

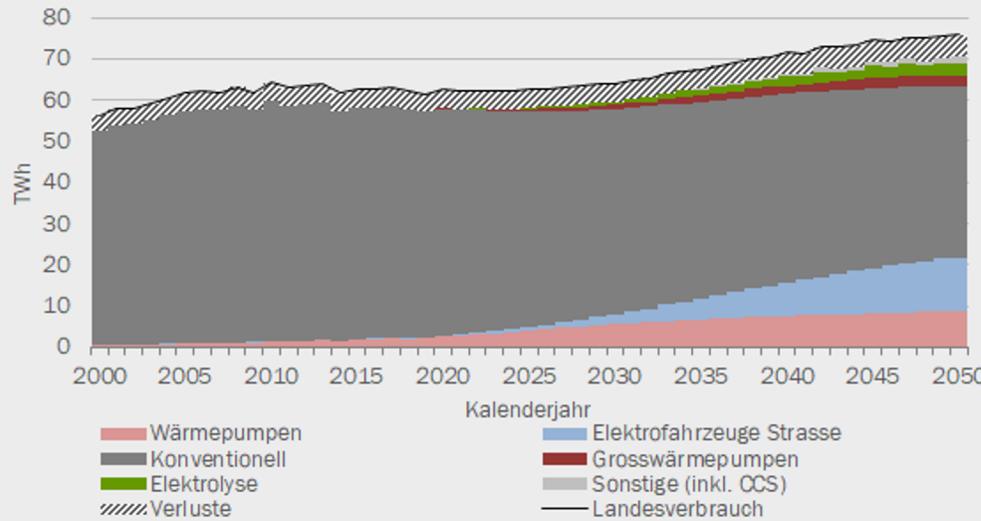
Energieszenarien für eine klimaneutrale Schweiz - technologische Sicht

Energy Week @ ETH, 01.12.2021
Prof. Gabriela Hug



Motivation | Steigender Strombedarf, Ausstieg aus der Kernkraft, und fehlendes Stromabkommen mit der EU als zentrale Herausforderungen

Erwarteter Strombedarf der Schweiz, 2020-2050 ¹



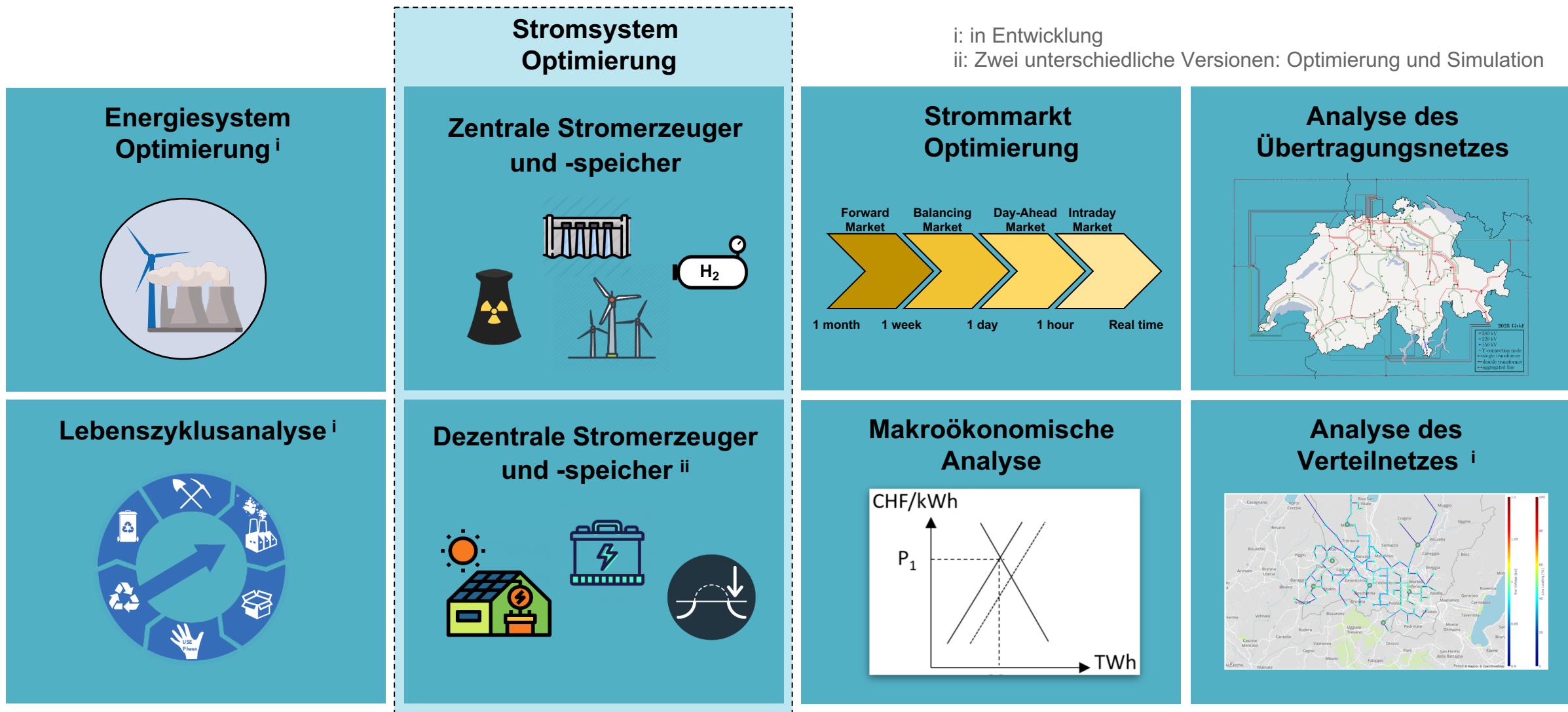
- ❖ Zusätzlicher Strombedarf von rund **14 TWh bis 2050**, entspricht einer **Zunahme von 25%** im Vergleich zu heute
- ❖ **Elektrifizierung der Heizungen** (Wärmepumpen) und der **Mobilität** (Elektrofahrzeuge) als Haupttreiber für den steigenden Strombedarf



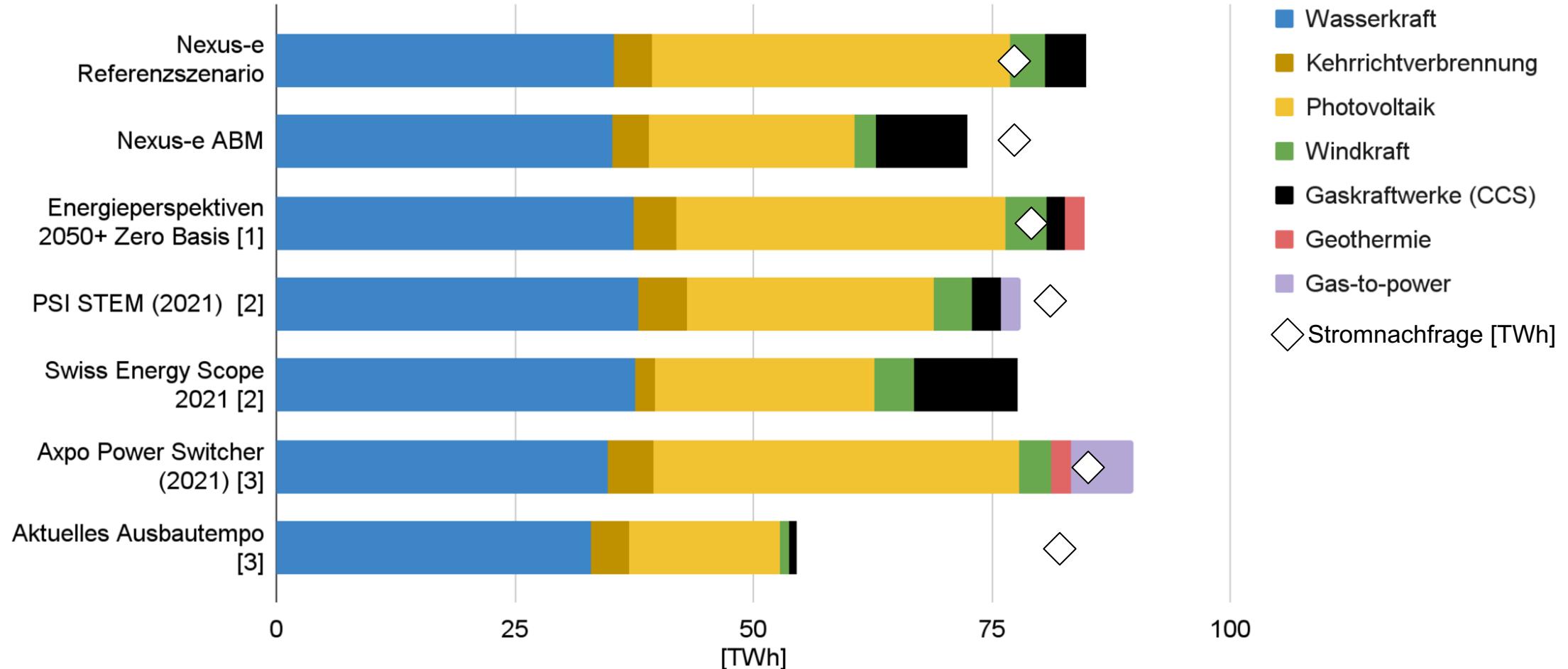
Was sind die Auswirkungen dieser Herausforderungen auf das Schweizer Stromsystem?

