

Dokumentation

Projekt RePPER

Nationale Relevanz

Festlegungen, Modell und Resultate für den nationalen Energie- und Leistungsbedarf von AP6

Status

Version	Datum	Änderungen und Bemerkungen	Bearbeitet von
E1	28.08.2025	1. Entwurf	Huh
E2	31.08.2023	Ergänzungen Flächen und Formeln	Huh
E3	04.09.2023	Korrekturen und Präzisierungen	Dus, Huh
E4	18.09.2023	Ergänzungen auf Basis der Sitzung mit der Projektsteuerung vom 06.09.2023	Huh
E5	14.12.2023	Schlussbearbeitung (Sprachlich noch nicht final bereinigt)	Huh

Inhaltsverzeichnis

1	Zweck	3
2	Abkürzungen	3
3	Aufgabe und allgemeiner Ansatz	4
4	Grundlagen	4
4.1	Definition der Bezugsflächen	4
4.2	Bürogebäude	4
4.2.1	Büroflächen	4
4.2.2	Klima/Lüftung in Bürogebäuden	4
4.3	Wohngebäude	5
4.3.1	Anzahl Wohnungen	5
4.3.2	Komfortlüftungen in Wohnungen	6
4.4	Berechnungsmodell	7
4.4.1	Allgemeines Vorgehen	7
4.4.2	Grundannahmen	7
4.4.3	Formeln	8
5	Resultate der Berechnungen	13
5.1.1	Allgemein	13
5.1.2	Spezifischer Energie- und Leistungsbedarf	13
5.1.3	Absolute Werte	15
6	Diskussion	17
6.1	Folgerungen aus den rechnerischen Abschätzungen	17
6.1.1	Unsicherheit der Abschätzungen	19
6.2	Relation zum schweizerischen Elektrizitätsverbrauch	20
7	Literatur	21

1 Zweck

Dieses Dokument wurde im Rahmen des BFE-Projekts RePPER erstellt. Hier werden Grundlagen und Resultate für den national relevanten Leistungs- und Energiebedarf beschrieben.

2 Abkürzungen

AB	Altbau
BFE	Bundesamt für Energie
BGF	Bruttogeschossfläche
Bü	Büro
CEN	Europäisches Komitee für Normung (fr: Comité Européen de Normalisation)
COP	Leistungszahl einer Wärmepumpe (en: Coefficient of Performance)
EATR	Abluftübertragungsverhältnis (en: Exhaust Air Transfer Ratio)
EER	Leistungszahl Kältemaschine (en: Energy Efficiency Ratio)
EN	Europäische Norm
ERG	Enthalpierückgewinnung
EU	Europäische Union
HSLU	Hochschule Luzern
NB	Neubau
NGF	Nettogeschossfläche
prSIA	Entwurf einer SIA-Norm
r. F.	relative Feuchte
RCP2.6, 2060	Klimaszenario mit drastischen globalen Emissionssenkungen, welches kompatibel ist mit dem im Pariser Abkommen festgelegten Ziel einer Erwärmung der globalen Mitteltemperatur um 2 °C, Prognose für das Jahr 2060
RCP8.5, 2035	Klimaszenario mit weiterhin steigenden Emissionen ohne Anstrengungen zur Emissionssenkung Prognose für das Jahr 2035.
RCP8.5, 2060	Klimaszenario mit weiterhin steigenden Emissionen ohne Anstrengungen zur Emissionssenkung, Prognose für das Jahr 2060
RCS	Kühldecke (en: Radiant Cooling System)
RLT	Raumluftechnik, raumluftechnisch/e
San	Sanierung
SCOP	Jahresarbeitszahl Wärmepumpe (en: Seasonal Coefficient of Performance)
SEER	Jahresarbeitszahl Kältemaschinen (en: Seasonal Energy Efficiency Ratio)
SFP	spezifische Ventilatorleistung (en: Specific Fan Power)
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
TABS	Thermoaktives Bauteilsysteme
ü. M.	Meter über Meer, für geodätische Höhenangabe
VAV	variabler Luftvolumenstrom (en: Variable Air Volume)
Wo	Wohnen
WP	Wärmepumpe
WRG	Wärmerückgewinnung, umfasst im allgemeinen auch Enthalpierückgewinnung
WÜ	Wärmeübertrager
ZUL	Zuluft

3 Aufgabe und allgemeiner Ansatz

Gemäss Projektantrag sind im AP6 «Nationale Relevanz» folgende Grundlagen aufzuarbeiten und Berechnungen zu erstellen:

- Ermittlung von Daten für die Abschätzung des jährlichen Volumens von RLT-Anlagen im Neubau und im Retrofit-Bereich (Gebäudedatenbank Minergie, Angaben von Projektpartnern, Anfragen Fachverbände), inkl. Abschätzung des heutigen Anteils von ERG und Befeuchtungssystemen.
- Modellbildung für die Ermittlung der nationalen Relevanz von Leistung und Energie.
- Rechnerische Abschätzung der nationalen Relevanz für den Sommerfall mit allen drei verwendeten Klimaszenarien und für den Winterfall für RCP 8.5 (2035). Abschätzung des Beitrags der Be- und Entfeuchtung mit und ohne ERG zu den sommerlichen und winterlichen elektrischen Leistungsspitzen.

Das jährliche Volumen an RLT-Geräten wird über die Geschossflächen der Büro- und Wohngebäude ermittelt. Für die nationale Relevanz ist die Anzahl an Anlagen nebensächlich, relevant ist der gesamte Aussenluftvolumenstrom.

Der spezifische Leistungs- und Energiebedarf wird von den Resultaten der Simulation (AP4 und AP5) übernommen.

4 Grundlagen

4.1 Definition der Bezugsflächen

Für die Simulationen werden die Gebäude anhand der Nettogeschossflächen der einzelnen Räume resp. Zonen definiert. Dies entspricht auch dem Ansatz der SIA 2024. Um einen Bezug zu diesem SIA-Dokument herzustellen, werden die flächenspezifischen Kennwerte generell auf die Nettogeschossflächen bezogen.

Bei Büros finden sich in den verwendeten Quellen die Angaben in Bruttogrundflächen. Es wird angenommen, dass diese den Bruttogeschossflächen gemäss SIA entsprechen. Weiter wird angenommen, dass das Verhältnis von Brutto- zu Nettogeschossflächen 1.2 beträgt.

Bei den Wohnungen geben die Quellen die Wohnflächen an. Dabei sind die Erschliessungsflächen (v.a. Treppenhäuser) nicht enthalten. Es wird angenommen, dass das Verhältnis der Nettogeschossflächen zu den Wohnflächen 1.1 beträgt.

4.2 Bürogebäude

4.2.1 Büroflächen

Wüest & Partner [1] nennt folgende Bruttogrundflächen (Zitat): *Im Jahr 2020 umfassten die Büroflächen in der Schweiz rund 58,74 Millionen Quadratmeter Bruttogrundfläche. Dies ist ein Zuwachs von 0,78 Millionen Quadratmetern bzw. 1,35 Prozent im Vergleich zum vorhergehenden Jahr* (Ende Zitat).

Es wird angenommen, dass der durchschnittliche Zuwachs der letzten 10 Jahre von rund 0.73 Mio m² auch für die nächsten Jahr zutrifft.

4.2.2 Klima/Lüftung in Bürogebäuden

Der angenommene Durchdringungsgrad von bestehenden Bürogebäuden (Altbau) mit Klima- und Lüftungsanlagen im Jahr 2035 lehnt sich an Heeren et al. [2] an. Für Neubauten wird in Abstimmung mit

Fachleuten¹ ein höherer Wert eingesetzt, da der Wert von Heeren et al. aus heutiger Sicht als zu niedrig beurteilt wird.

- Altbau 70 %
- Neubau 80 %

Weiter wird angenommen, dass 85 % der Lüftungs- und Klimaanlage eine Wärmerückgewinnung (WRG) mit Platten-Wärmeübertragern (Platten-WÜ) oder Rotoren aufweisen. Bei den restlichen 15 % wird von anderen WRG-Systemen ausgegangen, die nicht mit Enthalpieübertragern ausgerüstet werden können, d.h. typischerweise Kreislaufverbundsysteme (KVS). Dies gilt für Altbau und Neubau.

Bei den Anlagen mit Platten-WÜ oder Rotor wird geschätzt, dass der Anteil mit Enthalpieübertragern wie folgt ist:

- Altbau 15 %
- Neubau 20 %

Für die Erneuerungsrate von RLT-Geräten resp. der Wärmerückgewinnung wird von einer Nutzungszeit von 30 Jahren ausgegangen. Diese Nutzungszeit liegt über der von Fachverbänden angegebenen technischen Nutzungsdauer, sie entspricht aber den Beobachtungen der Autoren, dass in der Praxis auch heute noch Lüftungsgeräte aus den 1990er Jahren angetroffen werden. Zudem wird angenommen, dass Bürogebäude nach 60 Jahren entweder zurückgebaut und durch neue ersetzt werden oder dann vollständig saniert werden und damit sowohl bezüglich Gebäudehülle wie auch RLT-Anlagen Neubauten entsprechen.

Auf Basis der genannten Quelle und der Annahmen ergeben sich die jährlichen Flächenveränderungen gemäss Tabelle 1.

Tabelle 1: Abschätzung der jährlich sanierten und neuerstellten Schweizer Büroflächen

Beschreibung	Einheit	Kategorie Bürogebäude		
		Altbau ^a	Neubau ^b	alle
Total betroffene Büro BGF	Mio m ² /a	1.71	1.60	3.31
Durchdringungsgrad Klima/Lüftung		70%	80%	-
Büro BGF mit RLT-Anlagen	Mio m ² /a	1.20	1.28	2.47
Anteil RLT-Anlagen mit Platten-WÜ oder Rotoren		85%	85%	-
Büro BGF mit RLT-Anlagen mit Platten-WÜ oder Rotoren	Mio m ² /a	1.02	1.09	2.10
Verhältnis BGF/NGF		1.2	1.2	-
Büro NGF	Mio m ² /a	0.85	0.91	1.75
a mittlere Eingriffstiefe, insbesondere Ersatz von Gebäudetechnik-Komponenten				
b inkl. Ersatzbauten und Totalsanierungen				
BGF Bruttogeschossfläche; NGF Nettogeschossfläche				

4.3 Wohngebäude

4.3.1 Anzahl Wohnungen

Gemäss Bundesamt für Statistik [3] bestanden im Jahr 2021 4.69 Mio Wohnungen. In den letzten 10 Jahren wurden jährlich durchschnittlich 50 000 Wohnungen erstellt. Es wird angenommen, dass dieser durchschnittliche Zuwachs in den nächsten Jahren anhält.

