



Frische Luft durch neue Technik

Komfortlüftung im Wohnungsbau: Energieeffizienz,
Behaglichkeit und Umsetzung

Prof. Dr. Harald Krause

FACHTAGUNG FÜR
INNOVATIVE HOLZHAUSBAUER
**HOLZ_HAUS
TAGE 2011**

Bad Ischl 6. Okt. 2011

© Prof. Dr. Harald Krause

Inhalt



Was fordern die Normen?

Warum kontrollierte Wohnungslüftung?

Ventilatorgestützte Anlagen

- ◆ Einzelraum-Lüftungsgeräte
- ◆ Zu- Abluftanlagen mit WRG

Anlagenvergleich

- ◆ Primärenergie, Endenergie

Neue Entwicklungen

- ◆ Feuchterückgewinnung
- ◆ Bedarfsführung
- ◆ Neue Konzepte



Die neue DIN 1946-6: Lüftung von Wohnungen

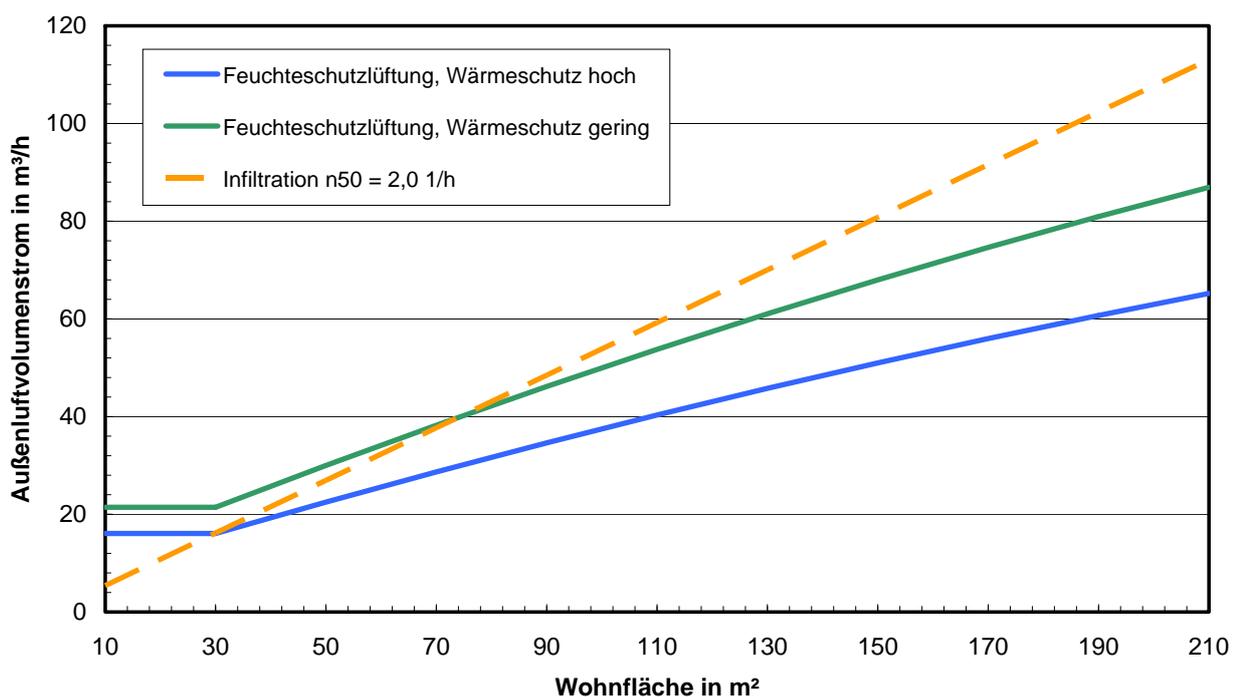
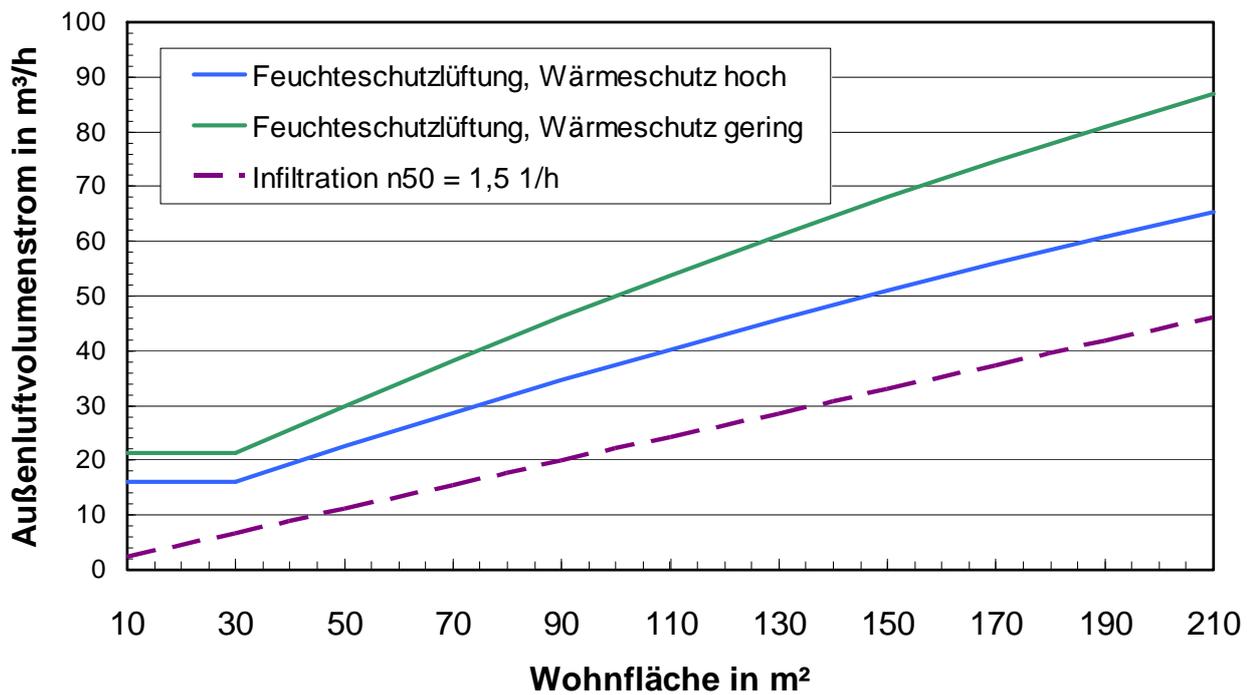
DIN 1946-6 2009: Lüftungsstufen

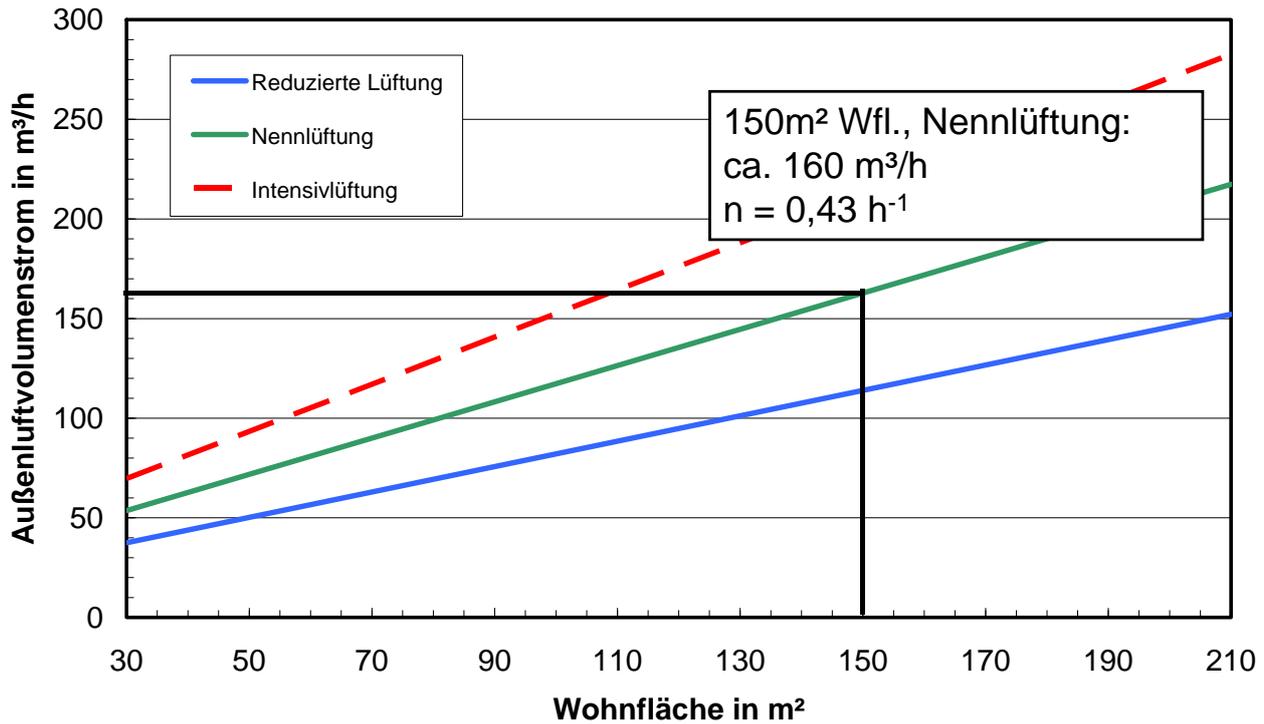


- ◆ Wird Luftwechsel zur Vermeidung von Feuchteschäden nutzerunabhängig ohne besondere Maßnahmen erreicht?
 - Wenn ja: keine Lüftungstechnische Maßnahme nötig
 - Wenn nein: Lüftungstechnische Maßnahme muss geplant werden

- ◆ Lüftungsstufen
 - Lüftung zum Feuchteschutz (nutzerunabhängig)
 - Reduzierte Lüftung
 - Nennlüftung
 - Intensivlüftung

