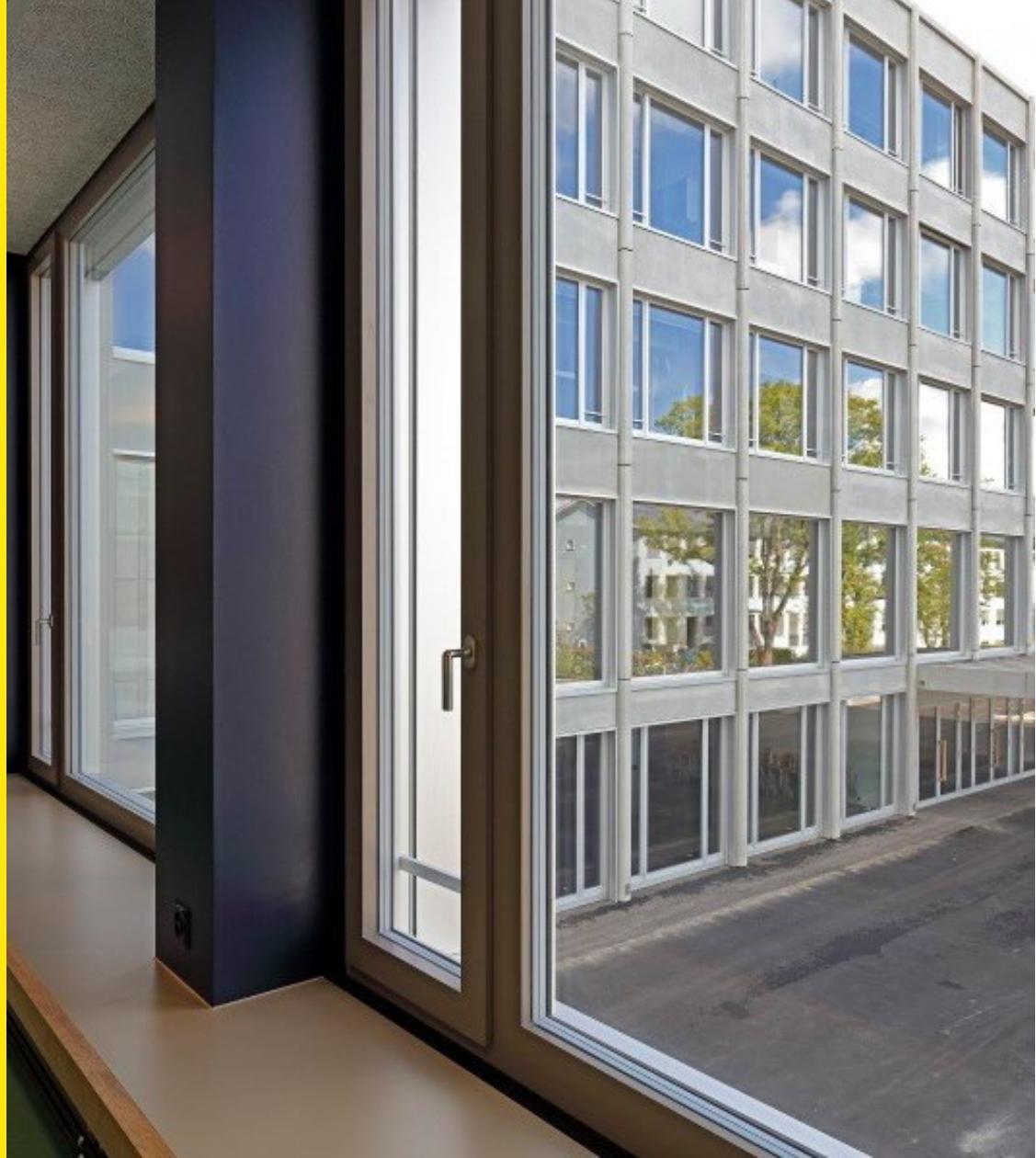


Schulen und Behaglichkeit – eine Auslegeordnung

Prof. Barbara Sintzel
20.03.2025

Foto: Schulanlage Bäumlihof Basel,
Foto: Hans Münchhalfen



Schulen und Behaglichkeit – eine Auslegeordnung

1. Behaglichkeit in Schulen bei Sanierungen erhöhen – wo ansetzen?
2. Ganzheitliche Planung, worauf achten bei Ausschreibungen von Wettbewerben?
3. Praxisbeispiel: Richtiges Lüftungssystem finden
4. Blick in die Forschung

