



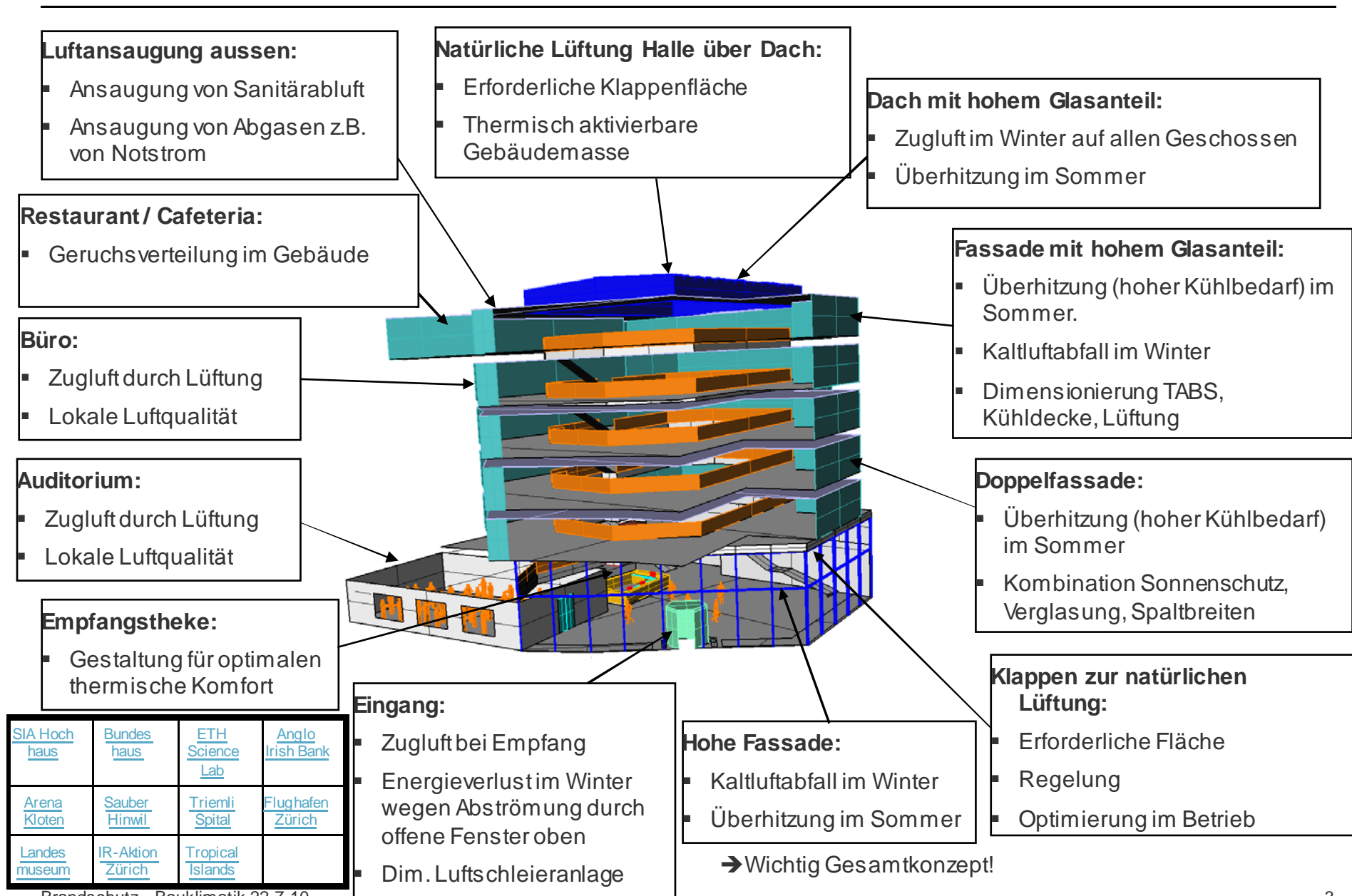
Luftströmungen in Wohnbauten und Einfluss auf die Architektur

Stefan Barp

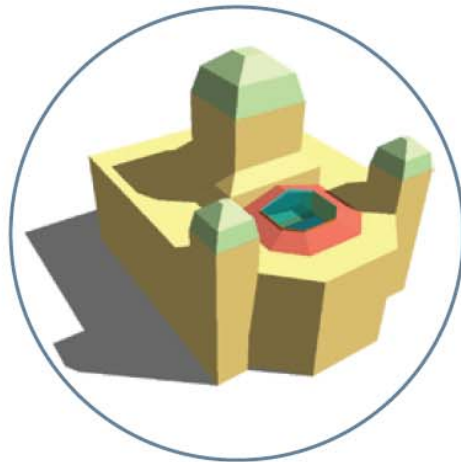


Keyfigures von AFC

- 1995 als Spin-Off der ETH gegründet
- seit 2000 als AG unter AFC Air Flow Consulting AG tätig
- 2011 Expertenteam mit 25 - 30 Mitarbeitern
- Mitarbeit in nationalen und internationalen F&E-Projekten
- Technische Infrastruktur auf höchstem Niveau



Thermische Simulationen



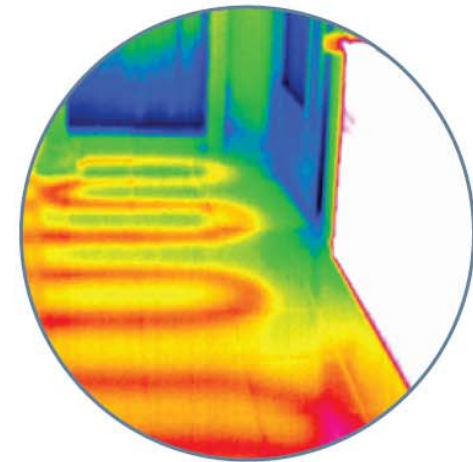
3D-Modell mit Schattenwurf
(Bundeshaus)

Numerische Strömungs- simulationen (CFD)



