

Foliensatz zum

Webinar des «DisCREET» Forschungsprojektes zum Thema:

«Kostenoptimale Dekarbonisierung UND Versorgungssicherheit für Wohngebäude und individuelle Mobilität: Welchen Beitrag können dezentrale Anlagen leisten?»

Präsentation und ausgedehnten Diskussion der Forschungsergebnisse und der dazugehörigen Sichtweise eines Energieversorgers.

Fand im Namen von Prof. em. Konstantinos Boulouchos (ETH Zürich)
am Montag, 28.02.2022, 10:00 – 11:30 Uhr online statt:

https://www.youtube.com/watch?v=dOKq-a6LZok&t=21s&ab_channel=DisCREETResearchProject

Ausgangslage

Das Schweizer Energiesystem steht vor grossen Herausforderungen. Die erforderliche schnelle Dekarbonisierung des Wärme- und Mobilitätssektors wird durch die Elektrifizierung eine Zunahme des Strombedarfs mit sich bringen. Besonders in Verbindung mit dem mittelfristigen Ausstieg aus der Kernenergie und des unsicheren Ausmasses von Stromimporten macht dies geeignete Strategien zur Wahrung der Energieversorgungssicherheit im Winterhalbjahr erforderlich.

Methodik

In einem vom Bundesamt für Energie geförderten Forschungsprojekt «DisCREET» haben wir, zusammen mit einer Begleitgruppe aus der Energiewirtschaft und -politik untersucht welchen Beitrag dezentrale Energiesysteme dazu leisten können. Dafür ist ein **neues Optimierungsmodell** zur Minimierung von lebenszyklus-basierten CO₂-Emissionen und Kosten bei gleichzeitiger Wahrung der Versorgungssicherheit entwickelt und am Beispiel von Wohnanlagen einer grösseren Schweizer Stadt angewendet worden. Neu an diesem Modell gegenüber üblichen «Energy Hub» Optimierungen sind die detaillierte nachfrageseitige Beschreibung der individuellen (E-)Mobilität, die Berücksichtigung von Szenarien bezüglich der bestehenden zentralen Stromerzeugung und deren möglichen Ausbaus, sowie die hohe zeitliche Auflösung der Resultate.

Leitfragen

1. Können lokale Energiesysteme deutliche CO₂ Reduktionen ohne zusätzliche Kosten bei gleichzeitiger Gewährleistung der Energieversorgungssicherheit während jeder Stunde im Jahr ermöglichen?
2. Welche Rolle spielen zentrale Erzeugungs- und Importkapazitäten für
 - a) die Auswahl optimaler Schlüsseltechnologien und Energieträger?
 - b) das Ausmass der möglichen CO₂ Reduktion?
3. Welche Aussagen sind möglich unter Berücksichtigung heute verfügbarer und künftiger Technologien in kurz-/mittel- und langfristiger Perspektive?
4. Welche energiepolitischen Rahmenbedingungen bzw. welches Investitionsumfeld braucht es damit solche dezentralen Systeme ihr Potenzial ausschöpfen?

Inhaltsverzeichnis Foliensatz

- Motivation & Kontext des Forschungsprojektes
K. Boulouchos (ETHZ) / G. Georges (ETHZ)
- Forschungsergebnisse Projekt «DisCREET»
M. Mittelviehhaus (ETHZ)
- Sichtweise eines regionalen Energieversorgers
M. Letta (Unternehmensleiter St. Galler Stadtwerke)

Motivation & Kontext des Forschungsprojektes

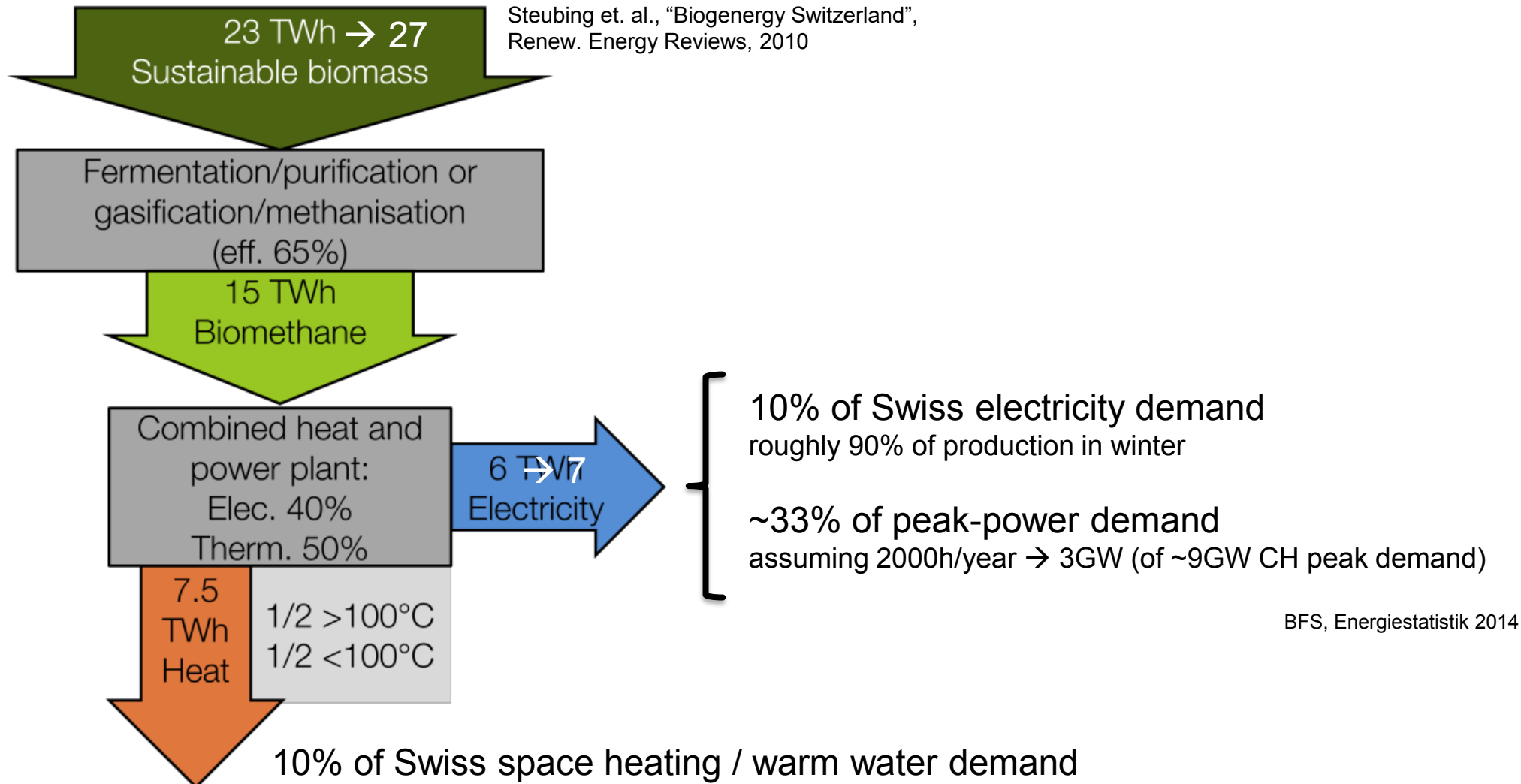
K. Boulouchos (ETHZ) / G. Georges (ETHZ)



Potenzialanalyse eines Schwarms biogener Wärmekraftkoppelungsanlagen zur Kompensation fluktuierender erneuerbarer Stromquellen

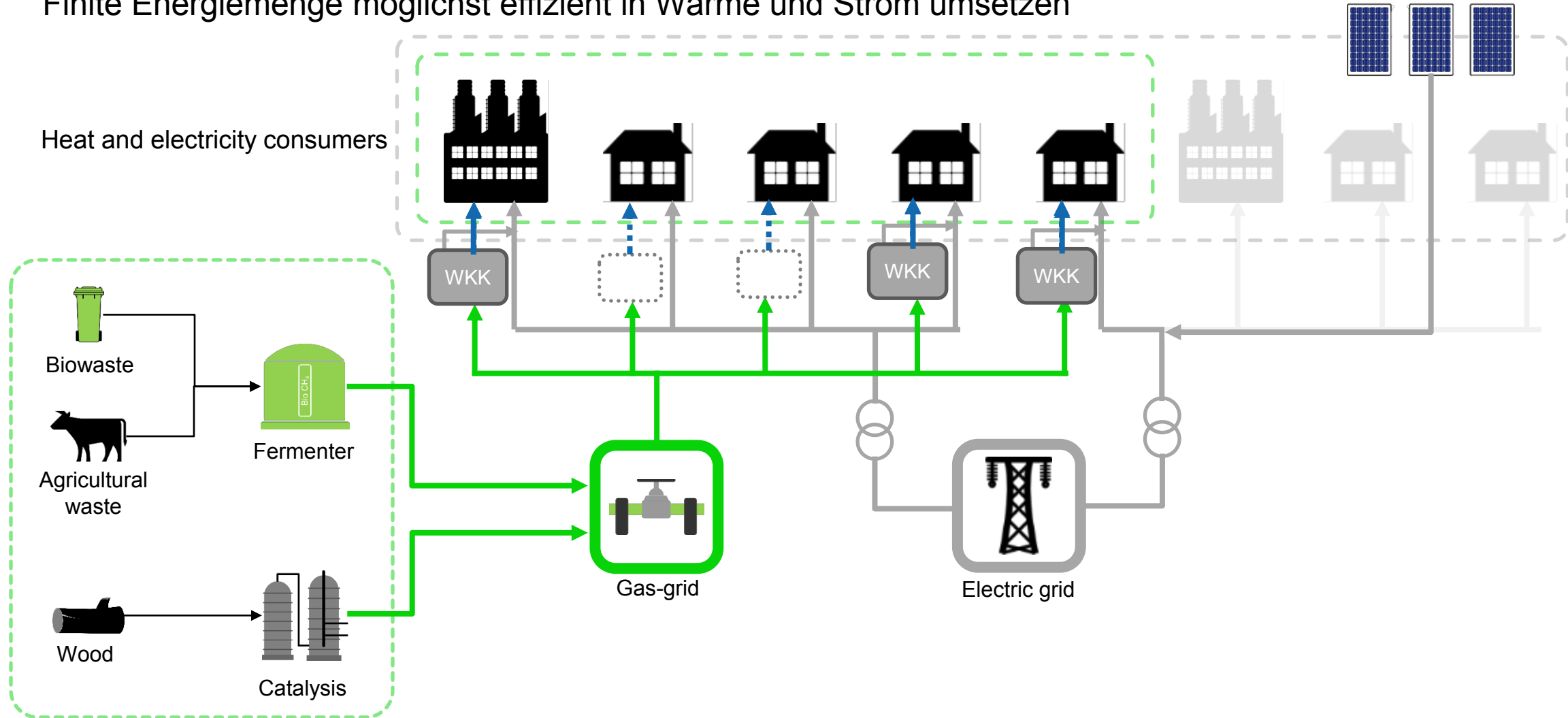
Frühstückspräsentation: Projektvorstellung und Fachgespräche

