

Begleitforschung

Welche Erfahrungen liegen uns aus bisherigen Vorhaben vor?

Johann Reiß
Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Energetisch sanierte Schulen

Schule	Baujahr	Sanierung	Projektleitung/ Validierungsmessung
 <p>Bertold-Brecht-Gymnasium Dresden</p>	1967	1993 - 1995	FHG-IBP, Uni Dresden, TU Berlin, IBUS
 <p>Paul-Robenson-Schule Leipzig</p>	1969	1991 - 1996	Stadt Leipzig, FHG-ISE
 <p>Schule Nord Wurzen</p>	1972	1995 - 1999	Stadt Wurzen, FHG-ISE
 <p>Regelschule Erfurt</p>	1974	1995 - 1999	Stadt Erfurt, FHG-ISE, FH Erfurt, Uni Karlsruhe
 <p>Grund- und Hauptschule Stuttgart- Plieningen</p>	1936 / 1957 / 1970	1996 - 1997	Stadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, FHG-IBP, Lehrstuhl für Heiz- und Raumluftechnik
 <p>Käthe-Kollwitz- Schule Aachen</p>	1951 - 1957	2000 - 2004	Stadt Aachen, Casa, INCO



Bertold-Brecht-Gymnasium Dresden

Ergebnis

Positiv

- Reduzierung des Heizwärmeverbrauchs von 283 auf 69 kWh/m²a (Einsparung: 75 %)
- Hohe Akzeptanz durch zwei neue Atrien
- Stromverbrauch der Beleuchtung durch verbesserte Leuchten und tageslichtabhängige Regelung um bis zu 77 % reduziert

Negativ

- Die Belüftung der Klassenräume erfolgt nicht in der geplanten Weise
- Geräusche der Lüftungsventilatoren stören den Unterricht
- Der horizontale innere Sonnenschutz konnte aus Kostengründen nicht wie geplant automatisch ausgeführt werden
- Installierte Außenjalousien hinsichtlich Sonnenschutz geeignet, doch lichtlenkende Maßnahmen zur besseren Tageslichtnutzung fehlen
- Nachtlüftung der Klassenräume über Atrium eingeschränkt durch nicht ausreichend weit öffnbare Oberlichter



Paul-Robenson-Schule Leipzig

Ergebnis

Positiv

- Reduzierung der Heizwärme von 225 auf 71 kWh/m²a (Einsparung: 68 %)
- Solare Gewinne durch transparente Wärmedämmung
- Sanierung weckte Interesse der Schüler und Lehrer

Negativ

- Sommerliche Überhitzung erforderte nachträglichen Sonnenschutz
- Nachtlüftung mit Ventilatoreinsatz ab 4.00 Uhr morgens diente als Sofortmaßnahme
- Verschließbare Lüftungsschlitze in den Fensterrahmen nicht ausreichend. Für den erforderlichen Luftwechsel war zusätzlich Fensterlüftung notwendig
- Offen zugängliche Regeleinrichtungen der Heizung wurden von Schülern häufig beschädigt



Grund- und Hauptschule Stuttgart-Plieningen

Ergebnis

Positiv

- Heizwärmeverbrauchsreduzierung von 200 auf 49 kWh/m²a (Einsparung: 75 %)
- Stromverbrauch für Beleuchtung von 10,6 auf 2,6 kWh/m²a gesenkt
- Reduzierung des Heizwärmeverbrauchs durch Einzelraumregelung ca. 8 %
- Keine Überwärmung der Klassenräume im Sommer

Negativ

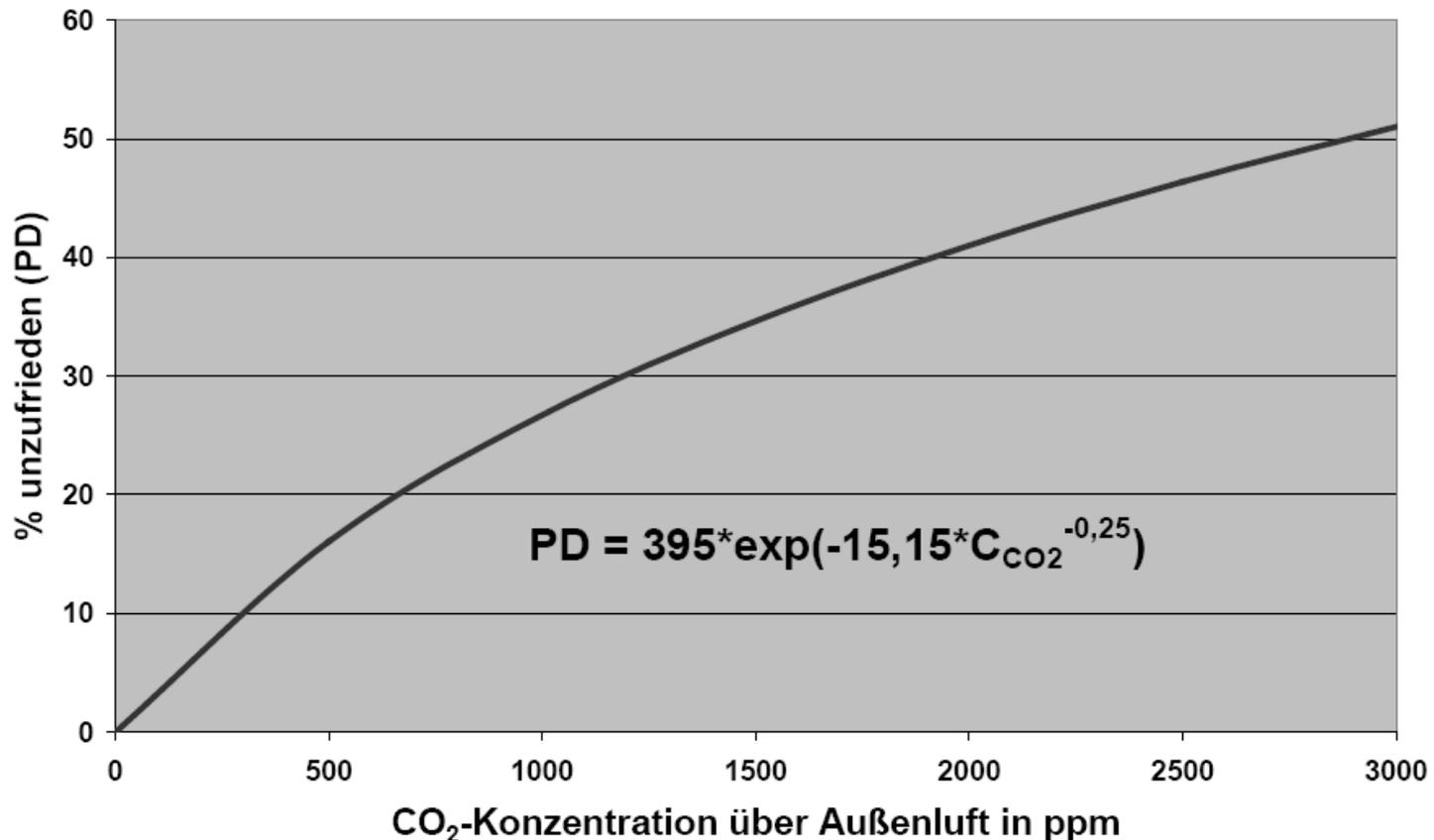
- Infolge geringer Fensteröffnungszeiten teilweise hohe Luftfeuchten
- Durch Schließen der Fenster nach letzter Unterrichtsstunde kann Feuchte nicht mehr abgeführt werden
- Das automatische Öffnen und Schließen der Jalousien in Abhängigkeit des Sonnenstandes wurde von den Lehrern und Schülern stark bemängelt
- Hausmeister durch komplexere Regelung und Steuerung der Anlagentechnik teilweise überfordert

