



Energie sparen durch effiziente Lüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung

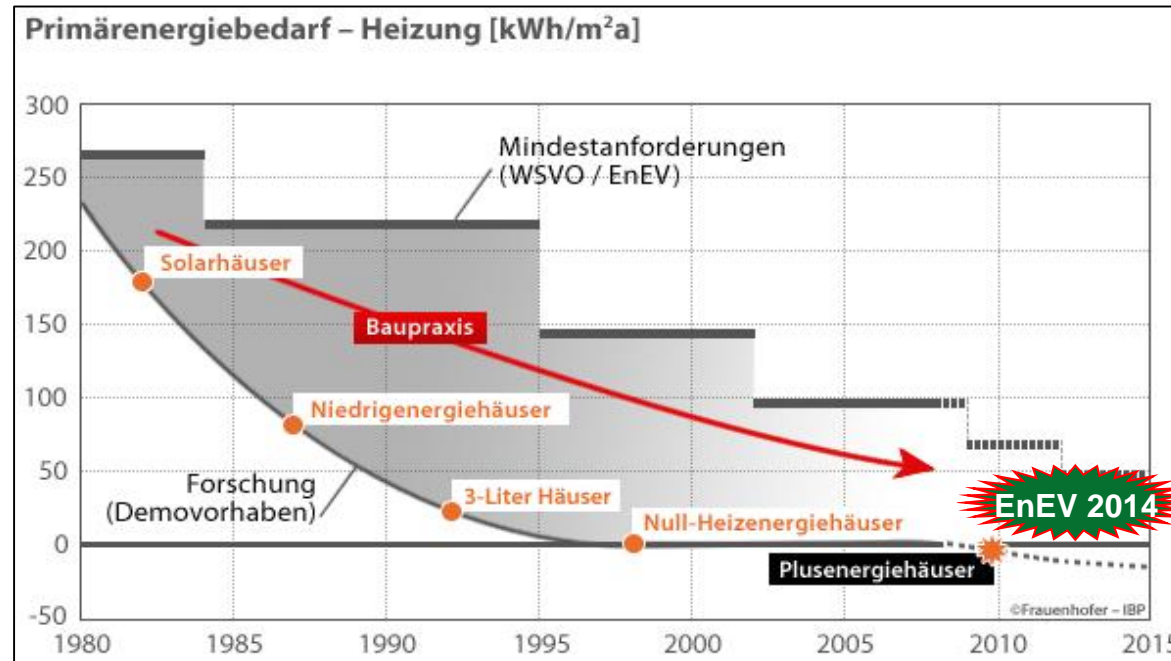


Ein Vortrag von Dipl.-Ing. (FH) Steffen Gräbe

Grundlagen: Die Pyramide der Vorschriften



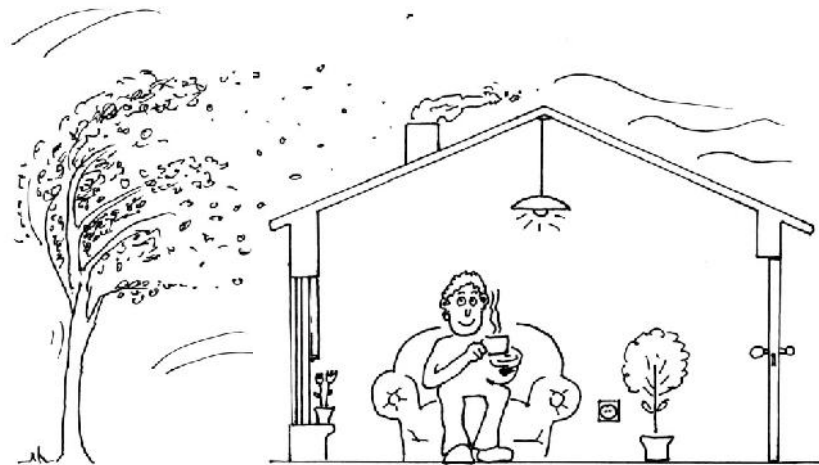
Energieeinsparverordnung EnEV - Ziele



- **Schrittweise erhöhte energetische Anforderungen**
 - d.h. verbesserte Anlagentechnik, erhöhter Wärmeschutz
- **Energieausweis (seit 2009) weiter verschärfen**
 - Vergleichbarkeit von allen beheizbaren Gebäuden
- **Passivhaus- bzw. Plusenergiehaus-Standard bis ??**

Rechtliche Situation Deutschland

Energieeinsparverordnung EnEV § 6, Dichtheit, Mindestluftwechsel



Idee: Bauditec

(1) Zu errichtende Gebäude sind so auszuführen, dass die wärmeübertragende Umfassungsfläche einschließlich der Fugen **dauerhaft luftundurchlässig** entsprechend den anerkannten Regeln der Technik **abgedichtet** ist.

(2) Zu errichtende Gebäude sind so auszuführen, dass der **zum Zwecke der Gesundheit und Beheizung** erforderliche **Mindestluftwechsel sichergestellt** ist.

Überblick EnEV 2014 (01.05.2014)

Die EnEV 2014 ersetzt zum 1. Mai 2014 die bisher gültige EnEV 2009.
Frist für Umsetzung: 01.01.2016

1. Vorgaben für das Bauen:

Neubau

- zulässiger Jahres-Primärenergiebedarfs q_p : **durchschnittlich -25%**
- Transmissionswärmeverlustes H_t : **durchschnittlich -20%**

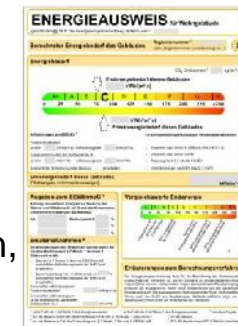


Sanierung

- keine q_p / H_t -Verschärfung
- Heizkessel-Austauschpflicht neu: Kessel vor 1985 (bisher: Kessel vor 1978)
- Selbstgenutzte Ein- und Zweifamilienhäuser sind von der Pflicht ausgenommen

2. Vorgaben für Energieausweise

- Angabepflicht energetischer Kennwerte (z.B. Energieeffizienzklasse A+ bis H) in Immobilienanzeigen bei Verkauf / Vermietung (nur für neue Energieausweise)
- Energieausweis muss an den Käufer oder neuen Mieter ausgehändigt werden
- Aushangpflicht in Gebäuden mit starkem Publikumsverkehr (z.B.: größere Läden, Hotels, Kaufhäuser, Restaurants oder Banken)



3. Stärkung des Vollzugs der EnEV

- Einführung unabhängiger Stichprobenkontrollen



Feuchtigkeit im 4-Personen-EnEV-Haushalt

Atmung, Verdunstung:	4 - 5 Liter/Tag
Wäsche waschen/trocknen:	1 - 3 Liter/Tag
Hausputz:	1 - 3 Liter/Tag
Pflanzen gießen:	1 - 2 Liter/Tag
Kochen:	1 - 3 Liter/Tag
Duschen/Baden:	2 - 4 Liter/Tag
Gesamt:	10 - 20 Liter/Tag



Über die Notwendigkeit von Lüftung:

Bundesweite Untersuchung von 2003 (Uni Jena / TU Dresden) belegt:

Erhöhtes Schadensrisiko ohne Lüftungsanlage!

Ergebnisse:

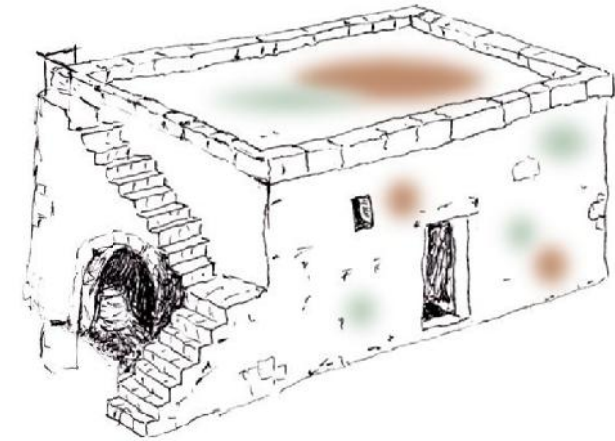
- ▶ Sichtbare (!) **Feuchteschäden in 22% aller untersuchten Wohnungen**
Ursache: unzureichende Lüftung
- ▶ In feuchten Wohnungen deutlich höhere Anfälligkeit der Bewohner für **Erkältungskrankheiten, Asthma und Allergien**, außerdem Geruchsbelästigung und Schadstoffbelastung durch Schimmelsporen
- ▶ **Bei richtig ausgelegten Lüftungsanlagen deutlich weniger Feuchteschäden** als bei manueller Fensterlüftung



Schimmel zur Zeit des alten Testaments

3. Mose 14, 33-45: „Aussatz an Häusern“

„...Der HERR sagte zu Mose und Aaron: "Wenn ihr in das Land Kanaan kommt, das ich euch zum Besitz gebe, und ich ein Aussatzmal an ein Haus eures Landbesitzes kommen lasse, dann muss der Besitzer des Hauses zum Priester gehen und melden: '**An meinem Haus zeigt sich etwas wie ein Aussatzmal.**' Der Priester muss das Haus ausräumen lassen, bevor er hineingeht, um das Mal zu untersuchen, damit nicht alles unrein wird, was sich im Haus befindet. ...