Szenarien sind keine Vorhersagen! ¹

Methodik | Nexus-e Plattform¹



Vergleich Netto-Null Szenarien 2050 | Stromerzeugung Schweiz

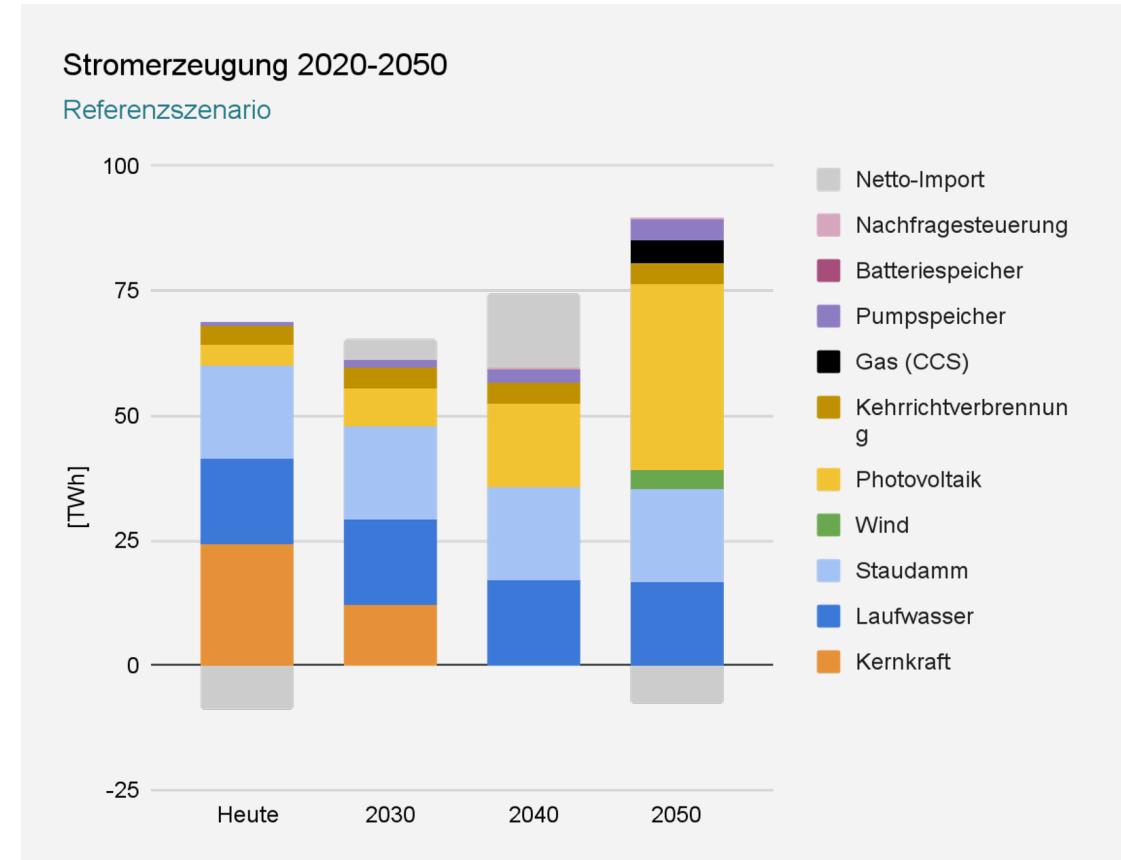
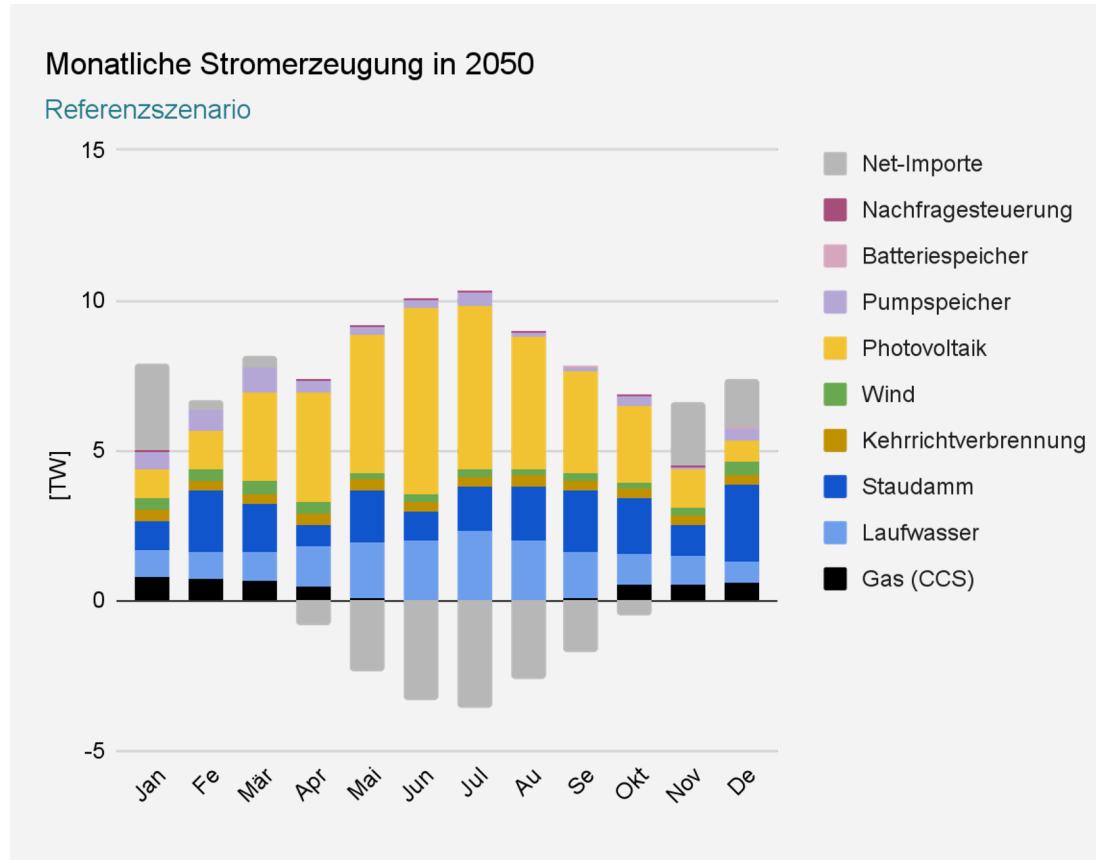


[1]: BFE Energieperspektiven 2050+, Szenario Zero Basis, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/en/home/policy/energy-perspectives-2050-plus.html>

[2]: JASM (2021). Transformation of the Swiss Energy System for a Net-Zero Greenhouse Gas Emission Society. JASM synthesis report.

