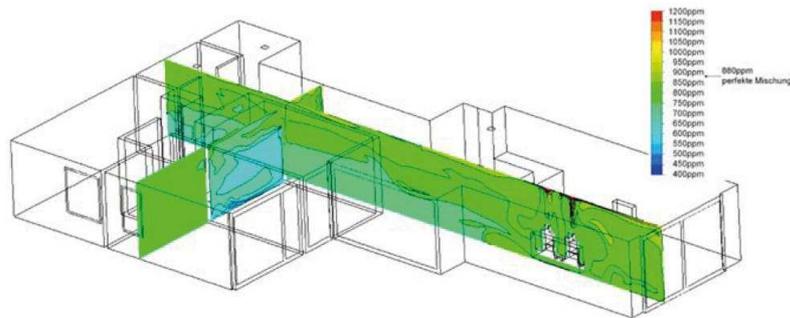


Energie Apéro Schwyz vom 2. April 2012

Energieeffiziente Lüftungssysteme



Bildquelle [4]

Heinrich Huber
Fachhochschule Nordwestschweiz , Institut Energie am Bau
Stv. Leiter MINERGIE Agentur Bau

Inhalt:

1. Wärmeenergie und Luftvolumenstrom
2. Elektrische Energie für die Luftförderung
3. Kennzahlen
4. Diverse Hinweise
5. Resümee

Quellenangaben und Hinweise s. Folie 31

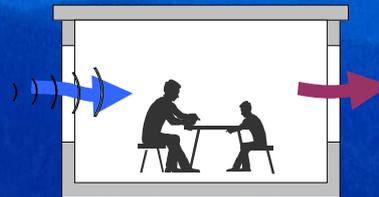
Wieso lüften wir?

Gewährleisten einer guten Raumlufthqualität durch Abführen von

- Gerüchen und Verunreinigungen (Staub, Keime)
- Schadstoffen aus Baumaterialien, Möbeln, Reinigung ...
- Wasserdampf
- Wärmenergie (Sommer)

Schutz der Bausubstanz vor zu hoher Feuchte

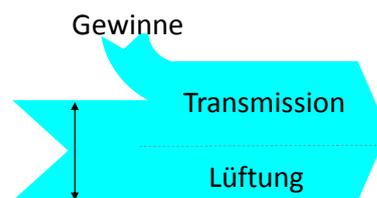
An exponierten Lagen: Schutz vor einer hohen Aussenbelastung durch Lärm und Schadstoffe



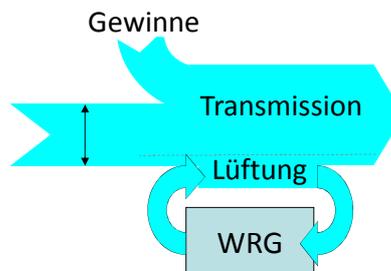
Heizwärmebedarf in einem MINERGIE-P-Wohnhaus

