Raumluftqualität in Klassenräumen

Einleitung

Grenzwerte

Raumluftqualität und Leistungsfähigkeit

Messergebnisse

Automatische Fenstersteuerung

Berechnung der Kohlendioxidkonzentration

Energetische Betrachtung

Fazit

Ursachen von Innenraumbelastungen

Emissions-quellen

- Baustoffe
- Einrichtungs-gegenstände
- Unterricht (z.B. Werken, Chemie)
- Reinigungs- und Pflegemittel

Einträge durch die Außenluft

- Feinstaub
- Emissionen im Umfeld der Schule

Probleme durch unzureichende Luftzufuhr*

- Kohlendioxid-anreicherung
- Hohe Feuchtigkeit in der Raumluft
- Mikrobieller Befall

*Die unzureichende Lüftung kann überall dort ein Problem sein, wo viele Menschen auf begrenztem Raum zusammen sind: Schulen, Kindergärten, Versammlungsräume, usw.

Kohlendioxid als Leitgröße der Lufthygiene

Für den Fall, dass keine anderen Emissionsquellen wie z.B. Baustoffe oder Einrichtungen vorhanden sind, hängt die Lufthygiene in einem Raum nur von der Außenluftqualität und den Stoffwechselprodukten der Nutzer ab.

<u>Pettenkofer 1858:</u>
Der Kohlensäuregehalt allein macht die Luftqualität nicht aus, wir benutzen ihn bloß als Maßstab…

CO_2-Abgaberaten

CO_2-Abgaberaten pro Person in Liter/Stunde*					
Alter [Jahre]	1 - 3	4 - 6	7 – 9	10 - 14	>14
Ruhe	2,3	4,8	14	20	22
Leichte Aktivität	4,8	9,7	28	38	43
Mäßige Aktivität	9,7	20	25	77	85
Intensive Aktivität	17	33	102	135	152

*Die ausgeatmete Luft enthält 4 Vol-% Kohlendioxid.
*Die Abgaberaten resultieren aus dem Atemvolumen.

Quelle: Handbuch zum QUIRL/CO_2
Niedersächsisches Landesgesundheitsamt

Natürlicher Luftwechsel

Antrieb: Winddruckdifferenz an der Gebäudehülle
thermischer Auftrieb im Gebäude

Lüftungsart	Luftwechselzahl [h^{-1}]
Isolierfenster geschlossen	0,2 – 0,4
Einfache Fenster geschlossen	0,5 – 0,8
Oberlichter geöffnet	1,0 – 2,0
Kipplüftung	3 – 10
Fenster weit geöffnet	10 – 20

Quelle: Handbuch zum QUIRL/CO_2
Niedersächsisches Landesgesundheitsamt

Bewertung von Kohlendioxidkonzentrationen

CO_2-Konzentration in der Außenluft

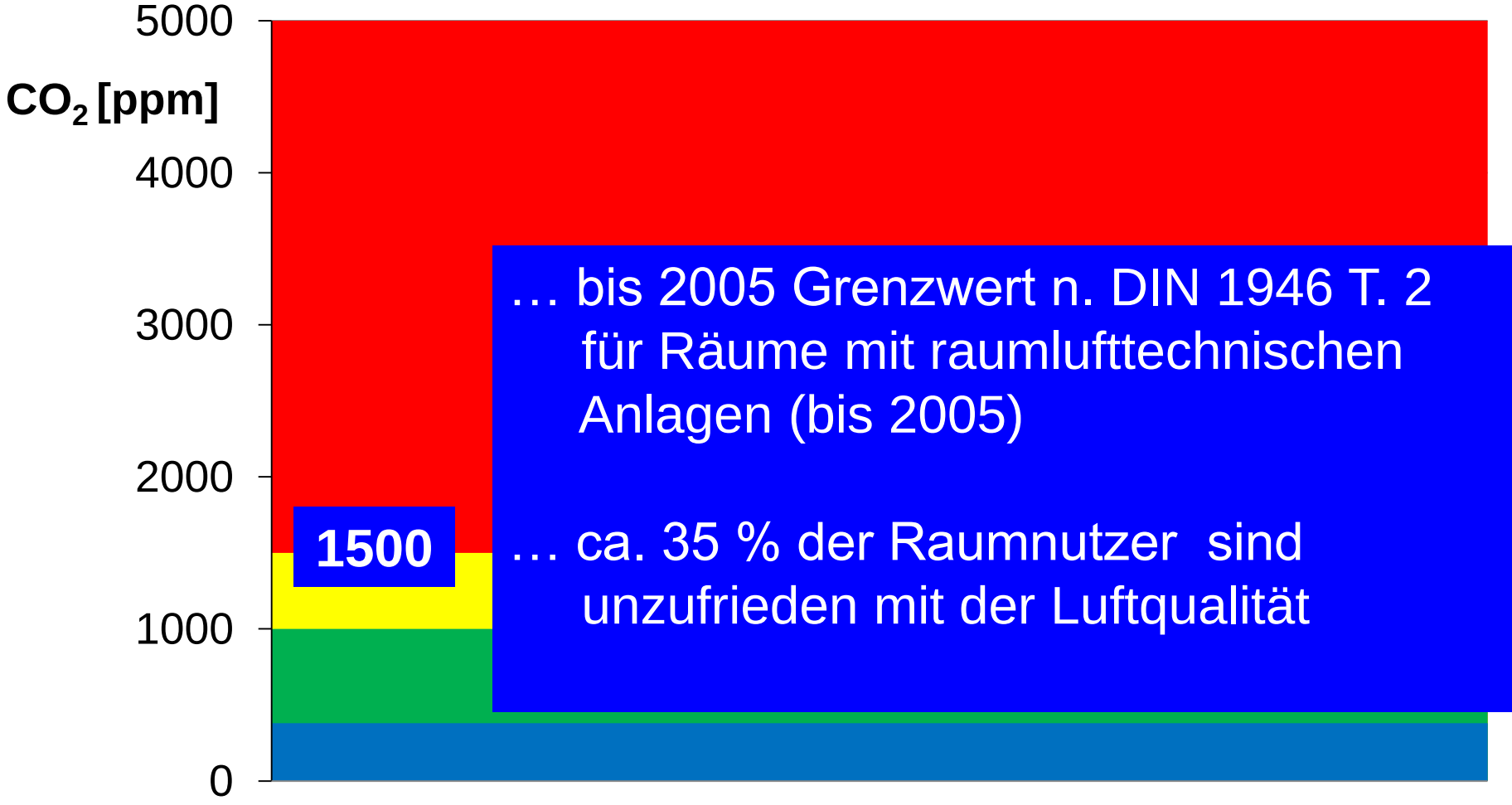
… in Ballungsgebieten höhere Werte

… im Winter höhere Werte

… Zunahme ca. 1 – 2 ppm/a

Bewertung von Kohlendioxidkonzentrationen

Bewertung von Kohlendioxidkonzentrationen



… bis 2005 Grenzwert n. DIN 1946 T. 2 für Räume mit raumlufttechnischen Anlagen (bis 2005)

… ca. 35 % der Raumnutzer sind unzufrieden mit der Luftqualität

Bewertung von Kohlendioxidkonzentrationen

Bewertung von Kohlendioxidkonzentrationen

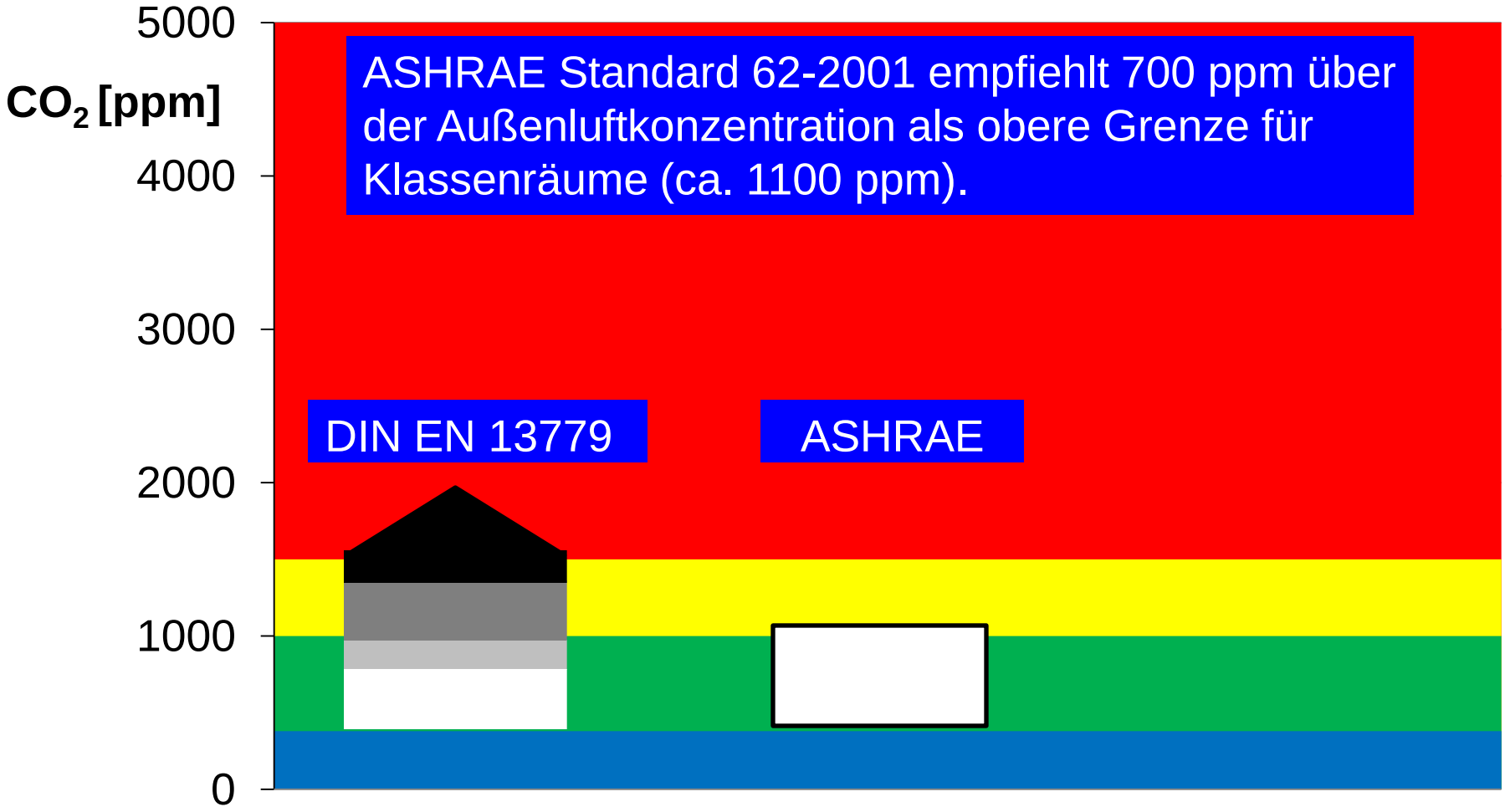
CO_2 [ppm]