1. Behaglichkeit in Schulen bei Sanierungen erhöhen – wo ansetzen?

Behaglichkeit

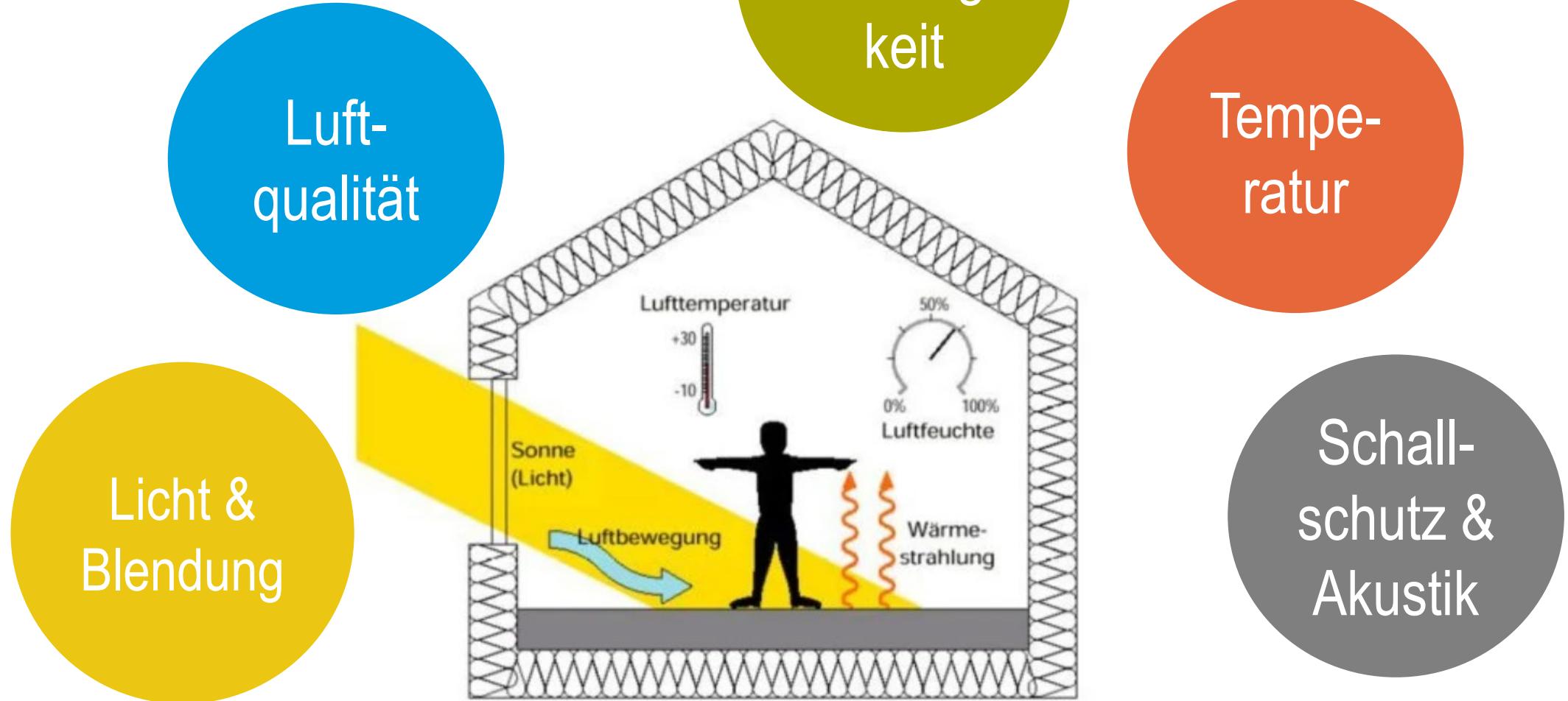
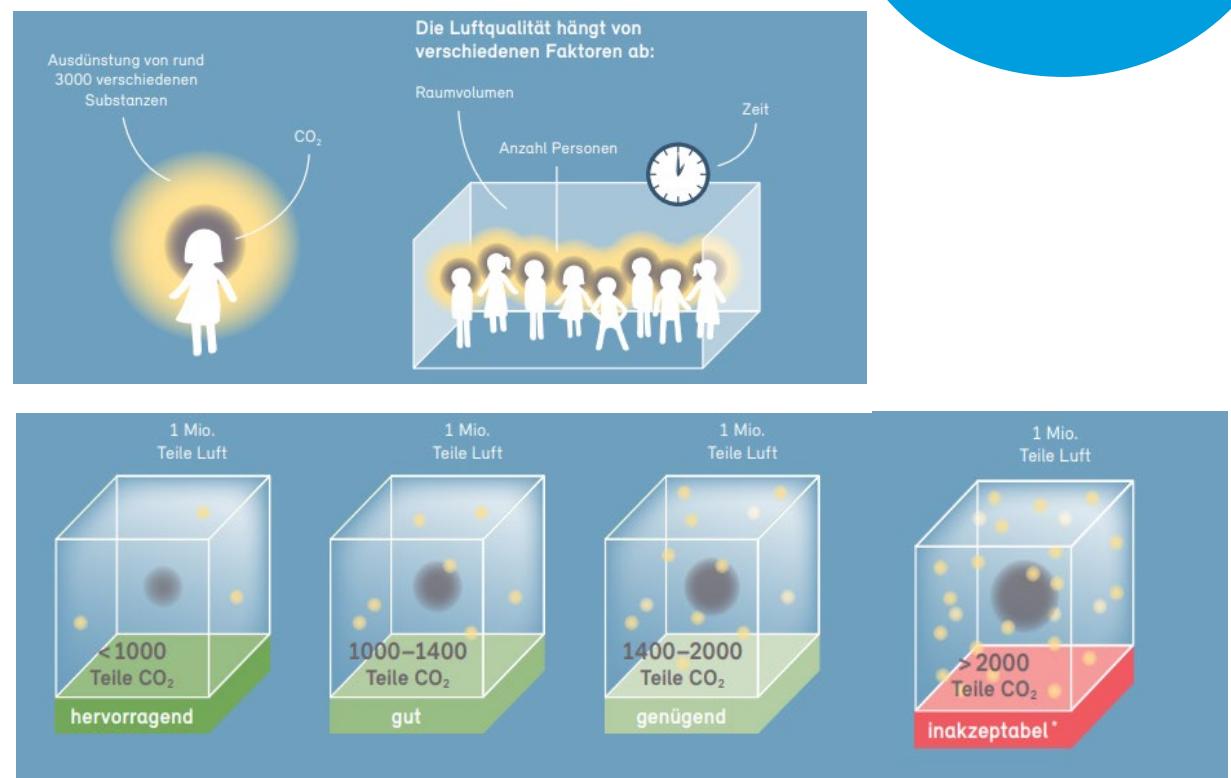