¹ Sitzung Projektsteuerung vom 06.09.2023

Die bestehenden Wohnungen sind im Rahmen des Projekts RePPER nur von Interesse, wenn sie in eine Bauperiode fallen, in denen Komfortlüftungen (gem. Terminologie SIA: einfache Lüftungsanlagen oder Lüftungsanlage mit Lufterwärmung) in einem relevanten Umfang installiert wurden. Dazu wird die Periode von 2006 bis 2021 gezählt, weil dann Minergie-Gebäude stark zugenommen haben. Von 2006 bis 2021 wurden 0.78 Mio Wohnungen erstellt.

Wohngebäude mit Baujahr vor 2006 werden im Rahmen des Projekts RePPER nicht betrachtet, da diese nur in einem vernachlässigbar kleinen Mass mit Komfortlüftungen ausgestattet werden.

4.3.2 Komfortlüftungen in Wohnungen

Der angenommene Durchdringungsgrad von Wohnungen mit Komfortlüftungen wird gemäss mündlichen Informationen von Minergie und GebäudeKlima Schweiz wie folgt geschätzt:

- Sanierung (Bauperiode 2006 bis 2021): 30 %
- Neubau ab 2022: 25 %

Weiter wird angenommen, dass 95 % der Komfortlüftungen eine Wärmerückgewinnung (WRG) mit Platten-Wärmeübertrager (Platten-WÜ) oder Rotor aufweisen. Bei den restlichen 5 % wird von anderen WRG-Systemen ausgegangen, die nicht mit Enthalpieübertragern ausgerüstet werden können (Abluftwärmepumpe, Heat-Pipe). Dies gilt für Neubau und Sanierung.

Bei den Anlagen mit Platten-WÜ oder Rotor wird geschätzt, dass der Anteil mit Enthalpieübertragern wie folgt ist:

- Bauperiode 2006 bis 2021: 20 %
- Neubau ab 2022: 40 %

Für die Erneuerungsrate der RLT-Geräte resp. der Wärmerückgewinnung wird von einer Nutzungszeit von 25 Jahren ausgegangen. Diese Nutzungszeit liegt über der von Fachverbänden angegebenen technischen Nutzungsdauer, sie entspricht aber den Beobachtungen der Autoren, dass in der Praxis heute Lüftungsgeräte aus den 2000er Jahren angetroffen werden.

Für die rechnerische Abschätzung werden die Wohnungen in Geschossflächen umgelegt. In der Bauperiode von 2006 betrug die durchschnittliche Wohnfläche pro Wohnung gemäss Bundesamt für Statistik 113 m² [4]. Neubauwohnungen von 2021 weisen eine durchschnittliche Wohnfläche von 99 m² auf. Es wird angenommen, dass der Trend zu kleineren Wohnungen anhält. Für Neubauwohnungen wird mit dem Wert von 2011 gerechnet.

Bei Sanierungen (der Komfortlüftungen) werden nur Wohngebäude ab Baujahr 2006 berücksichtigt. Diese weisen bezüglich Luftdichtheit den Standard von heutigen Neubauten auf. Daher können die Simulationsresultate für neue Wohngebäude auch für Sanierungen verwendet werden.

Auf Basis der genannten Quellen und der Annahmen ergeben sich die jährlichen Veränderungen der Anzahl Wohnungen und Flächen gemäss Tabelle 2.

Tabelle 2: Abschätzung der jährlichen Anzahl Wohnungen und Wohnflächen mit sanierten und neuerstellten Komfortlüftungen

Beschreibung	Einheit	Kategorie Wohnung		
		Altbau ^a	Neubau	alle
Total betroffene Wohnungen	Stk./a	31200	50000	81200
Durchdringungsgrad Komfortlüftungen		30 %	25 %	-
Betroffene Wohnungen mit Komfortlüftung	Stk./a	9400	12500	21900

Anteil Komfortlüftungen mit Platten-WÜ oder Rotor		95 %	95 %	
Wohnungen mit Komfortlüftungen mit Platten-WÜ oder Rotoren	Stk./a	8900	11900	20800
Anteil Komfortlüftungen mit Platten-WÜ oder Rotor ohne Enthalpieübertragung		80 %	60 %	-
Wohnungen mit Komfortlüftungen mit Platten-WÜ oder Rotor ohne Enthalpieübertrager	Stk./a	7100	7100	14200
Wohnfläche pro Wohnung	m ²	113	99	-
Wohnfläche mit Komfortlüftungen mit Platten-WÜ oder Rotoren ohne Enthalpieübertrager	Mio m ²	0.80	0.70	1.50
a nur Ersatz der Lüftungsgerät oder Wärmerückgewinnung, gleiche Infiltration wie Neubauten				

4.4 Berechnungsmodell

4.4.1 Allgemeines Vorgehen

Bei der Ermittlung der Leistungsspitzen und Energiemengen interessieren nicht die absoluten Werte, sondern die Differenzen zwischen den Varianten. Für Varianten, von denen keine Simulationen vorliegen, werden die Leistungs- und Energiekennwerte ausgehend von simulierten Varianten abgeschätzt.

Als repräsentative Klimastation für den Grossteil der Schweizer Gebäude wird Zürich-Kloten gewählt.

Die rechnerische Abschätzung wird für das Klimaszenario RCP8.5, 2035 durchgeführt. Es wird angenommen, dass die mittels Simulation ermittelten Leistungs- und Energiekennwerte über einen Zeitraum von 20 Jahren (2025 bis 2045) repräsentative Mittelwerte darstellen.

Bei Büros wird die statische Raumkühlung mit berücksichtigt. Bei Wohnen wird davon ausgegangen, dass in den nächsten Jahren der Anteil an Wohnungen mit einer statischen Kühlung nur geringfügig zunimmt und statistisch vernachlässigbar ist. Es wird aber aufgezeigt, welchen Einfluss eine Entfeuchtung der Raumluft resp. Zuluft hätte, wenn dies im grossen Umfang realisiert würde.

4.4.2 Grundannahmen

Die Grundannahmen sind folgende:

- Die Wärmeerzeugung erfolgt mit Wärmepumpen.
- Die Kälteerzeugung erfolgt mit Kompressions-Kältemaschinen.
- Die Befeuchtung erfolgt bei kleineren RLT-Anlagen mit Elektrodampferzeugern und bei grösseren mit einer adiabaten Luftbefeuchtung. Bei Wohnungen wird analog eine Verteilung zwischen Raumluftbefeuchtern mit Dampferzeugung und mit Verdunstung/Versprühung angenommen.
- Die Büros werden teilweise mit TABS gekühlt und teilweise mit Kühldecken.
- Die Gebäudenutzung entspricht derjenigen der Simulationen.

Die für die Potenzialabschätzung verwendeten Werte für Bürogebäude sind in Tabelle 3 und diejenigen für Wohnungen Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 3: Annahmen für Berechnungswerte für die Potenzialabschätzung bei Bürogebäuden

Beschreibung	Symbol	Einheit	Werte für	
			Sanierung	Neubau

Arbeitszahl Wärmepumpe für Energieberechnung ^a	SCOP	-	3.8	4.2
Leistungszahl Wärmepumpe für Leistungsberechnung ^b	COP	-	3.4	3.8
Arbeitszahl Kältemaschine für Energieberechnung, inkl. Rückkühlung	SEER	-	4.0 ^c	4.8 ^d
Leistungszahl Kältemaschine für Leistungsberechnung, inkl. Rückkühlung	EER	-	3.1 ^c	4.25 ^d
Anteil adiabatische Befeuchter	f_{adi}	-	0.5	0.7
Anteil Elektrodampferzeuger	$1 - f_{adi}$	-	0.5	0.3
Anteil Kühlung mit TABS	f_{TABS}	-	0	0.5
Anteil Kühlung mit Kühldecken	$1 - f_{TABS}$	-	1.0	0.5
<p>a Für Neubau gemäss SIA 380/2:2022, Tab. 9: Grenzwerte Erdsonden-Wärmepumpen, 100 kW. Bei Sanierungen wird wegen der höheren Vorlauftemperatur ein Faktor von ca. 0.9 gewählt.</p> <p>b ca. 90 % des SCOP</p> <p>c gemäss SIA 380/2:2022, Tab. 5: Grenzwerte luftgekühlte Kältemaschinen, 100 kW</p> <p>d gemäss SIA 380/2:2022, Tab. 7: Grenzwerte wassergekühlte Kältemaschinen, 100 kW</p>				

Tabelle 4: Annahmen für Berechnungswerte für die Potenzialabschätzung bei Wohngebäuden

Beschreibung	Symbol	Einheit	Werte für	
			Sanierung	Neubau
Arbeitszahl Wärmepumpe für Energieberechnung ^a	SCOP	-	3.6	4.0
Leistungszahl Wärmepumpe für Leistungsberechnung ^b	COP	-	3.2	3.6
Arbeitszahl Kältemaschine für Energieberechnung, inkl. Rückkühlung	SEER	-	3.8 ^c	4.5 ^d
Leistungszahl Kältemaschine für Leistungsberechnung, inkl. Rückkühlung	EER	-	2.9 ^c	4.05 ^d
Anteil adiabatische Befeuchter	f_{adi}	-	0.5	0.5
Anteil Elektrodampferzeuger	$1 - f_{adi}$	-	0.5	0.5
<p>a Für Neubau gemäss SIA 380/2:2022, Tab. 9: Grenzwerte Erdsonden-Wärmepumpen, 30 kW. Bei Sanierungen wird wegen der höheren Vorlauftemperatur ein Faktor von 0.9 gewählt.</p> <p>b ca. 90 % des SCOP</p> <p>c gemäss SIA 380/2:2022, Tab. 5: Grenzwerte luftgekühlte Kältemaschinen, 12 kW</p> <p>d gemäss SIA 380/2:2022, Tab. 7: Grenzwerte wassergekühlte Kältemaschinen, 12 kW</p>				

4.4.3 Formeln

Die Reduktion der elektrischen Spitzenleistung für eine Variante der Enthalprierückgewinnung (ERG) wird allgemein gemäss Formel (1) berechnet. Die Reduktion des jährlichen elektrischen Energiebedarfs wird analog berechnet.