Stromlinien nach Temperaturen
eingefärbt

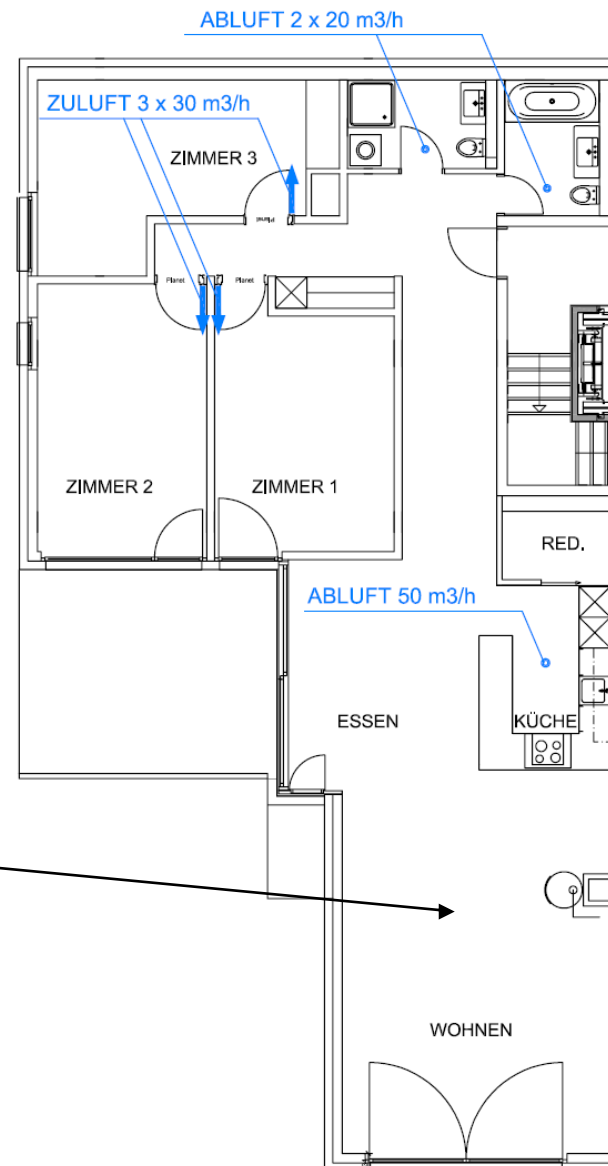
Messungen



Visualisierung einer Bodenheizung
mittels Thermographie

Wohn- und Arbeitsräume	Öffentliche Gebäude	Industrie und Gewerbe
Atrium	Museum	Hochregallager, Kühllager
Einzel- und Grossraumbüro	Theater / Oper / Kino / Aula	Labor
Konferenz- und Sitzungszimmer	Auditorium / Hörsaal / Parlament	Rechenzentrum
Wohnung und Wohnhaus	Gewächshaus, Zoonhalle, Tropenhalle	Einkaufszentrum / Laden
Spitäler	Stadion	Industriehalle
Bettzimmer	Fluggate, Bahnhof	Produktionshalle
Hochhaus	Hallenbad	Uhrenmacherei

Fragestellung, z.B.



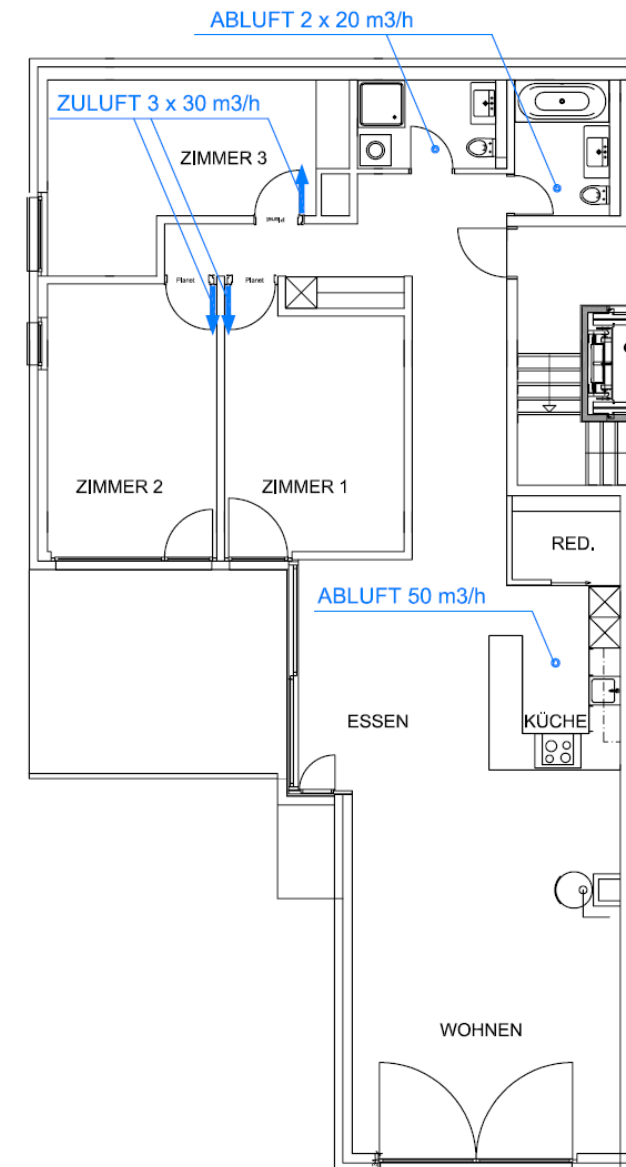
Braucht es eigene direkte
Luftversorgung im
Wohnzimmer?



- Kaskadenlüftung:
 - Nicht jeder Raum wird einzeln be- und entlüftet
 - Luft durchströmt nacheinander mehrere Räume
 - Zuluftauslässe in den Schlafzimmern
 - Freie Durchlüftung des Gang- und Wohnbereichs
 - Abluftfassung in der Küche und in den Nassräumen