[3]: Axpo Power Switcher (2021). <https://powerswitcher.axpo.com/>

Referenzszenario Nexus-e | Starker Zubau von Photovoltaik-Anlagen gleicht Ausstieg aus Kernkraft nur langfristig aus

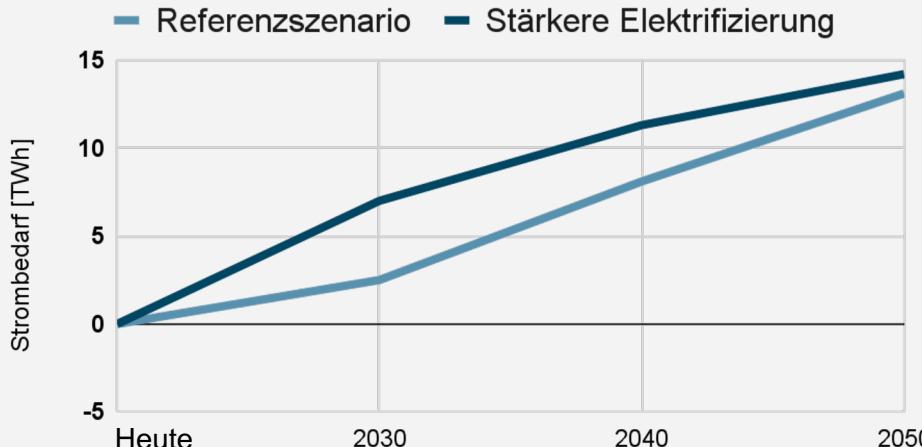


Die Schweiz bezieht - wie auch heute schon - Strom aus den Nachbarländern in Wintermonaten und exportiert dafür Solarstrom in den Sommermonaten

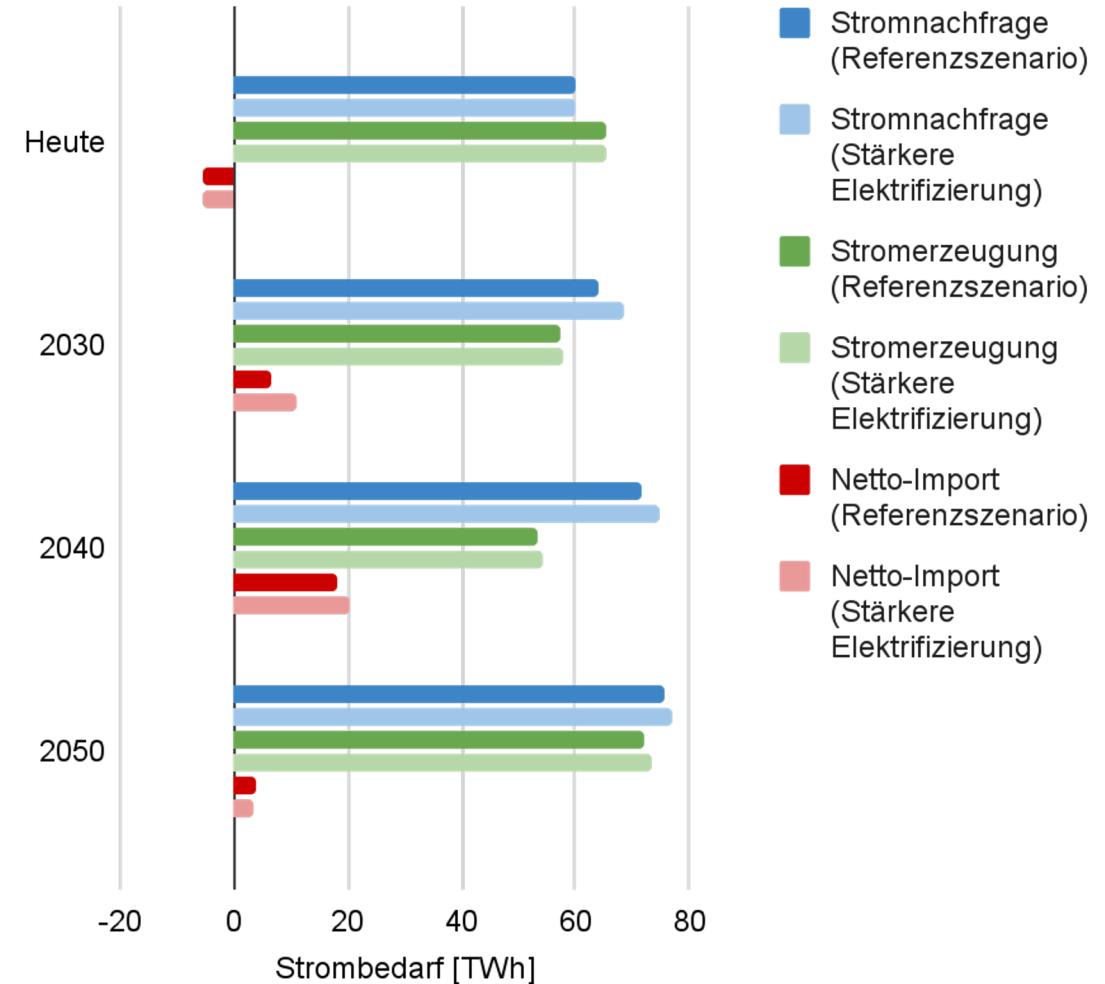
Hohe Importe vor allem in 2030 und 2040, da Ausstieg aus Kernkraft erst langsam durch Zubau von PV-Anlagen ausgeglichen wird

Studie 1 | Schnellerer und höherer Anstieg des Strombedarfs durch Elektrofahrzeuge wird vorwiegend durch Importe abgedeckt

Wir vergleichen 2 Szenarien



- Höherer Strombedarf durch Elektromobilität wird teilweise durch Investitionen in zusätzliche Stromerzeugungskapazitäten abgedeckt
- Netto-Importe steigen in 2040 auf über 20% des inländischen Strombedarfs

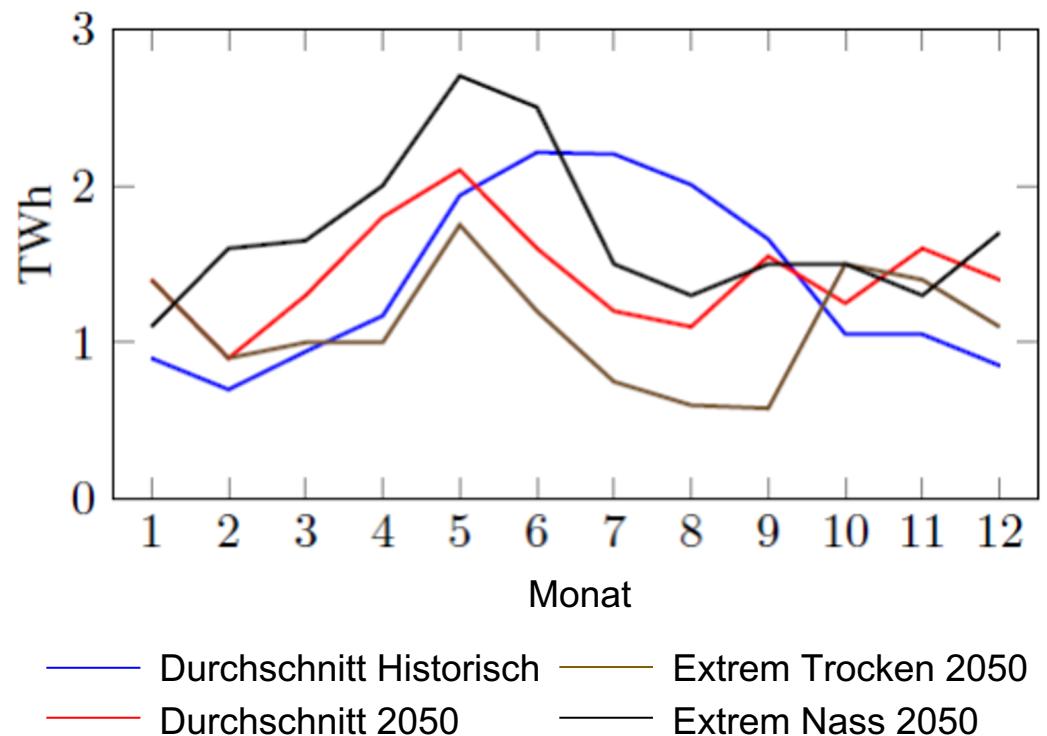


Studie 2 | Klimawandel und Wasserkraft

Wie wirkt sich der Klimawandel auf die Verfügbarkeit von Wasserressourcen und Wasserkraft aus? ¹

- In 2050 wird **weniger Wasser** in den Flüssen in der Schweiz fliessen
- Verfügbarkeit von Wasserkraft verschiebt sich **vom Sommer in den Frühling**
- Extreme Jahre werden **noch extremer**

Zuflussraten von Laufwasserkraftwerken für 4 hydrologische Szenarien ¹



[1]: J. Savelsberg, M. Schillinger, I. Schlecht, and H. Weigt, "The impact of climate change on Swiss hydropower," *Sustainability*, vol. 10, 7 2018.

