

# Endbericht: Technischer Status von Wohnraumlüftungen

Evaluierung bestehender Wohnraumlüftungsanlagen bezüglich ihrer technischen Qualität und Praxistauglichkeit



DI Andreas Greml (Projektleitung) - FHS-KufsteinTirol  
DI Ernst Blümel - AEE INTEC  
DI Roland Kapferer – ENERGIE TIROL  
Ing. Wolfgang Leitzinger – arsenal research

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

# 16/2004

## **Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

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

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter [www.nachhaltigwirtschaften.at](http://www.nachhaltigwirtschaften.at)  
oder unter:

Projektfabrik Waldhör  
Nedergasse 23, 1190 Wien  
Fax 01 /36 76 151 - 11  
Email: [projektfabrik@nextra.at](mailto:projektfabrik@nextra.at)

# Endbericht: Technischer Status von Wohnraumlüftungen

Evaluierung bestehender Wohnraumlüftungsanlagen bezüglich ihrer  
technischen Qualität und Praxistauglichkeit



DI Andreas Greml (Projektleitung) - FHS-KufsteinTirol

DI Ernst Blümel - AEE INTEC

DI Roland Kapferer – ENERGIE TIROL

Ing. Wolfgang Leitzinger – arsenal research

Kufstein, Februar 2004

## Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines beauftragten Projekts aus der dritten Ausschreibung der Programmlinie *Haus der Zukunft* im Rahmen des Impulsprogramms *Nachhaltig Wirtschaften*, welches 1999 als mehrjähriges Forschungs- und Technologieprogramm vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie gestartet wurde.

**Die Programmlinie *Haus der Zukunft* intendiert, konkrete Wege für innovatives Bauen zu entwickeln und einzuleiten. Aufbauend auf der solaren Niedrigenergiebauweise und dem Passivhaus-Konzept soll eine bessere Energieeffizienz, ein verstärkter Einsatz erneuerbarer Energieträger, nachwachsender und ökologischer Rohstoffe, sowie eine stärkere Berücksichtigung von Nutzungsaspekten und Nutzerakzeptanz bei vergleichbaren Kosten zu konventionellen Bauweisen erreicht werden. Damit werden für die Planung und Realisierung von Wohn- und Bürogebäuden richtungsweisende Schritte hinsichtlich ökoeffizientem Bauen und einer nachhaltigen Wirtschaftsweise in Österreich demonstriert.**

Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt dank des überdurchschnittlichen Engagements und der übergreifenden Kooperationen der Auftragnehmer, des aktiven Einsatzes des begleitenden Schirmmanagements durch die Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik und der guten Kooperation mit dem Forschungsförderungsfonds der gewerblichen Wirtschaft bei der Projektabwicklung über unseren Erwartungen und führt bereits jetzt zu konkreten Umsetzungsstrategien von modellhaften Pilotprojekten.

Das Impulsprogramm *Nachhaltig Wirtschaften* verfolgt nicht nur den Anspruch besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie sowohl in der Schriftenreihe "Nachhaltig Wirtschaften konkret" publiziert, als auch elektronisch über das Internet unter der Webadresse [www.hausderzukunft.at](http://www.hausderzukunft.at) dem Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

## Abstract

**Starting point of the project:** A sustainable and high indoor air quality for living space can generally only be guaranteed with the aid of mechanic ventilation systems. In addition the use of heat recovery installations to reduce the loss of air infiltration heat is essential for low energy houses and/or passive energy houses in order to reach the intended benchmarks.

Ventilation systems with heat recovery installations for living space have not yet become a standard for domestic building which results in insecurity and skepticism as to the technical quality of the systems. This in turn has negative effects on the decision making processes of potential customers and the distribution of ventilations systems.

**Objectives:** This project focuses on the objective description of the quality of ventilation systems installed in Austria. The most important objective with regard to the objectives of the "House of the Future" program consists of showing positive solutions, mistakes and defects in order to improve the quality of future ventilation systems for living space.

**Procedure:** The quality of the systems was determined with the aid of a survey of 92 ventilation systems for living space all over Austria. The survey mainly focused on supply and exhaust air systems combined with heat recovery installations. However, also some systems with heat pumps and mere exhaust air systems were analyzed. A catalogue of quality criteria was established in order to guarantee objective evaluation and was used to evaluate the quality of the systems. The evaluation was the result of interviews with users, measurement of data (air mass, pressure loss, noise level ...) and the examination of single components of the system.

**General explanation and/or dimensioning of air mass:** In order to guarantee a comprehensive understanding of the complex issue also among readers who have not yet been working intensively in this field, one chapter summarizes the most important aspects of ventilation and ventilation systems for living space and explains important components of ventilation systems for living space (e.g. ground heat exchanger) and technical terms (e.g. regulation of constant air mass). This chapter also deals with the most important aspects in determining air mass for ventilation systems for living space.

**Quality criteria:** One of the essential tasks in order to guarantee the objective evaluation of the systems and the future quality enhancement of ventilation systems for living space was the establishment of a comprehensive catalogue for quality criteria which was continuously improved by integrating the experience of the evaluation processes. Finally 55 quality criteria were established and their relevance and importance were explained. They can be used as a guideline for the dimensioning and/or implementation of future systems.

**Analysis of the evaluation:** The evaluation was a three-fold process: the analysis of the users' subjective perceptions of the system, the quantitative analysis of how many of the systems examined comply and/or do not comply with the criteria and a qualitative analysis in which good solutions and/or selected mistakes and defects are pointed out.

**Results and a rough outline:** The analysis of the questionnaires and interviews revealed that the owners of the systems rate about 80% of the systems examined as "very good" or "good", i.e. the rate of satisfaction among the users of ventilation systems for living space is very high. Users primarily complain about the noise level. In conclusion of the technical evaluation it must be emphasized that the ventilation equipment as such hardly ever gives reason for criticism. Problems are mostly caused by the general design, insufficient components and controlling strategies.

**Most common problems in the design of systems:**

1. unevaluated prerequisites of the building (air density)
2. noise problems due to insufficient dimensioning of the cross sections of the pipes and valves and/or missing or insufficient sound absorbers
3. insufficient routing of air flow in the living space
4. air mass too low (and/or was reduced due to the noise level being too high) and insufficient calibration
5. ventilation system influences fireplaces in the living space
6. extractor hood leading to exterior influences ventilation systems
7. cross sections of openings for air to flow through are often paid too little attention to

**The most common mistakes occurring in single parts of the system:**

1. insufficient air inlet with a loss of pressure being too high
2. missing condensate drain for the ground heat exchanger and/or ventilation device
3. no humidity resistant insulation of cold pipes (fresh air and exhaust air) and/or no insulation of warm pipes (supply air and exhaust air) in the cellar
4. filter quality too low and bad maintenance of the filters
5. systems without regulation of constant air mass are hardly ever balanced (but also systems with regulation have problems in this field)
6. no notification when a change of filters is needed in the living space
7. missing or insufficient sound absorbers (between devices or between different rooms)
8. insufficient cross section of pipes (air flow too fast)
9. inappropriate material of pipes (flexible tubes)
10. wrong valves or valves too small (e.g. mere exhaust air valves for supply air)

Further problem areas are the measurement and control parameters which are not used properly or partly calibrated wrongly. Sometimes it is not clear which (single) parameter has to be calibrated in which way.

- temperature of the bypass for the ground heat exchanger?
- temperature of the bypass for the heat exchanger in the ventilation system?
- which ventilation intensity at which time of the day?

**Conclusion:** Ventilation systems for living space should become a matter of course in the construction of new buildings and the restoration of buildings. The single components necessary for high quality ventilation systems are available. Due to the relatively new topic the designers and implementers of these systems mainly lack training and experience in this field. The authors of this paper hope to have contributed to the implementation of more and better ventilation systems for living space and would be pleased to share experiences and answer any queries. They can be contacted at: [www.fh-kufstein.ac.at/wohnräumlüftung](http://www.fh-kufstein.ac.at/wohnräumlüftung) or [andreas.greml@fh-kufstein.ac.at](mailto:andreas.greml@fh-kufstein.ac.at)

Project team: DI Andreas Greml (PL) - FHS-KufsteinTirol, DI Ernst Blümel - AEE INTEC, Ing. Wolfgang Leitzinger – arsenal research, DI Roland Kapferer – ENERGIE TIROL

## Kurzfassung

**Ausgangspunkt der Arbeit:** Eine dauerhaft gute Raumlufthqualität in Wohnungen ist in der Regel nur über mechanische Wohnraumlüftungsanlagen sicherzustellen. Zusätzlich ist bei Niedrigenergiehäusern bzw. Passivhäusern zur Reduktion der Lüftungswärmeverluste der Einsatz einer Wärmerückgewinnung unerlässlich, um die angestrebten Energiekennwerte zu erreichen.

Die Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung gehört noch nicht zur Standardausrüstung im Wohnungsbau, und dementsprechend bestehen teilweise große Unsicherheit und Skepsis über die technische Qualität der Anlagen. Dies wirkt sich wiederum nachteilig auf die Kaufentscheidung und Verbreitung von Wohnraumlüftungen aus.

**Ziel:** Die objektive Darstellung der in Österreich eingebauten Qualität von Lüftungsanlagen stellt einen wesentlichen Punkt dieses Forschungsprojektes dar. Wichtigstes Ziel im Hinblick auf die Ziele der Programmlinie „Haus der Zukunft“, ist es, positive Lösungen, Fehler und Mängel aufzuzeigen, um die Qualität zukünftiger Wohnraumlüftungsanlagen zu verbessern.

**Vorgangsweise:** Anhand der Untersuchung von 92 Wohnraumlüftungsanlagen in ganz Österreich wurde die Qualität der Anlagen erhoben. Der Schwerpunkt der untersuchten Anlagen lag bei reinen Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung. Es wurden aber auch einige Anlagen mit Wärmepumpe und reine Abluftanlagen untersucht. Als Basis für eine objektive Beurteilung wurde ein Katalog von Qualitätskriterien erarbeitet und die Anlagenqualität aufgrund der Erfüllung dieser Kriterien beurteilt. Die Beurteilung ergab sich aus Gesprächen mit den Nutzern, messtechnischen Erhebungen (Luftmengen, Druckverluste, Schallpegel,..) und einer Begutachtung aller Einzelkomponenten der Anlagen.

**Allg. Erläuterungen bzw. Dimensionierung von Luftmengen:** Um auch Lesern, die sich noch nicht so intensiv mit dem Thema Wohnraumlüftung auseinandergesetzt haben, das Erkennen der Zusammenhänge im Wohnraumlüftungsbereich zu erleichtern wurden in einem Kapitel die wichtigsten Aspekte zum Thema Lüftung und Lüftungsanlagen zusammengefasst und wichtige wohnraumlüftungsspezifische Komponenten wie z. B. Erdwärmetauscher (EWT) bzw. Begriffe wie z. B. Konstantvolumenstromregelung (KVR) erläutert. In diesem Kapitel werden auch die wichtigsten Aspekte bei der Bestimmung der Luftmengen für Wohnraumlüftungsanlagen dargestellt.

**Qualitätskriterien:** Eine der wesentlichen Arbeiten für eine objektive Anlagenbeurteilung und zukünftige Qualitätssteigerung von Wohnraumlüftungsanlagen war die Erstellung eines umfassenden Kataloges von Qualitätskriterien, der laufend um die Erfahrungen der Evaluierung erweitert wurde. So wurden letztendlich 55 Qualitätsmerkmale ausgearbeitet und deren Bedeutung und Hintergründe erläutert. Sie können bei zukünftigen Anlagen als Leitfaden für die Anlagenauslegung bzw. Ausführung verwendet werden.

**Auswertung der Evaluierung:** Die Evaluierung wurde in die folgenden drei Bereiche unterteilt: eine Auswertung der subjektiven Wahrnehmung der Anlagenqualität der Nutzer, eine quantitative Analyse über die Anzahl der untersuchten Anlagen, die einzelne Qualitätskriterien erfüllen bzw. nicht erfüllen und eine qualitative Analyse, in der gute Lösungen bzw. einzelne Fehler und Mängel aufgezeigt werden.

**Ergebnisse im groben Überblick:** Die Auswertung der Fragebögen bzw. Gespräche zeigte, dass knapp 80% der untersuchten Anlagen von den Besitzern selbst als „sehr gut“ bzw. „gut“ eingestuft wurden, d.h. der Zufriedenheitsgrad bei Anwendern von Wohnraumlüftungsanlagen ist sehr hoch. Geräusche sind die Hauptursache für Unzufriedenheit bei Anlagenutzern. Als Resümee der technischen Evaluierung ist hervorzuheben, dass die Lüftungsgeräte selbst in den wenigsten Fällen Anlass zur Kritik geben. Die Probleme der Anlagen liegen meist in der allg. Konzeption, in unzureichenden Anlagenkomponenten und im steuerungs-technischen Bereich.

**Die häufigsten Probleme bei der Anlagenkonzeption sind:**

1. Ungeprüfte Gebäudevoraussetzungen (Luftdichte)
2. Lärmprobleme aufgrund ungenügender Dimensionierung der Rohr- bzw. Ventilquerschnitte bzw. fehlender oder ungenügender Schalldämpfer
3. Unzureichende Luftführung in den Wohnungen
4. Zu geringe Luftmengen (bzw. wurde diese aufgrund von Lärmbelastigungen reduziert) und mangelhafte Einregulierung
5. Beeinflussung von Feuerstellen im Wohnraum durch die Lüftungsanlage
6. Beeinflussung der Lüftungsanlage durch Dunstabzugshauben nach außen
7. Überströmöffnungen werden oft sehr stiefmütterlich behandelt

**Die häufigsten Fehler bei einzelnen Anlagenteilen sind:**

1. Mangelhafte Luftansaugungen mit zu hohem Druckverlust
2. Fehlender Kondensatablauf beim Erdwärmetauscher bzw. Lüftungsgerät
3. Keine feuchtebeständige Dämmung der kalten Rohre (Frischluft und Fortluft) bzw. keine Dämmung der warmen Rohre (Zuluft und Abluft) im Keller
4. Zu geringe Filterqualität und schlechte Wartung der Filter
5. Anlagen ohne Konstantvolumenstromregelung sind fast nie ausbalanciert (aber auch KV-geregelte haben diesbezüglich teilweise Probleme)
6. Keine Anzeige für Filterwechsel im Wohnraum
7. Fehlende bzw. ungenügende Schalldämpfer (Geräteschalldämpfer und Telefonieschalldämpfer)
8. Ungenügende Rohrquerschnitte (zu hohe Luftgeschwindigkeiten)
9. Ungeeignetes Verrohrungsmaterial (flexible Schläuche)
10. Falsche bzw. zu kleine Ventile (z. B. reine Abluftventile für die Zuluft)

Einen weiteren Problempunkt stellen die nicht ausgenützten bzw. teilweise falsch eingestellten regelungstechnischen Parameter dar. Hier herrscht teilweise auch Unsicherheit, welcher (individuelle) Wert wie eingestellt werden sollte.

- Temperatur für die Umgehung des Erdwärmetauschers?
- Temperatur für die Umgehung des Gerätewärmetauschers?
- Welche Lüftungsstufe zu welcher Tageszeit?

**Fazit:** Wohnraumlüftungsanlagen sollten aus vielen Aspekten zur Selbstverständlichkeit bei Neubauten und umfassenden Sanierungen werden. Die notwendigen Einzelkomponenten für eine qualitativ hochwertige Lüftungsanlage sind vorhanden. Es fehlt aufgrund der relativ neuen Thematik derzeit vor allem an der entsprechenden Ausbildung und Erfahrung des planenden und ausführenden Gewerbes. Wir hoffen, mit diesem Forschungsbericht einen kleinen Baustein für noch mehr und bessere Wohnraumlüftungsanlagen geliefert zu haben und würden uns über Rückmeldungen freuen. [www.fh-kufstein.ac.at/wohnraumlueftung](http://www.fh-kufstein.ac.at/wohnraumlueftung) bzw. [andreas.greml@fh-kufstein.ac.at](mailto:andreas.greml@fh-kufstein.ac.at)

Das Projektteam: DI Andreas Greml (PL) - FHS-KufsteinTirol, DI Ernst Blümel - AEE INTEC, Ing. Wolfgang Leitzinger – arsenal research, DI Roland Kapferer – ENERGIE TIROL



## Inhaltsverzeichnis:

<b>Evaluierung bestehender Wohnraumlüftungsanlagen bezüglich ihrer technischen Qualität und Praxistauglichkeit .....</b>	<b>3</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>14</b>
1.1 Ausgangspunkt des Forschungsprojektes .....	14
1.2 Ziel des Forschungsprojektes .....	16
1.3 Warum ist dieses Projekt für die Programmlinie „Haus der Zukunft“ von Interesse? .....	16
1.4 Vorgangsweise - Übersicht .....	17
1.5 Aufbau der Arbeit - Übersicht .....	17
<b>2 Grundlagen von Wohnraumlüftungsanlagen, Rahmenbedingungen, Luftmengen .....</b>	<b>18</b>
2.1 Raumklima und Behaglichkeit .....	18
2.1.1 Raumluftqualität .....	19
2.1.1.1 Die Beurteilung der Luftqualität .....	20
2.1.1.2 Raumlufttemperatur und Temperatur der Umschließungsflächen .....	21
2.1.2 Luftfeuchte .....	22
2.1.3 Luftgeschwindigkeit .....	24
2.1.4 Schall .....	25
2.1.5 Ionen in der Raumluft .....	25
2.2 Lüftungsarten .....	27
2.2.1 Natürliche Lüftung .....	27
2.2.1.1 Fugenlüftung .....	27
2.2.1.2 Fensterlüftung .....	28
2.2.1.3 Spaltlüftung .....	30
2.2.1.4 Schachtlüftung .....	31
2.2.2 Mechanische Lüftung .....	32
2.2.2.1 Dezentrale Abluftanlagen .....	32
2.2.2.2 Zentrale Abluftanlagen mit Außenluftdurchlässen .....	34
2.2.2.3 Dezentrale Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung (Einzelraumlüftung) .....	35
2.2.2.4 Zentrale Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung .....	36
2.2.2.5 Zentrale Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung und Wärmepumpe .....	39
2.3 Fachbegriffe zu Wohnraumlüftungen mit Wärmerückgewinnung .....	40
2.3.1 Quelllüftung oder Induktionslüftung .....	40

2.3.2	Verrohrungsart.....	42
2.3.3	Konstantvolumenstromregelung (KVR) .....	43
2.3.4	Wärmerückgewinnung .....	44
2.3.4.1	Rückwärmezahl: .....	44
2.3.4.2	Wärmerückgewinnungsgrad: .....	45
2.3.4.3	Wärmebereitstellungsgrad: .....	45
2.3.4.4	Elektrisches Wirkungsverhältnis: .....	46
2.3.4.5	Leistungszahl der Wärmepumpe .....	46
2.3.4.6	Primärenergieeinsparung:.....	46
2.4	Wärmetechnische Grundlagen zur Wohnraumlüftung.....	47
2.5	Energetische Betrachtungen .....	51
2.6	Gebäudeseitige Rahmenbedingung - Luftdichtheit .....	53
2.7	Erläuterungen zu ausgewählten Anlagenbestandteilen.....	56
2.7.1	Luftdurchströmte Erdwärmetauscher.....	56
2.7.2	Filter – Filterqualität .....	63
2.7.3	Schalldämpfer.....	66
2.8	Luftmengen bei Wohnraumlüftungsanlagen.....	67
2.8.1	Kriterien der Luftmengendimensionierung .....	67
2.8.1.1	Bestimmung nach der erforderlichen Zuluftmenge je Person .....	68
2.8.1.2	Bestimmung nach dem erforderlichen Abluftvolumenstrom .....	69
2.8.1.3	Bestimmung nach dem stündlichen Luftwechsel .....	71
2.9	Einfluss der gewählten Lüftungsstrategie auf die Auslegung .....	72
2.9.1.1	Raumweise oder wohnungsweise Lüftungsstrategie .....	72
2.9.1.2	Strategie mit variablen Volumenströmen in einzelnen Räumen... ..	72
2.9.1.3	Quell- oder Induktionslüftung .....	72
2.9.1.4	Heizen mit der Lüftungsanlage .....	73
<b>3</b>	<b>Technische Evaluierung von Wohnraumlüftungen .....</b>	<b>74</b>
3.1	Vorgangsweise und Erläuterung der einzelnen Projektschritte .....	74
3.1.1	Information der Firmen die Wohnraumlüftungen vertreiben.....	74
3.1.2	Anlagenauswahl .....	75
3.1.3	Beurteilungskriterien .....	75
3.1.3.1	Anforderung an das Gebäude.....	76
3.1.3.2	Allgemeine Qualitätskriterien - Auslegungskriterien.....	77
3.1.3.3	Qualitätskriterien für Ansaugung, EWT und Fortluftführung.....	79
3.1.3.4	Qualitätskriterien für das Lüftungsgerät .....	81

3.1.3.5	Voraussetzung für das Verteilsystem (Luftkanalnetz).....	84
3.1.3.6	Qualitätskriterien für das Verteilsystem (Luftkanalnetz).....	84
3.1.4	Vertiefende Beurteilungskriterien.....	87
3.1.5	Vorbereitungen zur Anlagenuntersuchung .....	89
3.1.6	Arbeitsanweisung für die Anlagenuntersuchung.....	89
3.1.7	Hilfsmittel für Anlagenuntersuchung .....	90
3.1.8	Erstellung des Messkonzepts und der Messwerterfassung .....	90
3.1.8.1	Auswahl der Messtechnik .....	92
3.1.8.2	Messaufbau und Messablauf .....	95
3.1.9	Aufnahme nicht messbarer Größen.....	100
3.2	Fragebogen für Anlagenbesitzer und dessen Auswertung.....	101
3.2.1	Allgemeine Daten .....	101
3.2.2	Allgemeine Fragen.....	102
3.2.3	Technische Fragen.....	103
3.2.4	Fragen zur Dokumentation .....	105
3.2.5	Resümee zu den Antworten auf den Fragebögen .....	106
3.3	Ergebnisse der Nutzerbefragung vor Ort.....	107
3.4	Kriterienkatalog zur Beurteilung der Anlagen .....	111
3.4.1	Gebäudevoraussetzung.....	111
3.4.2	Allgemeine Auslegungskriterien.....	112
3.4.3	Ansaugung, EWT und Fortluftführung .....	118
3.4.4	Lüftungsgerät.....	123
3.4.5	Verteilsystem, Luftkanalnetz.....	132
3.5	Quantitative und Qualitative Auswertung .....	141
3.5.1	Allgemeine Angaben und Statistikdaten .....	141
3.5.2	Auswertung der einzelnen Qualitätskriterien .....	143
3.5.2.1	Gebäudevoraussetzungen.....	143
3.5.2.2	Allgemeine Dimensionierung .....	145
3.5.2.3	Qualitätskriterien für Ansaugung, EWT, Fortluftführung.....	168
3.5.2.4	Lüftungsgerät.....	187
3.5.2.5	Ausreichender Regelbereich der Anlage .....	192
3.5.2.6	Einfache Bedieneinheit .....	194
3.5.2.7	Ausreichende Filter für Zu- und Abluft .....	196
3.5.2.8	Bypass zur Umgehung des Wärmetauschers .....	201
3.5.2.9	Qualitätskriterien für das Verteilsystem.....	209

3.6	Sonstige Evaluierungsaspekte .....	232
3.6.1	Regelung- bzw. Steuerungen .....	232
3.6.1.1	Bypass zur Umgehung des Erdwärmetauschers .....	232
3.6.1.2	Bypass zur Umgehung des Wärmetauschers im Gerät .....	233
3.6.2	Kostenbetrachtungen bei Lüftungsanlagen .....	234
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung der häufigsten Fehler .....</b>	<b>235</b>
<b>5</b>	<b>Schlusswort .....</b>	<b>239</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>240</b>
<b>7</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>243</b>
<b>8</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>250</b>

## **Abkürzungsverzeichnis:**

COP	Coeffizient of Performance
EFH	Einfamilienhaus
EWT	Erdwärmetauscher
KVR	Konstantvolumenstromregelung
LW	Luftwechsel
MFH	Mehrfamilienwohnhaus
NEH	Niedrigenergiehaus
PH	Passivhaus
Vol-%	Volumenprozent
WP	Wärmepumpe
WRG	Wärmerückgewinnung

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangspunkt des Forschungsprojektes

In den letzten Jahren ging der Trend im Wohnbau (sowohl Neubau als auch Sanierung) eindeutig in Richtung Niedrigenergiehaus- bzw. Passivhausstandard. Wesentliche Ziele dieser Bauweisen sind die Senkung des Heizenergiebedarfs (im Falle des Passivhauses auf einen Heizwärmebedarf unter 15 kWh/m<sup>2</sup>a bzw. beim NEH unter 40 kWh/m<sup>2</sup>a) und die Schaffung einer besonders hohen Wohnqualität bzw. Behaglichkeit. Neben der thermischen Behaglichkeit ist eine ausreichende Raumlufthqualität ein wesentlicher Einflussparameter auf das Wohlbefinden, die Gesundheit und letztendlich auch auf die Produktivität des Menschen.

Die für ein thermisch behagliches Raumklima erforderlichen Werte werden durch einen hohen Dämmstandard bei den opaken und transparenten Außenflächen, sowie durch eine wärmebrückenfreie und luft- bzw. winddichte Gebäudehülle erreicht.

Eine dauerhaft gute Raumlufthqualität, bzw. Frischluftzufuhr ist in der Regel nur über mechanische Wohnraumlüftungsanlagen sicherzustellen. Zusätzlich ist bei Niedrigenergiehäusern bzw. Passivhäusern zur Reduktion der Lüftungswärmeverluste der Einsatz einer Wärmerückgewinnung unerlässlich, um die angestrebten Energiekennwerte zu erreichen. Passivhäuser sind rechnerisch nur mit Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung realisierbar (Anmerkung: die rechnerischen Lüftungsverluste machen bei einem 0,4fachen Luftwechsel ca. 27 kWh/m<sup>2</sup> Nettofläche und Jahr aus).



Abbildung 1.1: Lüftungsgerät mit PE-Verrohrung (Kondensatablauf fehlt)



Abbildung 1.2: Lüftungsgerät mit Metallverrohrung (Kondensatablauf nur provisorisch gelöst)

Trotz der Vorteile bei Luftqualität und Energieverbrauch gehört die Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung in Österreich noch nicht zur Standardausrüstung. Ursachen dafür gibt es mehrere. Zum einen gibt es noch ein erhebliches Informationsdefizit über Wohnraumlüftungsanlagen sowohl bei den Professionisten (Installateuren, Architekten,...) als auch bei der Bevölkerung, bzw. haftet ihr teilweise sogar das eher negative Image der Klima- und Lüftungstechnik an (schlechte Erfahrungen bzgl. Behaglichkeit mit Lüftungsanlagen in Büros und öffentlichen Gebäuden). Ein anderer Grund für die Zurückhaltung bei Bauherren und Bauträgern ist die für sie nicht eindeutig sichtbare Notwendigkeit einer kontrollierten Wohnraumlüftung. Sie wird dadurch als zusätzlicher Kostenfaktor mit nicht vordringlicher Priorität bei der Gebäudeplanung bzw. Renovierungsplanung angesehen. Die Qualität der Produkte sowie die Ausführung der Anlagen ließ zu den Anfängen der Wohnraumlüftung teilweise zu wünschen übrig, sodass die Unsicherheit über die Qualität von Lüftungsanlagen ebenfalls ein Akzeptanzproblem darstellt.

Weitere Informationen und Hintergründe zum Fragenkomplex der Verbreitung und Akzeptanz von Wohnraumlüftungsanlagen liefert die ebenfalls im Rahmen des Haus der Zukunft durchgeführte Akzeptanzanalyse von Wohnraumlüftungsanlagen. Sie ist auf der Projekthomepage von Haus der Zukunft [www.hausderzukunft.at](http://www.hausderzukunft.at) unter dem Projekttitel „Akzeptanzverbesserungen bei Niedrigenergiehaus-Komponenten“ abrufbar.

Seit den Anfängen der kontrollierten Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung hat sich jedoch vor allem im Bereich der Komponentenentwicklung meist ohne das Wissen der Konsumenten und teilweise auch ohne das Wissen der Professionisten Entscheidendes getan. Die Zahl der Anbieter an qualitativ hochwertigen Lüftungsgeräten, sowie die Bandbreite an speziellen Einzelkomponenten ist deutlich angestiegen. Auch die effiziente Einbindung in die Warmwasserbereitung und Heizung ist durch die Entwicklung von Kompaktgeräten mit Kleinstwärmepumpen möglich geworden. Hier war das Passivhauskonzept Triebfeder der Entwicklungen.

Trotz der insgesamt sehr positiven Entwicklung des Marktes für Wohnraumlüftungen mit Wärmerückgewinnung werden in der Planung bzw. Ausführung noch viele unnötige Fehler begangen bzw. die Potenziale von Wohnraumlüftungssystemen nicht ausreichend ausgeschöpft. Diese nicht optimierten Anlagen schaden wiederum dem Image der Wohnraumlüftung.

## **1.2 Ziel des Forschungsprojektes**

Im Zuge dieses nationalen Forschungsprojektes wurde der technische Status von Wohnraumlüftungsanlagen in Österreich erhoben. Durch das Aufzeigen von Fehlern bzw. guten Lösungen anhand einer systematischen Untersuchung von 92 Wohnraumlüftungsanlagen wird eine weitere Verbesserung der zukünftigen Wohnraumlüftungskonzepte bzw. der ausgeführten Anlagen angestrebt. Das Forschungsprojekt soll ein weiterer Baustein für eine positive Weiterentwicklung des heimischen Marktes für kontrollierte Wohnraumlüftungen mit Wärmerückgewinnung sein.

## **1.3 Warum ist dieses Projekt für die Programmlinie „Haus der Zukunft“ von Interesse?**

Dieses Projekt soll durch die Steigerung der Anlagenqualität und die Vermeidung von Planungs- und Ausführungsfehlern die für die praktische Umsetzung der Programmlinie strategisch wichtige Verbreitung von Wohnraumlüftungsanlagen verbessern und beschleunigen. Gemäß dem Spruch „Jede gute Anlage bewirkt den Bau einer weiteren – jede schlechte Anlage verhindert 10 Anlagen“ soll dieses Projekt insbesondere schlechte Anlagen durch Fehlervermeidung verhindern.

Wirtschaftlich bedeutet der vermehrte Einbau von Wohnraumlüftungen zusätzliche Arbeitsplätze bei Herstellern, Planern und Installateuren. Da Wohnraumlüftungen in erster Linie ergänzend zur bestehenden Haustechnik bzw. Heizungstechnik eingebaut werden (außer bei Passivhauskonzepten), stellen Sie ein wirtschaftlich interessantes Zusatzfeld dar. Die zusätzliche Investitionssumme von ca. 6.000,-- bis 10.000,-- € pro Anlage bedeutet auch zusätzliche Arbeitsplätze.

Lüftungsanlagen helfen Bauschäden bzw. Schimmelbildungen in Wohnungen zu vermeiden, da durch den kontinuierlichen Luftaustausch die Luftfeuchte auch ohne das aktive Zutun der Bewohner in bauphysikalisch akzeptablen Grenzen bleibt.

Weiters ist durch die bessere Luftqualität (frische Luft ist das wichtigste „Lebensmittel“) langfristig ein positiver Effekt im Gesundheitsbereich zu erwarten. Der Mensch hält sich zu über 90% seiner Lebenszeit in geschlossenen Räumen auf. Einen Grossteil davon in seiner Wohnung. Insbesondere in der für den Körper so wichtigen Regenerationsphase (Schlaf) ist eine ausreichende Versorgung mit Frischluft notwendig, um die notwendige Erholung zu erlangen. Die CO<sub>2</sub>-Werte in Schlafzimmern liegen bei geschlossenen Fenstern um ein Vielfaches über den hygienischen Grenzwerten und stellen eine massive Beeinträchtigung der Regeneration dar. Daneben werden durch eine Wohnraumlüftung natürlich auch alle übrigen gesundheitsschädlichen Schadstoffe (z.B. Formaldehyd) kontinuierlich beseitigt. Passives Rauchen, insbesondere durch Kinder, wird deutlich gemildert.

Die gesellschaftlichen Vorteile einer Wohnraumlüftung liegen daher nicht nur im Energie- und Umweltbereich, sondern auch im Gesundheitsbereich.



## 1.4 Vorgangsweise - Übersicht

Als einer der ersten Projektschritte wurde ein umfassendes Beurteilungssystem für Lüftungsanlagen ausgearbeitet, in dem sowohl qualitativ zu erfassende Bereiche (z.B. Ansaugsituation) und quantitativ zu erfassende Parameter (z.B. Zuluftvolumen für das Schlafzimmer) aufgelistet sind, um eine systematische Untersuchung der Anlagen zu gewährleisten.

Über Wohnbauförderungsstellen, Installateure, Lüftungsgerätehersteller, etc. wurden Gebäude mit Lüftungsanlagen erhoben und die Anlagenbesitzer angeschrieben. Über einen Fragebogen wurden die wichtigsten Anlagendaten erhoben. Anschließend wurden 92 Wohnraumlüftungsanlagen, aus dem gesammelten Anlagenpool, auf diese Beurteilungskriterien hin untersucht. Einerseits wurden durch konkrete Messungen (z.B. Volumenströme, Druckverluste, Temperaturen,..) die quantitativen Parameter erhoben und andererseits wurde geprüft, ob die einzelnen Anlagenteile qualitativ den Qualitätskriterien entsprechen.

Der Schwerpunkt der untersuchten Anlagen lag bei reinen Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung. Es wurden aber auch 29 Anlagen mit Wärmepumpe und drei reine Abluftanlagen untersucht.

Die Auswertung der Evaluierung erfolgt in vier Teilschritten:

1. Auswertung der allgemeinen Fragebögen über Zufriedenheit der Nutzer und allgemeine Anlagenparameter.
2. Der qualitativen Analyse (Erläuterung bzw. Dokumentation der einzelnen Fehler) einzelner Anlagenteile.
3. Der quantitativen Analyse (Bei wie vielen Anlagen wurde das jeweilige Qualitätskriterium erfüllt bzw. nicht erfüllt).
4. Im vierten Teilschritt werden Bereiche die nicht durch eindeutige Qualitätskriterien erfasst werden konnten erläutert (z.B. Regelstrategie).

## 1.5 Aufbau der Arbeit - Übersicht

<b>1. Einleitung</b>
<b>2. Grundlagen, Rahmenbedingungen, Luftmengen</b>
<b>3. Evaluierung</b> 3.1 Allg. Vorgangsweise 3.2 Auswertung der retournierten Fragebögen 3.3 Ergebnisse der Nutzerbefragung vor Ort 3.4 Qualitätskriterien für die Anlagenbeurteilungen 3.5 Qualitative und quantitative Beurteilung 4.6 Sonstiger Aspekte
<b>4. Zusammenfassung der wichtigsten Fehler</b>
<b>5. Schlusswort</b>

## 2 Grundlagen von Wohnraumlüftungsanlagen, Rahmenbedingungen, Luftmengen

Um auch Lesern, die sich noch nicht so intensiv mit dem Thema Wohnraumlüftung auseinandergesetzt haben, einen allgemeinen Überblick über dieses Thema zu verschaffen, sind im Kapitel 2 die wichtigsten Aspekte zum Thema Lüftung und Lüftungsanlagen zusammengefasst.

Konkrete Themen des Kapitels 2 sind:

1. Raumklima und Behaglichkeit
2. Lüftungsarten
3. Fachbegriffe zum Thema Wohnraumlüftung
4. Wärmetechnische Grundlagen von Wohnraumlüftungsanlagen
5. Energetische Belange (Energieersparnis)
6. Gebäudeseitige Rahmenbedingung - Luftdichte
7. Erläuterung zu ausgewählten Anlagenbestandteilen
8. Luftmengen bei Wohnraumlüftungen

### 2.1 Raumklima und Behaglichkeit

Das Raumklima wird im Wesentlichen durch die Luftzusammensetzung, die Lufttemperatur, die Luftfeuchtigkeit, die Luftbewegung und die Temperatur der Raumbegrenzungen bestimmt. Zusammen mit der Art der Tätigkeit und der Bekleidung bestimmt es den Grad der thermischen Behaglichkeit der sich in einem Raum aufhaltenden Personen. Ein zusätzlicher wichtiger Parameter ist die Lärmbeeinträchtigung des Menschen in Räumen.

Da das Behaglichkeitsempfinden von Mensch zu Mensch sehr verschieden sein kann, ist es kaum möglich, ein Raumklima zu schaffen, das alle Personen gleichzeitig als gut empfinden. Vernünftigerweise akzeptabel ist ein Zufriedenheitsgrad von ca. 85 Prozent der betroffenen Personen, wie er in der ISO-Norm 7730 (ISO EN 7730, 1994) angegeben wird.

Die wesentlichen Einflüsse auf die thermische Behaglichkeit sind nach DIN 1946:

- **Mensch:** Bekleidung, Aktivierungsgrad, Aufenthaltsdauer
- **Raum:** Temperatur und Gestaltung der Umschließungsflächen, Beleuchtung
- **Luft:** Lufttemperatur, Luftgeschwindigkeit, Luftfeuchte, Geruch, Staub

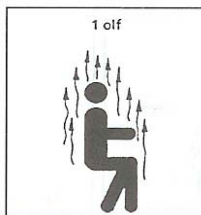
Zur Gesamtbehaglichkeit der Bewohner tragen dann weitere Aspekte wie akustische Störungen, Lichtverhältnisse, Formen, Farben, psychologische Faktoren, etc. bei. Im Zusammenhang mit der Wohnraumlüftung ist dabei die Vermeidung von akustischen Störungen und die Beachtung psychologischer Faktoren (z.B. ein offenes Fenster in jedem Raum) besonders relevant.

## 2.1.1 Raumluftqualität

Gute Raumluftqualität ist ein wesentlicher Faktor für das Wohlbefinden der Menschen in geschlossenen Räumen. Im Idealfall ist sie schadstoffarm und nur geringfügig mit unangenehm empfundenen Gerüchen belastet. Der CO<sub>2</sub>-Wert sollte maximal 1.000 ppm (idealerweise 700 ppm) nicht überschreiten. Schadstoffkonzentrationen in der Raumluft entstehen durch Emissionen aus der Wohnungsausstattung (Möbel, Bodenbeläge, Baustoff, Elektrogeräte,...) und durch die Menschen selbst, die Kohlendioxid, Wasserdampf und Geruchsstoffe an ihre Umgebung abgeben. Kann man die Schadstoffbelastung durch Möbel, Teppiche, Baustoffe etc. durch geeignete Produktwahl minimieren, so ist dies bei den Belastungen durch die Personen naturgemäß nicht möglich. Ein gezielter, regelmäßiger Austausch der belasteten Raumluft mit frischer Außenluft ist daher notwendig, um eine befriedigende Raumluftqualität zu bekommen.

Um Menschen unterschiedlicher Tätigkeit und damit unterschiedlicher „Ausdünstung“ untereinander, bzw. mit anderen Belastungen (Möbel, Teppiche,...) vergleichen zu können wurde die Vergleichseinheit „Personen-Gleichwert –Verunreinigungslast“ mit der Einheit „olf“ (lat. olfactus = Geruchssinn) geschaffen.

1 „olf“ entspricht der Luftverschmutzung durch eine Standardperson:



- 1,8 m<sup>2</sup> Hautoberfläche
- 1 met sitzende Tätigkeit
- 0,7 mal geduscht pro Tag
- täglich frische Wäsche

Abbildung 2.1: Vergleichseinheit für die Verschmutzung der Luft „olf-Wert“ (Recknagel 01/02)

### Typische olf-Werte von Personen:

Tabelle 2.1 Typische olf-Werte von Personen (Zusammenstellung Dr. Kunesch)

1 Person sitzend (1 met)*	1 olf
1 Kind (12 Jahre)	2 olf
1 Aktive Person	5 olf
1 Raucher beim Rauchen	25 olf

\*Metabolic Rate, 1 met ~ 58 W.m<sup>-2</sup>, Wärmeabgabe eines Menschen (Ruhig sitzend, lesend oder schreibend)

**olf-Werte von einzelnen Stoffen:**

Tabelle 2.2 olf-Werte von einzelnen Stoffen (Zusammenstellung Dr. Kunesch)

Teppich (Wolle)	0,2 olf/m <sup>2</sup>
Teppich (Kunstfaser)	0,4 olf/m <sup>2</sup>
PVC/Linoleum	0,2 olf/m <sup>2</sup>
Marmor	0,01 olf/m <sup>2</sup>
Materialien in Büros	0,5 olf/m <sup>2</sup>

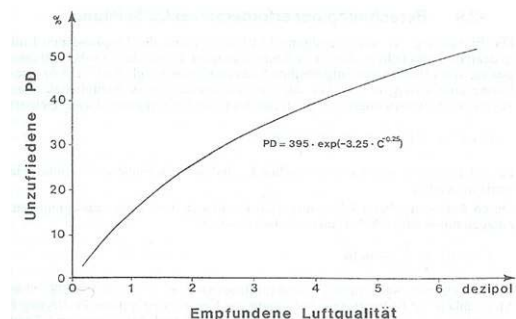
**2.1.1.1 Die Beurteilung der Luftqualität**

Die Luftqualität wird in decipol beurteilt. Dabei ist ein decipol jene Luftverunreinigung, die entsteht, wenn 10 l/s reine Luft (36 m<sup>3</sup>/h) mit 1 olf verunreinigt wird. Decipol ist eine Skala für die Abschätzung der Luftqualität:

Tabelle 2.3 Beurteilung der Luftqualität (Zusammenstellung Dr. Kunesch)

100	decipol	Abgase am Schornstein
10	decipol	Sick building
1	decipol	Gesundes Gebäude
0,1	decipol	Außenluft, Stadt
0,01	decipol	Außenluft, Gebirge

**Zufriedenheit mit der Luftqualität**



Die Zufriedenheit der Nutzer ist abhängig vom empfangenen Geruchspegel (decipol), der von der ausgetauschten Luftmenge und der Geruchsbelastung abhängt.

Abbildung 2.2: Abhängigkeit des Geruchspegels und der Unzufriedenheit. (Recknagel 01/02)

Dieses Diagramm verdeutlicht, dass auch mit einer noch so guten Wohnraumlüftungsanlage keine 100%ige Zufriedenheit bezüglich der Raumluftqualität erreicht werden kann. Die Luftwerte in einem Wohnraum können keine Außenluftqualität der unbelasteten Natur 0,01 decipol (Gebirge) erreichen. Eine Wohnraumlüftungsanlage kann aber die Zahl der Zufriedenen gegenüber einem Raum ohne Lüftung deutlich erhöhen.

Bei Raumklimavergleichen werden daher oft die Bezeichnungen PMV und PPD nach Fanger verwendet:

- PMV Predicted Mean Vote (voraussichtliches mittleres Votum)
- PPD Predicted Percentage of Dissatisfied (voraussichtlicher Prozentsatz von Unzufriedenen)

### 2.1.1.2 Raumlufttemperatur und Temperatur der Umschließungsflächen

Die vom Menschen empfundene (oder operative) Raumtemperatur ist eine Funktion der Raumlufttemperatur (Raumluftfeuchte) und der Temperatur der Raumbegrenzungsflächen. Der Grund dafür liegt darin, dass der Mensch seinen Wärmehaushalt über Wärmeleitung an die ihn umgebende Luft und über Strahlung, also Wärmeabgabe an die umgebenden Flächen reguliert. Die Temperatur von Wand- und Fensterflächen hängt einerseits vom Dämmstandard (U-Wert) andererseits aber auch vom gewählten Heizsystem ab. Bei einer relativ hohen Oberflächentemperatur kann die Lufttemperatur etwas geringer sein, ohne die Behaglichkeit zu reduzieren. Umgekehrt muss bei kalten Wänden die Lufttemperatur entsprechend höher sein, um die Behaglichkeit zu gewährleisten. Idealerweise sollte die Oberflächentemperatur etwa bei 20 - 25°C liegen und die Lufttemperatur bei 19 - 23°C (vgl. Recknagel 01/02, Seite 53).

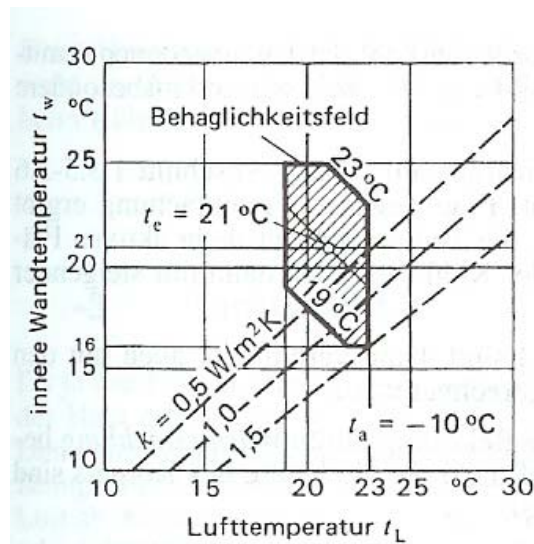


Abbildung 2.3: Behaglichkeit in Abhängigkeit von Raumlufttemperatur und mittlerer Oberflächentemperatur umschließender Flächen (Recknagel 01/02)

### 2.1.2 Luftfeuchte

Der Mensch reguliert seinen Wärmehaushalt auch über die Atmung und Verdunstung. Bei normalen Raumtemperaturen um die 20°C spielt die Verdunstung allerdings eine untergeordnete Rolle. Im Allgemeinen wird bei 22°C Raumtemperatur eine relative Luftfeuchtigkeit von 30-70% als angenehm empfunden. Vermehrte Aufwirbelung von Staub durch Konvektion und auch verschwelender Staub durch hohe Oberflächentemperaturen von Radiatoren, Glühheizkörpern, etc. wird als trockene Luft empfunden, auch wenn die gemessene relative Luftfeuchtigkeit über 30% beträgt. Staub verschwelt ab einer Oberflächentemperatur an den Heizflächen von etwa 55°C und setzt dabei Ammoniak und andere Gase frei (vgl. Recknagel 01/02, Seite 62). Mit der Staubverschwelung ist auch eine Geruchsbelästigung verbunden.

Hohe Luftfeuchtigkeit bindet Staub und hält ihn am Boden. Die Luftgeschwindigkeiten von Wohnraumlüftungssystemen führen aufgrund der geringen Luftgeschwindigkeiten zu keinen Staubaufwirbelungen. Die Filter bei der Zuluft vermindern den Partikeleintrag von außen.

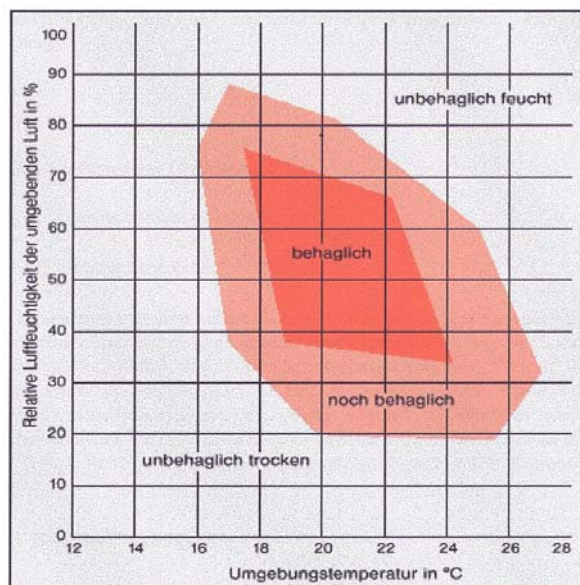


Abbildung 2.4: Diagramm mit eingetragenem Behaglichkeitsfeld abhängig von Temperatur und Feuchtigkeit. (Heinz Gabernig, Energie- und Klimatechnik, Ausgabe 1995)

Manchmal wird als Nachteil von Wohnraumlüftungsanlagen eine zu niedrige Luftfeuchte angeführt. Im Winter ermöglicht der deutlich niedrigere Feuchtegehalt der Außenluft (absolute Feuchte) im Vergleich zur Raumluft eine wirkungsvolle Abfuhr zu hoher Feuchtelasten. Da im Normalfall beim Luftaustausch keine Übertragung von Feuchte zwischen Abluft und Frischluft stattfindet, ist es unter der Voraussetzung gleicher Luftwechselraten gleichgültig, ob der Luftaustausch über eine Lüftungsanlage oder über Fenster bzw. große Undichtheiten erfolgt.

Bilanziert man die Entfeuchtungsleistung des Abluftvolumenstroms mit unterschiedlichen Feuchtelasten erhält man unter Vernachlässigung von Pufferwirkungen durch sorptive Raumboflächen und der Annahme gleichmäßiger Feuchtfreisetzung die sich einstellende Raumlufffeuchte. Im folgenden Diagramm sind die Ausgleichsfeuchten der Raumluff für unterschiedliche Außentemperaturen (Annahme 90 % r. F.) und Feuchtelasten bei einem Luftvolumenstrom von 150 m<sup>3</sup>/h aufgetragen. Dabei wird deutlich, dass relativ hohe Feuchtelasten (kg/h) erforderlich sind, um Raumlufffeuchten größer 35 % halten zu können.

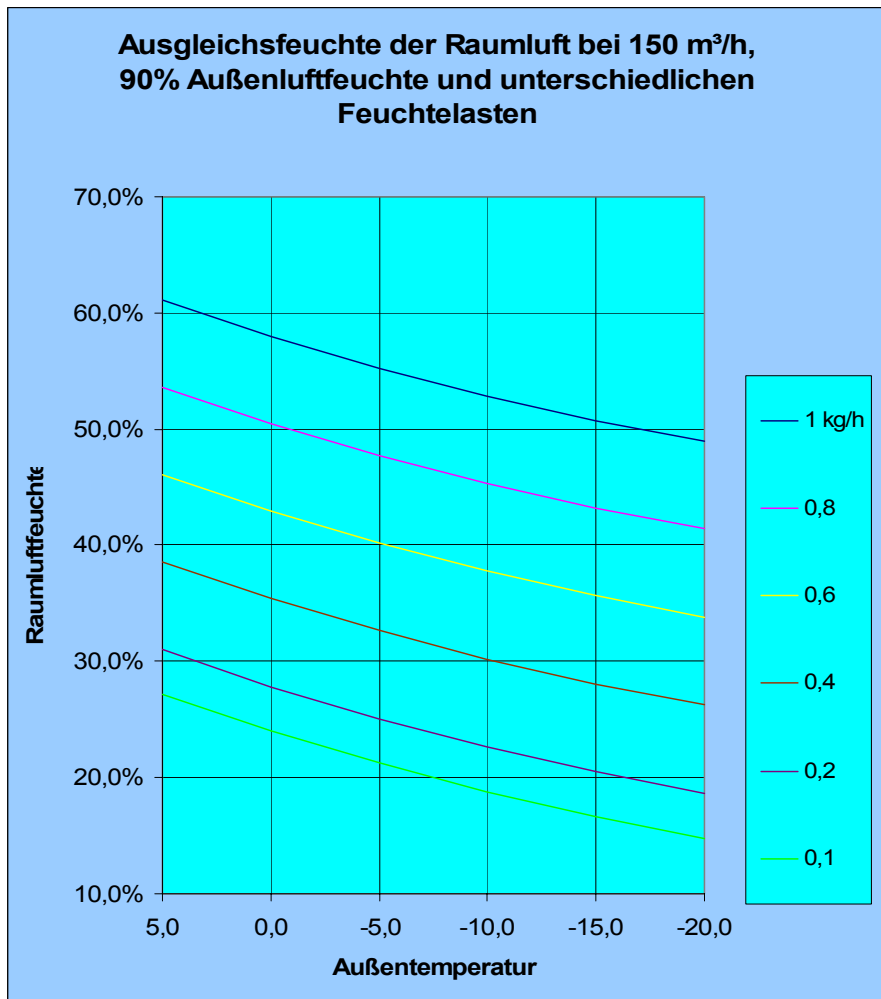


Abbildung 2.5: Ausgleichsfeuchte bei unterschiedlichen Außentemperaturen und Feuchtelasten (arsenal research)

Wird bisher meist davon ausgegangen, dass die Luftqualität weitgehend unabhängig von Temperatur und Raumlufffeuchte betrachtet werden kann, so zeigen Untersuchungen von Olaf Fanger, dass die empfundene Luftqualität auch durch die Feuchte und Temperatur beeinflusst wird. Bei gleicher Luftbelastung bevorzugen die Versuchspersonen ganz offensichtlich kühlere und trockenere Luft. (vgl. Recknagel 01/02, Seite 83).

### 2.1.3 Luftgeschwindigkeit

Luftbewegungen sind notwendig, um den hygienisch notwendigen Luftwechsel im Raum zu ermöglichen. Zu starke Luftbewegungen werden jedoch als unangenehm empfunden (z.B. beim Fensterlüften). Gründe für zu hohe Luftbewegungen in geschlossenen Räumen können Undichtigkeiten in der Gebäudehülle oder Konvektion aufgrund von hohen Temperaturdifferenzen im Raum (z. B. an Radiatoren, großen Fensterflächen) sein.

Alte Luftheizsysteme, die im Umluftverfahren große Luftmassen umwälzten, waren häufig ein Grund für unbehagliche Luftströme. Bei modernen Luftheizungen in Passivhäusern für Wohngebäude und Büros kann aufgrund des geringeren Wärmebedarfs ausschließlich mit Frischluft und mit gegenüber den hygienischen Anforderungen nicht erhöhtem Luftvolumenstrom gearbeitet werden. So ist auch ein komfortabler Heizbetrieb möglich. Wobei der Komfort einer konventionellen Wärmeabgabe durch individuelle Heizflächen in den einzelnen Räumen normalerweise nicht erreicht wird.

Reine Abluftanlagen haben durch das Einströmen von kalter, nicht vorgewärmter Zuluft sehr oft Behaglichkeitsprobleme im Zuluftbereich. Sie stellen von der Behaglichkeitsseite daher keine Wunschlösung dar. Bei Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung (Luftvorwärmung) sind die allgemeinen Geschwindigkeiten und Temperaturunterschiede im Wohnraum derart gering, dass eine Beeinträchtigung nur in unmittelbarer Nähe der Ventile bzw. Überströmöffnungen möglich ist, wenn diese falsch ausgewählt, dimensioniert, bzw. angebracht wurden.

Die DIN 1946-2 (1994) würde bei einer Lufttemperatur von 20-22°C eine mittlere Luftbewegung von maximal ca. 0,15 – 0,18 m/s abhängig vom Turbulenzgrad zulassen. Grundsätzlich sollte die Luftgeschwindigkeit von Wohnraumlüftungsanlagen im Aufenthaltsbereich 0,1 m/s nicht überschreiten.

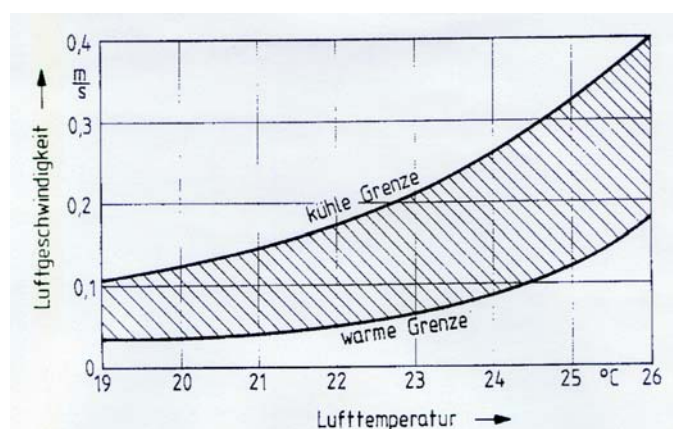


Abbildung 2.6: Diagramm mit eingetragem Behaglichkeitsfeld abhängig von Lufttemperatur und Luftgeschwindigkeit. (DIN 1946-2)



### 2.1.4 Schall

Einer der sensibelsten Bereiche im Zusammenhang mit dem Nutzerempfinden ist der Schallaspekt. Da hier neben der persönlichen Empfindsamkeit, die zudem nicht immer gleich ist, insbesondere der Umgebungsschall und die Aufenthaltsposition im Raum eine entscheidende Rolle spielt, können Schallverhältnisse sehr unterschiedlich wahrgenommen werden. Die gleiche Situation kann für den einen störend für den anderen völlig in Ordnung sein. Es sollte bei Lüftungsanlagen daher auf die schalltechnische Seite ein besonderes Augenmerk gelegt werden. Eine gute Lüftungsanlage ist von den Nutzern akustisch nicht wahrnehmbar, d.h. sie sollten im Idealfall schallmäßig nicht erkennen, ob die Anlage läuft oder nicht.

### 2.1.5 Ionen in der Raumluft

Die Ionenkonzentration in der Luft ist ein bisher wenig beachteter Aspekt bei der Bewertung von Luftqualitäten, die meist von Kritikern von Lüftungsanlagen angeführt wird.

Anmerkung: Als Ionen werden elektrisch geladenen Atome oder Moleküle bezeichnet, die durch Ionisation von ursprünglich neutralen Teilchen entstanden sind. Man unterscheidet positive Ionen (Protonenüberschuss) und negative Ionen (Elektronenüberschuss).

Als der Gesundheit zuträglich gelten die natürlichen Außenluftkonzentrationen. Ein Abweichen in der Raumluft wird von der baubiologischen Seite als Störung des Raumklimas betrachtet.

Die Messung in zwei Passivhäusern mit Luftheizung ergaben, dass sowohl die quantitative als auch die qualitative Ionen-Zusammensetzung (Schulze Darub, B, (Hrsg.): Passivhausprojektbericht, Fürth 2002; AnBUS e.V) den Werten konventioneller Gebäude entspricht. D.h. auch aus baubiologischer Sicht unterscheidet sich die technisch zugeführte Frischluft nicht von der natürlichen Lüftung. Auch nicht wenn diese wie beim Passivhauskonzept über Raumlufftemperatur erwärmt wird. Bei reinen Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung ist daher noch weniger mit einer Beeinträchtigung zu rechnen.

#### **Anmerkung zur Ionenkonzentration**

- Für die Verringerung der Ionenkonzentration der Innenluft gegenüber der Außenluft sind vor allem elektrostatische Felder (Fernseher, Teppiche,...) bzw. Stäube und Partikel (Zigarettenrauch,..) verantwortlich.

- Für eine Erhöhung der Luftionenkonzentration sind künstliche Ionenquellen (offenes Feuer, Springbrunnen,...) bzw. Radongas (terrestrisch oder baustoffbedingt) verantwortlich.

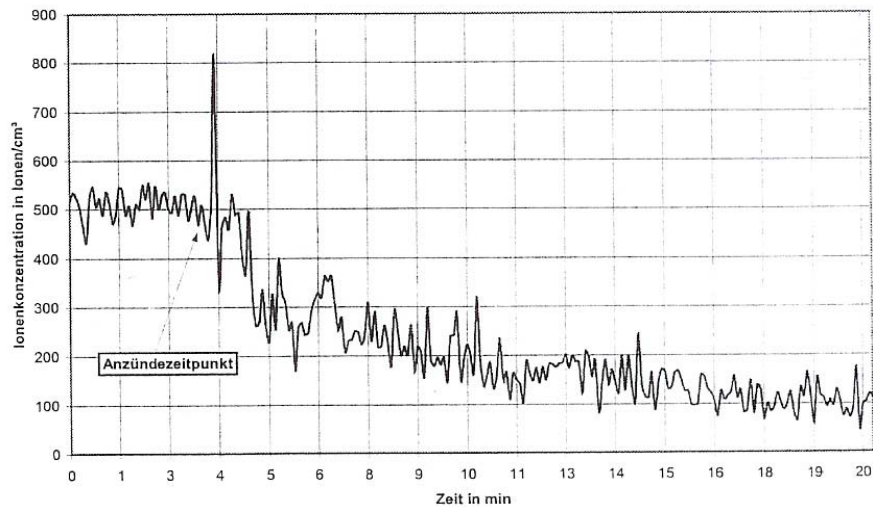


Abbildung 2.7 Abnahme der Ionenkonzentration durch Rauchen (Umweltanalytik Holbach)

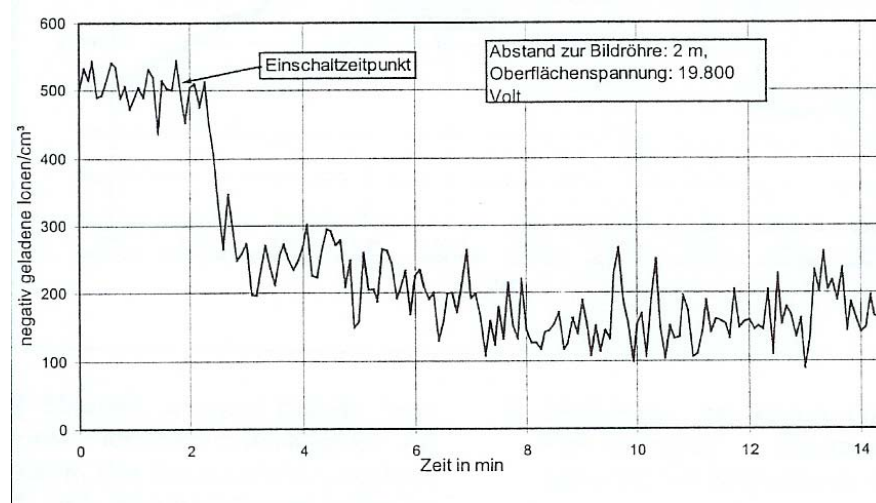


Abbildung 2.8 Abnahme der Ionenkonzentration durch einen Bildschirm (Umweltanalytik Holbach)

Man sieht daraus, dass für eine gute Raumluftqualität auch von der Ionisationsseite ein ständiger Luftaustausch positiv ist, da damit der Ionenabbau in der Wohnung durch Nachführung frischer Ionen zumindest teilweise ausgeglichen wird.

Weitere allgemeine Informationen zum Thema Ionisation finden sie im Bericht von Umweltanalytik Holbach der sich im Anhang befindet bzw. unter [www.umweltanalytik-holbach.de/De\\_Titel/De\\_Fachinfos/de\\_fachinfos.html](http://www.umweltanalytik-holbach.de/De_Titel/De_Fachinfos/de_fachinfos.html) heruntergeladen werden kann.

## **2.2 Lüftungsarten**

### **2.2.1 Natürliche Lüftung**

Die natürliche Lüftung geschieht durch Druckunterschiede infolge Wind und/oder Temperaturunterschieden zwischen innen und außen. Bei Windstille oder geringer Temperaturdifferenz findet auch bei undichten Gebäuden praktisch kein Luftaustausch statt. Man unterscheidet im Wohnbereich insbesondere:

- Fugenlüftung
- Fensterlüftung
- Spalllüftung über einstellbare Öffnungen in Wänden oder Fenstern
- Schachtlüftung

#### **2.2.1.1 Fugenlüftung**

Die Fugenlüftung ergibt sich durch die Undichtigkeiten eines Gebäudes, wie beispielsweise am Dach, aber auch bei Fenstern und Türen. Der sich einstellende natürliche Luftwechsel ist eine Funktion aus der Temperaturdifferenz zwischen innen und außen, und zudem von Windgeschwindigkeit und Windrichtung abhängig. Sie ist nur bei der windzugewandten Seite positiv wirksam. Auf der windabgewandten Seite wird je nach Raumanordnung eventuell sogar belastete Luft, (z.B. aus dem WC oder der Küche) in die Wohnräume getragen. Zudem entstehen durch abströmende feuchte Luft durch die Gebäudehülle Bauschäden infolge Kondensation.

Durch Fugenlüftung treten bei starkem Wind unangenehme Zegerscheinungen auf, es gibt keine Regelmöglichkeit und der Luftstrom ist nur schwer bestimmbar. Im Winter kann bei besonders undichten Gebäudeteilen, die installierte Heizleistung nicht ausreichend sein, um die betreffenden Räume zu temperieren. Außerdem entsteht natürlich ein erhöhter Energiebedarf.

Eine Fugenlüftung ist aus hygienischen, energetischen und bauphysikalischen sowie aus Behaglichkeitsgründen unzureichend.

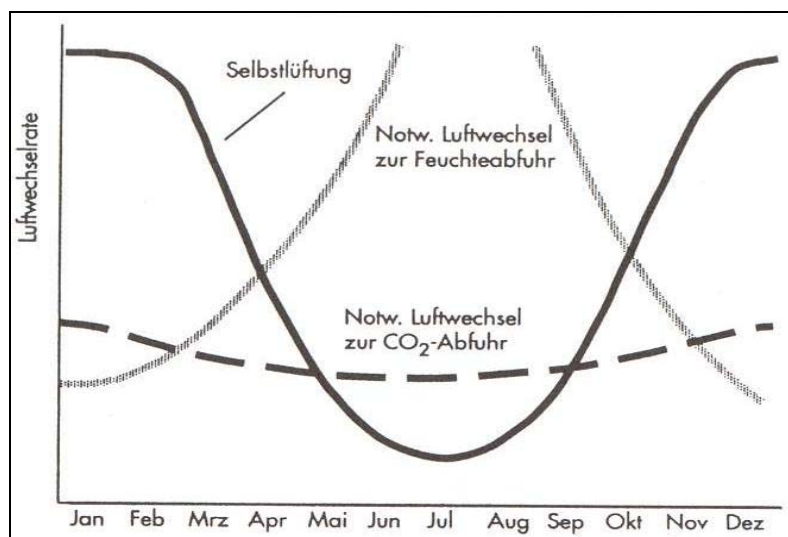
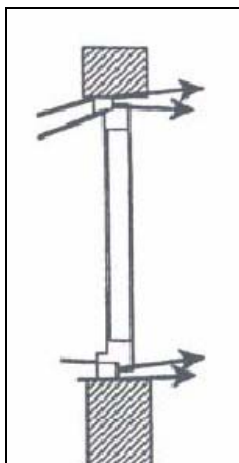


Abbildung 2.9: Fugenlüftung (Feist, Niedrigenergiehaus, 1997)      Abbildung 2.10: Thermikbedingte Selbstlüftung durch Fugen im Vergleich zur notwendigen Luftwechselrate. (Feist, Niedrigenergiehaus, 1997)

Mittlerweile ist auch durch die gesetzlichen Vorschriften (Dichtheit der Fenster, Mindestanforderung an die Luft- und Winddichte der opaken Gebäudehülle) ein Gebäude mit Fugenlüftung gar nicht mehr umsetzbar. Der notwendige Luftwechsel muss durch zusätzliche aktive Maßnahmen erreicht werden.

### 2.2.1.2 Fensterlüftung

Der Luftwechsel wird durch einfaches gänzlichem Öffnen bzw. Kippen der Fensterflügel erreicht.

Die Effektivität der Fensterlüftung ist wie bei der Fugenlüftung, vom Temperaturunterschied, dem Windanfall, der Fensteranordnung und zusätzlich vom Bewusstsein und der Handlungsweise der Bewohner abhängig.

Im Winter lassen sich allerdings auch bei Anordnung der Heizkörper unter dem Fenster Zugerscheinungen nicht vermeiden, sodass in dieser Zeit die Fensterlüftung nur zur kurzzeitigen, schnellen Lüfterneuerung geeignet ist (meist erst bei schon sehr schlechter Raumluftqualität).

In den Sommermonaten und der Übergangszeit hingegen ist die Bereitschaft zu Lüften durch die gemäßigte Außentemperatur sehr groß. Bei Windstille und gleichzeitig geringer Temperaturdifferenz zwischen innen und außen findet jedoch kaum ein Luftaustausch statt.

Die Dauerlüftung durch Kippen der Fensterflügel findet hauptsächlich in Räumen Anwendung, in denen man sich nicht aufhält. Durch unbeaufsichtigte Kipplüftung werden bei tiefen Außentemperaturen meist unnötig hohe Luftwechselraten und damit unnötig hohe Heizenergieverbräuche verursacht. Trockene Luft und dennoch Schimmel im kalten Laibungsbereich des Fensters sind zusätzliche negative Begleiterscheinungen.

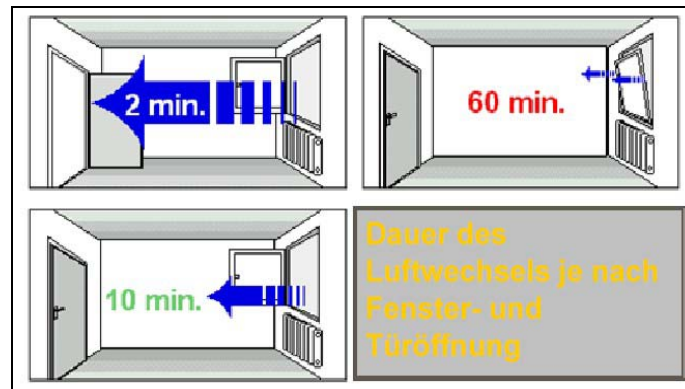


Abbildung 2.11: Arten der Fensterlüftung (Holm, Fraunhofer Institut)

Im Winter wird deshalb die Stoß- und Querlüftung propagiert, die jedoch eine regelmäßige Bedienung der Fenster (ca. alle 2 Stunden) durch den Nutzer erfordert. Vor allem in Schlafzimmern kann mit der Stoßlüftung keine befriedigende Lösung gefunden werden, da diese alle 2 Stunden wiederholt werden müsste. Ein weiterer Nachteil kann die Lärmbeeinträchtigung durch Straßenlärm sein, die eine Fensterlüftung auch nachts unmöglich macht.

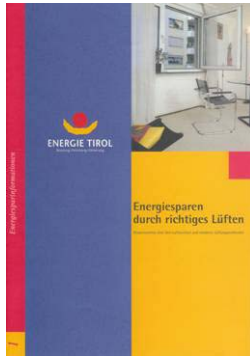
Selbst durch bewusstes Stoßlüften können höhere CO<sub>2</sub>- und Feuchtekonzentrationen im Gebäude (hohe Konzentrationsspitzen) nicht immer verhindert werden. Zusätzlich führt diese Art der Lüftung in der Heizperiode zu unnötig hohen Wärmeverlusten.

Luftwechsel in Abhängigkeit von der Fensterstellung (Zufallslüftung):

- |                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| • Fenster und Türen ganz zu       | 0,1 - 0,3   |
| • Fenster gekippt, Rollläden zu   | 0,3 - 1,5   |
| • Fenster gekippt, kein Rollladen | 0,8 - 4,0   |
| • Fenster halb offen              | 5 - 10      |
| • Fenster ganz offen              | 9 - 15      |
| • gegenüberliegende Fenster offen | 40 und mehr |

Quellen: Sagelsdorff 1982, Hauser 1979, Gertis 1979

Durch verbesserte Dichtungen bei Fenster und Türen liegen bei heutigen Neubauten die Werte bei „Fenster und Türen ganz zu“ niedriger.



Weitere Hinweise zur Fensterlüftung finden sie in der Broschüre „Energiesparen durch richtiges Lüften“ von ENERGIE TIROL. Diese steht auch als Download unter [www.energie-tirol.at](http://www.energie-tirol.at) zur Verfügung.

Abbildung 2.12: Titelbild der Broschüre: Energiesparen durch richtiges Lüften (ENERGIE TIROL)

### 2.2.1.3 Spaltlüftung

Hier findet der Luftaustausch durch spezielle Ventile, Schieber, Klappen, etc., die entweder in Fensterparapete, Fensterrahmen oder Außenwände eingebaut werden statt. Obwohl die Öffnungen meist einstellbar sind, ist der Luftaustausch jedoch primär vom äußeren Winddruck bzw. Windsog und der Außentemperatur abhängig. Bei einigen Fabrikaten hat man deshalb eine thermostatische Steuerung eingebaut, die den Spalt bei sinkender Temperatur verringert. Eingebaute Sturmsicherungen sollen den Lufteintritt soweit verringern, dass Zugerscheinungen vermieden werden.

In der Praxis zeigt sich eine ähnliche Problematik wie bei der Fensterlüftung. Die Luftwechselrate ist sehr von den Witterungsverhältnissen abhängig. Bei geringen Temperaturdifferenzen zwischen innen und außen und windstiller Wetterlage ist der Luftaustausch unzureichend. Tiefe Außentemperaturen führen mitunter zur Vereisung der Ventile und damit zum Verschluss der Öffnungen. Obwohl diese Systeme teilweise schalldämmend gebaut sind, ist der Schallschutz mitunter unzureichend.

Im Sommer und in der Übergangszeit muss die Spaltlüftung meist durch aktives Fensterlüften unterstützt werden.

## 2.2.1.4 Schachtlüftung

Diese Art der Lüftung nutzt den thermischen Auftrieb der Luft in Schächten, ähnlich einem Kamin, um durch Unterdruck im Schacht, Luft aus den Sanitärräumen abzuführen. Die Zuführung von Frischluft erfolgt durch Zuluftventile im Wohnbereich. Eine befriedigende Funktion des Systems wird erst mit größeren Schachthöhen erzielt, daher ist der Einsatzbereich hauptsächlich auf mehrgeschossige Wohnhäuser beschränkt.

Die erzielbare Luftwechselrate ist sehr von der Temperaturdifferenz zwischen innen und außen und den Windverhältnissen abhängig. Münden mehrere Wohnungen in einen Schacht, kann es zu Geruchs-, aber auch Schallübertragungen kommen. Durch Trennung der Schächte oder Entlüftung über einzelne Rohre können diese Nachteile aber behoben werden.

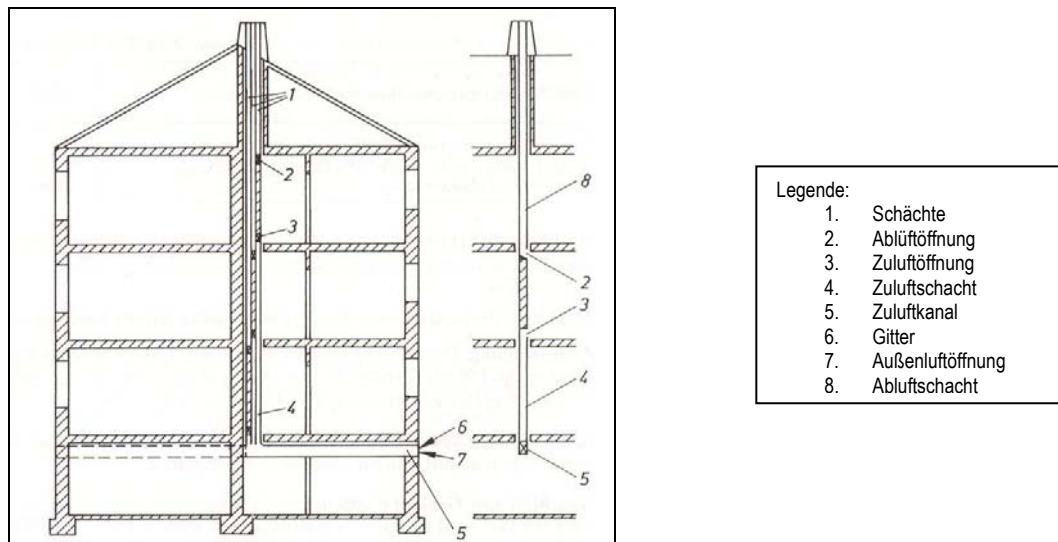


Abbildung 2.13: Einzelschachtanlage, Lüftung fensterloser Bäder und Toilettenräume nach DIN 18017-1 (Vogler/Laasch, Haustechnik: Grundlagen-Planung-Ausführung, 1994)

**Resümee natürliche Lüftung:** Alle natürlichen Lüftungsarten sind mehr oder weniger von willkürlichen Wetterbedingungen (Temperatur, Wind,,,) und dem Nutzerverhalten abhängig und für hygienische Luftverhältnisse, insbesondere unter dem Energiesparaspekt, nicht mehr zeitgemäß.

## **2.2.2 Mechanische Lüftung**

Mechanische Lüftungen unterscheiden sich von der natürlichen Lüftung dadurch, dass die Luftwechselrate nicht primär von den äußeren Wind- und Temperaturverhältnissen abhängig ist, sondern kontrolliert, d.h. kontinuierlich mittels maschineller Förderung (Ventilator), abläuft.

Die im Wohnbau wesentlichen Typen von mechanischen Lüftungsanlagen sind:

1. Dezentrale Abluftanlagen
2. Zentrale Abluftanlagen (mit und ohne Wärmerückgewinnung)
3. Dezentrale Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung
4. Zentrale Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung
5. Zentrale Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung und Wärmepumpe

### **2.2.2.1 Dezentrale Abluftanlagen**

Prinzipiell bestehen diese Systeme aus einem Axialventilator, einem Rohr für den Einbau in Wand oder Glas und einem Wetterschutzgitter bzw. einer Jalousieklappe, die sich meist elektrisch schließen lässt. Die Zuluft kann entweder unkontrolliert über die Undichtheiten des Gebäudes, oder über spezielle Nachströmöffnungen einströmen.

Der Nachteil aller Abluftanlagen (auch derjenigen mit Zuluftventilen) gegenüber Zu- und Abluftanlagen liegt in der ungleichmäßigen und schwer beeinflussbaren Zuluftverteilung, die in der Regel in der unbekanntesten und ungünstigen Anordnung von Gebäudeleckagen zu suchen ist. Beim Einbau von dezentralen Abluftsystemen kann es zu Störungen durch Ventilationsgeräusche kommen.

Eine bedeutende Energieeinsparungen ist mit diesem System nicht realisierbar. Dezentrale Abluftanlagen werden daher meist nur für die intermittierende Entlüftung von Sanitärräumen angewendet. Für Wohnräume sollte die wesentlich bessere Alternative einer dezentralen Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung überlegt werden, bei der ebenfalls kein Verrohrungsaufwand anfällt.

Abluftanlagen (im Dauerbetrieb) dürfen nicht in Gebäuden eingesetzt werden, in denen sich offene Feuerstätten befinden. Es besteht sonst die Gefahr, dass Rauchgase angesaugt werden. Ebenso verhält es sich mit unterkellerten Gebäuden, die sich in radonbelasteten Gebieten befinden. Durch Undichtheiten zum Keller hin kann das Gas in den Wohnbereich gelangen.

Welche Gebiete in Österreich radonbelastet sind, wurde im Austrian Radon Projekt erhoben.



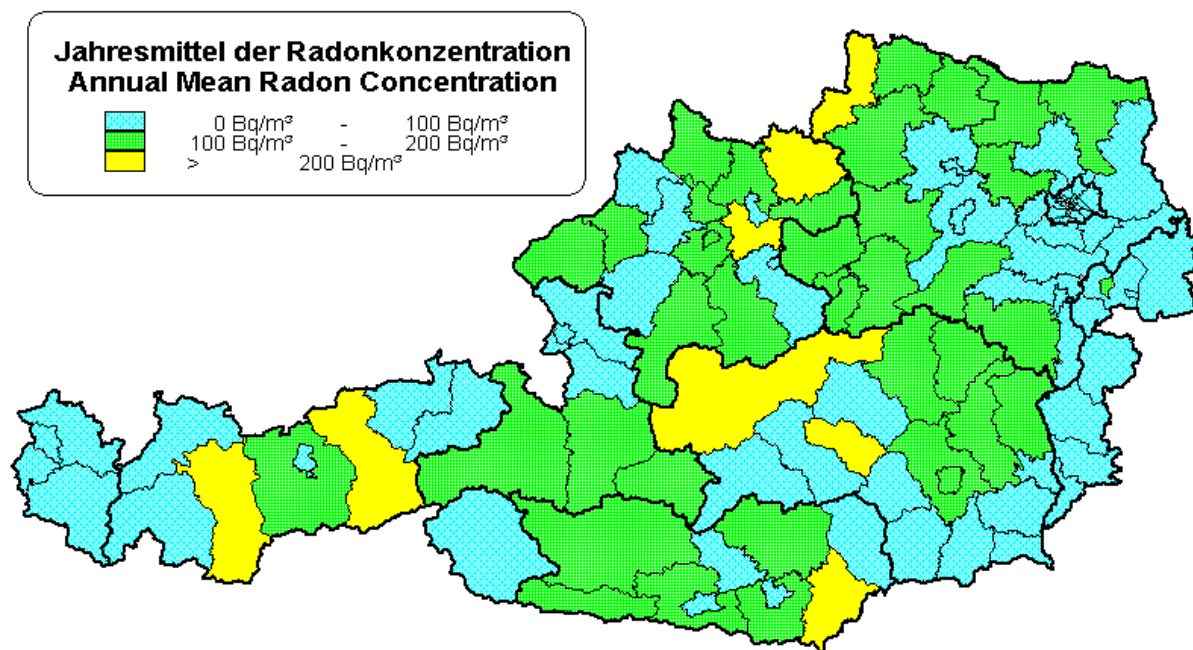


Abbildung 2.14: Jahresmittel der Radonbelastung (Austrian Radon Projekt)

Nähere Informationen zum Thema Radonbelastung in Österreich finden sein unter:  
<http://www.univie.ac.at/Kernphysik/oenrap/welcome.htm>

### 2.2.2.2 Zentrale Abluftanlagen mit Außenluftdurchlässen

Bei dieser Art der Belüftung wird die Abluft über ein Rohrnetz abgesaugt und die Zuluft strömt über spezielle Öffnungen in der Außenwand einzelner Räume in das Gebäude ein.

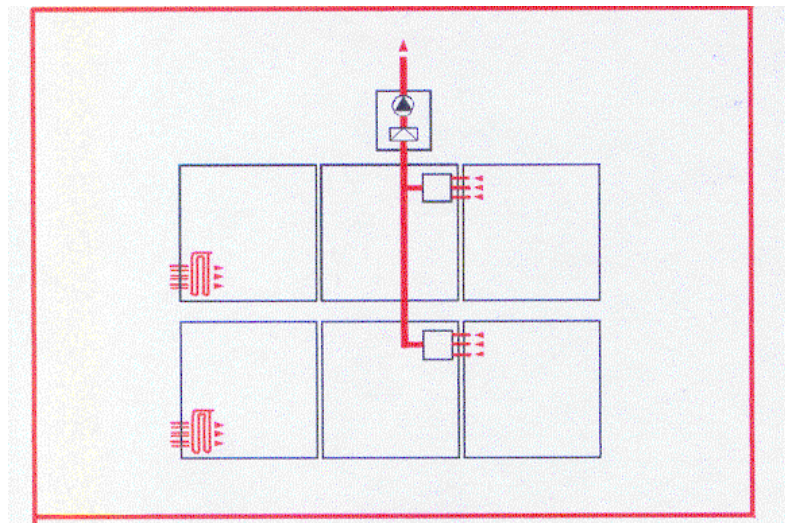
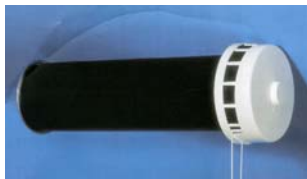
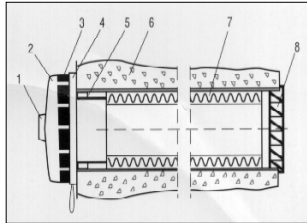


Abbildung 2.15: Außenluftdurchlass im Schnitt (Quelle: Fa. Pichler)

Abbildung 2.16: Außenluftdurchlass (Quelle: Fa. Pichler)

Abbildung 2.17: Schema Abluftanlage mit Außenluft-Durchlässen (Quelle: Energie Schweiz)

Die Abluft wird aus den Ablufträumen (Bad, WC, Küche,..) über Abluftventile abgesaugt und mittels eines Rohrnetzwerkes und des Abluftventilators ins Freie befördert. Die Abluft wird meist über das Dach abgeführt und die Aufstellung des Ventilators im Dachboden vorgenommen, um einerseits die Geräuschbelastung zu verringern und andererseits eine gute Zugänglichkeit der Anlage zu gewährleisten.

Die Außenluft strömt über Nachströmöffnungen in die Zulufräume (Wohn-, Schlaf-, Kinderzimmer,...). Sie sollten, wenn möglich immer im Bereich der Heizkörpern angeordnet werden, da sich so die kalte Luft mit der Warmluft vermengt und damit Zugerscheinungen verringert werden können. Weiters werden Lüftungsspalte bei den Innentüren bzw. eigene Überströmöffnungen vorgesehen, um die Überströmung in die Ablufträume (Bad, WC, Küche) zu ermöglichen.

Ein Nachteil dieses Anlagenkonzeptes besteht darin, dass kalte, nicht vorgewärmte Luft nachströmt und sich der Komfort und die Energieeinsparung gegenüber der konventionellen Kipplüftung von Fenstern in Grenzen hält. Ein weiterer negativer Aspekt ergibt sich im Bereich der Schalldämmung, da durch die Öffnungen eine direkte Verbindung mit der äußeren Umgebung besteht. Die Nachströmöffnungen sind normalerweise mit einer einfachen Schalldämmung ausgestattet. In Bereichen mit hohem Lärmpegel kann diese Maßnahme allerdings nicht ausreichend sein.

Die Problematik bei offenen Feuerstätten und radonbelasteten Kellerräumen tritt auch hier, analog den Ausführungen bei dezentralen Abluftanlagen auf.

### 2.2.2.3 Dezentrale Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung (Einzelraumlüftung)

Für Entlüftungsaufgaben einzelner Räume kann ein einzelner Lüfter mit Zu- und Abluft und einer Wärmerückgewinnungseinheit direkt im zu entlüftenden Raum eingebaut werden.

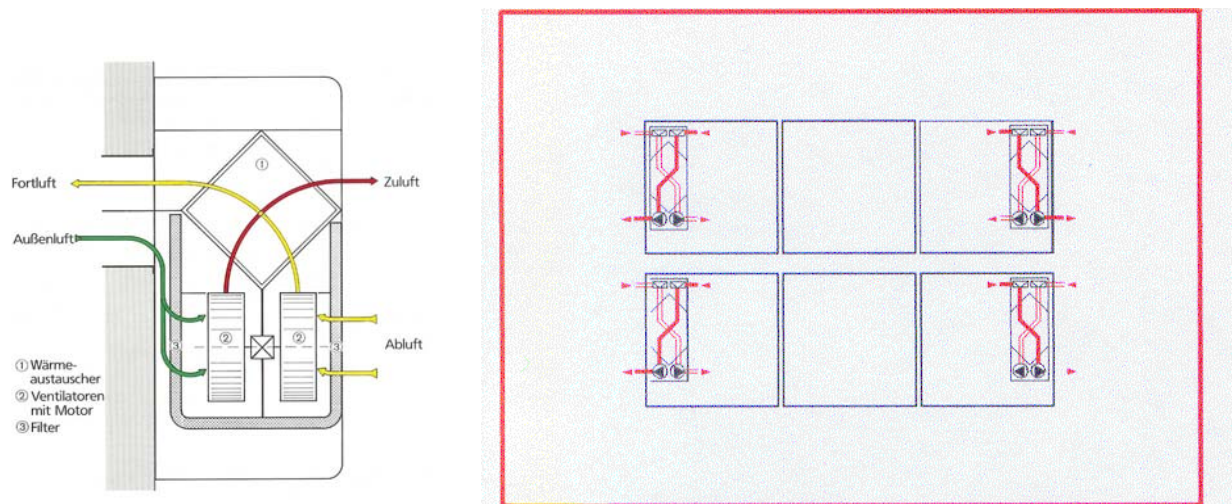


Abbildung 2.18: Schema Einzelraumlüftungsgerät mit Kreuzstromwärmetauscher (Quelle: HEA Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung – Fachinformation 2)

Abbildung 2.19: Schema einer Wohnung mit Einzelraumlüftung (Quelle: Energie Schweiz)

Der Vorteil dieser Systeme besteht in der einfachen nachträglichen Montage. Zwei Mauerdurchbrüche (bei einzelnen Systemen ist es auch nur einer) sind der wesentliche bauliche Aufwand. Eine Luftführung im Hause entfällt.

Da der Ventilatormotor sich im Raum bzw. in der Wand befindet muss ein Laufgeräusch in Kauf genommen werden. In Büros bzw. Wohnräumen wird dies meist akzeptiert. In Schlafräumen kann durch eine Zeitsteuerung die Zeit des Einschlafens vom Betrieb ausgenommen werden, um in dieser sensiblen Phase nicht gestört zu werden.

#### 2.2.2.4 Zentrale Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung

Dieses Komfortlüftungssystem besteht aus einem Zentralgerät, in dem Wärmetauscher, Filter, Ventilatoren, etc. zentral untergebracht sind, und dem voneinander getrennten Zu- und Abluft bzw. Frisch- und Fortluftrohrsystem. Über das Abluftsystem wird aus den Ablufträumen (Sanitärräumen, Küche,...) verbrauchte Luft abgesaugt. Bevor die Luft ins Freie geführt wird, gibt sie die enthaltene Wärme über einen Wärmetauscher an die angesaugte und gefilterte Frischluft ab. Die beiden Luftströme bleiben dabei streng getrennt und es kommt zu keiner Vermischung von Abluft- und Zuluft (außer minimaler Leckströme). Die erwärmte Zuluft gelangt über das Rohrsystem zu den einzelnen Wohn- und Schlafräumen.

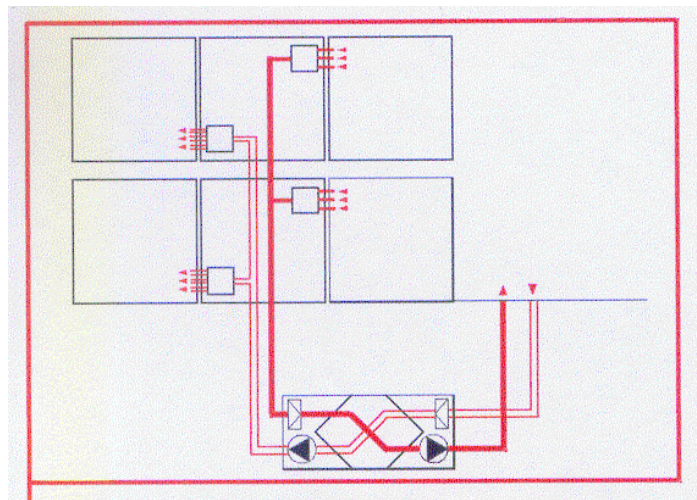


Abbildung 2.20: Schema Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (Quelle: Energie Schweiz)

Der große Vorteil dieses Systems liegt einerseits im Bereich der Energieeinsparung und andererseits im hohen thermischen und hygienischen Komfort. Weil die Frischluft über die abgeführte Fortluft bzw. durch einen Erdwärmetauscher erwärmt wird, oder über ein Nachheizregister einfach erwärmt werden kann, hat sie annähernd Raumtemperatur und es sind keinerlei Zugscheinungen zu befürchten, wenn die Luft richtig in den Raum eingebracht wird. Der Einsatz hocheffizienter Wärmetauscher bringt im Vergleich zu anderen Systemen hohe Heizkosteneinsparungen. Voraussetzung zur energetischen Ausnutzung der Wärmerückgewinnung ist jedoch eine luftdichte Gebäudehülle. Schließlich will man ja die in der Raumluft enthaltene Energie über die Wärmerückgewinnung führen und nicht über Fugen verlieren. Näheres dazu finden Sie im Kapitel Gebäudeseitige Rahmenbedingungen.

Auch aus hygienischer Sicht ist diese Form der Lüftung zu favorisieren. Da die Frischluft über Filter, die einfach ausgetauscht werden können, geführt wird, kann eine nahezu staubfreie und bei entsprechender Filterqualität auch pollenfreie Zuluftqualität erreicht werden.

Der bei vielen Anlagen vorgeschaltete Erdwärmetauscher bietet eine einfache Vorwärmung der Frischluft im Winter bzw. einen leichten „Kühleffekt“ in den Sommermonaten (Frischlufftemperatur unter Raumlufttemperatur).

Die Bedienung der Anlagen erfolgt über ein Steuergerät, welches vorzugsweise im Wohnbereich montiert werden sollte. Über Wahlschalter kann die gewünschte Lüftungsstufe und damit die Luftwechselzahl verändert werden. Bei vielen Geräten kann an der Bedieneinheit auch der Betriebszustand mit den wichtigsten Temperaturen abgelesen, und ein individuelles Wochenprogramm eingegeben werden.

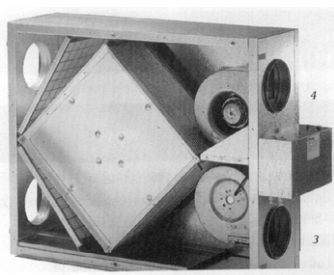
Bei Gebäuden mit äußerst geringem Wärmebedarf (Passivhäuser mit einer Heizleistung deutlich unter 10 Watt/m<sup>2</sup>) kann das Zuluftsystem mit gewissen Einschränkungen zum Wärmetransport genutzt werden.

Als Nachteile von Zu- und Abluftanlagen können die Investitionskosten, der höhere Planungsaufwand, sowie der Platzbedarf für das zusätzliche Zuluft-Rohrsystem angeführt werden.

### **Typische Lüftungsgeräte – Unterscheidung aufgrund der Wärmerückgewinnung:**

- Lüftungsgerät mit Kreuzstromwärmetauscher
- Lüftungsgerät mit Kreuzgegenstromwärmetauscher
- Lüftungsgerät mit Gegenstromwärmetauscher
- Lüftungsgerät mit Gegenstrom-Kanalwärmetauscher
- Lüftungsgerät mit Rotationswärmetauscher

### **Lüftungsgerät mit Kreuzstromwärmetauscher**



Diese sehr einfachen Lüftungsgeräte mit Kreuzstrom-Plattenwärmetauscher sind schon viele Jahre am Markt. Wärmerückgewinnungsgrad typischerweise ca.65%.

Abbildung 2.21: Lüftungsgerät mit Kreuzstrom-Wärmetauscher (Quelle: Fa. Genvex)



### Lüftungsgerät mit Kreuzgegenstromwärmetauscher



Lüftungsgerät mit Kreuzgegenstromwärmetauscher zur Verbesserung des Wärmerückgewinnungsgrades. Ein Teil des Wärmetauschers wird als Kreuzstrom ein anderer Bereich im Gegenstrom geführt. Es ergeben sich dadurch kompakte Abmessungen. Wärmerückgewinnungsgrad typischerweise ca. 75%.