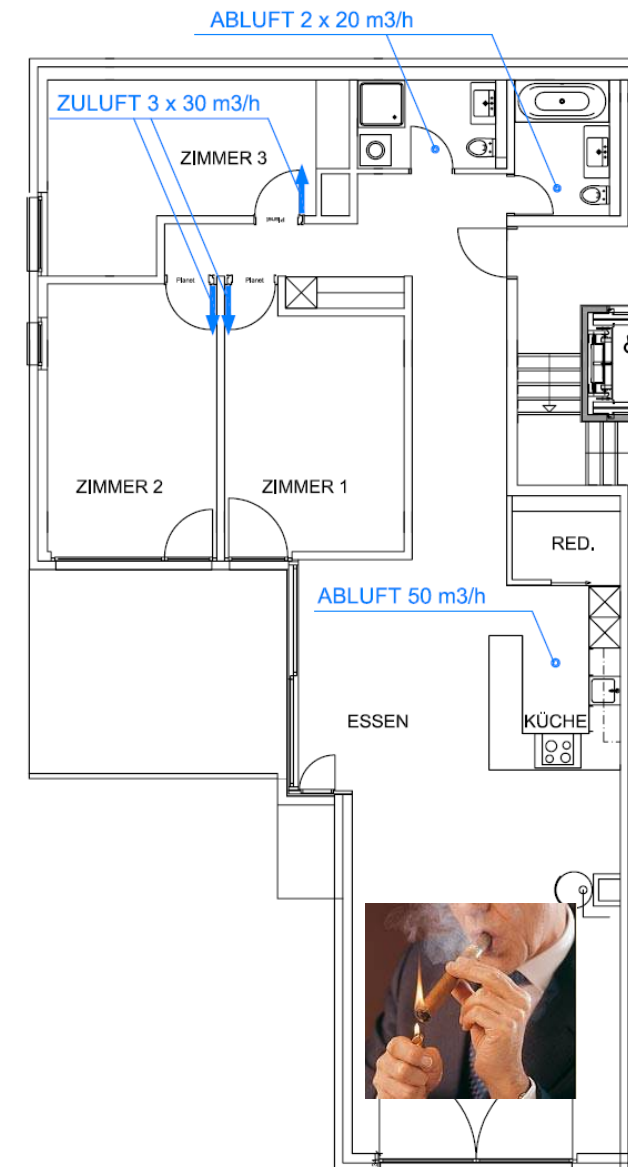
- Dank Mehrfachnutzung derselben Luft benötigt System viel kleinere Gesamtluftmengen mit folgenden Vorteilen:
 - Weniger Stromverbrauch der Ventilatoren
 - Kleinere Energieverluste über die Abluft
 - Kleinere Leitungsquerschnitte
 - Geringere Ventilatoren- und Strömungsgeräusche
 - Weniger trockene Raumluft im Winter

- Normalerweise wird aus Unsicherheit im Wohnzimmer vorsichtshalber ein Zuluftauslass installiert.
- Gesamtzuluftstrom wird verdoppelt und Vorteile des Kaskadensystems gehen verloren.



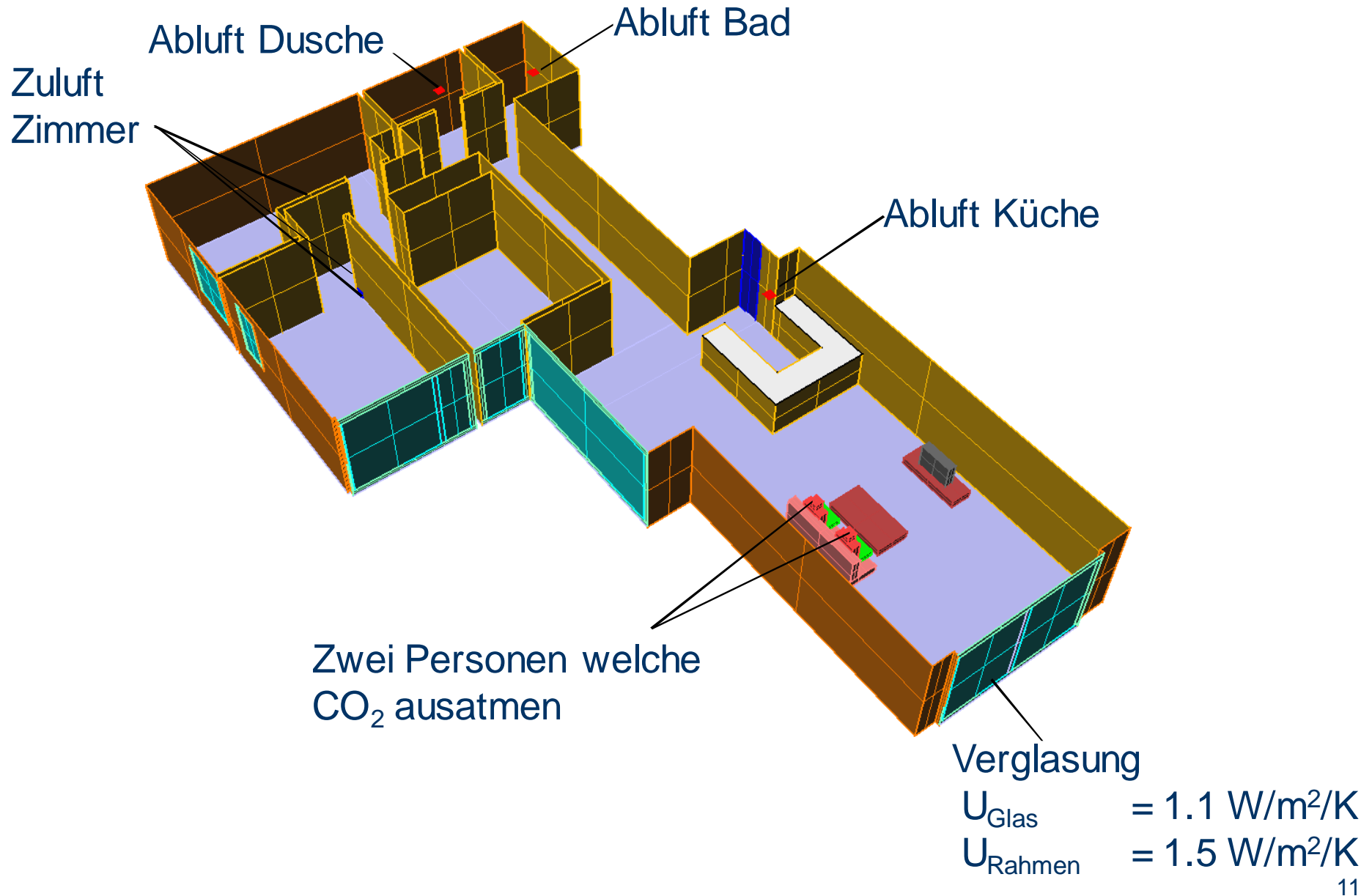
Intuitive Argumentation

- Riecht man den Rauch in den Zimmern?
- Ja, sonst wäre lufttechnische Trennung von Raucher- und Nichtraucherbereichen sehr einfach.
- Folglich gibt es keine „Anhäufung“ von CO_2 im Wohnzimmer.
- Es gibt daher starke Mischung in der ganzen Wohnung, CO_2 und Frischluft verteilen sich in der ganzen Wohnung.