[2]: Raycheva et al (Submitted to PES GM 2022 Conference). Generation Expansion Planning in Switzerland Considering Climate Change Scenarios

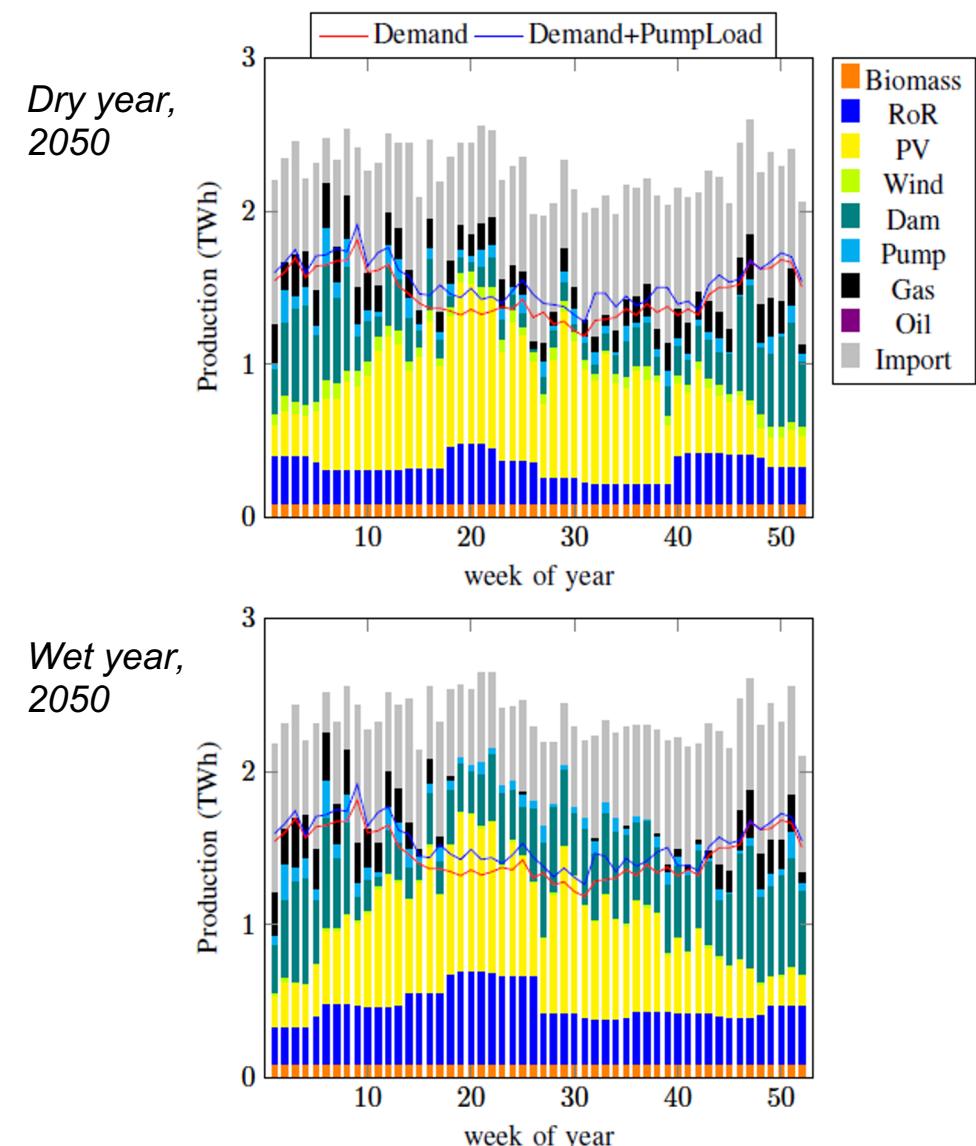
Studie 2 | Klimawandel und Wasserkraft

Wie wirkt sich der Klimawandel auf die Verfügbarkeit von Wasserressourcen und Wasserkraft aus? ¹

- In 2050 wird **weniger Wasser** in den Flüssen in der Schweiz fliessen
- Verfügbarkeit von Wasserkraft verschiebt sich **vom Sommer in den Frühling**
- Extreme Jahre werden **noch extremer**

Was bedeutet das für das Schweizer Stromsystem? ²

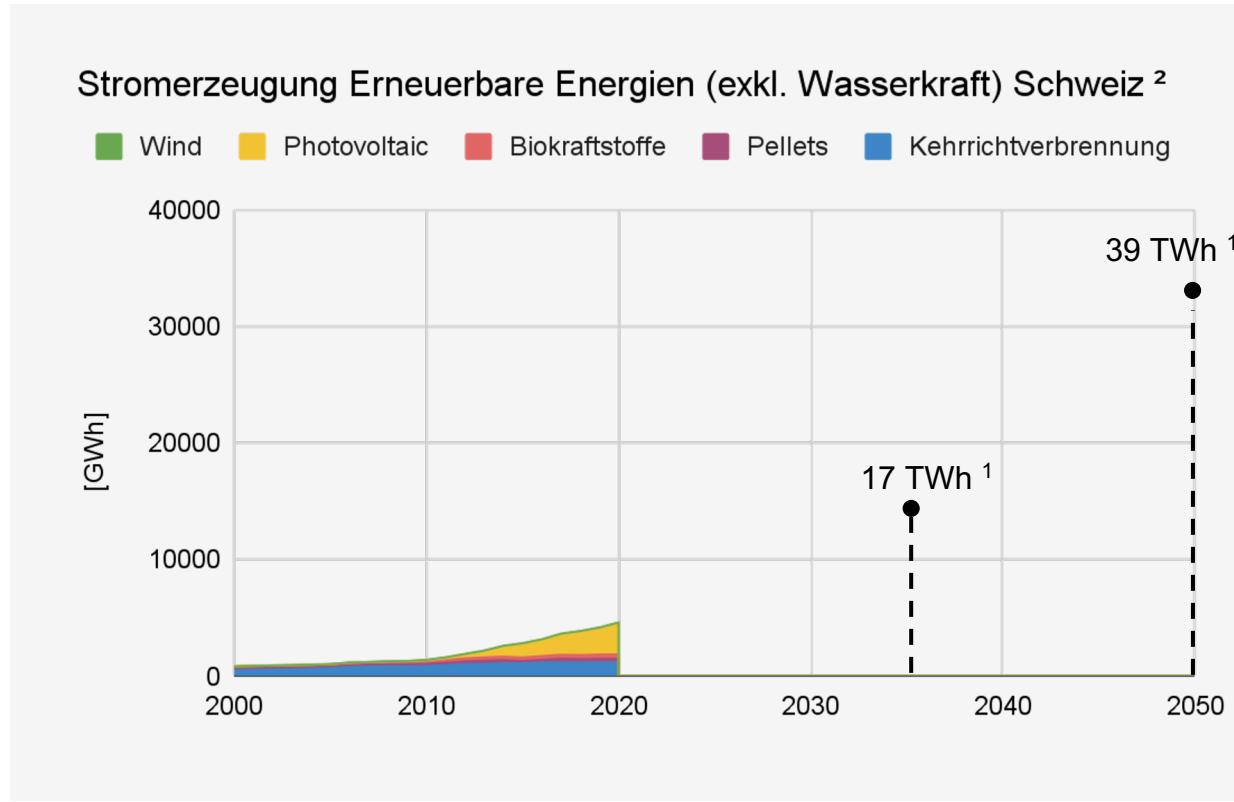
- **Weniger Stromproduktion** aus Wasserkraft in einem Jahr, ...
- ... aber mehr in den Wintermonaten. Dadurch **weniger Bedarf an Stromimporten**.
- **Investitionsentscheidungen schwieriger** aufgrund hoher jährlicher Unterschiede



[1]: J. Savelsberg, M. Schillinger, I. Schlecht, and H. Weigt, "The impact of climate change on Swiss hydropower," Sustainability, vol. 10, 7 2018.

