil der ausgeführten Variante. Bei Anschluss einer weiteren Wohnung müssen lediglich die Verschlussdeckel in der Wohnung gegen die entsprechenden Lüftungsventile getauscht und die Volumenstromregler (Konstantvolumenregler) im Dachgeschoß eingestellt werden. Das hochwertige, zentrale Lüftungsgerät aus österreichischer Produktion regelt den Volumenstrom automatisch nach. Im Gegensatz zu anderen nachträglichen Installationen von Komfortlüftungsanlagen (dezentral & zentral) ist hier kein weiterer Montage- oder Handwerksaufwand vorhanden. Auch kann über die gut zugänglichen Konstantvolumenregler jederzeit und individuell ein Wohnungswechsel mit abweichender Belegungsichte nachgeregelt werden. Nach entsprechender Einschulung kann dies sogar durch den Hausbetreuer erfolgen.

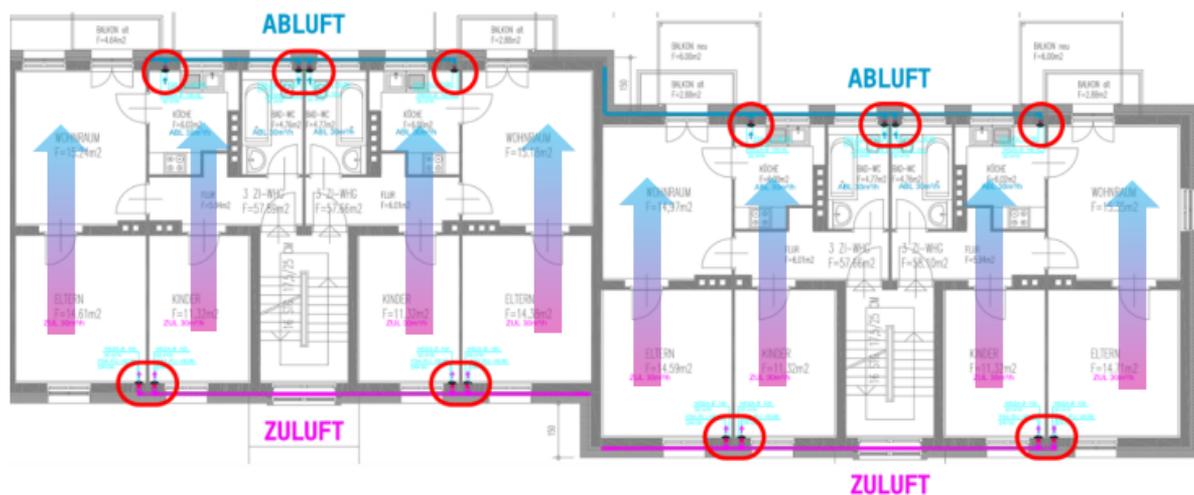


Abbildung 61: Kaskadenlüftung am Beispiel der HKLS Planung, Bildquelle: NHT/Malzer & Alpsolar Klimadesign

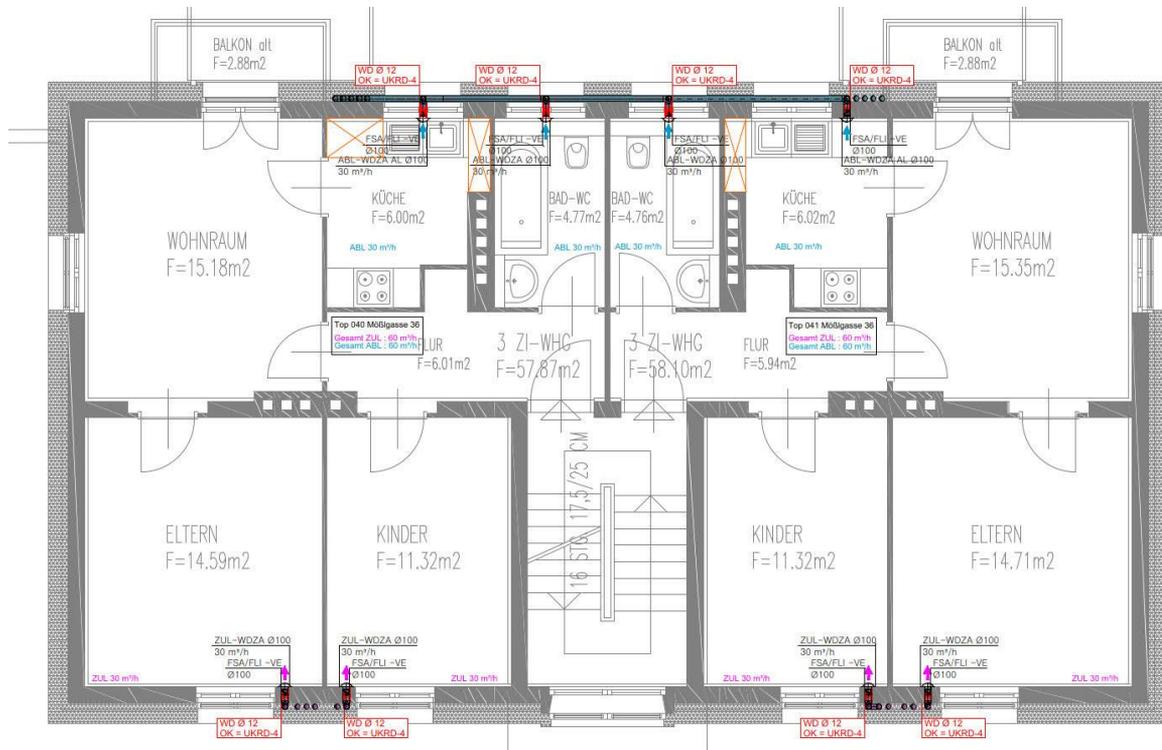


Abbildung 62: Grundriss Mößlgasse 36; Quelle: Alpsolar Klimadesign

Brandschutz:

Das Lüftungsgerät befindet sich im Dachgeschoß innerhalb einer EI-90-Einhausung mit abnehmbarer Front für Wartungszwecke. Alle vier Lüftungsleitungen, die in die Einhausung führen, sind mit thermischen Brandschutzklappen ausgestattet. Die Kaltrauchklappen befinden sich im jeweiligen Wohnungsabgang des Luftverteilers im Dachgeschoß. Die vom Dachgeschoß in die Fassadenebene eintretenden Lüftungsrohre wurden mit nicht brennbarer Mineralwolle zur Vermeidung eines Brandüberschlages auf die EPS-Fassade überdämmt. Jede Leitungsdurchdringung von der Fassadenebene in das Wohnungsinnere wurde mit einem Feuerschutzabschluss (FLI-VE) ausgestattet und mit entsprechendem Brandschott (Weichschott) verschlossen.

5.3.2. Lüftungstechnische Anlagenbeschreibung – Wohnanlage SchuMo

Wohnanlage SchuMo

Mozartstraße 5, 7
Schubertstraße 6, 8, 10,12

Eigentümer:

IIG - Innsbrucker Immobilien Gesellschaft

Ausgangssituation und Rahmenbedingungen:

Bei dem Projekt SchuMo handelt es sich um zwei bewohnte Bestandwohngebäude, bestehend aus je fünf Stockwerken (EG + 4), welche in der Nachkriegszeit errichtet wurden sowie einer zweigeschossigen Aufstockung. Die Erschließung der 83 Wohnungen erfolgt über sechs von außen zugänglichen Stiegenhäusern mit jeweils 14 Wohnungen, aufgeteilt wie folgt:

- EG: 2 Wohnungen (Bestand)
- 1.OG: 2 Wohnungen (Bestand)
- 2.OG: 2 Wohnungen (Bestand)
- 3.OG: 2 Wohnungen (Bestand)
- 4.OG: 2 Wohnungen (Bestand)
- 1. DG: 2 Wohnungen (Aufstockung)
- 2. DG: 2 Wohnungen (Aufstockung)

Die Gebäude wurden im Rahmen des EU-Projektes „Sinfonia“ nach dem EnerPHit-Standard saniert, was neben der thermischen Sanierung einer Gebäudehülle und zweigeschossiger Aufstockung auch die Integration einer Wohnraumlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung erforderte.

Auf Grund von Erfahrungen aus Sinfonia-Projekten, welche einen massiven Eingriff innerhalb der bewohnten Wohnungen zur Folge hatten, wurde hierbei ein besonderes Augenmerk daraufgelegt, dass das Lüftungskonzept bzw. die Integration der erforderlichen Lüftungsanlage einen möglichst geringen Eingriff innerhalb der bewohnten Wohneinheiten verursacht, was zum folgenden Lüftungskonzept mit fassadenintegrierter Luftleitungsführung führte.

Lüftungstechnische Beschreibung:

Lüftungskonzept:

Die Gebäude werden über sechs passivhauszertifizierte Kompaktlüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung mit Frischluft versorgt, welche einerseits für hygienischen Luftwechsel sorgen und andererseits das Gebäude von Schäden an Bauteilen (Schimmel, Feuchte, etc.) bewahren. Es handelt sich dabei um Be- und Entlüftungsanlagen. Die einzelnen Lüftungsgeräte befinden sich jeweils im neuen Technikraum des jeweiligen Kellergeschoßes. Über fassadengeführte Lüftungsleitungen versorgt jedes Lüftungsgerät jeweils 14 Wohneinheiten mit konstanter Luftmenge.

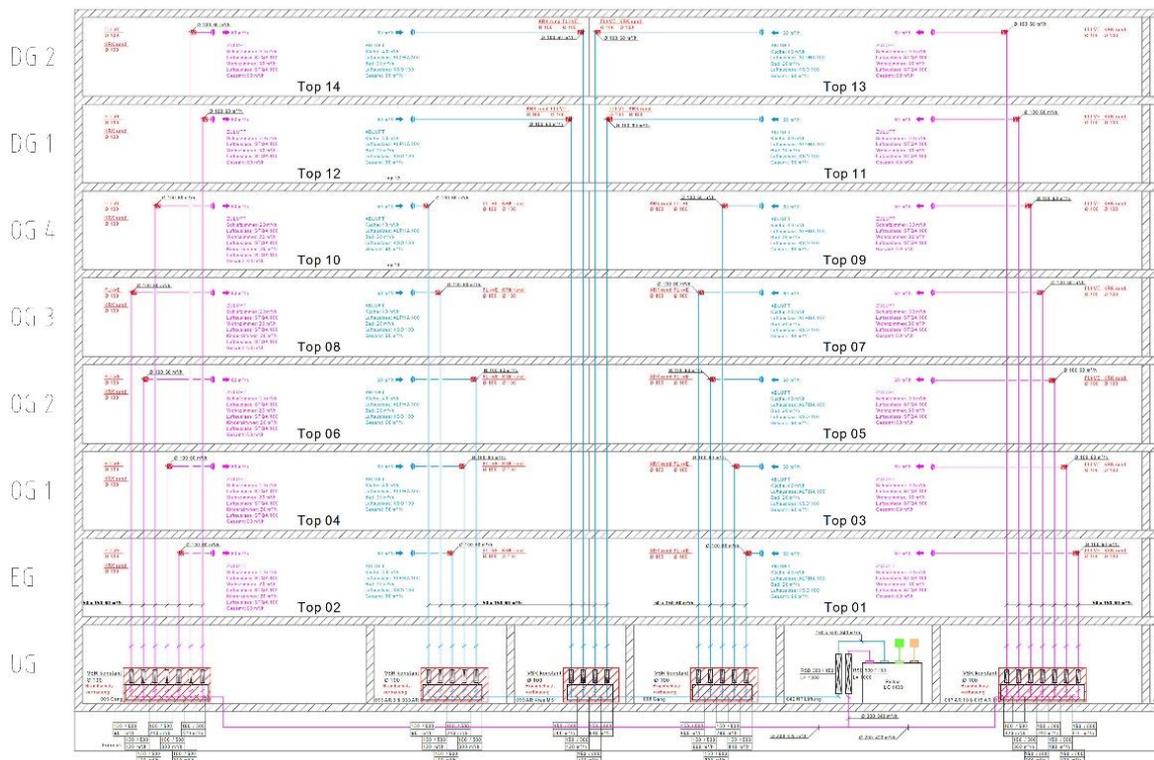


Abbildung 63: Lüftungsschema Mozartstraße 5 (Quelle: Alpsolar Klimadesign)

Lüftungsgerät und Auslegungsparameter:

Alle sechs Lüftungsanlagen wurden wie folgt ausgeführt:

- Hersteller / Type: PICHLER / LG1400
- Aufstellort: Technikraum im Kellergeschoß des jeweiligen Hauses
- Ansaugöffnung Frischluft: Hofseitig, direkt über die Außenwand des Technikraumes im KG
- Ausblasöffnung Fortluft: Hofseitig, über Lüftungstürme (befestigt an den Aufzugswänden)
- Auslegungsvolumenstrom: $20 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{Pers.}$
- Max. Gesamtvolumen: $840 \text{ m}^3/\text{h}$



Abbildung 64: Lüftungsgeräte und Frischluftansaugung unter den neuen Balkonen; Quelle: Alpsolar Klimadesign

Keller- und fassadengeführte Luftverteilung:

Die Zuluft- und Abluftmengen von insgesamt 840 m³/h werden teilweise über erdverlegte, vorisolierte Lüftungsrohre sowie auf Sicht in verzinkter Leitungsausführung zu den schallgedämmten Luftverteilerbalken geführt, welche direkt vor den erdanliegenden Kellerwänden positioniert wurden. Die Luftverteiler teilen die Luftmengen auf die einzelnen Wohnungsabgänge mit jeweils einer Einzelluftmenge von 60 m³/h auf. Jeder Zuluft- und Abluftabgang wurde mit einem passiven Volumenstromregler bzw. Luftmengenbegrenzer ausgestattet.



Abbildung 65: Luftverteilerbalken mit Volumenstrombegrenzer mit und ohne Brandschutzverbau; Quelle: Alpsolar Klimadesign



Abbildung 66: Vorisolierte Lüftungsrohre im Erdreich; Quelle: Alpsolar Klimadesign

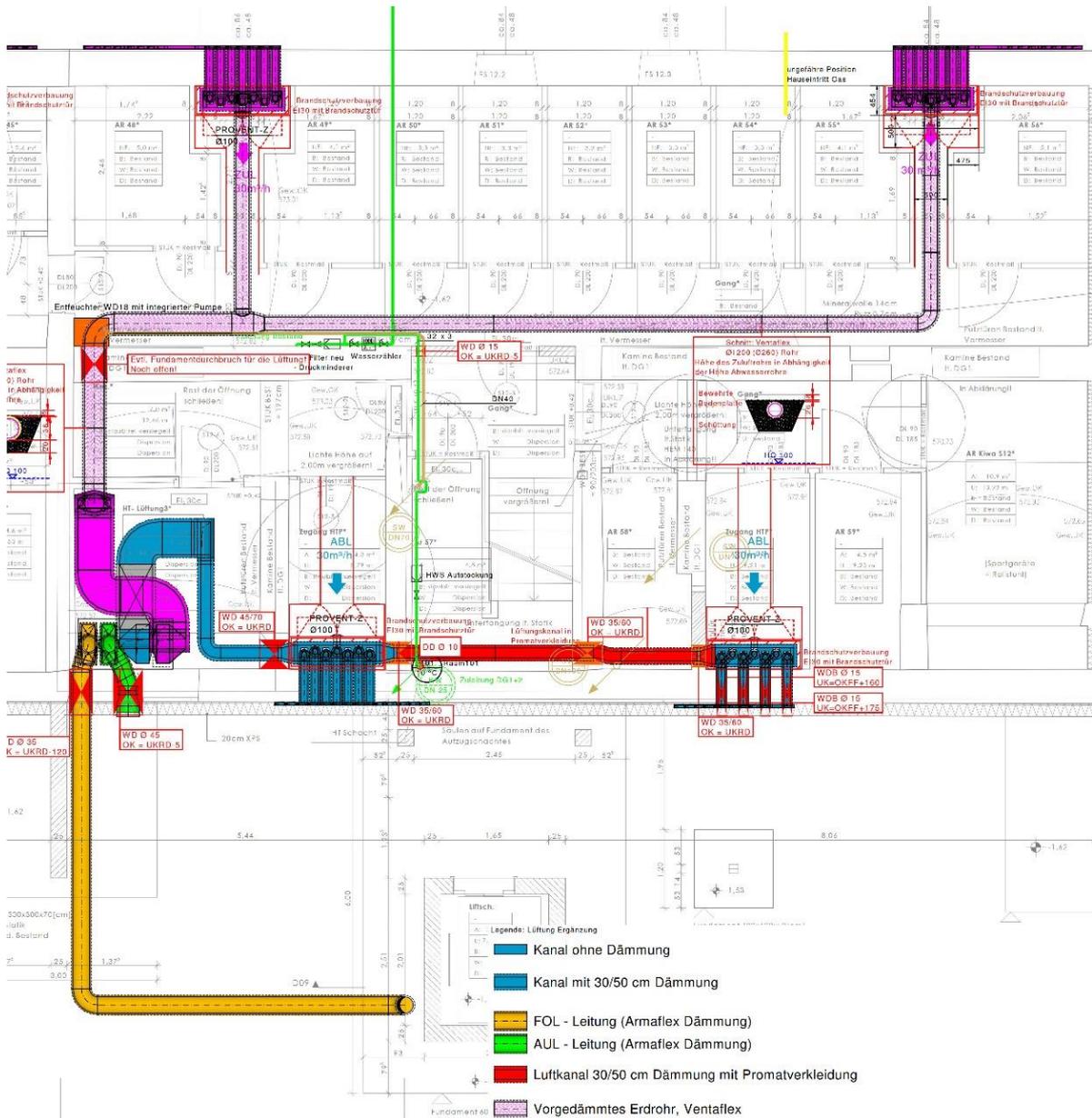


Abbildung 67: Grundriss Kellergeschoß; Quelle: Alpsolar Klimadesign

Oberhalb des Luftverteilerbalkens verspringen die Lüftungsrohre aus dem Keller an die Außenseite der Außenwand, wo sie gebündelt über die Bestandsfassade nach oben zu den einzelnen Wohnungen geführt werden. Die Lüftungsrohre aus verzinktem Wickelfalzrohr mit der Dimension DN 100 wurden anschließend mit brandbeständiger Wärmedämmung XPS umschlossen.