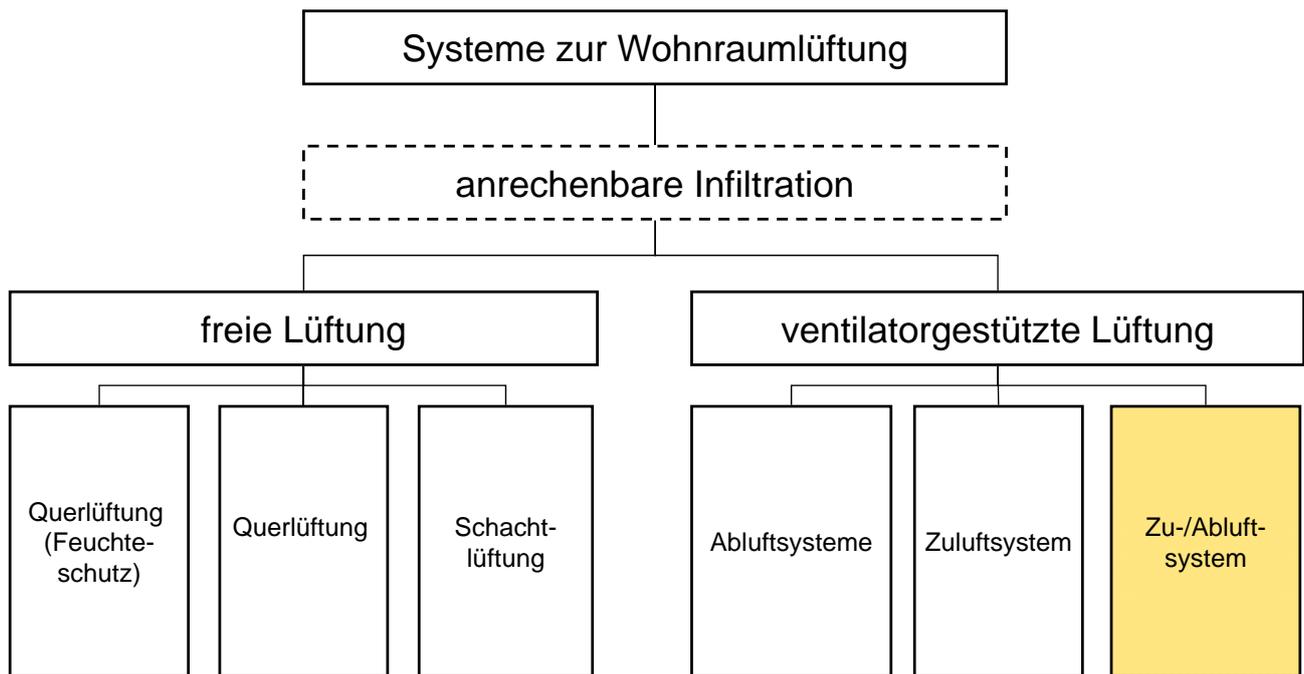
- ◆ DIN 1946-6 (2009) liefert Hilfsmittel zur Volumenstromauslegung und beschreibt Anforderungen an die Anlagentechnik.





Raum	Gesamt-Abluftvolumenströme ^a Nennlüftung in m³/h
Hausarbeitsraum	25
beh. Kellerraum ^{b,c} (z.B. Hobbyraum)	
WC	
Küche, Kochnische	45
Bad mit/ohne WC	
Duschraum	
Sauna- bzw. Fitnessraum ^c	100

a: einschließlich Infiltration
 b: innerhalb der beheizten Hülle
 c: Räume bei deren Nutzung erhöhte Feuchte- Stofflasten verursacht werden, sind gesondert zu behandeln (Schwimmbad, Werkstatt etc.)
 falls nötig, kann z.B. auch der Flur noch als Abluftraum dienen.



Situation in Österreich / Schweiz



- ◆ ÖNORM H 6038: Lüftungstechnische Anlagen – Kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen ...
 - Lüftungstechnische Maßnahme wird nicht gefordert
 - Volumenstromermittlung, Maximum aus:
 - Personenbezogener Volumenstrom von 36 m³/h
 - Mindestluftwechsel von 0,5 h⁻¹ (bis zu 150 m²) und 0,3 h⁻¹ (über 150 m²)
 - Summe der Abluftvolumenströme
 - 2 Lüftungsstufen gefordert
- ◆ SIA 382/1
 - Lüftungstechnische Maßnahme wird nicht gefordert
 - Volumenstromermittlung, Maximum aus:
 - Personenbezogener Volumenstrom 30 m³/h
 - Zuluftvolumenstrom aus Anzahl der Zulufräume
 - Abluftvolumenstrom aus Anzahl/Art der Ablufträume
- ◆ MINERGIE fordert grundsätzlich eine Lüftungsanlage



Warum kontrollierte Wohnungslüftung?

Luftqualität: Luftwechsel und CO₂-Konzentration



ÜBER DEN

LUFTWECHSEL

IN

WOHNGEBÄUDEN.

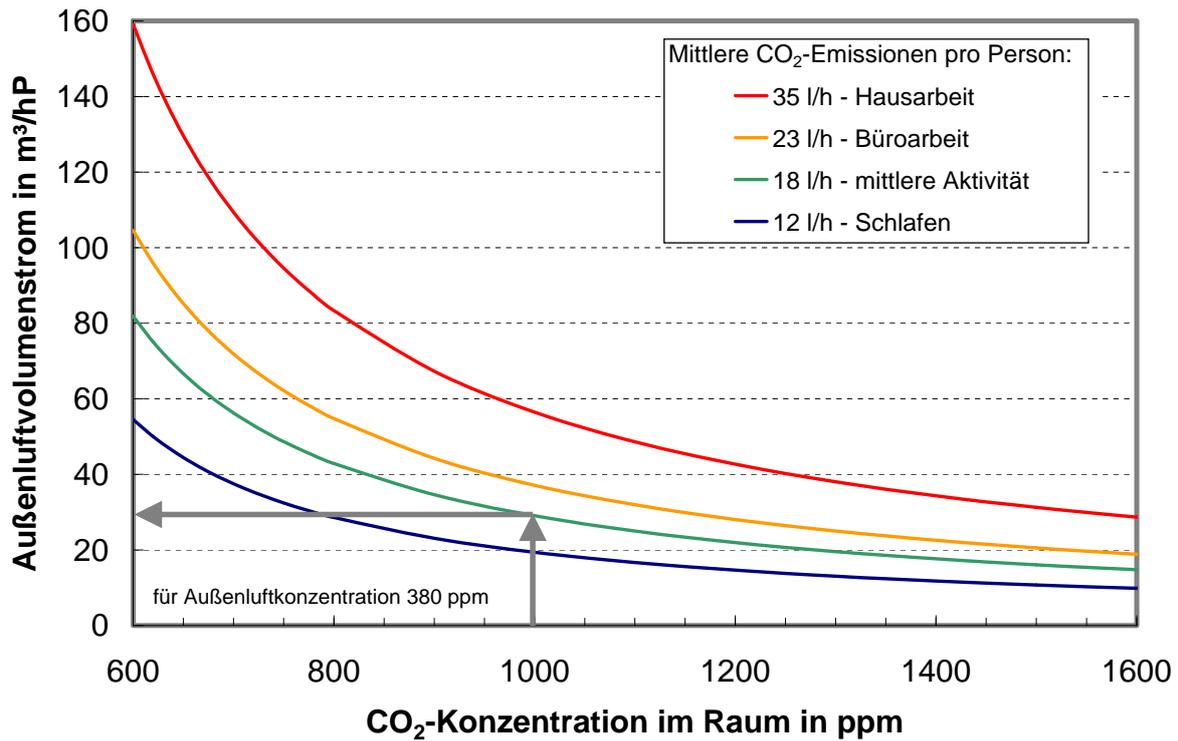
VON

Dr. MAX PETTENKOFER.

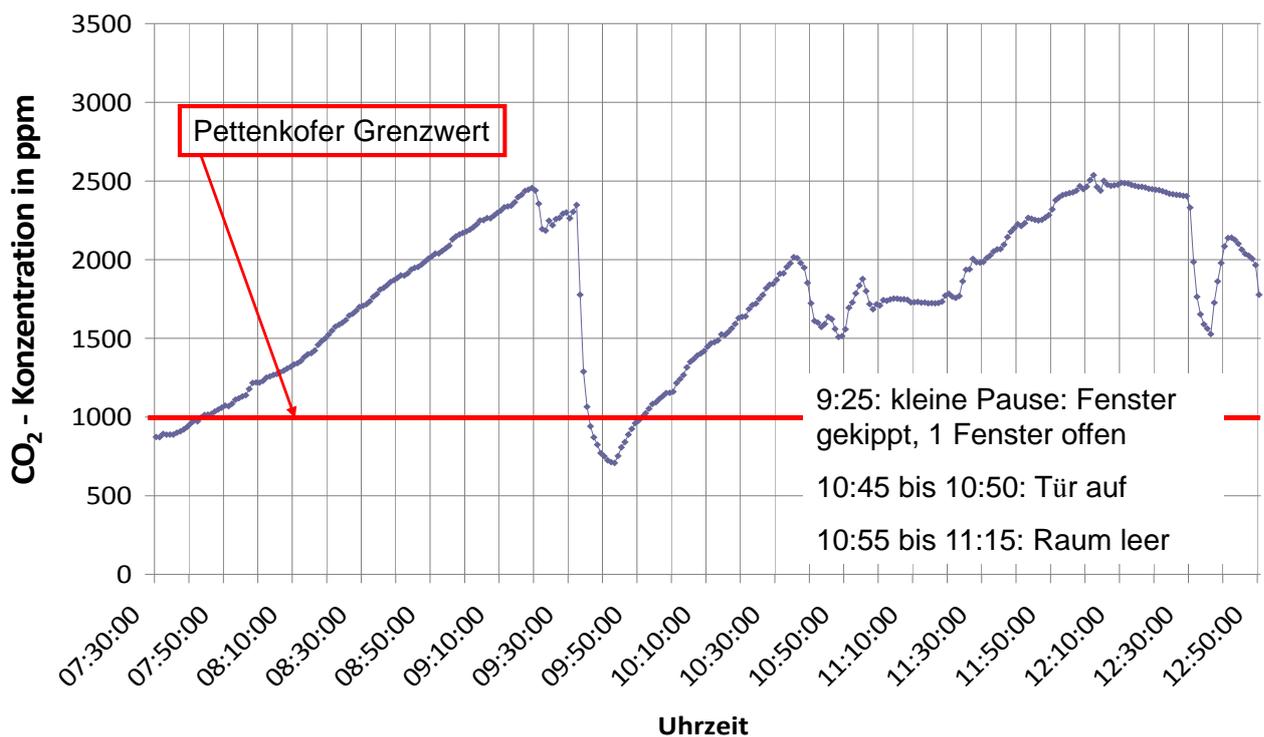
MÜNCHEN.