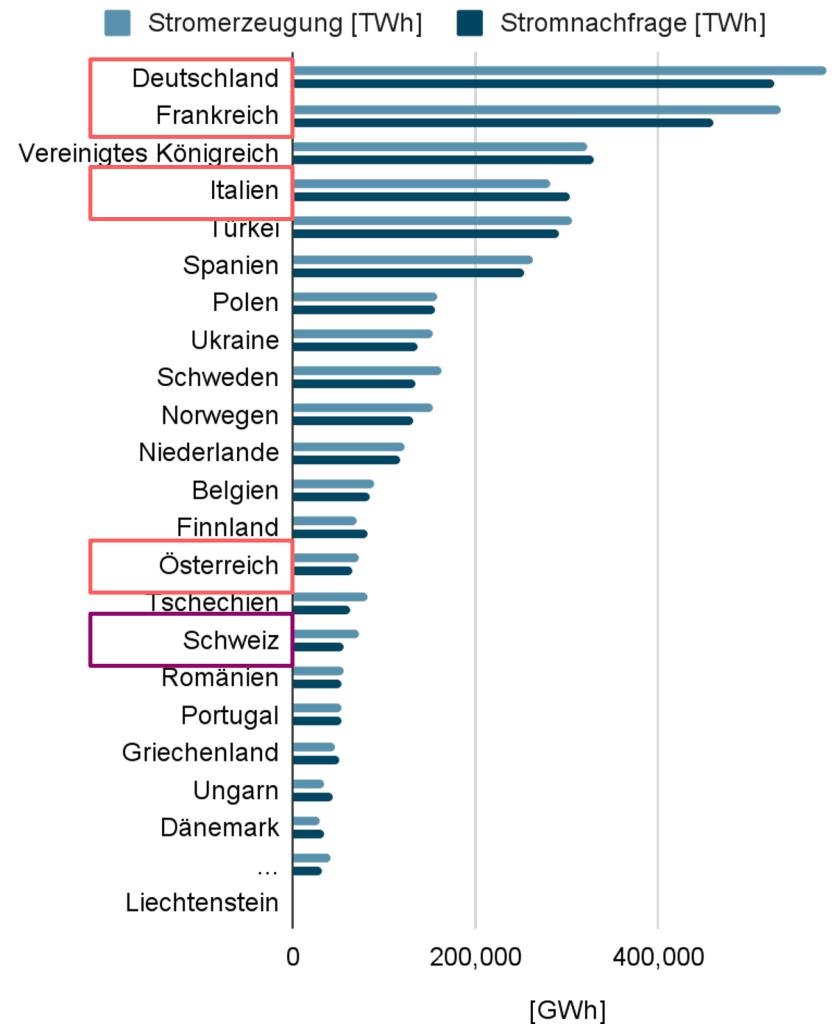
[2]: Raycheva et al (Submitted to PES GM 2022 Conference). Generation Expansion Planning in Switzerland Considering Climate Change Scenarios

Studie 3 | Schweizer Stromsystem und seine Nachbarn



Wie abhängig ist die Zielerreichung für Erneuerbare Energien in der Schweiz von den Entwicklungen in den Nachbarländern?

Stromerzeugung und -nachfrage in Europa, 2020³



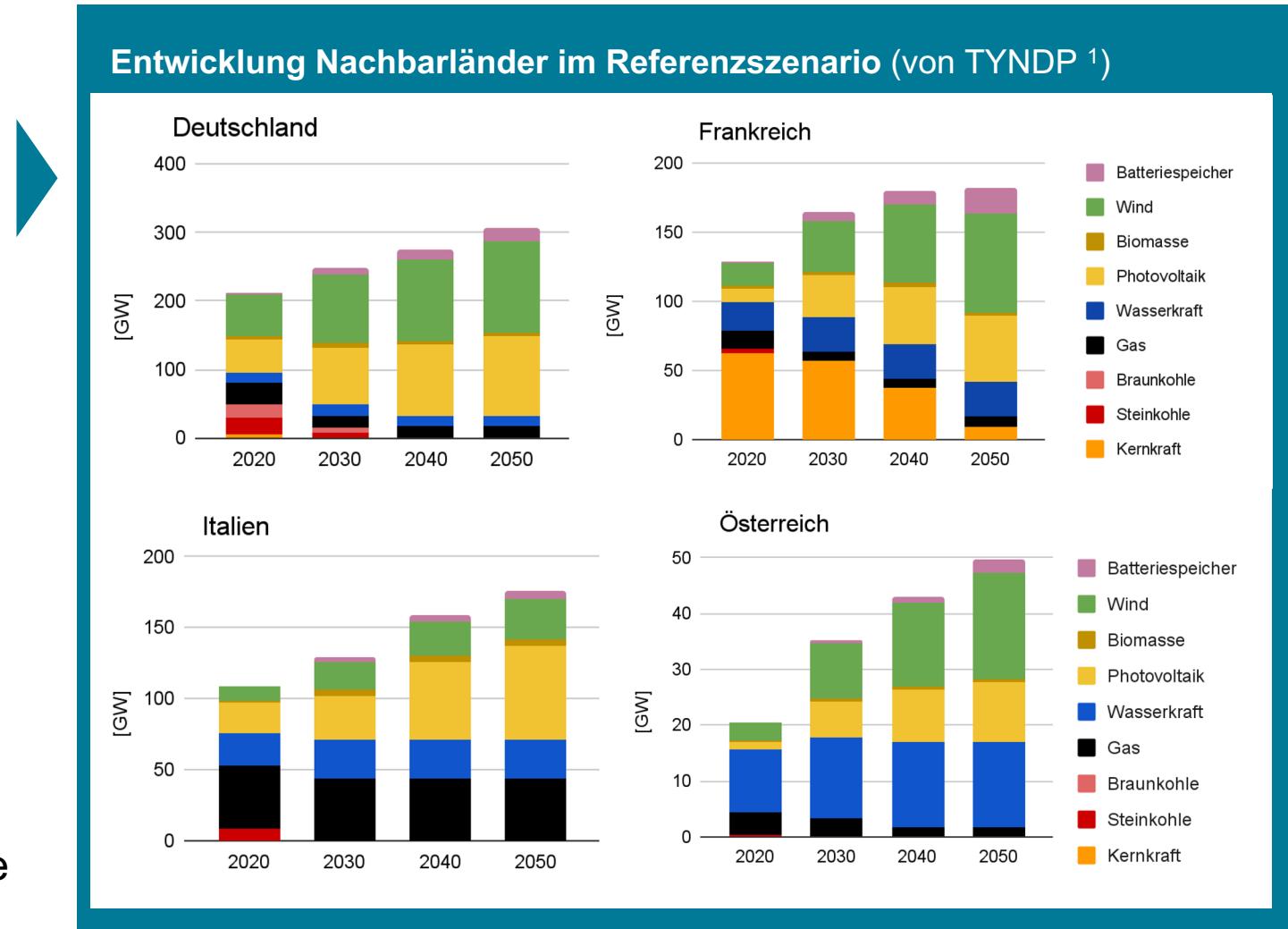
[1]: Vorlage zur Revision Bundesgesetz über eine sichere Stromversorgung mit erneuerbaren Energien, Juni 2021