Was ist derzeit technisch problemlos? – und wo gibt es noch Probleme?

Maßnahme	Empfehlung	technisch problemlos
Hüllflächendämmung	ja	ja, bis $U = 0,2$
Fenster austausch	ja	ja, bis $U = 0,8$
Einzelraumregelung	ja	nein
Abluftanlage	ja	nein
Zu- und Abluftanl. mit WRG	ja	nein
Sonnenschutz	ja	nein
Tagesl. abh. Kunstl. Regelung gedimmt	bedingt	nein
Tagesl. abh. Kunstl. Regelung ein/aus	ja	ja

Unzufriedene in Abhängigkeit der CO₂-Konzentration

Abbildung 1: Korrelation zwischen CO₂-Konzentration als Indikator für anthropogene Emissionen und Anzahl der Unzufriedenen Personen (PD in %) in einem Raum (nach ECA 1992)



Quelle: Boos, Rolf, et al: Bewertung der Innenraumluft, Physikalische Faktoren, Kohlendioxid als Lüftungparameter

Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit der Zufriedenheit

Quelle: (Gremel, A., et al.: Evaluierung von mechanischen Klassenzimmerlüftungen in Österreich und Erstellung eines Leitfadens)

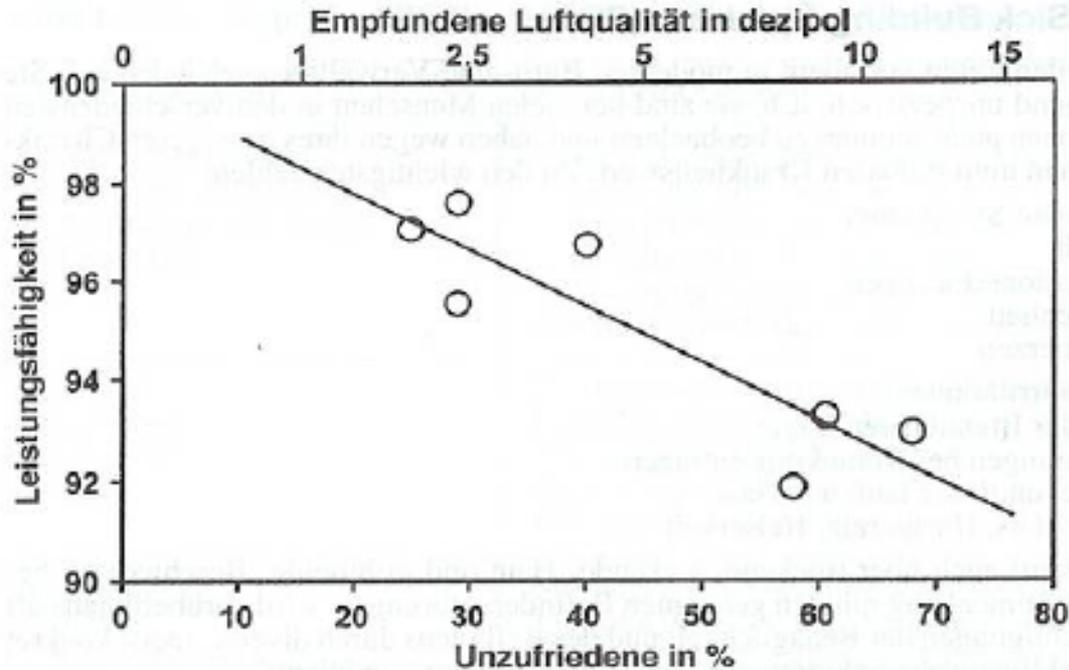


Abbildung 4.2: Die Leistungsfähigkeit (in Prozent) bei Büroarbeit in Abhängigkeit der Unzufriedenheit mit der Raumluftqualität.