CHPswarm: systemische Rolle biogener WKK

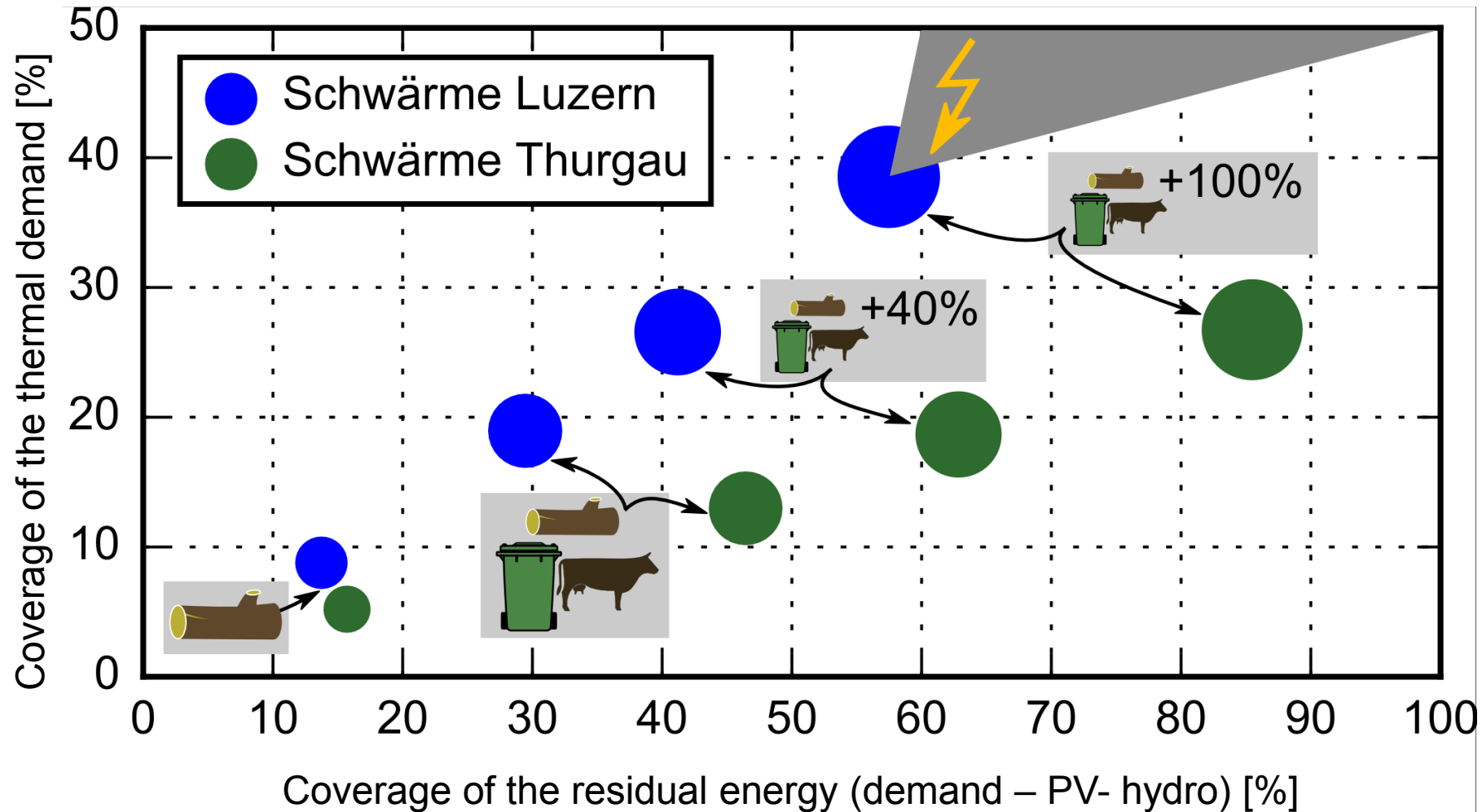


CHPswarm: verteilte, biogene Wärmekraftkopplung

Finite Energiemenge möglichst effizient in Wärme und Strom umsetzen

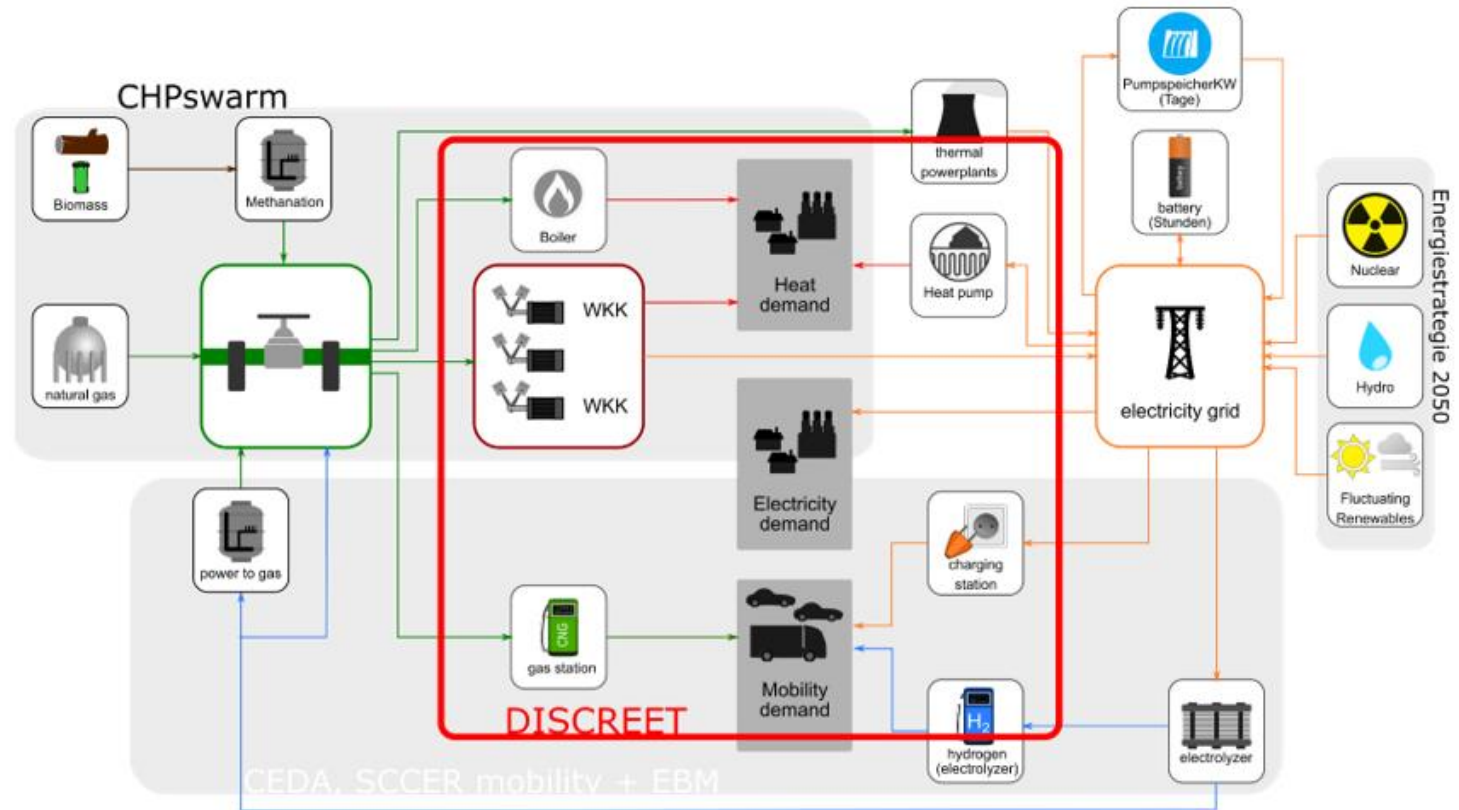


Electricity and heat production potentials of the swarms



DisCREET: Wärme-, Storm- und Mobilitätsbedarf decken

Distributed
Cogeneration supporting
Renewable
Energy sources for the
Electrification of
Transport



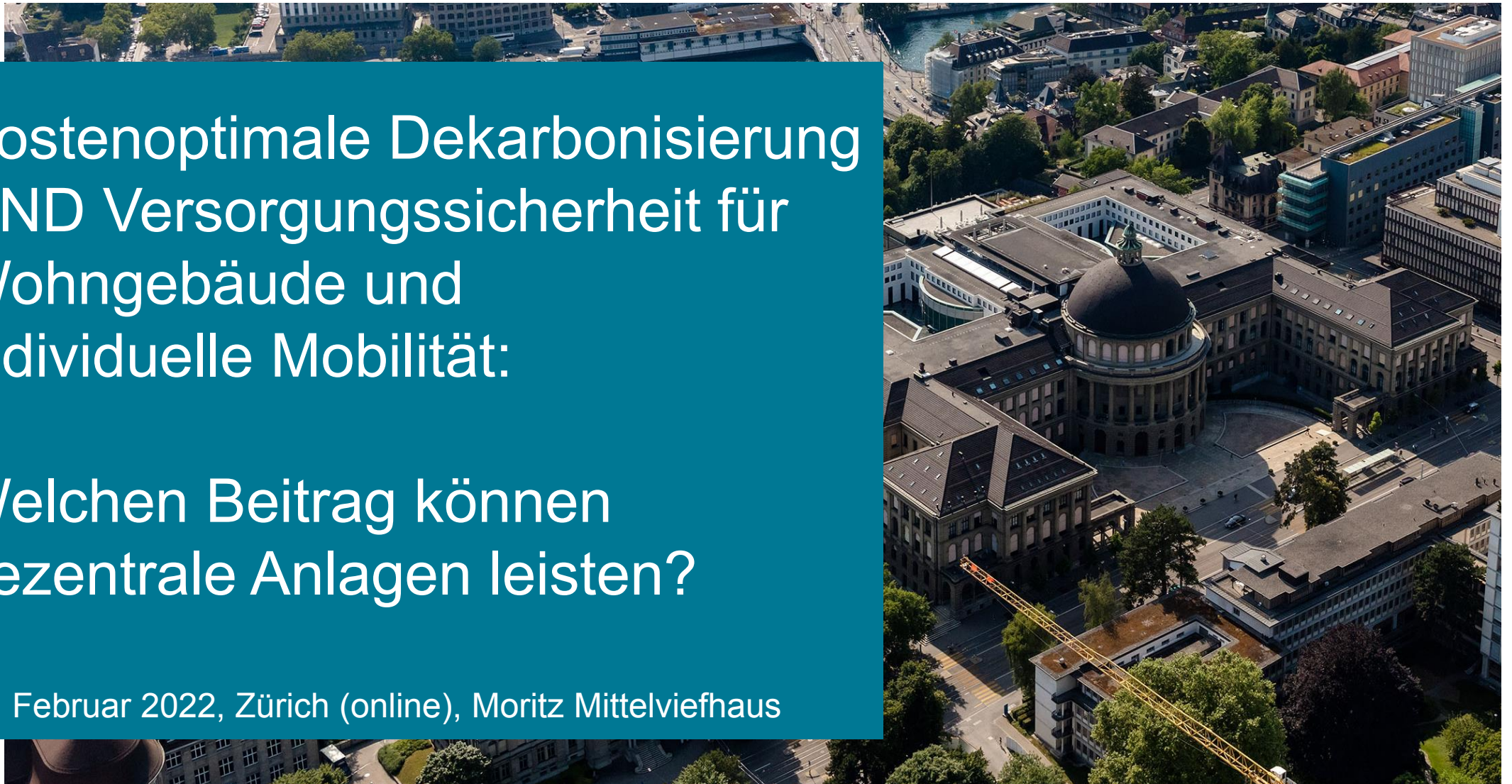
Forschungsergebnisse Projekt «DisCREET»

M. Mittelviehhaus (ETHZ)

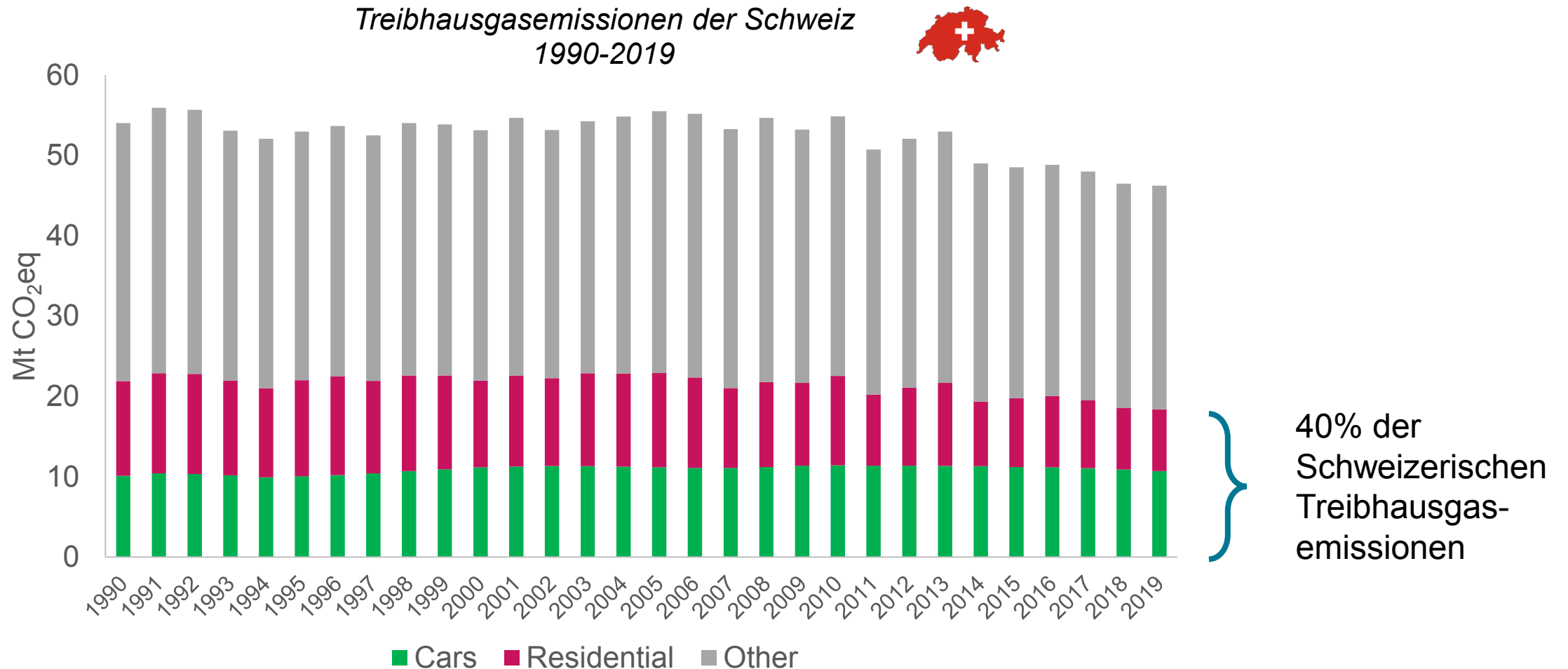
Kostenoptimale Dekarbonisierung
UND Versorgungssicherheit für
Wohngebäude und
individuelle Mobilität:

Welchen Beitrag können
dezentrale Anlagen leisten?

28. Februar 2022, Zürich (online), Moritz Mittelviefhaus



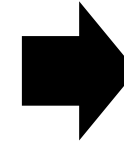
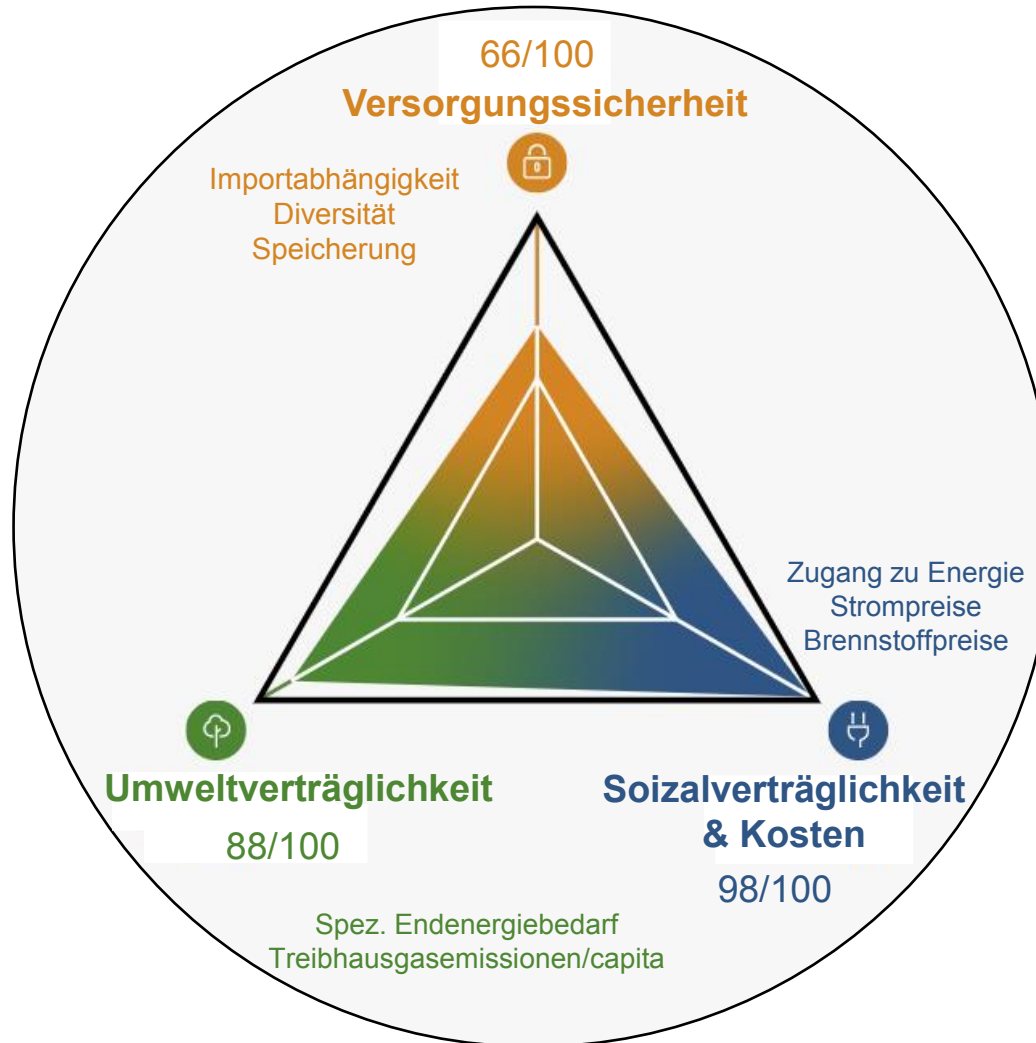
Personenfahrzeuge und Haushalte sind für einen Grossteil der Schweizer Treibhausgase verantwortlich.



