

DIE PLANER.

NETZWERK FÜR ENERGIE, UMWELT UND GEBÄUDETECHNIK

Reduktion von Leistungsspitzen für die Be- und Entfeuchtung durch Enthalprierückgewinnung

Prof. em. Heinrich Huber

8. Schweizer Hygienetagung, 24. Januar 2025

Verkehrshaus Luzern

Luftkonditionierung an einem kalten Wintertag im schweizerischen Mittelland

Wärme-Rückgewinnung (WRG) und Befeuchtung

Qualitative Darstellung im h,x -Diagramm

Bei einer ERG entfällt allenfalls der Bedarf für

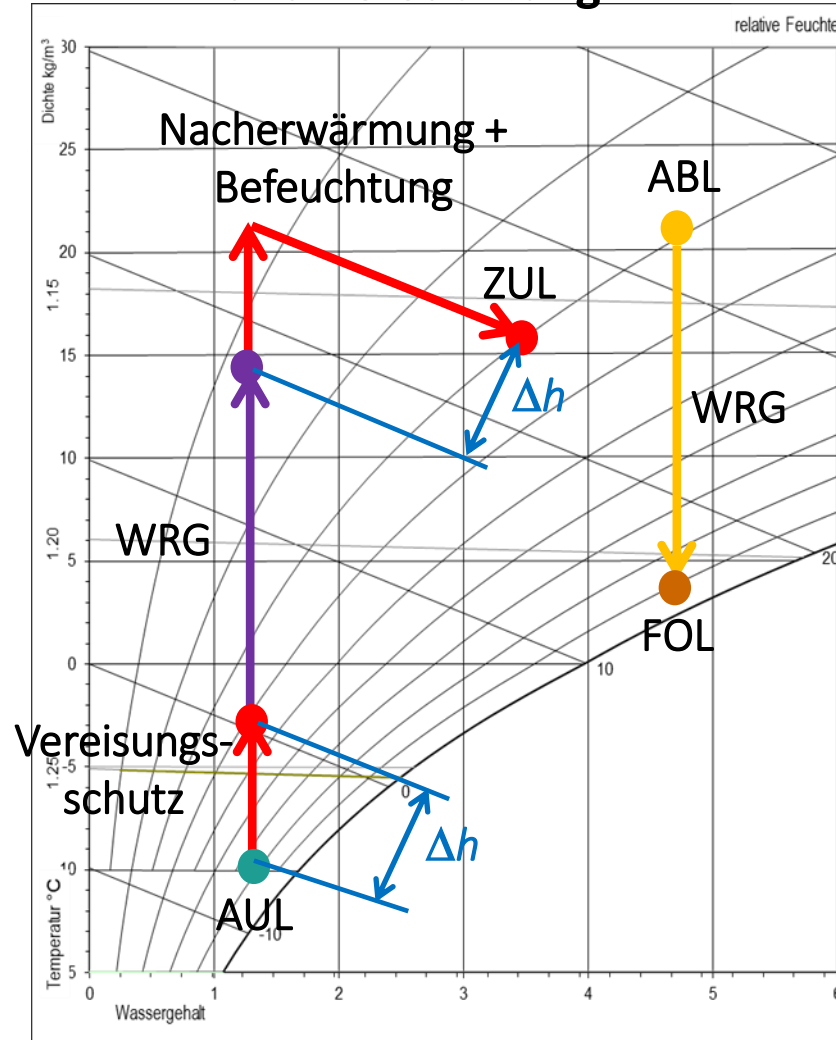
- eine Befeuchtung und/oder
- einen Vereisungsschutz.

Damit kann der Leistungsbedarf (s. Δh) deutlich reduziert werden.

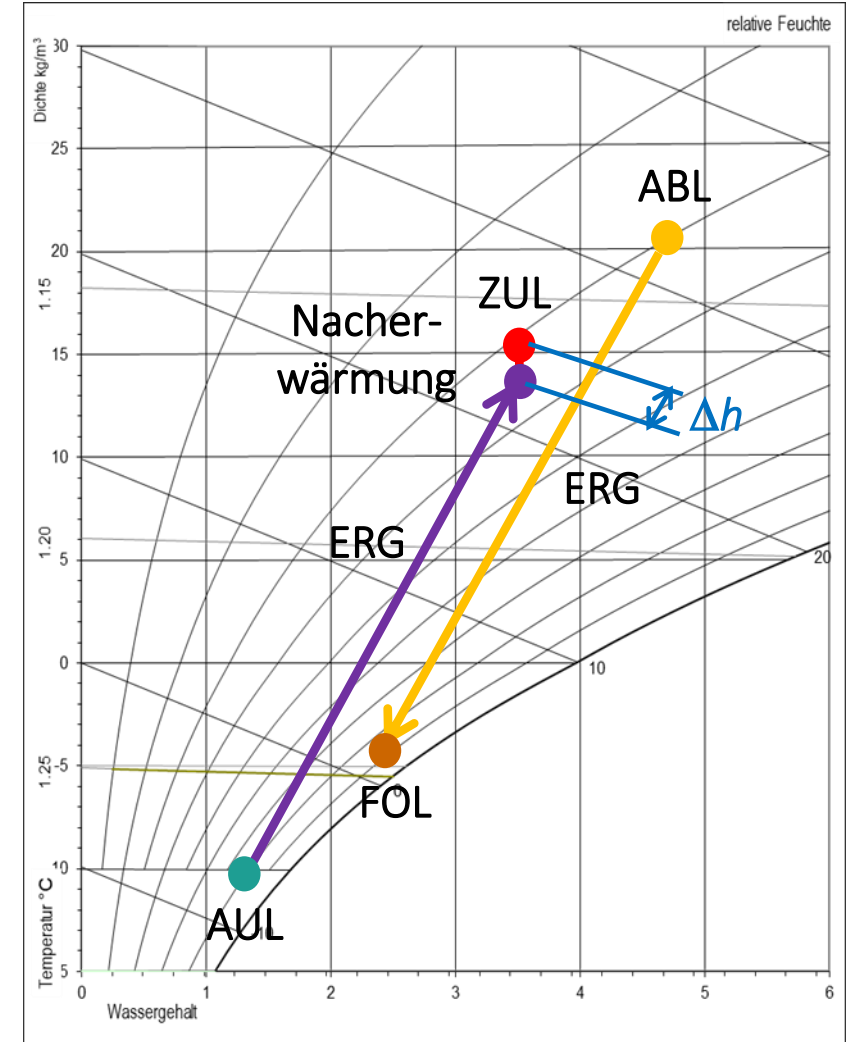
AUL -10 °C; ABL 21 °C, 30 % r.F.; ZUL 16 °C
 Feuchtezuwachs im Raum 1,5 g/kg

Reduktion von Leistungsspitzen für die Be- und Entfeuchtung durch Enthalprierückgewinnung

