

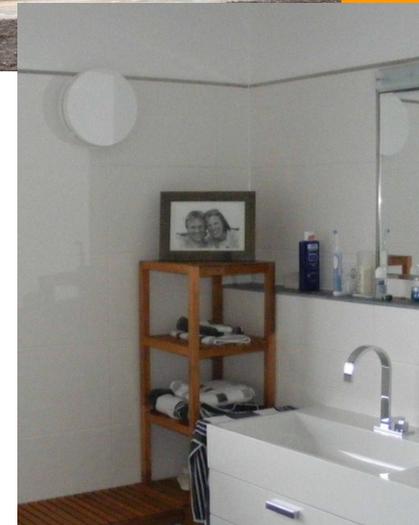
Fachforum Bauzentrum München
Mechanische Belüftung von (Wohn-)
Gebäuden: wesentl. Anlagentypen, Praxis-
Tipps, Qualitätskriterien und -Sicherung
dezentrale Lüftungssysteme (mit WRG) –
die wesentlichen Unterscheidungsmerkmale

Dipl.-Ing. (FH) Versorgungstechnik Reinhart Fuchs



kontrollierte Wohnungslüftung (kWL)

Schwerpunkt: dezentrale kWL



Dipl.-Ing. (FH) Versorgungstechnik Reinhart Fuchs



Fachforum Bauzentrum München 27.07.2011:
Mechanische Lüftung von Wohngebäuden, Vortrag 3:

Dezentrale Lüftungssysteme

Wesentliche Unterscheidungsmerkmale dezentraler
Wohnungslüftung im Neubau und Bestand

Kurzer Überblick

- Übersicht Bauarten mit-ohne WRG, dezentral-zentral
- Hauptbauarten + Funktionsprinzipien dezentraler Wohnungslüftung
- Unterscheidungs-Kriterien für dezentrale Außenwand-Lüfter
- Technischen Regeln hinsichtlich dezentraler Wohnungslüftung

Praktische Umsetzung

- Ausführungsarten dezentraler kWL, Bauformen, Details, Praxis, Hersteller, Ausführung (Neubau und Nachrüstung)
- Wirtschaftlichkeit dezentraler Systeme – Kosten
- stufenweiser Ausbau: Vorrüstungs-Bauarten und -Beispiele
- Zusammenfassung



LüftungFuchs und LüftungFuchs-Montage

Kompetenz in Wohnungslüftung

- **Beraten:** System-offen und Hersteller-unabhängig rund um das Thema Wohnungslüftung und zu konkreten Bauvorhaben; dezentrale + zentrale Lüftung
- **Planen:** das passende Lüftungskonzept und -system für jedes Objekt
- **Realisieren:** Umsetzung Lüftungskonzept, Verkauf (und Montage) Komponenten und Systeme, Ausführungs- und Inbetriebnahme-begleitung, Qualitäts-Abnahme

- **LüftungFuchs** - Inh. Beate Fuchs
Ingeborgstr. 64 - 81825 München
Tel. 089 4536 4712, Fax: 089 4536 4711
Mobil: 0171 71 71 553
Email: info@lueftungsfuchs.de
Web: www.lueftungsfuchs.de

- **LüftungFuchs - Montage**
Dipl.-Ing. (FH) Reinhart Fuchs
Ingeborgstr. 64 - 81825 München
Tel. 089 4536 4712, Fax: 089 4536 4711
Mobil: 0171 71 14 920
Email: R.Fuchs@lueftungsfuchs.de



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. (FH) Reinhart Fuchs
Versorgungstechnik/Techn. Gebäudeausrüstung + kWL
Beraten – Planen – Realisieren – Optimieren – Begutachten
Tel. 089 439 888 61 / Fax: 089 4536 4711 / Mobil: 0171 71 14 920
Email: R.Fuchs@fuchseck.de



LüftungFuchs und LüftungFuchs-Montage

Kompetenz in Wohnungslüftung

Firmierung

LüftungFuchs
(Inh. Beate Fuchs)

LüftungFuchs-Montage
(Inh. Dipl.-Ing. Reinhart Fuchs)

Ing.-Büro R. Fuchs
Versorg.Techn./TGA + kWL

Tätigkeit

**Beratung, Auslegung und Planung (de-)zentrale
Wohnungslüftung** (Gewerbliche und Endkunden)

**Beratung, Planung, Gutachten
kWL** (Gewerbl. +Priv. Kunden)

Ziel/Zweck

**Verkauf dezentrale + zentrale
kWL-Anlagen, Stützpunkt-Händler**

**Montage kWL-
Anlagen**

Fachautor
Wohnungslüftung

**TGA- Projekt-
leiter/-Planer**

Örtl. Beratung Großraum München
Planung + Verkauf in Bayern + bundesweit

Montage München



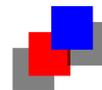
Ingenieurbüro Dipl.-Ing. (FH) Reinhart Fuchs

Versorgungstechnik/Techn. Gebäudeausrüstung + kWL

Beraten – Planen – Realisieren – Optimieren – Begutachten

Tel. 089 439 888 61 / Fax: 089 4536 4711 / Mobil: 0171 71 14 920

Email: R.Fuchs@fuchseck.de



LüftungFuchs und LüftungFuchs-Montage Kompetenz in Wohnungslüftung



Mitwirkung an einem Fachbuch
Wohnungslüftung vom WEKA-Verlag

- mit vielen Leitfäden, Mustern
- detaillierter Beschreibung der Systeme und Bauarten
- Behandlung Recht, Baubiologie ...
- Wirtschaftlichkeit im Zus.hang kWL
- Praxis- & Anwendungs-Kapitel
- Aktuelle Fortschreibungen durch Ergänzungslieferungen



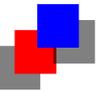
Ing.-Büro R. Fuchs
Versorg.Techn./TGA + kWL



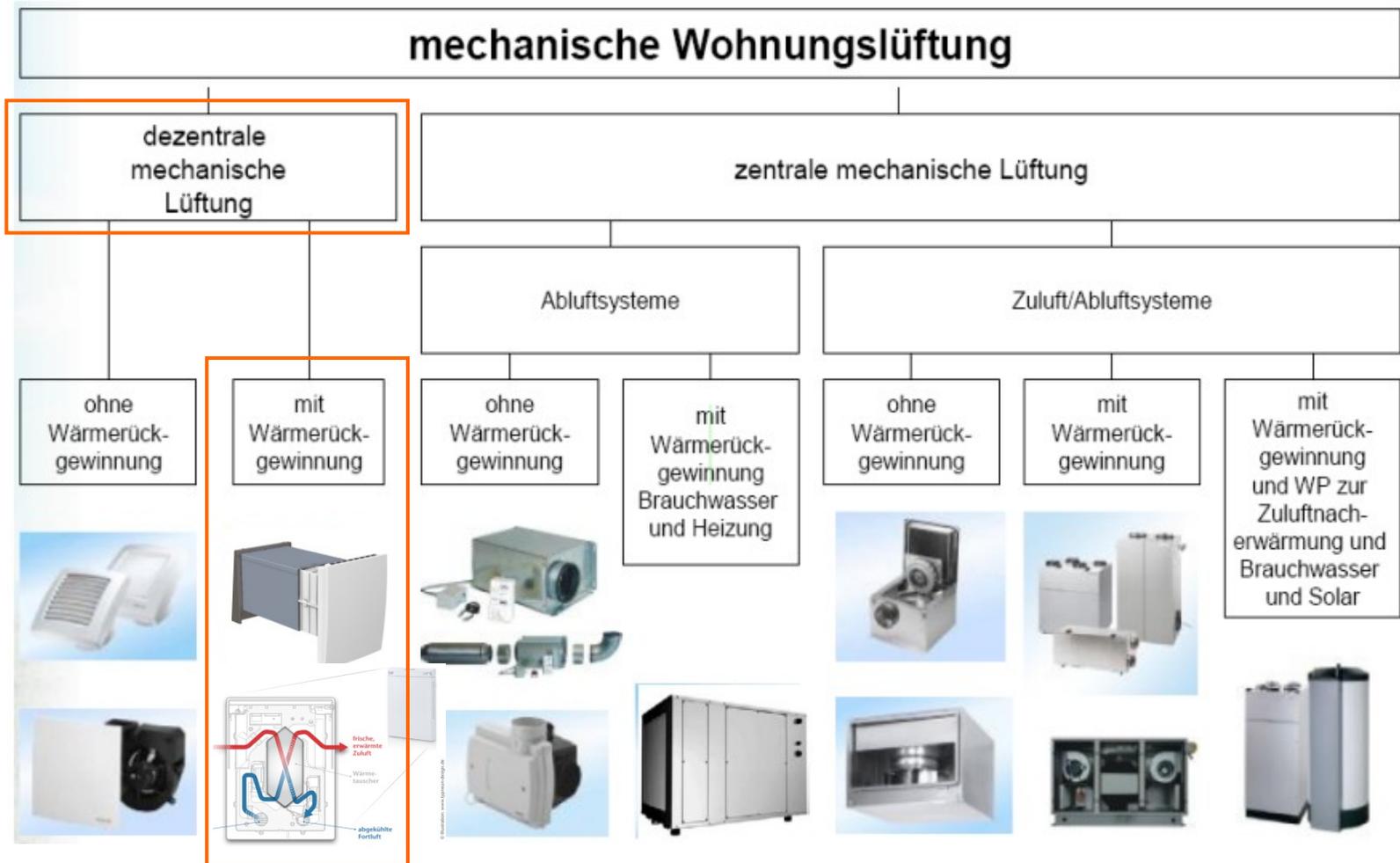
Fachautor
Wohnungslüftung



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. (FH) Reinhart Fuchs
Versorgungstechnik/Techn. Gebäudeausrüstung + kWL
Beraten – Planen – Realisieren – Optimieren – Begutachten
Tel. 089 439 888 61 / Fax: 089 4536 4711 / Mobil: 0171 71 14 920
Email: R.Fuchs@fuchseck.de



Systematik DIN 1946-6:2009-05



Spannungsfeld:

Energieeinsparung → Raumlufqualität

Raumlufqualität

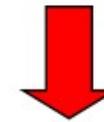
Erhaltung der
Raumlufqualität



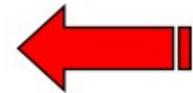
Geringer Luftwechsel
Hohe Luftfeuchtigkeit
Schlechtes Raumklima

Energieeinsparung

Verlust von Wärme
durch unkontrolliertes
Lüften/Undichtigkeiten



Abdichtung zur
Reduzierung des
Luftaustauschs



Quelle: Rechtsgutachten ,Verband für Wohnungslüftung'



Gesetzliche Grundlagen : EnEV 2009

Inkraft-Treten 01.10.2009

- EnEV 2009 fordert (erweitert gegenüber 2007):
- § 6 Dichtheit, Mindestluftwechsel:
- Umfassungsfläche dauerhaft luftundurchlässig **entsprechend dem Stand der Technik**
- Zu errichtende sind Gebäude so auszuführen, dass der zum Zwecke der Gesundheit u. Beheizung erforderliche Mindestluftwechsel sichergestellt ist
- Wird Dichtheit überprüft, so ist einzuhalten: DIN EN 13829:2001-02 ohne raumluftechnische Anlagen: max. 3,0 1/h, **jedoch mit raumluftechnische Anlagen** max. 1,5 1/h bei 50 Pa Druckdifferenz zwischen innen und Außen, **bezogen auf das beheizte und gekühlte Luftvolumen**
- DIN 1946-6 fordert im Zus.hang mit mechan. Lüftung sogar 1,0 1/h



Gesetzliche Grundlagen : EnEV 2009

Inkraft-Treten 01.10.2009

- § 11 Aufrechterhaltung der energetischen Qualität
- § 12 Energetische Inspektion von Klimaanlage
- § 15 Klimaanlage und sonstige Anlagen der RTL
- § 20 Empfehlungen für die Verbesserung der Energieeffizienz sind auszustellen: Modernisierungsempfehlungen = Maßnahmen für kostengünstige Verbesserungen der energetischen Eigenschaften
- § 23 Regeln der Technik
- § 26a Unternehmerklärung: wer geschäftsmäßig den Einbau oder die Änderung ... sonstiger Anlagen der Raumluftechnik ... durchführt, **hat dem Eigentümer schriftlich die Erfüllung der Anforderungen dieser Verordnung zu bestätigen**



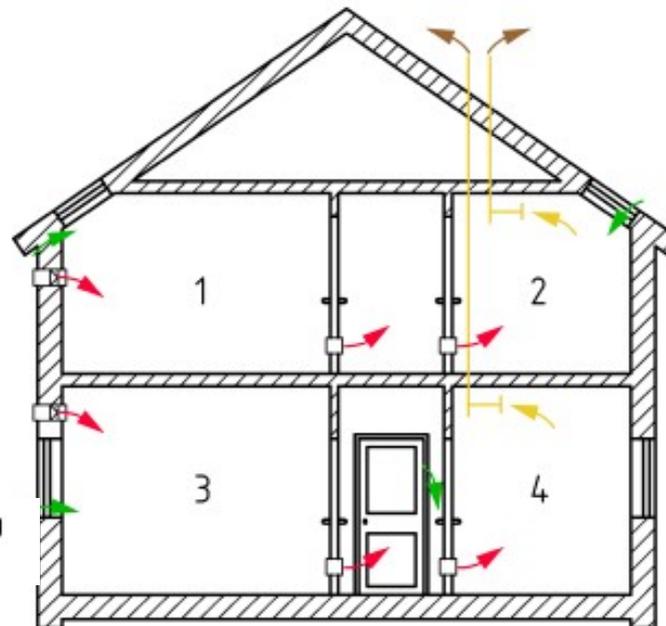
DIN 1946-6 Wohnungslüftung: Entwicklung 1998-12 → E 2006-12 → 2009-05

A.1 Freie Lüftung, Lüftungssysteme nach 5.2

Kennzeichnung für Bild A.3
nach Abschnitt 10 (Beispiel)

1. Lüftungssystem	SL
2. Anordnung – Gerät/Ventilator	–
3. Anordnung – Anlage	–
4. Wärmerückgewinnung	0
5. Energie	0
6. Hygiene	0
7. Rückschlagklappe	0
8. Schallschutz	0
9. F-Lüf ^{te}	~

Bild A.3 — Freie Lüftung, Schachtlüftung
(thermische Auftriebslüftung)



DIN 1946-6 Wohnungslüftung:

Entwicklung 1998-12 → E 2006-12 → 2009-05

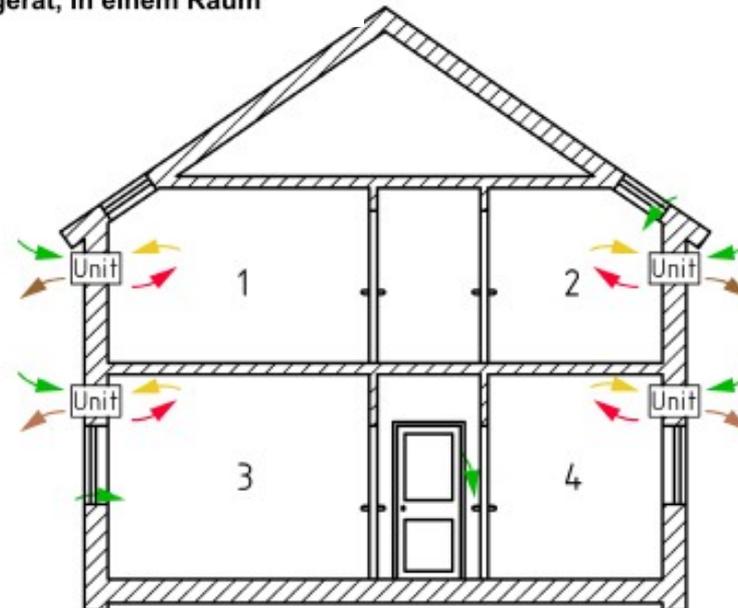
3. Begriffe:

3.1.50 **Zu-/Abluftsystem, dezentral**: ventilatorgestützt geförderte Zu- und Abluft, (ZUL = behandelte Außenluft), eine wirksame Wärmerückgewinnung ist hier selbstverständlich integriert

Bild A.14 — Zu-/Abluftsystem, Einzelraum-Lüftungsgerät, in einem Raum

Kennzeichnung für Bild A.14 nach Abschnitt 10 (Beispiel)

1. Lüftungssystem	ZAbLS
2. Anordnung – Gerät/Ventilator	D
3. Anordnung – Anlage	R/EFH
4. Wärmerückgewinnung	WÜT
5. Energie	O/E
6. Hygiene	O/H
7. Rückschlagklappe	0
8. Schallschutz	0
9. F-Lüftungsgerät	0



ÖNORM H 6038 kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen mit Wärmerückgewinnung: Entwicklung Vornorm 2002-9 → 2006-5-1 (Österreich)

3./4. Begriffe/Grundprinzip:

3.1/2 **mechanische Zu-/Abluftanlage** „mit dem Zweck, die kontrollierte Zufuhr der erforderlichen Außenluftmenge und die gezielte Abführung der Fortluft sicherzustellen. Ein Teil der Wärmeenergie wird aus der Abluft über ein Wärmerückgewinnungs-System der Anlage wieder zugeführt“

4.1.1 Grundprinzip der kontrollierten Lüftung von Wohnungen: Norm enthält

keinerlei Hinweis auf dezentrale KWL! z.B. auch nur dieses Bild

zentral: „es wird zwischen Zuluft-, Überström- und Abluftbereich unterschieden“

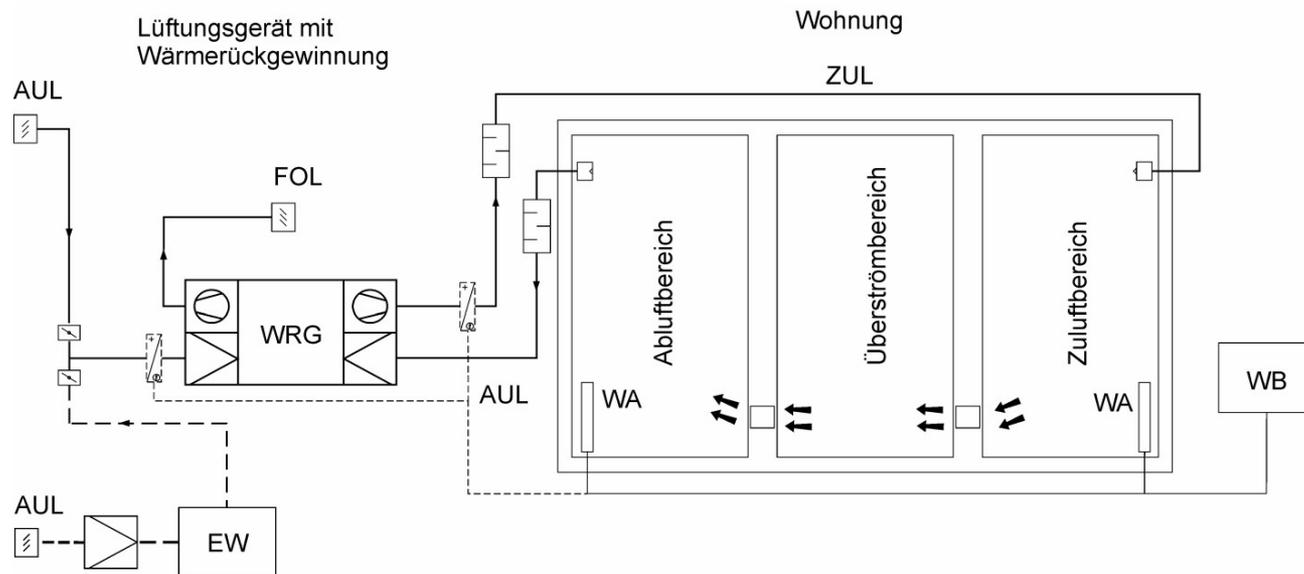


Bild 1 – Prinzipdarstellung



Merkblatt **SIA** 2023 Lüftung in Wohnbauten, auf Basis SIA 382/1, „Erste Grundlage zu einer **Schweizer** Norm über Wohnungslüftung“, 2008 (Merkblätter sind Bestandteil des CH-Normenwerks)

1.2. Begriffe „Verständigung“/Typen:

3.1/2 **Einzelraumlüftung, Einzelraum-Lüftungsgerät** „mechanische Lüftung, bei der ausschließlich ein Raum betroffen ist“

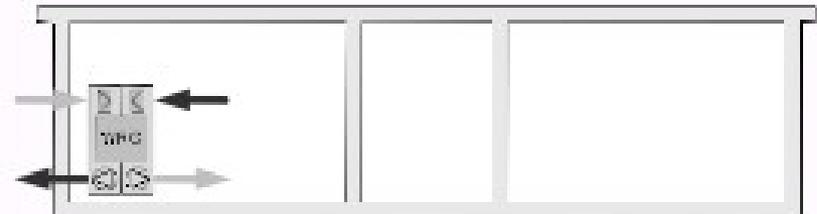
6.5 Einzelraum-Lüftungsgerät sind wie bei einfachen Lüftungsanlagen zu dimensionieren (also **keine** Sonderregeln wie DIN 1946-6:2009-05)

Es ist zu beachten, dass bei Einzelraum-Lüftungsgeräten (ELG) **keine Kaskadenlüftung möglich** ist. Der Ersatz für die Abluft (Bad, Dusche, WC) **muss** deshalb unabhängig von den ELG **zugeführt** werden.

Dabei sind die Anforderungen, die an einfache Abluftanlagen gestellt werden, zu erfüllen (speziell maximaler Unterdruck).

Bei ELG kann (abhängig von WRG, Außenklima und Raumfeuchte) **Kondensat anfallen, das fachgerecht abgeführt werden muss**. Zudem **muss** auch der **Vereisungsschutz der WRG gelöst sein** (Ziffer 4.3.5)

Schema einer Einzelraumlüftung

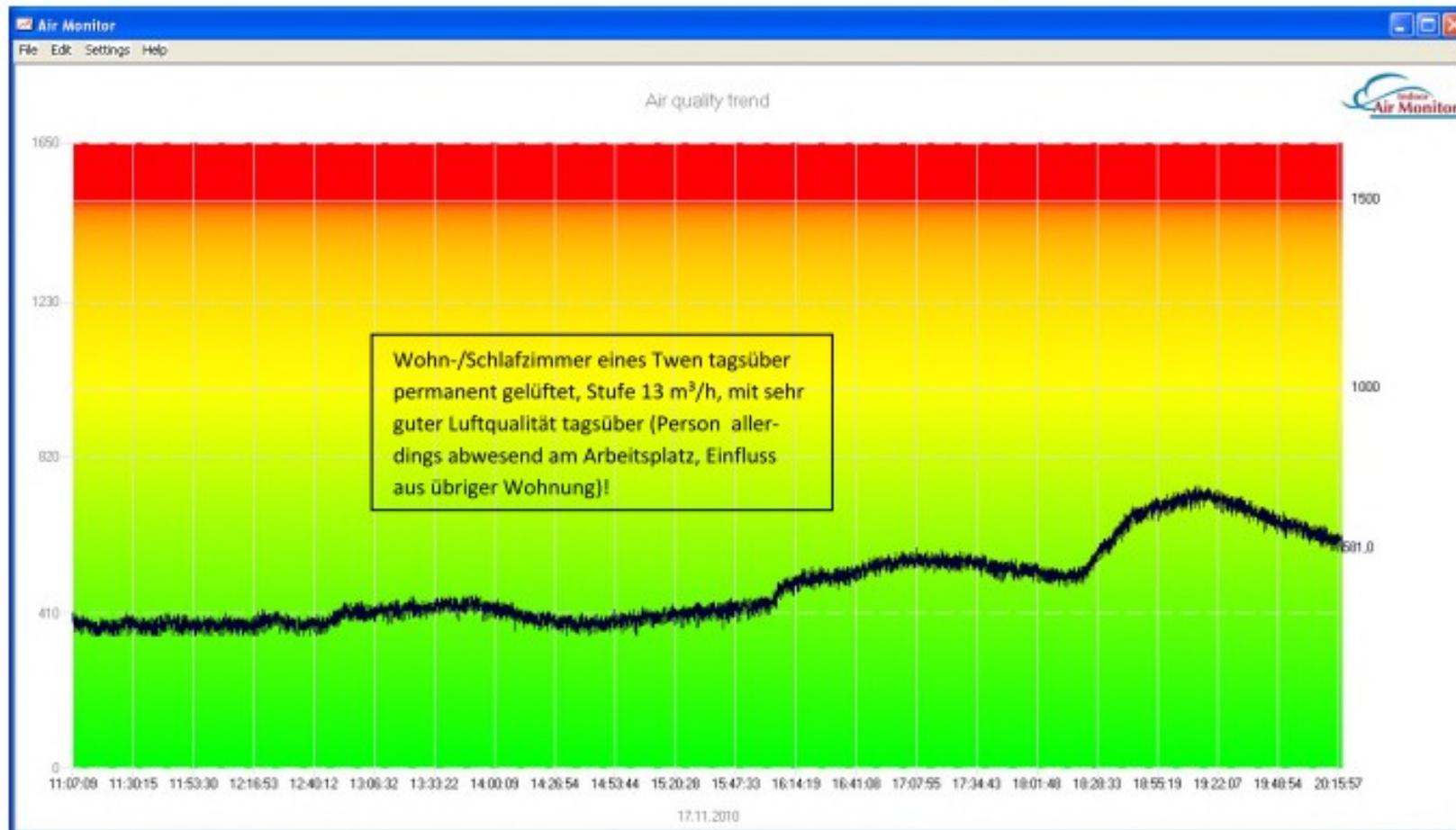


3.4 Einzelraum-Lüftungsgeräte

Einzelraum-Lüftungsgeräte belüften einzelne Räume. Wenn in einer Wohnung z.B. nur die Schlafzimmer mit Einzelraum-Lüftungsgeräten ausgerüstet werden, ist für die Nassräume eine zusätzliche Lüftung erforderlich, um Feuchtigkeit abzuführen.



