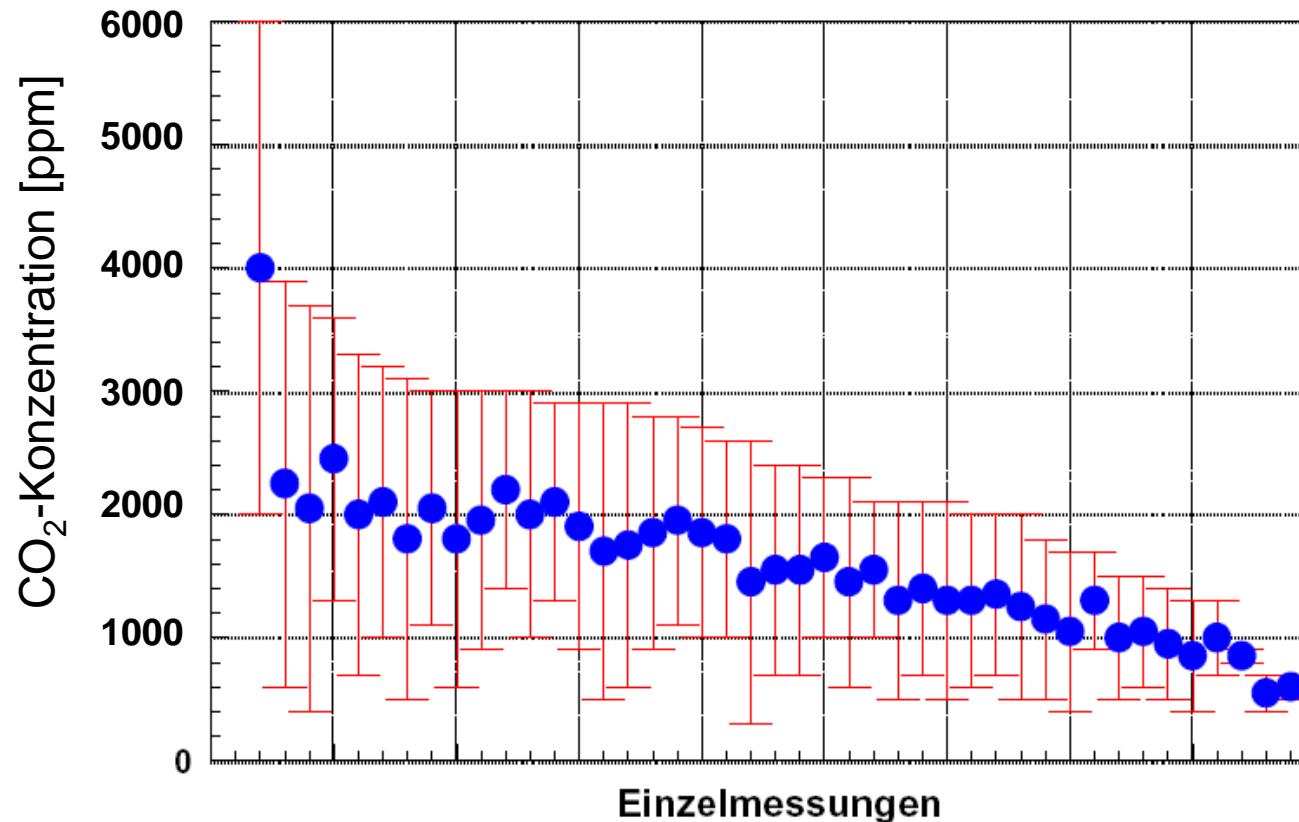


25. WaBoLu-Innenraumtage

Lüftung mit WRG in Schulen und Wohnungen. Erfahrungen und Planungsempfehlungen

Referent: Oliver Kah
Passivhaus Institut

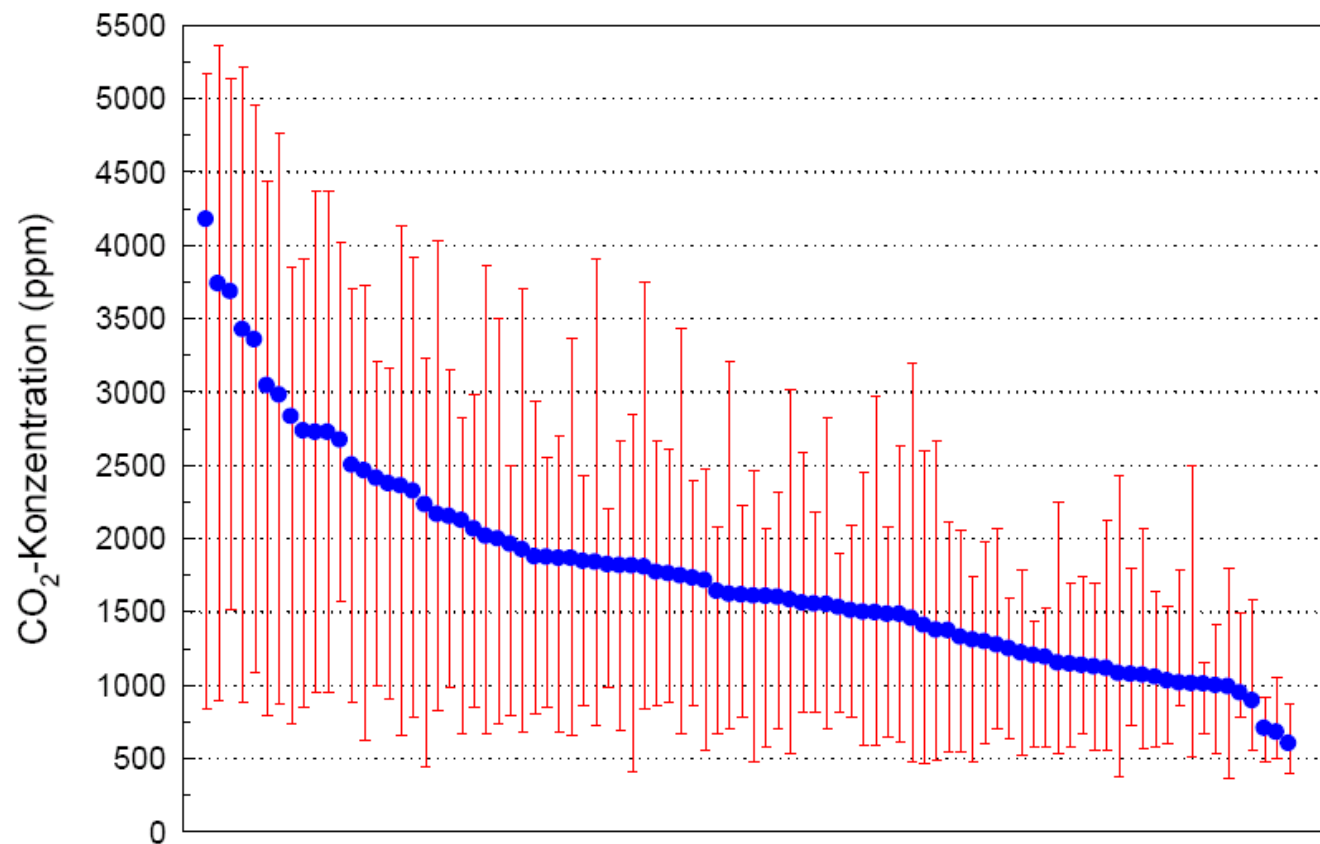
Raumluftqualität in Klassenräumen: Untersuchung in Berlin



**Kohlendioxid-
gehalte in den
einzelnen
Klassenräumen
in der Winter-
messperiode:
Minima, Mittel-
werte, Maxima)
(44 Einzelmessungen)**

Quelle: Innenraumluftqualität in Berliner Schulen, Institut für Lebensmittel, Arzneimittel und Tierseuchen Berlin (ILAT) sowie Landesamt für Arbeitsschutz, Gesundheitsschutz und technische Sicherheit Berlin, Berlin.

Raumluftqualität in Klassenräumen: Untersuchung in Bayern



**Kohlendioxid-
gehalte in den
einzelnen
Klassenräumen in
der Winter-
messperiode:
Minima, Mediane,
Maxima)
(92 Einzelmessungen)**

Einzelmessungen in Klassenräumen

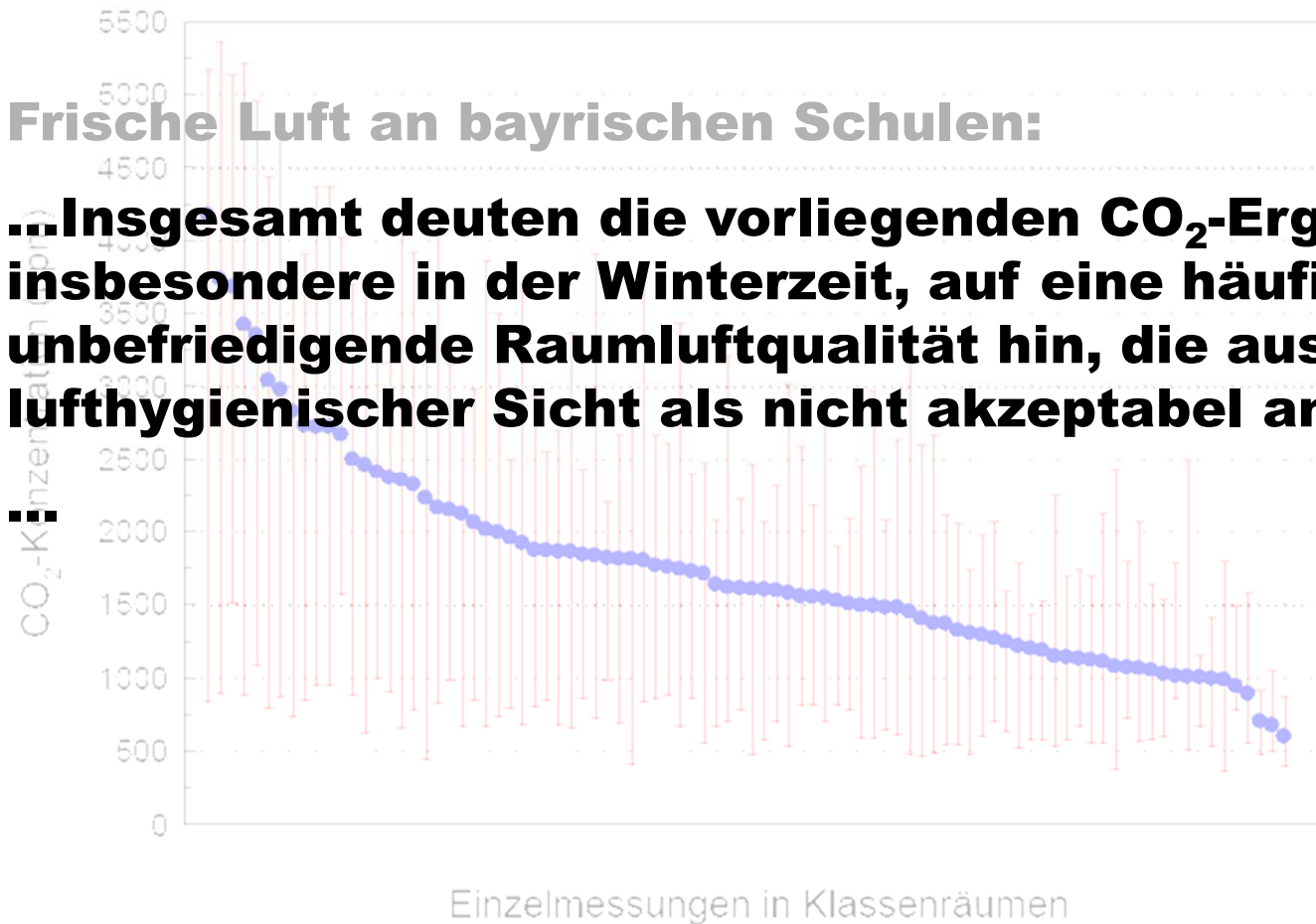
Quelle: H. Fromme, S. Dietrich, M. Kiranoglu, D. Twardella, **Frische Luft an bayrischen Schulen**, vorläufige Zusammenfassung, Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, Oberschleißheim.