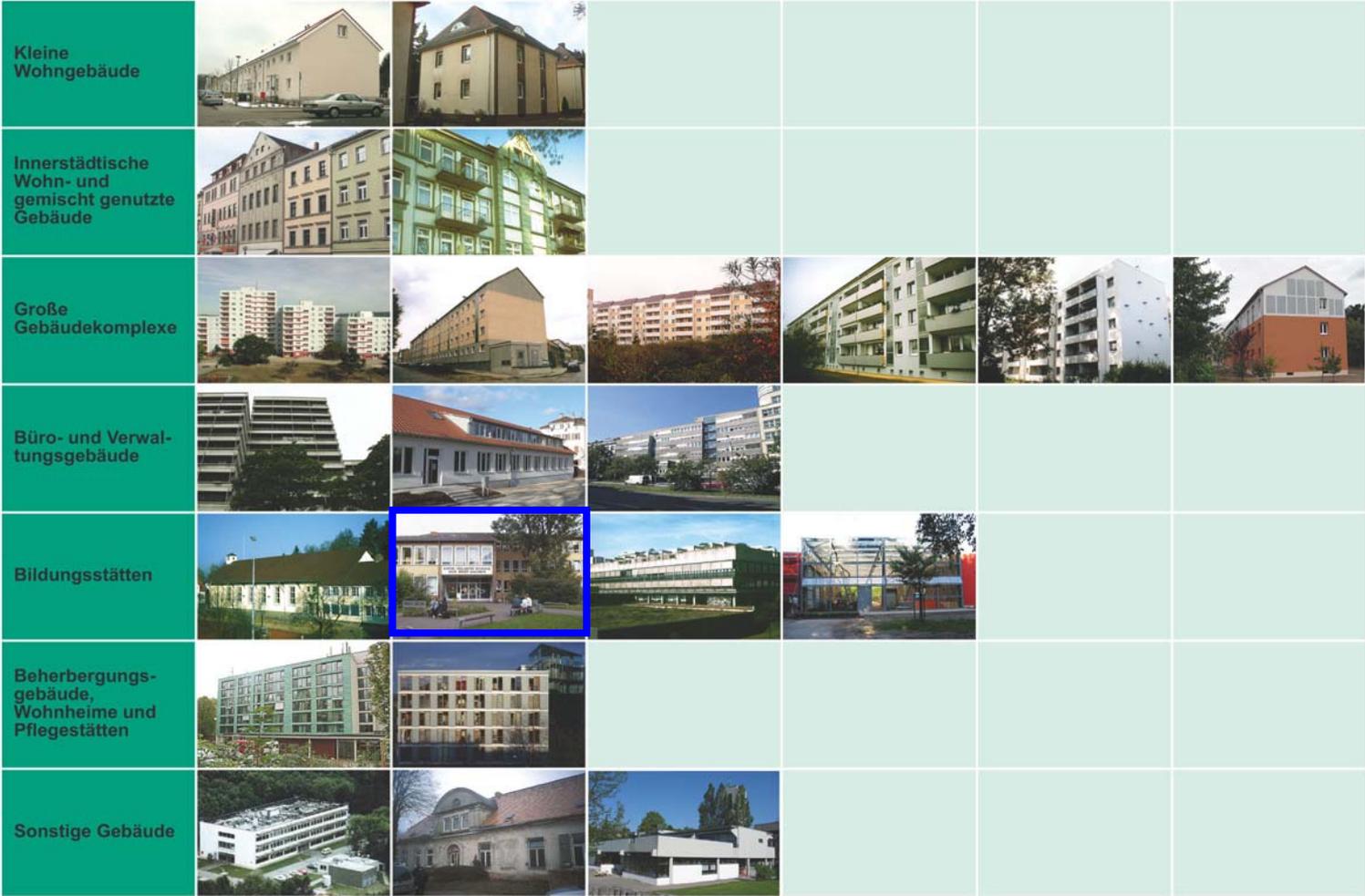
Welche Außenlufttrate schreibt die Norm vor?

**Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden –
Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik;
Deutsche Fassung EN 15251:2007**

Tabelle B.2 — Beispiele für empfohlene Lüftungsraten für Nichtwohngebäude bei Standardbelegungsichte für drei Kategorien der Verschmutzung durch das Gebäude selbst. Für den Fall, dass Rauchen gestattet ist, gibt die letzte Spalte die zusätzlich geforderte Lüftungsrate an

Gebäude- bzw. Raumtyp	Kategorie	Grundfläche m ² je Person	q_p	q_B	q_{tot}	q_B	q_{tot}	q_B	q_{tot}	Zugabe bei Rauchen
			l/s, m ² bei Belegung	l/s, m ² bei sehr schadstoffarmen Gebäuden		l/s, m ² bei schadstoffarmen Gebäuden		l/s, m ² bei nicht schadstoffarmen Gebäuden		l/s, m ²
Klassenraum	I	2,0	5,0	0,5	5,5	1,0	6,0	2,0	7,0	
	II	2,0	3,5	2*3,5*3600=25,2m³/(h*P)				4,9		
	III	2,0	2,0	0,2	2,2	0,4	2,4	0,8	2,8	
Kindergarten	I	2,0	6,0	0,5	6,5	1,0	7,0	2,0	8,0	
	II	2,0	4,2	0,3	4,5	0,7	4,9	1,4	5,8	
	III	2,0	2,4	0,2	2,6	0,4	2,8	0,8	3,2	
Kaufhaus	I	7	2,1	1,0	3,1	2,0	4,1	3,0	5,1	
	II	7	1,5	0,7	2,2	1,4	2,9	2,1	3,6	
	III	7	0,9	0,4	1,3	0,8	1,7	1,2	2,1	