Abbildung 2.22: Lüftungsgerät mit Kreuz-Gegenstrom-Wärmetauscher

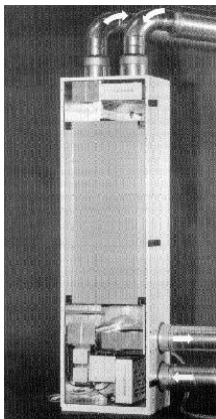
### Lüftungsgerät mit Gegenstromwärmetauscher



Lüftungsgerät mit Gegenstromwärmetauscher für eine noch höhere Wärmerückgewinnungsrate. Typisch ist deren längliche, meist wenig tiefe Bauweise. Wärmerückgewinnungsgrad typischerweise ca. 85%.

Abbildung 2.23: Lüftungsgerät mit Gegenstrom Wärmetauscher (Fa. Rewa)

### Lüftungsgerät mit Gegenstrom-Kanalwärmetauscher



Die Führung des Luftstromes in einzelnen gegenläufigen Kanälen statt zwischen Platten führt zu einer weiteren Verbesserung des Wärmeüberganges und damit nochmals zu höheren Wärmerückgewinnungsgraden. Wärmerückgewinnungsgrad typischerweise ca. 95%.

Abbildung 2.24: Lüftungsgerät mit Kreuzgegenstrom Wärmetauscher (Fa. Paul)

### Lüftungsgerät mit Rotationswärmetauscher



Rotationswärmetauscher für den Wohnraumlüftungsbereich stellen eine Neuentwicklung dar. Aufgrund der reversiblen Luftführung im Wärmerad besteht durch besondere Beschichtungen die Möglichkeit eines Feuchtaustausches zwischen Abluft und Frischluft.

Abbildung 2.25: Lüftungsgerät mit Rotationswärmetauscher (Fa. Hoval)

### 2.2.2.5 Zentrale Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung und Wärmepumpe

Diese Systeme haben eine im Lüftungsgerät integrierte Wärmepumpe die entweder die Wärme an die Zuluft, einen Warmwasserspeicher und/oder das Heizungssystem abgibt. Als Wärmequelle dient die Abluft, deren sensible und bei tieferen Verdampfungstemperaturen auch latente Wärme genutzt werden kann.

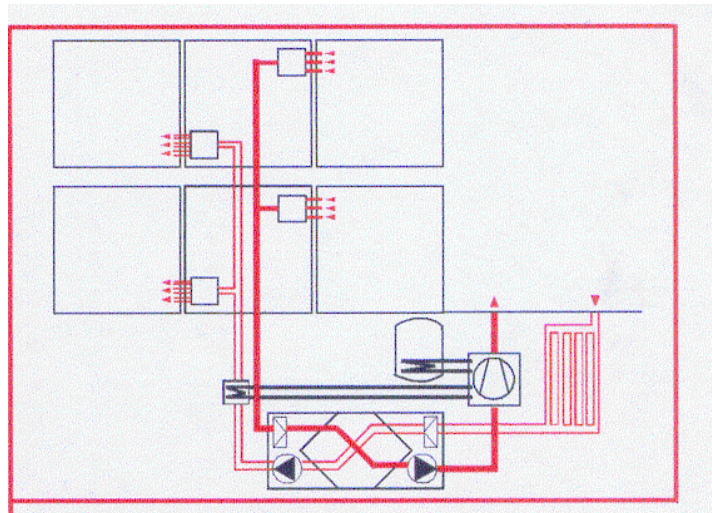


Abbildung 2.26: Lüftungsgerät mit Kreuzstrom-Wärmetauscher und integrierter Wärmepumpe (Wärmeabgabe nur an die Zuluft)

Abbildung 2.27: Schema Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung, Erdwärmetauscher und Wärmepumpe für Warmwasser und Zuluft (Energie Schweiz)

## 2.3 Fachbegriffe zu Wohnraumlüftungen mit Wärmerückgewinnung

### 2.3.1 Quelllüftung oder Induktionslüftung

Im Wohnraumlüftungsbereich werden meist Quellluftsysteme oder Induktionsluftsysteme (Mischlüftung) verwendet. Diese Bezeichnung bezieht sich auf die Art der Luft einbringung und der Raumdurchströmung.

Bei Quellluftsystemen wird die Luft beruhigt in Bodennähe eingebracht und oben im gegenüberliegenden Raumbereich abgesaugt. Bei der Induktionslüftung wird die Luft mit höherer Geschwindigkeit im oberen Raumbereich (deutlich über der Kopfhöhe) eingebracht und meist über Schleiftüren im unteren Bereich abgesaugt. Durch die Verwendung von verschiedenen Ventilen bzw. durch die Variation der Anbringung von Überströmöffnungen lassen sich unterschiedliche Raumdurchströmungen erzielen.

Eine generelle Aussage, ob Quellluft- oder Induktionsluftsysteme besser sind, kann nicht gemacht werden. Mit beiden Systemen lassen sich sehr gute Ergebnisse erzielen. Entscheidend ist das jeweilige Gesamtkonzept der Raumdurchströmung. Induktionslüftungen kommen normalerweise mit einem geringeren Verrohrungsaufwand als Quellluftsysteme aus.

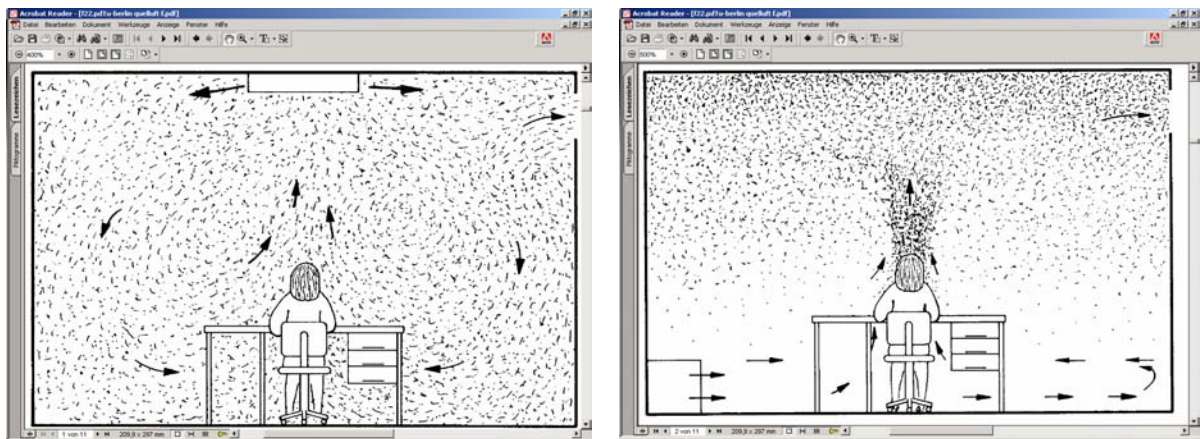


Abbildung 2.28: Theoretische Strömung bei Induktions- bzw. Quellluftsystemen (Dr. Ing. K. Fritzner, Betzdorf, Sieg – Impulsarme Luftzuführung durch Quelllüftung.)

Die theoretisch etwas bessere Raumdurchströmung bzw. Schadstoffabfuhr ergibt sich bei Quellluftsystemen. Da die Schadstoffabgabe des Menschen z.B.  $\text{CO}_2$  durch die Atmung bzw. die konvektiv abgeführten Körperausdünstungen wärmer als die Raumluft sind.



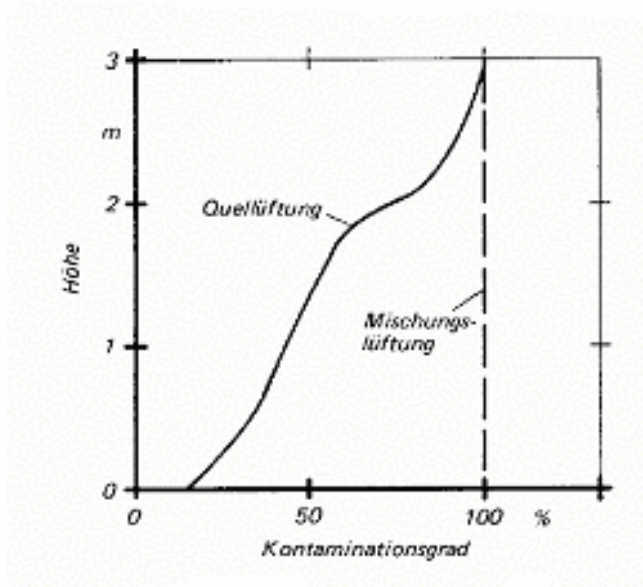


Abbildung 2.29: Kontaminationsgrad der Luft bei Induktions- bzw. Quellluftsystemen (Dr. Ing. K. Fritzner, Betzdorf, Sieg – Impulsarme Luftzuführung durch Quelllüftung.)

Hingegen ist die Verteilung der Raumtemperatur bei Quellluftsystemen ungleichmäßiger als bei Induktionslüftungssystemen. Es können sich „Kaltluftseen“ in Bodennähe bilden.

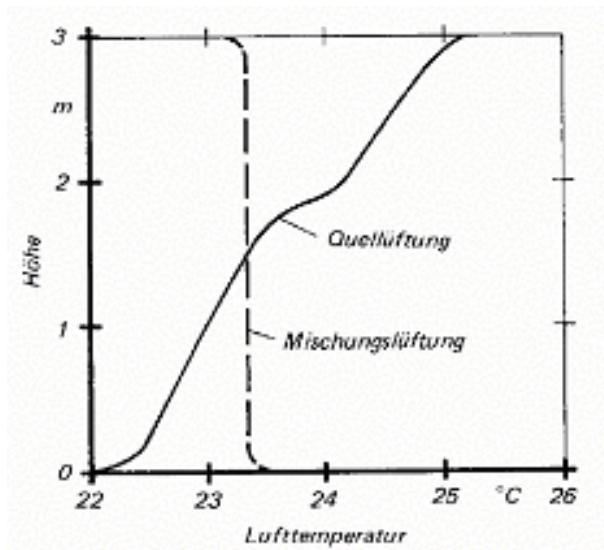
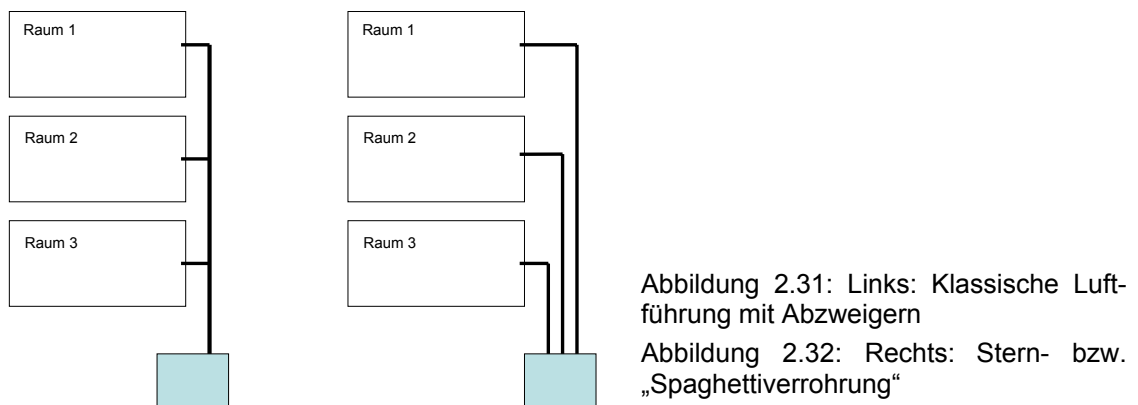


Abbildung 2.30: Temperaturverteilung bei Induktions- bzw. Quellluftsystemen (Dr. Ing. K. Fritzner, Betzdorf, Sieg – Impulsarme Luftzuführung durch Quelllüftung.)

### 2.3.2 Verrohungsart

Bei der Verrohrung für Lüftungsanlagen unterscheidet man zwischen einer „klassischen Luftführung“ mit Abzweigern und einer Sternverrohrung, die manchmal auch als „Spaghettiverrohrung“ bezeichnet wird.

Auch hier lässt sich keine generelle Aussage machen, welche Art die bessere Lösung darstellt. Entscheidend ist das Gesamtkonzept und die praktische Ausführung. Bei der Sternverrohrung ergeben sich wesentlich mehr Leitungen die aber im Querschnitt deutlich geringer sein können.



Als Vorteil der „Klassischen Verrohrung“ wird meist angeführt:

- Geringere Gesamtrohrlänge

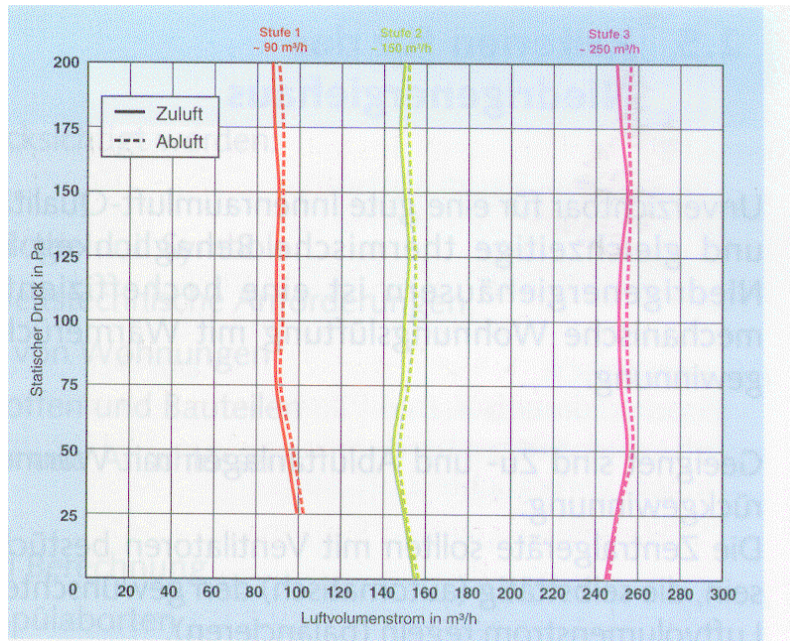
Als Vorteile der „Sternverrohrung“ werden meist angeführt:

- Geringere Rohrquerschnitte
- Normalerweise keine Telefoneschalldämpfer notwendig
- Einfachere Einregulierung

Beide Systeme können auch kombiniert werden. Hier wird die Aufteilung auf die einzelnen Stockwerke „klassisch“ und die Verteilung im Stockwerk im Stern verwirklicht.

### 2.3.3 Konstantvolumenstromregelung (KVR)

Unter Konstantvolumenstromregelungen versteht man Regelungen bzw. Vorrichtungen, die unabhängig vom Druckverlust einzelner Anlagenteile (z.B. Filter) eine gleich bleibende Luftmenge sicherstellen. Im Wohnraumlüftungsbereich ist zwischen der Konstantvolumenstromregelung (KVR) des Lüftungsgerätes und den Konstantvolumenstromreglern in den Lüftungsrohren zu unterscheiden.



Die KVR des Lüftungsgerätes sorgt dafür, dass der Gesamtvolumenstrom unabhängig von der Verschmutzung und damit dem Druckverlust der Filter gewährleistet wird und Zu- und Abluftstrom immer ausbalanciert sind. Eine Einregulierung des Gesamtvolumenstromes ist nicht mehr notwendig. Dieser wird direkt am Gerät eingestellt.

Abbildung 2.33: Luftvolumenstrom in Abhängigkeit des Druckverlustes bei KVR (Fa. Westaflex)

Eine Kontrolle der Gesamtvolumenströme sollte dennoch bei der Inbetriebnahme vorgenommen werden um.



KVR's in den Lüftungsrohren sorgen mittels Membranen dafür, dass der Luftvolumenstrom auf einen bestimmten Wert begrenzt wird. Der Einsatz von KVR's bedeutet, dass keine Einregulierung der einzelnen Stränge notwendig und ein unabsichtliches Verstellen der Luftmenge durch die Nutzer nicht möglich ist.

Abbildung 2.34: Konstantvolumenstromregler (15 bzw. 25 m³/h) in einer Verteilerbox

Der Einsatz von KVR's verursacht jedoch einen zusätzlichen Druckverlust im Gesamtsystem. Achtung: Sind in alle Leitungen KVR's eingebaut, ist keine Intensivstufe möglich, da die KVR des Gerätes und KVR's in den Rohrleitungen gegeneinander arbeiten.

### 2.3.4 Wärmerückgewinnung

Da es unterschiedliche Angaben für die Wärmerückgewinnung in Zusammenhang mit Wohnraumlüftungsgeräten gibt, führt dies, wie sich auch bei dieser Evaluierung zeigte, teilweise zu Fehlinterpretationen der Herstellerangaben bei Planern, Installateuren bzw. Kunden. Daher im folgenden Abschnitt eine kurze Erläuterung zu den drei Begriffen:

- Rückwärmezahl
- Wärmerückgewinnungszahl
- Wärmebereitstellungsgrad

Weiters werden die für eine Gesamtbeurteilung notwendigen Begriffe:

- elektrisches Wirkungsgradverhältnis
- Leistungszahl
- Primärenergieeinsparung

kurz erläutert.

#### 2.3.4.1 Rückwärmezahl:

Die Rückwärmezahl ist eine Kennzahl nur für den Wärmetauscher. Sie setzt die Temperaturdifferenz zwischen Zu- und Abluft und die Temperaturdifferenz der Ab- und Außenluft zueinander in Verbindung. Der theoretische Maximalwert beträgt 100%. Sie ist für die Beurteilung von Wohnraumlüftungsgeräten unzureichend, denn die genutzte Abwärme der Lüftermotoren wird ebenso wenig berücksichtigt wie der Energiegehalt der feuchten Luft (latente Wärme). (vgl. TZWL Prüfreglement, S. 16)

Die heute am häufigsten im Wohnbau eingesetzten Wärmetauscher sind Kreuz- bzw. Gegenstromwärmetauscher. Die gängigen Materialien für den Wärmetauscher sind Aluminium oder Kunststoff.

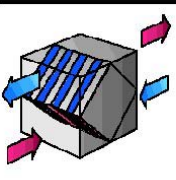
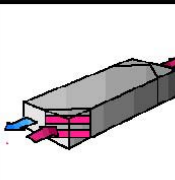
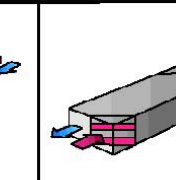
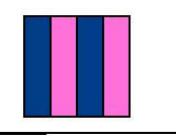
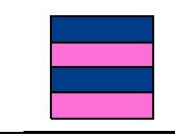
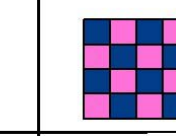
Prinzip-skizze			
Strömungs-profil			
Wärmetau-schertyp	Kreuzstrom-Platten-Wärmetauscher	(Kreuz-)Gegenstrom-Platten-Wärmetauscher	Gegenstrom-Kanal-Wärmetauscher
Rückwärme-zahl $\eta$	50 - 70 %	70 - 80 %	85 - 99 %

Abbildung 2.35: Verschiedene Wärmetauscher und deren typische Rückwärmezahl (Fa. Paul)



Je nach Wärmetauschertyp ergibt sich eine Rückwärmezahl (ohne Feuchte) zwischen 50 und 99% (laut Herstellerangaben).

Weitere Arten der Wärmerückgewinnung sind der Rotationswärmetauscher (kommen mittlerweile vermehrt auf den Markt), das Wärmerohr bzw. Kreislaufverbundene Systeme die in Wohnraumlüftungsgeräten bisher nicht bzw. nur selten zum Einsatz kamen.

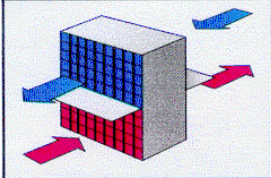
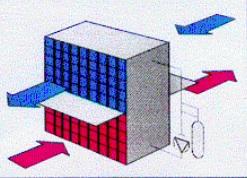
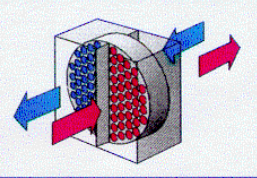


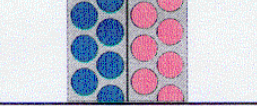
		
		
d) Heat-pipe Rohr-Lamellen-Wärmetauscher	e) Kreislauf verbundenes System	f) Rotationswärmetauscher
in großtechnischen Anlagen	nicht in der Wohnungslüftung	dezentrale Geräte und Industrie
40-65 %	40-65 %	45 % poröse Masse ist gleichzeitig Ventilatorrad; 50-80% Metallspeicher, Ventilator separat

Abbildung 2.36: Verschiedene Wärmetauscher und deren typische Rückwärmezahl (Fa. Paul)

### 2.3.4.2 Wärmerückgewinnungsgrad:

Der Wärmerückgewinnungsgrad wird nach VDI 2071 als Verhältnis der ein- und aus tretenden Enthalpieströme interpretiert. Im Vergleich zur Rückwärmezahl wird beim Wärmerückgewinnungsgrad neben der sensiblen Wärme auch die latente Wärme berücksichtigt. Mit dieser Kennzahl können sowohl Wärmetauscher als auch Wärmepumpen beurteilt werden. (vgl. TZWL Prüfrelement, Seite 16)

### 2.3.4.3 Wärmebereitstellungsgrad:

Der Wärmebereitstellungsgrad berücksichtigt wie der Wärmerückgewinnungsgrad auch die latente Wärme und wird in analoger Form ermittelt. Dabei wird jedoch nicht der Abluftstrom, sondern die für die Wärmebedarfsstellen (Zuluftstrom, Warmwasser, Heizung,...) des Hauses bereitgestellte Energie bilanziert. Der Wärmebereitstellungsgrad kann dabei je nach Wohnraumlüftungsgerät zwischen einigen wenigen Prozenten (Abwärme der Ventilatoren) bis über 30% (Wärmepumpen) größer sein als der Wärmerückgewinnungsgrad. (vgl. TZWL Prüfrelement, Seite 16)

#### **2.3.4.4 Elektrisches Wirkungsverhältnis:**

Beim elektrischen Wirkungsverhältnis wird die vom Wohnungslüftungsgerät bereitgestellte Energie ins Verhältnis zur verbrauchten elektrischen Leistung gesetzt. Hierzu zählen die elektrischen Verbraucher des gesamten Gerätes (inkl. Steuerung, etc.) Laut DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) geht bei der Ermittlung des Wärmebereitstellungsgrades und des elektrischen Wirkungsverhältnisses die Leistung der Ventilatoren zu 100% in die Berechnung ein. In die Temperaturerhöhung der Außenluft geht die elektrische Leistungsaufnahme des Zulüfters zu 100% ein. (vgl. TZWL Prüfrelement, Seite 17)

#### **2.3.4.5 Leistungszahl der Wärmepumpe**

Die Leistungszahl (COP – Coefficient of Performance) gibt das Verhältnis der Heizleistung zur elektrischen Wirkleistung bei konstanten Randbedingungen an. Leistungszahlvergleiche sind daher nur bei gleichen Randbedingungen sinnvoll. Die Leistungszahl ist zudem von der Arbeitszahl der Wärmepumpe zu unterscheiden, die sich aus den unterschiedlichen Betriebsbedingungen während eines Zeitraumes ergibt (meist eine Heizperiode). Es wird dabei die abgegebene Wärmemenge zur aufgenommenen Strommenge in Beziehung gesetzt. Die Arbeitszahl kann sich, je nach Betriebsbedingungen, deutlich von der Leistungszahl unterscheiden.

#### **2.3.4.6 Primärenergieeinsparung:**

Die Energieeinsparung eines Wohnraumlüftungsgerätes ist sowohl abhängig vom Wärmebereitstellungsgrad und auch vom elektrischen Strombedarf bzw. dem elektrischen Wirkungsverhältnis. Durch die Bilanzierung der rückgewonnenen Wärmeenergie und der eingesetzten elektrischen Energie auf Primärenergieebene erhält man die Primärenergieeinsparung. (vgl. TZWL Prüfrelement, Seite 17)

## 2.4 Wärmetechnische Grundlagen zur Wohnraumlüftung

Die „normale“ Luft kann als Gemisch aus den beiden Komponenten trockene Luft und Wasser aufgefasst werden und wird als feuchte Luft bezeichnet. Die trockene Luft tritt dabei stets in gleicher Zusammensetzung (nur gasförmig) auf, hingegen kann das Wasser abhängig von der „Zustandsgröße“ als Eis, Flüssigkeit oder Dampf vorkommen.

Je höher die Temperatur, desto größer ist die Dampfmenge, die aufgenommen werden kann. Bei der größtmöglichen Dampfmenge ist der Wasserdampfdruck gleich dem Siededruck bei der entsprechenden Temperatur. Wird dieser Sättigungsdruck überschritten schlägt sich der überschüssige Dampf in Form von Nebel (kleine Wassertröpfchen) an Kondensationskeimen (Staubteilchen) oder Oberflächen nieder.

Bei den in der Raumlüftung üblichen Temperatur- und Druckbereichen lässt sich feuchte Luft mit ausreichender Genauigkeit als ideales Gemisch betrachten. Jede der beiden genannten Komponenten verhält sich dabei so, als würden sie das Volumen alleine ausfüllen.

Fundamentale Gasgleichung und Massenbilanz für feuchte Luft:

$$p \cdot V = m \cdot R \cdot T \quad [-] \quad \text{(Gleichung 2.1)}$$

$$m_f = m_L + m_D \quad [-] \quad \text{(Gleichung 2.2)}$$

$p$	[Pa]	Gesamtdruck der feuchten Luft
$V$	[m <sup>3</sup> ]	Volumen des Gasgemischs aus trockener Luft und Wasserdampf
$m$	[kg]	Massen der trockener Luft (L), Masse des Wasserdampfes (D)
$R$	[J/kg K]	Gaskonstante
$T$	[K]	absolute Temperatur der feuchten Luft

über die anschließend genannten Zusammenhänge lässt sich somit ein Wärmerückgewinnungsgrad bzw. Wärmebereitstellungsgrad in Abhängigkeit der einzelnen Enthalpien mit:

$$\eta_{WRG} = \frac{h_{ZUL} - h_{FRL}}{h_{ABL} - h_{FRL}} \quad [-] \quad \text{(Gleichung 2.3)}$$

berechnen.

$\eta_{WRG}$	[-]	Wärmerückgewinnungsgrad
$h$	[kJ/kg]	Enthalpie der verschiedenen Luftzustände (Frischlufte, Zuluft, Abluft)

Beim Wärmebereitstellungsgrad ist im Nenner  $h^*_{ZUL} - h_{FRL}$  statt  $h_{ABL} - h_{FRL}$  einzusetzen, da sich dieser auf die Zuluft und nicht auf die Abluft bezieht.  $h^*_{ZUL}$  kennzeichnet den Luftzustand, den die bereits auf Raumtemperatur erwärmte Luft hat, bevor ihr im Raum Feuchte zugeführt wird.

Die Enthalpie der feuchten Luft ergibt sich aus der Enthalpie der trockenen Luft  $h_L$ , der Enthalpie des Wasserdampfes  $h_D$  und der absoluten Feuchte  $x$  der Luft nach Gleichung 2.4. In Abhängigkeit vom gewünschten Zustand sind die entsprechende Temperatur bzw. Feuchte einzusetzen.

$$h = h_L + x \cdot h_D \quad [\text{kJ/kg}_{\text{tr.Luft}}] \quad (\text{Gleichung 2.4})$$

$h$	[kJ/kg <sub>tr.Luft</sub> ]	Enthalpie
$h_L$	[kJ/kg]	Enthalpie der trockenen Luft
$x$	[kg <sub>Wa</sub> /kg <sub>tr.Luft</sub> ]	absolute Feuchte der Luft (siehe weiter unten)
$h_D$	[kJ/kg]	Enthalpie des Wasserdampfes

Anschaulicher lassen sich die Verhältnisse im h-x Diagramm darstellen.

Auf der y-Achse wird die Temperatur, auf der x-Achse der absolute Feuchtegehalt in g/kg trockene Luft aufgetragen. Die Kurven gleicher Enthalpie (Isenthalpen) sind schräge parallele Geraden, die von links oben nach rechts unten verlaufen. Enthalpie- und Feuchtedifferenzen lassen sich so einfach aus dem Diagramm herauslesen. Die Kurven gleicher relativer Feuchte verlaufen quer zu den Isenthalpen, sind aber gekrümmt. Begrenzt wird dieses Feld von der Sättigungskurve mit 100 % relativer Feuchte. Entlang dieser Kurve ist die Luft mit Wasserdampf gesättigt. Wird die Luft abgekühlt oder Feuchtigkeit zugeführt, fällt die überschüssige Feuchte in Form von Kondensat aus. (Programmquelle: Menerga)

Weitere vertiefende energetische Betrachtungen finden sie z.B. im Prüfreglement für Wohnraumlüftungsgeräte auf der Homepage des Europäischen Testzentrums für Wohnraumlüftung E.V. (TZWL) [www.tzwl.de](http://www.tzwl.de).

Die beiden folgenden dargestellten Fälle im h-x Diagramm stellen Extremsituationen im Winter bzw. Sommer dar.



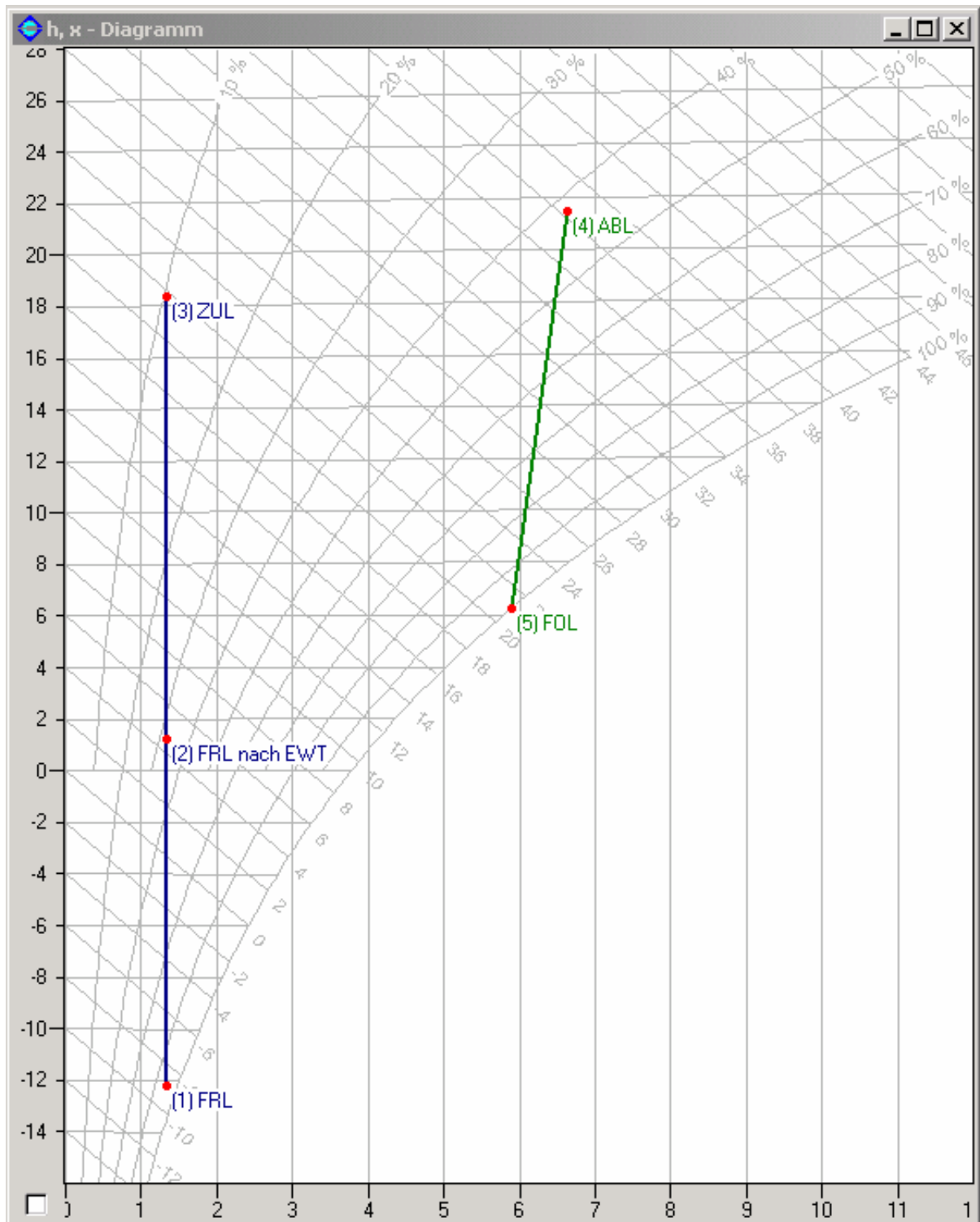


Abbildung 2.37: h-x-Diagramm für den Winterfall. Die Frischluft wird im EWT von ca.  $-12^{\circ}\text{C}$  (ca. 95%r.F.) auf ca.  $1,5^{\circ}\text{C}$  (ca. 33% r.F.) erwärmt und durch den Wärmetauscher auf knapp über  $18^{\circ}\text{C}$  (10% r.F.) erwärmt. Durch die Erwärmung und die Feuchtezufuhr (ca. 5 g/kg trockene Luft) im Raum wird dann der Abluftzustand erreicht. Die Abluft wird von ca.  $21^{\circ}\text{C}$  (ca. 42% r.F.) auf ca.  $6^{\circ}\text{C}$  (100%r.F.) abgekühlt. Es fällt dabei geringfügig Kondensat im Lüftungsgerät aus (ca. 0,8 g/kg trockene Luft). (Programmquelle: Menerga)

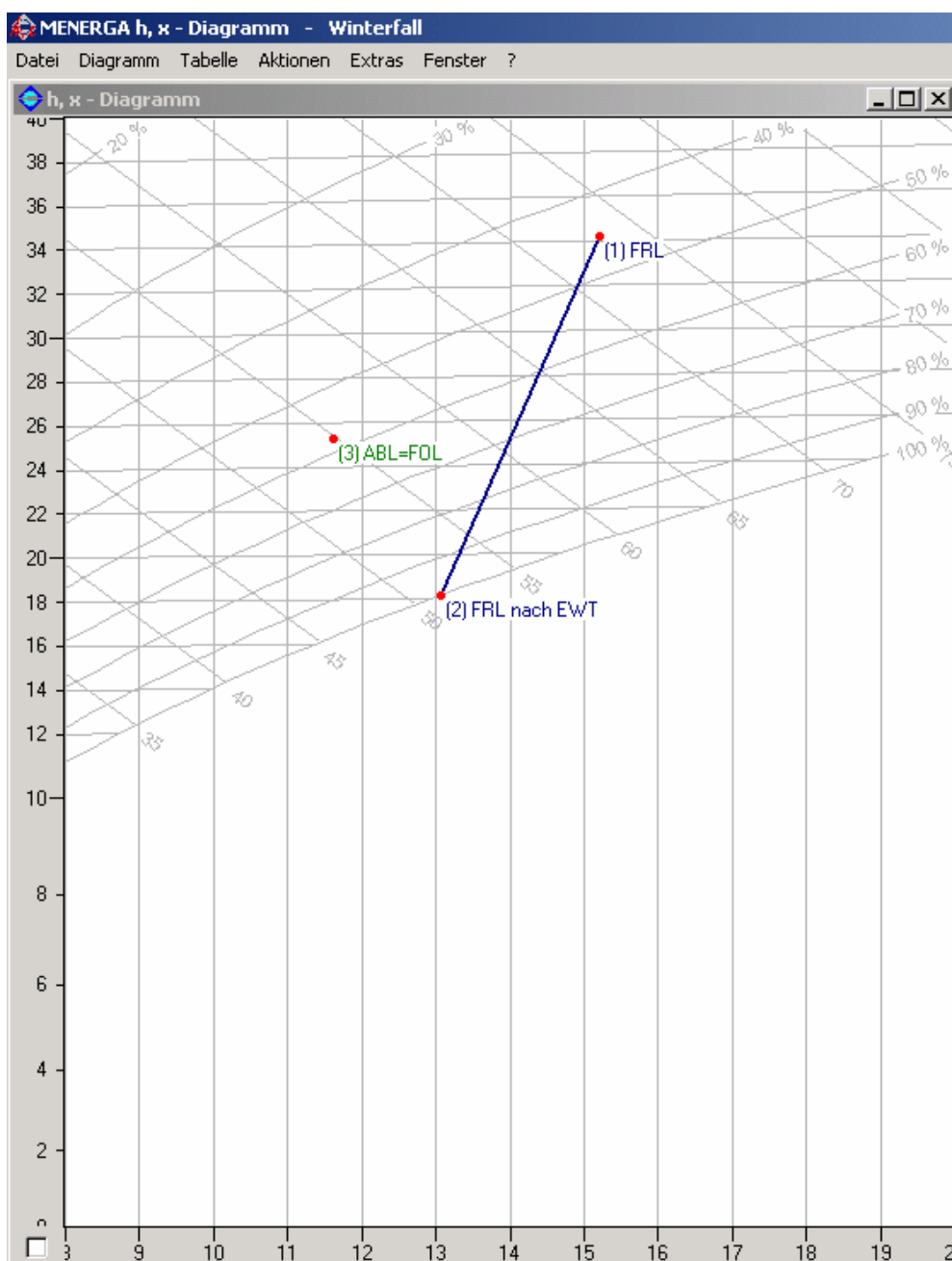


Abbildung 2.38: h-x-Diagramm für einen heißen Sommertag. Die Frischluft wird im EWT von ca. 32°C (ca. 45%r.F.) auf ca. 18°C (100 % r.F.) gekühlt. Es fällt dabei Kondensat im EWT aus (ca. 2,1 g/kg tr. Luft). Die Erwärmung durch die Ventilatorenabwärme im Gerät um ca. 1°C und die Absenkung der Luftfeuchte auf ca. 95% ist nicht dargestellt. Durch die weitere Erwärmung der Luft wird die Ablufttemperatur von 25°C (ca. 58%r.F.) erreicht. Die Abluft geht ohne Abkühlung nach außen (Sommerbypass des Lüftungsgerätes). Im Sommer kann durch gezieltes Lüften in der Nacht bzw. frühen Morgenstunden (meist geringere absolute Außenluftfeuchte als am Tag) und Einsatz eines EWT + Sommerbypass des Lüftungsgerätes eine schwüle Raumluft verhindert werden. Erfahrungsgemäß sind auch die Feuchtelasten in Wohnungen im Sommer geringer als im Winter. Lüftet man auch an sehr heißen Tagen über Fenster am Tag, erhält man annähernd die gleiche absolute Feuchte wie außen. Das würde bei der angenommenen Ablufttemperatur = Raumtemperatur eine relative Feuchte von über 70 % ergeben. (Programmquelle: Menerga).

## 2.5 Energetische Betrachtungen

Die Energieeinsparung ist neben einer verbesserten Luftqualität der zweite Hauptfaktor für die Entscheidung zum Einbau einer Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung. Wie viel Energie eingespart werden kann, hängt von vielen Randbedingungen ab.

Grundsätzlich ist zu bemerken, dass die rechnerische Energieersparnis sehr deutlich von der tatsächlichen Energieersparnis abweichen kann, da man nur von einem standardisierten Verhalten beim Fensterlüften ausgehen kann und sich gerade beim Fensterlüften deutliche Unterschiede im Nutzerverhalten ergeben.

Rein rechnerisch ergibt sich die Ersparnis aus dem tatsächlichen Luftaustausch (Luftwechselrate) und dem energetisch wirksamen Luftaustausch (Luftwechselrate).

Der energetisch wirksame Luftwechsel  $n$  ergibt sich nach folgender Gleichung: (Ö-NORM EN 832 bzw. EN 13790)

$$n = \frac{q_{V,f}}{V_N} \times (1 - \eta_v) + n_x \quad \text{(Gleichung 2.14)}$$

$= 0,4 \text{ lt. ÖNORM B 8110}$

$n$  = energetisch wirksame Luftwechselrate (1/h)

$q_v$  = Luftvolumenstrom ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$V_N$  = belüftetes Nettovolumen des Gebäudes ( $\text{m}^3$ )

$\eta_v$  = Wärmerückgewinnungsgrad (Wärmebereitstellungsgrad)

$n_x$  = Falschluftrate abhängig von der Gebäudedichtheit (wird meist mit 0,2 für ungeprüfte Gebäude, bzw. mit 0,1 für Gebäude mit Blower Door Test unter 1fachem Luftwechsel angesetzt – Blower Door Test siehe 2.6)

Wird ein Erdwärmetauscher und Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung kombiniert, ist für den Gesamtwirkungsgrad für die obige Gleichung nach der folgenden Formel zu ermitteln.

$$\eta_{VGes} = 1 - (1 - \eta_{WRG}) \times (1 - \eta_{EWT}) \quad \text{(Gleichung 2.15)}$$

$\eta_{WRG}$  = Wärmebereitstellungsgrad des Lüftungsgerätes

$\eta_{EWT}$  = Wärmebereitstellungsgrad des Erdwärmetauschers (kann Näherungsweise mit 20 - 30% angesetzt werden\*)

**Beispiel:** Lüftungsgerät mit 80% und Erdwärmetauscher mit einem mittleren Wärmebereitstellungsgrad von 20% ergibt einen gesamten Wärmebereitstellungsgrad von 84%. Die Verbesserung wird umso geringer je höher der Wärmebereitstellungsgrad des Lüftungsgerätes ist.

\*Hinweis: Der Wärmebereitstellungsgrad des EWT ist von der Außenlufttemperatur abhängig. Er beträgt ca. 50% bei Außentemperaturen um  $-16^{\circ}\text{C}$  und Vorwärmung auf  $+2^{\circ}\text{C}$  und geht bei Außentemperaturen im Bereich der Erdtemperatur (ca.  $5-8^{\circ}\text{C}$ ) gegen Null.

Aus der geringen Verbesserung des Wärmebereitstellungsgrades von 4%-Punkten (entspricht einer Verbesserung von 6,25%) wird ersichtlich, dass bei sehr guten Lüftungsgeräten die Entscheidung für den Einsatz eines Erdwärmetauschers nicht primär von der Energiesparseite, sondern aus der Perspektive der vorteilhaften Gesamtanlagenkonzeption getroffen wird (keine Vereisungsgefahr, eventuell keine Nacherwärmung notwendig, sommerlicher Kühleffekt,...).

Durch die Falschluftrate (jene Luftmenge, die nicht über den Wärmetauscher sondern durch Undichtheiten bzw. offene Türen und Fenster ausgetauscht wird) ergibt sich, dass die Energieersparnis von Wohnraumlüftungen mit Wärmerückgewinnung wesentlich von der Dichtheit des Gebäudes, bzw. dem Nutzerverhalten abhängt.

Die theoretischen Lüftungsverluste pro  $\text{m}^2$  Nettofläche betragen bei einem mittleren Klima ca. 27 kWh ohne Wärmerückgewinnung (0,4facher LW) und können bei einem Wärmebereitstellungsgrad von 80% je - nach Dichtheit des Gebäudes - auf 12 kWh/ $\text{m}^2\text{a}$  bzw. 19 kWh/ $\text{m}^2\text{a}$  gesenkt werden.

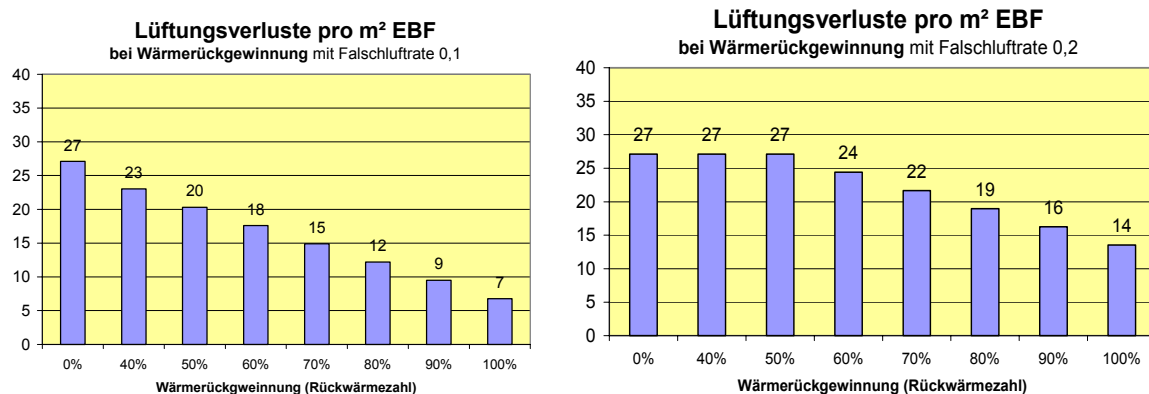


Abbildung 2.39: Rechnerischer jährlicher Heizwärmebedarf pro  $\text{m}^2$  für die Lüftung (Falschluftrate 0,1)

Abbildung 2.40: Rechnerischer jährlicher Heizwärmebedarf pro  $\text{m}^2$  für die Lüftung (Falschluftrate 0,2)

Dies ergibt eine Ersparnis von ca. 15 bzw. 8 kWh/ $\text{m}^2$  und Jahr. Umgerechnet in Öl bedeutet dies 1,5 bzw. 0,8 Liter pro  $\text{m}^2$  und Jahr (2,0 Liter bzw. 1 Liter Öl mit einem Nutzungsgrad der Heizung von 75%). Rein rechnerisch ergibt sich bei einer Falschluftrate von 0,2 bei Wärmerückgewinnungsgraden unter 50% keine Energieersparnis. Bei noch dichteren Gebäuden (Passivhausqualität) ergeben sich noch etwas höhere Einsparungen. Wird mit höheren Luftwechselraten für die Fensterlüftung gerechnet (z.B. Deutschland 0,6 bis 0,8), so ergeben sich deutlich höhere Einsparungen.

## 2.6 Gebäudeseitige Rahmenbedingung - Luftdichtheit

Eine undichte Bauausführung stellt bei jedem Gebäude einen gravierenden Qualitätsmangel dar, da sie zu erhöhten Lüftungswärmeverlusten, Zugluft, Hintergehung der Wärmedämmung und Bauschäden im undichten Bauteil (Tauwasserausfall, Schimmel) führen kann. Bei Gebäuden mit Wohnraumlüftung führt sie zudem dazu, dass die errechnete Wärmerückgewinnung nicht erreicht wird, weil die Luft teilweise nicht über den Wärmetauscher, sondern über Undichtigkeiten ausgetauscht wird.

**Luftdichte:** Darunter versteht man die Unterbindung eines unkontrollierten Luftaustausches zwischen Raum- und Außenluft. Luftdichtheitsebenen sind durchgehend ohne Unterbrechung auf der „warmen Seite“ anzubringen (Innenputz, Folien, Holzwerkstoffplatten,...) und erfüllen meist auch die Funktion der Dampfbremse.

**Winddichte:** Winddichtungen unterbinden das Eindringen von Wind in Dämmebenen bzw. Konstruktionen. Eine Hinterspülung von Dämmschichten durch Winddruck hat eine deutliche Minderung der Dämmwirkung zur Folge.

Die Anforderungen an die Luft- und Winddichte können durch eine Luftdichtheitsmessung am fertigen Gebäude nachgewiesen werden („Blower Door Test“). Dabei empfiehlt sich eine Vorprüfung bei noch sichtbarer Luftdichtheitsebene durchzuführen, um Fehler, die zu späteren Bauschäden führen können, beheben zu können. Bei dieser Messung wird mittels Ventilator ein Differenzdruck zwischen innen und außen aufgebaut, und der Volumenstrom des Ventilators, der dem Leckagevolumenstrom entspricht, gemessen.



Abbildung 2.41: Messaufbau für eine Blower Door Test (arsenal research)

Folgende Anforderungen für die Luft- und Winddichte eines modernen Gebäudes beim Blower Door Test haben sich mittlerweile etabliert:

- Gebäude mit natürlicher Lüftung (Fensterlüftung) maximal 3fach pro Stunde
- Gebäude mit Abluftanlagen maximal 1,5fach pro Stunde
- Gebäude mit Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung maximal 1fach pro Stunde
- Passivhäuser maximal 0,6fach pro Stunde

Ein 0,6facher LW bedeutet dabei, dass beim Test mit 50 Pa Druckdifferenz 0,6mal pro Stunde das Nettovolumen ausgetauscht wird.

Dazu muss jedoch erwähnt werden, dass dies nicht bedeutet, dass bei Gebäuden die diese Dichtigkeiten nicht erfüllen keine Lüftungsanlage eingebaut werden sollte, sondern dass die Erwartungen (z.B. bei der Energieersparnis) entsprechend angepasst werden müssen. Auch in einem undichten Gebäude ist es besser eine kontrollierte Wohnraumlüftungsanlage zu haben als keine.

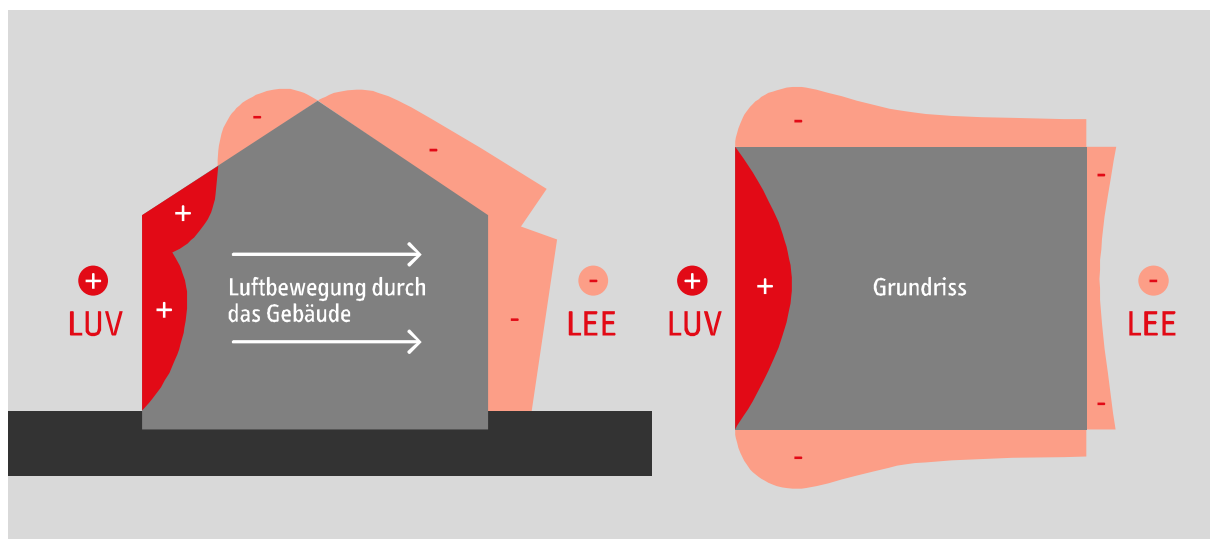


Abbildung 2.42: Druckverhältnisse aufgrund von Wind bei einem Haus (ENERGIE TIROL)

Messanordnung für Unterdruck und Messauswertung für Über- und Unterdruck:

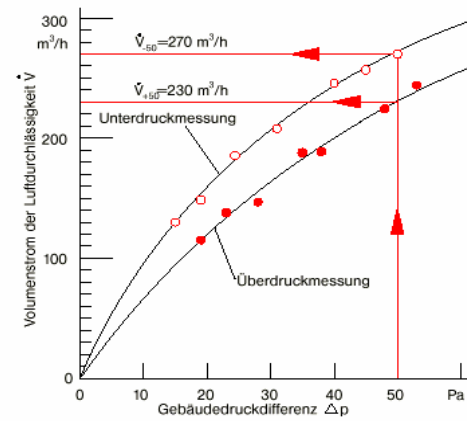
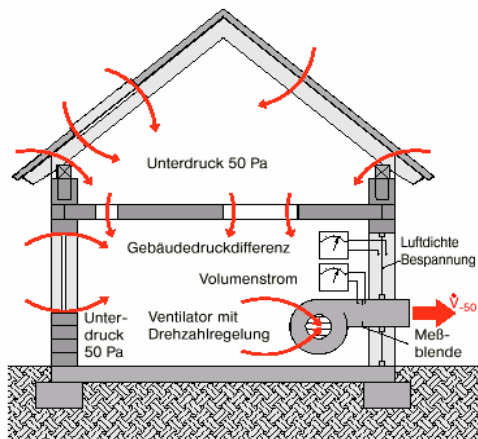


Abbildung 2.43: Schematische Darstellung des Blower Door Testes (Zeller, Luftdichtigkeit von Wohngebäuden)

Abbildung 2.44: Schematische Darstellung der Auswertung eines Blower Door Testes (Zeller, Luftdichtigkeit von Wohngebäuden)



Weitere Informationen zur Luft- und Winddichte findet man z. B. in der Broschüre Wärmebrücken, Luft- und Winddichte von ENERGIE TIROL.

Abbildung 2.45: Titelbild der Broschüre: Wärmebrücken, Luft- und Winddichte (ENERGIE TIROL)

## 2.7 Erläuterungen zu ausgewählten Anlagenbestandteilen

### 2.7.1 Luftdurchströmte Erdwärmetauscher

Das Prinzip, auf dem ein Erdwärmetauscher (EWT) basiert, ist ein sehr einfaches. EWT sind im Erdreich verlegte, luftdurchströmte Rohre, die der Lüftungsanlage vorgeschaltet sind und dabei die saisonale thermische Speicherwirkung des Erdreiches zur Luffterwärmung bzw. Luftkühlung nutzen.

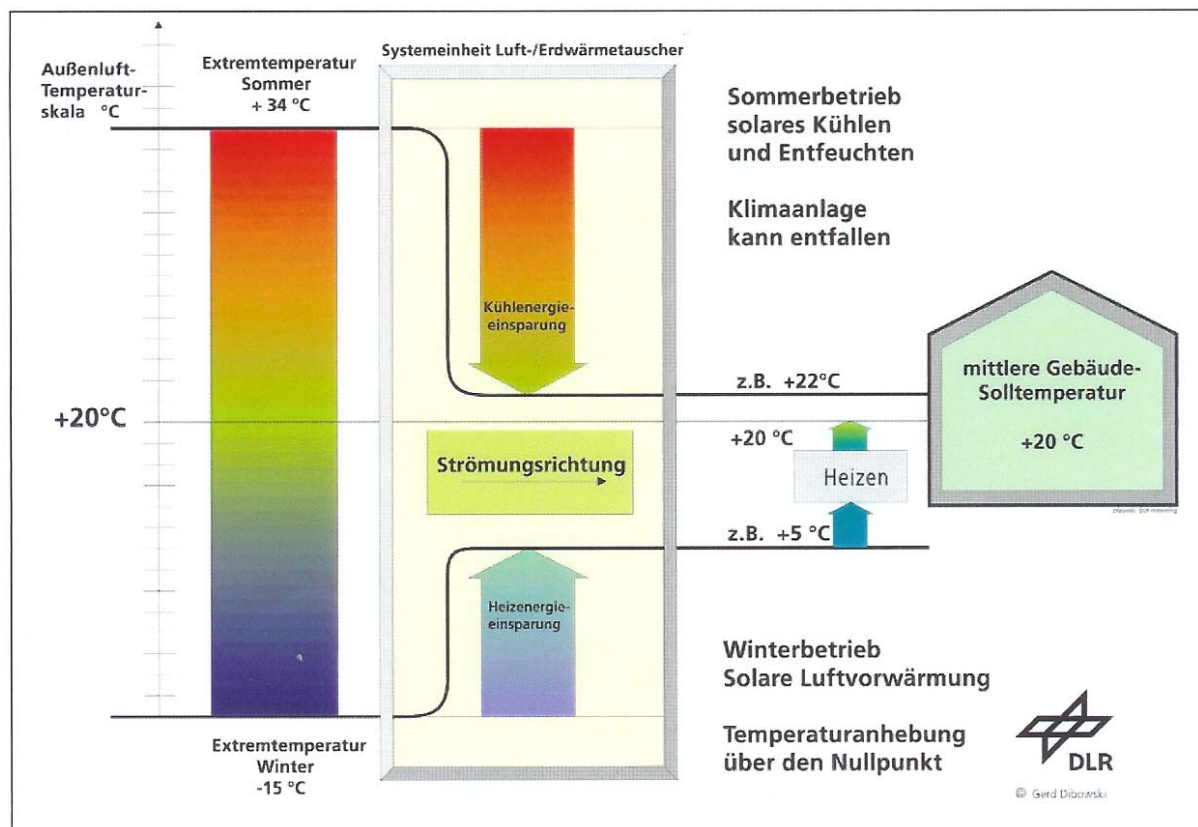


Abbildung 2.46: Wirkungsbandbreite eines Erdwärmetauschers (DLR)

**Im Winter** wird dabei die Erdwärme zur Luftvorwärmung (Energieersparnis) und als Vereisungsschutz für das Lüftungsgerät genutzt. Eine ständige Austrittstemperatur über 0°C (-2°C) ist Ziel des EWTs (die für den Vereisungsschutz minimal zulässige Temperatur ist vom Wärmetauscher abhängig – je besser der Wärmetauscher umso höher die notwendige Temperatur nach dem EWT – z.B. Gegenstromwärmetauscher (90% WRG) beginnen z.B. ab ca. -2°C Frischluft zu vereisen, Kreuzstromwärmetauscher mit lediglich 65% WRG vereisen hingegen normalerweise überhaupt nicht, da die Abluft immer über 0°C liegt und damit kein Vereisen möglich ist. Eine Vereisung findet nur abluftseitig statt, wenn die in der Abluft enthaltene Feuchte den Taupunkt erreicht und an den Wärmetauschflächen anfriert (vgl. Eisfach eines Kühlschranks).



Ein weiterer Vorteil des Erdwärmetauschers besteht in der erhöhten Zulufttemperatur aufgrund der Vorwärmung. So kann abhängig vom Wärmerückgewinnungsgrad des Lüftungsgerätes mit einem EWT meist auf eine Nacherwärmung verzichtet werden. So kommen z.B. Kombinationen von EWT und Gegenstromwärmetauscher auch bei tiefen Außentemperaturen auf Zulufttemperaturen von 17°C. (z.B. Vorwärmung durch EWT auf 0°C, ergibt bei 85% Wärmebereitstellungsgrad des Lüftungsgerätes und 20°C Ablufttemperatur eine Zulufttemperatur von ca.17°C)

Die aus dem Erdreich gewonnene Energiemenge hängt sehr stark von der allgemeinen Erdreichbeschaffenheit bzw. vom Hinterfüllungsmaterial ab. Bei einem Sandboden beträgt die aus dem Erdreich gewonnene Wärmemenge (bei 180 m³/h, Rohr 200 mm, 40 m, 1,5 m unter dem Erdreich) nach dem Berechnungsprogramm des Passivhausinstitutes ca. 920 kWh für den Zeitraum Oktober bis März (entspricht ca. 92 Liter Öl, bei 80% Jahresnutzungsgrad der Heizung entspricht dies 115 Liter Öl). Die Jahresarbeitszahl des EWT beträgt ca. 38. Dies bedeutet, dass 38mal mehr Wärme aus dem Erdreich gewonnen wurde als elektrische Energie für die zusätzliche Ventilatorleistung aufgewendet werden musste. Die Mindesttemperatur nach dem EWT von -2°C wird in diesem Beispiel gerade erreicht.

The screenshot shows the 'Erdreichwärmetauscher' software interface. The window title is 'Erdreichwärmetauscher'. The menu bar includes 'Datei', 'Datensatz', 'Wetterregion', and 'Betriebszeit ? Hilfe'. The 'Datensatz' dropdown is set to 'default', 'Wetterregion' is '9 S. Alpenvorland', and 'Betriebszeit' is 'von 01.10 bis 31.03'. The interface is divided into several sections:

- Erdreich:** Bodentyp: Sandboden; Dichte [kg/m³]: 1520; Wärmeleitfähigkeit [W/mK]: 1.24; Temperaturleitfähig. [m²/s]: 4.944e-.
- Randbedingung:** Luftvolumenstrom [m³/h]: 180; Verlegetiefe [m]: 1.5; Tiefe Grundwassersp. [m]: 30.
- Lüftungskanal:** Rohrinne Durchmesser [mm]: 200; Rohrwandstärke [mm]: 2; Rohrrauhigkeit [mm]: 1; Wärmeleitfähigkeit [W/mK]: 1.5; Länge der Einzelrohre [m]: 10.
- Ergebnisse:** min. Austrittstemperatur [°C]: -2.01; Wärmezu / abfuhr [kWh/a]: 920 -167; Netto-Wärmeabgabe [kWh/a]: 752.6; Druckverlust [Pa]: 13.4; Jahresarbeitszahl [-]: 38.61; Wärmebereitstellungsgrad [%]: 15.81.
- Berechnung:** Buttons for 'Berechnung starten' and 'Grafik anzeigen'.
- Rohrregister:** Anzahl der Rohre [-]: 4; Durchmesser Verteiler [mm]: 200; Ventilatorwirkungsgrad [%]: 15; Abstand der Rohre [m]: 1. Radio buttons for 'Durchströmung nach Tichelmann' (selected) and 'Durchströmung in Mäanderform'.

Abbildung 2.47: Ergebnis für EWT- Beispiel mit kostenlosem Berechnungsprogramm des Passivhausinstitutes

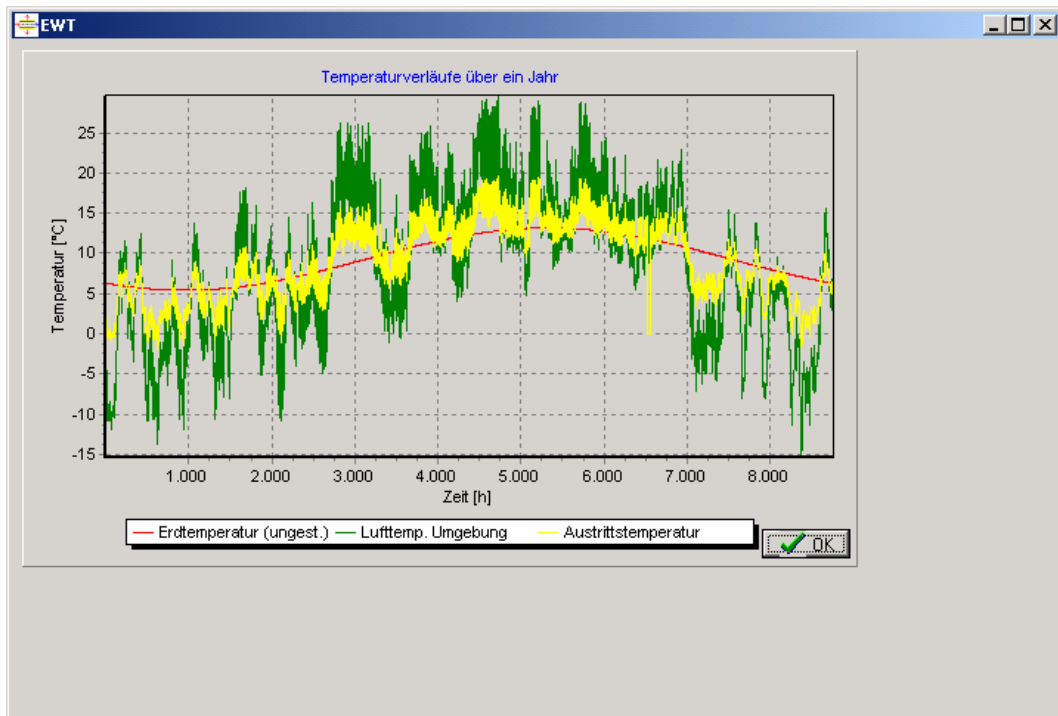


Abbildung 2.48: Temperaturgraphik über das gesamte Jahr für EWT- Beispiel mit kostenlosem Berechnungsprogramm des Passivhausinstitutes

**Im Sommer** kann das Erdreich zur leichten Abkühlung der Luft verwendet werden. Ziel ist eine Zulufttemperatur unter 20°C. Aufgrund der Abkühlung im Erdreich bildet sich je nach Außenluftbedingung und Abkühlung Kondensat im EWT. Daher muss der EWT mit einem Mindestgefälle von 1% (besser jedoch 1,5-2%) verlegt werden. An der tiefsten Stelle des EWT (meist im Haus) ist für eine fachgerechte Kondensat-ableitung zu sorgen.

Der „Kühleffekt“ des Erdwärmetauschers wird jedoch sehr oft überschätzt. Die jährliche Kühlenergie für ein typisches Einfamilienhaus bezogen auf die Außentemperatur beträgt ca. 700 kWh pro Jahr (180 m<sup>3</sup>/h, Rohr 200 mm, 40 m, 1,5 m unter dem Erdreich). Wobei nicht die gesamte Kühlenergie genutzt werden kann, da diese teilweise in die Übergangszeit fällt. Für die kritischen Monate Juni, Juli, und August liefert das obige Beispiel ca. 450 kWh Kühlenergie aus dem Erdreich. Die Temperatur nach dem EWT bleibt bei diesem Beispiel immer unter 20°C.

Als Vergleich: Ein südliches Dachflächenfenster von 1,5 m<sup>2</sup> Glasfläche bedeutet in den Monaten Juni, Juli, August ebenfalls einen Wärmeeintrag von ca. 450 kWh.

**In den Übergangszeiten** (Frühjahr, Herbst) kann der EWT-Betrieb je nach momentaner Außen- bzw. Erdreichtemperatur zu ungewünschten Heiz- bzw. Kühlenergieeinträgen führen (z.B. unerwünschte Kühlung der Luft wenn die Außenlufttemperatur im Frühjahr am Tag höher als Erdreichtemperatur ist). Effizient vermieden werden diese Einträge nur durch einen temperaturgesteuerten Bypass zur Umgehung des EWT. Bei entsprechend definierter Grenztemperaturen (meist +5 bis +8°C als Grenze bei Heizbetrieb bzw. +15 bis +18°C als Grenze beim Kühlbetrieb) wird dann zwischen Direktansaugung und Ansaugung über den EWT umgeschaltet. Aus energetischer Sicht ist die Installation eines EWT-Bypasses jedoch nur sinnvoll, wenn die Bypassklappe auch wirklich dicht schließt. Sonst vermindert die Falschluff (insbesondere in kalten Wintertagen bzw. im Hochsommer) die Wirkung des EWT und der finanzielle Mehraufwand (Motorklappe, Steuerung,...) ist dann keinesfalls gerechtfertigt. Händische Systeme sind nicht zu empfehlen, da in der Übergangszeit, aber auch im Sommer bzw. milden Wintertagen teilweise eine tägliche Umschaltung (Tag/Nach) notwendig ist.

Der Bypass stellt eine Zusatzinvestition und auch eine mögliche zusätzliche Fehlerquelle (Klappe defekt, Steuerung falsch eingestellt, ...) dar, sodass meist darauf verzichtet wird.

### **Weitere Qualitätsmerkmale eines EWT:**

**Rohrmaterial:** Unbedenkliche Materialien (z.B. PE (Polyethylen,  $\lambda = 0,35 \text{ W/mK}$ ), PP (Polypropylen,  $\lambda = 0,22 \text{ W/mK}$ )), verwenden bzw. Vermeidung von PVC (Polyvinylchlorid,  $\lambda = 0,16 \text{ W/mK}$ ) aus ökologischen Gründen. Mittlerweile sind auch spezielle Kunststoffrohre für Erdwärmetauscher erhältlich. Z.B dünnes PP-Rohr mit einer besonders hohen Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda = 0,51 \text{ W/mK}$ ) und Bruchfestigkeit durch eine eingeschlossene Schicht aus Magnesium-Silikat. Das Rohr sollte möglichst dünn (Wärmeleitung), innen glatt sein und bei den Stößen eine weitgehend ungehinderte Weiterleitung des Kondensates ermöglichen. Rohre mit systematischen Lufteinschlüssen sollten nicht verwendet werden (geringere Wärmeleitfähigkeit). Rohrschläuche haben zwar den Vorteil, dass sie mit wenigen bzw. ohne Stöße verlegt werden können, jedoch ist eine gerade Verlegung mit kontinuierlichem Gefälle nur sehr schwer zu realisieren. EWT aus Betonrohren ( $\lambda = 2,0 \text{ W/mK}$ ) haben zwar eine sehr gute Wärmeleitfähigkeit, sie sind aber aufgrund ihrer rauen Innenoberfläche (Reinigung, Strömungswiderstand), mangelhaften Dichtigkeit gegenüber Wassereintritt von außen (Verbindungsstellen, Rohrbruch durch Setzungen), Undichtheit gegenüber Radon, nur in Ausnahmefällen zu empfehlen.

### **Verlegetiefe:**

Je größer die Verlegetiefe ist, umso günstigere Temperaturniveaus herrschen im Erdreich für den EWT Betrieb. Das beste Kosten / Nutzen -Verhältnis wird, je nach den Verhältnissen des konkreten Bauvorhabens, bei Tiefen zwischen 1,5 und 2,0 m erreicht. In Ausnahmefällen und bei Hanglagen kann das Optimum auch deutlich tiefer liegen. Die Mindesttiefe sollte 1,2 Meter betragen.

**EWT-Länge:** Der Richtwert für den Einfamilienhausbereich liegt zwischen 30 und 40 Meter je Strang (Achtung: Tichelmannverlegung von 2 Strängen je 20 Meter erfüllt Frostschutzfunktion normalerweise nicht). Das Optimum kann mit verschiedenen Programmen (z.B. Freeware vom Passivhausinstitut [www.passivhaus-institut.de](http://www.passivhaus-institut.de), bzw. das kostenpflichtige Auslegungsprogramm GAEA der Universität Siegen [www.uni-siegen.de](http://www.uni-siegen.de)) ermittelt werden. Zu kurze EWT bedeuten keinen ausreichenden Vereisungsschutz und zu lange EWT bedingen zu große Druckverluste bzw. Kosten.

**Verlegeart:** Einrohrverlegung (Einfamilienhaus) oder Register im Tichelmannsystem (bei großen Luftmengen – z.B. Mehrfamilienwohnhaus) für gleichmäßige Rohrdurchströmung. Die Rohre sollten dabei einen Mindestabstand von 0,75m haben. Befindet sich das Register unter einer Bodenplatte ist aufgrund der geringeren Regeneration ein Mindestabstand von 1,5 m vorzusehen.

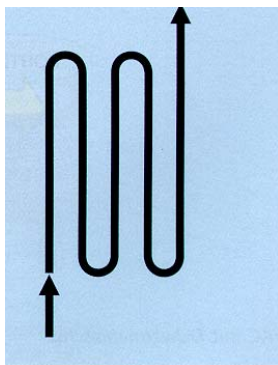


Abbildung 2.49: EWT - Einrohrsystem

Bei der Tichelmannverschaltung auf der rechten Seite ergeben sich für jeden Strang gleiche Rohrlängen. Laut Planungshandbuch (Lit. 2, Seite 89) für EWT bedeutet diese Verschaltungsart bei Luftsystemen, aufgrund der höheren Stoßdruckverluste jedoch keine gleichmäßigere Durchströmung als bei „Nicht Tichelmannverschaltungen“.

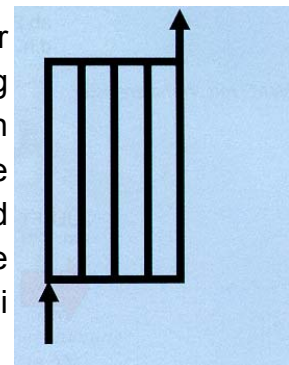


Abbildung 2.50: Rohrregister in Tichelmannverschaltung

**EWT-Durchmesser:** in Abhängigkeit des Volumenstroms, maximale Luftgeschwindigkeit sollte 1,5 m/s betragen. Dies bedeutet zumindest DN 200 für ein Einfamilienhaus (170 m<sup>3</sup>/h).

### **Geringer Druckverlust:**

Die Druckverluste im EWT sollten möglichst niedrig gehalten werden. Dies ist durch die Anforderungen glattes Rohr und geringe Luftgeschwindigkeit indirekt schon definiert worden. In der Praxis ergibt sich bei einer Länge von 30 bis 40 Metern und einer max. Luftgeschwindigkeit von 1,5 m/s ein Druckverlust von ca. 10 - 20 Pa.

### Hygienische Anmerkungen: (Flückiger, 1997)

Die mikrobielle Zusammensetzung der Zuluft und der Luft nach dem EWT wurde im Vergleich zur Außenluft vom Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie in Zürich untersucht. Bei den untersuchten Objekten handelte es sich um Einfamilienhäuser (EFH), Mehrfamilienhäuser (MFH), Schulen und Bürogebäude, welche mit Zementrohren, Kunststoff (PE, PVC) als Verlegmaterial ausgeführt sind.

Der Jahresverlauf der Keimbelastung zeigt eine saisonale Abhängigkeit in der Außenluft. Die Pilzsporenkonzentration liegt im Winter sehr tief und erreicht im Sommer ihr Maximum. Die Bakterienkeime lagen im Sommer niedriger als in den Übergangszeiten. Die Pilzkonzentration nimmt im EWT deutlich ab. Auch bei den Bakterien ist generell eine Abnahme im Erdregister festzustellen. Das Erdregister verringert nach dieser Studie sogar die Belastung an Pilzen und Bakterien durch Sedimentation.

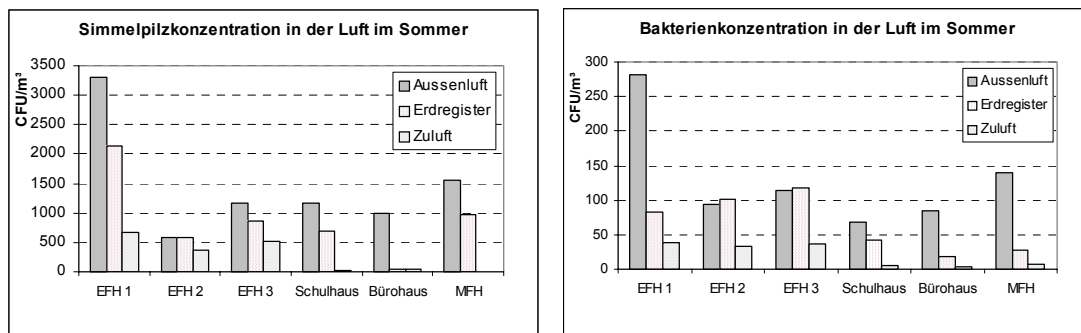


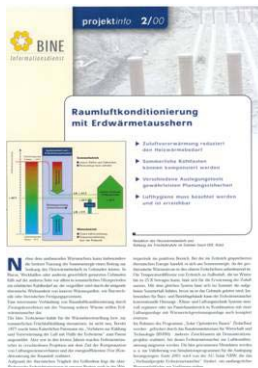
Abbildung 2.51: Schimmelpilz- und Bakterienkonzentration in der Außenluft, im EWT und in der Zuluft der im Sommer untersuchten Anlagen in CFU/m<sup>3</sup>. (CFU=Colony forming unit oder keimbildende Einheit), (Flückiger, 1997)

Deutliche Unterschiede haben sich auch bei EFH und größeren Anlagen durch die Konstruktionsweise ergeben. In Querschächten, wo die Luft nur sehr langsam strömt wird die Sedimentation der Luftkeime begünstigt.

Der Einfluss des Filters war bei der Bakterienkonzentration weniger deutlich zu erkennen als bei der Pilzkonzentration. Diese nimmt beim Feinstaubfilter um 80-100% ab, beim Grobfilter nur um 40-80%. Die Bakterien hingegen reduzieren sich um 50-100% bzw. 0-80%. Die relative Luftfeuchtigkeit hat ebenfalls einen Einfluss.

Nach der Studie von Flückiger ist der Einsatz von EWTs aus lufthygienischer Sicht bedenkenlos. Die richtige Konstruktion, die Wahl des Rohrmaterials und besonders der Filter sind aber trotzdem gewissenhaft zu überlegen.

*„Bei regelmäßigen Kontrollen und der Möglichkeit bei Bedarf eine geeignete Reinigung durchzuführen, sollte so ein lufthygienisch einwandfreier Betrieb über Jahre gewährleistet sein.“* (Flückiger, 1997)



Weitere Informationen zur Auslegung von Erdwärmetauschern finden sie in der Kurzfassung des Forschungsberichtes: Luft-Erdwärmetauscher der Arbeitsgemeinschaft Solar NRW: Teil1, bzw. sehr gekürzt im BINE Projektinfo 2/00: Raumluftkonditionierung mit Erdwärmetauschern [www.bine.de](http://www.bine.de)

Abbildung 2.52: Titelbild des BINE-Projektinfo 2/00 (BINE)



Für Großanlagen finden sie weitere Vertiefungen im „Handbuch zur Planung und Ausführung - Luftdurchströmte Erdreichwärmetauscher“ (AEE INTEC, 2001). [www.aee.at](http://www.aee.at)

Abbildung 2.53: Titelbild „Handbuch – Luftdurchströmte Erdreichwärmetauscher (AEE INTEC)

**Sole – Erdwärmetauscher:** Teilweise werden auch EWT-Systeme auf Solebasis verwirklicht (Eigener Solekreislauf - analog zu einer Wärmepumpe), welche die Funktion eines luftdurchströmten EWT ersetzen. Dies ist speziell in radonbelasteten Gebieten von besonderem Interesse. Weitere Informationen: [www.sole-ewt.de](http://www.sole-ewt.de)



Abbildung 2.54: Verlegung Sole-EWT (NEI-Detmold)

Abbildung 2.55: Einbindung eines Sole-EWT (NEI-Detmold) Das Bild zeigt eine noch nicht ganz fertige Installation. Auf ihm fehlen noch die dampfdichte Wärmedämmung der kalten Sole- und Luftleitungen, der Kondensatablauf mit Siphon und die Pumpenregelung.

## 2.7.2 Filter – Filterqualität

Filter sind ein wesentlicher und notwendiger Bestandteil von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung. Sie dienen zum einen dazu den Eintrag von Stäuben, Pollen Ruß etc. bei der Zuluft zu reduzieren und andererseits sollten sie den Wärmetauscher bzw. die Rohrleitungen vor Verschmutzungen schützen (Zu- und Abluft). Daraus ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an die Qualität der Filter.

### Hinweis: Filterqualität in den Normen:

- Vornorm H 6038: Luftfilter F6
- DIN EN 779: im Zuluftstrang F5 im Abluftstrang G4

G = Grobfilter F = Feinfilter

Für die Luftfilterung vor dem EWT gibt es keine entsprechenden Vorgaben. Eine Filterung zum Schutz vor Staubeintrag wird aber empfohlen.

Wesentlicher Aspekt bei der Filterwahl ist der notwendige Abscheidegrad für einzelne Partikel (Filterqualität z.B. G4 oder F6) und der zulässige Druckverlust (Filterart: z.B. Filtermatte, Taschenfilter,..). D.h. einfach den feinsten Filter zu wählen bedeutet unnötig hohe Druckverluste und unnötig hohe Filterkosten. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht der Abscheidegrade.

Tabelle 2.4 Abscheidegrade nach Partikelgröße und Filterklasse (nach DIN EN 779 - Filter im unbebauten, sauberen Zustand)

<b>Abscheidegrade in %</b>							
<b>Filter- klasse</b>	<b>Partikelgröße (µm)</b>						
	<b>0,1</b>	<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
G 1	-	-	-	-	0 - 5	5 - 15	40 - 50
G 2	-	-	-	0 - 5	5 - 15	15 - 35	50 - 70
G 3	-	-	0 - 5	5 - 15	15 - 35	35 - 70	70 - 85
G 4	-	0 - 5	5 - 15	15 - 35	30 - 55	60 - 90	85 - 98
F 5	0 - 10	5 - 15	15 - 30	30 - 50	70 - 90	90 - 99	> 98
F 6	5 - 15	10 - 25	20 - 40	50 - 65	85 - 95	95 - 99	> 99
F 7	25 - 35	45 - 60	60 - 75	85 - 95	> 98	> 99	> 99
F 8	35 - 45	65 - 75	80 - 90	95 - 98	> 99	> 99	> 99
F 9	45 - 60	75 - 85	90 - 95	> 98	> 99	> 99	> 99



Um auch eine Vorstellung davon zu bekommen, welche Verschmutzung welche Partikelgröße darstellt, dient das folgende Bild. Es sind zudem die unterschiedlichen Abscheidegrade für die Filter F6 bzw. F8 eingetragen.

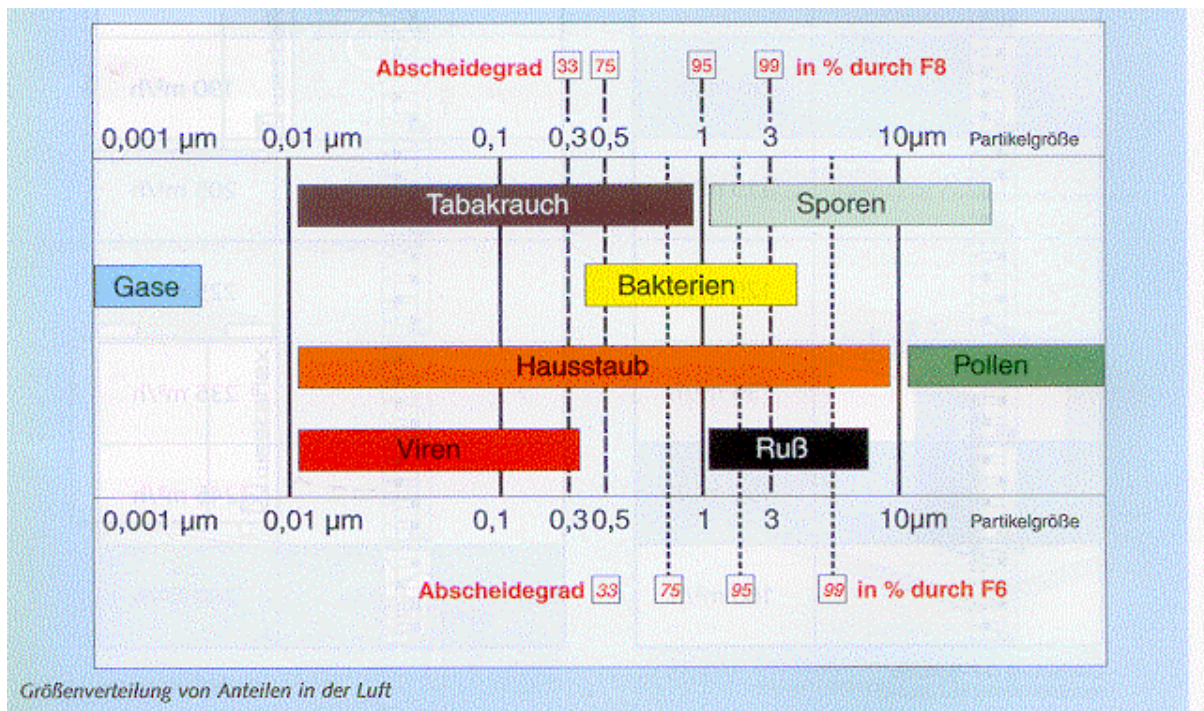


Abbildung 2.56: Partikelgröße von Verschmutzungsquellen und Abscheidegrade für F6 bzw. F8 (Fa. Westaflex)

Tabelle 2.5 Abscheidegrade verschiedener Filter bei Pollen bzw. Sporen (nach DIN EN 779)

Filtertyp	Pollen	Sporen
Grobfilter G3	ca. 40%	ca. 30%
Grobfilter G4	ca. 60%	ca. 50%
Feinfilter F6	ca. 100%	ca. 65%

Fast 100% Abscheidegrad für Pollen ist schon mit einem Filter F6 möglich. Für die deutlich kleineren Sporen erreicht auch ein F8 Filter nur einen Abscheidegrad von ca. 90%. Ruß kann von einem F6 Filter zu ca. 95% herausgefiltert werden.



### Unterschiedliche Filterarten im Wohnraumlüftungsbereich:

Ziel ist es eine möglichst große Oberfläche zu erreichen, um den Druckverlust gering zu halten und eine möglichst lange Standzeit (Zeit bis zum nächsten Wechsel) zu erreichen. Bei den Filtern werden in der Wohnraumlüftungstechnik meist folgende Bauarten eingesetzt.



**Filtermatten:** Diese kostengünstigen Filter bedeuten in der Praxis meist einen etwas höheren Druckverlust bzw. geringe Standzeiten aufgrund der durch das Gerät bzw. den Kanal beschränkten Größe. Sie werden daher meist nur im Grobfilterbereich (bis G4) eingesetzt.

Abbildung 2.57: Filtermatte (Fa. Uttlinger)

**Ringfilter:** Insbesondere bei frei stehenden Ansaughauben werden diese Filter eingesetzt. Durch die große Oberfläche über den Umfang bzw. die Länge des Filters lässt sich ein geringer Druckverlust erreichen.



Abbildung 2.58: Ringfilter (Fa. MHP)



**Filterzellen:** Durch Falten des Filtergewebes ergibt sich eine deutlich größere Oberfläche. Sie werden daher meist im Feinfilterbereich eingesetzt.

Abbildung 2.59: Filterzellen (Fa. Uttlinger)

**Taschenfilter:** Sie haben aufgrund der Taschenform den geringsten Druckverlust. Sie werden daher ebenfalls vor allem im Feinfilterbereich eingesetzt.

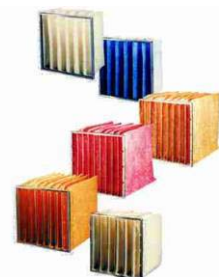


Abbildung 2.60: Taschenfilter (Fa. Uttlinger)

### 2.7.3 Schalldämpfer

Schalldämpfer sind zum einen notwendig, um den im Lüftungsgerät entstehenden Schall entsprechend zu dämpfen (Geräteschalldämpfer) andererseits werden sie benötigt, um die Schallausbreitung zwischen einzelnen Räumen zu verhindern (Telefonieschalldämpfer). Geräteschalldämpfer sind normalerweise bei jeder Anlage notwendig, Telefonieschalldämpfer nur bei kurzen Leitungswegen zwischen zwei Räumen. D.h. bei einer Sternverrohrung („Spagettiverrohrung“) werden meist keine Telefonieschalldämpfer benötigt, da die Dämpfung des Kanalnetzes durch eine innen gedämpfte zentrale Verteilbox bewerkstelligt werden kann.

Da jedes Lüftungsgerät den Schall in einem anderen typischen Frequenzbereich abgibt und verschiedene Schalldämpfer in verschiedenen Frequenzbereichen besser bzw. schlechter dämpfen, sollte auf jeden Fall ein abgestimmtes System verwendet werden. Ebenso gilt dies für das Zusammenspiel Kanaleigendämpfung und Telefonieschalldämpfer.

Insbesondere bei der Schallproblematik bringen aufeinander abgestimmte Systemkomponenten von einem einzigen Systemanbieter (Gerät, Schalldämpfer, Lüftungskanäle, Ventile) deutliche Vorteile gegenüber einer eigenen Zusammenstellung der einzelnen Komponenten, da für die richtige schalltechnische Auswahl aufwändige Messungen notwendig sind.

Das Anbringen von Schalldämpfern direkt nach Verwirbelungen (z.B. Bögen) bzw. die Verwendung von gekrümmten Schalldämpfern (anstatt von geraden) kann die Dämpfung zusätzlich unterstützen.



Abbildung 2.61: Flexibler bzw. starrer Rohrschalldämpfer (Fa. Flashback)

## **2.8 Luftmengen bei Wohnraumlüftungsanlagen**

Der richtigen Luftmengenauslegung kommt eine sehr wichtige Bedeutung bei der Auslegung von Wohnraumlüftungen zu. Eine zu geringe Frischluftmenge bedeutet eine ungenügende Raumlufthqualität und es müsste auch bei normalen Verhältnissen zusätzlich mit dem Fenster gelüftet werden. Eine zu große Frischluftmenge würde hingegen die Luftfeuchtigkeit zu stark absinken lassen, die Rohrquerschnitte unnötig erhöhen und die Energieeinsparung ginge verloren. Grundsätzlich hat die Fensterlüftung dieselbe Luftmengenproblematik. Einen vernünftigen Kompromiss bekommt man durch die Kombination von unterschiedlichen Auslegungsbetrachtungen. Eine entsprechende Erläuterung sowie die zugehörigen Normvorgaben folgen in diesem Kapitel.

### **2.8.1 Kriterien der Luftmengendimensionierung**

Unter der Voraussetzung, dass die Außenluftqualität gut ist und die Emissionen gesundheitlich bedenklicher Stoffe in den Innenräumen minimiert wurden, können die notwendigen Volumenströme in Wohnungen bzw. Räumen durch eine Kombination von drei unterschiedlichen Betrachtungsweisen festgelegt werden:

1. Bestimmung nach der Mindest-Zuluftmenge je Person ( $\text{CO}_2$  ist der bestimmende Parameter)
2. Bestimmung nach dem Mindest-Abluftvolumenstrom (der Feuchtegehalt der Luft ist der bestimmende Parameter)
3. Bestimmung nach dem stündlichen Mindestluftwechsel des Raumes bzw. der Wohnung (das Raumvolumen ist der bestimmende Parameter)

Schlussendlich wird für die Auslegung des Lüftungsgerätes der größte Mindest-Volumenstrom aus den obigen drei Methoden als Betriebs-Volumenstrom herangezogen. Die Heranziehung von nur einem Kriterium führt zu falschen Lösungen.

Sind zusätzliche größere Geruchsbelastungen zu berücksichtigen, können diese über die individuelle Bewertung der Stärke einer Geruchsquelle (olf) berücksichtigt werden.

### **2.8.1.1 Bestimmung nach der erforderlichen Zuluftmenge je Person**

Schon Pettenkofer (1819-1901) sagte: *„Die wesentlichen Ausscheidungen unserer Lunge und Haut sind Kohlensäure und Wasserdampf. Gleichzeitig geht eine geringe Menge flüchtiger organischer Stoffe in die Luft über, die sich durch den Geruch bemerkbar machen und sich zur Menge des ausgeschiedenen CO<sub>2</sub>'s proportional verhalten.“* Daher kann der CO<sub>2</sub>-Gehalt als Maßstab für die Luftverunreinigungen dienen. Dies gilt auch in den heutigen, aktuellen Regelwerken, nach denen sich Personen in Räumen mit CO<sub>2</sub>-Konzentrationen unter 0,07 Vol% normalerweise behaglich und über 0,2 Vol% sicher unbehaglich fühlen. Als Grenzwerte für die Behaglichkeit werden oft auch 0,1 bzw. 0,15 Vol% CO<sub>2</sub> angegeben. Für Wohn- und Schlafräume sollte der Wert von 0,07 Vol% möglichst unterschritten werden.

Legt man eine Außenluftkonzentration von 0,036 Vol% CO<sub>2</sub> zugrunde, ist eine Außenluftfrate von ca. 30 m<sup>3</sup>/(h Pers.) ausreichend, um die CO<sub>2</sub>-Konzentration im Innenraum auf 0,1 Vol% zu beschränken. Dies gilt jedoch genaugenommen nur bei optimaler Raumdurchströmung. Dass es mit der Faustformel „30 m<sup>3</sup>/Person“ dennoch meist gelingt diesen CO<sub>2</sub>-Wert einzuhalten, liegt daran, dass Wohngebäude bzw. einzelne Räume nicht dauernd voll belegt sind bzw. durch Undichtigkeiten und geöffnete Türen auch noch ein gewisser Luftwechsel stattfindet.

#### ***Normvorgabe für Zuluftvolumenströme:***

Gemäß Vornorm H 6038 sind als Mindest-Zuluftvolumenstrom 30 m<sup>3</sup>/h je Person, anzusetzen. Ebenfalls 30 m<sup>3</sup>/h je Person findet man in der DIN 1946-6 bzw. in den Empfehlungen von Energie-Schweiz.

Für einzelne Räume wird daraus mit der zu erwartenden durchschnittlichen Personenzahl der notwendige Zuluftvolumenstrom ermittelt. Z. B. Schlafzimmer mit zwei Personen entspricht 60 m<sup>3</sup>/h Zuluft.

### 2.8.1.2 Bestimmung nach dem erforderlichen Abluftvolumenstrom

Die Schwankungen der Raumluftfeuchte zwischen 30 und 70% relativer Feuchte (r.H.) werden im Temperaturbereich von 18 - 23°C vom Menschen nur sehr eingeschränkt wahrgenommen und haben in diesem Bereich praktisch keine Auswirkung. Die Raumluftfeuchte sollte durch kontrolliertes Lüften idealerweise in einem Bereich von 35 - 55% r.F. (Bauphysikalische Gründe sprechen für maximal 55%, physiologische Gründe für mindestens 35%) gehalten werden. Die Höhe der anfallenden Feuchtelasten hängt im wesentlichen von der Anzahl sowie dem Verhalten der Bewohner ab. Bei einem 4-Personen-Haushalt können pro Tag etwa 8-15 kg Wasserdampf entstehen. In manchen Haushalten liegen die Feuchtelasten auch deutlich darunter, was vor allem durch andere Lebensgewohnheiten bedingt ist (Kondensat-Wäschetrockner, geringe Anwesenheit, kaum längere Kochvorgänge, keine Zimmerpflanzen).