5000
4000
3000
2000
1000
0

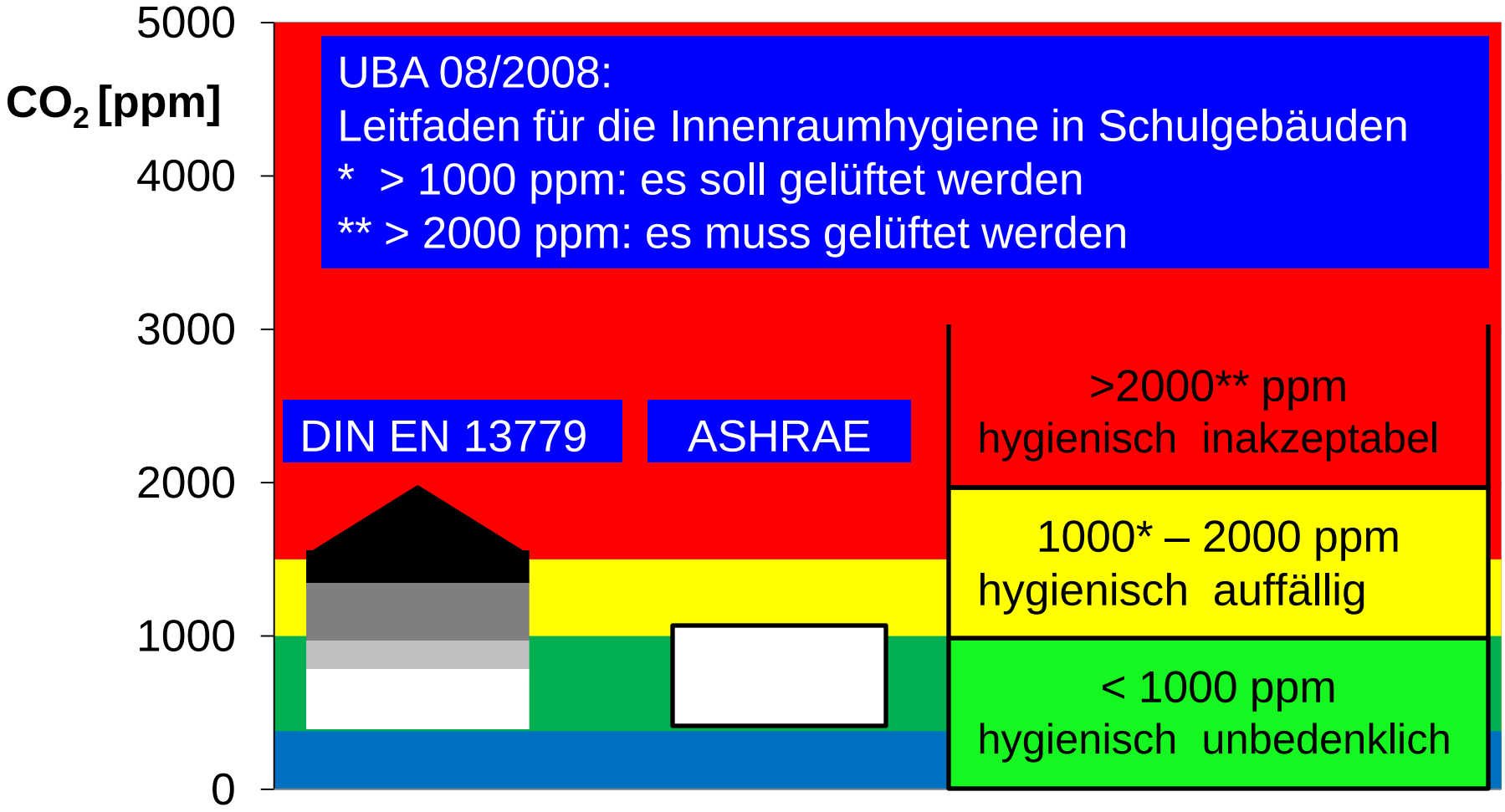
Nach DIN EN 13779 (09.2007) kann die Erhöhung der CO_2-Konzentration in der Raumluft gegenüber der Außenluft zur Auslegung eines bedarfsgeregelten Lüftungssystems verwendet werden.

Klassifizierung der Raumluft anhand ΔCO_2:	**Lüftungsrate l/s/Pers.**
> 1000 ppm: schlecht	**< 6**
600 – 1000 ppm: mäßig	**6 – 10**
400 – 600 ppm: mittel	**10 – 15**
≤ 400 ppm: hoch	**> 15**

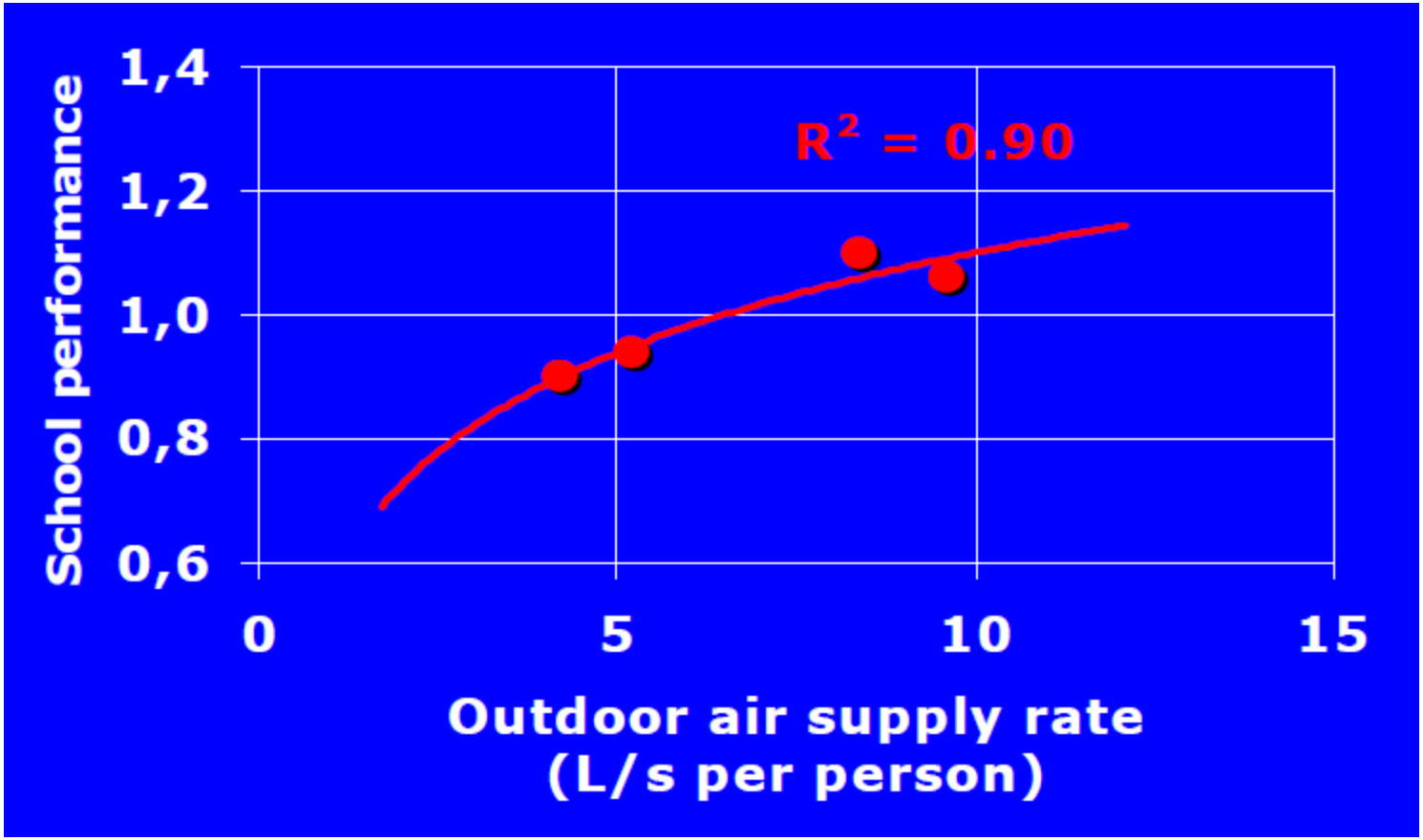
Bewertung von Kohlendioxidkonzentrationen