Abbildung 68: Leitungsführung an der Fassade; Quelle: Alpsolar Klimadesign



Abbildung 69: Leitungsführung an der Fassade mit brandbeständiger Abgrenzung; Quelle: Alpsolar Klimadesign

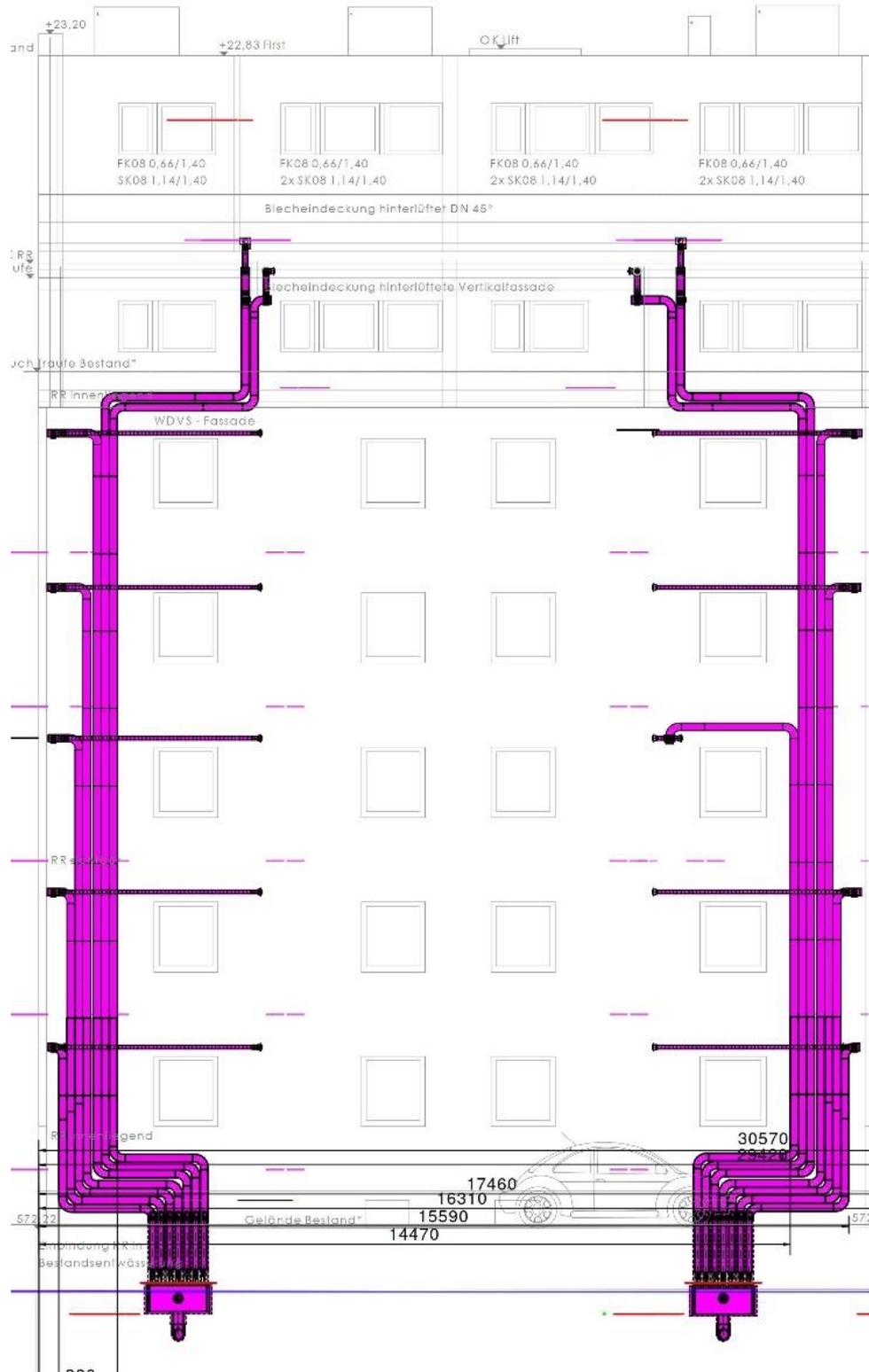


Abbildung 70: Fassadenansichten: Zuluft straßenseitig, Abluft hofseitig; Quelle: Alpsolar Klimadesign

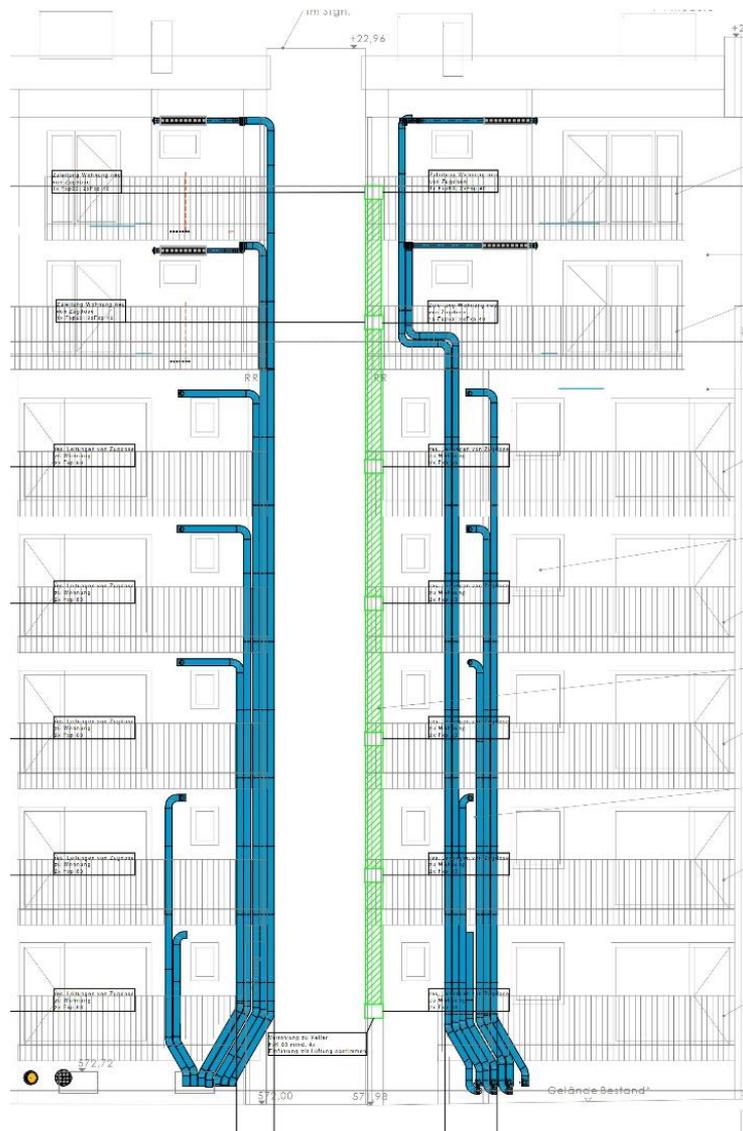


Abbildung 71: Fassadenansichten: Zuluft straßenseitig, Abluft hofseitig; Quelle: Alpsolar Klimadesign

Die einzelnen Zuluft- und Abluftleitungen gelangen wohnungswise über insgesamt zwei Kernbohrungen in die jeweilige Wohnung. In den Bestandswohnungen sorgt eine nachgeschaltete schalldämmte Verteilbox für die Luftversorgung der restlichen Räume mit Kunststoffschläuchen an der Decke. Die Luftführung in den neuen Wohnungen der Aufstockung erfolgt über Bodenkanäle sowie an der Decke.

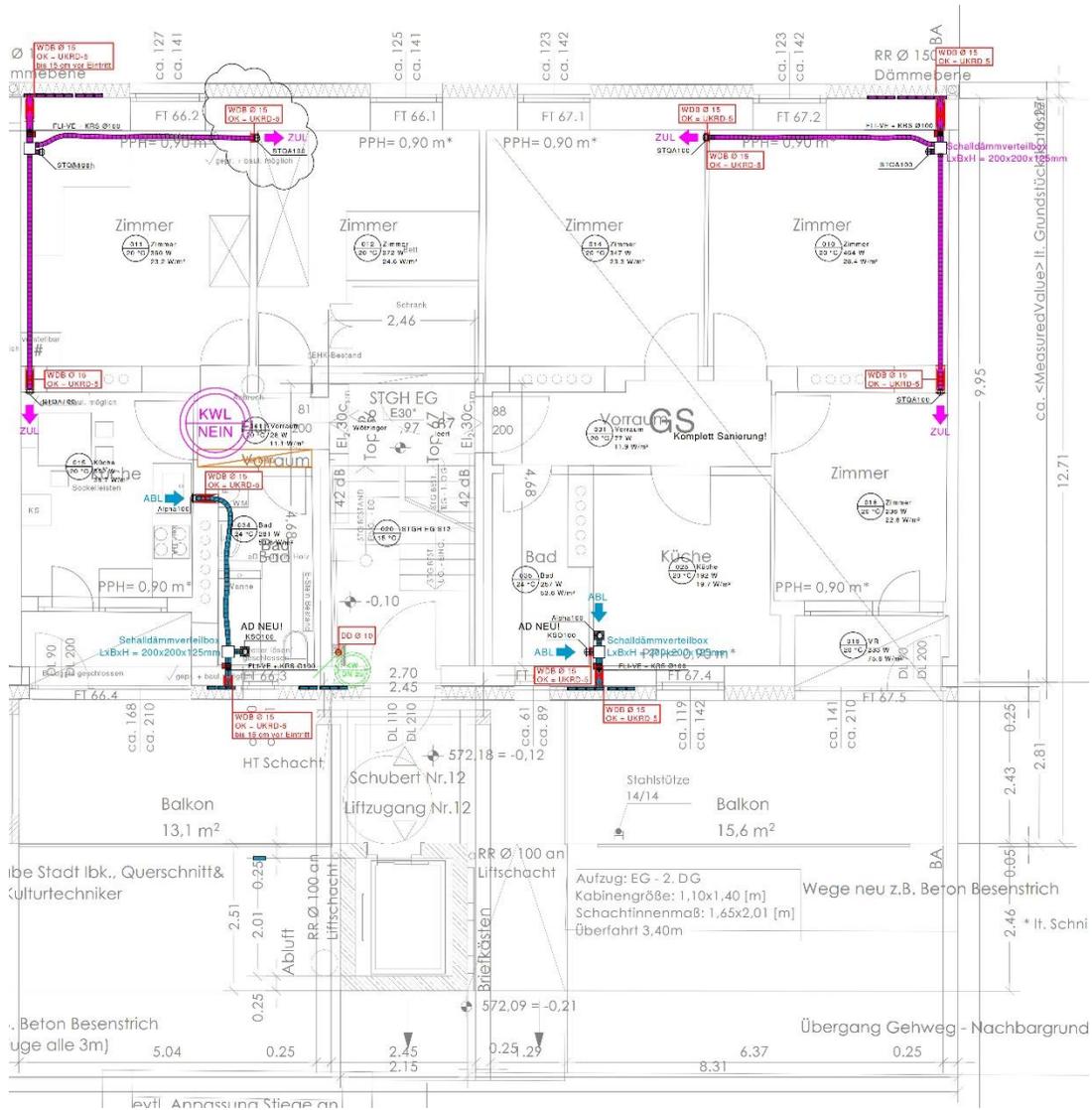


Abbildung 72: Grundriss Erdgeschoss; Quelle: Alpsolar Klimadesign

Brandschutz:

Das Lüftungsgerät befindet sich jeweils im Kellergeschoß in einem eigens dafür errichteten Technikraum, welcher einen eigenen Brandabschnitt ausbildet. Des Öfteren wurden die ehemaligen Luftschutzbunker für die neuen Technikräume verwendet. Sämtliche Lüftungsleitungen, welche unmittelbar aus einem Technikraum in einen brandgeschützten Schacht an der Fassade hochgeführt werden, benötigen laut dem vorliegenden Brandschutzkonzept in der Außenwand zwischen den Technikräumen und der Fassade keine Brandschutzklappen. Dies führte dazu, dass möglichst viele naheliegende Luftverteiler mittels Brandschutzplatten verkleidet und brandabschnittsbildend als sogenannter „verlängerter Arm“ des Technikraumes ausgeführt wurden.

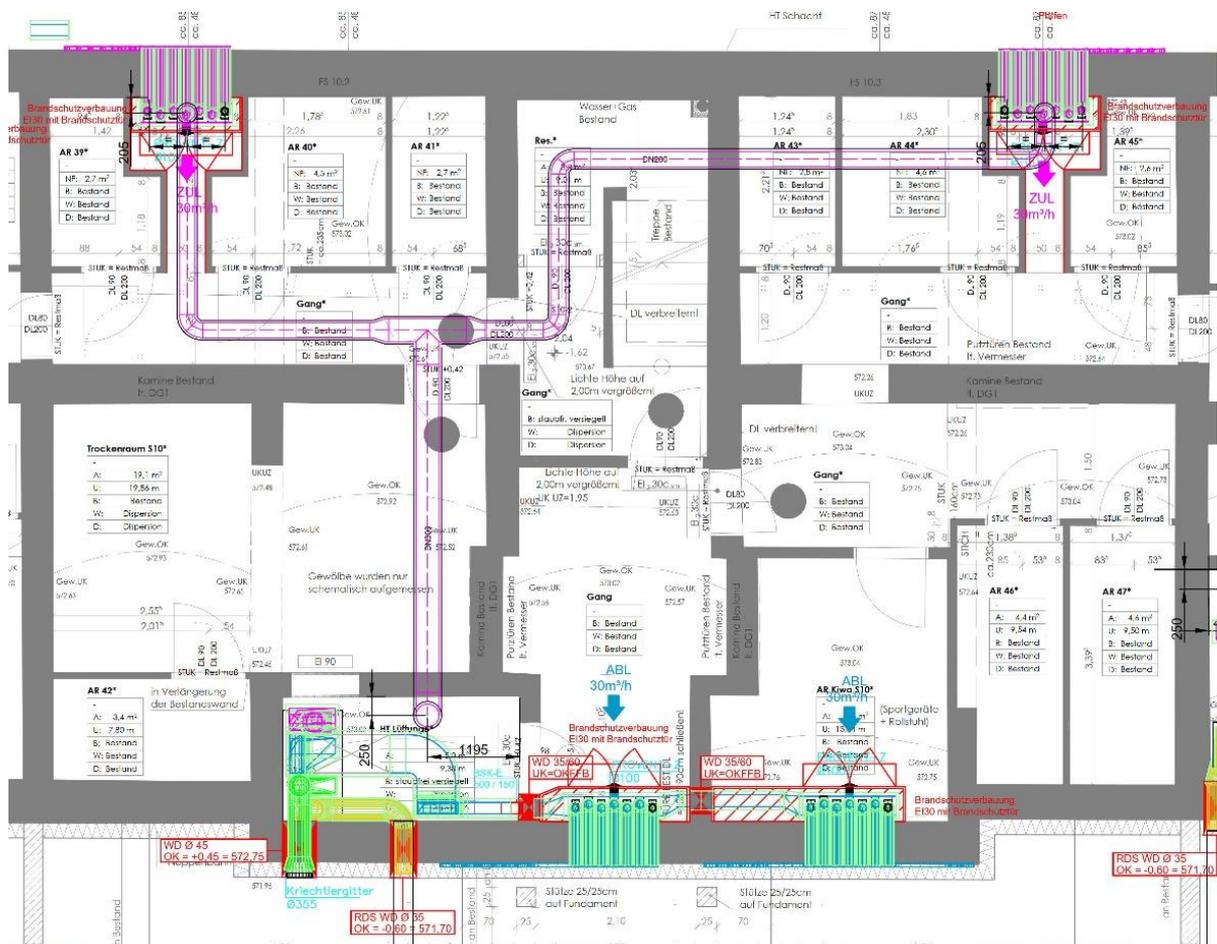


Abbildung 73: Grundriss Kellergeschoß mit „verlängertem Arm“ des Technikraumes; Quelle: Alpsolar Klimadesign

Jede Lüftungsleitung wurde bei der Durchdringung der Außenwand im Bereich des Brandschutzschachtes in die jeweilige Wohnung mit einem Feuerschutzabschluss (FI-VE) und Kaltrauchklappe ausgestattet und mit entsprechendem Brandschott (Weichschott) verschlossen.

5.3.3. Lüftungstechnische Anlagenbeschreibung – Wohnanlage Lendpark

Wohnanlage Lendpark
 Lastenstraße 14
 8020 Graz
<https://lendpark-graz.at/>
 Baubeginn 2020
 Eigentümer:
**GWS Gemeinnützige Alpenländische
 Gesellschaft für Wohnungsbau und
 Siedlungswesen m.b.H.**

Ausgangssituation und Rahmenbedingungen



Abbildung 74: Rendering Aufsicht GWS-Bauvorhaben Lendpark in Graz; Quelle: GWS

Das Wohnprojekt liegt in einem Park und setzt die Natur in der Architektur fort. Das Dach wird wie der Innenhof ein begrünter Erholungsraum, der den BewohnerInnen zur Verfügung steht. Die Dachlandschaft ist zugänglich, der Grünraum kann zum Urban Gardening genutzt werden. Der Hauptbahnhof und das Zentrum sind in wenigen Minuten mit dem Fahrrad zu erreichen.



Abbildung 75: Rendering Aufriss GWS-Bauvorhaben Lendpark in Graz; Quelle: GWS

Projektdaten:

- 282 Wohneinheiten / 20 Büros / 1 Cafe / 1 Kindergarten
- Geschoße: 2. UG bis 6. OG
- Drei Lüftungszentralen im 2. UG / 1. UG mit Luftmengen von je 8.000 – 10.000 m³/h
- Kindergarten – eine Lüftungszentrale mit 4.000 m³/h
- Planung: 2018-2020
- Ausführung: 2020-2022

Die Wohnungsgrößen bewegen sich von 30 bis 91 m² mit vier verschiedenen Grundrisstypen zur Wahl, die Büros von 32 bis 410 m². Die Erschließung der 282 Wohnungen erfolgt über vier Stiegenhäuser und Außengänge. Es gibt auch privat nutzbare Dachterrassen.