Stellt er fest, dass **an den Wänden grünliche oder rötliche Flecken** sind, die tiefer erscheinen als die übrige Wand, dann soll er hinausgehen und das Haus für sieben Tage versperren. Am siebten Tag soll der Priester wiederkommen und das Haus untersuchen. Wenn sich das Mal an den Wänden des Hauses ausgebreitet hat, soll er **die befallenen Steine herausbrechen** ... Dann muss **das Haus innen vollständig abgekratzt** werden. **Dann soll man andere Steine anstelle der alten einsetzen und das Haus neu verputzen.**



Wenn das Mal dann aber von neuem erscheint, ist es ein bössartiger Aussatz am Haus. Es ist unrein und muss niedergerissen werden. ...“

Der Lüftungs-„Spagat“: zu wenig oder zu viel Lüftung?



Gefahr:
Schimmel-Risiko
Ursache:
zu wenig Lüftung!



„dichte“ Bauweise



Gefahr:
Hoher Energieverlust
Ursache:
zu viel (Fenster-)Lüftung!



Ziel:
Richtig Lüften &
Heizen bei dichter
Bauweise



KWL= kontrollierte Wohnraumlüftung

Wie richtig Lüften? ➡ Lüftungskonzept nach DIN 1946-6!

Was ist ein Lüftungskonzept?

...die **Aufstellung aller Maßnahmen**, wie der gesetzlich geforderte **Mindestluftwechsel** bei gleichzeitig luftdichter Bauweise **sichergestellt** wird. Ein Lüftungskonzept muss die **gesamte Nutzungseinheit** berücksichtigen.

Wozu dient ein Lüftungskonzept?

...zur **Auswahl und Festlegung eines Lüftungssystems** für ein Gebäude, um die notwendigen lüftungstechnischen Maßnahmen umzusetzen.

Wann wird ein Lüftungskonzept benötigt?

...bei **neu zu errichtenden oder zu sanierenden** Gebäuden.

Es gilt: Für Neubauten immer...

In der Sanierung immer, wenn...

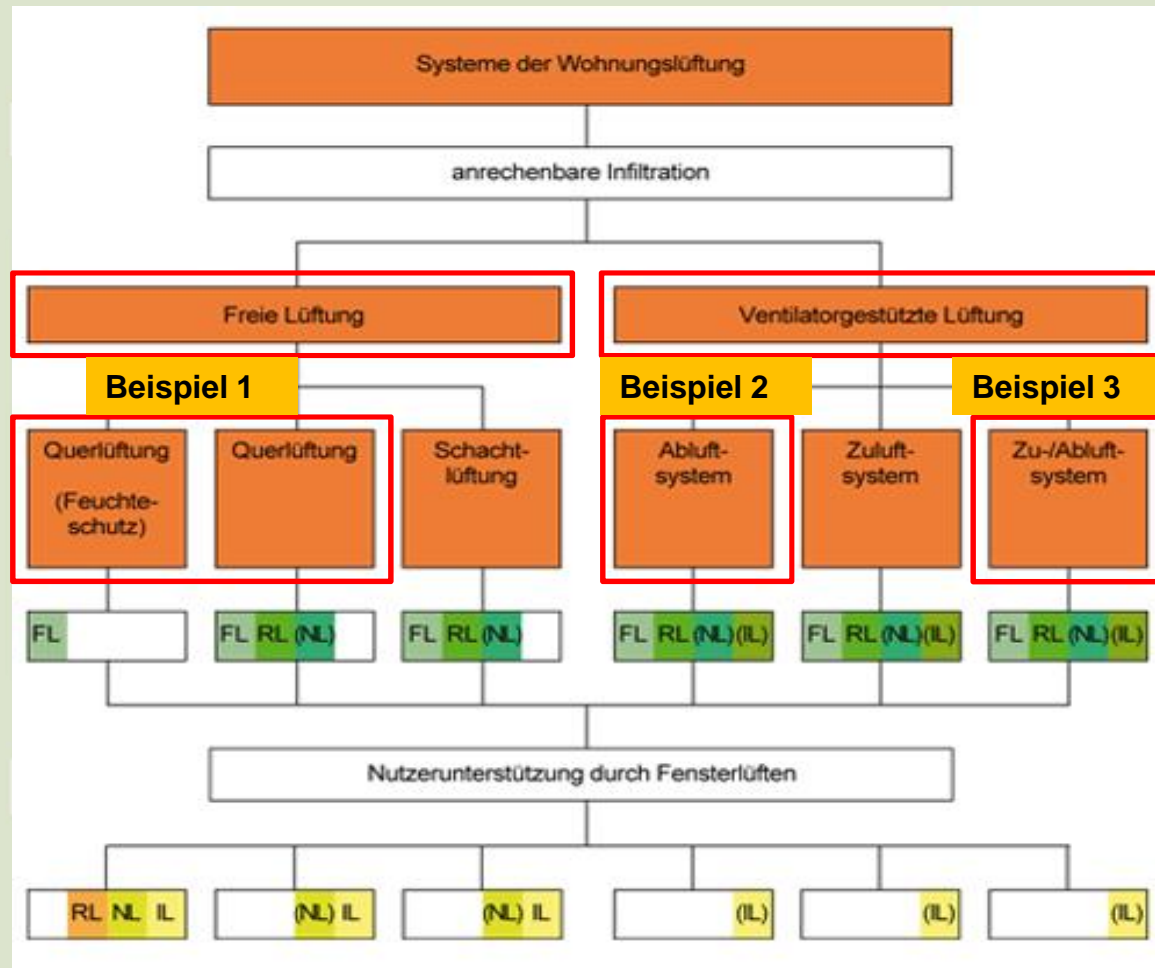
- mehr als 1/3 der Fenster ausgetauscht werden (EFH / MFH) und
- im EFH mehr als 1/3 der Dachfläche abgedichtet wird

Wer erstellt ein Lüftungskonzept?