EnSan – Energetische Sanierung der Gebäudesubstanz



Käthe – Kollwitz – Schule der Stadt Aachen



Vor der Sanierung



Nach der Sanierung

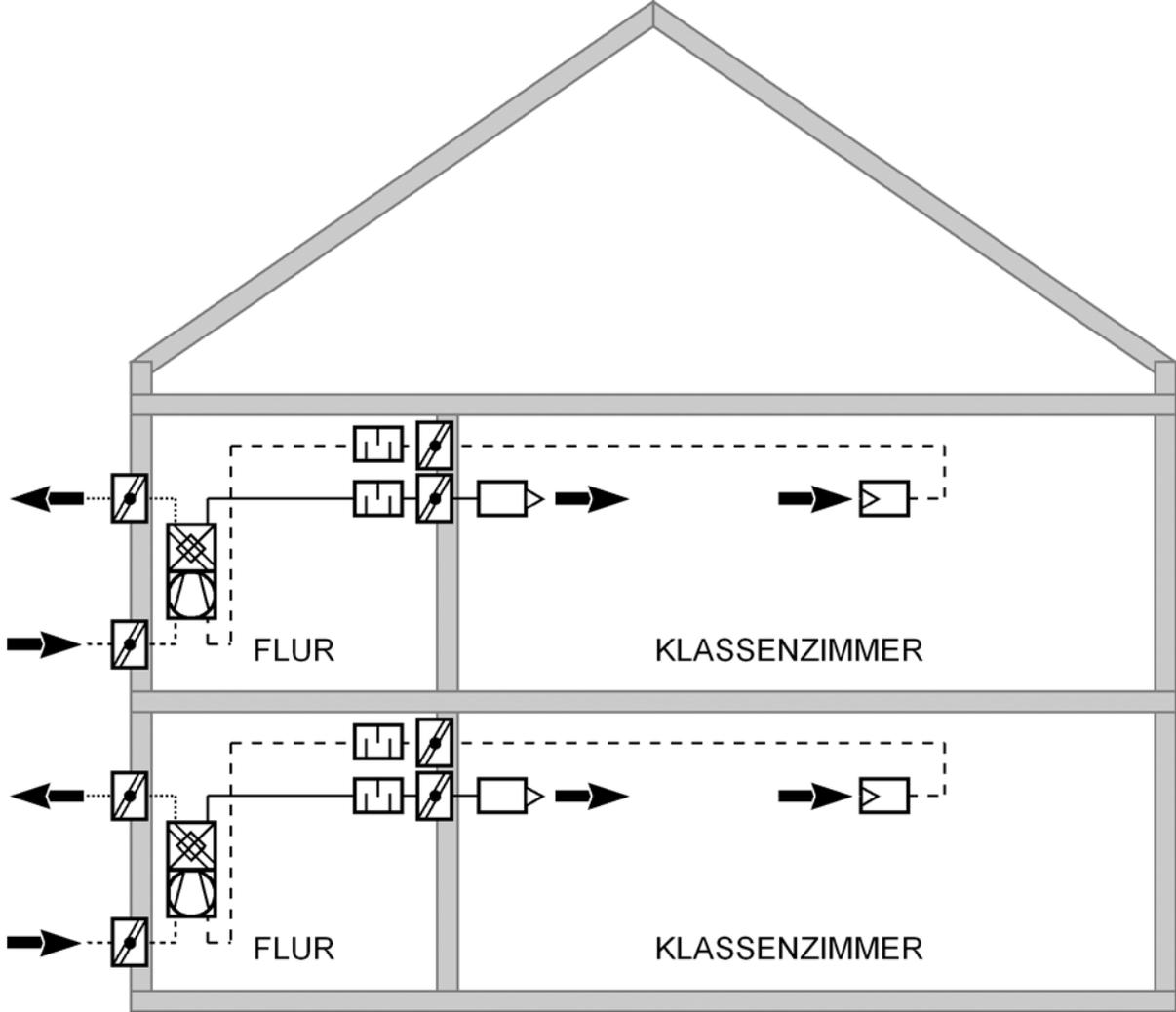
Durchführung:

Stadt Aachen: Dipl.-Ing. Lambertz

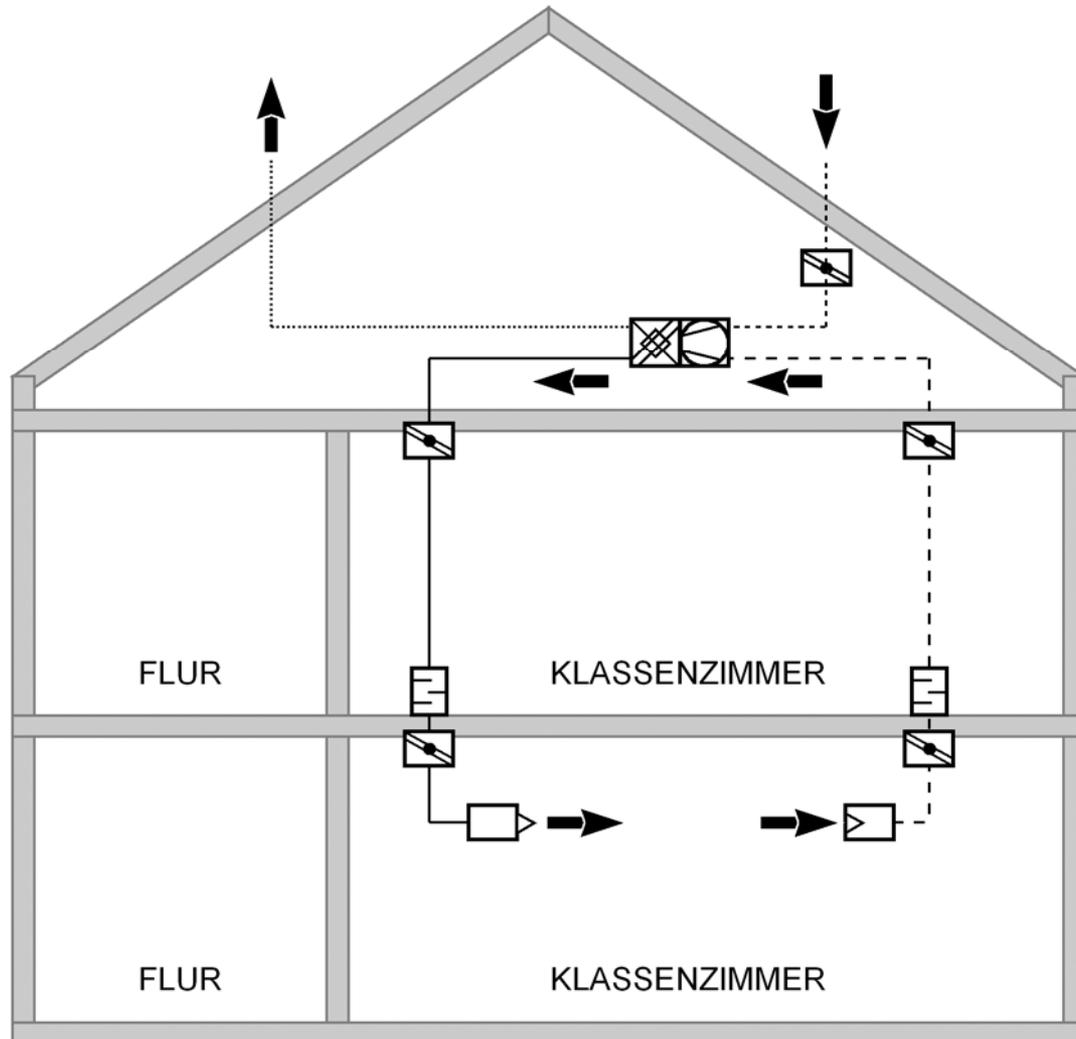
Architektur: Prof. Ranft

Büro Inco: Dipl.-Ing. Klima

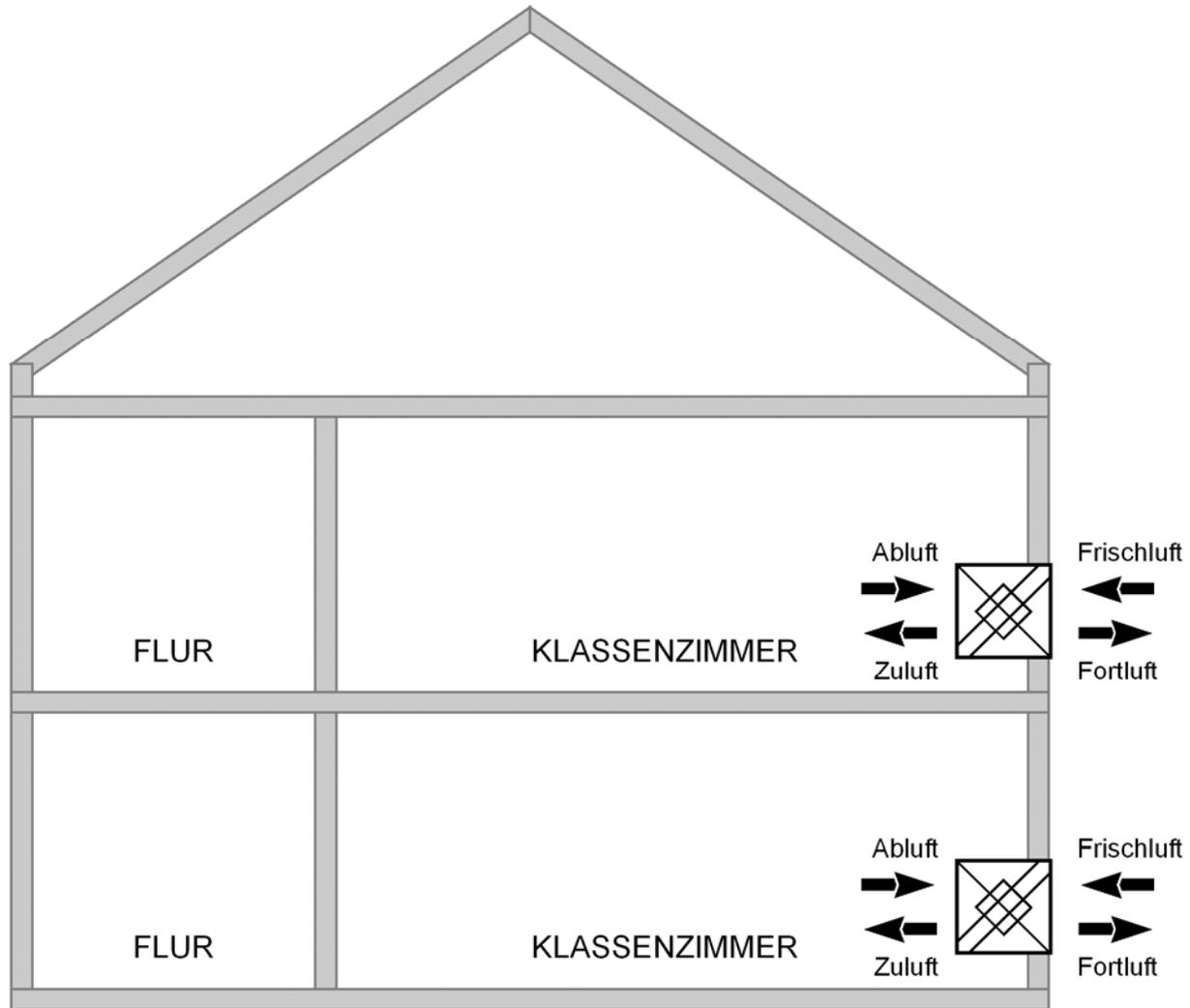
(2) WRG-E-600-FL (Wärmerückgewinnung, Einzelraum, Aufstellort: Flur, 600 m³/h)



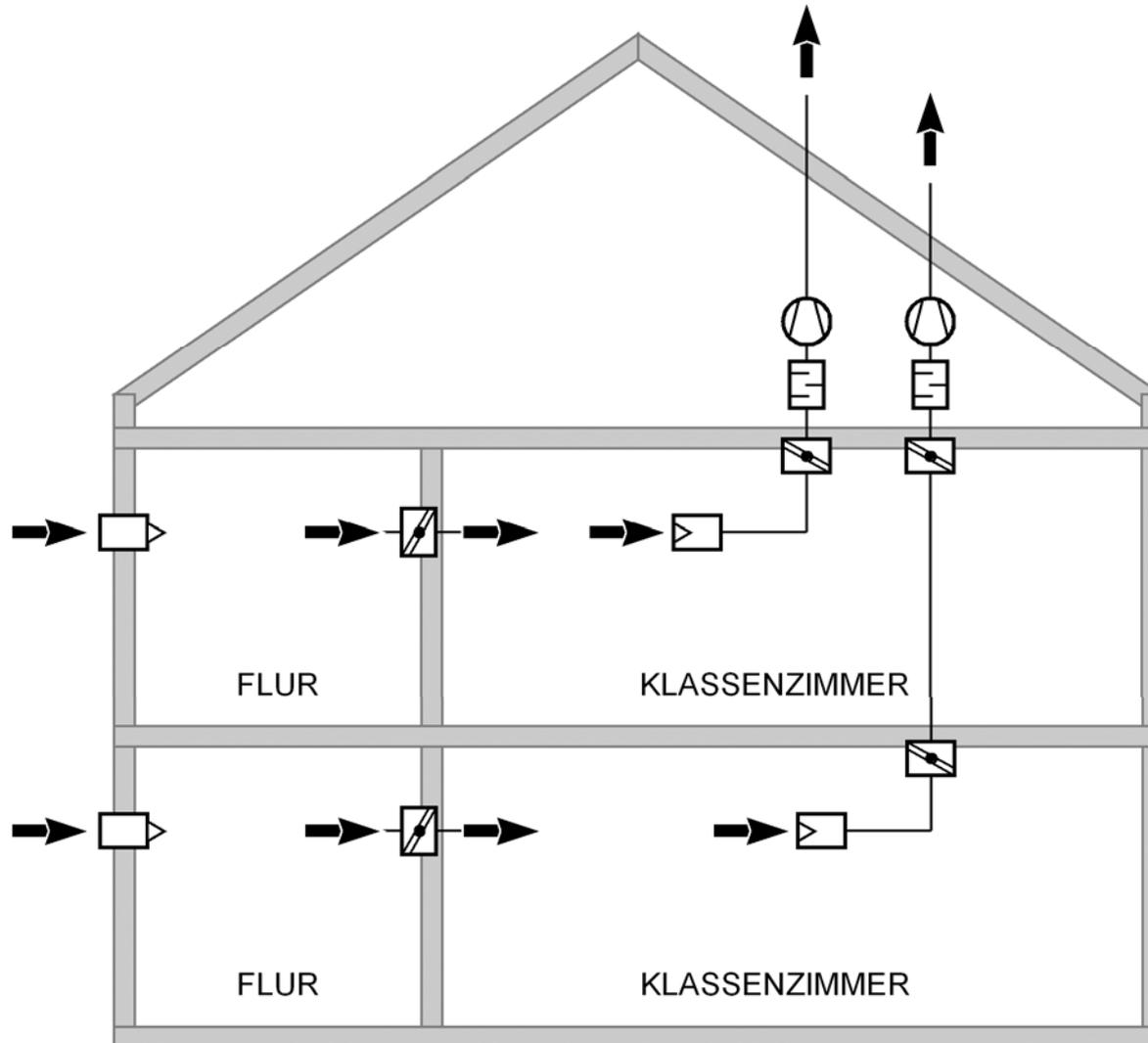
WRG-E-300-DG (Wärmerückgewinnung, Einzelraum, Aufstellort: DG, 300 bzw. 600 m³/h)



