

PASSIVHAUS 2.0



RICHTLINIEN FÜR DAS PASSIVHAUS DER 2. GENERATION

Vorwort

Seit der Entwicklung des Passivhausstandards vor über 20 Jahren hat sich das Passivhaus zu einer Erfolgsgeschichte entwickelt. Vor allem im großvolumigen Wohnbau hat sich der Passivhausstandard spätestens seit der Errichtung der Passivhaus-Wohnanlage „Lodenareal“ der Neuen Heimat Tirol mit rund 363 Wohnungen etabliert. Dieser Weg wird weiter beschritten und wird durch die Vorgaben des Europäischen Parlaments und des Rates über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden aus dem Jahre 2010 auch dazu führen, dass spätestens ab dem Jahr 2021 alle neuen Gebäude eine sehr hohe Gesamtenergieeffizienz aufweisen. Die laufenden Untersuchungen von gebauten Beispielen in den letzten Jahren lassen erkennen, dass die Gebäude in Bezug auf die Bautechnik sehr gute Ergebnisse liefern. Entwicklungspotential wurde aber vor allem im Bereich der Haustechnik geortet. Die Frage einer hocheffizienten, einfachen und kostengünstigen Haustechnik im klein- und im großvolumigen Wohnbau wird die nächsten Jahre noch dominieren. Die vorliegenden Richtlinien sollen dazu beitragen, die Frage besser zu beantworten.

DI Roland Kapferer
Energie Tirol

1	Einleitung	4
1.1	Hintergrund.....	4
1.2	Problemstellung.....	5
1.3	Zielsetzung	6
1.4	Aufbau des Handbuchs.....	7
2	Thermischer Komfort	8
2.1	Luftfeuchte	8
2.2	Thermischer Sommerkomfort.....	14
3	Heizungsversorgung und Brauchwarmwasserbereitung	20
3.1	Wärmebereitstellung	20
3.2	Wärmespeicherung und -verteilung.....	23
4	Energieeffizienz von Komfortlüftungen	26
4.1	Optimierung der Gesamtluftmenge.....	27
4.2	Optimierung der Stromeffizienz.....	31
4.3	Optimierung der Lüftungswärmeverluste..	36

5	Hygiene bei Komfortlüftungsanlagen	39
6	Regelung der Komfortlüftungsanlage.....	41
7	Stromverbrauch	43
7.1	Allgemeinstromverbrauch.....	43
7.2	Haushaltsstromverbrauch	46
8	Information und Kommunikation.....	49
8.1	BewohnerInnen	49
8.2	HandwerkerInnen	50
9	Literaturverzeichnis	52
10	Impressum.....	57
Anhang 1		separate Datei
NutzerInneninformationsblatt		
Anhang 2		separate Datei
Infos PHPP		

1 Einleitung

1.1 HINTERGRUND

Das österreichische Forschungs- und Technologieprogramm „Haus der Zukunft“ des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie nennt das Passivhaus-Konzept als eine der drei Säulen, auf deren Basis innovative und nachhaltige Konzepte sowohl für den Neubau als auch für die Sanierung entwickelt werden sollen.[1]

Die 26 bisher alleine von AEE INTEC vermessenen Passivhausprojekte, 12 dabei im Rahmen von „Haus der Zukunft“ gefördert, zeigen wie groß die Bedeutung dieses Gebäudekonzeptes in Österreich ist. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht dieser bisher vermessenen Passivhausprojekte.

Nach dem Passivhaus Institut Darmstadt (PHI) wird ein Passivhaus folgendermaßen definiert:

Ein Passivhaus ist ein Gebäude, in dem eine behagliche Temperatur im Winter ohne konventionelles Heizsystem zu erreichen ist. *„Es bietet erhöhten Wohnkomfort bei einem Heizwärmebedarf von weniger als 15 kWh/(m²a) und einem Primärenergiebedarf einschließlich Warmwasser und Haushaltstrom von unter 120 kWh/(m²a).“* Dies erreicht das Passivhaus allein durch seine beiden Grundprinzipien: Wärmeverluste vermeiden und freie Wärmegewinne optimieren![2]

Wohngebäude			
Reihenhäuser Hörbranz		Solarcity Linz	HdZ
Wohnanlage Wolfurt		Utendorfsgasse Wien	HdZ
Mehrfamilienhaus Egg		Roschégasse Wien	HdZ
Einfamilienhaus Dornbirn-Knie		Mühlweg Wien	HdZ
Mehrfamilienhaus Salzburg-Gnigl		Dreherstraße Wien	HdZ
Wohnanlage Kuchl		Makartstraße Linz	HdZ
Wohnanlage Hallein		Lodenareal Innsbruck	
Einfamilienhaus Horn		Studentenheim Moserhofgasse Graz	
Reihenhäuser Steyr-Dietach			
Schulen / Kindergärten			
Kindergarten Ziersdorf	HdZ	HS u. PTS Schwanenstadt	HdZ
Kindergarten Deutsch-Wagram			
Büro / Gewerbe			
Bürogebäude Tattendorf	HdZ	Eine Welt Handel	HdZ
SOL4	HdZ	ChristophorusHaus	HdZ
Projekt S-House	HdZ		
Sonstige			
Alpiner Stützpunkt Schiestlhaus	HdZ		

Tabelle 1: Bisher von AEE INTEC vermessene Passivhausprojekte

1 Einleitung

Um diese Ziele zu erreichen werden vom PHI gleichzeitig auch Grundsätze definiert, die einen Leitfaden zum Bau von Passivhäusern bilden sollen. Diese sind unter anderem: guter Wärmeschutz und Kompaktheit, Südorientierung und Verschattungsfreiheit, Luftdichtheit des Gebäudes, Wärmerückgewinnung aus der Abluft,...[2]

Die Grundlage für die Projektierung des Gebäudes und zur Festlegung der notwendigen Kriterien wie Dämmstärken, Wärmebrücken, Luftdichtheit oder Ausnutzung der passiven solaren Gewinne bildet das vom PHI entwickelte Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP).

1.2 PROBLEMSTELLUNG

Die innovativen Technologien des Passivhauses der 1. Generation sind nur so gut, wie sie in der tatsächlichen praktischen Umsetzung auch die theoretisch projektierten Zielwerte einhalten können. Neben der bau- und haustechnischen Planung müssen bei energierelevanten Detaillösungen für mehrgeschossige Passivhäuser oft auch die Vorgaben von Bauträgern und ArchitektInnen berücksichtigt werden.

Es zeigt sich in weiterer Folge, dass die im PHPP projektierten Kennwerte für den Heizwärmebedarf recht gut erreicht, aber für End- und Primärenergiebedarf im tatsächlichen Gebäudebetrieb zum Teil deutlich verfehlt werden (siehe Abb.1), d.h. die Verbräuche die festgelegten Grenzwerte zum Teil weit überschreiten.

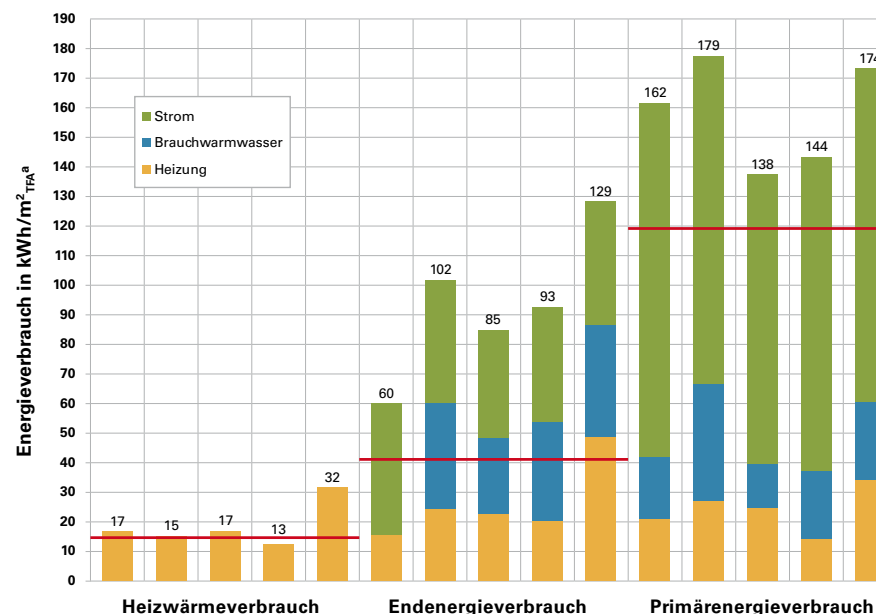


Abbildung 1: Heizwärme-, Endenergie- und Primärenergieverbrauch messtechnisch untersuchter großvolumiger Mehrfamilienpassivwohnhäuser der Jahre 2007 bis 2009; (Quelle: nach [3])

Neben den energietechnischen Kennwerten ist auch die Erreichung des „höheren Wohnkomforts“ relevant und wurde überprüft. Dabei zeigte sich, dass es vor allem in den Sommermonaten zu Behaglichkeitsproblemen auf Grund zu hoher Raumtemperaturen kommt. Abbildung 2 zeigt in diesem Zusammenhang

1 Einleitung

die Jahresstunden über 26°C von messtechnisch untersuchten großvolumigen Mehrfamilienpassivhäusern (in Stunden und in % der Gesamtjahresstunden).

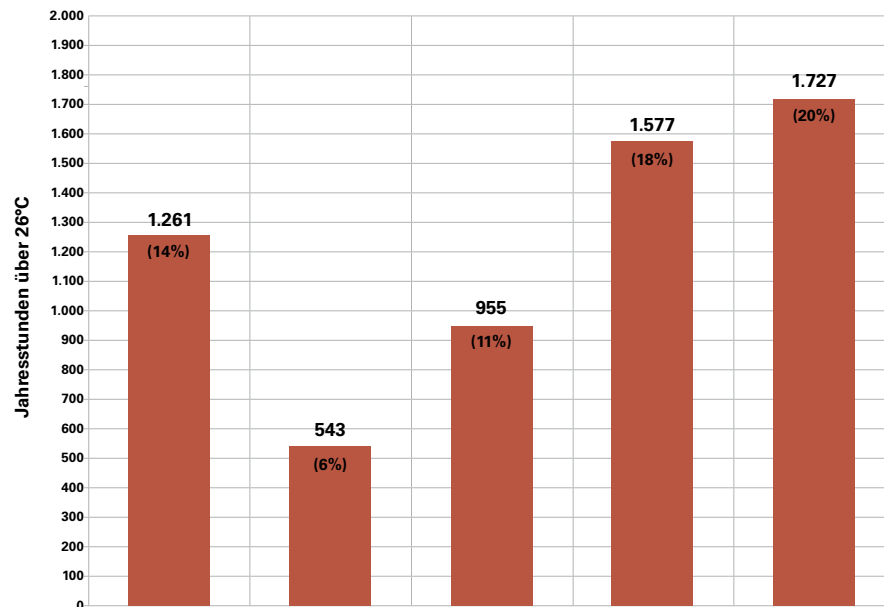


Abbildung 2: Jahresstunden mit einer Raumtemperatur über 26°C von messtechnisch untersuchten großvolumigen Mehrfamilienpassivwohnhäusern der Jahre 2007 bis 2009; (Quelle: nach [3])

Von großer Bedeutung ist es daher, die Abweichungen von den projektierten Kennwerten sowie die Ursachen der Behaglichkeitsprobleme zu ergründen, Schwachstellen und Probleme aufzuzeigen und Lösungsvorschläge anzubieten. Dies soll zum optimierten Passivhaus der 2. Generation führen.

1.3 ZIELSETZUNG

Die vorliegenden Richtlinien sollen zum einen Anforderungen an das Passivhaus der 2. Generation erörtern und zum anderen Empfehlungen und innovative Lösungsansätze für die Planung, Umsetzung und Qualitätssicherung der Technologien und Systeme in großvolumigen Passivhäusern wiedergeben. Außerdem werden Hinweise für den optimierten Betrieb und die Nutzung gegeben.

Anwendung sollen die Richtlinien in der Planung und Ausführung von großvolumigen Mehrfamilienhäusern finden. Einige Inhalte gelten auch für andere Gebäudetypen wie Bürogebäude. Die Anwendbarkeit der Richtlinien auf sämtliche vorhandenen Gebäudetypen ist allerdings nicht Ziel des vorliegenden Planungsleitfadens.

1 Einleitung

1.4 AUFBAU DES HANDBUCHS

Die Richtlinien für das Passivhaus der 2. Generation gliedern sich in **7 thematische Kapitel**. In den nachfolgenden Kapiteln 2 bis 7 werden die wichtigsten Inhalte zu folgenden Themen dargestellt:

- Thermischer Komfort
- Heizungsversorgung & Brauchwarmwasserbereitung
- Energieeffizienz von Komfortlüftungen
- Hygiene bei Komfortlüftungsanlagen
- Regelung der Komfortlüftungsanlage
- Stromverbrauch

Das **Kapitel 8** „Information und Kommunikation“ beinhaltet anschließend Tipps und Hinweise zur Information an als auch die Kommunikation mit den BewohnerInnen von Passivhäusern sowie der am Bau beteiligten HandwerkerInnen.

Neben diesen sieben thematischen Kapiteln besteht dieses Handbuch des Weiteren aus zwei informativen Anhängen. Diese sind:

Anhang 1:

NutzerInneninformationsblatt – dieses soll den BewohnerInnen eines Passivhauses mit dem Miet- bzw. Eigentumsvertrag übergeben und auf einer NutzerInneninformationsveranstaltung kurz vor Übergabe erläutert werden. Darauf finden diese dann die wichtigsten Ansprechpersonen sowie alle notwendigen Informationen zur Regelung der Lüftungsanlage oder zum richtigen Verhalten im Winter wie im Sommer.

Anhang 2:

Infos PHPP – darin werden relevante Tipps und Hinweise zur Planung (Eingabe) des Gebäudes im Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP) gegeben.

2 Thermischer Komfort

Nach dem Leitfaden für die ÖGNB/TQB-Bewertung [4] beeinflussen folgende Umgebungsparameter die thermische Behaglichkeit:

- **Raumlufttemperatur**
- **Mittlere Strahlungstemperatur der raumbildenden Elemente**
- **Relative Luftgeschwindigkeit**
- **Luftfeuchte**

Der Schwerpunkt der Betrachtung in diesem Kapitel liegt zum einen auf dem hygrischen Komfort (Luftfeuchte), da Studien [3] gezeigt haben, dass Bewohnerinnen und Bewohner von Passivhäusern oft über zu trockene Luft klagen und dieser Zustand auf die Lüftungsanlage bzw. Luftheizung zurückgeführt wird. Zusätzlich konnte durch Messungen [5] in großvolumigen Passivhäusern nachgewiesen werden, dass die Raumtemperaturen im Durchschnitt an etwa 14% der Jahresbetriebsstunden über 26°C liegen. Aus diesem Grund liegt der zweite Schwerpunkt dieses Kapitels auf dem thermischen Sommerkomfort.

2.1 LUFTFEUCHTE

Untersuchungen [6] zur menschlichen Wahrnehmungsfähigkeit der relativen Luftfeuchte haben gezeigt, dass eine Einschätzung

dieser durch Probanden eher unzuverlässig ist und das Gefühl zu trockener Luft z.B. durch zu hohe Raumtemperaturen, eine zu hohe Luftwechselrate oder Luftverunreinigungen sowie durch eine erhöhte Staubbelastung ausgelöst werden kann. [7]

Im Vortrag „Physiologische Auswirkungen der Raumluftfeuchte und Planungsempfehlungen für die Komfortlüftung“¹ wird das Thema der niedrigen Luftfeuchtigkeit auch aus medizinischer Seite betrachtet und Reaktionen des menschlichen Körpers auf zu geringe Raumluftfeuchten erläutert. Dabei zeigt sich, dass es bei einer Unterschreitung von 30% rel. Feucht zu diversen physiologischen Erscheinungen kommt. Aus diesem Grund wird in diversen Normen und Verordnungen als unterster Grenzwert der relativen Luftfeuchtigkeit ein Wert von 30% definiert (siehe Tabelle 2).

Quelle		Grenzwert / -bereich	
ÖNORM H 6000-3	[8]	35% - 65%	rel. F.
ÖNORM EN 13779	[9]	≥ 30%	rel. F.
ÖNORM EN ISO 7730	[10]	30% - 70%	rel. F.
ÖNORM B 8110-2 Beiblatt 4	[11]	30% - 55%	rel. F. bzw. 7,0 g/m ³ abs. F.
Arbeitsstättenverordnung (AStV)	[12]	40% - 70%	rel.F. sofern eine Klimaanlage vorhanden ist und dem aus produktionstechnischen Gründen nichts entgegensteht

Tabelle 2: Ziel- und Grenzwerte der relativen Luftfeuchtigkeit – Auszug

¹ Pfluger, R. (2012): Physiologische Auswirkungen der Raumluftfeuchte und Planungsempfehlungen für die Komfortlüftung; Vortrag im Rahmen des Wiener Kongresses für zukunftsfähiges Bauen am 17.02.2012 in Wien; http://www.ibo.at/documents/BauZ12_Pfluger.pdf

2 Thermischer Komfort

ANFORDERUNG / KONTROLLE

Aus diesen Grenzbereichen können Anforderungen an die relative Luftfeuchtigkeit abgeleitet werden, indem der behagliche Bereich in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur aus Abbildung 3 ermittelt wird.

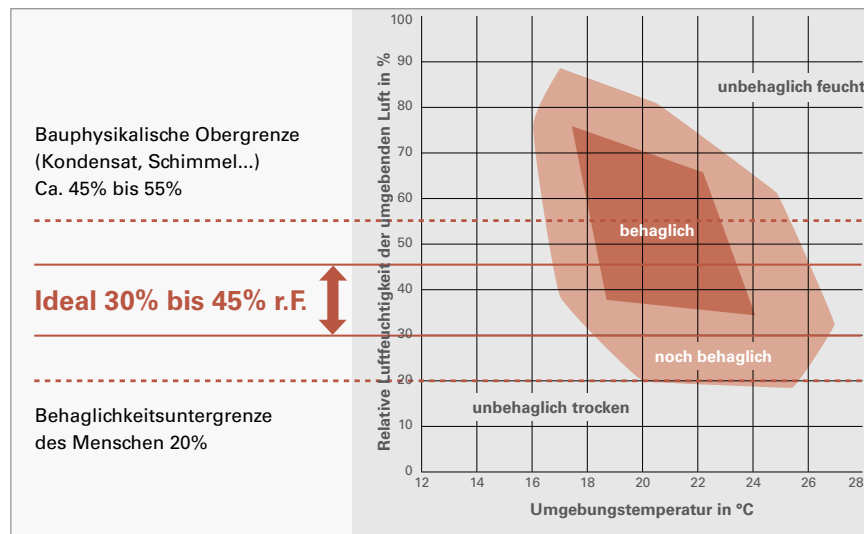


Abbildung 3: Feuchte – Behaglichkeitswerte
(Quelle: Komfortlüftunginfo Nr. 9² von www.komfortlueftung.at)

LÖSUNGEN

Die einfachste Möglichkeit die Luftfeuchtigkeit in der Wohnung zu erhöhen ist durch ein angepasstes NutzerInnenverhalten. Durch folgende Punkte kann dabei wesentlich auf die Luftfeuchtigkeit Einfluss genommen werden:

■ Wäsche trocknen

Anstatt die feuchte Wäsche in den Wäschetrockner zu geben, sollte die Wäsche an der Luft in der Wohnung getrocknet werden. Beim Trocknen gibt sie die Feuchtigkeit an die Raumluft ab und sorgt so für eine Erhöhung der Luftfeuchtigkeit. Gleichzeitig sorgt dieser Vorgang für eine Stromverbrauchsreduktion durch den nicht verwendeten elektrischen Wäschetrockner (siehe auch Kapitel 7.2).