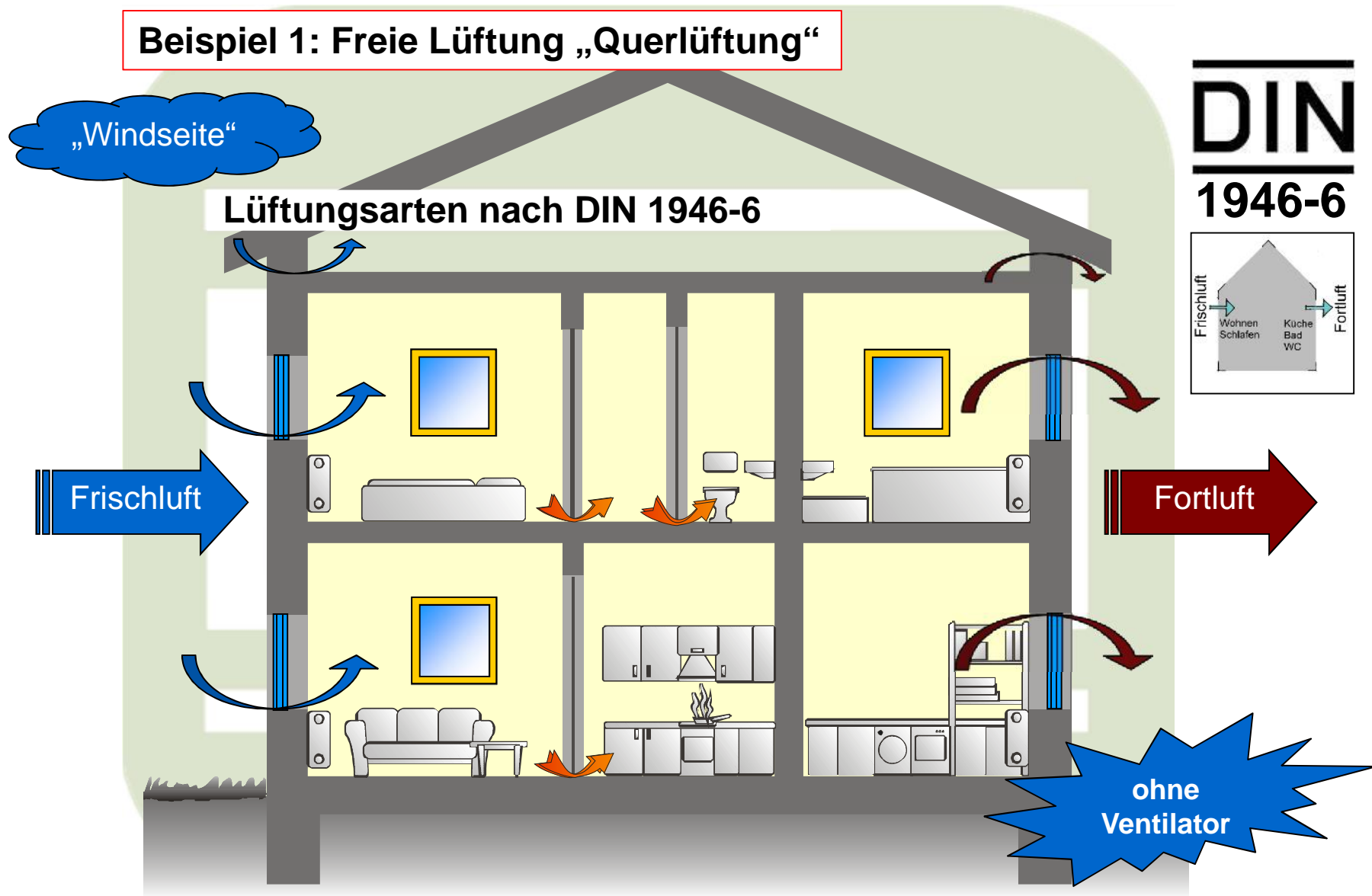
...Fachmann/-frau, also entweder **Architekten, Planer oder auch die ausführenden Firma** jeweils in Zusammenarbeit **mit dem Bauherrn**.

Lüftungsarten nach DIN 1946-6

DIN
1946-6



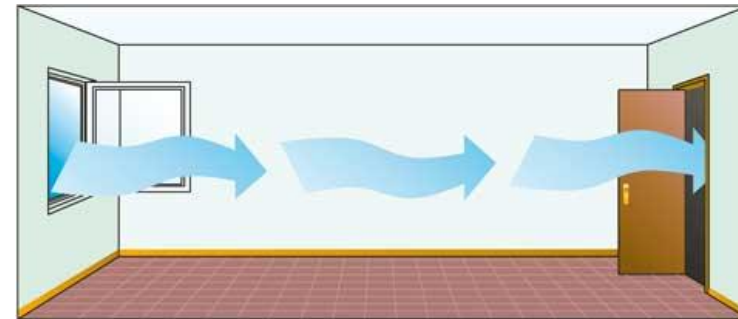
Beispiel 1: Freie Lüftung „Querlüftung“



Lüftungskonzept?

Empfehlung des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft und Technik

Dezember Januar Februar	➤ 4 bis 6 min
März November	➤ 8 bis 10 min
April Oktober	➤ 12 bis 15 min
Mai September	➤ 16 bis 20 min
Juni Juli August	➤ 25 bis 30 min



Empfohlene Lüftungsdauer für
„Querlüften“ je nach Jahreszeit
bzw. Außentemperatur

Quelle: Hessisches Ministerium für Wirtschaft und Technik (Hrsg.):
Energiesparinformationen (8) Lüftung im Wohngebäude

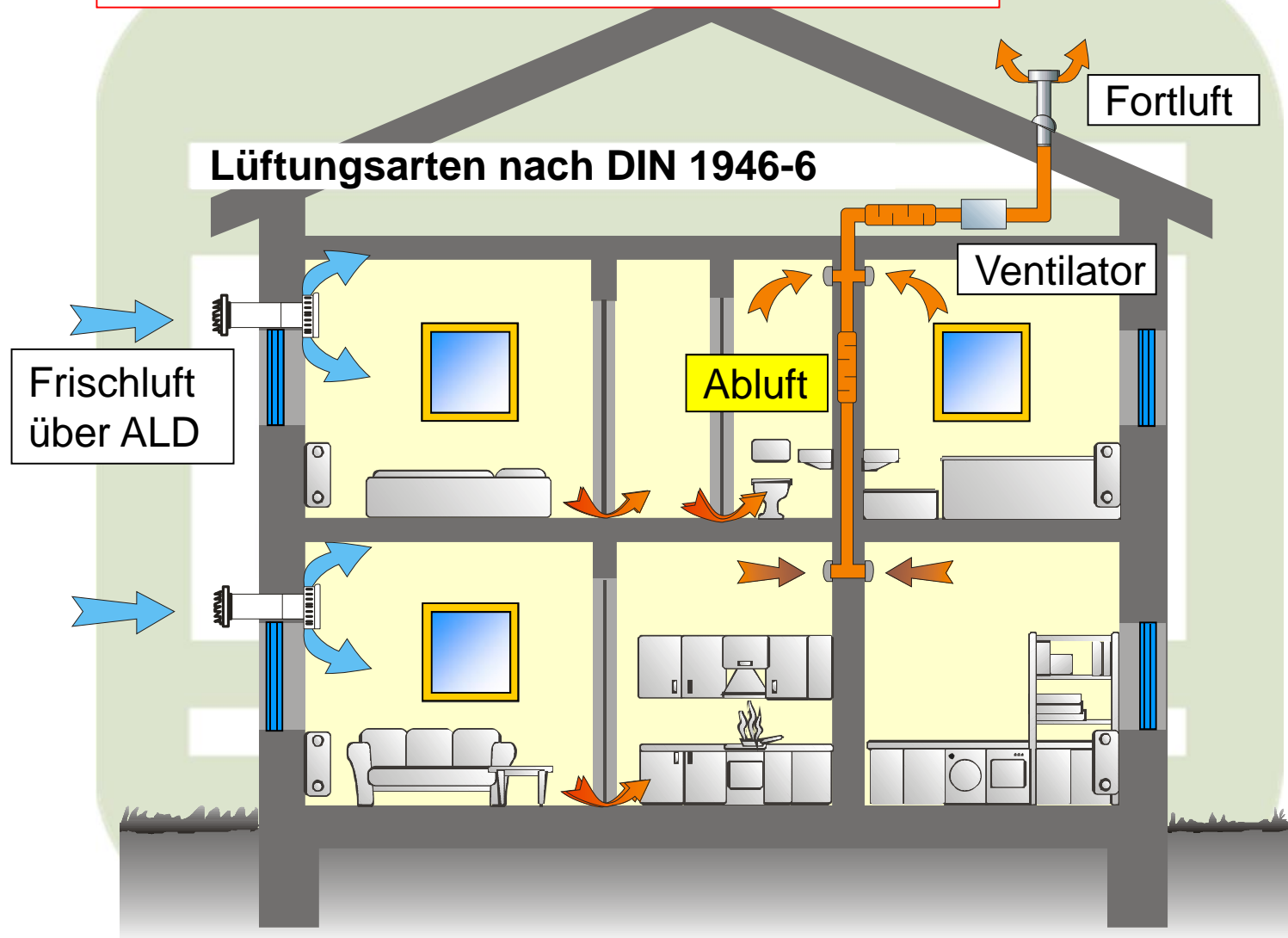
Nachteile der freien (Fenster-)lüftung



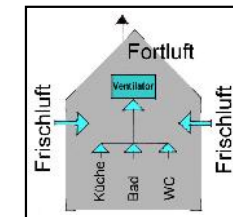
- **Unkontrolliertes Lüften**
(schlechter Raumluftqualität oder Energieverschwendung)
- **Keine Wärmerückgewinnung**
- **Kondensat:** in der Heizperiode feuchte Wände nach längerem Lüften
- **Nutzerverhalten aufwändig** und nicht praktikabel (z.B. 10 Minuten Querlüften mehrmals am Tag)

Fazit: freie Lüftung ist weder energieeffizient noch komfortabel!

