Universität Stuttgart
Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

Gefordert! Mindestaußenluftströme für Nichtwohngebäude. Ein europäischer Vergleich.

ISH Frankfurt – Hotspot Indoor Air

Gesunde Innenraumqualität- mehr als Infektionsschutz. Wie viel Frischluft brauchen Menschen zum Leben und Arbeiten?

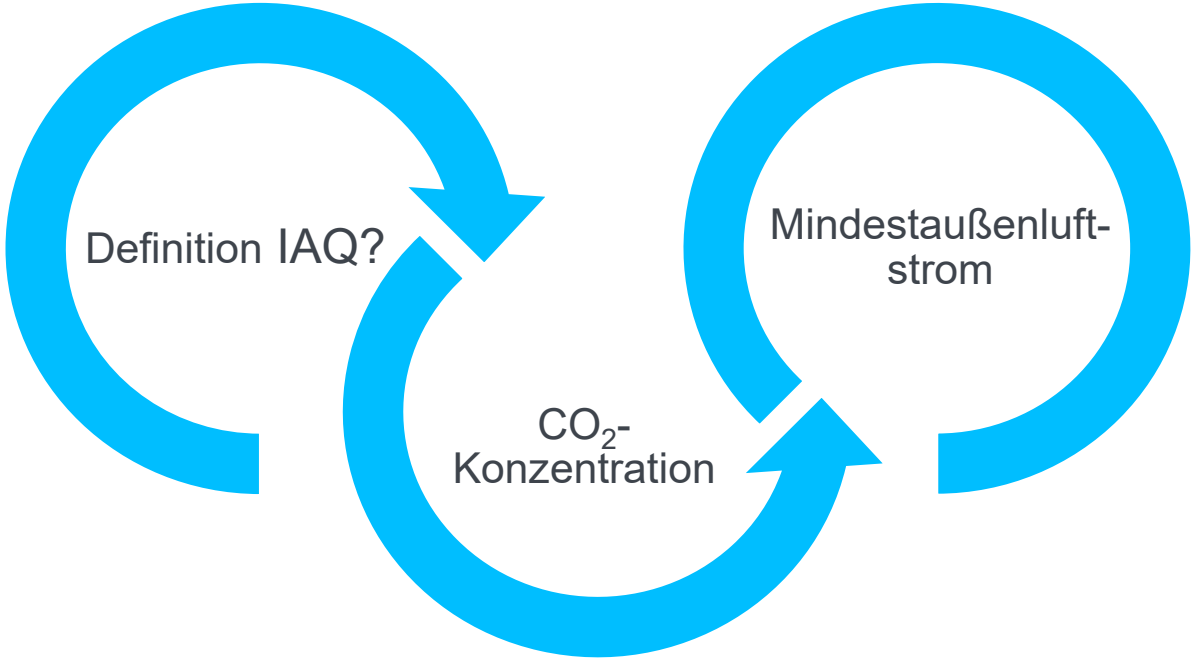
13.03.2023

Benjamin Walz,
M. Sc.

