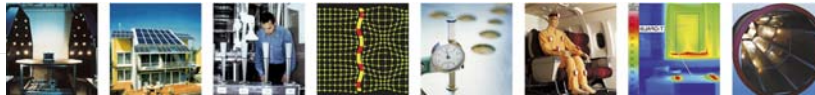

Die raumklimatische Situation in Schulen – Anforderungen und Realität

Runa T. Hellwig,
Hochschule Augsburg/ Fraunhofer IBP
Florian Antretter, Fraunhofer IBP
Andreas Holm, Fraunhofer IBP
Klaus Sedlbauer,
Universität Stuttgart/ Fraunhofer IBP



Die raumklimatische Situation in Schulen – Anforderungen und Realität

- Einführung
- Anforderungen bzgl. Temperatur
- Anforderungen bzgl. Raumlufthqualität (Kohlendioxid)
- Ergebnisse von Messungen



Einführung

- Fast ausschließlich manuelle Fensterlüftung in Schulen in Deutschland.
- Raumklimatische Bedingungen in Klassenräumen in zwei Schulen untersucht.
- Innentemperatur, Kohlendioxidkonzentration als Indikator für die Luftqualität sowie die außenklimatischen Bedingungen wurden erfasst.
- Anforderungen UBA Leitfaden und EN 15251

UBA-Leitfaden – Temperatur

- Welche physiologischen Anforderungen des Menschen sind in Unterrichtsräumen zu berücksichtigen?
- thermisches Empfinden vor allem von Lufttemperatur, Temperatur der Umgebungsflächen und Luftbewegung beeinflusst
- behagliche Operativtemperaturen für Klassenräume je nach Jahreszeit und in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur zwischen ca. 20-25 °C sollten möglichst das ganze Jahr hindurch eingehalten werden
- Wände, Fußböden und Decken sind so zu gestalten, dass kein unangenehmer Wärmestrahlaustausch mit kalten Oberflächen stattfindet.
- Zugserscheinungen sind zu vermeiden.
- Die individuelle Bekleidung sollte den saisonalen und räumlichen Gegebenheiten sowie den Bewegungen (Lernunterricht im Sitzen, Sportunterricht etc.) angepasst sein.
- Im Sommer soll nach ASR die Raumtemperatur 26°C nicht überschreiten, es sei denn bei darüberliegender Außentemperatur

EN 15251: 2007-08: Operative Temperatur

Für 1,2 met und 0,5 bzw. 1,0 clo	°C Sommer (Kühlperiode)	°C Winter (Heizperiode)
Kategorie I	24,5 ± 1,0	22,0 ± 1,0
Kategorie II	24,5 ± 1,5	22,0 ± 2,0
Kategorie III	24,5 ± 2,5	22,0 ± 3,0

Kohlendioxid – Indikator für Luftqualität

„Der Kohlensäuregehalt allein macht die Luftverderbnis nicht aus, wir benützen ihn bloss als Maassstab wonach wir auch noch auf den grössern oder geringeren Gehalt an anderen Stoffen schliessen, welche zur Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure sich proportional verhalten.“

M.v.Pettenkofer 1858

UBA-Leitfaden – Leitwert für Kohlendioxid

CO ₂ -Konzentration [ppm]	Hygienische Bewertung	Empfehlungen
< 1000	Hygienisch unbedenklich	Keine weiteren Maßnahmen
1000 - 2000	Hygienisch auffällig	Lüftungsmaßnahme (Außenluftvolumenstrom bzw. Luftwechsel erhöhen) Lüftungsverhalten überprüfen und verbessern
> 2000	Hygienisch inakzeptabel	Belüftbarkeit des Raumes prüfen ggf. weitergehende Maßnahmen prüfen

UBA-Leitfaden – Leitwert für Kohlendioxid

CO ₂ -Konzentration [ppm]	Hygienische Bewertung		Empfehlungen
< 1000	Hygienisch unbedenklich		Keine weiteren Maßnahmen
1000 - 2000	Hygienisch auffällig		Lüftungsmaßnahme (Außenluftvolumenstrom bzw. Luftwechsel erhöhen) Lüftungsverhalten überprüfen und verbessern
> 2000	Hygienisch inakzeptabel		Belüftbarkeit des Raumes prüfen ggf. weitergehende Maßnahmen prüfen

EN 15251: 2007-08 / EN 13779: 2007-09: Raumlufthqualität

Klassifizierung der Raumlufthqualität nach DIN EN 13779: 2007-09,
personenbezogener Luftvolumenstrom nach DIN EN 15251: 2007-08.