Beispiel 2: Ventilatorlüftung „Abluftsystem“



DIN
1946-6



Zentraler Abluftventilator – Bsp. Sanierung EFH

Vorteile:

- ✓ **Kontrolliertes Lüften** (Lüfterstufen nach Bedarf)
- ✓ **Nutzerverhalten praktikabel** (automatisierte Lüftung)
- ✓ **(Kosten- und Installations-) Günstige Lüftungslösung**



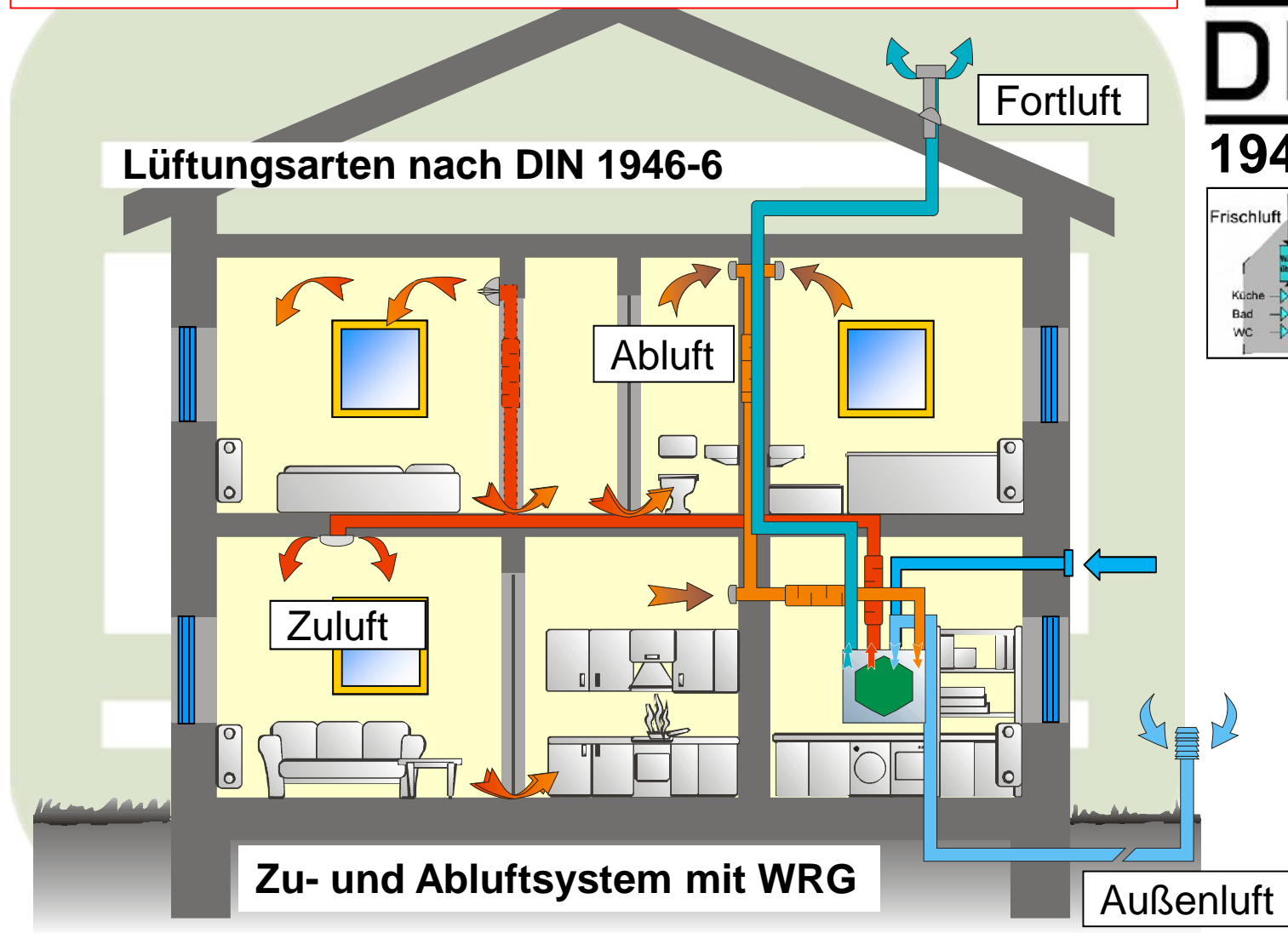
Aber:

- **Keine Wärmerückgewinnung**
- **wenig Komfortabel** (kühle Außenluft im Winter)

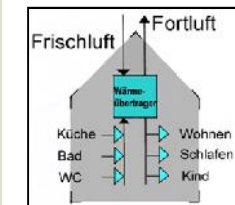


Fazit: Abluft-Lüftung ist nicht energieeffizient und bietet nicht den optimalen Wohnkomfort!

Beispiel 3: Ventilatorlüftung „Zu- und Abluftsystem WRG“



DIN
1946-6



Zentrales Lüftungsgerät mit WRG* (heutzutage oft bereits > 90% WRG)



Funktionsschema Lüftungssystem mit WRG im EFH-Haus

* WRG = Wärme-Rückgewinnung

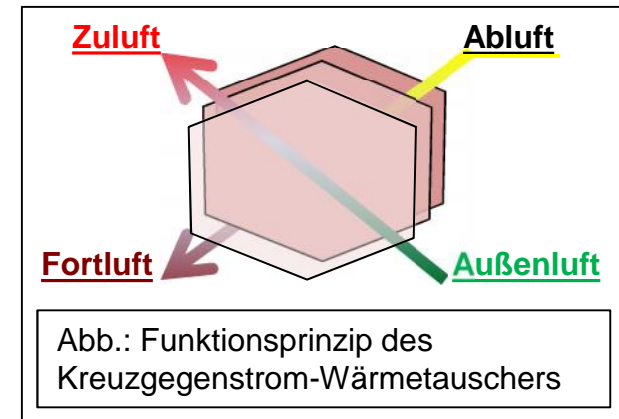
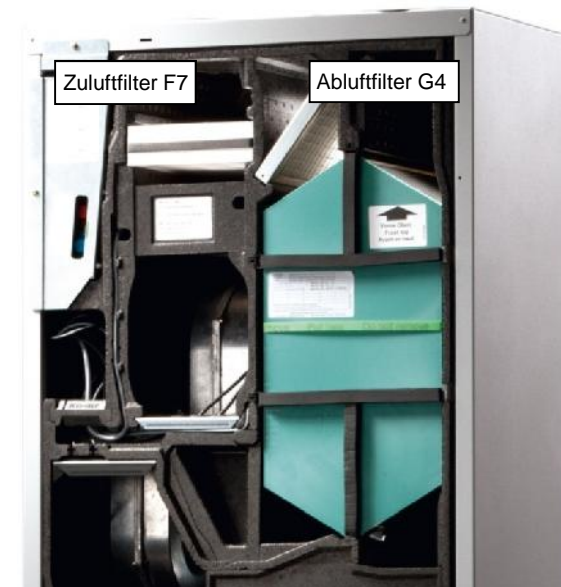
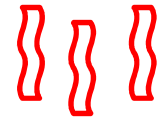


Abb.: Funktionsprinzip des
Kreuzgegenstrom-Wärmetauschers



Das „Herz“ eines zentralen Lüftungsgerätes:
Der Kreuzgegenstrom-Wärmetauscher

Prinzip eines Wärmetauschers



Die **warme Luft außen**
trifft auf die **kalte Glaswand**
und kühlt ab.

Dabei bildet sich Kondensat
an der Flaschenwand.

Die **eiskalte Cola innen**
wird nach und nach
erwärmt.

