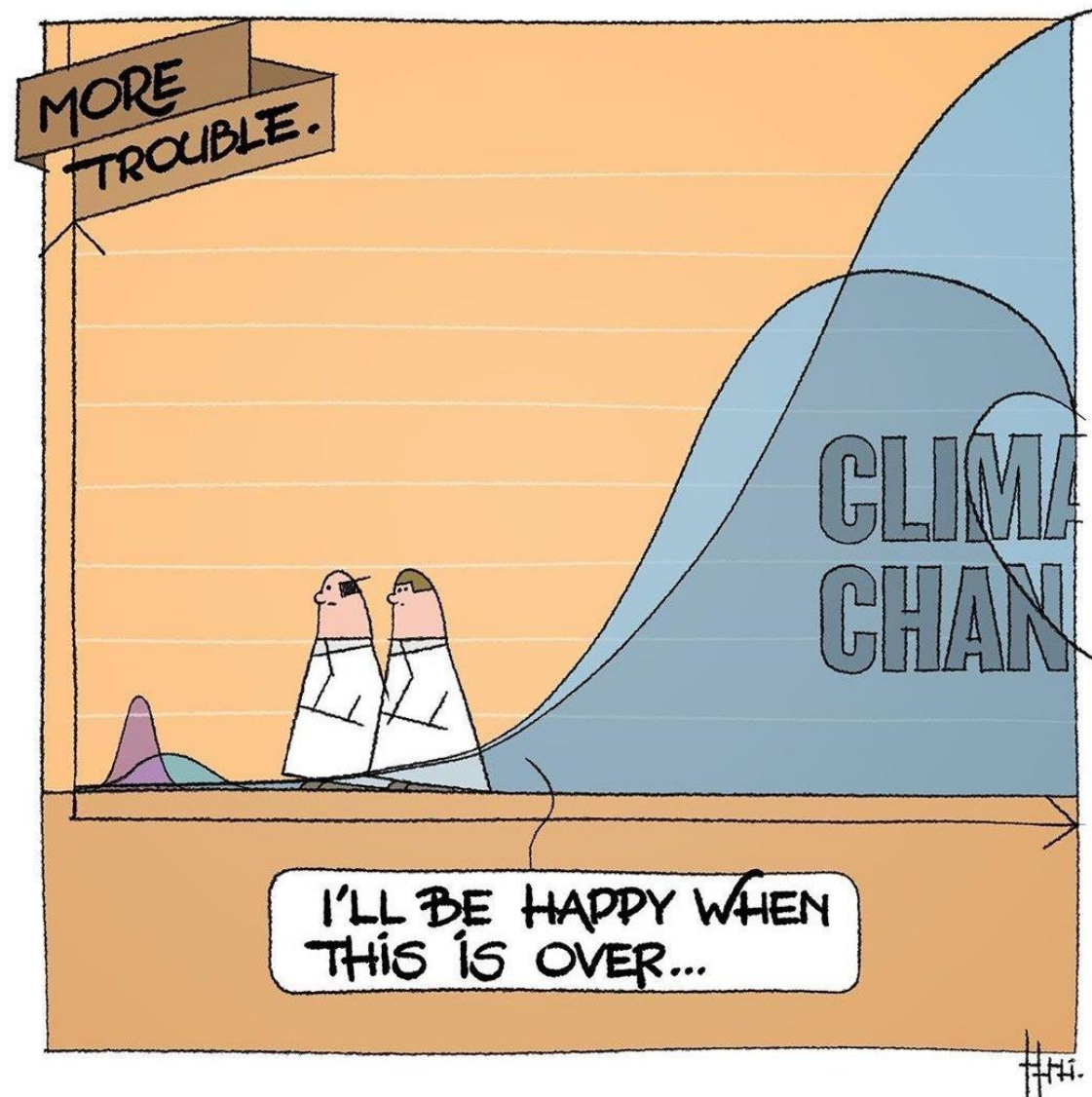




Wie sieht ein energie- neutrales Areal aus?

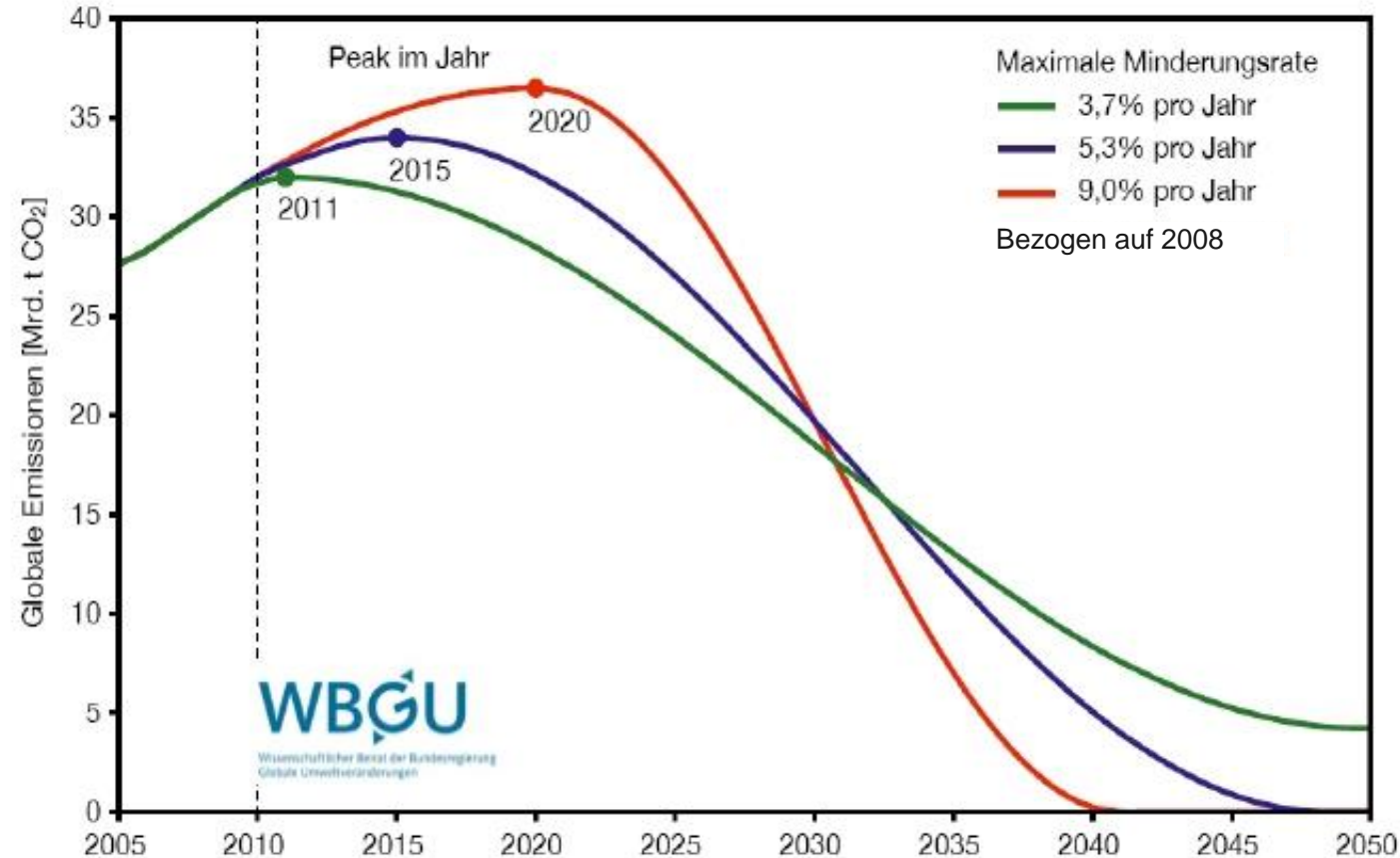
Klimakonferenz 2021,
Klimacluster OST, Rapperswil

More Trouble



Zeitliche Dimension des Klimawandels

Max. globale Emissionsmenge im Zeitraum bis 2050: 750 Mrd. t CO₂



Je später die Reduktion einsetzt, desto steiler wird die erforderliche max. jährliche Minderungsrate:

- 3,7 % (grün),
- 5,3 % (blau) bzw.
- 9,0 % (rot)

Konsequenz:

- fossile Energieträger müssen ersetzt werden.
- massiver Umbau des Energiesystems