Enthalpie-Rückgewinnung (ERG)



WRG: Temperatur-Effizienz 73 %. Feuchte-Effizienz, 0 %



ERG: Temperatur-Effizienz 73 %. Feuchte-Effizienz, 60 %

Inhalt

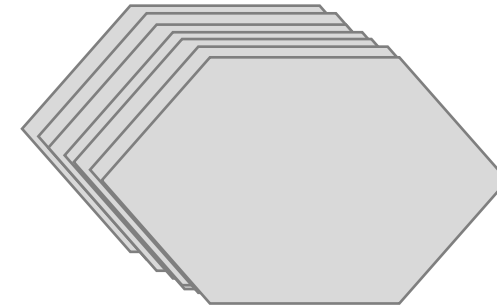
Wärme- und Feuchterückgewinnung	2, 4
Projekt RePPER: Methode und Grundlagen	5
Projekt RePPER: Resultate	11
Bedarf für Be- und Entfeuchtung, nationale Relevanz	
Fazit und Bemerkungen	19

Ausgewählte Wärmerückgewinner (WRG) und Enthalprierückgewinner (ERG)

Platten-Wärmerückgewinner

Aluminium- oder Kunststoff-Platten

Temperatur-Effizienz 73 % bis ca. 85 % (74 % ^{a)})

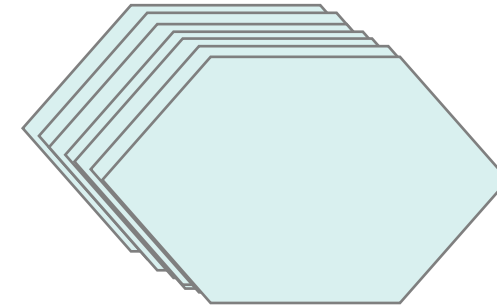


Platten-Enthalprierückgewinner

Feuchtepermeable Membran

Temperatur-Effizienz 73 % bis ca. 80 % (74 % ^{a)})

Feuchte-Effizienz ca. 55 % bis ca. 70 % (63 % ^{a)})

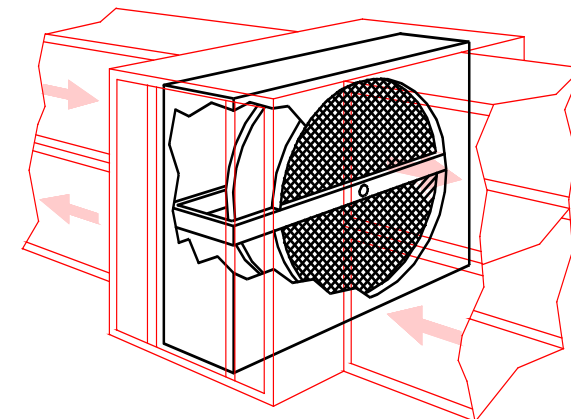


Rotations-Enthalprierückgewinner

Beschichtete Aluminium-Matrix

Temperatur-Effizienz 73 % bis ca. 90 % (80 % ^{a)})

Feuchte-Effizienz ca. 70 % bis ca. 90 % (80 % ^{a)})



a) für das Projekt RePPER gewählte Werte

Projekt RePPER*:

Methode und Grundlagen

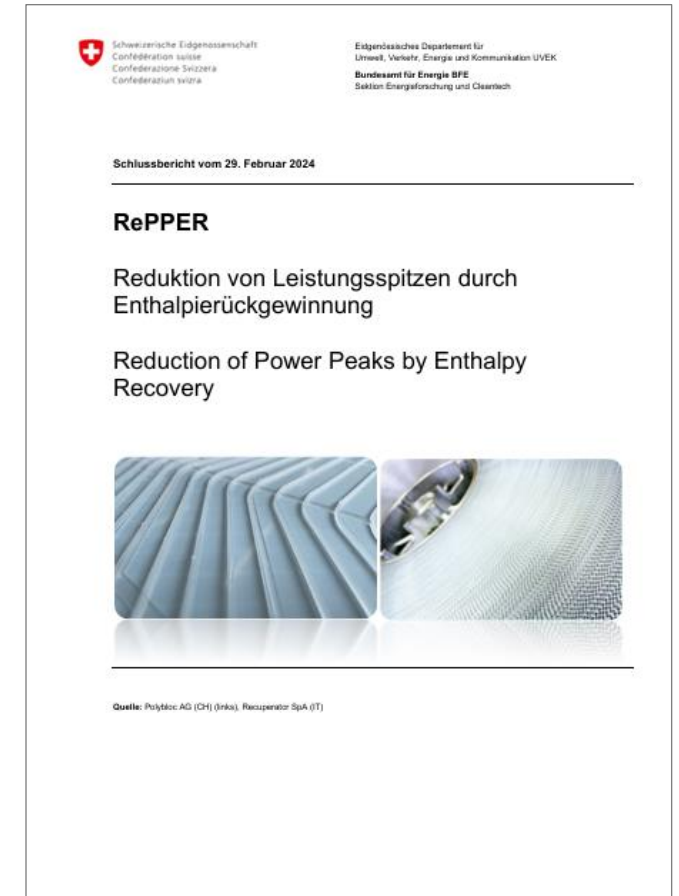
*Reduction of Power Peaks by Enthalpy Recovery

Fragestellungen für das Projekt RePPER

Welches Potenzial hat die Enthalprierückgewinnung, um elektrische Leistungsspitzen und den Energiebedarf zu reduzieren?

Welchen Einfluss haben dabei

- vereinbarte Raumluftfeuchte,
- Raumluftqualität resp. vereinbarter CO₂-Gehalt,
- Nutzung (Wohnen und Büro) und der
- Klimawandel?

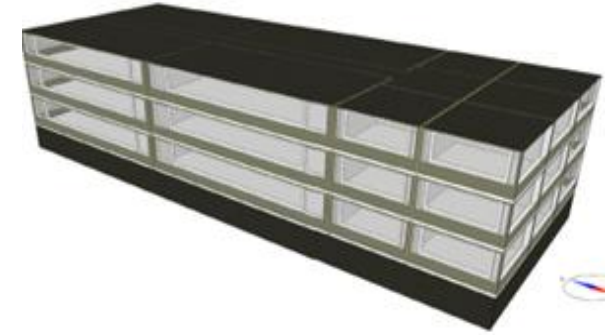
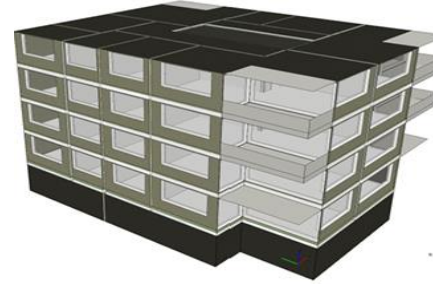


Schlussbericht auf Forschungsdatenbank ARAMIS
<https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=51497>