■ Pflanzen als „Feuchtespender“

Eine weitere einfache Möglichkeit die Luftfeuchtigkeit in den Räumen zu erhöhen ist der Einsatz von Pflanzen, die als natürliche Feuchtespende fungieren. Solche Pflanzen, welche die Raumluftfeuchte effizient erhöhen, sind unter anderem Zypern-gras, Zimmerlinde, Kalmus, Segge, Simse und Zimmerbambus. Zusätzlich kann mittels Hydrokultur die Raumluftfeuchte erhöht werden. Eine Pflanze in Hydrokultur gibt pro Tag bis zu 1,5 Liter Wasser an den Raum ab.[13]

² Komfortlüftunginfo Nr. 9: „Luftmengen – Luftfeuchtigkeit“ – http://www.komfortlueftung.at/fileadmin/komfortlueftung/EFH/komfortlueftung.at-Info09_Luftmenge-Luftfeuchte_EFH_V_1.0.pdf



2 Thermischer Komfort

Ein Beispiel für einen großflächigen Einsatz von Pflanzen zur Feuchteregulierung ist die „ENERGYbase“ in Wien. Mehr Infos dazu sind dem Endbericht „Sunny Energy Building – ENERGYbase – Bürohaus der Zukunft“³ zu entnehmen.

■ Reduktion Zuluftvolumenstrom

Es ist ratsam, bei sehr tiefen Außentemperaturen sowie bei Abwesenheit den Zuluftvolumenstrom der mechanischen Lüftungsanlage zu reduzieren. Anhaltswerte für die Absenkung des Zuluftvolumenstroms in Prozent des Auslegungsfalls und in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur sind in Tabelle 3 ersichtlich.

Außenlufttemperatur	Zuluftvolumenstrom
> 0°C	100%
-5°C ≤ x ≤ 0°C	90%
-10°C ≤ x < -5°C	80%
< -10°C	70%

Tabelle 3: Zuluftvolumenstrom in % des Auslegungsfalls in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur[14]

Der Abwesenheitsvolumenstrom sollte mindestens dem 0,2-fachen Luftwechsel entsprechen, um alle Schadstoffe in der Wohnung abführen zu können. Die Berechnung folgt demnach Gleichung 1: [15]

$$V_{abwesend} = WNF \cdot 2,6m \cdot 0,2h^{-1}$$

Gleichung 1

$V_{abwesend}$... Abwesenheitsvolumenstrom in m³/h

WNFWohnnutzfläche in m²



HINWEIS

BewohnerInnen können grundsätzlich die relative Luftfeuchtigkeit in deren Wohnungen sehr einfach mittels Hygrometer ermitteln. Dabei gilt es allerdings auf die Genauigkeit dieser Geräte zu achten, da durch den Einsatz ungenauer Messgeräte und den daraus resultierenden falschen Luftfeuchtigkeitswerten die Wahrnehmung der BewohnerInnen negativ beeinflusst werden kann.

Neben der Messgenauigkeit spielt beim eingesetzten Hygrometer auch die Art der Messdatenanzeige eine wesentliche Rolle. So ist die Anzeige eines Minimum- und Maximumwertes empfehlenswert. Die ausschließliche Angabe „NORMAL“ für z.B. den Bereich 50% bis 70% rel.F. ist nicht ratsam, da sich dieser Bereich in der Regel auf übliches Außenklima (über den gesamten Jahresverlauf) bezieht und daher zu Fehlverhalten führen kann [11]. Besser ist die außenluftabhängige Darstellung des einzuhaltenden Feuchtebereichs.

³ Endbericht „Sunny Energy Building – ENERGYbase – Bürohaus der Zukunft“: http://download.nachhaltigwirtschaften.at/hdz_pdf/endbericht_0913_sunny_energy_building.pdf

2 Thermischer Komfort

Hygrometer sollten in der Wohnung an Innenwänden in einer mittleren Höhe von zirka 1-2 m über dem Boden platziert werden. Eine Aufstellung an den Außenwand- und Fensterbereichen sowie in der Nähe von Heizungen oder direkter Sonneneinstrahlung ist nicht zu empfehlen.

■ Feuchterückgewinnung

Bei einer Feuchterückgewinnung wird der Abluft Feuchtigkeit entzogen und der Zuluft wieder zugeführt. Grundsätzlich wird dabei zwischen Regeneratoren (Rotationswärmetauscher mit unterschiedlicher Oberflächenbeschaffenheit; zyklische Regeneratoren) und speziellen Plattenwärmeübertrager mit Membran unterschieden. Plattenwärmetauscher mit Feuchterückgewinnung gibt es derzeit aber nur für Anlagen bis etwa 2000 m³/h.

Abbildung 4 zeigt dazu auf der linken Seite das grundsätzliche Funktionsprinzip eines Rotationswärmetauschers und auf der rechten Seite einen beispielhaften Wärmetauscher, wie er in die Lüftungsanlage integriert werden kann.

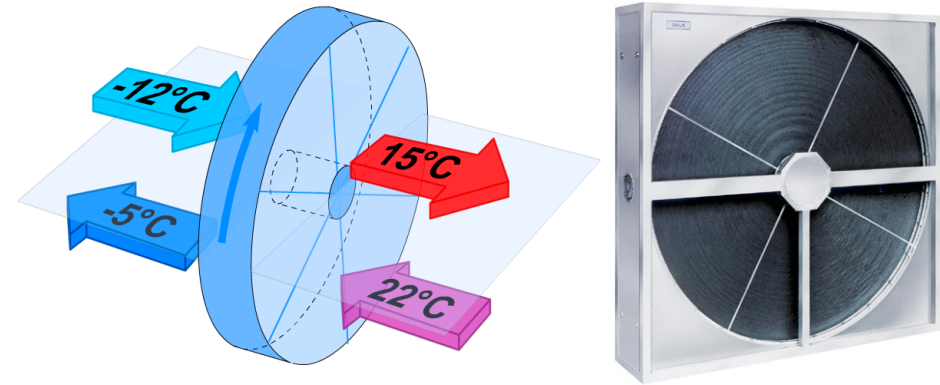


Abbildung 4: Links: Funktionsprinzip, rechts: beispielhafter Rotationswärmetauscher; (Quelle: Klingenburg GmbH)⁴

Die Nachteile von Rotationswärmetauschern liegen in deren prinzipbedingter Leckage durch die schleifenden Dichtflächen (Bürsten), der zusätzlichen Luftmenge für die Spülzone (verhindert die Geruchsübertragung von der Abluft zur Zuluft) sowie dem zusätzlichen Stromverbrauch durch den erforderlichen Rotorantrieb.[16]

Der Druckverlust des Rotationswärmetauschers ist grundsätzlich vom Rotorprofil abhängig. Je feinmaschiger das Profil, desto größer sind der entstehende Druckverlust aber auch desto besser die Wärme- und Feuchterückgewinnung.

⁴ Homepage der Firma Klingenburg GmbH - <http://www.klingenburg.de/de/index.html>

2 Thermischer Komfort



HINWEIS

Mehr Infos zur passiven Feuchterückgewinnung können der Komfortlüftungsinfo Nr. 19⁵ von www.komfortlueftung.at entnommen werden.

Rotationswärmetauscher wurden bereits in diversen Projekten eingesetzt und vermessen. Infos dazu können z.B. dem Endbericht zum Verwaltungsgebäude Christophorus-Haus⁶ und der energietechnischen und baubiologischen Untersuchung des Lehm-Passiv Bürohauses Tattendorf⁷ entnommen werden.

■ Aktive Luftbefeuchtung

Bei der aktiven Befeuchtung wird der Zuluft entweder direkt Dampf zugeführt oder in Form von flüssigem Wasser verdunstet. Der Einsatz einer aktiven Luftbefeuchtung ist grundsätzlich immer mit höheren Investitions- und Betriebskosten verbunden (im Vergleich zu einer Lüftungsanlage ohne dementsprechende Einbauten). Die zusätzlichen Mehrkosten richten sich dabei nach der Art und Größe der Lüftungsanlage bzw. nach dem eingesetzten Luftbefeuchter. Da aktive Luftbefeuchter auch hinsichtlich der Hygiene (Keimvermehrung und mikrobielle Kontamination) oft als bedenklich eingestuft werden, sollte wenn möglich auf eine aktive Befeuchtung verzichtet werden und dies nur als die allerletzte Maßnahme in Betracht gezogen werden.

Die dritte Möglichkeit zur Erhöhung der Raumluftheuchtigkeit sind, neben den Verhaltensmaßnahmen der NutzerInnen und den technischen Möglichkeiten, bauliche Lösungen.

Dazu sei an dieser Stelle der Einsatz von Lehm erwähnt. Werden die Decken- und Wandflächen wenig oder gar nicht wasserdampfdurchlässig ausgeführt, so verbleibt jene Luftfeuchtigkeit, welche über die Nutzung eingebracht wird und anschließend den Raum nicht durch die gegebenen Öffnungen (Fenster und Türen, aber auch Undichtheiten) wieder verlässt, im Raum und schlägt sich auf kühlen Flächen als Kondenswasser nieder. Der Lehm allerdings kann diese Feuchtigkeit aufnehmen und in der trockenen Phase (Winter) wieder an den Raum abgeben. Dadurch kommt es zu einer natürlichen Regulierung der Luftfeuchte in den Räumlichkeiten.[17]



HINWEIS

Als Beispiel für den Einsatz von Lehm als Baustoff wird an dieser Stelle das Lehm-Passiv Bürohaus Tattendorf genannt. Infos dazu finden sich unter anderem im dazugehörigen Projektendbericht⁸.

⁵ Komfortlüftungsinfo Nr. 19: „Wärme- und Feuchterückgewinnung“ - http://www.komfortlueftung.at/fileadmin/komfortlueftung/EFH/komfortlueftung.at-Info19_Waermerueckgewinnung_V_1.0.pdf

⁶ Endbericht zum Verwaltungsgebäude ChristophorusHaus - http://download.nachhaltigwirtschaften.at/hdz_pdf/endbericht_christophorushaus_id2801.pdf

⁷ Endbericht zur energietechnischen und baubiologischen Untersuchung des Lehm-Passiv-Bürohauses Tattendorf - http://download.nachhaltigwirtschaften.at/hdz_pdf/endbericht_0965_ibk_tattendorf.pdf

⁸ Projektendbericht Lehm-Passiv Bürohaus Tattendorf - http://download.nachhaltigwirtschaften.at/hdz_pdf/endbericht_tattendorf_id2558.pdf



2 Thermischer Komfort

QUALITÄTSSICHERUNG

■ Luftdichte Gebäudehülle

Eine luftdichte Gebäudehülle ist einerseits aus bauphysikalischen Gegebenheiten notwendig und andererseits erhöht sie die Effizienz von Lüftungsanlagen bzw. hilft trockene Raumluft zu vermeiden.

Um diese zu erreichen ist es notwendig, in der Planung ein Luftdichtheitskonzept zu entwickeln, welches an die Art und Ausführung der jeweiligen Gebäude angepasst ist. Frühzeitig muss dabei entschieden werden, ob die luftdichte Schicht an der Innen- oder Außenseite der Gebäudehülle, oder sogar in der Konstruktion verläuft. Besonders beachtet müssen Übergänge von wechselnden Materialien und eine sorgfältige Ausführung von Durchdringungen werden.

Zusätzlich muss nicht nur bei der Planung, sondern auch bei der Herstellung der Luftdichtheitsschicht, auf eine sorgfältige Ausführung der Arbeiten aller am Bau Beteiligten geachtet werden! – siehe auch „HandwerkerInnen“ in Kapitel 8.2.

■ Korrekte Dimensionierung der mechan. Lüftungsanlage

Einen wesentlichen Beitrag zur Vermeidung zu geringer Luftfeuchtigkeiten liefert eine korrekt dimensionierte Komfortlüftung. Nähere Informationen zur korrekten Dimensionierung der mechanischen Lüftungsanlage können Kapitel 4.1 entnommen werden.

2 Thermischer Komfort

2.2 THERMISCHER SOMMERKOMFORT

ANFORDERUNG / KONTROLLE

Laut ÖNORM B 8110-3 [18]/[19] gilt hinsichtlich des thermischen Sommerkomforts folgende Anforderung: „Die sommerliche Überwärmung wird als vermieden betrachtet, wenn die empfundene Raumtemperatur in dem betrachteten Raum während einer Hitzeperiode festgelegte Grenztemperaturen nicht überschreitet.“

Diese Grenztemperatur t^* beträgt für die Nutzungszeit:

- am Tage + 27°C
- in der Nacht + 25°C

Diese empfundene Raumtemperatur (meist „operative Raumtemperatur“ genannt) lässt sich bei Gebäuden mit geringen Unterschieden zwischen Raumlufthtemperatur und der mittleren Strahlungstemperatur der Umschließungsflächen rechnerisch über Gleichung 2 [20] oder messtechnisch mittels Globethermometer bestimmen.

$$T_O = \frac{T_A + T_R}{2}$$

Gleichung 2

T_O Operative Raumtemperatur

T_A Raumlufthtemperatur

T_R mittlere Strahlungstemperatur der Umschließungsflächen

Der behagliche Bereich liegt nach DIN 1946-2 [21] bei einer operativen Raumtemperatur von 22°C bis 25°C (bis 26°C Außentemperatur). Ab einer Außentemperatur von 26°C beginnt der Behaglichkeitsbereich linear anzusteigen und passt sich so den zunehmenden Außentemperaturen an (siehe Abbildung 5).

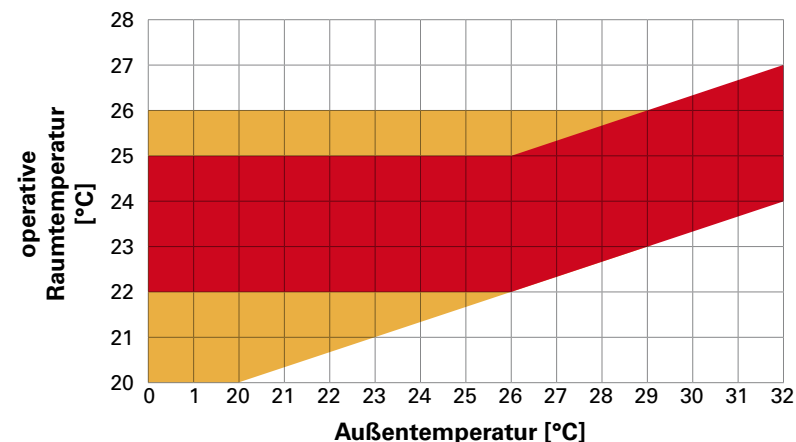


Abbildung 5: Behaglichkeitsfeld (operative Raumtemperatur - Außentemperatur) – nach DIN 1946-2 [21]

LÖSUNGEN

Um die operative Raumtemperatur in den Sommermonaten im oben beschriebenen behaglichen Bereich zu halten, können diverse Lösungen im Gebäude einzeln oder in Kombination angewendet werden. Einige dieser Maßnahmen werden nachfolgend kurz dargestellt.

2 Thermischer Komfort

■ Nachtlüftung – Querlüftungsmöglichkeiten

In jedem Passivhaus muss es Fenster- oder Querlüftungsmöglichkeiten geben, d.h. die Möglichkeit ohne mechanische Lüftung auszukommen. Das ist auch Vorgabe für zertifizierte Passivhäuser.[22] Das Offenhalten zumindest während der Nacht muss trotz Schallschutz und sonstiger rechtlicher Vorschriften möglich sein.

Eine erfolgreiche Nachtlüftung baut auf diesen Lüftungsmöglichkeiten auf und erfolgt über bestehende Fassadenöffnungen wie gekippte Fenster während der warmen Jahreszeit (siehe Abbildung 6). Atrien, Solarkamine etc. unterstützen diese natürliche Lüftung. Dabei werden die speicherwirksamen Massen abgekühlt und so der Kühlbedarf reduziert - siehe dazu „Passive Kühlung mit Nachtlüftung“ vom Fachinformationszentrum Karlsruhe (Hrsg.) [23].

Liegt die Summe von externen und internen Wärmeeinträgen unter $150 \text{ Wh/m}^2_{\text{Nutzfläche}}$ pro Tag [24], so kann man nach Fink et al. ([25]) davon ausgehen, dass die Kühllast durch Nachtlüftung abgeführt werden kann. Mechanische Nachtkühlung über die Lüftungsanlage mit gegenüber dem hygienischen Luftwechsel erhöhtem Volumenstrom weist einen hohen Stromverbrauch auf und ist daher nicht sinnvoll.[25]

Die Nachtlüftung vermag unter günstigen Bedingungen (z.B. Sonnenschutz und geschlossene Fenster tagsüber) die Raumtemperatur um ca. 4°C zu senken.

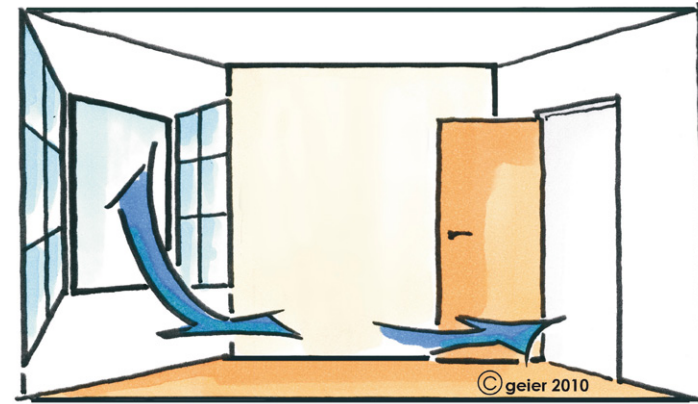


Abbildung 6: Schema einer Querlüftung; (Quelle: AEE INTEC)



HINWEIS

Bei der Planung gilt es auf jeden Fall die örtlichen Gegebenheiten zu berücksichtigen. Ist frühzeitig bekannt, dass ein Öffnen der Fenster in der Nacht auf Grund des umgebenden (Straßen-)Lärms oder auf Grund der Einbruchgefahr (bspw. im Erdgeschoß) nicht möglich sein wird, muss in der Planung bereits auf diesen Umstand reagiert werden und andere Lösungsmöglichkeiten zur Senkung der operativen Raumtemperatur eingeplant werden.