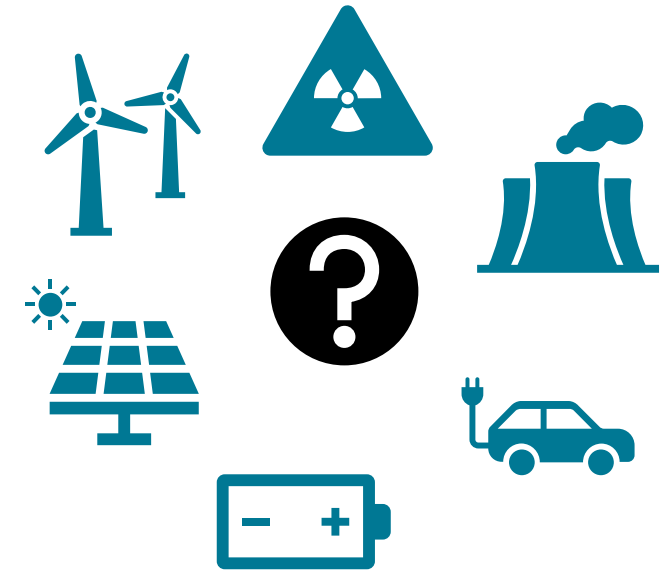
Data source: BAFU 2021

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/climate/state/data/greenhouse-gas-inventory.html>

Eine strategische Energieplanung ist mehr als nur CO₂eq Reduktion. Sie braucht eine umfassende Betrachtung:



Mit welchen Investitionen erreicht man diese Ziele gleichzeitig?



Dazu untersuchte das DisCREET Projekt folgende Forschungsfragen:

Bei der Planung neuer Energieanlagen und Fahrzeuge....

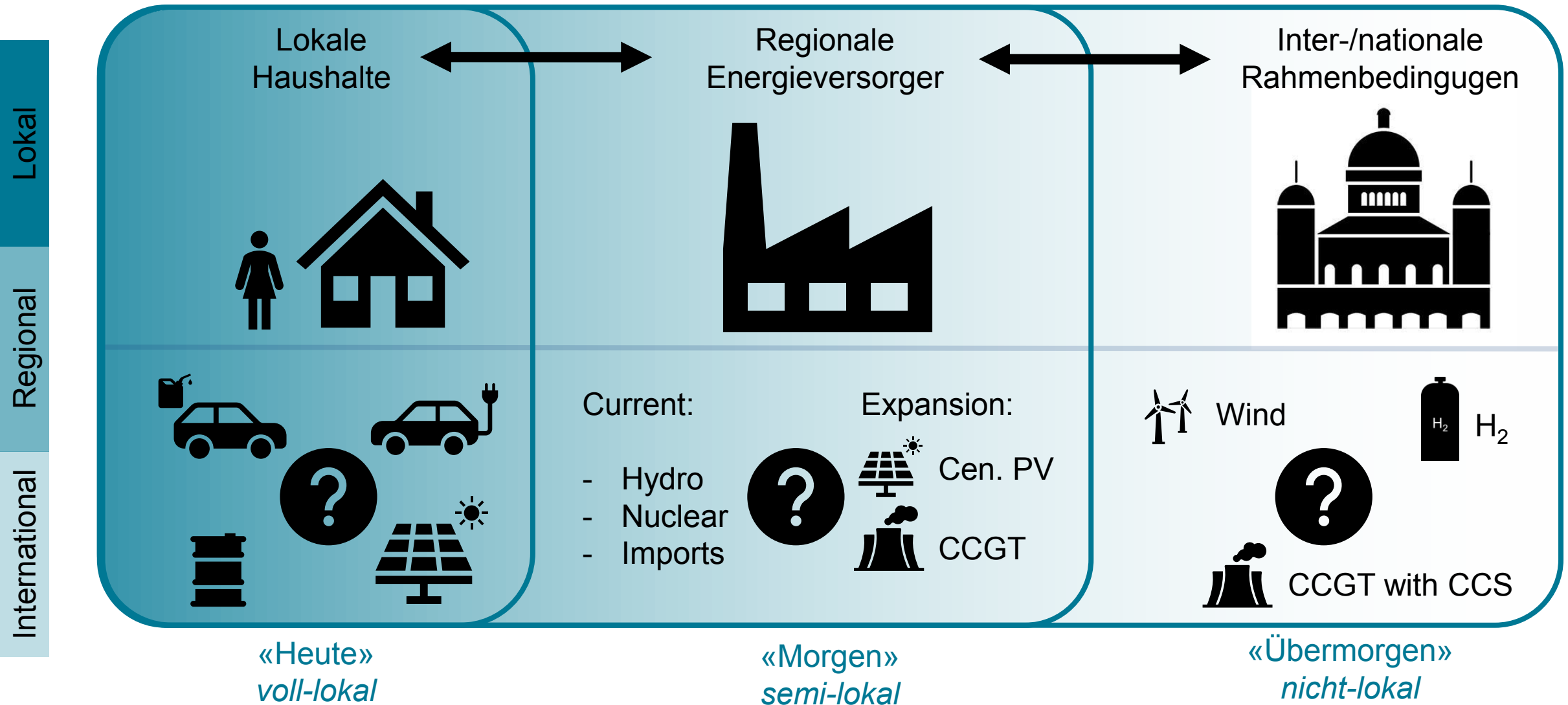
Wie sollten Konsumenten ihre lokalen Energieanlagen und Fahrzeuge optimal aufwerten?

- um ihre (lebenszyklus basierten) Gesamtemissionen minimieren
- ohne dabei ihre Gesamtkosten zu erhöhen?

Welche Rolle spielt dabei das übergeordnete Energiesystem?

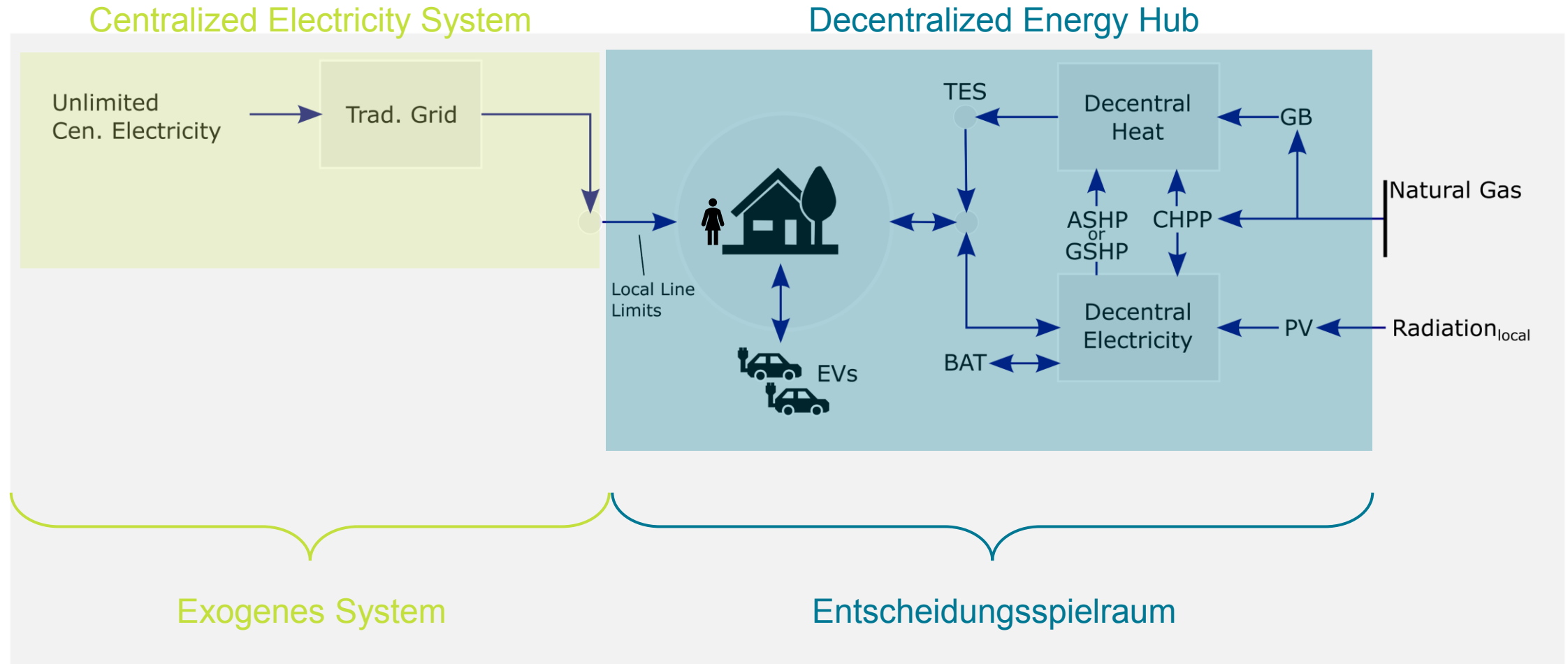
- Verfügbarkeit von Energieträgern
- Energieaustausch mit den Netzen
- Als alternative Investitionsmöglichkeit

Betrachtungsweise: Konsumenten agieren lokal,
sie sind aber mit den übergeordneten Ebenen im Austausch.



Die selbstbedachte, voll-lokale Optimierung:

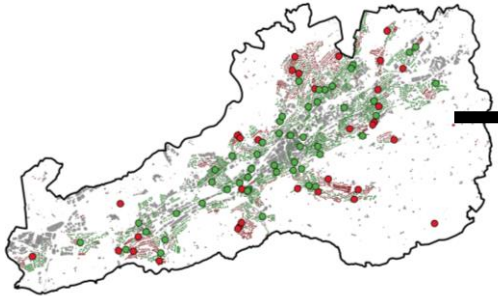
«Wie planen Konsumenten bestenfalls ihre lokalen Anlagen und Fahrzeuge in der Annahme Strom sei unbegrenzt verfügbar?»



Der Haushaltsenergiebedarf wird vorab modelliert und simuliert.