Energieausweisdaten für den Bereich Wohnen (Standortklima Graz):

BGF: 18.336 m²

HWB: 32,6 kWh/m²a

PEB: 102,7 kWh/m²a

CO₂: 17,35 kg/m²a

Luftdichtheit: Zielwert 1,0 h⁻¹

Bauweise: Stahlbetonwände und -decken mit Wärmedämmverbundsystem

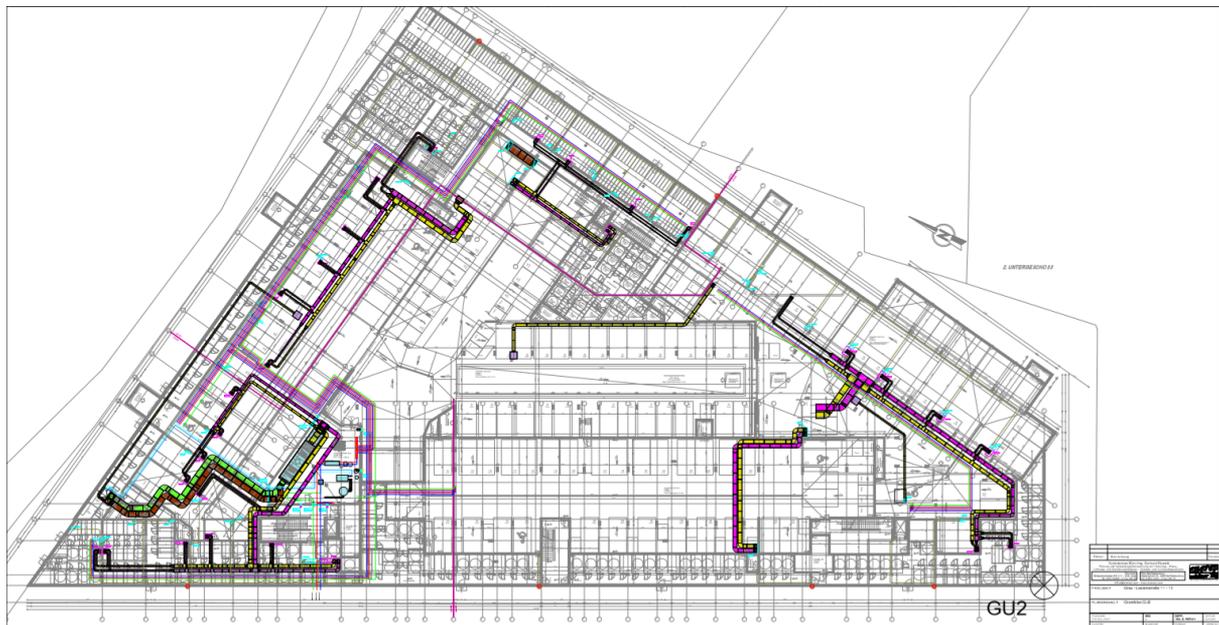


Abbildung 76: Detailplanung Haustechnik; Quelle TB Enerep

Ziel der GWS war es hier, die mechanische Be- und Entlüftung der Wohnungen und Büros aus akustischen Komfort- und Luftqualitätsgründen zu errichten.

Lüftungstechnische Beschreibung

Lüftungskonzept:

Die Wohnungen und Büros werden über drei große Lüftungszentralen mit Wärmerückgewinnung, jeweils mit einem Volumenstrom von 8.000, 9.500 und 10.000 m³/h und gesamt 55 Steigsträngen mit Frischluft versorgt. Die einzelnen Lüftungsgeräte befinden sich jeweils in den Untergeschoßen. Über innere Schächte geführte Lüftungsleitungen werden die einzelnen Wohnungen direkt aus den Schächten mit voreingestellter Luftmenge versorgt.

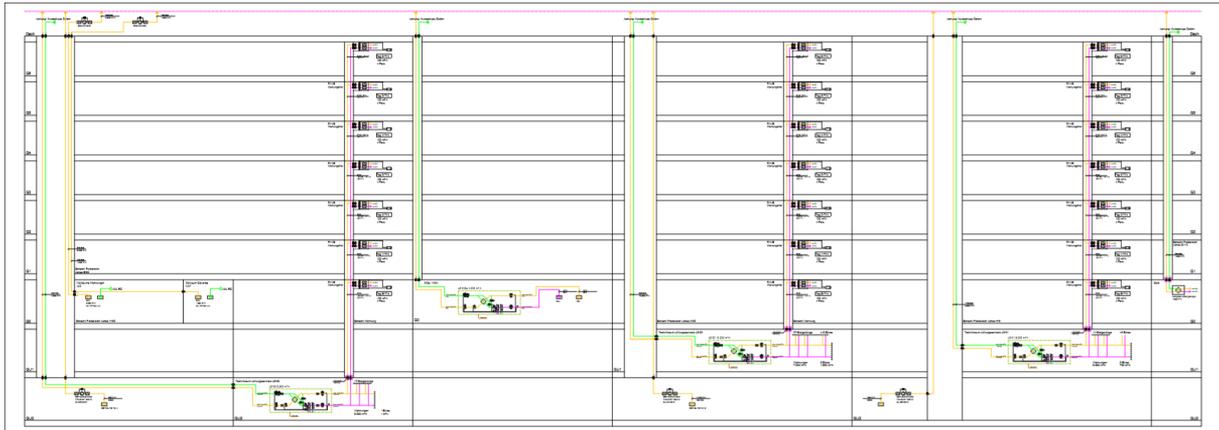


Abbildung 77: Lüftungsschema mit den vier Lüftungszentralen inkl. KiGa – Aufriss; Quelle: TB Enerep

Lüftungsgeräte und Auslegungsparameter:

Alle drei Lüftungszentralen werden wie folgt ausgeführt:

- Hersteller / Type: Invatherm / Rosenberg
- Aufstellort: Lüftungstechnikraum Keller / UG2 / UG1
- Ansaugöffnung Frischluft: Wetterschutzgitter über Dach
- Ausblasöffnung Fortluft: Wetterschutzgitter über Dach
- Auslegungsvolumenstrom: 30 m³/Pers.
- Max. Gesamtvolumen: 8.000 - 10.000 m³/h je Lüftungszentrale

Luftverteilung und Brandschutz

Die Frisch- und Außenluftansaugung befindet sich am Dach und die Leitungen werden in den Keller geführt. Die Zuluft- und Abluftleitungen werden im Keller horizontal mit eckigen Kanälen (1.000 x 400 bis 400 x 300 mm) zu den Steigschächten verteilt. Dabei sind im Keller durchschnittlich drei Brandschutzklappen je Zu-/Abluftleitung in der horizontalen Verteilung bis zum letzten Schacht eingebaut. Die Lüftungsrohre aus verzinktem Wickelfalzrohr werden beim unteren Eingang in den Steigschacht mit Brandschutzklappen in der Dimension zwischen DN 160 und 250 (je nach versorgter Stockwerk-Anzahl darüber) ausgestattet. Aus dem Steigschacht wird jede Wohnung direkt zuluft- und abluftseitig versorgt, und dabei mit FLI-VE, Kaltrauchsperrern und aktiven Volumenstromreglern sowie Schalldämpfern ausgestattet. In die Wohnzimmer und Zimmer wird die Zuluft zugeführt, aus Bad, WC

und Küche die Abluft abgeführt. Die Volumenstromregler in den Wohnungen werden von den NutzerInnen über ein Bedienelement mit Stufenschalter (drei Stufen) angesteuert:

Tabelle 3: Übersicht der Regelstufen des Bedienelements je Wohnungstyp im Bauvorhaben Lendpark (Quelle: TB Enerep)

	WE Typ	1-2 Zimmer	3-Zimmer	4-Zimmer
	Personen	2	3	4
Stufe	Luftmenge	Luftmenge	Luftmenge	Luftmenge
	%	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h
1 = "Aus"	15%	9	13,5	18
2	60%	36	54	72
3	100%	60	90	120

Die Volumenstromregler kommunizieren nicht mit dem Zentralgerät. Dieses wird mit variablem Druck betrieben, d.h. es regelt den Volumenstrom je nach Anforderung nach. Ein Mindestluftwechsel besteht in den Wohnungen zu jeder Zeit, egal wie die Belegung ist (vergleiche Stufe 1 in Tabelle 3).

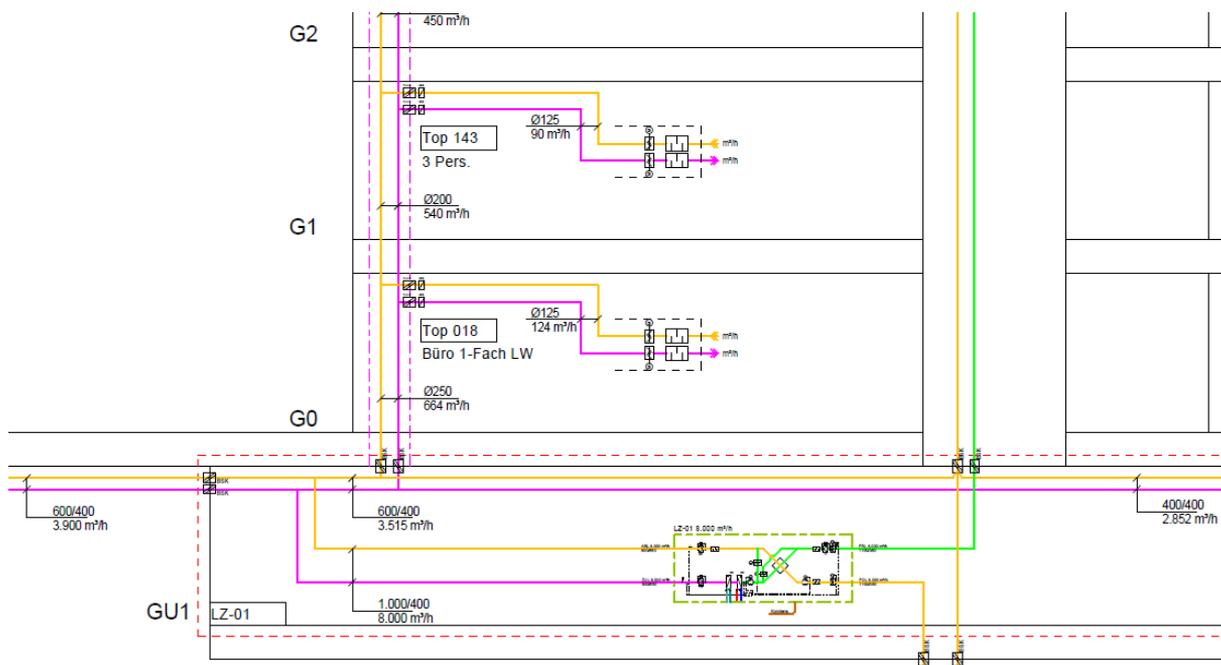


Abbildung 78: Ausschnitt Lüftungszentrale UG mit Frisch-/Fortluftleitung und einem Steigstrang für Wohnungen; Quelle: TB Enerep

Anwendungs-Grundsätze / Prinzipien für Brandschutz und Druckverlustreduktion:

- Rohrdurchmesser DN 125 in allen Wohnungen
- Möglichst Reduktion der Einbauteile durch Erhöhung der Anzahl an Steigschächten, um direkt in die Wohnungen mit Feuerabschlüssen (FLI-VE) und Kaltrauch Sperre gehen zu können
- Brandschutzklappen nur dort, wo wegen Brandabschnittsdurchdringung nötig
- Schachttyp A Ausführung laut TRVB 110B – mit Brandschutzklappen bei Eintritt in Schacht unten und EI90 Trennwänden zu den Wohnungen

In Zukunft werden weitere Maßnahmen wie Volumenstromregler-Kaltrauchsperr-Kombination, Dachaufstellung der Geräte, Verringerung der Brandschutzklappen und T-Stück Optimierungen angedacht.

5.4. Planungstool

5.4.1. Excel Vorplanung

Das Excel-Tool dient als Grundlage für die Planung der Lüftung sowie des Brandschutzes. Der Anwender hat durch das Excel-Tool die Möglichkeit, Vorschläge zu verschiedenen Lüftungs- und Brandschutzvarianten zu bekommen. Das Excel-Tool gibt Auskunft zu Strangauslegung und Effizienz (auf Basis Gebäudeparameter), Druckverlust der Rundkanäle, Brandschutzvarianten sowie eine Kostenabschätzung. Dabei sind alle Ausgabewerte als grobe Abschätzung zu betrachten und nicht als exakte Berechnung. Ziel ist hierbei nur eine Betrachtung verschiedener Möglichkeiten, um in dieser frühen Phase bereits eine Einschätzung der Energieeffizienz und der Kosten zu erhalten.

Eingabe

Der Anwender benötigt in diesem Stadium der Planung noch keine exakten Kenntnisse aller Gebäudeparameter. Klar ist jedoch, je genauer die Parameter hier eingegeben werden, umso näher am tatsächlichen Endwert ist das Tool. Die Eingabewerte sind hauptsächlich die grundlegenden Gebäudeparameter wie Anzahl der Geschosse, Wohneinheiten, oder auch Energiebezugsfläche, siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden..** Dabei müssen noch nicht alle Größen im Detail bekannt sein, um erste Ergebnisse zu erhalten. Alle Eingabefelder sind gelb hinterlegt und können durch den Anwender befüllt werden.

Tabelle 4: Abgefragte Gebäudeparameter. Alle Felder in Gelb können vom Anwender befüllt werden.

Gebäudeparameter		
Allgemeine Information zum Gebäude		
Ist das Projekt eine Sanierung oder ein Neubau	Neubau	
Anzahl der oberirdischen Geschosse	3	Stk
Anzahl der unterirdischen Geschosse	1	Stk
Leitungslänge Fort-/Außenluft	4	m
Anzahl Lüftungsgeräte	1	
Stromeffizienz Lüftungsgerät	0.4	Wh/m ³
Wärmebereitstellungsgrad Lüftungsgerät	87	%
Lichte Raumhöhe	2.5	m
Bruttogeschossfläche über Wohnungsschlüssel	138	m ²
Energiebezugsfläche Gesamt	600	m ²
Energiebezugsfläche pro Geschoss	200	m ²
Anzahl der Lüftungsstränge zuf. Geometrie	5	Achtung
Angabe Wohnungsaufteilung	Wohnungsanzahl gesamt	
mittlere Wohnungsgröße	100	m ²
Wohnungsanzahl gesamt	6	
Wohnungsschlüssel detailliert	Bitte in Tabelle am Ende eingeben	
Bauweise des Daches	Satteldach, jedoch als Wohnraum	
Die Bauweise des Daches ist bedeutend für die Entscheidung wo die Lüftungszentrale gebaut werden kann. Es gibt außerdem schon eine Vorabauswahl an möglichen innovativen Lüftungsvarianten.		

Zusätzlich werden Parameter wie Bauweise des Kellers, Art des Technikraumes, Leitungsführung an der Fassade und einiges mehr abgefragt. Alle Felder sind mit entsprechenden Erläuterungen hinterlegt, um dem Anwender Hilfestellung bei Ausfüllen zu bieten.

Berechnung

Das Excel-Tool besteht aus insgesamt sechs Arbeitsblättern, wobei nur das erste Arbeitsblatt vom Anwender aktiv bearbeitet wird. Alle anderen Blätter dienen der Berechnung und der Hintergrundinformation. Dabei wird auf Nachvollziehbarkeit und Klarheit für den Anwender gesetzt. Folgende Arbeitsblätter sind enthalten:

- Gebäudeparameter
- Struktur Brandschutzelemente
- Kosten Brandschutzelemente
- Strangauslegung und Effizienz
- Druckverlust Rundkanäle
- Druckverlust Brandschutzelemente

Berechnet wird auf Basis der Eingaben im Blatt „Gebäudeparameter“.

Ausgabe

Anhand der eingegebenen Parameter werden verschiedene Ausgabeparameter berechnet. Sollten zu wenig Parameter eingegeben werden, um einen Wert zu berechnen, bleibt das entsprechende Feld leer. Im Folgenden werden die jeweiligen Ausgabeparameter genauer beschrieben:

- Gebäudeparameter

Im Ausgabebereich befindet sich eine Auflistung aller Brandschutzkonzepte, grün hinterlegt sind jeweils die Konzepte, die aufgrund der Bauweise möglich sind. Wenn beispielsweise kein Keller vorhanden ist, sind alle Varianten mit Technikraum im Keller ausgeschlossen und somit grau hinterlegt. Die Investitionskosten sowie die Wartungskosten beziehen die Werte aus den Blättern „Struktur Brandschutzelemente“ und „Kosten Brandschutzelemente“. Dabei sind die angegebenen Zahlen als grobe Richtwerte zu sehen. Die tatsächlichen Kosten können davon abweichen.

Tabelle 5: Mögliche Brandschutzkonzepte aufgrund der Bauweise, jeweils in Grün hinterlegt.

Mögliche Lüftungssysteme/Brandschutzkonzepte aufgrund bisheriger Eingaben	Investitionskosten [€]	Wartungskosten pro Jahr [€]
Variante 1a: Dachaufstellung Flachdach zentral	2160	0
Variante 1b: Dachaufstellung Flachdach nahe Attika	2160	0
Variante 2a: Leitungen in Fassade mittels verl. Arm	2160	0
Variante 2b: Leitungen Fassade bei Flachdach	2160	0
Variante 2c: Leitungen Fassade bei Satteldach	7310	250
Variante 2d: Leitungen Fassade; Gerät außen	2160	0
Variante 4: Schacht mit Einblasdämmung; Zentrale Dach außen	360	0
Variante 4: Schacht mit Einblasdämmung; Zentrale Dach innen	2210	250
Variante 4: Schacht mit Einblasdämmung; Zentrale Keller	2160	0

- Struktur Brandschutzelemente:

Hier wird die Anzahl der entsprechenden Brandschutzelemente anhand des gewählten Brandschutzkonzepts dargestellt. Auch die Kosten sind hier direkt hinterlegt. Ein Beispiel ist in

Tabelle 6 dargestellt. Die gelb hinterlegten Felder können dabei im Blatt „Gebäudeparameter“ vom Anwender bearbeitet werden, diese werden direkt von dort übernommen.

Tabelle 6: Beispiel der Anzahl der Brandschutzelemente anhand des Brandschutzkonzepts. In diesem Fall sind insgesamt 14 FLI-VE sowie 14 Kaltrauchsperrern für den Brandschutz notwendig.

Einzelzentrale 1 Wohnungsschlüssel					Variante 1a: Dachaufstellung Außenbereich zentral				
Obergeschosse	Zimmer	Anzahl WE	Stk	EBZ der WE	BSK (Stk.)	FLI-VE (Stk.)	KRS (Stk.)	Rohr (lfm)	Überströmer
	1 Zi, Küche, Bad/WC	1	Stk	40 m ²		2	2		
	2 Zi, Küche, Bad/WC	1	Stk	60 m ²		2	2		
	3 Zi, Küche, Bad/WC	1	Stk	80 m ²		2	2		
	4 Zi, Küche, Bad/WC	1	Stk	110 m ²		2	2		
	5 Zi, Küche, Bad/WC		Stk	m ²					
	6 Zi, Küche, Bad/WC		Stk	m ²					
	7 Zi, Küche, Bad/WC		Stk	m ²					
	8 Zi, Küche, Bad/WC		Stk	m ²					
	9 Zi, Küche, Bad/WC		Stk	m ²					
	10 Zi, Küche, Bad/WC	3	Stk	m ²		6	6		
	Summe Strang					14	14		
	Verknüpfung Gerät und Strang								
	Summe Gesamt					14	14		
	Kosten Gesamt			€	2520				
	Wartungskosten pro Jahr			€					

- Kosten Brandschutzelemente

In diesem Blatt werden durchschnittliche Kosten für die Brandschutzelemente angegeben. Alle genannten Euro-Beträge für die unterschiedlichen Brandschutzelemente sind Richtwerte und keine exakten Preisangaben. Die tatsächlichen Preise hängen von Faktoren wie Hersteller, Einbauvarianten, Form, Durchmesser, Anschlüssen und vielem mehr ab und können mitunter auch deutlich vom genannten durchschnittlichen Richtwert abweichen. Für die jeweiligen Brandschutzelemente wird ein Durchschnittswert angenommen, jeweils für eine Nennweite DN160 (bis zu dieser Nennweite sind FLI-VE prinzipiell möglich). Dieser Durchschnittswert basiert auf einer Analyse der Preislisten 2018 von drei unterschiedlichen österreichischen Herstellern.