2 Thermischer Komfort

■ Ausreichender Sonnenschutz

Zur Senkung des Kühlbedarfs ist bei allen verglasten Bauteilen ein außen liegender Sonnenschutz einzuplanen. Die Arten von Abschattungsvorrichtungen sind in der ÖNORM B 8110-3 in Tabelle 7 angeführt.[18] Der dadurch erreichbare Gesamtenergiedurchlassgrad g in Kombination mit einer Verglasung errechnet sich aus den Vorgaben der ÖNORM EN 13361-1 bzw. ÖNORM EN 13363-2.[26]

Durch den Einsatz einer automatischen, strahlungsabhängigen Steuerung mit Sensor zur Tageslichterfassung kann eine gemeinsame Steuerung von Sonnenschutz, Lichtlenksystemen (zur

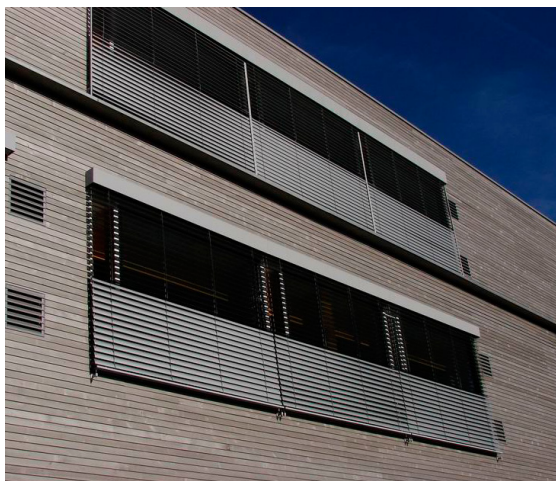


Abbildung 7: Lichtlenkende Lamellen im oberen Bereich des Sonnenschutzes; (Quelle: AEE INTEC)

Tageslichtnutzung – siehe Abbildung 7) und künstlicher Beleuchtung erfolgen. [27]

Bei Terrassentüren muss gewährleistet sein, dass ein Aussperren der BewohnerInnen durch den Sonnenschutz verhindert wird!!

Mit dieser Maßnahme werden die notwendige Betriebszeit der künstlichen Beleuchtung und der Energieverbrauch durch optimale Regelung minimiert.

HINWEIS

Der Gesamtenergiedurchlassgrad g hat gemeinsam mit der Fläche der transparenten Bauteile einen wesentlichen Einfluss auf die solaren Gewinne und damit auf die Temperatur im Inneren eines Gebäudes während der warmen Jahreszeit. Je größer g (Werte zwischen 0 und 1) und diese Flächen sind, desto größer werden die solaren Gewinne. Das Passivhaus Institut Darmstadt legt deshalb für transluzente Flächen, in Abhängigkeit von der Orientierung, eine maximale Größe dieser Flächen fest:

Transluzente Flächen in Richtung Ost, West und $<75^\circ$ zur Horizontalen sollten maximal 15% der dahinterliegenden Nutzfläche betragen. Südorientierte Fenster max. 25% der dahinterliegenden Nutzfläche. Ist ein temporärer Sonnenschutz mit einem Minderungsfaktor von mind. 75% vorhanden, dann können die transluzenten Flächen auch größer sein. [28]

Natürlich gelten aber auch Mindestgrößen für Lichteintrittsflächen in Aufenthaltsräumen, die in der Arbeitsstättenverordnung [12] und in den Baugesetzen der Länder sowie in der OIB Richtlinie 3 [29] festgelegt sind. Diese Mindestfläche beträgt meist 10% der Boden- bzw. Nutzfläche des dahinterliegenden Raumes.

2 Thermischer Komfort

■ Lüftungsgerät mit Sommerbypass

Die Nutzung eines Sommerbypass in der Lüftungsanlage folgt dem Prinzip des „Free Cooling“ – die Außenluft wird direkt zur Konditionierung der Räume verwendet. Liegt die Außenlufttemperatur unter einem bestimmten Level, dann wird der Abluftvolumenstrom bei Lüftungsgeräten mit Plattenwärmetauschern nicht über den Wärmetauscher (zur Wärmerückgewinnung), sondern durch einen Nebenkanal (Bypass) im Lüftungsgerät geführt. Bei Lüftungsgeräten mit Rotationswärmetauscher kann die Wärmerückgewinnung durch Stillstand des Rotors außer Kraft gesetzt werden.

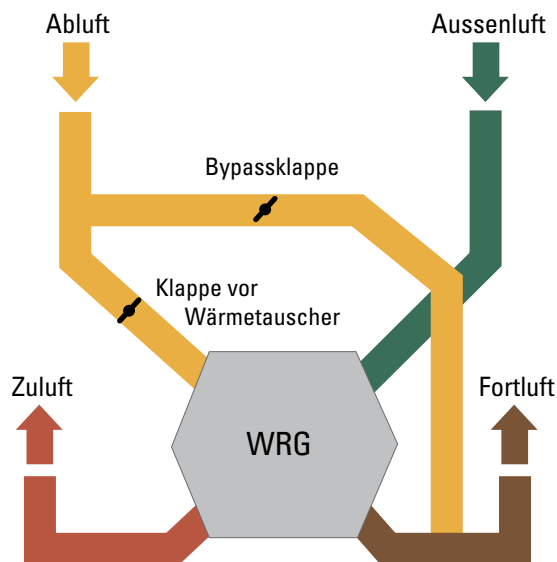


Abbildung 8 zeigt dazu eine schematische Darstellung eines Lüftungsgerätes mit Sommerbypass, wie es im Passivhaus eingesetzt werden kann.

Abbildung 8: Schematische Darstellung eines Lüftungsgerätes mit Sommerbypass in einem Passivhaus[30]

HINWEIS

Die im Winter erwünschte zusätzliche Erwärmung der Zuluft durch die Wärmerückgewinnung wird im Sommer dann verhindert, wenn bei keinem zusätzlichen Erdwärmetauscher folgende Schalteinstellung berücksichtigt wird:

Tagesmittel $T_{\text{außen}} > 19^\circ\text{C}$ dann Kühlbetrieb (Sommerfall)

wie folgt:

Wenn $T_{\text{außen}} + \Delta T_{\text{Zu-/Abluftventilator}} > T_{\text{Abluft}}$ dann Wärmetauscher

Wenn $T_{\text{außen}} + \Delta T_{\text{Zu-/Abluftventilator}} < T_{\text{Abluft}}$ dann Bypass

Tagesmittel $T_{\text{außen}} \leq 19^\circ\text{C}$ dann Heizbetrieb (Winterfall)

wie folgt:

Wenn $T_{\text{außen}} + \Delta T_{\text{Zu-/Abluftventilator}} < T_{\text{Abluft}}$ dann Wärmetauscher

Wenn $T_{\text{außen}} + \Delta T_{\text{Zu-/Abluftventilator}} > T_{\text{Abluft}}$ dann Bypass

Dabei ist:

$T_{\text{außen}}$ Außenlufttemperatur [$^\circ\text{C}$]

$\Delta T_{\text{Zu-/Abluftventilator}}$... Temperaturerhöhung durch Zu-/Abluftventilatoren [$^\circ\text{C}$]

T_{Abluft} Temperatur der Abluft, Raumluft [$^\circ\text{C}$]

Jene Temperaturerhöhung, welche sich durch die Wärmebringung der Ventilatoren ergibt, ist dabei zu berücksichtigen ($\Delta T_{\text{Zu-/Abluftventilator}}$). Bei aktiver Sommerbypassschaltung sinkt die gemessene Zulufttemperatur auf 1 bis 3°C niedrigere Werte.

2 Thermischer Komfort

■ Einsatz von Luft-Erdwärmetauscher

Ein Luft-Erdwärmetauscher (L-EWT) dient vorrangig der Vorwärmung der Frischluft in der Lüftungsanlage im Winter, damit der Wärmetauscher abluftseitig nicht einfriert. Im Sommer zeigt er eine ähnliche Wirkung wie der Sommerbypass. Er bringt kühlere Frischluft ins System und ist mit der Sommerbypassfunktion zu koppeln.

Ein grober Richtwert für die über einen L-EWT abgeführte Energiemenge liegt bei $300 \text{ Wh/m}^2_{\text{Nutzfläche}}$ pro Tag.[25] Die Regelungsstrategien müssen ausreichende Regenerationsphasen des Erdreichwärmetauschers vorsehen, um eine Ermüdung des Erdreichs und eine damit verbundene Leistungsminderung zu verhindern. L-EWT können gut eingesetzt werden, wenn die benötigte Luftmenge im Bereich des hygienischen Luftwechsels liegt. Ansonsten steigen die Anlagen- und Betriebskosten wie bei der Nachtlüftung in einem Ausmaß, das einen wirtschaftlichen Betrieb unmöglich macht.

Die Errichtung eines L-EWT macht aber jedenfalls einen Sommerbypass im Lüftungsgerät erforderlich.



HINWEIS

Der Einsatz eines Luft-EWT stellt keine aktive Kühlung dar! Vielmehr wird nur verhindert, dass es durch das Lüften zu einem zusätzlichen Wärmeeintrag kommt! Bei der Planung gilt es wiederum die örtlichen Gegebenheiten zu berücksichtigen.

Liegt z.B. im betrachteten Gebiet eine erhöhte Radonbelastung vor, so sollte auf einen Luft-Erdwärmetauscher verzichtet werden. Ebenso wird aus hygienischer Sicht der Einsatz eines Sole-Erdwärmetauschers dem Luft-EWT vorgezogen.

■ Luftkonditionierung mittels Grundwasser- oder Sole-Kreislauf

Die Frischluft bzw. Zuluft kann alternativ zum L-EWT über einen Grundwasser- oder Sole-Kreislauf (Erdregister) „vorgekühlt“ werden.

Die Wirkung dieser Vorkonditionierung ist wiederum ähnlich wie die des Sommerbypass und des Luft-Erdwärmetauschers – die Temperatur der Zuluft sinkt um bis zu 5°C .



HINWEIS

Voraussetzung für die Wirkung des Sole-EWT, aber auch des Luft-EWT und des Sommerbypass, ist die kurze Leitungsführung der Rohre im Gebäude bzw. eine gute Dämmung derselben in Bereichen mit potenziell hohen Umgebungstemperaturen. Andernfalls erwärmt sich die Zuluft am Weg zu den einzelnen Räumen wieder zu stark.

2 Thermischer Komfort

■ Betonkernaktivierung (BKA) mittels Grundwasser- oder Sole-Kreislauf

Statt mit der Zuluft einer Lüftungsanlage kann ein durch Betondecken bzw. -bauteile in den Räumen geführter „Kühlkreislauf“ durch einen Grundwasser- oder Sole-Kreislauf (Erdregister) „vorgekühlt“ werden.

Ein grober Richtwert für die über einen wasserdurchströmten Erdreichwärmetauscher (W-EWT) in Kombination mit BKA abgeführte Energiemenge liegt bei $480 \text{ Wh/m}^2_{\text{Nutzfläche}}$ pro Tag. Bei durchschnittlichen Erdreichzusammensetzungen ist mindestens ein Flächenverhältnis von 3:1 zwischen W-EWT und BKA erforderlich.[25]

Allgemeine Voraussetzungen für den Einsatz der oben beschriebenen passiven Kühlkonzepte sind die Begrenzung der Wärmelasten sowie der Einsatz speicherwirksamer Masse. Dazu können folgende Punkte festgehalten werden:

• Interne Wärmegewinne

Die Wärmeabgabe von elektrischen Geräten ist, vor allem durch deren Nutzung im Sommer, im Passivhaus relevant. Zur Minimierung dieses Wärmeeintrags sind Geräte der Energieeffizienzklasse A+++ zu verwenden, kurz gesagt die energiesparendsten, gerade am Markt erhältlichen (siehe auch Kapitel 7.2).

• Ausreichend speicherwirksame Masse

Einen Hinweis auf die speicherwirksame Masse von Bauteilen und Einrichtung gibt die ÖNORM B 8110-3, Anhang B und C [18]. Die ersten 5 bis 15 cm der raumseitigen Oberflächen von Materialien sind dabei für die Wärmespeicherung relevant. Der Einfluss der Wärmekapazität auf die Überhitzungshäufigkeit ist jedoch geringer als die Auswirkungen von Verschattungsmaßnahmen.[31]

QUALITÄTSSICHERUNG

■ Berechnung Kühlbedarf

Der Kühlbedarf wird in gängigen Energieausweisprogrammen, wie auch im PHPP nur abgeschätzt. Dabei werden oft konstante interne Lasten oder überhaupt Default Werte angenommen, die die tatsächliche Situation nicht abbilden. Oft sind die internen Lasten in der Realität höher als in der Berechnung. Die separate Berechnung der Kühllast erfolgt nach ÖNORM H 6040 [32] oder VDI 2078 [33]. Für größere Gebäude wird aber eine detaillierte thermisch dynamische Simulation empfohlen, um haltbare Aussagen zum Kühlbedarf und seinem zeitlichen Auftreten treffen zu können. Eine Übersicht verschiedener (thermischer) Simulationsprogramme ist dem US DEPARTMENT OF ENERGY⁹ zu entnehmen.

■ Luftdichte Gebäudehülle (siehe Qualitätssicherung Kap. 2.1)

⁹ „Building Energy Software Tools Directory“ des US DEPARTMENT OF ENERGY - http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/

3 Heizungsversorgung & Brauchwarmwasserbereitung

Während über die grundsätzliche Bauweise (Wärmedämmung, Wärmebrückenfreiheit, Luftdichtheit etc.) bei der Planung von Passivhäusern weitgehend Klarheit besteht, gibt es bei der Planung und Ausführung haustechnischer Anlagen, insbesondere im großvolumigen Wohnbau, stark differierende Aussagen und Meinungen. Heizung über die Zuluft / unabhängiges Heizsystem, zentrale/dezentrale Lüftungsanlagen, Luftvorwärmung, Einsatz erneuerbarer Energieträger und viele mehr spielen bei der Betrachtung eine wesentliche Rolle.

So haben z.B. Studien gezeigt, dass im Geschosswohnbau Gebäude errichtet werden, die im Betrieb das Passivhauskriterium des Heizwärmebedarfs nicht erreichen und dennoch ausschließlich über die Lüftungsanlage beheizt werden. Bei diesen Gebäuden kommt es dann häufig zu Problemen mit zu geringen Raumlufttemperaturen und Raumluftfeuchten.[34]

Dem gegenüber steht die Tatsache, dass das Heizungssystem häufig überdimensioniert wird, d.h. die Nenn-Kesselleistung entspricht nicht der tatsächlichen maximalen Heizlast des Gebäudes bzw. ist die volle Heizleistung in weiterer Folge nur an sehr wenigen Tagen im Jahr erforderlich.

3.1 WÄRMEBEREITSTELLUNG

ANFORDERUNG / KONTROLLE

Heizung

Die Dimensionierung des Heizkessels erfolgt auf Basis der Heizlastberechnung. Diese wird lt. ÖNORM EN 12831 [35] und dem nationalen Anhang ÖNORM H 7500 [36] durchgeführt.



HINWEIS

Das vereinfachte Verfahren der Heizlastberechnung nach ÖNORM EN 12831 bzw. ÖNORM H 7500 darf nur für Wohngebäude mit maximal drei Wohneinheiten verwendet werden. Außerdem müssen ggf. Zuschläge für benötigte Wiederaufheizleistungen berücksichtigt werden.[37]

Für die Heizlastberechnung im Passivhaus ist das Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP) von besonderer Bedeutung. Zum einen erfolgt darin die Berechnung der Gebäudeheizlast, zum anderen auch die Berechnung der maximalen Heizleistung der Lüftungsanlage. Aus dieser Information lässt sich ableiten, ob das Gebäude über die Lüftungsanlage beheizt werden kann oder nicht.

3 Heizungsversorgung & Brauchwarmwasserbereitung

Um eine ausschließliche Wärmeversorgung der Wohnungen über die Lüftungsanlage zu ermöglichen, darf die max. Heizlast die in Abbildung 9 ersichtlichen Werte nicht überschreiten (bei einem projektierten Zuluftvolumenstrom von 30 m³/h.Person). Die Werte wurden dabei in Abhängigkeit der Raumtemperatur und der personenbezogenen Wohnfläche dargestellt. Eine Änderung der Raumtemperatur und/oder der Wohnfläche verursacht in weiterer Folge eine Änderung der max. Heizleistung der Lüftungsanlage.

Anzumerken gilt es dazu, dass diese Werte nur bei einem kontinuierlichen Zuluftvolumenstrom von 30 m³/h.Person erreicht werden. Wird im Zuge der Abwesenheit der BewohnerInnen die Zuluftmenge reduziert, kann die max. Heizleistung der Lüftung nicht mehr erreicht werden. Dies hat oft zur Folge, dass die Lüftungsanlage mit einem erhöhten Zuluftvolumenstrom (zur Erfüllung der Heizleistung) betrieben wird, der eigentlich auf Grund der Personenabwesenheit nicht erforderlich ist. Niedrige Raumluftfeuchten und erhöhter Strombedarf der Lüftungsanlage sind dann u.a. die Auswirkungen dieses erhöhten Zuluftvolumenstroms.

Bei der durchschnittlichen Wohnfläche von 43 m²/Person (Durchschnittswert für Österreich lt. Statistik Austria¹⁰) würde die Heizleistung der Lüftungsanlage bei einer Raumtemperatur von 20°C nur mehr 6,9 W/m² betragen!

Heizleistung in W/m²		Raumtemperatur in °C						
		18	19	20	21	22	23	24
Wohnfläche in m²/Person	20	15,8	15,3	14,9	14,4	13,9	13,4	12,9
	25	12,7	12,3	11,9	11,5	11,1	10,7	10,3
	30	10,6	10,2	9,9	9,6	9,2	8,9	8,6
	35	9,1	8,8	8,5	8,2	7,9	7,6	7,4
	40	7,9	7,7	7,4	7,2	6,9	6,7	6,4
	45	7,0	6,8	6,6	6,4	6,2	5,9	5,7
	50	6,3	6,1	5,9	5,7	5,5	5,3	5,1

Abbildung 9: Maximale Heizleistung der Lüftungsanlage bei einem Zuluftvolumenstrom von 30 m³/(h.Person) (Quelle: AEE INTEC)



HINWEIS

Bereits bei der Planung der Wärmeversorgung gilt es die wesentlichen Einflussfaktoren abzuklären und bei der Projektierung zu berücksichtigen. Nur so kann gewährleistet werden, dass die Heizlast (laut PHPP) auch von der Lüftungsanlage bereitgestellt werden kann.

Zusätzlich gilt es im Zuge der Planung „kritische“ Räume detailliert zu betrachten. Dies kann ebenfalls mittels PHPP erfolgen. Mehr Infos dazu finden sich in Anhang 2 dieses Handbuchs.

¹⁰ STATISTIK AUTRIA (2011): migration & integration; zahlen.daten.indikatoren 2011; Kommission für Migrations- und Integrationsforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften; http://www.statistik.at/web_de/Redirect/index.htm?dDocName=057239, aufgerufen am 06.03.2012 um 13:00 Uhr

3 Heizungsversorgung & Brauchwarmwasserbereitung

Brauchwarmwasser

Die Berechnung des Wärmebedarfs für die Brauchwarmwasserbereitung erfolgt ebenfalls mittels Passivhaus Projektierungs Paket. Für Mehrfamilienhäuser kann zusätzlich eines der nachfolgenden Verfahren angewandt werden:

- Verfahren nach ÖNORM EN 12828 [38]
- Verfahren nach DIN 4708 [39]
- Verwendung des Gleichzeitigkeitsfaktors unter heranziehen der Gleichzeitigkeitstabellen der Hersteller
- Berechnung nach der Verbrauchskurve

Informationen zur Verwendung des Gleichzeitigkeitsfaktors und der Verbrauchskurve zur Bestimmung des Wärmebedarfs für die Brauchwarmwasserbereitung können u.a. dem „Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik einschließlich Warmwasser- und Kältetechnik“ [40] entnommen werden.