- Um Durchlüftung des Wohn-Esszimmers in dieser schlimmstmöglichen Situation zu beurteilen, wurde in Projekt von AWEL und Amt für Hochbauten (Stadt ZH) drei Analysemethoden verwendet:
 1. Numerische Strömungssimulation (CFD)
 2. Messung des Anstiegs der CO₂ Konzentration an verschiedenen Stellen in Wohnung
 3. Nebelversuch

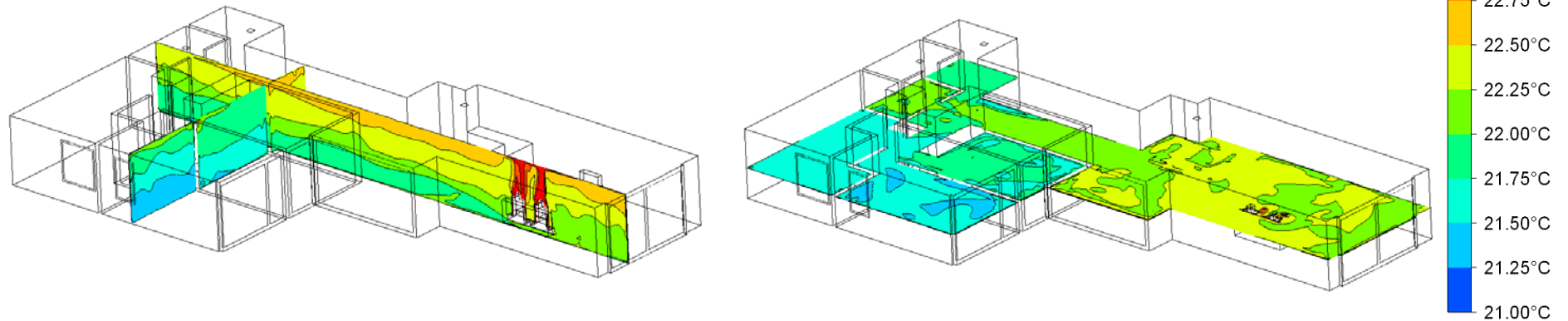
Strömungssimulation



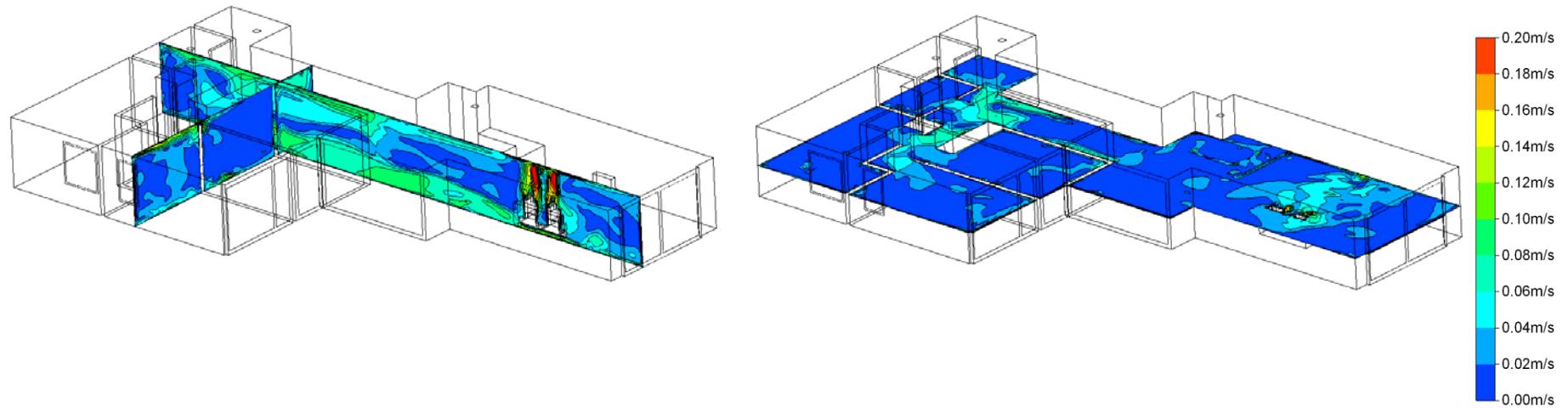
- Lokale CO₂ Konzentration ist sehr guter Indikator für Untersuchung der lokalen Raumlufqualität, resp. der lokalen Lüftungseffizienz:
 - Jede Person emittiert 21.6 l CO₂ / h
(SIA 382/1 zur Definition der Raumlufqualitäten (RAL))
 - Aussenkonzentration von 400ppm angenommen.
 - Mit Aussenluftvolumenstrom von 45m³/h/Person resultieren bei perfekter Mischung 880ppm.
 - Zur Beurteilung der lokalen Raumlufqualität, d.h. der Lüftungseffizienz, ist die lokale Konzentration mit diesem Wert zu vergleichen.

Simulation: Resultate, Übergangszeit ($T_{\text{ausßen}} = 15^{\circ}\text{C}$)