Building data*

- Einfamilienhäuser
- Mehrfamilienhäuser
- Andere Gebäude

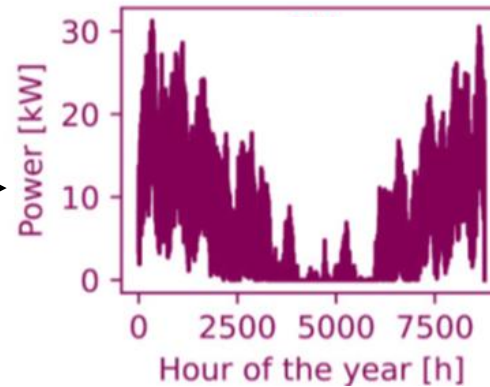


Building
Demand
Simulations**

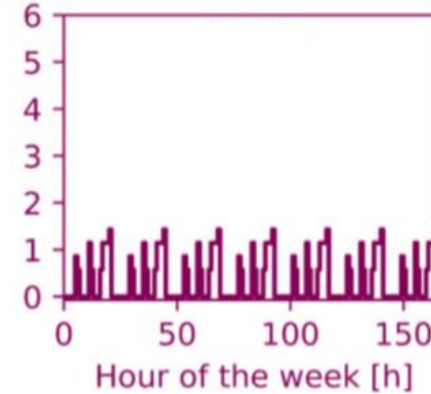
Stationary energy demands**



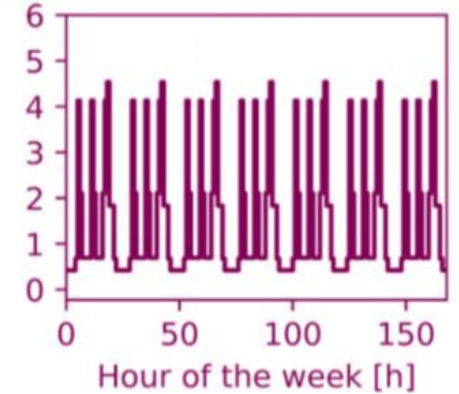
Space Heating



Hot Water



Electricity



Motorization

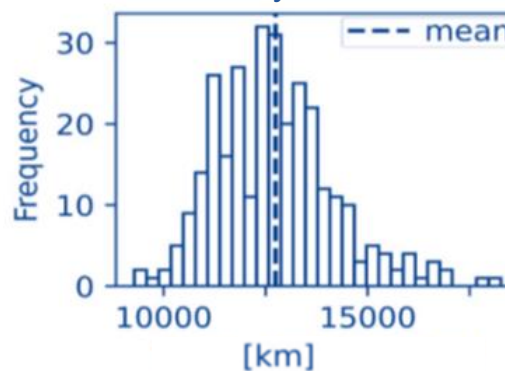
Private mobility demands***



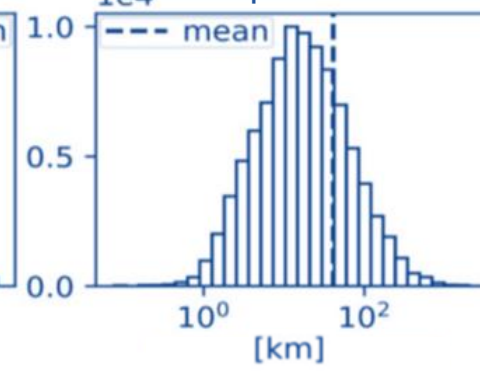
Associated
Vehicle Fleet

Vehicle Energy
Demands

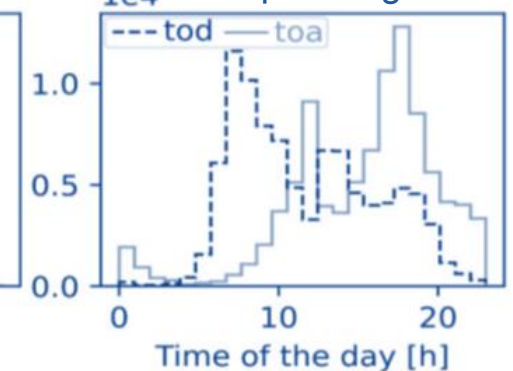
Yearly Distance



Trip Distance



Trip Timing

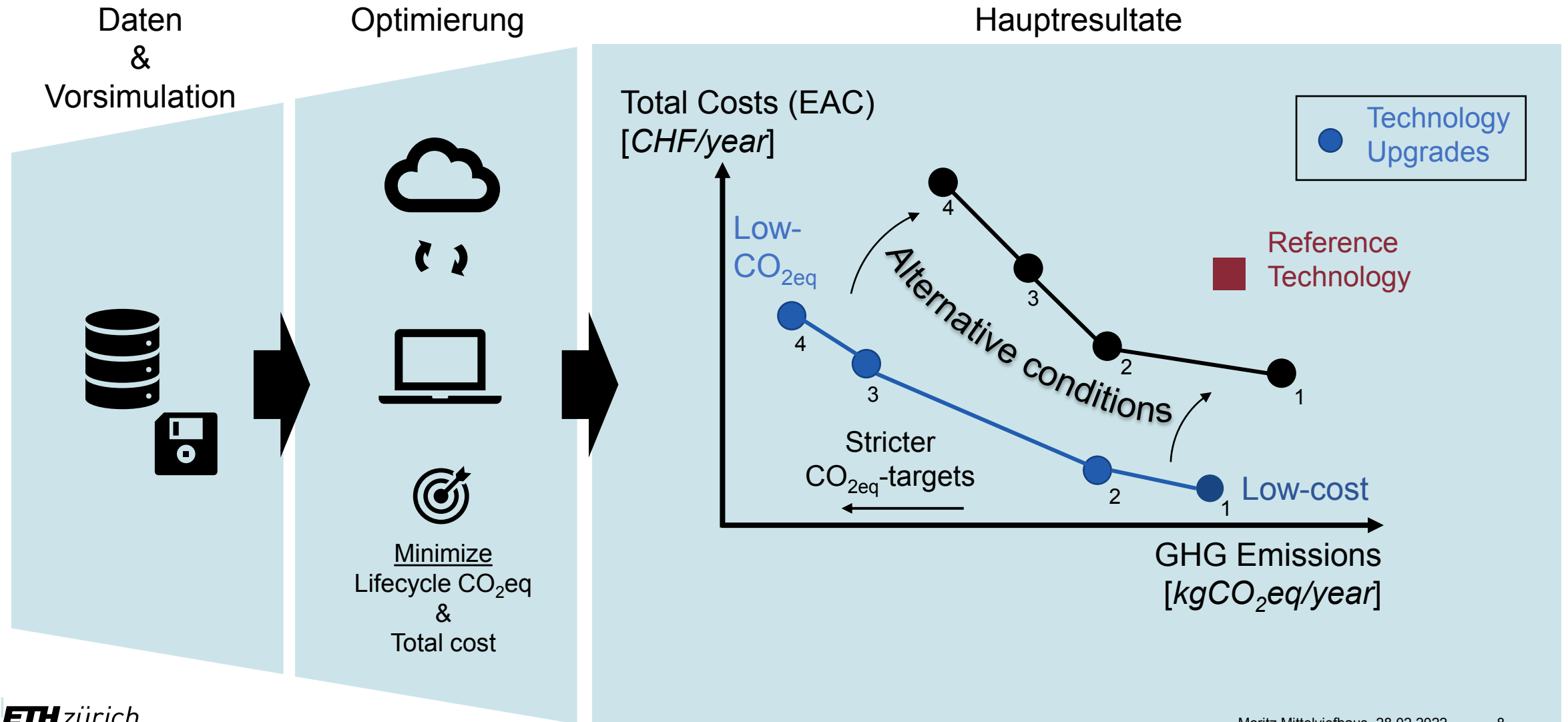


* Dataset kindly provided by the City of St. Gallen

** Simulations kindly performed by James Allan, EMPA

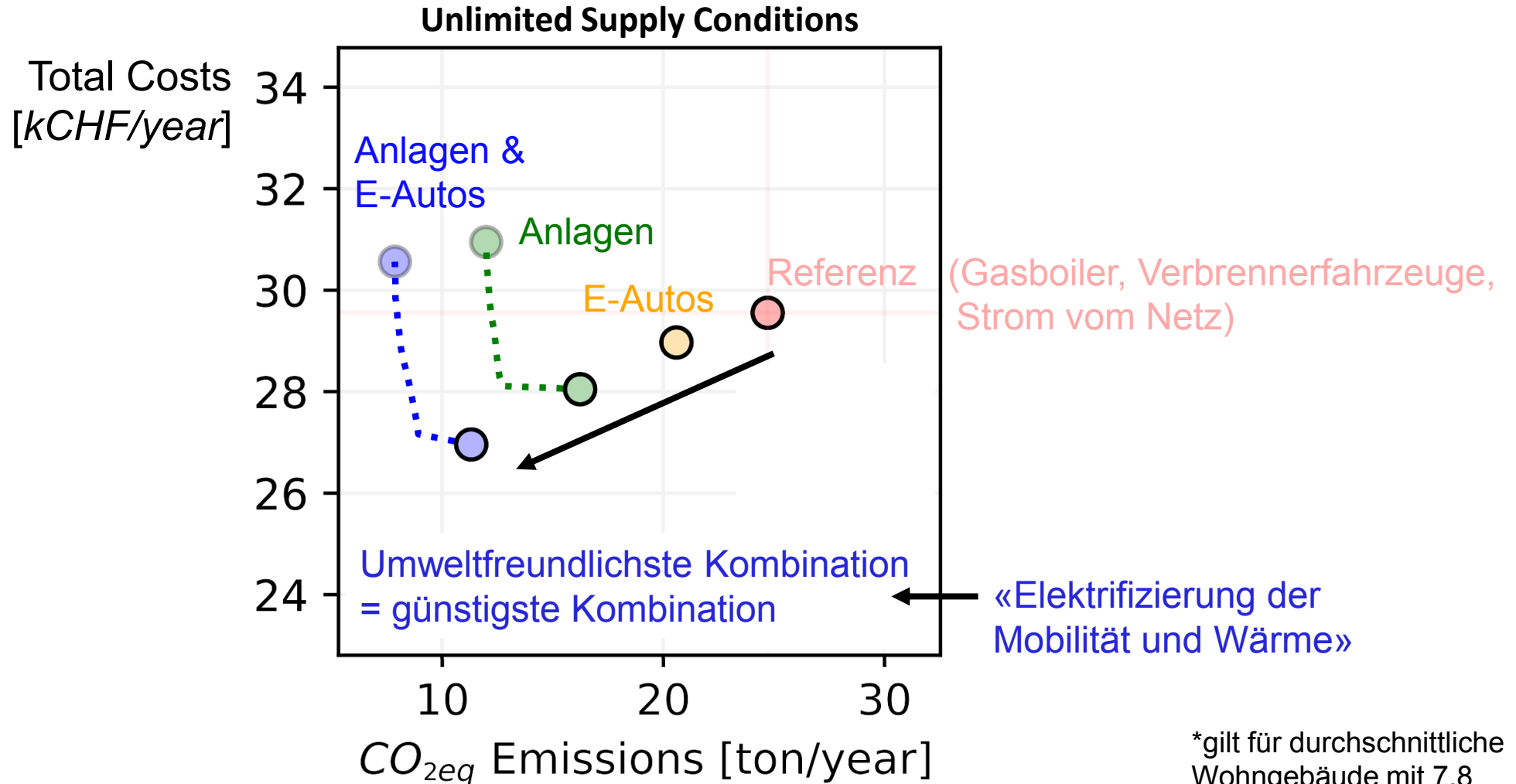
*** Simulations kindly performed by Giacomo Pareschi, ETHZ

Ein neues Optimierungstool wählt den besten Trade-off zwischen minimalen Kosten und minimalen Treibhausgasemissionen.



Wie viel CO₂eq lässt sich durch Anlagenupgrades & E-Autos einsparen? Wie teuer ist diese Dekarbonisierung für Konsumenten?

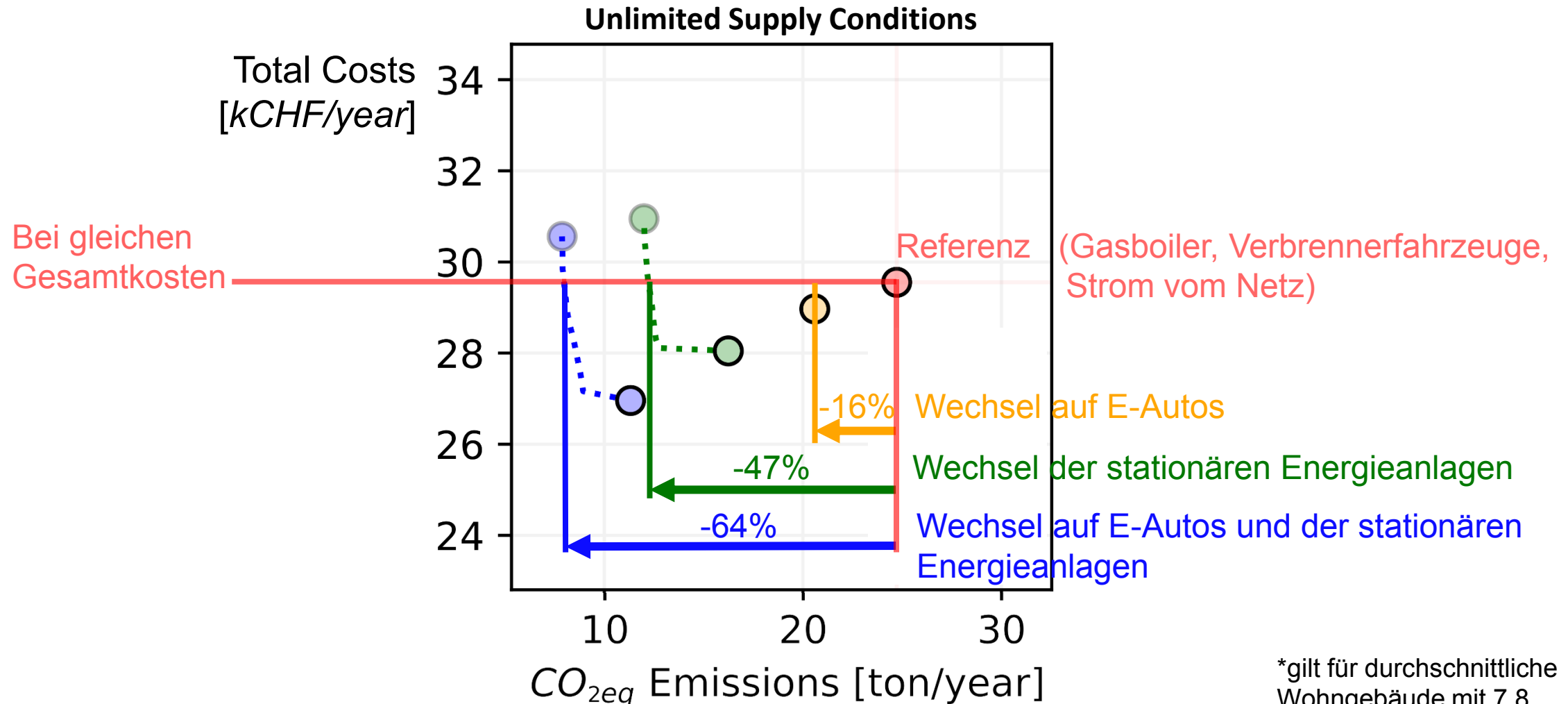
Lokal



*gilt für durchschnittliche Wohngebäude mit 7.8 Bewohnern

Wie viel CO₂eq lässt sich durch Anlagenupgrades & E-Autos einsparen? Wie teuer ist diese Dekarbonisierung für Konsumenten?

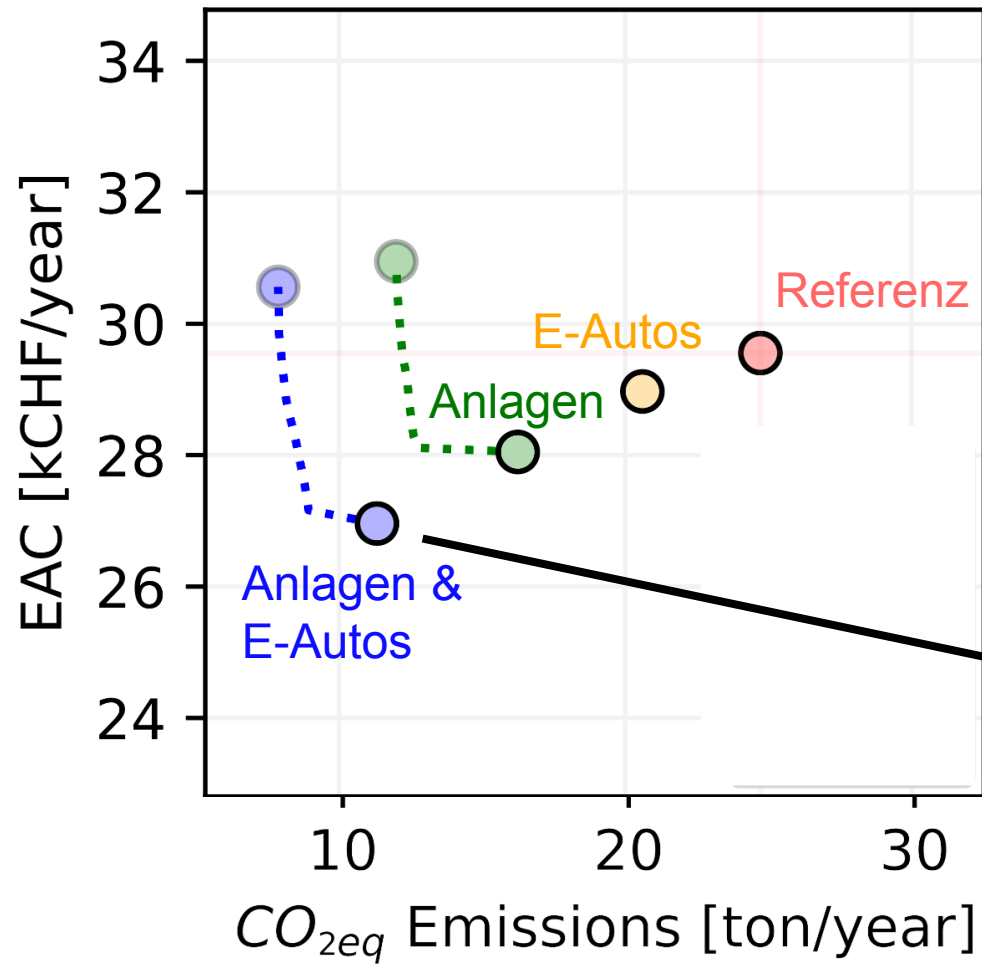
Lokal



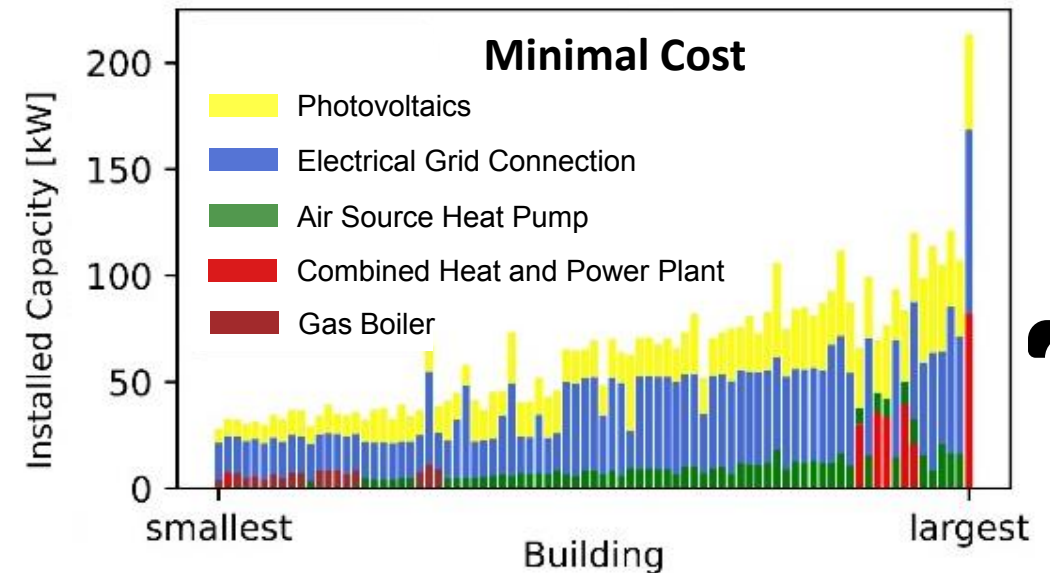
*gilt für durchschnittliche
Wohngebäude mit 7.8
Bewohnern

Wie gestaltet sich die optimale Konverterauslegung?