Quelle: wbgü, 2009

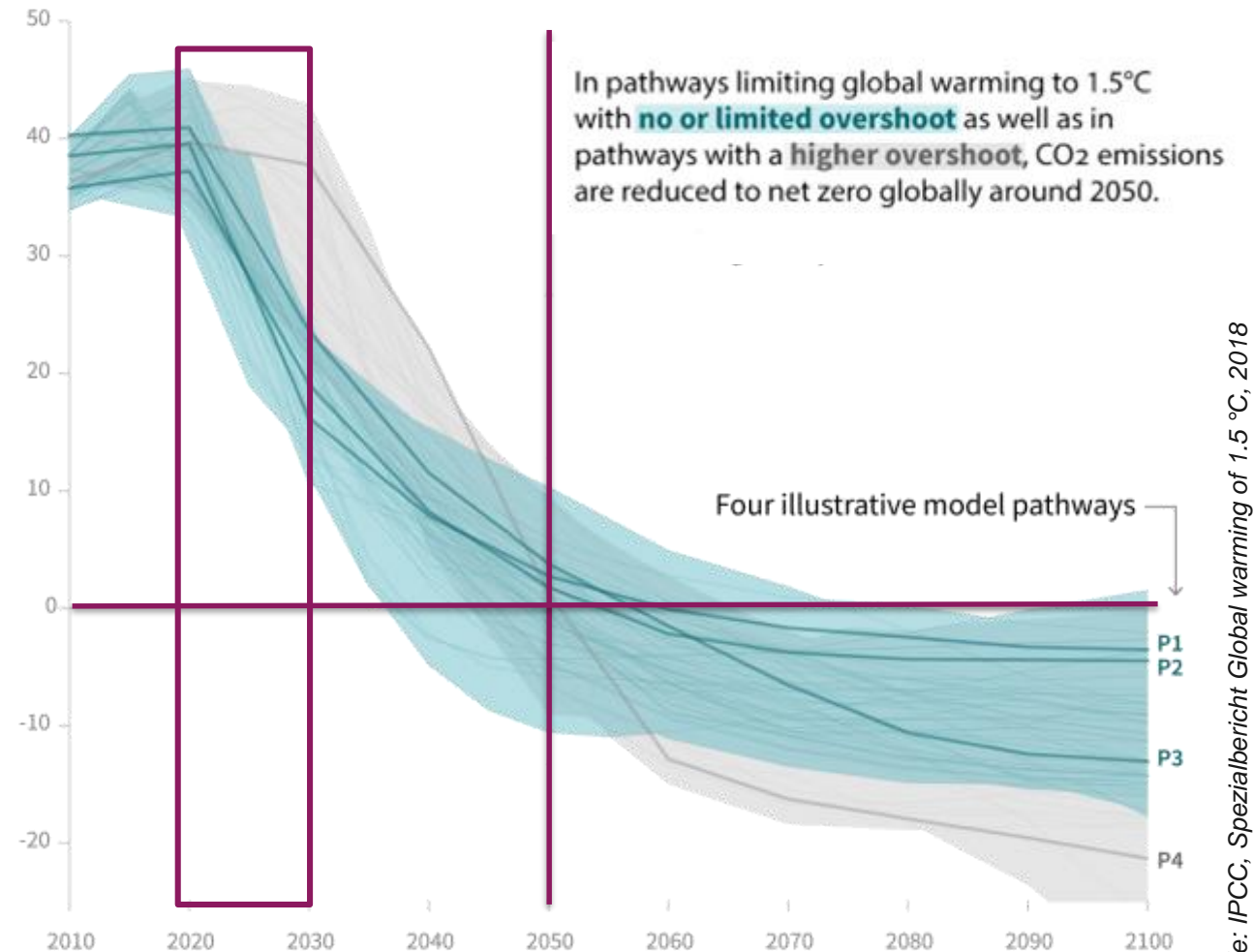
Szenarien Klimawandel

Reduktion für 1.5 °C Ziel

- Je schneller CO₂-Emissionen fallen, desto höher die Wahrscheinlichkeit für das Erreichen des 1.5 °C Ziel
- Klimaneutralität ist nur ein Zwischenziel
- Negative Emission notwendig in der 2. Hälfte des 21. Jahrhunderts
- Je später reduziert wird, desto mehr negative Emissionen in der 2. Hälfte des 21. Jahrhunderts

Global total net CO₂ emissions

Billion tonnes of CO₂/yr



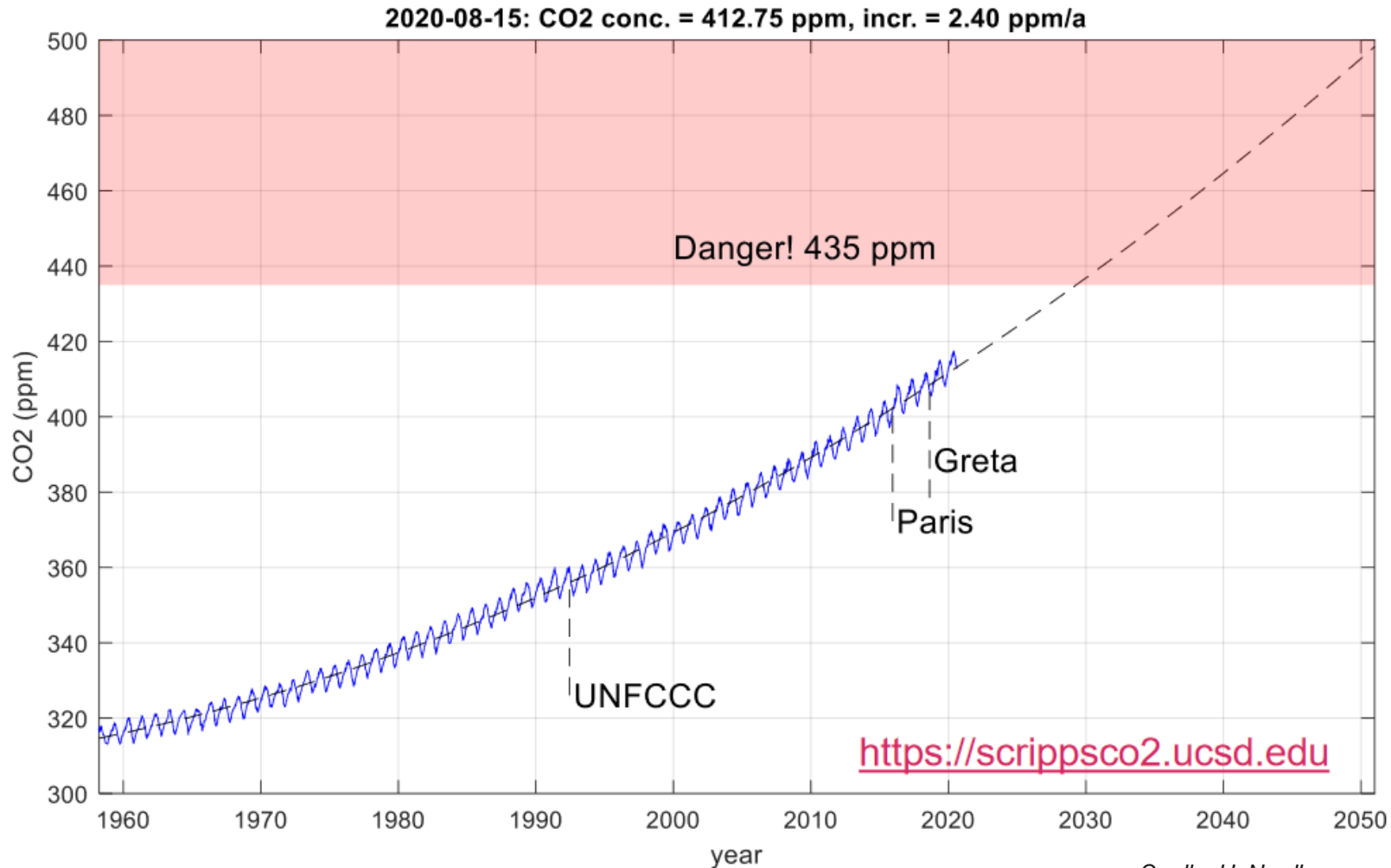
Timing of net zero CO₂

Line widths depict the 5-95th percentile and the 25-75th percentile of scenarios



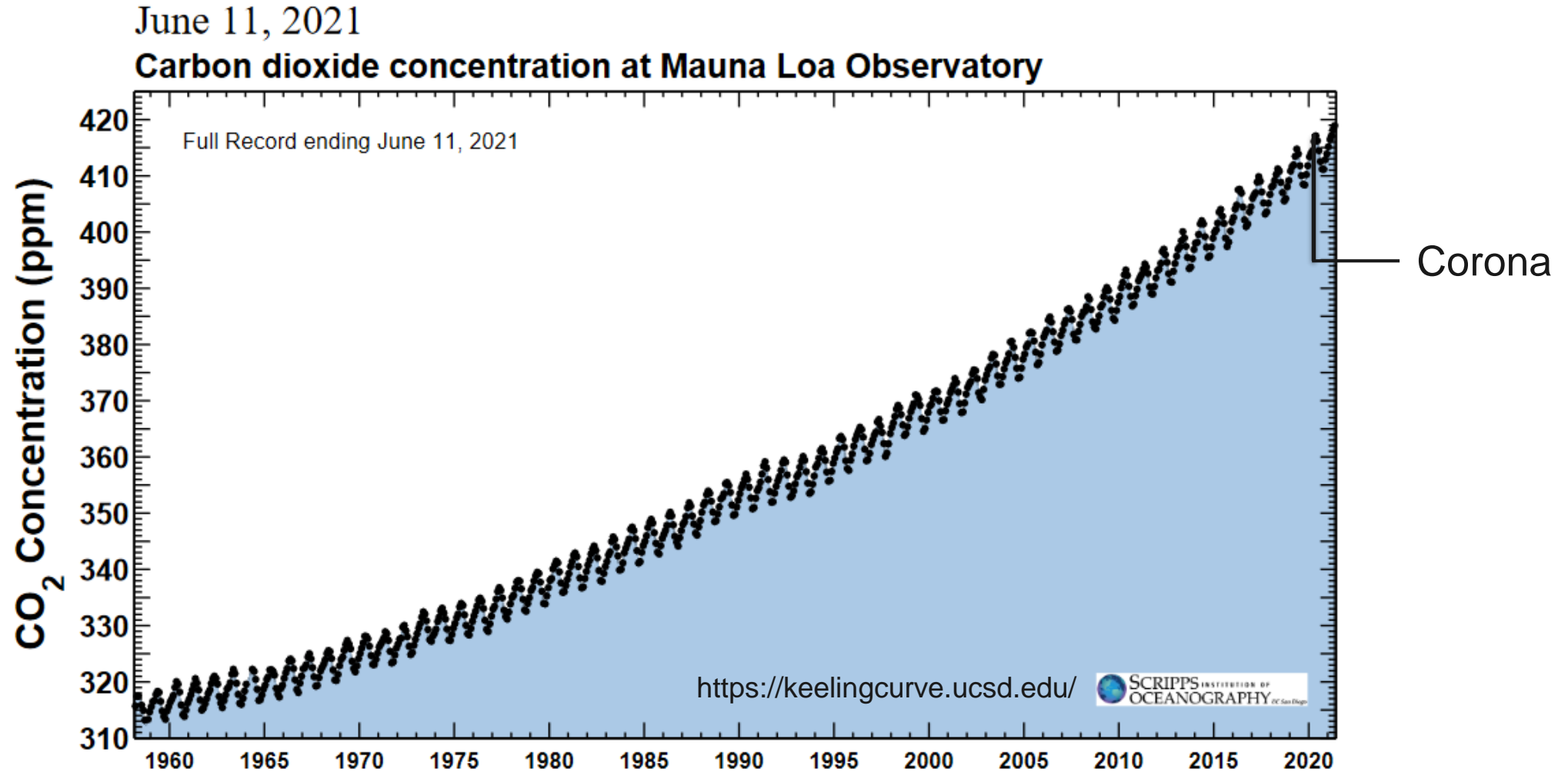
Quelle: IPCC, Spezialbericht Global warming of 1.5 °C, 2018