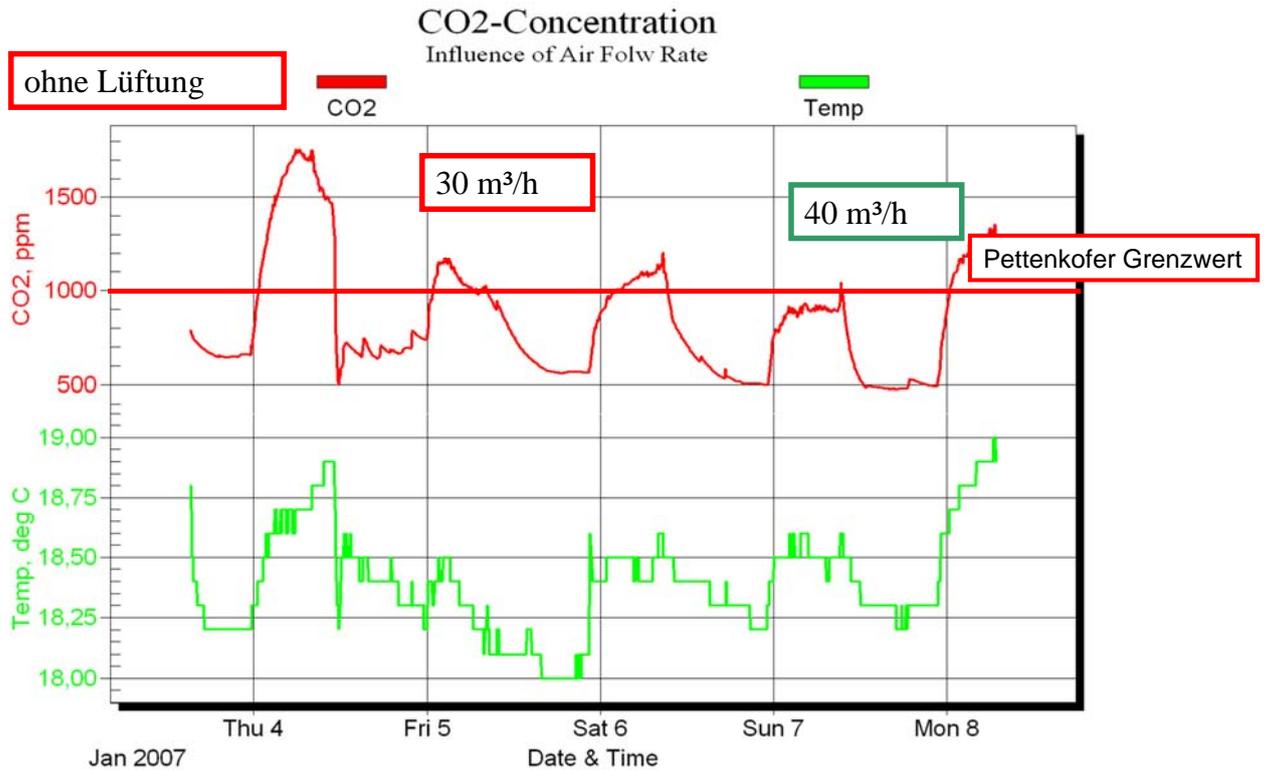
LITERARISCH-ARTISTISCHE ANSTALT
DER J. G. COTTA'SCHEN BUCHHANDLUNG.
1858.

Aus diesen Versuchen geht zur Evidenz hervor, dass uns keine Luft behaglich ist, welche in Folge der Respiration und Perspiration der Menschen mehr als 1 pro mille Kohlensäure enthält. Wir haben somit ein Recht, jede Luft als schlecht und für einen beständigen Aufenthalt als untauglich zu erklären, welche in Folge der Respiration und Perspiration der Menschen mehr als 1 pro mille Kohlensäure enthält.

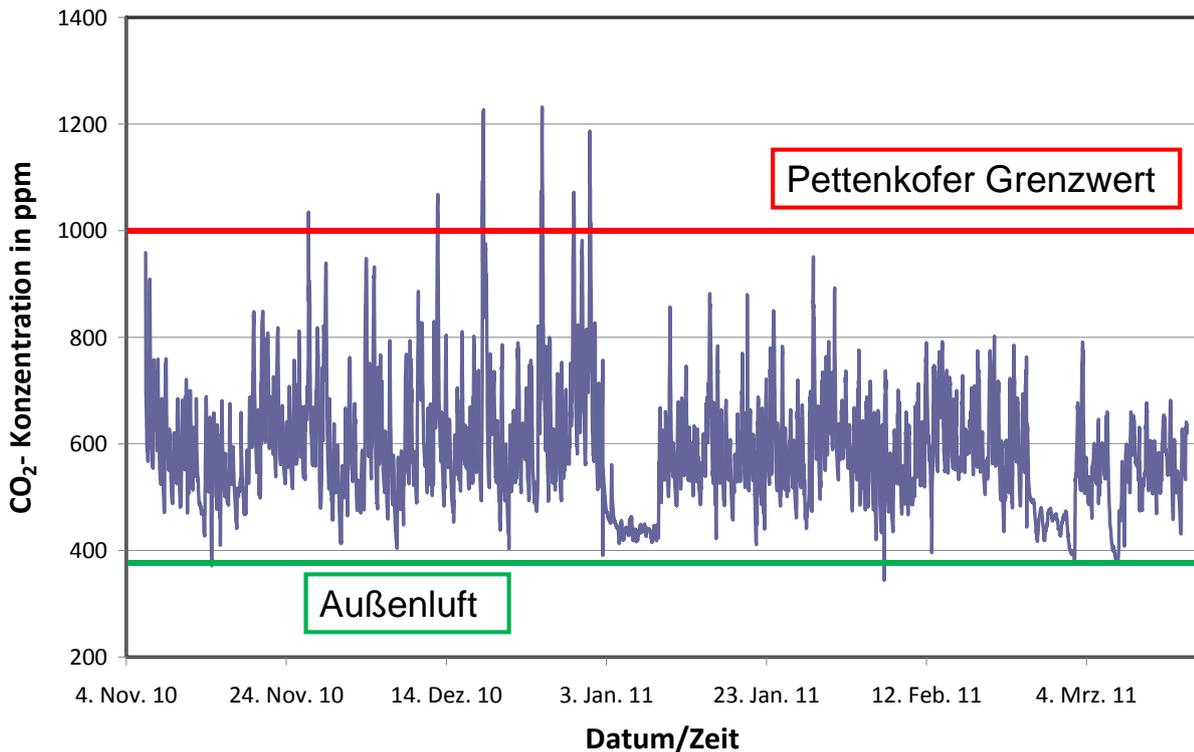


CO₂-Messung in einer Grundschule





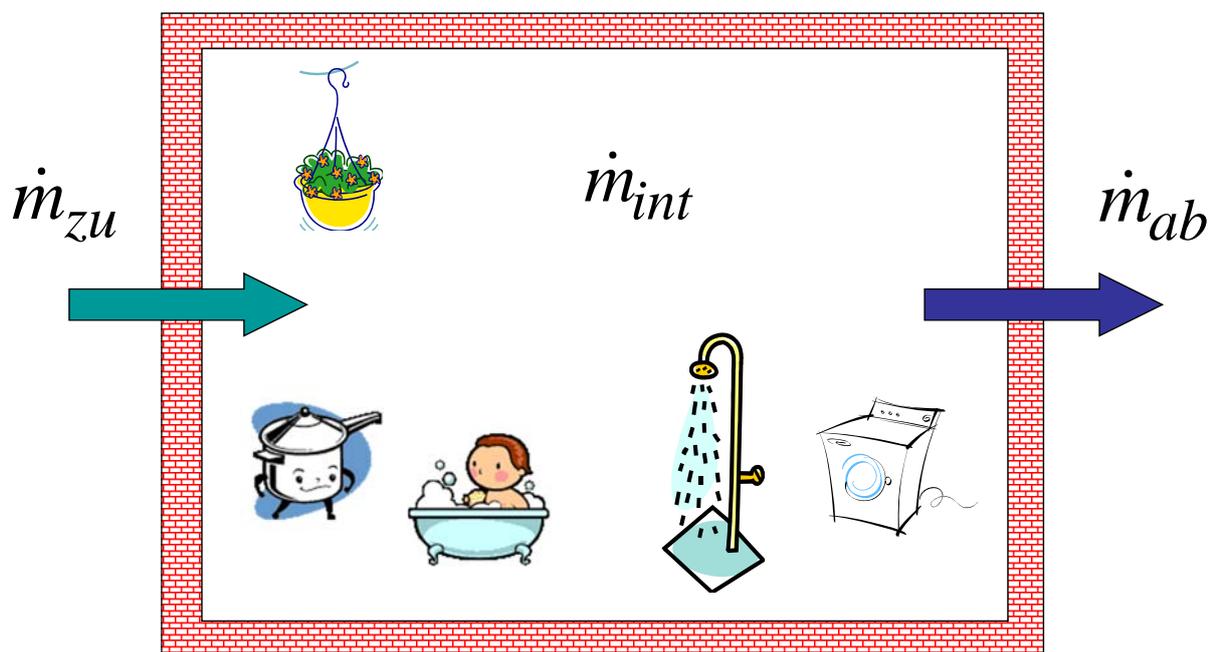
CO₂-Konzentration Wohnzimmer
Passivhaus Samerberg





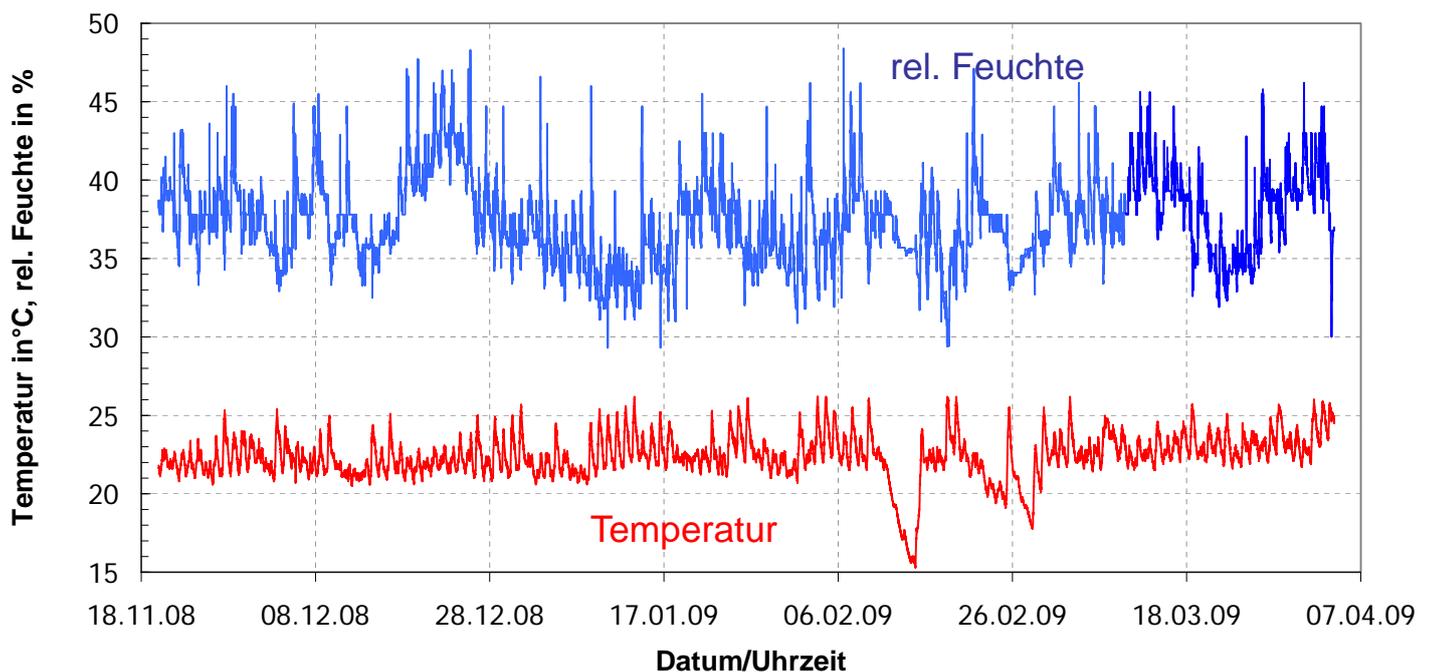
- ◆ Typische Feuchteabgaben in Wohnungen gem. Hartmann et al.:
- ◆ Personen: körperlich nicht tätig bis leichte Tätigkeit im Stehen: 35 bis 60g/h
- ◆ Pflanzen: 0,6 bis 4,4 g/h (je nach Art und Größe)
- ◆ Küche: 4-Personen Haushalt, Elektroherd: ca. 1000 g/d
- ◆ Bad: 4-Personen Haushalt: ca. 800 g/d
- ◆ Wäschetrocknen: geschleuderte Wäsche bis zu ca. 2300 g pro Maschinenfüllung
- ◆ weitere Feuchtequellen: Aquarien, Baufeuchte, Tiere, Zimmerbrunnen, Wischen: im Mittel 30 g/h
- ◆ **Gesamt 3-Personen-Modellwohnung:**
mit Wäschetrocknen: ca. 8 l/d
ohne Wäschetrocknen: ca. 5,5 l/d