Studie 3 | Schweizer Stromsystem und seine Nachbarn

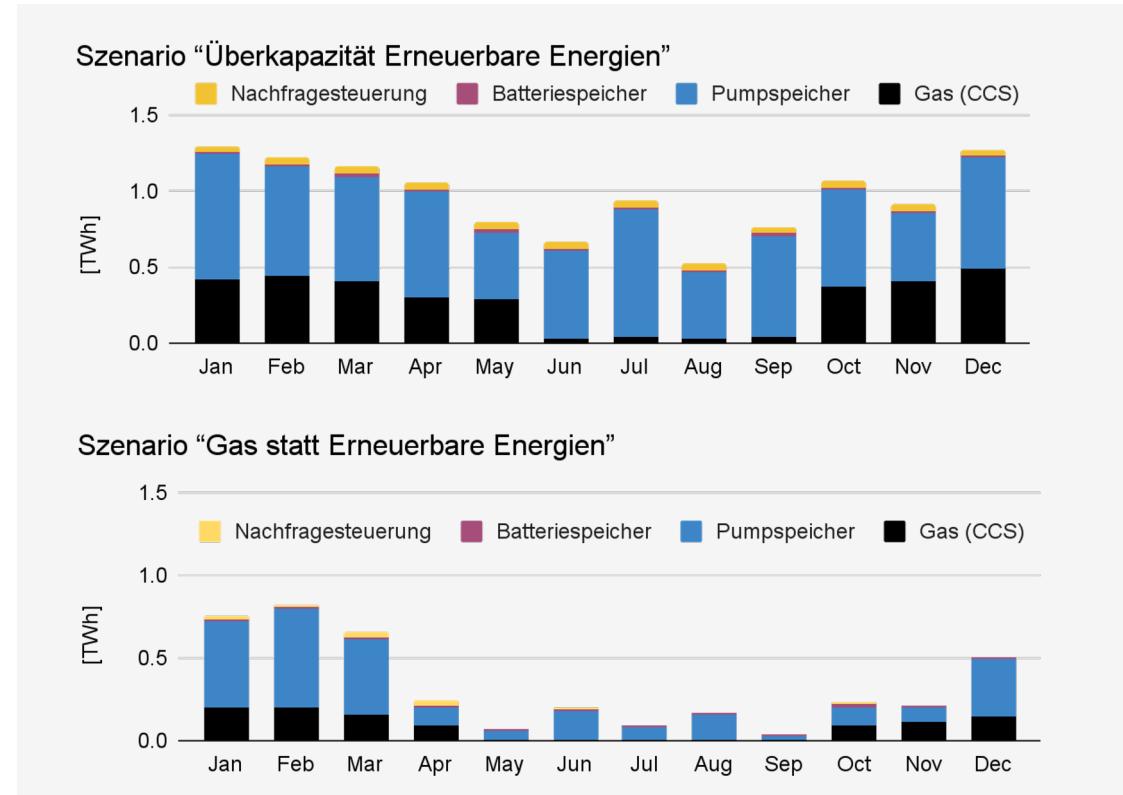
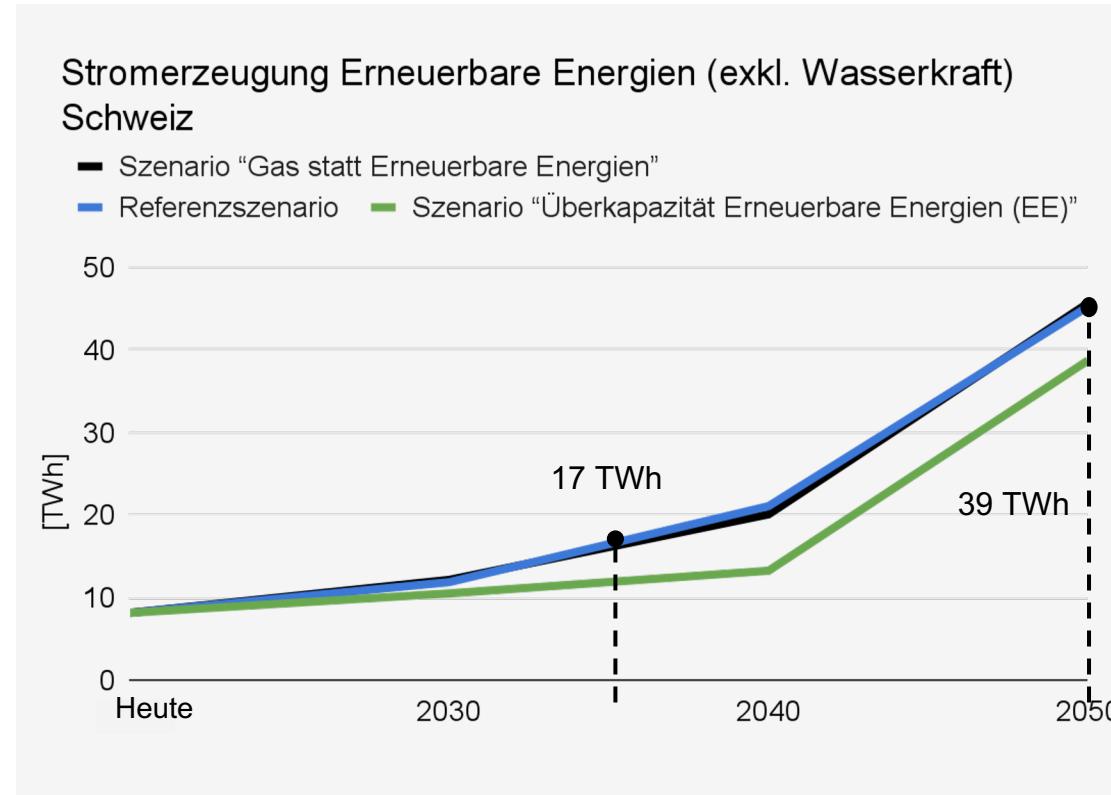
Referenzszenario: Entwicklung in Nachbarländern (Österreich, Deutschland, Frankreich, Italien) gemäss ENTSO-E TYNDP "Global Ambition" Szenario

Szenario "Überkapazität Erneuerbare Energien (EE)": Nachbarländer mit 50% mehr Wind- und Solarstrom in allen Szenario-Jahren im Vergleich zum Referenzszenario

Szenario "Gas statt Erneuerbare Energien": 50% weniger Wind- und Solarstrom, dafür mehr Gaskraftwerke



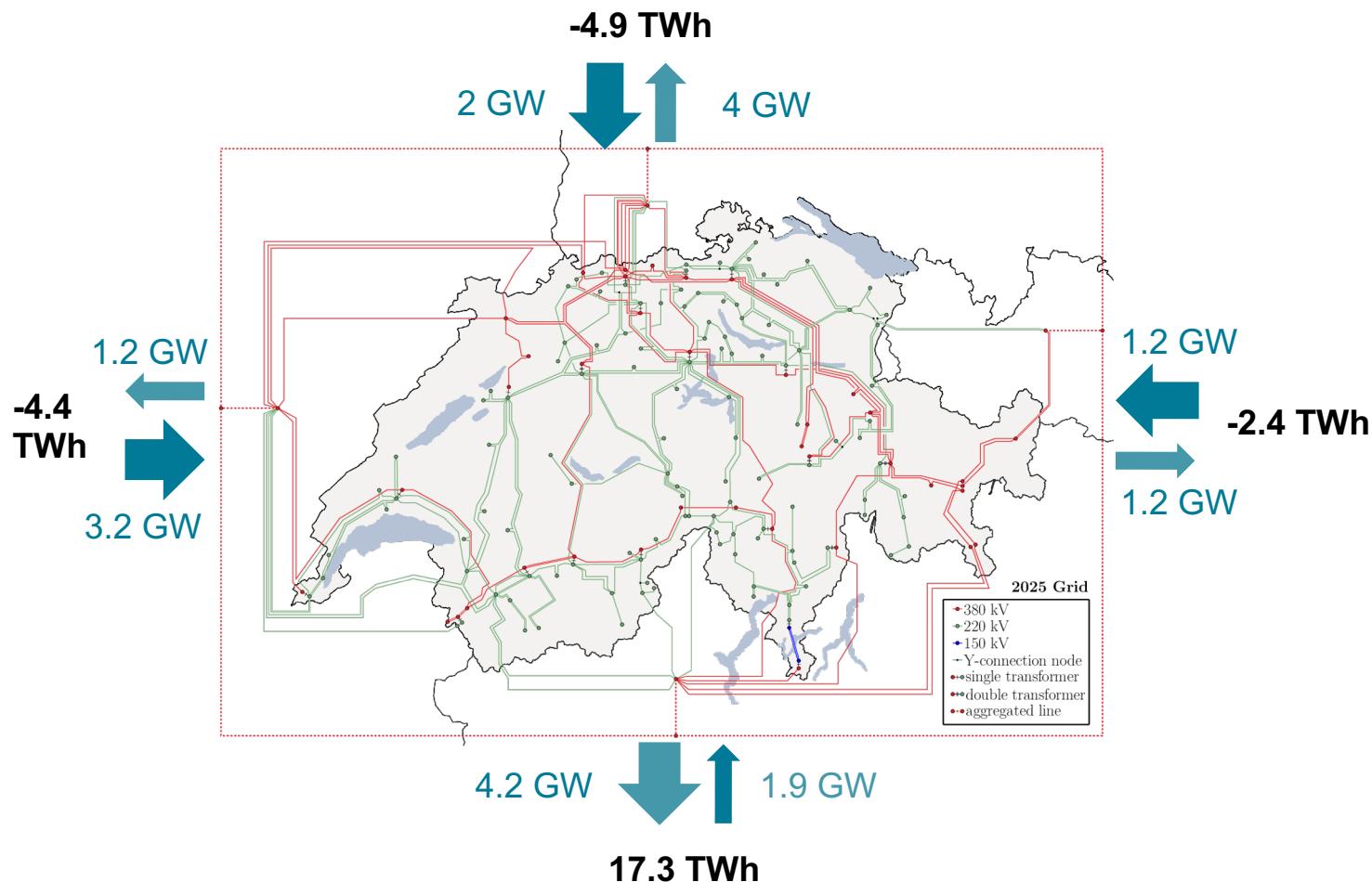
Studie 3 | Schweizer Stromsystem und seine Nachbarn



- ❖ 2035 und 2050 Zielwerte werden nicht erreicht wenn Nachbarländer hohen Zubau von Erneuerbarer Energien anstreben
- ❖ Im Referenzszenario und "Gas statt Erneuerbare Energien" Szenario werden alle Zielwerte erreicht

- ❖ Bei Überkapazität von Erneuerbaren in Nachbarländer wird der Zubau von flexiblen Einheiten kosteneffizienter als Erneuerbare Energien
- ❖ Flexibilität (Gas) in Nachbarländern reduziert Einsatz von flexiblen Einheiten (Pumpspeicher) in der Schweiz