IGTE

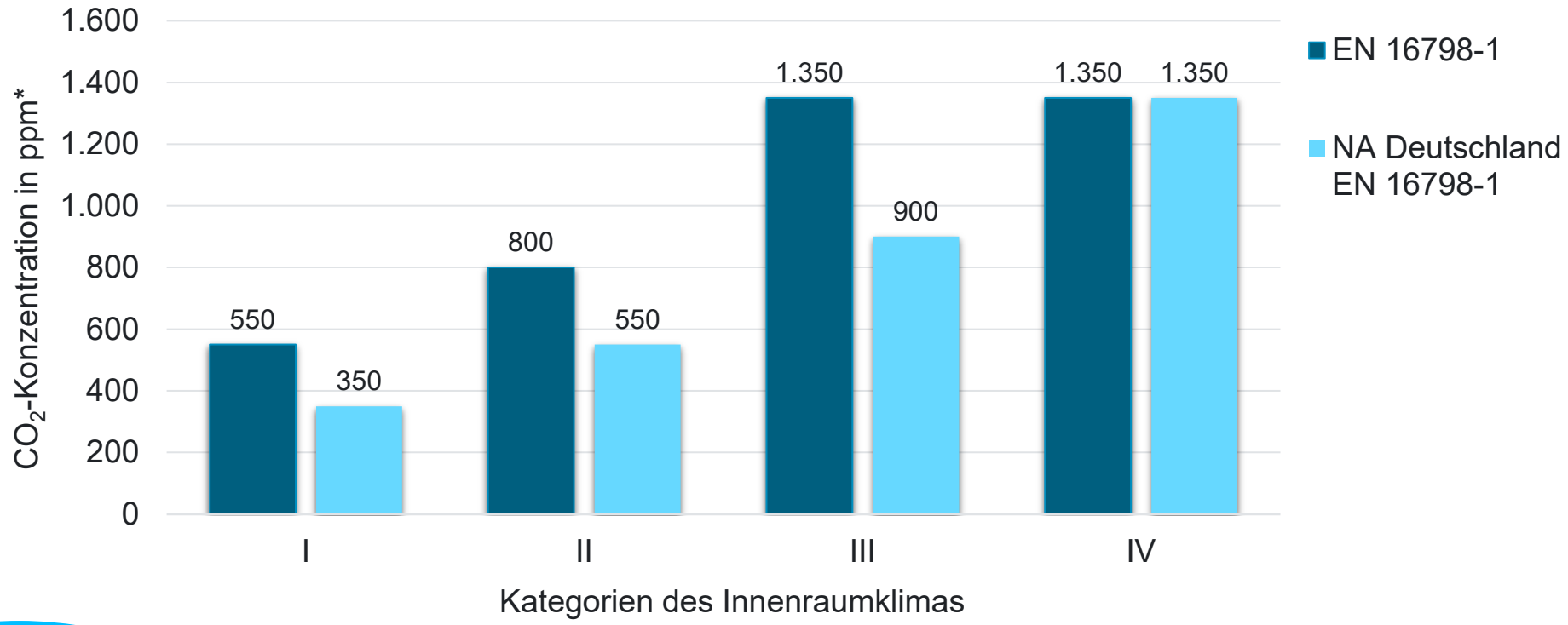
Hintergrund

- Dimensionierung Lüftungsanlage
  - Energieeffizienz
  - Thermische Behaglichkeit
  - **Indoor Air Quality (IAQ)**



Welche Vorgaben gibt es?

- EN 16798-1: Energetische Bewertung von Gebäuden – Lüftung von Gebäuden



*oberhalb der Konzentration in der Außenluft (ca. 400 ppm)

Welche Vorgaben gibt es?

- Drei Verfahren zur Bestimmung des Mindestaußenluftstroms nach EN 16798-1
  - Verfahren 1: Auf der Grundlage der wahrgenommenen Luftqualität
  - Verfahren 2: Einhaltung von Grenzwerten für einzelne Stoffe
  - Verfahren 3: Auf der Grundlage vorgegebener Lüftungsvolumenströme

➡ Kein Hinweis, welches Verfahren unter welchen Bedingungen angewendet werden soll

➡ Laut dem NA 16798 ist Verfahren 3 in Deutschland nicht anzuwenden

Welche Vorgaben gibt es?

- Vorgaben für NWG in Deutschland
  - NA DIN EN 16798-1 ➡ Lüftung von Gebäuden
    - Aus gesundheitlichen Gründen: $\dot{V}_{min} = 4\frac{l}{s} pro\ Person = 14{,}4\ \frac{m^3}{h}\ pro\ Person$
    - WHO-Richtwerte für Verunreinigungen (z.B. SO_2, NO_2 etc.) müssen eingehalten werden
  - VDI 6040 ➡ Raumlufttechnik in Schulen
  - DIN 1946-4 ➡ Raumlufttechnik in Gebäuden des Gesundheitswesens

- Wie gehen andere europäische Länder vor?
- Kann ein vereinfachtes Auslegungsverfahren abgeleitet werden bzw. ist ein einheitlicher personenbezogener Mindestaußenluftstrom sinnvoll?
  - z.B. 25 $\frac{m^3}{h}$ pro Person

Vorgehen

Literatur-recherche

- Definition von Typräumen
- Recherche zum Mindestaußenluftstrom für Typräume in Europa