Beispiel

mit Fensterlüftung:
120 MJ/m² oder 33 kWh/m²



mit Komfortlüftung:
60 MJ/m² oder 17 kWh/m²



Einsparung bei einem neuen Einfamilienhaus: 2800 kWh

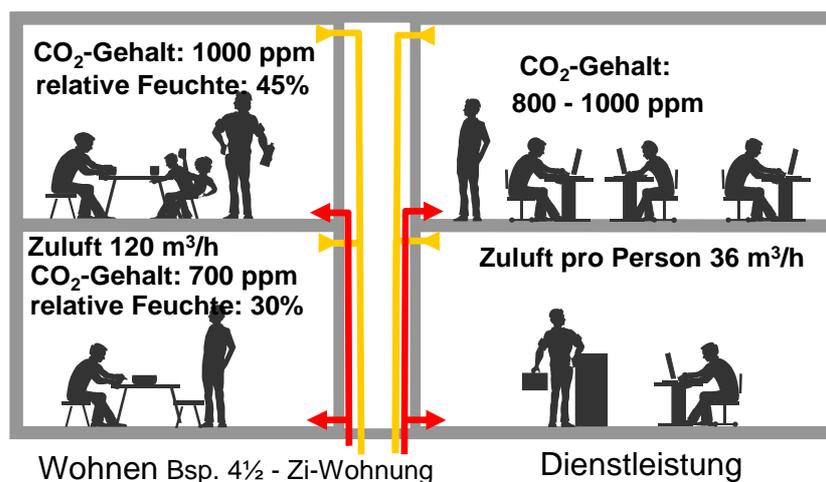
Wärmeenergiebedarf für die Lüftung

$$E_v = q_v \cdot \Delta\theta \cdot c \cdot (1-\eta) \cdot t$$

- E_v Wärmeenergiebedarf für die Lüftung
- q_v mittlerer Luftvolumenstrom
- $\Delta\theta$ Temperaturdifferenz innen – aussen
- c Wärmekapazität
- η Nutzungsgrad der Wärmerückgewinnung
- t Betriebszeit

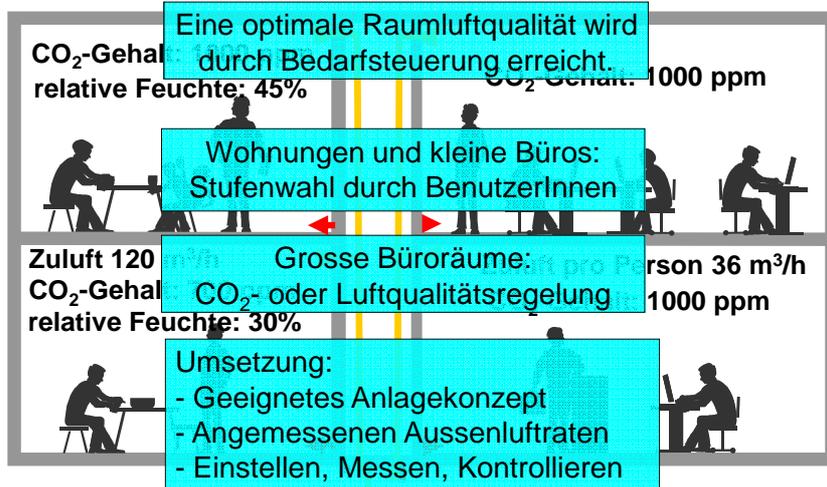


Luftvolumenstrom





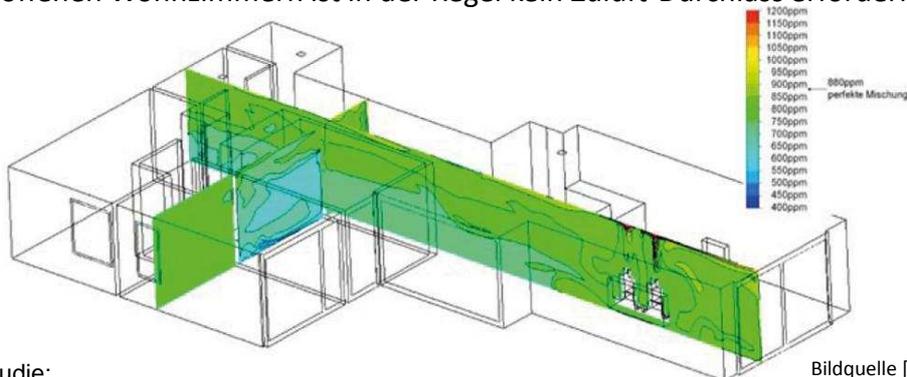
Luftvolumenstrom



Luftvolumenstrom

Intelligente Luftführung in Wohnungen

In offenen Wohnzimmern ist in der Regel kein Zuluft-Durchlass erforderlich.



Studie:

Barp S., Fraefel R.: Luftbewegungen in frei durchströmten Wohnräumen.