Studie 4 | Wichtigkeit des Stromhandels für das Schweizer Stromsystem

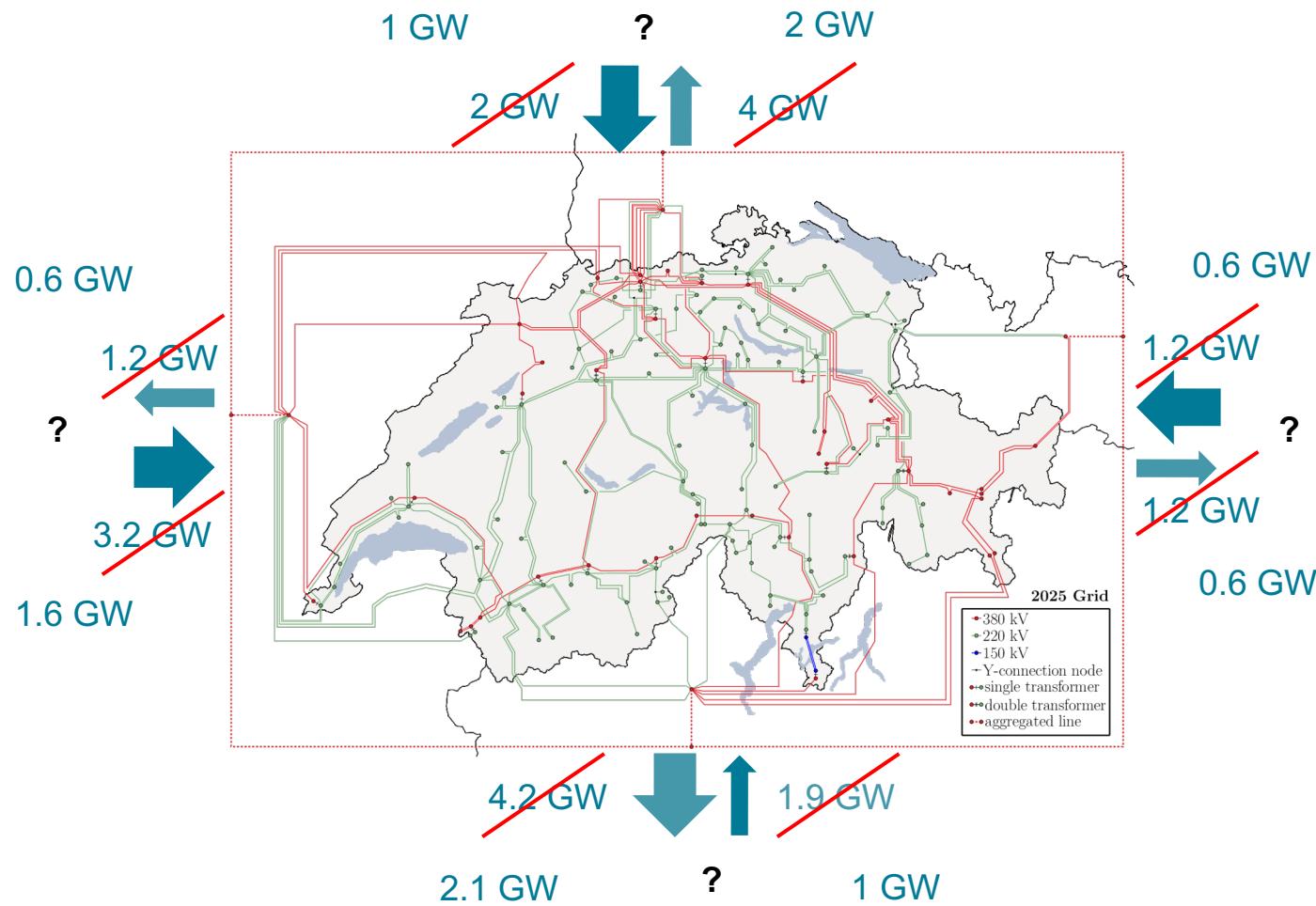


Net Transfer Capacities (NTC) 2022: Swissgrid

Historical Net Imports 2020: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2020

- ❖ Die Schweiz ist ein **Stromtransit-Korridor**
- ❖ Problematisch sind **ungeplante Transite**
- ❖ Ab 2025, 70% der Kapazität der grenzüberschreitenden Leitungen für EU Stromhandel reserviert
- ❖ **Einschränkungen des Stromhandels** könnte die Versorgungssicherheit in der Schweiz schwächen

Studie 4 | Wichtigkeit des Stromhandels für das Schweizer Stromsystem



Net Transfer Capacities (NTC) 2022: Swissgrid

Historical Net Exports 2020: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2020

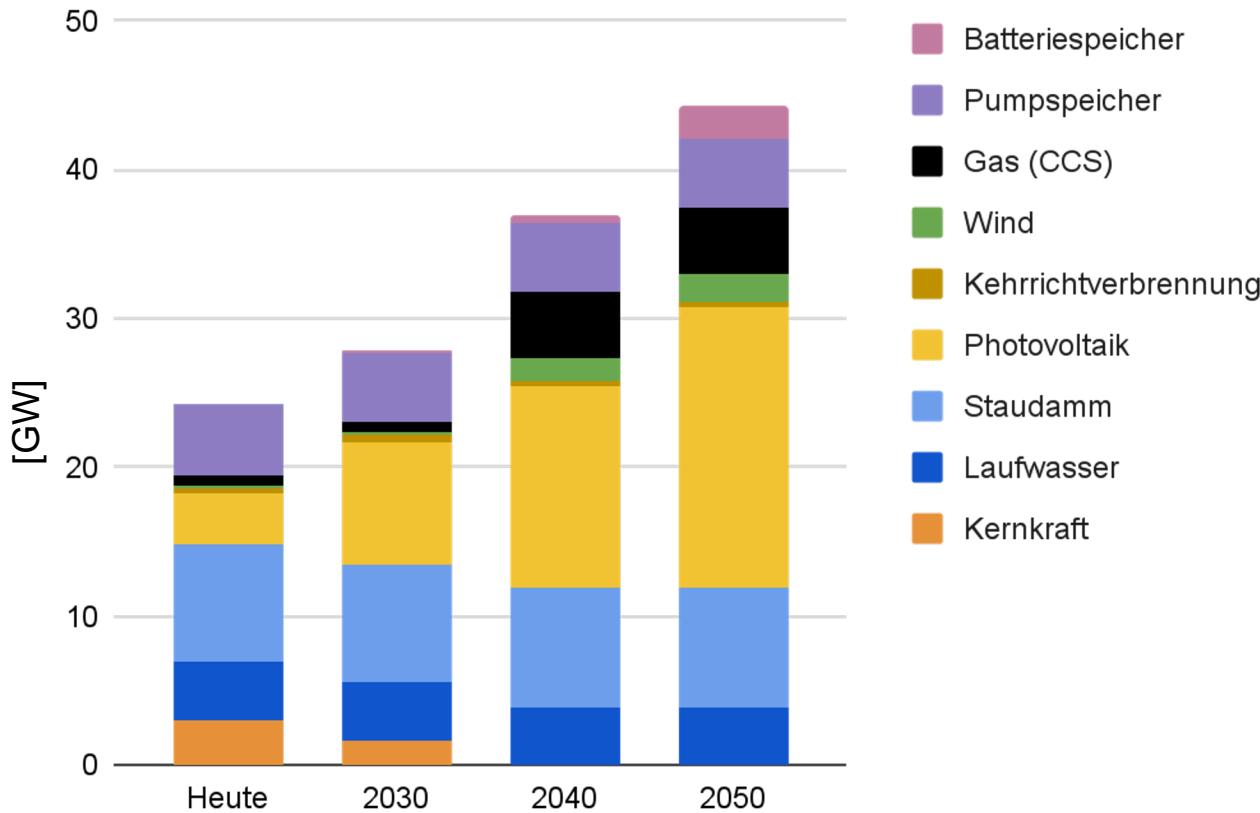
- ❖ Die Schweiz ist ein **Stromtransit-Korridor**
- ❖ Problematisch sind **ungeplante Transite**
- ❖ Ab 2025, 70% der Kapazität der grenzüberschreitenden Leitungen für EU Stromhandel reserviert
- ❖ **Einschränkungen des Stromhandels** könnte die Versorgungssicherheit in der Schweiz schwächen

Was ist der Einfluss von Handelsbeschränkungen (NTCs - 50%) auf die Entwicklung des Schweizer Stromsystems?