Methode und Grundlagen (für die vorgestellten Ergebnisse)

Dynamische Simulation mit Programm IDA ICE

Mehrfamilienhaus und Bürogebäude
aus dem Projekt «Klimaszenarien»



Klimastationen:

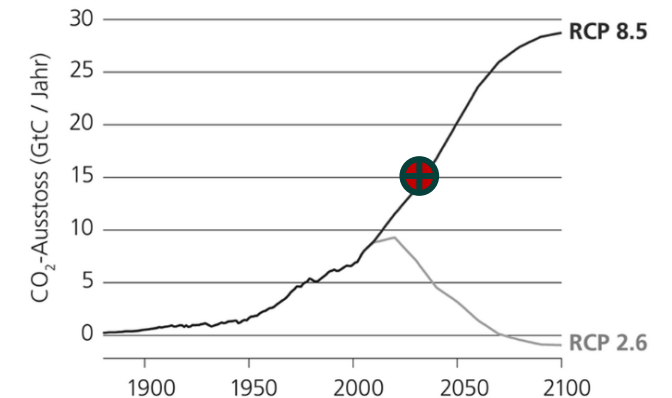
Zürich-Kloten, Davos und Lugano



Klimaszenario RCP 8,5 2035

Durchschnittswerte von 2020–2049

ohne Klimaschutzmassnahmen

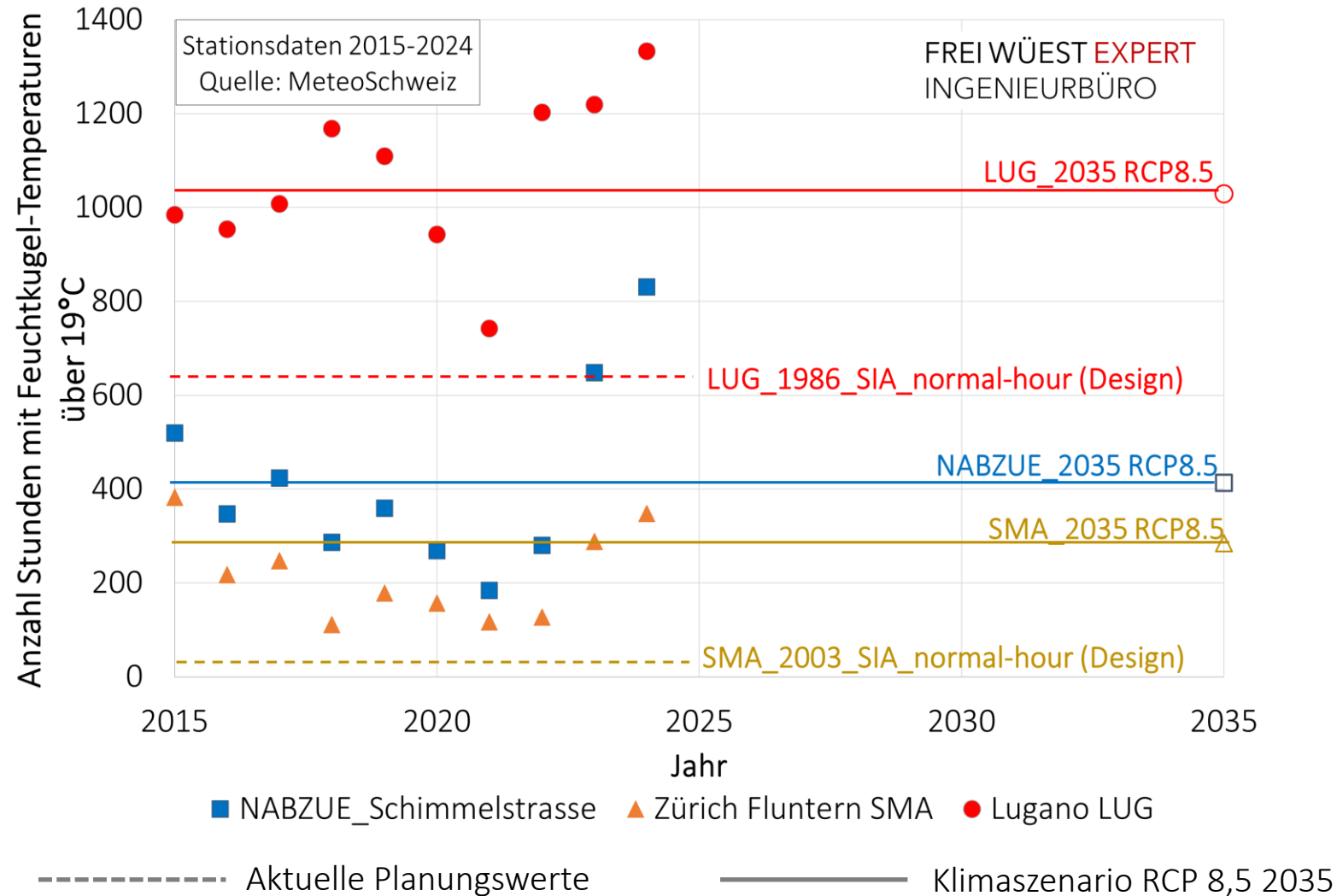


Wärme- und Feuchteabgabe von Personen gemäss EN ISO 7730:2005

Nutzungsdaten angelehnt an SIA 2024

Fortschritt des Klimawandels hinsichtlich Feuchte

Anzahl Stunden mit Feuchtkugel-Temperaturen über 19°C der letzten 10 Jahre



RLT-Anlagen und Innenraum-Kategorien

Bedarfsregelung nach CO₂-Gehalt

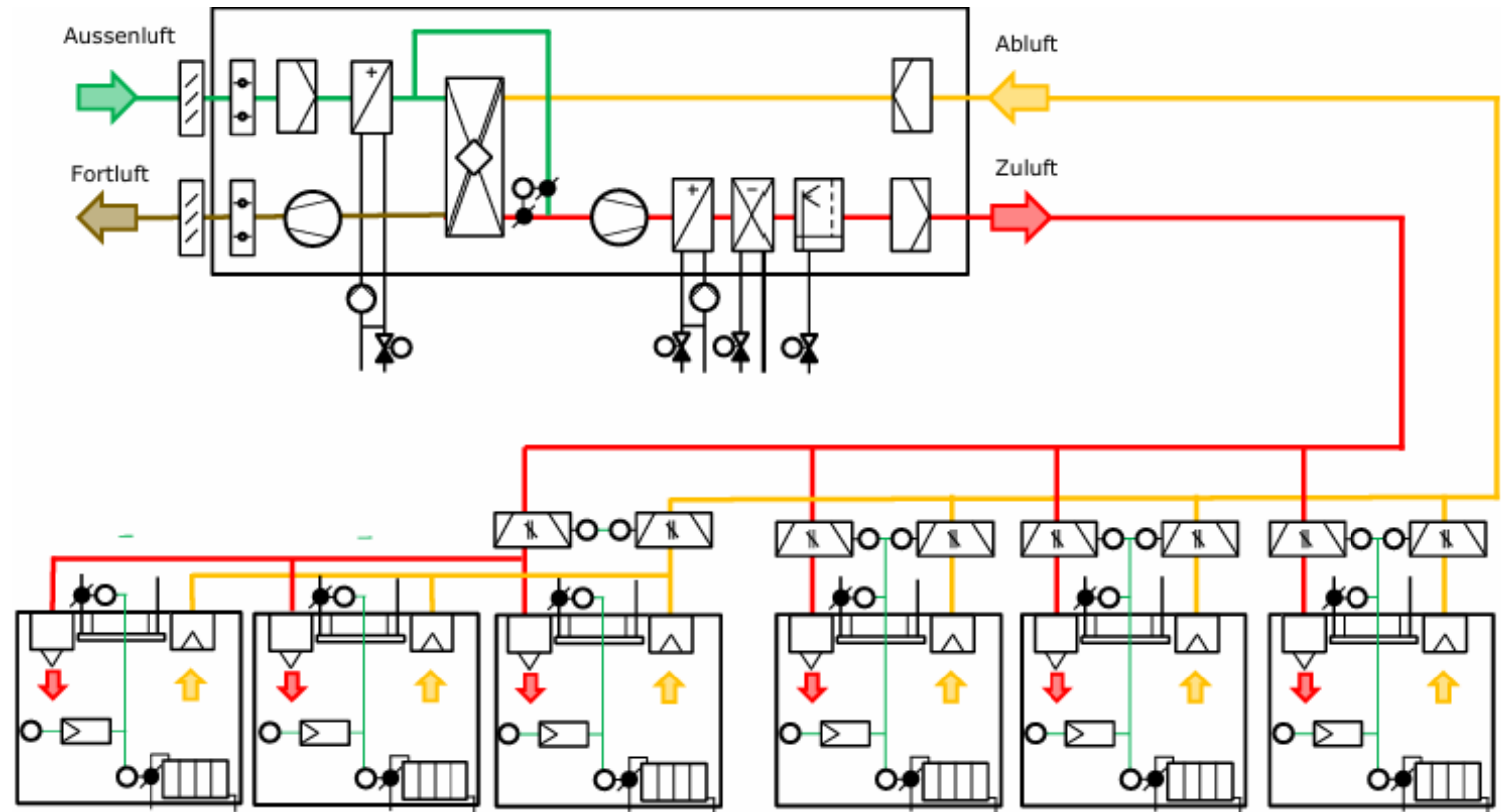
Beschreibung	Einheit	Kategorie		
		A ^{c)}	B	C
CO ₂ -Konzentration der Raumluft ^{a)}	ppm	800	1150	1150
Luft-Volumenstrom pro Person ^{b)}	m ³ /h	57	29	29