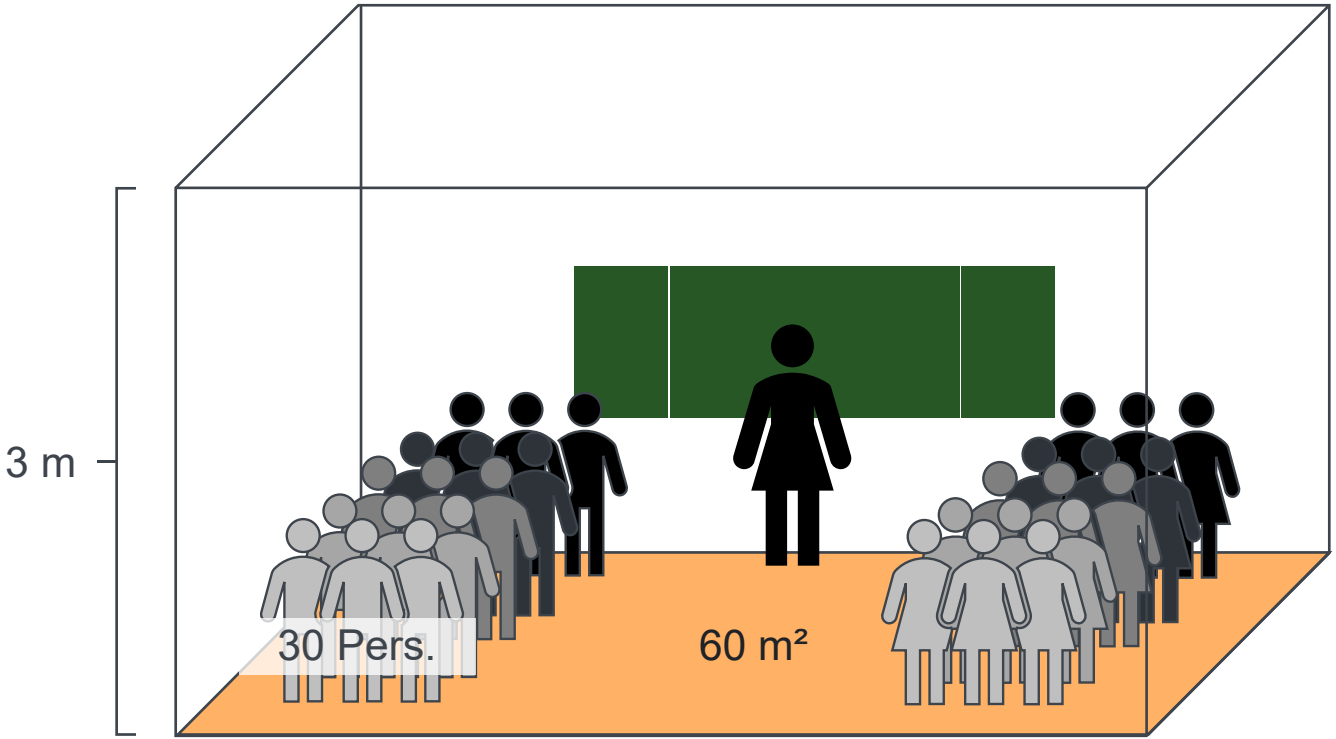
Aus-wertung

- Vergleich und Bewertung der Auslegungsverfahren anhand von:
  - Stationärer CO_2-Bilanz
  - Feuchte-Bilanz