In den Legenden der Formelzeichen wird im Folgenden der Einfachheit halber nur auf Büros referenziert. Die Formeln lassen sich analog für Wohnen anwenden.

$$\Delta P_{el,ERG} = P_{el,ref} - P_{el,ERG} \quad (1)$$

wobei

$\Delta P_{el,ERG}$ Reduktion der Spitzenleistung durch den Einsatz der Enthalprierückgewinnung, in MW
 $P_{el,ref}$ elektrische Spitzenleistung der Referenzvariante mit WRG, in MW

$P_{el,ERG}$ elektrische Spitzenleistung mit ERG, in MW

Die **elektrische Spitzenleistung** mit ERG im **Sommer** wird mit Formel (2) berechnet. Die Referenzvariante mit WRG wird analog berechnet.

$$P_{el,ERG,so} = A_{old} \cdot \frac{1}{EER_{old}} \cdot [f_{TABS,old} \cdot \varphi_{c,ERG,TABS,old} + (1 - f_{TABS,old}) \cdot \varphi_{c,ERG,RCS,old}] + A_{new} \cdot \frac{1}{EER_{new}} \cdot [f_{TABS,new} \cdot \varphi_{c,ERG,TABS,new} + (1 - f_{TABS,one}) \cdot \varphi_{c,ERG,RCS,new}] \quad (2)$$

wobei

$P_{el,ERG,so}$	elektrische Spitzenleistung mit ERG im Sommer, in MW
A_{old}	Büroflächen mit RLT-Anlagen mit Platten-WÜ oder Rotoren ohne Enthalpieübertrager gemäss Tabelle 1 (letzte Zeile), Kategorie Sanierung, in Mio m ²
A_{new}	Büroflächen mit RLT-Anlagen mit Platten-WÜ oder Rotoren ohne Enthalpieübertrager gemäss Tabelle 1 (letzte Zeile), Kategorie Neubau, in Mio m ²
EER_{old}	Leistungszahl Kältemaschine für Leistungsberechnung, inkl. Rückkühlung gemäss Tabelle 3, Kategorie Sanierung
EER_{new}	Leistungszahl Kältemaschine für Leistungsberechnung, inkl. Rückkühlung gemäss Tabelle 3, Kategorie Neubau
$\varphi_{c,ERG,TABS,old}$	spezifischer thermischer Leistungsbedarf für Kühlen und Entfeuchten mit ERG und TABS für Sanierung gemäss Formel (4) resp. Simulationen, in W/m ²
$\varphi_{c,ERG,TABS,new}$	spezifischer thermischer Leistungsbedarf für Kühlen und Entfeuchten mit ERG und TABS für Neubau gemäss Formel (4) resp. Simulationen, in W/m ²
$\varphi_{c,ERG,RCS,old}$	spezifischer thermischer Leistungsbedarf für Kühlen und Entfeuchten mit ERG und Kühldecken für Sanierung gemäss Formel (4) resp. Simulationen, in W/m ²
$\varphi_{c,ERG,RCS,new}$	spezifischer thermischer Leistungsbedarf für Kühlen und Entfeuchten mit ERG und Kühldecken für Neubau gemäss Formel (4) resp. Simulationen, in W/m ²
$f_{TABS,old}$	Anteil Kühlung mit TABS für Sanierung, gemäss Tabelle 3
$f_{TABS,new}$	Anteil Kühlung mit TABS für Neubau, gemäss Tabelle 3

Der spezifische thermische Leistungsbedarf für Kühlung und Entfeuchtung wird für Neubauten und Sanierungen wie auch für Systeme mit Kühldecken oder TABS berechnet mit:

$$\varphi_{c,ERG,i,j} = \varphi_{c,ERG,room,j} + \varphi_{c,air,ERG,i,j} \quad (3)$$

wobei

$\varphi_{c,ERG,i,j}$	spezifischer thermischer Leistungsbedarf des Falls i,j (i für TABS oder Kühldecke, j für Neubau oder Sanierung,) für Kühlen und Entfeuchten gemäss Simulationen, in W/m ²
$\varphi_{c,ERG,room,j}$	spezifischer thermischer Leistungsbedarf des Falls j (Neubau oder Sanierung) für die Flächenkühlung (TABS oder Kühldecke) im Raum, in W/m ²
$\varphi_{c,ERG,air,j}$	spezifischer thermischer Leistungsbedarf des Falls j (Neubau oder Sanierung) für die Zuluftkühlung und Entfeuchtung, in W/m ²

Die **elektrische Spitzenleistung** mit ERG im **Winter** wird mit Formel (4) berechnet. Die Referenzvariante mit WRG wird analog berechnet.

$$P_{el,ERG,wi} = A_{old} \cdot \left[\frac{1}{COP_{old}} (\varphi_{h,ERG,old} + f_{adi,old} \cdot \varphi_{hum,ERG,old}) + (1 - f_{adi,old}) \cdot \varphi_{hum,ERG,old} \right] \quad (4)$$

$$+ A_{new} \cdot \left[\frac{1}{COP_{new}} (\varphi_{h,ERG,new} + f_{adi,new} \cdot \varphi_{hum,ERG,new}) + (1 - f_{adi,new}) \cdot \varphi_{hum,ERG,new} \right]$$

wobei

$P_{el,ERG,swi}$	elektrische Spitzenleistung mit ERG im Sommer, in MW
A_{old}	Büroflächen mit RLT-Anlagen mit Platten-WÜ oder Rotoren ohne Enthalpieübertrager gemäss Tabelle 1 (letzte Zeile), Kategorie Sanierung, in Mio m ²
A_{new}	Büroflächen mit RLT-Anlagen mit Platten-WÜ oder Rotoren ohne Enthalpieübertrager gemäss Tabelle 1 (letzte Zeile), Kategorie Neubau, in Mio m ²
COP_{old}	Leistungszahl Wärmepumpe für Leistungsberechnung, inkl. Rückkühlung gemäss Tabelle 3, Kategorie Sanierung
COP_{new}	Leistungszahl Wärmepumpe für Leistungsberechnung, inkl. Rückkühlung gemäss Tabelle 3, Kategorie Neubau
$\varphi_{h,ERG,old}$	spezifischer thermischer Leistungsbedarf für Heiz mit ERG für Sanierung gemäss Formel (5) resp. Simulationen, in W/m ²
$\varphi_{h,ERG,new}$	spezifischer thermischer Leistungsbedarf für Heiz mit ERG für Neubau gemäss Formel (5) resp. Simulationen, in W/m ²
$\varphi_{hum,ERG,old}$	spezifischer thermischer Leistungsbedarf für Befeuchten mit ERG für Sanierung gemäss Simulationen, in W/m ²
$\varphi_{hum,ERG,new}$	spezifischer thermischer Leistungsbedarf für Befeuchten mit ERG für Neubau gemäss Simulationen, in W/m ²
$f_{adi,old}$	Anteil adiabatische Befeuchter im Altbau
$f_{adi,new}$	Anteil adiabatische Befeuchter im Neubau

Der spezifische thermische Leistungsbedarf für Heizen wird für Neubauten und Sanierungen wie auch für Systeme mit Kühldecken oder TABS berechnet mit:

$$\varphi_{h,ERG,j} = \varphi_{h,ERG,room,j} + \varphi_{h,ERG,air,i,j} + \varphi_{h,ERG,defr,j} \quad (5)$$

wobei

$\varphi_{h,ERG,j}$	spezifischer thermischer Leistungsbedarf des Falls j (für Neubau oder Sanierung,) gemäss Simulationen, in W/m ²
$\varphi_{h,ERG,room,j}$	spezifischer thermischer Leistungsbedarf des Falls j (Neubau oder Sanierung) für die Heizung (Heizflächen) im Raum, in W/m ²
$\varphi_{h,ERG,air,j}$	spezifischer thermischer Leistungsbedarf des Falls j (Neubau oder Sanierung) für die Zuluftnachwärmung, in W/m ²
$\varphi_{h,ERG,defr,j}$	spezifischer thermischer Leistungsbedarf des Falls j (Neubau oder Sanierung) für die Vorwärmung für den Vereisungsschutz, in W/m ²

Der **gesamte jährliche elektrische Energiebedarf** mit ERG wird mit Formel (6) berechnet. Die Referenzvariante mit WRG wird analog berechnet.

$$W_{el,ERG,tot} = W_{el,ERG,so} + W_{el,ERG,wi} + W_{el,ERG,v} \quad (6)$$

wobei

$W_{el,ERG,tot}$	gesamter elektrischer Energiebedarf, in GWh
$W_{el,ERG,so}$	elektrischer Energiebedarf für Kühlung und Entfeuchtung, gemäss Formel Fehler!