Auch die Wartungskosten basieren auf durchschnittlichen Erfahrungswerten aus bekannten Objekten. In den betrachteten Objekten und deren Wartungsverträgen gibt es eine große Bandbreite bei den Wartungskosten für Brandschutzklappen. In erster Linie hängen die Kosten von der Anzahl der Brandschutzklappen ab, ob Revisionsöffnungen zur Überprüfung notwendig sind und wie gut die Brandschutzklappen erreichbar sind. Oftmals wird auch ein Pauschalpreis für die gesamte Anlage vereinbart. Bei einer geringen Stückzahl von Brandschutzklappen wird hingegen oft noch Anfahrt oder Aufwand extra berechnet. Daher sind alle diese Werte lediglich als Richtwerte zu betrachten, um eine grobe Einschätzung der Kostenunterschiede zwischen den verschiedenen dargestellten Konzepten zu erhalten.

- Druckverlust Rundkanäle

Die Berechnung des Druckverlusts berücksichtigt nicht nur die Rohrleitungen – jedes einzelne Bauteil wie Bogen, Verteiler oder auch Filter werden hierbei berücksichtigt. Die Druckverlustberechnung des Kanalnetzes ist sowohl für die Auswahl und Auslegung eines Lüftungsgerätes als auch für den Abgleich der Lüftungsanlage notwendig. Darüber hinaus ist sie die Voraussetzung für die Berechnung der Energieeffizienz der Wärmerückgewinnung.

- Strangauslegung und Effizienz

In diesem Blatt werden auf Basis der vom Anwender eingegebenen Parameter im Blatt „Gebäudeparameter“ und der Berechnungen im Blatt „Druckverlust Rundkanäle“ die Effizienz der Lüftung ausgerechnet. Auch der Druckverlust durch die Brandschutzelemente wird hierbei berücksichtigt.

- Druckverlust Brandschutzelemente

Dieses Blatt dient zur Berechnung des Druckverlusts durch die Brandschutzkomponenten. Da der Verlust von der Auswahl des Brandschutzkonzepts bzw. von der Anzahl der eingesetzten Komponenten abhängig ist, fließen die Ergebnisse direkt in die anderen Berechnungen ein.

Zusammenfassung

Das Excel-Tool bietet für den Anwender in einer sehr frühen Planungsphase eine Übersicht, welche Lüftungsvarianten und Brandschutzkonzepte überhaupt möglich sind. Dabei müssen noch nicht sämtliche Details zum Gebäude bekannt sein. Das Tool liefert eine grobe Kostenabschätzung der Investitions- und Wartungskosten des Brandschutzes sowie zum Druckverlust und der Effizienz der Lüftungsanlage. Der Anwender kann das Excel-Tool von der Projekthomepage herunterladen (<https://www.uibk.ac.at/bauphysik/forschung/projects/e.vent/>) und bekommt auch Tipps und Hinweise, wie man die weitere Planung angehen kann und wo man Unterstützung dafür findet.

5.4.2. Testweise Implementierung in einer 3D CAD Anwendung

Das Passivhaus Projektierungspaket [PHPP] ist ein validiertes Berechnungsprogramm, mit dem nicht nur der Passivhaus Nachweis geführt wird, sondern energieeffiziente Gebäude bereits in einer sehr frühen Planungsphase – idealerweise von der ersten Idee weg – projiziert werden können. Für eine einfachere Eingabe der Gebäudegeometrie mit entsprechender Zuordnung von Bauteilqualitäten wird designPH – eine 3D-Schnittstelle zum PHPP – verwendet. Dieses SketchUp Plug-In erleichtert einen energieeffizienten Entwurf durch die grafische Eingabe der Gebäudehülle, unterstützt bei der Dimensionierung und Auswahl der Komponenten und ermöglicht eine rasche und intuitive, dem Planungsablauf folgende Energiebilanzierung bis hin zum Export ins PHPP. DesignPH beschränkt sich dabei bisher überwiegend auf die Optimierung der Gebäudehülle und der Gebäudegeometrie sowie auf die Beurteilung der Verschattungssituation.

Eine kontrollierte Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung ist eine der fünf Hauptsäulen des Passivhaus Konzeptes [Passivhaus]. Sie sorgt nicht nur für eine dauerhafte Abfuhr von Schadstoffen, wie z.B. CO₂, VOC, Radon, etc. und versorgt die Bewohner*innen mit frischer Luft, sondern erhöht den Innenraumkomfort ganzjährig und verringert zudem die Lüftungswärmeverluste des Gebäudes. Als Hauptbestandteil von energieeffizienten Gebäuden sollte das Konzept der Komfortlüftungsanlage ebenso wie die thermische Gebäudehülle vom ersten Entwurf mitgeplant werden.

Auf Basis des Excel-Tools in 5.4.1 wurde eine testweise Implementierung in einer 3D-CAD-Anwendung als Planungshilfe entwickelt. Für diese Tests wurde das oben beschriebene, bestehende Tool designPH verwendet, da es nicht nur ein einfach zu bedienendes intuitives Planungstool ist, sondern auch die Energiebilanz des Gebäudes in Echtzeit abbildet.

Aufgabenstellung

Für die testweise Implementierung in ein bestehendes Planungstool wurden folgende Aufgaben gestellt:

- Ermittlung des notwendigen Volumenstroms inkl. Schachtgröße
- Platzbedarf für ein zentrales Lüftungsgerät
- Auswahl des optimalen Lüftungsgerätes
- Raumluft Zonierung für Vordimensionierung der Luftmengen
- Einbindung von Ergebnissen zur Luftqualität (FFG „Doppelnutzen“)

Umsetzung

- Energiebezugsfläche (EBF) anpassen:

▼ Treated Floor Area

TFA Total
Total calculated from drawn TFA surfaces **64.64**

Use direct entry TFA? Direct entry TFA total subtract 500.0 shaft_area subtract area 0.00

User-defined TFA areas
freeze auto names

Select	Area ID	Building element desc.	Group no.	Assigned to group	Shape	Dim. A	Dim. B	Area check (m ²)	Total area (m ²)	Reduction factor	TFA (m ²)	ve
+	1	Flat4_TFA_face_001	1		square	4.02	4.02		16.16	1	16.16	
+	2	Flat4_TFA_face_002	1		square	4.02	4.02		16.16	1	16.16	
+	3	Flat4_TFA_face_003	1		square	4.02	4.02		16.16	1	16.16	
+	4	Flat4_TFA_face_004	1		square	4.02	4.02		16.16	1	16.16	
									64.64		64.64	

Abbildung 79: Planungstool - Vertikalen Schacht von der Energiebezugsfläche abziehen; Quelle: PHI Innsbruck

Bei zentralen Lüftungsanlagen beansprucht der vertikale Lüftungsschacht geschoßweise eine gewisse Fläche. Dieser Flächenbedarf wird von der Energiebezugsfläche – als Referenzfläche für die Energiebilanz – in Abzug gebracht und beeinflusst somit den spezifischen Energiebedarf.

- Raumvolumen ermitteln:

E.Vent: Raumhöhe kann raumweise bestimmt werden.

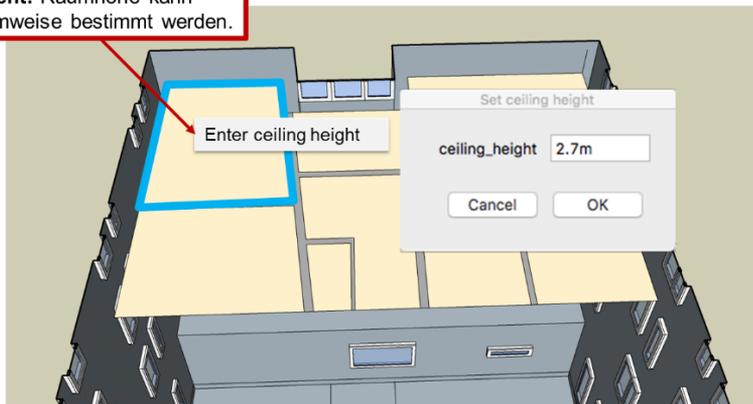


Abbildung 80: Planungstool - Raumhöhe kann raumweise bestimmt werden; Quelle: PHI Innsbruck

E.Vent: Lüftungsvolumen wird raumweise einzeln berechnet, anhand der EBF und der zugewiesenen Raumhöhe (falls definiert, sonst default-RH).

Select	Area ID	Building element desc.	G-TFA (m ²)	vent_room_hgt	vent_room_vol		
+	1	Flat4_TFA_face_001	16.16	2.50	40.40	-	6 - Flat4
+	2	Flat4_TFA_face_002	16.16	2.50	40.40	2 - Extract	6 - Flat4
+	3	Flat4_TFA_face_003	16.16	2.50	40.40	-	6 - Flat4
+	4	Flat4_TFA_face_004	16.16	2.30	37.17	1 - Supply	6 - Flat4
			64.64		158.37		

Abbildung 81: Planungstool - Lüftungsvolumen raumweise bestimmen; Quelle: PHI Innsbruck

Für die Berechnung des benötigten Volumenstromes muss zunächst das Netto-Raumvolumen ermittelt werden. Eine detaillierte Möglichkeit dazu ist die raumweise Eingabe der jeweiligen Raumhöhe mit der dann die Raumfläche multipliziert wird.

- Lüftungskategorien raumweise zuweisen (ZUL/ABL/Überström):

E.Vent: Lüftungskategorien können raumweise zugeordnet werden

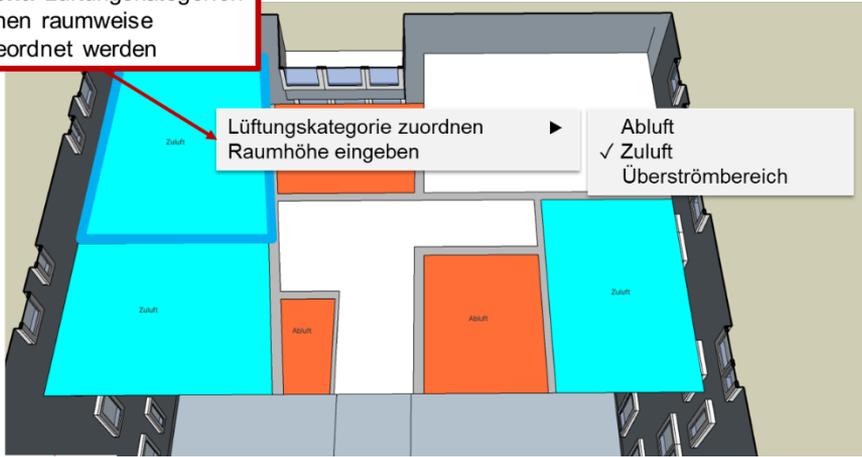


Abbildung 82: Planungstool - Lüftungskategorien raumweise zuordnen; Quelle: PHI Innsbruck

Für die Planung des Volumenstromes werden die Räume in Zuluft-, Abluft- sowie Überströmbereiche eingeteilt. Üblicherweise sind Schlafzimmer und Kinderzimmer Zulufräume; Küche, Bad und WC sind Ablufträume; und Gang bzw. auch Wohnzimmer sind Überströmbereiche.

- Kaskadenlüftung mit externem Onlinetool prüfen:

E.Vent: Link zum Online Tool:

<https://phi-ibk.at/luffuehrung/>

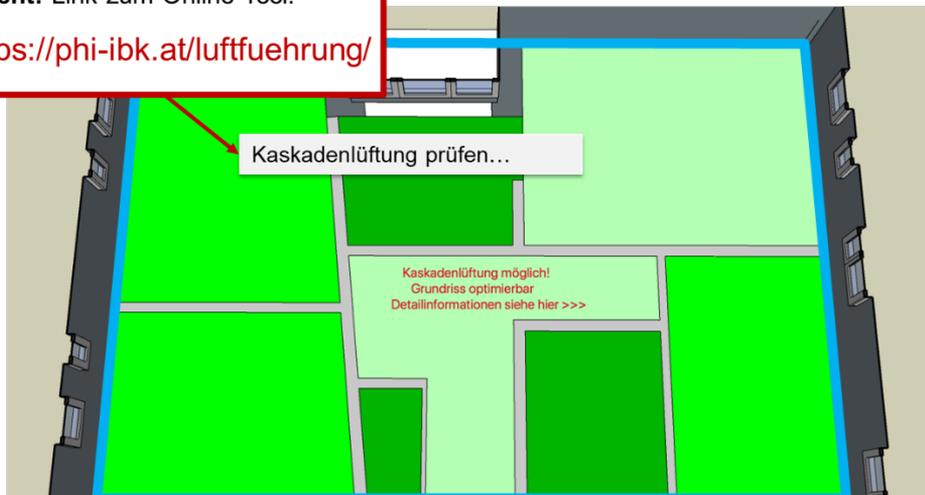


Abbildung 83: Planungstool - Möglichkeit der Kaskadenlüftung prüfen; Quelle: PHI Innsbruck

Ob eine Kaskadenlüftung bzw. erweiterte Kaskadenlüftung für die vorliegende Grundrissituation möglich ist, kann mittels eines Online-Tools aus dem FFG-Projekt „Doppelnutzen“ geprüft werden.

- Lüftungsgerät als 3D Komponente, auswählen und platzieren:

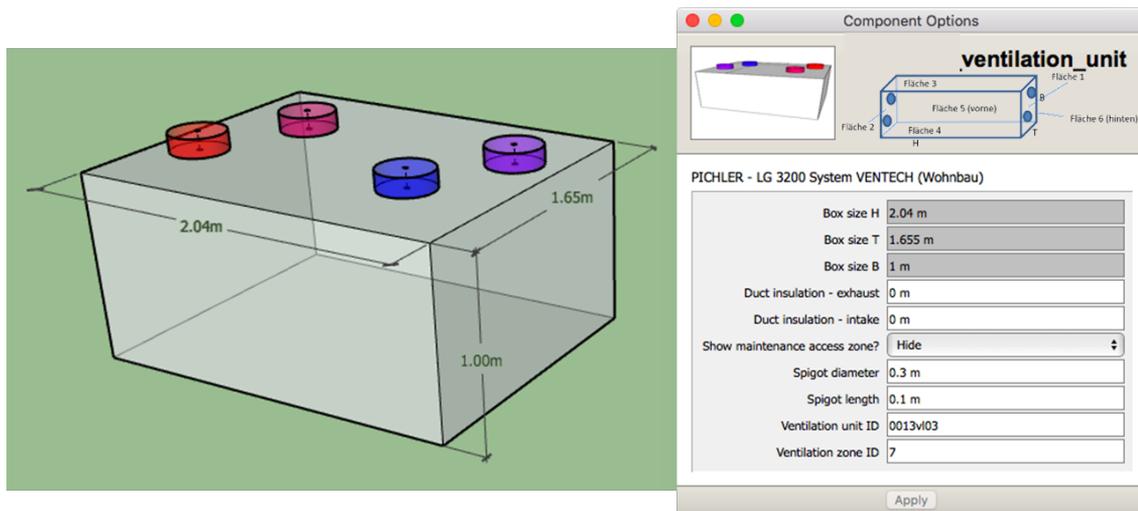


Abbildung 84: Lüftungsgerät als 3D Objekt, Anschlüsse oben; Quelle: PHI Innsbruck

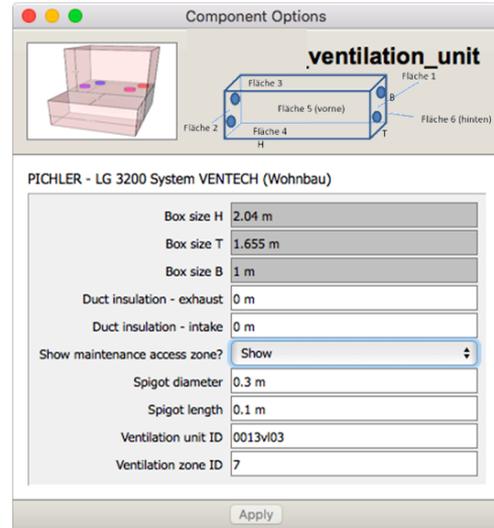
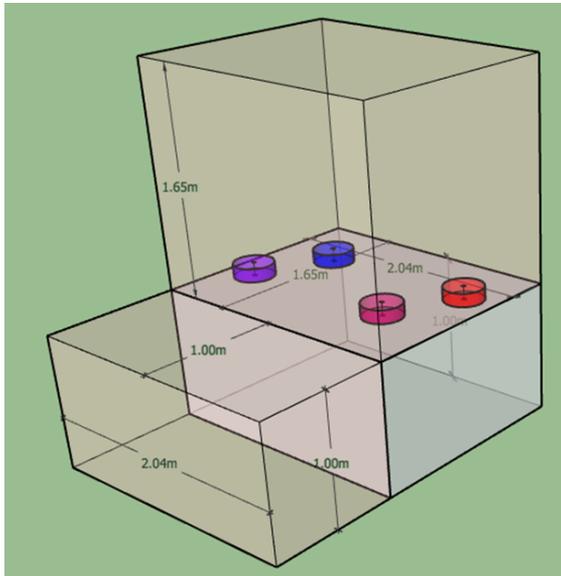


Abbildung 85: Lüftungsgerät als 3D Objekt, Anschlüsse oben, inkl. Wartungs- und Installationsraum; Quelle: PHI Innsbruck

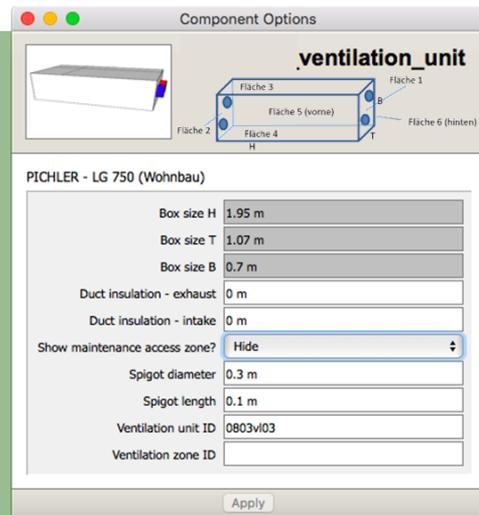
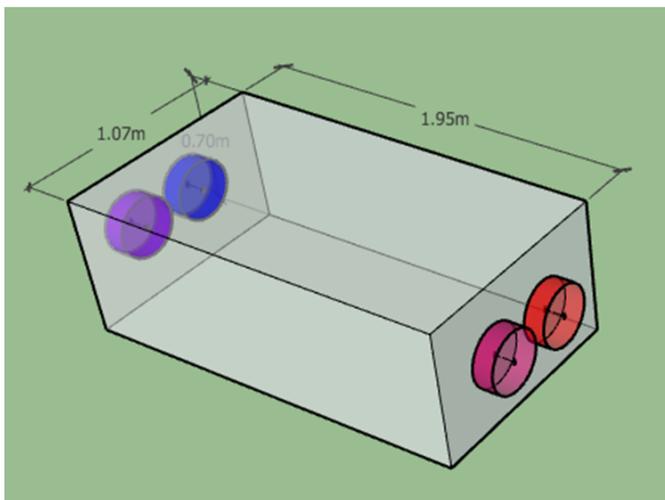


Abbildung 86: Lüftungsgerät als 3D Objekt, Anschlüsse seitlich; Quelle: PHI Innsbruck

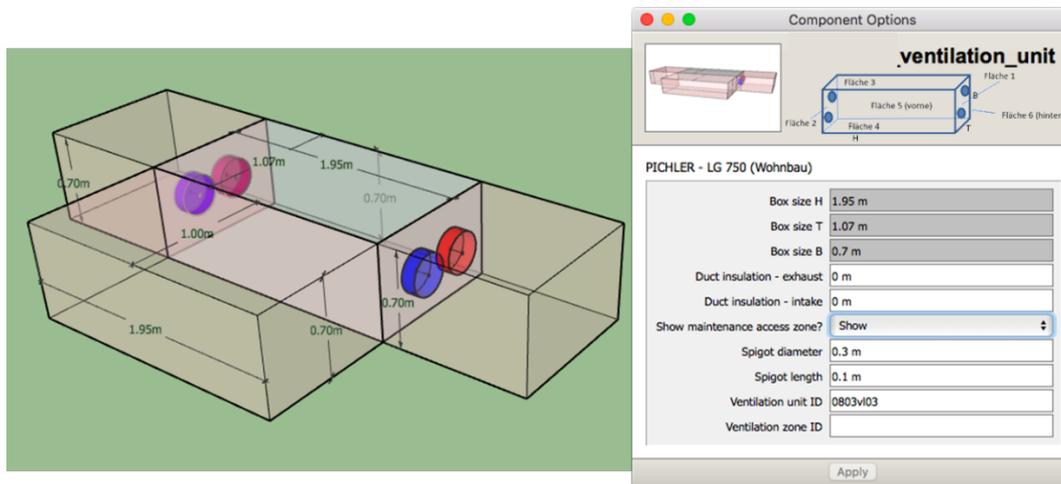


Abbildung 87: Lüftungsgerät als 3D Objekt, Anschlüsse seitlich, inkl. Wartungs- und Installationsraum; Quelle: PHI Innsbruck

Die Lüftungsgeräte können als dynamische Komponenten mit ihren Dimensionen als 3D-Objekte dargestellt werden. Diese 3D-Komponenten können anschließend im Gebäude räumlich platziert werden, um ihren Platzbedarf zu prüfen bzw. entsprechend vorzusehen. Je nach Anschlusskombination von Zuluft, Abluft, Außenluft und Fortluft sowie Anordnung der Wartungsklappe benötigen die Geräte seitlich, oben und vorne unterschiedlich viel Platz.