Keeling-Kurve – "I want you to panic" (Greta)



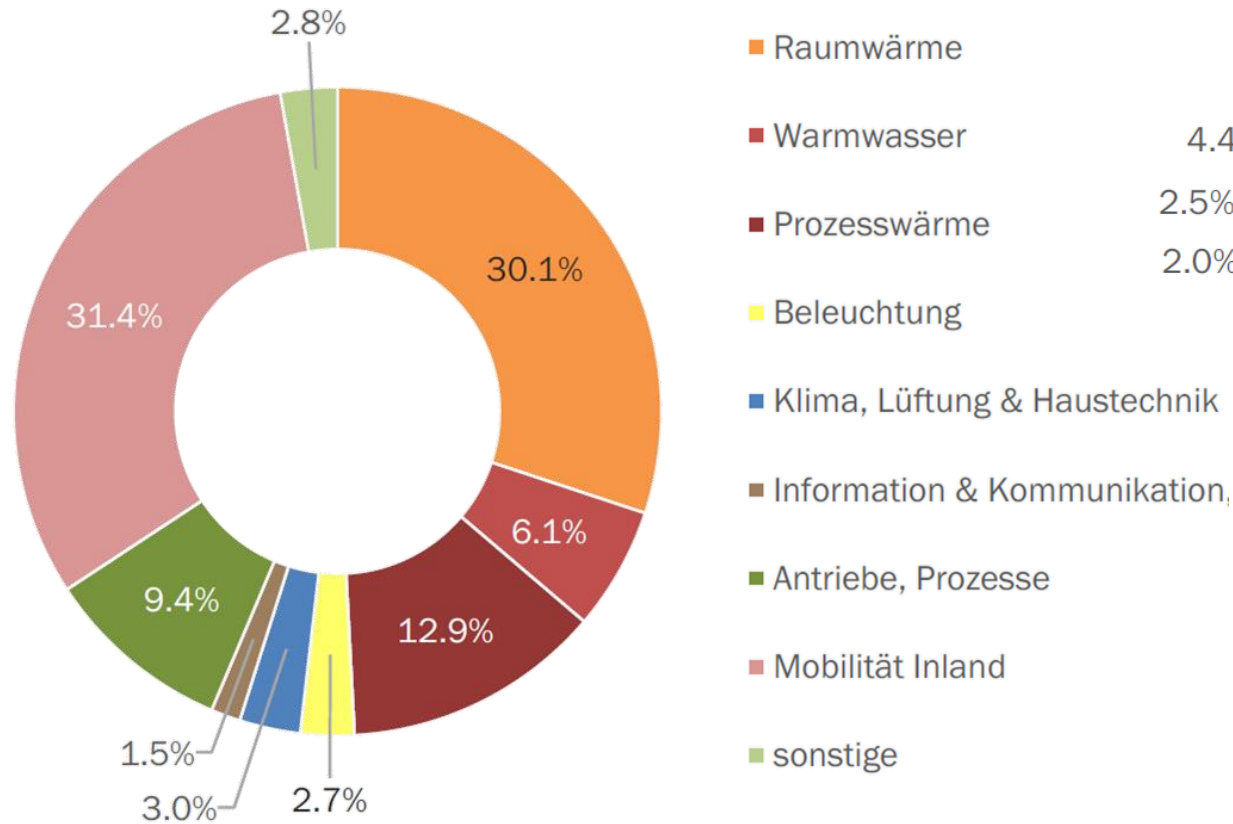
Quelle: H. Nordborg

Keeling-Kurve – "I want you to panic" (Greta)

