



Programmsteuerung:
Klima- und Energiefonds

Programmabwicklung:
Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)



ENERGIE DER ZUKUNFT

Endbericht

Evaluierung von zentralen bzw.
semizentralen Wohnraumlüftungen
im Mehrfamilienhausbereich
und Erstellung von Qualitätskriterien
bzw. eines Planungsleitfadens

Autoren:

R. Kapferer
A. Greml
K. Höfler
W. Leitzinger
J. Suschek-Berger

Evaluierung von zentralen bzw. semizentralen Wohnraumlüftungen im Mehrfamilienhausbereich und Erstellung von Qualitätskriterien bzw. eines Planungsleitfadens

DI Roland Kapferer (Projektleitung) – ENERGIE TIROL

DI Andreas Greml – TB Greml

DI Dr. Karl Höfler – AEE INTEC

Ing. Wolfgang Leitzinger – AIT

Mag. Jürgen Suschek-Berger – Interuniversitäres Forschungszentrum Graz



Inhaltsverzeichnis:

Kurzfassung	9
Abstract	11
1 Einleitung und Vorbemerkungen.....	13
1.1 Ausgangspunkt des Forschungsprojektes.....	13
1.2 Ziel des Forschungsprojektes	14
1.3 Warum ist dieses Projekt für die Programmlinie „Energie 2050“ von Interesse? ..	15
1.4 Vorgangsweise – Übersicht	15
1.5 Die wichtigsten Ergebnisse des jeweiligen Projektabschnitts	15
1.6 Einschränkungen und Ergänzungen	17
1.6.1 Evaluierung war keine Langzeituntersuchung	17
1.6.2 Keine Veröffentlichung der Ergebnisse von Einzeluntersuchungen.....	17
1.6.3 Einbeziehung nicht nur der 14 Anlagen.....	17
1.6.4 Statistische Auswertung.....	17
2 Österreichlandkarte „Wohnraumlüftung - MFH“	18
2.1 Statistische Auswertung der erhobenen Anlagen	19
3 Ausgewählte Objekte für die Evaluierung	22
4 Bestehende Gesetze, Normen, Studien und Umsetzungshilfen.....	23
4.1 Gesetzliche Bestimmungen für Wohnraumlüftungen.....	24
4.2 Wichtige Normen zu Wohnraumlüftungen im MFH.....	25
4.3 Offizielle Empfehlungen zum Thema Luftqualität	27
4.3.1 Österreich	27
4.3.2 Deutschland.....	28
4.4 Einschätzung der Auswirkungen von mechanischen Wohnraumlüftungsanlagen.	29
4.5 Studien zu Luftqualität und Lüftung.....	30
4.6 Studien zum Thema Luftfeuchtigkeit in Wohngebäuden.....	32
4.7 Studien zu Auswirkungen trockener Luft auf die Gesundheit	33
4.8 Hygieneuntersuchungen	34
4.9 Studien über MFH mit Wohnraumlüftungen	34
4.9.1 Kurzzeitstudien über MFH mit Wohnraumlüftungen	34
4.9.2 Langzeitstudien über MFH mit Wohnraumlüftungen.....	34
4.9.2.1 Erfahrungen aus der Langzeitmessung Mühlweg, Wien	35
4.9.2.2 Erfahrungen aus der Langzeitmessung Dreherstraße, Wien	35
4.9.2.3 Erfahrungen aus der Langzeitmessung Utendorfgasse, Wien	36
4.9.2.4 Langzeitmessung Lodenareal Innsbruck	37
4.9.2.5 Langzeitmessung Studentenwohnheim Kandlerstraße in Wien	37

4.10	Wirtschaftlichkeit und Kosten	38
4.11	Ausschreibungs- bzw. Planungshilfen	38
5	Raumklima und Behaglichkeit	41
5.1	Thermische Behaglichkeit	43
5.1.1	Wärmeproduktion	43
5.1.2	Bekleidung	44
5.1.3	Raumlufttemperatur und Temperatur der Umschließungsflächen	45
5.1.4	Luftbewegung	47
5.1.5	Luftfeuchte	48
5.2	Raumluftqualität	53
5.2.1	Die Beurteilung der Luftqualität	54
5.2.2	CO ₂ als Lüftungsparameter	55
5.2.3	Der Mensch als Quelle von CO ₂ in Innenräumen	55
5.2.4	CO ₂ – Allgemeine Wirkungen auf den Menschen	56
5.2.5	Bestehende Regelungen für CO ₂	57
5.2.6	CO ₂ -Ausstoß durch Personen	58
5.2.7	CO ₂ Konzentration der Außenluft	60
5.2.8	Bestehende Regelungen für abgeleiteten Wert „Außenluft-Volumenstrom“	60
5.2.8.1	Unterschiedliche Auslegungsempfehlungen	62
5.2.8.2	Einzustellende Luftmengen	66
5.2.8.3	Anpassung der Betriebsstufe der Lüftung an die Anwesenheit	67
5.2.8.4	Vergleich Auslegungsbeispiel	68
5.2.8.5	Diskussion der Unterschiede - Empfehlung	69
5.2.8.6	Problemfall – kleine Wohnungen	71
5.2.9	Dimensionierungshilfe	72
5.3	Schall	74
5.3.1	Auswirkungen von Lärm	74
5.3.2	Schallbeurteilung – max. Schallpegel	74
5.3.3	Regelungen für den zulässigen Schallpegel	75
5.3.4	Nachhallzeit	77
5.4	Ionen in der Raumluft	79
6	Gebäudeseitige Rahmenbedingung - Luftdichtheit	81
7	Grundlagen – Mechanische Lüftung im MFH	84
7.1	Fachbegriffe zum Thema Wohnraumlüftung	85
7.1.1	Klassifizierung der Luftarten nach ÖNORM EN 13779:2008	85
7.1.2	Bezeichnung für Luftvolumenströme bei Wohnraumlüftungen	87
7.1.3	Aufenthaltsbereich	87
7.2	Lüftungssysteme	88

7.2.1	Natürliche Lüftung	88
7.2.2	Mechanische Lüftung	88
7.3	Zentral – Semizentral – Dezentral – Raumweise.....	89
7.3.1	Zentrale Lüftungsanlage	90
7.3.2	Semizentrale bzw. kombinierte Lüftungsanlage	94
7.3.3	Dezentrale, wohnungsweise Lüftungsanlage	95
7.3.4	Dezentrale, raumweise Lüftungsanlage	98
7.3.5	Bewertung der Lüftungssysteme in Wohnungen	100
7.4	Kaskadenprinzip	101
7.5	Lüftungsprinzipien.....	102
7.6	Luftleitungen - Verteilprinzip.....	103
7.7	Luftheizung im MFH.....	104
7.8	Arten der Wärme- bzw. Feuchterückgewinnung.....	105
7.8.1	Rekuperative Wärmeübertragung	107
7.8.2	Regenerative Wärmeübertragung	109
7.8.2.1	Rotoren mit oder ohne Sorption.....	110
7.8.2.2	Umschalt Speicher	110
7.8.2.3	Kompakt-Wärmeaustauscher – Kreislaufverbundsystem.....	111
7.8.2.4	Wärmerohr	111
7.8.3	Zusammenfassung Wärmerückgewinnung	112
7.9	Vereisungsschutz.....	114
7.10	Filter.....	115
7.11	Ventilatoren und Antriebe.....	117
7.11.1	Ventilatorbauarten und Wirkungsgrade	118
7.11.1.1	Gehäuseventilatoren und freilaufende Räder.....	118
7.11.1.2	Vorwärts und rückwärts gekrümmte Schaufeln.....	119
7.11.1.3	Einflutige oder zweiflutige (doppelflutige) Ventilatoren.....	119
7.11.2	Antriebe	120
7.11.2.1	Riemenantrieb	120
7.11.2.2	Direktantrieb	121
7.11.3	Motoren.....	121
7.11.3.1	Wirkungsgrade IEC-Standard	123
	Permanentmagnetmotor:	124
7.11.3.2	Gesamtwirkungsgrad von Ventilatoreinheiten.....	125
7.12	Drehzahlregelung.....	127
7.13	Wohnungsweise Volumenstromregelung	128
7.14	Luftbefeuchtung	129
7.15	Druckverluste und deren Optimierung.....	131

7.16	Energetische Kennwerte bei Lüftungsanlagen	133
7.16.1	Wärmetechnische Grundlagen zur Wohnraumlüftung	133
7.16.1.1	Grundlagen der Wärmerückgewinnung	138
7.16.1.2	Wärmerückgewinnungsgrad	140
7.16.1.3	Wärmebereitstellungsgrad (nach DIBt)	141
7.16.1.4	Effektiver Wärmebereitstellungsgrad nach Passivhausinstitut	142
7.16.1.5	Rückwärmzahl, Temperaturänderungsgrad	143
7.16.1.6	Temperaturverhältnis.....	144
7.16.1.7	Wärmerückgewinnungsklassen	145
7.17	Spezifische Ventilatorleistung – Specific Fan Power (SFP).....	146
7.17.1.1	Elektrisches Wirkungsverhältnis	150
7.17.1.2	Primärenergieeinsparung	151
7.17.2	Energieeffizienzlabel für Lüftungsanlagen.....	151
7.17.2.1	Energieeffizienzklassen nach Eurovent	153
7.17.2.2	Energieeffizienzklassen A+, A und B lt. RLT-Richtlinie 1	154
7.18	Möglichkeiten der Einsparung von elektrischer Energie bei Lüftungsanlagen	157
7.18.1	Optimierte Gesamtluftmengen	157
7.18.2	Niedrige interne und externe Druckverluste	158
7.18.3	Effiziente Ventilator- bzw. Antriebstechnologie.....	158
7.18.4	Optimierte Betriebszeiten	159
7.19	Lebenszykluskosten bei Lüftungsanlagen.....	160
7.20	Brandschutz.....	162
7.20.1	Vorbeugender Brandschutz.....	162
7.20.2	Gesetze und technische Regeln	163
7.20.3	Gebäudeklassen	163
7.20.4	Brennbarkeitsklassen.....	164
7.20.5	Feuerwiderstandsklassen.....	165
7.20.6	Feuerwiderstand für Installationen - Brandabschottung.....	165
8	Akzeptanzanalyse.....	170
8.1	Vorgehensweise	170
8.2	Ergebnisse.....	170
8.2.1	Ergebnisse der Kurzbefragung der BewohnerInnen.....	172
8.2.1.1	Zufriedenheit mit der Wohnsituation	172
8.2.1.2	Bewertung der Lüftungsanlage.....	173
8.2.1.3	Einstellung und Informationen zur Lüftungsanlage	176
8.2.1.4	Wiedereinzug in eine Wohnung mit Lüftungsanlage	179
8.2.2	Ergebnisse der längeren Befragung der BewohnerInnen	180
8.2.2.1	Zufriedenheit mit der Wohnsituation	180

8.2.2.2	Bewertung der Lüftungsanlage.....	180
8.2.2.3	Regelung der Lüftungsanlage.....	183
8.2.2.4	Optik der Lüftungsanlage	184
8.2.2.5	Lüften im Winter	185
8.2.2.6	Wartung der Lüftungsanlage und Filterwechsel.....	186
8.2.2.7	Einstellung und Informationen zur Lüftungsanlage	187
8.2.2.8	Wiedereinzug in eine Wohnung mit Lüftungsanlage.....	192
8.2.3	Ergebnisse der Befragung der HausmeisterInnen.....	194
8.2.3.1	Bewertung der Lüftungsanlage.....	194
8.2.3.2	Regelung der Lüftungsanlage.....	196
8.2.3.3	Reinigung der Lüftungsanlage.....	197
8.2.3.4	Wartung der Lüftungsanlage	198
8.2.3.5	Hygiene der Lüftungsanlage.....	198
8.2.3.6	Wechsel der Filter	199
8.2.3.7	Zeitaufwand für die Betreuung der Lüftungsanlage	200
8.2.3.8	Einstellung und Informationen zur Lüftungsanlage	200
8.2.3.9	Tätigkeiten zur Lüftungsanlage.....	204
8.2.3.10	Probleme der BewohnerInnen	204
8.2.3.11	Lüften im Winter	205
8.2.3.12	Zufriedenheit mit der Arbeitssituation.....	206
8.2.3.13	Sozialstatistische Daten.....	207
8.2.4	Ergebnisse der Befragung der Wohnbauträger	208
8.2.4.1	Entscheidung für die Lüftungsanlage.....	208
8.2.4.2	Einschätzung der Lüftungsanlage.....	210
8.2.4.3	Zufriedenheit und Einbeziehung der BewohnerInnen	212
8.2.4.4	Nachträgliche Betrachtung	214
8.2.5	Ergebnisse der Befragung der PlanerInnen	214
8.2.5.1	Entscheidung für die Lüftungsanlage.....	214
8.2.5.2	Vorgaben durch die Auftraggeberseite	216
8.2.5.3	Einschätzung der Lüftungsanlage.....	217
8.2.5.4	Nachträgliche Betrachtung	219
8.3	Vergleichende Zusammenfassung der Ergebnisse	220
8.3.1	Zufriedenheit mit Wohnsituation und Lüftungsanlage.....	220
8.3.2	Information zur Lüftungsanlage.....	220
8.3.3	Regelung der Lüftungsanlage	221
8.3.4	Lüften im Winter.....	221
8.3.5	Wartung der Lüftungsanlage und Filterwechsel.....	221
8.3.6	Wiedereinzug und Empfehlungen	221

8.4	Resümee und Empfehlungen.....	222
9	Technische Evaluierung	224
9.1	Vorgangsweise	224
9.1.1	Arbeitsanweisung für die Anlagenuntersuchung.....	224
9.1.2	Hilfsmittel für die Anlagenuntersuchung	224
9.1.3	Messtechnik.....	224
9.2	Anlagendokumentation	225
10	Planungsleitfaden – zentrale bzw. semizentrale Wohnraumlüftung MFH.....	275
10.1	Qualitätsleitfaden	276
10.2	60 Qualitätskriterien für Komfortlüftungen im MFH.....	279
10.3	Ausschreibungskriterien – zentrale bzw. semizentrale Wohnraumlüftung MFH..	280
11	Primärenergetische Betrachtungen	281
12	Finanzielle Betrachtungen	284
12.1	Investitionskosten	284
12.2	Betriebskosten	285
12.2.1	Strombedarf - Stromkosten	285
12.2.2	Instandhaltung - Instandhaltungskosten.....	287
12.3	Einsparungen.....	288
12.4	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen.....	289
13	Bedarf für größere Verbreitung von Komfortlüftungen im MFH.....	290
13.1	Bewusstseinsbildung	290
13.2	Weiterbildung bei den Planern und den Installateuren	290
13.3	Eindeutige Berechnung im Energieausweis	290
13.4	Einheitliche Förderungsgrundsätze	290
13.5	Forschungsbedarf und Entwicklungsbedarf.....	291
14	Resümee	293
18.2	Fußnotenverzeichnis.....	308

Der Anhang befindet sich in einem eigenen Dokument bzw. File.

Kurzfassung

Ausgangspunkt der Arbeit: Wohnraumlüftungen im Mehrfamilienhaus (MFH) werden durch die energetischen Grenzwerte der OIB Richtlinie 6, bzw. die verschärften Wohnbauförderungsbestimmungen (§15A-Vereinbarung), vermehrt zum Standard werden, um die geforderten Kennwerte für Neubau und umfassende Sanierungen zu erreichen. Rechtsgutachten in Deutschland sprechen außerdem bereits von „erheblichen rechtlichen Risiken“ wenn bei Neubau oder Sanierung auf eine Lüftungsanlage verzichtet wird, da „... schon heute in Zweifel gezogen werden kann, ob die Sicherstellung des notwendigen Luftaustausches nur über Fensterlüftung noch den Regeln der Technik entspricht.“ (siehe Rechtsgutachten RA Dietmar Lampe – www.wohnungslueftung-ev.de). Auch laut der österreichischen Rechtssprechung könne entsprechend der Entscheidung des Landesgerichtes Wien (GZ 40R65/07s 30.4.2007) ein lüftungsintensives Wohnverhalten bzw. die Präsenz zur Stoßlüftung nicht verlangt werden. Die bisherigen Untersuchungen zu Wohnraumlüftungen beschränkten sich vor allem auf Einfamilienhäuser bzw. dezentrale, wohnungsweise Lösungen im MFH. Zentrale bzw. semizentrale Lüftungen im MFH wurden bisher nur vereinzelt untersucht.

Ziel: Wichtigstes Ziel im Hinblick auf die Programmlinie „Energie-2050“ war es, positive Lösungen, Fehler und Mängel zu sammeln und aus den Erfahrungen der Evaluierung von 14 zentralen und semizentralen Wohnraumlüftungen einen Planungsleitfaden bzw. Qualitätskriterien für die zukünftige Umsetzung von bei Neubau und Sanierung zu schaffen. Damit soll die Qualität zukünftiger Wohnraumlüftungen im MFH weiter verbessert und die Verbreitung vorangetrieben werden.

Vorgangsweise: Das Projekt gliedert sich in zwei große Teilbereiche. Zum einen in die Evaluierung von 14 Objekten mit zentralen bzw. semizentralen Wohnraumlüftungen und zum anderen in die Erstellung eines Planungsleitfadens mit 60 detaillierten Qualitätskriterien bzw. 16 Ausschreibungskriterien.

Der Evaluierung von 14 Objekten vorgelagert war die Erstellung einer „Österreich-Landkarte der bestehenden Wohnraumlüftungen im MFH“ sowie die Sammlung bzw. Sichtung von Studien zum Thema Luftqualität in Wohnungen, bzw. mechanischer Wohnraumlüftung.

Akzeptanzanalyse: Für die Akzeptanzanalyse wurde jeweils ein schriftlicher Fragebogen für BewohnerInnen, HausmeisterInnen, ArchitektInnen, HaustechnikplanerInnen und Bauträger entwickelt.

Technische Evaluierung: Bei der technischen Evaluierung wurde folgenden Punkten besonderes Augenmerk geschenkt: Wahl des Lüftungskonzeptes (semizentral, zentral), den Luftmengen, der Luftverteilung, dem Druckverlust, der Art der Wärmerückgewinnung, dem elektrischen Energiebedarf, der Art des Vereisungsschutzes, der Art der Nacherwärmung auf Komforttemperatur, der erreichten Luftqualität (CO₂, Feuchte) und den tatsächlichen Schallbelastungen im Wohnbereich.

Planungsleitfaden: Aufbauend auf den bestehenden 55 Qualitätskriterien für Komfortlüftungen im Einfamilienhaus bzw. den 61 Qualitätskriterien für Klassenzimmerlüftungen wurde ein Planungsleitfaden mit 60 Qualitätskriterien für Komfortlüftungen im MFH erarbeitet, der sowohl, semizentrale und zentrale als auch wohnungsweise Anlagen umfaßt.

Die wichtigsten Ergebnisse im Überblick:

1. **Österreichlandkarte – Mechanische Lüftung im MFH:** Die Sammlung der Mehrfamilienhäuser mit mechanischer Lüftung in Österreich ergab 102 fertiggestellte Objekte (Stand April 2010).
2. **Übersicht über Studien zum Thema Luftqualität in Wohnungen bzw. Lüftung in Wohnungen:** Die Studien zeigen die geringe Luftqualität bei einer Fensterlüftung und die negativen Auswirkungen (Schimmel) von zu hoher Luftfeuchtigkeit im Wohnbereich deutlich auf. Die Langzeitwirkungen der geringen Luftqualität im Wohnbereich auf die Gesundheit sind noch nicht wirklich ausreichend untersucht. Bei den Objekten mit einer mechanischen Lüftung steigt die Luftqualität je nach Luftmenge deutlich an.

3. **Akzeptanzanalyse:** Die Akzeptanzanalyse verdeutlichte die Notwendigkeit einer intensiven Kommunikationsstrategie mit den Nutzern, um Missverständnisse und falsche Erwartungen zu minimieren und eine optimale Nutzung der Lüftungsanlage zu erreichen. Insbesondere der Zusammenhang von Anpassung der Luftmenge durch den Nutzer an den Bedarf und die Luftfeuchtigkeit kann nur schwer vermittelt werden.
4. **Technische Evaluierung:** Wohnraumlüftungen stellen für Bauträger, ArchitektInnen und LüftungsplanerInnen vielfach eine neue Materie dar. Die mangelnde Erfahrung, bzw. die undifferenzierte Übertragung von im gewerblichen Bereich typischen Lösungen spiegelt sich teilweise auch in den Anlagen wider und führt hier zu Problemen (z.B. Geruchsübertragung, hohe Druckverluste). Optimierungspotenziale durch lüftungsgerechte Grundrisse wurden bisher nur unzureichend ausgeschöpft. Die zunehmende Erfahrung und die Qualitätssteigerung der letzten Jahre sind aber deutlich sichtbar.
5. **Planungsleitfaden – 60 Qualitätskriterien für Klassenzimmerlüftungen:** Der Planungsleitfaden setzt sich aus folgenden Bereichen zusammen:
 - 1.) Checkliste für die Basisdatenerhebung
 - 2.) Entscheidungshilfen und Empfehlungen
 - 3.) 60 Qualitätskriterien MFH
 - 4.) 16 Ausschreibungskriterien MFH

Resümee: Wohngebäude ohne mechanische Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung (Komfortlüftung) sind nicht mehr zeitgemäß. Die DIN 1946-6:2009 zeigt die Problematik deutlich auf. Insbesondere im Mehrfamilienhaus ist aufgrund der geforderten Energieeffizienz, der bauphysikalisch notwendigen Luftdichte und den geänderten Nutzungsbedingungen eine Komfortlüftung die logische Konsequenz. Dass die bisher umgesetzte Anlagenqualität teilweise noch zu wünschen übrig lässt, ist einerseits auf die bisher sehr geringen Erfahrungen der ArchitektInnen und PlanerInnen und andererseits auf unzureichende Vorgaben der Bauträger zurückzuführen. Zahlreiche Beispiele zeigen aber auch, dass mechanische Wohnraumlüftungen mit hoher Qualität und moderate Kosten kein Gegensatz sein müssen. Mit den „16 Ausschreibungskriterien für Komfortlüftungen im MFH“ bzw. „60 Qualitätskriterien für Komfortlüftungen im MFH“ besteht nun für die Auftraggeber die Möglichkeit, die Anlagenqualität hinreichend genau zu definieren. Der Planungsleitfaden unterstützt die konzeptionellen Überlegungen für eine qualitätsorientierten Planung. Das Wissen und die Technik für die Umsetzung von Wohngebäuden mit hoher Luftqualität sind mittlerweile weitgehend vorhanden, es ist jedoch noch notwendig den Wert von „gesunder Luft in Innenräumen“ zu verdeutlichen und damit die Komfortlüftung zu einer Standardausrüstung bei Neubau und Sanierung zu machen. Für den Bauträger ist eine Komfortlüftung auch finanziell ein Gewinn, wenn die Investitionskosten auf die Miete umgelegt werden können. Der finanzielle Vorteil liegt vor allem in den vermiedenen Schimmelbeseitigungskosten die normalerweise nicht auf die Mieter umgelegt werden können.

Projektteam: DI Roland Kapferer – ENERGIE TIROL (PL), DI Andreas Greml –TB Andreas Greml, Dr. Karl Höfler– AEE INTEC, Ing. Wolfgang Leitzinger – AIT, Mag. Juergen Suschek-Berger – Interuniversitäres Forschungszentrum Graz

Projekthomepage: www.komfortlüftung.at bzw. www.komfortlueftung.at

Abstract

Ventilation systems in multiple dwelling units will increasingly become standard due to the energetic marginal values of the OIB guideline 6, and accordingly the *stricter* policy of building grants (§15A agreement); in order to achieve the required characteristic values for new construction and extensive renovation. Furthermore, legal opinion in Germany already speaks of “considerable legal risks” if new construction or renovation are undertaken without installing a ventilation system, since “... it is doubtful even now whether the guarantee of the necessary air exchange by mere window ventilation complies with the generally accepted rules of technology”. (cit. legal opinion of RA Dietmar Lampe – www.wohnungslueftung-ev.de).

According to Austrian legal practice, as well, intensive airing or, accordingly, continual presence for intermittent airing cannot be demanded (ruling of Vienna Regional Court, GZ 40R65/07s 04-30-2007). Previous research regarding ventilation systems was mainly limited to one-family houses and peripheral apartment based solutions in multiple dwelling units. So far, central or semi-central ventilation systems in multiple dwelling units have only been researched sporadically.

Objective: The most important objective in view of the agenda “Energy – 2050” was collecting positive solutions, faults and deficiencies and using the experiences and evaluations of 14 central and semi-central ventilation systems for the composition of a planning guideline and quality criteria for the future implementation of ventilation systems in new construction and renovation. With these, the quality of future ventilation systems should be further improved and their expansion should be promoted.

Approach: The project is divided into two large sub-areas. One is the evaluation of 14 objects with central and semi-central ventilation systems; the other is the compilation of a planning manual with 60 detailed quality criteria and 16 proposal criteria.

Prior to the evaluation of 14 objects, an “Austrian map of ventilation systems in multiple dwelling units” was created, and research papers dealing with the topic air quality in apartments and mechanical ventilation were collected and inspected.

Market survey: For a market survey, a written questionnaire for occupants, caretakers, architects, building appliance planners and builders was developed.

Technical evaluation: Particular attention has been paid to the following points: Choice of ventilation concept (semi-central, central), quantity of air, air distribution, drop in air pressure, method of heat recovery, electric power requirement, method of protection against icing, method of reheating to comfortable temperatures, the air quality achieved (CO₂, air moisture) and the actual noise exposure in the living area.

Planning manual: Based on the 55 quality criteria for comfort ventilation systems in one-family homes already in existence and, respectively, the 61 quality criteria for classroom ventilation systems a planning manual and 60 quality criteria for comfort ventilation systems in multiple dwelling units was developed, covering semi-central and central as well as apartment-based ventilation systems.

Outline of the most important results:

1. Map of Austria – mechanic ventilation in multiple dwelling units:

The collection of multiple dwelling units with mechanic ventilation in Austria added up to 102 completed properties. (April 2010)

2. Survey of research on the topic air quality in apartments or ventilation in apartments:

The research papers clearly show the low air quality due to window ventilation and the negative consequences of too high air moisture (mould). The long-term consequences of low air quality in living areas on our health have not yet been sufficiently investigated. The air quality of properties with mechanic ventilation systems increases significantly depending on the air volume.

3. Market survey:

The market survey clarified the necessity of an intense communication strategy with consumers to minimise misapprehensions and false expectations and achieve an optimal use of the ventilation systems. The correlation between adaptation of air volume to the requirements by the user and air moisture is particularly difficult to communicate.

4. Technical evaluation:

Residential ventilation systems are an entirely new matter for builders, architects and ventilation planners. The lack of experience and respectively the undifferentiated transfer of solutions typical of industrial properties partly reflect on the facilities and lead to problems (e.g. transmission of odours, high losses of pressure). Potential of improvement due to ventilation-friendly floor plans have hitherto been insufficiently utilised. The rise in experience and quality improvement of the past few years are, however, clearly visible.

5. Planning manual – 60 quality criteria for classroom ventilation systems:

The planning manual consists of the following parts:

- 1.) checklist for the investigation of basic data
- 2.) decision support and recommendations
- 3.) 60 quality criteria for multiple dwelling units
- 4.) 16 criteria for invitations of tenders – multiple dwelling units

Summary: Residential buildings without mechanical ventilation systems with heat recovery (comfort ventilation systems) are no longer up to date. The DIN 1946-6:2009 clearly demonstrates the problem. In multiple dwelling units, particularly, comfort ventilation systems are the logical consequence of the required energy efficiency, the structural-physically necessary air density and the change in the conditions of use.

It is partly due to the lack of experience of architects and planners and, on the other hand, to insufficient requirements of builders that the facilities already in use sometimes leave a great deal to be desired. Numerous examples also demonstrate that mechanic ventilation systems of high quality and moderate cost need not be a contradiction. With the “16 criteria for invitations of tenders for comfort ventilation systems in multiple dwelling units” building owners get the opportunity of defining the quality of ventilation systems with tolerable accuracy. The planning manual supports conceptual considerations for quality-oriented planning. The knowledge and technology for the implementation of residential buildings with high air quality are widely available by now, however it is still necessary to make the value of “healthy air inside buildings” clear and to make comfort ventilation systems standard facilities in the new construction and renovation of residential buildings. For builders, comfort ventilation systems can be a financial gain as well, if the cost of investment can be apportioned to rental fees. The financial advantage lies mainly in the avoidance of mould removal cost, which normally cannot be apportioned to rents.

Project team: DI Roland Kapferer – ENERGIE TIROL (PL), DI Andreas Greml –TB Andreas Greml, Dr. Karl Höfler– AEE INTEC, Ing. Wolfgang Leitzinger – AIT, Mag. Juergen Suschek-Berger – Inter-universitäres Forschungszentrum Graz

Project home page: www.komfortlueftung.at and www.komfortlueftung.at

1 Einleitung und Vorbemerkungen

1.1 Ausgangspunkt des Forschungsprojektes

Wohnraumlüftungen haben sowohl für die Energieeffizienz von Gebäuden als auch für die Luftqualität in Innenräumen und damit für die Gesundheit der BewohnerInnen, eine enorme Bedeutung.

Aufbauend auf dem im Jahre 2004 abgeschlossenen Haus der Zukunft-Forschungsprojekt „Technischer Status von Wohnraumlüftungen in Österreich“ in dem 92 Wohnraumlüftungsanlagen, vorwiegend in Einfamilienhäuser (EFH) bzw. einzelne dezentrale Anlagen in Mehrfamilienhäusern (MFH), evaluiert wurden, widmet sich dieses Evaluierungs-Projekt den zentralen bzw. semizentralen Lüftungsanlagen in Mehrfamilienhäusern.

Hintergrund dieses Forschungsprojektes ist, dass Wohnraumlüftungen im Mehrfamilienhaus (MFH) durch die energetischen Grenzwerte der OIB Richtlinie 6, bzw. die verschärften Wohnbauförderungsbestimmungen (§15A-Vereinbarung), vermehrt zum Standard werden, um die geforderten Kennwerte für Neubau und umfassende Sanierungen zu erreichen. Durch die Novelle der Europäischen Gebäuderichtlinie (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD) von 2010 müssen ab 2021 alle Gebäude „nearly to zero energy buildings“ sein. Eine mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung ist spätestens ab diesem Zeitpunkt obligatorisch.

Bauphysikalische Anforderungen an die Luftdichte von Gebäuden bedingen schon heute eine konsequente Beschäftigung mit dem Thema Lüftung. Die DIN 1946-6:2009 zeigt die Problematik deutlich auf. Insbesondere im Mehrfamilienhaus ist aufgrund der geforderten Energieeffizienz, der bauphysikalisch notwendigen Luftdichte und den geänderten Nutzungsbedingungen eine mechanische Lüftung die logische Konsequenz.

Rechtsgutachten in Deutschland sprechen außerdem bereits von „erheblichen rechtlichen Risiken“ wenn bei Neubau oder Sanierung auf eine Lüftungsanlage verzichtet wird, da „... schon heute in Zweifel gezogen werden kann, ob die Sicherstellung des notwendigen Luftaustausches nur über Fensterlüftung noch den Regeln der Technik entspricht.“ (siehe Rechtsgutachten RA Dietmar Lampe – www.wohnungslueftung-ev.de). Auch laut der österreichischen Rechtsprechung könne entsprechend der Entscheidung des Landesgerichtes Wien (GZ 40R65/07s 30.4.2007) ein lüftungsintensives Wohnverhalten bzw. die Präsenz zur Stoßlüftung nicht verlangt werden. Schimmelbeseitigungskosten, die durch eine Lüftungsanlage fast vollständig vermieden werden können, gehen daher meist zu Lasten des Bauträgers bzw. Vermieters.

Weiters gehen immer mehr Wohnbauträger dazu über statt dezentralen, wohnungsweisen Wohnraumlüftungsanlagen zentrale bzw. semizentrale Lüftungsanlagen umzusetzen. Die Hauptgründe für den Übergang von dezentralen, wohnungsweisen Wohnraumlüftungsanlagen auf zentrale bzw. semizentrale Anlagen sind vor allem geringere Investitionskosten, sowie vereinfachte Instandhaltung (z.B. Filterwechsel).

Um das Thema Wohnraumlüftung im MFH zu fördern und die Wohnbauträger bzw. Planer bei diesem Themenfeld zu unterstützen, wurde dieses Forschungsprojekt durchgeführt.

1.2 Ziel des Forschungsprojektes

Ziel des Forschungsprojektes war es, die bisherigen Erfahrungen mit zentralen bzw. semi-zentralen Wohnraumlüftungen in Österreich anhand einer systematischen Evaluierung von 14 Anlagen zu sammeln und daraus Verbesserungen für zukünftige Anlagen abzuleiten, bzw. einen Planungsleitfaden inkl. Qualitätskriterien für Wohnraumlüftungsanlagen für Mehrfamilienhäuser zu erstellen. Der Leitfaden soll den Wohnbauträgern und Planern eine Hilfestellung bei der Umsetzung dieser Technik bieten.

Erreichte Teilziele:

- 1.) Es steht eine Liste bzw. eine „Österreich-Landkarte Wohnraumlüftung MFH“ mit mechanischen Lüftungen zur Verfügung.
- 2.) Es wurden die bisherigen, schon abgeschlossenen Studien zu einzelnen Mehrfamilienhäusern im deutschsprachigen Raum (A, D, CH) gesammelt und deren Ergebnisse zusammengestellt.
- 3.) Es wurden die unterschiedlichen Anforderungen an die Luftqualität in Wohnräumen, insbesondere CO₂ und Feuchte, genauer beleuchtet und konkrete Empfehlung ausgearbeitet, um einen sinnvollen Kompromiss aus diesen beiden Anforderungen zu finden.
- 4.) Es steht eine fundierte Akzeptanzanalyse (NutzerInnen, Hauswarte, Gebäudeeigentümergebetliche VertreterInnen) von Wohnraumlüftungen im MFH zur Verfügung.
- 5.) Es stehen Luftmengenmessungen, CO₂-Messungen und Schallmessungen mit Frequenzanalyse von zentralen bzw. semizentralen Wohnraumlüftungen zur Verfügung.
- 6.) Die drei im Rahmen von „Haus der Zukunft“ geförderten Mehrfamilienhäuser mit zentralen bzw. semizentralen Anlagen (Dreherstraße 66, Fritz-Kandl-Gasse 1, Utendorfgasse 7 – alle in Wien) wurden in die Untersuchungen eingebunden und damit ebenfalls evaluiert.
- 7.) Es steht eine Sammlung der häufigsten Probleme bei zentralen bzw. semizentralen Wohnraumlüftungen zur Verfügung.
- 8.) Es steht ein fundierter Planungsleitfaden mit 60 Qualitätskriterien für „Komfortlüftung im MFH“ zur Verfügung. Dieser enthält z.B. konkrete Empfehlungen für zentrale, dezentrale, semizentrale Lösungen, Ausstattungsanforderungen, Regelungsstrategien, usw.
- 9.) Es stehen 16 Ausschreibungskriterien zur Verfügung.
- 10.) Innerhalb der Projekthomepage www.komfortlüftung.at wurde ein eigener Bereich für MFH geschaffen.

1.3 Warum ist dieses Projekt für die Programmlinie „Energie 2050“ von Interesse?

Dieses Projekt soll durch die Steigerung der Anlagenqualität und die Vermeidung von Planungs- und Ausführungsfehlern die Verbreitung von Wohnraumlüftungen im Mehrfamilienwohnhaus verbessern und beschleunigen.

1.4 Vorgangsweise – Übersicht

Das Projekt war in 5 Arbeitspakete unterteilt:

AP 1	Österreichweite Sammlung der möglichen Evaluierungsprojekte von zentralen bzw. semizentralen Wohnraumlüftungen in Mehrfamilienhäusern
AP 2	Evaluierung von 14 Anlagen in Österreich
AP 3	Erfahrungsaustausch mit Experten aus D/A/CH (Deutschland/Österreich/Schweiz)
AP 4	Erstellung eines Planungsleitfadens bzw. Qualitätskriterien – Verfassen des Endberichtes
AP 5	Verbreitung der neuen Qualitätskriterien in Fachzeitschriften, Tagungen,bzw. über die Homepage „www.komfortlüftung.at“

1.5 Die wichtigsten Ergebnisse des jeweiligen Projektabschnitts

AP 1	Österreichweite Sammlung der möglichen Evaluierungsprojekte von zentralen bzw. semizentralen Wohnraumlüftungen in Mehrfamilienhäusern
------	---

Bis April 2010 wurden insgesamt 102 Mehrfamilienhäuser mit Wohnraumlüftungen in Österreich erhoben. Eine Übersicht über die erhobenen Objekte (inkl. dezentraler bzw. raumweiser Anlagen) befindet sich in Kapitel 2. Es zeigte sich ein deutliches Nord-Süd Gefälle. Das Anschreiben an alle Bauträger in Österreich und der Erfassungsbogen befinden sich im Anhang.

AP 2	Evaluierung von 14 Anlagen in Österreich
------	--

Die Evaluierung ergab eine große Bandbreite in der Qualität der Anlagen. Sie reichte von „nur bedingt einsetzbar“ bis gut. Ein lupenreines „sehr gut“ konnte bei keiner Anlage vergeben werden. Die Mängel liegen vor allem in der oft zu gering bemessenen Luftmenge im Steuerungsbereich (keine individuelle Anpassung der Luftmenge möglich), der zu hohen Schallbelastung, dem zu hohen Druckverlust bzw. Strombedarf und der mangelnden Reinigbarkeit der Luftleitungen.

AP 3	Erfahrungsaustausch mit Experten aus D/A/CH (Deutschland/Österreich/Schweiz)
------	--

Neben einzelnen Gesprächen mit Experten wurde am 27. und 28. Jänner 2010 in Dornbirn eine D/A/CH-Expertentagung (Deutschland/Austria/Schweiz) durchgeführt. Hier wurden in einem intensiven Meinungsaustausch die gemeinsamen Probleme und unterschiedlichen länderspezifischen Lösungen diskutiert und gemeinsame Strategien für die Zukunft besprochen. Es zeigte sich, dass schon die Begrifflichkeiten teilweise anders verwendet werden und in allen drei Ländern mit ähnlichen Problemen bei der Einführung dieser Technologie in den Wohnbereich gekämpft wird. Aufgrund des sehr fruchtbaren Erfahrungsaustausches wurde vereinbart diesen Erfahrungsaustausch in einem zweijährigen Rhythmus beizubehalten. Für Österreich waren vor allem die Erfahrungen aus Deutschland mit der neuen DIN 1946-6 mit der verpflichtenden Erstellung eines Lüftungskonzeptes und die Erfahrungen der Schweiz mit Wohnzimmern im Überströmungsbereich von besonderem Interesse.

AP 4	Erstellung eines Planungsleitfadens bzw. Qualitätskriterien – Verfassen des Endberichtes
------	--

Die 60 Qualitätskriterien für Komfortlüftungen im MFH bauen auf den 55 Qualitätskriterien für das Einfamilienhaus (EFH) auf. Die 60 Qualitätskriterien für das MFH wurden so gestaltet, dass sie sowohl für zentrale und semizentrale, als auch für dezentrale, wohnungsweise Anlagen gelten. Der Planungsleitfaden gibt eine Richtschnur für wesentliche Entscheidungen vor. Die 16 Ausschreibungskriterien sind ein Auszug der 60 Qualitätskriterien welche die Ausschreibungsrelevanten Punkte zusammenfaßt.

AP 5	Verbreitung der neuen Qualitätskriterien in Fachzeitschriften, Tagungen,bzw. über die Homepage „www.komfortlüftung.at“
------	---

Die Verbreitung ist ein eigenfinanzierter Projektteil der an sich erst nach dem Projektende offiziell startet. Einige Aktivitäten wurden jedoch bereits gesetzt.

Am 3. Juni 2009 hielt Dipl.-Ing. Andreas Greml als Vertreter der Projektgruppen einen Vortrag im Rahmen der des „SYMPOSIUM - Innenraumluft im Spannungsfeld zwischen Raumluftqualität und Energieeinsparung“ in Graz, zum Thema Mechanische Lüftungsanlagen [Prinzipien, Anwendungsbereiche, Kosten, Erfahrungen, Auswahlkriterien] und stellte dabei das Projekt vor.

Die spezifischen Verbreitungsmaßnahmen wurden mit der Aufnahme des Bereiches „MFH“ in die Homepage www.komfortlüftung.at, sowie Erfa-Treffen mit Bauträgern und Planern aus Salzburg, Tirol und Vorarlberg gestartet.

- 15. April 2010 Erfahrungsaustausch für Bauträger und Planer aus Tirol und Salzburg (Innsbruck)
- 28. April 2010 Erfahrungsaustausch für Bauträger (Dornbirn)
- 28. April 2010 Planerworkshop Komfortlüftung (Dornbirn)
- 20. September 2010 Komfortlüftung im Wohnbau (St. Pölten)

In der Ausgabe 2010-01 der Zeitschrift Erneuerbare Energie erschien ein doppelseitiger Artikel „Evaluierung der Lüftungssysteme in Mehrfamilienwohnbau“, in dem das Projekt vorgestellt wurde.

1.6 Einschränkungen und Ergänzungen

1.6.1 Evaluierung war keine Langzeituntersuchung

Diese Evaluierung enthält nur Momentaufnahmen der 14 Anlagen. Die Untersuchungen bzw. Messungen wurden normalerweise an einem Tag durchgeführt, d.h. die Messergebnisse sind dementsprechend eingeschränkt zu bewerten. Umfassende (Langzeit-) Untersuchungen der Objekte (Dreherstraße 66, Fritz-Kandl-Gasse 1, Utendorfgasse 7 – alle in Wien) sind im HdZ-Projekt „Energetische und baubiologische Begleituntersuchungen der Bauprojekte“ enthalten. Wichtige Punkte bzw. Information zu diesen bzw. laufenden Langzeituntersuchungen (z.B. Lodenareal in Innsbruck, Studentenwohnheim Kandlstraße in Wien) finden Sie auszugsweise auch in diesem Endbericht in Kapitel 4.9.2.

1.6.2 Keine Veröffentlichung der Ergebnisse von Einzeluntersuchungen

Das primäre Ziel der Evaluierung war die Verbesserung der zukünftigen Wohnraumlüftungen im MFH und nicht die Kritik an bestehenden Anlagen, die uns dankenswerterweise zur Evaluierung zur Verfügung gestellt wurden. Daher sind in diesem Endbericht die einzelnen Messwerte und Kenndaten nicht im Bericht angeführt bzw. nicht den einzelnen Anlagen direkt zuordenbar. Die kurze Dokumentation, die über die einzelnen Anlagen gemacht wurde, wird daher nur ohne die Messergebnisse, bzw. ohne die individuelle Akzeptanzanalyse veröffentlicht.

1.6.3 Einbeziehung nicht nur der 14 Anlagen

Insgesamt sind im folgenden Bericht nicht nur die Erfahrungen der 14 angeführten Objekte enthalten. Es wurden auch die Erfahrungen aus zusätzlichen Anlagenbesichtigungen verarbeitet. Die Messwerte bzw. statistischen Auswertungen beziehen sich jedoch immer nur auf die 14 angeführten Anlagen.

1.6.4 Statistische Auswertung

Eine statistische Auswertung der 14 Anlagen wurde nur in sinnvollen Teilbereichen vorgenommen, da aufgrund der unterschiedlichen Systeme eine aussagekräftige Statistik vielfach nicht möglich ist.

2 Österreichlandkarte „Wohnraumlüftung - MFH“

Für die Erhebungen der Mehrfamilienhäuser mit Wohnraumlüftungen wurden alle Bauträger in Österreich angeschrieben und zudem die Energieinstitute der Bundesländer sowie bekannte Firmen für zentrale bzw. dezentrale Lüftungsgeräte kontaktiert. Die Sammlung der Mehrfamilienhäuser mit mechanischer Lüftung in Österreich ergab 102 fertiggestellte Objekte (Stand April 2010). In dieser Sammlung sind zentrale, semizentrale, wohnungsweise und raumweise Anlagen mit Wärmerückgewinnung enthalten. Reine Abluftanlagen wurden nicht erhoben.

Übersicht MFH mit mechanischen Lüftungsanlagen

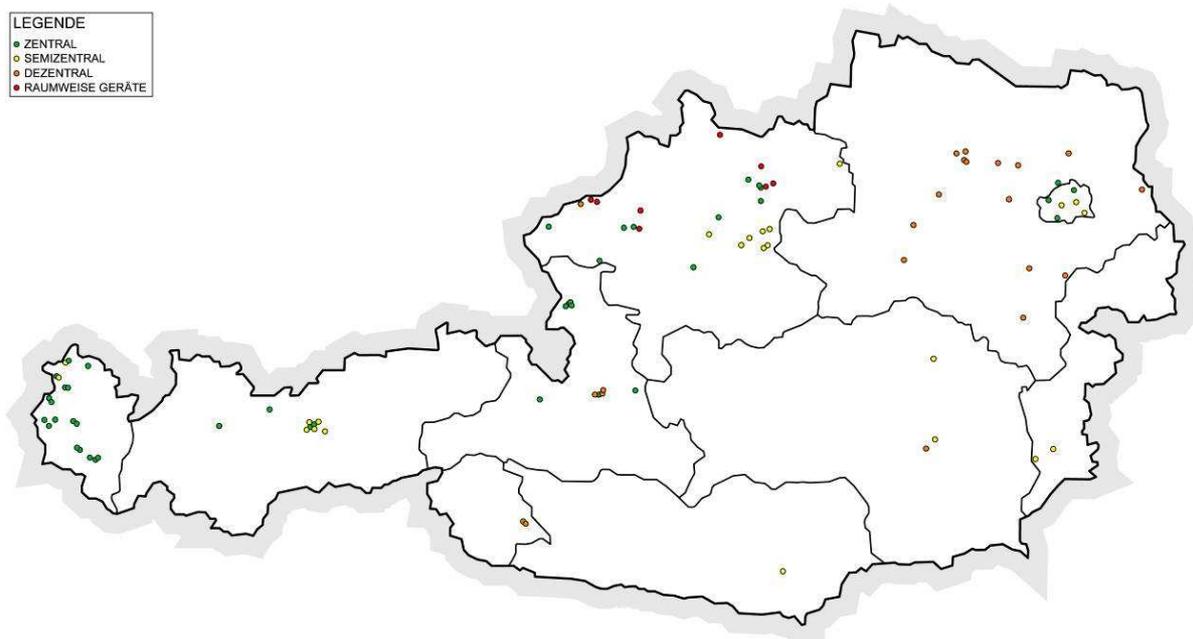


Abbildung 2.1: Übersichtskarte aller Mehrfamilienhäuser mit Wohnraumlüftung (zentral bzw. semizentral, wohnungsweise, raumweise) – Stand April 2010

Die Sammlung der Mehrfamilienhäuser ergab ein deutliches Nord-Süd Gefälle. Steiermark, Kärnten und das Burgenland verfügen nur über sehr wenige Anlagen.

Die Liste der Mehrfamilienhäuser mit einer Wohnraumlüftung finden Sie im Anhang.

2.1 Statistische Auswertung der erhobenen Anlagen

Die Auswertung der 102 Objekte ergab folgendes Bild: Der Großteil, nämlich 91 %, der Wohnraumlüftungen wurden im Neubau eingebaut.

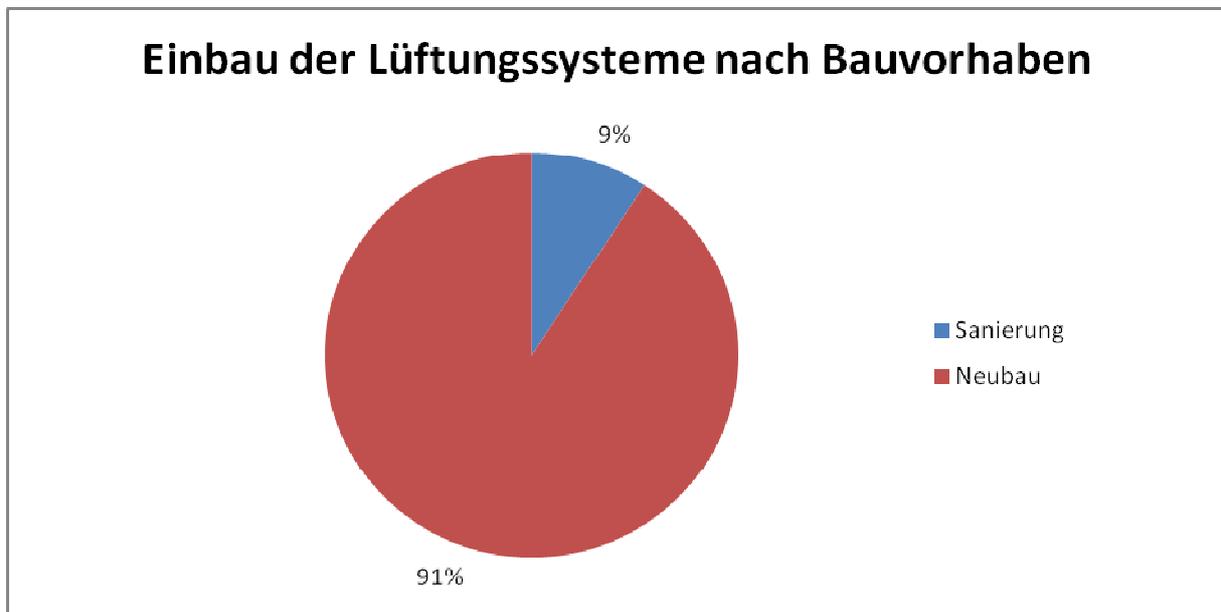


Abbildung 2.2: Verteilung der Lüftungssysteme in Österreich

Dabei wurde fast die Hälfte der eingebauten Anlagen als zentrale Systeme ausgeführt.

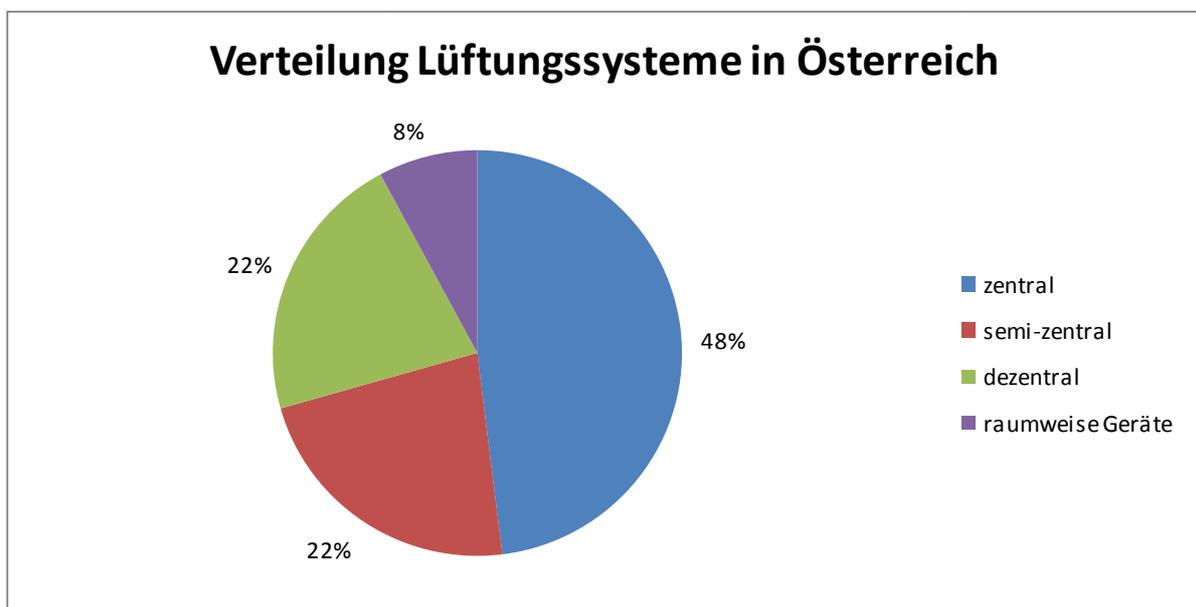


Abbildung 2.3: Verteilung der Lüftungssysteme in Österreich

Betrachtet man die Verteilung der Lüftungssysteme je Bundesland, so ist zu erkennen, dass in manchen Bundesländern z.B. Niederösterreich (dezentrale Systeme), Salzburg (zentrale Systeme) und Vorarlberg (zentrale Systeme) bestimmte Lüftungssysteme klar favorisiert werden.

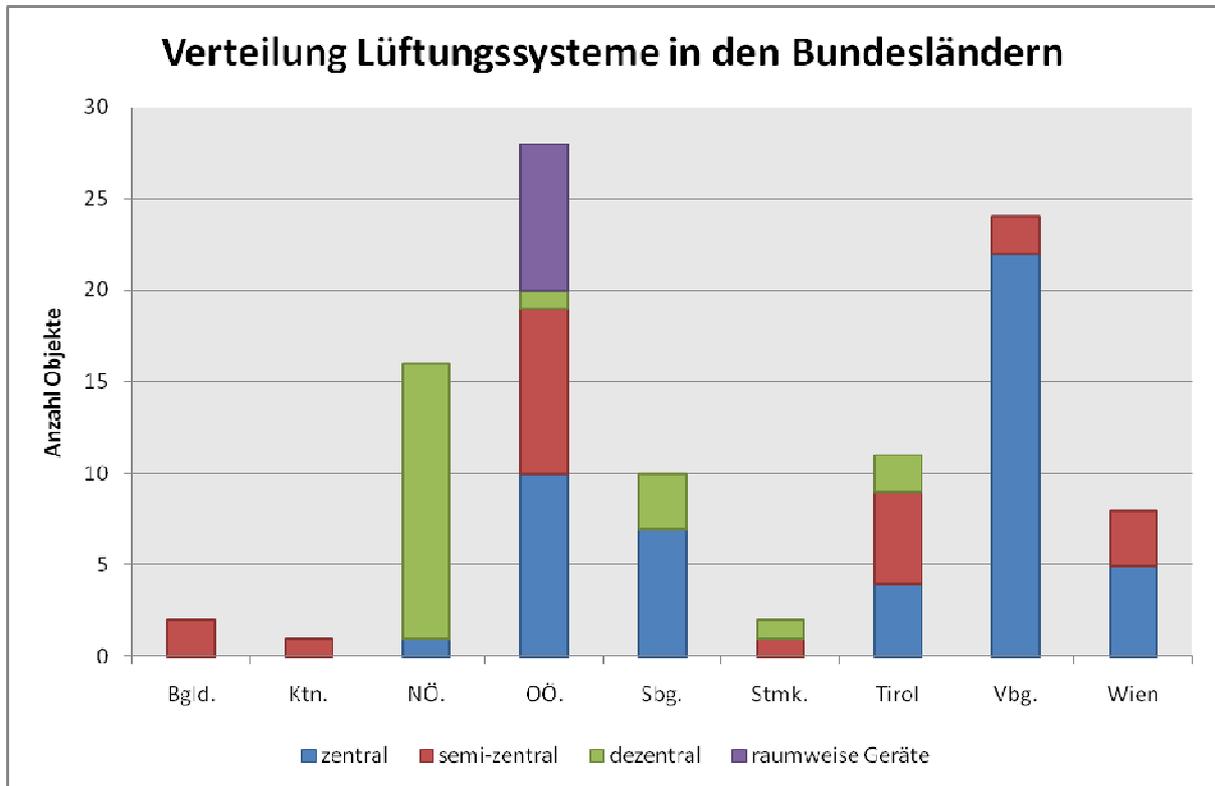


Abbildung 2.4: Verteilung der Lüftungssysteme in den Bundesländern

10 % der Objekte werden mit der Zuluft beheizt (reines Passivhauskonzept).

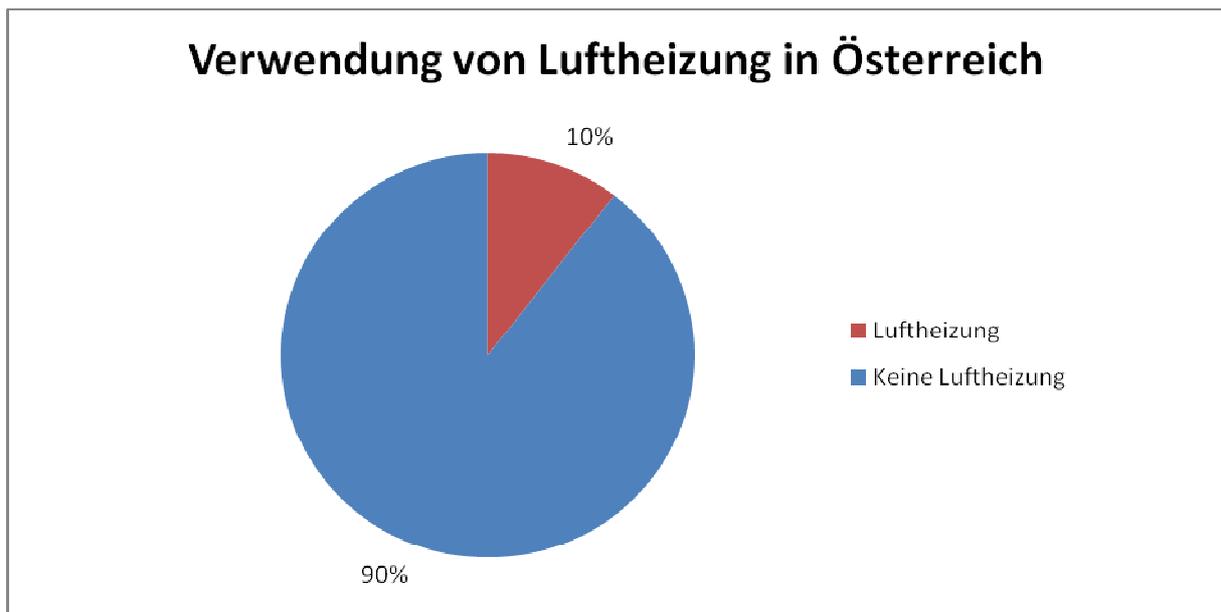


Abbildung 2.5: Verteilung der Lüftungssysteme in Österreich

Von diesen 10 % gaben rd. 2/3 an ein semi-zentrales Lüftungssystem eingebaut zu haben. 1/3 der 10% realisieren die Luftheizung in einem zentralen System.

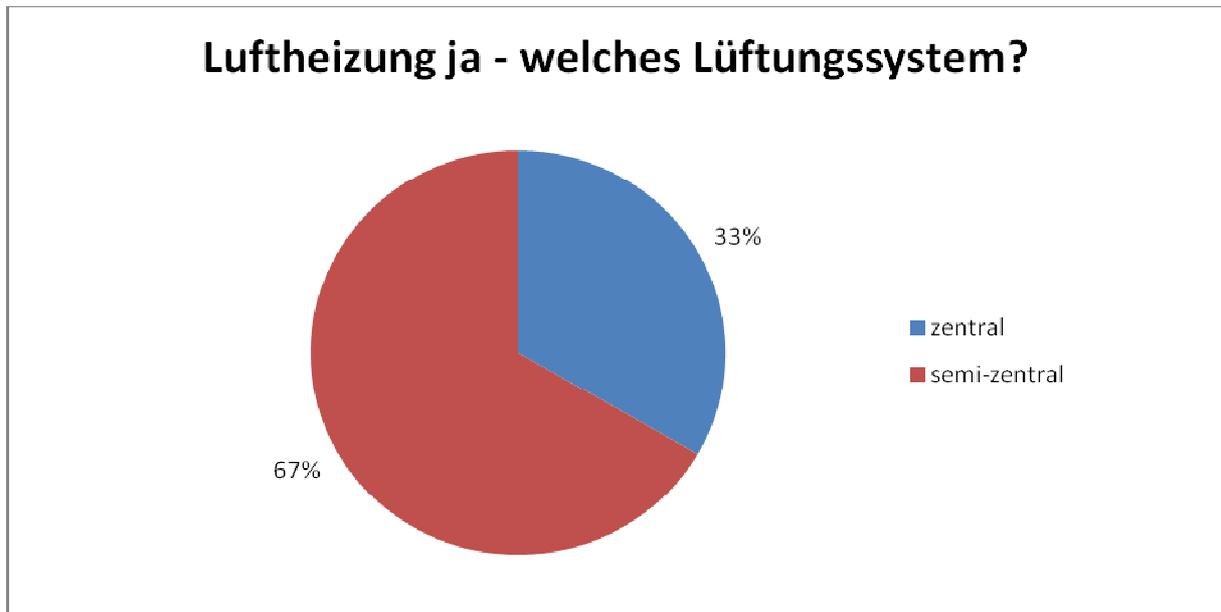


Abbildung 2.6: Verteilung der Lüftungssysteme bei Luftheizung in Österreich

3 Ausgewählte Objekte für die Evaluierung

Die drei im Rahmen des „Haus der Zukunft“ geförderten Demonstrationsprojekte (Dreherstraße 66, Fritz-Kandl-Gasse 1, Utendorfsgasse 7 – alle in Wien) waren Fixstarter. Insgesamt wurden 14 Anlagen aus dem gesammelten Pool untersucht.

Tabelle 3.1: Ausgewählte Objekte für die Evaluierung

Nr.	MFH	Ort	Sanierung / Neubau	Baujahr	Zentral / Semizentral
1	PH Innsbruck Ullmann	6020 Innsbruck	N	2009	Zentral
2	Max Haller Straße Haus A	6900 Bregenz	N	2009	Semizentral
3	BVH Karrösten T 353	6460 Karrösten	S	2008	Zentral
4	Mitterweg 157	6020 Innsbruck	N	1997	Semizentral
5	Franz Baumann Weg 18	6020 Innsbruck	N	2001	Semizentral
6	Franz Ofner Straße 1	5020 Salzburg	N	2007	Zentral
7	Engelbert Weiss Weg 4+6	5020 Salzburg	N	2008	Zentral
8	Illstraße 28 und 30	6710 Nenzing	S	2009	Zentral
9	Dreherstr. 66 - Melone	1210 Wien	N	2006	zentral
10	Fritz-Kandl-Gasse 1	1140 Wien	N	2006	zentral
11	Utendorfsgasse 7	1110 Wien	N	2006	zentral
12	Jungstraße	1020 Wien	N	2009	zentral
13	Kandlgasse 30	1070 Wien	N	2009	zentral
14	Kammelweg - Virchowstraße	1210 Wien	N	2008	zentral

Von den untersuchten Anlagen sind 12 Neubauten und zwei Sanierungen. 11 der Objekte verfügen über ein zentrales und 3 über ein semizentrales Lüftungskonzept. Sechs Anlagen waren mit einer reinen Luftheizung ausgeführt, wobei bei zweien Heizkörper nachgerüstet wurden. Über eine Feuchterückgewinnung verfügt ein Objekt, über eine aktive Befeuchtung verfügte keines der erhobenen Objekte. Ein kurzer Steckbrief der untersuchten Objekte befindet sich im Anhang.

4 Bestehende Gesetze, Normen, Studien und Umsetzungshilfen

Die Übersicht über Publikationen zum Thema zentrale bzw. dezentrale Wohnraumlüftungen enthält vor allem Studien aus Österreich, Deutschland und der Schweiz.

Die Informationsmaterialien wurden nach folgender Systematik zusammengestellt:

1. Gesetzliche Bestimmungen für Wohngebäude mit mechanischer Wohnraumlüftung
2. Besonders relevante Normen
3. Empfehlungen von Ministerien zum Thema Luftqualität
4. Einschätzung der Auswirkungen von mechanischen Wohnraumlüftungen
5. Luftqualität und Lüftung
6. Studien zum Thema Luftfeuchte in Wohnungen
7. Studien zu den Auswirkungen trocknere Luft auf die Gesundheit
8. Hygieneuntersuchungen
9. Studien über einzelne Mehrfamilienhäuser mit Lüftungsanlagen
10. Wirtschaftlichkeit und Kosten
11. Bestehende Ausschreibungs- bzw. Planungshilfen

Es wurden immer nur die besonders relevanten Gesetze, Normen und Studien angeführt um die Übersicht zu bewahren.

Die Normen sind über das Austrian Standard Institut (Österreichisches Normungsinstitut) www.as-institute.at zugänglich und die OIB Richtlinien über die Homepage www.oib.or.at.

Die Studien stehen so weit wie möglich, auf der Homepage www.komfortlüftung.at im Bereich „MFH“ zum Download zur Verfügung.

4.1 Gesetzliche Bestimmungen für Wohnraumlüftungen

In den Bundesländern, in denen die OIB Richtlinie 3 und 6 in das Baugesetz übernommen wurden, sind für Lüftungsanlagen folgende Bereiche zu beachten:

- **OIB Richtlinie 3: Hygiene, Gesundheit, Umweltschutz**
- **OIB Richtlinie 6: Energieeffizienz**

Auszüge aus der OIB-Richtlinie 3:2007 mit Lüftungsbezug

10.1.1 Aufenthaltsräume und Sanitärräume müssen durch unmittelbar ins Freie führende Fenster ausreichend gelüftet werden können. Davon kann ganz oder teilweise abgesehen werden, wenn eine mechanische Lüftung vorgesehen ist, die eine für den Verwendungszweck ausreichende Luftwechselrate zulässt.

Auszüge aus den Kommentaren zu der OIB-Richtlinie 3 mit Lüftungsbezug

Zu Punkt 10.1.1: Wenn in Innenräumen die Luft als „verbraucht“ empfunden wird, liegt dies in erster Linie neben Tabakrauch und Gerüchen am Kohlendioxidgehalt. Eine regelmäßige Belüftung solcher Räume ist somit eine wichtige Voraussetzung für ein gutes Wohn- und Arbeitsklima. Für die Beurteilung der Raumluftqualität können beispielsweise die „Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft: CO₂ als Lüftungsparameter“, die ÖNORM H 6038 „Lüftungstechnische Anlagen – Kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung, Planung, Montage, Prüfung, Betrieb und Wartung“ oder die ÖNORM EN 13779 „Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage“, Kap. 5.2.5.2 herangezogen werden.

Auszüge aus OIB-Richtlinie 6:2007 mit Lüftungsbezug

6.3 Lüftungsanlagen

Bei erstmaligem Einbau, bei Erneuerung oder überwiegender Instandsetzung von Lüftungsanlagen muss die spezifische Leistungsaufnahme (SFP) von Ventilatoren in Lüftungsanlagen der Klasse I gemäß ÖNORM EN 13779 entsprechen.

Nähere Erläuterungen zum SFP finden sie in Kapitel „Grundlagen mechanischer Lüftungen“.

6.4 Wärmerückgewinnung

Raumlufttechnische „Zu- und Abluftanlagen“ sind bei ihrem erstmaligen Einbau oder bei ihrer Erneuerung mit einem System zur Wärmerückgewinnung auszustatten. Dabei sind hygienische Standards zu berücksichtigen.

Nähere Erläuterungen zu Wärmerückgewinnungssystemen finden sie ebenfalls im Kapitel „Grundlagen mechanischer Lüftungen“.

4.2 Wichtige Normen zu Wohnraumlüftungen im MFH

Für eine Umsetzung von Wohnraumlüftungen sind vor allem folgende Normen relevant:

Österreichische Normen bzw. Europannormen, die in Österreich übernommen wurden:

- **ÖNORM H 6000-3:1989-01-01** „Lüftungstechnische Anlagen; Grundregeln; hygienische und physiologische Anforderungen für den Aufenthaltsbereich von Personen“. Zum Teil ist diese Norm veraltet und widerspricht neueren Normen wie der ÖNORM EN 13779
- **ÖNORM H 6021:2003-09-01** „Lüftungstechnische Anlagen - Reinhaltung und Reinigung“
- **ÖNORM H 6036:2007-06-01** „Lüftungstechnische Anlagen - Bedarfsabhängige Lüftung von Wohnungen oder einzelner Wohnbereiche - Planung, Montage, Betrieb und Wartung“ (reine Abluftanlagen)
- **ÖNORM H 6038:2006-05-01** „Lüftungstechnische Anlagen - Kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen mit Wärmerückgewinnung - Planung, Montage, Prüfung, Betrieb und Wartung“
- **ÖNORM EN 12599:2000-07-01** Lüftung von Gebäuden – Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumluftechnischer Anlagen
- **ÖNORM EN 13053:2007-11-01** Lüftung von Gebäuden – Zentrale raumluftechnische Geräte – Leistungskenndaten für Geräte, Komponenten und Baueinheiten
- **ÖNORM EN 13141 - Teil 1 bis 10:** „Lüftung von Gebäuden - Leistungsprüfungen von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen“. Insbesondere die ÖNORM EN 13141-Teil 7 „Leistungsprüfung von mechanischen Zuluft- und Ablufteinheiten (einschließlich Wärmerückgewinnung) für mechanische Lüftungsanlagen in Einfamilienhäusern“. Diese Normenreihe ist speziell für dezentrale, wohnungsweise Anlagen relevant.
- **ÖNORM EN 13779:2008-01-01** „Lüftung von Nichtwohngebäuden“. Auch wenn diese Norm dezidiert nur für Nichtwohngebäude gilt, hat sie bei zentralen bzw. semizentralen Anlagen auch im Wohnungsbereich große Bedeutung, da sich diese oft nicht wesentlich von zentralen bzw. semizentralen Anlagen im Nichtwohnbereich unterscheiden, bzw. in dieser Norm die „Spezifische Ventilatorleistung (SFP)“ definiert ist.
- **ÖNORM EN 15239:2007-07-01** Lüftung von Gebäuden – Gesamteffizienz von Gebäuden. Leitlinien für die Inspektion von Lüftungsanlagen
- **ÖNORM EN 15251:2007-09-01** Eingangsparmeter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden
- **ÖNORM EN ISO 7730:2006-05-01** "Gemäßigtes Umgebungsklima, Ermittlung des PMV und PPD, Beschreibung der Bedingungen für thermische Behaglichkeit“

Deutschland:

- **DIN 1946-Teil 6:2009-05** "Lüftung von Wohnungen - Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung"
- **DIN 4719:2009-07** „Lüftung von Wohnungen - Anforderungen, Leistungsprüfungen und Kennzeichnung von Lüftungsgeräten“
- **VDI 3803 Blatt 1:2008** „Raumlüftungstechnik - Bauliche und technische Anforderungen an zentrale Raumlüftungstechnische Anlagen (VDI-Lüftungsregeln)“
- **VDI 6022:2007** - Hygiene-Anforderungen an Raumlüftungstechnische Anlagen und -Geräte - Messverfahren und Untersuchungen bei Hygienekontrollen und Hygieneinspektionen

Schweiz:

- **SIA 382/1:2007-07-01** "Lüftungs- und Klimaanlageanlagen - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen"
- **Merkblatt SIA 2023:** „Lüftung in Wohnbauten“
- **SWKI VA 104-01** „Hygieneanforderungen an raumlüftungstechnische Anlagen“ (entspricht VDI 6022)
- **VKF-Brandschutzrichtlinie 26-03** und ergänzende Blätter

4.3 Offizielle Empfehlungen zum Thema Luftqualität

4.3.1 Österreich

Empfehlung der Akademie der Wissenschaften/Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) für CO₂

In einer vom Umweltministerium und der österreichischen Akademie der Wissenschaften herausgegebenen Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft werden Orientierungswerte für die Innenraumluft für den Parameter CO₂ festgelegt, die sich an die ÖNORM EN 13779 anlehnen. Aufgrund der Tatsache, dass keine definierten Grenzen für das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit beeinträchtigende Konzentrationen vorliegen, sondern steigende Konzentrationen ab etwa 700 ppm (absolut) kontinuierliche Verschlechterungen der Raumluftqualität anzeigen, werden Kategorien gebildet, die die Luftqualität bezeichnen.

In der Beurteilung in Bezug auf Mindest- und Zielvorgaben wird zwischen natürlich und mechanisch belüfteten Innenräumen unterschieden.

Tabelle 4.1 Klassifizierung der Innenraumluftqualität laut Akademie der Wissenschaften/Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW)

<i>Mindest- und Zielvorgaben für dauernd von Menschen genutzte Innenräume</i>	
<i>natürlich belüftete Innenräume</i>	<i>mechanisch belüftete Innenräume</i>
<i>Zielbereich für die Innenraumluft < etwa 1000 ppm</i>	<i>Zielbereich für die Innenraumluft < etwa 800 ppm</i>
<i>Mindestvorgabe 1-MWg < etwa 1400 ppm</i>	<i>Mindestvorgabe 1-MWg < etwa 1000 ppm</i>
<i>Mindestvorgabe Alle Einzelwerte im Beurteilungszeitraum: < etwa 1900 ppm</i>	<i>Mindestvorgabe Alle Einzelwerte im Beurteilungszeitraum: < etwa 1400 ppm</i>

1-MWg = maximaler gleitender Stundenmittelwert

Die Vorgaben sind als Bereiche mit fließenden Übergängen formuliert, da auch die je nach Standort des Gebäudes unterschiedliche CO₂-Konzentration der Außenluft Einfluss auf die sich in Räumen einstellende Konzentration hat. Es existiert nach Ansicht der Kommission auch keine scharfe Grenze, ab der ein Raum als „zu hoch belastet“ einzustufen ist, sondern es zeigt sich vielmehr ein fließender Übergang zwischen guter, akzeptabler und unzureichender Raumluft.

4.3.2 Deutschland

In Deutschland wurden Innenraumrichtwerte für CO₂ von der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden (Ad-hoc Arbeitsgruppe) veröffentlicht.

Ad-hoc Arbeitsgruppe "Innenraumrichtwerte" der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 51 (2008) S 1358 -1369

Tabelle 4.2 Klassifizierung der Innenraumluftqualität laut deutscher Ad-hoc Arbeitsgruppe

<i>CO₂-Konzentration (ppm) (Absolut)</i>	<i>Hygienische Bewertung</i>	<i>Empfehlungen</i>
<i>< 1000</i>	<i>Hygienisch unbedenklich</i>	<i>Keine weiteren Maßnahmen</i>
<i>1000–2000</i>	<i>Hygienisch auffällig</i>	<i>Lüftungsmaßnahme (Außenluftvolumenstrom bzw. Luftwechsel erhöhen) Lüftungsverhalten überprüfen und verbessern</i>
<i>> 2000</i>	<i>Hygienisch inakzeptabel</i>	<i>Belüftbarkeit des Raums prüfen ggf. weitergehende Maßnahmen prüfen</i>

In der deutschen Richtlinie werden zwar klare Grenzen für die zumutbare CO₂-Konzentration gesetzt, es werden jedoch keine Vorschläge für die praktische Umsetzung gemacht. So bleibt es unklar, ob schon kurzzeitige Überschreitungen des Wertes von 2000 ppm als „hygienisch inakzeptabel“ zu bewerten sind und welche Konsequenzen sich konkret daraus ergeben.

4.4 Einschätzung der Auswirkungen von mechanischen Wohnraumlüftungsanlagen

Tappler et al. (2005): Auswirkungen energiesparender Maßnahmen im Wohnbau auf die Innenraumluftqualität und Gesundheit. Veränderungen der Innenraumluftqualität im Zusammenhang mit energiesparenden Maßnahmen im Wohnbau und ihre Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit: Bestimmung von Handlungsbedarf auf der Basis von Forschungsergebnissen und Erfahrungsberichten.

Gegenstand der Studie war es, Folgen der Veränderung von Luftqualität und Wohnklima im Zusammenhang mit energiesparenden Maßnahmen zu untersuchen. Insbesondere war die Frage zu klären, welche Veränderungen in Passivhäusern eintreten, welchen Einfluss Lüftungstechnische Anlagen dabei haben und welche gesundheitlichen Effekte auftreten können. Das Hauptaugenmerk lag darin, Auswirkungen auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der NutzerInnen zu erfassen, wobei auch kontroversiell diskutierte Problemkreise wie Luftionisation und die Hygienehypothese behandelt wurden.

Basler und Hofmann (2005): Untersuchung zur Lüftung von sanierten Mehrfamilienhäusern. Die Studie beschäftigte sich mit Wohnungen mit und ohne mechanischer Lüftung. Sie zeigte dass die CO₂-Werte im Schlafzimmer mit einer Komfortlüftung nur ca. halb so hoch sind wie in Schlafzimmern ohne Lüftungsanlage. CO₂-Gehalt und Luftqualitätsempfinden der Bewohner zeigte eine erstaunlich gute Korrelation. Die Fensterlüftung ging bei Gebäuden mit einer kontrollierten Wohnraumlüftung aufgrund teils sehr geringer Luftmengen (10-30 m³/Person) nur um 25 %, das bedeutet von 4 auf 3 Lüftungsvorgänge pro Tag zurück. Für eine gute Akzeptanz dürfen Lüftungsanlagen keinen Lärm und keine Geruchsbelastung verursachen.

Resümee: Als Gesamtresümee der Studien kann festgestellt werden, dass insbesondere in Schlafzimmern die Luftqualität bei mechanischer Lüftung deutlich besser ist als in Gebäuden mit Fensterlüftung. Besonders, wenn die Luftmengen zu gering ausgelegt sind, oder aufgrund von Schallproblemen reduziert wurden, wird auch im Winter bei einer mechanischen Lüftung zusätzlich mit dem Fenster gelüftet. In den Berechnungen zur Energiekennzahl (Energieausweis) wird in Österreich keine zusätzliche Fensterlüftung durch die Nutzer angesetzt – dies ist in der Praxis jedoch meist nicht der Fall.

4.5 Studien zu Luftqualität und Lüftung

Alphabetische Reihenfolge:

Apte MG, Fisk WJ, Daisey JM (2000): Associations between indoor CO₂ concentrations and sick building syndrome symptoms in U.S. office buildings: An analysis of the 1994-1996 BASE study data. *Indoor Air* 10: 246-257

Arlian LG, Neal JS, Morgan MS, Vyszynski-Moher DL, Rapp CM, Alexander AK (2001): Reducing relative humidity is a practical way to control dust mites and their allergens in homes in temperate climates. *J. Allergy Clin. Immunol.* 107: 99-104

Bakó-Biró Z, Wargocki P, Weschler CJ, Fanger PO (2004): Effects of pollution from personal computers on perceived air quality, SBS symptoms and productivity in offices. *Indoor Air* 14: 178-187

Clausnitzer KD, Jahn K (1997): Zur Notwendigkeit der Überprüfung und Reinigung von Lüftungsanlagen in Wohngebäuden. Bremer Energie-Institut (Hrsg), Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks (ZIV), Sankt Augustin/Bremen

Erdmann CA, Steiner KC, Apte MG (2002): Indoor carbon dioxide concentrations and sick building syndrome symptoms in the BASE study revisited: Analyses of the 100 building dataset. *Proc. INDOOR AIR '02, 9th Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate.* 30 June - 05 July 2002, Monterey, USA, Vol. 3: 443-448

Fletcher AM, Pickering CAC, Custovic A, Simpson J, Kennaugh J, Woodcock A (1996): Reduction in humidity as a method of controlling mites and mite allergens. The use of mechanical ventilation in British domestic dwellings *Clin. Exp. Allergy* 26: 1051-1056

Harving H, Korsgaard J, Dahl R (1994a): Clinical efficacy of reduction in house-dust mite exposure in specially designed, mechanically ventilated 'healthy' homes. *Allergy* 49: 860-870

Leech JA, Raizenne M, Gusdorf J (2004): Health in occupants of energy efficient new homes. *Indoor Air* 14: 169-173

Münzenberg U, Thumulla J (2002): Raumlufthqualität in Passivhäusern. In: *Wohnung + Gesundheit* 12/02 Nr.105

Pflüger R (2003): Lufthygiene im Passivhaus. In: *Einfluss der Lüftungsstrategie auf die Schadstoffkonzentration und -ausbreitung im Raum.* Protokollband Nr. 23: 45-61

Von Pettenkofer M (1858): *Über den Luftwechsel in Wohnungen.* Cotta, München

Wargocki P, Wyon DP, Sundell J, Clausen G, Fanger PO (2000): The effects of outdoor air supply rate in an office on perceived air quality, Sick Building Syndrome (SBS) symptoms and productivity. *Indoor Air* 10: 222-236

Wickman M, Emenius G, Egmar AC, Axelsson G, Pershagen G (1994): Reduced mite allergen levels in dwellings with mechanical exhaust and supply ventilation. Clin. Exp. Allergy 24: 109-114

Resümee: Eine bessere Belüftung von Innenräumen führt zu signifikanter Verbesserung der subjektiven Einschätzung der Luftqualität, zur Reduktion von Beschwerden und zur Steigerung der Leistungsfähigkeit. Ergebnisse von Untersuchungen an mechanisch belüfteten Einfamilienhäusern in Kanada und Deutschland bestätigen die Einschätzung, dass Lüftungsanlagen im Vergleich zu natürlich belüfteten Gebäuden eher positive als negative gesundheitliche Auswirkungen haben. Die Radonkonzentration war durch den effektiveren Luftaustausch in den mechanisch belüfteten Objekten tendenziell niedriger als in den Vergleichsobjekten. Die Schadstoffkonzentrationen lagen deutlich unter denen von Häusern ohne Lüftungsanlagen, in denen dieselben Baustoffe eingesetzt wurden. Auch hinsichtlich mikrobieller Belastungen zeigten sich geringere Keimzahlen.

Eine geeignete Filterung der Außenluft, wie sie bei Komfortlüftungsanlagen üblich ist, bewirkt eine Reduktion vor allem saisonaler Allergene sowie biogener Luftverunreinigungen und Stäube (Feinstäube) aus der Außenluft. Durch geeignete Filter können dadurch Beschwerden von Allergikern aufgrund dieser Noxen weitgehend vermieden werden. Dieser Vorteil entfällt bei einfacheren Lüftungstechnischen Anlagen (Abluftanlagen mit in der Regel einzelnen, raumbezogenen, passiven Außenlufteinlässen).

4.6 Studien zum Thema Luftfeuchtigkeit in Wohngebäuden

Frei B (2006): Feldvergleich von Wärme- und Enthalpieübertragern in Kompaktlüftungsgeräten. Bericht im Auftrag des Bundesamt für Energie.

Frei B (2007): Feuchte in Niedrigenergiebauten - Endbericht. Bericht im Auftrag des Bundesamt für Energie, Forschungsprogramm Rationelle Energienutzung in Gebäuden

Ganz R (2007): Raumlufffeuchte in Wohnneubauten - Einfluss der relativen Luftfeuchtigkeit auf Hygiene, Wohlbefinden und Baumaterial. Auftraggeber Minergie Agentur Bau.

Resümee: In Häusern mit Lüftungsanlage war die Luft im Durchschnitt geringfügig trockener als die Luft in Häusern ohne Lüftungsanlage.

Eine Wohnraumlüftung ist jedoch nicht als die primäre Ursache für trockene Luft anzusehen, da in der kalten Jahreszeit bei hygienisch ausreichender aktiver Fensterlüftung ebenfalls trockene Luft aus dem Außenbereich in großer Menge in die Räume eingebracht wird. Bei richtig dimensionierten Lüftungsmengen und einer Anpassung der Luftmengen an den Bedarf unterscheidet sich die Luftfeuchtigkeit in mechanisch belüfteten Gebäuden nicht wesentlich von Gebäuden ohne mechanische Lüftung.

Eine reine Wärmerückgewinnung kombiniert mit einer Dampfbefeuchtung liegt rechnerisch in einigen Fällen energetisch besser als eine Feuchterückgewinnung. Ein wesentlicher Grund dafür liegt darin, dass Wärmeübertrager mit Feuchterückgewinnung weniger sensible Wärme übertragen als klassische Wärmeübertrager. Eine Dampfbefeuchtung wäre allerdings energetisch sehr sensibel. Eine (zu) hohe Raumluffbefeuchtung kann den Energiebedarf massiv erhöhen. Ein Vorteil der Feuchterückgewinnung liegt darin, dass sich eine Veränderung der Raumlufffeuchte nur in einem geringen Maß auf den Energiebedarf auswirkt. Dies gilt allerdings nur so lange die Luftvolumenströme der effektiven Personenbelegung angepasst werden. Bei überdimensionierten Luftstraten steigt der Energiebedarf selbst mit einer Feuchterückgewinnung bei einem zunehmenden Feuchtesollwert deutlich an.

Aus energetischer Sicht ist es daher empfehlenswert, zuerst den Luftvolumenstrom der Personenbelegung anzupassen und möglichst bedarfsgerecht zu steuern resp. zu regeln. Wenn dies realisiert wird, bringt eine zusätzliche Feuchterückgewinnung nur bei einem Feuchtesollwert von 35 % und mehr einen energetischen Nutzen. Falls eine Feuchterückgewinnung als Alternative - und nicht als Ergänzung - zu einer Bedarfssteuerung verstanden wird, führt sie sogar zu einem höheren Energiebedarf.

In der Raumluff von Wohnungen ohne Lüftung lagen die Schimmelpilzkonzentrationen signifikant höher als in Wohnungen mit Lüftung. Die Keimkonzentration im Befeuchterwasser dezentraler Luftbefeuchter lag in zahlreichen Fällen hoch im unhygienischen Bereich.

4.7 Studien zu Auswirkungen trockener Luft auf die Gesundheit

Von Hahn N, (2007): Trockene Luft und ihre Auswirkungen auf die Gesundheit – Ergebnisse einer Literaturstudie, Gefahrenstoffe – Reinhaltung der Luft, 67, Nr. 3. 103-107

In dieser Studie sind über 30 Studien ausgewertet worden.

Autoren	Jahr	Studientyp	Inhalte der Studie
Koch, Jennings, Hymphreys [2]	1960	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Behaglichkeitsempfinden
Hemmes, Winkler, Kool [3]	1960	–	Laboruntersuchungen zur Überlebensfähigkeit von Influenzaviren in der Raumluft in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte
Sale [4]	1971	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf den Erkrankungsgrad von Patienten mit ganzjähriger allergischer Rhinitis
Andersen, Lundquist, Proctor [5]	1972	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf den nasalen Schleimfluss
Sale [6]	1972	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte in Klassen- und Wohnräumen auf die Erkältungshäufigkeit bei Kindern
Gelperin [7]	1973	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte in den Quartieren auf die Erkrankungshäufigkeit innerhalb einer Kaserne
Andersen, Lundqvist, Jensen, Proctor [8]	1974	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf den nasalen Schleimfluss, die Haut und das allgemeine Befinden
Green [9]	1974	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Erkrankungshäufigkeit von Schülern
McIntyre [10]	1978	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Behaglichkeitsempfinden
Strauss et al. [11]	1978	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf den Erkrankungsgrad bei Asthmatikern
White, Rycroft [12]	1982	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf Hautprobleme in einer Produktionsstätte
Green [13]	1982	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Erkrankungshäufigkeit von Schülern
Green [14]	1985	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Erkrankungshäufigkeit von Schülern
Laviana, Rohles, Bullock [15]	1988	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das menschliche Auge direkt und beim Tragen von Kontaktlinsen
Reinikainen, Jaakkola, Seppänen [1]	1992	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Behaglichkeitsempfinden
Höppe [16]	1992	–	Modellrechnung zum Einfluss der relativen Luftfeuchte auf den Wasserverlust durch Wasserdampfdiffusion und auf den respiratorischen Wasserverlust eines leicht arbeitenden jungen Mannes
Sundell, Lindvall [17]	1993	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Behaglichkeitsempfinden von Büroangestellten
Sommer, Johnen, Schongen, Stolze [18]	1994	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf den Tränenfilm des Auges
Nordström, Norbäck, Akesson [19]	1994	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Auftreten von Sick-Building-Syndrom-Symptomen in einem Krankenhaus
Fiedler, Hoyer [20]	1996	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Erkrankungshäufigkeit bei Kindern
Reinikainen, Aunela-Tapola, Jaakkola [21]	1997	E	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Behaglichkeitsempfinden
Fang, Clausen, Fanger [22]	1998 a	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Behaglichkeits- und Geruchsempfinden
Fang, Clausen, Fanger [23]	1998 b	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Behaglichkeits- und Geruchsempfinden
Toftum, Jorgensen, Fanger [24]	1998	E	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Empfinden eingeatmeter Luft
Fiedler [25]	1998	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Erkrankungshäufigkeit von Kleinkindern
Spiegel [26]	1998	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Hautrauhigkeit bei Patienten mit atopischem Ekzem
Backman, Haghghat [27]	1999	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Augen
Sato, Fukayo, Yano [28]	2003	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf Atmungsorgane, Haut und Augen
Fang, Wyon, Clausen, Fanger [29]	2004	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Auftreten von Sick-Building-Syndrom-Symptomen

Resümee: „Die betrachteten Studien zum Einfluss der relativen Feuchtigkeit auf die Gesundheit des Menschen kommen z.T. zu sehr widersprüchlichen Ergebnissen. Es konnte keine Studie eruiert werden, die eine definitive untere Grenze von 30 % medizinisch begründet bzw. einen anderen Grenzwert herleiten ließe.“ (Von Hahn)

Auf eine komplette Aufzählung der Studien bis 2007 wird hier aus Platzgründen verzichtet und auf die Literaturangaben dieses Artikels verwiesen.

Die aktuelle Studie „Physiological impairments of individuals at low indoor air humidity“ (Pflüger, Feist, Tientjen, Neher), eingereicht bei Indoor Air, ist derzeit noch nicht öffentlich zugänglich.

4.8 Hygieneuntersuchungen

Flückiger B (1999): Hygienische Aspekte von Luftansaug-Erdregistern. 3. Passivhaustagung, 19.-20.02.1999 Bregenz. Untersuchung von 12 Luft-Erdwärmetauschern mit unterschiedlichen Nutzungen (EFH, MFH, Schulen,..., Materialien (Kunststoff, Beton) und Alter (2 bis 14 Jahre).

Heise C et al., (2009): Hygieneuntersuchung an Lüftungsanlagen in Wohngebäuden der Wohnbau Westfahlen GmbH. Die Untersuchung der Hygiene in einer 25 Jahre alten Lüftungsanlage ergab ein außergewöhnlich positives Bild. Ausnahme bildete das Rohrsegment der Außenluftansaugung vor dem Filter. Dieses Kanalstück war stark verunreinigt.

Resümee: Auch nach vielen Betriebsjahren ergaben die untersuchten Erdwärmetauscher bzw. Luftleitungen keine hygienischen Bedenken. Ein wesentlicher Aspekt ist aber ein regelmäßiger Austausch der Filter.

4.9 Studien über MFH mit Wohnraumlüftungen

Die Studien zu Mehrfamilienhäusern mit Lüftungen wurden in Kurzzeit- und Langzeitstudien unterteilt.

4.9.1 Kurzzeitstudien über MFH mit Wohnraumlüftungen

Neben zahlreichen Einzeluntersuchungen von Objekten gab es folgende Untersuchungen über eine größere Gebäudeanzahl.

Gugerell (2008): Evaluierung zum aktuellen Stand der Wohnraumlüftungsanlagen in Niederösterreich

Trebersburg M., Smutney R. et. al. (2009) Nachhaltigkeits-Monitoring ausgewählter Passivhauswohnanlagen in Wien (Projekt NaMap).

Hüttler W. et. al. (2009): ZUWOG Zukunftsfähige Wohngebäudesanierung - Integrierte Konzepte zur Wirtschaftlichkeit, Nutzerzufriedenheit und Praxistauglichkeit

4.9.2 Langzeitstudien über MFH mit Wohnraumlüftungen

Für einzelne Mehrfamilienhäuser mit Lüftungsanlagen gibt es Langzeitstudien, die sowohl die technischen als auch die Nutzeraspekte tiefer beleuchten.

Im Rahmen des Forschungsprojektes „HAUS DER ZUKUNFT“, Impulsprogramm „Nachhaltig Wirtschaften“ wurden seitens der AEE INTEC umfangreiche Langzeitmessungen von ausgewählten Objekten und entsprechende Auswertungen in den Bereichen Raumtemperaturen, Energie- und Stromverbrauch und Effizienz von Lüftungsanlagen sowie seitens des IFZ Auswertungen über sozialwissenschaftliche Aspekte durchgeführt.

Nachfolgend ein Auszug aus den FFG-Berichten der Kurzzusammenfassungen der Objekte Mühlweg, Dreherstraße und Utendorfgasse.

4.9.2.1 Erfahrungen aus der Langzeitmessung Mühlweg, Wien

Temperaturen, Behaglichkeit und Energie: Der temperatur- und klimabereinigte Heizwärmebedarf im Projekt Mühlweg beträgt 18,41 [kWh/m²a] und liegt damit gering über dem Passivhausgrenzwert laut PHPP 2007 von 15 [kWh/m²a]. Die Primärenergiekennzahl beträgt bezogen auf die TFA 138,77 [kWh/m²a] bzw. bezogen auf die BGF_B 111,2 [kWh/m²a], wobei der Passivhausgrenzwert laut PHPP 2007 120 [kWh/m²a] bezogen auf die TFA beträgt. Der im Vergleich zu anderen Projekten niedrige Stromverbrauch sowie der Beitrag der thermischen Solaranlage zur Erzeugung des Brauchwarmwassers führen zu einer niedrigen Primärenergiekennzahl.

Die gemessenen Raumtemperaturen lagen im Sommer des Messjahres bei maximal 28° C, der Anteil der Stunden mit mittleren Raumtemperaturen über 26° C an den Gesamtjahresstunden stellt mit 4,8 % einen sehr guten Wert dar.

Wohnraumlüftung: An Informationen zur Lüftungsanlage gab es persönliche Einschulungen in den Wohnungen und ein NutzerInnenhandbuch, mit denen die BewohnerInnen ganz zufrieden waren.

Sozialwissenschaftliche Begleitforschung: Fast alle Befragten fühlen sich in ihrer Wohnung am Mühlweg sehr wohl. Sie sind mit der grünen Lage, der Passivhaustechnologie, dem ruhigen Wohnumfeld und den Außenanlagen der Siedlung sehr zufrieden. Fast die Hälfte der Befragten meint, es gäbe ausreichende Infrastruktur (Geschäfte, Ärzte etc.) in der Nähe der Siedlung. 70 % der Befragten nutzen die Möglichkeit des öffentlichen Verkehrs immer oder teilweise. Zum Teil gibt es Probleme mit zu trockener Luft, Überhitzung im Sommer bzw. zu kalten Temperaturen im Winter. Ein feiner schwarzer Staubfilm rund um die Lüftungsöffnungen (eventuell ein Montagefehler), Hellhörigkeit der Wohnungen und mangelnde Trittschalldämmung werden teilweise beklagt.

Fazit: Die Zufriedenheit der BewohnerInnen in der Passivhaussiedlung Mühlweg ist recht hoch, einige Probleme, die noch bestehen, sind teilweise Überhitzungsprobleme im Sommer und Trittschallprobleme.

Eine MieterInnenversammlung zu den Themen „Wie bewohne ich ein Passivhaus?“ und „Wie benutze ich die Lüftungsanlage richtig?“ wäre anzuraten gewesen.

4.9.2.2 Erfahrungen aus der Langzeitmessung Dreherstraße, Wien

Temperaturen, Behaglichkeit und Energie: Der temperatur- und klimabereinigte Heizwärmeverbrauch im Projekt Dreherstraße beträgt 10,27 [kWh/m²a] und stellt damit einen sehr guten Wert dar. Der Passivhausgrenzwert gemäß PHPP 2007 liegt bei 15 [kWh/m²a]. Die Primärenergiekennzahl beträgt bezogen auf die TFA 144,26 [kWh/m²a] bzw. bezogen auf die BGF_B 101,18 [kWh/m²a], wobei der Passivhausgrenzwert laut PHPP 2007 120 [kWh/m²a] bezogen auf die TFA beträgt.

Die mittleren Raumtemperaturen des Projektes Dreherstraße liegen etwas höher als in vergleichbaren Projekten. Der Anteil der Überhitzungsstunden mit mittleren Raumtemperaturen über 26° C an den Gesamtjahresstunden beträgt 17 %.

Wohnraumlüftung: Einige BewohnerInnen beschwerten sich über Geruchsbelästigungen, die nach Aussage der BewohnerInnen über die Rohre der Lüftungsanlage übertragen werden, und verschmutzte Auslassöffnungen der Lüftungsanlage in den Wohnungen.

Sozialwissenschaftliche Begleitforschung: Prinzipiell sind die BewohnerInnen der Dreherstraße mit ihren Wohnungen und ihrer Wohnanlage sehr zufrieden. Auch die Außenanlagen werden als schön empfunden.

Die BewohnerInnen kommen mit der Lüftungsanlage recht gut zurecht, beklagen sich aber darüber, dass die Regelungsschalter manuell schwer zu bedienen und kaum Unterschiede in der Luftzufuhr zu bemerken sind, egal, auf welche Stufe sie die Regelung einstellen. Interessant ist, dass es sich um die gleiche Regelung wie in der Utendorfgasse handelt, wo es keine Probleme damit gibt.

Überhitzungsprobleme im Sommer werden artikuliert (von einigen auch eine zu niedrige Wärmeversorgung im Winter). Die Verwendung des Verschattungssystems an den Fenstern schafft hier auch kaum Abhilfe, da dieses bei höheren Windgeschwindigkeiten (die in dieser Gegend üblich sind) nicht mehr verwendet werden darf. Zu trockene Luft wird von einigen als Problem angeführt.

Fazit: An Informationen zum Passivhaus und zur Lüftungsanlage gab es eine Hausversammlung, eine kleine Broschüre und auch eine zusammenfassende kurze Übersicht. Die Qualität dieser Materialien wird unterschiedlich eingestuft – die meisten sind zufrieden damit, einige meinen, die Informationen wären wenig brauchbar. Es besteht auch der Wunsch nach nochmaliger neuer Information.

4.9.2.3 Erfahrungen aus der Langzeitmessung Utendorfgasse, Wien

Temperaturen, Behaglichkeit und Energie: Der temperatur- und klimabereinigte Heizwärmebedarf im Projekt Utendorfgasse stellt mit 12,9 [kWh/m²a] einen sehr guten Wert dar und liegt unter dem Passivhausgrenzwert laut PHPP 2007 von 15 [kWh/m²a]. Die Primärenergiekennzahl beträgt bezogen auf die TFA 178,67 [kWh/m²a] bzw. bezogen auf die BGF_B 123,75 [kWh/m²a] (Passivhausgrenzwert laut PHPP 2007 120 [kWh/m²a] (TFA)).

Die gemessenen Raumtemperaturen liegen im Sommer bei maximal 27,5°C bzw. vereinzelt bis 29°C. Der Anteil der Stunden über 26°C an den Gesamtjahresstunden beträgt 6,2 %.

Wohnraumlüftung: Die Hälfte der Befragten hat keine Probleme mit der Lüftungsanlage, einem Viertel war es entweder zu warm oder zu kalt, einige empfanden zu trockene Luft, bei einigen Befragten gaben Defekte an. Mehr als die Hälfte der Befragten hat mit der Gewöhnung an das Lüftungssystem keine Probleme. Auch die Regelung der Lüftungsanlage scheint gut zu funktionieren – was insofern interessant ist, als hier das gleiche System wie in der Dreherstraße eingesetzt wird, wo die Regelung den BewohnerInnen aber Schwierigkeiten bereitet.

Fast 80 % der Befragten meinen, sie würden keinen zusätzlichen Heizkörper in der Wohnung benötigen.

Sozialwissenschaftliche Begleitforschung: Fast alle Befragten fühlen sich in ihrer Wohnung in der Utendorfgasse sehr wohl. Sie sind mit dem Passivhaus, der grünen Umgebung und dem Preis-Leistungsverhältnis zufrieden. Über 80 % der Befragten fühlen sich durch Lärm kaum oder gar nicht gestört. Wenn, dann stört der Lärm durch die angrenzende Eisenbahntrasse.

Fast die Hälfte der Befragten ist mit den Außenanlagen in der Siedlung sehr zufrieden, ebenso fast die Hälfte meint, es gäbe ausreichende Infrastruktur (Geschäfte, Ärzte etc.) in der Nähe der Siedlung. Über 80 % der Befragten nutzen die Möglichkeit des öffentlichen Verkehrs immer oder teilweise.

Fazit: Mehr als die Hälfte der Befragten meint, dass das zur Verfügung gestellte Passivhaus-NutzerInnenhandbuch sehr gut sei; zwei Drittel meinen, dass die Informationen über das Passivhaus bei der MieterInnenversammlung brauchbar waren. Für fast die Hälfte der BewohnerInnen war die Passivhauseinschulung in der Wohnung gut. Fast die Hälfte findet, dass an den Informationen nichts geändert werden müsse.

4.9.2.4 Langzeitmessung Lodenareal Innsbruck

Derzeit ist vor allem an der größten Passivhaus-Wohnanlage der Welt „PH Lodenareal“ in Innsbruck eine intensive Evaluierung in Arbeit. Deren Abschluss ist mit Ende 2011 geplant. Die ersten Ergebnisse liefern sehr gute Werte hinsichtlich Wärme- und Strombedarf und auch die Nutzerakzeptanz ist äußerst positiv.

Ansprechperson: DI Roland Kapferer, Energie Tirol

4.9.2.5 Langzeitmessung Studentenwohnheim Kandlerstraße in Wien

Das Objekt war Teil der gegenständlichen Anlagenevaluierung und wird in der Saison 2010 / 2011 auch einem detaillierten Energiemonitoring durch AIT unterzogen. Das aus 2 Gebäudetrakten bestehende Objekt wird über zentrale Technikräume mit Wärme und Luft versorgt. Besonderes Augenmerk wird bei der Langzeituntersuchung auf die Differenzierung zwischen Wärmeverbrauch und Bereitschaftsverlusten der Haustechniksysteme gelegt. Vor Bezug der Wohnungen wurden mehrere Wochen die Bereitschaftsverluste der Wärmeversorgung vermessen, um relative Unterschiede zum Betriebszustand zu erhalten. Die zentrale Lüftungsanlage für beide Gebäudetrakte wird ebenfalls über die gesamte Saison energetisch ausgewertet, wobei vor allem der Einsatz der Enthalprierückgewinnung und die Auswirkungen auf Feuchtwerte und thermische Effizienz von Interesse sind. In einzelnen Wohnungen werden ergänzend dazu Feuchte- und Temperaturwerte aufgezeichnet. Erste Ergebnisse sind im 1. Quartal 2011 zu erwarten. Ansprechperson: DI Helmut Schöberl, Schöberl & Pöll GmbH.

Resümee: Die Studien zeigen insgesamt auf, dass Mehrfamilienwohnhäuser mit Lüftungen zum größten Teil sehr zufriedenstellende Ergebnisse hinsichtlich der Verbesserungen der Luftsituation und der Akzeptanz der Nutzer bringen. Sie zeigen aber auch, dass noch einige Wissenslücken hinsichtlich Auslegung, Umsetzung und Nutzerverhalten bei Lüftungsanlagen bestehen.

4.10 Wirtschaftlichkeit und Kosten

Pfluger R (2005): Integration von Lüftungsanlagen im Bestand – Planungsempfehlungen für Geräte Anlagen und Systeme

Dellacher S (2009): Vergleich dezentraler, semizentraler und zentraler Lüftungssysteme im Mehrgeschosswohnbau.

Thaler D (2010): Diplomarbeit - Lebenszykluskosten von Wohnraumlüftungsanlagen im Mehrgeschossigen Wohnbau

Resümee: Eine eindeutige Aussage, welche Anlagenform (wohnungswise-dezentral, semi-zentral, zentral) die wirtschaftlichste Form darstellt, ist nicht möglich. Je kleiner die Wohnungen, desto kostengünstiger werden zentrale Systeme. Die Lebenszykluskosten sind für den Bauträger vor allem aus dem Aspekt vermiedener Schimmelbeseitigungskosten positiv.

4.11 Ausschreibungs- bzw. Planungshilfen

Konkrete Hilfen für die Umsetzung von Wohnraumlüftungen im MFH über die Normen hinaus sind Mangelware.

Im Bereich der Normen ist vor allem die DIN 1946-6 für die Systemauswahl hilfreich. Sie fordert für alle Neubauten bzw. lüftungsrelevanten Sanierungen (z.B. 1/3 der Fenster neu) einen Nachweis, ob für eine ausreichende Feuchteabfuhr eine lüftungstechnische Maßnahme notwendig ist oder nicht.

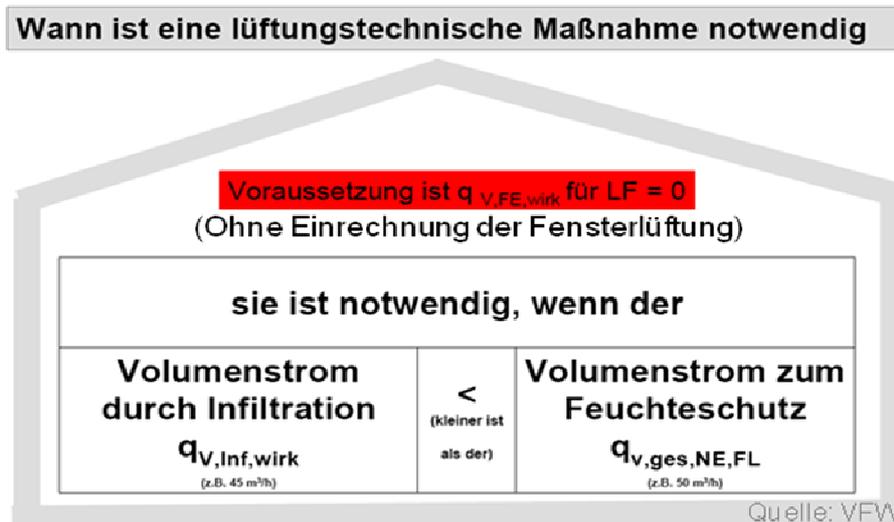


Abbildung 4.1: Lüftungstechnische Maßnahme nach DIN 1916-6 (Quelle: Bundesverband für Wohnungslüftung e.V.)

Für die praktische Umsetzung steht ein kostenloses Tool des Bundesverbandes für Wohnraumlüftung zur Verfügung: www.wohnungs-lueftung-ev.de



Abbildung 4.2: Planungstool nach DIN 1916-6 (Quelle: Bundesverband für Wohnraumlüftung e.V.)

Es zeigt auf, ob abhängig vom Baustandard (Wärmedämmung bzw. Luftdichtigkeit) und Standort (Wind) eine lüftungstechnische Maßnahme notwendig ist. Die DIN 1946-6 legt weiters die Einsatzbereiche der einzelnen Lüftungsmaßnahmen fest:

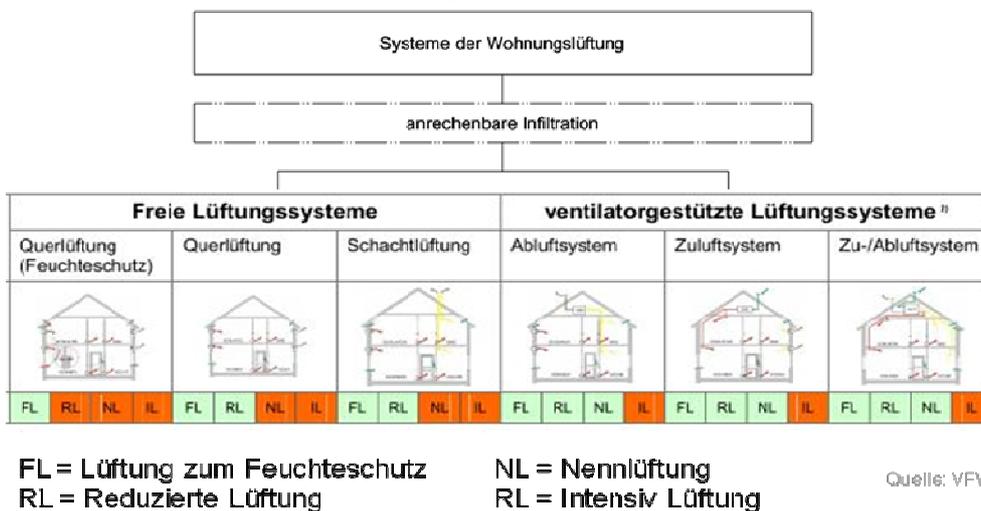


Abbildung 4.3: Einsatzbereiche der Systeme zur Wohnraumlüftung (Quelle: Bundesverband für Wohnraumlüftung e.V.)

Unterstützung für die Systemauswahl bietet in der Schweiz die Stadt Zürich für die vier Lüftungssysteme gemäß Minergie/SIA 2023.



Hauptsystem				Einzelraumlüftungen		Abluftanlagen	Komfortlüftung	
Systemwahl	Gewichtung	Bewertung	Nutzwert	Automatische Fensterlüftung (System 1)	Einzelraum-Komfortlüftung inkl. WRG (System 2)	Abluftanlage mit Aussenluft-Durchlässen (System 3)	Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung pro Nutzungseinheit (System 4 dezentral)	Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung pro Gebäude (System 4 zentral)
Anforderungen/Kriterien		1-5	G. x B.	SYS 1	SYS 2	SYS 3	SYS 4 D	SYS 4 Z
Energie	25							
Luftförderung	5		0	gering	gering	gering	mittel	hoch
Wärmebedarf (netto)	15		0	hoch	mittel	gering	sehr gering	sehr gering
Nachtauskühlung (Freie Kühlung)	2		0	gut möglich	möglich	möglich	möglich	möglich
Materialaufwand (Graue Energie)	3		0	tief	mittel	mittel	hoch	hoch
Hygiene	15							
Herausfiltern Staub und Feinstaub	3		0	nicht möglich	möglich	möglich	gut möglich	sehr gut möglich
Luftqualität (< 1350 ppm CO2)	7		0	teilw. kontrolliert	kontrolliert	nicht kontrollierbar	kontrolliert	kontrolliert
Garantie Gerüche, Schadstoffe (Raum)	5		0	nicht kontrollierbar	kontrolliert	teilw. kontrolliert	kontrolliert	kontrolliert
Behaglichkeit	10							
Raumfeuchte (> 30 % r.F.)	2		0	nicht möglich	bedingt möglich	nicht möglich	bedingt möglich	möglich
Luftgeschwindigkeit (< 0.15 m/s)	2		0	Luftzug wahrscheinl.	kein Luftzug	Luftzug möglich	kein Luftzug	kein Luftzug
Aussenlärm abschirmen	3		0	nicht möglich	bedingt möglich	bedingt möglich	gut möglich	gut möglich
Luft- und Körperschall (System)	3		0	bei allen Systemen zu beachten				
Wirtschaftlichkeit	30							
Kapitalkosten (Zins, Nutzungsdauer)	8		0	ist fallweise zu ermitteln				
Flächeneffizienz (Ziel max. NF)	2		0	gut	gut	mittel	schlecht	schlecht
Nutzungsflexibilität (Modularität etc.)	4		0	hoch	hoch	mittel	mittel	tief

Abbildung 4.4: Systemvergleich Standard-Lüftungssysteme (Quelle: Stadt Zürich)

Die Systemauswahl steht unter www.stadt-zuerich.ch bzw. auch unter www.komfortlüftung.at zum kostenlosen Download zur Verfügung.

Für Passivhäuser bzw. Luftheizungen bietet das Passivhausinstitut Planungshilfen bzw. stellt das Passivhaus Projektierungspaket (PHPP) ein entsprechendes Planungstool dar. Hinweis: Die vom PHPP empfohlenen Luftmengen stehen allerdings nicht im Einklang mit der ÖNORM H 6038:2006

5 Raumklima und Behaglichkeit¹

Das Raumklima beeinflusst die Behaglichkeit, und somit auch das Wohlbefinden der Bewohner und Bewohnerinnen in den Wohnungen. Dieses Wohlbefinden kann an Hand verschiedener Parameter charakterisiert werden, wobei einige dieser Parameter durch die Lüftung bestimmt werden.

In der ÖNORM H 6000-3:1989 sind die Faktoren, von denen das Wohlbefinden der Menschen in einem Raum abhängt, eingeteilt in:

- individuelle Einflussgrößen
- bauphysikalische Einflussgrößen
- raumluftechnische Einflussgrößen

Tabelle 5.1: Einflussgrößen auf die Behaglichkeit nach ÖNORM H 6000-3:1989

Individuelle Einflussgrößen	Bauphysikalische Einflussgrößen	Raumluftechnische Einflussgrößen
Körperliche Tätigkeit	Wärmestrahlung	Lufttemperatur
Bekleidung	Schall	Luftbewegung
Physische Verfassung	Beleuchtung	Luftfeuchtigkeit
Psychische Verfassung	Farbe	Luftzusammensetzung
		Geräusch

Aufgrund des unterschiedlichen Behaglichkeitsempfindens der Menschen ist es kaum möglich ein Raumklima zu schaffen, das alle Personen gleichzeitig als gut empfinden. In der ÖNORM EN 7730:2006 ist daher der vorausgesagte Prozentsatz an Unzufriedenen (PPD) für die thermische Behaglichkeit definiert. Die Unterteilung erfolgt dabei in die Kategorien A, B und C. Kategorie A bedeutet PPD unter 6%, bei Kategorie B liegt der PPD unter 10% und bei Kategorie C bei unter 15%: Für Neubauten und Sanierungen sollte auf jeden Fall die Kategorie A mit max. 6% Unzufriedenen angestrebt werden.

In der ÖNORM EN 15251:2007 sind die Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden im Rahmen der Europäischen Richtlinie über die Gesamteffizienz von Gebäuden (EPBD) enthalten. Darin sind vier Gebäudekategorien beschrieben. Die Kategorie II beschreibt ein normales Maß an Erwartungen – empfohlen für neue und renovierte Gebäude. Im Bereich thermische Behaglichkeit entspricht die Kategorie II einem PPD von 10 %. Dies entspricht der Kategorie B nach ÖNORM EN 7730:2006. Im Bereich Raumlufqualität entspricht die Kategorie II einem PPD von 20 % und die Kategorie I einem PPD von 15 %.

Die Kategorie I beschreibt dabei ein hohes Maß an Erwartungen, welches für Räume empfohlen wird, in denen sich sehr empfindliche und anfällige Personen mit besonderen Bedürfnissen aufhalten (z.B. Personen mit Behinderungen, kranke Personen, sehr kleine Kinder und ältere Personen).

¹ Vgl. Gössler A.: „Technische Evaluierung von mechanischen Klassenzimmerlüftungen in Österreich“, Diplomarbeit, Pinkafeld (2007)

Tabelle 5.2 zeigt einen Vergleich der Kategorien nach ÖNORM EN 7730:2006 mit der ÖNORM EN 15251:2007 hinsichtlich PPD- und PMV-Index.

Tabelle 5.2: Vergleich der Kategorienbezeichnung – ÖNORM EN 7730:2006 und ÖNORM EN 15251:2007

Kategorie		Thermischer Zustand des Körpers insgesamt	
<i>nach ÖNORM EN 7730:2006</i>	<i>nach ÖNORM EN 15251:2007</i>	<i>PPD [%]</i>	<i>PMV</i>
A	I	< 6	-0,2 < PMV < +0,2
B	II	< 10	-0,5 < PMV < +0,5
C	III	< 15	-0,7 < PMV < +0,7

Die dominanten Einflussgrößen auf die Behaglichkeit, die durch eine mechanische Lüftungsanlage beeinflusst werden, sind:

1. thermische Behaglichkeit
2. Raumluftqualität (Luftzusammensetzung – Luftbelastung)
3. akustische Behaglichkeit (Geräusch)

Durch den Einsatz einer zentralen bzw. einer semizentralen Wohnraumlüftung können die thermische Behaglichkeit bzw. die Raumluftqualität bei richtiger Planung, Bau und Betrieb der Anlage gegenüber einer Fensterlüftung deutlich verbessert werden. Das Geräuschempfinden bei geschlossenen Fenstern kann sich leicht verschlechtern, da der, durch die Lüftungsanlage hervorgerufene Schalldruckpegel normalerweise über dem Grundgeräuschpegel liegt. Gegenüber offenen Fenstern verbessert sich die Schallsituation insbesondere im städtischen Bereich aber deutlich. Zur Gesamtbehaglichkeit tragen des Weiteren Aspekte wie Lichtverhältnisse, Formen, Farben, psychologische Faktoren usw. bei. Im Zusammenhang mit psychologischen Faktoren ist z.B. zumindest ein offenbares Fenster in jedem Wohnraum besonders relevant.

5.1 Thermische Behaglichkeit²

Obwohl der Mensch sich wechselnden thermischen Luftzuständen anpassen (akklimatisieren) kann, gibt es doch einen deutlichen Bereich, den Behaglichkeitsbereich, innerhalb dessen er sich am wohlsten fühlt. Um thermische Behaglichkeit bei einem großen Personenkreis zu erreichen, müssen mehrere Einflussgrößen aufeinander abgestimmt sein.

Die wesentlichen Einflüsse auf die thermische Behaglichkeit sind nach DIN 1946-2:1998.

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

Die entscheidenden Einflussgrößen sind:

1. Wärmeproduktion (abhängig vom Aktivitätsgrad)
2. Bekleidung
3. Raumlufttemperatur
4. Temperatur der Umschließungsflächen
5. Luftbewegung
6. Luftfeuchte

5.1.1 Wärmeproduktion

Die Wärmeproduktion (Energieumsatz) des Körpers ist sehr stark von der körperlichen Tätigkeit (Aktivitätsgrad) abhängig. Die nachfolgenden Tabellen zeigen die Wärmeproduktion pro m² Körperoberfläche nach ÖNORM EN ISO 7730:2006.

Tabelle 5.3:Wärmeproduktion in Abhängigkeit von der Tätigkeit nach ÖNORM EN ISO 7730:2006

Aktivität	Energieumsatz* [met]	Energieumsatz [W/m ²]
Schlafend, ruhend	0,8	46
Sitzend, entspannt	1,0	58
Sitzende Tätigkeit, (Büro, Schule, Labor)	1,2	70
Stehend, entspannt	1,2	70
Stehende Tätigkeit (z.B. Zeichenbrettarbeit)	1,2	93
Mäßige körperliche Tätigkeit (Verkaufstätigkeit, Hausarbeit, Maschinenbedienung)	1,6	116

* 1 met = 58 W/m²

² Vgl. Gössler A.: „Technische Evaluierung von mechanischen Klassenzimmerlüftungen in Österreich“, Diplomarbeit, Pinkafeld (2007)

Tabelle 5.4: Metabolische Wärmeproduktionsrate (pro m² Körperoberfläche) einer männlichen Standardperson abhängig von der Tätigkeit (Zapfel et al. 2006)

Tätigkeit	Metabolische Wärmeproduktionsrate [W/m ²]
Sitzende Tätigkeit (lesen)	55
Sitzende Tätigkeit (schreiben)	60
Sitzende Tätigkeit (Maschinenschreiben)	65
Sitzende Tätigkeit (Unterlagen ordnen)	70
Sitzende Tätigkeit (sprechen)	65
Stehende Tätigkeit (sprechen)	70
Stehende Tätigkeit (Unterlagen ordnen)	80
Gehen	100

Die Berechnung der Körperoberfläche kann anhand der folgenden Gleichung von Ruch und Patton (1965) erfolgen (Zapfel et al. 2006):

$$A = 0,202 * W^{0,425} * H^{0,725} \quad (5.1)$$

A Körperoberfläche [m²]

W Körpergewicht [kg]

H Körpergröße [m]

Bei erwachsenen Personen wird für die Körperoberfläche meist ein Wert von 1,8 m² angesetzt. Für Kinder abhängig vom Alter etwa folgende Werte:

Tabelle 5.5: Körpergröße und Körpergewicht von Kindern (Mittelwerte) (Forschungsinstitut für Kinderernährung, 2004); Körperoberfläche nach Ruch und Patton (1965)

Körpergröße/Körpergewicht							
	Körpergröße			Körpergewicht			Körperoberfläche
Alter	Mädchen	Jungen	Durchschnitt	Mädchen	Jungen	Durchschnitt	Durchschnitt
[Jahre]	[cm]	[cm]	[cm]	[Kg]	[Kg]	[Kg]	[m ²]
3	96	97	96,5	14,5	14,9	14,7	0,62
8	129	130	129,5	26,8	26,9	26,85	0,99
14	165	174	169,5	54,3	59,3	56,8	1,65

5.1.2 Bekleidung

Die Wärmeabgabe einer Person wird durch die Bekleidung beeinflusst. Die Kleidung isoliert die Haut gegenüber der Umgebung und beeinflusst so die Behaglichkeit des Menschen. Die Wärmeabgabe durch die Kleidung wird vereinfacht durch den Wärmeleitwiderstand oder in „clothing units (clo)“ angegeben (wobei 1 clo = 0,155 m²K/W)

Tabelle 5.6: Wärmeleitwiderstände der Bekleidung nach ÖNORM EN ISO 7730:2006

Bekleidungsart	clothing units [clo]	Wärmeleitwiderstand [m ² K/W]
Keine Kleidung	0	0
Leichte Kleidung (Short, Hemd)	0,5	0,08
Kleidung mit Hemd, Hose, Jacke, Socken, Schuhe. Unterwäsche mit kurzen Ärmeln und Beinen	0,65	0,10
Normale Arbeitskleidung	1	0,125–0,16
Starke winterliche Innenbekleidung	1,25	0,20

Für den Wohnbereich ist ein typischerweise ein Wert zwischen 0,5 und 0,65 clo bzw. 0,08 und 0,10 m²K/W anzusetzen.

5.1.3 Raumlufthtemperatur und Temperatur der Umschließungsflächen

Die vom Menschen empfundene (oder operative) Raumtemperatur ist eine Funktion der Raumlufthtemperatur (Raumlufthfeuchte) 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 2001/2002).

Bei Gebäuden mit geringen Unterschieden zwischen Raumlufthtemperatur und mittlerer Strahlungstemperatur der Umschließungsflächen lässt sich die empfundene oder operative Temperatur nach der folgenden Formel berechnen:

$$T_O = \frac{T_A + T_R}{2} \quad (5.2)$$

T_O Operative Temperatur oder empfundene Temperatur

T_A Raumlufthtemperatur

T_R Mittlere Strahlungstemperatur der Umschließungsflächen

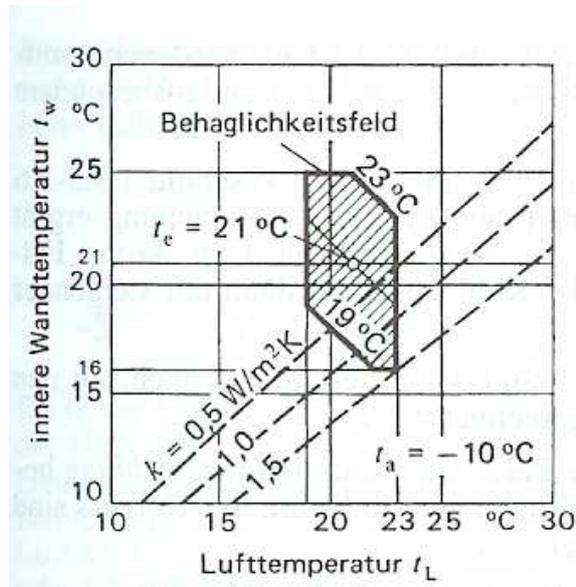


Abbildung 5.1: Behaglichkeit in Abhängigkeit von Raumlufttemperatur und mittlerer Oberflächentemperatur umschließender Flächen (Recknagel 01/02)

In der folgenden Abbildung ist die behagliche operative Raumtemperatur in Abhängigkeit der Außentemperatur dargestellt.