- Vertikaler Lüftungsschacht als 3D-Komponente, einfügen, dimensionieren und Lüftungszonen zuordnen:

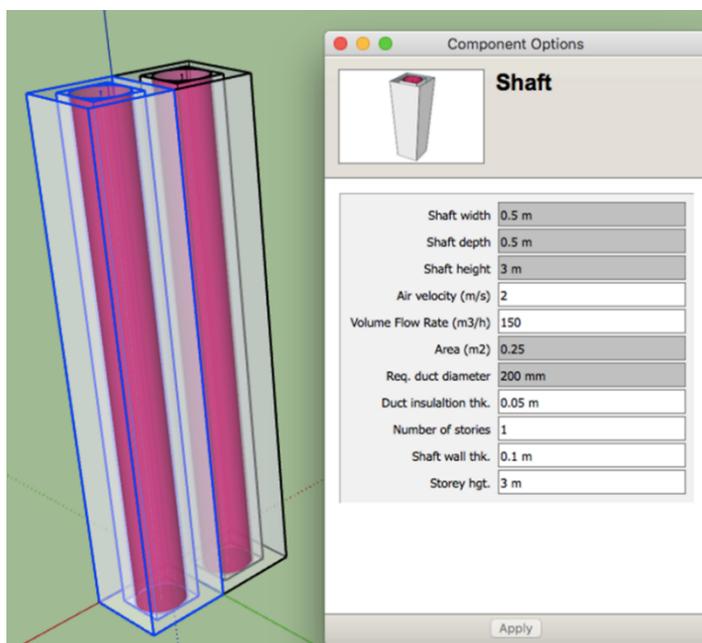


Abbildung 88: Vertikaler Lüftungsschacht als 3D Objekt; Quelle: PHI Innsbruck

Je eine Komponente für Zuluft und Abluft. Die Kanalquerschnitte werden laut Excel Tool in 5.4.1 berechnet. Als Variable konfigurierbar sind die Dämmstärke, die Schachtwanddicke, die Geschoßhöhe, die Anzahl der Geschoße sowie die Luftgeschwindigkeit im Kanal. Anhand dieser Angaben wird der Flächenbedarf des Schachtes ermittelt und kann wiederum von der Energiebezugsfläche in Abzug gebracht werden.

- Verknüpfung von Zonen – Gerät – Schacht:

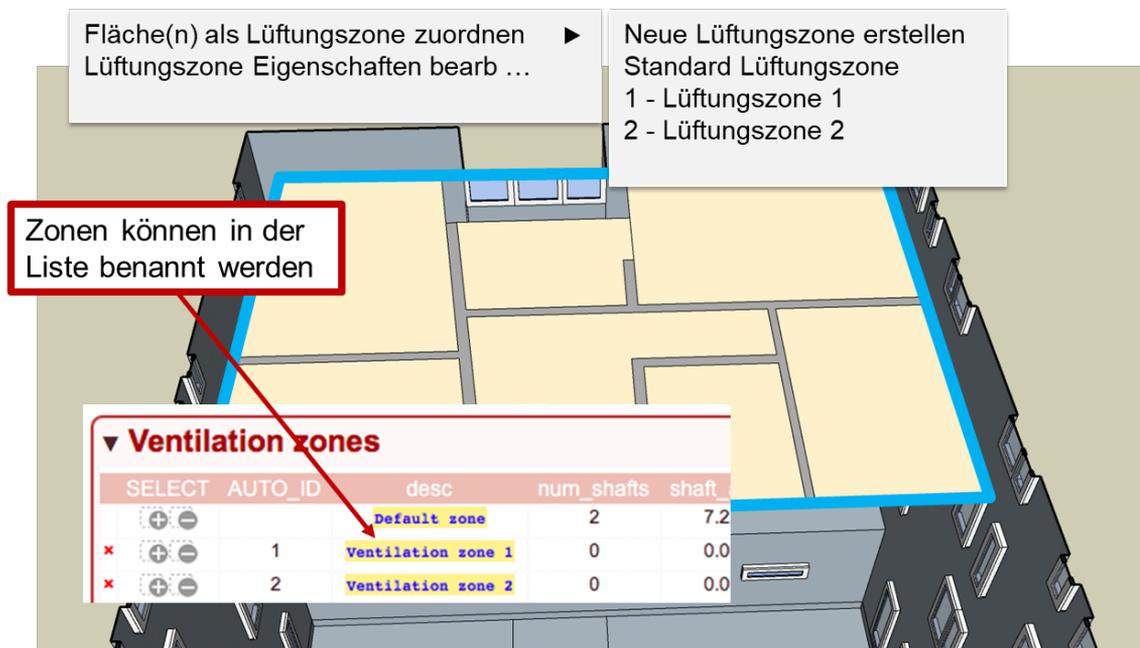


Abbildung 89: Einzelräume zu einer Lüftungszone zusammenfassen; Quelle: PHI Innsbruck

In einem nächsten Schritt werden die einzelnen Räume, die von demselben Lüftungsgerät versorgt werden, zu einer Lüftungszone zusammengefasst, damit diese wiederum dem Lüftungsgerät zugeordnet werden kann.

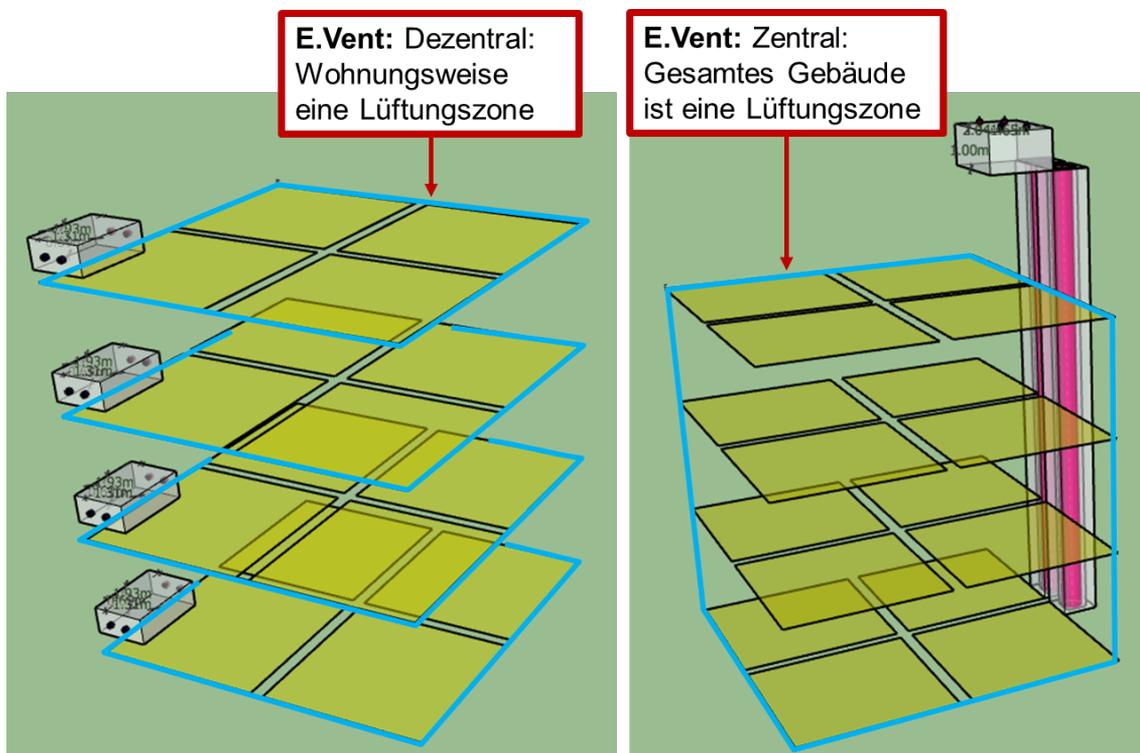


Abbildung 90: Lüftungszone einem Lüftungsgerät zuordnen; Quelle: PHI Innsbruck

Auf diesem Wege ist es sowohl möglich, innerhalb eines Mehrfamilienhauses mehrere Geräte den Flächen korrekt zuzuordnen, als auch verschiedene Systeme – z.B. dezentral / zentral – miteinander zu vergleichen.

- Vergleich verschiedener Konfigurationen:

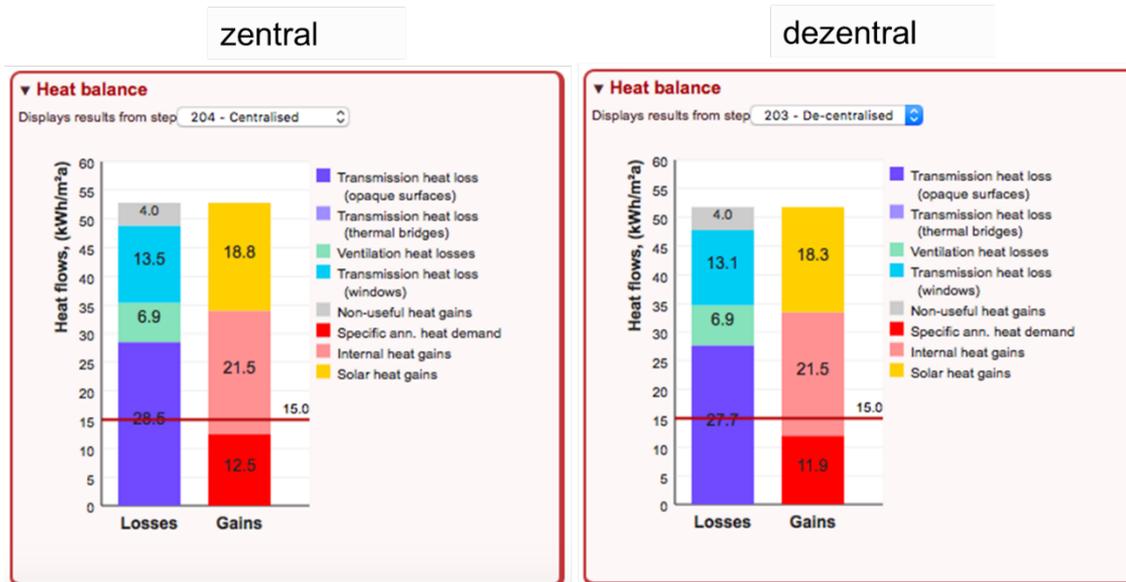


Abbildung 91: Unterschiedliche Konfigurationen sind miteinander vergleichbar; Quelle: PHI Innsbruck

Unterschiedliche Konfigurationen mit verschiedenen Randbedingungen – wie z.B. Energiebezugsfläche, Nettovolumen, Volumenströme, etc. – sind auf diese realistisch abbildbar und somit aussagekräftig miteinander vergleichbar.

Zusammenfassung

Die testweise 3D-Umsetzung in der CAD-Anwendung ist Großteils möglich, eine reale Anwendung erfordert softwareseitig jedoch weitere detaillierte Entwicklungsarbeit. Die Lüftungsplanung muss bei der Planung von energieeffizienten Gebäuden und Passivhäusern von Anfang an mitgedacht und entsprechend projektiert werden (Platzbedarf, Effizienz, etc.). Die kombinierte Projektierung von Gebäudehülle und Gebäudetechnik mit einem gemeinsamen Tool ist vorteilhaft und möglich. Dies dient allerdings zur Projektierung und ersetzt keinesfalls einen Fachplaner! Ein gewisses Know-how seitens Planer ist von Vorteil, hierzu sollten entsprechende Schulungen und Fortbildung angeboten werden. Die beschriebene Vorgehensweise erleichtert Entscheidungsfindungen beim Entwurf und ermöglicht dadurch in weiterer Folge eine bessere Wirtschaftlichkeit und höhere Effizienz des Projektes.

5.5. Entwicklung eines Funktionsmusters: Volumenstromregler mit Kaltrauchsperrfunktion

Basierend auf den Recherchen und den Ergebnissen zum Thema Brandschutz werden weitere innovative Lösungen für den Brandschutz bei zentralen Lüftungssystemen in MFH angestrebt. Dabei wird einen Schritt weitergegangen.

5.5.1. Volumenstromregler mit Kaltrauchsperrfunktion

Eine Produktentwicklung eines kosten- und funktionsoptimierten Volumenstromreglers (elektronisch) wird im Zuge des Projekts angestrebt. Dabei wird besonderer Wert auf einen ausreichenden Balanceabgleich im Anlagenbetrieb gelegt und des Weiteren optional eine mögliche Kaltrauchsperrfunktion zentral oder je Wohneinheit hinzugefügt. Das Hauptziel hierbei ist innerhalb des Projekts ein Funktionsmuster herzustellen und einen Prototyp eines Volumenstromreglers mit integrierter Kaltrauchsperrfunktion zu bauen.

Die Ausgangssituation bezüglich der Feuerschutzabschlüsse sieht wie folgt aus:

ÖNORM H6027: Für Stellen, an denen Luftleitungen einen Trennbauteil durchdringen, sind grundsätzlich brandschutztechnische Maßnahmen (z. B. Feuerschutzabschlüsse) vorzusehen.

Da das Schutzziel auch in der Verhinderung der Übertragung von Rauch liegt, bevor noch ein dichter Abschluss der Lüftungsleitung durch den Feuerschutzabschluss bewirkt wird, sind Feuerschutzabschlüsse der Type FLI und FLI-VE generell in Verbindung mit Kaltrauchsperrn zu verwenden.

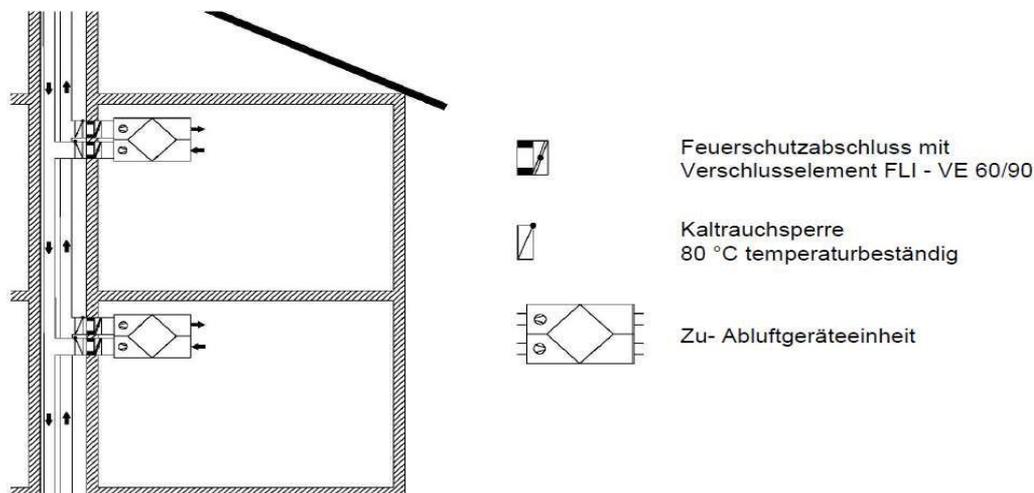


Abbildung 92: Beispielhafte schematische Darstellung der Anwendung von Feuerschutzabschlüssen FLI - VE60/90 und Kaltrauchsperrn in der Wohnungslüftung (Quelle: ÖNORM H6027)

Im Lüftungsbetrieb öffnet die Klappe ab einem Differenzdruck von etwa 10 Pa. Bei deaktivierten Lüftungsanlagen sind Kaltrauchsperrn geschlossen und verhindern so wirksam eine Rauchdurchdringung durch die Luftleitungen.

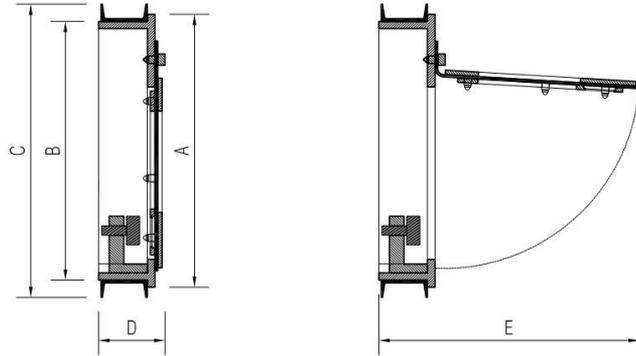


Abbildung 93: links eine Kaltrauchschleuse, hochtemperaturbeständig; rechts eine geschlossene und geöffnete Kaltrauchschleuse (Quelle: Air Fire Tech)

Kaltrauchschleusen nach dem Schwerkraftprinzip führen durch ihren Druckverlust zwangsläufig zu einem erhöhten Energiebedarf der zentralen Lüftungsanlage.