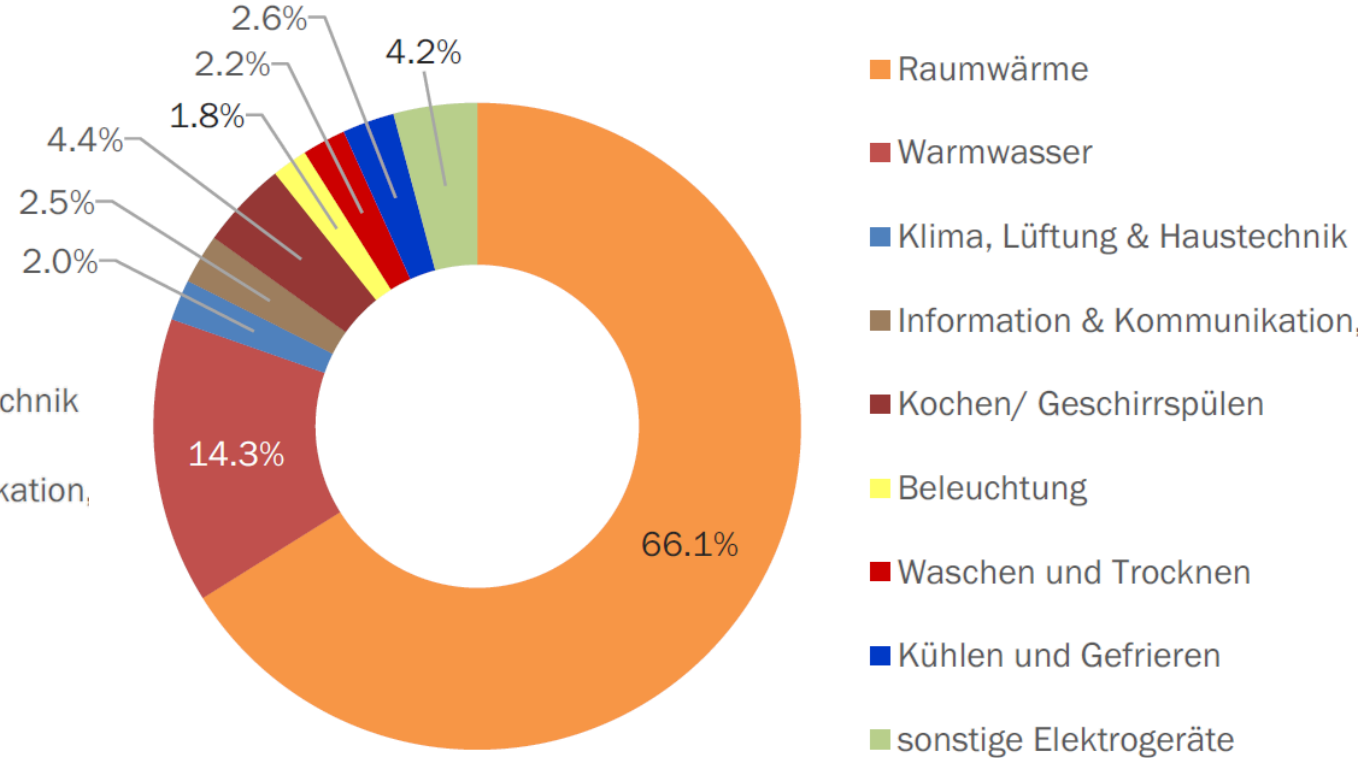


Endenergieverbrauch Gebäude

• Gesamtverbrauch

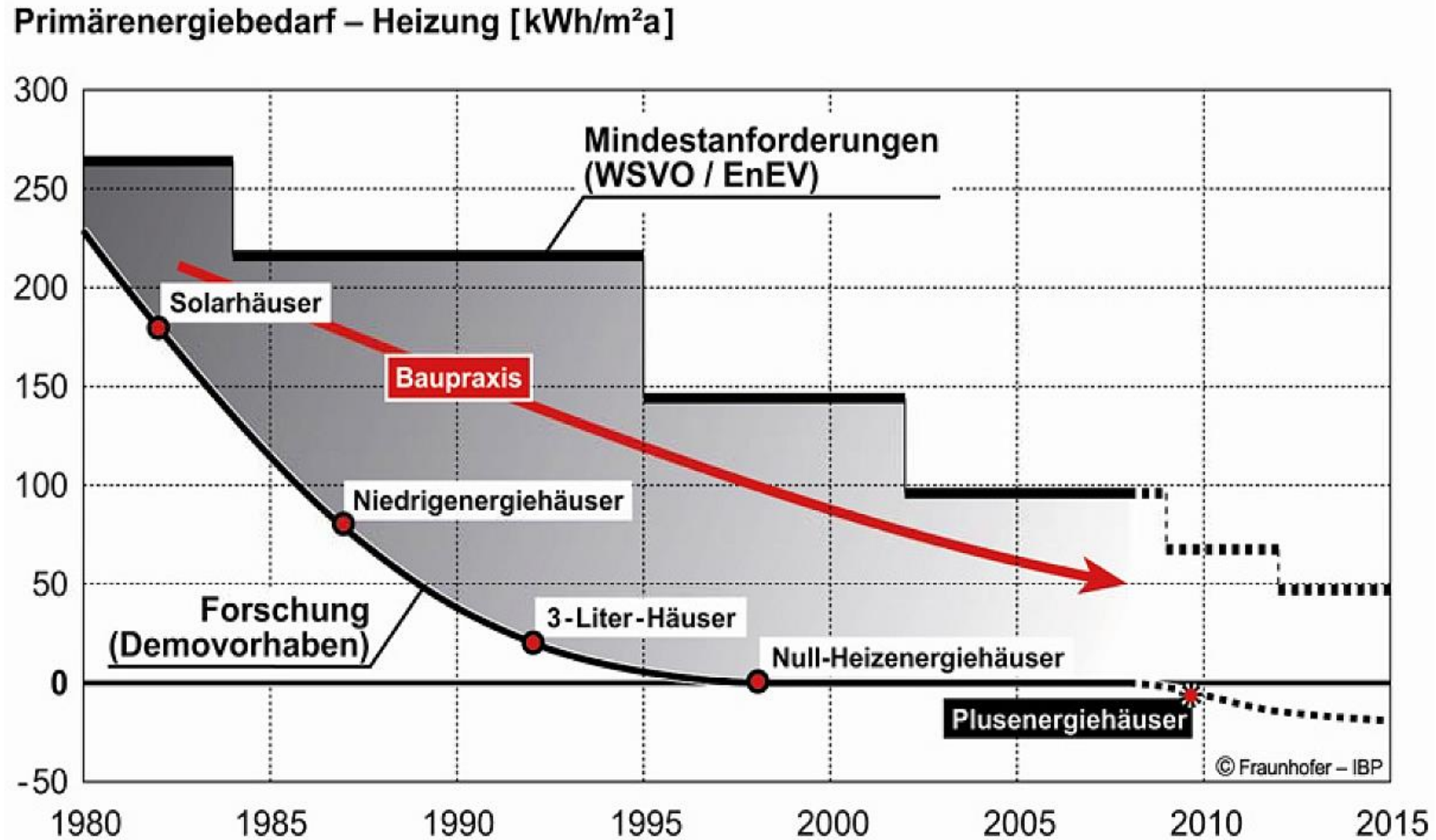


Private Haushalte



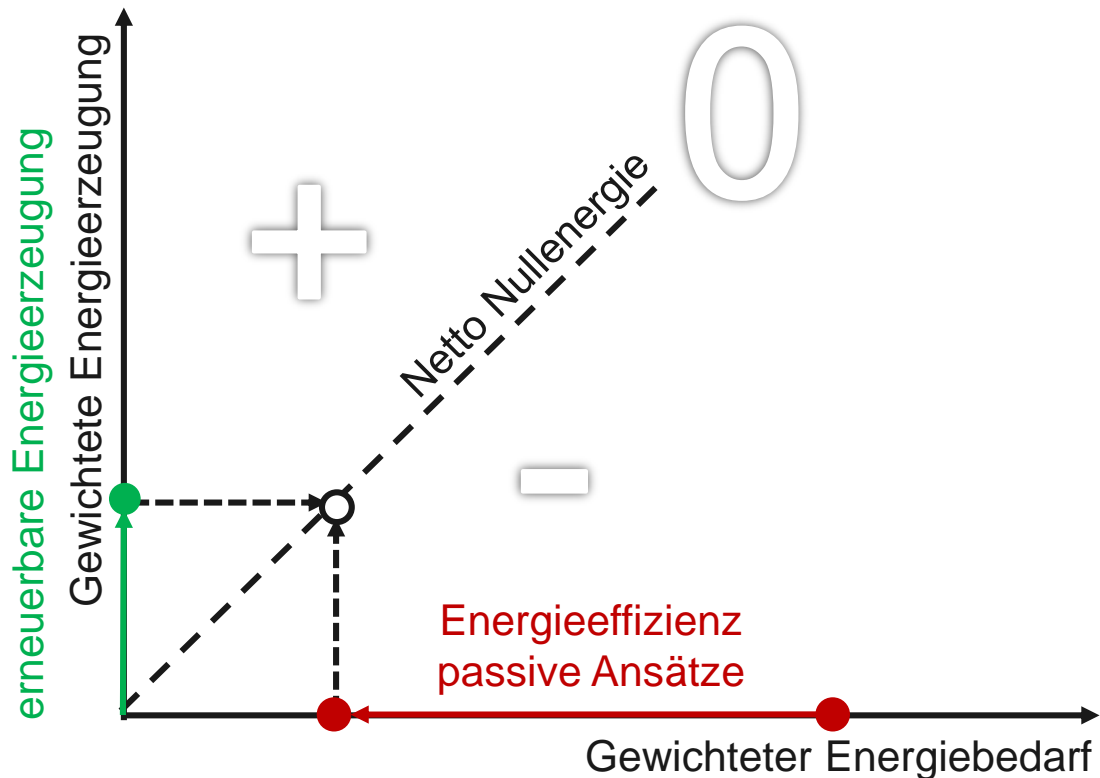
Quelle: Kemmler, A., Spillmann et al., Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000–2019 nach Verwendungszwecken, Bundesamts für Energie, 2020

Entwicklung Primärenergiebedarf Gebäude



Konzept energieneutrales Gebäude/Areal

- Ausgeglichene Bilanz aus am Gebäude/auf dem Areal regenerativ erzeugter Energie und genutzter Energie auf Jahresbasis



- Systemgrenze:
Physikalische Grenze (**Gebäude**, Gruppe, Quartier)
Systemgrenze Bilanzierung (**Gebäudetechnik**, Haushaltsstrom, Graue Energie)
- Gewichtungssystem:
Grösse (**Primärenergie**, CO₂, Kosten)
Symmetrische Gewichtung (**symmetrisch**, asymmetrisch)
Zeitabhängige Gewichtung (**zeitabhängig**, zeitunabhängig)
- Netto-Nullbilanz:
Bilanzperiode (Stunde, Monat, **Jahr**, Lebenszyklus)
Bilanzzeitschritt (Stunde, **Monat**, **Jahr**, Lebenszyklus)
Art der Bilanz (**Planung (Bedarf)**, Messung (Verbrauch))
Anforderung Energieeffizienz (**Gebäudehülle**, **Beleuchtung**, **Geräte**)
Anforderung Energieerzeugung (**Mindestanteil erneuerbar**, keine)
- Zeitliches Energieprofil:
Übereinstimmung Last – Erzeugung (EDR, EVR)
Netzurückwirkungen
- Messkonzept und Verifizierung:
Überprüfung der Bilanz (**Planungswerte**, Verbrauchswerte)

Monitoring Gebäude

- **Mehrfamilienhaus Wohngebäude SonnenparkPLUS in Wetzikon**

- 1700 m² EBF, 10 Wohnungen
- Gebäudehülle MINERGIE-P[®]
- Erdgekoppelte WP mit Free-Cooling, Lüftung mit WRG
- 80 kW_p PV, 78 kWh Batterie, E-Mobil
- Schweizer Solarpreis

- **Monitoring**

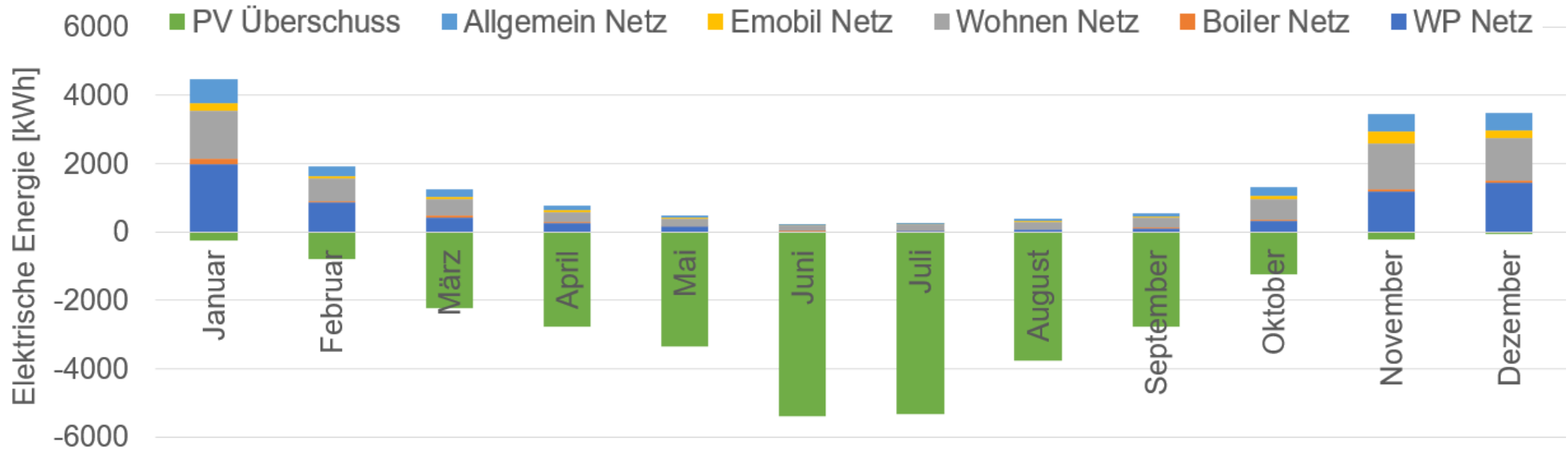
- Überschuss Jahresbilanz PV-Produktion ca. 40%
- Aber: je nach Nutzung kann Plusenergiebilanz anspruchsvoll sein