R. Fraefel, dipl. Arch. ETH SIA Zürich / AFC Air Flow Consulting AG, Zürich, Juli 2009

Erstellt im Auftrag AHB, Stadt Zürich und AWEL, Kanton Zürich

www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen >2000-Watt-Gesellschaft >Technik

Bildquelle [4]



Luftvolumenstrom

Zu hohe Luftvolumenströme verursachen

- zu trockene Luft im Winter,
- höhere Schalleistungspegel,
- komplizierte und damit teure Anlagen,
- grösseren Energieverbrauch.



Wärmerückgewinnung

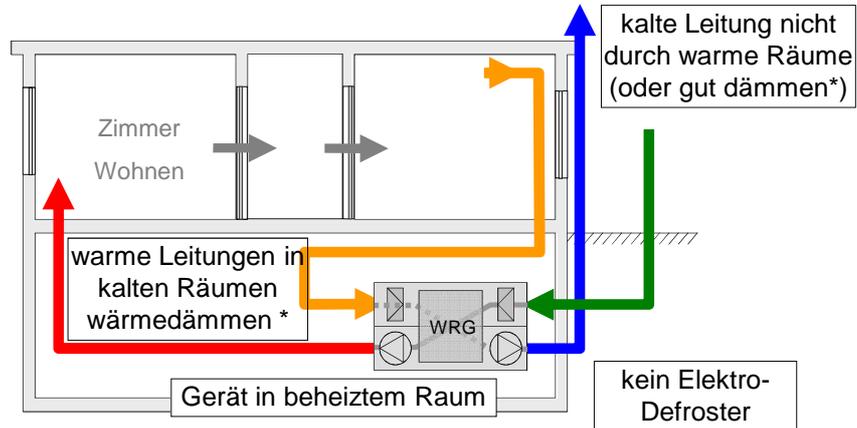
Kleine Lüftungsgeräte mit Gegenstrom-Wärmeübertragern und Rotoren erreichen Temperatur-Verhältnisse von über 80%.





Wärmerückgewinnung

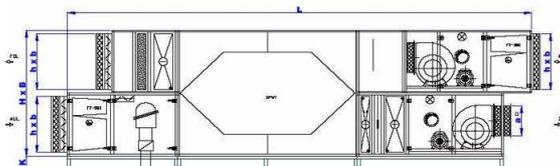
Wärmeverluste vermeiden



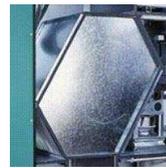
* Wärmedämmung gem. Energiegesetzen:
min. 30 mm bei langen Leitungen bis zu 100 mm



Wärmerückgewinnung



Gegenstrom-Platten-Wärmetauscher



Kreislaufverbundsystem KVS

auch bei grossen Anlagen
sind Rückwärmzahlen von
70 bis 80% möglich



Rotor

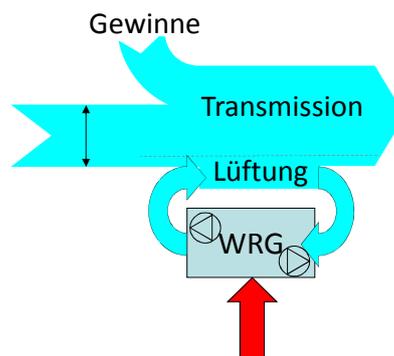


Betriebszeit

- Schaltuhren richtig einstellen
 - Bei der Inbetriebnahme protokollieren
 - Regelmässig überprüfen.
- In Nebenräume die Lüftung ev. nach Präsenzfühlern oder Lichtschaltern betreiben.

Elektrizitätsverbrauch von Lüftungsanlagen

Heizwärmebedarf mit
Komfortlüftung:
 60 MJ/m^2 oder 17 kWh/m^2



Wärme-Einsparung bei einem neuen
MINERGIE-P-Einfamilienhaus:
2800 kWh

Ventilator-Energie
ca. 400 bis 500 kWh

Elektrizitätsverbrauch für die Luftförderung

$$E_{el} = \frac{q_v \cdot \Delta p \cdot t}{\eta_v \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_m \cdot \eta_c}$$