Empfeh-lung

- Ableiten von Empfehlungen
- Einordnung der Auslegungsverfahren

Typraum Klassenzimmer



0,5 Personen/m² Aktivitätsgrad II ➡ 20,4 l/h
CO_2-Emission pro Person

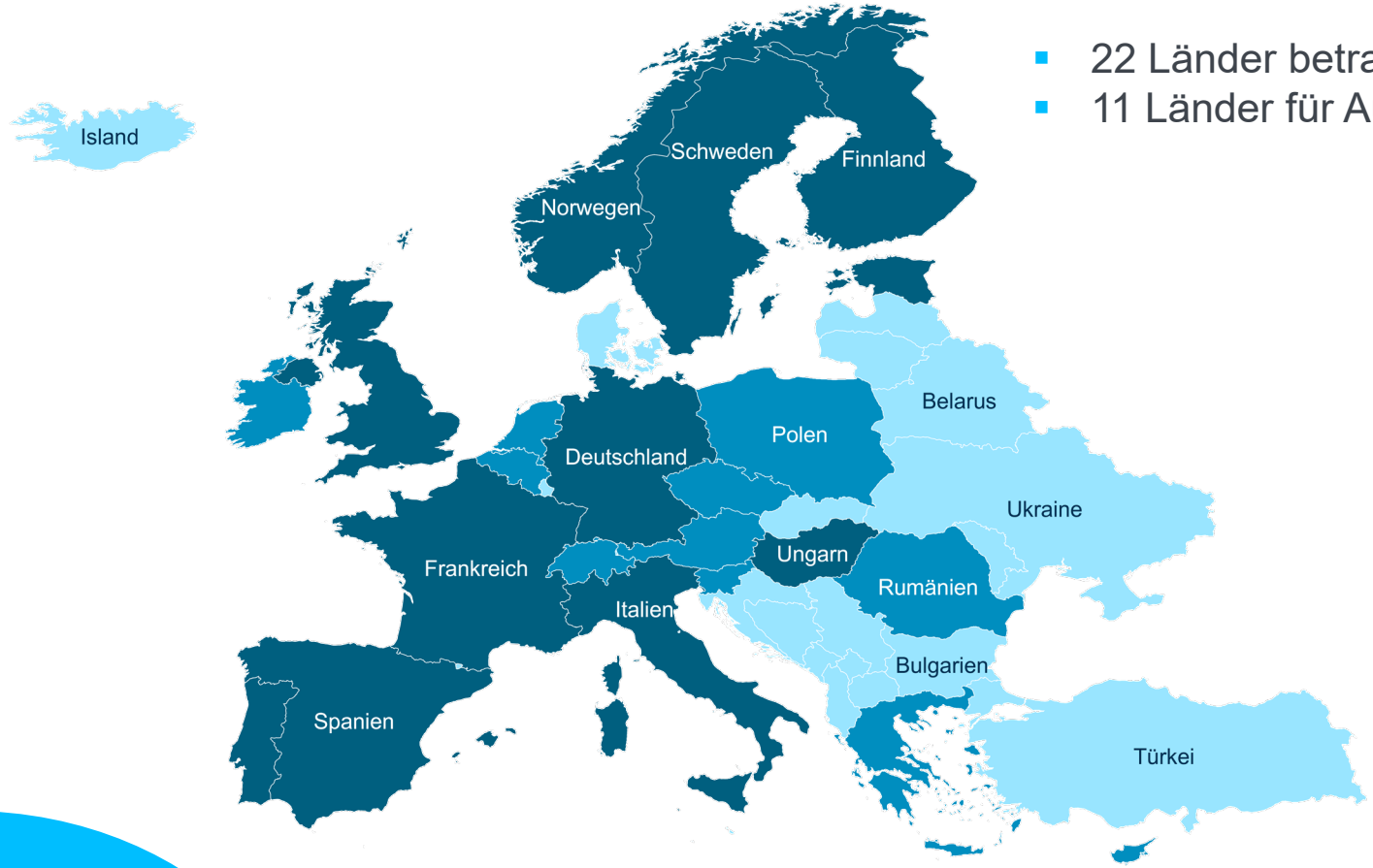
Weitere untersuchte Typräume:

Einzelbüro

Theatersaal

Patientenzimmer

Literaturrecherche



- 22 Länder betrachtet
- 11 Länder für Auswertung ausgewählt

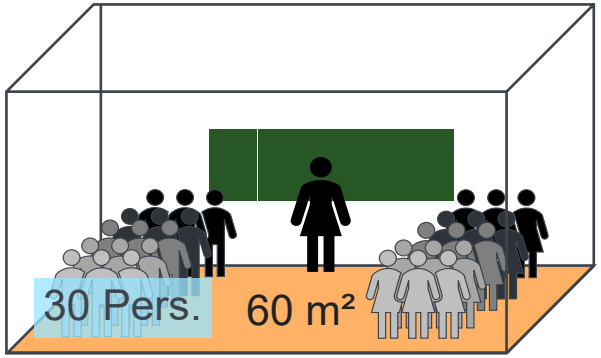
Ausreichende Daten

Ungenügende Daten

Keine Daten

Ergebnisse

Berechnungsverfahren



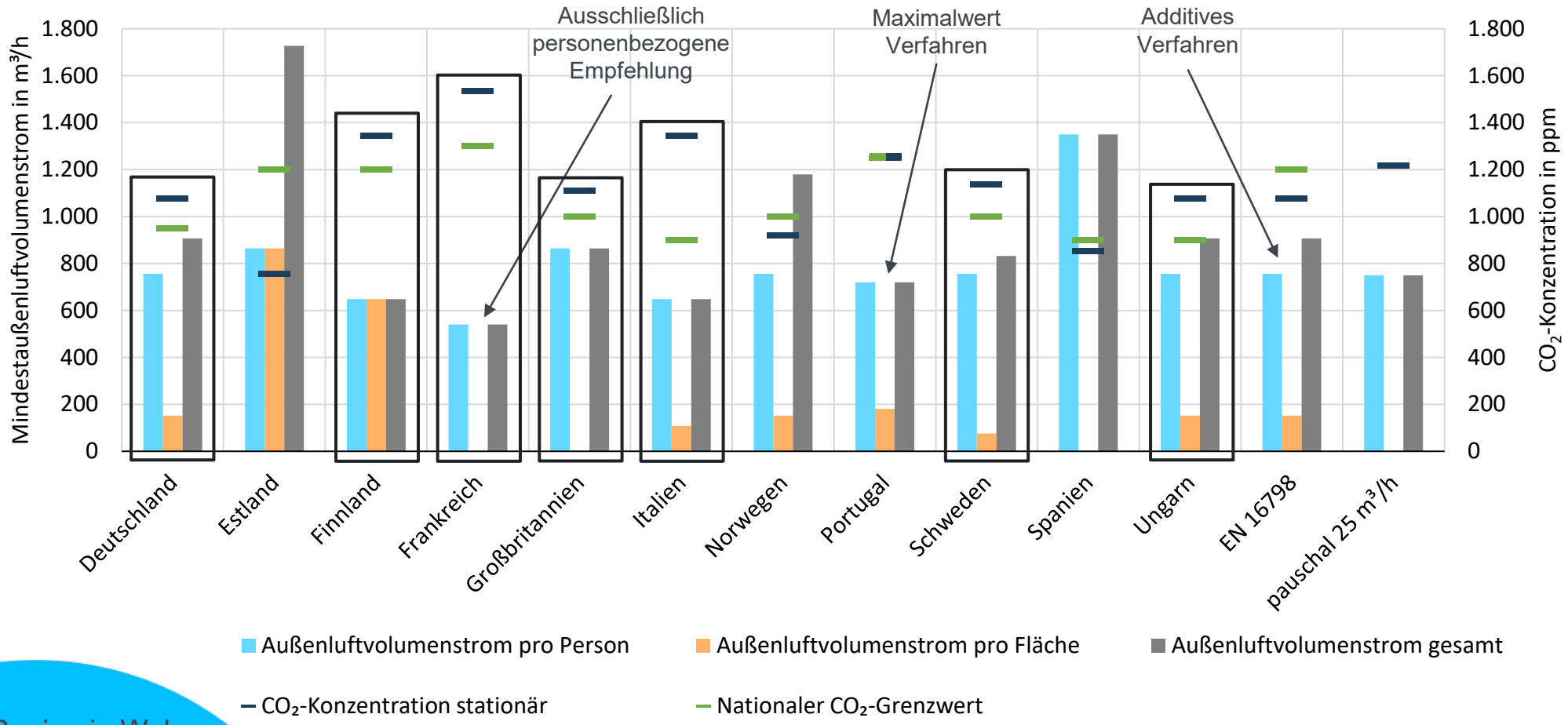
0,5 Personen/m²

- Personenbezogen:
  - Empfohlener Wert bezogen auf die Personenanzahl im Raum z.B.: 15 m³/(h·Pers)
- Flächenbezogen:
  - Empfohlener Wert bezogen auf die Raumfläche z.B.: 2 m³/(h·m²)

Additiv-Verfahren	→	Volumenstrom personenbezogen	+	Volumenstrom flächenbezogen
Maximalwert-Verfahren	→	Volumenstrom personenbezogen	$max\ (\ )$	Volumenstrom flächenbezogen
Pauschalwert-Verfahren	→	Volumenstrom personenbezogen	$oder$	Volumenstrom flächenbezogen