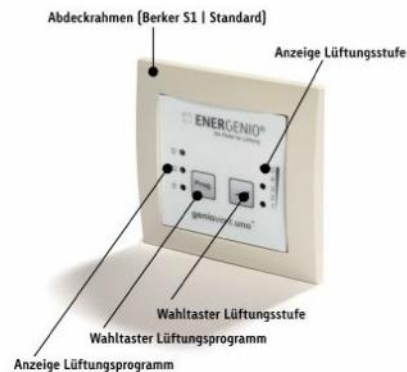
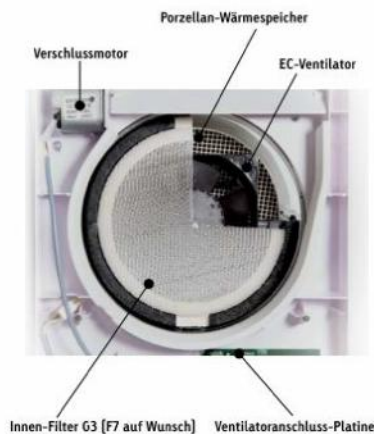
Dezentrales Lüftungsgerät mit WRG

PushPull-Lösung



Vorteile

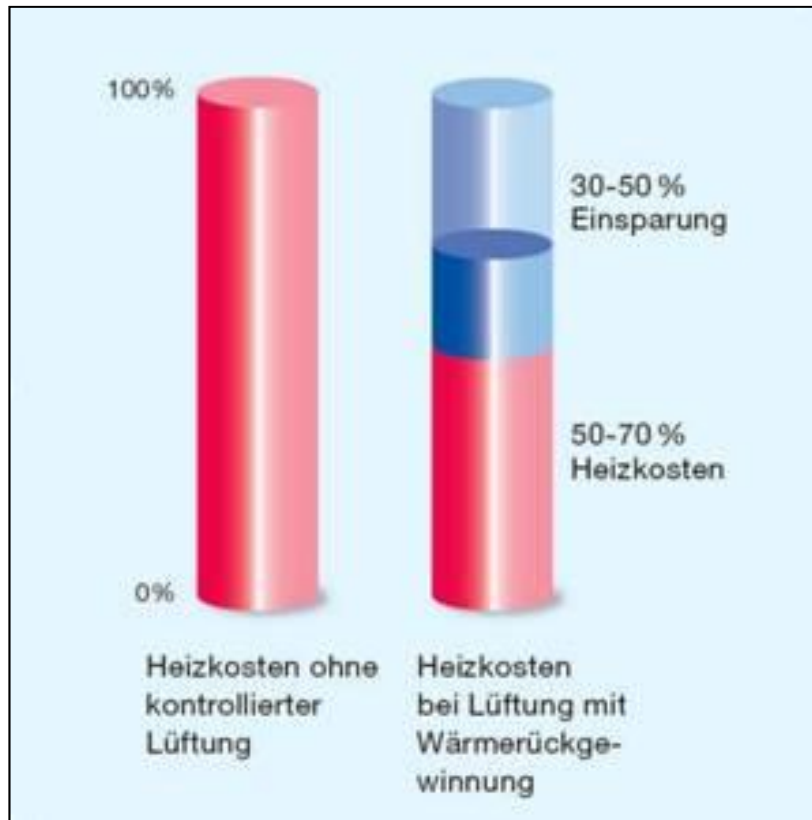
- ▶ Einfacher Einbau
- ▶ Hoher Wirkungsgrad bis 90%
- ▶ **geniovent.uno^{plus}** Kapazität bis zu 60 m³/h für Wohnräume
- ▶ EC-Motortechnologie mit geringem Stromverbrauch
- ▶ Einfache und platzsparende Montage in der Wand
- ▶ Elegantes, formschönes und einfaches Design
- ▶ Durch Wärmetauscher Feuchteregulierung im Raum
- ▶ 100% bedarfsgerechte Steuerung - 5 Stufen-Regelung integriert



Technische Daten

geniovent.uno	Luftmenge [m ³ /h]	Leistung [W]	Schallpegel [dB (A)]
Stufe 1 (minimal)	20	2	18 - 42
Stufe 2	30	2,4	
Stufe 3	40	2,9	
Stufe 4	50	3,7	
Stufe 5 (maximal)	60	4,8	

Dichte Bauweise in Verbindung mit einer KWL-Anlage mit WRG hilft, bis zu 40% Heizkosten einzusparen



„Der Wärmeenergiebedarf eines Gebäudes wird in erster Linie beeinflusst durch die Dämmung der Außenwände und über die Lüftungswärmeverluste...

Diese Verluste können durch den Einsatz einer Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung erheblich reduziert werden.

Im Vergleich zum freien «händischen» Lüften ergibt sich dadurch je nach Gebäudeart eine Heizkostensparnis von bis zu 40%!“*

*Quelle: Dr. Lothar Breidenbach, Technischer Leiter des BDH (Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.)



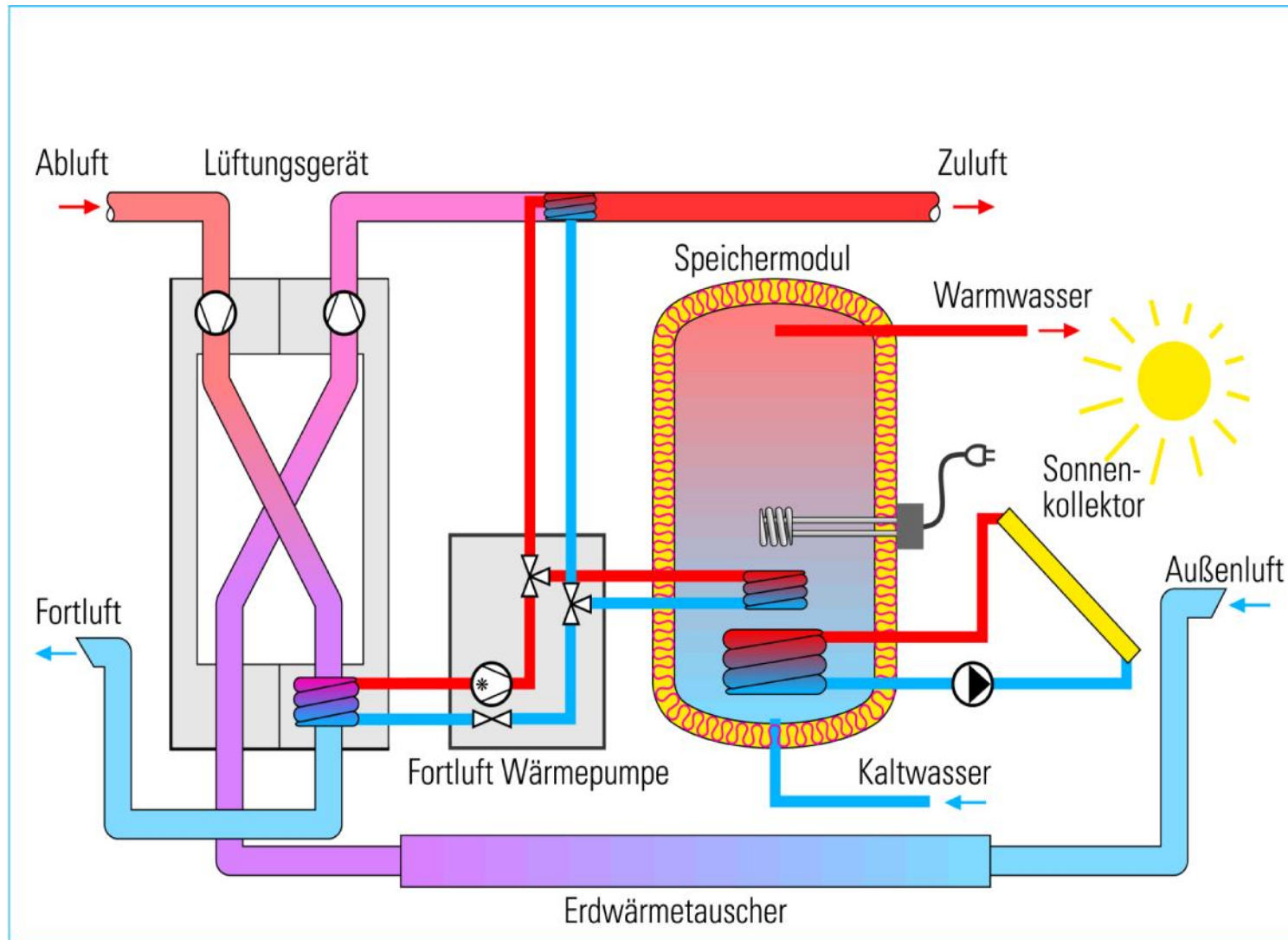
Die Zukunft im Hausbau – z.B. Passivhausstandard



Kompakttagregat:
Wärme- & Lüftungssystem in einem



Prinzip des Wärme- & Lüftungssystems



Leistungsbilanz im Auslegefall: Wärmeverluste und Deckung

Verluste im Raum:

Transmission: $q'_T = H_T' * dT_{\text{Ausleg}}$

Infiltration:

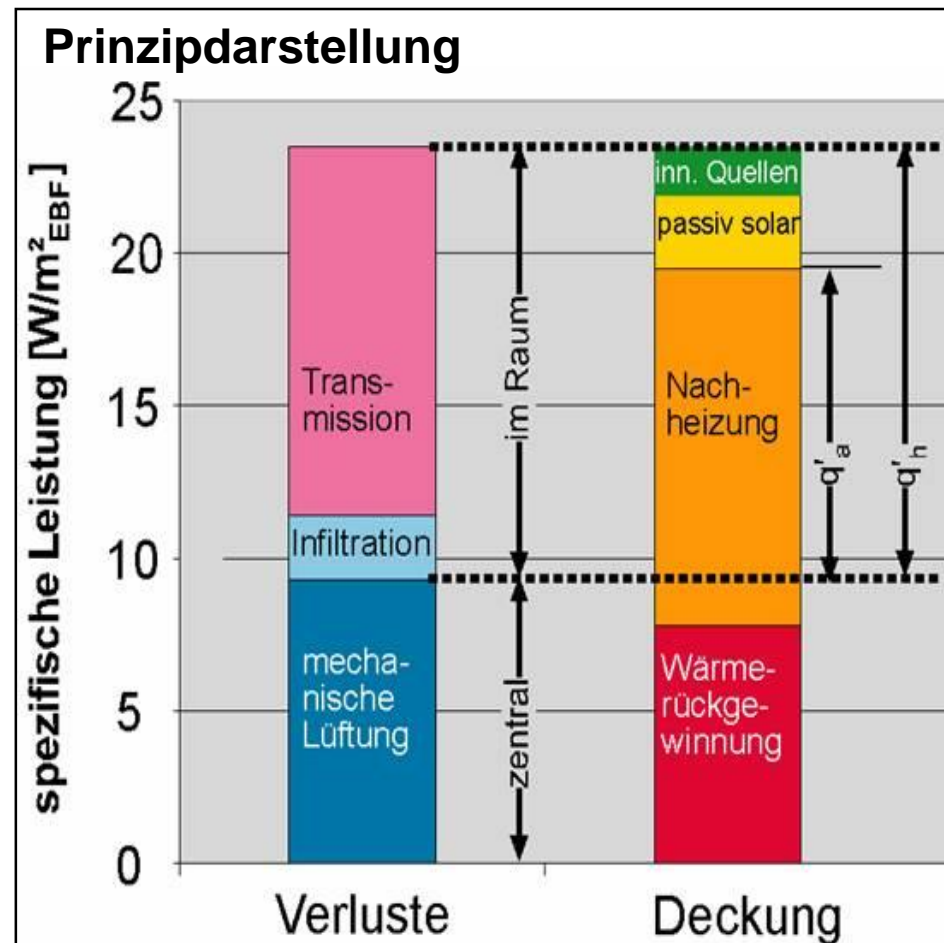
$$q'_{\text{inf}} = 2,5 * c_{\text{spez}} * n_{50} * e * dT_{\text{Ausleg}}$$

Gewinne im Raum:

Innere Last
Solarbeitrag

Leistung Frischluftheizung:

$$q'_a = V'_a * c_{\text{spez, Luft}} * (T_{\text{max}} - T_{\text{Raum}})$$



Quelle: M.Laidig / eBök Tübingen

Beispiel-Auslegung: Heizlast und Deckung

	Bezeichnung	Grundfläche [m²]	Raumvolumen [m³]	Abluft [m³/h]	Zuluft [m³/h]	Heizlast [W]	Heizlast spezifisch (W/m²)	Zuluft hinter Heizregister [°C]	Auslegungstemperatur Raum [°C]	Zuluft in Raum [°C]	Heizleistung Zuluft [W]	Wärme-gewinn durch Kanal [W]	zusätzliche Raumheizfläche [W]	Heizleistung Zuluft+Kanal [W]	Wärme-bilanz	Bemerkung
EG	WC	1,70	4	25		21	12		20		-			-	-21	
EG	Technik	2,60	7			13	5		20		-	90		90	77	
EG	Flur/Diele	8,70	22			109	13		20		-	160		160	51	
EG	Büro	8,60	22		20	86	10	50	20	37	119			119	33	
EG	Wohnen/Kochen	38,00	95	45	40	395	10	50	20	36	224		800	1.024	629	Raumheizfläche
OG	Bad	5,40	14	45		56	10		24		-		500	500	444	Raumheizfläche
OG	Abst.	2,10	5	25		19	9		20		-	60		60	41	
OG	Hobby	7,50	19		15	76	10	50	20	36	84			84	8	
OG	Eltern	14,40	36		35	165	11	50	20	38	221			221	56	
OG	Kind 2	10,00	25		15	112	11	50	20	40	105			105	-7	
OG	Kind 1	14,00	35		15	121	9	50	20	41	110			110	-11	
OG	Flur	6,80	17			70	10		20		-	150		150	80	
gesamt		119,8		140	140	1243					863	460	1300	2.623	1.380	

Auslegung basiert auf: vorliegende Energiekennwertberechnung PHPP Q= 15 kWh/m²a

Einhaltung des Passivhausstandards, Dichtheit der Gebäudehülle: 0,6

Bemerkungen: In Nebenräumen wie Flur, WC, Treppenhaus kann die Raumtemperatur zeitweise 20°C unterschreiten

In Bad und Wohnzimmer sind zusätzliche Heizflächen erforderlich, angegebene Mindestheizleistung mit Reserve für Aufheizung

↑ ↑
In diesem Beispiel:
Leistungsreserven

Quelle: M.Laidig / eBök Tübingen

Wärme- und Lüftungssystem

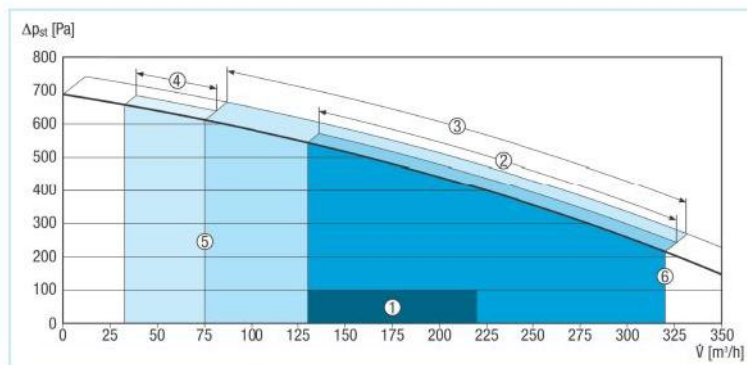
Auslegungsbereich: 120 - 210m³/h



WRG_{eff}: 80 % PHI

Elektroeffizienz: 0,28 Wh/m³

Schall: 48 dB(A) bei Maximalleistung 227m³/h



Zertifikat

Zertifizierte Passivhaus Komponente
Für kühl-gemäßigtes Klima, gültig bis 31.12.2013

Passivhaus Institut
Dr. Wolfgang Feist
64283 Darmstadt
GERMANY



Kategorie: **Wärmepumpen Kompaktgerät**
Hersteller: **AEREX HaustechnikSysteme GmbH**
78056 Villingen-Schwenningen GERMANY
Produktname: **AEREX PHK 180 mit AEREX PHS 300**

Die Einhaltung folgender Kriterien wurden geprüft (Grenzwerte):

Passivhaus Behaglichkeitskriterium: $\theta_{Zulft} \geq 16,5^\circ\text{C}$
Wärmebereitstellungsgrad Lüftung: $\eta_{WRG,eff} \geq 75\%$
Elektroeffizienz Lüftung: $P_{el} \leq 0,45 \text{ Wh/m}^3$
Luftdichtheit (intern/extern): $V_{Leckage} \leq 3\%$
Gesamtprimärenergiebedarf (**): $PE_{gesamt} \leq 55 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
Abgleich und Regelbarkeit (*)
Luftfilter (*)
Frostschutzstrategie (*)
Schallschutz (*)

Messwerte zum Ansatz im PHPP
Einsatzbereich 130 bis 220 m³/h

Heizung

	Prüfpunkt 1	Prüfpunkt 2	Prüfpunkt 3	Prüfpunkt 4	
Außenlufttemperatur	T_{amb}	0	2	7	°C
Thermische Leistung Wärmepumpe	$P_{WP,Heiz}$	1.37	1.48	1.73	kW
Arbeitszahl WP	COP_{Heiz}	2.85	3.02	3.31	-
Maximale Zulufttemperatur der WP im Heizlastfall, s. Anlage	41				°C