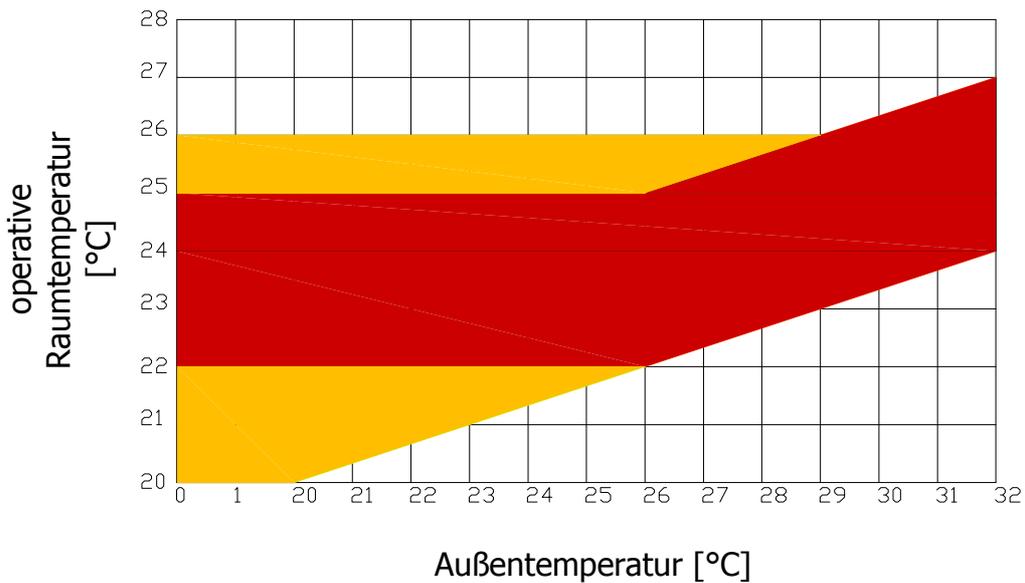


Abbildung 5.2: Operative Raumtemperatur abhängig von der Außentemperatur (DIN 1946-2:1994)

Berechnung der Temperatur der Umschließungsflächen

Die mittlere Strahlungstemperatur beeinflusst die Wärmeabgabe einer Person und hat somit Einfluss auf die Behaglichkeit. Die mittlere Strahlungstemperatur berechnet sich laut folgender Formel.

$$T_R = \frac{\sum_i A_i * T_i}{\sum_i A_i} \quad (5.3)$$

A_i Teilfläche
 T_i Temperatur der Teilfläche

Weiteren Einfluss auf die Behaglichkeit hat die Asymmetrie der Strahlungstemperatur der Umschließungsflächen. Weisen zwei raumbegrenzende Bauteile einen starken Temperaturunterschied auf, erzeugt die resultierende Differenz des Strahlungsflusses in einem zwischen diesen Bauteilen befindlichen Menschen ein Unbehaglichkeitsgefühl (Fink et al. 2002).

5.1.4 Luftbewegung

Luftbewegungen sind notwendig, um den hygienisch notwendigen Luftwechsel im Raum zu ermöglichen. Zu starke Luftbewegungen werden jedoch als unangenehme Zugscheinungen empfunden. Zugscheinungen treten dann auf, wenn der Körper lokal durch Luftbewegung abgekühlt wird.

Gründe für Luftbewegungen in Räumen können neben der Lüftung Undichtheiten in der Gebäudehülle oder Konvektion aufgrund von hohen Temperaturdifferenzen im Raum (z.B. an Radiatoren, großen Fensterflächen) sein.

Die zulässige mittlere Luftgeschwindigkeit ist vom Prozentsatz der Personen, die aufgrund von Zugscheinungen unzufrieden sind, abhängig. Dieses Zugluftrisiko ist von der Lufttemperatur und vom Turbulenzgrad abhängig und lässt sich mit folgender Gleichung nach ÖNORM EN ISO 7730:2006 berechnen:

$$DR = (34 - t_R) * (v - 0,05)^{0,62} * (0,37 * v * TU + 3,14) \quad (5.4)$$

DR Zugluftrisiko in [%]
 t_R lokale Raumlufttemperatur in [°C] 20 bis 26°C
 v lokale mittlere Luftgeschwindigkeit in [m/s] < 0,5 [m/s]
 TU lokaler Turbulenzgrad in [%] 10 bis 60 %, Standardwert 40 %

Der Turbulenzgrad gibt die Abweichungen der Momentangeschwindigkeit von der mittleren Geschwindigkeit an und wird nach der folgenden Gleichung berechnet.

$$TU = \frac{S_U}{\bar{v}} * 100 \quad (5.5)$$

SU Standardabweichung der Momentanwerte der Geschwindigkeit
 \bar{v} mittlere Geschwindigkeit

Die folgende Tabelle zeigt die aus Gleichung (5.4) ermittelten lokalen mittleren Luftgeschwindigkeiten, die eingehalten werden müssen, um, bei der jeweiligen Raumlufttemperatur und einem Turbulenzgrad von 40 %, ein Zugluftrisiko von 10 % nicht zu überschreiten.

Tabelle 5.7: lokale mittlere Luftgeschwindigkeiten abhängig von der lokalen Raumlufttemperatur bei einem Zugluftrisiko von 10 % und einem Turbulenzgrad von 40 %

Lokale Raumlufttemperatur [°C]	Lokale mittlere Luftgeschwindigkeit [m/s]
20	0,10
21	0,10
22	0,11
24	0,12
26	0,15

Vergleich Luftgeschwindigkeit durch eine Wohnraumlüftung mit anderen Luftbewegungen.

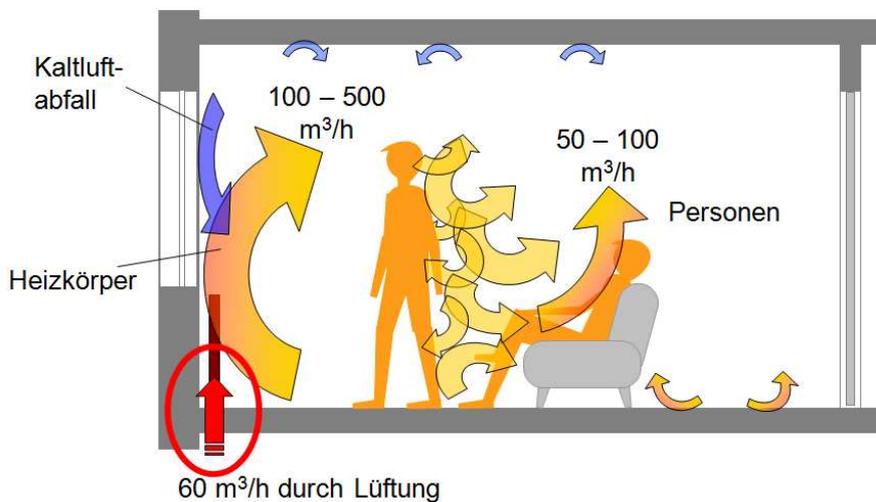


Abbildung 5.3: Luftströmungen; Quelle: Heinrich Huber, Minergie CH

5.1.5 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 % vom Menschen als angenehm empfunden, wobei Menschen über keine Sinnesorgane für die Wahrnehmung der Luftfeuchtigkeit verfügen³.

Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass die empfundene Luftqualität durch Temperatur und Feuchte der eingeatmeten Luft stark beeinflusst wird, und zwar auch dann, wenn die chemische Zusammensetzung der Luft unverändert bleibt und das thermische Empfinden über den ganzen Körper neutral ist. Das folgende Bild zeigt, dass Personen eher trockene und kühle Luft bevorzugen, die ihnen im Respirationsbereich bei jedem Einatmungsvorgang ein Gefühl der Abkühlung vermittelt (vgl. Recknagel et al. 2007/2008).

³ Siehe ÖNORM B 8110 – 2, Beiblatt 4

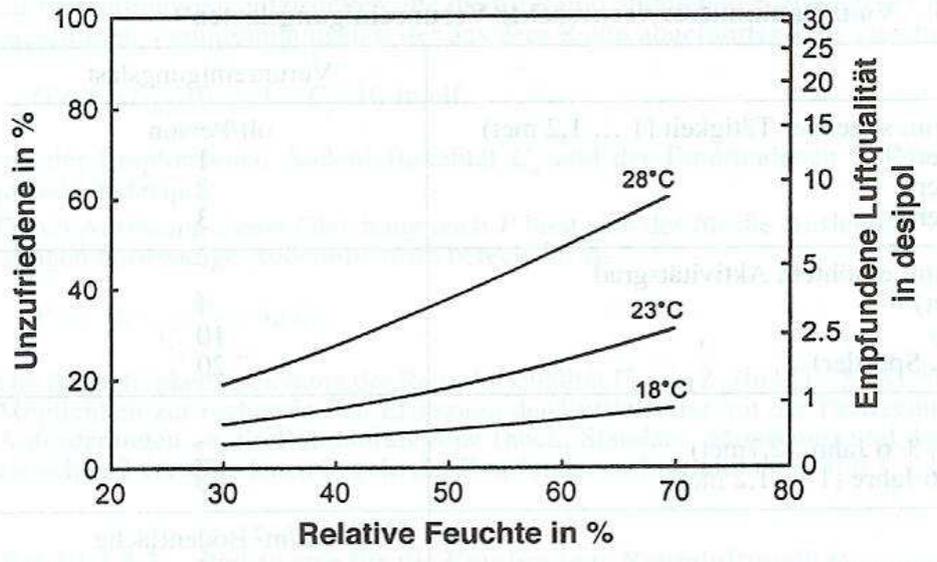


Abbildung 5.4: Der Einfluss von Temperatur und Feuchte auf die empfundene Qualität reiner Luft. (Rechnagel et al. 2007/2008)

Die optimale Feuchte in Wohngebäuden innerhalb der Heizperiode wären 30 bis 45 % relativer Feuchte (r.F.) bei einer Raumtemperatur von 22°C. Der absolute Feuchtigkeitsgehalt lässt eine wesentlich bessere Beurteilung zu. Üblicherweise kann von 7,0 g/m³ ausgegangen werden⁴.

Die ÖNORM B 8110 Teil 2 „Wärmeschutz im Hochbau Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz“ geht von folgenden Klimabedingungen aus:

„Es wird angenommen, dass in einem großen Teil der Zeit im Winter eine relative Feuchtigkeit von 55 % (und geringer bei Außenlufttemperaturen unter 0 °C) gegeben ist bzw. nicht überschritten wird und in einem kleineren Teil der Zeit (maximal 8 Stunden) durch die verschiedenen Tätigkeiten in der Wohnung die Luftfeuchtigkeit bis 65 % (und geringer bei Außenlufttemperaturen unter 0 °C) ansteigen kann; dem entsprechend werden 2 Stufen für die Bemessung eingesetzt:

(a) für die Bemessung zur Vermeidung von Kondenswasserbildung:

65 % bei Außenlufttemperaturen von 0 °C bis 10 °C und um je 1 Prozentpunkt fallend je 1 K Temperaturabnahme der Außenluft unter 0 °C und um je 1 Prozentpunkt steigend je 1 K Temperaturzunahme der Außenluft über 10 °C

(b) für die Bemessung zur Verminderung des Risikos von Schimmelbildung:

⁴ Siehe ÖNROM B 8110-2 Beiblatt 4

55 % bei Außenlufttemperaturen von 0 °C bis 5 °C und um je 1 Prozentpunkt ansteigend je 1 K Temperaturzunahme der Außenluft für über 5 °C bis 10 °C und um je 1,5 Prozentpunkte ansteigend je 1 K Temperaturzunahme der Außenluft über 10 °C und um je 1 Prozentpunkt fallend je 1 K Temperatur der Außenluft unter 0 °C.

Abbildung 010.3-06: Relative Luftfeuchtigkeiten gemäß ÖNORM B 8110-2 [66]

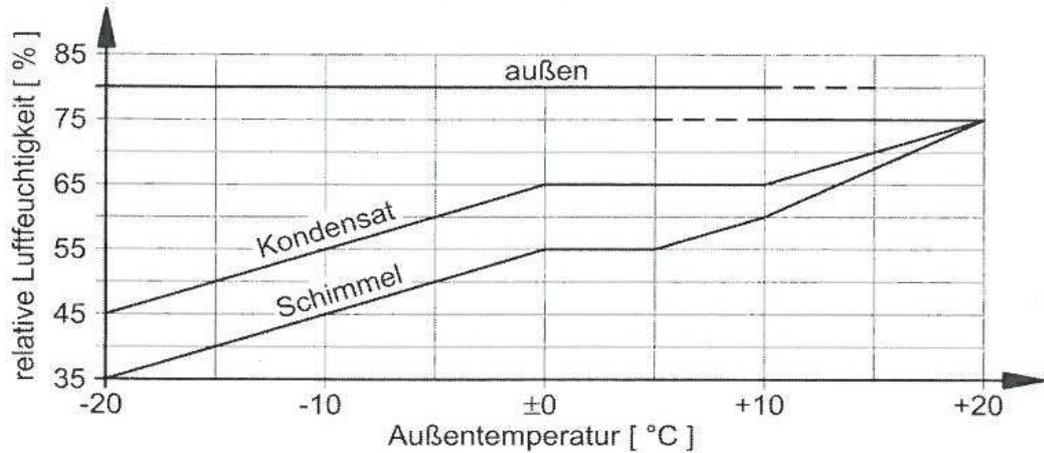


Abbildung 5.5: Luftfeuchtigkeiten im Innenraum für die Berechnung lt. ÖNORM B 8110-2 zur Vermeidung von Kondensat und Schimmel in Abhängigkeit der Aussentemperatur. Die Innentemperatur wird mit 20°C angesetzt. (Baukonstruktionen: Bauphysik, A. Pech, C. Pöhn, Springer Verlag Wien 2004)

Werte unter 30 % sind außerhalb des optimalen Behaglichkeitsbereiches. Kurzzeitige Unterschreitungen bis ca. 20 % sind aber unbedenklich und in Bezug auf das Milbenwachstum sogar von Vorteil.

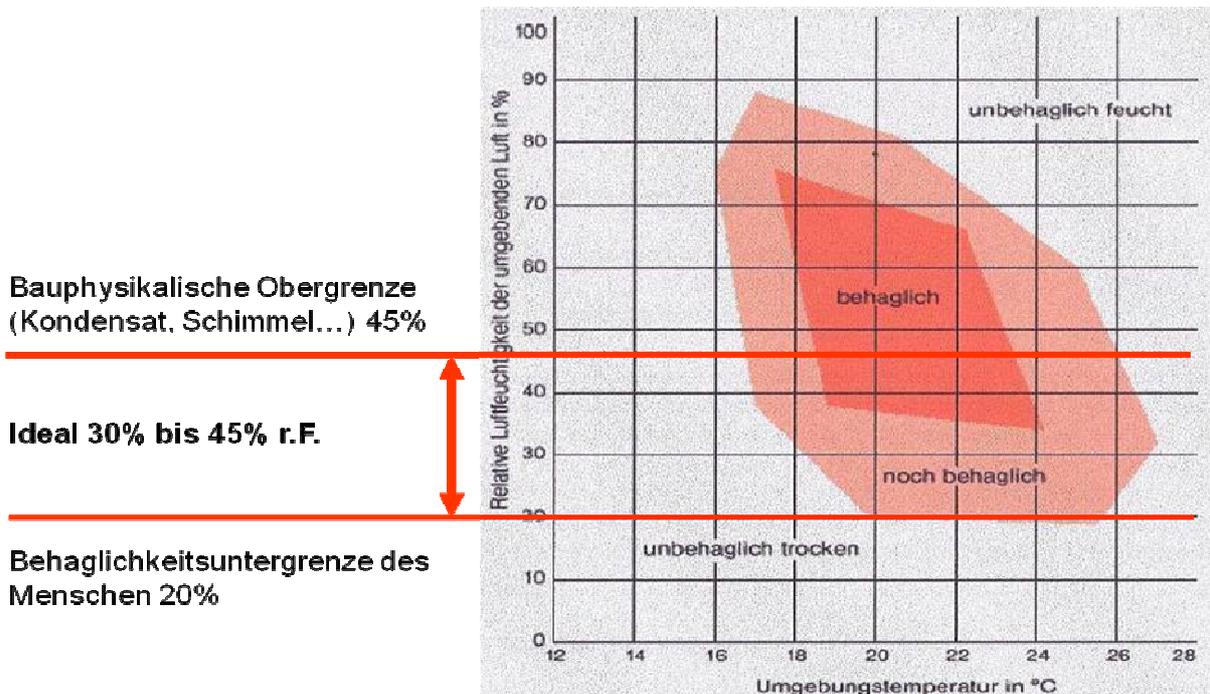


Abbildung 5.6: Feuchte – Behaglichkeitswerte nach nach Leusden und Freymark: Heinz Gabernig, Energie- und Klimatechnik, Ausgabe 1995; mit Ergänzungen der oberen und unteren Grenzen (Winter)

Im Extremfall kann eine dauerhafte Luftfeuchtigkeit deutlich unter 30 % (bzw. unter 20 %) langfristig zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen. Es muss daher darauf geachtet werden, dass in Wohnräumen eine gewisse relative Luftfeuchtigkeit nicht über einen längeren Zeitraum unterschritten wird. Auch für verschiedene Bodenbeläge (z.B. Holzparkett) und Möbel ist eine zu geringe relative Luftfeuchtigkeit ein Problem. Milben, deren Kot eine der Hauptursachen für die so genannte Hausstauballergie darstellt, gedeihen dagegen nur bei höheren Luftfeuchtigkeiten und Temperaturen. Trockene, kühle Luft trägt ganz wesentlich zur Reduktion der Milben bei.

Wüstengebiete wie die Sahara, in denen die Menschen dauernd mit sehr geringen Luftfeuchtigkeiten (ca. 20 bis 30 %) leben, bzw. auch wir uns im Urlaub trotz der geringen Luftfeuchte normalerweise sehr wohl fühlen, haben den Vorteil einer sehr geringen Schadstoff- bzw. Staubbelastung.

Die noch immer vorhandene Unsicherheit über die tatsächlichen Zusammenhänge im Bereich relativer Feuchte drückt sich auch im Recknagel aus: „Paradoxerweise wird bei Untersuchungen der Autoren (Palonen, Reinikainen, Jaakkola), wie auch in internationalen Untersuchungen, die Luft in Gebäuden mit zentraler Luftbefeuchtung (ca. 40–50 % r.F.) oft als unangenehm trocken beklagt. Zu den Hauptverursachern gehören wahrscheinlich überhöhte Lufttemperaturen mit Werten über 23°C. Allein die Senkung der Temperatur auf 21°C führte bereits zu dramatischer Besserung der Beschwerden“. „Beschwerden über Lufttrockenheit lassen sich demnach am besten durch eine Vermeidung von schleimhautreizenden Staubquellen, Temperaturen unter 23°C und optimaler Luftführung minimieren“ (vgl. Recknagel et al. 2007/2008).

Luftfeuchte und Staub: 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 an den Heizflächen ab einer Oberflächentemperatur von etwa 55°C (vgl. Recknagel 2001/2002). Mit der Staubverschwelung ist auch eine Geruchsbelästigung verbunden. Hohe Luftfeuchtigkeit bindet Staub und hält ihn am Boden. Die geringen Luftgeschwindigkeiten von Wohnraumlüftungen (siehe voriges Kapitel) führen aufgrund der geringen Luftgeschwindigkeiten zu keinen Staubaufwirbelungen. Die Filterung der Außenluft vermindert zusätzlich den Partikeleintrag von außen und trägt dazu bei, dass eine geringere Luftfeuchtigkeit als weniger störend wahrgenommen wird. Zu beachten ist jedoch, dass durch die wohnungsinternen Belastungen die Innenraumluft in Summe normalerweise höher mit Schadstoffen und Staub belastet ist als der Außenbereich.

Feuchteproduktion in Wohnungen: Ein normaler Haushalt mit 4 Personen produziert zwischen 5 und 10 Liter Wasserdampf pro Tag (Atmung und Feuchteabgabe durch die Haut, Waschen, Kochen, Pflanzen,...).

Neue Studien und Untersuchungen zeigen, dass die Feuchteinträge deutlich unter der klassischen Literatur liegen. Dies mag einerseits auf geänderte Lebensgewohnheiten zurückzuführen sein, andererseits dienten die Feuchteabgaben der älteren Literatur meist der Berechnung des Feuchteschutzes und wurde daher aus Sicherheitsgründen eher an der oberen Grenze angesetzt.

Vergleich Literaturwerte und neuer Vorschlag in der Schweiz für die SIA 180:

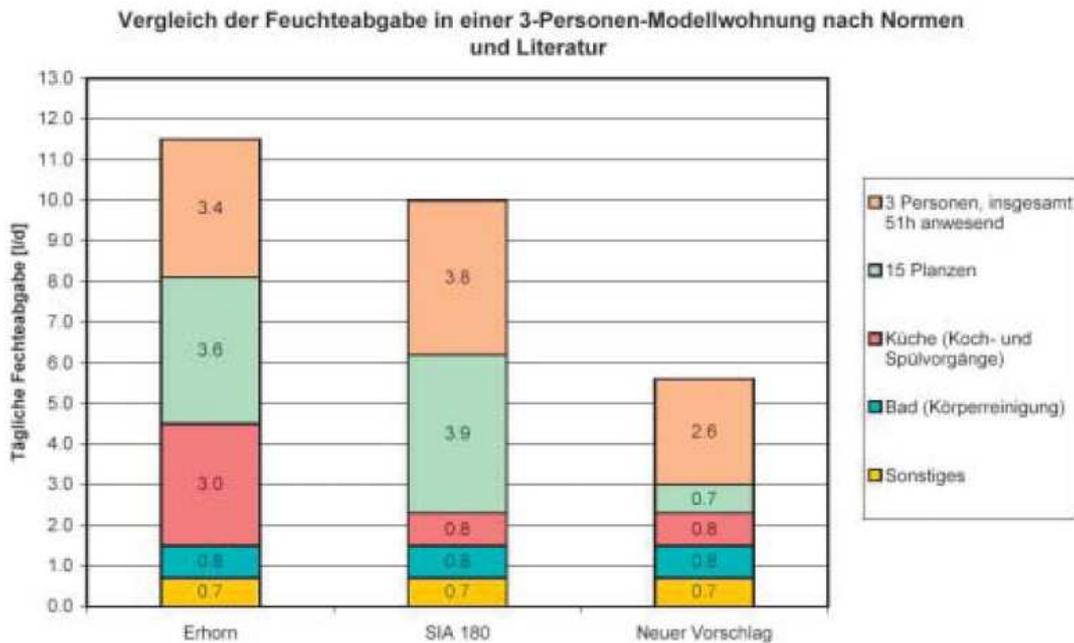


Abbildung 5.7: Vergleich Feuchtwerte und neuer Vorschlag (Emmenegger, Tschui aus planer+installateur 4/2005)

Feuchteabfuhr: 97 bis 99 % der Feuchte in Wohnungen wird mit dem Lüften abgeführt. Nur 1 bis 3 % wandern über die Gebäudehülle nach außen, wobei die Entfeuchtung über die Lüftung umso besser funktioniert, je geringer die absolute Feuchte im Außenbereich ist. Da die absolute Feuchte in der Außenluft an kalten Tagen sehr gering ist, funktioniert die Entfeuchtung der Luft im Winter wesentlich besser, als in der Übergangszeit oder im Sommer. Die schlechte Feuchteabfuhr im Sommer führt jedoch normalerweise zu keinen Schimmelschäden, da alle Bauteile warm sind und kein Kondensat entsteht. Die ungenügende Abfuhr der Luftfeuchte und die höhere Geruchsintensität im Sommer sind auch der Grund dafür, dass bei einer Lüftungsanlage mit einer für den Winter ausgelegten Luftmenge, im Sommer auf alle Fälle eine unterstützende Fensterlüftung notwendig ist. Im Winter kann die Lüftungsanlage ohne Feuchterückgewinnung die Entfeuchtungsfunktion mit dem hygienischen Luftwechsel aufgrund der CO₂-Anforderung immer erfüllen.

Luftmenge und Luftfeuchte: Für die Luftfeuchte in einer Wohnung ist es grundsätzlich egal, ob man die Luft über ein Lüftungsgerät ohne Feuchterückgewinnung oder über das Fenster austauscht. Bei gleicher Luftmenge stellt sich letztendlich die gleiche Luftfeuchtigkeit im Raum ein.

5.2 Raumlufthqualität⁵

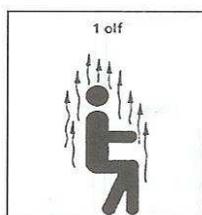
Die Raumlufthqualität umfasst alle nichtthermischen Wirkungen der Raumlufth, die Einfluss auf Wohlbefinden und Gesundheit des Menschen haben. Die Luft wirkt auf den Menschen in erster Linie über die Atmung, deren Zweck es ist, dem Körper den für den Stoffwechsel notwendigen Sauerstoff zu- und entstehendes Kohlendioxid abzuführen. Die Raumnutzer haben zwei Forderungen an die Raumlufth: Zum einen soll die Luft als frisch und angenehm und nicht als abgestanden und muffig empfunden werden, und zum anderen darf das Einatmen der Luft kein Gesundheitsrisiko darstellen. Die Luftqualität in Wohnungen wird zum größten Teil über die anwesenden Personen beeinflusst. Dabei spielen vor allem die CO₂- und Wasserdampfabgabe durch die Atmung und über die Haut eine entscheidende Rolle. Bei den Körperausdünstungen über die Haut handelt es sich um flüchtige organische Kohlenwasserstoffe (VOC), die wiederum – zumindest zum Teil – als Träger des vom Körper ausgehenden Geruchs angesehen werden können. Nach Wang (1975) sind etwa zwei Drittel der Verbindungen Aceton, Buttersäure, Ethanol und Methanol. Weitere Verbindungen sind: Acetaldehyd, Allylalkohol, Essigsäure, Amylalkohol, Diethylketon und Phenol. Insgesamt werden nach Wang (1975) durchschnittlich 14,8 mg/h an flüchtigen organischen Substanzen je Person freigesetzt.

Wesentliche Faktoren für die Raumlufthqualität sind:

1. CO₂ als Indikator für andere Raumlufthinhaltsstoffe
2. VOC und damit verbundene Gerüche
3. Feinstäube

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 m² Hautoberfläche
- 1 met sitzende Tätigkeit
- 0,7-mal geduscht pro Tag
- täglich frische Wäsche

Abbildung 5.8: Vergleichseinheit für die Verschmutzung der Luft „olf-Wert“ (Recknagel, 01/02)

⁵ Vgl. Greml A. et al.: „Technischer Status von Wohnraumlüftungen“ (2004)

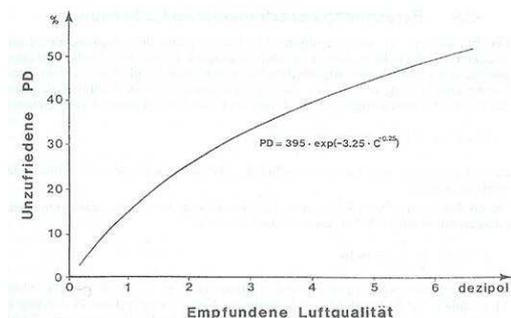
5.2.1 Die Beurteilung der Luftqualität

Eine Möglichkeit der Beurteilung der Innenraum-Luftqualität ist die Beurteilung nach Fanger (1988) in decipol. Dabei ist 1 decipol jene Luftverunreinigung, die entsteht, wenn 10 l/s reine Luft (36 m³/h) mit 1 olf verunreinigt wird. Decipol ist ein Maß für die Abschätzung der Luftqualität:

Tabelle 5.8 Beurteilung der Luftqualität (vgl. Zusammenstellung Dr. Kunesch, 2001)

100 decipol	Abgase am Schornstein
10 decipol	Sick building
1 decipol	Gesundes Gebäude
0,5 decipol	Innenstadt mit schlechter Luftqualität
0,1 decipol	Außenluft, Stadt
0,01 decipol	Außenluft, Gebirge, Meer

Zufriedenheit mit der Luftqualität



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

Abbildung 5.9: Abhängigkeit des Geruchspegels und der Unzufriedenheit. (Recknagel 01/02)

Dieses Diagramm (in Abbildung 5.9) verdeutlicht, dass auch mit einer noch so guten Wohnraumlüftung keine 100 %ige Zufriedenheit bezüglich der Raumluftqualität erreicht werden kann. Die Qualität der Luft in einem Wohnraum kann niemals die Außenluftqualität der unbelasteten Natur von 0,01 decipol (Gebirge) erreichen. Eine zentrale bzw. semizentrale Wohnraumlüftung kann aber die Zahl der Zufriedenen gegenüber einem Raum ohne Lüftung deutlich erhöhen. Im Recknagel et. al. 2007/2008 sind drei Klassen für die empfundene Raumluftqualität aufgelistet:

Tabelle 5.9: Luftqualität in decipol und Prozentsatz der Unzufriedenen (Recknagel et al. 2007/2008)

Raumluftqualität	Unzufriedene in Prozent	Empfundene Luftqualität in [decipol]
Hoch (A)	15	1,0
Standard (B)	20	1,4
Minimum (C)	30	2,5

5.2.2 CO₂ als Lüftungsparameter⁶

Die wesentliche Bedeutung des relativ leicht zu ermittelnden Indikators CO₂ liegt darin, dass durch ihn Konzentrationen definiert werden, die einen Hinweis auf hygienisch unzureichende Raumluftqualität geben. Er eignet sich neben dieser Funktion als Orientierungsmarke auch für andere Regelungsbereiche, so z.B. für die Dimensionierung von raumluftechnischen Anlagen oder für Lüftungsanweisungen in natürlich belüfteten Räumen. Für raumluftechnische Anlagen wird CO₂ wegen seiner guten Indikatoreigenschaften für die Belastung der Luft mit anthropogenen Emissionen auch als Leitparameter sowie Regelgröße eingesetzt, über die die Menge an zuzuführender Frischluft bestimmt wird (Turiel und Rudy 1982, Fehlmann et al. 1993).

5.2.3 Der Mensch als Quelle von CO₂ in Innenräumen⁷

In der Innenraumluft ist die CO₂-Konzentration neben der Konzentration in der Außenluft stark von der Belegung des Raumes, der Raumgröße und der Belüftungssituation abhängig. Höhere Konzentrationen treten dann auf, wenn sich relevante Quellen von CO₂ wie Menschen, Haustiere, bzw. CO₂-emittierende technische Anlagen im Raum oder dessen unmittelbarer Umgebung befinden, oder wenn im Raum Verbrennungs- oder Gärungsvorgänge stattfinden. Bei unzureichenden Lüftungsverhältnissen oder unter Raumnutzungsbedingungen mit hoher Personenbelegung kann die CO₂-Konzentration in Innenräumen allein durch die von den Nutzern ausgeatmeten Mengen bis zu einer Größenordnung von 10.000 ppm (18.300 mg/m³) ansteigen.

In Innenräumen ist der Mensch die bedeutendste Quelle an CO₂. Die Literaturangaben der CO₂-Abgabe für erwachsene Personen schwanken in einem relativ weiten Bereich. Das Verhältnis der CO₂-Konzentration von inhalierter zu exhalierter Luft liegt bei ca. 1:140 (Pluschke 1996).

Tabelle 5.10: Literaturangaben für die CO₂-Abgabe von Menschen

Literaturstelle	Wert in [l/h a]	Anmerkung
Rietschel (1994)	20,4	Leichte, vorwiegend sitzende Tätigkeit, entspanntes Stehen
	27,2	Stehende Tätigkeit
Witthauer, Horn, Bischof (1993)	12	Ruhiger Zustand
	18	Sitzende Tätigkeit
	180	Schwerarbeit
Recknagel, Sprenger, Schramek (1999)	20	Leichte, vorwiegend sitzende Tätigkeit

⁶ Vgl. Österr. BMLFUW (2006): „Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft“, Richtlinieneteil CO₂ als Lüftungsparameter. Hrsg.: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Akademie der Wissenschaften – Kommission Reinhaltung der Luft. Eigenverlag des BMLFUW, Blau-Weiße Reihe (Loseblattsammlung)

⁷ Wie ⁴

Literaturstelle	Wert in [l/h a]	Anmerkung
VDI 4300 Bl. 9:2003, analog zu 4300 Bl. 7:2001	15–20	Sitzende Tätigkeit
	20–40	Leichte Arbeit
	40–70	Mittelschwere Arbeit
	70–110	Schwere Arbeit
ASHRAE (1989)	18	Büroarbeit

^a Angaben in Liter CO₂ pro Stunde

5.2.4 CO₂ – Allgemeine Wirkungen auf den Menschen⁸

Bei etwa 1.000 ppm empfinden rund 20 % der Personen die Raumluft als unbefriedigend (BUWAL 1997). Der Zusammenhang zwischen dem Anteil an Unzufriedenen und der CO₂-Konzentration (als Konzentration über der Außenluftkonzentration) kann nach folgender Formel abgeschätzt werden (ECA 1992):

$$PD = 395 \cdot \exp(-15,15 \cdot C - 0,25)$$

PD = Anteil der mit der Raumluftqualität Unzufriedenen in % (dissatisfied persons)

C = Konzentration an CO₂ in ppm über der Außenluftkonzentration

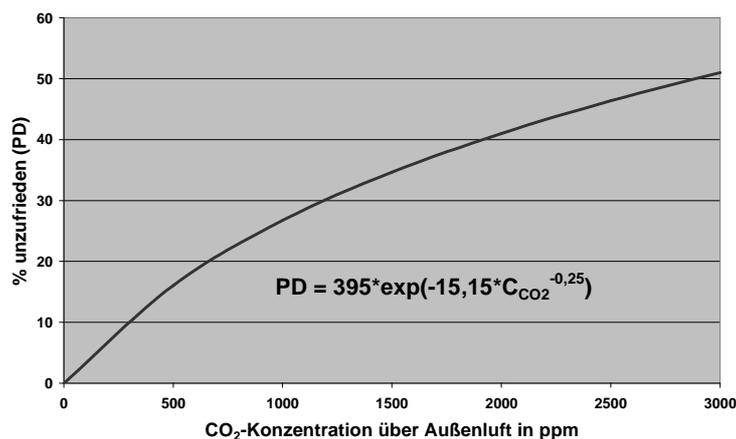


Abbildung 5.10: Korrelation zwischen CO₂-Konzentration als Indikator für anthropogene Emissionen und Anzahl der unzufriedenen Personen (PD in %) in einem Raum (nach ECA 1992)

Obwohl CO₂ in den in Innenräumen üblicherweise auftretenden Konzentrationen in der Regel kein unmittelbares Gesundheitsrisiko darstellt, können ab bestimmten Konzentrationen Befindlichkeitsstörungen wie z.B. Beeinträchtigung von Leistungsfähigkeit und Konzentration, sowie Kopfschmerzen auftreten (Müller-Limroth, 1977).

⁸ Vgl. Österr. BMLFUW (2006): „Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft“, Richtlinienenteil CO₂ als Lüftungsparameter. Hrsg: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Akademie der Wissenschaften – Kommission Reinhaltung der Luft. Eigenverlag des BMLFUW, Blau-Weiße Reihe (Loseblattsammlung)

Über die physiologischen Wirkungen erhöhter CO₂-Konzentrationen liegen umfangreiche Erkenntnisse aus der Arbeitsmedizin, aber auch aus luft- und raumfahrtmedizinischen Untersuchungen vor. In den bisher angesprochenen Konzentrationsbereichen von deutlich unter 10.000 ppm (18.300 mg/m³) sind keine unmittelbaren physiologischen Wirkungen durch CO₂ zu erwarten. Als Vergiftungszeichen werden bei hohen CO₂-Konzentrationen zunächst u. a. Kopfschmerzen, Schwindel, Ohrensausen, Reflexverlangsamung, motorische Unruhe, Doppeltsehen, Verlust der Augenbewegung, Gesichtsfeldausfälle und schließlich Bewusstseinsstörungen, Bewusstlosigkeit und ein Anstieg der Körpertemperatur sowie eine allgemeine Hypoxie genannt (Greim 1994). Weiters treten Erstickungserscheinungen auf und ab ca. 100.000 ppm (183.000 mg/m³) sind Schwindel und Bewusstseinsverlust dokumentiert, bei noch höheren Konzentrationen tritt vollständige Bewusstlosigkeit ein (Pluschke 1996). Bei extrem hohen CO₂-Konzentrationen in der Luft kann es auch zu Todesfällen kommen (typische Gärkellerunfälle).

Im Körper führt die Exposition gegenüber erhöhten CO₂-Konzentrationen zu einem Anstieg des CO₂-Partialdrucks im Blut. Daraus entwickelt sich über die Hydratation des CO₂ ein Anstieg der H⁺- und HCO₃⁻-Konzentration, der zu einer respiratorischen Azidose führt, wenn die Pufferkapazität im Blut überschritten ist. Dies löst eine schnellere Atmung und eine erhöhte Abgabe des CO₂ aus (pulmonale Kompensation), während parallel das Säure-Basen-Gleichgewicht über die Niere wieder ausgeglichen wird (renale Kompensation) (Pluschke 1996).

5.2.5 Bestehende Regelungen für CO₂⁹

Pettenkofer definierte Mitte des 19. Jahrhunderts einen Richtwert für die maximale CO₂-Konzentration in Wohn- und Aufenthaltsräumen mit einem Wert von 1.000 ppm (0,1 Vol%) CO₂, die so genannte Pettenkofer-Zahl (Pettenkofer 1858), die immer noch als Basis für Berechnungen und Regelungen vor allem im Bereich raumluftechnischer Anlagen herangezogen wird (siehe z.B. ÖNORM H 6000-3:1989).

In einer vom Umweltministerium und der österreichischen Akademie der Wissenschaften herausgegebenen Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft werden CO₂-Konzentrationen in Innenräumen bewertet. Weiters werden Mindestvorgaben für die Innenraumluft festgelegt (siehe folgende Tabelle).

Tabelle 5.11: Klassifizierung der Innenraumluftqualität im Hinblick auf CO₂ nach BMLFUW 2006

Beurteilungswert als CO ₂ -Konzentration (absolut)	Beschreibung der Innenraum-Luftqualität
< 800 [ppm]	Spezielle Raumlufqualität
800–1000 [ppm]	Hohe Raumlufqualität
1000–1400 [ppm]	Mittlere Raumlufqualität
1400–1900 [ppm]	Niedrige Raumlufqualität
> 1900 [ppm]	Sehr niedrige Raumlufqualität

⁹ Vgl. BMLFUW (2006): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft, Richtlinienenteil CO₂ als Lüftungsparameter. Hrsg.: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Akademie der Wissenschaften – Kommission Reinhaltung der Luft. Eigenverlag des BMLFUW, Blau-Weiße Reihe (Loseblattsammlung)

Tabelle 5.12: Anforderungen an natürlich und mechanisch belüftete Gebäude im Hinblick auf CO₂ nach BMLFUW 2006

Mindest- und Zielvorgaben für dauernd von Menschen genutzte Innenräume	
natürlich belüftete Innenräume	mechanisch belüftete Innenräume
Zielbereich für die Innenraumluft < etwa 1.000 [ppm]	Zielbereich für die Innenraumluft < etwa 800 [ppm]
Mindestvorgabe 1-MWg < etwa 1.400 [ppm]	Mindestvorgabe 1-MWg < etwa 1.000 [ppm]
Mindestvorgabe Alle Einzelwerte im Beurteilungszeitraum: < etwa 1900 [ppm]	Mindestvorgabe Alle Einzelwerte im Beurteilungszeitraum: < etwa 1.400 [ppm]

1-MWg = maximaler gleitender Stundenmittelwert

Zusammenfassung der verschiedenen Richtwerte:

Tabelle 5.13: Vergleich der Richtwerte für die CO₂-Konzentration in einem Raum

Norm oder Richtlinie	Wert [ppm]
ÖNORM EN 13779 Achtung: CO ₂ - Konzentration über Außen- luft	IDA 1 – hohe Raumlufthqualität < 350 über AUL*
	IDA 2 – mittlere Raumlufthqualität 400–600 über AUL*
	IDA 3 – mäßige Raumlufthqualität 600–1.000 über AUL*
	IDA 4 – niedrige Raumlufthqualität >1.000 über AUL*
Pettenkofer	1.000 (absolut)
ASHARE	1.000 (absolut)
BMLFUW 2006 für mech. belüftete Räume	Mindestvorgabe: < 1.400 (absolut) Mindestvorgabe < 1.000 (Gleitender Mittelwert, absolut) Zielbereich < 800 (absolut)

*AUL Außenluftkonzentration Land: 350 ppm, Stadt: 400 ppm, Stadtzentren 450 ppm

Hinweis: In der ÖNORM H 6038 ist kein Richtwert für die CO₂-Konzentration in Wohnungen enthalten. Es wird nur die Mindestluftmenge für die Dimensionierung des Betriebsluftvolumenstromes (Nennluftmenge) angegeben.

5.2.6 CO₂-Ausstoß durch Personen

Die Hauptursache der CO₂-Konzentration in einem Raum ist neben der Konzentration in der Außenluft die Anzahl der Personen in ihm. Der CO₂-Ausstoß von Personen ist abhängig von der Größe, vom Alter und von dem Aktivitätsgrad. Der CO₂-Ausstoß von Personen lässt sich mit einem von Ruch und Patton (1965) entwickelten Formelblock berechnen (Zapfel et al., 2006)

$$k = 0,83 * \frac{M * A}{5,617} * \frac{273 + t_R}{273}$$

- k Hilfsgröße
- M Metabolische Wärmeproduktionsrate einer männlichen Standardperson [W/m²]
- A Körperfläche [m²]
- t_R Raumtemperatur [°C]

Daraus kann man die metabolische CO₂-Rate für männliche und weibliche Kinder und erwachsene Personen errechnen.

Für eine männliche erwachsene Person gilt die Gleichung:

$$\dot{V}_{CO_2} = k$$

Für eine weibliche erwachsene Person gilt die Gleichung:

$$\dot{V}_{CO_2} = 0,9 * k$$

Für weibliche Kinder abhängig vom Alter gilt die Gleichung:

$$\dot{V}_{CO_2} = \frac{-1,39 * (age - 5) + 60}{46,5} * k$$

Für männliche Kinder abhängig vom Alter gilt die Gleichung:

$$\dot{V}_{CO_2} = \frac{-0,88(age - 5) + 61,6}{46,5} * k$$

Mit Hilfe der Gleichungen wurde der CO₂-Ausstoß von unterschiedlichen Personengruppen in Abhängigkeit der Aktivität für eine Raumtemperatur von 22° C berechnet und in Tabelle 5.14 dargestellt.

Tabelle 5.14: CO₂-Ausstoß durch unterschiedliche Personen abhängig vom Aktivitätsgrad¹⁰

CO ₂ -Ausstoß durch Personen [l/h]					
Aktivität	Mann	Frau	Jugendlicher	Kind 8J.	Kind 3J.
Schlafend, ruhend (lesen, fernsehen,...)	13,22	11,90	13,18	8,98	6,18
Sitzend entspannt	16,67	15,00	16,62	11,32	7,79
Sitzend tätig (Büroarbeit, Hausaufgaben,...)	20,12	18,11	20,06	13,66	9,40
Aktiv (Hausarbeiten, Spielen,...)	33,34	30,01	33,25	22,63	15,58

¹⁰ nach ÖNORM EN ISO 7730:2006

5.2.7 CO₂ Konzentration der Außenluft

Die CO₂-Konzentration der Raumluft ist abhängig von der Außenluftkonzentration. Sie wird in der ÖNORM EN 13779:2008 folgendermaßen angesetzt:

- Land: 350 [ppm]
- Stadt: 400 [ppm]
- Stadtzentren: 450 [ppm]

Die Werte der EN 13779:2008 sind eher niedrig angesetzt. Das Umweltbundesamt misst im Rahmen eines Programms der World Meteorological Organisation (WMO) seit 1992 die Konzentration von CO₂. In 13 Jahren stieg die CO₂-Konzentration der Außenluft in Österreich von etwas unter 360 ppm auf etwa 381 ppm. Man muss außerdem beachten, dass es starke regionale und jahreszeitabhängige Schwankungen gibt. Die folgende Abbildung zeigt den kontinuierlichen Anstieg der CO₂-Konzentration in Österreich (Messung am Sonnblick).

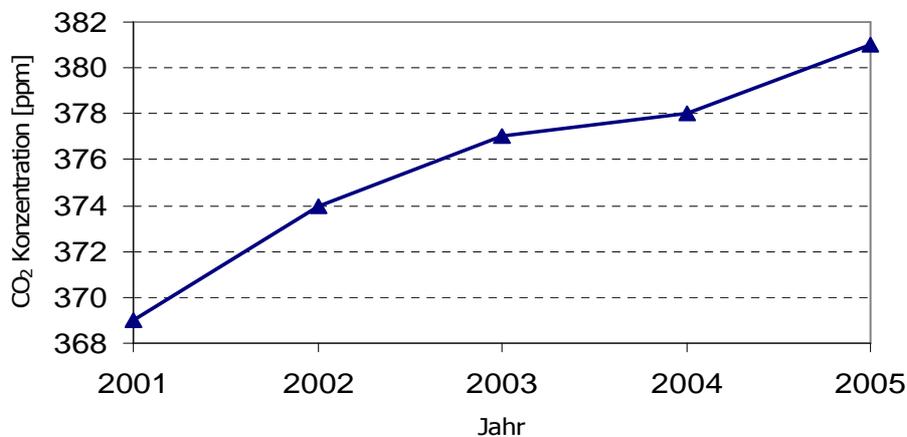


Abbildung 5.11: Jahresmittelwerte CO₂-Konzentration in Österreich (Luftgütemessungen Umweltbundesamt, Jahresbericht 2005)

D.h. nach diesen Messungen ist schon die unbelastete Bergluft mit 380 ppm anzusetzen.

5.2.8 Bestehende Regelungen für abgeleiteten Wert „Außenluft-Volumenstrom“

In der ÖNORM EN 13779:2008 wird für Nichtwohngebäude die Dimensionierung der benötigten Mindest-Außenluftvolumenströme aus den Vorgaben für bestimmte CO₂-Höchstkonzentrationen abgeleitet. Diese Berechnung stimmt grundsätzlich auch für einzelne Räume in Wohnungen, jedoch muss bedacht werden, dass diese Berechnung nur bei längerem Aufenthalt in einem eher kleinen Raum gilt (kein Einfluss der Raumgröße).

$$q_{v,SUP} = \frac{q_{m,E}}{c_{IDA} - c_{SUP}}$$

$q_{v,SUP}$	der Zuluftvolumenstrom [m ³ /s]
$q_{m,E}$	der Massenstrom der Emission im Raum [mg/s]
c_{IDA}	zulässige Konzentration im Raum [mg/m ³]
c_{SUP}	Konzentration in der Zuluft [mg/m ³]

In der ÖNORM EN 13779:2008 sind auch konkrete Empfehlungen für Außenluftvolumenströme je Person angegeben, wobei sich diese Außenluftvolumenströme auf erwachsene Personen mit einer Hautoberfläche von 1,8 m² beziehen und auch Emissionen aus anderen Quellen, wie Baustoffen oder Möbeln enthalten sind.

Tabelle 5.15: Mindestwerte für Außenluftvolumenströme je Person nach ÖNORM EN 13779:2008

Kategorie	Üblicher Bereich [l/s] ([m ³ /h])	Standardwert l/s ([m ³ /h])
IDA 1	> 15 (>54)	72
IDA 2	10 -15 (36–54)	45
IDA 3	6 – 10 (22–36)	29
IDA 4	< 6 <6	18

Diese für Nichtwohngebäude angesetzten Volumenströme können nur bedingt für Wohngebäude angesetzt werden. In Deutschland, Österreich und der Schweiz sind daher jeweils eigene Normen für den Wohnungsbereich gültig.

Grundsätzlich ist für eine erwachsene Person je nach Aktivitätsgrad eine Frischluftzufuhr von rund 36 m³/h am Tag und rund 25 m³/h in der Nacht nötig, um einen CO₂-Wert unter 1.000 ppm einzuhalten.

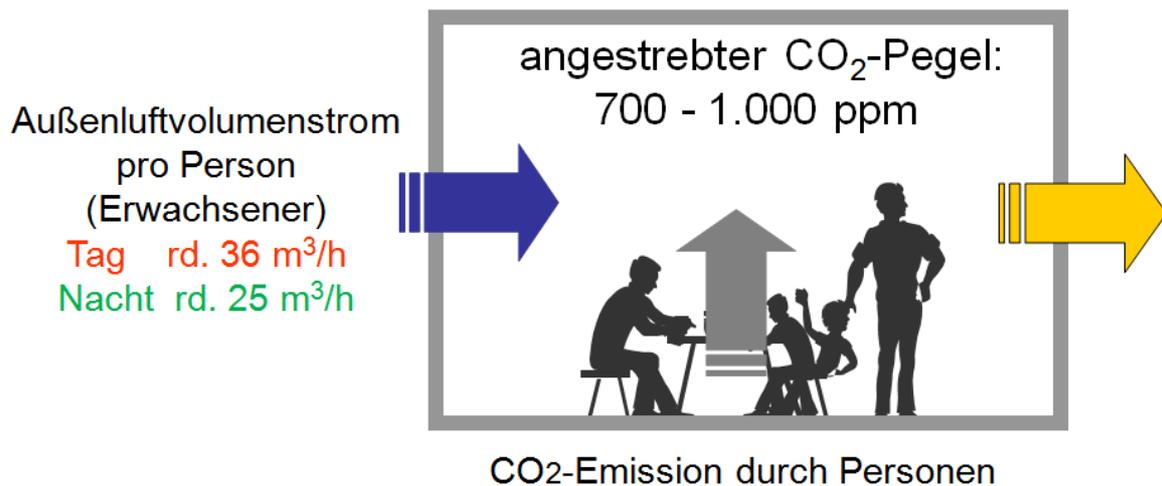


Abbildung 5.12: Außenluftvolumenstrom (Heinrich Huber, Minergie, Schweiz)

5.2.8.1 Unterschiedliche Auslegungsempfehlungen

Derzeit gibt es unterschiedliche Empfehlungen für die Planung, Auslegung und Betrieb von Wohnraumlüftungen mit Wärmerückgewinnung.

- ÖNORM H 6038:2006
- EN 15251
- DIN 1946-6:2009
- SIA 382/1
- Passivhausinstitut
- komfortlüftung.at

Die Empfehlungen bzw. Normen unterscheiden teilweise nur bedingt zwischen einer Empfehlung für die Planung und Auslegung und einer Luftmengenempfehlung für den Betrieb einer Anlage. Eine Unterscheidung in diese Phasen ist wichtig, da meist in der Planung eine korrekte Personenbelegung je Wohnung noch nicht vorhanden ist. Außerdem ist nicht sicher, ob nicht im Zuge der Benutzung Nutzungen von Zimmern getauscht werden (z.B. Elternschlafzimmer mit Kinderzimmer). Eine sorgfältig geplante Anlage soll diese Varianten berücksichtigen. Die Luftmenge, die dann im Betrieb eingestellt wird, muss sich aber an die tatsächliche Nutzung bzw. Personenbelegung anpassen. So soll die Luftmenge in einer Wohnung, die prinzipiell für 4 Personen konzipiert ist (Auswahl der Rohrdimensionen und Gerätedimension) aber auch an eine tatsächliche Belegung von 2 Personen anpaßbar sein.

Die Unterschiede sind, wie das folgende Beispiel für ein Einfamilienhaus mit 110 m² Nutzfläche in Kapitel 2 zeigt, im Gesamtergebnis meist nicht wirklich gravierend. Sie liegen eher im Detail und beruhen teils auf den Unterschieden in der grundsätzlichen Ausrichtung der Empfehlungen. Bei den Normen geht es vor allem um eine Mindestanforderung für einen hygienischen Luftaustausch und den Schutz vor Feuchteschäden.

Der Schutz vor Feuchteschäden ist vor allem in der DIN 1946-6 sehr ausgeprägt, in der neben der Nennluftmenge für die hygienischen Bedürfnisse der Menschen auch noch verschiedene Grundlüftungen mit reiner Feuchteschutzfunktion, abhängig von der Qualität des Gebäudes, definiert sind. Bei der Grundlüftung zum Feuchteschutz ist zusätzlich eine Fensterlüftung zur Erreichung der hygienischen Luftmenge notwendig.

Beim Ansatz des Passivhausinstitutes stehen vor allem die Balance zwischen entsprechender Luftqualität, Energieeffizienz, der Schutz vor zu geringer Luftfeuchte, sowie die Einhaltung der Parameter für eine mögliche Luftheizung im Passivhaus im Vordergrund. Mit dem Ansatz des Passivhausinstitutes wird die ÖNORM H 6038 nicht erfüllt. Es bedarf daher konkreter Absprachen zwischen Bauherrn und Planer, um spätere Rechtsstreitigkeiten zu vermeiden.

Der Schwerpunkt bei komfortlüftung.at liegt vor allem auf der Erzielung einer möglichst hohen Luftqualität unter Einhaltung der Feuchte Kriterien und einer hohen Energieeffizienz. Beim Ansatz von komfortlüftung.at ist die Einhaltung der ÖNORM H 6038 Voraussetzung, bzw. im System enthalten.

In den folgenden Tabellen sind die unterschiedlichen Ansätze zur Festlegung der Gesamtluftmengen für die Planung, d.h. Festlegung der notwendigen Luftleitungsquerschnitte bzw. der Geräteauswahl, und für die konkrete Einstellung der tatsächlichen Luftmengen einzelner Räume zusammengestellt.

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen 4 verschiedenen Auslegungskriterien:

- **Personenkriterium:** Luftmenge, die sich aus der durchschnittlichen Anzahl der Personen in der Wohnung ergibt (Eventuell weicht die Planungsbelegung von der tatsächlichen Belegung ab – dann ist eine Anpassung für den Betrieb vorzunehmen)
- **Wohnfläche (Nettovolumen):** Luftmenge, die sich aus einer Mindestluftwechselrate ergibt; z.B. 0,4facher Luftwechsel bedeutet jede Stunde 40 % der Luft auszutauschen
- **Zuluftkriterium:** Luftmenge, die sich aus den Anforderungen der Zulufräume ergibt
- **Abluftkriterium:** Luftmenge, die sich aus den Anforderungen der Ablufträume ergibt

Tabelle 5.16: Gesamtluftmenge für Dimensionierung von Luftleitungen und Lüftungsgerät

	Gesamtluftmenge für Dimensionierung von Luftleitungen und Lüftungsgerät																							
ÖNORM H 6038	<p>Höchster Wert aus:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.) Personen: 36 m³/h pro Person 2.) Mindestluftwechsel bezogen auf das Nettovolumen 0,5 x Nettovolumen bei Wohnungen bis 150 m² Nutzfläche bzw. 0,3 x Nettovolumen bei Wohnungen über 150 m² 3.) Summe Ablufträume <ol style="list-style-type: none"> a) Küche/Kochnische: 40 m³/h (Grundlüftung) b) Bad: 40 m³/h c) WC: 20 m³/h (direkt aus der WC-Schale 10 m³/h) d) Abstellraum: 10 m³/h <p>Anmerkung: Durch den Sprung bei 150 m² kommt es dazu, dass einer Wohnung mit 151 m² Nutzfläche eine geringere Luftmenge zugeordnet wird als einer Wohnung mit 149 m².</p>																							
DIN 1946	<p>Nennlüftung (Lufthygiene): $q_{v,ges,NE,NL} = -0,001 \times A_{NE}^2 + 1,15 \times A_{NE} + 20$ Feuchteschutz bei Wärmeschutz hoch: $q_{v,ges,NE,FL} = 0,3 \times q_{v,ges,NE,GL}$ Feuchteschutz bei Wärmeschutz gering: $q_{v,ges,NE,FL} = 0,4 \times q_{v,ges,NE,GL}$ A_{NE} = Nutzfläche; $q_{v,ges,NE,NL}$ = Außenluftvolumenstrom in m³/h</p>																							
SIA 382/1	<p>Höherer Wert aus: Zuluft- bzw. Abluftkriterium Minimaler Zuluftvolumenstrom einer Wohnung mit Zimmer im Durchströmbereich</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Anzahl Zimmer</th> <th>Anzahl Personen</th> <th>Zuluftvolumenstrom</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">2 und 2½</td> <td>1</td> <td>40 m³/h</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>60 m³/h</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">3 und 3½</td> <td>2</td> <td>70 m³/h</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>90 m³/h</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">4 und 4½</td> <td>3</td> <td>100 m³/h</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>115 m³/h</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">5 und 5½</td> <td>4</td> <td>130 m³/h</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>140 m³/h</td> </tr> </tbody> </table>	Anzahl Zimmer	Anzahl Personen	Zuluftvolumenstrom	2 und 2½	1	40 m ³ /h	2	60 m ³ /h	3 und 3½	2	70 m ³ /h	3	90 m ³ /h	4 und 4½	3	100 m ³ /h	4	115 m ³ /h	5 und 5½	4	130 m ³ /h	5	140 m ³ /h
Anzahl Zimmer	Anzahl Personen	Zuluftvolumenstrom																						
2 und 2½	1	40 m ³ /h																						
	2	60 m ³ /h																						
3 und 3½	2	70 m ³ /h																						
	3	90 m ³ /h																						
4 und 4½	3	100 m ³ /h																						
	4	115 m ³ /h																						
5 und 5½	4	130 m ³ /h																						
	5	140 m ³ /h																						

Gesamtluftmenge für Dimensionierung von Luftleitungen und Lüftungsgerät																											
SIA 382/1	<div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>Zimmer → Zimmer (z.B. Wohnen) → Küche, Bad / WC</p> </div> <p>Minimaler Zuflutvolumenstrom einer Wohnung ohne Zimmer im Durchströmbe- reich</p> <table border="1" style="margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th>Anzahl Zimmer</th> <th>Anzahl Personen</th> <th>Zuluft- volumenstrom</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 und 1½</td> <td>1</td> <td>36 m³/h</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">2 und 2½</td> <td>1</td> <td>60 m³/h</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>70 m³/h</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">3 und 3½</td> <td>2</td> <td>90 m³/h</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>100 m³/h</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">4 und 4½</td> <td>3</td> <td>120 m³/h</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>135 m³/h</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">5 und 5½</td> <td>4</td> <td>150 m³/h</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>170 m³/h</td> </tr> </tbody> </table> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>Zimmer → Korridor → Bad/WC Zimmer (z.B. Wohnen) → Korridor → Küche</p> </div> <p>Minimale Abluftvolumenströme:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Küche 40 m³/h b) Bad: 40 m³/h c) WC: 20 m³/h 	Anzahl Zimmer	Anzahl Personen	Zuluft- volumenstrom	1 und 1½	1	36 m³/h	2 und 2½	1	60 m³/h	2	70 m³/h	3 und 3½	2	90 m³/h	3	100 m³/h	4 und 4½	3	120 m³/h	4	135 m³/h	5 und 5½	4	150 m³/h	5	170 m³/h
Anzahl Zimmer	Anzahl Personen	Zuluft- volumenstrom																									
1 und 1½	1	36 m³/h																									
2 und 2½	1	60 m³/h																									
	2	70 m³/h																									
3 und 3½	2	90 m³/h																									
	3	100 m³/h																									
4 und 4½	3	120 m³/h																									
	4	135 m³/h																									
5 und 5½	4	150 m³/h																									
	5	170 m³/h																									
Passivhausinstitut¹¹	<p>20 bis 30 m³/h/Person (z.B. nach DIN 1946-6) verteilt auf ganze Wohnung, nicht je Raum</p> <p>Abluft: Raum Volumenstrom</p> <ul style="list-style-type: none"> Küchen 60 m³/h Bäder 40 m³/h WC, Vorrat o. ä. 20 m³/h <p>Minimum: 0,30-facher Luftwechsel (bezogen auf gesamte Wohnung und 2,50 m Raumhöhe)</p> <p>Der durchschnittliche Volumenstrom soll sich nach der Personenzahl be- messen. 20 bis 30 m³/h/Pers. sind für Nutzerzufriedenheit bzgl. Raumluft- qualität völlig ausreichend. Ein höherer Außenluftwechsel soll an sehr kalten, trockenen Wintertagen sogar vermieden werden, damit die Raum- luft nicht zu stark austrocknet. Bei Bedarf sollte der Volumenstrom vom Bewohner sogar weiter reduziert werden können, was eine entsprechen- de Lüftungsregelung erfordert.</p> <p>Eine weitere Auslegungsgröße für die Lüftungsanlage ist der Abluftvolu- menstrom für Küche, Bad, WC und andere Ablufträume. Dieser Volumen- strom muss nicht permanent umgesetzt werden, wenn er größer als der personenbezogene Außenluftbedarf ist. Es genügt, wenn er durch eine Betriebsstufe „Stoßlüftung“ erreicht wird. Diese Betriebsstufe sollte nach ca. 30 Min. automatisch auf die Normallüftung zurückfallen.</p>																										

¹¹ CEPH-Kurs 2010, Präsentation „C.1.2 Gebäudetechnik Lüftung – Konzepte“ Folie 3, Autor: PHI / PHD

	Gesamtluftmenge für Dimensionierung von Luftleitungen und Lüftungsgerät
Passivhausinstitut	<p>Die Auslegung des Standardvolumenstroms nach Personenzahl hat sich bewährt und soll nicht überschritten werden (Ausnahme: mind. 0,3-facher Luftwechsel bei geringer Belegungsdichte), da ansonsten die relative Raumluftfeuchte im Kernwinter zu gering wird (über längeren Zeitraum sollten deutlich unter 30% vermieden werden). Der Standardvolumenstrom muss natürlich balanciert für Fortluft und Außenluft gleich groß eingestellt werden. Gut geeignet sind dafür Konstantvolumenstrom-Ventilatoren.</p>
komfortlüftung.at	<p>Orientiert sich an ÖNORM H 6038. Es wird jedoch der Sprung bei 150 m² Nutzfläche vermieden und zusätzlich jeder Zulufräum eigens betrachtet.</p> <p>Höchster Wert aus:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.) Personen: 36 m³/h pro Person (wie ÖNORM H 6038) 2.) Mindestluftwechsel bezogen auf das Nettovolumen: <ul style="list-style-type: none"> 0,5 x Nettovolumen bei Wohnungen bis 150 m² Nutzfläche bzw. 0,3 x Nettovolumen für den Anteil über 150 m² Nutzfläche (dadurch ergibt sich im Gegensatz zur ÖNORM H 6036 keine Stufe) 3.) Summe Ablufträume: (teils etwas höhere Werte wie in H 6038) <ol style="list-style-type: none"> a) Küche: 60 m³/h bzw. Kochnische: 40 m³/h b) Bad: 40 m³/h c) WC: 20 m³/h (direkt aus der WC-Schale 10 m³/h) d) Abstellraum: 10 m³/h 4.) Summe Zulufräume: (in H 6038 nicht enthalten) <ol style="list-style-type: none"> a) Wohnzimmer: 60 m³/h b) Schlafzimmer: 50 m³/h c) Kinderzimmer: 50 m³/h (zwei Kinder) d) Kinderzimmer: 25 m³/h (ein Kind) e) Einzelbüro: 25 m³/h

Tabelle 5.17: Luftmengen für einzelne Räume zur Dimensionierung der Luftleitungen und Durchlässe einzelner Räume

	Luftmengen für einzelne Räume zur Dimensionierung der Luftleitungen und Durchlässe einzelner Räume
ÖNORM H 6038	Nur Abluft (siehe vorherige Tabelle Gesamtluftmengen)
DIN 1946	<p>Festlegung für Zu- und Ablufträume:</p> <p>Zulufträume: Aufteilung des Gesamtvolumenstromes mittels Gewichtungsfaktoren für einzelne Räume:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Wohnzimmer: 3 +/- 0,5 b) Schlaf/Kinderzimmer: 2 +/- 1 c) Esszimmer, Arbeitszimmer, Gästezimmer: 1 +/- 0,5 <p>Ablufträume:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Küche/Kochnische: 45 m³/h b) Bad: 45 m³/h c) WC: 25 m³/h d) Hausarbeitsraum, Hobbyraum: 25 m³/h
SIA 382/1	Ablufträume (siehe vorherige Tabelle Gesamtluftmengen) Zulufträume: Faustregel 30m ³ /h und Zuluftraum oder differenziertes Verfahren.
Passivhausinstitut¹²	<p>Abluft: Raum Volumenstrom</p> <p> Küchen 60 m³/h</p> <p> Bäder 40 m³/h</p> <p> WC, Vorrat o. ä. 20 m³/h</p> <p>Dieser Volumenstrom muss nicht permanent umgesetzt werden, wenn er größer als der personenbezogene Außenluftbedarf ist. Es genügt, wenn er durch eine Betriebsstufe „Stoßlüftung“ erreicht wird. Diese Betriebsstufe sollte nach ca. 30 Min. automatisch auf die Normallüftung zurückfallen.</p> <p>Anhaltspunkte für eine sinnvolle Aufteilung der Zuluftvolumenströme:</p> <p> Raum Volumenstrom</p> <p> Kind 20 m³/h</p> <p> Eltern 30 m³/h</p> <p> Wohnen 40-80 m³/h</p>
komfortlüftung.at	Zu- und Ablufträume (siehe vorherige Tabelle Gesamtluftmengen)

5.2.8.2 Einstellende Luftmengen

Die bei der Einregulierung konkret einzustellende Luftmenge für jeden Raum (Anpassung an die tatsächliche Situation, d.h. Personenbelegung und ev. Nutzungsänderungen einzelner Räume) ist bei der ÖNORM, der DIN und beim Passivhausinstitut nicht eigens festgelegt und entspricht im Normalfall daher der Auslegung. Bei der SIA und komfortlüftung.at ist die Luftmenge an die tatsächliche Personenbelegung der einzelnen Räume anzupassen. D.h., wenn ein Kinderzimmer für 2 Kinder oder ein Schlafzimmer nur von einer Person benützt wird, muss die eingestellte Luftmenge entsprechend angepasst werden (25 m²/h statt 50 m³/h).

¹² CEPH-Kurs 2010, Präsentation „C.1.2 Gebäudetechnik Lüftung – Konzepte“ Folie 3, Autor: PHI / PHD und „C.1.3 Gebäudetechnik Lüftung - Planung Komponenten“ Folie 49, Autor: HK / PHI / PHD

5.2.8.3 Anpassung der Betriebsstufe der Lüftung an die Anwesenheit

Bei allen Normen sowie beim PHI und komfortlüftung.at ist eine Anpassung der Luftmenge bzw. der Lüftungsstufe an die Anwesenheit vorgesehen. Die Anpassung erfolgt nach folgenden Ansätzen:

	Anpassung der Luftmenge an die Nutzung (Anwesenheit)
ÖNORM H 6038	Zwei Stufen: <ol style="list-style-type: none"> 1. Betriebsluft-Volumenstrom 2. Abgesenkter Betrieb (zeitabhängig, bedarfsabhängig oder Luftqualität)
DIN 1946	Drei Stufen: <ol style="list-style-type: none"> 1. Reduzierte Lüftung 2. Nennlüftung 3. Intensivlüftung
SIA	Drei Stufen: <ol style="list-style-type: none"> 1. Reduzierter Betrieb (0,5 bis 0,7 x Normalbetrieb; mind. 0,2facher LW) 2. Normalbetrieb 3. Intensivlüftung (1,3 bis 1,5 x Normalbetrieb)
Passivhausinstitut	Drei Stufen werden empfohlen. Lüftung mit 3 Betriebsstufen: <ol style="list-style-type: none"> 1. Standardbetrieb = Frischluftbedarf nach Personen (jedoch mind. 0,3-facher Luftwechsel) 2. Grundlüftung = mind. 30% geringer 3. Stoßlüftung für z.B. ½ Stunde mind. 30% mehr Hinweis: bei reiner Luftheizung muss überprüft werden ob, bei Herabsetzung des Luftwechsels auf 0,3 die Beheizbarkeit noch gegeben ist.
komfortlüftung.at	Drei Stufen: <ol style="list-style-type: none"> 1. Abwesenheitsstufe (0,2facher LW) 2. Anwesenheitsstufe (Betriebsvolumenstrom) 3. Intensivstufe (1,4 x Betriebsvolumenstrom)

5.2.8.4 Vergleich Auslegungsbeispiel

4 Zimmer Wohnung 110 m² NF (Wohnzimmer, Schlafzimmer, Kind 1 und Kind 2) für eine 4-köpfige Familie.

Die einzelnen Empfehlungen ergeben folgende Luftmengen für die einzelnen Stufen:

	Luftmengen für das Beispiel (4 Zimmer Whg., 110 m ² NF)		
ÖNORM H 6038	144 m ³ /h (keine Festlegung für abgesenkten Betrieb)		
DIN 1946-6	Stufe 1: 95 m ³ /h	Stufe 2: 135 m ³ /h	Stufe 3: 175 m ³ /h
SIA (ohne Überström.)	Stufe 1: 81 m ³ /h	Stufe 2: 135 m ³ /h	Stufe 3: 189 m ³ /h
Passivhausinstitut	Stufe 1: 84 m ³ /h.....	Stufe 2: 120 m ³ /h	Stufe 3: 156 m ³ /h
komfortlüftung.at	Stufe 1: 58 m ³ /h	Stufe 2: 160 m ³ /h	Stufe 3: 224 m ³ /h
komfortlüftung.at	Stufe 1: 58 m ³ /h	Stufe 2: 144 m ³ /h	Stufe 3: 201 m ³ /h
	Wohnzimmer im Überströmbereich		

Achtung: Nur wenige Lüftungsgeräte schaffen es, die geringen Luftmengen der Abwesenheitsstufen zu erreichen. Dies ist bei der Geräteauswahl entsprechend zu berücksichtigen oder ein intermittierender Betrieb in der Abwesenheitsstufe vorzusehen.

Bei einer Anwesenheit von 16 Std. und einer Abwesenheit von 8 Stunden ergeben sich folgende Gesamtluftmengen pro Tag:

	Luftmengen pro Tag
ÖNORM H 6038	3.432 m ³ /Tag (durchgehender Betrieb, da keine explizite Festlegung für abgesenkten Betrieb in der Norm enthalten ist)
DIN 1946-6	2.920 m ³ /Tag
SIA (ohne Überström.)	2.808 m ³ /Tag
Passivhausinstitut	Standardvolumenstrom über Personenanzahl 2.880 m ³ /Tag ohne Absenkung. Um den Volumenstrom zu reduzieren kann bei Abwesenheit auf die Lüftungsstufe Stufe 1 reduziert werden (2. 592 m ³ /Tag) , wenn bei einer reinen Luftheizung sicher gestellt ist, dass das Gebäude bei einem durchschnittlichen täglichen Luftwechsel von 0,39 ¹³ beheizbar ist
komfortlüftung.at	3.024 m ³ /Tag
komfortlüftung.at	2.768 m ³ /Tag Wohnzimmer im Überströmbereich

¹³ Der mittlere tägliche Luftwechsel wird über den Luftwechsel in den Anwesenheitszeiten (120 m³/h / 276 m³ Raumluftvolumen = 0,435) und den Luftwechsel in der Abwesenheit (84 m³/h / 276 m³ Raumluftvolumen = 0,304) gemittelt: (8 x 0,304 + 16 x 0,435) / 24h = 0,39

Bezogen auf die niedrigste Luftmenge pro Tag des PHI bei Nutzung der Lüftungsstufe 1 während der Abwesenheit von 2.592 m³/Tag ergeben sich folgende prozentuelle Abweichungen:

	Abweichung zum niedrigsten Wert
ÖNORM H 6038	+32 % (wobei eine Absenkung und damit eine Reduktion grundsätzlich möglich ist - die Norm legt aber keine fest)
DIN 1946	+ 13 %
SIA 382/1	+ 8%
Passivhausinstitut	0 % bzw. + 11 % ohne Nutzung der Lüftungsstufe 1 bei Abwesenheit
komfortlüftung.at	+ 16 %
komfortlüftung.at	+ 7 % Wohnzimmer im Überströmbereich

Die Differenzen bei den Gesamtluftmengen liegen bei maximal 16%, auch wenn man bei der ÖNORM den grundsätzlich möglichen abgesenkten Betrieb einrechnet. Die Unterschiede liegen in der unterschiedlichen Verteilung zwischen Abwesenheit und Anwesenheit.

5.2.8.5 Diskussion der Unterschiede - Empfehlung

Eine Auslegung nach PHI ergibt normalerweise die niedrigste, eine Auslegung nach komfortlüftung.at normalerweise die höchste Luftmenge für die Anwesenheitsstufe. SIA, DIN und ÖNORM liegen meist dazwischen. Bei der Abwesenheitsstufe hat komfortlüftung.at im Normalfall den niedrigsten Wert. Bei einem Passivhauskonzept mit reiner Luftheizung muss sichergestellt sein, dass auch bei einem reduzierten Betrieb das Gebäude noch mittels Luftheizung beheizbar ist! Die Einhaltung einer spezifischen Heizlast von unter 10 W/m³NGF ist kein Garant! Die Absenkezeiten sind korrekt im PHPP im Blatt „Lüftung“ einzutragen und die Beheizbarkeit im Blatt „Heizlast“ zu überprüfen. SIA und DIN liegen wieder dazwischen, die ÖNORM legt die Abwesenheitsstufe nicht fest.

Für den durchschnittlichen Betrieb der Anlage über einen Tag ergeben sich für das Beispiel mit 110 m² Nutzfläche in Summe sehr geringe Unterschiede von unter 16 % bei den einzelnen Auslegungen.

In der folgenden Aufzählung der Vor- und Nachteile bzw. der Empfehlungen wird nur noch zwischen der Auslegung nach PHI und komfortlüftung.at unterschieden, da die DIN und SIA für Österreich nur bedingt relevant sind und die ÖNORM H 6038 in der Auslegung nach komfortlüftung.at inkludiert ist.

Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Empfehlungen

Der Vorteil der Auslegung über die Personenanzahl nach PHI ist deren Einfachheit und, dass keine Anpassung der Luftmenge vorgenommen werden muss. Sinkt die relative Feuchte im Winter zu weit kann in den Abwesenheitszeiten auf die Lüftungsstufe 1 reduziert werden. Der Nachteil liegt darin, dass aufgrund der geringeren Luftmengen die CO₂-Werte der einzelnen Räume in der Nutzungszeit gegenüber der Auslegung nach komfortlüftung.at auf höhere Werte ansteigen. Bei einer Heizungsfunktion der Lüftung ist sicher zu stellen, dass auch bei reduziertem Betrieb die erforderliche Heizenergie in das Gebäude eingebracht werden kann. Dazu ist eine genaue Berechnung mittels PHPP erforderlich (Blatt „Lüftung“ und „Heizwärme“). Der Vorteil der Auslegung nach komfortlüftung.at liegt darin, dass in den einzelnen Räumen die gewünschten CO₂-Werte besser eingehalten werden bzw. eine Anpassung der Luftmenge an einen geänderten Bedarf (z.B. spätere Nutzung des Kinderzimmers durch zwei Kinder statt einem) nachträglich möglich ist, da die Dimensionierung der Rohrleitungen und Durchlässe entsprechend erfolgte. Der Nachteil liegt darin, dass die Luftmenge an die Belegung (Personenanzahl) und an den Bedarf (Anwesenheit bzw. Abwesenheit) angepasst werden muss, da sonst in der sehr kalten Jahreszeit die relative Luftfeuchte zu weit absinken kann.

Welche Auslegungsempfehlung ist nun im MFH anzuraten?

Fall 1: Bei einer **reinen Luftheizung** ist auf alle Fälle der Empfehlung des PHI Folge zu leisten, da es sonst zu deutlich zu trockener Raumluft kommt. Wird die Luftmenge während der Abwesenheitszeiten auf die Stufe 1 reduziert, muss nachgewiesen werden, dass auch in diesem Fall das Gebäude noch mittels Luft beheizbar ist! Es ist jedoch zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer die Nichteinhaltung der ÖNORM H 6038 vertraglich zu fixieren.

Fall 2: Wenn eine **Anpassung** an den Bedarf (Wohnungsbelegung, Anwesenheit bzw. Abwesenheit) **nicht gesichert** ist, sollte zwar die Dimensionierung der Luftleitungen nach komfortlüftung.at (spätere Flexibilität), die Luftmengeneinstellung für den Betrieb aber eher zurückhaltend bzw. nach PHI erfolgen. Einbußen an Luftqualität wiegen geringer als eine mögliche Beeinträchtigungen durch zu geringe relative Feuchte. Wird später einmal auf ein Gerät mit Feuchterückgewinnung umgerüstet bzw. die Anpassung der Luftmengen an den Bedarf sichergestellt, kann die eingestellte Luftmenge für den Betrieb auf die Empfehlung von komfortlüftung.at erhöht werden.

Fall 3: Wenn eine **Anpassung an den Bedarf gesichert** ist bzw. ein Gerät mit Feuchterückgewinnung eingesetzt wird, steht der komfortorientierten Auslegungsempfehlung von komfortlüftung.at nichts im Wege.

5.2.8.6 Problemfall – kleine Wohnungen

Unbefriedigend ist derzeit die Luftdimensionierung bei sehr kleinen Wohnungen, da sich hier aus den Abluftkriterien der ÖNORM H 6038, der SIA 382/1 und von komfortlüftung.at ein sehr hoher Volumenstrom ergibt. Beispiel: 40 m² Kleinwohnung mit Küche, Wohn- und Schlafzimmer, Bad und getrenntem WC. Hier ergibt sich nach der ÖNORM H 6038 für die Küche 40 m³/h, für das Bad 40 m³/h und das WC 20 m³/h insgesamt ein Wert von 100 m³/h für eine Wohnung, die eventuell nur von einer Person bewohnt wird.

Als Lösung könnte hier (bei Belegung mit einer Person) gewählt werden:

1. Kein baulich getrenntes WC (erspart 20 m³/h) oder Lüftungstechnische Kombination von Bad und WC. D.h. Überströmung vom Bad auf das WC.
2. Die verbleibenden 80 m³/h werden nur bei der Intensivstufe erreicht (ÖNORM trifft keine konkrete Aussage bei welcher Stufe die Luftmengen erreicht werden müssen) und die Normalbetriebsstufe wird auf die tatsächliche Personanzahl abgestimmt. Die Abwesenheitsstufe würde dann wieder bezogen auf die 40 m² mit 21 m³/h lt. komfortlüftung.at angesetzt.
3. Bei der Nutzung von Küche (Umluft-Dunstabzug) bzw. Bad oder WC wird automatisch auf die Intensivstufe umgeschaltet. Empfohlene Nachlaufzeit 30 min.

Diese Lösung sollte aber aufgrund der unkonkreten Aussagen der ÖNORM zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer explizit vereinbart werden.

5.2.9 Dimensionierungshilfe

Zur Erleichterung der Dimensionierung der Luftmenge gibt es von komfortlüftung.at eine Dimensionierungshilfe. Diese finden sie im Downloadbereich Downloadbereich der Homepage www.komfortlüftung.at.

4 Zimmer Wohnung 110 m² NF (Wohnzimmer, Schlafzimmer, Kind 1 und Kind 2) für eine 4-köpfige Familie.

Komfortlüftung: Luftmengen - Dimensionierungshilfe

1.) Betriebsvolumenstrom für die Anlagendimensionierung und max. Schallpegel

Raum	maximaler Schalldruckpegel	Mindestzuluft für Dimensionierung	Gewählter Betriebsvolumenstrom
Schlafzimmer	23 dB(A)	50 m ³ /h	50 m ³ /h
Kinderzimmer für zwei Kinder	23 dB(A)	50 m ³ /h	/ m ³ /h
Kinderzimmer für ein Kind	23 dB(A)	25 m ³ /h	2x25 50 m ³ /h
Büro	25 dB(A)	25 m ³ /h	/ m ³ /h
Wohnzimmer*	25 dB(A)	60 m ³ /h	35 m ³ /h
*Überströmung von Kinderzimmer 1		(60-25 = 35 m ³ /h)	m ³ /h
1. Mindest Betriebsvolumenstrom (Zuluftkriterium)			135 m³/h

* Wenn zur Luftmengenreduktion das Wohnzimmer als nachgeordnete Durchströmungszone von Schlafzimmer bzw. Kinderzimmer genutzt wird, muss nur die Differenz zu den 60 m³/h angesetzt werden.

Raum	maximaler Schalldruckpegel	Mindestabluft für Dimensionierung	Gewählter Betriebsvolumenstrom
Wohnküche	25 dB(A)	60 m ³ /h	60 m ³ /h
Reine Arbeitsküche/Kochnische	27 dB(A)	40 m ³ /h	/ m ³ /h
Bad	27 dB(A)	40 m ³ /h	40 m ³ /h
WC	27 dB(A)	20 m ³ /h	20 m ³ /h
Abstellraum (falls belüftet)	27 dB(A)	10 m ³ /h	10 m ³ /h
			m ³ /h
			m ³ /h
2. Mindest Betriebsvolumenstrom (Abluftkriterium)			130 m³/h

Nutzfläche bis 150 m ²	NF x 2,6m x 0,5	110 m ²	143 m ³ /h
Nutzfläche über 150 m ²	NF x 2,6m x 0,3	m ²	m ³ /h
3. Mindest Betriebsvolumenstrom (Wohnungsfläche)			143 m³/h

4. Mindest Betriebsvolumenstrom (Personenzahl)	36 m ³ /h x 4 P.		144 m ³ /h
---	-----------------------------	--	-----------------------

Gewählt: Größter Betriebsvolumenstrom aus den Kriterien 1 bis 4			144 m³/h
--	--	--	----------------------------

Der ermittelte Betriebsvolumenstrom für die gesamte Wohnung bzw. der einzelnen Räume dient der Dimensionierung der Luftleitungen und der Wahl des Lüftungsgerätes. Insbesondere die Luftleitungen haben eine technische Lebensdauer, die dem des Gebäudes entspricht. Eine großzügige Auslegung dieser Luftleitungen bedeutet geringe Druckverluste und damit einen effizienten Betrieb, geringe Geräusche und die Sicherheit, die gewünschten Luftmengen im Bedarfsfall zur Verfügung stellen zu können. Einstellung der tatsächlichen Luftmenge siehe Punkt 5.

Abbildung 5.13: Dimensionierungshilfe Luftmengen, Seite 1 von komfortlüftung.at

2.) Abwesenheitsvolumenstrom

Der Abwesenheitsvolumenstrom soll zumindest einen 0,2fachen Luftwechsel der Wohnung gewährleisten, um alle Schadstoffe abzuführen.

Abwesenheitsvolumenstrom:	NF x 2,6m x 0,2	110 m ²	58 m ³ /h
----------------------------------	-----------------	--------------------	----------------------

Hinweis: Bei typischen Grundrissen entspricht dies ca. 40% des Betriebsvolumenstroms.

3.) Intensivvolumenstrom

Der Intensivvolumenstrom entspricht dem maximalen Volumenstrom. Von manchen Firmen wird er auch als Partystufe bezeichnet. Er kann bei kurzzeitig höherer Belegung der Wohnung oder während der Kochphase eingestellt werden. Dieser Volumenstrom sollte unbedingt mit einer zeitlichen Begrenzung (von maximal 1,5 Stunden) versehen sein.

Intensivvolumenstrom:	Betriebsvolumenstrom x 1,40	202 m ³ /h
------------------------------	-----------------------------	-----------------------

4.) Geräteauswahl

Das Lüftungsgerät soll in der Anwesenheitsstufe bzw. beim Betriebsvolumenstrom im optimalen Wirkungsgradbereich arbeiten. Der maximale Luftvolumenstrom soll gerade noch erreicht werden und der Abwesenheitsvolumenstrom möglichst unterschritten werden können (möglichst großer Regelbereich bzw. die Möglichkeit den Abwesenheitsvolumenstrom bei sehr schadstoffarmer Einrichtung eventuell noch weiter zu senken).

Gewünschte Volumenströme:

Stufe 1: Abwesenheitsvolumenstrom – Minim. Gerätevolumenstrom:	58 m ³ /h
---	----------------------

Stufe 2: Anwesenheitsvolumenstrom – Betriebsvolumenstrom:	144 m ³ /h
--	-----------------------

Stufe 3: Intensivvolumenstrom – Maximaler Gerätevolumenstrom:	202 m ³ /h
--	-----------------------

Achtung: Bei vielen Geräten stellt der minimale Volumenstrom für die Abwesenheitsstufe ein Problem dar, da dieser nicht so gering eingestellt werden kann. Es ist daher darauf zu achten, dass dieser Betriebspunkt auch erreicht wird (Näherung für minimalen Betriebspunkt: Luftmenge bei einem Druckverlust von 50 Pa), da es sonst aufgrund der zu hohen Luftmengen in der Abwesenheitsstufe zum Problem von trockener Luft kommt. Eine sehr gute Hilfe zur Feststellung der Eignung eines Gerätes für die berechneten Luftmengen stellt der festgelegte Einsatzbereich der Geräte laut Passivhausinstitut dar.

Prüfbestimmungen lt. PHI: http://www.passiv.de/03_zer/Komp/Lueft/Pruefverfahren_L.pdf

Geprüfte Geräte u. Einsatzbereich lt. PHI: http://www.passiv.de/03_zer/Komp/Lueft/Z-Lueftungsgeraete.pdf

PS: Ein intermittierender Betrieb in der Abwesenheitsstufe zur Luftmengenreduktion ist natürlich grundsätzlich möglich. Jedoch sollte die Geräteauswahl so erfolgen, dass der Abwesenheitsvolumenstrom ohne zusätzliche Maßnahmen eingehalten wird.

Abbildung 5.14: Dimensionierungshilfe Luftmengen, Seite 2 von komfortlüftung.at

5.3 Schall¹⁴

Schall- bzw. Lärmbelastungen von Lüftungsanlagen sind ein häufiger Kritikpunkt und oft ein „willkommener“ Anlass sich gegen eine Lüftung auszusprechen. Grundsätzlich sollte eine Lüftungsanlage aber die gewünschte Luftqualität ohne störende Schallbelastung erbringen. Die Forderung, dass eine Lüftungsanlage überhaupt nicht hörbar ist, kann nur bedingt erfüllt werden, denn dann müsste sie unter dem Grundgeräuschpegel liegen. Die schalltechnischen Ansprüche werden in weiterer Folge bei den 61 Qualitätskriterien definiert. In diesem Kapitel werden nur die grundsätzlichen Auswirkungen bzw. die wichtigsten physikalischen Grundlagen erläutert.

5.3.1 Auswirkungen von Lärm

Unter Lärm versteht man jede Art von Geräusch, das ungewollt und störend auf einen Menschen einwirkt. Die Spanne der Lärmreaktionen reicht von der Lästigkeitsempfindung bis hin zur Gesundheitsschädigung.

Psychische Reaktionen können schon ab einem Schallpegel von 30 dB auftreten (Veit, 2005). Da Lärm eine subjektive Erscheinung ist, sind viele Faktoren entscheidend, ob ein Geräusch als störend empfunden wird oder nicht. Diese Faktoren sind:

- Lautstärke, Schallpegel
- Frequenz, Ton
- Schwankungsstärke
- Persönliche Faktoren
- Vertraut oder unerwartet
- Dauer

5.3.2 Schallbeurteilung – max. Schallpegel

Die Schwierigkeit der Schallbeurteilung besteht darin, dass das Schallempfinden eine subjektive Wahrnehmung ist. Daher beschränkt man sich weitgehend auf die Messung bzw. Bestimmung der objektiven Größen. Dabei werden im Wesentlichen der Schalldruckpegel (Lautstärke), das Frequenzspektrum und die zeitliche Abhängigkeit eines Geräusches berücksichtigt.

Um die Frequenzabhängigkeit des menschlichen Gehörs zu berücksichtigen, wird eine Frequenzbewertung der gemessenen Schalldrücke angewendet.

¹⁴ Vgl. Gössler A.: „Technische Evaluierung von mechanischen Klassenzimmerlüftungen in Österreich“, Diplomarbeit, Pinkafeld (2007)

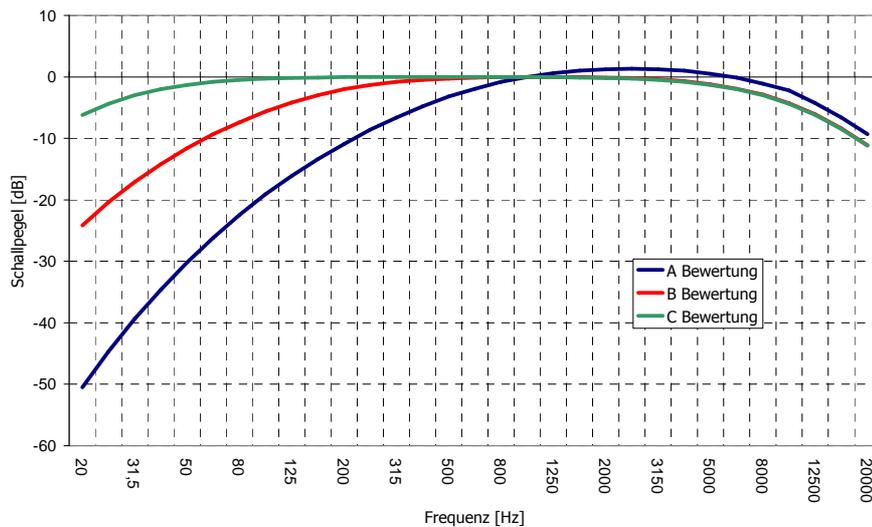


Abbildung 5.15: Abbildung 2.5: A-, B- und C-Bewertungskurven

Im Normalfall kommt fast ausschließlich die A-Bewertung zum Tragen. Da die A-Bewertung die tiefen Frequenzen sehr stark (ab)wertet, kommt es immer wieder vor, dass von den Nutzern störende Geräusche wahrgenommen werden, auch wenn der Gesamtschallpegel nach A-Bewertung unter 25 dB(A) liegt.

Zur Kennzeichnung von zeitlich veränderlichen Schallereignissen kann ein Mittelungspegel oder energieäquivalenter Dauerschallpegel nach der Gleichung (5.6) berechnet werden. Der Mittelungspegel ist eine zeitliche Mittelung der Schallenergie über einen Messzeitraum.

$$L_M = 10 * \lg \left(\frac{1}{T} * \int_t^{t+T} 10^{\frac{L(t)}{10}} dt \right) \quad (5.6)$$

- L_M Mittelungspegel oder L_{EQ} energieäquivalenter Dauerschallpegel in [dB]
- $L(t)$ momentaner Schallpegel in [dB]
- t Zeitpunkt zum Beginn der Messung
- T Messzeitraum

5.3.3 Regelungen für den zulässigen Schallpegel

Die **ÖNORM 8115-2:2006** verlangt für haustechnische Anlagen grundsätzlich A-bewertete Schalldruckpegel von max. 25 dB(A), bezogen auf eine Nachhallzeit von 0,5 s für gleichbleibende oder intermittierende Geräusche in Bereichen mit längerem Aufenthalt von Menschen. Zusätzlich darf der C-bewertete Schallpegel nicht mehr als 20 dB über dem Grenzwert für den A-bewerteten Schallpegel liegen.

Die B 8115-2 nimmt aber die der jeweiligen Nutzungseinheit ausschließlich zugeordneten haustechnischen Anlagen von diesen Forderungen aus. Genau genommen gilt die Anforderung daher nur für zentrale Anlagen, da eine dezentrale, wohnungswise Anlage direkt der Nutzungseinheit bzw. dem Wohnraum zuzuordnen ist. Da aber in der H 6038, die auch für wohnungswise Anlagen in Mehrfamilienhäuser gilt, auf die B 8115-2 und die 25 dB(A) verwiesen wird, gelten die 25dB(A) indirekt auch für dezentrale, wohnungswise Lüftungsanlagen.

In der ÖNORM 8115-2:2006 sind des Weiteren die Mindestanforderungen an die Schalldämmung von Außenbauteilen sowie die Mindestanforderung an die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nt,w}$ in Gebäuden ersichtlich.

Die beiden folgenden Tabellen zeigen einen Auszug dieser Mindestanforderungen laut ÖNORM 8115-2:2006.

Tabelle 5.18: Mindest erforderliche Schalldämmung von Außenbauteilen

Bauteile von zu schützenden Räumen (Aufenthaltsräume)	Mindestschallschutz in dB ($R'_{res,w}$, R'_w , R_w bzw. $R_w + C_{tr}$) ¹⁵							
	für maßgebliche Außenlärmpegel-Stufen							
	Stufe	A,B,C	D	E	F	G	H	I
	Tag	≤ 50	51 bis 55	56 bis 60	61 bis 65	66 bis 70	71 bis 75	76 bis 80
	Nacht	≤ 40	41 bis 45	46 bis 50	51 bis 55	56 bis 60	61 bis 65	66 bis 70
Außenbauteile gesamt	$R'_{res,w}$	33	38	38	43	43	48	53
Opake Außenbauteile	R_w	43	43	43	48	48	53	58
Fenster und Außentüren	R_w	28	33	33	38	38	43	48
	$R_w + C_{tr}$	23	28	28	33	33	38	43
Gebäudetrennwände je Wand	R'_w	52	52	52	52	52	52	52
Decken und Wände gegen Dachböden	R'_w	42	42	42	47	47	47	47
Decken und Wände gegen Dachböden	R'_w	60	60	60	60	60	60	60

¹⁵ R_w ...bewertendes Schalldämm-Maß; R'_w ...bewertendes Bau-Schalldämm-Maß; $R'_{res,w}$... bewertetes resultierendes Bau-Schalldämm-Maß; C_{tr} ...Spektrum-Anpassungswert

Tabelle 5.19: Mindest erforderliche bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nt,w}$ in Gebäuden

Luftschalldämmung zwischen	$D_{nt,w}$ ohne Verbindung durch eine Türe, ein Fenster u. dgl.	$D_{nt,w}$ mit Verbindung durch eine Türe, ein Fenster u. dgl.
Aufenthaltsräumen und		
- angrenzenden Gebäuden		
- Räumen angrenzender Nutzungseinheiten in Reihenhäusern	60	-
- Räumen anderer Nutzungseinheiten	55	50
- Treppenhäusern, Aufzügen, Kellerräumen, Gemeinschaftsräumen	55	50
Nebenräumen und		
- angrenzenden Gebäuden		
- Räumen angrenzender Nutzungseinheiten in Reihenhäusern	60	-
- Räumen anderer Nutzungseinheiten	50	35
- Treppenhäusern, Aufzügen, Kellerräumen, Gemeinschaftsräumen	50	35

5.3.4 Nachhallzeit

Wird eine Schallquelle in einem Raum aktiviert, dann treffen die Schallwellen nach einer gewissen Zeit auf Begrenzungsflächen und werden dort zum Teil reflektiert und zum Teil absorbiert. Die reflektierten Schallwellen treffen nach einer gewissen Zeit wieder auf Begrenzungsflächen, wo sich dieser Vorgang mit Reflektion und Absorption wiederholt. Da dem Raum ständig neue Schallenergie zugeführt wird, bildet sich im Raum ein diffuses Schallfeld aus den reflektierten Schallwellen. Somit besteht das Schallfeld in einem Raum aus einem direkten und einem diffusen Anteil. Das direkte Schallfeld nimmt mit der Verdoppelung der Entfernung um 6 dB ab. Das diffuse Schallfeld hingegen ist entfernungsunabhängig und nimmt mit der Verdopplung der äquivalenten Absorptionsfläche um 3 dB ab. Eine Schallpegelsenkung ist somit mit einer Vergrößerung der äquivalenten Absorptionsfläche möglich. Nach dem Aufhören einer akustischen Erregung in einem Raum verstummt das Geräusch nicht schlagartig, sondern wird – abhängig von den absorbierenden Eigenschaften der Begrenzungsflächen – nach einer exponentiellen Funktion abklingen. Die Zeit, in der die Schallenergie um 60 dB (den 10^{-6} -ten Teil) abklingt, wird als Nachhallzeit bezeichnet. Die Nachhallzeit charakterisiert die absorbierenden Eigenschaften eines Raumes (Veit, 2005). Die Nachhallzeit kann gemessen oder nach der Sabinschen Formel (5.7) berechnet werden:

$$T = 0,16 * \frac{V}{\alpha * S} = 0,16 * \frac{V}{\sum_n \alpha_n * S_n} \quad (5.7)$$

- T Nachhallzeit in [s]
- V Raumvolumen in [m³]
- α Schallabsorptionsgrad
- S Teilflächen in [m²]

Abbildung 5.16 zeigt die optimale Nachhallzeit in Räumen abhängig vom Raumvolumen nach ÖNORM 8115-3:1996.

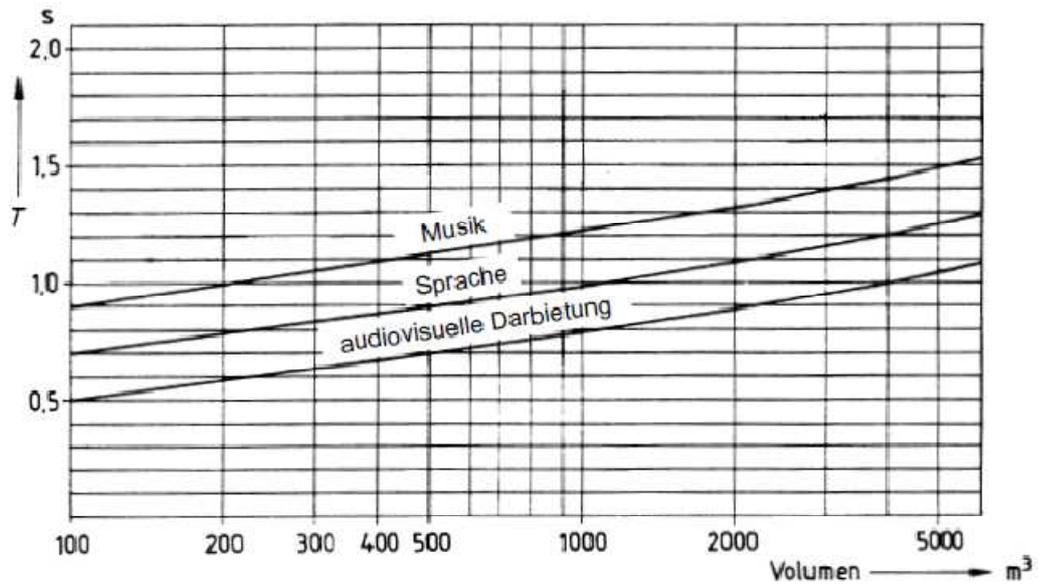


Abbildung 5.16: optimale Nachhallzeit für eine gute Hörsamkeit in Räumen (ÖNORM 8115-3:1996)

Für Räume mit einem Raumvolumen kleiner 100 m³ können laut ÖNORM 8115-3:1996 die Werte der optimalen Nachhallzeit für Räume mit einem Volumen von 100 m³ verwendet werden.

5.4 Ionen in der Raumluft

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). Die Ionenkonzentration in der Luft ist ein bisher wenig beachteter Aspekt bei der Bewertung der Luftqualität, Obwohl wenig über Ionen in Innenräumen bekannt ist, werden diese mitunter von Kritikern von Lüftungsanlagen angeführt. Es wird behauptet, dass der Transport der Luft durch Luftleitungen zu einer Abnahme der Ionenkonzentration führt.

Die Messungen 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, die technisch zugeführte Frischluft unterschied sich nicht wesentlich von der natürlichen Lüftung. Abgesehen von dieser punktuellen Untersuchung gibt es bisher nahezu keine gut dokumentierten Messungen von Ionen in Lüftungsanlagen. Im Rahmen des Forschungsprojektes „Akzeptanzverbesserung energieeffizienter Häuser durch Erhebung der Raumluftqualität und deren Auswirkungen auf die Gesundheit der Bewohner“ durch das IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie werden auch die Ionenkonzentrationen gemessen werden.

Als der Gesundheit zuträglich werden mitunter die natürlichen Außenluftkonzentrationen genannt. Ein Abweichen in der Raumluft wird als Störung des Raumklimas betrachtet. Wenn man jedoch genauer nachforscht, merkt man, dass mit dem heutigen Stand des Wissens über gesundheitliche Wirkungen wenig ausgesagt werden kann. Aus diesem Grund wäre es auch verfrüht, eine künstliche Erhöhung der Luftionenkonzentration zu empfehlen, da man über die allfälligen Nebenwirkungen noch zu wenig weiß.

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.

Künstliche Ionenquellen (Ionengeneratoren, offenes Feuer, Nebelbefeuchter,...) bzw. natürliches Radongas (terrestrisch oder baustoffbedingt) können die Luftionenkonzentration erhöhen.

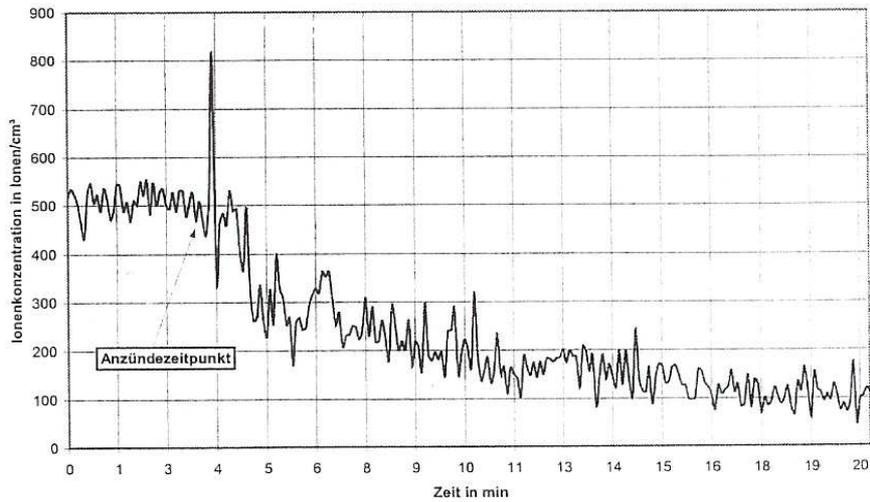


Abbildung 5.17 Abnahme der Ionenkonzentration durch Rauchen (Umweltanalytik Holbach)

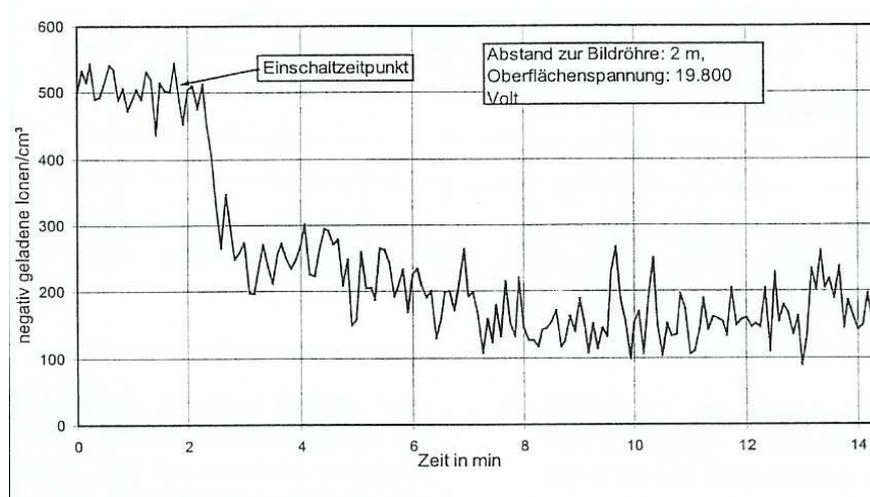


Abbildung 5.18 Abnahme der Ionenkonzentration durch einen Bildschirm (Umweltanalytik Holbach)

Man vermutet, dass auch in Bezug auf Ionen ein ständiger Luftaustausch positiv ist, da damit der Abbau 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 herunter geladen werden kann.

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.

Luftdichtheit: 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. Luftdichtheit dient primär der Bauschadensvermeidung und erst in zweiter Linie der Effizienz der Lüftungsanlage.

Winddichtheit: 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 Luftdichtheit können durch eine Differenzdruckmessung 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, rechtzeitig beheben zu können. Bei der Messung wird mittels eines Ventilators ein Differenzdruck zwischen innen und außen aufgebaut, und der Volumenstrom des Ventilators, der dem Leckagevolumenstrom entspricht, bei Unter- und Überdruck gemessen. Ein Messverfahren zur Prüfung der Winddichtheit von Gebäuden gibt es nicht.



Abbildung 6.1: Messaufbau für einen Blower Door Test
(arsenal research)

Auswirkungen von Luftdichtheitsmängeln:

- Erhöhte Wärmeverluste und niedrige Raumlufffeuchte insbesondere bei tiefen Außentemperaturen und Wind
- Mögliches Zugluftempfinden
- Örtliche Abkühlung von Bauteilen
- Reduzierter Schallschutz
- Schäden durch Kondensation von Wasserdampf in der Baukonstruktion

Messanordnung für Unterdruck und Messauswertung für Über- und Unterdruck:

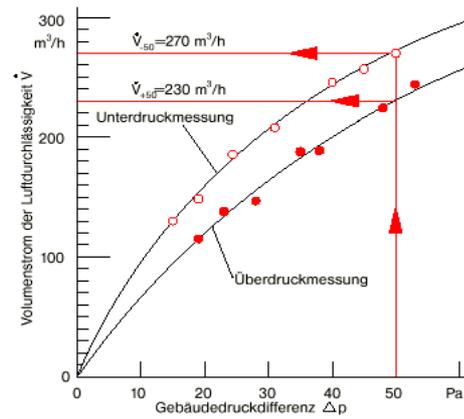
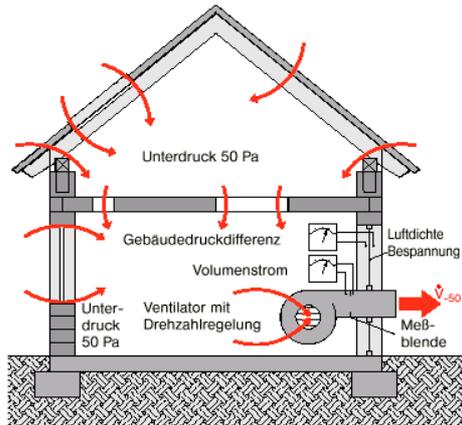


Abbildung 6.3: Schematische Darstellung des Luftdichtigkeitsstestes (Zeller, Luftdichtigkeit von Wohngebäuden)

Abbildung 6.4: Schematische Darstellung der Auswertung eines Luftdichtigkeitsstestes (Zeller, Luftdichtigkeit von Wohngebäuden)

7 Grundlagen – Mechanische Lüftung im MFH

Um auch LeserInnen, die sich noch nicht so intensiv mit dem Thema Wohnraumlüftung auseinandergesetzt haben, einen allgemeinen Überblick zu verschaffen, sind in diesem Kapitel die wichtigsten Aspekte zu mechanischen Lüftungen zusammengefaßt.

Konkrete Themen des Kapitels sind:

1. Fachbegriffe zum Thema Wohnraumlüftung
2. Lüftungssysteme
3. Zentral – Semizentral – Dezentral (Wohnungsweise) – Raumweise
4. Kaskadenprinzip
5. Luftleitungen – Verteilprinzip (Stern oder mit Abzweigern)
6. Lüftungsprinzipien (Quell- und Induktionslüftung)
7. Luftheizung
8. Arten der Wärme- bzw. Feuchterückgewinnung
9. Vereisungsschutz
10. Filter
11. Ventilatoren und Antriebe
12. Drehzahlregelung
13. Wohnungsweise Luftmengenregelung
14. Luftbefeuchtung
15. Druckverluste
16. Energetische Kennwerte bei Lüftungsanlagen
17. Möglichkeiten der Einsparung elektrischer Energie bei Lüftungsanlagen
18. Lebenszykluskosten bei Lüftungsanlagen

Konkrete Werte und Anforderungen sind in den 60 Qualitätskriterien enthalten.

7.1 Fachbegriffe zum Thema Wohnraumlüftung

Die Fachbegriffe Luftarten und Aufenthaltsbereich sind in der ÖNORM EN 13779:2008 angeführt. Die Norm gilt zwar dezidiert für Nicht-Wohngebäude, die Begriffe werden jedoch sinngemäß auch für Wohngebäude angewandt.

7.1.1 Klassifizierung der Luftarten nach ÖNORM EN 13779:2008

Die Luftarten in einer Lüftungs- oder Klimaanlage sind nach ÖNORM EN 13779:2008 wie folgt festgelegt.

Tabelle 7.1: Luftarten nach Tabelle 2 ÖNORM EN 13799:2008 Teil 1

Nr.	Luftart	Abkürzung	Farbe	Definition
1	Außenluft	ODA	Grün	Unbehandelte Luft, die von außen in die Anlage oder in eine Öffnung einströmt
2	Zuluft	SUP	Blau	Luftstrom, der in den behandelten Raum eingtritt oder Luft, die in die Anlage eintritt, nachdem sie behandelt wurde
3	Raumluft	IDA	Grau	Luft im behandelten Raum oder Bereich
4	Überströmluft	TRA	Grau	Raumluft, die vom behandelten Raum in einen anderen behandelten Bereich strömt
5	Abluft	ETA	Gelb	Luftstrom, der den behandelten Raum verlässt
6	Umluft	RCA	Orange	Abluft, die der Luftbehandlungsanlage wieder zugeführt wird und als Zuluft wiederverwertet wird
7	Fortluft	EHA	Braun	Luftstrom, der ins Freie strömt
8	Sekundärluft	SEC	Orange	Luftstrom, der einem Raum entnommen und nach Behandlung demselben Raum wieder zugeführt wird
Nr.	Luftart	Abkürzung	Farbe	Definition
9	Leckluft	LEA	Grau	unbeabsichtigter Luftstrom durch undichte Stellen der Anlage
10	Infiltration	INF	Grün	Lufttritt in das Gebäude über Undichtheiten in der Gebäudehülle
11	Exfiltration	EXF	Grau	Luftaustritt aus dem Gebäude über Undichtheiten in der Gebäudehülle
12	Mischluft	MIA	unterschiedliche Farben	Luft, die zwei oder mehr Luftströme enthält
1.1	Außenluft Einzelraum	SRO	Grün	Unbehandelte Luft, die von außen in die Einzelraum-Luftbehandlungseinheit oder Öffnung eines Einzelraums einströmt
2.1	Zuluft Einzelraum	SRS	Blau	Luftstrom, der in den behandelten Raum eintritt
5.1	Abluft Einzelraum	SET	Gelb	Luftstrom, der den behandelten Raum verlässt und in eine Einzelraum-Luftbehandlungseinheit einströmt
7.1	Fortluft Einzelraum	SEH	Braun	Luftstrom, der aus einer Einzelraum-Luftbehandlungseinheit ins Freie strömt

Der Farbcode und die bildliche Erläuterung für die einzelnen Luftarten sind in der folgenden Abbildung enthalten.

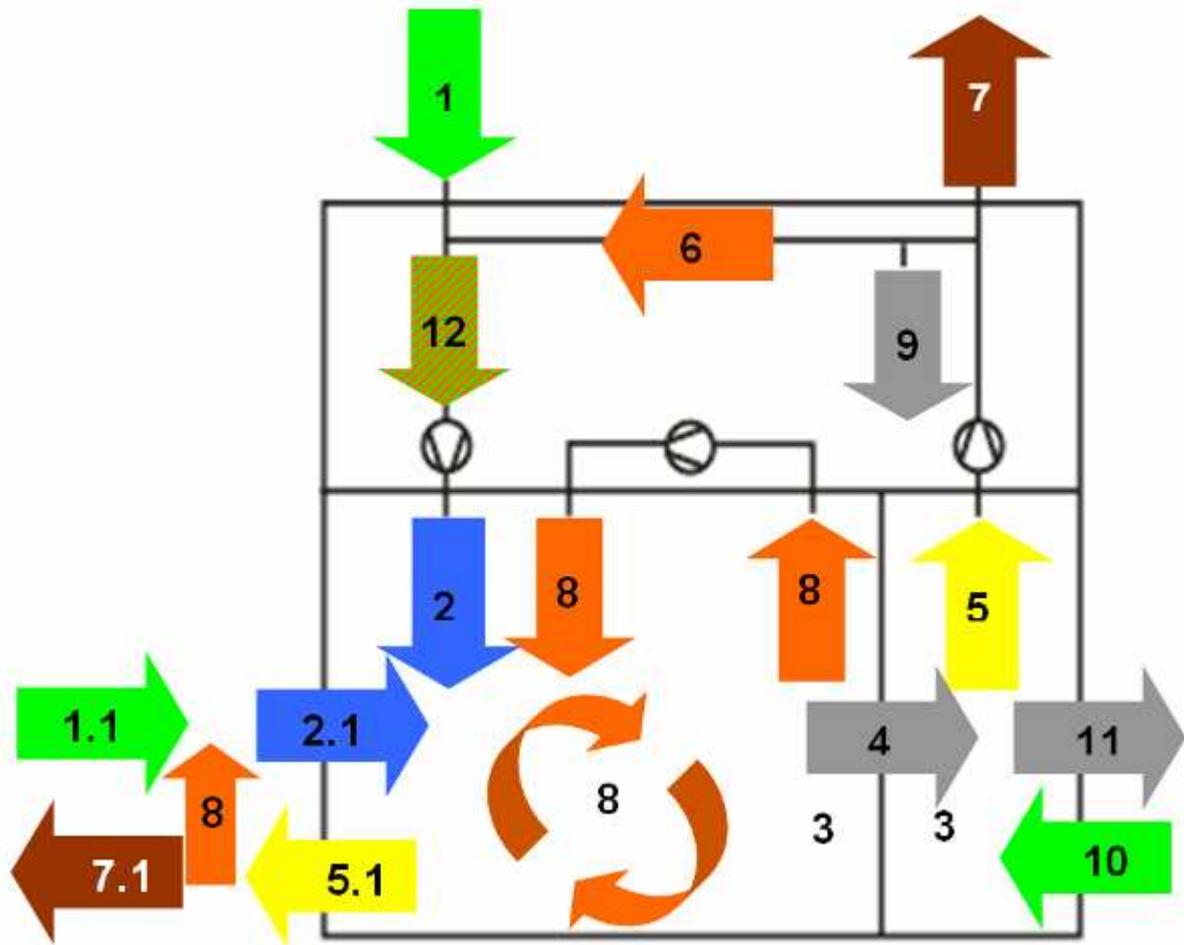


Abbildung 7.1: Darstellung von Luftarten nach ÖNORM EN 13779:2008

7.1.2 Bezeichnung für Luftvolumenströme bei Wohnraumlüftungen

Im deutschsprachigen Raum sind die Luftvolumenströme teils unterschiedlich benannt.

	Bezeichnungen der Luftmengen in den verschiedenen Bereichen
ÖNORM H 6038	Zwei Stufen: 1. Betriebsluft-Volumenstrom (Nennvolumenstrom) 2. Abgesenkter Betrieb (zeitabhängig, bedarfsabhängig oder in Abhängigkeit der Luftqualität)
DIN 1946-6	Drei Stufen: 1. Reduzierte Lüftung 2. Nennlüftung 3. Intensivlüftung
SIA 382/1	Drei Stufen: 1. Reduzierter Betrieb (0,5 bis 0,7 x Normalbetrieb; mind. 0,2-facher LW) 2. Normalbetrieb 3. Intensivlüftung (1,3 bis 1,5 x Normalbetrieb)
Passivhausinstitut	1. Standardbetrieb (Frischluftbedarf nach Personen jedoch mind. 0,3-facher Luftwechsel) 2. Grundlüftung (mind. 30% geringer) 3. Stoßlüftung (für z.B. ½ Stunde mind. 30% mehr)
komfortlüftung.at	Drei Stufen: 1. Abwesenheitsstufe (0,2-facher LW) 2. Anwesenheitsstufe (Betriebsvolumenstrom) 3. Intensivstufe (1,4 x Betriebsvolumenstrom)

7.1.3 Aufenthaltsbereich

Die Anforderungen an das Raumklima und die Behaglichkeit sind im Aufenthaltsbereich zu erfüllen. Dies bedeutet, dass alle Angaben und Messungen, die die Behaglichkeitskriterien betreffen, auf diesen Bereich zu beziehen sind. Um diese Anforderungen zu bewerten, kann zwar der gesamte Raum zu Grunde gelegt werden, die Behaglichkeitskriterien sind jedoch jenseits des Aufenthaltsbereiches nicht sichergestellt.



In der ÖNORM H 6038:2006 ist der Aufenthaltsbereich mit einer Höhe von 1,8 m, einem Abstand von 0,5 m zu Wänden und 1 m von Fenstern und Türen festgelegt.

Abbildung 7.2: Dauernder Aufenthaltsbereich nach ÖNORM H 6038:2006

Diese Festlegung passt jedoch nicht immer mit den Ansprüchen der Nutzer zusammen, welche die Einhaltung der Behaglichkeitskriterien im gesamten Wohnungsbereich, d.h. auch vor dem Fenster, etc. wünschen.

7.2 Lüftungssysteme

Um Menschen in Innenräumen eine gesunde Luft zur Verfügung zu stellen und etwaige Bauschäden zu verhindern, ist ein kontinuierlicher Luftaustausch mit frischer Luft notwendig. Grundsätzlich kann eine Lüftung in „Natürliche Lüftung“ und „Mechanische Lüftung“ unterteilt werden.

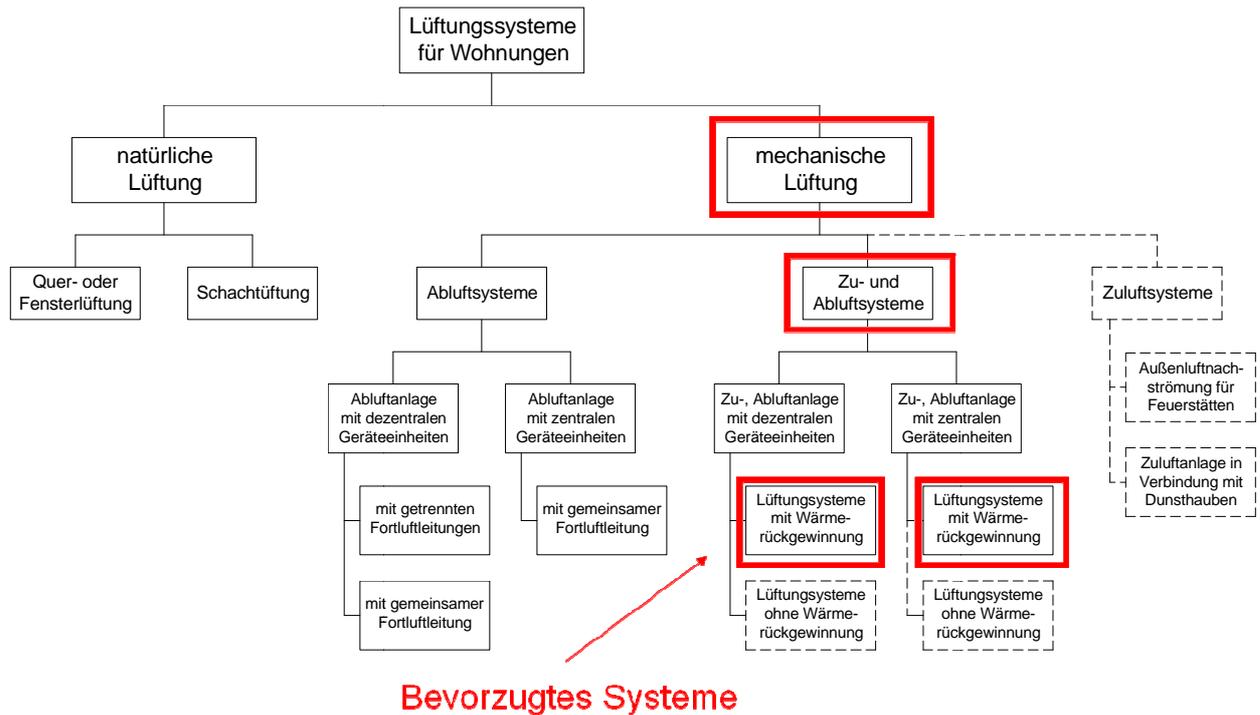


Abbildung 7.3: Übersicht Lüftungssysteme (vgl. Quelle: Ing. Grassler, ON Seminare, 2006)

7.2.1 Natürliche Lüftung

Als natürliche Lüftung oder freie Lüftung bezeichnet man jenen Luftaustausch, der aufgrund von natürlichen Druckunterschieden oder Temperaturunterschieden entsteht. Mit natürlicher Lüftung lassen sich die gewünschten Raumluftqualitäten und Behaglichkeitswerte nicht erzielen.

7.2.2 Mechanische Lüftung

Für eine gute Raumluftqualität in Wohnungen und zur Reduzierung des Heizwärmebedarfs ist eine Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung unersetzlicher Bestandteil. Die Gesamteffizienz ist dann von der Luftdichtheit des Gebäudes, der Luftmengenregelung, der Wärmerückgewinnung und dem Strombedarf für den Betrieb der Anlage abhängig.

Grundsätzlich muss man zwischen Abluftanlagen und Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung unterscheiden. Reine Abluftanlagen bringen keine Verbesserung des HWB und werden nicht als langfristig zielführende Lösung im Wohnungsbau angesehen. Im Weiteren wird daher ausschließlich auf Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung näher eingegangen.

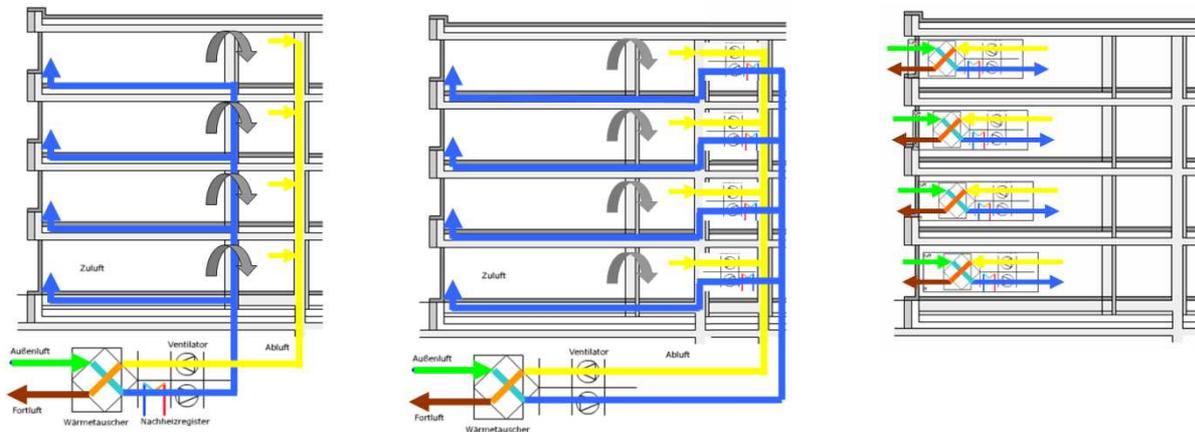
7.3 Zentral – Semizentral – Dezentral – Raumweise

Im Wesentlichen ergeben sich vier grundsätzliche Möglichkeiten für Lüftungskonzepte im MFH:

1. Wohnraumlüftung über **zentrale Lüftungsanlage** für das gesamte Gebäude oder für Gebäudeabschnitte
2. Wohnraumlüftung über **semizentrale Lüftungsanlage** für das gesamte Gebäude oder für Gebäudeabschnitte (unterschiedliche Konzepte)
3. Wohnraumlüftung über **dezentrale, wohnungswise Lüftungsanlagen**
4. Wohnraumlüftung über dezentrale, **raumweise Lüftungen**

Die Wahl des passenden Lüftungskonzeptes ergibt sich aus vielen Parametern, die bei jedem Projekt getrennt zu bewerten sind. Neben den allgemeinen Vor- und Nachteilen der unterschiedlichen Lösungen in diesem Kapitel sind im Planungsleitfaden die entscheidenden Parameter dargestellt, welche die Auswahl des passenden Lüftungskonzeptes erleichtern.

Prinzipdarstellung: zentral – semizentral - dezentral



Wesentliche Unterschiede in der Gesamtluftmenge zwischen den einzelnen Varianten ergeben sich bei der raumweisen Lüftung mit dezentralen Kleinlüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung. Da hier das Kaskadenprinzip nicht genutzt werden kann, ergeben sich rein rechnerisch deutlich höhere Gesamtluftmengen bei durchgehendem Betrieb. Aufgrund der einfachen individuellen, raumweisen Anpassung der Luftmenge an die Nutzung kann dieser Nachteil aber normalerweise wieder kompensiert werden. Auch die Schallproblematik ist bei raumweisen Geräten anders zu sehen als bei den anderen Lüftungssystemen.

Die spezifischen Vor- und Nachteile von zentralen, semizentralen und dezentralen Lüftungsanlagen sind auf den nächsten Seiten beschrieben.