Raumluftqualität in Klassenräumen: Untersuchung in Bayern



Frische Luft an bayrischen Schulen:

...Insgesamt deuten die vorliegenden CO₂-Ergebnisse, insbesondere in der Winterzeit, auf eine häufig unbefriedigende Raumluftqualität hin, die aus lufthygienischer Sicht als nicht akzeptabel anzusehen ist.



Mediane
Kohlendioxid-
gehalte, Minima
und Maxima in
den einzelnen
Klassenräumen
in der Winter-
messperiode
(92 Einzelmessungen)

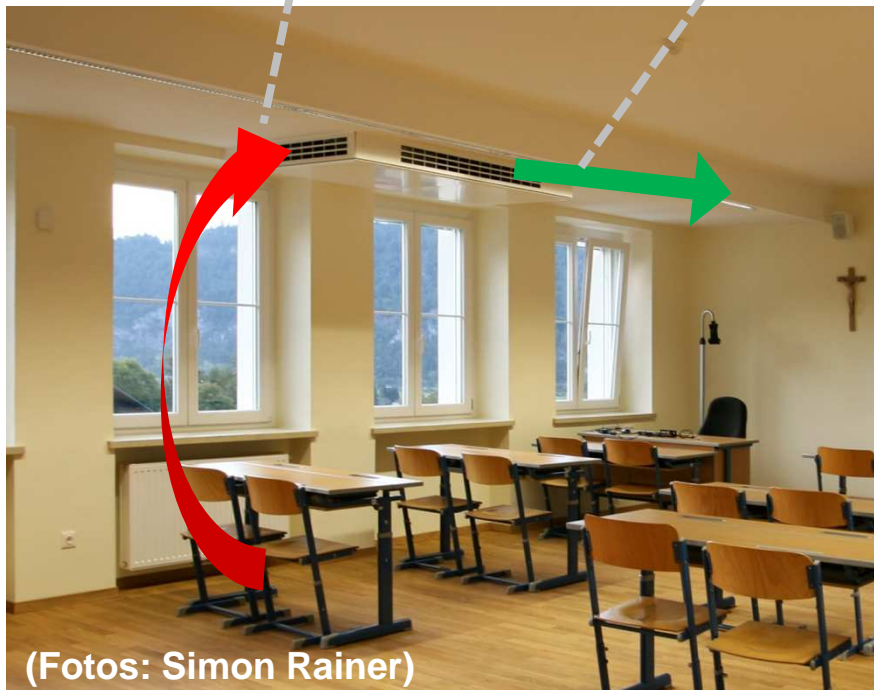
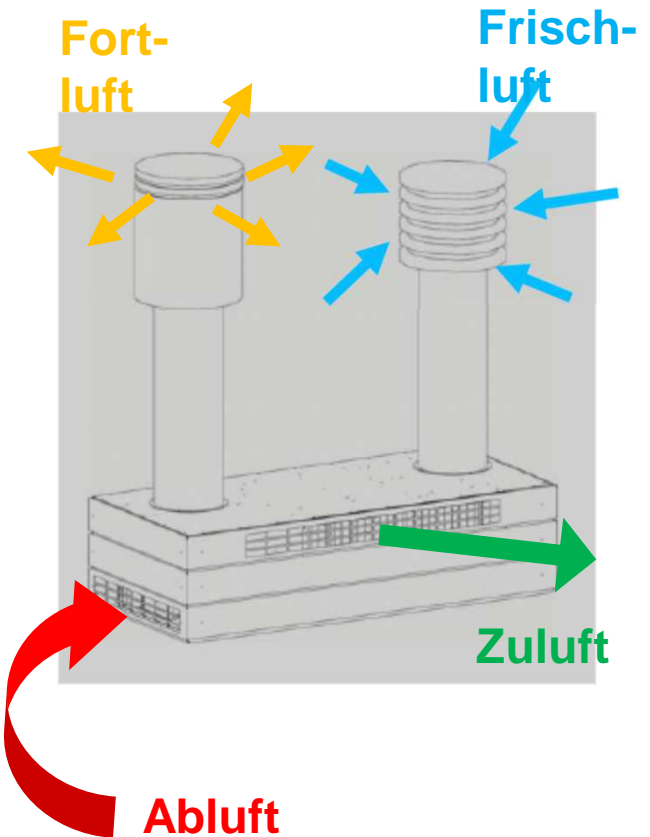
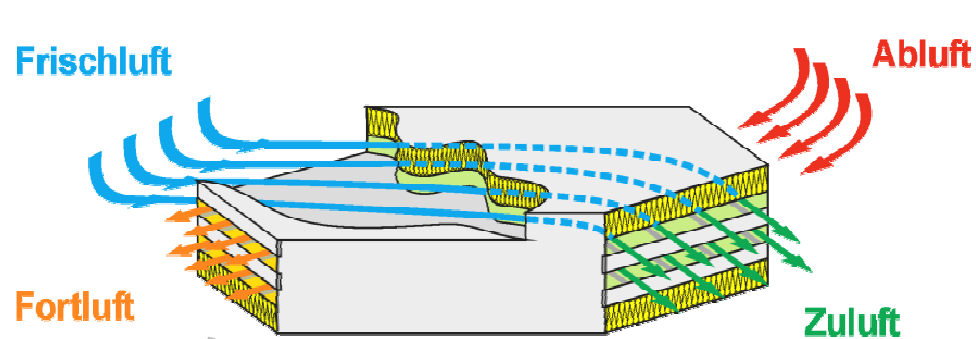
Quelle: H. Fromme, S. Dietrich, M. Kiranoglu, D. Twardella, **Frische Luft an bayrischen Schulen**, vorläufige Zusammenfassung, Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, Oberschleißheim.

Lüftung: Schlüsselfunktion in Schulen



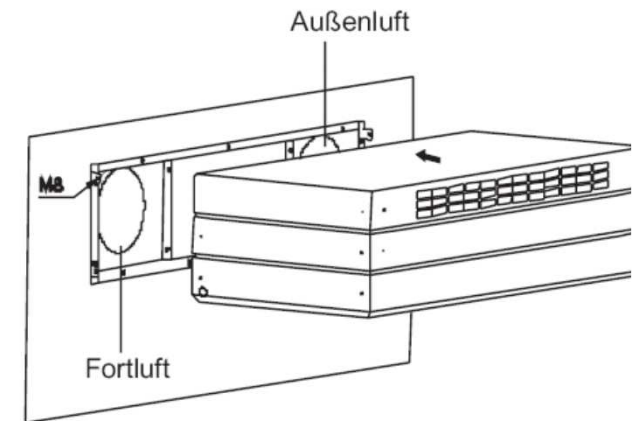
- Belegungsdichten
 - in Unterrichtsräumen: 2 m² je Person
 - im Wohnbau: 30...50 m² je Person
- hoher Frischluftbedarf: 400...600m³/h je Unterrichtsraum
- Gekipptes Fenster?
- Einschränkung bei Behaglichkeit
- Zielkonflikt: Raumluftqualität - Behaglichkeit

Lösung: kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung



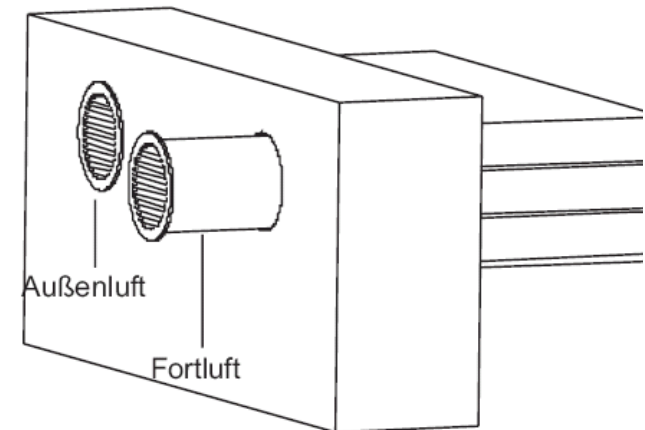
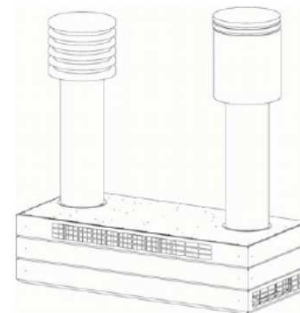
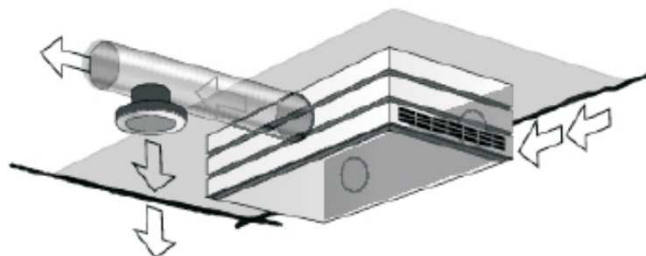
- ausreichend frische Luft
- vorerwärmte Frischluft (WRG)
- Reduzierung der Lüftungswärmeverluste

Beispiel: Decken integriertes Lüftungsgerät Sanierung einer Schule in Stams (A)



