

Luftqualität in Innenräumen am Beispiel Klassenraum - Vorläufige Übersicht -

Heinz-Dieter Neumann
UK Nordrhein-Westfalen

Fachgespräch „Innenräume“
5.2.2009

BGA, Hennef



Untersuchungsprogramm

- VOC
- Aldehyde
- MVOC
- Kohlenstoffdioxid
- Schimmelpilze im 2-Monats-Frischstaub
- Raumklimaparameter
- Lärm
- Nachhallzeiten



Vorgehensweise

- Lüftung der Räume am Vortag
- Messung der Raumgrundbelastung von VOC, Aldehyden, CO₂, MVOC
- Messung von VOC und CO₂ mit Schülern ohne Lüftung
- Stoßlüftung über Fenster und Türen
- Messung von VOC und CO₂ mit Schülern mit Lüftung



VOC

TOP 10: Stoffe > analytische Bestimmungsgrenze

Name	n	n< a. B.	> a. B.
TVOC	234	18	216
2-Ethylhexan-1-ol	235	33	202
Toluol	235	45	190
Hexanal	226	79	147
Formaldehyd	294	104	190
Butan-1-ol	234	85	149
Limonen	235	112	123
Decamethylcyclopentasiloxan	235	115	120
2-Butoxyethanol	235	145	90
2-(2-Butoxyethoxy-)ethanol	235	151	84



VOC

TOP 10: Höhe der Messwerte

Name	n	n< a. B.	50 %- Wert $\mu\text{g}/\text{m}^3$	90 %- Wert $\mu\text{g}/\text{m}^3$	95 %- Wert $\mu\text{g}/\text{m}^3$
TVOC	234	18	220	636	836
Formaldehyd	294	104	21	54	70
Acetaldehyd	257	205	! a. B.	50	70
2-(2-Butoxyethoxy)ethanol	235	151	! a. B.	30	39
Limonen	235	112	5	29	40
2-Ethylhexan-1-ol	235	33	10	28	49
Butan-1-ol	234	85	9	27	43
Hexanal	226	79	8	26	44
Toluol	235	45	10	26	38
Octomethylcyclotetrasiloxan	104	54	! a. B.	24	30