Bewertung von Kohlendioxidkonzentrationen

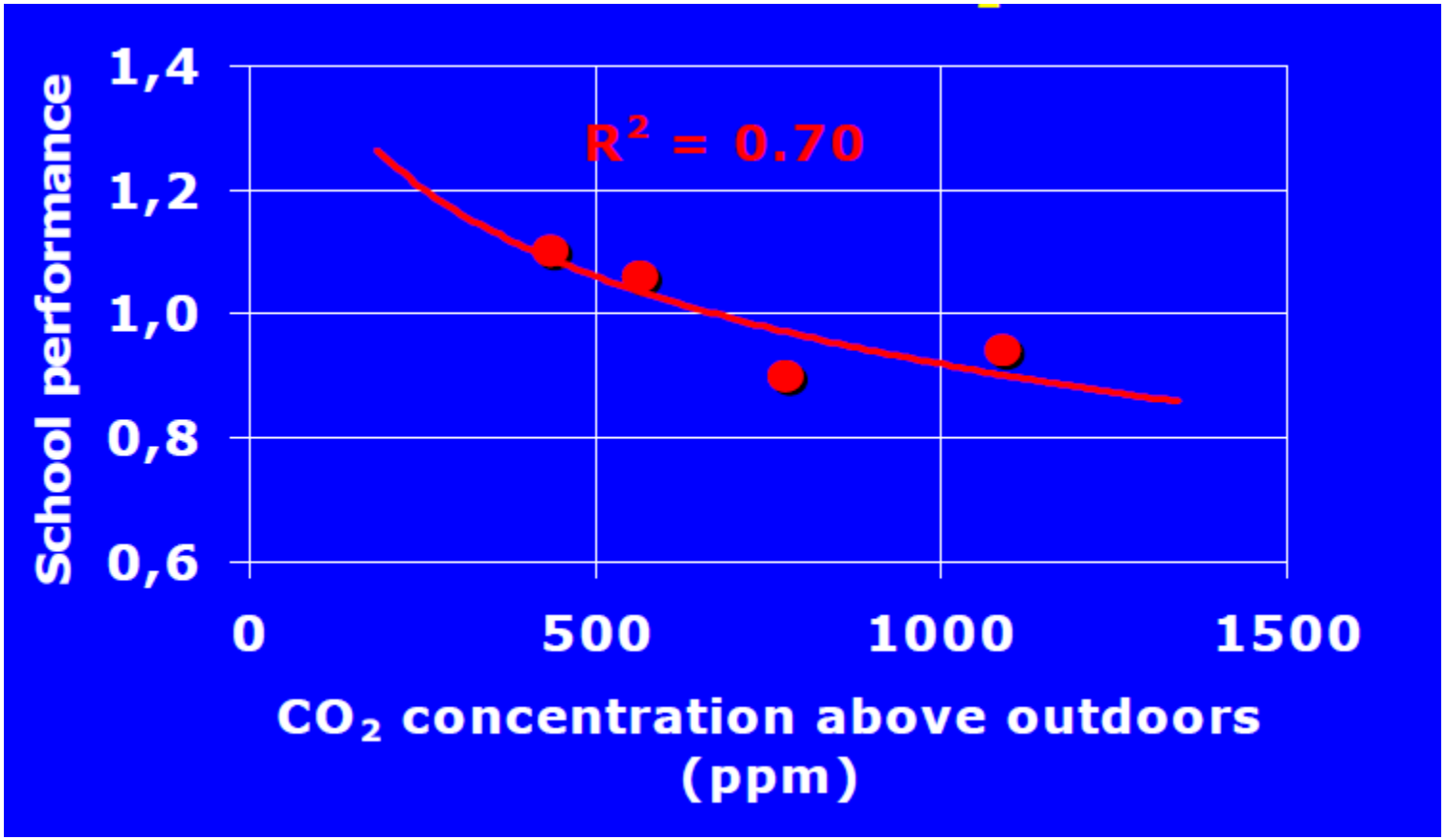


Raumluftqualität und schulische Leistung



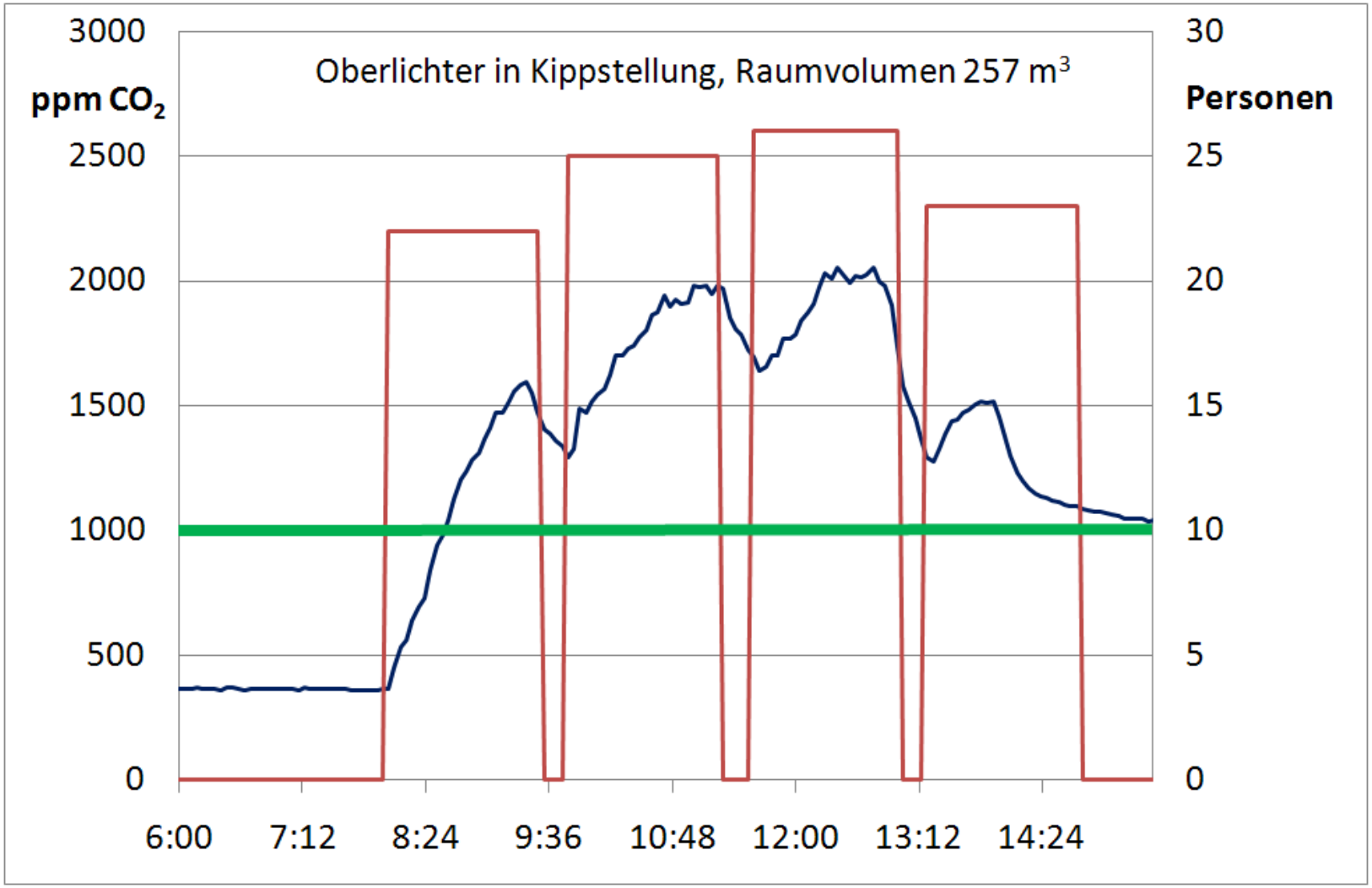
Quelle: Prof. Bjarne W. Oleson, TU Denmark