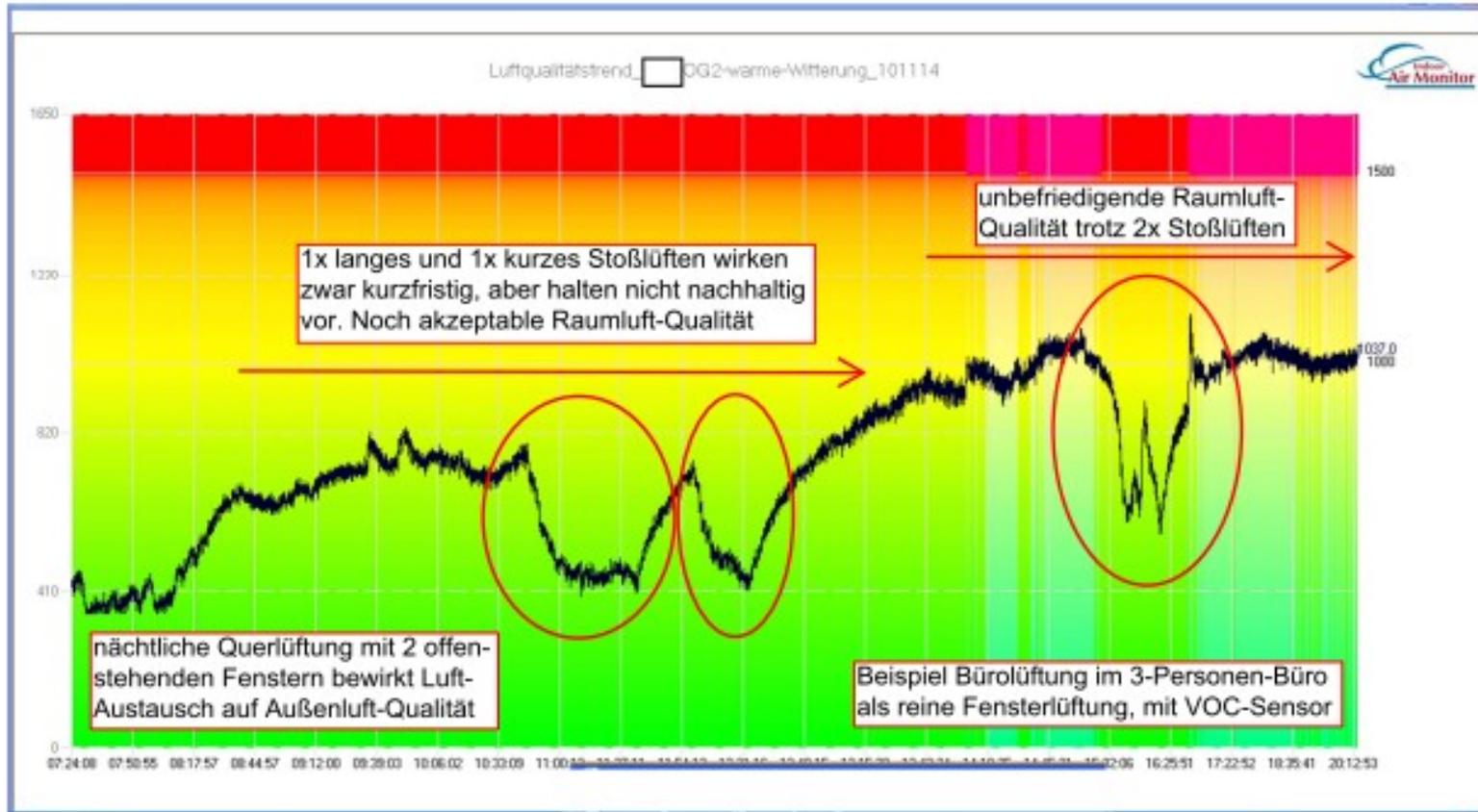
Kontrollierte Wohnraum-Lüftung: Wirkung dezentrale Außenwand-Lüftungsgeräte



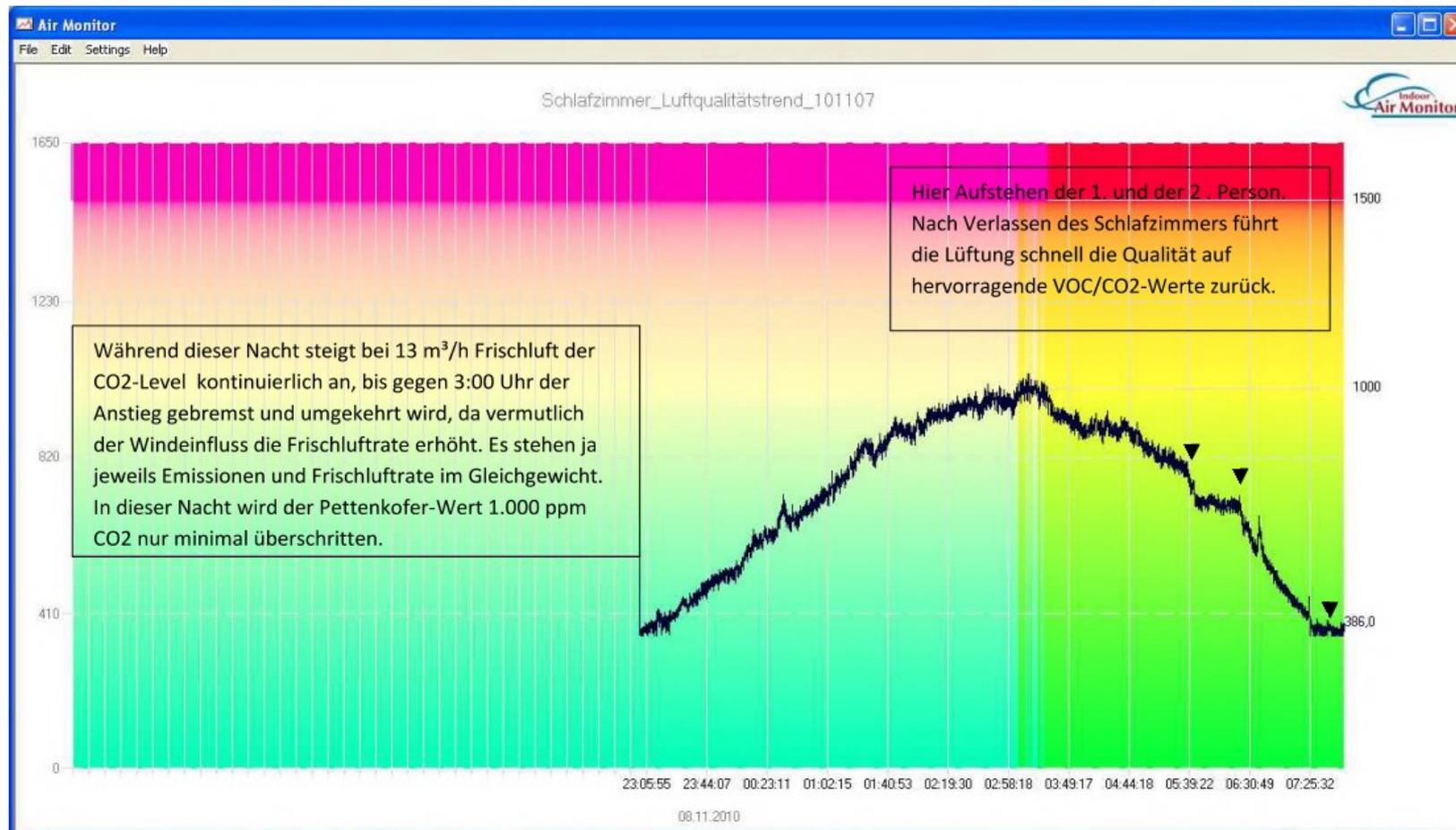
Kontrollierte Wohnraum-Lüftung: Vergleich mit Fensterlüftung

Bitte auf Handführung im Vergleich eingehen

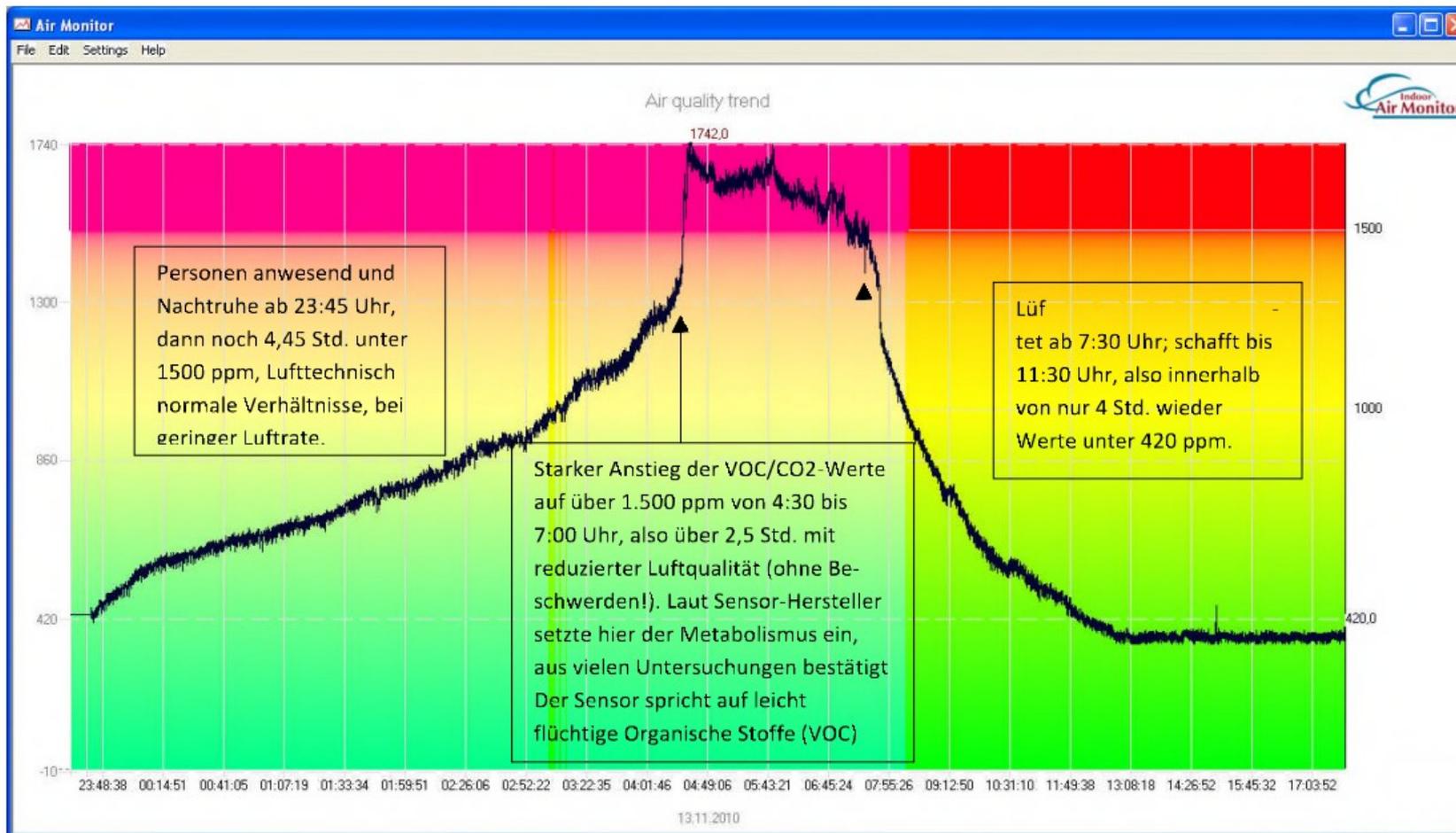
© Fuchs
2012



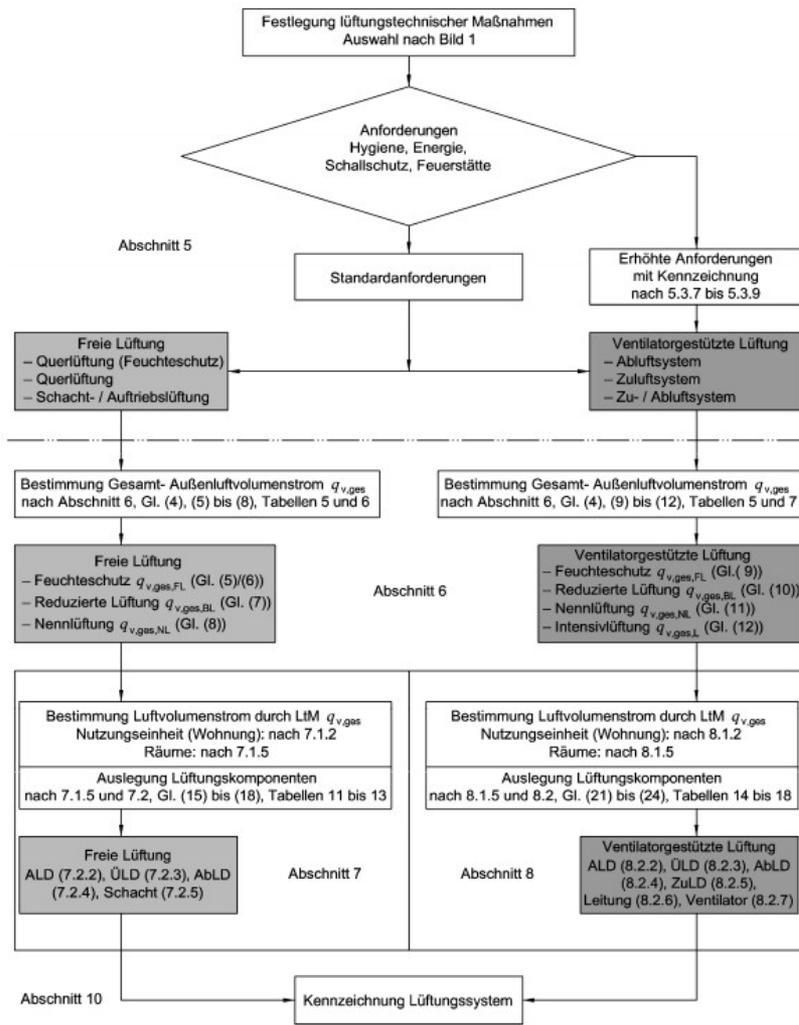
Kontrollierte Wohnraum-Lüftung: Wirkung dezentrale Außenwand-Lüftungsgeräte



Kontrollierte Wohnraum-Lüftung: Wirkung dezentrale Außenwand-Lüftungsgeräte



DIN 1946-6 Das Lüftungskonzept



4 Lüftungskonzept –

**Festlegung
lüftungstechnischer
Maßnahmen**

Normativ!!

Bild B.2 — Lüftungskonzept: Teil 2 – Auslegung von Lüftungssystemen und -komponenten



DIN 1946-6 Wohnungslüftung: Entwicklung 1998-12 → E 2006-12 → 2009-05

- **Entscheidende Zitate aus der Norm (Abschnitt 4):**
- **4.2.4 Lüftungstechnische Maßnahme**
- Wenn eine Lüftungstechnische Maßnahme erforderlich ist, **müssen** durch **Auslegung und Ausführung**
 - a) von Einrichtungen zur freien Lüftung nach Abschnitt 7 bzw.
 - b) von **Lüftungsanlagen/-geräten für ventilatorgestützte Lüftung nach Abschnitt 8 mindestens** die Luftvolumenströme nach **Abschnitt 6 nutzerunabhängig dauernd sichergestellt** werden.
- **Abschnitt 6:** beschreibt mit **Formeln** die erforderlichen Volumenströme u.
- Verweist auf **Tabelle 5 (Mindestwerte der Gesamt-Außenluftvolumenströme)** und **Tabelle 7 (Gesamt-Abluftvolumenströme bei ventilatorgestützter Lüftung für einzelne Räume mit und ohne Fenster)**



DIN 1946-6 Wohnungslüftung: Entwicklung 1998-12 → E 2006-12 → 2009-05

- **Entscheidende Zitate aus der Norm (Abschnitt 5):**
- **5.3.6.3 Ventilatorgestützte Lüftung**
- **Für die gesamte Nutzungseinheit** ist durch das **ventilatorgestützte** Lüftungssystem die **Nennlüftung ohne Nutzerunterstützung** nach Tabelle 5 oder Tabelle 7 sicherzustellen. Die Nennlüftung schließt die dauernde **Lüftung zum Feuchteschutz** (24 Stunden je Tag bei geschlossenen Fenstern) und die **Reduzierte Lüftung** mit ein.

Eine Auslegung ausschließlich für die Lüftung zum Feuchteschutz (FL) oder für die Reduzierte Lüftung (RL) ist demnach nach den Regeln der Technik NICHT zulässig.



DIN 1946-6 Wohnungslüftung: Entwicklung 1998-12 → E 2006-12 → 2009-05

- **Entscheidende Zitate aus der Norm (Abschnitt 5):**
- **5.3.6.3 Ventilatorgestützte Lüftung ... für die gesamte Nutzungseinheit ...** sicherzustellen:

Tabelle 5 — Mindestwerte der Gesamt-Außenluftvolumenströme^h $q_{v,ges,NE}$ in $m^3/(h \cdot NE)$ für Nutzungseinheiten (NE)

Fläche der Nutzungseinheit A_{NE}^a (in m^2)	≤ 30	50	70	90	110	130	150	170	190	210
Lüftung zum Feuchteschutz Wärmeschutz hoch ^c $q_{v,ges,NE,FLh}$	15	25	30	35	40	45	50	55	60	65
Lüftung zum Feuchteschutz Wärmeschutz gering ^d $q_{v,ges,NE,FLg}$	20	30	40	45	55	60	70	75	80	85
Reduzierte Lüftung ^e $q_{v,ges,NE,RL}$	40	55	65	80	95	105	120	130	140	150
Nennlüftung ^{f, b} $q_{v,ges,NE,NL}$	55	75	95	115	135	155	170	185	200	215
Intensivlüftung ^g $q_{v,ges,NE,IL}$	70	100	125	150	175	200	220	245	265	285



DIN 1946-6 Wohnungslüftung: Entwicklung 1998-12 → E 2006-12 → 2009-05

- **Zitate aus der Norm (Abschnitt 5):**
- **5.3.6.3 Ventilatorgestützte Lüftung, Tabelle 5 – wichtige Erläuterungen**

- a beheizte Fläche A_{NE} innerhalb der Gebäudehülle, die im Rahmen des Lüftungskonzeptes zu berücksichtigen ist, bei Flächen der NE $A_{NE} < 30 \text{ m}^2$ (je Wohnung bzw. Nutzungseinheit) wird $A_{NE} = 30 \text{ m}^2$ gesetzt, bei Flächen der NE $A_{NE} > 210 \text{ m}^2$ (je Wohnung bzw. Nutzungseinheit) sind die planmäßigen Außenluftvolumenströme in geeigneter Weise (z. B. mit Gleichung nach Fußnote f) an die geplante Nutzung (Belegungsdichte) anzupassen.
- b Die für Nennlüftung angegebenen Gesamt-Außenluftvolumenströme gelten für den Fall, dass bei der planmäßig anzunehmenden Personenzahl je Nutzungsfläche mindestens $30 \text{ m}^3/\text{h}$ je Person zur Verfügung stehen. Den Werten ist eine Raumhöhe von 2,5 m zugeordnet. Bei erhöhten Anforderungen (z. B. bei über die üblichen Werte hinausgehenden, hohen Schadstofflasten) können die Außenluftvolumenströme erhöht werden. Bei einer höheren als der nicht planmäßigen Personenzahl je Nutzungsfläche kann der spezifische Luftvolumenstrom von $30 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{Person})$ verringert werden, jedoch nicht unter mindestens $20 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{Person})$.
- c Wärmeschutz hoch:
Neubau nach 1995 oder Komplett-Modernisierung mit entsprechendem Wärmeschutzniveau (mindestens nach WSchV 95, schließt EnEV ein)
 $q_{v,ges,NE,FL} = 0,3 \cdot q_{v,ges,NE,GL}$
- d Wärmeschutz gering:
nicht oder teilmodernisierte (z. B. nur Fensterwechsel, dadurch Erhöhung der Dichtheit der Gebäudehülle bei niedrigem Wärmedämmstandard), alle vor 1995 errichtete Gebäude
 $q_{v,ges,NE,FL} = 0,4 \cdot q_{v,ges,NE,NL}$
- e $q_{v,ges,NE,RL} = 0,7 \cdot q_{v,ges,NE,NL}$, eine Reduzierung des Wertes für den Luftvolumenstrom für die Reduzierte Lüftung ist nur zulässig, wenn dies aufgrund der Nutzung der Räume entsprechend begründet werden kann.
- f $q_{v,ges,NE,NL} = -0,001 \cdot A_{NE}^2 + 1,15 \cdot A_{NE} + 20$ (Nutzungsfläche A_{NE} in m^2 , Außenluftvolumenstrom $q_{v,ges}$ in m^3/h)
- g $q_{v,ges,NE,IL} = 1,3 \cdot q_{v,ges,NE,NL}$
- h einschließlich Infiltration



DIN 1946-6 Wohnungslüftung: Entwicklung 1998-12 → E 2006-12 → 2009-05

- **Zitate aus der Norm (Abschnitt 8):**
- **8.1.1 Außenluftvolumenstrom d. Lüftungstechnische Maßnahmen**
Ein **ventilatorgestützte Lüftungssystem** mit veränderlichem Luftvolumenstrom (bedarfsgeführt) **MUSS** den Bereich **zwischen Lüftung zum Feuchteschutz** (d.h. 30 bzw. 40%) und **Nennlüftung** (100% Auslegungsvolumenstrom) abdecken.
- Bei bedarfsgeführter Lüftung (Bedarflüftung) über die Parameter Raumluftfeuchte, Kohlendioxid- bzw. Mischgasgehalt der Raumluft oder andere geeignete Führungsgrößen wird für die Nutzungsdauer nur zwischen **Reduzierter Lüftung** (70%) und **Nennlüftung** (100%) unterschieden. Außerhalb der Nutzungsdauer ist die Absenkung des Außenluftvolumenstromes auf die **Lüftung zum Feuchteschutz** zulässig.



DIN 1946-6 Wohnungslüftung:

Entwicklung 1998-12 → E 2006-12 → 2009-05

- **Zitate aus der Norm (Abschnitt 8):**

- **8.1.4 Luftvolumenstrom durch Fensterlüftung**

Mit manueller Fensterlüftung kann die Lüftungs-Wirksamkeit von ventilatorgestützten Lüftungssystemen jederzeit **unterstützt** werden. Sie ist aber nur bei Anwesenheit der Nutzer **möglich** u. notwendig.

Für die Auslegung der Lüftungstechnischen Maßnahmen wird der Außenluftvolumenstrom durch **Fensterlüftung** ($q_{v,Fe,Wirk}$) **nicht berücksichtigt.**

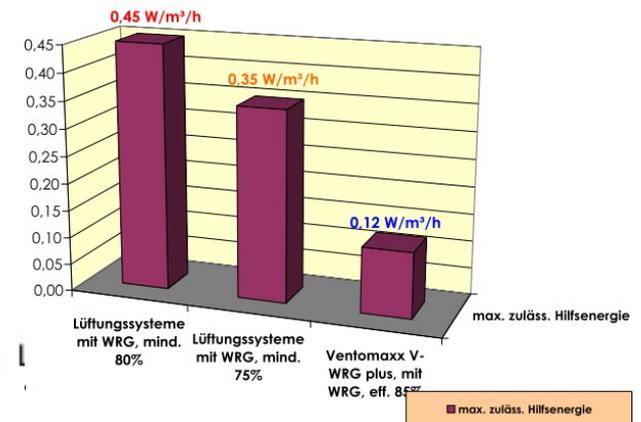


DIN 1946-6:2009-05 Wohnungslüftung:

8.4 Gleichwertigkeit einer Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung

Bei abweichenden energetischen Kenngrößen (z. B. in Bezug auf den Wärmebereitstellungsgrad und die spezifische Ventilatorleistung) kann eine Gleichwertigkeit zwischen den Systemen, unabhängig ob es sich dabei um eine zentral oder dezentral versorgte Nutzungseinheit handelt, nachgewiesen werden. Die Basis des Gleichwertigkeitsansatzes ist eine leistungsbezogene, primärenergetische Wertigkeit unter Berücksichtigung von:

- Wärmerückgewinnung (η'_{WOT});
- Leistungsaufnahme Ventilatoren ($P_{el,vent}$);
- Bedarfsführung (Führungsgröße);
- Anteil der zu lüftenden Fläche (A_{vent}) an der Nutzfläche (A_{NE});
- Kompensation eines verringerten Flächenanteils durch Anpassung des Lüftungstechnischer Maßnahmen.

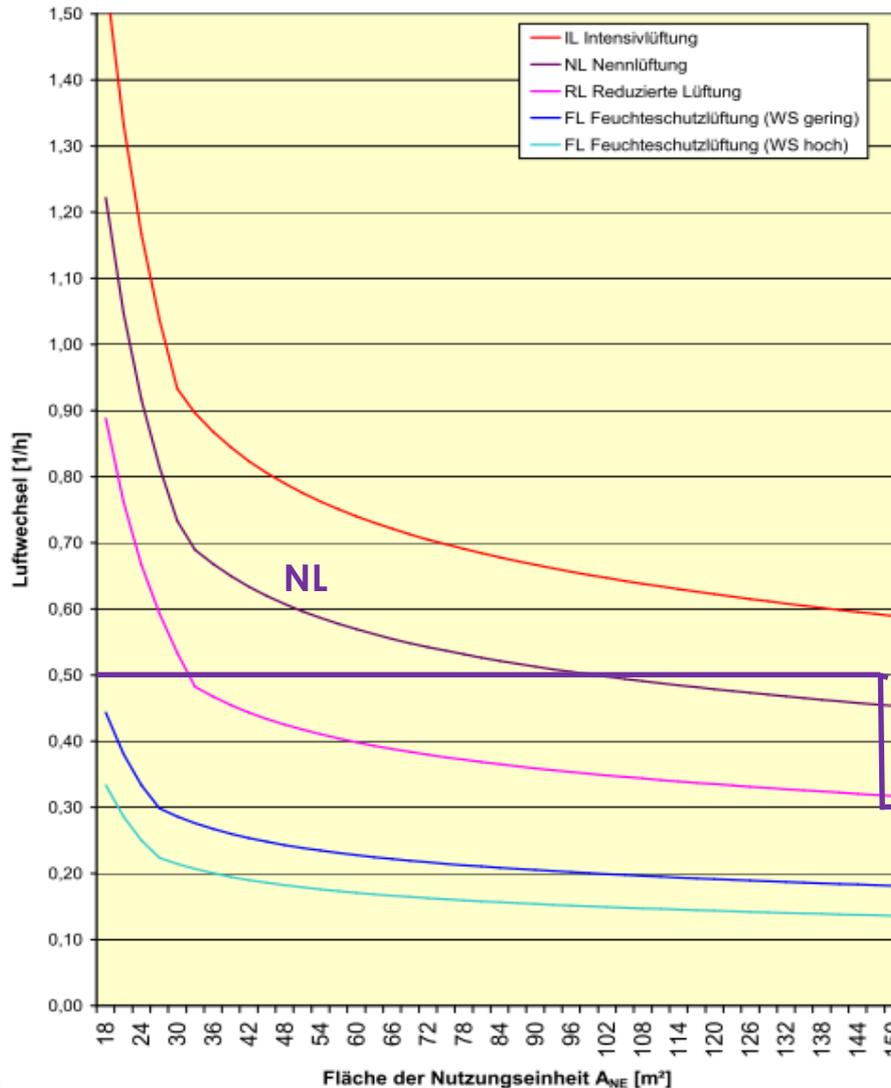


Die Gleichwertigkeit für die „E“-Kennzeichnung ist auf der Basis einer Referenzanlage mit $\eta'_{WOT} = 80\%$ und $P_{el,vent} = 0,45 \text{ W}/(\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1})$ ohne Bedarfsführung und bei einer komplett gelüfteten Nutzungseinheit dann gegeben, wenn der gesamte Leistungsbedarf des Lüftungssystems nicht höher wird. Dabei gilt:

- Lüftungsgeräte mit „E“-Kennzeichnung müssen die in DIN 4719 genannten energetischen Kenngrößen bestehend aus Wärmebereitstellungsgrad und Hilfsenergiebedarf einhalten, oder es muss die Gleichwertigkeit nachgewiesen werden.



erforderlicher Luftwechsel n für Nutzungseinheit (A_{NE} = gesamte Fläche der Nutzungseinheit) nach DIN 1946-6:2009-05



DIN 1946-6

Erforderlicher Luftwechsel ist deutlich abhängig von der jeweiligen Nutzungsfläche A_{NE}

graphische Umsetzung
Tabelle 5

und: $VS_{AU} \geq 30 \text{ m}^3/\text{h}$ pro Person
jedoch nicht unter $20 \text{ m}^3/\text{h}$ p.P.
in großen Wohnungen

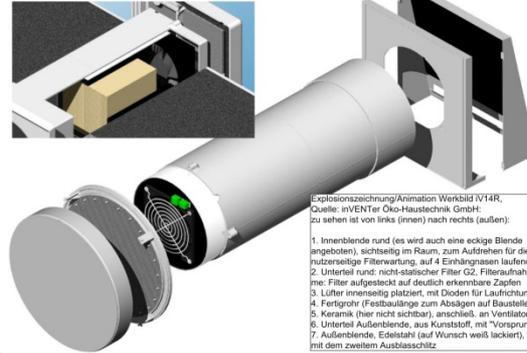
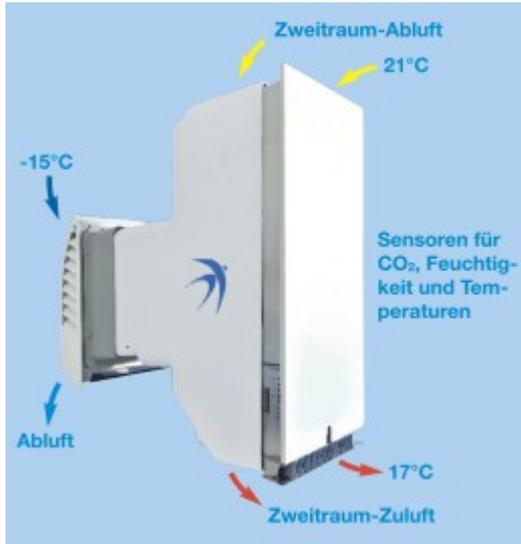
ÖNORM Mindest-LW $\geq 0,5 \text{ 1/h}$
und: $VS_{AU} \geq 36 \text{ m}^3/\text{h}$ pro Person

SIA Mindest-LW: k.A.
 $VS_{AU} \geq 30 \text{ m}^3/\text{h}$ pro Person (Tag)
 $VS_{AU} \geq 15 \text{ m}^3/\text{h}$ pro Person (Nacht
und in Zeiten tiefer Außentemp.)
 $VS_{AU} = 28...45 \text{ m}^3/\text{h}$ nach Zi.+Pers.
+Zuschnitt (Kaskadenlüft. ja/nein)

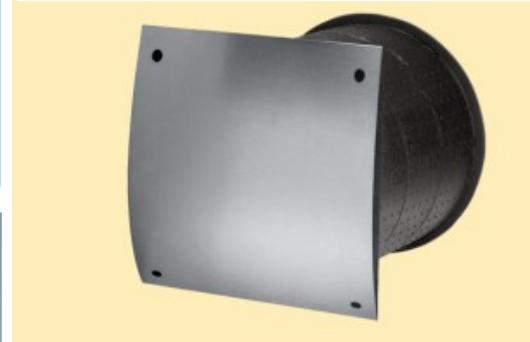


Dezentrale kWL in den unterschiedlichsten Bauformen

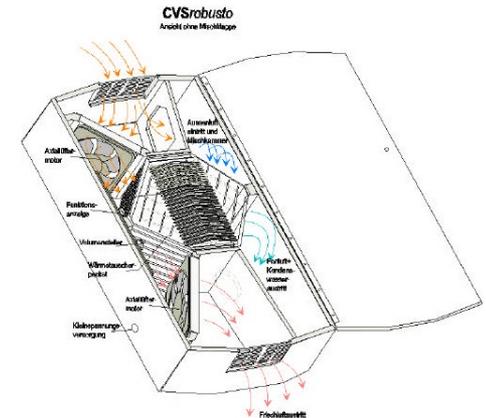
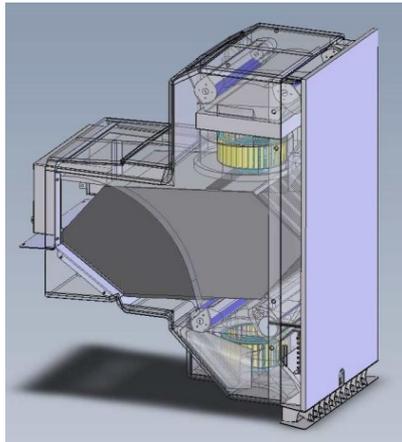
Darstellung eines weit verbreiteten dezentralen Außenwandlüfters mit WRG Einblendung: eckige Variante mit Darstellung der Speicherkeramik



Ist dezentrale kWL gut? Welche die Beste?????