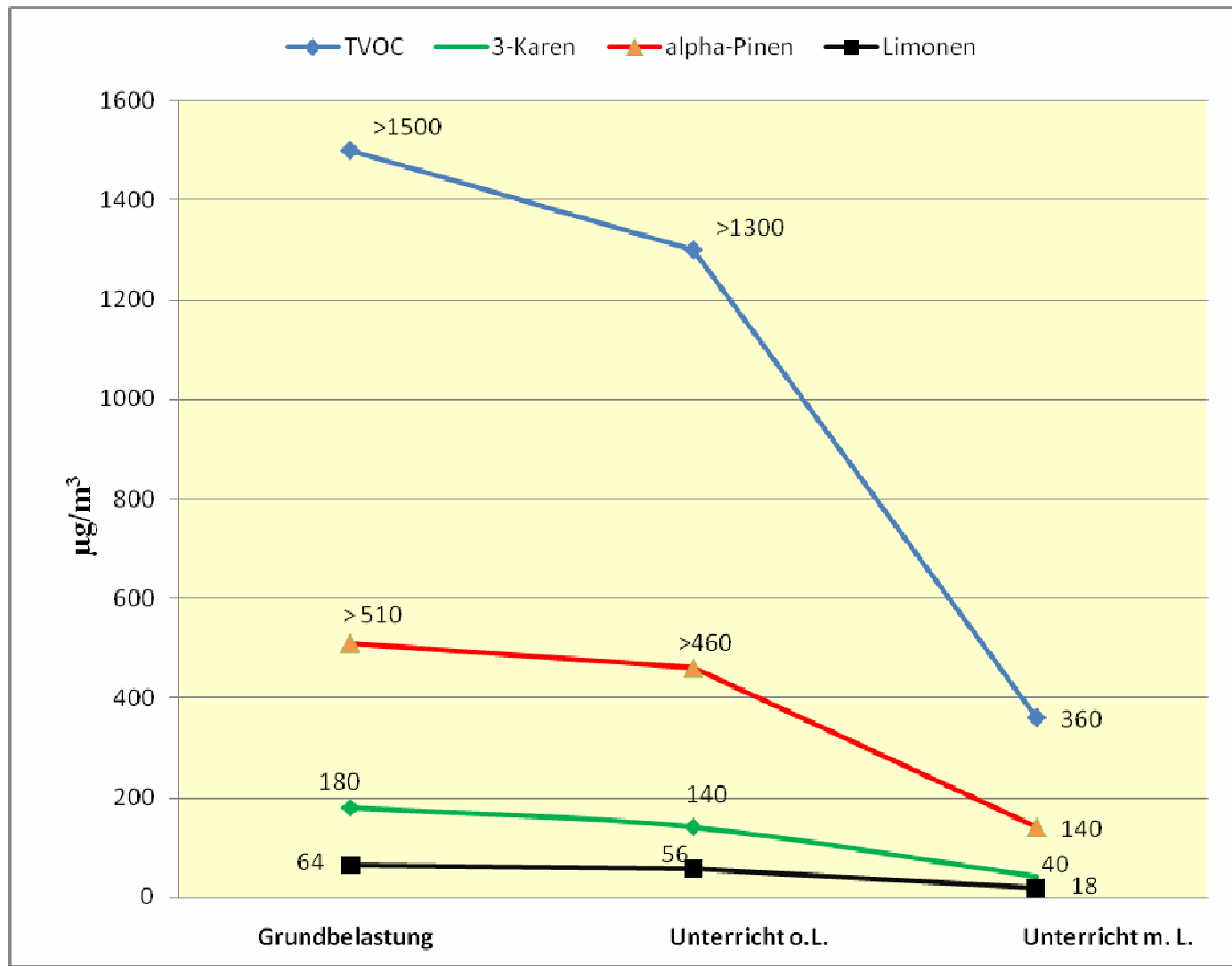
VOC

TOP 10: Vergleich Klassenraumluft mit Büroraumluf

Name	90 %-Wert Klassenraum		90 %-Wert Bürraum		IRW BGIA $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	n	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	n	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
TVOC	234	636	471	1000	1000
Formaldehyd	294	54	419	60	60
Acetaldehyd	257	50	404	40	40
2-(2-Butoxyethoxy)ethanol	235	30	554	5	5
Limonen	235	29	608	27	27
2-Ethylhexan-1-ol	235	28	401	18	18
Butan-1-ol	234	27	600	31	31
Hexanal	226	26	173	63	63
Toluol	235	26	607	64	64
Octomethylcyclotetrasiloxan	104	24	—	—	—



Reduzierung von Schadstoffbelastungen durch Stoßlüftung und Fenster auf Kippe



CO₂-Ergebnisse

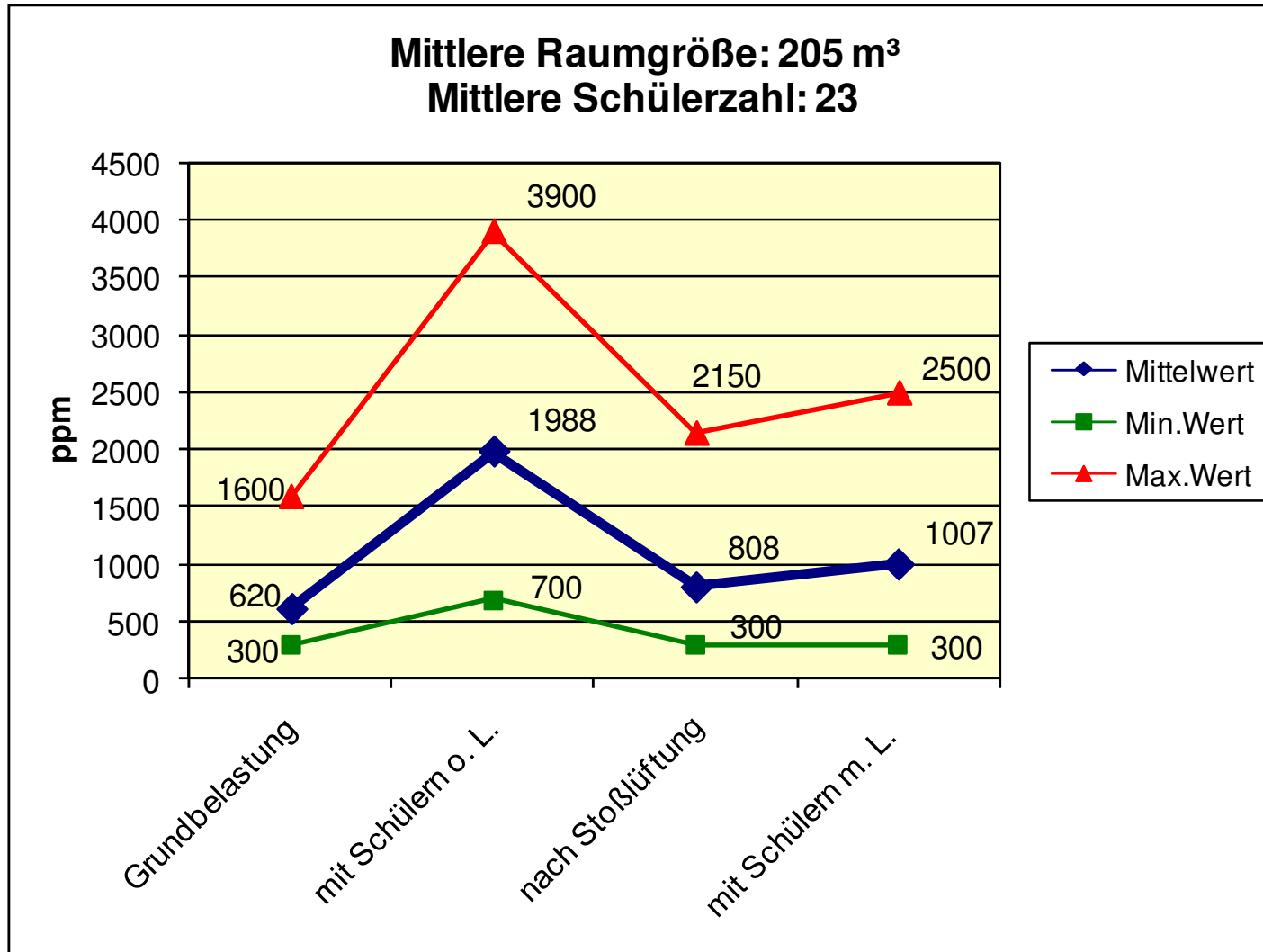


Max von Pettenkofer (1858)

