

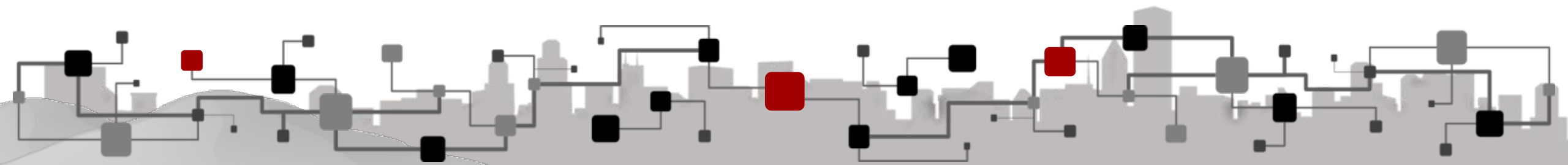
Wege und Strategien in die Energie- und Klimazukunft der Schweiz

Technology Briefing

Photovoltaik - Technologien, Systemintegration und Implikationen

1. Dezember 2022, Dr. Martin Rüdisüli

Empa, Urban Energy Systems Laboratory



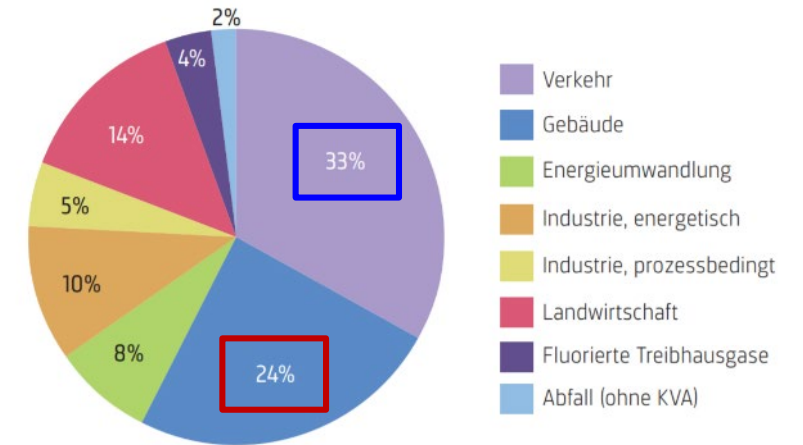
■ Gebäude

■ Stetiger Rückgang

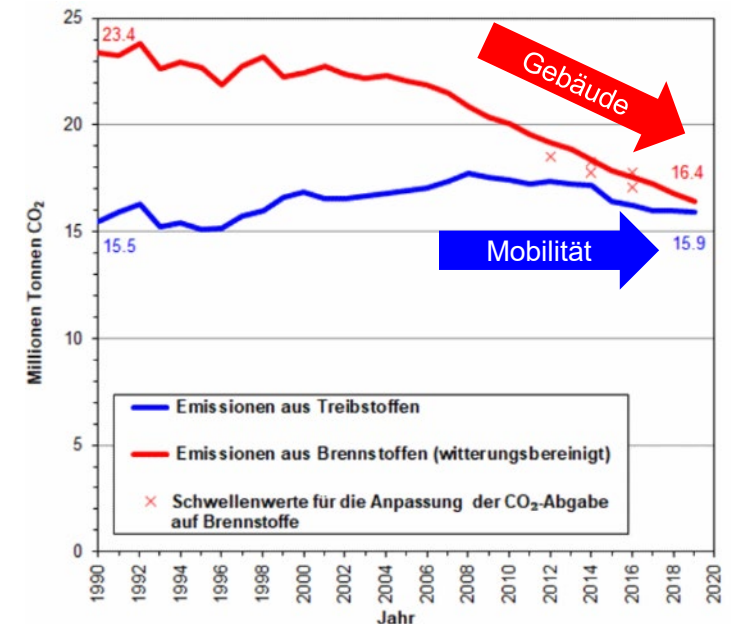
- Sanierung und Neubau (ca. 1% p.a.)
- Zubau Wärmepumpen (ca. 7% p.a.)

■ Mobilität

- Kein Rückgang in letzten Jahrzehnten
- Mangel an erneuerbaren Alternativen
- Technische Limitierungen (z.B. Reichweite)
- Wenig (Lade-)Infrastruktur
- andere Gründe

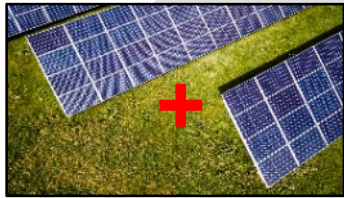


Quellen: BAFU, BFE, 2020



■ Atomausstieg & Förderung erneuerbarer Energien:

- Stromerzeugung hauptsächlich aus bestehender **Wasserkraft** und neuen erneuerbaren Energien (**PV**) bei gleichzeitigem Ausstieg aus der Kernenergie



■ Mehr Energieeffizienz:

- Ersatz fossiler Energieträger für «Wärme» und «Mobilität» durch **Strom-basierte Technologien** (Wärmepumpen, Elektrofahrzeuge, etc.)