Tabelle 2.6 Zusammenstellung verschiedener Feuchteinträge (Zusammenstellung: Wehinger, 2002)

<b>Mensch</b>	Leichte Aktivität	30-60 g/h
	Mittelschwere Arbeit	120-200 g/h
	Schwere Arbeit	200-300 g/h
<b>Bad</b>	Wannenbad	700 g/h
	Duschen	2600 g/h
<b>Küche</b>	Koch- und Arbeitsvorgänge	600 -1500 g/h
	Im Tagesmittel	2600 g
<b>Zimmerblumen z.B. Veilchen (Viola)</b>		5-10 g/h
<b>Topfpflanzen z.B. Farn</b>		7-15 g/h
<b>Mittelgroßer Gummibaum</b>		10-20 g/h
<b>Wasserpflanzen z.B. Seerose</b>		6-8 g/h
<b>Jungbäume (z.B. Buche (2-3m))</b>		2-4 kg/h
<b>Freie Wasserfläche pro m<sup>2</sup></b>		200-300 g/h
<b>Trocknende Wäsche</b>	geschleudert	50-200 g/h
	tropfnass	100-500 g/h

**Normvorgaben für Abluftvolumenströme in Wohnungen:**

Die Vornorm ÖNORM H 6038 gibt, für den notwendigen Feuchteabtransport einen mindest erforderlichen Abluftvolumenstrom für einzelne Räume vor:

Tabelle 2.7 Mindest-Abluftvolumenströme bei Dauerlüftung (nach Vornorm ÖN H 6038, 2002)

Raumart	Mindest-Abluftvolumenstrom (raumbezogen) in m <sup>3</sup> /h
Bad ( auch mit WC)	40
WC-Raum	20
Abstellraum(wenn entlüftet)	20
Kochnische	40
Küche (Grundlüftung)	40

Die VDI-Richtlinie bzw. die DIN 1946-6 liegt bei den Mindestablufmengen tendenziell höher als in der ÖNORM H 6038:

Tabelle 2.8 Mindest-Abluftvolumenströme bei Dauerlüftung (nach VDI 2088 bzw. DIN 1946-6)

Raumart	Mindest-Abluftvolumenstrom (raumbezogen) in m <sup>3</sup> /h
Bad ( auch mit WC)	60
WC-Raum	30
Küche (< 50m <sup>2</sup> )	80
Küche (< 8m <sup>2</sup> )	60

In den Dimensionierungshinweisen der Energie-Schweiz liegen in die Mindestluftmengen tendenziell niedriger als in der ÖNORM H 6038:

Tabelle 2.9 Mindest-Abluftvolumenströme bei Dauerlüftung (nach Energie-Schweiz)

Raumart	Mindest-Abluftvolumenstrom (raumbezogen) in m <sup>3</sup> /h
Bad ( auch mit WC)	40
WC-Raum	20
Abstellraum(wenn entlüftet)	20
Küche (< 50m <sup>2</sup> )	30
Küche (> 50m <sup>2</sup> )	40

### 2.8.1.3 Bestimmung nach dem stündlichen Luftwechsel

Bei einer nach CO<sub>2</sub>-Maßstab bzw. Feuchte-Maßstab berechneten Zuluft- bzw. Abluftmenge fließt die Raum- bzw. Gebäudegröße nicht mit ein. Um aber auch die normalen Ausdünstungen einzelner Stoffe (Teppiche, Möbel, Tapeten,...) sowie die in den Stoffen gepufferten Belastungen (z.B. Feuchte, Gerüche, Tabakrauch,...) abzuführen, ist ein gewisser Mindestluftwechsel, abhängig von der Gebäudegröße, notwendig, auch wenn die Wohnung nicht benützt wird.

D.h. durch die Wohnungsgröße wird einerseits die Luftmenge für die Abwesenheitsstufe bestimmt und andererseits dient diese als Gesamtkontrolle der Auslegung. Im Normalfall sind die Luftmengen aus der Feuchte- und CO<sub>2</sub>-Bedingung größer als die Luftmenge aus der Raumgröße. Nur bei sehr großzügigen Raumverhältnissen wird diese Luftmenge die bestimmende Größe werden.

Auslegungskriterien sind oft auf diese Luftwechselraten pro Volumen bezogen. Der erforderliche Luftwechsel wird als Richtwert meist zwischen 0,3 bis 0,8 h<sup>-1</sup> angegeben. Als Auslegungskriterium ist dieser mittlere Luftwechsel jedoch unzureichend. Einzelne Räume müssen nach dem Feuchte bzw. CO<sub>2</sub> –Kriterium ausgelegt werden. Ergibt sich aus der Größe der Wohnung ein Luftwechsel unter 0,3 h<sup>-1</sup>, so sollte dieser abhängig von der Ausstattung (z.B. Teppiche, Stein oder Holzboden) über die Vergleichseinheit „olf“ nochmals überprüft werden.

Bei einer ordnungsgemäßen Auslegung von Wohnungslüftungsanlagen nach Feuchte- und CO<sub>2</sub>-Kriterium ergeben sich bei durchschnittlichen Wohnungsgrößen aus den CO<sub>2</sub>- bzw. Feuchtebedingungen meist Gesamtlüftungswechselraten von 0,3 bis 0,6 h<sup>-1</sup> (je nach Wohnungsgröße).

#### **Normvorgaben:**

Bei der nachfolgenden Aufstellung von Mindestluftwechseln in Wohnungen muss beachtet werden, dass diese Luftwechsel (Ausnahme: ÖNORM H 6038) an sich nicht für die Dimensionierung von Lüftungsanlagen gedacht sind, sondern nur dazu dienen den Lüftungswärmeverlust von Wohngebäuden abzuschätzen.

Tabelle 2.10: Mindestluftwechselzahlen für Wohnungen

VORÖNORM H 6038	$n_L = 0,5 \text{ h}^{-1}$	(bezogen auf das Nettovolumen)
ÖNORM 8110	$n_L = 0,4 \text{ h}^{-1}$	(bezogen auf das Nettovolumen)
ÖNORM 7500	$n_L = 0,5 \text{ h}^{-1}$	(bezogen auf das Nettovolumen)
DIN 4701	$n_L = 0,5 \text{ h}^{-1}$	(bezogen auf das Nettovolumen)
SIA 380-1	$n_L = 0,4 - 0,8 \text{ h}^{-1}$	(bezogen auf das Nettovolumen)
EnEV (DIN 4108)	$n_L = 0,6 - 0,7 \text{ h}^{-1}$	(bezogen auf das Nettovolumen)

## **2.9 Einfluss der gewählten Lüftungsstrategie auf die Auslegung**

Ausgehend von der im vorigen Kapitel erläuterten Luftmengenbestimmung für einzelne Räume (CO<sub>2</sub> bzw. Feuchtebedingung) ergibt sich je nach Lüftungsstrategie ein unterschiedlicher Gesamtluftwechsel für die Wohnung.

### **2.9.1.1 Raumweise oder wohnungsweise Lüftungsstrategie**

Wäre die Strategie jeden Raum mit einer Zuluft- und einer Abluftöffnung zu versehen d.h. jeder Raum ist einzeln belüftet, so würden sich sehr hohe Gesamtluftwechsel ergeben und es insgesamt zu einer zu niedrigen Luftfeuchte kommen. Zudem wird die Lüftungsanlage größer und komplizierter. Man wird diese Strategie daher auf einzelne besondere Räume beschränken (z.B. Raucherzimmer).

Bei der zumeist gewählten Strategie in Österreich, dass die Wohnung in Zuluftbereiche (Wohnzimmer, Kinderzimmer, Schlafzimmer,...) Überströmbereiche (Flure) und Abluftbereiche (Küche, Bad, WC,...) eingeteilt wird, ergeben sich geringere Gesamtvolumenströme und wesentlich einfachere Verrohrungen. Zudem wird dadurch die zu weite Absenkung der Luftfeuchte verhindert. Insbesondere in der Schweiz wird zur weiteren Luftmengenreduktion teilweise sogar das Wohnzimmer als Überströmraum (vom Elternschlafzimmer) betrachtet, weil man sich im Elternschlafzimmer und Wohnzimmer normalerweise nicht gleichzeitig aufhält.

### **2.9.1.2 Strategie mit variablen Volumenströmen in einzelnen Räumen**

Werden Klappen eingesetzt, um z.B. die Zuluft zu bestimmten Zeiten eher dem Wohnraum und zu bestimmten Zeiten eher dem Schlafrum zuzuführen, kann die Gesamtluftmenge ebenfalls reduziert werden (außer das Feuchtekriterium lässt dies nicht mehr zu). Da dies jedoch äußerst aufwändig ist, wird davon meist Abstand genommen (z.B. hatte keine der untersuchten Anlagen eine derartige Strategie). Es wird daher nicht näher darauf eingegangen.

### **2.9.1.3 Quell- oder Induktionslüftung**

Auch die Wahl der Lufteinbringung in den Raum hat Einfluss auf die Luftmengen. Bei Quellluftsystemen (hier wird die Luft beruhigt in Bodennähe eingebracht und oben abgesaugt) können die gewählten Luftmengen tendenziell etwas geringer gewählt werden als bei der Induktionslüftung (Mischlüftung), weil der Raum gleichmäßiger durchströmt wird und sich eine geringere Vermischung der belasteten und frischen Luft ergibt. Aufgrund der Bewegungen von Menschen, Auftrieb an Heizflächen etc. wird jedoch in der Praxis auch bei der Quelllüftung die frische und die schon belastete Luft teilweise miteinander vermischt.



#### 2.9.1.4 Heizen mit der Lüftungsanlage

In Passivhäusern mit einer notwendigen Heizleistung unter  $10 \text{ W/m}^2$  Nettogröße besteht die theoretische Möglichkeit das Objekt mit der Zuluft zu beheizen. Bei Gebäuden mit höheren Heizlasten ist dies grundsätzlich nicht möglich, ohne die Lufttemperaturen oder die Luftmengen in unerträglich hohe Bereiche hinaufzutreiben. Aber auch bei Passivhäusern mit Heizleistungen unter  $10 \text{ W/m}^2$  Nettogröße stellt die Heizung über die Zuluft von der Behaglichkeitsseite einen Kompromiss dar (reine Konvektionsheizung, eingeschränkte individuelle Regelbarkeit, keine Leistungsreserven für Aufheizvorgang,...). Finanziell bietet dieses System jedoch eine deutliche Kostenersparnis auf der Investitionsseite, ohne auf ein ökologisches Heizungssystem (Wärmepumpe im Lüftungssystem, Heizregister aus Solarspeicher,...) verzichten zu müssen. Die von der Investitionsseite zwar günstigste, aber gesamtökologisch unerwünschte Variante - die Elektrodirektheizung - kann damit vermieden werden. Auf die tiefgehenden Aspekte (Primärenergiebedarf, Kosten, Komfort,...) der Beheizungs-möglichkeiten des Passivhauses muss aus Platzgründen auf die einschlägige Literatur bzw. Studien verwiesen werden.

Um die Begrenztheit der Wärmeeinbringung mit der Zuluft zu verdeutlichen, folgende Beispielrechnung:

Wohnung mit  $150 \text{ m}^2$  Nettogröße und einer Raumhöhe von 2,6 Metern ( $390 \text{ m}^3$  Nettovolumen), Heizlast  $10 \text{ W/m}^2$  Nettogröße bzw. 1.500 Watt Gesamtheizleistung

Bei einem hygienischen Lüftungsvolumen von z.B.  $180 \text{ m}^3/\text{h}$  ergibt sich bei einer Raumtemperatur von  $22^\circ\text{C}$  die maximal einzubringende Wärmemenge von:

475 Watt bei  $30^\circ\text{C}$  Zulufttemperatur  
772 Watt bei  $35^\circ\text{C}$  Zulufttemperatur  
1.069 Watt bei  $40^\circ\text{C}$  Zulufttemperatur  
1.366 Watt bei  $45^\circ\text{C}$  Zulufttemperatur  
1.663 Watt bei  $50^\circ\text{C}$  Zulufttemperatur

Man sieht daraus, dass die Zulufttemperatur auf über  $45^\circ\text{C}$  angehoben (was am Wärmetauscher normalerweise Temperaturen über  $55^\circ\text{C}$  und damit Staubverschwe-lung bedeutet) oder die Zuluftmenge entsprechend erhöht werden muss (was zu trockener Luft, bzw. zu höheren Geräuschen führt).

Die Luftheizung sollte daher, auch aus der Erfahrung dieser Evaluierung - wenn überhaupt - erst bei Passivhäusern mit Heizleistungen deutlich unter  $10 \text{ Watt/m}^2$  Nettogröße bzw. Nutzfläche eingesetzt werden.

### **3 Technische Evaluierung von Wohnraumlüftungen**

Ausgehend von der in der Einleitung schon angeführten grundlegenden Vorgangsweise bzw. Zielsetzung werden in diesem ersten Kapitel der Evaluierung die Hintergründe und die Vorgehensweise der Evaluierung näher erläutert. Dabei werden jedoch nur die wesentlichen Projektschritte ausgeführt.

#### **3.1 Vorgangsweise und Erläuterung der einzelnen Projektschritte**

Die wichtigsten Projektschritte als Übersicht:

1. Information der Firmen, die Wohnraumlüftungen vertreiben
2. Vorbereitung der Projekthomepage
3. Workshop der Projektpartner
4. Ausarbeitung der Checklisten, Adressenaufbereitung
5. Anlagenauswahl - Kontaktaufnahme mit den Anlagenbesitzern
6. Anlagenuntersuchungen 1. Teil (Testphase)
7. Zwischenworkshop – Adaptierung und endgültige Festlegung der Anlagenuntersuchung bzw. Homepage
8. Homepage ins Netz stellen [www.fh-kufstein.ac.at/wohnraumluftung](http://www.fh-kufstein.ac.at/wohnraumluftung)
9. Anlagenuntersuchung 2. Teil
10. Aufbereitung erster Ergebnisse auf der Homepage (Newsletter an ca. 3000 Adressen)
11. Auswertungsworkshop
12. Verfassung des Endberichts

##### **3.1.1 Information der Firmen die Wohnraumlüftungen vertreiben**

Als erster Projektschritt wurden über 50 Lieferanten von Lüftungsgeräten über das Projekt informiert und zur Mitarbeit eingeladen. Zudem wurden die Firmen gebeten Adressen von Lüftungsanlagenbesitzern für eine Anlagenuntersuchung bekannt zu geben.

### 3.1.2 Anlagenauswahl

Dieser Projektschritt bestand in verschiedenen Recherchen nach möglichen Untersuchungsobjekten. Zu diesem Zweck wurden im ersten Schritt folgende Ansprechpartner definiert und in der angegebenen Reihenfolge kontaktiert bzw. für die Anlagenauswahl herangezogen. Die Reihung erfolgte, um an möglichst neutrale Adressen (d.h. nicht nur an Vorzeigeobjekte) zu gelangen.

- die Wohnbauförderstellen der Bundesländer
- Wohnbauträger
- Planer
- Installateure
- Lüftungsgerätehersteller
- andere

Für die Anlagenbesitzer wurde ein zweiseitiger Fragebogen entwickelt, der die notwendigen Daten für eine gezielte Anlagenauswahl beinhaltet. Der Fragebogen wurde per Post mit einer allgemeinen Erläuterung zum Projekt „Technische Evaluierung von Wohnraumlüftungen“ und der Bitte um Rücksendung an die Anlagenbesitzer verschickt. Es war auch möglich den Fragebogen über das Internet herunter zu laden und elektronisch zurück zu schicken. Der Fragebogen und das Begleitschreiben befinden sich im Anhang.

Die Anlagenauswahl wurde aufgrund der retournierten Fragebögen vorgenommen, d. h. es wurden gemäß dem Projektschwerpunkt hauptsächlich Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung ausgewählt. Zudem wurden Anlagen, bei denen die Besitzer Mängel beklagten bzw. nicht zufrieden waren bevorzugt. Weiters wurde darauf geachtet, dass nicht zu viele Anlagen mit dem gleichen Lüftungsgerät bzw. vom gleichen Installateur, ausgewählt wurden.

### 3.1.3 Beurteilungskriterien

Aufbauend auf den EQ-Qualitätskriterien für Lüftungsanlagen, die von ENERGIE TIROL entwickelt wurden (EQ steht für **Energie**Qualität), und der Vornorm ÖNORM H 6038 wurde ein Beurteilungssystem bzw. Qualitätskriterien für Lüftungsanlagen ausgearbeitet, in denen sowohl qualitativ zu erfassende Bereiche (z.B. Ansaugsituation) und quantitativ zu erfassende Parameter (z.B. minimale Zuluftmenge für das Schlafzimmer) aufgelistet wurden. Der insgesamt 55 Qualitätskriterien umfassende Kriterienkatalog kann in Zukunft auch für die Planung bzw. Ausschreibung von Wohnraumlüftungsanlagen herangezogen werden.

Die Qualitätskriterien für die Wohnraumlüftungsanlagen gliedern sich in folgende vier Hauptkategorien:

1. Allgemeine Dimensionierung
2. Ansaugung/Erdsreichwärmetauscher/Fortluft (Außenbereiche)
3. Lüftungsgerät/Wärmetauscher
4. Rohrnetz

Nachfolgend eine reine Übersicht über die Qualitätskriterien und die entsprechenden Anforderungen, die bei der Evaluierung zur Beurteilung herangezogen wurden. Verbesserungen und Ergänzungen innerhalb des Kriterienkataloges, die sich aus den Erfahrungen während der Untersuchung ergeben haben, sind *kursiv bzw. mit neu gekennzeichnet*.

Die in diesem Kapitel als Übersicht dargestellten Qualitätskriterien werden in Kapitel 4.3 eingehend erläutert.

Grundsätzlich sollen durch die einzelnen Kriterien die folgenden übergeordneten Ziele bei einer Wohnraumlüftung erreicht werden:

- |   |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Ausreichende (aber nicht zu hohe) Luftmengen</li><li>2. Hohe Luftqualität (gefiltert, nicht von der Straßenseite,...)</li><li>3. Thermischer Komfort (z.B. keine Zugscheinungen)</li><li>4. Hoher Schallschutz (Schutz vor Außenlärm, keine innere Lärmübertragung)</li><li>5. Geringer Energiebedarf (hohe Wärmerückgewinnung, niedriger Strombedarf)</li><li>6. Einfache Bedienung</li><li>7. Dauerhafte Technik</li></ol> |
|---|

### 3.1.3.1 Anforderung an das Gebäude

Voraussetzung	Anforderung
Luftdichte Gebäudehülle	Maximal 1facher Luftwechsel nach EN 13829 (Blower Door Test)

### 3.1.3.2 Allgemeine Qualitätskriterien - Auslegungskriterien

Qualitätskriterium 1	Anforderung
Mindestluftwechsel pro Person bei Normalbetriebsstufe für die gesamte Wohnung	Mindestens 30 m <sup>3</sup> /Person
Qualitätskriterium 2	Anforderung
Luftwechsel bezogen auf die Wohnungseinheit bei Normalbetriebsstufe	a) Der Mindestluftwechsel bezogen auf das Netto-Luftvolumen sollte zumindest 0,3fach/h betragen b) Der Luftwechsel darf auch bei Passivhauskonzepten mit Luftheizung nicht über den hygienisch notwendigen Luftwechsel hinausgehen.
Qualitätskriterium 3a bis 3d	Anforderung
Mindestzuluftvolumenströme für einzelne Räume bei Normalbetriebsstufe für die Rohr- bzw. Ventildimensionierung (die tatsächliche Luftmenge kann dann auch auf die aktuell vorherrschende Situation angepasst werden)	a) Wohnzimmer: 60 m <sup>3</sup> /h
	b) Schlafzimmer: 50 m <sup>3</sup> /h
	c) Kinderzimmer: 50 m <sup>3</sup> /h (Zwei Kinder)
	d) Kinderzimmer: 25 m <sup>3</sup> /h (Ein Kind)
Qualitätskriterium 4a, 4b, 4c	Anforderung
Mindestabluftvolumenströme für einzelne Räume	a) Küche/Kochnische: 60 m <sup>3</sup> /h
	b) Bad: 40 m <sup>3</sup> /h
	c) WC: 30 m <sup>3</sup> /h (direkt aus der WC-Schale 10 m <sup>3</sup> /h)
Qualitätskriterium 5	Anforderung
Geringe Luftgeschwindigkeit im Aufenthaltsbereich	Max. 0,1 m/s
Qualitätskriterium 6a, 6b	Anforderung
Temperatur beim Einströmventil auf Behaglichkeitsniveau	a) Mindestens 17°C, z. B. durch Lüftungsgerät mit Wärmebereitstellungsgrad von 80% kombiniert mit Erdvorwärmung oder frostsicherem Vorwärmregister
	b) Maximale Einblastemperatur bei Nacherwärmung: 35°C (Passivhaus mit Luftheizung max. 52°C)

<b>Qualitätskriterium Neu 7</b>	<b>Anforderung</b>
Keine Staubverschmelzung beim (Nach-) Heizregister. Optimale Einbindung ins Niedertemperatursystem	Vorlauftemperatur maximal 55°C (gilt auch für Oberflächentemperatur bei Stromheizflächen)
<b>Qualitätskriterium 8a, 8b</b>	<b>Anforderung</b>
Keine Beeinträchtigung der Lüftungsanlage durch andere lufttechnische Geräte (Dunstabzugshauben, Ablufttrockner,..) oder Öffnungen (z. B. Wäscheabwurf, unbenutzte Kamine,..)	a) Keine direkt ins Lüftungssystem eingebundenen Dunstabzüge, Zentralstaubsauger, Ablufttrockner, etc.
	b) Bei nach außen geführten Dunstabzugshauben, Ablufttrocknern und anderen Anlagen mit einer offenen Verbindung nach außen ist sicherzustellen, dass die Funktion der Lüftungsanlage nicht gestört wird (eigene Nachströmöffnung). Generell sind Öffnungen nach außen (außerhalb der Dämmhülle) zu vermeiden bzw. bei Nichtbenutzung dicht abzuschließen.
	c) Dicht schließende Öffnungen durch die Hülle bei Nichtgebrauch (unbenutzte Kamine, Wäscheabwürfe, ..)
<b>Qualitätskriterium 9</b>	<b>Anforderung</b>
Keine Beeinträchtigung von Heizanlagen bzw. Feuerungsstätten im Wohnraum (keine Ansaugung von Rauchgas)	Heizanlagen und andere Feuerungsstätten, die sich innerhalb der luftdichten Hülle befinden, sind zu- und abluftseitig vollständig unabhängig von der Raumluft zu gestalten.
<b>Qualitätskriterium 10a bis 10f</b>	<b>Anforderung</b>
Geringer A-Bewerteter Schalldruckpegel im Aufenthaltsbereich bzw. beim Aufstellungsort des Gerätes (hier in 1m Entfernung)  (Aufenthaltsbereiche im Freien bzw. Fenster in der Nähe von Frischluftansaugung bzw. Fortluft sind ebenfalls zu beachten)	a) Schlafräume max. 23 dB(A)
	b) Wohnbereich max. 25 dB(A)
	c) Funktionsraum (z.B. Küche) max. 27 dB (A)
	d) Geräteraum im Wohnbereich max. 35 dB (A)
	e) Sonst. Geräteraum (z.B. Keller) max. 40 dB(A) (Geräte ohne Wärmepumpe)
	f) Sonst. Geräteraum (z.B. Keller) max. 45 dB(A) (Geräte mit Wärmepumpe)
<b>Qualitätskriterium 11</b>	<b>Anforderung</b>
Einweisung der Bewohner in die Funktion und Bedienung der Anlage sowie Übergabe der Bedienungs- bzw. Wartungsanleitung und der gesamten Anlagendokumentation	Unbedingt notwendig

### 3.1.3.3 Qualitätskriterien für Ansaugung, EWT und Fortluftführung

<b>Qualitätskriterium 12</b>	<b>Anforderung</b>
Unbelastete, schneefreie Frischluft-Ansaugung	a) Ausreichender Abstand von Parkplätzen, Mülllagerplätzen, etc. (zumindest 5 m)
	b) Schneefreie Ansauglage bzw. Ansaughöhe
<b>Qualitätskriterium 13</b>	<b>Anforderung</b>
Kein Luftkurzschluss zwischen Frischluftansaugung und Fortluftauslass	Abstand zueinander mindestens 3 Meter oder geeignete Maßnahmen zur Kurzschlussvermeidung (z.B. Trennwand, Empfehlung: andere Hausseite)
<b>Qualitätskriterium Neu 14</b>	<b>Anforderung</b>
<i>Frischluftansaugung mit geringem Druckverlust, Schutz vor Schnee und Regen, Kleintieren bzw. entsprechender Filterung bei Anlagen mit EWT</i>	<i>a) Wirksamer Schutz vor Regen (Schnee)</i>
	<i>b) Ansaugung mit Vogel- und Fliegengitter</i>
	<i>c) Filterqualität vor einem EWT zumindest F5</i>
	<i>d) Druckverlust ohne Filter max. 15 Pa, mit frischem Filter max. 25 Pa (Enddruckdifferenz mit verschmutztem Filter max. 45 Pa)</i>
<b>Qualitätskriterium Neu 15</b>	<b>Anforderung</b>
<i>Geringe Falschluff beim Bypass des EWT (falls vorhanden)</i>	<i>Bypass muss dicht schließen</i>

<b>Qualitätskriterium 16a – 16k</b>	<b>Anforderung</b>
<p>Wirksamer, hygienisch unbedenklicher Erdwärmetauscher (EWT) als Vereisungsschutz.</p> <p>Eine zeitweise Reduktion der Zuluftmenge als Vereisungsschutz darf bei Feuerstellen im Wohnraum ohne eigene Zuluft keinesfalls gewählt werden. Für Feuerstellen sollte es grundsätzlich eine eigene Zuluft geben. Siehe Kriterium 9.</p> <p>Elektrische Heizregister als Vereisungsschutz sollten leistungsangepasst arbeiten und dürfen thermostatisch erst ab 0°C Frischlufttemperatur frei geschaltet werden. Die Leistung sollte auf eine Erwärmung der Zuluft auf 0°C begrenzt sein.</p> <p>Da ohne EWT die Zulufttemperatur von 17°C bei tiefen Außentemperaturen nicht erreicht werden kann, ist eine Nachheizung bzw. Vorwärmung der Luft sowieso notwendig, sodass auch gleich der Vereisungsschutz (Luftvorwärmung) damit kombiniert werden kann. Die Funktionssicherheit kann durch dieses System aber nicht zu 100 % gewährleistet werden (Funktionsstörung).</p> <p>Anmerkung: Von einer Funktionsstörung ausgeschlossen sind nur EWT ohne Umschaltmöglichkeit auf Direktansaugung.</p>	<p>a) Niedrigste Temperatur nach dem EWT -1°C nach Berechnungsprogramm (z.B. Freeware des Passivhausinstitutes). (Ergibt meist Längen zwischen 30 und 40 m pro Strang)</p> <p>b) Luftgeschwindigkeit max. 1,5 m/s Rohrbeispiele: 160 mm max. 110 m³/h 200 mm max. 170 m³/h 250 mm max. 260 m³/h</p> <p>c) Im Schnitt mindestens 1,5 m unter Erdreich</p> <p>d) Glattes Rohr (innen) mit guter Wärmeleitfähigkeit (keine Rohre mit Lufteinschlüssen)</p> <p>e) Kontinuierliches Gefälle mind. 1,5% (starres Rohr)</p> <p>f) 0,75 m Abstand zu Wasserleitungen, Abwasserkanälen, Kellerwänden, Fundamenten, etc.</p> <p>g) Geeigneter Kondensatabfluss ohne Leckströmung, und mit Geruchsverschluss gegen den Kanal.</p> <p>h) Geprüfte Wasserdichtheit der Verrohrung (auch von außen nach innen) (insbesondere bei Radonbelastung bzw. Grundwasser im EWT-Bereich)</p> <p>i) Hinterfüllung und Verdichtung mit feinkörnigem Material (z.B. Sand, Erdreich)</p> <p>j) Abstand zwischen den Rohren zumindest 0,75 m, unter versiegelten Flächen 1,5 m</p> <p>k) Wasserdichte Rohrdurchführung in das Haus</p>
<b>Qualitätskriterium 17</b>	<b>Anforderung</b>
<p>Fortluftauslass mit geringem Druckverlust, Schutz vor Kleintieren</p>	<p>Druckverlust max. 15 Pa, bzw. (Strömungsgeschwindigkeit im Ausblasquerschnitt max. 1,5 m/s)</p>
<b>Qualitätskriterium Neu 18</b>	<b>Anforderung</b>
<p><i>Keine Feuchteschäden an Außenbauteilen durch die feuchte Fortluft der Lüftungsanlage.</i></p>	<p><i>Die Fortluftführung ist derart ins Freie zu führen, dass die feuchte Fortluft nicht in die Fassade eindringen kann (z.B. in die Hinterlüftung) bzw. es zu keinem Stau (z.B. im Vordachbereich) kommt.</i></p>



### 3.1.3.4 Qualitätskriterien für das Lüftungsgerät

<b>Qualitätskriterium 19</b>	<b>Anforderung</b>
Geprüftes Lüftungsgerät	Gerät muss über ein anerkanntes Prüfcertifikat verfügen (z.B. TZWL-Liste)
<b>Qualitätskriterium 20a, 20b</b>	<b>Anforderung</b>
Hoher Wärmebereitstellungsgrad	a) Neubau bzw. Anlagen mit EWT zumindest 80% Wärmebereitstellungsgrad b) Altbau bzw. Anlagen ohne EWT zumindest 65% Wärmebereitstellungsgrad
<b>Qualitätskriterium 21</b>	<b>Anforderung</b>
Geringe Stromaufnahme bzw. hohes elektrisches Wirkungsverhältnis der Anlage bei Nennvolumenstrom und reinen Filtern.	Leistungsaufnahme max. 0,45 W/(m³/h) für Zu- und Abluftanlagen bzw. elektrisches Wirkungsverhältnis größer 12 (Mittelwert bei 100 Pa externer Druckdifferenz - TZWL Prüfpunkte)
<b>Qualitätskriterium Neu 22</b>	<b>Anforderung</b>
<i>Hochwertige Wärmepumpe bei Lüftungsgeräten mit Luft - Luft, bzw. Luft - Wasser Wärmepumpe</i>	<i>Leistungszahl der Wärmepumpe:</i> Luft – Luft: TZWL - Prüfpunkt COP > 2,6 Luft – Wasser: A2 – W50 (WW) COP > 2,4 Luft – Wasser: A2 – W35 (Heizung) COP > 3,0
<b>Qualitätskriterium 23</b>	<b>Anforderung</b>
Gute Wärmedämmung des Gerätegehäuses	a) Ohne Wärmepumpe: U-Wert des Gehäuses maximal 3 W/m²K (bzw. 1,25 cm Dämmung mit Lambda 0,04 W/mK) b) Mit Wärmepumpe für Passivhauskonzept: U-Wert des Gehäuses maximal 1 W/m²K (bzw. 4 cm Dämmung mit Lambda 0,04 W/mK)
<b>Qualitätskriterium 24</b>	<b>Anforderung</b>
Geringe Leckagen des Gerätes	Interne bzw. externe Leckagen max. 3% bei 100 Pa Druckdifferenz
<b>Qualitätskriterium 25a, 25b</b>	<b>Anforderung</b>
Automatische Konstant-Volumenstromregelung (KVR) des Lüftungsgerätes (mit ausgeglichenen Volumenströmen)	a) Entweder automatische Konstantvolumenstromregulierung oder eindeutig ablesbare, unabhängige Einstellmöglichkeit für Zu- und Abluft beim Lüftungsgerät b) <i>Abweichung von Zu- und Abluftvolumen maximal 10%</i>

<b>Qualitätskriterium 26a bis 26d</b>	<b>Anforderung</b>
Ausreichender Regelbereich der Lüftungsanlage	a) Mind. 3 Betriebsstufen vom Wohnraum aus schaltbar
	b) Maximalvolumenstrom (mit zeitlicher Begrenzung)
	c) Nennvolumenstrom (Empfehlung: ca. 70% vom Maximalvolumenstrom, mindestens jedoch 40%)
	d) Abwesenheitsvolumenstrom (Empfehlung: ca. 30% vom Maximalvolumenstrom)
<b>Qualitätskriterium Neu 27</b>	<b>Anforderung</b>
<i>Umfassende jedoch einfache Bedienungseinheit im Wohnbereich (gilt insbesondere für Anlagen mit Wärmepumpe)</i>	<i>Über die Bedieneinheit sollen die wichtigsten Komponenten gesteuert werden können. Die Bedienung sollte dabei möglichst einfach sein. Der Benutzer sollte auch ohne Betriebsanleitung die wichtigsten Funktionen abrufen können.</i>
<b>Qualitätskriterium 28</b>	<b>Anforderung</b>
Ausreichende Filterqualität im Zu- luftstrang	Zuluft zumindest F6 nach DIN EN 779 (wünschenswert Vorfilter G3 bzw. G4)
<b>Qualitätskriterium 29</b>	<b>Anforderung</b>
Ausreichende Filterqualität im Abluftstrang	Abluft zumindest G4 nach DIN EN 779
<b>Qualitätskriterium 30a und 30b</b>	<b>Anforderung</b>
Erinnerung an Filterwechsel im Wohnraum, sowie einfacher Austausch der Filter.	a) Automatische Anzeige für Filterwechsel
	b) Der Filterwechsel sollte ohne jegliches Werkzeug von Laien durchgeführt werden können.
<b>Qualitätskriterium 31</b>	<b>Anforderung</b>
Bei Sommerbetrieb mit EWT automatischer Bypass zur Umgehung des Wärmetauschers	Gerät bzw. Anlage muss zumindest über eine einfache Nachrüstmöglichkeit eines automatischen Bypasses für 100% des Volumenstromes verfügen.
<b>Qualitätskriterium 32a – 32d</b>	<b>Anforderung</b>
Leises Lüftungsgerät beim Nennvolumenstrom und 100 Pa Druckdifferenz	a) A-Bewerteter Schalleistungspegel ( $L_{WA}$ ) des Gerätes gegenüber der Umgebung von max. 38 dB(A) bei Aufstellung im Wohnungsverband
	b) A-Bewerteter Schalleistungspegel ( $L_{WA}$ ) des Gerätes gegenüber der Umgebung von max. 43 dB(A) bei Aufstellung im Keller
	c) A-Bewerteter Schalleistungspegel ( $L_{WA}$ ) des Gerätes gegenüber der Umgebung von max. 48 dB(A) bei Aufstellung im Keller (Gerät mit WP)
	d) A-Bewerteter Schalleistungspegel ( $L_{WA}$ ) des Gerätes im Zu- bzw. Abluftkanal max. 50 dB(A)

<b>Qualitätskriterium 33</b>	<b>Anforderung</b>
Geeigneter Aufstellungsort	a) Frostfreier, trockener Raum mit leichtem Zugang für Filterwechsel. b) Bei Aufstellung im Heizraum sind die Brandschutzbestimmungen zu beachten.
<b>Qualitätskriterium Neu 34a, 34b</b>	<b>Anforderung</b>
<i>Keine Körperschallübertragung durch das Gerät an die Wand bzw. den Boden sowie an die Lüftungsrohre.</i>	a) Tragfähiger und schwingungsfreier Untergrund (z.B. keine Dachbalken - Resonanzgefahr) b) <i>Aufstellung bzw. Aufhängung des Lüftungsgerätes mit schwingungsdämpfenden Elementen.</i> c) <i>Schwingungstechnische Entkopplung von Gerät und Lüftungsrohren (insbesondere bei Anlagen mit Wärmepumpe - Segeltuchverbinder)</i>
<b>Qualitätskriterium 35</b>	<b>Anforderung</b>
Kondensatablauf beim Lüftungsgerät	Geeigneter Kondensatabfluss ohne Leckströmung und mit Geruchsverschluss gegen den Kanal.
<b>Qualitätskriterium Neu 36</b>	<b>Anforderung</b>
<i>Einfache Stromlosschaltung des gesamten Gerätes.</i>	<i>Eigene Sicherung bei Direktverdrahtung oder Steckerlösung bzw. Hauptschalter.</i>

### 3.1.3.5 Voraussetzung für das Verteilsystem (Luftkanalnetz)

Voraussetzung	Anforderung
Wahl eines geeigneten Verteilkonzeptes (Quell- bzw. Induktionslüftung)	Den Raumverhältnissen bzw. sonstigen Anforderungen angepasstes Verteilkonzept.

### 3.1.3.6 Qualitätskriterien für das Verteilsystem (Luftkanalnetz)

Qualitätskriterium 37a, 37b	Anforderung																				
Geringe Luftgeschwindigkeit in den Lüftungsrohren bzw. Lüftungskanälen	a) In den Strängen zu und von den einzelnen Räumen max. 2,0 m/s																				
	b) Abluft bzw. Sammelstränge max. 2,5 m/s																				
	<p>Maximale Luftgeschwindigkeiten bei ausgewählten Rohrdurchmessern:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rohr Durchmesser</th> <th>max. 2 m/s</th> <th>max. 2,5 m/s</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>80 mm</td> <td>35 m³/h</td> <td>-----</td> </tr> <tr> <td>100 mm</td> <td>55 m³/h</td> <td>70 m³/h</td> </tr> <tr> <td>125 mm</td> <td>90 m³/h</td> <td>110 m³/h</td> </tr> <tr> <td>150 mm</td> <td>120 m³/h</td> <td>160 m³/h</td> </tr> <tr> <td>160 mm</td> <td>140 m³/h</td> <td>180 m³/h</td> </tr> <tr> <td>200 mm</td> <td>220 m³/h</td> <td>280 m³/h</td> </tr> </tbody> </table> <p>Achtung: Dimensionierung von Rechteckquerschnitten über den hydraulischen Durchmesser und nicht über die Geschwindigkeit.</p>	Rohr Durchmesser	max. 2 m/s	max. 2,5 m/s	80 mm	35 m³/h	-----	100 mm	55 m³/h	70 m³/h	125 mm	90 m³/h	110 m³/h	150 mm	120 m³/h	160 m³/h	160 mm	140 m³/h	180 m³/h	200 mm	220 m³/h
Rohr Durchmesser	max. 2 m/s	max. 2,5 m/s																			
80 mm	35 m³/h	-----																			
100 mm	55 m³/h	70 m³/h																			
125 mm	90 m³/h	110 m³/h																			
150 mm	120 m³/h	160 m³/h																			
160 mm	140 m³/h	180 m³/h																			
200 mm	220 m³/h	280 m³/h																			
Qualitätskriterium 38a, 38b	Anforderung																				
Geringer Druckabfall im Rohrnetz bei Normalbetriebsstufe	a) Max. 120 Pa je kompletter Zuluft- (Frischluf-Zuluft) bzw. Ablufteinheit (Abluft-Fortluft)																				
	b) bei Erdvorwärmung + 25 Pa für EWT inkl. Ansaugung mit Filter (+15 Pa ohne Filter)																				
Qualitätskriterium 39	Anforderung																				
Geeignete Rohr- bzw. Kanalausführung	Glattwandige Rohre (Wickelfalzrohr, Kunststoffrohre, ...) keine Verwendung von flexiblen Schläuchen mit hohem Druckverlust (Aluflexrohre, Kunststoffdrahtschlauch)																				
Qualitätskriterium 40	Anforderung																				
Geringer Druckverlust durch Formteile	Verwendung strömungsgünstiger Formteile. Z.B. keine „engen Bögen“																				
Qualitätskriterium 41	Anforderung																				
Einfache Reinigung der Kanäle möglich	Reinigungsfreundliche Ausführung des Kanalnetzes. Zugänglichkeit, Kanalausführung,..																				
Qualitätskriterium 42	Anforderung																				

Ableitung von möglichem Kondensat in Abluftleitungen zum Gerät	Abluftrohre von Bädern bzw. besonders feuchtebelasteter Räume mit Gefälle zum Gerät verlegt, bzw. Kondensatstutzen am Fußpunkt der Sammelstränge
<b>Qualitätskriterium 43</b>	<b>Anforderung</b>
Ausreichende Überströmöffnungen	Luftgeschwindigkeit max. 1,5 m/s bzw. max. 2 Pa Druckverlust
<b>Qualitätskriterium Neu 44a, 44b</b>	<b>Anforderung</b>
<i>Richtige Anbringung der Überströmöffnungen</i>	<i>a) Quellluftsysteme: In der Nähe der Decke bzw. gegenüberliegende Wand des Quellluftauslasses b) Induktionssysteme: in der Nähe des Bodens (auf der Einblasseite)</i>
<b>Qualitätskriterium 45</b>	<b>Anforderung</b>
Geeignete Zu- und Abluftventile	a) Zu- und Abluftventile für die entsprechende Luftverteilung (ausreichende Größe für die Luftmenge, Wurfweite, Wurfrichtung) b) Druckverlustausgleiche durch Ventile nur bis zu 30 Pa bzw. bis zum maximalen Geräuschpegel nach Auslegungsdiagramm lt. Kriterium 10a-d. Größere Druckunterschiede sind durch Drosselklappen auszugleichen (mögl. weit entfernt v. Ventil)
<b>Qualitätskriterium 46</b>	<b>Anforderung</b>
<i>Keine zusätzliche Geräuschbildung beim Ventil durch Verwirbelungen im Rohrsystem.</i>	<i>Keine Abzweiger kurz vor bzw. nach dem Ventil. Abstand zum Ventil zumindest 0,75 m. Ist dies nicht möglich ist ein Anschlusskasten für das Ventil zu verwenden.</i>
<b>Qualitätskriterium 47</b>	<b>Anforderung</b>
Geringe Schallausbreitung über das Kanalnetz	Schalldämmung der Luftleitungen zwischen den Räumen mindestens 27 dB (A)
<b>Qualitätskriterium 48</b>	<b>Anforderung</b>
<i>Keine Geräuschbildung durch Schwingungen (Vibrieren) der Lüftungsrohre bzw. keine Körperschallübertragung durch die Rohre.</i>	<i>a) Schwingungsdämpfende Aufhängung bzw. Befestigung in regelmäßigen Abständen. Zumindest alle 2 Meter. b) Keinerlei direkte Verbindung zum Fußboden, Mauerwerk, Rohrleitungen, etc.</i>
<b>Qualitätskriterium 49</b>	<b>Anforderung</b>
Ausreichende Dämmung der kalten Lüftungsrohre bzw. -kanäle im warmen Bereich (innerhalb der Dämnhülle) zur Kondensationsverhinderung. Achtung: gilt auch bei Wanddurchbrüchen.	Mindestens 30 mm mit feuchtebelastbarer Wärmedämmung ( $\lambda$ 0,04 W/m <sup>2</sup> K)

<b>Qualitätskriterium 50a bis 50c</b>	<b>Anforderung</b>
Ausreichende Dämmung der warmen Lüftungsrohre bzw. -kanäle im kalten Bereich (außerhalb der Dämmhülle) zur Vermeidung von Energieverlusten. Achtung: gilt auch bei Wanddurchbrüchen.	a) Lufttemperatur im Rohr bzw. Kanal bis 25°C: mind. 30 mm Wärmedämmung (Lambda 0,04 W/m²K)
	b) Lufttemperatur im Rohr bzw. Kanal über 25°C (Luftheizungen): mind. 60 mm Wärmedämmung (z.B. 2x30 mm) (Lambda 0,04 W/m²K)
	c) Befinden sich Rohre bzw. Kanäle im Boden- bzw. Deckenaufbau nicht völlig innerhalb des warmen Bereiches, sondern direkt in der Dämmebene, so ist das Rohr bzw. der Kanal zumindest mit einer 30 mm dicken Dämmplatte von der Rohdecke zu trennen. (Lambda 0,04 W/m²K)
<b>Qualitätskriterium Neu 51</b>	<b>Anforderung</b>
<i>Dichte Rohr- bzw. Kanalausführung</i>	<i>Rohre bzw. Kanäle mit Dichtungssystem bzw. Verklebung der Verbindungsstellen mit dauerelastischen Klebebändern (z.B. Kaltschrumpfband – Butylkautschukband, Acrylatklebeband). Dichtigkeitsklasse II nach DIN 24194-2</i>
<b>Qualitätskriterium 52a, 52b</b>	<b>Anforderung</b>
Fachgerechte Einregulierung der Anlage	a) Unbedingt notwendig, wenn keine Konstantvolumenstromregler eingebaut sind. Nachvollziehbares Einregulierungsprotokoll. b) Bei Konstantvolumenstromreglern muss zumindest ein Rohrstrang der Zu- bzw. Abluft ohne KVR ausgeführt sein. (z.B. Wohnzimmer bzw. Küche) oder Umgehung je eines KVR mit einer Bypassklappe bei Intensivstufenbetrieb.
<b>Qualitätskriterium Neu 53</b>	<b>Anforderung</b>
<i>Konkrete Druckverlustberechnung bzw. Optimierung der Druckverluste</i>	<i>Berechnung der Druckverluste in den einzelnen Strängen. Optimierung des „kritischen“ Stranges bzw. Bestimmung der Voreinstellung der Ventile bzw. Drosseleinrichtungen.</i>
<b>Qualitätskriterium Neu 54</b>	<b>Anforderung</b>
<i>Konkrete Berechnung der notwendigen Schalldämpfer</i>	<i>Berechnung der notwendigen Schalldämpfer bzw. Verwendung eines auf das Gerät abgestimmten Schalldämpfersystems</i>
<b>Qualitätskriterium Neu 55</b>	<b>Anforderung</b>
Genauer Verlegungsplan und nachvollziehbare Anlagenausführung bzw. Anlagendetails	a) Verlegungsplan mit Rohrquerschnitten, Luftmenge, Luftgeschwindigkeit,....
	b) Fotodokumentation der Rohrleitungen bzw. der später nicht sichtbaren Anlagendetails.

### **3.1.4 Vertiefende Beurteilungskriterien**

Vertiefend wurden für einzelne EQ-Kriterien weitergehende Abstufungen in den Bewertungen erarbeitet, die eine feinere qualitative Einordnung ermöglichen. Diese feinere Eingliederung ist für eine individuelle Anlagenbeurteilung und direkte Rückmeldungen an die Anlagenbesitzer interessant. Für die Evaluierung wurden diese vertiefenden Einordnungen nur teilweise ausgewertet, da durch anlagenspezifische Details und Besonderheiten dieser Feinheitsgrad in einer Gesamtevaluierung nicht ohne zahlreiche Ergänzungen dargestellt werden kann. Diese Aufgabe bzw. ein direkter Anlagenvergleich mit bewerteten Punkten hätte den vorgegebenen Projektrahmen deutlich gesprengt. Zudem war ja nicht der Vergleich bzw. ein Ranking der Lüftungsanlagen, sondern das Aufzeigen von guten Lösungen und Fehlern das erklärte Projektziel. Die vertiefenden Beurteilungskriterien können zur individuellen Beurteilung von einzelnen Anlagen verwendet werden.

Tabelle 3.1: Gewichtungskriterien für eine individuelle Beurteilung der Anlagenqualität

Kriterium	Bewertung			Anmerkung
	sehr gut	o.k.	mangelhaft	
<b>1) Allgemeine Dimensionierung</b>				
Ausreichender Gesamtluftwechsel pro Std.	0,4 – 0,5	0,3 – 0,4 0,5 – 0,8	> 0,8 < 0,3	< 0,3 – hygienisch notwendige LW nicht gegeben > 0,8 – Luft kann zu trocken werden, Zuggefühl, Energieverbrauch
Ausgeglichene Volumenströme	< 5%	5-10%	> 10%	Es sollte eher die Abluftmenge etwas größer als die Zuluftmenge sein (Ausdehnung aufgrund Temperatur und Feuchtezunahme)
Einströmtemperatur	> 18°C	> 17°C	< 17°C	Komfortlüftungen ohne Heizfunktion
Nacherwärmung (max. Heizregistertemperatur)	< 45°C	45 - 55°C	> 55°C	> 55°C führt zu Staubverschmelzungen, Gefühl der trockenen Luft, Unbehagen
<b>2) Lüftungsgerät / Wärmetauscher</b>				
Stromeffizienz der Gesamtanlage	< 0,30 W/(m³/h)	0,30 - 0,45 W/(m³/h)	> 0,45 W/(m³/h)	Leistungsaufnahme der Ventilatoren sollte möglichst gering sein.
Elektrisches Wirkungsverhältnis	> 18	12 - 18	< 12	Bereitgestellte Energie bezogen auf den elektrischen Energieeinsatz
Filterzustand	gut	mittelmäßig	mangelhaft	Wechselintervalle beachten (2 – 4 mal jährlich); lt. Herstellerangaben
Einstellung Sommerbypass Gerät	> 15°C und < 25°C			Zw. 15 und 25°C Außenluft wird die Luft direkt als Zuluft eingebracht. Keine Wärmerückgewinnung.
Geräuschpegel beim Gerät	< 35 dB(A)	35 - 40 dB(A)	> 40 dB(A)	
Wärmebereitstellungsgrad ohne Berücksichtigung des EWT	> 90%	70 - 90%	< 70%	Siehe Kapitel 2
<b>3) Erdreichwärmetauscher</b>				
Wärmebereitstellungsgrad mit Berücksichtigung des EWT	> 95%	75 - 95%	< 75%	Siehe Kapitel 2
Niedrige Geschwindigkeit im EWT:	< 1,5 m/s	1,5 - 2,0 m/s	> 2,0 m/s	Druckverlust
Ausreichender jedoch nicht zu langer Erdwärmetauscher	30 – 40 m	20 - 30 m 40 - 50 m	< 20 m > 50 m	< 20 m -> Frostfreihaltung nach EWT nicht garantiert > 50 m -> hoher Druckverlust, Kosten
<b>4) Kanalnetz</b>				
Verteilkonzept	sehr gute Raumdurchströmung	gute Raumdurchströmung	mangelhafte Raumdurchströmung	nach optischer Kontrolle und eigener Einschätzung: Verteilung der Ventile im Raum,
Maximale Luftgeschwindigkeiten in den Hauptsträngen	< 2,0 m/s	2,0 - 3,0 m/s	> 3 m/s	Zu hohe Geschwindigkeit -> Geräusch
Maximale Luftgeschwindigkeiten in den Nebensträngen	< 1,5 m/s	1,5 - 2,5 m/s	> 2,5 m/s	Zu hohe Geschwindigkeit -> Geräusch
Maximale Druckverluste in den Lüftungskanälen (jeweils Zu- und Frischluft bzw. Abluft und Fortluft)	< 75 Pa +15 Pa f. EWT + 25 Pa f. EWT und Filter	75 - 120 Pa +15 Pa f. EWT + 25 Pa f. EWT und Filter	> 120 Pa +15 Pa f. EWT + 25 Pa f. EWT und Filter	Zu hoher Druckverlust -> höhere Ventilatorleistung, höhere Schallbelastung
Ausreichende Überströmöffnungen	< 1,0 m/s	1 - 1,5 m/s	> 1,5 m/s	Ausreichende Türspalte oder entsprechende Überströmöffnungen vorsehen



### **3.1.5 Vorbereitungen zur Anlagenuntersuchung**

Vor der eigentlichen Anlagenuntersuchung wurden die Anlagenbesitzer telefonisch kontaktiert und folgende Aspekte abgeklärt.

- Es ist sicherzustellen, dass zumindest ein mit der Anlage vertrauter Nutzer bei der Untersuchung anwesend sein wird (eventuell kann die Nutzerbefragung vor dem Termin tel. durchgeführt werden).
- Die bei der Untersuchung anwesende Person sollte alle relevanten Dokumente der Anlage (Betriebshandbuch, Pläne, Installationsaufzeichnungen, etc.) bereithalten.
- Es sollten keine Änderungen mehr an der Anlage in Vorbereitung auf die Untersuchung vorgenommen werden.
- Die Zustimmung dass für die Messung eventuell Löcher in die Lüftungsrohre bzw. Kanäle gebohrt werden können, die danach wieder mit einem Alu-Klebeband verschlossen werden.
- Nach Möglichkeit sollten Ersatzfilter vorhanden sein. Jedoch mit dem Hinweis, dass vor der Untersuchung kein Filtertausch mehr vorgenommen werden soll. (Messung der Unterschiede in der Leistungsaufnahme bzw. des Druckverlustes vor und nach dem Filtertausch).

### **3.1.6 Arbeitsanweisung für die Anlagenuntersuchung**

Um sicherzustellen, dass bei den einzelnen Anlagenuntersuchungen nichts vergessen wird bzw. dass alle drei Projektpartner nach dem gleichen Schema vorgehen, wurde eine Arbeitsanweisung für die Anlagenuntersuchung erarbeitet. Die Details finden Sie im Anhang.

Die Anlagenuntersuchung baut auf drei wesentlichen Schritten auf.

1. Befragung der Nutzer über deren subjektive Einschätzung der Anlagenqualität bzw. über die Details der Anlage.
2. Begehung der Anlage und Check der einzelnen Anlagenkriterien bzw. Fotodokumentation
3. Messtechnische Erfassung der vorgesehenen Anlagenparameter

Anschließend wurden die Anlagenbesitzer über die allgemeine Qualität der Anlage und die eventuell kritischen Punkte bzw. Verbesserungsmöglichkeiten informiert.

### **3.1.7 Hilfsmittel für Anlagenuntersuchung**

Um die Anlagenuntersuchung bzw. die Befragung einheitlich und möglichst lückenlos vorzunehmen, wurden folgende Checklisten bzw. Erfassungshilfen erstellt:

- Checklisten für die Befragung der Nutzer
- Excel Sheet für die messtechnische Erfassung und Auswertung
- Liste zum Abhaken für die Qualitätskriterien

Sie finden diese drei Untersuchungshilfen ebenfalls im Anhang.

### **3.1.8 Erstellung des Messkonzepts und der Messwerterfassung**

Ein wesentlicher Teil der Überlegungen bezog sich auf das Messkonzept bei den Anlagenuntersuchungen. Ziel der Messungen war es, innerhalb kurzer Zeit wesentliche Parameter zu erfassen, die zu einer genaueren Beurteilung der Anlage erforderlich sind. Die Tatsache dieser Momentaufnahme von wenigen Stunden pro Anlage schränkt die Bewertung von wämetechnischen Ergebnissen bei wechselnden Betriebsbedingungen (z. B. Wärmepumpe) natürlich stark ein. Eine genaue Beurteilung bzw. der direkte Vergleich der Leistungsfähigkeit einzelner Anlagenkomponenten (Wärmerückgewinnung, Heizregister, EWT) war aber nicht Aufgabe bzw. Ziel dieses Projektes. Vielmehr sollten durch einfache Messmethoden die Auslegung, Funktionalität und die Einstellungen der Anlage überprüft werden.

Folgende Größen sollten nach Möglichkeit bei allen Anlagen messtechnisch erfasst werden:

- Außentemperatur und Außenluftfeuchte (in Nähe des Ansaugbereiches):
- Lufttemperatur und Luftfeuchte für FRL, ZUL, ABL und FOL in der Nähe des Lüftungsgerätes für die 3 Hauptlüftungsstufen
- Druckabfall in den Strängen FRL, ZUL, ABL und FOL (ohne Druckabfall im Lüftungsgerät) bei den 3 Hauptlüftungsstufen
- Leistungsaufnahme des Lüftungsgerätes bei den 3 Hauptlüftungsstufen
- Lufttemperatur und Luftfeuchte aller Zu- und Ablufträume
- Lufttemperatur und Luftfeuchte der Zuluft an allen Auslässen bei Normallüftungsstufe
- Zu- und Abluftvolumenströme aller Ein- und Auslässe bei der Normallüftungsstufe
- Strömungsgeschwindigkeit in charakteristischen Querschnitten des Leitungsnetzes bei der Normallüftungsstufe
- Schalldruckpegelmessungen beim Lüftungsgerät und bei ausgewählten Ein- und Auslässen

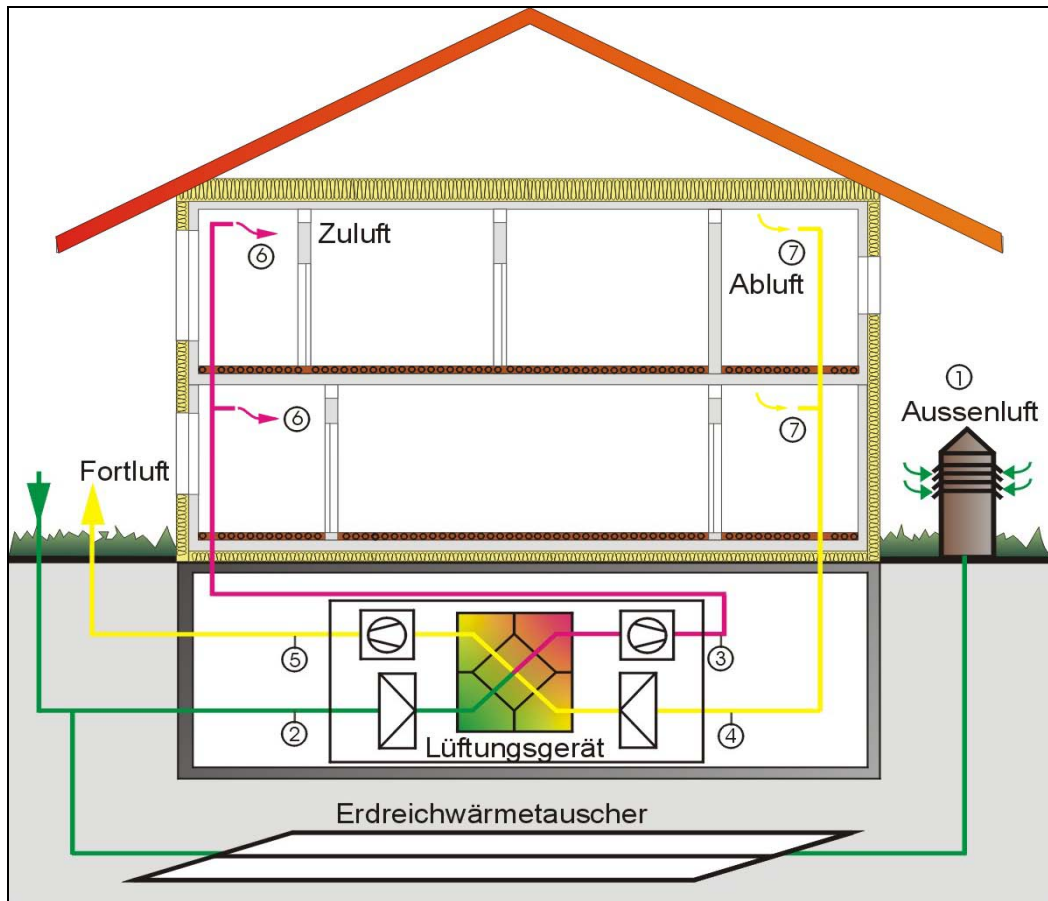


Abbildung 3.1: Schematisches Messkonzept mit Messstellen

Tabelle 3.2: aufgenommene Messgrößen an den jeweiligen Messstellen

Nr.	Messstelle	Aufgenommene Messgröße			
		Temperatur $t$ [°C]	Relative Feuchte r.F. [%]	Druckdifferenz $D_p$ [Pa]	Strömungsgeschw. $w$ [m/s]
①	Außenluft	x	x		
②	Frischlufte	x	x	x	x
③	Zuluft	x	x	x	x
④	Abluft	x	x	x	x
⑤	Fortluft	x	x	x	x
⑥	Zuluftauslass	mit Messtrichter	mit Messtrichter		mit Messtrichter
⑦	Ablufteinlass	mit Messtrichter	mit Messtrichter		mit Messtrichter
⑧	Lüftungsgerät	Elektrische Leistungsaufnahme des Lüftungsgerätes [W]			
⑨	Aufstellungsraum	Schallpegel im Aufstellungsraum des Lüftungsgerätes			

### 3.1.8.1 Auswahl der Messtechnik

Da den 3 Messteams des Projektes teilweise unterschiedliche Typen an Messgeräten zur Verfügung standen, wurde besonderer Wert auf eine Kalibrierung der Messgeräte inklusive verwendeten Fühlern, sowie eine einheitliche Vorgangsweise bei den Messungen gelegt. Die Kalibrierungen für Feuchte, Temperatur und Druck wurden im akkreditierten Kalibrierlabor von arsenal research durchgeführt. Teilweise wiesen die verwendeten Geräte noch eine gültige werksseitige Kalibrierung auf.

Der einheitliche Messablauf wurde vorerst in einer Arbeitsanweisung festgelegt, die nach den jeweils ersten 3 Messungen aufgrund der gemachten Erfahrungen der Messteams teilweise abgeändert wurden, um einen raschen und folgerichtigen Ablauf der Messungen zu gewährleisten.

Im Folgenden werden nun die verwendeten Messausrüstungen näher spezifiziert.

#### **Ausrüstung 1:**

Hier stand ein Messsystem zur Verfügung, das im Prinzip aus einem multifunktionalen Messgerät und einem Datenlogger besteht. An diesen Messkoffer lassen sich mehrere unterschiedliche Fühler gleichzeitig anschließen. Die Datenaufzeichnung kann damit periodisch erfolgen und ist nur durch die Speichergröße einer externen Speicherkarte begrenzt. Dieses System besitzt den Vorteil, dass damit eine Mittelwertbildung über den Messzeitraum ermöglicht wird, was die Genauigkeit der Ergebnisse erhöht. Die Messergebnisse können über ein spezielles Programm ausgelesen und weiterverarbeitet werden.

Damit die Datenmengen nicht zu groß wurden, bzw. um trotzdem einen Schwankungsbereich des Aufnehmers erkennen zu können, wurden die Aufzeichnungsintervalle variabel programmiert. Je nach Wahl der Voreinstellung konnten die anschließend geschriebenen Messdaten mit dem Datalogger in 10- bzw. 2- Sekundenintervallen aufgezeichnet werden.

Messkoffer beinhaltet:

- Datalogger (Type: Datataker 600) mit Messumformer
- intern angeschlossenen Geschwindigkeitsaufnehmer
- 2 Anschlüsse für Combi-Fühler (Temperatur und r. Feuchte)
- 2 Anschlüsse für Druckaufnehmer
- 8 Anschlüsse für Temperatursensoren
- 1 MB Speicherkarte

Stromversorgung: direkt (24V) oder mit integrierter Batterie



Abbildung 3.2: Messkoffer mit Anschlüssen der Messaufnehmer

Tabelle 3.3: verwendete Messaufnehmer der „Ausrüstung 1“ mit spezifischen Daten

Aufnehmer	Bezeichnung	Messbereich	Genauigkeit/ Messfehler
2 Stück Combi-Fühler - Temperatur Serie EE20 - relative Feuchte	PT 1000, Klasse A	- 20°C bis + 80°C	± 0,3°C
	HC 1000	0 ... 100% r.F.	± 2%
8 Stück Thermoelement	Typ K, NiCr/Ni	- 40°C bis + 1000°C	± 0,004-t oder ±1,5°C
Handmessgerät – Temperatur	Testo 720	20 - 40°C	- 0,3°C
Druckmessumformer	Typ P 82 R	0 – 100 Pa	Linearität: ± 1% Ausschlag- Drift/Temperatur: 0,04% / K
Differenzdrucktransmitter	Typ 694	0 – 500 Pa (± 20 Pa)	Summe aus Linearität und Hysterese: ± 1,0% FS
Hitzdrahtanemometer		0 – 36m/s	± 2% vom Messwert
Schallpegelmessgerät	Brüel & Kjær, Type 2236 fulfils Kl. 0,7		
Strommessgerät Technische Alternative	EPM 3022	max 3000 W 200V~	
Multimeter true RMS Geltungsbereich für Messung von AC [V]:	APPA 107	0 – 20 mV / 750 V	± 0,7% + 50 Digits
Amper-Zange AC current transducer	Mastech M97B		± 3,0% ± 10 Digits
Volumenstrom-Messtrichter	Testovent 415	20 – 40 m³/h 0 - + 50°C	± 10%

Einsatzbereich bzw. Kalibrierung des von allen Messteams verwendeten Messtrichters „Testovent 415“ beschränkt sich laut Beschreibung des Herstellers auf Ablufteinlässe, nicht auf Zuluftauslässe. Aus diesem Grund wurde eine Vergleichsmessung durchgeführt, die den Einsatz für Zuluftdurchlässe (Tellerventile) überprüfen sollte. Das Ergebnis hat gezeigt, dass die Messungen an Zuluftdurchlässen ohne größere Abweichungen zu den Sollwerten durchgeführt werden können. Die vorliegende Abweichung liegt im Bereich der Genauigkeit der Herstellerangaben.

### Ausrüstung 2 und 3:

Bei den Messausrüstungen 2 und 3 stand kein Datalogger für alle Messgrößen zur Verfügung. Daher wurden die Messgrößen direkt abgelesen. Eine Mittelwertbildung wie bei Ausrüstung 1 erfolgte nicht.

Tabelle 3.4: verwendete Messaufnehmer der „Ausrüstung 2“ mit spezifischen Daten

Aufnehmer	Bezeichnung	Messbereich	Genauigkeit/ Messfehler
Multifunktions-Handmessgerät	Testo 350 Control Unit		
	Testo 454 Daten Logger		
Kombinierter Feuchte-Temperaturfühler	Fab. Testo	-20 ... +70 °C	+/- 0,4 °C -10 bis 50°C, außerhalb +/- 0,5°C
		2 ... 98 % r.F.	+/- 2%
Hitzdrahtanemometer mit Teleskop	Fab. Testo	0 ... 10 m/s -20 bis +70 °C	0,03 m/s, +/- 5% v. MW
CO <sub>2</sub> -Fühler	Fab. Testo	0 ... 9999 ppm	+/- 50 ppm, +/- 2% vom MW (0-5000 ppm) +/-100 ppm, +/- 3% v. MW von 5001-9999 ppm
Differenzdruckmessgerät	Furness Controls	+/- 1999 Pa	+/- 1% v. MW
Schallpegelmessgerät	Testo 816	30 ... 130 dB	+/- 1,0 dB (A) absolut entspricht +/- 1% Digit DIN/IEC 651 Klasse 2L
Strommessgerät	EKM 265	230 V AC/50 Hz, 1,5 W ... 2650 W	+/- 1 % +/- 3digit
Volumenstrom-Messtrichter	Testovent 415	20 – 40 m <sup>3</sup> /h 0 - + 50°C	± 10%

Tabelle 3.5: verwendete Messaufnehmer der „Ausrüstung 3“ mit spezifischen Daten

Aufnehmer	Bezeichnung	Messbereich	Genauigkeit/ Messfehler
Multifunktions-Handmessgerät	Testo 350 Control Unit		
	Testo 454 Daten Logger		
Kombinierter Feuchte-Temperaturfühler	Fab. Testo	-20 ... +70 °C	+/- 0,4 °C -10 bis 50°C, außerhalb +/- 0,5°C
		2 ... 98 % r.F.	+/- 2%
Kombinierter Feuchte-Temperaturfühler			

Differenzdruckmessgerät	Furness Controls	+/- 1999 Pa	+/- 1% v. MW
Hitzdrahtanemometer mit Teleskop	Fab. Testo	0 ... 10 m/s -20 bis +70 °C	0,03 m/s, +/- 5% v. MW
Strommessgerät	EKM 265	230 V AC/50 Hz, 1,5 W ... 2650 W	+/- 1 % +/- 3digit
Volumenstrom-Messtrichter	Testovent 415	20 – 40 m³/h 0 - + 50°C	± 10%

### 3.1.8.2 Messaufbau und Messablauf

Die messtechnische Erhebung der Lüftungsanlagen gliedert sich von der zeitlichen Abfolge bzw. von der Organisation des Messaufbaus in 3 Abschnitte:

Erhebung des Außenluftzustandes bzw. der Ansaugsituation:

- Außentemperatur
- relative Außenluftfeuchte

Erhebung der Zustände am Lüftungsgerät bei den 3 Hauptlüftungsstufen:

- Lufttemperaturen
- relative Luftfeuchten
- Druckdifferenzen zur Umgebung
- Strömungsgeschwindigkeiten
- elektrische Leistungsaufnahmen
- Schallpegel

Erhebung der Zustände in den Räumen (Luft einlässe /-auslässe):

- Lufttemperaturen
- relative Luftfeuchten
- Strömungsgeschwindigkeiten (im Messquerschnitt des Trichters)

Die Erhebung der Messdaten in diesen drei „Bereichen“ wird im folgenden beschrieben. Dabei wird auch auf die Problematik, dass auf Grund örtlicher Rahmenbedingungen bzw. Wünsche der Anlagenbesitzer, Abweichungen zwischen dem geplanten und tatsächlichen Messablauf aufgetreten sind, eingegangen.

### Messtechnische Erhebung des Außenluftzustandes / der Ansaugsituation:

Der Zustand der Außenluft (Temperatur und Feuchte) wurde beim Messteam 1 über den gesamten Zeitraum einer Anlagenerhebung (diese betrug im Schnitt 4 Stunden) in regelmäßigen Abständen aufgezeichnet. Dadurch wurde gewährleistet, dass trotz einer zeitlichen Verschiebung zu den Messungen in den Bereichen „Lüftungsgerät“ und „Raum“, eine Änderung der Außenluftbedingungen registriert werden konnte. In der Praxis hat sich gezeigt, dass innerhalb dieses Zeitraumes und durch die Trägheit bei Erdwärmetauschern nur sehr geringe Änderungen der Frischlufttemperatur vor dem Lüftungsgerät auftreten. Es konnte dadurch auch akzeptiert werden, dass die beiden anderen Messteams die Außenluftbedingungen nur 2 mal (vor und nach den Messungen) aufgenommen und gemittelt haben.

Um etwaige örtlichen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen, wurde getrennt zur Außenluftsituation der Zustand an der Ansaugung überprüft. Da sich bei keiner der Anlagen wesentliche Unterschiede zum Zustand der Außenluft ergaben, wird in weiterer Folge nur mehr auf den Außenluftzustand Bezug genommen.

### Messungen am zentralen Lüftungsgerät:

Einen wesentlichen Teil der gesamten Anlagenerhebung umfasste die Messung am Lüftungsgerät selbst, da eine Auswertung und Analyse von hier gemessenen Werten und daraus ermittelten Kennzahlen sowohl Auskunft über die Qualität von einzelnen Komponenten, als auch vom gesamten System geben.

Die Messgrößen, die über alle Lüftungsstufen zu erfassen sind, werden in der folgenden Tabelle noch einmal aufgelistet.

Tabelle 3.4: Messstellen und Messgrößen am Lüftungsgerät

Nr.	Messstelle	Messgrößen			
		Temperatur t [°C]	Relative Feuchte r.F. [%]	Druckdifferenz Dp [Pa]	Strömungsgeschw. w [m/s]
①	Frischluft-Strang	x	x	x	x
②	Zuluft-Strang	x	x	x	x
③	Abluft-Strang	x	x	x	x
④	Fortluft-Strang	x	x	x	x
⑤	Aufstellungsraum	Schallpegel in einer Entfernung von 1,0 m vom Lüftungsgerät [dBA]			
⑥	Stromversorgung	Elektrische Aufnahmeleistung [W]			



### Messungen am Gerät:

Das Anlagenkonzept durchzudenken und die Geräteanschlüsse richtig zuzuordnen war der erste Schritt als Vorbereitung für die folgenden Messungen. Anschließend wurden in Absprache mit dem Nutzer notwendige Messöffnungen zur Positionierung sämtlicher Aufnehmer gesetzt. Nach Möglichkeit wurde die Fühlerposition so gewählt, dass eine ausreichende Messstrecke (Messung der Luftgeschwindigkeit: ein gerades Rohrstück mit einer Länge von etwa dem 8-fachen Rohrdurchmesser ist lt. Firmenunterlagen dafür erforderlich) zur Verfügung steht. Dies war sehr selten der Fall bzw. war bei einigen Anlagen generell das Anbringen von Messbohrungen nicht möglich (Wunsch des Bauherrn bzw. Problem bei der dauerhaften Abdichtung von flexiblen Schläuchen). In diesen Fällen wurden auch Positionen im Lüftungsgerät selbst herangezogen, um die Luftzustände zu messen.



Abbildung 3.3 a-b: mögliche Fühlerpositionen (Combi-Fühler & Thermoelement abluftseitig in Gerät positioniert)

Auch bei flexiblen Schläuchen wurde auf das Anbringen von Messbohrungen verzichtet, da eine spätere dauerhafte Abdichtung der Bohrungen problematisch ist.



Abbildung 3.4: Messaufbau am Lüftungsgerät – keine Möglichkeit der Fühlerpositionierung in den flexiblen Luftsträngen

### Strommessung:

Es wurden 2 Arten der Strommessung angewandt. Bei Geräten mit Netzstecker wurde ein Leistungsmessgerät zwischen Verbraucher (Lüftungsgerät) und Netzanschluss angebracht. Bei direkt verkabelten Geräten wurde von Messteam 1 ein Zangenamperemeter (siehe Abbildung 4.7) benutzt.



Abbildung 3.5: Strommessung mit Zangenamperemeter



Abbildung 3.6: Strommessung mit Zwischenstecker

In einigen Fällen war es aufgrund der nichtzugänglichen Verkabelung gar nicht möglich die Strom- bzw. Leistungsaufnahme der Geräte zu messen.

### Messungen in den Zu- und Abluftbereichen:

#### Zuluftbereich:

- Ausblastemperatur und relative Feuchte (mit Hilfe des Messtrichters)
- Strömungsgeschwindigkeit (im Messtrichterquerschnitt)
- Raumluftzustand - Temperatur und relative Feuchte

#### Abluftbereich:

- Strömungsgeschwindigkeit (im Messtrichterquerschnitt)
- Raumluftzustand – Temperatur und relative Feuchte

Die Lüftungsstufe, die nach den Auslegungsunterlagen als Normalbetriebsstufe ersichtlich war, wurde für die Messung in den Zuluft- und Abluftbereichen herangezogen, um vergleichbare, repräsentative Werte zu erhalten, die mit den Sollwerten verglichen werden konnten. Nicht Gegenstand der Untersuchung war die manchmal davon abweichende „Normalstufe“ des Benutzers, welche manuell nach eigenen Bedürfnissen gewählt wurde und daher die höchsten Betriebsstunden aufwies.

Nach manueller Vorwahl der Normalbetriebsstufe wurde jeder einzelne Zu- und Abluftraum bzw. Luftdurchlass im Zuge der Messung aufgenommen. Mit Hilfe des dargestellten Messtrichters wurde durch Überstülpen der Zustand der Luft am Ventil aufgenommen. Der im Trichter platzierte Anemometer erfasste die Strömungsgeschwindigkeit der Luft. Aus dem Querschnitt des Messtrichters und der Kontinuitätsgleichung kann der Luftvolumenstrom in  $\text{m}^3/\text{h}$  rechnerisch ermittelt werden. Errechnet man diesen Wert so erhält man den sogenannte Trichterfaktor (bei diesem Trichterquerschnitt = 22), der auch vom Hersteller angegeben wird. Ebenfalls am Messtrichter wurden die weiteren Zuluftparameter, Einblastemperatur und relative Feuchte aufgenommen. Nach der notwendigen Einschwingzeit bzw. Eintrag der Daten ins Messdatenblatt wurde zum nächsten Ventil gewechselt.

Dieses Prozedere gilt sowohl für die Messungen im Zuluft- als auch in den Abluftbereichen.

Ebenfalls wurde in den Zuluftträumen im Aufenthaltsbereich Temperatur und relative Feuchte aufgenommen.



Abbildung 3.7: Messaufnahme mit Hilfe des Messtrichters

Relativ einfach und genau konnte dieser Messabschnitt bei Lüftungssystemen mit zugänglichen Tellerventilen, Weitwurfdüsen oder Drallauslässen bewerkstelligt werden. In einigen Fällen konnte die Luftmenge nur abgeschätzt werden, da die Ventile auch mit Leitern nicht erreicht werden konnten, oder das Ventil so umbaut war, dass der Messtrichter nicht angesetzt werden konnte.

Dort wo Quellluftsysteme zur Anwendung kamen, mussten die Gitterauslässe soweit abgedichtet werden, dass der Messtrichter den restlichen Querschnitt abdeckte. Dadurch wurde bei größeren Lüftungsquerschnitten sicherlich eine Erhöhung des Druckabfalls und damit eine unvermeidliche Verringerung des Luftvolumenstroms bei der Messung verursacht.

### **3.1.9 Aufnahme nicht messbarer Größen**

Die Erhebung nicht messbarer Größen erfolgte zum einen durch eine optische Aufnahme zum anderen durch die Befragung des Anlagenbesitzers. Die Ergebnisse dieser Aufnahmen fließen direkt in die Aus- und Bewertungen der untersuchten Anlagen ein und werden hier nicht explizit behandelt.

#### **Aufnahme durch optische Besichtigung:**

- Filterqualität
- Position von Ansaug- und Ausblasöffnungen
- Luftverteilung und Raumdurchströmung

#### **Persönliches Gespräch mit dem Benutzer**

Dabei wurden jene Fragen, die im allgemeinen Fragebogen nicht beantwortet waren behandelt bzw. entsprechend dem „Benutzerfragebogen“ erörtert. Die Fragestellungen wurden so gewählt, dass der Benutzer mehr seine persönlichen Erfahrungen äußern sollte als klare technische Aspekte. Dies ermöglicht eine Einschätzung darüber zu bekommen, inwiefern die Angaben der Besitzer die tatsächliche Qualität ihrer Anlagen widerspiegelt.

#### **Fotodokumentation**

Um die ausgeführte Anlagenqualität nicht nur verbal und messtechnisch veranschaulichen zu können, wurden von jedem untersuchten Objekt zahlreiche Fotos gemacht. Um auch hier eine möglichst lückenlose Dokumentation zu bekommen, wurden die Aufnahmen definiert, die zumindest gemacht werden müssen (Haus von außen, Ansaugsituation, Lüftungsgerät, Kanalführung, typische Zuluft bzw. Abluftsituation, Fortluft, Filterzustand, Steuer- bzw. Regeleinheit,..).

## 3.2 Fragebogen für Anlagenbesitzer und dessen Auswertung

Die folgende Auswertung der retournierten Fragebögen gibt einen Überblick über die Nutzerzufriedenheit, die Anlagenkonzepte bzw. einzelne technische Belange der Anlagen. Die folgende Auswertung bezieht sich auf alle Rückmeldungen und nicht nur auf diejenigen Anlagen die dann einer tiefer gehenden Untersuchung unterzogen wurden.

### 3.2.1 Allgemeine Daten

In den Bundesländern Tirol, Vorarlberg und Salzburg konnten die Adressen von den einzelnen Wohnbauförderungswerbern der Landesregierungen übernommen werden. In den restlichen 6 Bundesländern konnten die Anlagenbesitzer nur über Installateure; Planer und Lüftungsfirmen kontaktiert werden, weshalb die genaue Zahl der versendeten Fragebögen nicht erfasst werden konnte.

Die Rücklaufquote für Tirol betrug 68,9%, für Vorarlberg 55,6% und in Salzburg erhielten wir die ausgefüllten Fragebögen von 81,3% der Befragten retourniert. Die äußerst hohe Rücklaufquote ergab sich vorwiegend aus dem Wissensdurst der Anlagenbesitzer, ob sie nun eine gute oder schlechte Anlage besitzen. D.h. sie konnten die Anlagenqualität selbst nicht wirklich einschätzen. Eine zweite Gruppe hatte kleinere oder größere Probleme mit der Anlage und erhoffte sich durch die Anlagenuntersuchung einerseits eine Hilfestellung für die Problemlösung und andererseits die Bestätigung der selbst festgestellten Mängel. So ergab sich durch dieses Projekt ganz nebenbei oft eine Verbesserung der Wohnraumlüftungsanlage (Änderung falsch eingestellter Regelungsparameter) bzw. wurde durch diese Untersuchungen teilweise Nachbesserungen seitens der Installateure ausgelöst.

Bis zum Stichtag **21. Mai 2003** wurden aus den einzelnen Bundesländern in Summe 110 Fragebögen per Post bzw. Mail retourniert und anschließend ausgewertet. Später eingetroffenen Fragebögen sind in der Auswertung nicht mehr enthalten.

Tabelle 3.4: Retournierte Fragebögen

Bundesländer	Anzahl der retournierten Erstbefragungen
Tirol	31 Fragebögen
Vorarlberg	10 Fragebögen
Wien	0 Fragebögen
Niederösterreich	22 Fragebögen
Steiermark	12 Fragebögen
Salzburg	13 Fragebögen
Oberösterreich	5 Fragebögen
Kärnten	12 Fragebögen
Burgenland	5 Fragebögen

### 3.2.2 Allgemeine Fragen

#### **Frage: Hat die Wohnraumlüftungsanlage Ihre Erwartungen erfüllt?**

Von den 110 befragten Anlagenbesitzern wurden die persönlichen Erwartungen bei 87% erfüllt. Die Grafik zeigt die Zahl der „Zufriedenen“ bzw. der „Nicht zufriedenen“ Anlagenbesitzer in den einzelnen Bundesländern. In Oberösterreich und der Steiermark wurden die Erwartungen bei allen befragten Anlagenbesitzern erfüllt.

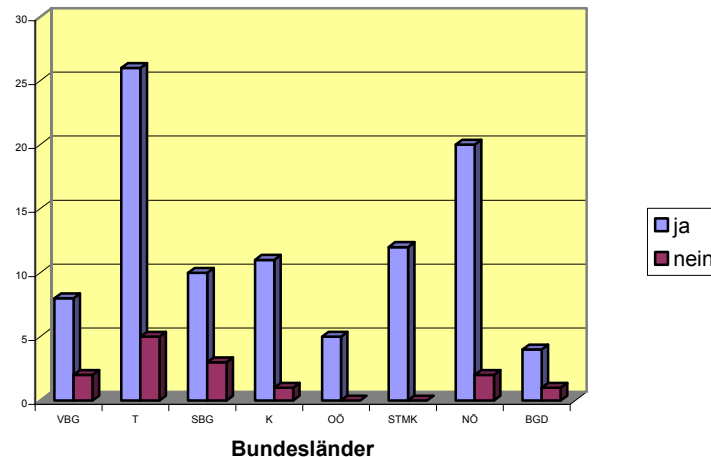


Abbildung 3.8: Hat die WRL-Anlage die Erwartungen erfüllt?

Zusammenfassend lässt sich eine breite Zufriedenheit mit den eingebauten Systemen feststellen.

#### **Frage: Wer/was hat Sie zum Einbau einer WRL-Anlage bewogen?**

Die hauptsächlichen Beweggründe zur Realisierung einer kontrollierten Wohnraumlüftungsanlage sind bundesweit die Komponenten „Luftqualität“ und „Energieeinsparung“.

Auf die Frage, wer sie hauptsächlich zum Einbau bewogen hatte, stach die Berufsgruppe der Architekten äußerst positiv hervor. Und dies, obwohl diese am Fragebogen nicht explizit angeführt wurden. Architekten wurden in der Rubrik „Sonstige“ erfasst, wobei bei den individuellen Nennungen in diesem Segment mit Abstand am häufigsten „Architekt“ genannt wurden. Die Installateure werden dagegen nur von wenigen der Befragten genannt, obwohl gerade dieser Berufsstand am meisten vom Einbau von Wohnraumlüftungsanlagen profitiert.

#### **Frage: Wer hat die Anlage eingebaut?**

89 Anlagen wurden von verschiedenen Firmen eingebaut, 21 Anlagen wurden im „Eigenbau“ errichtet.

### 3.2.3 Technische Fragen

Um eine Auswahl der zu untersuchenden Anlagen treffen zu können, musste vorab abgeklärt werden, welche Systeme die einzelnen Benutzer in Verwendung haben. Aus diesem Grund wurde zwischen einer reinen Abluftanlage, einer Zu- und Abluftanlage, evtl. mit Erdwärmetauscher, Wärmepumpe oder Nachheizregister unterschieden.

#### Frage: Abluftanlage oder Zu- und Abluftanlage?

Von den 110 ausgewerteten Fragebögen war nur eine Anlage eine reine Abluftanlage, alle anderen waren Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung.

#### Frage: Anlage mit Erdwärmetauscher bzw. Wärmepumpe?

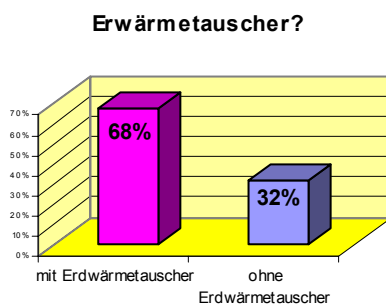


Abbildung 3.9: Anteil Erdwärmetauscher

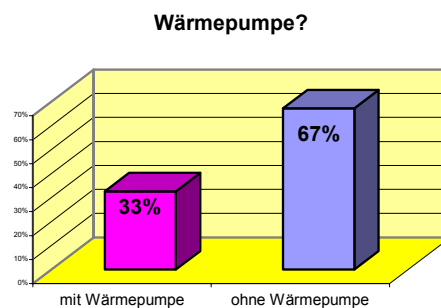


Abbildung 3.10: Anteil Wärmepumpe

Die Auswertung hat ergeben, dass 68% der Anlagenbesitzer ein System mit Erdwärmetauscher in Verwendung haben, und bei 33% der Befragten ein System mit Wärmepumpe realisiert wurde.

#### Frage: Lüftungsart? Quell- oder Induktionslüftung?

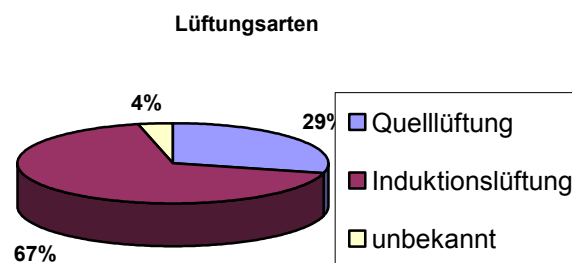


Abbildung 3.11:: Lüftungsarten

Der Großteil der gemeldeten Anlagen (67%) basiert auf dem Prinzip der Induktionslüftung.

### Frage: Automatische Anzeige zum Filterwechsel?

Von den 110 analysierten Fragebögen haben „nur“ 45 Anlagen (41%) eine automatische Anzeige an der Bedieneinheit; hier können die Bewohner einfach und komfortabel erkennen, wann der Filter zu wechseln ist.

14 Anlagen (13%) waren mit Filterwechselanzeigen am Gerät und nicht an der Bedieneinheit ausgestattet.

51 Anlagen (46%) hatten keine Filteranzeige.

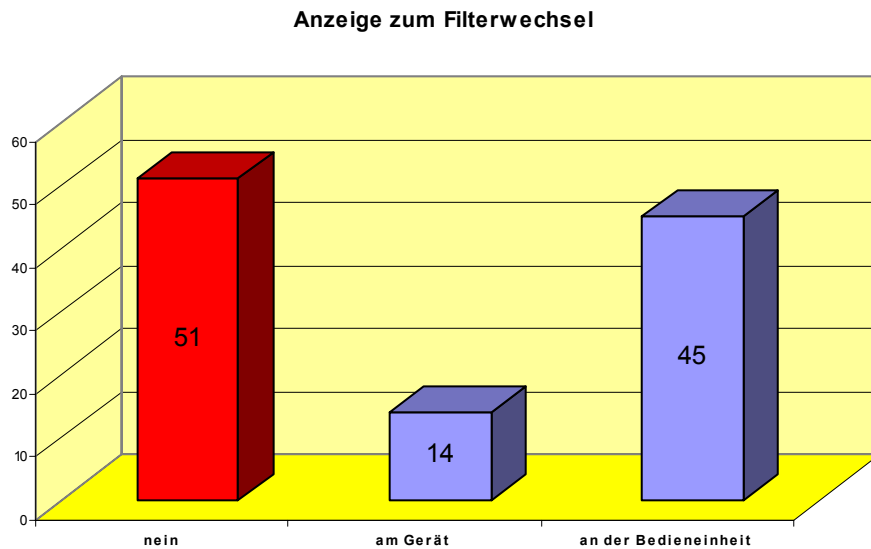


Abbildung 3.12: Anzeige zum Filterwechsel (Anzahl der Anlagen), keine – am Gerät – an der Bedieneinheit im Wohnraum.

Abschließend kann zum technischen Teil der Erstbefragung festgehalten werden, dass die Anlagen in fast 100% der Fälle für Wartungsarbeiten frei zugänglich sind.



### 3.2.4 Fragen zur Dokumentation

#### Frage: Auslegungsberechnung mit Luftmengen für die einzelnen Räume?

Beinahe die Hälfte der befragten Anlagenbesitzer (48%) gaben hier an, dass die Firma diese Berechnungen durchgeführt hat. Nur ein Fünftel verfügt selber über die Informationen aus dieser Berechnung. Etwa 31% geben an, dass diese Berechnung für die einzelnen Räume nicht durchgeführt wurde.

#### Frage: Gibt es einen Installationsplan für die Leitungen?

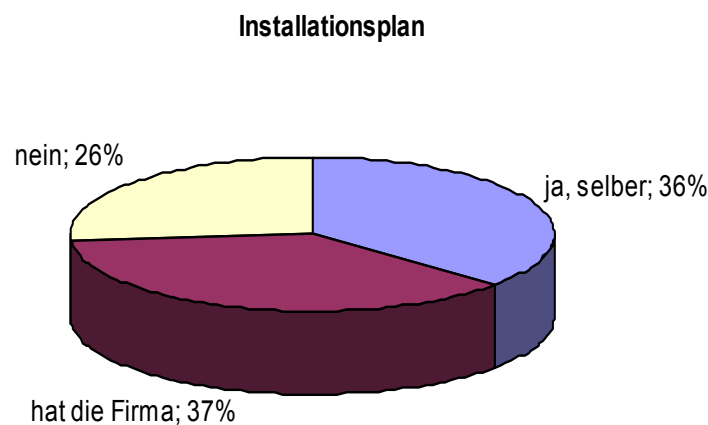


Abbildung 3.13: Installationsplan für Leitungen

Hier herrscht ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen „ja selber“ und „hat die Firma“. Erstaunlich ist, dass mehr als ein Viertel der Anlagen scheinbar über keinerlei Dokumentation der Installation verfügt.

#### Frage: Gibt es Fotos von der Anlagendokumentation

Gemäß dem Grundsatz „ein Bild sagt mehr als tausend Worte“, ist es gerade auch bei der Installation von kontrollierten Wohnraumlüftungsanlagen ratsam, den gesamten Prozess auch per Fotos festzuhalten. Durch diesen geringen Mehraufwand sind später auftretende Probleme bezüglich der Anlage wesentlich effizienter und auch einfacher zu lösen.

Den Auswertungen nach können nur 40% der befragten österreichischen Anlagenbesitzer diese Form der Dokumentation in Händen halten. Firmen haben in 5,45% der Fälle Anlagenfotos. Bei mehr als der Hälfte aller Anlagen sind keine Fotos vorhanden.

## Anlagenauswertung Übersicht

<b>Haben Sie selbst bzw. die Installationsfirma ...</b>	<i>Österreich</i>
<b>Auslegungsberechnung mit Luftmengen für einzelne Räume</b>	
ja, selber	21 %
hat die Firma	48 %
Nein	31%
<b>Installationsplan für die Leitungen</b>	
ja, selber	37 %
hat die Firma	37 %
Nein	26 %
<b>Protokoll über die tatsächlich eingestellten Luftmengen</b>	
ja, selber	16 %
hat die Firma	32%
Nein	52 %
<b>Bedienungsanleitung bzw. Gerätebeschreibung</b>	
ja, selber	85%
hat die Firma	8 %
Nein	7 %
<b>Fotos von der Anlageninstallation</b>	
ja, selber	40 %
hat die Firma	5 %
Nein	55 %

### 3.2.5 Resümee zu den Antworten auf den Fragebögen

Wie bereits in den Einzelanalysen ausgeführt, verfügen die Anlagenbesitzer (zumindest im Einfamilienhausbereich) quer durch ganz Österreich über ein recht gutes technisches Wissen bezüglich ihrer Anlagen. Die Anlagenqualität und die somit abgefragte subjektive Zufriedenheit mit den eingesetzten Systemen war ebenfalls hoch. Zu beachten ist aber, dass die meisten Wohnraumlüftungen erst seit kurzer Zeit in Betrieb sind und somit auch die eigene Qualitätsbeurteilung nur über eine kleine Zeitspanne möglich ist.

Aus den retournierten Antworten geht weiters hervor, dass die Benutzer zwar mit den eingesetzten Systemen durchaus zufrieden, aber die subjektive Behaglichkeit bei einigen Anlagen doch leidet. Weiters ist aus Sicht eines Anlagenbesitzers bzw. aus der Sicht des Facility Managements bei einer größeren Wohnanlage zu kritisieren, dass die Anzeige zum Filterwechsel entweder nicht vorhanden oder mühsam auf der Anlage selbst abgelesen werden muss. Dringend notwendig wäre auch eine Verbesserung im Bereich der Anlagendokumentation.

### 3.3 Ergebnisse der Nutzerbefragung vor Ort

Die folgende Auswertung behandelt nur jene Fragen, die nicht schon im allg. Fragebogen (Brief) enthalten sind, oder vertieft diese in gewisser Weise. Die Fragen beziehen sich eher auf subjektive Einschätzungen, als auf klare technische Aspekte. Die fehlenden Prozentangaben auf 100% ergeben sich aus nicht beantworteten Fragen bzw. den ersatzweisen Bemerkungen zu diesen Fragen. D.h. die fehlenden Prozentsätze sind als „keine Angabe bzw. nicht eindeutige Antwort“ zu interpretieren.