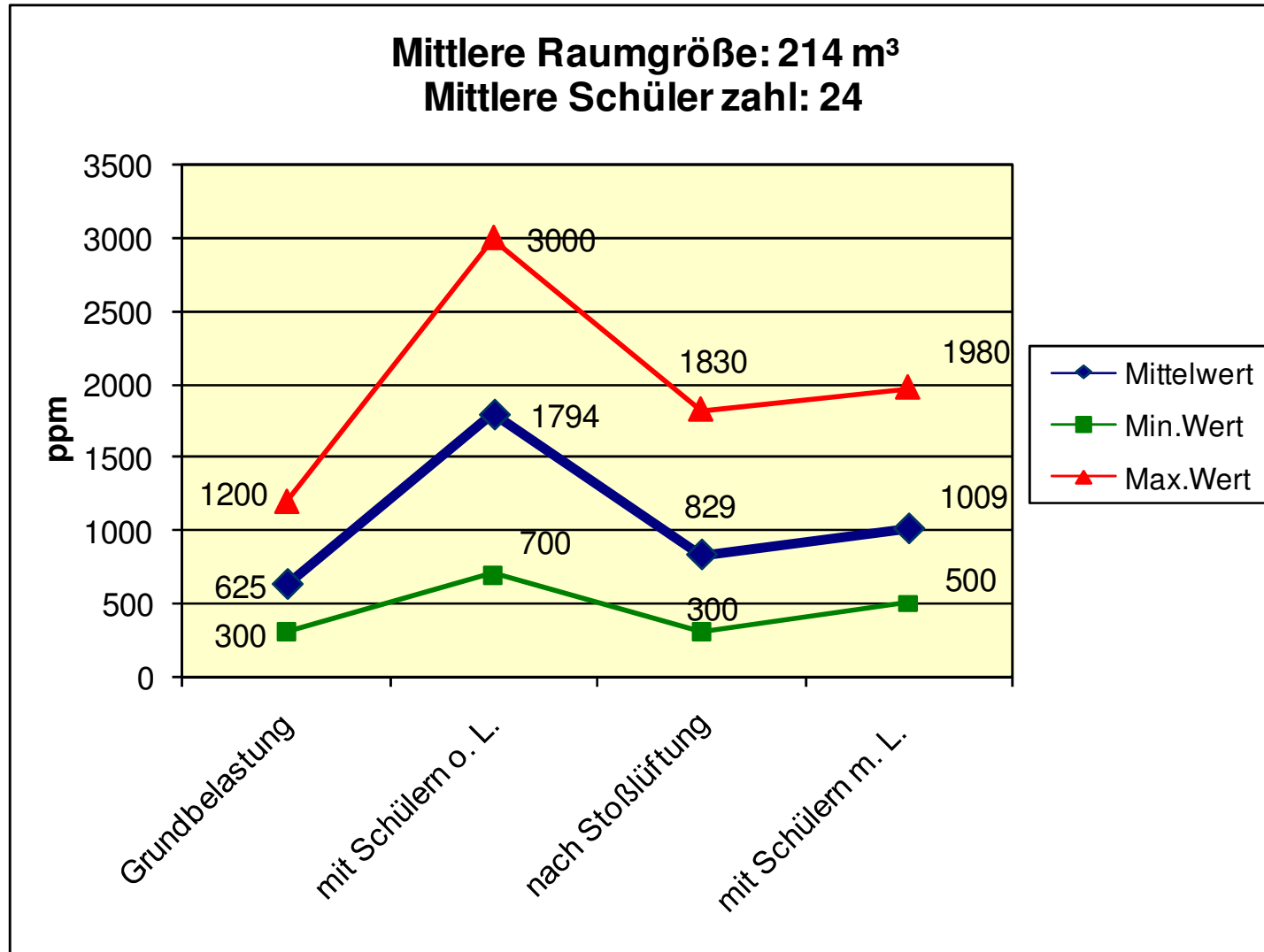
„Ich bin auf das Lebendigste überzeugt, dass wir die Gesundheit unserer Jugend wesentlich stärken würden, wenn wir in den Schulhäusern, in denen sie durchschnittlich fast den fünften Teil des Tages verbringt, die Luft stets so gut und rein erhalten würden, dass ihr Kohlensäuregehalt nie über 1 pro Mille anwachsen könnte.“