Heizung und Brauchwarmwasser

Bei der Auswahl der geeigneten Wärmebereitstellung muss auf die Eignung für Passivhäuser geachtet werden. Dies betrifft vor allem die Möglichkeit einer raumluftunabhängigen Verbrennungsluftzufuhr. Informationen zum Einsatz von Feuerstellen im Wohnbereich in Kombination mit einer Lüftungsanlage sind

der Komfortlüftungsinfo Nr. 6¹¹ von www.komfortlueftung.at zu entnehmen. Eine Auflistung raumluftunabhängiger Feuerstätten kann ebenso der Homepage¹² der Initiative Pro Kamin entnommen werden.

Jedenfalls sollte bei der Auswahl des Energieträgers auf regional verfügbare erneuerbare Energieträger zurückgegriffen werden, um so die Abhängigkeit von fossilen zu vermeiden. Dies und weitere Kriterien zur Auswahl des Wärmeerzeugers sind in der klima:aktiv Qualitätslinie Haustechnik¹³ nachzulesen.



HINWEIS

Bei der Entscheidung gilt es jedenfalls zu bedenken, dass der gewählte Wärmeerzeuger seine Leistung an die gegebenen Teillastbereiche im Passivhaus anpassen können muss. In diesem Fall spricht man von einem modulierenden Heizkessel. In großvolumigen Wohngebäuden ohne Fernwärmeanschluss ist es üblich zwei Heizkessel mit gleicher oder unterschiedlicher Nennleistung zu installieren, wobei ein Heizkessel die Grundlastversorgung und der zweite die Spitzenlastabdeckung übernimmt.

In der Praxis werden Heizkessel gegenüber der Norm auch bewusst unterdimensioniert. Dies muss aber auf jeden Fall mit den EigentümerInnen abgestimmt und schriftlich vereinbart werden.

¹¹ Komfortlüftungsinfo Nr. 6 „Lüftung und Feuerstellen im Wohnraum“ - http://www.komfortlueftung.at/fileadmin/komfortlueftung/EFH/komfortlueftung.at-Info06_Feuerstellen_im_Wohnraum_V_1.0.pdf

¹² Initiative Pro Kamin – raumluftunabhängige Feuerstätten – <http://www.prokamin.at/technik/raumluftunabhaengiges-heizen.html>

¹³ klima:aktiv Qualitätslinien – Merkblätter: „Qualitätslinie Haustechnik gesamt“ - <http://www.klimaaktiv.at/filemanager/download/82399>

3 Heizungsversorgung & Brauchwarmwasserbereitung

3.2 WÄRMESPEICHERUNG UND -VERTEILUNG

ANFORDERUNG / KONTROLLE

Sämtliche Verteilleitungen müssen, unabhängig vom verwendeten Verteilsystem (2-/ 3-/ 4-Leiter- oder Rohr-in-Rohr-Verteilnetz), Mindestanforderungen an deren Wärmedämmung erfüllen. Diese werden unter anderem in der ÖNORM M 7580 [41] und der OIB Richtlinie 6 [42] festgelegt.

Ein Bericht des Passivhaus Institutes Darmstadt zur Wirtschaftlichkeitsuntersuchung ausgewählter Energiesparmaßnahmen¹⁴ kam zum Schluss, dass bei Rohrleitungen in unbeheizten Räumen unter DN 100 die Dämmstärke mindestens die gleiche Nennweite betragen soll. Empfohlen wird allerdings eine darüber hinausgehende Dämmung mit 2 DN.

HINWEIS

Armaturen sollten immer mit den gleichen Dämmstoffdicken versehen werden, wie die dazugehörigen Rohrleitungen.[41]

Um die Wärmeverluste des Wärmespeichers gering zu halten und dennoch eine gute thermische Schichtung des Speicherwassers zu erreichen sollte das Verhältnis von Durchmesser zu Höhe von zylindrischen Wärmespeicher ungefähr 1 zu 3 betragen [43] und eine Dämmstärke von 200-250 mm gemäß den Erfahrungswerten von Fink und Riva [44] aufweisen.

Speicheranschlüsse sollen möglichst unten am Speicher angebracht oder mit Konvektionssperren versehen sein (Thermosiphonanschlüsse) um Wärmeverluste durch Gegenstromzirkulation in den Anschlüssen zu verhindern (siehe Abbildung 10). Ebenso ist auf eine Dämmung sämtlicher Abgänge und Flansche zu achten, sodass an diesen Stellen keine Wärmebrücken auftreten.

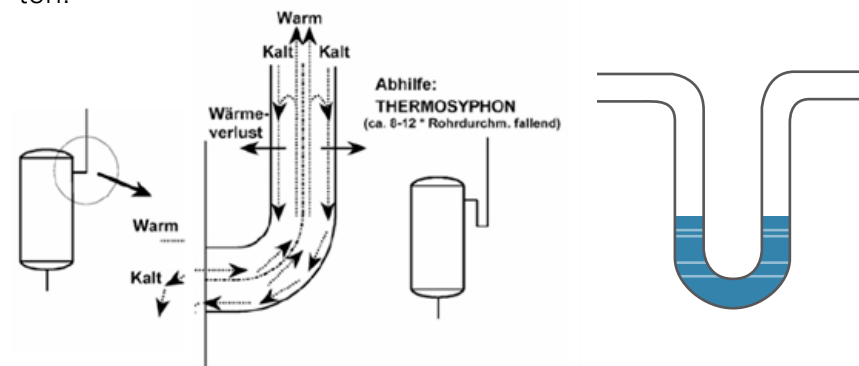


Abbildung 10: Maßnahme zur Verhinderung von Einrohrzirkulation durch ein Thermosiphon (Quelle: S&K-Technik e.U.¹⁵)

¹⁴ Wirtschaftlichkeitsuntersuchung ausgewählter Energiemaßnahmen im Gebäudebestand (Zusammenfassung): http://www.passiv.de/04_pub/Literatur/WirtUnt/Wirt_F.htm

¹⁵ S&K-Technik e.U. (2012): Steuerung & Kommunikations-Technik; Info Solar; http://www.sk-technik.at/index.php?option=com_content&view=article&id=25&Itemid=32 aufgerufen am 06.03.2012 um 14:00 Uhr

3 Heizungsversorgung & Brauchwarmwasserbereitung

Insgesamt gilt es auf den Leitwert des Speichers bzw. die Speicherverluste (mit allen Flanschen, Abzweigern etc.) zu achten. Anforderungen an die maximale Wärmeverlustleistung von Wärmespeichern unterschiedlichen Speichervolumens können der klima:aktiv Qualitätslinie Haustechnik¹³ entnommen werden.

HINWEIS

Die Speicherdimensionierung erfolgt grundsätzlich gemäß ÖNORM EN 303-5 [45] bzw. ÖNORM H 5056 [46].

Neben diesen normativen Verfahren können aber auch andere Verfahren zur Bemessung von Puffer- und Lastausgleichsspeicher herangezogen werden. In der klima:aktiv Qualitätslinie Haustechnik¹³ werden dazu beispielhaft die unterschiedlichen Dimensionierungen einer Stückholz- bzw. Biomasseheizung, teilsolaren Raumheizung und einer Wärmepumpe aufgezeigt.

Zur Vermeidung einer mikrobiellen Belastung des erwärmten Trinkwassers gilt seit Jänner 2007 die ÖNORM B 5019 [47], die Auswirkungen auf die Planung, Ausführung und den Betrieb von zentralen Trinkwassererwärmungsanlagen mit sich bringt. Wesentliche Punkte der ÖNORM B 5019 sind u.a.: [48]

- Min. 60°C beim Eintritt in das Warmwasserverteilsystem
- Minimaltemperatur im Warmwasserverteilnetz bzw. der Zirkulationsleitung beträgt 55°C
- Die Entfernung des Knotenpunkts der Zirkulationsleitung bis zum weitesten Verbraucher darf 6 m nicht übersteigen
- Thermische Desinfektion der gesamten Warmwasseranlage mit min. 70°C muss möglich sein

HINWEIS

Ausgenommen von den Bestimmungen der ÖNORM B 5019 sind Ein- und Zweifamilienhäuser sowie dezentrale Brauchwassererwärmungsanlagen, die nur eine Wohnung versorgen (wie 2-Leiter-Netz in Kombination mit dezentralen Wohnungsstationen, sogenannten „Heatboxes“). Dezentrale Wohnungsstationen für 2-Leiter-Netze werden derzeit bereits von einigen Herstellern angeboten. Messtechnische Untersuchungen von neuen Wohnungsstationen können dem Bericht „Qualitätsstandards von Wohnungsstationen in Zwei-Leiter-Netzen“¹⁶ entnommen werden.

¹⁶ Bericht „Qualitätsstandards von Wohnungsstationen in Zwei-Leiter-Netzen“ - <http://www.aee-intec.at/Uploads/dateien748.pdf>

3 Heizungsversorgung & Brauchwarmwasserbereitung

QUALITÄTSSICHERUNG

Als wesentlicher Punkt der Qualitätssicherung ist die korrekte Abnahme der Heizungsanlage zu nennen.

Als Grundlagen der Abnahme der Anlage zur Überprüfung der ordnungsgemäßen Funktion und Vollständigkeit können unter anderem folgende Unterlagen herangezogen werden:

- VDI 3809 [49]
- Übergabeprotokoll Warmwasserheizungsanlage der Wirtschaftskammer Österreich (WKO)¹⁷
- Checkliste der klima:aktiv Qualitätslinie Haus-technik – „Abnahme Heizungssystem allgemein“¹³

Ebenso ist vor der Inbetriebnahme der Heizungsanlage auf jeden Fall ein hydraulischer Abgleich durchzuführen. Dabei wird im ersten Schritt das Stellventil jenes Verbrauchers ausgelegt, der den hydraulisch ungünstigsten Strang darstellt (größter Gesamtdruckabfall!). Anschließend werden die Stellventile der anderen Verbraucher (hydraulisch günstiger aufgrund eines niedrigeren Gesamtdruckabfalls) durch Drosselung an den ungünstigsten Strang angepasst. Dadurch wird erreicht, dass über sämtliche Verbraucher der gleiche Druckabfall herrscht und sich somit eine gleichmäßige Volumenstromverteilung einstellt.[40]

¹⁷ Übergabeprotokoll Warmwasserheizungsanlage der Wirtschaftskammer Österreich (WKO) - http://www.shk.at/fileadmin/user_upload/temp_user_upload/UProt-Heizung_1-03.pdf

4 Energie-Effizienz von Komfortlüftungen

Die Gesamteffizienz von Komfortlüftungen setzt sich aus folgenden beiden Teilbereichen zusammen:

- **Stromeffizienz der Gesamtanlage**
- **Reduktion der Lüftungswärmeverluste**

Um unterschiedlich große Anlagen vergleichen zu können, beziehen sich die Angaben für die Stromeffizienz immer auf die „spezifische Effizienz bzw. Leistung pro m³/h transportierter Luft“. Entscheidend für die absolute Leistungsaufnahme ist dann, welche Luftmenge das Gerät transportieren muss. Je geringer die zu transportierende Gesamtluftmenge, um die gewünschte Luftqualität von max. 1.000 ppm CO₂ (Pettenkofer Zahl, bzw. IDA 2¹⁸) zu erreichen, desto geringer sind der absolute Strombedarf und die absoluten Lüftungswärmeverluste. Die Optimierung der Gesamtluftmenge, bei Einhaltung der gewünschten Luftqualität, ist daher der erste und wichtigste Schritt für eine effiziente Gesamtanlage.

Das gesamte Thema Energieeffizienz von Komfortlüftungen wird daher in die folgenden drei Kapitel gegliedert:

1. **Optimierung der Gesamtluftmenge**
2. **Optimierung der Stromeffizienz**
3. **Optimierung der Lüftungswärmeverluste**



HINWEIS

Angemerkt sei an dieser Stelle, dass es vor allem im Bereich der Luftmengendimensionierung unterschiedliche Methoden zur Durchführung gibt und diese unter anderem die verschiedenen Herangehens- und Sichtweisen dieses komplexen Themas widerspiegeln. Der Reduktion des Zuluftvolumenstroms zur Reduzierung des Stromverbrauchs der Ventilatoren und zur Vermeidung zu geringer Raumluftfeuchtigkeiten steht konkret immer die Einhaltung der Anforderungen an die Raumluftqualität hinsichtlich der CO₂-Konzentration aber auch sonstiger Innenraumluftverunreinigungen, wie z.B. flüchtiger organischer Verbindungen (TVOC) gegenüber.

In diesem Bereich wird auch in Zukunft noch verstärkter Forschungs- und Untersuchungsbedarf notwendig sein, um die unterschiedlichen Anforderungen an die Komfortlüftung bestmöglich zu erfüllen.

Vorab sei aber weggenommen, dass es von sehr großer Bedeutung ist die Komfortlüftungsanlage hinsichtlich der Luftmengen nicht mutwillig zu überdimensionieren, da die negativen Auswirkungen dieser Maßnahme die resultierenden positiven Effekte weit übersteigen.

¹⁸ IDA = „Indoor Air Quality“ nach ÖNORM EN 13779 [9]; IDA 2 = mittlere Luftqualität

4 Energie-Effizienz von Komfortlüftungen

4.1 OPTIMIERUNG DER GESAMTLUFTMENGE

Um mit einer möglichst geringen Gesamtluftmenge pro Wohnung die gewünschte Luftqualität von maximal 1.000 ppm CO₂ zu erreichen, sind folgende Punkte zu beachten:

- Luftdichtheit des Gebäudes – geringe In- bzw. Exfiltration
- Geringer Druckverlust in den Überströmbereichen
- Luftdichtheit der Lüftungsanlage (Gerät und Luftleitungen)
- Kaskadenprinzip optimieren (z.B. Einbeziehung des Wohnzimmers)
- Richtig dimensionierte Luftmengen je Raum
- Hohe Lüftungseffektivität – optimale Raumdurchströmung
- Einfache oder automatische Anpassung der Luftmenge an den Bedarf

Eine optimierte Luftmenge wirkt sich 1:1 auf die Lüftungswärmeverluste aus und der Strombedarf sinkt theoretisch mit der 3. Potenz. D.h. bei 20% weniger Luftmenge sinken die Lüftungswärmeverluste der Anlage um 20% und das Gerät benötigt um 50% weniger Strom.

ANFORDERUNG / KONTROLLE

■ **Luftdichtheit**

Die geforderte Luftdichtheit bei Passivhäusern von einem max. n_{50} -Wert von 0,6 beim Luftdichtheitstest nach ÖNORM EN 13829 [50] bedeutet, dass der überwiegende Teil der Gesamtluftmenge über den Wärmetaucher und nicht durch Fugen und Ritzen ohne Wärmerückgewinnung ausgetauscht wird.

■ **Geringer Druckverlust in den Überströmbereichen**

Hohe Druckverluste im Überströmbereich (z.B. zu geringer Türspalt bei einer Schleiftür) erhöhen die Ex- und Infiltration durch die Gebäudehülle. Überströmbereiche sollten lt. Handbuch zum Passivhaus Projektierungs Paket einen maximalen Druckverlust von 1 Pa aufweisen.[51] Die maximale Luftgeschwindigkeit im Überströmbereich sollte nach den 60 Qualitätskriterien für das Mehrfamilienhaus¹⁹ von www.komfortlueftung.at einen Wert von 1,5 m/s nicht überschreiten.

■ **Luftdichtheit der Lüftungsanlage**

Ein dichtes Lüftungsgerät mit geringen internen und externen Leckagen sowie dichte Luftleitungen sorgen dafür, dass die Luft auch beim Zuluftdurchlass ankommt bzw. vom Abluftdurchlass abgeführt wird.

¹⁹ 60 Qualitätskriterien für das Mehrfamilienhaus (mit Erläuterungen) - http://www.komfortlueftung.at/fileadmin/komfortlueftung/MFH/60_QK_Komfortlueftung_MFH_V_1.4_Februar_2011_mit_Erlaeuterungen.pdf

4 Energie-Effizienz von Komfortlüftungen

Folgende Anforderungen müssen daher eingehalten werden:

- **Lüftungsgerät:**

- Dezentral: Interne bzw. externe Leckagen max. 3% bei 100 Pa Druckdifferenz nach ÖNORM EN 13141-7 [52].
→ Zielwert: 1%
- Zentral: Luftdichtigkeitsklasse L2 beim Prüfdruck für Unter- und Überdruck nach ÖNORM EN 1886 [53].
→ Zielwert: Klasse L1

- **Luftleitungen:**

Die Dichtheit soll der Dichtigkeitsklasse C nach ÖNORM EN 12237 [54] durch Rohre bzw. Kanäle mit Dichtungssystem bzw. Verklebung der Verbindungsstellen mit dauerelastischen Klebebändern (z.B. Kaltschrumpfband – Butylkautschukband, Acrylatklebeband, spezielle Aluklebebander) entsprechen.
→ Zielwert: Dichtigkeitsklasse D

■ Kaskadenlüftung

Würde jeder Raum über eine eigene Zu- und Abluft verfügen, dann würde sich die Luftmenge gegenüber einer Kaskadenlüftung verdoppeln, die Luftfeuchte absinken und sich die Investitionskosten deutlich erhöhen. Die Kaskadennutzung Zuluft (Schlafzimmer, Kinderzimmer, Wohnzimmer) – Überströmbereich (Gang) – Abluftbereich (Küche, Bad, WC) führt dazu, dass die Luft mehrmals genutzt wird. Nachfolgende Abbildung 11 zeigt dazu das grundsätzliche Prinzip einer Kaskadennutzung.

Durch die Einbeziehung des Wohnzimmers in die Kaskadennutzung könnte die Luftmenge für das Wohnzimmer zusätzlich reduziert werden. Je nach Grundriss ist es möglich auch Wohnzimmer ohne Zuluftdurchlass umzusetzen. Nähere Infos dazu finden sie unter anderem in den 60 Qualitätskriterien für das Mehrfamilienhaus¹⁹ von www.komfortlüftung.at.

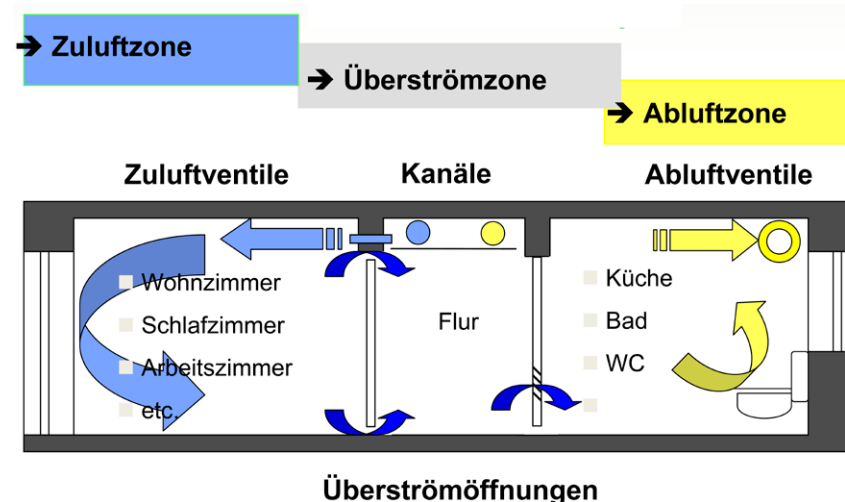


Abbildung 11: Prinzip Kaskadenlüftung (Quelle: nach [55])

4 Energie-Effizienz von Komfortlüftungen

Bei der Ausführung der Kaskadennutzung gilt es durch die richtige Anbringung und Auswahl von Zuluft- und Abluftdurchlässen eine Raumdurchströmung mit geringem Zugluftrisiko zu erreichen. Vertiefende Informationen dazu finden sich in der Komfortlüftungsinfo Nr.13²⁰ von www.komfortlueftung.at, aber auch in der CEPHEUS-Projektinformation Nr. 8 [56].