Quelle: arento

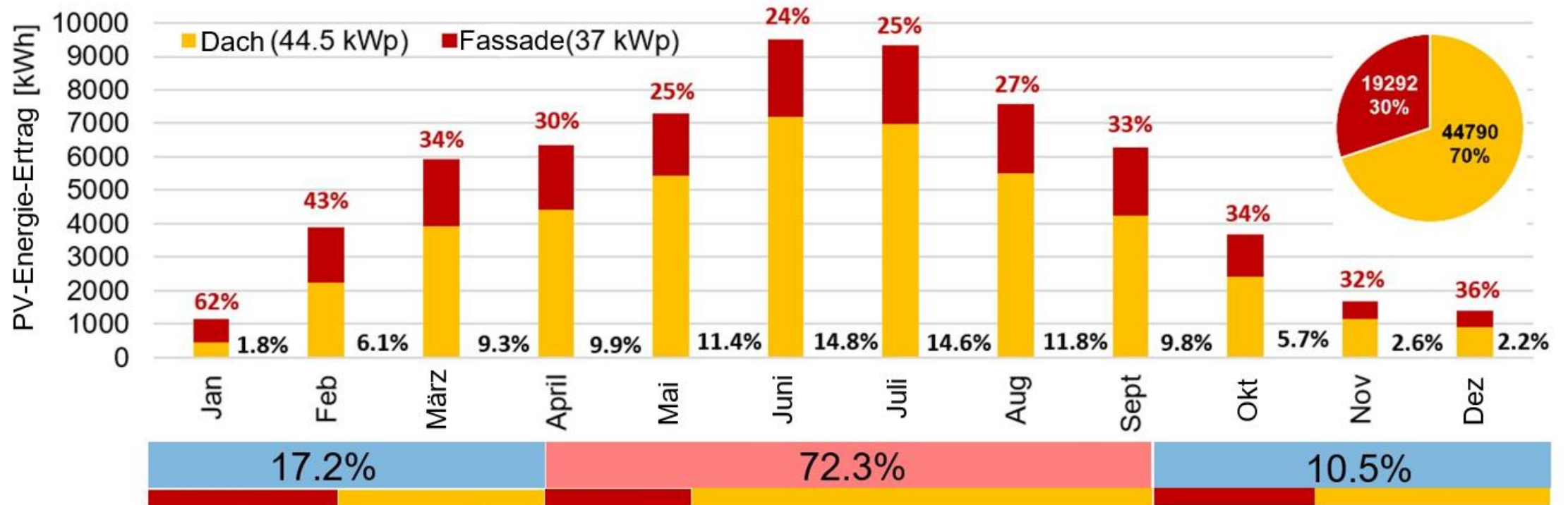
Monitoring Gebäude

- **Mehrfamilienhaus Wohngebäude SonnenparkPLUS in Wetzikon**
 - In 6 Sommermonaten 90% Autarkie
 - In 9 Monaten PV-Überschuss vorhanden



Monitoring Gebäude

- Mehrfamilienhaus Wohngebäude SonnenparkPLUS in Wetzikon



Monitoring Gebäude

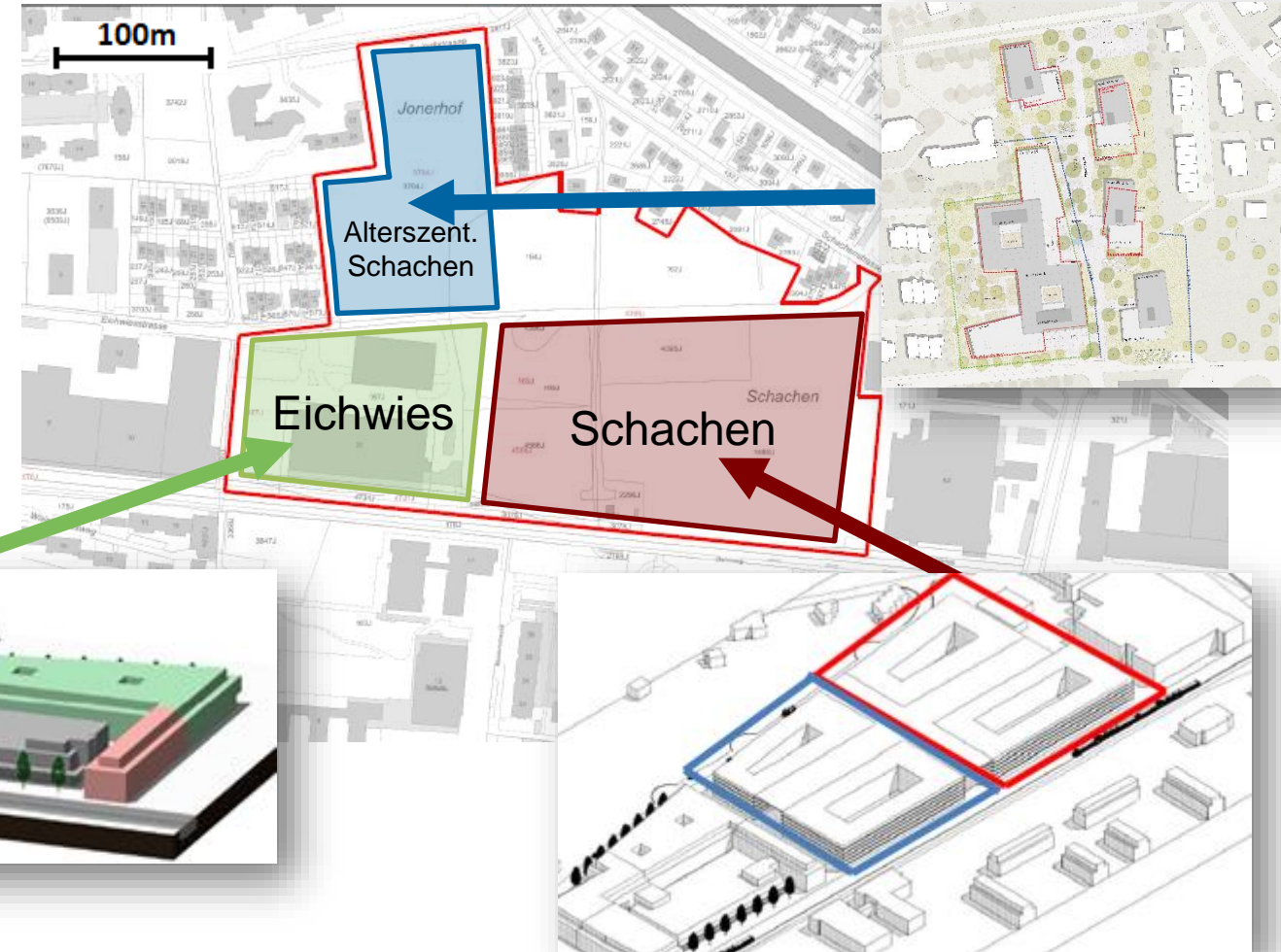


- **MINERGIE-A[®] Gebäude mit Büro-, Verkauf und Wohnnutzung**
 - 2753 m² Energiebezugsfläche, integriert in Stadtbild in Bahnhofsnähe
616 m² Büro, 616 m² Läden (Apotheke, Studio), 1520 m² Wohnnutzung
 - Gebäudehülle nahe MINERGIE-P[®], Lüftung mit WRG, Erdgekoppelte WP mit Free-Cooling und Rückkühlung ins Erdreich
- **Monitoring ein Betriebsjahr**
 - Jahresarbeitszahl Wärmepumpe
Heizen 4.9, Warmwasser 3.1, Kühlen 5.9, Gesamt 5.2 (inkl. Free-Cooling)
 - 100% Abwärmenutzung Kühlen (Vorwärmung, Regeneration)
=> kein Rückkühler installiert
 - PV-Ertrag Dach 920 kWh/kW_p, Fassade 100 - 500 kWh/kW_p
 - Netto-Nullbilanz knapp nicht eingehalten (wegen Minderertrag Fassade)



Machbarkeitsstudie RJ - Perimeter

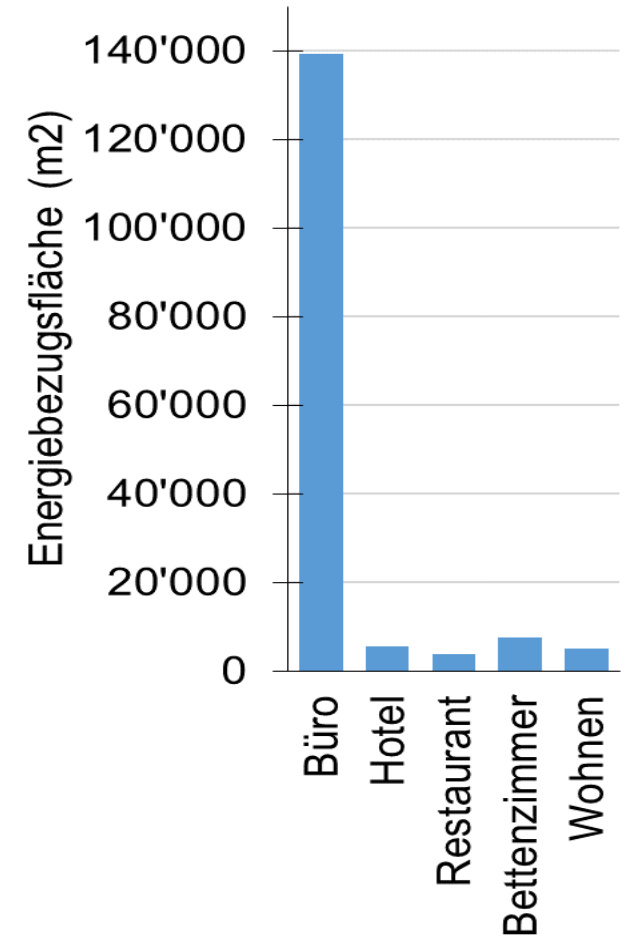
- **Eichwies: Büronutzung/Hotel/Labor**
 - teilweise in Umsetzung
- **Schachen: Büronutzung**
 - Flächen abgeschätzt
- **Alterszentrum Schachen: Pflegezentrum / Alterwohnungen**
 - In Umsetzung