Raumluftfeuchte im Heizfall (21 °C)	% r.F.	40	40	30
Raumluftfeuchte im Kühlfall (26 °C)	% r.F.	60	60	60

a) CO₂-Gehalt der Aussenluft 450 ppm im Jahr 2035

b) Bezogen auf Standardbedingungen

c) nur für Büros

Prinzipschema Bürogebäude



Einzelbüros

Gruppenbüros

ideale Heizung; Kühlung mit TABS

Bedarfsnachweis für aktive Be- und Entfeuchtung

SIA 382/1:2025, Ziff. 2.2.6.5 (Zitat)

Ohne aktive Befeuchtung darf die vereinbarte untere Grenze der relativen Raumluftfeuchte in einem typischen Jahr während maximal 10 % der jährlichen Nutzungszeit unterschritten werden.

... (Ende Zitat)

Analog für aktive Entfeuchtung Ziff. 2.2.6.6

Ziff. 2.2.6.7 (Zitat)

... . Die Randbedingungen der Berechnung sind in SIA 180, Anhang C.3 festgelegt. (Ende Zitat)



Projekt RePPER: Resultate

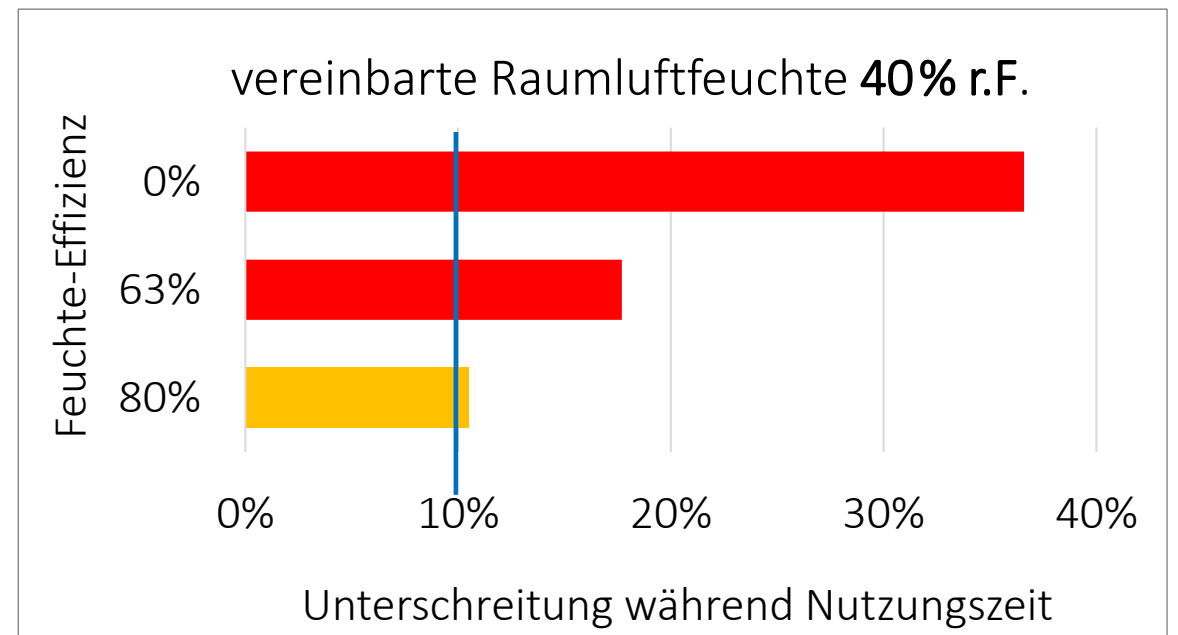
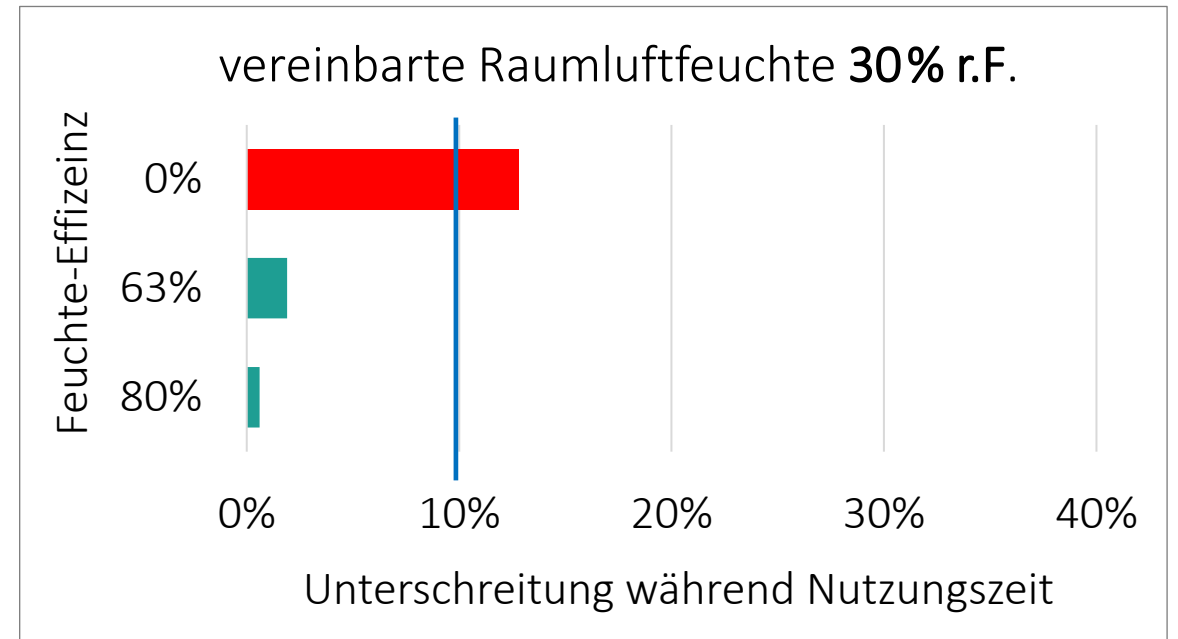
Bedarfsnachweis aktive Befeuchtung Neubau Wohnen MFH Zürich-Kloten

