

Haustechnik, Teil 2

Lüftungstechnik in Holzhäusern

Die Anforderungen an die Luftdichtigkeit werden durch die Anforderungen der DIN 4108-7 und der Energieeinsparverordnung weiter steigen. Eine kontrollierte Lüftung wird dann schnell zum Baustandard. Um bereits in der Angebotsphase und im ersten Kundengespräch konkrete Angaben zu machen, helfen Grundregeln und Hinweise zur schnellen Dimensionierung.



FA, LÜFTA

Durch die gestiegenen Anforderungen an den Wärmeschutz hat sich die Qualität der Gebäudehülle erheblich verbessert. Die „Lüftung“ durch undichte Fenster und Türen ist zu Recht verschwunden. Im Gegenzug verschlechtert sich die Raumluftqualität, da aus Gründen der Praktikabilität sowie aufgrund unkalkulierbarer Klima- und Luftver-

hältnisse eine Fensterlüftung unzureichend ist. Denn wer macht alle 2 Stunden die Fenster auf und zu. Der Bewohner möchte sich aber behaglich und wohl fühlen. Die Tabelle auf Seite 43 zeigt, in welchem Maße Menschen selber Wärme und Wasserdampf abgeben. Nachfolgend werden wichtige Planungsgrößen für den Einsatz einer Lüftungsanlage aufgeführt.

Erdwärmetauscher

Bei einem mechanischen Zuluftsystem wird eine passive Solarenergienutzung durch den Einbau eines Erdwärmetauschers realisiert. Die oberen Erdschichten werden durch die auf die Erdoberfläche auftreffende Sonnenstrahlung erwärmt. In einer Tiefe von 2,5 m schwankt die Erdreichtemperatur über das Jahr zwischen 6 und 12 °C. Wird in dieser Tiefe ein Zuluftrohr, beispielsweise ein PE-Rohr DN 200 vergraben, so wird über den Wärmeaustausch mit dem Erdreich im Winter die Zuluft bis auf 3 °C vorgewärmt. Als Erfahrungswert hat sich eine Länge von ca. 30–40 m bewährt. Dadurch bietet sich der Erdwärmetauscher als sinnvolle Ergänzung zu einer Kombination Plattenwärmetauscher plus Luft/Luft-Wärmepumpe an. Neben dem hohen Wärmegegewinn aus dem Erdreich erhöht der Erdwärmetauscher auch die Betriebssicherheit der Wärmerückgewinnungsanlage, da eine Vereisungsgefahr dieser Aggregate ausgeschlossen werden kann. Die Zuluft kann im Sommer mit einem Erdwärmetauscher auch angekühlt werden.

Kompakte Lüftungszentrale im Keller: einfaches Stecksystem mit Wärmetauscher, Pufferspeicher und Anschluss an Erdwärmetauscher

Heizquelle Mensch – Bestimmung der menschlichen Wärme- und Feuchteabgabe

Tätigkeit	Kenngroßen	18	20	22	23	24	25	26	°C
Körperlich nicht tätig bis leichte Arbeit im Stehen, Aktivitätsgrad I bis II nach DIN 1946-2 ¹⁾	Wärmeabgabe								
	• gesamt $Q_{p\ ges}$	125	120	120	120	115	115	115	W
	• trocken $Q_{p\ tr.}$	100	95	90	85	75	75	70	W
	• feucht $Q_{p\ f}$	25	25	30	35	40	40	45	W
	Wasserdampfabgabe m_D	35	35	40	50	60	60	65	g/h
Mäßig schwere körperliche Arbeit, Aktivitätsgrad III nach DIN 1946-2 ²⁾	Wärmeabgabe								
	• gesamt $Q_{p\ ges}$	190	190	190	190	190	190	190	W
	• trocken $Q_{p\ tr.}$	125	115	105	100	95	85	85	W
	• feucht $Q_{p\ f}$	65	75	85	90	95	100	105	W
	Wasserdampfabgabe m_D	95	110	125	135	140	145	150	g/h
Schwere körperliche Arbeit, Aktivitätsgrad V nach DIN 1946-22	Wärmeabgabe								
	• gesamt $Q_{p\ ges}$	270	270	270	270	270	270	270	W
	• trocken $Q_{p\ tr.}$	155	140	120	115	110	105	95	W
	• feucht $Q_{p\ f}$	115	130	150	155	160	165	175	W
	Wasserdampfabgabe m_D	165	185	215	225	230	240	250	g/h

1) Stufe 2, Bewertung „leicht“ nach DIN 33403-3 Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung; Beurteilung des Klimas im Erträglichkeitsbereich – Arbeitsenergieeinsatz leicht.