Raumluftqualität und schulische Leistung

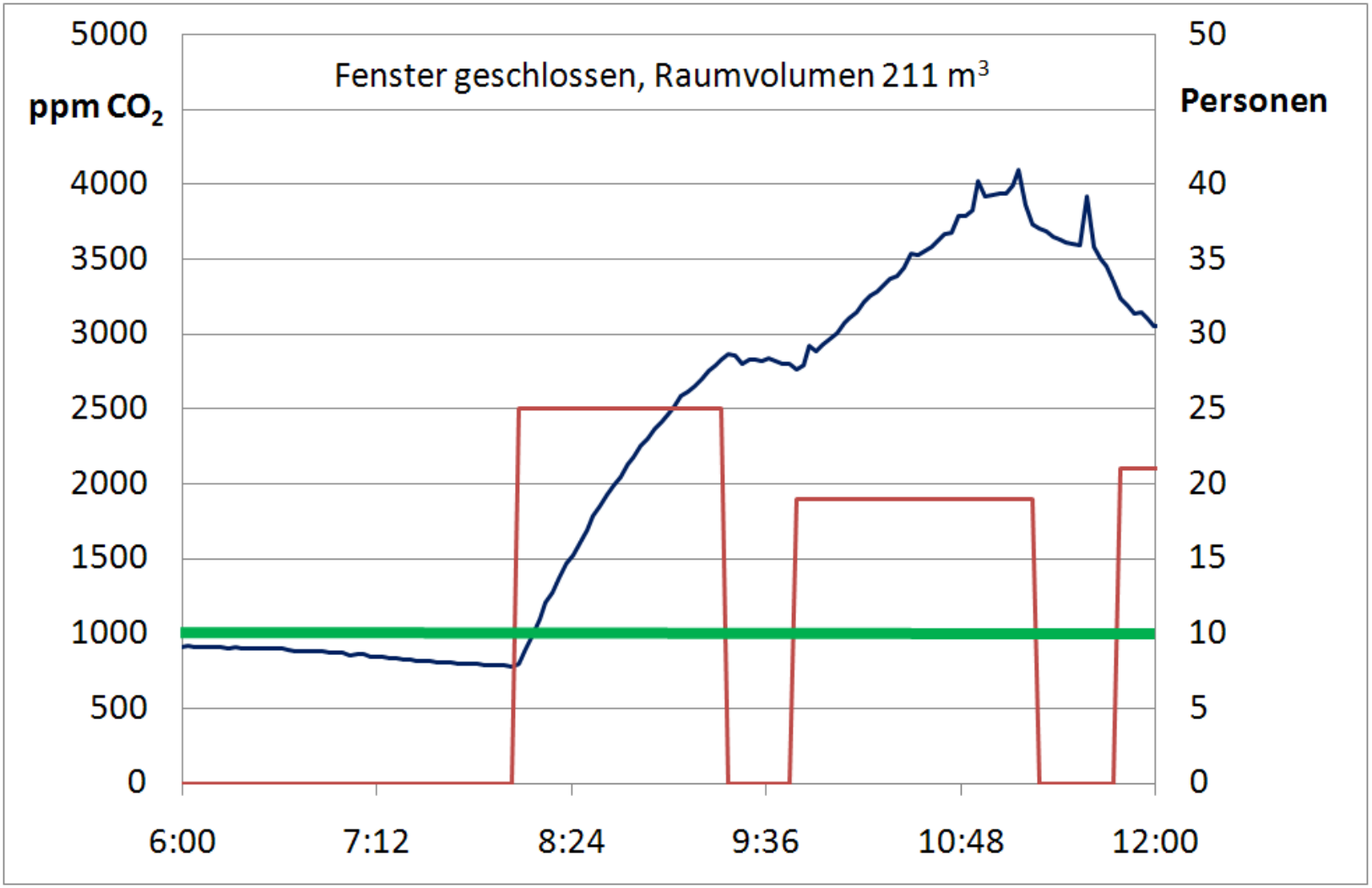


Quelle: Prof. Bjarne W. Oleson, TU Denmark

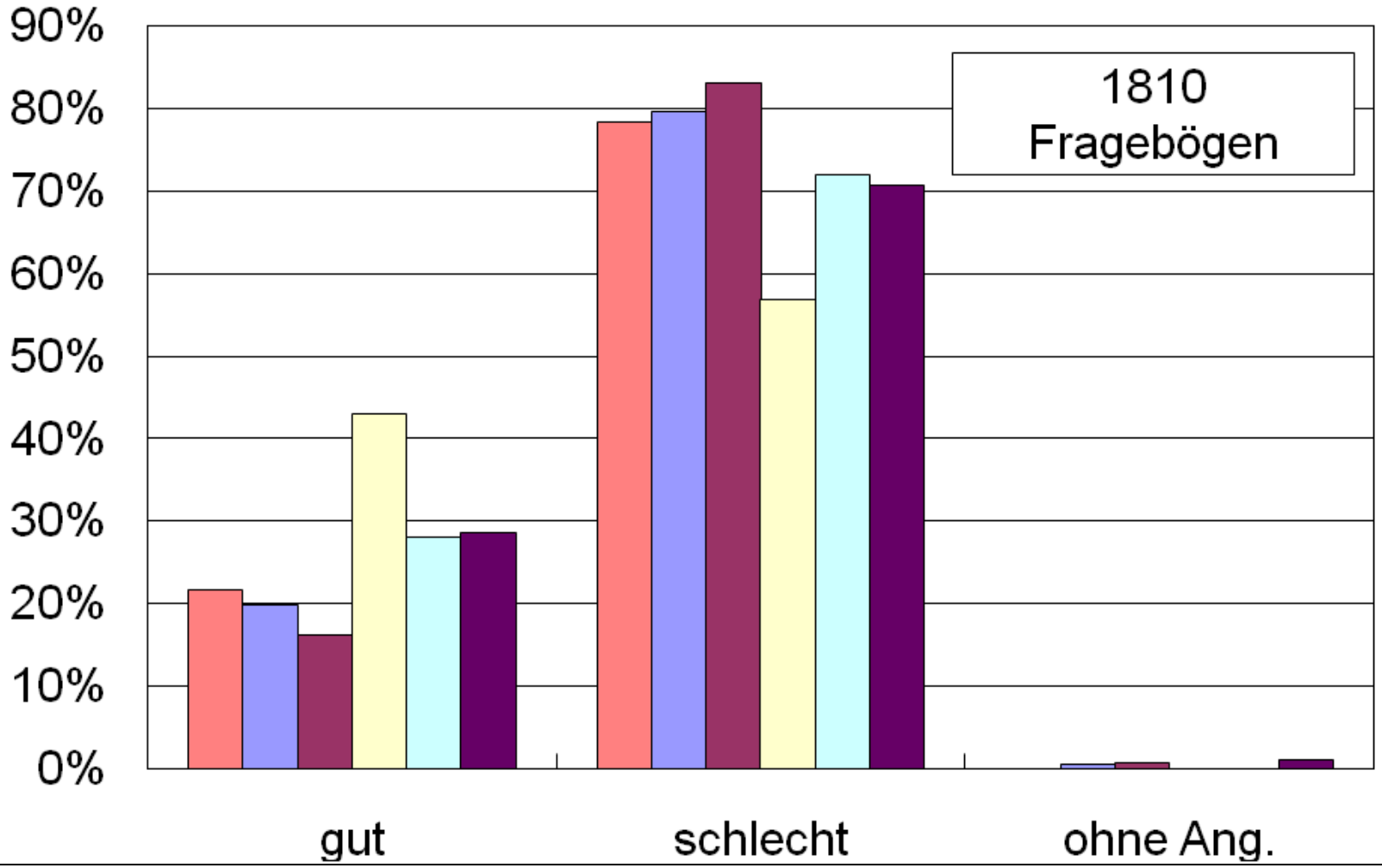
Messergebnisse



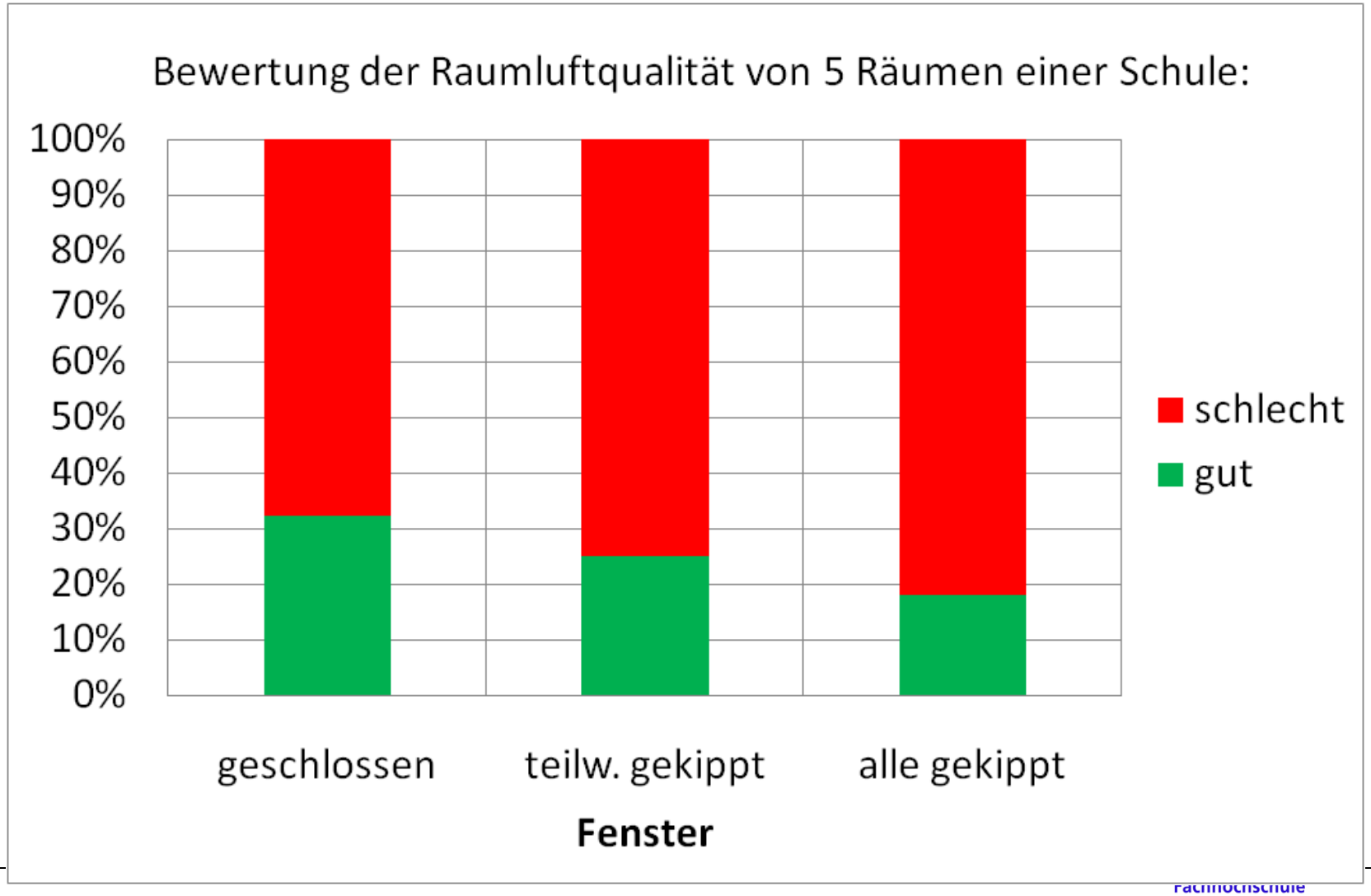
Messergebnisse



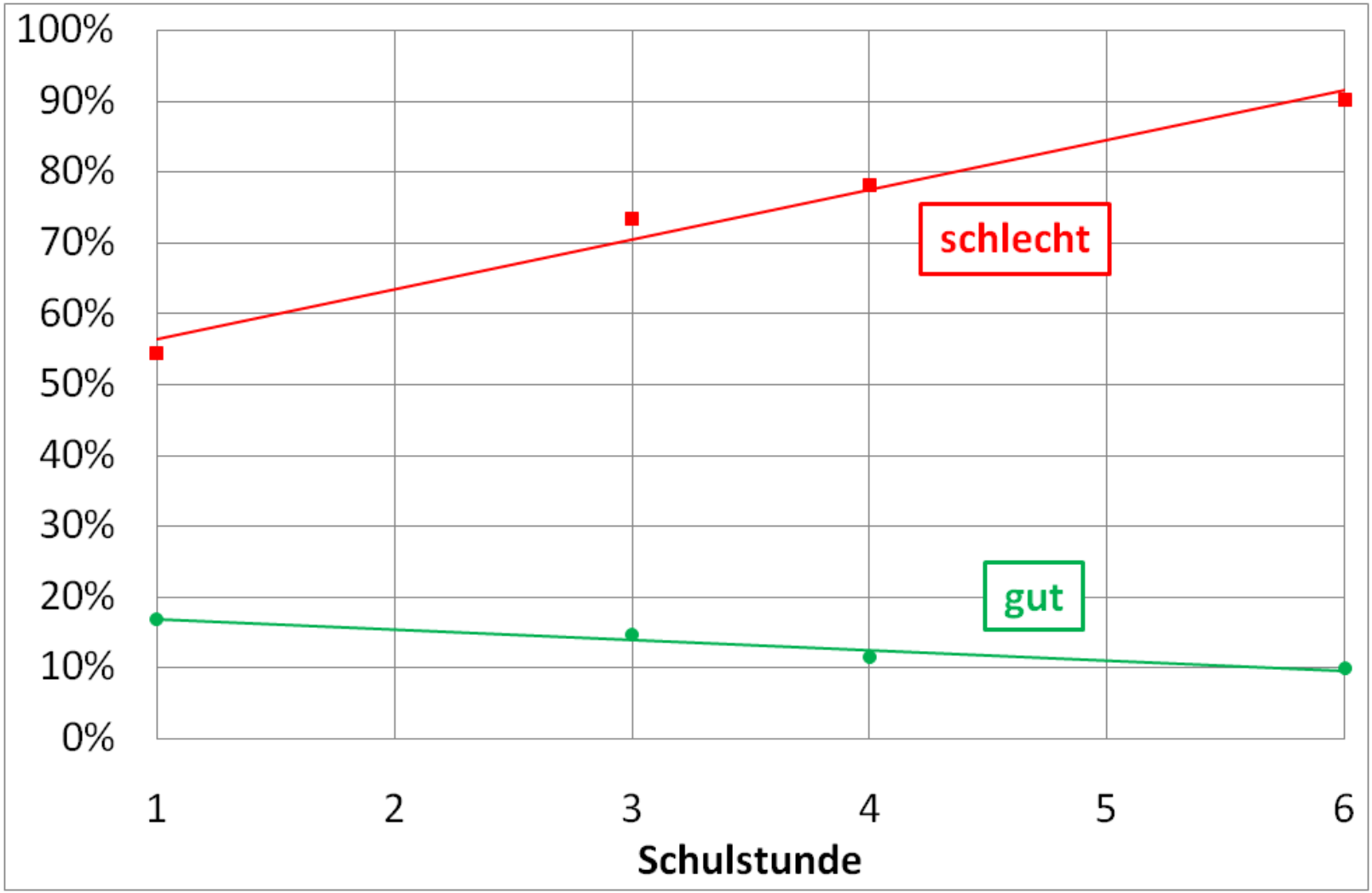
Bewertung der Raumluftqualität (6 Räume einer Schule)