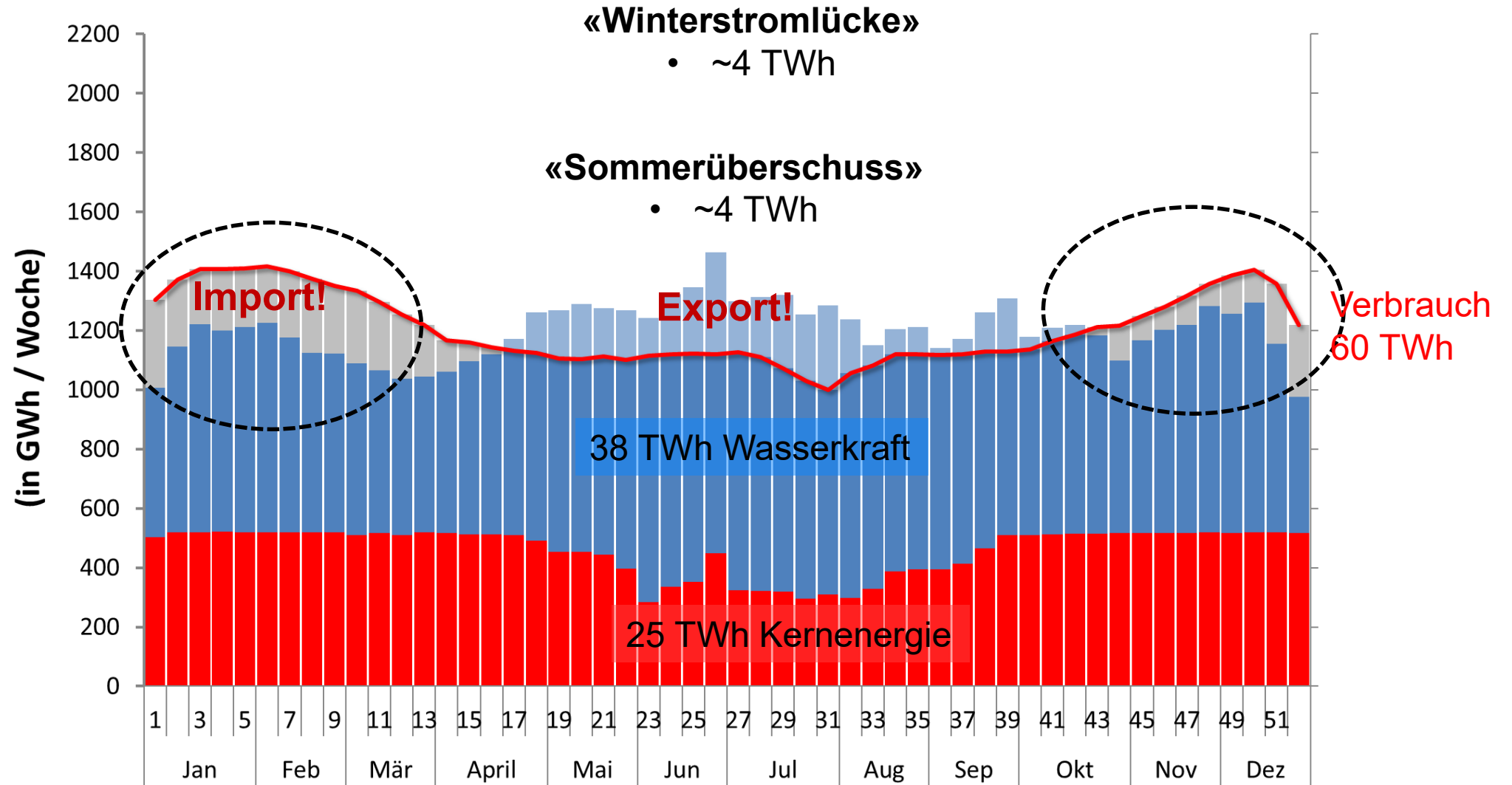
Referendum
“Energiegesetz”
21. Mai 2017 (58.2% **Ja**)