Flächen / Nutzungen

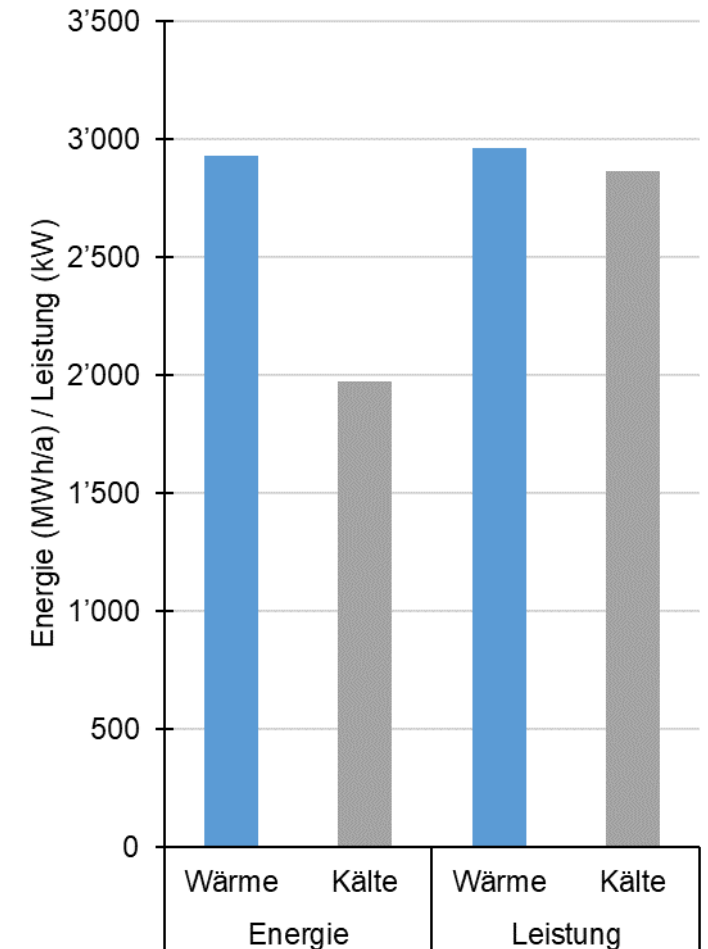
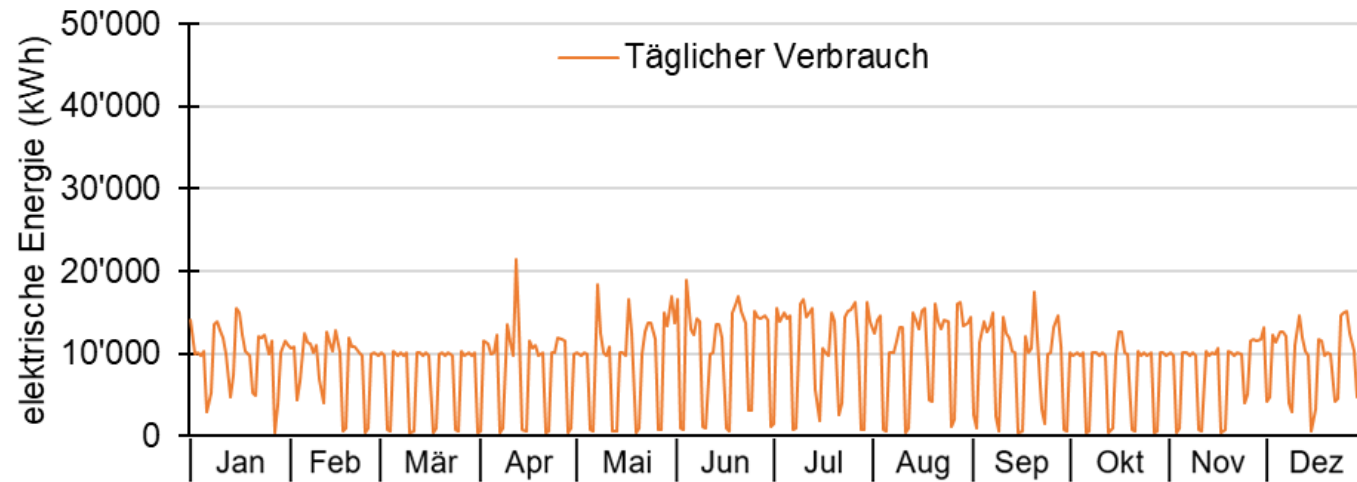
- Nutzungen gemäss Kategorien aus SIA Merkblatt 2024

		Nutzung	Fläche (m ²)
Eichwies	Etappe 1	Grossraumbüro (3.2)	10'259
	Etappe 2	Hotel (2.1)	5'544
	Etappe 3	Grossraumbüro (3.2)	11'318
	Etappe 4	Grossraumbüro (3.2)	18'398
Schachen		Grossraumbüro (3.2)	99'400
Alterszentrum Schachen	Pflegezentrum	Restaurant, Kantine (6.2)	3'865
		Demenzabteilung, Bettenzimmer (8.1)	7'729
	Alterswohnungen	Wohnen MFH (1.1)	1'593



Flächen / Nutzungen

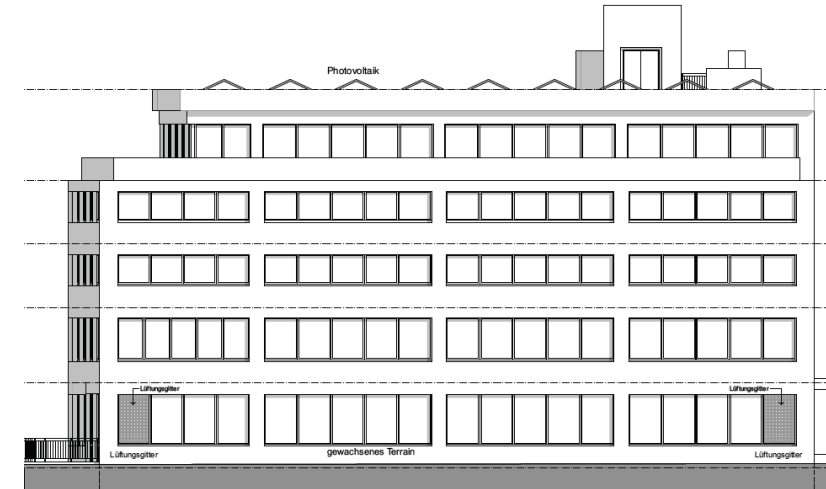
- **Energien und Leistungen gemäss SIA 2024:2015**
 - Zielwerte (Best available Technology)
 - Abweichung: Zielwerte mit $\eta_{v,Lo} = 120 \text{ lm/W}$ gemäss SIA 387/4
- **Bestimmung des Stromverbrauchs der Gebäudetechnik mit dynamischen Simulationen**



Machbarkeitsstudie energieneutrales Areal in Rapperswil-Jona

PV-Potenzial

		Fläche netto [m ²]	PV-Leistung [kW _p]	Spez. Ertrag [kWh/kW _p /a]	Gesamtertrag [MWh/a]
Gebäude 1	Dach Ost-West	1'049	164	934	153
	Dach Süd		105	1047	110
	Fassade Süd	83	15	796	12
	Fassaden Ost	165	30	632	19
	Fassade West	113	20	598	12
	Gesamt			229	
Eichwies	Gesamt		1'231		1'095
Schachen	Gesamt		2'684		2'387
Eichwies + Schachen	Gesamt		3'915		3'482