Verweisquelle konnte nicht gefunden werden., in GWh

$W_{el,ERG,wi,old}$ elektrischer Energiebedarf für Heizung und Befeuchtung, gemäss Formel (9), in MWh
 $W_{el,ERG,v}$ elektrischer Energiebedarf für Luftförderung, gemäss Formel (11), in MWh

Der **jährliche elektrische Energiebedarf für Kühlung und Entfeuchtung** mit ERG wird mit Formel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** berechnet. Die Referenzvariante mit WRG wird analog berechnet.

$$W_{el,ERG,so} = A_{old} \cdot \frac{1}{SEER_{old}} \cdot [f_{TABS,old} \cdot E_{c,ERG,TABS,old} + (1 - f_{TABS,old}) \cdot E_{c,ERG,RCS,old}] + A_{new} \cdot \frac{1}{SEER_{new}} [f_{TABS,new} \cdot E_{c,ERG,TABS,new} + (1 - f_{TABS,new}) \cdot E_{c,ERG,RCS,new}] \quad (7)$$

wobei

$W_{el,ERG,so}$ jährlicher elektrischer Energiebedarf mit ERG für Kühlung und Entfeuchtung, in GWh
 A_{old} Büroflächen mit RLT-Anlagen mit Platten-WÜ oder Rotoren ohne Enthalpieübertrager gemäss Tabelle 1 (letzte Zeile), Kategorie Sanierung, in Mio m²
 A_{new} Büroflächen mit RLT-Anlagen mit Platten-WÜ oder Rotoren ohne Enthalpieübertrager gemäss Tabelle 1 (letzte Zeile), Kategorie Neubau, in Mio m²
 $SEER_{old}$ Jahresarbeitszahl Kältemaschine inkl. Rückkühlung gemäss Tabelle 3, Kategorie Sanierung
 $SEER_{new}$ Jahresarbeitszahl Kältemaschine inkl. Rückkühlung gemäss Tabelle 3, Kategorie Neubau
 $E_{c,ERG,TABS,old}$ spezifischer jährlicher thermischer Energiebedarf für Kühlen und Entfeuchten mit ERG und TABS für Sanierung gemäss Formel (8) resp. Simulationen, in kWh/m²
 $E_{c,ERG,TABS,new}$ spezifischer jährlicher thermischer Energiebedarf für Kühlen und Entfeuchten mit ERG und TABS für Neubau gemäss Formel (8) resp. Simulationen, in kWh/m²
 $E_{c,ERG,RCS,old}$ spezifischer jährlicher thermischer Energiebedarf für Kühlen und Entfeuchten mit ERG und Kühldecken für Sanierung gemäss Formel (8) resp. Simulationen, in kWh/m²
 $E_{c,ERG,RCS,new}$ spezifischer jährlicher thermischer Leistungsbedarf für Kühlen und Entfeuchten mit ERG und Kühldecken für Neubau gemäss Formel (8) resp. Simulationen, in kWh/m²
 $f_{TABS,old}$ Anteil Kühlung mit TABS für Sanierung, gemäss Tabelle 3
 $f_{TABS,new}$ Anteil Kühlung mit TABS für Neubau, gemäss Tabelle 3

Der spezifische jährliche Energiebedarf für Kühlung und Entfeuchtung wird für Neubauten und Sanierungen wie auch für Systeme mit Kühldecken oder TABS berechnet mit:

$$E_{c,ERG,i,j} = E_{c,ERG,room,j} + E_{c,air,ERG,i,j} \quad (8)$$

wobei

$E_{c,ERG,i,j}$ spezifischer jährlicher thermischer Energiebedarf des Falls i,j (i für TABS oder Kühldecke, j für Neubau oder Sanierung,) für Kühlen und Entfeuchten gemäss Simulationen, in kWh/m²
 $E_{c,ERG,room,j}$ spezifischer jährlicher thermischer Leistungsbedarf des Falls j (Neubau oder Sanierung) für die Flächenkühlung (TABS oder Kühldecke) im Raum, in kWh/m²
 $E_{c,ERG,air,j}$ spezifischer jährlicher thermischer Leistungsbedarf des Falls j (Neubau oder Sanierung) für die Zuluftkühlung und Entfeuchtung, in kWh/m²

Der **jährliche elektrische Energiebedarf für Heizung und Befeuchtung** mit ERG wird mit Formel (9) berechnet. Die Referenzvariante mit WRG wird analog berechnet.

$$W_{el,ERG,wi} = A_{old} \cdot \left[\frac{1}{SCOP_{old}} (E_{h,ERG,old} + f_{adi,old} \cdot E_{hum,ERG,old}) + (1 - f_{adi,old}) \cdot E_{hum,ERG,old} \right] \quad (9)$$

$$+ A_{new} \cdot \left[\frac{1}{SCOP_{new}} (E_{h,ERG,new} + f_{adi,new} \cdot E_{hum,ERG,new}) + (1 - f_{adi,new}) \cdot E_{hum,ERG,new} \right]$$

wobei

$W_{el,ERG,wi}$	elektrische Energie für Heizung und Befeuchtung, in GWh
A_{old}	Büroflächen mit RLT-Anlagen mit Platten-WÜ oder Rotoren ohne Enthalpieübertrager gemäss Tabelle 1 (letzte Zeile), Kategorie Sanierung, in Mio m ²
A_{new}	Büroflächen mit RLT-Anlagen mit Platten-WÜ oder Rotoren ohne Enthalpieübertrager gemäss Tabelle 1 (letzte Zeile), Kategorie Neubau, in Mio m ²
$SCOP_{old}$	Jahresarbeitszahl Wärmepumpe, gemäss Tabelle 3, Kategorie Sanierung
$SCOP_{new}$	Jahresarbeitszahl Wärmepumpe gemäss Tabelle 3, Kategorie Neubau
$E_{h,ERG,old}$	spezifischer thermischer Energiebedarf für Heizen mit ERG für Sanierung gemäss Simulationen, in kWh/m ²
$E_{h,ERG,new}$	spezifischer thermischer Energiebedarf für Heizen mit ERG für Neubau gemäss Formel (10) resp. Simulationen, in kWh/m ²
$E_{hum,ERG,old}$	spezifischer thermischer Energiebedarf für Befeuchten mit ERG für Sanierung gemäss Simulationen, in kWh/m ²
$E_{hum,ERG,new}$	spezifischer thermischer Energiebedarf für Befeuchten mit ERG für Neubau gemäss Simulationen, in kWh/m ²
$f_{adi,old}$	Anteil adiabatische Befeuchter im Altbau
$f_{adi,new}$	Anteil adiabatische Befeuchter im Neubau

Der spezifische jährlicher thermische Energiebedarf für Heizen wird für Neubauten und Sanierungen berechnet mit:

$$E_{h,ERG,j} = E_{h,ERG,room,j} + E_{h,ERG,air,i,j} + E_{h,ERG,defr,j} \quad (10)$$

wobei

$E_{h,ERG,j}$	spezifischer jährlicher thermischer Energiebedarf des Falls j (für Neubau oder Sanierung,) gemäss Simulationen, in kWh/m ²
$E_{h,ERG,room,j}$	spezifischer jährlicher thermischer Energiebedarf des Falls j (Neubau oder Sanierung) für die Heizen (Heizflächen) im Raum, in kWh/m ²
$E_{h,ERG,air,j}$	spezifischer jährlicher thermischer Energiebedarf des Falls j (Neubau oder Sanierung) für die Zuluftnachwärmung ohne Einfluss der Befeuchtung, in kWh/m ²
$E_{h,ERG,defr,j}$	spezifischer jährlicher thermischer Energiebedarf des Falls j (Neubau oder Sanierung) für die Vorwärmung für den Vereisungsschutz, in kWh/m ²

Der **elektrische Energiebedarf für die Luftförderung** mit ERG wird gemäss Formel (11) berechnet. Die Referenzvariante mit WRG wird analog berechnet.

$$W_{el,ERG,v} = A_{old} \cdot E_{v,ERG,old} + A_{new} \cdot E_{v,ERG,new} \quad (11)$$

wobei

$W_{el,ERG,v}$	elektrischer Energiebedarf für Luftförderung mit ERG, in GWh
A_{old}	Büroflächen mit RLT-Anlagen mit Platten-WÜ oder Rotoren ohne Enthalpieübertrager gemäss Tabelle 1 (letzte Zeile), Kategorie Sanierung, in Mio m ²
A_{new}	Büroflächen mit RLT-Anlagen mit Platten-WÜ oder Rotoren ohne Enthalpieübertrager gemäss Tabelle 1 (letzte Zeile), Kategorie Neubau, in Mio m ²
$E_{v,ERG,old}$	spezifischer jährlicher Energiebedarf für Luftförderung mit ERG für Sanierung gemäss Simulationen, in kWh/m ²
$E_{v,ERG,new}$	spezifischer jährlicher Energiebedarf für Luftförderung mit ERG für Neubau gemäss Simulationen, in kWh/m ²

5 Resultate der Berechnungen

5.1.1 Allgemein

Alle Angaben beziehen sich auf die Nettogeschossflächen der Hauptnutzungen.

5.1.2 Spezifischer Energie- und Leistungsbedarf

Tabelle 5 zeigt den spezifischen Energie- und Leistungsbedarf, bezogen auf die Nettogeschossfläche, der jährlich erstellten resp. sanierten Büros mit RLT-Anlagen beim Klimaszenario RCP8.5 2035. Dabei werden verschiedene WRG resp. ERG-Typen und Innenraumkategorien betrachtet.

Tabelle 6 stellt die analogen Werte für Wohnungen dar.

Im Gegensatz zu den Büros werden bei den Wohnungen nur die Simulationen für Neubauten ausgewertet, da bei bestehenden Wohnungen von einer gleichen guten Luftdichtheit der Gebäudehülle ausgegangen wird wie bei Neubauten. Die Werte in normaler Schrift stammen von den Simulation in AP5. Die Werte in kursiver Schrift sind Abschätzungen auf der Basis von berechneten Varianten (proportionale Umrechnungen).

