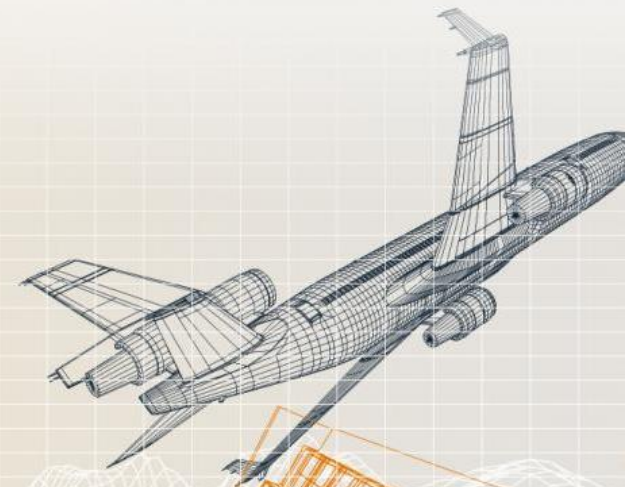
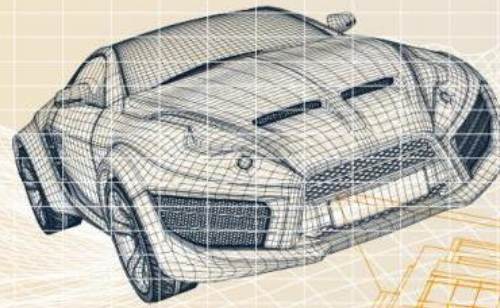


Minimierung des aerosolbasierten Ansteckungsrisikos mit Covid-19 durch ein intelligentes Lüftungskonzept und Raummanagement



Am Beispiel eines Seminarraumes

M.Sc. Timo Tumforde
Dr. Johannes Brunnemann
Dipl.-Ing. Jörg Eiden



Die Wissenschaft zur Infektionsgefahr von Covid-19 durch Aerosole

„Ab irgendeinem Zeitpunkt brauchen wir einfach vielleicht auch eine große Überarbeitung unserer jetzigen Richtlinien anhand neu aufkommender Vorstellungen zum Infektionsmechanismus, und dazu muss man einfach jetzt anerkennen, die Aerosolübertragung spielt eine wichtige Rolle. Sicherlich die Tröpfchenübertragung spielt auch weiterhin eine Rolle. [...] Aber im Gewichtsverhältnis zur Aerosolübertragung ist das wahrscheinlich eine geringere Komponente.“

Prof. Christian Drosten in einem Interview veröffentlicht im Deutschlandfunk am 25.05.2020

https://www.deutschlandfunk.de/virologe-drosten-zu-aerosol-uebertragung-im-alltag-eher.694.de.html?dram:article_id=477312

„Was aber befindet sich im Corona-Werkzeugkasten für den Herbst und Winter, wenn wir uns nicht mehr vor der Zufallsbegegnung fürchten, sondern wie vor Jahrhunderten schon vor der 'Fäulnis der Luft', zu der es keinen Abstand gibt? [...] Die Strategie von fünf Quadratmetern pro Person in Gaststätten und Kneipen ist schon deshalb nicht überzeugend, weil es um Kubikmeter geht und darum, wie schnell [...] Low-Tech-Fenster die Luft austauschen [...] können.“

Prof. Alfred Nordmann in einem Gastbeitrag vom 03.06.2020 auf Zeit-Online

<https://www.zeit.de/wissen/gesundheit/2020-06/sars-cov-2-coronavirus-infektionswellen-eindaemmung-virenabwehr-forschung>

Die wichtigsten Übertragungswege von COVID-19

Direkter Kontakt



- Hände schütteln,
- Umarmungen, etc.

Individuelle Risikominimierung: Abstand!

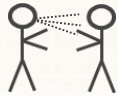
Indirekter Kontakt



- Infizierte Flächen,
- Gegenstände, etc.

Individuelle Risikominimierung: vermehrte Handhygiene!

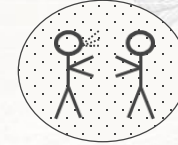
Große Tröpfchen



- Sprechen, Niesen, Husten
- Tröpfchengröße $> 5 \mu\text{m}$,
- Infektionsrisiko bei Abständen $< 1,5\text{m} - 2\text{m}$

Individuelle Risikominimierung: Abstand, Tragen von Masken

Aerosole

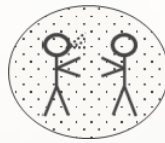


- Atmen, Sprechen, ...
- Tröpfchengröße $< 5 \mu\text{m}$,
- Infektionsrisiko auch bei Abständen $> 2\text{m}$ bei ausreichender Aufenthaltsdauer in kontaminierter Raumluft
- Verbreitung durch Klimaanlage nicht ausgeschlossen
- Einfluss von Luftfeuchtigkeit und -temperatur auf die Lebensdauer der infektiösen Viren

Wenig Möglichkeiten der individuellen Einflussnahme!

Kollektive Risikominimierung mithilfe intelligenter Lüftungsstrategien

Infektionsrisiko von Covid-19 durch Aerosole



Im Sommer hilft **Lüften**,
Lüften und nochmals
Lüften, aber wie sieht es bei
schlechtem Wetter im
Herbst und Winter aus?