Lokal



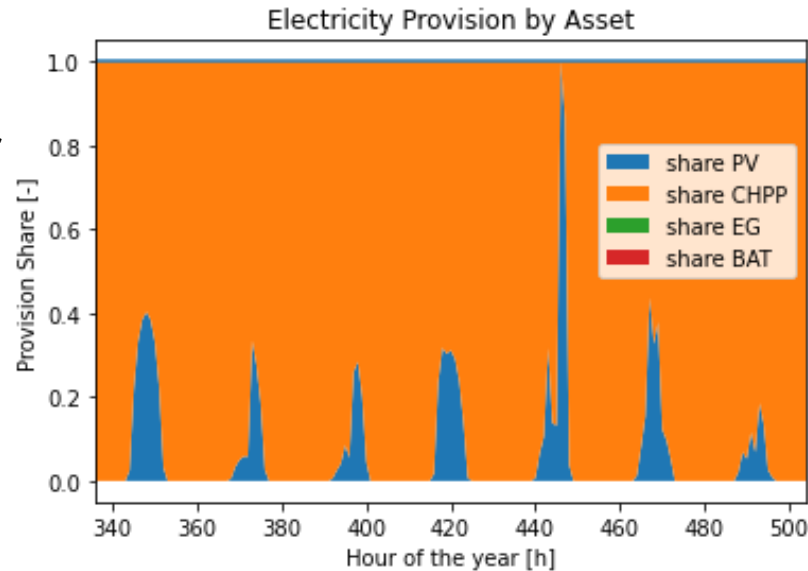
- Breite Anlagenvielfalt
Auswahl abhängig von der Gebäudegrösse
- Photovoltaic & Stromanschluss & Wärmepumpe
am weitesten verbreitet
- Erdgas BHKWs bei den grossen Gebäuden
kostengünstig



Welche Rolle spielen dezentraler Anlagen (CHPP & PV) bei der kostenoptimalen Versorgung grosser Gebäude?

Lokal

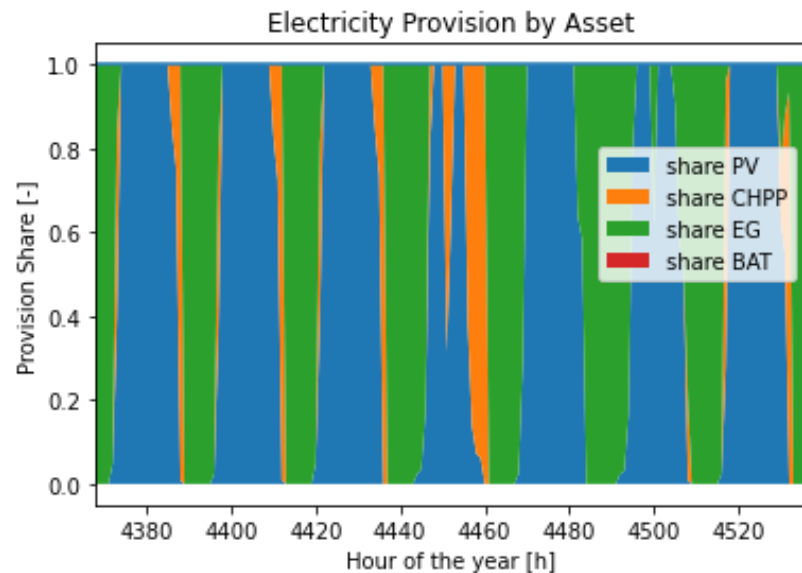
1 Woche
Mitte Januar



Im Winter:

BHKWs erbringen Grundlaststrom (und Wärme) im Winter.
Die PV-Stromerzeugung kann hier nur wenig beisteuern.

1 Woche
Mitte Juli



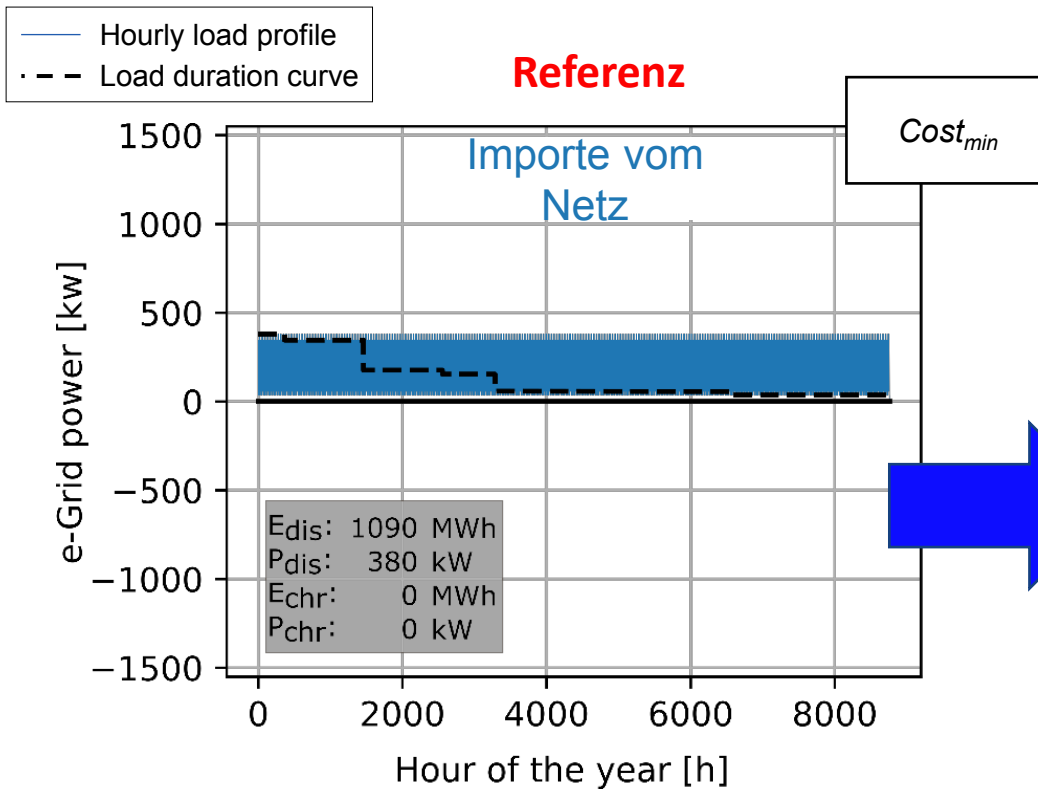
Im Sommer:

Unterstützung der PV-Stromerzeugung in Hochtarifzeiten.

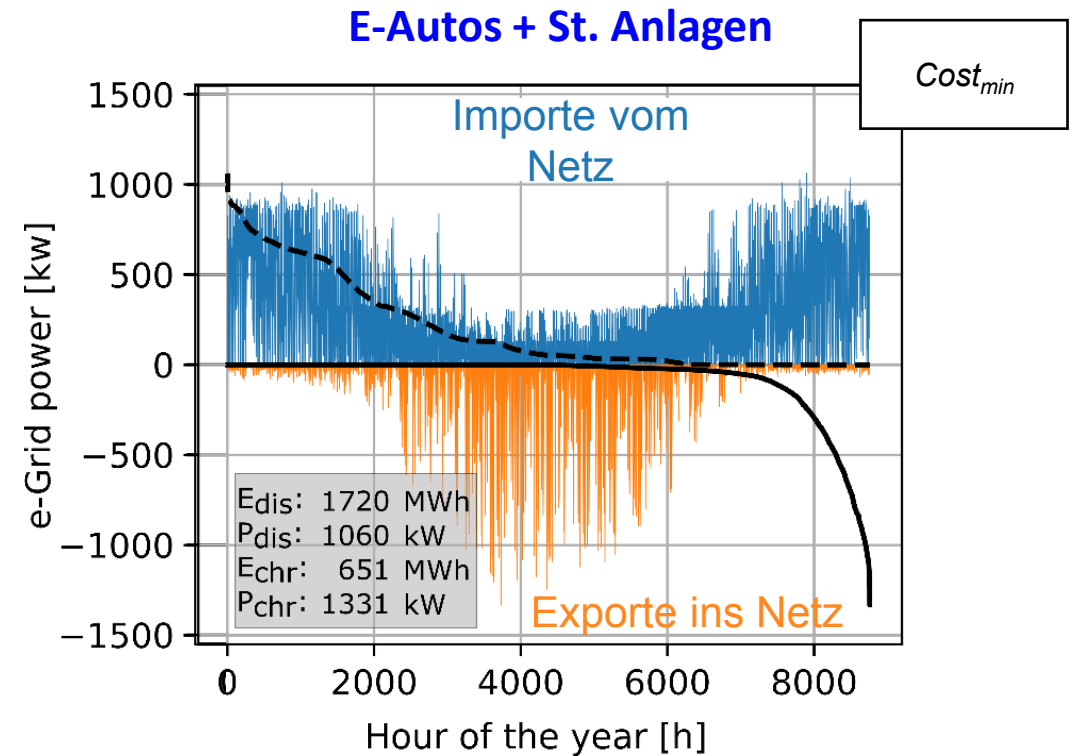
Netzbezug während den Niedertarifstunden.

Was bedeuten verbraucheroptimierte Fahrzeug- und Anlagenupgrades für die Interaktion der Gebäude mit dem Stromnetz?

Lokal



- Tägliche Schwankungen
- Gleichmässiger Jahresbedarf



- Saisonale Schwankungen
- Vervielfachung des Energiebedarfs (x1.6) und Leistungsbedarfs (x2.8).
- Volatilität und Intermittenz der Nettolast steigt stark.
- Bidirectionalität mit **starken Einspeisespitzen**

Erstes Zwischenfazit: Lokale, unlimitierte Betrachtungsweise

Dezentrale Anlagen können im Zusammenspiel mit zentralem Strom einen grossen Teil zur Dekarbonisierung der Wohnwirtschaft leisten.

- Dabei sind besonders PV Anlagen, Wärmepumpen und E-Autos wichtig.

Die potenzielle Dekarbonisierung ist überraschend gross und günstig.

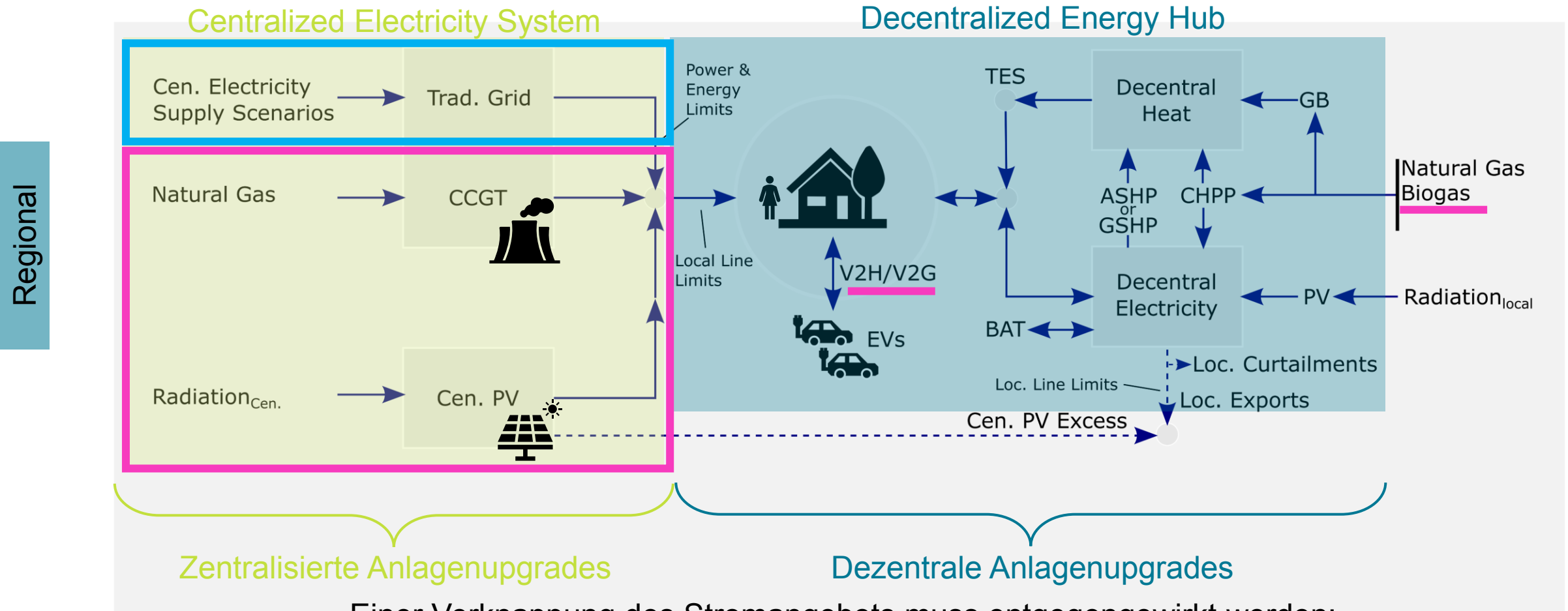
- Selbst die kostengünstigste Strategie ist bereits sehr emissionsfreundlich.
- Vergleichsweise geringe Kostenersparnisse und hohe Investitionskosten begrenzen aber deren Implementation.

Aber, ein vollständiges Verlassen auf das zentralisierte Stromnetz kann zu grossen Versorgungsproblemen führen.

- Eine flächendeckende Elektrifizierung der Wärme und Mobilität ist so nicht möglich.

Die erweiterte, semi-lokale Optimierung:

«Wie kompensiert man bestenfalls eine begrenzte Verfügbarkeit zentralisierten Stroms durch angepasste Anlagen und Fahrzeuge?»



Einer Verknappung des Stromangebots muss entgegengewirkt werden;
zentral oder dezentral?