Tabelle 5: Spezifischer Energie- und Leistungsbedarf der verschiedenen Varianten (Innenraumkategorie, WRG/ERG) für Büros für Zürich Kloten beim Klimaszenario RCP8.5 2035

Grösse	Variante			Einheit	Luftförderung		Heizwärme		Befeuchten		Kühlen+Entfeucht	
	Innenraumkategorie	WRG/WRG	statische Kühlung		AB	NB	AB	NB	AB	NB	AB	NB
Energie	C (30 % r.F.)	ERG Rotor	TABS	kWh/m2	2.8	3.2	9.7	5.3	0.1	0.1	27.8	32.3
			Kühldecke	kWh/m2	2.8	3.2	9.4	5.2	0.1	0.1	28.0	32.3
		ERG Platte	TABS	kWh/m2	2.8	3.2	9.8	5.6	0.3	0.2	27.6	31.9
			Kühldecke	kWh/m2	2.8	3.2	10.2	5.7	0.3	0.2	27.8	32.1
		WRG konv.	TABS	kWh/m2	2.8	3.2	10.2	5.8	1.8	1.8	23.3	26.6
			Kühldecke	kWh/m2	2.8	3.2	10.3	5.8	1.8	1.8	23.3	26.8
	B (40 % r.F.)	ERG Rotor	TABS	kWh/m2	2.8	3.2	9.4	5.1	1.6	0.8	28.1	32.7
			Kühldecke	kWh/m2	2.8	3.2	9.3	5.2	1.6	0.8	28.3	32.7
		ERG Platte	TABS	kWh/m2	2.8	3.2	9.8	5.6	2.5	1.5	27.7	32.0
			Kühldecke	kWh/m2	2.8	3.2	9.8	5.6	2.5	1.5	27.9	32.2
		WRG konv.	TABS	kWh/m2	2.8	3.2	10.0	5.7	7.6	7.5	23.4	26.8
			Kühldecke	kWh/m2	2.8	3.2	10.1	5.7	7.5	7.5	23.4	27.0
A (40 % r.F.)	ERG Rotor	TABS	kWh/m2	6.0	6.8	14.6	7.9	11.5	5.5	24.0	27.9	
		Kühldecke	kWh/m2	6.0	6.8	14.5	8.2	11.4	5.4	24.2	27.9	
	ERG Platte	TABS	kWh/m2	6.0	6.8	12.8	7.3	7.3	4.5	25.0	28.9	
		Kühldecke	kWh/m2	6.0	6.8	12.9	7.3	7.3	4.4	25.3	29.1	
	WRG konv.	TABS	kWh/m2	6.0	6.8	13.6	7.8	16.0	15.9	17.6	20.1	
		Kühldecke	kWh/m2	6.0	6.8	13.9	7.8	15.9	15.9	17.7	20.5	
Leistung	C (30 % r.F.)	ERG Rotor	TABS	W/m2	1.0	1.0	15.0	10.4	5.3	4.4	44.7	45.1
			Kühldecke	W/m2	1.0	1.0	14.9	10.4	5.3	4.4	45.0	44.3
		ERG Platte	TABS	W/m2	1.0	1.0	15.2	11.4	5.3	3.8	45.3	45.6
			Kühldecke	W/m2	1.0	1.0	15.3	11.5	5.2	4.0	45.0	45.1
		WRG konv.	TABS	W/m2	1.0	1.0	16.8	13.3	8.4	7.0	47.0	46.1
			Kühldecke	W/m2	1.0	1.0	16.9	13.3	8.4	6.9	45.6	45.5
	B (40 % r.F.)	ERG Rotor	TABS	W/m2	1.0	1.0	14.8	10.3	10.7	8.9	44.8	45.1
			Kühldecke	W/m2	1.0	1.0	14.8	10.3	10.7	9.0	45.1	44.4
		ERG Platte	TABS	W/m2	1.0	1.0	16.4	12.3	11.3	8.3	45.3	45.6
			Kühldecke	W/m2	1.0	1.0	16.4	12.2	11.1	8.7	45.0	45.1
		WRG konv.	TABS	W/m2	1.0	1.0	16.8	13.2	16.2	13.5	47.0	46.1
			Kühldecke	W/m2	1.0	1.0	16.7	13.2	16.0	13.2	45.6	45.5
A (40 % r.F.)	ERG Rotor	TABS	W/m2	2.0	2.0	29.6	20.6	16.5	13.7	48.6	49.0	
		Kühldecke	W/m2	2.0	2.0	29.5	20.7	16.5	13.9	48.9	48.2	
	ERG Platte	TABS	W/m2	2.0	2.0	25.1	18.8	15.4	11.2	50.4	50.8	
		Kühldecke	W/m2	2.0	2.0	25.1	18.7	15.1	11.8	50.1	50.2	
	WRG konv.	TABS	W/m2	2.0	2.0	23.8	18.8	28.5	23.6	52.3	51.4	
		Kühldecke	W/m2	2.0	2.0	24.4	19.2	23.3	19.2	61.1	60.9	
Volllaststunden	C (30 % r.F.)	ERG Rotor	TABS	h	2838	3196	648	507	24	14	621	717
			Kühldecke	h	2832	3196	629	503	24	13	622	729
		ERG Platte	TABS	h	2831	3194	643	490	50	42	609	698
			Kühldecke	h	2829	3194	663	501	51	40	618	711
		WRG konv.	TABS	h	2822	3179	605	440	215	259	495	578
			Kühldecke	h	2821	3179	611	437	214	261	510	590
	B (40 % r.F.)	ERG Rotor	TABS	h	2840	3199	632	495	153	88	627	724
			Kühldecke	h	2827	3190	633	507	153	86	628	736
		ERG Platte	TABS	h	2827	3188	599	456	218	181	610	700
			Kühldecke	h	2822	3186	600	454	221	172	619	713
		WRG konv.	TABS	h	2830	3188	596	434	465	559	498	582
			Kühldecke	h	2828	3186	605	433	467	569	514	594
A (40 % r.F.)	ERG Rotor	TABS	h	3007	3386	492	385	696	399	494	570	
		Kühldecke	h	3001	3386	493	395	693	388	494	580	
	ERG Platte	TABS	h	3002	3386	512	390	478	397	497	570	
		Kühldecke	h	3000	3386	513	388	484	378	504	580	
	WRG konv.	TABS	h	3005	3386	571	415	562	675	336	392	
		Kühldecke	h	3004	3385	571	408	680	830	291	336	

Tabelle 6: Spezifischer Energie- und Leistungsbedarf der verschiedenen Varianten (Innenraumkategorie, WRG/ERG) für Wohnungen für Zürich Kloten beim Klimaszenario RCP8.5 2035

Grösse	Variante	Einheit	Luftförderung		Heizwärme		Befeuchten		Kühlen+Entfeucht		
			AB	NB	AB	NB	AB	NB	AB	NB	
Energie	C (30 % r.F.)	ERG Rotor	kWh/m2	3.9	3.9	10.0	10.0	0.1	0.1	4.9	4.9
		ERG Platte Membran	kWh/m2	3.9	3.9	10.8	10.8	0.2	0.2	4.7	4.7
		WRG konv.	kWh/m2	3.9	3.9	10.2	10.2	1.6	1.6	4.7	4.7
	B (40 % r.F.)	ERG Rotor	kWh/m2	3.9	3.9	9.9	9.9	1.5	1.5	4.9	4.9
		ERG Platte Membran	kWh/m2	3.9	3.9	10.7	10.7	2.1	2.1	4.7	4.7
		WRG konv.	kWh/m2	4.0	4.0	9.9	9.9	7.3	7.3	4.7	4.7
Leistung	C (30 % r.F.)	ERG Rotor	W/m2	0.6	0.6	13.0	13.0	9.1	9.1	8.9	8.9
		ERG Platte Membran	W/m2	0.6	0.6	15.9	15.9	9.2	9.2	9.0	9.0
		WRG konv.	W/m2	0.6	0.6	16.8	16.8	9.8	9.8	9.3	9.3
	B (40 % r.F.)	ERG Rotor	W/m2	0.6	0.6	12.9	12.9	9.8	9.8	8.9	8.9
		ERG Platte Membran	W/m2	0.6	0.6	15.7	15.7	9.7	9.7	9.0	9.0
		WRG konv.	W/m2	0.6	0.6	16.6	16.6	10.5	10.5	9.3	9.3
Volllaststunden	C (30 % r.F.)	ERG Rotor	h	6750	6750	765	765	14	14	544	544
		ERG Platte Membran	h	6771	6771	675	675	26	26	527	527
		WRG konv.	h	6795	6795	607	607	159	159	503	503
	B (40 % r.F.)	ERG Rotor	h	6748	6748	770	770	154	154	544	544
		ERG Platte Membran	h	6769	6769	679	679	219	219	528	528
		WRG konv.	h	6804	6804	600	600	694	694	503	503

5.1.3 Absolute Werte

Tabelle 7 zeigt die Wirkung der verschiedenen Varianten auf den nationalen Bedarf an Elektrizität für Büros. Tabelle 8 gilt analog für Wohnungen. Dabei wird die Wirkung nach 20 Jahren betrachtet. Das heisst, die spezifischen Werte aus Tabelle 5 resp. Tabelle 6 werden mit den sanierten und neuerstellten Nettogeschossflächen in einem Zeitraum von 20 Jahren multipliziert. Resp. wenn mit der Umsetzung der Varianten im Jahr 2025 begonnen würde, resultieren die aufgeführten jährlichen Energiemengen und Spitzenleistungen im Jahr 2045.

In Teil a) der Tabelle sind die absoluten Energiemengen und Leistungen aufgeführt. Dabei ist zu beachten, dass dies kein Mehrbedarf gegenüber einer Nullvariante ist. Die Variante mit Innenraumkategorie C und einer konventionellen WRG entspricht dem Szenario mit dem jährlichen Neubau- und Sanierungsvolumen gemäss den Annahmen in Kapitel 4.

Da der Wärmedämmstandard der Gebäude im Projekt RePPER nicht von Bedeutung und Interesse ist, sind aber nicht der absoluten Energie- und Leistungsbedarfe von Interesse, sondern die Differenzen zwischen den Varianten. Teil b) zeigt die jährlichen Elektrizitätseinsparungen auf, wenn anstelle der klassischen WRG (ohne Feuchterückgewinnung) nur noch ERG mit Rotoren oder Platten (Membran) eingesetzt würden. In Teil c) wird aufgezeigt, welcher zusätzliche Bedarf sich ergeben würde, wenn die heute in den SIA Normen geforderten minimalen Raumluftfeuchte von 30 % r.F. auf 40 % r.F. erhöht würde.