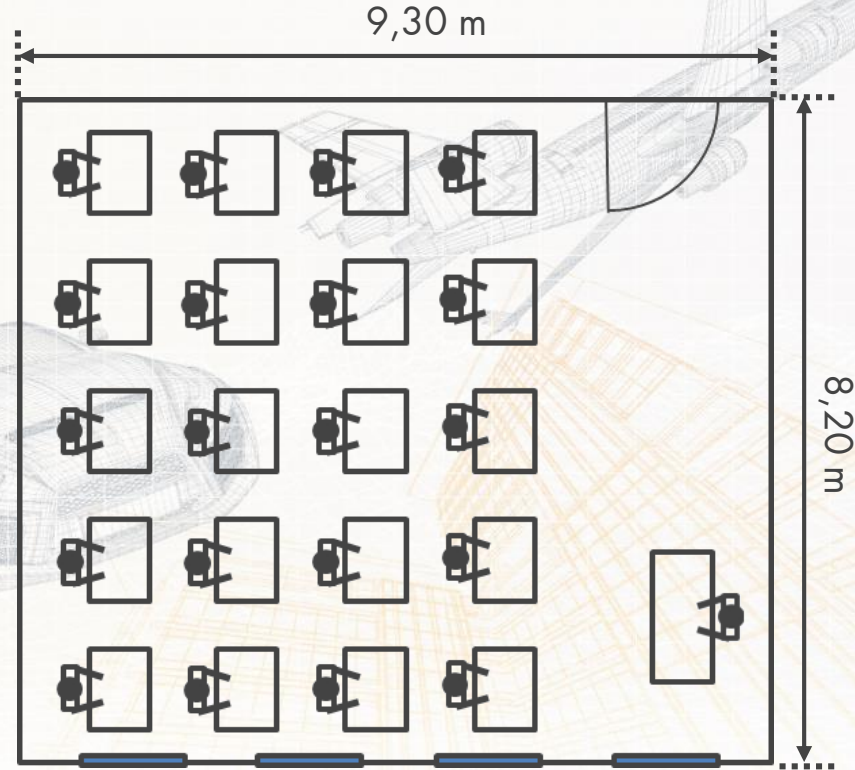

Simulation GmbH

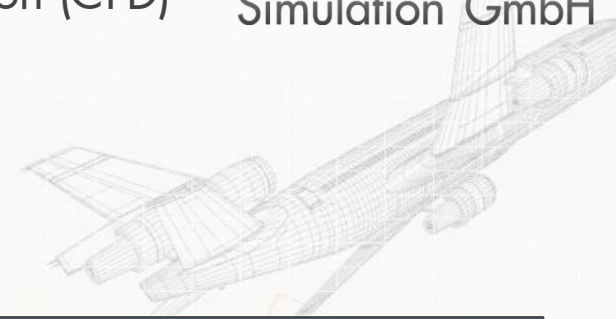
Unsere Idee:

Mit intelligenten Lüftungs- und Heizkonzepten und einer gezielten Steuerung der Raumbelugung können Zustände hergestellt werden, die der Situation im Sommer zumindest ähneln.

Ein Beispiel: Seminarraum belegt mit 21 Personen

- Abmessungen des Raumes (L x B x H):
 - 9,30 m x 8,20 m x 3 m
- 4 großflügelige Fenster (1,65 m x 1,29 m)
- 1 Tür (2,15 m x 1 m)
- 21 Personen atmen jeweils 18,9 l/h CO₂ aus und geben einen Wärmestrom von 50 W ab
- Heizkörper bei Bedarf in Betrieb
- Im Falle eines oder mehrerer anwesenden Infizierten im Raum steht die die CO₂-Konzentration auch für ein gewisses Ansteckungsrisiko durch das Einatmen von infektiösen Aerosolen und kann als Gradmesser für die Infektionsgefahr verwendet werden.

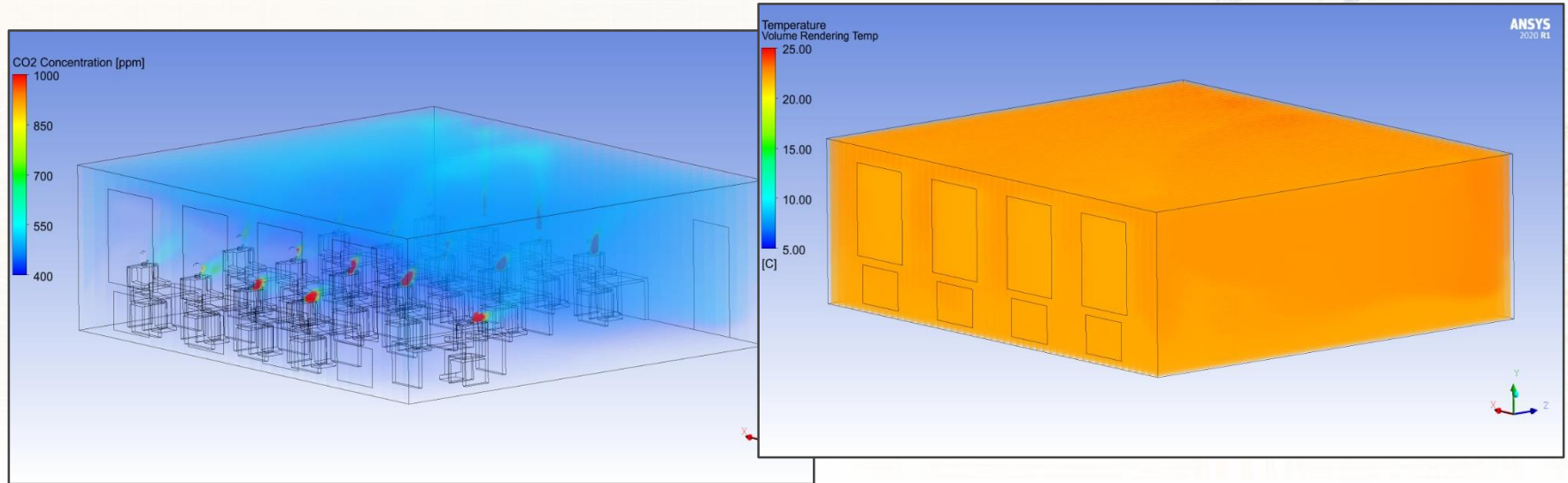




Sommer mit durchgehend geöffneten Fenstern

- Ergebnisse einer detaillierten, stationären Strömungssimulation (CFD)
 - Geringe CO₂-Konzentration im Raum
 - Die Raumtemperatur liegt etwas oberhalb von 22°C