Luftfeuchte und Luftwechsel: Feuchtebilanz



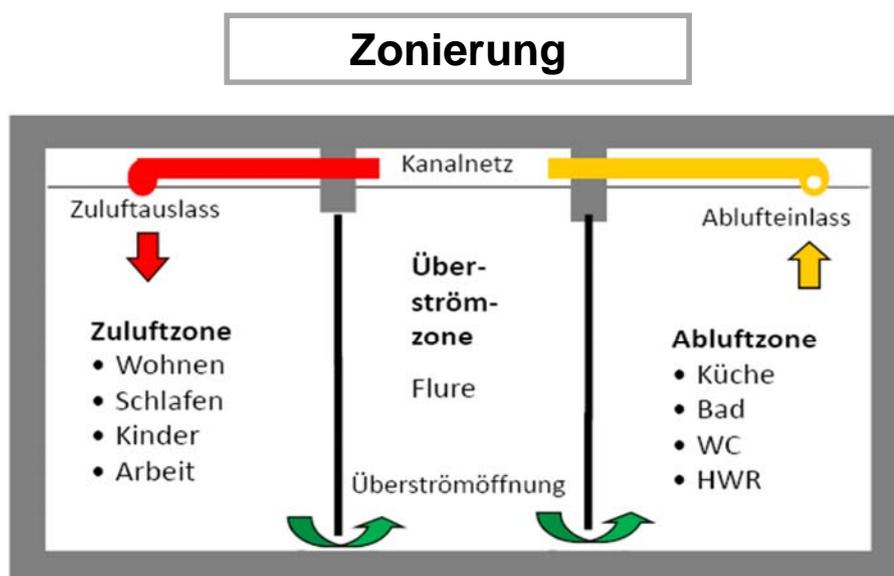


Wohnzimmer
Passivhaus Samerberg



Ventilator gestützte Anlagenkonzepte

Querlüftungsprinzip: Zonierung





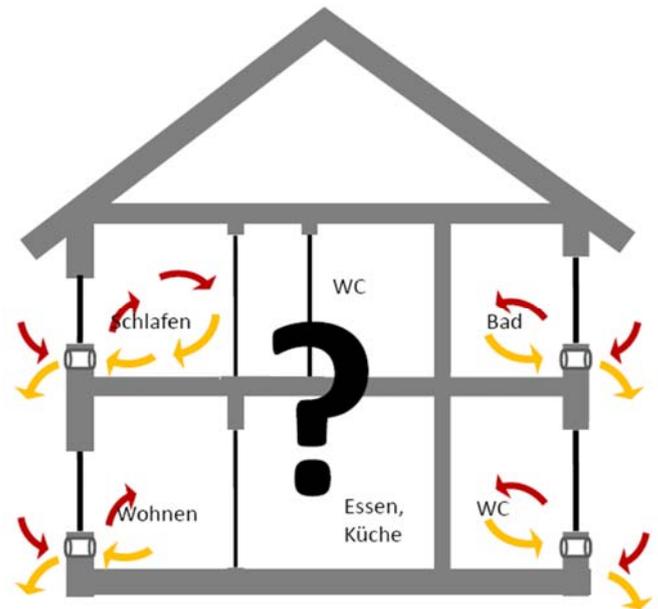
Unterschiedliche Systeme mit Wärmerückgewinnung

Charakterisierung:

- ◆ Zu- und Abluft pro Raum
- ◆ kein Kanalnetz nötig
- ◆ in jedem Raum elektrischer Anschluss und Ventilatoren
- ◆ Kondensatablauf über Fassade
- ◆ keine Zonierung

Komponenten:

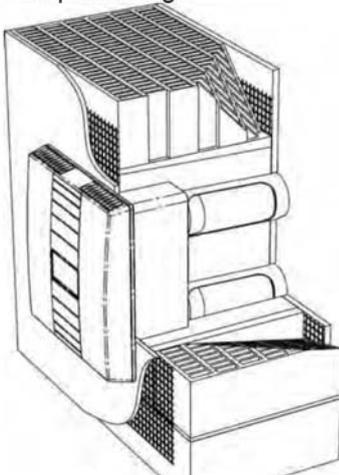
Einzelraum-Lüftungsgerät



Beispiele für Einzelraumlüftungsgeräte mit WRG



Unterputzmontage



Bsp.: www.meltem.de
15 bis 100 m³/h

Bsp.: www.siegenia-aubi.de
25 bis 70 m³/h

Bsp.: www.paul-lueftung.net
20 bis 100 m³/h

unvollständige Beispielauswahl – keine Produktempfehlungen !!

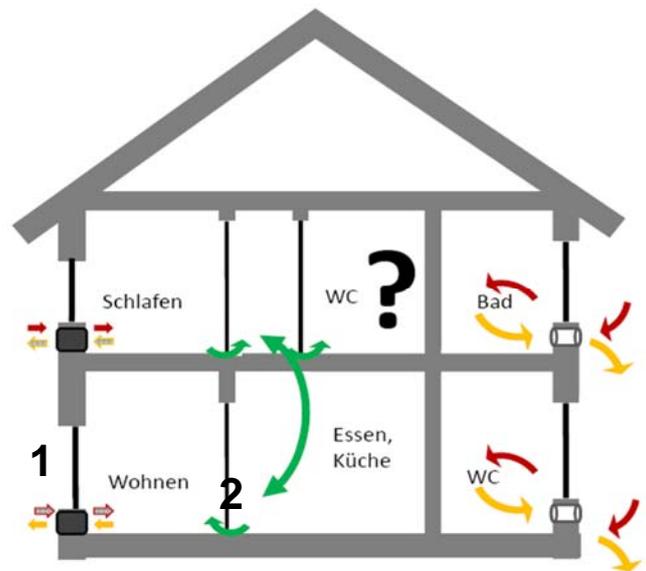


Charakterisierung:

- ◆ Dezentrale angeordnete Lüftungsanlage je Raum mit Ventilator und Wärmerückgewinnung
- ◆ Je 2 Geräte im Pendelbetrieb
- ◆ Zu- / Abluft direkt am Gerät
- ◆ Außen- / Fortluft direkt durch die Außenwand
- ◆ kein Kanalnetz
- ◆ keine Zonierung-Querlüftung

Komponenten:

1. Lüftungsgeräte mit Zuluftauslass, Ablufteinlass, Fortluftauslass, Außenlufteinlass am Gerät
2. Überströmöffnungen



Pendelbetrieb: Zuluft / Abluft im Wechsel nicht zulässig für Küche, Bad, WC

Zu- und Abluftanlage: zentrales Lüftungsgerät

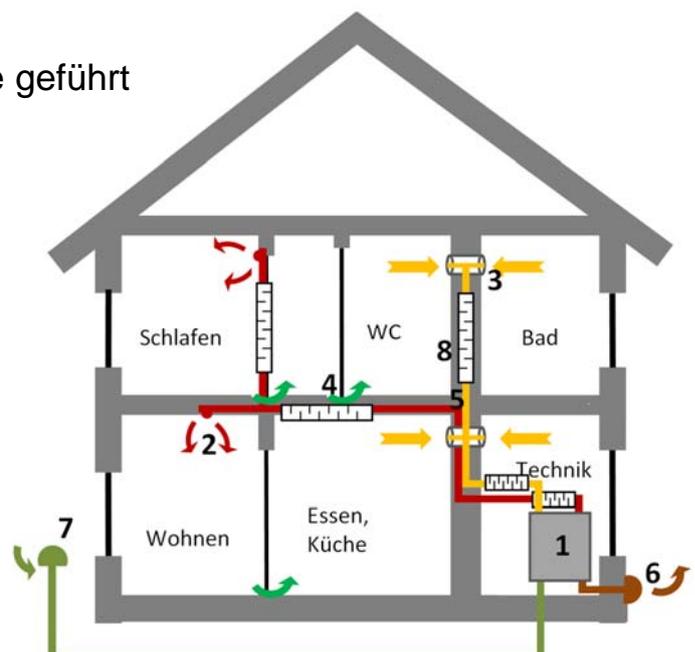


Charakterisierung:

- ◆ Zentral angeordnete Ventilatoren
- ◆ Zu- und Abluft über getrennte Kanäle geführt
- ◆ Wärmerückgewinnung möglich
- ◆ Filterung der Frischluft
- ◆ Überströmöffnungen

Komponenten:

1. Lüftungsgerät
2. Zuluftauslass
3. Ablufteinlass
4. Überströmöffnungen
5. Kanalnetz
6. Fortluftauslass
7. Frischlufteinlass
8. Schalldämpfer





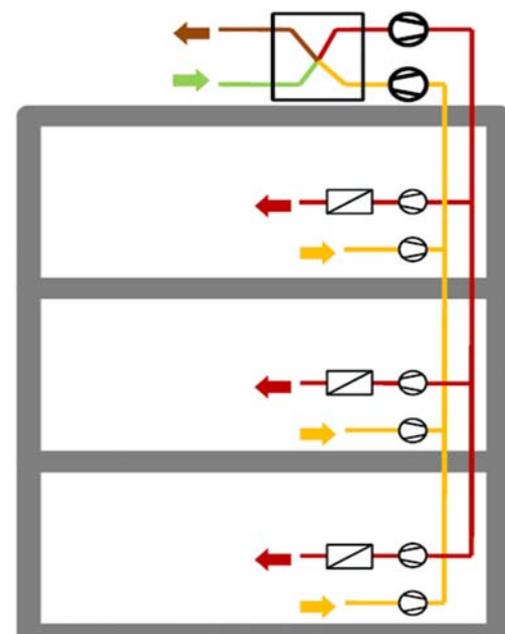
- ◆ Luft-Luft-Wärmeübertrager
WBG = 85%
- ◆ Gleichstrommotoren
- ◆ Steuerung: Betriebsstufen
und Volumenstrombalance
- ◆ Wärmedämmung und
Luftdichtheit
- ◆ Kondensatablauf
- ◆ Filter: Abluft + Außenluft
- ◆ Frostschutz
- ◆ Sommerbypass