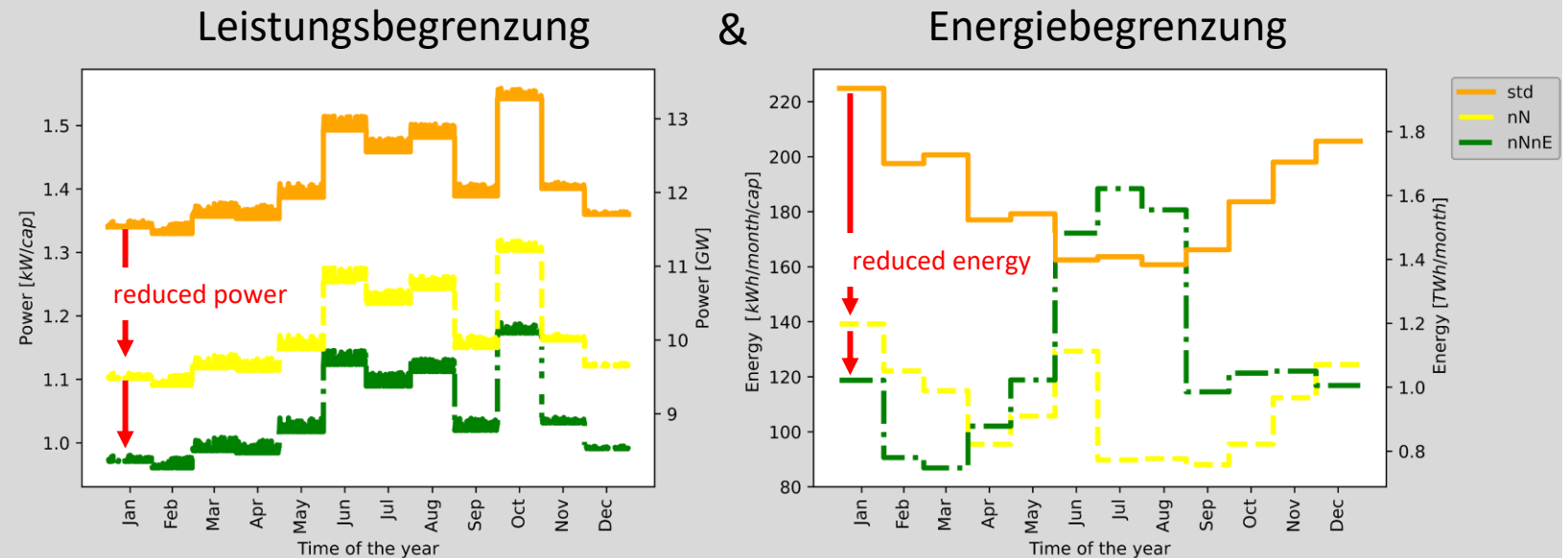
Fünf Szenarien der existierenden zentralen Stromversorgung:

1. Unlimitierte Stromversorgung (unl)

2. Heutige Versorgung (std)

3. Nuklearausstieg (no nuclear)

4. Nuklearausstieg & Handelsstop (no nuclear & no exchange)



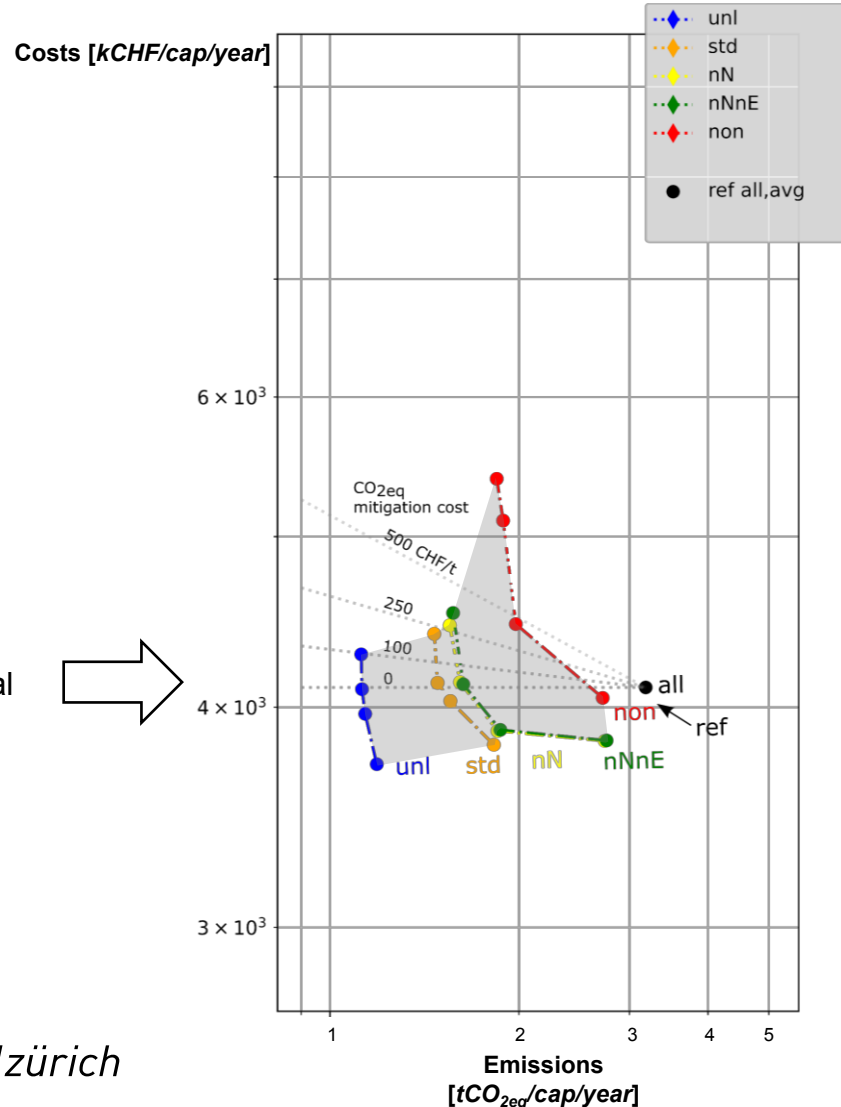
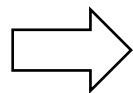
5. Keine zentralisierte Stromversorgung (non)

→ Wie reagiert die Optimierung auf eine zentrale Stromverknappung?

Kosten-CO₂eq Trade-offs bei limitierter Stromverfügbarkeit

Regional

Average residential building



Elektrifizierung gegen Referenz getestet:

- Verfügbarkeit der zentralen Stromversorgung hat einen grossen Effekt auf die erreichbaren CO₂eq Niveaus.
 - **Unlimitierte Lösung am besten.**
 - **Autarke Lösungen vergleichsweise schlecht**, aber besser als Referenz.
- 3 «realistische» Szenarien (**std**, **nN**, **nNnE**) sind nahezu vergleichbar:
 - 50% CO₂eq Reduktion bei gleichen Kosten durch hohe Anpassungsfähigkeit der Energiesysteme.
- Eine weitere Reduktion über die Kostenneutralität hinaus ist teuer und bringt kaum CO₂eq Reduktionen.

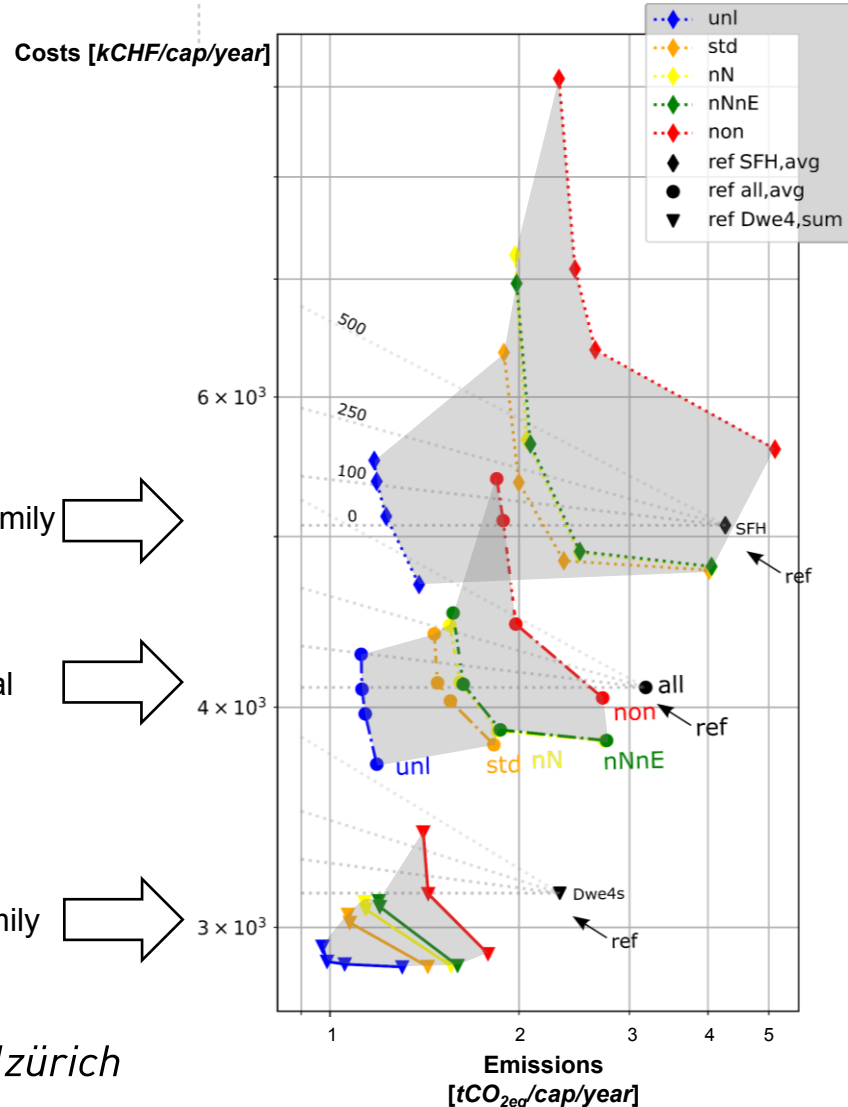
Kosten-CO₂eq Trade-offs bei limitierter Stromverfügbarkeit

Regional

Average Single-family building

Average residential building

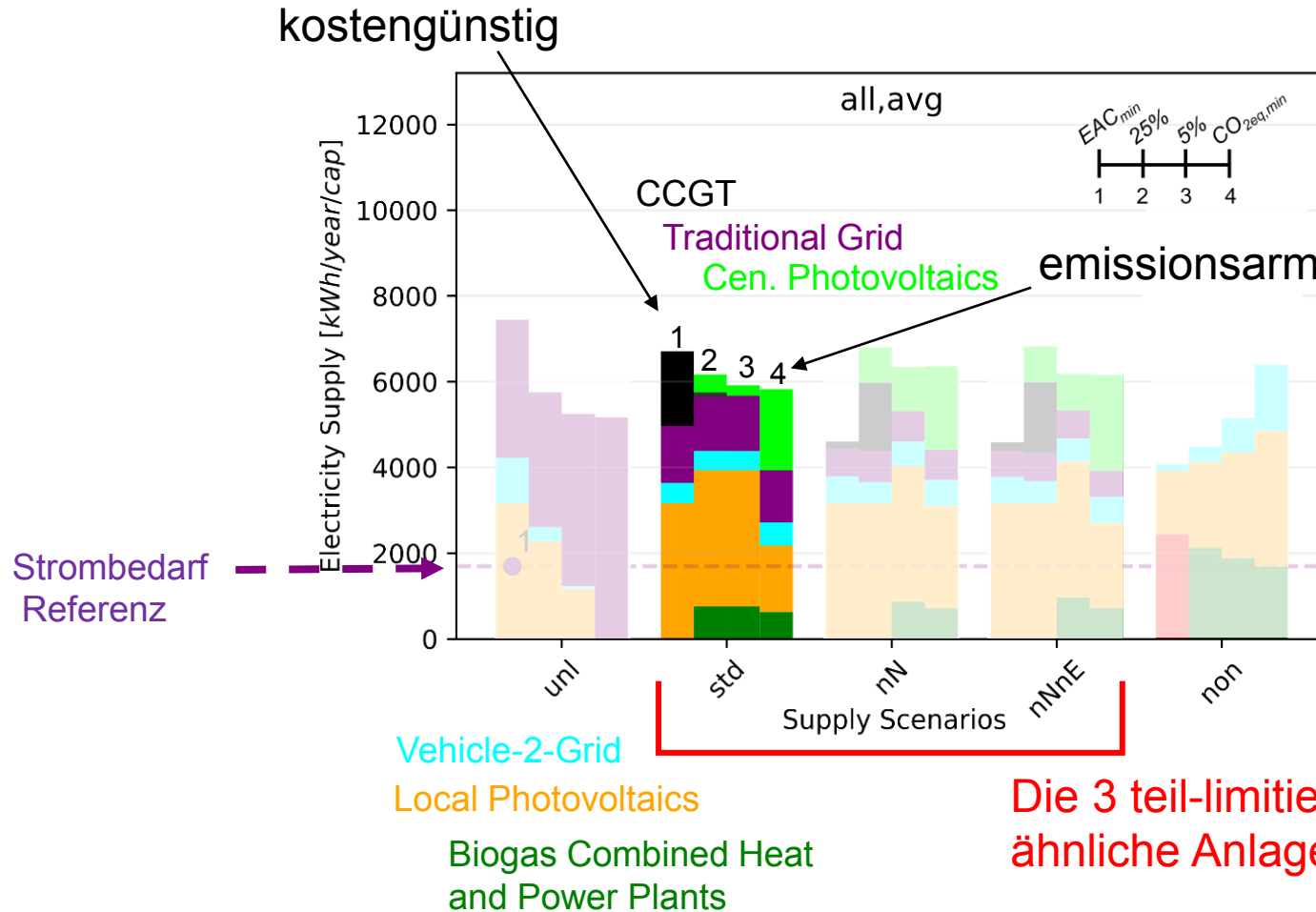
Large Multi-Family Building



Elektrifizierung gegen Referenz getestet:

- Zentrale Stromversorgung hat einen grossen Effekt auf die erreichbaren CO₂eq Niveaus.
 - Unlimitierte Lösung am besten.
 - Autarke Lösungen vergleichsweise **schlecht**, aber besser als Referenz.
- 3 «realistische» Szenarien (std, nN, nNnE) sind nahezu vergleichbar:
 - 50% CO₂eq Reduktion bei gleichen Kosten durch hohe Anpassungsfähigkeit der Energiesysteme.
- Eine weitere Reduktion über die Kostenneutralität hinaus ist teuer und bringt kaum CO₂eq Reduktionen.
- Grosse Gebäude sind um Faktoren kosten- und emissionseffizienter und weniger von einer Stromverknappung beeinflusst als kleine Gebäude.

Welche Anlagen übernehmen die Strombereitstellung optimalerweise? Welche Anlagen kompensieren die Verknappung der Versorgung?



Unter std Stromversorgung:

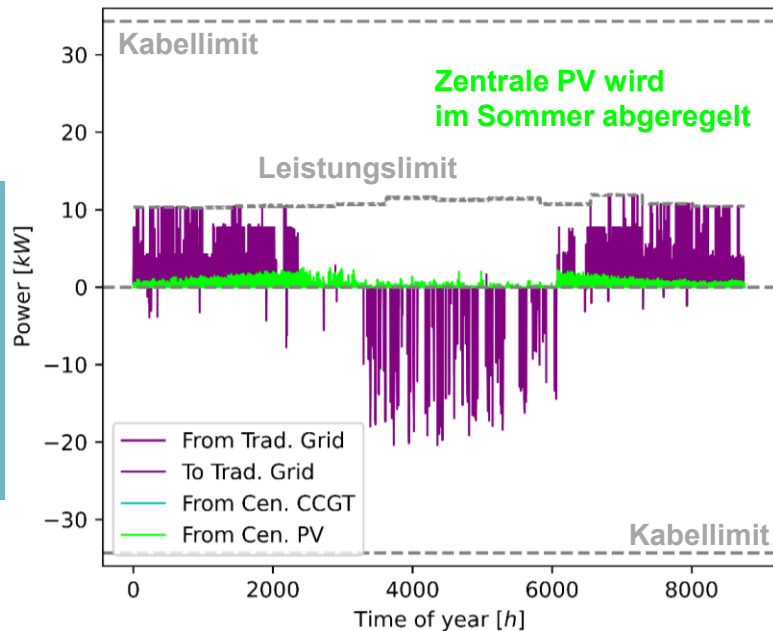
- Günstige Lösungen:
 - CCGT
- Mittlere Lösungen:
 - Biogas BHKW
- Teure Lösungen:
 - Biogas BHKW + Gen. PV

Die 3 teil-limitierten Lösungen verwenden ähnliche Anlagenkonfigurationen.