E_{el}	Elektrizitätsverbrauch für die Luftförderung
q_v	Luftvolumenstrom
Δp	Druckverlust
t	Betriebszeit
η_v	Ventilatorwirkungsgrad
η_{tr}	Antriebswirkungsgrad
η_m	Motorwirkungsgrad
η_c	Wirkungsgrad Steuerung/Regelung

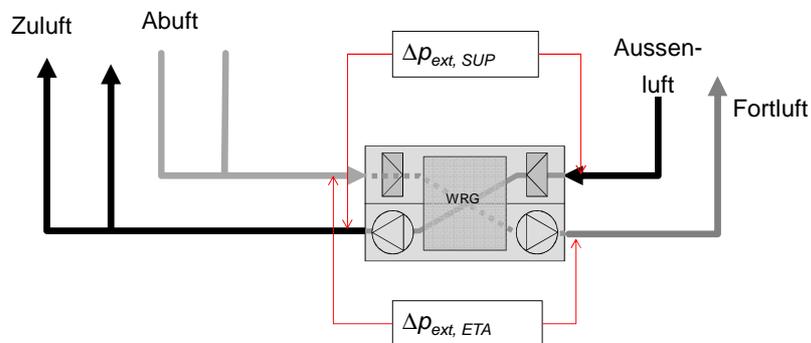
Δp Druckverlust

Externe Druckverluste klein halten:

Wohnungslüftung max. 70 Pa *

Grosse Anlagen max. 300 Pa *

* sowohl $\Delta p_{ext, ETA}$ als auch $\Delta p_{ext, SUP}$



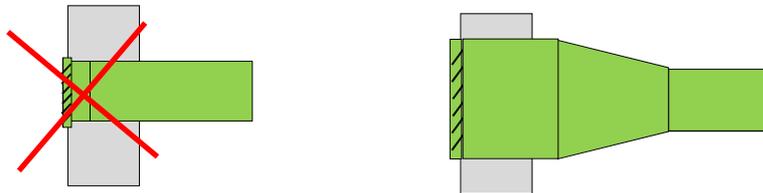
Δp Druckverlust Wohnungslüftung

Luftgeschwindigkeiten

- in Leitungen zu einzelnen Zimmern max. 2.5 m/s
- übrige Leitungen max. 3 m/s

Lüftungsgerät eher «eine Nummer zu gross» wählen.

Aussen- und Fortluftgitter werden oft zu klein dimensioniert.
Effektive Geschwindigkeit max. 2 m/s



$\eta_c \cdot \eta_m \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_v$ Wirkungsgrad der Luftförderung