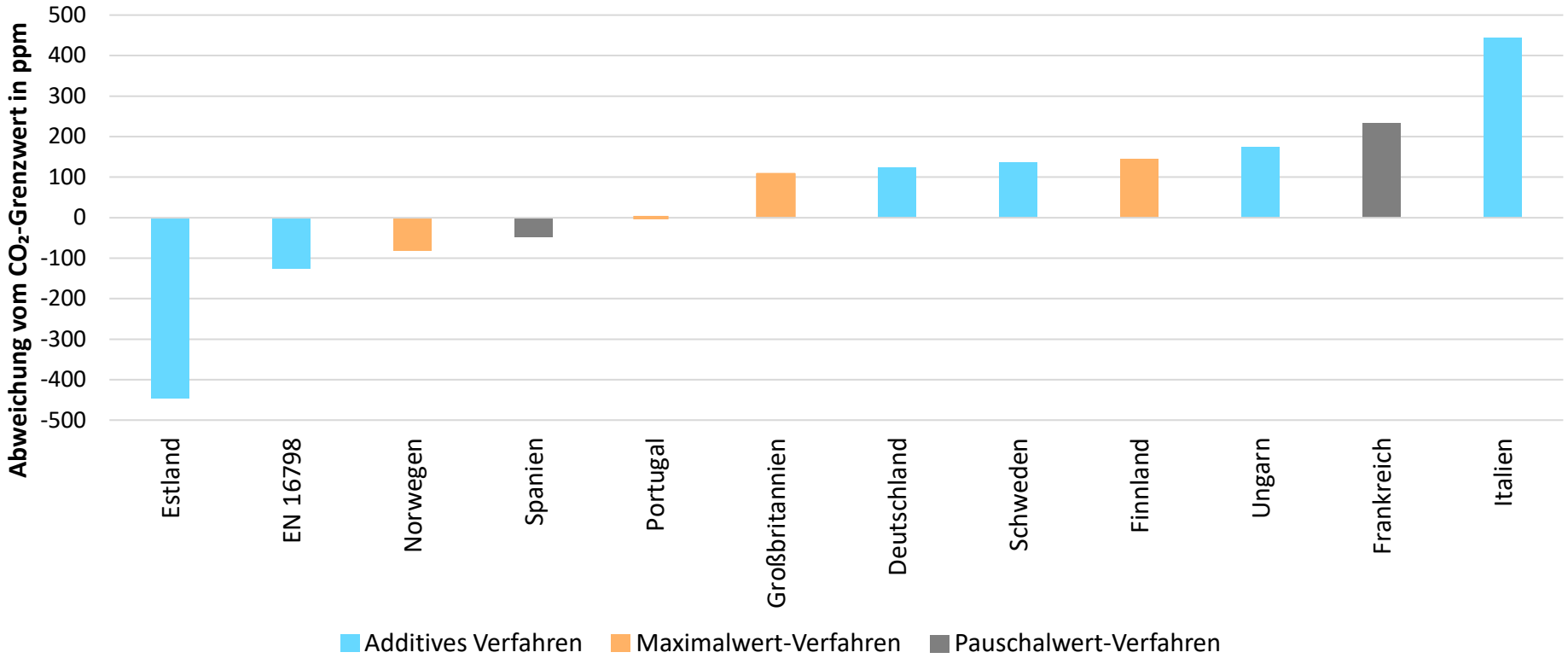
Ergebnisse

Mindestaußenluftvolumenstrom Klassenzimmer



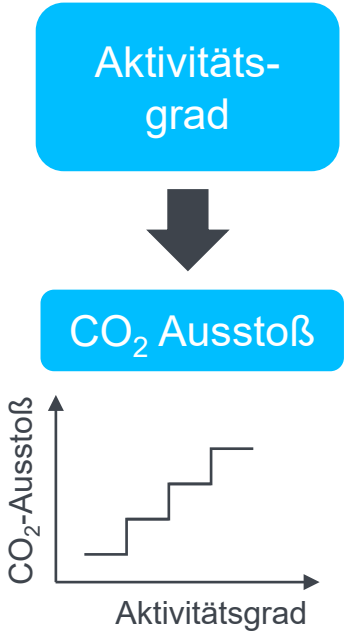
Ergebnisse

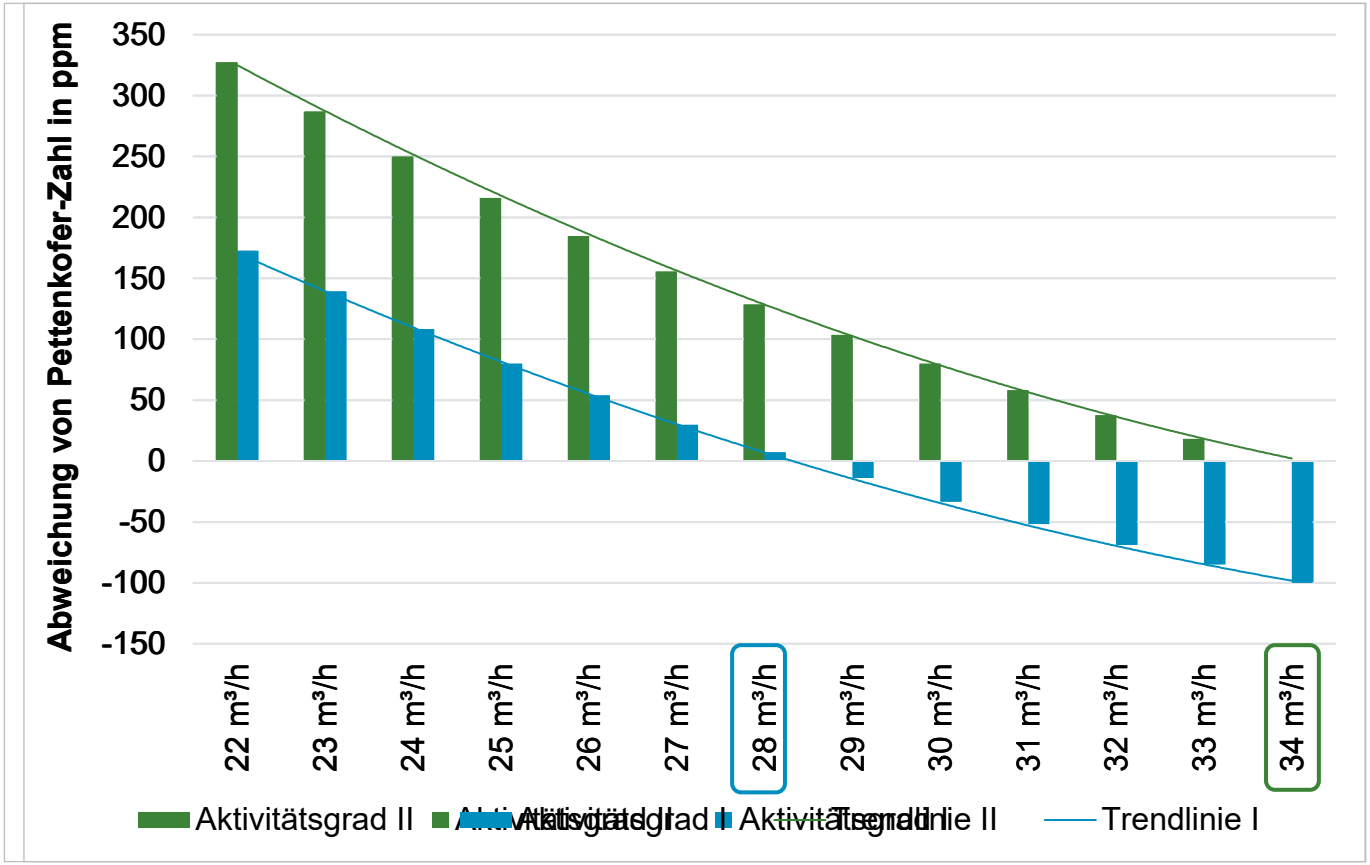
Abweichung von CO_2-Grenzwert im Klassenzimmer



Ergebnisse

Personenbezogene Außenluftströme





Fazit für alle betrachteten Typräume

- In der Recherche kann kein allgemeines, „ideales“ Verfahren identifiziert werden
- Berücksichtigung verschiedener Faktoren wichtig:
  - Aktivitätsgrad
  - Belegungsdichte
  - Schadstoff-/Emissionsquellen
- Definition eines CO_2-Grenzwertbereichs, um Energiebedarf miteinzubeziehen (Feuchtelast)

➡ Genereller personenbezogener Außenluftstrom geeignet, wenn Personen Hauptquelle von Luftverunreinigungen sind

➡ Angabe in Abhängigkeit von bestimmten Faktoren, wie z.B. Aktivitätsgrad

Universität Stuttgart
Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

Gefordert!
Mindestaußenluftvolumenströme für Nichtwohngebäude. Ein europäischer Vergleich.