Bei einer vereinbarten Raumluftfeuchte von **30% r.F.** ist **mit einer Enthalpie-Rückgewinnung keine aktive Befeuchtung** erforderlich.

Bei einer vereinbarten Raumluftfeuchte von **40% r.F.** ist eine **Feuchte-Effizienz** von ca. **> 82%** erforderlich, damit **keine aktive Befeuchtung** gefordert wird.

Bei einer Feuchte-Effizienz von 63% ist

- während 2% der Zeit die Raumluftfeuchte < 30% r.F.,
- während 16% der Zeit zwischen 30 und 40% r.F. und
- während 82% der Zeit > 40% r.F.

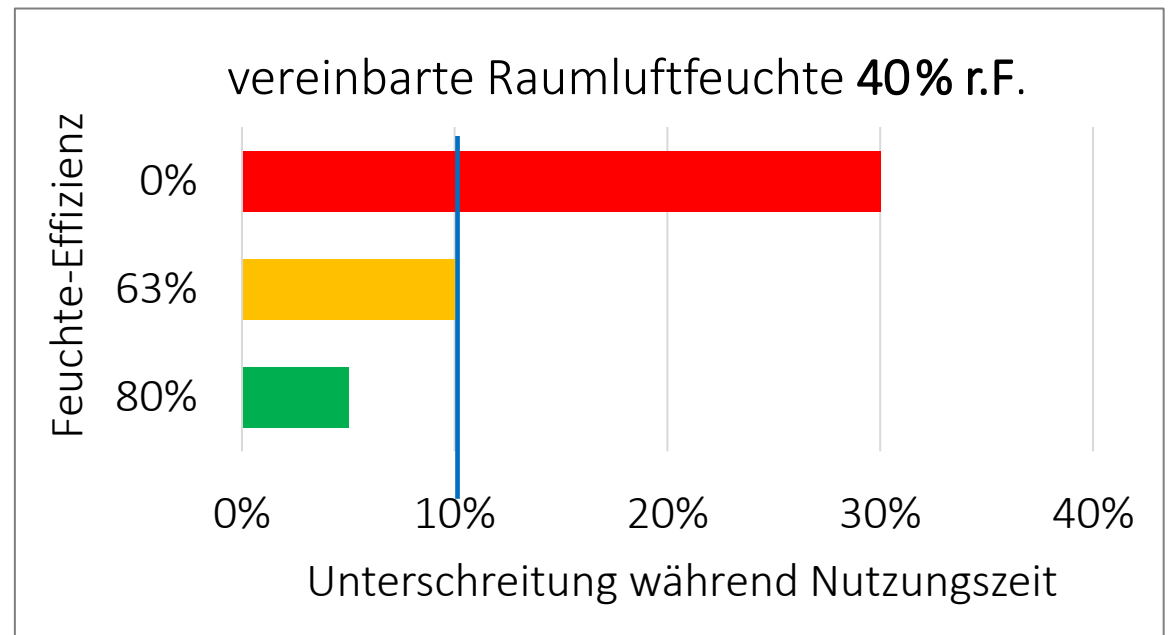
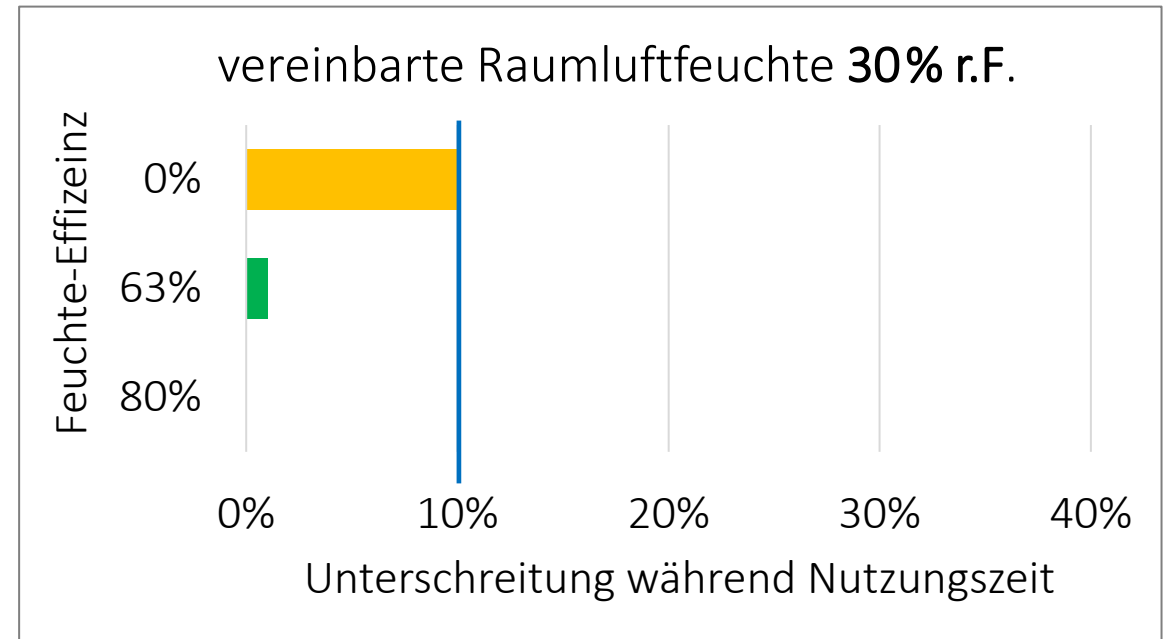