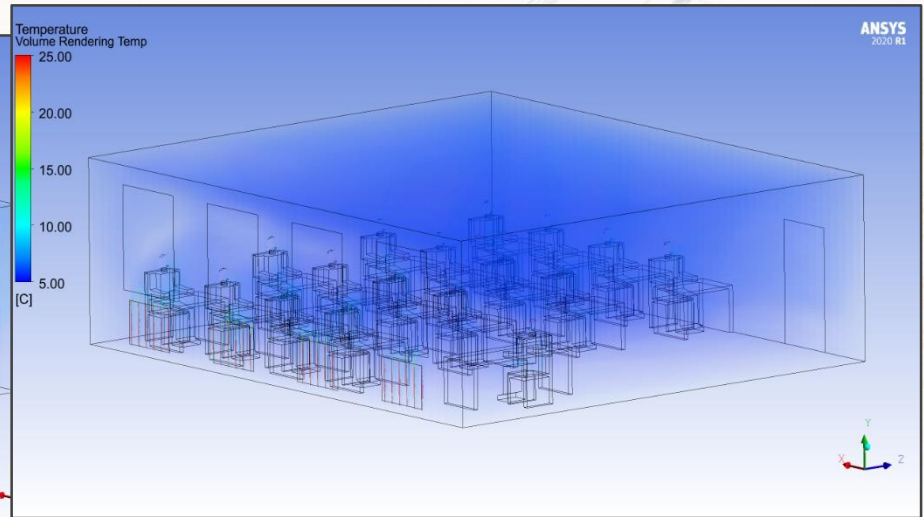
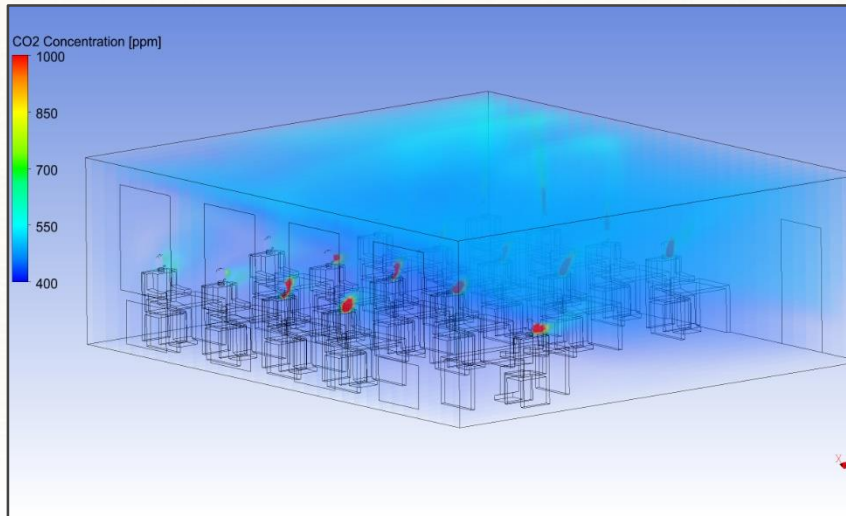
Referenzfall für die Wintermonate



Winter (5°C) mit durchgehend geöffneten Fenstern

- Ergebnisse einer detaillierten, stationären Strömungssimulation (CFD)
 - CO₂-Konzentration ähnlich gering wie im Sommerfall
 - Die durchschnittliche Raumtemperatur liegt bei nur ca. 6°C

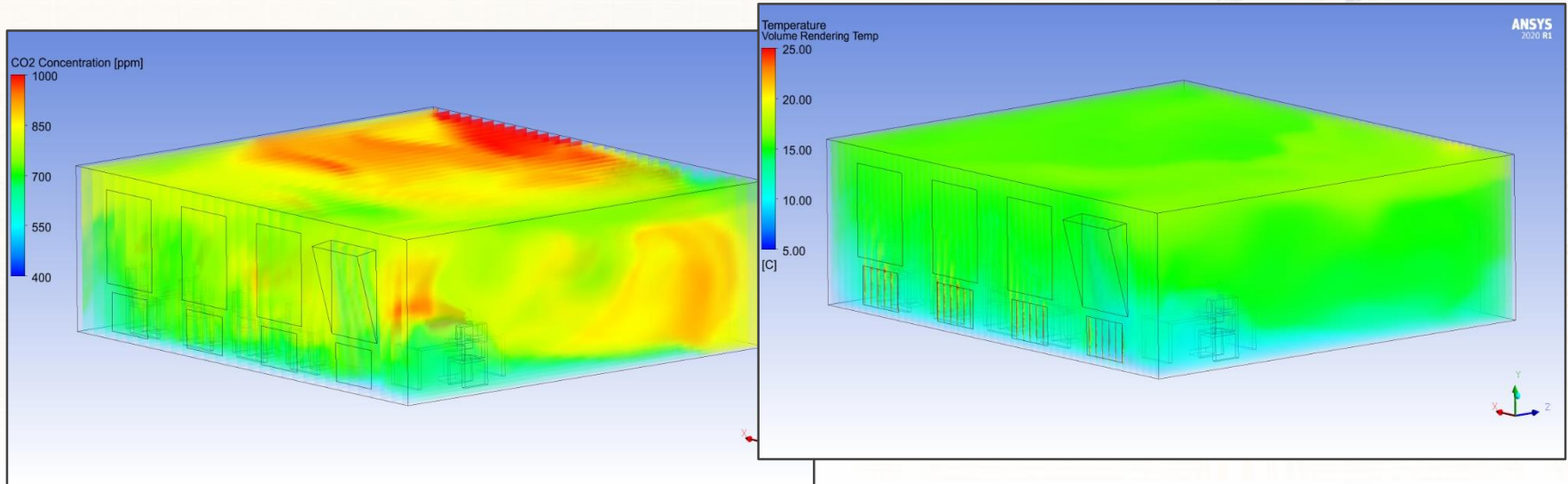
Deutlich zu kalt für einen dauerhaften Aufenthalt !



Winter (5°C) mit einem Fenster in Kippstellung

- Ergebnisse einer detaillierten, stationären Strömungssimulation (CFD) mit einem Fenster in Kippstellung & Heizkörper in Betrieb
 - Deutlich höhere CO₂-Konzentrationen im Raum !
 - Die durchschnittliche Raumtemperatur liegt bei ca. 15 °C

Deutlich erhöhtes Infektionsrisiko !



Infektionsrisiko vs. Raumkomfort vs. Raumauslastung

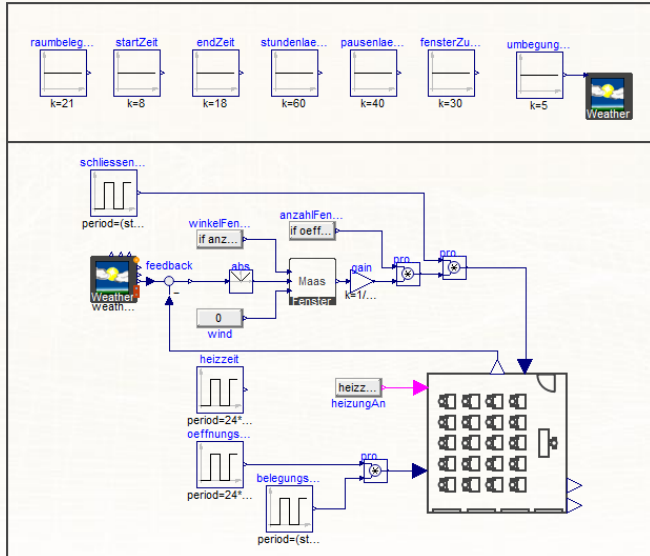
Mit offenen Fenstern wird es also zu kalt, bei geschlossenen Fenstern steigt das Infektionsrisiko ...
Aber was können wir tun?