Kategorie	Beschreibung	CO ₂ -Konzentration über Außenluft [ppm]	Absolute CO ₂ -Konzentration innen* [ppm]	Außenluftvolumenstrom [l/s/Person] ([m ³ /h/Person])
IDA 1	Hohe Raumlufthqualität	≤ 400	≤ 800	10 (36)
IDA 2	Mittlere Raumlufthqualität	400 – 600	800 – 1000	7 (25)
IDA 3	Mäßige Raumlufthqualität	600 – 1000	1000 – 1400	4 (14)
IDA 4	Niedrige Raumlufthqualität	> 1000	> 1400	< 4 (< 14)

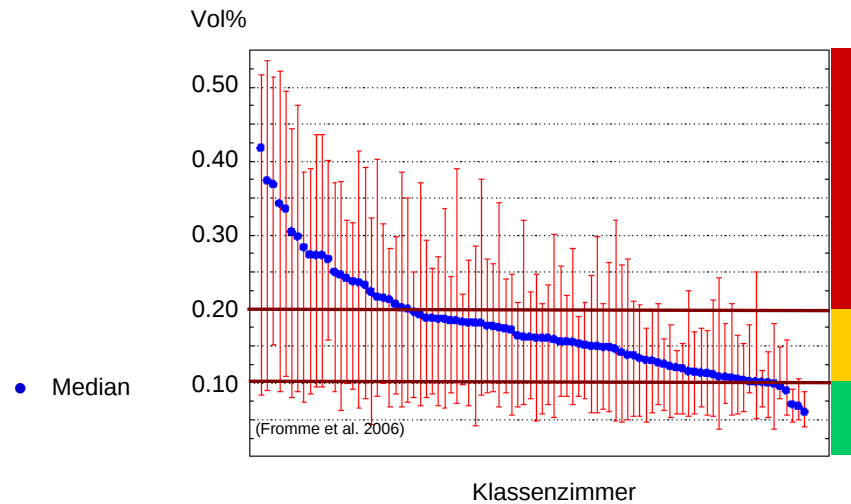
* bei 400 ppm CO₂ Konzentration außen

**Beispiel Klassenraum – IDA 2/ Kat II**

Anzahl Schüler:	30	30
Belegungsdichte [m ² /Schüler]:	2	2,5
Fläche [m ²]:	60	75
Raumhöhe [m]:	3	3
personenbezogener: Luftvolumenstrom [m ³ /h]	25	25
gebäudebezogener Luftvolumenstrom (schadstoff- armes Gebäude) [m ³ /h m ²]:	2,5	2,5
gesamter erforderlicher Luftvolumenstrom [m ³ /h]:	798	809
Luftwechsel [h ⁻¹]:	4,4	3,6



CO₂-Konzentration in Bayerischen Schulen - Winter



Fraunhofer
IBP

Messungen in den Klassenzimmern



Lufttemperatur
CO₂ -Konzentration
Fensteröffnung (nur Angela Schule)
Relative Luftfeuchte
Nachhallzeit
Schalldämmung
Beleuchtungsstärke und Blendung
Energetische performance (U-Value, Sonnenschutz)