Elektronik, FU

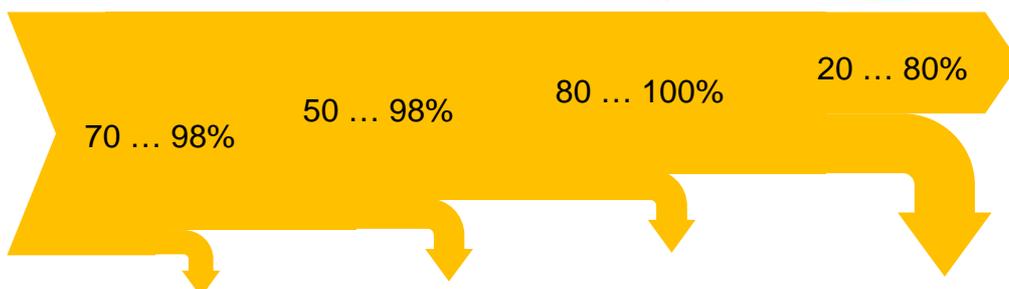
Motor

Transmission

Ventilator

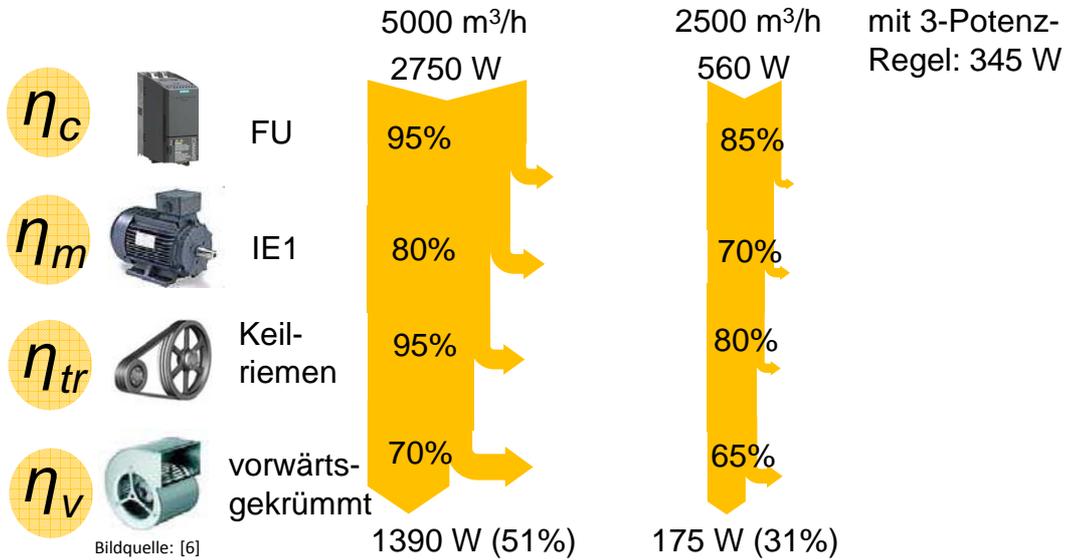


Bildquelle: [6]



Beispiel einer mittleren, 2-stufigen Lüftungsanlage

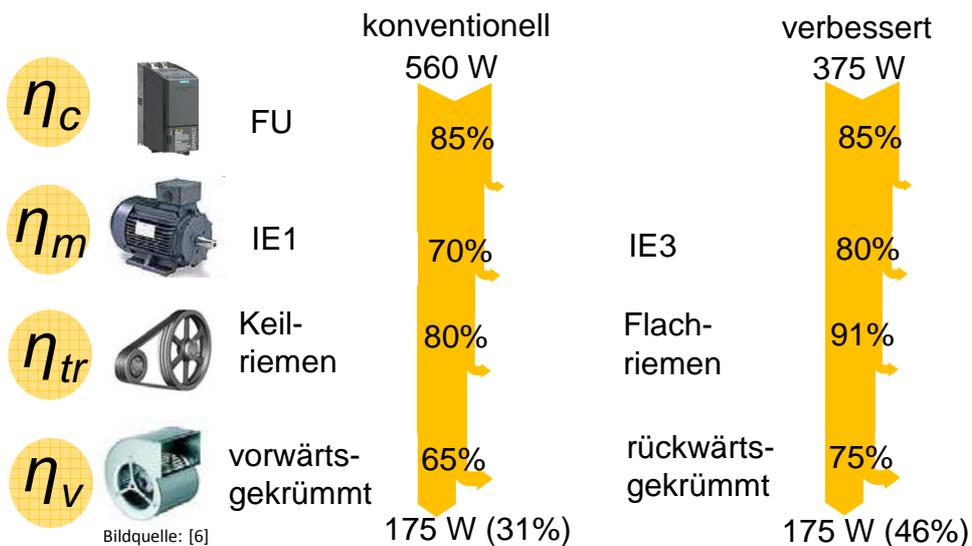
Nennenden: 5000 m³/h, Förderdruck Ventilator 1000 Pa



Bildquelle: [6]