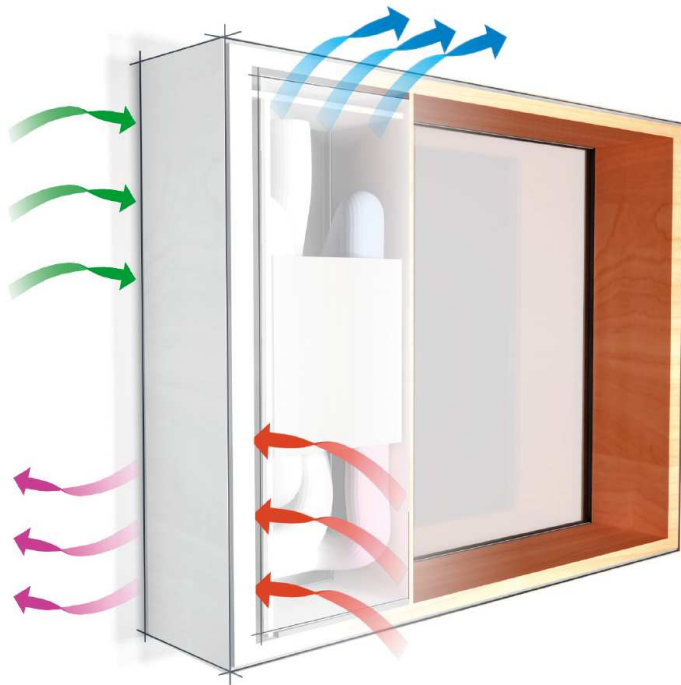
Airmaster, X-Vent II

Schul-Modernisierung und Erweiterung in Stams (A). Architekt: Raimund Rainer, Innsbruck



Quelle: Leitfaden für energieeffiziente Bildungsgebäude, Passivhaus Institut 2010.

Beispiel: Fenster integriertes Lüftungssystem Schulerweiterung in San Vito di Cadore (I)



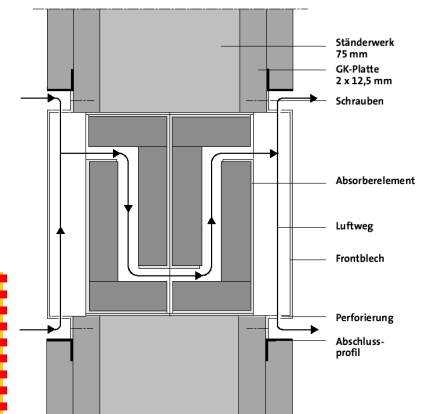
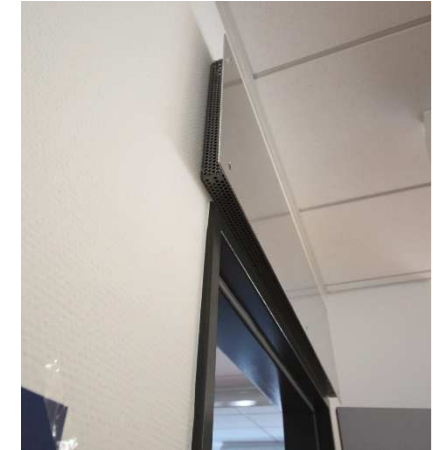
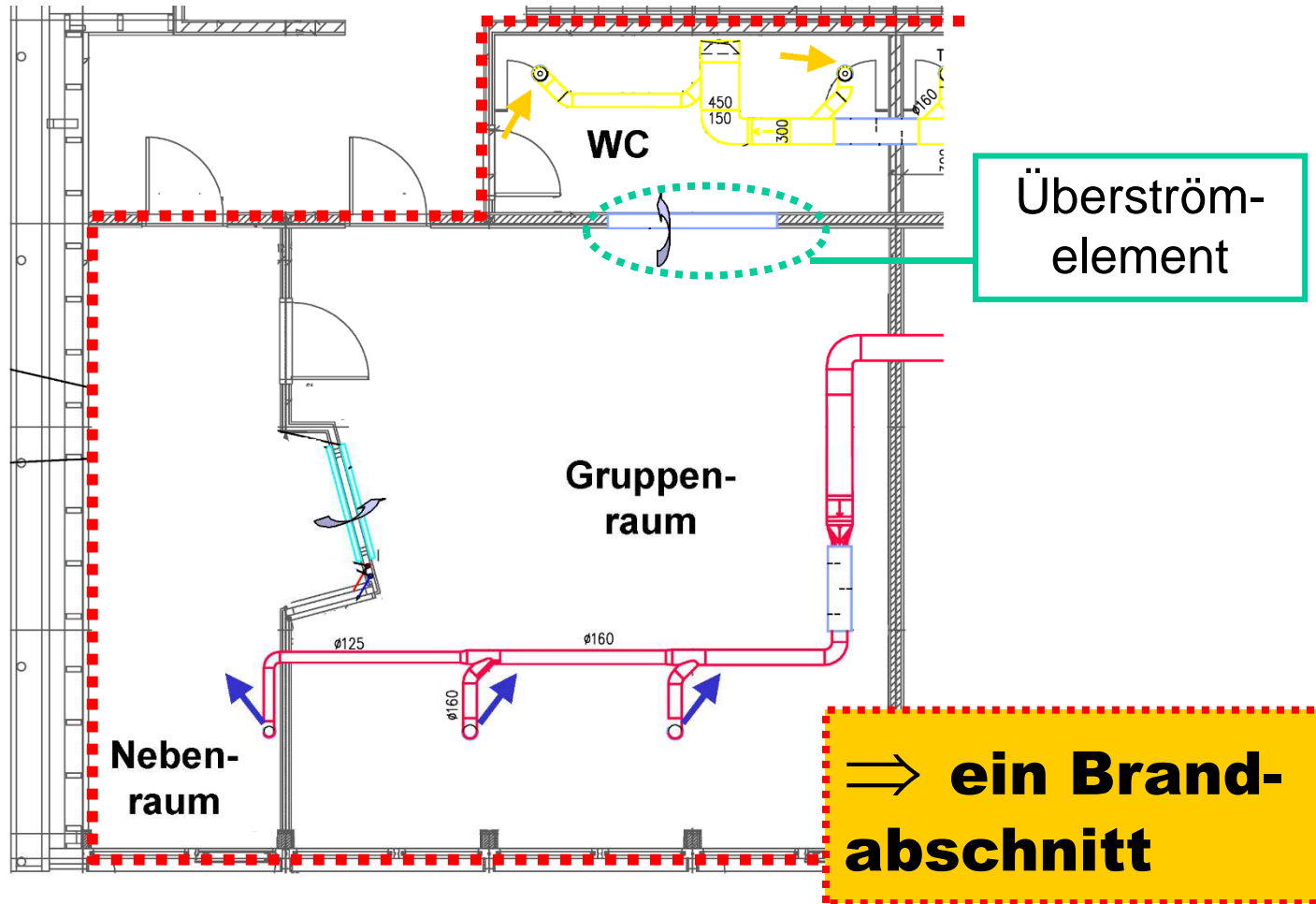
**Fenster integriertes
Lüftungssystem
„LiLu“ (M. Tribus
Architecture, Lana).**



**Schulerweiterung in San Vito di Cadore (I), Architekten
R. Damian, C. Da Rin / Architekt M. Tribus.**

Quelle: Leitfaden für energieeffiziente Bildungsgebäude, Passivhaus Institut 2010.

Beispiel zentrales Lüftungskonzept mit Überströmung Kindertagesstätte Frankfurt-Schwanheim



Architektur: sdks, Darmstadt /
Haustechnik: IB Gernet, Oberursel

KT-Frankfurt-Schwanheim

Quelle: Leitfaden für energieeffiziente Bildungsgebäude, Passivhaus Institut 2010.

Raumluftqualität in einem Klassenraum mit Lüftungsanlage



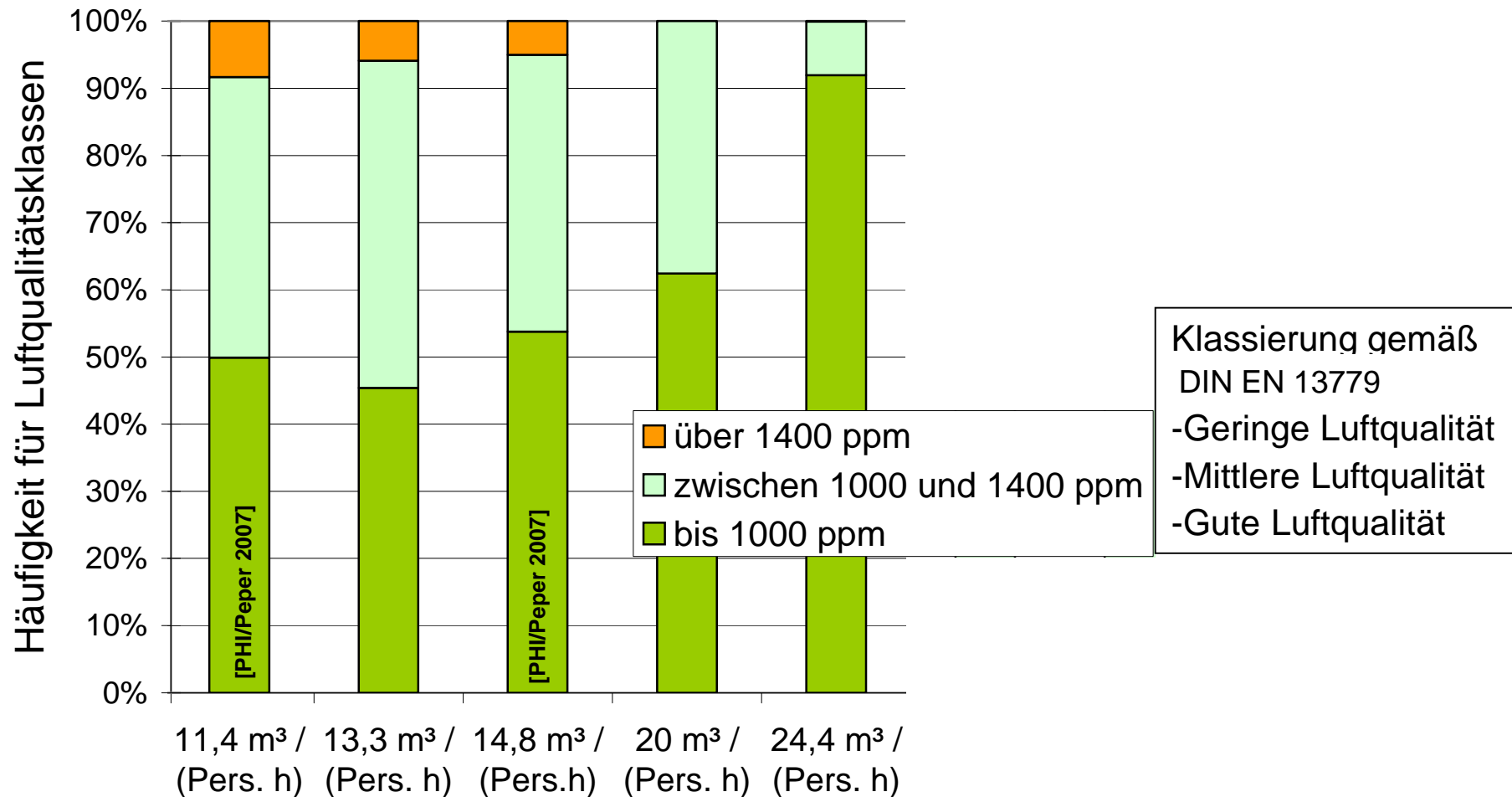
Messung
im belegten
Klassenraum
(Grundschule,
Frankfurt)



Quelle: Passivhaus-Schule Frankfurt-Riedberg – Messtechnische Untersuchung, Passivhaus Institut 2007.