Anlagenkonzepte: Zu- und Abluftanlagen



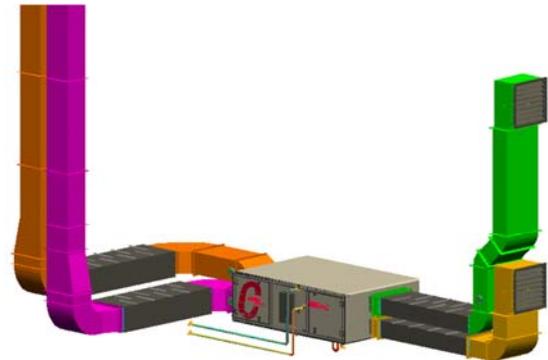
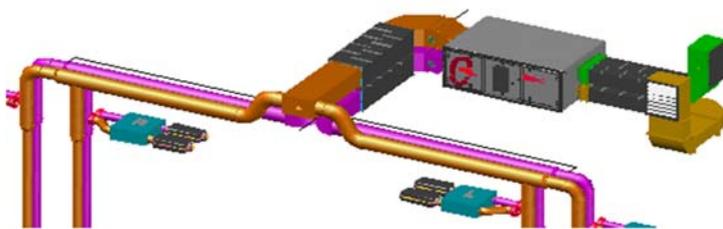
Anlagenschema 2: semizentral

- ◆ zentraler WÜ, Filter, Ventilatoren
- ◆ wohnungsweise Stützventilatoren,
Heizregister





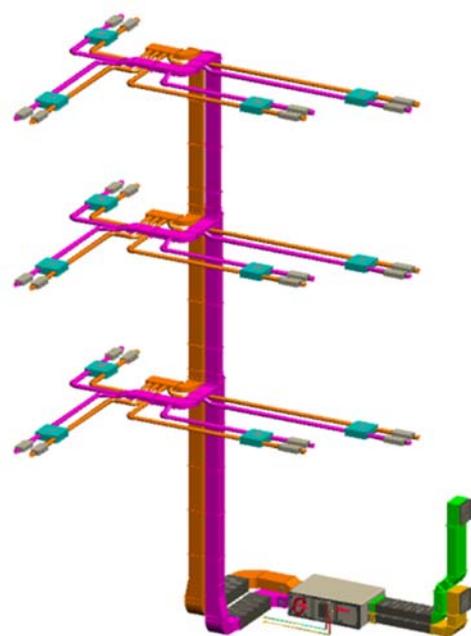
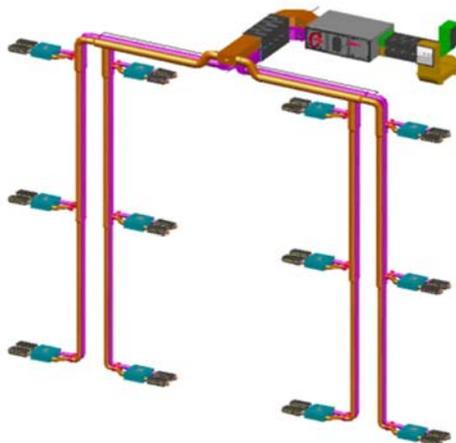
- ◆ Keller oder Dach
- ◆ kurze Wege für AUL und FOL
- ◆ möglichst innerhalb der thermischen Hülle
- ◆ Zentrale Lage im Gebäude
- ◆ angepasster Technikraum



Hauptluftverteilung

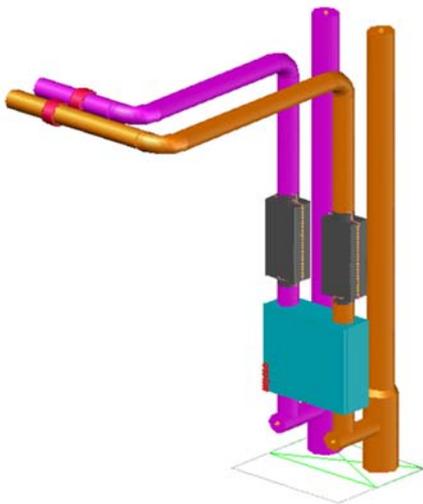


- ◆ möglichst kurze Wege
- ◆ gleichmäßige Verteilung von mehreren Steigsträngen
- ◆ in der thermischen Hülle

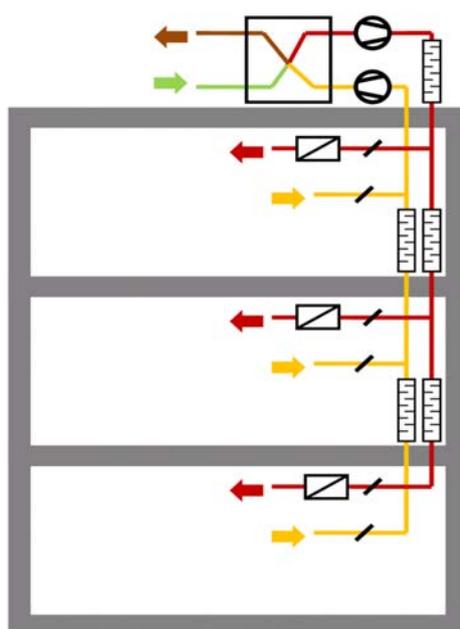




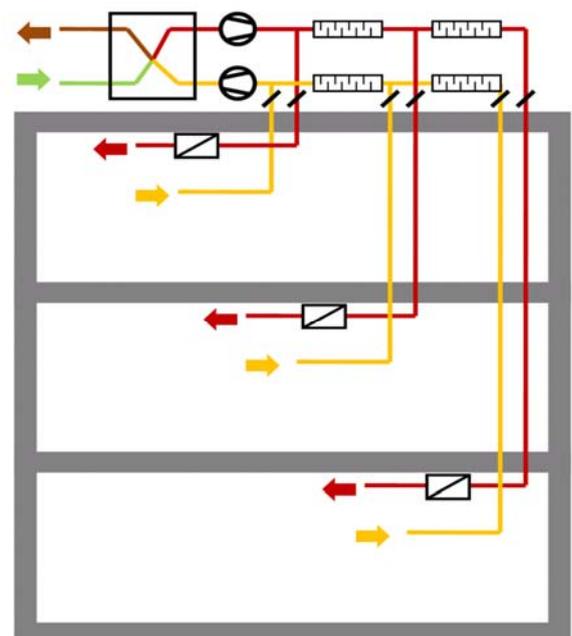
- ◆ außerhalb der Wohneinheit (optimale Wartungsmöglichkeit)
- ◆ Schalltrennung zur Wohneinheit



Anlagenschema 3 : zentral



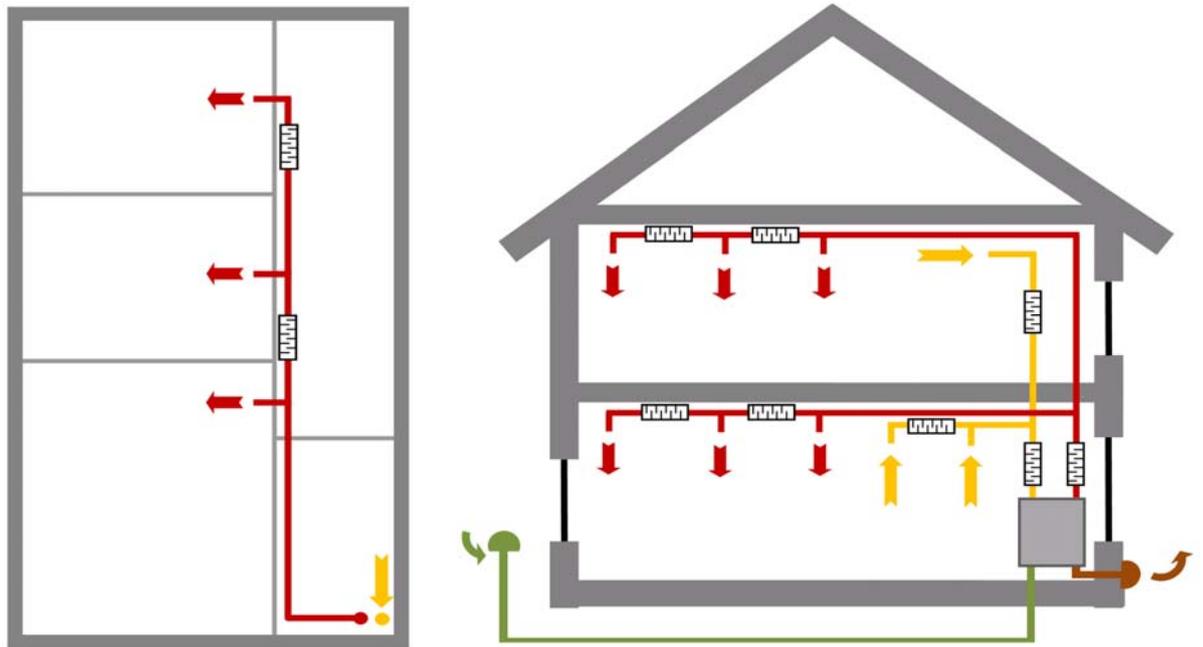
Volumenstromregelung und Schalldämpfer dezentral