Warmwasser

	Prüfpunkt 1	Prüfpunkt 2	Prüfpunkt 3	Prüfpunkt 4		
Außenlufttemperatur	T_{amb}	0	2	7	20	°C
Thermische Leistung Speicheraufheizung	$P_{Ww, Aufheiz}$	1.12	1.21	1.41	1.54	kW
Thermische Leistung Speichernachladung	$P_{Ww, Nachlad}$	1.10	1.02	1.17	1.27	kW
Arbeitszahl Speicheraufheizung	$COP_{Ww, Aufheiz}$	2.81	2.96	3.25	3.20	-
Arbeitszahl Speichernachladung	$COP_{Ww, Nachlad}$	2.58	2.42	2.63	2.45	-
Mittlere Speichertemperatur	AEREX PHS 300 36.5				°C	
Spezifische Speicherverluste	AEREX PHS 300 1.75				W/K	
Fortluftbeimischung (falls vorhanden)	-				m ³ /h	

(*) Detaillierte Beschreibung der Kriterien und Kennwerte siehe Anlage.
(**) Heizung, Warmwasser, Lüftung, Hilfsstrom im Referenzgebäude, siehe Anlage.

www.passiv.de

0509ch03

Effektiver Wärmebereitstellungsgrad
 $\eta_{WRG,eff} = 80\%$

Elektroeffizienz
0.28 Wh/m³

Luftdichtheit
 $V_{leak, intern} = 0.7\%$
 $V_{leak, extern} = 1.1\%$

Frostschutz
bis 0°C (*)

Primärenergiebedarf
gesamt (**)
47 kWh/(m²a)



Energieverbrauch Orientierungsbeispiel

Stromverbrauch für
Heizen, Lüften und Warmwasser:
durchschnittlich ca. 15 KWh/m²a.
(bitte nicht verwechseln mit dem PHI-
Grenzwert des Heizwärmebedarfs).



Orientierungsbeispiel Jahresverbrauch Kompaktaggregat (PHK 180)

EBF (Energiebezugsfläche = Fläche, die in dem PHPP steht) x Stromverbrauch PHK 180 (pro m²a)

Beispiel - kleines Passivhaus 140m²:

140 m² (EBF) x 15 KWh/m²a = 2100 KWh/a x 0,28 Euro (Annahme) = **588,00 Euro.**

>> das entspricht ca. 49,- €/Monat für Heizen, Lüften und Warmwasser!!!

Automatisierte Steuerung über...



➤ **CO2-Sensor SKD**

- steuert die Ventilatoren in Abhängigkeit der CO₂-Konzentration

oder



➤ **Hygrostat FS-T4**

- steuert die Ventilatoren in Abhängigkeit der Feuchtigkeit

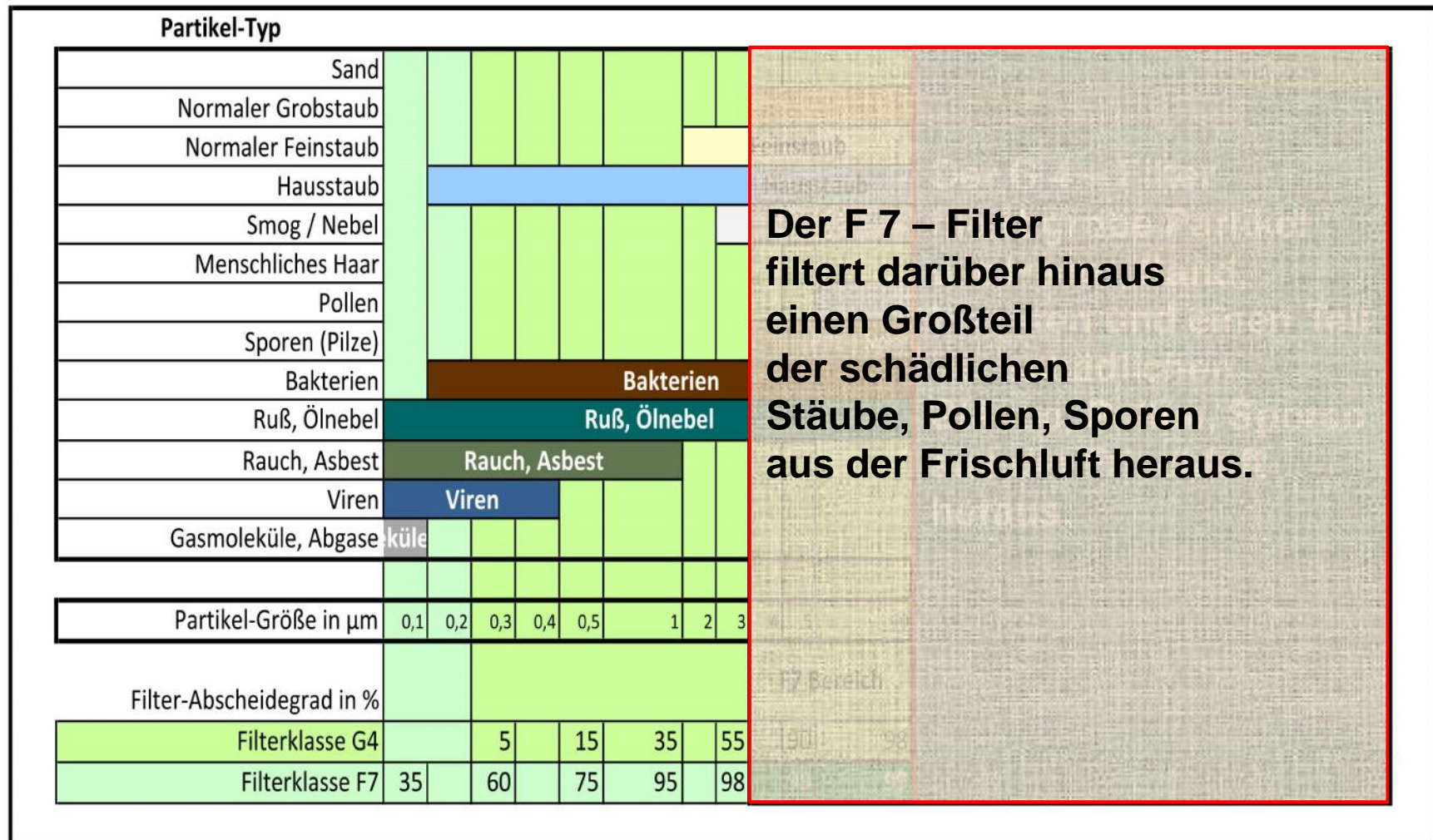
oder



➤ **Luftqualitäts-Fühler EAQ 10/2**

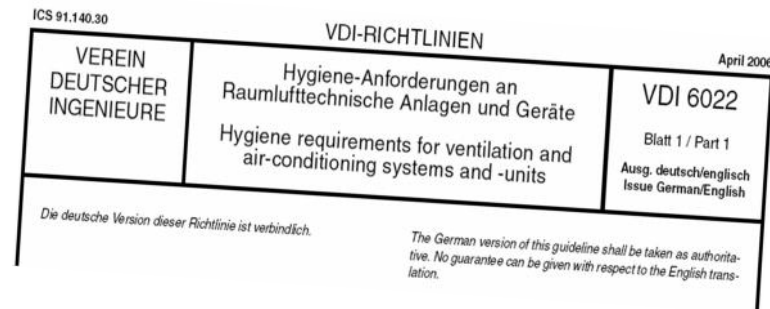
- steuert die Ventilatoren in Abhängigkeit der Luftqualität

Allergien



Luftfilterung: Ideale Wirkung durch Kaskaden-Filterung

Hygiene und Reinigung (VDI-Richtlinie 6022)



Gilt für alle RLT-Anlagen die Räume versorgen, in denen sich an mehr als 30 Tage/Jahr oder länger als 2 Std/Tag Personen aufhalten.