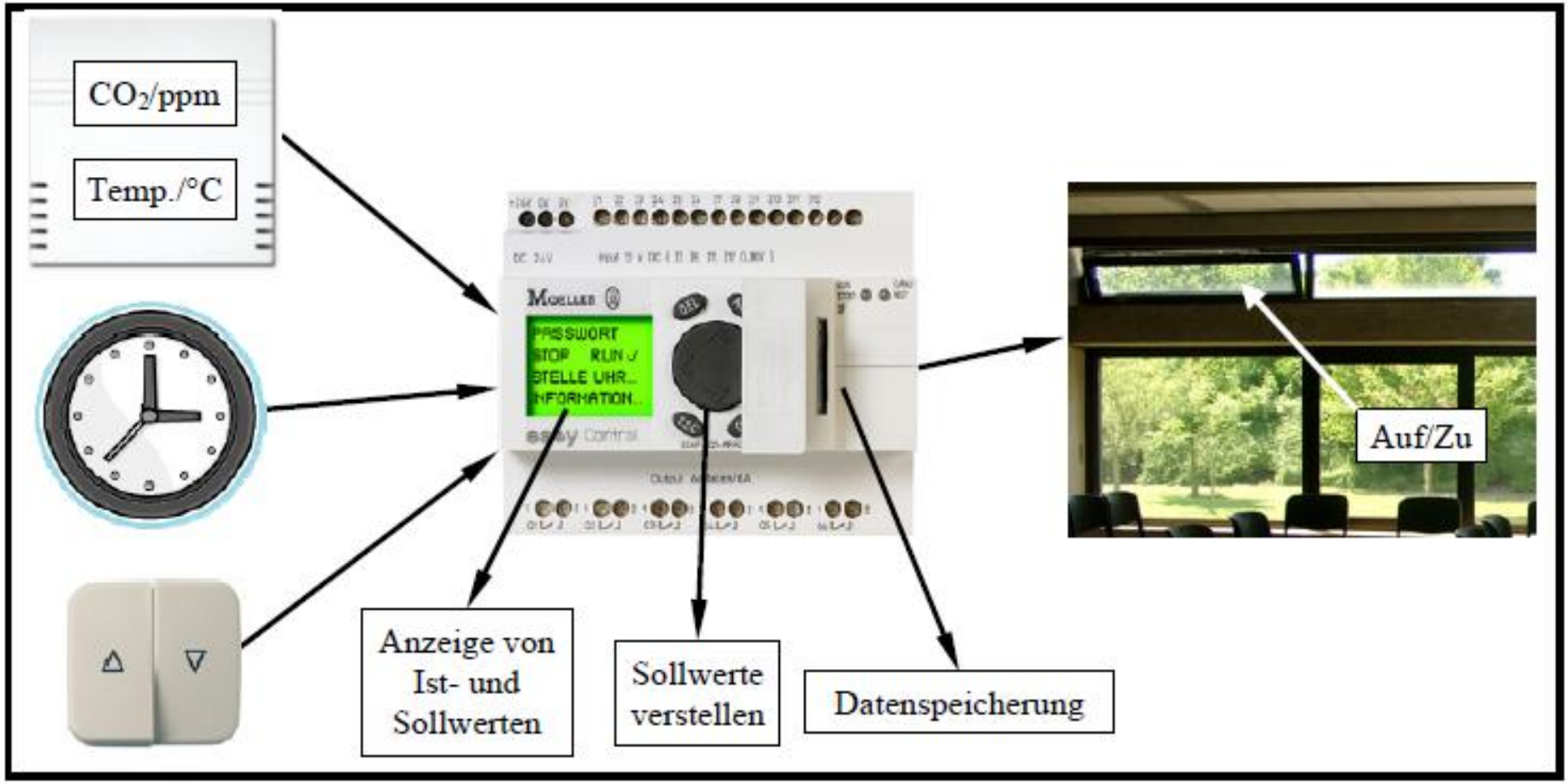
Bewertung der Raumluftqualität



Bewertung der Raumluftqualität

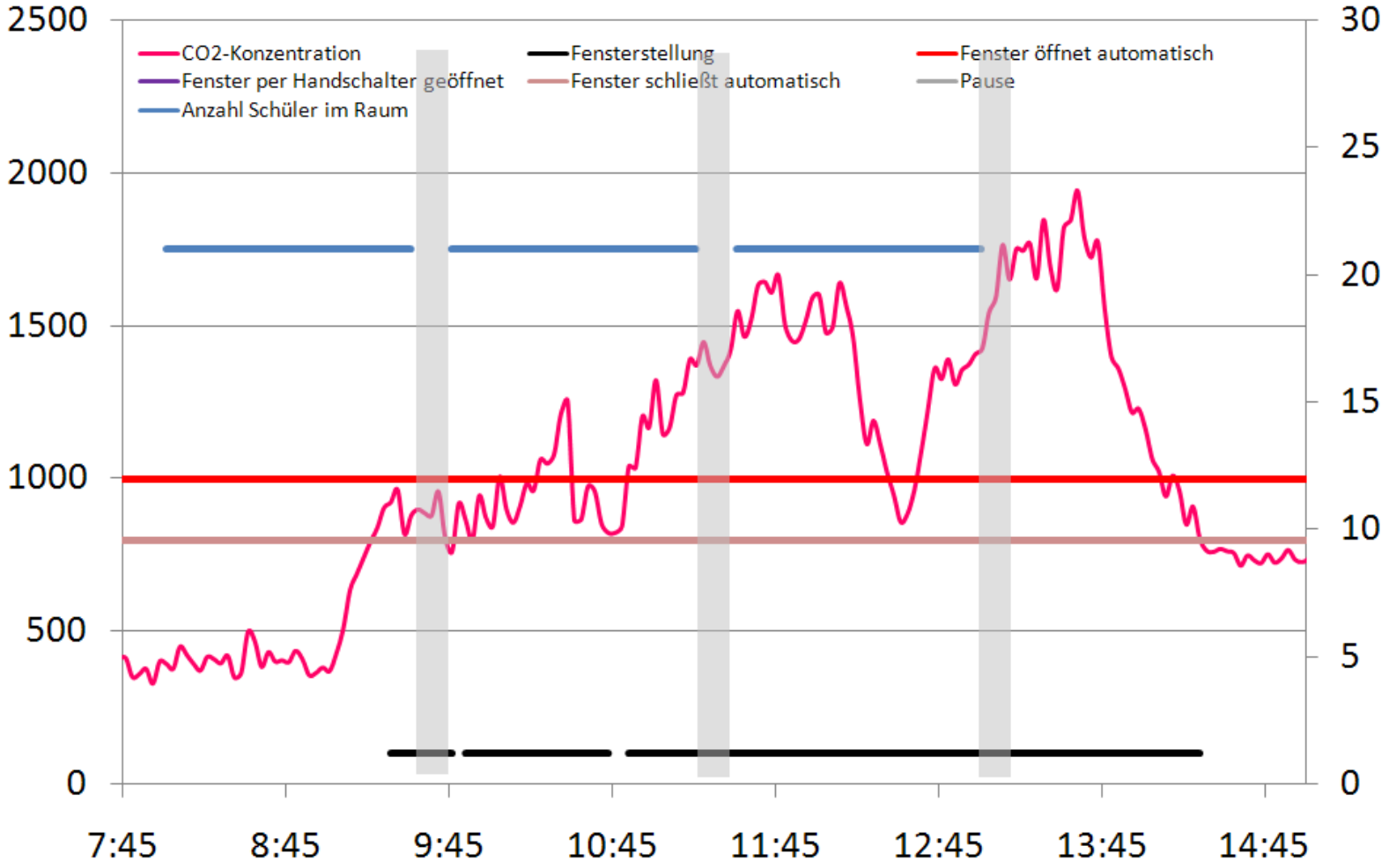


Automatisches Lüftungssystem

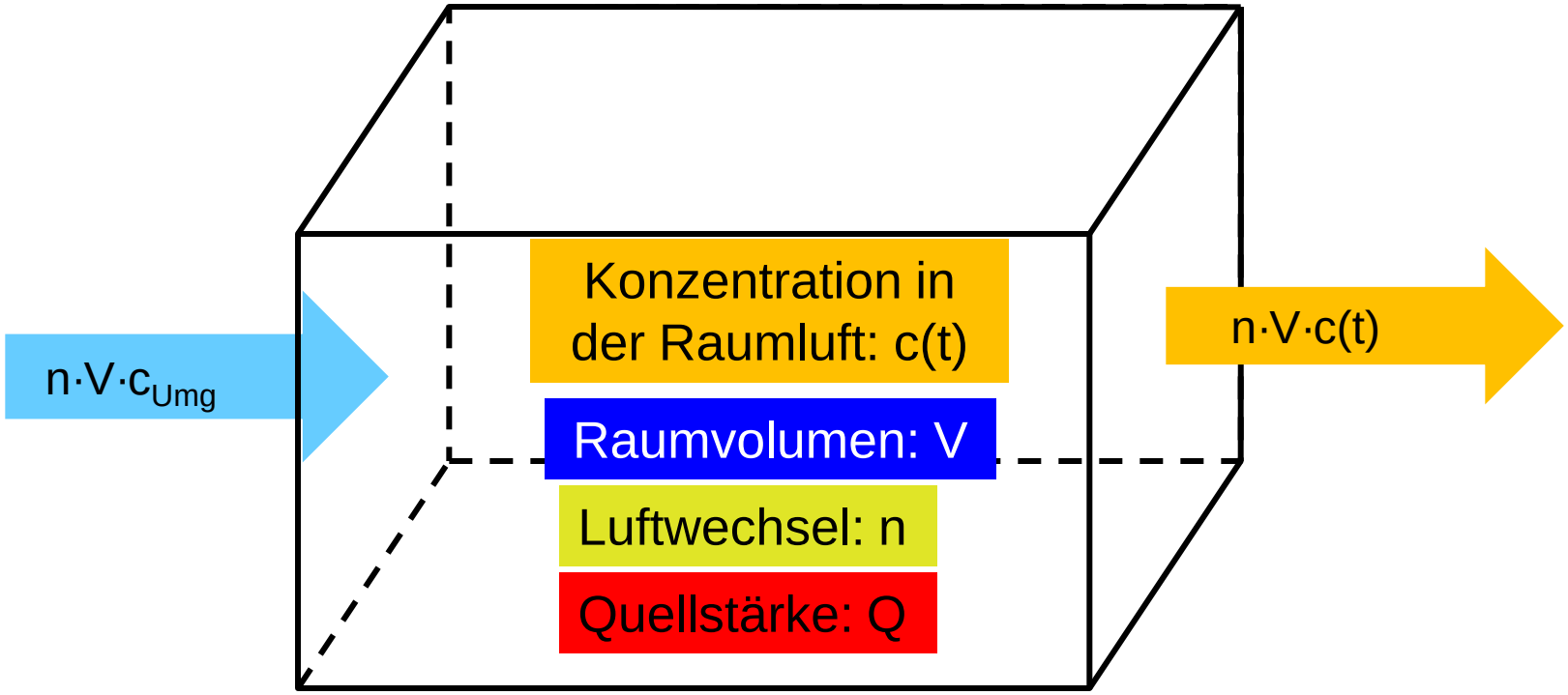


Quelle: T. Grothaus, Diplomarbeit FH Münster