Messergebnisse zur Raumluftqualität bei kontrollierter Lüftung

Untersuchung in Grundschulen mit Lüftungsanlage



Quelle: Leitfaden für energieeffiziente Bildungsgebäude, Passivhaus Institut 2010.

Auslegung der Lüftungsanlage / der Luftmengen



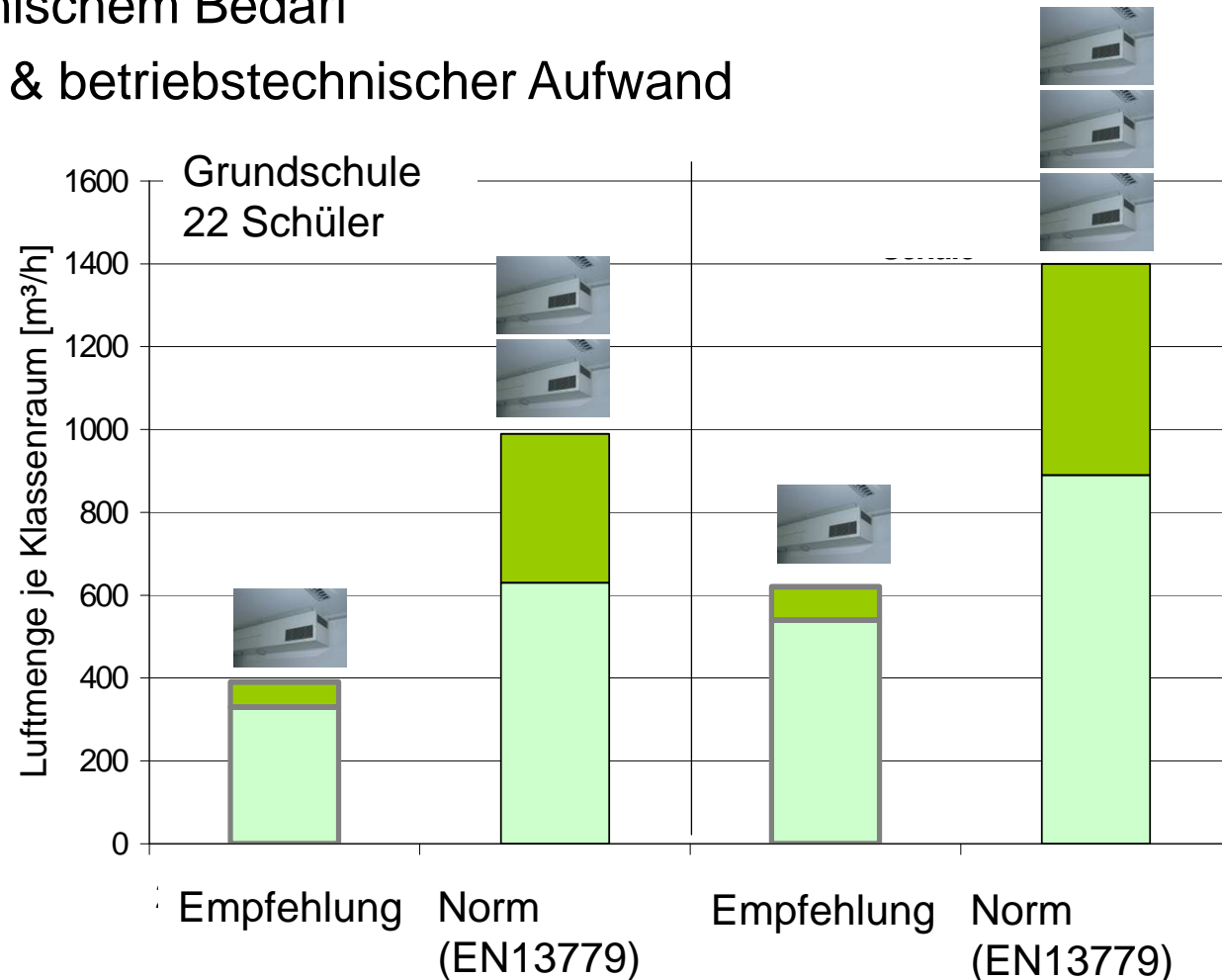
Untersuchung

- Empfehlung für Schulen (PHI): 15.. 20 m³/ (h Person)
- Orientierung an hygienischem Bedarf
- Vertretbarer investiver & betriebstechnischer Aufwand

weiterführende Schule
31 Schüler

Normung (EN13779)

- IDA 2
- 36-54 m³/(h Person)
- Keine Differenzierung nach Nutzung



Quelle: Leitfaden für energieeffiziente Bildungsgebäude, Passivhaus Institut 2010.

In der Schule herrscht Luft wie im Raucherzimmer

Gesundheitsamt schlägt Alarm: Feinstaubwerte in Frankfurter Klassenräumen zu hoch / Künftig wird einmal mehr pro Woche gewischt

Gesundheitsamt schlägt Alarm: Feinstaubwerte in Frankfurter Klassenräumen zu hoch /

/ Künftig wird einmal mehr pro Woche gewischt

FRANKFURT · In den Frankfurter Schulklassen schwirren mehr Feinstaub-Partikel durch die Luft als an hochbelasteten Straßen. Das ergaben Messungen an zwei Grundschulen, die TÜV-Experten im Auftrag des Stadtschulamts im Frühjahr über einen Zeitraum von drei Wochen vornahmen. Die Werte lagen im Schnitt bei 63 Mikrogramm Feinstaub pro Kubikmeter Raumluft. Zum Vergleich: Nach der EU-Richtlinie können Fahrverbote in Städten erlassen werden, wenn an

anzusehen. Feinstaub sei „ein relevanter Umweltfaktor, der zu messbaren und erheblichen gesundheitlichen Belastungen bis hin zu einer deutlich erhöhten Sterblichkeit führen kann“, sagt die Hygiene-Medizinerin im Gesundheitsamt, Ursel Heudorf. Die Verminderung der Werte sei „vordringlich“.

Die derzeitige Luftqualität in den Klassenräumen entspricht nach der jüngsten Messung der von Raucherhaushalten. Auch der Kohlendioxid-Anteil in der Raumluft ist viel zu hoch. Er liegt, wie das Gesundheitsamt

Messungen wurde der Wert überschritten, bei einem Viertel lag er über 1500 ppm. Die Maximalwerte lagen, heißt es im Bericht des Gesundheitsamts weiter, „knapp unter dem MAK-Wert (MAK= Maximale Arbeitsplatzkonzentration, d. Red.), der für Arbeitsplätze festgelegt wurde, an denen mit Gefahrstoffen umgegangen wird.“

Fünf Millionen Euro Kosten

Im Bildungsdezernat von Stadträtin Jutta Ebeling (Grüne) haben die Erkenntnisse der Umweltmediziner für helle Aufregung gesorgt. Bereits zum dritten Mal muss Ebeling wegen Gesundheitsgefahren an Schulen ein

entfernt werden. „Wir werden die Schüler in den Klassenräumen künftig feucht gewischt. In den 90er Jahren wurde das reduziert, weil es zu teuer war. Jetzt muss es öfter zu

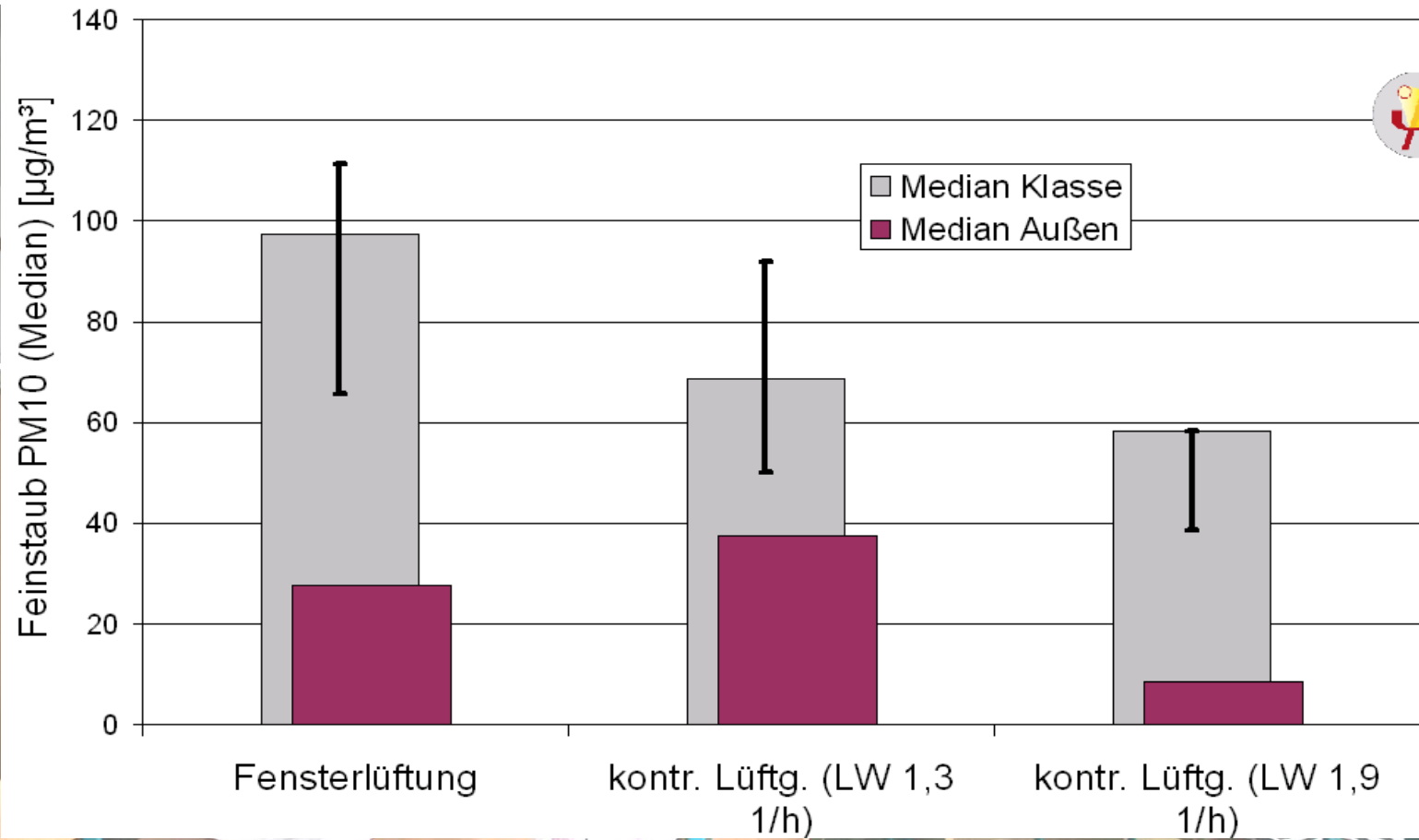
Nach einer Studie der Stadtschuleinsatz von Putzmitteln Euro kostet. Siehe Komr

Quelle: Frankfurter-Rundschau

Einfluss der kontrollierten Lüftung auf Feinstaubbelastung



Einfluss der kontrollierten Lüftung auf Feinstaubbelastung



Quelle: Leitfaden für energieeffiziente Bildungsgebäude, Passivhaus Institut 2010.