Studie 4 | Wichtigkeit des Stromhandels für das Schweizer Stromsystem

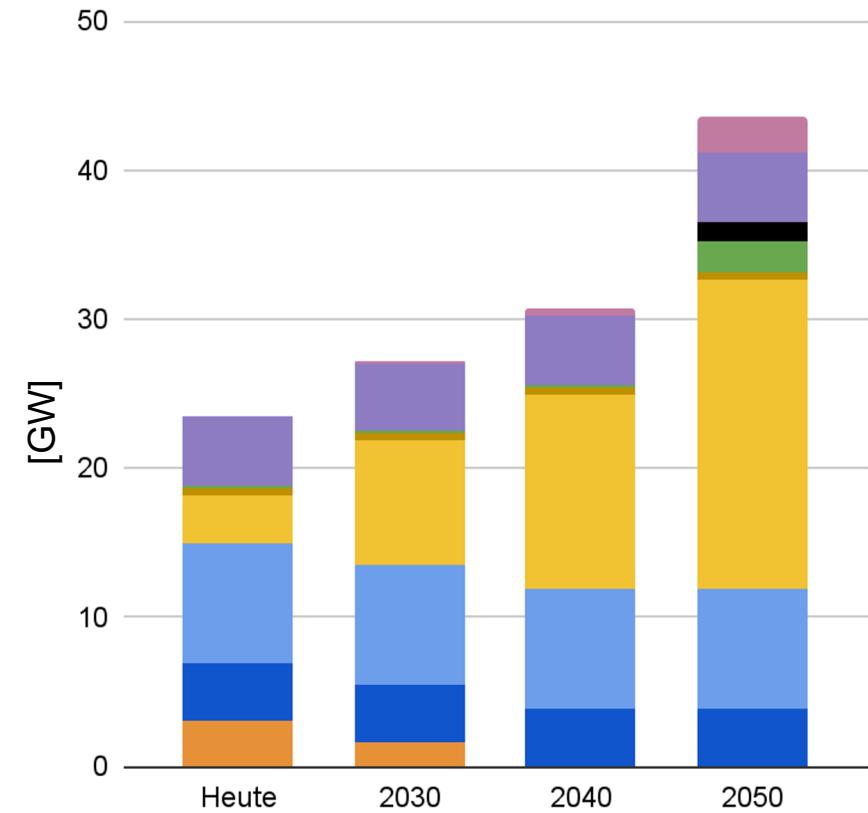
Installierte Stromerzeugungskapazität 2020-2050

Eingeschränkter Stromhandel (NTC -50%)



Installierte Stromerzeugungskapazität 2020-2050

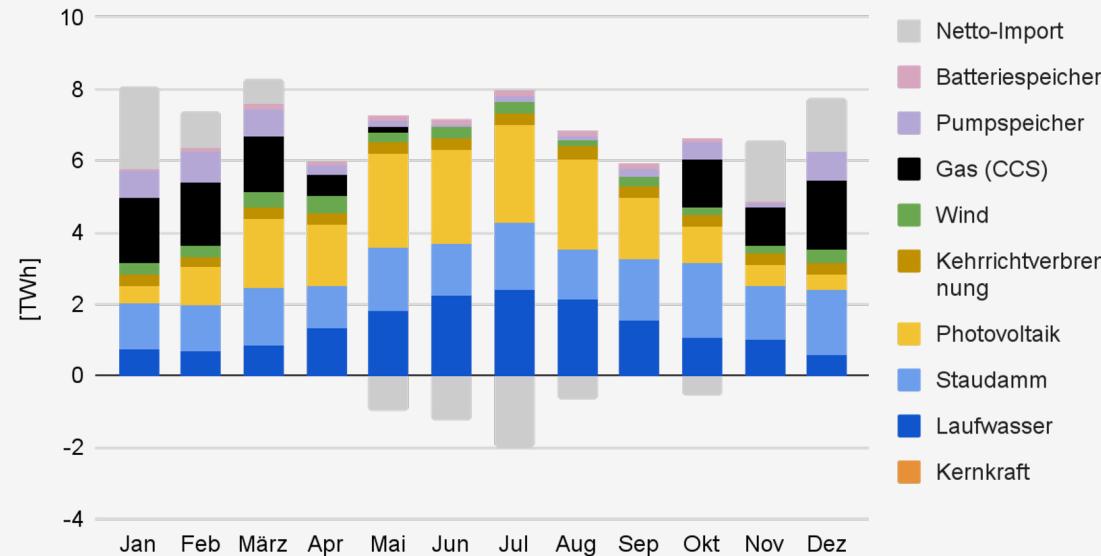
Referenzszenario



Studie 4 | Wichtigkeit des Stromhandels für das Schweizer Stromsystem

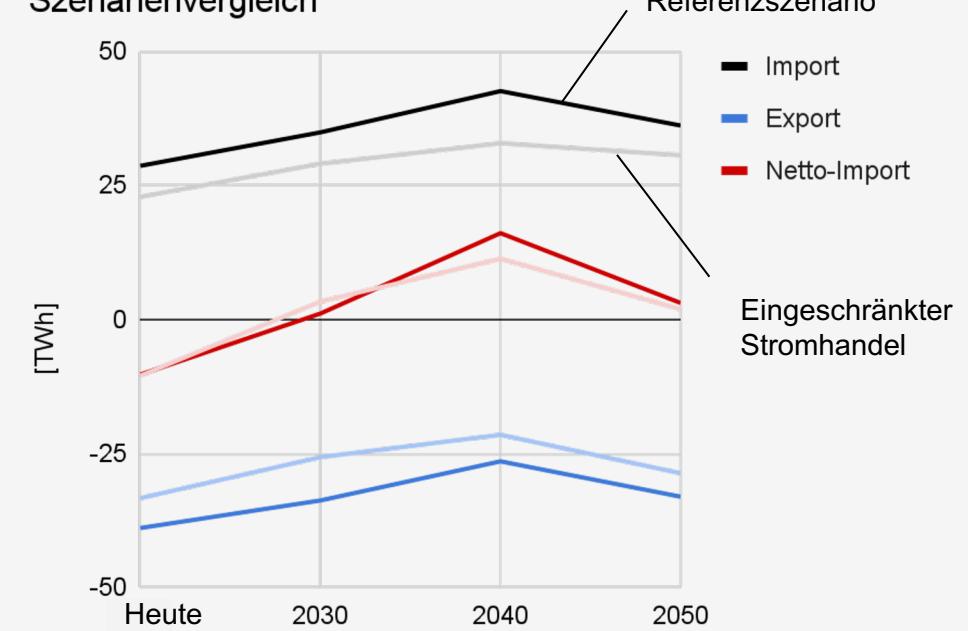
Monatliche Stromerzeugung 2050

Eingeschränkter Stromhandel (NTC -50%)



- ❖ Gaskraftwerke decken grossen Anteil an Strombedarf in den Wintermonaten
- ❖ Im Sommer, aufgrund von Überkapazitäten an Erneuerbaren, kein Strom aus Gaskraftwerken notwendig

Szenarienvergleich



- ❖ Einschränkung des Stromhandels [GW] um 50% führt zu 15-25% weniger Export und Import
- ❖ Netto-Importe leicht reduziert in 2040

5 Kernaussagen zum Mitnehmen



Höhere Stromimporte als heute in den Wintermonaten aufgrund Ausstieg aus der Kernenergie und steigendem Strombedarf, insbesondere 2030/2040



Schnellere Elektrifizierung von Transport und Wärme **verstärkt** die **Importabhängigkeit** mittelfristig, ist aber aus technischer und ökonomischer Sicht machbar



Klimawandel führt zu **saisonalen Veränderungen** in der Verfügbarkeit der **Wasserkraft** - auch stärkere Unterschiede zwischen Jahren erschweren Investitionsentscheidungen



Kostenoptimale Entwicklung des **Schweizer Stromsystems** hängt von **Entwicklungen in Nachbarländern** ab



Bei Einschränkung des Stromhandels mehr inländische Stromerzeugungskapazität notwendig

Danke für ihre Aufmerksamkeit.



Prof. Dr. Gabriela Hug
Power System Lab
(PSL)



Dr. Turhan Hilmi Demiray
Research Center for Energy Networks (FEN)



Prof. Dr. Giovanni Sansavini
Reliability and Risk Engineering Laboratory (RRE)



Prof. Dr. Massimo Filippini
Chair of Energy and Public Economics (EEPE)



Prof. Dr. Andre Bardow
Chair of Energy and Process Systems Engineering (EPSE)



Dr. Christian Schaffner
Energy Science Center (ESC)



Dr. Jared Garrison
FEN



Dr. Blazhe Gjorgiev
RRE



Dr. Mengshuo Jia
PSL



Dr. Florian Landis
EEPE



Ludger Leenders
EPSE



Elena Raycheva
PSL



Han Xuejiao
PSL



Dr. Marius Schwarz
ESC



Pranjal Jain
ESC

ETH zürich

FEN
RESEARCH CENTER FOR ENERGY NETWORKS
FORSCHUNGSSSTELLE ENERGIENETZE

epse
ENERGY & PROCESS SYSTEMS ENGINEERING

 **Energy Science Center**

RRE
Reliability and Risk Engineering