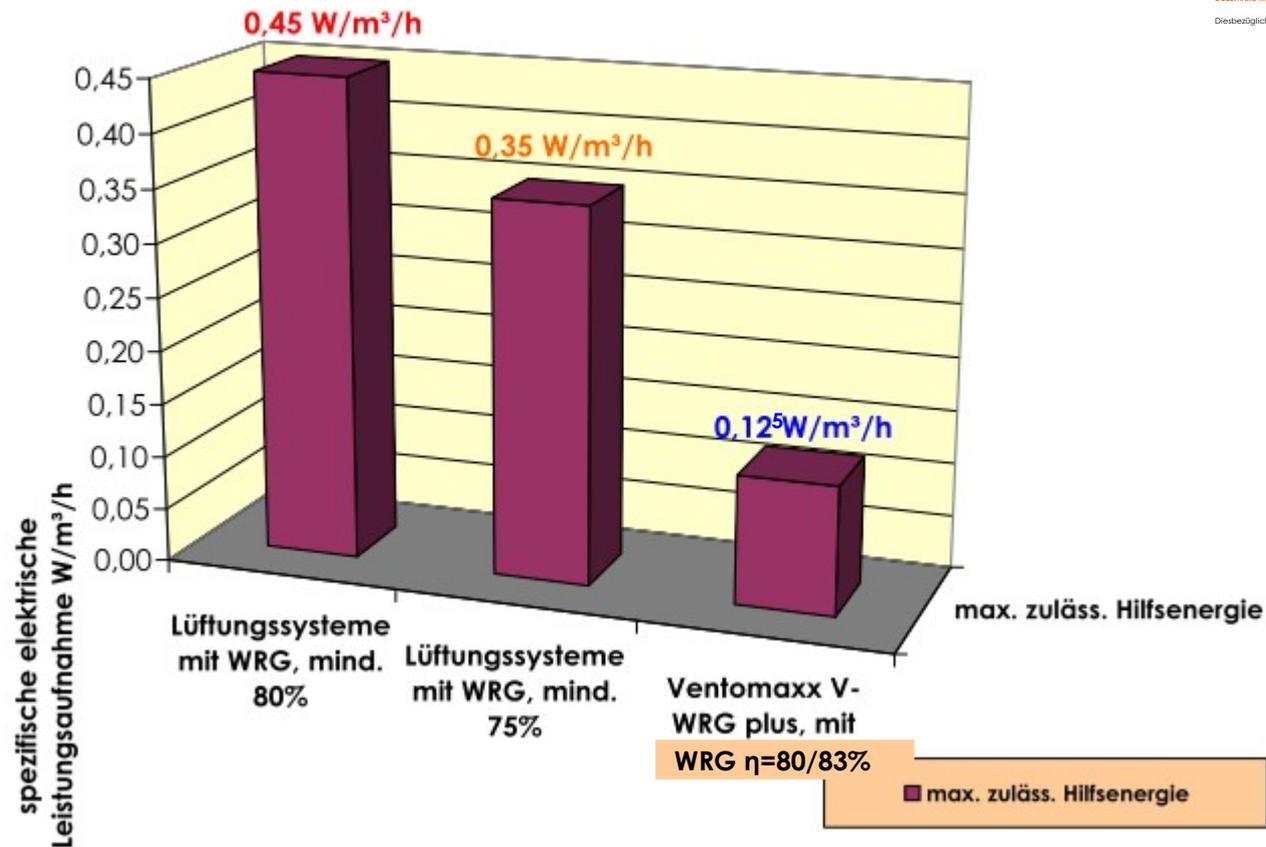
- Außengitter mit Insektenschutz
 - EPP-Wärmedämmelemente mit 0,038 W/mK
 - Hocheffizienter keramischer Wärmespeicher mit einem Wärmebereitstellungsgrad von 85-90 %
- Explosionszeichnung/Animation Werkbild Prospekt Lunos e², Quelle: Lunos Lüftungstechnik GmbH für Raumsysteme (alle Angaben Original vom Hersteller)
- Flüsterleise Ventilatoreinheit in schalldämmenden EPP Chassis
 - Strömungsoptimierte Innenblende mit waschbarem G3- oder Pollenfilter



Kennwerte Förderprogramme

Kennwerte dezentrale kWL, hier: Ventomaxx für Förderprogramme
(Sanierung und Neubau) im Systemvergleich
zentrale/dezentrale kontrollierten Wohnraumlüftung

Dezentrale kWL = bauartbedingt geringste am Markt erhältliche Hilfsenergie
Diesbezüglich jederzeit förderfähig!



DIN 1946-6 dezentrale Wohnungslüftung: Kriterien/Unterscheidungsmerkmale zur Bewertung

Problem der sachgerechten Unterscheidung, Bewertung und Auswahl für den eigenen Auslegungsfall, da:

- Verwirrend große Vielfalt an Geräten am Markt
- Neigung zur „Verschleierung“ objektiver Daten in den Prospekt und Werbeunterlagen der Hersteller
- Einseitige Beratung durch (Werks-)Vertreter, Handwerker...
- Wertung und Gewichtung der Eigenschaften von Geräten

→ Kriterien zur Unterscheidung



DIN 1946-6 dezentrale Wohnungslüftung: Kriterien/Unterscheidungsmerkmale zur Bewertung

Kriterien zur Unterscheidung

- Nutzbarer **Auslegungs-Volumenstrom** (Schallpegel-Grenzen)
- Realer **Wärmebereitstellungsgrad** (im relev. Volumenstrombereich)
- **Schallschutz** gegen Außenlärm/Außengeräusche
- **Schallschutz** hinsichtlich Eigengeräuschpegel
- **Windanfälligkeit** (Einfluss von Winddruck und Auftriebskraft)
- **Design**, Ansichtsmaß innen/außen
- **Hygiene**, Materialwahl, Reinigungsfähigkeit, Filtergüte/-Optionen
- **Schadensanfälligkeit**, Wartungs- und Filterkosten



DIN 1946-6 dezentrale Wohnungslüftung: Kriterium: Nutzbarer **Auslegungs-Volumenstrom**

Der angebotene max.-Volumenstrom muss **bewertet** werden: welcher **Auslegungs-Volumenstrom** ist machbar? Hierzu sind Grenzen zu beachten:

- Schall-Grenzen: nicht jeder Schalldruckpegel (L_p) dezentraler Geräte ist zumutbar bzw. im Wohnbereich akzeptabel!
Vorschlag: **Auslegungs-Volumenstrom (Tag)** bei bis zu L_p ... **30 dB(A)**.
Empfehlung: **Überprüfung** anhand von Kennlinien und Prüfzeugnissen!
Energetische Grenzwerte

Bauart Kreuzstrom-Wärmetauscher:

- Angabe Zu-/Abluftvolumenstrom (z.B. „60 m³/h“) wird direkt verstanden
Fördervolumenstrom Zulüfter und Ablüfter sind zu mitteln

Bauart Pendel- oder Wechsellüfter:

- Achtung, bei Angaben besteht Gefahr Missverständnis: Fördervolumenstrom in Kennlinien ist zu halbieren. Hersteller machen hier uneinheitliche Angaben!
Merke: je ein Lüfter bringt Zuluft (als Frischluft gewertet), der andere fördert gerade Abluft (nicht gewertet), bei WRG-Betrieb alle 70 s reversiert



DIN 1946-6 dezentrale Wohnungslüftung: Kriterium: Nutzbarer **Auslegungs-Volumenstrom**



Fabr. Kreuz(gegen)strom-Wärmetauscher: analog nach Schall begrenzt

DIN 1946-6 dezentrale Wohnungslüftung: Kriterium: Realer **Wärmebereitstellungsgrad** im nutzungsrelevanten Volumenstrombereich

Der angebotene **Wärmebereitstellungsgrad** ist im hauptsächlichen nutzungsrelevanten Volumenstrombereich zu **bewerten**:

Zu beachten: Messe-, Internet- und Prospektwerbung benennt gern den besten, d.h. **maximal erreichten** Wert aus einer in Prüfungen ermittelten Matrix aus 6 Kennwerten: bei -3°C , $+4^{\circ}\text{C}$ und $+10^{\circ}\text{C}$ und dies jeweils bei geringem Volumenstrom und bei höherem Volumenstrom gemessen.

- Die Bauartzulassung des DIBt bzw.

- Ersatzweise vorab das Prüfzeugnis der Prüfungsstelle/-Institut

benennen *einen* (arithmetisch) gemittelten Wert, der in Berechnungen zum EnEV-Nachweis eingesetzt werden darf und muss. Es handelt sich um den Wärmebereitstellungsgrad η (das sog. „Temperaturverhältnis“, auf Fortluft bezogen und **ohne Kondensation** gerechnet, also trocken)

Bauart Kreuzstrom-Wärmetauscher:

- In Zulassung/Prüfzeugnissen erscheint ein **Malus** für die Minderung im Frostfall

Bauart Pendel- oder Wechsellüfter:

- Keine Einschränkung im Frostfall; daher auch **kein** Abzug, da ohne Frostschutzstrategie (analog zum WRG-Rotor, bei dem ebenfalls keine Einfriergefahr bei üblichen Minusgraden

hierzulande zu berücksichtigen ist)



DIN 1946-6 Wohnungslüftung: Beispiel: Werbung mit Kennwerten Wärmebereitstellung

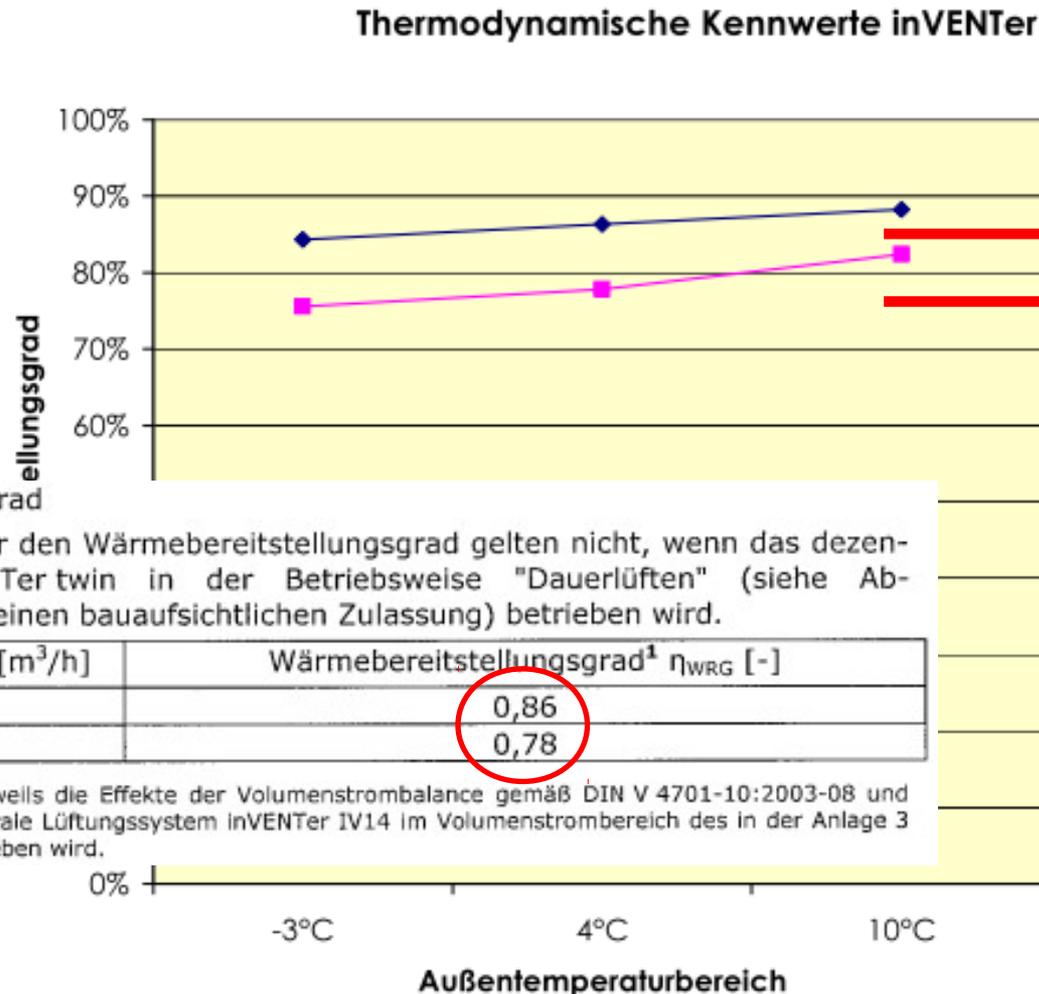
Werbeaus-
sagen, wie:
„bis 91%“
sind **zu**
bewerten!

- Wärmebereitstellungsgrad

Die angegebenen Werte für den Wärmebereitstellungsgrad gelten nicht, wenn das dezentrale Lüftungsgerät inVENTer twin in der Betriebsweise "Dauerlüften" (siehe Abschnitt 2.1.4 dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung) betrieben wird.

Abluftvolumenstrom V_{AL} [m ³ /h]	Wärmebereitstellungsgrad ¹ η_{WRG} [-]
15 < V ≤ 25	0,86
25 < V ≤ 40	0,78

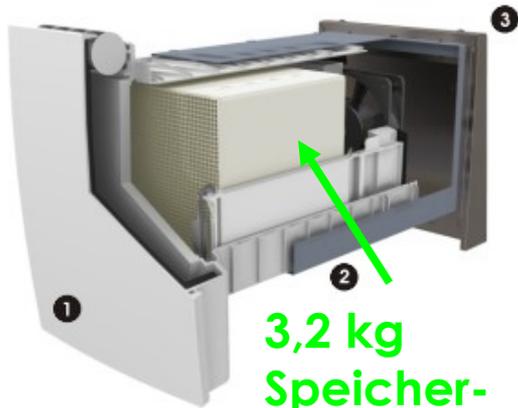
1 Dieser Wert berücksichtigt jeweils die Effekte der Volumenstrombalance gemäß DIN V 4701-10:2003-08 und setzt voraus, dass das dezentrale Lüftungssystem inVENTer IV14 im Volumenstrombereich des in der Anlage 3 dargestellten Kennfeldes betrieben wird.



Bautyp
Twin:
86 %
(St.1/2)
78%
St. 2/3
Ungekl
ärt:
Stufe

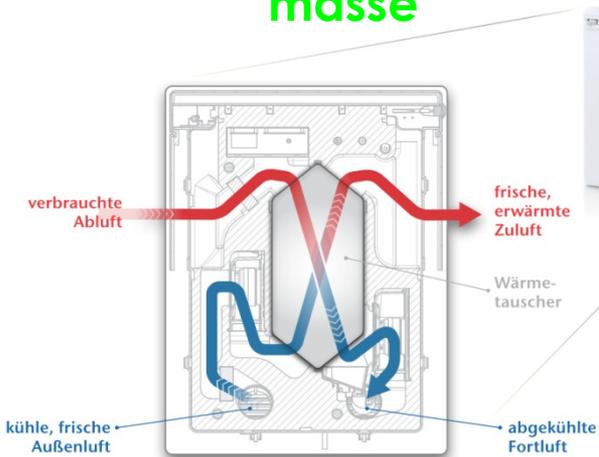


Ausführungsarten kWL: dezentrale Anlagen



3,2 kg
Speicher-
masse

Unterscheidung nach dem Prinzip der Wärme/Ück-gewinnung (zweib- mit Herleitung, Typen genannt):
Regenerative Wärmeübertrager, nach dem Prinzip Wechsell- oder Parallelführung
Katalytische (DIN 19466/68 31.4, Kombination 31- und 2-WEG plus Luftsch- und/oder bei der Lüftung „Aktumulatoren“) genannt, mit Klappenumschaltung, die Typen mit einem Reverselventil
Im Vergleich zu Bauart:



© Illustration: www.lypneun-design.de

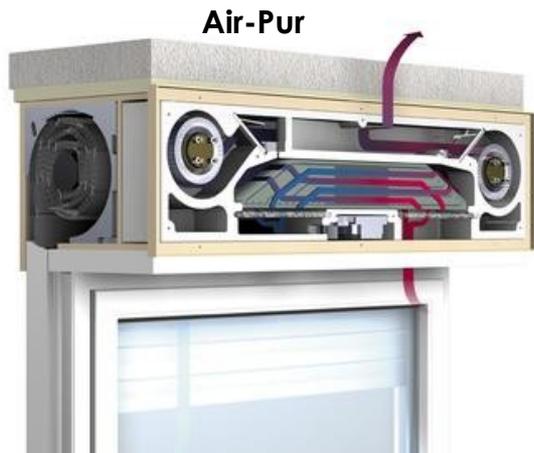
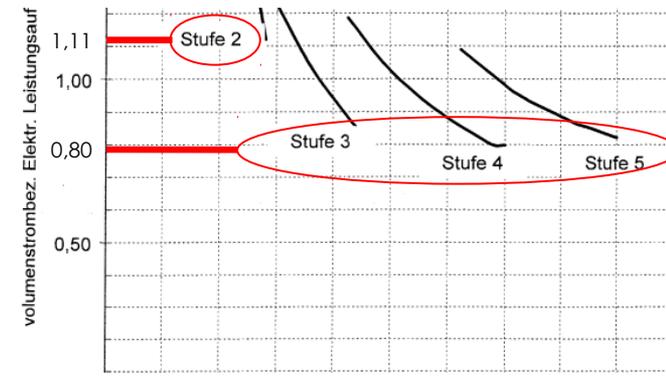


Ausführungsarten kWL: dezentrale Anlagen



Brink
Advance

- **Vorteile/Nachteile:**
- **Wärmebereitstellungsgrad**
 z.B. LTM Thermolüfter 1230: 0,72 ... 0,89, Ventomaxx V-/Z-WRG plus: 0,73 ... 0,90; Höhbauer Air-Pur: 0,69 ... 0,84
- **Hilfsenergiebedarf:**
 Typische Werte für die **spezifische Leistungsaufnahme** 0,35...1,11 W/m³/h beim **WT** gegenüber 0,11 ... 0,37 W/m³/h **Pendellüftung** aufgrund größerer Druckverluste im Geräteaufbau **WT**: Filter, Umlenkungen, Wärmetauscher (ist auf turbulente Durchströmung auszuliegen), Klappen



Energetische Produktdaten

Die nachfolgend angegebenen Produktdaten sind für das detaillierte Berechnungsverfahren gemäß DIN V 4701-10:2003-08 zur Ermittlung der Anlagenaufwandszahl zu verwenden.

Abluftvolumenstrom V_{AL} [m ³ /h]	Wärmebereitstellungsgrad ¹ η_{WRG} [-]	Air-Pur
$11 \leq V \leq 17$	0,84	
$17 < V \leq 28$	0,77	
$28 < V \leq 45$	0,69	

1 Dieser Wert berücksichtigt jeweils die Effekte der Wärmeverluste über das Gehäuse, des Frostschutzbetriebes, sowie der Volumenstrombalance gemäß DIN V 4701-10:2003-08 und setzt voraus, dass das Lüftungsgerät "AirPurModul" im Volumenstrombereich von 11 m³/h bis 45 m³/h betrieben wird. Darüber hinaus wurde die Regelstrategie zur Vermeidung von Kondensatbildung berücksichtigt.

Ausführungsarten kWL: dezentrale Anlagen

■ Vorteile/Nachteile:

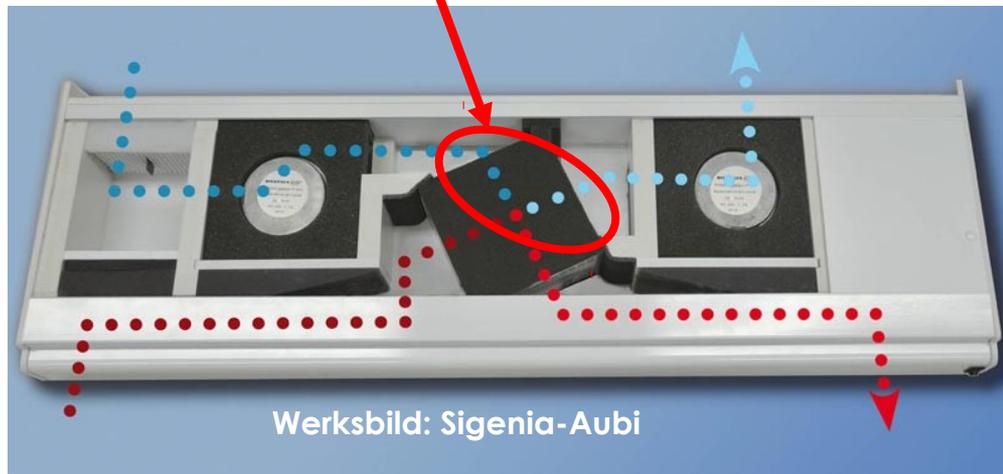
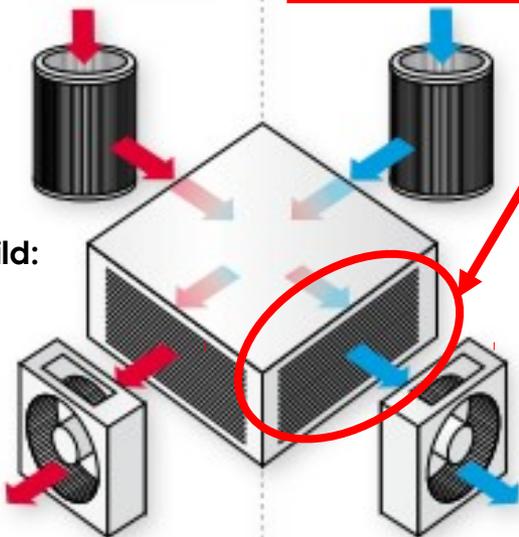
Nur **beim Wärmetauscher** sind Maßnahmen bei **Gefahr Einfrieren** der Abluftseite der WRG zu ergreifen:

- **Abschaltung** → nicht zweckgemäß, aber sehr **preisgünstig**
- **Bypassklappe** → **kalte** Außenluft direkt als Zuluft eingebracht
- **Umluftschaltung** → **zeitw. Umluftbetrieb ohne Luftverbesserung**
- **Abtauschaltung** → Wärmebereitstellung η **zeitweise kleiner**
- **ZU/AB-Verhältniss** verschieben: Zuluft verringern + Abluft 100%
→ η wird im Frostfall anhaltend **massiv kleiner**

FOL-Temperatur muss über 0°C oder jedenfalls so hoch gehalten werden, dass keine Gefahr des Auf-Reifens und Einfrierens besteht!

Werkbild:
Höhbauer
Verzicht auf
Gegen-
strom

Werkbild:
Meltem



Werkbild: Sigenia-Aubi



Ausführungsarten kWL: dezentrale Anlagen hier: Kennwerte Wärmebereitstellung

Dilemma Wärmetauscher:

Nur **beim Wärmetauscher** sind Maßnahmen bei **Gefahr Einfrieren** der Abluftseite der WRG zu ergreifen:

GF-SOL-Air/Bayernlüfter hat bei Robusto/Jumbo eine **preiswerte Lösung: Handverstellung Bypass**

- **Abschaltung** → nicht zweckgemäß, aber sehr **preisgünstig**
- **Bypassklappe** → **kalte** Außenluft direkt als Zuluft eingebracht.
- **Umluftschaltung** → **zeitw. Umluftbetrieb ohne Luftverbesserung**
- **Abtauschaltung** → Wärmebereitstellung η **zeitweise kleiner**
- **ZU/AB-Verhältniss** verschieben: Zuluft verringern + Abluft 100%
→ η wird im Frostfall anhaltend **massiv kleiner**

Gefahr: Änderung Temp.-Verhältnisse führt zu Einfrieren

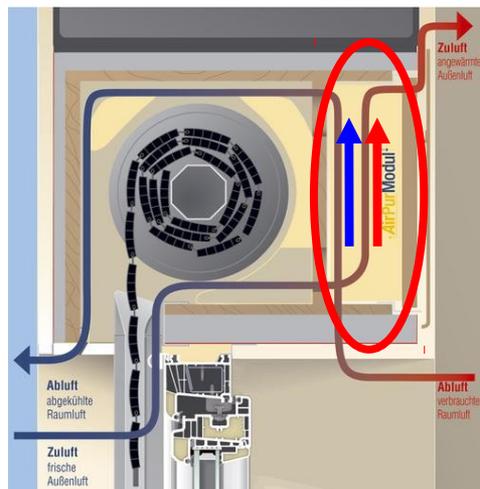


Gefrierschutz
Manuell ü. Mischgitter

Je (objektiv) besser der Wärmeübertrager ist, desto höhere Wärmerückgewinnung (und höhere Ziffer Wärmebereitstellung η) dieser also hat, desto tiefer kühlt die Abluft-Temperatur aus.