Ratifizierung
“Paris21”
6. Oktober 2017

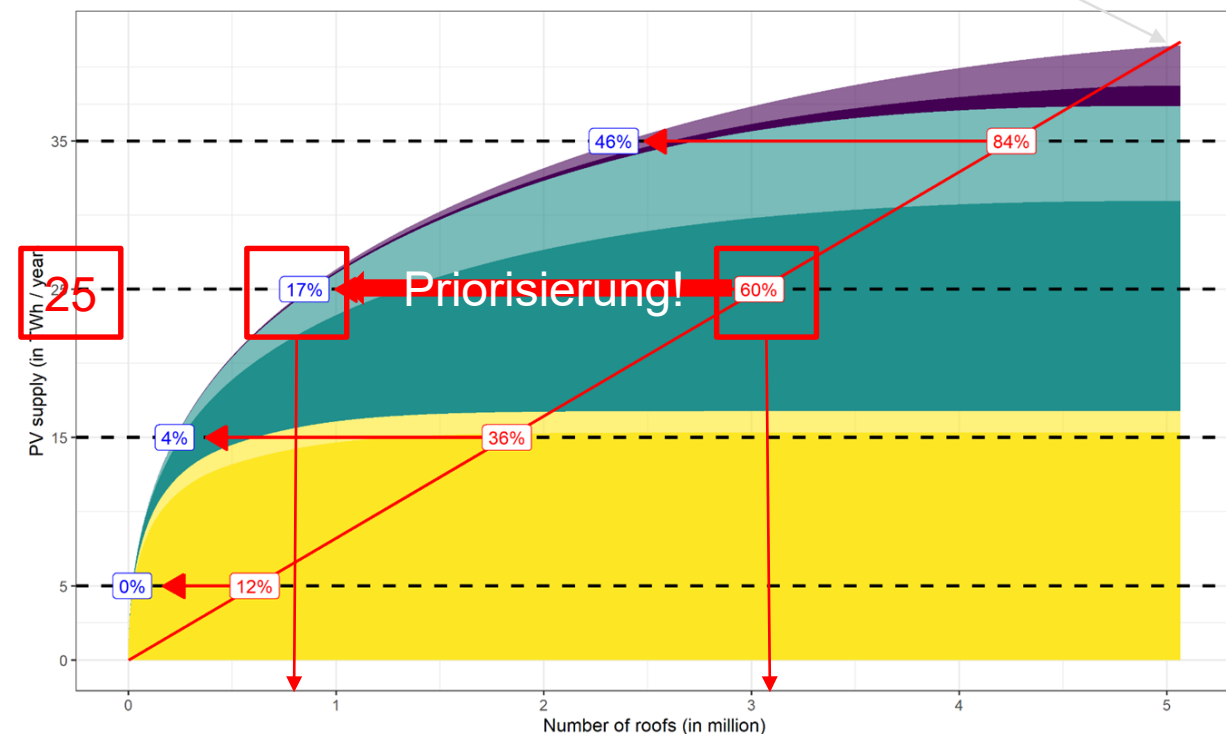


Referendum
“CO₂ Gesetz”
13. Juni 2021 (51.6% **Nein**)