Wichtig ist daher eine mögliche Kaskadennutzung bereits im frühen Planungsstadium des Gebäudes zu berücksichtigen. So können z.B. Grundrisse auf eine optimale Ausführung dieser angepasst werden und so die in der Nutzung notwendigen Luftmengen bereits früh reduziert werden.

QUALITÄTSSICHERUNG

■ Richtig dimensionierte Luftmengen

Nicht zu wenig, aber auch nicht zu viel ist das Motto bei einer Komfortlüftung. Zu wenig Luftmenge bedeutet eine zu geringe Luftqualität, zu hohe Luftmengen die Gefahr von trockener Raumluft im Hochwinter sowie unnötigen Strombedarf und Lüftungswärmeverluste.

Wie bereits erwähnt sind derzeit noch unterschiedliche Methoden der Luftmengendimensionierung möglich. An dieser Stelle wird dabei beispielhaft auf zwei Varianten hingewiesen. Zum einen die Dimensionierung nach dem Handbuch zum Passiv-

haus Projektierungs Paket (PHPP) [51] des Passivhaus Institutes Darmstadt und zum anderen die Dimensionierung nach den Vorgaben der 60 Qualitätskriterien für das Mehrfamilienhaus¹⁹ bzw. der Dimensionierungshilfe²¹ von www.komfortlueftung.at.

In beiden Fällen werden für die Bestimmung des Auslegungsvolumenstroms unterschiedliche Kriterien herangezogen. Dies sind die Luftmengenbestimmung nach der Anzahl der Personen, nach der Wohnnutzfläche bzw. dem wirksamen Luftvolumen, nach der Anzahl der Ablufträume sowie in einem Fall auch nach der Anzahl der Zulufräume. Als Auslegungsvolumenstrom ist anschließend der Maximalwert der drei bzw. vier oben genannten Kriterien entscheidend. Lt. PHPP muss zusätzlich ein minimaler Außenluftwechsel von $0,3 \text{ h}^{-1}$ eingehalten werden.

Das ausgewählte Lüftungsgerät muss in weiterer Folge imstande sein, den Volumenstrom an das NutzerInnenverhalten anzupassen. Bei Abwesenheit der BewohnerInnen muss eine Absenkung des Volumenstroms möglich sein. Gleichzeitig muss aber auch eine Anhebung des Volumenstroms über den Normalvolumenstrom realisierbar sein (Partystufe/ Intensivstufe).

Tendenziell hat die Erfahrung gezeigt, dass die Auslegung nach dem Handbuch zum Passivhaus Projektierungs Paket zu teils deutlich geringeren Luftmengen führt als die Dimensionierung nach vergleichbaren anderen Methoden. Geringere Luftmengen bewirken (theoretisch) dann in weiterer Folge einen geringeren Strombedarf der Ventilatoren, die Minderung der Gefahr zu tro-

²⁰ Komfortlüftungsinfo Nr. 13: „Sternverrohrung oder Abzweiger – Quell- oder Induktionslüftung“ - http://komfortlueftung.at/fileadmin/komfortlueftung/EFH/komfortlueftung.at-Info13_Sternverrohrung_oder_Abzweiger_Quell_oder_Induktionslueftung_V_1.0.pdf

²¹ Luftmengen – Dimensionierungshilfe - http://www.komfortlueftung.at/fileadmin/komfortlueftung/EFH/Dimensionierungshilfe_Luftmenge_Komfortlueftung_V_1.0.pdf



4 Energie-Effizienz von Komfortlüftungen

ckener Raumluft sowie eine Reduktion der Lüftungswärmeverluste. Wichtig ist daher den Zuluftvolumenstrom nicht mutwillig zu überdimensionieren, sondern eher anzudenken die Luftmengen von Haus aus zu reduzieren. Einen Beitrag dazu kann u.a. die vorher beschriebene Kaskadenlüftung leisten.

HINWEIS

Grundsätzlich sei angemerkt, dass eine Bemessung der Luftmengen kleiner als in ÖNORM H 6038 [57] vorgeschrieben durchaus möglich ist. Dies muss allerdings immer mit dem/der zuständigen Bauherren/Bauherrin abgestimmt und schriftlich vereinbart werden. Der stündliche Außenluftwechsel sollte dennoch einen Wert von $0,3 \text{ h}^{-1}$ nicht unterschreiten!

Eine Neufassung der ÖNORM H 6038 ist derzeit in Ausarbeitung und wird aller Voraussicht nach auf geringere Luftmengen als bisher abzielen.

■ **Einfache oder automatische Anpassung der Luftmenge an den Bedarf**

Die optimale Anpassung der Luftmenge an Abwesenheit, Anwesenheit, Intensivnutzung (Kochen, Besuch) ist entscheidend für eine hohe Gesamteffizienz und das nicht zu tiefe Absinken der Luftfeuchte bei sehr kalten Außentemperaturen. Der Nutzerin/ dem Nutzer sollte daher an leicht zugänglicher Stelle

ein Schalten der drei Stufen (zumindest jedoch zwei – anwesend und abwesend) möglich sein oder über einen Luftqualitätsfühler (z.B. CO_2 -Fühler) die Luftmenge automatisch angepasst werden. Idealerweise befinden sich in einer Wohnung mehrere Luftqualitätsfühler (Bsp. Wohn- und Schlafzimmer). Im Einzelfall kann auch ein Bewegungsmelder eine sinnvolle Ergänzung bzw. Alternative zum Luftqualitätsfühler sein. Da die Platzierung der Sensoren einen wesentlichen Einfluss auf das Betriebsverhalten der Lüftungsanlage haben kann, gilt es im Zuge der Planung die Wünsche und Anforderungen des Bauträgers/ der Bauträgerin zu berücksichtigen und anschließend die Anordnung der Sensoren individuell zu planen.

Die optimale Anpassung der Luftmengen erfolgt in 3 Schritten:

1. Dimensionierung der Luftmengen und Auslegung des Lüftungsgerätes und der Luftleitungen, Durchlässe, etc. auf diese Luftmengen. („Entspricht der max. Nennluftmenge (Stufe 2 des Lüftungsgerätes) welche die Anlage unter Einhaltung der Schallwerte und der Stromeffizienz beherrschen muss“ – Verantwortung: Planer/Planerin und Ausführender/Ausführende)
2. Einstellung der Luftmengen für die tatsächliche Personenanzahl in der Wohnung. („temporär mittelfristige Anpassung“ – Verantwortung: Bauträger/Bauträgerin)
3. Anpassung der Luftmenge an Abwesenheit (Lüftungsgeräte Stufe 1), Anwesenheit (Stufe 2) und Intensivnutzung (Stufe 3). („temporär kurzfristige Anpassung“ – Nutzer/Nutzerin)

4 Energie-Effizienz von Komfortlüftungen

4.2 OPTIMIERUNG DER STROM-EFFIZIENZ

Die Stromeffizienz einer Komfortlüftung ist ein wesentlicher Faktor zur Erreichung einer guten Primärenergiebilanz. Über Lüftungsgeräte, die überwiegend in Einfamilienhäusern bzw. für wohnungsweise Systeme im Mehrfamilienwohnhaus eingesetzt werden, liegen zahlreiche Dokumentationen über deren Stromverbrauch vor.

Die spezifische Leistungsaufnahme der gesamten Anlage liegt bei neueren Anlagen meist deutlich unter $0,45 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$. Sehr gute Anlagen erreichen Werte unter $0,30 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$. Bestwerte ausgeführter Anlagen liegen unter $0,20 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$.

Bei zentralen Anlagen ist die Gesamt-Stromeffizienz leider meist deutlich geringer, d.h. die Anlagen erreichen durchwegs Werte über $0,45 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ für die gesamte spezifische Leistungsaufnahme. Dies obwohl der Wirkungsgrad der Ventilatoreinheit bei großen Lüftungsanlagen an sich wesentlich höher ist wie bei den wohnungsweisen Geräten. Ursache für den höheren Stromverbrauch ist vor allem der höhere Druckverlust in zentralen bzw. semizentralen Anlagen, aber auch Punkte wie nachträglich installierte Einbauteile (z.B. Klappen), schlechte Einregulierung und fehlender regelmäßiger Filtertausch können zu einem erhöhten Stromverbrauch führen.

ANFORDERUNG / KONTROLLE:

■ **Spezifische Leistungsaufnahme**

Die wichtigste Vorgabe für den Stromverbrauch einer Lüftungsanlage ist die spezifische Leistungsaufnahme pro m^3 transportierter Luft.

Der Grenzwert für die Gesamtanlage beträgt $0,45 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ lt. Vorgaben des Passivhausinstitutes²² bzw. der 60 Qualitätskriterien für das Mehrfamilienhaus¹⁹ von www.komfortlueftung.at. Der Zielwert für die spezifische Leistungsaufnahme der Komfortlüftung beträgt $0,30 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ (beide Ventilatoren zusammen).



HINWEIS

Die Anforderung von SFP1²³ in der OIB Richtlinie 6 aus dem Jahr 2007 ergibt für eine typische Anlagenkonstellation mit hochwertigem Wärmetauscher und hochwertigen Filtern eine maximale Leistungsaufnahme für die Gesamtanlage von $0,605 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$. In der OIB Richtlinie 6 aus dem Jahr 2011 wurde die Anforderung SFP1 gestrichen und durch Defaultwerte der Stromeffizienz einer durchschnittlich 15 Jahre alten Anlage ersetzt.

²² Anforderungen und Prüfverfahren zur energetischen und schalltechnischen Beurteilung von Passivhaus-Lüftungsgeräten für die Zertifizierung als „Passivhaus geeignete Komponente“ – http://www.passiv.de/03_zer/Komp/Lueft/Pruefreglement_L_DE.pdf

²³ SFP = „specific fan power“ = spezifische Ventilatorleistung nach ÖNORM EN 13779 [9]

4 Energie-Effizienz von Komfortlüftungen

Um eine **hohe Stromeffizienz der Gesamtanlage** zu erreichen, sind folgende Punkte entscheidend:

- Optimierte Luftmengen²⁴
- Geringe Druckverluste in der Anlage
- Hoher Wirkungsgrad der Ventilatoreinheit
- Anzeige für den notwendigen Filterwechsel bzw. regelmäßige Kontrollen
- Stromsparendes Steuerungs- und Regelungskonzept, Hocheffizienzpumpen
- Kein bzw. zumindest geregeltes elektrisches Frostschutzregister. Wenn nicht vermeidbar, dann eine an den Wärmetauscher angepasste Temperaturwahl für den Einschaltpunkt des Frostschutzregisters
- Strom-Subzähler für das zentrale Lüftungsgerät

■ Geringe Druckverluste

Je höher die Druckverluste der Anlage umso höher ist der Strombedarf. Wurde bei der Anlagendimensionierung ein kleinerer Leitungsquerschnitt bzw. eine höhere Luftgeschwindigkeit gewählt, so wirkt sich dieser zusätzliche Druckverlust 1:1 auf den Stromverbrauch aus.

Der externe Gesamtdruckverlust (Außenluft – Zuluftseinheit bzw.

Abluft – Fortluftseinheit) bei wohnungsweisen Anlagen darf maximal 80 Pa betragen, wobei der Zielwert bei maximal 50 Pa liegt.

Bei zentralen bzw. semizentralen Anlagen liegt der Grenzwert bei maximal 200 Pa (Außenluft – Zuluft) bzw. 180 Pa (Abluft – Fortluft). Der Zielwert für diese Anlagen sollte jedoch 150 Pa bzw. 120 Pa sein.

Ein **geringer Gesamtdruckverlust** wird insbesondere durch folgende **Maßnahmen** erreicht:

- Lüftungsgerät mit geringem inneren Druckverlust (großzügig ausgeführte Lüftungsgeräte mit geringen internen Luftgeschwindigkeiten – Geschwindigkeitsklasse V1 bzw. V2 nach ÖNORM EN 13053 [58])
- Geringe Luftgeschwindigkeit in den Rohrleitungen – maximal 2,5 m/s für wohnungsweise Komfortlüftungen und maximal 3,5 m/s für zentrale bzw. semizentrale Anlagen lt. den 60 Qualitätskriterien für das Mehrfamilienhaus¹⁹
→ maximaler Druckabfall pro Meter Kanal: 1 Pa/m
- Strömungsgünstige Ausführung der externen Luftleitungen und Einbauten (z.B. Ansauggitter, Luftbehandlungseinheiten, Brandschutzklappen,..)
- Beruhigte Anströmung der Einbauten (z.B. Brandschutzklappen, Ventile) – d.h. nicht direkt hinter Bögen, Abzweigen, etc.

²⁴ Luftmengen wirken sich theoretisch mit der 3. Potenz auf den Strombedarf aus. Eine doppelte Luftmenge in ein und derselben Anlage entspricht daher einem 8-fachen Strombedarf!!

4 Energie-Effizienz von Komfortlüftungen

HINWEIS

Bei zentralen Anlagen sollte eine variable (bedarfsgerechte) Druckregelung eingesetzt werden.

Statt den Druck im System konstant zu halten wird dabei die Stellung der einzelnen Regelklappen optimiert, sodass bei geringeren Luftmengen nur der unbedingt notwendige Druckabfall bereitgestellt werden muss. Dazu ist aber eine Vernetzung der einzelnen Regelklappen mit der Lüftungsregelung notwendig. Mit diesem System lassen sich ca. 20% bis 50% der elektrischen Antriebsenergie des Hauptventilators einsparen. Zudem werden die Inbetriebnahme des Systems vereinfacht und die Strömungsgeräusche in der Volumenstrombox reduziert.

Abbildung 12 zeigt dazu den Vergleich der Konstantdruckregelung und der bedarfsgerechten Druckregelung im Funktionsdiagramm (p-V-Diagramm).

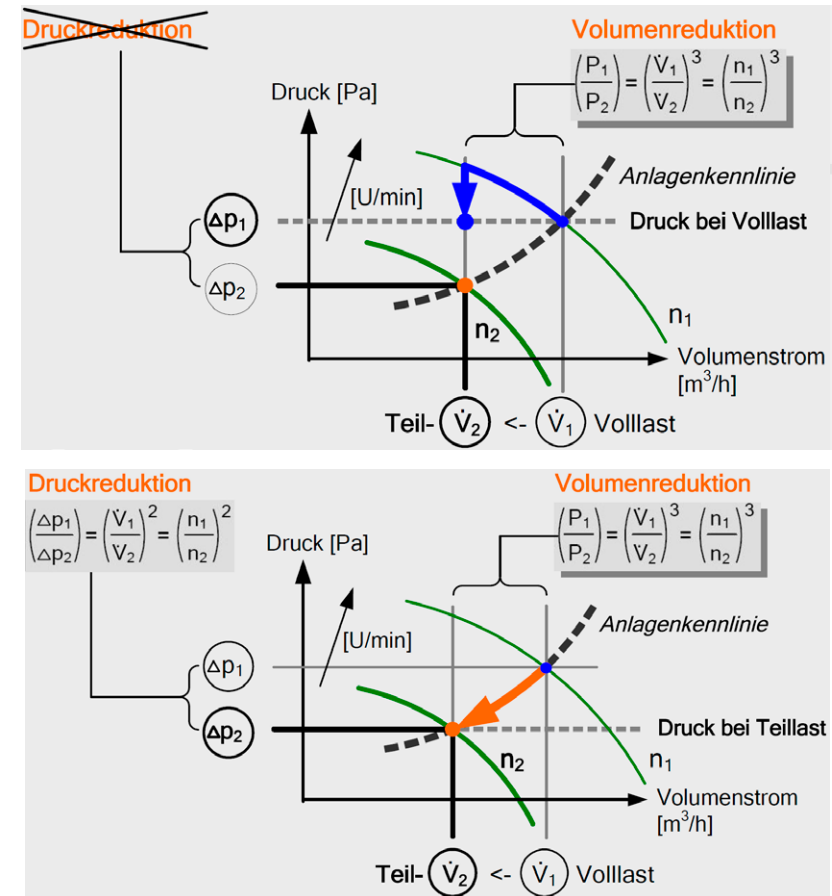


Abbildung 12: Vergleich Konstantdruckregelung (oben) und bedarfsgerechte Druckregelung (unten) im p-V-Diagramm (Quelle: BELIMO Automation AG)²⁵

²⁵ Room & System Solutions – Grundlagen - <http://www.belimo.ch/pdf/d/08-09-16%20Room&System%20Solutions%20-%20VAV%20Basics%20PM4%20de.pdf>

4 Energie-Effizienz von Komfortlüftungen

■ Hoher Wirkungsgrad der Ventilatoreinheit

In fast allen wohnungsweisen Lüftungsgeräten arbeiten mittlerweile Ventilatoren mit hocheffizienten EC Motoren. In Großgeräten für zentrale bzw. semizentrale Anlagen sind diese nur teilweise erhältlich (derzeit meist nur bis 6 kW Antriebsleistung). Folgende **Anforderungen** an den Wirkungsgrad und die Effizienz der Ventilatoreinheit sollen erfüllt werden:

- Wohnungsweise Geräte: Lüftungsgerät weist am Prüfstand bei 100 Pa externem Druckverlust eine spezifische Leistungsaufnahme unter 0,30 W/(m³/h) auf.
→ Zielwert: unter 0,25 W/(m³/h)
- Zentrale Geräte: Gesamtwirkungsgrad der Ventilatoreinheit sollte über 65% liegen
→ Zielwert: 75%

Zur Erreichung dieser Kriterien sind für zentrale Geräte folgende Punkte ausschlaggebend:

- Einsatz von Motoren der Klasse IE2 bzw. IE3 nach IEC-Standard 60034-30 [59] mit entsprechender Drehzahlregelung
- Direktgetriebene Ventilatoren (keine Flach- oder Keilriemenantriebe)
- Laufräder mit rückwärts gekrümmten Schaufeln

■ Stromsparende Pumpen, stromsparende Steuerungs- und Regelungstechnik

Pumpen sollten immer als Hocheffizienzpumpen (mit EC Motor) ausgeführt sein. Eine stromsparende Regelungs- und Steuerungstechnik ist insbesondere an geringen Stand-by Verbräuchen zu erkennen. Wenn ein Lüftungsgerät alle Regelungsfunktionen z.B. auch für die Pumpe des Sole-Erdwärmetauschers (Sole-EWT) übernimmt, können zusätzliche Dauerstromverbraucher reduziert werden.

Dazu können folgende Anforderungen formuliert werden:

- Wohnungsweise Regelungs-Anlagen: Stand-by: max.1 Watt
- Zentrale bzw. Semizentrale Regelungs-Anlagen: Stand-by: max.10 Watt

QUALITÄTSSICHERUNG

■ Anzeige Filterwechsel

Steigt der Druckverlust über einem Filter um 100% an, weil er z.B. sehr verschmutzt ist, so verursacht dieser Filter auch um 100% höhere Stromkosten. Damit der Filterwechsel nicht vergessen wird, sollte bei wohnungsweisen Anlagen eine Anzeige beim Bedienpaneel im Wohnraum vorhanden sein. Der Filter an der Ansaugung (z.B. vor dem Erdwärmetauscher) und eventuell

4 Energie-Effizienz von Komfortlüftungen

vorhandene Filter an Abluftdurchlässen (Fettfilter oder Rohrfilter) dürfen dabei nicht vergessen werden und sollten zumindest im Intervall des Gerätefilters getauscht werden. Bei Zentralgeräten sollte die Filterüberwachung in die Leittechnik integriert werden.