„Weniger gute“ Wärmeübertrager haben also auch weniger Probleme. Diese müssen konstruktiv und vor allem regelungs-technisch auch weniger optimieren, damit keine Gefahr des Auf-Reifens und Einfrierens besteht! - Nachteil: tiefere Zulufttemperatur

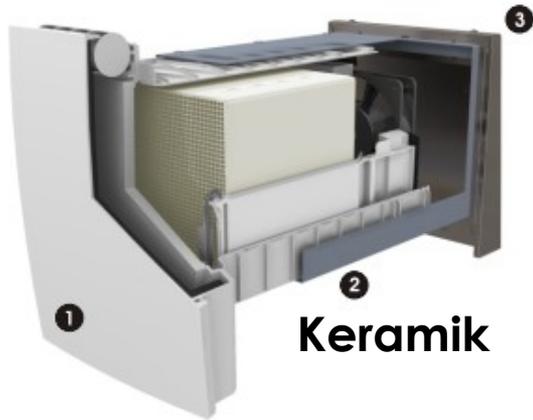
Werksbild Fabr. Air-Pur zeigt eine Lösung des Einfrierproblems - durch **Verzicht** auf Gegenstrom



Zeigt eine **weitere** Lösung des Einfrierproblems: sehr kompakte Bauweise, hierdurch WÜ mit vergleichsweise **geringem** Wärmerückgewinnungsgrad (hier laut Internet „bis 62%“)

Ausführungsarten der Wohnraumlüftung

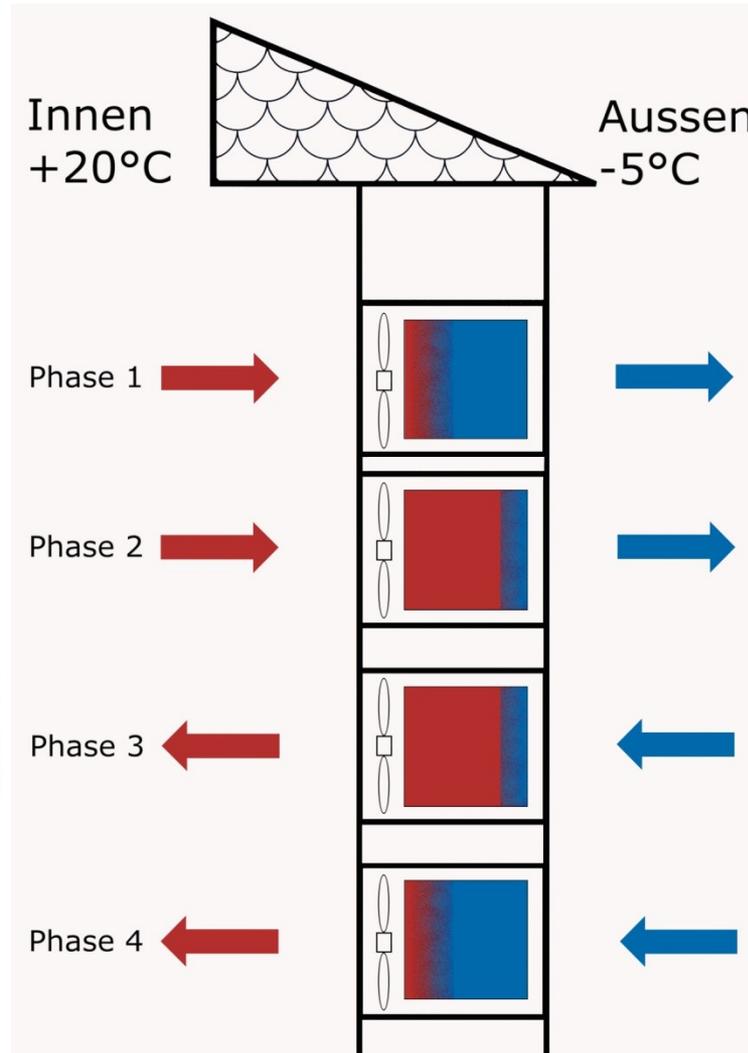
dezentrale Anlagen: Reversier-/Pendel-/Wechsellüfter



Keramik



Aluminium



Prinzip der Wärmehückgewinnung

z.B. Bei:

**Ventomaxx
WRG plus:**

Auf-/Entladen einer **keramischen COR-Speichermasse** (3,2 kg, 3,29 m²) während des Durchströmens von Luft (ca. 885 g/70 s)

Oder **LTM:**

Aufladen einer **Aluminium-Platten-Speichermasse** (2,3 kg, Oberfläche 3,44 m²) während des Durchströmens von Luft



DIN 1946-6 dezentrale Wohnungslüftung: Kriterium: **Windanfälligkeit** (Einfluss von Winddruck und Auftriebskraft)

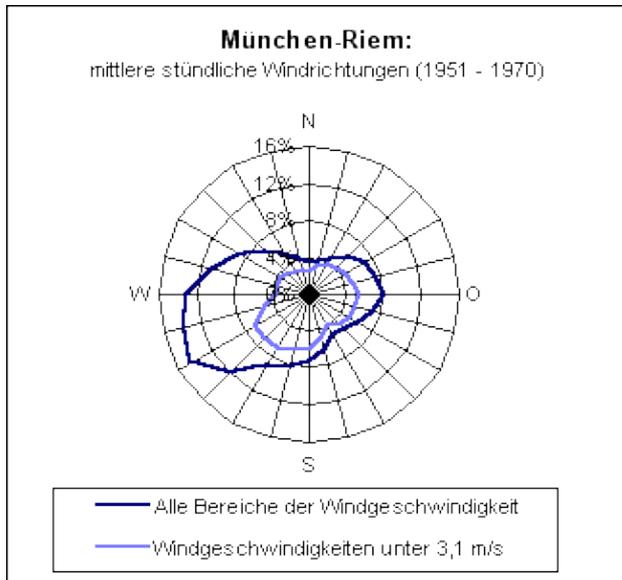
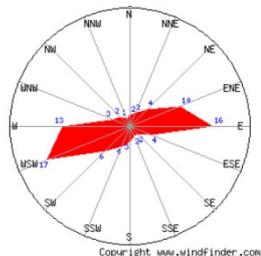


Abbildung: Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen (nach SCHÄFER, 1982) an der synoptischen Station München-Riem des Deutschen Wetterdienstes und Windfinder (für Monat Januar)



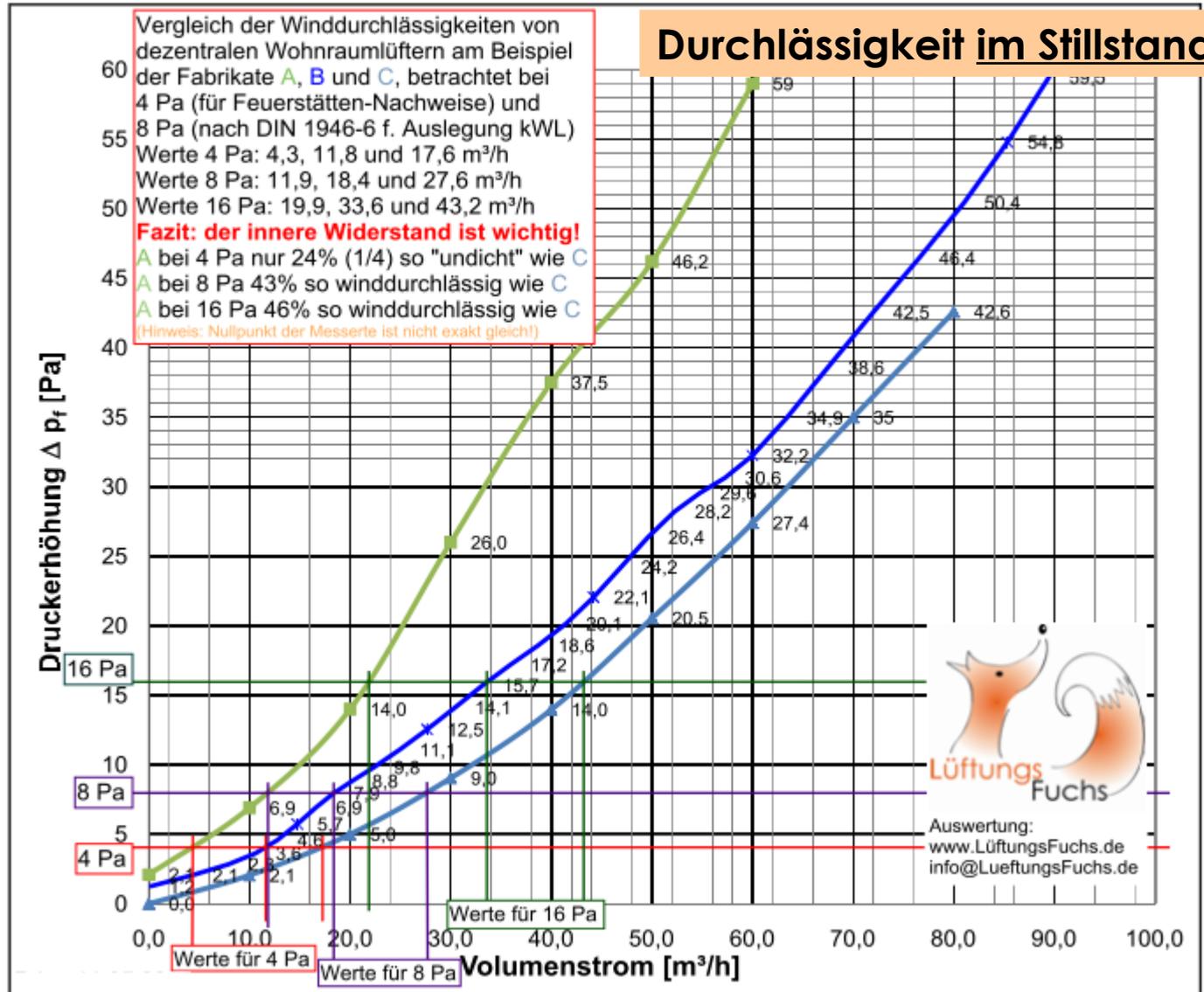
DIN 1946-6 dezentrale Wohnungslüftung:

Kriterium:
Windanfälligkeit (Einfluss von Winddruck und Auftriebskraft)

Abbildung:
 Auszug aus Messprotokollen Hersteller A, B und C: A bei 4 Pa nur 24% (1/4) so "undicht" wie C

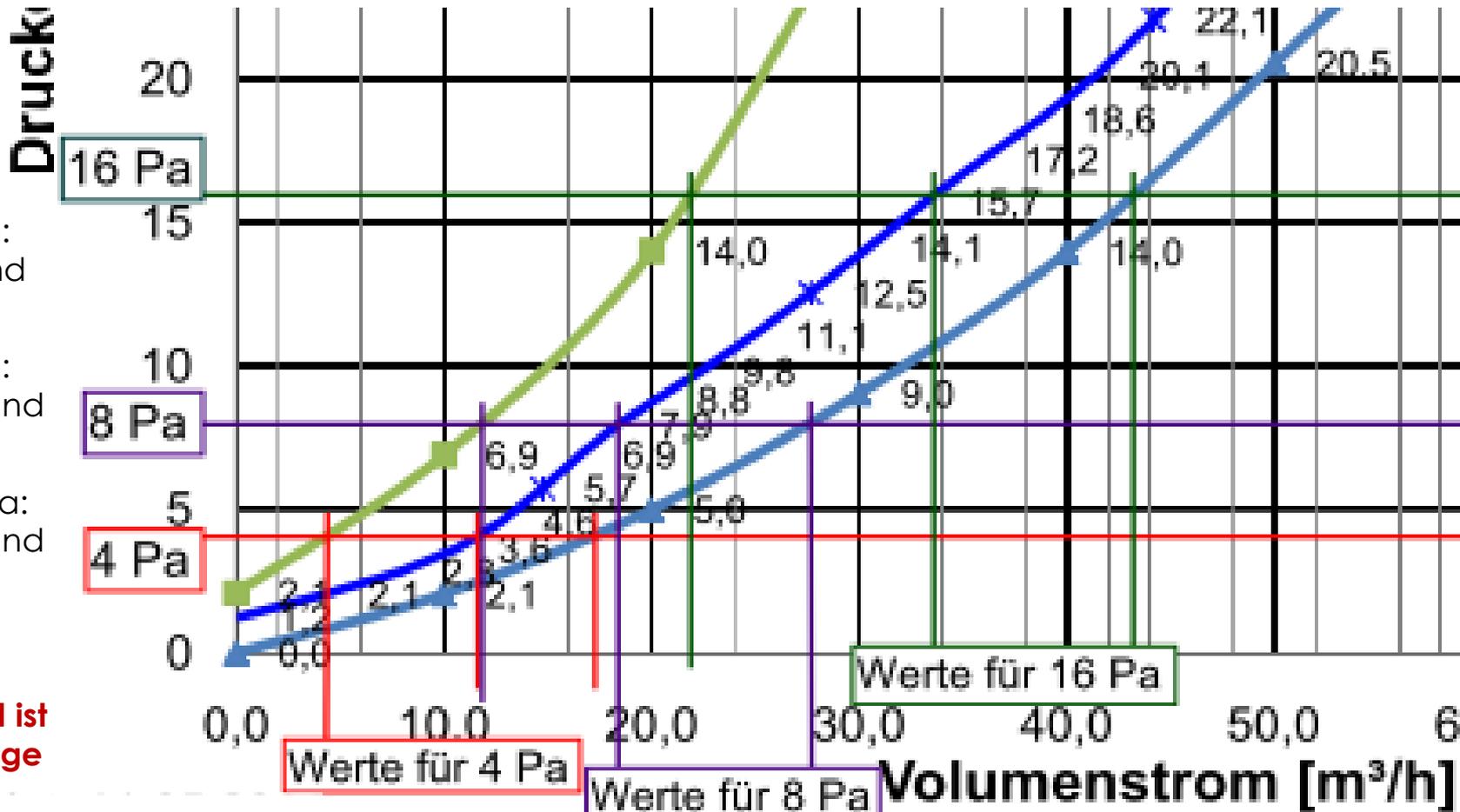
A bei 8 Pa 43% so winddurchlässig wie C

A bei 16 Pa 46% so winddurchlässig wie C



DIN 1946-6 dezentrale Wohnungslüftung:

Kriterium: **Windanfälligkeit** (Einfluss von Winddruck und Auftriebskraft)



Werte 4 Pa:
4,3, 11,8 und
17,6 m³/h

Werte 8 Pa:
11,9, 18,4 und
27,6 m³/h

Werte 16 Pa:
19,9, 33,6 und
43,2 m³/h

Fazit: der innere Widerstand ist eine wichtige Größe!

Durchlässigkeit im Stillstand



DIN 1946-6 dezentrale Wohnungslüftung:

Kriterium: **Windanfälligkeit** (Einfluss von Winddruck und Auftriebskraft)

Allerdings zählt bei KWL-Systemen hauptsächlich der **Betriebsfall**: Einfluss von Gegendruck ist im p-VS-Diagramm (Druck-Volumenstrom) am besten ablesbar (enthält jedes Prüfzeugnis).

Je höher der innere Widerstand ist, desto weniger „Verbiegung“ erfährt der Volumenstrom bei Gegendruck

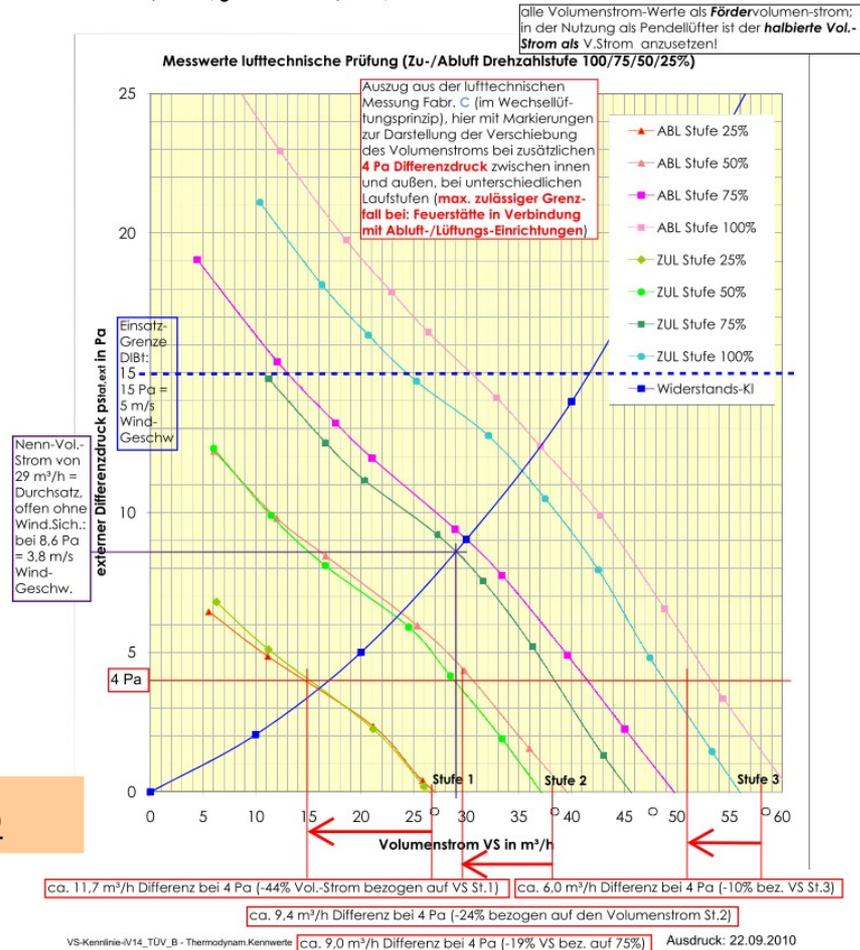
Durchlässigkeit im Betrieb



Der Lüftungsfuchs
 Inh. Beate Fuchs
 Planung - Beratung - Verkauf von Wohnraumlüftungsanlagen
 Ingeborgstr. 64 - 81825 München
 www.lueftungsfuchs.de
 e-Mail: info@lueftungsfuchs.de



Prüfbericht TÜV Nr. 85 WRG zur Baumusterprüfung nach DIBt (Z-51.3-156)
 Druck-Volumenstrom-Kennlinien in VENTER IV 14-eckig
 Messwerte der Lufttechnischen Prüfung (Werte Gerät 1 und 2 jeweils gemittelt)
 rot: Abluft/Fortluft, grün: Außenluft/Zuluft, blau: Widerstandskennlinie



DIN 1946-6 dezentrale Wohnungslüftung:

Kriterium: **Windanfälligkeit** (Einfluss von Winddruck und Auftriebskraft)

Beispiel inVENTer:

Werte bei **4 Pa** (St.1):
-11,7 m³/h (-44% VS St.1)

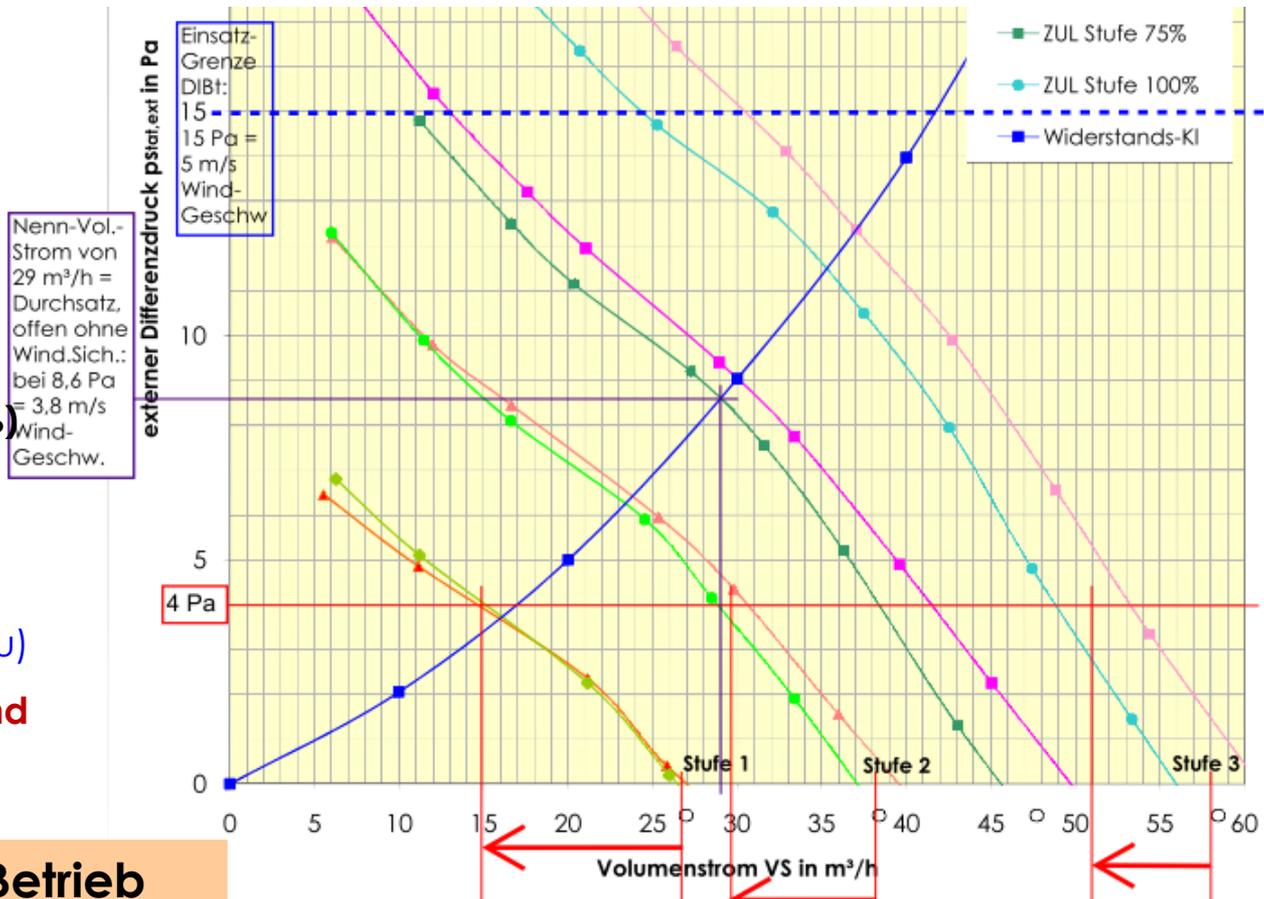
Werte bei **4 Pa** (St. 2):
-9,4 m³/h (-24% VS St.2)

Werte bei **4 Pa** (St. 2):
-9,0 m³/h (-19% VS St. 75%)

Werte bei **4 Pa** (St. 2):
-6,0 m³/h (-10% VS St.3)

bei **8,6 Pa**: **29,0 m³/h** laut
 Widerstandskennlinie (blau)

Fazit: der innere Widerstand ist eine wichtige Größe!



Durchlässigkeit im Betrieb

ca. 11,7 m³/h Differenz bei 4 Pa (-44% Vol.-Strom bezogen auf VS St.1) ca. 6,0 m³/h Differenz bei 4 Pa (-10% bez. VS St.3)

ca. 9,4 m³/h Differenz bei 4 Pa (-24% bezogen auf den Volumenstrom St.2)

ca. 9,0 m³/h Differenz bei 4 Pa (-19% VS bez. auf 75%)

Ausdruck: 22.09.2010

VS-Kennlinie-V14_TÜV_B - Thermodynam.Kennwerte



DIN 1946-6 dez. kWL

Kriterium: Windanfälligkeit

Beispiel Lunos e²:

Werte bei 4 Pa (St.1):
-5,5 m³/h (-31% VS St.1)

Werte bei 4 Pa (St. 2):
-3,5 m³/h (-12% VS St.2)

Werte bei 8 Pa (St. 1):
-6,2 m³/h (-22% VS St. 2)

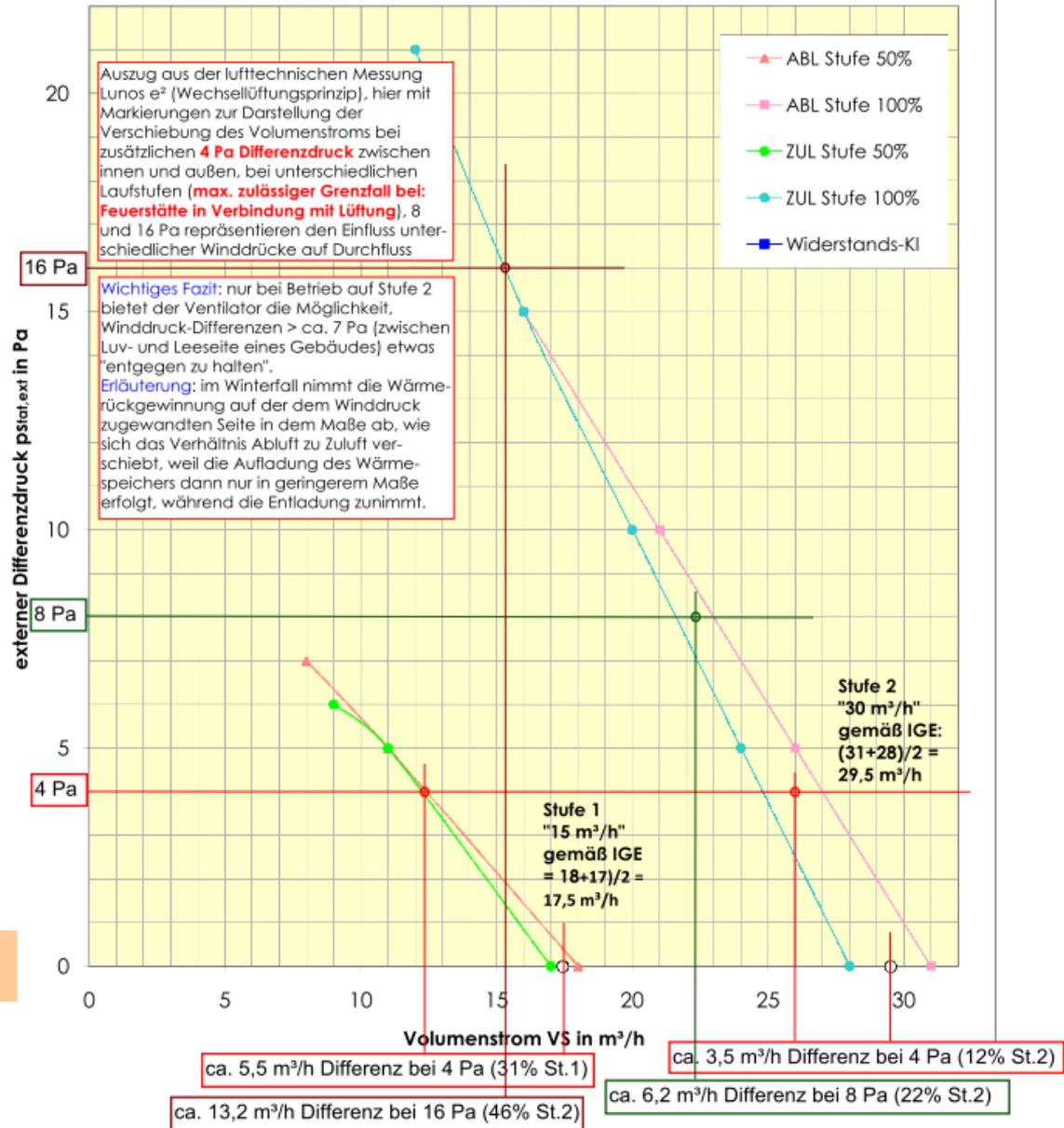
Stufe 1 ist nicht stark genug!