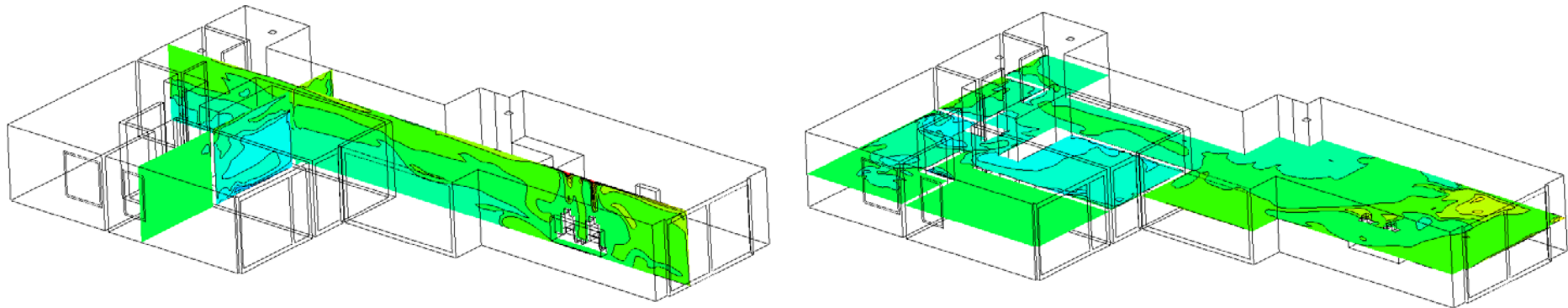
Temperatur



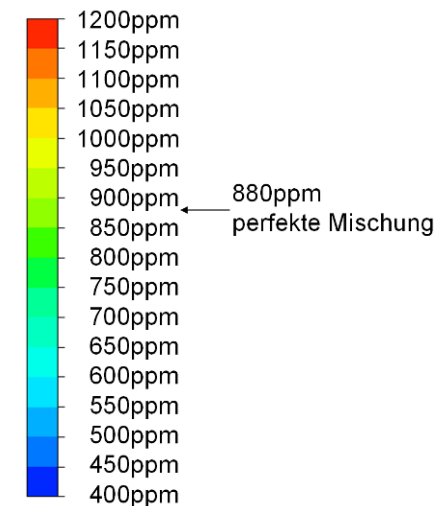
Geschwindigkeiten



CO₂ Verteilung

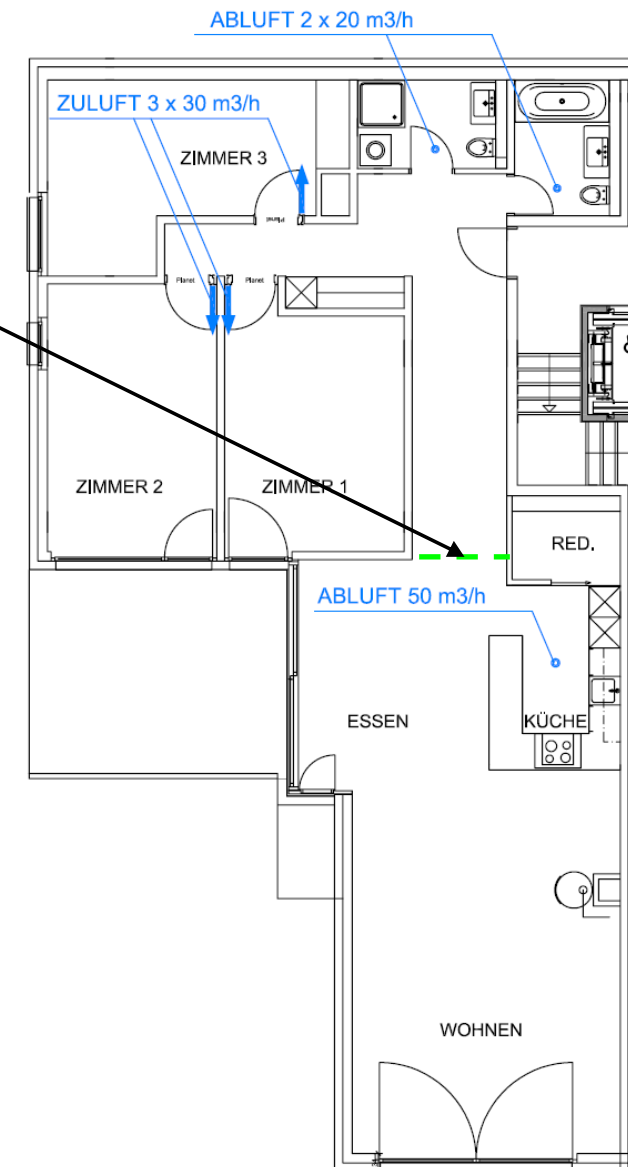


- Luft mischt sich im Aufenthaltsbereich fast überall perfekt
- Es gibt keine Bereiche mit hohen CO₂ Konzentrationen.
- Folglich steht erforderliche Aussenluft in diesen Bereichen zur Verfügung und das System funktioniert.
- Es sind thermische Quellen erforderlich.
- Sogar im strengsten Fall, mit sehr geringen thermischen Quellen, tritt keine abgestandene Luft auf.