7.3.1 Zentrale Lüftungsanlage

Funktionsweise: Ausgehend von einer zentralen Außenluftansaugung an geeigneter Stelle wird die Außenluft in einen zentralen Technikraum geführt. Das zentrale Lüftungsgerät filtert, erwärmt, (kühlt, befeuchtet) die Zuluft auf das geforderte Niveau. Die so aufbereitete Zuluft wird im Gebäude über Luftleitungen verteilt und den Zulufräumen (Schlaf, Wohnräumen,...) zugeführt. Die verbrauchte Luft der Zulufräume wird über Überströmöffnungen in den Überströmbereich (Wohnzimmer als Überströmbereich – siehe 60 Qualitätskriterien, Gangbereich) geführt. Von dort gelangen sie über die Ablufträume (Küche, Sanitärräume, Abstellräume,..), in den Abluftstrang. Wird in den Zulufräumen geraucht, führt dieses Kaskadenprinzip jedoch zu einer Verteilung des Rauches in die nachgeordneten Räume. Eine direkte Ablufführung aus den Zulufräumen ist normalerweise nicht vorgesehen, da dies die Gesamtluftmenge erhöhen und die Feuchteproblematik verstärken würde. D.h. auch in einer Wohnung mit Wohnraumlüftung sollte nicht geraucht werden. Für eine zufriedenstellende Raucher-Lösung müsste die Luftmenge im Raucherraum deutlich erhöht werden und auf das Kaskadenprinzip verzichtet werden. Dies ist jedoch nur im Einfamilienhausbereich relevant. Der Abluftstrang führt die verbrauchte Luft wieder zum zentralen Lüftungsgerät zurück. Über die Wärmerück- bzw. ggf. eine Feuchterückgewinnung (Enthalpierückgewinnung) des zentralen Lüftungsgerätes wird der Zuluft die in der Abluft vorhandene Energie bzw. Feuchte zugeführt. Die abgekühlte und ggf. entfeuchtete Luft wird an geeigneter Stelle ins Freie geführt.

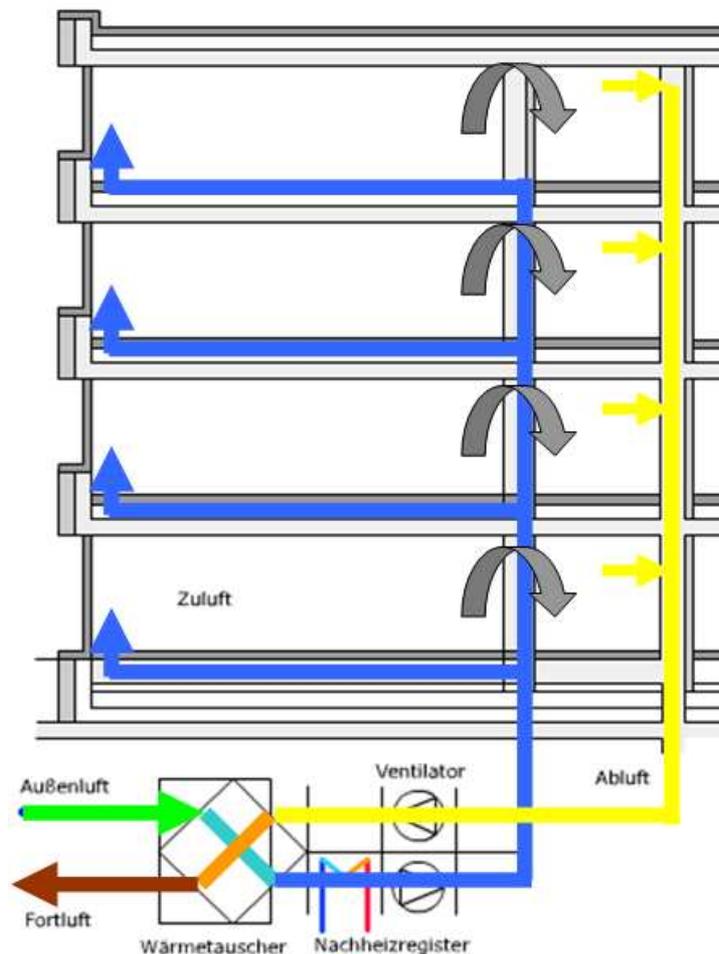


Abbildung 7.4: Schematische Darstellung einer zentralen Lüftungsanlage (www.energiesparschule.de; Darstellung adaptiert)

Bewertung zentrale Lüftungsanlage¹⁶:

Lufttransport/Verteilsystem

- + Luftansaugung gut positionierbar, unabhängig von Fassadenausrichtungen
- + Eingriff in die Fassade nicht unbedingt erforderlich; ausschließlich eine Zu- und eine Abluftöffnung notwendig
- + Unproblematischer Witterungsschutz von Ansaug- und Fortluftöffnung
- + Schallschutz vor Außenlärm leicht realisierbar
- + Einfache Einbindungsmöglichkeit eines zentralen Luft- oder Sole-Erdwärmetauschers
→ Anhebung der Außenlufttemperatur und Energieeinsparungen im Winter, Senkung der Außenlufttemperatur im Sommer (kein Wärmeeintrag über Lüftung)
- + Gang-/Erschließungsflächen können einfach mitbelüftet werden
- Baulicher Aufwand hoch (Zusätzlicher Platzbedarf für Lüftungszentrale und Verteilnetz)
- Verzweigtes Verteilsystem, komplexe Druckverhältnisse im Rohrsystem, aufwändige Planung und Einregulierung
- Hoher Flächenbedarf des Verteilsystems, vor allem bei großen Luftmengen
- Schwierige Luftverteilung im Bestand
- Höhere Anforderung beim Brandschutz bei Durchquerung mehrerer Brandabschnitte
- Hoher Planungs-, Abstimmungs- und Ausführungsaufwand zur Integration der Lüftung vor allem im Bestand.

Luftkonditionierung

- + Nichtelektrische Nachheizung der Zuluft auf Raumtemperatur problemlos möglich; dadurch geringeres Risiko von Kälteempfinden durch zu kühle Zuluft im Aufenthaltsbereich
- + Zu- und Abluftfilterung auch mit höheren Filterklassen uneingeschränkt möglich
- + Vollklimatisierung möglich (wenn auch nicht empfohlen)
- + Einsatzmöglichkeit einer zentralen Befeuchtung und damit jederzeitige Sicherstellung bestimmter Raumlufftfeuchten
- Risiko der Geruchsübertragung bei zentraler Abluft (frühzeitige Abklärung diesbezüglich nötig, geringere Flexibilität hinsichtlich Nutzungsänderungen im Betrieb)

Energetische Kriterien

- + Energieaufwand für die Bereitstellung der Luft auf Raumtemperaturniveau aufgrund des Einsatzes der Wärmerückgewinnung, einer möglichen Erdvorwärmung und eines zentralen Nachheiz-/Kühlregisters sowie der frei wählbaren Ansaugdurchlässe gering
- + Thermische Verteilverluste gering bei ausschließlicher Konditionierung auf Raumtemperaturniveau

¹⁶ Vgl. www.rlt-geraete.de, Stand Jänner 2008

- Höherer Druckverlust des Verteilsystems aufgrund großer Leitungslängen, Formstücken, sowie div. Einbauten (Drosseleinrichtungen, Nachheizregister, Brandschutzklappen, ...) und damit höherer Strombedarf
- Wirkungsgrad der Ventilatoren/Antriebe sehr von Bauart abhängig; prinzipiell sind größere Ventilatoren deutlich effizienter als Kleinventilatoren gleicher Technologie. Zur Erreichung der erforderlichen Energieeffizienzstandards sind Direktantriebe mit EC-Motoren erforderlich; in der Praxis werden oft noch AC-Motoren eingesetzt, die einen schlechten Wirkungsgrad im Teillastbetrieb aufweisen. Die begrenzten Platzverhältnisse und der Kostendruck verleiten zu einer zu knappen Dimensionierung der Geräte. Daraus resultieren hohe interne Druckverluste und Leckagen.

Nutzung und Regelungsaufwand

- + Zentrale Steuerung der gesamten Anlage leicht möglich (Konstantdruckregelung, Einfaches Ein- und Ausschalten der gesamten Anlage)
- + Durch Gas- bzw. Rauchsensor und Koppelung der Anlage mit der Brandmeldeanlage einfaches Abschalten der Gesamtanlage möglich
- + Aufwand für Einbindung in Energiemanagement gering
- Aufwändige individuelle Regelung der Luftmengen für einzelne Wohnungen. Insbesondere wenn die Betriebszustände abwesend (Grundlüftung), anwesend (Normallüftung) und hohe Belegung (Intensivlüftung) unterschieden werden sollte.

Wartung und Betrieb

- + Geringer Aufwand bei Wartung und Instandhaltung aufgrund des zentralen Technikraumes (Filterwartung, usw.)
- + Zugänglichkeit durch den zentralen Technikraum leicht möglich
- + Funktionskontrolle durch Aufschaltung auf zentrale Leittechnik leicht möglich
- Höherer Aufwand für Brandschutz aufgrund Durchdringung von Brandabschnitten
- Anlagensicherheit gering, da bei Ausfall gesamtes Gebäude/Zone betroffen ist; besonders problematisch bei Konzepten, in denen Heiz- bzw. Kühlenergie über die Lüftung eingebracht wird
- Aufwändige Reinigung (Rohrreinigung)

Medienversorgung

- + Versorgung mit Heiz-/Kühlenergie durch zentrales Heiz-/Kühlregister einfach möglich
- + Kondensatabfuhr leicht realisierbar, da zentral im Technikraum
- + Stromzufuhr und Steuerleitungen für das Lüftungsgerät durch zentralen Technikraum leicht realisierbar
- + Autarke Wärmeerzeugung leicht möglich
- Bei Heiz- und Kühlfunktion der Lüftungsanlage große Verteilverluste durch große Oberflächen der Lüftungsleitungen

Hygiene

- + Hochwertige Filtertechnik leicht einsetzbar (mehrstufig, große Filterflächen usw.)
- + Hohe Filterstandzeit aufgrund großer Filterfläche möglich
- + Luftqualität durch frei wählbare Ansaugung hoch
- + Luftkurzschluss zwischen Außen- und Fortluft, aufgrund frei wählbarer Luftdurchlässe einfach verhinderbar
- + Verschmutzung des Verteilsystems durch hochwertige Filterung und bei regelmäßiger Wartung gering
- + Durchfeuchtung der Außenluftfilter konstruktiv leichter auszuschließen
- Rohrreinigungen aufwändig

7.3.2 Semizentrale bzw. kombinierte Lüftungsanlage

Funktionsweise: Ausgehend von einer zentralen Ansaugung an geeigneter Stelle wird die Außenluft in einen Technikraum geführt. In diesem Technikraum wird die Außenluft gefiltert und durch Wärme- und gegebenenfalls Feuchterückgewinnung, aktive Befeuchtung und Kühlung aufbereitet. Die so aufbereitete Zuluft wird im Gebäude verteilt und den einzelnen Zonen (stockwerksweise od. bereichsweise) zugeführt, wobei die Ventilatoren des zentralen Lüftungsgerätes ausschließlich einen Druckausgleich im Verteilsystem realisieren (Regelung auf 0 Pascal Differenzdruck zur Umgebung im Hauptstrang bzw. Steigstrang). In diesen Zonen befinden sich weitere dezentrale Geräteeinheiten, welche die Zuluft auf den in dieser Zone benötigten Luftzustand konditionieren (z.B. Nachheiz-/Nachkühlregister, Stützventilatoren zur bedarfsorientierten Luftversorgung, usw.) Die verbrauchte Luft des Bereichs wird innerhalb der Zone über die dezentralen Geräte dem Abluftstrang zugeführt, der die verbrauchte Luft wieder zum zentralen Lüftungsgerät bringt. Über die Wärme- bzw. gegebenenfalls Feuchterückgewinnung (Enthalprierückgewinnung) des zentralen Lüftungsgerätes wird der Zuluft die in der Abluft vorhandene Energie bzw. Feuchte zugeführt. Die abgekühlte und gegebenenfalls entfeuchtete Luft wird an geeigneter Stelle ins Freie geführt.

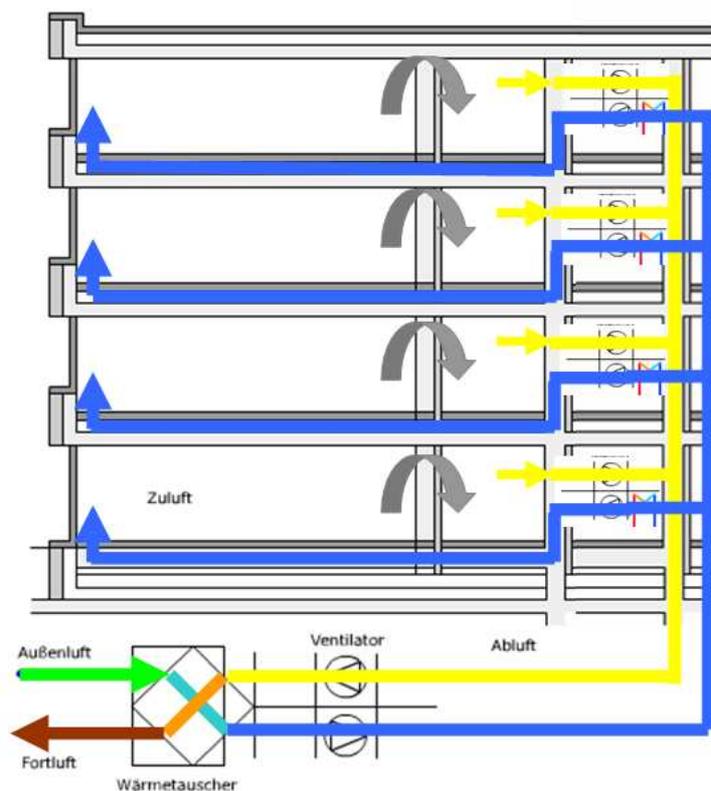


Abbildung 7.5: Schematische Darstellung einer semizentralen Lüftungsanlage (www.energiesparschule.de; Darstellung adaptiert)

Abwandlungen dieses Prinzips mehr in Richtung zentrale Anlage (wenn z.B. die dezentralen Nachbehandlungseinheiten keinen Ventilator mehr beinhalten) oder mehr in Richtung dezentrale Anlage (wenn z.B. auf eine zentrale Luftaufbereitung verzichtet wird und die Geschosse oder größere Zonen von einzelnen Lüftungsgeräten versorgt werden) sind möglich und immer von den jeweiligen Randbedingungen abhängig. Dementsprechend ändern sich auch die Vor- und Nachteile.

7.3.3 Dezentrale, wohnungsweise Lüftungsanlage

Funktionsweise: Ausgehend von einer dezentralen Ansaugung an geeigneter Stelle wird die Außenluft zum wohnungswesisen Lüftungsgerät geführt, das sich innerhalb oder außerhalb der Wohnung (z.B. Gangbereich) befinden kann. Im Lüftungsgerät wird die Zuluft gefiltert und durch Wärme- und gegebenenfalls Feuchterückgewinnung (Enthalprierückgewinnung) aufbereitet. Die Zuluft wird auf die benötigten Nutzeranforderungen angepasst (z.B. Nachheiz-/Nachkühlregister, usw.) und in die Zulufräume geführt. Über den Überströmbebereich kommt die Luft zu den Ablufträumen und wird von dort wieder zum Lüftungsgerät geführt. Die abgekühlte und gegebenenfalls entfeuchtete Abluft wird an geeigneter Stelle ins Freie geführt.

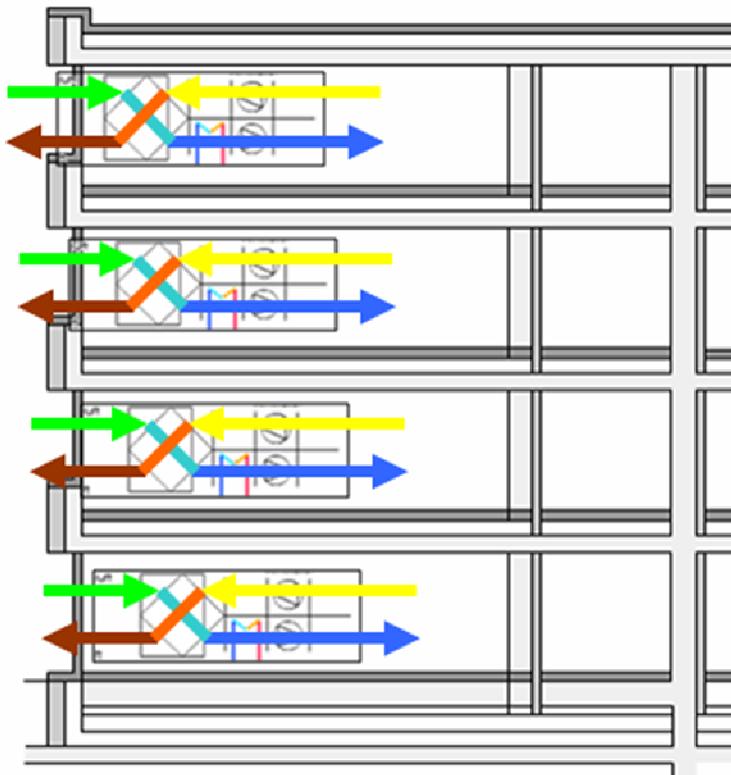


Abbildung 7.6: Schematische Darstellung einer dezentralen Lüftungsanlage (www.energiesparschule.de; Darstellung adaptiert)

Bewertung dezentrale, wohnungsweise Lüftungsanlage¹⁷:

Lufttransport/Verteilsystem

- + Einfache Integration der Lüftung auch im Bestand
- + Planungsaufwand vor allem bei Regelgeschossen mit ähnlichen Grundrissen gering
- + Baulicher Aufwand gering; Eingriff in das Bauwerk hauptsächlich nur bei den Wanddurchbrüchen
- + Flächenbedarf der Anlagen gering, wenn Deckengeräte und genügend Raumhöhe verfügbar sind
- + Kein oder nur minimales Verteilsystem
- + Einfache Druckverhältnisse durch kurzes Verteilsystem

¹⁷ Vgl. www.rlt-geraete.de, Stand Jänner 2008

- + Einfache Realisierung variabler Luftmengen (wie beim EFH)
- + Meist ist die Unterbringung des Systems in einem Brandabschnitt (innerhalb der Wohneinheit) möglich; daher keine besonderen Anforderungen an den Brandschutz
- Bei Unterbringung des Systems in einem Raum ist die Luftansaugung abhängig von der Fassadenausrichtung; daher keine Rücksichtnahme auf Außenluftverhältnisse möglich (z.B. stark befahrene Straße, Südseite, usw.)
- Kondensatabfluss des Gerätes oft aufwändig (je nach Aufstellungsraum)
- Eingriffe in die Fassade notwendig; eine Zu- und eine Abluftöffnung pro Lüftungsgerät ist erforderlich
- Wetterschutz von Außenluft- und Fortluftdurchlässen bei windzugewandten Fassaden verursacht zum Teil beträchtliche Probleme durch Niederschlagseintrag oder Vereisung; oftmals schwierig zu warten bzw. zu reinigen, da schlecht zugänglich
- Schall-, Wärme- und Feuchteschutz der Außenwanddurchlässe erfordert durchdachte Konstruktionen
- Schalldämmung des Gerätes aufwändig; → geringe Schallemissionen des Gerätes, angepasste Schalldämpfer
- Dezentrale Einbindungsmöglichkeit eines Erdwärmetauschers aufwändig (vorzugsweise Sole-Luft-Wärmetauscher)

Luftkonditionierung

- Aufgrund der dezentralen Versorgung der Lüftungsgeräte sind individuelle Heiz-/Kühlanforderungen möglich
- Einsatzmöglichkeit von dezentralen Befeuchtungsmodulen aufgrund des geringen Marktangebotes für Kleinanlagen schwierig; damit Sicherstellung bestimmter Raumluftfeuchten nur über Feuchterückgewinnung (Enthalpierückgewinnung), anlagenunabhängige Raumluftbefeuchter bzw. Drosselung der Luftmengen bei Akzeptanz der niedrigeren Raumluftqualität möglich
- Nachheizung der Zuluft auf Raumtemperatur anlagentechnisch nur über Strom einfach umsetzbar

Energetische Kriterien

- + Geringer Druckverlust aufgrund des sehr kleinen, wohnungsinternen kleinem Verteilungssystems
- + Verteilverluste generell gering, wenn sich die Geräte bzw. Heiz-/Kühlregister innerhalb der Wohnung befinden
- + Wärmebereitstellungsgrad von dezentralen, wohnungsweisen Geräten meist höher als von zentralen Anlagen
- + Theoretisch geringere Stromeffizienz der Kleinventilatoren gegenüber Großventilatoren gleicher Technologie. Der Effizienzvorteil von Großventilatoren geht aber durch die mit steigender Anlagengröße überproportional wachsenden Druckverluste verloren. In der Praxis wird daher ein minimaler Stromverbrauch bei wohnungsweisen Lüftungsanlagen bis hin zu kleinen zentralen bzw. semizentralen Lösungen (zwei bis ca. zehn Wohneinheiten je Gerät) erreicht.

Nutzung und Regelungsaufwand

- + Individuelle Wohnungsregelung/-steuerung einfach realisierbar
- + Abrechnung bzw. Verbraucherzuordnung immer gegeben

Wartung und Betrieb

- + Sukzessive Umsetzung bei der Renovierung einzelner Wohnungen möglich
- + Kein Aufwand für Brandschutz aufgrund weniger/keiner Durchdringungen von Brandabschnitten
- + Anlagensicherheit hoch, da bei Ausfall eines Gerätes nur eine Wohnung betroffen ist
- + Reinigung für jede Wohneinheit individuell möglich
- ± Zugänglichkeit hängt von der Unterbringung dieser Geräte ab
- Hoher Aufwand bei Wartung und Instandhaltung aufgrund der dezentralen Lüftungsgeräte (Filterwartung, usw.)
- Funktionskontrolle aufgrund der dezentralen Lüftungsgeräte und der individuellen Einstellmöglichkeiten schwierig

Medienversorgung

- Für die Versorgung mit Heiz-/Kühlenergie ist Anspeisung an zentrale Wärme-/Kältebereitstellung in jeder Wohnung erforderlich
- Bei Kondensatanfall Ableitung in Abfluss für jedes Gerät erforderlich

Hygiene

- Mehrstufige Filterung und große Filterflächen aufgrund des Platzbedarfs schwieriger realisierbar
- Geringere Filterstandzeit aufgrund kleinerer Filterfläche
- Zuluftqualität eingeschränkt, aufgrund nicht frei wählbarer Platzierung der Ansaugung und möglicher Kurzschlüsse mit der Fortluft
- Durchfeuchtung der Außenluftfilter aufgrund schwierigerer Ansaugsituation möglich
- Luftkurzschlüsse zwischen Fort- und Außenluft bei Fassadenintegration möglich

7.3.4 Dezentrale, raumweise Lüftungsanlage

Lufttransport/Verteilsystem

- + Einfache Integration der Lüftung auch im Bestand
- + Baulicher Aufwand gering; Eingriff in das Bauwerk hauptsächlich nur bei den Wanddurchbrüchen
- + Kein Flächenbedarf
- + Kein Verteilsystem
- + Einfache Realisierung variabler Luftmengen für jeden Raum
- + Keine besonderen Anforderungen an den Brandschutz
- Luftansaugung abhängig von der Raumausrichtung; daher keine Rücksichtnahme auf Außenluftverhältnisse möglich (z.B. stark befahrene Straße, Südseite, Ansaugung von Luft aus Fenstern darunterliegender Wohnungen, usw.)
- Winddruck auf Fassade problematisch für Volumenstrombalance (meist Ventilatoren mit flacher Kennlinie)
- Kondensatabfluss des Gerätes über die Fassade oft problematisch
- Vereisungsschutz oftmals nur über Abschaltung der Zuluft möglich (reiner Abluftbetrieb problematisch bei Feuerstätten und dichten Gebäudehüllen)
- Eingriffe in die Fassade notwendig (aber auch verdeckte Lösungen möglich, z.B. über die Fensterlaibung)
- Wetterschutz von Außenluft- und Fortluftdurchlässen oftmals schwierig zu warten bzw. zu reinigen, da schlecht zugänglich
- Schall-, Wärme- und Feuchteschutz der Außenwanddurchlässe erfordert durchdachte Konstruktionen
- Schallbelastung raumweiser Geräte meist höher wie von zentralen, semizentralen bzw. wohnungsweisen Anlagen
- Keine Einbindungsmöglichkeit eines Erdwärmetauschers

Luftkonditionierung

- Normalerweise keine zusätzliche Luftkonditionierung vorgesehen

Energetische Kriterien

- + Wärmebereitstellungsgrad von dezentralen, raumweisen Geräten meist niedriger als von anderen Systemen
- ± Theoretisch geringere Stromeffizienz der Kleinventilatoren gegenüber optimierten wohnungsweisen Anlagen bzw. Großventilatoren von Zentralanlagen. Durch die individuelle Luftmengenzuordnung für jeden Raum kann dies jedoch normalerweise wettgemacht werden.

Nutzung und Regelungsaufwand

- + Individuelle raumweise Regelung einfach realisierbar (manuell, Anwesenheit bzw. Zeitsteuerung)
- + Abrechnung bzw. Verbraucherzuordnung immer gegeben

Wartung und Betrieb

- + Sukzessive Umsetzung bei der Renovierung einzelner Wohnungen möglich
- + Kein Aufwand für Brandschutz aufgrund weniger/keiner Durchdringungen von Brandabschnitten
- + Anlagensicherheit hoch, da bei Ausfall eines Gerätes nur ein Raum betroffen ist
- ± Zugänglichkeit hängt von der Unterbringung dieser Geräte ab
- Hoher Aufwand bei Wartung und Instandhaltung aufgrund der dezentralen Lüftungsgeräte (Filterwartung, usw.)
- In Ruhe- und Schlafräumen aufgrund des Schalls nur bedingt einsetzbar
- Für untergeordnete bzw. kleine Räume (WC, Bad, Abstellraum) nicht wirtschaftlich
- Funktionskontrolle aufgrund der dezentralen Lüftungsgeräte und der individuellen Einstellmöglichkeiten schwierig

Medienversorgung

- ± Keine Konditionierung und damit keine Medienversorgung für raumweise Geräte vorgesehen

Hygiene

- Geringere Filterqualität und Filterstandzeit aufgrund kleinerer Filterfläche
- Zuluftqualität eingeschränkt, aufgrund nicht frei wählbarer Platzierung der Ansaugung und möglicher Kurzschlüsse mit der Fortluft
- Durchfeuchtung der Außenluftfilter aufgrund schwierigerer Ansaugsituation möglich
- Luftkurzschlüsse zwischen Fort- und Außenluft möglich

7.3.5 Bewertung der Lüftungssysteme in Wohnungen

Eine vergleichende Bewertung für die vier Lüftungssysteme gemäß Minergie/SIA 2023 bietet in der Schweiz die Stadt Zürich.

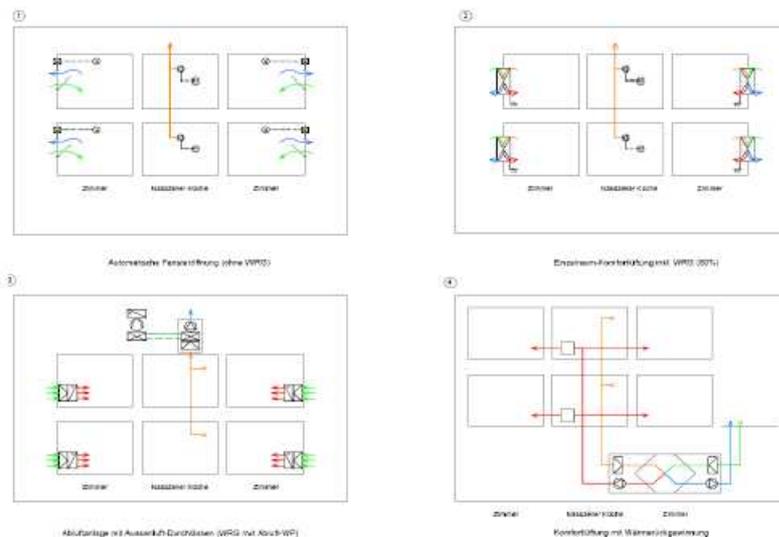


Systemvergleich Standard-Lüftungssysteme

Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik
Stand 4.1.2010

Hauptsystem	Systemwahl	Gewichtung	Bewertung	Nutzwert	Einzelraumlüftungen		Abluftanlagen	Komfortlüftung		Bewertungsdefinitionen (1-6)		
					Autonomsche Fensterlüftung (System 1)	Einzelraum-Komfortlüftung (System 2)	Abluftanlage mit Auswisch-Durchlässen (System 3)	Komfortlüftung mit Auswisch-Durchlässen pro Nutzungseinheit (System 4, dezentral)	Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung pro Gebäude (System 4, zentral)	Bewertung Minimal (1)	Bewertung Mittel (2)	Bewertung Maximal (3)
Anforderungen/Kriterien												
Energie												
Energie 25												
Luftförderung 5 0 0 gering gering gering mittel hoch zentrale Anlage dezentrale Anlagen Anlage pro Zimmer												
Wärmebedarf (netto) 15 0 0 hoch hoch mittel gering sehr gering ohne WRG < 85 % ohne WRG > 85 % WRG > 85 %												
Nachtskühlung (Freie Kühlung) 2 0 0 gut möglich möglich möglich möglich möglich kleine Lüftmenge mittlere Lüftmenge grosse Lüftmenge												
Materialaufwand (Graue Energie) 3 0 0 tief mittel mittel mittel hoch viele Kanäle wenig Kanäle keine Kanäle												
Hygiene												
Herausfiltern Staub und Feinstaub 3 0 0 nicht möglich möglich möglich gut möglich sehr gut möglich kein Filter einfache Filter hochwertige Filter												
Luftqualität (< 1350 ppm CO2) 7 0 0 teilweise kontrolliert kontrolliert nicht kontrollierbar kontrolliert kontrolliert nicht kontrollierbar teilweise kontrollierbar kontrolliert												
Garantie Gerüche, Schadstoffe (Raum) 5 0 0 nicht kontrollierbar kontrolliert teilweise kontrolliert kontrolliert kontrolliert ohne Kontrolle kontrolliert mit Steuerung												
Behaglichkeit												
Raumfeuchte (> 30 % r.F.) 2 0 0 nicht möglich bedingt möglich nicht möglich bedingt möglich möglich keine Garantie < 30% mit Befuchtung												
Luftgeschwindigkeit (< 0.15 m/s) 2 0 0 Luftzug wahrscheinlich kein Luftzug Luftzug möglich kein Luftzug kein Luftzug Zugerscheinungen fast keine Zugerschein. keine Zugerschein.												
Aussenlärm abschirmen 3 0 0 nicht möglich bedingt möglich bedingt möglich gut möglich gut möglich offene Durchgänge kleine Schalldämpfer gute Schalldämpfer												
Luft- und Körperschat (System) 3 0 0 bei allen Systemen zu beachten ungelöst teilweise gelöst gelöst												
Wirtschaftlichkeit												
Kapitalkosten (Zins, Nutzungsdauer) 8 0 0 bei teilweise zu ermitteln maximal mittel minimal												
Raumplatzbedarf (Ziel max. NF) 2 0 0 gut gut mittel schlecht schlecht viel Platzbedarf mittlerer Platzbedarf wenig Platzbedarf												
Nutzungsflexibilität (Modularität etc.) 4 0 0 hoch hoch mittel mittel bef. eine grosse Anlage Einige mittlere Anlage viele kleine Anlagen												
Wartungskosten 6 0 0 sehr gering sehr hoch mittel mittel mittel viele Filter, lange Luftwege F., mit. Luftwege keine F., mit. Luftwege												
Energiekosten Luftförderung 2 0 0 gering gering gering mittel hoch lange Luftwege mittlere Luftwege kurze Luftwege												
Energiekosten Wärme 6 0 0 hoch mittel gering gering gering WRG < 85 % WRG > 85 %												
Nutzung												
Betriebsfreundlich (Zugänglichkeit) 3 0 0 innerhalb Nutzung innerhalb Nutzung teilweise in. Nutz. teilweise in. Nutz. aussenhalb Nutzung in jedem Zimmer 1 x innerhalb Nutzung aussenhalb Nutzung												
Bedienung (Einfachheit) 3 0 0 mittel mittel einfach mittel mittel kompliziert mittel einfach												
Benutzerfreundlich (Einfussnahme) 2 0 0 bedingt möglich sehr gut möglich bedingt möglich gut möglich nicht möglich nicht möglich bedingt möglich gut möglich												
Benutzergerecht (Verursacherprinzip) 2 0 0 möglich möglich bedingt möglich gut möglich nicht möglich nicht möglich bedingt möglich gut möglich												
Vorgaben												
Aufwand Brandschutzmassnahmen 2 0 0 mittel hoch mittel mittel gross gross mittel klein												
Grundhaltung Sauersterverbreitung 3 0 0 keine Richtlinien Gebäudetechnik und Standards der Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik												
Bauliche Anforderungen												
baulicher Aufbau 2 0 0 klein mittel mittel gross sehr gross gross mittel klein												
Einbruchschutz 1 0 0 eingeschränkt gut gut gut gut nicht möglich eingeschränkt gut												
Erschliessung (Kerne) 2 0 0 mittlerer Platzbedarf wenig Platzbedarf mittlerer Platzbedarf hoher Platzbedarf sehr hoher Platzb. zentral pro zone dezentral												
TOTAL GEWICHTUNG												
100 0												
Notwendige Schnittstelle zu Systemen												
Elektroninstallationen x x x x x												
Heizung (bei gewünschter Vor- und Nachwärmung) x x x x x												
Kälte (nur in Ausnahmen zur Kühlung / Entfeuchtung) x x x x x												
Fenster / Fassadenbauer x x x x x												
Sanitär (Kondensatablauf, Warmwasser, evtl. Befuchtung) x x x x x												
Gebäudeautomation (falls gewünscht) x x x x x												

Die vier Systeme gemäss MINERGIE / SIA 2023



Kommentare zu den Gewichtungen

- 1) Voraussetzung bei SYS 3 ist WRG mit WP - ansonsten wird Bewertung 'hoch'
- 2) Voraussetzung für SYS 1: Querlüftung möglich - ansonsten Bewertung 'mittel'
- 3) SYS 3 ist ohne Vorwärmung der Abluft gerechnet, ansonsten wird Bew. 'hoch'
- 4) Die Luftströmung bei SYS 3 ist abhängig von offenen / gesch. Zimmertüren
- 5) Gerüche fallen meist in den kontrolliert entlüfteten Räumen (Küche / WC) an
- 6) SYS 2 und SYS 4 mit Enthalptaustausch / SYS 4 2 mit Befuchtung möglich
- 7) Die Wartungskosten sind von den Filtern, und den Leitungslängen abhängig
- 8) Bei SYS 1 ist analog SYS 3 Platz und Energie für die Lüftung der getragenen Räume nötig

Bemerkungen

Generell:

Keine Art von Lüftungseinrichtung (z. B. Dunstabhaube) darf einen Unterdruck verursachen, der die Funktion einer Feuerung (Öfenheizung) stört. Die Nachströmöffnung muss so gelöst werden, dass kein Unterdruck entsteht. Die SIA 2023 zeigt die Einsatzgrenzen der verschiedenen Systeme auf.

Automatische Fensteröffnung ohne WRG:

Bei tiefen Aussen temperaturen bezüglich Komfort und Energiebedarf problematisch. In Schulen nur im Sinne einer Pausenlüftung im Bezug auf Komfort auch bei tiefen Aussen temperaturen unproblematisch. Bei Aussenlärmbelastungen sind die Vorschriften gemäss Lärmschutzverordnung (LSV) nicht immer einhaltbar. Räume ohne Fenster (z. B. getragene WC's) müssen mit einem zusätzlichen System gelüftet werden.

Dezentrale Aussenlüftungen (2 + 3):

Je nach brandschutztechnischen Auflagen (z. B. Bauten höher 35m + Hochhausbauten) und Konstruktion der Fassade (z. B. ohne Brüstung) nur mit erheblichem Mehraufwand im technischen Brandschutz (BSK, Sprinkler etc.) machbar. Bei hohen und/oder exponierten Windlagen nur bedingt machbar (Über-/Unterdruckkompensation notwendig).

Zentrale Anlage (4):

Geruchsübertragung durch Über-/Unterdruck zwischen verschiedenen Nutzungseinheiten (Wohnungen) vermeiden (z. B. dichte Steckdosen).

Abbildung 7.7: Systemauswahl der Stadt Zürich

Die Systemauswahl steht unter www.stadt-zuerich.ch bzw. auch unter www.komfortlüftung.at zum kostenlosen Download zur Verfügung.

7.4 Kaskadenprinzip

Das Kaskadenprinzip bei Lüftungsanlagen dient der Luftmengenoptimierung und der Reduktion der Investitionskosten. Die Luftmengenoptimierung verringert die Lüftungsverluste und reduziert die Gefahr von zu niedrigen Luftfeuchtigkeiten bei sehr kalten Außentemperaturen. Durch die gerichtete Luftführung in der Wohnung von den Zuluft- über die Überströmbereiche hin zu den Ablufträumen kann der Aufwand für die Luftleitungen reduziert werden, da nur mehr die Zuluft- bzw. die Ablufträume mit einer Leitung versorgt werden müssen. Würde man in den einzelnen Räumen jeweils gleichzeitig Zu- und Abluft installieren, so ergäbe sich ein deutlich erhöhter Verrohrungsaufwand und die Luftmengen für die Gesamtwohnung würden auf ca. das Doppelte anwachsen.

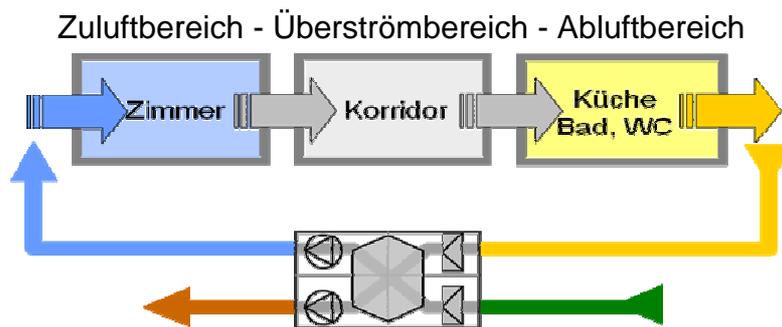


Abbildung 7.8: Kaskadenprinzip (Quelle: Heinrich Huber, Minergie CH)

Im optimierten Fall wird das Wohnzimmer in den Überströmbereich integriert:

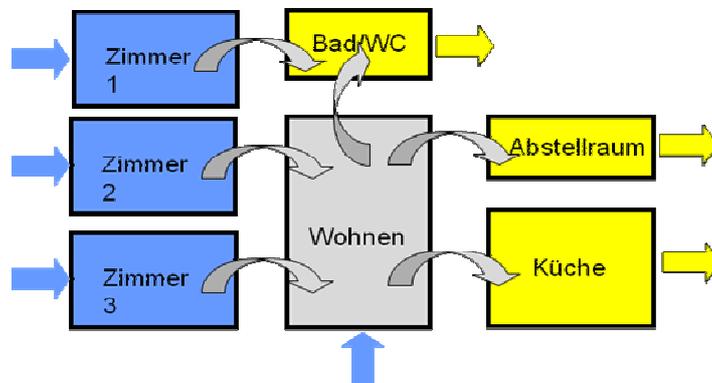


Abbildung 7.9: Kaskadenprinzip (Quelle: Heinrich Huber, Minergie CH)

In der ÖNORM H 6038:2006 sind folgende Nutzungszwecke den verschiedenen Bereichen zugeordnet:

Tabelle 7.2: Zuordnung der Zonen nach ÖNORM H 6038:2006

Zone	Verwendungszweck, Nutzung
Zuluftbereiche	Wohn-, Schlaf-, Kinder-, Esszimmer
Überströmbereiche	Flur, Diele, Treppenhaus
Abluftbereiche	Bad, Toilette, Lagerraum, Küche, Flur

Hinweise zur Optimierung der Kaskadennutzung und deren Auswirkungen auf die Grundrissgestaltung finden Sie bei den 60 Qualitätskriterien.

7.5 Lüftungsprinzipien

Man unterscheidet grundsätzlich zwei verschiedene Lüftungsprinzipien: die Verdrängungslüftung und die Verdünnungslüftung. Folgende Abbildung zeigt die Einteilung der Lüftungsprinzipien.

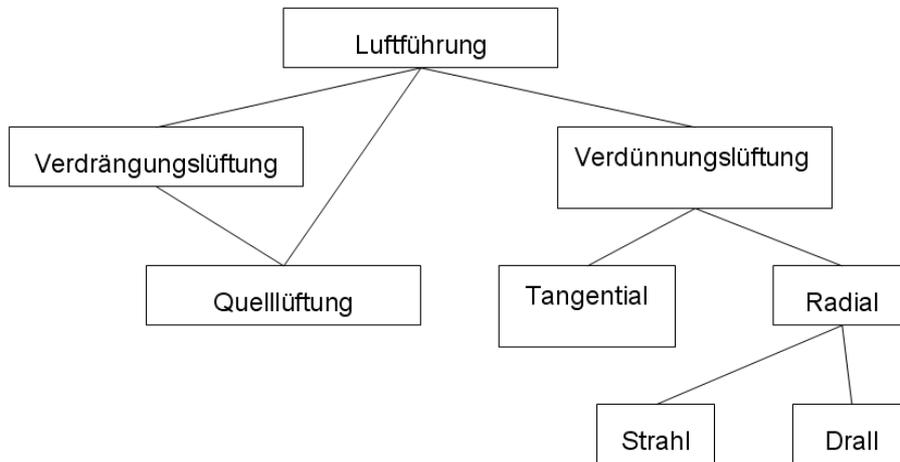


Abbildung 7.10: Einteilung der Lüftungsarten (vgl. Recknagel et al. 2007/2008)

Im Wohnungsbereich hat sich mittlerweile gezeigt bzw. wurde durch zahlreiche Simulationen und Messungen nachgewiesen, dass die Luftbewegung im Raum wesentlich mehr von externen Faktoren, wie z.B. Personen, Heizflächen, solare Einstrahlung, als vom Lüftungssystem abhängig ist. Die Luftmengen, die beispielsweise durch Konvektion an Heizflächen bewegt werden, betragen ein Vielfaches der Luftmenge des Lüftungssystems.

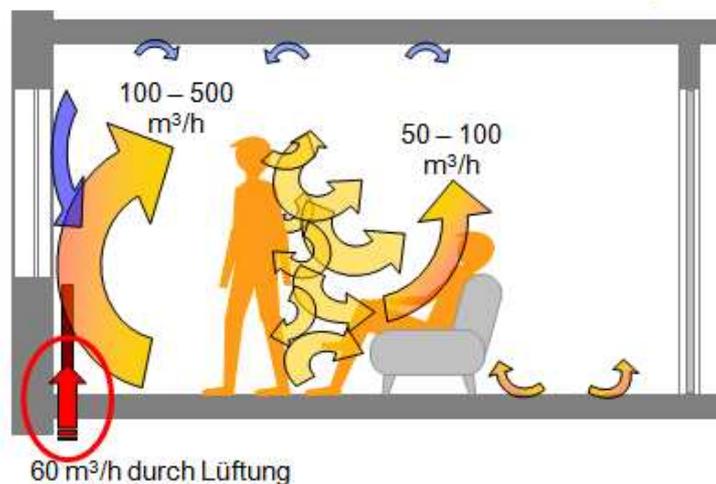


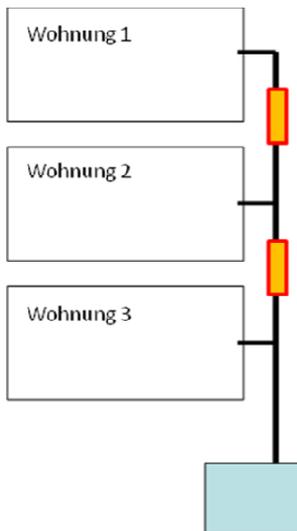
Abbildung 7.11: Luftströmungen in einem typischen Raum (Quelle: Heinrich Huber, Minergie CH)

Der Wahl des Lüftungssystems, d.h. Quell- oder Induktionslüftung, kommt daher bei Wohnraumlüftungen eine untergeordnete Rolle zu. Beide Arten sind relativ gleichwertig. Theoretisch ergäbe sich bei der Quelllüftung eine etwas bessere Lüftungseffektivität, die in der Praxis aber durch die restlichen Raumluftströmungen gestört wird. Bei Luftheizungen ist jedoch immer eine Induktionslüftung einzusetzen.

7.6 Luftleitungen - Verteilprinzip

Beim Verteilprinzip der Luftleitungen zu den einzelnen Wohnungen bzw. den einzelnen Räumen unterscheidet man zwischen Sternverrohrung und einer Verrohrung mit Abzweigern. Es können in einem MFH auch beide Verrohrungsarten zugleich vorkommen, z.B. Verteilung zu den Wohnungen mit Abzweigern und Verteilung innerhalb der Wohnungen als Sternverrohrung.

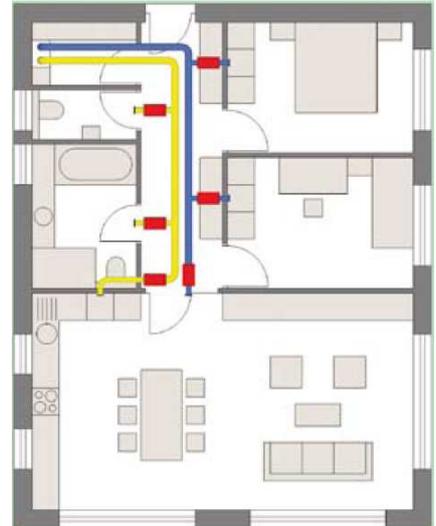
Verrohrung mit Abzweigern:



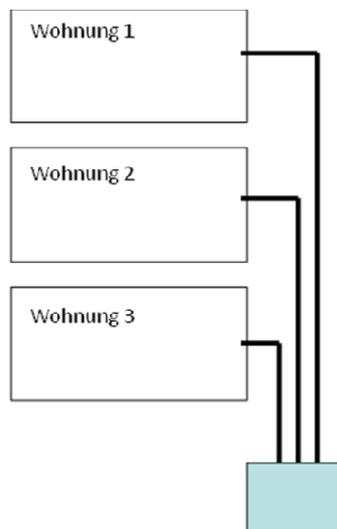
Bei der Verrohrung mit Abzweigern werden ausgehend von einer oder mehreren Hauptluftleitungen zu den Wohnungen bzw. den einzelnen Räumen abgezweigt. Es müssen aber Telefoneschalldämpfer zwischen den Wohnungen bzw. den Räumen eingesetzt werden.

Vorteil:

- kurze Leitungslängen



Sternverrohrung:

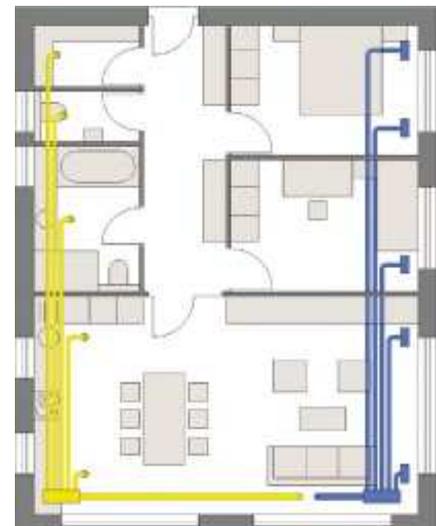


Bei der Sternverrohrung werden ausgehend von einem zentralen Verteiler die Luftleitungen sternförmig zu den Wohnungen bzw. Räumen geführt.

Vorteil:

- einfachere Reinigung
- einfachere Einregulierung
- geringere Rohrquerschnitte
- einfachere Umwandlung eines Abluftraumes in einen Zu-
luftraum

- Telefoneschalldämpfer kann eventuell entfallen



Grundsätzlich kann man nicht sagen, dass ein System besser ist als das andere. Letztendlich entscheidet das Gesamtkonzept. Bei in die Betondecke eingelegten Luftleitungen kommt zum Beispiel aufgrund der Rohrquerschnitte fast ausschließlich die Sternverrohrung zur Anwendung. Bei Sanierungen bzw. der Rohrleitungsführung in der abgehängten Decke wird meist das System mit Abzweigern ausgeführt.

7.7 Luftheizung im MFH

Als Passivhäuser werden Gebäude bezeichnet, die am Standort einen spezifischen Heizwärmebedarf von max. 15 kWh/(m².a) nach Passivhausprojektierungspaket (PHPP) bezogen auf die Nutzfläche aufweisen. Luftheizungen sind grundsätzlich nur in Passivhäusern ausreichend, bei denen die Beheizbarkeit mit der Luft mit dem PHPP nachgewiesen wird (dies bedeutet eine spezifische Heizlast unter ca. 10 W/m² Nutzfläche). Nur bei Einhaltung des PHPP-Nachweises besteht die theoretische Möglichkeit, das Objekt mit der hygienischen Zuluftmenge auch zu beheizen. Zu beachten ist, dass es auch eine raumweise Überprüfung der Beheizbarkeit innerhalb des PHPP gibt. Bei Gebäuden mit höheren Heizlasten Heizlasten außerhalb des Passivhausstandards ist dies grundsätzlich nicht möglich, ohne die Lufttemperaturen oder die Luftmengen in unerwünscht hohe Bereiche hinauf zu treiben. Vielfach wird jedoch fälschlicherweise behauptet, dass ein Passivhaus grundsätzlich mit der Luft beheizt werden muss. Das ist ein Missverständnis. Die Definition eines Passivhauses bezieht sich ausschließlich auf den spezifischen Heizwärmebedarf, bzw. auf die spezifische Heizlast jedoch nicht auf das eingesetzte Heizsystem. D.h. auch bei einer konventionellen Heizung bzw. Wärmeverteilung ist ein Gebäude immer noch ein Passivhaus, wenn es den spezifischen Grenzwert für den Heizwärmebedarf von 15 kWh/(m².a) bzw. die weiteren Grenzwerte nach den Berechnungsgrundlagen des Passivhausinstitutes einhält.

Die Diskussion über die Luftheizung wird oft sehr kontrovers geführt, wobei die oft ins Treffen geführten Aspekte, wie z.B. reine Konvektionsheizung*, eingeschränkte individuelle Regelbarkeit**, keine Leistungsreserven für Aufheizvorgang bzw. Ausheizvorgang im 1. Winter*** geringe Fehlertoleranz****, etc. nur teilweise zutreffen bzw. durch ergänzende Maßnahmen vermieden, bzw. gemildert werden können.

*Reine Konvektionsheizung: Die Decke wirkt aufgrund der Erwärmung durch die warme Zuluft als Flächenheizkörper.

**Eingeschränkte Regelbarkeit: Individuelle Nachheizregister in jedem Raum (z.B. durch zusätzliches kleines Wasser-Verteilssystem oder elektrisch) ermöglichen eine individuelle Regelbarkeit.

***Da die Temperatur in einem Passivhaus in der Nacht nicht abgesenkt wird (bringt nur bei schlechten Gebäuden eine Energieersparnis) ist auch keine spezielle Aufheizleistung notwendig. Bei Wohnungsübergaben im Winter bzw. für den „Ausheizvorgang“ in der ersten Heizperiode muss jedoch die fehlende Leistung anderweitig, meist elektrisch zur Verfügung gestellt werden.

****Durch die begrenzte Heizleistung werden Fehler sofort sichtbar – dies kann als Vor- oder Nachteil gesehen werden.

Finanziell bietet die Luftheizung jedoch die Möglichkeit der Kostenersparnis auf der Investitionsseite, da das wassergeführte Wärmeabgabesystem in der Wohnung vermieden werden kann. Dennoch wird die Luftheizung, zumindest in Österreich, im Mehrfamilienwohnhaus so gut wie nicht mehr angewendet. Die Vorbehalte der Nutzer und die Einschränkungen des Systems wiegen den Kostenvorteil nicht auf. Die Einschränkung des Systems besteht vor allem in der Koppelung von Luftmenge und Heizleistung, sodass nicht beides voneinander unabhängig gewählt werden kann. Die meisten Bauträger, die bisher Luftheizungen umgesetzt haben, sind bei ihren Bauobjekten mittlerweile wieder auf getrennte Systeme für Lüftung und Heizung umgestiegen. Die Kostenersparnis der Luftheizung ist insbesondere bei zentralen Lüftungsanlagen zu gering, um die Einschränkungen aufzuwiegen.

7.8 Arten der Wärme- bzw. Feuchterückgewinnung

Eine wichtige Maßnahme zur Energieeinsparung einer Lüftungsanlage ist die Möglichkeit, die Energie der Abluft zurückzugewinnen. Unterschieden wird zwischen:

1. Rekuperative Wärmeübertragung (z.B. Plattenwärmetauscher)
2. Regenerative Wärmeübertragung (z.B. Rotationswärmetauscher)

Im Mehrfamilienwohnhaus wurden aufgrund der möglichen Geruchsübertragung bisher fast ausschließlich rekuperative System eingesetzt.

Theoretisch ist nicht immer der größte Wärmerückgewinnungsgrad der wirtschaftlichste, da die Kapitalkosten und der Druckverlust steigen. Von besonderem Einfluss ist dabei die jährliche Betriebsstundenzahl. Je größer die Betriebsstundenzahl, umso höher kann auch der Wärmerückgewinnungsgrad sein. Gewöhnlich liegt das Optimum der Wärmerückgewinnung zwischen 0,5 und 0,8 (vgl. Recknagel et al. 2007/2008). Durch die hohen Betriebsstunden einer Wohnraumlüftungsanlage ist normalerweise jedoch immer die Anlage mit der höchsten Wärmerückgewinnung auch die wirtschaftlichste. Zwei wesentliche Effekte sind dennoch zu beachten:

- Zusätzlicher Strombedarf durch höheren Druckverlust
- Veränderung der Vereisungstemperatur des Wärmetauschers und dessen energetische Auswirkungen

Zusammenhang Wärmerückgewinnung – Druckverlust – Stromkosten:

Eine höhere Wärmerückgewinnung ohne eine Vergrößerung des Lüftungsgerätes führt bei gleicher Wärmerückgewinnungstechnologie zwanghaft zu einem höheren Druckverlust (z.B. engere Lamellen). Dieser höhere Druckverlust bewirkt einen höheren Strombedarf, der proportional zum Druckverlust steht. Z.B. + 10 Pa Druckverlust bedeuten bei einem Gesamtwirkungsgrad der Ventilatoreinheit von 65 % einen zusätzlichen Strombedarf von ca. 15 ($W \cdot m^{-3} \cdot s$) bzw. 0,0042 ($W \cdot m^{-3} \cdot h$) (Erläuterung der Zusammenhänge von Druckverlust und Strombedarf siehe Kapitel: SFP - Spezifischer Ventilator Strombedarf)

Geht man von einem durchgehenden Betrieb von 8.760 Std. pro Jahr (24h x 365 Tage) für eine Wohnraumlüftung aus, so bedeutet ein zusätzlicher Druckverlust von 10 Pa einen zusätzlichen Strombedarf von ca. 0,037 kWh/a pro m^3/h . Für ein Lüftungsgerät mit einem Betriebsluftvolumenstrom (Nennluftmenge) von 4.000 m^3/h und einem zusätzlichen Druckverlust durch den Wärmetauscher von 10 Pa entspricht dies ca. 150 kWh/a.

Die Einsparung an Wärmeenergie muss bei einer wirtschaftlichen Betrachtung um den Faktor von Strompreis zu Wärmepreis und bei einer primärenergetischen Betrachtung um den Primärenergiefaktor höher sein.

- Bei einem Strompreis von 17 Cent pro kWh und einem Wärmepreis von 7 Cent pro kWh ergibt dies den Faktor von 2,45.
- Bei einem Primärenergiefaktor für Strom von 2,7 und für Heizöl von 1,1 ergibt sich ebenfalls ein Faktor von 2,45

Die Wärmerückgewinnung muss daher bei diesem Beispiel ca. 370 kWh/a mehr an Wärme zurückgewinnen damit dies wirtschaftlich bzw. primärenergetisch sinnvoll ist. Beim österreichischen Standardklima für den Energieausweis bedeutet dies, dass die Wärmerückgewinnung um nicht ganz 1 % ansteigen muss, um den höheren Strombedarf durch einen um 10 Pa höheren Druckverlust des Wärmetauschers auszugleichen.

Fazit: Eine höhere Wärmerückgewinnung um 1 % beim Standardklima darf maximal zu einer Druckerhöhung um 10 Pa führen, um einen positiven wirtschaftlichen bzw. primärenergetischen Effekt zu bewirken. Dies ist im Normalfall meist gegeben. D.h. höhere Wärmerückgewinnungsgrade sind aufgrund der langen Betriebsdauer von Wohnraumlüftungen meist wirtschaftlich. Mit Lebenszyklusrechnern von Herstellern lässt sich das Optimum einfach ermitteln.

Zusammenhang Wärmerückgewinnung – Frostschutz und Vorwärmkosten:

Durch eine höhere Wärmerückgewinnung kommt es zu einer früheren Vereisung des Wärmetauschers. Wird der Vereisungsschutz durch einen Erdwärmetauscher gewährleistet, ist kein wesentlicher zusätzlicher Energieaufwand damit verbunden. Es muss nur der Erdwärmetauscher an die entsprechende Temperatur angepasst werden. Da aber ein Erdwärmetauscher grundsätzlich auf eine Temperatur von ca. -2°C ausgelegt werden sollte, um auch bei späteren Änderungen der Anlagentechnik einen gesicherten Frostschutz zu gewährleisten, ist hier kein wesentliche Auswirkung gegeben.

Wird der Frostschutz aber durch ein Vorheizregister gewährleistet, so ist der zusätzliche Wärme- bzw. Strombedarf für das Vorheizregister mit der Einsparung an Wärmeenergie gegenzurechnen. Eine Verbesserung der Wärmerückgewinnung um 10 % bei einem Plattenwärmetauscher bewirkt nach dem österreichischen Energieausweis eine Erhöhung der Vereisungstemperatur um ca. $1,4^{\circ}\text{C}$.

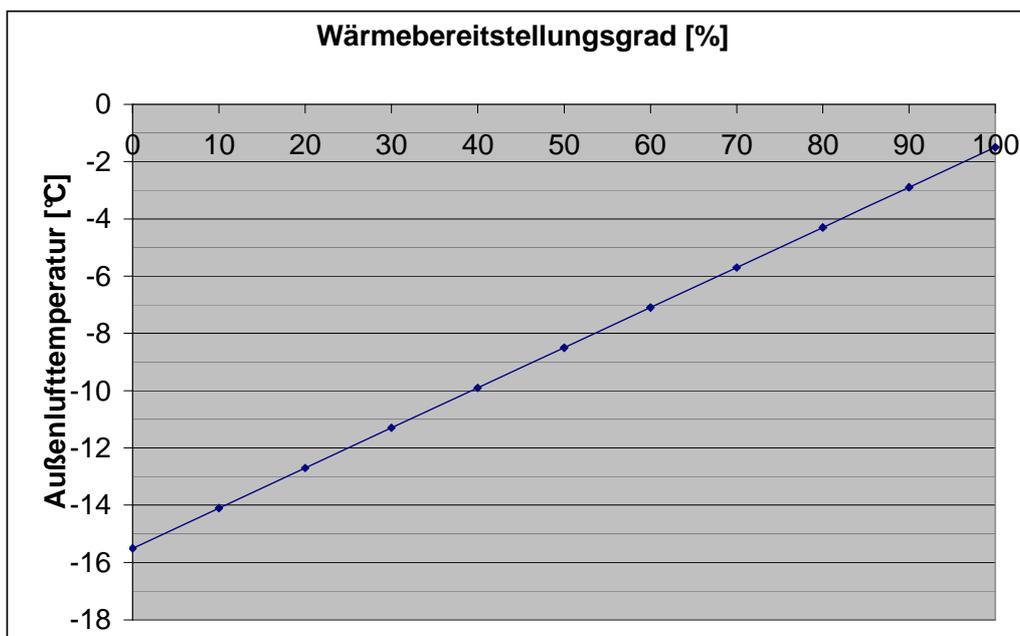


Abbildung 7.12: Vereisungstemperatur berechnet nach dem österr. Energieausweis (ÖNORM H 5056)

Der zusätzliche Energiebedarf für ein geregeltes Heizregister zum Vereisungsschutz beträgt bei einer Erhöhung der Wärmerückgewinnung von 70 % auf 80 % bzw. einer Veränderung der Vereisungstemperatur von $-5,7^{\circ}\text{C}$ auf $-4,3^{\circ}\text{C}$ ca. 130 kWh pro Jahr für eine Lüftungsanlage mit $4.000\text{ m}^3/\text{h}$. (bei ca. 70 Std. zusätzliche Temperaturerhöhung um $1,4^{\circ}\text{C}$ – Standort Wien 2009). Die Einsparung an Wärmeenergie durch die höhere Wärmerückgewinnung beträgt hingegen über 4.000 kWh/a. Die verschiedenen Strategien zum Vereisungsschutz finden Sie im nächsten Kapitel.

Fazit: Eine um 10 % höhere Wärmerückgewinnung erhöht bei einem Plattenwärmetauscher ohne Feuchterückgewinnung die Vereisungstemperatur um ca. $1,4^{\circ}\text{C}$. Bei einem geregelten Heizregister beträgt das Verhältnis von eingesparter Wärmeenergie des Wärmetauschers zur zusätzlichen Energie für den Frostschutz 30:1. Auch dieser Punkt steht höheren Wärmerückgewinnungsgraden also nicht entgegen.

7.8.1 Rekuperative Wärmeübertragung

Dabei werden feste Austauschflächen verwendet und die Stoffströme treten nicht in Kontakt miteinander, wobei gewöhnlich nur sensible Wärme übertragen wird (Trennflächen-Wärmetauscher). Die wichtigsten Vertreter dieser Wärmerückgewinnungssysteme sind die Plattenwärmetauscher (Plattenwärmeübertrager). Kreislaufverbundsysteme zählen genau genommen ebenfalls zu den rekuperativen Systemen, da es bei diesem System aufgrund des flüssigen Zwischenwärmeträgers zu keinem Stoffaustausch zwischen Zu- und Abluftseite kommen kann. Sie werden jedoch in einem eigenen Kapitel behandelt.

Rekuperative Systeme

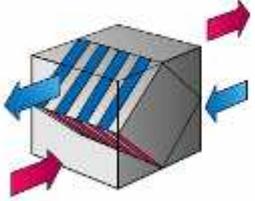
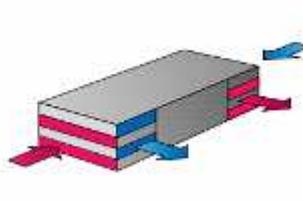
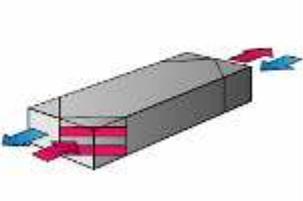
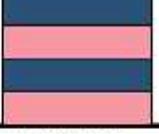
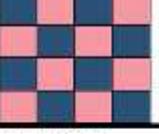
Prinzip-skizze			
Strömungsprofil			
Wärmetauscher-typ	a) Kreuzstrom-Platten-Wärmetauscher	b) Gegenstrom-Platten-Wärmetauscher	c) Gegenstrom-Kanal-Wärmetauscher
Einsatz	in WRG-Anlagen weit verbreitet	in WRG-Anlagen kaum eingesetzt	für Haus- und Wohnungslüftung
Rück-wärmezahl	50-70 %	70-90 %	85-90 %

Abbildung 7.13: Rekuperative Wärmetauscher – typische Rückwärmezahl (Fa. Paul)

Plattenwärmetauscher¹⁸

Die Trennflächen sind verklebt, mechanisch geklemmt, verlötet oder verschweißt und in in Würfel- oder Rechteckform ausgeführt. Mehrere Einheiten können gegenseitig oder gleichsinnig hintereinander geschaltet werden.

Rückwärmzahl: 0,4 bis 0,9
 Rückfeuchtezahl: normalerweise keine Feuchterückgewinnung
 Rückfeuchtezahl von Wärmetauschern mit Kunststoffmembran: ca. 0,0 bis 0,8

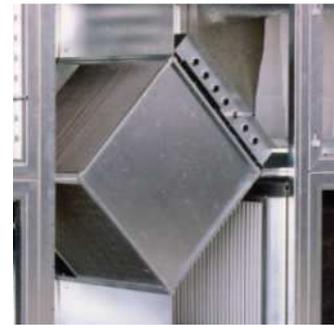
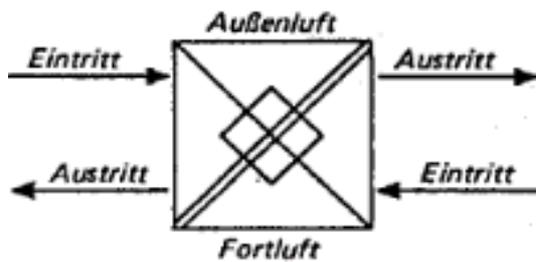


Abbildung 7.14 a und b: Plattenwärmetauscher – Symbol und Bild

Der Übergang zwischen Kreuzstrom, Kreuz-Gegenstrom und Gegenstrom ist konstruktionsbedingt schleifend. In der ÖNORM B 8110-6:2007 ist folgende Definition enthalten.

Anteil Wärmeübertragung im Gegenstromprinzip:		
Kreuzstrom-Wärmetauscher < 25%	Kreuz-Gegenstrom-Wärmetauscher 25 % - 75 %	Gegenstrom-Wärmetauscher > 75%

Abbildung 7.15: Einteilung der Wärmetauscher (vgl. ÖNORM B 8110-6: 2007, Tabelle 14)

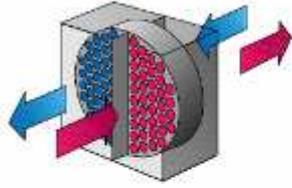
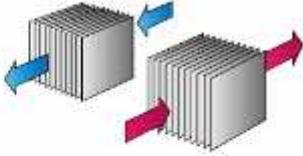
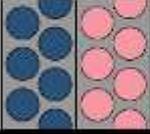
Feuchteübertragende, rekuperative Systeme mit speziellen, feuchteübertragenden Wärmetauschern (feuchtedurchlässige Folien) sind derzeit vor allem im Kleingerätebereich verfügbar. Es gibt aber mittlerweile auch für größere Anlagen diese feuchteübertragenden Wärmetauscher (z.B. Fa. Seven Air CH - Geräte bis 3.200 m³/h).

¹⁸ Vgl. www.rlt-info.de, Stand 02.2008

7.8.2 Regenerative Wärmeübertragung

Dabei werden Speichermassen verwendet, die Wärme oder Feuchte oder beides aufnehmen und wieder abgeben. Beim Rotationswärmetauscher bzw. statischen Wärmetauscher ist die Speichermasse fest, beim kreislaufverbundenen Wärmetauscher dagegen flüssig. Das Durchströmen der jeweiligen Luft kann kontinuierlich erfolgen (Rotationswärmetauscher) oder durch Umschalten in Zeitintervallen (Umschalt-Wärmerückgewinner) geregelt sein. Bei diesen Systemen kann es zu einem Stoffaustausch zwischen Abluft und Zuluft kommen, sodass sie bisher im Mehrfamilienhausbereich praktisch nicht eingesetzt wurden.

Regenerative Systeme

Prinzip-skizze		
Strömungs-profil		
Wärmetau-schertyp	f) Rotationswärmetauscher	g) statischer Wärmetauscher
Einsatz	dezentrale Geräte und Industrie	dezentrale Geräte und Industrie
Rück-wärmezahl	45 % poröse Masse ist gleichzeitig Ventilatorrad; 50-80% Metallspeicher, Ventilator separat	60-75 %

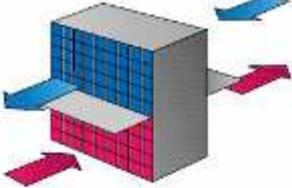
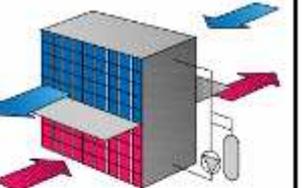
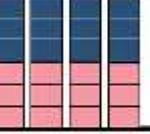
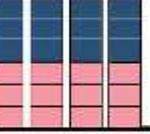
Prinzip-skizze		
Strömungs-profil		
Wärmetau-schertyp	d) Heat-pipe Rohr-Lamellen-Wärmetauscher	e) Kreislauf verbundenes System
Einsatz	in großtechnischen Anlagen	nicht in der Wohnlüftung
Rück-wärmezahl	40-65 %	40-65 %

Abbildung 7.16: Regenerative Wärmetauscher – typische Rückwärmezahlen (Fa. Paul)

7.8.2.1 Rotoren mit oder ohne Sorption¹⁹

Rotierende Speichermasse aus korrosionsbeständigem Material ohne hygroskopische oder mit hygroskopischer Beschichtung zur zusätzlichen Feuchteübertragung.

Rückwärmzahl: 0,7 bis 0,8
 Rückfeuchtezahl: 0,1 bis 0,2 ohne Sorption: Bei Kondensation aus der Abluft erfolgt eine geringe Feuchteübertragung.
 0,6 bis 0,7 mit Sorptionsrotor
 0,5 bis 0,7 mit hygroskopischem Rotor (wird kaum noch eingesetzt)

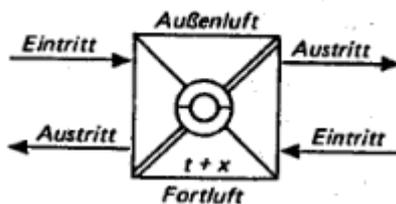


Abbildung 7.17: Rotor mit Sorption – Symbol und Bild

7.8.2.2 Umschalt Speicher²⁰

Das Gerät enthält zwei Wärmespeicherpakete, durch welche die Außen- und Fortluft wechselweise gefördert wird. Die Klappen werden in kurzen Intervallen durch Elektromotoren betrieben.

Rückwärmzahl: 0,6 bis 0,9
 Rückfeuchtezahl: 0,5 bis 0,7 mit Sorption bzw.
 0,1 bis 0,2 ohne Sorption: Bei Kondensation aus der Abluft erfolgt eine geringe Feuchteübertragung.

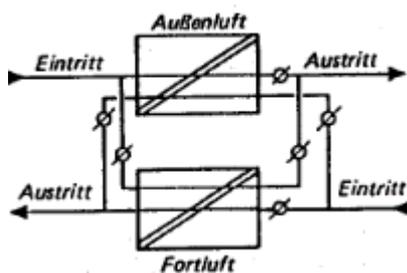


Abbildung 7.18: Umschalt Speicher – Symbol und Bild (Quelle Bild: www.menerga.de)

¹⁹ Vgl. www.rlt-info.de, Stand 02.2008

²⁰ Vgl. www.rlt-info.de, Stand 02.2008

7.8.2.3 Kompakt-Wärmeaustauscher – Kreislaufverbundsystem²¹

Glattrohr-, Rippenrohr- oder Block-Wärmeaustauscher, eventuell in unterschiedlicher Ausführung im Fortluft- und Außenluftstrom, werden über ein Kreislaufverbund-System zusammengefügt. Anwendungsfälle sind hauptsächlich bei weit entfernter Außen- und Fortluftführung oder bei hohen hygienischen Anforderungen zu finden, da Stoffübertragungen bei diesem System ausgeschlossen sind.

Rückwärmzahl: 0,3 bis 0,5 bzw.
0,4 bis 0,7 (Recknagel et al. 2007/2008)
Rückfeuchtezahl: keine Feuchteübertragung

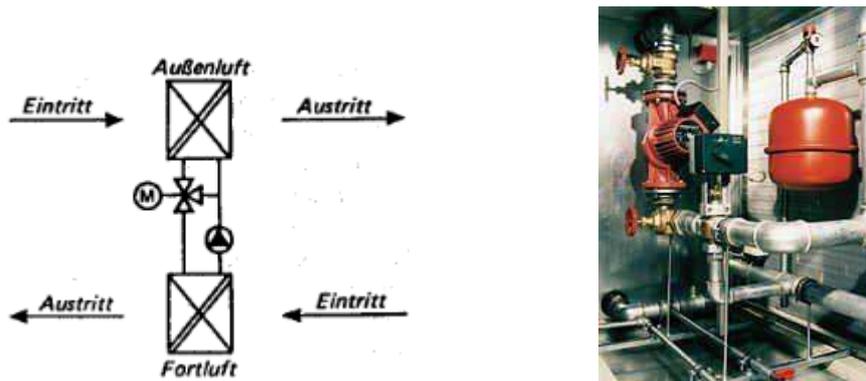


Abbildung 7.19: Kreislaufverbundsystem – Symbol und Bild (Quelle: AL-KO)

7.8.2.4 Wärmerohr

Ein Wärmerohr (Heat Pipe) besteht aus einem geschlossenen Rohr, welches mit einem Kältemittel gefüllt ist. Dieses Rohr befindet sich an der einen Seite in der Abluft und an der anderen in der Außenluft. An der Abluftseite verdampft das Kältemittel und nimmt Wärme auf, an der Außenluftseite kondensiert das Kältemittel und gibt die Wärme ab.

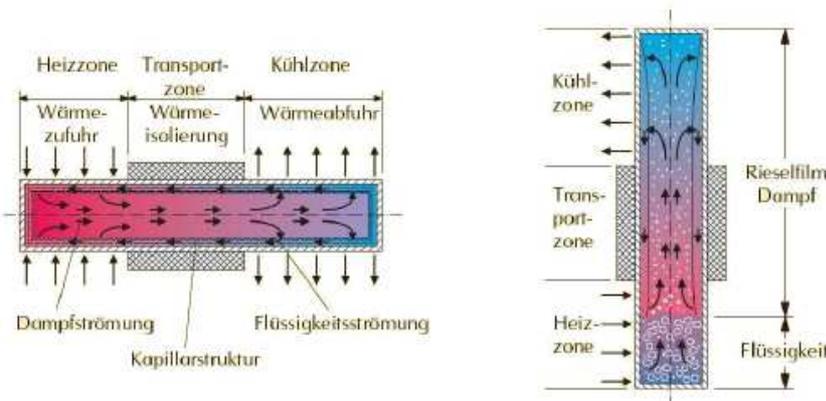


Abbildung 7.20: Wirkungsweise Wärmerohr in liegend und stehend (Quelle: www.iwo.de)

Rückwärmzahl: 0,35 bis 0,7 (Recknagel et al. 2007/2008)
Rückfeuchtezahl: keine Feuchterückgewinnung

²¹ Vgl. www.rlt-info.de, Stand 02.2008

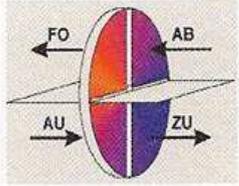
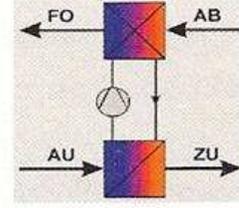
7.8.3 Zusammenfassung Wärmerückgewinnung

In den nachfolgenden drei Tabellen sind die genannten Systeme bezüglich

- Vor- und Nachteile
- Wärme bzw. Feuchterückgewinnung
- Druckverluste

gegenübergestellt und zusammengefasst.

Tabelle 7.3: Zusammenfassung Vor- und Nachteile von Wärmerückgewinnungssystemen (Quelle: Raymond Kober)

	System	Vorteile	Nachteile
	Rotationswärmetauscher	<ul style="list-style-type: none"> • Wirkungsgrade bis zu 80 % • Möglichkeit zur Feuchteübertragung • wartungsfreundlich • platzsparend bei Gerätelänge • niedrige Druckverluste • geringe Vereisungsgefahr • beste Wirtschaftlichkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Zuluft und Abluft müssen sich in einem Gerät befinden • Leckage durch Spaltverluste • Geruchsübertragung möglich
	Kreuzstrom Plattenwärmetauscher	<ul style="list-style-type: none"> • Wirkungsgrade bis zu 80 % • keine bewegten Teile • praktisch wartungsfrei • keine Vermischung bei Zuluft und Abluft durch Leckage 	<ul style="list-style-type: none"> • Zuluft und Abluft müssen sich in einem Gerät befinden • keine Feuchteübertragung • höhere Druckverluste • Vereisungsgefahr bei niedrigen Außenlufttemperaturen in Verbindung mit hohen Wirkungsgraden • großes Bauvolumen • keine Feuchteübertragung
	Kreislaufverbundsystem	<ul style="list-style-type: none"> • Wirkungsgrade bis zu 75% mit Hochleistungskreislaufverbundsystemen möglich • Zuluft und Abluft können getrennt angeordnet sein • geringer Platzbedarf • gut für Nachrüstung bei Altanlagen geeignet • multifunktionale Lösungen möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • keine Feuchteübertragung • höhere Kosten • höhere Druckverluste • Vereisungsgefahr bei niedrigen Außenlufttemperaturen in Verbindung mit hohen Wirkungsgraden • Hydraulikkreis erforderlich

Im Bereich der Wohnraumlüftung werden bei Kleingeräten meist Kreuz-Gegenstrom-, Gegenstromwärmetauscher ohne Feuchterückgewinnung oder Rotationswärmetauscher mit Feuchterückgewinnung eingesetzt. Bei zentralen bzw. semizentralen Lüftungsanlagen für den Wohnbereich beherrscht der Kreuzstromwärmetauscher den Markt. Bei hochwertigen Anlagen werden meist zwei Wärmetauscher in Serie geschaltet. Rotationswärmetauscher kommen aufgrund der möglichen Geruchsübertragung bei zentralen bzw. semizentralen Anlagen bisher nur sehr selten zum Einsatz.

Tabelle 7.4: Zusammenfassung Wärme- und Feuchterückgewinnung von Wärmerückgewinnungssystemen (Quelle: klima:aktiv Leitfaden für Audits bei Lüftungsanlagen)

WRG-System		Rückwärmezahl (Φ)	Rückfeuchtezahl (Ψ)
Kategorie I – Rekuperatoren			
	Plattenwärmetauscher	0,4-0,8	0,0
	Röhrenwärmetauscher	0,3-0,5	0,0
Kategorie II – mit Wärmezwiscenträger			
Kreislaufverbundsystem	Kompakt-Wärmetauscher	0,3-0,5	0,0
	Gegenstrom Schichtwärmetauscher	0,7-0,8	0,0
Wärmerohre	Schwerkraftwärmerohr	0,2-0,4	0,0
	Kapillarwärmerohr	0,5-0,8	0,0
Wärmepumpe	Kompressor Wärmepumpe	---	0,0
	Adsorptionswärmepumpe	---	0,0
Kategorie III – Regeneratoren			
Rotor	Rotor ohne Sorption	0,7-0,8	0,1-0,2
	Rotor mit Sorption	0,7-0,8	0,6-0,7
sonstige	Kapillargebläse	0,2-0,4	0,2-0,4
	Umschalt Speicher	0,6-0,9	0,5-0,7

Hinweis: Bei Plattenwärmetauschern mit feuchtedurchlässiger Folie werden Rückfeuchtezahlen bis 0,8 erreicht (nicht in Tabelle enthalten)

Temperaturen abhängig von der Rückwärmezahl: (trockene Abluft ohne Kondensation)

Rückwärmezahl	Ablufttemperatur 22 °C																														
	Außenlufttemperatur																														
	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0.1	-11.3	-10	-9.5	-8.6	-7.7	-6.8	-5.9	-5	-4.1	-3.2	-2.3	-1.4	-0.5	0.4	1.3	2.2	3.1	4	4.9	5.8	6.7	7.6	8.5	9.4	10	11	12	13	14	15	16
0.2	-7.6	-6.8	-6	-5.2	-4.4	-3.6	-2.8	-2	-1.2	-0.4	0.4	1.2	2	2.8	3.6	4.4	5.2	6	6.8	7.6	8.4	9.2	10	11	12	13	14	15	16	16	
0.3	-3.9	-3.2	-2.5	-1.8	-1.1	-0.4	0.3	1	1.7	2.4	3.1	3.8	4.5	5.2	5.9	6.6	7.3	8	8.7	9.4	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
0.4	-0.2	0.4	1	1.6	2.2	2.8	3.4	4	4.6	5.2	5.8	6.4	7	7.6	8.2	8.8	9.4	10	11	11	12	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
0.5	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	17	18	19	20	20	
0.6	7.2	7.6	8	8.4	8.8	9.2	9.6	10	10	11	11	12	12	12	13	13	14	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	20	21	
0.7	10.9	11	12	12	12	13	13	13	14	14	14	15	15	15	16	16	17	17	17	18	18	18	19	19	20	20	21	21	21	21	21
0.8	14.6	15	15	15	15	16	16	16	16	17	17	17	17	17	18	18	18	18	18	19	19	19	20	20	20	20	21	21	21	21	21
0.9	18.3	18	19	19	19	19	19	19	19	19	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21

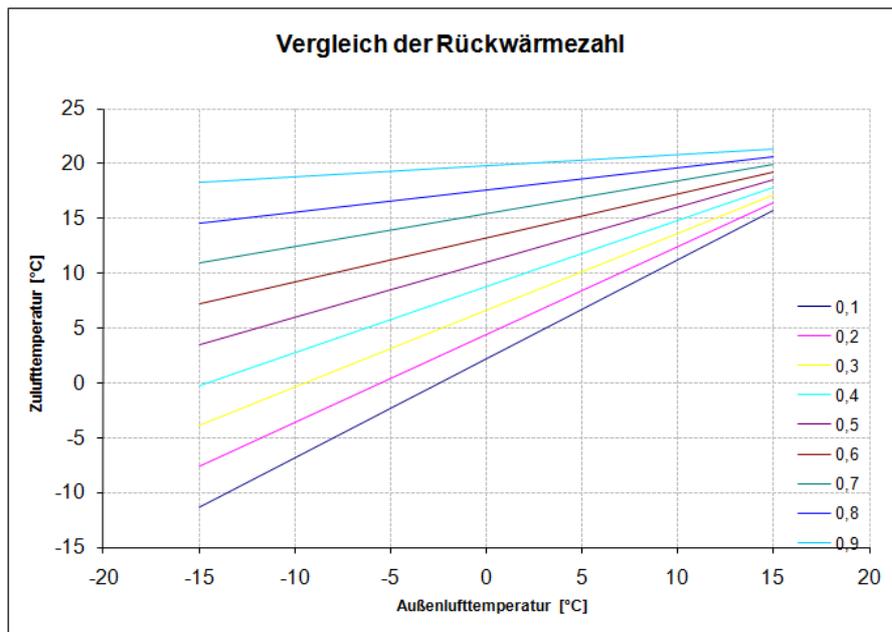


Abbildung 7.21: Zulufttemperaturen abhängig von der Rückwärmezahl bei 22°C Ablufttemperatur
Quelle: Energieagency

7.9 Vereisungsschutz

In Wärmerückgewinnungseinheiten entsteht je nach Feuchtegehalt der Abluft und der Außenlufttemperatur in der Wärmerückgewinnungseinheit Kondensat. Je höher die Rückwärmezahl der Wärmerückgewinnungseinheit, umso mehr Kondensat entsteht bzw. bei umso geringeren Außentemperaturen beginnt die Vereisung. Typischerweise beginnen hochwertige Wärmetauscher ab -2 bis 3°C zu vereisen. Die Zusammenhänge von Wärmerückgewinnungsgrad und Vereisungstemperatur wurden schon im vorigen Kapitel erläutert.

Wärmetauscher mit Feuchterückgewinnung haben einen geringeren oder teils gar keinen Kondensatanfall, da die Feuchte auf die Zuluft übertragen wird. Sie besitzen daher deutlich niedrigere Vereisungstemperaturen.

Um die Vereisung im Wärmetauscher zu verhindern gibt es verschiedene Strategien. In der Reihenfolge der Empfehlung sind dies:

1. Wärmetauscher mit Feuchterückgewinnung (nur in bestimmten Klimata ein 100%iger Schutz)
2. Erdwärmetauscher (Luft und Sole)
3. Vorwärmung mit Solaranlage bzw. konventioneller Heizung
4. Bypassregelung (mit Nacherwärmung durch Heizung)
5. Elektrisches Vorwärmregister
6. (Abschalten bzw. Reduktion der Zuluft)

Die Möglichkeit, zum Vereisungsschutz zeitweise die Zuluft abzuschalten und die Anlage nur im Abluftbetrieb zu betreiben, ist in Klammer gesetzt, da dieser Betriebszustand aus verschiedenen Gründen (z.B. Feuerstellen, unkontrollierte Luftansaugung z.B. aus Keller, Steigschächten – Radon, Fasern) unerwünscht ist.

7.10 Filter

Luftfilter haben die Aufgabe, Verunreinigungen aus der Luft abzuscheiden. Die Filter sind normalerweise auf der Außenluft- und Abluftseite vor dem Wärmetauscher bzw. den Ventilatoren angebracht, um eine Verschmutzung der Komponenten zu verhindern. Des Weiteren können noch Filter vor dem Erdwärmetauscher, in der Zuluft oder bei Abluftdurchlässen angeordnet sein.

Die Luftfilter können laut ÖNORM EN 799:2002 in Grobstaubfilter (G), Feinstaubfilter (F) und Schwebstofffilter (H) unterteilt werden.

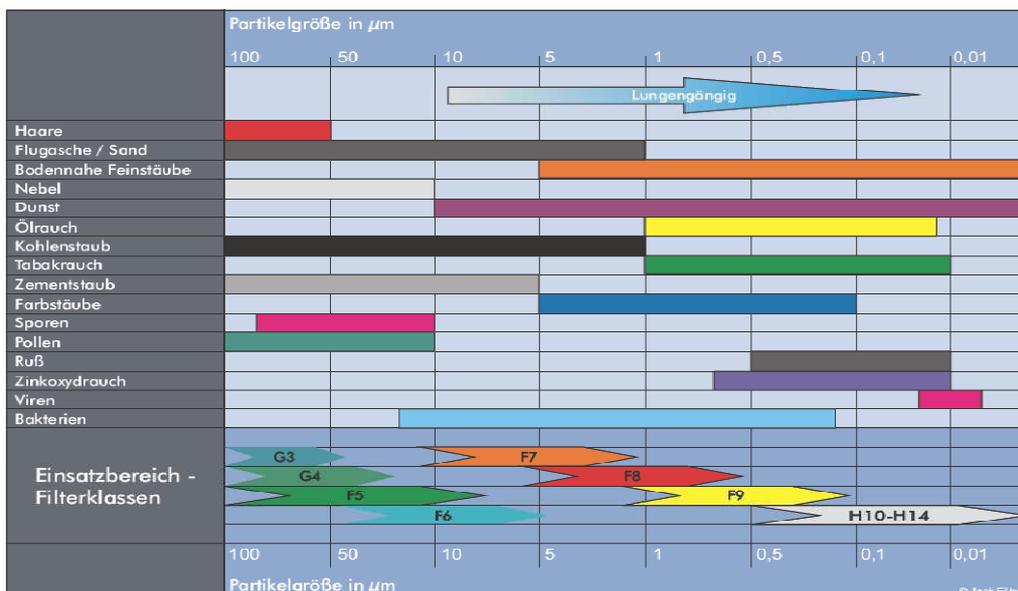
Im Entwurf 2009 der EN 779 wurde diese Einteilung etwas geändert und die Filter F5 und F6 in M5 und M6 umbenannt. Sonderfilter, die im Wohnbereich an sich nicht eingesetzt werden sind HEPA-, Gas- und Elektrofilter. Unter Hepa-Filtern versteht man Filter der Klasse H10 bis H14. Unter Gasfiltern versteht man Filter, welche gasförmige Stoffe (z.B. Gerüche) absorbieren können (z.B. Aktivkohlefilter).

Die Abscheidegrade der Filterklassen für einzelne Partikelarten sind in der nachfolgenden Tabelle enthalten.

Tabelle 7.5: Filterklassen und Abscheidegrade nach EN 779

Partikelgröße μm	>10	>1	>0,1	0,01 - 0,1
Partikel	Pollen, Grobstaub	Sporen	Bakterien	Feinstaub (Ruß, Viren, Abgase)
Filterqualität	Abscheidegrad			
G4	85%	15%	0%	0%
F6	100%	50%	5%	0 - 5%
F7	100%	85%	25%	0 - 25%
F8	100%	95%	35%	0 - 35%
F9	100%	98%	45%	0 - 45%

Tabelle 7.6: Einsatzbereiche der Filterklassen



In Wohngebäuden werden aufgrund der Kosten und des Druckverlustes normalerweise keine Schwebstofffilter eingesetzt. Pollenallergiker erleben bereits ab Filterqualität F6 eine Linderung ihrer Beschwerden. Höhere Filterklassen bis F9 sind bei örtlich höherer Staubbelastung empfehlenswert, können aber die Rückhaltung von lungengängigen Partikeln (Feinstaub PM_{2,5} und Ruß) nicht ausreichend zurückhalten. Noch höhere Filterqualitäten haben neben hohen Filterkosten rasch steigende Druckverluste und Stromkosten zur Folge.

Empfehlung: Zuluft F7, Abluft G4

Bauarten von Luftfiltern:

Die gebräuchlichsten Bauarten von Filtern in der Lüftungstechnik sind Textilfilter der Bauart:

- Mattenfilter
- Kassettenfilter (Z-Line Filter)
- Taschenfilter

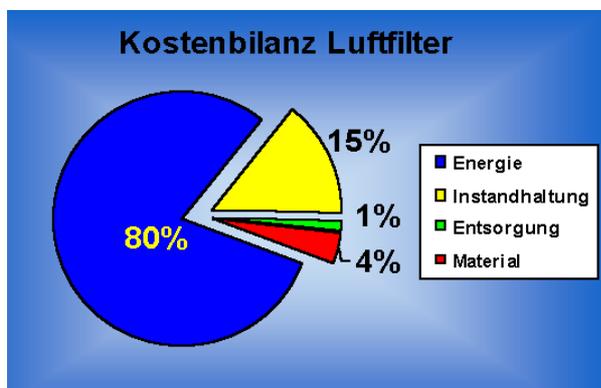


Abbildung 7.22 a-c: Matten-, Kassetten und Taschenfilter (Quelle: Pichler Luft)

Empfehlung: Taschenfilter

Sonderfilter, die im Wohnbereich an sich nicht eingesetzt werden sind HEPA-, Gas- und Elektrofilter. Unter Hepa-Filtern versteht man Filter der Klasse H 10 bis H14. Unter Gasfiltern versteht man Filter welche gasförmige Stoffe (z.B. Gerüche) absorbieren können (z.B. Aktivkohlefilter).

Kostenbilanz von Luftfiltern:



Betrachtet man die zu überwindenden Druckverluste im Rohrleitungssystem, so kann man feststellen, dass die Luftfilter zwischen 20 und 50 % der Gesamtdruckverluste einer Anlage ausmachen. Somit wird deutlich, welches Energieeinsparpotenzial in dieser Lüftungstechnischen Komponente liegt.

Abbildung 7.23: Kostenbilanz eines Luftfilters F7 über einen Zeitraum von 10 Jahren (Eurovent Rec 10, Jan. 1999) (Quelle: www.rlt-info.de, Stand 01.2008)

Vertiefende Informationen zu den Filtern finden Sie bei den 60 Qualitätskriterien.

7.11 Ventilatoren und Antriebe²²

Ventilatoren sind in raumluftechnischen Geräten (RLT) die Bauteile mit dem größten Energiebedarf. Die Energiekosten verteilen sich ungefähr wie folgt:

- 30–50 % Ventilatoren
- 30–50 % Wärmebedarf/Heizlast
- 20–30 % Kühlbedarf/Kühllast

Im Wohnbereich ist nur in Ausnahmefällen eine Kühlung vorgesehen und somit können die Stromkosten anteilig noch höher werden.

Wirtschaftlichkeit:

Neben den Energiekosten des RLT-Gerätes ist auch die Kostenverteilung des Ventilators zu beachten. Das Diagramm zeigt, dass bezogen auf einen längeren Zeitraum von z.B. 10 Jahren nicht die Investitionskosten, sondern die Energiekosten die entscheidende Größe sind. Insbesondere bei Altanlagen liegt hier ein Einsparpotential von ca. 25 %. Bei der Beurteilung und Auswahl von Ventilatoren sind deshalb immer die gesamten über einen bestimmten Zeitraum anfallenden Kosten zu betrachten.

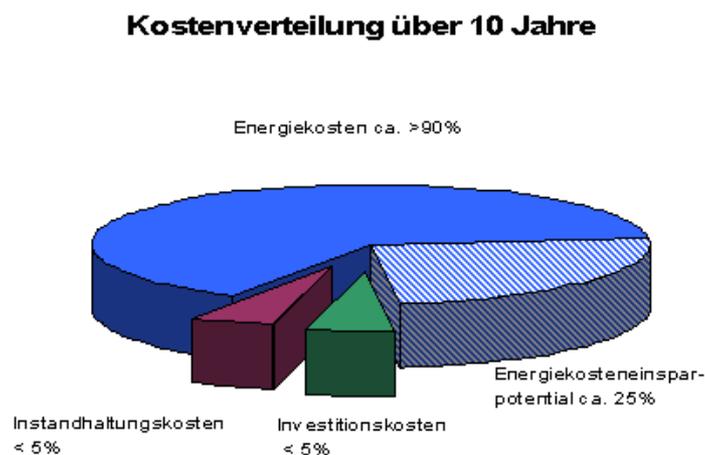


Abbildung 7.24: Antriebe (Quelle: www.rlt-info.de, Stand 01. 2008)

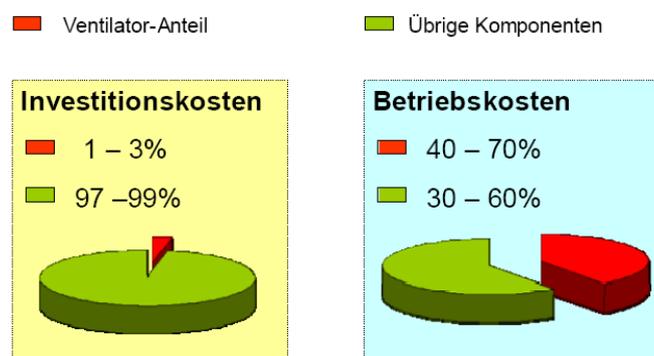


Abbildung 7.25: Ventilatoranteil an Investitions- bzw. Betriebskosten von Lüftungsanlagen (Quelle: Gebhard Ventilatoren)

²² Vgl. www.rlt-info.de, Stand 01. 2008

7.11.1 Ventilatorbauarten und Wirkungsgrade²³

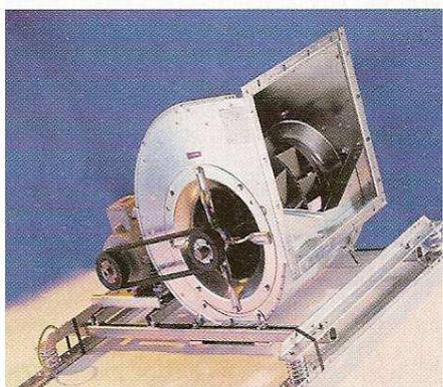
In der Lüftungstechnik werden fast ausschließlich Radialventilatoren eingesetzt. Nach der Bauart unterscheidet man zwischen:

- Gehäuseventilatoren oder freilaufenden Rädern
- Vorwärts oder rückwärtsgekrümmten Schaufeln
- Einflutige oder zweiflutige (doppelflutige) Ventilatoren

7.11.1.1 Gehäuseventilatoren und freilaufende Räder

Ob ein Gehäuseventilator oder ein freilaufendes Rad in einem Lüftungsgerät eingesetzt wird, muss immer grundsätzlich im Einzelfall geprüft werden, da sich nicht zwingend ein genereller Vorteil für die eine oder andere Bauart definieren lässt.

Gehäuseventilator :



Vorteile:

- Ventilatorwirkungsgrade bis 78 %
- Geringerer Geräuschpegel
- Hohe statische Druckerhöhung möglich
- Einfache Betriebspunktanpassung durch Keilriemenantrieb

Abbildung 7.26: Gehäuseventilator mit Riemenantrieb (Quelle: Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raymond Kober)

Nachteile:

- Schlecht reinigbar
- Bei Riemenantrieb zusätzliche Verluste
- Größere Baulänge
- Zweite Filterstufe durch Riemenantrieb notwendig

Freilaufendes Rad:



Vorteile:

- Direktantrieb ohne Antriebsverluste
- Sehr gute Reinigbarkeit
- Kurze Baulängen
- Ventilatorwirkungsgrade zwischen 65 und 75 %

Abbildung 7.27: Freilaufendes Rad mit integriertem EC-Motor (Quelle: Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raymond Kober)

²³ Vgl. Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raymond Kober, Seite 97

Nachteile:

- Höhere Schallpegel
- Keine hohen statischen Drücke möglich
- Anpassung an Betriebspunkt erfordert einen drehzahlgeregelten Motor
- Geringfügig geringer Ventilatorwirkungsgrad als Gehäuseventilator

Bei Wohnraumlüftungsanlagen werden nur geringe Drücke benötigt. Die hygienischen Vorteile und die kürzere Bauweise sprechen eher für das freilaufende Rad mit Direktantrieb. Der etwas geringere Ventilatorwirkungsgrad gegenüber dem Gehäuseventilator wird durch den Entfall des Riemenantriebes wieder wettgemacht und die etwas höheren Schallemissionen können durch Schalldämpfer ausgeglichen werden.

7.11.1.2 Vorwärts und rückwärts gekrümmte Schaufeln

Bei modernen Lüftungstechnischen Anlagen werden im größeren Leistungsbereich heute ausschließlich rückwärts gekrümmte Schaufeln eingesetzt, da diese höhere Wirkungsgrade aufweisen (über 80 %), als Laufräder mit vorwärts gekrümmten Schaufeln (bis ca. 60 %).

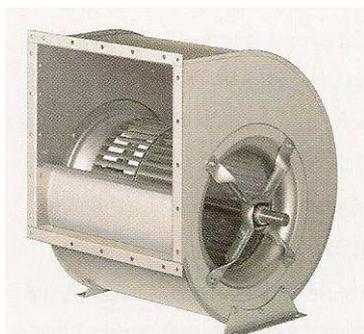


Abbildung 7.28: Ventilator mit vorwärts gekrümmten Schaufeln (Quelle: Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raymond Kober)

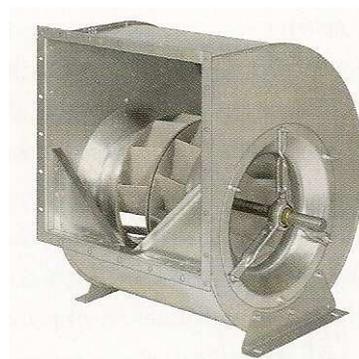


Abbildung 7.29: Ventilator mit rückwärts gekrümmten Schaufeln (Quelle: Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raymond Kober)

Empfehlung: Ventilatoren mit rückwärts gekrümmten Schaufeln

7.11.1.3 Einflutige oder zweiflutige (doppelflutige) Ventilatoren

Unter ein- bzw. zweiflutig versteht man ob der Radialventilator über ein oder zwei (versetzte) Laufräder verfügt bzw. ob er von einer oder von beiden Seiten saugend ist. Hinsichtlich Lagerkräfte und Geräuschbildung haben doppelflutige Ventilatoren klare Vorteile.

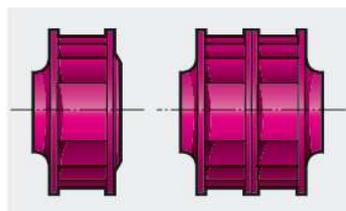


Abbildung 7.30: Ventilator mit vorwärts gekrümmten Schaufeln (Quelle: Ventilatorenfabrik Oelde)

Empfehlung: Für Wohnraumlüftungen sind direktgetriebene, zweiflutige Ventilatoren mit rückwärts gekrümmten Schaufeln zu bevorzugen. Ob freilaufendes Rad oder Gehäuseventilator die bessere Lösung darstellt ist nicht eindeutig.

7.11.2 Antriebe

Bei den Antrieben erfolgt die Unterscheidung nach folgender Systematik:

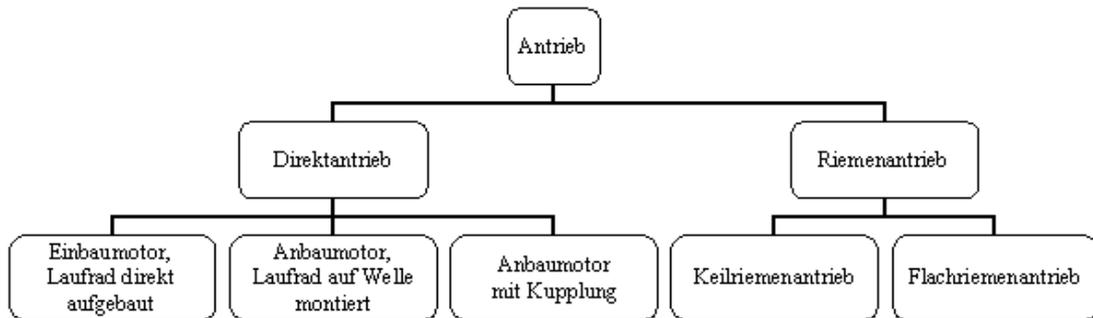


Abbildung 7.31: Antriebe (Quelle: www.rlt-info.de, Stand 01. 2008)

7.11.2.1 Riemenantrieb

- Antrieb über Flachriemen
(Energieverlust 2–5 %, lange Lebensdauer, wartungsarm, schwingungsarm)
- Antrieb über Keilriemen
(Energieverlust 5–12 %, hoher Riemenverschleiß, Filterverschmutzung durch Riemenabrieb)

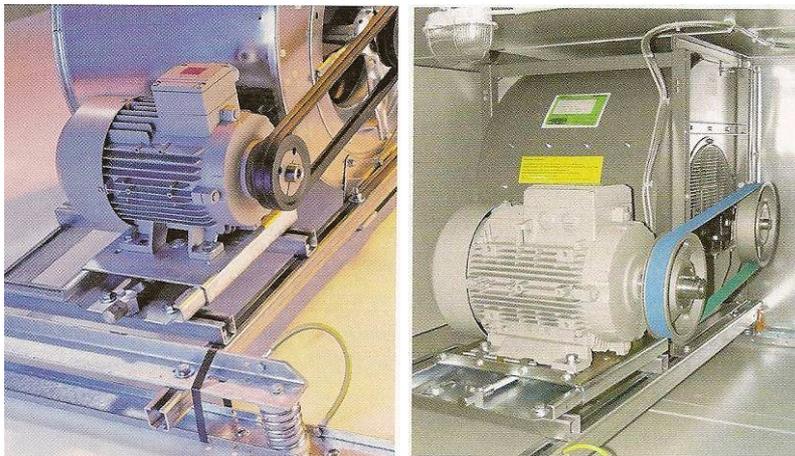


Abbildung 7.32: Keilriemenantrieb bzw. Flachriemenantrieb (Quelle: Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raymond Kober)

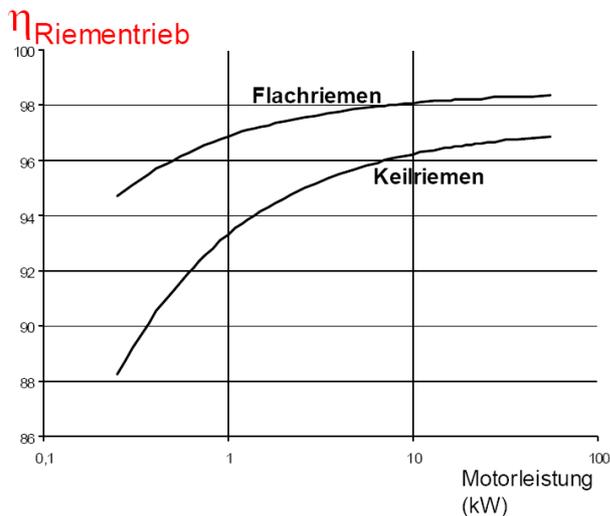


Abbildung 7.33: Vergleich der Wirkungsgrade von Keil- und Flachriemen (Quelle: Gebart Ventilatoren)

7.11.2.2 Direktantrieb

Direktantriebe haben den Vorteil, dass sie keine Verluste durch die Drehmomentübertragung aufweisen, d.h. Antriebsenergie in der Größenordnung von 2–5 % bei einem Flachriemen bzw. 5–12 % bei einem Keilriemen einsparen. Zudem sparen sie Instandhaltungskosten und haben eine Filterstufe und eine Fehlerquelle weniger. Es sollten daher nach Möglichkeit Direktantriebe eingesetzt werden.



- Antrieb über Außenläufermotor
(das Laufrad ist unmittelbar auf dem Rotor des Motors befestigt, der gleichzeitig die Laufradnabe bildet; kompakte Bauform, anschlussfertig, wartungsfrei)
- Antrieb über einen Normmotor
(das Laufrad ist mit seiner Nabe direkt auf der Motorwelle befestigt oder mittels Kupplung mit dieser verbunden)
- Geeignet für mittlere bis große Druckerhöhungen (bis ca. 30.000 Pa)
- Geeignet für kleine bis große Volumenströme (bis ca. 300.000 m³/h)

Abbildung 7.34: Direktantrieb (Quelle: www.rlt-info.de, Stand 01. 2008)

7.11.3 Motoren

Ventilatoren werden üblicherweise durch Elektromotoren angetrieben, z.B.:

- Asynchron-Motoren
- Asynchron-Motoren in Verbindung mit Frequenzumformern
- Schlupfregelbare Asynchron-Motoren mit Phasenanschnitt, Trafosteuerung oder elektronisch spannungsgesteuert
- Permanentmagnet-Synchronmotor (PM-SM) mit Frequenzumformern
- EC-Motoren (Gleichstrommotor mit Permanentmagnet und elektronischer Kommutierung)

Die Wirkungsgrade dieser Motoren weichen teilweise erheblich voneinander ab. Auch der Wirkungsgrad im Teillastbereich spielt dabei eine Rolle. Aus Effizienzgründen sollten nach Möglichkeit Permanentmagnet-Synchronmotoren mit Frequenzumformern (größere Leistungen) bzw. EC-Antriebe (kleiner Leistungen) eingesetzt werden. Derzeit stehen für sehr große Leistungen noch nicht von allen Herstellern Permanentmagnetmotoren zur Verfügung. Die Umrüstung der Lüftungsindustrie ist aber bei fast allen Firmen eingeleitet.

Bei Betrachtung der Gesamtkostenbilanz macht sich die Mehrinvestition eines hocheffizienten Motors auf jeden Fall bezahlt.

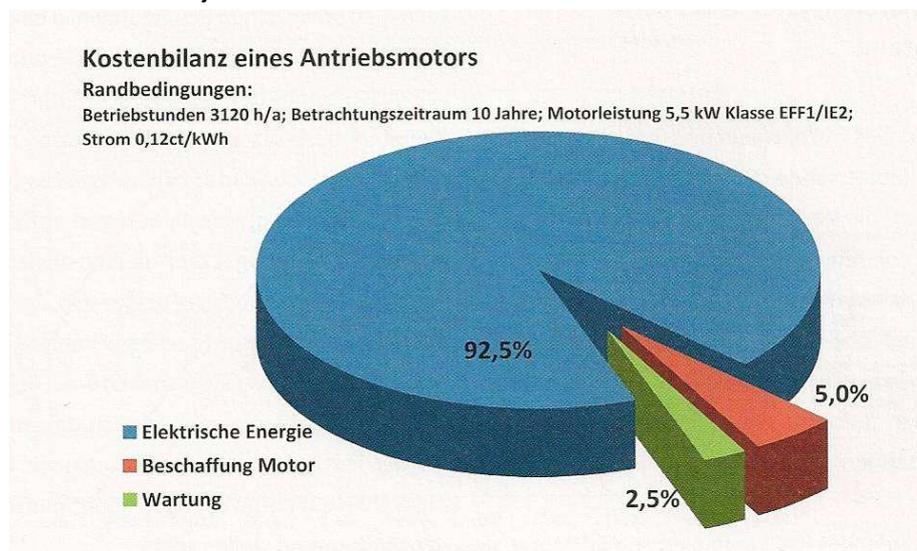


Abbildung 7.35: Kostenbilanz eines Antriebsmotors (Quelle: Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raymond Kober)

Gegenüber dem Beispiel mit 3,120 Betriebsstunden und einem Industrie-Strompreis von 0,12 Cent/kWh wird bei einer Wohnraumlüftungsanlage mit 8.760 Betriebsstunden und einem Strompreis von 0,17 Cent pro kWh der Anteil der Beschaffung nochmals geringer. Zudem wurde das Beispiel nur über zehn Jahre betrachtet. Ein hocheffizienter Motor (Permanentmagnetmotor) amortisiert sich bei durchgehendem Betrieb innerhalb von wenigen Jahren. Leider verhindert die Nutzer-Investor-Problematik im Wohnbereich oft noch den Einsatz von hocheffizienten Antrieben.

7.11.3.1 Wirkungsgrade IEC-Standard²⁴

Ab 2010 werden Motoren in IE1 (Standard) bis IE3 (Premium) nach IEC-Standard eingeteilt. Diese Einteilung löst die bisherige CEMEP/EC-Einteilung in die Klassen EFF1 bis EFF3 ab. Vorteil der neuen Einteilung ist, dass die Wirkungsgradeinteilung direkt angegeben ist und hin zu höheren Wirkungsgraden verschoben wurde.

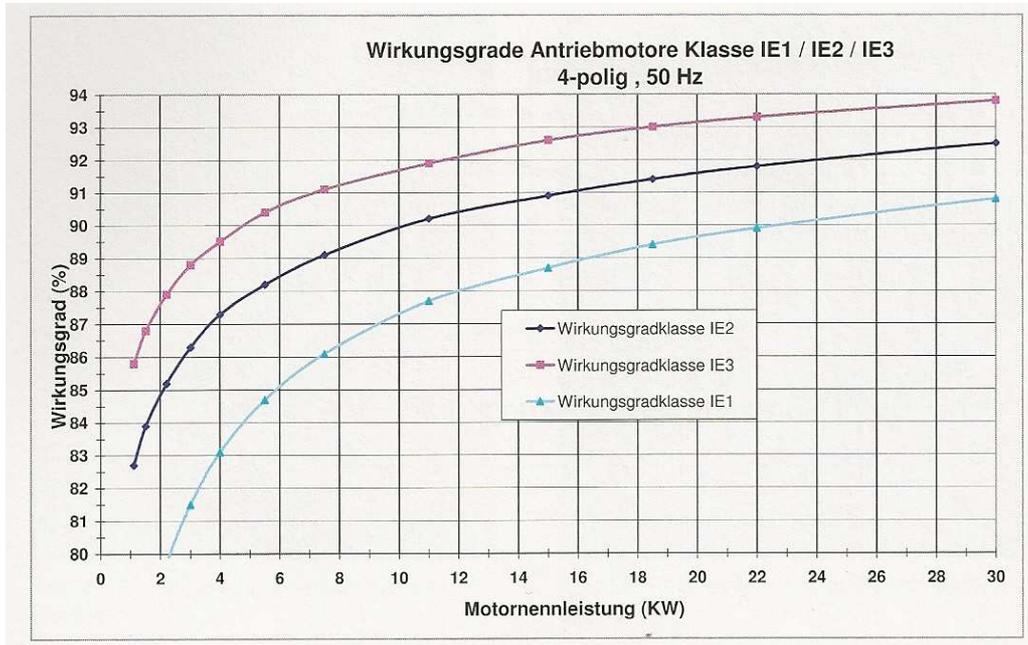


Abbildung 7.36: Vergleich der Wirkungsgrade von Antriebsmotoren nach IEC (Quelle: Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raymond Kober)

Künftiger Standard (IEC 60034-30) /8/	Bisheriger Standard (CEMEP/EC) /7/
entfällt	EFF 3
IE 1 (Standard)	EFF 2
IE 2 (hoch)	EFF 1
IE 3 (Premium)	-----

Abbildung 7.37: Vergleich der Standards nach IEC und CEMEP/EC (Quelle: Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raymond Kober)

Zu beachten ist, dass beim neuen IEC-Standard die Klasse 3 und beim alten CEMEP/EC EFF1 die höchste Klasse darstellt. Die Klassen sind also gegenläufig nummeriert sind. Derzeit ist ein baldiges Verbot der Motoren in der Energieklasse EFF2 bzw. IE1 im Gespräch.

Die Angaben der Motoren sind für die Praxis aber mit einem Abschlag von 1 bis 1,5 % zu versehen, da die Bestimmung der Wirkungsgrade unter Laborbedingungen und nicht unter Praxisbedingungen erfolgt.

²⁴ Vgl. Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raymond Kober, Seite 102

Permanentmagnetmotor:

Permanentmagnetmotoren gibt es als elektronisch kommutierte Gleichstrommotoren (EC-Motoren) und Synchronmotoren (PM-SM). EC-Motoren gibt es derzeit nur für Leistungen bis ca. 3 kW, wobei der Markt stark in Bewegung ist. PM-SM gibt es auch für Leistungen bis über 20 kW. Für die Anwendung besteht der Unterschied darin, dass beim EC-Motor die Drehzahlregelung in der Motorregelung direkt integriert ist (elektronische Kommutierung) und der Permanentmagnet-Synchronmotor einen Frequenzumrichter (FU) benötigt.

EC-Motor:

Der EC-Motor ist ein kollektor- und bürstenloser permanentmagnet-erregter Gleichstrommotor. Der EC-Controller kommutiert die Motorwicklungen elektronisch und damit verschleißfrei. Darüber hinaus überwacht der EC-Controller den Motor und stellt Schnittstellen für eine einfache Steuerung des Antriebes zur Verfügung. Die Drehzahlregelung ist damit direkt im Motor integriert. EC-Motoren zeichnet vor allem aus:

- großer Drehzahlstellbereich
- wartungsfrei
- hoher Wirkungsgrad auch im Teillastbereich

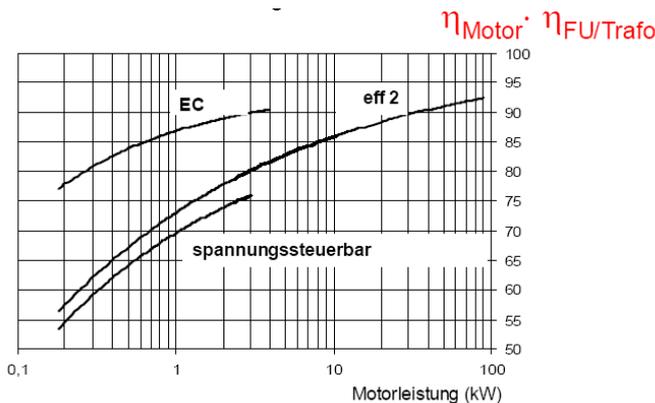


Abbildung 7.38: Wirkungsgradvergleich EC-Motor mit EFF2 Motor.

Permanentmagnet-Synchronmotor:

Unter Permanentmagnetmotoren (PM-SM), versteht man Synchronmotoren die durch den Ersatz des durch Spulen erzeugten Drehfeldes durch einen Permanentmagneten um ca. 3 bis 6,5 % höhere Wirkungsgrade erzielen. Die Drehzahlregelung erfolgt wie bei den meisten Synchronmotoren mit einem Frequenzumrichter (FU).

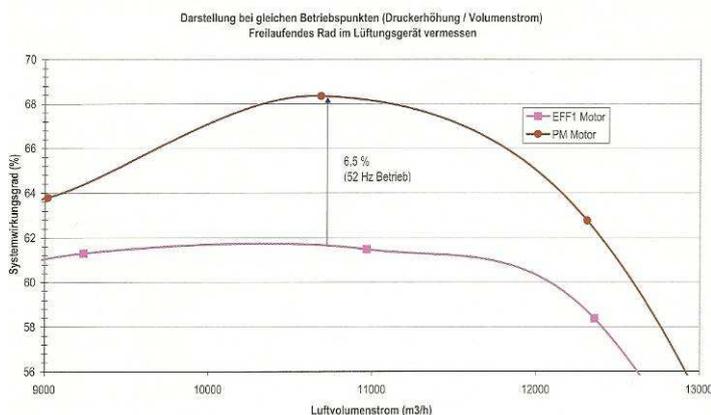


Abbildung 7.39: Wirkungsgradvergleich Ventilatoreinheit mit einem freilaufenden Rad. EFF1 Motor zu PM-Antriebsmotor (Quelle: Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raymond Kober)

Das prozentuelle Einsparpotenzial von Synchron PM-Motoren gegenüber Asynchronmotoren nimmt mit zunehmender Leistung deutlich ab. Beträgt die Einsparung gegenüber einem IE1-Motor bei 1 kW noch ca. 17 %, sinkt diese bei 10 kW auf 7,5 % ab. Dies bedeutet jedoch nicht, dass bei größeren Motoren PM-Motoren weniger wirtschaftlich sind, da sich bei der Wirtschaftlichkeit ja neben der prozentuellen Einsparung auch die Mehrkosten verändern bzw. der absolute Einspareffekt an Stromkosten durch die größere Leistung ansteigt.

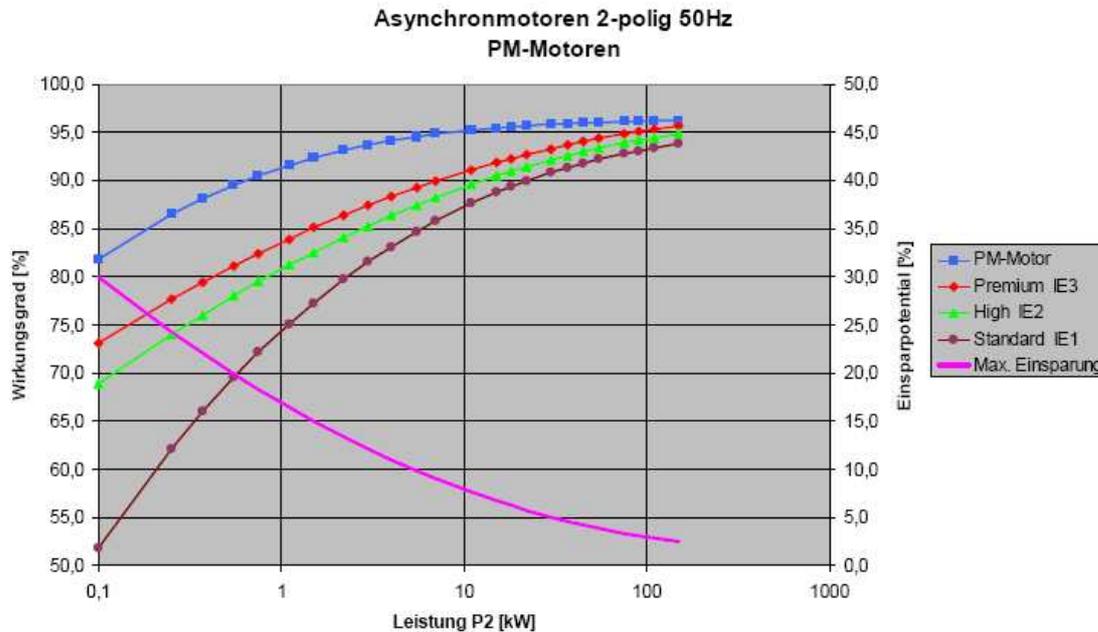


Abbildung 7.40: Einsparungseffekt PM gegenüber Asynchronmotor IE1, 2-polig, 50 Hz (Quelle: LCM)

7.11.3.2 Gesamtwirkungsgrad von Ventilatoreinheiten²⁵

In der ECO-Design-Richtlinie sind die Wirkungsgrade von Ventilatoreinheiten (Ventilator, Antrieb, Motor und Drehzahlregelung) als Gesamtes zusammengefasst und es werden Mindesteffizienzwerte für die Zukunft definiert.

Für den Wirkungsgrad des Ventilatorsystems werden folgende Gleichungen herangezogen:

Für einen starren Volumenstrom :
$$\eta_{ges} = \frac{P_V}{P_{el}} \quad (3.8)$$

Für einen variablen Volumenstrom :
$$\eta_{ges} = \left(\frac{P_V}{P_{el}} \right) \cdot C_c \quad (3.9)$$

η_{ges}	[-]	Gesamtwirkungsgrad
P_{el}	[kW]	Elektrische Leistung des Motors
P_V	[kW]	Ventilatorleistung
C_c	[-]	Korrekturfaktor für drehzahlgesteuerte Ventilatoren: bei $P_{el} \geq 5$ kW: $C_c = 1,04$ bei $P_{el} < 5$ kW: $C_c = -0,03 \ln(P_{el}) + 1,88$

²⁵ Vgl. Leitfaden für Audits an Lüftungsanlagen (Kurzversion) klima:aktiv

Die Richtlinie unterteilt Ventilatoren in drei Gruppen und vier Messkategorien. Diese Messkategorien sind nachstehend aufgelistet, während die Gruppen in Tabelle 3.6 erklärt sind.

A	Frei saugend und drückend
B	Druckseitiger Betrieb (frei saugend, Widerstand auf Druckseite)
C	Saugseitiger Betrieb (Widerstand auf Saugseite, frei drückend)
D	Saug- und druckseitiger Betrieb (Widerstand auf Saug- und Druckseite)

Die Wirkungsgrade werden nach folgender Systematik ermittelt:

Gruppe	Klasse 1 (0,125 kW – 10 kW)	Klasse 2 (10 kW – 500 kW)
Gruppe 1	$\eta_{Ziel} = 2,74 \cdot \ln(P) - 6,33 + N$	$\eta_{Ziel} = 0,78 \cdot \ln(P) - 1,88 + N$
Gruppe 2	$\eta_{Ziel} = 4,56 \cdot \ln(P) - 10,5 + N$	$\eta_{Ziel} = 1,1 \cdot \ln(P) - 2,6 + N$
Gruppe 3	$\eta_{Ziel} = 1,14 \cdot \ln(P) - 2,6 + N$	$\eta_{Ziel} = N$

Gruppe	Ventilator typ	Messkategorie	Effizienz-Klasse (ab 1.07.2012) = N-Wert	Effizienz-Klasse (ab 1.01.2015) = N-Wert
G1	Axialventilator	A, C	36	40
		B, D	56	60
G1	Vorwärts gekrümmte Radialventilatoren	A, C	37	42
		B, D	42	47
G1	Radialventilatoren mit geraden Schaufeln	A, C	37	42
		B, D	42	47
G1	Dachventilatoren (axial)	A, C	27	31
G2	Rückwärts gekrümmte Radialventilatoren (ohne Gehäuse)	A, C	58	62
G2	Rückwärts gekrümmte Radialventilatoren (mit Gehäuse)	A, C	58	61
		B, D	61	64
G2	mixed flow Ventilatoren (halbaxial; halbradial)	A, C	47	50
		B, D	58	62
G2	Dachventilatoren (radial, mixed flow)	A, C	48	52
G2	Ventilatorboxen (rückwärts gekrümmt oder mixed flow)	B, D	35	39
G2	Ventilatorboxen (vorwärts gekrümmt oder axial)	B, D	22	25
G3	Querstromventilatoren	B, D	18	21

Beispiel: Für einen rückwärts gekrümmten Radialventilator mit Gehäuse mit 3 kW direktgetriebenem Motor mit Drehzahlregelung ergibt sich folgende Berechnung für die Mindesteffizienz:

- Messkategorie D: Widerstand auf Saug und Druckseite
- Gruppe G2: N-Wert 61 ab 2012 bzw. 64 ab 2015

Eta Ziel (bis 10kW für 2012) = $4,56 \ln(3) - 10,5 + 0,61 = 5 - 10,5 + 61 = 55,5 \%$

Eta Ziel (bis 10 kW für 2015) = $4,56 \ln(3) - 10,5 + 0,61 = 5 - 10,5 + 64 = 58,5 \%$

Diese Werte werden heute schon von guten Ventilatoreinheiten deutlich überschritten. D.h. die Eco-Design-Richtlinie ist nicht dafür geeignet bzw. gedacht, hocheffiziente Systeme zu forcieren sondern nur Mindestwerte einzufordern.