Energieeffizienz der Lüftungsanlage mit WRG



Beispiel: Ergebnis Heizperiode (Schule Frankfurt-Riedberg)

- Wärmebereitstellungsgrad / Wärmerückgewinnung: 84,2%
- Spezifische elektrische Leistungsaufnahme der Lüftungsanlage:
0,43 W je (m³/h)

Verhältnis von „energetischer Einsparung zu Aufwand“

$$\text{„Arbeitszahl“} = \frac{\text{Eingesparte Lüftungswärmeverluste}}{\text{Antriebsenergie}} \geq 10$$

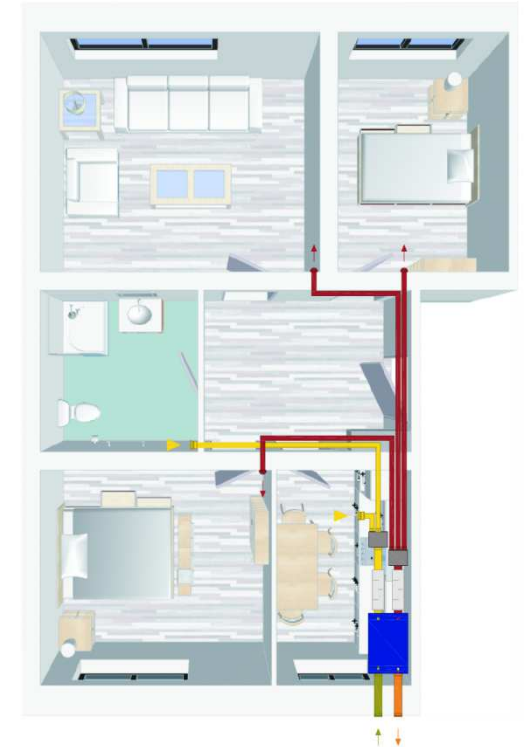


Quelle: Passivhaus-Schule Frankfurt-Riedberg – Messtechnische Untersuchung, Passivhaus Institut 2007.

Aufgaben der Wohnraumlüftung mit WRG



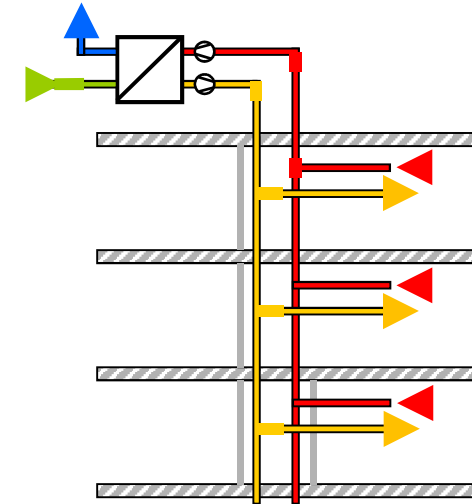
- Schadstoffkonzentrationen reduzieren
- Luftfeuchte begrenzen
- Schimmelwachstum vermeiden
- Zusatznutzen
 - Energieeinsparung durch Wärmerückgewinnung
 - Behagliche Zulufttemperaturen
 - Filterung der Außenluft (Pollen-Allergien)
 - ...