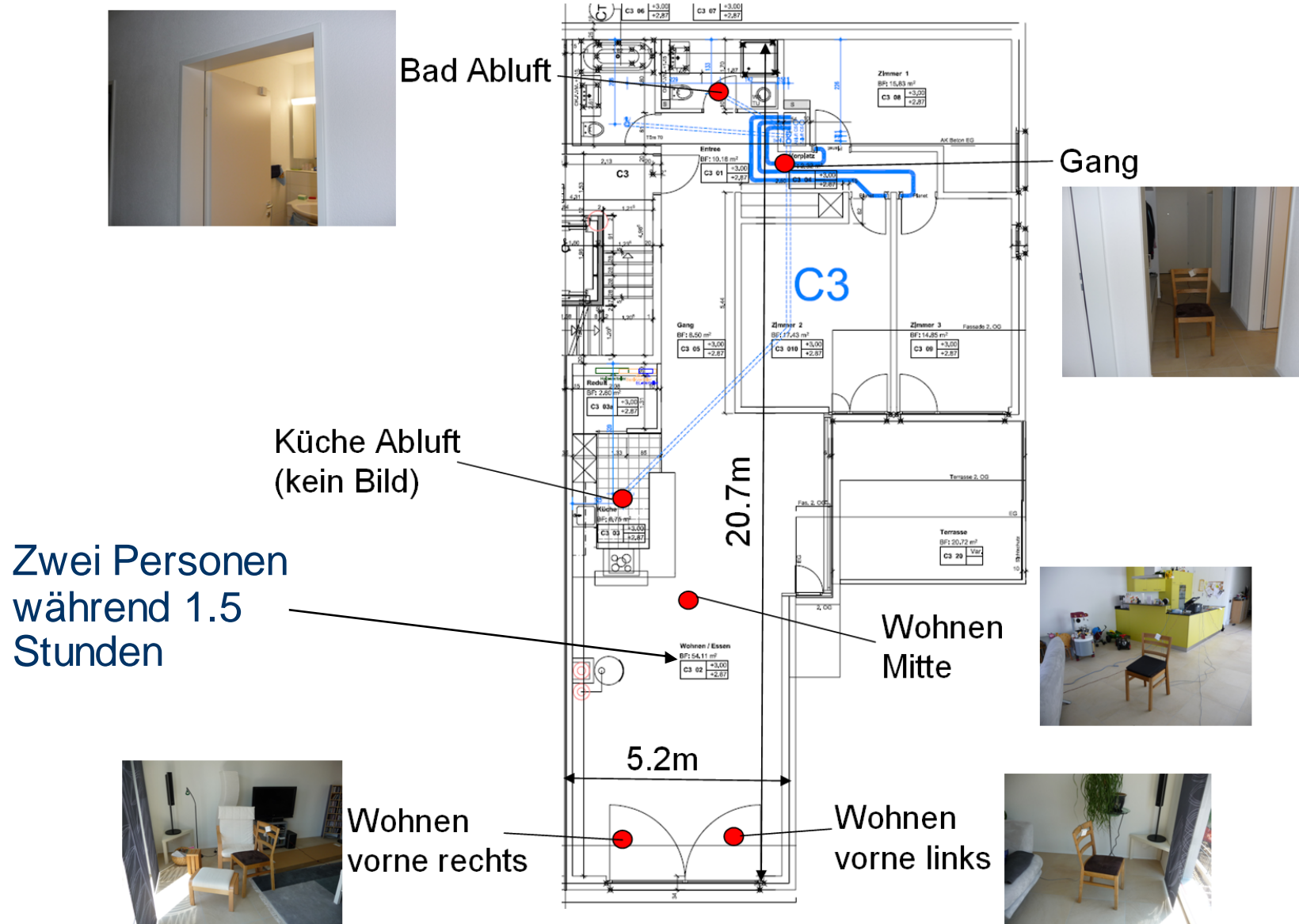


Grund: Thermische Strömung

- Schon bei 0.5K Differenz zwischen Zimmer und Wohnzimmer resultiert Volumenstrom im Gang (1.8m x 2.5m) von 700m³/h!
- Mit 90m³/h kann man 30W pro 1K Temperaturerhöhung zwischen Zu- und Abluft abführen.
- Mit 70W pro Person Wärmeabgabe hat man folglich immer:
 - Mindestens kleine Temperaturdifferenzen zwischen verschiedenen Bereichen
 - Resultierende thermische Volumenströme in Durchgängen, welche 10 bis 20mal so gross sind, wie Volumenstrom einer Zuluft.

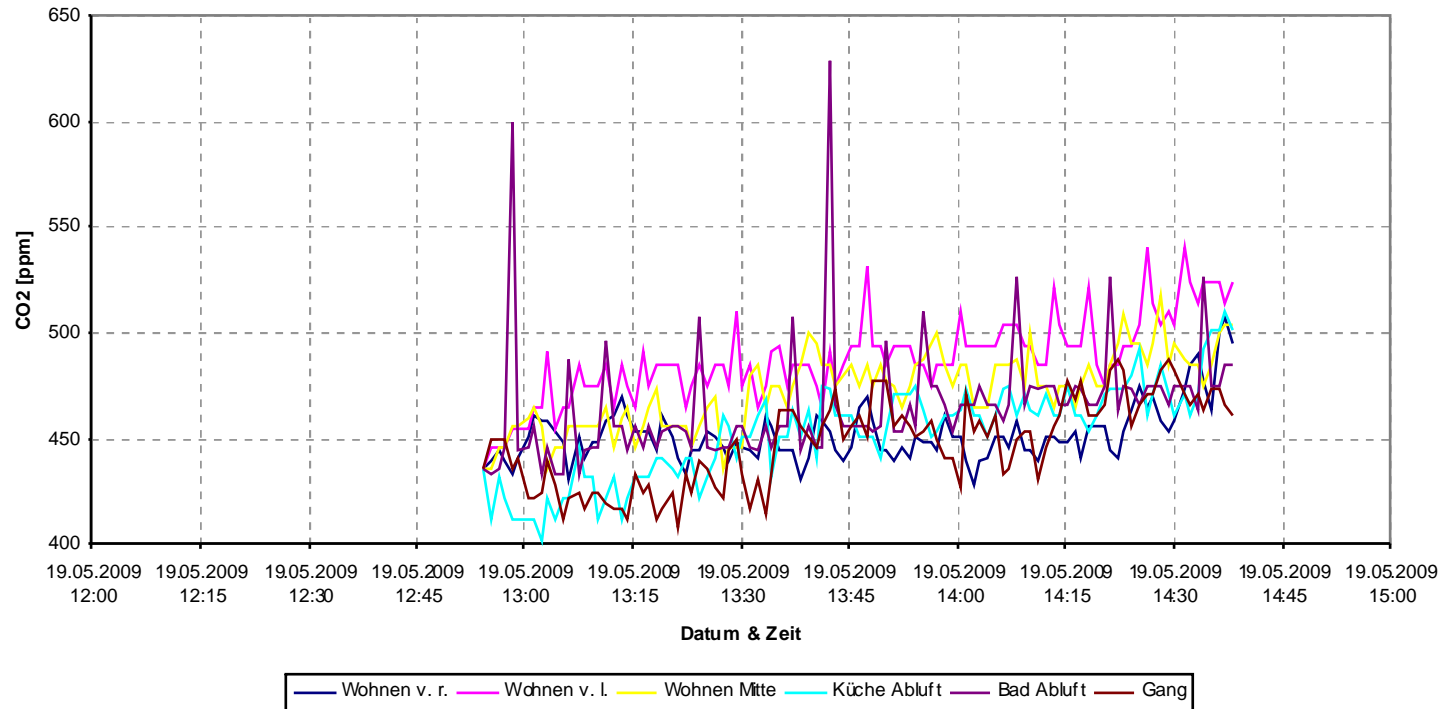


CO₂ Messungen: Übersicht Positionen Sensoren



CO₂ Messungen: Ergebnisse

CO₂-Messung Eglisa u, 19.05.2009



- Anstieg der CO₂ Konzentration bei allen Sensoren verläuft etwa parallel.
- D.h. es gibt keine „Anhäufung“ von CO₂ im Bereich Wohnzimmer
- Luft ist gut gemischt in der ganzen Wohnung.
- Folglich steht erforderliche Aussenluft in diesen Bereichen zur Verfügung.
- System funktioniert.