WRG-E-300-FA (Wärmerückgewinnung, Einzelraum, Aufstellort: vor Fassade, 300 m³/h)

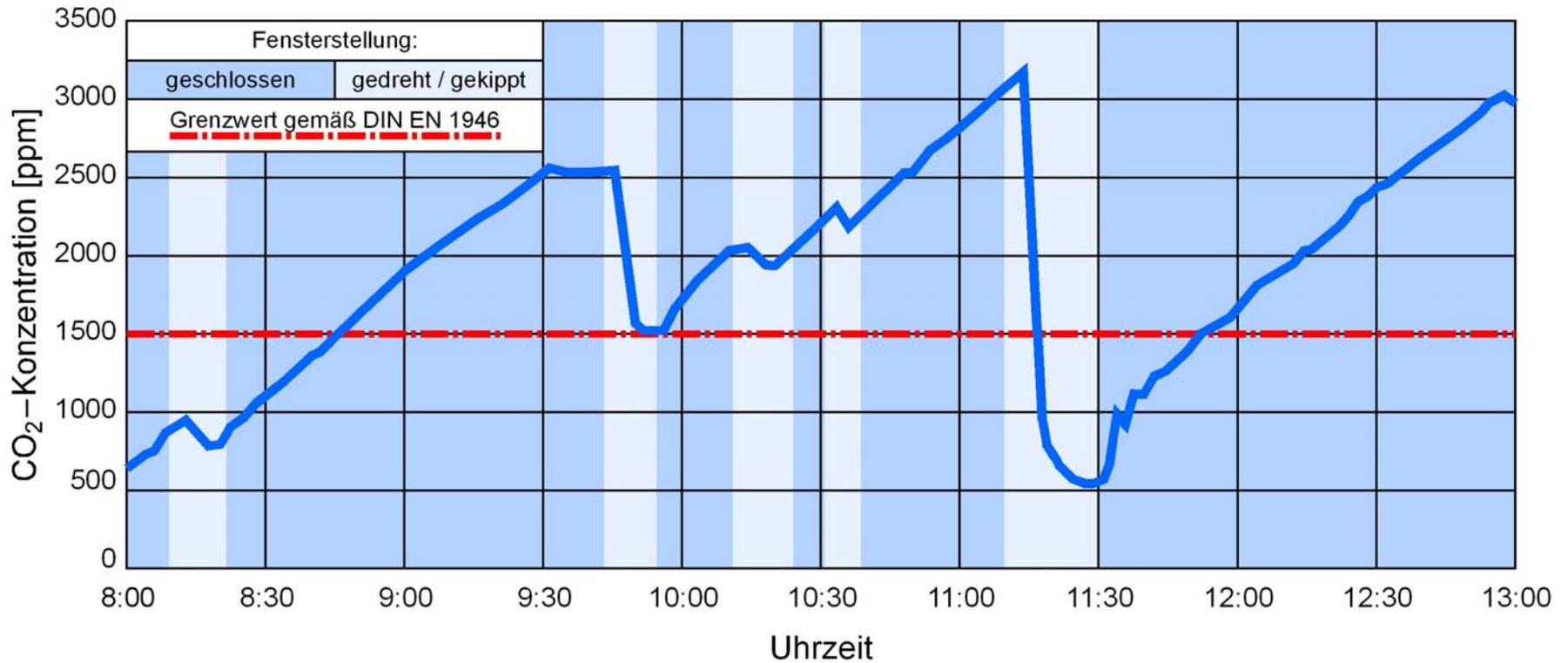


(6) bzw. (7) Abluft-E-300-DG (Abluftanlage, Einzelraum, Aufstellort: Dachgeschoss, 300 bzw. 600 m³/h)