7.12 Drehzahlregelung

Bei Lüftungsgeräten für dezentrale Lösungen kommen heute fast ausschließlich EC-Motoren zum Einsatz und verfügen damit über eine in der Motorsteuerung integrierte Drehzahlregelung. Bei Modulgeräten für zentrale- bzw. semizentrale Lösungen halten auch immer mehr EC-Motoren bzw. Permanentmagnetmotoren mit Frequenzumformer Einzug. Standardlösung sind aber meist noch Asynchronmotoren mit Frequenzumformer bzw. Riemenantrieb. Wird eine zentrale bzw. semizentrale Lüftungsanlage als Grundlüftung zum Feuchteschutz ausgeführt, wäre auch ein Motor ohne Drehzahlregelung denkbar, da die Anlage ja konstant durchläuft. Dies bedeutet aber auch etwas unterschiedliche Luftmengen je nach Verschmutzungsgrad der Filter. Das könnte man bei einer Grundlüftung zum Feuchteschutz aber in Kauf nehmen, indem man die Anlage so auslegt, dass sie auch bei verschmutzten Filtern noch die gewünschte Mindestluftmenge erreicht.

Frequenzumrichter (FU) bewirken natürlich ebenfalls Verluste. Die Verluste des Motors mit FU über die Betriebsfrequenz nehmen um ca. 0,25 Prozentpunkte je 1Hz Abweichung von der Netzfrequenz von 50 Hz ab. Bei Betrieb des Motors mit 40 bzw. 60 Hz verringert sich der Wirkungsgrad um 2,5 %. (Vgl. Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raymond Kober, Seite 105).

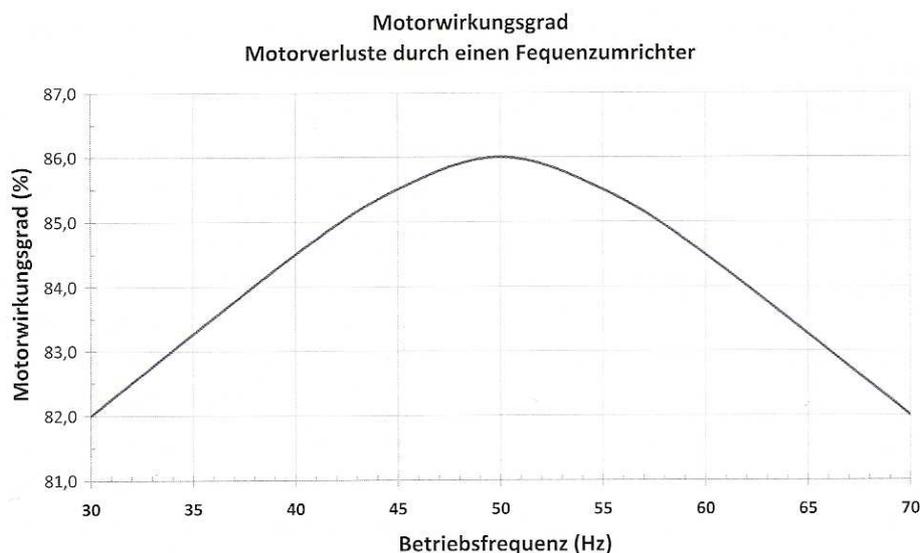


Abbildung 7.41: Motorverluste eines Asynchronmotors (4kW) mit einem Frequenzumrichter (Quelle: Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raymond Kober)

Empfehlung Motor: EC-Motor oder Synchron-Permanentmagnetmotor mit Frequenzumformer. Sparlösung für kostengünstige Anlagen zur Grundlüftung zum Feuchteschutz: EEF1 bzw. IE2 Motoren ohne Drehzahlregelung.

7.13 Wohnungsweise Volumenstromregelung

Die Sicherstellung des gewünschten Volumenstromes wird bei semizentralen Lüftungsanlagen normalerweise durch die Ventilatoren der dezentralen Lüftungseinheit gewährleistet und unterscheidet sich daher nicht von der Regelung von dezentralen, wohnungsweisen Anlagen bzw. Anlagen für Einfamilienhäuser. Bei zentralen Lüftungsanlagen wird die gewünschte Luftmenge durch Konstant-Volumenstromregler bzw. variable Volumenstromregler gewährleistet. Die Umsetzung von unterschiedlichen Volumenströmen (Abwesenheitsvolumenstrom, Anwesenheitsvolumenstrom, Intensivvolumenstrom) kann entweder durch einen variablen Volumenstromregler oder durch das Hintereinandersetzen zweier Konstantvolumenstromregler, wobei sich einer aus dem Luftstrom drehen kann, gewährleistet werden. Mit der Variante der Konstantvolumenstromregler sind allerdings nur zwei Luftmengen realisierbar. Für drei Stufen müssten zwei drehbare und ein fixer Konstantvolumenstromregler eingesetzt werden.

Variabler Konstant-Volumenstromregler:



Abbildung 7.42: Variabler Konstant-Volumenstromregler mit unterschiedlichen Motoren für verschiedene Luftmengen (Quelle: Fa. Trox)

Eine Regelklappe hält den eingestellten Volumenstrom über den gesamten Differenzdruckbereich konstant. Der Sollvolumenstrom lässt sich von außen an einer Skala einfach einstellen.

Merkmale:

- Mechanisch selbsttätig, ohne Fremdenergie (außer Stellmotor)
- Volumenstrom von außen an einer Skala einstellbar bzw. per Motor verstellbar
- Regelgenauigkeit von $\pm 10\%$, bezogen auf V_{Nenn} im Druckbereich von 30 bis 500 Pa.
- Lageunabhängig und wartungsfrei

Konstant-Volumenstromregler:

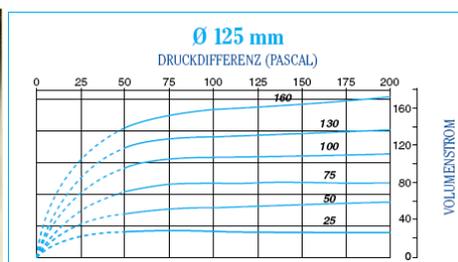


Abbildung 7.43: Konstant-Volumenstromregler und hydraulische Kennlinien. (Quelle: Fa. Krobath)

Ein Silikonbalg regelt die Luftmenge. Der notwendige Vordruck liegt jedoch meist zumindest über 50 bis 75 Pa.

Bei beiden Systemen sind die spätere Zugänglichkeit und der Reinigungsfall einzuplanen.

7.14 Luftbefeuchtung

Luftbefeuchtung: Würde eine garantierte Luftfeuchtigkeit über 30 % auch bei sehr tiefen Temperaturen gefordert, so käme man in den meisten Wohnungen um eine Befeuchtung nicht herum. Ausnahmen würden nur Wohnungen mit sehr hohen Feuchtelasten sein, bei denen eine hohe Anwesenheit mit vielen Pflanzen und zusätzlichen Feuchtequellen (z.B. Aquarium) zusammentrifft. Eine oft propagierte Reduktion der Luftmenge bis auf Werte, bei denen die 30 % Luftfeuchte eingehalten werden, ist im Wohnungsbereich praktisch nur bedingt möglich (in Abhängigkeit der Klimarregion), da die Bewohner dann wieder vermehrt auf die Fensterlüftung zurückgreifen.

Bei einer aktiven Befeuchtung stellt sich die Frage, ob eine zentrale Befeuchtung im Lüftungsgerät oder dezentrale Befeuchtungsmöglichkeiten in den einzelnen Räumen der Wohnung zu bevorzugen sind.

Bei einer zentralen Luftbefeuchtung stehen folgende Systeme für die Befeuchtung zur Auswahl. In der Tabelle ist auch die empfohlene Wasseraufbereitung angeführt.

Tabelle 7.7: Befeuchtungssysteme für zentrale Lüftungssysteme und der empfohlenen Wasseraufbereitung (Quelle: klima:aktiv Leitfaden für Audits bei Lüftungen)

Befeuchtungssystem	Vollentsalzung	Desinfektion
Heizstab-Dampfbefeuchter	empfohlen	nein
Elektroden - Dampferzeuger	nein	nein
Sprühbefeuchter	empfohlen	empfohlen
Umlaufsprühbefeuchter	empfohlen	empfohlen
Hochdruck Befeuchter	ja	nein
Ultraschallbefeuchter	ja	ja
Hybridbefeuchter (Zerstäuben, Verdunsten)	ja	ja
Kontaktbefeuchter (Rieselbefeuchter)	empfohlen	ja
Winglet-Wirbel-Befeuchter	ja	ja

Bei einer ordnungsgemäßen Betriebsweise sind alle Systeme hygienisch einwandfrei und auch von der energetischen Seite bestehen keine eklatanten Unterschiede, da die Verdunstungsenergie immer dieselbe ist. Jedoch wird beim Dampfbefeuchter die Energie immer elektrisch bereitgestellt und bei der Verdunstung durch die Heizung des Gebäudes. Es ergibt sich daher eine andere Primärenergiebilanz.

Da die Feuchteinträge innerhalb der Wohnungen sehr unterschiedlich sind, stellt sich die Frage, ob eine zentrale Befeuchtung alle individuellen Bedürfnisse abdecken kann, bzw. ob es in einigen Wohnungen nicht zu überhöhten Feuchtwerten kommt, während in anderen Wohnungen die 30 % gerade erreicht werden. Diesbezüglich fehlt es jedoch noch an Studien und Erfahrungen aus der Praxis.

Aufgrund der Betreuungssituation im Wohngebäudebereich ist aber eine aktive Befeuchtung in der Zentraleinheit derzeit aus hygienischen und finanziellen Gründen meist ohnehin nicht gewünscht. Das Thema wird daher hier nicht vertieft bzw. auf die Literatur von Klimaanlage in Nichtwohngebäuden verwiesen.

Bei einer dezentralen Befeuchtung in der Wohnung stehen folgende Systeme zur Auswahl:

- Dampfbefeuchter
- Verdampfer
- Befeuchtungsposter
- Verdunster
- Zimmerbrunnen
- Ultraschallvernebler
- Wasserwände und -bilder

Eine Übersicht über die einzelnen Vor und Nachteile gibt folgende Tabelle:

Tabelle 7.8: Bewertung von Luftbefeuchtern (Emmenegger, Tschui aus planer+installateur 4/2005)

	Gewichtung	Dampfbefeuchter	Verdampfer	Befeuchtungsposter	Radiatorverdunster	Verdunster	Zimmerbrunnen	Ultraschallvernebler	Wasserwände und Bilder
1 Leistung	20	●●●●○	●●●●	●●●	●●	●●●	●●	●●●	●●
2 Energiebedarf	15	●●	●●	●●●	●●●	●●○	●●○	●●○	●●○
3 Hygiene	20	●●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●	●●●
4 Komfort	15	●●●●	●●●○	●●●	●●●●	●●●	●●●○	●●●	●●●
5 Kosten	10	●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●○	●●●	●●○
6 Zeitaufwand	10	●●●○	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●
7 Bedienung	10	●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
Total	100	●●●○	●●●	●●●	●●●	●●●	●●○	●●○	●●○

Resümee: Der Themenkomplex Luftfeuchtigkeit im Wohnungsbereich und die Strategien und Möglichkeiten zur Einhaltung einer gewissen Mindestluftfeuchtigkeit bedürfen noch einiger Untersuchungen. Eine dichte Gebäudehülle und eine optimale Anpassung der Luftmenge an den Bedarf ist aber eine wesentliche Voraussetzung für nicht zu niedrige Luftfeuchtigkeiten. Ein dauerhaftes Absenken der Luftmengen aus Feuchtgründen zu Lasten der Luftqualität ist keine zufriedenstellende Lösung. Diese ist nur für kurze Zeiträume (Temperaturen unter 5°C) eine vertretbare Lösung.

7.15 Druckverluste und deren Optimierung

Die Druckverluste gehen direkt proportional in den Strombedarf ein. D.h. ein doppelter Gesamtdruckverlust bedeutet einen doppelt so hohen Strombedarf. Eine Erhöhung der Druckverluste um 10 Pa bewirkt folgenden zusätzlichen Strombedarf.

zus. Druckverlust:	10 Pa		
Wirkungsgrad:	0,7	0,65	0,6
Luftmenge (m ³ /h):	Strombedarf(kWh) pro Jahr für 10 Pa zusätzlichem Druckverlust		
1.000	34,76	37,44	40,56
2.000	69,52	74,87	81,11
4.000	139,05	149,74	162,22
6.000	208,57	224,62	243,33
8.000	278,10	299,49	324,44
10.000	347,62	374,36	405,56
20.000	695,24	748,72	811,11

Im Wesentlichen kann zwischen externem Druckverlust, welcher der Luftverteilung zugeschrieben wird, und dem internen Druckverlust der Lüftungsgeräteeinheit unterschieden werden.

Die internen Druckverluste können minimiert werden durch:

1. Begrenzung der Strömungsgeschwindigkeit im RLT-Gerät (z.B. Verwendung der Klasse V1 nach EN 13053:2007).
2. Druckverlustarme Komponenten des RLT-Gerätes (z.B. Wärmetauscher, Heizregister, Filter)
3. Die optimale Positionierung von Komponenten

Der externe Druckverlust einer Luftleitung wird nach folgender Gleichung berechnet²⁶:

$$\Delta p = l \cdot R + Z$$

Δp	Druckverlust [Pa]
l	Rohrlänge [m]
R	Rohrreibungswiderstand [Pa/m]
Z	Druckverlust der Einzelwiderstände [Pa]

Der Rohrreibungswiderstand R sowie der Druckverlust der Einzelwiderstände Z ist proportional dem dynamischen Druck p_{dyn} .

$$p_{\text{dyn}} = (\rho \cdot v^2 / 2)$$

p_{dyn}	dynamischer Druck [Pa]
ρ	Dichte [kg/m ³]
v	Geschwindigkeit [m/s]

²⁶ Huber, Mosbacher (2006, S. 316)

Der dynamische Druck wächst mit dem Quadrat der Geschwindigkeit. Doppelte Geschwindigkeit entspricht daher einem vierfachen Druckverlust. Entscheidend beim externen Druckverlust sind niedrige Luftgeschwindigkeit und strömungsgünstige Rohrsysteme (z.B. Abzweiger, Umlenkungen) bzw. Einbauten (z.B. Brandschutzklappen) und allgemeine Anlagenteile (z.B. Ansauggitter).

$$\Delta p_v = \frac{\rho}{2} \cdot c^2 \cdot \lambda \cdot \frac{l}{d} \quad \Delta p_v = \frac{\rho}{2} \cdot c^2 \cdot \sum \zeta$$

Legende:

Δp	Druckverlust [Pa]
ζ	Zeta-Wert
ρ	Dichte [kg/m ³] 1,2 kg/m ³ für Luft
l	Rohrlänge
c	Geschwindigkeit [m/s]
R	Rohrreibungsbeiwert (Berechnung oder Tabellenwert)

Hinweis: Es zahlt sich daher aus, strömungsgünstige Anlagen mit niedrigen Luftgeschwindigkeiten zu planen. Die Luftgeschwindigkeiten sollten im Lüftungsgerät 2 m/s (Luftgeschwindigkeitsklasse V2) und im Luftleitungssystem 3,0 möglichst nicht übersteigen.

7.16 Energetische Kennwerte bei Lüftungsanlagen

Bei Lüftungsanlagen muss man bei den Gerätekenwerten zwischen dezentralen und zentralen Geräten unterscheiden, da diese auch unterschiedlich geprüft werden. Dezentrale, wohnungsweise Wohnraumlüftungsgeräte entsprechen im Grunde Wohnraumlüftungsgeräten für Einfamilienhäuser und werden nach ÖNORM EN 13141-7:2004 als gesamte Einheit geprüft (Überarbeitete Fassung in Kürze verfügbar). Zentrale Anlagen sind normalerweise modular aufgebaut, wobei die einzelnen Komponenten jeweils einzeln nach den entsprechenden Prüfrelementen geprüft werden.

Wichtige energetische Begriffe im Zusammenhang mit mechanischen Lüftungsanlagen sind:

- Rückwärmezahl
- Wärmerückgewinnungsklassen
- Wärmerückgewinnungsgrad
- Temperaturänderungsgrad bzw. Temperaturverhältnis
- Wärmebereitstellungsgrad
- Spezifische Ventilatorleistung – Specific Fan Power (SFP)
- Elektrisches Wirkungsverhältnis
- Primärenergieeinsparung
- Energieeffizienzklassen für Lüftungsgeräte
- Lebenszykluskosten

Bevor auf diese Punkte eingegangen wird, ist zum besseren Verständnis die Kenntnis nachfolgender thermodynamischer Grundlagen erforderlich.

7.16.1 Wärmetechnische Grundlagen zur Wohnraumlüftung

Die 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 Raumluftechnik 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 würde sie das Volumen alleine ausfüllen.

Fundamentale Gasgleichung und Massenbilanz für feuchte Luft:

$$p \cdot V = m \cdot R \cdot T \quad [-]$$

$$m_f = m_L + m_D \quad [-]$$

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

Die Enthalpie (vereinfacht „Wärmegehalt“) 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. In Abhängigkeit vom gewünschten Zustand sind die entsprechende Temperatur bzw. Feuchte einzusetzen.

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

h	[kJ/kg _{tr.Luft}]	Enthalpie
h_L	[kJ/kg]	Enthalpie der trockenen Luft
x	[kg _{Wa} /kg _{tr.Luft}]	absolute Feuchte der Luft (siehe weiter unten)
h_D	[kJ/kg]	Enthalpie des Wasserdampfes

Anschaulicher lassen sich die Verhältnisse im Mollier-h-x-Diagramm darstellen. Das h-x-Diagramm dient zum direkten Auslesen von Luftzuständen bzw. -zustandsänderungen und wird vorwiegend in der Raumlufte- und Klimatechnik verwendet.

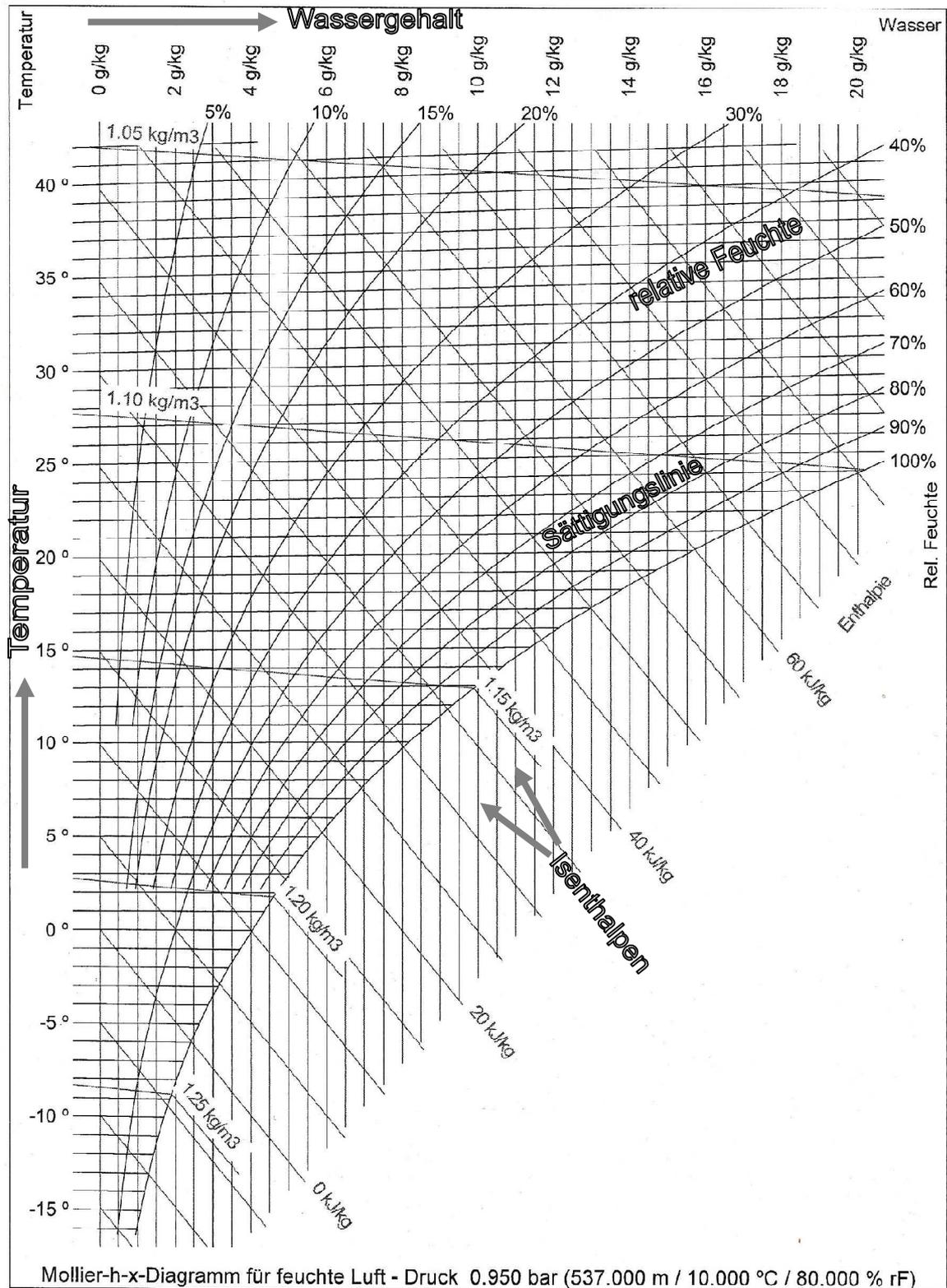


Abbildung 7.44: Mollier-h-x-Diagramm. Auf der vertikalen Achse wird die Temperatur, auf der horizontalen Achse der absolute Feuchtegehalt in g/kg trockene Luft aufgetragen. Die Kurven gleicher Enthalpie (Isenthalpen bzw. Adiabaten) sind schräge parallele Geraden, die von links oben nach rechts unten verlaufen. Enthalpie-, Feuchte- und Temperaturdifferenzen 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 Sättigungslinie 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.

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

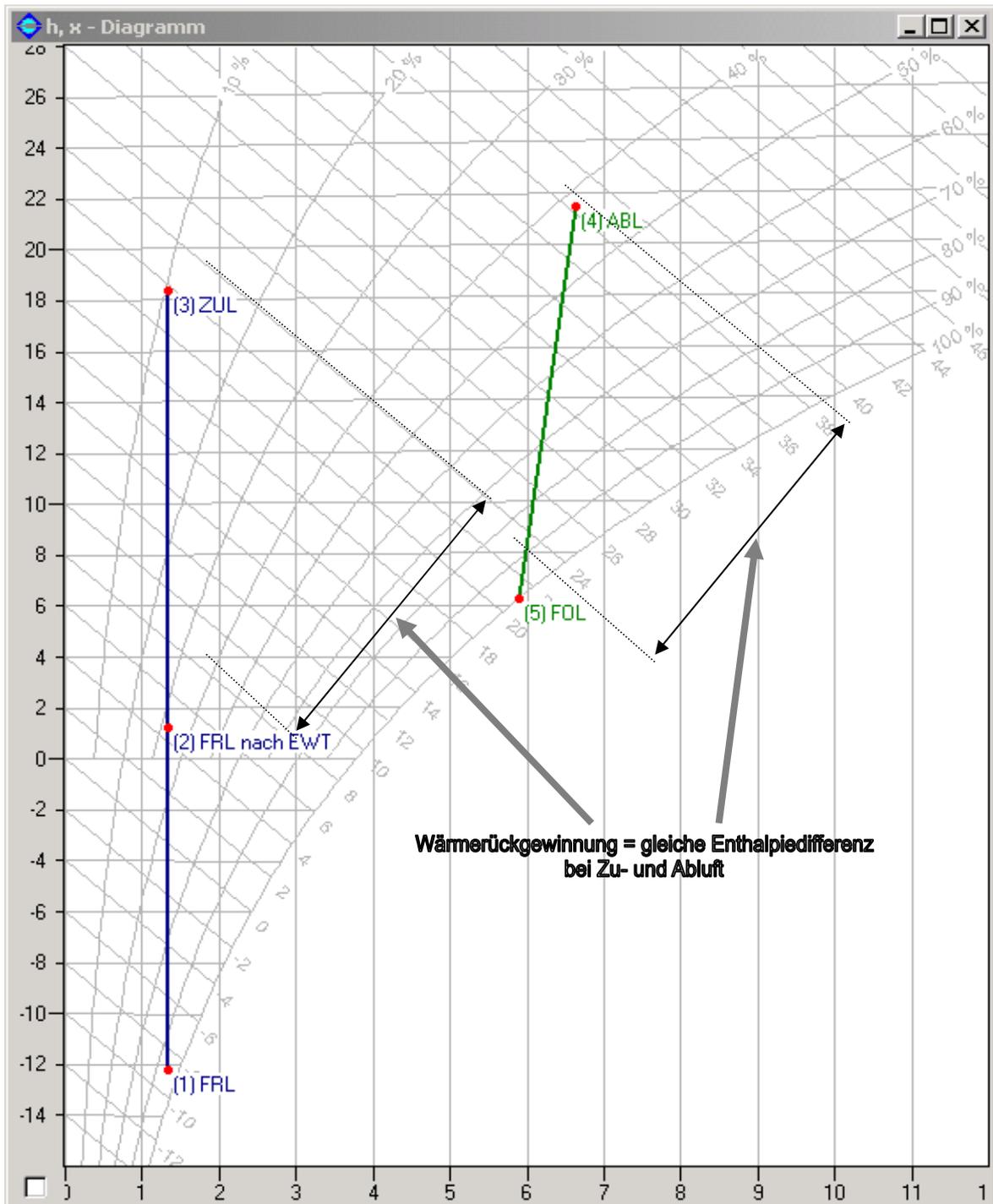


Abbildung 7.45: h-x-Diagramm für den Winterfall. Die Frischluft wird im EWT von ca. -12°C (ca. 95 % r.F.) auf ca. 1,5°C (ca. 33 % r.F.) erwärmt und durch den Wärmetauscher auf knapp über 18°C (10 % r.F.) erwärmt. Durch die Erwärmung und die Feuchtezufuhr (ca. 5 g/kg trockene Luft) im Raum wird dann der Abluftzustand erreicht. Die Abluft wird von ca. 21°C (ca. 42 % r.F.) auf ca. 6°C (100 % r.F.) abgekühlt. Es fällt dabei geringfügig Kondensat im Lüftungsgerät aus (ca. 0,8 g/kg trockene Luft). (Programmquelle: Menerga)

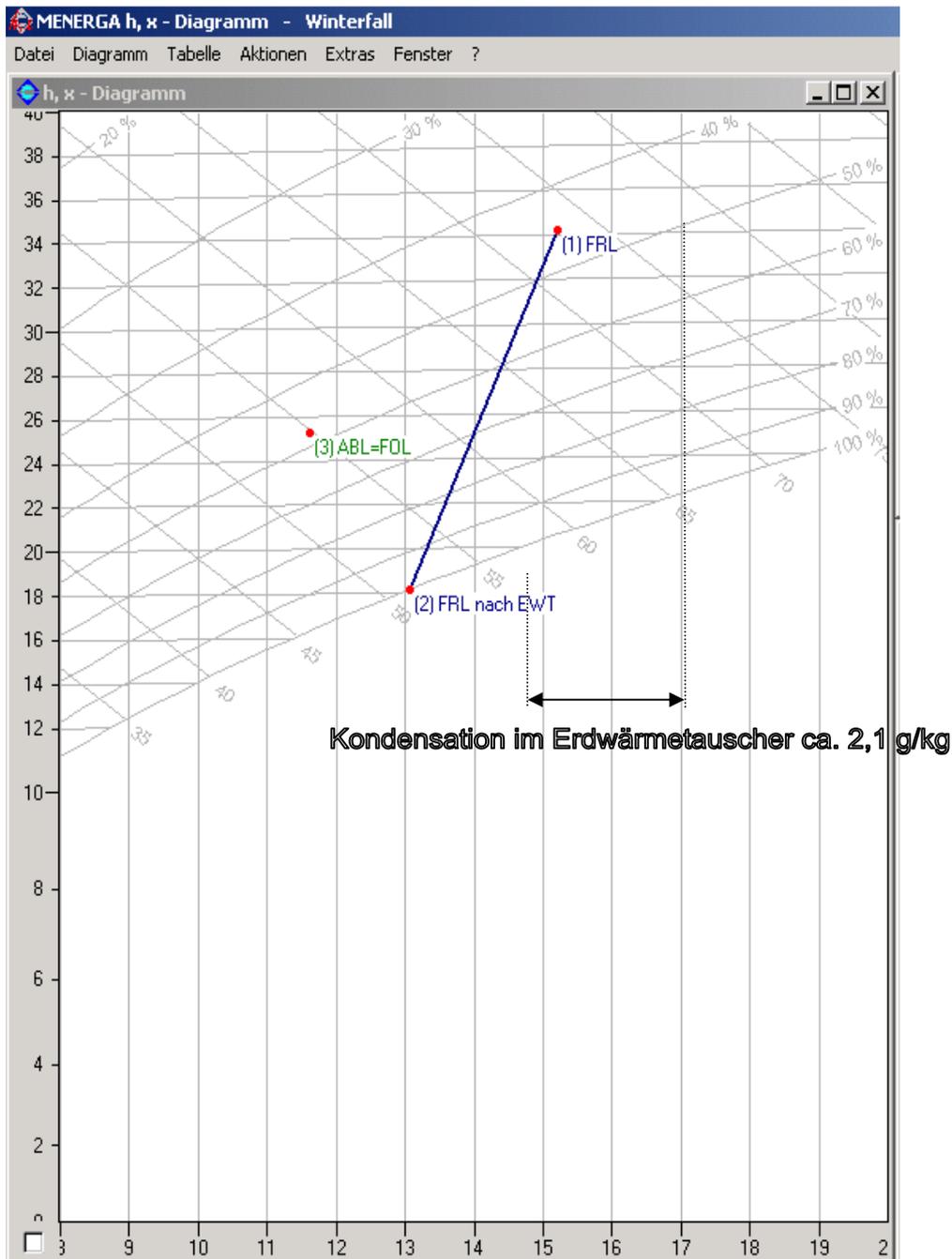


Abbildung 7.46: h-x-Diagramm für einen heißen Sommertag. Die Frischluft wird im EWT von ca. 32°C (ca. 45 % r.F) auf ca. 18°C (100 % r.F.) gekühlt. Es fällt dabei Kondensat im EWT aus (ca. 2,1 g/kg tr. Luft). Die Erwärmung durch die Ventilatorenabwärme im Gerät um ca. 1°C und die Absenkung der Luftfeuchte 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. in den frühen Morgenstunden (meist geringere absolute Außenluftfeuchte als am Tag) und durch 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 tagsüber auch an sehr heißen Tagen über Fenster, 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).

7.16.1.1 Grundlagen der Wärmerückgewinnung

In der Raumlüftungstechnik ist vor allem die Leistungsfähigkeit von Komponenten zur Änderung der Enthalpiezustände von Bedeutung. Da die Wärmerückgewinnung ein zentraler Bestandteil von Lüftungsanlagen geworden ist, sollte der Planer die grundsätzlichen Definitionen untenstehender Begriffe kennen und wissen, wie die teilweise recht deutlichen Unterschiede bei den Werten zu Stande kommen und wie damit in der Praxis umzugehen ist.

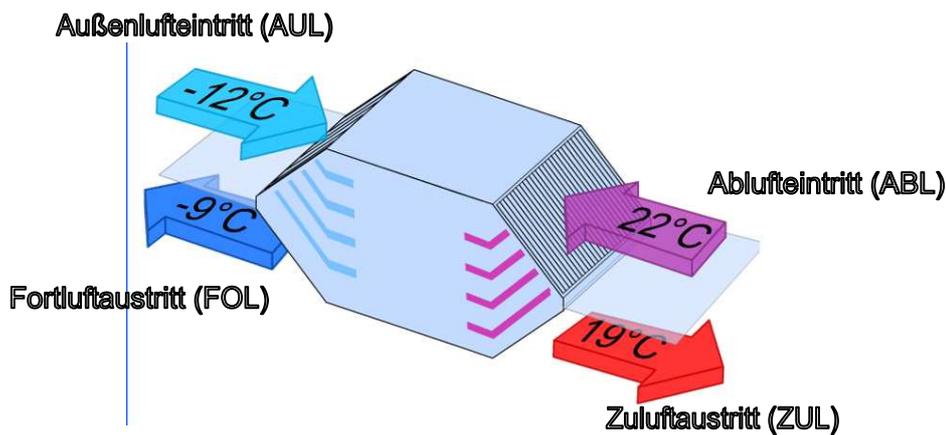


Abbildung 7.47: Prinzipbild einer Wärmerückgewinnung (Plattenwärmetauscher, Quelle: Klingenburg, adaptiert)

Bei Wärmerückgewinnern gibt es immer zwei Luftströme:

- 1.) AUL \rightarrow ZUL (Zuluftstrom)
- 2.) ABL \rightarrow FOL (Abluftstrom)

Theoretisch dürfte es keinen Unterschied machen, ob man die Enthalpieänderung der Zuluft oder der Abluft zur Bewertung heranzieht. In der Praxis treten jedoch zum Teil sehr deutliche Unterschiede auf, die auf folgende Einflüsse zurückzuführen sind:

- Latente Energie: Der in der Luft enthaltene Wasserdampf kann bei Unterschreitung des Taupunktes an der Wärmetauscheroberfläche kondensieren. Diese Kondensationsenergie (latente = versteckte Energie) wirkt sich deutlich positiv auf die übertragene Wärmeenergie aus. In den Reglements ist bei einigen Prüfpunkten eine Kondensation bei der Prüfung nicht ausgeschlossen oder wird bewusst herbeigeführt. Dadurch werden deutlich höhere Werte erzielt als ohne Kondensation. Im tatsächlichen Betrieb in der Wohnraumlüftung tritt eine Kondensation aufgrund höherer Abluftfeuchten und gleichzeitig tiefer Außentemperaturen nur kurzfristig auf. Die Wärmerückgewinnungswerte bei Kondensation sind für die saisonale Energiebilanz einer Lüftungsanlage demnach nicht repräsentativ.

- Transmissionsverluste über das Gerätegehäuse: Die Standardprüfpunkte der Reglements sehen eine Messung des Gerätes bzw. der Einheit bei üblichen Rauminnentemperaturen vor (Werte um 20°C). Je nach Wärmedämmeigenschaften des Gehäuses ist mit einer Erhöhung der Austrittstemperatur aus der Einheit zu rechnen. Dieser Energieeintrag durch die Umgebung darf jedoch nicht der Wärmerückgewinnung zugeordnet werden.
- Energieeintrag durch Ventilatoren und Elektronikkomponenten: Der für den Lufttransport eingesetzte elektrische Energieanteil wird bezogen auf das Gesamtsystem schließlich zu 100 % in Reibungswärme umgewandelt. Je nach Anordnung der Ventilatoren (vor oder nach der Wärmerückgewinnungseinheit) erhöht sich der Energiegehalt des austretenden Luftstroms. Bei der Effizienzbewertung von Geräteeinheiten hat sich daher der Begriff „Wärmebereitstellungsgrad“ etabliert.
- Innere und äußere Luftleckagen: Je nach Druckverhältnissen im Gerät kann es zu Leckagen zwischen dem Zu- und Abluftstrom oder über die äußere Hülle mit der Umgebungsluft kommen, die Einfluss auf die Bewertung der Übertragungseffizienz haben. In den Prüfreglements sind dementsprechende Leckagemessungen vor den thermodynamischen Messungen durchzuführen. Bei Überschreitung bestimmter Leckageraten (in % des Nennvolumenstroms) soll eine weitere thermodynamische Messung nicht vorgenommen werden. Neben den energetischen Einflüssen der Leckagen, kann es bei Überdruck im Abluftbereich auch zu merklicher Geruchsübertragung kommen.
- Zu- und Abluftmassenstrom ungleich: Bei Messungen von Wärmerückgewinnern wird am Prüfstand ein Massenstromverhältnis von 1,0 eingestellt. Bei der Verwendung in Geräten kann das Massenstromverhältnis nicht beeinflusst werden, da es sich durch die Konstantvolumenstromregelung der geräteeigenen Ventilatoren ergibt. Durch diese Disbalancen können ebenfalls deutliche Abweichungen der Energiebilanzierung zwischen dem Zu- und Abluftstrom entstehen, wenn das Massenstromverhältnis nicht beachtet wird.

Aufgrund der oben beschriebenen Einflüsse ist bei energetischen Beurteilungen von Lüftungsgeräten oder Wärmerückgewinnungseinheiten immer zu beachten, auf welche Enthalpiestromänderung (ZUL/AUL oder ABL/FOL) die Wärmerückgewinnungswerte bezogen sind. Weiters muss unterschieden werden, ob eine Messung einer kompletten Geräteeinheit mit Wärmerückgewinnung (Kompaktgerät) oder nur einer Wärmerückgewinnungseinheit (für Modulgerät) vorliegt. Demnach sind unterschiedliche Reglements bzw. Normen anzuwenden. Derzeit sind folgende Begriffe in Verwendung:

- Wärmerückgewinnungsgrad
- Wärmebereitstellungsgrad
- Effektiver (trockener) Wärmebereitstellungsgrad
- Rückwärmzahl
- Temperaturänderungsgrad
- Temperaturverhältnis

7.16.1.2 Wärmerückgewinnungsgrad

Der Begriff „Wärmerückgewinnungsgrad“ wird im allgemeinen Sprachgebrauch meist auch als übergeordneter Begriff für die Leistungsfähigkeit der Wärmeübertragung verwendet.

Im ursprünglichen Sinn ist der Wärmerückgewinnungsgrad in der VDI 2071 definiert als „Enthalpierückgewinnungsgrad“:

$$\eta_{WRG} = \frac{h_{ZUL} - h_{AUL}}{h_{ABL} - h_{AUL}} \quad (\text{zuluftseitiger Wärmerückgewinnungsgrad})$$

$$\eta_{WRG} = \frac{h_{ABL} - h_{FOL}}{h_{ABL} - h_{AUL}} \quad (\text{fortluftseitiger bzw. abluftseitiger Wärmerückgewinnungsgrad})$$

η_{WRG} [-] Wärmerückgewinnungsgrad
 h [kJ/kg] Enthalpie der verschiedenen Luftzustände (Außenluft, Zuluft, Abluft)

Bei Verwendung von Enthalpiedifferenzen ist zu beachten, dass Wohnraumlüftungen die Aufgabe haben, stetig Feuchte abzuführen, wobei meist deutlich trockenere Luft nachgeliefert wird. Das heißt, dass eine vollständige Feuchte- und damit Enthalpierückgewinnung aus Feuchteschutzgründen nicht angestrebt wird. Eine Bewertung der Wärmerückgewinnung nach dem Wärmerückgewinnungsgrad gemäß obiger Definition ergibt daher einen relativ niedrigen Wert und wäre irreführend. Aus diesem Grund wird der Wert auch in der Wohnungslüftung praktisch nicht ausgewiesen und verwendet.

7.16.1.3 Wärmebereitstellungsgrad (nach DIBt)

Der Wärmebereitstellungsgrad ist im „Prüfreglement für die Prüfung von zentralen Wohnungslüftungsgeräten“ des Europäischen Testzentrums für Wohnungslüftungsgeräte definiert und wird im Rahmen der in Deutschland noch erforderlichen Bauartzulassung von Wohnungslüftungsgeräten durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) zur Beurteilung der thermodynamischen Effizienz herangezogen. Die Definition beruht auf Enthalpieströmen, wobei jedoch nicht wie beim Wärmerückgewinnungsgrad als Bezugsenthalpiedifferenz ($h_{ABL} - h_{AUL}$) herangezogen wird, sondern mit ($h^*_{ZUL} - h_{AUL}$) eine neue Größe definiert wird. h^*_{ZUL} bzw. h^*_{ZU} kennzeichnet den Luftzustand, den die bereits auf Raumtemperatur erwärmte Luft hat, bevor ihr im Raum Feuchte zugeführt wird. Mit anderen Worten: Man bezieht sich auf einen Zuluftzustand, der durch eine rekuperative Wärmerückgewinnung ohne Feuchteübertragung maximal 100 % betragen kann. Wird beispielsweise ein Enthalpieübertrager (mit Feuchterückgewinnung) gemessen, so können Werte deutlich über 100 % auftreten.

Die Definition des Wärmebereitstellungsgrades nach DIBt lautet:

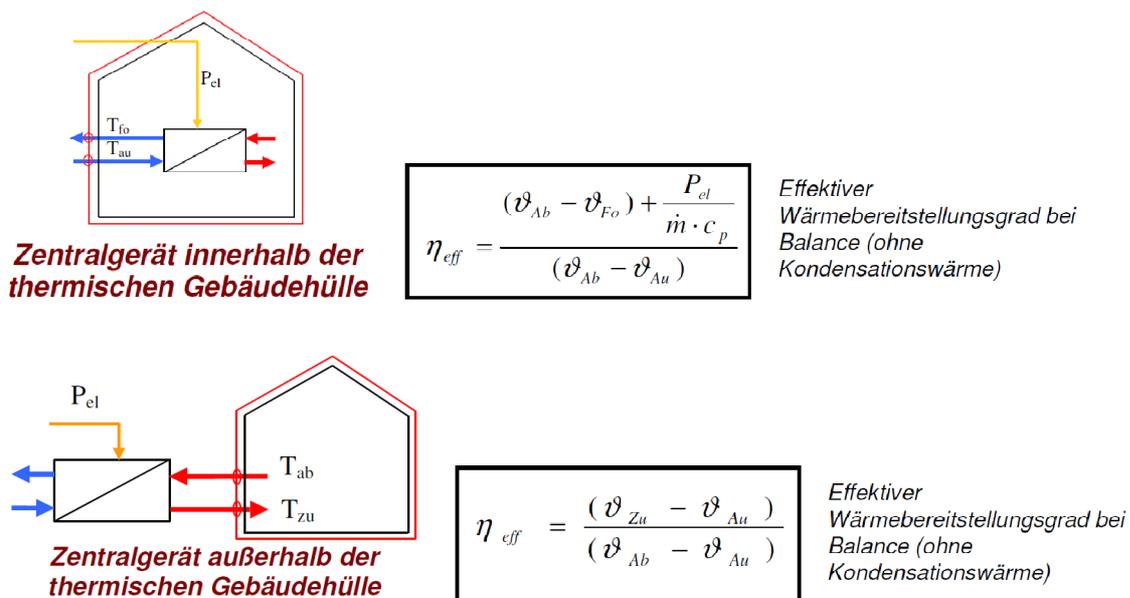
$$\eta_w = \frac{\dot{H}_{ZU} - \dot{H}_{AU}}{\dot{H}^*_{ZU} - \dot{H}_{AU}}$$

Bei dieser Definition gibt es nur einen Bezug auf die Zuluftseite. D.h. die unter 7.16.1.1 beschriebenen Einflüsse auf das Ergebnis machen sich hier auch aufgrund der gewählten Prüfpunkte, die eine abluftseitige Kondensation nicht ausschließen, deutlich bemerkbar. Da die ausgewiesenen Prüfwerte offensichtlich zu hoch lagen, um sie direkt für die Berechnung von Lüftungswärmeverlusten heranzuziehen, wurden in der ÖNORM B 8110-6:2008 Abschlagswerte für den Wärmebereitstellungsgrad nach DIBt eingeführt. Diese Abschlagswerte werden derzeit bei der Berechnung des Energieausweises in Ermangelung anderer Prüfwerte noch angewendet. In der neuen Fassung der ÖNORM B 8110-6:2010 wurde dieser Teil bereits gestrichen und auf die neu überarbeitete ÖNORM EN 13141-7 (siehe 7.16.1.6) bzw. auf die ÖNORM EN 308 (siehe 7.16.1.5) verwiesen.

7.16.1.4 Effektiver Wärmebereitstellungsgrad nach Passivhausinstitut

Das Passivhausinstitut (PHI) hat sich erstmals mit der Thematik der exakten Bilanzierung der Lüftungswärmeverluste intensiv auseinandergesetzt und für die Zertifizierung passivhaus-tauglicher Lüftungsgeräte ein entsprechendes Prüfreglement entworfen, das Mindestanfor-derung an die Effizienz, Akustik und Hygiene stellt. Die Überlegungen gehen davon aus, dass in der Praxis die Verringerung des Lüftungswärmebedarfs durch abluftseitige Kondensation bei reinen Lüftungsgeräten vernachlässigbar ist. Aus diesen Gründen stützt sich die Definiti-on des effektiven Wärmebereitstellungsgrades nur auf Temperatur- und nicht auf Enthalpie-differenzen. Um die unter 7.16.1.1 beschriebenen Einflüsse hintanzuhalten, werden die Prüf-konditionen so gewählt, dass keine Kondensation im Wärmetauscher auftreten kann. Man spricht daher auch vom effektiven „trockenen“ Wärmebereitstellungsgrad.

Für die korrekte Energiebilanzierung ist es entscheidend auf welche Luftstrom-Austrittsseite die Bilanz bezogen wird. Bei der Unterbringung des Gerätes in der konditionierten Hülle muss eine fortluftseitige Bilanzierung durchgeführt werden. Bei Aufstellung des Gerätes im Außenbereich ist die zuluftseitige Bilanzierung erforderlich. Da Geräteprüfungen im Regelfall nicht in Außenaufstellung, d.h. bei niedrigen Umgebungstemperaturen geprüft werden, wird vereinfacht auf den Wert der Innenaufstellung zurückgegriffen.



- η_{eff} : Wärmebereitstellungsgrad
- \dot{m} : Massenstrom
- c_p : spezifische Wärmekapazität der Luft
- P_{el} : Leistungsaufnahme des Lüftungsgeräts
- ϑ_{Au} : Außenlufttemperatur
- ϑ_{Zu} : Zulufttemperatur
- ϑ_{Ab} : Ablufttemperatur
- ϑ_{Fo} : Fortlufttemperatur

Abbildung 7.48: Berechnung des effektiven Wärmebereitstellungsgrades für die Innen- und Außenaufstellung (Quelle: PHI)

7.16.1.5 Rückwärmzahl, Temperaturänderungsgrad

Die Begriffe Rückwärmzahl oder Temperaturänderungsgrad werden ausschließlich für Wärmetauscher verwendet. In Österreich gilt die ÖNORM EN 308, die die Prüfung von Luft-Luft-Wärmetauschern regelt. Die Berechnung erfolgt nur mittels Temperaturdifferenzen ohne Berücksichtigung von Feuchten. Bei der Prüfung von Wärmerückgewinnern kann durch Konditionierung der Abluftfeuchte (unterschiedliche Prüfpunkte) eine Kondensation herbeigeführt oder ausgeschlossen werden. Die Massenströme von Zu- und Abluft werden abgeglichen. Die Norm beinhaltet auch eine Leckageprüfung und die Ausweisung von Feuchteänderungsgraden bei regenerativen Wärmetauschern analog den Temperaturänderungsgraden. Da die Prüfung von Wärmetauschern eine Überdämmung des Gehäuses vorsieht, ist bei „trockener“ Messung und geringen Leckagen nur eine sehr geringe Abweichung zwischen zuluftseitigem und fortluftseitigem Temperaturänderungsgrad zu erwarten. Standardmäßig wird meist nur der zuluftseitige Temperaturänderungsgrad angegeben.

$$\eta_t = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}} \quad \text{zuluftseitige(s) Rückwärmzahl / Temperaturänderungsgrad}$$

$$\eta_t = \frac{t_{11} - t_{12}}{t_{11} - t_{21}} \quad \text{fortluftseitige(s) Rückwärmzahl / Temperaturänderungsgrad}$$

t_{22}	Zulufttemperatur beim Austritt aus dem Wärmetauscher
t_{21}	Außenlufttemperatur beim Eintritt in den Wärmetauscher
t_{11}	Ablufttemperatur beim Eintritt in den Wärmetauscher
t_{12}	Fortlufttemperatur beim Austritt aus dem Wärmetauscher

7.16.1.6 Temperaturverhältnis

Der Begriff Temperaturverhältnis wird in der ÖNORM EN 13141-7 verwendet. Diese Norm regelt die Prüfung von Wohnungslüftungsgeräten für Wohnungen bzw. Einfamilienhäuser. Über die Prüfbedingungen der Norm können alle wesentlichen Leistungskenngrößen eines Wohnungslüftungsgerätes bestimmt werden. Die Berechnung des Temperaturverhältnisses unterscheidet sich vom Temperaturänderungsgrad nach ÖNORM EN 308 durch die Korrektur des Massenstromverhältnisses, da geräteinterne Regelungen des Volumenstroms Disbalancen erwarten lassen. Analog dazu werden auch die Feuchteverhältnisse gebildet.

$$\eta_{\theta, \text{su}} = \frac{\theta_{22} - \theta_{21}}{\theta_{11} - \theta_{21}} \cdot \frac{q_{m22}}{q_{m11}} \quad \text{zuluftseitiges Temperaturverhältnis}$$

$$\eta_{\theta, \text{ex}} = \frac{\theta_{11} - \theta_{12}}{\theta_{11} - \theta_{21}} \cdot \frac{q_{m12}}{q_{m21}} \quad \text{fortluftseitiges Temperaturverhältnis}$$

θ_{22}	Zulufttemperatur beim Austritt aus dem Wärmetauscher
θ_{21}	Außenlufttemperatur beim Eintritt in den Wärmetauscher
θ_{11}	Ablufttemperatur beim Eintritt in den Wärmetauscher
θ_{12}	Fortlufttemperatur beim Austritt aus dem Wärmetauscher
q_{m22}	zuluftseitiger Massenstrom
q_{m11}	ablufseitiger Massenstrom
q_{m12}	fortluftseitiger Massenstrom
q_{m21}	außenluftseitiger Massenstrom

7.16.1.7 Wärmerückgewinnungsklassen

Die Klasseneinteilung für Rückwärmzahlen nach der ÖNORM EN 13053:2006 hängt einerseits von den jährlichen Betriebsstunden und andererseits vom Luftvolumenstrom je Einheit ab.

Tabelle 7.9: Wertetabelle für Rückwärmzahlen und Druckverluste nach EN 13053:2007

Klasse WRG	Min. Rückwärmzahl	Max. Druckverlust
H1	Werte x 1,15	Werte x 0,75
H2	Werte x 1,10	Werte x 0,90
H3	Werte x 1,00	Werte x 1,00
H4	Werte x 0,90	Werte x 1,10
H5	Keine Anforderung	Keine Anforderung

Tabelle 7.10: Rückwärmzahlen und Druckverluste je Luftseite nach EN 13053:2007

Laufzeit [h/a]	Volumenstrom [m³/h]				
	1980 bis 5000	> 5000 bis 10000	> 10000 bis 25000	> 25000 bis 50000	> 50000
< 2000	-	0,40 150 Pa	0,43 175 Pa	0,50 200 Pa	0,55 225 Pa
≥ 2000 bis 4000	0,40 175 Pa	0,43 200 Pa	0,47 225 Pa	0,53 250 Pa	0,58 275 Pa
> 4000 bis 6000	0,43 200 Pa	0,45 225 Pa	0,50 250 Pa	0,58 275 Pa	0,63 300 Pa
> 6000	0,45 225 Pa	0,50 250 Pa	0,55 275 Pa	0,63 300 Pa	0,68 325 Pa

Werte bei Massenstromverhältnis 1:1
Bei besseren Rückwärmzahlen höhere zul. Druckverluste

Rechnet man bei einem Wohngebäude mit einem durchlaufenden Betrieb, d.h. 8760 Std., so ergeben sich für durchschnittliche Volumenströme von über 10.000 m³/h minimale Rückwärmzahlen von 0,55 bei max. 275 Pa Druckverlust nach EN 13053:2007. Dies entspricht der Klasse H3. Für die Anforderung der Klasse H1 muss noch mit den Faktor 1,15 bei der Rückwärmzahl und 0,75 beim Druckverlust multipliziert werden. Daraus ergeben sich für die Klasse H1 folgende Anforderungen: minimale Rückwärmzahl von 0,63 bei max. 206 Pa Druckverlust.

7.17 Spezifische Ventilatorleistung – Specific Fan Power (SFP)

Unter der spezifischen Ventilatorleistung (SFP – **Specific Fan Power**) wird die elektrische Leistungsaufnahme eines Ventilators im Verhältnis zur gelieferten Luftmenge verstanden. Sie ist in der ÖNORM EN 13779:2008 definiert. Die Einteilung der Klassen in der EN 13779:2008 erfolgt jeweils für einen Ventilator (Tabelle 9 in EN 13779).

Tabelle 7.11: Spezifische Ventilatorleistung nach ÖNORM EN 13779:2008

SFP-Kategorie	P_{SFP} in [$W \cdot m^{-3} \cdot s$]	P_{SFP} in [$W \cdot m^{-3} \cdot h$]
SFP 1 ^(*)	<500	<0,14
SFP 2 ^(*)	500–750	0,14–0,21
SFP 3 ^(*)	750–1.250	0,21–0,35
SFP 4 ^(*)	1.250–2.000	0,35–0,56
SFP 5 ^(*)	2.000–3.000	0,56–0,83
SFP 6 ^(*)	3.000–4.500	0,83–1,25
SFP 7 ^(*)	>4.500	>1,25

^(*) P_{SFP}spezifische Ventilatorleistung

Im Anhang D sind auch Leitlinien für SFP-Bewertungen für Luftbehandlungseinheiten, Anlagen und das gesamte Gebäude enthalten. Diese sind klar von der Betrachtung der einzelnen Ventilatoren zu differenzieren.

In der OIB Richtlinie 6 wird beim erstmaligen Einbau, bei Erneuerung oder überwiegender Instandsetzung von Lüftungsanlagen eine **spezifische Leistungsaufnahme (SFP) der Ventilatoren** in Lüftungsanlagen der Klasse I gemäß ÖNORM EN 13779:2008 gefordert.

Auszug aus OIB-Richtlinie 6:2007

6.3 Lüftungsanlagen

Bei erstmaligem Einbau, bei Erneuerung oder überwiegender Instandsetzung von Lüftungsanlagen muss die spezifische Leistungsaufnahme (SFP) von Ventilatoren in Lüftungsanlagen der Klasse I gemäß ÖNORM EN 13779 entsprechen.

Zu beachten ist, dass sich die spezifische Leistungsaufnahme der OIB-Richtlinie auf die (einzelnen) Ventilatoren und nicht auf die gesamte Anlage, bzw. auf das Gebäude bezieht, auch wenn die Formulierung nicht ganz eindeutig ist. Dies bedeutet, bei einer Zu- und Abluftanlage mit 3.000 m³/h Zuluft und 3.000 m³/h Abluft ist für jede Ventilatereinheit (d.h. jeweils für den Zuluft- bzw. den Ablufventilator) die SFP-Klasse 1 mit jeweils 3.000 m³/h einzuhalten.

Für einzelne Einbauten, die den Druckverlust und damit den Strombedarf des Ventilators erhöhen, sind in der EN 13779 Zuschläge vorgesehen, welche die maximal zulässige Ventilatorleistung erhöhen. Die Zuschläge werden zu den zulässigen spezifischen Leistungen der jeweiligen Klasse addiert.

- Zusätzliche mechanische Filterstufe + 300 W/(m³/s)
- HEPA-Filter + 1.000 W/(m³/s)
- Gasfilter + 300 W/(m³/s)
- Wärmerückgewinnungsklasse H2 bzw. H1 nach EN 13053 + 300 W/(m³/s)
- Hochleistungskühler + 300 W/(m³/s)

Die Zuschläge sind so beschaffen, dass die Zuschläge für die SFP-Einordnung im Normalfall höher sind als der zusätzliche Leistungsbedarf aufgrund des Druckverlustes, den ein Bauteil mit geringem Druckverlust verursacht.

Beispiel Wärmetauscher: Die zusätzlichen $300 \text{ W}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{s}$ für einen Wärmetauscher der Klasse H1 oder H2 (heute übliche Wärmetauscher) bedeuten bei 65 % Wirkungsgrad der Ventilatereinheit, dass der Wärmetauscher einen zusätzlichen Druckverlust von 195 Pa erzeugen dürfte. Der zusätzliche Druckverlust eines Wärmetauschers der Klasse H1 bzw. H2 ist aber nur ca. 100 Pa höher als der eines Wärmetauschers der Klasse H3 (siehe auch – Kapitel “ typische Druckverluste von Bauteilen“).

Es ist daher einfacher, mit einem hochwertigem Wärmetauscher der Klasse H1 bzw. H2 die SFP-Klasse 1 zu erreichen als ohne hochwertigen Wärmetauscher.

Zu beachten ist weiters, dass bei der spezifischen Ventilatorleistung nur der Strom für den jeweiligen Ventilator eingeht. Die Leistung für Nebenaggregate, z.B. Antrieb für den Rotationswärmetauscher und Regelung sind bei der Betrachtung der SFP-Klasse für den einzelnen Ventilator nicht enthalten. Erst auf Anlagen- bzw. Gebäudeebene kommen auch diese Stromverbraucher zum Ansatz.

Bezüglich des Zuschlages für eine „zusätzliche mechanische Filterstufe“ herrscht auch unter Experten Uneinigkeit bei der Interpretation bzw. gibt es Interpretationsunterschiede zwischen Italien, Deutschland und Österreich. Die erste Auslegung ist, dass ein mechanischer Filter immer diesen Zuschlag bewirkt (Italien), die zweite Auslegung ist, dass eine Filterstufe immer im System inkludiert ist und nur eine zweite zusätzliche Filterstufe diesen Zuschlag bekommt (Deutschland). Die österreichische Auslegung (z.B. Qualitätskriterien von komfortlüftung.at) war immer so, dass bei jedem Filter dieser Zuschlag gerechnet wird, auch wenn nur eine Stufe vorhanden ist.

SFP und die Praxis: Eine sehr hohe Stromeffizienz wird mit zweiflutigen direktgetriebenen Ventilatoren mit Hocheffizienzmotoren (z.B. EC-Motoren) und niedrigen Gesamtdrücken (geräteintern und geräteextern) erreicht. Ventilatoren mit Keilriemenantrieb haben ca. 5–10 % und Ventilatoren mit Flachriemenantrieb ca. 2–3 % geringere Gesamtwirkungsgrade als gleiche Ventilatoren mit Direktantrieb.

Generell ergibt sich aus den physikalischen Gegebenheiten ein direkter Zusammenhang der spezifischen Ventilatorleistung je Ventilator mit der gesamten Druckerhöhung. D.h. bei einem fixen Gesamtwirkungsgrad von Motor und Ventilator ist die Stromeffizienz nur mehr von der Druckerhöhung im Gesamtsystem (intern und extern) abhängig.

$$P_{SFP} = \frac{P}{q_v} = \frac{\Delta p}{\eta_{tot}}$$

Spezifische Ventilatorleistung

P_{SFP}	spezifische Ventilatorleistung [$\text{W}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{s}$]
P	elektrische Wirkleistung des Ventilatormotors [W]
q_v	Nennvolumenstrom durch den Ventilator [$\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$]
Δp	Gesamtdruckerhöhung des Ventilators [Pa]
η_{tot}	Gesamtwirkungsgrad von Ventilator, Motor, Antrieb, ... [-]

Die folgende Tabelle zeigt die Klassifizierung der spezifischen Ventilatorleistung nach ÖNORM EN 13779:2008 und die maximale Gesamtdruckerhöhung bei einem Gesamtwirkungsgrad der Ventilatoreinheit von 0,60 bzw. 0,70 (Achtung: Einordnung gilt jeweils für eine Ventilatoreinheit).

Tabelle 7.12: Klassierung der spezifischen Ventilatorleistung nach ÖNORM EN 13779:2008

SFP-Kategorie	P_{SFP} in $[W \cdot m^{-3} \cdot s]$	P_{SFP} in $[W \cdot m^{-3} \cdot h]$	Max. ges. Druckerhöhung bei $\eta_{tot} = 60 \% [Pa]$	Max. ges. Druckerhöhung bei $\eta_{tot} = 70 \% [Pa]$
SFP 1 ^(*)	<500	<0,14	300	350
SFP 2 ^(*)	500–750	0,14–0,21	450	525
SFP 3 ^(*)	750–1.250	0,21–0,35	750	875
SFP 4 ^(*)	1.250–2.000	0,35–0,56	1.200	1.400
SFP 5 ^(*)	2.000–3.000	0,56–0,83	1.800	2.100
SFP 6 ^(*)	3.000–4.500	0,83–1,25	2.700	3.150
SFP 7 ^(*)	>4.500	>1,25	>2.700	>3.150

^(*) P_{SFP}spezifische Ventilator Leistung

Zusätzliche, lüftungstechnisch notwendige Einbauten führen nach der EN 13779:2008 zu höheren zulässigen spezifischen Werten: z.B. zusätzliche mechanische Filterstufen (+ 300 $W \cdot m^{-3} \cdot s$), hocheffiziente Wärmerückgewinnungen der Wärmerückführungs-kategorie H2 oder H1 (+ 300 $W \cdot m^{-3} \cdot s$), Hochleistungskühler (+300 $W \cdot m^{-3} \cdot s$).

In den folgenden Tabellen sind die zulässigen spezifischen Leistungen pro Ventilator bzw. maximalen Druckverluste für typische Lüftungsanlagen mit entsprechenden Einbauten enthalten:

Tabelle 7.13: Typisch zulässige spezifische Leistungen pro Ventilator für SFP1:

Lüftungsanlage mit:	P_{SFP} in $[W \cdot m^{-3} \cdot s]$	P_{SFP} in $[W \cdot m^{-3} \cdot h]$
Ohne Wärmerückgewinnung (WRG), ohne Filter	< 500	<0,138
Filter + WRG der Klasse 3 oder höher	< 800	< 0,222
Filter + WRG der Klasse 1 bzw. 2	< 1.100	< 0,305
Filter + WRG der Klasse 1 bzw. 2 + Kühler	< 1.400	< 0,388

Tabelle 7.14: Typisch zulässige Gesamtdruckerhöhung pro Ventilator für SFP1:

Lüftungsanlage mit:	Max. ges. Druckerhöhung bei $\eta_{tot} = 60 \% [Pa]$	Max. ges. Druckerhöhung bei $\eta_{tot} = 70 \% [Pa]$
Ohne Wärmerückgewinnung (WRG), ohne Filter	< 300	< 350
Filter + WRG der Klasse 3 oder höher	< 480	< 560
Filter + WRG der Klasse 1 bzw. 2	< 660	< 770
Filter + WRG der Klasse 1 bzw. 2 + Kühler	< 840	< 980

Mit einer Wärmerückgewinnung der Klasse H1 bzw. H2 und einem zusätzlichen mechanischen Filter ergeben sich lt. EN 13799:2008 maximal 1.100 $W \cdot m^{-3} \cdot s$ bzw. 0,305 $W \cdot m^{-3} \cdot h$ oder max. 660 Pa bei 60 % bzw. 770 Pa bei 70 % Gesamtwirkungsgrad der Ventilatoreinheit.

Über die gesamte Bandbreite der Gesamtwirkungsgrade von Kleinventilatoren (10 bis 25 %) bis hin zu großen Lüftungsanlagen mit Gesamtwirkungsgraden von über 70 % ergibt sich ein maximal zulässiger Druckverlust für verschiedene Luftmengen.

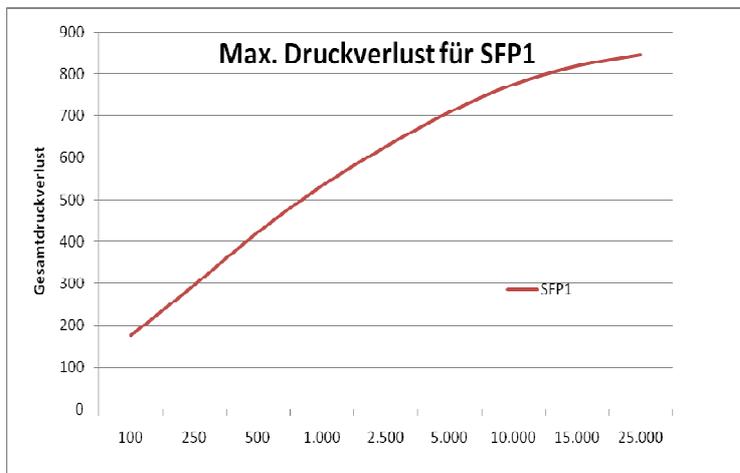


Abbildung 7.49: Zulässige Gesamtdruckverluste abhängig von dem typischen Gesamtwirkungsgrad der Ventilatoreinheit bei den verschiedenen Luftmengen zur Erreichung von SFP1 (Als Zuschläge wurden 300 Ws/m³ für die Filterstufe und 300 Ws/m³ für die Wärmerückgewinnung berücksichtigt).

Im folgenden Diagramm wurde versucht, eine Trendlinie für SFP-Werte von Wohnraumlüftungen verschiedener Gesamtluftmengen nach heutigem Errichtungsstandard für typische Druckverluste und Gesamtwirkungsgrade abzuschätzen. Als Zuschläge wurden 300 Ws/m³ für die Filterstufe und 300 Ws/m³ für die Wärmerückgewinnung berücksichtigt.

Tabelle 7.15: Der Grafik zugrundegelegte Anlagenwerte

Volumenstrom	100	250	500	1.000	2.500	5.000	10.000	15.000	25.000	m ³ /h
Mittelwert eta	0,16	0,27	0,385	0,485	0,57	0,645	0,705	0,745	0,77	%
praktische Druckverluste	120	170	230	350	550	750	950	1100	1250	Pa

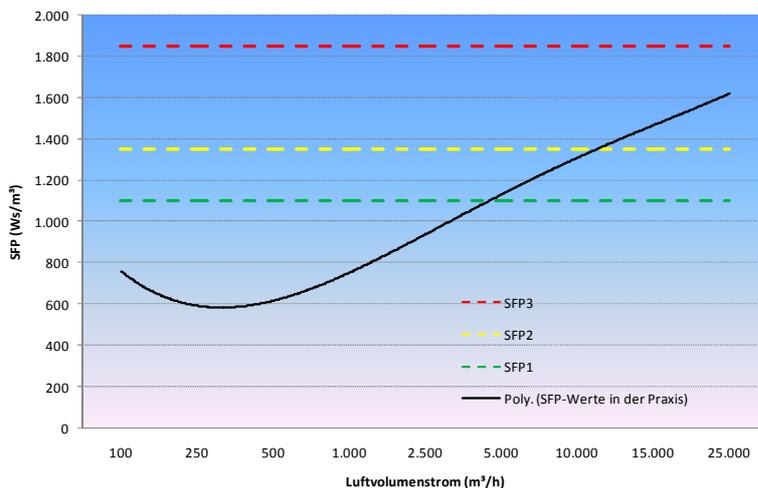


Abbildung 7.50: SFP-Praxiswerte für unterschiedliche Anlagengrößen

Vergleicht man die SFP-Werte unterschiedlicher Anlagengrößen, stellt man fest, dass Kleinanlagen trotz ihrer niedrigen Ventilatorwirkungsgrade meist Effizienzvorteile aufweisen, die auf die deutlich niedrigeren internen und externen Druckverluste der Systeme zurückzuführen sind. Um größere gebäudezentrale Anlagen an die SFP-Werte von Kleinanlagen heranzuführen, müssen für die Auslegung die internen und externen Druckverluste optimiert werden. Gesamtdruckverluste über 800 Pa sind auch bei sehr großen Anlagen nicht möglich, um SFP1 einzuhalten.

Die typischen Druckverluste einzelner Bauteile in einer Lüftungsanlage werden in der EN 13779 in Tab. A.8 aufgelistet.

Tabelle 7.16: Beispiele Für Druckverluste von Bauteilen in Luftbehandlungseinheiten nach EN 13779

Tabelle A.8 — Beispiele für die Druckverluste von Bauteilen in Luftbehandlungseinheiten

Bauteil	Druckabfall in Pa		
	Niedrig	Normal	Hoch
Luftleitungssystem Zuluft	200	300	600
Luftleitungssystem Fortluft	100	200	300
Heizregister	40	80	100
Kühlregister	100	140	200
Wärmerückgewinnungseinheit H3 ^a	100	150	250
Wärmerückgewinnungseinheit H2-H1 ^a	200	300	400
Befeuchter	50	100	150
Luftwäscher	100	200	300
Luftfilter F5-F7 je Filterstufe ^b	100	150	250
Luftfilter F8-F9 je Filterstufe ^b	150	250	400
HEPA-Filter	400	500	700
Gasfilter	100	150	250
Schalldämpfer	30	50	80
Luftdurchlass	30	50	100
Lufteinlass und -auslass	20	50	70

^a Klasse H1-H3 nach EN 13053.
^b Endgültiger Druckverlust vor Ersatz.

Um die SFP-Klasse 1 pro Ventilator zu erreichen, sind grundsätzlich nur Bauteile mit einem niedrigen Druckverlust lt. Tabelle A.8 vorzusehen. Gute Anlagen unterschreiten die Werte „Niedrig“ nach Tabelle A.8 nochmals deutlich. Z.B. Rotationswärmetauscher 120 Pa statt 200 Pa lt. Tabelle. Heizregister 20 Pa statt 40 Pa. Informationen zu Druckverlusten finden Sie bei den 60 Qualitätskriterien.

7.17.1.1 Elektrisches Wirkungsverhältnis

Das elektrische Wirkungsverhältnis entstammt dem Prüfreglement des Europäischen Testzentrums für Wohnungslüftungsgeräte (TZWL). Dabei wird die für den Wärmebereitstellungsgrad (siehe 7.16.1.3) verwendete Enthalpiestromdifferenz in Verhältnis zur elektrischen Leistungsaufnahme gesetzt. Aufgrund der beschriebenen Mängel in der thermischen Bilanzierung nach DIBt ist der Kennwert nur eingeschränkt aussagekräftig.

In der Schweiz wird mitunter der gleichbedeutende Begriff „elektrothermischer Verstärkungsfaktor“ verwendet. Die Begriffe erlauben einen kombinierten Vergleich der thermischen und elektrischen Effizienz, haben sich aber in der Praxis nicht etablieren können. Einen Ersatz für diese Effizienzwerte verspricht die kommende Ausweisung eines Primärenergiebedarfs bzw. CO₂-Äquivalents.

Der analog bei Wärmepumpen verwendete Begriff lautet „Leistungszahl“ oder „Arbeitszahl“, bei dem ebenfalls Nutzleistung bzw. Nutzenergie zu Antriebsleistung bzw. Antriebsenergie in Verhältnis gesetzt wird. Bei Wärmepumpen werden Jahresarbeitszahlen zwischen 2,5 und 5,0 und Leistungszahlen zwischen 3,0 und 5,5 erzielt. Bei Lüftungsanlagen im Wohnbau lassen sich auf den Ganzjahresbetrieb bezogen elektrische Wirkungsverhältnisse bis zu 10 erzielen. Eine Lüftungsanlage ermöglicht damit im Vergleich zu Wärmepumpen eine um den Faktor 2-3 effizientere Betriebsweise.

7.17.1.2 Primärenergieeinsparung

Auf Basis der Reduktion der Lüftungswärmeverluste und der eingesetzten elektrischen Energie lässt sich mit Hilfe von Primärenergiefaktoren (Umrechnung Endenergie auf Primärenergie) eine Primärenergieeinsparung errechnen. Durch Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung lassen sich Primärenergieeinsparungen bezogen auf die Lüftungswärmeverluste (ohne Infiltrationsverluste) von mindestens 50 % erzielen.

Im Österreichischen Energieausweis wird in Zukunft eine Ausweisung des Primärenergiebedarfs erfolgen.

7.17.2 Energieeffizienzlabel für Lüftungsanlagen

Für zentrale bzw. semizentrale Lüftungsanlagen (Modulgeräte) gibt es das Effizienzlabel nach Eurovent bzw. des RLT-Herstellerverband.



Abbildung 7.51 a und b: Eurovent Label und RLT Label (Quelle: Eurovent bzw. RLT-Verband)

Eurovent (www.eurovent-certification.com) vergibt die Energieeffizienzlabel A bis F, wobei die Klasse A die höchste Effizienzklasse darstellt und der RLT-Herstellerverband (www.rlt-geraete.de) die Klassen A+, A und B. Die Bewertung der Labels ist sehr ähnlich, aber dennoch unterschiedlich und damit sind die beiden Labels nicht direkt miteinander vergleichbar.

Grob lassen sich die beiden Labels in folgende Hierarchie einordnen:

		EUROVENT			EUROVENT			EUROVENT	
		A	B	C	A	B	D	E	
ohne Beschränkung der Luftmenge									
(*) gültig für Geräte über 10001 m ³ /h - 25000 m ³ /h									
Bewertungsgröße									
Wirkungsgrad WRG (%) (*)		75%	67%	58%	57%	55%	50%	47%	
Druckverlust WRG (Pa) (*)		≤ 280 Pa	≤ 230 Pa	≤ 188 Pa	≤ 170 Pa	≤ 225 Pa	≤ 250 Pa	≤ 125 Pa	
Luftgeschwindigkeit (m/s)		≤ 1,8	≤ 2,0	≤ 2,0	≤ 2,2	≤ 2,0	≤ 2,5	≤ 2,8	
Effizienzfaktor Luftförderung		≤ 0,9	≤ 0,95	≤ 0,9	≤ 1,0	≤ 0,95	≤ 1,0	≤ 1,06	
Kompensationsmöglichkeit zwischen den Bewertungsgrößen		ja	ja	nein	ja	nein	nein	ja	

(*) Werte für den Druckverlust und Wirkungsgrad der WRG sind luftmengenabhängig!

Abbildung 7.52: Hierarchische Ordnung von Eurovent und RLT-Label (Quelle: Fa. AL-KO)

Die Einteilung der Geräteklassen durch die Herstellerverbände ist nicht extrem streng, d.h. Geräte schlechter wie die Klasse B nach Eurovent bzw. A+ nach RLT sollte man grundsätzlich nicht mehr einsetzen bzw. schafft man nur mit diesen Geräten die in der OIB-Richtlinie (geforderten Energieeffizienzen. Bei einer Lebenszyklusbetrachtung sind die Geräte der Kategorie A nach Eurovent aufgrund der hohen Betriebszeit auch wirtschaftlicher.

Für dezentrale, wohnungsweise Lüftungsgeräte bzw. Geräte für Einfamilienhäuser gibt es ein Label der ETH Zürich. Informationen zur Zertifizierung und die zertifizierten Geräte sind im Internet unter www.deklariert.ch/declaration-listing-vent abrufbar. Die energetische Einteilung hängt einerseits vom Strombedarf und andererseits vom Wärmebereitstellungsgrad ab. Daneben gibt es noch Bewertungen für den Schall und die Hygiene. Zu beachten ist hier, dass der SFP-Wert für beide Ventilatoren angegeben ist, d.h. für das ganze Gerät.

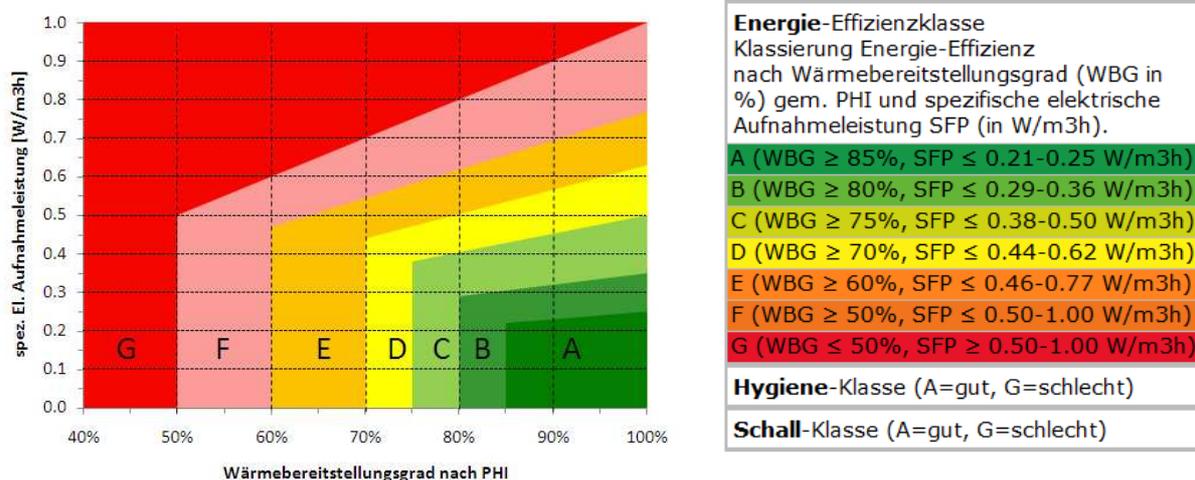


Abbildung 7.53: Einteilung der Energie-Effizienzklassen für Komfortlüftungsgeräte nach deklariert.ch

7.17.2.1 Energieeffizienzklassen nach Eurovent

Die Klasseneinteilung nach Eurovent berücksichtigt die Luftgeschwindigkeit im Lüftungsgerät, die Rückwärmezahl des Wärmetauschers und dessen Druckverlust sowie die Stromaufnahme.

CLASS	To be used in the calculations			Final check of class
	All subgroups	Subgroup 1		
	Velocity	Heat recovery system		Absorbed power factor
	v_{class}	η_{class}	Δp_{class}	$f_{class-Pref}$
	m/s	%	Pa	-
A / A↵	1.8	75	280	0.90
B / B↵	2.0	67	230	0.95
C / C↵	2.2	57	170	1.00
D / D↵	2.5	47	125	1.06
E / E↵	2.8	37	100	1.12
F / F↵	No calculation required			No requirements

Abbildung 7.54: Klasseneinteilung nach Eurovent (Quelle: Eurovent)

Hinweis: Der gebogene Pfeil steht für Umluftanlagen.

Die Bestimmung des Faktors f für den Strombedarf wird nach folgenden Formeln ermittelt:

$$f = \frac{P_{sup} + P_{ext}}{P_{sup-ref} + P_{ext-ref}} \quad (1)$$

$$P_{air\ side-ref} = \left[\frac{\Delta p_{s-static} - (\Delta p_x + \Delta p_y + \Delta p_z)}{450} \right]^{0.925} \times (q_{v-s} + 0.08)^{0.95} \quad (2)$$

$$\Delta p_x = [(\Delta p_{s-static} - \Delta p_{s-external}) - \Delta p_{s-HRS}] \times \left[1 - \left(\frac{v_{ref}}{v_s} \right)^{1.4} \right] \quad (3)$$

$$\Delta p_y = \Delta p_{s-HRS} - \Delta p_{ref} \quad (4)$$

$$\Delta p_z = (\eta_{ref} - \eta_s) \times \left(1 - \frac{mr}{100} \right) \times [(-0.0035 \times t_{ODA} - 0.79) * t_{ODA} + 8.1] \quad (5)$$

$\Delta p_x, \Delta p_y, \Delta p_z$ corrections were based on the following assumptions and correlations :

- The relationship between velocity in the cross section of the unit and internal static pressure drop is considered to be exponential to the power of 1.4.
- For pressure drop evaluation of the heat recovery section, the design air volume flows across the heat recovery for winter time shall be taken. Pressure drop increase due to condensation is not taken into account. Heat recovery efficiency figures for run around coil systems are based on fluid with 25% ethylene glycol and inlet temperatures 0°C, 22°C respectively.
- Weighting ratio between electric energy and thermal energy is 2 in Europe, meaning that 1 kWh of electric energy is equivalent to 2 kWh of primary thermal energy. The empirical formula for the equivalence between the efficiency and the pressure drop of a heat recovery system, as a function of the outdoor climate, has been derived from numerous energy consumption calculations all over Europe.

Abbildung 7.55: Bestimmung des f-Faktors für den Strombedarf nach Eurovent. (Quelle: Eurovent)

7.17.2.2 Energieeffizienzklassen A+, A und B lt. RLT-Richtlinie 1

Der Herstellerverband Raumlufotechnische Geräte e.V. gibt mit der RLT-Richtlinie 1 einen Überblick über den Stand der Technik. Sofern Normen und Richtlinien bei bestimmten Punkten keine eindeutigen Aussagen treffen, nur Empfehlungen aussprechen bzw. nur Klassifizierungen angeben, werden mit dieser RLT-Richtlinie konkrete Festlegungen getroffen.

Diese Richtlinie gilt für alle Raumlufotechnischen Geräte (RLT-Geräte) und deren bauliche Anforderungen. Diese Richtlinie gibt Hinweise zu energetischen, hygienischen und mechanischen Eigenschaften von RLT-Geräten.

Den wesentlichen Einfluss auf die Energieeffizienz eines RLT-Gerätes haben die Luftgeschwindigkeit innerhalb des Gerätes, die elektrische Leistungsaufnahme des Ventilators in Abhängigkeit von Luftvolumenstrom und Druckerhöhung, sowie die Qualität der Wärmerückgewinnung in Abhängigkeit von Rückwärmzahl und Druckverlust.

Die RLT-Richtlinie 1 definiert die neue Energieeffizienzauszeichnung für raumlufotechnische Geräte, die unabhängig von der Gesamtanlage (d.h. RLT-Gerät inkl. Luftverteilsystem) eine Beurteilung zulässt. Die Geräte-Energieeffizienzklassen sind abhängig von:

- Luftgeschwindigkeit
- Elektrische Leistungsaufnahme
- Wärmerückgewinnungsklassen

Die Einteilungskriterien für die Energieeffizienzklassen sind:

Tabelle 7.17: Tabelle 2: Kriterien für die Effizienzklassen (Quelle: RLT-Richtlinie 1, 2009)

Kriterien/Effizienzklassen	A+	A	B
Geschwindigkeitsklassen			
– ohne thermodynamische Luftbehandlung	V4	V4	V5
– mit Lufterwärmung	V3	V3	V4
– mit weiteren Funktionen	V2	V2	V3
Elektrische Leistungsaufnahme $P_{INPUT\ max.} \times \text{Faktor}$	0,90	0,95	1,00
Wärmerückgewinnungsklassen bei Laufzeit 4000–6000 h/a	H1	H2	H3

Erfüllt ein RLT-Gerät alle Kriterien innerhalb der Energieeffizienzklassen A+, A oder B und wird der Hersteller vom TÜV-SÜD überwacht und zertifiziert, dürfen die unten stehenden Label verwendet werden (vgl. RLT-Richtlinie 1).



Abbildung 7.56: Energieeffizienzklassen A+, A und B (Quelle: RLT-Richtlinie 1, 2009)

Die geforderten Werte sind nur in der Klasse A+ einigermaßen anspruchsvoll. Zu beachten ist, dass die elektrische Leistungsaufnahme der Klasse A+ nur um 10 % besser ist als die eines Gerätes der Klasse B. Es sollten daher sowohl von der Wärmerückgewinnung als auch dem Strombedarf auf alle Fälle zumindest die Klasse A+ eingesetzt werden. Nur mit diesen Geräten ist in Kombination mit einem geringen Gesamtdruckverlust auch die Einhaltung der SFP-Klasse 1 lt. OIB – Richtlinie 6 erreichbar.

- Luftgeschwindigkeit:

Tabelle 7.18: Geschwindigkeitsklassen für Lüftungsgeräte nach EN 13053 (2007) (Quelle: RLT-Richtlinie 1, 2009)

Klasse	Geschwindigkeit im Gerät [m/s]
V1	max. 1,5
V2	> 1,5 bis 2,0
V3	> 2,0 bis 2,5
V4	> 2,5 bis 3,0
V5	Keine Anforderungen

- Wärmerückgewinnungsklassen: Die Einteilung der Wärmerückgewinnungsklassen entspricht der ÖNORM EN 13053:2007 (siehe Absatz **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).
- Elektrische Leistungsaufnahme: Die zulässige elektrische Leistungsaufnahme wird nach folgender Systematik ermittelt:

Tabelle 7.19: Elektrische Leistungsaufnahme nach RLT-Richtlinie 1 (2009)

Abhängig vom jeweiligen Luftvolumenstrom und der statischen Druckerhöhung des Ventilators	
$P_{\text{Input max.}} = \left(\frac{\Delta p_{\text{stat.}}}{450} \right)^{0,925} \times (q_v + 0,08)^{0,95}$	
$P_{\text{Input max}}$ [kW]	elektrische Leistungsaufnahme
$\Delta p_{\text{stat.}}$ [Pa]	statische Druckerhöhung Ventilator
q_v [m ³ /s]	Luftvolumenstrom
Faktoren für die Energieeffizienzklassen	
Klasse A+: $0,90 \times P_{\text{Input max}}$	
Klasse A: $0,95 \times P_{\text{Input max}}$	
Klasse B: $1,00 \times P_{\text{Input max}}$	

Beispiel 1: 10.000 m³/h = 2,78 m³/s, **450 Pa** gesamte statische Druckerhöhung

$$P_{\text{Input max}} = 2,71 \text{ kW}$$

Für Klasse A+ sind 90 % davon zulässig d.h. max. 2,44 kW

Der SFP-Wert lt. EN 13779 pro Ventilator beträgt daher 877 Ws/m³.

Beispiel 2: 10.000 m³/h = 2,78 m³/s, **900 Pa** gesamte statische Druckerhöhung

$$P_{\text{Input max}} = 5,24 \text{ kW}$$

Für Klasse A+ sind 90 % davon zulässig d.h. max. 4,7 kW

Der SFP-Wert lt. EN 13779 pro Ventilator beträgt daher 1.695 Ws/m³.

Der zulässige Grenzwert für SFP1 beträgt ohne Zuschläge 500 Ws/m³. Mit dem Zuschlag für die Wärmerückgewinnungsklasse H1 von 300 WS/m³ und dem Zuschlag für eine zusätzliche mechanische Filterstufe von 300 Ws/m² ergibt sich ein maximaler Wert von 1.100 Ws/m³ für SFP1.

Die beiden Beispiele zeigen, dass die Einhaltung der SFP 1-Klasse daher im Wesentlichen von der erforderlichen Druckerhöhung und nicht von der eingesetzten Geräteklasse abhängig ist. Die Geräteklasse A+ trägt aufgrund der Abminderung der zulässigen elektrischen Leistungsaufnahme von 10 % gegenüber der Standardgeräteklasse B nur zu einem geringen Teil an der Einhaltung der SFP Klasse 1 bei.

7.18 Möglichkeiten der Einsparung von elektrischer Energie bei Lüftungsanlagen

Die Einsparung elektrischer Energie ist neben der Wärmerückgewinnung das beherrschende Thema zum gesamten Komplex der Energieeinsparung in raumluftechnischen Anlagen.

Der elektrische Energiebedarf für einen Ventilator berechnet sich nach folgender Formel:

$$E = \frac{\dot{V} \times \overline{\Delta p} \times t}{\eta \times 1000}$$

E	Strombedarf der Ventilatoreinheit [kWh/a]
V	Volumenstrom durch den Ventilator [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]
Δp	Druckdifferenz [Pa]
t	Betriebsstunden pro Jahr [h]
η_{tot}	Gesamtwirkungsgrad von Ventilator, Motor, Antrieb, ... [-]

Prinzipiell sind zur Reduzierung des Strombedarfes daher folgende Maßnahmen möglich:

1. Optimierte Gesamtluftmengen (Anpassung an den Bedarf)
2. Niedrige interne und externe Druckverluste (Auslegung und Dimensionierung)
3. Effiziente Antriebstechnologie (z.B. direktgetriebene, rückwärts gekrümmte Ventilatoren mit EC-Motor)
4. Optimierung der Betriebszeit

7.18.1 Optimierte Gesamtluftmengen

Die Luftmenge lässt sich durch folgende Ansätze reduzieren:

1. Richtige Dimensionierung der Luftmengen für die einzelnen Räume
2. Optimiertes Kaskadenprinzip (Wohnzimmer als Überströmbereich)
3. Anpassung der Luftmengen an Bedarf (Abwesenheit, Anwesenheit, Intensiv)
4. Dichte Gebäudehülle
5. Kein Luftkurzschluss bei der Ansaugung
6. Geringe interne und externe Geräteleckagen
7. Dichte Luftleitungen
8. Hohe Lüftungseffektivität (Lüftungsprinzip)

Bei der richtigen Dimensionierung der Luftmengen muss das Ziel der Wohnraumlüftung (CO_2 -Werte unter 1.000 ppm während der Nutzungszeiten) natürlich erreicht werden.

Höhere notwendige Gesamtluftmengen der Ventilatoreinheit, z.B. durch Undichtheiten im Luftleitungsnetz, gehen bei einer bestehenden Anlage mit einer Erhöhung des Strombedarfes mit der 3. Potenz einher. 20 % geringere Luftmengen bedeuten also theoretisch 51 % Stromersparnis.

$$P_2 = P_1 \cdot (V_2/V_1)^3$$

V_1	Volumenstrom 1 [m^3/s]
V_2	Luftstrom 2 [m^3]
P_1	Ventilatorleistung 1 [W]
P_2	Ventilatorleistung 2 [W]



Durch die etwas geringeren Wirkungsgrade der Ventilatoren im Teillastbetrieb und geänderte Strömungsverhältnisse ergibt sich in der Praxis keine ganz exakte Veränderung nach der 3. Potenz.

7.18.2 Niedrige interne und externe Druckverluste

Die Druckverluste gehen direkt proportional in den Strombedarf ein. D.h. ein doppelter Gesamtdruckverlust bedeutet einen doppelt so hohen Strombedarf. Eine Erhöhung der Druckverluste im 10 Pa bewirkt je nach Wirkungsgrad der gesamten Ventilatoreinheit folgenden zusätzlichen Strombedarf.

Tabelle 7.20: Druckverlust und Strombedarf abhängig vom Wirkungsgrad des Antriebes

zus. Druckverlust:	10 Pa		
Wirkungsgrad:	0,7	0,65	0,6
Luftmenge (m ³ /h):	Strombedarf(kWh) pro Jahr für 10 Pa zusätzlichem Druckverlust		
1.000	34,76	37,44	40,56
2.000	69,52	74,87	81,11
4.000	139,05	149,74	162,22
6.000	208,57	224,62	243,33
8.000	278,10	299,49	324,44
10.000	347,62	374,36	405,56
20.000	695,24	748,72	811,11

Weitere Ausführungen zu diesem Thema finden Sie in den 60 Qualitätskriterien

7.18.3 Effiziente Ventilator- bzw. Antriebstechnologie

Der Wirkungsgrad der gesamten Ventilatoreinheit wirkt sich beim Strombedarf direkt proportional aus. Die besten Ventilatoreinheiten großer Anlagen ab 15.000m³/h erreichen Wirkungsgrade von knapp unter 80 %. Werte unter 65 % sind bei zentralen Anlagen als schlecht einzustufen. Dezentrale, wohnungswise Lüftungsanlagen mit Kleinventilatoren haben meist nur Wirkungsgrade von 15 bis 25 %. Dieser Nachteil bei der Antriebstechnologie von dezentralen Anlagen wird durch die einfacher zu erreichenden geringeren Druckverluste meist völlig kompensiert, sodass der spezifische Strombedarf von Kleinanlagen normalerweise unter dem zentraler Anlagen liegt. Die Wirkungsgrade moderner Ventilatoren in Abhängigkeit der Luftleistung sind in folgender Abbildung dargestellt.

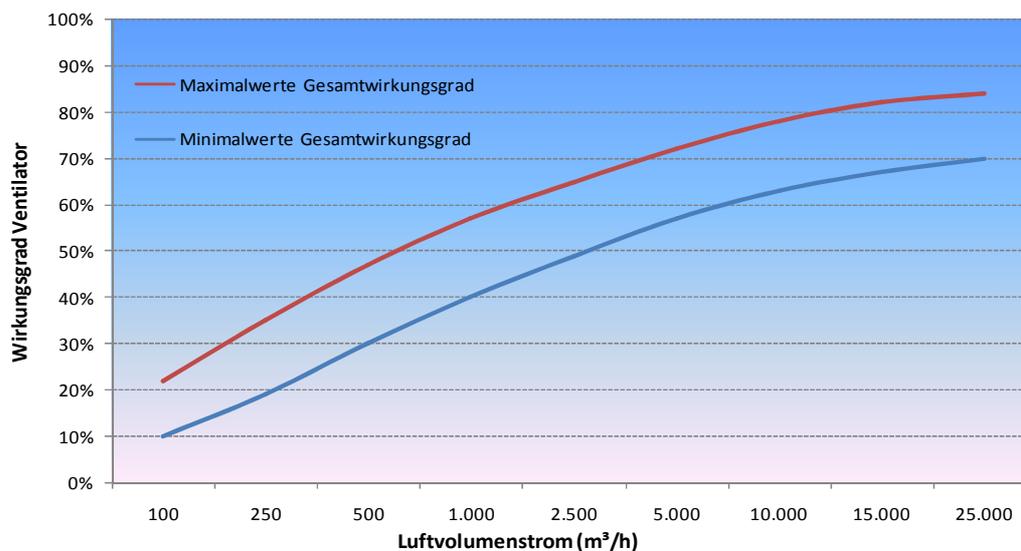


Abbildung 7.57: Wirkungsgrade moderner Ventilatoren unterschiedlicher Luftleistung

Wesentliche Punkte für effiziente Antriebstechnologien:

- Ventilatoren mit hohem Wirkungsgrad (rückwärts gekrümmt)
- Direktgetriebene Ventilatoren (keine Riemenantriebe)
- Motoren mit hohem Wirkungsgrad (z.B. EC-Motor)
- Drehzahlsteuerung für bedarfsgerechte Volumenstromanpassung

7.18.4 Optimierte Betriebszeiten

An den Bedarf angepasste Betriebszeiten der Anlage wirken sich natürlich ebenfalls proportional auf den Strombedarf aus. Insbesondere in den Sommermonaten ist ein Vollbetrieb nicht immer notwendig. Tagsüber können die Luftmengen oft deutlich reduziert werden. Ein völliges Abschalten der Lüftungsanlage ist bei innenliegenden Bädern und WCs jedoch nicht möglich, bzw. müssten besondere Vorkehrungen für deren Entlüftung getroffen werden (Mit Lichtschalter schaltet die (wohnungswise) Lüftungsanlage zum Beispiel für eine bestimmte Zeit auf die Intensivstufe. Bei sehr heißen Temperaturen ist eine Reduktion der Luftmengen zudem als Schutz vor sommerlicher Überwärmung von Vorteil.)

7.19 Lebenszykluskosten bei Lüftungsanlagen

Die Lebenszykluskosten von Lüftungsanlagen enthalten folgende Kostenbereiche:

Life Cycle Costs

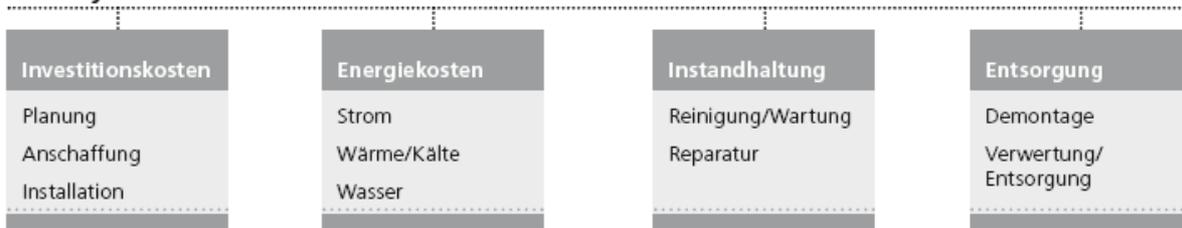


Abbildung 7.58: Einflussgrößen Lebenszykluskosten nach (Quelle: GEA)

Eingeteilt nach dem Lebenszyklus ergibt sich auch bei einer Lüftungszentrale (nicht Gesamtanlage) im Mehrfamilienwohnhaus das typische Bild, dass meist nur 20 % der Kosten auf die Planungs- und Bauphase der Lüftungszentrale und 80 % auf die Betriebskosten entfallen.

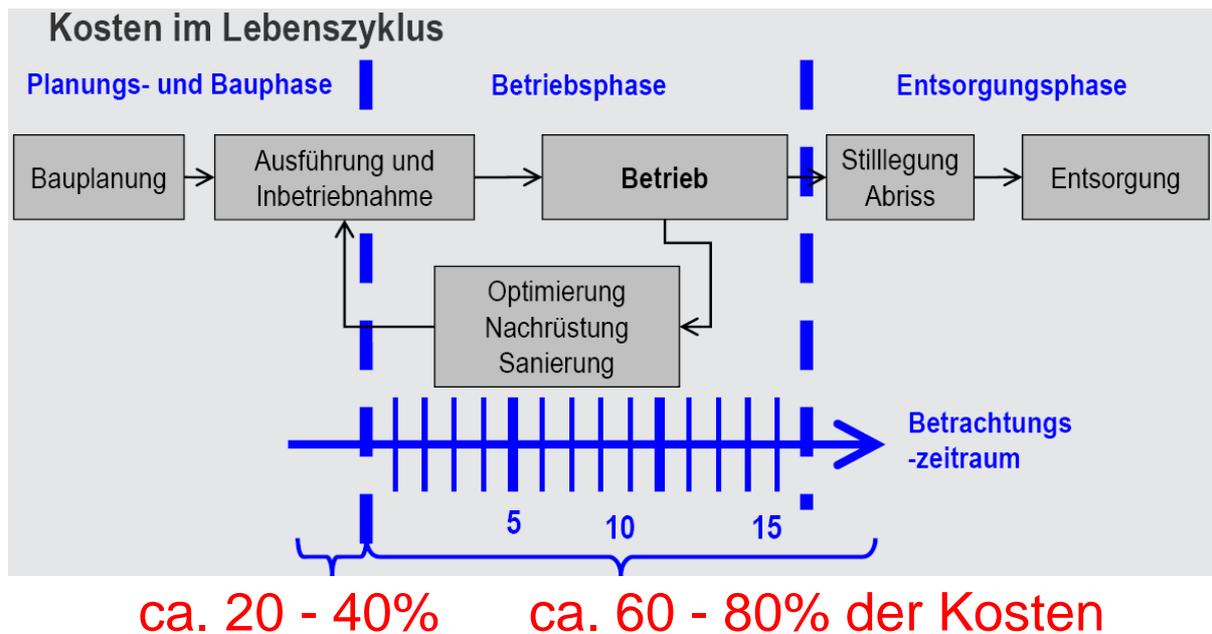


Abbildung 7.59: Kosten im Lebenszyklus (Quelle: AL-KO)

Zur Berechnung der Lebenszykluskosten stellen die meisten Hersteller EDV-Programme zur Verfügung, in welche die eigene Produktpalette sehr einfach eingeflochten werden kann. Leider können mit diesen Tools jedoch externe Druckverluste und Enddrücke von Filtern und deren Auswirkungen auf die Lebenszykluskosten nicht ermittelt werden. Die Programme der einzelnen Hersteller (meist aus Deutschland) rechnen nach den Empfehlungen von Eurovent unter Berücksichtigung der VDI 2067-1 bzw. DIN 18599-3. Die bekanntesten Lebenszykluskostenrechner im deutschsprachigen Raum sind die der Fa. AL-KO und der Fa. GEA.

Evaluierung von zentralen bzw. semizentralen Wohnraumlüftungen im MFH

1 Allgemeine Daten						
1.1	Standort	Germany - Würzburg	Projekt-Bez	HdZ-MFH		
1.2	Luftmenge Zuluft [m³/h]	5.000				
1.3	Zulufttemp. Winter (14-22 °C)	20,00	Kunde	BMVIT		
1.4	Zulufttemp. Sommer (14-22 °C)	20,00	Projekt-Nr.	V. Platte- KVS		
1.5	Feuchteanforderung	Keine Luftbefeuchtung, keine Luftentfeuchtung	Bearbeiter	Andreas Gremli		
1.6	Befeuchtertyp	Ohne Befeuchter	Erstellt	07.05.2010 15:48:58		
1.7	Kühlfunktion	Ohne Kühlfunktion	Aktualisiert	07.05.2010 15:49:01		
2. RLT-Konzepte				ohne	KVS	Platte
3. Kosten Gerätekonzepte [€]				1	18.267	20.114
4. Leistungsparameter der Gerätekonzepte (DIN V 18599-3)						
4.1	Wirkungsgrad Wärmerückgewinnung Zuluft thermisch [%]			0,0	55,0	64,0
4.2	Wirkungsgrad Feuchterückgewinnung Zuluft feucht [%]			0,0	0,0	0,0
4.3	Elektrischer Leistungsbedarf Zuluftventilator PM [kW]			0,00	1,34	1,52
4.4	Elektrischer Leistungsbedarf Abluftventilator PM [kW]			0,00	0,92	1,10
5. Energiemengen (DIN V 18599-3)						
5.1	Aufwand Strom pro Jahr [kWh]			0	19.798	22.951
5.2	Aufwand Kälte pro Jahr [kWh]			0	0	0
5.3	Aufwand Wärme pro Jahr [kWh]			159.237	43.458	28.008
5.4	Aufwand Befeuchtung pro Jahr [kWh]			0	0	0
6. Kosten = Aufwand (Energiemenge) x Energiekosten						
6.1	Kosten Strom im ersten Jahr [€]			0	3.366	3.902
6.2	Kosten Kälte im ersten Jahr [€]			0	0	0
6.3	Kosten Wärme im ersten Jahr [€]			11.147	3.042	1.961
6.4	Kosten Befeuchtung im ersten Jahr [€]			0	0	0
6.5	Kosten Bedienen, Reinigen, Warten, Inspizieren [€]			0	365	402
6.6	Betriebskosten im ersten Jahr [€]			11.147	6.773	6.265
7. Annuitätsberechnung (VDI 2067-1)						
7.1	Energiekosten Strom Zahlungen in [€/Jahr]			0	4.071	4.720
7.2	Energiekosten Kälte Zahlungen in [€/Jahr]			0	0	0
7.3	Energiekosten Wärme Zahlungen in [€/Jahr]			13.484	3.680	2.372
7.4	Energiekosten Befeuchtung Zahlungen in [€/Jahr]			0	0	0
7.5	Kapitalgebundenen Zahlungen in [€/Jahr]			0	2.015	2.219
7.6	Betriebskosten (Bedienen, Reinigen, Warten, Inspizieren) [€/Jahr]			0	372	410
7.7	Gesamtannuität in [€/Jahr]			13.485	10.139	9.721
8.	Amortisationszeit ohne zu KVS [Jahre]			4,2		
9.	Amortisationszeit KVS zu Platte [Jahre]			3,6		
10.	Amortisationszeit ohne zu Platte [Jahre]			4,1		
11. Kosten im Betrachtungszeitraum (VDI 2067-1) (Annuität x Betrachtungszeitraum)				Betriebszeiten (VDI 2067-1)		
				Stunden / Tag	24	
				Tage / Woche	7	
				Wochen / Jahr	52	
				Gesamtstunden	8.736	
				Energiekosten (VDI 2067-1)		
				Strom [€/kWh]	0,170	
				Kälte [€/kWh]	0,040	
				Wärme [€/kWh]	0,070	
				Befeuchtung [€/kWh]	0,070	
				Allgemeine Daten (VDI 2067-1)		
				Betracht.zeitraum [Jahre]	5	
11.1	Kosten Warten/Bedienen [€]	0	1.862	2.050	Nutzungsdauer [Jahre]	15
11.2	Stromkosten [€]	0	20.357	23.600	Eff. Jahreszins [%]	5,0
11.3	Kältekosten [€]	0	0	0	Warten/Bedienen [%]	2,0
11.4	Wärmekosten [€]	67.422	18.401	11.859	Preisänderungsfaktoren (VDI 2067-1)	
11.5	Befeuchungskosten [€]	0	0	0	Kapital/Warten/Bedien.[%]	1,0
11.6	Kapitalkosten [€]	1	10.077	11.095	Verbrauch [%]	10,0
12.	Summe Kosten [€]	67.423	50.696	48.604		
13.	Investitionskosten [€]	1	18.267	20.114	(in Zeile 12 bereits enthalten)	

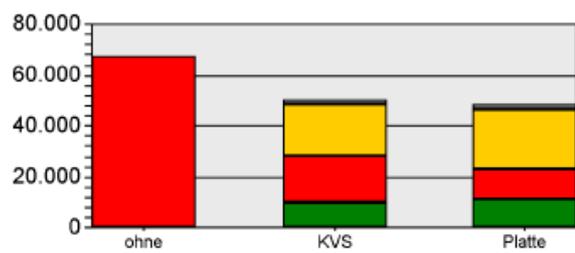


Abbildung 7.60: Lebenszykluskostenrechner der Fa. AL-KO (Quelle: AL-KO)

7.20 Brandschutz

Ein sich unkontrolliert ausbreitendes Feuer stellt eine extreme Gefahr für Personen, Sachwerte und die Umwelt dar. Um den Ausbruch eines Brandes zu verhindern, frühzeitig zu erkennen, seine Ausbreitung zu behindern, ein rasches Löschen zu ermöglichen und die Flucht und Rettung von Personen zu sichern, gibt es zahlreiche Brandschutzvorschriften.

7.20.1 Vorbeugender Brandschutz

Unter dem Begriff "vorbeugender Brandschutz" versteht man in der Regel die Gesamtheit aller Maßnahmen (vor Brandausbruch), die geeignet sind, Brände möglichst zu vermeiden oder diese an ihrer Ausbreitung zu hindern. Dazu zählen in erster Linie:

- der bauliche Brandschutz (Gemäß ÖNORM F 1000 wird der bauliche Brandschutz definiert als die „Gesamtheit aller bautechnischen Maßnahmen zur Verhütung einer Brandentstehung, der Verhinderung einer Brandausbreitung sowie zur Flucht oder Rettung von Personen und zur Unterstützung der Brandbekämpfung.“), aber auch
- der anlagentechnische Brandschutz (Der anlagentechnische Brandschutz ist die Gesamtheit aller anlagentechnischen Maßnahmen zur Verhütung eines Brandausbruches, zur Durchführung der ersten und erweiterten Löschhilfe sowie zur Erleichterung der Brandbekämpfung.) und
- der betriebliche (organisatorische) Brandschutz (Gemäß ÖNORM F 1000 wird der organisatorische Brandschutz definiert als die "Gesamtheit aller organisatorischen Maßnahmen, die betriebsbezogen zur Verhütung einer Brandentstehung und Brandausbreitung, zur Flucht oder Rettung von Personen, zur Sicherstellung der ersten und erweiterten Löschhilfe sowie zur Unterstützung der Brandbekämpfung dienen.").

Jedenfalls ist zu beachten, dass diese drei Bereiche immer gut und sinnvoll aufeinander abgestimmt sind.

In weiterer Folge wird nur mehr auf den baulichen Brandschutz in den Bereichen „Brennbarkeit bzw. Brandverhalten der Baustoffe“ und „Brand- bzw. Feuerwiderstandsfähigkeit der Bauteile“ eingegangen.

7.20.2 Gesetze und technische Regeln

In zahlreichen Gesetzen und Verordnungen ist festgehalten, dass bei Gebäuden Brandabschnitte, Fluchtwege, Notausgänge, Brandschutzzonen, Flächen für Feuerwehr etc. geeignet sein müssen, ein Ausbreiten des Brandes zu erschweren sowie die Flucht von Personen und die Löschung des Brandes zu erleichtern.

Folgende gesetzliche Bestimmungen in Österreich beeinflussen die brandschutztechnische Planung:

Bundesgesetze

- ArbeitnehmerInnenschutzgesetz
- Arbeitsstättenverordnung
- Elektrotechnikgesetz
- Gewerbeordnung
- Technische Verordnungen
- Gasregulativ
- Lagerung brennbarer Flüssigkeiten
- Benzolverordnung
- Flüssiggasverordnung

Landesgesetze

- Bauordnung, Baugesetz
- Bautechnikverordnung und dgl.
- Feuerpolizeigesetze und dgl.
- Garagengesetze
- Aufzuggesetze
- Gasgesetze
- Veranstaltungsgesetze
- Kinogesetze
- Technische Verordnungen

Besonders hervorzuheben sind:

- OIB-Richtlinie 2: Brandschutz
- ÖNORM B 3806: Anforderungen an das Brandverhalten von Bauprodukten (Baustoffen)
- ÖNORM B 3807: Äquivalenztabelle - Übersetzung europäischer Klassen des Feuerwiderstandes von Bauprodukten (Bauteilen) in österreichische Brandwiderstandsklassen - Möglichkeiten zur Nachweisführung
- ÖNORM EN 13501: Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten

7.20.3 Gebäudeklassen

Die Definition von Gebäudeklassen ist in ÖNORM B 3806 und in der OIB-Richtlinie 2 unterschiedlich. Aufgrund der Verbindlichkeitserklärung der OIB-Richtlinien in den Landesgesetzen sind die Definitionen gemäß OIB-Richtlinie anzuwenden.

Die sechs Gebäudeklassen erstrecken sich von der Gebäudeklassen GK 1 (umfasst freistehende, an mindestens drei Seiten auf eigenem Grund bzw. von Verkehrsflächen für die Brandbekämpfung von außen zugängliche Gebäude mit nicht mehr als drei oberirdischen Geschossen und mit einem Fluchtniveau von nicht mehr als 7 m, bestehend aus einer Wohnung oder einer Betriebseinheit von jeweils nicht mehr als 400 m² Grundfläche) bis zum Hochhaus (Gebäude mit einem Aufenthaltsraumniveau von mehr als 22 m).

7.20.4 Brennbarkeitsklassen

Für die Beurteilung des Brandrisikos von Baustoffen und Bauteilen ist das Verhalten in allen Brandphasen maßgebend (Entflammbarkeitsverhalten, Schnelligkeit der Flammenausbreitung, Brandnebenwirkungen wie Rauchentwicklung, brennendes Tropfen, Bildung toxischer Gase, korrosive Auswirkungen, etc).

Das Brandrisiko besteht darin, dass Bauteile während des Brandes

- ihre Tragfähigkeit verlieren
- ihren Zusammenhalt verlieren und
- infolge Erwärmung oder Strahlungsdurchlässigkeit an der feuerabgekehrten Seite eine Entzündung von brennbaren Stoffen oder Gasen ermöglichen.

In der europäischen Normung wurden die Klasseneinteilung, die Kriterien und Grenzwerte sowie die Prüfverfahren als wesentliche Voraussetzungen für die Harmonisierung des Brandschutzes in Europa festgelegt. Die Hauptklassifizierungskriterien sind die Entzündbarkeit, die Flammenausbreitung und die freiwerdende Wärme. Zusätzlich werden auch die Brandparallelererscheinungen der Rauchentwicklung und des brennenden Abfallens/Abtropfens von Baustoffen festgestellt und in mehreren Stufen klassifiziert.

Es wurden sieben Brennbarkeitsklassen (A1, A2, B, C, D, E, F) für Bauprodukte geschaffen. Weiters wurden Brandnebenerscheinungen klassifiziert (Rauchentwicklung (s = smoke), s1 bis s3, sowie Kriterien als für das Abtropfen / Abfallen (d = drop), d0 bis d2).

In ÖNORM B 3806 sind die Mindestanforderungen für das Brandverhalten von Baustoffen für verschiedene Bauteile bzw. das Brandverhalten von Baukonstruktionen in Abhängigkeit von der Gebäudeklasse zusammengefasst.

Tabelle 7.21: Anforderung an luftführende Schächte, Kanäle und Lüftungsleitung gemäß B 3806; Quelle: Riccabona

Bauteil	Gebäudeklassen															
	GK 1			GK 2			GK 3			GK 4			GK 5			Hochhäuser
1 Leitungen ¹	E			D			C ²			B			A2			A2
2 Dämmstoff	C	oder	E	C	oder	E	C	oder	E	B	oder	D	B	oder	D	A2
3 Bekleidung	D		B	D		B	D		B	C ³		B	C		B	A2

¹ Die Anforderungen gelten nicht für Stragentlüftungen im Zuge von Entwässerungsleitungen.
² Bei Vorhandensein einer Bekleidung gemäß Punkt 3 sind auch Produkte der Klasse D zulässig.
³ Bei Verwendung von Dämmstoffen der Klasse A2 sind auch Holz und Holzwerkstoffe der Klasse D gemäß EN 13986 zulässig.

7.20.5 Feuerwiderstandsklassen

Für die Brandausbreitung, die Erhaltung der Fluchtmöglichkeiten und die Ermöglichung der Brandbekämpfung ist neben dem Brandverhalten (siehe Brennbarkeitsklassen) der Baustoffe eine Reihe von Eigenschaften der Baukonstruktionen von wesentlicher Bedeutung.

Die europäische Klassifizierung (ÖNORM EN 13501-2 bis -5) erfolgt über Kombination der Eigenschaften hinsichtlich der Tragfähigkeit (R), des Raumabschlusses (E) und der Wärmedämmung (I) (REI-Klassen). Diesen Leistungskriterien können noch zahlreiche Indizes zugeordnet werden, die auf Besonderheiten einzelner Bauteile hinweisen. In der europäischen Norm werden nunmehr zehn Klassifizierungszeiten eingeführt - von 15 bis 360 Minuten. Außerdem werden einzelne Leistungskriterien, wie z.B. Tragfähigkeit, Raumabschluss und Wärmedämmung einzeln angeführt, was in Kombination zu einer großen Fülle an Kategorien führt.

Beispiel:

- REI 90: 90 Minuten ist die Klassifizierungszeit, während der alle Kriterien (Tragfähigkeit, Raumabschluss und Wärmedämmung) erfüllt werden.

Im Zuge der Harmonisierung der bautechnischen Vorschriften wurden die Anforderungen in der OIB-Richtlinie 2 (Brandschutz) festgelegt. Diese Richtlinie ist in einigen Bundesländern bereits für verbindlich erklärt worden. In dieser Richtlinie sind die Anforderungen an einzelne Bauteile bei verschiedenen Gebäudeklassen zusammengestellt.

7.20.6 Feuerwiderstand für Installationen - Brandabschottung

Gemäß ÖNORM EN 1366-3 sind Abschottungen ein System zur Aufrechterhaltung der raumabschließenden und wärmedämmenden Wirkung eines raumabschließenden Bauteils an dem Ort, an dem Installationen (i.d.R. elektrische Leitungen) durch den Bauteil hindurchgeführt werden können.

Luftleitungen (ÖNORM EN 1366-1, ÖNORM M 7626) (Hinweis: Gilt nur für Lüftungsleitungen mit brandschutztechnischen Anforderungen!)

Zu den Lüftungstechnischen Anlagen gehören z.B. Zu- und Abluftleitungen, Warm- und Kaltluftleitungen, Entrauchungsleitungen und deren Brandschutzklappen. Dichtungen und sonstige Hilfsmittel müssen aus nichtbrennbaren Materialien bestehen. Bei ein-, zwei- oder dreiseitiger Bekleidung müssen die angrenzenden Bauteile und Revisionsöffnungen mindestens die gleiche Brandwiderstandsdauer aufweisen wie die Lüftungsleitungsbekleidung. Beim Anschluss einer Lüftungsleitungsbekleidung oder eines selbständigen Lüftungsleitungskanals an eine Leichtbauwand ist eine Sonderkonstruktion erforderlich. Aufhängungen oder Abhängungen müssen über die gesamte Brandwiderstandsdauer funktionstüchtig bleiben. Lüftungsleitungen in Gebäuden mit mehr als zwei Geschossen und Luftleitungen, die Brandabschnitte überbrücken, müssen so beschaffen sein, dass Feuer und Rauch nicht in andere Geschosse und Brandabschnitte gelangen können (EI 30 ($v_e h_o i \Leftrightarrow o$) bis EI 90 $v_e h_o i \Leftrightarrow o$) je nach Vorschrift der Bauordnungen bzw. Gewerbeordnungen). Diese Eigenschaften können durch Führung in eigenen brandbeständigen Kanälen oder durch Verkleidung der Luftleitungen selbst erreicht werden (Luftleitungssystem als eigener Brandabschnitt). Die erforderliche Verkleidungsdicke ist vom Querschnitt des Kanals und vom Luftdruck in den Kanälen abhängig.

Luftleitungen aus Metall

Anstriche, Dämmstoffe (Schmelzpunkt $> 1000^\circ \text{C}$) oder Bekleidungen können im Brandfall eine Temperaturübertragung auf die brandabgekehrte Seite soweit verhindern, dass es dort zu keiner Selbstentzündung kommen kann.



Abbildung 7.61: Bekleidung mit Brandschutzplatte; Quelle: Rookwool, Conlit

Luftleitungen aus brandbeständigen Materialien

Für die Errichtung einschaliger selbstständiger Lüftungsleitungen (ohne Blechkanal) gibt es spezielle Brandschutzplatten mit mikrobiologischer Unbedenklichkeit für den Einsatz in raumluftechnischen Anlagen gemäß VDI 6022.

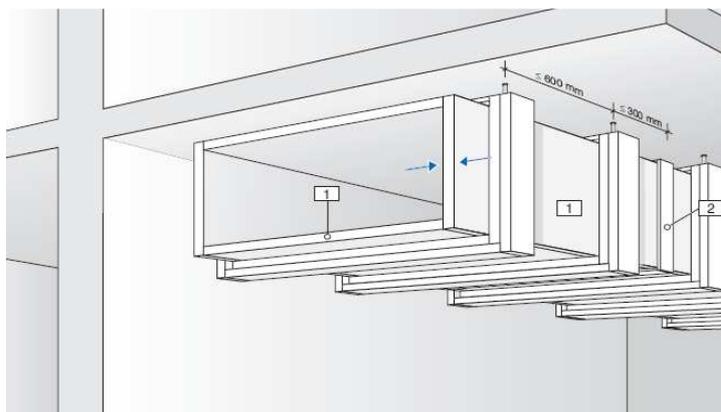


Abbildung 7.62 a und b: Hygienezertifizierter Luftkanal mit Brandschutz bis REI 90 ohne Blechkanal (Quelle: Fa. Miprotec)

Brandschutzklappe (ÖNORM EN 1366-2, ÖNORM H 6031)

Eine Brandschutzklappe ist gemäß ÖNORM EN 1366-2 ein beweglicher Verschluss innerhalb einer Leitung (i.d.R. eines nichtbrennbaren Rohres), der dafür vorgesehen ist, den Feuertdurchtritt zu verhindern. Brandschutzklappen werden häufig bei Durchdringungen von brandabschnittsbildenden Wänden und Decken verwendet.

Es gibt zwei Arten von Brandschutzklappen, die motorisch betriebene Brandschutzklappe und die klassische Brandschutzklappe. In der Regel wird die reine Brandschutzklappe mit einem Schalter als Rückmeldung bei Auslösung eingebaut. Die Meldung muss drahtbruchsicher übertragen werden. Über eine thermische Auslösung schließt sie bei einer Ansprechtemperatur von ca. 72 °C. Der Schließvorgang wird durch ein Schmelzlot ausgelöst und durch eine mechanische, motorische, magnetische oder auch pneumatische Vorrichtung durchgeführt. Bei motorisch betriebenen Brandschutzklappen werden die Stellungen durch den Klappenstellmotor der Klappe je nach Entrauchungskonzept angefahren. Reine Klappenstellmotore ohne mechanische Unterstützung müssen über E90 Leitungen mit Strom versorgt werden. Es werden beide Klappenstellungen als Rückmeldung an die Steuerung übertragen.²⁷



Abbildung 7.63: Brandschutzklappe, links klassische Ausführung mittels Schmelzlot, rechts: motorisch betriebene Brandschutzklappe ; Quelle: Trox

Brandschutzklappen verursachen oft einen nicht zu unterschätzenden Druckverlust bzw. können einen Beitrag zur Verschlechterung der schalltechnischen Anlagenqualität leisten.

NW	ζ	v_A in m/s	ΔP_t in Pa	L_{WA} in dB(A)	f in Hz							
					63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
100	1,9	4	18,2	37	35	46	43	34	25	17	10	<
		6	41,0	44	43	52	47	43	36	30	26	16
		8	73,0	51	50	56	51	50	43	39	36	27
		10	114,0	56	55	60	55	55	50	46	44	36
		12	164,2	60	59	63	58	58	55	52	49	42
		15	256,5	66	65	67	63	63	62	58	55	50

Abbildung 7.64: Druckverlust und Schalleistungswerte korrigiert nach ISO 5135:1998 für eine Brandschutzklappe in Abhängigkeit der Anströmgeschwindigkeit; Quelle: Trox

²⁷ Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Brandschutzklappe>; Stand 03.08.2010

Eine Druckverlustoptimierung ist auch bei großen Klappen möglich. Die entscheidenden Einflüsse auf den Druckverlust stellen aber immer die Anströmgeschwindigkeit und die Einbausituation (Anströmverhältnisse) dar.

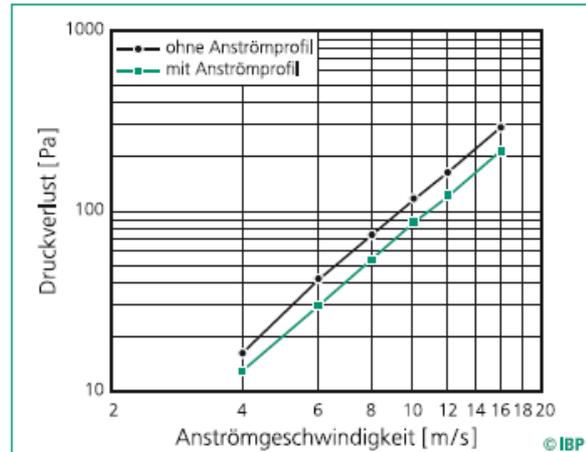
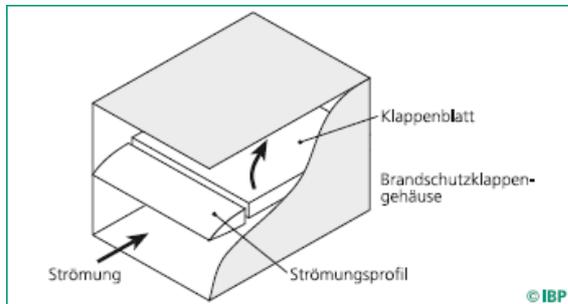


Abbildung 7.65: Brandschutzklappe mit Strömungsprofil und Druckverlustvergleich.

Rohrabschottungen und Brandrohrmanschette

Zur Verhinderung der Brandausbreitung auf angrenzende Brandabschnitte, hervorgerufen durch Kunststoffrohre und/oder Metallrohre, sind brandschutztechnische Verschlüsse erforderlich. Bei Metallrohren sind Dämmmaßnahmen notwendig, welche die Temperaturüberschreitung für den geforderten Feuerwiderstand auf der brandabgekehrten Seite verzögern. Die freibleibende Öffnung zwischen Rohr und angrenzendem Bauteil ist mittels Weich- oder Hartschott zu verschließen. Die Rohrleitung ist im Bereich der Abschottung als Fixpunkt zu sehen. Entsprechende Vorkehrungen - wie Abhängungen - sind bauseits zu berücksichtigen.

Bei Kunststoffrohren erfolgt der brandschutztechnische Verschluss mittels Brandrohrmanschetten, das sind mit intumeszierenden Materialien gefüllte Stahlblechteile, die unter Temperatureinwirkung aufblähen und dadurch die im Brandfall entstehenden freien Rohrquerschnitte verschließen.