Beispiel einer mittleren, 2-stufigen Lüftungsanlage

Betrieb auf der tieferen Stufe

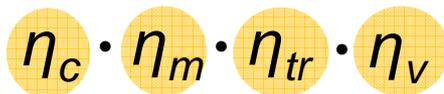
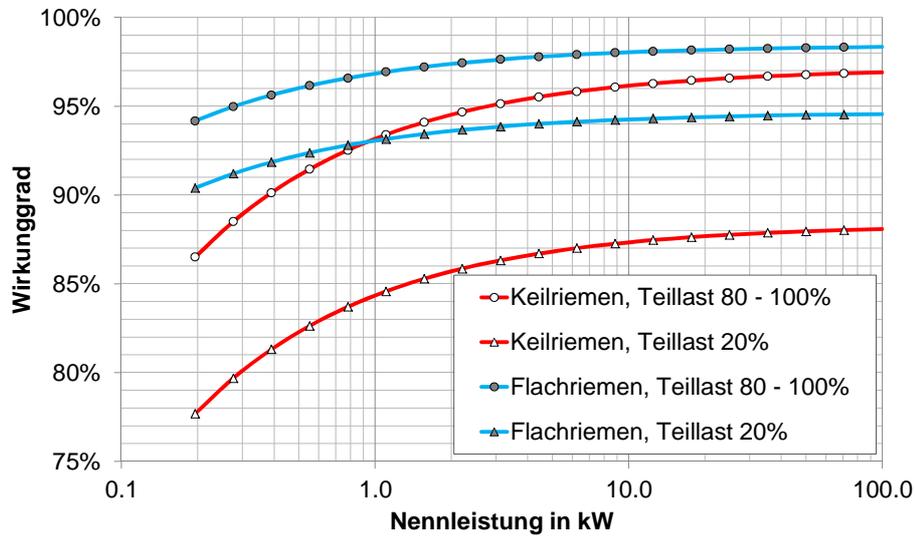


Bildquelle: [6]



Antriebswirkungsgrad

Wirkungsgrade von Keilriemen sind bei kleinen Leistungen und Teillast schlecht.



Wirkungsgrad der Luftförderung

- Die Wirkungsgrad aller Komponenten nehmen bei Teillast ab.
- Die elektrische Leistung nimmt nicht in der 3. Potenz ab. (realer Exponent 2 ... 2.5)
- Rückwärtsgekrümmte Ventilatoren einsetzen.
- Bei kleinen Anlagen: Direktantrieb und EC-Motoren
- Bei grossen Anlagen: Flachriemen
- Neue Motoren mit der Energie-Klasse IE3
- Vorsicht bei Motorersatz: Effizientere Motoren haben leicht höhere Drehzahlen -> Transmission anpassen.

Kennwerte: Spezifische Ventilatorleistung

$$P_{SFP} = \frac{P_{el}}{q_v} = \frac{\Delta p}{\eta_v \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_m \cdot \eta_c}$$

- P_{el} spezifische Leistungsaufnahme
- P_{el} elektrische Leistungsaufnahme
- q_v Luftvolumenstrom
- Δp Förderdruck des Ventilators
- η_v Ventilatorwirkungsgrad
- η_{tr} Antriebswirkungsgrad
- η_m Motorwirkungsgrad
- η_m Wirkungsgrad Steuerung/Regelung

P_{SFP} Spezifische Ventilatorleistung

Grenzwerte gemäss SIA 382/1 in W/(m³/h)

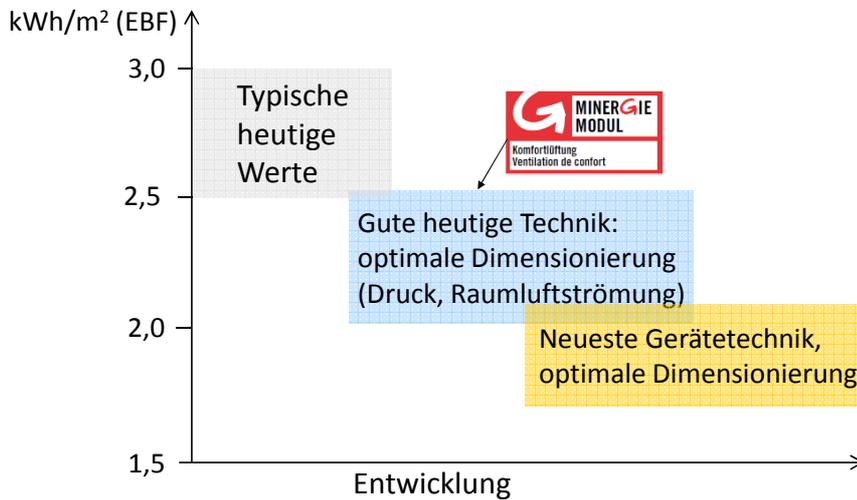
Anlagentyp	Zuluft	Abluft	Gesamt
Einfache Lüftungsanlage	0.14	0.14	0.28
Lüftungsanlage mit Lufterwärmer	0.20	0.14	0.34
Einfache Klimaanlage	0.35	0.20	0.55