2) Stufe 3, Bewertung „mittelschwer“ nach DIN 33403-3 Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung; Beurteilung des Klimas im Erträglichkeitsbereich – Arbeitsenergieeinsatz 200 bis 270 W, Arbeitsbeispiel: Gehen in der Ebene. Werte gemäß VDI 2078

Volumenstrombestimmung

Die komplexe Ermittlung der Volumenströme wird am anschaulichsten an einem Beispiel behandelt (Wohnung 110 m² mit 1 Schlafzimmer, 1 Wohnzimmer und 2 Kinderzimmern, innen liegendem Bad, innen liegendem WC sowie einer Küche).

Volumenhöhe

Der planmäßige Außenluftvolumenstrom beträgt für diese Fläche nach DIN1946-6 180 m³/h und pro Person wird eine Außenluftfrate von 30 m³/h benötigt. Bei der Auslegung der einzelnen Räume kann man im Wohnzimmer von zwei sich ständig aufhaltenden Personen, in den Kinderzimmern von jeweils einer sich ständig aufhaltenden Person und im Schlafzimmer wieder von zwei sich ständig aufhaltenden Personen ausgehen. Daraus ergeben sich folgende Volumenströme: Wohnzimmer 60 m³/h, Kinderzimmer je 30 m³/h, Schlafzimmer 60 m³/h. In Summe ergibt dieses die insgesamt geforderten 180 m³/h. Der schlafende Mensch benötigt aber eine geringere, ein spielendes

Kind eine höhere Außenluftfrate. Deshalb kann die Volumenstromaufteilung wie folgt modifiziert werden: Wohnzimmer 60 m³/h, Kinderzimmer je 40 m³/h, Schlafzimmer 40 m³/h.

Aus der DIN 1946-6 ergeben sich bei beliebiger Betriebsdauer die folgenden Abluftvolumenströme: Bad 60 m³/h, WC 30 m³/h und Küche (Grundlüftung) 60 m³/h. In Summe ergibt dieses einen Abluftvolumenstrom von 150 m³/h, dem ein Zuluftvolumenstrom von 180 m³/h gegenübersteht. Da die Zu- und Abluftvolumenströme in Summe gleich

sein sollten und die oben ermittelten Volumenströme Mindestwerte sind, wird man in diesem Fall den Abluftvolumenstrom um 30 m³/h auf 180 m³/h erhöhen. Betrachtet man die Nutzung der einzelnen Räume, so ist es am sinnvollsten, den Abluftvolumenstrom in der Küche um 30 m³/h zu erhöhen. Insgesamt ergeben sich damit für die einzelnen Räume einer durchschnittlichen Beispielwohnung die Volumenströme nach untenstehender Tabelle.

Die genannte Intensivlüftung von 200 m³/h ist nur für innen liegende Küchen anzuwenden. Um

Übliche Volumenströme bei Wohngebäuden mit gefordertem Bilanzausgleich

Raum	Zuluftvolumenstrom [m ³ /h]	Abluftvolumenstrom [m ³ /h]
Wohnzimmer	60	
Kinderzimmer für 1 Kind	40	
Schlafzimmer für 2 Erwachsene	40	
Innen liegendes Bad ¹⁾		40–60
Innen liegendes WC ¹⁾		20–30
Küche ¹⁾		40–60 (+30) ²⁾
Küche Intensivlüftung		(bis 200)
Summe Wohnung	180	180

1) Nach DIN 1946-6.

2) Zum Ausgleich der Volumenströme werden in der Küche 30 m³/h beaufschlagt.

den Lufthaushalt in der Wohnung nicht zu stören, ist hierfür eine separate Zuluftführung (Nachströmung) erforderlich. Im Fertighausbau ist die außen liegende Küche mit Fenster die Regel. Hier erfolgt die Intensiv-(Stoß-)lüftung über das Fenster oder über eine Umluft-Küchenhaube mit entsprechender Luftfilterung.

Außen- und Fortluftöffnungen

Bei den Außen- und Fortluftöffnungen ist zu beachten, dass Außenluft mit einer guten Qualität angesaugt wird. Nach Möglichkeit sollte daher abhängig von der Hauptwindrichtung die Außenluftöffnung auf der Luvseite und die Fortluftöffnung auf der Leeseite des Hauses angeordnet werden. Ein direkter Kurzschluss zwischen Außen- und Fortluft sollte ausgeschlossen werden. Weiterhin ist darauf zu achten, dass die Außenluftöffnung nicht an Stellen angeordnet wird, wo mit einer schlechten Außenluftqualität zu rechnen ist, wie beispielsweise Öffnungen in der Nähe von Garagen und Parkplätzen oder Öffnungen in Bodennähe, wenn die Hausseite zu einer Straße liegt.