Mithilfe von dynamischen Modellen finden wir ein Belegungsprofil und eine intelligente Lüftungs- und Heizstrategie für einen optimalen Kompromiss aus minimiertem Infektionsrisiko, der Raumauslastung und der Einhaltung eines Mindestkomforts im Raum

Infektionsrisiko vs. Raumkomfort vs. Raumauslastung

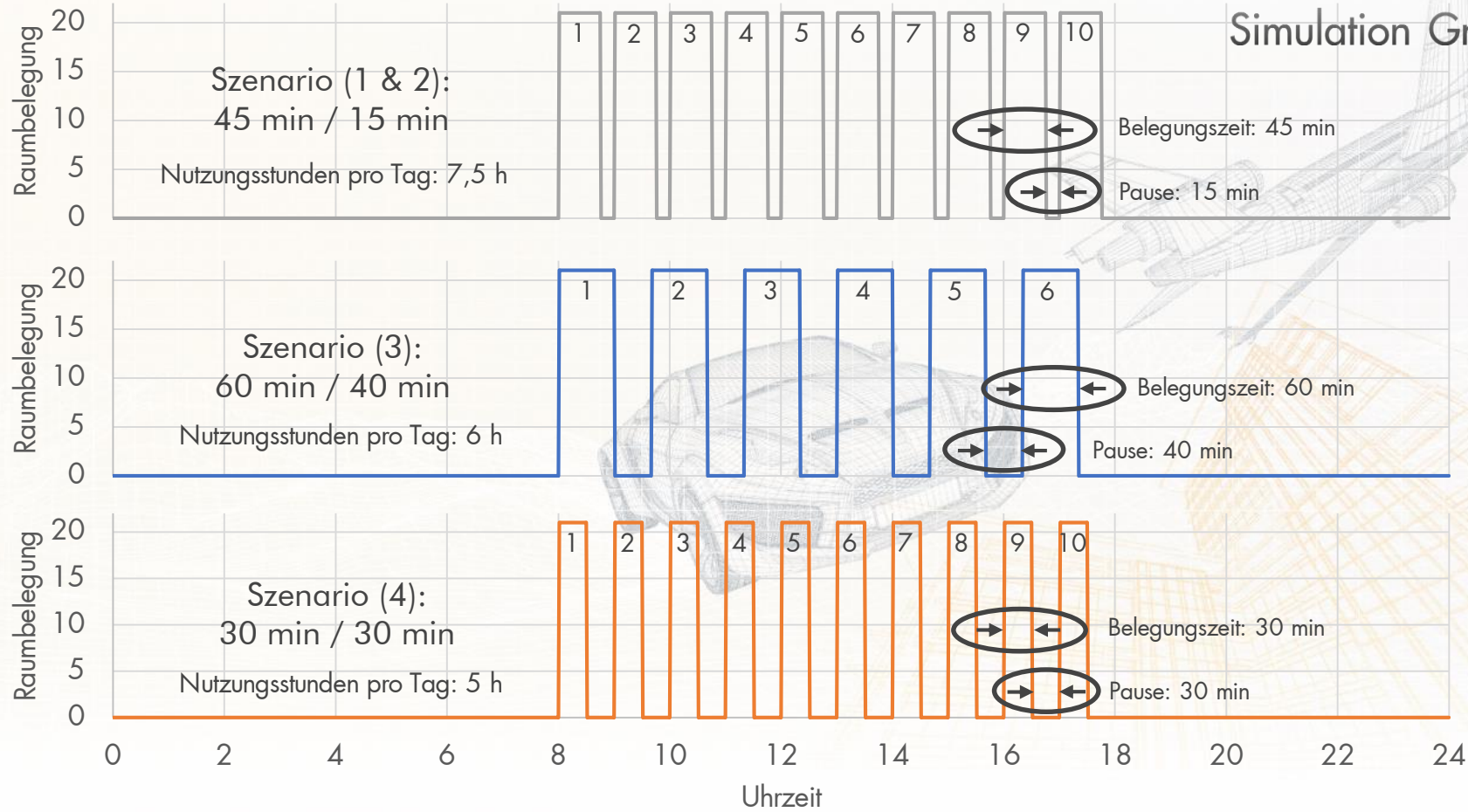
- Dynamisches Modell des Seminarraums für schnelle Simulationen von verschiedenen Konfigurationen
- Ziel: Möglichst hohe Raumauslastung bei niedriger Virenbelastung und einer möglichst angenehmen Raumtemperatur



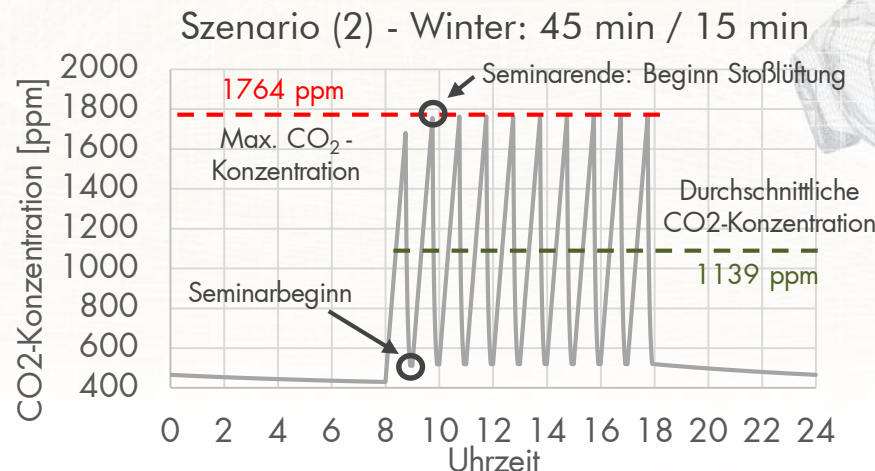
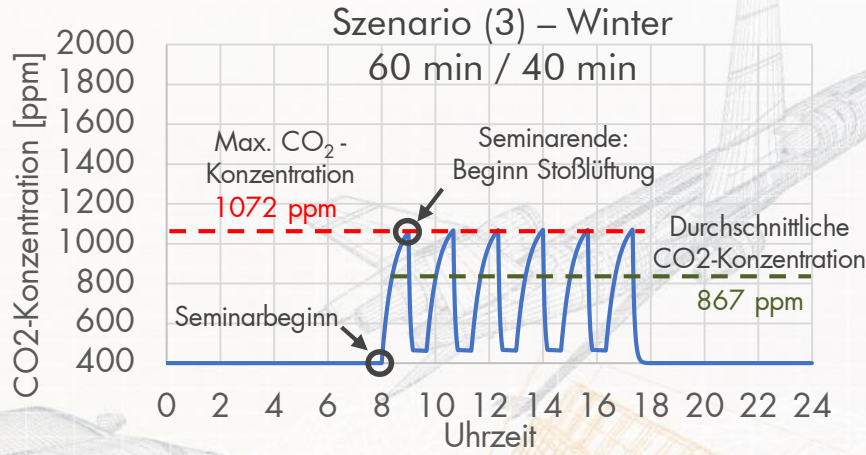
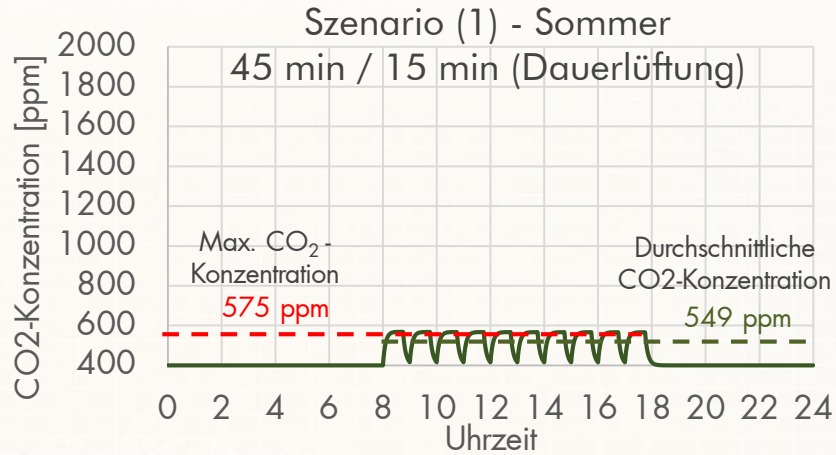
• Szenarien:

- (1) Referenzszenario: Dauerlüftung im Sommer (22°C)
45 min Belegungszeit / 15 min Pause
 - (2) Winter (5°C): 45 min Belegungszeit / 15 min Pause
(10 min Stoßlüften / 5 min Aufheizphase)
 - (3) Winter (5°C): 60 min Belegungszeit / 40 min Pause
(10 min Stoßlüften / 30 min Aufheizphase),
1 Fenster auf Kippstellung während Belegungszeit
 - (4) Winter (5°C): 30 min Belegungszeit / 30 min Pause
(15 min Stoßlüften / 15 min Aufheizphase)
- Raumbesetzung jeweils von 16 – 28 Personen

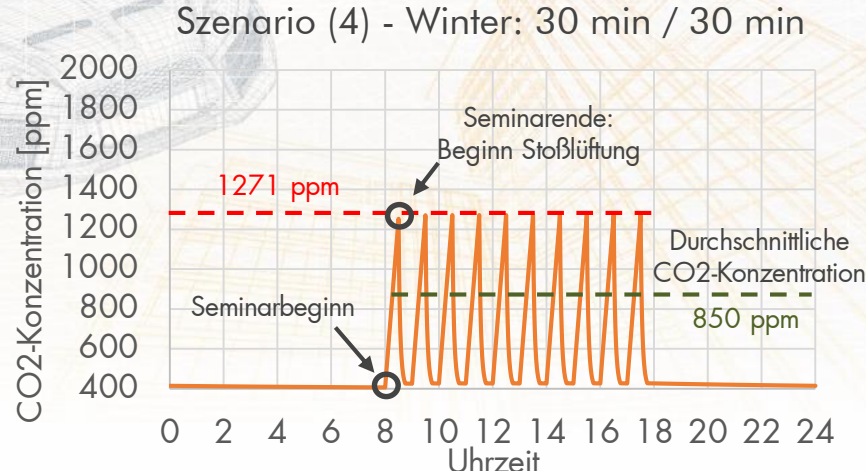
Belegungsprofil des Seminarraums (8:00 Uhr – 18:00 Uhr)



CO₂-Konzentrationen im Tagesverlauf (für 21 Personen)

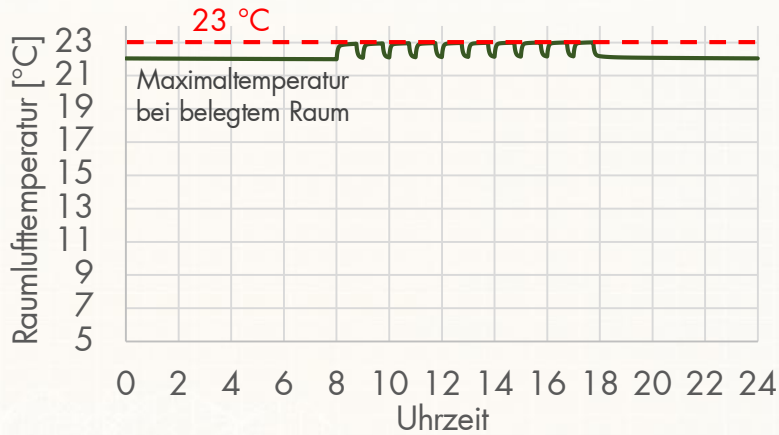


CO₂-Konzentration der Umgebungsluft: 400 ppm

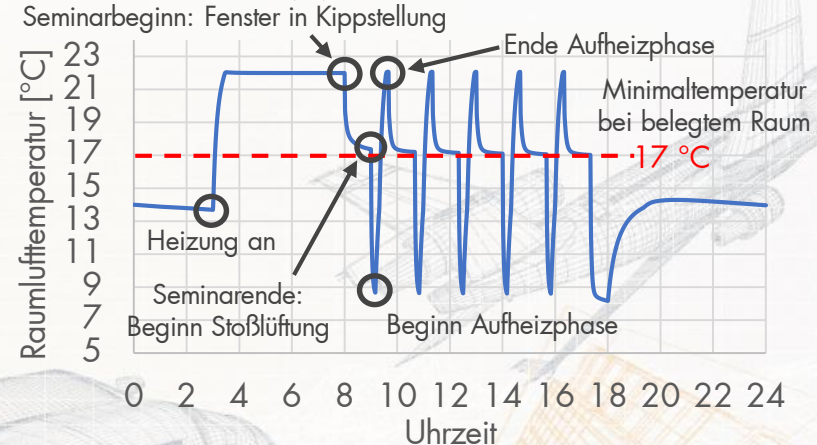


Raumlufttemperaturen im Tagesverlauf (für 21 Personen)

Szenario (1) - Sommer: 45 min / 15 min (Dauerlüftung)