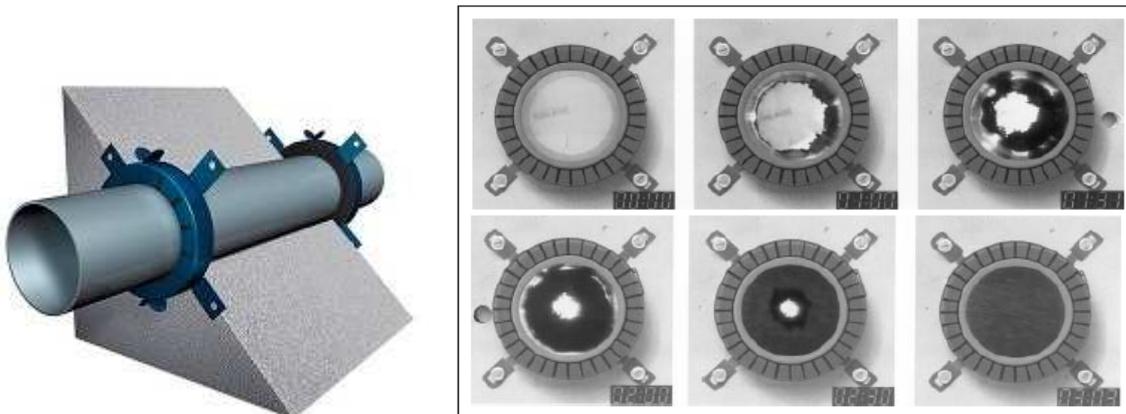


Abbildung 7.66: links - Brandrohrmanschetten; Quelle: <http://www.bba-online.de/FAAimages/thumb/696542.jpg>, Stand 03.08.2010; rechts – Abbrandversuch: Quelle: Brandschutzfibel Fa. Poloplast

8 Akzeptanzanalyse

8.1 Vorgehensweise

Im Rahmen dieses Projektes wurden in den 15 für die technische Evaluation ausgewählten Wohnanlagen und Gebäuden auch Interviews mit den BewohnerInnen in Form von schriftlichen Befragungen durchgeführt. Dabei wurden diejenigen BewohnerInnen, in deren Haushalten auch technische Messungen durchgeführt wurden, mit einem längeren und genaueren Fragebogen interviewt und die anderen, nicht in die Messungen einbezogenen BewohnerInnen mit einem kürzeren Fragebogen. So konnten 22 ausführliche und 82 kürzere Fragebögen von BewohnerInnen erreicht und ausgewertet werden. Die Anzahl dieser Fragebögen unterscheidet sich allerdings zwischen den verschiedenen Gebäuden und Wohnanlagen, so stammen die ausgewerteten Kurzfragebögen aus nur sieben Siedlungen.

Darüber hinaus wurden die zuständigen HausmeisterInnen - sofern es welche gibt - der untersuchten Gebäude und Siedlungen interviewt (10 Interviews) sowie VertreterInnen der Wohnbauträger (hier konnten insgesamt neun Interviews erreicht werden) und die PlanerInnen der Anlagen (18 Interviews).

Die Fragebögen wurden im Projektteam gemeinsam erarbeitet, abgestimmt und dann finalisiert. Die Auswertung erfolgte mit dem Statistik-Programmpaket SPSS. Die jeweiligen Fragebögen für BewohnerInnen, HausmeisterInnen, Wohnbauträger und PlanerInnen finden sich im Anhang.

8.2 Ergebnisse

Im Folgenden wird eine Gesamtdarstellung der Ergebnisse aus den Fragebögen gegeben, die keine Rückschlüsse auf einzelne Gebäude oder Siedlungen zulassen. Die Verteilung der Interviews auf die 14 untersuchten Gebäude bzw. Anlagen wird in Tabelle 8.1 dargestellt.

Tabelle 8.1: Rücklauf aufgeschlüsselt nach Befragungsgruppen

Gebäude/Siedlung	BewohnerInnen kurz/lang	Hausmeister	Wohnbauträger	Planer
PH Innsbruck Ullmann	2 (lang)	1	1	2
Max-Haller-Straße Haus A	8 (kurz)/1 (lang)	1	1	2
BVH Karrösten T353	2 (kurz)/1 (lang)	1	1	2
Mitterweg 157	1 (lang)	1	1	2
Franz-Baumann- Weg 18	2 (lang)	1	1	2
Franz-Ofner- Straße 1	1 (lang)	1	1	2
Engelbert-Weiß-Weg 4 und 6	1 (lang)	1	1	2
Illstraße 28 und 30	15 (kurz)/1 (lang)	-	1	2
Dreherstraße 66 - Melone	9 (kurz)/2 (lang)	-	1	1
Fritz-Kandi-Gasse 1	31 (kurz)/2 (lang)	-	-	1
Utendorfgasse 7	10 (kurz)/2 (lang)	-	1	1
Schellenseegasse	-	1	-	-
Kandlgasse 30	4 (lang)	1		1
Kammelweg/ Virchow Straße	7 (kurz)/2 (lang)	1	1	1
Gesamt 14	82 (kurz) 22 (lang)	11	11	21

8.2.1 Ergebnisse der Kurzbefragung der BewohnerInnen

Bei den BewohnerInnen konnten insgesamt 82 auswertbare Kurzfragebögen erreicht werden.

8.2.1.1 Zufriedenheit mit der Wohnsituation

Zum Einstieg wurden die BewohnerInnen zur Zufriedenheit mit ihrer Wohnsituation befragt (auch unabhängig von der Lüftungsanlage). Hier ergibt sich ein sehr positives Bild – immerhin sind fast 90 % der interviewten BewohnerInnen mit ihrer Wohnsituation sehr (50 %) oder eher zufrieden (40 %). Als Gründe dafür werden ruhige und schöne Wohnlagen, gute Grundrisse, nette Nachbarschaft, schöne Umgebung und Ähnliches genannt. Bei den restlichen BewohnerInnen, die unzufrieden sind, werden als Gründe dafür Nachbarschaftsprobleme wie Lärm, aber auch Probleme mit der Lüftungsanlage genannt – z. B. Temperatur- oder Geruchsprobleme.

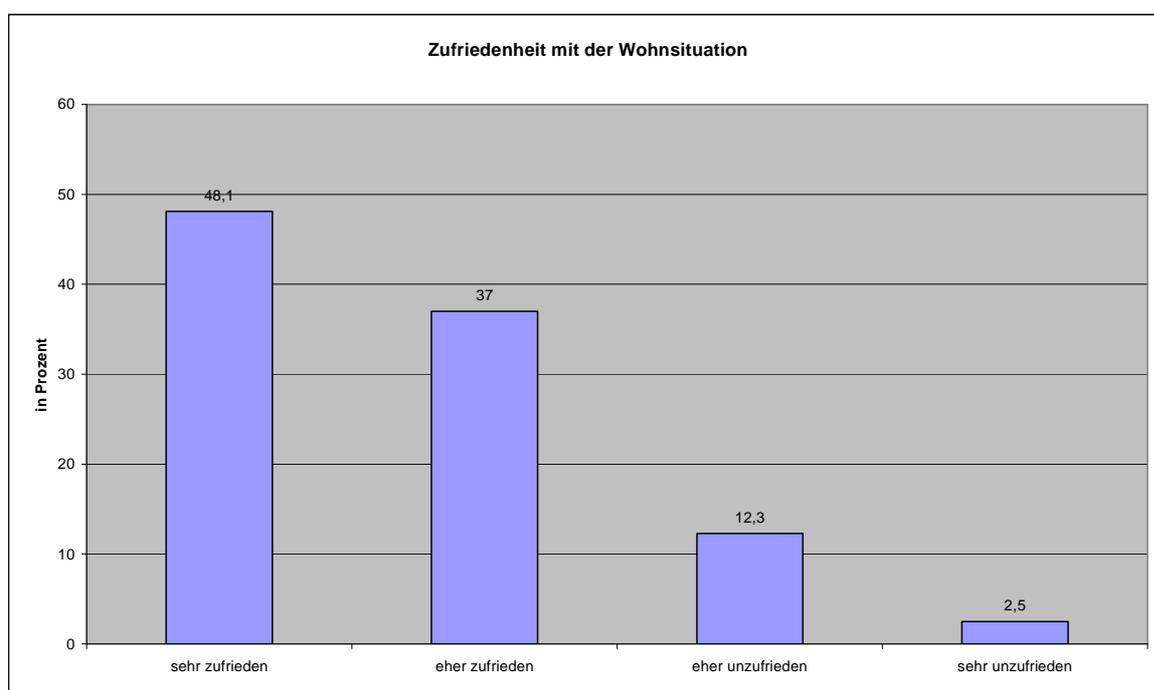


Abbildung 8.1: Zufriedenheit mit der Wohnsituation – Kurzbefragung

8.2.1.2 Bewertung der Lüftungsanlage

Als nächstes wurden die BewohnerInnen nach ihrer Zufriedenheit mit der Lüftungsanlage gefragt, nämlich zu Beginn – d.h. zum Zeitpunkt der Installation der Anlage – und jetzt – d.h. zum Zeitpunkt der Befragung. Es zeigt sich, dass der Anteil der sehr Zufriedenen und Zufriedenen zu Beginn in etwa gleich groß ist wie der Anteil derjenigen, die jetzt sehr zufrieden oder zufrieden sind, nämlich jeweils ca. 70 %. Das Gleiche gilt auch für den Anteil der Unzufriedenen.

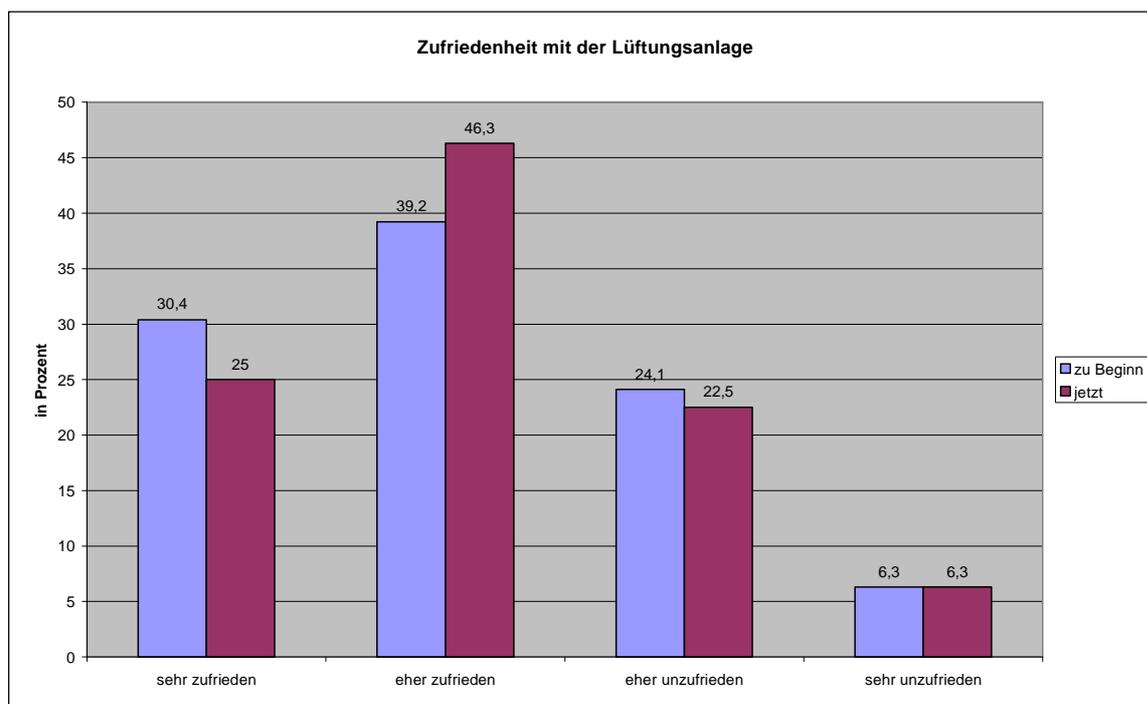


Abbildung 8.2: Zufriedenheit mit der Lüftungsanlage – zu Beginn und jetzt – Kurzbefragung

Ausfälle der Lüftungsanlage gab es – zumindest von den BewohnerInnen bemerkt – bisher nur in einem Viertel der Fälle, drei Viertel der Befragten habe keine derartigen Probleme bemerkt.

Welche Probleme sind bei der Lüftungsanlage schon aufgetreten (Mehrfachnennungen waren möglich)?

Im Großen und Ganzen funktionieren die Lüftungsanlagen sehr gut. Was – laut Auskunft der BewohnerInnen – am ehesten größere Probleme bereitet, sind eine zu geringe Wärmeversorgung in den Wohnungen (bei ca. einem Viertel der Befragten) bzw. das genau umgekehrte Problem, nämlich Überhitzung in den Wohnungen (bei ca. 30 %) und eine zu geringe Luftfeuchtigkeit (über 20 %).

An zusätzlichen Problemen (offene Frage) werden noch zu trockene Luft genannt (obwohl dieses Problem in der standardisierten Abfrage keine so große Rolle spielt), Staub durch die Lüftungsanlage und noch einmal Überhitzung bzw. Unterkühlung der Wohnung.

Sicher ist hier auch zu berücksichtigen, dass eventuell manche Probleme, die der Lüftungsanlage zugeschrieben werden, mit dieser manchmal gar nichts zu tun haben (können), aber in der Wahrnehmung der Betroffenen der Lüftungsanlage zugeschrieben werden (z. B. dass es zu kalt im Winter ist, obwohl die Wärmeversorgung gar nicht über die Lüftungsanlage geleistet wird oder Überhitzung, die z. B. aus einem zu hohen Glasanteil oder einer nicht optimalen Ausrichtung der Wohnung stammt). Was auch angesprochen wird, ist, dass die Filter der Lüftungsanlage zu wenig oft gewechselt werden.

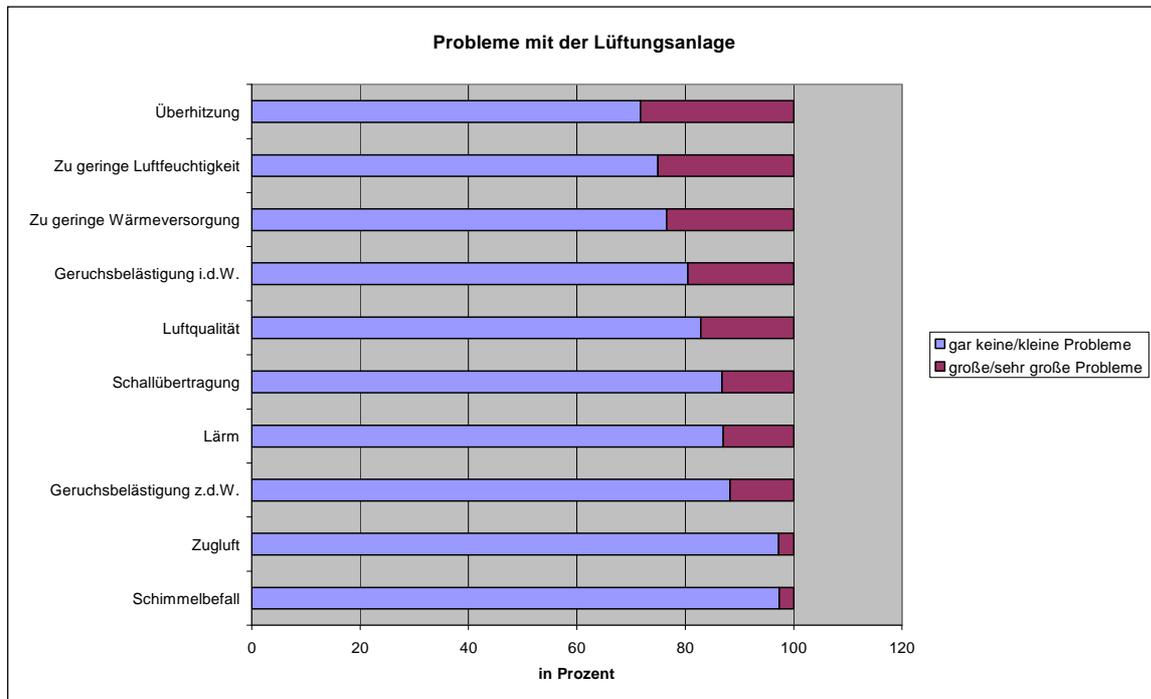


Abbildung 8.3: Probleme mit der Lüftungsanlage – Kurzbefragung

Falls es Probleme mit der Lüftungsanlage gab, konnten diese zur Hälfte ganz oder zumindest teilweise behoben werden, zur anderen Hälfte leider nicht.

Die Bedienerfreundlichkeit der Anlage wird von ca. drei Viertel der Befragten als sehr gut bzw. eher gut eingestuft, von ca. einem Viertel als eher schlecht oder sehr schlecht. Als Probleme bei der Bedienung werden genannt, dass trotz Änderungen in den Einstellungen durch die BewohnerInnen keine Unterschiede in der Lüftungsstärke bemerkbar werden, dass die Schalter bzw. Regler der Bedieneinheit schwer zu verstellen sind, dass die Lüftungsanlage von den BewohnerInnen nicht abgestellt werden kann, dass es zu wenig Möglichkeiten der Bedienung gibt oder, dass die Luftmengen nicht regulierbar sind.

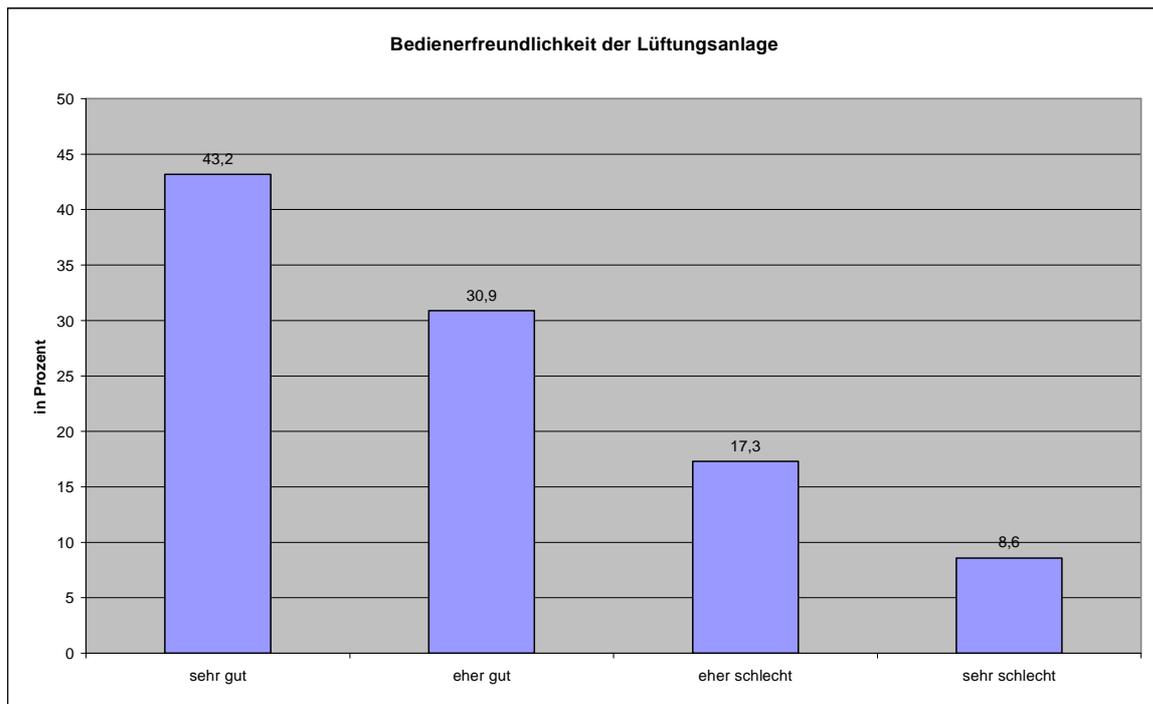


Abbildung 8.4: Bedienerfreundlichkeit der Lüftungsanlage – Kurzbefragung

Die BewohnerInnen wurden gebeten, die Lüftungsanlagen mit einer Gesamtnote zu bewerten. Je zu ca. einem Viertel werden die Noten „sehr gut“, „gut“ und „befriedigend“ vergeben, ca. 15 % vergeben die Note „genügend“ und 5 % die Note „nicht genügend“.

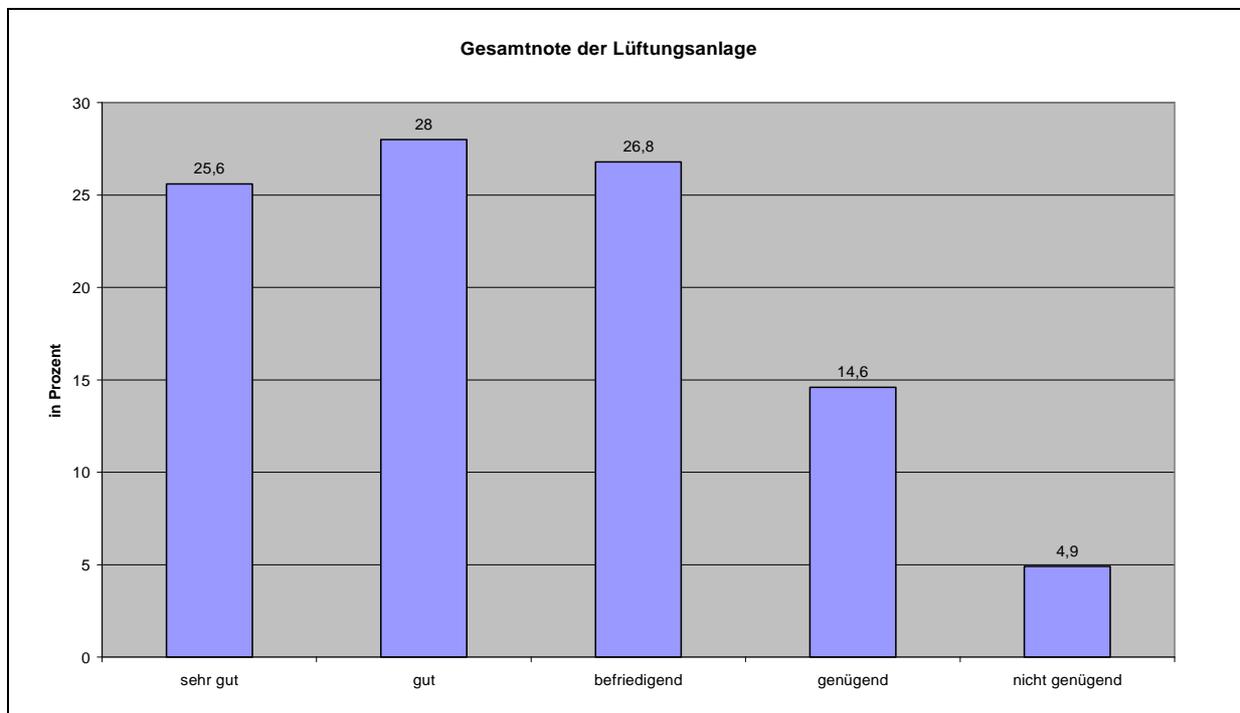


Abbildung 8.5: Gesamtnote der Lüftungsanlage – Kurzbefragung

8.2.1.3 Einstellung und Informationen zur Lüftungsanlage

Wie standen die Befragten vor dem Bezug der Wohnung dem Thema „Lüftungsanlage“ gegenüber? Die Einstellung zur Lüftungsanlage war vor Bezug der Wohnung bei der einen Hälfte der Befragten positiv und bei der anderen Hälfte neutral, bei praktisch niemandem negativ.

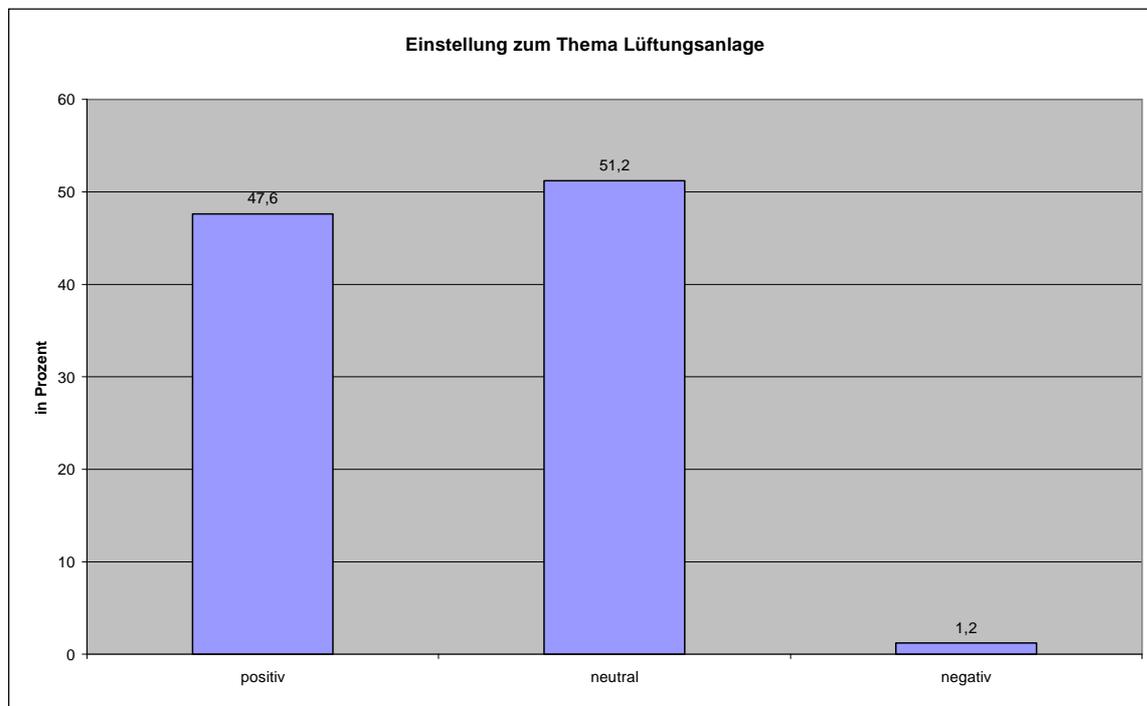


Abbildung 8.6: Einstellung zum Thema Lüftungsanlage vor Bezug der Wohnung - Kurzbefragung

Sind die BewohnerInnen ausreichend über den Umgang mit der Lüftungsanlage informiert worden? 60 % der Befragten meinen, sie hätten ausreichende Informationen erhalten, knapp 40 % meinen, es war zu wenig und 5 % geben an, gar keine Information erhalten zu haben.

Wie wurden die BewohnerInnen über die Lüftungsanlage informiert (Mehrfachnennungen waren möglich)? Bei ca. einem Zehntel der BewohnerInnen passierte dies über eine umfangreiche persönliche Einweisung vor Ort, bei knapp einem Viertel durch eine kurze persönliche Einweisung, für ca. 40 % gab es Informationen bei einer Hausversammlung und die meisten BewohnerInnen erhielten schriftliche Informationen (knapp zwei Drittel).

Wie wurden diese Informationen von den BewohnerInnen beurteilt? Genau richtig fanden sie ca. zwei Drittel der Befragten, mehr als ausreichend ca. ein Achtel, nicht ausreichend aber immerhin noch über ein Drittel.

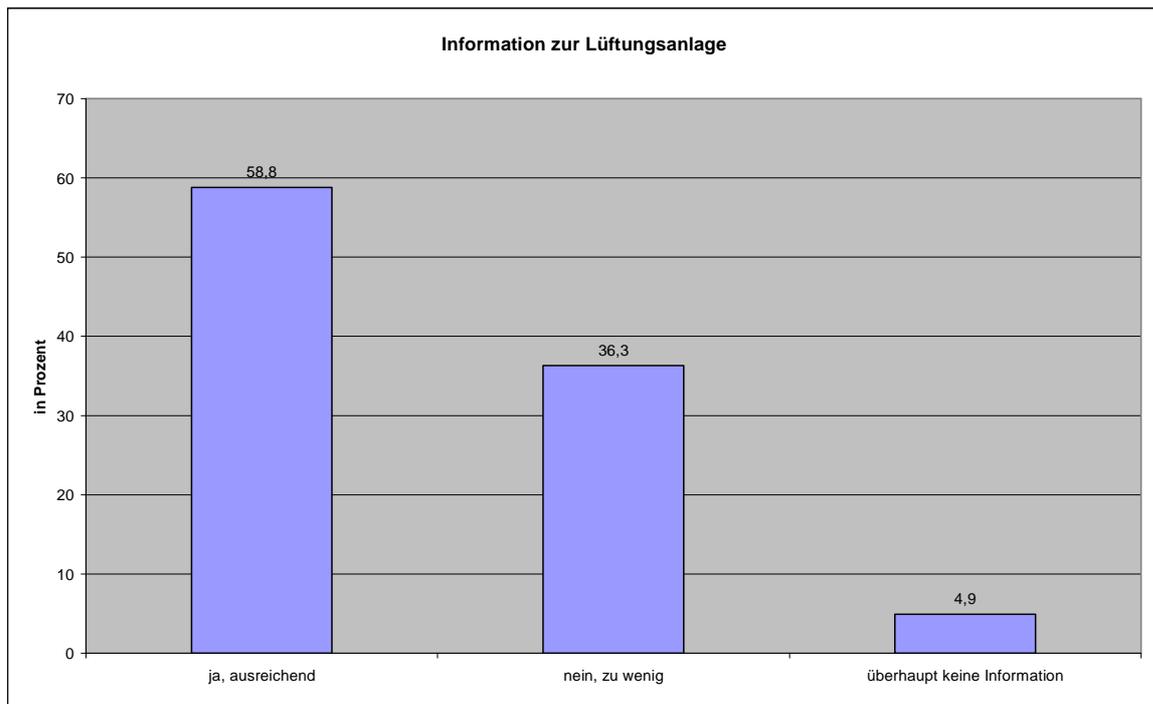


Abbildung 8.7: Information zur Lüftungsanlage – Kurzbefragung

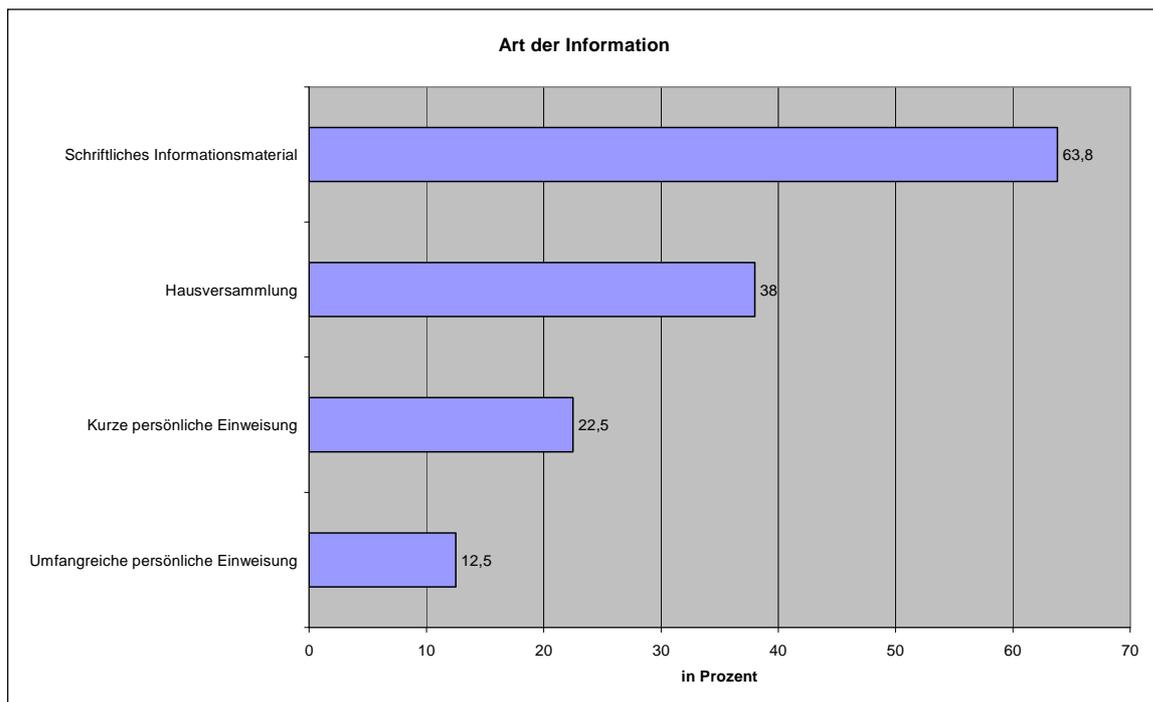


Abbildung 8.8: Art der Information über die Lüftungsanlage - Kurzbefragung

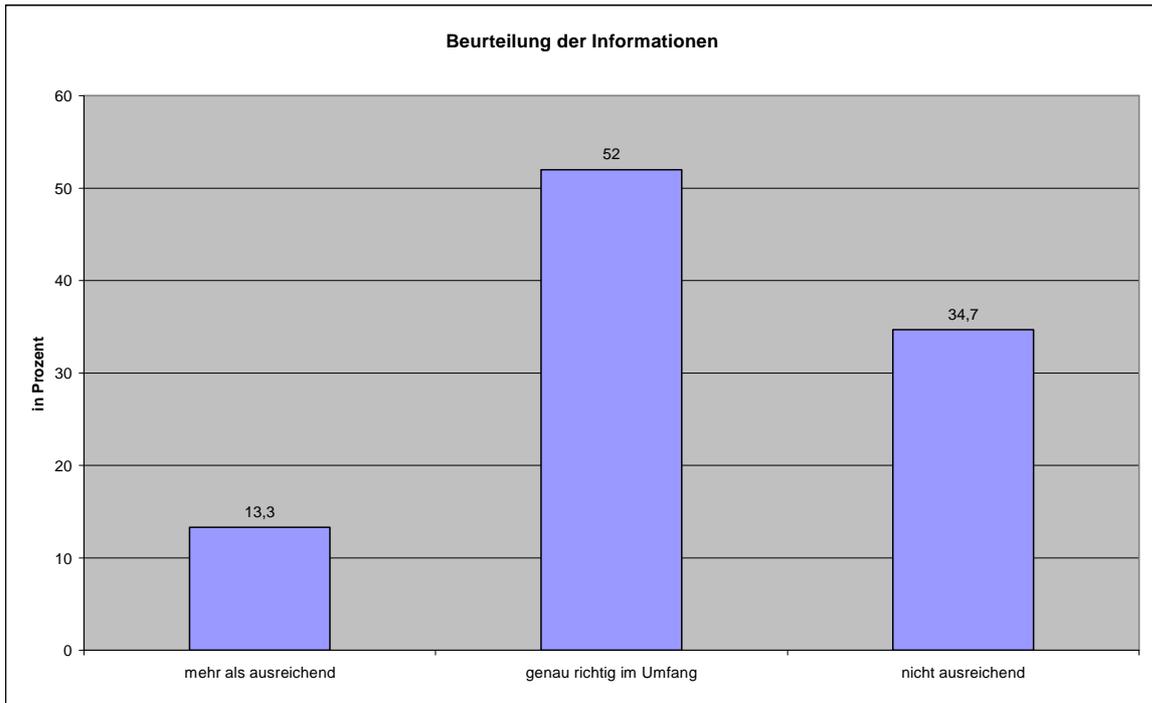


Abbildung 8.9: Beurteilung der erhaltenen Informationen zur Lüftungsanlage - Kurzbefragung

Gewünscht hätten sich die Unzufriedenen vor allem mehr persönliche Erläuterungen (ca. 40 %) bzw. noch eine Hausversammlung einige Zeit nach Bezug (ca. 30 %) (Mehrfachnennungen waren möglich).

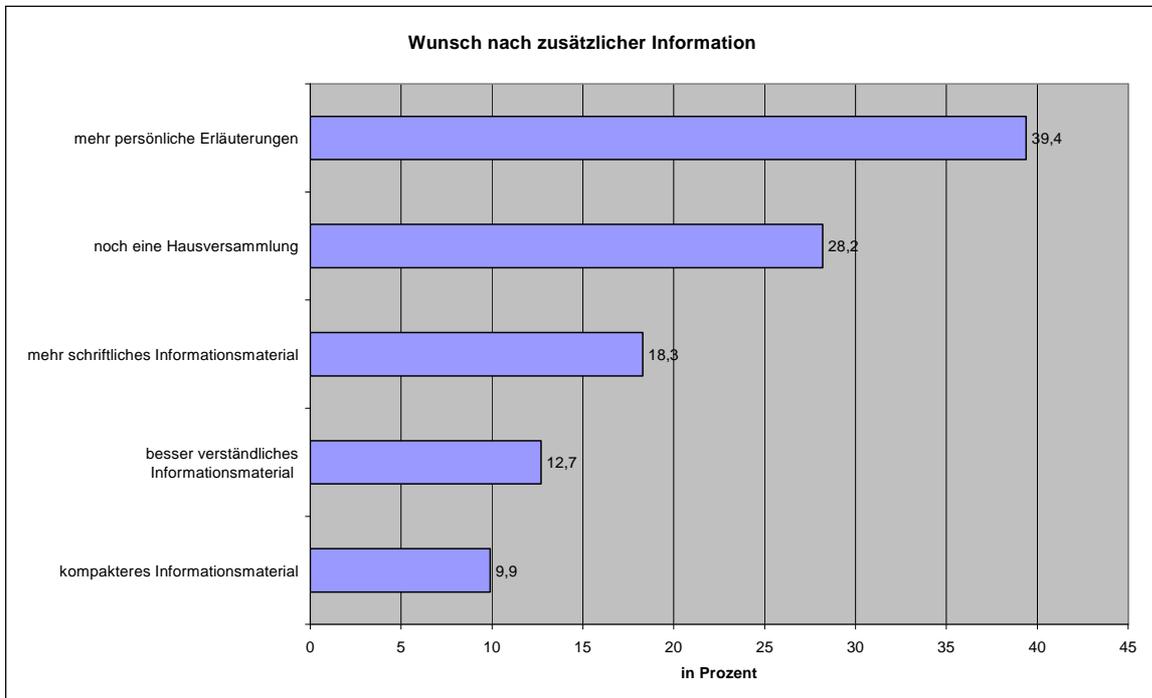


Abbildung 8.10: Wunsch nach zusätzlicher Information zur Lüftungsanlage – Kurzbefragung

Verfügen die BewohnerInnen über eine Bedienungsanleitung für die Lüftungsanlage? Etwas mehr als die Hälfte der Befragten besitzt eine Anleitung, etwas weniger als die Hälfte nicht. Manche, die eine Anleitung haben, sind aber mit dieser auch nicht ganz zufrieden.

Ca. 60 % der Befragten geben an, sie hätten die Möglichkeit, jemanden um Rat bzgl. der Lüftungsanlage zu fragen. Dies ist in den meisten Fällen die Hausverwaltung (zur Hälfte), zu je einem Viertel der Hausmeister bzw. jemand anderer (z. B. ein Techniker der Servicefirma).

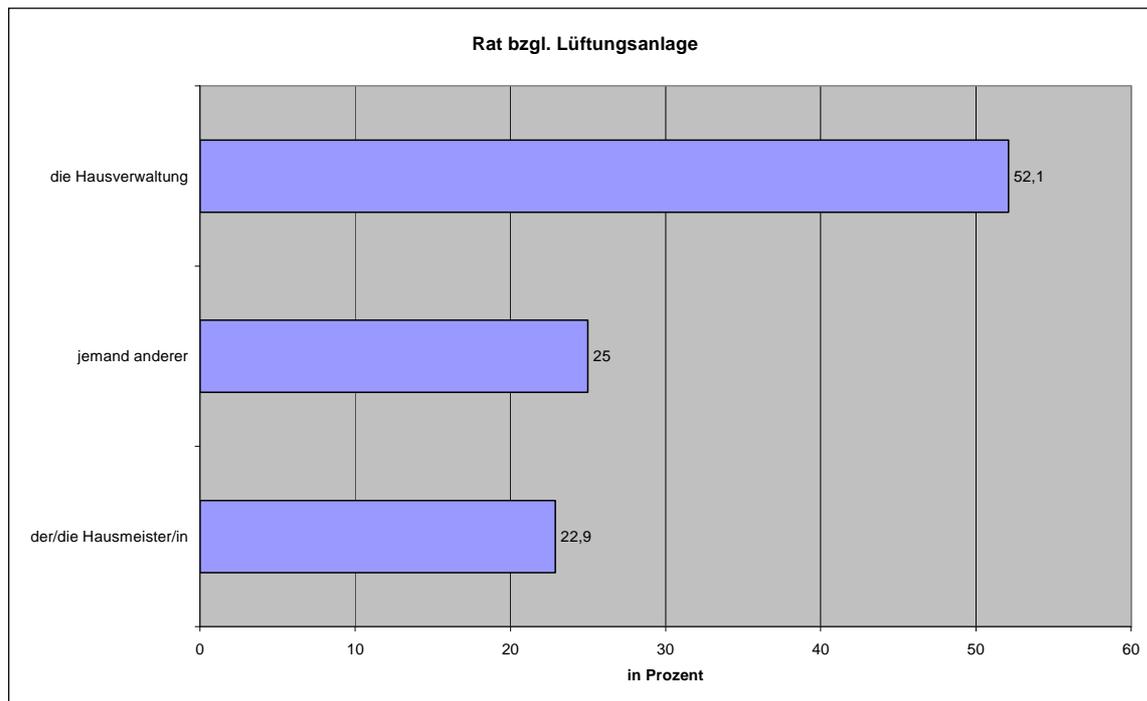


Abbildung 8.11: Wer kann um Rat bzgl. der Lüftungsanlage gefragt werden? – Kurzbefragung

8.2.1.4 Wiedereinzug in eine Wohnung mit Lüftungsanlage

Wie viele der Befragten würden wieder in eine Wohnung mit Lüftungsanlage einziehen? Auf jeden Fall würden dies ca. ein Drittel der BewohnerInnen tun, eher schon knapp die Hälfte, eher nicht ca. ein Achtel und auf gar keinen Fall nur ein geringer Prozentsatz.

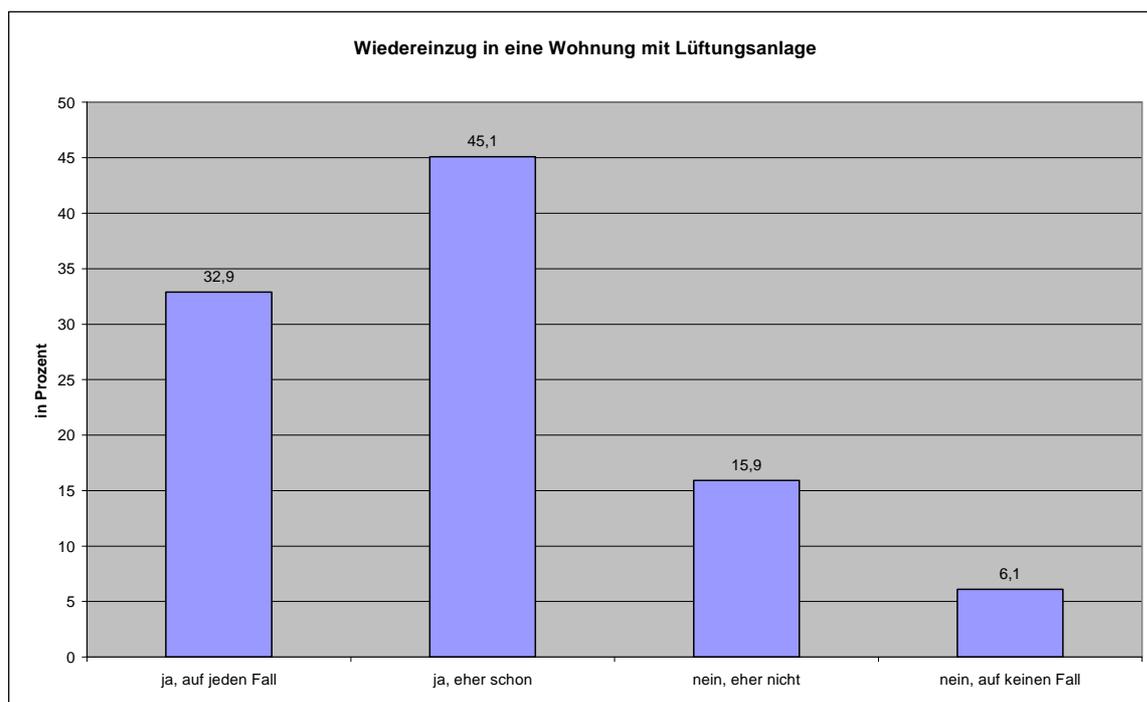


Abbildung 8.12: Wiedereinzug in eine Wohnung mit Lüftungsanlage - Kurzbefragung

8.2.2 Ergebnisse der längeren Befragung der BewohnerInnen

In den Wohnungen, in denen technische Messungen durchgeführt wurden, sind die BewohnerInnen mit einem ausführlicheren Fragebogen befragt worden, da diese ja noch etwas mehr Bezug zur Technologie und den Umgang mit ihr haben. Es konnten 22 Fragebögen erreicht werden. Bestätigen diese Ergebnisse nun auch die Ergebnisse der Kurzbefragung unter den anderen BewohnerInnen?

8.2.2.1 Zufriedenheit mit der Wohnsituation

Fast alle dieser Befragten sind mit ihrer Wohnsituation sehr oder eher zufrieden. Die Gründe dafür sind die gleichen wie bei den anderen BewohnerInnen – grüne, ruhige Wohnumgebung, helle Wohnungen, angenehme Nachbarn.

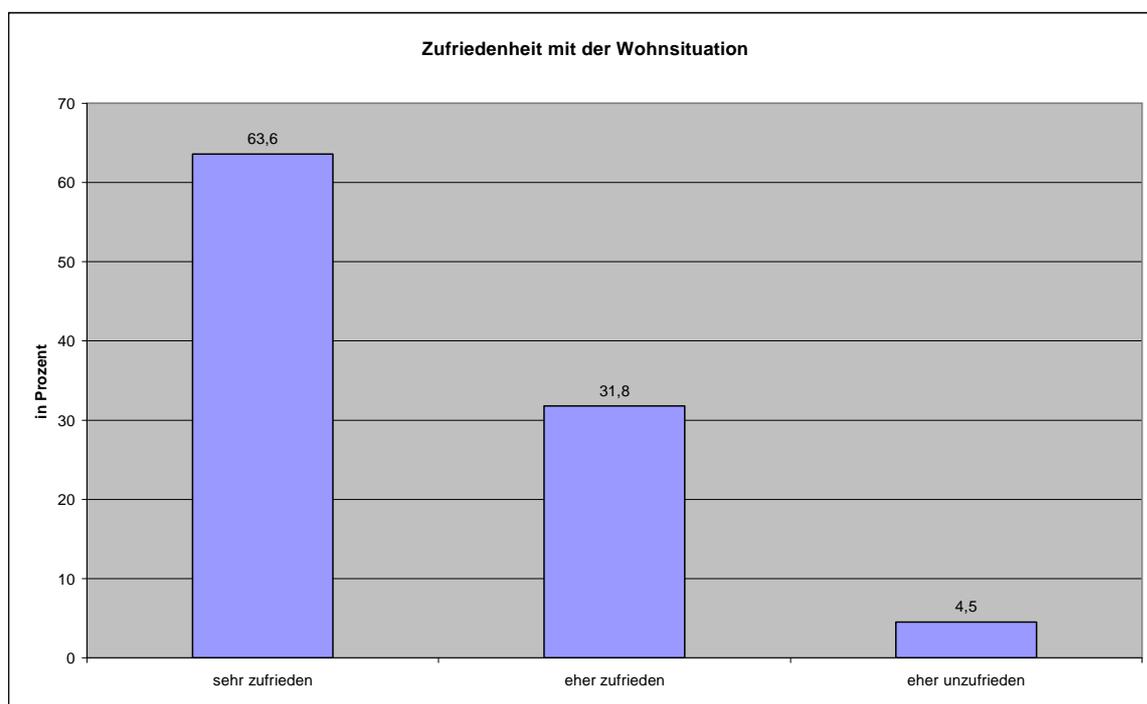


Abbildung 8.13: Zufriedenheit mit der Wohnsituation – Langbefragung

8.2.2.2 Bewertung der Lüftungsanlage

Über 80 % der BewohnerInnen waren beim Einzug mit der Lüftungsanlage sehr oder eher zufrieden, zum Zeitpunkt der Befragung waren es sogar 90 %. Der Anteil der sehr Zufriedenen ist dabei allerdings gesunken. Ausfälle der Lüftungsanlage gab es bei nur bei knapp einem Viertel der Befragten.

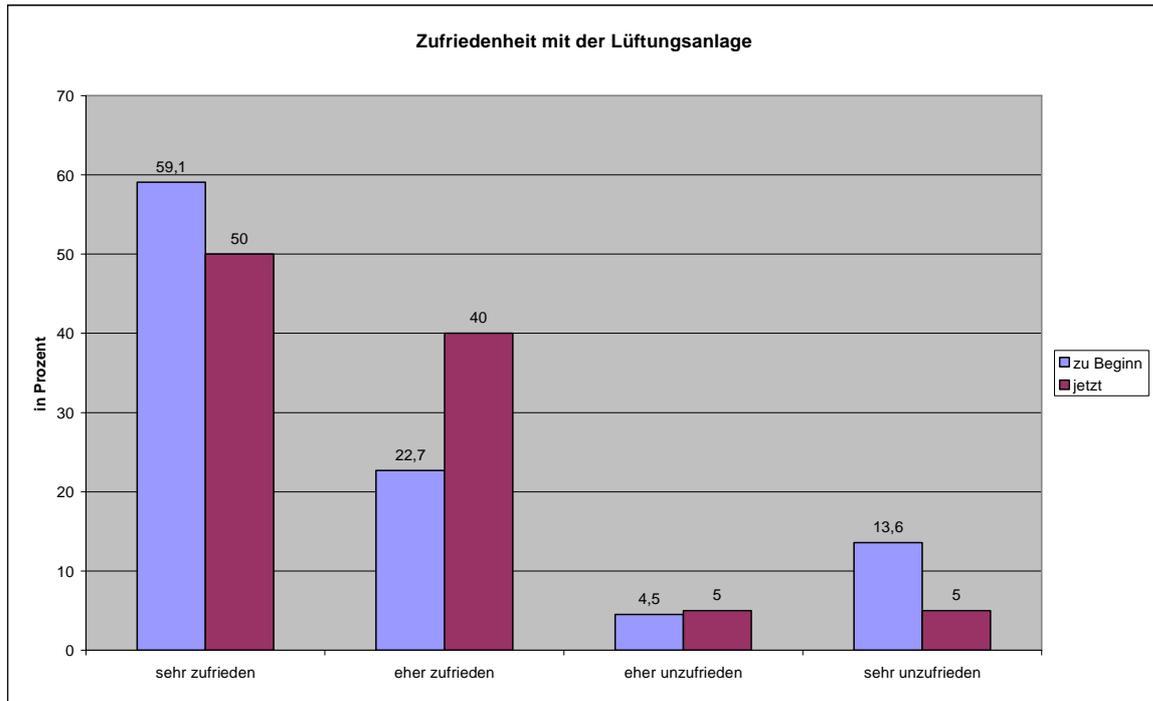


Abbildung 8.14: Zufriedenheit mit der Lüftungsanlage zu Beginn und jetzt - Langbefragung

Welche Probleme sind laut Auskunft dieser BewohnerInnen schon bei der Lüftungsanlage aufgetreten (Mehrfachnennungen waren möglich)?

Auch die genauer vermessenen Anlagen funktionieren recht gut. Am ehesten werden hier Probleme mit der Schallübertragung aus anderen Wohnungen (30 %) bzw. Geruchsbelästigungen über die Lüftungsanlage in der Wohnung angegeben (knapp 30 %). Überhitzung bzw. zu geringe Wärmeversorgung in der Wohnung spielen hier eine etwas geringere Rolle als bei den Kurzfragebögen.

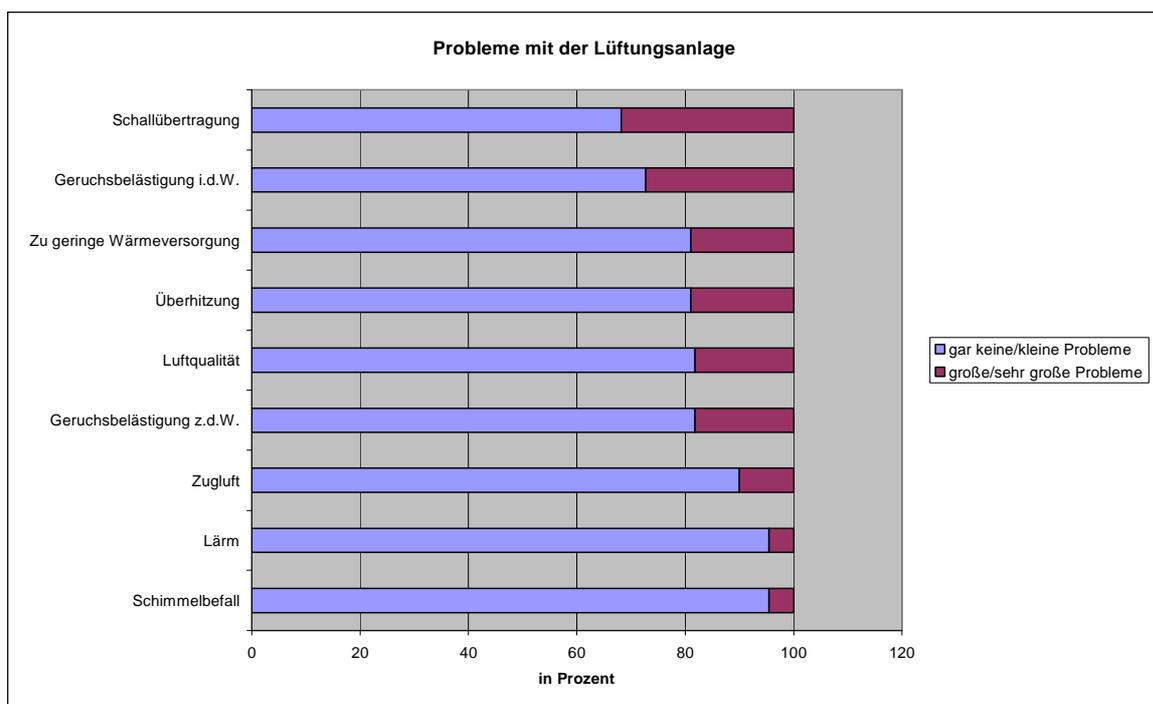


Abbildung 8.15: Probleme mit der Lüftungsanlage – Langbefragung

An zusätzlichen Problemen werden noch Staub- und Geruchsbelästigungen durch die Lüftungsanlage angeführt. Falls es Probleme mit der Lüftungsanlage gab, konnten diese zu mehr als der Hälfte ganz oder zumindest teilweise behoben werden.

Die Bedienerfreundlichkeit der Anlage wird von ca. 90 % der Befragten als sehr gut bzw. eher gut eingestuft, vom Rest als eher schlecht.

Die Lüftungsanlagen wurden von fast der Hälfte dieser BewohnerInnen mit einer Gesamtnote von „sehr gut“ bewertet, knapp 40 % vergeben die Note „gut“ und nur je ein Befragter vergibt die Note „befriedigend“, „genügend“ und „nicht genügend“. Diese Benotung ist also noch besser als die Benotung in der Kurzbefragung.

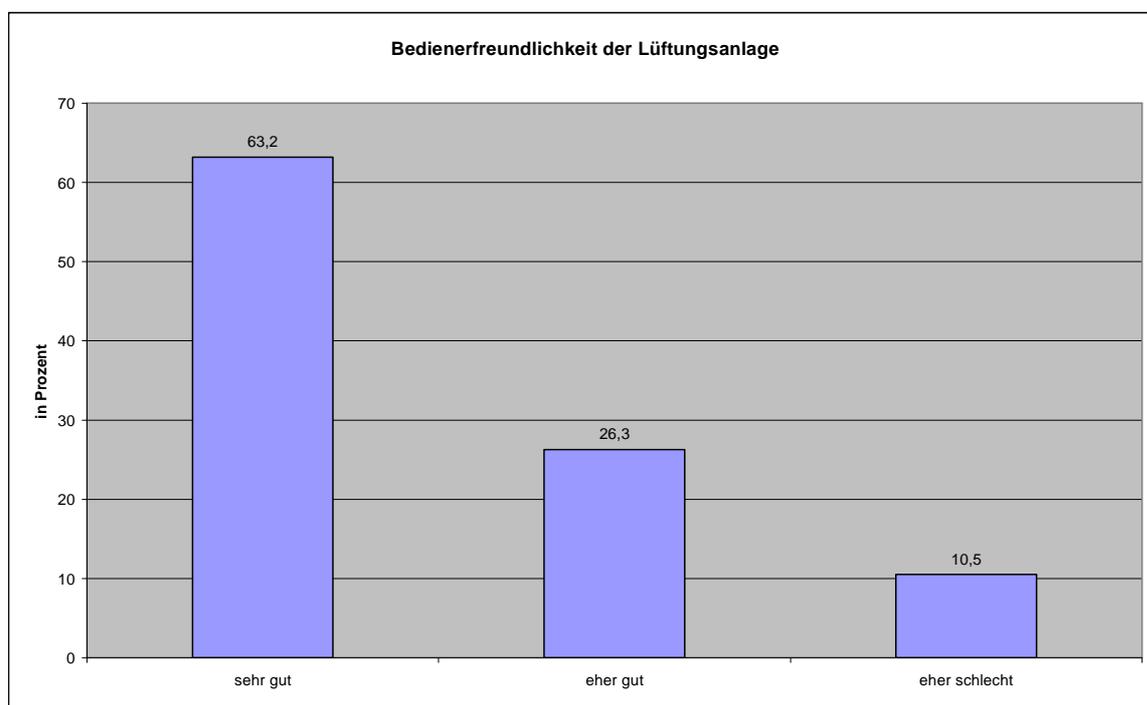


Abbildung 8.16: Bedienerfreundlichkeit der Lüftungsanlage – Langbefragung

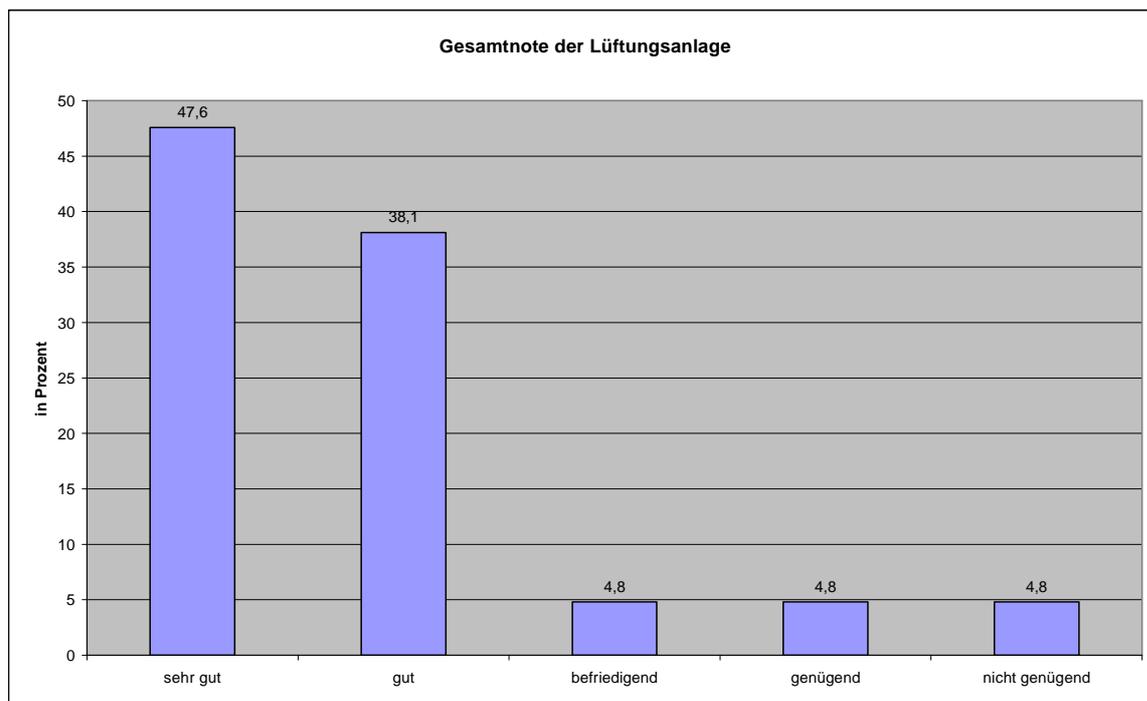


Abbildung 8.17: Gesamtnote der Lüftungsanlage – Langbefragung

8.2.2.3 Regelung der Lüftungsanlage

Wie können die Befragten die Lüftungsanlage regulieren? Nur wenige der BewohnerInnen haben überhaupt keine Möglichkeit, selbst etwas einzustellen.

Die Lüftungsstärke können über drei Viertel der Befragten selbst wählen, dabei stehen jeweils ungefähr der Hälfte zwei oder drei Stärkestufen zur Einstellung zur Verfügung. Knapp einem Viertel ist es dabei auch möglich, die Räume getrennt zu regeln.

Die Temperatur kann die Hälfte der Befragten selbst einstellen. Auch hier ist es knapp einem Viertel möglich, die Räume getrennt zu regeln.

Genutzt werden diese Möglichkeiten der Regelung von 30 % täglich, von 20 % jeweils einmal pro Woche bzw. einmal pro Monat, von 15 % einmal im Jahr und von weiteren 20 % nie. Mit der Regelung kommen alle Befragten sehr gut oder eher gut zurecht. Die Anzahl der Regelungsmöglichkeiten ist für über drei Viertel genau richtig, für knapp ein Viertel zu wenig.

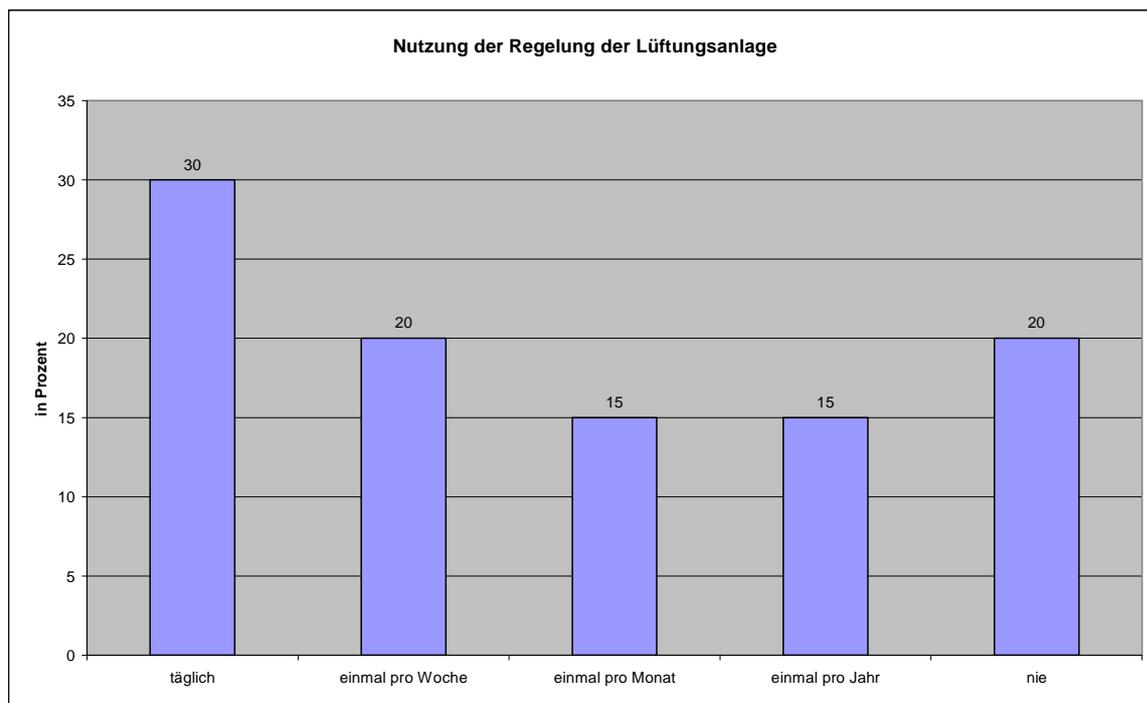


Abbildung 8.18: Nutzung der Regelung der Lüftungsanlage – Langbefragung

Fast alle BewohnerInnen können alle Einstellungsmöglichkeiten selbst vornehmen, nur bei vier gibt es Möglichkeiten, die sie nicht selbst einstellen können. Die meisten Befragten können die Anlage auch nicht selbst abstellen, von denen, die es können, haben es nur drei schon einmal gemacht.

8.2.2.4 Optik der Lüftungsanlage

Werden die Lüftungsöffnungen oder Lüftungsschlitze an den Wänden von den BewohnerInnen in ihren Wohnungen als optisch störend empfunden? 60 % haben dieses Gefühl gar nicht, 20 % eher nicht, und weitere 20 % eher schon oder schon.

Durch manche Wohnungen führen auch Lüftungsrohre, nämlich bei ca. 40 % der Befragten. Aber auch nur etwa ca. 40 % von diesen empfinden diese als optisch störend.

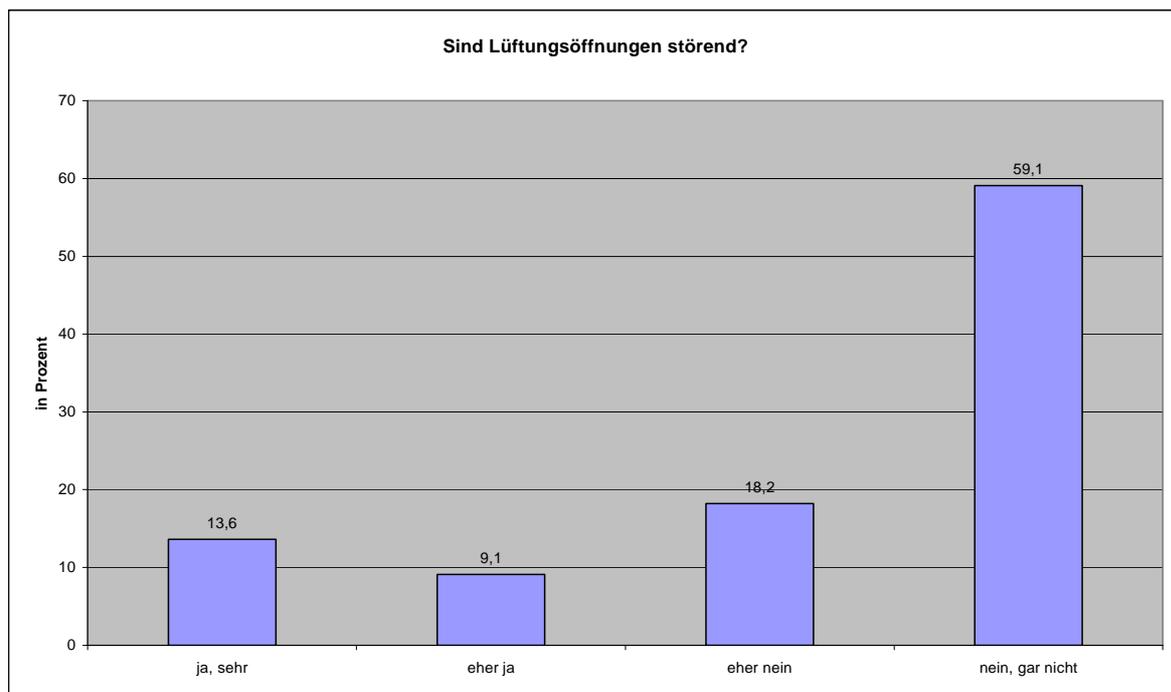


Abbildung 8.19: Sind Lüftungsöffnungen in der Wohnung optisch störend? – Langbefragung

8.2.2.5 Lüften im Winter

Wird im Winter zusätzlich zur Lüftungsanlage auch über die Fenster gelüftet? Dies machen ca. ein Viertel der BewohnerInnen mehrmals täglich, ca. ein Fünftel am Morgen und am Abend eines Tages, knapp die Hälfte einmal am Tag und nur ein Zehntel nie. 80 % der BewohnerInnen öffnen die Fenster dabei zumindest ganz.

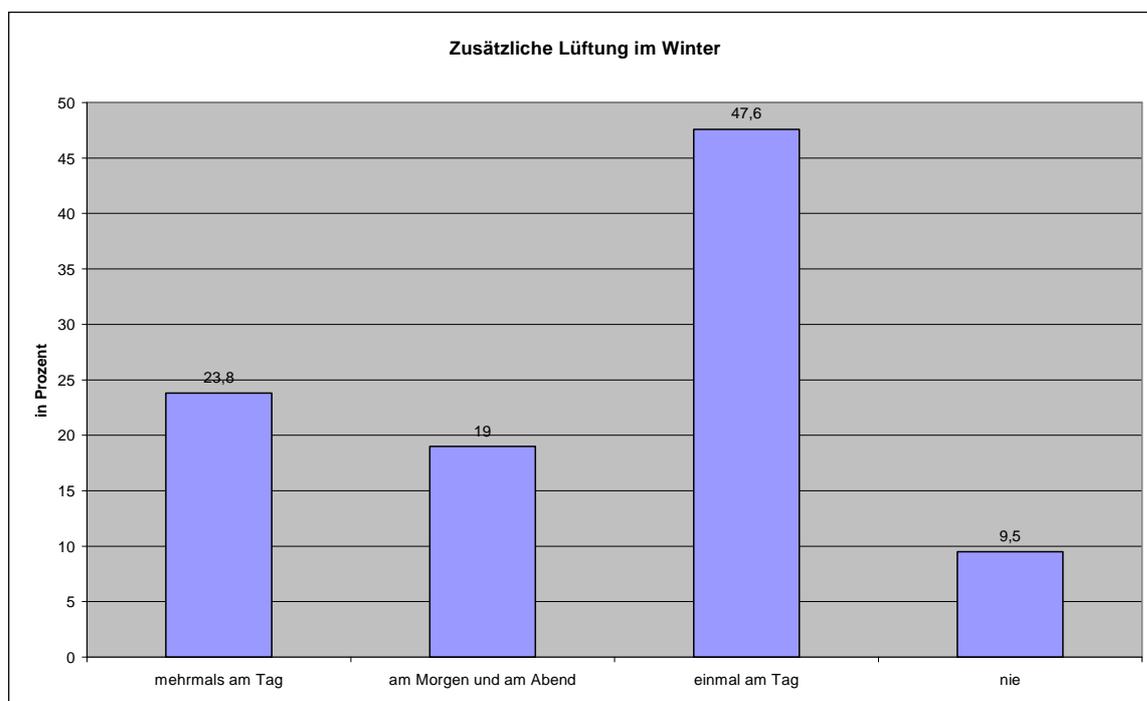


Abbildung 8.20: Zusätzliche Lüftung im Winter - Langbefragung

8.2.2.6 Wartung der Lüftungsanlage und Filterwechsel

Von wem wird die Lüftungsanlage gewartet (Mehrfachnennungen waren möglich)? In zwei Drittel der Fälle geschieht dies durch den Hausmeister, in einem Drittel durch die Installationsfirma, nur zu einem Viertel durch die Hausverwaltung.

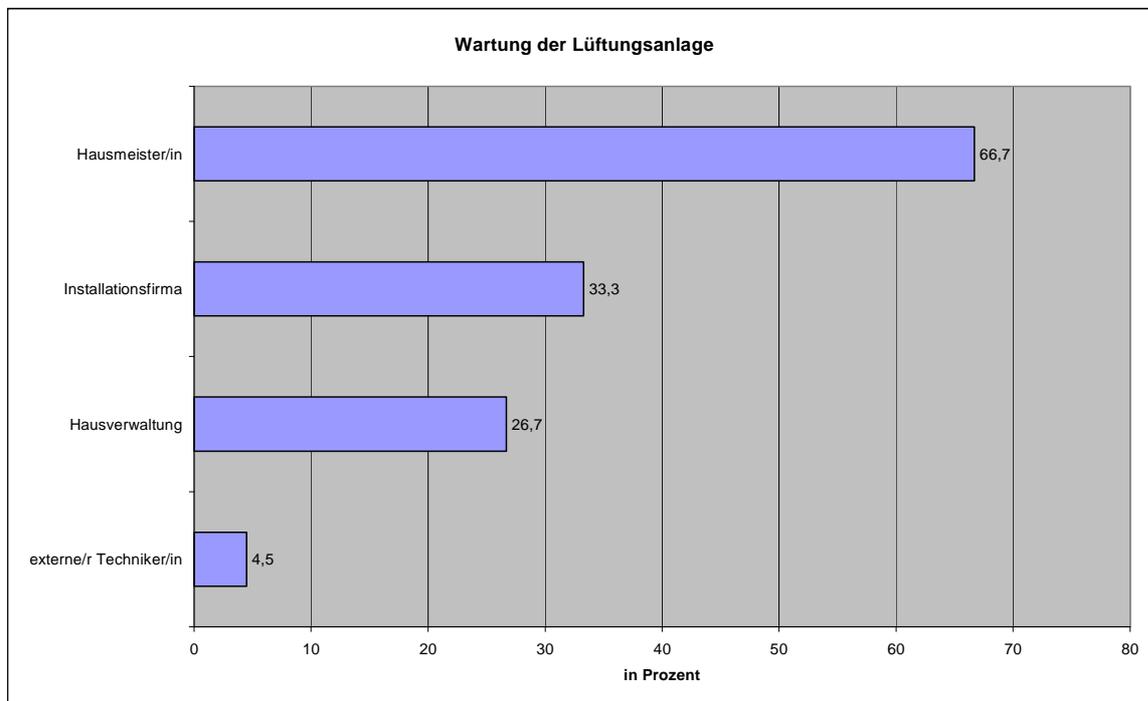


Abbildung 8.21: Wartung der Lüftungsanlage – Langbefragung

Auch die Filterwechsel werden in fast der Hälfte aller Fälle vom Hausmeister vorgenommen (Mehrfachnennungen waren möglich).

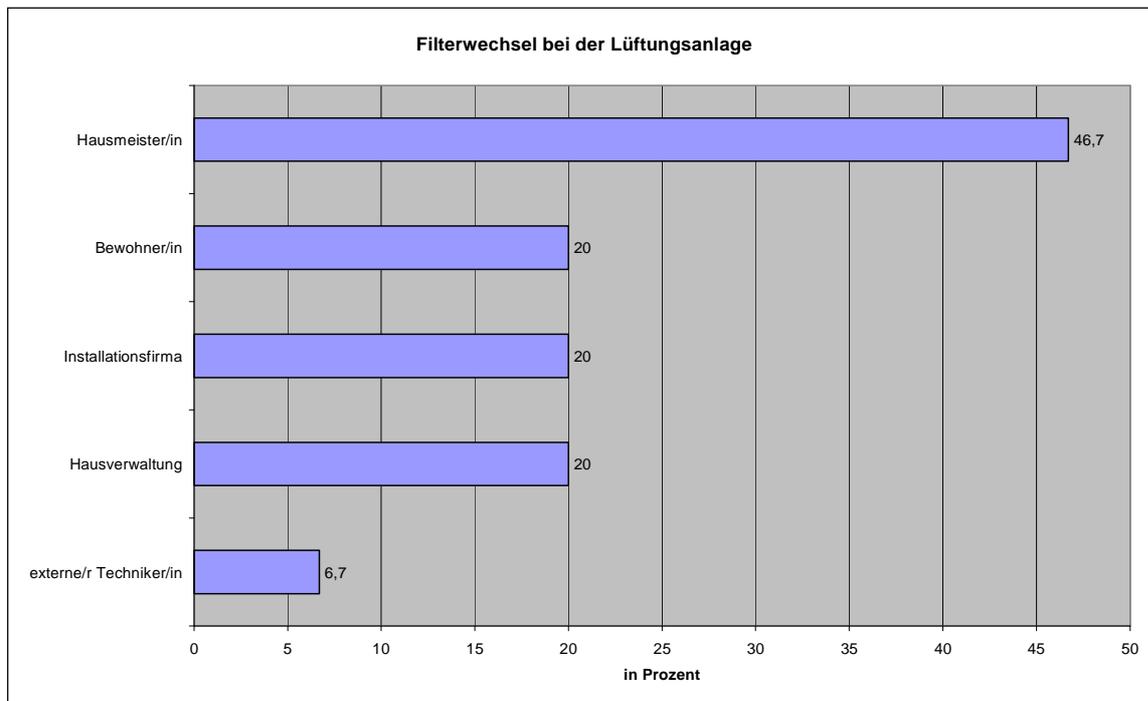


Abbildung 8.22: Filterwechsel bei der Lüftungsanlage - Langbefragung

In 40 % aller Fälle wurden die Filter allerdings noch nie gewechselt, bei über 30 % der BewohnerInnen nur einmal im Jahr oder seltener.

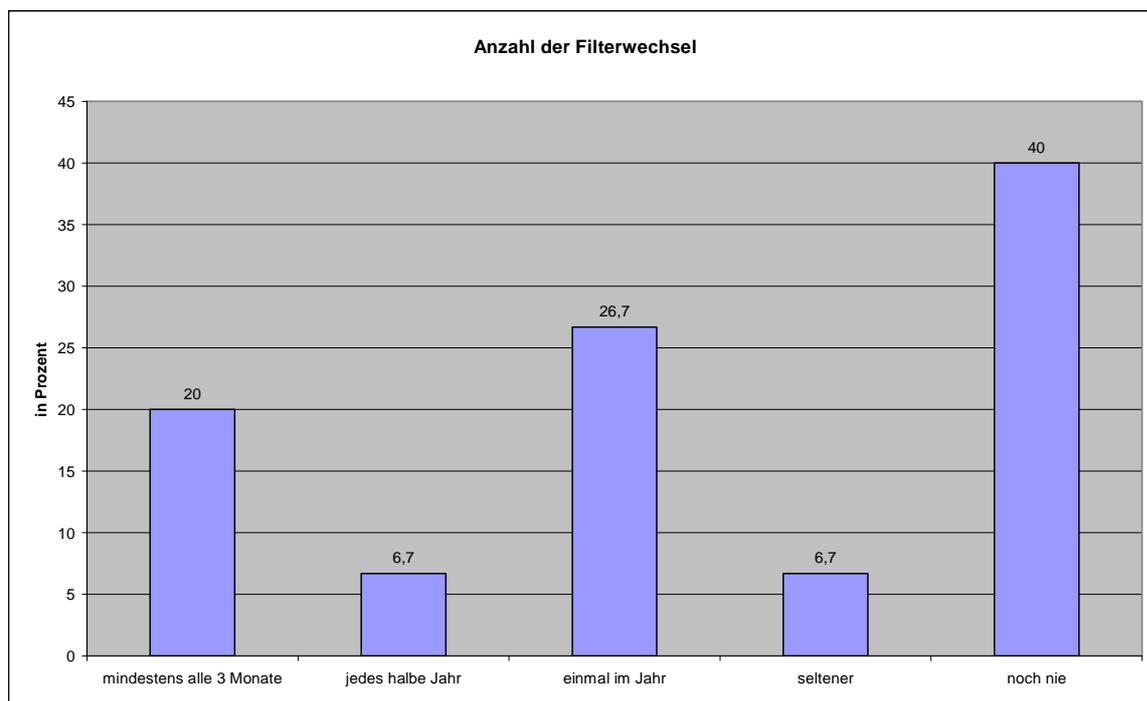


Abbildung 8.23: Anzahl der Filterwechsel – Langbefragung

8.2.2.7 Einstellung und Informationen zur Lüftungsanlage

Die Einstellung zur Lüftungsanlage war bei diesen befragten BewohnerInnen vor Bezug der Wohnung bei etwas mehr als der Hälfte positiv und bei etwas weniger als der Hälfte neutral, bei niemandem negativ.

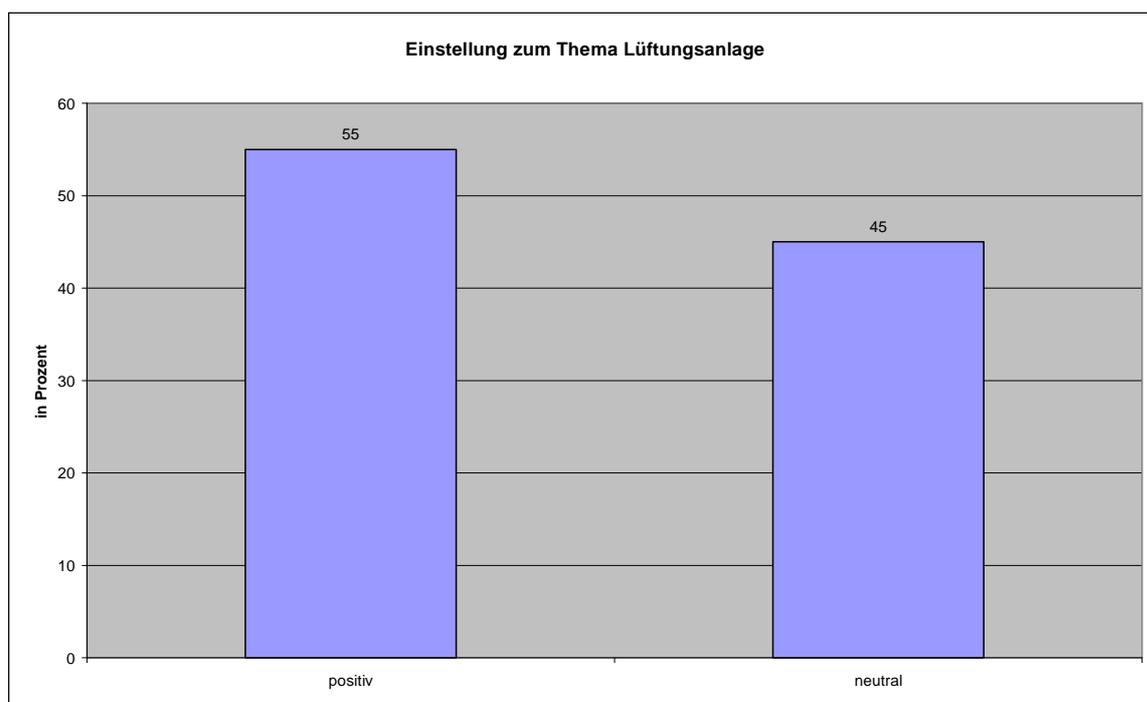


Abbildung 8.24: Einstellung zum Thema Lüftungsanlage vor Bezug der Wohnung - Langbefragung

Sind diese BewohnerInnen ausreichend über den Umgang mit der Lüftungsanlage informiert worden? 60 % der Befragten meinen, sie hätten ausreichende Informationen erhalten, 20 % meinen, es war zu wenig und weitere 20 % geben an, gar keine Information erhalten zu haben.

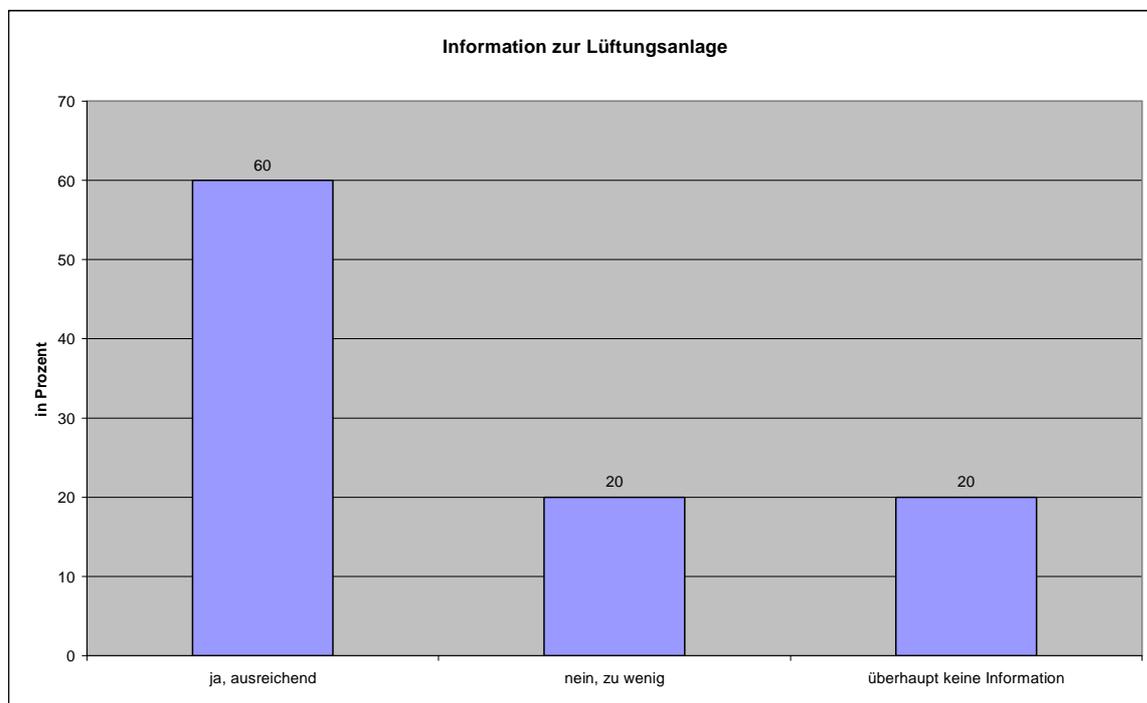


Abbildung 8.25: Information zur Lüftungsanlage – Langbefragung

Wie wurden die BewohnerInnen informiert (Mehrfachnennungen waren möglich)? Bei nur einem/einer BewohnerIn passierte das über eine umfangreiche persönliche Einweisung vor Ort, bei 70 % allerdings durch eine kurze persönliche Einweisung, für jeweils mehr als die Hälfte der BewohnerInnen gab es Informationen bei einer Hausversammlung bzw. sie erhielten schriftliche Informationen.

Wie wurden diese Informationen von den BewohnerInnen beurteilt? Genau richtig fanden sie etwas mehr als die Hälfte der Befragten, mehr als ausreichend knapp ein Achtel, nicht ausreichend aber immerhin noch ein Drittel.

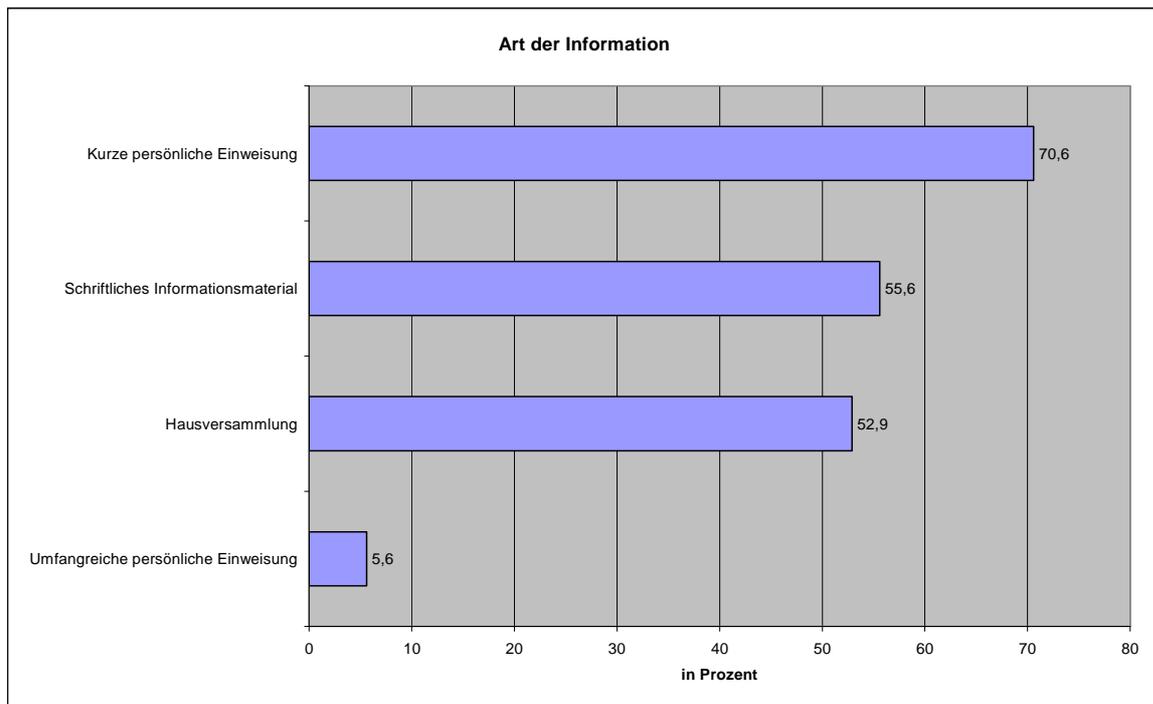


Abbildung 8.26: Art der Information über die Lüftungsanlage – Langbefragung

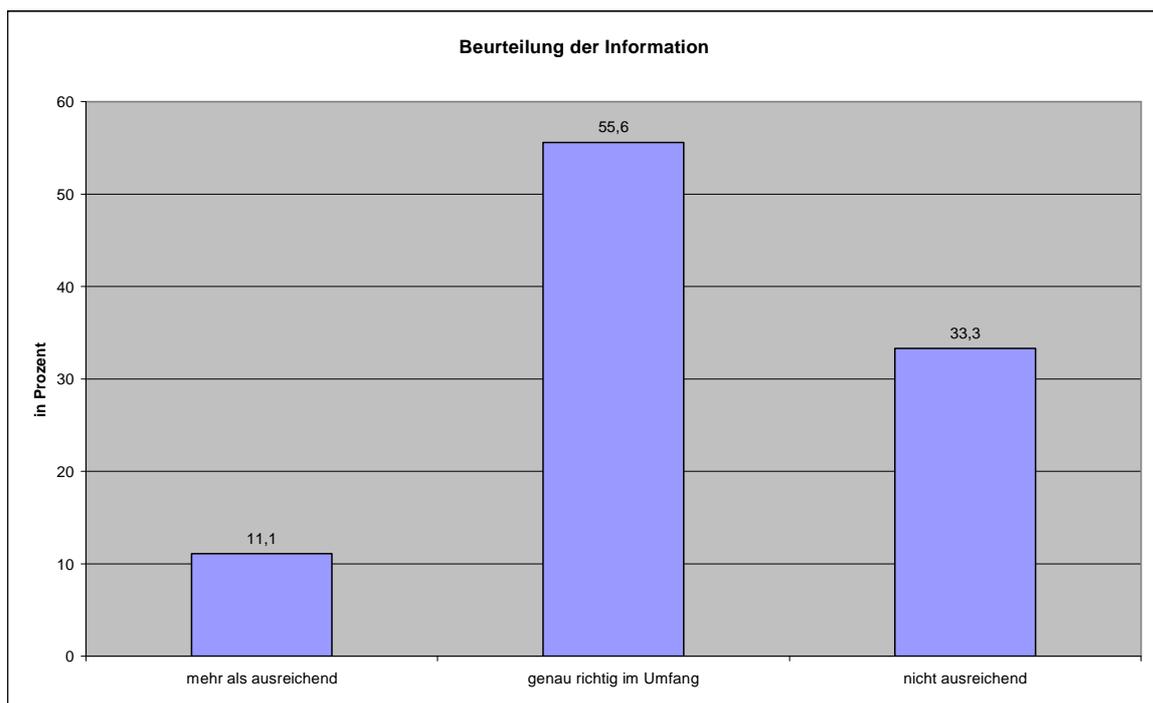


Abbildung 8.27: Beurteilung der erhaltenen Informationen zur Lüftungsanlage – Langbefragung

Gewünscht hätten sich die Hälfte der Unzufriedenen vor allem mehr persönliche Erläuterungen bzw. ein Viertel noch eine Hausversammlung einige Zeit nach Bezug (Mehrfachnennungen waren möglich).

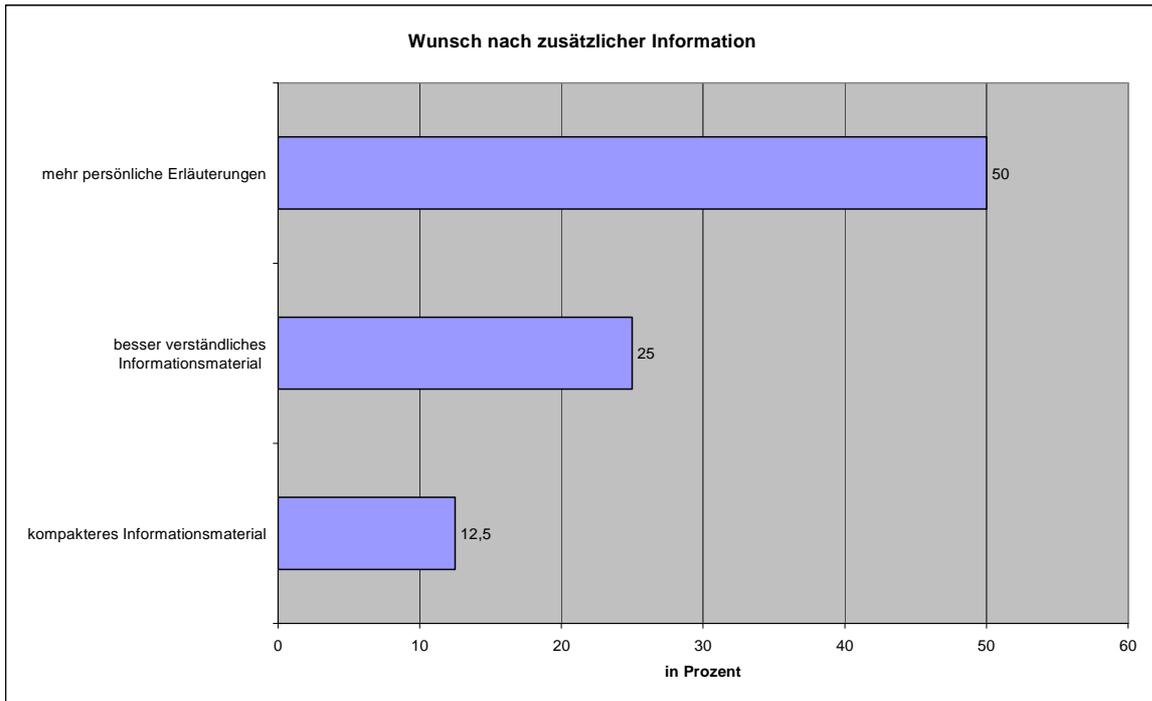


Abbildung 8.28: Wunsch nach zusätzlicher Information zur Lüftungsanlage – Langbefragung

Inhaltlich hätten sich etwas mehr als die Hälfte der Befragten Informationen zum richtigen Verhalten bei einer Lüftungsanlage gewünscht, etwas weniger als die Hälfte mehr Informationen zur Anlagentechnik und zum Bedienen der Anlage.

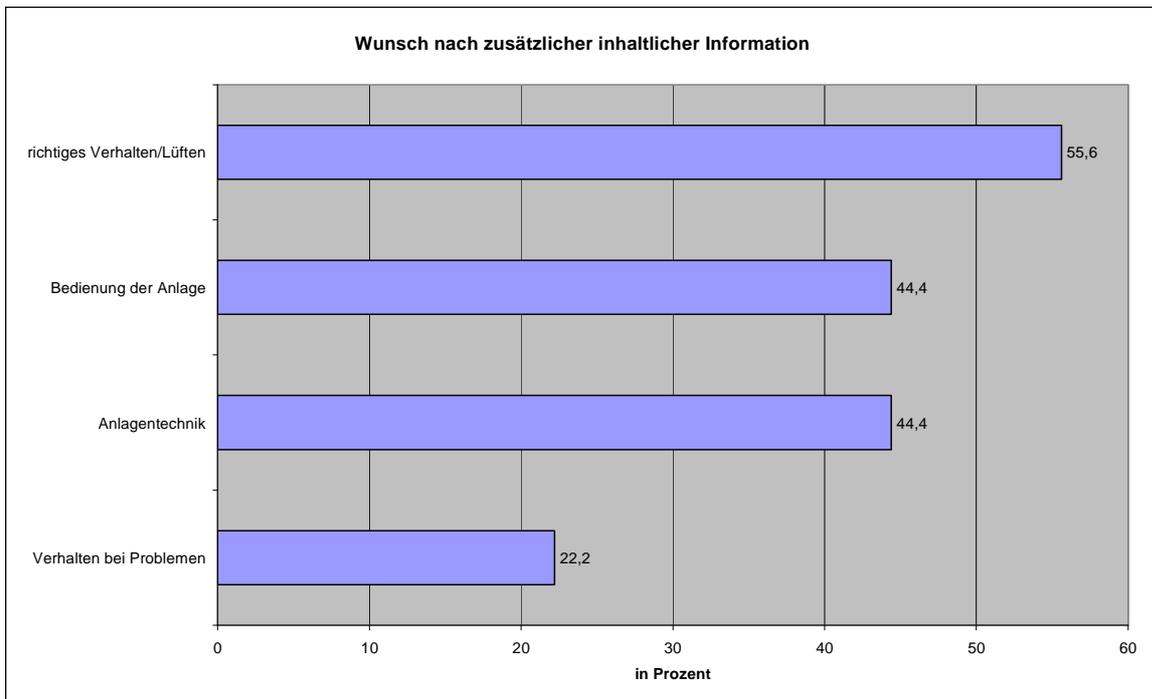


Abbildung 8.29: Wunsch nach zusätzlicher inhaltlicher Information zur Lüftungsanlage - Langbefragung

Etwas mehr als die Hälfte der Befragten verfügt über eine Bedienungsanleitung für die Anlage, etwas weniger als die Hälfte nicht.

90 % dieser Befragten geben an, sie hätten die Möglichkeit, jemanden um Rat bzgl. der Lüftungsanlage zu fragen. Dies ist in den meisten Fällen ein/e externe/r TechnikerIn (die Hälfte), zu mehr als einem Drittel der Hausmeister und zu einem Zehntel die Hausverwaltung.

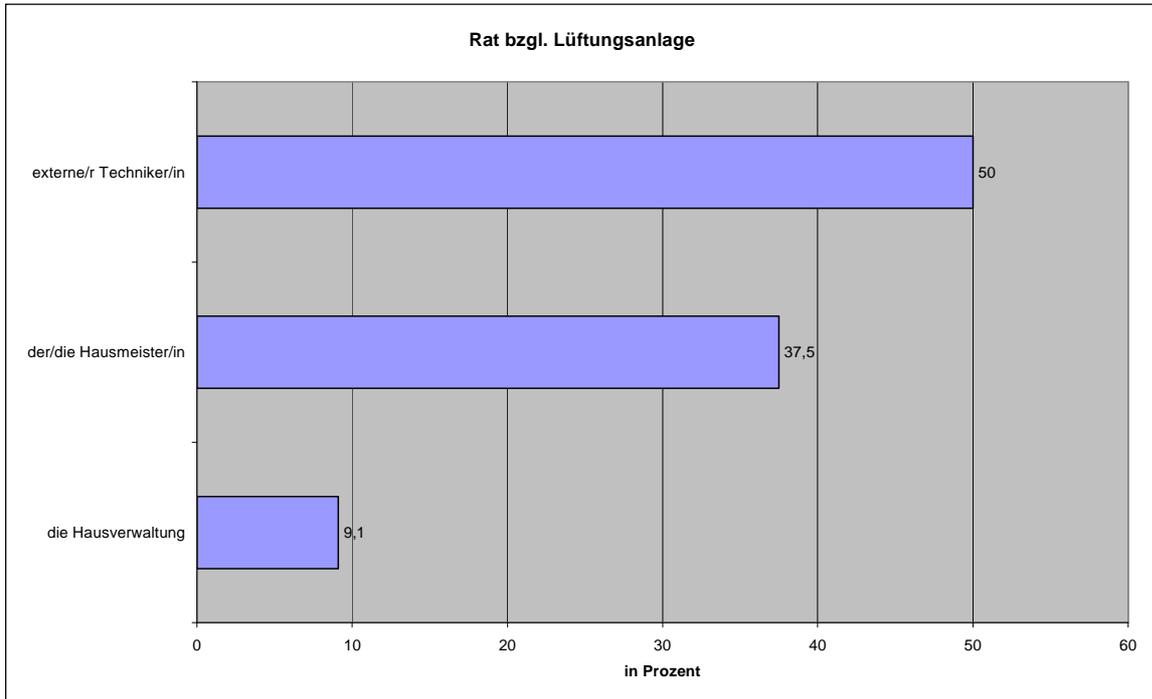


Abbildung 8.30: Wer kann um Rat bzgl. der Lüftungsanlage gefragt werden? – Langbefragung

Etwas mehr als 60 % der Befragten haben das Gefühl, über die Möglichkeiten der Lüftungsanlage sehr gut oder eher gut informiert zu sein, drei Viertel haben das Gefühl, das Lüftungssystem zu verstehen.

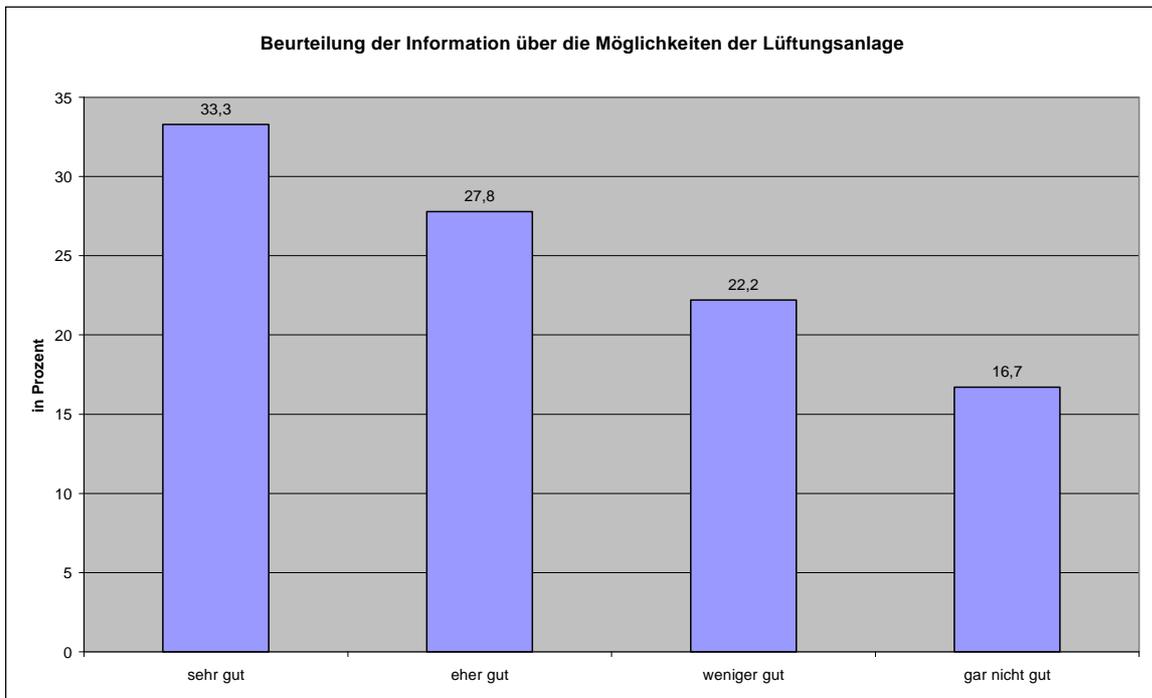


Abbildung 8.31: Beurteilung der Information über die Möglichkeiten der Lüftungsanlage - Langbefragung

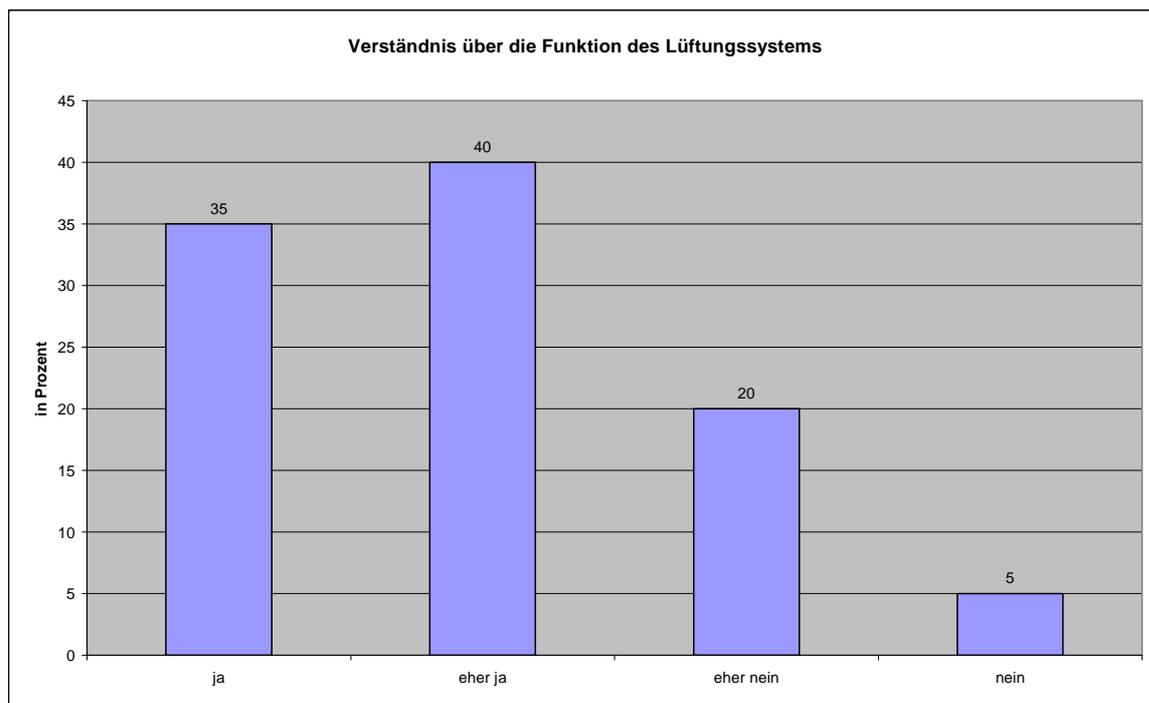


Abbildung 8.32: Verständnis über die Funktion des Lüftungssystems – Langbefragung

8.2.2.8 Wiedereinzug in eine Wohnung mit Lüftungsanlage

Wie viele dieser Befragten würden wieder in eine Wohnung mit Lüftungsanlage einziehen? Auf jeden Fall oder eher schon würden dies ca. 80 % der BewohnerInnen tun, eher nicht oder auf gar keinen Fall 20 %.

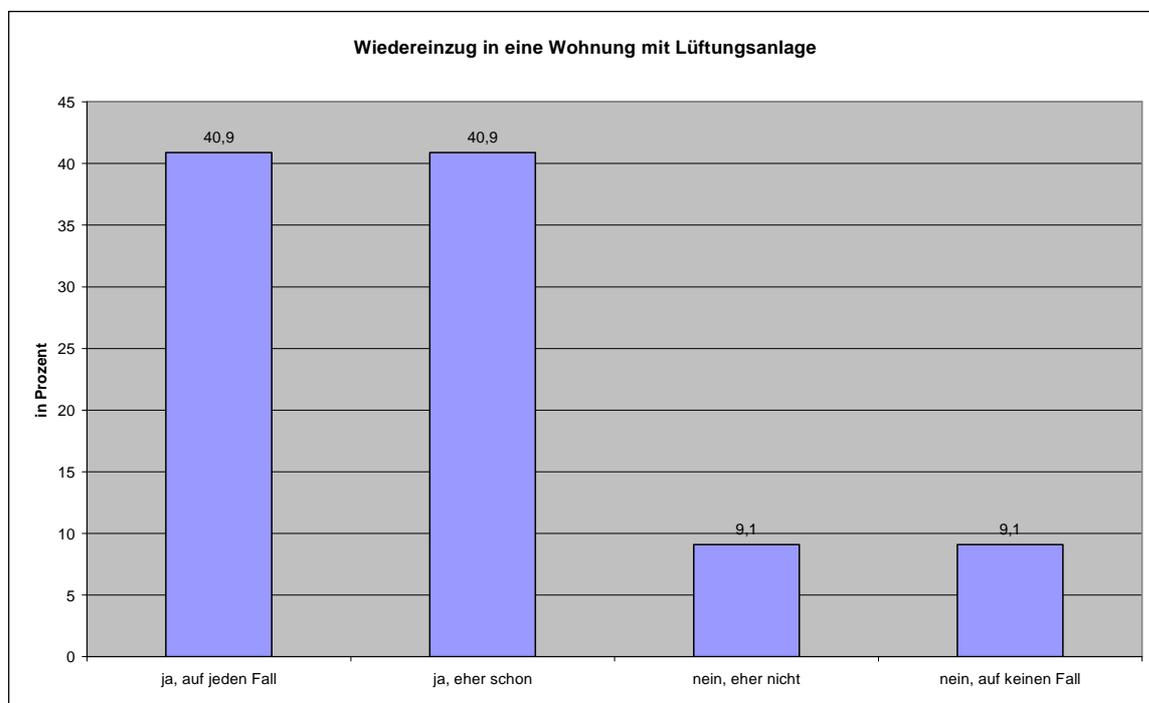


Abbildung 8.33: Wiedereinzug in eine Wohnung mit Lüftungsanlage – Langbefragung

Würden diese befragten BewohnerInnen dazu raten, Lüftungsanlagen in allen Gebäuden einzubauen? Auf jeden Fall würden dies 45 % tun, eher schon 36 %. Immerhin 14 % meinen, dies sollte man auf gar keinen Fall tun.

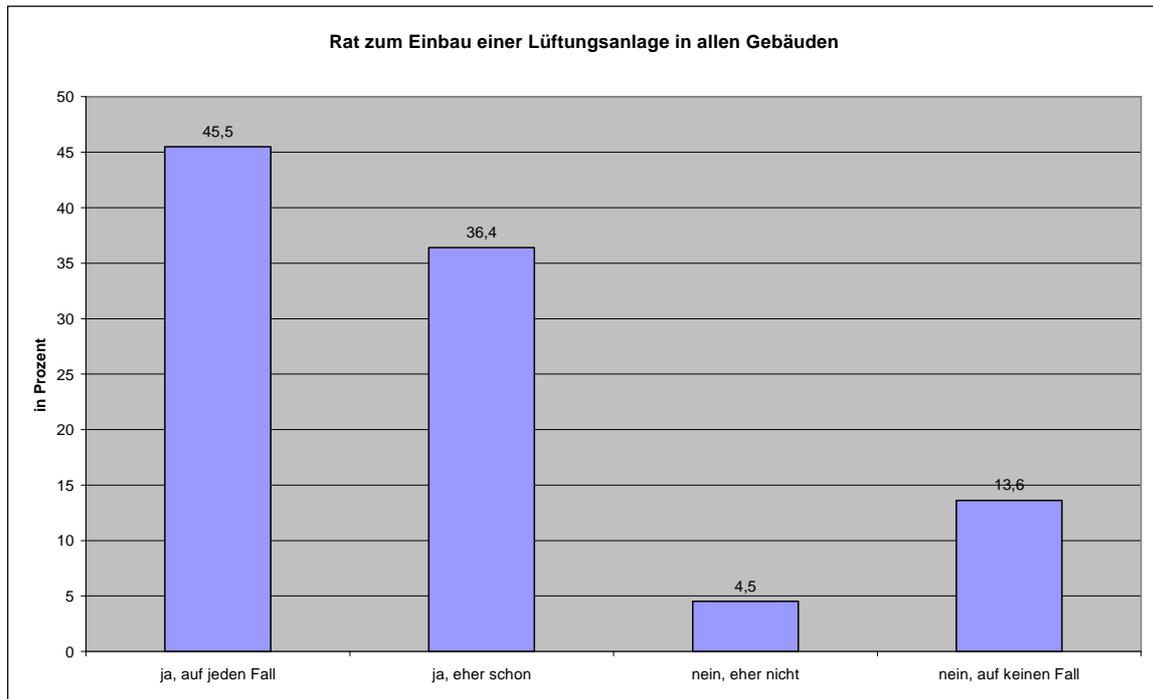


Abbildung 8.34: Rat zum Einbau einer Lüftungsanlage in allen Gebäuden – Langbefragung

8.2.3 Ergebnisse der Befragung der HausmeisterInnen

Es konnten in den untersuchten Gebäuden und Siedlungen insgesamt 10 HausmeisterInnen für diese Studie befragt werden. Einige der untersuchten Siedlungen und Gebäude verfügen über keine/n Hausmeister/in.

8.2.3.1 Bewertung der Lüftungsanlage

Acht HausmeisterInnen waren zu Beginn mit der Lüftungsanlage sehr oder eher zufrieden, zum Zeitpunkt der Befragung war dieser Prozentsatz fast gleich. Der Anteil der sehr Zufriedenen hat allerdings etwas abgenommen.

Ausfälle der Lüftungsanlage hat es zwar in 60 % der Fälle gegeben, acht von zehn der HausmeisterInnen meinen aber trotzdem, dass die Lüftungsanlage sehr zuverlässig bzw. zuverlässig funktioniere.

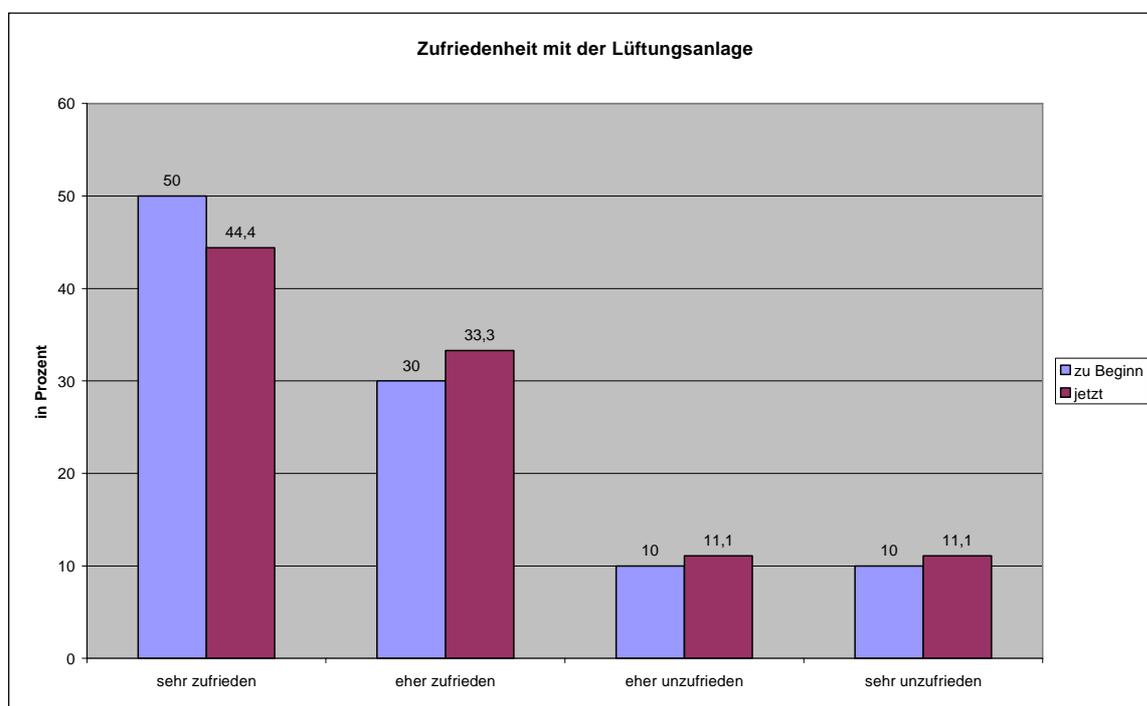


Abbildung 8.35: Zufriedenheit mit der Lüftungsanlage – zu Beginn und jetzt – HausmeisterInnen

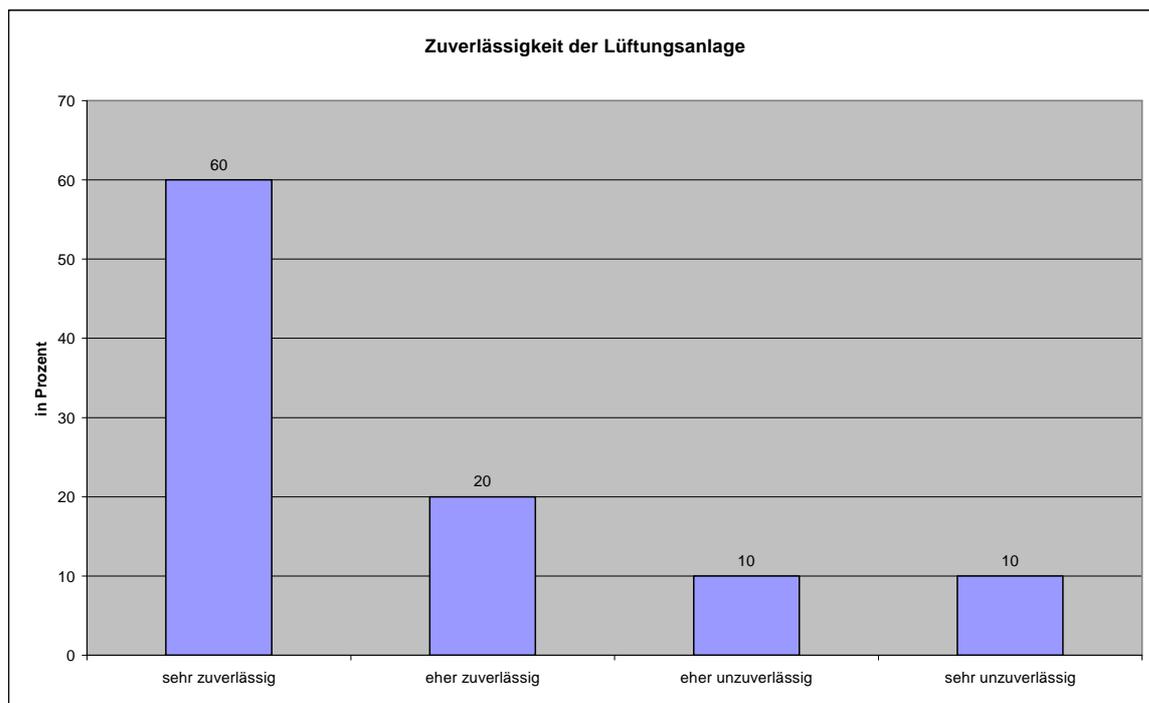


Abbildung 8.36: Zuverlässigkeit der Lüftungsanlage - HausmeisterInnen

Welche Probleme nehmen die HausmeisterInnen im Gebäude bei der Lüftungsanlage wahr (Mehrfachnennungen waren möglich)? Hier werden kaum Probleme genannt. Am ehesten vielleicht noch Probleme mit Lärm, den die Anlage in der Wohnung verursacht oder Zugluft in den Wohnungen durch die Lüftungsanlage. Falls es Probleme mit der Lüftungsanlage gab, konnten diese zum Großteil auch behoben werden.

Die Bedienerfreundlichkeit der Anlage wird von fast allen HausmeisterInnen als sehr gut bzw. eher gut eingestuft, von nur zweien als eher schlecht oder sehr schlecht.

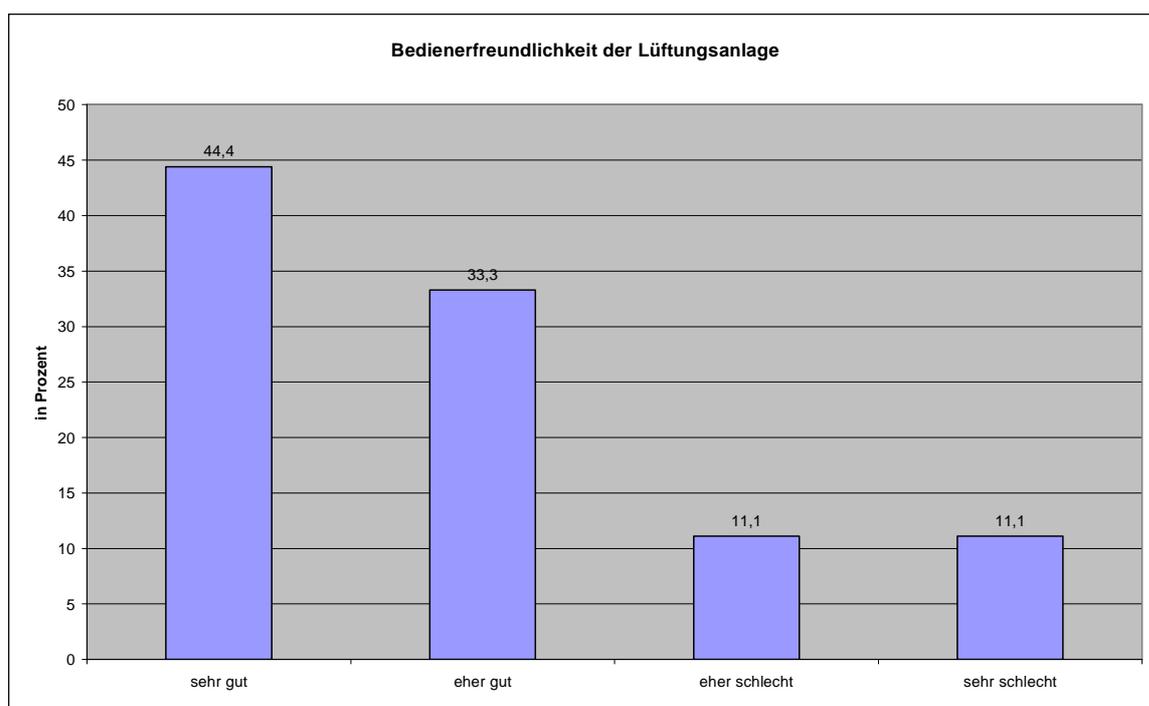


Abbildung 8.37: Bedienerfreundlichkeit der Lüftungsanlage – HausmeisterInnen

8.2.3.2 Regelung der Lüftungsanlage

Wie können die HausmeisterInnen die Lüftungsanlage regeln? Zwei Drittel von ihnen haben gar keine Möglichkeit, selbst etwas einzustellen. Von einzelnen können die Zeit, der Druck oder die Temperatur eingestellt werden. Diese Möglichkeiten werden aber kaum genutzt. Drei Viertel der HausmeisterInnen meint auch, dass die Anzahl der Regelungsmöglichkeiten so passt, wie sie ist.

Fast alle HausmeisterInnen haben Einstellungsmöglichkeiten bei der Anlage, die sie nicht selbst bedienen können. Diese werden von der Installationsfirma oder einem/r externen TechnikerIn vorgenommen.

Nur in zwei Fällen wurde die Anlage von den HausmeisterInnen schon einmal abgestellt, Grund dafür war ein Filtertausch.

Welche Gesamtnote geben die HausmeisterInnen den Lüftungsanlagen? Die Lüftungsanlagen wurden von je einem Drittel der HausmeisterInnen mit einer Gesamtnote von sehr gut oder gut bewertet, der Rest vergibt die Note befriedigend, niemand eine schlechtere Note.

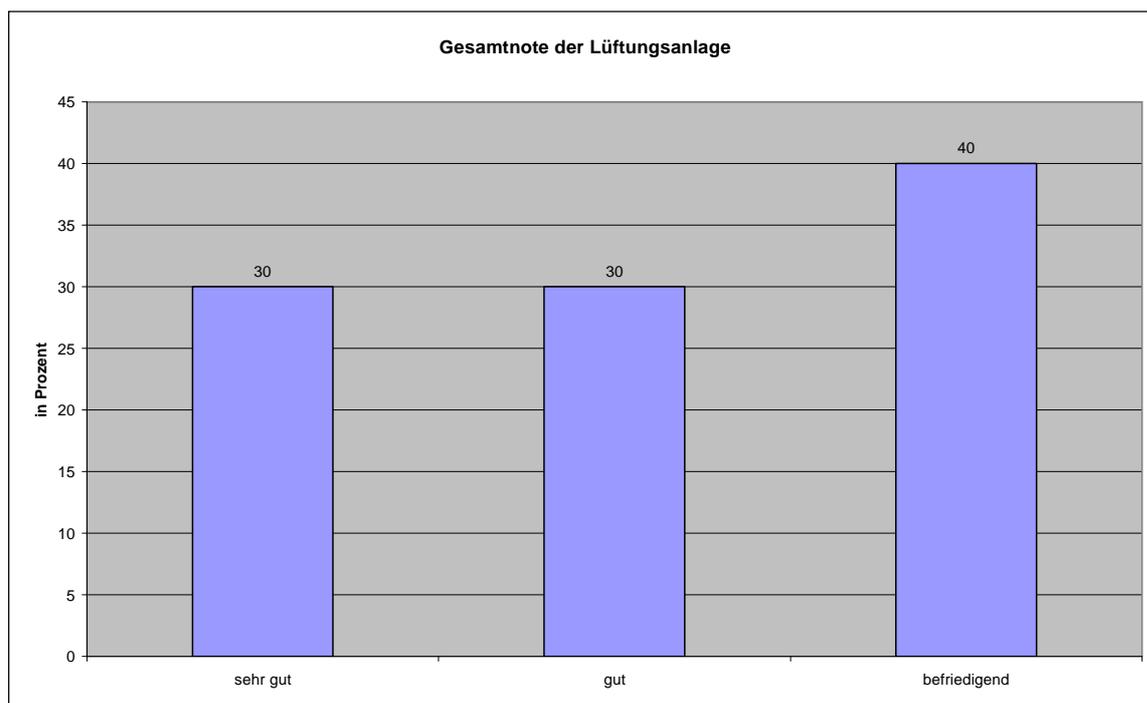


Abbildung 8.38: Gesamtnote der Lüftungsanlage – HausmeisterInnen

8.2.3.3 Reinigung der Lüftungsanlage

Fast alle HausmeisterInnen haben die Lüftungsanlage noch nie gereinigt. Ob eine Reinigung derzeit notwendig wäre, bejaht ca. ein Drittel, ca. 40 % meinen nein, der Rest der HausmeisterInnen kann es nicht beurteilen.