Abbildung: Bundesarchitektenkammer Energiegerechtes Bauen und Modernisieren

Luftqualität

- Raumvolumen, Personenzahl und Lüftungsverhalten bestimmen Luftqualität
- Beim Ausatmen und durch Transpiration dünstet der Mensch CO₂ und mehr als 3000 verschiedene Substanzen aus.
- Meistens vermischen sich diese Stoffe mit genügend frischer Umgebungsluft.
- Wenn sich aber viele Personen in einem Schulzimmer aufhalten, kumuliert sich verunreinigte Luft im Raum sehr schnell.
- Auch weitere Schadstoffquellen und die Qualität der Außenraumluft beeinflusst die Luftqualität im Raum.



Was ist schlechte Luft? | Frische Luft für wache Köpfe

Luftqualität - CO₂-Konzentration als Indikator

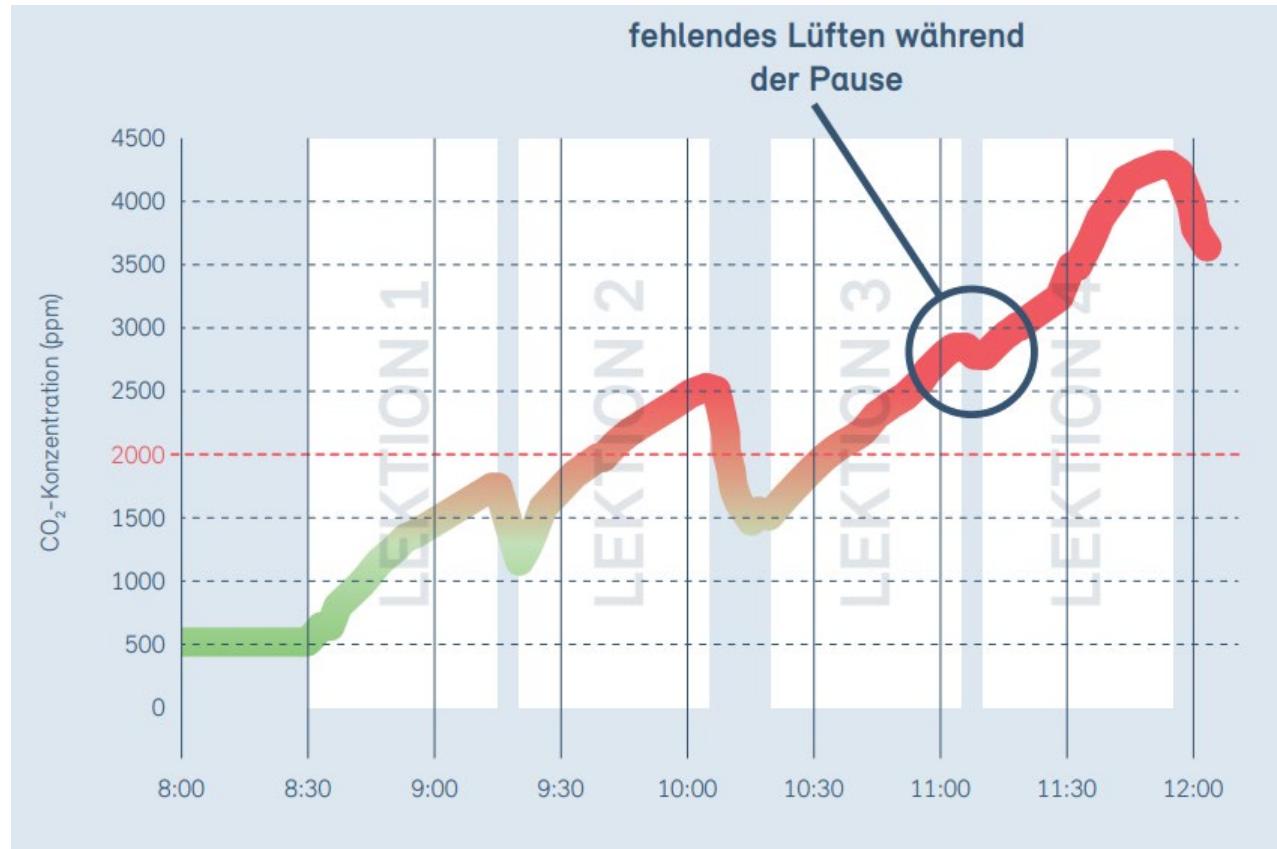


CO ₂ -Gehalt in der Raumluft [ppm]	Klassierung der Luftqualität nach Norm SN546382/1	Luftqualität (CO ₂): Begrifflichkeit «Gesundheitsschutz»
≤1000 IDA 1 <=950	«hoch» bis «mittel» RAL 1 + RAL 2	gute bis sehr gute Luftqualität¹ Hygienisch unbedenklich
>1000–1400 IDA 2 <=1200	«mäßig» RAL 3	mäßige Luftqualität zunehmende Häufigkeit von Symptomen wie Müdigkeit, Reizungen, Konzentrationsstörung
>1400–2000 IDA 3 <= 1750	«niedrig» RAL 4	niedrige Luftqualität erhöhte Häufigkeit der oben genannten Symptome und zunehmende Leistungsbeeinträchtigung
>2000 IDA 4 >1750	–	hygienisch inakzeptable Luftqualität Gesundheitsstörungen möglich