Fraunhofer
IBP

Gymnasium Miesbach, Oberbayern

Raum 211: 1974, SO



Raum 208: 1984, NW



Raum 205: 1964, SW

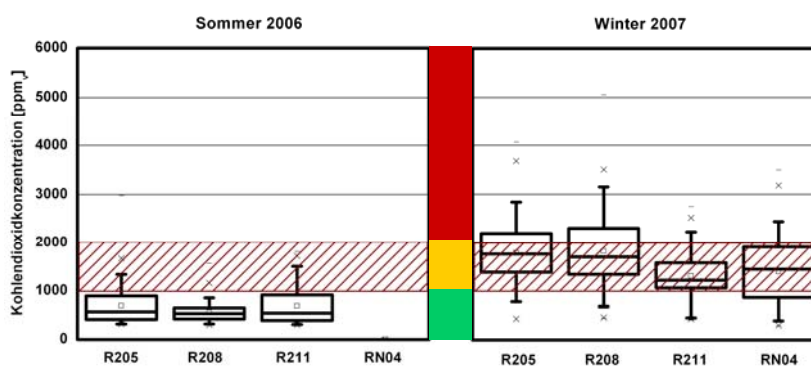


Raum N04: 1993, SO



Fraunhofer
IBP

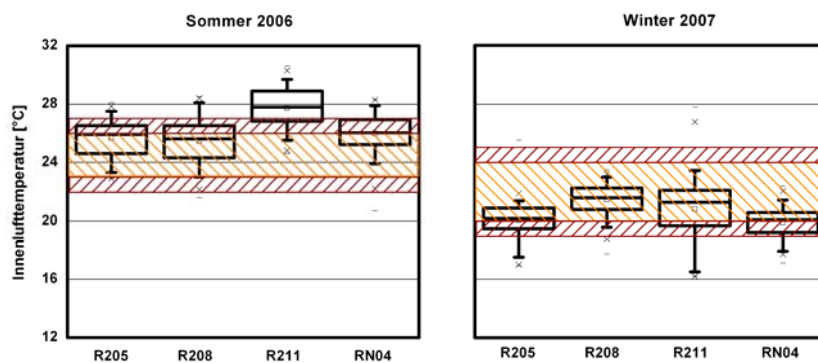
CO₂-Konzentration in den Klassenräumen



Messzeitraum: 5 Schultage 8:00 – 13:00

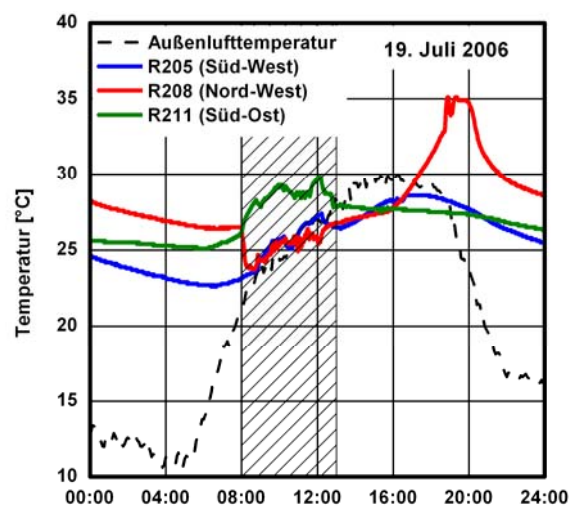
Fraunhofer
IBP

Temperatur in den Klassenräumen



Messzeitraum: 5 Schultage 8:00 – 13:00

Vergleich des Temperaturverlaufs am 19. Juli 2006



Angela Schule Osnabrück

H101: 1980, NW



A102: 1962, SW



K203: 1965, NO



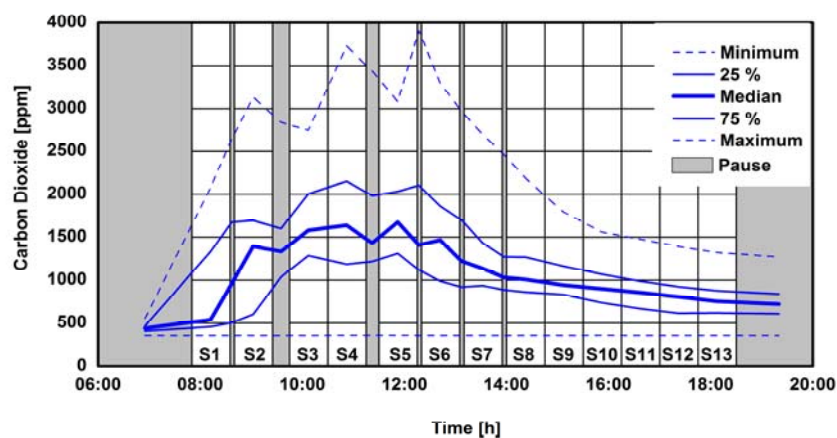
KL312: 1903/ 63, SO



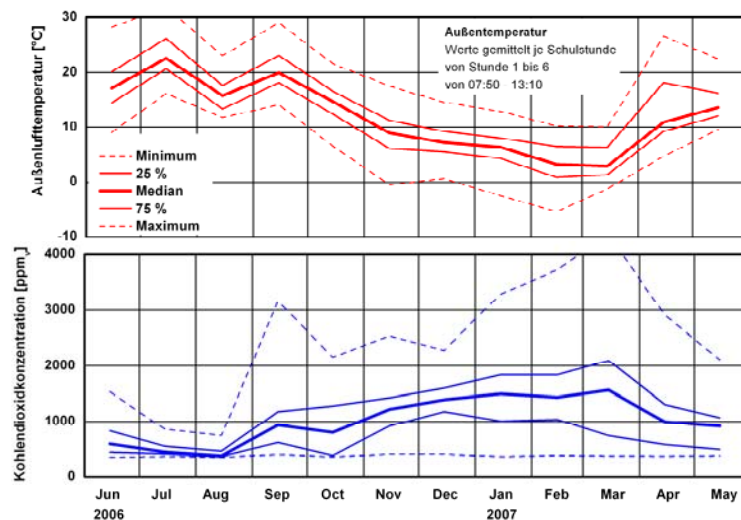
KL302: 1903/ 63, NW



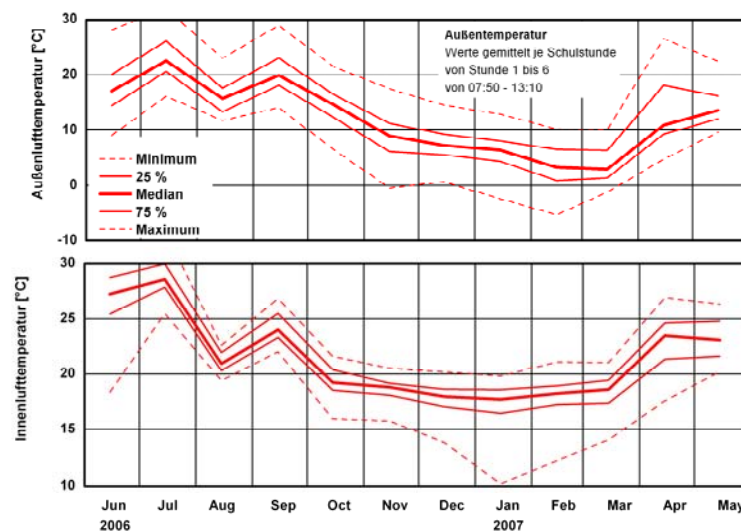
CO₂-Konzentration, Tagesverlauf



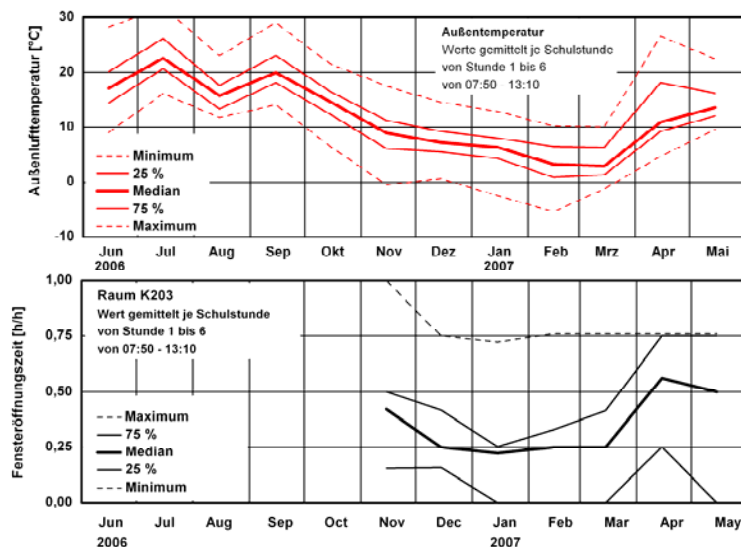
Außentemperatur – CO₂-Konzentration



Außentemperatur – Innentemperatur



Außentemperatur – Fensteröffnungszeit



Innenoberflächentemperaturen – K203

Innenoberflächentemperatur T_o	Außenwand	Dach
Juni 2006	°C	°C
Minimum	24,1	26,5
25% Perzentil	25,9	27,3
Median	27,2	28,4
75% Perzentil	28,6	29,1
Maximum	31,0	31,1