■ Elektrische Frostschutzregister

Elektrische Heizregister zum Frostschutz sollten nur bei wohnungsweisen Komfortlüftungen eingesetzt werden. Bei zentralen bzw. semizentralen Anlagen wird ein Sole-EWT als Vereisungsschutz empfohlen. Alternativ kann die Frostfreihaltung bei zentralen Anlagen auch über das Heizungssystem erfolgen. Dies ist insbesondere dann auch ökologisch interessant wenn eine Solaranlage ins Heizungssystem integriert ist. Bei Geräten mit hocheffizienten Wärmetauschern ist mit vorgelagerten Sole-EWT normalerweise auch keine Nacherwärmung der Zuluft notwendig.

Insbesondere bei einem elektrischen Frostschutzregister muss darauf geachtet werden, dass die Temperatur, ab der eingeschalten wird, möglichst tief gewählt wird und das Heizregister leistungsregelbar ist. Die Einschalttemperatur sollte max. 2°C über der theoretischen Vereisungstemperatur des Lüftungsgerätes liegen. Die Regelung erfolgt meist über die Temperatur der Fortluft.

■ Stromzähler

Für zentrale Anlagen sollte ein Strom-Subzähler vorgesehen werden.

4 Energie-Effizienz von Komfortlüftungen

4.3 OPTIMIERUNG DER LÜFTUNGS-WÄRMEVERLUSTE

Die Optimierung der Lüftungswärmeverluste stellt den dritten entscheidenden Faktor einer energieeffizienten Komfortlüftung dar. Das Ziel muss daher eine möglichst hohe Reduktion der Lüftungswärmeverluste sein.

ANFORDERUNG / KONTROLLE

Folgende Faktoren sind ausschlaggebend:

■ **Effizienz der Wärmerückgewinnung**

Für die Berechnung der Reduktion der Lüftungswärmeverluste im Energieausweis aber auch für das gesamte Gerät ist der Wärmebereitstellungsgrad des Lüftungsgerätes ausschlaggebend. Da für wohnungsweise Komfortlüftungsgeräte derzeit drei verschiedene Prüfmethode zum Einsatz kommen, ist es nicht nur für den Laien sehr schwierig hier die Übersicht zu bewahren. Hinsichtlich der Effizienz der Wärmerückgewinnung müssen aus diesem Grund eine der folgenden Anforderungen erfüllt werden:

- Temperaturverhältnis nach EN 13141-7 [52] ohne Kondensation bezogen auf die Fortluftseite zumindest 70%
→ Zielwert >75%

- Effektiver trockener Wärmebereitstellungsgrad nach PHI-Prüfreglement²² zumindest 75% nach PH Liste²⁶
→ Zielwert >80%
- Wärmebereitstellungsgrad nach DIBt-Prüfreglement²⁷ mindestens 84% nach TZWListe²⁶
→ Zielwert >89%

Nach den 60 Qualitätskriterien für das Mehrfamilienhaus¹⁹ bedeutet dies, dass ein Gerät mit einem Temperaturverhältnis von 75% bezogen auf die Fortluftseite nach ÖNORM EN 13141-7 ungefähr vergleichbar mit einem Wärmebereitstellungsgrad von 80% nach PHI-Prüfreglement und einem Wärmebereitstellungsgrad von 89% nach DIBt-Prüfreglement ist.

Für zentrale Geräte (Modulgeräte) sind normalerweise keine Wärmebereitstellungsgrade verfügbar. Hier sollte die Rückwärmzahl des Wärmetauschers nach ÖNORM EN 308 [60], bezogen auf die Fortluftseite, zumindest 70% betragen.

→ Zielwert: >75%



HINWEIS

Bei der Prüfung nach ÖNORM EN 308 wird nur der Wärmetauscher alleine geprüft!

²⁶ Beschreibung dazu siehe Hinweis auf Seite 38

²⁷ Prüfreglement für die Prüfung von dezentralen Wohnungslüftungsgeräten - http://www.annex28.net/pdf/Dezentrales_Pruefregl.pdf

4 Energie-Effizienz von Komfortlüftungen

Wenn Sie ein Gerät wählen, das den Zielwert des entsprechenden Prüfverfahrens erreicht oder übertrifft sind Sie auf der sicheren Seite. Die Wärmerückgewinnung wird u.a. in der Komfortlüftungsinfo Nr. 19²⁸ von www.komfortlueftung.at vertieft behandelt.

■ Wärmedämmung

Die Wärmedämmung der Luftleitungen wird sehr oft vernachlässigt und deren Einfluss auf die Effizienz der Wärmerückgewinnung unterschätzt. Warme Luftleitungen (Zu- und Abluft) sollten im kalten Bereich (z.B. Keller) möglichst vermieden werden (kurze Leitungswege) bzw. ausreichend wärmegeklämt werden. Die ÖNORM B 8110-6 [61] schreibt dazu eine Wärmedämmung der Luftleitungen im Außenbereich von 20 cm und im Innenbereich von 10 cm vor (bei $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$).

Kalte Luftleitungen (Außenluft und Fortluft) müssen im warmen Bereich mit einer feuchteresistenten Dämmung (z.B. Armaflex, Kaiflex,..) versehen werden.

HINWEIS

Vertiefte Erläuterungen zu Thema Luftleitungen und deren Wärmedämmung sind u.a. der Komfortlüftungsinfo Nr. 17²⁹ von www.komfortlueftung.at zu entnehmen.

QUALITÄTSSICHERUNG

■ Optimierte Luftmengen

Das Thema Luftmengendimensionierung wurde bereits in Kapitel 4.1 ab Seite 29 behandelt.

■ Luftdichte Gebäudehülle

Informationen zur luftdichten Gebäudehülle sind Kapitel 2.1 zu entnehmen (Seite 13).

■ Abnahmeüberprüfung der Komfortlüftung

Als Bestätigung der Qualität der eingebauten Lüftungsanlage sollte diese einer Abnahmeüberprüfung gemäß ÖNORM EN 12599 [62] unterzogen werden.

Diese beinhaltet Vollständigkeitsprüfungen, Funktionsprüfungen, Funktionsmessungen und Sondermessungen sowie die Berichtslegung.

Beispielhaft sind die Einregulierung der projektierten Luftvolumenströme der Anlage und die stichprobenartige Überprüfung der eingestellten Luftvolumenströme von externer Stelle zu nennen. Die haustechnische Bauaufsicht muss die lüftungstechnischen Einbauten in jeder Wohneinheit überprüfen, dazu gehören das Heizregister und die Lüftungsregelung. Die Anlage darf nicht

²⁸ Komfortlüftungsinfo Nr. 19: „Wärme- und Feuchterückgewinnung“ - http://www.komfortlueftung.at/fileadmin/komfortlueftung/EFH/komfortlueftung.at-Info19_Waermerueckgewinnung_V_1.0.pdf

²⁹ Komfortlüftungsinfo Nr. 17: „Luftleitungen und deren Dämmung“ - http://www.komfortlueftung.at/fileadmin/komfortlueftung/EFH/komfortlueftung.at-Info17-Luftleitungen_und_derer_Daemmung_V_1.0.pdf



4 Energie-Effizienz von Komfortlüftungen

vor abgeschlossener Baureinigung in Betrieb genommen werden. Vor oder während der Abnahme müssen die Filter ersetzt werden. Alle Überprüfungen müssen vor der Übergabe erfolgen, die Verantwortung kann so bei ungenügenden Ergebnissen nicht auf die NutzerInnen abgewälzt werden. Bei der Freigabe von Lüftungsanlagen ist darauf zu achten, dass alle benötigten Unterlagen vorliegen und die berechneten Werte den Vorlagen entsprechen.

HINWEIS

Nachfolgend wird eine kurze Übersicht über verschiedene weiterführende Informationsquellen zu getesteten und/oder zertifizierten Lüftungsgeräten gegeben:

- Ein Überblick über getestete (Komfort-)Lüftungsgeräte für Einzelwohnungen können der Homepage³⁰ des Vereins www.komfortlueftung.at entnommen werden.
- Prüfergebnisse von verschiedenen zentralen wie dezentralen Lüftungsgeräten sind dem eBulletin³¹ vom Europäischen Testzentrum für Wohnungslüftungsgeräte (TZWL) e. V zu entnehmen.

- Da Hersteller von Lüftungsanlagen ebenso die Möglichkeit haben ihre Produkte vom Passivhaus Institut Darmstadt (PHI) zertifizieren zu lassen, kann eine Übersicht bereits zertifizierter Produkte der Homepage³² des PHI entnommen werden.
- Deklarierte Produkte von www.energie-plattform.ch finden sich auf der Homepage unter Komfortlüftung - Deklaration³³

³⁰ Überblick über (Komfort-)Lüftungsgeräte - http://www.komfortlueftung.at/fileadmin/komfortlueftung/EFH/Ueberblick_Lueftungsgeraete_komfortlueftung.at_V_1.0.pdf

³¹ TZWLeBulletin - http://www.tzwl.de/markt_und_verbraucherinformationen

³² Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung - http://www.passiv.de/01_dph/UntBH/HerstLi/02Haust/Lueft/Z_Lueft_F.htm

³³ <http://www.deklariert.ch/declaration-listing-vent>



5 Hygiene bei Komfortlüftungsanlagen

Obwohl jede Komfortlüftung so gebaut sein muss, dass man sie bei Bedarf auch reinigen kann, gilt der Grundsatz „Reinhaltung vor Reinigung“. Bei regelmäßigem Filtertausch zeigt sich auch bei zehn Jahre alten Anlagen, dass noch keine Reinigung notwendig ist. In der Praxis passieren aber oft bereits Verschmutzungen während der (Ein-)Bauphase. Dies tritt vor allem dann auf, wenn Luftleitungen nicht sachgemäß auf der Baustelle oder bereits im Werk gelagert werden bzw. während der Bauphase die Luftleitungen nicht verschlossen werden. Entscheidend sind aber die einfache Möglichkeit einer Reinigung, d.h. die reinigungsfreundliche Ausführung der Luftleitungen, und eine einfache und regelmäßige Wartung der Filter.

ANFORDERUNG / KONTROLLE

Anforderungen an die Reinhaltung der Luftleitungen können sowohl für die Bauphase (Zeitraum vor der Übergabe der Wohnung) als auch für die Betriebsphase (Zeitraum nach der Übergabe) definiert werden:

Die **Reinhaltung der Luftleitungen** während der Bauphase ist Aufgabe des jeweiligen Installateurbetriebs und umfasst folgende Punkte:

- Einbau von sauberen Luftleitungen (Achtung bei Lagerung der Luftleitungen!)
- Reinigung der Luftleitungen von Verunreinigungen aus der Bearbeitung

- Verschließen der Luftleitungen bis zur offiziellen Inbetriebnahme nach Abschluss aller „staubigen“ Arbeiten

Für die Reinhaltung der Luftleitungen der Lüftung in der Betriebsphase sind die BewohnerInnen bzw. die Hausverwaltungen verantwortlich. Dabei gilt es folgendes zu beachten:

- Inbetriebnahme erst nach Abschluss der „staubigen“ Bauarbeiten
- Regelmäßiger Filtertausch



HINWEIS

Mehr Informationen zum Filtertausch durch die BewohnerInnen (bei wohnungsweisen Anlagen) können dem NutzerInneninformationsblatt (Anhang 1) entnommen werden.

Neben der Reinhaltung der Anlage während der Installation sind vor allem folgende planerische Punkte für einen **hygienisch einwandfreien Betrieb** ausschlaggebend:

- Unbelastete, schneefreie Ansaugung mit Vogelgitter (Kleintiergitter) ohne Luftkurzschluss zwischen Fortluft und Frischluftansaugung
- Hygienisch einwandfreier Erdwärmetauscher (EWT)
- Gefilterte Zuluft durch Taschen- bzw. Kassettenfilter der

5 Hygiene bei Komfortlüftungsanlagen

Klasse M7 (früher F7) nach ÖNORM EN 779 [63] und eine automatische Anzeige für den Filterwechsel im Wohnraum

- Ausreichend Verschmutzungsschutz des Gerätes durch Abluftfilter der Klasse G4 nach ÖNORM EN 779 [63] und eine automatische Anzeige für den Filterwechsel im Wohnraum
- Geringe interne & externe Leckagen des Lüftungsgerätes
- Einfach zu reinigendes Lüftungsgerät bzw. Wärmetauscher
- Bei einer Nacherwärmung muss die Oberflächentemperatur beim Wärmetauscher bzw. beim elektrischen Heizregister unter 55°C bleiben
- Einsatz faserfreier Schalldämpfer
- Eine einfach zu reinigende Verrohrung durch eine glattwandige, möglichst runde Luftleitungsausführung mit max. drei 90° Bögen bis zur nächsten Revisionsöffnung
- Ein hygienisch einwandfreier Kondensatablauf bei Erdwärmetauscher und Lüftungsgerät mit doppeltem Siphon (bzw. gleichwertig)



HINWEIS

Normative Anforderungen und Bestimmungen zur Hygiene bei Lüftungsanlagen werden u.a. in der ÖNORM H 6038 [57], der ÖNORM H 6021 [64] und der VDI 6022 Blatt 1 [65] festgelegt.

Weitere Informationen zur Hygiene von Komfortlüftungsanlagen können den 60 Qualitätskriterien für das Mehrfamilienhaus³⁴ und der Komfortlüftungsinfo Nr. 8³⁵ von www.komfortlueftung.at entnommen werden.

³⁴ Qualitätskriterien für das Mehrfamilienhaus (mit Erläuterungen) - http://www.komfortlueftung.at/fileadmin/komfortlueftung/MFH/60_QK_Komfortlueftung_MFH_V_1.4_Februar_2011_mit_Erlaeuterungen.pdf

³⁵ Komfortlüftungsinfo Nr. 9: „Luftmengen – Luftfeuchtigkeit“ - http://www.komfortlueftung.at/fileadmin/komfortlueftung/EFH/komfortlueftung.at-Info08_Hygiene_bei_Komfortlueftungen_V_1.0.pdf



6 Regelung der Komfortlüftungsanlage

Bei Passivhäusern, welche über die Zuluft geheizt werden, bilden Heizung und Lüftung eine Einheit. In den letzten Jahren kamen bei Passivhäusern mit Zuluftheizung getrennte Regelungsgeräte für Heizung und Lüftung zum Einsatz. Bei der Luftheizung ist die eingebrachte Wärme direkt abhängig vom Luftvolumenstrom, der diese transportiert. Oft ist den NutzerInnen diese Abhängigkeit nicht bewusst, was z.B. zu Fehlbedienungen führt: Die Lüftung wird aus- die Temperatur jedoch auf maximale Stufe geschaltet.

Unklare Bezeichnung der Betriebszustände oder mangelnde Einschulung führen oft dazu, dass ein zu hoher oder ein zu niedriger Luftwechsel eingestellt wird.

ANFORDERUNGEN / KONTROLLE

Auf Grund der oben beschriebenen Problematik werden an Raumregelgeräte folgende Anforderungen gestellt:

- Leichte Bedienbarkeit und übersichtliche Gestaltung des Regelgerätes
- Fehlbedienungen durch die BewohnerInnen müssen ausgeschlossen sein
- Der Betriebszustand der Anlage muss klar und jederzeit ersichtlich sein
- Das Raumregelgerät muss einen geringen Stromverbrauch ausweisen

Das Ziel ist der vermehrte Einsatz von Kombigeräten. Diese Geräte ermöglichen bei zuluftbeheizten Passivhäusern die gleichzeitige Steuerung von Luftvolumenstrom und Nachheizregister über dieses eine Raumregelgerät. Der Vorteil dieser Lösung liegt darin, dass es zu keiner Übersteuerung der beiden Funktionen (Heizen und Lüften) kommen kann.

Das Raumregelgerät sollte dabei folgende Betriebszustände aufweisen und gleichzeitig die Betriebszustände für die BewohnerInnen klar und ersichtlich darstellen:

- **AUS** – das Gerät ist aus, minimaler Luftvolumenstrom, keine Wärmezufuhr
- **ABWESEND** – minimaler Luftvolumenstrom, Heizventil regelt auf eingestellten Soll-Wert
- **NORMAL** – Volumenstrom regelt zwischen minimal und maximal, Heizventil regelt auf eingestellten Soll-Wert
- **PARTY** – maximaler Luftvolumenstrom, Heizventil regelt auf eingestellten Soll-Wert

Wichtig ist dabei aber folgende Funktionsweise:

Befindet sich die Lüftungsanlage in der „AUS“-Stellung und wird von der Bewohnerin oder dem Bewohner die Temperatur am Raumregelgerät erhöht, muss die Temperaturregelung die AUS-Stellung übersteuern und den Luftvolumenstrom erhöhen, damit die eingestellte Temperatur im Raum erreicht werden kann.

6 Regelung der Komfortlüftungsanlage



HINWEIS

Ob ein Kombigerät zum Einsatz kommen soll, ist nicht von der Art der Lüftungsanlage (zentral, dezentral, semizentral, semidezentral oder ähnlich) abhängig, sondern von der Art der Wärmeeinbringung. Ist das Passivhaus zuluftbeheizt sind Kombigeräte klar zu empfehlen. Erfolgt die Wärmeeinbringung auf eine andere Weise (wassergeführtes Wärmeabgabesystem) sollten Temperatur- und Lüftungsregelgerät getrennt werden.

QUALITÄTSSICHERUNG

■ **Auswahl Raumregelgerät**

Bei der Auswahl der Raumregelgeräte sollte unbedingt auf die oben beschriebenen Anforderungen geachtet werden. Die PlanerInnen müssen sich bei der Herstellerfirma des Regelgeräts genau erkundigen, ob die angesprochenen Fehlbedienungen ausgeschlossen werden können. Grundsätzlich muss zwischen zuluftbeheizten und konventionell geheizten Passivhäusern unterschieden werden.

■ **Einregulierung**

Bei der Einregulierung des Lüftungsgeräts muss darauf geachtet werden, dass der den Betriebsstufen zugeordnete Luftwechsel auch eingehalten wird.

■ **NutzerInneneinschulung**

Um zu gewährleisten, dass die NutzerInnen das Gerät auch richtig bedienen, müssen diese eingeschult und auf die Funktionsweise des Geräts hingewiesen werden. Eine Kurzinformation, wie das Gerät im Sommer, Winter und sonstigen Situationen bedient werden soll, kann Problemen vorbeugen (siehe dazu auch Information u. Kommunikation - „BewohnerInnen“ in Kapitel 8.1)

7 Stromverbrauch

Der Stromverbrauch der Haushalte in Österreich ist nach einer Studie der Statistik Austria zum Thema „Modellierung des Stromverbrauchs in privaten Haushalten Österreichs nach unterschiedlichen Verwendungszwecken“³⁶ von 2003 bis 2010 um 3% gestiegen – ca. 4.700 kWh verbraucht ein durchschnittlicher Haushalt derzeit. Hier eingerechnet sind auch Anteile von Heizung, Warmwasserbereitung, Hilfsstrom für Pumpen, etc.