Abb: Raumluftkategorisierung (RAL = Raumluftqualität) Begriffe nach Norm SN 546 382/1 und Gesundheitsschutz «Pettenkofer»-Zielwert.¹ ergänzt mit Werten aus SIA 382/1:2025 Mechanische Lüftungen Indoor Air Quality IDA)

[Hintergrundinformationen |](#)
[Frische Luft für wache Köpfe](#)

Verlauf der CO₂-Pegel in Fenster-gelüfteten Schulzimmern

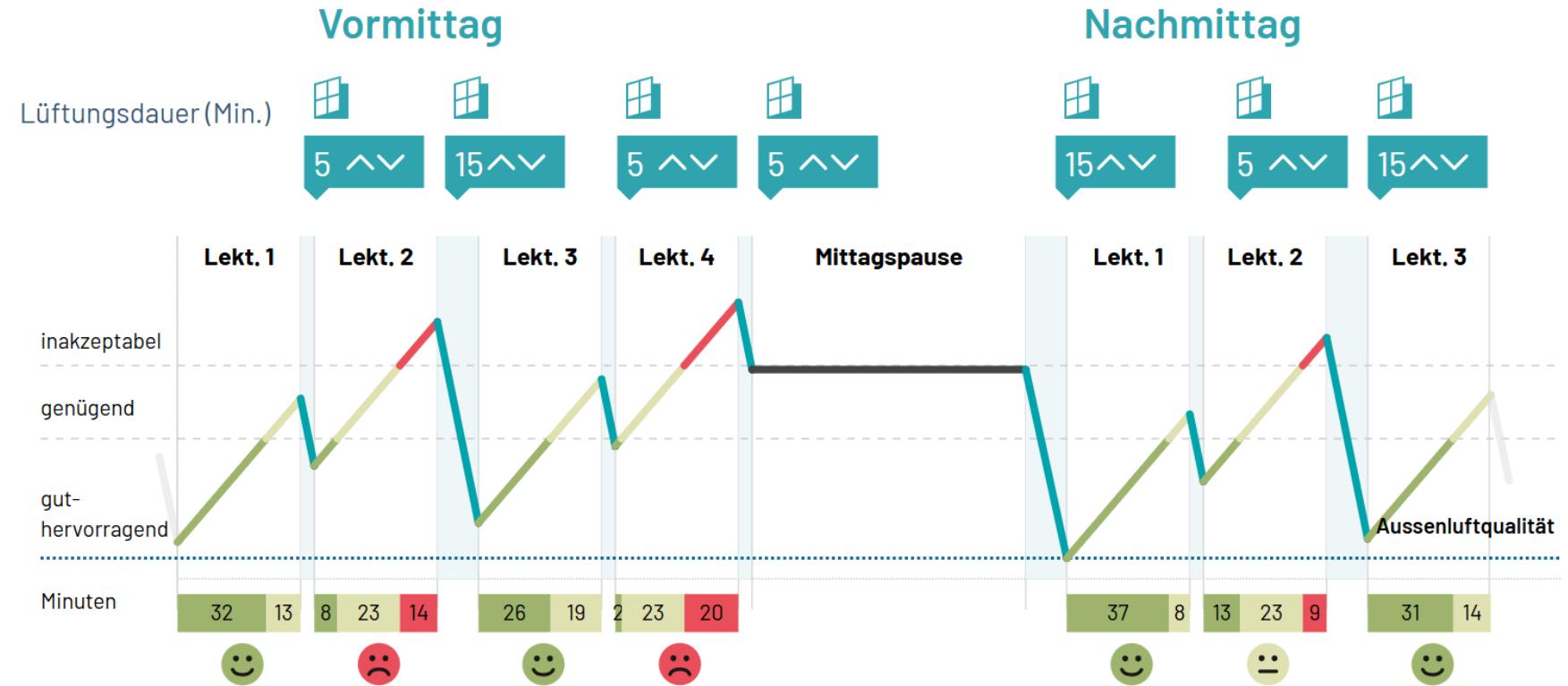
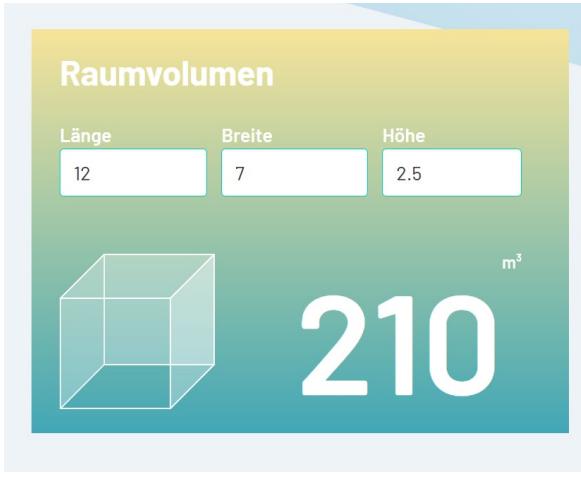


Verlauf der CO₂-Konzentration im Schulzimmer während eines Unterrichtsmorgens:

- kurze Pausenlüftung um 9 Uhr;
- lange Pause um 10 Uhr wird nur teilweise zum Lüften genutzt;
- fehlende Pausenlüftung um 11 Uhr.