Quelle: Primag

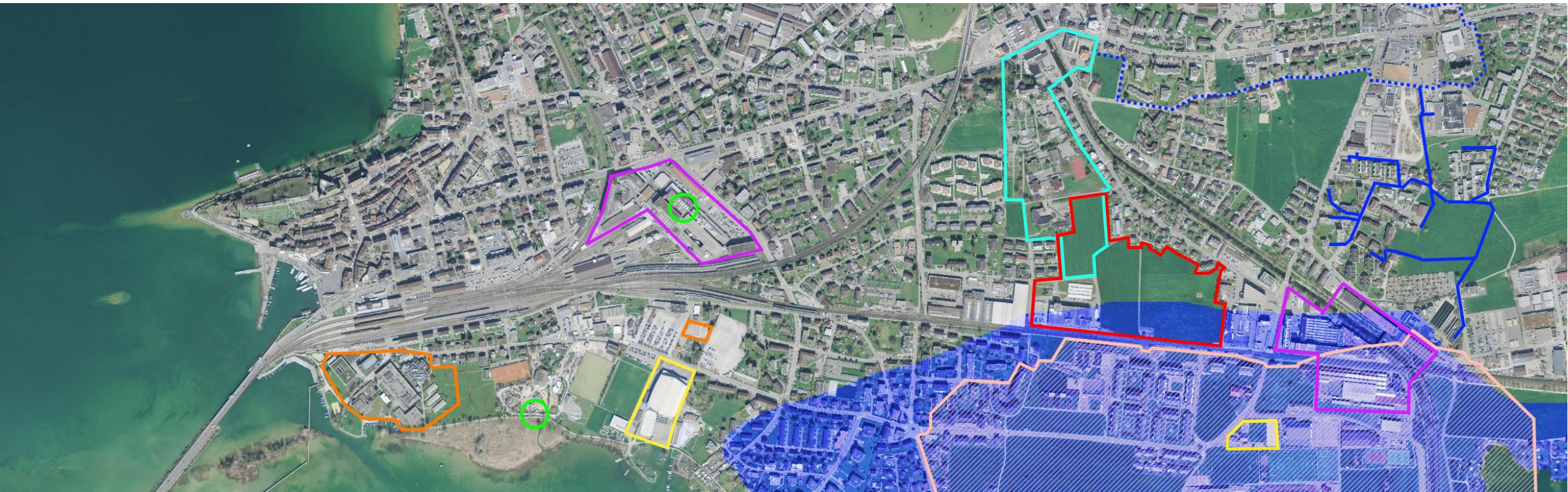








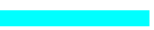


Quelle: Primag



Quelle: Megasol

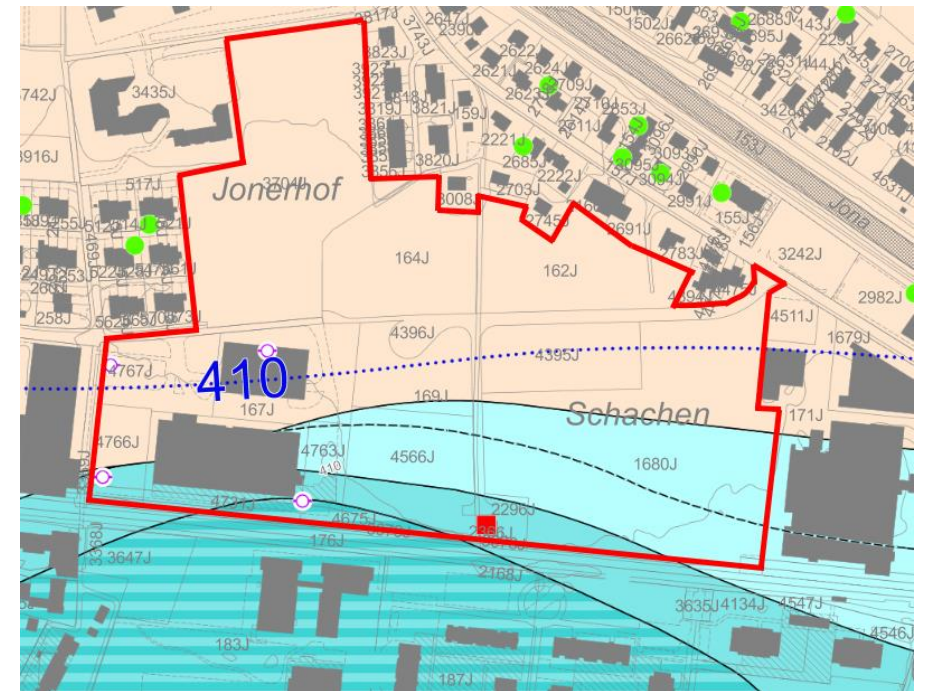
Umgebung und potenzielle Wärmequellen



-  Betrachtungsperimeter
-  Anergienetz ARA
-  Mögliche Abwärmequellen
-  Seewasserfassungen
-  Grundwassergebiet
-  Schutzzonen und -areale
-  kommunale Gebäude Zentrum Jona
-  Lido und neue Eishalle
-  Campus HSR

Wärmequellen I

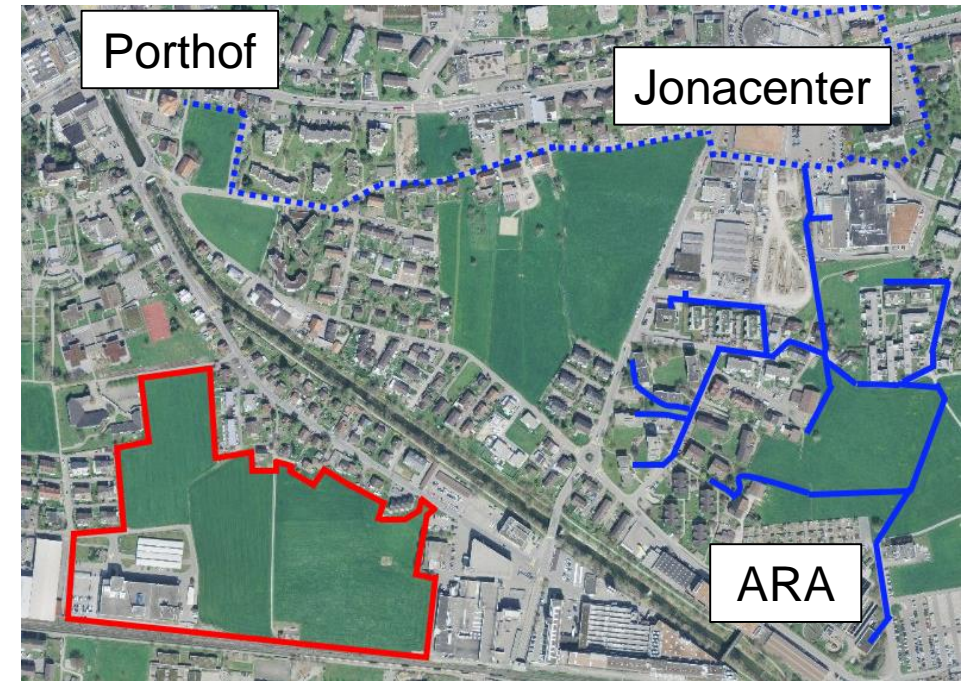
- **Spitzendeckung Wärmeversorgung**
 - oberste 50% der Leistung entsprechen ca. 3% der Energie
- **Erdsondenfeld (JAZ WP H 3.5/K 3, FC 14)**
 - Bohrungen im nördlichen Teil möglich
 - Nutzbar als Wärme- und Kältequelle
- **Grundwasser (JAZ WP H 4/K 3, FC 14)**
 - mit alternativer Spitzendeckung möglich
 - Niedrige Kosten
 - Unsicherheiten insbesondere bezüglich Kühlung
- **Seewasser (JAZ WP H 4/K 3, FC 14)**
 - Hohe Fixkosten, weitere Abnehmer notwendig
 - Fast unendliches Wärmenutzungspotential
 - Kühlpotential des Obersees ist kritisch



Quelle: Geoportal

Wärmequellen II

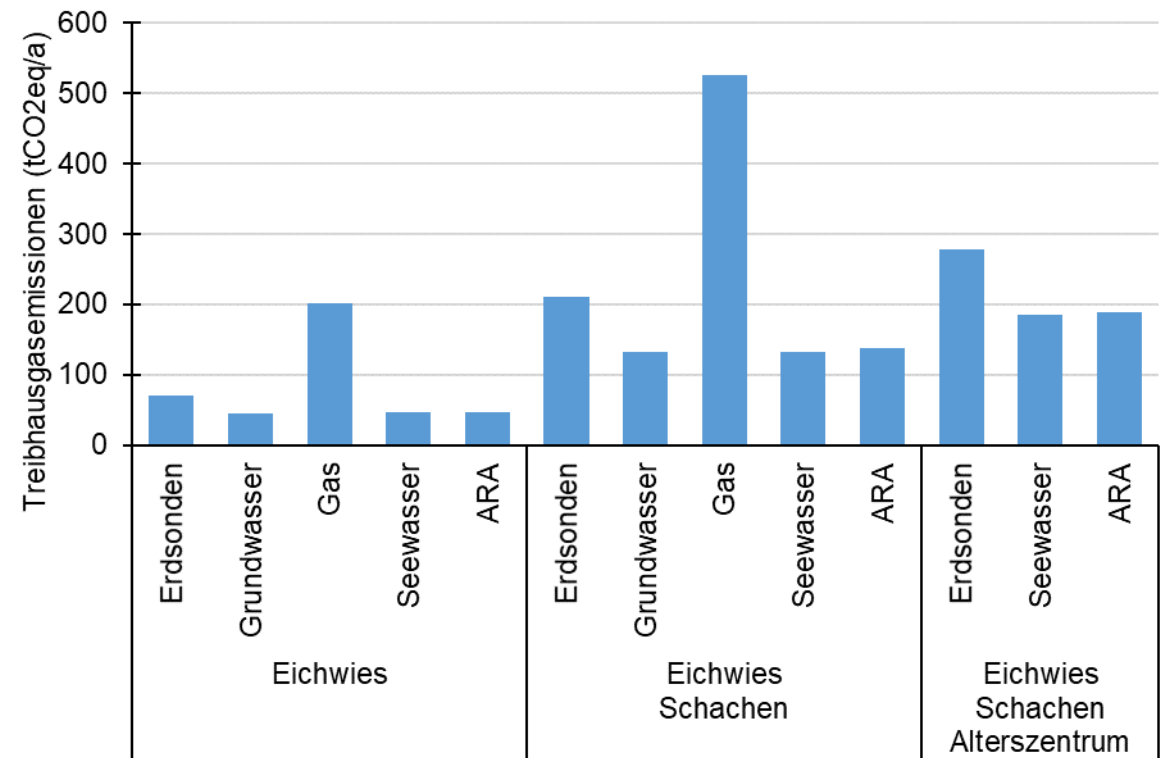
- **Anergienetz ARA (JAZ WP H 4/K 3, FC 14)**
 - Anschlussleitung müsste erstellt werden
 - Leistung der ARA begrenzt auf 6 MW, weitere Wärmequellen notwendig
 - Potential für Freecooling gering
- **Gas ($\eta = 0.9$)**
 - Rein fossile Wärmeversorgung als Vergleich zu Wärmepumpensystemen