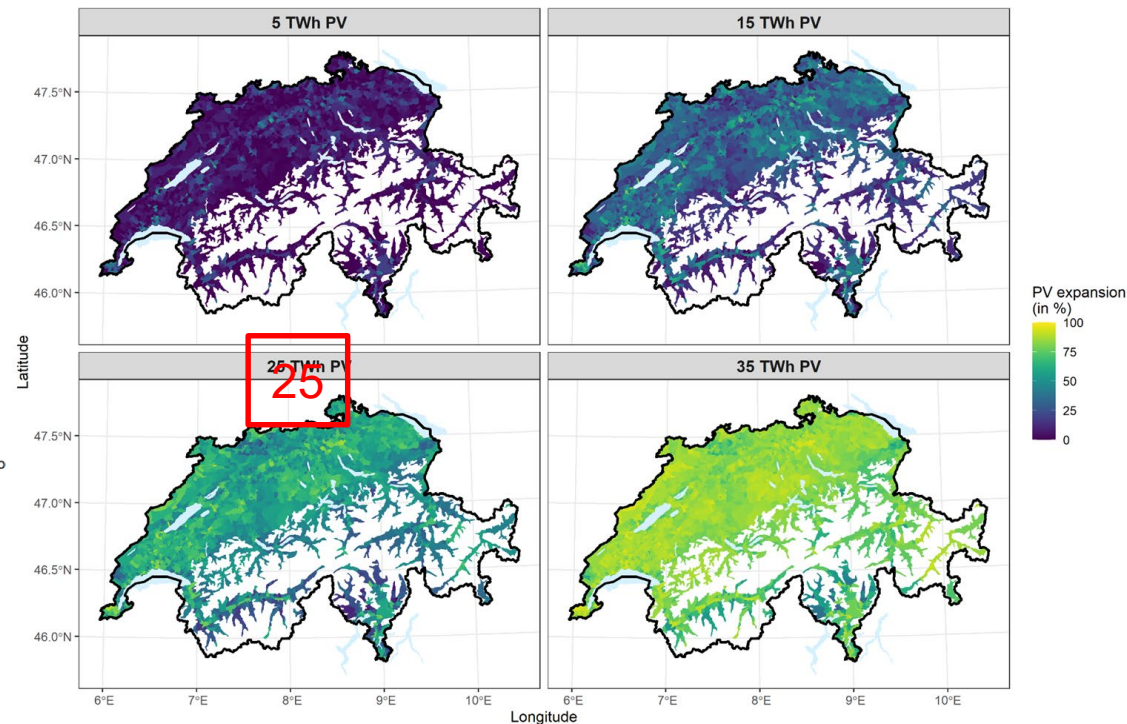


(Strategischer) PV Ausbau

max. 43 TWh/Jahr PV mit Dachflächen



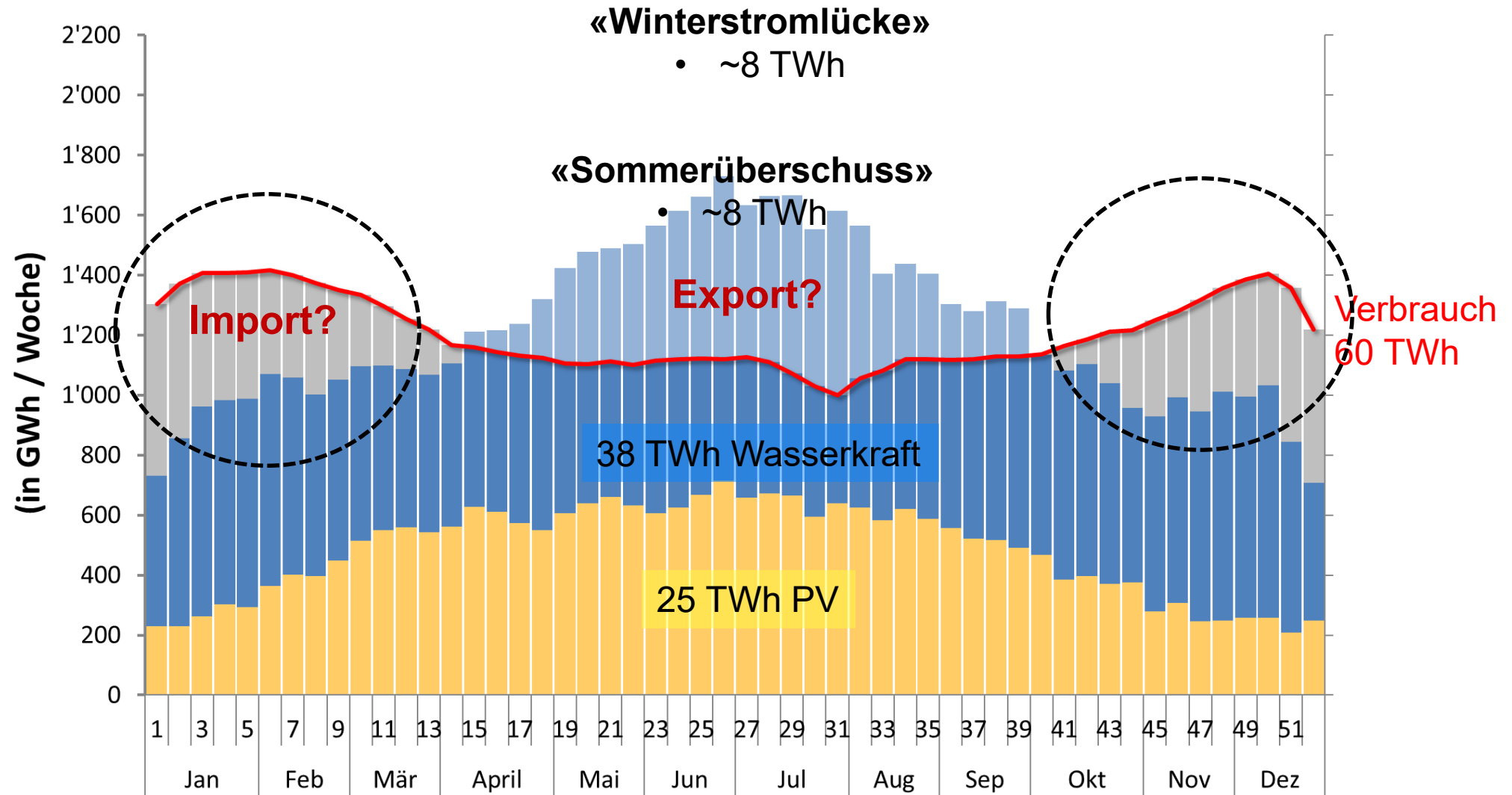
- PV expansion
- a random
 - a strategic
- Orientation
- South / flat
 - North
- Suitability
- moderate/po
 - good
 - top



Schneller Zubau, wenn "grosse" Dachflächen prioritär genutzt werden: 17% der grössten Dachflächen liefert 25 TWh / Jahr