November 2006	°C	°C
Minimum	12,4	13,5
25% Perzentil	15,1	15,2
Median	16,1	15,8
75% Perzentil	16,8	16,2
Maximum	18,8	17,2

Lufttemperatur - K203

Lufttemperatur T_L	K203
Juni 2006	[%]
$T_L \leq 22^\circ\text{C}$	0
$22 < T_L \leq 23^\circ\text{C}$	0
$23 < T_L \leq 26^\circ\text{C}$	16
$26 < T_L \leq 27^\circ\text{C}$	18
$T_L > 27^\circ\text{C}$	65
November 2006	[%]
$T_L \leq 19^\circ\text{C}$	59
$19 < T_L \leq 20^\circ\text{C}$	36
$20 < T_L \leq 24^\circ\text{C}$	5
$24 < T_L \leq 25^\circ\text{C}$	0
$T_L > 25^\circ\text{C}$	0

Zusammenfassung

- unzureichender Luftqualität (hohe Kohlendioxidkonzentration) besonders während der Heizperiode
- einige Klassenräume sind im Winter zu kalt
- einige Klassenräume zu warm im Sommer.
- teilweise kein Sonnenschutz oder unzureichender Sonnenschutz
- Sonnenschutz behindert teilweise die Belüftung des dahinterliegenden Raumes
- Fenster werden zu einem gewissen Grad während des Unterrichts und in den Pausen zum Lüften geöffnet
- Fenster werden nach dem Unterricht geschlossen und bleiben geschlossen bis zum nächsten Morgen
- keine Nachtlüftung oder Lüftung in den frühen Morgenstunden