Beispiel: Lüftungsanlage mit Lufterwärmer

Luftvolumenstrom 1000 m³/h

Zulässige Aufnahmeleistung: 1000 m³/h · 0.34 W/(m³/h) = 340 W

Spezifische elektrische Energie für Komfortlüftungen in Wohnbauten, bezogen auf die Energiebezugsfläche

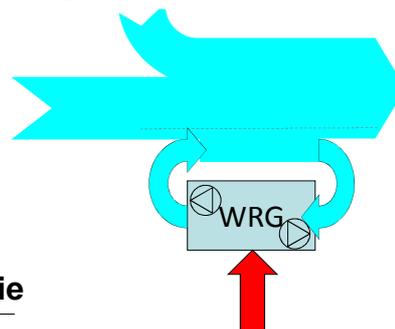


Elektrothermische Verstärkung ETV

Wärme-Einsparung bei einem neuen Einfamilienhaus:
2800 kWh

$$ETV = \frac{\text{eingesparte Wärmeenergie}}{\text{elektrische Energie}}$$

heutige Komfortlüftungen 5 ... 7
optimierte Anlagen 7 ... 10
Zukunft 10 ... 15



Ventilator-Energie
ca. 400 bis 500 kWh

Resümee für Komfortlüftungen

- Intelligente Luftführung und keine Überdimensionierung (in der Regel keine Zuluft in Wohnzimmern)
- Luftgeschwindigkeiten 2.5 ... 3 m/s
- Lüftungsgeräte mit Gleichstrom- oder EC-Motoren
- Wärmerückgewinnung mit Gegenstrom-Wärmetauchern oder guten Rotoren
- Keine Elektro-Defroster (Erdreich-Wärmeübertrager, Enthalpietauscher)
- Bedarfsteuerung auch in Mehrfamilienhäusern (min. Stufen-Schalter)
- Wärmedämmung gemäss Vollzugshilfe Lüftungsanlagen der MuKE
- Einregulierung ausschreiben und kontrollieren (Protokoll verlangen)
- Regelmässig Filter wechseln und Anlage auf Sauberkeit kontrollieren

Resümee für grössere Anlagen

- Bedarfsregelung über CO₂- oder Luftqualitätssensoren
- Ausreichend grosse Installationszonen.
Strömungstechnisch sinnvolle Querschnitte.
- Spezifische Ventilatorleistung gemäss SIA 382/1:
Grenzwert SFP explizit vorgeben und kontrollieren.
- Bei Reparaturen und Sanierungen effiziente Komponenten:
Flachriemen, Motoren der Klasse IE3, ...
- Wartungs- und Instandhaltungsplan erstellen und durchsetzen
- Weiterbildung des Betriebspersonals

Quellenhinweise

- [1] SIA 382/1 (2007) Lüftungs- und Klimaanlage – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen
- [2] SIA 2023 (2008) Lüftung in Wohnbauten
- [3] Leistungsgarantie Komfortlüftung www.leistungsgarantie.ch
- [4] Projekt Luftaustausch
www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen >2000-Watt-Gesellschaft >Technik
- [5] TopMotors www.topmotors.ch
Merkblatt Luftförderung ab 4. Quartal 2012
- [6] Radgen P. et al.: EuP Lot 11: Fans for ventilation in non residential buildings. Final Report. Fraunhofer Institut, Karlsruhe (D), 2008