Fazit: Grosser Anteil der Unterrichtszeit bei inakzeptablen Luftwerten (CO₂-Pegel >2000 ppm)

Lüftungssimulator



Link zum Simulator: [Simaria | Frische Luft für wache Köpfe](#)

Lüftungsthematik bei Neubauten oder Sanierungen



- Frischluftzufuhr: ca. 30 m³/h Frischluft pro Person*.
- Moderne Bauten verfügen über eine gut gedämmte Aussenhülle und sind praktisch luftdicht.
- In Schulen ist aufgrund des grossen Frischluftbedarfs ein leistungsfähiges Lüftungssystem erforderlich.
- Anforderungen der Richtlinie SWKI VA104-01 Hygiene-Anforderungen an raumlufttechnische Anlagen und Geräte beachten.

Quelle*: [SIA 382/1 Mechanische Lüftung in Gebäuden – Grundlagen und Anforderungen \(Klasse 2\)](#)
[Frischluftbedarf in Schulzimmern | Frische Luft für wache Köpfe](#)

Luftfeuchtigkeit

- Idealbereich im Winter: ca. 30–60 % relative Luftfeuchtigkeit.
- Zu trockene Luft kann Schleimhäute reizen
- Zu feuchte Luft fördert Schimmelbildung



Was tun bei zu hoher Luftfeuchtigkeit?

- Feuchtigkeit über Lüften abführen
- Entfeuchter einsetzen (hoher Energieverbrauch)

Quelle: [SIA 180 \(2014\) Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden](#)

Luftfeuchtigkeit



Bei zu geringer Luftfeuchtigkeit:

- Zu hohe Raumlufttemperaturen während der Heizperiode vermeiden.
- Viel Wasser trinken: Bekommt der Körper genug Flüssigkeit, kommen die Schleimhäute mit der trockenen Luft besser zurecht.
- Werden Luftbefeuchter, Zimmerbrunnen oder Pflanzen verwendet, muss ein spezifischer, regelmässiger Unterhalt mit Reinigung und Wartung sichergestellt sein.

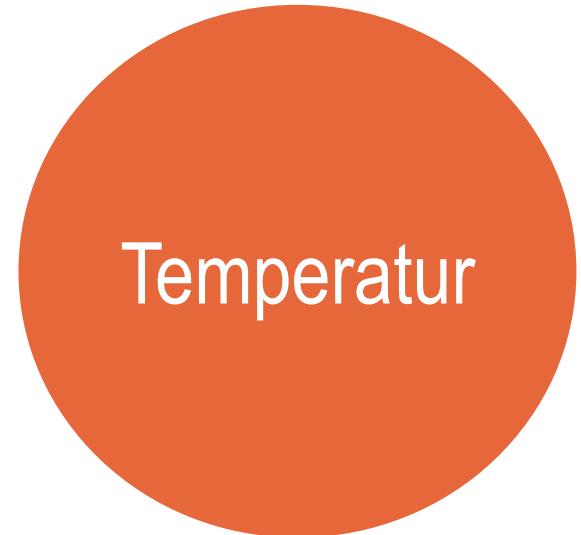
Wann ist es in der Schule zu heiss?

Bei Hitzetagen: Gut möglich dass exponierte Schulzimmer von weit über 30°C liegen.

Symptome von Kindern und Jugendlichen bei Hitze:

- Bei Temperaturen ab 25 Grad Celsius lassen sich negative Auswirkungen auf die Gesundheit von Kindern feststellen.
- Bei Temperaturen über 30 Grad steigt bei Kindern das Risiko für Hitzebedingte Gesundheitsschäden um das 8-Fache.
- Symptome: Schlafprobleme, Kopfschmerzen, Müdigkeit, Appetitlosigkeit und Kreislaufbeschwerden

[DAK Kinder- und Jugendreport 2024: Gesundheitsrisiko Hitze](#)



Temperatur



Temperatur

Optimale Raumlufttemperatur:

- Im Winter zwischen 19.8°C und 24.4°C.
- Im Sommer zwischen 22.9°C bis 26.1°C

Fazit: Zu hohe oder zu niedrige Temperaturen wirken sich negativ auf die Konzentration aus.

Quelle: [SIA 382/1 Mechanische Lüftung in Gebäuden – Grundlagen und Anforderungen \(Klasse 2\)](#)

Lüftungsregeln

- 1** Vor den ersten Lektionen am Morgen und Nachmittag ausgiebig lüften, um die Lektionen mit Aussenluftqualität zu beginnen.
 - 2** Im weiteren Tagesverlauf die grossen und kleinen Pausen vollständig zum Lüften nützen.*
 - 3** Beim Lüften alle Fenster immer vollständig öffnen.
 - 4** Die Schulzimmertür beim Lüften grundsätzlich schliessen.
 - 5** Keine Gegenstände auf den Fenstersims stellen – sie erschweren ein vollständiges Öffnen der Fenster.
 - 6** Beim Durchzug-Lüften mit offenen Fenstern und offener Schulzimmertür auch die Korridorfenster öffnen.
-
- 
-
- 
-
- Im Sommer die Räume nachts oder frühmorgens möglichst lange auskühlen lassen.
- Im Winter zu langes Lüften während der Heizperiode vermeiden.*

* Ideal: Die notwendige Lüftungsdauer mit SIMARIA berechnen.