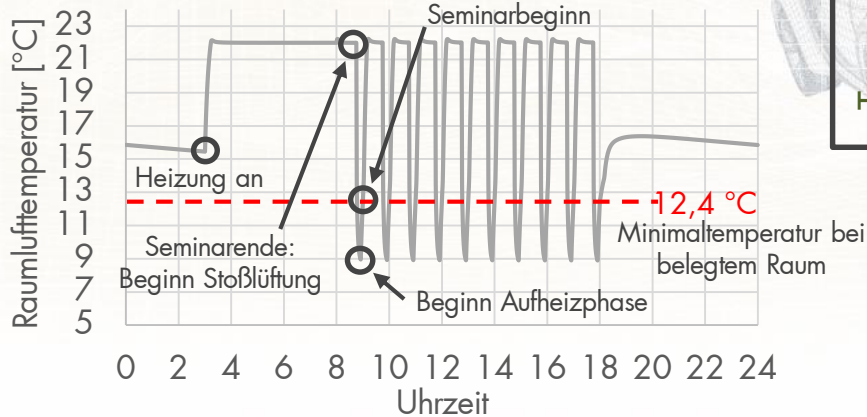


Szenario (3) - Winter: 60 min / 40 min

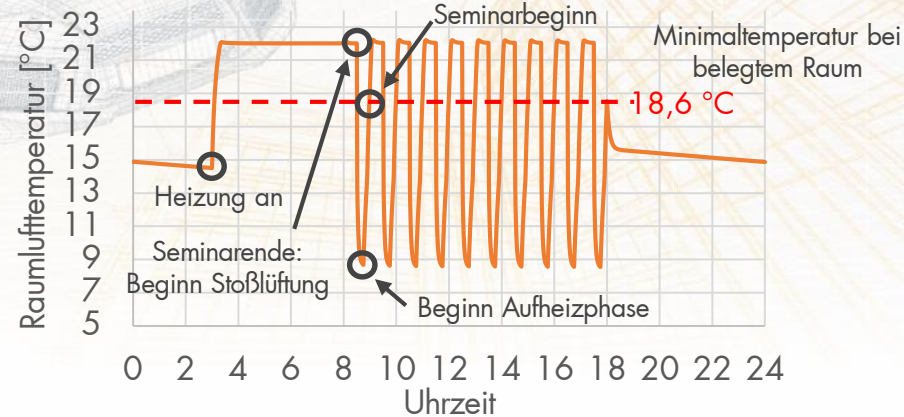


Temperatur der Umgebungsluft: 22°C (Sommer)/5°C (Winter)