Luftverteilstetz

Die Luftleitungen zur Verteilung der Zuluft oder auch der Abluft für die einzelnen Räume werden im Flur des Hauses verlegt, da sich hier die Möglichkeit bietet, eine abgehängte Decke einzubauen, die den Platz für die Luftleitungen bietet. Rundrohre lassen sich zwar einfacher verlegen und haben einen geringeren Druckverlust, aber wegen der geringeren Aufbauhöhe, d.h. auch einen geringeren Fußbodenaufbau, werden häufig Rechteckkanäle eingesetzt, die dann im Boden verlegt werden. Bei der Dimensionierung der Rohre ist darauf zu achten, dass die Luftgeschwindigkeit kleiner als 3 m/s ist.

Aus der nächsten Tabelle ergeben sich die folgenden maximalen Volumenströme für die einzelnen Rohrdurchmesser:

Volumenströme und Rohrdurchmesser

Rohrdurchmesser [mm]	Max. Volumenstrom [m ³ /h]
DN 100	80
DN 125	130
DN 160	220

Kleinere Rohrdurchmesser als 100 mm sind nicht praktikabel, da die Anschlüsse der Luftdurchlässe in der Regel einen Durchmesser von 100 mm besitzen. Selten findet man auch einen Anschlussdurchmesser von 80 mm. Wird die Zuluft in die Wohn- und Schlafräume eingebracht und in den Sanitärräumen und der Küche abgesaugt, so ist darauf zu achten, dass zwischen den Räumen entsprechende Überströmöffnungen vorhanden sind. Bei den Wohn- und Schlafräumen reicht hierzu in der Regel ein normaler Türunterschnitt von 10 bis 15 mm aus. Um eine Schallübertragung über das Luftverteilstetz zu verhindern, sollten in den Abgängen zu den einzelnen Räumen Schalldämpfer eingebaut werden. Die Deckendurchbrüche für die erforderlichen Steigleitungen können mit Werten aus den Tabellen ermittelt werden. In einem EFH ergeben sich ca. 250–300 m³/h, d.h. es sind mindestens je zwei Rohre DN 125 für Zu- und Abluft vorzusehen, die sinnvollerweise in einem Steigkanal zusammengefasst werden. Dies hängt aber auch von der Geschossanzahl ab, da jedes Geschoss in der Regel einzeln angefahren wird.

Volumenstromregelung

Um die Lüftungswärmeverluste sowie die Lufttransportkosten auf ein Minimum zu reduzieren, sollten die Räume, die nicht ständig benutzt werden, nur mit einer Grundlüf-

tung versorgt werden. Erst wenn sich Personen in den Räumen aufhalten, sollte die Luftmenge auf die Bedarfsluftmengen erhöht werden. Hierzu ist eine Volumenstromregelung erforderlich. Dies kann wahlweise mit Anwesenheitsmeldern oder auch mit Luftfeuchtesensoren erfolgen. Der Ventilator wird dabei für einen konstanten Kanaldruck geregelt. In den Abzweigen zu den einzelnen Räumen befinden sich Klappen, die über definierte Öffnungen im geschlossenen Zustand nur eine Grundlüftrate, die ca. 50 Prozent der Bedarfsluftmenge entspricht, durchlässt. Im Bedarfsfall wird durch die geöffnete Klappe dem Raum die volle Luftmenge zugeführt.

Konditionierung der Zuluft

Im Lüftungsgerät werden die Wärmerückgewinnung und der Nacherwärmer so ausgelegt, dass die Zuluft mit Raumtemperatur in die Wohn- und Schlafräume eingeblasen wird. Bei Passivhäusern muss die Luft jedoch auch noch die Transmissions-Wärmeverluste ausgleichen. Die Luft kann in der Praxis dabei einen max. Wärmeverlust von ca. 10 W/m³ ausgleichen, da zu hohe Luftgeschwindigkeiten oder Temperaturen über 52 °C als unangenehm empfunden werden, da es dann zu Geruchsbelästigungen durch Verschmelzung von Staubpartikeln kommen kann. Eine Lüftungsanlage ist nicht mit einer Klimaanlage zu verwechseln, da hier keine definierten Raumluftzustände erreicht werden müssen und im Gegensatz zur Klimaanlage ständig Frischluft zugeführt wird. Ist die Wohnungslüftung mit einem Erdwärmetauscher ausgerüstet, so wird im Sommer die Zuluft angekühlt. Daher wird auch der Begriff „Ankühlen“ anstatt „Kühlen“ verwendet. Jedoch ist mit der Ankühlung der Zuluft im Erdwärmetauscher im Gegensatz zu Systemen ohne diese Möglichkeit

eine erhebliche Behaglichkeitssteigerung im Sommer gegeben. Der definierte Luftaustausch kann im Winter zu etwas trockenerer Luft führen. Hier kann die Feuchtigkeit regulierende Eigenschaft von Holz bei Wänden, Böden und Decken genutzt werden. Dies gilt aber nur bei diffusionsoffenen Oberflächenbehandlungen.