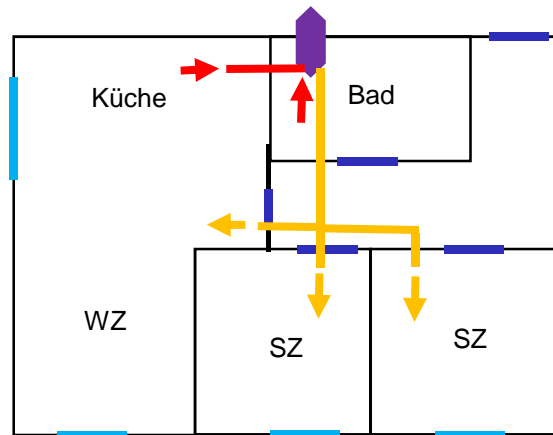
Wohnraumlüftungskonzepte mit WRG



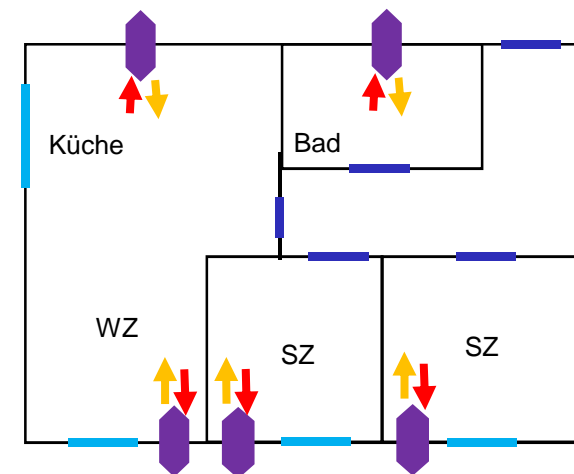
■ Gebäudezentrale Lüftungsanlage im MFH



■ Wohnungsweise Lüftungsgeräte

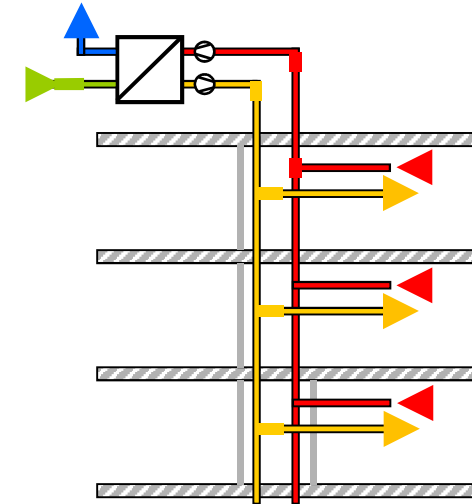


■ Dezentral mit Einzelraumgeräten

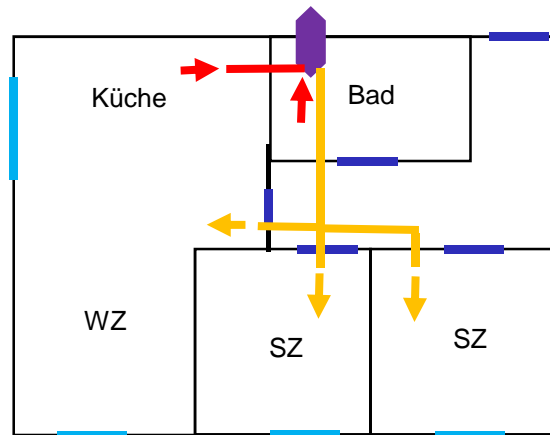


Wohnraumlüftungskonzepte mit WRG

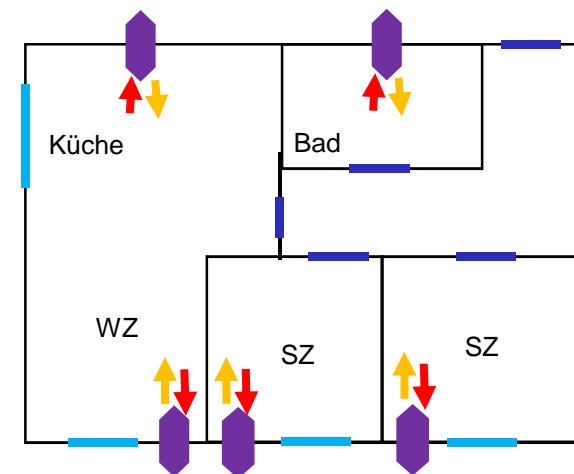
■ Gebäudezentrale Lüftungsanlage im MFH



■ Wohnungsweise Lüftungsgeräte



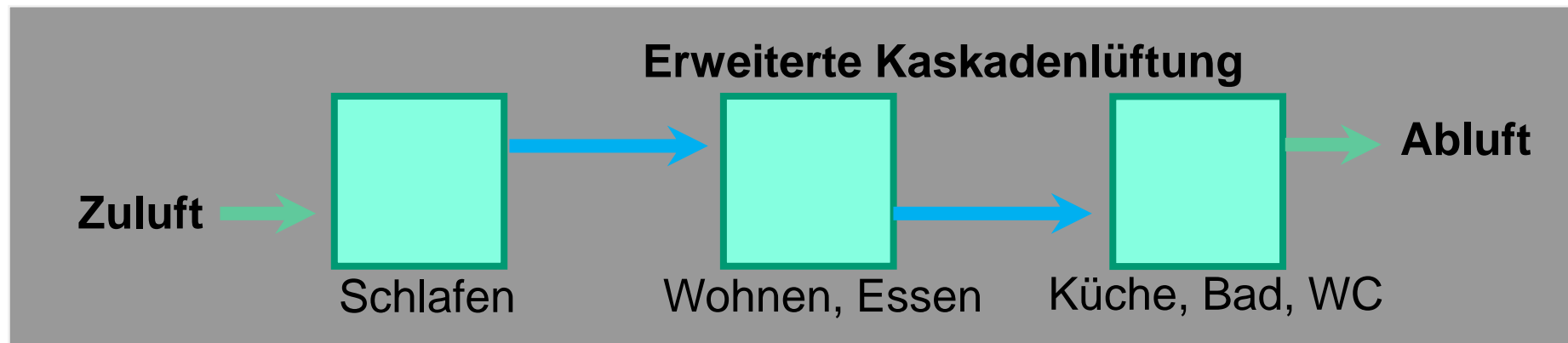
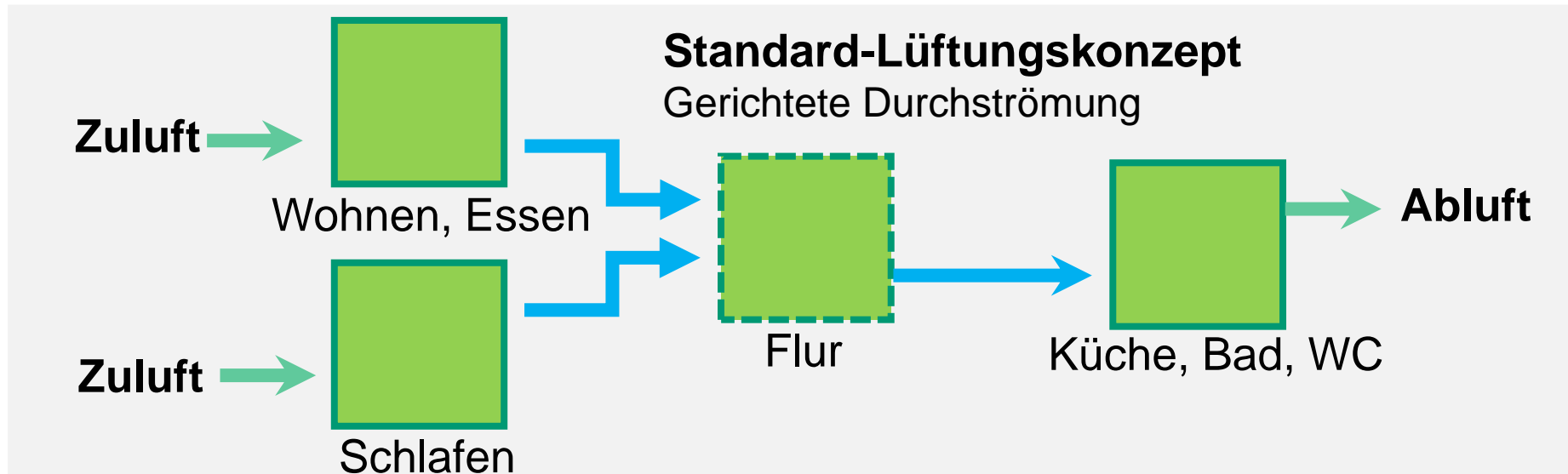
■ Dezentral mit Einzelraumgeräten



Herausforderungen

- Einfache Systeme
- Leicht integrierbar
- Vertretbare Kosten

Zentrale Lüftung: Luftverteilung in der Wohnung

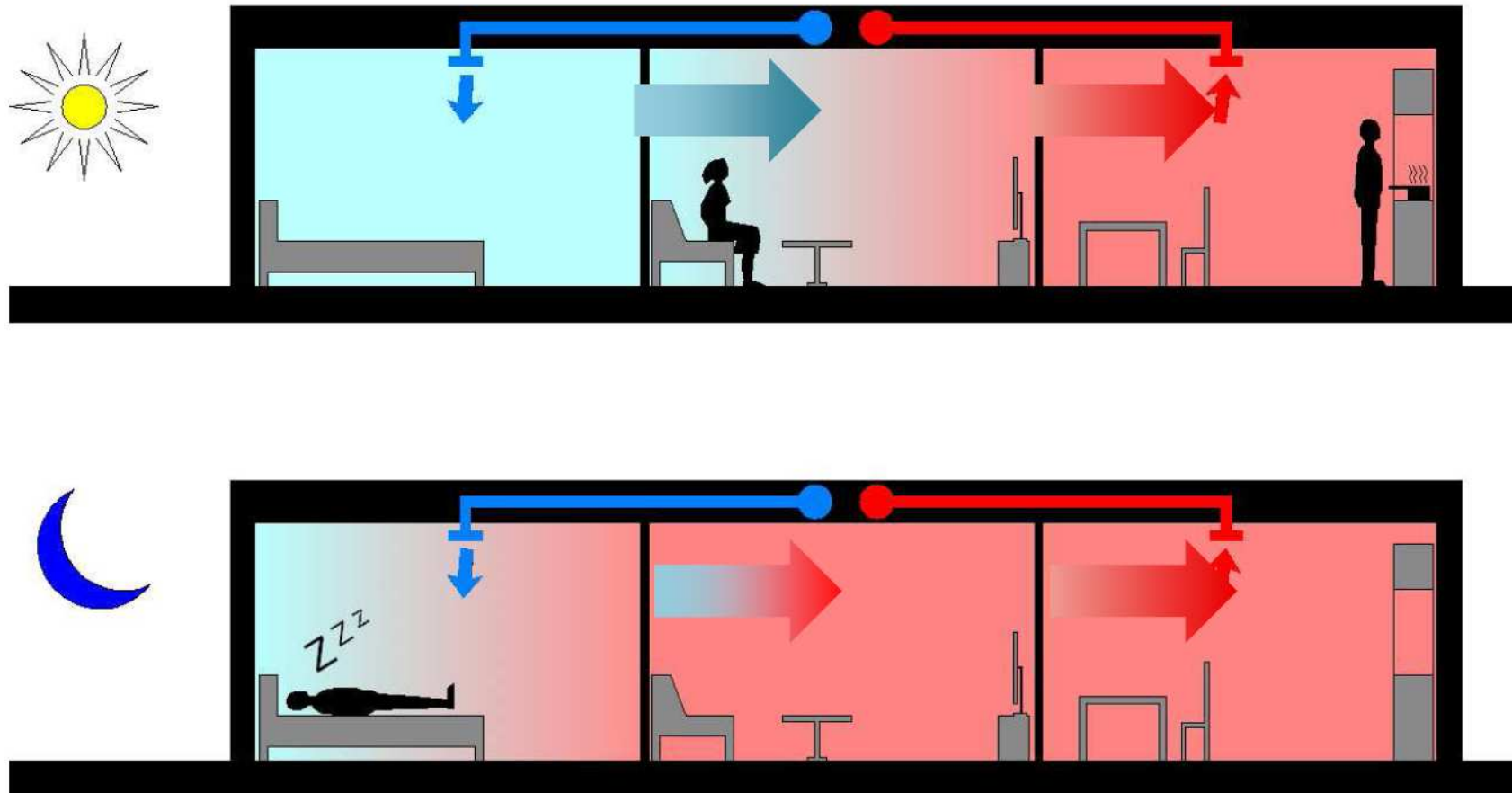


Prinzip: Zuluft nur in den Schlafräumen, Wohnräume als Überströmzone, Abluft in Bad/Küche/WC

Quelle: Barp S, Fraefel R, Huber H: Energieforschungsprojekt „Luftbewegungen in frei durchströmten Wohnräumen“ i.A. Kanton/Stadt Zürich, 2009

Zentrale Lüftung: Luftverteilung in der Wohnung

Prinzip der „erweiterten“ Kaskadenlüftung



Quelle: Elisabeth Sibille, Universität Innsbruck

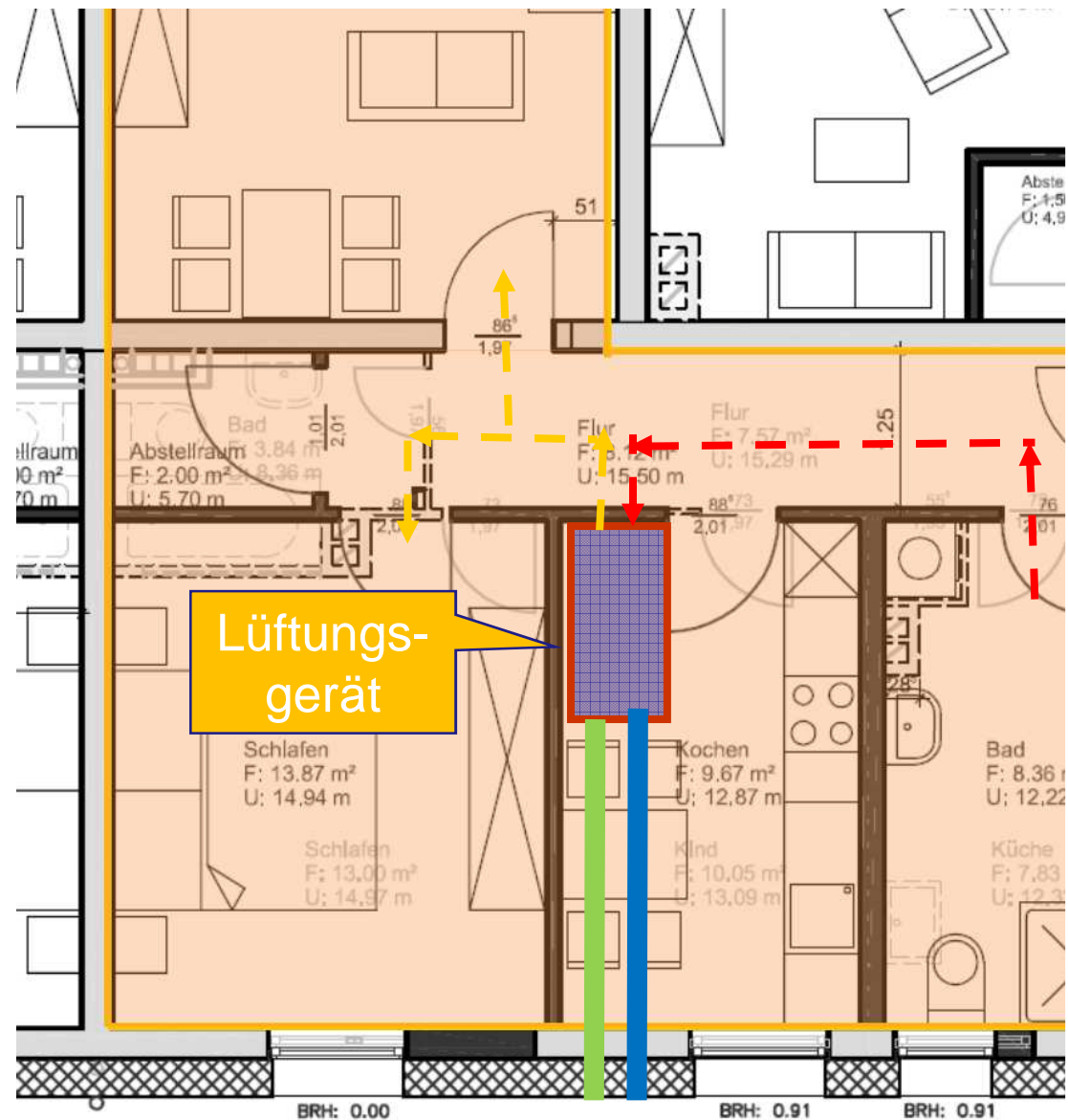
Planungsempfehlung → Sibille et al., Komfort- und kosten- optimierte Luftführungskonzepte für energieeffiziente Wohnbauten "Doppelnutzen,, Universität Innsbruck (www.passipedia.de)

Lüftungsgeräte für Integration in Fassade



Aufstellung des Lüftungsgeräts

- Lüftungsgerät braucht Platz
- Fort-/ Außenluftkanal diffusionsdicht dämmen



Quelle: Protokollband 54, Neue Konzepte der kontrollierten Lüftung: Fassadenintegrierte Lüftung, Passivhaus Institut 2018.