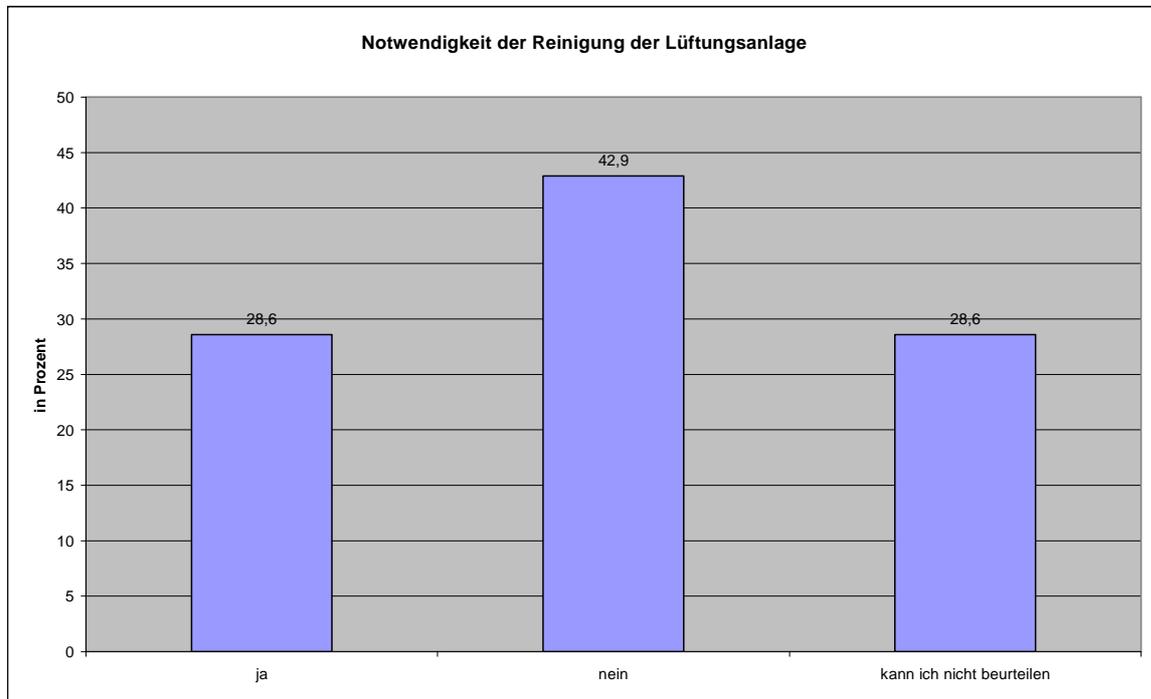


Abbildung 8.39: Notwendigkeit der Reinigung der Lüftungsanlage – HausmeisterInnen

8.2.3.4 Wartung der Lüftungsanlage

Nur zwei HausmeisterInnen warten die Lüftungsanlage selbst, in den anderen Fällen wird dies von der Installationsfirma bzw. von einem/r externen TechnikerIn übernommen (Mehrfachnennungen waren möglich). Ein Wartungsbuch führt nur ein/e einzige/r HausmeisterIn.

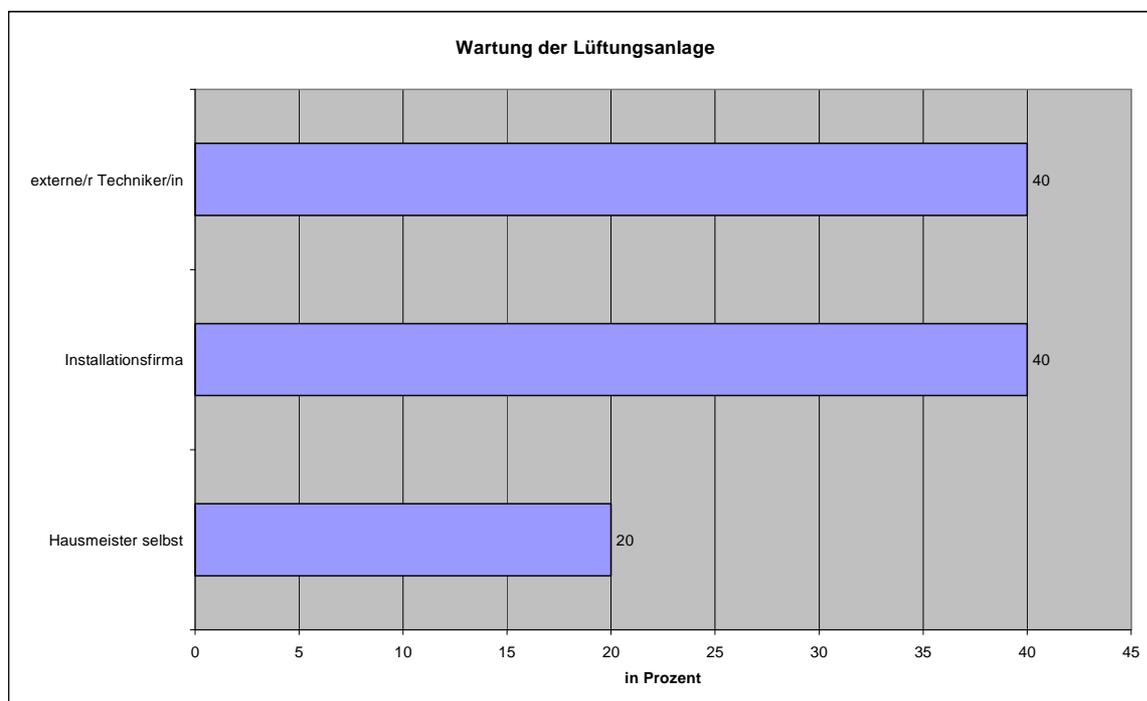


Abbildung 8.40: Wartung der Lüftungsanlage – HausmeisterInnen

8.2.3.5 Hygiene der Lüftungsanlage

Wie steht es um das Wissen bzgl. der Hygiene der Lüftungsanlage bei den HausmeisterInnen? Kein/e einzige/r HausmeisterIn hat eine Hygieneschulung absolviert. Drei von ihnen wissen, wer für die Hygiene zuständig ist, die anderen nicht.

8.2.3.6 Wechsel der Filter

Von 40 % der HausmeisterInnen wird der Filterwechsel selbst vorgenommen. In den anderen Fällen geschieht dies entweder durch die Installationsfirma, eine/n externe/n TechnikerIn oder die BewohnerInnen selbst (Mehrfachnennungen waren möglich).

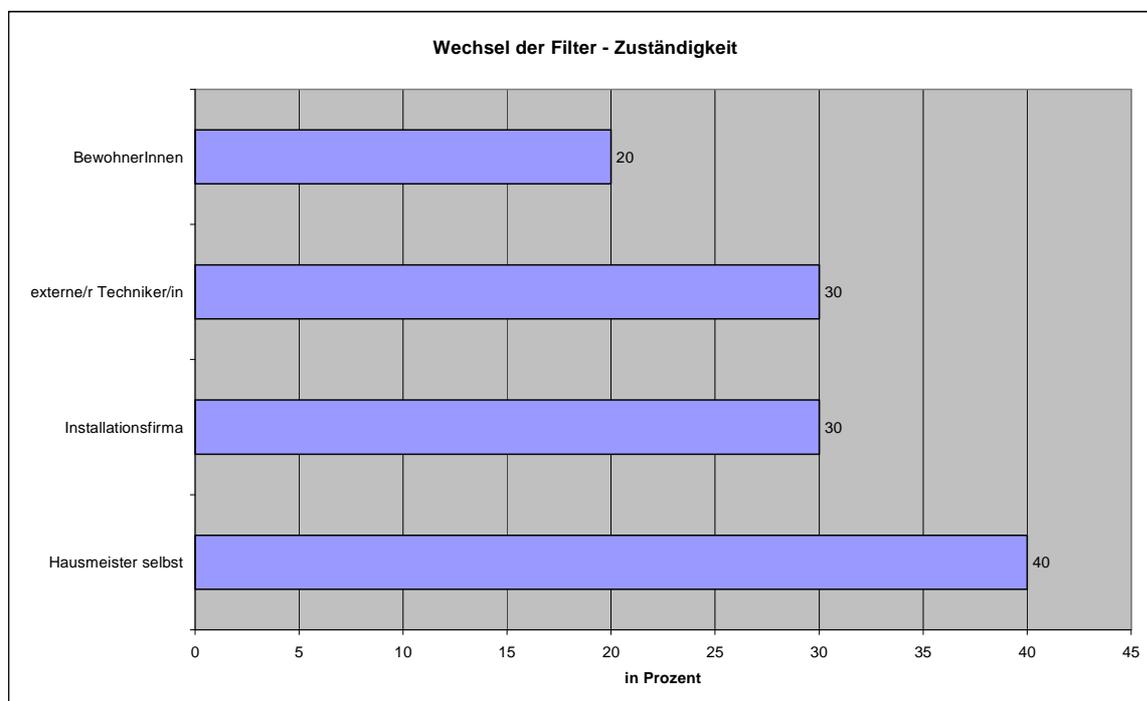


Abbildung 8.41: Wechsel der Filter – Zuständigkeit – HausmeisterInnen

Diese Filterwechsel werden meist mindestens alle drei Monate oder zumindest jedes halbe Jahr vorgenommen.

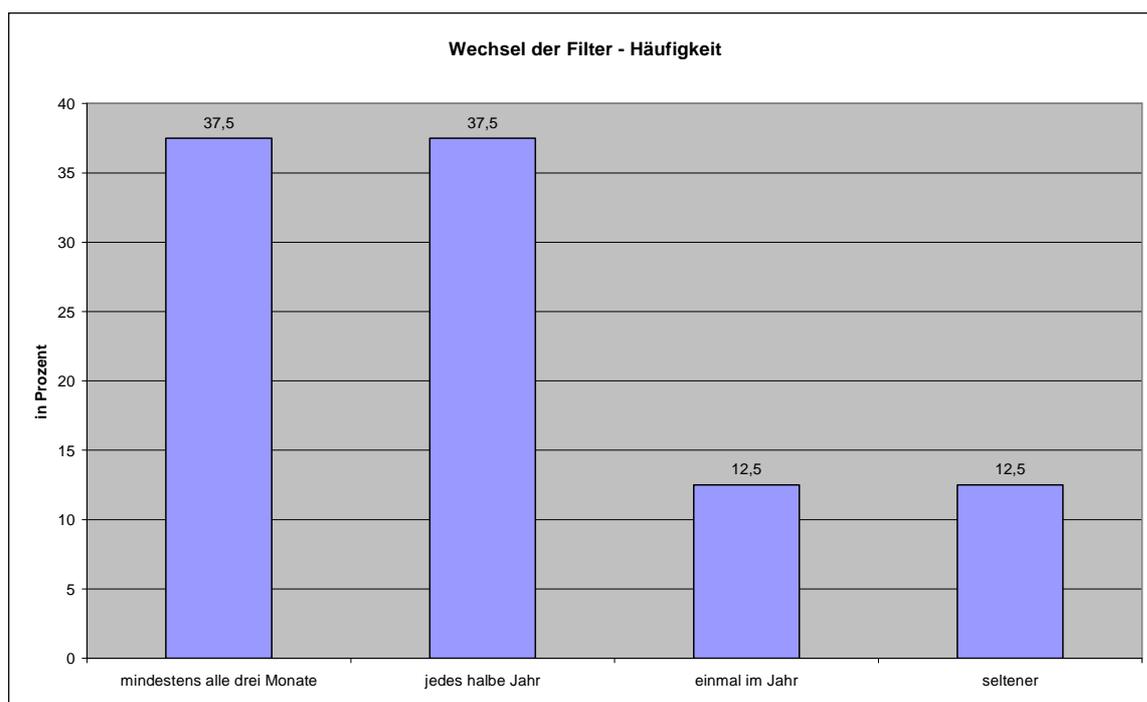


Abbildung 8.42: Wechsel der Filter – Häufigkeit – HausmeisterInnen

8.2.3.7 Zeitaufwand für die Betreuung der Lüftungsanlage

Der Zeitaufwand für die Betreuung der Lüftungsanlage liegt bei den HausmeisterInnen zwischen einer Viertel- und eineinhalb Stunden in der Woche für das gesamte Gebäude für regelmäßige Arbeiten, für unregelmäßige Arbeiten gibt es nur einige Angaben, die zwischen 12 Minuten und einer Stunde liegen.

8.2.3.8 Einstellung und Informationen zur Lüftungsanlage

Sind die HausmeisterInnen ausreichend über den Umgang mit der Lüftungsanlage informiert worden? Drei Viertel von ihnen meinen, sie hätten ausreichende Informationen erhalten, ein Viertel meint, es waren zu wenig Informationen.

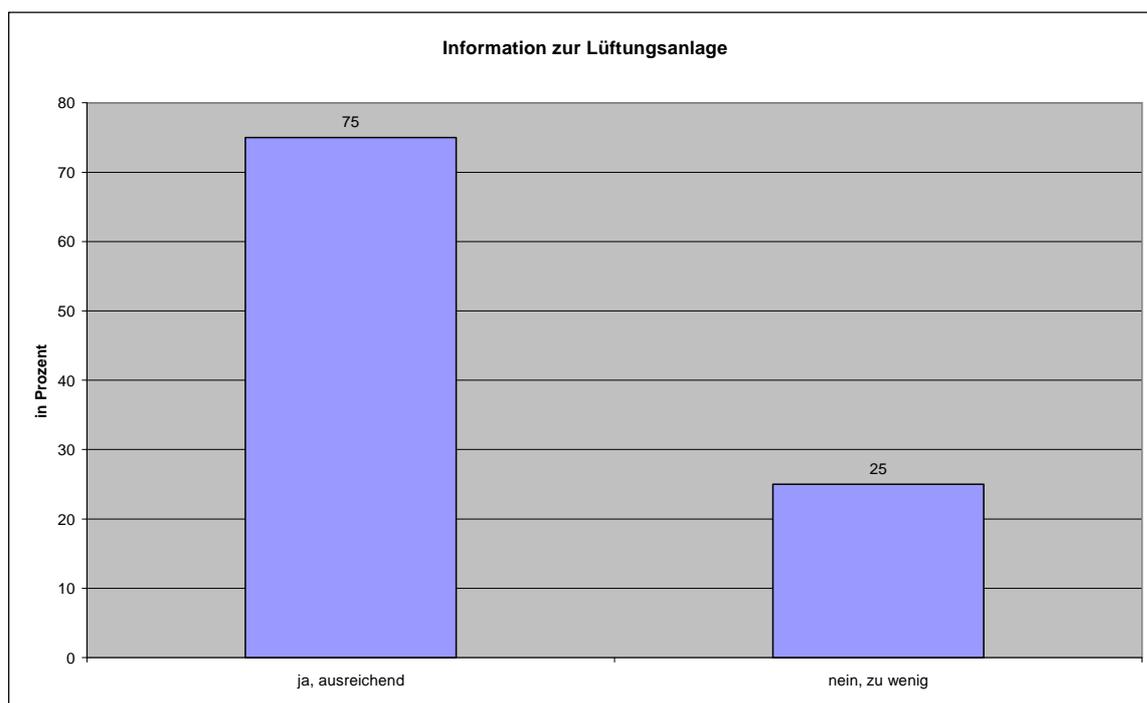


Abbildung 8.43: Information zur Lüftungsanlage - HausmeisterInnen

Wie wurden die HausmeisterInnen informiert (Mehrfachnennungen waren möglich)? Bei zwei Drittel passierte dies durch eine kurze persönliche Einweisung, knapp die Hälfte erhielten schriftliche Informationen, zwei von ihnen eine umfangreiche persönliche Einweisung.

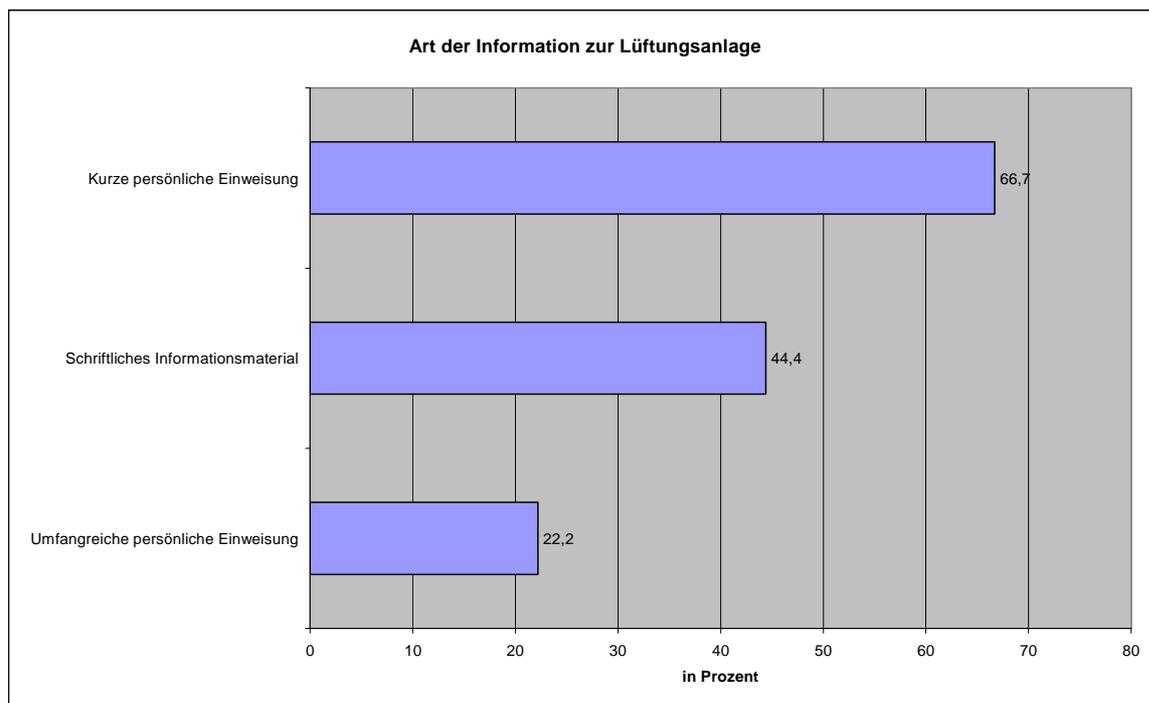


Abbildung 8.44: Art der Information zur Lüftungsanlage - HausmeisterInnen

Wie wurden diese Informationen von den HausmeisterInnen beurteilt? Genau richtig fanden sie knapp die Hälfte von ihnen, mehr als ausreichend einer, nicht ausreichend aber immerhin auch wiederum knapp die Hälfte.

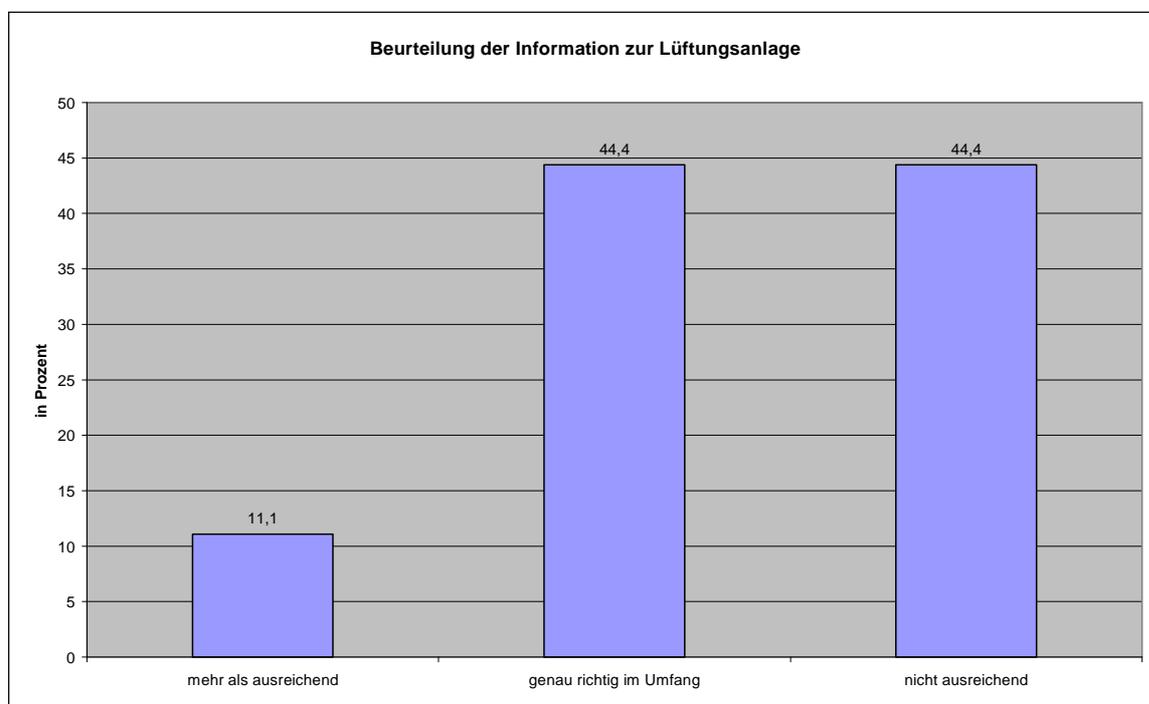


Abbildung 8.45: Beurteilung der Information zur Lüftungsanlage - HausmeisterInnen

Gewünscht hätten sich die meisten von ihnen vor allem mehr persönliche Erläuterungen (Mehrfachnennungen waren möglich).

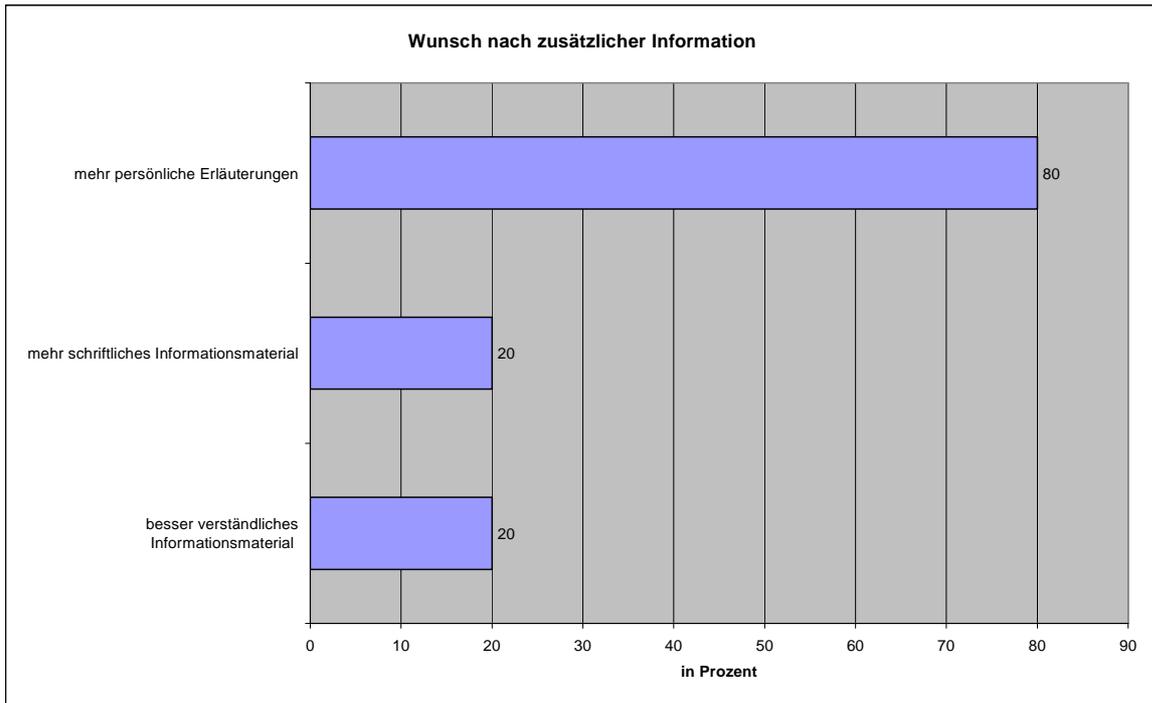


Abbildung 8.46: Wunsch nach zusätzlicher Information zur Lüftungsanlage – HausmeisterInnen
Inhaltlich interessant wären für sie vor allem weitere Informationen zur Bedienung der Anlage und zum Verhalten bei Problemen gewesen (Mehrfachnennungen waren möglich).

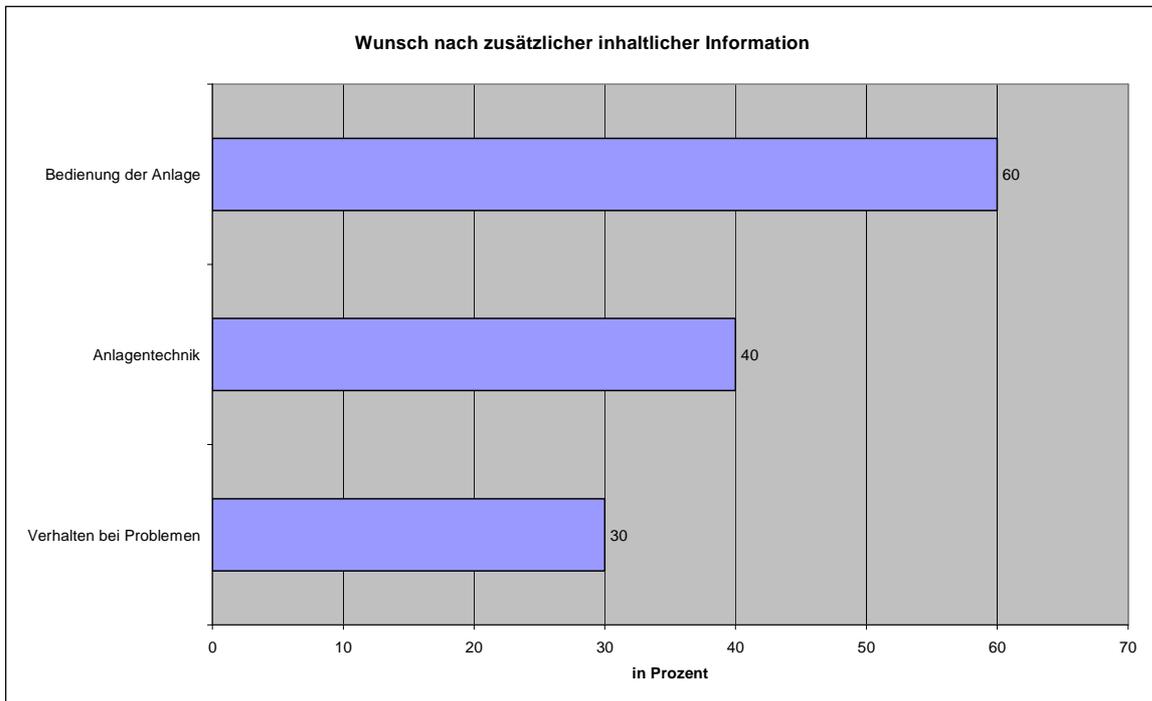


Abbildung 8.47: Wunsch nach zusätzlicher inhaltlicher Information zur Lüftungsanlage – HausmeisterInnen

Zwei Drittel der HausmeisterInnen verfügen auch über eine Bedienungsanleitung für die Lüftungsanlage. Um Rat bzgl. der Lüftungsanlage wird hauptsächlich bei der Installationsfirma, manchmal auch bei einem/r externen TechnikerIn (29 %) gefragt.

Ihr Informationsstand bzgl. der Nutzung und Regelung der Lüftungsanlage wird von der Hälfte der HausmeisterInnen mit sehr gut eingeschätzt, von einem Achtel mit gut, vom Rest weniger gut.

Fast alle HausmeisterInnen meinen auch, ein ausreichendes Verständnis über die Funktionsweise des Lüftungssystems zu haben.

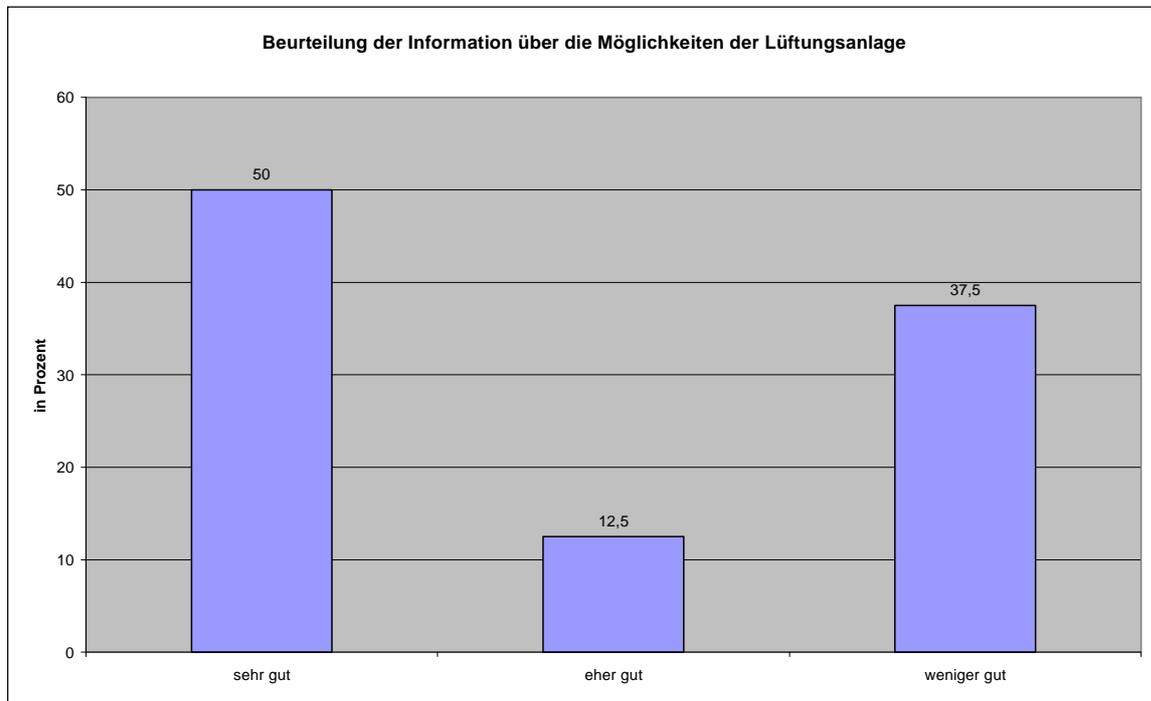


Abbildung 8.48: Beurteilung der Information über die Möglichkeiten der Lüftungsanlage – HausmeisterInnen

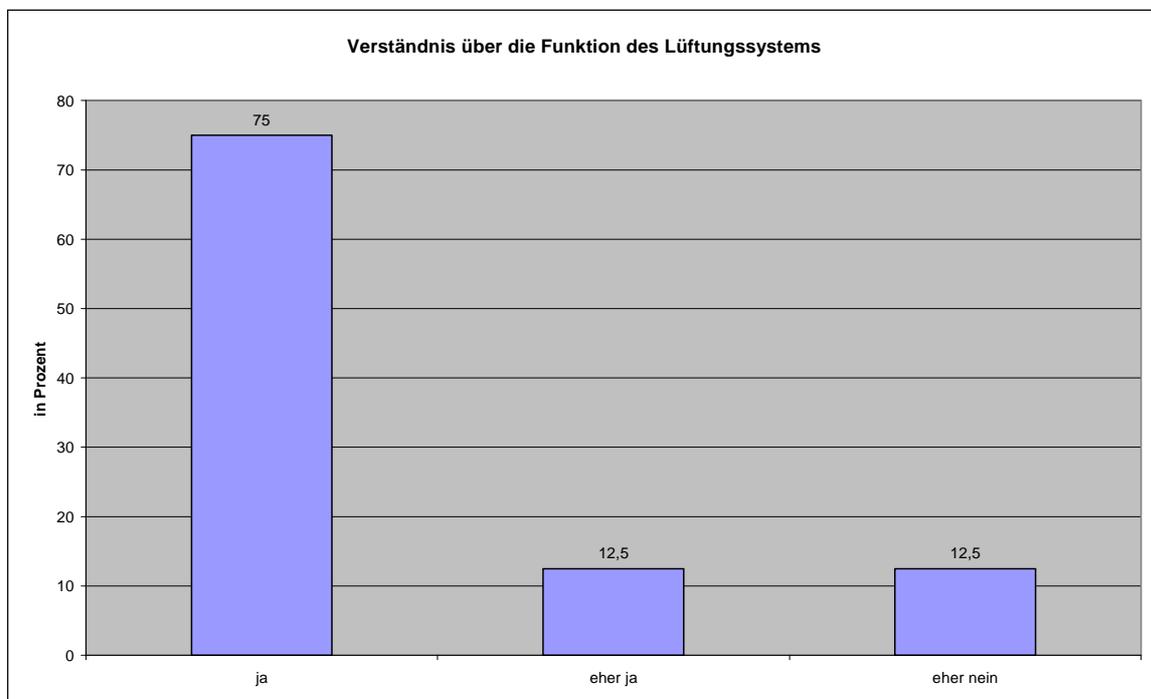


Abbildung 8.49: Verständnis über die Funktion des Lüftungssystems - HausmeisterInnen

8.2.3.9 Tätigkeiten zur Lüftungsanlage

Welche Tätigkeiten nehmen die HausmeisterInnen bei der Lüftungsanlage selbst vor? Alle nehmen Kontrolltätigkeiten vor, drei Viertel können die Anlage selbst ein- oder ausschalten, ca. ein Drittel Wartungstätigkeiten, ein Viertel kann die Lüftungszeiten einstellen, ein weiteres Viertel führt Hygienetätigkeiten durch (Mehrfachnennungen waren möglich).

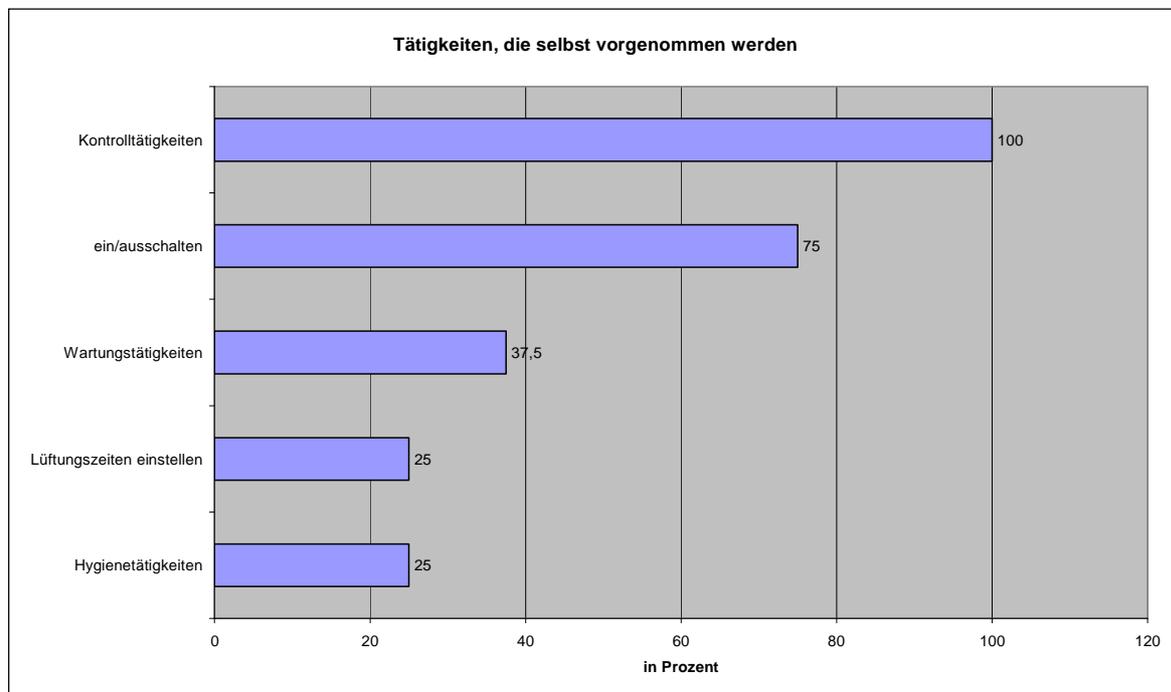


Abbildung 8.50: Tätigkeiten, die bei der Lüftungsanlage selbst vorgenommen werden – HausmeisterInnen

8.2.3.10 Probleme der BewohnerInnen

Fast alle HausmeisterInnen haben Kontakt zu den BewohnerInnen. Was ist ihnen von diesen an Problemen mit der Lüftungsanlage zu Ohren gekommen?

Hauptsächlicher Ansprechpartner für die BewohnerInnen in Fragen der Lüftungsanlage ist der/die HausmeisterIn. Ca. die Hälfte der HausmeisterInnen wird von den BewohnerInnen auch um Informationen bzgl. der Lüftungsanlage gefragt.

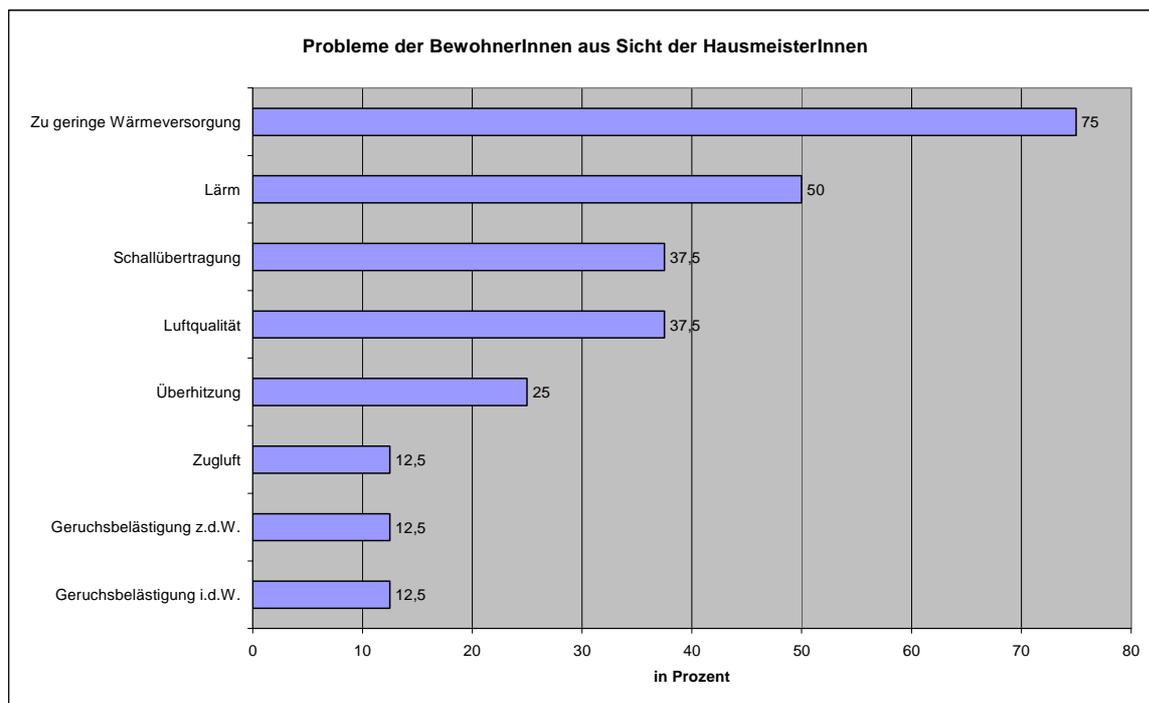


Abbildung 8.51: Probleme mit der Lüftungsanlage für die BewohnerInnen aus Sicht der HausmeisterInnen

8.2.3.11 Lüften im Winter

Wird im Winter zusätzlich zur Lüftungsanlage von den BewohnerInnen auch über die Fenster gelüftet? Dies tun laut Auskunft der HausmeisterInnen doch die meisten BewohnerInnen.

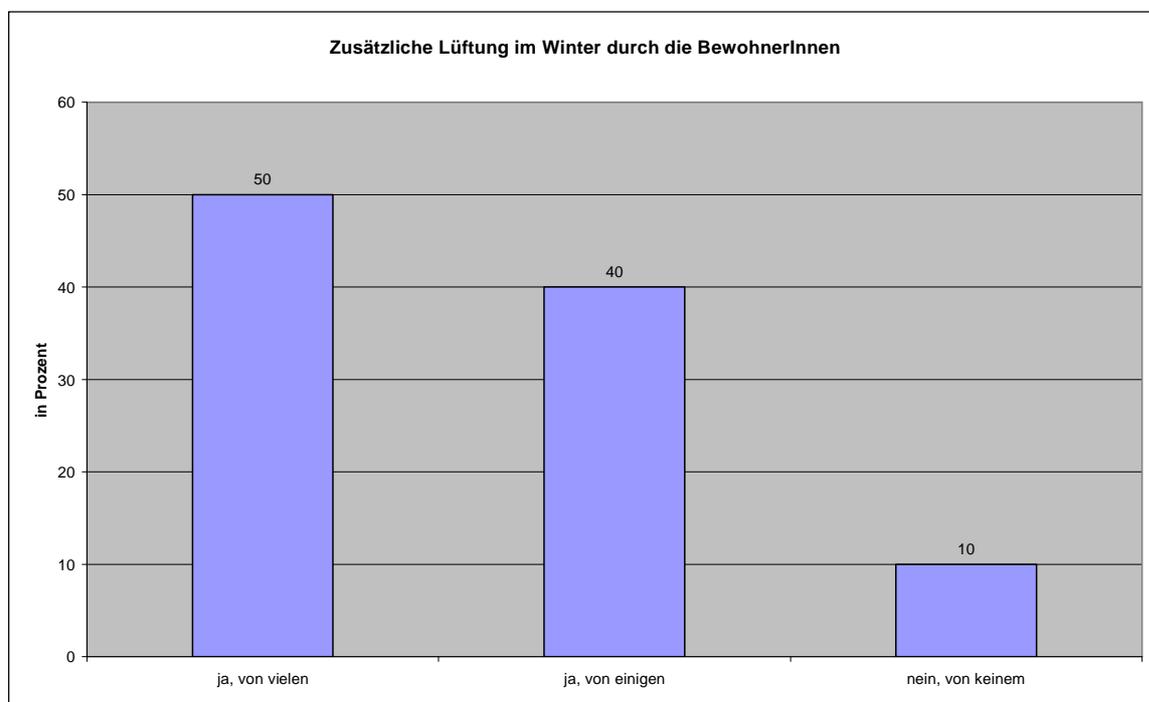


Abbildung 8.52: Zusätzliches Lüften im Winter durch die BewohnerInnen aus Sicht der HausmeisterInnen

8.2.3.12 Zufriedenheit mit der Arbeitssituation

44 % der HausmeisterInnen sind mit ihrer Arbeitssituation sehr zufrieden, ein Drittel zufrieden, was das Gebäude und die Gebäudetechnik betrifft.

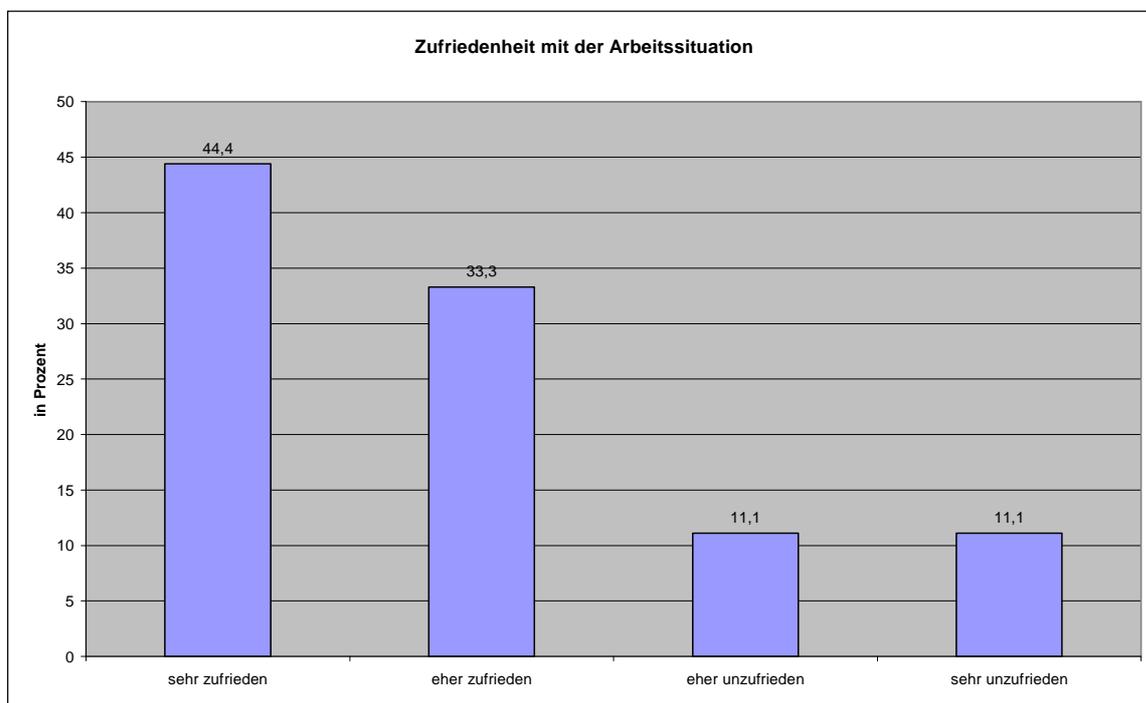


Abbildung 8.53: Zufriedenheit mit der Arbeitssituation – HausmeisterInnen

Ebenso viele von ihnen würden auf jeden Fall oder eher schon wieder in einem Gebäude mit Lüftungsanlage arbeiten wollen.

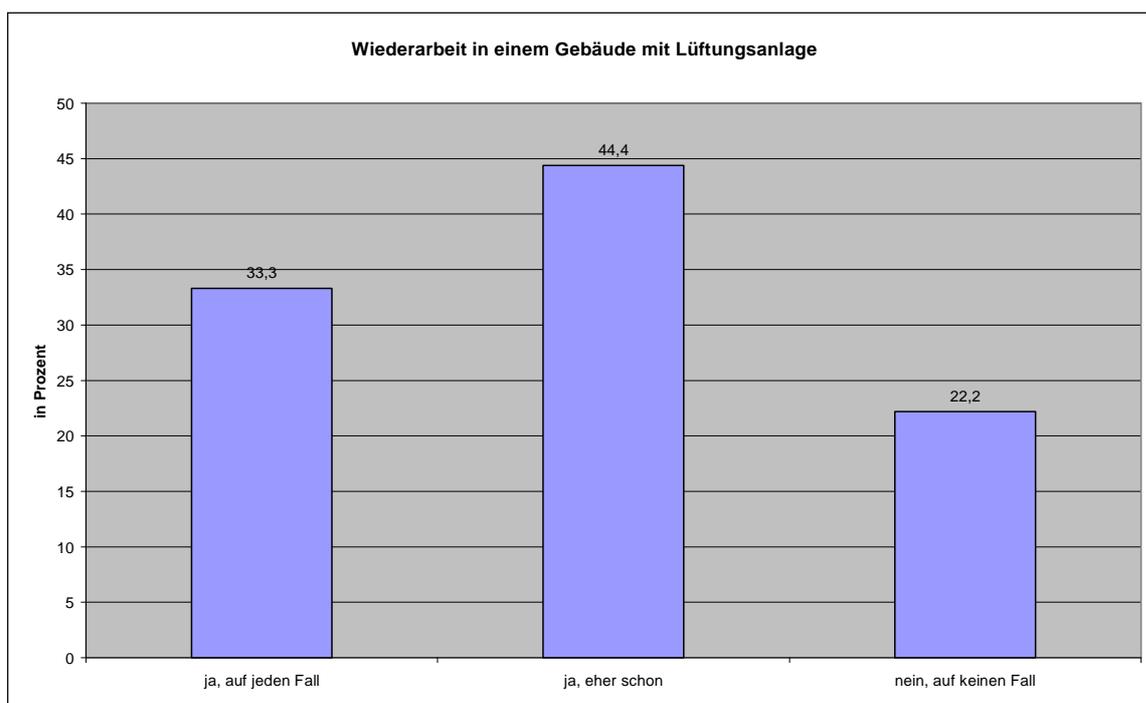


Abbildung 8.54: Wiederarbeit in einem Gebäude mit Lüftungsanlage – HausmeisterInnen

Und über 60 % würden raten, Lüftungsanlagen in allen Gebäuden auf jeden Fall bzw. eher schon einzubauen, ein Viertel meint allerdings, auf keinen Fall.

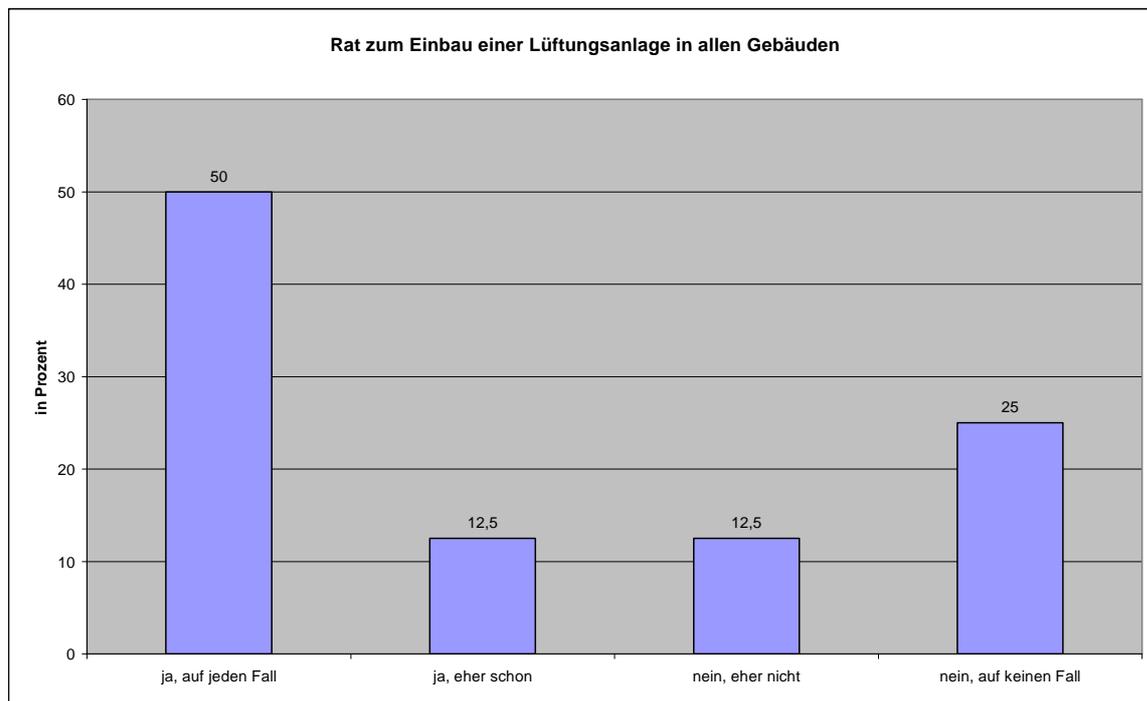


Abbildung 8.55: Rat zum Einbau einer Lüftungsanlage in allen Gebäuden – HausmeisterInnen

8.2.3.13 Sozialstatistische Daten

Sieben der befragten HausmeisterInnen sind Männer, zwei Frauen (eine Geschlechtsangabe fehlt). Ihr Alter verteilt sich recht gleichmäßig von 30 bis 60 Jahren. Zumindest sechs von ihnen hatten eine technische Vorbildung. Sie betreuen ihre Gebäude bzw. Siedlungen einerseits seit sehr langer Zeit (Maximum: 27 Jahre), andererseits auch sehr kurz (Minimum: 1 Jahr).

8.2.4 Ergebnisse der Befragung der Wohnbauträger

Es konnten VertreterInnen von elf zuständigen Wohnbauträgern für diese Studie befragt werden.

8.2.4.1 Entscheidung für die Lüftungsanlage

Wie kam es zur Entscheidung für die Lüftungsanlage? In den meisten Fällen, nämlich bei über 70 %, war die entscheidende Kraft der Wohnbauträger selbst.

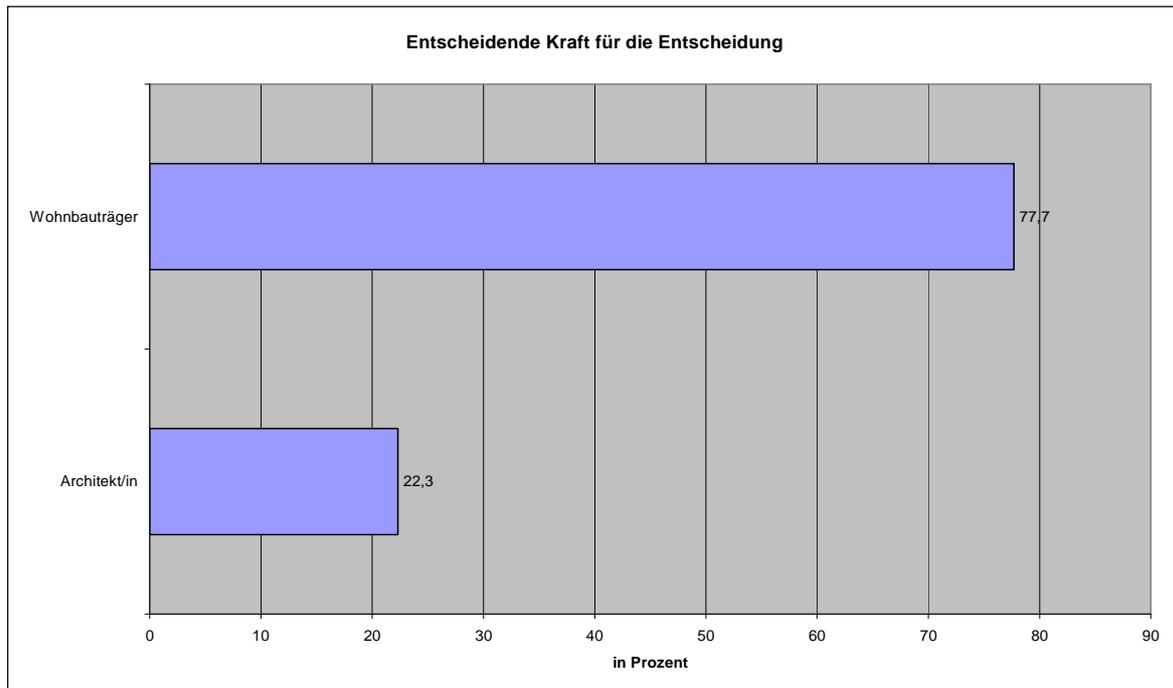


Abbildung 8.56: Entscheidende Kraft für die Entscheidung – Wohnbauträger

Hauptargument für die Umsetzung der mechanischen Lüftungsanlage war meist die Energieersparnis (mehr als zwei Drittel), an zweiter Stelle die Luftqualität (knapp ein Drittel) (Mehrfachnennungen waren möglich).

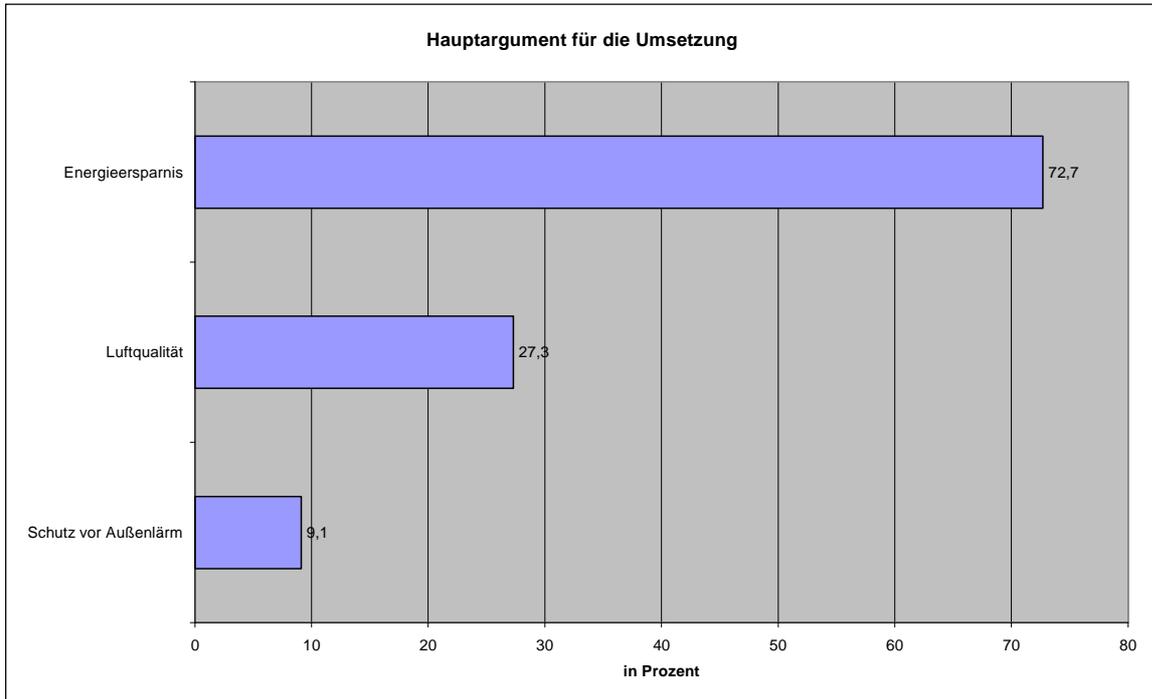


Abbildung 8.57: Hauptargument für die Umsetzung – Wohnbauträger

Die endgültige Entscheidung für die Umsetzung wurde meist bereits in der Vorprojektphase gefällt (knapp zwei Drittel).

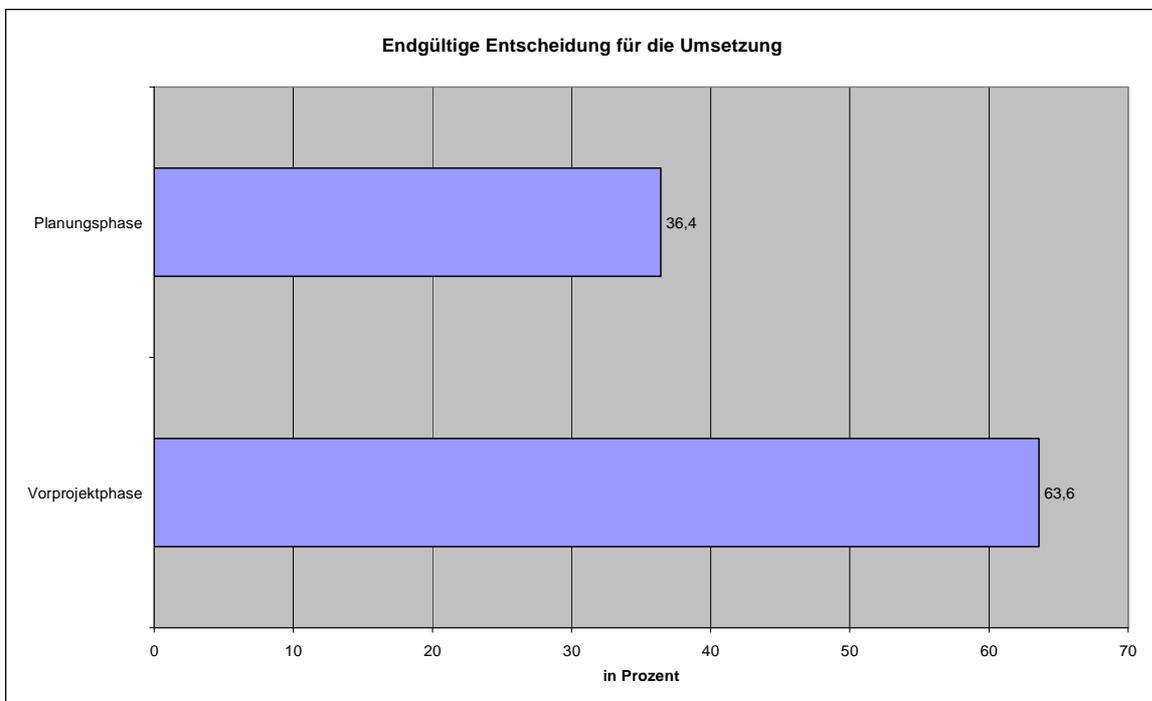


Abbildung 8.58: Endgültige Entscheidung für die Umsetzung – Wohnbauträger

8.2.4.2 Einschätzung der Lüftungsanlage

Die Zuverlässigkeit der Lüftungsanlagen wird von knapp zwei Drittel der Befragten als sehr zuverlässig und vom Rest als eher zuverlässig eingeschätzt.

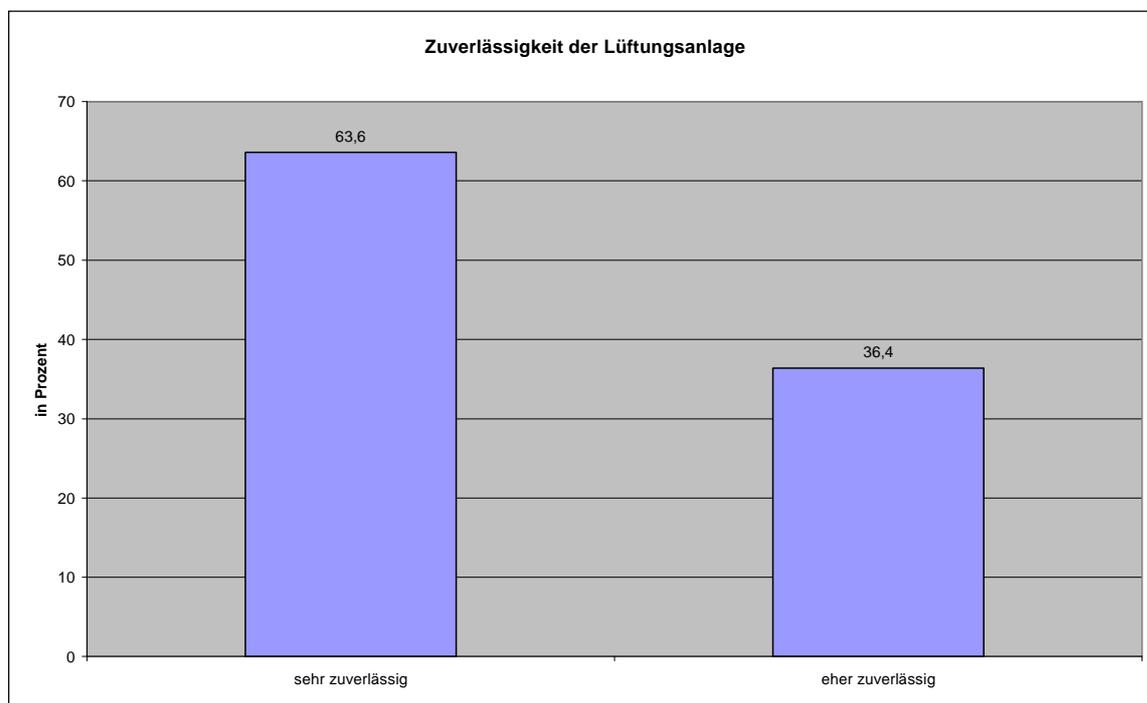


Abbildung 8.59: Zuverlässigkeit der Lüftungsanlage – Wohnbauträger

Als Probleme im Zusammenhang mit der Lüftungsanlage werden nur wenige genannt, wenn, dann handelt es sich um Probleme mit zu geringer Luftfeuchtigkeit, Geruchsbelästigungen, zu geringer Wärmeversorgung in der Wohnung und Zugluft (Mehrfachnennungen waren möglich). Wenn es Probleme gab, konnten diese großteils aber auch behoben werden.

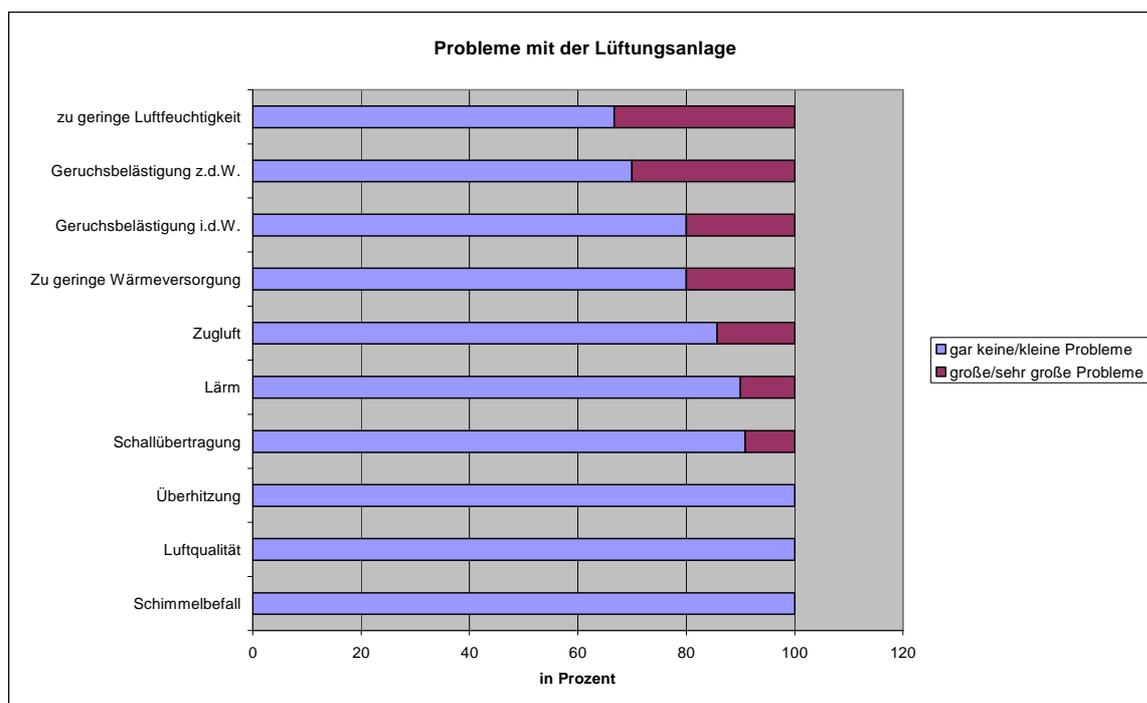


Abbildung 8.60: Probleme mit der Lüftungsanlage – Wohnbauträger

Die laufenden Betriebskosten für die Lüftungsanlage wurden zu einem Drittel in der Planungsphase nicht kalkuliert, lagen bei über 40 % in etwa bei den Erwartungen und von einem geringen Teil wurden sie überschätzt.

Die notwendige Betreuungszeit für die HausmeisterInnen für das gesamte Gebäude liegt nach Einschätzung der VertreterInnen der Wohnbauträger in etwa zwischen eineinhalb und 10 Stunden im Monat, abhängig natürlich auch von der Anzahl der zu betreuenden Anlagen und Gebäude.

Als Gesamtnote für die Lüftungsanlage wird in den meisten Fällen ein „gut“ vergeben (über 70 %), zweimal ein „sehr gut“, einmal ein „befriedigend“.

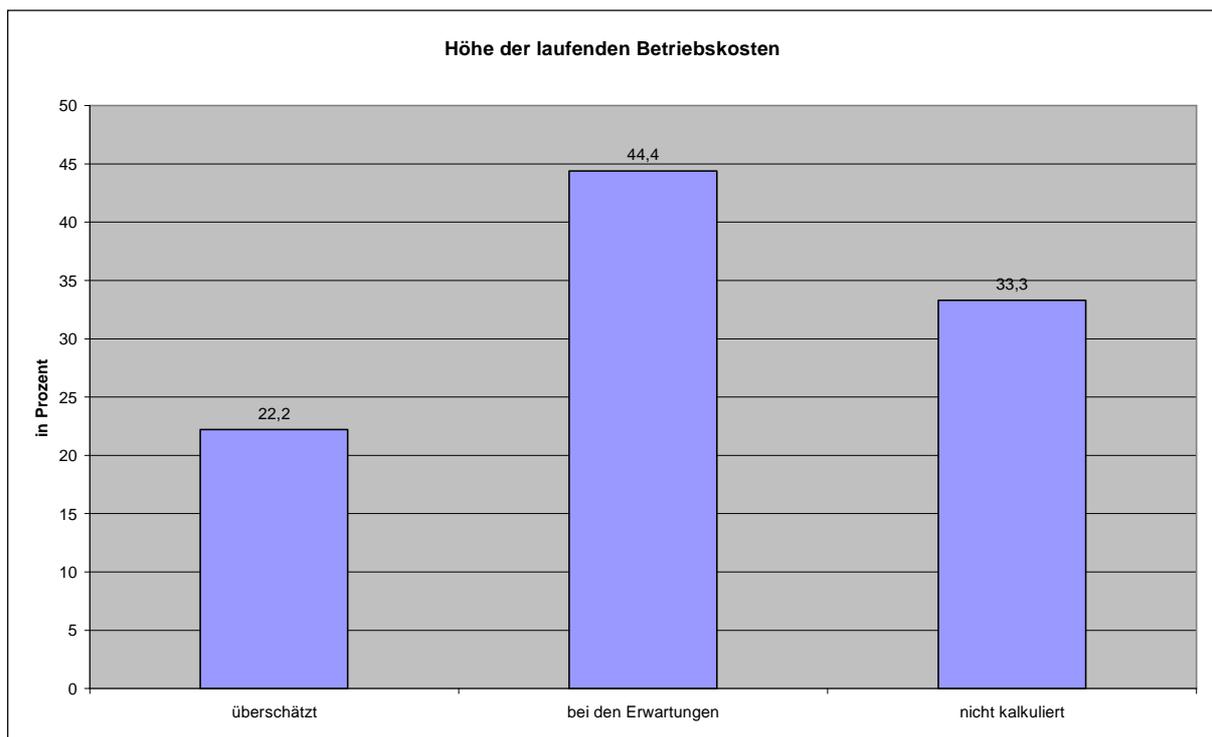


Abbildung 8.61: Betriebskosten der Lüftungsanlage – Wohnbauträger

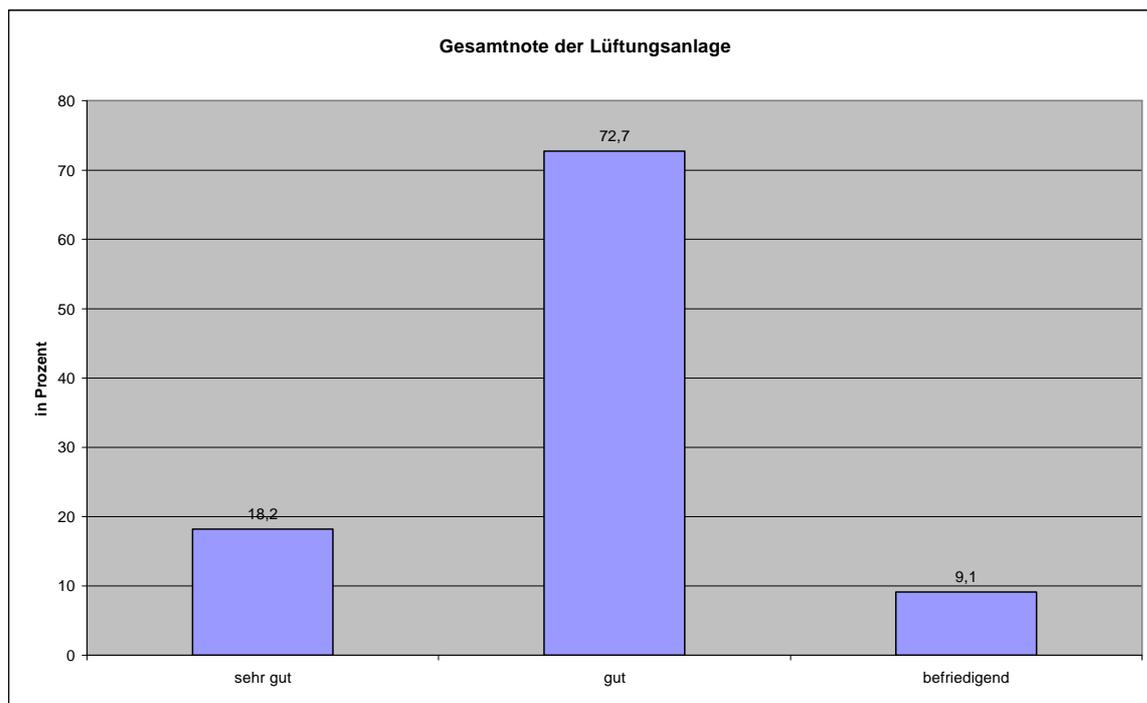


Abbildung 8.62: Gesamtnote der Lüftungsanlage – Wohnbauträger

8.2.4.3 Zufriedenheit und Einbeziehung der BewohnerInnen

Wie schätzen die VertreterInnen der Wohnbauträger die Zufriedenheit mit der Wohnsituation bei ihren BewohnerInnen ein?

Knapp die Hälfte meint, die BewohnerInnen wären sehr zufrieden, etwas mehr als die Hälfte, dass sie eher zufrieden seien. Fast alle meinen, dass die BewohnerInnen ausreichend über den Umgang mit der Lüftungsanlage informiert worden sind. Fast alle Wohnbauträger haben die BewohnerInnen mit schriftlichem Informationsmaterial versorgt (90 %), bei Hausversammlungen (über 60 %) oder durch eine umfangreiche (45 %) oder kurze (36 %) persönliche Einweisung vor Ort geschult (Mehrfachnennungen waren möglich).

Etwas mehr als die Hälfte glaubt, dass diese Informationen genau richtig im Umfang für die BewohnerInnen waren, etwas weniger als die Hälfte, dass sie mehr als ausreichend waren.

Wenn die BewohnerInnen sich noch zusätzliche Informationen gewünscht hätten, so wären dies nach Einschätzung der Wohnbauträger vor allem mehr persönliche Erläuterungen und (noch) eine Hausversammlung einige Zeit nach dem Bezug der Wohnungen gewesen (Mehrfachnennungen waren möglich).

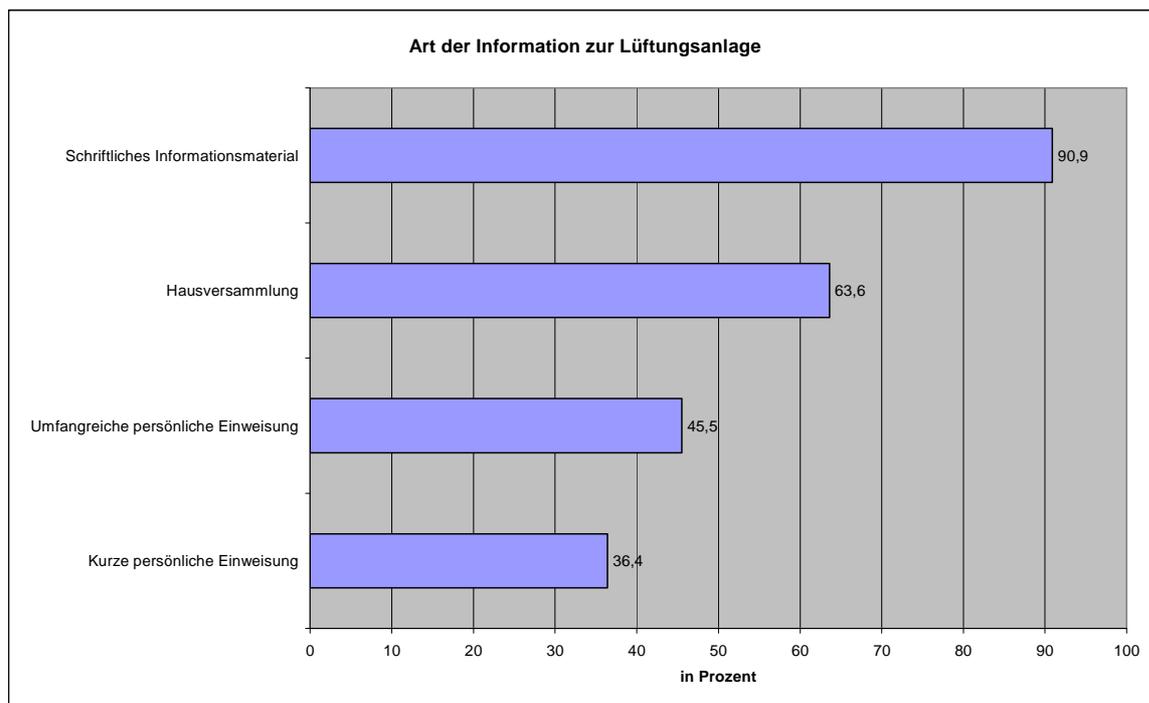


Abbildung 8.63: Art der Information zur Lüftungsanlage – Wohnbauträger

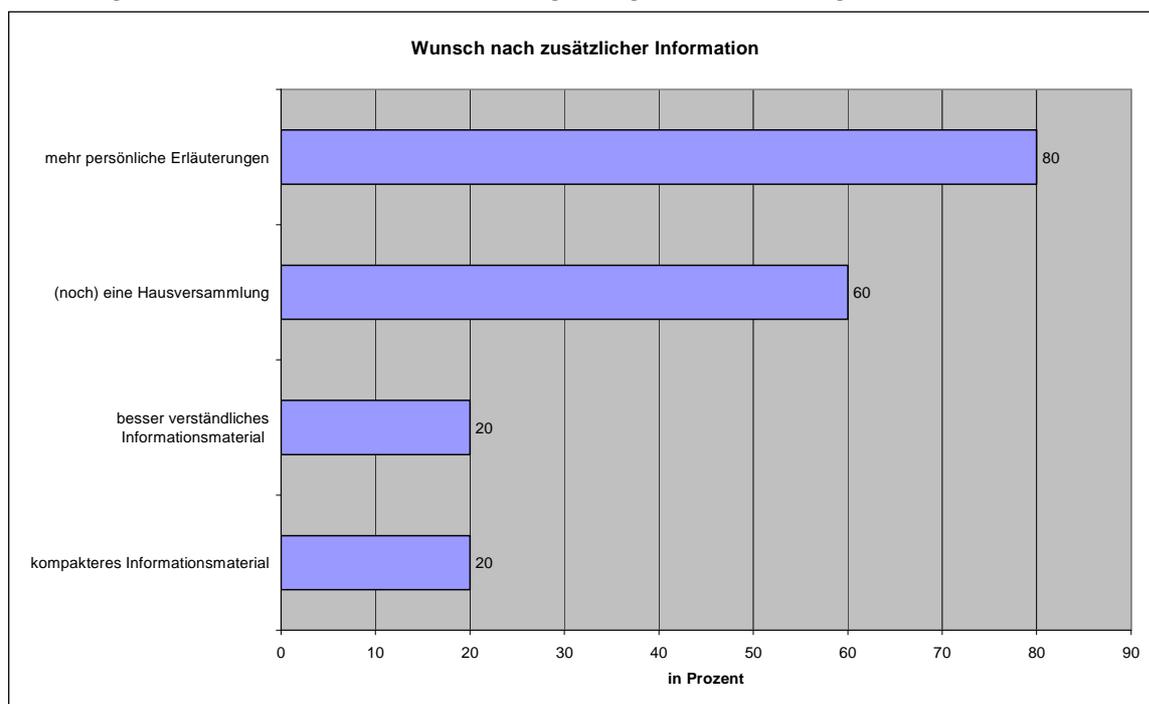


Abbildung 8.64: Wunsch nach zusätzlicher Information zur Lüftungsanlage – Wohnbauträger

Etwas mehr als 60 % der VertreterInnen der Wohnbauträger meinen, dass den BewohnerInnen eine Bedienungsanleitung für die Lüftungsanlage zur Verfügung steht.

Fast alle BewohnerInnen haben nach Auskunft der Wohnbauträger jemanden, den sie bzgl. der Lüftungsanlage um Rat fragen können, nämlich den/die Hausmeister/in (die Hälfte) bzw. die Hausverwaltung (ein Drittel) (Mehrfachnennungen waren möglich).

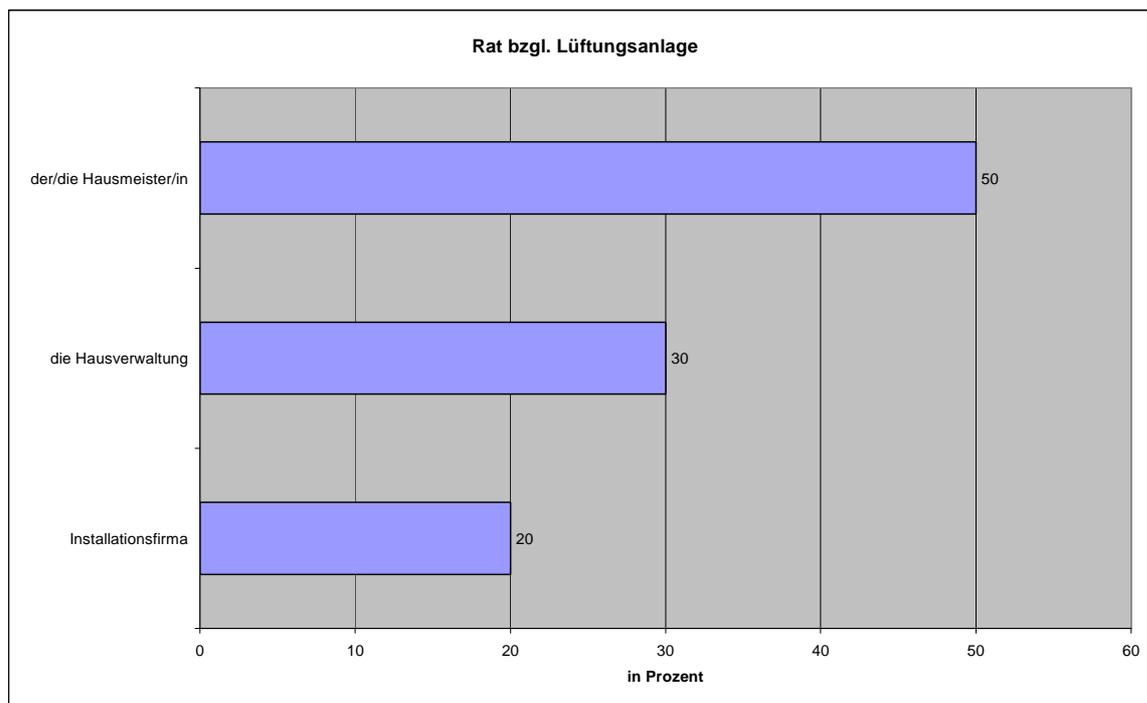


Abbildung 8.65: Wer kann um Rat bzgl. der Lüftungsanlage gefragt werden? - Wohnbauträger

8.2.4.4 Nachträgliche Betrachtung

Wie steht es um die Einschätzung der Kosten? Etwas mehr als die Hälfte der Befragten meint, dass die zusätzlichen Investitionskosten auf jedem Fall in einem guten Verhältnis zum Nutzen der Lüftungsanlage stehen, eher schon meint etwas weniger als die Hälfte.

Auf jeden Fall zum Einbau einer Lüftungsanlage in allen Gebäuden raten knapp ein Drittel der Befragten, eher schon dazu zwei Drittel.

8.2.5 Ergebnisse der Befragung der PlanerInnen

Es konnten insgesamt 21 zuständige PlanerInnen für diese Studie befragt werden.

8.2.5.1 Entscheidung für die Lüftungsanlage

Wie kam es zur Entscheidung für die Lüftungsanlage? In den meisten Fällen, nämlich bei mehr als zwei Drittel, war die entscheidende Kraft laut Aussage der PlanerInnen der Eigentümervertreter (knapp 70 %), dann folgt der/die ArchitektIn (ca. 40 %) (Mehrfachnennungen waren möglich).

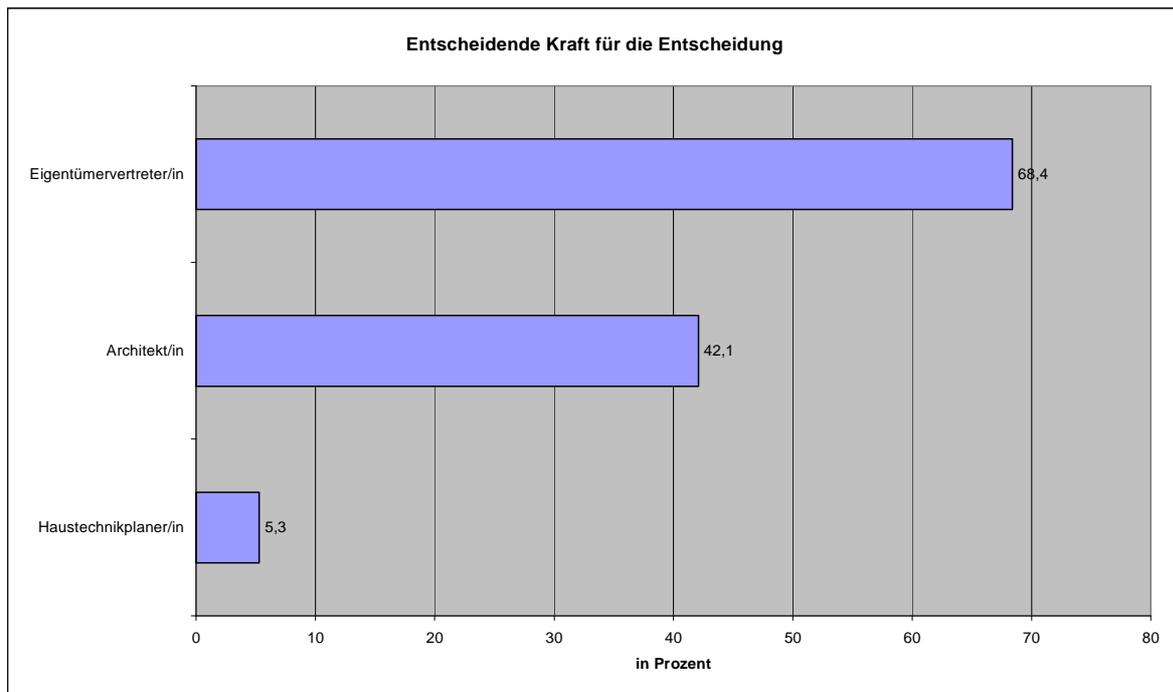


Abbildung 8.66: Entscheidende Kraft für die Entscheidung – PlanerInnen

Hauptargument für die Umsetzung der mechanischen Lüftungsanlage war meist die Energieersparnis (mehr als Hälfte), an zweiter Stelle die Luftqualität (ca. 40 %) (Mehrfachnennungen waren möglich). Des Öfteren wird in diesem Zusammenhang auch die Passivhausförderung bzw. der Passivhausstandard genannt.

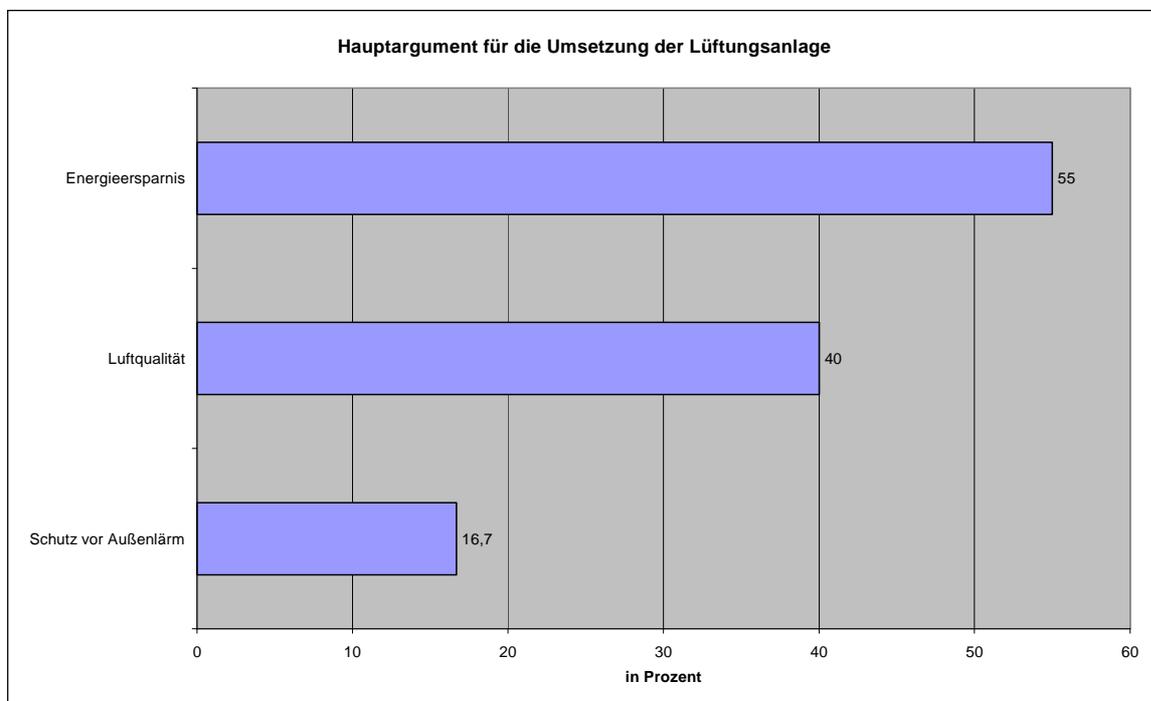


Abbildung 8.67: Hauptargument für die Umsetzung der Lüftungsanlage – PlanerInnen

Die endgültige Entscheidung für die Umsetzung wurde meist bereits in der Vorprojektphase gefällt (zu zwei Drittel).

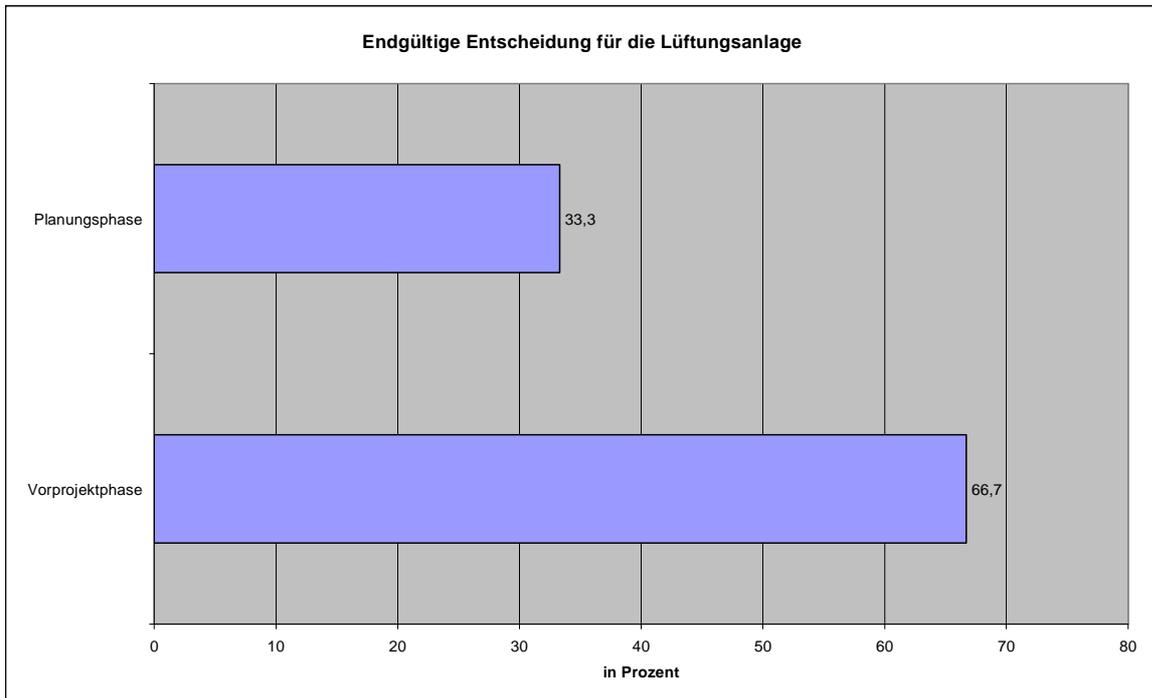


Abbildung 8.68: Endgültige Entscheidung für die Lüftungsanlage – PlanerInnen

8.2.5.2 Vorgaben durch die Auftraggeberseite

Welche Vorgaben gab es für die PlanerInnen von der Auftraggeberseite? Am häufigsten wurden Vorgaben gemacht bzgl. des maximalen Schallpegels und der minimalen Regelungsmöglichkeiten, gefolgt vom minimalen Wärmerückgewinnungsgrad, gefolgt von minimaler Stromeffizienz und minimaler Filterqualität (Mehrfachnennungen waren möglich).

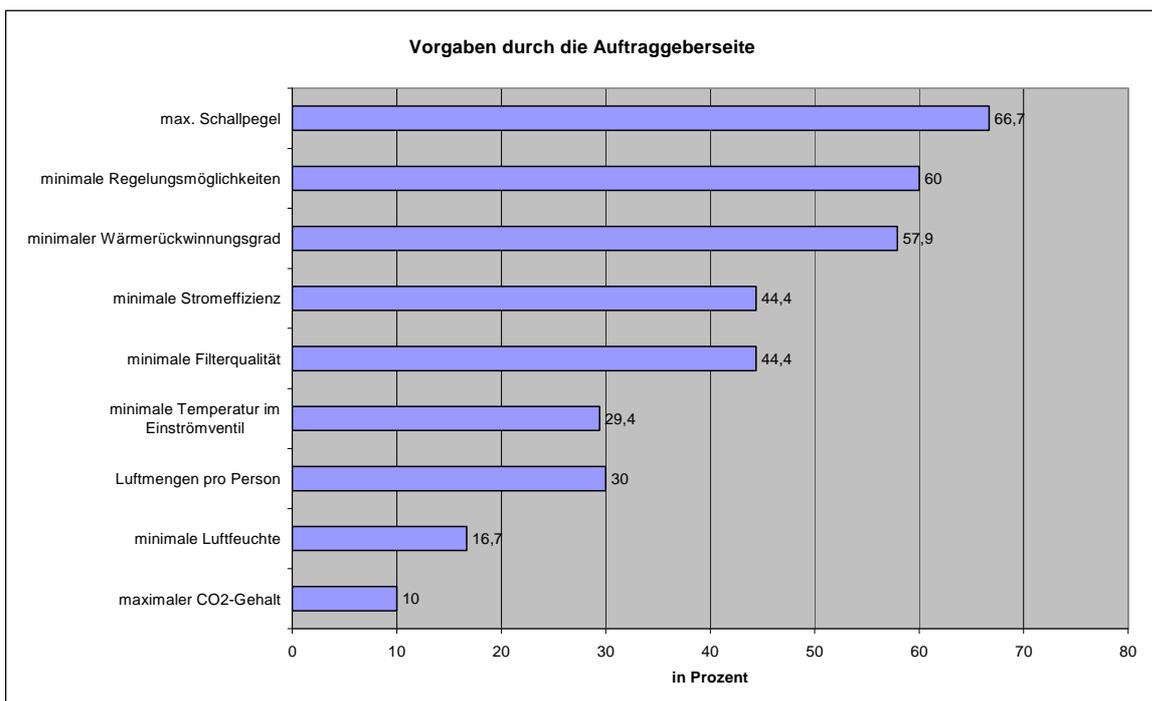


Abbildung 8.69: Vorgaben durch die Auftraggeberseite – PlanerInnen

8.2.5.3 Einschätzung der Lüftungsanlage

Die Zuverlässigkeit der Lüftungsanlage wird von knapp zwei Drittel der Befragten als sehr zuverlässig, von fast einem Drittel als eher zuverlässig eingeschätzt.

Als Probleme im Zusammenhang mit der Lüftungsanlage werden nur wenige genannt, wenn, dann handelt es sich um Probleme mit zu geringer Wärmeversorgung, Lärm, zu geringer Luftfeuchtigkeit und Geruchsbelästigung in der Wohnung. Wenn es Probleme gab, konnten diese aber auch behoben werden.

Die laufenden Betriebskosten für die Lüftungsanlage wurden bei ca. der Hälfte in der Planungsphase nicht kalkuliert, lagen bei knapp 40 % in etwa bei den Erwartungen und nur bei wenigen wurden diese unterschätzt.

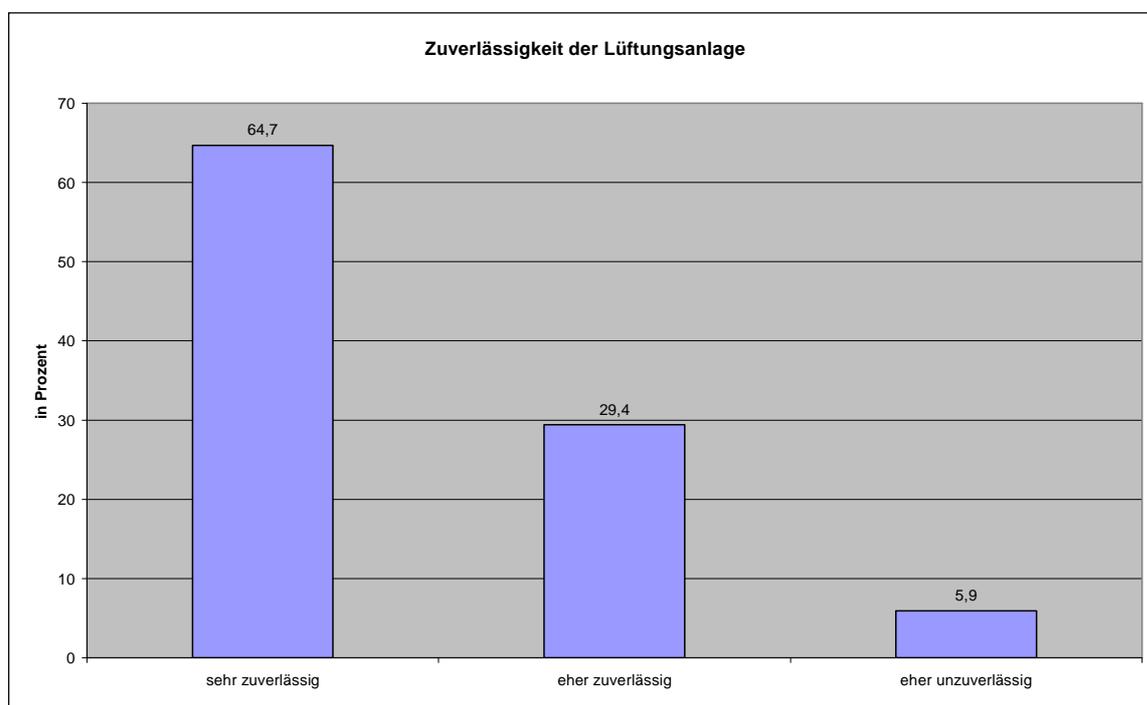


Abbildung 8.70: Zuverlässigkeit der Lüftungsanlage – PlanerInnen

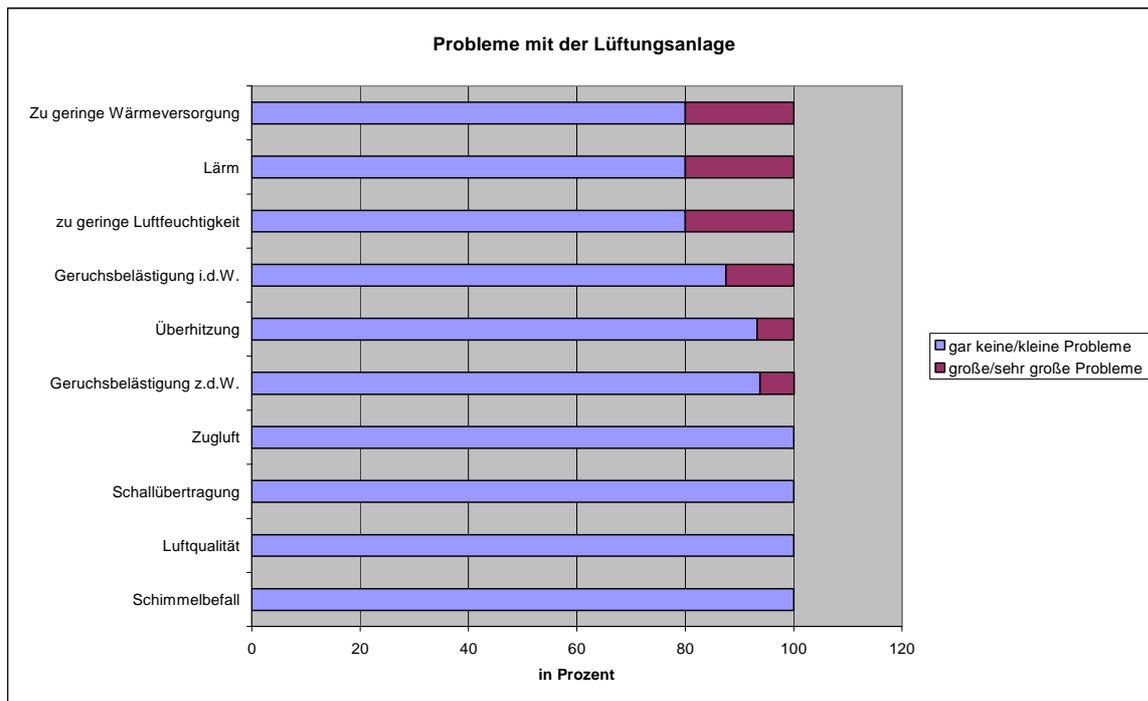


Abbildung 8.71: Probleme mit der Lüftungsanlage - PlanerInnen

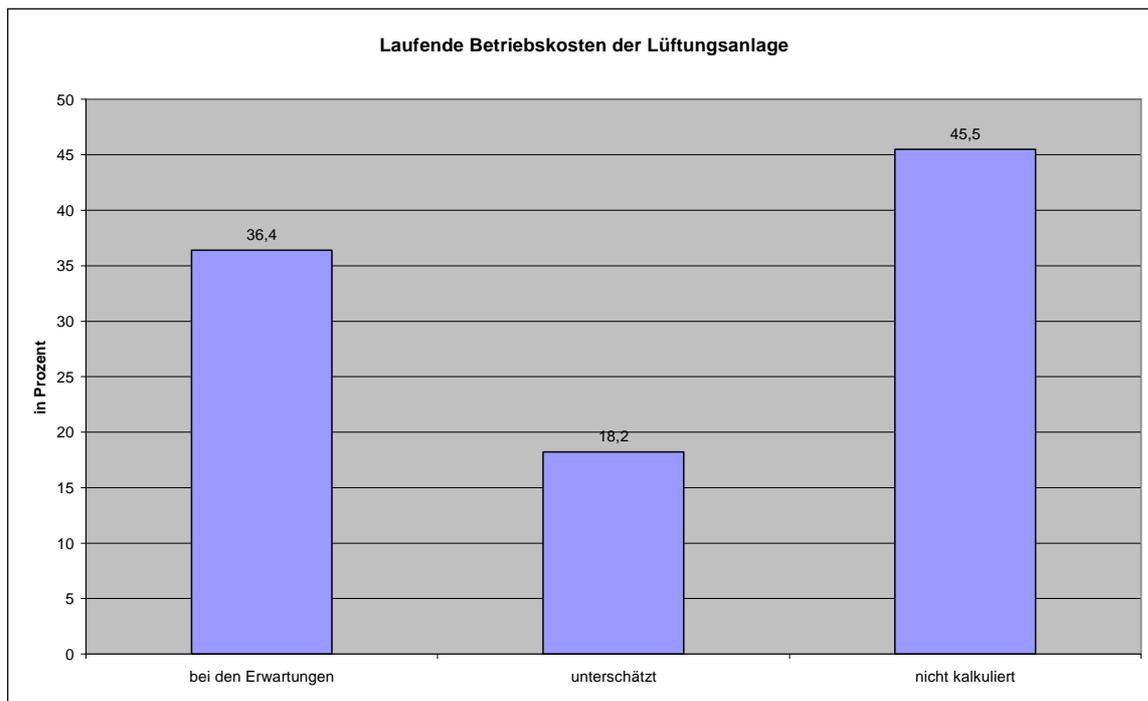


Abbildung 8.72: Laufende Betriebskosten der Lüftungsanlage – PlanerInnen

Die notwendige Betreuungszeit für den Hausmeister für das gesamte Gebäude liegt nach Einschätzung der PlanerInnen in etwa zwischen einer und 12 Stunden im Monat, abhängig natürlich auch von der Anzahl der zu betreuenden Anlagen und Gebäude.

Als Gesamtnote für die Lüftungsanlage wird in den meisten Fällen ein „gut“ vergeben (fast zwei Drittel), dreimal ein „sehr gut“ bzw. ein „befriedigend“.

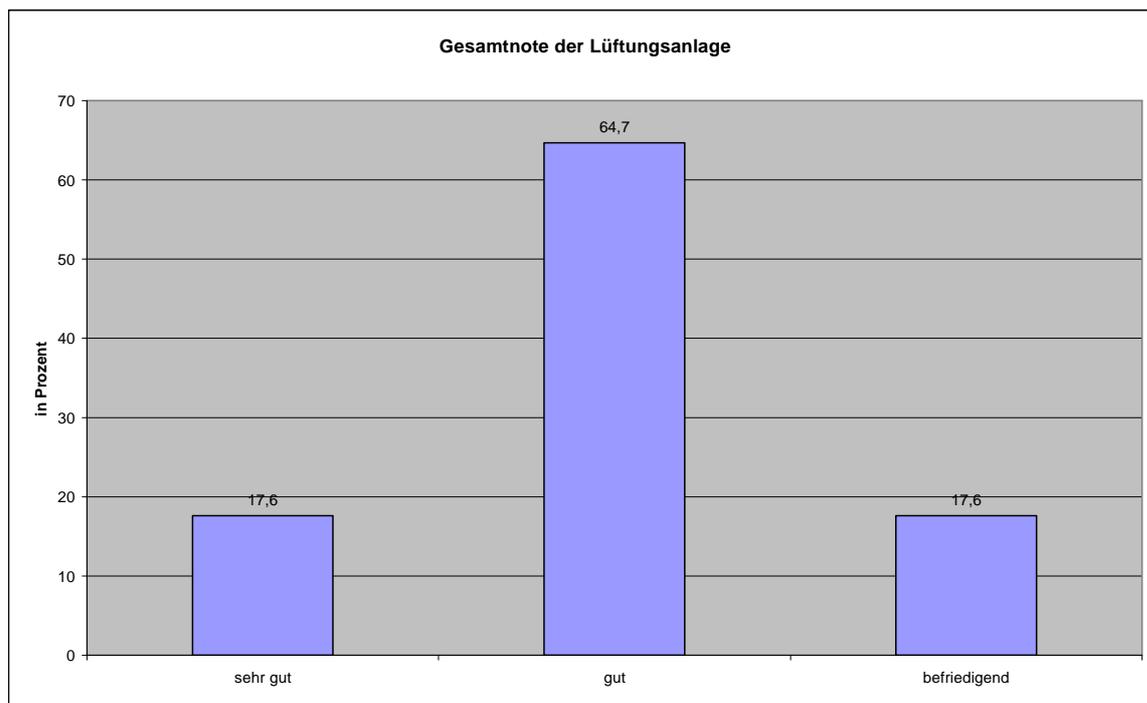


Abbildung 8.73: Gesamtnote der Lüftungsanlage - PlanerInnen

8.2.5.4 Nachträgliche Betrachtung

Mehr als die Hälfte der PlanerInnen meint, dass die zusätzlichen Investitionskosten auf jeden Fall in einem guten Verhältnis zum Nutzen der Lüftungsanlage stehen, dass dies eher schon der Fall ist, meint knapp die Hälfte.

Auf jeden Fall zum Einbau einer Lüftungsanlage in allen Gebäuden raten mehr als die Hälfte der Befragten, eher schon dazu etwas mehr als ein Viertel.

8.3 Vergleichende Zusammenfassung der Ergebnisse

Interessant ist festzustellen, in welchen der verschiedenen Bereiche die Einschätzungen zwischen den BewohnerInnen, den HausmeisterInnen, den EigentümervertreterInnen und den PlanerInnen differieren (dies ist natürlich nur dann möglich, wenn gleiche Fragen an diese Personengruppen gestellt wurden). Es werden hier nur Unterschiede in der allgemeinen Auswertung dargestellt, nicht auf die einzelnen Gebäude oder Siedlungen bezogen.

8.3.1 Zufriedenheit mit Wohnsituation und Lüftungsanlage

Was die Zufriedenheit mit der Wohnsituation betrifft, so ist diese bei den BewohnerInnen sehr hoch. Die Zufriedenheit mit den Lüftungsanlagen liegt bei den BewohnerInnen sowohl in der kürzeren als auch in der längeren Befragung und auch bei den HausmeisterInnen zwischen 70 und 90 %, sowohl bei Bezug als auch zum Zeitpunkt der Befragung.

Als Hauptprobleme, die mit den Lüftungsanlagen zusammen hängen – falls welche auftreten - werden von den BewohnerInnen Überhitzung, zu geringe Luftfeuchtigkeit und zu geringe Wärmeversorgung angegeben (Kurzbefragung), in der längeren Befragung kommen noch die Schallübertragung aus anderen Wohnungen und Geruchsbelästigung in der Wohnung dazu. Dies wird auch durch die Interviews der HausmeisterInnen bestätigt. Auch die VertreterInnen der Wohnbauträger bekommen Klagen über zu geringe Luftfeuchtigkeit, zu geringe Wärmeversorgung und Geruchsbelästigungen in und zwischen den Wohnungen zu hören, bei den PlanerInnen spielt auch der Lärm noch eine Rolle.

Die Bedienerfreundlichkeit der Lüftungsanlage wird von 70 bis 90 % der BewohnerInnen und HausmeisterInnen als sehr gut oder eher gut eingestuft.

In der Gesamtbeurteilung schneiden die Lüftungsanlagen am besten bei der ausführlichen Befragung der BewohnerInnen ab, ebenso in der Einschätzung der VertreterInnen der Wohnbauträger und der PlanerInnen. Etwas kritischer sehen es die HausmeisterInnen und die BewohnerInnen der Kurzbefragung. Die BewohnerInnen war vor Bezug auch alle der Lüftungsanlage gegenüber positiv bzw. neutral eingestellt, fast niemand negativ.

8.3.2 Information zur Lüftungsanlage

Bei den BewohnerInnen sind es mehr als die Hälfte, die meinen, die erhaltenen Informationen über die Lüftungsanlage waren für sie ausreichend, drei Viertel sind es bei den HausmeisterInnen. Damit bleibt aber doch auch noch ein gewisser Prozentsatz, für den die Informationen zu wenig waren bzw. die zu einem kleinen Teil gar keine bekommen haben.

Für die BewohnerInnen gab es hauptsächlich schriftliches Informationsmaterial (Kurzbefragung) bzw. kurze persönliche Einweisungen (Langbefragung). Auch die Informationsweitergabe bei Hausversammlungen spielt eine Rolle. Auch bei den HausmeisterInnen spielten kurze persönliche Einweisungen und schriftliches Informationsmaterial die größte Rolle. Ca. die Hälfte der BewohnerInnen und der HausmeisterInnen meint, dass diese Informationen auch im Umfang genau richtig gewesen wären, zwischen 30 und 40 % allerdings auch, dass diese nicht ausreichend waren. Gewünscht hätten sich sowohl BewohnerInnen als auch HausmeisterInnen vor allem mehr persönliche Erläuterungen, interessant wären für die BewohnerInnen mehr Informationen zum richtigen Verhalten und richtigen Lüften gewesen, für die HausmeisterInnen mehr Informationen zur Bedienung der Anlagen.

Interessant ist, dass nur ca. die Hälfte der BewohnerInnen über eine Bedienungsanleitung für die Lüftungsanlage verfügen, bei den HausmeisterInnen sind es zumindest zwei Drittel.

Bei den HausmeisterInnen um Rat bzgl. der Lüftungsanlage fragen etliche BewohnerInnen, mehr tun dies aber noch bei der Hausverwaltung (Kurzbefragung) bzw. bei einem/r externen TechnikerIn (Langbefragung). Dies könnte hier damit zusammen hängen, dass die Befragten, die intensiver interviewt wurden, auch die Möglichkeit hatten, mit einem Techniker vor Ort im Zuge der Befragungen zu sprechen und sich Rat zu holen.

8.3.3 Regelung der Lüftungsanlage

Die meisten BewohnerInnen haben Möglichkeiten, die Lüftungsanlage zu regeln (Luftstärken, Temperatur). Ca. die Hälfte nutzt diese Möglichkeiten auch ein- bis mehrmals die Woche. Bei den HausmeisterInnen ist es etwas anders – zwei Drittel von ihnen haben gar keine Möglichkeit, etwas bei der Lüftungsanlage einzustellen.

8.3.4 Lüften im Winter

Fast alle BewohnerInnen lüften zusätzlich zur Lüftungsanlage im Winter, manche sogar mehrmals täglich. Diese Aussagen werden auch von den HausmeisterInnen bestätigt, die dieses Phänomen beobachten. Zumindest wird in den meisten Fällen dabei stoßgelüftet.

8.3.5 Wartung der Lüftungsanlage und Filterwechsel

Laut Einschätzung von zwei Drittel der BewohnerInnen wartet der/die HausmeisterIn die Lüftungsanlage, die HausmeisterInnen selbst geben die Auskunft, dass es externe TechnikerInnen oder die Installationsfirmen sind. Auch die Filterwechsel werden von den HausmeisterInnen vorgenommen, meinen die Hälfte der Befragten. Dies deckt sich eher mit der Auskunft der HausmeisterInnen, bei diesen spielen aber externe TechnikerInnen und die Installationsfirmen wiederum eine größere Rolle als bei den BewohnerInnen.

Drei Viertel der HausmeisterInnen meinen, dass die Filter zumindest alle drei Monate bis jedes halbe Jahr gewechselt werden – die BewohnerInnen hingegen glauben dies nur zu ca. einem Drittel, 40 % meinen, die Filter bei ihrer Anlage seien noch nie gewechselt worden.

8.3.6 Wiedereinzug und Empfehlungen

Über 70 % der BewohnerInnen würden wieder in eine Wohnung mit Lüftungsanlage einziehen, ebenso würden über 70 % der HausmeisterInnen wieder in einem Gebäude mit Lüftungsanlage arbeiten wollen. 80 % der BewohnerInnen würden auch raten, Lüftungsanlagen in allen Gebäuden einzubauen – bei den HausmeisterInnen sind dies nur ca. 60 %.

8.3.7 Entscheidung für die Umsetzung der Lüftungsanlage

Als entscheidende Kraft für die Umsetzung der Lüftungsanlage wird sowohl von den VertreterInnen der Wohnbauträger als auch der PlanerInnen der Eigentümervertreter bzw. der Wohnbauträger genannt. Hauptargument für die Umsetzung der Lüftungsanlage war die Energieersparnis, erst an zweiter Stelle folgt die Luftqualität. Die endgültige Entscheidung dazu wurde in zwei Drittel der Fälle in der Vorprojektphase gefällt. In ca. zwei Drittel bis der Hälfte der Fälle wurden die laufenden Betriebskosten der Lüftungsanlage nicht kalkuliert.

8.4 Resümee und Empfehlungen

Die Befragung von BewohnerInnen, HausmeisterInnen, PlanerInnen und VertreterInnen von Wohnbauträgern von 14 Gebäuden und Siedlungen, in denen zentrale Lüftungsanlagen in verschiedenen Variationen zum Einsatz kommen, hat gezeigt, dass relativ große Zufriedenheit mit diesen Anlagen herrscht. Diese Zufriedenheit ist bei den BewohnerInnen am ausgeprägtesten, die HausmeisterInnen sind etwas weniger zufrieden. Die vergebenen Gesamtnoten für die Lüftungsanlagen sind aber sehr gut. Ebenso würde ein Großteil der BewohnerInnen wieder in eine Wohnung mit Lüftungsanlage einziehen bzw. ein Großteil der HausmeisterInnen wieder in einem Gebäude mit Lüftungsanlage arbeiten wollen.

Damit die Anlagen von den BewohnerInnen und den Personen, die täglich mit ihnen leben und arbeiten müssen, akzeptiert werden, müssen diese auch funktionieren. Dies tun die untersuchten Anlagen zum Großteil auch. Probleme, die allerdings noch immer genannt werden, sind Überhitzung oder zu geringe Wärmeversorgung, schlechte Luftqualität und Geruchsbelästigungen. Probleme, die in früheren Befragungen öfters genannt wurden, wie z. B. das Auftreten von Zugluft oder Lärm- und Geräusentwicklung durch die Lüftungsanlage, scheinen keine so große Rolle mehr zu spielen.

Hier ist allerdings noch einmal festzustellen, dass die Lüftungsanlage manchmal auch für Probleme verantwortlich gemacht wird, für die sie gar nicht verantwortlich sein kann – wenn z. B. Überhitzungs- oder Kälteprobleme in Zusammenhang mit der Lüftungsanlage genannt werden, diese aber gar nicht für die Beheizung der Räume zuständig ist.

Für viele BewohnerInnen waren Einschulung und Informationen zur Lüftungsanlage ausreichend, es bleibt aber immer noch ein gewisser Prozentsatz, für den diese Informationen nicht ausreichend waren bzw. die gar keine Informationen erhalten haben. Dies ist natürlich insbesondere für die HausmeisterInnen, die die Anlagen bedienen, wesentlich und wichtig. Meist werden schriftliche Informationen weiter gegeben – hier herrscht aber bei den BewohnerInnen klar der Wunsch vor, auch genauere persönliche Einweisungen und Erläuterungen zu erhalten bzw. auch in einer Hausversammlung einige Zeit nach Bezug noch einmal informiert zu werden. Dies ist auch den VertreterInnen der Wohnbauträger bewusst. Die Informationspolitik muss sich aus allen verfügbaren Säulen zusammen setzen. Interessant ist, dass doch die Hälfte der BewohnerInnen über keine Bedienungsanleitung in irgendeiner Form für die Lüftungsanlage verfügt, ebenso nicht ein Drittel der befragten HausmeisterInnen. Die sollte doch Standard sein.

Es zeigt sich auch, dass trotz des Einsatzes einer mechanischen Lüftungsanlage fast alle BewohnerInnen im Winter die Fenster öffnen und lüften. Dies zeigt entweder, dass die Lüftungsanlage nicht gut genug funktioniert oder dass die BewohnerInnen nicht gut genug informiert wurden, wie die Lüftungsanlage funktioniert – oder beides. Es wäre sicher wert, dieses Faktum noch einmal zu überprüfen und entsprechende Schritte zu setzen.

Die Entscheidung für den Einbau einer Lüftungsanlage ist in den meisten Fällen bereits in der Vorprojektphase gefallen, spätestens in der Planungsphase – was sich positiv auf die Qualität der eingebauten Anlagen auswirkt. Ausschlaggebend für diese Entscheidung war meist die Energieersparnis bzw. die bessere Luftqualität, selten der Schutz vor Außenlärm.

Unterschiedlich sind die Einschätzungen, vom wem die Lüftungsanlage gewartet wird. Die BewohnerInnen siedeln dies eher bei den HausmeisterInnen an, die HausmeisterInnen eher bei externen Firmen. Auch die Einschätzung bzgl. der Häufigkeit der Filterwechsel differiert zwischen den BewohnerInnen und den HausmeisterInnen. Dies rührt eventuell daher, dass Filter sowohl in den Wohnungen selbst gewechselt werden können als auch bei der zentralen Hauptanlage.

Die Betriebskosten wurden in den meisten Fällen in der Vorphase der Lüftungsplanung und –installation von den Wohnbauträgern und den PlanerInnen nicht berechnet, was sicher verbesserungswürdig ist.

Abschließend kann festgehalten werden, dass diese Akzeptanzanalyse gezeigt hat, dass es weiterhin große Verbesserungspotenziale gibt, jedoch bereits Schritte in die richtige Richtung gemacht wurden, was die Installation und den Betrieb von Lüftungsanlagen betrifft. Sie verdeutlicht aber auch noch immer die Notwendigkeit einer intensiven Information und Kommunikation mit den BewohnerInnen, um die Akzeptanz zu heben und eine optimale Nutzung der Lüftungsanlage zu erreichen. Diffuses Unwissen ergibt mangelnde Akzeptanz und führt rasch zu unzufriedenen BewohnerInnen.

Ebenso sollte es eine Selbstverständlichkeit sein, dass die BewohnerInnen und die BetreiberInnen der Lüftungsanlagen über entsprechende und verständliche Bedienungsanleitungen für ihre Lüftungsanlagen verfügen, und auch, dass für beide Gruppen ein/e kompetente/r AnsprechpartnerIn bei Problemen oder Fragen zur Lüftungsanlage zur Verfügung steht. Klar muss auch sein, wer für welche Belange zuständig und ansprechbar ist – für Wartung, Filterwechsel, Hygiene etc.

Auf jeden Fall hat diese Untersuchung gezeigt, dass ein richtiger Weg eingeschlagen wurde, der aber noch an einigen Stellen ausgebaut und verbessert werden muss, um eine flächendeckend akzeptierte Verbreitung von Lüftungsanlagen in allen - neuen und auch zu sanierenden Gebäuden – zu erreichen.

9 Technische Evaluierung

Insgesamt sind 14 zentrale bzw. semizentrale Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung in dieser Evaluierung enthalten. Neun der Anlagen wurden im Winter mit Temperaturen zwischen -3,2 und + 13,4°C und 5 Anlagen im Sommer mit Außentemperaturen zwischen 21,5 und 29,6°C evaluiert.

9.1 Vorgangsweise

9.1.1 Arbeitsanweisung für die Anlagenuntersuchung

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

9.1.2 Hilfsmittel für die Anlagenuntersuchung

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

- Außenbereich
- Außenluft-Zuluftstrang
- Abluft-Fortluftstrang
- Dezentrales Lüftungsgerät
- Zentrales Lüftungsgerät
- Referenzwohnung Luftmengen
- Referenzwohnung Schall

Beispiel: Außenbereich:

EdZ - Wohnraumlüftung MFH				
Außenbereich: Außenluftansaugung, Fortluft				
Objekt:	Datum:			
Außenklima	Uhrzeit hh:mm	Temp. °C	Feuchte %	CO2 ppm
Im Freien:				
Bei der Ansaugung:				
llg. Wetterbeschreibung:				
Ansauggitter:	Länge oder DM	Breite	Anzahl	im Gitter m/s
	Orientierung (N, O, S, W):			
	Ansaughöhe [m ü. GK]:			
	Filter bei Ansaugung: <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein			
	Filterqualität:			
	Filterart:			
	Druckverlust: Pa			
Fortluftgitter:	Länge oder DM	Breite	Anzahl	Gitter m/s
	Orientierung (N, O, S, W):			
	Ausblashöhe [m ü. GK]:			
	Druckverlust:			
Abstand von Außenluftansaugung und Fortluft:				
	Horizontal:			m
	Vertikal:			m
Einschätzung der Gefahr eines Luftkurzschluss:es				
	<input type="radio"/> sehr gering <input type="radio"/> gering <input type="radio"/> mittel <input type="radio"/> groß <input type="radio"/> sehr groß			
Fotos:	<input type="checkbox"/> Gebäude allgemein			
	<input type="checkbox"/> Außenluftansaugung			
	<input type="checkbox"/> Filter bei Ansaugung			
	<input type="checkbox"/> Sichtbare Bereiche EWT			
	<input type="checkbox"/> Fortluftauslass			
	<input type="checkbox"/> Situation Außenluftansaugung - Fortluftauslass (bei Kurzschlussgefahr)			

Alle Untersuchungshilfen befinden sich im Anhang.