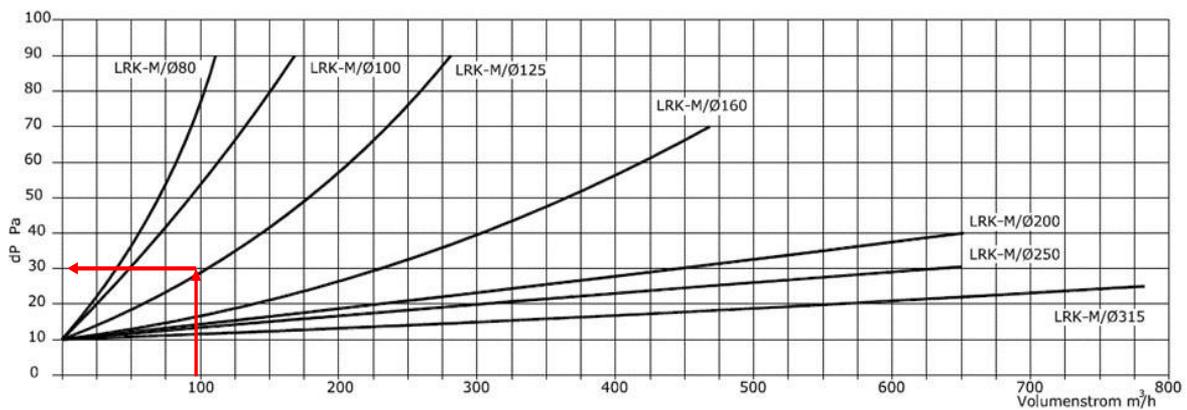


Abbildung 94: Druckverlustdiagramm Kaltrauchschleusen (Quelle: Air Fire Tech)

Energetisch betrachtet, hätte bei Entfall der mechanischen Kaltrauchschleuse bei den vier untersuchten Wohnanlagen der Kanaldruck im Schnitt um ca. 30 Pascal reduziert werden können.

Messprotokoll Stromaufnahme



Kunde:	
Auftrags Nr.:	0101 2024
Komm.:	PIA Gebäudetechnik / M. Müller
Techniker:	Frank Hornig
Datum:	

Haus		A				B				C				B/C			
Typ																	
Seriennummer																	
		original	"-30Pa"	Diff	Diff %	original	"-30Pa"	Diff	Diff %	original	"-30Pa"	Diff	Diff %	original	"-30Pa"	Diff	Diff %
Drucksoilwert	ZUL Pa	155	125	-30	-19,4	240	210	-30	-12,5	230	200	-30	-13,0	200	170	-30	-15,0
	ABL Pa	155	125	-30	-19,4	260	230	-30	-11,5	230	200	-30	-13,0	250	220	-30	-12,0
Ventilatoransteuerung	ZUL %	63	59	-4	-6,3	77	75	-2	-2,6	71	70	-1	-1,4	64	61	-3	-4,7
	ABL %	67	64	-3	-4,5	79	75	-4	-5,1	70	68	-2	-2,9	71	68	-3	-4,2
Luftmenge	ZUL m³/h	740	717	-23	-3,1	865	854	-11	-1,3	706	717	11	1,6	650	646	-4	-0,6
	ABL m³/h	731	693	-38	-5,2	913	883	-30	-3,3	789	795	6	0,8	670	651	-19	-2,8
Druckmesswert	ZUL Pa	156	126	-30	-19,2	238	212	-26	-10,9	231	198	-33	-14,3	201	172	-29	-14,4
	ABL Pa	154	126	-28	-18,2	261	229	-32	-12,3	229	199	-30	-13,1	249	219	-30	-12,0
K-Wert	ZUL -	70	70	0	0,0	60	60	0	0,0	65	65	0	0,0	65	65	0	0,0
	ABL -	55	55	0	0,0	60	60	0	0,0	60	60	0	0,0	60	60	0	0,0
Stromaufnahme	A	1,12	0,96	-0,16	-14,3	1,78	1,59	-0,19	-10,7	1,32	1,24	-0,08	-6,1	1,28	1,16	-0,12	-9,4
Spannung	V	238	238	0	0,0	238	238	0	0,0	238	238	0	0,0	238	238	0	0,0

Abbildung 95: Durchschnittliche Reduzierung der Stromaufnahme von -10%

Eine Integration der Kaltrauchsperrfunktion in den Volumenstromregler bietet somit folgende Vorteile:

- Wegfall einer mechanischen Komponente im Lüftungssystem – Kostenreduktion
- Weniger Montageaufwand auf der Baustelle
- Minimierung der Fehlerquelle durch einen möglichen Falscheinbau
- Energieeinsparung durch geringere Druckverluste im Lüftungssystem#



Abbildung 96: Integration der Kaltrauchsperrfunktion

Der Aufbau und die Funktion des Volumenstromreglers mit Kaltrauchsperrfunktion sieht so aus: Der Luftvolumenstrom wird über einen Sensor erfasst und an das Steuermodul übertragen. Die Volumenstromregelung erfolgt über die Klappenstellung. Schaltet die Lüftungsanlage aus, wird die Klappe geschlossen. Dabei gibt es die Funktion der Selbsterkennung aufgrund fehlendem Volumenstroms und/oder erhöhter Mediumtemperatur. Bei Stromausfall erfolgt die Energieversorgung zum Schließen über einen ELKO. Der Wiederanlauf erfolgt nach neuerlicher Spannungsversorgung bzw. bei Selbsterkennung eines vorhandenen Volumenstroms. In der folgenden Abbildung 97 ist das Funktionsprinzip dargestellt:

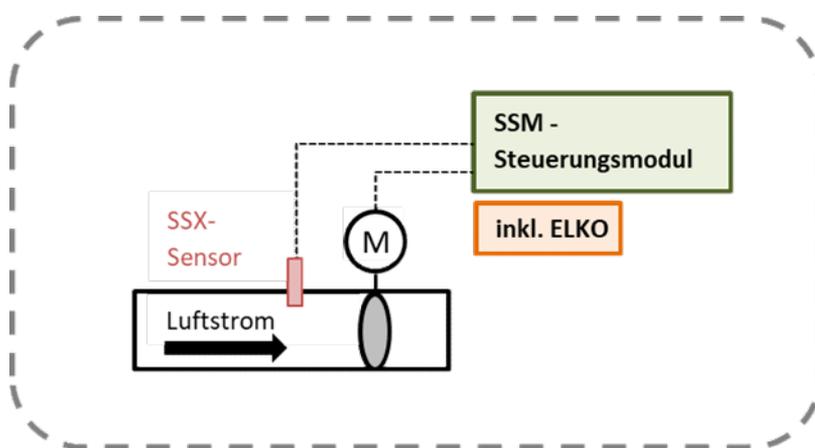


Abbildung 97: Funktion Volumenstromregler + Kaltrauchsperrfunktion; Quelle: J Pichler

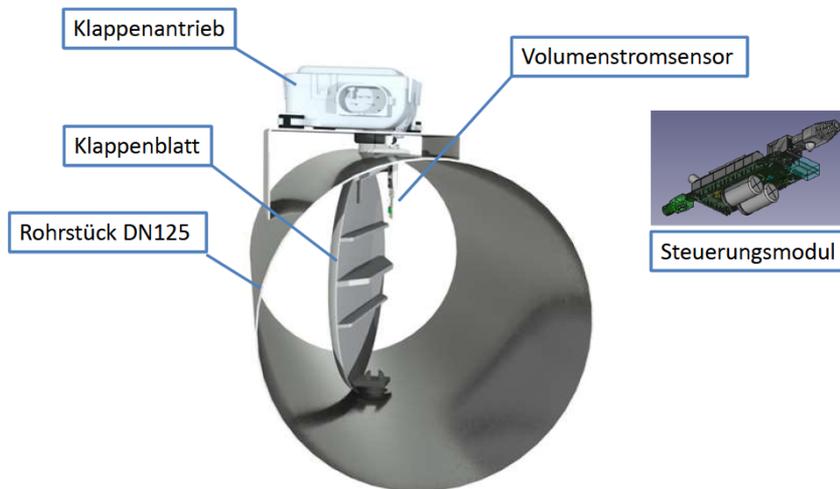


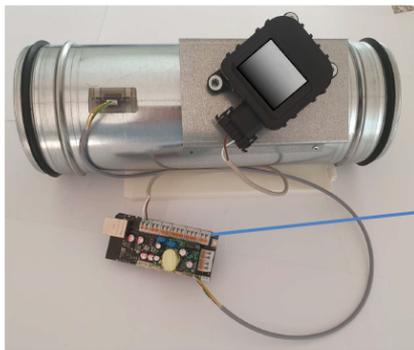
Abbildung 98: Funktion Volumenstromregler + Kaltrauchsperr; Quelle: J Pichler

Eingebaut ist hierbei auch ein sogenannter SSX-Sensor. Der SSX-Sensor misst die Luftgeschwindigkeit nach dem Temperatur-Differenzverfahren. Auf Basis von Kennlinien für unterschiedliche Rohrdurchmesser erfolgt eine Umrechnung auf den Volumenstrom. Zusätzlich erfasst der SSX-Sensor Temperatur, relative Feuchte, VOC und CO₂ Konzentration. Der Sensor ist in der folgenden Abbildung 99 dargestellt.



Abbildung 99: SSX – Sensor

Im Folgenden sind einige Bilder des Mustersaufbaus der Kombination Volumenstromregler und Kaltrauchsperr zu sehen.



Klappenantrieb

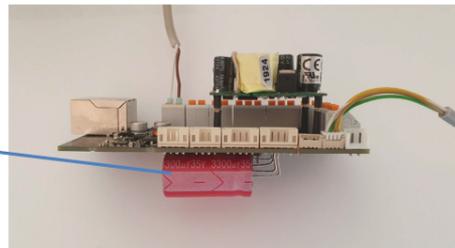
SSM-Steuerungsmodul



SSX-Volumenstromsensor



SSM-Steuerungsmodul



ELKO
3300µF

Ergebnisse und Fazit der Entwicklung dieses Funktionsmusters:

Eine Integration der Kaltrauchsperrfunktion in den Volumenstromregler ist technisch umsetzbar, dadurch ergeben sich die folgenden Vorteile:

- Wegfall einer mechanischen Komponente im Lüftungssystem
- Weniger Montageaufwand auf der Baustelle
- Minimierung der Fehlerquelle durch einen möglichen Falscheinbau
- Energieeinsparung von mind. 10% durch geringere Druckverluste im Lüftungssystem

Da es sich hierbei um einen Prototyp handelt, fehlen im Moment noch Ergebnisse zur Praxistauglichkeit und Langzeiterfahrungen zum Produkt.

5.6. Druckverlust, Ökologie und Kosten – Lüftungssysteme mit Fokus auf Brandschutz

In der Lüftungssystemplanung wird die Reduktion des Druckverlustes im System (externer Druckverlust) vor allem im Hinblick auf Brandschutzkomponenten angestrebt. Zur Überprüfung der Wirksamkeit dieser Maßnahme wurden verschiedene Varianten von Lüftungssystemlösungen gemeinsam mit einem Technischen Büro, einem Lüftungssystemhersteller und einem Wohnbauträger konzipiert und in einfacher Form Druckverlust und Kosten dokumentiert. Das Ziel dabei ist, den Strombedarf, die potentiellen Wartungskosten und die CO₂-Emissionen des Lüftungssystems zu minimieren. Hierzu wurde ein Mehrfamilienhaus als Beispielgebäude seitens des Wohnbauträgers bereitgestellt, um diese Analysen durchführen zu können. In den folgenden Kapiteln werden kurz das Beispielgebäude, die Methodik der Berechnungen und ein paar Ergebnisse dargestellt.

5.6.1. Beispielgebäude

Für die Berechnungen zum Vergleich von Lüftungssystemen mit verschiedenen Brandschutzvarianten und Komponenten bezüglich Druckverlust und Kosten wurde in Abstimmung mit dem Projektpartner GWS ein durchschnittlich großes, typologisch häufig anzutreffendes Gebäude im Osten Österreichs angenommen. Dieses sollte nicht zu groß sein, sowie Standard-Architektur und Geschossanzahl aufweisen. Hier sind die Grunddaten des Gebäudes:

- Grundriss ca. 19 x 25 m²; Brutto-Grundfläche 475 m² pro Geschoß
- Kellergeschoß und fünf oberirdische Geschoße, (Gebäudeklasse GK 5)
- Brutto-Grundfläche 2.850 m² inkl. Keller
- Überirdisches Regelgeschoß mit sechs Wohneinheiten (WE), in Summe 30 WE
- größere Wohnung (ca. 76 m²): 4 Personen
- kleinere Wohnung (ca. 42 m²): 2 Personen
- zentrale Lüftungsanlage mit 3.000 m³/h

5.6.2. Methodik

Gemeinsam mit einem Planungsbüro und einem Lüftungssystemhersteller wurden verschiedene Möglichkeiten von brandschutztechnischen Luftführungsvarianten auf Basis der im Projekt erarbeiteten Brandschutzkonzepte für Lüftungssysteme im Beispielgebäude erstellt.

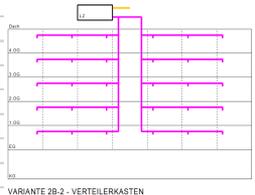
Variate	Ungünstigste Stelle	Druckverlust				Summe		
		Zuluft Pa	Abluft Pa	Fortluft Pa	Aussenluft Pa	ZUL+AUL Pa	ABL+FOL Pa	ZUL+ABL+FOL+AUL Pa
2B-2 2 vertikale Schächte im Innenbereich (Vertikaler Lüftungschacht EI90)	EG 6 / 3 Verteilerkasten	138,51	127,06	3,40	8,74	147,25	130,46	277,71
								
VARIANTE 2B-2 - VERTEILERKASTEN								

Abbildung 100: Übersicht über die Ergebnisse der Druckverlustberechnung einer Lüftungssystem-Variante mit spezifischem Fokus auf Brandschutz und eingebauten Komponenten

Die Auswahl der Varianten erfolgte nach den folgenden Haupt-Gesichtspunkten:

1. Positionierung der Lüftungszentrale (LZ) – Dach oder Keller
2. Anzahl der Schächte – zwei oder mehrere
3. Leitungsführung im Gang / in den Wohnungen
4. Schachttypen (EI 90 od. nicht)
5. Zimmer über Verteilerrohre oder über Verteilerkasten beschickt

Die so erstellten Varianten (siehe Beispiel in Abbildung 100 - Variante 2B-2 mit Lüftungszentrale am Dach, 2 Schächte, Leitungsführung Gang, Schachttyp A, Wohnung ZUL/ABL über Verteilerkasten) wurden nummeriert und in „Sammelmappen“ beschrieben – die Sammelmappen für die Beispiele finden sich im elektronischen Anhang dieses Berichts. Die pro Variante verwendeten Komponenten wurden mit eingesetzten Materialien, Preisen und mit CO₂-Emissionen für die Herstellung berechnet.

5.6.3. CO₂-Emissionen Lüftungs-Materialien

Als Einschätzung der Umweltwirkung der eingesetzten Materialien wurde eine Recherche zu den CO₂-Emissionen bei der Herstellung der in Lüftungssystemen gefundenen Materialien durchgeführt. Die in verschiedenen Quellen gefundenen Werte sind in folgender Aufstellung in kg CO₂-Äqu./t mit Bezug auf die Literaturquelle angegeben:

- **Kupfer:** 2.874 [11] / 1.430 [12] / 2.190 [13] / 1.730 [14]
- **Aluminium:** 11.904 [11] / 19.640 [12] / 5.620 [13] / 5.970 [14]
- **Edelstahlblech:** 4.529 [15] / 4.360 [14]
- **Verzinktes Stahlblech:** 2.865 [16] / 3.510 [12] / 2.130 [14]
- **Flachglas:** 600 [11] / 980 [14]
- **Steinwolle:** 1.050 [11] / 1.130 [12] / 1.930 [14]
- **Kunststoff:** 1.730 [14]
- **Polyethylen / Polypropylen:** 3.030 [12] / (Rohre) 5.420 [13] / 2.700 [14]
- **XPS:** 14.500 [13] / 4.200 [14]
- **Polyurethan:** 7.520 [13] / 4.300 [14]

Die Unterschiede in den angegebenen Werten resultieren aus unterschiedlicher Methodik der Berechnung, unterschiedlichen Herstellungsprozessen und unterschiedlicher Herkunft der Ressourcen. Dabei finden sich teilweise große Unterschiede bei der Bewertung einzelner Materialien.

Für die Berechnungen im Projekt E.Vent wurden die Werte aus dem Baubook-Rechner [14] verwendet.

5.6.4. Ergebnisse

Ein geringer externer Druckverlust ist Voraussetzung für einen leisen Betrieb und einen geringen Strombedarf für das Lüftungssystem. Kaltrauchsperrern, die immer in Kombination mit FLI-VE bei DN bis 160 mm eingesetzt werden, machen bei einzelnen Varianten etwa ein Viertel des gesamten externen Druckverlustes im System aus.

Abbildung 101: Beispiel einer Kaltrauchsperrre; Quelle: geba Brandschutz

Die Funktion der Kaltrauchsperrren beruht darauf, das Lüftungsrohr bei Abschaltung oder Ausfall des Lüftungssystems zu verschließen, so dass sich im Brandfall kein Rauch ausbreiten kann. Die Problematik bezüglich des Druckverlustes ist, dass sie einen Öffnungsdruck größer 10 Pa benötigt, damit sich die Klappe öffnet. In Abbildung 101 ist erkennbar, dass selbst im geöffneten Zustand kein komplett freier Querschnitt möglich ist. Daher wurde im Projekt E.Vent auch die Konzeption einer Volumenstromregler-Kaltrauchsperrren-Kombination angestoßen und in einem Funktionsmuster getestet (siehe Kapitel 5.5.).

Bei einigen Varianten wurden durch sinnvolle Planung bei ähnlichem Materialeinsatz und Investitionskosten für die Komponenten durchaus sehr niedrige Druckverlustergebnisse erzielt. Gleichzeitig konnten die CO₂-Emissionen gegenüber der Variante 6A mit dem höchsten externen Druckverlust im System unter allen näher untersuchten Varianten reduziert werden – siehe Abbildung 102, Abbildung 103, Abbildung 104 und Abbildung 105.