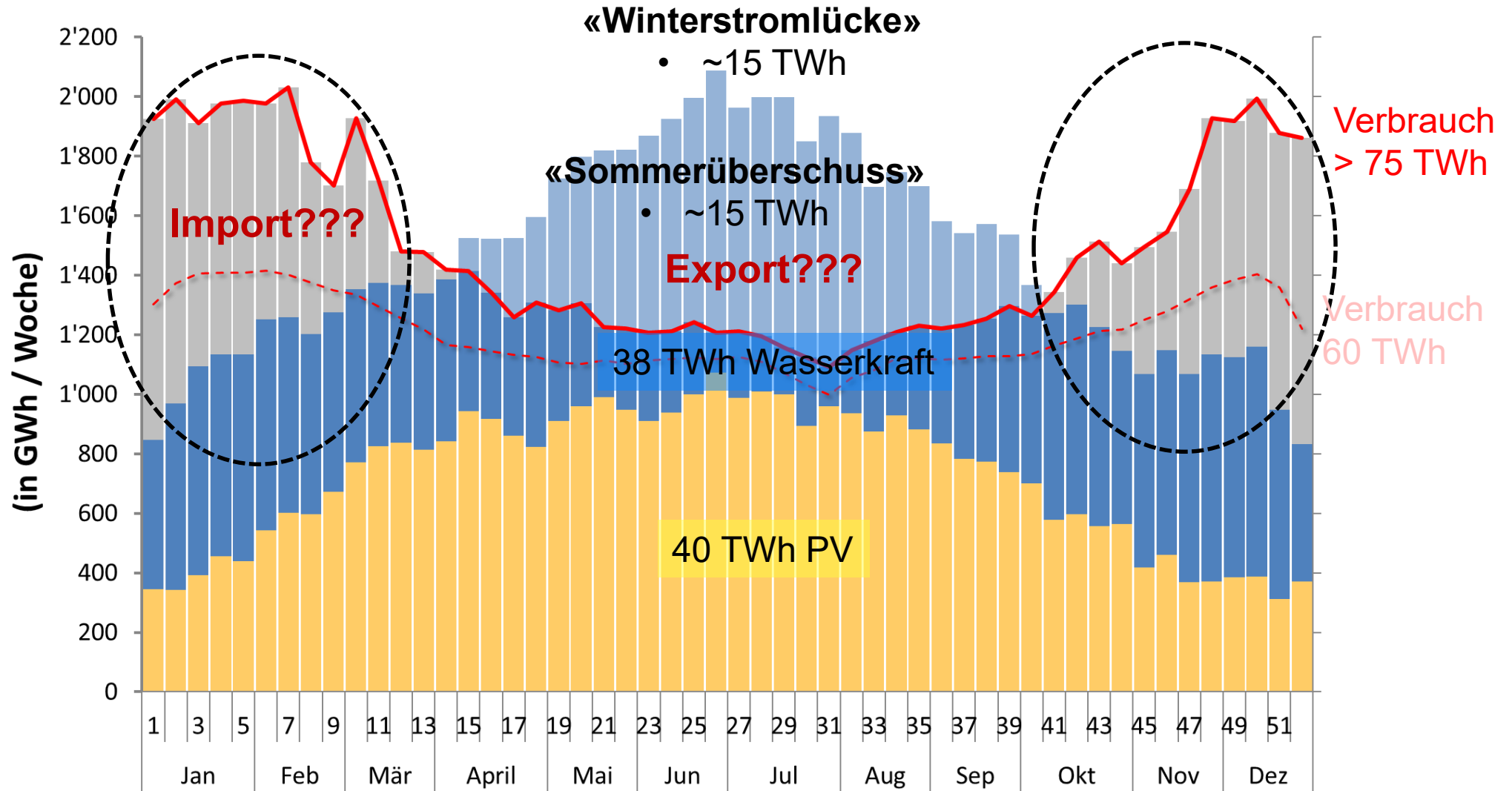
Quelle: Walch & Rüdisüli (2022), *Strategic PV expansion and its impact on regional electricity self-sufficiency: Case study of Switzerland*, submitted bei "Applied Energy"

Situation heute ohne Kernenergie, dafür mit PV



Quelle: Impacts of an Increased Substitution of Fossil Energy Carriers with Electricity-Based Technologies on the Swiss Electricity System
Rüdisüli et. al. (2019) *Energies*, 12(12), 2399

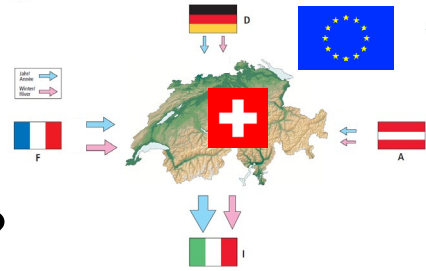
+ Elektrifizierung Wärme & Mobilität



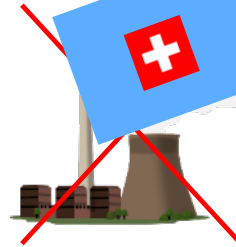
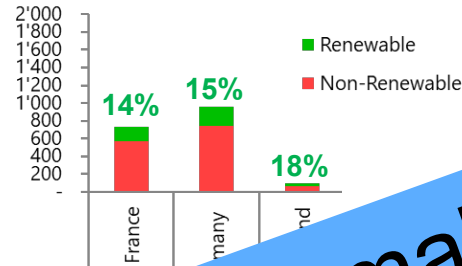
Quelle: Impacts of an Increased Substitution of Fossil Energy Carriers with Electricity-Based Technologies on the Swiss Electricity System
Rüdisüli et. al. (2019) *Energies*, 12(12), 2399



Import


- Woher?
- Wie viel?
- Wie teuer?



- Die Herausforderungen gemäss «Paris 21» sind in den Nachbarländern **ähnlich gross oder sogar noch grösser**