Frage	Nein	Ja
<p><b>(1) War es schwierig die Lüftungsanlage in das Bauprojekt zu integrieren?</b></p> <p>Da die untersuchten Anlagen hauptsächlich in Einfamilienhäusern installiert waren, und die Bewohner die Entscheidung für den Einbau selbst getroffen hatten, ist es nicht überraschend, dass die Integration der Lüftungsanlage in das Bauprojekt als nicht schwierig angesehen wurde. Für Bewohner von Mehrfamilienhäusern war es ebenfalls kein Problem, da sie mit der Bauphase nichts zu tun hatten. Bei den Bauträgern hängt die Beantwortung insbesondere davon ab, ob es ihr erstes Projekt mit Wohnraumlüftung darstellte oder nicht.</p>	86%	14%
<p><b>(2) Ist die eingebaute (eingestellte) Luftmenge ausreichend?</b></p> <p>Da der Unterschied zu nicht belüfteten Wohnungen recht deutlich erlebbar ist, sind nahezu alle Nutzer überzeugt, dass die konzipierte Luftmenge ausreichend sei. Allerdings tun sich die Befragten bei der absoluten Beurteilung sehr schwer. Auch bei den Anlagen, die deutlich zu wenig Frischluft liefern, gaben die Nutzer meist an, dass sie die Luftmenge als ausreichend ansehen. Bemängelt wurde meist, dass einzelne Räume (vor allem Schlafräume) oder Nassräume bei intensiver Nutzung unterversorgt wären und man eine bedarfsgerechte Anpassung der Luftmengen begrüßen würde.</p>	0%	96%
<p><b>(3) Sind die Betriebskosten der Anlage bekannt? Wie hoch sind diese? Wie hoch schätzen sie diese?</b></p> <p>Erstaunlich ist hier, dass nur etwa ein Drittel der Befragten über die Betriebskosten, und da meist nur grob geschätzt, Bescheid wissen.</p> <p>Die Schätzungen der Betriebskosten lagen zwischen 53,--€ (mit Filter!) bis zu 500,--€ pro Jahr.</p>	57%	29%
<p><b>(4) Erfolgte eine Einschulung? Durch wen? Wie intensiv?</b></p> <p>Die Einschulung erfolgte prinzipiell durch die ausführende Firma, wobei meist nur das Bediengerät und der Filterwechsel erläutert wurden. Hinweise auf Ventilstellungen, Überströmöffnungen etc. fehlten meist.</p>	25%	68%

Frage	Nein	Ja
<p><b>(5) Verfügen Sie über eine Betriebsanleitung für das Lüftungsgerät?</b></p> <p>Zur Qualität der Bedienungsanleitungen ist zu sagen, dass es hier sehr große Unterschiede gibt. Nur wenige Hersteller bieten eine ausreichende und verständliche Betriebsanleitung. Bei einigen Geräten ist nicht einmal eine deutschsprachige Version erhältlich. Manche Angaben sind lückenhaft oder unverständlich übersetzt. Lediglich die meisten deutschsprachigen Hersteller bieten brauchbare Bedienungsanleitungen.</p>	7%	93%
<p><b>(6) Verfügen Sie über eine Anlagendokumentation?</b></p> <p>Unerfreulicherweise wird diesem Teil viel zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Installationspläne oder Auslegungunterlagen sind bei weniger als der Hälfte der Anlagen vorhanden. Fotos zur Dokumentation der Leitungsführung ebenfalls. Da die Leitungsverlegung auch sehr oft vom Bauherrn selbst erledigt wurde, verlässt man sich offensichtlich auf das Erinnerungsvermögen.</p>	54%	46%
<p><b>(7) Hatten Sie schon Probleme mit der Bedienung der Lüftungsanlage?</b></p> <p>Einzelne Unsicherheiten traten bei der Bedienung des Steuergerätes auf.</p>	36%	21%
<p><b>(8) Gab es schon einmal eine Betriebsstörung?</b></p> <p>Die angegebenen Betriebsstörfälle waren vielschichtig, konnten aber meist rasch behoben werden. Teilweise stellten sich diese auch als keine wirkliche Betriebsstörung dar, sondern ergaben sich aus Fehlinterpretationen der Anzeige (z.B. opt. Signal für Filterwechsel).</p>	36%	32%
<p><b>(9) Musste schon einmal ein Servicetechniker kommen?</b></p> <p>Für den Tausch von Einzelkomponenten bzw. Ersatzteilen (Ventilator, Steuerung, Einzelfall WP-Verdichter, Eingriffe in Kältekreislauf)</p>	39%	21%
<p><b>(10) Kommt es zu Zegerscheinungen im Wohnbereich?</b></p> <p>Zugerscheinungen sind die Ausnahme und in diesen Einzelfällen auf die falsche Ventilwahl oder Ventilanzordnung zurückzuführen.</p>	54%	7%
<p><b>(11) Ist die Luftfeuchte im Haus zu niedrig?</b></p> <p>Ähnlich wie bei Frage (2) tun sich die Nutzer schwer eine klare Antwort abzugeben. Allerdings ist eine deutliche Unterschreitung der Behaglichkeitsfeuchte von 30 % im Winter von einigen Nutzern negativ bemerkt worden (Extremfälle mit Luftheizung hatten im Messzeitraum nur ca. 20% relative Feuchte). Einige Nutzer sehen die niedrige Feuchte eindeutig als Vorteil (keine Vermehrung der Hausstaubmilbe, Vermeidung von Schimmelbildung).</p>	21%	39%

Frage	Nein	Ja
<p><b>(12) Ist ihnen der Grundlärmpegel der beim Betrieb entsteht zu laut?</b></p> <p>Die Aussagen der Nutzer müssen hier stark relativiert werden, da die Frage auf den aktuellen Zustand bei der Lüftungsanlage abzielt und viele Anlagen aufgrund von Lärmproblemen bereits gedrosselt worden waren (gesamthaft bzw. speziell in der Nacht), wodurch der Schallpegel sank, die Luftmenge aber nicht mehr ausreichend war. Insgesamt waren Schallprobleme der stärkste Kritikpunkt seitens der Anlagennutzer.</p>	46%	7%
<p><b>(13) War von Beginn an alles richtig installiert?</b></p> <p><b>(14) Musste umgebaut werden?</b></p> <p><b>(15) Musste nachträglich etwas eingebaut werden? (Filter, Schalldämpfer,..)</b></p> <p>Nachträgliche Änderungen an den Anlagen wurden nur sehr selten durchgeführt. Da sehr viele Anlagenteile nicht mehr zugänglich sind, das betrifft vor allem fehlende Schalldämpfer, waren Änderungen ohne größere Eingriffe in den Innenausbau nicht mehr möglich. Daher sei hier noch einmal besonders betont, dass der Anlagenverrohrung besondere Aufmerksamkeit zu schenken ist.</p>	7%	82%
<p><b>(16) Merken Sie, wenn die Anlage auf Entfrostungsbetrieb geht?</b></p> <p>Die Reduktion der Luftmenge einiger Geräte im Entfrostungsbetrieb (bei WP-Anlagen, Anlagen ohne EWT, bzw. sonstige Vorwärmung) wurde nur teilweise wahrgenommen, bzw. konnten die Nutzer die Luftmengenreduktion nicht dem Entfrostungsvorgang zuordnen.</p>	39%	11%
<p><b>(17) Wurden die Filter schon einmal getauscht? In welchen Abständen?</b></p> <p>Im Bereich Filterhygiene war es schwierig immer ganz ehrliche Antworten zu bekommen, da sich der Nutzer bei der Betriebshygiene selbst verantwortlich fühlt. Bei den Angaben der Nutzer wurde bemerkt, dass die Filterwechselintervalle meist zu lang eingeschätzt wurden („1x pro Jahr“). An dieser Stelle wird auch häufig versucht zu sparen, indem die Filter oftmals nur mit dem Staubsauger gereinigt, bzw. in der Waschmaschine gewaschen werden, wodurch diese ihre Funktion nicht mehr ausreichend erfüllen können.</p>	32%	11%
	14%	64%

Frage	Nein	Ja
<p><b>(18) Auf welcher Betriebsstufe läuft die Anlage normalerweise?</b></p> <p>Diese Frage diente zur Verifizierung der Stufeneinstellungen, unabhängig vom ursprünglich konzipierten Volumenstrom. Dabei stellte sich heraus, dass die Nutzer oftmals aus Schallgründen eine niedrigere Stufe wählen (Stufe 1 statt Stufe 2).</p>		
<p><b>(19) Läuft die Anlage mit einem Zeitschaltprogramm?</b></p> <p>Bei vielen Nutzern wurde die an sich vorhandene Zeitsteuerung nicht verwendet.</p>	32%	43%
<p><b>(20) Schaltet sich die Intensivstufe automatisch wieder ab?</b></p> <p>Diese Rückstellfunktion ist in den meisten Zeitsteuerungen integriert und wurde von den Nutzern als sehr hilfreich gesehen.</p>	14%	54%
<p><b>(21) Gibt es Probleme mit Kondensatbildung? Erdwärmetauscher, Bad, ...</b></p> <p>Nach Angaben der Nutzer gibt es damit keine Probleme. Die mögliche Kondensatbildung in EWT war nur sehr wenigen Befragten bekannt.</p>	43%	4%
<p><b>(22) Verursacht Ihre Anlage Geruchsprobleme?</b></p> <p>Hier wird einzig das Ansaugen von Hausbrandgerüchen (Nachbar) als störend angegeben.</p>	54%	4%
<p><b>(23) Verbreiten sich Gerüche von WC, Küche, Raucherbereichen, etc. auch in den Wohnräumen?</b></p> <p>Die Verbreitung von Gerüchen konnte nicht bei allen Lüftungsanlagen vollständig verhindert werden. Die Nutzer geben an, dass die Gerüche aber sehr schnell wieder verschwinden.</p>	39%	14%
<p><b>(24) Kommt es bei Ihrer Anlage zu Telefonschallproblemen?</b></p> <p>Hier gibt es nur in Ausnahmefällen Probleme, wobei nicht genau verifiziert werden konnte, welcher Anteil des Schalls über die Kanäle weitergeleitet wird und welcher Teil durch die Wände.</p>	50%	11%
<p><b>(25) Ist in Ihrem Gebäude schon einmal Schimmelpilzbildung aufgetreten?</b></p> <p>Schimmelpilzbildung (Wärmebrücken) ist durch die Begrenzung der Feuchte praktisch unbekannt.</p>	54%	4%

Frage	Nein	Ja
<b>(26) Ist Ihre Anlage ganzjährig in Betrieb?</b> Fast alle Anlagen laufen aufgrund des hohen Komfortgewinns durchgehend.	4%	75%
<b>(27) Lüften Sie auch über die Fenster?</b> Zusätzliche Fensterlüftung war einerseits aufgrund der zu geringen Luftmengen in einzelnen Räumen notwendig und andererseits entsprang er dem individuellen Wunsch der Nutzer nach mehr Bezug zur Natur (dann jedoch nur bei höheren Außentemperaturen).	21%	43%
<b>(28) Was würden Sie bei der Anlage heute anders machen?</b> Nur wenige Nutzer würden an ihrer Anlage etwas ändern.	11%	7%

### 3.4 Kriterienkatalog zur qualitativen und quantitativen Beurteilung der Anlagen

Das gesamte Lüftungssystem funktioniert nur dann einwandfrei und zur Zufriedenheit der Nutzer, wenn auch jede einzelne Komponente sorgfältig geplant und eingebaut wird.

In den folgenden 55 Qualitätskriterien sind bereits die neuen Erkenntnisse aus der Evaluierung als Ergänzungen gegenüber dem ursprünglichen Kriterienkatalog enthalten. *Diese zusätzlichen Qualitätskriterien sind kursiv hervorgehoben.*

#### 3.4.1 Gebäudevoraussetzung

Voraussetzung	Anforderung
Luftdichte Gebäudehülle	Maximal 1facher Luftwechsel nach EN 13829 (Blower Door Test)

**Erläuterung:** Als Voraussetzung für den effizienten Einsatz einer Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung ist eine luft- (und winddichte) Gebäudehülle notwendig. Siehe Kapitel 2.

### 3.4.2 Allgemeine Auslegungskriterien

Qualitätskriterium 1	Anforderung
Mindestluftwechsel pro Person bei Normalbetriebsstufe für die gesamte Wohnung	Mindestens 30 m <sup>3</sup> /Person

**Erläuterung:** Mit diesem Kriterium soll sichergestellt werden, dass die Anlage eine gewisse Mindestgröße, abhängig von der durchschnittlichen Personenzahl in der Wohnung, aufweist. **Achtung:** Diese Luftmenge stellt für die gesamte Wohnung die unterste Grenze und nicht eine Empfehlung dar. D.h. in der Praxis liegt man normalerweise deutlich darüber.

Qualitätskriterium 2	Anforderung
Luftwechsel bezogen auf die Wohnungseinheit bei Normalbetriebsstufe	a) Der Mindestluftwechsel bezogen auf das Netto- Luftvolumen sollte zumindest 0,3fach/h betragen
	b) Der Luftwechsel darf auch bei Passivhauskonzepten mit Luftheizung nicht über den hygienisch notwendigen Luftwechsel hinausgehen.

**Erläuterung:** Durch den minimalen Luftwechsel pro Wohneinheit wird erreicht, dass die Anlage eine gewisse Mindestluftmenge - abhängig von der Wohnungsgröße – aufweist, um Ausdünstungen bzw. Belastungen von Teppichen, Möbeln etc. zusätzlich zu berücksichtigen, wenn die Wohnung sehr groß ist. Eine Erhöhung des Luftwechsels über den hygienischen Luftwechsel hinaus, um bei Passivhauskonzepten mehr Energie über die Lüftung einzubringen, sollte keinesfalls vorgenommen werden. Andernfalls besteht die Gefahr zu trockene Luft bzw. ein ineffizientes Gesamtsystem zu bekommen. **Achtung:** Ein Luftwechsel von 0,3 stellt die unterste Grenze und nicht eine Empfehlung dar. D.h. in der Praxis liegt man normalerweise darüber (zwischen 0,3 und 0,8 je nach Wohnungsgröße – siehe Kapitel 2).



Qualitätskriterium 3a bis 3d	Anforderung
Mindestzuluftvolumenströme für einzelne Räume bei Normalbetriebsstufe für die Rohr- bzw. Ventil-dimensionierung (die tatsächliche Luftmenge kann dann auch auf die aktuell vorherrschende Situation angepasst werden)	a) Wohnzimmer: 60 m <sup>3</sup> /h
	b) Schlafzimmer: 50 m <sup>3</sup> /h
	c) <i>Kinderzimmer: 50 m<sup>3</sup>/h (Zwei Kinder)</i>
	d) <i>Kinderzimmer: 25 m<sup>3</sup>/h (Ein Kind)</i>

**Erläuterung:** Damit den einzelnen Zulufräumen jeweils ausreichend Frischluft zugeführt wird, werden Mindestluftmengen definiert, die keinesfalls unterschritten werden sollten. Ausschlaggebender Punkt ist hier das CO<sub>2</sub>-Kriterium. Bei optimalen Quellluftsystemen kann die Luftmenge aufgrund der etwas besseren Raumdurchströmung bzw. dem besseren Schadstoffabtransport theoretisch etwas kleiner als bei der Induktionslüftung sein. Eine Unterscheidung in Quellluftsysteme und Induktionsluftsysteme wurde nicht vorgenommen, da in der Praxis eine saubere Quellluftströmung durch offenen Türen, Konvektion durch Heizung, etc, nicht immer gegeben ist. Als Untergrenzen können bei der Induktionslüftung 25m<sup>3</sup>/Person und bei der Quelllüftung 20 m<sup>3</sup>/Person angesetzt werden. Dem Wohnzimmer wurden 3 Personen und dem Schlaf- bzw. Kinderzimmer zwei bzw. eine Personen zugeordnet. Eine Unterscheidung in Kinder und Erwachsene wurde bewusst nicht gemacht. Da Schlaf- und größere Kinderzimmer (für zwei Kinder) oft nachträglich getauscht werden, sollten diese gleich dimensioniert sein. Für die individuelle Nutzung kann die Luftmenge dann entsprechend angepasst werden. **Achtung:** Die Luftmengen für die einzelnen Räume stellen für die Dimensionierung die unterste Grenze und nicht eine Empfehlung für die Auslegung dar. D.h. in der Praxis liegt man normalerweise darüber.

Qualitätskriterium 4a, 4b, 4c	Anforderung
Mindestabluftvolumenströme für einzelne Räume	a) Küche/Kochnische: 60 m <sup>3</sup> /h
	b) Bad: 40 m <sup>3</sup> /h
	c) WC: 30 m <sup>3</sup> /h (direkt aus der Muschel 10 m <sup>3</sup> /h)

**Erläuterung:** Dieses Kriterium stellt sicher, dass aus den einzelnen Ablufträumen jeweils die ausreichende Abluftmenge abgeführt wird. Ausschlaggebend ist hier das Feuchtekriterium. **Achtung:** Luftmengen für die einzelnen Räume stellen wieder die unterste Grenze und nicht eine Empfehlung dar. D.h. in der Praxis liegt man normalerweise darüber.

Qualitätskriterium 5	Anforderung
Geringe Luftgeschwindigkeit im Aufenthaltsbereich	Max. 0,1 m/s

**Erläuterung:** Damit die Luftströmung der Anlage nicht wahrgenommen wird, ist für den Aufenthaltsbereich eine maximale Luftgeschwindigkeit von 0,1 m/s angesetzt. Ähnliche Luftgeschwindigkeiten ergeben sich teilweise auch in Räumen ohne Lüftungsanlage. Dieser Punkt ist daher nicht nur bei der Planung der Zuluftventile besonders zu beachten, sondern auch in den Überströmbereichen zu berücksichtigen. Z.B. Bad mit Schleiftür als Überströmbereich und einem Aufenthaltsbereich in der Nähe der Tür (u.a. aufgrund eines in Türnähe befindlichen Waschbeckens) führt öfters zu Behaglichkeitsproblemen.

Qualitätskriterium 6a, 6b	Anforderung
Temperatur beim Einströmventil auf Behaglichkeitsniveau	a) Mindestens 17°C, z. B. durch Lüftungsgerät mit Wärmebereitstellungsgrad von 80% kombiniert mit Erdvorwärmung oder frostsicherem Vorwärmregister
	b) Maximale Einblastemperatur bei Nacherwärmung: 35°C (Passivhaus mit Luftheizung max. 52°C)

**Erläuterung:** Beträgt die Zulufttemperatur über 17°C kommt es bei richtiger Ventilanzordnung zu keinen Zugerscheinungen (Empfinden für Luftströme ist temperaturabhängig) und es bildet sich bei Quellluftsystemen kein Kaltluftsee. Bei einem Nachheizregister in Anlagen ohne EWT ist auf eine frostsichere Ausführung zu achten. Die Beschränkung der Zulufttemperatur auf 35 bzw. 52°C auch beim Passivhauskonzept dient der Verhinderung von Zugluftempfinden. Zudem wird durch diese Beschränkung in Kombination mit Kriterium 2 (keine Erhöhung des Luftwechsels über das hygienisch notwendige Maß) die einzubringende Heizleistung derart begrenzt, dass nur bei einer sehr niedrigen Heizlast des Raumes eine alleinige Luftheizung überhaupt möglich ist.

<b>Qualitätskriterium Neu 7</b>	<b>Anforderung</b>
<i>Keine Staubverschwelung beim (Nach-) Heizregister. Optimale Einbindung ins Niedertemperatursystem</i>	<i>Vorlauftemperatur maximal 55°C (gilt auch für Oberflächentemperatur bei Stromheizflächen)</i>

**Erläuterung:** Damit es beim (Nach-)Heizregister zu keiner Staubverschwelung kommt, die ab ca. 55°C beginnt, ist die Vorlauftemperatur des Heizregisters entsprechend niedrig zu halten. Um auch die optimale Einbindung in ein Niedertemperaturheizungssystem mit maximalen Vorlauftemperaturen von 45°C zu gewährleisten, sollten für das Heizregister der Wohnraumlüftungsanlage ebenfalls 45°C angestrebt werden. Niedrigere Verteilverluste, Ausnutzung der Brennwerttechnik, optimale Einbindung erneuerbarer Energien sind nur einige der Vorteile von Niedertemperaturheizungssystemen.

Die maximale Temperatur von 55°C gilt auch für die Oberflächentemperatur von elektrischen Heizregistern (Derzeit ist jedoch kein System am Markt bekannt, dass dieses Kriterium erfüllt).

<b>Qualitätskriterium 8a, 8b</b>	<b>Anforderung</b>
Keine Beeinträchtigung der Lüftungsanlage durch andere lufttechnische Geräte (Dunstabzugshauben, Ablufttrockner,..) oder Öffnungen (z. B. Wäscheabwurf, unbenutzte Kamine,..)	a) Keine direkt ins Lüftungssystem eingebundenen Dunstabzüge, Zentralstaubsauger, Ablufttrockner, etc.
	b) Bei nach außen geführten Dunstabzugshauben, Ablufttrocknern und anderen Anlagen mit einer offenen Verbindung nach außen ist sicherzustellen, dass die Funktion der Lüftungsanlage nicht gestört wird (eigene Nachströmöffnung). Generell sind Öffnungen nach außen (außerhalb der Dämmhülle) zu vermeiden bzw. bei Nichtbenutzung dicht abzuschließen.
	c) Dicht schließende Öffnungen durch die Hülle bei Nichtgebrauch (unbenutzte Kamine, Wäscheabwürfe, ..)

**Erläuterung:** Ausbalancierte Volumenströme sind ein wesentliches Qualitätsmerkmal von Wohnraumlüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung. Der balancierte Volumenstrom des Lüftungsgerätes soll nicht durch andere lufttechnische Geräte oder Öffnungen nach außen (außerhalb der Dämmhülle) beeinflusst werden. Zwei typische, oft unbeachtete Öffnungen bilden der Wäscheabwurf in den Keller und stillgelegte Kamine. Der Wäscheabwurf vom Bad in den Keller führt teilweise dazu, dass die Abluft nicht aus dem Wohnraum, sondern aus dem Keller abgesaugt wird.

Bei stillgelegten, nicht abgedichteten Kaminen hängt die Wirkung davon ab, ob diese sich in einem Zulufltraum mit Überdruck (z. B. Wohnzimmer) oder in einem Abluftraum mit Unterdruck (z.B. Küche) befinden. Grundsätzlich fällt dieser Bereich in die Grundvoraussetzung einer „luft- und winddichten Gebäudehülle“.

Der **Dunstabzug** sollte weder in die Lüftungsanlage eingebunden, noch mit Fortluft betrieben werden. Die hohe Leistung einer Dunstabzugshaube würde in diesen Fällen die Luftbilanz des Hauses wesentlich beeinflussen. Bei einer Fortlufthaube könnte man dies durch eine eigene Nachströmöffnung ausgleichen. Da hier jedoch kalte Außenluft nachströmt führt diese Nachströmung oft zu Behaglichkeitsproblemen. Empfohlen wird daher eine reine Umlufthaube mit Fett- und Aktivkohlefilter auszuführen, und eine bzw. zwei Abluftventile oberhalb der Kochstelle durch die Lüftungsanlage anzubringen.

Dunstabzüge haben normalerweise Volumenströme von deutlich über 500 m<sup>3</sup>/h. Im Vergleich zu einer Wohnraumlüftung mit ca. 150 bis 250 m<sup>3</sup>/h liefern sie die doppelte bzw. dreifache Luftmenge und bringen, wenn diese direkt ins Freie geführt wird, die Luftmengenbilanz entsprechend durcheinander. Das kann, je nach Rohrleitungsverlauf dazu führen, dass z.B. Luft aus der Toilette in die Küche gesaugt wird. Durch Rückschlagklappen in den Rohrleitungen oder eigene Nachströmöffnungen in der Küche könnte dies zwar technisch verhindert werden, aber Rückschlagklappen bedeuten im Normalbetrieb einen deutlichen Druckverlust und. Nachströmöffnungen stellen ebenfalls eine energetische Schwachstelle dar, bzw. bereiten Probleme mit der Luftdichtheit, da die Klappe normalerweise nur in einer Richtung dicht schließt. Eine direkte Einbindung ins Lüftungssystem sollte ebenfalls nicht vorgenommen werden, da durch die von der Dunstabzugshaube ins Abluftsystem hinein gedrückte Luftmenge in anderen Räumen (z.B. Bad) eine Strömungsumkehr verursachen kann. Außerdem kann durch Undichtheiten im Kanalsystem die Abluft an ungewollten Stellen austreten, da der Abluftstrang anstelle von Unterdruck dann mit Überdruck betrieben wird.

Die manchmal gewählte Strategie beim Einschalten der Umluft-Dunstabzugshaube auch die Lüftungsanlage mit maximaler Leistung zu fahren, bzw. in der Nähe der Dunstabzugshaube, einen Taster für das zeitlich begrenzte Hochfahren der Anlage anzubringen, haben sich bewährt.

Für **Ablufttrockner** gilt im Grunde das gleiche wie bei der Dunstabzugshaube, nur sind die Luftmengen wesentlich geringer.

Qualitätskriterium 9	Anforderung
Keine Beeinträchtigung von Heizanlagen bzw. Feuerungsstätten im Wohnraum (keine Ansaugung von Rauchgas)	Heizanlagen und andere Feuerungsstätten, die sich innerhalb der luftdichten Hülle befinden, sind zu- und abluftseitig vollständig unabhängig von der Raumluft zu gestalten.

**Erläuterung:** Lüftungsanlagen beeinflussen die Feuerungsstätte durch die unterschiedlichen Druckverhältnisse in den Zu- und Ablufträumen schon im Normalbetrieb (z.B. ein Ofen im Abluftbereich der Küche „zieht“ schlechter, im Wohnzimmer besser). Meist ist aber ein ordnungsgemäßer Betrieb noch möglich. Kommt es jedoch aufgrund einer Fehlfunktion (z. B. Defekt beim Ventilatormotor) oder einer geräteinternen Schaltung (Frostschutzfunktion) dazu, dass die Zuluft größtenteils oder völlig ausfällt und die Abluft weiterläuft, so kann es zu einer Umkehrung des Abgasstromes und damit zu lebensbedrohenden Situationen kommen. Insbesondere, wenn das Feuer schon beim „ausbrennen“ ist und die Bewohner schlafen gehen. Aus diesem Grunde muss eine Feuerstelle innerhalb der luftdichten Gebäudehülle über eine eigene Frischluftzufuhr verfügen. Hinweis: dies ist normalerweise nicht nur bei einer Wohnraumlüftung, sondern auch aus der Sicht der Luftdichtheit notwendig (bei sehr luftdichten Gebäuden geht das Feuer aufgrund des zu geringen „Zuges“ aus).

Qualitätskriterium 10a bis 10f	Anforderung
Geringer A-Bewerteter Schalldruckpegel im Aufenthaltsbereich bzw. beim Aufstellungsort des Gerätes (hier in 1m Entfernung)  (Aufenthaltsbereiche im Freien bzw. Fenster in der Nähe von Frischluftansaugung bzw. Fortluft sind ebenfalls zu beachten)	a) Schlafräume max. 23 dB(A)
	b) Wohnbereich max. 25 dB (A)
	c) Funktionsraum (z.B. Küche) max. 27 dB(A)
	d) Geräteraum im Wohnbereich max. 35 dB(A)
	e) Sonst. Geräteraum (z.B. Keller) max. 40 dB(A) (Geräte ohne Wärmepumpe)
	f) Sonst. Geräteraum (z.B. Keller) max. 45 dB(A) (Geräte mit Wärmepumpe)

**Erläuterung:** Ein hörbares Betriebsgeräusch ist einer der häufigsten Kritikpunkte bei Lüftungsanlagen. Um sicherzustellen, dass die Nutzer die Anlage nicht bzw. nur in Ausnahmefällen akustisch wahrnehmen, sind für die einzelnen Bereiche äußerst niedrige Schallpegel festgelegt. Teilweise können diese messtechnisch nicht mehr richtig erfasst werden, da die Umgebungsgeräusche im Normalfall lauter sind. Dies trifft insbesondere bei Schlafräumen zu. Grundprinzip der Planung sollte sein, dass die Lüftungsanlage praktisch nicht zu hören ist. Dies ist vor allem durch leise Lüftungsgeräte, optimale Kanalführung, richtige Ventilauswahl und entsprechenden Einbau von Schalldämpfern zu gewährleisten. Frischluftansaugung bzw. Fortluftauslass sind entweder weit genug entfernt von Aufenthaltsbereichen (Terrassen, und auch Fenstern zu installieren, oder ebenfalls in die schalltechnischen Überlegungen einzubeziehen und gegebenenfalls mit Schalldämpfern auszurüsten.

Qualitätskriterium 11	Anforderung
Einweisung der Bewohner in die Funktion und Bedienung der Anlage sowie Übergabe der Bedienungs- bzw. Wartungsanleitung und der gesamten Anlagendokumentation	Unbedingt notwendig

**Erläuterung:** Nur gut informierte Nutzer können die Anlage fachgerecht bedienen, die Filter ordnungsgemäß tauschen bzw. richtig mit Betriebsstörungen umgehen. Zudem werden informierte Nutzer nicht an Ventilen, etc. herumdrehen, wenn sie wissen, welche Auswirkungen dies auf die Gesamtanlage hat. Die Einweisung bzw. Übergabe der Gesamtdokumentation sollte zur Selbstverständlichkeit bei jeder technischen Anlage gehören.

### 3.4.3 Ansaugung, EWT und Fortluftführung

Qualitätskriterium 12	Anforderung
Unbelastete, schneefreie Frischluft-Ansaugung	a) Ausreichender Abstand von Parkplätzen, Mülllagerplätzen, etc. (zumindest 5 m)
	b) Schneefreie Ansauglage bzw. Ansaughöhe

**Erläuterung:** Die Zuluftqualität ist abhängig von der Frischluftqualität im Außenbereich. Die Ansaugstelle sollte sich daher nicht in der Nähe von Parkplätzen, Mülllagerplätzen, Komposthaufen etc. befinden. Dabei ist jedoch nicht nur an die eigenen belasteten Bereiche, sondern auch an die in Zukunft möglichen Belastungen, z. B. des neuen Nachbarn, zu denken. Es ist daher eine Stelle zu suchen, bei der auch in Zukunft keine Belastung zu erwarten ist.

Die Ansaughöhe sollte zumindest 1,5 Meter über dem Erdreich sein, um nicht einen „erdigen“ Geruch in das Lüftungssystem zu bekommen bzw. im Normalfall schneefrei zu sein. Die oft empfohlenen 3 m Ansaughöhe stammen von Großanlagen und erscheinen für Einfamilienhäuser etwas unrealistisch, da man ja auch das Fliegengitter bzw. die Filter leicht reinigen können sollte. Zudem ist die notwendige optische Kontrolle in 3 Metern Höhe teilweise schon recht schwierig. Ist im Bereich der Frischluftansaugung eine höhere Schneelage zu erwarten, muss die Ansaugung natürlich entsprechend höher angebracht bzw. geschützt werden.

<b>Qualitätskriterium 13</b>	<b>Anforderung</b>
Kein Luftkurzschluss zwischen Frischluftansaugung und Fortluftauslass	Abstand zueinander mindestens 3 Meter oder geeignete Maßnahmen zur Kurzschlussvermeidung (z.B. Trennwand, Empfehlung: andere Hausseite)

**Erläuterung:** Kommt es schon bei der Ansaugung der Frischluft zu einer Vermischung mit der Fortluft, so kann die Anlage natürlich nicht die gewünschte Wirkung erbringen. Bei Geräten ohne Konstantvolumenstromregelung wurde bisher empfohlen, die Frischluftansaugung und die Fortluftführung auf derselben Hausseite zu platzieren, um keine unterschiedlichen Druckverhältnisse durch Wind zu bekommen. Bei Geräten mit Konstantvolumenstromregelung spielt dies keine Rolle. Zudem sind auch auf derselben Wandseite nicht immer gleiche Druckverhältnisse anzutreffen. Nach Möglichkeit sollten sich Frischluftansaugung und Fortluftführung daher nicht auf derselben Hausseite befinden. Der Mindestabstand von 3 Metern kann auch über Trennwände und dergleichen erreicht werden.

<b>Qualitätskriterium Neu 14</b>	<b>Anforderung</b>
<i>Frishluftansaugung mit geringem Druckverlust, Schutz vor Schnee und Regen, Kleintieren bzw. entsprechender Filterung bei Anlagen mit EWT</i>	a) <i>Wirksamer Schutz vor Regen (Schnee)</i>
	b) <i>Ansaugung mit Vogel- und Fliegengitter</i>
	c) <i>Filterqualität vor einem EWT zumindest F5</i>
	d) <i>Druckverlust ohne Filter max. 15 Pa, mit frischem Filter max. 25 Pa (Enddruckdifferenz mit verschmutztem Filter max. 45 Pa)</i>

**Erläuterung:** Die Frischluftansaugung sollte ein Eindringen von Wasser, Schnee, Laub und Kleintieren verhindern und einen möglichst geringen Druckverlust aufweisen. Dies erreicht man normalerweise durch entsprechend große Flächen beim Ansauggitter.

Bei Anlagen mit einem Erdwärmetauscher (EWT) sollte ein F5-Filter (mit möglichst großer Filterfläche) dem EWT vorgelagert sein.

<b>Qualitätskriterium Neu 15</b>	<b>Anforderung</b>
<i>Geringe Falschluf bei Bypass des EWT (falls vorhanden)</i>	<i>Bypass muss dicht schließen</i>

**Erläuterung:** Ein Bypass für den Erdwärmetauscher verbessert die Effizienz in der Übergangszeit bzw. im Sommerbetrieb (Tag – Nacht). Diese Verbesserung ist jedoch nur gegeben, wenn die Bypassklappe wirklich dicht schließt. Andernfalls ist ein Frostschutz durch den EWT nicht gewährleistet bzw. wird die Wirkung des EWT gegenüber einer Ausführung ohne Bypass insgesamt sogar vermindert.

Qualitätskriterium 16a – 16k	Anforderung
Wirksamer, hygienisch unbedenklicher Erdwärmetauscher (EWT) als Vereisungsschutz.	a) Niedrigste Temperatur nach dem EWT $-1^{\circ}\text{C}$ nach Berechnungsprogramm (z.B. Freeware des Passivhausinstitutes). (Ergibt meist Längen zwischen 30 und 40 m pro Strang)
Eine zeitweise Reduktion der Zuluftmenge als Vereisungsschutz darf bei Feuerstellen im Wohnraum ohne eigene Zuluft keinesfalls gewählt werden. Für Feuerstellen sollte es grundsätzlich eine eigene Zuluft geben. Siehe Kriterium 9.	b) Luftgeschwindigkeit max. 1,5 m/s Rohrbeispiele: 160 mm max. 110 m <sup>3</sup> /h 200 mm max. 170 m <sup>3</sup> /h 250 mm max. 260 m <sup>3</sup> /h
Elektrische Heizregister als Vereisungsschutz sollten leistungsangepasst arbeiten und dürfen thermostatisch erst ab $0^{\circ}\text{C}$ Frischlufttemperatur frei geschaltet werden. Die Leistung sollte auf eine Erwärmung der Zuluft auf $0^{\circ}\text{C}$ begrenzt sein.	c) Im Schnitt mindestens 1,5 m unter Erdreich
Da ohne EWT die Zulufttemperatur von $17^{\circ}\text{C}$ bei tiefen Außentemperaturen nicht erreicht werden kann, ist eine Nachheizung bzw. Vorwärmung der Luft sowieso notwendig, sodass auch gleich der Vereisungsschutz (Luftvorwärmung) damit kombiniert werden kann Die Funktionssicherheit kann durch dieses System aber nicht zu 100 % gewährleistet werden (Funktionsstörung).	d) Glatte Rohr (innen) mit guter Wärmeleitfähigkeit (keine Rohre mit Lufteinschlüssen)
Anmerkung: Von einer Funktionsstörung ausgeschlossen sind nur EWT ohne Umschaltmöglichkeit auf Direktansaugung.	e) Kontinuierliches Gefälle mind. 1,5% (starres Rohr)
	f) 0,75 m Abstand zu Wasserleitungen, Abwasserkanälen, Kellerwänden, Fundamenten, etc.
	g) Geeigneter Kondensatabfluss ohne Leckströmung, und mit Geruchsverschluss gegen den Kanal.
	h) Geprüfte Wasserdichtheit der Verrohrung (auch von außen nach innen) (insbesondere bei Radonbelastung bzw. Grundwasser im EWT-Bereich)
	i) Hinterfüllung und Verdichtung mit feinkörnigem Material (z.B. Sand, Erdreich)
	j) Abstand zwischen den Rohren zumindest 0,75 m, unter versiegelten Flächen 1,5 m
	k) Wasserdichte Rohrdurchführung in das Haus

**Erläuterung:** Damit ein Erdwärmetauscher unabhängig vom Wärmetauschertyp die Aufgabe des Vereisungsschutzes erfüllen kann, muss die Temperatur nach dem EWT zumindest  $-1^{\circ}\text{C}$  betragen. Dies ist durch ein entsprechendes Berechnungsprogramm nachzuweisen, z.B. Freeware des Passivhausinstitutes. Bei durchschnittlichem Erdreich erreicht man dies mit einem ungefähr 1,5 Meter unter dem Erdreich verlegten EWT mit ca. 30 bis 40 Meter Länge je Strang, wenn die Luftgeschwindigkeit max. 1,5 m/s beträgt. Diese niedrige Luftgeschwindigkeit ist auch aus Druckverlustgründen notwendig. Der zusätzliche Druckverlust durch den EWT sollte maximal 15 Pa betragen. Dies erreicht man nur durch glatte Rohre, die auch ein leichtes Abfließen des Kondensates (Sommerbetrieb) ermöglichen. Das Gefälle sollte mind. 1,5% betragen und in einen geruchsneutralen Kondensatablauf münden. Ein kontinuierliches Gefälle ist bei flexiblen Schläuchen nur bedingt erreichbar.



Um das Abfließen des Kondensates zu erleichtern, sollte das Gefälle in Strömungsrichtung gewählt werden. Meist ergibt dies auch die kostengünstigere Möglichkeit den Kondensatablauf des EWT mit dem Kondensatablauf des Gerätes im Keller zu kombinieren. Beim Kondensatablauf ist auch darauf zu achten, dass ein entsprechender Widerstand gegen Leckströme (2. Siphon bei offener Einbindung in den Kanal) vorhanden ist. Durch eine Dichtheitsprobe (z.B. mit Wasser) ist sicherzustellen, dass der EWT dicht ist. Die Verbindungen sollten zusätzlich dauerelastisch abgeklebt werden, da einige Dichtungssysteme zwar von innen nach außen, aber nicht von außen nach innen zuverlässig dicht sind (z.B. KG-Rohr). Die Hinterfüllung sollte mit gut leitendem, feinem Material (z.B. Sand, Erdreich,..) erfolgen. Die Verdichtung verbessert zudem den Wärmeübergang. Die Hinterfüllung mit Bauschutt bringt deutliche Wirkungsgradverluste. Der Abstand zwischen den einzelnen Rohren bei einem Register mit Tichelmannverschaltung sollte mindestens 0,75 Meter betragen. Dies gilt ebenfalls für den Abstand zu Kellerwand, Fundamenten bzw. zu Abflusskanälen und Wasserleitungen, damit es zu keiner Schädigung (z.B. Einfrieren der Wasserleitung) kommt. Wird der EWT unter versiegelten Flächen verlegt (z.B. unter dem Haus bzw. unter einer betonierten Terrasse) so ist aufgrund der verminderten Regeneration des Erdreiches der Abstand zwischen den Rohren auf 1,5 m zu erhöhen (Die Regeneration erfolgt zu einem Grossteil durch Regenwasser). Besteht die Gefahr von Grund- bzw. gestautem Regenwasser so ist eine entsprechend wasserdichte Rohrdurchführung in das Haus notwendig, damit nicht durch die Rohrdurchführung Wasser in den Keller gelangt. Die allgemeinen Regeln für Durchdringungen bei drückendem bzw. nicht drückendem Wasser sind einzuhalten.

**Kondensatmenge beim EWT:** Hohe sommerliche Temperaturen in Verbindung mit hoher Luftfeuchte führen zu Kondensation der Frischluft im EWT. Die im gewählten Beispiel auftretenden Kondensatmengen betragen bei einem Massenstrom von 180 m<sup>3</sup>/h ungefähr 0,75 kg/h (9 l in 12 h). In der Praxis sind die Kondensatmengen meist deutlich geringer, da schwüle Wetterlagen nur kurzzeitig auftreten. Außerdem steigt bei höheren Außentemperaturen auch die Rohrintemperatur an, wodurch die Kondensatmenge absinkt. In diesem Fall tritt ab einer Rohroberflächentemperatur im EWT von etwa 22 °C keine Kondensation mehr auf. Kurzzeitiger Kondensatanfall kann nicht nur im Sommer, sondern auch im Frühjahr bei mildem Wetter und noch sehr kaltem Erdreich auftreten. Die Kondensatmengen sind aber entsprechend geringer, da die Luftfeuchte der Frischluft noch eher gering ist.

The screenshot shows a window titled "Tabelle und Aktionen" with a sub-header "Tabelle". It contains a table with three columns (1, 2, 3) and several rows of data. Below the table, there is a section for "Aktionen" with a blue icon and the text "Kühlen / Entfeuchten" and "Eintrittspunkt 1; 18,0 °C Austrittstemperatur".

	1	2	3
t	32,0	18,0	
φ	55	100	
x	16,5	12,9	
h	74,2	50,7	
V̇	189,4	179,7	
m	213,11	213,11	
Δ t	-14,0		
Δ x	-3,5		
Δ h	-23,4		
Q [W]	-1386,7		
Δ x(kg/h)	-0,8		

Aktionen  
**Kühlen / Entfeuchten**  
 Eintrittspunkt 1; 18,0 °C Austrittstemperatur

Abbildung 3.14: Datenfenster für die Luftzustandsänderungen eines Sommerfalles (Quelle: Menerga)

Qualitätskriterium 17	Anforderung
Fortluftauslass mit geringem Druckverlust, Schutz vor Kleintieren	Druckverlust max. 15 Pa, bzw. Strömungsgeschwindigkeit im Ausblasquerschnitt max. 1,5 m/s

**Erläuterung:** Der Fortluftauslass selbst sollte einen möglichst geringen Druckverlust und zumindest ein Gitter gegen das Eindringen von Kleintieren haben. Aus Druckverlustgründen sind die teilweise verwendeten Fallrohrentlüfter nicht geeignet. Die Geschwindigkeit im freien Ausblasquerschnitt sollte 1,5 m/s nicht überschreiten.

Qualitätskriterium Neu 18	Anforderung
Keine Feuchteschäden an Außenbauteilen durch die feuchte Fortluft der Lüftungsanlage.	<i>Die Fortluftführung ist derart ins Freie zu führen, dass die feuchte Fortluft nicht in die Fassade eindringen kann (z.B. in die Hinterlüftung) bzw. es zu keinem Stau z.B. im Vordachbereich kommt.</i>

**Erläuterung:** Die Fortluft wird teilweise mit einer Feuchtigkeit von 100 % , aber immer noch wärmer als die Außenluft ausgeblasen. Es kann daher zu Reif- bzw. Eisbildung im Umfeld des Fortluftauslasses kommen. Wenn feuchte Luft in Hinterlüftungen eindringt, oder sich staut (z.B. unter dem Vordach), so kommt es teilweise zu unerwünschten Kondensaterscheinungen. Die Fortluftführung ist daher so anzubringen, dass kein Stau möglich ist. Bei entsprechendem Abstand zum möglichen Staubeereich und der richtigen Richtung des Austrittsimpulses ist meist eine einfache Wanddurchführung ausreichend, um Kondensation im Fassaden- bzw. Dachbereich zu vermeiden.

### 3.4.4 Lüftungsgerät

Das Lüftungsgerät stellt das Herzstück der Lüftungsanlage dar. Die Erfahrungen zeigten jedoch, dass die Qualität der Lüftungsgeräte eher selten zu Beanstandungen führen. Zudem muss betont werden, dass es relativ leicht ist, ein unzureichendes Lüftungsgerät auszutauschen. Die Rohrleitungen, Ventilanzordnungen und Telefonieschalldämpfer können nachträglich jedoch meist nicht mehr verändert bzw. nachgerüstet werden.

Qualitätskriterium 19	Anforderung
Geprüftes Lüftungsgerät	Gerät muss über ein anerkanntes Prüfzertifikat verfügen (z.B. in TZWL-Liste)

**Erläuterung:** Um verbindliche, unabhängige Aussagen für die Beurteilung und Auswahl des Lüftungsgerätes heranziehen zu können (Wärmerückgewinnungsgrad, Wärmebereitstellungsgrad, elektrisches Wirkungsverhältnis, Leckraten, etc.), sollten nur Gräte mit einem unabhängigen Prüfzertifikat eingebaut werden. Z.B. Liste des „Europäischen Testzentrums für Wohnraumlüftungsgeräte e.V.“

Qualitätskriterium 20a, 20b	Anforderung
Hoher Wärmebereitstellungsgrad	a) Neubau bzw. Anlagen mit EWT zumindest 80% Wärmebereitstellungsgrad
	b) Altbau bzw. Anlagen ohne EWT zumindest 65% Wärmebereitstellungsgrad

**Erläuterung:** Die Unterscheidung des Wärmebereitstellungsgrades in Anlagen mit bzw. ohne Erdwärmetauscher erfolgt aus der Überlegung heraus, einfache Anlagenkonzepte zu bekommen. Ist kein Erdwärmetauscher möglich (z.B. Altbau) so kann durch den Einsatz von Wärmetauschern mit einem etwas geringeren Wärmerückgewinnungsgrad auch bei diesem Anlagenkonzept auf einen technischen Vereisungsschutz verzichtet werden. Bei Anlagen mit einem EWT, der eine Lufttemperatur über  $-1^{\circ}\text{C}$  gewährleistet, ist eine Vereisung auch bei sehr hochwertigen Wärmetauschern nicht zu erwarten. Ob man lieber ein einfaches Anlagenkonzept, oder eine möglichst hohe Wärmerückgewinnung anstrebt, muss individuell entschieden werden. Die Unterscheidung soll verdeutlichen, dass auch der Einsatz von einfacheren Geräten mit geringerem Wärmebereitstellungsgrad aus konzeptionellen Überlegungen zielführend sein kann. Aus energetischer Sicht ist natürlich ein möglichst hoher Wärmebereitstellungsgrad anzustreben.

Qualitätskriterium 21	Anforderung
Geringe Stromaufnahme bzw. hohes elektrisches Wirkungsverhältnis der Anlage bei Nennvolumenstrom und reinen Filtern.	Leistungsaufnahme max. 0,45 W/(m <sup>3</sup> /h) für Zu- und Abluftanlagen bzw. elektrisches Wirkungsverhältnis größer 12 (Mittelwert bei 100 Pa externer Druckdifferenz - TZWL Prüfpunkte)

**Erläuterung:** Für die Gesamtbeurteilung einer Wohnraumlüftungsanlage ist nicht nur die Wärmerückgewinnung, sondern auch der dafür notwendige Strombedarf zu betrachten. Dies kann entweder über den spezifischen Strombedarf je m<sup>3</sup>/h ausgetauschter Luft oder über das elektrische Wirkungsverhältnis erfolgen.

Ein hoher Strombedarf verschlechtert die Energiebilanz des Gesamtsystems. (Das Verhältnis von eingesparter Heizenergie zum eingesetzten Strom liegt bei sehr guten Anlagen mit EWT über 20, d.h. mit 1 kWh Strom können 20 kWh Heizenergie eingespart werden.) Zudem bedeutet ein hoher Strombedarf normalerweise eine Verschlechterung im sommerlichen „Kühlbetrieb“, da die Ventilatorenabwärme die Zuluft unnötig erwärmt.

Die geringen Stromverbrauchswerte werden nur von modernen Gleichstrommotoren (anstatt Wechselstrommotoren) erreicht, die zudem den Vorteil einer einfachen Drehzahlregelung haben. (Hinweis: der Anschluss ist natürlich 230 V Wechselstrom, die Umwandlung in Gleichstrom erfolgt im Gerät.) Um die Geräte vergleichen zu können, werden die Stromverbrauchswerte (Watt pro m<sup>3</sup>/h) auf einen einheitlichen Druckverlust (100 Pa) bezogen. Das **elektrische Wirkungsverhältnis** setzt die Wärmebereitstellung und den Strombedarf zueinander in Bezug. Dies ist insbesondere notwendig, weil die Wärmebereitstellung und der Wärmerückgewinnungsgrad inkl. der Ventilatorabwärme ermittelt wird, und sonst Geräte mit hohem Strombedarf für die Ventilatoren besser aussteigen würden als Geräte mit effizienten Motoren. Für den Vergleich der Geräteeffizienz ist daher nicht der Wärmebereitstellungsgrad bzw. der Wärmerückgewinnungsgrad alleine, sondern auch das elektrische Wirkungsverhältnis ausschlaggebend.

Qualitätskriterium Neu 22	Anforderung
Hochwertige Wärmepumpe bei Lüftungsgeräten mit Luft - Luft, bzw. Luft - Wasser Wärmepumpe	Leistungszahl der Wärmepumpe: Luft – Luft: TZWL – Prüfpunkt COP > 2,6 Luft – Wasser: A2 – W50 (WW) COP > 2,4 Luft – Wasser: A2 – W35 (Heizung) COP > 3,0

**Erläuterung:** Bei Lüftungsanlagen mit Wärmepumpen, welche die Energie nicht an die Zuluft, sondern an das Warmwasser bzw. die Heizung abgeben, muss die Wärmepumpe eigens betrachtet werden. Als energetisches Qualitätskriterium wird die Leistungszahl angesetzt. D.h. das Lüftungsgerät hat einerseits ein bestimmtes elektrische Wirkungsverhältnis zu erfüllen, und andererseits ist eine Mindesteffizienz der Wärmepumpe (COP - Coefficient of Performance) zu erfüllen

Qualitätskriterium 23	Anforderung
Gute Wärmedämmung des Gerätegehäuses	a) Ohne Wärmepumpe: U-Wert des Gehäuses maximal 3 W/m <sup>2</sup> K (bzw. 1,25 cm Dämmung mit Lambda 0,04 W/mK) b) Mit Wärmepumpe für Passivhauskonzept: U-Wert des Gehäuses maximal 1 W/m <sup>2</sup> K. (bzw. 4 cm Dämmung mit Lambda 0,04 W/mK)

**Erläuterung:** Um die Gesamteffizienz möglichst unabhängig von der Umgebungstemperatur, in der das Gerät aufgestellt ist, zu bekommen, ist eine Mindestdämmung des Gerätegehäuses erforderlich. U-Wert max. 4 W/m<sup>2</sup>K bzw. Dämmstärke von zumindest 1 cm bei einem Dämmstoff mit einer Wärmeleitfähigkeit (Lambda) von 0,04 W/mK. Bei Geräten mit Wärmepumpe für Passivhauskonzepte: U-Wert von max.1 W/m<sup>2</sup>K. Dämmstärke von zumindest 4 cm bei einem Dämmstoff mit einer Wärmeleitfähigkeit (Lambda) von 0,04 W/mK.

Qualitätskriterium 24	Anforderung
Geringe Leckagen des Gerätes	Interne bzw. externe Leckagen max. 3% bei 100 Pa Druckdifferenz

**Erläuterung:** Eine möglichst vollständige Trennung von Zu- und Abluftstrom bzw. eine möglichst geringe Infiltration von Umgebungsluft in das Gerät (Unterdruck im Frischluftbereich bzw. Abluftbereich) ist notwendig, um nur frische unbelastete Außenluft in den Raum zu führen bzw. eine hohe Anlageneffizienz zu erreichen. Auch ein Austreten der Luft aus dem Gerät (aus Überdruck im Zuluft- bzw. Fortluftbereich) muss verhindert werden, um die Gesamteffizienz zu gewährleisten.

Qualitätskriterium 25a, 25b	Anforderung
Automatische Konstant-Volumenstromregelung (KVR) des Lüftungsgerätes (mit ausgeglichenen Volumenströmen)	a) Entweder automatische Konstantvolumenstromregulierung oder eindeutig ablesbare, unabhängige Einstellmöglichkeit für Zu- und Abluft beim Lüftungsgerät
	b) Abweichung von Zu- und Abluftvolumen maximal 10%

**Erläuterung:** Die genaue Einhaltung des berechneten Luftvolumenstromes ist ein weiteres Qualitätsmerkmal und wird am einfachsten über eine Konstantvolumenstromregelung des Lüftungsgerätes erreicht. Hier gleicht das Gerät unterschiedliche bzw. sich verändernde Druckverluste (z.B. durch sich verschmutzende Filter) aus und sorgt dafür, dass immer der gewünschte Volumenstrom geliefert wird. Eine händische Einmessung für Zu- und Abluft ist zwar grundsätzlich möglich, nur muss aufgrund der unterschiedlichen Betriebszustände (Druckverluste) eine schwankende Luftmenge und teilweise unausgeglichene Volumenströme (z.B. durch unterschiedliche Verschmutzungen der Filter) akzeptiert werden. Die technisch saubere Lösung stellt eine Konstantvolumenstromregelung dar. Jedoch muss darauf hingewiesen werden, dass auch diese nicht vor ungewollten Betriebszuständen schützt. Werden z.B. mehrere Ventile zuge dreht (sollte grundsätzlich verhindert werden), fährt das Gerät mit der Ventilatorleistung hoch und versucht die voreingestellte Sollmenge zu halten. Das Gerät wird laut und die erhöhte Luftmenge in den anderen Ventilen führt dort zu Problemen.

**Erläuterung:** *Ausgeglichene Volumenströme sind aus energetischen und bauphysikalischen Aspekten notwendig. Aus energetischer Sicht führt ein Zuluftüberschuss zu einem Absinken der Zulufttemperatur. Von der bauphysikalischen Seite führt ein Zuluftüberschuss zu einem vermehrten Eindringen feuchter Innenluft in die Konstruktion und kann Bauschäden (Feuchteschäden) beschleunigen. Ein Abluftüberschuss bedingt Nachströmungen über die Gebäudehülle, die zwar bauphysikalisch unbedenklich, aber energetisch unerwünscht sind. Aufgrund der bauphysikalischen Betrachtung und der Ausdehnung der Luft durch die Erwärmung im Raum bzw. durch die Feuchtezufuhr sollte der Abluftvolumenstrom tendenziell etwas höher als der Zuluftvolumenstrom sein und nicht umgekehrt. Physikalisch richtig wäre es, von einem ausgeglichenen Massenstromverhältnis zu sprechen. (Der Fehler den man bei Vernachlässigung der Dichte der Luft macht, beträgt in einem Einfamilienhaus aber nur ca. 10 m<sup>3</sup>/h bezogen auf einen Volumenstrom von 150 m<sup>3</sup>/h.).*

Qualitätskriterium 26a, bis 26d	Anforderung
Ausreichender Regelbereich der Lüftungsanlage	a) Mind. 3 Betriebsstufen vom Wohnraum aus schaltbar
	b) Maximalvolumenstrom (mit zeitlicher Begrenzung)
	c) Nennvolumenstrom (Empfehlung: ca. 70% vom Maximalvolumenstrom, mindestens jedoch 40%)
	d) Abwesenheitsvolumenstrom (Empfehlung: ca. 30% vom Maximalvolumenstrom)

**Erläuterung:** Die unterschiedliche Benutzung des Wohnraumes (Abwesenheit, Normalbelegung, mehrere Gäste) bedingt unterschiedlich benötigte Luftmengen. Eine Steuerung über Feuchte- bzw. CO<sub>2</sub>-Fühler ist zwar grundsätzlich möglich, doch wird dies in den meisten Fällen aus Kostengründen nicht verwirklicht. Eine hinreichende Regelstrategie mit den drei Betriebszuständen:

- Grundlüftung (ca. 30% MV): bei Abwesenheit während des Tages, Urlaub, etc.
- Normallüftung (ca. 70% MV): bei normaler Belegung und Nutzung der Wohnung
- Intensivlüftung (100% MV): bei Festen, Kochzeiten, etc.

MV = Maximal-Volumenstrom des Gerätes

Diese Volumenströme sollten durch ein Regelgerät im Wohnraum einfach eingestellt werden können. Einstellmöglichkeiten im Keller bzw. beim Gerät werden meist nicht benutzt. Wenn Zeitprogramme eingesetzt werden, sollten diese über ein Wochenprogramm verfügen, da sich die Nutzung an den einzelnen Tagen doch deutlich unterscheidet. Eine einfache Bedienungseinheit im oft frequentierten Bereich z. B. Gang mit den drei Wahlmöglichkeiten ist normalerweise ausreichend. Der Maximalvolumenstrom sollte zeitlich begrenzt sein, damit ein Vergessen des Zurückschaltens vermieden wird.

Qualitätskriterium Neu 27	Anforderung
<i>Umfassende, jedoch einfache Bedienungseinheit im Wohnbereich (gilt insbesondere für Anlagen mit Wärmepumpe)</i>	<i>Über die Bedieneinheit sollen die wichtigsten Komponenten gesteuert werden können. Die Bedienung sollte dabei möglichst einfach sein. Der Benutzer sollte auch ohne Betriebsanleitung die wichtigsten Funktionen abrufen bzw. einstellen können.</i>

**Erläuterung:** *Einfache, leicht verständliche Bedienungseinheiten tragen wesentlich zur Zufriedenheit der Nutzer bei. Bei Anlagen mit Wärmepumpen ist jedoch auch eine umfassende Bedienung im Wohnraum notwendig. Die Möglichkeit der Einstellung aller wichtigen Funktionen und Einfachheit der Bedienung müssen dabei kein Gegensatz sein.*

Qualitätskriterium 28	Anforderung
Ausreichende Filterqualität im Zuluftstrang	Zuluft zumindest F6 nach DIN EN 779 (wünschenswert Vorfilter G3 bzw. G4)

**Erläuterung:** Die Filterqualität im Zuluftstrang sollte zumindest F6 betragen. Ist ein EWT vorgeschaltet, sollte diese Filterqualität schon bei der Ansaughaube verwirklicht werden (jedoch gibt es standardmäßig keine Filterwechselanzeige für die Ansaughauben und bei besonderen Randbedingungen besteht eine Vereisungsgefahr für den Filter. Der Feinfilter F6 verhindert die Ablagerung von Partikeln im Wärmetauscher bzw. in den Zuluftkanälen. Um durch die Filter keine zu hohen Druckverluste zu verursachen bzw. längere Standzeiten zu erhalten, sollten diese über eine möglichst große Oberfläche verfügen (z.B. Taschenfilter). Durch die Filter erreicht man insbesondere im städtischen Bereich eine deutliche Verminderung des Staubeintrages von außen. Eine hohe Rückhalterate von Pollen kann bereits durch Filter der Klasse F6 erreicht werden Sporen können durch spezielle Feinfilter zu einem hohen Teil eliminiert werden. Diese sollen jedoch nur eingesetzt werden, wenn schon eine diesbezügliche Allergie eines Bewohners vorhanden ist. Ansonsten bedeutet dieser zusätzliche Filter höhere Druckverluste und zusätzliche laufende Kosten für den Austausch.

Qualitätskriterium 29	Anforderung
Ausreichende Filterqualität im Abluftstrang	Abluft zumindest G4 nach DIN EN 779

**Erläuterung:** Die Filterqualität im Abluftstrang sollte zumindest G4 betragen. Dieser Filter hat keine hygienischen Aufgaben, sondern soll lediglich den Wärmetauscher vor Verschmutzung schützen. Dafür ist ein einfacher Grobfilter ausreichend.



Qualitätskriterium 30a, 30b	Anforderung
Erinnerung an Filterwechsel im Wohnraum, sowie einfacher Austausch der Filter.	a) Automatische Anzeige für Filterwechsel
	b) Der Filterwechsel sollte ohne jegliches Werkzeug von Laien durchgeführt werden können.

**Erläuterung:** Der Filterwechsel wird ohne optische Anzeige im Wohnraum meist vergessen. Anzeigen direkt am Gerät sind nur dann zielführend, wenn es in einem häufig begangenen Bereich aufgestellt ist. Die Filterwechselanzeige sollte an sich möglichst über eine Druckdifferenzmessung erfolgen, da der tatsächliche Verschmutzungsgrad die Aufforderung zum Filterwechsel auslöst. Dies bedeutet jedoch, dass bei der Intensivstufe teilweise immer die Filterwechselanzeige aufleuchtet (da aufgrund der größeren Luftmenge der Differenzdruck steigt.) Eine rein zeitliche ausgelöste Anzeige ist ein tragbarer Kompromiss. Der mehrmals pro Jahr durchzuführende Filterwechsel sollte auch von Laien einfach durchgeführt werden können. Es sollte für den Filterwechsel kein Werkzeug notwendig sein. Zudem sollte der Filtereinsatz (Mattenfilter) nur in einer Richtung eingeschoben werden können, sodass ein Vertauschen bzw. Verdrehen unmöglich ist und es nicht vorkommen kann, dass der Filter sich vom Einsatz löst, weil das Andruckgitter des Filters auf der falschen Seite ist.

Qualitätskriterium 31	Anforderung
Bei Sommerbetrieb mit EWT automatischer Bypass zur Umgehung des Wärmetauschers	Gerät bzw. Anlage muss zumindest über eine einfache Nachrüstmöglichkeit eines automatischen Bypasses für 100% des Volumenstromes verfügen.

**Erläuterung:** Wird die Lüftungsanlage auch im Sommer betrieben (z. B. Lärmbelästigung von außen, oder um den leichten Kühleffekt des EWT zu nutzen), so sollte die Anlage über einen automatisch (temperaturgesteuerten) Bypass (Umgehung des Wärmetauschers) verfügen. Händische Umstellungsmöglichkeiten bzw. ausbaubare Wärmetauscher bewähren sich in der Praxis nur bedingt, da sich die Bedingungen zu oft ändern (Kälteperiode im Sommer, Übergangszeit). Weiteres ist darauf zu achten, dass der automatische Bypass den Wärmetauscher völlig umgeht, und nicht nur einen Teilstrom (z.B. 70%) über den Bypass und einen Teilstrom (z.B. 30%) immer noch über den Wärmetauscher geführt wird. Durch diesen Teilstrom über den EWT wird die erzielte Kühlwirkung des EWT deutlich reduziert.

Qualitätskriterium 32a – 32d	Anforderung
Leises Lüftungsgerät beim Nennvolumenstrom und 100 Pa Druckdifferenz	a) A-Bewerteter Schalleistungspegel ( $L_{WA}$ ) des Gerätes gegenüber der Umgebung von max. 38 dB(A) bei Aufstellung im Wohnungsverband
	b) A-Bewerteter Schalleistungspegel ( $L_{WA}$ ) des Gerätes gegenüber der Umgebung von max. 43 dB(A) bei Aufstellung im Keller
	c) A-Bewerteter Schalleistungspegel ( $L_{WA}$ ) des Gerätes gegenüber der Umgebung von max. 48 dB(A) bei Aufstellung im Keller (Gerät mit WP)
	d) A-Bewerteter Schalleistungspegel ( $L_{WA}$ ) des Gerätes im Zu- bzw. Abluftkanal max. 50 dB(A)

**Erläuterung:** Ein leises Lüftungsgerät bedeutet eine geringe Lärmbelästigung im Geräteraum und in den umgebenden Räumen. So kann das Gerät im Keller oder Dachboden nicht über die Zwischendecken störend wahrgenommen werden. Der aufgrund der abgegebenen Schalleistung gemessene Schalldruckpegel im Geräteraum hängt insbesondere von dessen Größe, dessen Absorptionsfähigkeit und der Aufstellung des Gerätes ab. Neben der Schallabgabe an den Raum ist auch wesentlich, welche Schalleistung in die einzelnen Kanäle eingebracht wird. Je leiser das Gerät, umso geringer können die sekundären schalldämmenden Maßnahmen sein.

Qualitätskriterium 33	Anforderung
Geeigneter Aufstellungsort	a) Frostfreier, trockener Raum mit leichtem Zugang für Filterwechsel.
	b) Bei Aufstellung im Heizraum sind die Brandschutzbestimmungen zu beachten.

**Erläuterung:** Der Aufstellungsort des Lüftungsgerätes sollte möglichst gleichlange Rohrlängen (Druckverluste) zu den einzelnen Räumen bedingen. Beim Aufstellungsort selbst sind folgende Punkte zu erfüllen:

- trockener, frostfreier Raum (möglichst nicht neben bzw. über dem Schlaf-, Kinder- bzw. Wohnzimmer)
- leicht zugänglich für Wartungsarbeiten (Filterwechsel und Reinigung)
- einfache Anschlussmöglichkeit für den notwendigen Kondensatablauf
- vorhandene Stromversorgung (Steckdose oder Direktanschluss)
- Elektroverkabelung vom Gerät zum Wohnraum (Bedieneinheit)

Keller, Dachboden, oder eine Aufstellung innerhalb der thermischen Gebäudehülle bieten sich dafür an. Werden Lüftungsgeräte im Heizungskeller installiert sind die brandtechnischen Aspekte des jeweiligen Bundeslandes zu beachten. Generell wird empfohlen die Geräte nach Möglichkeit nicht im Heizungskeller aufzustellen. In Ein- und Zweifamilienhäusern ist der Einbau von **Brandschutzklappen** nur in Sonderfällen erforderlich.

<b>Qualitätskriterium Neu 34a, 34b</b>	<b>Anforderung</b>
<i>Keine Körperschallübertragung durch das Gerät an die Wand bzw. den Boden sowie an die Lüftungsrohre.</i>	a) Tragfähiger und schwingungsfreier Untergrund (z.B. keine Dachbalken - Resonanzgefahr)
	b) <i>Aufstellung bzw. Aufhängung des Lüftungsgerätes mit schwingungsdämpfenden Elementen.</i>
	c) <i>Schwingungstechnische Entkopplung von Gerät und Lüftungsrohren (insbesondere bei Anlagen mit Wärmepumpe - Segeltuchverbinder)</i>

**Erläuterung:** Zur Verringerung der Übertragung von Schwingungen des Gerätes an die Wand bzw. den Fußboden muss die Aufstellung bzw. Aufhängung mit schalldämpfenden Elementen erfolgen. Die schwingungstechnische Entkopplung der Rohrleitungen (zumindest die kritischen Leitungen von Zu- und Abluft) wird teilweise durch die (elastischen) Schalldämpfer gewährleistet. Bei Anlagen mit Wärmepumpe ist diese Art der Entkopplung jedoch meist nicht ausreichend. Hier muss z.B. durch einen „Segeltuchverbinder“ die Körperschallübertragung auf die Zuluft- bzw. Abluftrohre verhindert werden.

<b>Qualitätskriterium 35</b>	<b>Anforderung</b>
Kondensatablauf beim Lüftungsgerät	Geeigneter Kondensatabfluss mit Geruchsverschluss.

**Erläuterung:** Für die Abfuhr des Kondensates auf der Abluftseite muss ein geeigneter Kondensatabfluss mit Geruchsverschluss vorgesehen werden. Kondensat in Form von Wasser tritt dann auf, wenn die Oberflächentemperatur des Wärmetauschers abluftseitig den Taupunkt der Abluft unterschreitet. Durch die Vorwärmung der Frischluft, z.B. über einen Erdwärmetauscher, muss verhindert werden, dass das Kondensat auf der Abluftseite festfriert und den Querschnitt verengt. Im typischen Winterfall treten Kondensatmengen am Luft-Luft-Platten-Wärmetauscher von ungefähr 0,15 kg/h (1,8 l in 12 h) bei 180 m<sup>3</sup>/h Abluftvolumenstrom auf.

<b>Qualitätskriterium Neu 36</b>	<b>Anforderung</b>
<i>Einfache Stromlosschaltung des gesamten Gerätes</i>	<i>Eigene Sicherung bei Direktverdrahtung oder Steckerlösung bzw. Hauptschalter.</i>

**Erläuterung:** Um bei Fehlfunktionen bzw. Wartungsarbeiten ein einfaches Abschalten zu ermöglichen, sollte das Lüftungsgerät eine eigene Sicherung haben, bzw. mittels Stecker oder Hauptschalter einfach stromlos gemacht werden können.

### 3.4.5 Verteilsystem, Luftkanalnetz

Voraussetzung	Anforderung
Wahl eines geeigneten Verteilkonzeptes (Quell- bzw. Induktionslüftung)	Den Raumverhältnissen bzw. sonstigen Anforderungen angepasstes Verteilkonzept.

Die Wahl eines geeigneten Verteilkonzeptes, abhängig von den Raumverhältnissen, der Gesamtkonzeption (z.B. reines Lüftungssystem oder Passivhauskonzept mit Wärmeeinbringung über die Lüftungsanlage) stellt ein umfassendes und spezifisches Wissen des Anlagenplaners voraus. Eine generelle Vorgabe ist nicht möglich. D.h. in manchen Fällen ist ein Quellluftsystem (nur ohne Wärmeeinbringung – d.h. Zuluft unter der Raumtemperatur) von Vorteil und in anderen Konstellationen ist eine Induktionslüftung, z.B. bei Passivhauskonzepten, notwendig.

Nur bei entsprechender Dimensionierung und Ausführung des Kanalnetzes können die wichtigen Punkte geräuscharmer Betrieb und geringer Strombedarf erreicht werden. Wesentlicher Punkt ist dabei ein geringer Druckverlust im Kanalsystem, da ein hoher Druckverlust für zusätzliche Geräusche bzw. höhere Ventilatorleistungen verantwortlich ist. Hauptziel ist es daher den Druckverlust so gering wie möglich zu halten.

Qualitätskriterium 37a, 37b	Anforderung
Geringe Luftgeschwindigkeit in den Lüftungsrohren bzw. Lüftungskanälen	a) In den Strängen zu und von den einzelnen Räumen max. 2,0 m/s,
	b) Abluft bzw. Sammelstränge max. 2,5 m/s
	Maximale Luftgeschwindigkeiten bei ausgewählten Rohrdurchmessern:
	Rohr Durchmesser    max. 2 m/s    max. 2,5 m/s
	80 mm                    35 m³/h                    -----
	100 mm                   55 m³/h                    70 m³/h
	125 mm                   90 m³/h                    110 m³/h
150 mm                   120 m³/h                   160 m³/h	
160 mm                   140 m³/h                   180 m³/h	
200 mm                   220 m³/h                   280 m³/h	
	Achtung: Dimensionierung von Rechteckquerschnitten über den hydraulischen Durchmesser und nicht über die Geschwindigkeit.

**Erläuterung:** Neben dem Geräusch des Lüftungsgerätes (Ventilator) sind meist Strömungsgeräusche in den Lüftungsrohren für Lärmbelastigungen verantwortlich.

Da die höhere Luftgeschwindigkeit durch den höheren Druckverlust auch eine höhere Geräteleistung bedeutet (siehe Bild), wirkt sich eine zu hohe Luftgeschwindigkeit in doppelter Weise auf die Geräuschsituation aus. Einmal durch höhere Strömungsgeräusche und einmal durch das Ansteigen des Schallpegels beim Gerät. Zudem wirkt sich der Druckverlust nicht proportional, sondern mit der zweifachen Potenz der Luftgeschwindigkeit aus. D.h. eine doppelte Luftgeschwindigkeit bedeutet einen 4fachen Druckverlust. Die Geschwindigkeit sollte daher in den Verteilsträngen 2,0 m/s und in den Sammelsträngen 2,5 m/s nicht übersteigen. Vor einzelnen Ventilen bzw. Auslässen ist eine noch geringere Geschwindigkeit (möglichst verwirbelungsfrei) wünschenswert, damit es zu keiner Geräuschbildung beim Ventil kommt.

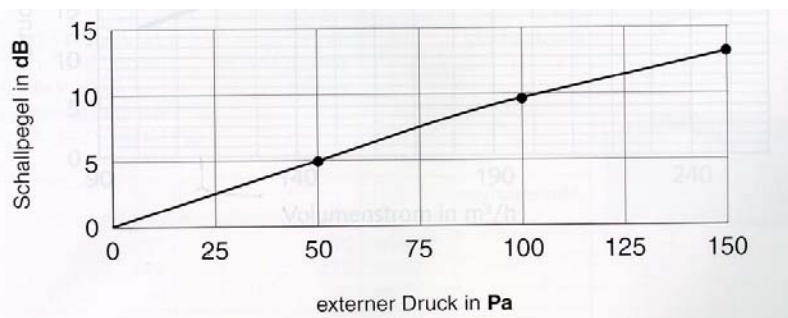


Abbildung 3.15: Erhöhung des Schallpegels des Gerätes durch den höheren Druckverlust in der Anlage (Fa. Westaflex)

Bei nicht runden Querschnitten muss der Kanal auf den hydraulischen Durchmesser umgerechnet werden:  $d_h = 4xA/U$  ( $d_h$  = hydraulischer Durchmesser A = Querschnittsfläche, U = Umfang)

Qualitätskriterium 38a, 38b	Anforderung
Geringer Druckabfall im Rohrnetz bei Normalbetriebsstufe	a) Max. 120 Pa je kompletter Zuluft- (Frischluft-Zuluft) bzw. Ablufteinheit (Abluft-Fortluft)
	b) bei Erdvorwärmung + 25 Pa für EWT inkl. Ansaugung mit Filter (+15 Pa ohne Filter)

**Erläuterung:** Der Druckverlust als Summe über das gesamte Kanalnetz (ausschlaggebend bei der Dimensionierung ist der Strang mit dem höchsten Druckverlust, da die anderen Stränge entsprechend gedrosselt werden müssen) ist ein Qualitätsmerkmal für die Leitungsführung bzw. -ausführung. Der Druckverlust sollte für die komplette Zuluftseinheit (Frischluft – Zuluft) bzw. die Ablufteinheit (Abluft-Fortluft) nicht über 120 Pa betragen. Bei einem EWT mit Filter sollte die Zuluftseinheit max. 25 Pa zusätzlichen Druckverlust aufweisen. Gute Anlagen für Einzelwohnungen kommen mit Druckverlusten deutlich unter 100 Pa aus.

Qualitätskriterium 39	Anforderung
Geeignete Rohr- bzw. Kanalausführung	Glattwandige Rohre (Wickelfalzrohr, Kunststoffrohre, ...) keine Verwendung von flexiblen Schläuchen mit hohem Druckverlust (Aluflexrohre, Kunststoffdrahtschlauch,..)

**Erläuterung:** Neben der Luftgeschwindigkeit ist die Rohr- bzw. Kanalausführung der wesentliche Parametereinfluss für den Druckverlust. Glattwandige Rohre bieten einen deutlich geringeren Druckverlust als flexible Schläuche.

**Zum Vergleich:** Ein flexibler Schlauch mit Durchmesser 100 mm und 45 m<sup>3</sup>/h Luftdurchsatz (1,60 m/s) bedeutet einen Druckverlust von 0,61 Pa/m. Beim starren glattwandigen Rohr ergibt sich unter den gleichen Bedingungen ein Druckverlust von 0,40 Pa/m. Dies bedeutet eine Steigerung von über 50%. Zudem ist die Reinigungsmöglichkeit von nicht glatten Rohren äußerst problematisch.

Qualitätskriterium 40	Anforderung
Geringer Druckverlust durch Formteile	Verwendung strömungsgünstiger Formteile. Z.B. keine „engen Bögen“.

**Erläuterung:** Noch ausgeprägter auf der Druckverlustseite verhält es sich mit zu engen bzw. eckigen Bögen. Ein Bogen mit runden Ecken bedeutet einen Widerstandsbeiwert von 0,35 und ein Bogen mit scharfer Ecke bedeutet einen Widerstandsbeiwert von 1,20 was mit einem Faktor größer 3 entspricht.

In der Kombination von hohen Geschwindigkeiten und hohen Widerstandsbeiwerten liegt das größte Manko in der Luftführung. Ein runder Bogen (0,35) mit 1,5 m/s Luftgeschwindigkeit erzeugt einen Druckverlust von 0,5 Pa und ein eckiger Bogen (1,2) mit 3 m/s Luftgeschwindigkeit bedeutet einen Druckverlust von 6,5 Pa. D.h. der Druckverlust ist 13mal so groß.

Qualitätskriterium 41	Anforderung
Einfache Reinigung der Kanäle möglich	Reinigungsfreundliche Ausführung des Kanalnetzes. Zugänglichkeit, Kanalausführung,..

**Erläuterung:** Auch wenn durch entsprechende Filter ein Verschmutzen der Lüftungsrohre bzw. -kanäle (insbesondere der hygienisch wichtigen Frischluft bzw. Zuluftleitungen) verhindert wird, muss über die gesamte Lebenszeit damit gerechnet werden, dass die Kanäle einige Male gereinigt werden müssen. Es sollte das Kanalsystem daher entsprechend reinigungsfreundlich ausgeführt, und deren Verlauf entsprechend dokumentiert sein.

Qualitätskriterium 42	Anforderung
Ableitung von möglichem Kondensat in Abluftleitungen zum Gerät	Abluftrohre von Bädern bzw. besonders feuchtebelasteter Räume mit Gefälle zum Gerät verlegt, bzw. Kondensatstutzen am Fußpunkt der Sammelstränge

**Erläuterung:** Bei äußerst starken Feuchtebelastungen (z.B. Duschen im Badezimmer) kann es dazu kommen, dass kurzfristig Kondensat in der Abluftleitung entsteht. Damit dieses Kondensat nicht aus dem Ventil heraustropft, sollte die Abluftleitung nach Möglichkeit mit einem Gefälle zum Gerät hin ausgeführt werden. Dort kann das Kondensat über den normalen Kondensatablauf abgeführt werden, falls es nicht schon vorher wieder verdunstet ist. Es muss jedoch auch gewährleistet sein, dass das Gerät das Kondensat ohne Schaden aufnehmen kann, bzw. dieses in den Kondensatablauf gelangt.

Qualitätskriterium 43	Anforderung
Ausreichende Überströmöffnungen	Luftgeschwindigkeit max. 1,5 m/s bzw. max. 2 Pa Druckverlust

**Erläuterung:** Den Überströmöffnungen zwischen den einzelnen Räumen wird vielfach zu wenig Beachtung geschenkt. Der Druckverlust zwischen den einzelnen Bereichen (Zuluftbereich – Überströmbereich – Abluftbereich) sollte jeweils maximal 2 Pa betragen. Dies lässt sich durch geeignet große Überströmbereiche erreichen. Z.B. Luftgeschwindigkeit im Spalt einer Schleiftür sollte 1,5 m/s nicht überschreiten. 45 m<sup>3</sup>/h bedeuten bei einer 85 cm breiten Tür demnach einen Spalt von ca. 10 mm. Diese Spalte bei Schleiftüren bedeuten einerseits eine Verschlechterung des Schallschutzes und eine Erhöhung des Streulichtes. Wer diese Auswirkungen nicht möchte, muss auf andere Überströmmöglichkeiten (z.B. Zarge, oder eigene Überströmöffnungen) umsteigen.

Qualitätskriterium Neu 44	Anforderung
Richtige Anbringung der Überströmöffnungen	a) Quellluftsysteme: In der Nähe der Decke bzw. auf der gegenüberliegenden Wand des Quellluftauslasses
	b) Induktionssysteme: in der Nähe des Bodens (auf der Einblasseite)

**Erläuterung:** Um eine möglichst saubere Raumdurchströmung zu erhalten, ist auch auf die Lage der Überströmöffnung in Bezug auf das gewählte Lüftungsprinzip (Quellluft oder Induktion) und die Lage der Zuluftöffnungen Rücksicht zu nehmen. Bei Quellluftsystemen sollte sich die Überströmöffnung möglichst auf der gegenüberliegenden Wandseite des Quellluftauslasses, knapp unter der Decke befinden (z.B. im oberen Bereich der Zarge). Beim Induktionssystem hängt die Lage der Überströmöffnung von der Art des verwendeten Ventils, aber auch von der Zulufttemperatur ab. Bei Weitwurfdüsen sollte sich die Überströmöffnung prinzipiell auf der gleichen Seite wie das Ventil befinden. Werden Tellerventile oder induktionsarme Auslässe verwendet ist eine Anordnung der Überströmung auf der gegenüberliegenden Seite günstiger.

Qualitätskriterium 45	Anforderung
Geeignete Zu- und Abluftventile	a) Zu- und Abluftventile für die entsprechende Luftverteilung (ausreichende Größe für die Luftmenge, Wurfweite, Wurfrichtung)
	b) Druckverlustausgleiche durch Ventile nur bis zu 30 Pa bzw. bis zum maximalen Geräuschpegel nach Auslegungsdiagramm lt. Kriterium 10a-d. Größere Druckunterschiede sind durch Drosselklappen auszugleichen (möglichst weit entfernt vom Ventil).

**Erläuterung:** Zu- bzw. Abluftventile sind meist speziell auf eine Funktion hin optimiert. Es ist daher Sorge zu tragen, dass nicht versehentlich ein Abluftventil auf der Zuluftseite bzw. umgekehrt eingebaut wird. Weiters ist bei der Ventilauswahl auf die entsprechende Größe für die Luftmenge, und beim Zuluftventil zusätzlich auf die Wurfweite bzw. Wurfrichtung zu achten. Werden zu große Druckverlustunterschiede der einzelnen Rohrleitungen durch die Ventile ausgeglichen, kommt es zu unerwünschten Geräuschen bei den stark zugeordneten Ventilen. Es sollte daher bei mehr als 30 Pa Druckunterschied in den einzelnen Rohrleitungen durch eine eigene Drosselklappe, möglichst weit entfernt vom Ventil, der Druckunterschied ausgeglichen werden. Der Geräuschpegel laut Auslegungsdiagramm darf die im Kriterium 10 angeführten 23 dB(A) für Schlafräume und 25 dB(A) für Wohnräume bzw. 27 dB(A) für Funktionsräume nicht übersteigen.



<b>Qualitätskriterium Neu 46</b>	<b>Anforderung</b>
<i>Keine zusätzliche Geräuschbildung beim Ventil durch Verwirbelungen im Rohrsystem.</i>	<i>Keine Abzweiger kurz vor bzw. nach dem Ventil. Abstand zum Ventil zumindest 0,75 m. Ist dies nicht möglich ist ein Anschlusskasten für das Ventil zu verwenden.</i>

**Erläuterung:** Verwirbelungen vor bzw. nach dem Ventil bedeuten zusätzliche Geräusche (insbesondere bei Zuluftventilen). Es sollte daher eine möglichst beruhigte, gleichmäßige Strömung auf das Ventil treffen. Ideal wäre ein gerades Rohrstück ohne Abzweiger und Umlenkung. Umlenkungen vor dem Ventil lassen sich jedoch nicht immer vermeiden. Abzweiger sind besonders geräuschintensiv, sie sollten zumindest einen Abstand von 0,75 m zum Ventil haben. Ist dies nicht möglich ist ein Anschlusskasten für das Ventil (möglichst mit Lochblecheinsatz bzw. Prallblech) vorzusehen.

<b>Qualitätskriterium 47</b>	<b>Anforderung</b>
Geringe Schallausbreitung über das Kanalnetz	Schalldämmung der Luftleitungen zwischen den Räumen mindestens 27 dB (A)

**Erläuterung:** Über das Kanalnetz sollte der Schallschutz zwischen einzelnen Räumen nicht verschlechtert werden. Die Schalldämmung der Luftleitung zwischen zwei verbundenen Räumen muss daher zumindest der Qualität der Zwischenwände entsprechen, sodass eine Geräuschübertragung von Raum zu Raum nicht begünstigt wird.

<b>Qualitätskriterium Neu 48</b>	<b>Anforderung</b>
<i>Keine Geräuschbildung durch Schwingungen (Vibrieren) der Lüftungsrohre bzw. keine Körperschallübertragung durch die Rohre.</i>	<i>a) Schwingungsdämpfende Aufhängung bzw. Befestigung in regelmäßigen Abständen. Zumindest alle 2 Meter.</i> <i>b) Keinerlei direkte Verbindung zum Fußboden, Mauerwerk, Rohrleitungen, etc.</i>

**Erläuterung:** Lüftungsrohre können bei unkorrekter Befestigung unangenehme Schwingungsgeräusche verursachen bzw. übertragen. Sie sollten daher zumindest alle 2 Meter mit einer schwingungsdämpfenden Aufhängung befestigt werden. Das Lüftungsrohr darf zudem keine direkte Verbindung zu Fußböden, Mauerwerk (insbesondere bei Durchbrüchen), Rohrleitungen etc. aufweisen, da sonst Körperschallübertragungen stattfinden können. Die Rohre sind mit dämpfenden bzw. elastischen Materialien (z.B. Schaumstoff) schalltechnisch zu entkoppeln.

Qualitätskriterium 49	Anforderung
Ausreichende Dämmung der kalten Lüftungsrohre bzw. -kanäle im warmen Bereich (innerhalb der Dämmhülle) zur Kondensationsverhinderung. Achtung: gilt auch bei Wanddurchbrüchen.	Mindestens 30 mm mit feuchtebelastbarer Wärmedämmung ( $\lambda$ 0,04 W/m <sup>2</sup> K)

**Erläuterung:** Werden kalte Lüftungsrohre (Frischluftkanal bzw. Fortluftkanal) in warmen Bereichen geführt (z.B. im Keller), kommt es an der kalten Kanalaußenfläche zu Kondensationserscheinungen. Die Rohrleitungen sind daher mit einer entsprechend feuchtebeständigen Wärmedämmung (z.B. geschlossenzelliger Dämmstoff) zu versehen.

Qualitätskriterium 50a bis 50c	Anforderung
Ausreichende Dämmung der warmen Lüftungsrohre bzw. -kanäle im kalten Bereich (außerhalb der Dämmhülle) zur Vermeidung von Energieverlusten. Achtung: gilt auch bei Wanddurchbrüchen.	a) Lufttemperatur im Rohr bzw. Kanal bis 25°C: mind. 30 mm Wärmedämmung ( $\lambda$ 0,04 W/m <sup>2</sup> K)
	b) Lufttemperatur im Rohr bzw. Kanal über 25°C (Luftheizungen): mind. 60 mm Wärmedämmung (z.B. 2x30 mm) ( $\lambda$ 0,04 W/m <sup>2</sup> K)
	c) Befinden sich Rohre bzw. Kanäle im Boden- bzw. Deckenaufbau nicht völlig innerhalb des warmen Bereiches, sondern direkt in der Dämmebene, so ist das Rohr bzw. der Kanal zumindest mit einer 30 mm dicken Dämmplatte von der Rohdecke zu trennen. ( $\lambda$ 0,04 W/m <sup>2</sup> K)

**Erläuterung:** Werden warme Lüftungsrohre (Zuluft- bzw. Abluftkanal) in kalten Bereichen geführt, kommt es zu einer Abkühlung der Zu- bzw. Abluft, und zu einer Verschlechterung des energetischen Wirkungsgrades. Als kalte Bereiche werden alle Bereiche außerhalb der Dämmhülle gesehen. Zudem kann bei längeren Zuluftleitungen eine Auskühlung der Zuluft auf ein unbehagliches Niveau erfolgen, obwohl die Zuluft nach dem Lüftungsgerät ausreichend hohe Temperaturen hatte. Wird über die Lüftungsanlage auch noch Wärme eingebracht (Passivhauskonzept) wiegen diese Verluste natürlich noch stärker, und die Dämmstärke ist von 30 mm auf 60 mm zu erhöhen. Ziel muss aber eine möglichst kurze Leitungsführung von warmen Rohren in kalten Bereichen, bzw. kalten Rohren in warmen Bereichen sein. Bei der Verlegung der Rohre bzw. Flachkanäle auf kalten Decken (z.B. von oben gedämmte Kellerdecke) ist eine thermische Endkopplung von der kalten Kellerdecke durch eine zumindest 30 mm dicke Dämmschicht unbedingt notwendig, um Wärmeverluste zu verringern.

Qualitätskriterium Neu 51	Anforderung
Dichte Rohr- bzw. Kanalausführung	Rohre bzw. Kanäle mit Dichtungssystem bzw. Verklebung der Verbindungsstellen mit dauerelastischen Klebebändern (z.B. Kaltschrumpfband – Butylkautschukband, Acrylatklebeband). Dichtigkeitsklasse II nach DIN 24194-2

**Erläuterung:** Sind die Luftkanäle bei den Stößen nicht entsprechend abgedichtet, kommt es zu entsprechenden Leckströmen. Das bedeutet, dass die Lüftungsanlage zwar die entsprechende Luftmenge liefert, diese aber nicht bis zu den Zuluftventilen gelangt, bzw. die Abluft nicht bei den Abluftventilen, sondern auf der Rohr- bzw. Kanalstrecke angesaugt wird. Daraus ergibt sich eine deutliche Ineffizienz der Anlage, da die Gesamtluftmenge entsprechend erhöht werden muss. Zudem können eventuell unerwünschte Gerüche, z.B. aus dem Keller in die Frischluft angesaugt werden.

Qualitätskriterium 52	Anforderung
Fachgerechte Einregulierung der Anlage	a) Unbedingt notwendig, wenn keine Konstantvolumenstromregler eingebaut sind. Nachvollziehbares Einregulierungsprotokoll.
	b) Bei Konstantvolumenstromreglern muss zumindest ein Rohrstrang der Zu- bzw. Abluft ohne KVR ausgeführt sein. (z.B. Wohnzimmer bzw. Küche) oder Umgehung je eines KVR mit einer Bypassklappe bei Intensivstufenbetrieb.

**Erläuterung:** Um den einzelnen Räumen die geplanten Luftmengen zu- bzw. abzuführen, bedarf es einer gewissenhaften Einregulierung mit Einregulierungsprotokoll bzw. der Verwendung von Konstantvolumenstromreglern. Die Stellung der einzelnen Ventile sollte gekennzeichnet, bzw. zumindest dokumentiert werden. Werden KVR's in allen Zuluft- bzw. Abluftrohren eingesetzt so ist keine Intensivstufe möglich, da die KVR's die Luftmenge begrenzen, obwohl das Gerät eine größere Luftmenge liefern möchte. KVR's und Gerät arbeiten gegeneinander, und es kommt nur zu einem erhöhten Schallpegel und Stromverbrauch ohne nennenswerte Luftmengensteigerung. Es muss daher zumindest ein Zuluft- bzw. Abluftstrang ohne KVR ausgeführt sein. Im Normalfall sind dies Wohnzimmer und Küche, da hier meist auch die erhöhten Luftmengen der Intensivstufe benötigt werden. Verfügt das Lüftungsgerät ebenfalls über eine Konstantvolumenstromregelung, ist theoretisch eine Einregulierung nicht notwendig. Aus Kontrollgründen sollte zumindest die Luftmenge in der Küche bzw. im Wohnzimmer kontrolliert werden, da aufgrund von Toleranzen bzw. Leckströmen eine sichere Gewährleistung der Luftmenge nicht gegeben ist.

<b>Qualitätskriterium Neu 53</b>	<b>Anforderung</b>
Konkrete Druckverlustberechnung bzw. Optimierung der Druckverluste	Berechnung der Druckverluste in den einzelnen Strängen. Optimierung des „kritischen“ Stranges, bzw. Bestimmung der Voreinstellung der Ventile bzw. Drosseleinrichtungen.

**Erläuterung:** Eine Berechnung der Druckverluste in den einzelnen Rohrbereichen gehört zu jeder Wohnraumlüftung. Die Optimierung des „kritischen Stranges“ d.h. des Stranges mit den größten Druckverlusten (meist der Längste bzw. derjenige mit den meisten Umlenkungen) trägt wesentlich zum effizienten und geräuscharmen Betrieb bei.

<b>Qualitätskriterium Neu 54</b>	<b>Anforderung</b>
Konkrete Berechnung der notwendigen Schalldämpfer	Berechnung der notwendigen Schalldämpfer bzw. Verwendung eines auf das Gerät abgestimmten Schalldämpfersystems

**Erläuterung:** Die Berechnung der notwendigen Schalldämpferanzahl bzw. Länge gehört ebenfalls zu jeder Wohnraumlüftungsanlage dazu. Nach Möglichkeit sind frequenzmäßig speziell auf das Gerät abgestimmte Schalldämpfer, wie sie von Systemanbietern offeriert werden, zu empfehlen

<b>Qualitätskriterium Neu 55</b>	<b>Anforderung</b>
Genauer Verlegungsplan und nachvollziehbare. Anlagenausführung bzw. Anlagendetails	a) Verlegungsplan mit Rohrquerschnitten, Luftmenge, Luftgeschwindigkeit,....
	b) Fotodokumentation der Rohrleitungen bzw. der später nicht sichtbaren Anlagendetails.

**Erläuterung:** Aufgrund der großen Rohrquerschnitte ist eine frühzeitige Planung der Rohrführung notwendig. So können Durchbrüche, Ausnehmungen, etc. schon bei den Baumeisterarbeiten berücksichtigt werden. Dies gilt insbesondere auch beim EWT. Planungsregel: Luftleitungen gehen vor Wasserleitungen und diese wiederum vor Elektroleitungen. Für die Abnahme bzw. die einmal notwendige Anlagenreinigung, sowie für die Adaptionen bei einem Umbau der Räumlichkeiten sollte die tatsächliche Leitungsführung und Details auch bildlich dokumentiert werden.

## 3.5 Quantitative und Qualitative Auswertung

### 3.5.1 Allgemeine Angaben und Statistikdaten

Österreichweit fanden 92 Messungen im Rahmen dieses Forschungsprojektes statt, deren Ergebnisse für die Beurteilung herangezogen wurden. Die geografische Verteilung der gemessenen Anlagen ist in der folgenden Übersichtskarte dargestellt.