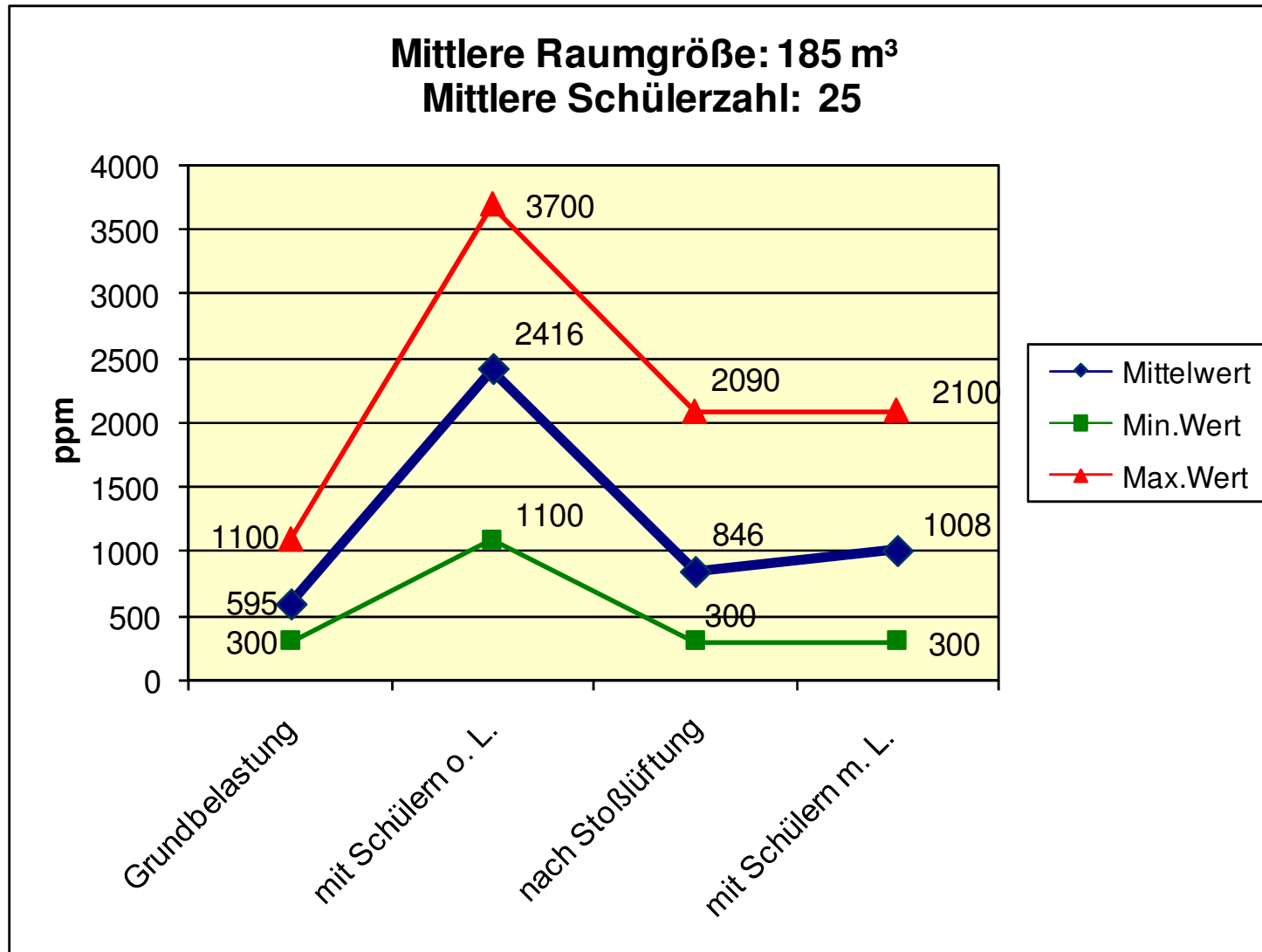
CO₂-Belastungen in Klassenzimmern aller Schulen (n=355)



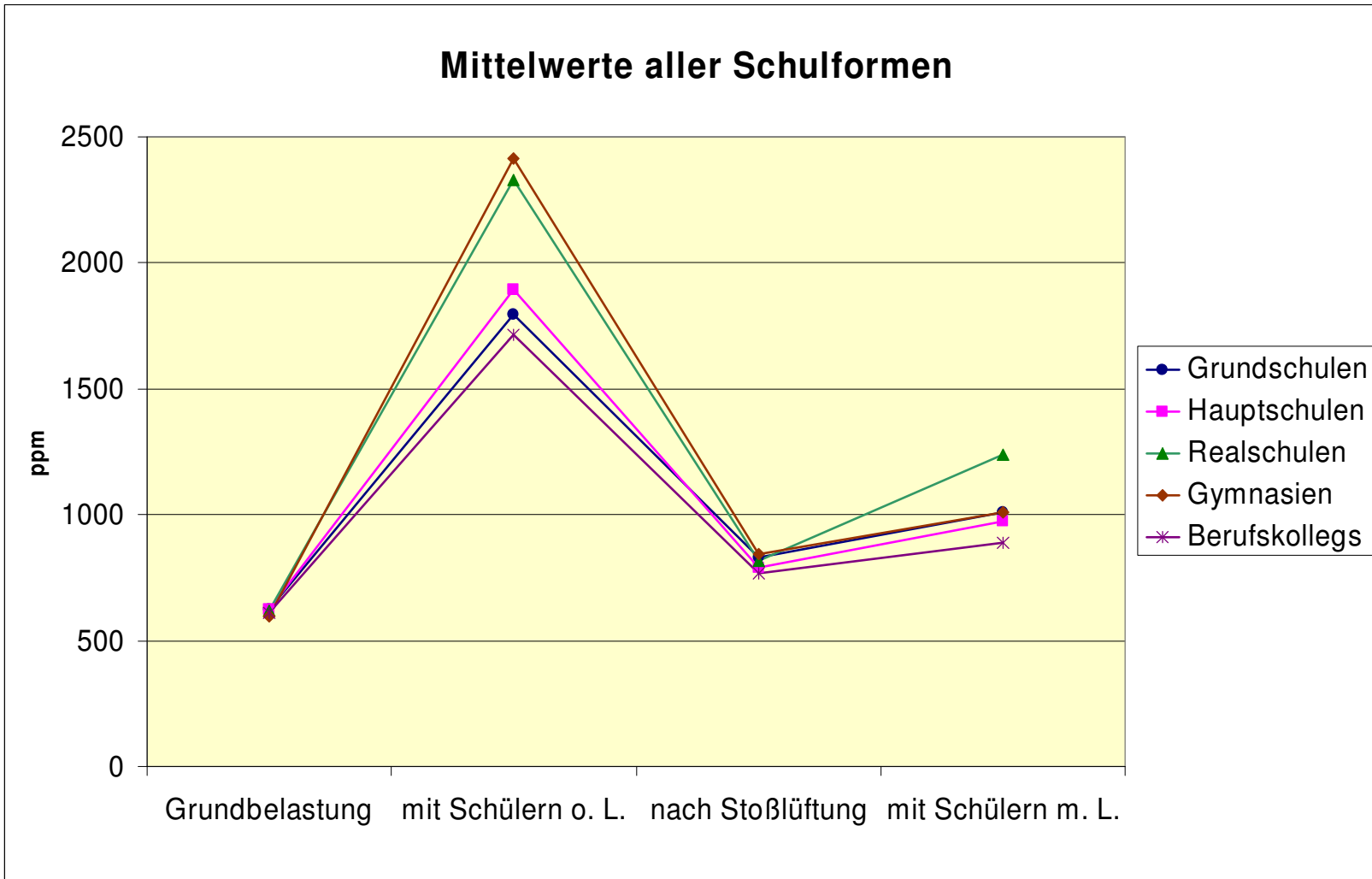
CO₂-Belastungen in Klassenzimmern von Grundschulen (n=120)