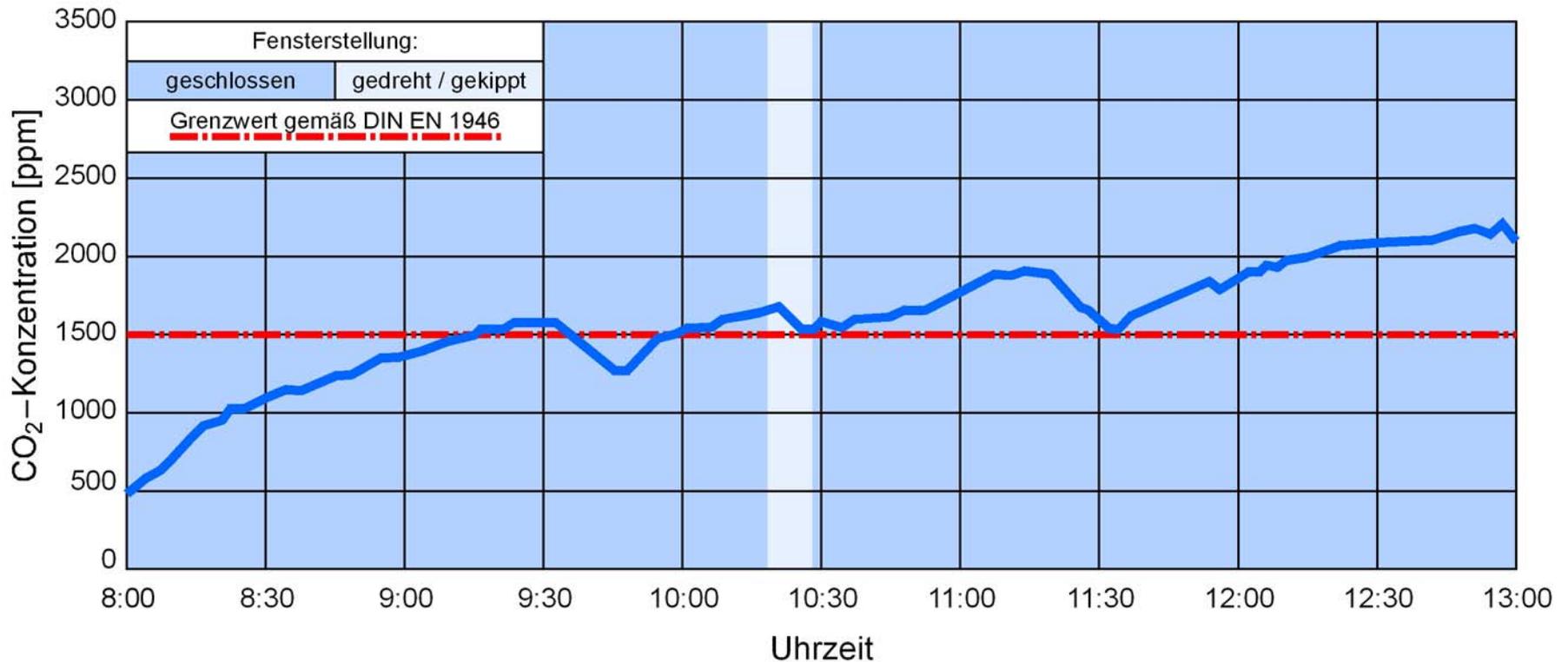
Kohlendioxidkonzentration

Fugen- und freie Fensterlüftung



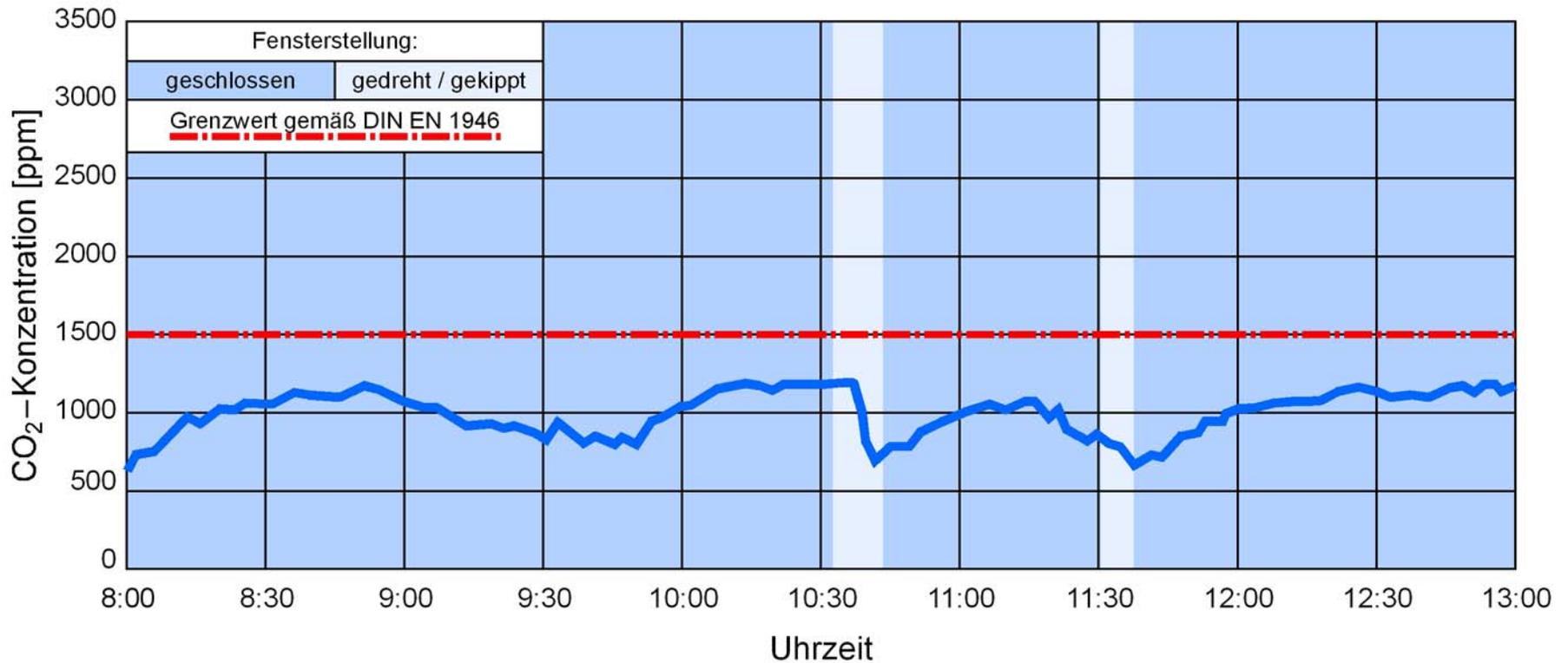
Kohlendioxidkonzentration nach Sanierung

(mechanische Lüftung, $12,7 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{Person})$, und freie Fensterlüftung)