In einem Passivhaus-Haushalt wird maximal die Hälfte dieser Energiemenge für die Heizung aufgewendet. Das heißt, neben einer energiesparenden Warmwassererzeugung ist es gerade im Passivhaus sehr wichtig, sich mit stromeffizienten Geräten und Anwendungen auseinander zu setzen. Der Fokus muss daher auf der Reduktion des Haushalts- und Allgemeinstromverbrauchs liegen.

7.1 ALLGEMEINSTROMVERBRAUCH

ANFORDERUNGEN / KONTROLLE

■ **Beleuchtung**

Für die Beleuchtung in Gebäuden werden in Österreich rund 8-9% des gesamten elektrischen Stromverbrauchs aufgewendet, wobei Glühlampen am häufigsten eingesetzt werden. Ihr Anteil beträgt rund 51% der verwendeten Beleuchtungskörper.

Der Anteil der Energiesparlampen beträgt hingegen nur rund 7%. Alleine daran lässt sich das Energieeinsparpotenzial durch den Ersatz der Glühlampen mit energieeffizienter Beleuchtung ableiten.[66]

Die Europäische Union hat durch die Verordnung (EG) Nr. 244/2009 [67] Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Haushaltslampen mit ungebündeltem Licht festgelegt. So sollen bis 2016 in sechs Stufen die bisherigen (Glüh-)Lampen durch energieeffiziente Beleuchtungskörper ersetzt werden.

Eine Reduktion des Beleuchtungsenergiebedarfs kann einerseits durch den Einsatz energieeffizienter Beleuchtungskörper und andererseits auch durch eine optimierte Tageslichtnutzung erreicht werden. Aus diesem Grund werden für die Beleuchtung folgende Anforderungen festgelegt:

- Die Tageslichtnutzung soll überall wo es möglich ist der künstlichen Beleuchtung vorgezogen werden. Eine Tageslichtsimulation im Zuge der Entwurfsplanung soll daher zur energetischen und tageslichttechnischen Optimierung eingesetzt werden.
- Einsatz der derzeit am Markt erhältlichen energieeffizientesten Beleuchtungskörper.
- Integration einer optimierten Beleuchtungssteuerung, wie z.B. Präsenzmelder, Abschaltung nach einem Zeitintervall, tageslichtabhängige Steuerung, etc.

³⁶ Modellierung des Stromverbrauchs in den privaten Haushalten Österreichs nach unterschiedlichen Verwendungszwecken - http://www.statistik.at/web_de/static/modellierung_des_stromverbrauchs_in_den_privaten_haushalten_oesterreichs_n_057712.pdf

7 Stromverbrauch

Bei der Auswahl der eingesetzten Beleuchtungssteuerung gilt es jedenfalls auch auf den Stromverbrauch dieser zu achten. In diesem Fall gilt es sich an den marktbesten Produkten zu orientieren (Leistung der Geräte beim Hersteller erfragen!) und daran den jährlichen Strombedarf abzuschätzen. Eingesetzt sollten nur die stromeffizientesten Geräte werden.

Wenn möglich sollten LED-Leuchtmittel den bekannten Kompaktleuchtstofflampen („Energiesparlampen“) vorgezogen werden. LED-Beleuchtungskörper weisen eine höhere Lebensdauer auf und haben gleichzeitig auch den Vorteil, dass sie nach dem Einschalten bereits die volle Leuchtkraft erreichen und kein Quecksilber enthalten. Damit diese Vorteile aber auch zum Tragen kommen, müssen folgende Anforderungen von der LED-Beleuchtung erfüllt werden:

- Lichtausbeute von mindestens 80 lm/W
- Farbwiedergabeindex Ra bei Aufenthaltsräumen größer 80

Eine Besonderheit stellt der Austausch von Leuchtstoffröhren durch LED-Leuchtstoffröhren dar. Da in solchen Fällen Vorschaltgerät und Starter entfernt werden müssen, verlieren die Prüfzeichen der Leuchte ihre Gültigkeit. Es ist daher zu empfehlen, die gesamte Leuchte durch eine LED-Leuchte zu ersetzen.



HINWEIS

Bei den energieeffizientesten Beleuchtungskörpern handelt es sich derzeit um jene der Energieeffizienzklasse A. Der Einsatz von Beleuchtungskörpern der Energieeffizienzklasse B oder schlechter sollte unbedingt vermieden werden. Hinweise zu verschiedenen Produkten und deren Tests können unter anderem von den Internetseiten www.topprodukte.at, www.topten.ch und www.energystar.gov entnommen werden.

Bei der Beleuchtung von Stiegenhäusern und Gängen kommen die Vorteile der LED-Leuchten voll zum Tragen. Einerseits können sie praktisch beliebig oft geschaltet werden, andererseits ist durch die extrem lange Lebensdauer ein Austausch typischerweise erst nach mehr als zehn Jahren notwendig!

■ Umwälzpumpen

Zirkulationsleitungen, unnötig lange und verzweigte Verteilleitungen mit daraus resultierend hohen Widerständen, sowie schlechte hydraulische Einregulierung erhöhen den Hilfsstromverbrauch wesentlich. Die derzeit am Markt befindlichen Umwälzpumpen weisen dabei einen Energieeffizienzindex³⁷ (EEI) von 0,2 bis 1,6

³⁷ Der Energieeffizienzindex ist eine Kennzahl, deren Berechnung in der Verordnung (EG) Nr. 641/2009 der Kommission zur Durchführung der Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von externen Nassläufer-Umwälzpumpen und in Produkten integrierten Nassläufer-Umwälzpumpen festgelegt ist. <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:191:0035:0041:DE:PDF>, aufgerufen am 22.02.2012 um 08:30 Uhr

7 Stromverbrauch

auf. Der Marktanteil von Hocheffizienzpumpen der Energieklasse A ($EEL < 0,27$) liegt bei nur ca. 7%.

Für Umwälzpumpen werden daher folgende Anforderungen festgelegt:

- Ab 01.01.2013: $EEL < 0,27$ für neue externe („zugängliche“ und einfach austauschbare) Umwälzpumpen [68]
- Ab 01.01.2015: $EEL < 0,27$ für alle neuen Umwälzpumpen [68]

HINWEIS

Bei Umwälzpumpen der Energieeffizienzklasse A handelt es sich um drehzahlgeregelte Umwälzpumpen mit elektronisch kommutiertem Permanentmagnetmotor (EC-Motoren). Die durchschnittliche Leistungsaufnahme von unregulierten Pumpen beträgt für ein Einfamilienhaus etwa 45W – 90W. Die durchschnittliche Leistungsaufnahme von drehzahlgeregelten Pumpen der Effizienzklasse A beträgt für ein Einfamilienhaus nur etwa 5-20 W.[69]

■ Ventilatoren

Die Stromeffizienz von Ventilatoren wird in Kapitel 4.2 behandelt.

■ Lifte/Aufzüge

Der Stromverbrauch von Liftanlagen trägt zu 3-8% zum Gesamtstromverbrauch von Gebäuden bei.[70] Dabei handelt es sich um Stromverbräuche für den Bereitschaftsmodus, den Fahrmodus und die Beleuchtung. Der Stromverbrauch für den Stillstand (Standby) liegt zwischen 5-90%, im Mittel bei 70% in Wohngebäuden.

Durch den Einsatz der effizientesten am Markt verfügbaren Technologien könnte in diesem Bereich 60% der Energie eingespart werden. Eine Effizienzsteigerung ist in den Bereichen Beleuchtung, Abschaltung von Komponenten, hocheffiziente Motoren und Antriebslösungen, Rückspeisung von Energie ins Netz und bei Aufzugsgruppen durch ein Verkehrsmanagement mit der geringsten Anzahl der Fahrten, Starts und Stopps möglich. Der Rekuperationsgrad (zurückgespeiste Energie pro eingesetzter Energie) kann bei großen Strecken bei 30-40% liegen. Der Rekuperationsgrad sinkt jedoch bei häufigen Stopps, und der Standby-Verbrauch steigt durch den zusätzlichen Umrichter.[71]

Folgende Anforderungen werden für Liftanlagen bzw. Aufzüge festgelegt:

- Anpassung der Liftanlagen in Größe und Anzahl an die tatsächliche Anforderung
- Installation eines Verkehrsmanagements zur Optimierung der Anzahl der Fahrten, Starts und Stopps

7 Stromverbrauch

- Verwendung von hocheffizienten Motoren - durch getriebelose Antriebe mit variabler Spannung und variabler Frequenz (variable voltage variable frequency) kann bis zu 80% der Energie im Vergleich zu polumschaltbaren Induktionsmotoren mit zwei Geschwindigkeiten eingespart werden.[70]
- Geeignete Abschaltung von Komponenten (Beleuchtung, Anzeigen, etc.)
- Geänderte Steuerung mit Abschaltung von Komponenten bei Stillstand



HINWEIS

In ÖNORM EN ISO 25745-1 [72] wird die Energieeffizienz von Aufzugsanlagen, Fahrtreppen und Fahrsteigen in Hinsicht auf Fahrtbedarf, Stillstandsbedarf, Energieeffizienzklassen und Nutzungskategorien behandelt.

7.2 HAUSHALTSTROMVERBRAUCH

ANFORDERUNGEN / KONTROLLE

■ Elektrogeräte

Auf europäischer Ebene wurde in den letzten Jahren durch gesetzliche Regelungen und durch freiwillige Vereinbarungen mit der Industrie die Energieeffizienz von elektrischen Geräten immer weiter angehoben. Die legislativen Maßnahmen beinhalten die Einführung des Energielabels für immer mehr Geräte und das zunehmende Verbot von besonders ineffizienten Geräten.

- Die Energieeffizienzklassen haben sich mit 01.01.2011 bis zur Klasse A+++ erweitert. Kühlgeräte der Klasse A und schlechter dürfen ab 01.07.2012 nicht mehr in den Handel gelangen.
- Seit 01.01.2012 fallen auch Fernsehgeräte unter die Kennzeichnungspflicht mit den Stufen A bis G, die sich bis 2020 schrittweise bis A+++ erweitert werden.
- Für alle Gerätekategorien, für die Energielabel vorgeschrieben sind, sollten die Klassen B und schlechter nicht mehr eingesetzt werden. Anzustreben ist - soweit vorhanden - die Verwendung von Geräten mit Klasse A+ und besser. Für die Einsatzbereiche, in denen noch keine Energielabel vorliegen, sollte man sich an den marktbes-

7 Stromverbrauch

ten Geräten orientieren und anhand der Leistung der Geräte (ist zu erfragen) den Strombedarf pro Jahr abschätzen. Es sollten nur Geräte ausgewählt werden, die einen maximal 10% höheren Stromverbrauch als die Besten aufweisen.

HINWEIS

Zusammenstellungen von energieeffizienten Elektrogeräten (Haushalts- wie Bürogeräte) ist auf: www.topprodukte.at und www.topten.ch ersichtlich. Auf www.test.de/spargeraete können ebenfalls Zusammenstellungen über Testergebnisse entnommen werden. Je länger die Tests zurückliegen, umso mehr empfiehlt es sich aber aktuelle Informationen einzuholen.

■ **Beleuchtung**

Siehe Punkt „Beleuchtung“ in Kapitel 7.1.

STROMVERBRAUCH – LÖSUNGEN

■ **Smart Metering**

Beim Smart Metering (intelligente Verbrauchszählung) wird auf fernauslesbare, digitale Stromzähler zurückgegriffen. Die ausgelesenen Verbrauchsdaten (im Gespräch sind viertelstündliche Ausleseintervalle) werden beim Netzbetreiber zwischengespeichert und sind für die/den VerbraucherIn mit einem Passwortgeschützten Internetzugang in Form von Kurvenverläufen, usw. verfügbar. Gleichzeitig kann die/der VerbraucherIn in ihrem/seinem Aufenthaltsbereich (z.B. Wohnzimmer) auf einem Display die aktuellen Verbrauchsdaten einsehen. Es sind mehrmals pro Jahr Stromverbrauchsabrechnungen durchzuführen. Diskutiert werden monatliche Abrechnungen.

Eine von der Energie-Control in Auftrag gegebene Studie [73] kommt zum Ergebnis, dass in Österreich mit einem Stromeinspareffekt von ca. 3% durch die Einführung von Smart Metering zu rechnen ist. Die E-Control hat gemäß dem Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz (EIWOG 2010)³⁸ jene technischen Mindestfunktionalitäten durch Verordnung zu bestimmen, denen Smart Meter zu entsprechen haben. Diese technischen Mindestanforderungen wurden definiert und sind in einer Verordnung (Intelligente Messgeräte-AnforderungsVO (IMA-VO))³⁹

³⁸ Bundesgesetz, mit dem das Elektrizitätswirtschafts- & -organisationsgesetz 2010 und das Energie-Control-Gesetz erlassen werden - http://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2010_I_110/BGBLA_2010_I_110.pdf

³⁹ Intelligente Messgeräte-AnforderungsVO (IMA-VO) 2011 - http://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2011_II_339/BGBLA_2011_II_339.pdf

7 Stromverbrauch

gemündet. In Österreich ist die flächendeckende Einführung von Smart Metering beim Strom bis Ende 2018 geplant.[74]

■ Geschirrspüler

Wenn Warmwasser zur Verfügung steht, das durch eine thermische Solaranlage aufbereitet wird, sollten Geschirrspüler prinzipiell an den Warmwasserkreis angeschlossen werden. Dadurch wird die elektrische Erwärmung des Kaltwassers weitgehend vermieden. Bei Biomasse und Fernwärme gilt es dies im Vorhinein zu überprüfen.

■ Waschmaschinen

Bei Waschmaschinen sind grundsätzlich die Geräte vorzuziehen, die mit Kalt- und Warmwasseranschluss ausgestattet sind (wenn Warmwasserbereitung durch den Einsatz erneuerbarer Energiequellen erfolgt), oder eine Vormischeinrichtung haben, die individuell eingestellt werden kann. Dadurch kann ebenfalls die elektrische Erwärmung des Kaltwassers reduziert werden.

■ Wäsche trocknen

Statt einen Wäschetrockner zu betreiben sollte die Möglichkeit, die Wäsche an der Luft oder über die Lüftungsanlage im PH (=Befeuchtung im Winter!) zu trocknen, geprüft werden. Ist ein Wäschetrockner unvermeidlich, sollte dieser mit einer Wärmepumpe ausgestattet sein.

QUALITÄTSSICHERUNG

Bei der Planung von Gebäuden müssen die Energieeffizienz der Geräte (auch wegen der Abwärme), die maximale Tageslichtausnutzung (zur Reduktion der Beleuchtung), der Sonnenschutz (passive statt aktive Kühlung) und die Art der Warmwasserbereitung unbedingt zu Beginn ins Gebäudekonzept integriert werden, damit der Stromverbrauch unter Kontrolle bleibt.

8 Information und Kommunikation

Um den (zukünftigen) BewohnerInnen einen optimalen Start in ihre neue Passivhauswohnung zu ermöglichen, gilt es einige Punkte zu beachten. Dies betrifft einerseits die Informationen an als auch die Kommunikation mit den BewohnerInnen und beteiligten HandwerkerInnen.

8.1 BEWOHNERINNEN

BewohnerInnen müssen sowohl in der Bau- als auch in der Nutzungsphase mit allen nötigen Informationen versorgt und mit ihnen richtig kommuniziert werden. Dies geschieht in drei Phasen/ Bereichen:

1.) Vor der Übergabe der Wohnung (Bauphase)

Während der Bauphase sind laufende Informationen an die BewohnerInnen über den Baufortschritt sinnvoll. Etwaige Verzögerungen in der Bauphase bzw. eine Verschiebung des geplanten Übergabetermins der Wohnung müssen kommuniziert werden. So können die zukünftigen NutzerInnen rechtzeitig auf diese Verzögerung reagieren (z.B. Auszug aus der bestehenden Wohnung verschieben, Liefertermin von Möbel ändern, usw.).

Idealerweise steht eine Ansprechperson den zukünftigen BewohnerInnen zur Verfügung.

Um die BewohnerInnen auf die Technologien des Passivhauses einzustellen, sollte zusätzlich eine Informationsveranstaltung

abgehalten werden, bei der die wesentlichen Themen, wie z.B. Heizung und Lüftung im Passivhaus, Verwendung des Sonnenschutzes, Hinweise zum Einsatz energieeffizienter Geräte und Beleuchtungskörper, usw. präsentiert und den zukünftigen NutzerInnen vermittelt werden. Dabei können nicht nur generelle Informationen übermittelt und Fragen beantwortet, sondern auch darauf hingewiesen werden, wo z.B. der Einsatz von energieeffizienten Geräten und Beleuchtungskörpern besonders sinnvoll ist. Auf diesem Wege kann vielleicht die Kaufentscheidung der BewohnerInnen noch beeinflusst und somit der Energieeinsatz in der Nutzungsphase reduziert werden.

Im Zuge dieser Informationsveranstaltung soll gleichzeitig auch das NutzerInneninformationsblatt (siehe Anhang 1) übergeben und gemeinsam besprochen werden. Explizit soll dabei auf die zuständige Kontaktperson hingewiesen werden, die für etwaige dringende Fragen den BewohnerInnen nach der Übergabe zur Verfügung steht.

2.) Bei der Übergabe der Wohnung

Bei der Übergabe der Wohnung an die BewohnerInnen sollen alle wesentlichen am Bau beteiligten Unternehmen durch eine fachkundige Person vertreten sein, welche die NutzerInneneinschulung vor Ort durchführen. Bei dieser Einschulung muss auf sämtliche relevanten Punkte eingegangen werden. Dies betrifft vor allem die Regelung der Heizung und der Lüftung, den gegebenenfalls erforderlichen Filtertausch in der Wohnung, richti-

8 Information und Kommunikation

ges Lüftungsverhalten und Verwendung des Sonnenschutzes im Sommer wie im Winter, usw. Mit nützlichen Tipps und Hinweisen soll den NutzerInnen der Start in die neue Wohnung (z.T. mit neuen Technologien) erheblich erleichtert werden.

3.) Nach der Übergabe der Wohnung (Nutzungsphase)

Da manche Fragen erst nach Bezug in der ersten Phase des Wohnens auftreten, ist eine Betreuung nach der Übergabe der Wohnung zu empfehlen. Dazu können z.B. Informationsveranstaltungen oder MieterInnenversammlungen eine gewisse Zeit nach der Übergabe der Wohnungen dienlich sein. Ebenso ist eine persönliche Ansprechperson sinnvoll. Die Kontaktdaten dieser zuständigen Person sind auf dem NutzerInneninformationsblatt (Anhang 1) vermerkt.

HINWEIS

Nicht zu vergessen ist allerdings auch die Informationsübermittlung an jene BewohnerInnen, die zu einem späteren Zeitpunkt (z.T. nach Jahren) einziehen, d.h. an NachmieterInnen. Der Prozess der Betreuung bei und auch nach der Übergabe der Wohnung muss auch hier funktionieren.

8.2 HANDWERKERINNEN

Nicht nur die BewohnerInnen müssen auf die (neuen) Technologien des Passivhauses eingestimmt werden, sondern auch jene HandwerkerInnen, die für die Errichtung des Gebäudes zuständig sind.