Abbildung 9.1: ExcelCheckliste Außenbereich

9.1.3 Messtechnik

Den vier Messteams des Projektes standen teilweise unterschiedliche Typen an Messgeräten zur Verfügung. Die verwendeten Messgeräte sind im Anhang spezifiziert.

9.2 Anlagendokumentation

Für jedes Objekt wurde ein kurzer Anlagensteckbrief erstellt. Sie finden die ersten beiden Seiten für jedes Objekt im Anhang.

Beispiel: Objekt Max-Haller-Straße, Haus B, 6900 Bregenz



Abbildung 9.2: Außenansicht



Abbildung 9.3: Stiegenhaus mit dezentraler Einheit

Allg. Steckbrief:

Objekt - Bauträger/Hausverwaltung:	
Objekt:	V111 – MAX-HALLER-STRASSE - Haus B
PLZ:	6900
Ort:	Bregenz
Straße, HNr.:	Max-Haller-Straße
Bauträger/Hausverwaltung:	Alpenländische Heimstätte, Feldkirch
Homepage:	www.a-h.at
Ansprechpartner:	Ing. Wilhelm Muzyczyn
Funktion:	Prokurist / Leiter der Geschäftsstelle
Tel.:	+43 (0) 5522 75981-0
E-Mail:	office@ah-vlbg.at
Hausmeister:	Hr. Langeder
Tel.:	0664/6018725600
E-Mail:	--
Daten Lüftungsanlage:	
zentrale/semizentrale/dezentrale Anlage:	Semizentrale Anlage
Erdwärmetauscher:	Solaranlage
alle/einzelne Wohnungen erfasst:	Alle
Wohnungen mit Belüftung/Gesamt:	14 Wohneinheiten im Haus B
Baujahr der Lüftungsanlage:	2009
Einbau in Neubau/Sanierung:	Neubau
Investitionskosten exkl. MwSt. pro Whg.:	5.420,-- €
Hersteller der Lüftungsgeräte:	Drexel und Weiss
Wurde Lüftung schon untersucht?	Nein
Interesse an Evaluierung:	Ja

Planer:

Architekt:	Arge Architekten Hörburger-Kuëss-Schweitzer
Tel.:	+43 (0) 5574 44119-0
E-Mail:	buero@architektur-hoerburger.at
Haustechnikplaner:	Planungsteam E-Plus
Tel.:	+43 (0) 5512 26068-0
E-Mail:	planungsteam@e-plus.at

Gebäude:

Die Max-Haller-Straße besteht aus 3 in Passivhausstandard errichteten Gebäuden, welche in Summe 50 Mietwohnungen bereitstellen. Das untersuchte Haus B verfügt über 14 Wohnungen.

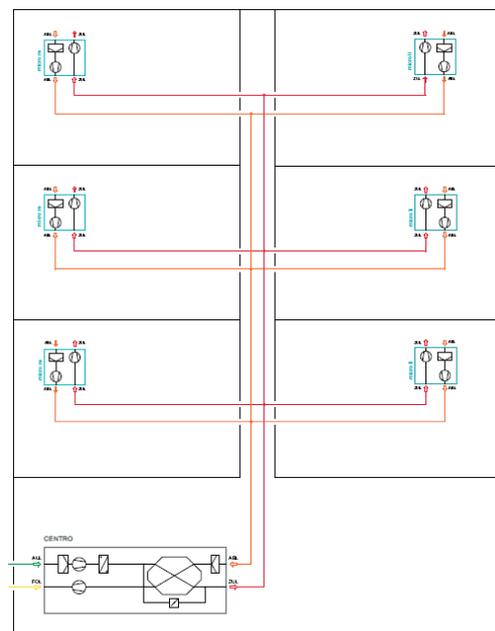
Bruttogrundfläche (BGF):	4512	m ²
Nutzfläche (NF):	3319	m ²
Nettovolumen (NV):	8568	m ³
Rechnerischer spez. Heizwärmebedarf (HWB):	9,0/9,4/7,6	kWh/m ² (BGF)
Gemessene Luftdichtheit der Gebäudehülle (n_{L50}):	0,32-0,58	1/h

n.v = Wert nicht vorhanden

Wärmeversorgung Raumheizung:

Wärmeerzeugung:	Pellets Fernwärme
Wärmeverteilung zur Wohnung:	wassergeführt
Wärmeabgabe in der Wohnung:	Fußbodenheizung

Lüftungsanlage:



Das semizentrale Komfortlüftungssystem basiert auf einer zentralen Einheit mit Frostfreihaltung, Platten-gegenstromwärmetauscher und Filtereinheit. Über vernetzte, dezentrale vom Gang aus zugängliche Lüftungseinheiten können die bedarfsspezifischen Luftmengen in 3 Stufen, jeweils mit Konstantvolumenstromregelung eingestellt werden. Die auf dem Dach situierte Solaranlage dient dabei der Frostfreihaltung des Wärmetauschers.

Abbildung 9.4: Anlagenschema (Quelle: Drexel und Weiss)

Anlagenkennwerte:

Zentrale Einheit:

Volumenstrom:	Maximal 1.290	m ³ /h
Stromaufnahme gesamt :	Maximal 0,57	kW
Spezifischer Strombedarf (gesamt ZE):	Maximal 0,44	W/m ³ /h
Geplanter Betriebsvolumenstrom:	1.290	m ³ /h
Geplante Luftwechselrate:	0,4 - 0,52 (min. Luftmenge)	1/h
Luftvorerwärmung - Art/Leistung:	Sole-Wärmetauscher / 5,0	kW
Art der Wärmerückgewinnung:	Gegenstrom-Platten-Wärmetauscher	
Außenluft Filterart/Filterqualität:	Taschenfilter / F7	
Abluft Filterart/Filterqualität:	Taschenfilter / G4	
Verteilkonzept der Zentraleinheit:	System mit Abzweigern	
Art der Luftleitung:	Blechkanal bzw. Spiralfalzrohr	
Regelungsstrategie:	Konstantdruck	
Geplanter Druckverlust:	90	Pa
Geplante max. Luftgeschwindigkeit:	2 bis 3	m/s
Luftnacherwärmung - Art/Leistung:	keine	kW

Dezentrale Einheit:

Volumenstrom:	Maximal 120	m ³ /h
Stromaufnahme gesamt:	Maximal 0,25	kW
Spezifischer Strombedarf (gesamt DE):	Maximal 0,208	W/m ³ /h
Geplanter Betriebsvolumenstrom:	70 - 120	m ³ /h
Regelung des Volumenstromes:	Konstantvolumenstromregelung	
Nutzfläche der Wohnung:	54 – 76	m ²
Luftwechselrate der Wohnung:	0,4-0,52	1/h
Luftvorerwärmung – Art Leistung:	Zentrales Lüftungsgerät	kW
Art der Wärmerückgewinnung:	Zentrale WRG	
Außenluft Filterart/Filterqualität:	Im Zentralgerät	
Abluft Filterart/Filterqualität:	Taschenfilter G4	
Verteilkonzept:	Mit Abzweigern	
Art der Luftleitung:	Spiralfalzrohre in STB Decke	
Lufteinbringungskonzept:	Deckenein- und Auslässe	
Überströmungen:	Schleiftür	
Luftmengeneinstellung:	3 Stufenschalter	
Geplante max. Luftgeschwindigkeit:	2,5	m/s
Geplanter Druckverlust:	50 (innerhalb der Wohnung)	Pa
Luftnacherwärmung – Art/Leistung:	keine	kW

Von der Lüftungsanlage betroffene Bereiche:

Dunstabzugshaube:	Umlufthaube
Feuerstellen im Wohnraum:	Keine

9.3 Qualitative Ergebnisse der Evaluierung

Im Folgenden sind die wesentlichen qualitativen Ergebnisse und Erfahrungen der technischen Evaluierung zusammengefasst. Der Planungsleitfaden und die 60 Qualitätskriterien des nächsten Kapitels stellen letztendlich die systematische Schlussfolgerung und Empfehlungen aus der Evaluierung dar. Auf eine statistische Auswertung wurde weitgehend verzichtet, da aufgrund von nur 14 Anlagen, die zudem mit unterschiedlichen Systemen ausgeführt sind, keine entsprechende Aussagekraft besteht.

Die qualitativen Ergebnisse der Evaluierung wurden in folgende vier Bereiche unterteilt:

1. Typische Kritikpunkte
2. Was würden die Bauträger heute anders machen?
3. Sichtbare Trends, neue Entwicklungen
4. Einzelne Anlagenbereiche: Einzelne Evaluierungsergebnisse und Beispiele für Fehler und gute Lösungen

Zu einem ernsthaften Schaden kam es nur bei einer der 14 Anlagen. Der Wärmetauscher wurde durch Frost zerstört. Durch die Kombination von Undichtheit zwischen Abluft- und Zuluftbereich sowie einer nicht waagrechten Aufstellung des Lüftungsgerätes gelangte Kondensat vom Abluft- in den Zuluftbereich und zerstörte den Wärmetauscher. Größere Defekte mit Anlagenausfällen ergaben sich auch noch aufgrund des Ausfalls eines Frequenzumformers bzw. durch die Vereisung des Primärwärmetauchers eines wassergeführten Vereisungsschutzes aufgrund eines Ausfalles der Heizung. Ansonsten liefen die Anlagen weitgehend störungsfrei.

9.3.1 Typische Kritikpunkte bei mechanischen Lüftungen im MFH

Die gesammelten Kritikpunkte an den Wohnraumlüftungen lassen sich grob auf die folgenden Punkte reduzieren:

1. Für Lüftungsanlage nicht optimierte Grundrisse und dadurch keine optimale kaskadische Nutzung
2. Ungenügende Luftmengen (Lüftung zum Feuchteschutz)
3. Keine ausreichende Anpassung der Luftmenge an die Nutzung (anwesend - abwesend) und damit teilweise Probleme mit trockener Luft
4. Geruchsübertragung durch ungünstige Ansaug- und Fortluftsituationen
5. Unbalancierter Volumenstrom einzelner Wohnungen und damit verbundene In- bzw. Exfiltration bzw. Geruchsübertragung aus anderen Wohnungen, Schächten, etc.
6. Zu hohe Schallpegel im Wohnbereich (ältere Anlagen)
7. Zu hohe Druckverluste durch zu hohe Luftgeschwindigkeiten und strömungsgünstige Anlagenteile (z.B. Brandschutzklappen)
8. Zu hoher Strombedarf, veraltete Motoren- und Antriebstechnik (AC-Motoren statt EC-Motoren, Keilriemenantriebe anstatt Direktantriebe, hohe Druckverluste)
9. Dämmung der warmen Luftleitungen außerhalb der Gebäudehülle bzw. der kalten Leitungen innerhalb der Gebäudehülle oft zu gering
10. Keine ausreichende Betreuung der Anlage bzw. keine Fernwartung
11. Ungenügende Aufklärung von NachnutzerInnen

9.3.2 Was würden die Bauträger und PlanerInnen heute anders machen?

Aus den Aussagen der Bauträger und PlanerInnen ergeben sich insbesondere folgende Punkte, die sie aus heutiger Sicht anders oder nicht mehr machen würden:

1. Außenluftansaugung und Fortluft besser trennen, da die Geruchsübertragung bei Wohngebäuden deutlich kritischer ist als im Büro oder Schulbereich
2. Keinen Luft-EWT mehr. Sie sind aus hygienischer und regelungstechnischer Sicht sowie aus Kostengründen für große Objekte überholt. Nur kurze Luft-EWT zum Feuchteschutz des Außenluftfilters (Temperaturerhöhung um 2°C) sind zu empfehlen
3. Gemeinsame Außenluft- und Fortluftleitungen für mehrere Geräte (semizentrales System) immer mit Stützventilator, da die dezentralen Geräte normalerweise den Druck nicht aufbringen können, bzw. es beim Ausschalten eines Gerätes zur Geruchsübertragung kommen kann (meist trotz Rückschlag- oder Brandrauchklappe)
4. Keine reine Luftheizung mehr
5. Strombedarf stärker beachten
6. Deutlich mehr auf geringere Druckverluste achten (Luftgeschwindigkeit generell, Brandschutzklappen, Ansauggitter, Filter, etc.)
7. Eher zentrale bzw. semizentrale Anlagen mit Filterwechsel im Gang bauen (geringere Wartungskosten, einfacherer Filterwechsel)
8. Wohnungsweise Anlagen mit Filtertausch in der Wohnung nur noch im Wohnungseigentumsbereich
9. Keine Ventilatoren mit Riemenantrieb mehr einsetzen (Wartung, 2. Filterstufe)
10. Anlagen mit Fernüberwachung ausführen

9.3.3 Wohin geht der Trend? Welche Entwicklungen sind sichtbar?

1. Einbeziehung des Wohnzimmers in die Kaskadennutzung (Schlafzimmer - Wohnzimmer – Küche)
2. Trennung von Heizung und Lüftung (z. B. wassergeführtes Wärmeabgabesystem) auch im Passivhaus
3. Zentrale Anlagen bzw. semizentrale Anlagen mit Filtertausch im Gangbereich (wohnungswise bzw. raumweise Lösungen eher nur bei Sanierungen)
4. Lüftungsanlage im obersten Geschoß (in der thermischen Hülle) bzw. Außen-Dachzentrale statt im Kellerbereich
5. In die Betondecke eingelegte Luftleitungen (Sternsystem für Wohnung ohne Telefoneschalldämpfer)
6. Systeme mit Fernwartung der Lüftungszentrale
7. Systeme, bei denen die Luftmenge der Wohnungen per Fernwartung an die Bewohnerzahl bzw. Nutzung angepasst bzw. verändert werden kann (Nutzerwechsel)
8. Automatische Anpassung der Gesamtluftmenge an den Bedarf - Erkennung „Anwesend“ oder „Abwesend“ durch (CO₂)-Fühler im Abluftstrang
9. Feuchterückgewinnung auch bei zentralen Anlagen. Folienwärmetaucher mit Feuchteübertragung bzw. Verwendung von feuchteübertragenden Rotationswärmetauschern (mit Spülzone)
10. Regelstrategien zur Vermeidung von trockener Luft bei Anlagen ohne Feuchterückgewinnung und sehr tiefen Außentemperaturen – d.h. etwas abgesenkten Luftmengen bei tiefen Außentemperaturen

11. Systeme mit Druckoptimierung (variables Druckniveau bei zentralen Systemen)

9.3.4 Einzelne Anlagenbereiche: Evaluierungsergebnisse und Beispiele für positive Lösungen und Fehler

Die folgenden Erfahrungen, positiven Beispiele und Fehler sind für ausgewählte Punkte in der Reihenfolge der 60 Qualitätskriterien gehalten.

9.3.4.1 Bereich Voraussetzungen

Voraussetzung (V1)	Anforderung
Luftdichte Gebäudehülle	Maximal 1-fache Luftwechselrate pro Wohneinheit nach ÖNORM EN 13829 (Blower Door Test) Zielwert: 0,6facher LW Für Passivhäuser gilt der Zielwert von max. 0,6-fachem LW als Mindestanforderung.

Erfahrungen aus der Evaluierung: Die Luftdichtigkeit der Gebäude stellt an sich kein großes Problem und Thema mehr dar. Die geforderten Werte werden bei allen Objekten eingehalten. Mehr Probleme bereiten Undichtigkeiten zwischen den Wohnungen, z. B. über Versorgungsschächte.

Empfehlungen: Die Luftdichtigkeit zwischen den Wohnungen bzw. die Luftdichtigkeit von Versorgungsschächten sollte bei der Planung, Ausführung und Abnahme verstärkt Rechnung getragen werden.

Voraussetzung (V2)	Anforderung
Schadstoffarme Bauweise, schadstoffarmes Gebäude	Gebäude aus unbedenklichen, natürlichen Materialien bzw. aus Materialien, welche nach ÖNORM EN 15251 als sehr schadstoffarm eingestuft sind und maximal folgende Emissionen aufweisen: <ul style="list-style-type: none"> • TVOC unterhalb 100 µg/m²h • Formaldehyd unterhalb 20 µg/m²h • Ammoniak unterhalb 10 µg/m²h • Krebserregende Verbindungen (IARC) unterhalb 2 µg/m²h • Material ist geruchlos (Unzufriedenheit in Bezug auf Geruch liegt unterhalb von 10 %) Der VOC-Summenparameter sollte auch ohne Einsatz der Lüftungsanlage keinen Hinweis auf Emissionsquellen im Raum ergeben. Maximal 500 µg/m ³ Zielwert: Maximal 250 µg/m ³

Erfahrungen aus der Evaluierung: Einen konkreten Nachweis über die schadstoffarme Bauweise verfügen vier der vierzehn Gebäude. Drei verfügten über ein TQ-Zertifikat und eines über einen IBO-Ökopass.

Empfehlungen: Zumindest der Nachweis der schadstoffarmen Bauweise nach den aktuellen klima:aktiv Haus-Kriterien wäre wünschenswert.

Voraussetzung (V3)	Anforderung
Frühzeitige Entscheidung ob: <ul style="list-style-type: none"> - Zentral - Semizentral - Wohnungsweise - (Raumweise) 	Um eine optimale Lösung zu bekommen, ist die Grundsatzfrage einer zentralen, semizentralen oder wohnungsweisen Komfortlüftungsanlage schon in der Vorentwurfsphase zu klären. Raumweise Kleinlüfter nur für Sanierungen.

Erfahrungen aus der Evaluierung: Die Frage des Lüftungskonzeptes wird häufig zu spät gestellt. Die integrale Planung steckt leider immer noch in den Kinderschuhen.

Empfehlungen: Frühzeitige Festlegung der gewünschten Gebäude- und Ausstattungsqualität durch den Bauträger und Schaffung von Zeit- und Ablaufstrukturen, die eine integrale Planung erleichtern.

9.3.4.2 Bereich Luftmengen

Voraussetzung (V4)	Anforderung
Grundrissgestaltung mit guten Voraussetzungen zur Optimierung der Gesamtluftmenge und für eine einfache Luftleitungsführung.	Grundrisse sollten möglichst so beschaffen sein, dass eine Kaskadennutzung Schlafzimmer – Wohnzimmer möglich ist (Wohnzimmer als Überströmbereich) und damit das Abluft- bzw. Personenkriterium zum entscheidenden Auslegungskriterium für die Gesamtluftmenge wird.
	Grundrisse sollten so beschaffen sein, dass jeweils alle Zuluft- und alle Ablufträume beisammen liegen.

Erfahrungen aus der Evaluierung: Die Grundrisse der Wohnungen sind derzeit meist noch nicht hinsichtlich der Lüftung optimiert. Insbesondere die Einbeziehung des Wohnzimmers in die Kaskadennutzung wurde in Österreich im Gegensatz zur Schweiz bisher eher noch selten umgesetzt. Auch wenn die Lüftung nur einen Aspekt der Grundrissplanung darstellt, sollte sie aufgrund der Kostenrelevanz frühzeitig integriert werden.

Empfehlungen: Integrale Planung

Voraussetzung (V5)	Anforderung
<p>Treffen der Grundsatzentscheidung, mit welcher Funktion die zentrale bzw. semizentrale Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung betrieben wird.</p> <p>1.) Komfortlüftung (hygienische Luftmenge)</p> <p>2.) Lüftung zum Feuchteschutz</p>	<p>a) Entscheidung:</p> <p>1.) Komfortlüftung: d.h. hygienische Luftmenge nach Kriterien 1 – 4 und Gewährleistung einer Anpassung der Luftmenge an den Bedarf:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bewohneranzahl (Luftmengenvorwahl) • An- bzw. Abwesenheit (mind. zwei Stufen) <p>2.) Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung zum Feuchteschutz (d.h. zumindest 40 % der hygienischen Luftmenge nach Kriterien 1 bis 4 bzw. Luftmenge zum Feuchteschutz nach DIN 1946-6 (konstant betrieben).</p>
	<p>b) Kommunikation der Grundsatzentscheidung an die Nutzer. Komfortlüftung oder Lüftung zum Feuchteschutz (Entscheidung: Ist zusätzliche Fensterlüftung auch bei normaler Nutzung notwendig: ja oder nein).</p>
	<p>c) Einrechnung der entsprechenden Grundsatzentscheidung in den Energieausweis (Volllüftung oder Teillüftung mit Wärmerückgewinnung).</p>
	<p>d) Empfehlung: Auslegung aller Anlagenkomponenten bzw. Luftleitungen mit Ausnahme der (Konstant-)Volumenstromregler u. des Lüftungsgerätes auf die hygienische Luftmenge, auch bei (vorläufiger) Betriebsart Feuchteschutz. Damit wird eine spätere Umstellung auf „Komfortlüftung“ gewährleistet.</p>
	<p>e) Dimensionierung bzw. Anpassung des zentralen bzw. semizentralen Lüftungsgerätes und des (Konstant-)Volumenstromreglers) auf die gewählte Luftmenge. Die Möglichkeit bzw. der Platz für eine spätere Umrüstung auf ein Lüftungsgerät bzw. einen (Konstant-)Volumenstromregler für die hygienische Luftmenge muss jedoch vorhanden sein.</p>

Erfahrungen aus der Evaluierung: Die geplanten und eingestellten Luftmengen entsprechen aufgrund der fehlenden Kontrolle teilweise nicht der ÖNORM H 6038:2006. Die teilweise deutlich geringeren Luftmengen (nur Grundlüftung zum Feuchteschutz), die eine zusätzliche Fensterlüftung auch im Winter notwendig machen, werden zudem nicht entsprechend in den Energieausweis eingerechnet bzw. bei der Förderung berücksichtigt.

Empfehlungen: Bauträger: Bewusste Entscheidung für eines der beiden Systeme (Grundlüftung zum Feuchteschutz oder hygienische Lüftung) und entsprechende Kommunikation. Wohnbauförderungsstellen: Klare Unterscheidung auch in den Förderungen für die unterschiedlichen Anlagenqualitäten. Normen: Vorgaben für den Energieausweis für die Einrechnung von Lüftungen, die nicht die Anforderungen an die hygienische Luftmenge bzw. Anpassung der Luftmenge entsprechend der ÖNORM H 6038:2006 erreichen.

Ziel der Qualitätskriterien 1- 4 (M)	Anforderung
<p>Hohe Luftqualität bei ausreichender relativer Feuchte</p> <p>Der jeweils größte Luftvolumenstrom aus den Kriterien 1 – 4 ergibt den Auslegungsvolumenstrom für die hygienische Lüftung (Normalbetriebsstufe) zur Dimensionierung aller Anlagenteile.</p> <p>Der tatsächliche Betriebsvolumenstrom muss dann auf die aktuell vorherrschende Personenbelegung angepasst werden.</p> <p><u>Luftklassen nach ÖNORM EN 13779*:</u> IDA 1 = max. 800 ppm – hohe Luftqualität IDA 2 = max. 1.000 ppm – mittlere Luftq. IDA 3 = max. 1.400 ppm – mäßige Luftq. * Bei angenommener Außenluftbelastung von 400 ppm</p>	<p>a) Ziel der Komfortlüftung ist es, eine hohe Luftqualität mit max. 1.000 ppm CO₂ in der Nutzungszeit zu erreichen. (Entspricht IDA 2 nach ÖNORM EN 13779*)</p> <p>Die CO₂-Werte dürfen bei einer Luftmengenreduktion aufgrund der Feuchterege-lung bei Außen-temperaturen unter 0°C bis auf max. 1.400 ppm ansteigen</p> <p>Die Luftmengendimensionierung lt. diesem Leitfa-den ist aufgrund der Feuchteproblematik auf IDA 2 bzw. den Winterfall abgestimmt. Für IDA 1 oder für den Sommerfall (ohne zusätzliche Fensterlüftung) müssten diese Luftmengen deutlich erhöht werden.</p> <p>b) Die Feuchte soll in der Heizperiode (bei 20°C Raumtemperatur) den Wert von 20 % r.F. nicht un-ter-schreiten bzw. den Wert von 55 % nicht über-schreiten. (Zielbereich 30 – 45 %)</p> <p>Der untere Grenzwert kann normalerweise durch eine entsprechende Anpassung der Luftmenge an die An- bzw. Abwesenheit sowie durch ausrei-chende Feuchteeinbringung (Personen, Blumen, Kochen bzw. im Bedarfsfalle durch einen hygie-nisch einwandfreien Luftbefeuchter) eingehalten werden.</p> <p>Zur Einhaltung des Feuchtekriteriums ist ein (glei-tendes) Absenken der Luftqualität bzw. der Luft-menge bei Außen-temperaturen unter 0°C erlaubt.</p> <p>Hinweis: Mittlerweile sind auch Zentrallüftungsge-räte mit feuchteübertragendem Plattenwärmetau-scher erhältlich.</p>

Erfahrungen aus der Evaluierung: Die folgenden CO₂-Werte im Wohnzimmer wurden immer zu einer Zeit gemessen, in der nur eine Teilbelegung der Wohnung bzw. des Gebäudes vorlag. Es bestätigt sich auch aus diesen Werten, dass die Luftmengen teilweise durchwegs knapp eingestellt sind.

Wohnung max. CO ₂ -Werte
503
670
700
742
764
780
860
870
880
927
954
1180
1300

Bei den CO₂-Werten für die zentrale Abluft ergeben sich aufgrund der Verdünnung durch ungenutzte Räume bzw. durch die Mischung aller Wohnungen deutlich niedrigere Werte, die aber nicht als Indiz für eine ausreichende Luftmenge herangezogen werden dürfen. Entscheidend ist der CO₂-Wert im gerade genutzten Raum.

Zentrale Fortluft max. CO ₂ -Werte
480
500
600
610
710
720
727
760
885

Tabelle 9.1: CO₂-Werte Wohnzimmer

Tabelle 9.2: CO₂-Werte Fortluft (zentral)

Messungen Winter			
Temperatur Wohnzimmer	relative Feuchte Wohnzimmer	°C Außen	% r.F. Außen
18,2	46,3	7,9	82,9
19,1	37,3	3,6	42,7
19,6	52	7,9	80
20,8	45,7	5,6	55,1
21,7	30,5	8	34
21,8	30	-3,2	40
22,1	33,4	8,4	43
22,5	23,7	7,1	31,4
25,4	51,2	13,4	55,9

Die Temperaturen und Feuchte-werte bei den Messungen im Winter ergaben im Wohnzimmer Temperaturen zwischen 18,2° C und 25,4° C. Die relativen Feuchten betragen 23,7 % bis 52 %.

Tabelle 9.3: Temperaturen und Feuchte Wohnzimmer bzw. Außenluftwerte - Winter

Für die Messungen im Sommer ergaben sich folgende Werte:

Tabelle 9.4: Temperaturen und Feuchte Wohnzimmer bzw. Außenluftwerte - Sommer

Messungen Sommer			
Temperatur Wohnzimmer	relative Feuchte Wohnzimmer	°C Außen	% r.F. Außen
24	53,9	21,5	58
25,7	68	29,6*	52
26	56	26,5	55
26,3	48,8	29,3	46,2
27,4	59,1	26,6	52

Für eine konkrete Aussage über CO₂-Werte, Temperaturen und relative Luftfeuchten sind Dauermessungen, wie sie z. B. derzeit bei der Passivhauswohnanlage am Lodenareal in Innsbruck laufen, notwendig.

Empfehlungen: Insbesondere das Thema Luftfeuchte und die praktischen Strategien zur Einhaltung der optimalen Feuchte (inkl. Thema Feuchterückgewinnung und Befeuchtung) sollte in einem speziellen Forschungsprojekt beleuchtet werden. Für Haushalte, bei denen trotz Anpassung der Luftmenge an den Bedarf keine ausreichende relative Feuchte erreicht werden kann (aufgrund geringer Feuchteproduktion), ist derzeit eine aktive Befeuchtung mit hygienisch einwandfreien Luftbefeuchtern in der Wohnung anzuraten.

Qualitätskriterium 1 (M)	Anforderung
Mindestzuluftvolumenströme (für die Auslegung) von einzelnen Zulufräumen beim Betriebsluftvolumenstrom Der tatsächliche Betriebsvolumenstrom muss dann auf die aktuell vorherrschende Personenbelegung angepasst werden. *Bei Kaskadennutzung abzüglich der überströmenden Luftmenge	a) Wohnzimmer: 60 m ³ /h*
	b) Schlafzimmer: 50 m ³ /h
	c) Kinderzimmer: 50 m ³ /h (zwei Kinder)
	d) Kinderzimmer: 25 m ³ /h (ein Kind)
	e) Einzelbüro: 25 m ³ /h
	f) Stiegenhaus innerhalb der Gebäudehülle: ca. 0,2-facher Luftwechsel
Qualitätskriterium 2 (M)	Anforderung
Mindestabluftvolumenströme (für die Auslegung) von einzelnen Ablufträumen beim Betriebsluftvolumenstrom	a) Küche/Kochnische: 60 m ³ /h
	b) Bad: 40 m ³ /h
	c) WC: 20 m ³ /h (direkt aus der WC-Schale 10 m ³ /h)
	d) Abstellraum: 10 m ³ /h
	e) Stiegenhaus innerhalb der thermischen Gebäudehülle: 0,2-facher Luftwechsel
Qualitätskriterium 3 (M)	Anforderung
Mindestluftwechsel (für die Auslegung) pro Wohnungseinheit bzw. für das Stiegenhaus (in der Dämmhülle) beim Betriebsvolumenstrom	a) Der Mindestluftwechsel bezogen auf das Netto-Luftvolumen sollte bis 150 m ² NF zumindest 0,5fach/h und für den Anteil über 150 m ² NF zumindest 0,3fach/h betragen. (Defaultwert Raumhöhe: 2,6 m)
	b) Der Mindestluftwechsel des in der Gebäudehülle liegenden Stiegenhauses soll ca.0,2-fach betragen
Qualitätskriterium 4 (M)	Anforderung
Mindestaußenluft rate (für die Auslegung) pro Person beim Betriebsluftvolumenstrom für die gesamte Wohnung	Mindestens 36 m ³ /h und Person nach ÖNORM H 6038

Erfahrungen aus der Evaluierung: Die Luftwechselrate für die Gesamtwohnung, die aufgrund der unterschiedlichen Raumgrößen an sich keine geeignete Aussage darstellt, betrug zwischen 0,14 und 0,69-fach. Die Abweichung zwischen Zuluft und Abluft betrug im Schnitt knapp über 10 %, wobei zwei Extremfälle mit über 40 % Abweichung nicht eingerechnet wurden. Insbesondere die empfohlenen Mindestzuluftvolumenströme für die Auslegung für Wohnzimmer und Schlafzimmer wurden oft nicht eingehalten. Diese sind aber auch nicht in der ÖNORM H6038:2006 verankert.

Tabelle 9.5: Zuluftmengen Schlafzimmer und Luftmengen Wohnzimmer

Schlafzimmer	Wohnzimmer
m ³ /h	m ³ /h
5	9
10	10
18	22
20	24
22	28
22	28
22	30
24	34
25	37
25	40
25	43
29	45
30	45
47	66

Die gemessenen Werte von 5 bis 47 m³/h für das Schlafzimmer und 9 bis 66 m³/h für das Wohnzimmer zeigen, dass die Luftmengen teils deutlich unter den empfohlenen Luftmengen liegen. Die zu geringen Luftmengen werden indirekt auch durch den hohen Anteil an Fensterlüftung im Winter bestätigt. Von den Nutzern wird dies sehr unterschiedlich aufgenommen. Die Reaktionen reichen von: „Was bringt eine Lüftung wenn ich dann doch über das Fenster lüften muss“ bis hin zu „Optimal – ich lüfte nur noch am Morgen und am Abend – ansonsten musste ich mich gegenüber meiner alten Wohnung nicht umstellen“.

Küche	Bad1
m ³ /h	m ³ /h
7	15
8	15
14	20
17	20
20	20
25	22
27	25
30	25
31	27
36	30
37	33
40	34
57	35
57	35

Tabelle 9.6: Abluftmengen Küche Bad und WC

WC1
m ³ /h
11
14
17
19
20
25
31
31
32
35
39
41

Auch im Bereich der Abluft zeigt sich ein ähnliches Bild mit sehr geringen Luftmengen. Hier wurden auch die Luftmengen der ÖNORM H 6038 durchwegs nicht erreicht.

Stiegenhäuser und Gänge sind vielfach überhaupt nicht in das Lüftungskonzept einbezogen, sodass beim Betreten des Hauses dem Qualitätsanspruch an gute Luft nicht entsprochen werden kann. Nicht ausgeglichene Volumenströme der Wohnungen werden dadurch auch leichter zu einem Geruchsproblem. D.h. es kann auch über den Gang zu Geruchsübertragungen zwischen den Wohnungen kommen.

Empfehlungen: Verwendung der Dimensionierungshilfe von www.komfortlüftung.at für die einzelne Wohnung und Kontrolle der Luftmengen bei der Abnahme, sodass das Ziel, im Winter weitgehend ohne Fensterlüftung auszukommen, auch erreicht werden kann. Dabei ist immer zu bedenken, dass der tatsächliche Betriebsvolumenstrom auf die aktuell vorherrschende Personenbelegung angepasst werden muss. Einbeziehung des Flures in das Lüftungskonzept. Eingangsbereich der Gebäude mit Schleusenfunktion um keine spürbare Verschlechterung der gesamten Energieeffizienz aufgrund des Flurbereiches durch einen offenen Eingangsbereich zu bekommen.

9.3.4.3 Bereich Behaglichkeitswerte

Qualitätskriterium 5 (M)	Anforderung		
<p style="color: red;">Geringer Schalldruckpegel im Aufenthaltsbereich bzw. beim Aufstellungsort des Gerätes (hier in 1 m Entfernung) beim Betriebsluftvolumenstrom</p> <p>(Schallbelastung der Aufenthaltsbereiche im Freien bzw. der Fenster in der Nähe von Außenluftansaugung bzw. Fortluft sind ebenfalls zu beachten.)</p>	<p>a) Schlafräume (Eltern, Kinder,..) max. 23 dB(A) <u>und</u> max. 43 dB(C)</p> <p>Zielwert: <20 dB(A) bzw. max.1 dB(A) über Ruhe-schallpegel und <40 dB(C)</p>		
	<p>b) Wohnbereich (Wohnzimmer, Wohnküche,..) max. 25 dB(A) <u>und</u> max. 45 dB(C)</p> <p>Zielwert: <20 dB(A) bzw. max. 1 dB(A) über Ruhe-schallpegel und <40 dB(C)</p>		
	<p>c) Funktionsraum (z.B. Bad, WC, Kochküche) max. 27 dB(A) <u>und</u> max. 47 dB(C)</p> <p>Zielwert: <23 dB(A) bzw. max. 3 dB(A) über Ruhe-schallpegel und <43 dB(C)</p>		
	<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <p>d) Dezentral: Geräte- raum im Wohnbereich max. 35 dB(A) <u>und</u> max. 55 dB(C) Zielwert: <30 dB(A) bzw. <50 dB(C)</p> </td> <td style="vertical-align: top;"> <p>d) Zentral: belüftetes Stiegenhaus innerhalb der thermischen Hülle max. 27 dB(A) <u>und</u> max. 47 dB(C) Zielwert: <25 dB(A) bzw. <45 dB(C)</p> </td> </tr> </table>	<p>d) Dezentral: Geräte- raum im Wohnbereich max. 35 dB(A) <u>und</u> max. 55 dB(C) Zielwert: <30 dB(A) bzw. <50 dB(C)</p>	<p>d) Zentral: belüftetes Stiegenhaus innerhalb der thermischen Hülle max. 27 dB(A) <u>und</u> max. 47 dB(C) Zielwert: <25 dB(A) bzw. <45 dB(C)</p>
	<p>d) Dezentral: Geräte- raum im Wohnbereich max. 35 dB(A) <u>und</u> max. 55 dB(C) Zielwert: <30 dB(A) bzw. <50 dB(C)</p>	<p>d) Zentral: belüftetes Stiegenhaus innerhalb der thermischen Hülle max. 27 dB(A) <u>und</u> max. 47 dB(C) Zielwert: <25 dB(A) bzw. <45 dB(C)</p>	
<p>e) Einhaltung der Schallbelastung im Außenbereich (Luftansaugung, Fortluft) gemäß ÖNORM S 5021:1993</p>			

Erfahrungen aus der Evaluierung: Gerade im Schallbereich ist die Entwicklung der letzten Jahre deutlich spürbar. Der höchste Schallwert im Schlafzimmer wurde mit 27,5 dB(A) gemessen und betraf eine der älteren Anlagen. Die neuesten Anlagen erreichen Schallwerte unter 20 dB(A). Diese können in den meisten Fällen aufgrund des Grundschaallpegels gar nicht mehr gemessen werden. Das Ziel einer nicht hörbaren Lüftungsanlage wird damit erreicht. Die sehr guten Schallwerte der neueren Anlagen sind teils auf neue Schalldämpfer (Umlenkschalldämpfer nach der Konstantvolumenstromregelung der Wohnung) bzw. eine bessere Abstimmung der einzelnen Schalldämpfer (Geräteschalldämpfer – Wohnungsschalldämpfer - Telefoneschalldämpfer) zurückzuführen. Die Diskrepanz zwischen der A- und C-Bewertung ist auch subjektiv spürbar.

Tabelle 9.7: Schallwerte Schlafzimmer

Schlafräum dB(A)	Schlafräum dB(C)
18,3	34
21,4	48
23	41,8
24	40,9
24,5	41,6
24,5	42,4
26,5	38
25,6	40,5
27,5 (*1)	38

Einordnungen:	
bis 20 dBA	bis 40 dBC
bis 23 dBA	bis 43 dBC
bis 25 dBA	bis 45 dBC
über 25 dBA	über 45 dBC

Empfehlungen: Abgestimmte Schalldämpfersysteme.

Qualitätskriterium 6 (M)	Anforderung
Temperatur beim Einströmventil auf Behaglichkeitsniveau	a) Minimale Zulufttemperatur: max. 3°C unter der Raumtemperatur und mindestens 17°C
	b) Maximale Zulufttemperatur bei Nacherwärmung: Raumtemperatur
Qualitätskriterium 7 (M)	Anforderung
Geringes Zugluftisiko im Aufenthaltsbereich	Zugluftisiko im Aufenthaltsbereich von max. 10 % nach EN ISO 7730, bzw. Luftgeschwindigkeit im Aufenthaltsbereich von max. 0,10 m/s bei 20°C Raumtemperatur nach ÖNORM EN 13779

Erfahrungen aus der Evaluierung: Diese beiden Punkte stellten bei keinem der evaluierten Objekte ein Problem dar. Es wurden bei allen evaluierten Anlagen Temperaturen deutlich über 19°C beim Zuluftventil gemessen.

Bei einer sehr alten Anlage außerhalb der Evaluierungsgruppe kam es durch lange Zuluftleitungen außerhalb der Hülle und deren geringen Dämmung zu einer zu geringen Temperatur beim Zuluftventil (unter 15°C) und in Folge auch zu Zugscheinungen im Wohnzimmer. Bei diesem Objekt war aber zusätzlich auch das Zuluftventil falsch positioniert (direkt über der Couch) und ein ungeeignetes Ventil gewählt worden. Die Anbringung des Ventils direkt in der Raumecke bringt auch schalltechnische Nachteile und sollte vermieden werden.



Abbildung 9.5: Falsche Ventilwahl (Radiusauslass) für die Zuluft in der Raumecke über der Couch

Empfehlungen: Mit einem Vereisungsschutz (z. B. Grundwasser bzw. Sole-EWT), hochwertigen Lüftungsgeräten, Luftleitungen innerhalb der thermischen Hülle und einer richtigen Durchlassanbringung bzw. einer geeigneten Ventilauswahl sind die beiden Punkte auch ohne Nacherwärmung problemlos sicherzustellen.

9.3.4.4 Bereich Gewerkabstimmung und Dokumentation

Qualitätskriterium 8 (M)	Anforderung
<p>Keine Beeinträchtigung der Lüftungsanlage durch andere lufttechnische Geräte (Dunstabzugshauben, Ablufttrockner,..) bzw. Öffnungen nach außen oder zu unbeheizten Bereichen.</p>	<p>a) Keine direkt ins Lüftungssystem eingebundenen Dunstabzüge, Zentralstaubsauger, Ablufttrockner, etc. Empfehlung: Reine Umluft-Dunstabzugshaube mit metallischem Fettfilter (Aktivkohlefilter als Option) Bei nach außen geführten Dunstabzugshauben, Ablufttrocknern etc. ist sicherzustellen, dass die Funktion der Lüftungsanlage nicht gestört wird (eigene Nachströmöffnung mit max. 4 Pa Druckverlust). Generell sind Öffnungen nach außen (durch die Dämmhülle) zu vermeiden bzw. bei Nichtbenutzung dicht abzuschließen.</p> <p>b) Dicht schließende Öffnungen durch die Hülle bei Nichtgebrauch (z.B. Wäscheabwürfe, unbenutzte Kamine, Leerverrohrungen,...)</p>

Erfahrungen aus der Evaluierung: Generell waren standardmäßig Umlufthauben eingebaut. Dennoch kam es vor, dass einzelne Nutzer nachträglich eine Fortlufthaube eingebaut hatten. Dies passierte vor allem aus Unwissenheit um die Zusammenhänge. Vereinzelt wurde auch berichtet, dass andere Nutzer die Dunstabzugshaube an die Abluft angeschlossen hatten.

Empfehlungen: Aufnahme des Verbotes von nach außen geführten Dunstabzugshauben und Anschluss der Dunstabzugshaube an das Abluftsystem in die Vertragsbestimmungen mit dem Kunden. Abluftdurchlässe in Küchen so ausführen, dass ein Anschluss einer Dunstabzugshaube nicht möglich ist.

Qualitätskriterium 9 (M)	Anforderung
<p>Keine Beeinträchtigung von Heizanlagen bzw. Feuerungsstätten im Wohnraum</p>	<p>a) Heizanlagen und andere Feuerungsstätten, die sich innerhalb der luftdichten Hülle befinden, sind raumluftunabhängig zu betreiben (eigene Luftzuführung, dichter Ofen).</p> <p>b) Falls ein vollständig raumluftunabhängiger Betrieb von Feuerstätten innerhalb der thermischen Hülle nicht möglich ist, muss eine entsprechende Sicherheitseinrichtung den Unterdruck im Raum auf max. 4 Pa begrenzen.</p>

Erfahrungen aus der Evaluierung: Keines der Objekte verfügte über Feuerstätten in den Wohnungen.

Empfehlungen: Möglichst Verzicht auf den Einbau von (Not-)Kaminen. Wenn Kamine eingebaut werden, sollte auch gleich für die raumluftunabhängige Luftversorgung der Feuerstelle vorgesorgt werden.

Qualitätskriterium 10 (M)	Anforderung
Genauer Verlegungsplan und nachvollziehbare Anlagenausführung bzw. Anlagendetails	a) Verlegungsplan mit Rohrquerschnitten, Luftmengen, Luftgeschwindigkeiten,
	b) Fotodokumentation der Rohrleitungen bzw. der später nicht sichtbaren Anlagendetails
	c) Beschriftung der sichtbaren Luftleitungen

Erfahrungen aus der Evaluierung: Im Mehrfamilienhaus stellt die Verfügbarkeit von Plänen kein großes Problem dar. Teilweise sind aber die Änderungen nur mangelhaft dokumentiert. Die Beschriftung der sichtbaren Luftleitungen war ebenfalls vielfach mangelhaft.

Empfehlungen: Anlagenschema bei der Lüftungszentrale und eine konkrete Beschriftung der Luftleitungen sind im Zuge der Abnahme zu kontrollieren bzw. einzufordern.

Qualitätskriterium 11 (E)	Anforderung
Rechtzeitige Festlegung der Anforderungen an andere Gewerke für eine kostenoptimierte Umsetzung	a) Rechtzeitige Festlegung des Platzbedarfes, der Wanddurchbrüche, notwendiger Höhen der Bodenaufbauten, Leitungsführung in tragenden Elementen, EWT, Elektro- und Steuerleitungen, Kondensatablauf, Überströmöffnungen, ...
	b) Einrechnung der Wärmerückgewinnung des Lüftungssystems in die Heizlast des Gebäudes entsprechend der ÖNORM EN 12831
	c) Maßnahmen gegen eine Verschmutzung der Anlage bzw. Luftleitungen in der Bauphase

Erfahrungen aus der Evaluierung: Einen Problempunkt stellt hier vor allem die Verschmutzung der Luftleitungen in der Bauphase dar. Bei einigen Anlagen wurden Verschmutzungen gefunden, die eindeutig noch auf die Lagerung der Luftleitungen bzw. die Bauphase (nicht verschlossene Luftleitungen) zurückzuführen sind.

Empfehlungen: Die Kontrolle der Sauberkeit der Anlage bei Übergabe sollte großes Augenmerk geschenkt werden. Die Verantwortung für verschmutzte Luftleitungen ist im Nachhinein oft nicht so einfach zu klären. Eine vertraglich fixierte Endreinigung bei der auch die Reinigungsmöglichkeit der gesamten Luftleitungen getestet wird, könnte dieses Problem bzw. diesen Streitpunkt beseitigen. Die Endreinigung bedeutet jedoch zusätzliche Kosten, die bei sorgfältiger Ausführung vermieden werden können.

9.3.4.5 Bereich Außenluftansaugung - Fortluft

Qualitätskriterium 12 (M)	Anforderung	
Kein Luftkurzschluss zwischen Außenluftansaugung und Fortluftauslass	<p>Dezentral: Abstand in derselben Wand mindestens 2 m oder geeignete Maßnahmen zur Kurzschlussvermeidung lt. EN 13779</p> <p>Zielwert: 3 m und Ansaugung unterhalb der Fortluft; bei Eckräumen andere Fassadenseite</p>	<p>Zentral: Horizontaler Abstand zueinander mindestens 3 m oder geeignete Maßnahmen zur Kurzschlussvermeidung lt. EN 13779</p> <p>Zielwert: Ansaugung über Gebäudeseite und Fortluftführung über Dach</p>

Erfahrungen aus der Evaluierung: Die Geruchsübertragung wird oft unterschätzt, da Lösungen, die im Bürobereich keine Probleme bereiten, im Wohnbereich oft nicht funktionieren, da die Geruchsbelastung (Raucher, Küche,...) bei Wohnungslüftungen deutlich intensiver ist.

Neg. Beispiele: Geruchsübertragung zwischen Außenluftansaugung und Fortluft



Bei diesem Beispiel sind Außenluftansaugung und Fortluft in einem Turm vereint. Außenluftansaugung und Fortluft sind auf gleicher Höhe und nur durch ein internes Blech getrennt. Die Messung ergab deutlich überhöhte CO₂-Werte der Außenluft nach der Ansaugung bzw. dem kurzen Luft-EWT von 600 ppm. Dies lässt auf interne Undichtheiten bzw. Kurzschlussströmung schließen.

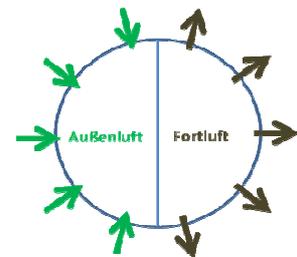


Abbildung 9.6 a und b: Außenluftansaugung und Fortluft in einem Turm führte zu Geruchsübertragung.



Die nebeneinanderliegende Außenluftansaugung und Fortluft führte zu Geruchsübertragungen (je nach Windrichtung). Durch die Adaptierung (Fortluft nach oben gezogen) wurde das Problem gelöst.

Abbildung 9.7 a und b: Außenluftansaugung und Fortluft vor und nach der Adaptierung

Auch bei dieser Variante ist je nach Windrichtung eine Geruchsübertragung nicht ganz auszuschließen und wird nicht empfohlen. Lt. Bauträger kam es bei diesem Objekt bisher aber zu keinen Problemen.



Abbildung 9.8: Außenluftansaugung und Fortluftführung

Gute Lösungen: Dachzentrale mit seitlicher Außenluftansaugung und Fortluftführung nach oben



Abbildung 9.9 a und b: großzügige Ansaugung auf der Seite und Fortluft nach oben

Alle Lösungen mit Kellerzentralen und Fortluftführung über Dach sind natürlich von der Seite der Geruchsübertragung optimal. Die Fortluftleitung sollte jedoch außerhalb der Hülle geführt werden, damit sie nicht aufwendig gedämmt werden muss bzw. einen Wärmeverlust für das Gebäude bewirkt. Bei einer Fortluftführung außerhalb der Gebäudehülle sind jedoch die Kondensatbildung und deren Abfuhr zu bedenken. Die kostengünstigeren Lösungen bieten daher Lüftungszentralen im Dachbereich (innerhalb oder außerhalb der thermischen Hülle).

Empfehlungen: Der Aspekt „Luftkurzschluss“ hängt sehr stark mit den baulichen Gegebenheiten und der Lage der Lüftungszentrale zusammen. Lösungen im Dachbereich haben aus diesem Aspekt einige Vorteile.

Qualitätskriterium 13 (M)	Anforderung	
<p>Für Reinigungszwecke zugängliche, vandalensichere Außenluftansaugung mit geringem Druckverlust, Schutz vor Regen, Schnee und direkter Sonnenbestrahlung sowie Kleintieren bzw. entsprechender Filterung bei Anlagen mit EWT. Einfache Reinigung bzw. Filtertausch.</p>  <p>Positiv: Quer stehende, eigenstabile Taschenfilter. Bild: Fa. Freudenberg</p>  <p>Negativ: Liegende, nicht eigenstabile Taschenfilter sind aus hygienischer bzw. strömungstechnischer Sicht nicht erwünscht. Bild: Fa. Freudenberg</p>	<p>a) Ausreichender Abstand von Parkplätzen, Mülllagerplätzen, Abgasfängen, etc. (zumindest 8 m lt. EN 13779)</p>	
	<p>b) Schneefreie, vandalensichere Ansauglage bzw. Ansaughöhe mind. 3 m oder 1,5-fach über der maximalen Schneehöhe</p>	
	<p>c) Wirksamer Schutz vor Regen und Schnee sowie direkter Sonnenstrahlung</p>	
	<p>d) Keine Ansaugung aus Bereichen mit sommerlicher Stauwärme</p>	
	<p>b) Ansaugung mit Vogelschutzgitter</p>	
	<p>e) Dezentral: Druckverlust der Ansaugung ohne Filter max. 10 Pa beim Betriebsvolumenstrom (Strömungsgeschwindigkeit im freien Ansaugquerschnitt max. 1,5 m/s) Zielwert: max. 5 Pa</p>	<p>e) Zentral: Druckverlust der Ansaugung ohne Filter max. 20 Pa beim Betriebsvolumenstrom (Strömungsgeschwindigkeit im freien Ansaugquerschnitt max. 2 m/s) Zielwert: max. 10 Pa</p>
	<p>f) Synthetische Filter zumindest F5 nach EN 779 vor einem EWT oder Luftleitungen über 5 m Länge vor dem Lüftungsgerät</p>	
	<p>g) Dezentral: Druckverlust mit frischem Filter max. 20 Pa (Enddruckdifferenz mit verschmutztem Filter max. 40 Pa); Automatische Filterwechselanzeige; hängende bzw. (quer) stehende Taschenfilter Zielwert: max.10 Pa Enddruck max. 20 Pa</p>	<p>g) Zentral: Druckverlust mit frischem Filter max. 40 Pa (Enddruckdifferenz mit verschmutztem Filter max. 120 Pa); Automatische Filterwechselanzeige; hängende bzw. (quer) stehende Taschenfilter Zielwert: max. 20 Pa Enddruck max. 80 Pa</p>
	<p>h) Dauerhaft geringer Filterbypassvolumenstrom (dichte Dichtflächen)</p>	
	<p>i) Kein verkehrtes Einsetzen der Filter möglich</p>	
<p>j) Einfache Zugänglichkeit bzw. Reinigung des Gitters und einfacher Filtertausch durch die Hausbetreuung</p>		
<p>h) Schutz des Filters vor Durchfeuchtung – d.h. max. 90 % relative Feuchte bzw. mittlere relative Feuchte unter 80 % an drei aufeinander folgenden Tagen. Dies entspricht einer Temperaturerhöhung von ca. 2°C bis zum Filter.</p>		

Erfahrungen aus der Evaluierung: Der ausreichende Abstand von Parkplätzen, Mülllagerplätzen, Abgasfängen wurde bei allen Anlagen eingehalten. Auch die Schneefreiheit und der Schutz vor Regen sind ebenfalls bei allen Anlagen gewährleistet. Eine deutlich über der Außentemperatur liegende Ansaugtemperatur wurde nur bei einer Anlage außerhalb der Evaluierungsgruppe angetroffen. Für die Filter in der Außenlufteinheit vor dem EWT gab es bei keiner der Anlagen eine Anzeige für den Filterwechsel. Bei einer Anlage wurde vom Hausmeister auf diesen Filter völlig vergessen und die Anlage lief daher mit voller Leistung. Der größte Druckverlust eines Ansauggitters wurde mit 37 Pa gemessen. Die Vorgabe von max. 20 Pa Druckverlust für das Ansauggitter ohne Filtereinheit kann bei entsprechender Dimensionierung leicht eingehalten werden. Es wurden auch Werte deutlich unter 10 Pa für zentrale Anlagen erreicht.

Neg. Beispiel: Ansaughöhe im öffentlichen Bereich (Vandalismus)



Außenluftansaugungen sollten vor einfachem Zugriff geschützt sein. Insbesondere bei öffentlich zugänglichen Bereichen besteht bei Bewohnern teilweise die Angst das „(Geruchs)-Anschläge“ verübt werden könnten. Eine bodennahe Ansaugung ist generell zu vermeiden, da die Konzentrationen von Staub, Radon und Schimmelpilzen deutlich höher sind, als in mehreren Metern Höhe.

Abbildung 9.10: Außenluftansaugung in unzureichender Höhe

Neg. Beispiel: Ansaughöhe und hoher Druckverlust



Abbildung 9.11: Außenluftansaugung in unzureichender Höhe und Abbildung 9.12: starke Verschmutzung des G4 Vorfilters. Verschmutzung noch von der Bauphase (Erdarbeiten).

Neg. Beispiel: sommerliche Überwärmung



Bei einer Anlage außerhalb der Evaluierungsgruppe wurde aus Kostengründen die Außenluftansaugung unter dem Blechdach angebracht. In diesem Bereich herrschen im Sommer aber sehr oft Temperaturen deutlich über 40° C und es kommt dadurch zu Überwärmungsproblemen.

Abbildung 9.13: Außenluftansaugung unter dem Blechdach führt im Sommer zu unnötig hohen Temperaturen (deutlich über 40°C im Ansaugbereich)

Qualitätskriterium 14 (M)	Anforderung	
Zugänglicher, vandalensicherer Fortluftauslass mit geringem Druckverlust, Schutz vor Kleintieren	a) Dezentral: Druckverlust max. 5 Pa (Strömungsgeschwindigkeit im freien Ausblasquerschnitt max. 1,5 m/s) Zielwert: max. 5 Pa	a) Zentral: Druckverlust max. 20 Pa (Strömungsgeschwindigkeit im freien Ausblasquerschnitt max. 2 m/s) Zielwert: max. 10 Pa
	b) Mind. 3 m oder 1,5-fach über der maximalen Schneehöhe	

Erfahrungen aus der Evaluierung: Der höchste gemessene Druckverlust beim Fortluftgitter betrug 55 Pa. Aber auch hier zeigte sich, dass die Vorgabe von max. 20 Pa Druckverlust für bei entsprechender Dimensionierung leicht eingehalten werden. Es wurden auch Werte deutlich unter 10 Pa für zentrale Anlagen erreicht.

Empfehlungen: Bei Lösungen mit der Lüftungszentrale im Dachbereich ergeben sich hier deutliche Vorteile gegenüber Lösungen mit Technikzentralen im Kellerbereich.

Qualitätskriterium 15 (M)	Anforderung	
Keine Feuchteschäden an Außenbauteilen durch die feuchte Fortluft der Lüftungsanlage	Dezentral: 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.	Zentral: Bei zentraler Fortluft ist diese über das Dach zu führen oder ein Mindestabstand von 5 m zum Gebäude einzuhalten bzw. sind durch sonstige Maßnahmen Feuchteschäden auszuschließen Die Anforderungen der Fortluftführung an der Wand mit mind. 5 m/s nach ÖNORM EN 13779 widerspricht Kriterium 14.

Erfahrungen aus der Evaluierung: Dieser Punkt stellte bei keiner der Anlagen ein Problem dar.

Empfehlungen: Bei Lösungen mit der Lüftungszentrale im Dachbereich ergeben sich auch aus diesem Aspekt Vorteile gegenüber Lösungen mit Technikzentralen im Kellerbereich.

9.3.4.6 Vereisungsschutz

Qualitätskriterium 16 (M)	Anforderung	
Geeignete Frostschutzstrategie	a) Wahl einer dem Gesamtkonzept bzw. dem Wärmetauscher angepassten Frostschutzstrategie (Sole-EWT oder konventioneller Frostschutz) Empfehlung: Sole-EWT	
	b) Für Sole-EWT siehe Kriterien 17-2 für konventionellen Frostschutz siehe Kriterium 35	
	c) Dezentral: keine Anforderung	c) Zentral: Geräteklappen der Dichtheitsklasse 2, die das Gerät bei Nichtbetrieb abschließen

Erfahrungen aus der Evaluierung: Eine der Anlagen verfügt über einen vereisungssicheren Rotationswärmetauscher mit Feuchterückgewinnung. Zwei der Anlagen verfügten über einen Luft-Erdwärmetauscher als Vereisungsschutz. Jeweils eine Anlage verfügt über eine Frostfreihaltung über Grundwasser, Sole-EWT, Strom bzw. über eine Bypassregelung. Die restlichen sieben Anlagen hatten eine wassergeführte Frostschutzeinrichtung mittels Heizung bzw. Solaranlage. Die Grundwasservariante ist insbesondere dann von Vorteil bzw. kostengünstig umzusetzen, wenn ohnehin ein Grundwasserbrunnen, z. B. für die Wärmepumpe, benötigt wird. Alle anderen Anlagen hatten einen konventionellen Vereisungsschutz über ein wassergeführtes Vorheizregister (teils mit Solarenergie).

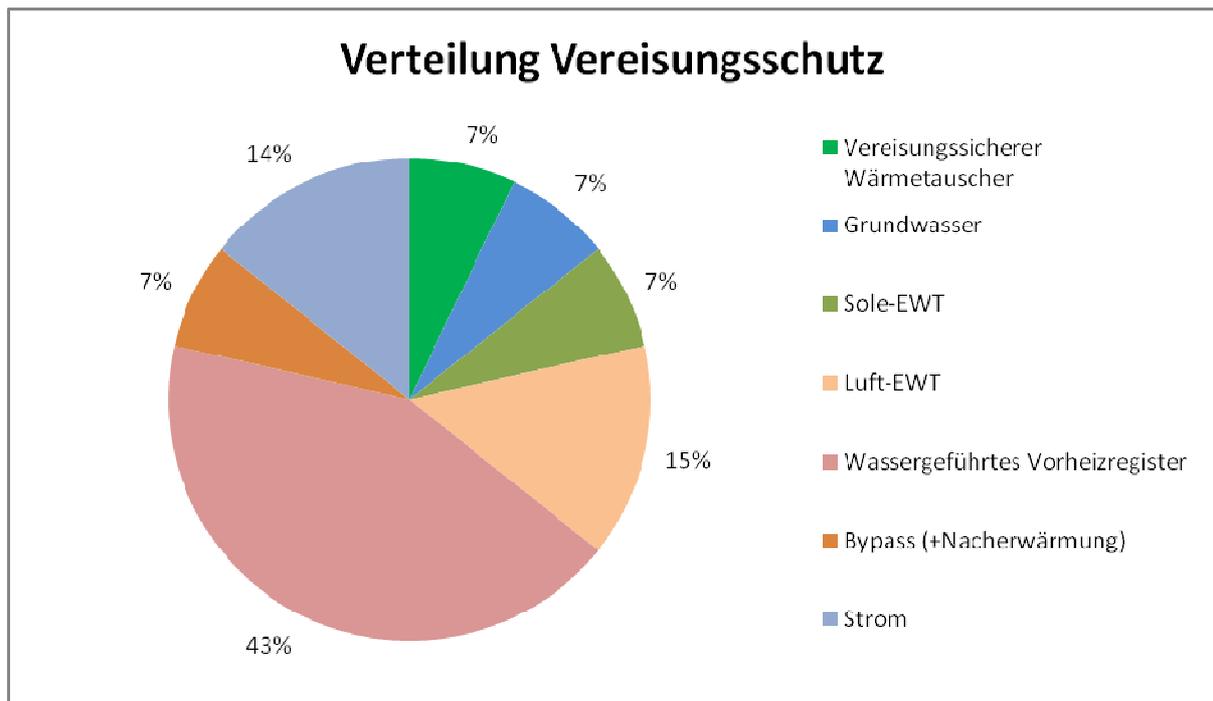


Abbildung 9.14: Verteilung der Strategien zum Vereisungsschutz bei den evaluierten Anlagen

Luft-Erdwärmetauscher: Der abgebildete Luft-EWT (BJ. 1997) ist bisher auch von der hygienischen Seite unbedenklich. Dennoch würde man insbesondere aus Kostengründen und hygienischer Sicht heute einen Sole- oder Grundwasser-EWT einbauen.



Abbildung 9.15: Blick in den Sammelschacht des Luft-EWT (Lüftungsgerät für Zuluft wenig wartungsfreundlich im Schacht hängend)

Sole-EWT: Nur eine der Anlagen verfügte über einen Sole-EWT unter dem Gebäude. Die Erfahrungen damit sind bisher sehr zufriedenstellend.



Abbildung 9.16: Sole EWT (Quelle: www.sole-ewt.de)

Frostfreihaltung über Grundwasser: Bei diesem Beispiel wurde der Wärmetauscher für den Vereisungsschutz nicht im Gerät integriert, sondern vor dem Gerät angebracht, was eine zusätzliche Filterstufe, einen eigenen Kondensatablauf und eine eigene Regelung bedingte. Besser wäre ein im Lüftungsgerät integriertes Sole-Register nach dem Gerätefilter gewesen, das über die Lüftungssteuerung geregelt wird.



Abbildung 9.17: Grundwasser – Luft Wärmetauscher als Vereisungsschutz mit eigener Regelung

Frostfreihaltung mit Strom: Diese Variante des Vereisungsschutzes war bei zwei Objekten umgesetzt. Aus ökologischen, bzw. primärenergetischen Gründen ist diese Variante bei zentralen bzw. semizentralen Lüftungsanlagen aber nicht zu empfehlen. In den 60 Qualitätskriterien ist bei zentralen Anlagen eine Frostfreihaltung über Strom daher nicht vorgesehen.

Über die Heizung bzw. Solaranlage: Die Frostfreihaltung über die Heizung stellte die häufigste Art der Frostfreihaltung dar. Bei entsprechend niedrigen Vorlauftemperaturen des Heizregisters kann die Solaranlage beträchtliche Beiträge liefern.



Abbildung 9.18: Anbindung des Wasser-Luft-Wärmetauschers (Heizung bzw. Solaranlage)

Bei einer Anlage kam es trotz eines Glykolkreislaufes im Frostschutzregisterkreislauf zu einem Frostschaden. Der Wärmetauscher zwischen Heizung und Frostschutzkreislauf vereiste, da die Heizung ausfiel und die Lüftung mit dem Glykolkreislauf weiterlief und damit den Primärwärmetauscher vereiste. Eine Sicherheitsschaltung, welche die Lüftung bzw. den Sekundärkreis ausschaltet, wenn der Primärkreis ausfällt und gerade tiefe Außentemperaturen herrschen, fehlte.

Bypassklappe mit Nacherwärmung: Bei der Anlage mit Bypassklappe und Nacherwärmung kam es zu einer Vereisung des Zuluftbereiches und einem Defekt des Gerätes bzw. Wärmetauschers, da das Kondensat durch eine nicht waagrechte Aufstellung des Gerätes in den Zuluftbereich gelangte.

Empfehlungen: Wenn ohnehin eine Grundwassernutzung für eine Wärmepumpe besteht, sollte diese auch für die Frostfreihaltung genutzt werden. Es ist jedoch auf die unterschiedlichen Massenströme zwischen reinem Lüftungsbetrieb und gemeinsamen Betrieb von Lüftung und Wärmepumpe zu achten. Ansonsten stellt der Sole-Erdwärmetauscher die ökologischste Lösung dar. Im Falle einer vorwiegend solaren Wärmebereitstellung stellt auch das wassergeführte Frostschutzregister eine ökologische und kostengünstige Lösung dar. Für alle Systeme werden Hocheffizienzpumpen empfohlen.

9.3.4.7 Lüftungsgeräte - Allgemein

Bei den folgenden Erfahrungen und Evaluierungsergebnissen wurde aufgrund der vielen Kriterien darauf verzichtet, die Qualitätskriterien nochmals anzuführen.

Als Aufstellungsort für die Zentraleinheit wurde bei den 14 Anlagen siebenmal der Kellerbereich, dreimal der Dachobdenbereich und dreimal im Freien am Dach und einmal in einem eigenen Raum im Wohngeschoß gewählt.

Zugänglichkeit: Ein oft zu bemängelnder Punkt war die Zugänglichkeit und die beengten Verhältnisse bei der Lüftungsanlage.



Bei diesem Objekt musste zuerst umständlich das Dach erreicht werden. Der einzige Zugang zur Lüftungsanlage ist die im Bild sichtbare Dachluke. Insbesondere im Winter eine auch nicht ungefährliche Wegstrecke bzw. unzufriedenstellende Lösung.

Abbildung 9.19: Einstieg zur Lüftung nur über Dachluke



Deutlich besser, aber auch noch nicht optimal, ist die Lösung bei dieser Dachzentrale. Der Einstieg kann nur über das Fenster erfolgen.

Abbildung 9.20: Einstieg zur Lüftung über Fenster

Empfehlungen: Die leichte Zugänglichkeit und Inspektion ist ein wesentlicher Aspekt für die Akzeptanz durch den Hausmeister und sollte deshalb auch entsprechend berücksichtigt werden.

9.3.4.8 Lüftungsgeräte - Antriebseinheit

Konstantdruck oder Konstantvolumenstromregelung: Eine Anlage verfügte über keine Konstantdruck- bzw. Konstantvolumenstromregelung und lief als Grundlüftung zum Feuchteschutz ohne eine Form der Drehzahlregelung und Anpassung der Luftmenge durch die Nutzer konstant durch. Zwei der zentralen Anlagen wurden mit Konstantvolumenstromregelung betrieben (dadurch zwar Ausgleich der Druckverluste durch verschmutzende Filter, aber ebenfalls keine Möglichkeit der Anpassung der Luftmenge durch die Nutzer). Die für Einfamilienhäuser übliche Konstantvolumenstromregelung ist für Mehrfamilienhäuser nur bedingt geeignet, da die gewünschte 3-stufige Luftmengenwahl der einzelnen Wohnungen bei diesem System nicht möglich ist. Diese Regelung ist nur für Grundlüftungen geeignet, da bei höheren Luftmengen es im Hochwinter durch die fehlende Anpassung an den Bedarf zu Problemen mit trockener Luft führen würde. Oder es muss die Luftmenge an die Außentemperatur angepasst werden – d.h. abgesenkte Luftmengen bei sehr niedrigen Außentemperaturen. Die typische Regelung für den Mehrfamilienhausbereich stellt die Konstantdruckregelung dar. Bei der Konstantdruckregelung war bei den evaluierten Projekten keines mit einer Druckoptimierung d.h. variabler Druckregelung ausgestattet. Mittlerweile sind aber einige Objekte bekannt, in welche eine variable Druckregelung eingebaut wurde. Hier stehen aber noch konkrete Erfahrungen aus, ob diese Technik für den Wohnbereich, aufgrund der doch recht gleichmäßigen Gesamtluftmenge und der vielen zu regelnden Klappen, technisch und wirtschaftlich zielführend ist.

Externer Druckverlust: Das Druckniveau bei der Konstantdruckregelung lag bei den zentralen Anlagen zwischen 150 und 280 Pa Vordruck auf der Zuluft und zwischen 100 und 250 Pa auf der Abluftseite. Bei der Außenluftansaugung lag der externe Druckverlust zwischen 15 und über 300 Pa (vergessener Filter) und bei der Fortluft zwischen 10 und 90 Pa. Die geforderten Werte der 60 Qualitätskriterien mit max. 200 Pa auf der gesamten Außenluft- bzw. Zuluftseite und max. 150 Pa auf der Abluft- bzw. Fortluftseite werden damit zum Großteil nicht erfüllt und schlagen sich dann auch beim Strombedarf nieder. Bei den semizentralen Anlagen dient die Zentraleinheit an sich nur dazu, für alle dezentralen Geräte ein ausgeglichenes bzw. leicht positives Druckniveau zu liefern. D.h. diese Anlagen sind auf +5 bis + 10 Pa für den schlechtesten Verbraucher eingestellt.

Empfehlungen: Die Einhaltung der maximalen externen Drücke der Qualitätskriterien ist essenziell für den niedrigen Strombedarf, da der Strombedarf proportional zum Druckverlust wächst.

Art des Ventilators: Bei den neueren Anlagen wurden durchwegs hochwertige Ventilatoren mit rückwärtsgekrümmten Schaufeln eingesetzt. Die neueren Anlagen waren größtenteils mit freilaufenden Rädern ausgerüstet. Insgesamt waren jeweils die Hälfte mit Gehäuse bzw. freilaufendem Rad ausgerüstet.

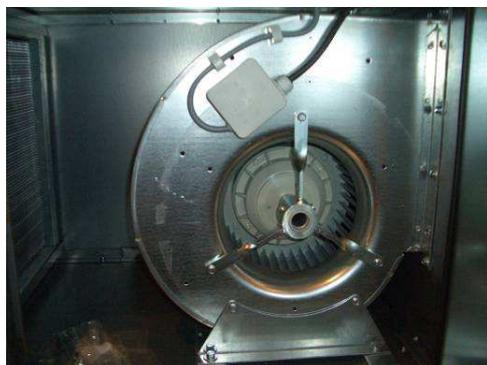


Abbildung 9.21: Gehäuseventilator



Abbildung 9.22: Freilaufendes Rad mit Direktantrieb

Art des Antriebes: von den 14 Objekten waren 12 Anlagen mit Direktantrieb, einer mit Keilriemenantrieb und einer mit Zahnriemenantrieb ausgeführt. Einen Flachriemenantrieb hatte keine der Anlagen. Der große Vorteil direktgetriebener Motoren mit ca. 3-8 % höherer Effizienz gegenüber riemengetriebenen Ventilatoren und der Wegfall der 2. Filterstufe wurde damit größtenteils von den PlanerInnen erkannt und umgesetzt.

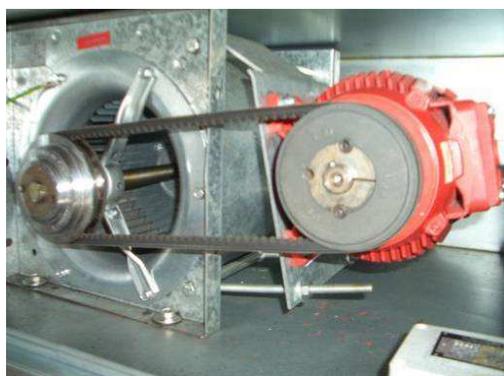


Abbildung 9.23: Gehäuseventilator mit Zahnriemenantrieb

Art des Motors: Fünf Anlagen verfügten schon über einen hocheffizienten EC-Motor in der Zentraleinheit. Bei den dezentralen Einheiten ist diese Technik an sich selbstverständlich. Da die Verfügbarkeit der EC-Motoren mit höheren Leistungen erst in den letzten Jahren gegeben ist, wird dieser Ausrüstungspunkt natürlich entsprechend verzerrt. Bei neueren Anlagen überwiegt die EC-Technik.



Drehzahlregelung: Zur Konstantdruck- bzw. Konstantvolumenstromregelung benötigt es immer eine Drehzahlregelung der Antriebseinheit. Bei einer zentralen Anlage, die konstant durchläuft (Grundlüftung), bzw. bei zwei semizentralen Anlagen ist keine Drehzahlregelung in der Zentraleinheit enthalten. Bei den fünf Anlagen mit EC-Motor ist die Drehzahlregelung ja in der Leistungselektronik des Motors integriert. Bei den restlichen Anlagen mit AC-Motor wurde die Drehzahlregelung über Frequenzumformer (FU) realisiert.

Abbildung 9.24: Frequenzumformer für Zuluft- bzw. Abluftantrieb

Empfehlungen: Hocheffiziente, leicht zu reinigende Ventilatoren mit EC-Direktantrieb sind die erste Wahl. EC-Motoren sind deutlich weniger störanfällig als Lösungen mit Frequenzumformer und heute auch für größere Leistungen erhältlich.

9.3.4.9 Wärmerückgewinnung

Die Lüftungsgeräte innerhalb der Evaluierung waren bis auf einen Rotationswärmetauscher mit Feuchterückgewinnung alle mit konventionellen Plattenwärmetauschern ohne Feuchterückgewinnung ausgeführt. Wobei bei zwei der drei semizentralen Anlagen im dezentralen Teil die Wärmerückgewinnung enthalten war und bei einer im zentralen Teil. Die Rückwärmehzahlen reichten lt. Herstellerangaben von 0,79 bis 0,96.

Tabelle 9.8: Wärmerückgewinnung der 14 Anlagen

Gerätehersteller Zentraleinheit	Art der zentralen WRG	Art der dezentralen WRG
Wernig	Kreuzgegenstrom	nicht Relevant
Drexel und Weiss	Kreuzgegenstrom	keine WRG
Airtech	Kreuzgegenstrom	nicht Relevant
ANAG-Rosenberg/Heat-Hunter	keine	Kreuzgegenstrom
Genvex	keine	Kreuzgegenstrom
Airbox	Kreuzstrom	nicht Relevant
Wolf	Kreuzstrom	nicht Relevant
GEA Compos	Kreuzgegenstrom	nicht Relevant
Klingenburg	Kreuzgegenstrom	nicht Relevant
LÜFTA	Kreuzgegenstrom	nicht Relevant
Klingenburg	Kreuzgegenstrom	nicht Relevant
BSH Huber & Ranner	Kreuzgegenstrom	nicht Relevant
Airvent	Enthalpieroator	nicht Relevant
Wolf	2x Kreuzstrom (Serie)	nicht Relevant

Alle Wärmetauscher entsprachen damit der Wärmerückgewinnungsklasse H1 bzw. H2 nach EN 13053, d.h. die Anlagen bekommen beim SFP den entsprechenden Zuschlag von 300 W/(m³/s) nach ÖNORM EN 13779:2008 zugesprochen. Beim eingesetzten Rotationswärmetauscher mit Spülzone gab es aber keine Beschwerden bezüglich einer Geruchsübertragung.

9.3.4.10 Feuchterückgewinnung

Kreuz- bzw. Kreuzgegenstromwärmetauscher mit Feuchterückgewinnung (Folienmembran) sind derzeit nur bis zu Luftvolumen von ca. 2.000 m³/h erhältlich. Rotationswärmetauscher mit Feuchterückgewinnung sind für alle Baugrößen verfügbar. Sie wurden aber aufgrund der möglichen Geruchsübertragung bisher im Wohnbau nicht eingesetzt. Die Erfahrungen des einzigen bekannten Objektes in Österreich sind aber noch zu kurz, um richtungsweisende Aussagen treffen zu können. Wie schon angeführt gab es bisher aber keine Beschwerden bezüglich einer Geruchsübertragung. Wesentlich für eine Verhinderung unerwünschter Geruchsübertragung bei Rotationswärmetauschern sind die Lage der Ventilatoren und damit die



Druckverhältnisse im Lüftungsgerät, die Oberfläche des Rotors und die Wirkung der Spülzone. Die Funktion der Feuchterückgewinnung wäre für den Wohnbereich aber auf alle Fälle interessant, um die Problematik von zu geringer Luftfeuchtigkeit bei sehr kalten Außentemperaturen zu lösen bzw. zu verringern. In der Austrocknungsphase des Baues oder bei bestimmten Witterungsverhältnissen kann eine Feuchterückgewinnung aber auch kontraproduktiv sein.

Abbildung 9.25: Rotationswärmetauscher zur Rückgewinnung von Wärme und Feuchte (ohne Kondensation)

9.3.4.11 Filter

Die ÖNORM H 6038 fordert für die Außenluft Klasse F6 und für die Abluft G4. Nur zwei der Anlagen verfügen mit einem F5 bzw. G4 Filter für die Außenluft über eine zu geringe Filterqualität. Eine weitere Anlage hat im Abluftbereich mit G3 eine zu geringe Filterqualität. Die Mehrheit verfügt über Filter der Filterklasse F7 bei der Außenluftfilterung und G4 bei der Abluftfilterung. Die Anlage mit Rotationswärmetauscher hält die Forderung gleich guter Filterqualität auf der Außenluft und der Abluftseite mit jeweils F7 ein.

Tabelle 9.9: Filter der 14 Anlagen

Filter Außenluft	Filter Art Außenluft	Filter-Qualität Abluft	Filter Art Abluft
G4	Taschen	G4	Taschen
F5	Taschen	G4	Taschen
F6	Taschen	G4	Taschen
F6	Taschen	G4	Taschen
F7	Taschen	G4	Taschen
F7	Taschen	G4	Taschen
F7	Taschen	F7	Taschen
F7	Taschen	F5	Taschen
F7	Taschen	F6	Taschen
F7	Taschen	G4	Taschen
G4 +F7	Matten + Kassettenfilter	G4	Kassettenfilter
G4+F5+F7	Matte+Tasche+Z-Line	G4	Z-Line
F9	Taschen	G3	Taschen
F7(AUL)+F9(ZUL)	Taschen	G4	Taschen

Da die EN 13779 für Nichtwohngebäude eine Filterqualität von F7 fordert und die PlanerInnen zentraler Lüftungsanlagen eher Erfahrungen im Nichtwohnungsbereich haben, wurden die dort üblichen Filterlösungen übernommen. So positiv die Übernahme der höhern Filterklasse ist, so negativ ist, dass auch der im Nichtwohngebäude übliche Enddruck von 200 bis 300 Pa für den Filtertausch übernommen wurde. Auch die Anfangsdruckverluste mit ca. 100 Pa liegen im Bereich der Anlagen für Nichtwohngebäude. Sowohl der Anfangsdruckverlust als auch der Enddruckverlust der Filter liegen aus wirtschaftlichen Aspekten deutlich zu hoch. Die vermeintliche Einsparung an Filterkosten wird durch den höheren Strombedarf zunichte gemacht (siehe 60 Qualitätskriterien). Bei vier Anlagen wurde der Filtertausch nicht abhängig vom Druckverlust sondern von der Zeit vorgenommen. Aufgrund der unterschiedlichen Außenluftqualitäten und damit unterschiedlichen Belastung der Filter eine nicht optimale Strategie.

Drei Filter wie bei einer der angeführten Anlage mit G4 bei der Ansaugung, F5 vor dem Sole-Erdwärmetaucher und F7 im Lüftungsgerät sollten vermieden werden. Bei dieser Anlage wurde zudem der Mattenfilter beim Ansauggitter „vergessen“ und baute einen Druckverlust von deutlich über 300 Pa auf, sodass das Lüftungsgerät mit maximaler Leistung lief. Drei Filterstufen bauen aber auch bei regelmäßigem Tausch einen unnötig hohen Druckverlust auf. Bei direktgetriebenen Ventilatoren ist an sich nur mehr eine Filterstufe notwendig.

Bei der Filterart kamen fast ausschließlich Taschenfilter zum Einsatz. Nur bei zwei Anlagen wurden aus Platzgründen Kassettenfilter bzw. Z-Line Filter eingesetzt. Die Kosten dieser Filter liegen aufgrund der höheren Anschaffungskosten und der geringeren Standzeit jedoch deutlich über den Taschenfiltern. Die Forderung nach eigensteifen, synthetischen Filtern wurde nur bei wenigen Anlagen erfüllt, da diese in der Anschaffung etwas teurer sind. Wenn man den Strombedarf jedoch berücksichtigen würde, hätten diese Filter aber auch wirtschaftliche Vorteile.



Abbildung 9.26: Hygienisch und strömungstechnisch ungünstige Einbaulage (oben) von nicht eigensteifen Taschenfiltern

Empfehlung: Bei Lüftungsanlagen mit Direktantrieb und Frostschutzregister im Gerät kann an sich mit einer Filterstufe das Auslangen gefunden werden. Dies ist auch wirtschaftlich die kostengünstigste Lösung. Generell sollten möglichst nur eigensteife, synthetische Taschenfilter verwendet werden.

9.3.4.12 Strombedarf

Der tatsächliche spezifische Strombedarf der Gesamtanlage konnte nur in den wenigsten Fällen praktisch ermittelt werden, da es bei den meisten der zentralen Anlagen nicht möglich war, die Stromaufnahme bzw. Luftmenge entsprechend zu messen. Bei drei Anlagen waren jedoch Langzeitmessungen verfügbar und bei einer semizentralen Anlage konnten die Werte einwandfrei ermittelt werden. Auf die gemessenen Werte wird später noch eingegangen. Die aus dem Typenschild ermittelte Stromeffizienz der zentralen Anlageneinheiten ergab folgendes Bild.

Tabelle 9.10: Maximale Stromaufnahme und maximale spezifische Stromaufnahme der zentralen Anlagen (lt. Typenschild)

Stromaufnahme gesamt in Watt (Zuluft + Abluft)	Stromeffizienz gesamt W/(m³/h) (Zuluft + Abluft)
1200	0,80
1660	1,38
1740	0,43
2200	0,50
1600	0,89
782	0,71
7200	0,97
6000	0,83
13000	0,81
6360	1,82

Die große Bandbreite von 0,43 bis 1,82 W/(m³/h) für den spezifischen Stromverbrauch der Gesamtanlage ergibt sich aufgrund der unterschiedlichen Technologien (EC- oder AC-Motor) und die unterschiedlichen maximalen Druckverluste. Die Typenschild-Werte liegen teils deutlich über der geforderten Maximalgrenze von 0,60 W/(m³/h) für die gesamte Stromaufnahme. Entscheidend ist aber, in welchem Betriebspunkt die Anlagen genutzt werden, d.h. im praktischen Betrieb können diese Anlagen abhängig vom Luftvolumenstrom und dem Druckverlust dennoch den geforderten Wert erreichen. Der Grenzwert für die SFP-Klasse 1, der in den meisten Bundesländern seit dem 1.1.2008 gültig ist (OIB Richtlinie 6), beträgt mit Einrechnung des Zuschlages für die Wärmerückgewinnung und der Filter 0,305 W/(m³/h) pro Ventilator. Dieser Grenzwert wurde auch von den neueren Anlagen nur zum Teil eingehalten, wobei natürlich die Anlagen nicht in dem lt. Typenschild angegebenen maximalen Betriebspunkt betrieben wurden. Die Auswertung der SFP-Werte der Lüftungsanlage lt. Typenschild ergab folgendes Bild.

Tabelle 9.11: Maximaler SFP (lt. Typenschild) für Zuluft- und Ablufteinheit

max. Stromaufnahme Zuluft-einheit	max. SFP für Zuluft-einheit	max. Stromaufnahme Ablufteinheit	max. SFP für Ablufteinheit
600	0,40	600	0,40
425	0,27	425	0,27
780	0,65	780	0,65
870	0,21	870	0,21
1100	0,25	1100	0,25
3200	0,91	3200	0,91
740	0,68	740	0,68
3600	0,49	3600	0,49
3000	0,42	3000	0,42
7500	0,47	5500	0,34

Bei der einzigen semizentralen Anlage mit dezentralen Ventilatoren, bei der die Stromeffizienz sauber ermittelt werden konnte, ergaben sich folgende Werte: Zentraleinheit 0,272 W/(m³/h) und dezentrale Einheit 0,202 W/(m³/h). Sie erfüllt damit die Forderung nach einem spezifischen Strombedarf unter 0,60 W/m³/h klar. Die Forderung der 60 Qualitätskriterien von 0,45 W/(m³/h) verfehlte sie mit 0,475 W/(m³/h) allerdings knapp.

Aus den drei Langzeituntersuchungen der AEE INTEC beim Objekt Dreherstraße - PH Melone, Utendorfsgasse und Mühlweg ergaben sich folgende Kennzahlen für den Strombereich:

Dreherstraße – PH Melone: Der Strombedarf für die Lüftung beträgt im Monatsschnitt ca. 0,45 kWh/m² BGF und der Jahresstrombedarf ergab einen Wert von 5,34 kWh/m² BGF.

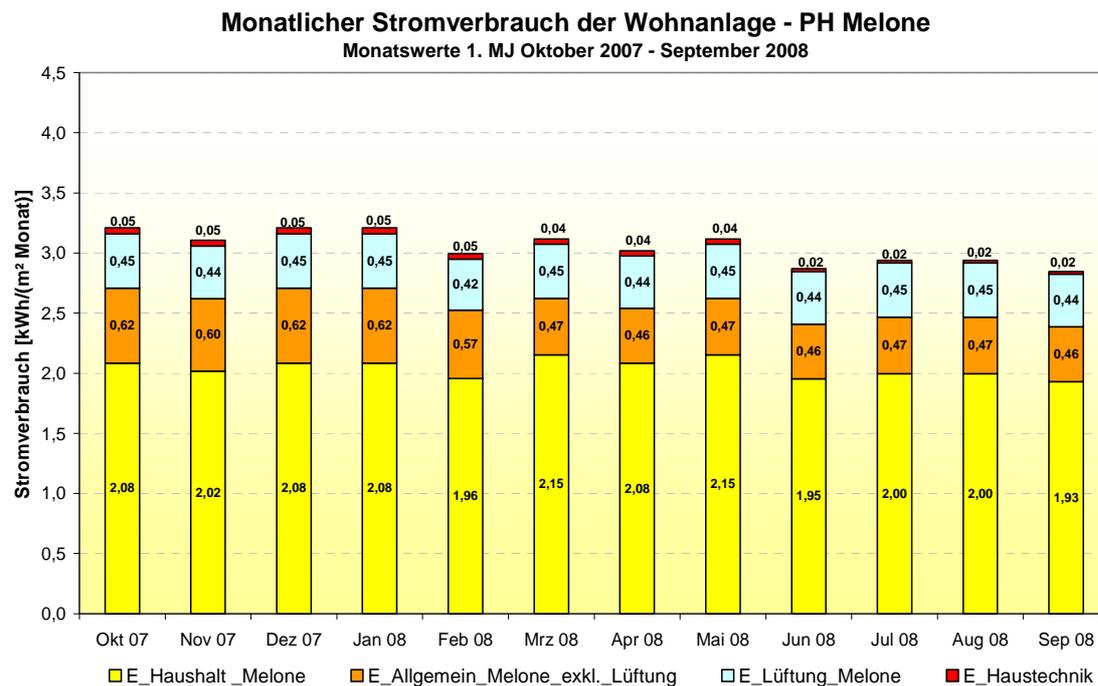


Abbildung 9.27: Monatlicher Stromverbrauch – PH Melone

Bei einer Luftmenge im Schnitt von ca. 1m³/h pro m² BGF ergibt sich ein spezifischer Strombedarf von 0,60 W/(m³/h) und liegt damit genau an der Grenze der OIB Richtlinie. Am Gesamtstrombedarf von ca. 36 kWh/m² BGF hat die Lüftung einen Anteil von 15 %. Der allgemeine Strom für die Beleuchtung des Stiegenhauses und für die Außenbeleuchtung beträgt 17 %.

Würde der geforderte Wert der 60 Qualitätskriterien von 0,45 W/(m³/h) eingehalten, ergäbe sich ein Strombedarf von ca. 4 kWh/m² und der Anteil der Lüftung würde auf 11 % sinken. Beim Zielwert unter 0,40 W/(m³/h) würde der Anteil der Lüftung am Stromverbrauch auf unter 10 % absinken.

Utendorfsgasse: Der Strombedarf beim Objekt Utendorfsgasse für die Lüftung liegt in einem ähnlichen Bereich. Im ersten Betriebsjahr lag dieser höher als im Objekt Melone, da die Anlage auf 100 % Leistung und nicht mit der berechneten Luftmenge lief. Im zweiten Betriebsjahr nach Optimierung der Lüftungsanlage lag sie niedriger als im Haus Melone. Bei der Grafik ist zu beachten, dass hier der Strombedarf von Lüftung und sonstiger Haustechnik nicht getrennt wurde.

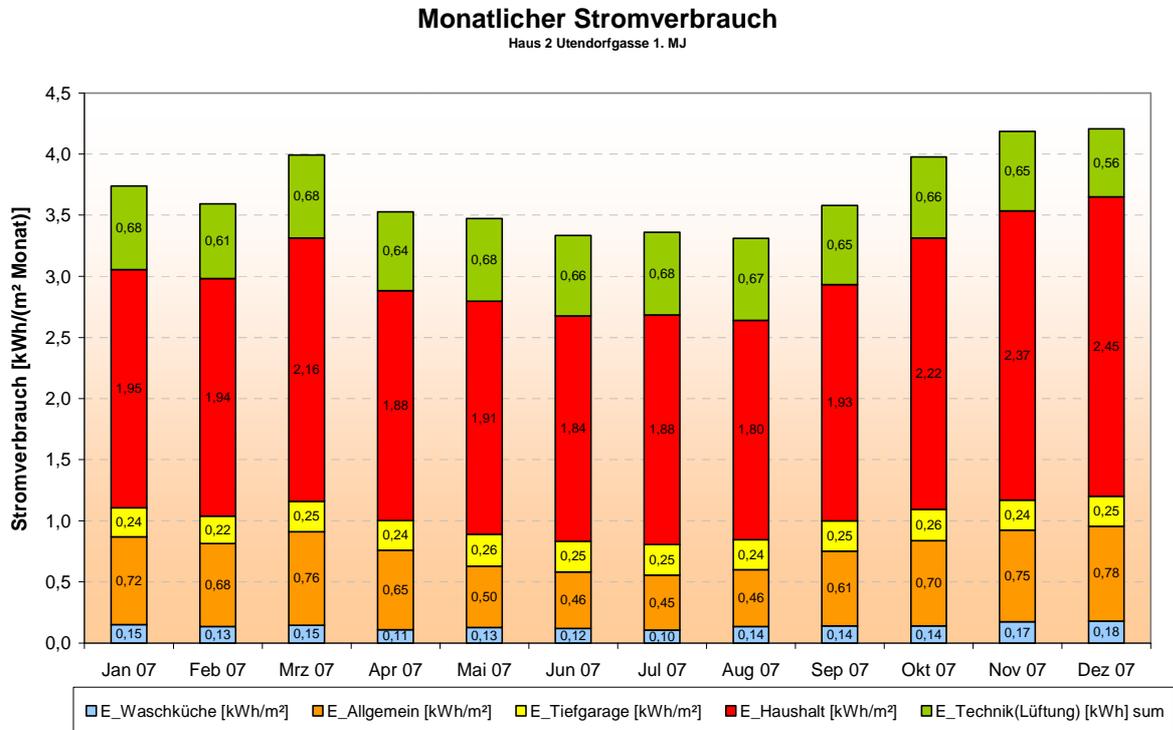


Abbildung 9.28: Monatlicher Stromverbrauch – Utendorfsgasse 1. Messjahr

Im 2. Messjahr kam es im März durch einen Fehler beim elektrischen Vorheizregister zu einem markanten Anstieg des Stromverbrauches. Nach der Beseitigung des Fehlers und der Reduktion der Gesamtluftmenge auf die berechneten Werte (Anlage lief davor auf 100 %) ergab sich eine deutliche Verringerung des Technikstromes. Es zeigt einerseits die Wichtigkeit der korrekten Einstellung eines Vorheizregisters (Anmerkung: el. Vorheizregister sind laut den 60 Qualitätskriterien bei zentralen Lüftungen nicht vorgesehen) und andererseits den Stellenwert einer Fernüberwachung bzw. Monitorings.

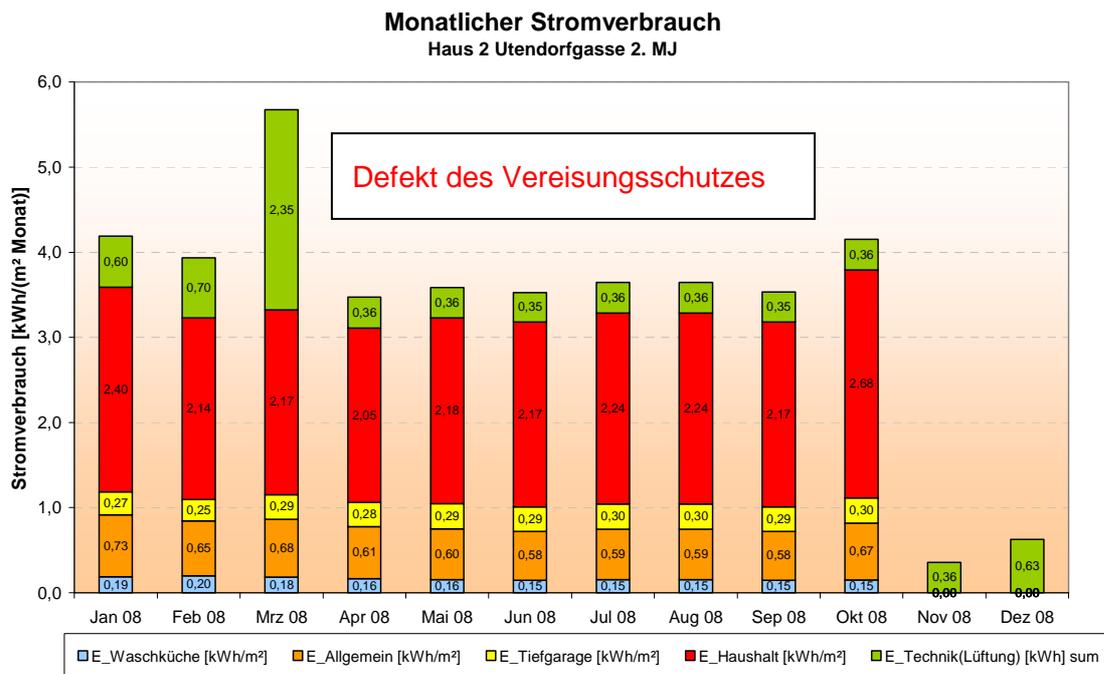


Abbildung 9.29: Monatlicher Stromverbrauch – Utendorfgasse 2. Messjahr

Der Verlauf des Stromverbrauches pro m² BGF für vier einzelne Wohnungen aufgeteilt in Haushaltsstrom, Lüftungsstrom und Allgemiestrom ergab im ersten Messjahr folgendes Bild.

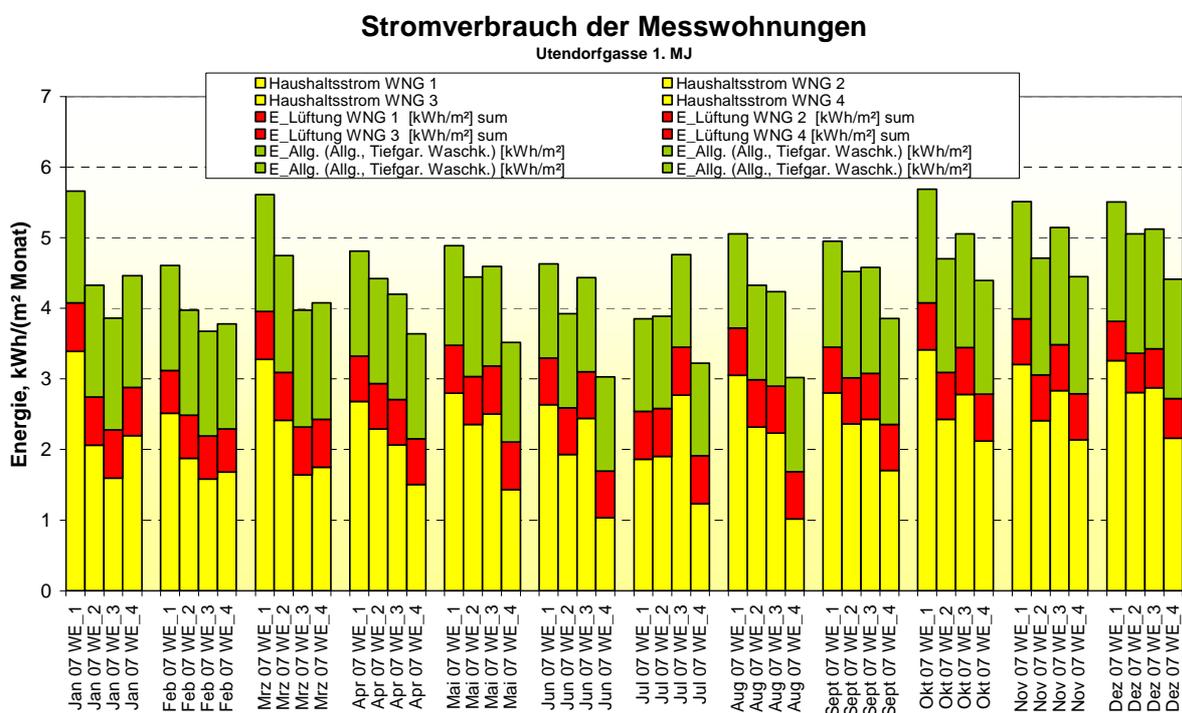


Abbildung 9.30: Monatlicher Stromverbrauch pro Wohnung – Utendorfgasse 1. Messjahr

Die Balken für Technikstrom und Allgemiestrom (Tiefgarage, Waschküche,...) sind für alle Wohneinheiten in den einzelnen Monaten gleich groß, da diese zentral anfallen und anschließend auf die Nutzfläche der Wohnungen hochgerechnet wurden. Große Unterschiede sind im Haushaltsstromverbrauch erkennbar, der auf unterschiedliche Besetzungszahlen der Wohnungen und verschiedene Nutzerverhalten zurückzuführen ist.

Mühlweg: Der Strombedarf für die gesamte Haustechnik inkl. Lüftung im Objekt Mühlweg liegt zwischen 0,34 bis 0,70 kWh/m² und hat sich am Ende des 2. Messjahres bei 0,45 kWh/m² eingependelt.

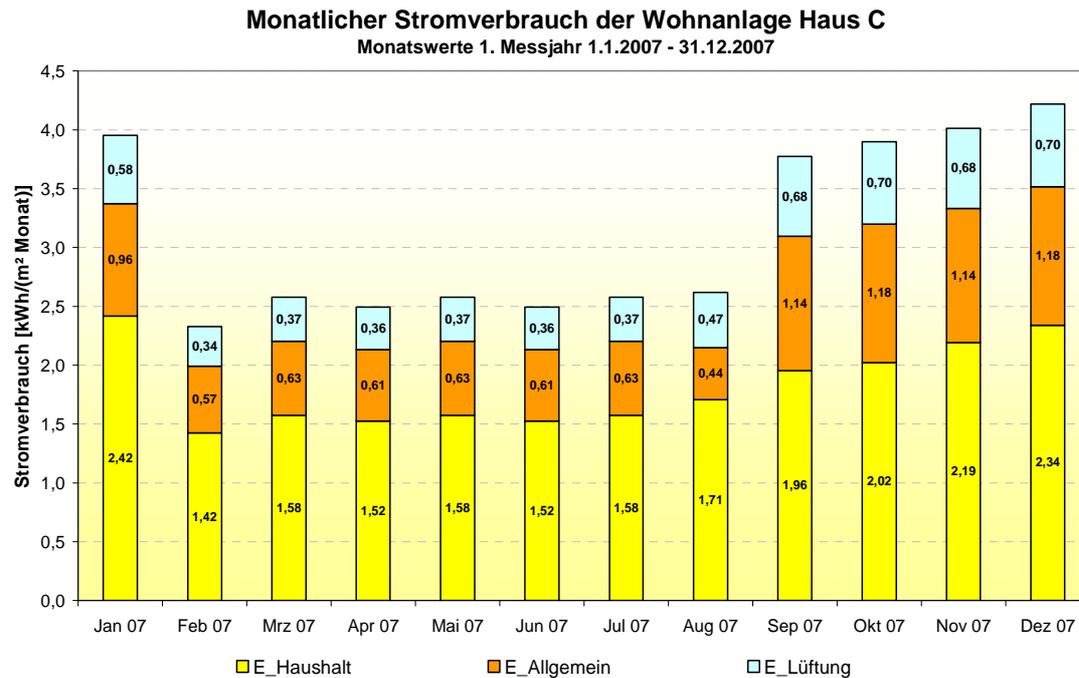


Abbildung 9.31: Monatlicher Stromverbrauch – Mühlweg 1. Messjahr

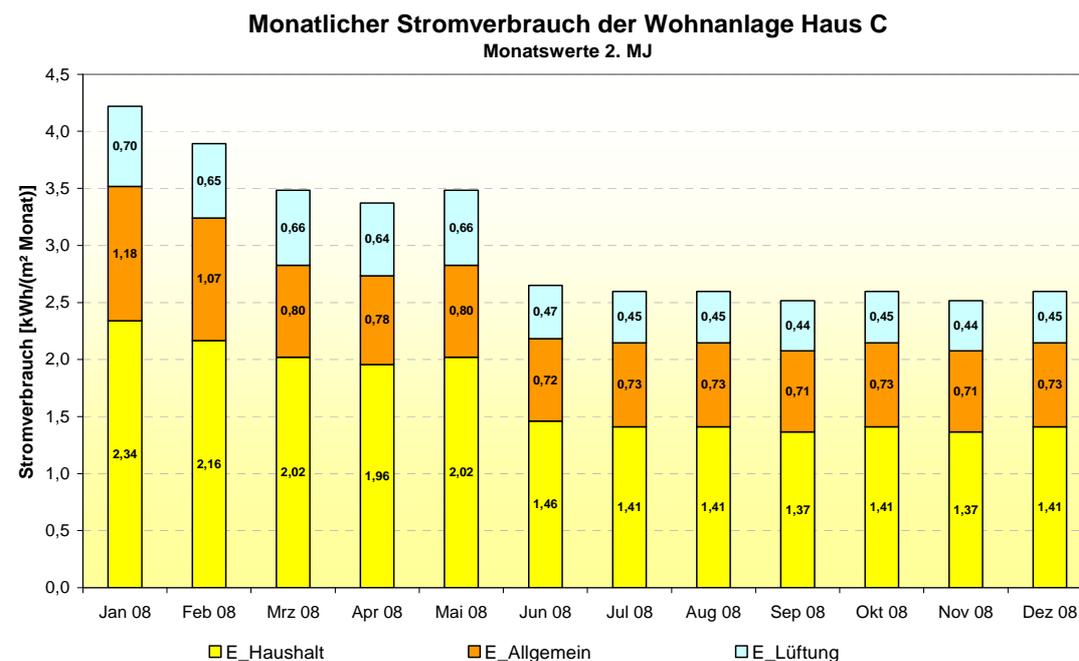


Abbildung 9.32: Monatlicher Stromverbrauch – Mühlweg 2. Messjahr

9.3.4.13 Steuerung und Regelung der Zentraleinheit

Nur zwei der evaluierten Anlagen verfügen über eine Fernwartung, mit der alle wesentlichen Parameter eingesehen bzw. angepasst werden können. Aber viele der Bauträger möchten die nächsten Anlagen mit Fernwartung umsetzen.

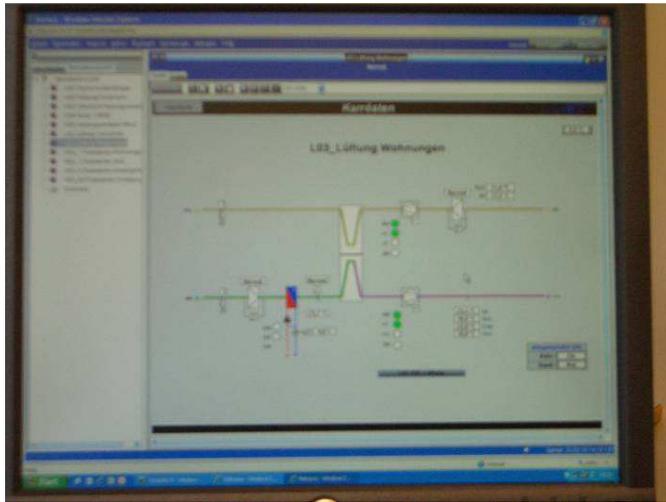


Abbildung 9.33: Fernwartung am PC

Ein Bauträger außerhalb der Evaluierung stellt seinen Mietern die aktuellen Anlagendaten über das Internet zur Verfügung. Bei dieser Anlage mit dezentralen Lüftungsgeräten mit feuchteübertragenden Rotationswärmetauchern sieht man auch, dass das Heizregister bei dieser Wärmetaucherart nur äußerst selten zum Einsatz kommt, obwohl das Klima in St. Johann im Pongau für Österreich ein eher strenges Klima darstellt.

Aktuelle Werte Lüftungsgeräte: (Type: Systemair VR-400 EV/EC)						Aktuelle Werte Wohnung:	
Momentane elektr. Leistungsaufnahme	aktuelle Betriebsstufe		Gesamt-Betriebsstunden	Stromverbrauch			
	Stufe min. od. normal	Stufe max.	Stufe min. od. normal	Nachheizung	Nachheizung		
Top1	27.36 W		17146.6 h	0.1 h	0.2 kWh	Frischlufftemperatur:	3.76 °C
Top2	41.16 W		17158.9 h	0.1 h	0.1 kWh	VOC-Wert Frischluft: (0 = gut, 100 = schlecht)	15.76 %
Top3	218.26 W		17128.8 h	0.0 h	0.0 kWh	Zulufttemperatur Wohnung:	17.04 °C
Top4	60.48 W		17155.2 h	1.8 h	3.2 kWh	Ablufttemperatur Wohnung:	20.24 °C
Top5	45.76 W		17163.2 h	5.7 h	10.2 kWh	Abluffeuchte Wohnung:	46.0 %
Top6	48.75 W		17597.2 h	0.0 h	0.0 kWh	Fortlufttemperatur Wohnung:	10.24 °C
Top7	57.03 W		17179.4 h	0.0 h	0.0 kWh		
Top8	46.69 W		17181.4 h	0.0 h	0.0 kWh		
Top9	33.34 W		16941.5 h	1.6 h	2.9 kWh		
Top10	30.81 W		17125.1 h	2.4 h	4.3 kWh		
Top11	43.92 W		16856.4 h	0.0 h	0.0 kWh		

Abbildung 9.34: Werte der Lüftungsanlage im Internet für die Nutzer

Auch ein menügeführter Abruf aller wesentlichen Anlagenparameter (Luftmenge, Druckverlust, Temperaturen, Feuchtwerte) und die Möglichkeit der Einstellung am Schaltkasten in der Lüftungszentrale sind derzeit eher noch die Ausnahme.



Abbildung 9.35: Anzeige Hauptventilator

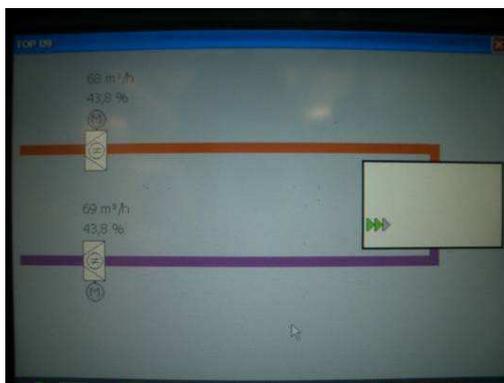


Abbildung 9.36: Anzeige Hauptventilator

Die meisten Anlagen verfügen aber nur über einen einfachen Schaltkasten ohne die Möglichkeit der Speicherung von Anlagendaten.



Abbildung 9.37: Einfacher Schaltkasten für eine Lüftungsanlage

Ohne Anzeige beim Schaltkasten, aber mit der Möglichkeit, alle aktuellen bzw. gespeicherten Anlagenwerte per PC abzurufen, ist die Lösung eines Herstellers von semizentralen Systemen.

Besonderheiten: Bei einer der Anlagen wurde die Luftmenge abhängig von der Außentemperatur reduziert, um bei sehr kalten Außentemperaturen höhere Feuchtwerte in den Wohnungen zu erhalten. Ein Bauträger außerhalb der Evaluierungsgruppe rüstet als Service für seine Kunden seine Anlagen mit einem Luftqualitätssensor aus um zu verhindern, dass bei schlechten Außenluftverhältnissen (insbesondere nachbarschaftliche „Müllheizer“, bzw. landwirtschaftliche Düngung) die Gerüche in die Wohnungen gelangen. Als Fühler werden VOC-Fühler verwendet. Deren Einstellung und der Drift der Fühler bedarf jedoch einiger Aufmerksamkeit.

9.3.4.14 Steuerung und Regelung der dezentralen Anlagenteile

Die dezentrale, d. h. nutzerseitige Steuerung und Bedienung der Anlage für jede Wohnung hat vorwiegend die Aufgabe, die Luftmenge an den Bedarf (anwesend, abwesend, intensiv) anzupassen. Bei Anlagen mit Luftheizfunktion steht die Temperaturregulierung der Wohnung im Vordergrund.

Regelung der Luftmenge pro Wohnung: Drei Anlagen hatten keinerlei Anpassungsmöglichkeiten der Luftmenge für die Nutzer (keine bzw. Konstantvolumenstromregelung des zentralen Lüftungsgerätes). Bei den semizentralen Anlagen erfolgte die Luftmengenregelung, wie beim Einfamilienhaus, durch eine Konstantvolumenstromregelung der dezentralen Ventilatoren. Bei den restlichen zentralen Anlagen erfolgte die Luftmengenregelung für die Wohnung über Konstantvolumenstromregler.

Bei einer Anlage waren zum Zeitpunkt der Messung zu geringe Vordrücke bei den Volumenstromreglern vorhanden (nur ca. 25 Pa), wodurch kein Unterschied zwischen den Lüftungsstufen ausgemacht werden konnte. Der Grund war die zu geringe Dimensionierung des Zentralgerätes. In der Zwischenzeit wurden größere Ventilatoren eingebaut. Der Trend geht von doppelten Konstantvolumenstromreglern zur Erreichung der geforderten Lüftungsstufen hin zu Volumenstromreglern mit 2-stufiger Voreinstellung. Diese weisen insgesamt deutlich geringere Druckverluste auf bzw. benötigen geringere Vordrücke.



Abbildung 9.38: Volumenstromregler mit 2-stufiger Voreinstellung



Die Bedieneinheiten in den Wohnungen sind im Regelfall sehr einfach gehalten und erlauben eine rasche Vorwahl der Lüftungsstufe. Eine erhöhte Lüftungsstufe (Stufe 3) ist nur bei wenigen Anlagen realisiert.

Abbildung 9.39: Kombinierte Bedieneinheit (Raumthermostat + Lüftungsstufe) für eine Luftheizungsanlage

9.3.4.15 Nachheizung

Ohne Luftheizung: Nur eine der Anlagen ohne Luftheizung, jene mit der Frostfreihaltung über die Bypassklappe, verfügte über eine Nachheizung. Diese erfolgte über den Heizungskreis mit solarer Unterstützung. Der Grundsatz zur Minimierung der Luftbehandlungseinheiten im Zentralgerät, d.h. nur Vorwärmung oder nur Nacherwärmung, wurde damit bei allen Anlagen eingehalten.

Mit Luftheizung: Bei den 6 Objekten mit Luftheizung wurde die dezentrale Nacherwärmung einmal mit einer dezentralen Wärmepumpe (Lüftungskompaktgerät) und einmal mit einem wassergeführten Induktionsdurchlass für jeden Zulufttraum ausgeführt. Die anderen vier Anlagen verfügten über ein wohnungsweises Nachheizregister.

9.3.4.16 Kondensatabflüsse

Die Kondensatabflüsse ergaben bei fast der Hälfte der Anlagen Anlass zu Kritik. Häufigstes



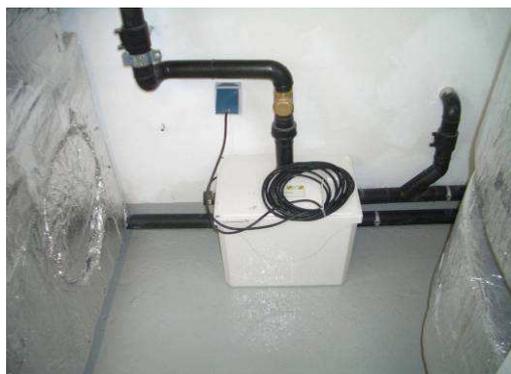
Problem ist eine mögliche Austrocknung des Siphons ohne die Möglichkeit der Nachfüllung bzw. eine zu geringe Höhe des Siphons, sodass kein ausreichender Geruchsverschluss gewährleistet ist, weil der Unter- bzw. Überdruck im Gerät höher ist als die Wassersäule.

Abbildung 9.40: Kondensatablauf ohne Möglichkeit der Nachfüllung (Bodensiphon) und Leckströmung zwischen den beiden Wärmetauscherseiten.



Fehlender Kondensatabfluss. Durch die beiden offenen Anschlussstutzen kommt es ebenfalls zu einer Leckströmung bzw. einer Geruchsübertragung zwischen Zuluft und Fortluft.

Abbildung 9.41: Fehlender Anschluss für Kondensat



Bei Sanierungen ist nicht immer ein tieferliegender Ablauf vorhanden – hier ist dann eine Hebeanlage für das Kondensat notwendig

Abbildung 9.42: Hebeanlage für Kondensat

9.3.4.17 Luftleitungen

Verteilkonzept: Das Verteilkonzept im Gebäude zu den einzelnen Wohnungen ist bis auf eine Ausnahme immer mit Abzweigern umgesetzt worden. Die Ausnahme bildete eine Sanierung mit Sternsystem, da keine größeren Leitungsquerschnitte möglich waren.



Abbildung 9.43: Verteilkonzept Abzweiger



Abbildung 9.44: Sternsystem: ein Strang für jede Wohnung

Innerhalb der Wohnung wurden sowohl Sternsysteme als auch Systeme mit Abzweigern umgesetzt, wobei die Luftleitungen mit Wickelfalzrohren generell mit Abzweigern und die Kunststoffsysteme mit einem zentralen Verteilerkasten in der Wohnung in Sternverrohrung ausgeführt wurden.

Material der Luftleitungen: Häufigstes Material für die Luftleitungen stellten Blechkanäle bzw. verzinkte Wickelfalzrohre dar. Wobei der Trend innerhalb der Wohnungen, d.h. bei kleinen Durchmessern, zu Kunststoffrohren schon deutlich sichtbar ist. Nur bei einem Objekt (das nicht Teil der 14 evaluierten Objekte war) wurden auch in der Hauptleitung unzulässige Luftleitungen aus Aluflexrohren verlegt. Diese Luftleitungen sind einerseits nicht reinigbar, andererseits waren sie zum Teil auch schon stark beschädigt.



Abbildung 9.45 a und b: Ungeeignete und beschädigte Luftleitung aus Aluflexrohr bei einem Objekt außerhalb der Evaluierungsgruppe

Dämmung der Luftleitungen: Die unzureichende Dämmung bzw. Dämmung mit ungeeigneten Dämmstoffen war ein häufigeres Problem.



Beispiel Fortluftleitung im beheizten Bereich: Oben geeignetes geschlossenzelliges Dämmmaterial (z.B. Amaflex, Kaiflex) aber unzureichende Dämmstärke (nur 2 cm), Mittelteil gänzlich ohne Wärmedämmung, unterer Bereich ungeeignetes Dämmmaterial (Alukaschierung ist nie vollkommen unbeschädigt – hier an der Schnittkante überhaupt offen.) Richtig wäre, die Luftleitung mit einer 3 cm diffusinsdichter Dämmung zu versehen und darüber eine 10 cm Lage mit alukaschierter Mineralwolle zu montieren.

Abbildung 9.46: Fortluftleitung mit 3 unterschiedlichen Bereichen unzureichender Dämmung

Luftleitungen am Dach: Die beiden Beispiele zeigen die Luftführung einmal abgesetzt vom Flachdach und einmal direkt auf der Rohdecke in die Außendämmung integriert.



Aufwendige Verkleidung und Dämmung der über dem Dach angebrachten Luftleitungen.

Abbildung 9.47: Luftführung im Kanal oberhalb des Daches



Kostengünstige Einbindung in die Außendämmung. Jedoch aufwändigere Abdichtungsarbeiten.

Abbildung 9.48: Luftleitung in die Außendämmung und die Außenabdichtung integriert.

Empfehlung: Nach Möglichkeit sollten Zu- und Abluftleitung möglichst innerhalb der Hülle und Außenluft- bzw. Fortluftleitungen möglichst außerhalb der Gebäudehülle geführt werden.

Luftleitungen innerhalb der Wohnung: Der Trend zu in die Decke integrierten Luftleitungen für die Verteilung innerhalb der Wohnung ist auch in Österreich sichtbar. In der Schweiz ist diese Art schon seit längerem die häufigste Art der Leitungsführung. Es ist jedoch die Leitungsführung frühzeitig in das statische Konzept zu integrieren, um eine Erhöhung der Deckenstärke zu vermeiden.

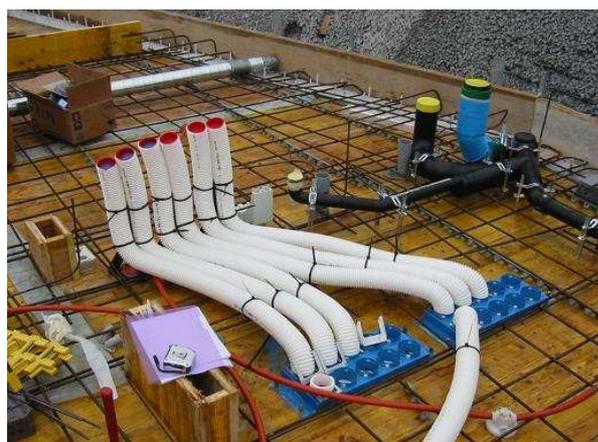


Abbildung 9.49 a bis c: In die Konstruktion eingelegte Luftleitungen verschiedener Hersteller. (Bildquellen: SM-Heag, Nilan, Comfotube)

Auch bei der Sanierung wird vermehrt auf zentrale Verteilerboxen mit Schlauchsystemen zurückgegriffen, da aufgrund der nicht notwendigen Telefoneschalldämpfer sich bei den abgehängten Decken einige Zentimeter Platz einsparen lassen.

Dichtheit der Luftleitungen: Eine spezielle Dichtheitsprüfung der Luftleitungen wurde nur selten und dann nur für Teilbereiche der Luftleitungen durchgeführt. Die Dichtheit der Luftleitungen, insbesondere der Luftleitungen außerhalb der Wohnung, ist aber auch ein wesentlicher Parameter für einen effizienten Betrieb und sollte deutlich höheres Augenmerk geschenkt werden. Zumindest stichprobenhafte Kontrollen sind anzuraten.

Reinheit der Luftleitungen: Die inspizierten Luftleitungen waren durchwegs in sauberem Zustand. Das Alter der Anlagen betrug aber auch nur 1 bis 13 Jahre. Bei keiner der Anlagen wurde bisher eine Reinigung seit der Inbetriebnahme durchgeführt bzw. notwendig.

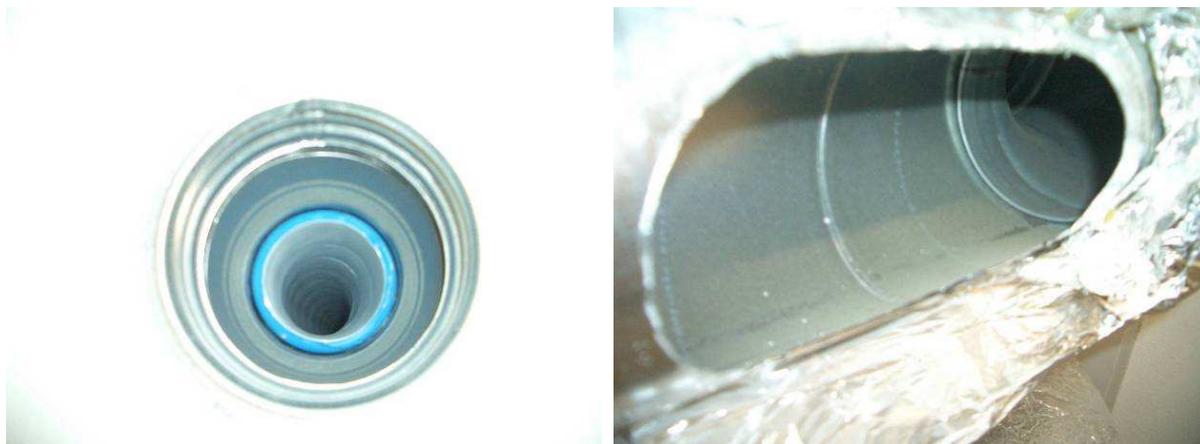


Abbildung 9.50 a und b: Saubere Luftleitungen (Zuluft) auch nach mehrjährigem Betrieb

Die Ausnahme bei der Verschmutzung der Luftleitungen bildete eine schon etwas ältere, insgesamt eher suboptimale Anlage, die aber nicht Teil der 14 evaluierten Anlagen war. Hier waren vor allem die Abluftbereiche beträchtlich verschmutzt.



Abbildung 9.51 a und b: Verschmutzte Abluftleitungen bei einer Anlage außerhalb der Evaluierungsgruppe

Bei dieser Anlage ist zudem durch die häufige Verwendung von Aluflexrohren (Entscheidung für Lüftungsanlage erfolgte erst nach Baubeginn) und eine ungünstige Leitungsführung eine Reinigung nur bedingt möglich.

Schallbelastung durch Luftleitungen: Bei einem Objekt kam es durch einen über 1 m breiten, nicht ausgesteiften Flachkanal zu einer unangenehmer, tieffrequenten Schallbelastung. Über Telefoneschall zwischen den Wohnungen bzw. innerhalb der Wohnungen gab es so gut wie keine Beschwerden (siehe auch Akzeptanzanalyse).

9.3.4.18 Lüftungsprinzip - Lufteinbringung

Als Lüftungsprinzip waren, bis auf eine Ausnahme mit Quelllüftung, alle Anlagen mit Induktionslüftungen ausgeführt.



Abbildung 9.52: Quellluftauslass



Abbildung 9.53: Induktionsauslass

Bei einem Objekt mit Luftheizung wurde die Nachheizung raumweise über ein Wassersystem mit Luftheizkonvektoren durchgeführt.



Abbildung 9.54 a u. b: Induktionskasten für Wohnzimmer-Küchenverband und danebenliegendes Abluftventil im Küchenbereich

Mit diesem System kann auch bei einer Luftheizung eine individuelle Wahl der Raumtemperatur ermöglicht werden, jedoch erscheint es weder schöner, noch funktioneller und kostengünstiger als ein wassergeführter Heizkörper pro Raum.

Bei Gebäuden in Passivhausqualität besteht die Möglichkeit, Radiatoren beliebig zu situieren. Die folgende Platzierung von Luftdurchlass und Heizkörper über den Türbereich vermeidet Kollisionen mit Inneneinrichtungen und ist aufgrund der kurzen Installationsleitungen von Lüftung und Heizung eine kostengünstige Lösung.



Die Konvektionsrichtung des Heizkörpers ist im Gegensatz zu konventioneller Anordnung von Heizkörpern im Parapetbereich gleichläufig mit der Strömungsrichtung der Zuluft. Die Optik ist aber ebenso wie bei der vorigen Konvektorlösung nicht jedermanns Sache.

Abbildung 9.55: Heizkörper und Zuluftdurchlass über der Tür

9.3.4.19 Überströmöffnungen

Die typische Lösung im Überströmbereich stellen Schleiftüren dar, wobei nicht immer ein ausreichender Spalt gegeben war. Sei es von vornherein oder durch nachträgliche Veränderungen durch die Mieter (Teppiche, etc.).