[Homepage | Frische Luft für wache Köpfe](#)

2. Ganzheitliche Planung, worauf achten bei Ausschreibungen von Wettbewerben?

Behaglichkeit im Architekturwettbewerb



Bild: Wettbewerb Kindergarten Schlossmatte Bern
Projekt Mary Poppins, KASTKAEPPELI Architekten GmbH, Bern

Tageslicht

Sommerlicher Wärmeschutz

Luftqualität, Lüftungskonzept

Schallschutz / Akustik

Beschattung der Aussenräume / Freiflächen

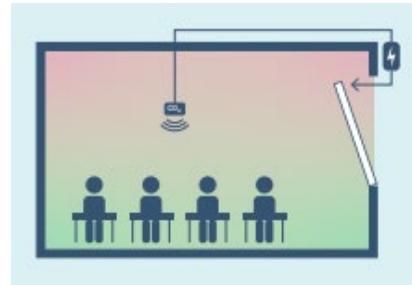
Bewegungsfördernde Umgebung

IST Analyse Standort und Gebäudesituation

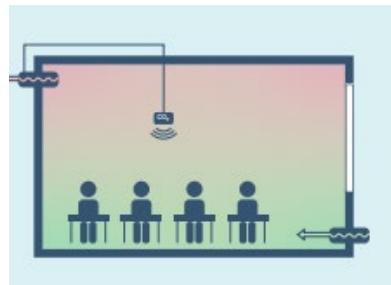
- Aussenluftqualität
- Schallsituation
- Gebäudesituation (Bauaufgabe, Glasanteil etc.)
- Raumsituation (Raumhöhe, Volumen, Fensteranordnung in Zimmern)
- Fensterart, Öffnungsmöglichkeit etc.
- Storen und Verschattungselemente
- Falls möglich auch CO₂ Messung im Betrieb

[Siehe diverse Praxisbeispiele | Frische Luft für wache Köpfe](#)

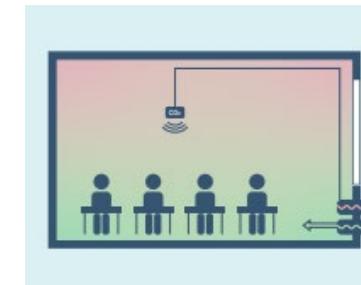
Mögliche Lüftungssysteme evaluieren



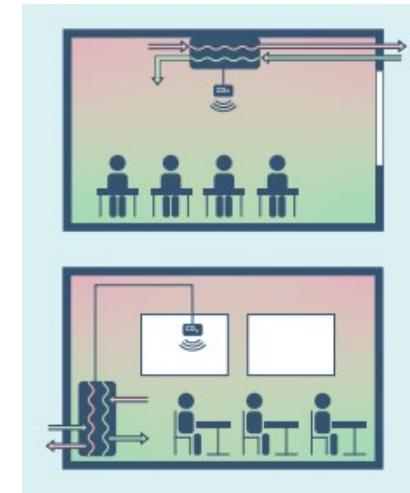
Automatische
Fensterlüftung



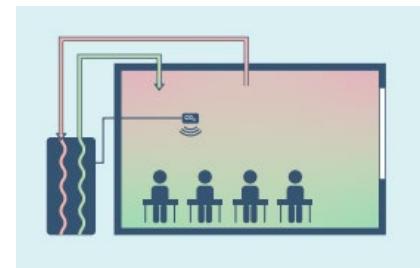
Geregelte
Abluftsysteme



Einzelraumgeräte
in Brüstung
(Lüftungsfenster)



Einzelraumgeräte
Decke, Wand oder
Standgeräte



Zentrales
Lüftungsgerät

[BAG Lueften Broschuere Bauherren_de.pdf](#)

Planung sommerlicher Wärmeschutz



Foto: Neubau Schulhaus Marzili, Bern (B. Sintzel)

Aussenliegender beweglicher Sonnenschutz

Festverschattung (je nach Himmelsrichtung)

Fensteranteil an der Fassade (Grösse und Orientierung der Fenster)

Nutzbare Speichermasse

Nachtauskühlung / Abführen von Wärme

Modellierung mit Hilfe von Zukunftswetterdaten
(MeteoSchweiz, DRY 2035)

Gebäudestandards unterstützen den Planungsprozess Sanierung und Neubau

Schulen gesund und
ökologisch bauen –
mit Minergie-ECO



Raumklima

Angenehme Temperatur im Sommer und Winter, optimale Tageslichtverhältnisse, guter Schallschutz.



Bauökologie

Umweltschonende, natürliche und wertige Materialien, Bodenschutz und Recyclingbeton.



Gesundheit

Schadstoff-, keim- und strahlungssarme Innenräume. Stets frische Raumluft.



Wirtschaftlichkeit

Tiefe Unterhaltskosten, lange Nutzungsdauer. Erprobt bei über 200 Minergie-ECO Schulen. 90 % der Bauherren würden es wieder tun.



[Gesamtsanierung Kantonsschule Zürich Nord | SNBS Bildungsbauten – CSD INGENIEURE](#),
Architektur: BGP Architekten, Visualisierung Render/Risch

[Minergie Eco Schulen.pdf](#)