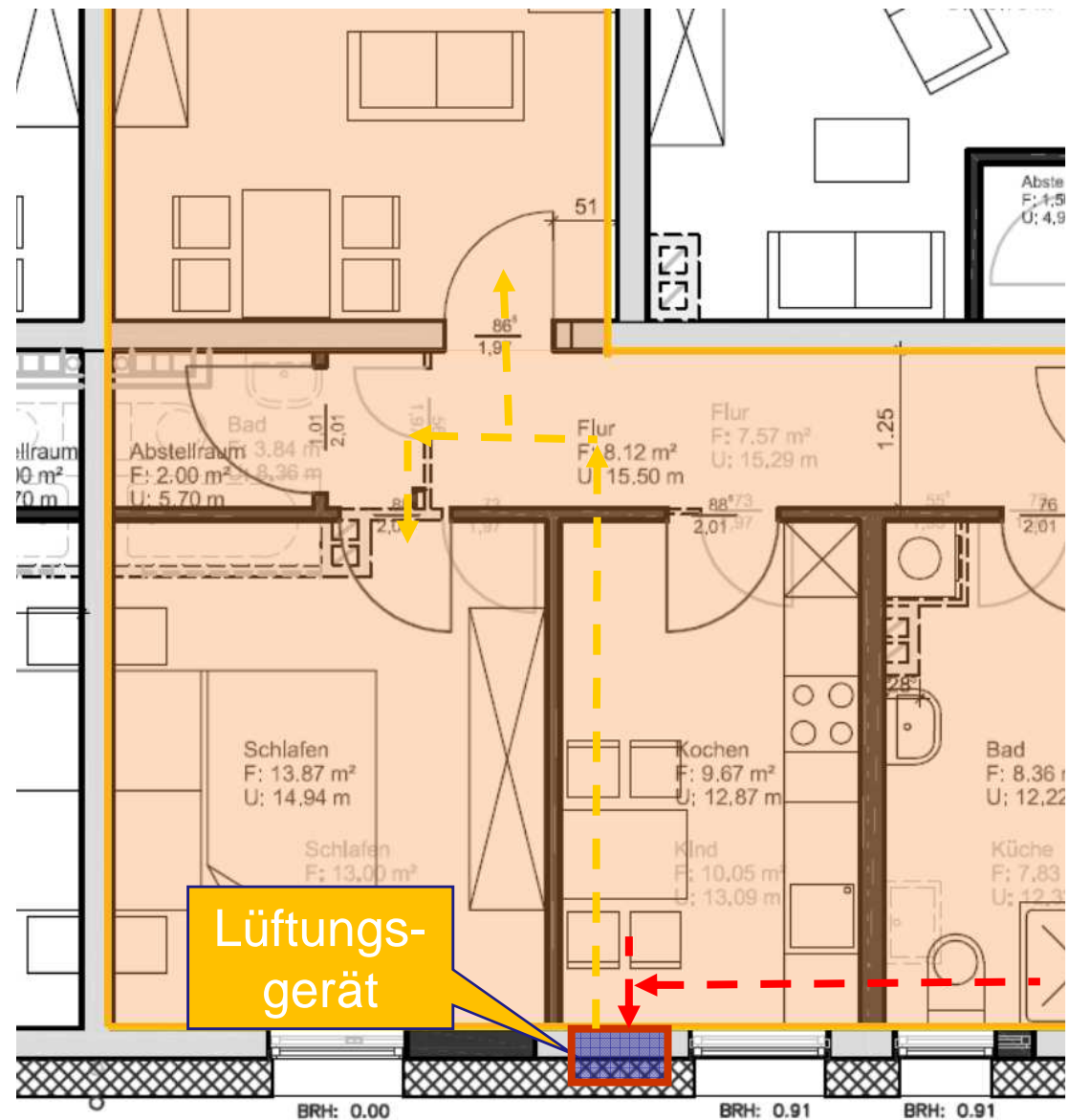
Lüftungsgeräte für Integration in Fassade



Aufstellung des Lüftungsgeräts

- Lüftungsgerät braucht Platz
- Fort-/ Außenluftkanal diffusionsdicht dämmen
- Lüftungsgerät nah an Fassade / Integration in Fassade
- Luftverteiler am Gerät: Zu- Abluftventil / Kanalanschluss für zusätzlichen Abluft- oder Zulufrum
- Wetterschutzgitter etc. enthalten

Quelle: Protokollband 54, Neue Konzepte der kontrollierten Lüftung: Fassadenintegrierte Lüftung, Passivhaus Institut 2018.



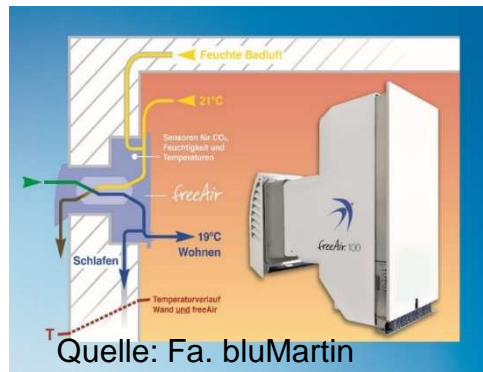
Lüftungsgeräte für Integration in Fassade

Lüftungsgerät mit kleinen Luftströmen verfügbar bis 50 m³/h

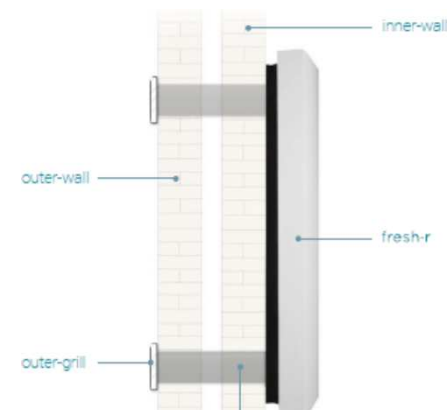
→ Lüftungsgerät für Integration in Fassade

→ *Luftverteiler am Gerät: Zu-Abluftventil / Kanalanschluss für zusätzlichen Abluft- oder Zulufttraum*

→ *Wetterschutzgitter etc. enthalten*



Quelle: Fa. Zehner, ComfoAir 70



Quelle: Fa. Vaventis, fresh-r

→ *keine Produkte für mittelgroße Wohnungen (3-Zi. 75m²)*

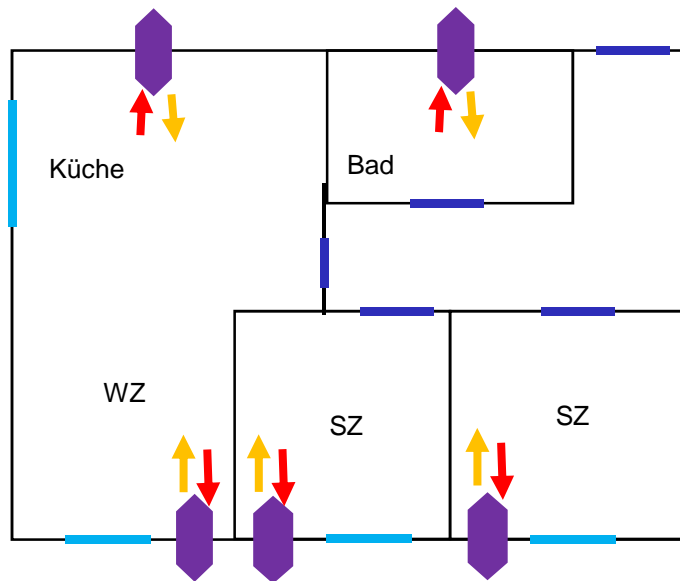
Quelle: Protokollband 54, Neue Konzepte der kontrollierten Lüftung: Fassadenintegrierte Lüftung, Passivhaus Institut 2018.

Lüftungslösungen mit Einzelraum-Lüftungsgeräten

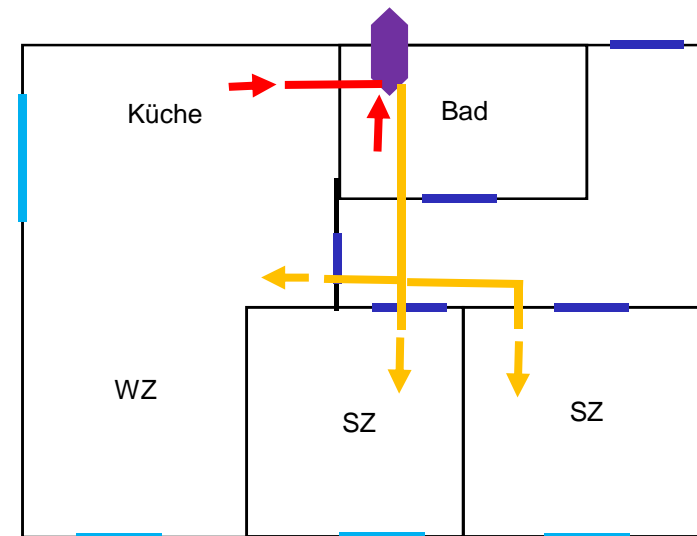
Einzelraumgeräte, einfach zu planen, einfach zu installieren, aber