Abbildung 9.56: Schleiftür



Abbildung 9.57: Überströmgitter in der Tür



Abbildung 9.58: Ausnehmung bei einer Tür mit Anschlag (Sanierung)



Abbildung 9.59: Überströmung über der Tür

Eine kostengünstige Lösung für eine Anschlagtür in der Sanierung stellte die nachträglich eingefräste Überströmöffnung dar.

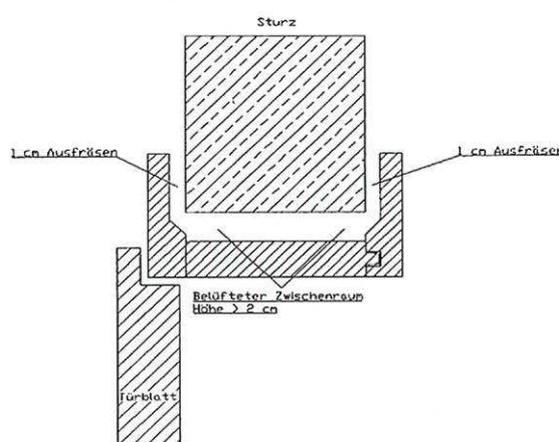


Abbildung 9.60: Überströmung über die Türzarge (Quelle: unbekannt)

Die eleganteste Art der Überströmung über die Türzarge wurde bei keinem Objekt angetroffen. Diese beim Einfamilienhaus häufig umgesetzte Lösung scheitert beim MFH, weil keine günstige Standardtür über diese Funktion verfügt. Zur Reinigung sollte ein Zargenteil leicht abnehmbar sein.

9.3.4.20 Abluftdurchlässe

Häufigster Kritikpunkt bei den Abluftdurchlässen war deren Anbringung direkt über der Dusche bzw. direkt über dem Kochfeld. Dies ist nicht optimal, da zu viel gesättigte Luft direkt angesaugt wird (Tropfenbildung am Ventil). Besser wäre es, die Abluftventile etwas abseits anzubringen.

Mangelhafte Fixierung: Die Anbindung der Luftdurchlässe an die Luftleitungen bzw. an die Trockenbauschale wird oftmals unbefriedigend gelöst. Da zur Anbindung an die Abluftteller-ventile hauptsächlich Aluflexrohre verwendet werden, ist eine dichte Verbindung nicht gewährleistet. Folge ist, dass ein Teil der Luft aus der Zwischendecke abgesaugt wird. In Abbildung 9.61 ist ein weiterer Mangel zu erkennen. Das Ventil findet mit Trockenbauschrauben keinen ausreichenden Halt und hat sich beim Reinigen gelöst.

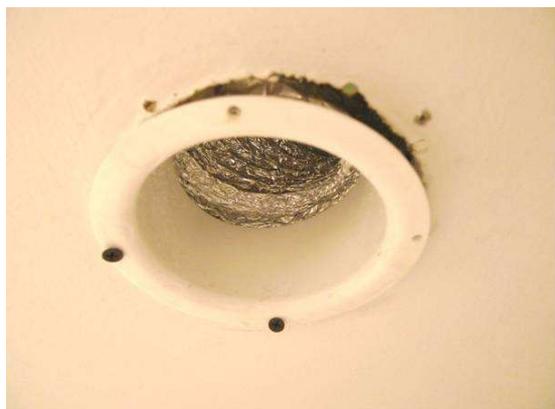


Abbildung 9.61: Abluftteller-ventil mit ungeeigneter Einbausituation

Mangelhafte Ungeeignete Abluftfilterung: Teilweise wurden bereits beim Ventil Abluftfilter eingebaut, um Ablagerungen von Staub und insbesondere auch fetthaltige Luft vorzubeugen. Bei der Evaluierung wurde eine Anlage untersucht, bei der am Abluftventil in der Küche ein unzureichendes Textilfilterfließ in der Größe des Abluftquerschnittes (DM 100mm) eingesetzt war. Dieser Filterquerschnitt verursachte enorme Druckverluste und war jeweils in kürzester Zeit verschmutzt und unwirksam.



Abbildung 9.62: Ungeeignete Küchenabluftfilterung mit Textilfließ

Empfehlung: Auch wenn die Verwendung von Aluflexrohren in der H 6038:2006 für Längen bis zu 0,5 m erlaubt ist, sollte deren Verwendung in der Ausschreibung ausgeschlossen werden. Wenn eine Filterung beim Abluftventil gewünscht ist, sind spezielle Abluftventile mit metallischem Fettfilter zu verwenden und die Nutzer entsprechend zu schulen. In den 60 Qualitätskriterien wurde darauf verzichtet, Abluftventile mit Filterung zu empfehlen.

9.3.4.21 Bereich – Übergabe, Reinhaltung und Instandsetzung

Qualitätskriterium 55 (M)	Anforderung
Nachweis der vollständigen Gebrauchsfähigkeit der Gesamtanlage	Inbetriebnahmeprotokoll bzw. Prüfungen nach ÖNORM EN 12599
Qualitätskriterium 56 (M)	Anforderung
Nachweisliche Sicherstellung der geplanten bzw. an die Personenbelegung angepassten Luftmengen	a) Nachvollziehbares Einregulierungsprotokoll für die einzelnen Wohnungen und Räume bzw. Kontrolle der Luftmengen bei bedarfsgeregelten Luftmengen bzw. Konstantvolumenstromregelungen
	b) Abweichung von Zu- und Abluftvolumenstrom der gesamten Wohnung maximal 10 %. Zielwert: 5 %
	c) Abweichung der geplanten Luftmengen pro Raum maximal 10 %. Zielwert: 5 %

Erfahrungen aus der Evaluierung: Die Anpassung der Luftmenge an die tatsächliche Personenbelegung passiert meist nicht, da dies teilweise technisch gar nicht vorgesehen ist bzw. oft gar nicht bekannt ist, wie viele Personen die Wohnung nutzen. Insbesondere Änderungen bei der Belegung werden aufgrund des Aufwandes (z. B. neuer Konstantvolumenstromregler für die Wohnung) nachträglich nicht korrigiert. Diese Nichtanpassung ist auch der Hintergrund für zu geringe Luftqualität und zusätzliche Fensterlüftung bei höherer Belegung als geplant und zu geringer Luftfeuchtigkeit an sehr kalten Tagen bei zu geringer Belegung. Bei einer Anlage mit manuellem Abgleich des Zu- und Abluftvolumenstromes der Wohnung wurden die geforderten Werte bei weitem nicht eingehalten. Die Disbalance zwischen Zuluft und Abluft betrug fast 50 m³/h. Die fast 50m³/h mehr an Abluft führten auch zu einer Geruchsübertragung zwischen den Wohnungen und Beschwerden durch die Bewohner. Die Einregulierung der Luftmengen für die einzelnen Räume lässt generell zu wünschen übrig bzw. muss teilweise bezweifelt werden, dass diese gemacht wurde, oder die Einstellungen wurden von den Nutzern bewusst oder unbewusst verstellt.

Empfehlungen: Nur bei Lösungen mit einer Verstellung der Gesamtluftmenge der Wohnung mittels Fernwartung ist eine einfache Anpassung an die Wohnungsbelegung für den Bauträger möglich. Letztendlich lässt sich der Bereich Anpassung der Gesamtluftmenge an den Bedarf (abwesend, anwesend, intensiv) nur über eine Summen-Luftqualitätsmessung (in der Abluft) zufriedenstellend lösen. Die diesbezüglichen Lösungen sind aber noch im Anfangsstadium und müssen ihre Praxistauglichkeit erst unter Beweis stellen. Eine optimale Anpassung der Gesamtluftmenge an den Bedarf brächte aber große Vorteile bei der Stromeffizienz und beim Thema Luftfeuchtigkeit. Eine nachvollziehbare Einregulierung der einzelnen Räume sowie Ventile, die fixiert werden können und deren Einstellung am Ventil vermerkt ist, sind ebenfalls schon in der Ausschreibung einzufordern.

Qualitätskriterium 57 (M)	Anforderung
Übergabe der Anlage, der Betriebs- und Instandhaltungsanleitung, des Inbetriebnahmeprotokolls sowie der gesamten Anlagendokumentation und der Betriebskostenkalkulation an den Auftraggeber	Unbedingt notwendig – nachvollziehbare Übergabe

Erfahrungen aus der Evaluierung: Die ausreichende Dokumentation und die Übergabe der Dokumentation an den Auftraggeber ist teilweise immer noch mangelhaft.

Empfehlungen: Endabrechnung nur nach Erfüllung dieses Punktes

Qualitätskriterium 58 (M)	Anforderung
Einweisung jedes (neuen) Mieters in die Funktion und Bedienung der Anlage sowie Übergabe einer Kopie der Bedienungsanleitung und eines einfachen Infoblattes	Unbedingt notwendig – nachvollziehbare Dokumentation der Einweisung und Übergabe der Bedienungsanleitung und des Infoblattes

Erfahrungen aus der Evaluierung: Beim Erstbezug erfolgt eine meist ausreichende Einweisung und Einschulung der Mieter. Bei späteren Mieterwechseln kommt dieser Punkt jedoch öfter zu kurz.

Empfehlungen: Sicherstellung, dass auch Nachmieter eine ausreichende Einschulung bekommen.

Qualitätskriterium 59 (M)	Anforderung
Gesicherter, hygienischer und energiesparender Betrieb und professionelle Instandhaltung der Anlage	a) Ausführung, Reinhaltung und Reinigung nach ÖNORM H 6021 bzw. VDI 6022
	b) Betrieb und Instandhaltung der Lüftungsanlage soll anhand der VDI 3801 mit einem Pflichtenheft durchgeführt werden.
	c) Kontinuierliche Aufzeichnung der durchgeführten Arbeiten und Kosten
	d) Überwachung des Energieverbrauches durch Energiebuchhaltung oder eine andere Form der Aufzeichnung
	e) Regelmäßige Überprüfung des energiesparenden Betriebes gemäß ÖNORM EN 15239 bzw. ÖNORM EN 15240
	f) Empfehlung: Fernüberwachung der Anlage

Erfahrungen aus der Evaluierung: Die Hauswarte bzw. Betreuer der Anlagen haben meist keine Hygieneschulung bekommen. Sie können daher den Zustand der Lüftungsanlage auch nicht beurteilen. Die Kosten für den Betrieb und die Instandhaltung der Lüftungsanlage werden meist nicht getrennt erfasst, sodass Aussagen über die tatsächlichen Kosten der Lüftungsanlage erst nach längeren Recherchen möglich sind. Ein Subzähler für den Strombedarf der Lüftungsanlage ist im Normalfall ebenfalls nicht vorhanden. Eine Überprüfung des energiesparenden Betriebes der Lüftungsanlage wie er gemäß EN 15239 bzw. ÖNORM EN 15240 gefordert wird hatte keine der Anlagen. Teilweise hatten sie aber auch noch nicht das entsprechende Alter für die Überprüfung.

Empfehlungen: Eine Hygieneschulung für den Hauswart bzw. Betreuer der Anlage ist schon aus rechtlichen Gründen zu empfehlen. Auch wenn die Betriebskosten auf die Nutzer überwält werden können sollte ein energieeffizienter Betrieb regelmäßig kontrolliert werden. Über lange Sicht ist eine Fernüberwachung auch aus wirtschaftlichen Aspekten überlegenswert.

Qualitätskriterium 60 (M)	Anforderung
Optimierung der Lebenszykluskosten	Berechnung und Optimierung der Lebenszykluskosten mit einem anerkannten Berechnungsprogramm. Optimierungsparameter: - Anlagenqualität (Wärmetauscher, Ventilator,..) - Externer Druckverlust - Filterwechselintervalle

Erfahrungen aus der Evaluierung: Eine wirkliche Optimierung der Lebenszykluskosten mit den Optimierungsparametern Anlagenqualität, externer Druckverlust und Filterwechselintervalle gab es für keine der Anlagen. Da hier auch noch standardisierte Optimierungstools fehlen, kann man den PlanerInnen aber keinen wirklichen Vorwurf machen.

Empfehlungen: Teilbereiche der Optimierung, z. B. die Anlagenqualität lässt sich über Herstellerprogramme abbilden. Für die restlichen Bereiche sollte entweder auf die Empfehlung der 60 Qualitätskriterien zurückgegriffen werden bzw. die Lebenszykluskosten dezidiert berechnet werden.

10 Planungsleitfaden – zentrale bzw. semizentrale Wohnraumlüftung MFH

Dieser Planungsleitfaden für Wohnungslüftungen im Mehrfamilienhaus soll eine Grundlage für die gemeinsame Zieldefinition von PlanerIn, Bauträger und ArchitektIn bieten. Gemeinsam mit den „60 Qualitätskriterien für Komfortlüftungen – Mehrfamilienhaus (MFH)“ kann auf dieser Basis eine funktionale Ausschreibung gestaltet werden, die die Qualität in einem engen Rahmen definiert und bis hin zur Abnahme der Anlage die Qualitätsbeurteilung erleichtert.

Die 60 Qualitätskriterien sowie der Planungsleitfaden stehen jeweils als eigenes Dokument unter www.komfortlueftung.at im Bereich „Mehrfamilienhaus“ zum Download zur Verfügung.

Unter „Mehrfamilienhäuser“ werden hier Gebäude verstanden, die mehr als eine Wohneinheit beinhalten. Darunter sind sowohl kleinvolumige Wohnhausanlagen als auch großvolumige Geschosswohnbauten zu verstehen.

In den Leitfaden werden alle marktüblichen Systemlösungen für die Realisierung einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung in Mehrfamilienhäusern einbezogen.

Zielgruppen

Zielgruppe dieses Planungsleitfadens sind primär Haustechnik-FachplanerInnen, aber auch ArchitektInnen und Bauträger, die mit entsprechenden Vorgaben und Gebäude-Rahmenbedingungen die Realisierung maßgeblich unterstützen können.

Normen

Die ÖNORM H 6038:2006 beschreibt die Grundanforderungen an Komponenten einer kontrollierten mechanischen Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung für Wohnungen. Als Ergänzung für die Anforderungen an gebäudezentrale Anlagen kann die ÖNORM EN 13779:2008 (Lüftung von Nichtwohngebäuden) als ergänzende Richtlinie herangezogen werden. Obwohl diese Norm eigentlich für Nichtwohngebäude Gültigkeit hat, lassen sich einige Bereiche auch sehr gut für den Wohnbau ableiten. Im Abschnitt C dieser Norm befinden sich beispielsweise Checklisten für die Auslegung und Nutzung von Anlagen mit niedrigem Energieverbrauch.

Integrale Planung

Allgemeine Ansätze, wie die integrale Einbindung des Lüftungskonzeptes in die Gesamtplanung, werden vorausgesetzt und nicht eigenes ausgeführt. Insbesondere beim Gewerk „Lüftung“ ist die Einbeziehung der Anforderungen hinsichtlich Platzbedarf, Zonierung und Luftdichtheit, Brandschutz, usw. in die frühe Planungsphase entscheidend für niedrige Investitionskosten, einen effizienten Betrieb und zufriedene NutzerInnen.

Struktur

Der Planungsleitfaden ist in drei Bereiche unterteilt:

1. Qualitätsleitfaden
2. Checkliste der Planungsvorgaben
3. 60 Qualitätskriterien

10.1 Qualitätsleitfaden

Dieser Qualitätsleitfaden soll eine Hilfestellung bei der Anlagenkonfiguration im frühen Planungsstadium bieten. Dazu wurden die wichtigsten Ansprüche für Nutzung und Betrieb der Anlage in 13 Planungsparametern (Kategorien) zusammengefasst. Sie sollen die Entscheidungsfindung und Vorgaben für die Ausschreibung erleichtern.

1. Luftqualität (LQ)

Luftqualitätsklassen, Beeinflussung

2. Luftfeuchte (LF)

Maßnahmen zur Anhebung der Raumluftfeuchte im Winter

3. Akustik (AK)

Schallschutzanforderungen

4. Thermischer Komfort (TK)

Zulufttemperaturen und Lufteinbringung

5. Nutzersteuerung (NS)

Art der Luftmengensteuerung und -regelung

6. Hygiene (HY)

Hygieneanforderungen, Filterklassen und Leckagen

7. Frostschutz (FS)

Frostschutzstrategien

8. Energieeffizienz (EE)

Elektrische und thermische Effizienz

9. Betriebssicherheit (BS)

Kombination mit Dunsthauben und Öfen, Brandschutz, Ausfallsicherheit

10. Wartungs- und Betriebskosten (WB)

Anforderungen an Wartungs- und Betriebskosten

11. Integration und Optik (IO)

Unterschiedliche Arten der Integration im Bauwerk

12. Zusatzfunktion (ZF)

Zusatzfunktion: Warmwasserbereitung / Raumheizung / Nachtlüftung / Klimatisierung

13. Anlagensystem (AS)

zentral / semi-zentral / dezentral / semi-dezentral / raumkombiniert / raumweise

Die Standards der Planungsparameter sind in 3-4 Klassen abgestuft. Bei Angabe von Voraussetzungen oder Kriterien zur Erreichung der Standards ohne konkrete Maßnahmen- oder Technologievorschlage werden 3 Klassen unterschieden. Dies betrifft die Parameter „Luftqualitat“, „Akustik“, „Thermischer Komfort“, „Hygiene“, „Energieeffizienz“, „Betriebssicherheit“, „Wartungs- und Betriebskosten“ und „Integration und Optik“.

<i>PLANUNGSPARAMETER</i>		
<i>Klasse</i>	<i>Standard</i>	<i>Voraussetzungen / Kriterien</i>
1	hohe Anforderungen	entspricht den Anforderungen der 60 Muss- und Soll-Qualitätskriterien (M,S) mit deren Zielwerten
2	mittlere Anforderungen	Anforderungen der Muss-Qualitätskriterien (M) mit deren Standardwerten
3	geringe Anforderungen	entspricht den Mindestanforderungen gemäß Normen

Für die Parameter „Luftfeuchte“, „Nutzersteuerung“ und „Frostschutz“ sind 4 Varianten mit konkreten Technologievorschlügen wählbar:

<i>PLANUNGSPARAMETER</i>		
<i>Klasse</i>	<i>Strategie</i>	<i>Maßnahmen / Technologien</i>
1	sehr empfehlenswert	1. Wahl
2	empfehlenswert	2. Wahl
3	unter bestimmten Voraussetzungen einsetzbar	3. Wahl
4	eingeschränkt einsetzbar	4. Wahl

Bei den Planungsparametern „Zusatzfunktion“ und „Anlagensystem“ kann keine qualitative Klassifizierung erfolgen. Die Reihung erfolgte systematisch und ohne farbliche Kennzeichnung.

Mit Hilfe dieses Qualitätsleitfadens kann in Kommunikation mit ArchitektInnen und Bauträgern eine kompakte Zielvereinbarung getroffen werden. Anhand der Planungsentscheidungen können dann die entsprechenden Qualitätskriterien ausgewählt und für die (funktionale) Ausschreibung adaptiert werden. Im Anschluss an den Qualitätsleitfaden findet sich ein Dokument, das die qualitativen Vereinbarungen und systemtechnischen Entscheidungen zwischen PlanerIn, Bauträger und ArchitektIn übersichtlich festhält.

Der Qualitätsleitfaden ist in einem eigenen Dokument ausgelagert, da dieser Bereich laufend aktuell gehalten wird. Sie finden die jeweils aktuelle Version auf www.komfortlüftung.at im Bereich MFH bzw. im Proficenter MFH.

10.2 60 Qualitätskriterien für Komfortlüftungen im MFH

Die folgenden 60 Qualitätskriterien gelten für zentrale, semi-zentrale, semi-dezentrale und dezentrale, wohnungsweise und raumweise Anlagen in Mehrfamilienwohnhäusern (MFH). Raumweise Geräte werden in diesen Qualitätskriterien nicht behandelt. Für Einfamilien- bzw. Reihenhäuser gibt es einen eigenen Kriterienkatalog mit 55 Qualitätskriterien.

Nicht gekennzeichnete Qualitätskriterien gelten gleichermaßen für alle drei Anlagentypen, d.h. für zentrale, semizentrale und dezentrale Anlagen. Die mit dezentral oder zentral gekennzeichneten Kriterien gelten jeweils nur für die entsprechende Anlagentypen. Bei einer semizentralen Anlage gelten die Qualitätskriterien jeweils entsprechend für die zentralen bzw. dezentralen Anlagenbereiche.

Die Qualitätskriterien gliedern sich in folgende 8 Hauptkategorien:

1. Gebäudevoraussetzungen - Grundsatzentscheidungen
2. Luftmengen dimensionierung
3. Behaglichkeitskriterien
4. Gewerkeabstimmung und Dokumentation
5. Ansaugung, Erdreichwärmetauscher, Fortluft (Außenbereiche)
6. Lüftungsgerät inkl. Wärmetauscher und Filter
7. Verteilnetz (Luftleitungen)
8. Übergabe, Reinigung und Instandhaltung

Weiters sind die Kriterien unterteilt in:

(V) = Voraussetzung, (M) = Muss und (E) = Empfehlung

Die 60 Qualitätskriterien mit bzw. ohne Erläuterungen sind in einem eigenen Dokument ausgelagert, da dieser Bereich laufend aktuell gehalten wird. Sie finden die jeweils aktuelle Version auf www.komfortlüftung.at im Bereich MFH bzw. im Proficenter MFH.

10.3 Ausschreibungskriterien – zentrale bzw. semizentrale Wohnraumlüftung MFH

Die folgenden 16 Ausschreibungskriterien gelten für zentrale, semi-zentrale und dezentrale, wohnungsweise Anlagen in Mehrfamilienwohnhäusern (MFH). Raumweise Geräte werden in diesen Qualitätskriterien nicht behandelt. Nicht gekennzeichnete Qualitätskriterien gelten gleichermaßen für alle vier Anlagentypen, d.h. für zentrale, semi-zentrale, semi-dezentrale und dezentrale Anlagen. Die mit dezentral oder zentral gekennzeichneten Kriterien gelten jeweils nur für die entsprechende Anlagentypen. Bei einer semizentralen Anlage gelten die Qualitätskriterien jeweils entsprechend für die zentralen bzw. dezentralen Anlagenbereiche.

Mit der folgenden Ausschreibungshilfe kann der Bauträger sicherstellen, dass die wesentlichen Merkmale einer Komfortlüftung für den/die PlanerIn vorgegeben sind, und er eine qualitativ hochwertige Lüftungsanlage mit definierten Anforderungen erhält. Streit über die Qualitätsmerkmale und die Leistungsfähigkeit der Lüftungsanlage sollten damit vermieden werden. Grundsätzlich könnten natürlich alle für die Anlage relevanten 60 Qualitätskriterien des Planungsleitfadens als Gesamtheit integraler Bestandteil der Ausschreibung gemacht werden. Da diese Qualitätskriterien aber sehr ins Detail gehen und für eine Ausschreibung nicht sehr praktikabel sind, wurden die folgenden, reduzierten Ausschreibungskriterien geschaffen.

Für die Ausschreibung bzw. Auftragsvergabe ist die konkrete Definition der folgenden Anforderungen besonders essenziell, da die Normen teils unterschiedlich sind, bzw. die Anforderungen nur als Bandbreite enthalten sind, aber keine eindeutige Vorgabe machen oder die Vorgaben zu milde oder ungenau sind.

1. Luftmengen - Luftqualität (QK1 – QK4)
2. Maximale Schallbelastung (QK5)
3. Energieeffizienz
 - a. Anpassung der Luftmenge an den Bedarf (QK 32)
 - b. Gerätegröße und Regelungskonzept (QK 18)
 - c. Wärmerückgewinnungsgrad (QK 23)
 - d. Strombedarf der Gesamtanlage (QK 24)
 - e. Art bzw. Strombedarf des Frostschatzes (QK 34)
 - f. Dichtheit der Luftleitungen (QK 40)
 - g. Dämmung der Luftleitungen (QK 44 und QK 45)
4. Schutz vor sommerlicher Überwärmung (QK 33)
5. Vorgaben für andere Gewerke (QK 11)
 - e. Berechnung der Lebenszykluskosten (QK 60)

Es ist bei den einzelnen Kriterien auch festzulegen, ob die Standardwerte oder Zielwerte gefordert werden. Eine Möglichkeit besteht auch darin, sich die Zielwerte jeweils als Variante anbieten zu lassen.

Die 16 Ausschreibungskriterien MFH sind in einem eigenen Dokument ausgelagert, da dieser Bereich laufend aktuell gehalten wird. Sie finden die aktuelle Version auf www.komfortlüftung.at im Bereich MFH bzw. im Proficenter MFH.

11 Primärenergetische Betrachtungen

Eine primärenergetische Betrachtung einer Lüftungsanlage im Wohnbereich kann man auf die Frage reduzieren, ob der zusätzliche primärenergetische Aufwand an Strom für den Betrieb der Lüftungsanlage durch die primärenergetische Einsparung an Wärmeenergie wettgemacht wird oder nicht. Dabei es ist von entscheidender Bedeutung, mit welchem Energieträger das Haus beheizt wird. Würde das Objekt zu 100 % mit einer thermischen Solaranlage beheizt (d.h. ohne Einsatz von nicht erneuerbarer Primärenergie), so würde beim Einsatz von konventionellem Strom (Primärenergiefaktor 2,7) die Primärenergiebilanz immer negativ ausgehen, da ja keine Einsparung an Primärenergie gegeben wäre. Bei einer Holzheizung wäre vor allem wesentlich, ob bei der Bilanz die gesamte Primärenergie (Faktor 1,2) oder nur der nicht erneuerbare Anteil (0,2) angesetzt wird. Bei Öl und Gas ist die Bilanz eindeutiger, da es für diese beiden fossilen Energieträger nur einen Primärenergiefaktor (1,1) gibt und nicht zwischen erneuerbarem und nicht erneuerbarem Primärenergiefaktor unterschieden werden muss. Bei Gebäuden, die mit Wärmepumpen beheizt werden, hängt die Bilanz von der Jahresarbeitszahl für die Heizung ohne Warmwasserbereitung ab.

Im Falle einer Öl- bzw. Gasheizung lässt sich die Frage, ab wann eine Lüftungsanlage primärenergetisch von Vorteil ist, vereinfacht folgendermaßen formulieren: Pro aufgewendeter kWh Strom für die Lüftungsanlage müssen zumindest 2,45 kWh (2,7/1,1) an Wärmeenergie eingespart werden, damit sich eine positive Primärenergiebilanz ergibt.

Berechnung für Situation in der Heizperiode pro m³/h ausgetauschter Luft:

- Stromaufwand pro m³/h ausgetauschter Luft: ca. 0,45 W/(m³/h). Bei 240 Heiztagen macht dies ca. 2,6 kWh pro m³/h transportierter Luft und Heizperiode aus.
- Die eingesparte Wärmemenge des Lüftungsgerätes pro m³/h ausgetauschter Luft und Heizperiode hängt von der Wärmerückgewinnung bzw. von der Wärmerückgewinnung des Lüftungsgerätes und dem Außenklima ab. Daraus kann man das elektrische Wirkungsverhältnis entsprechend einer „Arbeitszahl“ bei Wärmepumpen errechnen (mit bzw. ohne Verluste der Heizung).

Tabelle 11.1: Eingesparte Wärmemenge und elektrisches Wirkungsverhältnis der Lüftungsanlage (ohne Nutzungsgrad der Heizung)

Wärmebereitstellungsgrad	HGT	Lüftungsverluste pro m ³ /h	Einsparung* pro m ³ /h	Strombedarf HP pro m ³ /h	Wirkungsverhältnis Wärme/Strom
Fensterlüftung	3.400	26,93	0,00	0,00	0,00
0,60	3.400	10,77	16,16	2,60	6,21
0,70	3.400	8,08	18,85	2,60	7,25
0,80	3.400	5,39	21,54	2,60	8,29
0,90	3.400	2,69	24,24	2,60	9,32

*ohne Jahresnutzungsgrad der Heizung

Mit Einrechnung von 80 % Jahresnutzungsgrad des Heizungssystems

Tabelle 11.2: Eingesparte Wärmemenge und die „Jahresarbeitszahl“ der Lüftungsanlage (mit Nutzungsgrad der Heizung)

Wärmebereitstellungsgrad	HGT	Lüftungsverluste pro m ³ /h	Einsparung* pro m ³ /h	Strombedarf HP pro m ³ /h	Wirkungsverhältnis Wärme/Strom
Fensterlüftung	3.400	26,93	0,00	0,00	0,00
0,60	3.400	10,77	20,20	2,60	7,77
0,70	3.400	8,08	23,56	2,60	9,06
0,80	3.400	5,39	26,93	2,60	10,36
0,90	3.400	2,69	30,29	2,60	11,65

*inkl. 80 % Jahresnutzungsgrad der Heizung

D.h. die Primärenergiebilanz für eine Komfortlüftung geht bei heute geforderten Stromverbräuchen unter 0,45 W/(m³/h) bzw. üblichen Wärmerückgewinnungsraten (über 60 %) deutlich positiv aus, wenn das Objekt mit Öl oder Gas beheizt wird. Wenn bei einer Holzheizung der gesamte Energiebedarf (erneuerbar und nichterneuerbar) bilanziert wird, geht die Bilanz an sich noch besser für die Lüftungsanlage aus, da dann der Primärenergiefaktor 1,2 (Holz) statt 1,1 (Öl und Gas) pro aufgewendeten kWh Strom nur 2,25 kWh (2,7/1,2) Wärmeenergie eingespart werden müssen. Rechnet man bei Holz nur den nicht erneuerbaren Anteil, d.h. Primärenergiefaktor 0,2, so ergäbe sich erst bei einer Einsparung von 13,5 kWh Wärme, pro eingesetzte Kilowattstunde konventionellen Strom, eine positive Primärenergiebilanz. Der Ansatz nur des nicht erneuerbaren Anteils ist primärenergetisch aber natürlich unsauber.

Im theoretischen Falle einer Wärmebereitstellung gänzlich mit einer thermischen Solaranlage ließe sich für eine Wohnraumlüftung, die mit konventionellem Strom betrieben wird, natürlich keine positive Primärenergiebilanz darstellen. Bei einem Vergleich mit Strom aus Photovoltaik für die Lüftungsanlage und einer thermischen Solaranlage für die Wärmeversorgung würde sich, vereinfacht betrachtet, ein primärenergetisches Patt ergeben. Die Entscheidung würde dann wieder aufgrund von Gesundheitsaspekten, Komfort, Bauphysik, etc. zugunsten der Lüftungsanlage ausfallen.

Wenn die Lüftungsanlage mit Strom aus erneuerbarer Energie betrieben wird, ist die Bilanz natürlich immer positiv.

Rechnet man den Strombedarf nicht nur für die Heizperiode sondern für das gesamte Jahr, ergibt sich folgende Bilanz. Da fast alle zentralen Anlagen durchgängig in Betrieb sind, ist die Ganzjahresbetrachtung relevanter.

Berechnung für Situation bei Ganzjahresbetrieb pro m³/h ausgetauschter Luft:

- Stromaufwand pro m³/h ausgetauschter Luft: ca. 0,45 W/(m³/h). Bei 365 Betriebstagen macht dies ca. 3,9 kWh pro m³/h transportierter Luft aus.
- Die eingesparte Wärmemenge des Lüftungsgerätes pro m³/h ausgetauschter Luft und Jahr ist gleich wie in der Heizperiode.

Tabelle 11.3: Eingesparte Wärmemenge und die „Jahresarbeitszahl“ der Lüftungsanlage (mit Nutzungsgrad der Heizung)

Wärmebereitstellungsgrad	HGT	Lüftungsverluste pro m ³ /h	Einsparung* pro m ³ /h	Strombedarf pro m ³ /h	Wirkungsverhältnis Wärme/Strom
Fensterlüftung	3.400	26,93	0,00	0,00	0,00
0,60	3.400	10,77	20,20	3,90	5,18
0,70	3.400	8,08	23,56	3,90	6,04
0,80	3.400	5,39	26,93	3,90	6,90
0,90	3.400	2,69	30,29	3,90	7,77

*inkl. 80 % Jahresnutzungsgrad der Heizung

Auch hier ergeben sich noch Jahresarbeitszahlen der Lüftungsanlage deutlich über das für eine positive Primärenergiebilanz erforderliche Verhältnis von 2,45. Eine Lüftungsanlage ist damit auch beim Ganzjahreseinsatz deutlich besser als eine sehr gute Wärmepumpe.

Resümee: Die Primärenergiebilanz einer Wohnraumlüftung ist auch beim Einsatz von konventionellem Strom mit einem Primärenergiefaktor von 2,7 bei fossilen Brennstoffen (Primärenergiefaktor 1,1) und auch bei einer Holzheizung (Primärenergiefaktor 1,2) eindeutig positiv. Mit steigendem Anteil von „grünem Strom“ verbessert sich die Primärenergiebilanz zusehends. Mit einer Jahresarbeitszahl (Eingesparte Wärmeenergie/benötigten Strom) zwischen 5,18 und 11,65 ist eine Komfortlüftung auch deutlich besser wie bei Wärmepumpen.

12 Finanzielle Betrachtungen

Mechanische Belüftungsanlagen bedeuten einerseits Investitionskosten und andererseits laufende Betriebskosten. Einsparungen ergeben sich aus den reduzierten Heizkosten durch die Wärmerückgewinnung. Grundsätzlich sind Lüftungsanlagen nicht primär aus dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit, sondern vielmehr aus der schlichten Notwendigkeit für gesunde Wohnverhältnisse und schadensfreie Gebäude zu sehen. Jederzeit ausreichende, behagliche Luftqualität soll, wie die Sicherstellung von ca. 20° C Raumtemperatur, eine Selbstverständlichkeit darstellen. Eine händische Fensterlüftung kann weder eine ausreichende Luftqualität noch den Feuchteschutz garantieren. Die geplanten Gebäudequalitäten zukünftiger Vorschriften sind ohne eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ebenfalls nicht mehr zu erfüllen.

12.1 Investitionskosten

Die Investitionskosten bei zentralen und semizentralen Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung liegen aus den gesammelten Erfahrungen der Evaluierung in der Bandbreite von:

- Anlagen zum Feuchteschutz: € 2.900,-- bis 6.000,-- pro Wohnung (exkl. MwSt.)
- Komfortlüftungen: € 3.500,-- bis 7.000,-- pro Wohnung (exkl. MwSt.)

Die spezifischen Investitionskosten im Vergleich mit dezentralen Anlagen ergeben vor allem bei kleinen Wohnungsgrößen Vorteile für zentrale Lösungen (Quelle: Pfluger 2005 bzw. Grafik Thaler 2010) (Baukosten exkl. MwSt.)

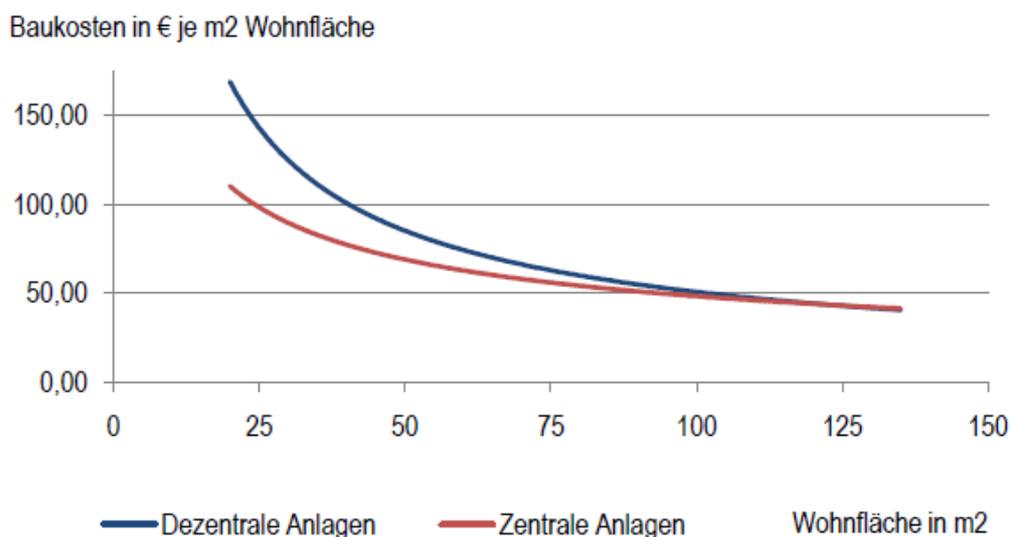


Abbildung 12.1: Baukosten für Komfortlüftungen (Quelle: Pfluger 2005, Grafik Thaler 2010)

Insbesondere für Wohnungen unter 75 m² Wohnfläche schneiden zentrale Lösungen bei den Baukosten finanziell besser ab.

Gegenüber Bürogebäuden mit spezifischen Investitionskosten für die Lüftung von ca. € 43,-- pro m² nach Lackmann 2005 sieht man, dass im Wohnungsbereich doch noch einiges an Einsparpotenzial steckt, auch wenn die Verhältnisse nicht direkt verglichen werden können.

12.2 Betriebskosten

Betriebskosten fallen insbesondere an für:

- Strombedarf der Lüftungsanlage (Ventilator, Pumpen, etc.)
- Laufende Überwachung des Betriebes
- Instandhaltung (Wartung, Inspektion, Instandsetzung)

Die Betriebskosten betragen aus den gesammelten Erfahrungen aus der Evaluierung typischerweise zwischen 1,0 bis 2,2 € pro m² Wohnfläche und Jahr. Eine genauere Ermittlung der Betriebskosten für vier Lüftungsanlagen wurde in der Masterarbeit von Thaler 2010 vorgenommen. Diese ist über die Homepage www.komfortlüftung.at zugänglich.

12.2.1 Strombedarf - Stromkosten

Der Strombedarf von Lüftungsanlagen hängt insbesondere von der Anpassung der Luftmengen an den Bedarf, dem Wirkungsgrad der gewählten Antriebstechnik und dem gesamten Druckverlust ab. Siehe Kap. 6 bzw. 60 Qualitätskriterien. Der maximale Strombedarf lt. OIB-Richtlinie 6 für die SFP Klasse 1 beträgt 0,61 W/(m³/h). Optimierte zentrale Anlagen liegen bei 0,45 W/(m³/h). Dies entspricht für eine typische Wohnung mit 120 m³/h Nennvolumenstrom und einem durchschnittlichen Volumenstrom von 100 m³/h einem Dauerverbraucher mit einer Leistung von 45 bis 61Watt bei reinen Filtern.

Tabelle 12.1: Leistungsbedarf zentraler Komfortlüftungen pro Wohnung (100 m³/h) bei reinen Filtern

	Komfortlüftung-Zentral	Komfortlüftung - Zentral	Standardlüftung - Zentral
Luftmenge	Leistungsaufnahme Zielwert	Maximale Leistungsaufnahme	SFP-Klasse 1
(m ³ /h)	Watt (W)	Watt (W)	Watt (W)
	0,40 W/(m ³ /h)	0,45 W/(m ³ /h)	0,61 W/(m ³ /h)
60	24	27	37
80	32	36	49
100	40	45	61
120	48	54	73
140	56	63	85

Bei einem geforderten Anfangsdruckverlust von max. 40 Pa und einem Enddruck von 120 Pa ergibt sich ein durchschnittlicher Druckverlust des Filters von ca. 60 Pa (Polygonmodell der Filterdruckkurve – siehe 60 Qualitätskriterien). Für diese +20 Pa aus der Filterverschmutzung und einem Wirkungsgrad des Gesamtantriebs von 0,65 ergibt sich bei einer spezifischen Ventilatorleistung von 0,45 W/m³/h ein zusätzlicher Leistungsbedarf pro Ventilator von ca. 4 % (546 Pa maximaler Gesamtdruckverlust statt 526 Pa). Würde man Filter mit einem Anfangsdruckverlust von 100 Pa und einem Enddruck von 250 Pa bzw. einen durchschnittlichen Druckverlust von 150 Pa statt 60 Pa ansetzen, beträgt die Steigerung der Leistung durch die Filterverschmutzung 10 % (576 statt 526 Pa maximale Gesamtdruckerhöhung).

Mit Einrechnung der obigen Filterverschmutzung betragen die Leistungswerte für die einzelnen Luftmengen folgende Werte.

Tabelle 12.2: Leistungsbedarf zentraler Komfortlüftungen pro Wohnung (100 m³/h) inkl. Filterverschm.

	Komfortlüftung-Zentral	Komfortlüftung - Zentral	Standardlüftung - Zentral
Luftmenge	Leistungsaufnahme Zielwert	Maximale Leistungsaufnahme	SFP-Klasse 1
(m ³ /h)	Watt (W)	Watt (W)	Watt (W)
	0,40 W/(m ³ /h) + Filterv.	0,45 W/(m ³ /h) + Filterv.	0,61 W/(m ³ /h) + Filterv.
60	25	28	38
80	33	37	51
100	41	47	63
120	49	56	76
140	58	65	89

Der Strombedarf pro Jahr ist abhängig von der Anzahl der Betriebstage:

Tabelle 12.3: Strombedarf zentraler Komfortlüftungen pro Wohnung (100 m³/h) inkl. Filterverschm.

Beispiel:	Zentrale:	Komfortlüftung	Komfortlüftung	Standardlüftung
100 m ³ /h		Zielwert	Maximalwert	SFP-Klasse 1
Durchschnittsluftmenge		Strombedarf pro Jahr	Strombedarf pro Jahr	Strombedarf pro Jahr
Betriebszeit	Anzahl Tage	kWh/Jahr	kWh/Jahr	kWh/Jahr
Okt - Mai	240	240	268	362
Ganzjahresbetrieb	365	364	408	550

Die Stromkosten bei reinen Filtern betragen bei einem Strompreis von 17 Cent pro kWh:

Tabelle 12.4: Stromkostenzentraler Komfortlüftungen pro Wohnung (100 m³/h) inkl. Filterverschm.

Beispiel:	Zentrale:	Komfortlüftung	Komfortlüftung	Standardlüftung
100 m ³ /h		Zielwert	Maximalwert	SFP-Klasse 1
Durchschnittsluftmenge		Stromkosten pro Jahr	Stromkosten pro Jahr	Stromkosten pro Jahr
Betriebszeit	Anzahl Tage	€/Jahr	€/Jahr	€/Jahr
Okt - Mai	240	41	46	62
Ganzjahresbetrieb	365	62	69	94

Eine Wohnung mit einer zentralen Komfortlüftungsanlage und einer durchschnittlichen Luftmenge von 100 m³/h hat daher Stromkosten pro Jahr von ca. € 69,-. Im geringsten Falle sind es € 41,-. Pro m² Nutzfläche ergibt dies bei einer Wohnung mit 110 m² NF Stromkosten von € 0,63/m² NF, wenn der spezifische Strombedarf von 0,45 W/(m³/h) bei reinen Filtern erreicht wird und € 0,85/m² NF bei einer Standardlüftung mit 0,61 W/(m³/h).

Eine Standard-Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung, die gerade noch der Bauordnung entspricht, hat gegenüber einer zentralen Komfortlüftung, die den Zielwert erreicht um 35 % höhere Stromkosten.

Nicht berücksichtigt in dieser Berechnung ist der zusätzliche Strombedarf von Regeleinrichtungen z.B. Konstantvolumenstromregler mit Motorverstellung bzw. variable Volumenstromregler. Da hier aber nur im Schaltzyklus Strom benötigt wird, kann dieser vernachlässigt werden.

Der Strombedarf des Sole-EWT beschränkt sich auf die Stromkosten der Pumpe, wenn die Regelung in der Lüftung inkludiert ist. Ansonsten kommt noch der Stand By Bedarf der Regelung hinzu. Der Strombedarf für die Sole-EWT-Pumpe beträgt z.B. bei einer 100 Watt Hoch-effizienzpumpe und 4500 Betriebsstunden 450 kWh/a bzw. ca. € 75,-- pro Jahr. (ca. 2500 Std. im Winter bei Außentemperaturen unter +5° C und ca. 2000 Std. im Sommer bei Temperaturen über 20° C). Wird der Vereisungsschutz mit der Heizung durchgeführt, ist dieser Wärmebedarf ohnehin bei den Heizkosten inkludiert. Der Strombedarf für die Heizkreispumpe ist zudem nur mit ca. 600 Std. (Außentemperaturen unter -2° C) anzusetzen. Ein Vereisungsschutz mit einem Stromregister ist für zentrale Anlagen nach den 60 Qualitätskriterien nicht vorgesehen.

12.2.2 Instandhaltung - Instandhaltungskosten

Die Instandhaltung kann nach der ÖNORM M 8100:1985 grundsätzlich in die drei folgenden Bereiche eingeteilt werden:

- Wartung (versierte Hausbetreuung und/oder Fachfirma)
- Inspektion (Fachfirma)
- Instandsetzung – Überholung bzw. Reparatur (Fachfirma)

Für die gesamten Instandhaltungskosten von Wohnraumlüftungen liegen aufgrund des geringen Alters der Anlagen und den geringen Aufzeichnungen der Bauträger nur vereinzelt Werte vor. Typische Werte für die jährlichen Instandhaltungskosten von Lüftungsanlagen in Bürogebäuden liegen bei ca. 3 bis 4 % der Investitionskosten (Quelle: IBI-Datenbankprojekt der FH Kufstein). Wobei die Lüftungsanlagen in Wohngebäuden normalerweise einfacher d.h. ohne Kühlung und Befeuchtung ausgeführt sind. Die Instandhaltungskosten dürften daher bei Wohngebäuden ca. 1,5 bis 2,0 % der Investitionskosten betragen. Pro Wohnung entspricht dies ca. € 50 bis 150,-- und Jahr. Bzw. bei 110 m² NF ca. € 0,45 bis 1,35 pro m² und Jahr. In der Masterarbeit von Thaler wurden für 3 Objekte Werte zwischen € 0,81 und 1,19 pro m² und Jahr erhoben.

Die wichtigsten kostenrelevanten Instandhaltungspunkte für ein Wohnobjekt sind:

Filterkosten: Die Filterkosten von zentralen bzw. semizentralen Lüftungsanlagen liegen bei der Evaluierung in der Bandbreite von €30,-- bis 60,-- pro Wohnung (1- bis 4-maliger zentraler Filterwechsel pro Jahr. Abhängig von Filterdimensionierung und maximalen Druckverlust). Zentrale Filteranlagen haben hier deutliche finanzielle und organisatorische Vorteile.

Anlagenbetreuung (Wartung, z. B. Zeit für Filtertausch): Die laufende Betreuung durch die Hausbetreuung der Anlagen ohne Wartungsvertrag lagen nach den Angaben der Hausbetreuer in der Bandbreite von 20 Minuten bis 5 Std. pro Monat.

Instandsetzung: Für die Instandsetzungskosten alleine liegen derzeit noch keine ausreichenden Erfahrungen vor, da die meisten Anlagen noch zu neu sind und die Instandsetzung erst ab einem Alter von 10 Jahren deutlich ansteigt. Für die ersten Betriebsjahre ergeben sich Werte von ca. 0,12 % der Errichtungskosten (vgl. Thaler, 2010). Sie sollten aber im Normalfall auch wieder deutlich geringer als bei den allgemeinen Ansätzen aus dem Lüftungsbereich ansiedelt sein. Diese liegen bei 0,9 % der Investitionskosten (z.B. Baumgarth 2003).

12.3 Einsparungen

Finanzielle Einsparungen bei einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ergeben sich vor allem durch die Wärmerückgewinnung und die vermiedenen Schimmelschäden. Die Einsparungen an Heizenergie liegen zwar meist deutlich unter den theoretisch berechneten Werten des Energieausweises, da bei dessen Berechnung von einem Idealzustand ohne jegliche Fensterlüftung ausgegangen wird.

Rein auf der Verlustseite ergeben sich beim Standardklima der ÖNORM B 8110-5:2007 von 3.400 Kd Heizgradtagen folgende theoretische Einsparungen bei den Lüftungsverlusten bei der Berechnung nach dem österreichischen Energieausweis.

Tabelle 12.5: Lüftungsverluste und Einsparungen pro m² BGF bei einer Luftdichtheit von 0,6 beim Blower Door Test. Berechnung lt. österr. Energieausweises, Referenzklima und. € 0,07 pro kWh

Wärmebereitstellungsgrad	Lüftungsverluste	Einsparung kWh/m ²	Einsparung €/m ²	%
0 bzw. Fensterlüftung	22,4	0,0	0,0	0 %
0,70	9,0	13,4	0,9	60 %
0,75	8,0	14,5	1,0	65 %
0,80	6,8	15,6	1,1	70 %
0,85	5,7	16,7	1,2	75 %
0,90	4,6	17,8	1,2	80 %

Die Wärmerückgewinnung hat auch Auswirkungen auf das Gewinn-Verlustverhältnis und damit Einfluss auf den Ausnutzungsgrad der Gewinne. Diese Verringerung des Ausnutzungsgrades ist aber sehr gebäudespezifisch und daher nur individuell im Rahmen der Energieausweisberechnung des konkreten Gebäudes zu ermitteln.

Im Vergleich mit den jährlichen Betriebskosten von € 1,0 bis 2,2 pro m² ist ersichtlich, dass eine Wirtschaftlichkeit der Komfortlüftung rein aus den eingesparten Heizkosten mit € 0,9 bis € 1,2 pro m² nicht gegeben ist. Die eingesparten Heizkosten können bei sehr guten Anlagen gerade etwas mehr als die Betriebskosten der Anlage hereinbringen. Die Investition kann mit den eingesparten Heizkosten nicht abbezahlt werden.

Die Einsparungen an Schimmelschäden wurde von Thaler in seiner Masterarbeit mit ca. € 125,- pro Jahr und Wohnung ermittelt. Heinrich Huber ermittelte in der Schweiz Kostenvorteile von € 170,- pro Wohnung und Jahr. Diese Einsparung kommt direkt dem Vermieter zugute, da Schimmelbeseitigungskosten normalerweise nicht auf den Mieter überwältzt werden können. Wenn der Bauträger daher die Investitionskosten gefördert bzw. zu 100 % auf die Käufer und Mieter übertragen kann, hat er einen wirtschaftlichen Vorteil.

12.4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Grundsätzlich sollte eine mechanische Wohnraumlüftung bei einem Neubau oder einer Sanierung Standard sein und sich die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung auf die Auswahl von verschiedenen mechanischen Lüftungssystemen beschränken. Vielfach wird aber noch der wirtschaftliche Vergleich zwischen Fensterlüftung und mechanischen Wohnraumlüftungen angestellt.

Vergleich mit Fensterlüftung: Ein wirtschaftlicher Vergleich eines Gebäudes mit einer mechanischen Wohnraumlüftung mit den ungenügenden Luftverhältnissen eines Gebäudes mit Fensterlüftung wäre nur bei Einbeziehung bzw. Bewertung der höheren Luftqualität bzw. der eingesparten Kosten durch die höhere Luftqualität (höhere Gesundheit), der eingesparten Kosten für vermiedene Bauschäden (Schimmelschäden) und der eingesparten Zeit der Nutzer gegenüber der Fensterlüftung fair. Ohne die Berücksichtigung dieser Aspekte lässt sich eine Komfortlüftung nicht wirtschaftlich darstellen, da die Einsparungen an Heizenergie bei guten Anlagen gerade etwas mehr als die Betriebskosten abdeckt, d.h. die Investition nicht hereingespielt werden kann. Nur wenn die Förderung höher ist als die Investition, ist auch ein wirtschaftlicher Betrieb ohne die Einrechnung der angesprochenen Aspekte gegeben.

Vergleich der verschiedenen Lüftungssysteme: Bei einem Vergleich der unterschiedlichen Lüftungssysteme kann teilweise auf die vorhandenen Lebenszykluskostenrechner zurückgegriffen werden. Meist sind bei den Lebenszyklusrechnern der Firmen aber nur verschiedene zentrale Varianten berechenbar (mit unterschiedlichen Antrieben, Wärmerückgewinnungen etc.). Ein Vergleich von zentralen mit semizentralen bzw. dezentralen, wohnungsweisen Anlagen muss normalerweise individuell vorgenommen werden.

Wirtschaftlichkeit aus der Sicht des Wohnungskäufers: Für den Käufer einer Eigentumswohnung bedeutet eine Komfortlüftung höhere Kosten, die er aber beim Verkauf wieder lukrieren kann. Einerseits durch den besseren Energieausweis und andererseits, dass eine fehlende Komfortlüftung in 10 bis 20 Jahren eine deutliche Wertminderung darstellen wird, da sie nur mit erheblichen Mehraufwand nachgerüstet werden kann. Die höheren Investitionskosten kann der Käufer daher als Investition in einen höheren Verkaufswert ansehen und gut verzinst die Vorzüge frischer, gesunder Luft genießen. Die vermiedenen Schimmelkosten sind ein weiterer finanzieller Vorteil.

Wirtschaftlichkeit aus der Sicht des Mieters: Den höheren Mietkosten steht der Nutzen frischer, gesunder Luft gegenüber. Einen finanziellen Vorteil kann der Mieter normalerweise nicht generieren, da die Schimmelkosten normalerweise zu 100 % auf den Vermieter überwälzt werden können. Den Wert für ersparten Ärger mit Schimmelproblemen muss jeder für sich bewerten.

Wirtschaftlichkeit aus der Sicht des Vermieters: Für den Vermieter ist eine Komfortlüftung wirtschaftlich immer ein Vorteil, wenn er die Investitionskosten über die Miete und die Betriebskosten auf den Vermieter umwälzen kann. Als Kosten verbleiben für den Vermieter daher nur die Instandsetzungskosten. Der Vorteil für den Vermieter liegt in den vermiedenen Schimmelkosten von € 125,-- bis 170,-- pro Wohnung und Jahr, die er im Schadensfall nicht auf den Mieter überwälzen kann. Die vom Vermieter zu tragenden Instandsetzungskosten von ca. € 0,12 bis 0,90 der Errichtungskosten bzw. € 4,-- bis maximal 63,-- pro Wohnung liegen, deutlich unter diesen vermiedenen Schimmelschäden.

13 Bedarf für größere Verbreitung von Komfortlüftungen im MFH

Für eine weitere Verbreitung von mechanischen Wohnraumlüftungen mit Wärmerückgewinnung bzw. Komfortlüftungen benötigt es insbesondere:

1. Bewusstseinsbildung bei der Bevölkerung
2. Weiterbildung bei den PlanerInnen und InstallateurInnen
3. Eindeutigere Berechnung im Energieausweis
4. Einheitliche Förderungsgrundsätze
5. Forschung und Entwicklung

13.1 Bewusstseinsbildung

Erst wenn eine Komfortlüftung von den Kunden als wichtiger Standard eines Gebäudes angesehen wird (wie z.B. der Klimaanlage für das Auto) und sie bereit sind, einen Mehrpreis dafür zu bezahlen bzw. damit Wohnungen mit Komfortlüftungen leichter verkaufbar und vermietbar sind, kann auch die Investition über den erhöhten Mietpreis bzw. den höheren Verkaufspreis hereingespielt werden. Solange aber nur sehr wenige Kunden bereit sind, für diese Ausstattung auch einen höheren Preis zu bezahlen bzw. die Förderung nicht die Mehrkosten der Komfortlüftung abdeckt, wird die Verbreitung von Komfortlüftungen sehr zögerlich vorangehen. Es ist daher notwendig, eine Bewusstseinsbildung in diesem Bereich voranzutreiben, sodass frische Luft durch eine Komfortlüftung genauso selbstverständlich wird wie immer 20 °C durch eine komfortable Heizung. Zu diesem Thema wird in einem ebenfalls von Energie 2020 geförderten Projekt ein Marketingkonzept entwickelt, das dann von den Energieinstituten der Länder umgesetzt wird.

13.2 Weiterbildung bei den PlanerInnen und den InstallateurInnen

Lüftungsanlagen im Wohnbereich stellen für viele PlanerInnen und InstallateurInnen noch ein neues und unbekanntes Betätigungsfeld dar. Dem sollte durch eine Weiterbildungsoffensive entgegengewirkt werden.

13.3 Eindeutige Berechnung im Energieausweis

Zentrale Lüftungsgeräte in Modulbauweise werden im Energieausweis gleich behandelt wie Geräte für das Einfamilienhaus nach EN 13141. Da für zentrale Geräte in Modulbauweise die im Energieausweis für Wohngebäude einzusetzenden Werte (z.B. Wärmebereitstellungsgrad) nicht verfügbar sind kommt es immer wieder zu Unklarheiten. Nicht klar definiert ist derzeit auch die Berechnung bei semizentralen Systemen und Anlagen mit Luftmengen nur zum Feuchteschutz.

13.4 Einheitliche Förderungsgrundsätze

Derzeit gelten für Komfortlüftungen in jedem Bundesland unterschiedliche Förderkriterien. Die Förderungen sollten zumindest auf der technischen Ebene (z. B. gleiche Anforderungen an die Systeme und Geräte) vereinheitlicht werden, sodass Gewerbe und Industrie einfacher entsprechende Anlagen anbieten können.

13.5 Forschungsbedarf und Entwicklungsbedarf

Neben der allgemeinen Weiterentwicklung der Lüftungstechnik ergibt sich aus der Erfahrung der Evaluierung, speziell für Mehrgeschoßwohnbauten, in folgenden Bereichen Entwicklungs- bzw. Forschungsbedarf. Wobei es die Systeme meist grundsätzlich schon gibt, diese in der heutigen Form aber noch zu teuer für eine größere Verbreitung sind.

- Automatische Anpassung der Luftmenge an den Bedarf
- Rotationswärmetauscher mit Feuchterückgewinnung für den Wohnbereich (Geruchsübertragung) bzw. Plattenwärmetauscher mit Feuchteübertragung mit einer Luftmenge über 2.000 m³/h
- Optimierung des Strombedarfes bei Lüftungsanlagen
- Optimierte Bauteile (geringer Druckverlust, niedriger Schallpegel)
- Hocheffizienzmotoren auch für sehr große Luftmengen
- Fühler für Außenluftqualität zur Abschaltung der Anlage bei äußeren Geruchsbelastungen (z. B. „Müllheizungen“, Gülle,..)
- Einfache wohnungsweise Sicherung der Luftfeuchtigkeit
- Energetische Gesamtbewertung von Lüftungssystemen
- Volkswirtschaftliche Auswirkungen inkl. Gesundheit etc.

Automatische Anpassung der Luftmenge an den Bedarf: Eine Anpassung der Luftmenge durch den Nutzer (Stufen 1 bis 3) wird nur teilweise wirklich durchgeführt und es kommt dadurch vermehrt zum Problem der trockenen Luft, wenn die Lüftungsanlage auch bei Abwesenheit in einer zu hohen Stufe läuft. Durch CO₂- bzw. Mischgasfühler kann die Anwesenheit eruiert und damit der variable Volumenstromregler der Wohnung angesteuert werden. Eine raumweise Bedarfszuordnung, d.h. Luftmenge ins Schlafzimmer bzw. Wohnzimmer nur wenn entsprechend Personen anwesend sind, wäre ebenfalls möglich.

Rotationswärmetauscher mit Feuchterückgewinnung für den Wohnbereich (Geruchsübertragung) bzw. Plattenwärmetauscher mit Feuchteübertragung mit einer Luftmenge über 2.000 m³/h: Die gewünschte Feuchterückgewinnung ist bei zentralen Lüftungsanlagen im Wohnbereich derzeit noch die Ausnahme, da Plattenwärmetauscher mit Feuchteübertragung derzeit nur bis ca. 2.000 m³/h am Markt erhältlich sind bzw. Rotationswärmetauscher aufgrund der möglichen Geruchsübertragung von vielen PlanerInnen nicht eingesetzt werden. Die Klärung, ob auch bei intensiver Geruchsbelastung (Raucher) ein Betrieb ohne Geruchsübertragung auch bei einem Rotationswärmetauscher möglich ist, müsste dafür eindeutig geklärt werden.

Optimierung des Strombedarfes bei Lüftungsanlagen: Die Optimierung des Strombedarfes ist theoretisch zwar recht einfach (Optimierung von Luftmenge und Druckverlust in Kombination mit einem hocheffizienten Antriebssystem), dennoch ergeben sich in der praktischen Umsetzung noch viele offene Punkte. Der Diskussionspunkt „Welcher SFP kann auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten gefordert werden?“, sollte dabei ebenfalls geklärt werden.

Optimierte Bauteile mit geringem Druckverlust: Viele Standardbauteile z. B. Brandschutzklappen, weisen noch sehr hohe Druckverluste auf und verschlechtern die Energieeffizienz der Lüftungsanlage. Schalltechnisch optimierte Bauteile (z. B. Ventile) für die Einhaltung von Schallpegeln im Raum unter 20 dB(A).

Hocheffizienzmotoren für sehr große Luftmengen: Für sehr große Lüftungsgeräte stehen heute teilweise noch keine Hocheffizienzmotoren (EC-Motoren) zur Verfügung.

Fühler für Außenluftqualität zur Abschaltung der Anlage bei äußeren Geruchsbelastungen (z.B. „Müllheizungen“, Gülle,...): Die heute erhältlichen Fühler für die Luftqualitätsmessung haben meist eine sehr hohe Drift in Abhängigkeit von Temperatur und Feuchte und sind nur mit großem Aufwand der Nachjustage einsetzbar. Gerade für den ländlichen Raum ist das Problem der Geruchsbelastung der Außenluft aber für die Nutzer sehr störend, sodass auch hier eine geeignete „steckerfertige“ Lösung wünschenswert wäre.

Einfache wohnungsweise Sicherung der Luftfeuchtigkeit: Aufgrund der unterschiedlichen Feuchtebelastungen in den Wohnungen bedarf es individueller Systeme zur Sicherstellung einer gewissen Mindestfeuchte. Wobei das Problem der zu geringen Luftfeuchte durch eine optimale Anpassung der Luftmenge an den Bedarf wesentlich entschärft wird.

Energetische Gesamtbewertung von installierten Lüftungssystemen: Bisher gibt es nur für große Lüftungsgeräte ein Effizienzlabel (Eurovent A-F), das die Faktoren, Druckverlust, Strombedarf und Wärmerückgewinnung des Lüftungsgerätes bewertet. Da die Gesamteffizienz einer Lüftungsanlage aber wesentlich von den Druckverlusten, Wärmeverlusten, und der Dichtheit des Luftleitungssystems abhängt, bräuchte es ein gesamthaftes Bewertungssystem für Lüftungsanlagen.

Volkswirtschaftliche Auswirkungen: Forschungsbedarf besteht auch noch bei der Quantifizierung der gesundheitlichen Auswirkungen aufgrund der verbesserten Luftqualität durch Komfortlüftungen und der damit verbundenen volkswirtschaftlichen Auswirkungen bzw. Vorteile.

14 Resümee

Neubauten bzw. Sanierungen von Mehrfamilienhäusern sind ohne den Einbau einer mechanischen Lüftung mit Wärmerückgewinnung nicht mehr zeitgemäß. Die DIN 1946-6:2009 zeigt die Problematik deutlich auf. Insbesondere im Mehrfamilienhaus ist aufgrund der geforderten Energieeffizienz, der bauphysikalisch notwendigen Luftdichte und den geänderten Nutzungsbedingungen eine Komfortlüftung die logische Konsequenz. Zukünftige Gebäudestandards bedingen zur Erreichung der geforderten Energiekennzahlen fast immer eine Komfortlüftung. Der Zeitpunkt, bis dies für alle Gebäude gilt, geht spätestens mit dem Jahre 2021 einher, wenn aufgrund der EU Gebäuderichtlinie alle Gebäude nahe Nullenergiehaus erreichen müssen, das ist nicht mehr allzu lange. Es gilt daher, den die Bauträger, die PlanerInnen und Ausführenden, aber auch die späteren Nutzer rasch mit dieser Technologie vertraut zu machen und die Technik zu optimieren.

Dass die bisher umgesetzte Anlagenqualität, insbesondere der Strombedarf, teilweise noch zu wünschen übrig lässt, ist einerseits auf die bisher sehr geringe Erfahrung der PlanerInnen im Wohnungsbereich und andererseits auf unzureichende Vorgaben der AuftraggeberInnen zurückzuführen. Einige sehr gute Beispiele zeigen aber auch, dass eine sehr gute und hocheffiziente Wohnraumlüftung machbar ist. Mit den 60 Qualitätskriterien für Komfortlüftungen im MFH bzw. den 16 Ausschreibungskriterien besteht nun für die Auftraggeber die Möglichkeit, die Anlagenqualität hinreichend genau zu definieren. Der Planungsleitfaden unterstützt die konzeptionellen Überlegungen der PlanerInnen und soll zu Anlagen führen, die einerseits den NutzerInnen und deren Qualitätsansprüchen gerecht werden und dennoch finanziell im Rahmen bleiben. Ohne zusätzliche (Investitions-)Kosten ist eine dauerhaft hohe Luftqualität im MFH jedoch nicht erreichbar. Doch gesunde frische Luft sollte uns der Investitionsbetrag ca. € 3.500,- bis 7.000,- pro Wohnung sicher wert sein. Gesunde, frische Luft durch eine Komfortlüftung sollte genauso selbstverständlich sein wie angenehm temperierte Räume. Die laufenden Betriebskosten können durch die Einsparungen der Komfortlüftung normalerweise abgedeckt werden. Die Notwendigkeit bzw. der „Wert“ einer guten Gebäudebetreuung und Kommunikation mit den Nutzern zeigt sich bei einer mechanischen Wohnraumlüftung besonders deutlich. Für den Wohnbauträger ist durch die vermiedenen Schimmelkosten auch ein wirtschaftlicher Vorteil gegeben, wenn die Investitionskosten an die Käufer bzw. Mieter weitergegeben werden können.

Vielen Dank – insbesondere an die Bauträger der evaluierten Projekte – und ALLEN, die uns bei der Umsetzung des Projektes unterstützt haben. Über Rückmeldungen und weitere Verbesserungsvorschläge des Planungsleitfadens bzw. der 60 Qualitätskriterien würden wir uns sehr freuen. Rückmeldungen an: andreas.greml@andreasgreml.at

Das Projektteam:

- DI Roland Kapferer (PL) – ENERGIE TIROL
- DI Andreas Greml – TB Andreas Greml
- Dr. Karl Höfler – AEE INTEC
- Ing. Wolfgang Leitzinger – AIT
- Mag. Juergen Suschek-Berger – Interuniversitäres Forschungszentrum Graz

Projekthomepage:

- www.komfortlüftung.at bzw. www.xn--komfortlfung-3ob.at



15 Abkürzungsverzeichnis

EPBD	Europäische Gebäudedirektive (European Building Direktive)
EU	Europäische Union
CO ₂	Kohlendioxyd
EFH	Einfamilienhaus
EN	Europannorm
EWT	Erdwärmetauscher
GLT	Gebäudeleittechnik
ISO	International Standard Organisation
L-EWT	Luft-Erdwärmetauscher
MFH	Mehrfamilienhaus
OIB	Österreichisches Institut für Bautechnik
S-EWT	Sole-Erdwärmetauscher
SFP	Spezifischer Strombedarf des Ventilators (Specific Fan Power)
TVOC	Gesamt VOC (Total Volatile Organic Compounds)
VOC	Flüchtige organische Kohlenwasserstoffe

16 Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 2.1: Übersichtskarte aller Mehrfamilienhäuser mit Wohnraumlüftung (zentral bzw. semizentral, wohnungsweise, raumweise) – Stand April 2010</i>	18
<i>Abbildung 2.2: Verteilung der Lüftungssysteme in Österreich</i>	19
<i>Abbildung 2.3: Verteilung der Lüftungssysteme in Österreich</i>	19
<i>Abbildung 2.4: Verteilung der Lüftungssysteme in den Bundesländern</i>	20
<i>Abbildung 2.5: Verteilung der Lüftungssysteme in Österreich</i>	20
<i>Abbildung 2.6: Verteilung der Lüftungssysteme bei Luftheizung in Österreich</i>	21
<i>Abbildung 4.1: Lüftungstechnische Maßnahme nach DIN 1916-6 (Quelle: Bundesverband für Wohnungslüftung e.V.)</i>	38
<i>Abbildung 4.2: Planungstool nach DIN 1916-6 (Quelle: Bundesverband für Wohnungslüftung e.V.)</i> ..	39
<i>Abbildung 4.3: Einsatzbereiche der Systeme zur Wohnungslüftung (Quelle: Bundesverband für Wohnungslüftung e.V.)</i>	39
<i>Abbildung 4.4: Systemvergleich Standard-Lüftungssysteme (Quelle: Stadt Zürich)</i>	40
<i>Abbildung 5.1: Behaglichkeit in Abhängigkeit von Raumlufttemperatur und mittlerer Oberflächentemperatur umschließender Flächen (Recknagel 01/02)</i>	46
<i>Abbildung 5.2: Operative Raumtemperatur abhängig von der Außentemperatur (DIN 1946-2:1994)</i> ..	46
<i>Abbildung 5.3: Luftströmungen; Quelle: Heinrich Huber, Minergie CH</i>	48
<i>Abbildung 5.4: Der Einfluss von Temperatur und Feuchte auf die empfundene Qualität reiner Luft. (Rechnagel et al. 2007/2008)</i>	49
<i>Abbildung 5.5: Luftfeuchtigkeiten im Innenraum für die Berechnung lt. ÖNORM B 8110-2 zur Vermeidung von Kondensat und Schimmel in Abhängigkeit der Aussentemperatur. Die Innentemperatur wird mit 20°C angesetzt. (Baukonstruktionen: Bauphysik, A. Pech, C. Pöhn, Springer Verlag Wien 2004)</i>	50
<i>Abbildung 5.6: Feuchte – Behaglichkeitswerte nach nach Leusden und Freymark: Heinz Gabernig, Energie- und Klimatechnik, Ausgabe 1995; mit Ergänzungen der oberen und unteren Grenzen (Winter)</i>	50
<i>Abbildung 5.7: Vergleich Feuchtwerte und neuer Vorschlag (Emmenegger, Tschui aus planer+installateur 4/2005)</i>	52
<i>Abbildung 5.8: Vergleichseinheit für die Verschmutzung der Luft „olf-Wert“ (Recknagel, 01/02)</i>	53
<i>Abbildung 5.9: Abhängigkeit des Geruchspegels und der Unzufriedenheit. (Recknagel 01/02)</i>	54
<i>Abbildung 5.10: Korrelation zwischen CO₂-Konzentration als Indikator für anthropogene Emissionen und Anzahl der unzufriedenen Personen (PD in %) in einem Raum (nach ECA 1992)</i>	56
<i>Abbildung 5.11: Jahresmittelwerte CO₂-Konzentration in Österreich (Luftgütemessungen Umweltbundesamt, Jahresbericht 2005)</i>	60
<i>Abbildung 5.12: Außenluftvolumenstrom (Heinrich Huber, Minergie, Schweiz)</i>	61
<i>Abbildung 5.13: Dimensionierungshilfe Luftmengen, Seite 1 von komfortlüftung.at</i>	73
<i>Abbildung 5.14: Dimensionierungshilfe Luftmengen, Seite 2 von komfortlüftung.at</i>	73
<i>Abbildung 5.15: Abbildung 2.5: A-, B- und C-Bewertungskurven</i>	75
<i>Abbildung 5.16: optimale Nachhallzeit für eine gute Hörsamkeit in Räumen (ÖNORM 8115-3:1996)</i> 78	
<i>Abbildung 5.17 Abnahme der Ionenkonzentration durch Rauchen (Umweltanalytik Holbach)</i>	80
<i>Abbildung 5.18 Abnahme der Ionenkonzentration durch einen Bildschirm (Umweltanalytik Holbach)</i> 80	
<i>Abbildung 6.1: Messaufbau für einen Blower Door Test (arsenal research)</i>	81
<i>Abbildung 6.2: Druckverhältnisse aufgrund von Wind bei einem Haus (ENERGIE TIROL)</i>	82

Abbildung 6.3: Schematische Darstellung des Luftdichtigkeitstestes (Zeller, Luftdichtigkeit von Wohngebäuden).....	83
Abbildung 6.4: Schematische Darstellung der Auswertung eines Luftdichtigkeitstestes (Zeller, Luftdichtigkeit von Wohngebäuden).....	83
Abbildung 7.1: Darstellung von Luftarten nach ÖNORM EN 13779:2008.....	86
Abbildung 7.2: Dauernder Aufenthaltsbereich nach ÖNORM H 6038:2006.....	87
Abbildung 7.3: Übersicht Lüftungssysteme (vgl. Quelle: Ing. Grassler, ON Seminare, 2006).....	88
Abbildung 7.4: Schematische Darstellung einer zentralen Lüftungsanlage (www.energiesparschule.de; Darstellung adaptiert).....	90
Abbildung 7.5: Schematische Darstellung einer semizentralen Lüftungsanlage (www.energiesparschule.de; Darstellung adaptiert).....	94
Abbildung 7.6: Schematische Darstellung einer dezentralen Lüftungsanlage (www.energiesparschule.de; Darstellung adaptiert).....	95
Abbildung 7.7: Systemauswahl der Stadt Zürich.....	100
Abbildung 7.8: Kaskadenprinzip (Quelle: Heinrich Huber, Minergie CH).....	101
Abbildung 7.9: Kaskadenprinzip (Quelle: Heinrich Huber, Minergie CH).....	101
Abbildung 7.10: Einteilung der Lüftungsarten (vgl. Recknagel et al. 2007/2008).....	102
Abbildung 7.11: Luftströmungen in einem typischen Raum (Quelle: Heinrich Huber, Minergie CH)..	102
Abbildung 7.12: Vereisungstemperatur berechnet nach dem österr. Energieausweis (ÖNORM H 5056).....	106
Abbildung 7.13: Rekuperative Wärmetauscher – typische Rückwärmezahl (Fa. Paul).....	107
Abbildung 7.14 a und b: Plattenwärmetauscher – Symbol und Bild.....	108
Abbildung 7.15: Einteilung der Wärmetauscher (vgl. ÖNORM B 8110-6: 2007, Tabelle 14).....	108
Abbildung 7.16: Regenerative Wärmetauscher – typische Rückwärmezahlen (Fa. Paul).....	109
Abbildung 7.17: Rotor mit Sorption – Symbol und Bild.....	110
Abbildung 7.18: Umschalt Speicher – Symbol und Bild (Quelle Bild: www.menerga.de).....	110
Abbildung 7.19: Kreislaufverbundsystem – Symbol und Bild (Quelle: AL-KO).....	111
Abbildung 7.20: Wirkungsweise Wärmerohr in liegend und stehend (Quelle: www.iwo.de).....	111
Abbildung 7.21: Zulufttemperaturen abhängig von der Rückwärmezahl bei 22°C Ablufttemperatur Quelle: Energieagency.....	113
Abbildung 7.22 a-c: Matten-, Kassetten und Taschenfilter (Quelle: Pichler Luft).....	116
Abbildung 7.23: Kostenbilanz eines Luftfilters F7 über einen Zeitraum von 10 Jahren (Eurovent Rec 10, Jan. 1999) (Quelle: www.rlt-info.de, Stand 01.2008).....	116
Abbildung 7.24: Antriebe (Quelle: www.rlt-info.de, Stand 01. 2008).....	117
Abbildung 7.25: Ventilatoranteil an Investitions- bzw. Betriebskosten von Lüftungsanlagen (Quelle: Gebhard Ventilatoren).....	117
Abbildung 7.26: Gehäuseventilator mit Riemenantrieb (Quelle: Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raymond Kober).....	118
Abbildung 7.27: Freilaufendes Rad mit integriertem EC-Motor (Quelle: Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raymond Kober).....	118
Abbildung 7.28: Ventilator mit vorwärts gekrümmten Schaufeln (Quelle: Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raymond Kober).....	119
Abbildung 7.29: Ventilator mit rückwärts gekrümmten Schaufeln (Quelle: Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raymond Kober).....	119
Abbildung 7.30: Ventilator mit vorwärts gekrümmten Schaufeln (Quelle: Ventilatorenfabrik Oelde)..	119

Abbildung 7.31: Antriebe (Quelle: www.rlt-info.de, Stand 01. 2008).....	120
Abbildung 7.32: Keilriemenantrieb bzw. Flachriemenantrieb (Quelle: Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raymond Kober)	120
Abbildung 7.33: Vergleich der Wirkungsgrade von Keil- und Flachriemen (Quelle: Gebart Ventilatoren)	120
Abbildung 7.34: Direktantrieb (Quelle: www.rlt-info.de, Stand 01. 2008).....	121
Abbildung 7.35: Kostenbilanz eines Antriebsmotors (Quelle: Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raymond Kober)	122
Abbildung 7.36: Vergleich der Wirkungsgrade von Antriebsmotoren nach IEC (Quelle: Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raymond Kober)	123
Abbildung 7.37: Vergleich der Standards nach IEC und CEMEP/EC (Quelle: Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raymond Kober)	123
Abbildung 7.38: Wirkungsgradvergleich EC-Motor mit EFF2 Motor.	124
Abbildung 7.39: Wirkungsgradvergleich Ventilatereinheit mit einem freilaufenden Rad. EFF1 Motor zu PM-Antriebsmotor (Quelle: Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raymond Kober)	124
Abbildung 7.40: Einsparungseffekt PM gegenüber Asynchronmotor IE1, 2-polig, 50 Hz (Quelle: LCM	125
Abbildung 7.41: Motorverluste eines Asynchronmotors (4kW) mit einem Frequenzumrichter (Quelle: Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raymond Kober)	127
Abbildung 7.42: Variabler Konstant-Volumenstromregler mit unterschiedlichen Motoren für verschiedene Luftmengen (Quelle: Fa. Trox).....	128
Abbildung 7.43: Konstant-Volumenstromregler und hydraulische Kennlinien. (Quelle: Fa. Krobath)	128
Abbildung 7.44: Mollier-h-x-Diagramm. Auf der vertikalen Achse wird die Temperatur, auf der horizontalen Achse der absolute Feuchtegehalt in g/kg trockene Luft aufgetragen. Die Kurven gleicher Enthalpie (Isenthalpen bzw. Adiabaten) sind schräge parallele Geraden, die von links oben nach rechts unten verlaufen. Enthalpie-, Feuchte- und Temperaturdifferenzen 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 Sättigungslinie 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.	135
Abbildung 7.45: h-x-Diagramm für den Winterfall. Die Frischluft wird im EWT von ca. -12°C (ca. 95 % r.F.) auf ca. 1,5°C (ca. 33 % r.F.) erwärmt und durch den Wärmetauscher auf knapp über 18°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°C (ca. 42 % r.F.) auf ca. 6°C (100 % r.F.) abgekühlt. Es fällt dabei geringfügig Kondensat im Lüftungsgerät aus (ca. 0,8 g/kg trockene Luft). (Programmquelle: Menerga).....	136
Abbildung 7.46: 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. in den frühen Morgenstunden (meist geringere absolute Außenluftfeuchte als am Tag) und durch 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 tagsüber auch an sehr heißen Tagen über Fenster, 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).	137
Abbildung 7.47: Prinzipbild einer Wärmerückgewinnung (Plattenwärmetauscher, Quelle: Klingenburg, adaptiert).....	138
Abbildung 7.48: Berechnung des effektiven Wärmebereitstellungsgrades für die Innen- und Außenaufstellung (Quelle: PHI).....	142

Abbildung 7.49: Zulässige Gesamtdruckverluste abhängig von dem typischen Gesamtwirkungsgrad der Ventilatoreinheit bei den verschiedenen Luftmengen zur Erreichung von SFP1 (Als Zuschläge wurden 300 Ws/m ³ für die Filterstufe und 300 Ws/m ³ für die Wärmerückgewinnung berücksichtigt).	149
Abbildung 7.50: SFP-Praxiswerte für unterschiedliche Anlagengrößen	149
Abbildung 7.51 a und b: Eurovent Label und RLT Label (Quelle: Eurovent bzw. RLT-Verband).....	151
Abbildung 7.52: Hierarchische Ordnung von Eurovent und RLT-Label (Quelle: Fa. AL-KO)	151
Abbildung 7.53: Einteilung der Energie-Effizienzklassen für Komfortlüftungsgeräte nach deklariert.ch	152
Abbildung 7.54: Klasseneinteilung nach Eurovent (Quelle: Eurovent)	153
Abbildung 7.55: Bestimmung des f-Faktors für den Strombedarf nach Eurovent. (Quelle: Eurovent)	153
Abbildung 7.56: Energieeffizienzklassen A+, A und B (Quelle: RLT-Richtlinie 1, 2009)	154
Abbildung 7.57: Wirkungsgrade moderner Ventilatoren unterschiedlicher Luftleistung	159
Abbildung 7.58: Einflussgrößen Lebenszykluskosten nach (Quelle: GEA)	160
Abbildung 7.59: Kosten im Lebenszyklus (Quelle: AL-KO).....	160
Abbildung 7.60: Lebenszykluskostenrechner der Fa. AL-KO (Quelle: AL-KO).....	161
Abbildung 7.61: Bekleidung mit Brandschutzplatte; Quelle: Rookwool, Conlit	166
Abbildung 7.62 a und b: Hygienezertifizierter Luftkanal mit Brandschutz bis REI 90 ohne Blechkanal (Quelle: Fa. Miprotec).....	167
Abbildung 7.63: Brandschutzklappe, links klassische Ausführung mittels Schmelzlot, rechts: motorisch betriebene Brandschutzklappe ; Quelle: Trox	168
Abbildung 7.64: Druckverlust und Schalleistungswerte korrigiert nach ISO 5135:1998 für eine Brandschutzklappe in Abhängigkeit der Anströmgeschwindigkeit; Quelle: Trox	168
Abbildung 7.65: Brandschutzklappe mit Strömungsprofil und Druckverlustvergleich.....	169
Abbildung 7.66: links - Brandrohrmanschetten; Quelle: http://www.bba-online.de/FAAimages/thumb/696542.jpg , Stand 03.08.2010; rechts – Abbrandversuch: Quelle: Brandschutzfibel Fa. Poloplast.....	169
Abbildung 8.1: Zufriedenheit mit der Wohnsituation – Kurzbefragung.....	172
Abbildung 8.2: Zufriedenheit mit der Lüftungsanlage – zu Beginn und jetzt – Kurzbefragung	173
Abbildung 8.3: Probleme mit der Lüftungsanlage – Kurzbefragung	174
Abbildung 8.4: Bedienerfreundlichkeit der Lüftungsanlage – Kurzbefragung	175
Abbildung 8.5: Gesamtnote der Lüftungsanlage – Kurzbefragung	175
Abbildung 8.6: Einstellung zum Thema Lüftungsanlage vor Bezug der Wohnung - Kurzbefragung..	176
Abbildung 8.7: Information zur Lüftungsanlage – Kurzbefragung.....	177
Abbildung 8.8: Art der Information über die Lüftungsanlage - Kurzbefragung.....	177
Abbildung 8.9: Beurteilung der erhaltenen Informationen zur Lüftungsanlage - Kurzbefragung.....	178
Abbildung 8.10: Wunsch nach zusätzlicher Information zur Lüftungsanlage - Kurzbefragung.....	178
Abbildung 8.11: Wer kann um Rat bzgl. der Lüftungsanlage gefragt werden? – Kurzbefragung.....	179
Abbildung 8.12: Wiedereinzug in eine Wohnung mit Lüftungsanlage - Kurzbefragung.....	179
Abbildung 8.13: Zufriedenheit mit der Wohnsituation – Langbefragung.....	180
Abbildung 8.14: Zufriedenheit mit der Lüftungsanlage zu Beginn und jetzt - Langbefragung	181
Abbildung 8.15: Probleme mit der Lüftungsanlage – Langbefragung.....	181
Abbildung 8.16: Bedienerfreundlichkeit der Lüftungsanlage – Langbefragung	182
Abbildung 8.17: Gesamtnote der Lüftungsanlage – Langbefragung	183

Abbildung 8.18: Nutzung der Regelung der Lüftungsanlage – Langbefragung	184
Abbildung 8.19: Sind Lüftungsöffnungen in der Wohnung optisch störend? – Langbefragung.....	185
Abbildung 8.20: Zusätzliche Lüftung im Winter - Langbefragung	185
Abbildung 8.21: Wartung der Lüftungsanlage – Langbefragung	186
Abbildung 8.22: Filterwechsel bei der Lüftungsanlage - Langbefragung	186
Abbildung 8.23: Anzahl der Filterwechsel – Langbefragung.....	187
Abbildung 8.24: Einstellung zum Thema Lüftungsanlage vor Bezug der Wohnung - Langbefragung	187
Abbildung 8.25: Information zur Lüftungsanlage – Langbefragung	188
Abbildung 8.26: Art der Information über die Lüftungsanlage – Langbefragung	189
Abbildung 8.27: Beurteilung der erhaltenen Informationen zur Lüftungsanlage – Langbefragung....	189
Abbildung 8.28: Wunsch nach zusätzlicher Information zur Lüftungsanlage – Langbefragung	190
Abbildung 8.29: Wunsch nach zusätzlicher inhaltlicher Information zur Lüftungsanlage - Langbefragung	190
Abbildung 8.30: Wer kann um Rat bzgl. der Lüftungsanlage gefragt werden? – Langbefragung	191
Abbildung 8.31: Beurteilung der Information über die Möglichkeiten der Lüftungsanlage - Langbefragung	191
Abbildung 8.32: Verständnis über die Funktion des Lüftungssystems – Langbefragung	192
Abbildung 8.33: Wiedereinzug in eine Wohnung mit Lüftungsanlage – Langbefragung	192
Abbildung 8.34: Rat zum Einbau einer Lüftungsanlage in allen Gebäuden – Langbefragung	193
Abbildung 8.35: Zufriedenheit mit der Lüftungsanlage – zu Beginn und jetzt – HausmeisterInnen ...	194
Abbildung 8.36: Zuverlässigkeit der Lüftungsanlage - HausmeisterInnen.....	195
Abbildung 8.37: Bedienerfreundlichkeit der Lüftungsanlage – HausmeisterInnen	195
Abbildung 8.38: Gesamtnote der Lüftungsanlage – HausmeisterInnen	196
Abbildung 8.39: Notwendigkeit der Reinigung der Lüftungsanlage – HausmeisterInnen.....	197
Abbildung 8.40: Wartung der Lüftungsanlage – HausmeisterInnen	198
Abbildung 8.41: Wechsel der Filter – Zuständigkeit – HausmeisterInnen	199
Abbildung 8.42: Wechsel der Filter – Häufigkeit – HausmeisterInnen.....	199
Abbildung 8.43: Information zur Lüftungsanlage - HausmeisterInnen.....	200
Abbildung 8.44: Art der Information zur Lüftungsanlage - HausmeisterInnen	201
Abbildung 8.45: Beurteilung der Information zur Lüftungsanlage - HausmeisterInnen	201
Abbildung 8.46: Wunsch nach zusätzlicher Information zur Lüftungsanlage – HausmeisterInnen	202
Abbildung 8.47: Wunsch nach zusätzlicher inhaltlicher Information zur Lüftungsanlage – HausmeisterInnen	202
Abbildung 8.48: Beurteilung der Information über die Möglichkeiten der Lüftungsanlage – HausmeisterInnen	203
Abbildung 8.49: Verständnis über die Funktion des Lüftungssystems - HausmeisterInnen.....	203
Abbildung 8.50: Tätigkeiten, die bei der Lüftungsanlage selbst vorgenommen werden – HausmeisterInnen	204
Abbildung 8.51: Probleme mit der Lüftungsanlage für die BewohnerInnen aus Sicht der HausmeisterInnen	205
Abbildung 8.52: Zusätzliches Lüften im Winter durch die BewohnerInnen aus Sicht der HausmeisterInnen	205
Abbildung 8.53: Zufriedenheit mit der Arbeitssituation – HausmeisterInnen	206

Abbildung 8.54: Wiederarbeit in einem Gebäude mit Lüftungsanlage – HausmeisterInnen	206
Abbildung 8.55: Rat zum Einbau einer Lüftungsanlage in allen Gebäuden – HausmeisterInnen	207
Abbildung 8.56: Entscheidende Kraft für die Entscheidung – Wohnbauträger	208
Abbildung 8.57: Hauptargument für die Umsetzung – Wohnbauträger	209
Abbildung 8.58: Endgültige Entscheidung für die Umsetzung – Wohnbauträger	209
Abbildung 8.59: Zuverlässigkeit der Lüftungsanlage – Wohnbauträger	210
Abbildung 8.60: Probleme mit der Lüftungsanlage – Wohnbauträger	210
Abbildung 8.61: Betriebskosten der Lüftungsanlage – Wohnbauträger	211
Abbildung 8.62: Gesamtnote der Lüftungsanlage – Wohnbauträger	212
Abbildung 8.63: Art der Information zur Lüftungsanlage – Wohnbauträger	213
Abbildung 8.64: Wunsch nach zusätzlicher Information zur Lüftungsanlage – Wohnbauträger	213
Abbildung 8.65: Wer kann um Rat bzgl. der Lüftungsanlage gefragt werden? - Wohnbauträger	214
Abbildung 8.66: Entscheidende Kraft für die Entscheidung – PlanerInnen	215
Abbildung 8.67: Hauptargument für die Umsetzung der Lüftungsanlage – PlanerInnen	215
Abbildung 8.68: Endgültige Entscheidung für die Lüftungsanlage – PlanerInnen	216
Abbildung 8.69: Vorgaben durch die Auftraggeberseite – PlanerInnen	217
Abbildung 8.70: Zuverlässigkeit der Lüftungsanlage – PlanerInnen	217
Abbildung 8.71: Probleme mit der Lüftungsanlage - PlanerInnen	218
Abbildung 8.72: Laufende Betriebskosten der Lüftungsanlage – PlanerInnen	218
Abbildung 8.73: Gesamtnote der Lüftungsanlage - PlanerInnen	219
Abbildung 9.1: Excel Checkliste Außenbereich	224
Abbildung 9.2: Außenansicht Abbildung 9.3: Stiegenhaus mit dezentraler Einheit	225
Abbildung 9.4: Anlagenschema (Quelle: Drexel und Weiss)	226
Abbildung 9.5: Falsche Ventilwahl (Radiusauslass) für die Zuluft in der Raumecke über der Couch	239
Abbildung 9.6 a und b: Außenluftansaugung und Fortluft in einem Turm führte zu Geruchsübertragung	242
Abbildung 9.7 a und b: Außenluftansaugung und Fortluft vor und nach der Adaptierung	242
Abbildung 9.8: Außenluftansaugung und Fortluftführung	243
Abbildung 9.9 a und b: großzügige Ansaugung auf der Seite und Fortluft nach Oben	243
Abbildung 9.10: Außenluftansaugung in unzureichender Höhe	245
Abbildung 9.11: Außenluftansaugung in unzureichender Höhe und Abbildung 9.12: starke Verschmutzung des G4 Vorfilters. Verschmutzung noch von der Bauphase (Erdarbeiten)	245
Abbildung 9.13: Außenluftansaugung unter dem Blechdach führt im Sommer zu unnötig hohen Temperaturen (deutlich über 40°C im Ansaugbereich)	246
Abbildung 9.14: Verteilung der Strategien zum Vereisungsschutz bei den evaluierten Anlagen	248
Abbildung 9.15: Blick in den Sammel schacht des Luft-EWT (Lüftungsgerät für Zuluft wenig wartungsfreundlich im Schacht hängend)	248
Abbildung 9.16: Sole EWT (Quelle: www.sole-ewt.de)	248
Abbildung 9.17: Grundwasser – Luft Wärmetauscher als Vereisungsschutz mit eigener Regelung ..	249
Abbildung 9.18: Anbindung des Wasser-Luft-Wärmetauschers (Heizung bzw. Solaranlage)	249
Abbildung 9.19: Einstieg zur Lüftung nur über Dachluke	250
Abbildung 9.20: Einstieg zur Lüftung über Fenster	250

<i>Abbildung 9.21: Gehäuseventilator Direktantrieb</i>	<i>Abbildung 9.22: Freilaufendes Rad mit</i>	252
<i>Abbildung 9.23: Gehäuseventilator mit Zahnriemenantrieb</i>		252
<i>Abbildung 9.24: Frequenzumformer für Zuluft- bzw. Abluftantrieb</i>		253
<i>Abbildung 9.25: Rotationswärmetauscher zur Rückgewinnung von Wärme und Feuchte (ohne Kondensation)</i>		254
<i>Abbildung 9.26: Hygienisch und strömungstechnisch ungünstige Einbaulage (oben) von nicht eigensteifen Taschenfiltern</i>		255
<i>Abbildung 9.27: Monatlicher Stromverbrauch – PH Melone</i>		257
<i>Abbildung 9.28: Monatlicher Stromverbrauch – Untendorfgasse 1. Messjahr</i>		258
<i>Abbildung 9.29: Monatlicher Stromverbrauch – Untendorfgasse 2. Messjahr</i>		259
<i>Abbildung 9.30: Monatlicher Stromverbrauch pro Wohnung – Untendorfgasse 1. Messjahr</i>		259
<i>Abbildung 9.31: Monatlicher Stromverbrauch – Mühlweg 1. Messjahr</i>		260
<i>Abbildung 9.32: Monatlicher Stromverbrauch – Mühlweg 2. Messjahr</i>		260
<i>Abbildung 9.33: Fernwartung am PC</i>		261
<i>Abbildung 9.34: Werte der Lüftungsanlage im Internet für die Nutzer</i>		261
<i>Abbildung 9.35: Anzeige Hauptventilator</i>	<i>Abbildung 9.36: Anzeige Hauptventilator</i>	262
<i>Abbildung 9.37: Einfacher Schaltkasten für eine Lüftungsanlage</i>		262
<i>Abbildung 9.38: Volumenstromregler mit 2-stufiger Voreinstellung</i>		263
<i>Abbildung 9.39: Kombinierte Bedieneinheit (Raumthermostat + Lüftungsstufe) für eine Luftheizungsanlage</i>		263
<i>Abbildung 9.40: Kondensatablauf ohne Möglichkeit der Nachfüllung (Bodensiphon) und Leckströmung zwischen den beiden Wärmetauscherseiten</i>		264
<i>Abbildung 9.41: Fehlender Anschluss für Kondensat</i>		264
<i>Abbildung 9.42: Hebebox für Kondensat</i>		264
<i>Abbildung 9.43: Verteilkonzept Abzweiger</i>	<i>Abbildung 9.44: Sternsystem: ein Strang für jede Wohnung</i>	265
<i>Abbildung 9.45 a und b: Ungeeignete und beschädigte Luftleitung aus Aluflexrohr bei einem Objekt außerhalb der Evaluierungsgruppe</i>		265
<i>Abbildung 9.46: Fortluftleitung mit 3 unterschiedlichen Bereichen unzureichender Dämmung</i>		266
<i>Abbildung 9.47: Luftführung im Kanal oberhalb des Daches</i>		266
<i>Abbildung 9.48: Luftleitung in die Außendämmung und die Außenabdichtung integriert</i>		266
<i>Abbildung 9.49 a bis c: In die Konstruktion eingelegte Luftleitungen verschiedener Hersteller. (Bildquellen: SM-Heag, Nilan, Comfotube</i>		267
<i>Abbildung 9.50 a und b: Saubere Luftleitungen (Zuluft) auch nach mehrjährigem Betrieb</i>		268
<i>Abbildung 9.51 a und b: Verschmutzte Abluftleitungen bei einer Anlage außerhalb der Evaluierungsgruppe</i>		268
<i>Abbildung 9.52: Quellluftauslass</i>	<i>Abbildung 9.53: Induktionsauslass</i>	269
<i>Abbildung 9.54 a u. b: Induktionskasten für Wohnzimmer-Küchenverband und danebenliegendes Abluftventil im Küchenbereich</i>		269
<i>Abbildung 9.55: Heizkörper und Zuluftdurchlass über der Tür</i>		269
<i>Abbildung 9.56: Schleiftür</i>	<i>Abbildung 9.57: Überströmgitter in der Tür</i>	270
<i>Abbildung 9.58: Ausnehmung bei einer Tür</i>	<i>Abbildung 9.59: Überströmung über der Tür mit Anschlag (Sanierung)</i>	270

Abbildung 9.60: Überströmung über die Türzarge (Quelle: unbekannt) 270
Abbildung 9.61: Ablufttellerventil mit ungeeigneter Einbausituation 271
Abbildung 9.62: Ungeeignete Küchenabluftfilterung mit Textilflies 271
Abbildung 12.1: Baukosten für Komfortlüftungen (Quelle: Pfluger 2005, Grafik Thaler 2010) 284

17 Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Ausgewählte Objekte für die Evaluierung	22
Tabelle 4.1 Klassifizierung der Innenraumluftqualität laut Akademie der Wissenschaften/Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW)	27
Tabelle 4.2 Klassifizierung der Innenraumluftqualität laut deutscher Ad-hoc Arbeitsgruppe	28
Tabelle 5.1: Einflussgrößen auf die Behaglichkeit nach ÖNORM H 6000-3:1989.....	41
Tabelle 5.2: Vergleich der Kategorienbezeichnung – ÖNORM EN 7730:2006 und ÖNORM EN 15251:2007.....	42
Tabelle 5.3:Wärmeproduktion in Abhängigkeit von der Tätigkeit nach ÖNORM EN ISO 7730:2006...	43
Tabelle 5.4: Metabolische Wärmeproduktionsrate (pro m ² Körperoberfläche) einer männlichen Standardperson abhängig von der Tätigkeit (Zapfel et al. 2006).....	44
Tabelle 5.5: Körpergröße und Körpergewicht von Kindern (Mittelwerte) (Forschungsinstitut für Kinderernährung, 2004); Körperoberfläche nach Ruch und Patton (1965)	44
Tabelle 5.6: Wärmeleitwiderstände der Bekleidung nach ÖNORM EN ISO 7730:2006.....	44
Tabelle 5.7: lokale mittlere Luftgeschwindigkeiten abhängig von der lokalen Raumlufttemperatur bei einem Zugluftrisiko von 10 % und einem Turbulenzgrad von 40 %.....	48
Tabelle 5.8 Beurteilung der Luftqualität (vgl. Zusammenstellung Dr. Kunesch, 2001).....	54
Tabelle 5.10: Literaturangaben für die CO ₂ -Abgabe von Menschen	55
Tabelle 5.11: Klassifizierung der Innenraumluftqualität im Hinblick auf CO ₂ nach BMLFUW 2006	57
Tabelle 5.12: Anforderungen an natürlich und mechanisch belüftete Gebäude im Hinblick auf CO ₂ nach BMLFUW 2006	58
Tabelle 5.13: Vergleich der Richtwerte für die CO ₂ -Konzentration in einem Raum.....	58
Tabelle 5.14: CO ₂ -Austoß durch unterschiedliche Personen abhängig vom Aktivitätsgrad	59
Tabelle 5.15: Mindestwerte für Außenluftvolumenströme je Person nach ÖNORM EN 13779:2008...	61
Tabelle 5.16: Gesamtluftmenge für Dimensionierung von Luftleitungen und Lüftungsgerät	63
Tabelle 5.17: Luftmengen für einzelne Räume zur Dimensionierung der Luftleitungen und Durchlässe einzelner Räume	66
Tabelle 5.18: Mindest erforderliche Schalldämmung von Außenbauteilen.....	76
Tabelle 5.19: Mindest erforderliche bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nt,w}$ in Gebäuden.....	77
Tabelle 7.1: Luftarten nach Tabelle 2 ÖNORM EN 13799:2008 Teil 1.....	85
Tabelle 7.2: Zuordnung der Zonen nach ÖNORM H 6038:2006	101
Tabelle 7.3: Zusammenfassung Vor- und Nachteile von Wärmerückgewinnungssystemen (Quelle: Raymond Kober)	112
Tabelle 7.4: Zusammenfassung Wärme- und Feuchterückgewinnung von Wärmerückgewinnungssystemen (Quelle: klima:aktiv Leitfaden für Audits bei Lüftungsanlagen)....	113
Tabelle 7.5: Filterklassen und Abscheidegrade nach EN 779	115
Tabelle 7.6: Einsatzbereiche der Filterklassen.....	115
Tabelle 7.7: Befeuchtungssysteme für zentrale Lüftungssysteme und der empfohlenen Wasseraufbereitung (Quelle: klima:aktiv Leitfaden für Audits bei Lüftungen)	129
Tabelle 7.8: Bewertung von Luftbefeuchtern (Emmenegger, Tschui aus planer+installateur 4/2005)	130
Tabelle 7.9: Wertetabelle für Rückwärmehzahlen und Druckverluste nach EN 13053:2007	145
Tabelle 7.10: Rückwärmehzahlen und Druckverluste je Luftseite nach EN 13053:2007	145
Tabelle 7.11: Spezifische Ventilatorleistung nach ÖNORM EN 13779:2008.....	146

Tabelle 7.12: Klassierung der spezifischen Ventilatorleistung nach ÖNORM EN 13779:2008.....	148
Tabelle 7.13: Typisch zulässige spezifische Leistungen pro Ventilator für SFP1:.....	148
Tabelle 7.14: Typisch zulässige Gesamtdruckerhöhung pro Ventilator für SFP1:.....	148
Tabelle 7.16: Beispiele Für Druckverluste von Bauteilen in Luftbehandlungseinheiten nach EN 13779	150
Tabelle 7.17: Tabelle 2: Kriterien für die Effizienzklassen (Quelle: RLT-Richtlinie 1, 2009).....	154
Tabelle 7.18: Geschwindigkeitsklassen für Lüftungsgeräte nach EN 13053 (2007) (Quelle: RLT- Richtlinie 1, 2009).....	155
Tabelle 7.19: Elektrische Leistungsaufnahme nach RLT-Richtlinie 1 (2009)	155
Tabelle 7.20: Druckverlust und Strombedarf abhängig vom Wirkungsgrad des Antriebes	158
Tabelle 7.21: Anforderung an luftführende Schächte, Kanäle und Lüftungsleitung gemäß B 3806; Quelle: Riccabona	164
Tabelle 8.1: Rücklauf aufgeschlüsselt nach Befragungsgruppen	171
Tabelle 9.1: CO ₂ -Werte Wohnzimmer	233
Tabelle 9.2: CO ₂ -Werte Fortluft (zentral).....	234
Tabelle 9.3: Temperaturen und Feuchte Wohnzimmer bzw. Außenluftwerte - Winter	234
Tabelle 9.4: Temperaturen und Feuchte Wohnzimmer bzw. Außenluftwerte - Sommer.....	234
Tabelle 9.5: Zuluftmengen Schlafzimmer und Luftmengen Wohnzimmer	236
Tabelle 9.6: Abluftmengen Küche Bad und WC.....	236
Tabelle 9.7: Schallwerte Schlafzimmer	238
Tabelle 9.8: Wärmerückgewinnung der 14 Anlagen	253
Tabelle 9.10: Maximale Stromaufnahme und maximale spezifische Stromaufnahme der zentralen Anlagen (lt. Typenschild).....	256
Tabelle 9.11: Maximaler SFP (lt. Typenschild) für Zuluft- und Ablufteinheit	256
Tabelle 11.1: Eingesparte Wärmemenge und elektrisches Wirkungsverhältnis der Lüftungsanlage (ohne Nutzungsgrad der Heizung)	281
Tabelle 11.2: Eingesparte Wärmemenge und die „Jahresarbeitszahl“ der Lüftungsanlage (mit Nutzungsgrad der Heizung).....	282
Tabelle 11.3: Eingesparte Wärmemenge und die „Jahresarbeitszahl“ der Lüftungsanlage (mit Nutzungsgrad der Heizung).....	283
Tabelle 12.1: Leistungsbedarf zentraler Komfortlüftungen pro Wohnung (100 m ³ /h) bei reinen Filtern	285
Tabelle 12.2: Leistungsbedarf zentraler Komfortlüftungen pro Wohnung (100 m ³ /h) inkl. Filterverschm.	286
Tabelle 12.3: Strombedarf zentraler Komfortlüftungen pro Wohnung (100 m ³ /h) inkl. Filterverschm.	286
Tabelle 12.4: Stromkostenzentraler Komfortlüftungen pro Wohnung (100 m ³ /h) inkl. Filterverschm.	286
Tabelle 12.5: Lüftungsverluste und Einsparungen pro m ² BGF bei einer Luftdichtheit von 0,6 beim Blower Door Test. Berechnung lt. österr. Energieausweises, Referenzklima und. € 0,07 pro kWh... 288	288

18 Literaturverzeichnis

18.1 Allg. Literatur

- Baumgarth S. et. al.: „Handbuch der Klimatechnik, 4. Auflage, Heidelberg“, Müller (2003)
- Blümel E., Fink C., Reise C.: „Luftdurchströmte Erdreichwärmetauscher“, Handbuch zur Planung und Ausführung von luftdurchströmten Erdreichwärmetauschern für Heiz- und Kühlanwendungen (2001)
- BMLFUW: „Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft“, erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Blau-Weiße Reihe (Loseblattsammlung), aktuelle Ausgabe
www.umwelt.lebensministerium.at/article/archieve (2006)
- ECA: “Total Volatile Organic Compounds (TVOC) in Indoor Air Quality Investigations”, ECA-Report No 19 (1997)
- Fachinstitut Gebäude-Klima e.V.: „Fragen und Antworten zur Raumluftfeuchte“, Status Report 8
- Fink C. et al.: „Passive Kühlkonzepte für Büro und Verwaltungsgebäude mittels Luft bzw. wasserdurchströmten Erdreichwärmetauschern“ (2002)
- Gerstbauer C. et. al.: “Leitfaden für Audits an Lüftungsanlagen” (2010)
- Geyer: „Klimatechnik“, Skriptum zur gleichnamigen Vorlesung, FH Eisenstadt; Studiengang Gebäudetechnik (2004)
- Greim H. (Hrsg): „Gesundheitsschädliche Arbeitsstoffe. Toxikologisch-Arbeitsmedizinische Begründung von MAK-Werten“, Kapitel: Kohlendioxid. VCH, Weinheim (1994)
- Greml A. et al.: „Technischer Status von Endbericht Wohnraumlüftungen“ (2003)
- Huber H; Mosbacher R.: Wohnungslüftung - Grundlagen, Planung, Ausführung und Praxis von Komfortlüftungen, 1. Auflage, Zürich, Faktor-Verlag (2006):
- Humm O.: „NiedrigEnergie- und PassivHäuser, Konzepte, Planung, Konstruktionen, Beispiele“, Ökobuch Verlag (1998)
- Hutter H-P, Moshhammer H, Wallner P, Damberger B, Tappler P, Kundi M: “Volatile organic compounds and formaldehyde in bedrooms: results of a survey in Vienna, Austria”, Indoor Air '02 – Proc. 9th Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate (Monterey, USA, 30.06.–05.07.2002), Vol. 2, pp. 239–243 (2002)
- Kober R.: „Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raumluft in A++ Qualität“ (2009)
- Krause C. et al.: „Wohn-Innenraum: Raumluft“, Umwelt Survey Band IIIc WaBoLu-Hefte 4/1991, Institut für Wasser- Boden- und Lufthygiene, Berlin (1991)
- Lackmann W. BKI Baukosteninformationszentrum (Hg.): Statistische Kostenkennwerte für Gebäude, Stuttgart, BKI Verlag. Leusden F.P., Freymark (2005)
- Michael K.: „Erfahrungen mit soledurchströmten Erdwärmetauschern“, Niedrig-Energie-Institut GbR (2000) www.nei-dt.de
- Müller D.: „Klimatechnik für Architekten“, TU Berlin – Institut für Energietechnik, Fachgebiet für Heiz- und Raumlufttechnik (2005)
- PAUL-Lüftung GmbH: „Planungs- und Auslegungshinweise“, D-08132 Mülsen, Vettermannstr. 1–5
www.paul-lueftung.de/download/10_Planung_und_Auslegungshinweise.pdf
- Pettenkofer (1858)
- Pluschke P.: „Luftschadstoffe in Innenräumen“, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York (1996)
- Pfluger R.: Integration von Lüftungsanlagen im Bestand Planungsempfehlungen für Geräte, Anlagen und Systeme (2005)
- Recknagel, Sprenger, Schramek: „Taschenbuch für HEIZUNG + KLIMA TECHNIK einschließlich Warmwasser und Kältetechnik“, Oldenbourg Industrieverlag München ISBN 3-486-26450-8 (1999/200); (2001/2002); (2007/2008)
- Rehva Guidebook No 1: „Displacement ventilation in Non-Industrial premises“

Rehva Guidebook No 2: „Ventilation Effectiveness“

Rietschel H.: „Raumklimatechnik, Band 1 Grundlagen“, 16. Auflage, herausgegeben von Horst Esdorn, Springer-Verlag Berlin (1994)

RLT-Richtlinie 1–4: www.rlt-geraete.de (Stand Okt. 2010)

Schleibinger H. et al.: „Ziel- und Richtwerte zur Bewertung der VOC-Konzentrationen in der Innenraumluft – ein Diskussionsbeitrag“, *Umweltmedizin in Forschung und Praxis* 7 (3): 139–147 (2002):

Schleibinger H. et al.: „VOC-Konzentrationen in Innenräumen des Großraums Berlin im Zeitraum von 1988 bis 1999“, *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 51 (Jan/Feb 2001)

Thaler A.: *Lebenszykluskosten von Wohnraumlüftungsanlagen im mehrgeschoßigen Wohnbau*, 2010

TZWL – Europäisches Testzentrum für Wohnraumlüftungsgeräte e.V.: „Prüfreglement für die Prüfung von zentralen Wohnraumlüftungsgeräten“, www.tzwl.de

Umweltbundesamt (Wien): „Luftgütemessungen Jahresbericht“ (2005), (2006)
<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0066.pdf>

Veit I.: „Technische Akustik, Grundlagen der physikalischen, physiologischen und Elektroakustik“, 6. erweiterte Auflage, Vogel Buchverlag (2005)

Wargocki P., Wyon DP., Sundell J., Clausen G., Fanger PO.: “The Effects of Outdoor Air Supply Rate in an Office on Perceived Air Quality, Sick Building Syndrome (SBS) Symptoms and Productivity”, *Indoor Air* Vol 10, No. 4:222-2 (2000)

WHO: “Indoor Air Quality: organic pollutants”, *Euro Reports and Studies* No. 111. Copenhagen: World Health Organisation, Regional Office for Europe (1989)

Witthauer J., Horn H., Bischof W.: „Raumluftqualität – Belastung, Bewertung, Beeinflussung“, Verlag C.F. Müller, Karlsruhe (1993)

Hinweis: Die im Kapitel 4 angeführten Studien sind im Literaturverzeichnis nicht nochmals extra angeführt.

18.2 Fußnotenverzeichnis

- 1 Vgl. Gössler A.: „Technische Evaluierung von mechanischen Klassenzimmerlüftungen in Österreich“, Diplomarbeit, Pinkafeld (2007)
- 2 Vgl. Gössler A.: „Technische Evaluierung von mechanischen Klassenzimmerlüftungen in Österreich“, Diplomarbeit, Pinkafeld (2007)
- 3 Siehe ÖNORM B 8110 – 2, Beiblatt 4
- 4 Siehe ÖNORM B 8110-2 Beiblatt 4
- 5 Vgl. Greml A. et al.: „Technischer Status von Wohnraumlüftungen“ (2004)
- 6 Vgl. Österr. BMLFUW (2006): „Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft“, Richtlinienenteil CO₂ als Lüftungsparameter. Hrsg.: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Akademie der Wissenschaften – Kommission Reinhaltung der Luft. Eigenverlag des BMLFUW, Blau-Weiße Reihe (Loseblattsammlung)
- 7 Wie 4
- 8 Vgl. Österr. BMLFUW (2006): „Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft“, Richtlinienenteil CO₂ als Lüftungsparameter. Hrsg.: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Akademie der Wissenschaften – Kommission Reinhaltung der Luft. Eigenverlag des BMLFUW, Blau-Weiße Reihe (Loseblattsammlung)
- 9 Vgl. BMLFUW (2006): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft, Richtlinienenteil CO₂ als Lüftungsparameter. Hrsg.: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Akademie der Wissenschaften – Kommission Reinhaltung der Luft. Eigenverlag des BMLFUW, Blau-Weiße Reihe (Loseblattsammlung)
- 10 nach ÖNORM EN ISO 7730:2006
- 11 CEPH-Kurs 2010, Präsentation „C.1.2 Gebäudetechnik Lüftung – Konzepte“ Folie 3, Autor: PHI / PHD
- 12 CEPH-Kurs 2010, Präsentation „C.1.2 Gebäudetechnik Lüftung – Konzepte“ Folie 3, Autor: PHI / PHD und „C.1.3 Gebäudetechnik Lüftung - Planung Komponenten“ Folie 49, Autor: HK / PHI / PHD
- 13 Der mittlere tägliche Luftwechsel wird über den Luftwechsel in den Anwesenheitszeiten ($120 \text{ m}^3/\text{h} / 276 \text{ m}^3 \text{ Raumluftvolumen} = 0,435$) und den Luftwechsel in der Abwesenheit ($84 \text{ m}^3/\text{h} / 276 \text{ m}^3 \text{ Raumluftvolumen} = 0,304$) gemittelt: $(8 \times 0,304 + 16 \times 0,435) / 24\text{h} = 0,39$
- 14 Vgl. Gössler A.: „Technische Evaluierung von mechanischen Klassenzimmerlüftungen in Österreich“, Diplomarbeit, Pinkafeld (2007)
- 15 R_w ...bewertendes Schalldämm-Maß; $R'w$...bewertendes Bau-Schalldämm-Maß; $R'_{res,w}$... bewertetes resultierendes Bau-Schalldämm-Maß; C_{tr} ...Spektrum-Anpassungswert
- 16 Vgl. www.rlt-geraete.de, Stand Jänner 2008
- 17 Vgl. www.rlt-geraete.de, Stand Jänner 2008
- 18 Vgl. www.rlt-info.de, Stand 02.2008
- 19 Vgl. www.rlt-info.de, Stand 02.2008
- 20 Vgl. www.rlt-info.de, Stand 02.2008
- 21 Vgl. www.rlt-info.de, Stand 02.2008
- 22 Vgl. www.rlt-info.de, Stand 01. 2008
- 23 Vgl. Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raymond Kober, Seite 97
- 24 Vgl. Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung Raymond Kober, Seite 102
- 25 Vgl. Leitfaden für Audits an Lüftungsanlagen (Kurzversion) klima:aktiv
- 26 Huber, Mosbacher (2006, S. 316)
- 27 Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Brandschutzklappe>; Stand 03.08.2010

18.3 Normen und Richtlinien

- ASHRAE: ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) Standard 62:1989 "Ventilation for acceptable indoor air quality"
- BMLFUW: „Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft“, erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Blau-Weiße Reihe (Loseblattsammlung), aktuelle Ausgabe
www.umwelt.lebensministerium.at/article/archieve (2006)
- DIN 1946-Teil 6:2009-05 "Lüftung von Wohnungen - Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung"
- DIN 4719:2009-07 „Lüftung von Wohnungen - Anforderungen, Leistungsprüfungen und Kennzeichnung von Lüftungsgeräten“
- ÖAL, Richtlinie Nr. 3 Blatt 1:2006 „Beurteilung von Schallimmissionen im Nachbarschaftsbe-
reich“
- OIB, Richtlinie 6, April 2007 „Energieeinsparung und Wärmeschutz“ www.oib.or.at
- ÖNORM B 8115-1:2002 „Schallschutz und Raumakustik im Hochbau – Teil 1: Begriffe und Einheiten“
- ÖNORM B 8115-2:2006 „Schallschutz und Raumakustik im Hochbau – Teil 2: Anforderung an den Schallschutz“
- ÖNORM B 8115-3:2005 „Schallschutz und Raumakustik im Hochbau – Teil 3: Raumakustik“
- ÖNORM B 8110-5:2007 „Wärmeschutz im Hochbau – Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile“
- ÖNORM B 8110-6:2007 „Wärmeschutz im Hochbau – Teil 6: Grundlagen und Nachweisverfahren – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf“
- ÖNORM EN 308:1997 „Wärmeaustauscher, Prüfverfahren zur Bestimmung der Leistungskriterien von Luft/Luft- und Luft/Abgas-Wärmerückgewinnungsanlagen“
- ÖNORM EN 779: 2002 „Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumluftechnik – Bestimmung der Filterleistung“
- ÖNORM EN 1751:1998 „Lüftung von Gebäuden – Geräte des Luftverteilungssystems – Aerodynamische Prüfungen von Drossel- und Absperrelementen“
- ÖNORM EN 1886:1998 „Zentrale raumluftechnische Geräte, Mechanische Eigenschaften und Messverfahren“
- ÖNORM EN ISO 3743-2:1997 „Akustik – Bestimmung der Schalleistungspegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen – Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 für kleine, transportable Quellen in Hallfeldern – Teil 2: Verfahren Sonder-Hallräume“
- ÖNORM EN ISO 7730:2006 „Gemäßigtes Umgebungsklima, Ermittlung des PMV und PPD, Beschreibung der Bedingungen für thermische Behaglichkeit“
- ÖNORM EN 12097:Entwurf März 2005, "Lüftung von Gebäuden – Luftleitungen – Anforderungen an Luftleitungsbauteile zur Wartung von Luftleitungssystemen"
- ÖNORM EN 12237:2003 „Lüftung von Gebäuden – Luftleitungen – Festigkeit und Dichtheit von Luftleitungen mit rundem Querschnitt aus Blech“
- ÖNORM EN 12354:2000 „Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften“
- ÖNORM EN 12599:2000 „Lüftung von Gebäuden, Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumluftechnischer Anlagen“
- ÖNORM EN 12792:2004 „Lüftung von Gebäuden – Symbole, Terminologie und graphische Symbole“
- ÖNORM EN 13829:2001 „Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren“ (ISO 9972:1996, modifiziert)
- ÖNORM EN 12831:2003 „Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast“ bzw. nationale Ergänzung ÖNORM H 7500: Vornorm Jänner 2006, "Heizungssysteme in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast"

- ÖNORM EN 13053:2002 „Lüftung von Gebäuden, zentrale raumluftechnische Geräte, Nennwerte und Leistungsangaben, Bauelemente und Baugruppen“
- ÖNORM EN 13141-1:2004 „Lüftung von Gebäuden – Leistungsprüfungen von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen – Teil 1: Außenwand- und Überströmungsluftdurchlässe“
- ÖNORM EN 13141-2:2004 „Lüftung von Gebäuden – Leistungsprüfungen von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen – Teil 2: Abluft- und Zuluftdurchlässe“
- ÖNORM EN 13141-3:2004 „Lüftung von Gebäuden – Leistungsprüfungen von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen – Teil 3: Dunstabzugshauben für den Hausgebrauch“
- ÖNORM EN 13141-4:2004 „Lüftung von Gebäuden – Leistungsprüfungen von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen – Teil 4: Ventilatoren in Lüftungsanlagen für Wohnungen“
- ÖNORM EN 13141-5:2004 „Lüftung von Gebäuden – Leistungsprüfung von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen – Teil 5: Hauben und Dachfortluftdurchlässe“
- ÖNORM EN 13141-6: 2004 „Lüftung von Gebäuden – Leistungsprüfungen von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen – Teil 6: Baueinheiten für Abluftanlagen für eine einzelne Wohnung“
- ÖNORM EN 13141-7:2009 „Lüftung von Gebäuden – Leistungsprüfungen von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen – Teil 7: Leistungsprüfung von mechanischen Zuluft- und Ablufteinheiten für mechanische Lüftungsanlagen in Einfamilienhäusern“
- ÖNORM EN 13141-8:2006 „Lüftung von Gebäuden – Leistungsprüfung von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen – Teil 8: Leistungsprüfung von mechanischen Zuluft- und Ablufteinheiten ohne Luftführung für ventilatorgestützte Lüftungsanlagen von einzelnen Räumen“
- ÖNORM prEN 13141-9:2006 „Lüftung von Gebäuden – Leistungsprüfung von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen – Teil 9: Feuchtegeregelter Außenluft-Durchlass“
- ÖNORM prEN 13141-10:2006 „Lüftung von Gebäuden – Leistungsprüfung von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen – Teil 10: Feuchtegeregelter Abluft-Durchlass“
- ÖNORM 13501:2007 „Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten“
- ÖNORM EN 13779:2008 „Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme“
- ÖNORM EN 15239:2007 „Lüftung von Gebäuden – Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Leitlinien für die Inspektion von Lüftungsanlagen“
- ÖNORM EN 15240:2007 „Lüftung von Gebäuden – Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Leitlinien für die Inspektion von Klimaanlageanlagen“
- ÖNORM H 5057:2007 „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Raumluftechnik-Energiebedarf für Wohn- und Nichtwohngebäude“
- ÖNORM H 5058:2007 „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Kühltechnik-Energiebedarf“
- ÖNORM H 6000-3:1989 „Lüftungstechnische Anlagen; Grundregeln, hygienische und physiologische Anforderungen für den Aufenthaltsbereich von Personen“
- ÖNORM H 6015-1:2001 „Lüftungstechnische Anlagen, Luftleitungen aus Stahlblech, Kreisrunde Wickelfalzrohre und Formstücke, Anforderungen, Ausmaß“
- ÖNORM H 6015-2:2001 „Lüftungstechnische Anlagen, Luftleitungen aus Stahlblech, Rechteckige Kanäle und Formstücke in gefalzter Ausführung, Anforderungen, Ausmaß“
- ÖNORM H 6021:2003 „Lüftungstechnische Anlagen, Reinhaltung und Reinigung“
- ÖNORM H 6031:2007 Österreichisches Normungsinstitut: Lüftungstechnische Anlagen – Einbau und Kontrollprüfung von Brandschutzklappen und Brandrauchsteuerklappen

- ÖNORM H 6038:2006-05-01 „Lüftungstechnische Anlagen - Kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen mit Wärmerückgewinnung - Planung, Montage, Prüfung, Betrieb und Wartung“
- ÖNORM M 5700:2002 „Messen von Innenraumluft-Verunreinigungen – Gaschromatographische Bestimmung organischer Verbindungen“
- ÖNORM M 7615-5:1981 „Lüftungstechnische Anlagen – Leckverlust in Luftleitungen“
- ÖNORM M 7624:1985 „Lüftungstechnische Anlagen; grundsätzliche brandschutztechnische Anforderungen“
- ÖNORM M 7645:1987, „Lüftungstechnische Anlagen – Lärminderung“
- ÖNORM M 8100:1985, „Instandhaltung“
- ÖNORM S 5021:1998 „Schalltechnische Grundlagen für die örtliche und überörtliche Raumplanung und Raumordnung“
- SIA 382/1:2007 „Lüftungs- und Klimaanlageanlagen – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen“
- VDI 2071:1997 „Wärmerückgewinnung in Raumlufthechnischen Anlagen“
- VDI 2081:1983 „Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumlufthechnischen Anlagen“
- VDI 2087:1998 „Luftleitungssysteme Bemessungsgrundlage“
- VDI 3081:2000 „Betreiben von Raumlufthechnischen Anlagen“
- VDI 3803:2002 „Raumlufthechnische Anlagen – Bauliche und technische Anforderungen“
- VDI 4300 Blatt 1:1995 „Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Allgemeine Aspekte der Messstrategie“
- VDI 4300 Blatt 6E:2000 „Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Messstrategie für flüchtige organische Verbindungen (VOC)“
- VDI 6022-1:2006 „Hygienische Anforderungen an raumlufthechnische Anlagen Büro- und Versammlungsräume“

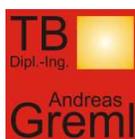
Vielen Dank – insbesondere an die Bauträger und die Nutzer der Wohnungen – und ALLEN, die uns bei der Umsetzung des Projektes unterstützt haben. Über Rückmeldungen und weitere Verbesserungsvorschläge des Planungsleitfadens bzw. der 60 Qualitätskriterien würden wir uns sehr freuen. Rückmeldungen an: office@komfort-lueftung.at

Das Projektteam:

- DI Roland Kapferer – ENERGIE TIROL - Projektleitung
- DI Andreas Greml (PL) –TB Andreas Greml
- Dr. Karl Höfler – AEE INTEC
- Ing. Wolfgang Leitzinger – AIT
- Mag. Juergen Suschek-Berger – Interuniversitäres Forschungszentrum Graz

Projekthomepage:

- www.komfortlueftung.at bzw. www.komfortlueftung.at



AUSTRIAN INSTITUTE
OF TECHNOLOGY