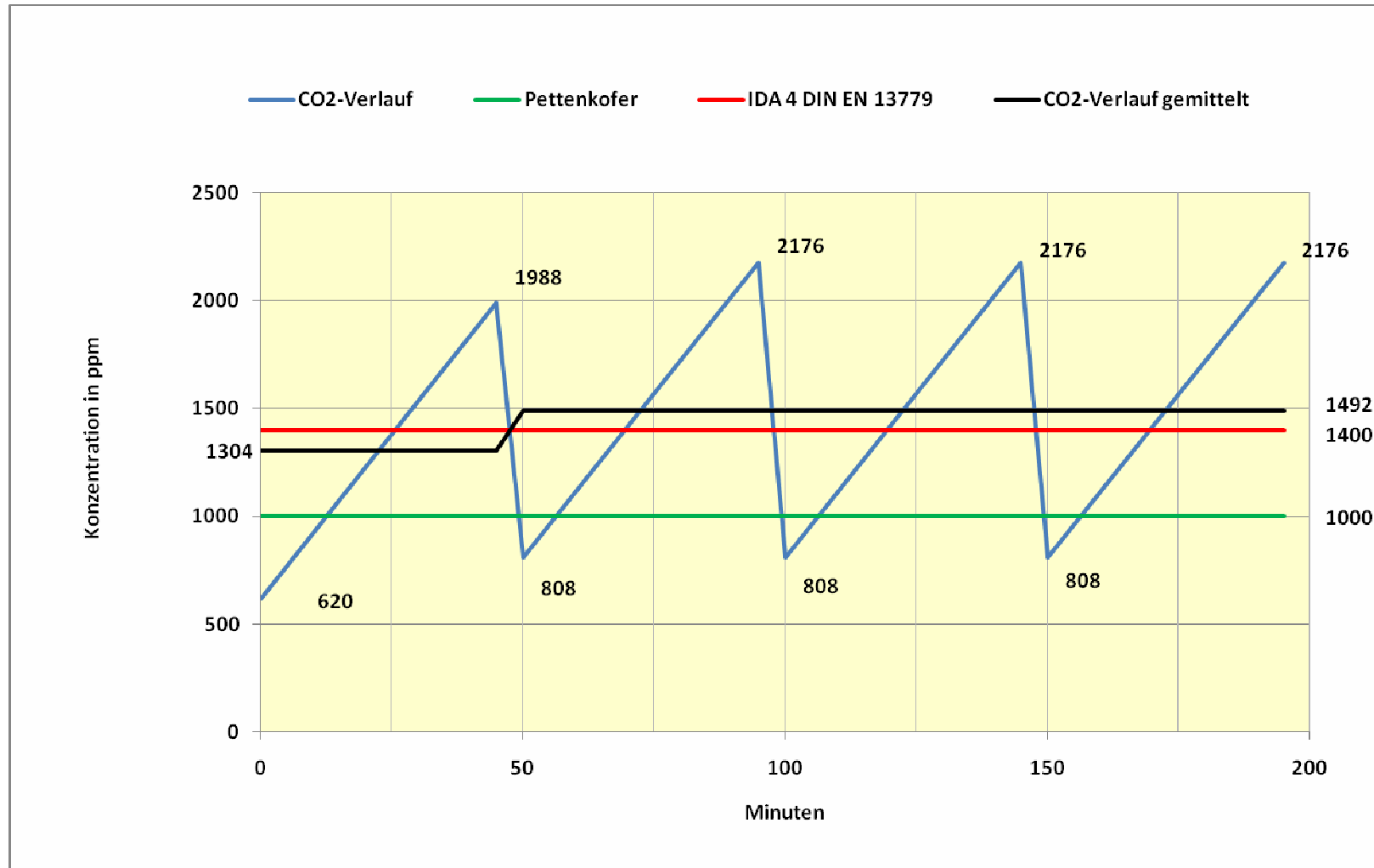
CO₂-Belastungen in Klassenzimmern von Gymnasien (n=65)