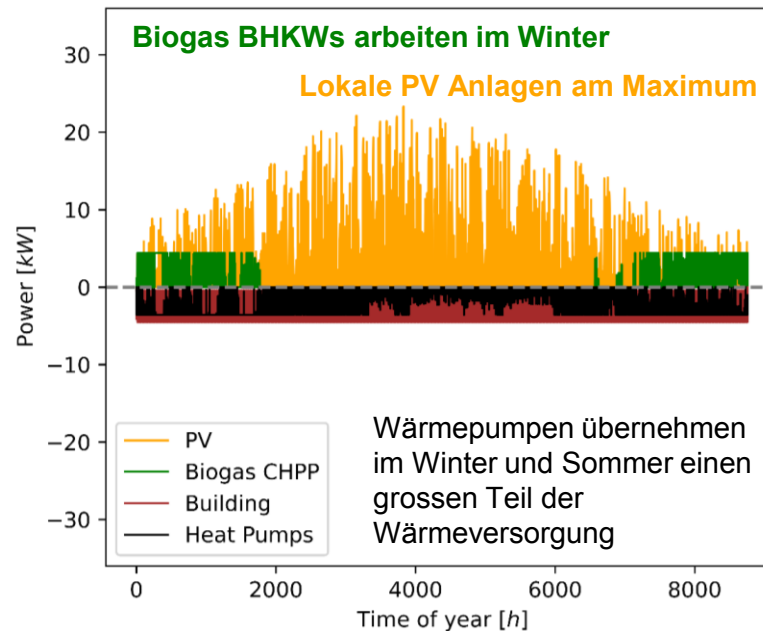
→ Eine Stromverknappung führt zu komplexeren Lösungen.

Wie sieht dann eine kostenneutrale, stündliche Versorgung unter der heutigen Versorgung (std) aus?

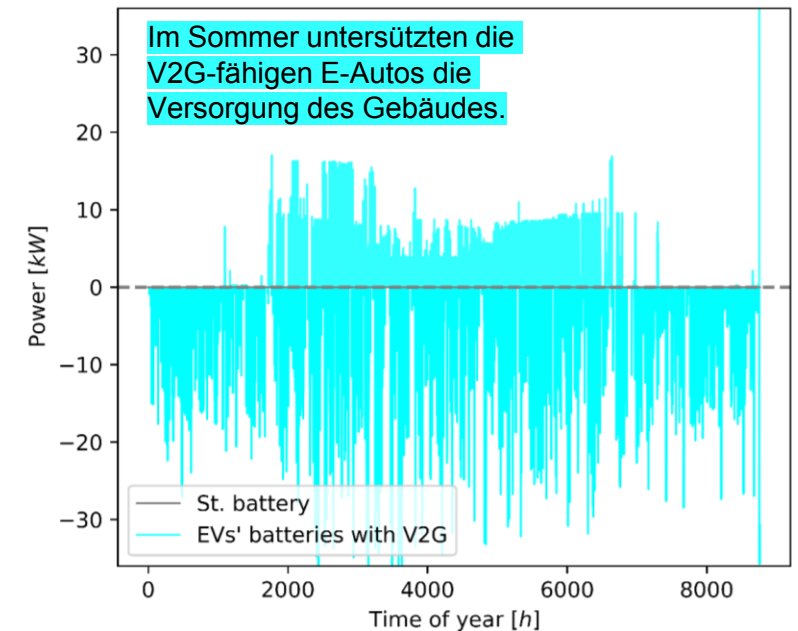
Zentrale Anlagen



Lokale Konverter



Lokale Speicher



- Das **pro-Kopf Leistungslimit** der zentralen Kapazitäten wird an einigen Stunden im Winter ausgenutzt.
 - Die lokalen Leistungspitzen werden von der **lokalen PV Anlage**
 - und den **Fahrzeugströmen** dominiert.

Zweites Zwischenfazit: Regionale, begrenzte Betrachtungsweise

Eine Verknappung der Stromversorgung verschlechtert die Gesamtperformance und bewirkt eine andere optimale Auswahl, Auslegung und Betriebsweise der Energieanlagen.

- Das liegt an der Knappheit der Strommenge im Winter, weniger an Leistungslimitierungen.

Dadurch entstehen komplexere, sektorgekoppelte Systeme im Zusammenspiel von dezentralen und zentralisierten Anlagen.

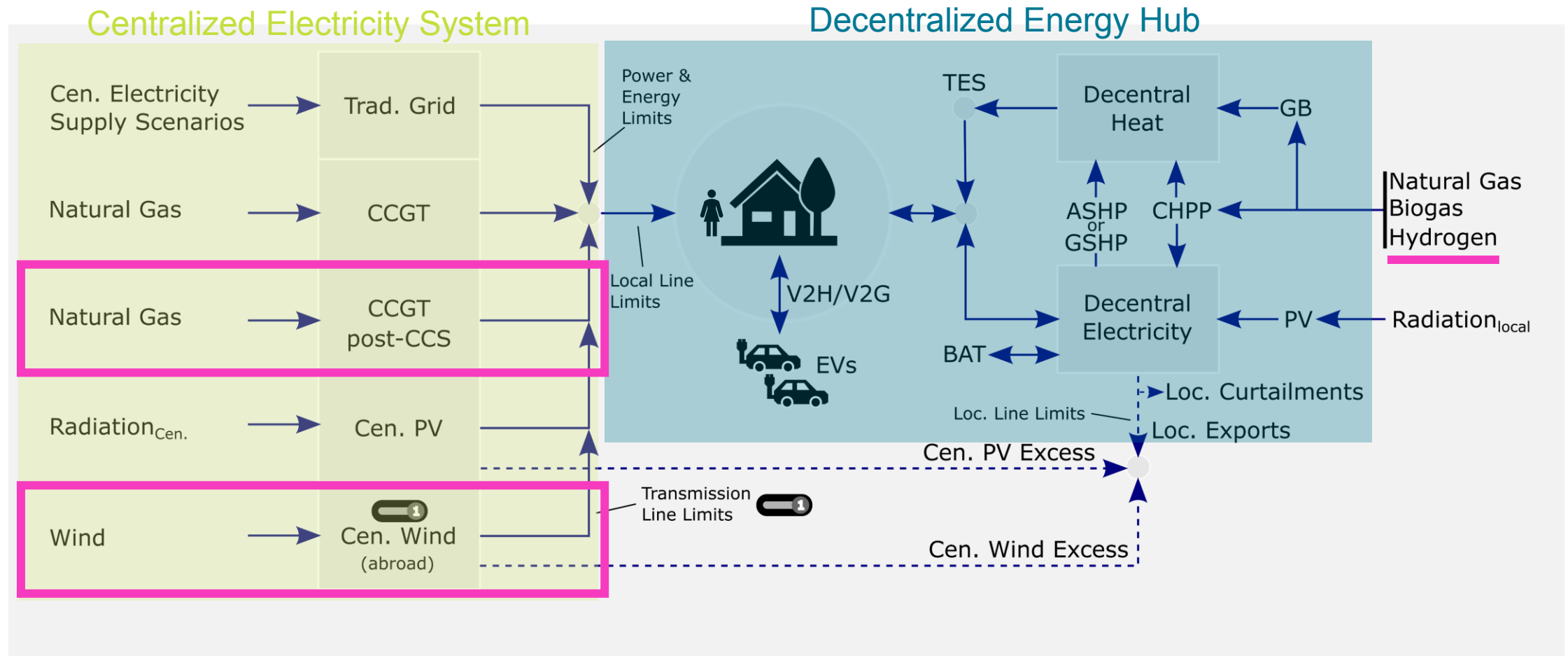
- Kostenneutrale Lösungen zur Dekarbonisierung beinhalten eine Kombination aus
 - Der existierenden Stromversorgung
 - [Biogas betriebenen BHKWs]
 - [Lokale + zentrale PV Anlagen]
 - E-Autos mit „Vehicle-to-Grid“ Funktionalität

Die Ergebnisse der drei realistischen begrenzten Energieszenarien sind überraschend ähnlich.

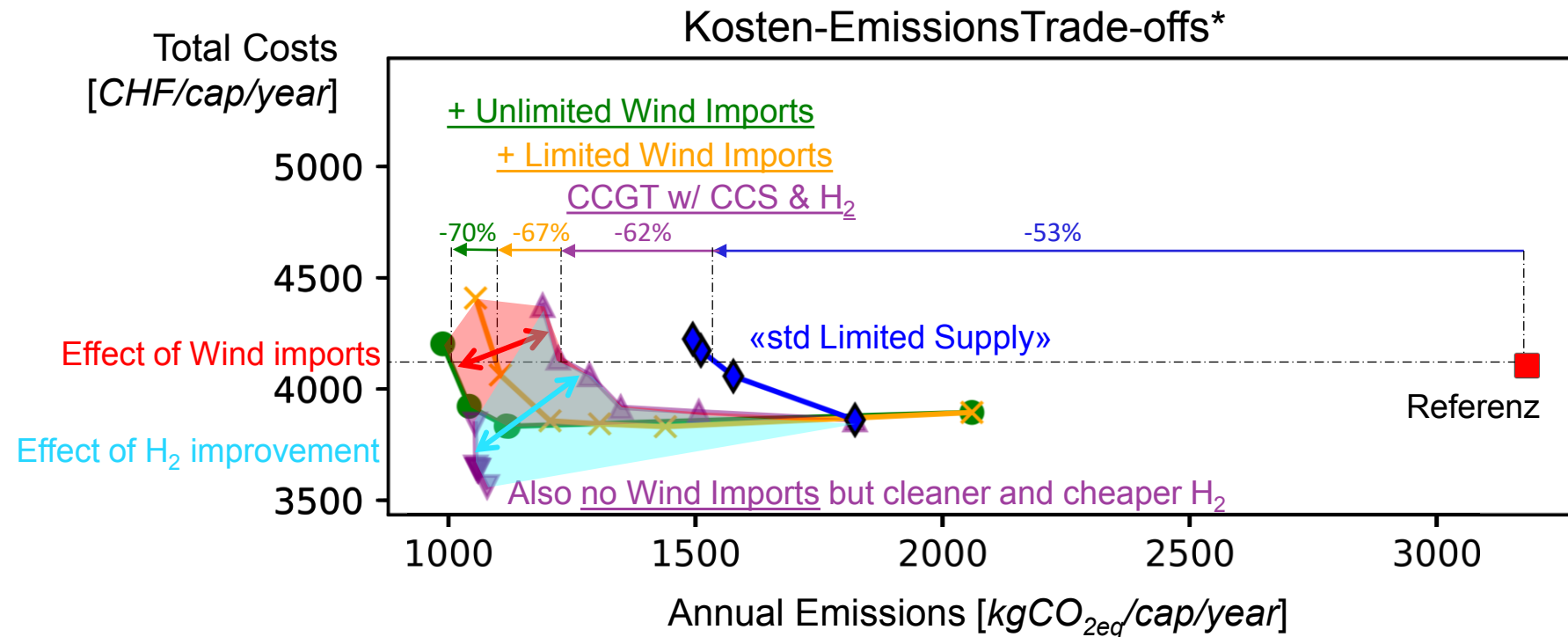
- Das betrifft die Anlagenauswahl, das –design und die –betriebsweise.
- Und folglich auch die Gesamtperformance (Kosten und Emissionen)

Die weitsichtige, *nicht-lokale* Optimierung:

«Wie sehr kann eine breitere Verfügbarkeit von Stromerzeugungsanlagen die Leistungsfähigkeit künftig verbessern?»



Neuartige Anlagen könnten das Ergebnis noch verbessern.



→ Politische und technologische Umsetzbarkeit muss hier aber geprüft werden.

Schlussfazit aus dem DisCREET Projekt

Ein neu entwickeltes Optimierungstool, das die individuelle Mobilität & die zentralisierten Randbedingungen in der Planung neuer Energieanlagen und Fahrzeuge in hoher, stündlicher Auflösung berücksichtigt, generiert folgende Erkenntnisse über den möglichen Beitrag dezentraler Anlagen zur kostenoptimalen Dekarbonisierung bei gleicher Versorgungssicherheit:

1. Haushalte könnten ohne Zusatzkosten und mit heute verfügbarer Technik unter realistischen Stromversorgungsszenarien ca. **50% ihrer LCA-CO_{2eq}** (ca. 85% CO_{2eq} operativ) **einsparen**.
 - Ein unlimitierter Strombezug aus dem Netz würde bis zu 70% CO_{2eq} Reduktion ermöglichen, ist aber unrealistisch.
2. Für **realistische CO_{2eq} Reduktionen** könnten neue Erzeugersysteme durch eine Kombination von PV (inkl. V2G) und biogenen BHKWs auch bei Wegfall der Kernenergie einen hohen elektrischen **Eigenversorgungsgrad** der Haushalte gewährleisten.
 - Voraussetzung sind relativ **grosse Mengen an Biogas und zentralen PV-Anlagen** (Herausforderung!)
 - Ein Ko-benefit der „on-demand“ Dezentralität ist die mögliche **Reduktion der maximalen Residualverteilnetzlast**.
3. In **disruptiven Zukunftsszenarien** könnten weitere wesentliche kostenneutrale CO_{2eq} Reduktionen erreicht werden.
 - Treibhausgasreduktionen durch: „Windimporten“ > Wasserstoff BHKWs > CCGT mit Carbon Capture & Storage (Herausforderung: langfristige Entwicklung abhängig von internationalen Energiepolitik/-wirtschaft, sozialer Akzeptanz, ...)
4. Die CO_{2eq} Reduktionspotenziale der vorgeschlagenen Lösungen können zur Zeit **nur bedingt ausgeschöpft** werden z.B. wegen der **hohen Komplexität und erhöhten Investitionskosten**, ...
5. Die Rolle des **regionalen Energieversorger als Intermediär** zwischen den Prosumern und dem übergeordneten System wird von entscheidender Bedeutung für die Realisierung der Energiewende aus einer systemischen Perspektive sein.

Wir danken ganz herzlich

- dem Bundesamt für Energie (BFE)
- der DisCREET Begleitgruppe
 - Carina Alles & Stephan Renz (BFE)
 - Harry Künzle & Fredy Zaugg (Stadt St. Gallen)
 - Stefan Schaffner (IWK)
 - Ingo Siefermann & Stefan Ellenbroek (Energie 360°)
- den Daten- und Simulationslieferanten
 - der Stadt St. Gallen
 - Dr. James Allan (Empa) & Dr. Giacomo Pareschi (ETH)

Sichtweise eines regionalen Energieversorgers

M. Letta (Unternehmensleiter St. Galler Stadtwerke)

Webinar «DisCREET»

Kostenoptimale Dekarbonisierung & Versorgungssicherheit für Wohngebäude und individuelle Mobilität: Welchen Beitrag können dezentrale Anlagen leisten?

Marco Letta, Unternehmensleiter
St.Gallen, 28. Februar 2022

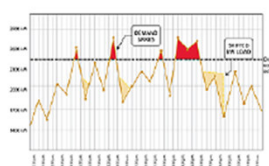


1

Konvergenz der Netze: Energiesteuerung aber wie?