Nutzungskomfort

Die Lüftungsanlage ist eine Frischluftanlage und keine Klimaanlage mit Umluftbetrieb. Die Frischluft wird über Weitwurfdüsen so in den Raum gebracht, dass sie zunächst an der Decke entlangstreicht und dann den Raum gleichmäßig und mit nicht wahrnehmbarer Geschwindigkeit durchströmt, sodass die Zuluft effektiv mit einer guten Durchmischung und hohen Wurfweiten in Wohnräumen eingebracht werden kann. Die Behaglichkeitsanforderungen werden bei einer gut wärmedämmten Fassade unabhängig von der Anordnung der Zu- und Abluftventile erreicht. Die Höhe der relativen Raumluftfeuchtigkeit und der Staubanteil sind neben der Temperatur wichtige Kenngrößen für die Behaglichkeit und von folgenden Einflussgrößen abhängig:

- der Größe der inneren Feuchtequellen (z. B. Waschen, Kochen, Blumen ...)
- der von außen zugeführten Frischluftmenge

Der aus den inneren Feuchtequellen stammende Wasserdampf wird durch die zugeführte frische und kältere Außenluft prozentual verringert, denn kalte Außenluft enthält nur sehr wenig Wasserdampf (bei $-5^{\circ}/90\%$ z. B. nur etwa $3\text{g}/\text{m}^3$ Luft). Werden diese $3\text{g}/\text{m}^3$ auf 20°C erwärmt, dann beträgt die relative Feuchtigkeit nur noch $17,6\%$. Als Leitgröße für die Lüftungsmenge kann neben dem „Geruch“ auch die Luftfeuchte (ca. $30\text{--}50\%$) herangezogen werden, denn die Emission von CO_2 sowie andere Be-

Flache Rechteckkanäle auf einem Trockenestrich ermöglichen niedrige Bodenaufbauten



lastungen der Raumluft korrelieren mit der relativen Luftfeuchte. Zudem lässt sich diese leicht mittels eines Hygrometers kontrollieren. Niemand sollte mehr lüften, als es seinem eigenen Behaglichkeitsempfinden bzgl. der Luftfeuchtigkeit entspricht. Herkömmliche Lüftungsplaner neigen dazu, Luftmengen von Wohnungslüftungsanlagen eher zu hoch zu dimensionieren, um der Gefahr von Tauwasserbildung aufgrund einer zu hohen Luftfeuchte zu begegnen. Bei den heutigen guten Dämmstandards von Holzhäusern können deshalb die Luftwechsel der Lüftungsanlage zwischen $0,3\text{-}$ und $0,5\text{fach}$ eingestellt werden.

Energetischer Nutzen

Für den Antrieb der Ventilatoren muss elektrische Energie aufgewendet werden. Dieses wird vielfach als Kritikpunkt von Wohnungslüftungen angeführt. Diesem Aufwand steht aber der Nutzen der Wärmerückgewinnung gegenüber. Betrachtet man über einen Zeitraum von einem Jahr das Verhältnis von Nutzen zu Aufwand, das man als Nutzungsgrad bezeichnet, so beträgt dieser Nutzungsgrad bei modernen Wohnungslüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung und Nutzung von regenerativen Energien mehr als 4, d.h. , dass der Wär-

megewinn mehr als viermal so groß ist als die aufgewendete elektrische Energie. Damit wird der Einsatz von elektrischer Energie für die Ventilatoren mehr als kompensiert.

Bei dieser Betrachtungsweise bleibt oft unberücksichtigt, dass nur durch den Einsatz von Ventilatoren eine kontrollierte Lüftung, die genau den erforderlichen Mindestaußenluftwechsel fördert, möglich ist. Bei einer freien Lüftung übersteigt der Luftwechsel den erforderlichen Mindestaußenluftwechsel häufig und damit auch den Lüftungswärmebedarf um ein Vielfaches. Deshalb liegt ein solcher modifizierter Nutzungsgrad von modernen Wohnungslüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung und Nutzung von regenerativen Energien in der Praxis oft bei mehr als 10 . Diese energetischen Vorteile, verbunden mit einer deutlich wahrnehmbaren „guten Luft“ werden der kontrollierten Lüftung deshalb weiter zum Durchbruch verhelfen.

Dieser Artikel ist ein Auszug aus dem Fachbuch „Moderner Holzhäusbau in Fertigbauweise“ (ISBN 3-8277-1195-9) und schließt den Teil 1 Lüftung aus mikado 11/01 ab.

Prof. Dr.-Ing. Karl-Josef Albers,
FHT Esslingen,
Fachgebiet Klimatechnik