Werte bei 16 Pa (St. 2):
-13,2 m³/h (-46% VS St.2)

Werte 16 Pa: 19,9, 33,6 und 43,2 m³/h

Fazit: der innere Widerstand ist eine wichtige Größe!

Durchlässigkeit im Betrieb



DIN 1946-6 dezentrale Wohnungslüftung:

Kriterium: **Windanfälligkeit** (Einfluss von Winddruck und Auftriebskraft)

Wichtiges Fazit: nur bei Betrieb auf ausreichend hoher Stufe bietet ein Ventilator mit „schwacher“ Kennlinie die Möglichkeit, Winddruck-Differenzen **im gezeigten Beispiel Lunos und inVENTer > 7 Pa** (zwischen Luv- und Leeseite eines Gebäudes) überhaupt etwas "entgegen zu halten".

Prinzip Reversier-/Pendellüftung: im Winterfall nimmt die Wärmerückgewinnung auf der dem Winddruck zugewandten Seite (und im UG/EG) in dem Maße **ab**, wie sich das Verhältnis Abluft zu Zuluft verschiebt, weil die **Aufladung** des Wärmespeichers dann nur in geringerem Maße erfolgt, während die **Entladung** zunimmt. Bei kleiner Laufstufe und zu starkem Gegendruck **kann der Durchfluss und damit die Wärmerückgewinnung ganz zusammen brechen**. Auf der Lee-Seite (und in Räumen des OG/DG wegen Auftriebskraft) wird die **Aufladung** dagegen tendenziell **verbessert**.

Prinzip Wärmetauscher: im Winterfall nimmt die Wärmerückgewinnung auf der dem Winddruck zugewandten Seite (und im UG/EG) in dem Maße **ab**, wie sich das Verhältnis Abluft zu Zuluft verschiebt, weil **weniger** Abluft zur **Erwärmung** der Zuluft zur Verfügung steht. Auf der Lee-Seite (und im OG/DG wegen Auftrieb) **verstärkt** sich die **Wärmerückgewinnung**, wenn Verhältnis ABL/ZUL zunimmt.



DIN 1946-6 dezentrale Wohnungslüftung:
Kriterium: **Windanfälligkeit** (Einfluss von Winddruck
und Auftriebskraft)

Bei der Zulassungsprüfung von jedem dezentrale Einzelraum-Lüftungsgerät hat die Bilanz Zuluft-Abluft-Volumenstrom einen maßgeblichen Einfluss auf den Wirkungsgrad. Bei Abluftüberschuss **erscheinen** die Werte Wärmebereitstellung η **besser** (als sie im eingebauten Zustand/System sind) (Kandidaten inVENTer + Lunos), bei Zuluftüberschuss **schlechter** (LTM, Vx). Ein System aus Zulüfter und Ablüfter wirkt zusammen, beide haben also im eingebauten Zustand den gleichen Durchfluss.

In der Praxis vor Ort bewirken die Kräfte durch Wind und Auftrieb zusätzliche überlagernde Volumenströme. Es gibt dabei **maßgebliche Unterschiede** zwischen einzelnen Gerätebauarten! Ein System aus zwei Außenwandlüftern wird bei wirksamen Wind- und Auftriebs-Kräften in eine Richtung durchströmt.

a) von der Luv- (+) zur Leeseite (-) (**Windkraft => Windgeschwindigkeit zum Quadrat, wirksam mit relevantem Richtungsvektor**). 5 m/s wirken mit 15 Pa max. Staudruck

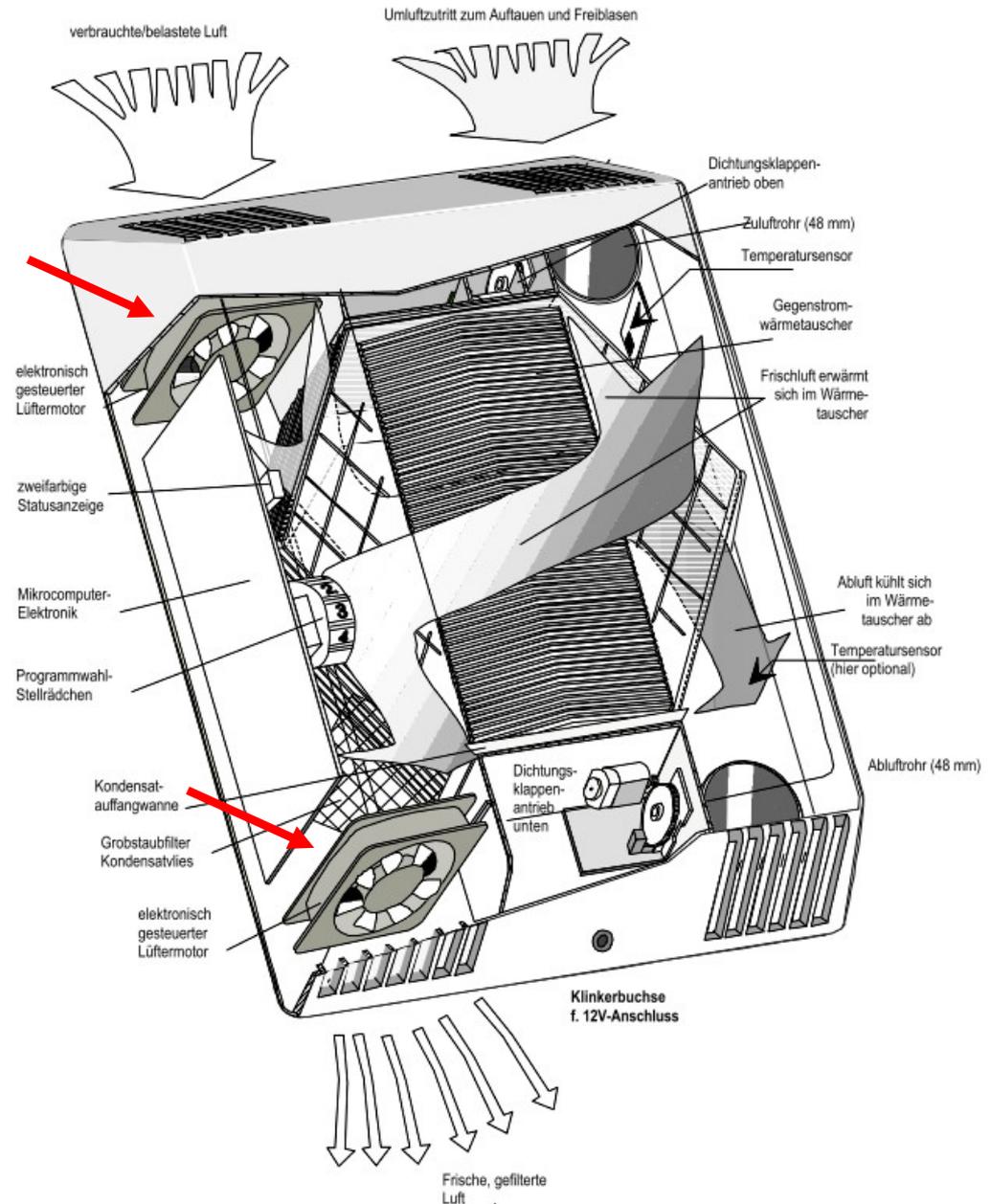
b) von unteren Geschoßen zu höheren Geschoßen (**Auftrieb = Dichteunterschied, je kälter t_{AU} gegenüber t_R desto größer ist dieser; Höhe als Multiplikator**)

Merkzahl: $t_{AU} = -10^\circ\text{C}$, $T_R = 22^\circ\text{C}$ und 9 m (3 Geschoße) wirken mit $\Delta=6$ Pa auf Lüfter

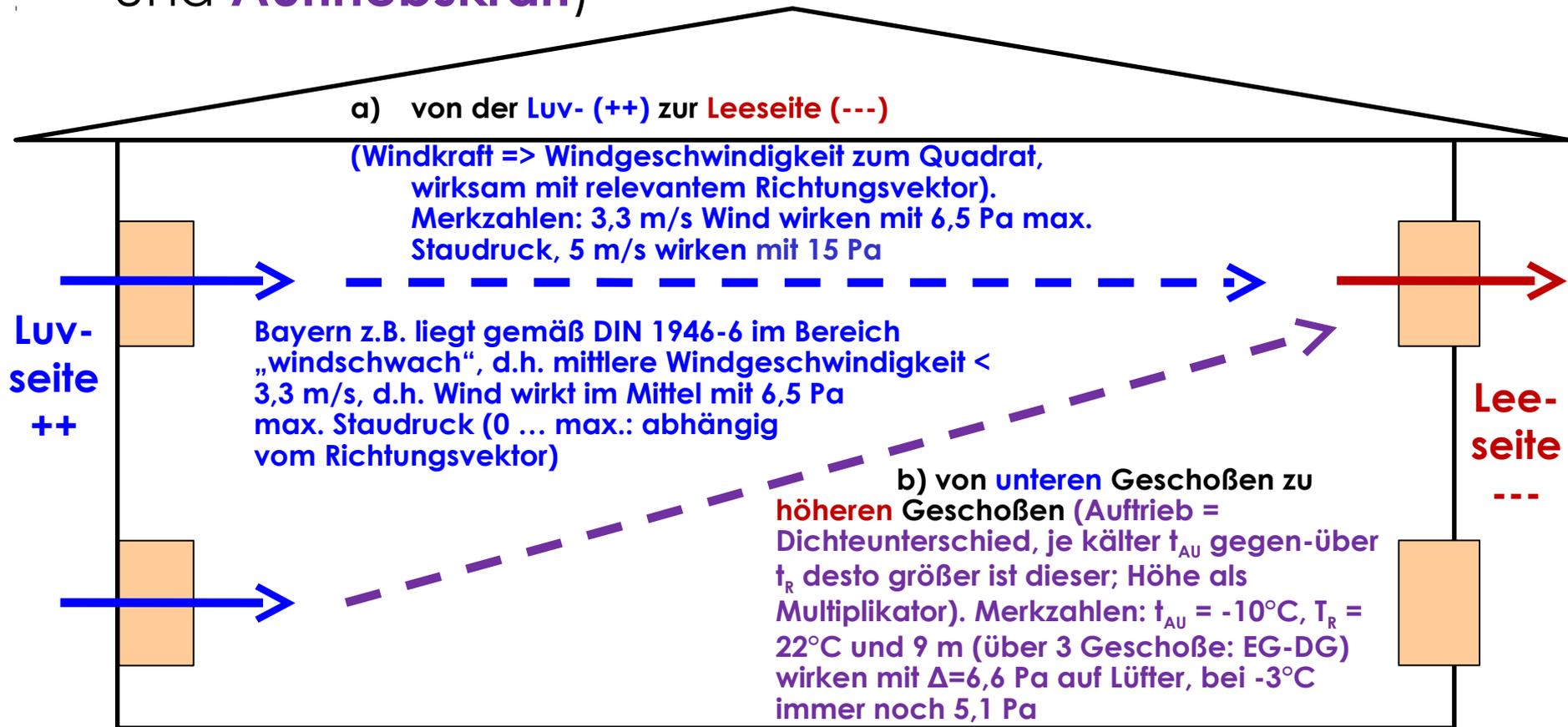


DIN 1946-6 dez. kWL Kriterium: **Windanfälligkeit**

Aufgrund der **Bauart** der Lüfter hier **Axiallüfter** (PC-Lüfter) wie hier gezeigt, trifft der Sachverhalt Einfluss von Gegendruck auf die Kennlinie und in Folge auf die WRG bei ähnlich schwachen Kennlinien ähnlich bei allen Bauarten (auch bei Wärmetauscher-Geräten) zu.
Auch auf **stärkere Radial-Lüftermotoren**, sofern auf niedriger Laufstufe betrieben ebenso!



DIN 1946-6 dezentrale Wohnungslüftung: Kriterium: **Windanfälligkeit** (Einfluss von **Winddruck** und **Auftriebskraft**)



DIN 1946-6 dez. kWL

Kriterium: **Windanfälligkeit**

Winddaten für Deutschland

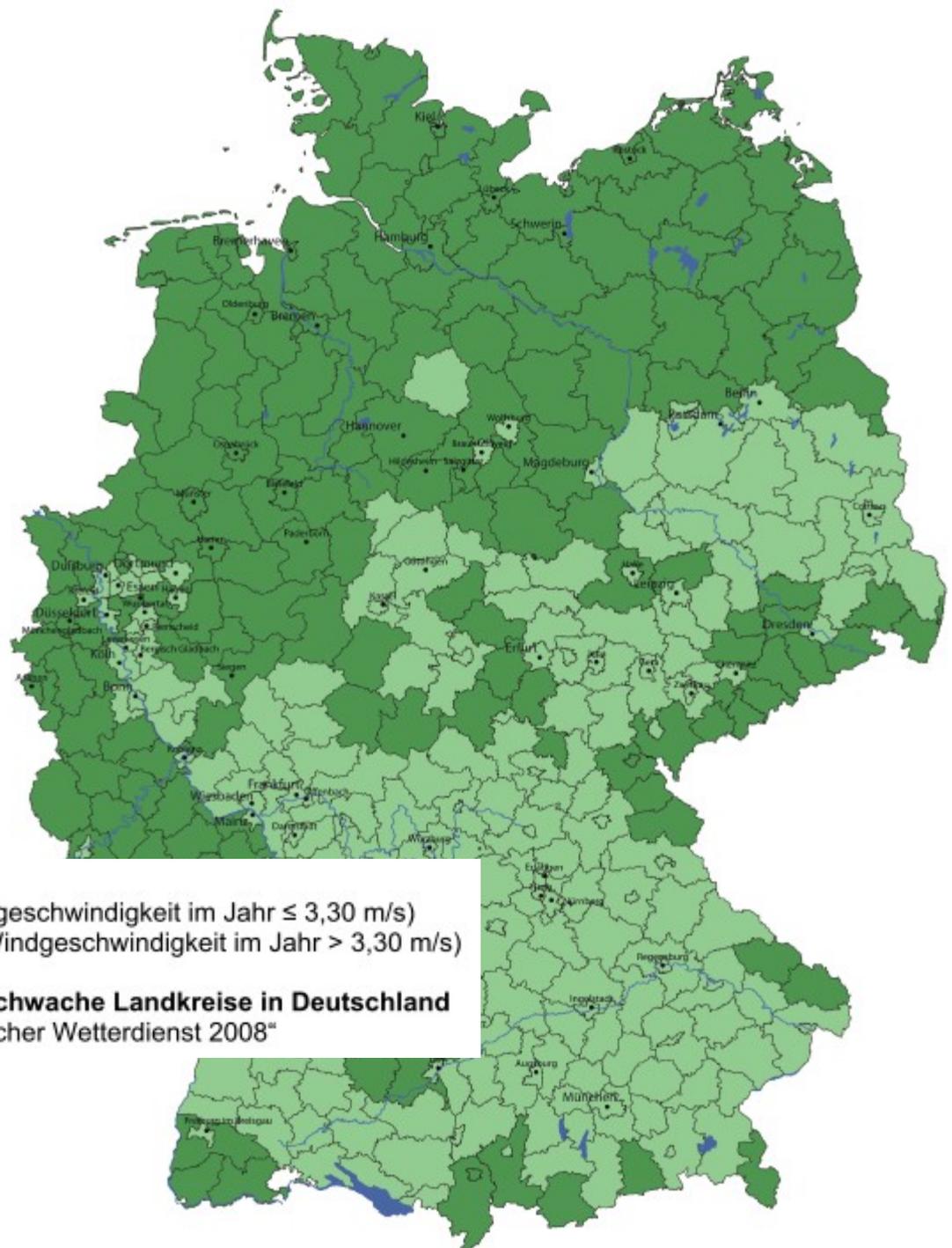
Bayern z.B. liegt gemäß DIN 1946-6 weitestgehend im Bereich „windschwach“, d.h. „gemittelte Windgeschwindigkeit im Jahr $< 3,30 \text{ m/s}$ “, d.h. Wind wirkt im Mittel mit $0 \dots 6,5 \text{ Pa}$ Staudruck (abhängig vom Richtungsvektor)

Anlage H (DIN 1946-6:2009-05)

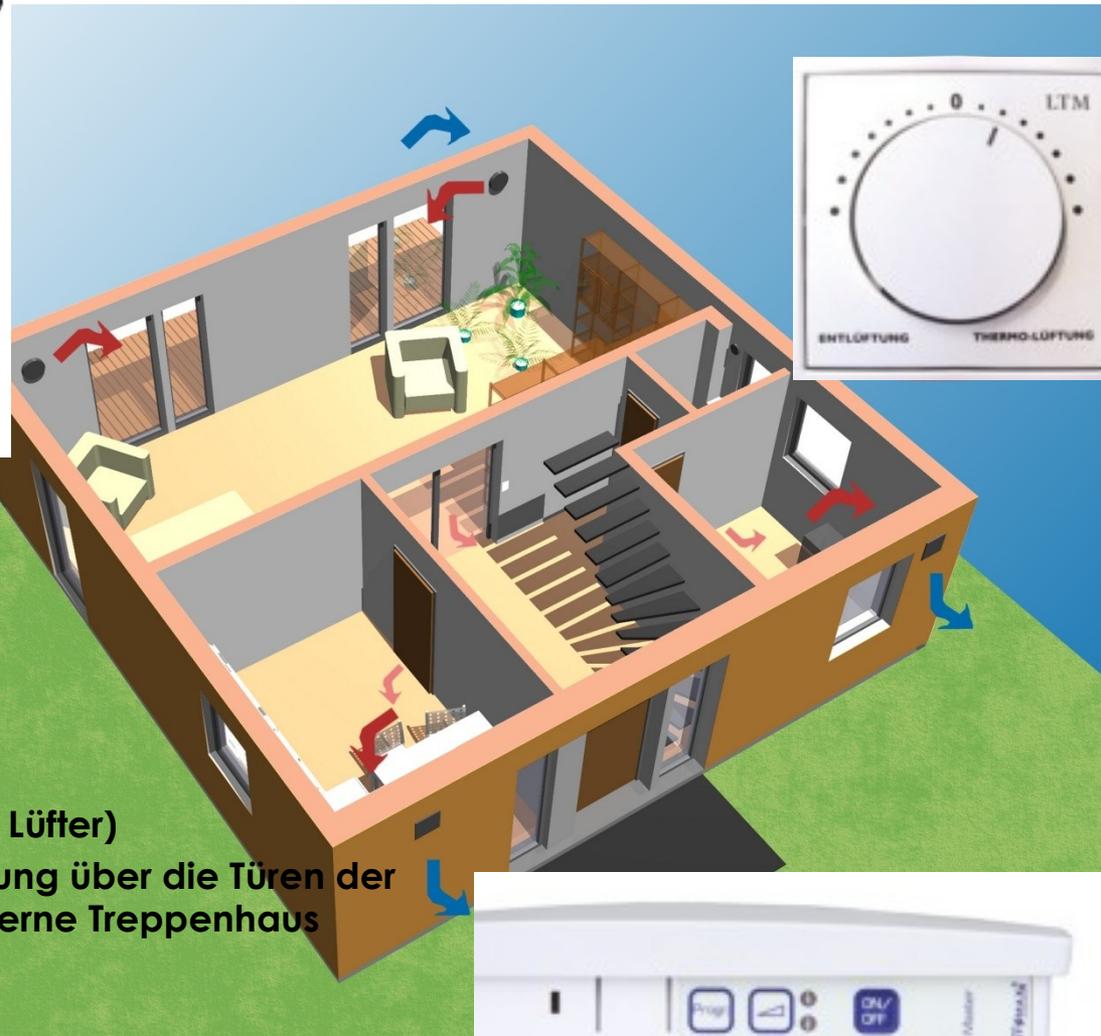
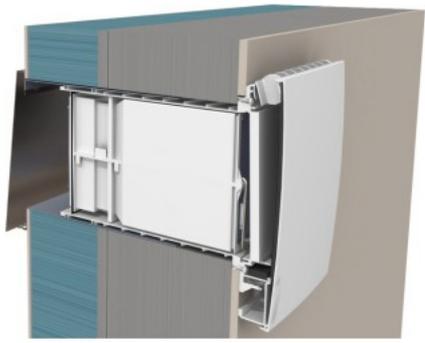
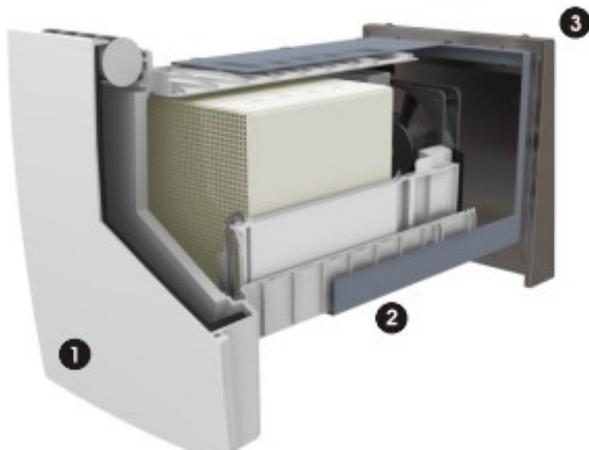
Legende

- Dunkelgrün windstarke Landkreise (gemittelte Windgeschwindigkeit im Jahr $\leq 3,30 \text{ m/s}$)
- Hellgrün windschwache Landkreise (gemittelte Windgeschwindigkeit im Jahr $> 3,30 \text{ m/s}$)

Bild H.1 – Windstarke und windschwache Landkreise in Deutschland
„Datengrundlage Deutscher Wetterdienst 2008“



kWL – dez. Anlagen: Platzierung Wechsellüfter

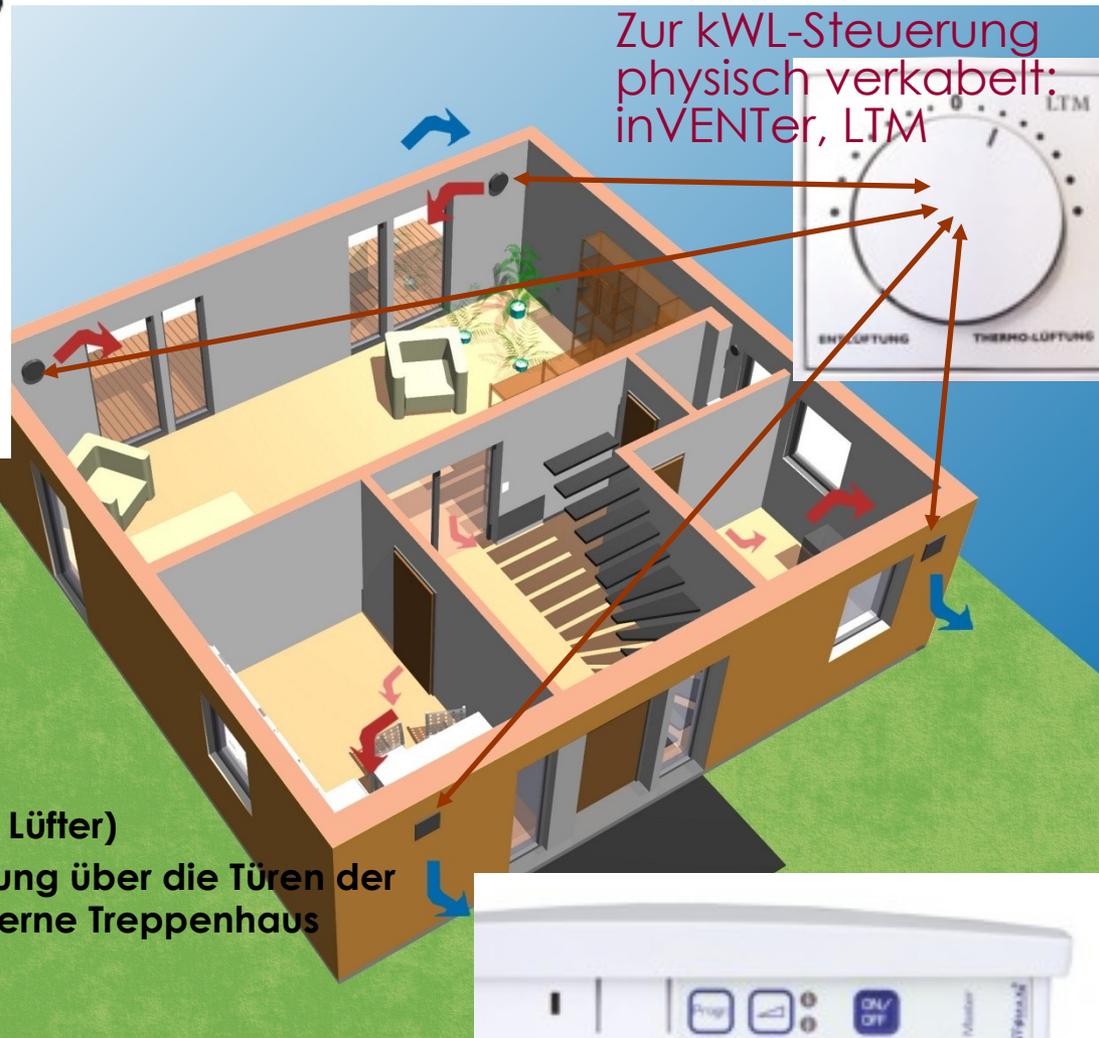
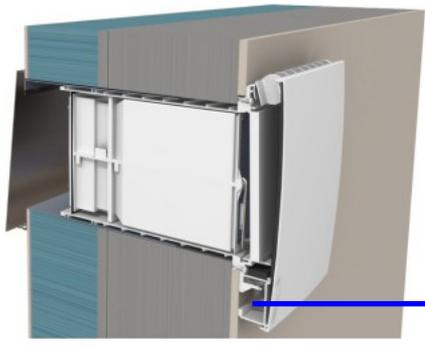
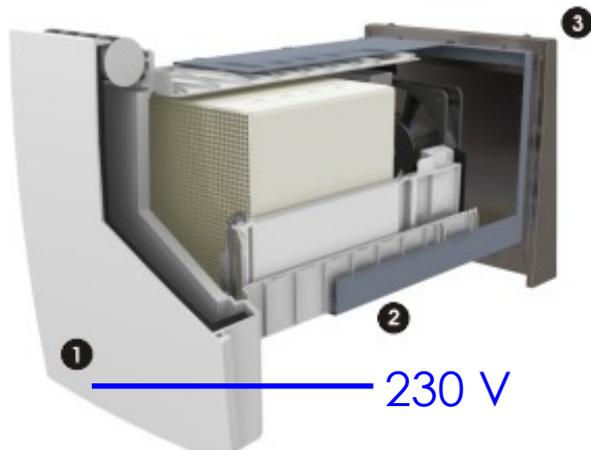