Benjamin Walz, M. Sc.

E-Mail benjamin.walz@igte.uni-stuttagart.de
Telefon +49 (0) 711 685 - 63577
www.igte.uni-stuttgart.de

Universität Stuttgart
Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung
70550 Stuttgart

IGTE

WHO-Richtwerte für Luftverunreinigungen

Verunreinigung	WHO-Leitlinien 2010	WHO-Leitlinien 2005
CO	15-min Mittelwert: 100 mg/m^3 8-h Mittelwert: 10 mg/m^3 24-h Mittelwert: 7 mg/m^3	
Formaldehyd	30-min Mittelwert: 100 µg/m^3	
Naphtalen	1-a Mittelwert: 10 µg/m^3	
NO_2	1-h Mittelwert: 200 µg/m^3 1-a Mittelwert: 20 µg/m^3	
Radon	100 Bq/m^3	
Tetrachloretylen	1-a Mittelwert: 250 µg/m^3	
SO_2		10-min Mittelwert: 500 µg/m^3 24-h Mittelwert: 20 µg/m^3
Ozon		8-h Mittelwert: 100 µg/m^3
PM 2.5		24-h Mittelwert: 25 µg/m^3 1-a Mittelwert: 10 µg/m^3
PM 10		24-h Mittelwert: 50 µg/m^3 1-a Mittelwert: 20 µg/m^3

Ergebnisse

Sensitivitätsanalyse CO_2

- Durchgeführt für Vorgaben der EN 16798-1
- Parametervariation der Randbedingungen, um Übertragbarkeit und Aussagekraft zu untersuchen