Automatisches Lüftungssystem

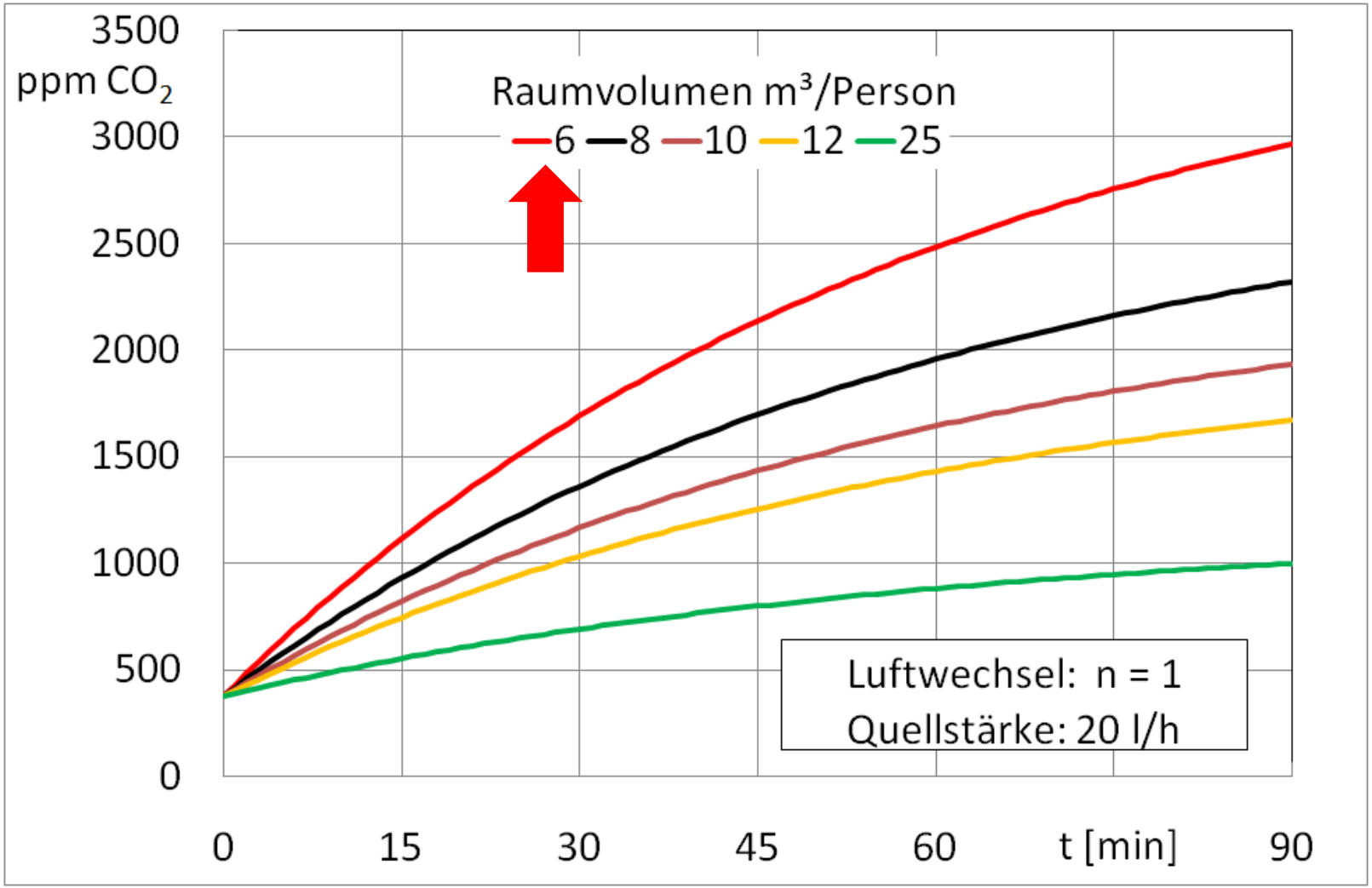


Berechnung der CO_2-Konzentration

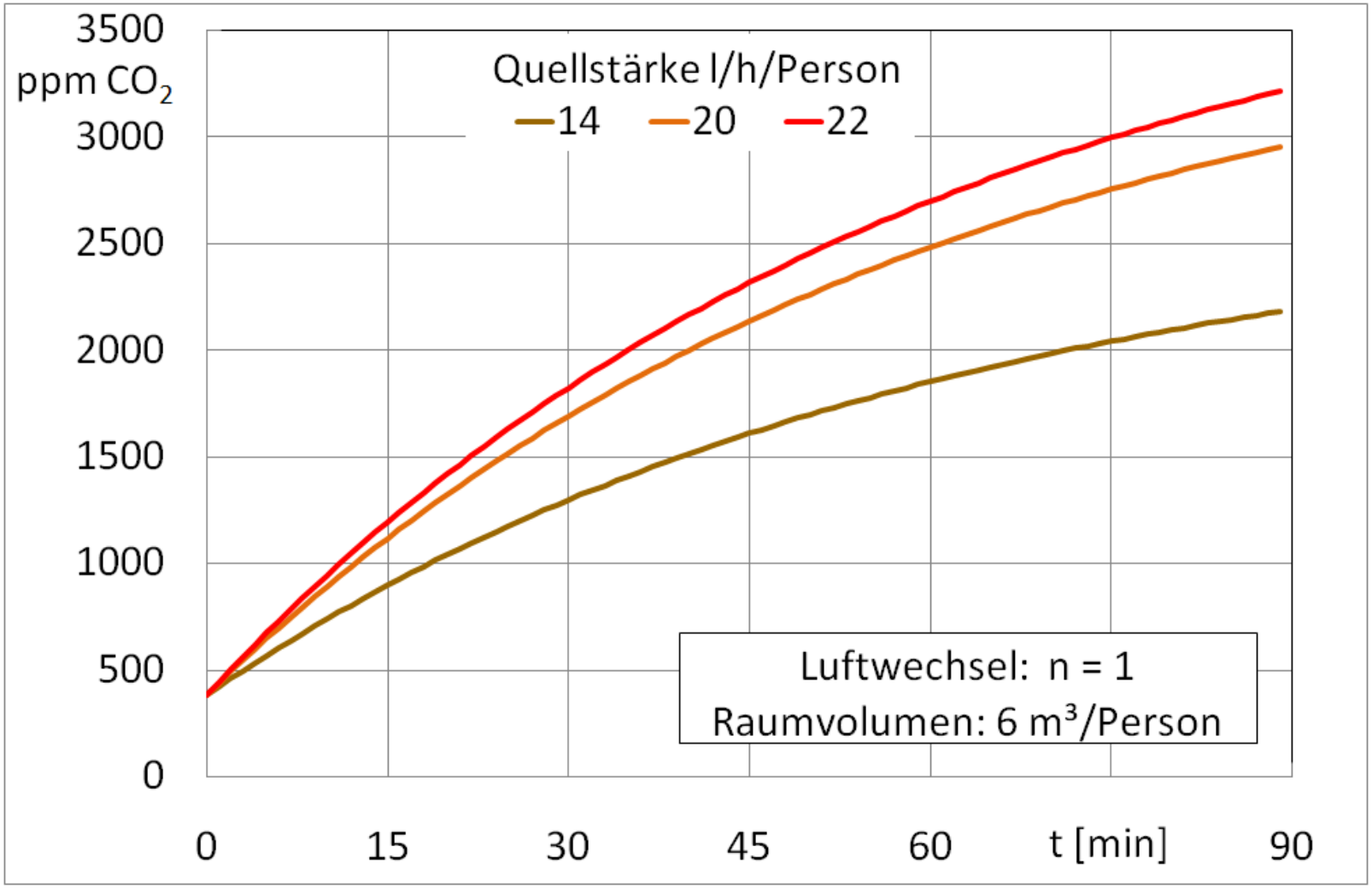


$$c(t) = c_{t=0} \cdot e^{-nt} + \left(c_{Umg} + \frac{Q}{nV} \right)(1 - e^{-nt})$$