Bedienfeld mit LED-Funktionsanzeigen, verdeckt angeordnet

- Überströmung innerhalb eines Raumes (2 Lüfter)
- Oder je 1 Lüfter pro Raum und Überströmung über die Türen der Räume und den Verbindungsflur / das interne Treppenhaus



kWL – dez. Anlagen: Platzierung Wechsellüfter



- Überströmung innerhalb eines Raumes (2 Lüfter)
- Oder je 1 Lüfter pro Raum und Überströmung über die Türen der Räume und den Verbindungsflur / das interne Treppenhaus

Jeweils nur 230 V-Anschluss



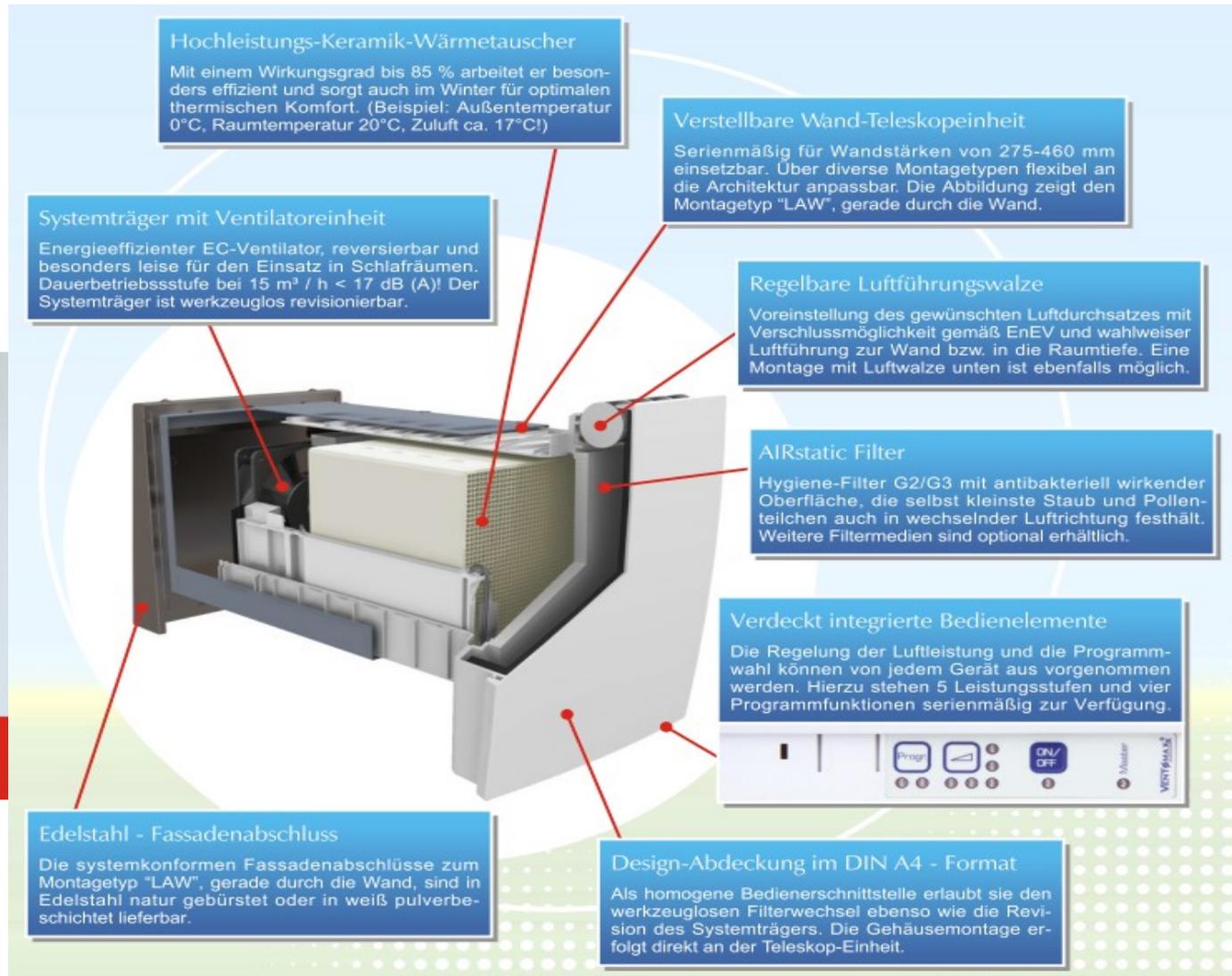
Bedienfeld mit LED-Funktionsanzeigen, verdeckt angeordnet



Beispiel 1 (Reversierlüfter): V-WRG plus (Ventomaxx)



LÜFTEN
IM
DIN-A4
FORMAT

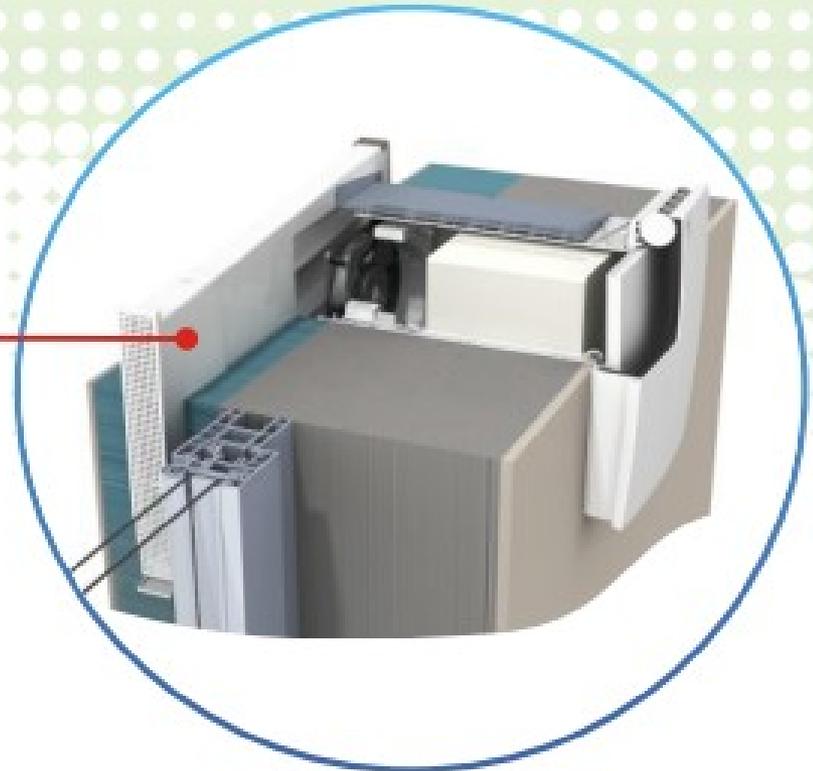


Z-WRG, V-WRG bzw. P-WRG plus (Ventomaxx)

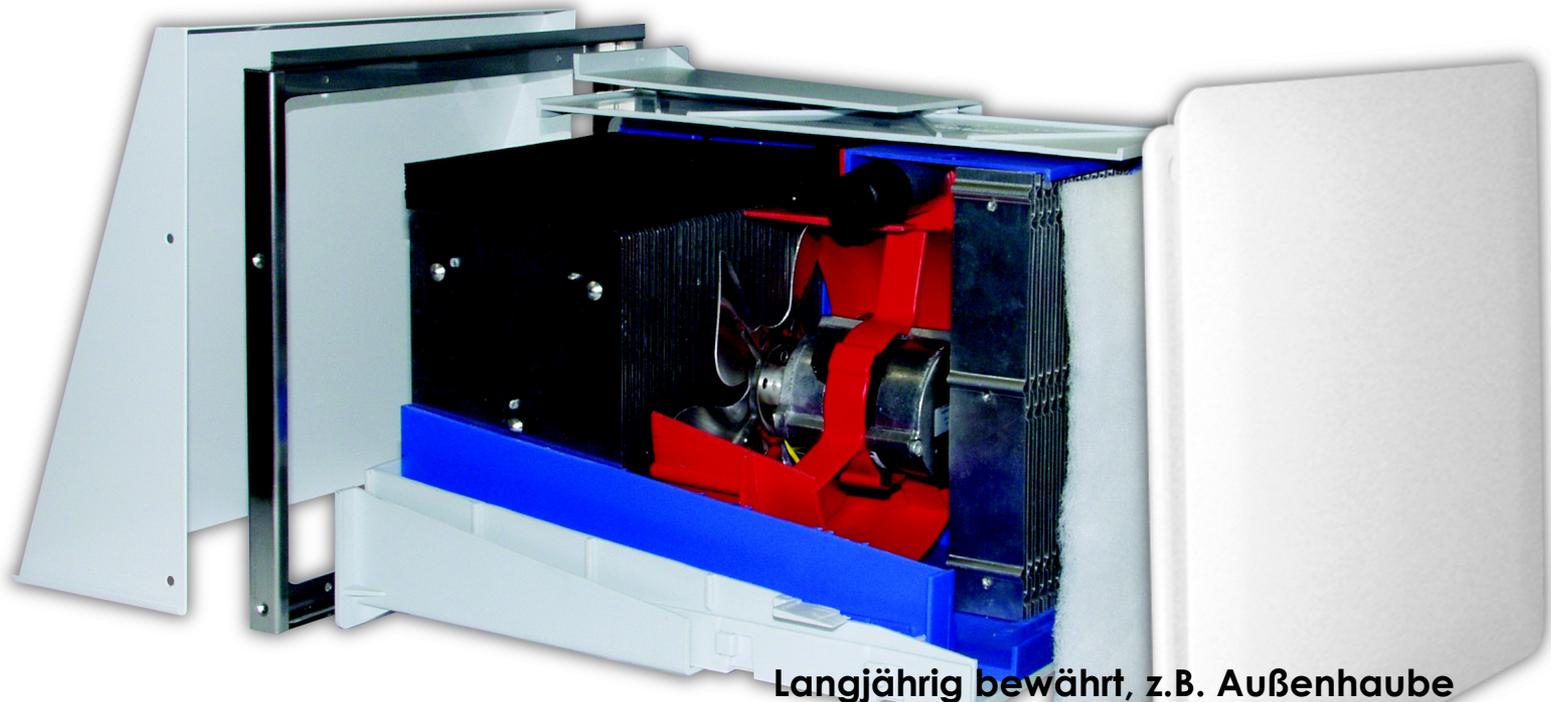
- Laibungsvariante B/H = 30/230 mm (beliebt bei Architekten, oft im Objektgeschäft) – etwas höherer Planungsaufwand in Detaillierung

Montagetyp "LAL", Laibung

Das patentierte Flachkanalsystem von Ventomaxx®, mit verdeckter Luftführung innerhalb der Laibung, ermöglicht zweifelsfrei die eleganteste Fassadenintegration.



Beispiel 2 (Reversierlüfter): Thermolüfter (LTM)



Langjährig bewährt, z.B. Außenhaube
Keine Laibungsvariante verfügbar
Robuster AC-Motor – mit höherem Stromverbrauch
5,0 ... 17,5 W je Lüfter (Bereich 0,23 ... 0,37 W/m³/h)

Erfahrungen/neue Entwicklungen

- TÜV-Süd (Bautechnik) konstatiert:
- Nur Fensterlüftung? – dann aber entsprechend gute Vertrags- und zivilrechtliche Vereinbarung

Gebäudetechnik

Der ImmobilienVerwalter 2/2010

Energieeffizientes Bauen und Schimmelbildung

Wohnraumlüftung – was ist richtig?

Zur Vermeidung von Energieverlusten fordert der Gesetzgeber, dass Wohnungen in Deutschland immer besser wärmegeklämt und möglichst luftdicht gebaut werden. Allerdings erhöht sich in sehr dichten Bauweisen die Luftfeuchtigkeit, und es kann zu Schimmelpilzbildung kommen. Die neue Lüftungsnorm DIN 1946-6 soll Klarheit über den notwendigen Luftaustausch in Wohngebäuden bringen.

tenfreie Einbau von Lüftungsanlagen oder zumindest Lüftungsgeräten gefordert, sobald ein Verdacht besteht, dass der hygienische Mindestluftwechsel bei üblichen Wohn- und Lüftungsverhalten ohne besondere Lüftungsmaßnahmen nicht mehr gegeben ist. Derweil geht der Gesetzgeber davon aus, dass Wohnungen in Deutschland nach wie vor ausschließlich mit Fensterlüftung funktionieren können. Fachgerecht und zumutbar ist dabei nach

derzeit gefestigter Rechtsmeinung mindestens dreimaliges Stoßlüften am Tag, auch bei beruflicher Abwesenheit.

Luftfeuchtigkeit und Schimmelpilzbildung

Wasserdampf entsteht in Wohnräumen zum einen durch die Bewohner selbst und zum anderen durch nutzerbedingte Vorgänge wie Duschen, Baden, Wäsche-



Erfahrungen/neue Entwicklungen

TÜV-Süd (Bautechnik) konstatiert:

- Empfehlung: Lüftungsanlagen **mit WRG**
- „AWL“ mit WRG: im Bedarfsfall lässt sich das System erweitern

Lösungsansätze von TÜV Süd

Nach Ansicht von TÜV Süd ist zum Feuchteschutz der Verzicht auf den Ansatz der Fensterlüftung im Lüftungskonzeptvorschlag der DIN 1946-6 technisch gesehen nicht zwingend erforderlich. Der Gesetzgeber schreibt in der Energieeinsparverordnung (Paragraf 6 und Anlage 4 der EnEV 2009) keine Lüftungsanlage vor, solange die Gebrauchstauglichkeit der Wohnung auch mit Fensterlüftung nachgewiesen wird. Bei entsprechender vertraglicher, zivilrechtlich relevanter Vereinbarung kann eine Fensterlüftung daher durchaus geplant werden.

Die Infiltrationsrate durch die Gebäudehülle kann durch den Einbau von Fensterlüftern erhöht werden. Um dennoch Energie



einzusparen, empfehlen sich Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung. Zum Feuchteschutz kann auch nur ein einzelner dezentraler Außenwandlüfter mit Wärmerückgewinnung eingebaut werden. Denn infolge des Partialdruckgefälles gleicht sich die Luftfeuchtigkeit in allen Räumen relativ schnell an. Der übrige notwendige Luftaustausch erfolgt über die Fenster. Im Bedarfsfall lässt sich das System erweitern.

Lüftungskonzept auch bei Fensteraustausch

Nach DIN 1946-6 muss bei der Bauplanung ein Lüftungskonzept erstellt werden, das unter anderem die Vermeidung von Schimmelpilzbildung durch Raumluftfeuchte auch bei berufsbedingter Abwesenheit der Bewohner und geschlossenen Fenstern zum Ziel hat. Der jeweilige Luftwechsel zum Feuchteschutz muss dabei anhand verbindlicher Berechnungsmethoden ermittelt werden. Neu ist insbesondere, dass nicht nur für alle Neubauten, sondern auch bei Sanierungen – insbesondere Fensteraustausch – ein Lüftungskonzept unter Berücksichtigung der bauphysikalischen, Lüftungs- und gebäudetechnischen sowie hygienischen Gesichtspunkte erstellt werden soll. Allerdings wird zwischen Gebäuden mit einer Wärmedämmung mindestens nach Wärmeschutzverordnung (WSchVO) 95 und schlechterem Wärmeschutz unterschieden.

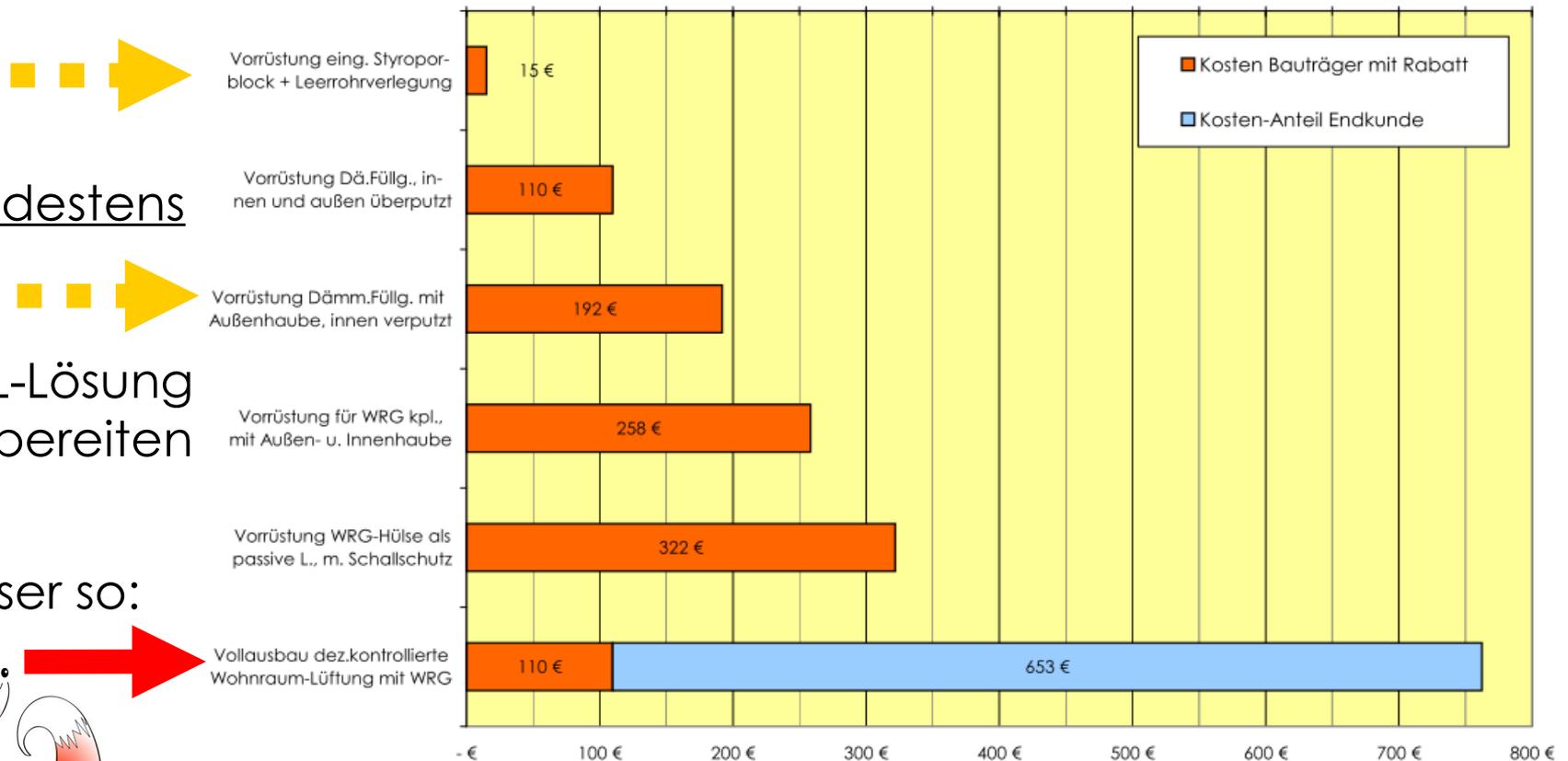


Erfahrungen/neue Entwicklungen

Nach dem Ansatz TÜV-Süd (Bautechnik) Praxis-kalkuliert:

- „AW-Lüfter“ mit WRG: im Bedarfsfall System-Erweiterung

Stufenweise Ausbauvarianten einer dezentralen kontrollierten Wohnraumlüftung, kalkuliert je 1 Stück



Mindestens

KWL-Lösung vorbereiten

Besser so:

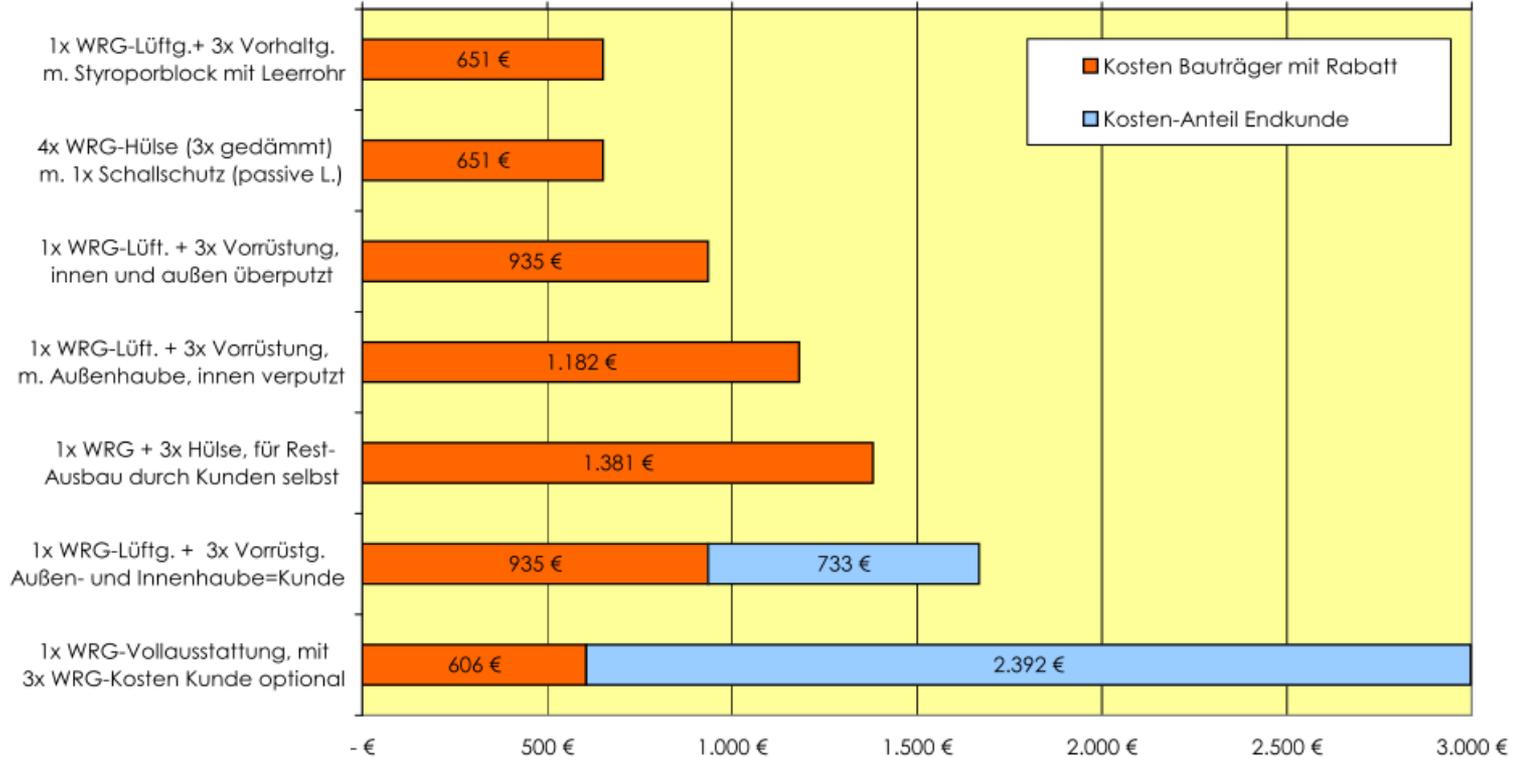


Erfahrungen/neue Entwicklungen

Nach dem Ansatz TÜV-Süd (Bautechnik) Praxis-kalkuliert:

- „AW-Lüfter“ mit WRG: im Bedarfsfall System-Erweiterung

Stufenweise Ausbauvarianten einer dezentralen kontrollierten Wohnraumlüftung, kalkuliert auf eine 4-Zi.-Wohnung mit je 1 Stück Vollausbau mit WRG plus 3 weitere Einheiten mit var.



Für den Bauträger auch gar nicht einmal so teuer!



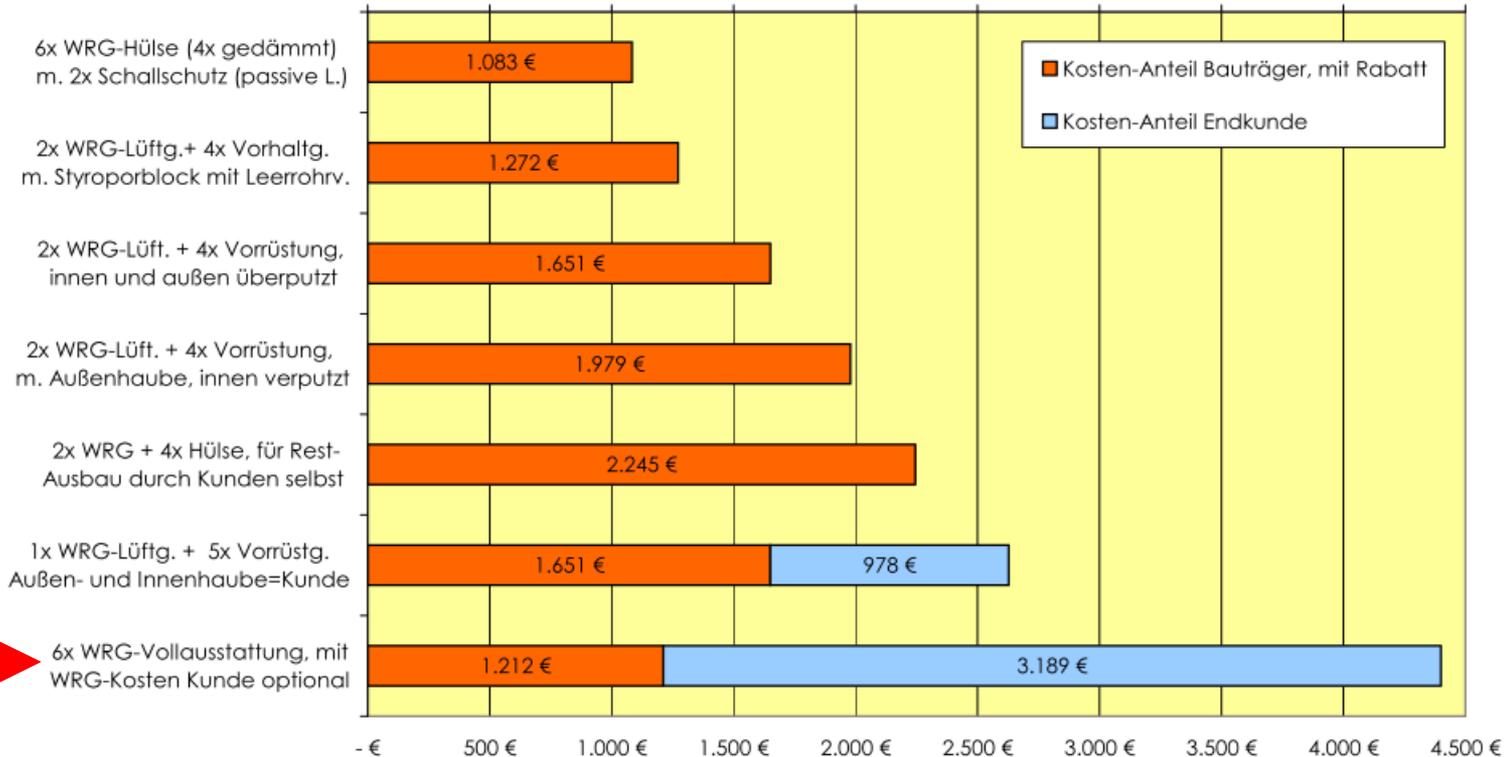
Erfahrungen/neue Entwicklungen

Nach dem Ansatz TÜV-Süd (Bautechnik) Praxis-kalkuliert:

- „AW-Lüfter“ mit WRG: im Bedarfsfall System-Erweiterung

Stufenweise Ausbauvarianten einer dezentralen kontrollierten Wohnraumlüftung, kalkuliert auf ein 6-Zi.-EFH/DHH/RH mit je 2 Stück Vollausbau mit WRG plus 4 weitere Einheiten m. var.