Bedarfsnachweis aktive Befeuchtung Neubau Grossraumbüro Zürich-Kloten, vereinbarter CO₂-Gehalt 1150 ppm

Bei einer vereinbarten Raumluftfeuchte von **30% r.F.** ist **mit einer Enthalpie-Rückgewinnung keine aktive Befeuchtung** erforderlich.

Bei einer vereinbarten Raumluftfeuchte von **40% r.F.** ist eine **Feuchte-Effizienz** von ca. **> 65%** erforderlich, damit **keine aktive Befeuchtung** gefordert wird.

Bei einem vereinbarten CO₂-Gehalt von **800 ppm** ist **immer eine aktive Befeuchtung** erforderlich.



Bemerkungen zum Bedarfsnachweis aktive Be- und Entfeuchtung

- Die Ergebnisse gelten nur für die definierten Fälle (bedarfsgeregelter Luftvolumenstrom, vereinbarter CO₂-Gehalt, Nutzung, Infiltration, Klimadaten, ...).

Befeuchtung:

- Für Davos und Lugano ergeben sich keine grundsätzlich anderen Aussagen. Wobei die SIA-Normen über 800 m ü. M. tiefere relative Raumluftheuchten fordern.
- Bei einer **erhöhten Infiltration** (z. B. Altbau mit $0,4 \text{ h}^{-1}$) ist eine aktive **Befeuchtung auch mit Enthalpie-Rückgewinnung erforderlich**.
- Bei **Einfamilienhäusern** und **Einzelbüros** sind **mehr Unterschreitungsstunden** zu erwarten.

Entfeuchtung

- In Zürich-Kloten und Davos ist **keine Entfeuchtung** erforderlich.
- In Lugano ist für **Grossraumbüros** eine Entfeuchtung **erforderlich**, für **MFH** liegt es im **Unsicherheitsbereich**.

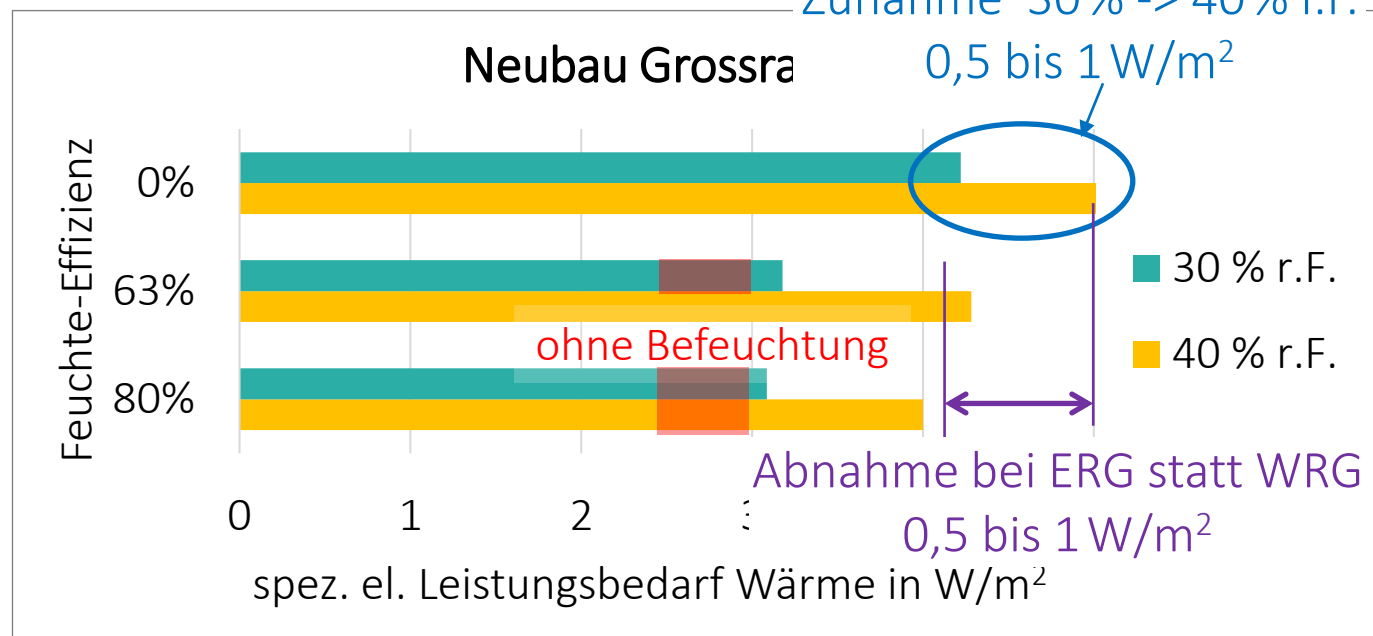
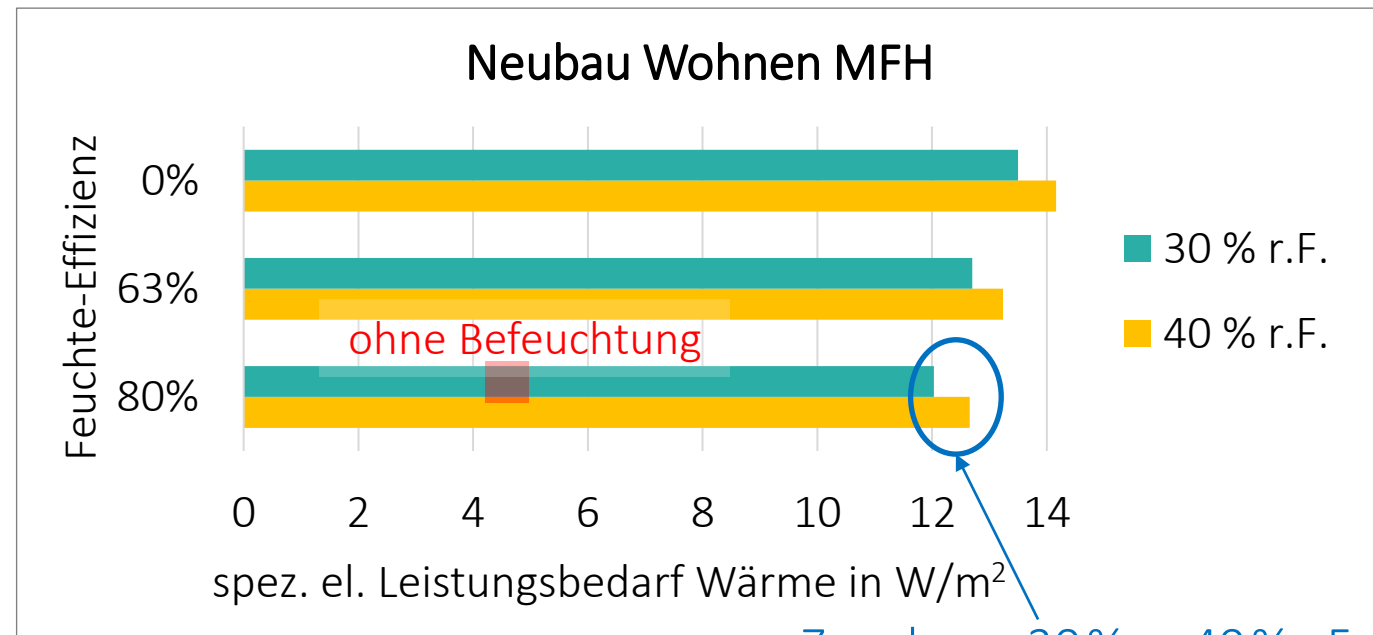
Spezifischer elektrischer Leistungsbedarf Wärme* bei aktiver Befeuchtung, Zürich-Kloten, vereinbarter CO₂-Gehalt 1150 ppm