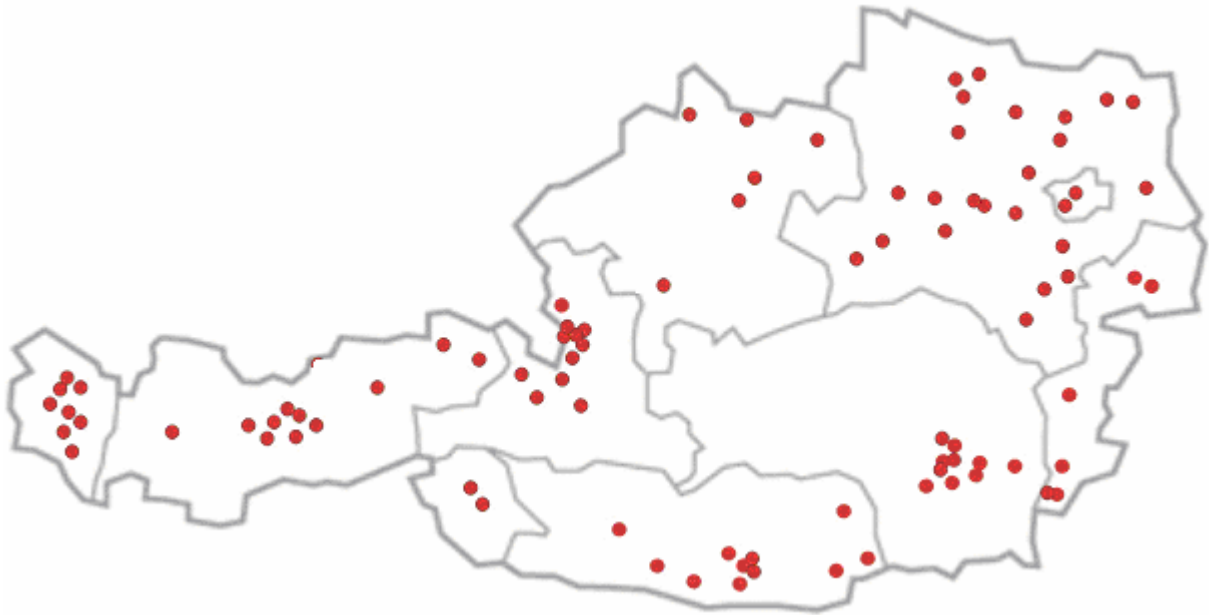


Abbildung 3.16: Darstellung der Messorte

Im Anhang ist für alle Anlagen ein Steckbrief angeführt, der folgende Informationen enthält:

- Gebäudetyp
- Baujahr
- Wohnnutzfläche
- gemessener Nennvolumenstrom
- Art der Wohnraumlüftung

Die folgenden Kapitel geben eine Übersicht über die wesentlichen Ergebnisse der Evaluierung bzw. die Erfüllung oder Nichterfüllung der einzelnen Qualitätskriterien (Quantitative Auswertung) und deren spezielle Mängel bzw. guten Lösungsansätze (Qualitative Auswertung).

### Hinweise zur Auswertung:

- Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass es bei dieser Evaluierung um das Aufzeigen von guten Lösungen und Fehlern und nicht um eine vergleichende Bewertung der einzelnen Anlagen geht.
- Die folgenden Darstellungen sind daher normalerweise aufsteigend bzw. abfallend und nicht nach Anlagen geordnet. D.h. die Anlage „1“ kann in dieser Evaluierung an jeder beliebigen Stelle der Auswertung stehen (abhängig von der Erfüllung des Kriteriums).
- Die Auswertungen zu den Lüftungsanlagen erfolgen anonymisiert. Nach Absprache mit den Besitzern und Installateuren wurden alle Daten und Untersuchungsergebnisse anonym behandelt und weiterbearbeitet. Bei der Auswertung werden somit die Messobjekte weder mit Namen genannt, noch dem Standort zugeordnet.
- Die Daten aller erhobenen Lüftungsanlagen wurden anhand der Struktur der Qualitätskriterien ausgewertet. Teilweise werden einzelne Kriterien in der Auswertung zusammengefasst behandelt.
- Da nicht alle Kriterien bei jeder Anlage bewertet werden konnten bzw. relevant waren, stehen bei den einzelnen Kriterien eine unterschiedliche Anzahl von Anlagen für die Auswertung zur Verfügung.

### Anlagentypen und Anzahl:

Zu- und Abluftanlagen mit WRG in Einfamilienhäusern	80
Zu- und Abluftanlagen (dezentral = wohnungsweise) mit WRG im mehrgeschoßigen Wohnbau	9
Zentrale Abluftanlagen im Mehrgeschoßwohnbau	3
<b>Summe:</b>	<b>92</b>

Bei 29 der Anlagen war eine Kleinstwärmepumpe in das Lüftungssystem eingebunden. 64 Anlagen waren mit einem EWT ausgestattet und 26 Anlagen hatten ein Nachheizregister (10 davon wassergeführt und 16 davon elektrisch).

### 3.5.2 Auswertung der einzelnen Qualitätskriterien

#### 3.5.2.1 Gebäudevoraussetzungen

Voraussetzung	Anforderung
Luftdichte Gebäudehülle	Maximal 1facher Luftwechsel beim Blower Door Test nach EN ISO 13829

Ob die Gebäude über eine geprüfte luft- bzw. winddichte Gebäudehülle verfügen, hängt primär von den Förderbestimmungen der einzelnen Bundesländer ab. In Bundesländern, in denen die Prüfung der Luftdichte eine Voraussetzung für die zusätzliche Förderung einer Wohnraumlüftung darstellt, wurde diese meist auch entsprechend durchgeführt. Allerdings nur bei Objekten die (Wohnbau)-förderungswürdig waren. Für alle anderen Bauherren stellte die Prüfung der luft- und winddichte mit einem Blower Door Test primär eine zusätzliche Kostenbelastung dar. Es wurde daher meist darauf verzichtet. Da die Adressenerhebung in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich erfolgte (in Tirol, Vorarlberg und Salzburg z.B. wurden ausschließlich geförderte Objekte untersucht, in anderen Bundesländern nicht), ist ein Bundesländervergleich nicht als objektiv anzusehen. Aber auch in Bundesländern mit einer Förderung wurde trotz eines finanziellen Zuschusses für den Test, auf eine Luftdichtigkeitsmessung bzw. das Geld verzichtet. Das Risiko des nicht Erreichens des Zieles schreckte die Bauherren ab. Daraus kann geschlossen werden, dass die Wichtigkeit einer luft- und winddichten Gebäudehülle den Anlagenbesitzern nicht bewusst ist.

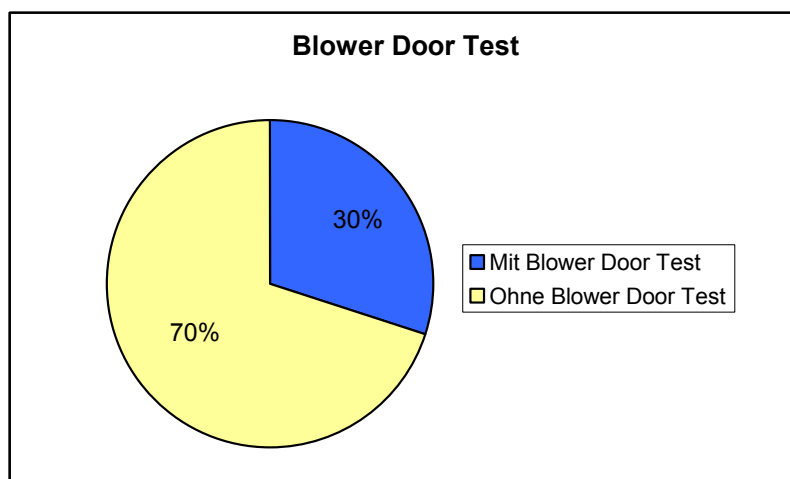


Abbildung 3.17: Anteil der Anlagen mit und ohne Blower Door Test

Bei den durchgeführten Blower Door Tests lagen die meisten Gebäude im Bereich zwischen 0,45 und 1,5fachen Luftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz.

**Fazit:** Die Luft-, bzw. Winddichte ist generell noch immer ein vernachlässigtes Thema im Bauwesen. Insbesondere bei Gebäuden mit Wohnraumlüftungen sollte der Blower Door Test jedoch zum Standard gehören (ganz besonders bei Leichtbauteilen – z.B. Dachausbauten). Eine verbindliche Anforderung an die Luft- bzw. Winddichte in den Wohnbauförderungen ist daher äußerst sinnvoll. Letztendlich sollten konkrete Anforderungen an die Luft- bzw. Winddichte auch in die Bauordnungen bzw. technischen Bauvorschriften der Länder aufgenommen werden. Empfohlene Anforderung: 1facher (bzw. max. 1,5facher) LW bei Wohnraumlüftungen und max. 3facher LW bei natürlicher Lüftung, bei einer Prüfung nach EN ISO 13829 und 50 Pa Druckdifferenz.

**Forschungsbedarf:** Der tatsächliche Einfluss der Luft- und Winddichte bzw. der Einfluss von offenen Fenstern auf die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ist nur in Ansätzen erforscht.



### 3.5.2.2 Allgemeine Dimensionierung

Die Bandbreite der absoluten Luftmengen bei der Normalbetriebsstufe der Lüftungsgeräte liegt bei den untersuchten Einfamilienhäusern im Bereich von 120 m<sup>3</sup>/h bis 280 m<sup>3</sup>/h. Bei den Lüftungsanlagen im Geschosswohnbau sind sie mit 25 m<sup>3</sup>/h bis 100 m<sup>3</sup>/h deutlich geringer. Die Hauptgründe für diesen großen Unterschied liegen in der unterschiedlichen Nutzfläche bzw. Anzahl der Räume und in den notwendigen Platzbedürfnissen für die Lüftungsanlage. Während im Einfamilienhausbereich den Platzverhältnissen keine besonderen Grenzen gesetzt sind, wird im Geschosswohnbau der Wohnraumlüftung nur sehr wenig Platz zugestanden. Die speziell für den wohnungsinternen Bereich angebotenen Lüftungsgeräte sind sehr kompakt und haben geräteseitig sehr kleine Anschlussdimensionen, um eine platzsparende Installation zu ermöglichen. Die Installation der Geräte im Mehrfamilienhausbereich ist mehr oder weniger ein Kompromiss zwischen Luftbedarf und Platzverhältnissen. Sie wird daher eher „knapp“ ausgelegt.

Die absolute Luftmenge alleine ist für eine Anlagenbeurteilung nicht aussagekräftig. Sie ist daher auch kein Qualitätskriterium und wurde dementsprechend auch nicht näher ausgewertet. Die Auswertung der Luftmenge erfolgt über die folgenden spezifischen Kennwerte.

#### 3.5.2.2.1 Ausreichende Mindestluftmenge pro Person

Qualitätskriterium 1	Anforderung
Mindestluftwechsel pro Person bei Normalbetriebsstufe für die gesamte Wohnung	Mindestens 30 m <sup>3</sup> /Person

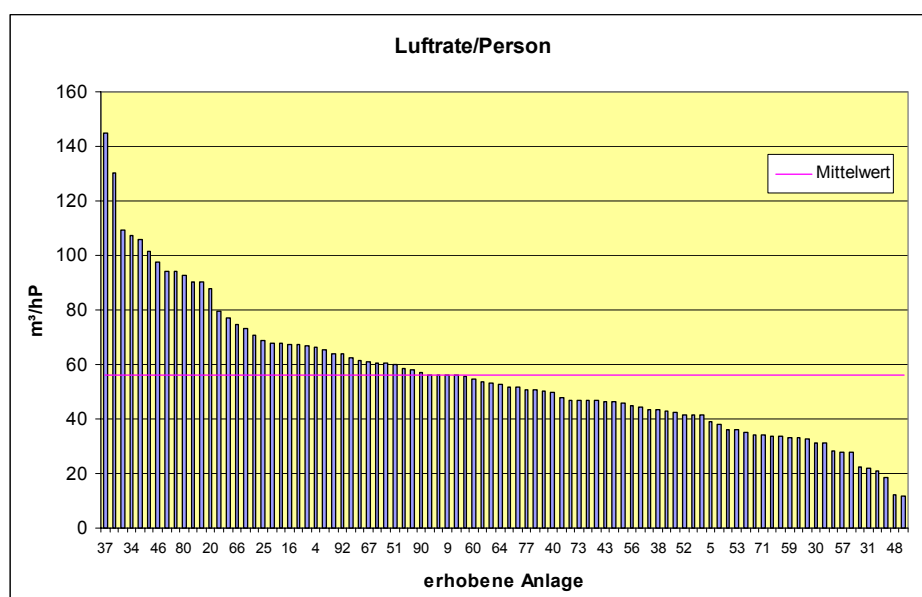


Abbildung 3.18: Erhobener personenbezogener Volumenstrom

Der personenbezogene Mindestvolumenstrom von 30 m<sup>3</sup>/h und Person wird bei fast allen Einfamilienhaus-Anlagen in der Normalbetriebsstufe erreicht bzw. deutlich überschritten. Dieses Ergebnis untermauert auch die von den EFH-Bewohnern mehrheitlich als „sehr gut“ beschriebene Luftqualität. Die Anlagen im Mehrgeschoßwohnbau liefern, analog zu den Gesamtluftmengen deutlich niedrigere Werte und auch niedrigere Zufriedenheitsgrade mit der Luftqualität.

Der Mittelwert (rosa Linie) aller untersuchten Anlagen liegt mit knapp unter 60 m<sup>3</sup>/h deutlich über den geforderten 30 m<sup>3</sup>/h pro Person. Begründet kann dieses Ergebnis dadurch werden, dass einerseits etliche Lüftungsanlagen auf eine größere Personenzahl (4 – 5 Personen) ausgelegt wurden, die „Jung-Familien“ derzeit aber erst aus 2 Erwachsenen und einem Kleinkind bestehen, und andererseits bei Einfamilienhäusern im Verhältnis zum verdichteten Wohnbau auch deutlich höhere Nutzflächen pro Person gegeben sind. Dadurch ergeben sich zwangsläufig relativ hohe personenbezogene Luftstraten, da auch bestimmte Mindestluftmengen für einzelne Räume und ein Mindestluftwechsel von 0,3/h für die gesamte Wohnung eingehalten werden sollten.

### 3.5.2.2 Mindest-Luftwechsel bezogen auf das Nettovolumen

Qualitätskriterium 2	Anforderung
Luftwechsel bezogen auf die Wohnungseinheit bei Normalbetriebsstufe	a) Der Mindestluftwechsel bezogen auf das Netto-Luftvolumen sollte zumindest 0,3fach/h betragen
	b) Der Luftwechsel darf auch bei Passivhauskonzepten mit Luftheizung nicht über den hygienisch notwendigen Luftwechsel hinausgehen.

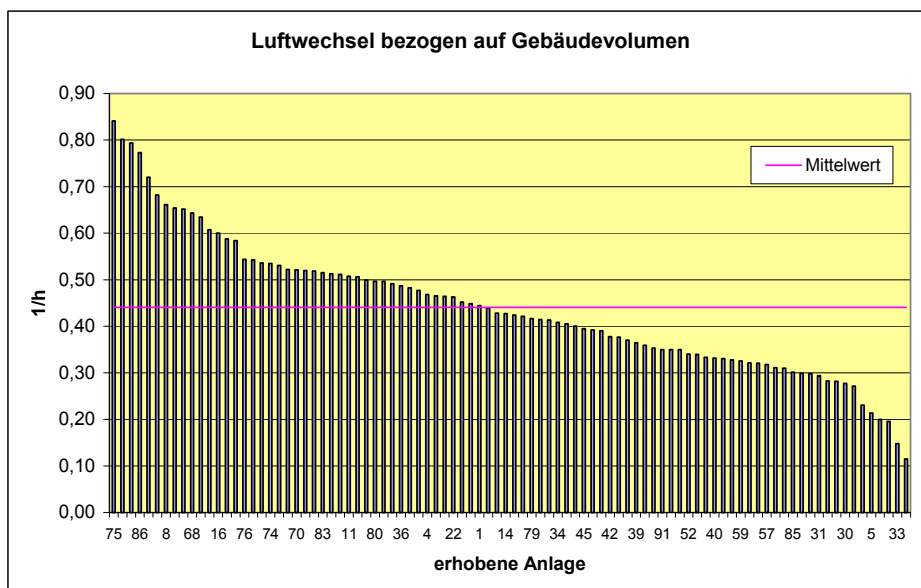


Abbildung 3.19: Erhobene Mindestluftwechsel

Bei fast allen Einfamilienhäusern lag die Luftwechselzahl zwischen 0,3 und 0,8, wobei der Mittelwert aller Anlagen im Bereich von 0,44 1/h lag. Im Mehrfamilienhausbereich wurde der Mindestluftwechsel in der Praxis oft nicht erreicht. Dies lag teilweise auch an den, aufgrund von Lärmproblemen, reduzierten Luftmengen. Die Geräte selbst waren an sich für eine höhere Luftmenge ausgelegt.

**Vertiefende Bewertung:**

Kriterium	Bewertung			Anmerkung
	sehr gut	o.k.	mangelhaft	
<b>1) Allgemeine Dimensionierung</b>				
Ausreichender Gesamtluftwechsel pro Std.	0,4 – 0,5	0,3 – 0,4 0,5 – 0,8	> 0,8 < 0,3	< 0,3 – hygienisch notwendige LW nicht gegeben > 0,8 – Luft kann zu trocken werden, Zuggefühl, Energieverbrauch

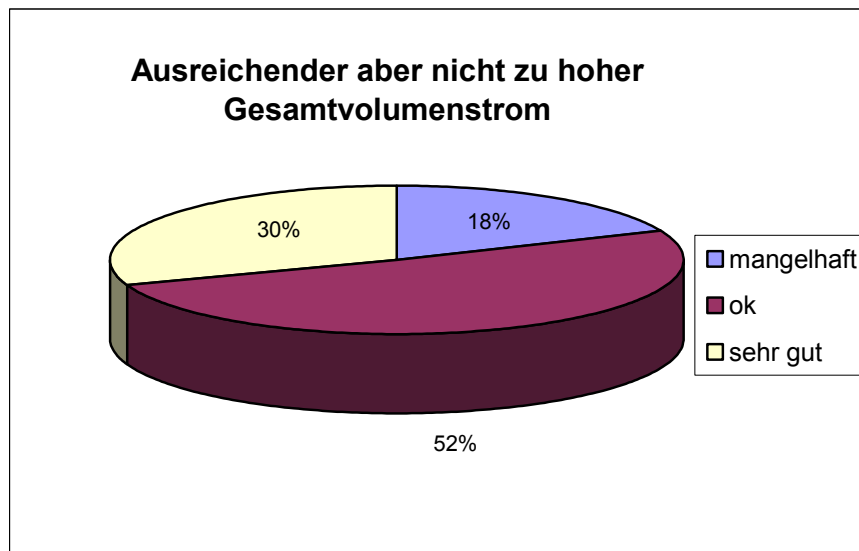


Abbildung 3.20: Bewertung der Luftwechselzahlen

3.5.2.2.3 Mindestvolumenströme in den typischen Zuluftbereichen:

Qualitätskriterium 3a bis 3d	Anforderung
Mindestzuluftvolumenströme für einzelne Räume bei Normalbetriebsstufe für die Rohr- bzw. Ventildimensionierung (die tatsächliche Luftmenge kann dann auch auf die aktuell vorherrschende Situation angepasst werden)	a) Wohnzimmer: 60 m <sup>3</sup> /h
	b) Schlafzimmer: 50 m <sup>3</sup> /h
	c) Kinderzimmer: 50 m <sup>3</sup> /h (Zwei Kinder)
	d) Kinderzimmer: 25 m <sup>3</sup> /h (Ein Kind)

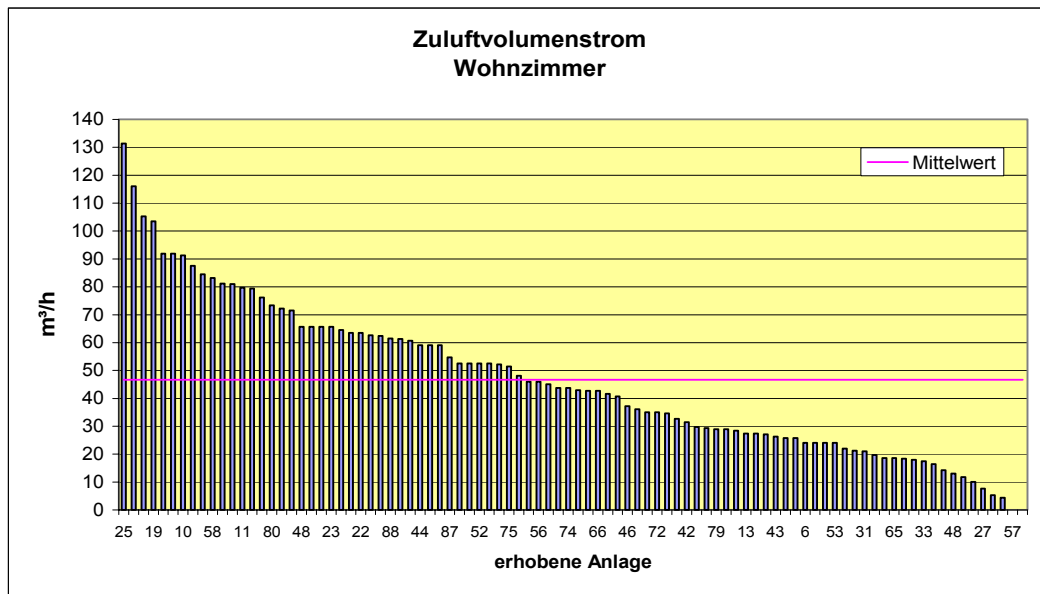


Abbildung 3.21: Erhobene Zuluftmengen im Wohnzimmer

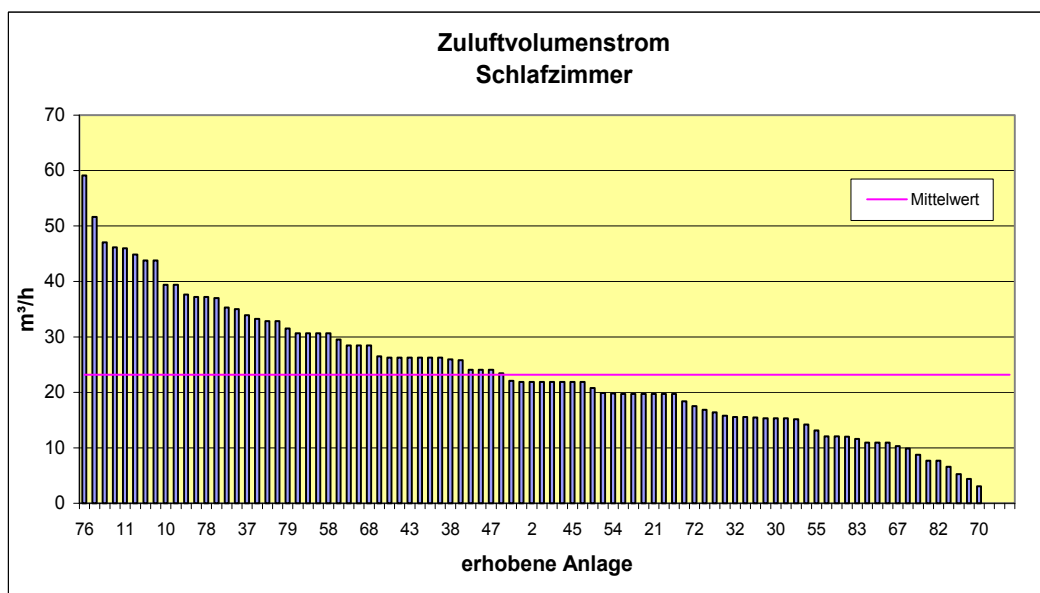


Abbildung 3.22: Erhobene Zuluftmengen im Schlafzimmer

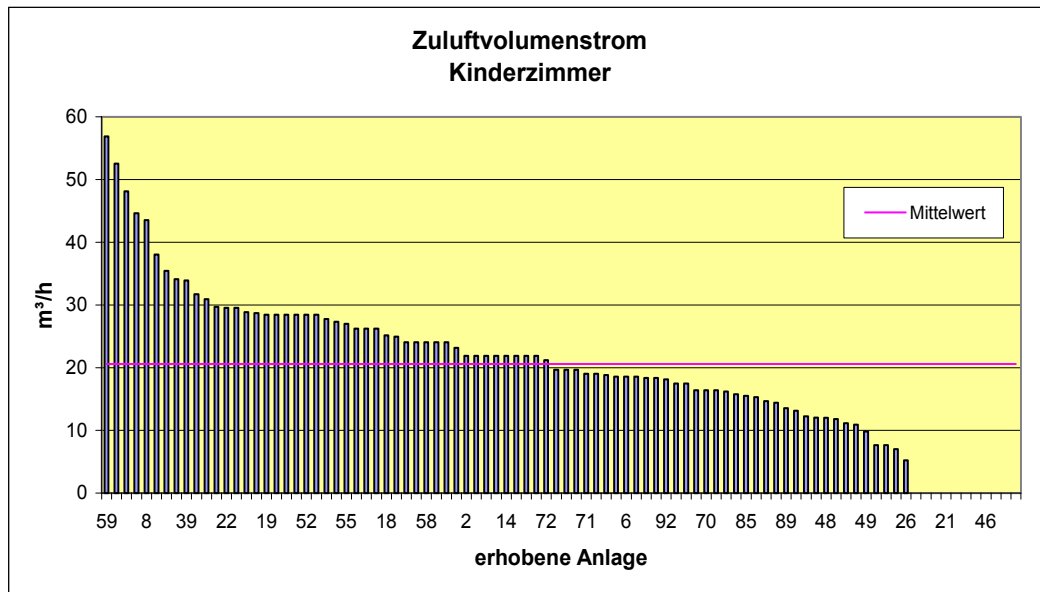


Abbildung 3.23: Erhobene Zuluftmengen im Kinderzimmer

Die dargestellten Luftmengen wurden bei der Normalbetriebsstufe gemessen. Anlagen, bei denen in der Auswertung keine Ergebnisse dargestellt sind, hatten keine Zuluftauslässe in den jeweiligen Räumen. Die Gründe dafür, dass z.B. auch bei einzelnen Wohnzimmern keine Zuluft vorhanden ist, liegt daran, dass diese Räume während der Bauphase mit der Küche getauscht wurden (großer Zusammenhängender Bereich von Küche und Wohnzimmer) und die Lüftungsführung nicht mehr entsprechend angepasst wurde bzw. das Wohnzimmer als Überströmbereich zwischen der Zuluft im Schlafzimmer und der Abluft in der Küche ausgeführt wurde (Luftmengenminimierung). Ein Schlafzimmer wurde fälschlicherweise auch als reiner Abluftraum betrieben.

Bei allen drei Zuluftbereichen ist die breite Streuung der Werte auffällig. Dieses Ergebnis deutet auch darauf hin, dass bezüglich der einzustellenden Luftmenge teilweise große Unsicherheit herrscht, bzw. die Luftmengen nur unzureichend eingestellt, oder von den Nutzern, meist aufgrund von Lärmproblemen, reduziert wurden.

Im Gegensatz zu den Wohnzimmern, bei denen im Schnitt die geforderte Luftmenge um ca. 20% unterschritten wurde, werden in die gewünschten Luftmengen im Schlafzimmerbereich um über 50% unterschritten. Die für Schlafräume von Eltern geforderten 50 m<sup>3</sup>/h werden nur bei zwei Anlagen erreicht. Der Grund liegt nach Auskunft der Bewohner meist an der zu hohen Schallbelastung in der Nacht, die eine Drosselung der Luftmenge erfordert. Erschwerend zu den ohnehin schon geringen Luftmengen in den Schlafzimmern kommt die Tatsache hinzu, dass bei einigen Anlagen die Luftmenge in der Nacht, aufgrund falscher Steuerungsphilosophie, zusätzlich auf die Minimalstufe zurückgestellt wird. Das Schlafzimmer war auch jener Bereich, den die Nutzer als nicht ausreichend frisch empfunden haben und häufiger händisch dazulüften mussten. Die Luftmengen im Kinderzimmer mit durchschnittlich 20 m<sup>3</sup>/h liegen auch unter der Forderung von zumindest 25 m<sup>3</sup>/h pro Kind.

Im Verhältnis zum Schlafzimmer mit 2 Personen und im Schnitt unter 25 m<sup>3</sup>/h ergaben sich im Kinderzimmer mit meist nur einem Kind und knapp 20 m<sup>3</sup>/h deutlich bessere Luftverhältnisse.

**Fazit:** Die mangelhafte Kontrolle und Einregulierung der bestehenden Anlagen bzw. die Lärmproblematik sind die Hauptgründe für falsche bzw. ungenügende Zuluftmengen.

**Forschungsbedarf:** Grundsätzlich liegt bei vielen Einfamilienhäusern folgende Problematik vor. Aufgrund der Vielzahl an Zuluftträumen (mehrere Schlafräume, Arbeitszimmer, Hobbyraum, Partyraum, etc.) ist es bei einer begrenzten Gesamtluftmenge (Luftfeuchteproblematik) nicht möglich in allen Räumen die für die Hauptnutzungszeit geforderte Luftmenge einzubringen. Damit werden auch Räume mit normalerweise langer Anwesenheitsdauer, das sind vor allem Schlafräume und das Wohnzimmer, unterversorgt. Die Möglichkeit einer zonen- bzw. raumweisen Umschaltung durch Klappen, die über Taster oder Zeitschaltuhren gesteuert werden, wurde nur bei einer Anlage vorgefunden. Der Nachteil dieser Ausführungsvariante liegt im höheren Planungs-, Installations- und Steuerungsaufwand. Inwieweit sich der technische Mehraufwand für eine zonenweise Regelung bzw. Luftmengensteuerung in der Praxis bewährt, und welche baulichen Randbedingungen für eine Realisierung erforderlich sind, könnte durch eine genauere Analyse mehrerer gebauter Anlagen erfolgen.

3.5.2.2.4 Volumenströme in den typischen Abluftbereichen

Qualitätskriterium 4a, 4b, 4c	Anforderung
Mindestabluftvolumenströme für einzelne Räume	a) Küche/Kochnische: 60 m <sup>3</sup> /h
	b) Bad: 40 m <sup>3</sup> /h
	c) WC: 30 m <sup>3</sup> /h (direkt aus der WC-Muschel 10 m <sup>3</sup> /h)

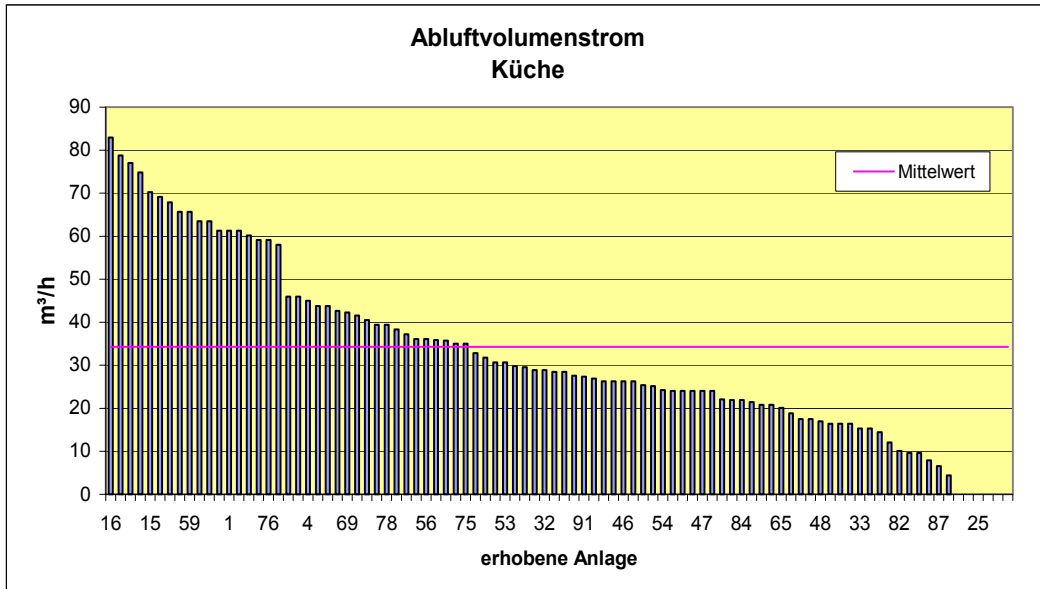


Abbildung 3.24: Erhobene Abluftmengen in der Küche

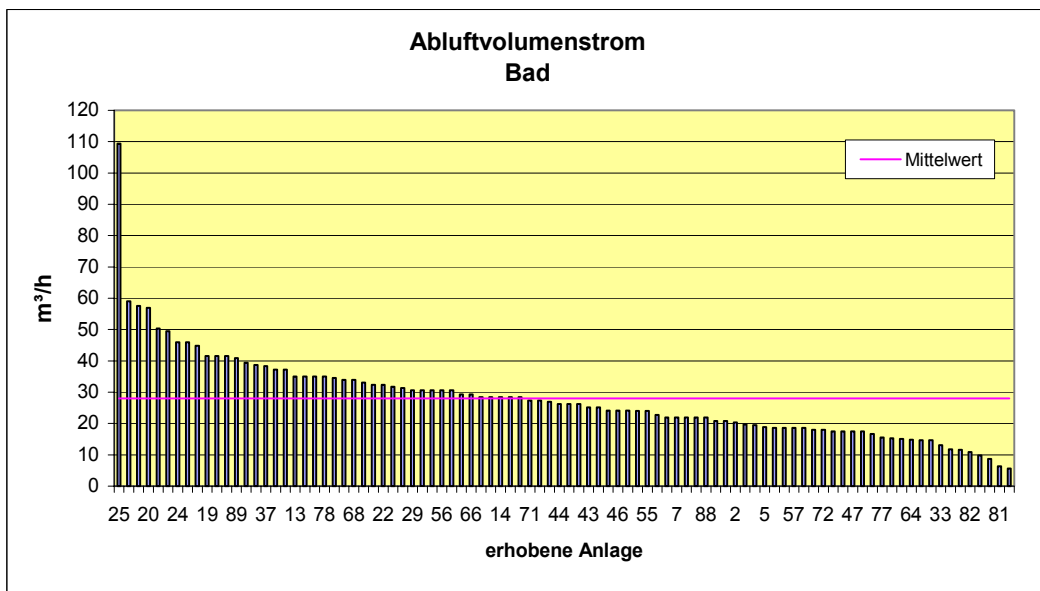


Abbildung 3.25: Erhobene Abluftmengen im Bad

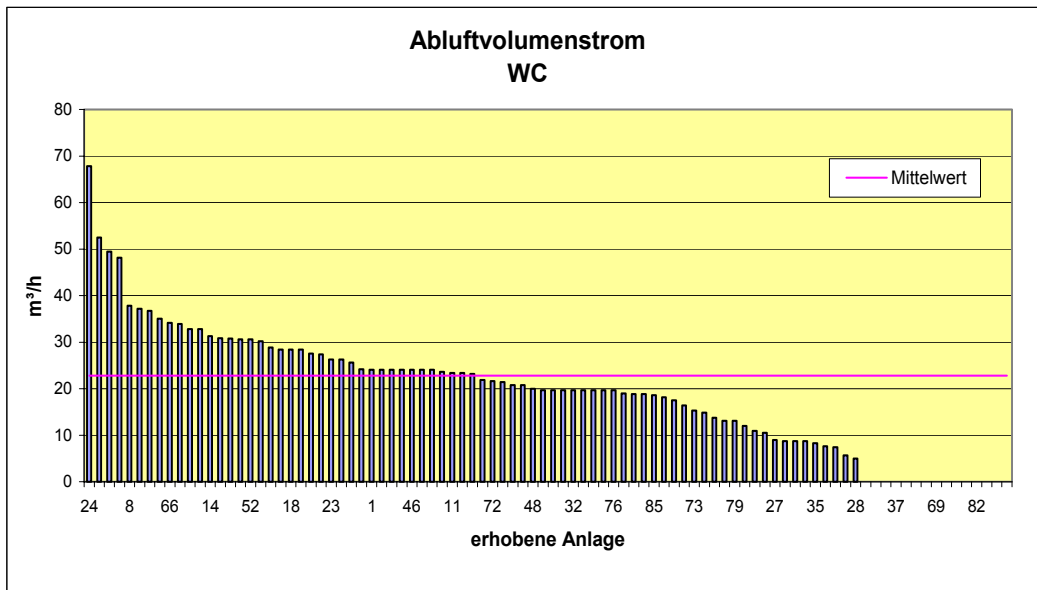


Abbildung 3.26: Erhobene Abluftmengen im WC

Die Abbildung 3.24 bis Abbildung 3.26 zeigen die Ergebnisse der Abluftvolumenstrom-Messung (bei Normalbetriebsstufe der Lüftungsanlage) für typische Abluftbereiche. Anlagen, bei denen in der Auswertung keine Ergebnisse dargestellt sind, hatten keine Ablufteinlässe in den jeweiligen Räumen. Für den Abluftbereich „WC“ gibt es für jene Anlagen, bei denen sich das WC im Badezimmer befindet, keinen Wert. Diese Anlagen sind nur in der Auswertung „Bad“ zu finden. Die erhobenen Luftmengen liegen für alle Bereiche im Mittel deutlich unter den geforderten Qualitätskriterien. In einigen Fällen wurde mit dem Lichtschalter des Bades bzw. des WCs die Anlage für wenige Minuten auf Maximalstufe geschaltet.

Dieses System hat sich nach Aussagen der Nutzer sehr gut bewährt. Teilweise musste diese Schaltung für die Nacht jedoch umgangen bzw. ausgeschaltet werden, um eine Lärmbelastung für die anderen Bewohner durch die Intensivstufe zu vermeiden.

**Fazit:** Die Problematik ist die gleiche wie in den Zuluftbereichen. Neben den „Hauptablufträumen“ Küche, Bad und WC gibt es meist auch noch weitere Räume, die in die Abluft eingebunden sind (Waschküche, Abstellräume, Speisekammern, Lagerräume, Sauna, 2. Bad, 2. WC, etc.). Unter der Voraussetzung, dass die Gesamtluftmenge der Anlage nicht erhöht wird, wäre damit eine raumweise Steuerung notwendig, um alle geforderten Kriterien erfüllen zu können. Die standardmäßige Auslegung auf eine ausreichende Luftmenge in der Normalbetriebsstufe gegenüber der Variante von geringeren Luftmengen mit einer zeitweisen Anhebung der Luftmenge im Nutzungsfall muss individuell entschieden werden. Einfacher erscheint ein durchgehender Betrieb mit ausreichender Luftmenge bei der Normalbetriebsstufe.



### 3.5.2.2.5 Geringe Luftgeschwindigkeiten im Aufenthaltsbereich

Qualitätskriterium 5	Anforderung
Geringe Luftgeschwindigkeit im Aufenthaltsbereich	Max. 0,1 m/s

Zu hohe Luftgeschwindigkeiten im Aufenthaltsbereich wurden nur bei ganz wenigen Anlagen geäußert. Sie waren immer auf eine falsche Ventilwahl bzw. falsche Platzierung und auf ungeeignete Überströmöffnungen zurückzuführen. Die Kombination von falscher Platzierung, falscher Ventilwahl und niedrigen Zulufttemperatur verstärkt das Unbehaglichkeitsgefühl deutlich.

#### Beispiel: Falsches Zuluftventil direkt über Sitzecke



Durch einen, direkt über der Sitzgarnitur, gerade nach unten strömenden Luftzug, aus dem Zuluftventil im Eckbereich, ergab sich eine spürbare und auch messbare Luftströmung im Sitzbereich. Durch die Wahl eines geeigneten Zuluftventils mit seitlicher Strömungsrichtung wäre dieses Problem leicht zu verhindern gewesen.

Abbildung 3.27: Falsches Zuluftventil mit Behaglichkeitsproblemen

**Fazit:** Nur in Ausnahmefällen und bei klaren Planungs- bzw. Ausführungsfehlern gab es Behaglichkeitsfehler aufgrund zu hoher Luftgeschwindigkeiten im Aufenthaltsbereich.

### 3.5.2.2.6 Temperatur beim Einströmventil auf Behaglichkeitsniveau

Qualitätskriterium 6a, 6b	Anforderung
Temperatur beim Einströmventil auf Behaglichkeitsniveau	a) Mindestens 17°C, z. B. durch Lüftungsgeräte mit Wärmebereitstellungsgraden von über 80% kombiniert mit Erdvorwärmung oder frostsicherem Vorwärmregister
	b) Maximale Einblastemperatur bei Luftheizung bzw. Nacherwärmung: 35°C

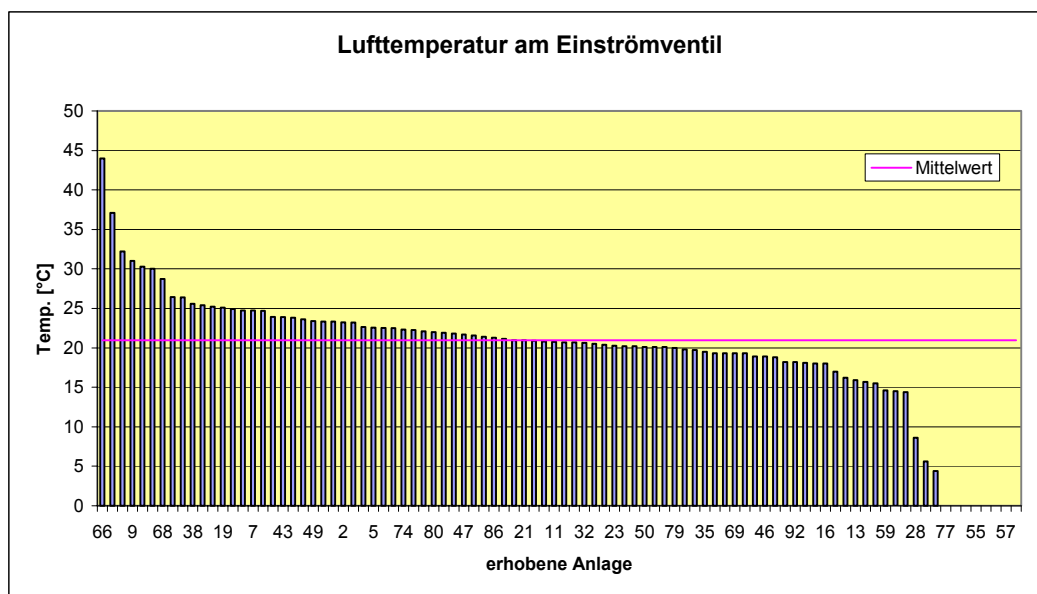


Abbildung 3.28: Vorhandene Einströmtemperaturen an den untersuchten Anlagen (Wohnzimmer)

Zur Beurteilung der Einströmtemperatur wurden stellvertretend die Zuluftventile der Wohnzimmer herangezogen. Die Zulufttemperatur beim Raumeintritt wird von vielen Faktoren beeinflusst (Außentemperatur, Ablufttemperatur, Wärmerückgewinnungsgrad, Nachheizung, Rohrführung). Für die genaue Beurteilung der Zulufttemperatur müssten die Extremwerte durch ein Langzeitmonitoring ermittelt werden.

Es lässt sich aus der obigen Grafik erkennen, dass beim Großteil der Anlagen die Einströmtemperatur nahe der Raumtemperatur liegt. Der Grund liegt an dem hohen Anteil an Anlagen mit Erdwärmetauscher, hohem Wärmerückgewinnungsgrad der Lüftungsgeräte und der Leitungsführung im beheizten Bereich. Die wenigen Anlagen mit niedrigen Einströmtemperaturen sind meist auf eine unvollständige bzw. nicht vorhandene Wärmedämmung der Lüftungsrohre in unbeheizten Kellern oder Spitzböden, bzw. auf eine Teilbeheizung des Hauses zurückzuführen. Die drei letzten Anlagen mit Temperaturen unter 10°C stellen die drei Abluftanlagen mit raumweiser Nachströmung dar.

Die Analyse dieses Qualitätskriteriums, durch Messung und vor Ort Erhebung lässt einen weiteren klaren Schluss zu. Die Eintrittstemperatur wird maßgeblich durch die Leitungsführung beeinflusst. Auch bei Anlagen mit geringem Wärmerückgewinnungsgrad wird die Zuluft durch die Leitungsführung im beheizten Gebäude meist annähernd auf Raumtemperatur angehoben. Im Bereich von Fußbodenheizungen sogar darüber. Umgekehrt führt eine ungedämmte Zuluftleitung bzw. Abluftleitung, die durch unbeheizte Gebäudeteile (Keller) geführt wird, sehr oft zu niedrigen Zulufttemperaturen. Der hohe Wärmerückgewinnungsgrad vieler Geräte geht damit teilweise verloren. Bei den Anlagen mit Zuluftnachheizung wurden zwischen Nachheizregister und Zuluftventil relativ hohe Temperaturverluste über das Rohrverteilstück festgestellt, d. h. ein nicht vernachlässigbarer Anteil der Gebäudeheizung erfolgt direkt durch Transmission über den Zuluftkanal. Diese Wärmeabgabe ist nur bei einer Leitungsführung im unbeheizten Bereich als negativ anzusehen. Innerhalb der thermischen Hülle ist dies teilweise sogar erwünscht (Passivhauskonzept).

Kriterium	Bewertung			Anmerkung
	sehr gut	o.k.	mangelhaft	
<b>1) Allgemeine Dimensionierung</b>				
Einströmtemperatur	> 18°C	> 17°C	< 17°C	Komfortlüftungen ohne Heizfunktion

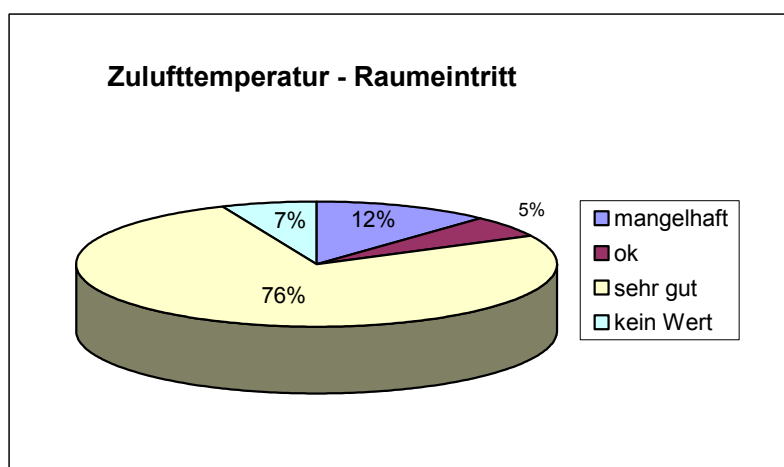


Abbildung 3.29: Bewertung der vorhandenen Einströmtemperaturen

**Fazit:** Die Kombination von EWT und Gegenstrom- bzw. Kreuzgegenstromwärmetauscher bedeutet laut Aussagen der Nutzer in allen Fällen eine ausreichende Vorwärmung der Zuluft auf Behaglichkeitsniveau auch bei extremen Außentemperaturen. Die zusätzliche Wärmeaufnahme der Lüftungsrohre im beheizten Bereich hilft zudem bei extremen Temperaturverhältnissen die Komforttemperaturgrenze von 17°C zu erreichen. Eine Nachheizung bzw. Vorwärmung ist im Normalfall nur bei Anlagen ohne EWT oder bei einfachen Lüftungsgeräten mit Kreuzstromwärmetauscher notwendig.

### 3.5.2.2.7 Keine Staubverschmelzung beim Nachheizregister

<b>Qualitätskriterium Neu 7</b>	<b>Anforderung</b>
<i>Keine Staubverschmelzung beim (Nach-) Heizregister. Optimale Einbindung ins Niedertemperatursystem.</i>	<i>Vorlauftemperatur maximal 45°C (Oberflächentemperatur bei Stromheizflächen max. 55°C)</i>

Bei 40 der 92 untersuchten Anlagen erfolgte die Erwärmung der Zuluft nicht allein über einen Luft-Luft-Wärmetauscher, sondern zusätzlich über eine Luft-Luft-Wärmepumpe bzw. wassergeführtes oder elektrisches Heizregister. Bei zahlreichen Anlagen werden die installierten Elektro- oder Warmwasser-Register allerdings nicht genutzt, da die Zulufttemperatur auch ohne Nachheizung jederzeit Komforttemperaturen erreicht.

Um zu hohe Wärmetauschertemperaturen nachweisen zu können, müsste man ein Langzeitmonitoring der vorlaufseitigen (heißdampfseitigen bei WP-Anlagen) Registertemperatur durchführen. Dieses Kriterium konnte daher nicht ausgewertet werden.



Abbildung 3.30: Nachheizregister in der Verteilerbox bei einer Anlage ohne EWT

Abbildung 3.31: Steuerung des Nachheizregisters mit einem einfachen Thermostatventil mit Fühler in der Zuluft direkt mit Heizungswasser

Die Nachheizung bei den Lüftungsanlagen erfolgt meist mit der Heizung und bedeutet einen zusätzlichen Druckverlust durch den Wärmetauscher. Die Systeme sind zudem meist nicht frostsicher ausgeführt (kein getrennter Kreislauf mit Glykolfüllung). Im Normalfall führt dies zu keinen Problemen, da die Temperatur nach dem Wärmetauscher auch ohne EWT normalerweise über 0°C beträgt. D.h. nur bei gleichzeitigem Ausfall des Heizungskreislaufes und des Abluftventilators wird es kritisch.

Lüftungsanlagen mit Wärmepumpe als Heizungssystem sind in einigen Fällen mit elektrischen Nachheizelementen in allen Lüftungsrohren ausgestattet. Bei einer Bilanzierung der Energiemengen kommt es teilweise zu einem sehr hohen Anteil der zugeführten Heizenergie von den elektrischen Direkt-Heizungselementen.



Abbildung 3.32: Stromnachheizung bei einer Anlage mit Wärmepumpe als alleiniges Heizungssystem



Abbildung 3.33: Elektrisches Nachheizungselement

Diese Art der Nacherwärmung bietet auch bei Passivhauskonzepten den Vorteil einer individuellen Temperatursteuerung in den Räumen. Vielen Kunden ist diese „versteckte Direktstromheizung“ jedoch nicht bewusst. Bei klassischen Passivhauskonzepten ist Nacherwärmung mit elektrischen Nachheizelementen jedoch nicht vorgesehen. Eine individuelle Temperaturwahl in den Räumen ist über die Lüftung dann aber nicht möglich.



In einigen Objekten mit Wärmepumpenheizung als alleinigem Heizungssystem wurde zur Reduktion der Temperatur im Schlafzimmer kalte Frischluft bzw. Zuluft nach dem Wärmetauscher (vor dem Wärmepumpenregister) mit dem erwärmten Zuluftstrom vermischt.

Abbildung 3.34: Stromnachheizung und Einbindung kalter Zuluft für das Elternschlafzimmer

Eine elektrische Vorwärmung der Frischluft dient einerseits als Vereisungsschutz des Wärmetauschers und andererseits um in Kombination mit der Wärmerückgewinnungseinheit dann auf Behaglichkeitsniveau zu kommen. Die elektrische Vorwärmung dient als Ersatz des Erdwärmetauschers. Es bedeutet in dem folgenden Beispiel einen zusätzlichen Druckverlust von ca. 100 Pa und damit auch einen höheren Strombedarf bzw. Geräuschpegel (Ob diese 100 Pa teilweise auch auf Verschmutzung zurückzuführen sind, konnte nicht geklärt werden, da das Element dazu hätte ausgebaut werden müssen).



Abbildung 3.35: Elektrisches Vorwärmregister in der Frischlufteinheit als Vereisungsschutz und zur Gewährleistung der Zulufttemperatur bei einer Anlage ohne EWT (über 100 Pa Druckverlust).

Durch Fehlbedienungen bei der individuell einstellbaren elektrischen Vorwärmung bzw. einem Regelungsfehler kann es zusätzlich zu einem erhöhten Stromverbrauch kommen. Ein Vereisungsschutz bzw. die Sicherstellung der Behaglichkeitstemperatur durch ein elektrisches Vorheizregister ist daher nur in Ausnahmefällen zu empfehlen.

**Fazit:** Die Sicherung einer Mindestzulufttemperatur bzw. der Frostsicherheit durch Nach- bzw. Vorheizregister ist anlagentechnisch doch recht aufwändig. Insbesondere wenn eine absolut frostsichere Ausführung (Glykolkreislauf) bei wassergeführten Systemen für eine Nachheizung über das Heizungssystem gewährleistet werden soll. Stromheizungssysteme sind wesentlich einfacher zu installieren bzw. zu regeln, stellen aber ökologisch nicht die 1. Wahl dar. Die zusätzlichen Druckverluste bzw. Stromverbräuche und die damit erhöhten Schallpegel bei Anlagen mit Nachheizungssystemen bzw. Vorheizregistern werden sehr oft unterschätzt.

**Empfehlung für Anlagenplaner:** Nach Möglichkeit sollten Systeme ohne anlagentechnisch und steuerungstechnisch doch aufwändige aktive Nachheizung bzw. ohne aktiven Vereisungsschutz geplant werden. Dies bedeutet in der Praxis Anlagen mit EWT. Nur bei Wohnraumlüftungen im Sanierungsbereich, bei denen Erdwärmetauscher zu aufwändig wären, sollten mit Vorheizregistern bzw. Nachheizungssystemen gearbeitet werden.

Ein generelles Problem von Passivhauskonzepten ist das gleiche Temperaturniveau der Wohn- und Schlafbereiche. Durch eine individuelle elektrische Raumregelung mittels PTC (positiv temperatur coefficient) können unterschiedliche Zuluftkonditionen erreicht werden. Das Prinzip eines selbstregelnden PTC - Elements beruht auf der indirekt proportionalen selbstregelnden Wirkungsweise. Bei steigender Umgebungstemperatur steigt auch der elektrische Widerstand des Elements, der Stromfluss wird kleiner und die Leistungsabgabe reduziert sich. Es muss jedoch sichergestellt werden, dass diese elektrischen Elemente nur der Temperatursteuerung dienen und nicht Hauptenergielieferant werden.



### 3.5.2.2.8 Keine Beeinträchtigung der Lüftungsanlage durch andere lufttechnische Geräte

Qualitätskriterium 8a, 8b	Anforderung
Keine Beeinträchtigung der Lüftungsanlage durch andere lufttechnische Geräte (Dunstabzugshauben, Ablufttrockner,...) oder Öffnungen (z. B. Wäscheabwurf, unbenutzte Kamine,...)	a) Keine direkt ins Lüftungssystem eingebundenen Dunstabzüge, Zentralstaubsauger, Ablufttrockner, etc.
	b) Bei nach außen geführten Dunstabzugshauben, Ablufttrocknern und anderen Anlagen mit einer offenen Verbindung nach außen ist sicherzustellen, dass die Funktion der Lüftungsanlage nicht gestört wird (eigene Nachströmöffnung). Generell sind Öffnungen nach außen (außerhalb der Dämmhülle) zu vermeiden bzw. bei Nichtbenutzung dicht abzuschließen.
	c) Dicht schließende Öffnungen durch die Hülle bei Nichtgebrauch (unbenutzte Kamine, Wäscheabwürfe, ..)

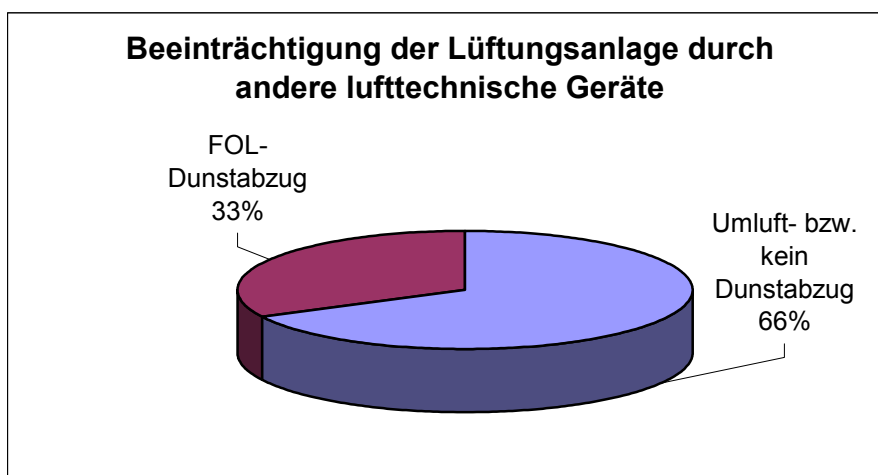


Abbildung 3.36: Beeinträchtigung der Lüftungsanlage durch andere lufttechnische Geräte



**Dunstabzugshauben:** Der häufigste Kritikpunkt bei diesem Qualitätskriterium waren Dunstabzugshauben die direkt nach außen geführt wurden. Die bei manchen Anlagen eingebauten Nachströmöffnungen von außen im Bereich der Dunstabzugshaube wurden von den Nutzern alle verschlossen, da die kalte einströmende Luft Behaglichkeitsprobleme brachte.

Abbildung 3.37: Umlufthaube und Abluftventil im Küchenbereich

Eine direkte Einbindung des Dunstabzuges in die Abluft wurde nur einmal angetroffen. Eine Geruchsverteilung über die Abluftkanäle in andere Ablufträume (z.B. Bad) wurde in diesem Falle nicht bemängelt. Dies kann aber je nach Leitungsführung und Leistung der Ablufthaube nicht ausgeschlossen werden.

**Fazit:** Umlufthauben haben sich als optimale Lösung bestätigt. Sie wurden von den Nutzern als sehr positiv beurteilt. Entscheidend für die Zufriedenheit ist eine genügend große Abluftmenge im Küchenbereich. Einige der Objekte haben sogar gänzlich auf Dunstabzugshauben verzichtet, da sie nach eigenen Aussagen keine Speisen mit Fett zubereiten. Diese Sparlösung kann jedoch nicht unterstützt werden, auch wenn bei diesen Anlagen keine besondere Verschmutzung der Abluftventile feststellbar war. Die Anlagen waren jedoch erst seit kurzer Zeit in Betrieb und die Abluftstellen waren nicht in direkter Nähe der Kochstelle, sodass sich das Fett eher allgemein im Küchenbereich abgelagert haben dürfte. Die teilweise umgesetzte Variante mittels eines Abluftventils mit Filter kann eine Umlufthaube mit Fett- und Aktivkohlefilter keinesfalls ersetzen. Diese Variante ist auch nicht zu empfehlen, da erfahrungsgemäß unregelmäßige Filterwechselintervalle zu Verunreinigungen des Abluftstranges führen.

**Ablufttrockner:** Die Ablufttrockner waren meist ohne direkte Verbindung nach außen in den Funktionsräumen mit Abluftventil (z.B. Wäscheraum mit Waschmaschine, Wäschetrockner und Bügelmaschine) aufgestellt worden. Der Einfluss auf die Lüftungsanlage war bei den nach außen geführten Fällen eher unbedeutend. Zudem wurde von den Nutzern meist während der Betriebszeit des Ablufttrockners ein Fenster gekippt.

**Fazit:** Von der Lüftungstechnischen Seite sind Kondensationstrockner zu bevorzugen, da diese die Lüftungsanlage in keiner Weise tangieren. Eine wirklich negative Beeinträchtigung der Wirkungsweise der Lüftungsanlage konnte jedoch auch bei Ablufttrocknern mit einer Luftführung nach außen bei dieser Evaluierung nicht nachgewiesen werden.

**Unbenutzte Kamine, Öfen bzw. offene Feuerstellen:** Sie sind sehr oft eine versteckte Undichtigkeit in der Gebäudehülle und es findet ein nicht unbeträchtlicher Luftaustausch über diese Öffnungen statt. Aufgrund der örtlichen Verhältnisse ist eine messtechnische Bestimmung der Luftmengen in keinem der Fälle möglich gewesen.

**Fazit:** Unbenutzte Kamine, etc. sollten wirklich luftdicht verschlossen werden, um einen effizienten Betrieb der Lüftungsanlage zu gewährleisten.



**Wäscheabwurf:** In einem der Evaluierungsobjekte stammte der größte Teil der Abluftmenge im Bad nicht von der Wohnung, sondern, über die offene Verbindung des Wäscheabwurfes zum Waschraum, vom Keller. Dies beeinträchtigte insbesondere die Luftmengen- und Energiebilanz und die Zulufttemperatur, da die Ablufttemperatur durch die Falschlufft aus dem Keller deutlich sank und damit dem Wärmetauscher ein niedrigeres Temperaturniveau zur Verfügung stand.

**Fazit:** Wäscheabwürfe sollten so ausgeführt sein, dass diese dicht abschließen und ein unabsichtliches offen lassen nicht möglich ist.

### Unzulässige Einbindungen von Rauchgasen in das Lüftungssystem:



Bei dieser Anlage wurde das Rauchgas des Gaskessels in die Abluft eingebunden, um über den Wärmetauscher zusätzliche Energie aus dem Rauchgas zurück zu gewinnen. Aufgrund von unvermeidlichen Leckströmen ist diese auch rechtlich zweifelhafte Einbindung strikt abzulehnen. Insbesondere bei Ausfall des Lüftungsgerätes könnten die Abgase auch direkt in den Wohnraum gelangen.

Abbildung 3.38: Unzulässige Einbindung der Rauchgase in die Abluft

### Unzulässige Einbindungen eines Zentralstaubsaugers in das Lüftungssystem:

Ebenfalls problematisch, aber dennoch zwei Mal anzutreffen war die Einbindung von Zentralstaubsaugern in das Lüftungssystem.



In diesem Beispiel ist der Zentralstaubsauger in das Fortluftrohr eingebunden. Es kann insbesondere bei einem Anlagenstillstand (z.B. im Sommer) ein Teil der Abluft des Zentralstaubsaugers in die Wohnräume gelangen, bzw. den Wärmetauscher verschmutzen.

Abbildung 3.39: Problematische Einbindung des Zentralstaubsaugers in die Fortluft

**Fazit:** Unzulässige Einbindungen von Dunstabzugshauben, Ablufttrockner, Rauchgasen, Zentralstaubsaugern, etc. sind insgesamt zwar selten. Ein konkreter Hinweis auf unzulässige Einbindungen sollte jedoch auch in den einschlägigen Normen verankert werden.

### 3.5.2.2.9 Keine Beeinträchtigung durch Feuerstätten im Wohnraum

Qualitätskriterium 9	Anforderung
Keine Beeinträchtigung von Heizanlagen bzw. Feuerungsstätten (keine Ansaugung von Rauchgas)	Heizanlagen und andere Feuerstätten, die sich innerhalb der luftdichten Hülle befinden, sind zu- und abluftseitig vollständig unabhängig von der Raumluft zu gestalten.

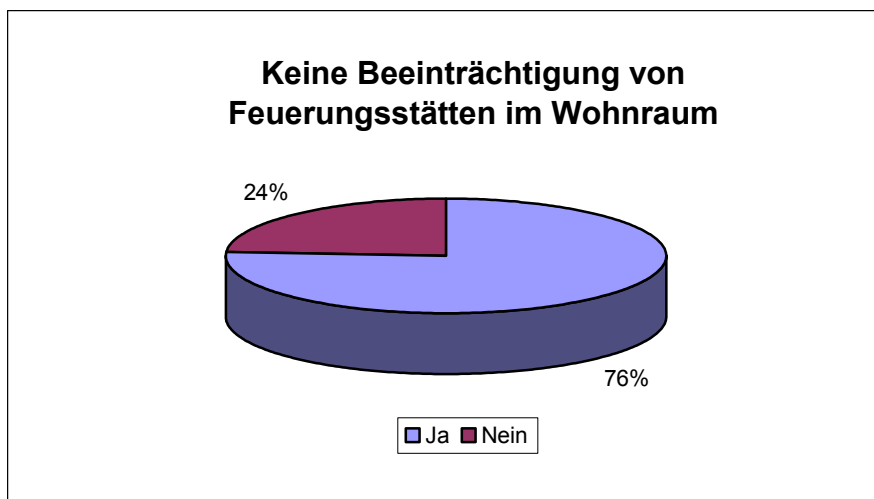


Abbildung 3.40: Beeinträchtigung der Lüftungsanlage durch Feuerstätten

Ein häufiger und vom Gefahrenpotenzial her sicher der kritischste Punkt bei dieser Evaluierung war die Missachtung der vollständigen Trennung der Frischluft von Feuerstätten im Wohnraum von der Raumluft. Abbildung 3.40 zeigt, dass bei mehr als drei Viertel der Objekte mit Feuerungsstätten im Wohnraum die Versorgung der Verbrennungsluft unzulässigerweise aus dem Aufstellraum erfolgt.

#### Positives Beispiel – eher die Ausnahme:



Abbildung 3.41: Vorbildliche elektronisch geregelte Verbrennungsluft für den Kachelofen aus dem Heizungskeller



Abbildung 3.42: Dazugehöriger Kachelofen mit automatischer Regelung



Von einem Ansaugen von Verbrennungsabgasen in den Wohnraum im laufenden Betrieb wurde zwar nie berichtet (auch nicht bei Anlagen mit Frostschutzfunktion durch teilweises Abschalten des Zuluftventilators), doch das bedeutet keinesfalls, dass diese Gefahr unterschätzt werden darf.

Abbildung 3.43: Ofen ohne eigene Zuluft im Wohnzimmer

Einige Nutzer erklärten, dass sie zum Anheizen des Ofens in der Küche (Abluftraum) die Lüftungsanlage ausschalten müssen, damit ein Einheizen möglich ist. D.h. diese Konstellation bringt insbesondere beim „Ausbrennen“ ein deutliches Gefahrenpotenzial, falls die Lüftungsanlage während des Abbrandes eingeschaltet ist bzw. wird. Feuerstätten in Wohnzimmern (Zulufttraum) sind diesbezüglich beim Normalbetrieb der Lüftungsanlage zwar weniger gefährdet, jedoch ergibt sich im Grenzfall (Ausfall des Zuluftventilators bzw. Frostschutz durch teilweises abschalten des Zuluftventilators) die gleiche Problematik, da dann auch im Wohnzimmer Unterdruck entsteht. Außerhalb der Betriebszeiten kommt es zu deutlichen Leckströmen bei den Öfen, die nicht raumluftunabhängig betrieben werden. Insbesondere bei Öfen im Wohnzimmer bedingt der Überdruck im Zulufttraum unerwünschte Luftströmungen nach außen, die aufgrund der Geometrie des Ofens jedoch nicht quantifiziert werden konnten. Ein geräteseitig gut ausbalancierter Volumenstrom von Zu- und Abluft, bzw. eine ausreichende Überströmöffnung ist dann besonders wichtig, um die Leckströme gering zu halten.

**Fazit:** Die Gefahr von mit Raumluft betriebenen Feuerstellen wird noch viel zu oft übersehen bzw. unterschätzt. Auch wenn mehrere Faktoren für eine gefährliche Situation zusammentreffen müssen, stellt dieser Punkt ein wirkliches Gefahrenpotenzial dar, weshalb er an sich gesetzlich geregelt werden sollte. Da in modernen Gebäuden aufgrund der bauphysikalisch gewünschten Luftdichte auch ohne Lüftungsanlage ein sicherer Betrieb einer Feuerstelle mit Raumluft im Wohnraum nicht gewährleistet werden kann, sollte bei Neubauten generell eine raumluftunabhängige Luftzufuhr für Feuerstellen im Wohnraum gefordert werden. Zudem ist zu bedenken, dass moderne Dunstabzugshauben deutlich größere Abluftströme als Wohnraumlüftungsanlagen fördern und damit noch bedenklicher als Lüftungssysteme sind. Bei bestehenden Objekten mit Feuerstellen im Wohnraum sollten wenigstens keine reinen Abluftanlagen sowie Zu- und Abluftanlagen mit Abschalten des Zuluftventilators als Vereisungsschutz eingebaut bzw. zugelassen werden. Zumindest sollte ein gleichzeitiges Betreiben von Lüftungsanlage und Feuerstelle 100%ig ausgeschlossen werden.

**Forschungsbedarf:** Es sollten die näheren Randbedingungen für ein Rücksaugen von Abgasen durch Lüftungsanlagen (aber auch durch nach außen geführte Dunstabzugshauben) untersucht werden und besonders problematische Konstellationen von Lüftungsanlagen und Feuerstellen im Wohnraum erörtert werden.

### 3.5.2.2.10 Geringer Schalldruckpegel im Aufenthaltsbereich

Qualitätskriterium 10a bis 10e	Anforderung
Geringer A-Bewerteter Schalldruckpegel im Aufenthaltsbereich bzw. beim Aufstellungsort des Gerätes (hier in 1m Entfernung) (Aufenthaltsbereiche im Freien bzw. Fenster in der Nähe von Frischluftansaugung bzw. Fortluft sind ebenfalls zu beachten)	a) Schlafräume max. 23 dB(A)
	b) Wohnbereich max. 25 dB(A)
	c) Funktionsraum (z.B. Küche, Bad) max. 27 dB(A)
	d) Geräteraum im Wohnbereich max. 35 dB(A)
	e) Sonst. Geräteraum (z.B. Keller) max. 40 dB(A) (Geräte ohne Wärmepumpe)
	f) Sonst. Geräteraum (z.B. Keller) max. 45 dB(A) (Geräte mit Wärmepumpe)

Schallbeeinträchtigungen in den einzelnen Aufenthaltsbereichen zählen eindeutig zu den häufigsten Beanstandungen der Nutzer. Bei der Evaluierung wurde nur der Schallpegel im Geräteraum erhoben, da für alle anderen Räume der Messaufwand für vernünftige Aussagen zu groß bzw. die Aussagekraft einfacher Messungen zu gering gewesen wäre. Eine grobe Beurteilung durch das subjektive, vergleichende Hörgefühl wurde jedoch gemacht, um nicht nur die Sichtweise der Nutzer in die Beurteilung einfließen zu lassen. Generell zeigt sich, dass Nutzer teilweise auch Lärmbeeinträchtigungen noch tolerierten (bzw. sich daran gewöhnt haben), die von den Evaluierungspersonen als deutlich zu laut eingestuft wurden. In fast allen Fällen konnten die Ursachen für die erhöhte Schallbelastung gefunden werden. In Ausnahmefällen, insbesondere bei einer Wärmepumpenanlage, konnte die Ursache nicht genau geklärt werden. Es dürfte sich in diesem Fall aber letztendlich um Körperschallübertragungen bzw. Resonanzschwingungen handeln. Die verifizierten Schallbelastungen setzten sich aus einer Vielzahl von, oft nur kleinen, Fehlern zusammen.

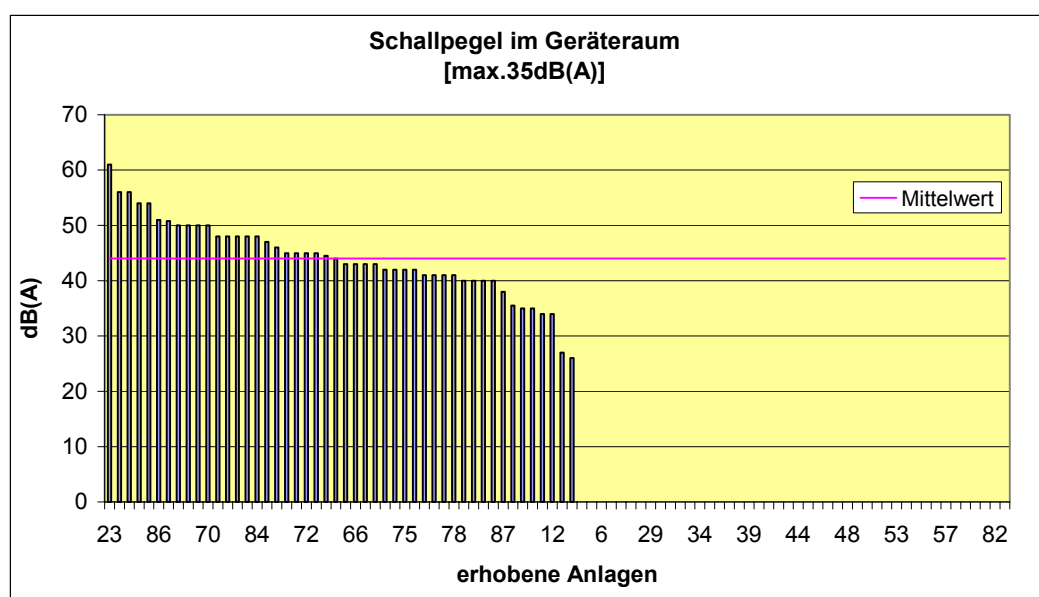


Abbildung 3.44: gemessener Schallpegel A-Bewerteter im Geräteraum

**Die wesentlichen Ursachen für Schallbelästigungen im Wohnbereich sind:**

- **Hohe Strömungsgeschwindigkeiten**
- **Hohe Druckverluste** (siehe vertiefende Ursachen auf der nachfolgenden Seite)
- Generell lautes Lüftungsgerät
- Fehlender bzw. nicht auf das Gerät abgestimmter oder zu kurzer Schalldämpfer bei der Zuluft und der Abluft (Fortluft bzw. Frischluft sind nur bei Ansaug- bzw. Fortluftstellen in der Nähe von Aufenthaltsbereichen bzw. Fenstern kritisch und müssen dann ebenfalls mit Schalldämpfern ausgerüstet werden.)
- Fehlender Segeltuchstutzen zur Verhinderung von Körperschallübertragung (insbesondere bei Anlagen mit Wärmepumpe) auf die Lüftungsrohre
- Vergessene Schwingungsdämpfer bei der Geräteaufstellung bzw. Aufhängung
- Vibrierende Rohre aufgrund ungenügender Befestigung
- Befestigungen ohne Körperschallentkoppelung (elastische Aufhängung)
- Lüftungsrohre, die schalltechnisch nicht vollständig vom Bauwerk entkoppelt wurden (Rohre mit direktem Kontakt zum Mauerwerk bzw. zur Gebäudekonstruktion, insbesondere bei Mauerdurchbrüchen und im Fußbodenbereich)
- Scharfe Kanten bei Rohrverbindungen bzw. Formteilen
- Zuluftauslässe mit strömungsungünstigen Einbauten (insbesondere bei Bodenauslässen mit strömungsungünstigen Schmutzfängern bzw. Luftmengenregелеlementen)
- Zu hohe Luftgeschwindigkeit vor Ventilen
- Verwirbelungen vor den Ventilen (Abzweiger bzw. Umlenkungen)
- Fehlende Telefonieschalldämpfer

**Hohe Druckverluste entstehen meist durch:**

- Einfaches Ansauggitter (Gitterfläche entspricht nur dem Rohrquerschnitt)
- Verschmutztes Fliegengitter bei der Ansaugung
- Frischluftfilter vor dem EWT mit Filterfläche nur entsprechend dem Rohrquerschnitt
- Verschmutzter Filter bei der Frischluftansaugung
- Zu langer EWT (max. 45 bis 50 Meter)
- Zu kleiner Rohrdurchmesser beim EWT (zumindest 200 mm bei EFH)
- Verschmutzte Gerätefilter (Zu- bzw. Abluft)
- Zu kleine Rohrdurchmesser
- Unnötig lange Lüftungsleitungen aufgrund schlechter Raumkonzepte
- Flexible Schläuche mit nicht glatter innerer Oberfläche (z.B. Aluflexschläuche)
- Umrechnung der erforderlichen Rechteckquerschnitte erfolgte nicht über den hydraulischen Durchmesser, sondern über gleiche Luftgeschwindigkeit
- Formteile mit hohen Druckverlusten (eckige Formteile)

### Hohe Druckverluste entstehen meist durch (Fortsetzung):

- Ungeeignete bzw. falsch eingestellte Ventile
- Zu kleine Überströmöffnungen
- Verschmutzte Filter bei den Abluftventilen
- Einfaches Fortluftgitter (Gitterfläche entspricht nur Rohrquerschnitt)
- Verschmutztes Fliegengitter bei Fortluftauslass

### Beispiele für eingebaute Schlauch-Schalldämpfer:



Abbildung 3.45 a-c: Schlauch-Schalldämpfer

Zusätzlich zur Luftschalldämmung liegt der Vorteil von Schlauch-Schalldämpfern in einer sehr guten Körperschallentkopplung. Jedoch bedeuten Schlauch-Schalldämpfer einen höheren Druckverlust. Insbesondere bei unachtsamer Verlegung.

### Beispiele für eingebaute flexible Schalldämpfer:



Flexible Schalldämpfer können Formteile ersetzen und bieten einen guten Kompromiss aus Schalldämmwirkung, Körperschallentkopplung und Druckverlust.



Abbildung 3.46 a-b: Flexible Schalldämpfer



**Beispiel für eingebaute starre Schalldämpfer:**



Starre Schalldämpfer haben die geringsten Druckverluste. Um die Schalldämmwirkung zu verbessern sollten sie nach Verwirbelungen (Umlenkungen etc.) eingebaut werden. Dies ist aufgrund der Platzverhältnisse meist ohnehin gegeben.

Abbildung 3.47: Starrer Schalldämpfer

**Fazit:** Die schalltechnische Optimierung ist einer der wesentlichen Erfahrungsschätze der Anlagenplaner bzw. Anlagenerrichter. Hier ist neben der Auswahl und Qualität der Einzelkomponenten das Gesamtkonzept entscheidend.

**3.5.2.2.11 Einweisung der Bewohner in die Funktion der Anlage**

Qualitätskriterium 11	Anforderung
Einweisung der Bewohner in die Funktion und Bedienung der Anlage sowie Übergabe der Bedienungs- bzw. Wartungsanleitung und der gesamten Anlagendokumentation	Unbedingt notwendig

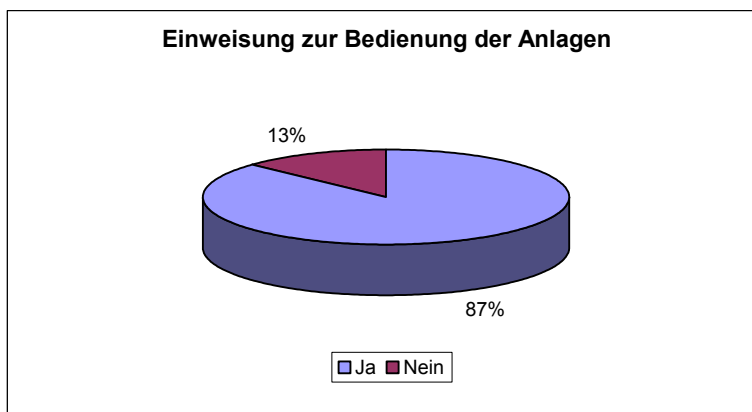


Abbildung 3.48: Einweisung zur Bedienung der Anlagen

Die Befragung vor Ort ergab, dass bei den meisten Anlagen im Einfamilienhausbereich, eine ausreichende Einschulung durch die Installationsfirma stattgefunden hat. Dabei erfolgte hauptsächlich eine Erklärung der Bedieneinheit, sowie ein Hinweis auf die notwendige Filterwartung. Im Mehrfamilienhausbereich ist, insbesondere nach einem Mieterwechsel, die Einschulung eher als unzureichend beschrieben worden. In der Evaluierung bestätigte sich dies auch darin, dass einige Nutzer von Mehrfamilienhäusern die Bedeutung der einzelnen Lämpchen (z.B. Filterwechselanzeige) bzw. die Auswirkungen einzelner Schalterstellungen nicht kannten.

### 3.5.2.3 Qualitätskriterien für Ansaugung, EWT, Fortluftführung

#### 3.5.2.3.1 Frischluftansaugung

Qualitätskriterium 12	Anforderung
Unbelastete, schneefreie Frischluft-Ansaugung	a) Ausreichender Abstand von Parkplätzen, Mülllagerplätzen, etc. (zumindest 5 m)
	b) Schneefreie Ansauglage bzw. Ansaughöhe
Qualitätskriterium 13	Anforderung
Kein Luftkurzschluss zwischen Frischluftansaugung und Fortluftauslass	Abstand zueinander mindestens 3 Meter oder geeignete Maßnahmen zur Kurzschlussvermeidung (z.B. Trennwand, Empfehlung: andere Hausseite)
Qualitätskriterium Neu 14	Anforderung
Frischluftansaugung mit geringem Druckverlust, Schutz vor Schnee und Regen, Kleintieren bzw. entsprechender Filterung bei Anlagen mit EWT	a) Wirksamer Schutz vor Regen (Schnee)
	b) Ansaugung mit Vogel- und Fliegengitter
	c) Filterqualität vor einem EWT zumindest F5
	d) Druckverlust ohne Filter max. 15 Pa, mit frischem Filter max. 25 Pa (Enddruckdifferenz mit verschmutztem Filter max. 45 Pa)

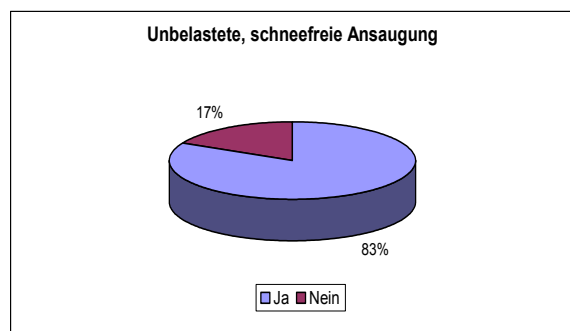


Abbildung 3.49: Unbelastete Ansaugung

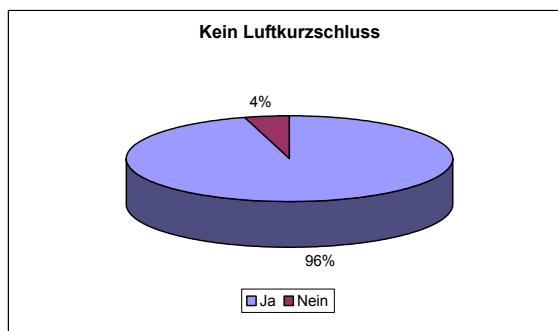


Abbildung 3.50: Kein Luftkurzschluss

Bei den Frischluftansaugungen selbst findet man die vielfältigsten Varianten. Von professionellen Lösungen über „Bastellösungen“ bis hin zu reinen Provisorien. Die Frischluftansaugung wird oft erst nach Jahren endgültig fertig gestellt. Bei Anlagen ohne Konstantvolumenstromregelung würde dies normalerweise auch eine Neueinregulierung notwendig machen, da sich der Druckverlust durch die geänderte Frischluftansaugung verändert. In der Praxis wird diese Einregulierung wahrscheinlich nur höchst selten durchgeführt werden. Dies ist ein weiterer Punkt der für eine automatische Konstantvolumenstromregelung beim Lüftungsgerät spricht. Im Folgenden sind drei Beispiele für sehr gute, professionelle Lösungen von Frischluftansaugungen aufgezeigt. Anschließend werden einige weniger gut geeignete Lösungen dargestellt.



### 3.5.2.3.1 Positive Lösungen:

#### Beispiel 1.) Frischluftansaugung – Ansaugfilterkasten mit Feinstaubfilter F6 in Taschenfilterausführung:

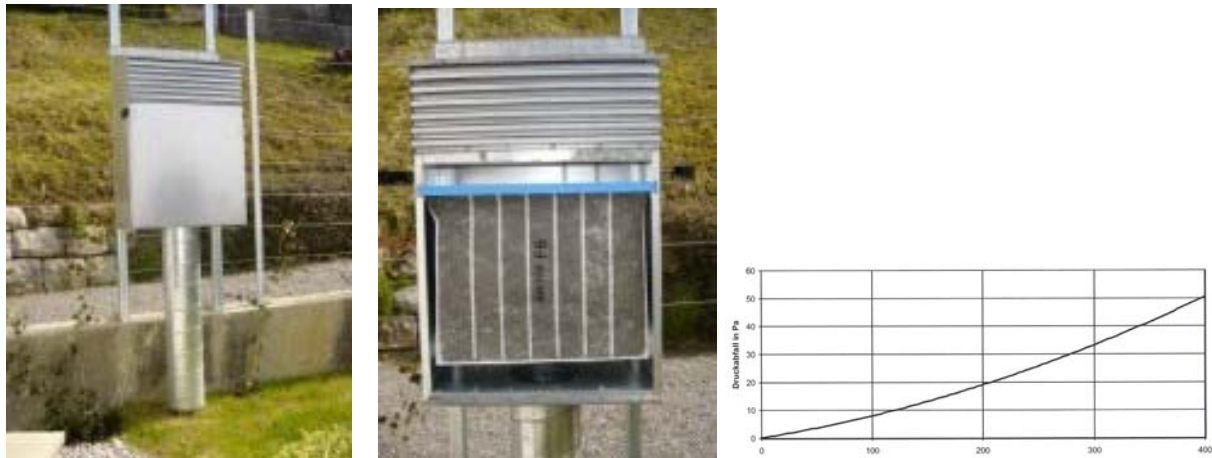


Abbildung 3.51 a-c: Ansaugung über Filterbox mit groß dimensioniertem Feinfilter F6. Druckverlust < 20 Pa bei 200 m³/h, Quelle Druckverlustgraphik: Fa. Drexel und Weiss

#### Beispiel 2.) Frischluftansaugung mit freistehendem Lamellenhut mit Ringfilter G4:

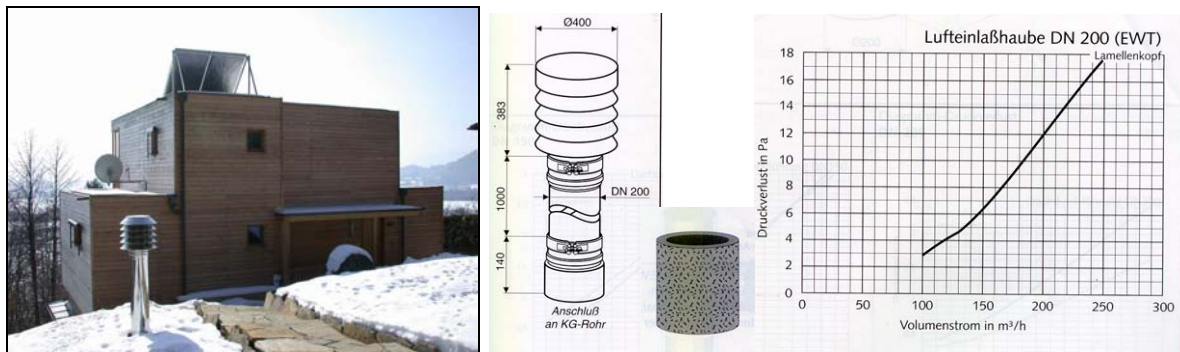


Abbildung 3.52 a-d: Ansaugung über freistehenden Lamellenhut aus Edelstahl mit Ringfilter G4, Lüftungstechnisch gute Lösung mit ansprechender Edelstahl-Optik. Druckverlust < 12 Pa bei 200 m³/h, Quelle Druckverlustgrafik bzw. Konstruktionszeichnungen: Fa. Westaflex

Die beiden Beispiele erfüllen alle gestellten Anforderungen. Regenschutz, großer Ansaugquerschnitt im Bereich des Vogel- bzw. Fliegengitters, Filter mit großer Oberfläche und dadurch bedingt einem äußerst geringen Druckverlust. Bei der Frischluftansaugung lt. Beispiel 1 erspart man sich den Feinfilter im Gerät und benötigt dort nur noch einen Standardfilter (G4). Diese beiden Lösungen mit Filter im Ansaugbereich sind vor allem bei Anlagen mit Erdwärmetauscher zu empfehlen.

### 3.) Frischluftansaugung ohne Filter über Dachansaughaube:

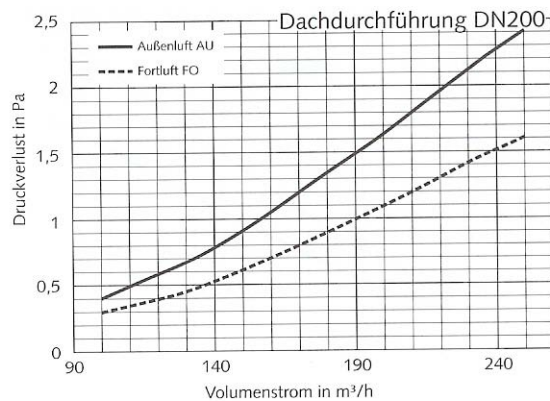


Abbildung 3.53 a-b: Ansaugung über Dachansaughaube aus Edelstahl, kein Filter. Druckverlust < 2Pa bei 200 m³/h Quelle Druckverlustgrafik bzw. Konstruktionszeichnungen: Fa. Westaflex

Diese positive Variante einer Dachansaughaube ohne Filter (kann auch als Fortlufthaube verwendet werden) ist vor allem für Anlagen ohne Erdwärmetauscher und bei einer Lüftungsgeräteaufstellung im Dachbodenbereich interessant. Der Druckverlust ist aufgrund des fehlenden Filters mit 2 Pa bei 200 m³/h äußerst gering.

#### 3.5.2.3.1.2 Kritische bzw. Schlechte Lösungen:

##### Frischluftansaugung über einfache, (selbstgebaute) Ansauggitter nicht empfehlenswert:

Bei einfachen Ansauggittern in der Dimension des Rohrquerschnittes kommt es zu unnötig großen Druckverlusten, insbesondere mit zunehmender Verschmutzung im Bereich des Fliegengitters. Werden zusätzlich Filtermatten mit dem reinen Rohrquerschnitt als Filterfläche eingebaut (meist provisorisch) kommt es schon nach sehr kurzer Zeit zu recht hohen Druckverlusten, die teilweise über dem zur Verfügung stehendem Anlagendruck liegen können (Negatives Beispiel 3). Die notwendige Reinigung des Ansauggitters (Fliegengitters) wird sehr oft vergessen. D.h. die Anlagen arbeiten dann die ersten Jahre problemlos, erst bei einem zu großem Druckverlust kommt es dann zu Anlagenstörungen. Daher kann bei unregelmäßiger Reinigung auf das Fliegengitter auch verzichtet werden. Die Mücken landen dann im Ansaugfilter bzw. Gerätefilter.



Abbildung 3.54 a-b: Ein stark verschmutztes Fliegengitter erzeugte einen Druckverlust von über 180 Pa und deutlich unausgeglichene Volumenströme. (Anlage war an der Leistungsgrenze.)

## Weitere Beispiele:

### Beispiel 1:



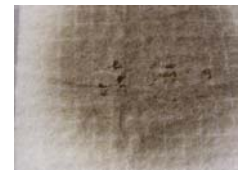
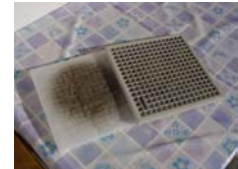
Abbildung 3.55 a-b: Eine einfache, gerade noch ausreichende Ansaugung über ein einfaches Ansauggitter (ohne Filter – daher nur bei einer Anlage ohne EWT ausreichend). Druckverlust ca. 25 Pa und damit deutlich höher als die positiven Beispiele mit hochwertigen Filtern.



### Beispiel 2:



Abbildung 3.56 a-c: G3 Filter mit einfachem (strömungungünstigem) Gitter. Löcher im Filter stammen wahrscheinlich von „Markierungen“ der Katze, da dieser Bereich durch den Stuhl leicht zugänglich ist. Druckverlust ca. 30 Pa.



### Beispiel 3:



Abbildung 3.57 a-b Ein in der Fläche viel zu kleiner Pollenfilter (F7) (nur Rohrquerschnitt) erzeugte einen Druckverlust von über 200 Pa. Die Anlage lieferte keine ausreichende Luftmenge mehr, da die Leistungsgrenze überschritten war.



### Beispiele 4, 5 und 6:



Abbildung 3.58, Abbildung 3.59, Abbildung 3.60 Einfache Ansauggitter ohne Filterung bieten keinen ausreichenden Verschmutzungsschutz für den EWT. Schneefreiheit ist beim 4. bzw. 5. Beispiel ebenfalls nicht gewährleistet

### Resümee einfache Ansauggitter:

Einfache Ansauggitter können nur bei Anlagen ohne EWT - und damit ohne Filter im Ansaugbereich - als kostengünstige Lösung akzeptiert werden, da hier der Druckverlust des EWT wegfällt (der Ansaugquerschnitt sollte jedoch deutlich größer als der Rohrquerschnitt sein z.B. Durchmesser 300 mm bei 200 mm Rohrquerschnitt). Bei Anlagen mit EWT und daher notwendigem Filter vor dem EWT bedingen diese Lösungen zu hohe Druckverluste.

**Fazit:** Frischluftansaugungen werden sowohl bei der Installation (Investition) als auch bei der Wartung oft stiefmütterlich behandelt.

**Empfehlung für Anlagenplaner:** Es empfiehlt sich trotz der Kosten eine entsprechend professionelle Frischluftansaugung mit großer Ansaugfläche und mit einem Filter (mit großer Oberfläche, Filterqualität F5 bis F7) oder einen eigenen, nachgeschalteten Filterkasten einzuplanen. Spezieller Hinweis für die Kunden, dass auch die Frischluftansaugung regelmäßig auf Verschmutzung kontrolliert werden muss.



**Weitere Bilder von mangelhaften Ansaugöffnungen bzw. Provisorien:**



Abbildung 3.61: Ofen ohne eigene Zuluft im Wohnzimmer  
Mangelhafte Frischluftansaugung: Direkt am Boden, neben dem Parkplatz, und mit dicken Lamellen, die den Rohrquerschnitt versperren und so einen hohen Druckverlust verursachen.



Abbildung 3.62: Ungünstige Wahl des Ansaugbereichs in der Nähe des Parkplatzes.



Abbildung 3.63 a-b: Diese im Holzstapel versteckte, Frischluftansaugung bedeutet zusätzliche Druckverluste und erschwert ein Reinigen des Ansauggiters.



**Viele Provisorien überleben oft mehrere Jahre:**



Abbildung 3.64 a-c: Provisorien die teilweise über mehrere Jahre verwendet werden

### Positives und negatives Beispiel in Einem:



**Positiv:** Eigene Frischluft für die beiden Einzelöfen (Rohre 1 und 2). Ansaugquerschnitte deutlich größer als Rohrquerschnitt.

**Negativ:** Luftkurzschluss beim Betrieb ohne EWT. Die Frischluftansaugung (drittes Rohr) ist direkt neben dem Abluftrohr (viertes kurzes Rohr). Ansaugung bei EWT-Betrieb (Rohr an der Hausecke) ist ohne Filter.

Abbildung 3.65: Beispiel für Frischluftansaugung bzw. Fortluftführung

**Fazit:** Im Bereich von Frischluftansaugungen werden sehr oft unnötig hohe Druckverluste akzeptiert. Diese unnötigen Druckverluste verringern die Gesamteffizienz durch erhöhte Ventilatorleistungen. Gefahr von Luftkurzschlüssen mit der Abluft besteht nur bei wenigen Anlagen. Optisch ansprechende und alle Anforderungen erfüllende Frischluftansaugungen haben ihren Preis, sind aber langfristig die richtige Lösung. Geruchsprobleme im Bereich der Ansaugung ergaben sich nur durch allgemeine großflächige Geruchsbelästigungen (z.B. Jauche, „Müllverbrennungsanlage“ eines Nachbarn).