Tabelle 7: Abschätzung des nationalen Elektrizitätsbedarfs (Teil a), sowie der Mehr- und Minderverbräuche (Teile b und c) bei verschiedenen Varianten von Innenraumkategorien und WRG/ERG, für Büros in Zürich Kloten beim Klimaszenario RCP8.5 2035, aussummiert über das Neubau- und Sanierungsvolumen von 20 Jahren.

a) Jährlicher Elektrizitätsbedarf bei einer Umsetzung der Varianten von insgesamt 20 Jahren

Grösse	Variante		Einheit	Luftförderung			Heizen			Befeuchten			Winter therm.			Kühlen+Entf.			Gesamt Jahr		
	Innenraum-kategorie	WRG/ERG		AB	NB	Tot	AB	NB	Tot	AB	NB	Tot	AB	NB	Tot	AB	NB	Tot	AB	NB	Tot
Energie	C (30 % r.F.)	ERG Rotor	GWh	48	58	106	42	23	65	1	1	2	43	23	67	119	123	242	210	204	414
		ERG Platte	GWh	48	58	106	45	25	70	3	1	4	48	26	74	118	121	239	215	205	420
		WRG konv.	GWh	48	58	106	46	25	71	19	15	35	65	41	106	99	101	200	212	200	412
	B (40 % r.F.)	ERG Rotor	GWh	48	58	106	42	22	64	18	7	24	59	29	88	120	124	244	228	211	439
		ERG Platte	GWh	48	58	106	44	24	68	26	13	39	70	37	107	119	122	240	237	216	453
		WRG konv.	GWh	48	58	106	45	25	70	80	64	144	126	89	214	100	102	202	273	249	522
	A (40 % r.F.)	ERG Rotor	GWh	102	123	225	65	35	100	123	46	169	188	81	269	103	106	209	393	310	703
		ERG Platte	GWh	102	123	225	58	32	89	78	38	116	136	69	205	107	110	217	345	303	648
		WRG konv.	GWh	102	123	225	62	34	96	170	135	306	232	169	402	75	77	152	410	369	779
Leistung	C (30 % r.F.)	ERG Rotor	MW	17	18	35	75	50	125	58	39	97	133	89	222	247	191	438			
		ERG Platte	MW	17	18	35	77	55	131	57	35	91	133	89	223	247	194	441			
		WRG konv.	MW	17	18	35	84	64	148	92	61	154	177	125	302	250	196	446			
	B (40 % r.F.)	ERG Rotor	MW	17	18	35	74	49	123	118	79	197	192	128	320	247	192	439			
		ERG Platte	MW	17	18	35	82	59	141	122	75	197	204	133	338	247	194	441			
		WRG konv.	MW	17	18	35	84	63	147	176	117	293	260	181	440	250	196	446			
	A (40 % r.F.)	ERG Rotor	MW	34	36	70	148	99	246	182	122	303	329	220	549	268	208	476			
		ERG Platte	MW	34	36	70	125	90	215	166	101	267	291	191	483	275	216	491			
		WRG konv.	MW	34	36	70	122	91	213	256	189	445	378	279	658	335	240	575			

b) Jährliche Elektrizitätseinsparung bei einer Umsetzung der Varianten von insgesamt 20 Jahren

Grösse	Variante		Einheit	Luftförderung			Heizen			Befeuchten			Winter therm.			Kühlen+Entf.			Gesamt Jahr		
	Innenraum-kategorie	WRG/ERG		AB	NB	Tot	AB	NB	Tot	AB	NB	Tot	AB	NB	Tot	AB	NB	Tot	AB	NB	Tot
Energie	C (30 % r.F.)	ERG Rotor satt WRG konv.	GWh	0	0	0	4	2	7	18	15	33	22	17	39	-20	-21	-41	2	-4	-2
		ERG Platte satt WRG konv.	GWh	0	0	0	1	1	1	16	14	30	17	15	32	-19	-20	-39	-2.3	-5	-8
	B (40 % r.F.)	ERG Rotor satt WRG konv.	GWh	0	0	0	4	2	6	63	57	120	66	60	126	-21	-22	-43	45.5	38	83
		ERG Platte satt WRG konv.	GWh	0	0	0	1	1	2	54	51	105	55	52	107	-19	-20	-39	36.3	32	69
	A (40 % r.F.)	ERG Rotor satt WRG konv.	GWh	0	0	0	-3	-1	-4	47	89	137	45	88	133	-27	-29	-56	17.3	59	77
		ERG Platte satt WRG konv.	GWh	0	0	0	5	2	7	92	97	189	96	100	196	-32	-33	-65	64.8	67	131
Leistung	C (30 % r.F.)	ERG Rotor satt WRG konv.	MW	0	0	0	9	14	23	34	22	57	44	36	80	3	5	8			
		ERG Platte satt WRG konv.	MW	0	0	0	8	9	17	36	27	62	43	35	79	3	2	5			
	B (40 % r.F.)	ERG Rotor satt WRG konv.	MW	0	0	0	10	14	24	58	38	97	68	52	121	3	4	7			
		ERG Platte satt WRG konv.	MW	0	0	0	2	5	6	54	43	96	56	47	103	3	2	5			
	A (40 % r.F.)	ERG Rotor satt WRG konv.	MW	0	0	0	-26	-8	-34	75	67	142	49	59	108	67	32	99			
		ERG Platte satt WRG konv.	MW	17	18	35	42	27	68	90	87	178	132	114	246	60	24	84			

c) Jährlicher Mehrbedarf an Elektrizität bei einer Umsetzung der Varianten von insgesamt 20 Jahren

Grösse	Variante		Einheit	Luftförderung			Heizen			Befeuchten			Winter therm.			Kühlen+Entf.			Gesamt Jahr		
	Innenraum-kategorie	WRG/ERG		AB	NB	Tot	AB	NB	Tot	AB	NB	Tot	AB	NB	Tot	AB	NB	Tot	AB	NB	Tot
Energie	B satt C	ERG Rotor	GWh	0	0	0	0	0	0	16	6	22	16	6	22	1	1	3	17	7	24
		ERG Platte	GWh	0	0	0	-2	0	-2	24	11	35	22	11	33	0	0	1	22	11	33
		WRG konv.	GWh	0	0	0	-1	0	-1	61	48	109	60	48	108	1	1	1	61	49	110
	A satt B	ERG Rotor	GWh	54	65	119	23	12	36	105	39	145	128	52	180	-17	-18	-35	165	99	264
		ERG Membran	GWh	54	65	119	14	7	21	52	25	77	66	33	98	-11	-12	-23	108	86	195
		WRG konv.	GWh	54	65	119	17	9	26	90	72	162	107	81	188	-24	-25	-49	137	121	258
Leistung	B satt C	ERG Rotor	MW	0	0	0	-1	0	-2	60	40	100	59	39	98	0	0	1			
		ERG Platte	MW	0	0	0	5	4	9	66	40	106	71	44	115	0	0	0			
		WRG konv.	MW	0	0	0	-1	0	-1	84	56	140	83	56	139	0	0	0			
	A satt B	ERG Rotor	MW	17	18	35	74	49	123	64	43	106	138	92	230	21	16	38			
		ERG Platte	MW	17	18	35	44	31	75	43	27	70	87	58	145	28	22	50			
		WRG konv.	MW	17	18	35	38	28	66	80	71	151	118	99	217	85	44	129			

Tabelle 8: Abschätzung des nationalen Elektrizitätsbedarfs (Teil a), sowie der Mehr- und Minderverbräuche (Teile b und c) bei verschiedenen Varianten von Innenraumkategorien und WRG/ERG, für Wohnungen in Zürich Kloten beim Klimaszenario RCP8.5 2035, aussummiert über das Neubau- und Sanierungsvolumen von 20 Jahren.

a) Jährlicher Elektrizitätsbedarf bei einer Umsetzung der Varianten von insgesamt 20 Jahren

Grösse	Variante Innenraum-kategorie	WRG/ERG	Einheit	Luftförderung			Heizen			Befeuchten			Winter therm.			Kühlen+Entf.			Gesamt Jahr		
				AB	NB	Tot	AB	NB	Tot	AB	NB	Tot	AB	NB	Tot	AB	NB	Tot	AB	NB	Tot
Energie	C (30 % r.F.)	ERG Rotor	GWh	63	55	118	44	35	79	1	1	2	108	91	200	20	15	36	192	161	353
		ERG Platte Membran	GWh	63	55	118	48	38	85	2	2	4	113	95	208	20	15	35	196	165	361
		WRG konv.	GWh	63	55	118	45	36	81	16	14	30	124	105	229	20	15	34	207	174	382
	B (40 % r.F.)	ERG Rotor	GWh	63	55	118	44	35	79	15	13	29	122	103	225	20	15	36	206	173	379
		ERG Platte Membran	GWh	63	55	118	47	37	85	22	19	40	132	111	243	20	15	35	215	181	396
		WRG konv.	GWh	63	55	119	44	35	79	74	64	138	182	154	336	20	15	34	265	224	488
Leistung	C (30 % r.F.)	ERG Rotor	MW	9	8	17	65	51	116	96	82	178	170	141	311	49	31	80			
		ERG Platte Membran	MW	9	8	17	80	62	142	96	82	178	185	152	337	49	31	80			
		WRG konv.	MW	9	8	17	84	65	149	103	87	190	196	161	356	51	32	83			
	B (40 % r.F.)	ERG Rotor	MW	9	8	17	65	50	115	103	88	190	177	146	322	49	31	80			
		ERG Platte Membran	MW	9	8	17	79	61	140	102	87	189	190	156	347	49	31	81			
		WRG konv.	MW	9	8	17	83	65	147	110	94	204	192	166	369	51	32	83			

b) Jährliche Elektrizitätseinsparung bei einer Umsetzung der Varianten von insgesamt 20 Jahren