Wohnen: WP mit COP 3,6; elektr. Verdampfung
 Büros: WP mit COP 3,8; adiabate Befeuchtung

Die Leistungsspitzen treten im Anfahrbetrieb auf. (betrifft speziell Büros).

Büro: Bei einem vereinbarten CO₂-Gehalt von 800 ppm (Verdoppelung des Luftvolumenstroms) steigt der spez. el. Leistungsbedarf um 3 bis 4 W/m².

* Luftvorerwärmung (Vereisungsschutz), Luftnacherwärmung, Befeuchtung und Raumheizung



Entfeuchtung:

- Im **MFH** wirkt sich die Art der WRG resp. ERG nur minim auf den Leistungs- und Energiebedarf aus.
- Im **Büroneubau** und der gewählten **Regelstrategie** nimmt der **Energiebedarf** um **ca. 1 kWh/m²** zu, aber der **Leistungsbedarf** nimmt geringfügig um **ca. 0,3 W/m²** ab.

Nationale Relevanz

Abschätzung des jährlichen Potenzials für den Einsatz von Enthalpie-Rückgewinnern anstelle von WRG, in Neuanlagen und bei Sanierungen:

- Wohnungen ca. 1,5 Mio. m² NGF
- Büros ca. 1,7 Mio. m² NGF

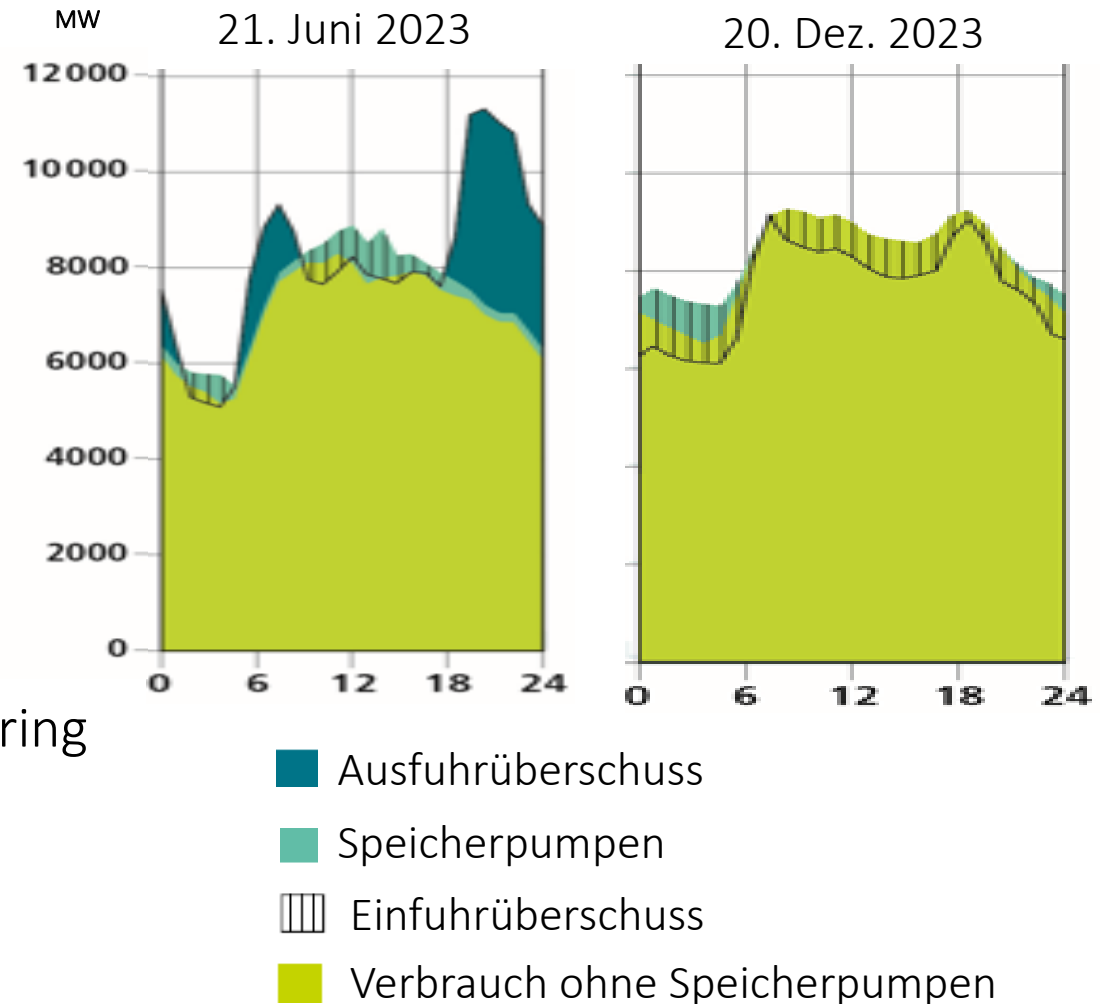
Zeithorizont 20 Jahre

Wärmeversorgung vorwiegend mit Wärmepumpen

Die nationale jährliche Energieeinsparung und die Reduktion der sommerlichen Leistungsspitze sind gering (Promille-Bereich).