Rauchvisualisierung: Strömung im Durchgang

Strömung aus
Zimmerbereich in
Bereich
Essen/Wohnen
in unterer Hälfte



Strömung aus
Bereich
Essen/Wohnen in
Zimmerbereich in
oberer Hälfte



➔ Strömung im Durchgang führt zu guter Mischung in ganzer Wohnung.

Rauchvisualisierung: Nebel (=Frischluff) aus Zimmer

Nebel (Frischluff) strömt aus Zimmer in Gang



Nebel strömt im Gang um die Ecke



Nebel strömt dem Boden entlang in Wohnzimmer



Rauchvisualisierung: Strömung an Fassade

Nebel
(=Frischluft)
verteilt sich im
Bereich
Essen/Wohnen



Bereich bei Küchenabluft
ist am längsten nebefrei!

D.h., es gibt sicher keine
„Kurzschlussströmung“
aus dem Durchgang zur
Abluft!

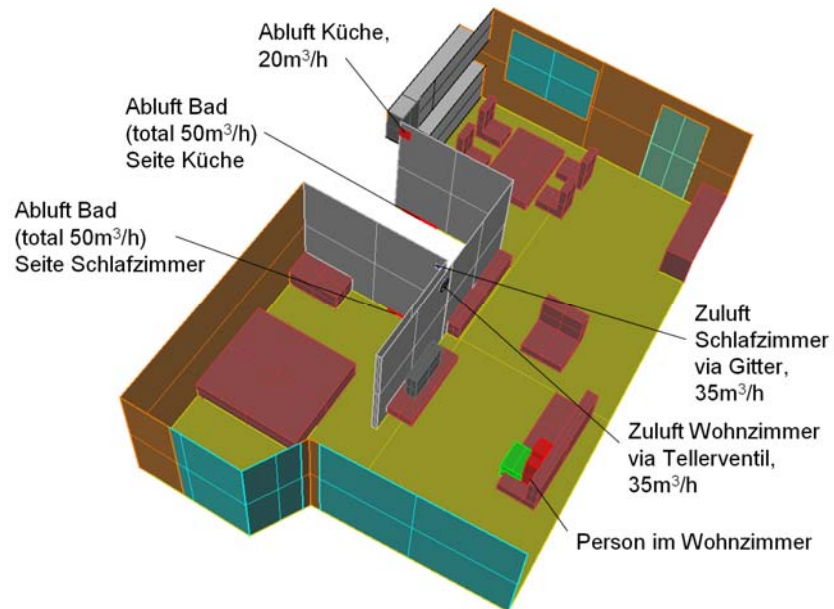


→ Strömung im Durchgang führt zu guter Mischung der ganzer Wohnung

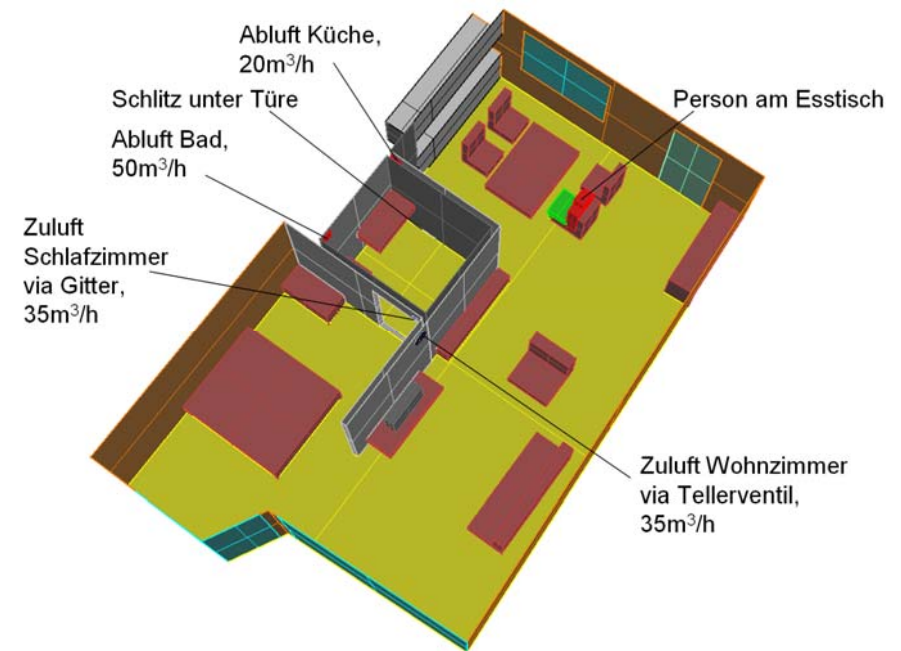
- Strömungssimulationen, CO₂ Messungen und Rauchvisualisierungen zeigen Folgendes:
 - Auf eigene Zuluftauslässe im Wohnzimmer kann verzichtet werden.
 - Es gibt keine „Anhäufung“ von CO₂ im Wohnzimmer, d.h. keine Bereiche mit hohen CO₂ Konzentrationen.
 - Die Luft ist gut gemischt in ganzer Wohnung.
 - Funktioniert auch bei sehr ungünstiger Raumform gut.
- Vorteile:
 - Tieferer Energieverbrauch
 - Tiefere Erstellungs- und Betriebskosten
 - Kleinere architektonische Einschränkungen