**Forschungsbedarf:** Die Vereisung von Frischluftansaugungen mit Filter wurde vom Evaluierungsteam zwar nicht direkt beobachtet, aber von einigen Installateuren angesprochen. Sie konnte nicht näher verifiziert werden. Dieser Effekt sollte unter Laborbedingungen in einem eigenen Projekt geprüft werden, um kritische Parameter (Luftgeschwindigkeit, Feuchte, Temperatur, Filterqualität, Filtergröße, Filterzustand,...) zu erfassen und Richtlinien für die Gestaltung von vereisungsfreien Frischluftansaugungen mit Filtern zu erstellen.

### 3.5.2.3.2 Bypass beim Erdwärmetauscher

Qualitätskriterium Neu 15	Anforderung
Geringe Falschluff beim Bypass des EWT (falls vorhanden)	Bypass muss dicht schließen

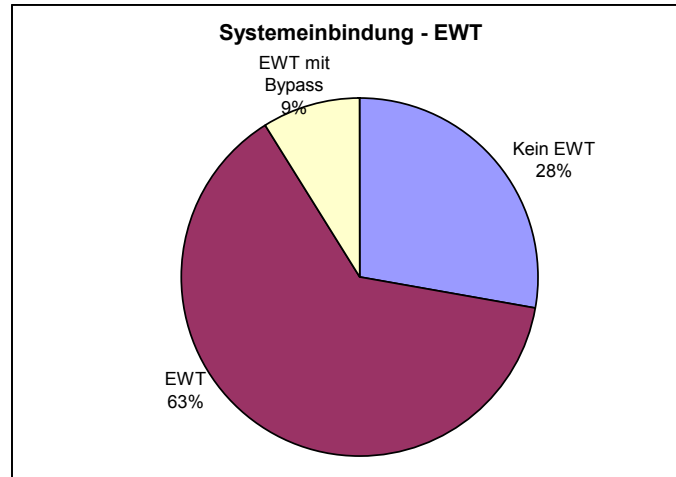


Abbildung 3.66: Systemeinbindung des Erdreichwärmetauschers

Ein Bypass für den EWT bedeutet eine Verbesserung der Energiebilanz in der Übergangszeit (ungewolltes Kühlen während des Heizbetriebs und umgekehrt können so vermieden werden) und für den sommerlichen Kühleffekt (kalte Nachtluft wird über den Bypass und nicht über den EWT angesaugt). Von den untersuchten Anlagen hatte nur ein kleiner Anteil einen diesbezüglichen Bypass (9 von 64 Anlagen mit EWT). Aus der Erfahrung dieser Evaluierung kann zugunsten eines einfacheren Anlagenkonzeptes ohne konkret empfundenen Nachteil (insbesondere für den Winterfall) seitens der Nutzer auf einen Bypass verzichtet werden. Sind die eingebauten Umschaltklappen undicht, bzw. falsche Regelparameter gewählt worden, wirkt sich der an sich positive energetische Effekt des Bypasses im Winter sogar negativ aus, bzw. ist bei einem Bypass eine 100%ig gesicherte Frostfreihaltung (z.B. Defekt der Regelung) nicht mehr gewährleistet. Bei der Sommernutzung des EWT bringt ein Weglassen des Bypasses mehr Nachteile, da die kühle Nachtluft nicht direkt für die Lüftungsanlage genutzt werden kann.



Abbildung 3.67 a-b: Umschaltklappen zwischen Direktansaugung und über EWT (Ausführung in KG-Rohr)



**Fazit:** Nur wenige Bypässe verfügten über eine Temperatursteuerung der Klappen. Die händische Bedienung der Umschaltklappe bewährte sich in den meisten Fällen nicht, da in der Übergangszeit ein oftmaliges Umschalten notwendig wäre. Meistens werden die Klappen nicht bedient. Automatische Bypassklappen waren teilweise falsch eingestellt bzw. falsch geregelt. Diese Fehlfunktion stellt zudem eine Gefahr für das Lüftungsgerät dar, weil der Vereisungsschutz wegfällt.

**Empfehlung für Anlagenplaner:** In der Heizperiode kann auf einen Bypass ohne nennenswerte Nachteile verzichtet werden. Für den sommerlichen Kühleffekt wäre ein Bypass wünschenswert, wenn keine freie Nachtkühlung möglich ist. Jedoch muss auch bedacht werden, dass mit dem Bypass auch die Regeneration des EWT durch die kühle Nachtluft wegfällt.



### 3.5.2.3.3 Erdwärmetauscher

Qualitätskriterium 16a – 16k	Anforderung
<p>Wirksamer, hygienisch unbedenklicher Erdwärmetauscher (EWT) als Vereisungsschutz.</p> <p>Eine zeitweise Reduktion der Zuluftmenge als Vereisungsschutz darf bei Feuerstellen im Wohnraum ohne eigene Zuluft keinesfalls gewählt werden. Für Feuerstellen sollte es grundsätzlich eine eigene Zuluft geben. Siehe Kriterium 9.</p> <p>Elektrische Heizregister als Vereisungsschutz sollten leistungsangepasst arbeiten und dürfen thermostatisch erst ab 0°C Frischlufttemperatur frei geschaltet werden. Die Leistung sollte auf eine Erwärmung der Zuluft auf 0°C begrenzt sein.</p> <p>Da ohne EWT die Zulufttemperatur von 17°C bei tiefen Außentemperaturen nicht erreicht werden kann, ist eine Nachheizung bzw. Vorwärmung der Luft sowieso notwendig, sodass auch gleich der Vereisungsschutz (Luftvorwärmung) damit kombiniert werden kann. Die Funktionssicherheit kann durch dieses System aber nicht zu 100 % gewährleistet werden (Funktionsstörung).</p> <p>Anmerkung: Von einer Funktionsstörung ausgeschlossen sind nur EWT ohne Umschaltmöglichkeit auf Direktansaugung.</p>	a) Niedrigste Temperatur nach dem EWT -1°C nach Berechnungsprogramm (z.B. Freeware des Passivhausinstitutes). (Ergibt meist Längen zwischen 30 und 40 m pro Strang)
	b) Luftgeschwindigkeit max. 1,5 m/s Rohrbeispiele: 160 mm max. 110 m³/h 200 mm max. 170 m³/h 250 mm max. 260 m³/h
	c) Im Schnitt mindestens 1,5 m unter Erdreich
	d) Glatte Rohr (innen) mit guter Wärmeleitfähigkeit (keine Rohre mit Lufteinschlüssen)
	e) Kontinuierliches Gefälle mind. 1,5% (starres Rohr)
	f) 0,75 m Abstand zu Wasserleitungen, Abwasserkanälen, Kellerwänden, Fundamenten, etc.
	g) Geeigneter Kondensatabfluss ohne Leckströmung, und mit Geruchsverschluss gegen den Kanal.
	h) Geprüfte Wasserdichtheit der Verrohrung (auch von außen nach innen) (insbesondere bei Radonbelastung bzw. Grundwasser im EWT-Bereich)
	i) Hinterfüllung und Verdichtung mit feinkörnigem Material (z.B. Sand, Erdreich)
	j) Abstand zwischen den Rohren zumindest 0,75 m, unter versiegelten Flächen 1,5 m
	k) Wasserdichte Rohrdurchführung in das Haus

Der Erdwärmetauscher ist bei einer nachträglichen Evaluierung teilweise nur schwer zu beurteilen, da er nicht mehr sichtbar ist. Die Wirksamkeit kann aber durch die durchschnittliche Temperaturerhöhung (abhängig von der Außentemperatur) und den Druckverlust entsprechend abgeschätzt werden. Ob die Verlegung mit einem ausreichenden Gefälle bzw. in entsprechender Tiefe ausgeführt wurde, kann nur aus eventuell vorhandenen Bildern bzw. aus der Befragung geschlossen werden.

Die Befragung ergab folgende Punkte:

- Die Verlegetiefe von 1,5 m wurde fast bei allen Anlagen eingehalten.
- Bei einzelnen Anlagen war nicht bekannt, ob der EWT mit Gefälle verlegt wurde.
- Nur sehr selten kamen Rohre mit nicht glatter Innenoberfläche zum Einsatz.
- Die Wasserdichtheit wurde nur sehr selten vor dem Hinterfüllen der Grube geprüft.

- Die Hinterfüllung wurde meist mit vorhandenem, teilweise ungeeignetem Material (Bauschutt) durchgeführt.
- Nur bei wenigen der EWT-Anlagen, wurde der EWT in Form eines Registers mit parallelen Rohren nebeneinander ausgeführt. Bei all diesen Anlagen betrug der maximale Rohrabstand aber nicht mehr als 0,5 m.
- Rohrdurchführungen ins Haus wurden meist nachträglich gebohrt und nicht von vornherein ausgespart.

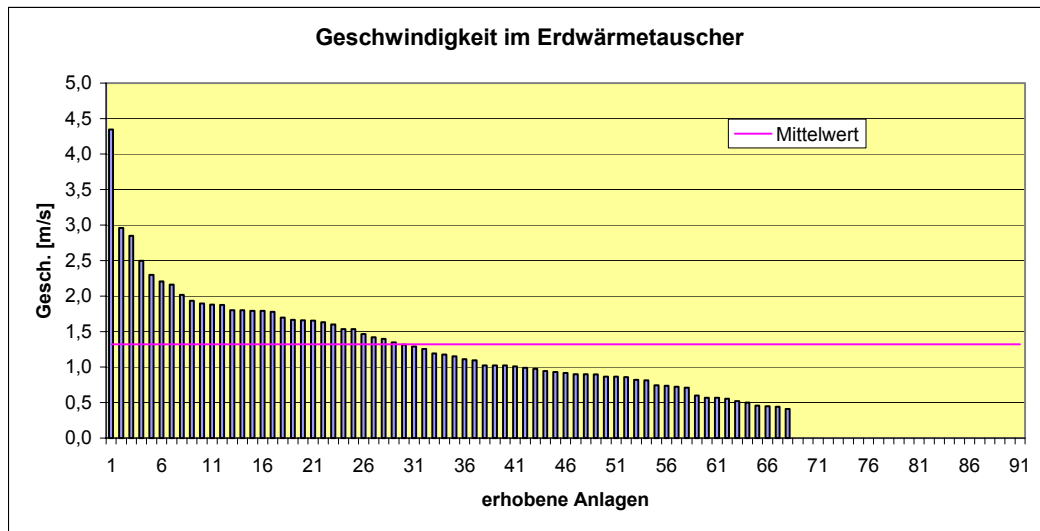


Abbildung 3.68: Erhobene Geschwindigkeiten im EWT

Kriterium	Bewertung			Anmerkung
	sehr gut	o.k.	mangelhaft	
<b>3) Erdreichwärmetauscher</b>				
Niedrige Geschwindigkeit im EWT:	< 1,5 m/s	1,5 - 2,0 m/s	> 2,0 m/s	geringer Druckverlust

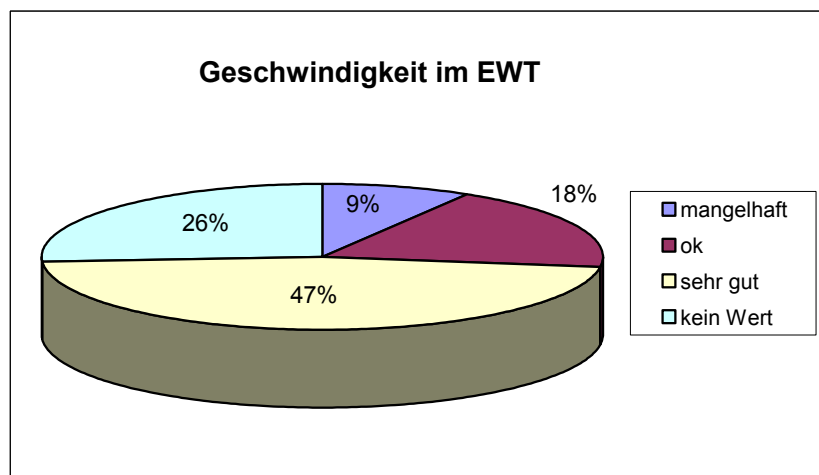


Abbildung 3.69: Bewertung der Geschwindigkeiten im EWT

Im Schnitt lag die Strömungsgeschwindigkeit im EWT bei Normalbetriebsstufe im Bereich der gewünschten 1,5 m/s.

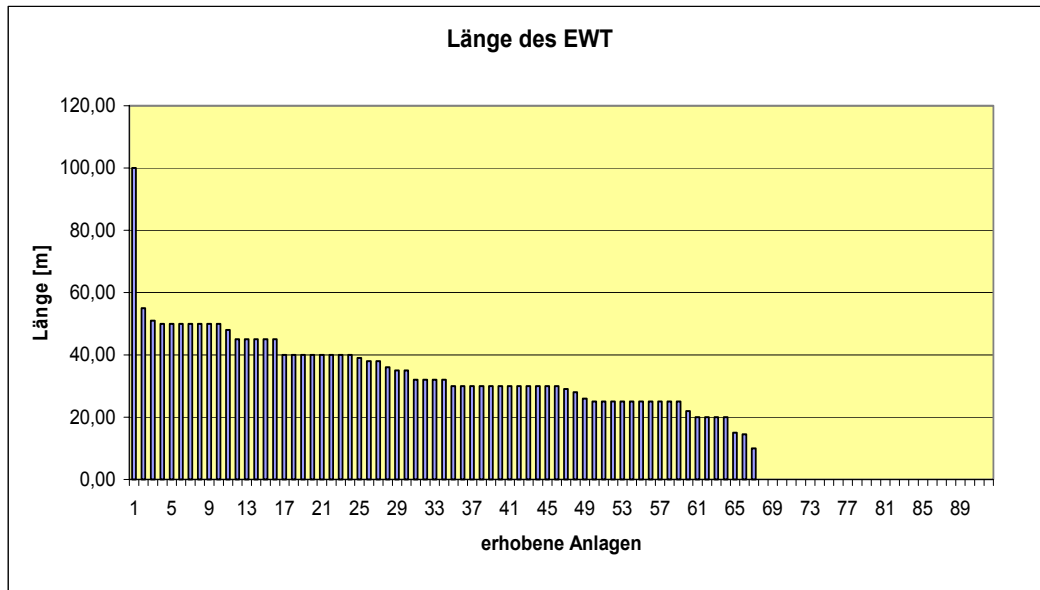


Abbildung 3.70: Länge des Erdreichwärmetauschers

Kriterium	Bewertung			Anmerkung
	sehr gut	o.k.	mangelhaft	
<b>3) Erdreichwärmetauscher</b>				
ausreichender jedoch nicht zu langer Erdwärmetauscher	30 – 40 m	20 - 30 m 40 - 50 m	< 20 m > 50 m	< 20 m -> Frostfreihaltung nach EWT nicht garantiert > 50 m -> hoher Druckverlust, Kosten

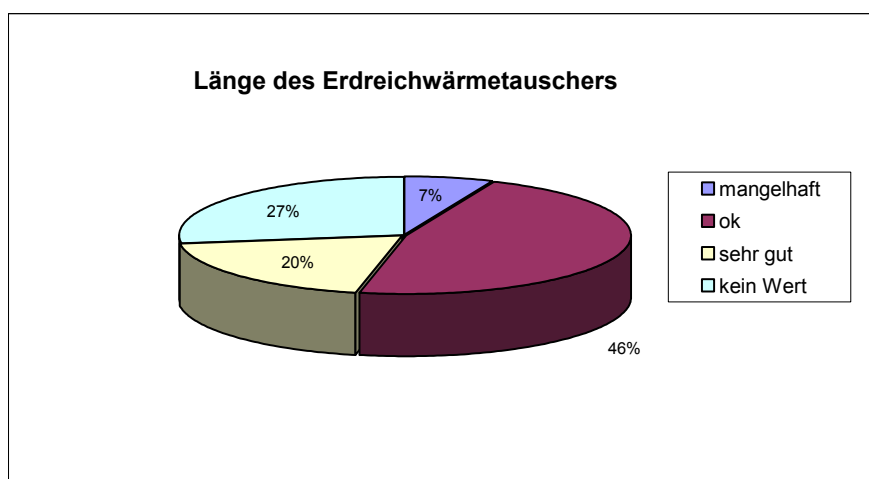


Abbildung 3.71: Bewertung der Erdreichwärmetauscherlängen

Die Länge des EWT wurde meist aufgrund der örtlichen Begebenheiten (Position der Luftansaugung, EWT-Eintritt in das Gebäude,.....) und der Faustformel „ca. 30 m“ festgelegt. Eine konkrete Berechnung der notwendigen Länge für die gewünschte Frostfreihaltung wurde nur in den seltensten Fällen durchgeführt.

### Beispiele: EWT zu nahe am Haus, mangelhafte Hinterfüllung, Dichtheit nicht 100%ig gewährleistet

Die folgenden Bilder zeigen einen EWT der teilweise direkt an der gedämmten Kellerwand anliegt. Dies bedeutet eine geringere Wirkung, da sich im Bereich der Kellerwand schlechte Verhältnisse für den Wärmeübergang an das Erdreich bzw. schlechtere Regenerationswerte ergeben. Da es um den EWT (zumindest auf den ersten Metern) zu einem Gefrieren des Erdreichs um den EWT kommt ist eine zu nahe Verlegung an Fundamenten auch von der Bauwerkseite nicht ratsam.



Abbildung 3.72 a-c: Erdwärmetauscherdetails

Das Material für die Einbettung des obigen EWT ist zu grobkörnig und bewirkt eine verminderte Wärmeleitung. Bei den Bögen sollten aus Druckverlustgründen besser „weite Bögen“ oder zwei 45°-Bögen statt einem 90°-Bogen verwendet werden. Bei KG-Rohren ist ein zusätzliches Verkleben mit einem dauerelastischem Klebeband anzuraten, da die Original-Dichtung nur eine Dichtheit von innen nach außen aber nicht von außen nach innen gewährleistet. Der Kondensatablauf erfüllt seinen Zweck, ist für den Raum jedoch störend (Aufstellung von Regalen bzw. Kästen).

### Rohrmaterial für den EWT:

Das eindeutig am häufigsten eingesetzte Material für Erdwärmetauscher sind kostengünstige und leicht verfügbare KG-Rohre aus PVC.



Nur ganz selten werden EWT aus Betonrohren verwirklicht. Sie bieten zwar den Vorteil eines Feuchtigkeitsaustausches, sind von der hygienischen Seite und vom Druckverlust gegenüber einem glatten Kunststoffrohr jedoch im Nachteil.

Abbildung 3.73: Sehr selten eingesetzt - Erdwärmetauscher aus Betonrohren

Aus Ionisationsgründen (siehe Kap. 2) bzw. aus dem bauökologischen Ansatz PVC-Produkte zu vermeiden, ist der Einsatz von PE- bzw. PP-Rohren zu empfehlen. Da Spiegelschweißen in der Baugrube eher schwierig ist und sich ein mehr oder weniger großer Wulst im Rohr bildet, in dem sich Kondensat ansammeln kann, sollte auf steckbare Systeme zurückgegriffen werden. Der Einsatz von Schläuchen (z.B. innen glatte Drainageschläuche ohne Löcher) hat sich nicht bewährt, da es äußerst schwierig ist ein durchgehendes Gefälle zu erreichen. Zudem befinden sich in verschiedenen Produkten systematische Lufteinschlüsse (zum Teil bei Schläuchen mit innen glatter und außen gerippter Oberfläche), welche den Wärmeübergang verschlechtern.

### Erreichter Temperaturhub der gemessenen Erdwärmetauscher

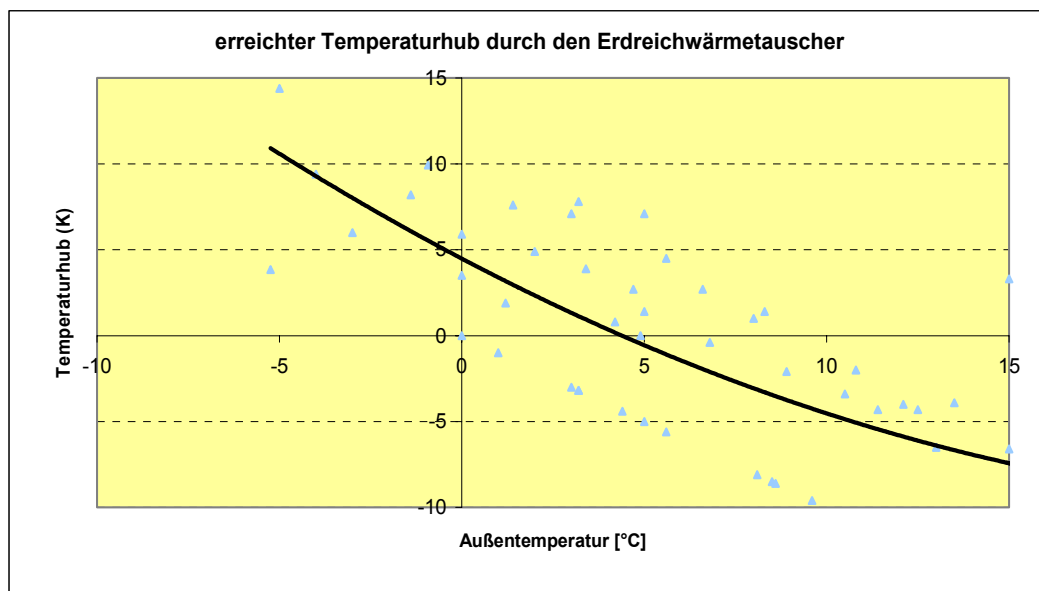


Abbildung 3.74: erreichter Temperaturhub der Erdwärmetauscher

Der erreichte Temperaturhub ist nur bedingt aussagekräftig, da die Erdwärmetauscher bei den unterschiedlichsten Rahmenbedingungen, bzw. zu verschiedenen Jahreszeiten vermessen wurden. Es wird daher nicht näher darauf eingegangen.

### Mehrmalige Messung eines EWT über einen längeren Zeitraum:

Einer der EWT wurde mehrmals und über einen jeweils längeren Zeitraum vermessen. Dieses Beispiel eines EWT bei einem sanierten Objekt zeigt sehr gut, dass auch in der Sanierung effiziente Lösungen möglich sind. Beim vorliegenden Beispiel musste rund um das Haus aus Gründen der Abdichtung gegen Feuchte und zur Wärmedämmung des Kellers sowieso das Erdreich ausgehoben werden. In diesem Zuge wurde der EWT eingebaut. Die folgenden Messergebnisse zeigen die Wirksamkeit des EWT. Das Jahr 2003 bot sehr gute Messbedingungen, da es im Jänner über einen längeren Zeitraum extrem kalt und im Sommer extrem heiß war.

Kenndaten des vermessenen EWT: Durchmesser 200 mm, Länge 35 m, Verlegetiefe 1,2 bis 1,6 Meter unter dem Umgebungsniveau, 190 m<sup>3</sup>/h.

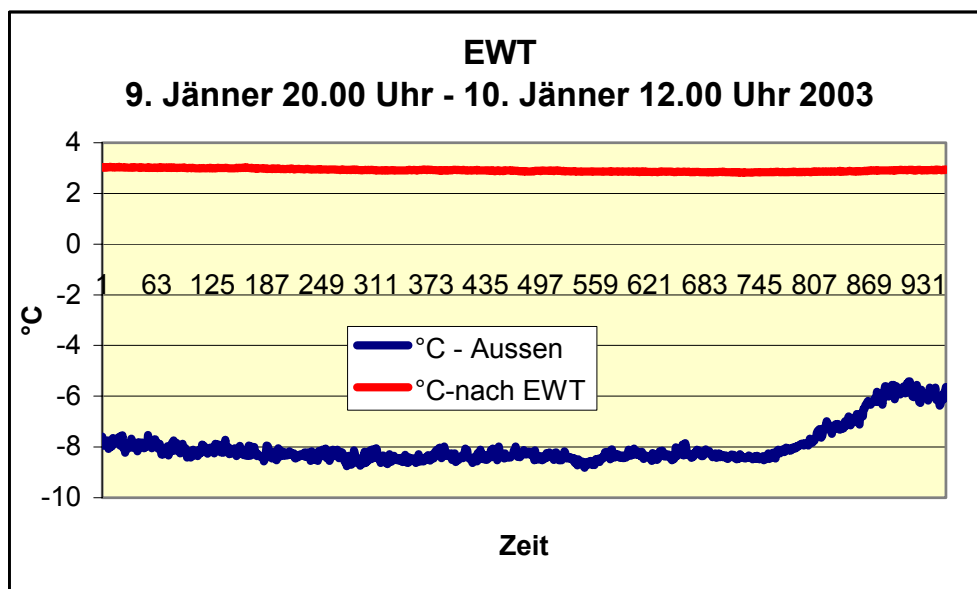


Abbildung 3.75: EWT – Temperaturverhältnisse an einem Wintertag (nach langer Kälteperiode)

Die Außenluftfeuchte betrug während des Messzeitraums zwischen 82% und 87% r. F. die Zahlen von 63 bis 931 spiegeln lediglich die einzelnen Messwerte wieder. (Minutenmesswerte)

Eine Messung im Mai ergab Luftaustrittstemperaturen aus dem EWT von konstant ca. 14°C bei einer Schwankung der Lufttemperatur von 5°C in der Nacht und 25°C am Tag.

Die folgende sommerliche Messung wurde am Ende der Hitzeperiode des Jahres 2003 gemacht, nachdem der EWT schon über sehr lange Zeit durch extreme Temperaturen belastet wurde

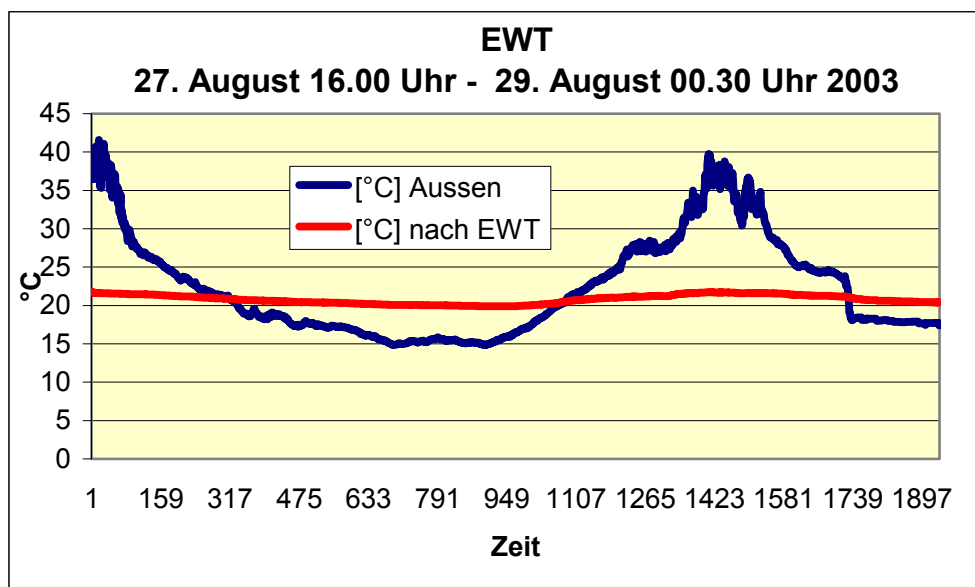


Abbildung 3.76: EWT Temperaturverhältnisse an einem Sommertag (nach langer Hitzeperiode)

Aus dieser Messung geht hervor, dass eine Umgehung des EWT aus der sommerlichen Überwärmung aus energetischer Sicht wünschenswert wäre. Bei diesem Objekt ist eine natürliche Lüftung möglich, sodass die nächtliche Kühlung über die Fenster vorgenommen werden kann. Am Tag hilft der EWT die Temperaturspitzen von über 40°C auf 22°C zu senken. Die relative Luftfeuchte betrug im Messzeitraum zwischen 25 und 80%. Die Zahlenwerte auf der Zeitachse stehen wieder für die einzelnen Messwerte. Eine Messung Anfang Juli hat bei ähnlichen Außentemperaturen Frischlufttemperaturen nach dem EWT von ca. 18,5°C ergeben. Für einen durchschnittlichen Sommer kann dieser EWT wahrscheinlich immer ideale Zulufttemperaturen unter 20° bereitstellen.

**Fazit:** Die wesentlichste Aufgabe des EWT ist die Eisfreihaltung der Wärmerückgewinnung. Erfahrungen aus bereits realisierten Anlagen zeigen, dass je nach Bodenbeschaffenheit, Verlegetiefe, Volumenstrom, usw. eine EWT-Länge von etwa 30 m ausreicht, um diese Aufgabe zu erfüllen. Größere Längen führen bei diesem Anwendungsfall zwar zu höheren EWT-Austrittstemperaturen, bringen jedoch höhere Druckverluste mit sich bzw. beschneiden unnötigerweise die Wirkung der ohnehin vorhandenen Wärmerückgewinnung. Der Materialauswahl und der sauberen Verlegung des Erdwärmetauschers wird sehr oft nur ungenügendes Augenmerk geschenkt. Die Hinterfüllung mit schlecht wärmeleitendem Material bedeutet eine dauerhafte Beeinträchtigung der Leistung. Da der Erdwärmetauscher meist nicht vom Installateur, sondern von der Baufirma verlegt wird, welche die Anforderungen an den EWT teilweise nicht richtig einschätzt, sollten die Anforderung bzw. die Ausführung klar vorgegeben werden.

**Empfehlung für Anlagenplaner:** Trotz der relativ geringen Wärmeeinträge bzw. Kühlerträge bietet der EWT viele Vorteile für ein einfaches und regelungstechnisch unkompliziertes Gesamtkonzept, dass er bei Neubauten und bei Sanierungen mit Erdarbeiten immer eingeplant werden sollte.

**Forschungsbedarf:** Insbesondere die hygienischen Verhältnisse im Sommerbetrieb (Kondensat) sollten durch Langzeitbeobachtungen genauer evaluiert werden. Die energetischen Einflüsse von undichten Bypassklappen, die Auswirkungen der Verlegeteart (z.B. unter dem Haus) bieten weitere Forschungsfelder. Neue Ansätze von kältemitteldurchströmten Erdkollektoren (analog bei Wärmepumpen), die über einen eigenen Wärmetauscher die Luft vorwärmen bzw. im Sommer kühlen, sollten in Bezug auf Investitionskosten, Betriebskosten und energetischer Gesamtwirkung mit luftdurchströmten Systemen verglichen werden.



### 3.5.2.3.4 Fortluftauslass

Qualitätskriterium 17	Anforderung
Fortluftauslass mit geringem Druckverlust, Schutz vor Kleintieren	Druckverlust max. 15 Pa, bzw. (Strömungsgeschwindigkeit im Ausblasquerschnitt max. 1,5 m/s)
Qualitätskriterium Neu 18	Anforderung
Keine Feuchteschäden an Außenbauteilen durch die feuchte Fortluft der Lüftungsanlage.	Die Fortluftführung ist derart ins Freie zu führen, dass die feuchte Fortluft nicht in die Fassade eindringen kann (z.B. in die Hinterlüftung) bzw. es zu keinem Stau (z.B. im Vordachbereich) kommt.

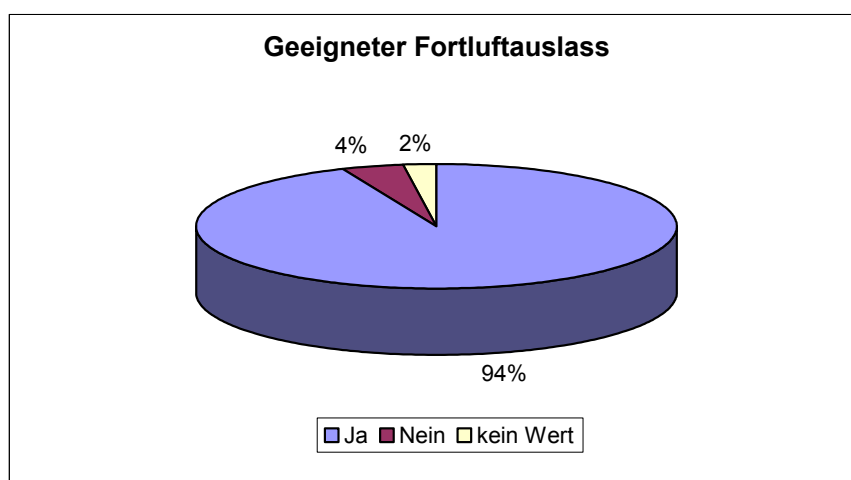


Abbildung 3.77: Geeigneter Fortluftauslass

Die in der Grafik dargestellten 94% für geeignete Fortluftauslässe beziehen sich auf die grundsätzliche Art und Ausführung des Fortluftauslasses und nicht auf den Druckverlust. In der Evaluierung stellten die Fortluftgitter normalerweise keinen besonderen Problembereich dar. Die 15 Pa Druckverlust wurden aber oft überschritten, da das Fortluftgitter nur dem normalen Rohrquerschnitt entsprach und damit die Strömungsgeschwindigkeit im Austrittsquerschnitt deutlich über 1,5 m/s lag. Teilweise waren trotz Gerätefilter einige Fortluftauslässe derart verschmutzt (Fortluftauslass mit Fliegengitter), dass sich Druckverluste bis 180 Pa ergaben. Ein Fliegengitter im Fortluftauslass ist daher eher kontraproduktiv, da aufgrund der Strömungsgeschwindigkeit das Eindringen von Mücken etc. bei durchlaufendem Betrieb nicht zu erwarten ist. Der zusätzliche Strombedarf durch zu kleine Abluftgitter (nicht verschmutzt) betrug ca. 5 – 10 Watt, bzw. 5 bis 10% der Gesamtleistung.

Bei einigen Ausführungen bzw. Anordnungen kam es zusätzlich zu unerwünschten Feuchtebelastungen verschiedener Gebäudeteile.

### Feuchte Luft kann in Hinterlüftung eindringen:



Abbildung 3.78: Feuchte Luft kann bei dieser Fortluftführung über den Fensterschacht in die Hinterlüftung gelangen. Daher in Kombination mit dieser Wandgestaltung nicht zu empfehlen.

### Feuchte Luft kann Eisbildung an der Wand bewirken:



Abbildung 3.79: Endet das Fortluftrohr direkt an der Hauswand kann es aufgrund der feuchten Abluft und ungünstiger Witterungsbedingungen zu einer örtlichen Eisbildung an der (gedämmten) Außenwand kommen. Dies wurde zwar nur bei extremen Außentemperaturen (unter  $-12^{\circ}\text{C}$ ) beobachtet und stellt keine Gefahr für den Bauteil (XPS-Dämmung im Sockelbereich, Edelputz), sondern nur eine optische Beeinträchtigung dar. Idealerweise sollte das Fortluftrohr erst ca. 50 cm nach der Wand enden, was aber aus optischen Gründen selten gemacht wird.

### Feuchte Luft kann Eisbildung an der Unterseite des Vordaches hervorrufen:

Teilweise wurde beobachtet, dass es aufgrund der aufsteigenden feuchten Fortluft zu Tropfenbildung bzw. Vereisungen unter dem Vordach kam (Bildmaterial aufgrund der Entfernung nicht aussagekräftig). Dies passiert zwar teilweise auch bei Fensterlüftungen, aufgrund der wesentlich größeren und kontinuierlichen Luftmenge ist die Belastung bei einer Lüftungsanlage jedoch deutlich größer. Die Fortluftauslässe sollten daher möglichst dort aufgestellt werden, wo es zu keinem Stau der aufsteigenden feuchten Luft kommen kann.

**Fazit:** Es werden sehr leichtfertig unnötige Druckverluste und damit höhere Stromverbräuche durch zu kleine Fortluftgitter in Kauf genommen.

**Empfehlung für Anlagenplaner:** Der Platzierung der Fortluftauslässe sollte insbesondere im Hinblick auf mögliche Feuchtebelastungen des Gebäudes ein vermehrtes Augenmerk geschenkt werden.

**Forschungsbedarf:** Untersuchung der Feuchtebelastung des Baukörpers bei unterschiedlichen Platzierungen der Fortluftöffnung.

### 3.5.2.4 Lüftungsgerät

<b>Qualitätskriterium 19</b>	<b>Anforderung</b>
Geprüftes Lüftungsgerät	Gerät muss über ein anerkanntes Prüfcertifikat verfügen (z.B. TZWL-Liste)
<b>Qualitätskriterium 20a, 20b</b>	<b>Anforderung</b>
Hoher Wärmebereitstellungsgrad	a) Neubau bzw. Anlagen mit EWT zumindest 80% Wärmebereitstellungsgrad b) Altbau bzw. Anlagen ohne EWT zumindest 65% Wärmebereitstellungsgrad
<b>Qualitätskriterium 21</b>	<b>Anforderung</b>
Geringe Stromaufnahme bzw. hohes elektrisches Wirkungsverhältnis der Anlage bei Nennvolumenstrom und reinen Filtern.	Leistungsaufnahme max. 0,45 W/(m³/h) für Zu- und Abluftanlagen bzw. elektrisches Wirkungsverhältnis größer 12 (Mittelwert bei 100 Pa externer Druckdifferenz - TZWL Prüfpunkte)
<b>Qualitätskriterium Neu 22</b>	<b>Anforderung</b>
<i>Hochwertige Wärmepumpe bei Lüftungsgeräten mit Luft - Luft, bzw. Luft - Wasser Wärmepumpe</i>	<i>Leistungszahl der Wärmepumpe:</i> Luft – Luft: TZWL - Prüfpunkt COP > 2,6 Luft – Wasser: A2 – W50 (WW) COP > 2,4 Luft – Wasser: A2 – W35 (Heizung) COP > 3,0
<b>Qualitätskriterium 23</b>	<b>Anforderung</b>
Gute Wärmedämmung des Gerätegehäuses	a) Ohne Wärmepumpe: U-Wert des Gehäuses maximal 3 W/m²K (bzw. 1,25 cm Dämmung mit Lambda 0,04 W/mK) b) Mit Wärmepumpe für Passivhauskonzept: U-Wert des Gehäuses maximal 1 W/m²K (bzw. 4 cm Dämmung mit Lambda 0,04 W/mK)
<b>Qualitätskriterium 24</b>	<b>Anforderung</b>
Geringe Leckagen des Gerätes	Interne bzw. externe Leckagen max. 3% bei 100 Pa Druckdifferenz
<b>Qualitätskriterium 25a, 25b</b>	<b>Anforderung</b>
Automatische Konstant-Volumenstromregelung (KVR) des Lüftungsgerätes (mit ausgeglichenen Volumenströmen)	a) Entweder automatische Konstantvolumenstromregulierung oder eindeutig ablesbare, unabhängige Einstellmöglichkeit für Zu- und Abluft beim Lüftungsgerät b) Abweichung von Zu- und Abluftvolumen maximal 10%

Die Lüftungsgeräte selbst stellen in dieser Evaluierung kein besonderes Problemfeld dar. Es waren durchwegs sehr hochwertige Lüftungsgeräte eingebaut. Sie waren auch nicht der eigentliche Kernpunkt der Evaluierung. Die unterschiedlichen Qualitäten, insbesondere die energetische Wirkung, von Lüftungsgeräten können anhand von Messwerten am Prüfstand besser als bei einer Felduntersuchung ermittelt werden. Gewisse Probleme in der Praxis ergaben sich bei den Lüftungsgeräten in den Bereichen Konstantvolumenstromregelung, Stromeffizienz und innere Dichtheit von Kunststoffwärmetauschern. Punkte, die indirekt auch das Lüftungsgerät betreffen, wie z. B. unzureichender Sommerbypass, Filter die verkehrt hinein geschoben werden können oder zu geringe Filterqualitäten sind beim jeweiligen Qualitätskriterium angeführt.

### Strombedarf:

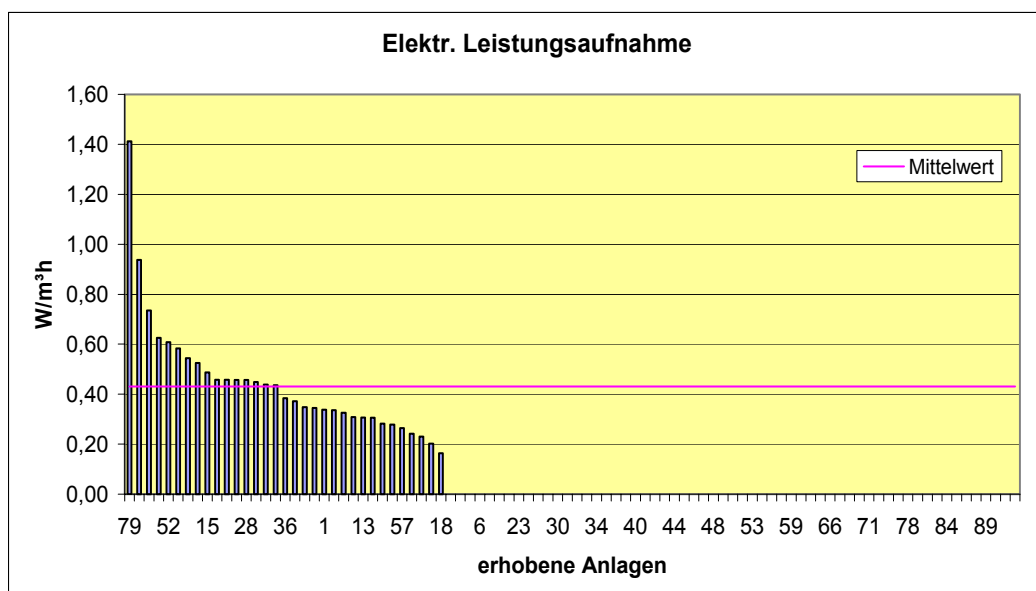


Abbildung 3.80: Elektrische Leistungsaufnahme Gesamtanlage

Die Abbildung zeigt die Ergebnisse der Strommessungen beim Lüftungsgerät in der Normalbetriebsstufe. Beim überwiegenden Anteil der Anlagen konnte aufgrund einer Direktverdrahtung die Leistungsaufnahme nicht entsprechend gemessen werden.

Kriterium	Bewertung			Anmerkung
	sehr gut	o.k.	mangelhaft	
<b>2) Lüftungsgerät / Wärmetauscher</b>				
Stromeffizienz der Gesamtanlage	< 0,30 W/(m³/h)	0,30 - 0,45 W/(m³/h)	> 0,45 W/(m³/h)	Leistungsaufnahme der Ventilatoren sollte möglichst gering sein.

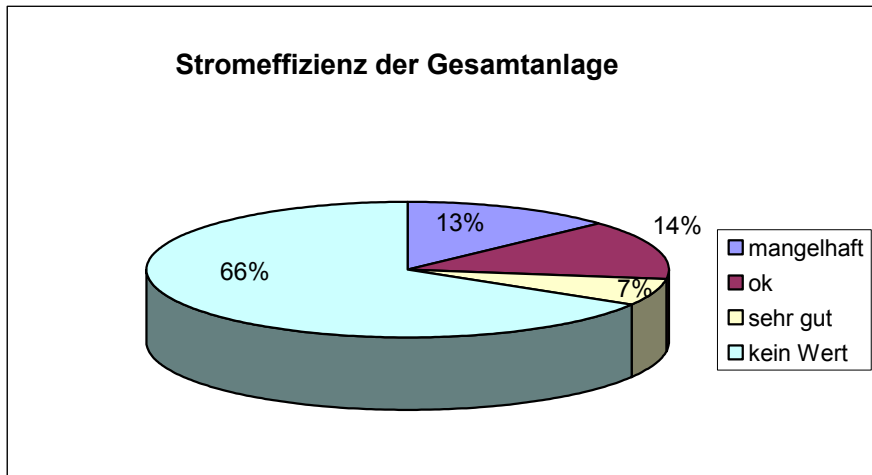


Abbildung 3.81: Stromeffizienz der Gesamtanlage

Da nicht immer neue Ersatzfilter zur Hand waren, mussten einige Anlagen mit verschmutzten Filtern gemessen werden, was das Ergebnis negativ beeinflusst hat. Bei den als „mangelhaft“ beurteilten Anlagen, waren ein zu hoher Druckabfall im Rohrnetz bzw. die Verwendung von Wechselstromventilatoren die ausschlaggebenden Gründe. Insgesamt lag der Schnitt der gemessenen Geräte knapp unter  $0,45 \text{ W/m}^3/\text{h}$ . Sehr gute Anlagen schafften auch Werte unter  $0,30 \text{ W/m}^3/\text{h}$ . Teilweise sogar mit EWT. Die drei Anlagen mit der höchsten Leistungsaufnahme von  $0,7$  bis  $1,4 \text{ W/m}^3/\text{h}$  waren alle mit Wechselstrommotoren ausgerüstet. Bei einer derartigen Leistungsaufnahme ist die Gesamteffizienz (Heizenergieeinsparung ca.  $15 \text{ kWh/m}^2$  Nutzfläche (siehe Kapitel 2) und Strombedarf im Extremfall von ca.  $8 \text{ kWh/m}^2$  Nutzfläche für die Zeit vom 1. Oktober bis 31. Mai) auf Primärenergieebene nicht mehr gegeben. Auch auf der Kostenseite übersteigen bei diesen Anlagen die Stromkosten die eingesparten Wärmekosten. Bei den besten Anlagen mit einem Strombedarf von ca.  $1,2 \text{ kWh/m}^2$  Nutzfläche liegt das Verhältnis von eingesparter Wärmeenergie zu Stromverbrauch über 15.

### Hoher Strombedarf bei Geräten mit Wechselstrommotoren



Der Strombedarf von Lüftungsgeräten mit Wechselstrommotoren lag bei den untersuchten Anlagen um bis zum 4fachen höher als bei Anlagen mit Gleichstrommotoren. Es sind mittlerweile jedoch kaum noch Geräte mit Wechselstrommotoren am Markt.

Abbildung 3.82: Lüftungsgerät mit Wechselstrommotoren

**Fazit:** Eine hohe Effizienz der Anlage ist nur durch die Verwendung von elektrisch kommutierten (EC) Gleichstromventilatoren in Verbindung mit einem geringen Gesamtdruckabfall der Anlage (WRG, Filter, Rohrnetz, Ein- und Auslässe) zu erreichen.

## Interne und Externe Leckagen:

### Undichte Kunststoff-Wärmetauscher?



Bei zwei Geräten mit Kunststoffwärmetauschern traten deutlich unterschiedliche Volumenströme zwischen Frischluft und Zuluft bzw. Abluft und Fortluft auf. Da die Geräte nach außen keine fühlbare Undichtheit aufwiesen, muss davon ausgegangen werden, dass der Kunststoffwärmetauscher undicht war.

Abbildung 3.83: Lüftungsgerät mit Kunststoff-Wärmetauscher

Auch von diesem Aspekt aus ist eine Einregulierung bzw. Kontrollmessung der Luftmengen anzuraten.

### Undichte Durchdringungen der Lüftungsgeräte:



Beim nebenstehenden Beispiel waren keine Dichtelemente für die unbenutzten Leitungsdurchführungen eingesetzt und bedeuteten unnötige Leckageströme beim Lüftungsgerät.

Abbildung 3.84: Undichte, nicht verwendete Kabeldurchführungen

### Konstantvolumenstromregelung beim Lüftungsgerät

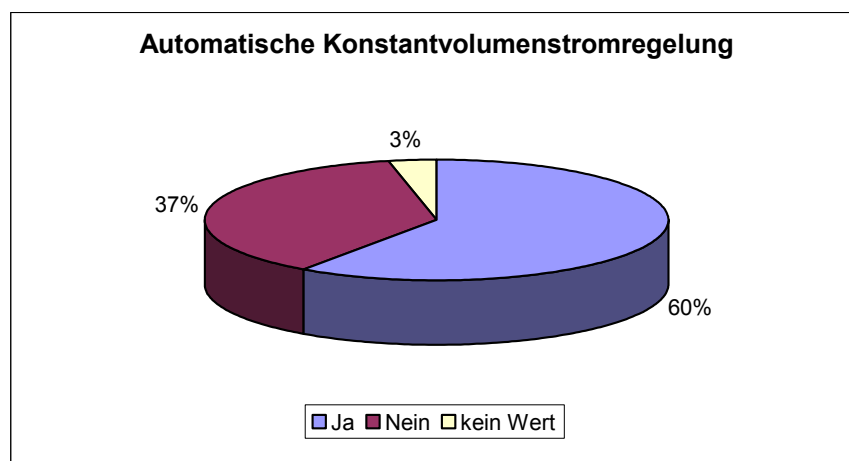


Abbildung 3.85: Geräte mit automatischer Konstantvolumenstromregelung

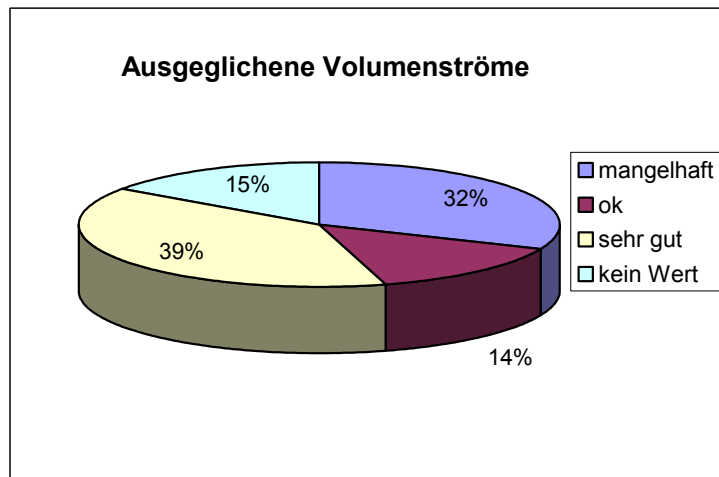


Abbildung 3.86: Ausgeglichene Volumenströme

### Unausgeglichene Volumenströme trotz KVR?

Ein Gerät mit einem nur täglichen Abgleich der Volumenströme beim Maximalvolumenstrom hatte deutlich unterschiedliche Volumenströme bei der Messung. Auch wenn die Genauigkeit der Feldmessung aufgrund der eingeschränkten Messpunktwahl nur bedingt aussagekräftig ist, muss diese Art der Konstantvolumenstromregelung eher kritisch gesehen werden. Zudem klagten die Bewohner, dass das Hochfahren auf den Maximalvolumenstrom deutlich zu hören sei. Bei den kontinuierlichen Konstantvolumenstromregelungen über spezielle Ventilatoren ergaben sich sehr ausgeglichene Volumenströme. Für die Konstantvolumenstromregelung ist es auch von Vorteil, wenn der Frischluft - Zuluftstrom in der Praxis etwa den gleichen Druckverlust wie der Abluft - Fortluftstrom aufweist. Eine Konstantvolumenstromregelung ist aus Sicht dieser Evaluierung auf alle Fälle zu empfehlen, denn nur auf diese Weise ausgerüstete Anlagen wiesen in der Praxis wirklich ausgeglichene Volumenströme auf.

**Fazit:** Wie auch bei anderen technischen Anlagen (z.B. Solaranlage, Wärmepumpenanlage) wird auch im Bereich von Wohnraumlüftungen zwar sehr genau auf das Herzstück der Anlage (Lüftungsgerät bzw. Sonnenkollektor, Wärmepumpe) geachtet, dem Umfeld, welches für die Gesamteffizienz mindestens ebenso wichtig ist, wird jedoch nur ungenügendes Augenmerk geschenkt. Vor allem, wenn man bedenkt, dass das Lüftungsgerät sehr leicht ausgetauscht werden kann, das Umfeld (Lüftungsstrategie, Verrohrung) jedoch die gesamte Lebensdauer des Gebäudes bestehen bleiben sollte.

**Empfehlung für die Anlagenplaner:** Vergleichen Sie die Qualität von Lüftungsgeräten anhand von unabhängigen Prüfberichten. Das Europäische Testzentrum für Wohnraumlüftungsanlagen (TZWL) bringt regelmäßig ein TZWL-Bulletin heraus, in dem die eigenen und die Prüfergebnisse von anderen akkreditierten Prüfstellen veröffentlicht werden. [www.tzwl.de](http://www.tzwl.de).

### 3.5.2.5 Ausreichender Regelbereich der Anlage

Qualitätskriterium 26a bis 26d	Anforderung
Ausreichender Regelbereich der Lüftungsanlage	a) Mind. 3 Betriebsstufen vom Wohnraum aus schaltbar
	b) Maximalvolumenstrom (mit zeitlicher Begrenzung)
	c) Nennvolumenstrom (Empfehlung: ca. 70% vom Maximalvolumenstrom, mindestens jedoch 40%)
	d) Abwesenheitsvolumenstrom (Empfehlung: ca. 30% vom Maximalvolumenstrom)

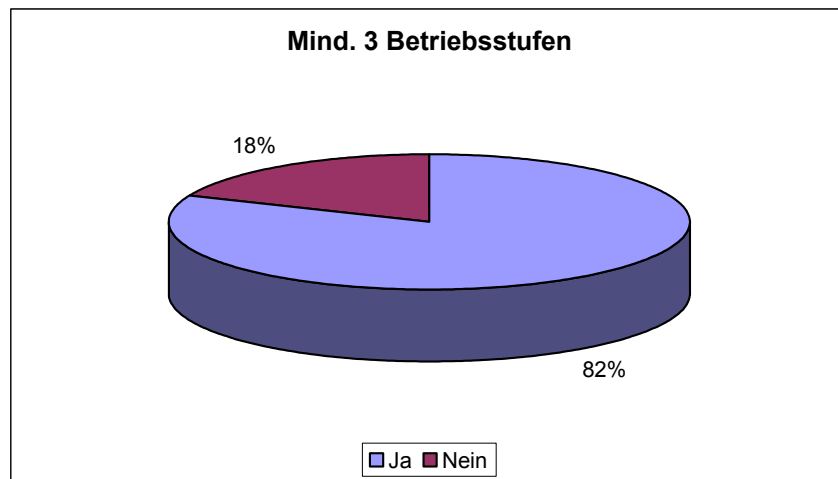


Abbildung 3.87: Mindestens drei Betriebsstufen

Die meisten Anlagen verfügen über eine 3-stufige Regelung bzw. Einstellung der Luftmenge für Normalbetriebsstufe, Abwesenheitsbetriebsstufe und Partystufe. Die einzelnen Luftmengen waren aber teilweise unzureichend eingestellt.

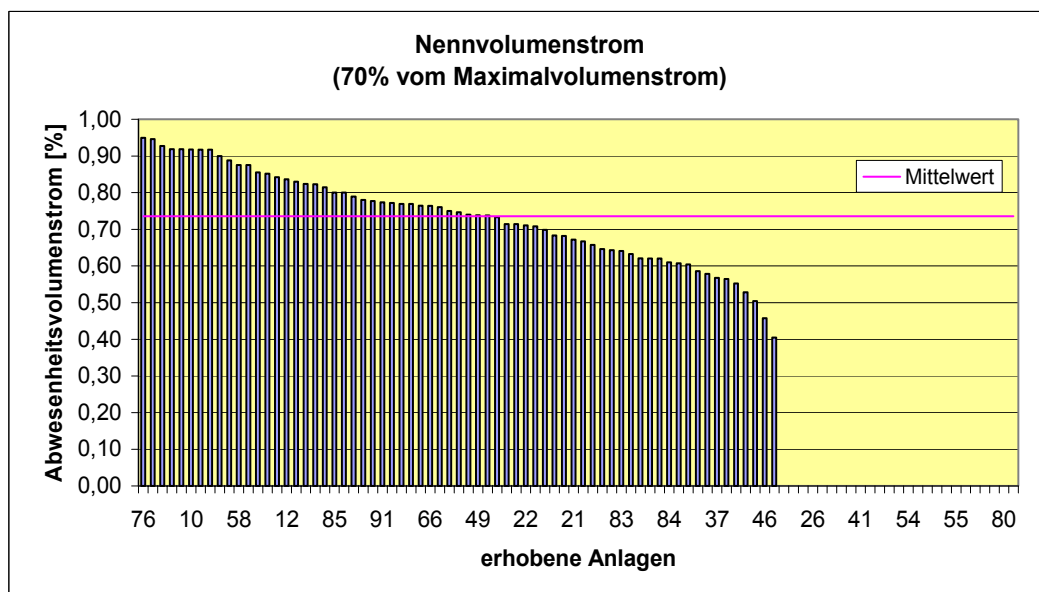


Abbildung 3.88: Nennvolumenstrom



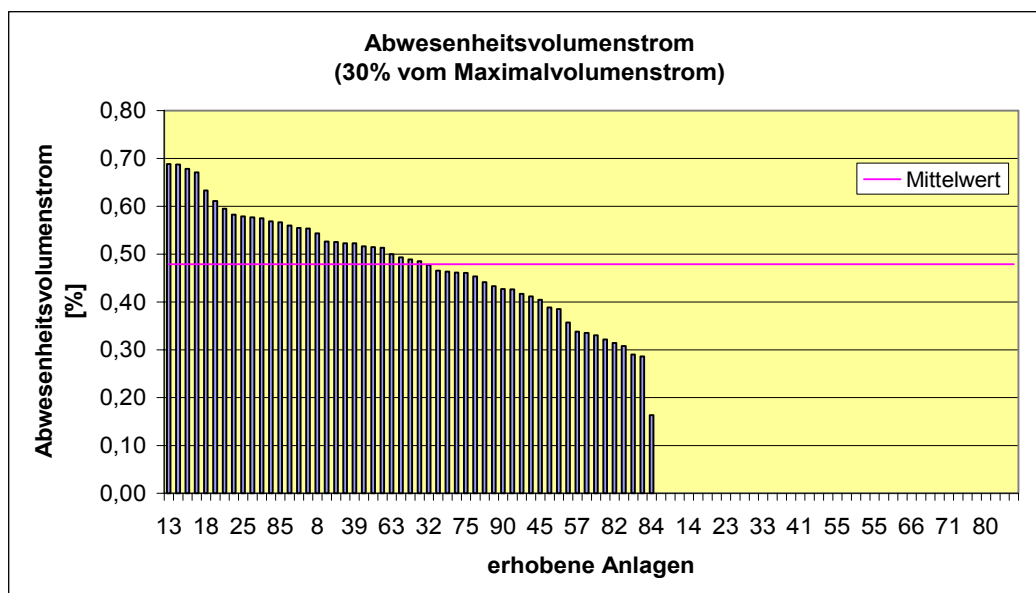


Abbildung 3.89: Abwesenheitsvolumenstrom

Bei vielen Anlagen war die Luftmenge bei der Abwesenheitsstufe bzw. der Intensivstufe nur um wenige % niedriger bzw. höher als bei der Normalbetriebsstufe eingestellt. Die Hintergründe dafür waren vielfältig. Meist waren Lärmprobleme bei der Intensivstufe bzw. Normalbetriebsstufe ausschlaggebend dafür, dass nicht die gesamte Leistungsbreite bzw. Regelungsbandbreite des Gerätes genutzt wurde. Im Schnitt lag der Nennvolumenstrom jedoch bei den gewünschten 70% des Maximalvolumenstroms. Auffällig war zudem, dass die Abwesenheitsstufe generell relativ hoch eingestellt war. Dies liegt teilweise aber auch daran, dass die Stufe 1 als Normalbetriebsstufe gewählt wurde, da die Stufe 2 schon zu laut war. Die Stufe 1 sollte jedoch die Möglichkeit bieten bei Abwesenheit auf den reduzierten Frischluftbedarf reagieren zu können, und gleichzeitig Antriebs- und Heizenergie zu sparen. Richtig wäre es daher, bei Lärmproblemen die Stufe 2 entsprechend zu drosseln und die Stufe 1 als reine Abwesenheitsstufe zu belassen.

Eine automatische Rückstellfunktion von der Intensivstufe, die bei über 70% der Anlagen vorhanden war, wurde von den Anlagennutzern als besonders praktisch bewertet, da ein Vergessen auf das Zurückschalten sonst zu einem dauerhaft erhöhten Luftwechsel führt. Bei vielen Anlagen war die Stufe 3 jedoch unüberhörbar, sodass ein Vergessen nicht leicht möglich erscheint, solange man sich im Haus aufhält. Bei den sehr guten Anlagen war jedoch auch die Intensivstufe kaum hörbar.

**Fazit:** Die Leistungsstufen der Lüftungsgeräte können häufig nicht ausgenutzt bzw. nicht nach den lüftungstechnisch notwendigen Bedürfnissen eingestellt werden, sondern mussten nach schalltechnischen Gesichtspunkten gewählt werden. Drei Stufen sind für die wichtigsten Betriebsfälle ausreichend.

### 3.5.2.6 Einfache Bedieneinheit

<b>Qualitätskriterium Neu 27</b>	<b>Anforderung</b>
<i>Umfassende jedoch einfache Bedienungseinheit im Wohnbereich (gilt insbesondere für Anlagen mit Wärmepumpe)</i>	<i>Über die Bedieneinheit sollen die wichtigsten Komponenten gesteuert werden können. Die Bedienung sollte dabei möglichst einfach sein. Der Benutzer sollte auch ohne Betriebsanleitung die wichtigsten Funktionen abrufen können.</i>

Die folgenden Beispiele von Bedienungselementen reichen von einfachen Dreistufenschaltern ohne Anzeige für den Filterwechsel bis hin zu umfassenden Steuerungen bzw. Regelungen für die gesamte Haustechnik.



Abbildung 3.90 a-b: Einfache Schalter für die verschiedenen Lüftungsstufen (3 bzw. 2 Stufen)

Zeitsteuerungen sind zwar in vielen Anlagen integriert, sie werden jedoch nur sehr selten verwendet, da die Abwesenheitszeiten meist zu unregelmäßig sind (Wochenende). Schaltuhren mit individuellen Tagesprogrammen sind normalerweise erst bei Anlagen mit Wärmepumpen integriert. Eine Reduktion der Luftmengen zu den Einschlafzeiten (bzw. über die gesamte Nacht) aus Schallgründen ist bei richtiger Auslegung nicht notwendig.



Abbildung 3.91 a-c: Umfassende Bediengeräte für Wohnraumlüftungen mit Filterwechselanzeige bzw. Zeitschaltuhr.

Bei Anlagen mit Wärmepumpe (Heizfunktion beim Passivhauskonzept) ist die einfache Menüführung für den Endkunden das entscheidende Kriterium. Die folgenden positiven Beispiele sind auch von Laien relativ leicht zu bedienen.



Abbildung 3.92 a-c: Bediengeräte für Wohnraumlüftungen mit Nachheizung bzw. mit Wärmepumpe

Umfassende Steuerungen die neben der Lüftungsanlage auch noch die Steuerung der Heizung, der Solaranlage, des Sonnenschutzes etc. übernehmen benötigen normalerweise schon technisch versierte Nutzer.

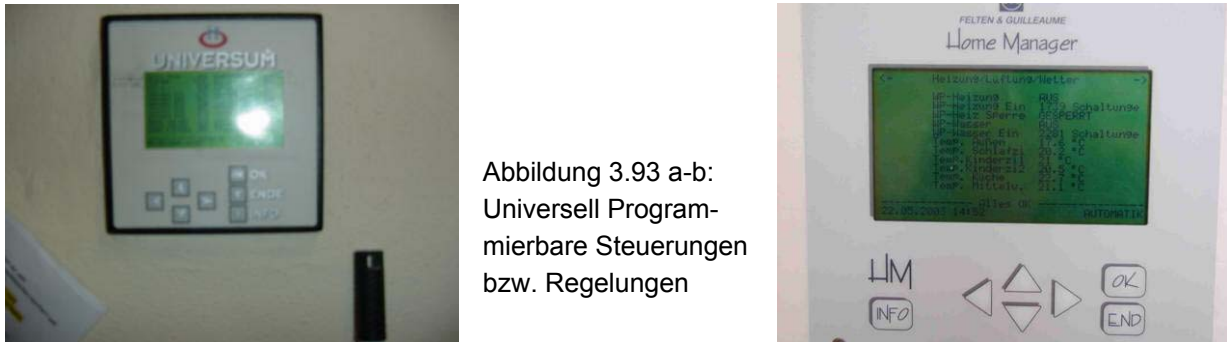


Abbildung 3.93 a-b:  
Universell Programmierbare Steuerungen  
bzw. Regelungen

**Fazit:** Bedienungseinheiten sind meist einfach (Zu- und Abluftanlage) und stellen bei entsprechender Einschulung normalerweise kein Problem für die Kunden dar. Bei Anlagen mit Wärmepumpen gibt es schon größere Unterschiede bei der Bedienerfreundlichkeit. Nicht alle Systeme sind derart logisch aufgebaut, dass eine intuitive Bedienung möglich ist. Universalregelungen kann man nur für technisch ambitionierte Kunden empfehlen.

### 3.5.2.7 Ausreichende Filter für Zu- und Abluft

Qualitätskriterium 28	Anforderung
Ausreichende Filterqualität im Zu- luftstrang	Zuluft zumindest F6 nach DIN EN 779
Qualitätskriterium 29	Anforderung
Ausreichende Filterqualität im Abluft- strang	Abluft zumindest G4 nach DIN EN 779
Qualitätskriterium 30a und 30b	Anforderung
Erinnerung an Filterwechsel im Wohn- raum, sowie einfacher Austausch der Filter.	a) Automatische Anzeige für Filterwechsel
	b) Der Filterwechsel sollte ohne jegliches Werk- zeug von Laien durchgeführt werden können.



Abbildung 3.94: Filterqualität im Zuluftstrang (bezogen auf Anforderung F5), bezogen auf F6 erfüllten nur ca. 15% der Anlagen dieses Kriterium

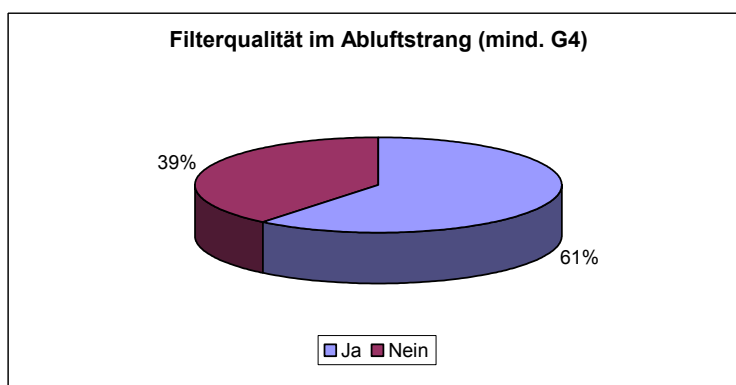


Abbildung 3.95 : Filterqualität im Abluftstrang (bezogen auf Anforderung G4)

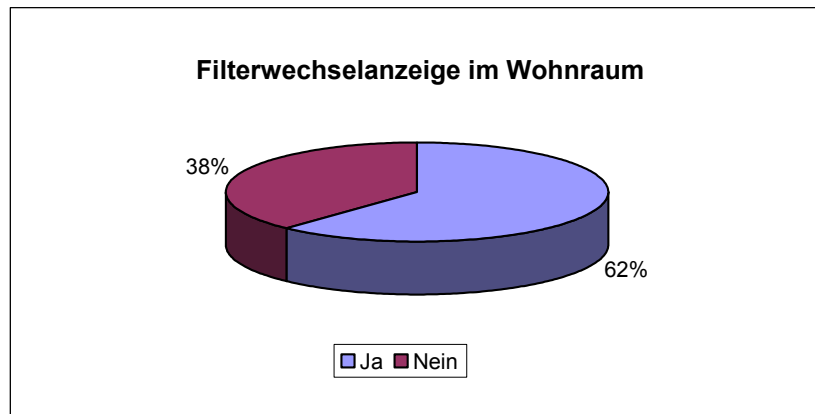


Abbildung 3.96 a-c: Filterwechselanzeige im Wohnraum

Der Filterwechsel kann bei fast allen Geräten durchwegs auf sehr einfache Art und Weise erfolgen. Entweder wird überhaupt kein Werkzeug benötigt, oder das Werkzeug reduziert sich auf einen Schraubenzieher zum Öffnen der Geräteabdeckung.

Standardmäßig sind bei den meisten Geräten nur Grobfilter G3 bzw. G4 eingebaut. Dies hängt teilweise auch mit den Prüfbestimmungen zusammen, da ein besserer Filter einen höheren Druckverlust und damit schlechtere Prüfwerte bei der Stromaufnahme bedeuten würde. Bessere Filter ohne höheren Druckverlust (z.B. Taschenfilter) sind entsprechend teurer und benötigen zudem mehr Platz. Verfügt die Frischluftansaugung über einen geeigneten Feinfilter reicht der standardmäßige Gerätefilter jedoch aus, um den Wärmetauscher und die Rohrleitungen vor Verschmutzung zu schützen.

Das Ergebnis der Erhebung zeigt, dass auf der Zuluftseite nur sehr wenige Anlagen die geforderte Filterqualität von F6 einhalten (ca. 15%) und auf der Abluftseite etwa 60% der Anlagen eine Filterqualität von G4 erreichen.



Abbildung 3.97: Filtermatte (Abluft) bzw. Kassettenfilter (Zuluft) jeweils neu bzw. verschmutzt.

Die Filter zeigten sich bei der Evaluierung eher von der „schmutzigen“ Seite. Hier konnte sehr klar zwischen Geräten mit und ohne Anzeige für den Filterwechsel unterschieden werden. Anlagen mit Filteranzeige weisen deutlich geringe Verschmutzungsgrade auf.

Verbreitet ist das Absaugen der Filter, um Kosten für den Austausch zu sparen (wird auch in einigen Bedienungsanleitungen bzw. von einigen Installateuren empfohlen). Davon muss jedoch abgeraten werden, da die Feianteile immer weiter durch den Filter wandern und somit letztendlich in das Gerät bzw. die Leitungen gelangen. Dies gilt auch für das Waschen der Filtermatten, da dabei die Filterstruktur zerstört wird.

Einen weiteren Problempunkt stellen Filterhalterungen für Filtermatten dar, die auch verkehrt in das Gerät geschoben werden können. So kam es vor, dass Kunden den Filter nur begutachteten und dann verkehrt herum einschoben, sodass dieser von der falschen Seite angeströmt wurde und damit der gesamte Schmutz ins Gerät gelangte. Bei neuen Filtern kann es zwar nicht zu einer sofortigen Verschmutzung kommen, aber die Filtermatten lösen sich durch die falsche Anströmung ab einer gewissen Verschmutzung (Druckverlust) von der Filterhalterung und werden damit unwirksam. Bei einem Kassettenfilter besteht die Gefahr nur darin, dass dieser verschmutzt verkehrt eingesetzt wird. Ein Ablösen ist normalerweise nicht möglich.

Hochwertige Taschenfilter bzw. Kombinationen aus einem Vorfilter (Mattenfilter) und einem Feinfilter (Kassettenfilter) werden nur von wenigen Herstellern angeboten.



Abbildung 3.98: Vorbildliche Taschenfiltern auf der Zu- und Abluftseite



Abbildung 3.99: Lüftungsgerät mit einer Kombination aus Matten- und Kassettenfilter im Zuluftbereich (rechter Bereich) sowie einem einfachen Mattenfilter in Abluftbereich (linker Bereich)



**Auswahl von mehr oder weniger verschmutzten Gerätefiltern:**

**Verschmutzte Taschenfilter:**



Abbildung 3.100 a-c: Verschmutzte Taschenfilter

**Verschmutzte Kassettenfilter:**



Abbildung 3.101 a-f: Verschmutzte Kassettenfilter

**Mattenfilter:**



Abbildung 3.102 a-c: Verschmutzte Filtermatten

All diese Filtermatten bzw. deren Halterungen, aber auch die Kassettenfilter können ungünstigerweise auch verkehrt ins Gerät geschoben werden. Ein weiterer Vorteil von Taschenfiltern besteht darin, dass aufgrund der Geometrie und Platzverhältnisse eine verkehrte Montage normalerweise nicht möglich ist.

### Verschmutzte Ventilfilter:



Abbildung 3.103 a-b: Verschmutzte Ventilfilter in Taschenfilterausführung

**Fazit:** Die Filterwartung stellt erwartungsgemäß einen Schwachpunkt bei Wohnraumlüftungsanlagen dar. Insbesondere bei Anlagen ohne Filterwechselanzeige. Zusätzlich zu den Filtern im Lüftungsgerät wird, wenn ein EWT der Lüftung vorgeschaltet ist, auch ein Filter bei der Luftansaugung empfohlen, um den Eintrag von Staub zu minimieren. Wie aus einer Schweizer Studie zur Hygiene bei EWT-Anlagen (Flückinger, 1997) hervorgeht, sind zwar bis dato keine wesentlichen Probleme ohne Vorfilter aufgetreten, trotzdem wird ein Filter bei der Luftansaugung als sinnvoll angesehen.

**Empfehlungen an Gerätehersteller:** Filteranzeigen sollten nicht zu einem Aufpreis, sondern als Standard angeboten werden. Filtereinsätze sollten derart ausgebildet sein, dass ein verkehrtes Einschieben unmöglich ist. Zudem sollte vermehrt auf Kassetten- bzw. Taschenfilter mit geringeren Druckverlusten zurückgegriffen werden. Die Filterqualität sollte bei der Zuluft standardmäßig auf zumindest F6, wie in der ÖNORM H 6038 gefordert, angehoben werden.



### 3.5.2.8 Bypass zur Umgehung des Wärmetauschers

Qualitätskriterium 31	Anforderung
Bei Sommerbetrieb mit EWT automatischer Bypass zur Umgehung des Wärmetauschers	Gerät bzw. Anlage muss zumindest über eine einfache Nachrüstmöglichkeit eines automatischen Bypasses für 100% des Volumenstromes verfügen.

Bei den untersuchten Anlagen verfügen fast 70%, der systembedingten geeigneten Anlagen, über eine Sommer-Bypassklappe, bzw. können optional eine nachrüsten. Systembedingt keinen Sommer-Bypass enthalten Anlagen mit einer Abluftwärmepumpe, dezentrale Anlagen im Geschosswohnbau sowie zentrale Abluftanlagen.

Der Wärmetauscher wird bei vielen Geräten durch den Bypass jedoch nur teilweise umgangen. Z.B. nur zu 70%, da zwar eine Umgehung des Wärmetauschers möglich, aber kein definitiver Verschluss des Wärmetauschers vorhanden ist. Der Luftstrom teilt sich entsprechend der Strömungswiderstände auf. Im Sommerbetrieb kommt es dadurch zu einer ungewollten Erwärmung der durch den EWT abgekühlten Luft. Die Wirkung des EWT wird dadurch teilweise zunichte gemacht.



Die händische Umschaltung hat sich laut Aussage vieler Nutzer nicht bewährt, da sie meist zu umständlich und in der Übergangszeit auch öfter durchgeführt werden müsste. Der völlige Ausbau des Wärmetauschers und der Einsatz einer „Sommerkassette“ ist in der Praxis ebenfalls zu umständlich und kann daher nicht empfohlen werden.

Abbildung 3.104: Sommerkassette

#### Positives Beispiel: motorisch betriebener Sommerbypass:

Beim folgenden Beispiel wird der Wärmetauscher durch eine Klappe (nahezu) dicht verschlossen und es kommt zu einer fast 100%igen Umgehung des Wärmetauschers. Im Wärmetauscherbetrieb hingegen ist der Umgehungskanal dicht verschlossen.



Abbildung 3.105 a-c: Automatische Bypassklappe: geschlossen – halboffen - offen



Gesteuert wird die Bypassklappe des Wärmetauschers durch ein einfaches Thermostat im Frischluftbereich des Gerätes.

Abbildung 3.106: Thermostat im Frischluftbereich für Sommerbypass

**Fazit:** Die verschiedenen Sommerbypasses der Lüftungsgeräte erfüllen nur sehr selten alle Ansprüche, da sie meist händisch eingebaut bzw. umgeschaltet werden müssen, oder aber nur einen Teil des Frischluftstromes um den Wärmetauscher herumführen (z.B. 70%). Hier ist schon bei der Gerätewahl ein besonderes Augenmerk auf die Sommerfunktion zu legen, damit die Vorteile eines EWT voll genutzt werden können.

**Empfehlung an Anlagenplaner:** Eine 100%ige Umgehung des Wärmetauschers durch eine dichte, automatisch geregelte Bypassklappe sollte bei allen Anlagen mit EWT und Sommerbetrieb eingeplant werden, damit der Kühleffekt durch den EWT auch voll genutzt werden kann.

### 3.5.2.8.1 Leises Lüftungsgerät

Qualitätskriterium 32a – 32d	Anforderung
Leises Lüftungsgerät beim Nennvolumenstrom und 100 Pa Druckdifferenz	a) A-Bewerteter Schalleistungspegel ( $L_{WA}$ ) des Gerätes gegenüber der Umgebung von max. 38 dB(A) bei Aufstellung im Wohnungsverband
	b) A-Bewerteter Schalleistungspegel ( $L_{WA}$ ) des Gerätes gegenüber der Umgebung von max. 43 dB(A) bei Aufstellung im Keller
	c) A-Bewerteter Schalleistungspegel ( $L_{WA}$ ) des Gerätes gegenüber der Umgebung von max. 48 dB(A) bei Aufstellung im Keller (Gerät mit WP)
	d) A-Bewerteter Schalleistungspegel ( $L_{WA}$ ) des Gerätes im Zu- bzw. Abluftkanal max. 50 dB(A)

Die Schalleistungspegel werden normalerweise im schalltoten Raum aus den gemessenen Schalldruckpegeln errechnet. Eine direkte Kontrolle des Schalleistungspegels bei Vor-Ort-Messungen ist nicht möglich. Die Vor-Ort gemessenen Schalldruckpegel hängen zudem sehr stark von der eingestellten Luftmenge, dem Druckverlust und den Raumverhältnissen ab. Hier muss daher auf Laborwerte der Geräte zurückgegriffen werden. Die Schalleistungspegel in der Zu- bzw. Abluftleitung konnte naturgemäß ebenfalls nicht ermittelt bzw. kontrolliert werden. Bei vielen Herstellern ist dieser Wert zudem nur unzureichend, bzw. ohne Frequenzanalyse in den Planungsunterlagen enthalten.

**Fazit:** Die Lüftungsgeräte erreichen nur sehr selten diese ambitionierten schalltechnischen Werte. Bei der Aufstellung in Keller- bzw. Dachräumen bedeuteten die höheren Schallemissionen keinerlei Probleme. Kritisch bzw. beanstandet wurde dieser Umstand nur bei Geräten, die im Wohnbereich (z.B. Bad, Abstellraum) aufgestellt waren.

**Empfehlung für Gerätehersteller:** Auf die Optimierung der schalltechnischen Aspekte der Geräte sollte vermehrtes Augenmerk gelegt werden. Sowohl hinsichtlich Schallemissionen im Geräteraum als auch in die Lüftungsleitungen. Für die Schallemissionen in Richtung der Lüftungsleitungen sollte eine frequenzabhängige Angabe der Schallpegel standardmäßig erfolgen, sodass eine optimale Auswahl des Geräteschalldämpfers erfolgen kann.

### 3.5.2.8.2 Geeigneter Aufstellungsort

Qualitätskriterium 33	Anforderung
Geeigneter Aufstellungsort	a) Frostfreier, trockener Raum mit leichtem Zugang für Filterwechsel.
	b) Bei Aufstellung im Heizraum sind die Brandschutzbestimmungen zu beachten.

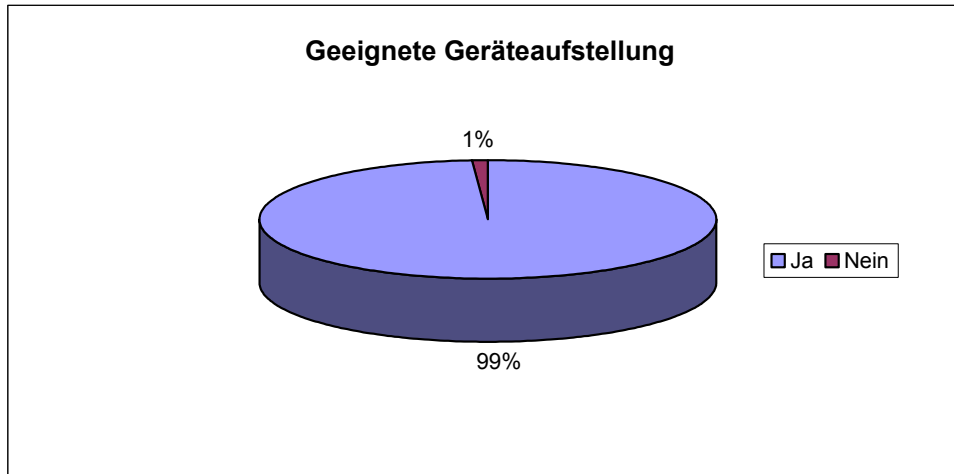


Abbildung 3.107: Geeignete Geräteaufstellung

Die Auswahl des Gerätestandortes ist meist sehr vom Wunsch des Bauherrn abhängig. Ein Gerät war regelrecht versteckt und für Servicezwecke schwer zugänglich. Der Trend geht aber heute eindeutig dahin, die Geräte kompakt und schalldämmend zu bauen und so zu designen, dass sie durchaus auch in Nebenräumen frei aufgestellt werden können.

Bei mehr als der Hälfte der Anlagen fiel die Standortwahl auf den unbeheizten Bereich (meist Keller, seltener Spitzboden), beim Rest wurden beheizte Räume im Wohnbereich gewählt.

### 3.5.2.8.3 Keine Körperschallübertragung durch das Gerät

<b>Qualitätskriterium Neu 34a, 34b</b>	<b>Anforderung</b>
<i>Keine Körperschallübertragung durch das Gerät an die Wand bzw. den Boden sowie an die Lüftungsrohre.</i>	<i>a) Tragfähiger und schwingungsfreier Untergrund (z.B. keine Dachbalken - Resonanzgefahr)</i>
	<i>b) Aufstellung bzw. Aufhängung des Lüftungsgerätes mit schwingungsdämpfenden Elementen.</i>
	<i>c) Schwingungstechnische Entkopplung von Gerät und Lüftungsrohren (insbesondere bei Anlagen mit Wärmepumpe - Segeltuchverbinder)</i>

Die schalltechnisch richtige Aufhängung bzw. Aufstellung der Lüftungsgeräte mit schwingungsdämpfenden Elementen ist in sehr vielen Fällen nicht gegeben. Hier könnte durch einfache Maßnahmen oft eine deutliche Schallreduktion erreicht werden. Insbesondere die Körperschallübertragung auf die Rohre und die damit verbundene Lärmbelastigung wird oft unterschätzt. Dieser Punkt führte vor allem bei Anlagen mit Wärmepumpen immer wieder zu Problemen und Beschwerden der Nutzer.



Einige Eigenlösungen der Nutzer z. B. mit Autoschläuchen zum Entkoppeln der Leitungen waren zwar für die Körperschallentkopplung äußerst wirksam, bedeuten jedoch hohe Druckverluste durch die geringe Formbeständigkeit des Schlauches (insbesondere im Abluftbereich (Unterdruck)). Hier sollten professionelle Segeltuchverbinder für die Lüftungsrohre eingebaut werden.

Abbildung 3.108: Provisorische Schallentkopplung durch LKW-Schläuche

**Fazit:** Die Körperschallproblematik wird sehr häufig unterschätzt. Oft wird diese Schallentkoppelung bewusst oder unbewusst über flexible Schalldämpfer erfüllt. Dies ist jedoch nicht immer ausreichend bzw. hängt wiederum von deren Befestigung ab.

### 3.5.2.8.4 Kondensatablauf beim Lüftungsgerät

Qualitätskriterium 35	Anforderung
Kondensatablauf beim Lüftungsgerät	Geeigneter Kondensatabfluss mit Geruchsverschluss.

Der Kondensatablauf wurde in der Planungsphase sehr oft vergessen, bzw. wurde die Entscheidung für ein Lüftungsgerät sehr oft zu spät getroffen, sodass die Abwasserinstallationen schon abgeschlossen waren. Es kam daher zu unnötigen Mehrkosten durch lange Abflussleitungen bzw. nachträglich eingebaute Kondensatpumpen.

Damit es nicht zu einer ungewollten Leckströmung durch den Kondensatablauf des Gerätes bzw. des EWT kommt muss im Gerät oder im Schlauch vom Gerät bzw. vom EWT zum Kondensatablauf hin zusätzlich eine zweite Siphonschleife vorhanden sein, die eine drucklose Verbindung nach außen verhindert. Sonst würde durch den Überdruck (Lüftungsgerät) bzw. Unterdruck (Gerät bzw. EWT) Luft angesaugt bzw. ausströmen.

**Offene Einbindung ohne 2. Siphonschleife verursacht Leckströme beim Gerät und beim EWT:**



Abbildung 3.109 a-c: Bei diesem Beispiel kann Luft sowohl in den EWT einströmen bzw. Luft aus dem Gerät durch den Gerätekondensatablauf ausströmen.

Offene Siphone zum Kanal müssen teilweise nachgefüllt werden, damit es nicht zu einer Geruchbelästigung im Keller kommt. Es sollten daher nach Möglichkeit noch andere Abläufe in den Siphon eingebunden werden, damit es nicht zu einer Austrocknung kommen kann (z.B. Boiler). Durch die Leckströmung beim Kondensatablauf ohne 2. Siphon könnte diese Geruchsbelästigung bis in den Wohnraum gelangen.

**Geschlossene Einbindung kann Luftkurzschluss zwischen Abluft und Frischluft bewirken:**

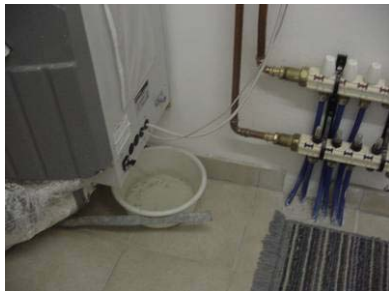


Kommt es beim Kondensatabfluss des EWT zum Austrocknen, so kann es zu Geruchsproblemen im Wohnraum durch Ansaugen von Kanalluft kommen. Es sollte daher wie bei diesem Beispiel ein Siphon mit einer relativ großen Wassermenge eingebaut werden, bzw. die Nutzer darauf hingewiesen werden, den Siphon zeitweise zu kontrollieren bzw. ggf. Wasser nachzufüllen.

Abbildung 3.110: Kondensatabfluss für EWT und Lüftungsgerät

Zusätzlich könnte es bei diesem Beispiel beim Austrocknen des oberen Bereichs der Zusammenführung der beiden Kondensatabläufe (bzw. bei einer Ausführung über dem Einbindungsniveau des Kanals) zu einem teilweisen Kurzschluss zwischen Frischluft (Unterdruck) und Abluft (Überdruck) kommen.

**Keine dauerhafte bzw. komfortable Lösung:**



Der Auffangbehälter unter dem Lüftungsgerät stellt keine komfortable und dauerhafte Lösung dar. Die Kondensatmenge beträgt theoretisch einige Liter pro kaltem Tag für ein Einfamilienhaus. Zusätzlich kommt es bei diesem Beispiel zu einer Leckströmung durch den Kondensabfluss.

Abbildung 3.111: Provisorische Kondensatsammlung mit Behälter

**Nachträglich installierte Kondensatpumpe bei einer Lüftungsanlage ohne EWT:**



Eine nachträglich installierte Kondensatpumpe erzeugt zusätzliche Investitions- und Betriebskosten. Sie sollte nach Möglichkeit vermieden werden.

Abbildung 3.112: Nachgerüstete Kondensatpumpe



**Fazit:** Die möglichst frühzeitige Entscheidung für eine Wohnraumlüftung ist auch bei der Kondensatabfuhr einer der wesentlichsten Punkte, um eine optimale und kostengünstige Lösung ausführen zu können. Dauerhafte Geruchsfreiheit kann nicht bei allen ausgeführten Varianten garantiert werden. Z.B. wenn der Druckverlust im Ansaugbereich durch verschmutzte Gitter stark steigt, kann es bei einigen Anlagen zu Ansaugung von Kanalluft (geschlossene Ausführung) bzw. Kellerluft (offene Ausführung) kommen, da der zweite Siphon zwischen EWT und Abfluss nicht vorhanden bzw. teilweise zu wenig Wassersäule bietet.

**Empfehlung an die Gerätehersteller:** Im Gerät sollte ein entsprechender Geruchs- bzw. Leckströmungsverschluss (Siphon) integriert sein, oder dieser sollte fixer Bestandteil der Gerätelieferung sein. Auch durch eine entsprechende Führung des Kondensatschlauches könnte dieses Problem entsprechend gelöst werden.

### 3.5.2.8.5 Einfache Stromlosschaltung

<b>Qualitätskriterium Neu 36</b>	<b>Anforderung</b>
<i>Einfache Stromlosschaltung des gesamten Gerätes</i>	<i>Eigene Sicherung bei Direktverdrahtung oder Steckerlösung bzw. Hauptschalter</i>

Auch dieser Punkt wurde von fast allen Anlagen erfüllt. Nur sehr selten wurden direkt verdrahtete Anlagen nicht mit einer eigenen Sicherung ausgestattet. Zudem werden einige Geräte beim Öffnen der Abdeckung automatisch stromlos geschaltet.



### 3.5.2.9 Qualitätskriterien für das Verteilsystem

Voraussetzung	Anforderung
Wahl eines geeigneten Verteilkonzeptes (Quell- bzw. Induktionslüftung)	Den Raumverhältnissen angepasstes Verteilkonzept.

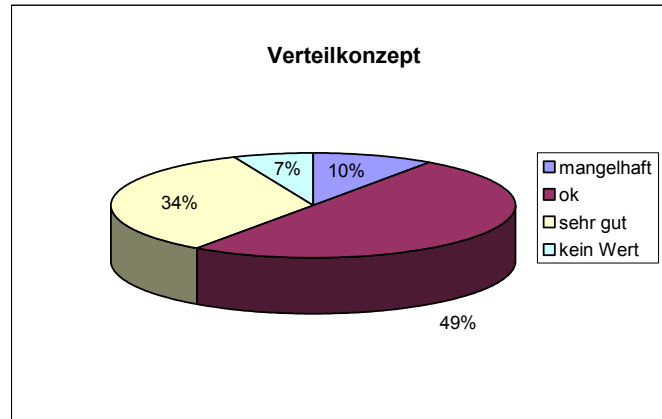


Abbildung 3.113: Bewertung des Verteilkonzeptes

Eine gezielte Bewertung ist sehr schwierig, da viele Parameter vom Ort der Luftansaugung über die Lufteinbringung bis hin zum Fortluftauslass mit einfließen. Der Großteil der Anlagen hatte ein Verteilkonzept, dass mit „gut“ bzw. „o.k.“ bewertet wurden.

Das folgende Anlagenbeispiel zeigt ein sehr gutes und besonders kostengünstiges Durchströmungskonzept, mit dem außerdem auch kurze Leitungswege verwirklicht werden konnten. Zuluft- und Abluftstrang verlaufen parallel entlang der Längsachse des Gebäudes. Die Zuluft wird über Weitwurfdüsen an der Wand entlang der Decke des Wohnbereiches eingeblasen. Dadurch entsteht eine Luftwalze zu den Überströmbereichen an den Türspalten. Die Abluft wird im Wandbereich von Küche, Vorraum, WC und Bad abgesaugt.

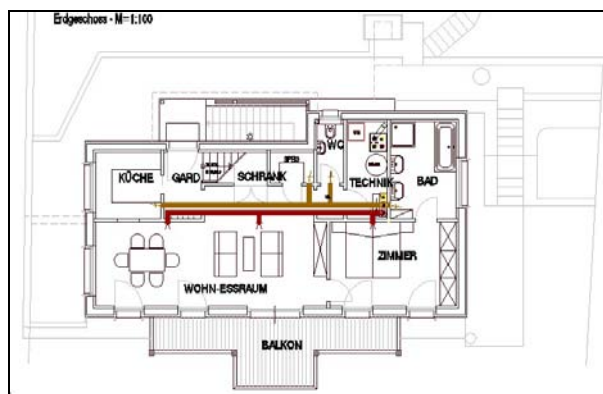


Abbildung 3.114: Grundriss der Lüftungsverteilung im Erdgeschoß

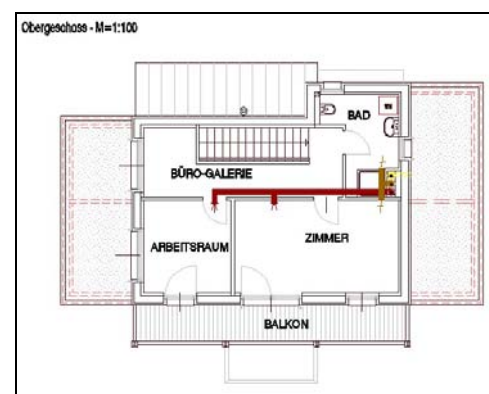


Abbildung 3.115: Grundriss der Lüftungsverteilung im Obergeschoß

### 3.5.2.9.1 Geringe Luftgeschwindigkeit in den Lüftungsrohren

Qualitätskriterium 37a, 37b	Anforderung																				
Geringe Luftgeschwindigkeit in den Lüftungsrohren bzw. Lüftungskanälen	a) In den Strängen zu und von den einzelnen Räumen max. 2,0 m/s,																				
	b) Abluft bzw. Sammelstränge max. 2,5 m/s																				
	Maximale Luftgeschwindigkeiten bei ausgewählten Rohrdurchmessern:																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rohr Durchmesser</th> <th>max. 2 m/s</th> <th>max. 2,5 m/s</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>80 mm</td> <td>35 m<sup>3</sup>/h</td> <td>-----</td> </tr> <tr> <td>100 mm</td> <td>55 m<sup>3</sup>/h</td> <td>70 m<sup>3</sup>/h</td> </tr> <tr> <td>125 mm</td> <td>90 m<sup>3</sup>/h</td> <td>110 m<sup>3</sup>/h</td> </tr> <tr> <td>150 mm</td> <td>120 m<sup>3</sup>/h</td> <td>160 m<sup>3</sup>/h</td> </tr> <tr> <td>160 mm</td> <td>140 m<sup>3</sup>/h</td> <td>180 m<sup>3</sup>/h</td> </tr> <tr> <td>200 mm</td> <td>220 m<sup>3</sup>/h</td> <td>280 m<sup>3</sup>/h</td> </tr> </tbody> </table>	Rohr Durchmesser	max. 2 m/s	max. 2,5 m/s	80 mm	35 m <sup>3</sup> /h	-----	100 mm	55 m <sup>3</sup> /h	70 m <sup>3</sup> /h	125 mm	90 m <sup>3</sup> /h	110 m <sup>3</sup> /h	150 mm	120 m <sup>3</sup> /h	160 m <sup>3</sup> /h	160 mm	140 m <sup>3</sup> /h	180 m <sup>3</sup> /h	200 mm	220 m <sup>3</sup> /h
Rohr Durchmesser	max. 2 m/s	max. 2,5 m/s																			
80 mm	35 m <sup>3</sup> /h	-----																			
100 mm	55 m <sup>3</sup> /h	70 m <sup>3</sup> /h																			
125 mm	90 m <sup>3</sup> /h	110 m <sup>3</sup> /h																			
150 mm	120 m <sup>3</sup> /h	160 m <sup>3</sup> /h																			
160 mm	140 m <sup>3</sup> /h	180 m <sup>3</sup> /h																			
200 mm	220 m <sup>3</sup> /h	280 m <sup>3</sup> /h																			
	Achtung: Dimensionierung von Rechteckquerschnitten über den hydraulischen Durchmesser und nicht über die Geschwindigkeit.																				