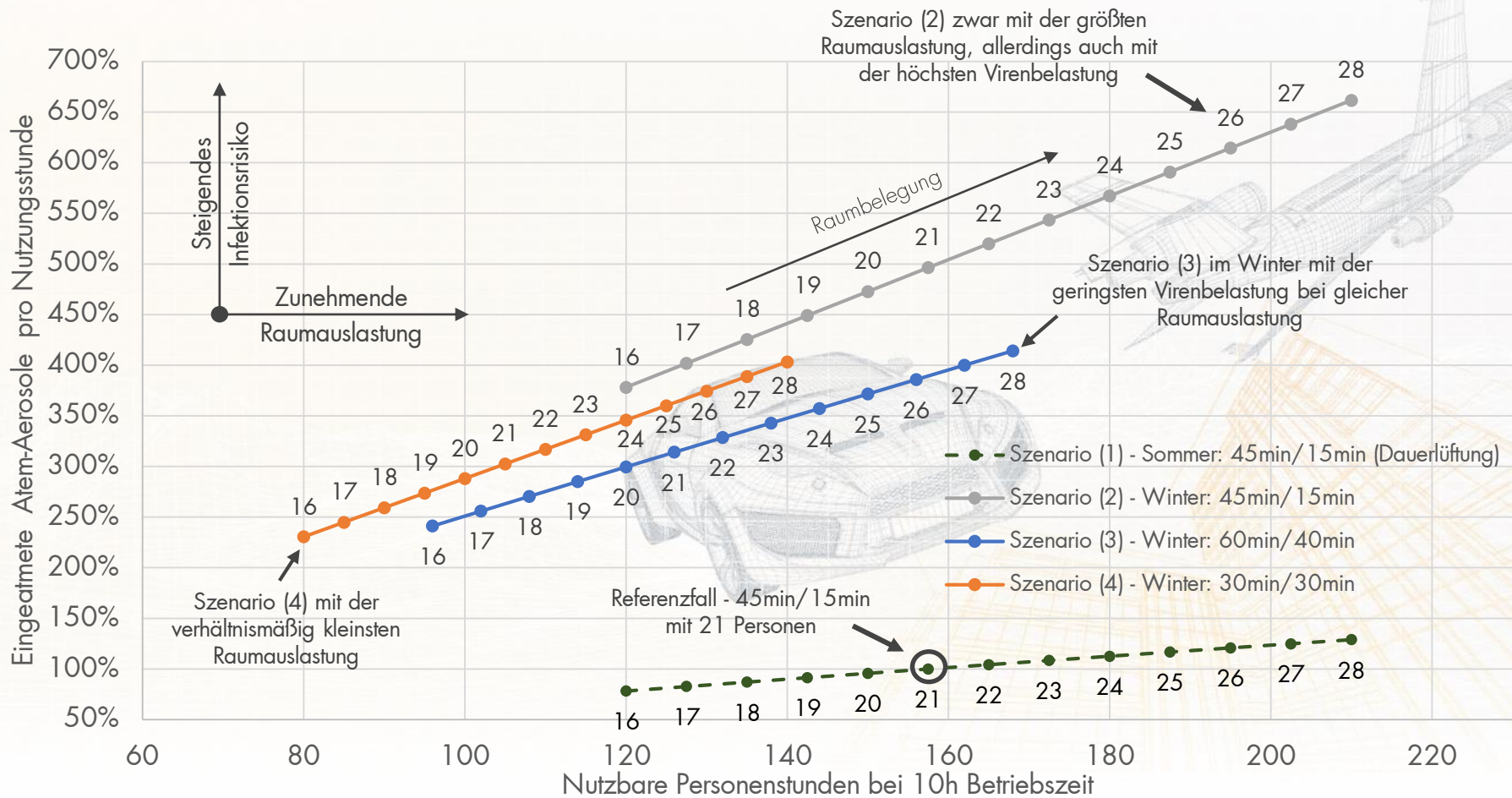
Szenario (2) - Winter: 45 min / 15 min



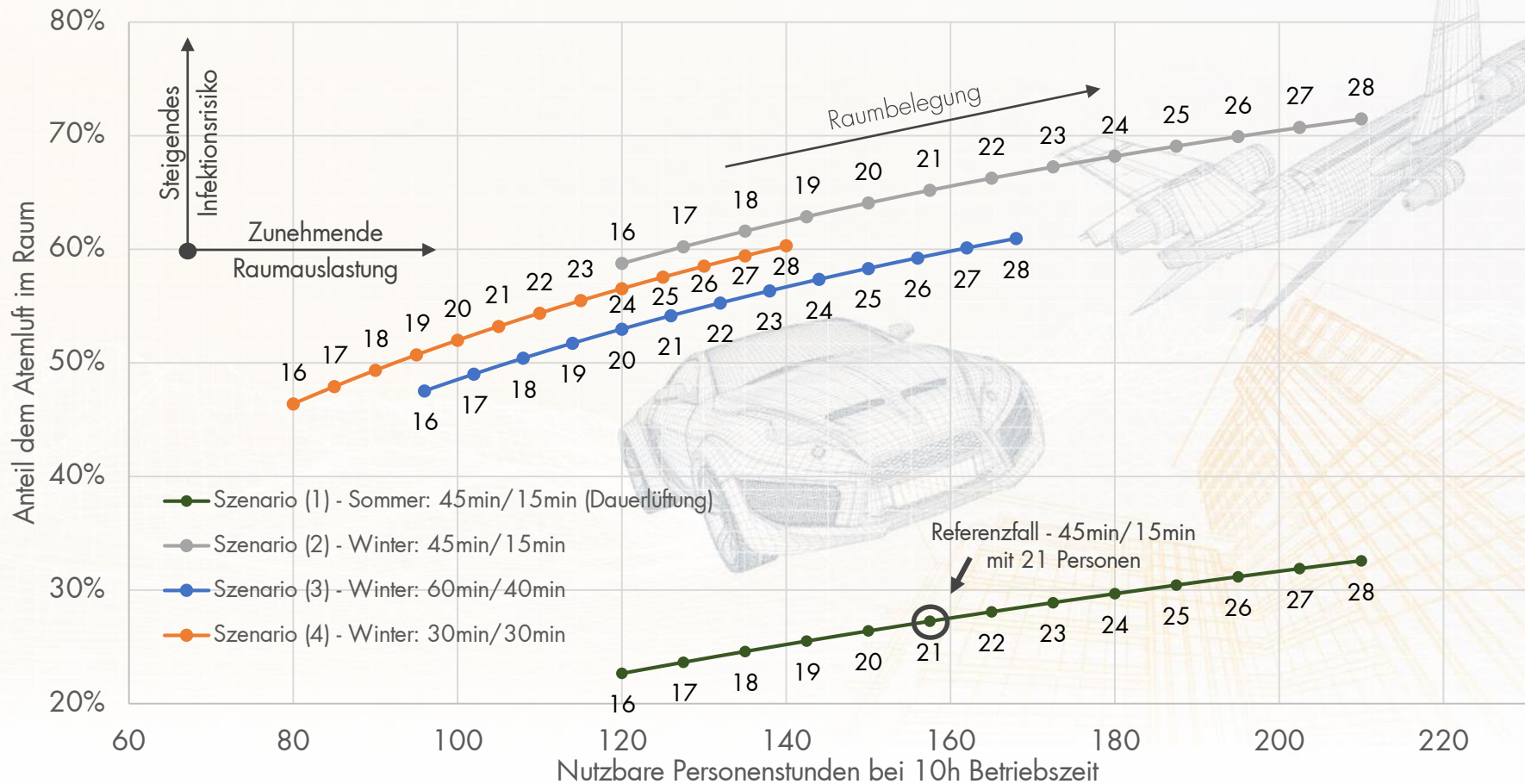
Szenario (4) - Winter: 30 min / 30 min



Atemluft-Aerosole in der Raumluft

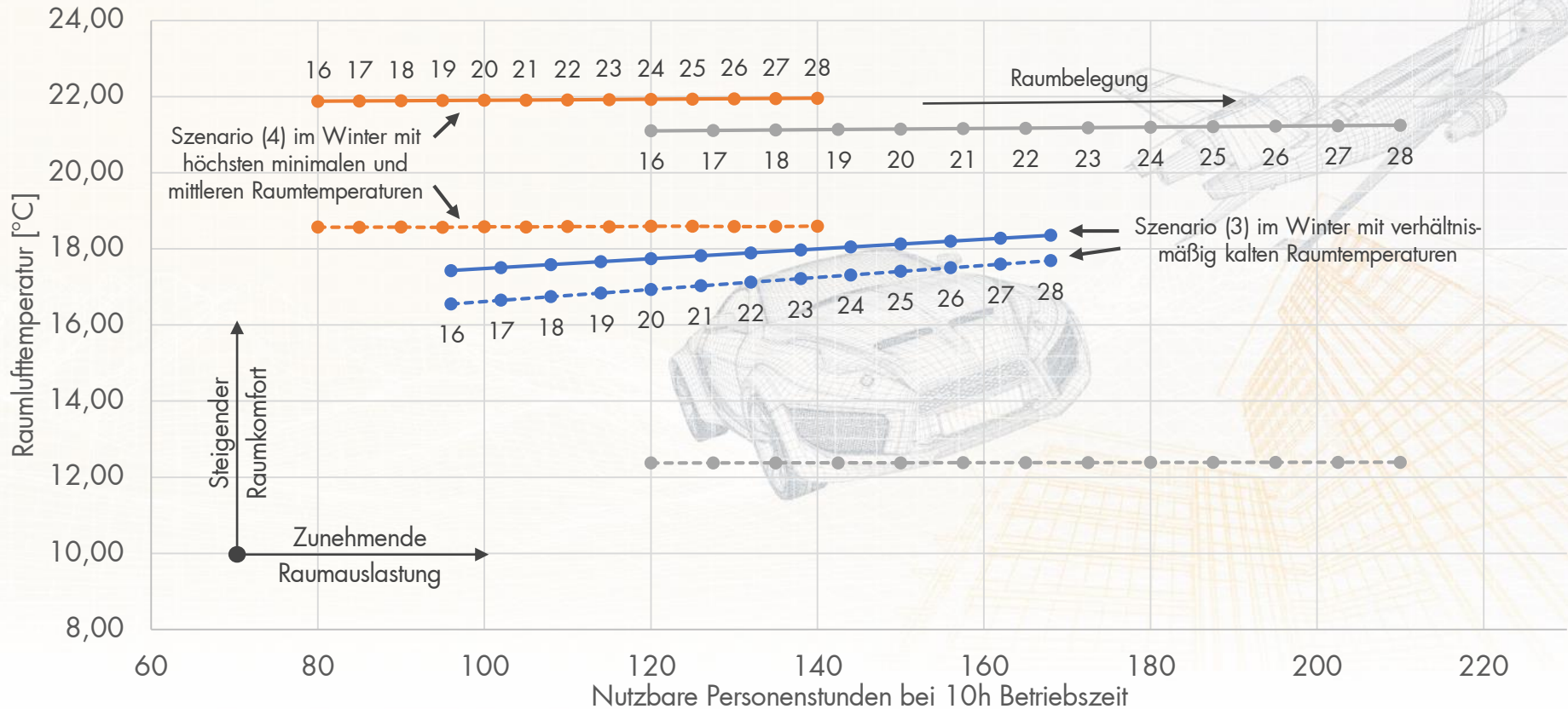


Anteil der Raumluft, die mind. 1x ein- und ausgeatmet wurde



Lufttemperaturen/thermischer Komfort im Raum

- Szenario (2) - Winter: 45 / 15 (min)
- Szenario (3) - Winter: 60 / 40 (min)
- Szenario (4) - Winter: 30 / 30 (min)
- Szenario (2) - Winter: 45 / 15 (mittel)
- Szenario (3) - Winter: 60 / 40 (mittel)
- Szenario (4) - Winter: 30 / 30 (mittel)



Bewertung der Ergebnisse

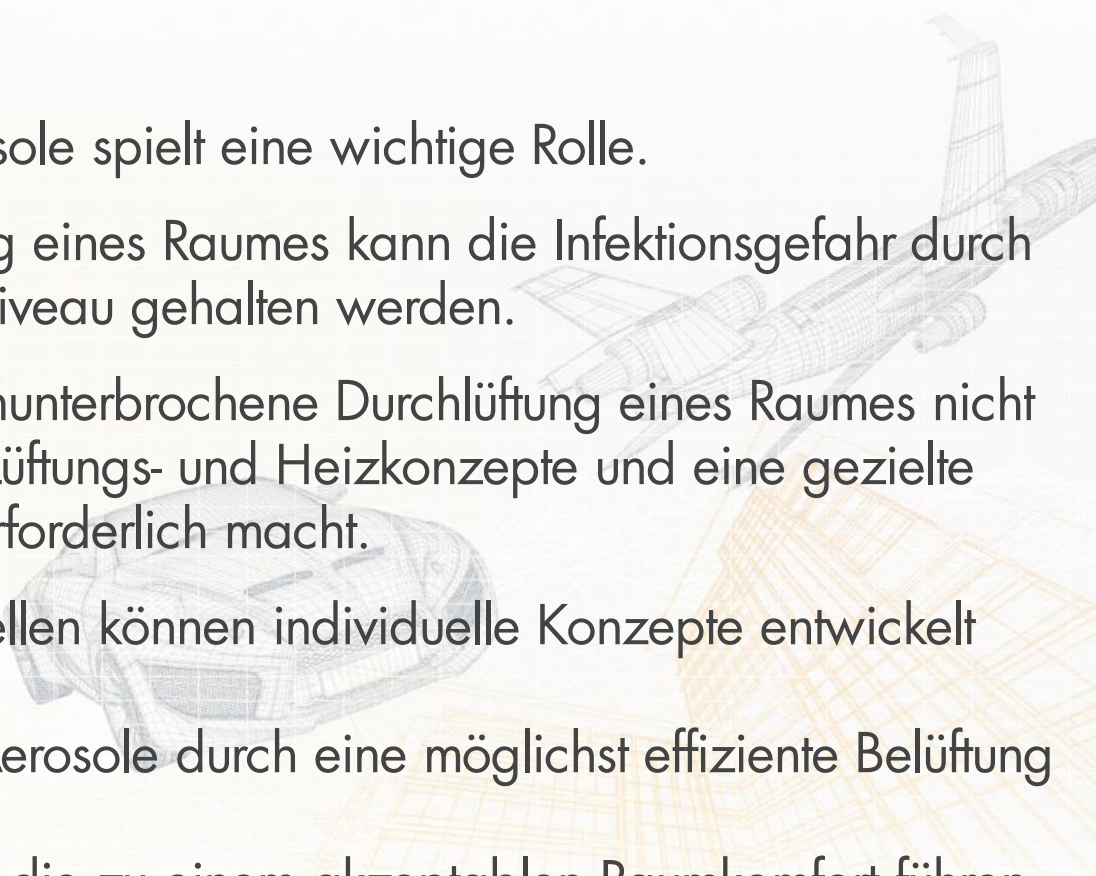
Und was heißt das jetzt?




Mit verkürzten Belegungszeiten von 30 min mit anschließenden 30 min zur Lüftung und zum Wiederaufheizen - Szenario (4) - lassen sich im Winter die angenehmsten Temperaturen bei moderaten Virenbelastungen erhalten. Die Raumauslastung ist allerdings verhältnismäßig klein.

Mit verlängerten Belegungszeiten von 60 min bei gleichzeitiger Lüftung durch ein Fenster in Kippstellung und mit anschließenden 40 min zur Lüftung und zum Wiederaufheizen - Szenario (3) - lassen sich im Winter ähnlich geringe Virenbelastungen bei einer vergleichsweise hohen Raumauslastung erzielen. Die Raumtemperaturen sind allerdings verhältnismäßig gering.