MINERGIE-ECO®

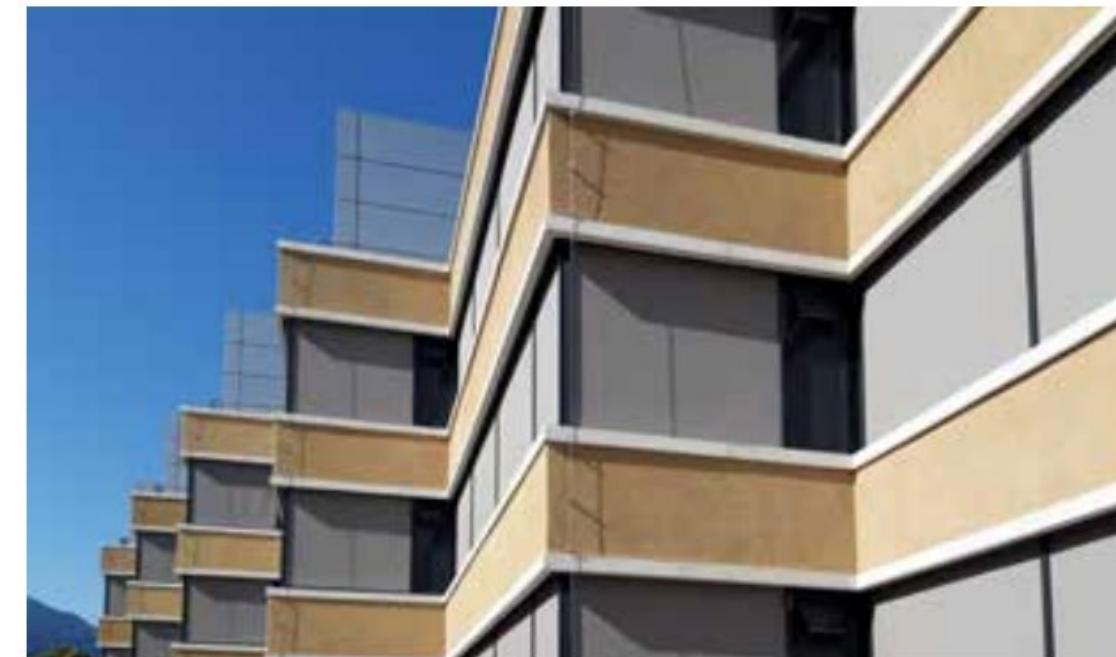
 SNBS

3. Praxisbeispiel: Richtiges Lüftungssystem finden

Beispiel Sanierung

Schulhaus Rheinau, Chur

Ort	Sardonastrasse 4, 7000 Chur
Eigentümerin	Stadt Chur
Architektur	Carl Franz Spinas, Chur 1970 Stadt Chur, Hochbau 2016/17
Planer Haustechnik	Niedermann Planung GmbH / De-Stefani AG, Chur
Bezug	2017
Bautyp	Sanierung
Energie-/Gebäudelabel	Minergie
Nutzung	Primarschule (12 Klassen), Time-Out Primarklasse, 297 Schülerinnen und Schüler
Raumprogramm	Schulzimmer, Gruppenräume, Spezialräume, Mehrzwecksaal, Turnhalle
Sanierungskosten	4.3 Mio. Fr.
Kostenanteil Lüftung, dezentral	pro Schulzimmer ca. 20 000 Fr.



[Schulhaus Rheinau Chur.pdf](#)

IST Analyse Standort und Gebäudesituation

Merkmale		Ausprägung		
Aussenluftqualität (AUL) / Schallsituation	CO ₂ -Belastung	ländlich	vorstädtisch	städtisch
Feinstaub- und Stickstoffoxidbelastung	Feinstaub- und Stickstoffoxidbelastung	AUL 1: Saubere Luft, die nur zeitweise staubbelastet ist (z. B. Pollen)	AUL 2: Luft mit hohen Konzentrationen an Staub oder Feinstaub und/oder an gasförmigen Luftverunreinigungen	AUL 3: Luft mit sehr hohen Konzentrationen an Staub oder Feinstaub und/oder an gasförmigen Luftverunreinigungen
	Aussenschallbelastung	gering	mittel: befahrene Strasse angrenzend	hoch: stark befahrene Strasse, Autobahn, Zug, Stadtlärm
Gebäudesituation	Bautyp	Neubau	Sanierung	Sanierung denkmalgeschützt
	Glasanteil Fassade	gering	mittel	hoch
	Winddruckbelastung an der Fassade	gering	mittel	hoch
	Bauliche Veränderungen an der Fassade	möglich	nicht möglich	
	Lage und Aussensituation	freistehend	Hindernisse einseitig	Hindernisse mehrseitig
	Hindernisse	keine	niedrig (< 50 % Gebäudehülle)	hoch (> 50 % Gebäudehülle)

[Schulhaus Rheinau Chur.pdf](#)

Ist-Analyse Raumsituation

Raumsituation (Standard-Schulzimmer)	Grundriss	Fenster gegenüberliegend	Fenster über Eck	Fenster an einer Raumseite
Schnitt (lichte Raumhöhe)	hoher Raum (> 3,0 m)	niedriger Raum (< 3,0 m)		
Platzverhältnisse	gering	mittel	hoch	
Fensterart	mehrteilig 	zweiteilig 	einteilig 	
Fensterflügel	Drehflügel 	Ausstell-/Übersetzfenster 	Kippflügel 	
Anbauten	Innenstoren 	Aussenstoren 	Innen- und Aussenstoren 	

[Schulhaus Rheinau Chur.pdf](#)

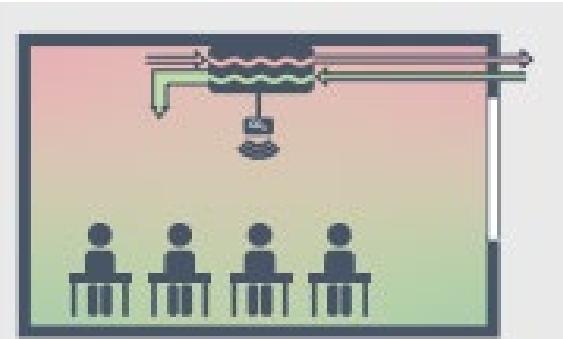
Lüftung

- Das Ansaugen / Auslass über eine in der Fensterfront eingebaute Aussenluftfassung.
- Das Kompaktlüftungsgerät pro Zimmer beinhaltet eine effiziente WRG, Filter und eine Frostschutzheizung.
- Die Luftqualität wird mittels eines CO₂-Sensors, der sich auf Hüfthöhe neben der Wandtafel befindet, bedarfsgeführten geregelt.
- Zusätzlich ermöglicht das Gerät eine effiziente Nachtauskühlung.