Dabei gilt es die ausführenden Firmen auf die grundsätzlichen Ziele und kritischen Punkte beim Passivhaus hinzuweisen. Aus diesem Grund empfiehlt sich noch vor Baubeginn die Durchführung eines gemeinsamen Startworkshops, an dem möglichst schon jene MitarbeiterInnen teilnehmen sollen, die in weiterer Folge auch für die Umsetzung der einzelnen Gewerke auf der Baustelle verantwortlich sind.

Nach dem Arbeitsbehelf 2 „Checkliste Qualitätssicherung“ für die Modernisierung mit Passivhauskomponenten⁴⁰ müssen u.a. folgende Punkte beim Startworkshop mit den zuständigen Unternehmen dargebracht und diskutiert werden:

- Grundsätzliche Unterschiede zwischen einem „konventionellem“ Gebäude und dem vorliegenden Passivhausprojekt mit Hinblick auf Dämmung, Lüftungsanlage, etc.
- Grundprinzip der thermischen Gebäudehülle + die thermische Gebäudehülle im konkreten Projekt
- Luftdichte Ausführung: auf die Details kommt es an!

⁴⁰ Aman, W.; Domenig-Meisinger, I.; Havel, M.; Hüttler, W.; Schöberl, H.; Weiler, T. (2009): ZUWOG - Zukunftsfähige Wohngebäudesanierung; Arbeitsbehelfe für die Modernisierung mit Passivhauskomponenten; Arbeitsbehelf 2 „Checkliste Qualitätssicherung“; http://zuwog.e-sieben.at/arbeitsbehelfe/AB_2_Qualitaetssicherung.pdf, aufgerufen am 30.01.2012 um 10:00 Uhr

8 Information und Kommunikation

- Ausführungs- und Anschlussdetails: Außenwand, Fenster, Kellerdecke, oberste Geschoßdecke, Balkon, Traufe
- Leitungsführung und Hygiene-Aspekte der Lüftungsanlage: Prinzip und Details
- Verwendung ökologischer Materialien laut Ausschreibung, Beachtung der Verarbeitungsrichtlinien
- Qualitätssicherungsmaßnahmen, die seitens der Bauträger zusätzlich gesetzt werden (z.B. Thermografie, Luftdichtheitsmessungen,...)
- Rücksichtnahme während der Bauphase auf die Arbeit anderer Firmen und verantwortungsvoller Umgang gegenüber anderen Gewerken

Das Ziel dieses Startworkshops ist es dabei, dass die auf der Baustelle tätigen ProfessionistInnen die Grundprinzipien der technischen Lösungen verstehen, damit diese ihr Augenmerk besser auf die qualitätsrelevanten Ausführungsdetails legen können.⁴⁰

9 Literaturverzeichnis

- [1] BMVIT (Programmträger): aus <http://www.hausderzukunft.at/about/index.htm>, aufgerufen am 12.03.2012, um 11:30 Uhr
- [2] Passivhaus Institut (2012): Publikationen; Was ist ein Passivhaus? http://www.passiv.de/01_dph/St-dph/WasPH/WasPH_F.htm, aufgerufen am 01.02.2012 um 11:00 Uhr
- [3] Wagner, W.; Spörk-Dür, M.; Lechner, R.; Suschek-Berger, J. (2010): Ergebnisse der messtechnischen Begleituntersuchungen von „Haus der Zukunft“ – Demonstrationsbauten – Leitfaden; BMVIT; Wien
- [4] Bruck, M.; Geissler, S. (2002): Leitfaden für die TQ Bewertung - Kostengünstige, nutzer- und umweltfreundliche Gebäude - Bewertungskriterien, Planungsziele und Toolbox: Kennzahlen und Vorgaben für die Planung sowie Daten, Anleitungen und Informationen zur Umsetzung der Planungsziele; Wien
- [5] Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie (2009): Wegweiser für eine gesunde Raumluft. Die Chemie des Wohnens; BMLFUW; Wien
- [6] Andersen, I. B.; Lundquist, G. R.; Jensen, P. L.; Proctor, D. F. (1974): Human response to 78-hour exposure to dry air; Arch. Environmen. Health 29
- [7] Von Hahn, N. (2007). „Trockene Luft“ und ihre Auswirkungen auf die Gesundheit – Ergebnisse einer Literaturstudie; Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft; 67 (Nr. 3)
- [8] ÖNORM H 6000-3, (1989): Lüftungstechnische Anlagen; Grundregeln; hygienische und physiologische Anforderungen für den Aufenthaltsbereich von Personen; Österreichisches Normungsinstitut
- [9] ÖNORM EN 13779, (2008): Lüftung von Nichtwohngebäuden - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme; Österreichisches Normungsinstitut
- [10] ÖNORM EN ISO 7730, (2006): Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit (ISO 7730:2005); Österreichisches Normungsinstitut
- [11] ÖNORM B 8110-2 Beiblatt 4, (2003): Produktabbildung - Wärmeschutz im Hochbau - Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz - Hinweise zur Vermeidung von Feuchtigkeitsschäden durch raumklimatische Einflüsse; Österreichisches Normungsinstitut
- [12] Arbeitsstättenverordnung (1999): BGBl. II Nr. 368/1998
- [13] Dumat, M. (2011): Niedrige Luftfeuchtigkeit erhöhen; <http://www.diegruenewelt.de/pflegetipp/items/niedrige-luftfeuchtigkeit-erh%C3%B6hen.html>; aufgerufen am 13.12.2011, um 08:15 Uhr
- [14] Greml, A.; Kapferer, R.; Leitzinger, W. (2010): 60 Qualitätskriterien für Komfortlüftungen – Mehrfamilienhaus (MFH) (inkl. Erläuterungen)
- [15] Greml, A. (2010): Luftmengen – Dimensionierungshilfe
- [16] Leitzinger, W. (2011): Komfortlüftungsinfo Nr. 19 – Wärme- und Feuchterückgewinnung;
- [17] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg) (2008): Lehmbauarbeiten; Beuth Verlag GmbH; Berlin;
- [18] ÖNORM B 8110-3, (1999): Wärmeschutz im Hochbau - Wärmespeicherung und Sonneneinflüsse; Österreichisches Normungsinstitut

9 Literaturverzeichnis

- [19] ÖNORM B 8110-3, (2012): Wärmeschutz im Hochbau – Teil 3: Vermeidung sommerlicher Überwärmung; Österreichisches Normungsinstitut
- [20] Greml, A.; Blümel, E.; Gössler, A.; Kapferer, R.; Leitzinger, W.; Suschek-Berger, J.; Tappler, P. (2008): Evaluierung von mechanischen Klassenzimmerlüftungen in Österreich und Erstellung eines Planungsleitfadens; Berichte aus Energie- und Umweltforschung 14/2008, BMVIT
- [21] DIN 1946-2, 1994: Raumluftechnik; Gesundheitstechnische Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln); Deutsches Institut für Normung e.V.
- [22] Such M. (Passivhaus Dienstleistung GmbH), Hasper W. (PHI): e-mail-Information am 7. und 8 Dezember 2011
- [23] Fachinformationszentrum Karlsruhe (Hrsg.): Passive Kühlung mit Nachtlüftung, BINE Informationsdienst - themen-info I/03
- [24] Zimmermann M. (1999): Handbuch der passiven Kühlung, ISBN 3-905594-06-4, EMPA ZEN; Dübendorf, zitiert in [25]
- [25] Fink, Ch. et. al (2002): Passive Kühlkonzepte für Büro- und Verwaltungsgebäude mittels luft- bzw. wasserdurchströmten Erdreichwärmetauschern, Endbericht zum Projekt GZ 178.044/1-V/A/6/2000 des bmvit, Gleisdorf
- [26] ÖNORM EN 13363: Sonnenschutzeinrichtungen in Kombination mit Verglasungen - Berechnung der Solarstrahlung und des Lichttransmissionsgrades - Teil 1: Vereinfachtes Verfahren (konsolidierte Fassung), Ausgabe 2007-09-01, und Teil 2: Detailliertes Berechnungsverfahren, Ausgabe 2005-07-01; Österreichisches Normungsinstitut
- [27] Stadt Wien Magistratsabteilung 27 – EU Strategie und Wirtschaftsentwicklung, Energie und SEP-Koordination (Hrsg.) (Juni 2010): Technologieleitfaden Sonnenschutzsysteme, Wien
- [28] Passivhaus Institut Darmstadt (2011): Passivhaus Qualitätsanforderungen; <http://www.passiv.de/>, aufgerufen am 01.02.2011 14:45 Uhr
- [29] Österreichisches Institut für Bautechnik (2011): OIB Richtlinie 3 - Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz
- [30] Huber, H. und Mosbacher, R. (2006): Wohnungslüftung: Grundlagen, Planung, Ausführung, Praxis von Komfortlüftungen; 1. Auflage; Faktor Verlag, Zürich
- [31] Feist W.: Der Einfluss der inneren Wärmekapazität: http://www.passivhaustagung.de/Passivhaus_D/Innere_Waermekapazitaet.html, aufgerufen am 03.02.2011 14:00 Uhr
- [32] ÖNORM H 6040, (1997): Lüftungstechnische Anlagen – Kühllastberechnung; Österreichisches Normungsinstitut
- [33] VDI 2078, (1996): Berechnung der Kühllast klimatisierter Räume; Verein Deutscher Ingenieure
- [34] Rohrer, H.; Kukovetz, B.; Ornetzeder, M.; Zelger, Th.; Enzensberger, G.; Gadner, J.; Zelger, J.; Buber, R. (2001): Akzeptanzverbesserung bei Niedrigenergiehaus-Komponenten; BMVIT; Wien
- [35] ÖNORM EN 12831, (2003): Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast; Österreichisches Normungsinstitut

9 Literaturverzeichnis

- [36] ÖNORM H 7500, (2006): Heizungssysteme in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast (Nationale Ergänzung zu ÖNORM EN 12831); Österreichisches Normungsinstitut
- [37] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.) (2011): MERKBLATT HEIZUNG ALLGEMEIN – Qualitätslinie; klima:aktiv Fachinformation; Wien
- [38] ÖNORM EN 12828, (2011): Heizungsanlagen in Gebäuden - Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen; Entwurf; Österreichisches Normungsinstitut
- [39] DIN 4708-2, (1994): Zentrale Wassererwärmungsanlagen; Regeln zur Ermittlung des Wärmebedarfs zur Erwärmung von Trinkwasser in Wohngebäuden; Deutsches Institut für Normung e.V.
- [40] Recknagel, H.; Sprenger, E. und Schramek, E.-R. (2007): Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik einschließlich Warmwasser- und Kältetechnik; 73. Auflage; Oldenbourg Industrieverlag; München
- [41] ÖNORM M 7580, (1985): Wärmedämmung von Heizungsanlagen – Anforderungen, Nachweise, Rechenverfahren; Österreichische Normungsinstitut
- [42] Österreichisches Institut für Bautechnik (2011): OIB-Richtlinie 6 – Energieeinsparung und Wärmeschutz
- [43] Thür, A. (2007): Compact Solar Combisystems; Ph.d.-Thesis; Technical University of Denmark
- [44] Fink, Ch. und Riva, R. (2004): Solarunterstützte Wärmenetze im Geschosswohnungsbau – Ein Planungshandbuch mit ganzheitlichem Ansatz; 1. Auflage; Verlag Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE GMBH; Gleisdorf
- [45] ÖNORM EN 303-5, (2010): Zentral-Heizkessel - Teil 5: Heizkessel für feste Brennstoffe, hand- und automatisch beschickte Feuerungen, Nenn-Wärmeleistung bis 500 kW - Begriffe, Anforderungen, Prüfungen und Kennzeichnung (Entwurf); Österr. Normungsinstitut
- [46] ÖNORM H 5056, (2011): Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Heiztechnik-Energiebedarf; Österreichisches Normungsinstitut
- [47] ÖNORM B 5019, (2011): Hygienerelevante Planung, Ausführung, Betrieb, Überwachung und Sanierung von zentralen Trinkwasser-Erwärmungsanlagen; Österreichisches Normungsinstitut
- [48] Fink, Ch. (2007): Messung und Evaluierung von Solaranlagen im Geschosswohnungsbau - Erkenntnisse für Planung, Ausführung und Betrieb; Präsentation im Zuge des Workshops „Optimierung von thermischen Solarsystemen im Geschosswohnungsbau und Tourismus“; Dornbirn
- [49] VDI 3809 Blatt 1, (2011): Prüfung gebäudetechnischer Anlagen – Heizungstechnik; Verein Deutscher Ingenieure
- [50] ÖNORM EN 13829, (2001): Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden - Differenzdruckverfahren (ISO 9972:1996, modifiziert); Österreichisches Normungsinstitut
- [51] Feist, W.; Pfluger, R.; Kaufmann, B.; Schnieders J.; Kah, O. (2007): Passivhaus Projektierungs Paket 2007 – Anforderungen an qualitätsgeprüfte Passivhäuser; Handbuch; Passivhaus Institut Darmstadt
- [52] ÖNORM EN 13141-7, (2010): Lüftung von Gebäuden - Leistungsprüfungen von Bauteilen/ Produkten für die Lüftung von Wohnungen - Teil 7: Leistungsprüfung von mechan. Zuluft- u. Ablufteinheiten (einschließlich Wärmerückgewinnung) für mechan. Lüftungsanlagen in Wohneinheiten (Wohnung oder Einfamilienhaus); Österr. Normungsinstitut

9 Literaturverzeichnis

- [53] ÖNORM EN 1886, (2009): Lüftung von Gebäuden - Zentrale raumluftechnische Geräte - Mechanische Eigenschaften und Messverfahren; Österreichisches Normungsinstitut
- [54] ÖNORM EN 12237, (2003): Lüftung von Gebäuden - Luftleitungen - Runde Luftleitungen aus Blech - Festigkeit und Dichtheit - Anforderungen und Prüfung; Österreichisches Normungsinstitut
- [55] Pfluger, R. (2011): Luftmengenoptimierung und innovative Leitungsführung; Präsentation im Rahmen des 2. Innenraumtages des Arbeitskreises Innenraumluf; Wien
http://www.raumluf.org/fileadmin/dokumente/Vortrag_Pfluger_IR-Tag_14-11-2011.pdf
- [56] Pfluger, R. und Feist, W. (1999): Luftführung in Passivhäusern; CEPHEUS-Projektinformation Nr. 8; Passivhaus Institut Darmstadt; Darmstadt
- [57] ÖNORM H 6038, (2006): Lüftungstechnische Anlagen - Kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen mit Wärmerückgewinnung - Planung, Montage, Prüfung, Betrieb und Wartung; Österreichisches Normungsinstitut
- [58] ÖNORM EN 13053, (2011): Lüftung von Gebäuden - Zentrale raumluftechnische Geräte - Leistungsdaten für Geräte, Komponenten und Baueinheiten; Österreichisches Normungsinstitut
- [59] ÖVE/ÖNORM EN 60034-30, (2009): Drehende elektrische Maschinen - Teil 30: Wirkungsgrad-Klassifizierung von Drehstrommotoren mit Käfigläufern, ausgenommen polumschaltbare Motoren (IE-Code) (IEC 60034-30:2008); Österreichischer Verband für Elektrotechnik / Österreichisches Normungsinstitut
- [60] ÖNORM EN 308, (1997): Wärmeaustauscher - Prüfverfahren zur Bestimmung der Leistungskriterien von Luft/Luft- und Luft/Abgas-Wärmerückgewinnungsanlagen; Österreichisches Normungsinstitut
- [61] ÖNORM B 8110-6, (2010): Wärmeschutz im Hochbau - Teil 6: Grundlagen und Nachweisverfahren - Heizwärmebedarf und Kühlbedarf; Österreichisches Normungsinstitut
- [62] ÖNORM EN 12599, (2011); Lüftung von Gebäuden – Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen; Norm-Entwurf; Österreichisches Normungsinstitut
- [63] ÖNORM EN 779, (2009): Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumluftechnik - Bestimmung der Filterleistung (Entwurf); Österreichisches Normungsinstitut
- [64] ÖNORM H 6021, (2003): Lüftungstechnische Anlagen – Reinhaltung und Reinigung; Österreichisches Normungsinstitut
- [65] VDI 6022 Blatt 1, (2011): Raumluftechnik, Raumlufqualität – Hygieneanforderungen an Raumluftechnische Anlagen und Geräte (VDI-Lüftungsregeln); Verein Deutscher Ingenieure
- [66] STATISTIK AUSTRIA (2009): Statistiken – Energie und Umwelt – Energieeinsatz der Haushalte; Durchschnittlicher Stromverbrauch der Haushalte nach Verbrauchskategorien 2008;
http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energieeinsatz_der_haushalte/index.html, aufgerufen am 18.01.2012 um 11:00 Uhr
- [67] Kommission der europäischen Gemeinschaft: Verordnung (EG) Nr. 244/2009 vom 18. März 2009 zur Durchführung der Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im

9 Literaturverzeichnis

- Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Haushaltslampen mit ungebündeltem Licht; <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:076:0003:0016:DE:PDF>
- [68] Schubert J. und Akkerman, F. (2009): Die EG-Verordnung für die umweltgerechte Gestaltung von Umwälzpumpen; Umweltbundesamt; Dessau-Roßlau; <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3794.pdf>; aufgerufen am 10.02.2012 um 08:45 Uhr
- [69] <http://www.energiesparen-im-haushalt.de/energie/bauen-und-modernisieren/modernisierung-haus/heizung-modernisieren/heizungsanlage-erneuern/energiesparpumpe.html>, aufgerufen am 17.01.2011
- [70] ENEA Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development (Hrsg.): Optimierung der Energieeffizienz bei Aufzügen, E4 – Energy Efficient Elevators and Escalators, Rom 2010 (deutsche Übersetzung: Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung)
- [71] Giel D.M.: <http://www.energiekosten-unternehmen.de/energieverbrauch-und-stromverbrauch-aufzug-senken-durch-frequenzumrichter-mit-energieerueckspeisung-beim-bremsen-des-aufzugs.php> aufgerufen am 31.03.2011
- [72] ÖNORM EN ISO 25745-1, (2010): Energieeffizienz von Aufzügen, Fahrtreppen und Fahrsteigen - Teil 1: Energiemessung und Konformität (ISO/DIS 25745-1:2010); Österreichisches Normungsinstitut
- [73] PricewaterhouseCoopers (Hrsg.): Studie zur Analyse der Kosten-Nutzen einer österreichweiten Einführung von Smart Metering, Juni 2010
- [74] E-Control: <http://www.e-control.at/de/marktteilnehmer/news/themen-archiv/newsletter/mindestanforderungen-smart-meter>, aufgerufen am 06.10.2011 um 13:55 Uhr

10 Impressum

AUTOREN

DI David Venus, DI Armin Knotzer

AEE - Institut für Nachhaltige Technologien
Feldgasse 19
8200 Gleisdorf, Austria



Tel.: 0043-3112-5886
Fax: 0043-3112-5886-18
E-Mail: office@aee.at
Internet: www.aee-intec.at

Dieses Planungshandbuch wurde im Rahmen des Projektes „PH 2.0 - Entwicklung von optimierten praxisorientierten Planungs- und Ausführungsunterlagen von Passivhäusern der 2. Generation“ erstellt.

**Die Inhalte entstanden unter
Beteiligung aller ProjektpartnerInnen:**



TB Hofbauer

Schöberl & Pöll GmbH
BAUPHYSIK und FORSCHUNG

**Das Projekt wird im Rahmen
von „Neue Energien 2020“
gefördert durch:**



FFG