Noch einmal zusammengefasst

- Die Infektionsgefahr durch Aerosole spielt eine wichtige Rolle.
 - Mit einer durchgehenden Lüftung eines Raumes kann die Infektionsgefahr durch Aerosole auf einem geringen Niveau gehalten werden.
 - Im Herbst und Winter ist eine ununterbrochene Durchlüftung eines Raumes nicht mehr möglich, was intelligente Lüftungs- und Heizkonzepte und eine gezielte Steuerung der Raumbelastung erforderlich macht.
 - Mithilfe von dynamischen Modellen können individuelle Konzepte entwickelt werden, die
 - a) das Infektionsrisiko durch Aerosole durch eine möglichst effiziente Belüftung minimieren,
 - b) Temperaturen sicherstellen, die zu einem akzeptablen Raumkomfort führen,
 - c) eine möglichst hohe Auslastung eines Raumes ermöglichen.
- 
- The background features two wireframe models. One is a commercial airplane, shown from a side-on perspective, with its wings and tail clearly visible. The other is a car, shown from a top-down perspective, highlighting its roof and side panels. Both models are rendered in a light, semi-transparent style, allowing the text to remain the primary focus.



Wir erläutern Ihnen gerne unser Vorgehen
und Ihre individuellen Möglichkeiten zur
Nutzungsoptimierung Ihrer Räumlichkeiten.

Sprechen Sie uns einfach an !

info@xrg-simulation.de

+49 40 766 29 2630