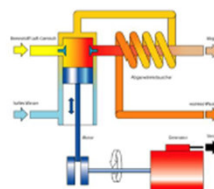
Produktionssteuerung



Nachfragesteuerung



Speicherung



Umwandlung



Webinar DisCREET, 28. Februar 2022

2

2

Vision

«Wir bauen ein virtuelles Kraftwerk St.Gallen, welches zukünftig alle Energieflüsse von Produzenten, Prosumern und Konsumenten effizient und effektiv misst, steuert und regelt, innoviert durch intelligente Dienstleistungen zum Wohl der St.Galler Bevölkerung»

M. Letta, UL-sgsw, 10/2020

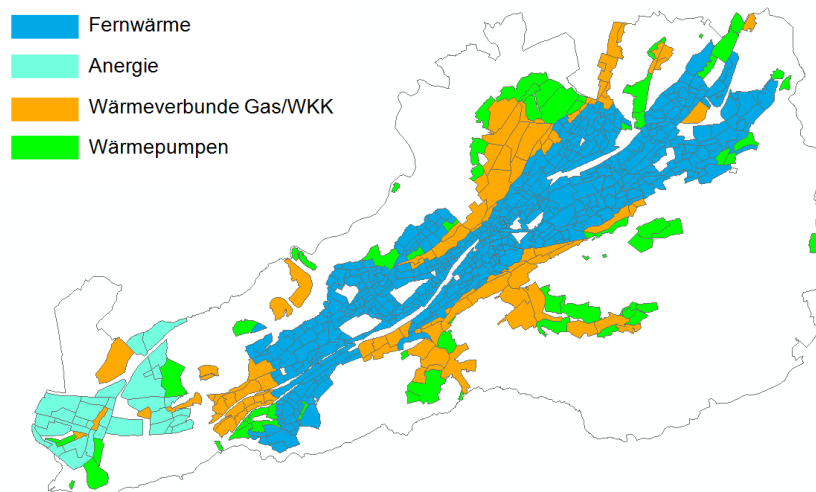


Webinar DisCREET, 28. Februar 2022

3

3

Wärmeversorgungs-Strategie 2050 steht

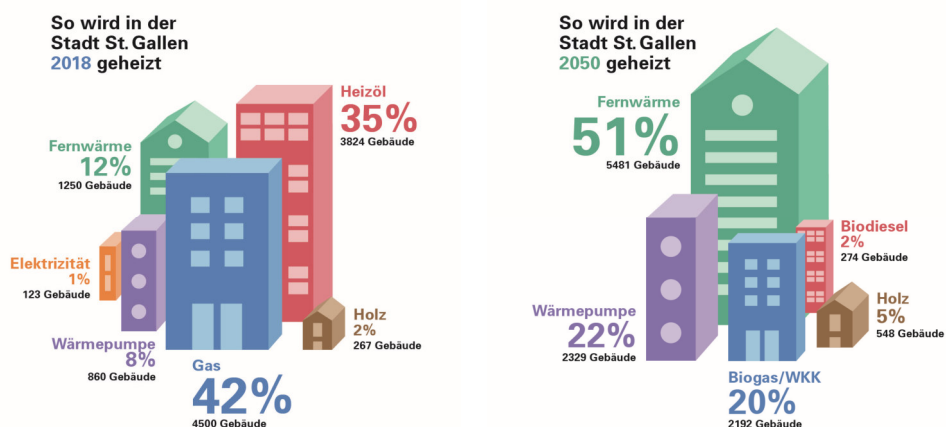


Webinar DisCREET, 28. Februar 2022

4

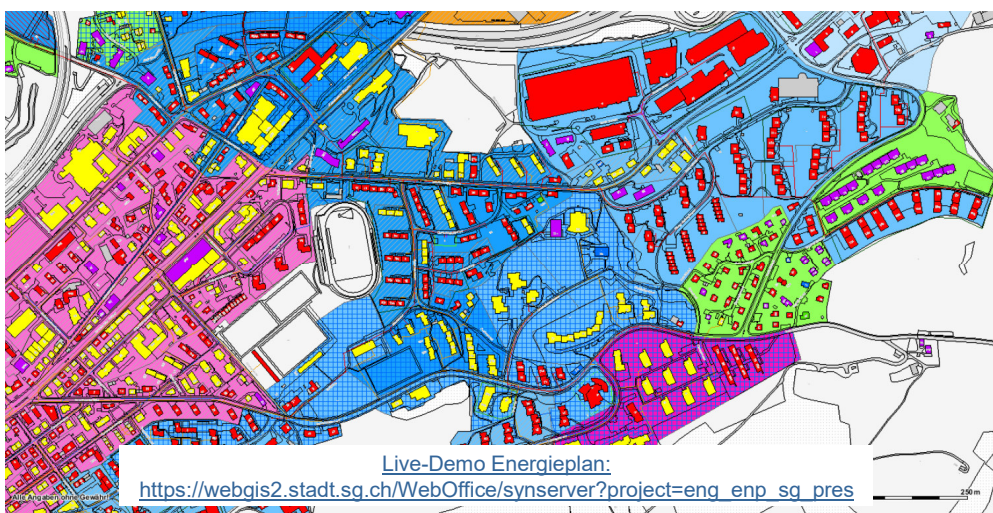
4

Endzustand pro Gebäude definiert



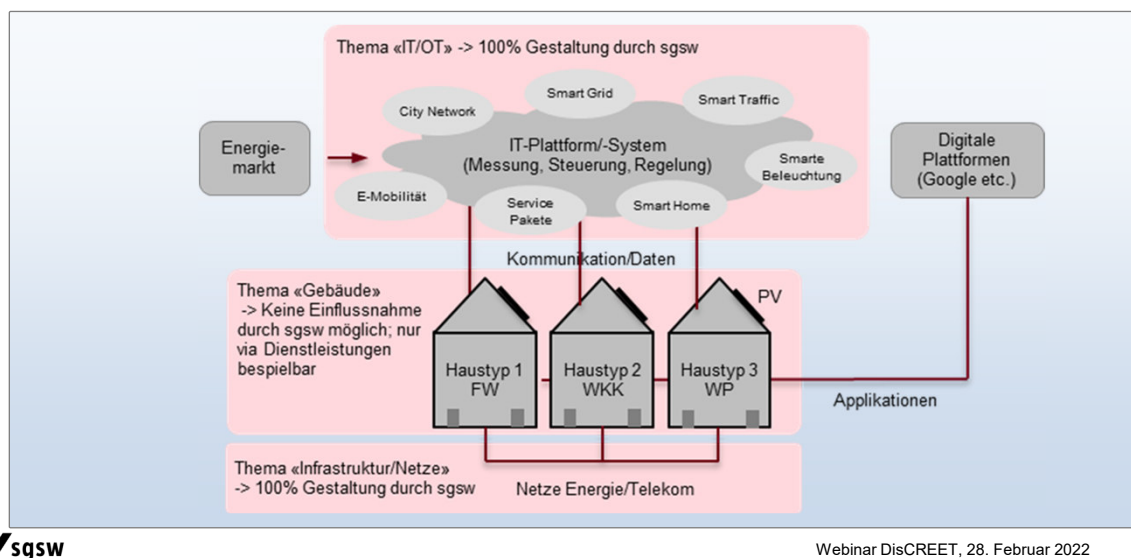
5

Datenfundament jederzeit abrufbar



6

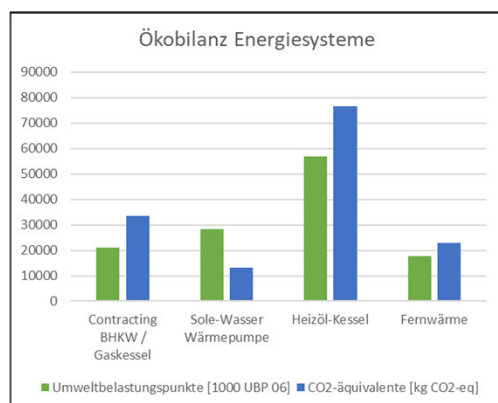
Versorgungsvision und «Virtuelles Kraftwerk St.Gallen®»



7

Energiekonzept 2050 St. Gallen = CO₂-netto-0

Die Rolle der WKK im EnK³ 2050



- Ergänzendes Energiesystem zu Wärmepumpe und Photovoltaik.
- Bis 2050 20% Stromanteil aus WKK-Produktion.
- Stromnetz-Entlastung durch dezentrale Produktion schafft frei werdende Kapazitäten für zunehmende Elektrifizierung.
- Verstärkte Eigenverantwortung in der Strombeschaffung (Probleme nicht auslagern)

8

Gross-BHKW und Nahwärmeverbünde mit BHKW

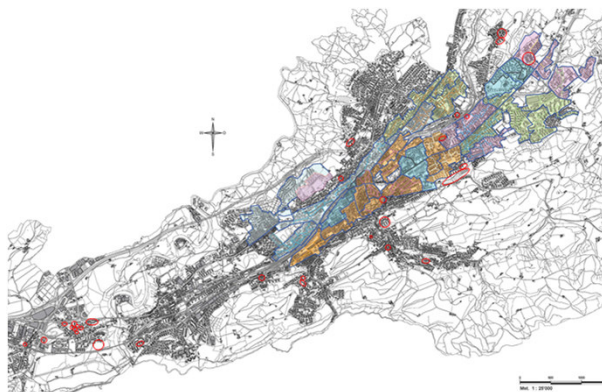
Anzahl Anlagen 35

Anzahl BHKW-Module	44
Wärmeleistung	6.91 MW
BHKW-Leistung el.	1.33 MW
Stromproduktion BHKW 2021	6.39 GWh
Wärmeproduktion BHKW 2021	11.22 GWh
Wärmeproduktion total	15.93 GWh

→ 5-10 Anlagen pro Jahr

Ziel 2030

- > 10 MW Gesamtleistung_{el.} aus Nahwärme-WKK-Anlagen abrufbar
- > 10 MW Gesamtleistung_{el.} aus Gross-BHKW-Anlagen abrufbar



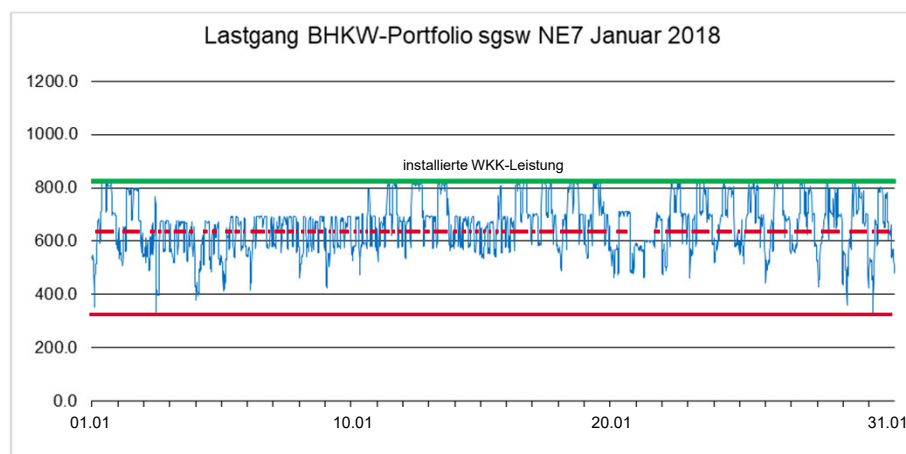
Webinar DisCREET, 28. Februar 2022

9

9

WKK in der Praxis (1) vor Optimierung

Stromnetz-Entlastung durch dezentrale WKK



während **63%** der Zeit ergibt sich eine nutzbare Netzentlastung von **75%** der WKK-Leistung

lückenlos nutzbare Netzentlastung von **45%** der WKK-Leistung



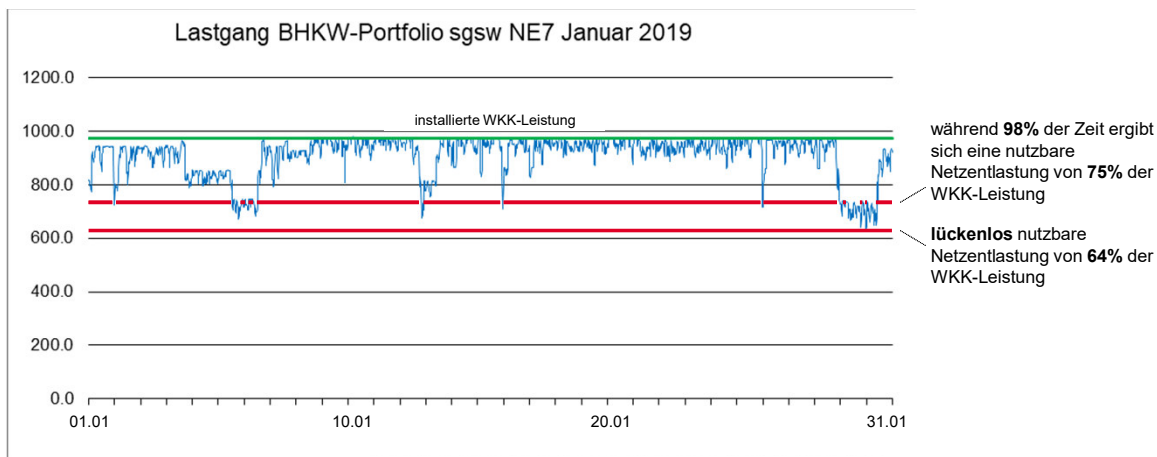
Webinar DisCREET, 28. Februar 2022

10

10

WKK in der Praxis (2) nach Optimierung

Stromnetz-Entlastung durch dezentrale WKK (betrieboptimiert)



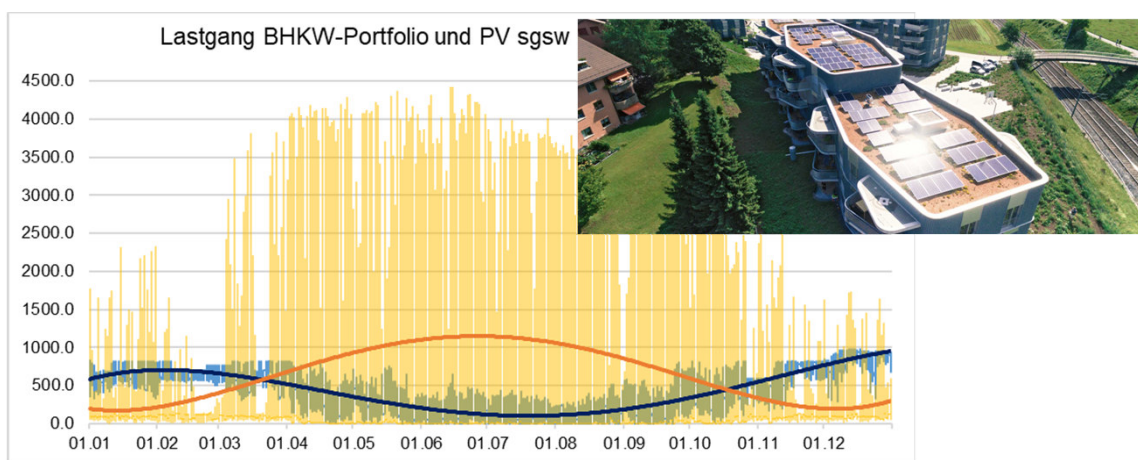
Webinar DisCREET, 28. Februar 2022

11

11

Optimiertes System >85% Eigenversorgung / Jahr

WKK und PV bilden sinnvolle «Partnerschaft»



Webinar DisCREET, 28. Februar 2022

12

12

Hürden und Stolpersteine auf unserem Weg

1. Bundes-Bern

- Fehlendes Gesamtkonzept auf Bundesebene, viele einzelne gute Stossrichtungen
- Ungenügendes Verständnis bezüglich Sektorkopplung
- Regulierungsflut verhindert Energiewende

2. ICT-Universum

- Von verschränkten Spaghetti-Architekturen zu austauschbaren Bausteinen
- Offene Systeme versus proprietäre Systeme
- Von einer singulären Datennutzung zu einer multiplen Datennutzung → Datendrittverwertung

3. IOT, Siri und Alexa

- «Schuster bleib bei deinen Leisten», Energieversorger bleiben Energieversorger
- AI hat besonders Potenzial im Kundendienst sowie in der Netzanalytik und Netzsteuerung
- «Sensoren-Explosion» in den kommenden Jahren → Neue Technologien für die Skalierbarkeit notwendig