Volumenstromregelung und Schalldämpfer zentral

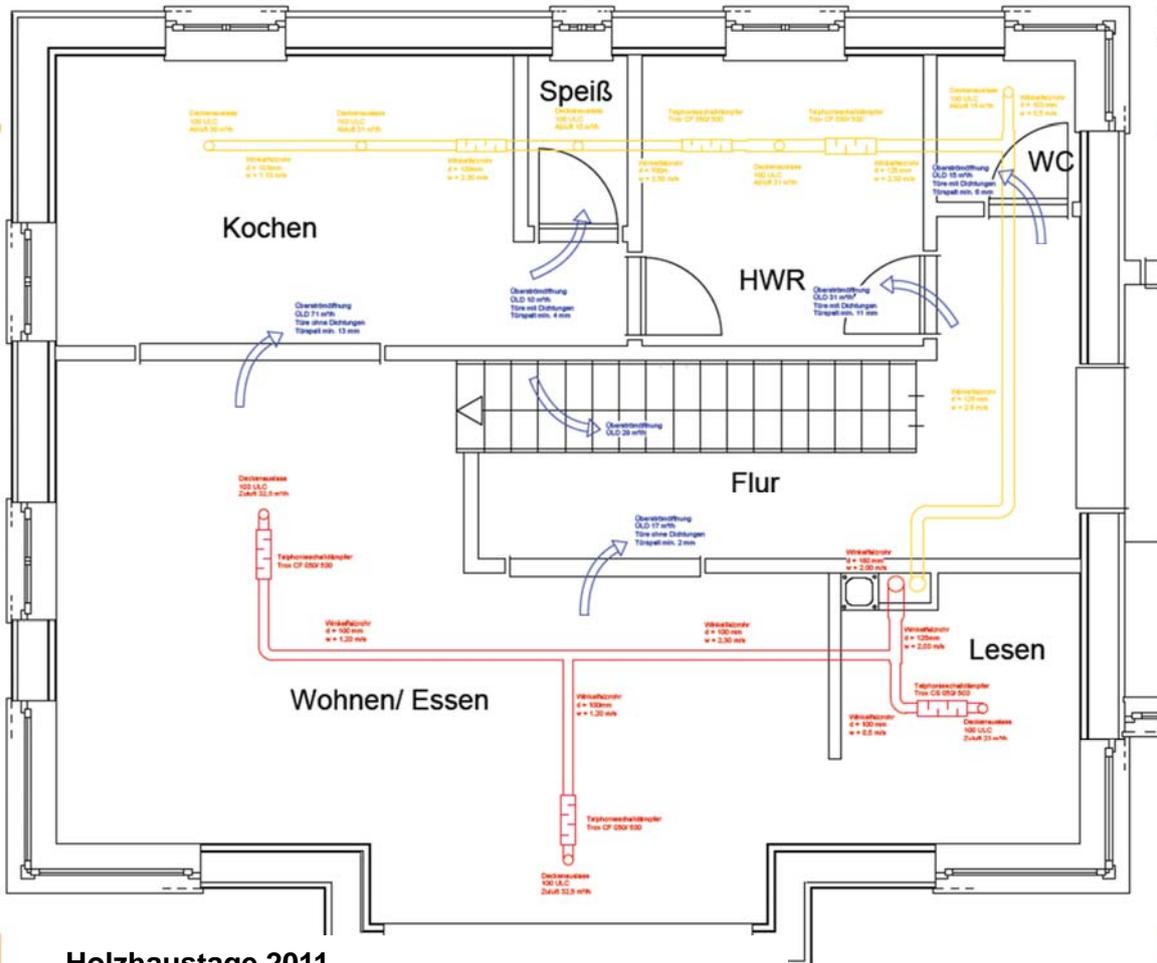


„klassische“ Installation mit Wickelfalzrohren



Holzhaustage 2011

© Prof. Dr. Harald Krause

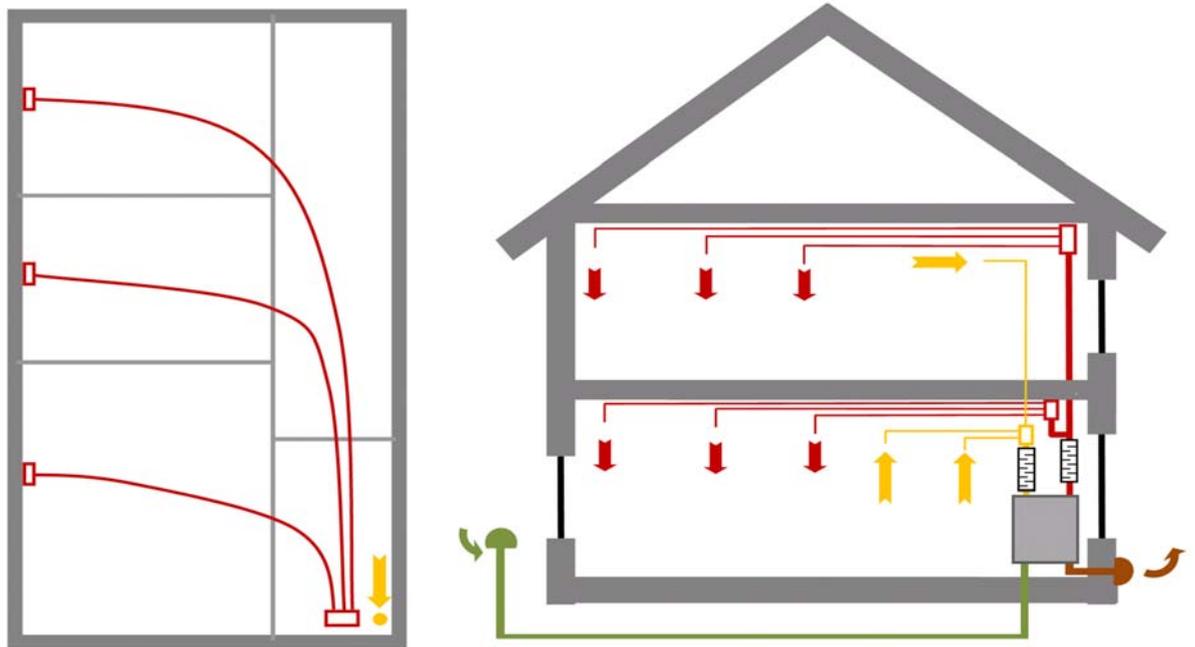


Holzhaustage 2011

Harald Krause



◆ sternförmige Verlegung mit Verteilern und Einzelraumleitungen

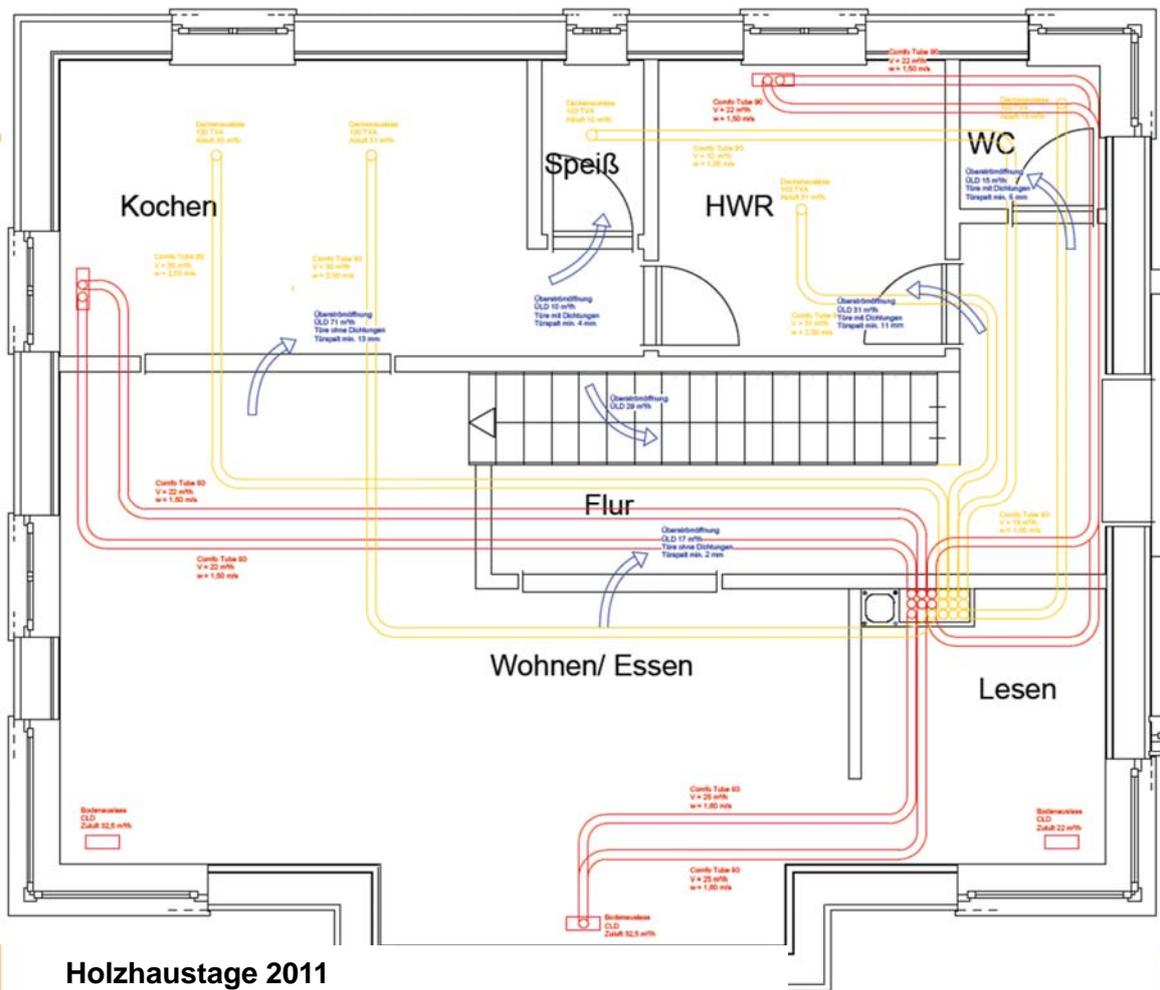


Kanalnetz: Kunststoffrohre



FlexPipe Rohrsystem FRS



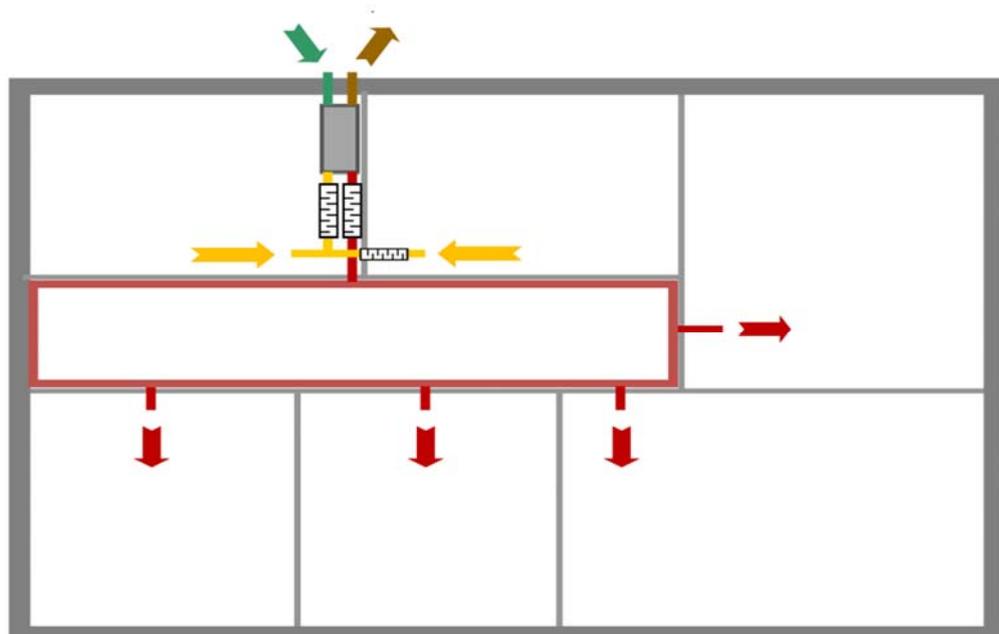


Art der Luftverteilung

Hochschule Rosenheim
University of Applied Sciences



◆ „Ringleitung“ für die Sanierung





ValloFlex RENO Komponentenübersicht

Kanal	T-Stück	Außenwinkel	Innenwinkel	
				Integral-Schalldämm-Verteiler ■ vereint Funktionen wie die Zu- und Abluftverteilung sowie die eines Geräteschalldämpfers in einer Komponente ■ ist anwendbar bei nebeneinander liegenden Abluft-räumen (Küche/Bad)
... mit Stuckoptik	... mit Stuckoptik	... mit Stuckoptik	... mit Stuckoptik	
Langverbinder	Kurzverbinder	Wandhülse	Revisionsdeckel	



Energieeffizienz

Systemvergleich Randbedingungen



- ◆ Einfamilienhaus und Etagenwohnung
 - Gebäudehülle gem. Referenzgebäude EnEV 2009
 - Anlagentechnik bis auf Lüftung gem. Referenzgebäude EnEV 2009
- ◆ untersuchte Systeme:
 - freie Lüftung
 - freie Lüftung mit reduziertem Luftwechsel
 - Abluftanlage gem. EnEV mit $n = 0,4 \text{ h}^{-1}$
 - Abluftanlage ausgelegt nach DIN 1946-6
 - Zu-Abluftanlage mit WRG gem. EnEV mit $n = 0,4 \text{ h}^{-1}$
 - Zu-Abluftanlage mit WRG ausgelegt nach DIN 1946-6
 - Einzelraumlüftungsgeräte gem. EnEV mit $n = 0,4 \text{ h}^{-1}$
 - Einzelraumlüftungsgeräte ausgelegt nach DIN 1946-6