- Anforderungen an ein gutes Raumklima werden nicht immer erfüllt

Ausblick

Verbundprojekt

„Heizenergieeinsparung, thermische Behaglichkeit und gute Luftqualität in Schulgebäuden durch hybride Lüftungstechnik“

gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie,
Projektträger Jülich

Projektpartner

- Fraunhofer-Institut für Bauphysik (Verbundprojektleitung):
„Hybride Lüftungssysteme für Schulen“
- E.ON ERC, RWTH Aachen,
Lehrstuhl für Konstruktives Entwerfen und Klimagerechtes Bauen, TUB,
Wildeboer Bauteile GmbH:
„Thermische Behaglichkeit und gute Luftqualität in Schulgebäuden durch hybride Lüftungstechnik“



Erster Versuch mit Schülern in Freilandversuchseinrichtung



Physik-Leistungskurs des
Gymnasiums Tegernsee
in Holzkirchen



Danksagung

Die dieser Auswertung zugrundeliegenden Messdaten wurden im Rahmen der Projekte Gymnasium Miesbach, gefördert mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt und der Kreissparkasse Miesbach-Tegernsee, und Angelaschule, gefördert mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, erhoben.

Der Fachhochschule Osnabrück sei für die Bereitstellung der Wetterdaten gedankt.