Randbedingungen CO_2-Bilanz

Phys. Größen	Sommer (typisch)	Sommer (feucht)	Winter	Quelle
Außenbedingungen				
T_{AU}	25 °C	30 °C	-5 °C	
φ_{Au}	60 %	70 %	80 %	
c_{CO2}	400 ppm	400 ppm	400 ppm	DIN EN 16798-1:2022-03 Tabelle NA.9
Raumluft				
T_{Ra}	26 °C	26 °C	19 °C	DIN EN 16798-1:2022-03 Tabelle NA.3, Raumtemperatur: Winter I bis IV: 21 bis 18 °C. Sommer: 25,5 bis 28 °C
φ_{Ra}-Obergrenze	60 %	60 %	60 %	DIN EN 16798-1:2022-03 Tabelle NA.10, Entfeuchtung: Kategorie I: 50% Kategorie II: 60% Kategorie III: 70 %
Person				
CO_2-Abgabe Person	l/(h*Pers) AGI: 17 AGII: 20,4 AGIII: 27,2 AGIV: 47,6	l/(h*Pers) AGI: 17 AGII: 20,4 AGIII: 27,2 AGIV: 47,6	l/(h*Pers) AGI: 17 AGII: 20,4 AGIII: 27,2 AGIV: 47,6	DIN EN 16798-1:2022-03 Anhang B.3.1.3 Laut Rietschel, Grundlagen: $\dot{V}_{CO2} = 17 \cdot M \ \ in \ \left[\frac{l}{h}\right] M \ [met]$
Feuchteabgabe Person	g/(h*Pers) AGI: 54,4 AGII: 57,8 AGIII: 93,6 AGIV: 118,6	g/(h*Pers) AGI: 54,4 AGII: 57,8 AGIII: 93,6 AGIV: 118,6	g/(h*Pers) AGI: 35 AGII: 35 AGIII: 64,9 AGIV: 72,4	VDI 2078:12003-02 Je nach Aktivitätsgrad (I bis IV) hängt die Feuchteabgabe pro Person unterschiedlich stark von der Temperatur ab. z.B.: AG II: $\dot{m}_{Pers,Wasserdampf,II} = -58 + 5{,}4 \cdot \vartheta_{P,D}$

Bilanzrechnung

Stationäre CO_2-Bilanz:

$$c_{RA} = \frac{\sum \dot{n}_{CO_2,Qi}}{\dot{n}_{Au} \cdot \varepsilon_V} \cdot 10^6\ ppm + c_{CO_2,Au}$$

c_{RA}: stationäre GGW CO_2-Konzentration im Raum in ppm

$\dot{n}_{CO_2,Quelle}$: Stoffstrom CO_2 aus Quellen im Raum in $\frac{mol}{s}$

$\dot{n}_{Au}$: Außenluft-Stoffstrom in $\frac{mol}{s}$

$c_{CO_2,Au}$: CO_2-Konzentration in Außenluft in ppm

ε_V: Lüftungseffektivität

Quasistationärer Zustand der CO_2-Konzentration wird i.d.R. innerhalb der üblichen Belegungszeiten erreicht

Randbedingungen Typräume

• Einzelbüro	DIN EN 16798-1:2022-03 Anhang B.3.1.2
• $A = 10\,m^2$	
• $h = 3\,m$	
• CO_2 / Feuchte-Quelle: 1 Person + 1 Pflanze o.ä.	Feuchtequellen wie Pflanzen etc. pauschal: 15 g/h
• Aktivitätsgrad II (AG)	VDI 2078:1 2003-02 und DIN EN 13779
• Klassenzimmer	
• $A = 60\,m^2$	Vergleich ausgewählter Richtlinien zum
• $h = 3\,m$	Schulbau, Montag Stiftung, 2011
• CO_2 / Feuchte-Quelle: 30 Personen + 5 Pflanzen o.ä.	
• Aktivitätsgrad II	VDI 2078:1 2003-02 und DIN EN 13779
• Theatersaal	
• $A = 700\,m^2$	Energetische Querschnittserhebung deutscher
• $h = 15\,m$	Theaterspielstätten, TH Köln, 2020
• CO_2 / Feuchte-Quelle: 637 Personen	
• Aktivitätsgrad I	VDI 2078:1 2003-02 und DIN EN 13779
• Zweibettzimmer Krankenhaus	Krankenhausbauverordnung, 1976
• $A = 16\,m^2$	
• $h = 3\,m$	
• CO_2 / Feuchte-Quelle: 2 Personen + 1 Pflanze o.ä.	
• Aktivitätsgrad I	VDI 2078:1 2003-02 und DIN EN 13779