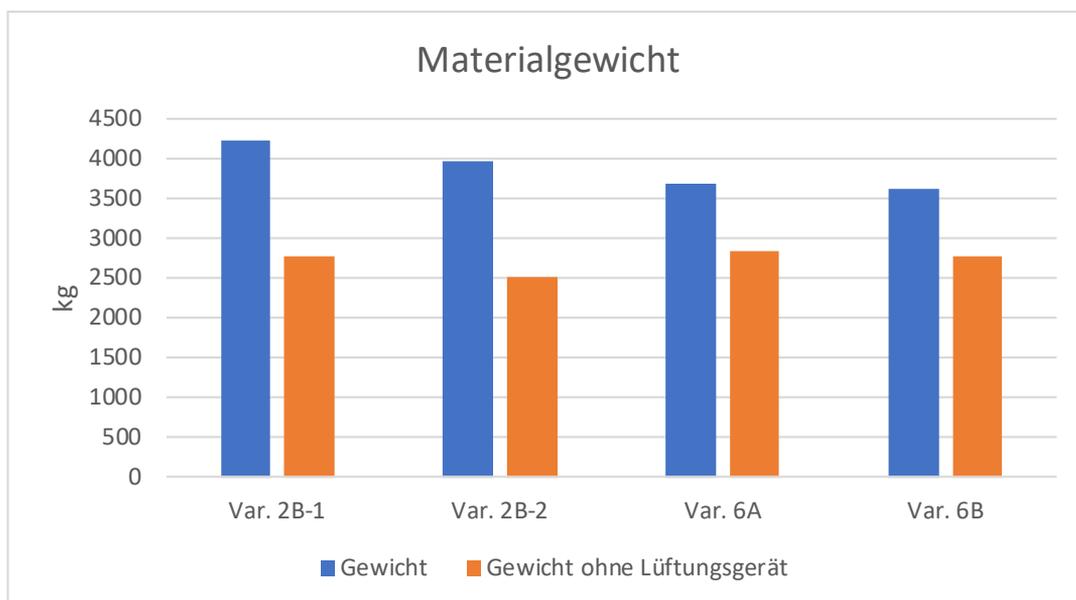


Abbildung 102: Materialeinsatz verschiedener untersuchter Varianten. Die Varianten 6A und 6B sind jeweils üblich umgesetzte Lüftungssysteme zum Vergleich, die Sammelmappe der Variante 6A findet sich im Anhang; Quelle: AEE INTEC

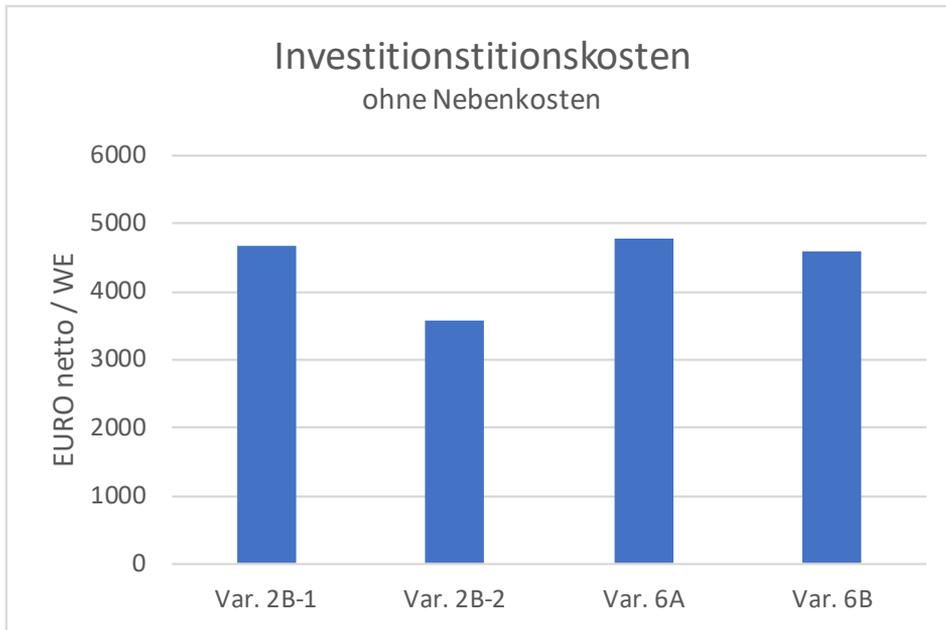


Abbildung 103: Investitionskosten verschiedener untersuchter Varianten in EURO netto pro Wohneinheit ohne Nebenkosten wie Planung - die Varianten 6A und 6B sind jeweils üblich umgesetzte Lüftungssysteme zum Vergleich; Quelle: AEE INTEC

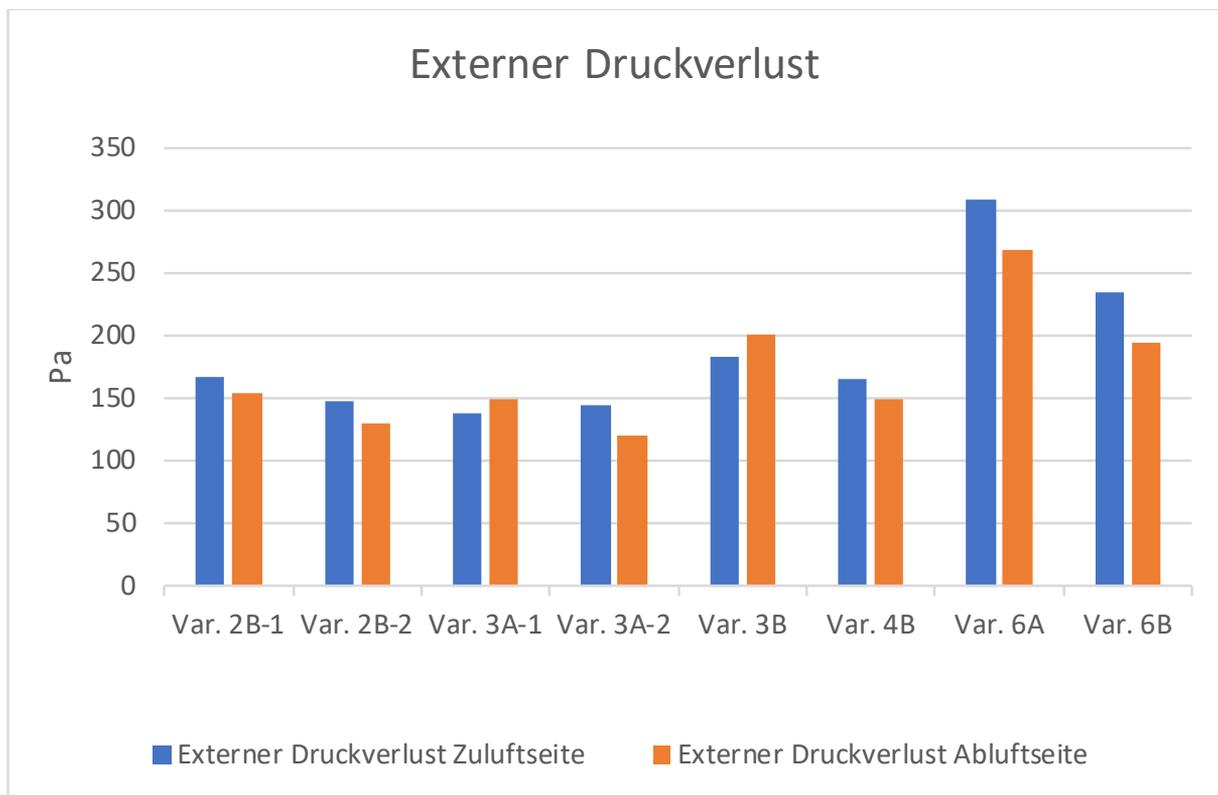


Abbildung 104: Vergleich des externen Druckverlusts von acht verschiedenen untersuchten Lüftungssystem-Varianten; Quelle: AEE INTEC

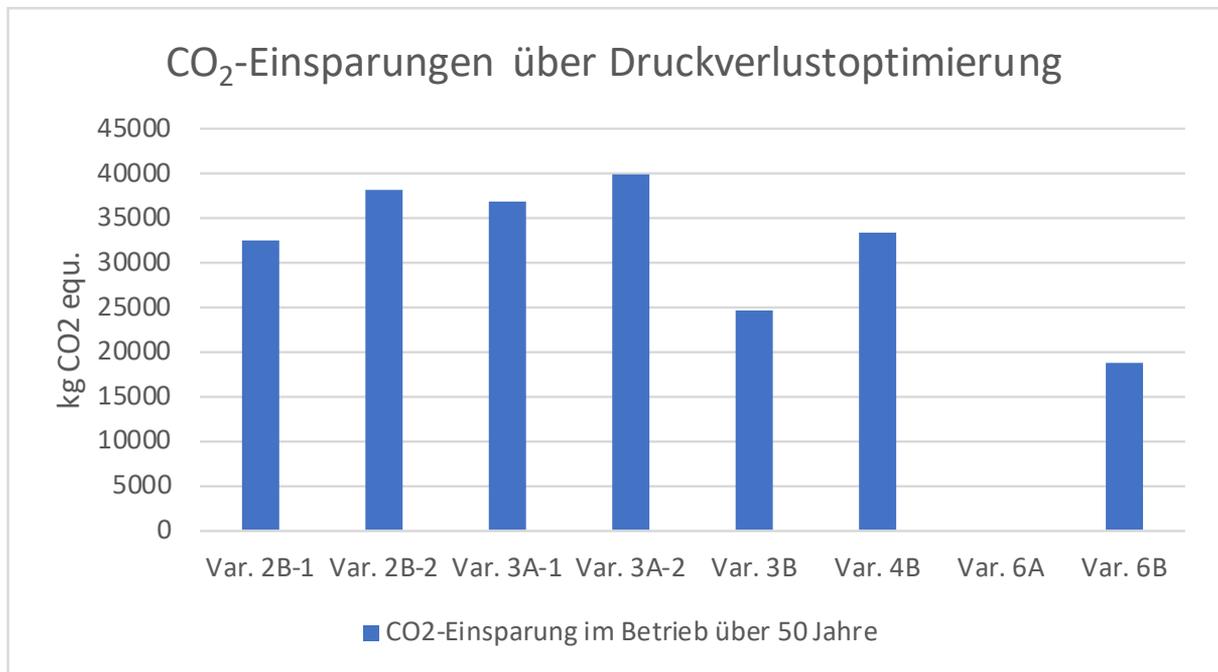


Abbildung 105: Vergleich der im Lebenszyklus über 50 Jahre eingesparten CO₂-Emissionen von acht verschiedenen untersuchten Lüftungssystem-Varianten mit Fokus auf Druckverlustreduktion. Zum Vergleich: der bei der Herstellung der Systemkomponenten inklusive Lüftungsgerät benötigte Ressourceneinsatz beträgt etwa nur ein Viertel der hier alleine über gute Planung eingesparten CO₂-Emissionen; Quelle: AEE INTEC

5.6.5. Erkenntnisse

- A. Lüftungsrohre / Einbauteile: je kleiner der Rohrdurchmesser, desto größer der Druckverlust; Empfehlung: Rohrdurchmesser in der Wohnung DN125 oder größer, Ausnahme Verteilerkasten, da keine zusätzlichen Schalldämpfer erforderlich
- B. Rechteckige Formstücke (besonders T-Stücke) verursachen relativ große Druckverluste; Empfehlung: Rechteckige T-Stücke sind 10-15% größer zu dimensionieren als mindestens erforderlich
- C. Feuerabschlüsse (FLI-VE): niedrigere Investition als Brandschutzklappen, wartungsfrei (Wohnungen)
- D. Luft Kaltrauchklappen: gravierender Druckverlust aufgrund relativ kleiner Öffnung im Vergleich zu Durchmesser; immer in Kombination mit FLI-VE vorgesehen
- E. Brandschutzklappen: teurer als FLI-VE, Wartungspflicht, aber viel kleinerer Druckverlust als bei Kombination FLI-VE + Kaltrauchsperrung möglich
- F. EI-90 vertikale Schächte (Typ A lt. TRVB 110B) betreffend Druckverlust empfehlenswert
- G. Lüftungszentrale im Keller ist betreffend Druckverlust und Betrieb nicht die optimale Lösung; Investitionskosten für die Lüftungszentrale sind meist im Vergleich mit Ausführung auf dem Dach kleiner (entfällt: wetterfeste Einhüllung)

Der Druckverlust durch Einbauteile und nicht beachtete Leitungsführung ist ein immer noch wenig beachtetes Thema, obwohl die vermessenen Anlagen gut funktionieren. Im Umkehrschluss sind hohe

Strom- und CO₂-Einsparungen möglich, wenn dies in der Planung Beachtung findet. Auch mit neueren Brandschutzkonzepten sind hocheffiziente und kostenseitig interessantere Lüftungssysteme möglich. Weitere Detailuntersuchungen müssen bei den entstehenden Nebenkosten neuer Varianten noch gemacht werden.

6 Schlussfolgerungen

Im Rahmen des Projekts konnten gerade im Bereich Brandschutz und Planung viele Optimierungsmöglichkeiten ausgearbeitet werden.

Innovative Brandschutzlösungen auf Basis neu entwickelter Brandschutzkonzepte führen für zentrale Lüftungsanlagen im Wohnungsbau zu einer Senkung der Investitions- und Wartungskosten, einer Verbesserung der Energieeffizienz und konnten bereits in Projekten umgesetzt werden. Trotz des Zusatzaufwands für die Erstellung eines Brandschutzkonzepts können in vielen Fällen gegenüber der Planung rein nach Norm sowohl Effizienz als auch Wirtschaftlichkeit verbessert werden. Die im Projekt E.Vent dokumentierten Lösungen können als Vorschläge adaptiert auf zukünftige Projekte in diesem Sinne hilfreich sein.

Das Excel-Tool bietet für den Anwender in einer sehr frühen Planungsphase eine Übersicht, welche Lüftungsvarianten und Brandschutzkonzepte überhaupt möglich sind. Das Tool liefert eine grobe Kostenabschätzung der Investitions- und Wartungskosten des Brandschutzes sowie zum Druckverlust und der Effizienz der Lüftungsanlage. Die testweise 3D-Umsetzung in der CAD-Anwendung ist Großteils möglich, eine reale Anwendung erfordert softwareseitig jedoch weitere detaillierte Entwicklungsarbeit. Die beschriebene Vorgehensweise erleichtert Entscheidungsfindungen beim Entwurf und ermöglicht dadurch in weiterer Folge eine bessere Wirtschaftlichkeit und höhere Effizienz des Projektes.

Eine Integration der Kaltrauchsperrfunktion in den Volumenstromregler ist technisch umsetzbar, dadurch ergeben sich Vorteile wie der Wegfall einer mechanischen Komponente im Lüftungssystem und weniger Montageaufwand auf der Baustelle. Energieeinsparungen von mind. 10% durch geringere Druckverluste im Lüftungssystem sind möglich.

Bei den aktuell verfügbaren Lüftungsgeräten und Volumenstromreglern kann es im Betrieb zu Disbalancen kommen, was durchaus negative Folgen wie höhere Wärmeverluste und Bauschäden verursachen kann. Die Gründe für die aufgezeigten Disbalancen sind vielfältig, Hauptursache sind aber die Volumenstromregler, denen die benötigte Genauigkeit für die entsprechenden Luftgeschwindigkeiten fehlt.

7 Ausblick und Empfehlungen

Die Kombination aus Kaltrauchsperrung und Volumenstromregler erweist sich als vielversprechender Prototyp, um Lüftungssysteme energieeffizienter gestalten zu können. Da es sich bisher um ein reines Funktionsmuster handelt, fehlen im Moment noch Ergebnisse zur Praxistauglichkeit und Erfahrungsberichte über einen längeren Benutzungszeitraum. Eine weitere Entwicklung bis hin zur Marktreife des Produkts wird empfohlen.

Das Planungstool bietet dem Anwender bereits in der frühen Projekt- und Planungsphase eine Übersicht zu Lüftungsvarianten und Möglichkeiten zum Brandschutz. Die Lüftungsplanung sollte bereits bei der Planung von energieeffizienten Gebäuden und Passivhäusern von Anfang an mitgedacht und entsprechend projektiert werden (Platzbedarf, Effizienz, etc.). Die kombinierte Projektierung von Gebäudehülle und Gebäudetechnik mit einem gemeinsamen Tool ist vorteilhaft und möglich. Entsprechende Entwicklungsarbeit sollte in jedem Fall fortgeführt werden. Dies dient allerdings zur Projektierung und ersetzt keinesfalls einen Fachplaner. Ein gewisses Know-how seitens Planer ist von Vorteil, hierzu sollten entsprechende Schulungen und Fortbildung angeboten werden.

Bislang sind die am Markt erhältlichen Konstantvolumenstromregler ausschließlich für mittlere bis hohe Luftgeschwindigkeiten konzipiert. Allerdings wurde in diesem Projekt deutlich aufgezeigt, dass beim Balanceabgleich Volumenstromregler mit hoher Genauigkeit für Luftgeschwindigkeiten im niedrigen Bereich benötigt werden. Abweichungen liegen derzeit noch im Bereich von 30-50% der eingestellten Werte. Da für geringe Volumenströme keine entsprechenden passiven Volumenstromregler bzw. Volumenstrombegrenzer am Markt erhältlich sind, ist die Industrie gefordert, hierzu geeignete Lösungen mit ausreichender Genauigkeit anzubieten.