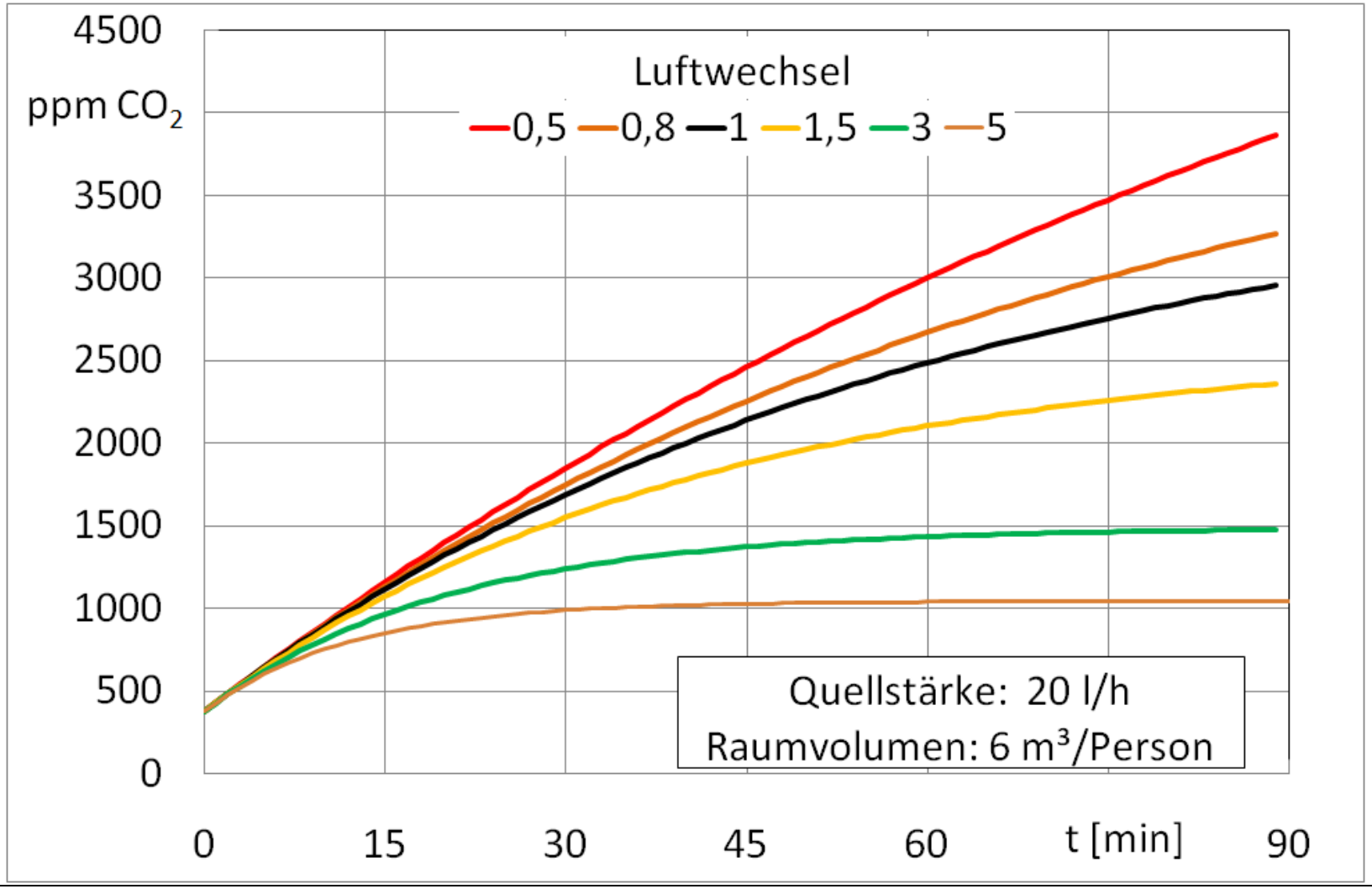
Einfluss des Raumvolumens



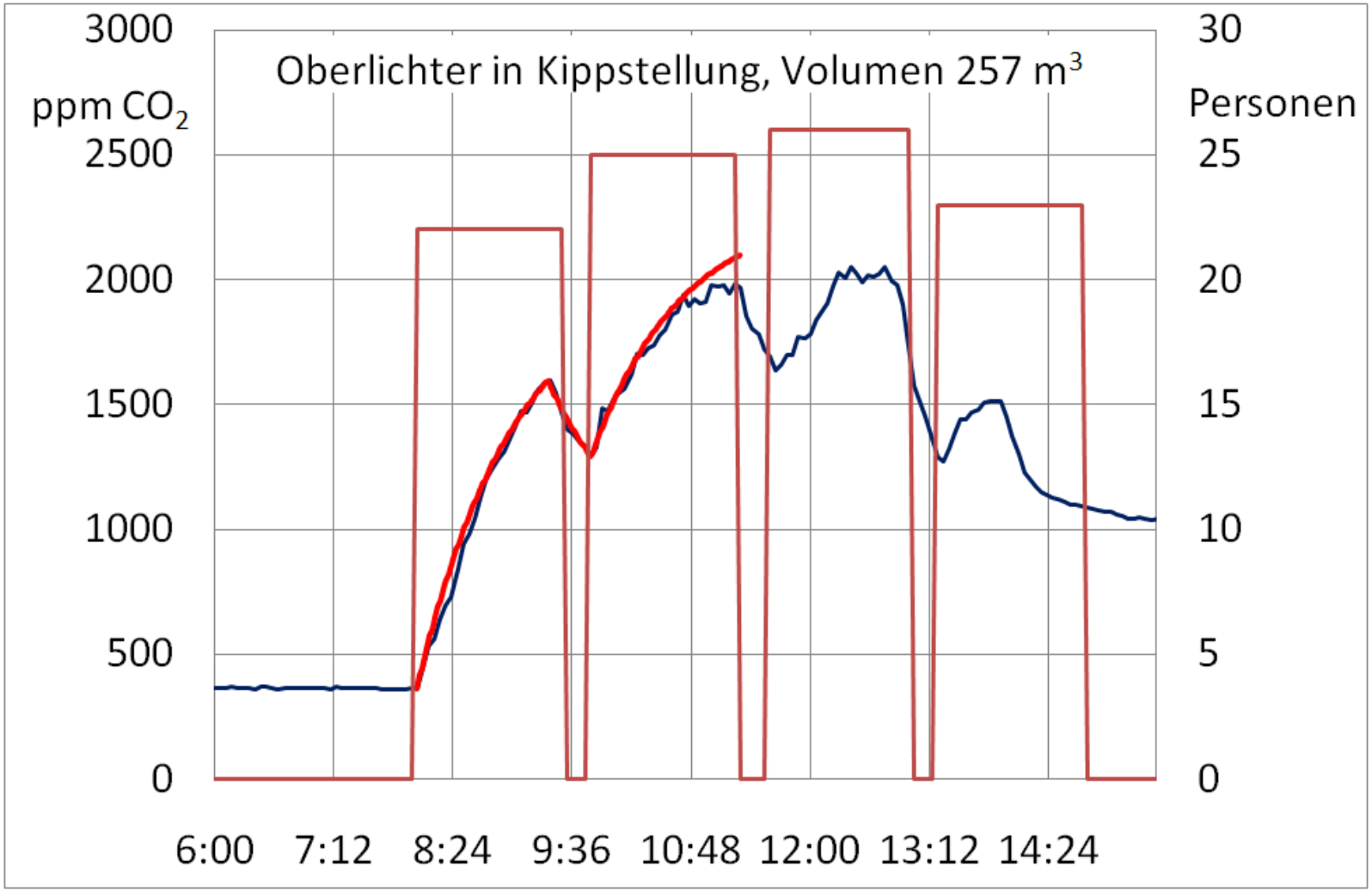
Einfluss der Quellstärke



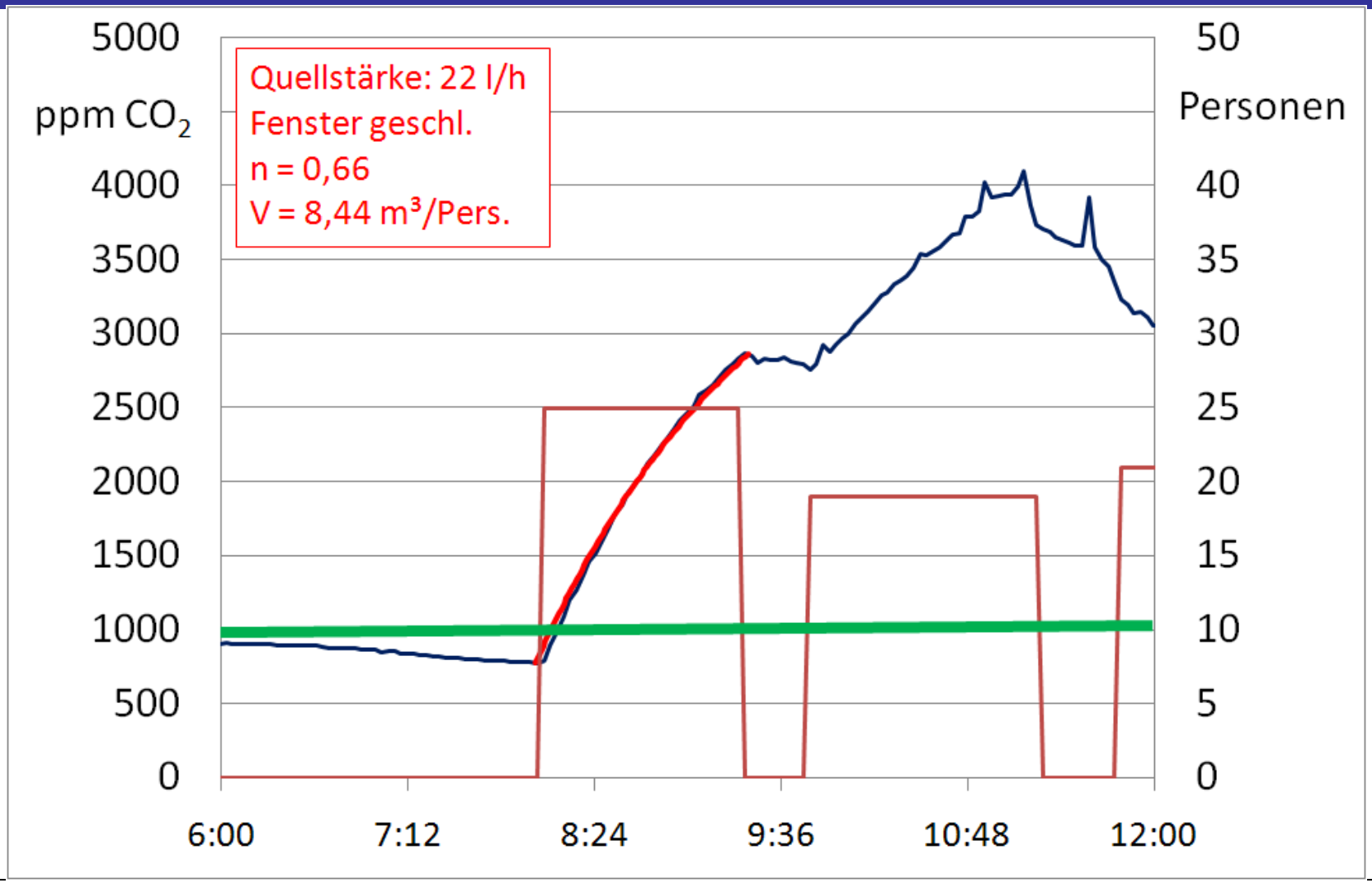
Einfluss des Luftwechsels



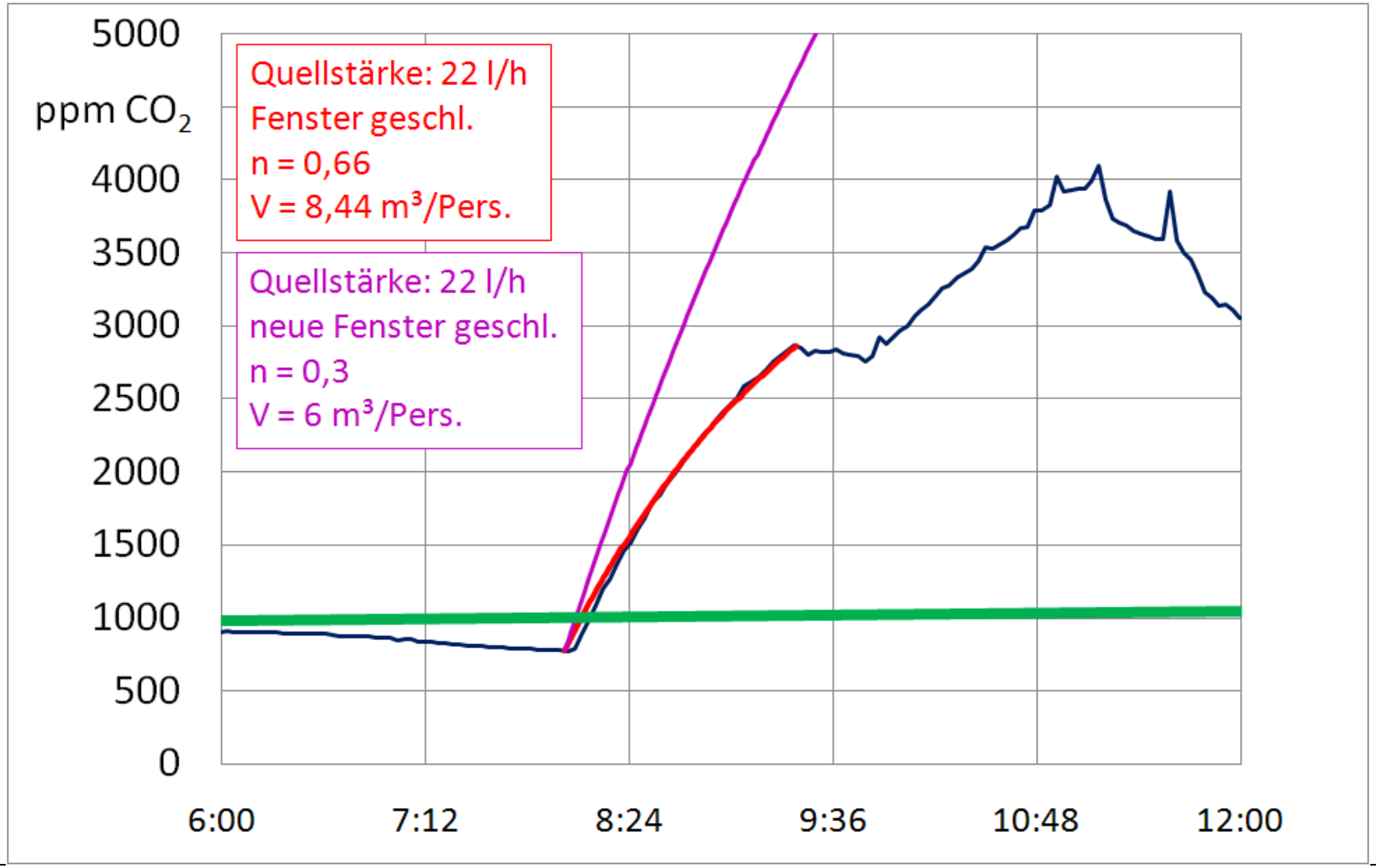
Vergleich Messung - Rechnung



Vergleich Messung - Rechnung



Ausblick per Berechnung



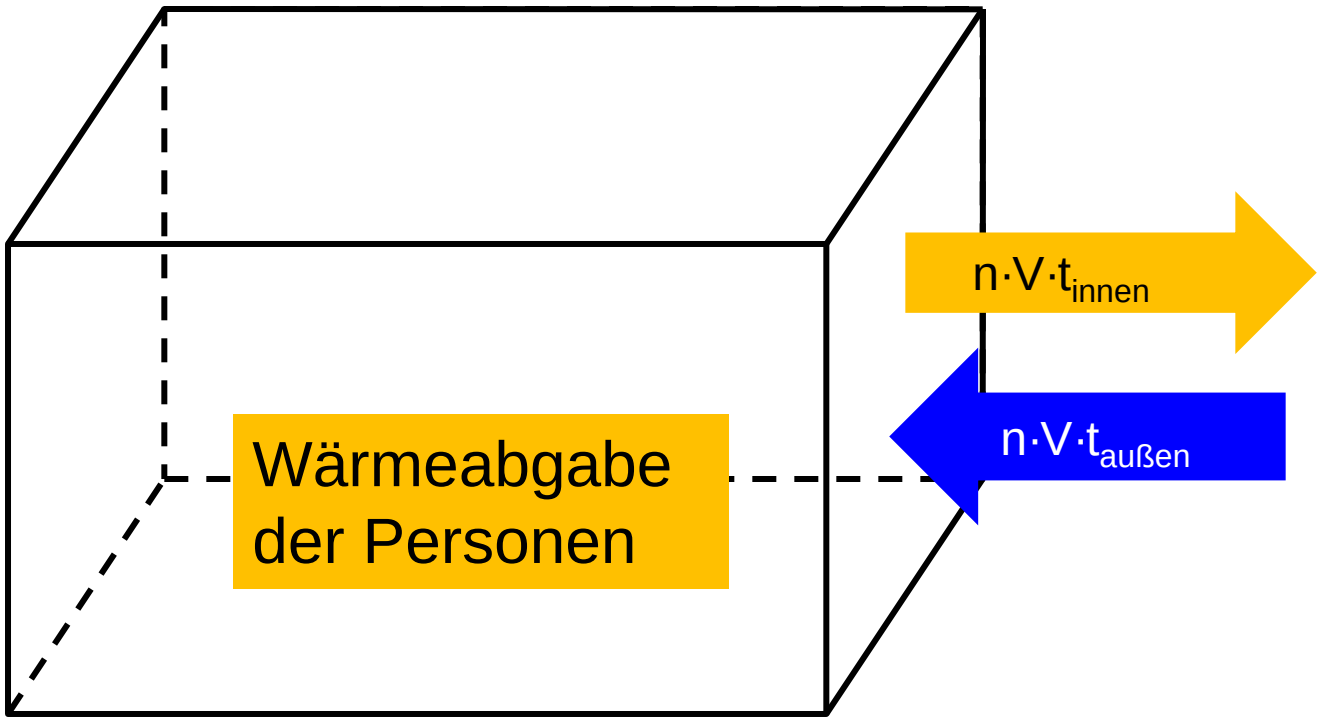
Konsequenz

Aus dem Leitfaden des Umweltbundesamtes für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden, 2008:

Die aktuelle Situation in vielen Schulen zeigt, dass allein mit der Aufforderung zum regelmäßigen und intensiven Lüften das CO_2-Problem mancherorts nicht mehr in den Griff zu bekommen ist.