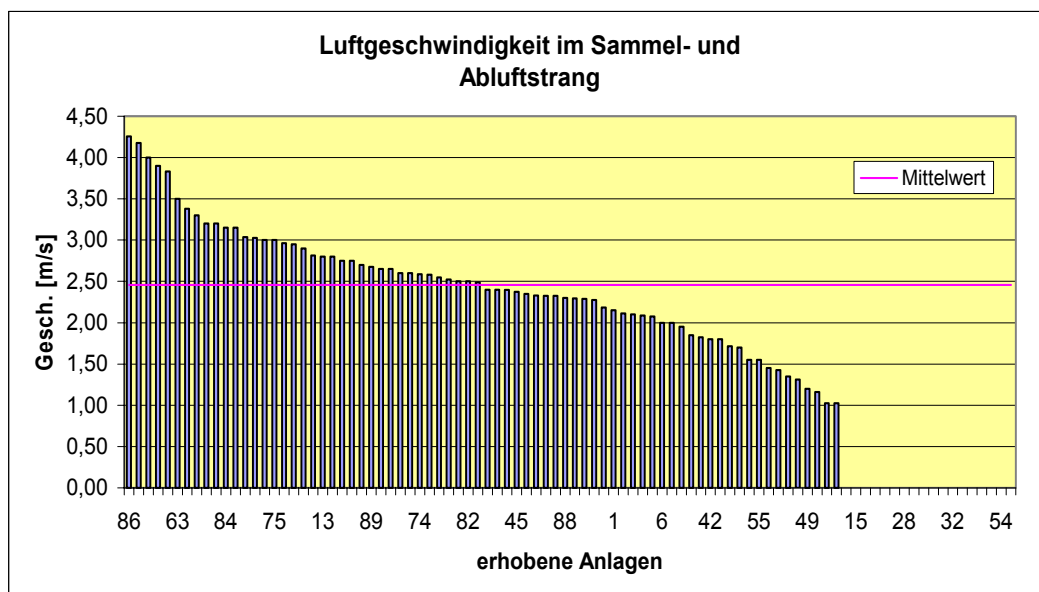


Abbildung 3.116: Luftgeschwindigkeit im Sammel- und Abluftstrang

Die Geschwindigkeiten in den Hauptsträngen der untersuchten Anlagen entsprachen meist den Qualitätskriterien, was sich in weiterer Folge auch bei der Untersuchung des Druckabfalls im Rohrnetz durch gute Werte bestätigt hat.

Kriterium	Bewertung			Anmerkung
	sehr gut	o.k.	mangelhaft	
<b>4) Kanalnetz</b>				
Maximale Luftgeschwindigkeiten in den Hauptsträngen	< 2,0 m/s	2,0 - 3,0 m/s	> 3 m/s	Zu hohe Geschwindigkeit -> Geräusch

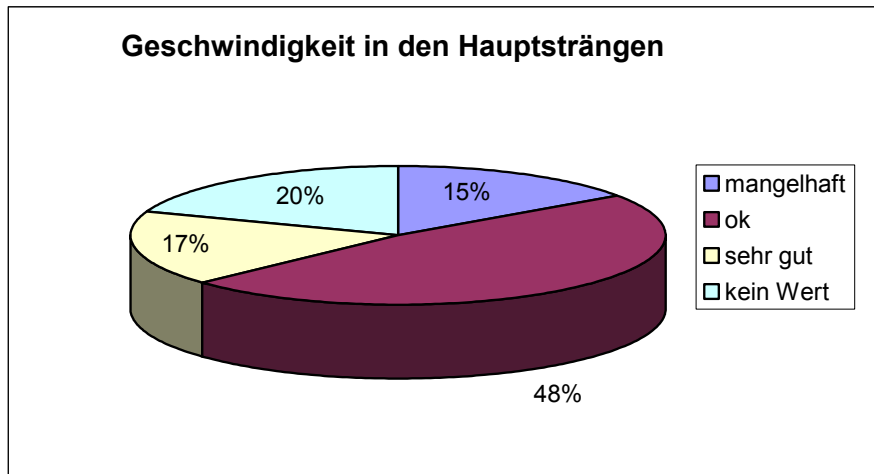


Abbildung 3.117: Bewertung der Strömungsgeschwindigkeiten in den Hauptsträngen

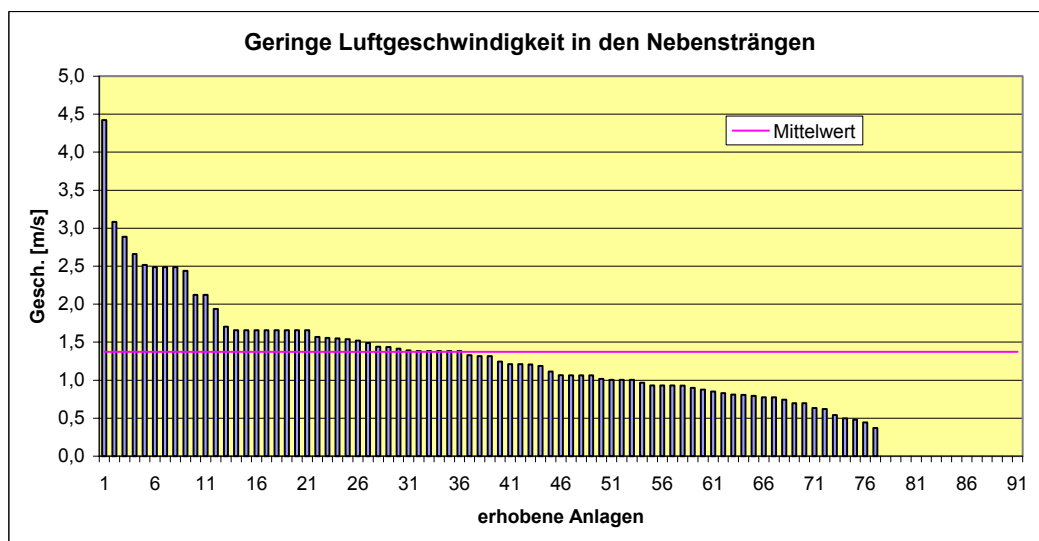


Abbildung 3.118: Luftgeschwindigkeit in den Nebensträngen

Kriterium	Bewertung			Anmerkung
	sehr gut	o.k.	mangelhaft	
<b>4) Kanalnetz</b>				
Maximale Luftgeschwindigkeiten in den Nebensträngen	< 1,5 m/s	1,5 - 2,5 m/s	> 2,5 m/s	Zu hohe Geschwindigkeit -> Geräusch

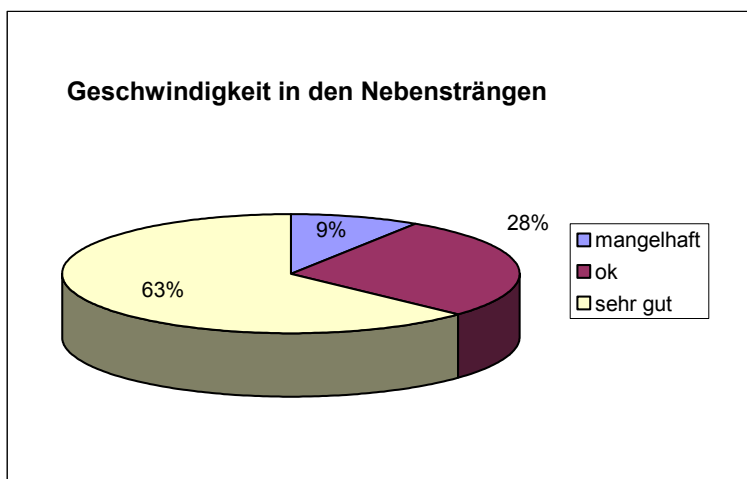


Abbildung 3.119: Bewertung der Strömungsgeschwindigkeiten

Die detaillierte Betrachtung der Geschwindigkeiten in den Luftsträngen durch die Bewertungskriterien zeigte für die Nebenstränge ähnlich gute Ergebnisse. In Summe wurden nahezu alle Anlagen mit „sehr gut“ bzw. „gut“ bewertet. Bei der Bewertung der Geschwindigkeiten in den Hauptsträngen wurden nur knapp die Hälfte mit „sehr gut“ bzw. „gut“ bewertet. Der Grund dafür liegt darin, dass für die Hauptstränge in der Regel eine Standardverrohrung von DN 160 eingesetzt wird. Für eine „gute“ Bewertung darf für diesen Querschnitt nur eine maximale Luftmenge von 180 m<sup>3</sup>/h transportiert werden. DN 200 wäre die lt. Normreihe nächst größere Dimension, findet aber aufgrund des deutlich höheren Platzbedarfes und der höheren Kosten kaum Anwendung. Außerdem findet man bei fast allen Geräten mit Luftleistungen kleiner 300 m<sup>3</sup>/h nur Anschlussdurchmesser von 160 bzw. 150 mm vor.

**Fazit:** Aus den schalltechnischen Erfahrungen bei der Evaluierung liegen die maximalen Luftgeschwindigkeiten an der oberen tolerierbaren Grenze.

**Empfehlung an die Anlagenplaner:** Es sollte versucht werden eher auf 2 m/s in den Hauptsträngen bzw. 1,5 m/s in den Nebensträngen zu dimensionieren. Die Platz- und Kostenproblematik steigt damit jedoch deutlich.

**Empfehlung an die Gerätehersteller:** Durch größere, zumindest optional erhältliche Querschnitte beim Gerät (DN 200 bei Geräten bis 300 m<sup>3</sup>/h) würde eine Signal an die Anlagenplaner ausgehen. Denn, wenn der entsprechende Querschnitt beim Lüftungsgerät nicht vorhanden ist, leiten viele daraus ab, dass es keinen Sinn macht mit größeren Rohrquerschnitten zu arbeiten.

### 3.5.2.9.2 Geringer Druckabfall im Rohrnetz

Qualitätskriterium 38a, 38b	Anforderung
Geringer Druckabfall im Rohrnetz bei Normalbetriebsstufe	a) Max. 120 Pa je kompletter Zuluft- (Frischluf-Zuluft) bzw. Ablufteinheit (Abluft-Fortluft)
	b) bei Erdvorwärmung + 25 Pa für EWT inkl. Ansaugung mit Filter (+15 Pa ohne Filter)

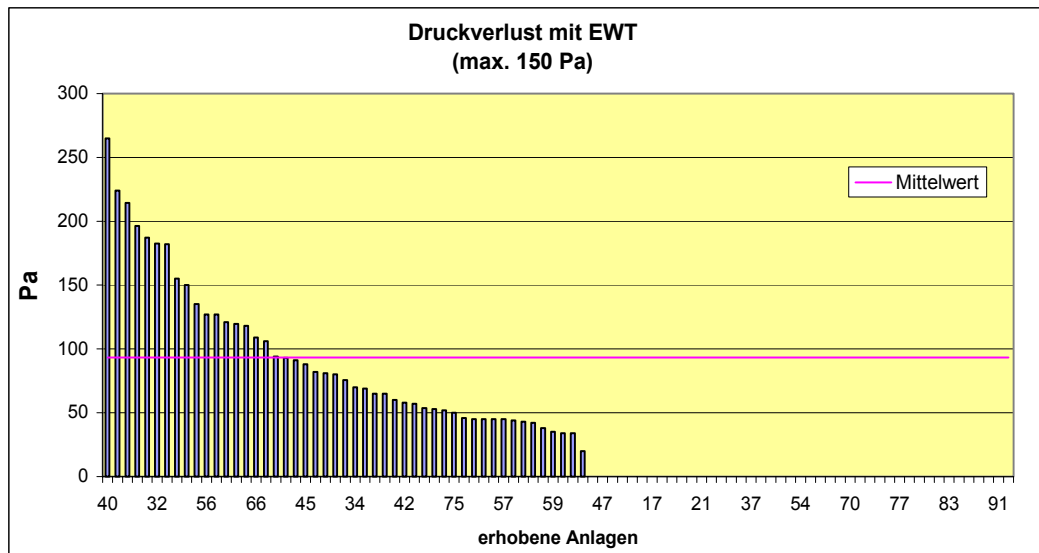


Abbildung 3.120: Gemessener Druckabfall einschließlich EWT im Gesamtsystem

Die Grafik zeigt, dass die meisten Anlagen, bei denen der Druckverlust ermittelt werden konnte, trotz installiertem EWT, im Bereich von 50 - 150 Pa liegen. Dieses positive Ergebnis deckt sich mit den zuvor getätigten Aussagen zu den Strömungsgeschwindigkeiten in den Kanälen und der Stromeffizienz der Anlagen.

Kriterium	Bewertung			Anmerkung
	sehr gut	o.k.	mangelhaft	
Maximale Druckverluste in den Lüftungskanälen (jeweils Zu- und Frischluft bzw. Abluft und Fortluft)	< 75 Pa +15 Pa f. EWT + 25 Pa f. EWT und Filter	75 - 120 Pa +15 Pa f. EWT + 25 Pa f. EWT und Filter	> 120 Pa +15 Pa f. EWT + 25 Pa f. EWT und Filter	Zu hoher Druckverlust -> höhere Ventilatorleistung, höhere Schallbelastung

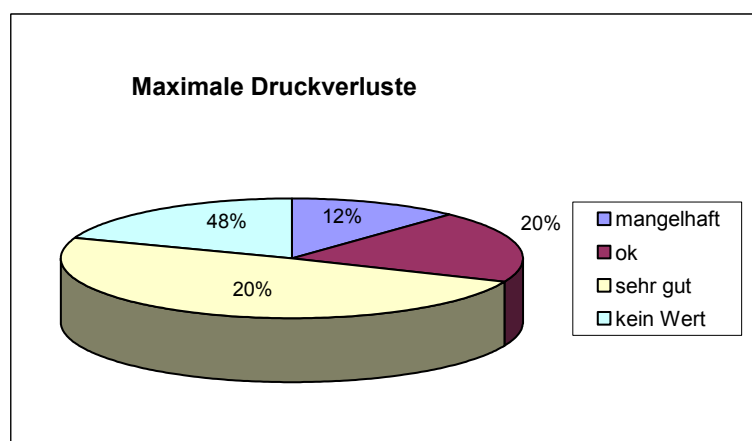


Abbildung 3.121: Bewertung des gemessenen Druckabfalls

### 3.5.2.9.3 Geeignetes Verrohrungsmaterial

Qualitätskriterium 39	Anforderung
Geeignete Rohr- bzw. Kanalausführung	Glattwandige Rohre (Wickelfalzrohr, Kunststoffrohre, ...) keine Verwendung von flexiblen Schläuchen mit hohem Druckverlust (Aluflexrohre, Kunststoffdrahtschlauch)
Qualitätskriterium 40	Anforderung
Geringer Druckverlust durch Formteile	Verwendung strömungsgünstiger Formteile. Z.B. keine „engen Bögen“
Qualitätskriterium 41	Anforderung
Einfache Reinigung der Kanäle möglich	Reinigungsfreundliche Ausführung des Kanalnetzes. Zugänglichkeit, Kanalausführung,..

Bei rund drei Viertel der Anlagen wurden fast ausschließlich glattwandige Rohre verwendet. Etwa 10 % der Anlagen verwendeten nur flexible Schläuche, bei den restlichen Anlagen wurde nur bei engen Platzverhältnissen und beim Anschluss von Ventilen bzw. beim Lüftungsgerät auf flexible Rohre zurückgegriffen.

**Unnötige Verwendung von flexiblen Rohren und Kanälen:** Aufgrund der einfachen Verlegung werden sehr oft flexible Schläuche bzw. Kanäle mit hohen Druckverlusten auch in Bereichen verwendet, in denen es nicht unbedingt notwendig ist. Bei guter Anlagenplanung lassen sich flexible Rohre völlig vermeiden.



Die beiden Bilder zeigen jeweils ein positives und ein negatives Beispiel für die Verrohrung beim Lüftungsgerät. Einmal in Metall- und einmal in Kunststoffausführung. Die Nachteile beim Druckverlust von flexiblen Schläuchen können theoretisch durch größere Querschnitte d.h. geringere Luftgeschwindigkeiten ausgeglichen werden. In der Praxis wird dies jedoch kaum gemacht. (Dämmung fehlt jeweils.)



Abbildung 3.122 a-d: Positive und negative Verrohrungsbeispiele



Auch bei Flachkanälen sollte starren Leitungen der Vorzug gegeben werden. Insbesondere im Bodenbereich werden flexible Systeme oft noch zusätzlich beschädigt



Abbildung 3.123 a-b: Positive und negative Verrohrungsbeispiele - Flachkanäle



Aber auch bei starren Rohren ist auf eine saubere Verarbeitung und die Entfernung aller „Bearbeitungsgräten“ bzw. abstehender Teile zu achten. Diese sind sonst Auslöser für zusätzliche Strömungsgeräusche.

Abbildung 3.124: Abstehendes Blechteil bei einem Lüftungsrohr

Der möglichen, und irgendwann notwendigen Reinigung (zumindest der Zuluftleitungen) wird in der Praxis nur ein geringes Augenmerk geschenkt. Für alle glatten Rohrsysteme sollte die zukünftige Reinigung keine besonders großen Schwierigkeiten bereiten. Auch, wenn diese aufgrund der langen Leitungslängen ohne Revisionsöffnung nicht mehr mit konventionellen Reinigungsgeräten möglich sein wird. Hier kann erwartet werden, dass sich Firmen mit speziellen Reinigungsgeräten am Markt etablieren werden. Zu beachten ist weiters, dass viele Rohrleitungen schon in der Bauphase stark verschmutzt werden. Sie werden teilweise schon verschmutzt eingebaut (falsche Lagerung, bzw. Nichtentfernung des Bearbeitungsstaubes) bzw. werden durch allgemeinen Baustaub verunreinigt, wenn die Öffnungen nicht dicht verschlossen werden.

**Fazit:** Billige bzw. einfach zu verlegende, flexible Rohrleitungssysteme werden erst in der Nutzungsphase als deutliches Anlagenmanko erkannt. Zudem ist eine Reinigung dieser flexiblen Systeme meist nicht möglich.

**Empfehlung für den Anlagenplaner:** Das Verrohrungssystem ist derjenige Teil der Lüftungsanlage, der später kaum geändert bzw. verbessert werden kann. Man sollte daher hochwertige Materialien ausschreiben und eine sorgsame Verarbeitung sicherstellen. Die Übergabe des Gewerkes mit sauberen Lüftungsrohren (Endreinigung) sollte ebenfalls schon in der Ausschreibung fixiert sein. Wird die Lüftungsanlage in der Bauphase, z.B. zum besseren Austrocknen des Gebäudes in Betrieb gesetzt, kommt es unweigerlich zu einem Verschmutzen des Abluftstranges. Dieser Strang ist zwar hygienisch nicht bedenklich, jedoch sollte nach Baufertigstellung auf alle Fälle eine Endreinigung vorgenommen werden.

#### 3.5.2.9.4 Kondensatableitung zum Gerät

Qualitätskriterium 42	Anforderung
Ableitung von möglichem Kondensat von Abluftleitungen zum Gerät	Abluftrohre von Bädern bzw. besonders feuchtebelasteten Räumen mit Gefälle zum Gerät verlegt.

Ob dieser Punkt entsprechend eingehalten wurde, konnte nur in seltenen Fällen evaluiert werden. Nach Aussagen der Anlagennutzer die teilweise auch bei der Montage auch dabei waren, wurde auf diesen Gesichtspunkt jedoch keinerlei Augenmerk gelegt. In der Evaluierung war aber auch kein Fall dabei, bei dem es zum Herabtropfen von Kondensat aus dem Abluftventil kam. Damit es dazu kommt, müsste die Abluftleitung über ein längeres Stück nach oben gehen (meist nur im Dachbereich), denn auch bei Deckenventilen mit längeren waagrechten Rohren bleibt die doch eher geringe Kondensatmenge im Rohr stehen und trocknet nach einer gewissen Zeit wieder auf.

**Fazit:** Mit einem leichten Gefälle zum Lüftungsgerät ist man auf der sicheren Seite. Es muss jedoch auch gewährleistet werden, dass das Gerät das Kondensat ohne Schaden aufnehmen kann, bzw. das Kondensat in den dafür vorgesehenen Ablauf gelangen kann.



### 3.5.2.9.5 Überströmöffnungen und deren Anbringung

Qualitätskriterium 43	Anforderung
Ausreichende Überströmöffnungen	Luftgeschwindigkeit max. 1,5 m/s bzw. max. 2 Pa Druckverlust
Qualitätskriterium Neu 44a, 44b	Anforderung
Richtige Anbringung der Überströmöffnungen	a) Quellluftsysteme: In der Nähe der Decke bzw. gegenüberliegende Wand des Quellluftauslasses b) Induktionssysteme: in der Nähe des Bodens (auf der Einblasseite)

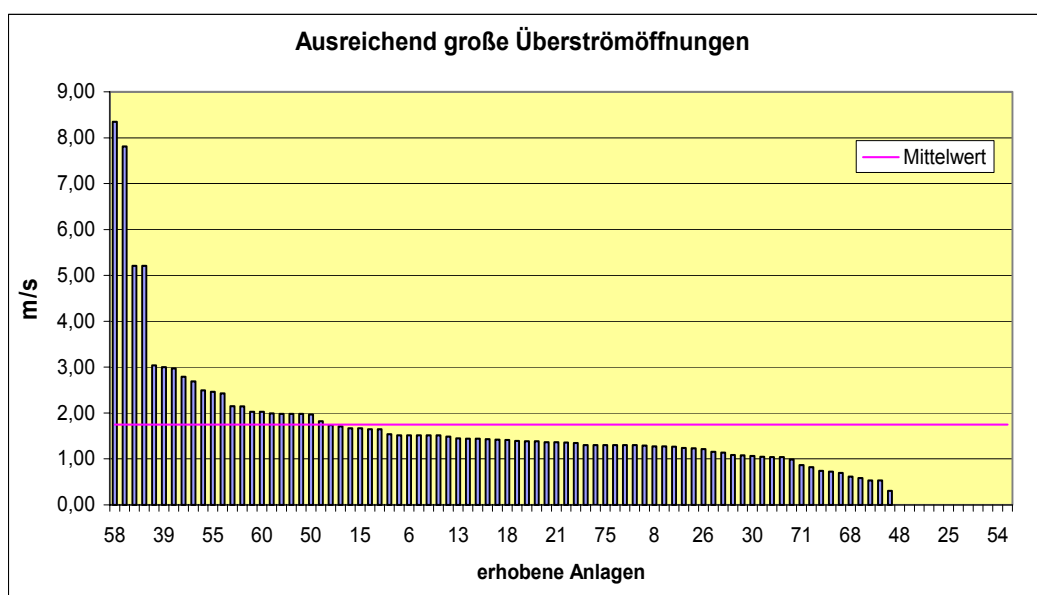


Abbildung 3.125: Überströmöffnungen

Sowohl die Größe der Überströmöffnungen als auch die örtliche Positionierung lässt bei vielen Anlagen zu wünschen übrig. Insbesondere bei Quellluftsystemen wird oft eine Kombination mit Schleiftüren gewählt, welche der Luftströmung eines Quellluftsystems widerspricht. Durch den Umstand, dass viele Türen die meiste Zeit offen stehen, kommt es aber nur selten zu Beanstandungen durch die Nutzer. Die theoretischen Strömungsgeschwindigkeiten der obigen Abbildung von über 8 m/s bzw. im Schnitt von ca. 1,8 m/s ergeben sich aus der überströmenden Luftmenge und dem vorhandenen Querschnitt.

Kriterium	Bewertung			Anmerkung
	sehr gut	o.k.	mangelhaft	
<b>4) Kanalnetz</b>				
Ausreichende Überströmöffnungen	< 1,0 m/s	1 - 1,5 m/s	> 1,5 m/s	ausreichende Türspalte oder entsprechende Überströmöffnungen vorsehen

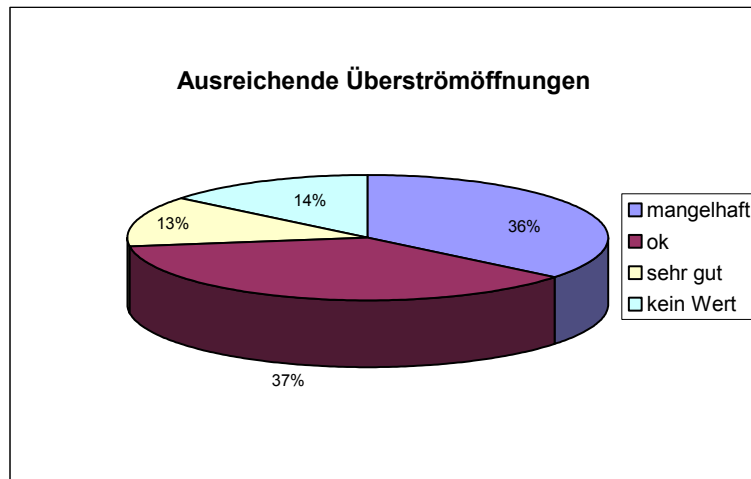


Abbildung 3.126: Bewertung der Überströmöffnungen

### Keine bzw. zu kleine Überströmöffnungen:



Die linke Tür ist zwar als Schleiftür ausgeführt, nicht einmal 1 mm Schlitzbreite bedeutet jedoch eine unzureichende Überströmmöglichkeit. In der rechten Tür ist dagegen ein Überströmgitter eingebaut. Der zu geringe Luftwechsel der sich in einzelnen Räumen ergibt, wenn die Türen bei ungenügender Überströmmöglichkeit geschlossen sind, wird von den Nutzern meist auf andere Mängel zurückgeführt.

Abbildung 3.127: Schleiftür mit zu geringem Abstand (Kinderzimmer) und Tür mit Überström gitter (Abstellraum)

### Selten anzutreffen – Türen mit eigenen Überströmbereichen:



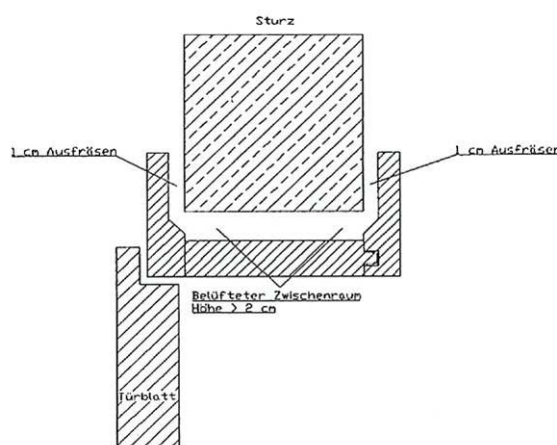
Türen mit eigenen Überströmöffnungen bzw. Überström gittern wurden nur sehr selten angetroffen.

Abbildung 3.128: Eine der wenigen Anlagen mit gelochtem Türblatt

### Positives Beispiel: Überströmung über die Türzarge



Abbildung 3.129 a-c: Überströmöffnung für ein Quellluftsystem: über dem oberen Bereich der Türzarge mit abgeschrägtem Türsturz im Bereich des Putzes.



Der Spalt von zwei Zentimetern im oberen Bereich zwischen Tür und Türsturz bietet in Kombination mit einer 1cm breiten Ausfräsung im Türstock eine unsichtbare Überströmöffnung. Bei sensiblen Räumen könnte diese Überströmöffnung zusätzlich mit Schallschutzelementen ausgeführt werden (z. B. Anbringung von schalldämpfenden Matten auf dem Türstock und auf dem Sturz).

Abbildung 3.130: Schnittdarstellung der Überströmöffnung über die Türzarge

**Fazit:** Auch bei den Überströmöffnungen herrscht noch ein deutliches Abstimmungsbedürfnis zwischen Haustechnik und allgemeiner Planung der Ausstattung (Türen). Unsichtbare bzw. schöne Standardlösungen von Überströmöffnungen sind nur bei wenigen Türherstellern vorhanden. Die Lösung mit höheren Türspalten bei Schleiftüren (Induktionslüftung) ist zwar sehr einfach und ausreichend, wird von den Kunden aber nicht gerne akzeptiert (Lichteinfall, Schall) bzw. durch Teppiche oder spätere Bodenerhöhungen oft unabsichtlich reduziert.

**Empfehlung für Anlagenplaner:** Die Nutzer sollten über die Funktion der Überströmöffnungen konkret aufgeklärt werden, damit diese nicht unabsichtlich verkleinert werden. Die Integration über die Türzarge (oben bei Quellluftsystemen, unten bei Induktionsluftsystemen) stellt die eleganteste und beste Variante dar.

### 3.5.2.9.6 Geeignete Zu- und Abluftventile

Qualitätskriterium 45	Anforderung
Geeignete Zu- und Abluftventile	a) Zu- und Abluftventile für die entsprechende Luftverteilung (ausreichende Größe für die Luftmenge, Wurfweite, Wurfrichtung)
	b) Druckverlustausgleiche durch Ventile nur bis zu 30 Pa bzw. bis zum maximalen Geräuschpegel nach Auslegungsdiagramm lt. Kriterium 10a-d. Größere Druckunterschiede sind durch Drosselklappen auszugleichen (möglichst weit entfernt vom Ventil).
Qualitätskriterium 46	Anforderung
<i>Keine zusätzliche Geräuschbildung beim Ventil durch Verwirbelungen im Rohrsystem.</i>	<i>Keine Abzweiger kurz vor bzw. nach dem Ventil. Abstand zum Ventil zumindest 0,75 m. Ist dies nicht möglich, ist ein Anschlusskasten für das Ventil zu verwenden.</i>

Falsche und zu kleine, bzw. zu wenige Ventile für die notwendige Luftmenge sind oftmalige Fehler. Verstellte Ventile sind ebenfalls ein häufiges Problem. Sie verursachen Strömungsgeräusche bzw. unbehagliche Aufenthaltsbereiche. Schalltechnische Probleme entstehen auch, wenn zu große Druckunterschiede der unterschiedlichen Lüftungsleitungen mit den Ventilen ausgeglichen werden müssen. Hier sollte auf gleichmäßige Druckverluste in den Rohrleitungen geachtet bzw. entsprechende Drosselklappen eingebaut werden.



Beispiel 1: Abluftventil in der Küche mit äußerst starker Verschmutzung. Dies ist vor allem auf die extrem große Luftmenge, die über dieses Ventil geführt wird bzw. auf die nur teilweise benutzte Umlufthaube zurückzuführen.



Beispiel 2: Ein weiteres deutlich verschmutztes Abluftventil (nach ca. einem Jahr) aufgrund einer Kartonschachtel im Regal vor dem Ventil. Die Kartonschachtel beeinflusste auch die Abluftmenge.

Abbildung 3.131 a-b: Deutlich verschmutzte Abluftventile

Bei Ventilen bzw. Zu- und Abluftöffnungen gibt es eine breite Palette an Produkten, die alle ihre spezifischen Vor- und Nachteile aufweisen. Aufgrund der Vielfalt kann an dieser Stelle darauf nicht eingegangen werden. Dies wäre u. a. ein wichtiges Kapitel für ein ausführliches Planungshandbuch. In der Folge daher ein kleiner Auszug aus den am häufigsten verwendeten Zu- und Abluftöffnungen.

**Beispiele für eingebaute Zuluftventile bei Induktionslüftungen:**

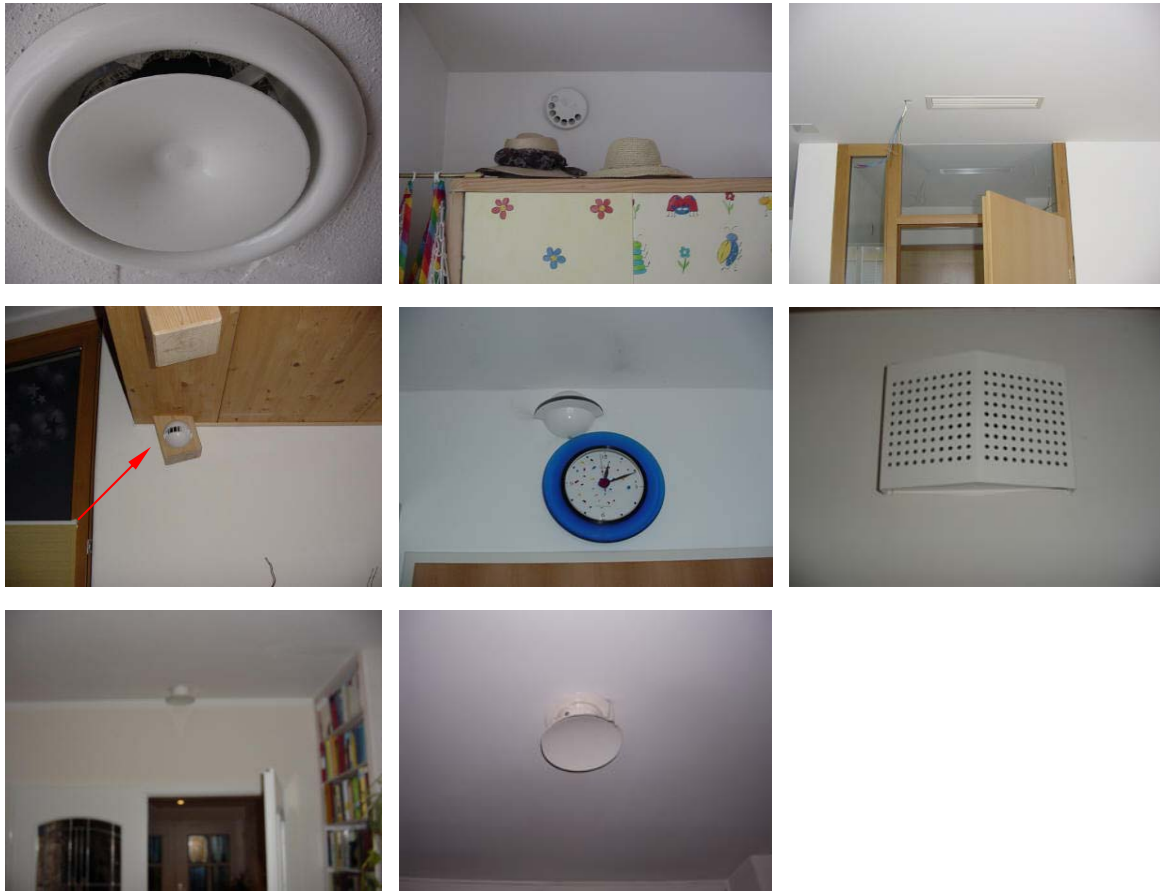


Abbildung 3.132 a- h: Beispiel für Zuluftventile (Induktionslüftung)

**Beispiele für eingebaute Zuluftöffnungen bei Quellluftsystemen:**

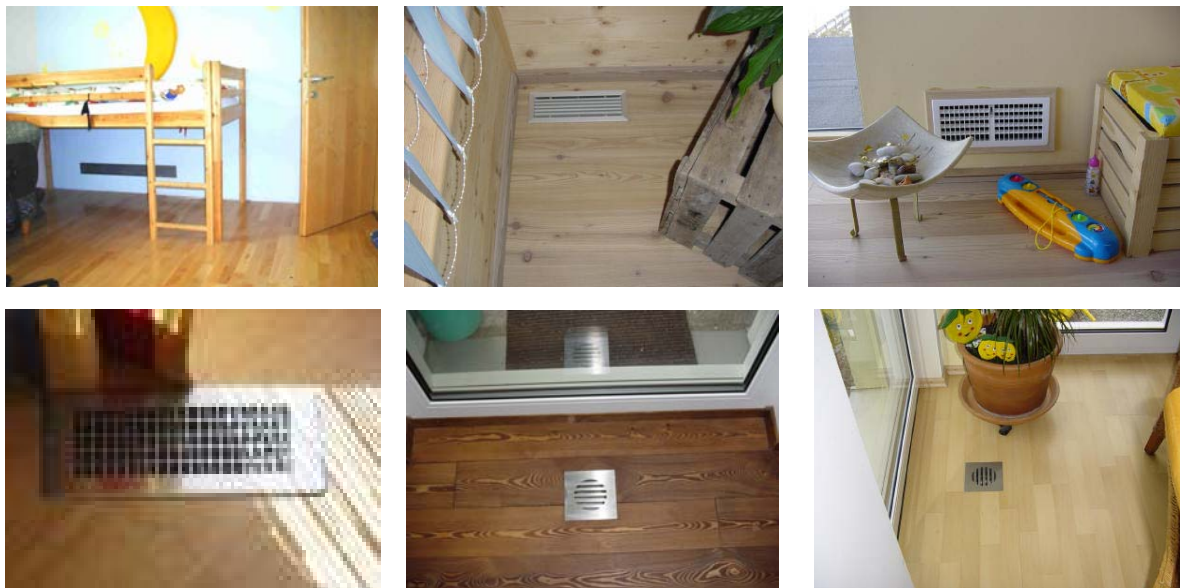


Abbildung 3.133 a-f: Beispiele für Zuluftöffnungen Quellluft (Beispiele e und f hatten zu hohe Luftgeschwindigkeiten bzw. wurden mit einer Lüftungsanlage mit Wärmepumpe (Luftheizung) betrieben und stellen damit eigentlich keine Quellluftauslässe dar.)



### Beispiel: Schalltechnische Probleme bei einem Bodenauslass:

Die Ausführung beim folgenden Bodenauslass war in mehrererlei Hinsicht problematisch, sodass es zu inakzeptablen Lärmbelastungen kam. Es ist also nicht im Speziellen der Bodenauslass, sondern es wurde eine äußerst unglückliche Gesamtkonstellation gewählt.



Abbildung 3.134 a-c: Bodenauslass mit einem unprofessionellen Versuch der Schallreduktion

**Situation:** Zwei gleiche Bodenauslässe sollten die gesamte Luftmenge für das Wohnzimmer übernehmen (d.h.  $75 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Die Zuluft wird über 80er Wickelfalzrohre an den Bodenauslass herangeführt. Dadurch ergibt sich eine Luftgeschwindigkeit von über  $2,0 \text{ m/s}$ . Um die Geräusche zu lindern, wurde in das Rohr eine Schaumstoffmatte eingelegt (Siehe Abb. c), da man vermutete, dass die Geräusche vom Gerät bzw. Rohr verursacht wurden. Dies führte jedoch zu keiner Verbesserung. Tatsächlich führte die vom Installateur zudem sehr unprofessionell eingebrachte Schaumstoffmatte sogar eine spürbare Verschlechterung. Aufgrund der Rohrquerschnittsverengung durch den Schaumstoff ergab sich ein Anströmen des Schmutzfängers bzw. Einstellringes mit einer noch höheren Geschwindigkeit, was eine weitere Zunahme der Strömungsgeräusche bewirkte. Die besten Ergebnisse von der Schallseite wurden ohne Einstellring bzw. Schmutzfänger erzielt. Die Regulierung der Luftmenge muss dann aber durch eine vorgelagerte Drosseleinrichtung erfolgen.

Auch beim folgenden Beispiel entstanden aus dem Bodenauslass zu laute Geräusche. Es konnte jedoch nicht eindeutig herausgefunden werden, ob diese vom Bodenauslass selbst, von der Luftleitungsführung oder von Körperschallübertragungen stammen. Der Bodenauslass war bis auf die vorstehenden Schrauben an sich sauber eingebaut und wies auch keine zu hohe Luftmenge auf.



Abbildung 3.135 a-c: Bodenauslass mit Luftmengenregulierung

### **Beispiel: Störende Strömungsgeräusche bei Abluftöffnung:**

Die folgende, optisch zwar dezente, aber mit einem für die Abluftmenge des Bades unzureichenden Querschnitt versehene Abluftöffnung, verursachte deutliche Strömungsgeräusche. In der Gesamtansicht ist auch das für das Bad unnötige Zulufventil sichtbar. In diesem Fall wäre es wesentlich besser gewesen zwei Abluftventile und keine Zuluft vorzusehen. Der Fehler lag hier also schon im übergeordneten Luftmen-genkonzept.

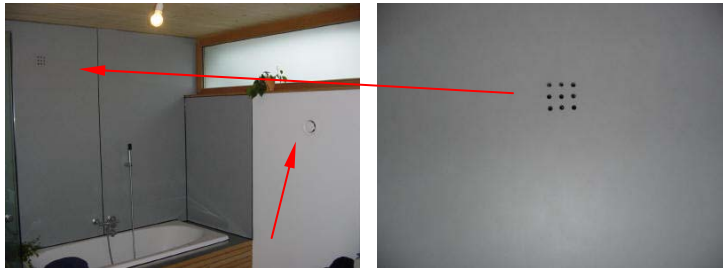


Abbildung 3.136 a-c: Abluftöffnung im Bad mit Pfeifgeräuschen

**Fazit:** Die richtige Platzierung und die richtige Auswahl von Zu- bzw. Abluftöffnungen ist eine der wichtigsten Aufgaben des Planers. Von der richtigen Auswahl und Platzierung hängt einerseits die Funktion und Behaglichkeit, andererseits die notwendige Rohrführung ab. Die Platzierung der Ventile ist daher auch für die Kosten ein wesentlicher Faktor. Der diesbezügliche Erfahrungsschatz des Planers ist ein wesentliches Erfolgsmerkmal von guten und kostengünstigen Wohnraumlüftungsanlagen.

### 3.5.2.9.7 Keine Verwirbelung vor Zu- und nach Abluftventilen

Qualitätskriterium 46	Anforderung
Keine zusätzliche Geräuschbildung beim Ventil durch Verwirbelungen im Rohrsystem.	Keine Abzweiger kurz vor bzw. nach dem Ventil. Abstand zum Ventil zumindest 0,75 m. Ist dies nicht möglich, ist ein Anschlusskasten für das Ventil zu verwenden.

Die zur Beruhigung der Strömung im Rohr gewünschte Anströmlänge (Abstand zwischen dem Auslass und der letzten Abzweigung) von 0,75 m wurde sehr oft nicht beachtet, sodass es zu unnötigen Lärmbelastigungen kommt. Die alternative Verwendung eines Anschlusskastens wurde nur selten angetroffen.

### 3.5.2.9.8 Geringe Schallausbreitung über das Kanalnetz

Qualitätskriterium 47	Anforderung
Geringe Schallausbreitung über das Kanalnetz	Schalldämmung der Luftleitungen zwischen den Räumen mindestens 27 dB (A)



Klagen über Lärmbelastigungen durch Telefoneschall wurden nur ganz selten von den Nutzern geäußert. Am ehesten waren Ablufträume betroffen, da hier die Leitungswege zwischen den Räumen teilweise sehr kurz sind (z.B. Bad-WC). Aufgrund der seltenen gleichzeitigen Nutzung stellte dies für die Bewohner jedoch kein besonderes Problem dar.

Abbildung 3.137: Telefoneschalldämpfer im Abluftbereich

**Fazit:** Telefoneschall war innerhalb der untersuchten Anlagen kein häufiger Problempunkt.

**Empfehlung für die Anlagenplaner:** Wenn Telefoneschalldämpfer nicht von vornherein vorgesehen (notwendig) sind, sollte nach Möglichkeit eine einfache Nachrüstmöglichkeit vorgesehen werden.



### 3.5.2.9.9 Keine Geräuschbildung durch Körperschallübertragung

Qualitätskriterium 48	Anforderung
Keine Geräuschbildung durch Schwingungen (vibrieren) der Lüftungsrohre bzw. keine Körperschallübertragung durch die Rohre.	a) Schwingungsdämpfende Aufhängung bzw. Befestigung in regelmäßigen Abständen. Zumindest alle 3 Meter.
	b) Keinerlei direkte Verbindung zu Fußboden, Mauerwerk, Rohrleitungen, etc.

#### Positives Beispiel für schwingungsdämpfende Aufhängung



Eine regelmäßige Befestigung mit schwingungsdämpfenden Aufhängungen verhindert die Entstehung bzw. Weiterleitung von Rohrschwingungen.

Abbildung 3.138: Befestigung mit Gummimanschette (Foto stammt noch aus der Bauphase, daher sind die Rohre auch noch ohne Dämmung ausgeführt)

#### Positives Beispiel für sichere Entkopplung vom Mauerwerk:



Bei diesem Beispiel sind zur sicheren schalltechnischen Entkopplung vom Lüftungsrohr zum Gebäude alle Rohre im verbauten Bereich mit einem PE-Schlauch versehen. Die Dämmung der Rohre im (ausgebauten) Keller fehlt hingegen noch.

Abbildung 3.139: Schalltechnische Entkopplung durch Rohrschlauch

**Fazit:** Einfache, kostengünstige Maßnahmen wie z.B. die Schallentkopplung der Lüftungsrohre haben oft eine große Wirkung im schalltechnischen Bereich. Sehr häufig wird aber zu wenig Wert darauf gelegt, bzw. darauf vergessen.

### 3.5.2.9.10 Ausreichende Dämmung der Rohre

Qualitätskriterium 49	Anforderung
Ausreichende Dämmung der kalten Lüftungsrohre bzw. -kanäle im warmen Bereich (innerhalb der Dämmhülle) zur Kondensationsverhinderung. Achtung: gilt auch bei Wanddurchbrüchen.	Mindestens 30 mm mit feuchtebelastbarer Wärmedämmung ( $\lambda$ 0,04 W/m <sup>2</sup> K)
Qualitätskriterium 50a bis 50c	Anforderung
Ausreichende Dämmung der warmen Lüftungsrohre bzw. -kanäle im kalten Bereich (außerhalb der Dämmhülle) zur Vermeidung von Energieverlusten. Achtung: gilt auch bei Wanddurchbrüchen.	a) Lufttemperatur im Rohr bzw. Kanal bis 25°C: mind. 30 mm Wärmedämmung ( $\lambda$ 0,04 W/m <sup>2</sup> K)
	b) Lufttemperatur im Rohr bzw. Kanal über 25°C (Luftheizungen): mind. 60 mm Wärmedämmung (z.B. 2x30 mm) ( $\lambda$ 0,04 W/m <sup>2</sup> K)
	c) Befinden sich Rohre bzw. Kanäle im Boden- bzw. Deckenaufbau nicht völlig innerhalb des warmen Bereiches, sondern direkt in der Dämmebene, so ist das Rohr bzw. der Kanal zumindest mit einer 30 mm dicken Dämmplatte von der Rohdecke zu trennen. ( $\lambda$ 0,04 W/m <sup>2</sup> K)

Eine feuchtebeständige Dämmung von kalten Rohren im warmen Bereich stellt eher die Ausnahmen als die Regel dar. Sehr häufig wird nach Erdwärmetauschern ganz auf die Dämmung verzichtet, da dieser Rohrteil irrtümlich als „warm“ angesehen wird. Ebenso wird teilweise der Keller als kalt betrachtet. Ausschlaggebend ist aber nicht die absolute Temperatur, sondern die Frage, ob die Oberflächentemperatur des Lüftungsrohres derartig unter der Umgebungstemperatur liegt, dass bei der vorhandenen Luftfeuchte Kondensat auftreten kann. Z.B. Keller mit 10°C und 50% relativer Feuchte bedeutet Kondensation außen am Lüftungsrohr bei etwa 0°C.

Wie bei der Heizung ist auch bei der Lüftung die Dämmung der Rohre oft nicht Teil des Angebotes und wird von den Anlagenbesitzern erst nach Jahren (oder gar nicht) nachgerüstet.



Ohne jegliche Dämmung bilden sich auf der Außenseite Tropfen auf den kalten Frischluft bzw. Fortluftrohren. Neben der Materialbelastung werden auch darunter liegende Gegenstände durch die Tropfen beeinträchtigt.

Abbildung 3.140: Kondensattropfen am Frischluftrohr



Eher selten war eine derartig vorbildliche Dämmung eines Frischluftrohres mit feuchtebeständigem Dämmstoff wie im nebenstehenden Bild.

Abbildung 3.141: Feuchtebeständig gedämmte Frischluftansaugung

Unnötige Energieverluste bzw. niedrigere Zulufttemperaturen werden durch ungedämmte warme Rohre (Abluft- bzw. Zuluft) sehr oft in Kauf genommen. Die Auskühlung der Abluft senkt indirekt auch die Zulufttemperatur, da die Bedingungen am Wärmetauscher verschlechtert werden.

Durch die höhere Temperatur im Lüftungsrohr als in der Umgebung (z.B. Keller) besteht keine Kondensationsgefahr.



So vorbildlich gedämmt wie in diesem Beispiel sind nur wenige Anlagen (Der Schalldämpfer hat die Dämmung quasi inkludiert und braucht natürlich nicht zusätzlich gedämmt werden).

Abbildung 3.142: Vorbildlich gedämmte Lüftungsrohre

**Fazit:** Die feuchtebeständige Wärmedämmung der kalten Rohre im warmen Bereich (Keller) bzw. die ausreichende Wärmedämmung der warmen Rohre im kalten Bereich (Keller) wird häufig vergessen bzw. im Bereich der kalten Rohre oft mit nicht geeigneten Dämmstoffen ausgeführt. Einen zusätzlichen Schwachpunkt stellen die Durchbrüche dar, in denen aufgrund des zu klein gewählten Durchmessers des Durchbruches die Dämmung unterbrochen wird.

**Empfehlung für Anlagenplaner:** Die ausreichende bzw. feuchtebeständige Dämmung der Rohre und die Größe der Durchbrüche sollten explizit in die Ausschreibung aufgenommen werden.

### 3.5.2.9.11 Dichte Kanalausführung

<b>Qualitätskriterium Neu 51</b>	<b>Anforderung</b>
<i>Dichte Kanalausführung</i>	<i>Rohre bzw. Kanäle mit Dichtungssystem bzw. Verklebung der Verbindungsstellen mit dauerelastischen Klebebändern (z.B. Kaltschrumpfband - Butylkautschukband)</i>

Undichte Kanäle vermindern die Leistung des Lüftungssystems, da die Luft nicht dort ankommt bzw. abgesaugt wird, wo dies geplant war. Rohrsysteme mit eingebauter Dichtung wurden sehr selten angetroffen. Leider fehlte in vielen Fällen auch die notwendige Abdichtung mit einem dauerelastischem Klebeband z.B. Butylkautschukband. Die häufig vorgefundene, wesentlich kostengünstigere Variante mit PVC-Klebeband kann langfristig nicht empfohlen werden, da das System auch in 40 Jahren noch dicht sein sollte. Leider finden diese kostengünstigen PVC-Klebebänder teilweise auch bei den Herstellern von Schalldämpfern Verwendung. Besonders bei Formteilen von Rechteckkanälen sind teilweise die Formteile systematisch undicht (fertigungsbedingt) und müssten normalerweise erst mühsam vom Installateur abgedichtet werden. Dies geschieht in der Praxis jedoch nicht.

**Positives Beispiel:** Rohrsystem mit speziellem, doppeltem Dichtungssystem

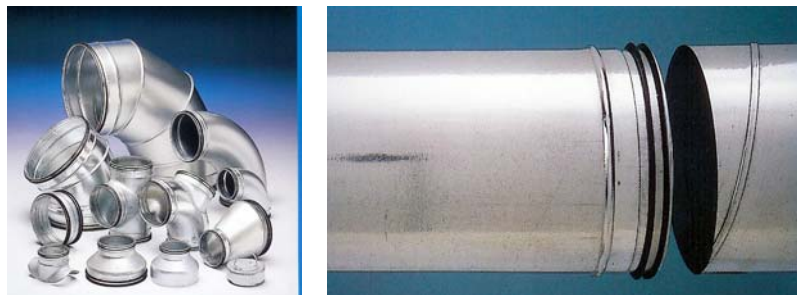


Abbildung 3.143 a-b: Rohrsystem mit Dichtungssystem (Quelle: Fa. Pichler)

**Fazit:** Sparmaßnahmen bzw. schlampige Verarbeitung im Bereich der Dichtheit des Rohrsystems, wie sie häufig angetroffen wird, wird langfristig mit einer ineffizienteren Betriebsweise bezahlt.

**Empfehlung für den Anlagenplaner:** Art der Dichtung bzw. Art des Klebebandes sollten schon in der Ausschreibung fixiert werden. Vor der endgültigen Verbauung der Lüftungsrohre sollte eine Sichtkontrolle vorgenommen werden. Bestehen Zweifel an einer sauberen Ausführung ist ergänzend eine Dichtheitsprobe des Rohrsystems zu verlangen.

### 3.5.2.9.12 Fachgerechte Einregulierung

Qualitätskriterium 52a, 52b	Anforderung
Fachgerechte Einregulierung der Anlage	a) Unbedingt notwendig, wenn keine Konstantvolumenstromregler eingebaut sind. Nachvollziehbares Einregulierungsprotokoll. b) Bei Konstantvolumenstromreglern muss zumindest ein Rohrstrang der Zu- bzw. Abluft ohne KVR ausgeführt sein. (z.B. Wohnzimmer bzw. Küche)

Die Einregulierung wurde in vielen Fällen nicht vorgenommen bzw. wurde diese nicht dokumentiert und somit auch die entsprechenden Ventilstellungen nicht vermerkt bzw. fixiert. Es zeigte sich bei der Evaluierung auch, dass die notwendigen Bohrungen für die Messsonden meist nicht vorhanden waren. Viele Installateure verfügen, nach eigenen Aussagen, auch gar nicht über die entsprechende Messausrüstung (z.B. Messtrichter zur Luftmengenbestimmung).

Wenn die Nutzer nicht darüber informiert wurden, wie sich das Verstellen eines Ventils auf die anderen Ventile auswirkt, kam es sehr häufig zu Manipulationen, die am Ende meist unbeabsichtigt völlig veränderte Luftmengen zur Folge haben. Eine Abhilfe für dieses Problem stellen Konstantvolumenstromregler in den Lüftungsrohren bzw. in der Verteilerbox dar.



Nur bei wenigen Anlagen waren Drosselklappen in einzelnen Strängen eingebaut, die jedoch meist in der Stellung „ganz offen“ waren. In der Praxis zeigt sich, dass eine Drosselung nur bei sehr unterschiedlichen Druckabfällen in den Strängen erforderlich ist. Eine Ausnahme stellen Quellluftauslässe und manche Weitwurfdüsen dar, die eine Einregulierung jedes Auslasses erfordern.

Abbildung 3.144: Drosselklappe zur Strangregulierung

### **Erfahrung aus der Evaluierung mit Konstantvolumenstromreglern (KVR):**

Die in der Evaluierung gemessenen Luftmengen bei den KVRs stimmten relativ gut mit den Werksangaben überein. Wenn die Lüftungsanlage auch über dem Nennvolumenstrom (Intensivstufe) betrieben wird, dürfen die KVRs jedoch nicht in alle Leitungen eingebaut werden. Ansonsten kommt es bei der Intensivstufe zu einem gegeneinander Arbeiten des Lüftungsgerätes und des KVRs, da die KVRs auf den Nennvolumenstrom ausgelegt sind, das Lüftungsgerät hingegen versucht, eine höhere Luftmenge (100% statt 70% des maximalen Volumenstroms, siehe Qualitätskriterium 26) zu fördern. Die Lüftungsanlage fährt daher bis zur Leistungsgrenze hoch und wird entsprechend laut, ohne dass es zu einem erhöhten Luftwechsel kommt. Dieser Effekt wurde in dieser Evaluierung bei einer Anlage beobachtet. Das Gerät wurde zwar wesentlich lauter und der Strombedarf stieg deutlich an, die Luftmengen erhöhten sich jedoch nur geringfügig. Nach dem Ausbau je eines KVRs aus der Zuluft (Wohnzimmer) und der Abluft (Küche) lief die Anlage wie gewünscht und die erhöhten Luftmengen gingen fast ausschließlich in den Wohnbereich (Zuluftstrang ohne KVR).

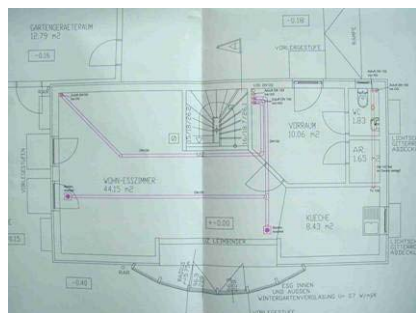
Diese Konzentration erhöhter Luftmengen auf ein Ventil bedeutet einerseits einen Vorteil, da die erhöhten Luftmengen gezielt in einen Raum geleitet werden können, andererseits muss man diese erhöhten Luftmengen für einen Raum auch bei der Ventilauslegung berücksichtigen, damit es nicht zu einer unzulässigen Geräuschbildung bei der höheren Betriebsstufe kommt.

**Fazit:** Grundsätzlich kann man den gezielten Einbau von KVRs aus den Erfahrungen dieser Evaluierung begrüßen. Er vereinfacht bzw. erübrigt die Einregulierung und sichert auf einfache Weise konstante Luftmengen. Eine Kontrolle der Luftmengen sollte aber auf alle Fälle vorgenommen werden.

**3.5.2.9.13 Druckverlustberechnung, Schalldämpferauslegung, Verlegeplan**

<b>Qualitätskriterium Neu 53</b>	<b>Anforderung</b>
Konkrete Druckverlustberechnung bzw. Optimierung der Druckverluste	Berechnung der Druckverluste in den einzelnen Strängen. Optimierung des „kritischen“ Stranges bzw. Bestimmung der Voreinstellung der Ventile bzw. Drosseleinrichtungen.
<b>Qualitätskriterium Neu 54</b>	<b>Anforderung</b>
Konkrete Berechnung der notwendigen Schalldämpfer	Berechnung der notwendigen Schalldämpfer bzw. Verwendung eines auf das Gerät abgestimmten Schalldämpfersystems
<b>Qualitätskriterium Neu 55</b>	<b>Anforderung</b>
Genauer Verlegungsplan und nachvollziehbare. Anlagenausführung bzw. Anlagendetails	a) Verlegungsplan mit Rohrquerschnitten, Luftmenge, Luftgeschwindigkeit,....
	b) Fotodokumentation der Rohrleitungen bzw. der später nicht sichtbaren Anlagendetails.

Konkrete Druckverlustberechnungen bzw. Schalldämpferauslegungen findet man fast ausschließlich bei Systemanbietern, die auch eine Dimensionierung der Anlagen vornehmen. Der Installateur baut diese dann nach dessen Vorgaben ein. Viele Anlagen verfügen über keinerlei Druckverlustberechnung bzw. Schalldämpferauslegung. Der Kunde hat auch nach der Übergabe der Anlage nichts Schriftliches in den Händen.



Ebenso verfügen nur sehr wenige Kunden über die Verlegepläne der Lüftungsrohre. Dieses nebenstehende Beispiel stellt eine Ausnahme dar.

Abbildung 3.145: Einfacher Verlegeplan für die Lüftungsrohre

**Fazit:** Mangelnde Berechnungen, auch von wesentlichen Auslegungsparametern, sowie die Nichtaushändigung der Verlegepläne bzw. Dokumentationsfotos sind leider nicht nur im Lüftungsbereich die gängige Praxis. Kunden sollten entschlossener ihre an sich ja bezahlten Leistungen einfordern und eine vollständige Dokumentation für spätere Umbauten, Sanierungen oder Adaptierungen sicherstellen.



## **3.6 Sonstige Evaluierungsaspekte**

### **3.6.1 Regelung- bzw. Steuerungen**

Die verschiedenen Regelparameter von Lüftungsanlagen weisen in der Praxis noch einige Verbesserungsmöglichkeiten auf. Bei einer Anlage war der Bypass für den Wärmetauscher falsch geregelt und der Wärmetauscher wurde bei tiefen statt bei hohen Außentemperaturen umgangen. Aufgrund der Nachheizung blieb die Fehlfunktion bis zu dieser Evaluierung unbemerkt. Aber auch ohne Fehlfunktion bzw. Fehleinstellung ist es gar nicht so leicht die optimale und dennoch einfache und kostengünstige Regelstrategie zu finden. Daher einige kurze Gedankenansätze.

#### **3.6.1.1 Bypass zur Umgehung des Erdwärmetauschers**

Diese Funktion ist grundsätzlich aus zweierlei Hinsicht wünschenswert. Zum einen kann in der Übergangszeit verhindert werden, dass der EWT bei Heizbedarf kühlt bzw. bei Kühlbedarf „heizt“. Zum anderen soll im Sommerbetrieb die kühle nächtliche Außenluft (die Temperatur des Erdreiches liegt im Sommer teilweise über der Lufttemperatur in der Nacht) nicht durch das Erdreich aufgewärmt werden.

Die Regelung für den EWT-Bypass sollte daher in der Heizperiode überprüfen, ob die Außenluft wärmer ist als die Frischluft nach dem Erdwärmetauscher, oder nicht. In der Praxis hat sich dabei bewährt, dass man dazu für den Winterbetrieb eine fixe Temperaturgrenze festlegt, ab der der Erdwärmetauscher umgangen wird. In der Regel liegt dieser Grenzwert in einem Bereich von 5 bis 8°C, je nach örtlichen Rahmenbedingungen (Klima, Erdreich, EWT-Dimensionen, etc.) Richtwert bei etwa 5°C. D.h. unter einem Außentemperaturniveau von 5 – 8°C wird die Luft über den EWT geführt, darüber direkt über den Bypass angesaugt.

Im Sommer ist auf die richtige Kombination einer Umgehung des EWT und einer Umgehung des Gerätewärmetauschers zu achten. Es ist ein vernünftiger Kompromiss zu finden, zwischen einer Hitzeperiode bzw. den Nachttemperaturen innerhalb einer Hitzeperiode, in der die Temperatur eher niedrig angesetzt werden müsste (z.B. 16°C; mit der Aufwärmung durch den Lüftermotor ergibt sich eine behagliche Zulufttemperatur von 17°C auch bei Umgehung des Gerätewärmetauschers), und einer kälteren Sommerperiode, in der sie eher höher ansetzt sein müsste (z.B. 20-22°C), wenn der Gerätewärmetauscher umgangen wird. Einen möglichen Kompromiss stellt eine Temperatur von 18°C dar, über der die Luft über den EWT geführt wird.

Da damit gerechnet werden muss, dass bei einer händischen Umstellung der Umschalttemperatur für Winter und Sommer diese Umstellung vergessen werden könnte, sollte man bei einer Regelung gleich beide Werte einstellen können, sodass der EWT z.B. zwischen 8 und 18°C umgangen wird und somit bei Temperaturen unter 8° bzw. über 18°C durchströmt wird.



**Fazit:** Genau genommen müsste man die Temperatur des Erdreiches und die mittlere Tagestemperatur bzw. die Lufttemperatur im Haus (Kühlbedarf oder Wärmebedarf) in die Regelstrategie einbeziehen. Dies ist jedoch im Vergleich mit dem zusätzlichen Nutzen viel zu aufwändig. Der Bypass für den EWT bringt zwar theoretische Vorteile, diese werden aber durch mögliche Fehler in der Regelstrategie - undichte Umstellklappen oder einen durch Fehlbedienung bzw. Fehlfunktion nicht mehr 100%ig gegebenen Frostschutz - wieder kompensiert. Solche Investitionen für einen EWT-Bypass sollte man sich aufgrund der Erfahrungen aus dieser Evaluierung daher gut überlegen. EWT die längere Zeit nicht durchströmt werden, bergen aufgrund der stehenden Luft zudem ein zusätzliches hygienisches Risiko.

### 3.6.1.2 Bypass zur Umgehung des Wärmetauschers im Gerät

Beim Sommerbypass für das Lüftungsgerät ist zu unterscheiden, ob die Anlage mit oder ohne EWT betrieben wird. Bei Anlagen ohne EWT sollte ab einer bestimmten Frischlufttemperatur z.B. 16 - 20°C der Wärmetauscher umgangen werden. Genau genommen müsste jedoch bei Anlagen ohne EWT bei sehr hohen Tagestemperaturen der Bypass wieder schließen, wenn die Abluft aus dem Haus aufgrund der nächtlichen Kühlung etwas kühler als die Frischluft am Tag ist, um die Frischluft über die Abluft etwas abzukühlen. Diese Regelstrategie wird jedoch von den wenigsten Gerätehersteller unterstützt.

Bei Anlagen mit EWT ist die Frischluft nach dem EWT in der Regel kühler als die Abluft, sodass die Festlegung einer unteren Grenze, ab der der Bypass öffnet, ausreicht. Bei einer Anlage mit gesteuertem EWT hängt dies direkt mit den beim EWT gewählten Steuerungsparametern zusammen. Bei Anlagen ohne gesteuerten EWT wird für die Sommerzeit die Temperaturgrenze z.B. mit 16°C gewählt, damit nach dem Lüftermotor immer eine behagliche Zulufttemperatur von 17°C zur Verfügung steht. Zu hohe Temperaturwahl bedeutet einen Verlust beim Kühleffekt – zu niedrige Temperaturwahl bedeutet eventuell unbehagliche Zulufttemperaturen und Effizienzverluste in der Übergangszeit.

**Forschungsbedarf:** Eine sauber durchdachte und anschließend durch Simulationen überprüfte optimale Regelstrategie für Wohnraumlüftungsanlagen und die Kombination von EWT und Sommerbypass sowie die wissenschaftliche Ableitung von einfachen teilloptimierten Kompromisslösungen ist den Autoren bisher nicht bekannt. Eine Regelung der Luftmengen über CO<sub>2</sub>-Fühler bzw. Mischgasfühler wurden bei dieser Evaluierung nicht angetroffen. Auch hier besteht noch einiges an Forschungs- bzw. Entwicklungspotenzial für deren optimalen Einsatz.

### **3.6.2 Kostenbetrachtungen bei Lüftungsanlagen**

Neben der technischen Funktionstüchtigkeit spielen für die Umsetzung von Wohnraumlüftungsanlagen bei Bauherren und Bauträgern die zusätzlichen Investitionskosten eine wesentliche Rolle. Generell gab es keinen Nutzer, der die Investition in eine Lüftungsanlage bereute. Bezeichnenderweise auch dann nicht, wenn die Lüftungsanlage doch einige technische Mängel aufwies.

Die Investition in eine Lüftungsanlage ist vor allem eine Investition in Komfort, Gesundheit und Umweltschutz. Die Energieeinsparungen übersteigen zwar die laufenden Kosten für Filter und Strom, eine wirtschaftliche Amortisation der gesamten Anlage ist bei den derzeitigen Energiepreisen jedoch nicht zu erwarten. Wird eine Zu- und Abluftanlage (z. B. mit konventioneller Nachheizung auf Komforttemperatur) aus Komfortgründen und aus Gesundheitsaspekten vorausgesetzt, so ist die zusätzliche Investition in den Wärmetauscher auf alle Fälle wirtschaftlich. D.h. man muss die Investition in die Wärmerückgewinnung (Wärmetauscher) und die Investition in Komfort und Gesundheit (Zu- und Abluftanlage) trennen.

Die Investition von ca. 6.000,-- bis 10.000,-- Euro (inkl. MWSt.) für eine Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung ist eine Investition, die im Grunde vergleichbar ist mit der Anschaffung einer Zentralheizungsanlage vor 35 Jahren. Dabei wurden Einzelöfen durch eine komfortable, energiesparende, zentrale Beheizung ersetzt. Bei der Wohnraumlüftung wird energieintensives, händisches Lüften mit dem Fenster durch eine komfortable und energiesparende Lüftungsanlage ersetzt. Genauso wie heute keiner mehr auf eine komfortable Heizung verzichten möchte, werden in Zukunft nur wenige auf eine komfortable Lüftung verzichten wollen.

Zudem steigert die Lüftungsanlage den zukünftigen Wert des Gebäudes. Genauso wie sie heute bei einem Haus ohne komfortables Heizungssystem eine Wertminderung ansetzen, werden Gebäude ohne Lüftungsanlage in 20 Jahren als mangelhaft ausgestattet bewertet werden. Außerdem ist zu bedenken, dass durch die notwendigen Rohrquerschnitte eine Lüftungsanlage wesentlich schwieriger nachzurüsten ist als eine Zentralheizung. Die kostengünstigste Chance besteht nur beim Neubau, einem Umbau bzw. einer umfassenden Sanierung eines Gebäudes.

## 4 Zusammenfassung der häufigsten Fehler

Insgesamt zeigt die Evaluierung, dass die Lüftungsgeräte in den wenigsten Fällen Anlass von Kritik bieten, da durchwegs hochwertige Geräte eingebaut wurden. Die Probleme der Anlagen liegen meist in der allgemeinen Konzeption, in unzureichenden Anlagenkomponenten und in steuerungstechnischen Bereichen.

Vielfach ergeben sich Probleme bzw. unnötige Kosten durch eine zu späte Entscheidung für eine Wohnraumlüftung. Es müssen dann z.B. Durchbrüche nachgebohrt oder gestemmt werden, die Fußbodenaufbauten sind zu gering bemessen, Überströmöffnungen in Türen nicht integriert und die Rohrleitungsführung kann meist nicht optimal gelöst werden. Die zeitgerechte Abstimmung der Gewerke (Erdarbeiten mit Integration des EWT, Keller mit Durchbrüchen für EWT, ...) ist ein weiterer wesentlicher Erfolgsfaktor für eine gute und dennoch kostengünstige Lösung.

### 1.) Die 7 Hauptfehler in der Gesamtkonzeption:

1. Häufigste Kritikpunkte bei den Anlagen sind Lärmprobleme aufgrund ungenügender Dimensionierung der Rohr-, Filter bzw. Ventilquerschnitte (hoher Druckverlust) oder fehlender Schalldämpfer. Um die Lärmprobleme zu reduzieren, werden häufig die Luftmengen reduziert und die Anlagen können ihren eigentlichen Zweck nicht mehr voll erfüllen.
2. Die Luftführung in den Wohnungen, d.h. die Raumdurchströmung, ist bei einigen Anlagen nur bedingt gegeben, wobei es hier immer einen akzeptablen Kompromiss zwischen Installationsaufwand und optimaler Raumdurchströmung geben muss.
3. Die Einregulierung der Luftmengen wird sehr oft nicht entsprechend durchgeführt.
4. Luftmengen sind besonders in den Bereichen Schlafzimmer, Küche und Bad oft zu gering dimensioniert.
5. Die mögliche Beeinflussung von Feuerstellen im Wohnraum durch Lüftungsanlagen wurde häufig nicht beachtet. Insbesondere auf eine mögliche Nachrüstung von Feuerstellen wird nicht Bedacht genommen.
6. Integration der Dunstabzugshaube in die Lüftung oder direkt nach außen (anstatt Umlufthaube mit Fett- und Aktivkohlefilter)
7. Die Überströmöffnungen werden oft sehr stiefmütterlich behandelt. Teilweise sind diese überhaupt nicht vorhanden, zu gering dimensioniert oder an den falschen Plätzen angebracht.

## 2.) Die 10 häufigsten Fehler bei einzelnen Anlagenteilen

1. Mangelhafte Luftansaugung mit zu hohem Druckverlust
2. Kein Kondensatablauf beim Erdwärmetauscher bzw. Lüftungsgerät
3. Keine Feuchteisolation der kalten Rohre (Frischlufte und Fortlufte) bzw. keine Dämmung der warmen Rohre (Zuluft und Ablufte) im Keller
4. Zu geringe Filterqualität und schlechte Wartung der Filter (meist nur G3/G4)
5. Anlagen ohne Konstantvolumenstromregelung sind fast nie ausbalanciert (aber auch KV-geregelte Anlagen haben diesbezüglich teilweise Probleme)
6. Keine Anzeige für Filterwechsel im Wohnraum
7. Fehlende bzw. ungenügende Schalldämpfer (Geräteschalldämpfer und Telefoneschalldämpfer)
8. Ungenügende Rohrquerschnitte (zu hohe Luftgeschwindigkeiten)
9. Ungeeignetes Verrohrungsmaterial (flexible Schläuche)
10. Falsche bzw. zu kleine Ventile (z. B. reine Ablufteventile für die Zuluft)

## 3.) Schallbelästigungen – die häufigsten Fehler

Die wesentlichen Ursachen für Schallbelästigung im Wohnbereich sind:

- Zu hohe Druckverluste im Lüftungssystem (Ursachen siehe Punkt 4)
- Lautes Lüftungsgerät
- Fehlender bzw. nicht auf das Gerät abgestimmter oder zu kurzer Schalldämpfer bei der Zuluft und der Ablufte (Fortlufte bzw. Frischlufte sind nur bei Ansaug- bzw. Fortluftestellen in der Nähe von Aufenthaltsbereichen bzw. Fenstern kritisch und müssen dann ebenfalls mit Schalldämpfern ausgerüstet werden.)
- Fehlender Segeltuchstützen zur Verhinderung von Körperschallübertragung (insbesondere bei Anlagen mit Wärmepumpe) auf die Lüftungsrohre
- Vergessene Schwingungsdämpfer bei der Geräteaufstellung bzw. Aufhängung
- Vibrierende Rohre aufgrund ungenügender Befestigung mit Schallentkopplung
- Lüftungsrohre, die vom Bauwerk nicht schalltechnisch entkoppelt wurden (Rohre mit direktem Kontakt zum Mauerwerk bzw. zur Gebäudekonstruktion, insbesondere bei Mauerdurchbrüchen und im Fußbodenbereich)
- Scharfe Kanten bei Rohr-Verbindungen bzw. Formteilen
- Zuluftauslässe mit strömungsgünstigen Einbauten (insbesondere bei Bodenauslässen mit Schmutzfänger)
- Zu hohe Luftgeschwindigkeit vor Ventilen
- Verwirbelungen kurz vor bzw. nach Ventilen (Abzweiger oder Umlenkungen)
- Fehlende Telefoneschalldämpfer

#### 4.) Zu hohe Druckverluste entstehen meist durch:

- Einfaches Ansauggitter (Gitterfläche entspricht nur dem Rohrquerschnitt)
- Verschmutztes Fliegengitter bei der Ansaugung
- Frischluftfilter mit Filterfläche nur entsprechend dem Rohrquerschnitt
- Verschmutzter Filter bei der Frischluftansaugung
- Zu langer EWT (max. 45 bis 50 Meter)
- Zu kleiner Rohrdurchmesser beim EWT (zumindest 200 mm bei EFH)
- Verschmutzte Gerätefilter (Zu- bzw. Abluft)
- Zu kleine Rohrdurchmesser (kleinster Rohrdurchmesser bei einer Lüftungsanlage sollte 100 mm sein, 80 mm nur in Ausnahmefällen: z. B Sanierung,
- Unnötig lange Lüftungsleitungen aufgrund schlechter Raum- (Neubau) und Verteilkonzepte
- Flexible Schläuche mit nicht glatter innerer Oberfläche (z.B. Aluflexschläuche)
- Zusätzlich gequetschte flexible Schläuche
- Umrechnung der erforderlichen Rechteckquerschnitte erfolgte nicht über den hydraulischen Durchmesser, sondern über gleiche Luftgeschwindigkeit
- Formteile mit hohen Druckverlusten (eckige bzw. „enge“ Formteile)
- Zu wenige, zu kleine, ungeeignete bzw. falsch eingestellte Zuluftventile
- Zu kleine Überströmöffnungen
- Zu wenige, zu kleine, ungeeignete bzw. falsch eingestellte Abluftventile
- Verschmutzte Filter bei den Abluftventilen
- Zu kleiner Rohrdurchmesser bei der Fortluft (zumindest 160 mm für EFH)
- Einfaches Fortluftgitter (Gitterfläche entspricht nur Rohrquerschnitt)
- Verschmutztes Fliegengitter beim Fortluftauslass

#### 5.) Hoher Strombedarf:

Zu hohe Stromverbräuche haben zwei Hauptursachen:

- Ventilatoren mit Wechselstrommotoren
- Hohe Druckverluste im Lüftungssystem

Die Einsparungen an Heizenergie betragen, auch bei Anlagen mit eher hohen Stromverbräuchen, ein mehrfaches des elektrischen Strombedarfes. Die besten Anlagen sparen über 15mal mehr Heizenergie als Strom für das Lüftungsgerät benötigt wird.

## 6.) Probleme bei Regelung bzw. Steuerung

Hier herrscht teilweise Unsicherheit darüber, welcher (individuelle) Wert wie eingestellt werden sollte.

- Einstellmöglichkeiten für die Umgehung des Erdwärmetauschers?
- Temperatur für die Umgehung des Gerätewärmetauschers?
- Welche Lüftungsstufe zu welcher Tageszeit?

Händisch umzustellende Systeme zur Umgehung des Erdwärmetauschers bzw. des Wärmetauschers im Lüftungsgerät bewähren sich in der Praxis nicht.

## 7.) Mangelhafte Abstimmung der Gewerke

In der besseren Abstimmung der Gewerke ist noch ein beträchtliches Kostensparpotenzial vorhanden. Die wesentlichen Beteiligten:

- Architekt (Gesamtplanung bzw. Koordination)
- Facility Manager (Planungs- bzw. Ausführungsbegleitung mit besonderem Augenmerk auf spätere Betriebsführung)
- Lüftungsplaner (Gesamtkonzept der Lüftung)
- Baumeister (EWT, Durchbrüche)
- Installateur (Ausführung bzw. Planung, Kondensatabfluss)
- Elektriker (elektr. Anschluss bzw. Steuereinheit)
- Tischler bzw. Innenausstattung (Überströmöffnungen, Dunstabzugshaube)

So sollte dadurch z.B. vermieden werden, dass:

- EWT mit hohen Kosten eigens gegraben werden müssen
- Durchbrüche zu klein gebohrt werden (inkl. Platz für Wärmedämmung)
- Kondensatabflüsse vergessen werden
- Feuerstellen im Wohnraum ohne lüftungsunabhängige Zuluft ausgeführt werden
- zu kleine Überströmöffnungen verwirklicht werden
- Lüftungsbauer mit ihren Lüftungsrohren systematisch die Luft- und Winddichte durchstoßen
- Elektriker die Lüftungsrohre für das Einziehen von vergessenen elektr. Leitungen nutzen
- Tischler beim Einbau der Küche die Umlufthaube in eine nach außen geführte Ablufthaube umwandeln
- ...

## 5 Schlusswort

Die Evaluierung zeigt, dass im Zusammenhang mit Wohnraumlüftungen, trotz meist zufriedener Nutzer, doch noch einiges an Verbesserungspotenzial vorhanden ist. Die Fehler sind oft trivial und lassen sich vielfach auf mangelnde Erfahrung der planenden bzw. ausführenden Firmen sowie auf Ausbildungsdefizite der Mitarbeiter zurückführen. Um den Ausbildungsstand deutlich anzuheben, sollte daher, wie im Bereich Wärmepumpen oder Biomasseheizungen schon erfolgreich praktiziert, ein zertifiziertes Qualifizierungsprogramm für Planer und Installateure entwickelt und österreichweit angeboten werden.

Neben der Weitergabe der wesentlichen Planungsgrundsätze und der bisherigen Erfahrungen mit Wohnraumlüftungen ist aber auch noch ein beträchtlicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf in diesem Bereich gegeben. Dies gilt einerseits für optimierte Einzelkomponenten und noch mehr für abgestimmte Systemkomponenten und Systeme zur nachträglichen Installation (Althausanierung).

Auch in Bezug auf gesetzliche Bestimmungen (z. B. luft- und winddichte Gebäudehülle, raumluftunabhängige Feuerstellen im Wohnraum) ist rund um das Thema Wohnraumlüftung noch Handlungsbedarf gegeben. Die diesbezüglichen Aspekte sind bei den entsprechenden Punkten angesprochen.

Es ist zu hoffen, dass sich mit der zunehmenden Akzeptanz und Verbreitung von Wohnraumlüftungsanlagen auch in anderen Bereichen, insbesondere im Schulbereich, mechanische Lüftungsanlagen durchsetzen werden bzw. sogar verpflichtend vorgeschrieben werden. Gesundheitsaspekte, Lernerfolg und Energieersparnis würden in diesem Bereich besonders zum Tragen kommen.

Neben dem Aufzeigen von Fehlern und guten Einzelbeispielen wurde im Rahmen dieser Arbeit ein umfangreicher Kriterienkatalog erarbeitet, der es den Kunden ermöglichen soll, die entsprechende Anlagenqualität einzufordern (Ausschreibung) und auch zu kontrollieren. Den Firmen wird dadurch ein grober Leitfaden für die Erreichung einer hohen Anlagenqualität und Kundenzufriedenheit in die Hand gegeben.

Wir bedanken uns bei allen Unterstützern und Anlagenbesitzern, die uns ihre Zeit zur Verfügung gestellt haben, und hoffen, dass diese Arbeit zur weiteren Steigerung der Anlagenqualität beiträgt und viele - noch zufriedenerere - Nutzer nach sich zieht.