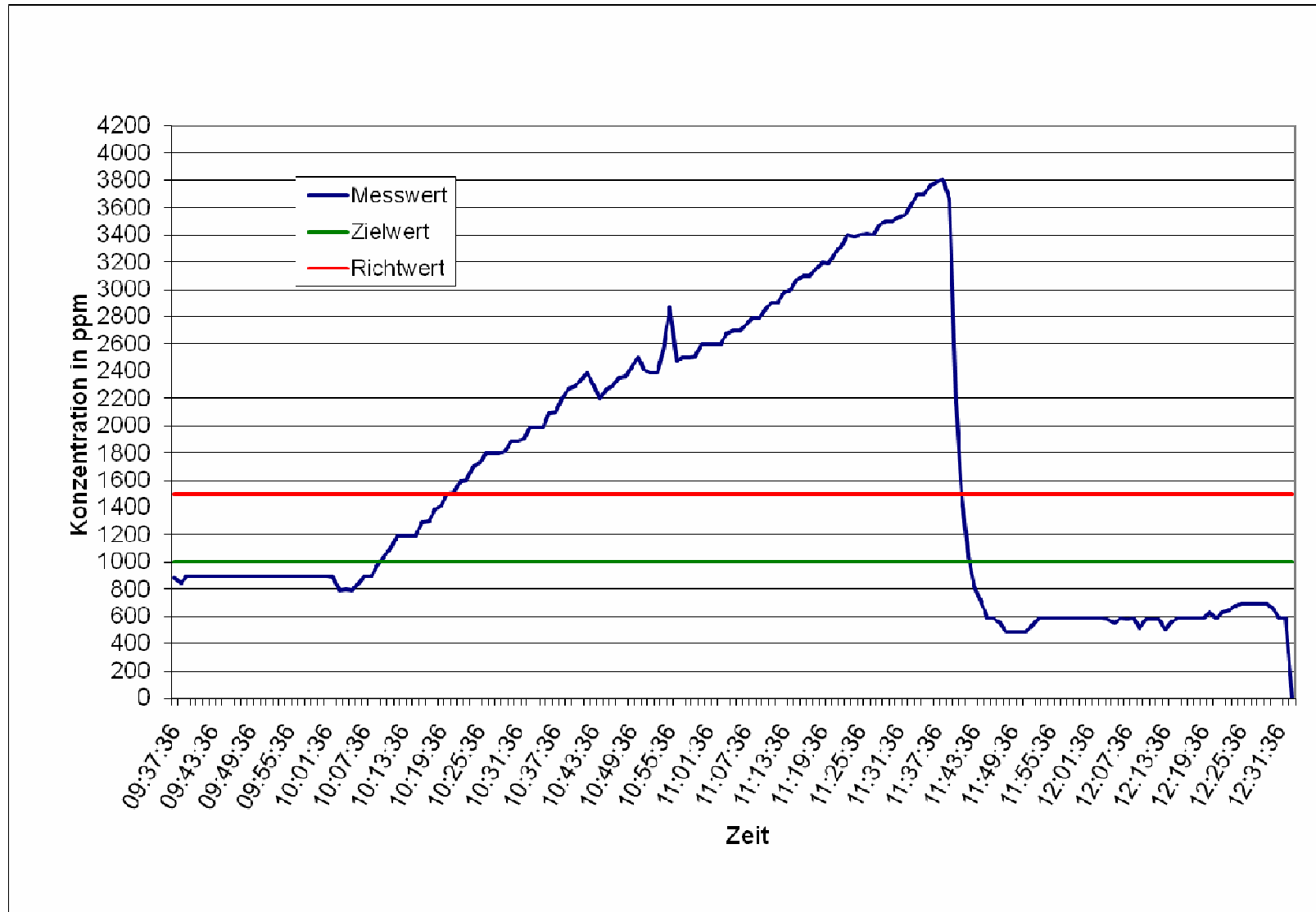
CO₂-Belastungen in Klassenzimmern Übersicht über alle Schulformen



Abschätzung der mittleren CO₂-Belastung in Klassenräumen mit Stoßlüftung nach jeder Schulstunde