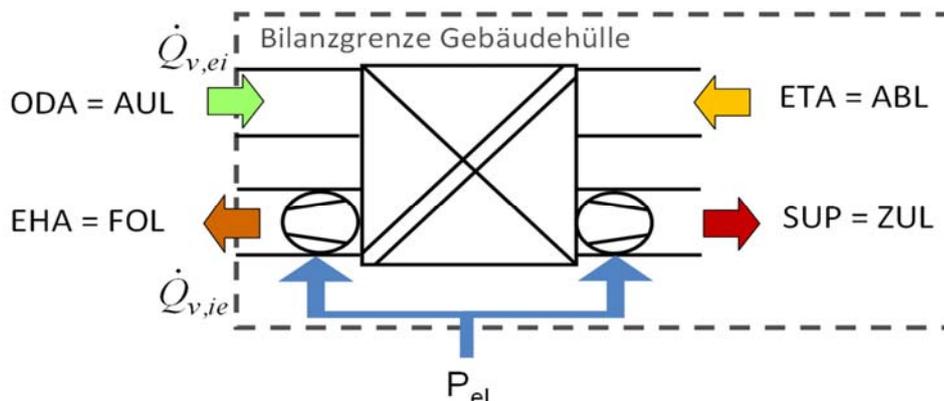


Nr.	Var.	Anlagentechnik	n_{50} in h^{-1}	Restluftwechsel ¹⁾ in h^{-1}	WBG	Leistung Ventilator in Wh/m^3	Anlagenluftwechsel in h^{-1} EFH / EW	Gesamtluftwechsel in h^{-1} EFH / EW
0	Freie Lüftung	Freie Lüftung	1,5	-	-	-	-	0,75 / 0,65
1	Freie Lüftung red.	Freie Lüftung	1,5	-	-	-	-	0,50 / 0,43
2	Abluftanlage	Abluftanlage mit ALD	1,5	0,20	0	0,25	0,50 / 0,43 ²⁾	0,75 / 0,62
3	Abluftanlage 1946	Abluftanlage mit ALD	1,0	0,10	0	0,25	0,36 / 0,44	0,49 / 0,54
4	Zu-Abluft WRG	Zu-Abluftanlage mit WRG	1,5	0,20	80%	0,48	0,50 / 0,43 ²⁾	0,75 / 0,62
5	Zu-Abluft WRG 1946	Zu-Abluftanlage mit WRG	1,0	0,10	80%	0,48	0,37 / 0,44	0,50 / 0,54
6	ERLG WRG	Einzelraumlüftungsgeräte mit WRG	1,5	0,20	50%	0,70	0,50 / 0,43 ²⁾	0,75 / 0,62
7	ERLG WRG 1946	Einzelraumlüftungsgeräte mit WRG	1,0	0,10	50%	0,70	0,39 / 0,48	0,52 / 0,58

Luft-Luft-Wärmeübertrager (WÜT)

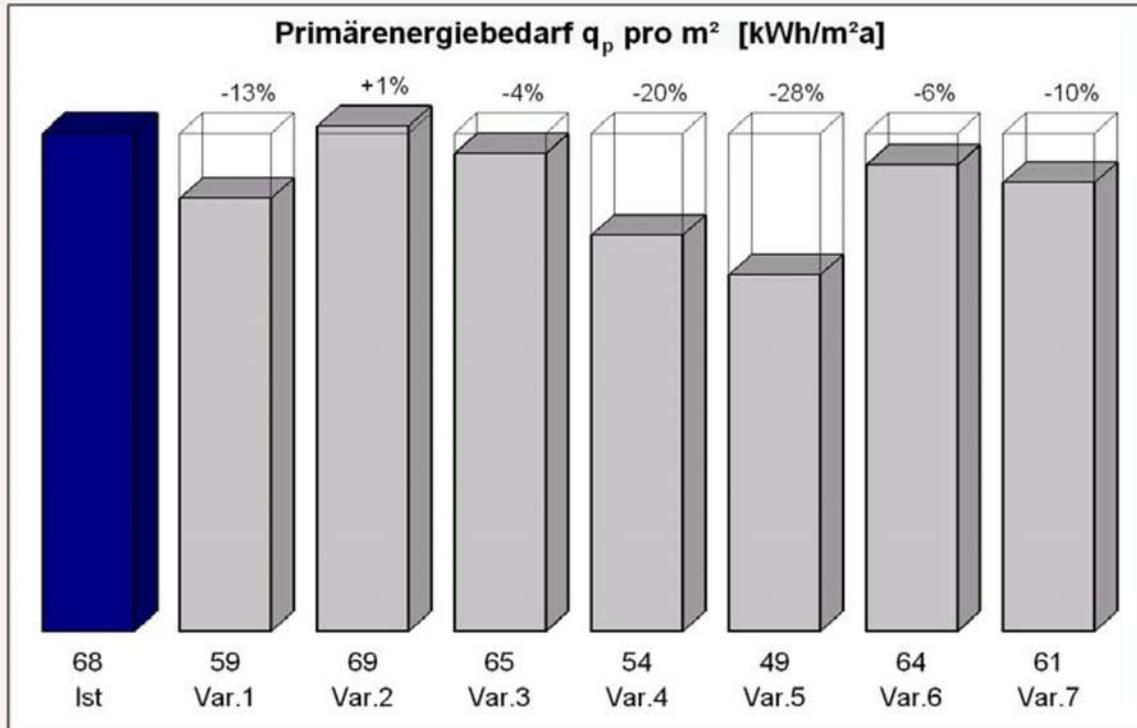


Ermittlung des Wärmebereitstellungsgrades

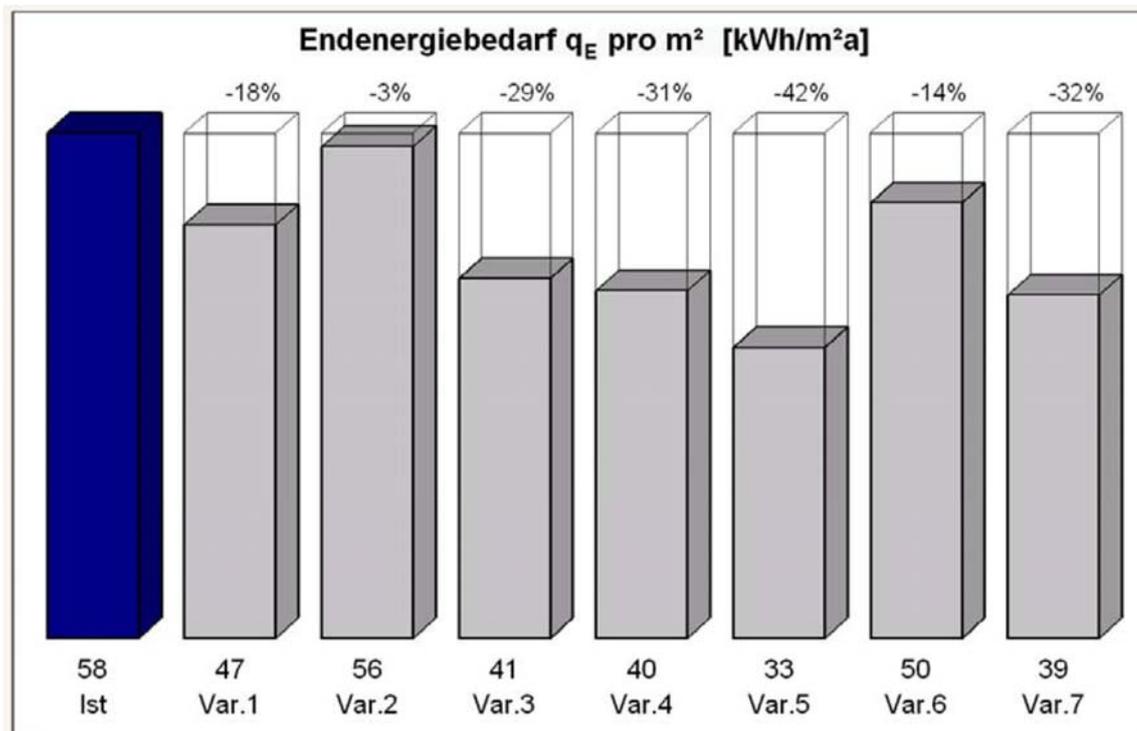


nach PHI korrekte mit korrekter Bilanzgrenze:

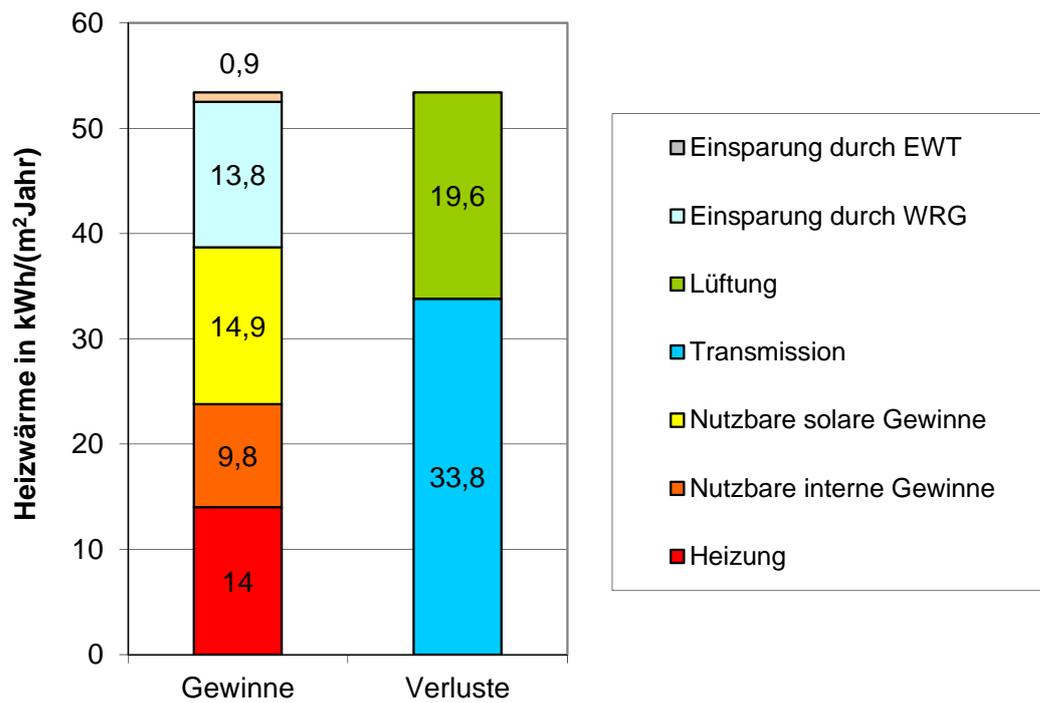
$$\dot{Q}_{verlust} = \dot{Q}_{v,ie} - \dot{Q}_{v,ei} - P_{el} \Rightarrow \eta_{WRG} = \frac{g_{ETA} - g_{EHA} + \frac{P_{el}}{\dot{m} \cdot c_{pL}}}{g_{ETA} - g_{ODA}}$$