[Schulhaus Rheinau Chur.pdf](#)

Deckengerät

Komplettes Lüftungssystem in einer Einheit, ein Gerät pro Raum. Zuluft und Abluft erfolgen über kurze Kanäle durch die Wand.

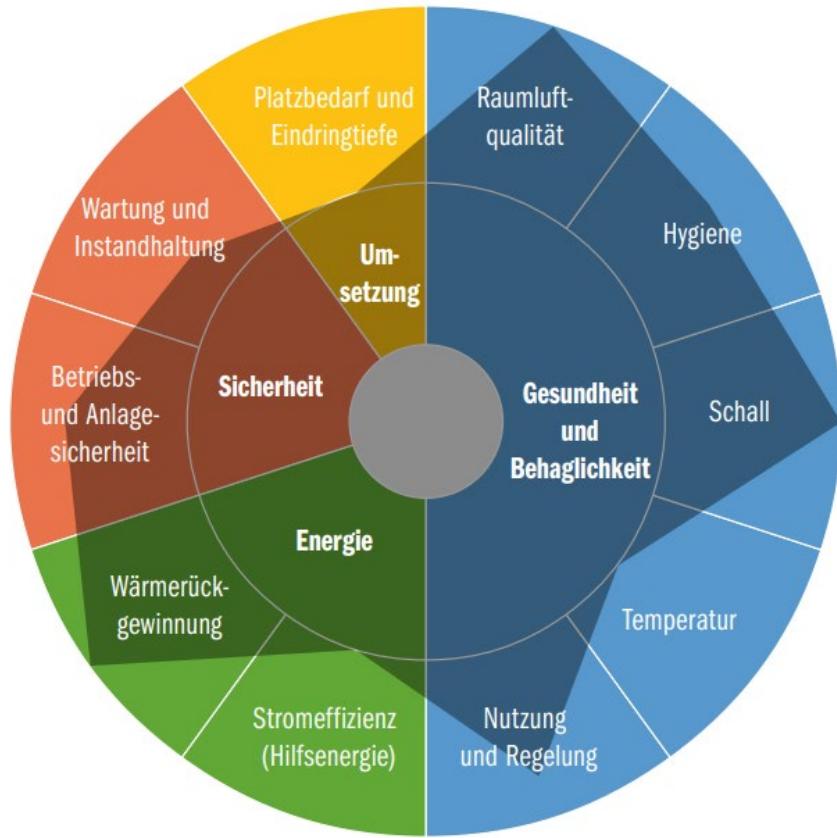


Lüftungssystem Schulbetrieb

Anlagetyp (nach SIA 382/1)	Einfache Lüftungsanlage
Nennluftmenge	
pro Person	30 m ³ /h
pro Schulzimmer mit 20 Personen	600 m ³ /h
Luftverteilung im Schulzimmer	Verdünnungslüftung
Wärmerückgewinnung	Alu-Platten-Wärmeübertrager
Heizregister	Elektrische Nacherwärmung der Zuluft bei sehr tiefen Außentemperaturen (400 W)
Frostschutz	Abtauern der WRG mit Umluftschaltung
Bedarfsgeführte Luftqualitätsregelung	CO ₂ -Regelung

Performance Lüftungssystem

Sanierung



Stadt Chur - 2017 - Sanierung Schulhaus Rheinau

4. Blick in die Forschung

Forschungsprojekte und Dienstleistungen

Laufende Forschungsprojekte

- Passive Climate School: Klimakonzepte für Schulräume – Einfluss auf Treibhausgasemissionen, Behaglichkeit und Architektur (Gregor Steinke, Dr. Monika Hall)
- Natürlich und hybride Lüftungssysteme und Low Tech Lüftungen (Dr. Caroline Hoffmann)
- Automatische Fensterlüftungen (Dr. Monika Hall)
- Digitaler Zwilling Amt für Umwelt und Energie Kanton Basel-Stadt (Prof. Dr. Achim Geissler)

Brauchen Sie Unterstützung?

Wie bieten konzeptionelle Beratung zu guter Raumluft und Vermeidung von Überhitzung von Schulgebäuden:

Unser Vorgehen: Zuerst organisatorische Massnahmen ausschöpfen, dann einfache bauliche Massnahmen prüfen, dann technische Massnahmen prüfen.

Danke fürs Zuhören!

Bei Fragen: Fachteam Schulen und Behaglichkeit am INEB

Prof. Barbara Sintzel	barbara.sintzel@fhnw.ch	Gesundes Raumklima, nachhaltiges Bauen, Wettbewerbe
Gregor Steinke	gregor.steinke@fhnw.ch	Bestehende Schulen optimieren, Netto Null
Dr. Caroline Hoffmann	caroline.hoffmann@fhnw.ch	Lüftungssysteme, Behaglichkeit, Hitzeminderung, Normierung
Dr. Monika Hall	monika.hall@fhnw.ch	Behaglichkeit, Thermische Gebäudesimulation, Normierung
Prof. Achim Geissler	achim.geissler@fhnw.ch	Behaglichkeit, Digitaler Zwilling, Normierung
Prof. Roger Blaser	roger.blaser@fhnw.ch	Bauphysik, Behaglichkeit Schadensanalysen