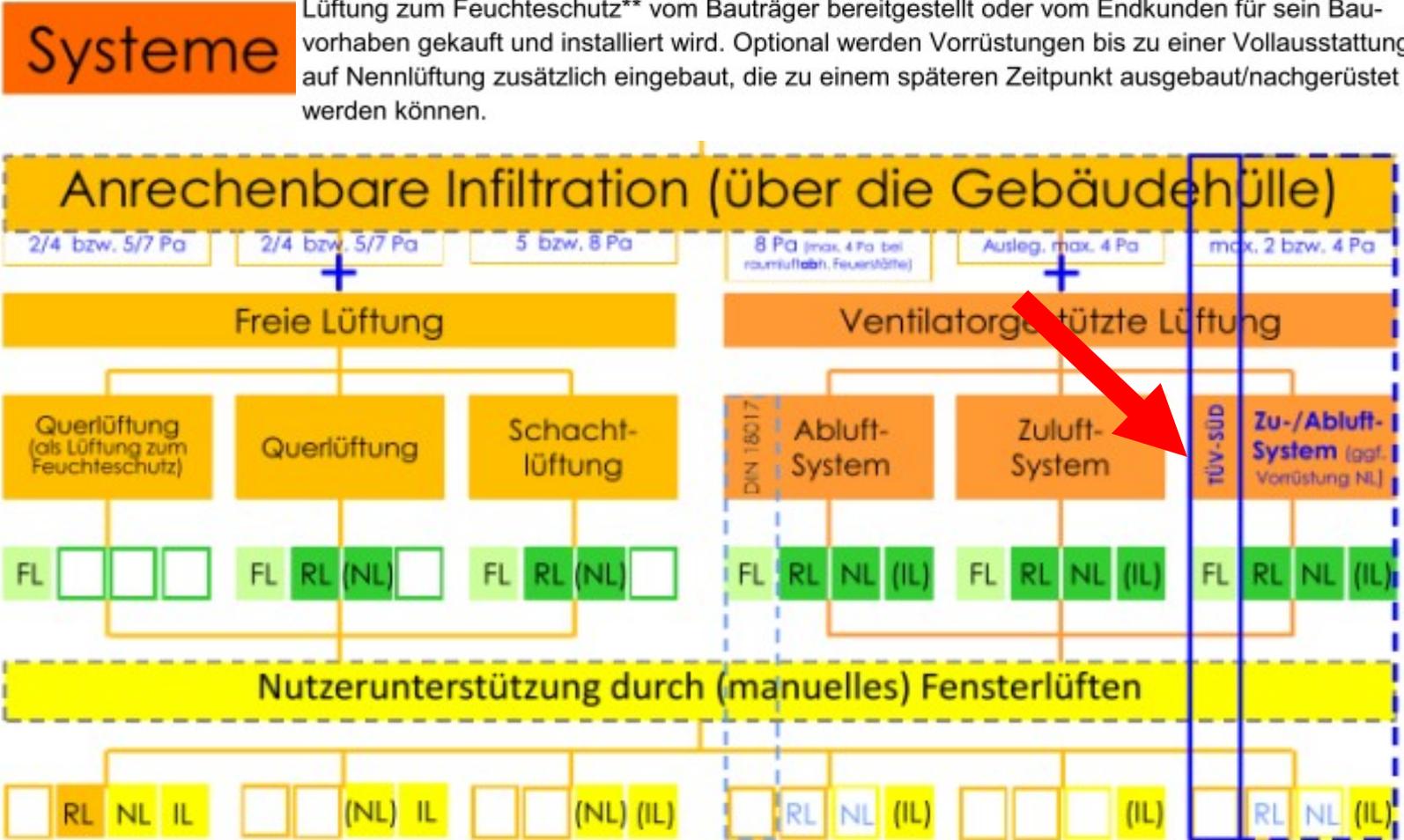
Für den Kunden oder Whg.-Käufer: beliebig staffelbare Anschaffung ist über Jahre hinweg leicht möglich





Variante 4b und Ausbauvarianten (Kundenoption) zu Variante 4b:

Kundefreundliche Lösung, nur bei dezentralen Lüftungssystemen, bei der (anfänglich) nur die Lüftung zum Feuchteschutz** vom Bauträger bereitgestellt oder vom Endkunden für sein Bauvorhaben gekauft und installiert wird. Optional werden Vorrüstungen bis zu einer Vollausrüstung auf Nennlüftung zusätzlich eingebaut, die zu einem späteren Zeitpunkt ausgebaut/nachgerüstet werden können.



Bei (Klammerangaben) optionale Auslegung möglich FL: Lüftung zum Feuchteschutz, RL: Reduzierte Lüftung, NL: Nennlüftung, IL Intensivlüftung
 Angaben Auslegungs-Differenzdruck ap: für ein-/mehrgeschossige NE (mehrgesch.: mit zus. Auftrieb, z.B. in EFH, Maisonette) und für windschwache bzw. windstarke Lage
 Lösung bei fensterlosen Räumen nach DIN 18017: „kann“ als LfM ausreichend sein, wann dauernd wirksam und alle Räume hinreichend gleichmäßig durchströmt
 TÜV-SÜD: von TÜV-SÜD/Abteilung Bautechnik propagierte Lösung mit Einstufung WRG-Lüfter als „verbessert“ ALD mit Wärmerückgewinnung, als Lü. zum Feuchteschutz

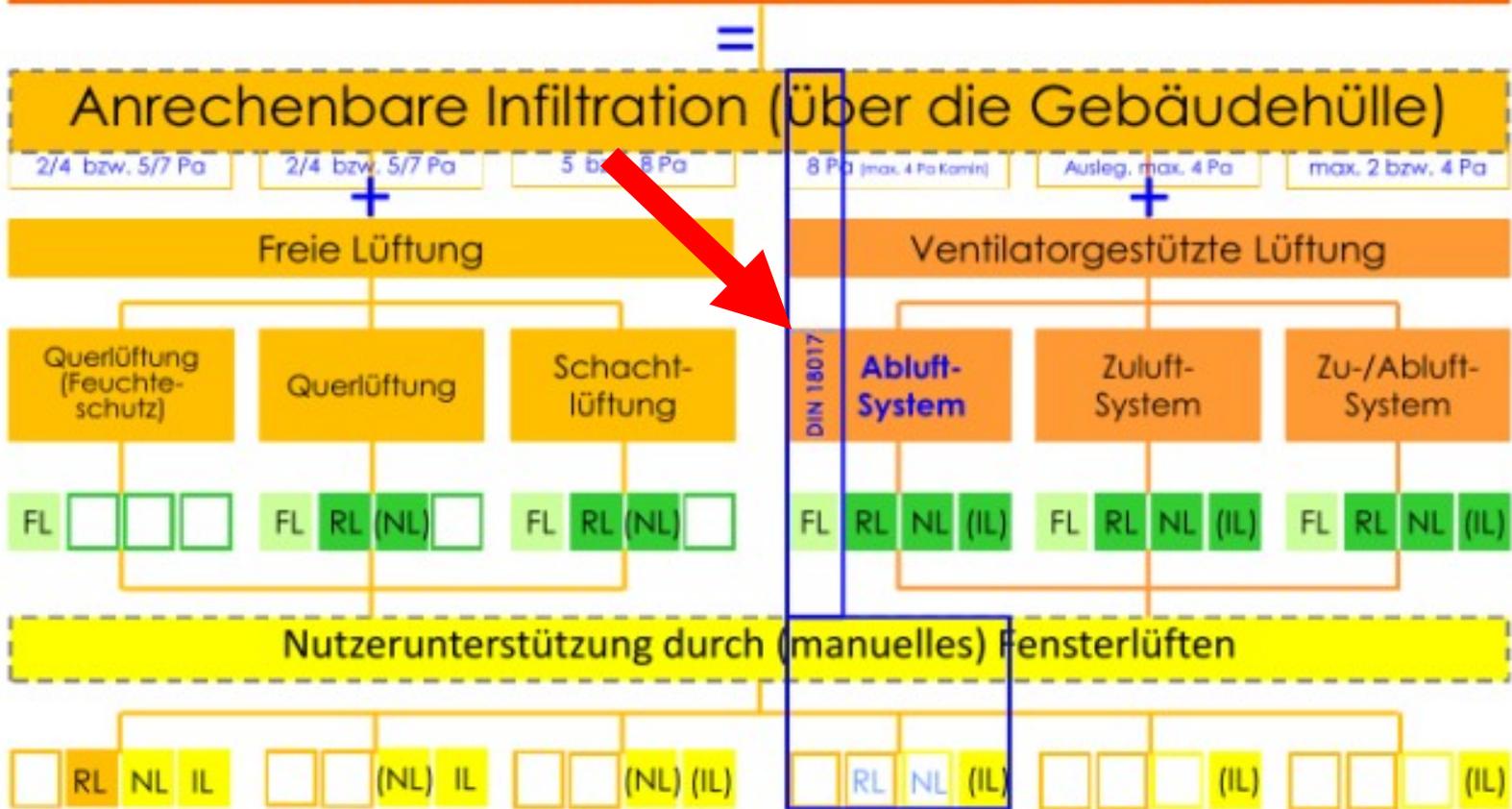


Variante 1a: nicht Auslegung nach DIN 1946-6:2009-05, sondern erleichterte Auslegung nach DIN 18017-3

= Häufigstes Modell in teuren Lagen bzw. Ballungsräumen

Auslegungs-Varianten

Systeme der kontrollierten Wohnungslüftung



Bei (Klammerangaben) optionale Auslegung möglich FL: Lüftung zum Feuchteschutz, RL: Reduzierte Lüftung, NL: Nennlüftung, IL Intensivlüftung
 Angaben Auslegungs-Differenzdruck ap: für ein-/mehrgeschossige NE (mehrgesch.: mit zus. Auftrieb, z.B. in EFH, Maisonette) und für windschwache bzw. windstarke Lage
 Lösung bei fensterlosen Räumen nach DIN 18017: „kann“ als LTM ausreichend sein, wenn dauernd wirksam und alle Räume hinreichend gleichmäßig durchströmt

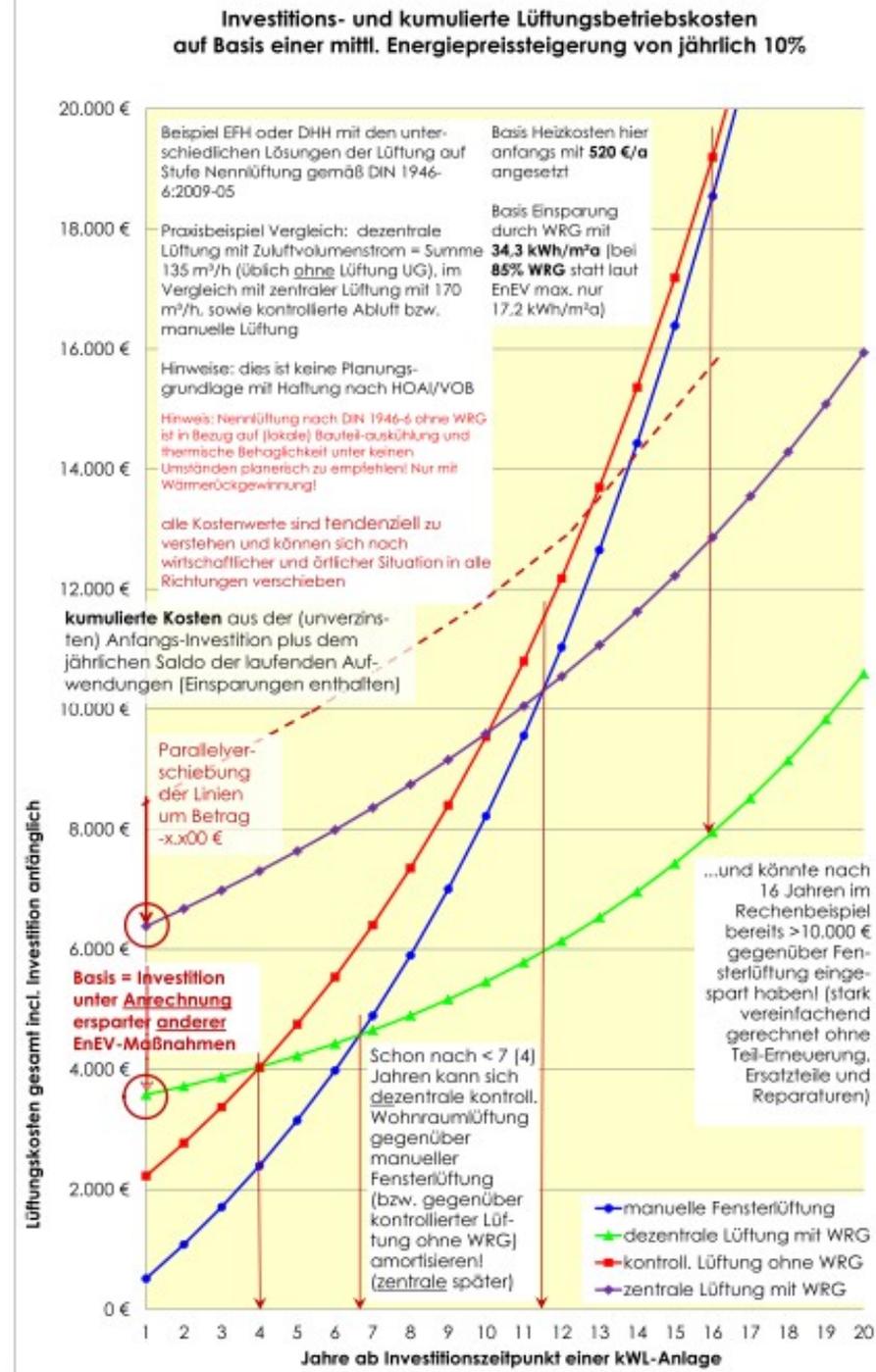


Wirtschaftlichkeit/Amortisation kWL, dezentrale und zentrale Systeme

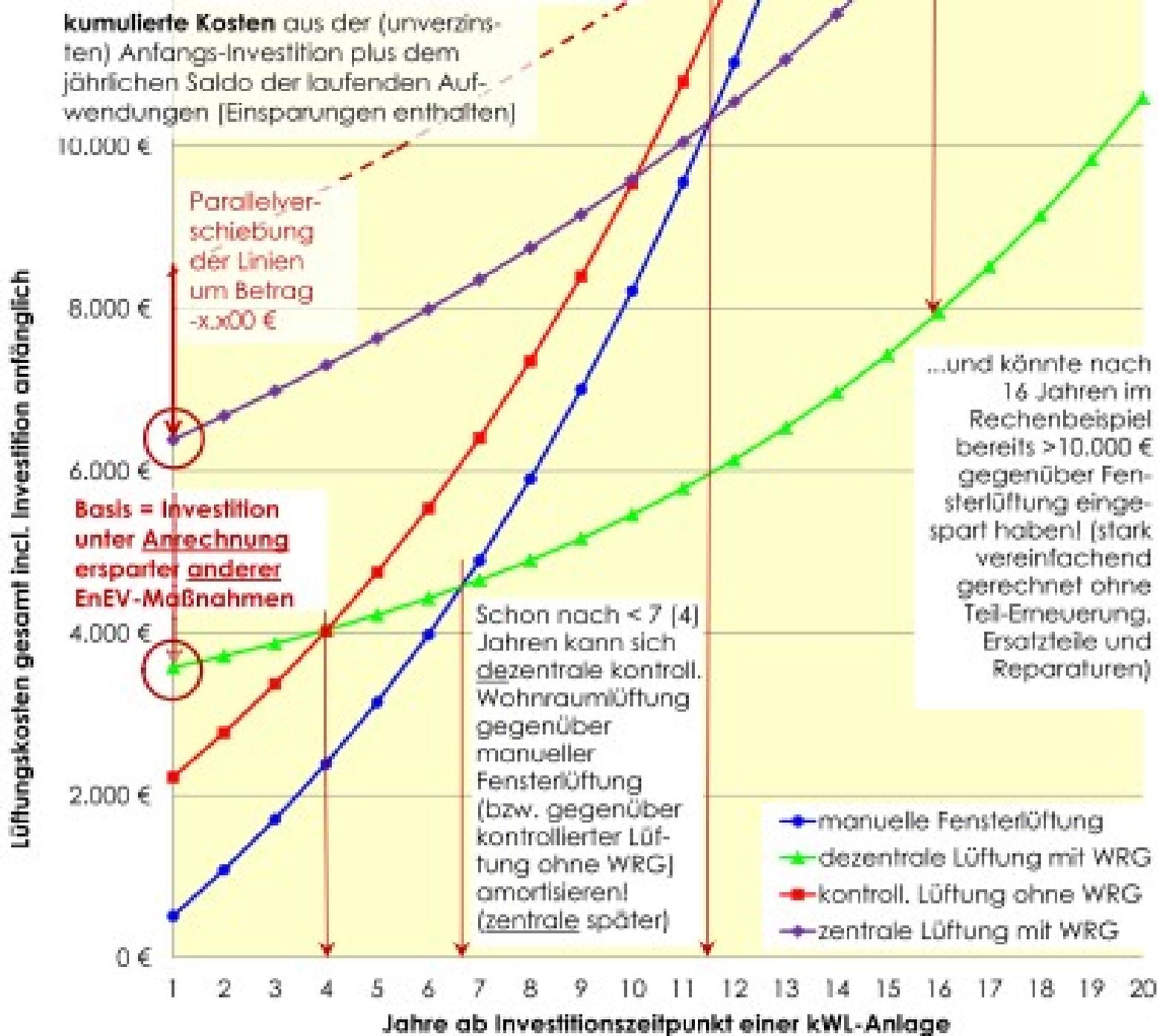
Gegenüberstellung der Wirtschaftlichkeit **Zentrale** – **dezentrale** kWL (hier **dezentrale** kWL im Wechsel-lüftungs-Prinzip dargestellt):

Amortisation auf Basis über 20 Jahre kumulierter Investitionskosten (ohne Zinsen) u. laufend anfallender Betriebskosten (Wartung, Filter und Hilfsenergie), hier: **Anfangsinvestition** gemindert unter Anrechnung der Einsparung anderer Investitionen zur Erfüllung des EnEV-Zieles (bewirkt eine **Parallelverschiebung** im Graphen)

Bild zeigt eine der Darstellung Tendenz!



Wirtschaftlichkeit/ Amortisation kWL, dezentrale und zentrale Systeme

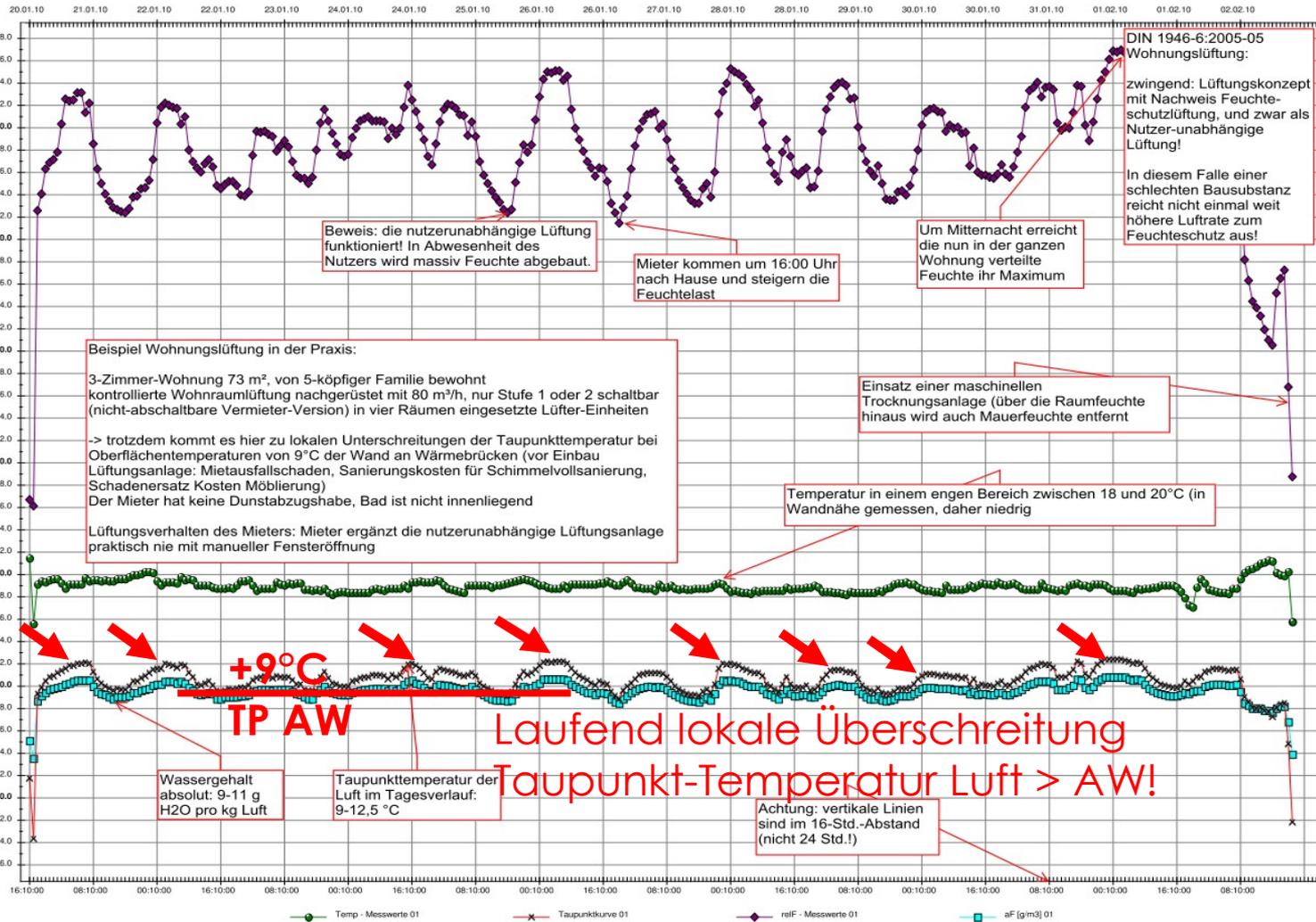


Kontrollierte Lüftung: Erfahrungen aus Schimmelsanierung

Achtung Vermieter mit älteren Gebäuden!

52...67% r.F.

Wenn Mieter absolut NULL zusätzlich über Fenster lüften, hier 5 Personen auf 73 m², trotz einer neu install. 50%-kWL

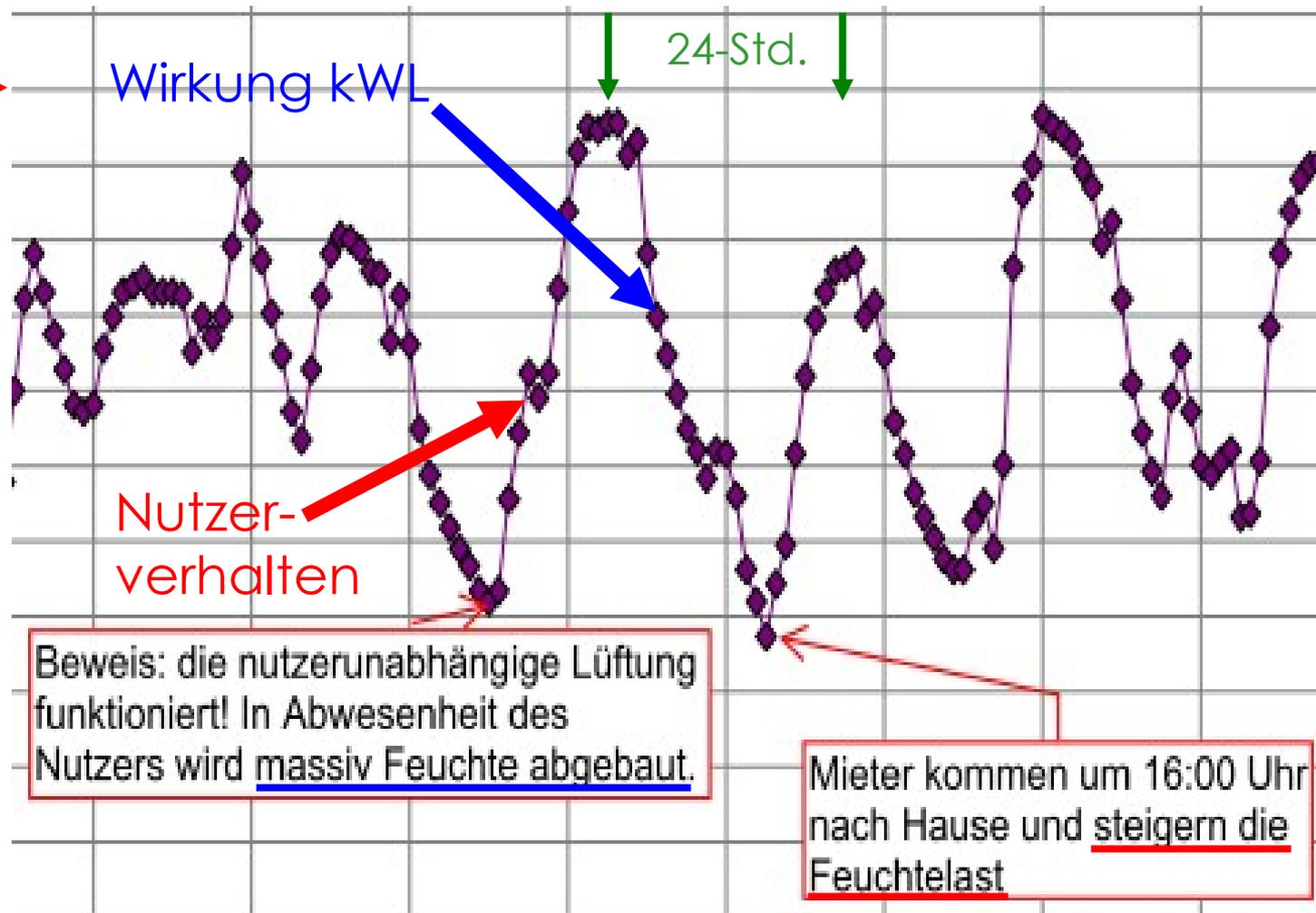


Erfahrungen aus Schimmelsanierung

Achtung Vermieter mit älteren Gebäuden!