Nr.	Var.
0	Freie Lüftung
1	Freie Lüftung red.
2	Abluftanlage
3	Abluftanlage 1946
4	Zu-Abluft WRG
5	Zu-Abluft WRG 1946
6	ERLG WRG
7	ERLG WRG 1946



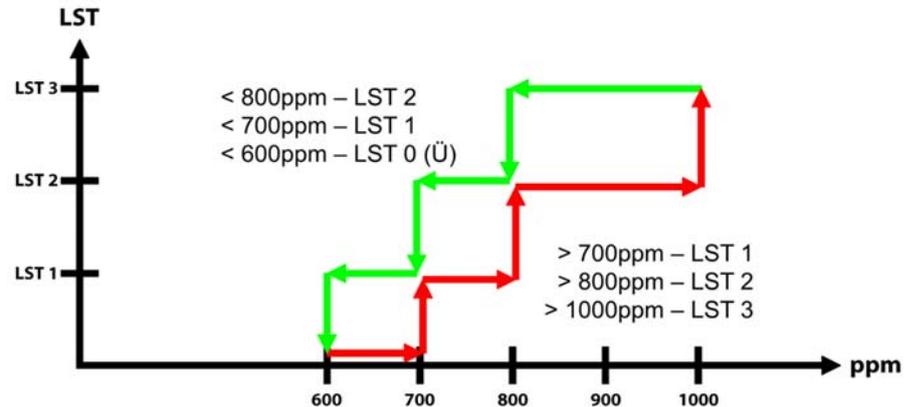
Nr.	Var.
0	Freie Lüftung
1	Freie Lüftung red.
2	Abluftanlage
3	Abluftanlage 1946
4	Zu-Abluft WRG
5	Zu-Abluft WRG 1946
6	ERLG WRG
7	ERLG WRG 1946



„Neue“ Entwicklungen/Konzepte



- ◆ Erfassung der tatsächlichen Luftqualität und automatische Anpassung der Lüfterstufe
- ◆ Reduktion der durchschnittlichen Luftmenge, besonders bei Personenabwesenheit
- ◆ Minimierung des Stromverbrauchs
- ◆ Optimierung der Raumluftfeuchte bei geringer Feuchtelast
- ◆ automatische Erhöhung der Luftmenge bei hoher Schadstoff-Emission



Kaskadenlüftung

aus: Rainer Pfluger: Greater Comfort and Lower Costs with Zoned Passive House Ventilation (Cascade Ventilation), Tagungsband Passivhaustagung 2011, www.passiv.de

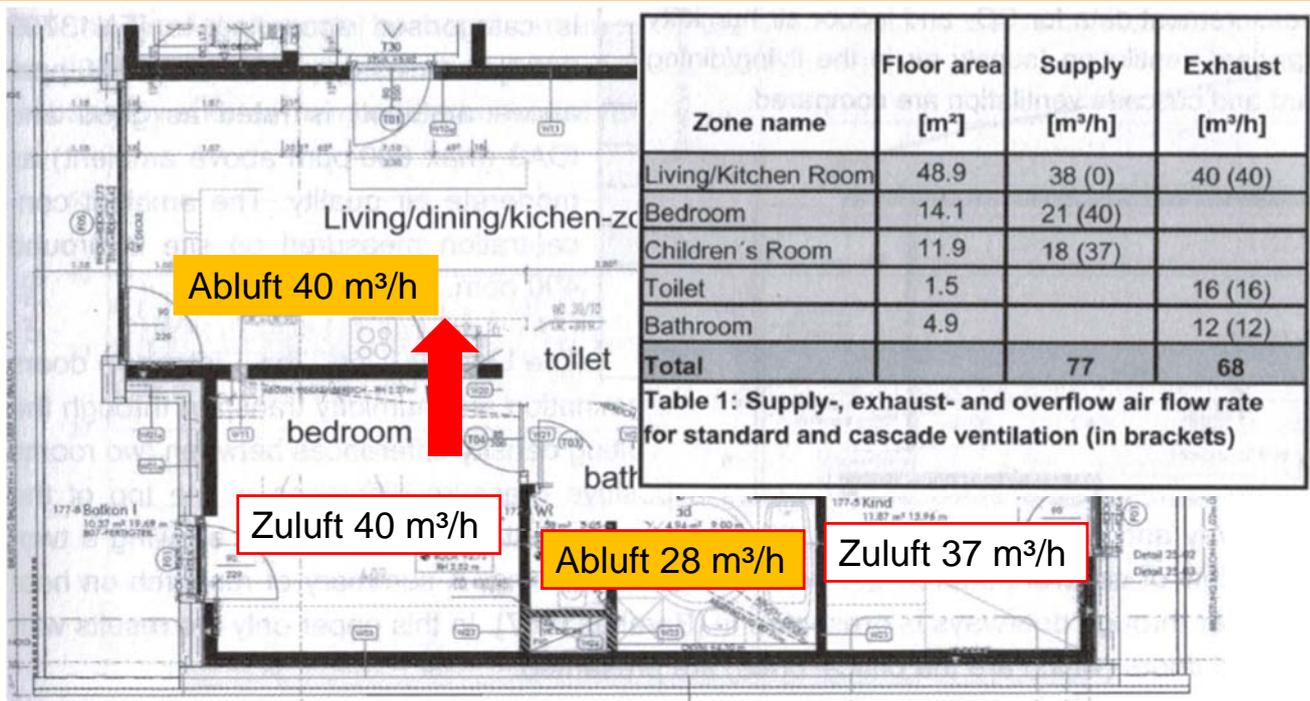
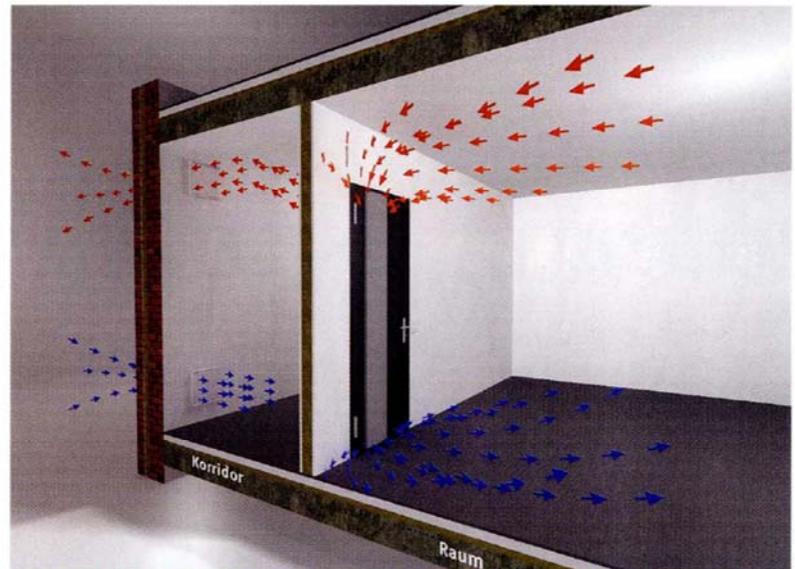
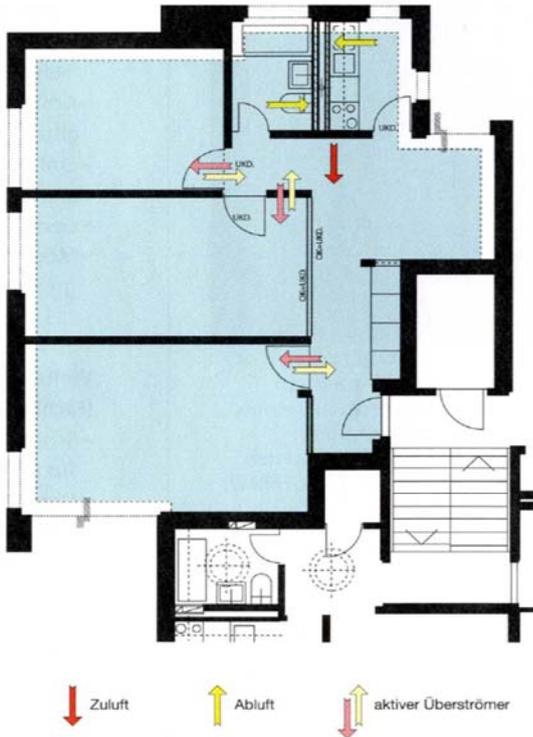


Figure 2: Floor plan of the apartment (PH Lodenaareal, Innsbruck) under investigation



Prinzip der Türlüftung von Klimasystementwickler Beat Kegel und Erich Keller AG: Der aktive Überströmer im Türblatt versorgt einen Raum mit Luft aus dem Korridor. Dieses Konzept siegte beim Zürcher Lüftungswettbewerb. (Grafik: Erich Keller AG)

Feuchterückgewinnung

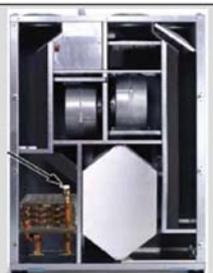


energie-cluster.ch

suissetec **MINERGIE**

Feuchterückgewinnung

WRG
 (ohne Feuchte-
 übertragung)



Frostschutz mit
 - Elektrovorwärmung
 - Erdreich-Wärmeübertrager

BFE-Projekt: Feuchte in
 Niedrigenergiebauten
 (B. Frei, HSLU, Horw, 2008)

Sorptionsrotor



**Plattentauscher
 mit
 Membran**





- ◆ Bei einer geforderten minimalen Raumlufffeuchte von 30% bis 35% ist eine gute WRG plus eine gezielt eingesetzte Raumluffbefeuchtung energetisch effizienter als eine Feuchterückgewinnung.
- ◆ Eine Feuchterückgewinnung spart nicht unbedingt Energie.
- ◆ Eine Feuchterückgewinnung alleine garantiert keine minimale Raumlufffeuchte!
- ◆ Eine Feuchterückgewinnung erhöht im Winter die mittlere Raumlufffeuchte um
 - ca. 10% bei optimalen Bedingungen (ideales Verhalten und korrekter Luftvolumenstrom),
 - ca. 5 ... 7% bei typischen Bedingungen,
 - ca. 0 ... 3% bei geringen Feuchtelasten oder zu hohen Luftvolumenströmen.

Zusammenfassung



- ◆ **Kontrollierte Wohnungslüftung**
 - sorgt für gleichmäßig gute Luftqualität
 - vermeidet Zugerscheinungen
 - vermindert die Lüftungswärmeverluste deutlich bei minimalem Strombedarf
 - Verhindert zu hohe Luftfeuchten und Schimmelprobleme
 - ist als ausgereifte Technik anzusehen
- ◆ **Neue Konzepte**
 - ermöglichen die Erhöhung der Raumlufffeuchte im Winter
 - sind bedarfsgerecht z.B. mit CO₂-Sensoren
 - können den Anlagenaufbau vereinfachen (Kaskadenlüftung)