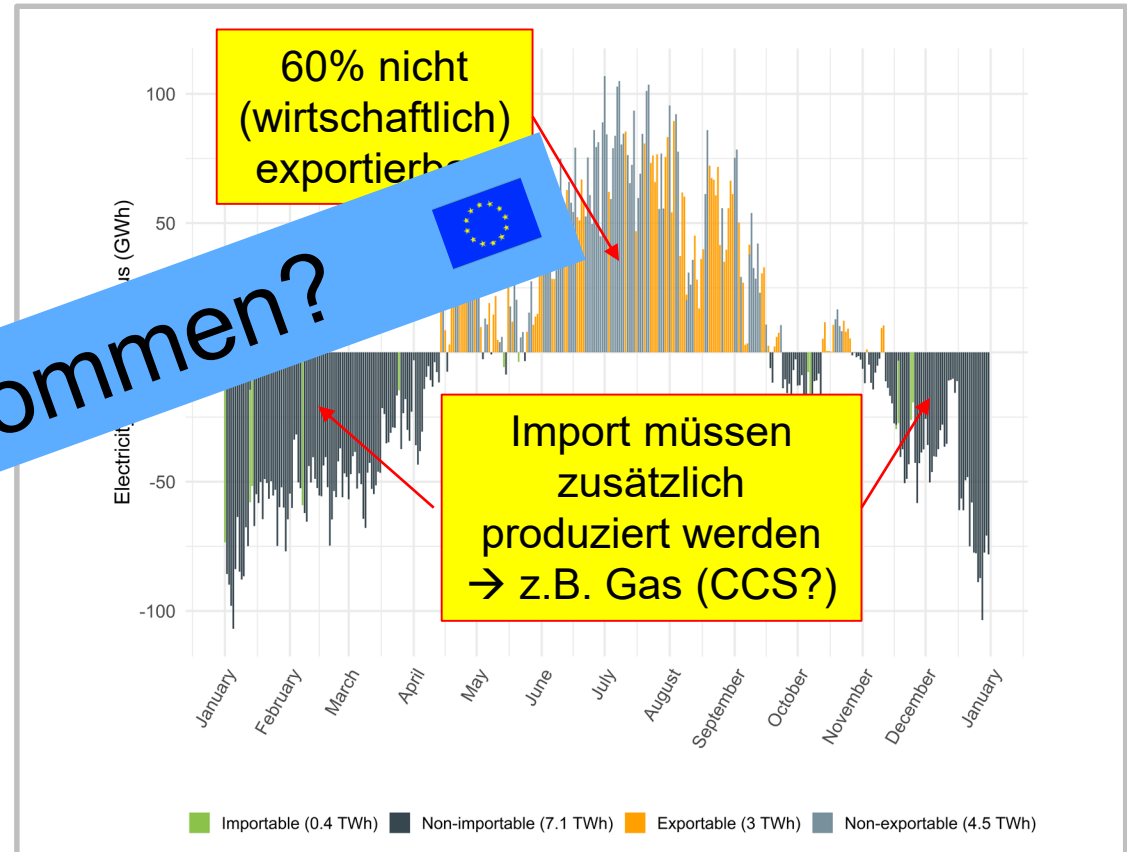


 -100% 2022
 -50% 2040 (?)

 -100% 2038

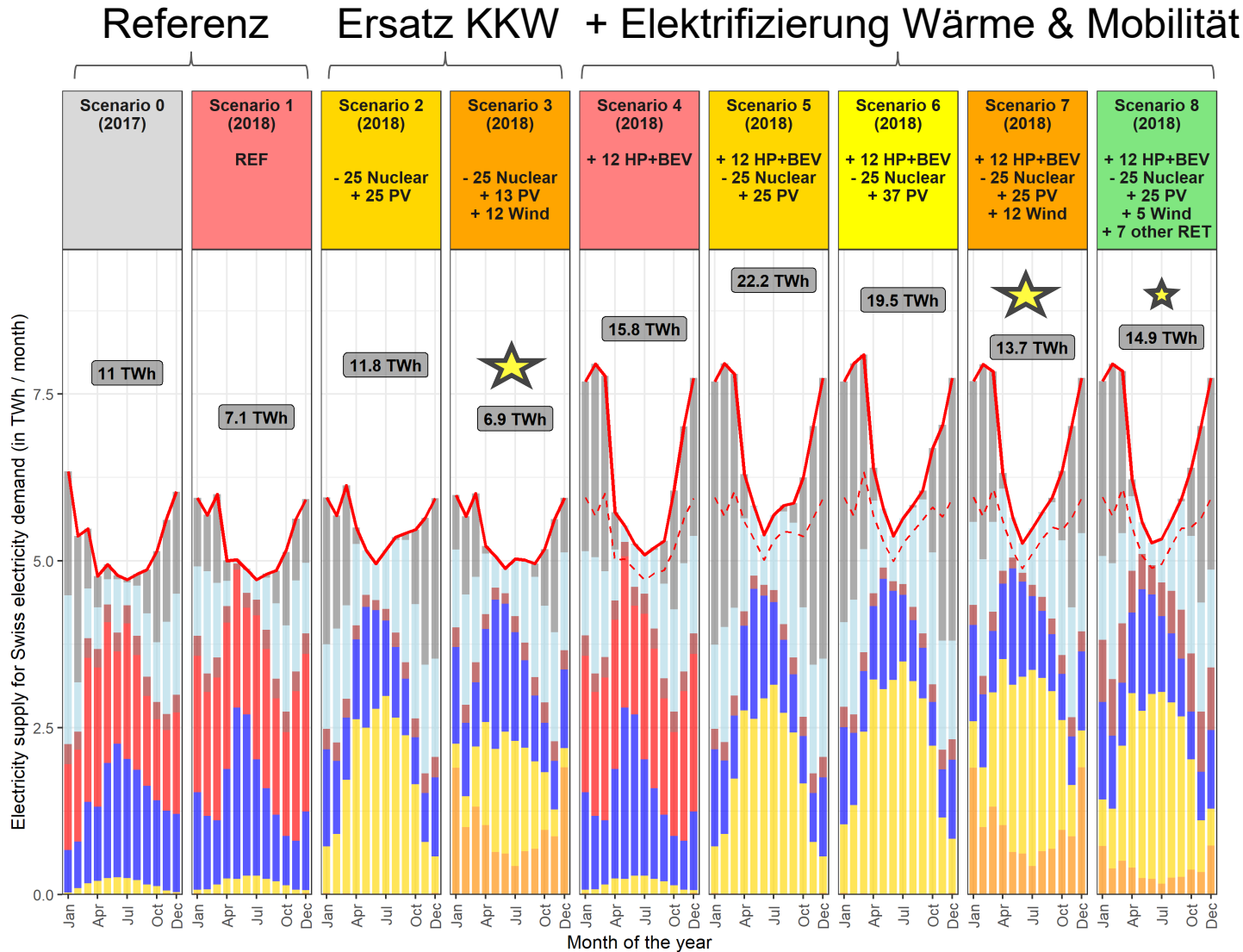
Stromabkommen?