- Wartungsaufwand
- Energieeinsparung

Einzelraum-Lüftungsgeräte

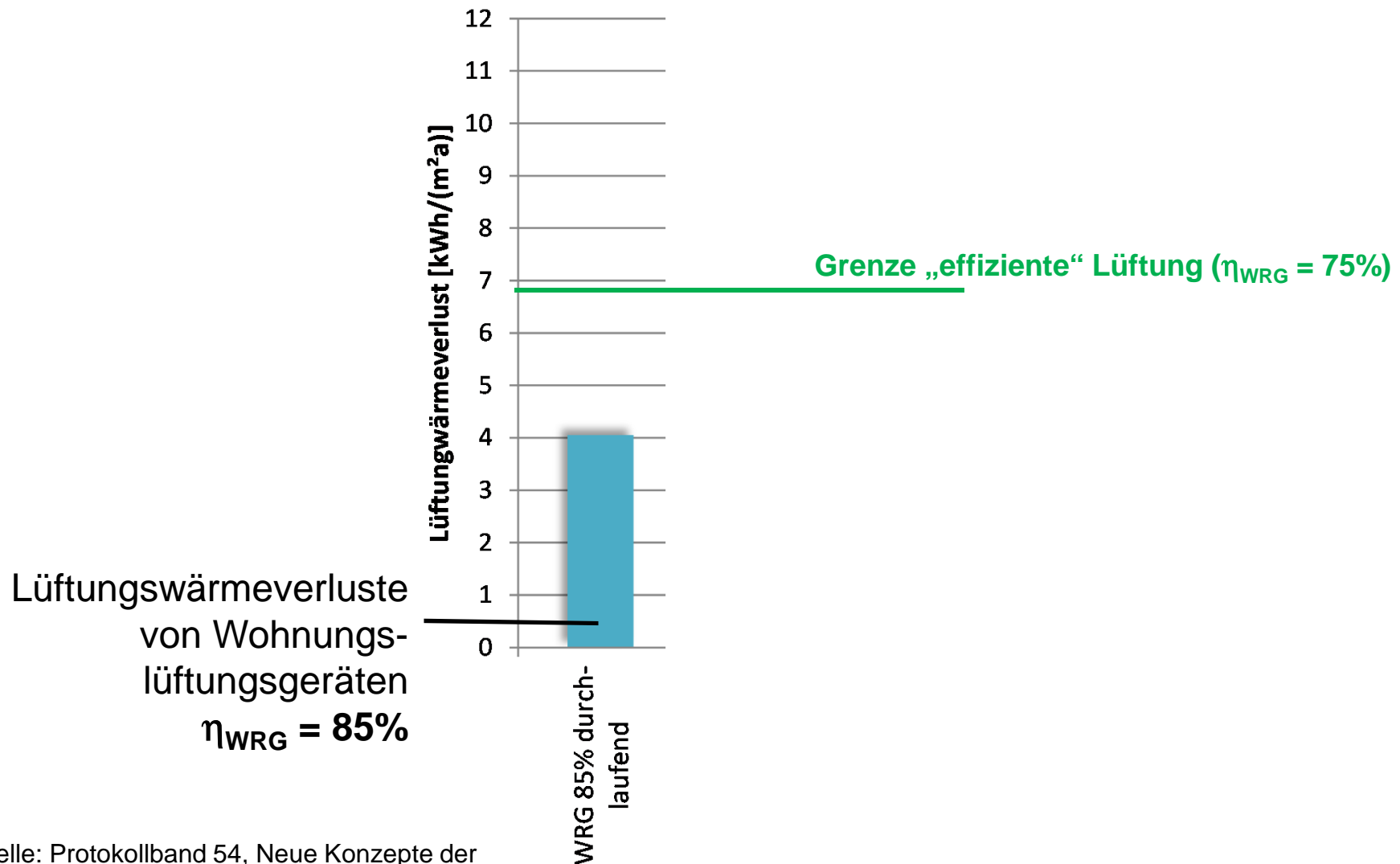


Wohnungsweise Lüftungsgeräte



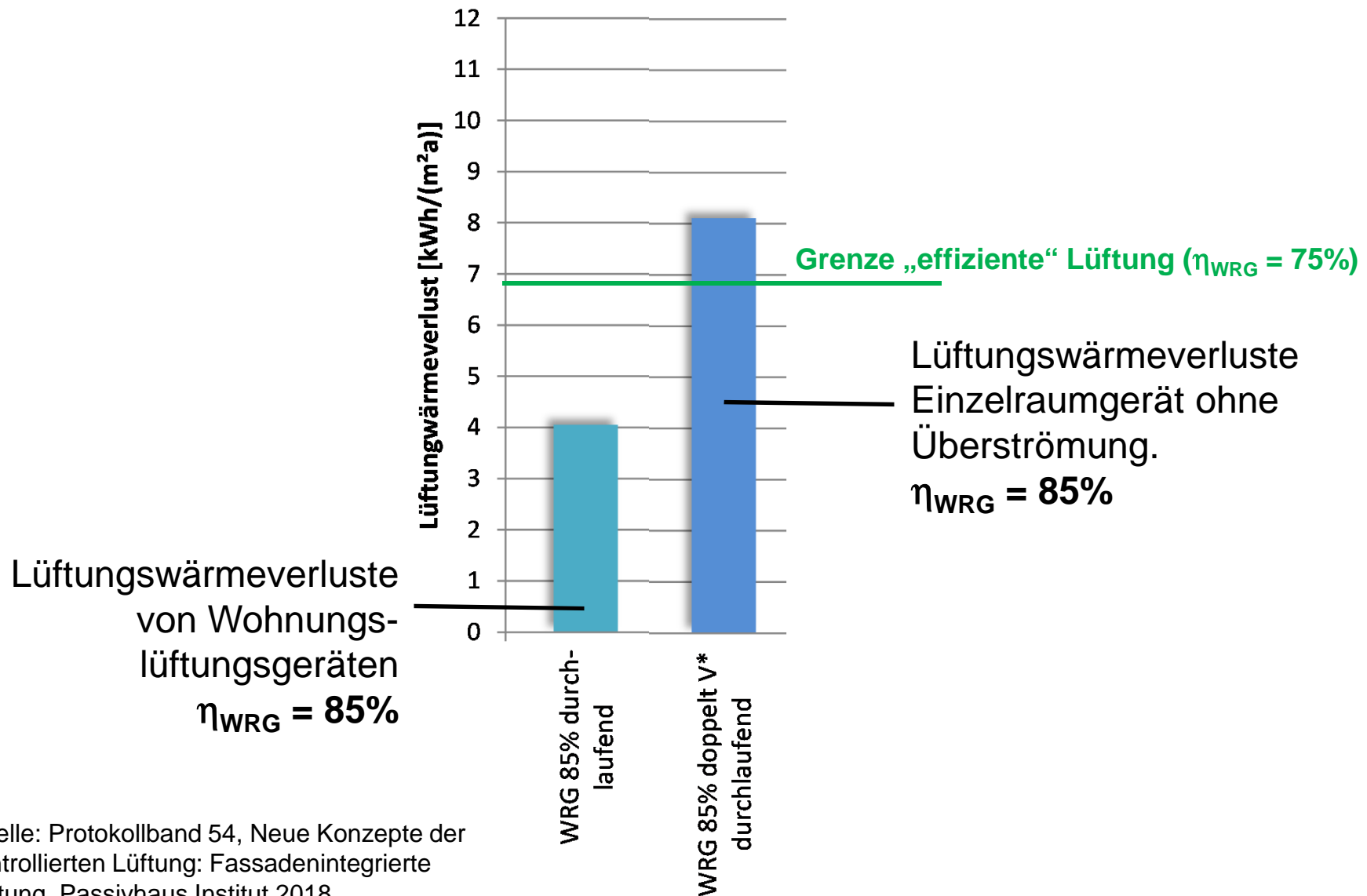
Quelle: Protokollband 54, Neue Konzepte der kontrollierten Lüftung: Fassadenintegrierte Lüftung, Passivhaus Institut 2018.

Lüftungslösungen mit Einzelraum-Lüftungsgeräten



Quelle: Protokollband 54, Neue Konzepte der kontrollierten Lüftung: Fassadenintegrierte Lüftung, Passivhaus Institut 2018.

Lüftungslösungen mit Einzelraum-Lüftungsgeräten



Quelle: Protokollband 54, Neue Konzepte der kontrollierten Lüftung: Fassadenintegrierte Lüftung, Passivhaus Institut 2018.

... Gebäudemodernisierung mit PH-Komponenten inkl. Lüftung mit WRG bei sozial verträglichen Nettomieten...

- Wohnraumlüftung mit WRG bisher immer lösbar
- positive Rückmeldung von Bewohner (Befragung durch Bauleiter)
- Förderprogramme lohnen sich

■ Kaltmiete nach Modernisierung mit PH-Komponenten inkl. Lüftung mit WRG (Beispiel : Eichgartenallee 106 – 110, Gießen)

- **6,00€/m² für Bestandsbewohner**
- **7,50€ - 8,00€/m² bei Neuvermietung**



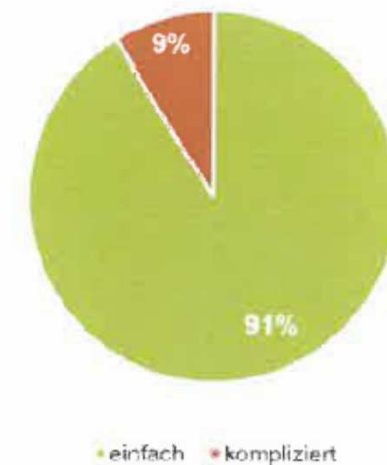
Quelle: Protokollband 54, Neue Konzepte der kontrollierten Lüftung:
Fassadenintegrierte Lüftung, Passivhaus Institut 2018.

Erhebung in Wohngebäuden
der Bahnstadt / Heidelberg:

- 80% der Bewohner beurteilen die Raumlufthqualität als sehr gut und gut!
- 91% sind mit dem Bedienkomfort der Lüftung zufrieden



Bedienkomfort Lüftungsanlage
(237 Antworten)



Quelle: Monitoring Bahnstadt Heidelberg, Nutzerberichte, Ralf Bermich

Zusammenfassung

Lüftung mit WRG in Schulen und Wohnungen

- Raumlufthqualität wird häufig vernachlässigt (Schulen)
- Besondere Problematik in dicht belegten Unterrichtsräumen
- Lösung: Kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung
- Vielfältige Lösungen für Integration einer kontrollierten Lüftung
- Langjährige Erfahrungen

- Literatur:
 - Protokollband 33: Passivhaus-Schulen, Passivhaus Institut 2006
 - Kah et. al 2010: Leitfaden für energieeffiziente Bildungsgebäude, Passivhaus Institut.
 - Peper et. al Passivhaus-Schule Frankfurt-Riedberg – Messtechnische Untersuchung, Passivhaus Institut 2007
 - Kah et. al 2010: Untersuchung zum Außenluftwechsel und zur Luftqualität in sanierten Wohnungen mit konventioneller Fensterlüftung und mit kontrollierter Lüftung, Passivhaus Institut.
 - Protokollband 50: Kostengünstige Lüftungslösungen im Wohnungsbau – Systeme mit Wärmerückgewinnung, Passivhaus Institut 2018
 - Protokollband 54: Neue Konzepte der kontrollierten Lüftung: Fassadenintegrierte Lüftung, Passivhaus Institut 2018
 - www.Passiv.de → Publikationen