Quelle: Geoportal

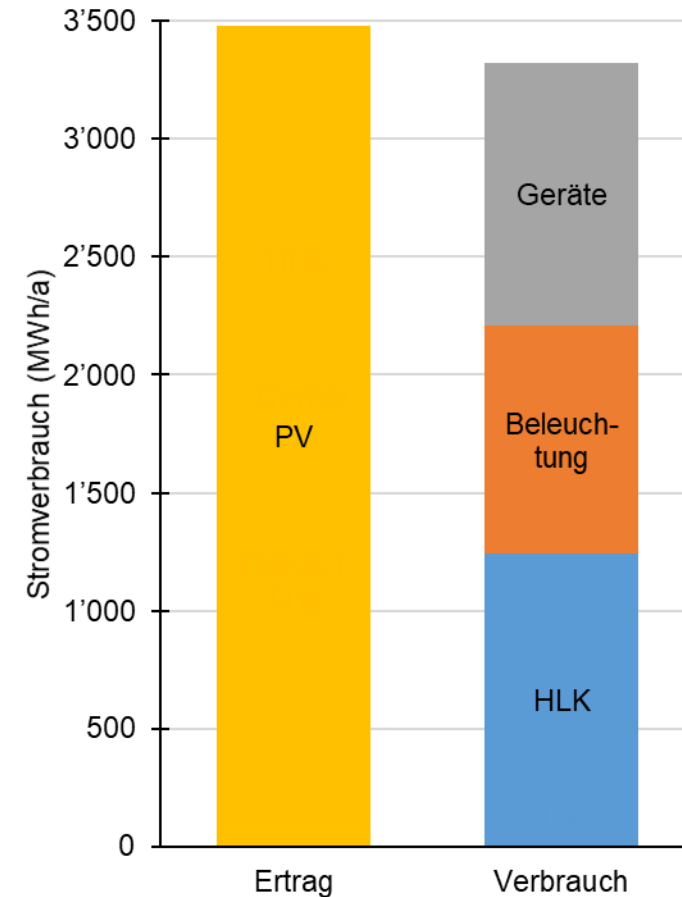
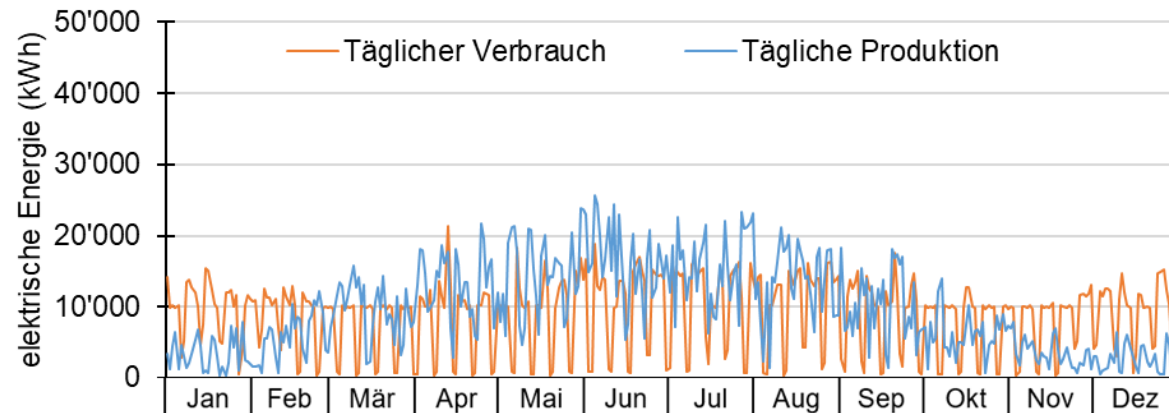
Variantenvergleich - Treibhausgasemissionen

- **Wärmepumpenlösungen deutlich besser als Gas**
- **Grundwasser und Seewasser dank Freecooling sehr klimafreundlich**
- **Anergienetz erreicht ähnlich niedrige Werte**
 - Kühlpotenzial durch Anforderungen des Vorfluter limitiert



Variantenvergleich - Kosten

- **Nettonull-Bilanz auf dem Areal möglich**
 - LED Beleuchtung vorausgesetzt
- **Eigenverbrauchsanteil von ca. 50%**
 - Ohne spezielle Lastmanagementmassnahmen



Photovoltaik - Wirtschaftlichkeit

- **Annahmen**

- Erstellungskosten: 1'200 CHF/kW_p (total: 4'700'00 CHF), Lebensdauer 25 Jahre (Quelle: EnergieSchweiz, für Anlage mit 150 kW_p, 10 kW_p: 2'700 CHF/kW_p)
- Instandhaltungskosten: 3 Rp./kWh
- Strompreise EWJR
 - < 100'000 kWh/a: Hochtarif: 21.44 Rp./kWh, Niedertarif: 13.29 Rp./kWh, Einspeisung: 10.50 Rp./kWh
 - > 100'000 kWh/a: Hochtarif: 14.00 Rp./kWh, Niedertarif: 11.61 Rp./kWh, Einspeisung: 10.50 Rp./kWh

- **Eigenverbrauch / Eigenverbrauchsgemeinschaft**

- Eigenverbrauch durch Gebäudetechnik
- Anlagenbesitzer kann PV-Strom an Mieter verkaufen

- **Unsicherheit der zukünftigen Entwicklung**

- Einspeisevergütung durch EWJR
- gesetzliche Regelungen / PV-Preise / Förderung
- Realer Energieverbrauch Gebäude

Photovoltaik - Wirtschaftlichkeit

- **Basisszenario**
 - Keine PV-Anlage / kein Eigenverbrauch
- **Szenario 1**
 - Eigenverbrauch durch Gebäudetechnik
 - Rendite: 3.9 %
- **Szenario 2**
 - Eigenverbrauch durch Gebäudetechnik
 - Eigenverbrauchsgemeinschaft (Mieter haben **keinen freien** Marktzugang)
 - Rendite: 8.4 %
- **Szenario 3**
 - Eigenverbrauch durch Gebäudetechnik
 - Eigenverbrauchsgemeinschaft (Mieter haben **freien** Marktzugang)
 - Rendite: 4.5 %

Speicherlösungen

- **Im Projekt untersuchte Speicherlösungen**

- Batterien als Kurzzeitspeicher
- Wasserstoff/Methan (Erdgasnetz) als Saisonalspeicher

- **waren zum Zeitpunkt der Machbarkeitsstudie nicht wirtschaftlich darstellbar**

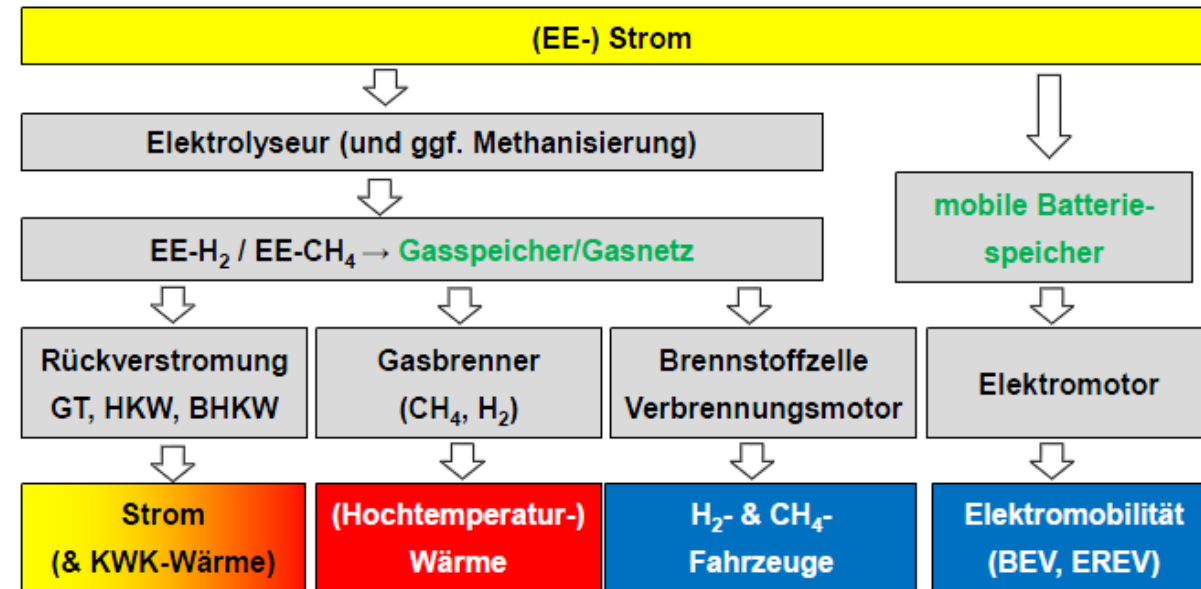
- **Aber:**

- Hohe Preisdynamik bei Batterien
- Wasserstoff gegenwärtig noch hohe Kosten

- **Weitere Speicheroptionen über Sektorkopplung**

- Thermische Stromspeicherung als Wärme und Kälte (power2heat, Kurzzeitspeicher: Bausubstanz, technische Speicher)
- E-Mobilität (Vehicle2home, Vehicle2grid)
- Zentrale Stromspeicher, zentrale power2gas Anlage

Speicher als Strukturelemente zur Verknüpfung der Sektoren Strom, Wärme und Mobilität



Quelle: DLR

Zusammenfassung Machbarkeitsstudie



Rapperswil-Jona



- Mit erneuerbarem Strom ist eine weitgehend regenerative Energieversorgung möglich
- Wärmepumpen-Systeme mit guten Quellen sind dank hoher Kühlleistung auch wirtschaftlich überlegen in Vergleich zu Gas
- Netto-Nullenergiebilanz mit grosser PV-Anlage ist wirtschaftlich realisierbar
- In Zukunft weitere Verbesserung durch Stromspeicher-Integration
- Mit grösserem Areal sind unterschiedliche Quellen interessant



Quelle: Primag

Energieperspektiven 2050+ - Zielbild klimaneutrale Schweiz



Quelle: Dina Tschumi, Konsortium Prognos AG, TEP Energy GmbH, Infrac AG, Ecoplan AG

Verdankung

Danke für die Aufmerksamkeit