Gleichzeitige Defizit / Überschuss CH-EU



System Analysis of Concurrent Deficit and Surplus Situations in the Future
 Renewable European Electricity System
 N Lienhard, R Mutschler, L Leeders, M Rüdüsüli
 Submitted to «

Daten:



«Winterstromlücke»

Referenz

- 2017: 11 TWh
- 2018: 7 TWh

Ersatz Kernenergie:

- ohne Wind: 12 TWh
- Mit (viel) Wind: 7 TWh

+ Elektrifizierung Wärme & Mobilität

- ohne Wind: 22 TWh
- mit (viel) Wind: 14 TWh
- mit Wind + andere 15 TWh

Quelle: Rüdisüli, M., Romano, E., Eggimann, S., Patel, M.K., 2022. Decarbonization strategies for Switzerland considering embedded greenhouse gas emissions in electricity imports. Energy Policy 162, 112794. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112794>

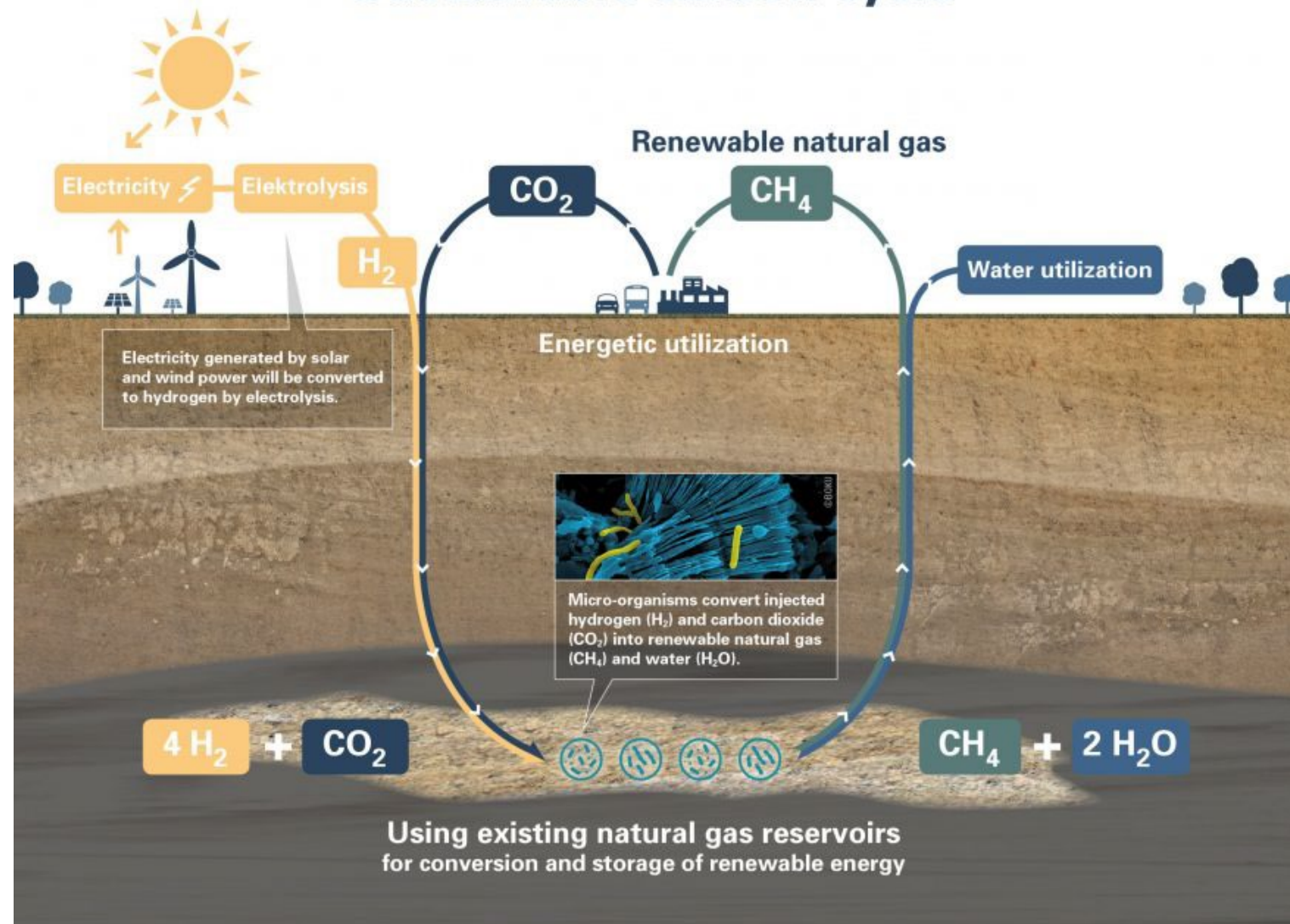
Saisonale Energie-Speicherung?