Grösse	Variante Innenraum-kategorie	WRG/ERG	Einheit	Luftförderung			Heizen			Befeuchten			Winter therm.			Kühlen+Entf.			Gesamt Jahr		
				AB	NB	Tot	AB	NB	Tot	AB	NB	Tot	AB	NB	Tot	AB	NB	Tot	AB	NB	Tot
Energie	C (30 % r.F.)	ERG Rotor satt WRG	GWh	0	0	1	1	1	2	15	12	27	16	14	29	-1	-1	-1	15	13	29
		ERG Membran satt WRG	GWh	0	0	0	-3	-2	-5	13	12	25	11	10	21	0	0	0	11	10	21
	B (40 % r.F.)	ERG Rotor satt WRG	GWh	0	0	1	0	0	0	59	50	109	59	51	110	-1	-1	-1	59	51	110
		ERG Membran satt WRG	GWh	0	0	1	-3	-3	-6	53	45	98	50	43	92	0	0	0	50	43	92
Leistung	C (30 % r.F.)	ERG Rotor satt WRG	MW	0	0	0	19	15	33	7	6	12	25	20	46	2	1	3			
		ERG Membran satt WRG	MW	0	0	0	4	3	7	6	5	12	11	9	19	2	1	3			
	B (40 % r.F.)	ERG Rotor satt WRG	MW	0	0	0	18	14	33	7	6	13	26	20	46	2	1	3			
		ERG Membran satt WRG	MW	0	0	0	4	3	7	8	7	14	12	10	22	2	1	3			

c) Jährlicher Mehrbedarf an Elektrizität bei einer Umsetzung der Varianten von insgesamt 20 Jahren

Grösse	Variante Innenraum-kategorie	WRG/ERG	Einheit	Luftförderung			Heizen			Befeuchten			Winter therm.			Kühlen+Entf.			Gesamt Jahr		
				AB	NB	Tot	AB	NB	Tot	AB	NB	Tot	AB	NB	Tot	AB	NB	Tot	AB	NB	Tot
Energie	B satt C	ERG Rotor	GWh	0	0	0	0	0	0	14	12	26	14	12	26	0	0	0	14	12	26
		ERG Membran	GWh	0	0	0	0	0	-1	19	17	36	19	16	35	0	0	0	19	16	35
		WRG konv.	GWh	0	0	0	-1	-1	-2	58	50	108	57	49	107	0	0	0	58	49	107
Leistung	B satt C	ERG Rotor	MW	0	0	0	-1	0	-1	7	6	13	6	5	12	0	0	0			
		ERG Membran	MW	0	0	0	-1	-1	-2	6	5	11	5	4	10	0	0	0			
		WRG konv.	MW	0	0	0	-1	-1	-2	7	6	14	6	6	12	0	0	0			

Wenn die minimale relative Raumlufffeuchte in allen bestehenden Wohnungen und Büros (d.h. auch in solchen mit natürlicher Lüftung) von 30 % auf 40 % r.F. erhöht würde, ergäbe sich ein Mehrbedarf an elektrischer Energie und Leistung der mindestens eine Grössenordnung höher ist als die in den Tabellen aufgeführten Wert für die konventionelle WRG. Das heisst, dass mit einem Mehrbedarf zu rechnen wäre, der im Bereich der Leistung eines Grosskraftwerks liegt. Eine präzisere Abschätzung dieses Mehrbedarfs ist aber nicht Gegenstand des Projekts RePPER.

6 Diskussion

6.1 Folgerungen aus den rechnerischen Abschätzungen

Gemäss den Simulationsergebnissen resultiert bei einer ERG im Sommer ein höherer Energiebedarf als bei einer klassischen WRG. Wie bei AP5 diskutiert wird, liegt die Ursache in der Regelstrategie, die sich an praxisübliche Lösungen anlehnt. Es kann davon ausgegangen werden, dass bei einer Weiterentwicklung und Verfeinerung der Regelstrategie der Energiebedarf im Sommer mit ERG etwa gleich gross ist, wie mit einer klassischen WRG. Solche Untersuchungen könnten Gegenstand von weiterführenden Arbeiten sein.

Für die Abschätzung des theoretischen Potenzials wird davon ausgegangen, dass eine verbesserte Regelstrategie ohne Mehrverbrauch im Sommer, aber mit gleichem Verbrauch im Winter und dem gleichen Leistungsbedarf gefunden wird. Tabelle 9 fasst das Potenzial der Elektrizitätseinsparung zusammen bei dieser Annahme zusammen, die eine ERG mit Rotor gegenüber einer klassischen WRG hat bei der Innenraumkategorie C (30 % r.F.) hat.

Die Abschätzung des nationalen Potenzials basiert auf einer Nettogeschossflächen von 65 Mio m², die sich wie folgt aufteilt:

- Büro Altbau 17 Mio m²
- Büro Neubau 18 Mio m²
- Wohnen Altbau 16 Mio m²
- Wohnen Neubau 14 Mio m²

Tabelle 9: Zusammenfassung der Abschätzung der nationalen Elektrizitätssparpotenzials beim Einsatz von ERG mit Rotor gegenüber einer konventionellen WRG für Innenraumkategorie C (30 % r.F)

Einsparung	Nutzung	Einheit	Winter	Sommer	Jahr
Energie	Büro	GWh	39	0	39
	Wohnen	GWh	29	0	29
	Total	GWh	68	0	68
Leistung	Büro	MW	80	8	-
	Wohnen	MW	46	3	-
	Total	MW	126	11	-

Tabelle 10 zeigt die Abschätzung des jährlichen nationalen Mehrbedarfs an Elektrizität, wenn in Wohnungen und Büros mit neuen und sanierten RLT-Anlagen eine minimale relative Raumluftfeuchte von 40 % r.F. statt wie in den aktuellen SIA-Normen von 30 % r.F. gefordert würde. Hier wird eine konventionelle WRG mit einer ERG mit Rotor verglichen. Da sowohl bei der Energie wie auch bei der Leistung im Sommer kein relevanter Mehr- oder Minderbedarf berechnet wird, werden nur die Winter-Werte dargestellt.

Tabelle 10: Zusammenfassung der Abschätzung der nationalen Mehrbedarfs an Elektrizität bei einer Erhöhung der minimalen Raumluftfeuchte von 30 % auf 40 % r.F. bei neuen und sanierten RLT-Anlagen

Einsparung	Nutzung	Einheit	konv. WRG	ERG mit Rotor
Energie	Büro	GWh	108	22
	Wohnen	GWh	107	26
	Total	GWh	215	48
Leistung	Büro	MW	139	98
	Wohnen	MW	12 ^a	12 ^a
	Total	MW	151	110

a entspricht der Hochrechnung aus der Simulation. Mit Raumluftbefeuchtern ist eine deutlich grössere Leistungszunahme zu erwarten (s. Text)

Die in Tabelle 10 aufgeführte Leistungszunahme bei den Wohnungen entspricht der Hochrechnung aus den Simulationen, die auf einer Zuluftbefeuchtung im Lüftungsgerät basiert. In der Praxis werden aber in Wohnungen vorwiegend dezentrale Raumluftbefeuchter eingesetzt werden. Bei RLT-Anlagen mit ERV und Innenraumkategorie C besteht höchstens in Wohnungen mit geringem Feuchteanfall (Unterbelegung, kurze Anwesenheit) der Bedarf nach einer aktiven Befeuchtung. Wenn das Bedürfnis nach Innenraumkategorie B vorhanden ist, dürften in deutlich mehr Wohnungen Raumluftbefeuchter betrieben werden. Analog gilt, dass bei einer konventionellen WRG und dem Bedürfnis nach Innenraumkategorie C deutlich mehr Raumluftbefeuchter betrieben werden als in Wohnungen, die ein häufiges Unterschreiten einer Raumluftfeuchte von 30 % r.F. akzeptieren. Der nationale Leistungsbedarf ergibt sich durch die Anzahl Wohnungen mit aktiven Raumluftbefeuchtern. Zu beachten ist auch, dass in der Simulation die Befeuchterleistung auf die maximal vorhandene Leistung hochgefahren wird, auch wenn die Differenz zum Sollwert gering ist. Das zeigt sich in den sehr kleinen Volllaststunden bei einer Befeuchtung mit ERG und

Innenraumkategorie C. Bei hunderttausenden von dezentralen Befeuchtern kommt die Gleichzeitigkeit zum Tragen. Wenn angenommen wird, dass bei dezentralen Befeuchtern die Volllaststunden der national gleichzeitig auftretenden Leistungsspitzen bei Innenraumkategorie C doppelt so gross sind wie in Tabelle 10 ergibt sich einem Wechsel der Innenraumkategorie C zu B eine Leistungszunahme im Bereich von 100 MW. Genauere Abschätzungen sind dem heutigen Wissensstand nicht möglich. Wenn zudem bei Büros die Innenraumqualität von B auf A (ca. Verdoppelung der Luftvolumenströme) erhöht würde, ergäbe sich ein weiterer zusätzlicher Energiebedarf von ca. 100 GWh und ein zusätzlicher Leistungsbedarf von ca. 100 MW.

Bei einer allfälligen Erhöhung der Mindestanforderung an die relative Raumluftheuchte von 30 % auf 40 % r.F. würde ein für nationale Verhältnisse relevanter zusätzlicher Elektrizitätsbedarf resultieren würde. Der Mehrbedarf im Winter an Energie und Leistung könnten durch den konsequenten Einsatz von effizienter ERG nur etwa zur Hälfte kompensiert werden.

6.1.1 Unsicherheit der Abschätzungen

Die Abschätzungen des nationalen Potenzials beruhen auf eine Vielzahl von Annahmen und Vereinfachungen. Tabelle 11 listet die Annahmen und Vereinfachungen auf, die einen wesentlichen Einfluss auf die Ergebnisse haben. Zudem wird aufgeführt wie gross die Unsicherheit im Vergleich zur Realität geschätzt wird und ob die Annahmen und Vereinfachungen eher konservativ sind oder nicht. Es ist zu bemerken, dass die für die Berechnungen gewählten Werte so weit als möglich von schweizerischen Normen übernommen wurden.