Bsp. Zweizimmerwohnung

Situation 1

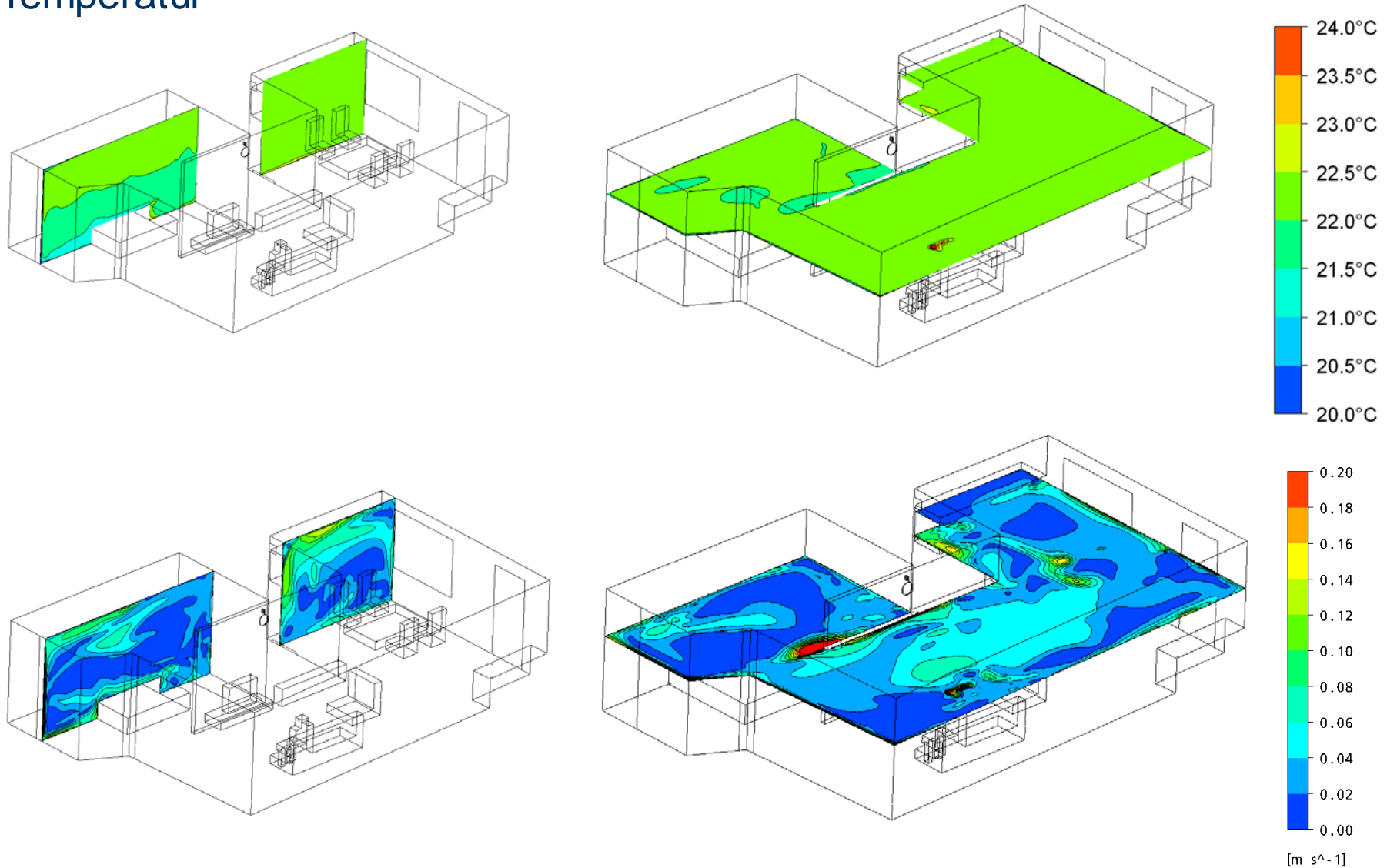


Situation 2



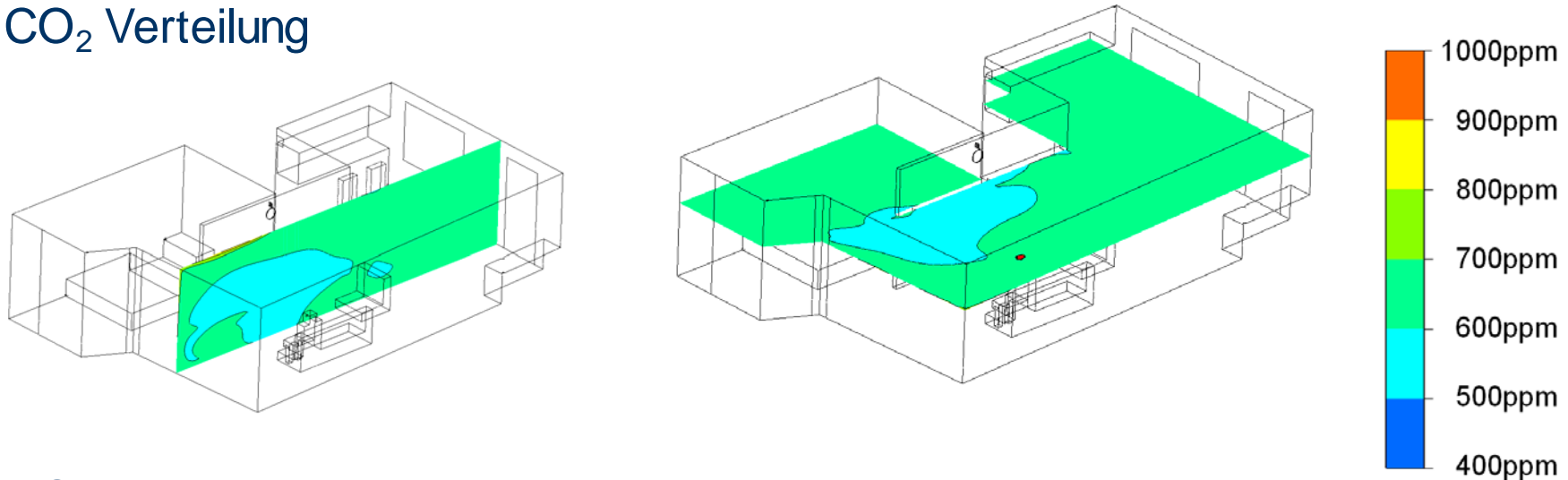
Simulation: Resultate, Winter ($T_{\text{ausßen}} = 4^{\circ}\text{C}$)

Temperatur



Simulation: Resultate, Winter ($T_{\text{ausssen}} = 4^{\circ}\text{C}$)

CO₂ Verteilung



- Gute Mischung in der Wohnung
- Gleichmässige Temperatur- und CO₂-Verteilung
- Keine Bereiche, in welchen sich verbrauchte Luft ansammelt
- Resultierende mittlere CO₂-Konzentration in der Grössenordnung der CO₂-Konzentration der perfekten Mischung mit 70m³/h/Person Zuluft
- Alle 70m³/h tragen zur Mischung bei und es stellt sich keine Kurzschlussströmung ein.