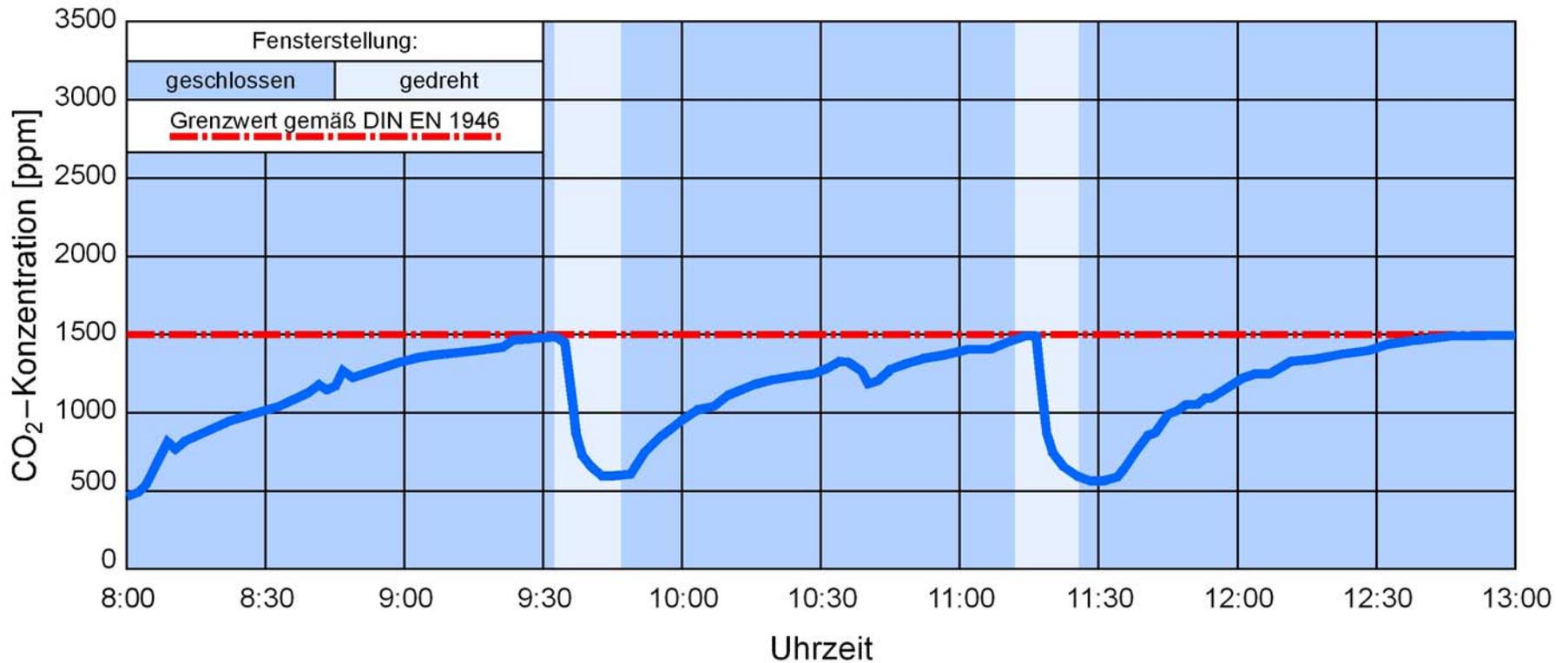
Kohlendioxidkonzentration nach Sanierung

(mechanische Lüftung, 25 m³/(h*Person), und freie Fensterlüftung)



Kohlendioxidkonzentration nach Sanierung

(mechanische Lüftung, $17 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{Person})$, Stoßlüftung in Pausen)



Abgerechnete Kosten der Anlagen

System	Lüftungssystem	Räume	Fläche	Kosten	Kosten pro Raum	Kosten pro Fläche
		-	m ²	€	€/ Raum	€/ m ²
(1)	Fensterlüftung	18	72	0	0	0
(3)	WRG-Einzelraum 300-DG	5	72	7.884	7.884	109
(4)	WRG-Einzelraum-300-FA	1	72	4.882	4.882	68
(5)	WRG-Einzelraum-600-DG	1	72	9.483	9.483	132
(6)	Abluft-Einzelraum-300 DG	1	72	4.350	4.350	60
(7)	WRG-Einzelraum-600-DG	2	72	6.730	6.730	93
(8)	WRG-Zentral-600-DG	6+2 WC	467	35.540	5.467	76

Fazit der Autoren

1. Variante

- Mechanische Lüftung ($18 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{Person})$) und Fensterlüftung in den Pausen

2. Variante

- Fensterlüftung und Kontrolle der CO_2 -Konzentration durch Lüftungsampel

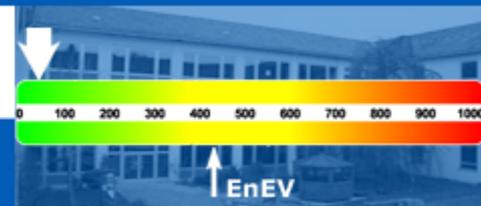


Forschungsvorhaben F 1469

Auswirkungen energiesparender Maßnahmen im Wohnbau auf die Innenraumluftqualität und Gesundheit

Quelle: Dr. Hans-Peter Hutter, Dr. Hanns Moshhammer, Dr. Peter Wallner, **Ärztinnen und Ärzte für eine gesunde Umwelt (ÄGU)**





Wissenschaftliche Begleitforschung wird im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie durchgeführt von:

- Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) und Fachhochschule München (FHM)

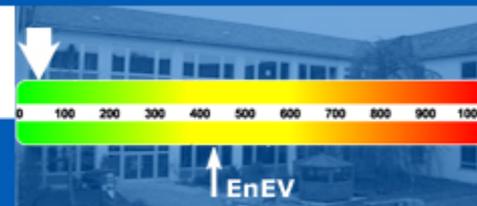
Zuständig: Johann Reiß und Hans Erhorn (IBP)

Prof. Werner Jensch und Manuel Winkler (FHM)

- Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)

Zuständig: Edelgard Gruber (ISI)

Dr. Annette Roser (BSR)



Wissenschaftliche Begleitforschung

- Aufbau eines Portals „EnEff-Schule“
- Aufbau einer Datenbank mit Angaben und Kennwerten von den EnEff-Schule Demoprojekten
- Dokumentation der Aktivitäten aller Akteure im Bereich EnEff-Schule
- Bewertung technischer Maßnahmen auf Energieverbrauch
- Durchführung von Fachseminaren, Workshops und Tagungen
- Erstellung von Guidelines für Kommunen, Planer, Energieplaner, Hausmeister, Lehrer und Schüler
-
- Untersuchung des Einflusses verhaltensbezogener Maßnahmen auf den Energieverbrauch
- Einbindung der Sanierung in den Schulalltag und Lehrplan
- Untersuchung des Einflusses von Energieeffizienz-Maßnahmen auf den Schulalltag
- Durchführung von Begleitaktivitäten mit Schülern, Lehrern, Hausmeistern und Eltern
-