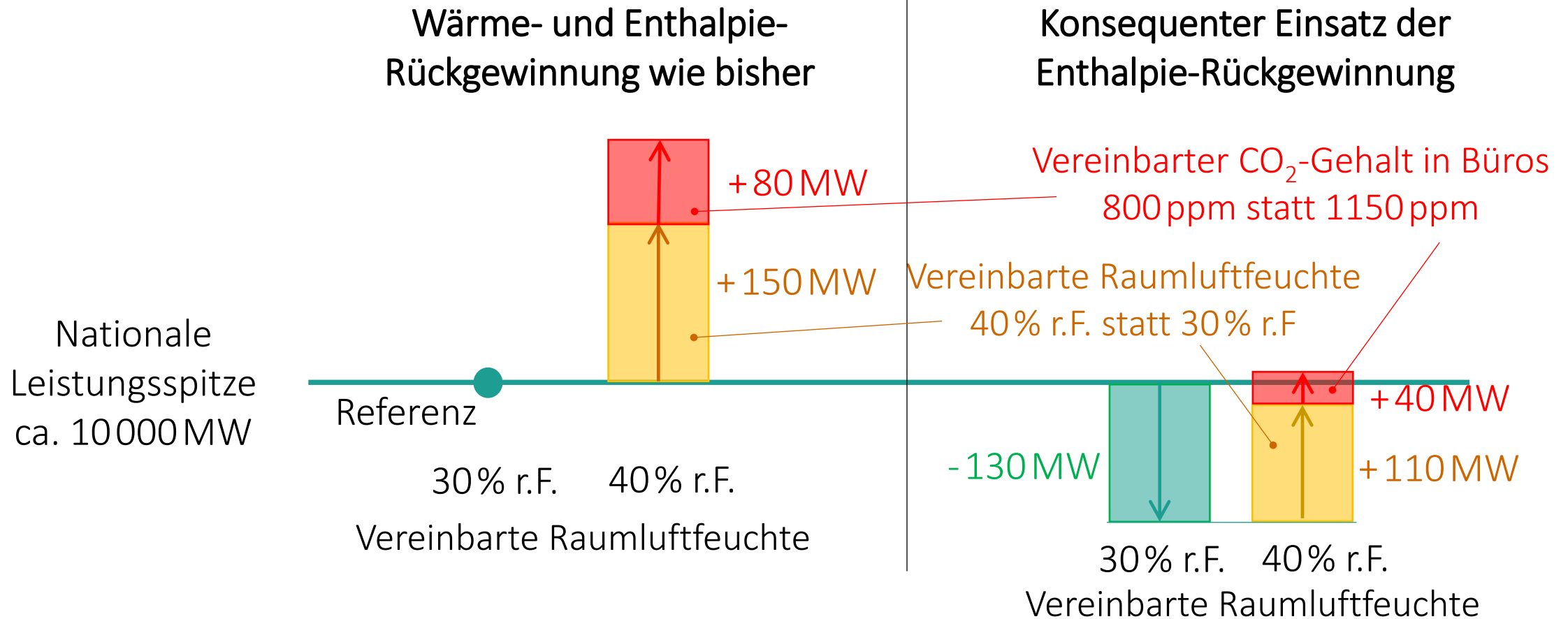
Aber für einzelne Gebäude können der Mehr- oder Minderbedarf bedeutend sein.

Belastungsverlauf der schweizerischen Elektrizitätsversorgung ^{a)}



a) Quelle: Schweiz. Elektrizitätsstatistik 2023

Potenzial der Auswirkung auf die nationale winterliche Leistungsspitze



Unsicherheit der Abschätzung ca. -20% / +30%

Luftvolumenströme, Bedarfsregelung, Nutzungsprofile, weitere Nutzungen, Anzahl RLT-Anlagen, Verteilung WRG/ERG, Wärme- und Kälteerzeugung, Befeuchtertypen, Infiltration, Klima, ...

Fazit und Bemerkungen

Bemerkungen und Hinweise

- Wenn in **Gebäuden ohne mechanische Lüftung** die Raumluchtfeuchte auf einen Minimalwert vom 40 % r. F. erhöht würde, könnte die nationale Spitzenleistung um ein paar 100 MW zunehmen. (War nicht Gegenstand des Projekts RePPER.)
- Der **Bedarfsnachweis** für eine aktive Be- und Entfeuchtung gemäss den aktuellen SIA-Normen ist aufwändig. Zudem besteht ein erheblicher Spielraum. Die Berechnungsergebnisse reagieren sehr sensitiv auf die Eingabedaten.
- Der **Leistungsbedarf für aktive Befeuchtung** kann bei Büros und ähnlichen Nutzungen deutlich reduziert werden, wenn in der ersten Stunde der Nutzungszeit Sollwertunterschreitungen toleriert werden. (SIA 382/1:2025, Ziff. 4.8.3.2)

Fazit

- Hinsichtlich der Aussenluft-Feuchte ist das **Klimaszenario 2035** bereits erreicht.
- Der **Bedarf für Entfeuchtung** wird steigen, da in gekühlten Gebäuden das Risiko einer Taupunktunterschreitung an Kühlflächen zunimmt und/oder bei einer Aussenluft-Kühlung ungerregelt entfeuchtet wird.
- Im **Sommerfall** ist die **Regelstrategie** der ERG entscheidend für den Energie- und teilweise den Leistungsbedarf. Im schweizerischen Klima ist der Einfluss der ERG aber (noch) gering.
- Mit Enthalpie-Rückgewinnung (ERG) entfällt oft der **Bedarf für aktive Befeuchtung** in Nutzungen wie Wohnen und Büros.
- Bei aktiver Befeuchtung reduziert die ERG den **winterlichen Leistungs- und Energiebedarf** erheblich.

Vielen Dank.

Prof. em. Heinrich Huber

Externer Mitarbeiter Hochschule Luzern

heinrich.huber@hslu.ch

**DIE PLANER, SWKI, Solothurnstrasse 13, CH-3322 Urtenen-Schönbühl
T +41 (0)31 852 13 00, info@die-planer.ch, www.die-planer.ch**

Besten Dank für Ermöglichung des Projekts RePPER

Projektfinanzierung und Begleitung

- Bundesamt für Energie
- Amt für Hochbauten der Stadt Zürich

Projektpartnerschaft und Mitfinanzierung

- Verein Minergie
- POLYBLOC AG, Winterthur
- RECUPERATOR Spa, Rescaldina (Mailand, Italien)
- Swegon AB, Kvänum (Schweden)

Trägerschaft und Eigenleistungen

- Hochschule Luzern, Horw
- FREI WÜEST EXPERT, Willisau
- EQUA Solution AG, Zug

Co-Autoren des Schlussberichts für die Unterstützung beim Tagungsbeitrag: Dr. Simone Dugaria, Beat Frei und Michael Näf.

Schlussbericht auf Forschungsdatenbank ARAMIS
<https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=51497>