Das Projektteam:

- DI Andreas Greml (Projektleitung) - FHS-KufsteinTirol
- DI Ernst Blümel - AEE INTEC
- DI Roland Kapferer – ENERGIE TIROL
- Ing. Wolfgang Leitzinger – Arsenal Research

Rückmeldungen, Ergänzungen, Lob, Tadel... bitte an: [andreas.greml@fh-kufstein.ac.at](mailto:andreas.greml@fh-kufstein.ac.at)

## 6 Literaturverzeichnis

- BINE Informationsdienst: 2/00 Raumluftkonditionierung mit Erdwärmetauschern,  
www.bine.info bzw. <http://194.175.173.199/pdf/publikation/bi0200.pdf>
- DIN 1946-6: Raumlufttechnik, Lüftung von Wohnungen, Anforderungen, Ausführung,  
Abnahme, (1998)
- ENERGIE Tirol, Beratung - Forschung – Förderung, Andreas Greml, EQ – Kriterien-  
katalog, (2002)
- ENERGIE Tirol, Beratung - Forschung – Förderung, Andreas Greml, Energiesparin-  
formation, kontrollierte Wohnungslüftung, 3. Auflage, (2000)
- ENERGIE Tirol, Beratung - Forschung – Förderung, Erwin Schwarzmüller, Wärme-  
brücken, Luft und Winddichte (1999)
- ENERGIE Schweiz, Komfortlüftung, Technische Ergänzungen zum Planer-Kit, (2000)  
[www.energie-schweiz.ch/imperia/md/content/gebudeanlagen/produkteplattform/besteller-kit/5.pdf](http://www.energie-schweiz.ch/imperia/md/content/gebudeanlagen/produkteplattform/besteller-kit/5.pdf)
- EHA: Handbuch Niedrigenergiehaus, Energie-Verlag GmbH, (1992)
- FEIST Wolfgang: (Hrsg.) Das Niedrigenergiehaus – Neuer Standard für energiebe-  
wusstes Bauen, 4.Auflage, C.F.Müller, (1997)
- Feist Wolfgang: (Hrsg.) Protokollband Nr. 23, Einfluss der Lüftungsstrategie auf die  
Schadstoffkonzentration und –ausbreitung im Raum (2003) [www.passiv.de](http://www.passiv.de)
- FINK Christian: AEE Intec, Reise – ISE-Frauenhofer-Institut: Handbuch zur Planung  
und Ausführung von luftdurchströmten Erdreichwärmetauschern für Heiz-  
und Kühlanwendungen, (2001)
- FASHBACK Fa.: Produktkatalog Schalldämpfer , Wollinger str. 51, 10 435 Berlin  
[http://www.flashback.de/base.php?&subrubrik\\_id=89&subsubrubrik\\_id=3](http://www.flashback.de/base.php?&subrubrik_id=89&subsubrubrik_id=3)
- FLÜCKIGER Barbara: Dipl. Natw. ETH, Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie,  
Fachbereich Umwelthygiene, ETH Zürich Dissertation – Mikrobielle Untersu-  
chung von Luftansaug-Erdregistern, (1997)



Gabernig Heinz: Energie- und Klimatechnik, Ausgabe 1995

Hauptberatungsstelle für Elektrizitätsanwendungen (HEA): Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung, Fachinformation 1 und 2 (1995), ISBN 3-8022-0322-4 bzw. 3-8022-0317-8

HOLBACH - Umweltanalytik: Messung der Kleinionen in der Raumluft; Sperberweg 3, D-66687 Wadern,  
[www.umweltanalytik-holbach.de/Kleinionen\\_in\\_der\\_Raumluft.pdf](http://www.umweltanalytik-holbach.de/Kleinionen_in_der_Raumluft.pdf)

HUMM Othmar: (Hrsg.) NiedrigEnergie- und PassivHäuser, Konzepte, Planung, Konstruktionen, Beispiele, ökobuch Verlag, (1998)

KROBATH: Krobath Protech GmbH, Produktkatalog (2002)

KUNESCH Rudolf: Dr. Dipl.-Ing. Technisches Büro-Ingenieurbüro, Ziviltechniker, 4800 Attnang Puchheim, Schulungsunterlagen TGA, FHS-Kufstein (2003)

MÜRMAN H.: Wohnungslüftung, kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung; Systeme – Planung – Ausführung, C.F.Müller Verlag, (1994)

PAUL-Lüftung GmbH: Planungs- und Auslegungshinweise, D-08132 Mülsen, Vettermannstr. 1-5  
[www.paul-lueftung.de/download/10\\_Planung\\_und\\_Auslegungshinweise.pdf](http://www.paul-lueftung.de/download/10_Planung_und_Auslegungshinweise.pdf)

PICHLER-Lufttechnik: Gesamtkatalog 2002, A-9021 Klagenfurt, Karlweg 5  
[www.pichlerluft.at](http://www.pichlerluft.at)

RECKNAGEL, Sprenger, Schramek, Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik 01/02 Oldenbourg

ROHRACHER Harald, Brigitte Kukovetz, IFZ (Interuniversitäres Forschungszentrum für Technik, Arbeit und Kultur): Akzeptanzverbesserung bei Niedrigenergiehaus-Komponenten, Endbericht, Graz (2001)

SCHULZE/DARUB (Hrsg.): Passivhausprojektbericht - Ionenzusammensetzung, Fürth 2002; AnBUS e.V

TZWL – Europäisches Testzentrum für Wohnraumlüftungsgeräte e.V.: Prüfrelement für die Prüfung von zentralen Wohnraumlüftungsgeräten, [www.tzwl.de](http://www.tzwl.de)

UTTlinger AG: Hohenrechbergstr. 12 81245 München, Produktkatalog [www.uttlinger.com](http://www.uttlinger.com)

VOGLER/LAASCH: Haustechnik; Grundlagen – Planung – Ausführung, B.G. Teubner Stuttgart (1994)

VORNORM ÖNORM H6038, Lüftungstechnische Anlagen – Kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung, Planung, Montage, Prüfung, Betrieb und Wartung, (2002)

Wehinger Günter: EEB - Energieeffizientes Bauen, Technisches Büro - Ingenieurbüro, 6020 Innsbruck, Schulungsunterlagen, Energieberaterausbildung Energie Tirol (2000) [www.eeb.at](http://www.eeb.at)

Westaflex GmbH: D-33334 Gütersloh, Thaddäusstraße 5, [www.westaflex.com](http://www.westaflex.com) „Planung und Projektierung“

WITTHAUER/Horn/Bischof: Raumluftqualität, Belastung, Bewertung, Beeinflussung, C.F.Müller Karlsruhe, (1993)

ZELLER/BIASIN: Luftdichtigkeit von Wohngebäuden, aktuelles Basiswissen zum Thema Luftdichtheit, Energie – Verlag Heidelberg 1996

## 7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Lüftungsgerät mit PE-Verrohrung (Kondensatablauf fehlt) .....	14
Abbildung 1.2: Lüftungsgerät mit Metallverrohrung (Kondensatablauf nur provisorisch gelöst).....	14
Abbildung 2.1: Vergleichseinheit für die Verschmutzung der Luft „olf-Wert“ (Recknagel 01/02).....	19
Abbildung 2.2: Abhängigkeit des Geruchspegels und der Unzufriedenheit. (Recknagel 01/02) .....	20
Abbildung 2.3: Behaglichkeit in Abhängigkeit von Raumlufttemperatur und mittlerer Oberflächentemperatur umschließender Flächen (Recknagel 01/02) .....	21
Abbildung 2.4: Diagramm mit eingetragenem Behaglichkeitsfeld abhängig von Temperatur und Feuchte. (Heinz Gabernig, Energie- und Klimatechnik, Ausgabe 1995) .....	22
Abbildung 2.5: Ausgleichsfeuchte bei unterschiedlichen Außentemperaturen und Feuchtelasten (arsenal research) .....	23
Abbildung 2.6: Diagramm mit eingetragenem Behaglichkeitsfeld abhängig von Lufttemperatur und Luftgeschwindigkeit. (DIN 1946-2) .....	24
Abbildung 2.7 Abnahme der Ionenkonzentration durch Rauchen (Umweltanalytik Holbach) .....	26
Abbildung 2.8 Abnahme der Ionenkonzentration durch einen Bildschirm (Umweltanalytik Holbach) .	26
Abbildung 2.9: Fugenlüftung (Feist, Niedrigenergiehaus, 1997).....	28
Abbildung 2.10: Thermikbedingte Selbstlüftung durch Fugen im Vergleich zur der notwendigen Luftwechselrate. (Feist, Niedrigenergiehaus, 1997).....	28
Abbildung 2.11: Arten der Fensterlüftung (Holm, Fraunhofer Institut) .....	29
Abbildung 2.12: Titelbild der Broschüre: Energiesparen durch richtiges Lüften (ENERGIE TIROL)....	30
Abbildung 2.13: Einzelschachtanlage, Lüftung fensterloser Bäder und Toilettenräume nach DIN 18017-1 (Vogler/Laasch, Haustechnik: Grundlagen-Planung-Ausführung, 1994).....	31
Abbildung 2.14: Jahresmittel der Radonbelastung (Austrian Radon Projekt).....	33
Abbildung 2.15: Außenluftdurchlass im Schnitt (Quelle: Fa. Pichler) .....	34
Abbildung 2.16: Außenluftdurchlass (Quelle: Fa. Pichler) .....	34
Abbildung 2.17: Schema Abluftanlage mit Außenluft-Durchlässen (Quelle: Energie Schweiz).....	34
Abbildung 2.18: Schema Einzelraumlüftungsgerät mit Kreuzstromwärmetauscher (Quelle: HEA Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung – Fachinformation 2) .....	35
Abbildung 2.19: Schema einer Wohnung mit Einzelraumlüftung (Quelle: Energie Schweiz) .....	35
Abbildung 2.20: Schema Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung und Erdwärmetauscher (Quelle: Energie Schweiz) .....	36
Abbildung 2.21: Lüftungsgerät mit Kreuzstrom-Wärmetauscher (Quelle: Fa. Genvex).....	37
Abbildung 2.22: Lüftungsgerät mit Kreuz-Gegenstrom-Wärmetauscher .....	38
Abbildung 2.23: Lüftungsgerät mit Gegenstrom Wärmetauscher (Fa. Rewa) .....	38
Abbildung 2.24: Lüftungsgerät mit Kreuzgegenstrom Wärmetauscher (Fa. Paul).....	38
Abbildung 2.25: Lüftungsgerät mit Rotationswärmetauscher (Fa. Hoval).....	38
Abbildung 2.26: Lüftungsgerät mit Kreuzstrom-Wärmetauscher und integrierter Wärmepumpe (Wärmeabgabe nur an die Zuluft) .....	39
Abbildung 2.27: Schema Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung, Erdwärmetauscher und Wärmepumpe für Warmwasser und Zuluft (Energie Schweiz) .....	39
Abbildung 2.28: Theoretische Strömung bei Induktions- bzw. Quellluftsystemen (Dr. Ing. K. Fritzner, Betzdorf, Sieg – Impulsarme Luftzuführung durch Quelllüftung.) .....	40

<i>Abbildung 2.29: Kontaminationsgrad der Luft bei Induktions- bzw. Quellluftsystemen (Dr. Ing. K. Fritzner, Betzdorf, Sieg – Impulsarme Luftzuführung durch Quelllüftung.)</i>	41
<i>Abbildung 2.30: Temperaturverteilung bei Induktions- bzw. Quellluftsystemen (Dr. Ing. K. Fritzner, Betzdorf, Sieg – Impulsarme Luftzuführung durch Quelllüftung.)</i>	41
<i>Abbildung 2.31: Links: Klassische Luftführung mit Abzweigern</i>	42
<i>Abbildung 2.32: Rechts: Stern- bzw. „Spaghettiverrohrung“</i>	42
<i>Abbildung 2.33: Luftvolumenstrom in Abhängigkeit des Druckverlustes bei KVR (Fa. Westaflex)</i>	43
<i>Abbildung 2.34: Konstantvolumenstromregler (15 bzw. 25 m<sup>3</sup>/h) in einer Verteilerbox</i>	43
<i>Abbildung 2.35: Verschiedene Wärmetauscher und deren typische Rückwärmezahl (Fa. Paul)</i>	44
<i>Abbildung 2.36: Verschiedene Wärmetauscher und deren typische Rückwärmezahl (Fa. Paul)</i>	45
<i>Abbildung 2.37: h-x-Diagramm für den Winterfall. (Programmquelle: Menerga)</i>	49
<i>Abbildung 2.38: h-x-Diagramm für einen heißen Sommertag. (Programmquelle: Menerga)</i>	50
<i>Abbildung 2.39: Rechnerischer jährlicher Heizwärmebedarf pro m<sup>2</sup> für die Lüftung (0,1)</i>	52
<i>Abbildung 2.40: Rechnerischer jährlicher Heizwärmebedarf pro m<sup>2</sup> für die Lüftung (0,2)</i>	52
<i>Abbildung 2.41: Messaufbau für eine Blower Door Test (arsenal research)</i>	53
<i>Abbildung 2.42: Druckverhältnisse aufgrund von Wind bei einem Haus (ENERGIE TIROL)</i>	54
<i>Abbildung 2.43: Schematische Darstellung des Blower Door Testes (Zeller, Luftdichtigkeit von Wohngebäuden)</i>	55
<i>Abbildung 2.44: Schematische Darstellung der Auswertung eines Blower Door Testes (Zeller, Luftdichtigkeit von Wohngebäuden)</i>	55
<i>Abbildung 2.45: Titelbild der Broschüre: Wärmebrücken, Luft- und Winddichte (ENERGIE TIROL)</i>	55
<i>Abbildung 2.46: Wirkungsbandbreite eines Erdwärmetauschers (DLR)</i>	56
<i>Abbildung 2.47: Ergebnis für EWT- Beispiel mit kostenlosem Berechnungsprogramm des Passivhausinstitutes</i>	57
<i>Abbildung 2.48: Temperaturgraphik über das gesamte Jahr für EWT- Beispiel mit kostenlosem Berechnungsprogramm des Passivhausinstitutes</i>	58
<i>Abbildung 2.49: EWT - Einrohrsystem</i>	60
<i>Abbildung 2.50: Rohrregister in Tichelmannverschaltung</i>	60
<i>Abbildung 2.51: Schimmelpilz- und Bakterienkonzentration in der Außenluft, im EWT und in der Zuluft der im Sommer untersuchten Anlagen in CFU/m<sup>3</sup>. (CFU=Colony forming unit oder keimbildende Einheit), (Flückiger, 1997)</i>	61
<i>Abbildung 2.52: Titelbild des BINE-Projektinfo 2/00 (BINE)</i>	62
<i>Abbildung 2.53: Titelbild „Handbuch – Luftdurchströmte Erdreichwärmetauscher (AEE INTEC)</i>	62
<i>Abbildung 2.54: Verlegung Sole-EWT (NEI-Detmold)</i>	62
<i>Abbildung 2.55: Einbindung eines Sole-EWT (NEI-Detmold)</i>	62
<i>Abbildung 2.56: Partikelgröße von Verschmutzungsquellen und Abscheidegrade (Fa. Westaflex)</i>	64
<i>Abbildung 2.57: Filtermatte (Fa. Uttlinger)</i>	65
<i>Abbildung 2.58: Ringfilter (Fa. MHP)</i>	65
<i>Abbildung 2.59: Filterzellen (Fa. Uttlinger)</i>	65
<i>Abbildung 2.60: Taschenfilter (Fa. Uttlinger)</i>	65
<i>Abbildung 2.61: Flexibler bzw. starrer Rohrschalldämpfer (Fa. Flashback)</i>	66
<i>Abbildung 3.1: Schematisches Messkonzept mit Messstellen</i>	91
<i>Abbildung 3.2: Messkoffer mit Anschlüssen der Messaufnehmer</i>	93
<i>Abbildung 3.3 a-b: mögliche Fühlerpositionen</i>	97

<i>Abbildung 3.4: Messaufbau am Lüftungsgerät – keine Möglichkeit der Fühlerpositionierung in den flexiblen Luftsträngen</i> .....	97
<i>Abbildung 3.5: Strommessung mit Zangenamperemeter</i> .....	98
<i>Abbildung 3.6: Strommessung mit Zwischenstecker</i> .....	98
<i>Abbildung 3.7: Messaufnahme mit Hilfe des Messtrichters</i> .....	99
<i>Abbildung 3.8: Hat die WRL-Anlage die Erwartungen erfüllt?</i> .....	102
<i>Abbildung 3.9: Anteil Erdwärmetauscher</i> .....	103
<i>Abbildung 3.10: Anteil Wärmepumpe</i> .....	103
<i>Abbildung 3.11: Lüftungsarten</i> .....	103
<i>Abbildung 3.12: Anzeige zum Filterwechsel</i> .....	104
<i>Abbildung 3.13: Installationsplan für Leitungen</i> .....	105
<i>Abbildung 3.14: Luftzustandsänderungen eines Sommerfalles (Quelle: Menerga)</i> .....	122
<i>Abbildung 3.15: Erhöhung des Schallpegels durch höheren Druckverlust (Fa. Westaflex)</i> .....	133
<i>Abbildung 3.16: Darstellung der Messorte</i> .....	141
<i>Abbildung 3.17: Anteil der Anlagen mit und ohne Blower Door Test</i> .....	143
<i>Abbildung 3.18: Erhobener personenbezogener Volumenstrom</i> .....	145
<i>Abbildung 3.19: Erhobene Mindestluftwechsel</i> .....	146
<i>Abbildung 3.20: Bewertung der Luftwechselzahlen</i> .....	147
<i>Abbildung 3.21: Erhobene Zuluftmengen im Wohnzimmer</i> .....	148
<i>Abbildung 3.22: Erhobene Zuluftmengen im Schlafzimmer</i> .....	148
<i>Abbildung 3.23: Erhobene Zuluftmengen im Kinderzimmer</i> .....	149
<i>Abbildung 3.24: Erhobene Abluftmengen in der Küche</i> .....	151
<i>Abbildung 3.25: Erhobene Abluftmengen im Bad</i> .....	151
<i>Abbildung 3.26: Erhobene Abluftmengen im WC</i> .....	152
<i>Abbildung 3.27: Falsches Zuluftventil mit Behaglichkeitsproblemen</i> .....	153
<i>Abbildung 3.28: Vorhandene Einströmtemperaturen an den untersuchten Anlagen (Wohnzimmer)</i> .	154
<i>Abbildung 3.29: Bewertung der vorhandenen Einströmtemperaturen</i> .....	155
<i>Abbildung 3.30: Nachheizregister in der Verteilerbox bei einer Anlage ohne EWT</i> .....	156
<i>Abbildung 3.31: Steuerung des Nachheizregisters</i> .....	156
<i>Abbildung 3.32: Stromnachheizung bei einer Anlage mit WP als alleiniges Heizungssystem</i> .....	157
<i>Abbildung 3.33: Elektrisches Nachheizungselement</i> .....	157
<i>Abbildung 3.34: Stromnachheizung und Einbindung kalter Zuluft für das Elternschlafzimmer</i> .....	157
<i>Abbildung 3.35: Elektrisches Vorwärmregister in der Frischlufteinheit als Vereisungsschutz und zur Gewährleistung der Zulufttemperatur bei einer Anlage ohne EWT (über 100 Pa Druckverlust)</i> .	157
<i>Abbildung 3.36: Beeinträchtigung der Lüftungsanlage durch andere lufttechnische Geräte</i> .....	159
<i>Abbildung 3.37: Umlufthaube und Abluftventil im Küchenbereich</i> .....	159
<i>Abbildung 3.38: Unzulässige Einbindung der Rauchgase in die Abluft</i> .....	161
<i>Abbildung 3.39: Problematische Einbindung des Zentralstaubsaugers in die Fortluft</i> .....	161
<i>Abbildung 3.40: Beeinträchtigung der Lüftungsanlage durch Feuerstätten</i> .....	162
<i>Abbildung 3.41: Vorbildliche elektronisch geregelte Verbrennungsluft für den Kachelofen aus dem Heizungskeller</i> .....	162

<i>Abbildung 3.42: Dazugehöriger Kachelofen mit automatischer Regelung.....</i>	<i>162</i>	
<i>Abbildung 3.43: Ofen ohne eigene Zuluft im Wohnzimmer.....</i>	<i>163</i>	
<i>Abbildung 3.44: gemessener Geräuschpegel im Geräteraum.....</i>	<i>164</i>	
<i>Abbildung 3.45 a-c: Schlauch-Schalldämpfer .....</i>	<i>166</i>	
<i>Abbildung 3.46 a-b: Flexible Schalldämpfer.....</i>	<i>166</i>	
<i>Abbildung 3.47: Starrer Schalldämpfer .....</i>	<i>167</i>	
<i>Abbildung 3.48: Einweisung zur Bedienung der Anlagen .....</i>	<i>167</i>	
<i>Abbildung 3.49: Unbelastete Ansaugung</i>	<i>Abbildung 3.50: Kein Luftkurzschluss .....</i>	<i>168</i>
<i>Abbildung 3.51 a-c: Ansaugung über Filterbox mit groß dimensioniertem Feinfilter F6. Druckverlust &lt; 20 Pa bei 200 m<sup>2</sup>/h, Quelle Druckverlustgraphik: Fa. Drexel und Weiss .....</i>		
<i>Abbildung 3.52 a-d: Ansaugung über freistehenden Lamellenhut aus Edelstahl mit Ringfilter G4, Lüftungstechnisch gute Lösung mit ansprechender Edelstahl-Optik. Druckverlust &lt; 12 Pa bei 200 m<sup>2</sup>/h, Quelle Druckverlustgrafik bzw. Konstruktionszeichnungen: Fa. Westaflex .....</i>		
<i>Abbildung 3.53 a-b: Ansaugung über Dachansaughaub aus Edelstahl, kein Filter. Druckverlust &lt; 2Pa bei 200 m<sup>2</sup>/h Quelle Druckverlustgrafik bzw. Konstruktionszeichnungen: Fa. Westaflex .....</i>		
<i>Abbildung 3.54 a-b: Ein stark verschmutztes Fliegengitter erzeugte einen Druckverlust von über 180 Pa und deutlich unausgeglichene Volumenströme. (Anlage war an Leistungsgrenze.).....</i>		
<i>Abbildung 3.58, Abbildung 3.59, Abbildung 3.60 Einfache Ansauggitter ohne Filterung bieten keinen ausreichenden Verschmutzungsschutz für den EWT. Schneefreiheit ist beim 4. bzw. 5. Beispiel ebenfalls nicht gewährleistet .....</i>		
<i>Abbildung 3.62: Ungünstige Wahl des Ansaugbereichs in der Nähe des Parkplatzes.....</i>	<i>173</i>	
<i>Abbildung 3.63 a-b: Diese im Holzstapel versteckte, Frischluftansaugung bedeutet zusätzliche Druckverluste und erschwert ein Reinigen des Ansauggitters .....</i>	<i>173</i>	
<i>Abbildung 3.64 a-c: Provisorien die teilweise über mehrere Jahre verwendet werden .....</i>	<i>173</i>	
<i>Abbildung 3.65: Beispiel für Frischluftansaugung bzw. Fortluftführung .....</i>	<i>174</i>	
<i>Abbildung 3.66: Systemeinbindung des Erdreichwärmetauschers.....</i>	<i>175</i>	
<i>Abbildung 3.67 a-b: Umschaltklappen zwischen Direktansaugung und über EWT .....</i>	<i>175</i>	
<i>Abbildung 3.68: Erhobene Geschwindigkeiten im EWT.....</i>	<i>178</i>	
<i>Abbildung 3.69: Bewertung der Geschwindigkeiten im EWT.....</i>	<i>178</i>	
<i>Abbildung 3.70: Länge des Erdreichwärmetauschers.....</i>	<i>179</i>	
<i>Abbildung 3.71: Bewertung der Erdreichwärmetauscherlängen .....</i>	<i>179</i>	
<i>Abbildung 3.72 a-c: Erdwärmetauscherdetails .....</i>	<i>180</i>	
<i>Abbildung 3.73: Sehr selten eingesetzt - Erdwärmetauscher aus Betonrohren .....</i>	<i>180</i>	
<i>Abbildung 3.74: erreichter Temperaturhub der Erdwärmetauscher.....</i>	<i>181</i>	
<i>Abbildung 3.75: EWT – Temperaturverhältnisse an einem Wintertag (nach langer Kälteperiode) ....</i>	<i>182</i>	
<i>Abbildung 3.76: EWT Temperaturverhältnisse an einem Sommertag (nach langer Hitzeperiode) ....</i>	<i>183</i>	
<i>Abbildung 3.77: Geeigneter Fortluftauslass .....</i>	<i>185</i>	
<i>Abbildung 3.78: Feuchte Luft kann bei dieser Fortluftführung in die Hinterlüftung gelangen.. .....</i>	<i>186</i>	
<i>Abbildung 3.79: Endet das Fortluftrohr direkt an der Hauswand .....</i>	<i>186</i>	
<i>Abbildung 3.80: Elektr. Leistungsaufnahme Gesamtanlage .....</i>	<i>188</i>	
<i>Abbildung 3.81: Stromeffizienz der Gesamtanlage.....</i>	<i>189</i>	
<i>Abbildung 3.82: Lüftungsgerät mit Wechselstrommotoren .....</i>	<i>189</i>	
<i>Abbildung 3.83: Lüftungsgerät mit Kunststoff-Wärmetauscher.....</i>	<i>190</i>	

<i>Abbildung 3.84: Undichte, nicht verwendete Kabeldurchführungen</i> .....	190
<i>Abbildung 3.85: Geräte mit automatischer Konstantvolumenstromregelung</i> .....	190
<i>Abbildung 3.86: Ausgeglichene Volumenströme</i> .....	191
<i>Abbildung 3.87: Mindestens drei Betriebsstufen</i> .....	192
<i>Abbildung 3.88: Nennvolumenstrom</i> .....	192
<i>Abbildung 3.89: Abwesenheitsvolumenstrom</i> .....	193
<i>Abbildung 3.90 a-b: Einfache Schalter für die verschiedenen Lüftungsstufen (3 bzw. 2 Stufen)</i> .....	194
<i>Abbildung 3.91 a-c: Umfassende Bediengeräte für Wohnraumlüftungen</i> .....	194
<i>Abbildung 3.92 a-c: Bediengeräte für Wohnraumlüftungen mit Nachheizung bzw. mit WP</i> .....	195
<i>Abbildung 3.93 a-b: Universell Programmierbare Steuerungen bzw. Regelungen</i> .....	195
<i>Abbildung 3.94: Filterqualität im Zuluftstrang (bezogen auf Anforderung F5)</i> .....	196
<i>Abbildung 3.95 : Filterqualität im Abluftstrang (bezogen auf Anforderung G4)</i> .....	196
<i>Abbildung 3.96 a-c: Filterwechselanzeige im Wohnraum</i> .....	197
<i>Abbildung 3.97: Filtermatte (Abluft) bzw. Kassettenfilter (Zuluft) jeweils neu bzw. verschmutzt</i> .....	197
<i>Abbildung 3.98: Vorbildliche Taschenfiltern auf der Zu- und Abluftseite</i> .....	198
<i>Abbildung 3.99: Lüftungsgerät mit einer Kombination aus Matten- und Kassettenfilter</i> .....	198
<i>Abbildung 3.100 a-c: Verschmutzte Taschenfilter</i> .....	199
<i>Abbildung 3.101 a-f: Verschmutzte Kassettenfilter</i> .....	199
<i>Abbildung 3.102 a-c: Verschmutzte Filtermatten</i> .....	199
<i>Abbildung 3.103 a-b: Verschmutzte Ventilfilter in Taschenfilterausführung</i> .....	200
<i>Abbildung 3.104: Sommerkassette</i> .....	201
<i>Abbildung 3.105 a-c: Automatische Bypassklappe: geschlossen – halboffen - offen</i> .....	201
<i>Abbildung 3.106: Thermostat im Frischluftbereich für Sommerbypass</i> .....	202
<i>Abbildung 3.107: Geeignete Geräteaufstellung</i> .....	204
<i>Abbildung 3.108: Provisorische Schallentkopplung durch LKW-Schläuche</i> .....	205
<i>Abbildung 3.109 a-c: Bei diesem Beispiel kann Luft sowohl in den EWT einströmen bzw. Luft aus dem Gerät durch den Gerätekondensatablauf ausströmen.</i> .....	206
<i>Abbildung 3.110: Kondensatabfluss für EWT und Lüftungsgerät</i> .....	207
<i>Abbildung 3.111: Provisorische Kondensatsammlung mit Behälter</i> .....	207
<i>Abbildung 3.112: Nachgerüstete Kondensatpumpe</i> .....	207
<i>Abbildung 3.113: Bewertung des Verteilkonzeptes</i> .....	209
<i>Abbildung 3.114: Grundriss der Lüftungsverteilung im</i> .....	209
<i>Abbildung 3.115: Grundriss der Lüftungs-</i> .....	209
<i>Abbildung 3.116: Luftgeschwindigkeit im Sammel- und Abluftstrang</i> .....	210
<i>Abbildung 3.117: Bewertung der Strömungsgeschwindigkeiten in den Hauptsträngen</i> .....	211
<i>Abbildung 3.118: Luftgeschwindigkeit in den Nebensträngen</i> .....	211
<i>Abbildung 3.119: Bewertung der Strömungsgeschwindigkeiten</i> .....	212
<i>Abbildung 3.120: Gemessener Druckabfall einschließlich EWT im Gesamtsystem</i> .....	213
<i>Abbildung 3.121: Bewertung des gemessenen Druckabfalls</i> .....	213
<i>Abbildung 3.122 a-d: Positive und negative Verrohrungsbeispiele</i> .....	214

Abbildung 3.123 a-b: Positive und negative Verrohrungsbeispiele - Flachkanäle .....	215
Abbildung 3.124: Abstehendes Blechteil bei einem Lüftungsrohr.....	215
Abbildung 3.125: Überströmöffnungen.....	217
Abbildung 3.126: Bewertung der Überströmöffnungen .....	218
Abbildung 3.127: Schleiftür mit zu geringem Abstand (Kinderzimmer) und Tür mit Überströmgitter (Abstellraum) .....	218
Abbildung 3.128: Eine der wenigen Anlagen mit gelochtem Türblatt .....	218
Abbildung 3.129 a-c: Überströmöffnung für ein Quellluftsystem: über dem oberen Bereich der Türzarge mit abgeschrägtem Türsturz im Bereich des Putzes. ....	219
Abbildung 3.130: Schnittdarstellung der Überströmöffnung über die Türzarge .....	219
Abbildung 3.131 a-b: Deutlich verschmutzte Abluftventile .....	220
Abbildung 3.132 a- h: Beispiel für Zuluftventile (Induktionslüftung) .....	221
Abbildung 3.133 a-f: Beispiele für Zuluftöffnungen Quellluft .....	221
Abbildung 3.134 a-c: Bodenauslass mit einem unprofessionellen Versuch der Schallreduktion .....	222
Abbildung 3.135 a-c: Bodenauslass mit Luftmengenregulierung.....	222
Abbildung 3.136 a-c: Abluftöffnung im Bad mit Pfeifgeräuschen .....	223
Abbildung 3.137: Telefonieschalldämpfer im Abluftbereich .....	224
Abbildung 3.138: Befestigung mit Gummimanschette .....	225
Abbildung 3.139: Schalltechnische Entkopplung durch Rohrschlauch .....	225
Abbildung 3.140: Kondensattropfen am Frischluftrohr.....	226
Abbildung 3.141: Feuchtebeständig gedämmte Frischluftansaugung .....	227
Abbildung 3.142: Vorbildlich gedämmte Lüftungsrohre .....	227
Abbildung 3.143 a-b: Rohrsystem mit Dichtungssystem (Quelle: Fa. Pichler) .....	228
Abbildung 3.144: Drosselklappe zur Strangregulierung.....	229
Abbildung 3.145: Einfacher Verlegeplan für die Lüftungsrohre.....	231
Abbildung 8.1: Südostansicht des sanierten Wohnhauses Kreuzer (Bj. 1955, Sanierung 2002) .....	258
Abbildung 8.2: Gesamtansicht des Gerätes.....	258
Abbildung 8.3: Ventilatoreneinheit des Lüftungsgerätes (REWA).....	259
Abbildung 8.4: Frischluft bzw. Fortluftanschlüsse und provisorischer Kondensatabfuhr.....	259
Abbildung 8.5: Filter auf der Abluftseite (kann theoretisch verkehrt eingebaut werden) .....	259
Abbildung 8.6: Filter auf der Frischluftseite.....	259
Abbildung 8.7: Abluftschalldämpfer:.....	259
Abbildung 8.8: Abluftventilator (Gleichstrom) und Abluftfilter.....	260
Abbildung 8.9: Zuluftventilator (Gleichstrom) und Umschalteneinheit für Sommerbypass.....	260
Abbildung 8.10 a-c: Automatische Bypassklappe: geschlossen – halboffen - offen.....	260
Abbildung 8.11:Thermostat für Umschaltung des Sommerbypasses auf der Frischluftseite .....	260
Abbildung 8.12: Luftmengenregelung und Zuluftverteiler für Bodenkanäle im Wohnzimmer und Essbereich (3 Auslässe a 25m³/h) und Fortluftführung. Provisorische Klebebänder.....	260
Abbildung 8.13: Drosselklappe für Luftmengenregulierung (Quellluftauslass ohne Regelmöglichkeit) .....	261
Abbildung 8.14: Schwingungsdämpfende Befestigung der Lüftungsrohre .....	261



<i>Abbildung 8.15: Steuereinheit im Keller mit eigenem Hauptschalter drei Stufen und Zeitschaltung...</i>	261
<i>Abbildung 8.16: Gefrorenes Kondensat an der Außenwand bei der Abluft. ....</i>	261
<i>Abbildung 8.17: Provisorische Frischluftfassung.....</i>	261
<i>Abbildung 8.18: Die beiden Abluftventile und die Umluftschlitze bei der Dunstabzugshaube.....</i>	262
<i>Abbildung 8.19: Dunstabzugshaube mit Fettfilter und Aktivkohlefilter im Umluftbetrieb.....</i>	262
<i>Abbildung 8.20: Luftauslass (unsichtbar) hinter dem Heizkörper.....</i>	262
<i>Abbildung 8.21: Luftführung über die Türzarge (1,5 bis 2 cm) mit abgeschrägtem Putz.....</i>	262
<i>Abbildung 8.22: Verdeckte Luftführung über die Türzarge (1 cm Spalt).....</i>	262
<i>Abbildung 8.23: Luftschlitz in der Zarge mit abgeschrägtem Putz.....</i>	262
<i>Abbildung 8.24: Ablufführung der Küche (2x35m<sup>3</sup>/h) durch spätere Wand des Schrankraumes .....</i>	263
<i>Abbildung 8.25: Schalldämpfer zwischen WC und Hauptabluftstrang.....</i>	263
<i>Abbildung 8.26: Abgeklebte Durchdringung der Luftdichteebene bzw. Dampfbremse im Bad .....</i>	263

## **8 Anhang**

- A) Zuschrift an die Anlagenbesitzer
- B) Fragebogen an die Anlagenbesitzer
- C) Arbeitsanweisung für die Anlagenuntersuchung
- D) Beispieldokumentation: Anlage Fam. Kreuzer
- E) Projekthomepage – Auszugsweise
- F) Newsletter – Zwischenergebnis (an über 3.000 Adressen)
- G) Visitenkarten der untersuchten Anlagen

## Anhang A) Beispiel für Zuschrift an die Anlagenbesitzer

Salzburg, Februar 2003

Betreff: Projekt „Haus der Zukunft“ – Wohnraumlüftung

### Sehr geehrte Damen und Herren!

das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie hat im Rahmen des Forschungsbereiches „Haus der Zukunft“ die Fachhochschule Kufstein mit den Projektpartnern ENERGIE TIROL, arsenal research und AEE INTEC beauftragt, bestehende Wohnraumlüftungsanlagen bezüglich ihrer (technischen) Qualität und Praxistauglichkeit zu untersuchen. Ziel der Untersuchungen ist es gute Lösungen (Konzepte, Details) aufzuzeigen aber auch technische Probleme zu dokumentieren, um dieses Wissen dann künftigen BauherrInnen bzw. Planern und Installateuren zur Verfügung zu stellen.

Die Salzburger Landesregierung unterstützt dieses Projekt und bittet Sie um Ihre Mitarbeit:

- Teilen Sie uns Ihre Zufriedenheit mit Ihrer Lüftungsanlage mit und retournieren Sie bitte den beiliegenden Fragebogen an die FHS-Kufstein.
- Erlauben Sie uns bitte, Ihre Anlage (mit einfachen Messungen) etwas genauer unter die Lupe zu nehmen. Sollten Sie an einer Messung nicht interessiert sein, senden Sie uns bitte dennoch den Fragebogen zurück.

Eine genauere Analyse Ihrer Anlage ist besonders dann empfehlenswert, wenn Sie - kleinere oder auch größere - Probleme mit Ihrer Lüftungsanlage haben. Um das Gesamtbild jedoch nicht zu verzerren, bitten wir auch die zufriedenen Nutzer uns die Möglichkeit eines Checks Ihrer Anlage geben. Denn auch die Dokumentation von guten Anlagenkonzepten bzw. Anlagenausführungen ist das Ziel der Untersuchung.

Wir danken im Voraus für Ihre Unterstützung und verbleiben

mit freundlichen Grüßen,

Amt der Salzburger Landesregierung

Anlage: Fragebogen zur Wohnraumlüftung

## Anhang B) Fragebogen an die Anlagenbesitzer

An die  
Fachhochschule Kufstein  
z.H. DI Andreas Greml  
Andreas Hofer Str. 12  
6330 Kufstein

\_\_\_\_\_, am \_\_\_\_\_

### Sehr geehrte/r Lüftungsanlagenbesitzer/in,

dieser Fragebogen dient der Erfassung der maßgebenden Eckdaten ihrer Lüftungsanlage für wissenschaftliche und statistische Zwecke. Die Daten werden vertraulich behandelt. Sie müssen auch nicht unbedingt alle Fragen beantworten, wenn Sie keine passende Antwort-Option vorfinden oder keine entsprechende Antwort wissen. Falls Sie nähere Informationen über dieses Projekt haben möchten, finden Sie diese im Internet auf der Seite [www.fh-kufstein.ac.at/wohnraumlueftung](http://www.fh-kufstein.ac.at/wohnraumlueftung). Dort ist im Downloadbereich der Fragebogen als Word-Dokument enthalten und sie können diesen auch am PC ausfüllen und an [wohnraumlueftung@fh-kufstein.ac.at](mailto:wohnraumlueftung@fh-kufstein.ac.at) mailen. Widmen Sie uns bitte 10 Minuten – vielen Dank!

### Allgemeine Daten:

Name: \_\_\_\_\_

Objekt:  Einfamilienhaus  Mehrfamilienhaus Nutzfläche: ca. \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup> Baujahr: \_\_\_\_\_

PLZ: \_\_\_\_\_ Ort: \_\_\_\_\_ Straße/Hausnummer: \_\_\_\_\_

Telefon Nr.: \_\_\_\_\_ Handy Nr.: \_\_\_\_\_ E-Mail: \_\_\_\_\_

### Allgemeine Fragen:

**Was/Wer hat Sie zum Einbau der Anlage bewogen?** (Mehrfachnennungen möglich)

- Empfehlung anderer Anlagenbesitzer  Messebesuch  Beratungsstelle  
 Installateur  Luftqualität  Energieeinsparung  Sonstige \_\_\_\_\_

**Hat die Wohnraumlüftungsanlage Ihre Erwartungen erfüllt?**  Ja  Nein

**Wann wurde die Lüftungsanlage errichtet?** \_\_\_\_\_ bitte Jahreszahl angeben

**Wer hat Ihre Anlage eingebaut?**  Eigenbau  Firma \_\_\_\_\_

**Welches Fabrikat bzw. Type ist das Lüftungsgerät?** \_\_\_\_\_

**Wie würden Sie selbst die Anlagenqualität beurteilen?**

- sehr gut  gut  mittelmäßig  schlecht

**Wenn mittelmäßig oder schlecht: Warum?** \_\_\_\_\_

---

**Wurde das Haus auf Luft- bzw. Winddichte getestet?** (Blower Door Test)  Ja \_\_\_\_\_ 1/h  Nein

---

**Technik:**

**Art der Anlage?**

- Abluftanlage                       Zu- und Abluftanlage  
 mit oder  ohne Erdwärmetauscher                       unbekannt  
 mit oder  ohne Wärmepumpe                       unbekannt  
 mit oder  ohne Nachheizregister                       unbekannt

**Lüftungsart?**

- Quelllüftung (Zuluftgitter im Boden oder in der Wand)  
 Induktionslüftung (runde Zuluftventile im Wand oder Deckenbereich)  
 unbekannt

**Automatische Anzeige für Filterwechsel?**

- Nein                       am Gerät                       an der Bedieneinheit

**Eingebaute Filterklasse?**

- EU 3 - 4                       EU 5 - 6                       EU 7 bzw. höher  
 Pollenfilter                       Elektrofilter                       unbekannt

**Wie viele Leistungsstufen können sie am Bedienfeld einstellen?**

- 1                       2                       3                       mehr als 3                       stufenlos

**Material der Verrohrung?**

- Verzinktes Stahlblech                       Aluminium                       Kunststoff

**Luftkanalführung meist in:**

- Zwischendecke                       Fußboden                       verkleidet                       frei sichtbar

**Ist das Lüftungsgerät frei zugänglich?**

- Ja                       Nein

**Haben sie selbst bzw. die Installationsfirma:**

- Auslegungsberechnung mit Luftmengen für einzelne Räume                       Ja                       Hat die Firma                       Nein  
Installationsplan für die Leitungen                       Ja                       Hat die Firma                       Nein  
Protokoll über die tatsächlich eingestellten Luftmengen                       Ja                       Hat die Firma                       Nein  
Bedienungsanleitung bzw. Gerätebeschreibung                       Ja                       Hat die Firma                       Nein  
Fotos von der Anlageninstallation                       Ja                       Hat die Firma                       Nein

**Ist eine genauere Anlagenuntersuchung möglich?**

- Ich bin an einer Anlagenuntersuchung sehr interessiert  
 Kein besonders Interesse – stelle aber meine Anlage dennoch zur Verfügung  
 Meine Anlage steht für eine genauere Untersuchung leider nicht zur Verfügung

**Danke für Ihre Unterstützung – bitte möglichst bis 31. Jänner 2003 abschicken**

## **Anhang C) Arbeitsanweisung für Anlagenuntersuchung**

### ***Arbeitsanweisung Anlagenuntersuchung***

**16 01 03**

---

#### **Vereinbarungen mit dem Anlagenbesitzer:**

- Es ist sicherzustellen, dass zumindest ein mit der Anlage vertrauter Nutzer bei der Untersuchung anwesend sein wird (eventuell kann die Nutzerbefragung vor dem Termin tel. durchgeführt werden).
- Die bei der Untersuchung anwesende Person sollte alle relevanten Dokumente der Anlage (Betriebshandbuch, Pläne, Installationsaufzeichnungen, etc.) bereithalten.
- Es sollen keine Änderungen an der Anlage in Vorbereitung auf die Untersuchung vorgenommen werden.
- Die Zustimmung dass für die Messung eventuell Löcher in die Lüftungsrohre bzw. Kanäle gebohrt werden können, die danach wieder mit einem Alu-Klebeband verschlossen werden.
- Nach Möglichkeit sollten Ersatzfilter vorhanden sein. Jedoch Hinweis, dass vor der Untersuchung keinen Filtertausch mehr vorgenommen werden soll. (Messung der Unterschiede in der Leistungsaufnahme bzw. des Druckverlustes vor und nach Filtertausch)

#### **Notwendige Unterlage bzw. Geräte für die Untersuchung:**

- Ausgefüllten allg. Fragebogen zur Kontrolle bzw. eventuellen Vervollständigung
- Nutzerspezifischer Fragebogen
- Technische Checkliste zum Abhacken
- Blätter für die Messdatenerfassung
- Akku Bohrer mit Bohrer bis Durchmesser von 13 mm
- Alu Klebeband zum Abdecken der Löcher
- Allg. Messgerät (Temperatur, Luftfeuchte, Geschwindigkeit, CO<sub>2</sub>,...)
- Trichter für Luftmengenmessung
- Differenzdruckmessgerät
- Schallpegelmessgerät
- Digitalkamera
- Ersatzakkus bzw. Batterien für die Geräte

## **Ablauf der Untersuchung:**

### 1. Nutzeraspekte

- Kurzinformation der Bewohner: Projektkurzvorstellung – ev. Erörterung des Nutzens für den Bewohner, kurze Information über Hintergrund und Ablauf der Untersuchung
- Ergänzung des schriftlichen Fragebogens zu den Eckdaten der Anlage.
- Ausfüllen des Nutzer-Fragebogens mit dem (den) Bewohner(n): Erhebung eventueller Problematiken, die näher untersucht werden könnten

### 2. Anlagenüberblick

- Überblick über Anlage verschaffen, Sichtung der Anlagendokumentation, Aufzeichnung der relevanten Daten (ev. Foto vom Schema, EWT-Plan), (Bewertung EQ-Kriterien 16, 26)
- Sichtung des Steuergerätes, Umstellen auf manuellen Betrieb, Einstellen der Normallüftungsstufe, Bewertung EQ-Kriterien (16), 17, 20.

### 3. Außenbereich

- Außenluftzustandmessung vor der Messung im Ansaugbereich (Eintragung ins Messdatenblatt)
- falls zugänglich: Dokumentation des FRL-Ansaugbereiches, Bewertung EQ-Kriterium 23, 24, 25.
- Dokumentation der sichtbaren Bereiche des EWT und des Vorfilters (Foto)
- falls zugänglich: Dokumentation des FOL-Ausblasbereiches (Foto), Bewertung nach EQ-Kriterium 27.

### 4. Untersuchungen am Gerät

- Dokumentation des Lüftungsgerätes (Fotos im geöffneten Zustand), Bewertung nach EQ-Kriterien 17, 18, 19, (20), 21, 22,
- Alle Messbohrungen anfertigen (falls nicht durchführbar, Luftzustandmessung im Gerät, Druckabfallmessung nicht möglich)
- Anschließen des Gerätes an Leistungsmessgerät; Prüfen, ob manueller Betriebszustand am Steuergerät erhalten geblieben ist und Normallüftungsstufe (Stufe x) eingestellt ist
- Messung des Luftzustandes (Temperatur, Feuchte) für FRL, ZUL, ABL, FOL bei Normallüftungsstufe. Die Messöffnungen müssen während des Messvorganges abgedichtet werden. Messwertablesung nach ca. 1 min. (Trägheit des Fühlers, Beobachtung der Schwankungsbreite), Eintragen der Messwerte in Messdatenblatt

- Messung des Luftzustandes (Temperatur, Feuchte) für FRL, ZUL, ABL, FOL analog bei Minimalstufe und Maximalstufe
- Rückstellung der Lüftungsdrehzahl auf Normalstufe
- Messung des statischen Differenzdruckes im Stutzenbereich des Gerätes gegen Umgebung für FRL, ZUL, ABL, FOL mit Hilfe der Messnippel bei Normalbetriebsstufe. Die restlichen Öffnungen sind jeweils zu verschließen. Messung der Leistungs-aufnahme des Gerätes bei Stufe 1. Optional: Messung des Schallpegels in 1 m Entfernung. Messwertablesung nach ca. 1 min. (Beobachtung der Schwankungsbreite), Eintragen der Messwerte in Messdatenblatt.
- Messung des statischen Differenzdruckes und der Leistungsaufnahme analog für Minimalstufe und Maximalstufe.
- Rückstellung der Lüftungsdrehzahl auf die Normallüftungsstufe.

### 1. Zuluftbereiche

- Grobe Berechnung des Raumvolumens für Raum 1 mit Makros im Messdatenblatt (Da Luftvolumen grundsätzlich über die Funktion des Raumes und nicht über die Größe bestimmt wird würde ich dies weglassen)
- Messung der Temperatur und Feuchte der Raumluft in ca. 0,6 und 1,7 m Höhe im Aufenthaltsbereich, Messwertablesung nach ca. 30 s, Eintragen der Messwerte in Messdatenblatt
- Messung der Temperatur und Feuchte im Zuluftstrom, Messwertablesung nach ca. 30 s, Eintragen der Messwerte in Messdatenblatt
- Messung der Raumluftgeschwindigkeit in ca. 0,6 und 1,7 m Höhe im Aufenthaltsbereich (Nur an kritischen Punkten ????)
- Messung der Luftgeschwindigkeit an den Zuluftauslässen im Messtrichterquerschnitt, Berechnung der Volumenströme mittels Makros und Addition für Raum 1 in Messdatenblatt
- Optional: Messung des CO<sub>2</sub>-Gehaltes
- Vorgehensweise analog für alle anderen Zuluftbereiche

### 2. Abluftbereiche

- Vorgehensweise analog Zuluftbereiche

### 3. Sonstige EQ-Kriterien

- Eintragung alle Messwerte in Messdatenblatt
- Auswertung der Daten und Bewertung der restlichen EQ-Kriterien vor Ort.



**Ablese- und Berechnungsgenauigkeiten:**

Temperatur (°C):	auf 1 Stelle nach dem Komma gerundet
Feuchte (%):	auf ganze Prozent gerundet
Druck (Pa):	auf ganze Pa gerundet
Volumenstrom (m <sup>3</sup> /h):	auf ganze m <sup>3</sup> /h gerundet
Luftgeschwindigkeit (m/s):	auf 1 Stelle nach dem Komma
Leistung (W):	auf ganze W gerundet

## Anhang D) Beispieldokumentation: Anlage Fam. Kreuzer

Bj: 1955, Sanierung 2002

### Positives:

- Luftmengen alle richtig ausgelegt (Quellluftanlage)
- Optimale Luftführung im Haus von Quellauslässen zu den Abluftventilen
- Eigene „unsichtbare“ Überströmbereiche in den Türzargen (oben)(Anschlagtüren)
- Keinerlei Verwendung von flexiblen Rohren
- Ausreichende Dimensionierung der Rohrdurchmesser ( $v_{\max} = 2,5 \text{ m/s}$ ) in den Hauptsträngen. Sonst meist jedoch unter  $1,5 \text{ m/s}$
- Alle Schalldämpfer um  $90^\circ$  gebogen
- Pro Einlass- bzw. Abluftventil maximal  $35 \text{ m}^3/\text{h}$
- Äußerst effizientes Lüftungsgerät mit Konstantvolumenstromregelung und automatischem Sommerbypass
- Doppelte Schalldämpfereinheit bei Zuluft
- $35 \text{ m}$  Erdwärmetauscher
- Bis auf die Abluftventile im Küchenbereich, WC und Bad ist die Lüftungsanlage nicht zu sehen.
- Zeitschaltuhr für Umschaltung zwischen Normalstufe und Abwesenheitsstufe.
- Saubere Ablebung der Durchdringungen durch die Luftdichteebene bzw. Dampfbremse

### Negatives:

- Durch Einbau der Anlage in einen Altbau etwas längere Kanalführung als bei einem Neubau notwendig (z.B. Abluft aus der Küche im EG führt zuerst unter das Dach und dann in den Keller.
- Keine Anzeige für Filterwechsel (wäre optional erhältlich)
- Steuereinheit im Keller und nicht im Wohnbereich
- Teilweise noch Provisorien (Frischluftansaugung, Kanalbefestigungen,..)
- Noch fehlende Dämmungen der Rohre im Keller



Abbildung 8.1: Südostansicht des sanierten Wohnhauses Kreuzer (Bj. 1955, Sanierung 2002)

Abbildung 8.2: Gesamtansicht des Gerätes (Mittelteil = Gegenstromwärmetauscher) mit doppeltem Zuluftschalldämpfer um  $180^\circ$  gebogen



Abbildung 8.3: Ventilatoreinheit des Lüftungsgerätes (REWA)



Abbildung 8.4: Frischluft bzw. Fortluftanschlüsse und provisorischer Kondensatabfuhr



Abbildung 8.5: Filter auf der Abluftseite (kann theoretisch verkehrt eingebaut werden)



Abbildung 8.6: Filter auf der Frischluftseite (kann theoretisch verkehrt eingebaut werden). Provisorische Verbindung bzw. Luftdichtheit des EWT bzw. fehlende Klebebänder bei der Fortluft.



Abbildung 8.7: Abluftschalldämpfer:

**Pos:** Schalldämpfer als Bogen bedeutet bessere Schalldämpfung und Einsparung eines Formteiles (eines Bogens).

**Neg:** Provisorisches Klebeband (Papierklebeband) für Rohrverbindung.

Hinweis: Offener Kanal zur Decke stellt die von der Raumluft unabhängige Frischluft für den Holzofen im Wohnzimmer sicher. Dieser Raum ist der Heizungsraum mit offener Verbindung nach außen.



Abbildung 8.8: Abluftventilator (Gleichstrom) und Abluftfilter (dieser kann theoretisch verkehrt montiert werden)



Abbildung 8.9: Zuluftventilator (Gleichstrom) und Umschalteneinheit für Sommerbypass



Abbildung 8.10 a-c: Automatische Bypassklappe: geschlossen – halbgeöffnet – offen



Abbildung 8.11: Thermostat für Umschaltung des Sommerbypasses auf der Frischluftseite (Nach dem EWT)

Abbildung 8.12: Luftmengenregelung und Zuluftverteiler für Bodenkanäle im Wohnzimmer und Essbereich (3 Auslässe a 25m<sup>3</sup>/h) und Fortluftführung. Provisorische Klebebänder.

**Pos:** Gleichmäßige Verteilung auf die drei Bodenkanäle durch gewählte Verteilerart.

**Neg:** Fehlende Dämmung im gesamten Bereich:

**Neg:** Zu kleine Kernbohrungen für Hauptrohre. (Keine Dämmung im Wand-Durchführungsbereich mehr möglich.)







Abbildung 8.13: Drosselklappe für Luftmengenregulierung (Quellluftauslass ohne Regelmöglichkeit)



Abbildung 8.14: Schwingungsdämpfende Befestigung der Lüftungsrohre



Abbildung 8.15: Steuereinheit im Keller mit eigenem Hauptschalter drei Stufen und Zeitschaltung. (Gerät gibt es auch mit BUS-gesteuerter Regelung und Filterwechselanzeige).

**Pos:** Einfache Bedienung

**Neg:** Keine Steuereinheit im Wohnraum, keine Filterwechselanzeige, Zeitschaltuhr wird nicht verwendet. Anlage läuft auf Stufe 2 durch.



Abbildung 8.16: Gefrorenes Kondensat an der Außenwand bei der Abluft (Außentemperaturen von -8 bis -15°C und leichtem Wind). **Neg:** Einfaches Abluftgitter mit normalem Rohrquerschnitt (Durchmesser 160 mm). Dadurch relativ hoher Druckverlust.



Abbildung 8.17: Provisorische Frischluftfassung



Abbildung 8.18: Die beiden Abluftventile und die Umluftschlitze bei der Dunstabzugshaube



Abbildung 8.19: Dunstabzugshaube mit Fettfilter und Aktivkohlefilter im Umluftbetrieb



Abbildung 8.20: Luftauslass (unsichtbar) hinter dem Heizkörper (Bild ohne Fensterbrett) 4cm dicke Dämmung hinter dem Heizkörper (Außendämmung 16 cm)



Abbildung 8.21: Luftführung über die Türzarge (1,5 bis 2 cm) mit abgeschrägtem Putz



Abbildung 8.22: Verdeckte Luftführung über die Türzarge (1 cm Spalt)



Abbildung 8.23: Luftschlitz in der Zarge mit abgeschrägtem Putz



Abbildung 8.24: Abluffführung der Küche ( $2 \times 35 \text{ m}^3/\text{h}$ ) durch spätere Wand des Schrankraumes



Abbildung 8.25: Schalldämpfer zwischen WC und Hauptabluftstrang (Haus mit Aufsparrendämmung)



Abbildung 8.26: Abgeklebte Durchdringung der Luftdichteebene bzw. Dampfbremse im Bad

# Technische Evaluierung von Wohnraumlüftungen

<b>Anlage:</b>	<b>Kreuzer Wolfgang</b>	<b>Ort:</b>	<b>Kufstein</b>
Messung erfolgte durch:	Andreas Gremel	Datum:	11.1.2003

<b>Außenluftbedingungen:</b>	-8,8	°C	89,0	r.F.		
<b>Wohnnutzfläche:</b>	149,0	m <sup>2</sup>		<b>Anzahl der Personen:</b>	3	<b>Personen</b>
<b>Erdwärmetauscher:</b>	39,0	m	<b>Verlegetiefe:</b>	1,5	<b>Durchm.:</b>	200
<b>Bypass EWT:</b>	nein		<b>gesteuert durch:</b>		<b>bei Temp.:</b>	°C
<b>Lüftungsgerät:</b>	Rewa 300				<b>Stufenanzahl:</b>	3
<b>Filterart:</b>	Flachfilter	<b>Qualität Zuluftfilter:</b>	4	<b>Qualität Abluftfilter:</b>	4	
<b>Art des Wärmetauschers:</b>	Gegenstromwärmetauscher	<b>Material:</b>	Alu	<b>KVR:</b>	ja	
<b>Nacherwärmung:</b>	nein	<b>gesteuert durch:</b>		<b>max. V-Temp:</b>		
<b>Sommerbypass Gerät:</b>	ja	<b>gesteuert durch:</b>	Thermostat	<b>bei Temp.:</b>	18,0	°C
<b>Frostschutz:</b>	nein	<b>gesteuert durch:</b>				
<b>Verteilkonzept:</b>	klassisch	<b>Kleinster hyd. Durchm.:</b>	80	mm	<b>Beurteilung:</b>	sehr gut
<b>Überströmungen:</b>	Türen mit Überströfnung	<b>Filterzustand:</b>	gut	<b>Ges. Kosten:</b>	7.000	€

## Luftmengen: am Gerät

Stufe min.	32,0	Watt	0,24	W/m <sup>3</sup> /h		40	dBA (in 1m)
Gerätestufe:	Durchmesser	Fläche	Geschw.	Luftmenge	Druckverlust	Temp.	r. Feuchte
1	mm	m <sup>2</sup>	m/s	m <sup>3</sup>	Pa	°C	%
Frischluft	160	0,020	1,9	137,5	8	2,4	35,7
Fortluft	160	0,020	1,8	130,2	2	6,4	93,1
Zuluft	160	0,020	1,9	137,5	40	14,9	18,6
Abluft***	160	0,020	1,8	130,2	30	16,6	52,3
				134			m <sup>3</sup> im Schnitt
Stufe normal	51,0	Watt	0,29	W/m <sup>3</sup> /h		43	dBA (in 1m)
Gerätestufe:	Durchmesser	Fläche	Geschw.	Luftmenge	Druckverlust	Temp.	r. Feuchte
2	mm	m <sup>2</sup>	m/s	m <sup>3</sup>	Pa	°C	%
Frischluft	160	0,020	2,5	180,9	13	2,3	35,6
Fortluft	160	0,020	2,4	173,6	3	6,4	96,8
Zuluft	160	0,020	2,5	180,9	60	14,8	18,5
Abluft***	160	0,020	2,4	173,6	45	16,4	52,4
				177			m <sup>3</sup> im Schnitt
Stufe max.	120,0	Watt	0,56	W/m <sup>3</sup> /h		48	dBA (in 1m)
Gerätestufe:	Durchmesser	Fläche	Geschw.	Luftmenge	Druckverlust	Temp.	r. Feuchte
3	mm	m <sup>2</sup>	m/s	m <sup>3</sup>	Pa	°C	%
Frischluft	160	0,020	3,0	217,0	20	2,2	34,7
Fortluft	160	0,020	2,9	209,8	7	6,6	92,1
Zuluft	160	0,020	3,0	217,0	135	14,8	18,5
Abluft***	160	0,020	2,9	209,8	100	16,5	50,7
				213			m <sup>3</sup> im Schnitt

## Luftmengen und Temperaturen der Räume bei Normalstufe

Zuluft	mm	m/s	m <sup>3</sup> /h	Zuluft	Zuluft	Raum	Raum
				°C	r.F.	°C	r.F.
Wohnz. Ventil 1	88	1,00	21,9	15,5	17,0	21,0	35,0
Wohnz. Ventil 2	88	1,10	24,1	15,7	17,0		
Wohnz. Ventil 3	88	1,20	26,3	15,8	17,0		
Küche	88		0,0				
Schlafzimmer	88	1,10	24,1	16,0	16,5	19,0	40,0
Kinderz. 1	88	1,00	21,9	16,0	16,5	21,0	35,0
Kinderz. 2	88		0,0				
Schlafzimmer 2	88	1,00	21,9	16,0	16,5	21,0	35,0
Gästezimmer	88	1,10	24,1	15,4	17,0	21,0	35,0
Büro	88	1,00	21,9	14,9	17,5	21,0	35,0
	88		0,0				
	88		0,0				
<b>Summe</b>			<b>186,0</b>	Bei Zuluftmessung über Testovent 415 (88mm)			
				<b>Raum bzw. Abluft</b>			<b>Wohnz.</b>
<b>Abluft</b>	mm	m/s	m <sup>3</sup> /h	°C	r.F.		CO <sub>2</sub>
Küche Ventil 1	88	1,40	30,6	20,0	35,0		650
Küche Ventil 2	88	1,50	32,8	20,0	35,0		
WC 1	88		0,0				
Bad1	88	1,90	41,6	21,0	40,0		
WC 2	88	1,40	30,6	19,0	45,0		
Bad 2	88	1,20	26,3	21,0	40,0		
Bad 2	88	1,30	28,4	21,0	40,0		
	89		0,0				
	88		0,0				
	88		0,0				
	88		0,0				
<b>Summe</b>			<b>190,4</b>	Bei Abluftmessung über Testovent 415 (88mm)			

Kritischer Verteilstr. bzw. U	mm	m <sup>3</sup> /h	m/s	mm	mm	m <sup>3</sup> /h	m/s
	80	25,0	1,4	800	8	30	1,3

## Bemerkungen:

\*\*\* geringe Ablufttemperatur bzw. Zulufttemperatur aufgrund Teilbeheizung

\*\*\*\* Noch kein Fortluftgitter vorhanden



## Einhaltung der Qualitätskriterien

Kreuzer Wolfgang

Wert	Qualitätskriterium	Anforderung	Wert	Erfüllt
1	Ausreichender Mindestluftwechsel pro Person bei Normalbetriebsstufe	mindestens <b>30 m³/Person</b>	<b>59,08</b>	j
2	Ausreichender Mindestluftwechsel jeder Wohnungseinheit bei Normalbetriebsstufe	Mindestluftwechsel bezogen auf das Luftvolumen beträgt das <b>0,3fache/h</b>	<b>0,48</b>	j
3a	Mindestzuluftvolumenströme für einzelne Räume	Wohnzimmer: <b>60 m³/h</b>	<b>72</b>	j
3a		Schlafzimmer: <b>50 m³/h</b>	<b>46</b>	n
3a		Kinderzimmer: <b>25 m³/h</b>	<b>22</b>	n
4a	Mindestabluftvolumenströme für einzelne Räume	Küche/Kochnische: <b>60 m³/h</b>	<b>63</b>	j
4a		Bad: <b>40 m³/h</b>	<b>42</b>	j
4a		WC: <b>30 m³/h</b> (direkt aus der Muschel 10 m³/h)	<b>31</b>	j
5	maximale Luftgeschwindigkeit im Aufenthaltsbereich	<b>max. 0,1 m/s</b>	<b>0,10</b>	j
6	minimale Temperatur beim Einströmventil	mindestens <b>17°C</b> , z.B. durch Gegenstromwärmetauscher mit Wärmebereitstellungsgrad von über 80% kombiniert mit Erdvorwärmung oder Vorwärmregister	Teilbeheizung	n
7	maximale Einblastemperatur beim Einströmventil für Luftheizungen	<b>max. 35°C</b> (Vorlaufterperatur am Wärmetauscher max. 45°C)		j
8	keine Beeinträchtigung durch Heizanlagen bzw. Feuerstätten (keine Ansaugung von Rauchgas)	Heizanlagen und andere Feuerstätten, die sich innerhalb der luftdichten Hülle befinden, sind zu- und abluftseitig vollständig unabhängig von der Raumluft zu gestalten.		j
9	keine Beeinträchtigung der Lüftungsanlage durch andere lufttechnische Geräte	keine Dunstabzüge nach außen; bei nach außen geführten Ablufttrocknern und anderen Anlagen mit einer offenen Verbindung nach außen ist sicherzustellen, dass die Funktion der Anlage nicht gestört wird		j
10	Einweisung der Bewohner in die Funktion und Bedienung der Anlage	unbedingt notwendig		j
11	hochwertiges Lüftungsgerät	Gerät mit dem internationalen D-A-CH-Gütesiegel		j
12a	hohe Wärmerückgewinnung (Neubau: Gegenstromwärmetauscher; Wohnhaussanierung: Kreuzstromwärmetauscher)	Wärmerückgewinnungsgrad <b>Neubau: größer 80%</b> (Mittelwert bei 100 Pa externer Druckdifferenz, TZWL Prüfpunkte)		j
12b		<b>Altbauanierung: größer 65%</b>		j
13	gute Dämmung des Gehäuses	U-Wert des Gehäuses max. <b>1 W/m²K</b>		n
14	geringe Leckagen des Gerätes	interner bzw. externe Leckagen max. <b>3% bei 100 Pa</b>		j
15	geringe Stromaufnahme der Anlage bei Nennvolumenstrom (und reinen Filtern)	<b>max. 0,45 W/(m³/h)</b> für Zu- und Abluftanlagen bzw. elektrisches Wirkungsverhältnis größer 12 (Mittelwert bei 100 Pa externer Druckdifferenz TZWL Prüfpunkte)	<b>0,29</b>	j
16	automatische Volumenstromregelung	entweder automatische Konstantvolumenstromregulierung oder eindeutig ablesbare, unabhängige Einstellmöglichkeit für Zu- und Abluft (ja nur bei Konstantvolumenstromregelung)		j
17a	ausreichender Regelbereich der Lüftungsanlage	Mind. <b>3 Betriebsstufen</b> vom Wohnraum schaltbar	<b>Keller</b>	n
17b		1.) Maximalvolumenstrom (mit zeitlicher Begrenzung)		n
17c		2.) Nennvolumenstrom (Empfehlung: <b>ca. 70%</b> vom Maximalvolumenstrom)	<b>0,83051</b>	n
17d		3.) Abwesenheitsvolumenstrom (Empfehlung: <b>ca. 30%</b> vom Maximalvolumenstrom)	<b>0,62712</b>	n

## Technische Evaluierung von Wohnraumlüftungen

18	Filterqualität im Zuluftstrang	Zuluft zumindest <b>F5</b> nach DIN EN 779	4	n
19	Filterqualität im Abluftstrang	Abluft zumindest <b>G4</b> nach DIN EN 779	4	j
20	Filterwechselanzeige im Wohnraum	automatische Anzeige für Filterwechsel (möglichst über Differenzdruck und nicht über Zeitsteuerung)		n
21	bei Sommerbetrieb Bypass zur Umgehung des Wärmetauschers	Gerät muss zumindest über eine Nachrüstmöglichkeit eines Bypasses verfügen		j
22	geeignete Geräteaufstellung	frostfreier, trockener Raum mit leichtem Zugang für Filterwechsel; bei Aufstellung im Heizraum Rauchgasklappe vorsehen		j
23	unbelastete, schneefreie Frischluft-Ansaugung	ausreichender Abstand von Parkplätzen, Müllagerplätzen, etc. ( <b>zumindest 5 m</b> ), schneefreie Ansauglage bzw. Ansaughöhe		j
24	kein Luftkurzschluss zwischen Frischluftansaugöffnung und Fortluftauslass	Abstand zueinander <b>mindestens 3 Meter</b> oder geeignete Maßnahmen zur Kurzschlussvermeidung (z.B. Trennwand) (Empfehlung: andere Hausseite)		j
25	geeignete Außenluftansaugung	<b>max. 15 Pa</b> Druckverlust bzw. <b>max. 1,5 m/s</b> Luftgeschwindigkeit für den freien Querschnitt Vogelschutzgitter und zumindest Grobfilter ( <b>G3</b> )		j
26	wirksamer Erdwärmetauscher	<b>mindestens 1,5 m</b> unter Erdreich, mit Gefälle verlegt, Luftgeschwindigkeit <b>max. 1,5 m/s</b> , dichtheitsgeprüft. Rohrabstand <b>mindestens 0,75 m</b> (unter Bodenplatte <b>mind. 1,5 m</b> ), niedrigste Temperatur nach dem EWT <b>-2°C</b> nach Berechnungsprogramm des Passivhausinstitut	1,6	n
27	geeigneter Fortluftauslass	<b>max. 15 Pa</b> Druckverlust bzw. <b>max. 2 m/s</b> für den freien Querschnitt (keine Fallrohrlüfter), Vogel und Fliegenschutzgitter		j
28a	geringe Luftgeschwindigkeit in den Kanälen	in den Strängen zu den einzelnen Räumen <b>max. 2,0 m/s</b>	1,4	j
28b		in Sammelsträngen und Abluftsträngen <b>max. 3 m/s</b>	2,5	j
29a	maximaler A-bewerteter Schalldruckpegel im Aufenthaltsbereich	<b>max. 23 dB(A)</b> Schlafräume		j
29b		<b>max. 25 dB(A)</b> Wohnbereich		j
29c		<b>max. 27 dB(A)</b> Funktionsraum		j
29d		<b>max. 35 dB(A)</b> Geräteraum	43	n
30	ausreichende Schalldämmung der Luftleitung zwischen den Räumen	<b>mindestens 27 dB(A)</b>		j
31a	geringer Druckabfall im Rohrnetz bei Normalbetriebsstufe	<b>max. 120 Pa</b> je kompletter Zuluft- bzw. Ablufteinheit	73	j
31b		mit Erdvorwärmung <b>max. 150 Pa</b>	73	j
32	geeignete Kanalausführung	glattwandige Rohre (Wickelfalzrohr, Kunststoffrohre, ...) keine Verwendung von flexiblen Schläuchen (Aluflexrohre, Kunststoffdrahtschlauch); keine Verwendung von engen 90° Bögen		j
33	geeignete Kondensatabfuhr bei Nassräumen etc.	Abluftrohre von Bädern etc. im Gefälle zum Gerät verlegt		n
34	einfache Reinigung der Kanäle möglich	reinigungsfreundliches Kanalnetz (alle 15 m)		n
35	ausreichende Überströmöffnungen	Luftgeschwindigkeit <b>max. 1,5 m/s</b> bzw. <b>max. 2 Pa</b> Druckverlust	1,30208	j
36	geeignete Zu- und Abluftventile	Zu- und Abluftventile für die entsprechende Luftverteilung (ausreichende Größe für die Luftmenge, Wurfweite, Wurfrichtung)		j
37	ausreichende Dämmung der kalten Kanalrohre im warmen Bereich (innerhalb der Dämmhülle) zur Kondensationsverhinderung	<b>mind. 30 mm</b>	nicht ausg	n
38	ausreichende Dämmung der warmen Kanalrohre im kalten Bereich (außerhalb der Dämmhülle) zur Vermeidung von Energieverlusten	Lufttemperatur im Kanal bis 20°C: <b>mind. 30 mm</b> Lufttemperatur im Kanal über 20°C (Luftheizungen): <b>mind. 60 mm</b> (2x30 mm)	nicht ausg	n
39	fachgerechte Einregulierung der Anlage	unbedingt notwendig, wenn keine Konstantvolumenstromregler eingebaut sind		j

## Anhang E) Homepage

The screenshot shows a web browser window displaying the homepage of the project. The browser's address bar shows the URL [www.hausderzukunft.at](http://www.hausderzukunft.at). The page header includes the logo 'HAUS der Zukunft' and the title 'technische Evaluierung von Wohnraumlüftungen'. Below the header, a navigation menu on the left lists various sections: Haus der Zukunft, Wohnraumlüftung, Projektinfo, Projektpartner, EQ\_Dach, Forum, Links, Download, Newsletter, and Erste Ergebnisse. The main content area features a welcome message: 'Herzlich willkommen auf unserer Projektplattform!'. Below this, a paragraph states: 'Nachdem der größte Teil der Anlagenuntersuchungen vor Ort abgeschlossen ist (über 70 der geplanten 90 Anlagen wurden untersucht), und es nun an die inhaltliche Detailauswertung geht, möchten wir Ihnen einen ersten Einblick in die gewonnenen Erfahrungen geben und Sie auf die (vorläufig) häufigsten Anlagenfehler aufmerksam machen. mehr ...'. A second paragraph explains the project's goal: 'Die FHS Kufstein Tirol – Studiengang Facility Management führt in Kooperation mit der AEE-INTEC, dem arsenal research und ENERGIE TIROL eine technische Evaluierung von Wohnraumlüftungen in Österreich durch. Es werden dabei Messungen an 90 Anlagen in Österreich vorgenommen. Das Projekt wird im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“ des BMVIT im Zeitraum Nov. 2002 bis ca. Dezember 2003 durchgeführt.' A third paragraph invites participation: 'Wir möchten Ihnen auf dieser Internetplattform einerseits allgemeine Informationen zum Thema kontrollierte Wohnraumlüftung geben und Sie andererseits zur Zusammenarbeit und Mitarbeit einladen, damit dieses Projekt, mit dem Ziel die Qualität von Wohnraumlüftungen in Österreich nachhaltig zu verbessern, einen möglichst unmittelbar praktischen Niederschlag findet und Sie dieses Internetportal, angepasst an Ihre Interessen, optimal nutzen können.' A final paragraph provides contact information: 'Für weitere Informationen, Fragen, Wünsche und Anregungen steht Ihnen der Leiter des Projektes, Herr Dr. Andreas Greml gerne zur Verfügung.' The footer contains the copyright notice: '© FHS Kufstein Tirol – Stdg. FM00: Florian Burgstaller, Michael Mairhofer, Tobias Ragg, Norbert Weiskopf'.

The screenshot shows a web browser window displaying the page 'Haus der Zukunft - Was ist das?'. The browser's address bar shows the URL [www.hausderzukunft.at](http://www.hausderzukunft.at). The page header includes the logo 'HAUS der Zukunft' and the title 'technische Evaluierung von Wohnraumlüftungen'. Below the header, a navigation menu on the left lists various sections: Haus der Zukunft, Wohnraumlüftung, Projektinfo, Projektpartner, EQ\_Dach, Forum, Links, Download, Newsletter, and Erste Ergebnisse. The main content area features a section titled 'Haus der Zukunft - Was ist das?'. Below this, a paragraph explains the principle of sustainable development: 'Das Prinzip der "Nachhaltigen Entwicklung" ist für einen zukunftsweisenden, ökologischen Wandel der Gesellschaft von grundlegender Bedeutung. Bei diesem Prozess kommt der nachhaltigkeitsorientierten Forschung und technologischen Entwicklung eine Schlüsselrolle zu. Das Impulsprogramm "Nachhaltig Wirtschaften" des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie forciert solche Entwicklungen und unterstützt richtungsweisende und beispielgebende Projekte in den Themenbereichen effiziente Energienutzung, nachwachsende Rohstoffe, ökoefiziente Verfahren und Produkte, etc.' A second paragraph introduces an initiative: 'Eine Initiative für nachhaltiges Bauen, Sanieren und Modernisieren'. Below this, a paragraph explains the initiative's goal: 'Unter "Haus der Zukunft" sind neu errichtete oder sanierte Wohn- und Bürobauteile zu verstehen, die im Vergleich zum heutigen Standard in Österreich hohen ökologischen, energetischen und sozialen Anforderungen entsprechen, Vorbildcharakter haben und trotz innovativer Aspekte zu vergleichbaren Kosten errichtet oder saniert werden. Die Wünsche zukünftiger NutzerInnen sollen berücksichtigt sein. Die Bauteile sollen einen hohen Komfort in Hinblick auf Wohn- und Arbeitsqualität aufweisen.' The footer contains the copyright notice: '© FHS Kufstein Tirol – Stdg. FM00: Florian Burgstaller, Michael Mairhofer, Tobias Ragg, Norbert Weiskopf' and the logo of the BMVIT (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie).

The screenshot shows a web browser window displaying the website 'Haus der Zukunft'. The page title is 'technische Evaluierung von Wohnraumlüftungen', commissioned by the BMVIT. The main navigation menu on the left includes: Haus der Zukunft, Wohnraumlüftung, Projektinfo, Projektpartner, EQ, Dach, Forum, Links, Download, Newsletter, and Erste Ergebnisse. The 'Projektinformation' section contains the following text:

**Projektinformation**

Die FHS Kufstein Tirol – Studiengang Facility Management führt in Kooperation mit der AEE-INTEC, dem arsenal research und ENERGIE TIROL eine technische Evaluierung von Wohnraumlüftungen in Österreich durch. Es werden dabei Untersuchungen an 90 Anlagen in Österreich vorgenommen. Das Projekt wird im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“ des BMVIT im Zeitraum Nov. 2002 bis ca. Dezember 2003 durchgeführt.

Wir möchten Ihnen auf dieser Internetplattform einerseits allgemeine Informationen zum Thema kontrollierte Wohnraumlüftung bereitstellen und Sie andererseits zur Zusammenarbeit und Mitarbeit einladen. Falls Sie weitere Fragen haben oder uns Informationen zur Verfügung stellen können, möchten wir sie einladen, dies auf unserem Forum zu tun.

Logos for fhs Kufstein Tirol, ENERGIE TIROL, arsenal research, and AEE-INTEC are visible at the bottom left. The footer contains the copyright notice: © FHS Kufstein Tirol – Stdg. FM00: Florian Burgstaller, Michael Mairhofer, Tobias Raggl, Norbert Weiskopf.

The screenshot shows the same website 'Haus der Zukunft' but on the 'Vorteile einer Wohnraumlüftung' page. The navigation menu is identical. The 'Vorteile einer Wohnraumlüftung' section contains the following text:

**Vorteile einer Wohnraumlüftung**

Gegenüber den Mängeln der Fugen- und der Fensterlüftung weisen Gebäude mit kontrollierter Wohnraumlüftung entscheidende Vorteile auf:

- Garantie eines dauerhaften hygienischen Grundluftwechsels, der von Wettereinflüssen (Wind- und Temperaturunterschieden) und dem Benutzerverhalten unabhängig, aber den Bedürfnissen anpaßt ist.
- Dauerhafte Lüfterneuerung auch nachts und bei Abwesenheit der Bewohner (Stichworte: Schlafzimmerlüftung, Badezimmerentfeuchtung).
- Sichere Abführung der Raumluffeuchte, damit Vorbeugung vor Feuchte- und Schimmelschäden.
- Geringe Schadstoffkonzentration der Raumluff (Emissionen aus Möbeln, Klebstoffen, Haushalts-Chemikalien). Wichtigste Abhilfemaßnahme ist hier jedoch die Auswahl von schadstoffarmen Baustoffen, Inneneinrichtungen und Haushaltsprodukten.
- Absaugung von Gerüchen direkt aus Räumen mit Geruchsquellen (Küche, Bad, WC).
- Die Fenster können geschlossen bleiben (weniger Lärm, Abgase, Insekten, Einbruchsschutz etc.), müssen es aber nicht.
- Beitrag zum „allergiefreien Haus“. Mit hochwertigen Zuluftfiltern können Staub, Pollen und andere Allergene aus der Luft weitgehend herausgefiltert werden.
- Möglichkeit der sommerlichen Wohnungskühlung über die kältere Nachtluff oder über den Erdwärmetauscher.

The footer contains the same copyright notice: © FHS Kufstein Tirol – Stdg. FM00: Florian Burgstaller, Michael Mairhofer, Tobias Raggl, Norbert Weiskopf.

**H A U S**  
der Zukunft

technische Evaluierung von  
**Wohnraumlüftungen**

beauftragt vom bmvit im Rahmen des Projektes Haus der Zukunft

**Übersicht zu empfehlenswerten Links zur Thematik:**

- Wohnraumlüftung
- Niedrigenergiehaus
- Passivhaus

**Links zur Wohnraumlüftung:**

[Europäisches Testzentrum für Wohnungslüftungsgeräte e.V.](#)

**Allgemeine empfohlene Links zum Thema Niedrigenergiehaus bzw. Passivhaus:**

[Passivhaus Institut Darmstadt](#)

[Energiesparhaus](#)

[Cepheus \(Energieinstitut Vorarlberg\)](#)

© FHS Kufstein Tirol – Stdg. FM00: Florian Burgstaller, Michael Mairhofer, Tobias Raggl, Norbert Weiskopf

**H A U S**  
der Zukunft

technische Evaluierung von  
**Wohnraumlüftungen**

beauftragt vom bmvit im Rahmen des Projektes Haus der Zukunft

**Download:**

**Allgemeine Informationen:**

- Energie Tirol: [Kontrollierte Wohnungslüftung \(2000\)](#)
- Energie Tirol: [Energiesparen durch richtiges Lüften \(2001\)](#)
- Energie Tirol: [EQ-Kriterien für Wohnraumlüftungsanlagen](#)

[Komfortlüftungen CH](#)

[Fragebogen für Anlagenbesitzer](#)

[Leitfaden Luft-Erdwärmetauscher](#)

[Notwendiger Rohrdurchmesser für Luftmengen /-geschwindigkeiten](#)

**Downloadbereich speziell für Firmen:**

[Dach Gütesiegel](#)

[Ein Programm zur Unterstützung von Planern von Lüftungsanlagen](#)

[Studie Akzeptanzanalyse Haus der Zukunft \(Österreich\)](#)

[BINE Informationsdienst: Solare Luftsysteme](#)

[Akzeptanz für Komfortlüftungen im Wohnungsbereich \(Schweiz\)](#)

© FHS Kufstein Tirol – Stdg. FM00: Florian Burgstaller, Michael Mairhofer, Tobias Raggl, Norbert Weiskopf

**HAUS**  
der Zukunft

technische Evaluierung von  
**Wohnraumlüftungen**

beauftragt vom bmvi im Rahmen des Projektes Haus der Zukunft

**Haus der Zukunft**

**Wohnraumlüftung**

**Projektinfo**

**Projektpartner**

**EQ, Dach**

**Forum**

**Links**

**Download**

**Newsletter**

**Erste Ergebnisse**

**Technische Evaluierung von Wohnraumlüftungen – Erste Ergebnisse:**

Nachdem der größte Teil der Anlagenuntersuchungen vor Ort abgeschlossen ist, (über 70 der geplanten 90 Anlagen wurden untersucht) und es nun an die inhaltliche Detailauswertung geht, möchten wir Ihnen einen ersten Einblick in die gewonnenen Erfahrungen geben und Sie auf die vorläufig häufigsten Anlagenfehler aufmerksam machen.

Es muss jedoch vorausgeschickt werden, dass fast alle Anlagenbesitzer mit ihren Anlagen - trotz kleiner Mängel - sehr zufrieden sind und durch die folgende Fehlerauflistung nicht der Eindruck entstehen sollte, dass bei den Anlagen die Probleme die Vorteile überwiegen. Eine Lüftungsanlage kann auch aufgrund dieser Evaluierung auf alle Fälle empfohlen werden. Den ein, oder anderen Fehler sollte man, auch aufgrund dieser Evaluierung, jedoch in Zukunft vermeiden.

Bei den folgenden Bildern sind sowohl positive als auch negative Beispiele dargestellt. Generelle Hilfe für die Anlagenkonzeption finden Sie unter dem Bereich Links bzw. Downloads.

**1.) Die wichtigsten Fehler in der Gesamtkonzeption:**

- Häufigstes Problem bei den Anlagen sind Lärmprobleme aufgrund ungenügender Dimensionierung der Rohr- bzw. Ventilquerschnitte. Um die Lärmprobleme zu reduzieren werden die Luftmengen gedrosselt und die Anlagen können ihren eigentlichen Zweck, der „ausreichenden Bereitstellung von Frischluft“ nicht mehr voll erfüllen.
- Auch die Luftführung in der Wohnung, d.h. die ausreichende Raumdurchströmung ist bei einigen Anlagen nicht optimal gegeben. Wobei hier klar ist, dass es immer um einen akzeptablen Kompromiss zwischen Installationsaufwand und optimaler Raumdurchströmung gehen muss.
- Die Überströmöffnungen werden sehr stiefmütterlich behandelt. Teilweise sind diese überhaupt nicht vorhanden, zu gering dimensioniert oder an den falschen Plätzen angebracht. Z. B. sollten die Überströmöffnungen bei einer Quelllüftung im oberen Wand- bzw. im Deckenbereich oder über die Türzarge

© FHS Kufstein Tirol – Stgd. FM00: Florian Burgstaller, Michael Mairhofer, Tobias Raggl, Norbert Weiskopf

**HAUS**  
der Zukunft

technische Evaluierung von  
**Wohnraumlüftungen**

beauftragt vom bmvi im Rahmen des Projektes Haus der Zukunft

**Haus der Zukunft**

**Wohnraumlüftung**

**Projektinfo**

**Projektpartner**

**EQ, Dach**

**Forum**

**Links**

**Download**

**Newsletter**

**Erste Ergebnisse**

**Newsletter**

Anmeldung zum Projekt-Newsletter:

Durch Klicken auf die Schaltfläche werden Sie für unseren Projekt-Newsletter registriert. Ihr Mailprogramm verschickt nun eine Mail mit Ihrem Namen und Ihrer Mailadresse an [wrl@fh-kufstein.ac.at](mailto:wrl@fh-kufstein.ac.at). Ihre Mailadresse wird ausschließlich nur vom Projektteam Kontrollierte Wohnraumlüftung für diesen Newsletter benutzt. Sie erhalten aktuelle Informationen rund um unser Projekt und die Ergebnisse der Untersuchungen maximal ein Mal pro Monat per E-Mail. Bitte keine E-Mails direkt an diese Adresse schicken! Für weitere Fragen, Anregungen, Wünsche, ... bitten wir Sie folgende Adresse zu verwenden: [wohnraumlueftung@fh-kufstein.ac.at](mailto:wohnraumlueftung@fh-kufstein.ac.at)

Durch Klicken auf die Schaltfläche werden Sie aus dem Newsletterverzeichnis gelöscht!

© FHS Kufstein Tirol – Stgd. FM00: Florian Burgstaller, Michael Mairhofer, Tobias Raggl, Norbert Weiskopf

## Anhang F) Newsletter



### **Programmlinie „Haus der Zukunft“ des bmvit Technische Evaluierung von Wohnraumlüftungen – Newsletter Nr. 1 Juli 2003**

**Projekthomepage:** [www.fh-kufstein.ac.at/wohnräumluftung](http://www.fh-kufstein.ac.at/wohnräumluftung)

Nachdem der größte Teil der Anlagenuntersuchungen vor Ort abgeschlossen ist, (über 70 der geplanten 90 Anlagen wurden untersucht) und es nun an die inhaltliche Detailauswertung geht, möchten wir sie in diesem ersten Newsletter auf die vorläufig häufigsten Anlagenfehler aufmerksam machen.

Es muss jedoch vorausgeschickt werden, dass fast alle Anlagenbesitzer mit ihren Anlagen trotz kleiner Mängel sehr zufrieden sind. Die folgende Fehlerauflistung soll nicht den Eindruck entstehen lassen, dass bei den Anlagen die Probleme im Vordergrund stehen, sondern dass die Vorteile überwiegen. Eine Lüftungsanlage kann auch aufgrund dieser Evaluierung auf alle Fälle empfohlen werden. Eventuell kann man aber den einen oder anderen Fehler vermeiden.

#### **1.) Die wichtigsten Fehler in der Gesamtkonzeption:**

- Häufigstes Problem bei den Anlagen sind Lärmprobleme aufgrund ungenügender Dimensionierung der Rohr- bzw. Ventilquerschnitte. Um die Lärmprobleme zu reduzieren werden die Luftmengen gedrosselt und die Anlagen können ihren eigentlichen Zweck, der „ausreichenden Bereitstellung von Frischluft“ nicht mehr voll erfüllen.
- Auch die Luftführung in der Wohnung, d.h. die ausreichende Raumdurchströmung ist bei einigen Anlagen nicht optimal gegeben. Wobei hier klar ist, dass es immer um einen akzeptablen Kompromiss zwischen Installationsaufwand und optimaler Raumdurchströmung geben muss.
- Die Überströmöffnungen werden sehr stiefmütterlich behandelt. Teilweise sind diese überhaupt nicht vorhanden, zu gering dimensioniert oder an den falschen Plätzen angebracht. Z. B. sollten die Überströmöffnungen bei einer Quelllüftung im oberen Wand- bzw. im Deckenbereich oder über die Türzarge und nicht am Boden durch Schleiftüren verwirklicht werden.
- Die Luftmengen für einzelne Bereiche, insbesondere für Bad und Küche sind oft zu gering dimensioniert.
- Integration der Dunstabzugshaube in die Lüftung bzw. direkt nach außen (anstatt Umlufthaube mit Fett- und Aktivkohlefilter)
- Feuerstellen werden teilweise nicht unabhängig von der Raumluft betrieben
- Keinerlei Einregulierung – Anlage läuft irgendwie.



### 2.) Die 10 häufigsten Fehler bei einzelnen Anlagenteilen

- Mangelhafte Luftansaugung
- Kein Kondensatablauf beim Erdwärmetauscher
- Keine Feuchteisolation der kalten Rohre (Frischluff und Fortluft) bzw. keine Dämmung der warmen Rohre (Zuluft und Abluft) im Keller
- Zu geringe Filterqualität und schlechte Wartung der Filter (meist nur G3 bzw. G4)
- Anlagen ohne Konstantvolumenstromregelung sind fast nie ausbalanciert (aber auch KVR-geregelte haben diesbezüglich Probleme)
- Keine Anzeige für Filterwechsel im Wohnraum
- Fehlende bzw. ungenügende Schalldämpfer (Geräteschalldämpfer und Telefonieschalldämpfer)
- Ungenügende Rohrquerschnitte (zu hohe Luftgeschwindigkeiten)
- Ungeeignetes Verrohrungsmaterial (flexible Schläuche)
- Falsche bzw. zu kleine Ventile (z. B. reine Abluftventile für die Zuluft)

### 3.) Regelung und Steuerung

Einen weiteren Problempunkt stellen die nicht ausgenützten bzw. teilweise falsch eingestellten regelungstechnischen Bereiche dar. Hier herrscht teilweise große Unsicherheit welcher (individuelle) Wert wie eingestellt werden sollte.

- Einstellmöglichkeiten für die Umgehung des Erdwärmetauschers?
- Temperatur für die Umgehung des Gerätewärmetauschers?
- Welche Lüftungsstufe zu welcher Tageszeit?
- Soll die Anlage in der Übergangszeit bzw. im Sommer laufen?

Händisch umzustellende Systeme zur Umgehung des Erdwärmetauschers bzw. des Wärmetauschers im Lüftungsgerät bewähren sich in der Praxis nicht.

**Resümee:** Die Lüftungsgeräte selbst sind in den wenigsten Fällen Anlass von Kritik. Durchwegs sind eher hochwertige Geräte eingebaut. Die Probleme der Anlagen liegen meist in der allg. Konzeption, in unzureichenden Anlagenkomponenten und im steuertechnischen Bereich.

Weitere erste Informationen zu den angesprochenen Problemen (insbesondere Bilder) finden sie auf der Projekthomepage:

[www.fh-kufstein.ac.at/wohnraumlueftung](http://www.fh-kufstein.ac.at/wohnraumlueftung) Über Anregungen würden wir uns freuen.

Der endgültige Projektbericht mit den ausgearbeiteten Details und Empfehlungen wird voraussichtlich Ende Jänner 2004 verfügbar sein.

Mit freundlichen Grüßen


Das Projektteam:

DI Andreas Greml (Projektleitung) – FHS-Kufstein  
Ing. Wolfgang Leitzinger – Arsenal Research  
DI Ernst Blümel – AEE-INTEC  
DI Roland Kapferer – ENERGIE TIROL




## Anhang G) Visitenkarten der untersuchten Anlagen

### 1. Steiermark:


	Einfamilienhaus Stmk.		Anlage: 1
	Baujahr:	1999	
	Wohnnutzfläche:	140	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	156	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	


	Einfamilienhaus Stmk.		Anlage: 2
	Baujahr:	2000	
	Wohnnutzfläche:	190	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	134	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	

	Einfamilienhaus Stmk.		Anlage: 3
	Baujahr:	2002	
	Wohnnutzfläche:	128	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	188	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	


	Einfamilienhaus Stmk.		Anlage: 4
	Baujahr:	2002	
	Wohnnutzfläche:	170	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	199	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	


	Einfamilienhaus Stmk.		Anlage: 5
	Baujahr:	1999	
	Wohnnutzfläche:	365	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	195	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	

	Einfamilienhaus Stmk.		Anlage: 6
	Baujahr:	2002	
	Wohnnutzfläche:	180	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	145	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	

	Einfamilienhaus Stmk.		Anlage: 7
	Baujahr:	2002	
	Wohnnutzfläche:	150	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	152	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	

	Einfamilienhaus Stmk.		Anlage: 8
	Baujahr:	2001	
	Wohnnutzfläche:	140	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	232	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	

	Einfamilienhaus Stmk.		Anlage: 9
	Baujahr:	2002	
	Wohnnutzfläche:	150	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	168	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	


	Einfamilienhaus Stmk.		Anlage: 10
	Baujahr:	2002	
	Wohnnutzfläche:	220	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	282	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	


	Einfamilienhaus Stmk.		Anlage: 11
	Baujahr:	2002	
	Wohnnutzfläche:	150	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	160	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	





2. Kärnten:

	Einfamilienhaus Ktn.		Anlage: 12
	Baujahr:	2002	
	Wohnnutzfläche:	150	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	124	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	


	Einfamilienhaus Ktn.		Anlage: 13
	Baujahr:	2002	
	Wohnnutzfläche:	160	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	203	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	

	Einfamilienhaus Ktn.		Anlage: 14
	Baujahr:	2002	
	Wohnnutzfläche:	116	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	124	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	

	Einfamilienhaus Ktn.		Anlage: 15
	Baujahr:	2002	
	Wohnnutzfläche:	162	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	188	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	


	Einfamilienhaus Ktn.		Anlage: 16
	Baujahr:	2002	
	Wohnnutzfläche:	135	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	203	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	


	Einfamilienhaus Ktn.		Anlage: 17
	Baujahr:	2000	
	Wohnnutzfläche:	138	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	180	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	

	Einfamilienhaus Ktn.		Anlage: 18
	Baujahr:	2001	
	Wohnnutzfläche:	135	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	169	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	


	Einfamilienhaus Ktn.		Anlage: 19
	Baujahr:	2001	
	Wohnnutzfläche:	130	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	212	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	


	Einfamilienhaus Ktn.		Anlage: 20	
	Baujahr:	2002		
	Wohnnutzfläche:	180	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	263	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		


	Einfamilienhaus Ktn.		Anlage: 21	
	Baujahr:	2001		
	Wohnnutzfläche:	130	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	130	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		

	Einfamilienhaus Ktn.		Anlage: 22	
	Baujahr:	2002		
	Wohnnutzfläche:	150	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	174	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		

3. Burgenland:

	Einfamilienhaus Bgl.		Anlage: 23	
	Baujahr:	2001		
	Wohnnutzfläche:	140	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	239	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		

	Einfamilienhaus Bgl.		Anlage: 24	
	Baujahr:	2001		
	Wohnnutzfläche:	150	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	203	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		

	Einfamilienhaus Bgl.		Anlage: 25	
	Baujahr:	2001		
	Wohnnutzfläche:	130	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	103	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		

Mehrfamilienhaus Bgl.	Anlage: 26		Mehrfamilienhaus Bgl.	Anlage: 27	
Baujahr:	1997		Baujahr:	2002	
Wohnnutzfläche:	80	m <sup>2</sup>	Wohnnutzfläche:	80	m <sup>2</sup>
gemessener Volumenstrom:	23	m <sup>3</sup> /h	gemessener Volumenstrom:	85	m <sup>3</sup> /h
Art der Lüftungsanlage:	zentrale Abluftanlage		Art der Lüftungsanlage:	zentrale Abluftanlage	

	Mehrfamilienhaus Bgl.		Anlage: 28
	Baujahr:	2000	
	Wohnnutzfläche:	54	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	48	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale Abluftanlage	





4. Salzburg:

	Mehrfamilienhaus Sbg.		29-32
	Baujahr:	2002	
	Wohnnutzfläche:	70	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	69	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale Frisch- und Fortluftsträngen mit dezentraler Zu- und Abluftanlage mit WRG	


	Einfamilienhaus Sbg.		Anlage: 33
	Baujahr:	2002	2
	Wohnnutzfläche:	160	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	105	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	


	Einfamilienhaus Sbg.		Anlage: 34
	Baujahr:	2001	28
	Wohnnutzfläche:	150	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	170	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	

	Einfamilienhaus Sbg.		Anlage: 35
	Baujahr:	2002	27
	Wohnnutzfläche:	150	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	195	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	

	Mehrfamilienhaus Sbg.		Anlage: 36	
	Baujahr:	2002		1
	Wohnnutzfläche:	90	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	100	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	Wohnungsweise WRL - Anlagen mit WRG		

	Mehrfamilienhaus Sbg.		Anlage: 37	
	Baujahr:	2002		3
	Wohnnutzfläche:	90	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	80	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	Wohnungsweise WRL - Anlagen mit WRG		

	Mehrfamilienhaus Sbg.		Anlage: 38	
	Baujahr:	2002		23
	Wohnnutzfläche:	90	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	70	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	Wohnungsweise WRL - Anlagen mit WRG		

	Einfamilienhaus Sbg.		Anlage: 39	
	Baujahr:	2001		25
	Wohnnutzfläche:	240	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	85	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	Zentrale WRL - Anlage mit WRG		

5. Tirol:

	Einfamilienhaus Tirol		Anlage: 40	
	Baujahr:	2000	10	
	Wohnnutzfläche:	160	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	185	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		

	Einfamilienhaus Tirol (Sanierung)		Anlage: 41	
	Baujahr:	2002	11	
	Wohnnutzfläche:	145	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	148	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		

	Einfamilienhaus Tirol (Sanierung)		Anlage: 42	
	Baujahr:	2003		14
	Wohnnutzfläche:	149	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	190	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		

	Mehrfamilienwohnhaus T.		Anlage: 43	
	Baujahr:	2002	15	
	Wohnnutzfläche:	76	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	110	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		



	Einfamilienhaus Tirol		Anlage: 44	
	Baujahr:	2000	18	
	Wohnnutzfläche:	149	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	130	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		


	Einfamilienhaus Tirol		Anlage: 45	
	Baujahr:	2001	19	
	Wohnnutzfläche:	150	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	60	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		


	Einfamilienhaus Tirol		Anlage: 46	
	Baujahr:	2001		24
	Wohnnutzfläche:	140	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	125	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		

	Einfamilienhaus Tirol		Anlage: 47	
	Baujahr:	2002	29	
	Wohnnutzfläche:	127	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	150	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		

	Mehrfamilienhaus Tirol		Anlage: 48	
	Baujahr:	1997		16
	Wohnnutzfläche:	65	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	85	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	Wohnungsweise WRL - Anlage mit WRG mit gemeinsamer Frischluft und Fortluft		

	Einfamilienhaus Tirol		Anlage: 49	
	Baujahr:	1999	21	
	Wohnnutzfläche:	149	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	80	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		

	Einfamilienhaus Tirol		Anlage: 50	
	Baujahr:	2000	22	
	Wohnnutzfläche:	150	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	112	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		

	Einfamilienhaus Tirol		Anlage: 51
	Baujahr:	2000	5
	Wohnnutzfläche:	149	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	90	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	

**Osttirol:**

	Einfamilienhaus O-Tirol		Anlage: 52
	Baujahr:	2002	20
	Wohnnutzfläche:	150	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	80	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	


	Einfamilienhaus O-Tirol		Anlage: 53
	Baujahr:	2001	12
	Wohnnutzfläche:	150	m <sup>2</sup>
	Gemessener Volumenstrom:	120	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlagen mit WRG	



6. Vorarlberg:

	Einfamilienhaus Vbg..		Anlage: 54	
	Baujahr:	2002	6	
	Wohnnutzfläche:	129	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	145	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG u. WP		

	Einfamilienhaus Vbg..		Anlage: 55	
	Baujahr:	2001	7	
	Wohnnutzfläche:	150	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	160	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		

	Einfamilienhaus Vbg.		Anlage: 56	
	Baujahr:	2002	8	
	Wohnnutzfläche:	150	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	95	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		

	Einfamilienhaus Vbg.		Anlage: 57	
	Baujahr:	2002		4
	Wohnnutzfläche:	150	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	210	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG und WP		

	Einfamilienhaus Vbg.		Anlage: 58	
	Baujahr:	2001	17	
	Wohnnutzfläche:	140	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	115	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		

	Mehrfamilienhaus Vbg.		Anlage: 59	
	Baujahr:	2002	13	
	Wohnnutzfläche:	63	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	90	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	Wohnungsweise WRL - Anlagen mit WRG		

	Einfamilienhaus Vbg.		Anlage: 60	
	Baujahr:	2002		26
	Wohnnutzfläche:	134	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	100	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		

	Einfamilienhaus Vbg.		Anlage: 61	
	Baujahr:	2002		9
	Wohnnutzfläche:	150	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	110	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		



7. Niederösterreich:

	Einfamilienhaus NÖ		Anlage: 62	
	Baujahr:	2000		
	Wohnnutzfläche:	200	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	74	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		


	Einfamilienhaus NÖ		Anlage: 63	
	Baujahr:	1995		
	Wohnnutzfläche:	210	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	214	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		

	Einfamilienhaus NÖ		Anlage: 64	
	Baujahr:	2001		
	Wohnnutzfläche:	150	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	112	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		

	Einfamilienhaus NÖ		Anlage: 65	
	Baujahr:	2002		
	Wohnnutzfläche:	124	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	151	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		

	Mehrfamilienhaus NÖ		Anlage: 66
	Baujahr:	1999	
	Wohnnutzfläche:	240	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	145	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	

	Mehrfamilienhaus NÖ		Anlage: 67
	Baujahr:	2002	
	Wohnnutzfläche:	220	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	211	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	

	Einfamilienhaus NÖ		Anlage: 68
	Baujahr:	2001	
	Wohnnutzfläche:	240	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	219	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	

	Einfamilienhaus NÖ		Anlage: 69
	Baujahr:	1998	
	Wohnnutzfläche:	141	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	184	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	

	Einfamilienhaus NÖ		Anlage: 70	
	Baujahr:	2000		
	Wohnnutzfläche:	260	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	196	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		

	Einfamilienhaus NÖ		Anlage: 71	
	Baujahr:	2001		
	Wohnnutzfläche:	174	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	172	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		

	Einfamilienhaus NÖ		Anlage: 72	
	Baujahr:	2001		
	Wohnnutzfläche:	200	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	141	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		


	Einfamilienhaus NÖ		Anlage: 73	
	Baujahr:	2001		
	Wohnnutzfläche:	150	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	123	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		




	Einfamilienhaus NÖ		Anlage: 74	
	Baujahr:	1998		
	Wohnnutzfläche:	160	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	153	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlagen mit WRG		


	Einfamilienhaus NÖ		Anlage: 75	
	Baujahr:	2002		
	Wohnnutzfläche:	155	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	180	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlagen mit WRG		

	Einfamilienhaus NÖ		Anlage: 76	
	Baujahr:	2001		
	Wohnnutzfläche:	170	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	145	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		

	Einfamilienhaus NÖ		Anlage: 77	
	Baujahr:	2003		
	Wohnnutzfläche:	165	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	140	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		

	Einfamilienhaus NÖ		Anlage: 78
	Baujahr:	2002	
	Wohnnutzfläche:	180	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	166	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	

	Einfamilienhaus NÖ		Anlage: 79
	Baujahr:	2002	
	Wohnnutzfläche:	140	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	112	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	

	Einfamilienhaus NÖ		Anlage: 80
	Baujahr:		
	Wohnnutzfläche:	167	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	163	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	

	Einfamilienhaus NÖ		Anlage: 81
	Baujahr:	1991	
	Wohnnutzfläche:	167	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	133	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	

	Einfamilienhaus NÖ		Anlage: 82	
	Baujahr:	2000		
	Wohnnutzfläche:	138	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	165	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		

	Einfamilienhaus NÖ		Anlage: 83	
	Baujahr:	1999		
	Wohnnutzfläche:	250	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	203	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		

	Einfamilienhaus NÖ		Anlage: 84	
	Baujahr:	2000		
	Wohnnutzfläche:	160	m <sup>2</sup>	
	gemessener Volumenstrom:	181	m <sup>3</sup> /h	
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG		




9. Oberösterreich:

	Einfamilienhaus OÖ		Anlage: 85
	Baujahr:	2002	12
	Wohnnutzfläche:	140	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	1150	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	

	Einfamilienhaus OÖ		Anlage: 86
	Baujahr:	2002	
	Wohnnutzfläche:	240	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	199	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	

	Einfamilienhaus OÖ		Anlage: 87
	Baujahr:	2003	
	Wohnnutzfläche:	138	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	130	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	

	Einfamilienhaus OÖ		Anlage: 88
	Baujahr:	1990 (Lüftung 1994)	
	Wohnnutzfläche:	250	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	232	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	

	Einfamilienhaus OÖ		Anlage: 89
	Baujahr:	1998	
	Wohnnutzfläche:	195	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	165	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	

	Einfamilienhaus OÖ		Anlage: 90
	Baujahr:	2000	
	Wohnnutzfläche:	200	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	145	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlage mit WRG	

Wien

	MFH-Wohnung Wien		Anlage: 91
	Baujahr:	2002	
	Wohnnutzfläche:	90	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	49,5	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlagen mit WRG	

	MFH-Wohnung Wien		Anlage: 92
	Baujahr:	1997	
	Wohnnutzfläche:	130	m <sup>2</sup>
	gemessener Volumenstrom:	166	m <sup>3</sup> /h
	Art der Lüftungsanlage:	zentrale WRL - Anlagen mit WRG	