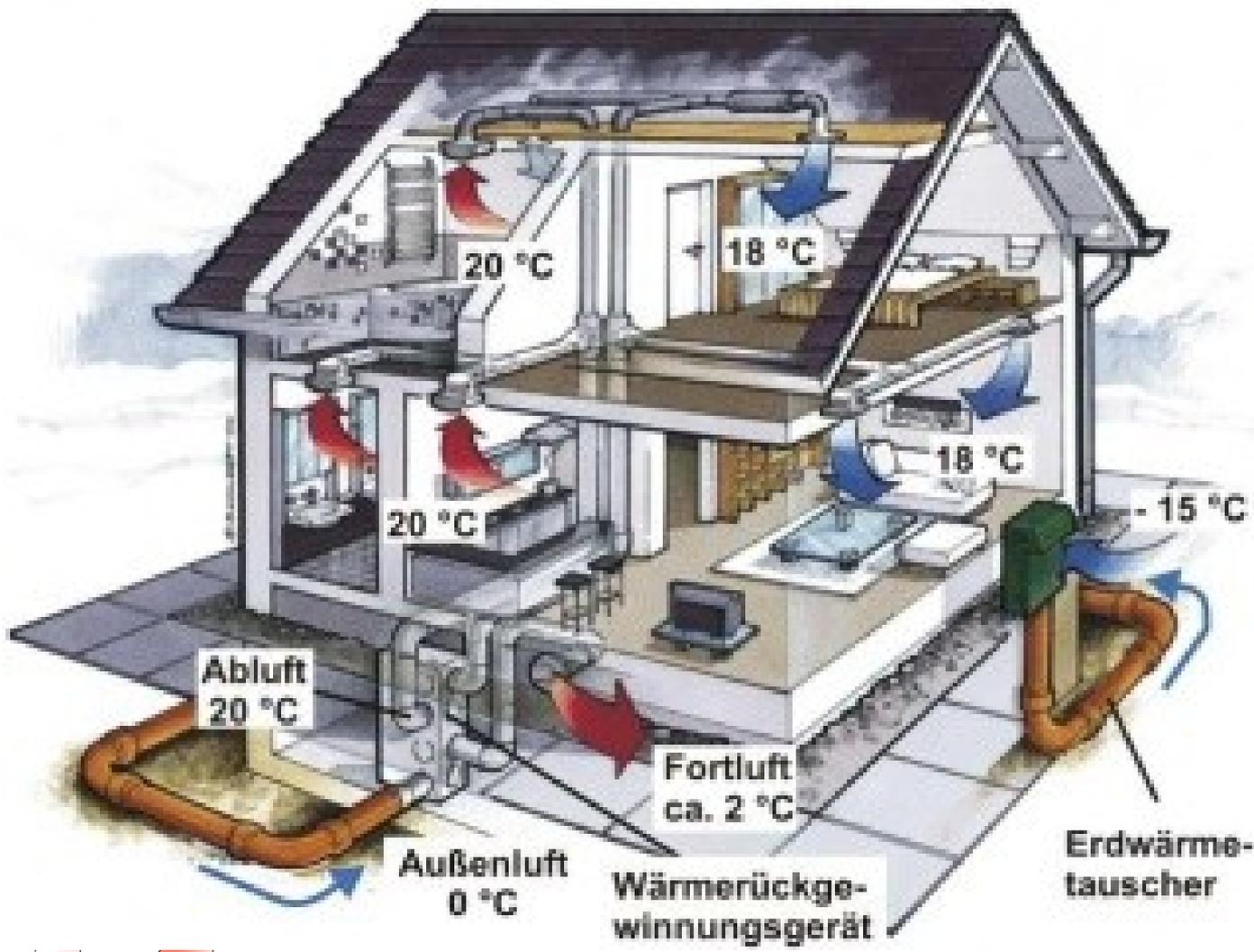
66% r.F. →

Nutzer-UN-abhängig in Abwesenheit der Mieter wird perfekt die Feuchte abgelüftet/ nach außen transportiert



Ausführungsarten der Wohnraumlüftung zum Vergleich: zentrale Anlagen

Quelle: ...



**Auszug/Übersichtsblatt Lüftungskonzept +
Lüftungsbedarfsberechnung für dezentrale kontrollierte Wohnraumlüftung**
nach EnEV 2007+2009 / DIN 1946-6:2009-05 Wohnraumlüftung



Der Lüftungsfuchs
Inh. Beate Fuchs
Ingeborgstr. 64
81825 München
Tel. 089 45364712
Fax 089 4536 4711

Die Berechnung wurde durchgeführt von:
Der Lüftungsfuchs - Reinhart Fuchs

für:
dezentrale Lüftung mit Wärmerückgewinnung, zum Einbau in Außenwand, Fabr./Typ: **Ventomaxx; V-WRG plus**
(ggf. fensterlose, innenliegende Räume sind gemäß Verweis DIN 1946-6:2009-05 auf DIN 18017-3 konventionell zu lüften)

beheiztes Bauwerkvolumen (ca.) in m³: 338 m³
beheiztes Luftvolumen in m³: 260 m³
Anzahl der dezentralen Lüfter: **6 Stk.** Ansatz mit **Dauer-ZUL-Volumenstrom**, je Ansatz mit **max. ZUL-Volumenstrom**, je

Mit dieser Ausstattung wird die Anforderung Luftwechsel für **Nennlüftung (NL)** nach DIN 1946 T.6 erfüllt (in max.-Stufe).
Diese Berechnung zur Lüftungsunterstützung ersetzt keine ingenieurs-/Planungs-Leistung nach HOAI.

Bauvorhaben: **Muster-Haus mit 104 m² und Luftwechsel 0,5 1/h**

Wohnbereich	Eingabedaten des konkreten BV			berechnete Daten zum BV		Auslegung dezentr. Lüftung		Auslegung Anzahl Lüfter St.
	belüftete Wohnfläche	unbelüftete Wohnfläche	Raum- höhe	belüftetes Raumvol.	unbelüftetes Raumvol.	Luftleistung Dauerbetrie	maximale Luftleistung	
	in m ²	in m ²	in m	in m ³	in m ³	in m ³ /h	in m ³ /h	
Wohnen/Essen	30,0		2,50	75,0	0,0	30,6	35	2
Küche	10,0		2,50	25,0	0,0	15,3	18	1
Windfang	5,0		2,50	12,5	0,0	0	0	
Diele	5,0		2,50	12,5	0,0	0	0	
WC	2,0		2,50	5,0	0,0	0	0	
Schlafzimmer	14,0		2,50	35,0	0,0	15,3	18	1
Umkleide			2,50	0,0	0,0	0	0	
Kind 1	11,0		2,50	27,5	0,0	15,3	18	1
Kind 2	11,0		2,50	27,5	0,0	15,3	18	1
Flur	4,0		2,50	10,0	0,0	0	0	
Bad		12,0	2,50	0,0	30,0	0	0	
Summen:	92,0	12,0		230,0	30,0	91,8	106	6

belüftete Fläche Nutzungseinheit in m ²	92	belüftetes Raumvolumen in m ³	230 m ³
unbelüftete Fläche Nutzungseinheit in m ²	12	unbelüftetes Raumvolumen in m ³	30 m ³
Gesamtfläche der Nutzungseinheit in m ²	104 m² A_{NutzE}	Gesamt-Raumvolumen in m ³	260 m ³

Anteil der belüfteten Fläche / Volumen an der beheizten Gesamtfläche /-volumen in % **88** **88** %



Beispiel- Lüftungskonzept für 104 m²

1. Berechnung A_{NE}
2. Auswahl Ort/Anzahl der möglichen Lüfter
→ **Ergebnis max. installierbarer Volumenstrom**
3. Bestimmung Volumenstrom Nennlüftung
4. Abzug Infiltration
→ **Ergebnis: Auslegungsvolumenstrom, in D meist Nennlüftung NL**
5. Vergleich SOLL – IST
6. ggf. Iteration und Ermittlung von Alternativen
7. Angebot und Klärung des verfügbaren Budgets

Lüftungskonzept für dezentrales kWL-System: Beispiel- Lüftungskonzept für 104 m²

Anteil der belüfteten Fläche / Volumen an der beheizten Gesamtfläche /-volumen in %		88	88 %
mittlere Dauer-ZUL-Luftleistung / max. Luftleistung, in m ³ /h	Ventomaxx: V-WRG plus	91,8	106 m ³ /h
Durch Lüftungssystem mit WRG erreichte Reduzierung der Lüftungsverluste, in kWh/a *		1.582 (nur FL belüftet)	kWh/a
EnEV max.: 17,2 kWh/m ² a (nach DIN 1946 sind bei höheren LW auch größere Verluste ansetzbar)		79% (Wert<100%: anteilig NL u. Fläche)	
Energie-Einsparung durch WRG bei BV je m ² und Jahr bez. auf Gesamtfläche, in kWh/m ² a		13,5	15,2 kWh/m ² a
*gegenüber der Fensterlüftung oder Abluftsystem (ohne Wärmerückgewinnung) in der gesamten Wohnung		Dauer-St.	max.-Stufe
Stromverbrauch des dezentr. Lüftungssystems in kWh pro Jahr, bei 5.500 h/a (max.)		56	
IST: Mittlerer Luftwechsel / Maximaler Luftwechsel des ges. Raumvolumens, in 1/h		0,35	0,41 1/h
gesamt, mit Einbeziehung des Luftwechsels durch Infiltration (Undichtigkeiten normiert)		0,44	0,50 1/h
Erreichung Norm-Standards Nennlüftung NL in % (Dauerlüftungs/max.-Stufe bzw. a./mit Infiltration gerechnet)		89%	100% -
Mittlerer Wärmebereitstellungsgrad η in % der dezentr. Lüftung:	Ventomaxx: V-WRG plus	85%	-/-
Damit werden Vorgaben/Kriterien der Berechnungsnormen zur EnEV 2009 sogar für zentrale Lüftung eingehalten. Außerdem werden mit Werten > 80% (und < 0,45 W/m ² /h) auch die kW-Förderkriterien eingehalten			
Bauwerksbezogene Vergleichs-Kenngrößen nach DIN 1946 T.6 (veröffentlicht: 05.2009)		Faktor: 0,30	
now. Nenn-Außenluftvolumenstrom sog. "Nennlüftung" (NL) nach DIN 1946-6:2009-05 ; hiervon sind nun noch die Volumenströme durch Infiltration abzuziehen:			
- Rechenwert (aus DIN 1946-6) Volum.strom Infiltration für geg. A _{Nutzzoneinheit} (N ₅₀ = 1,5 1/h)			
now. Nenn-AUL-VS NL durch Lüftungstechnische Maßnahmen nach DIN 1946-6:			
zwingend im Lüftungskonzept: Nachweis, dass FL abzüglich Infiltration (anderweitig erbracht wird, hier:		16	
tats. nachgewiesener Feuchteschutz-AUL-VS FL durch Lüftungstechnische Maßnahmen (maschinell) nach DIN 1946-6;			
im Vergleich: erbrachter Volumenstrom gegenüber nachzuweisendem Feuchteschutz-Volumenstrom (erfüllt, wenn mindestens 100%)			
SOLL: Luftwechsel, 1. maschinell durch kWL ohne bzw. 2. mit rechnerischem Ex-/Infiltrations-LW mittels dezentraler Lüftung		LW maschinell LW inkl. Infiltration	
res. Luftw. bei Lüftung zum Feuchteschutz (LF ₁) bei hohem Wärmeschutz in 1/h = 30% NL			
res. Luftw. bei Lüftung zum Feuchteschutz (LF ₂) bei niedr. Wärmeschutz in 1/h = 40% NL			
result. Luftwechsel bei Reduzierte Lüftung (RL) in in 1/h (bez. auf ges. Raumvol.) = 70% NL			
resultierender Luftwechsel bei Nennlüftung (NL) in 1/h (bez. auf ges. Raumvol.) = 100% NL			
optional; result. LW bei Intensivlüftung (IL) in 1/h (bez. auf ges. Raumvolumen) = 130% NL			

8. Beratung hinsichtlich Vor-Rüst-Sets als Alternative
9. Planliche Festlegung der Platzierung der Lüfter
10. Freigabe durch Nutzer
11. Einweisung Handwerker
12. Inbetrieb-nahme, ggf. stichproben-Kontrollen
13. Einweisung Nutzer



Beispiel- Lüftungskonzept für 104 m²

Infiltration (Undichtheiten normiert)

max.-Stufe bzw. α./mit Infiltration gerechnet)

0,44	0,50	1/h
88%	100%	-

Lüftung: **Ventomaxx; V-WRG plus**

85%	-/-
-----	-----

Werte sind zur EnEV 2009 sogar für zentrale Lüftung eingehalten.

Die Lüftung erfüllt auch die kfW-Förderkriterien eingehalten

DIN 1946-6 (veröffentlicht: 05.2009)

Faktor: 0,30

NL) nach DIN 1946-6:2009-05 :

Wärmeverlust abziehen:

Wärmeverlust durch Luftaustausch (N₅₀ = 1,5 l/h)

Wärmeverlust nach DIN 1946-6:

129 m ³ /h	m ³ /h
NL x Faktor =	39
-23 m ³ /h	-23
106 m ³ /h	

Wärmeverlust durch Infiltration (anderweitig erbracht wird, hier:

technische Maßnahmen (maschinell) nach DIN 1946-6:

Wärmeverlust durch Feuchteschutz-Volumenstrom (erfüllt, wenn mindestens 100%)

16	92	590%
----	----	------

Wärmeverlust durch mechanischen Ex-/Infiltrations-LW mittels dezentraler Lüftung

Wärmeverlust durch baubliche Undichtheiten wird zum mechanischen Luftwechsel addiert

	LW _{maschinell}	LW _{infil} (incl. Infiltration)	
Wärmeschutz in 1/h = 30% NL	0,12	0,15	1/h
Wärmeschutz in 1/h = 40% NL	0,16	0,20	1/h
Wärmeschutz (bzgl. ges. Raumvol.) = 70% NL	0,29	0,35	1/h
Wärmeschutz (bzgl. ges. Raumvol.) = 100% NL	0,41	0,50	1/h
Wärmeschutz (bzgl. ges. Raumvolumen) = 130% NL	0,53	0,64	1/h

Wichtige Kenngrößen in der Planung:

- Nutzfläche
- Qualität der Luftdichtigkeit, realer n50-Wert = 0,2 l/h (!) ... bis max. zulässig rechnerisch nur 1,0 l/h mit kWL
- Wind-Lage (real windstark bzw. windschwach)
- Feuerstätte (Kamin-Ofen) vorgesehen? (dann im Betriebs- und im Fehler-Fall nur max. 4 Pa)



Beispiele: dezentrale Außenwandlüfter in MFH bei Sanierung und bei Neubau



- Außenhauben in Farbe des Außen-Anstrichs
- oder weiß



Ablauf: nachträglicher Einbau

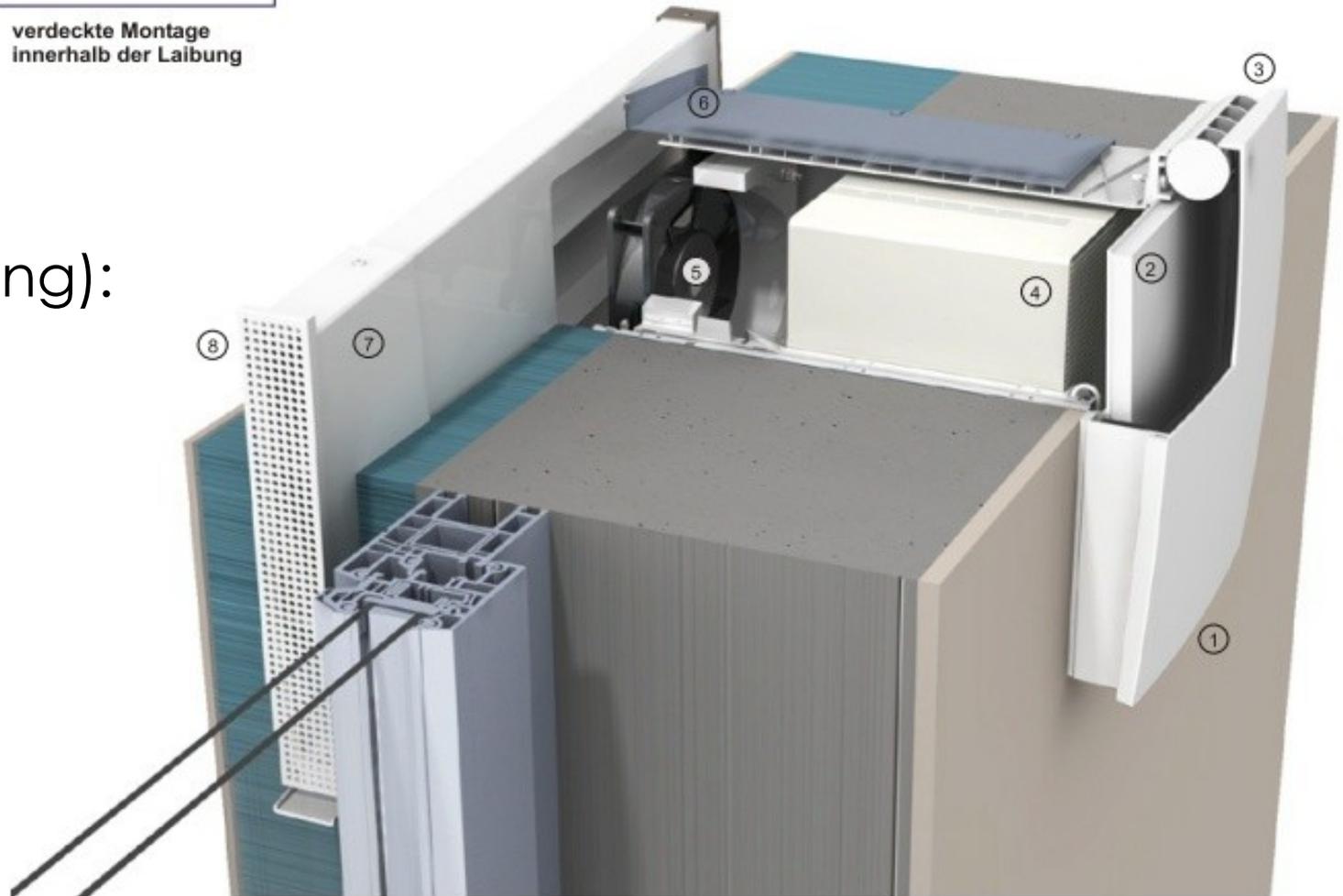


- Kernbohrung oder Wanddurchbruch
- Setzen Teleskop- oder Festlänge-Hülsrohr bzw. Rohbau-Teleskopset oder „Mauerkasten“
- Anbringung Innen- und Außenblende

MONTAGETYP LAL

verdeckte Montage
innerhalb der Laibung

Aufbau (Typ Laibung):



Vorteile mechanische Lüftung:

Zusammenfassend für den Einsatz von mechanischen Lüftungssystemen im Wohnbau stehen folgende Vorteile:

- Wohlfühlklima



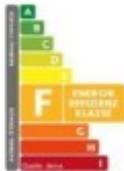
niedriger CO² Gehalt in der Innenluft
Pollen und Russpartikel von aussen bleiben fern
Allergikerfreundlich

- Feuchte



Begrenzung und Herstellung eines gesundes Feuchtehaushaltes
kein Schimmelpilzwachstum – bei fachgerechter Planung aus Ausführung

- Energieinsparung



Reduzierung der Lüftungsverluste – dadurch immense Einsparung von kostbaren und immer teuer werdenden Energieressourcen

- Wohnwertsteigerung > bessere Vermiet- und Verkaufbarkeit in der Zukunft



Mensch → Luft

Luft als Lebensmittel



Der Mensch kommt 3 Wochen ohne Essen aus.

Der Mensch kommt 3 Tage ohne Wasser aus.

Der Mensch kommt 3 Minuten ohne Luft aus.



Ohne Kommentar

**„Luft ist ein noch wichtigeres
Lebensmittel als Wasser -
aber das ist den Menschen
gar nicht genug bewusst“**



Zusammenfassung

- Zusammenfassung
- Diskussion
- Ausblick
- Technische Unterlagen am Stand
- und: umfassende Beratung beim **Lüftungsfuchs**, für Privat und Gewerbe

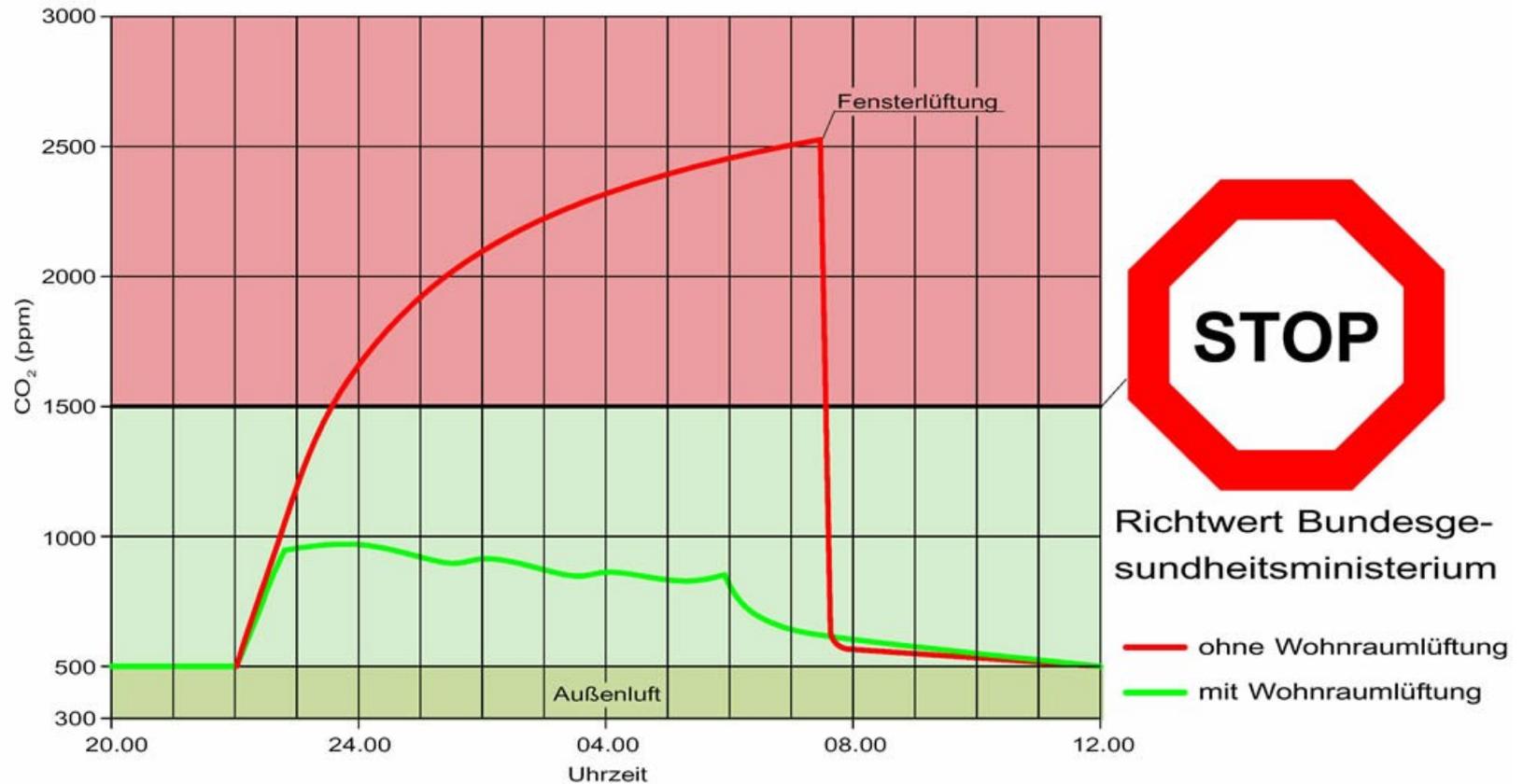


Schadstoffe in der Raumluft



DIN 1946-6 Wohnungslüftung: Entwicklung 1998-12 → E 2006-12 → 2009-05

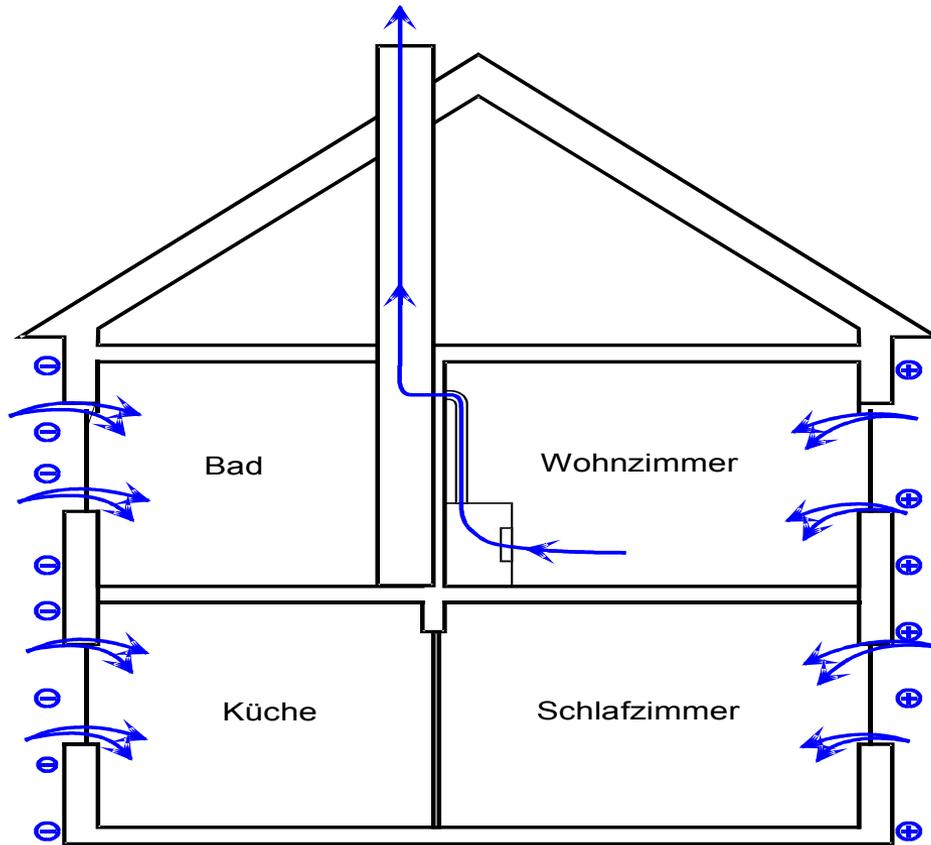
Mit wieviel Schadstoffen schlafen Sie bei Nacht?
Durchschnittliches Schlafzimmer mit 2 Personen mit und ohne Wohnraumlüftung



Bauschaden: Schimmelbildung



Lüften historisch



Wie lief es in alten Gebäuden?

hohe Luftwechselrate, da hohe Fugenundichtigkeit

raumluftabhängige Feuerungsstätten mit großem Brennstoff- und Luftdurchsatz

> Kein Problem mit dem Schimmel! Aber mit dem Energieverbrauch



Lösungsansätze

- **Bauundichtigkeiten** → müssen minimiert sein!
Sind Mangelanspruch an den Errichter!
- **Fensterfugenlüftung** → das war einmal –
funktioniert in heutigen Bauten nicht mehr!
- **Gute Fensterlüftung** → das bekommen nur die
wenigsten tatsächlich ausreichend hin,
„es mieft trotzdem“
- **Kontrollierte Wohnraumlüftung** → so geht's!!

Und: **Energie** wird trotzdem **gespart!**



Die Praxis der Fensterlüftung

Fensterlüftung funktioniert nicht zuverlässig



Was erleben Vermieter?

6. Manuelles Lüften kann unzumutbar sein



Ein bemerkenswertes Gerichtsurteil zum Thema Wohnungslüftung fällte jüngst das Landgericht Aurich (Az. 2 T 51/05). Ein Fachmann sah für eine von Schimmelpilz befallene Wohnung vor, viermal täglich 15 Minuten lang die Fenster zu öffnen. Das ist für die Mieter unzumutbar, stellte das Gericht fest. Die Mieter sind schließlich nicht ständig zu Hause. Mit dem Schimmelbefall liege ein Mangel der Wohnung vor, der zur Mietminderung berechtige.

DeAuszug aus: Der Klimamacher Newsletter 03/06
Für den Preis der Prozesskosten gibt es bewährte Anlagen der kontrollierten Wohnungslüftung inklusive Installation vom Fachmann.