Tabelle 11: Geschätzte Unsicherheiten von wesentlichen Vereinfachungen und Annahmen

Annahme, Vereinfachung	Bemerkung	Geschätzte Unsicherheit in %	Einfluss auf das Ergebnis
Luftvolumenströme und Bedarfsregelung	Speziell in Büros oft höher als Kategorie B resp. C. Häufig tiefere CO2-Sollwerte. Bedarfsregelung nicht in allen Anlagen. Kaum Reduktion des Luftvolumenstroms bei tiefen Aussentemperaturen	0 / +30	sehr hoch
Nutzungsprofile	Belegungsdichte, Gleichzeitigkeiten	-10 / +20	hoch
Feuchteanfall	Spez. andere Feuchtquellen als Personen	-20 / +20	hoch
Mustergebäude	Repräsentativ für Schweizer Baustandard	-10 / +10	mittel
Neubauvolumen und Sanierungsraten	Insbesondere der Gebäude mit RLT-Anlagen und Durchdringungsgrad der RLT-Anlagen	-10 / +10	mittel
Nutzungen	Nicht berücksichtigte vergleichbare Nutzungen wie Büros und Wohnungen (Schulen, Versammlungsräume, Spitäler, ...)	0 / +10	mittel
WRG/ERG-Typen	Verteilung zwischen den Typen	-10 / +10	mittel
Klimadaten	Unsicherheit der Szenarien, spez. bei Feuchte	-10 / +10	mittel
Nutzen WRG/ERG	Produktedaten und Regelstrategie	-10 / +10	mittel
Wärme- und Kälteerzeugung	Verbreitung Wärmepumpen, Leistungs- und Arbeitszahlen	-10 / +10	mittel
Befeuchtertypen	Aufteilung adiabatisch und elektrisch	-10 / +10	gering
Infiltration	Benutzereinfluss (Fenster öffnen), Wind	10 / +20	gering
Klimastation Kloten	Repräsentativ für Schweizer Gebäudepark?	-10 / +10	gering

Da bei der Abschätzung des nationalen Potenzial mit Differenzen gerechnet wird, relativieren sich die Unsicherheiten. Zudem dürfen die Unsicherheiten nicht addiert werden, sondern sie sind statistisch analog wie Messunsicherheiten zu betrachten. Der Einfluss auf die Unsicherheit des nationalen Potenzials wird grob auf -20/+30 % geschätzt. Die Ausnahme ist die bereits diskutierte Raumluftbefeuchtung in den Wohnungen. Tendenziell führen die Vereinfachungen und Annahmen eher zu einer Unterschätzung des Potenzials.

Für genauere Aussagen zum Bereich des Potenzial und der Unsicherheiten müsste mit Modellen wie der Monte-Carlo-Methode gearbeitet werden. Dies würde einige hundert Simulationsberechnungen und ergänzende Analysen mit einschlägigen Statistik-Tools erfordern.

6.2 Relation zum schweizerischen Elektrizitätsverbrauch

Für die Einordnung des Potenzials der ERV im Bezug zum schweizerischen Elektrizitätsverbrauch dient die Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2022 [5].

In den Jahren 2018 bis 2022 lag die Höchstlast im Inland am 3. Mittwoch des Monats bei durchschnittlich bei rund 10300 MW. Dabei wurde gleichzeitig eine Exportbilanz zwischen einem Einfuhrsaldo von 2227 MW bis zu einem Ausfuhrsaldo von 342 MW ausgewiesen ([5] Tab. 26a).

Abbildung 1 zeigt exemplarisch den Belastungsverlauf für den Verbrauch am 3. Mittwoch des Monats Ende Quartal. Im Winter treten die Spitzen des Landesverbrauchs am Vormittag von ca. 7 bis 12 Uhr auf.

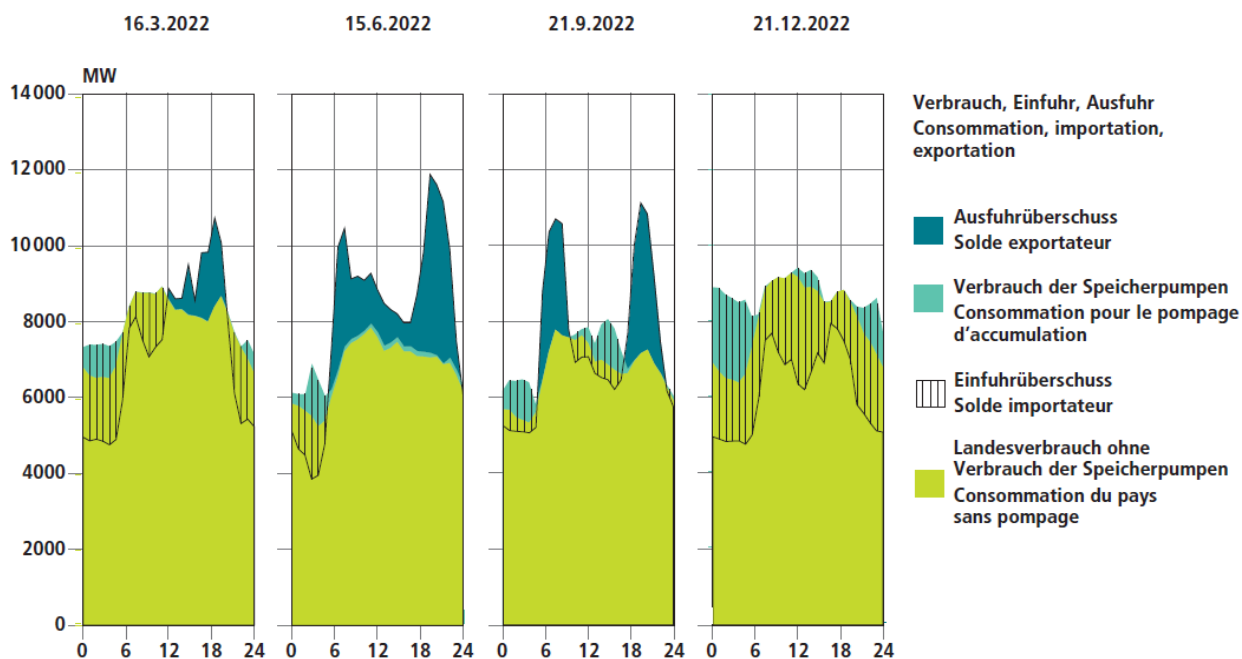


Abbildung 1: Belastungsverlauf des schweizerischen Elektrizitätsverbrauchs am 3. Mittwoch des Monats (Zitat aus Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2022 [5], Auszug aus Fig. 17)

Mit einem nationalen Potenzial von rund 100 bis 200 MW beeinflusst die ERV die nationale Leistungsspitze um rund 1 bis 2 %. Neben dem Verhältnis zum Gesamtverbrauch sollte auch ein Vergleich mit dem zu erwartenden Zuwachs von Leistungsspitzen beachtet werden. Ein Aspekt ist das Ausbaupotenzial an Wasserkraft, das auf 948 MW veranschlagt wird ([5], Tab. 31a), wobei 900 MW von einem einzigen potentiellen Kraftwerk stammen. Die mittlere zusätzlich Produktionserwartung im Winter liegt aber mit von 29 GWh unter dem Potenzial der ERG (50 bis 100 GWh).

Als weitere Vergleichsgrösse sind die Elektrowärmepumpen. Hier wird für 2022 eine elektrische Leistung von 1512 MW ausgewiesen ([5], Tab. A.5), wobei keine Angaben zur Gleichzeitigkeit vorhanden sind. Die jährliche Zuwachsrate bei Elektrowärmepumpen lag in den letzten 5 Jahren bei rund 80 MW. Das Potenzial der ERG kann diese Leistungszunahme um knapp 10 % reduzieren.

Tabelle 12 vergleicht das Potenzial der ERG mit dem nationalen Endverbrauch. Dabei wird angenommen, dass bei Innenraumkategorie C Rotoren anstelle von konventionellen Wärmerückgewinnern eingesetzt werden.

Tabelle 12: Nationaler Endverbrauch an elektrischer Energie im Vergleich zum Potenzial der ERG

Beschreibung	Haushalt, Wohnen	Dienstleistung, Büro	Gesamte Schweiz
Endverbrauch Winter 2022 [5]	11 163	8 218	32 062
Endverbrauch Jahr 2022 [5]	19 355	14 418	57 030
Potenzial ERG statt WRG, bei Innenraumkategorie C	29	39	68

Im Gegensatz zu den Leistungsspitzen ist das Potenzial der ERG bei der Energie im Bereich von ca. 0.1 % (bezogen auf Gesamtverbrauch) bis 0.5 % (bezogen auf Winterverrbrauch Dienstleistung) gering, aber nicht unbedeutend.

Im Sommer bringt die ERG im schweizerischen Klima einen geringfügigen nationalen Nutzen. Die ERG kann aber für die Reduktion der Spitzenleistung von Objekten mit Entfeuchtung Vorteile bringen.

7 Literatur

- [1] Wüest & Partner. (10. August, 2022). Bestand an Büroflächen in der Schweiz von 2011 bis 2020 (in Millionen m² BGF) [Graph]. In Statista. Zugriff am 24. August 2023, von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/494208/umfrage/bestand-an-bueroflaechen-in-der-schweiz/>
- [2] Heeren et al.: Gebäudeparkmodell SIA Effizienzpfad Energie Dienstleistungs- und Wohngebäude - Vorstudie zum Gebäudeparkmodell Schweiz – Grundlagen zur Überarbeitung des SIA Effizienzpfades Energie. Schlussbericht BFE-Projekt Nr. 102824. ETHZ, Zürich, Okt. 2009
- [3] Bundesamt für Statistik: Allgemeine Übersicht «Wohnungen» nach Kantonen 2021, Tabelle je-d-09.03.00-2021.xlsx. Zugriff am 25. August 2023, von <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bau-wohnungswesen.assetdetail.23524630.html>
- [4] Bundesamt für Statistik: Durchschnittliche Wohnfläche nach Bauperiode und Zimmerzahl, Tabelle je-d-09.03.00-2021.xlsx. Zugriff am 25. August 2023, von <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bau-wohnungswesen.assetdetail.23524630.html>
- [5] Bundesamt für Energie: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2022 (Bundespublikation Art.-Nr. 805.005.22 / 07.23 / 700 / 860534193)