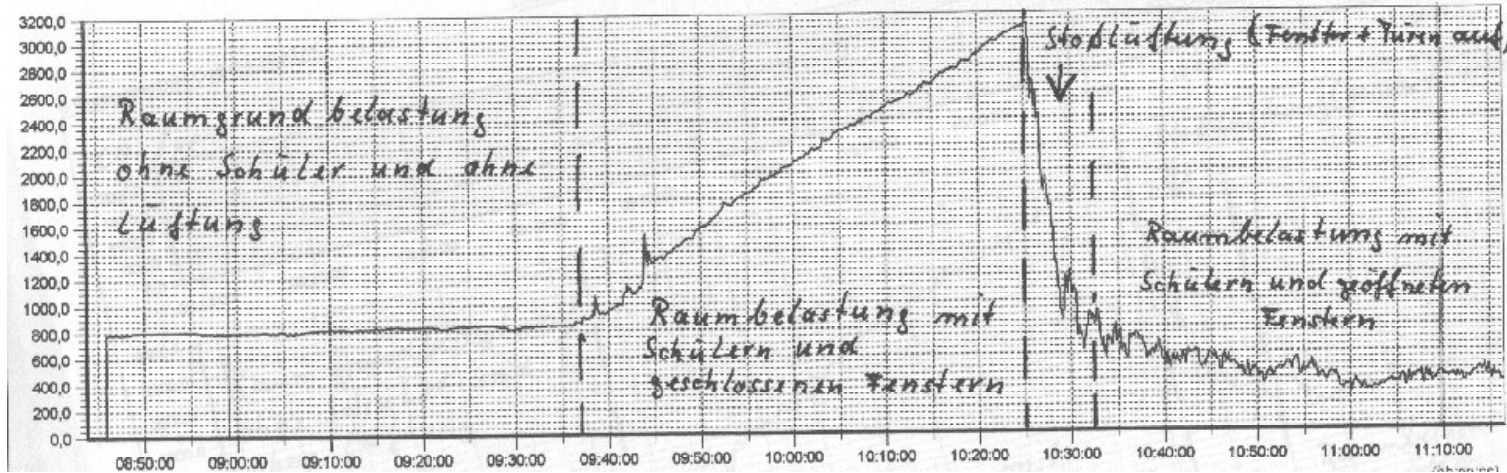


Beispiel: CO₂-Belastungen in einer Grundschulklasse bei unterlassener Stoßlüftung