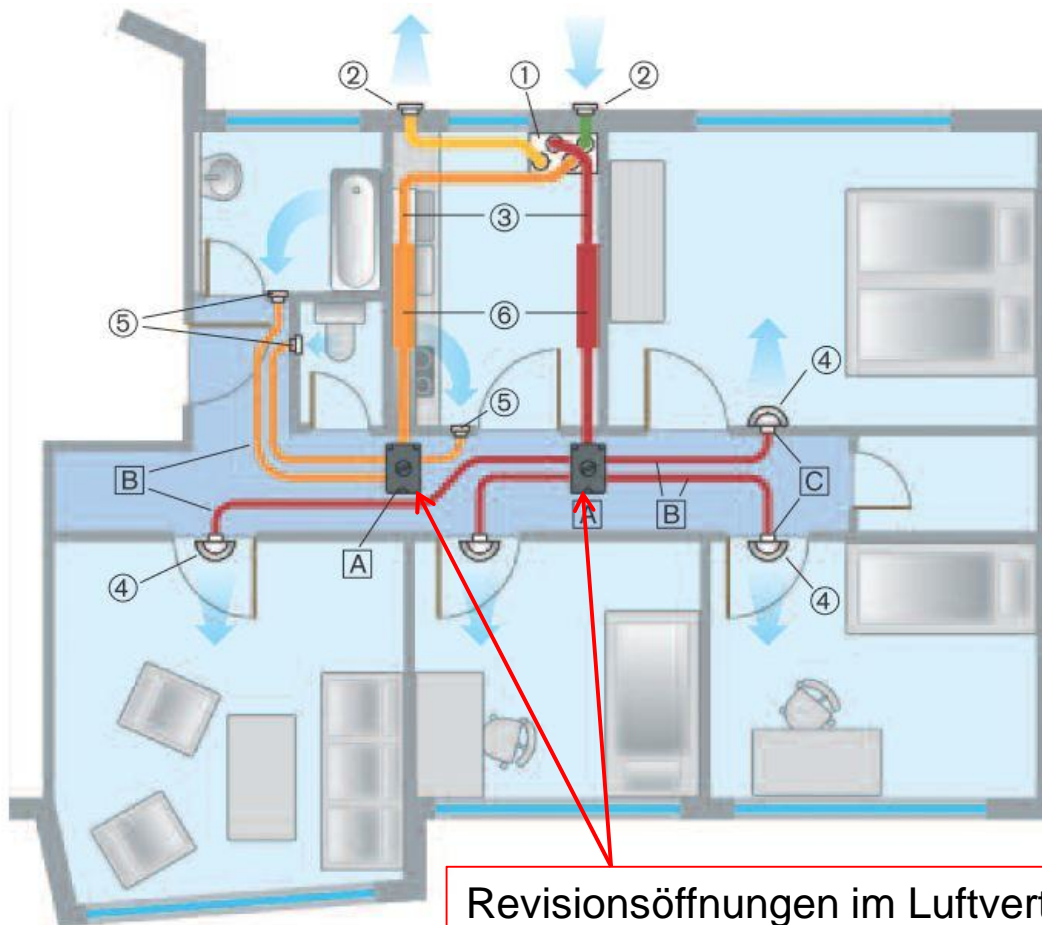
Pflicht:

Möglichkeit zur

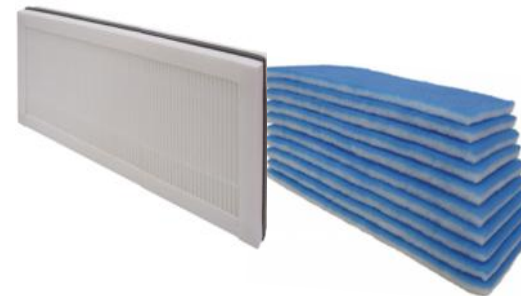
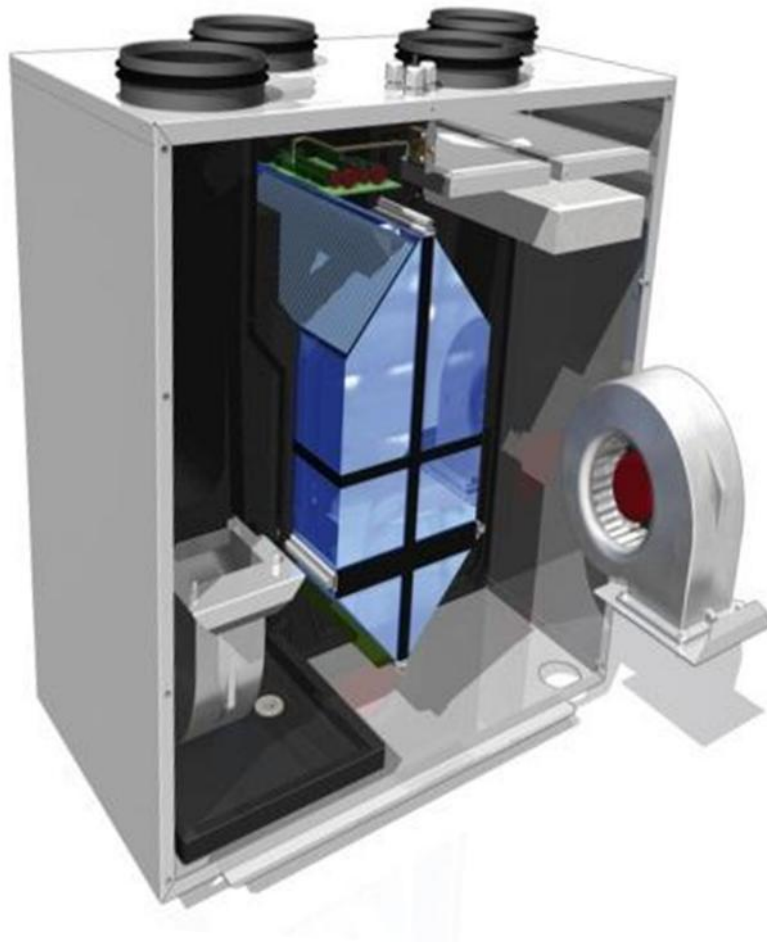
- Inspektion (Revisionsöffnungen)
- Reinigung / Desinfektion

Wartung, Hygiene Luftleitungen

Wichtig: ein schlüssiges Reinigungskonzept mit **Revisionsöffnungen** im System



Wartung, Hygiene Lüftungsgerät



➤ 1/2-jährlich

- F
- F

➤ Jährlich

- G
- R
- R



Auf
geht's!

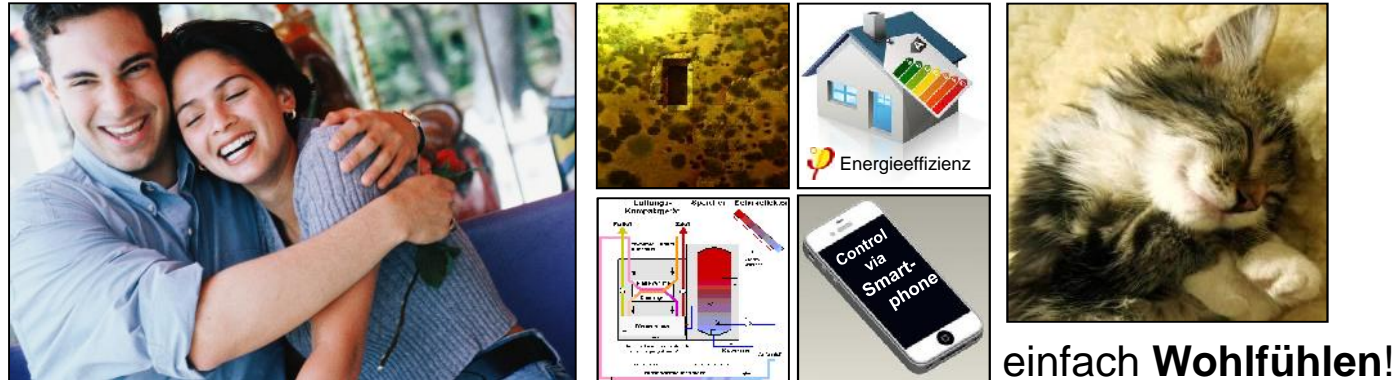
ant.

darf:

n,

cher


Anforderungen an ein effizientes Lüftungssystem:



Energieeinsparung - Reduzierung des Wärmeenergiebedarfs (**lt. EnEV**)

Komfort und Gesundheit - Ständiger Luftaustausch – verbrauchte Luft wird abgeführt, frische und saubere Luft strömt nach (= **Wohnkomfort!**)

Bauschadensvermeidung - Hinausführen von Feuchtigkeit, Verhinderung von Schimmelbildung und Stockflecken (= **Kosteneinsparung!**)

Erfüllung spezifischer Passivhaus-Anforderungen,
z.B. hoher Wärmebereitstellungsgrad und hohe Elektroeffizienz 

innovative Steuertechnik (z.B. BUS-fähig, bzw. mit Smartphone ansteuerbar)



**„Luft ist ein Lebensmittel
und genauso wichtig
wie Wasser“**

**Deshalb darf
„Energie sparen“
nicht
„Qualität sparen“
bedeuten!**





Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Gerne stehe ich für Fragen zur Verfügung.