8 Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Effekte bei Fortluft- (links) bzw. Außenluftüberschuss (rechts); Quelle: [1]	13
Abbildung 2: Lüftungswärmeverluste als Funktion der Disbalance von Zu- und Abluftmassenströmen bei einer Luftwechselrate von 0,5 1/h und einer Gebäudehülle mit dem Drucktestergebnis $n_{50}=0,5$ 1/h; Quelle: PHI, AKKP 17	13
Abbildung 3: Brandübertragungsursachen durch Lüftungsleitungen; Quelle: [2]	15
Abbildung 4: Lüftungsanlage im Geschosswohnbau, Zentrale und dezentrale Volumenstrombalance; Quelle: [6]	20
Abbildung 5: Aktiver Volumenstromregler LMV-D3-MF-F (Quelle: Fa. Pichler)	21
Abbildung 6: Passive Volumenstromregler; Quelle: TROX GmbH, KVS-Regler Serie VFL	22
Abbildung 7: Messkreuz mit digitaler Anzeige; Quelle: KIMO Instruments	24
Abbildung 8: Airflow Meter; Quelle: KIMO Instruments	24
Abbildung 9: Airflow Meter; Quelle: KIMO Instruments	25
Abbildung 10: Vorschlag Messaufbau für E.Vent zur Balancemessung am Gesamt-Lüftungssystem; Quelle: Waldemar Wagner/AEE INTEC, Christoph Speer/UIBK	26
Abbildung 11: Schema einer Blendenmessstrecke mit Eckdruckentnahme nach DIN EN ISO 5167-2; Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Messblende , abgerufen am 9.6.2020, 9:50	26
Abbildung 12: Schema der thermischen Massen-Durchflussmessung; Quelle: Anleitung Sensyflow FMT400-VTS	27
Abbildung 13: Prinzip Schaltbild der thermischen Massen-Durchflussmessung; Quelle: Anleitung Sensyflow FMT400-VTS	27
Abbildung 14: Stützventilator zum Druckausgleich für Gesamt-System; Quelle: ruck Ventilatoren GmbH	28
Abbildung 15: Bedienelement für die Luftmengeneinstellung in den Wohnungen der Wohngebäude Albert Schweitzer Gasse 14 und Am Rehgrund 17, beide in Graz; Quelle: Lufttechnik Schmeißer	29
Abbildung 16: Brandschutzklappe, links mit Klappenblatt im Querschnitt, rechts ohne Klappenblatt im freien Querschnitt; Quelle: Fa. Geba	30
Abbildung 17: Volumenstrom bei unterschiedlichem Vordruck (Quelle: [8])	35
Abbildung 18: Prinzip des Balanceabgleichs mittels Differenzdruckmessung zwischen Raumluft und Außenluft	36
Abbildung 19: Balanceabgleich mittels Messung der Druckdifferenz über den Gegenstrom-Wärmeübertrager	38
Abbildung 20: Hofansicht Wohngebäude Albert Schweitzer Gasse 14 Graz; Quelle: AEE INTEC	40
Abbildung 21: Auszug aus dem Protokoll zu Balanceabgleichmessungen während der Inbetriebnahme des Wohngebäudes in der Albert Schweitzer Gasse 14 in Graz; Quelle: GWS	41

Abbildung 22: Summe der Zuluft- (links) und der Abluftvolumenströme (rechts) aller einzeln am 14.11.2018 gemessenen Räume der 16 Wohneinheiten in der Albert Schweitzer Gasse 14 in Graz; Quelle: AEE INTEC.....	42
Abbildung 23: Zentral am Außenluft- (links) und Fortluftgitter (rechts) des zentralen Lüftungssystems in der Albert Schweitzer Gasse 14 in Graz gemessenen Volumenströme am 7.2.2019, Quelle: AEE INTEC	42
Abbildung 24: Südostansicht des Wohngebäudes Am Rehgrund 17 Graz; Quelle: AEE INTEC	43
Abbildung 25: Übersicht der einzustellenden Volumenströme in den 17 Wohnungen Am Rehgrund 17 in Graz; Quelle: GWS	44
Abbildung 26: Summe der Zuluft- (links) und der Abluftvolumenströme (rechts) aller einzeln am 15.11.2018 gemessenen Räume der 17 Wohneinheiten Am Rehgrund 17 in Graz; Quelle: AEE INTEC	45
Abbildung 27: Zentral am Außenluft- (links) und Fortluftgitter (rechts) des zentralen Lüftungssystems Am Rehgrund 17 in Graz gemessenen Volumenströme am 7.2.2019; Quelle: AEE INTEC	45
Abbildung 28: Temperaturverlauf der Anlage „Olga Rudel Zeynek Gasse 25“ im Zeitraum Februar 2019 bis Februar 2020.....	47
Abbildung 29: Temperaturverlauf der Anlage „Olga Rudel Zeynek Gasse 25“ im Februar 2019	47
Abbildung 30: Temperaturverlauf der Anlage „Olga Rudel Zeynek Gasse 25“ im Juni 2019.....	48
Abbildung 31: Temperaturverlauf der Anlage „Olga Rudel Zeynek Gasse 25“ für drei Tage im Juni 2019.....	48
Abbildung 32: Feuchteverlauf bei der Anlage „Albert Schweizer Gasse 14“ im Jänner 2019	49
Abbildung 33: Ablufttemperatur in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur bei der Anlage „Albert Schweizer Gasse 14“ im gesamten Zeitraum	49
Abbildung 34: Ablufttemperatur in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur im gesamten Zeitraum bei der Anlage „Am Rehgrund 17“	50
Abbildung 35: Effizienz der Wärmerückgewinnung der Anlage „Olga Rudel Zeynek Gasse 23“ im gesamten Zeitraum	51
Abbildung 36: Effizienz der Wärmerückgewinnung der Anlage „Olga Rudel Zeynek Gasse 23“ im Zeitraum Oktober 2018 bis März 2019	51
Abbildung 37: Effizienz der Wärmerückgewinnung der Anlage „Albert Schweizer Gasse 14“ im gesamten Zeitraum	52
Abbildung 38: Effizienz der Wärmerückgewinnung der Anlage „Albert Schweizer Gasse 14“ im Zeitraum 1. Oktober 2018 bis 31. März 2019	52
Abbildung 39: Effizienz der Wärmerückgewinnung der Anlage „Albert Schweizer Gasse 14“ im Zeitraum 1. Juni 2019 bis 31. August 2019	53
Abbildung 40: Effizienz der Wärmerückgewinnung der Anlage „Albert Schweizer Gasse 14“ als Durchschnittswert in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur	53
Abbildung 41: Variante 1 – Dachaufstellung mit brandbeständigem Riegel; Quelle: UIBK.....	54
Abbildung 42: Variante 2 – Dachaufstellung mit Hosenstück; Quelle: UIBK.....	55
Abbildung 43: Variante 3 – Technikraum mit verlängertem Arm; Quelle: UIBK.....	56
Abbildung 44: Leitungen an der Fassade; Quelle: UIBK	57

Abbildung 45: Kanalführung; Quelle: UIBK	58
Abbildung 46: Übergang zu den Wohnungen; Quelle: UIBK.....	59
Abbildung 47: Leitungsführung in der Fassade; Quelle: [10]	60
Abbildung 48: Variante 4 – Schacht mit Einblasdämmung, Dachaufstellung; Quelle: UIBK.....	61
Abbildung 49: Variante 4 – Schacht mit Einblasdämmung, Kelleraufstellung; Quelle: UIBK.....	62
Abbildung 50: Die „Franzosenhäuser“ fertig saniert und fit für die Klimawende; Quelle: NEUE HEIMAT TIROL	65
Abbildung 51: Gesamtansicht der unsanierten Objektgruppe; Quelle: Google Earth.....	65
Abbildung 52: Unterstützende Planung mittels 3D designPH-Modellierung und PHPP- Variantenberechnung; Quelle: Passivhaus Institut Innsbruck	66
Abbildung 53: Lüftungsschema; Quelle: Alpsolar Klimadesign	67
Abbildung 54: Lüftungsgerät mit EI90-Einhausung und abnehmbarer Wartungstür; Quelle: Alpsolar Klimadesign	68
Abbildung 55: Luftverteilerbalken mit Volumenstrombegrenzer; Quelle: Alpsolar Klimadesign.....	68
Abbildung 56: Die drei Schritte für optimale Leitungsführung an der Fassade: 1. Genaues Anzeichnen auf der Bestandsfassade, 2. exaktes Ausnehmen der bestehenden Dämmung & Putz, 3. Einpassen der Lüftungsleitungen ohne großen Zwischenraum; Quelle: NEUE HEIMAT TIROL.....	69
Abbildung 57: Leitungsführung an der Fassade nach Anbringung der Fassadendämmung; Quelle: Alpsolar Klimadesign	69
Abbildung 58: 3D-Planung: Leitungsführung im Dachboden und an der Fassade; Quelle: Alpsolar Klimadesign	69
Abbildung 59: 3D-Planung: hofseitige Abluftleitungen an der Fassade; Quelle: Alpsolar Klimadesign	70
Abbildung 60: 3D-Planung: straßenseitige Zuluftleitungen an der Fassade; Quelle: Alpsolar Klimadesign	70
Abbildung 61: Kaskadenlüftung am Beispiel der HKLS Planung, Bildquelle: NHT/Malzer & Alpsolar Klimadesign	71
Abbildung 62: Grundriss Mößlgasse 36; Quelle: Alpsolar Klimadesign.....	72
Abbildung 63: Lüftungsschema Mozartstraße 5 (Quelle: Alpsolar Klimadesign).....	74
Abbildung 64: Lüftungsgeräte und Frischluftansaugung unter den neuen Balkonen; Quelle: Alpsolar Klimadesign	74
Abbildung 65: Luftverteilerbalken mit Volumenstrombegrenzer mit und ohne Brandschutzverbau; Quelle: Alpsolar Klimadesign.....	75
Abbildung 66: Vorisolierte Lüftungsrohre im Erdreich; Quelle: Alpsolar Klimadesign	75
Abbildung 67: Grundriss Kellergeschoß; Quelle: Alpsolar Klimadesign	76
Abbildung 68: Leitungsführung an der Fassade; Quelle: Alpsolar Klimadesign	77
Abbildung 69: Leitungsführung an der Fassade mit brandbeständiger Abgrenzung; Quelle: Alpsolar Klimadesign	77
Abbildung 70: Fassadenansichten: Zuluft straßenseitig, Abluft hofseitig; Quelle: Alpsolar Klimadesign	78
Abbildung 71: Fassadenansichten: Zuluft straßenseitig, Abluft hofseitig; Quelle: Alpsolar Klimadesign	79

Abbildung 72: Grundriss Erdgeschoss; Quelle: Alpsolar Klimadesign	80
Abbildung 73: Grundriss Kellergeschoß mit „verlängertem Arm“ des Technikraumes; Quelle: Alpsolar Klimadesign	81
Abbildung 74: Rendering Aufsicht GWS-Bauvorhaben Lendpark in Graz; Quelle: GWS.....	82
Abbildung 75: Rendering Aufriss GWS-Bauvorhaben Lendpark in Graz; Quelle: GWS.....	82
Abbildung 76: Detailplanung Haustechnik; Quelle TB Enerep	83
Abbildung 77: Lüftungsschema mit den vier Lüftungszentralen inkl. KiGa – Aufriss; Quelle: TB Enerep	84
Abbildung 78: Ausschnitt Lüftungszentrale UG mit Frisch-/Fortluftleitung und einem Steigstrang für Wohnungen; Quelle: TB Enerep.....	85
Abbildung 79: Planungstool - Vertikalen Schacht von der Energiebezugsfläche abziehen; Quelle: PHI Innsbruck	92
Abbildung 80: Planungstool - Raumhöhe kann raumweise bestimmt werden; Quelle: PHI Innsbruck	93
Abbildung 81: Planungstool - Lüftungsvolumen raumweise bestimmen; Quelle: PHI Innsbruck.....	93
Abbildung 82: Planungstool - Lüftungskategorien raumweise zuordnen; Quelle: PHI Innsbruck	94
Abbildung 83: Planungstool - Möglichkeit der Kaskadenlüftung prüfen; Quelle: PHI Innsbruck.....	95
Abbildung 84: Lüftungsgerät als 3D Objekt, Anschlüsse oben; Quelle: PHI Innsbruck.....	95
Abbildung 85: Lüftungsgerät als 3D Objekt, Anschlüsse oben, inkl. Wartungs- und Installationsraum; Quelle: PHI Innsbruck	96
Abbildung 86: Lüftungsgerät als 3D Objekt, Anschlüsse seitlich; Quelle: PHI Innsbruck.....	96
Abbildung 87: Lüftungsgerät als 3D Objekt, Anschlüsse seitlich, inkl. Wartungs- und Installationsraum; Quelle: PHI Innsbruck	97
Abbildung 88: Vertikaler Lüftungsschacht als 3D Objekt; Quelle: PHI Innsbruck	97
Abbildung 89: Einzelräume zu einer Lüftungszone zusammenfassen; Quelle: PHI Innsbruck	98
Abbildung 90: Lüftungszone einem Lüftungsgerät zuordnen; Quelle: PHI Innsbruck	98
Abbildung 91: Unterschiedliche Konfigurationen sind miteinander vergleichbar; Quelle: PHI Innsbruck	99
Abbildung 92: Beispielhafte schematische Darstellung der Anwendung von Feuerschutzabschlüssen FLI - VE60/90 und Kaltrauchsperrern in der Wohnungslüftung (Quelle: ÖNORM H6027).....	100
Abbildung 93: links eine Kaltrauchsperrre, hochtemperaturbeständig; rechts eine geschlossene und geöffnete Kaltrauchsperrre (Quelle: Air Fire Tech)	101
Abbildung 94: Druckverlustdiagramm Kaltrauchsperrern (Quelle: Air Fire Tech).....	101
Abbildung 95: Durchschnittliche Reduzierung der Stromaufnahme von -10%	101
Abbildung 96: Integration der Kaltrauchsperrre	102
Abbildung 97: Funktion Volumenstromregler + Kaltrauchsperrre; Quelle: J Pichler	102
Abbildung 98: Funktion Volumenstromregler + Kaltrauchsperrre; Quelle: J Pichler	103
Abbildung 99: SSX – Sensor	103
Abbildung 100: Übersicht über die Ergebnisse der Druckverlustberechnung einer Lüftungssystem-Variante mit spezifischem Fokus auf Brandschutz und eingebauten Komponenten	105
Abbildung 101: Beispiel einer Kaltrauchsperrre; Quelle: geba Brandschutz.....	107

Abbildung 102: Materialeinsatz verschiedener untersuchter Varianten. Die Varianten 6A und 6B sind jeweils üblich umgesetzte Lüftungssysteme zum Vergleich, die Sammelmappe der Variante 6A findet sich im Anhang; Quelle: AEE INTEC	107
Abbildung 103: Investitionskosten verschiedener untersuchter Varianten in EURO netto pro Wohneinheit ohne Nebenkosten wie Planung - die Varianten 6A und 6B sind jeweils üblich umgesetzte Lüftungssysteme zum Vergleich; Quelle: AEE INTEC.....	108
Abbildung 104: Vergleich des externen Druckverlusts von acht verschiedenen untersuchten Lüftungssystem-Varianten; Quelle: AEE INTEC	108
Abbildung 105: Vergleich der im Lebenszyklus über 50 Jahre eingesparten CO ₂ -Emissionen von acht verschiedenen untersuchten Lüftungssystem-Varianten mit Fokus auf Druckverlustreduktion. Zum Vergleich: der bei der Herstellung der Systemkomponenten inklusive Lüftungsgerät benötigte Ressourceneinsatz beträgt etwa nur ein Viertel der hier alleine über gute Planung eingesparten CO ₂ -Emissionen; Quelle: AEE INTEC	109

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausgewählte VSR für Low-Tech-Lösungen	23
Tabelle 2: Brandschutzklappe vs. FLI-VE	32
Tabelle 3: Übersicht der Regelstufen des Bedienelements je Wohnungstyp im Bauvorhaben Lendpark (Quelle: TB Enerep)	85
Tabelle 4: Abgefragte Gebäudeparameter. Alle Felder in Gelb können vom Anwender befüllt werden.	87
Tabelle 5: Mögliche Brandschutzkonzepte aufgrund der Bauweise, jeweils in Grün hinterlegt.	88
Tabelle 6: Beispiel der Anzahl der Brandschutzelemente anhand des Brandschutzkonzepts. In diesem Fall sind insgesamt 14 FLI-VE sowie 14 Kaltrauchsperrern für den Brandschutz notwendig.....	90

Literaturverzeichnis

- [1]: Pfluger, R.: Wohnungslüftung im Bestand – Hocheffiziente und kostengünstige Lösungen für die Altbaumodernisierung, Berlin, VDE-Verlag, 2019
- [2]: Lüftungsanlagen im Brandschutzkonzept, Merkblatt für Planung, Ausführung und Betrieb, VdS Schadenverhütung GmbH, 2002-06 (03)
- [3]: <https://www.oib.or.at/de/oib-richtlinien/richtlinien/2019> (abgerufen am 08.07.2020, 11:25)
- [4]: FeuerTRUTZ Network GmbH – Brandschutzatlas / 09.2017
- [5]: <https://www.vkg.ch/de/brandschutz/vorschriften-und-register/> (abgerufen am 08.07.2020, 11:47)
- [6]: Andic, F.: Vergleich unterschiedlicher Lüftungssysteme für Ein- und Mehrfamilienhäuser mit technischer und wirtschaftlicher Betrachtung, Diplomarbeit, 2016, Hochschule Mittweida
- [7]: Schweizerische Brandschutzvorschriften VKF, 2015 (gültig ab 01.01.2017), Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen VKF, Bern. Online: www.praever.ch
- [8]: Innerhofer, M.: Volumenstromregler für Balanceausgleich von Wohnungslüftungsanlagen auf Basis einer Differenzdruckmessung; Masterarbeit AB Energieeffizientes Bauen, 2020, Universität Innsbruck
- [9]: Boch, T.: Messtechnische Untersuchung einer Laminar Flow-Zuluftverteilung, Masterarbeit, Universität Innsbruck, 2018
- [10]: Krug, R.: Konstruktive Lösung für die Luftführung im Wärmedämmverbundsystem; Masterarbeit AB Energieeffizientes Bauen, 2020, Universität Innsbruck
- [11]: Popp, I.: Vergleich des Ökologischen Fußabdrucks der Wiener Linien Hauptwerkstätte vor und nach dem Umbau anhand ausgewählter Materialien und dem Energieverbrauch; Masterarbeit, Universität Wien, 2017
- [12]: Projekt MatCH - Bau Material- und Energieressourcen sowie Umweltauswirkungen der baulichen Infrastruktur der Schweiz. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt. Empa, 2016
- [13]: Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB: Empfehlung Ökobilanzen im Baubetrieb. Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2016;2017
- [14]: Baubook Rechner für Bauteile unter https://www.baubook.info/BTR/?SW=5&LU=1823766209&qj=117&LP=3OpXp&SBT_open=397784&SB=397785 (abgerufen am 24.3.2020)
- [15]: Umweltbundesamt: ProBas-Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagementsysteme. <https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={FE002BA2-414C-4F42-8FB4-F1DA84EB9B0B}> (abgerufen am 4.3.2020, 12:00)
- [16]: ÖKOBAUDAT, aktuelle Version: 2020-I vom 30.01.2020, <https://www.oekobaudat.de/datenbank/browser-oekobaudat/daten/db1/4.1.04/Metalle/Stahl%20und%20Eisen/Stahlbleche.html#bereich1> (abgerufen am 19.3.2020, 9:20)

Abkürzungsverzeichnis

AKKP	Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser
CAD	computer-aided design, zu Deutsch rechnerunterstütztes Konstruieren
DG	Dachgeschoss
DN	Nenndurchmesser
EBF	Energiebezugsfläche
EG	Erdgeschoss
EPS	Expandiertes Polystyrol
FLI	Feuerschutzabschlüsse für Lüftungsleitungen auf Basis intumeszierender Materialien
FLI-VE	Feuerschutzabschlüsse für Lüftungsleitungen auf Basis intumeszierender Materialien mit Verschlusselement
GK	Gebäudeklasse
LED	Leuchtdiode
LZ	Lüftungszentrale
OG	Obergeschoss
OIB	Österreichisches Institut für Bautechnik
r.F.	Relative Feuchte
UG	Untergeschoss
ÜA	Übereinstimmung Austria
VKF	Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen
VSR	Volumenstromregler
WE	Wohneinheit
XPS	Extrudiertes Polystyrol

9 Anhang

Im elektronischen Anhang dieses Berichts befinden sich die in Kapitel 5.6 beschriebenen Sammelmappen (Luftführungsvarianten auf Basis der im Projekt erarbeiteten Brandschutzkonzepte für Lüftungssysteme im Beispielgebäude).

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

[bmk.gv.at](https://www.bmk.gv.at)