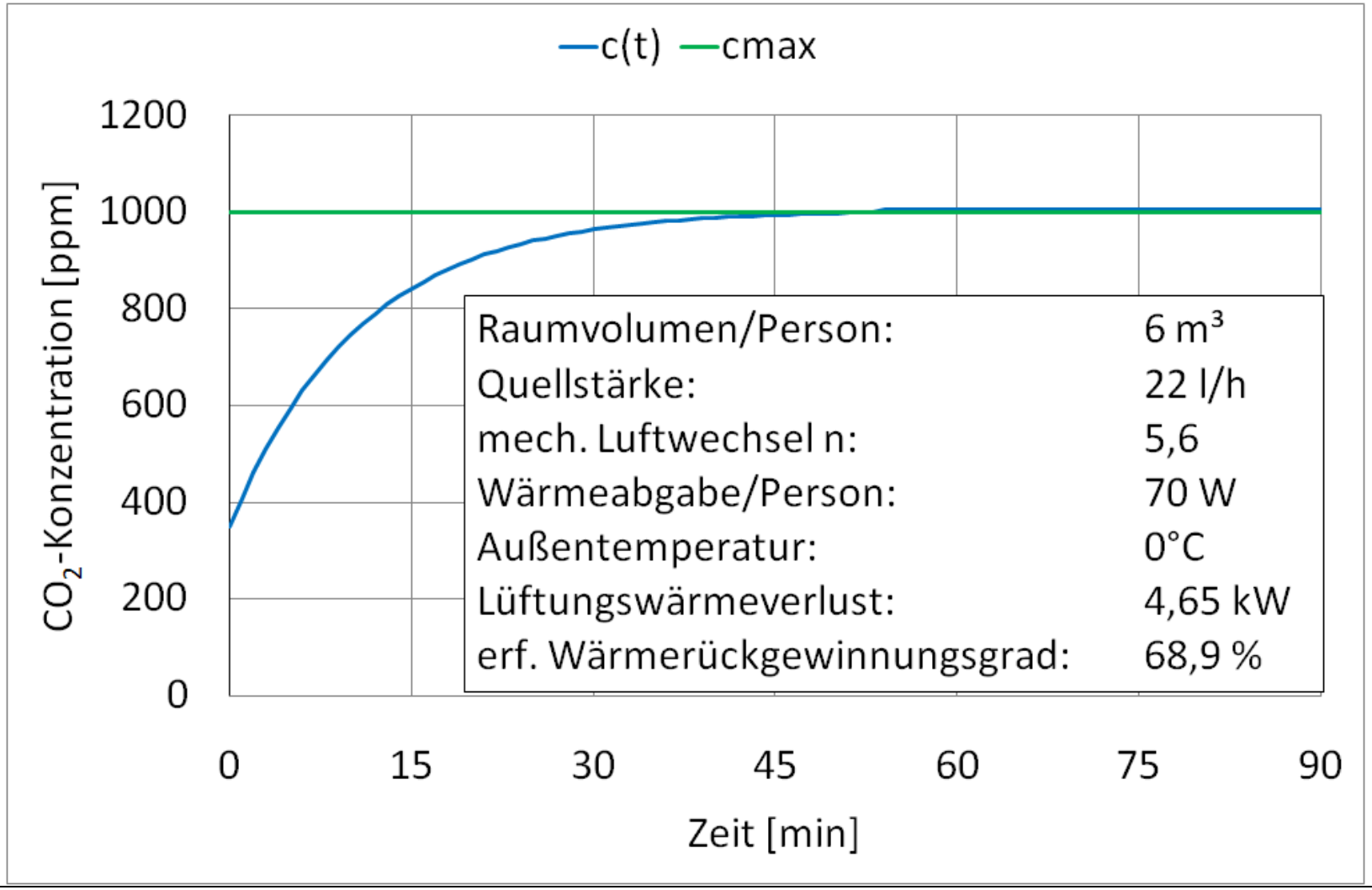
Lüftungstechnische Maßnahmen werden dann unerlässlich, um eine nutzerunabhängige und dauerhafte Luftgüte mit geringer CO_2-Konzentration zu erreichen!

Lüftungswärmeverlust

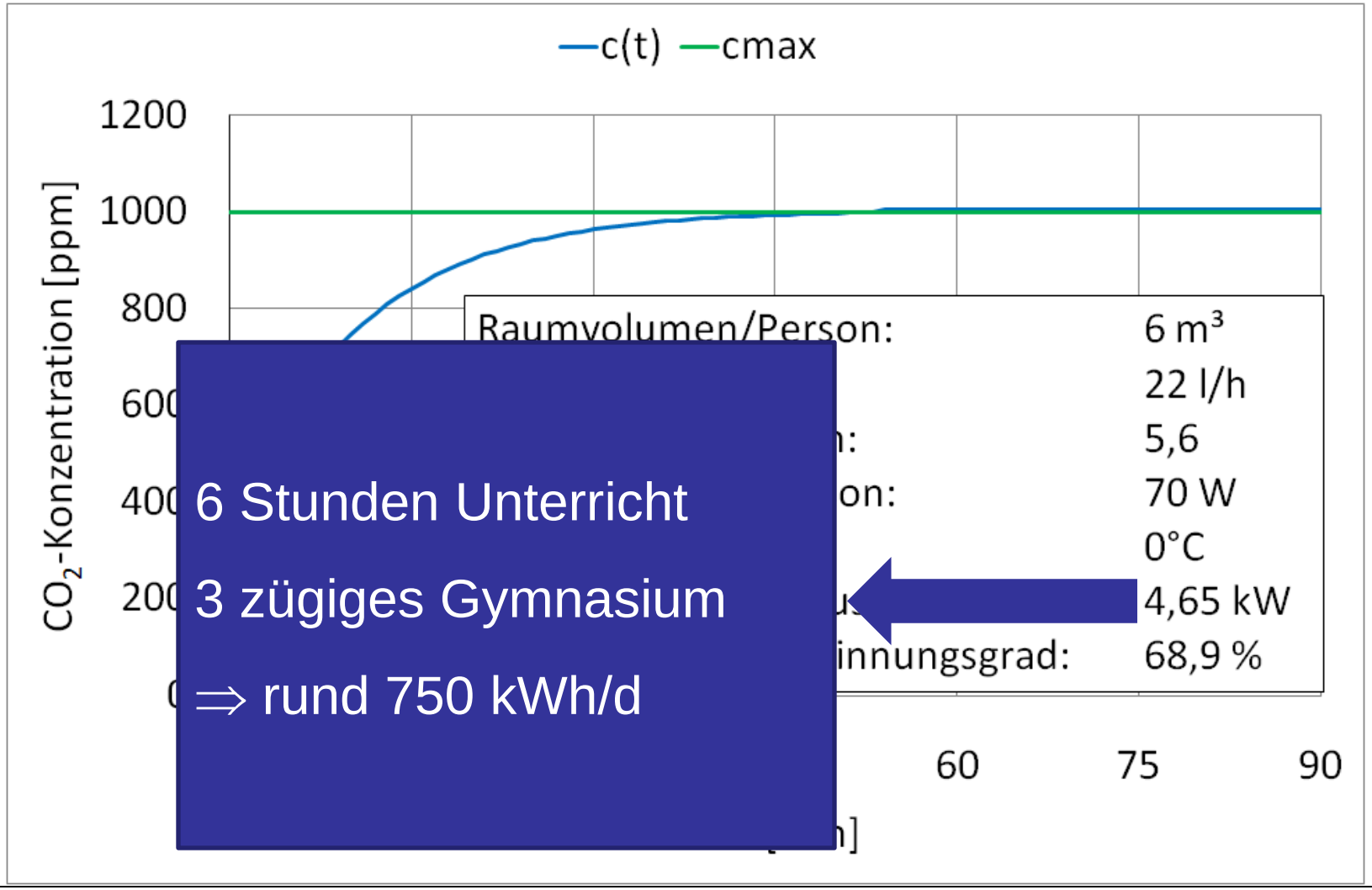


⇒Deckung des Lüftungswärmeverlustes durch Wärmeabgabe der Personen und Wärmerückgewinnung

Berechnung Wärmerückgewinnung



Berechnung Wärmerückgewinnung

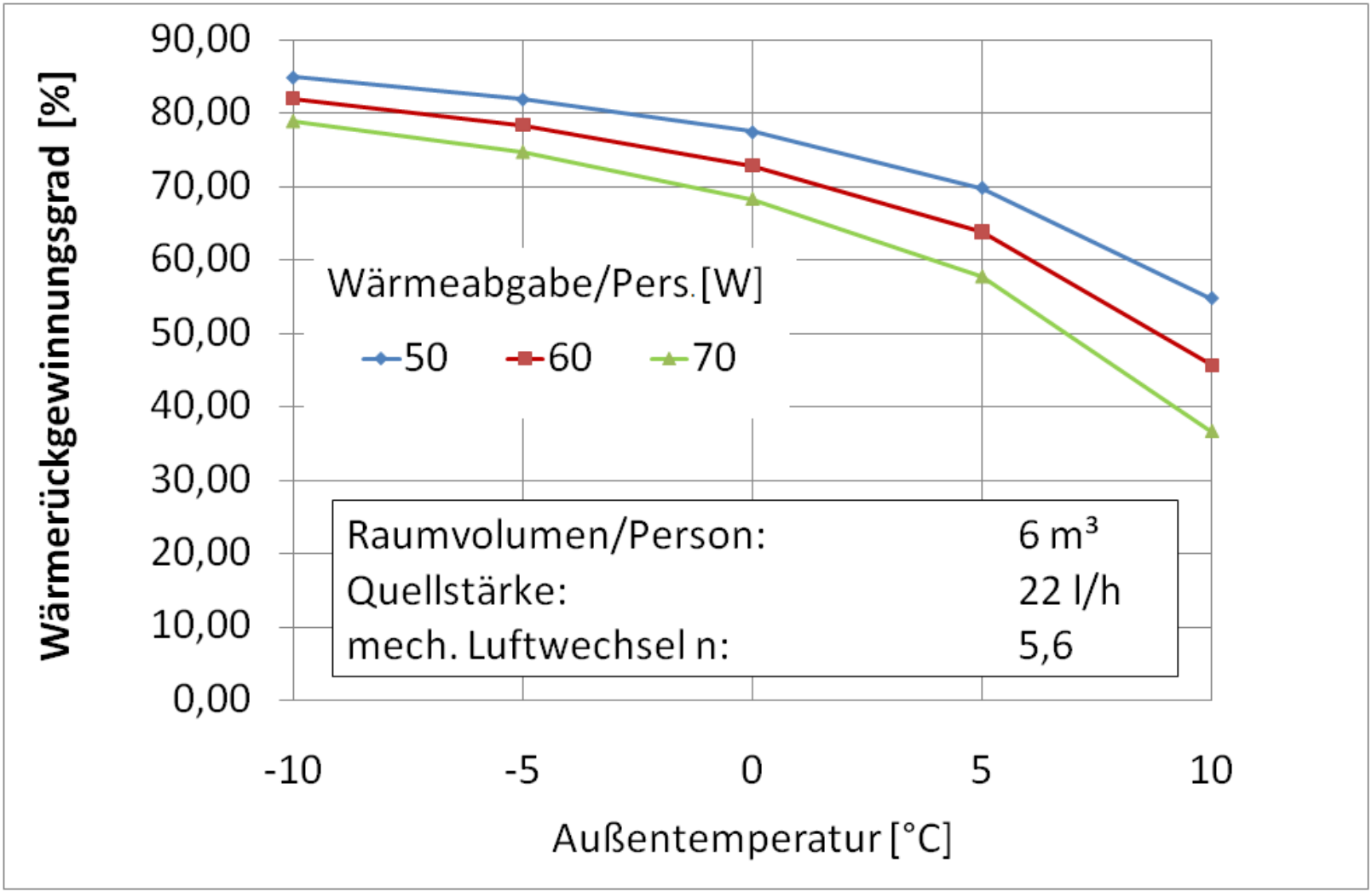


6 Stunden Unterricht

3 zügiges Gymnasium

⇒ rund 750 kWh/d

Berechnung Wärmerückgewinnung



Fazit

Viele Untersuchungen belegen die schlechte Raumluftqualität in Schulen.

Die Lüftung über gekippte Fenster reicht nicht aus!

Die Lüftung über weit geöffnete Fenster ist nicht praktikabel!

Maßnahmen zur Verringerung des natürlichen Luftwechsels (z. B. dichtere Fenster) verstärken das Lüftungsproblem.

Mechanische Lüftungssysteme erlauben eine ausreichende Luftversorgung bei gleichzeitig günstiger Energiebilanz durch Wärmerückgewinnung.