Rechnerische Abschätzung der Kohlendioxidkonzentration

Konzentration im Klassenraum



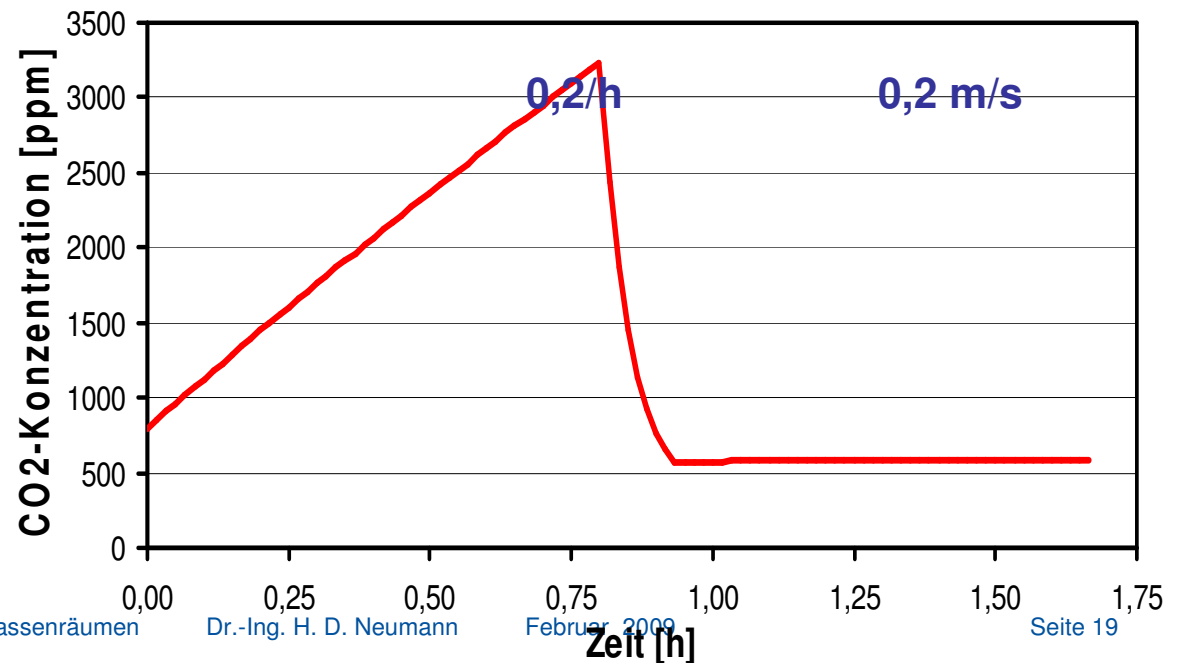
Berechnung: Dr. Klüner

24 Schüler

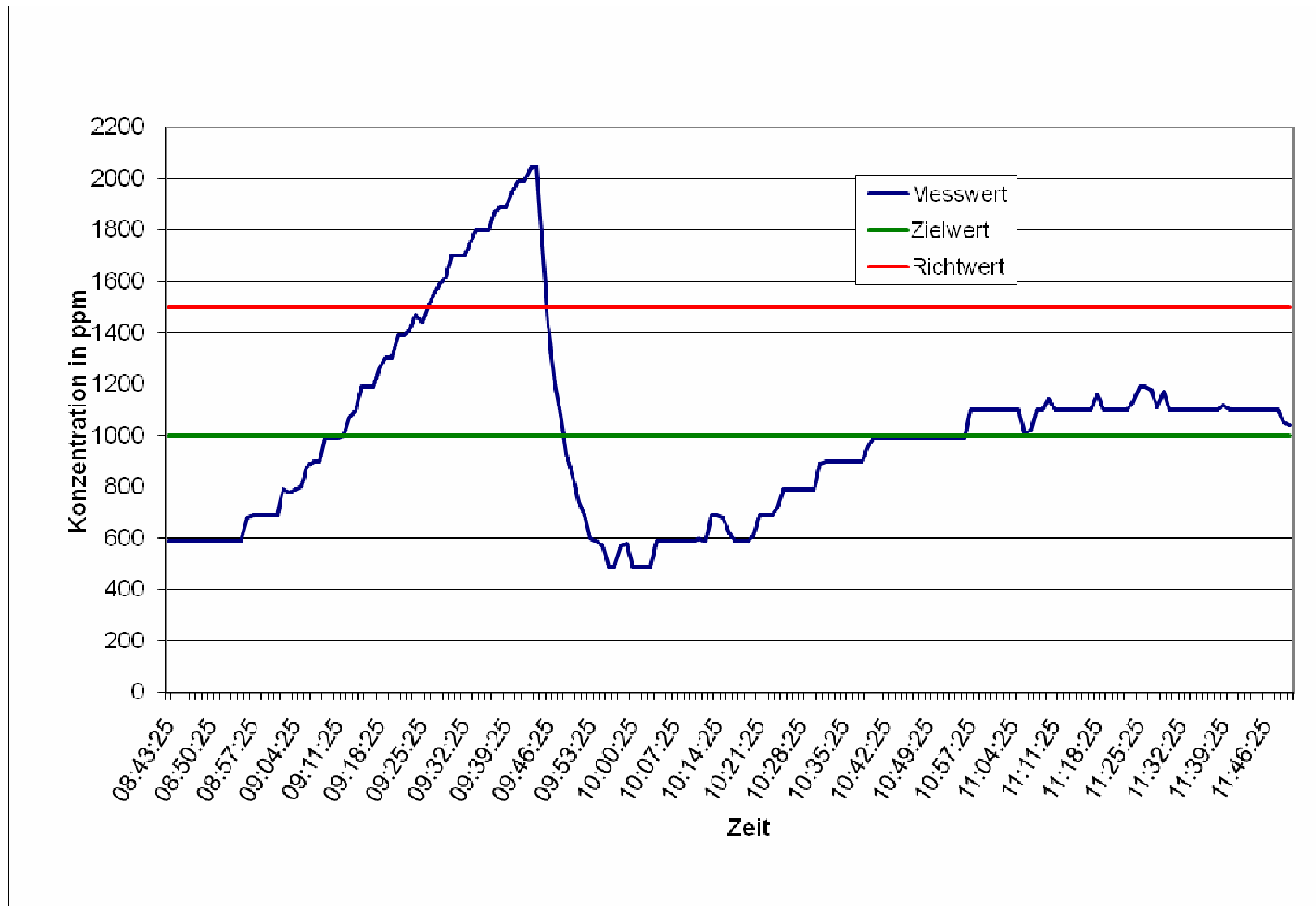
156 m³ Raum

Lüftung 1: 4,2 m²

Lüftung 2: 3,2 m²



Beispiel: CO₂-Belastungen in einer Grundschulklasse mit mechanischer Lüftung in Passivhausbauart



Einfluss der CO₂-Konzentration auf den Unterricht

- **Myhrvold et al. (1996)**

- 548 Schüler aus 22 Klassen im Alter zwischen 15 und 20 Jahren
- CO₂ > 1500ppm verursacht deutliche Zunahme von Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schwindel und Konzentrationsschwäche

- **Wargocki und Wyon (2006)**

- 10 - 12 Jahre alte Schülern in 2 dänischen Parallelklassen
- CO₂ < 1000ppm erhöht die Leistungsfähigkeit hinsichtlich Schnelligkeit und Fehlerfreiheit

- **Tiesler et al. (2008)**

- Aufmerksamkeitstest vor und nach 225 Unterrichtsstunden in 2 Grund- und einer Gesamtschule
- CO₂ < 1000ppm senkt die Herzfrequenz, erhöht die Aufmerksamkeitsleistung, intensiviert die Kommunikation, verringert die Störungsaktivität und reduziert den Schallpegel



Schallbelastungen im Unterricht gemittelt über alle Schulformen

	n	Ø LAeq	Ø LAeq	LAeq min	LAeq max
Gesamt	555	64,3	70,6	49,4	92,1
1. Stunde	280	63,3	69,7	54,7	81,5
2. Stunde	275	65,3	71,6	49,4	92,1



Luftqualität in Klassenräumen

- Zusammenfassung -

1. Die TVOC- und Aldehydkonzentrationen in Klassenräumen sind nach bisheriger Auswertung im Regelfall nicht schlechter als in Büroräumen.
2. Problematisch ist die CO₂-Belastung bei mangelnder Lüftung.
3. Durch natürliche Lüftung mittels Fenster in Kippstellung lässt sich jedoch eine gute Luftqualität in Klassenräumen einstellen.
4. Auch TVOC-Belastungen lassen sich durch gute Lüftung deutlich reduzieren.
5. Dauerlüftung über Fenster in Kippstellung entsprechen jedoch nicht dem Energiespargebot.
6. Entscheidung für **eine** verbotswidrige Handlung ist erforderlich
→ Entweder gute Luft nach Arbeitstättenrecht
oder Energiesparen nach Energieeinsparverordnung.

7. Alternativen in Form von mechanischer Lüftung sind möglich.