Europäisches Projekt



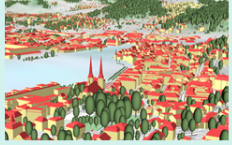
Speicherung von erneuerbarer Energie in Untergrund in über 1000 Metern Tiefe in Form von gasförmigen Energieträgern.

Sustainable carbon cycle




Das Modell:

Gebäude Modul

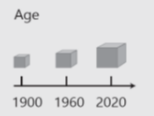


1. **Clustering** CH Gebäudepark in repräsentative Archetype Gebäude
2. Bestimmung **Energiebedarf** (Wärme, Kälte, Strom) pro Archetyp inkl. Sanierung (retrofit)


Gebäudepark CH



Climate zones




Age




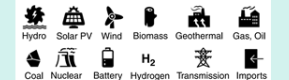
Type

Clustering → Archetype Gebäude

Internationales Modul



1. Strombedarf und Erzeugung **Nachbarländer** gemäss ENTSOE Prognosen (TYNDP)
2. Internationale **Rahmenbedingungen** (Stromabkommen, Green Deal, etc.)
3. Globale **H2 / Syn. Fuels** Wirtschaft

Energie-
bedarf

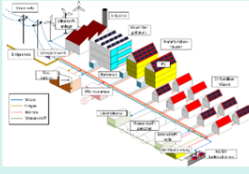


Zentrales
Rechenmodell

Import
Export




Regionales Modul



1. Regionaler **Energiebedarf** (inkl. Industrie / Verkehr)
2. Optimierter Einsatz regionale **Technologien** (PV, BHKW, Biomasse, Fernwärme, Wärmepumpen, ...)
3. Dezentrale **Speicher** (elektrisch, thermisch)
4. Grundlagen **Verteilnetzmodellierung**

Regionale E-hubs

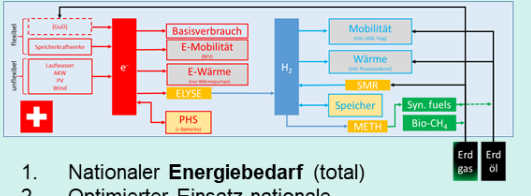


Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Bundesamt für Statistik BFS

Optimierung / Kalibrierung

Nationales Modul

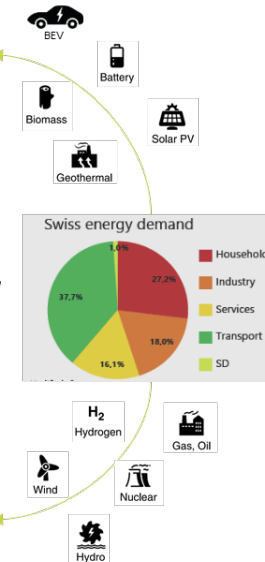


1. Nationaler **Energiebedarf** (total)
2. Optimierter Einsatz nationale **Technologien** (Wasserkraft, AKW, Wind, Konv.-therm. (KVA, GuD), ...)
3. Zentrale (Pump-) **Speicher**
4. **Sektorkopplung** (Power-to-X)

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE

swissgrid



VSE
AES



Veröffentlichung
13. Dezember 2022!

ENERGIEVERSORGUNG
DER SCHWEIZ BIS 2050
Zusammenfassung von Ergebnissen und
Grundlagen

2050
Energiezukunft

- Ohne weiterführende Massnahmen wird die Schweiz in Zukunft im **Winter** zu wenig eigenen (erneuerbaren) Strom haben
- **Import** von (erneuerbarem) ausländischen Strom ist politisch und mengenmässig unsicher (→ gescheitertes Stromabkommen)
- Ausbau der «**eigenen**» **Erneuerbaren** ist limitiert (→ Zielkonflikte: Umwelt, Landschaft, Raumplanung vs. Energie)
- (Saisonale) **Speicherung von Energie** in all ihren Formen (Strom, Wärme, Treib-/Brennstoffe,...) wird essentiell
- **Rasche und nachhaltige Sanierung** von Gebäuden (inkl. Ersatzneubau) und **anwendungsoptimierte Antriebe** für Mobilität (elektrisch bzw. synthetisch) sind zentral



Empa – Swiss Federal Laboratories for Materials
Science and Technology



@Empa_CH

www.empa.ch

martin.ruedisueli@empa.ch

