

Wie abhängig ist die Schweizer Energiewende von den Entwicklungen in den Nachbarländern?

Disentis 2022

Dr. Marius Schwarz





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



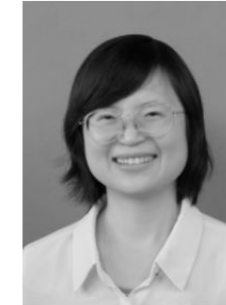
Dr. Florian Landis
EEPE



Ludger Leenders
EPSE



Elena Raycheva
PSL



Han Xuejiao
PSL



Dr. Marius Schwarz
ESC



Pranjai Jain
ESC

ETH zürich

FEN
RESEARCH CENTER FOR ENERGY NETWORKS
FORSCHUNGSSTELLE ENERGIENETZE

PSL Power
Systems
Laboratory

epse
ENERGY & PROCESS SYSTEMS ENGINEERING

**Energy
Science
Center**

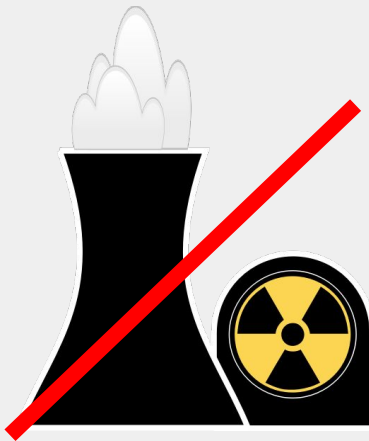
RRE
Reliability and Risk Engineering

ETH zürich

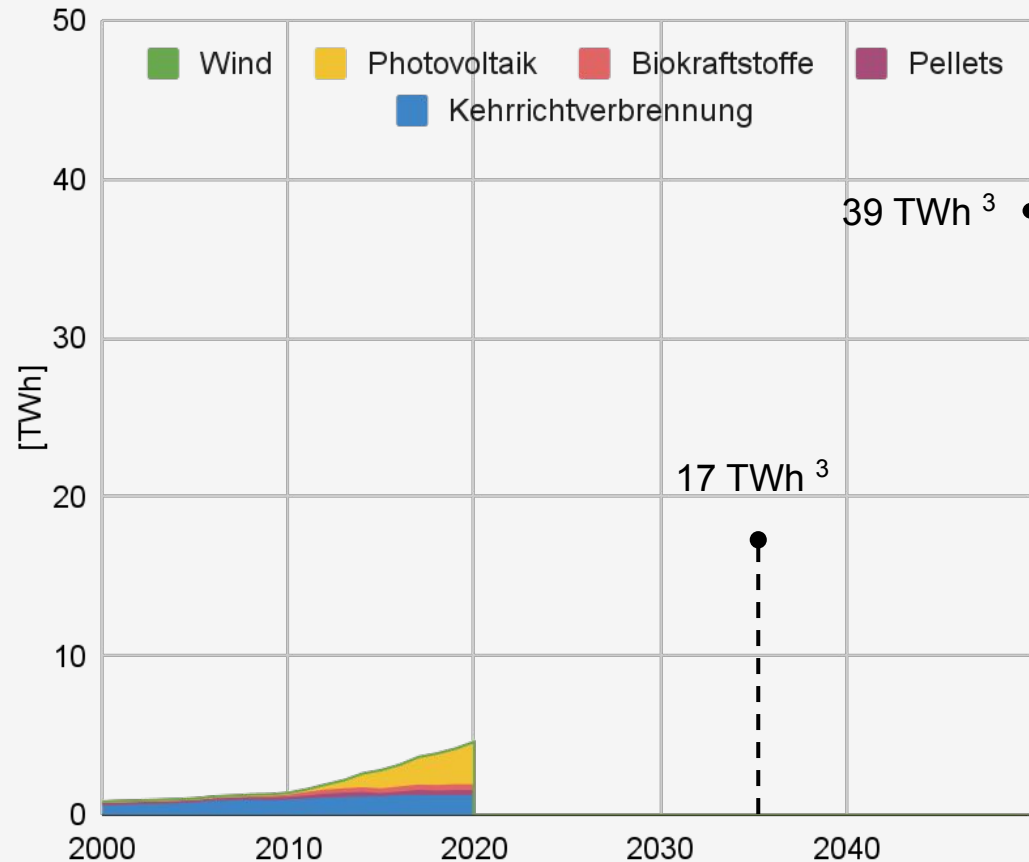
Energy Science Center (ESC)

Motivation | Steigender Strombedarf, Ausstieg aus der Kernkraft. Neue Erneuerbare Energien sollen diese Mammutaufgabe stemmen.

- ❖ Zusätzlicher Strombedarf von rund **14 TWh bis 2050**, entspricht einer **Zunahme von 25%** im Vergleich zu heute ¹
- ❖ **Elektrifizierung der Heizungen** (Wärmepumpen) und der **Mobilität** (Elektrofahrzeuge) als Haupttreiber für den steigenden Strombedarf



Stromerzeugung Erneuerbare Energien (exkl. Wasserkraft) Schweiz ²

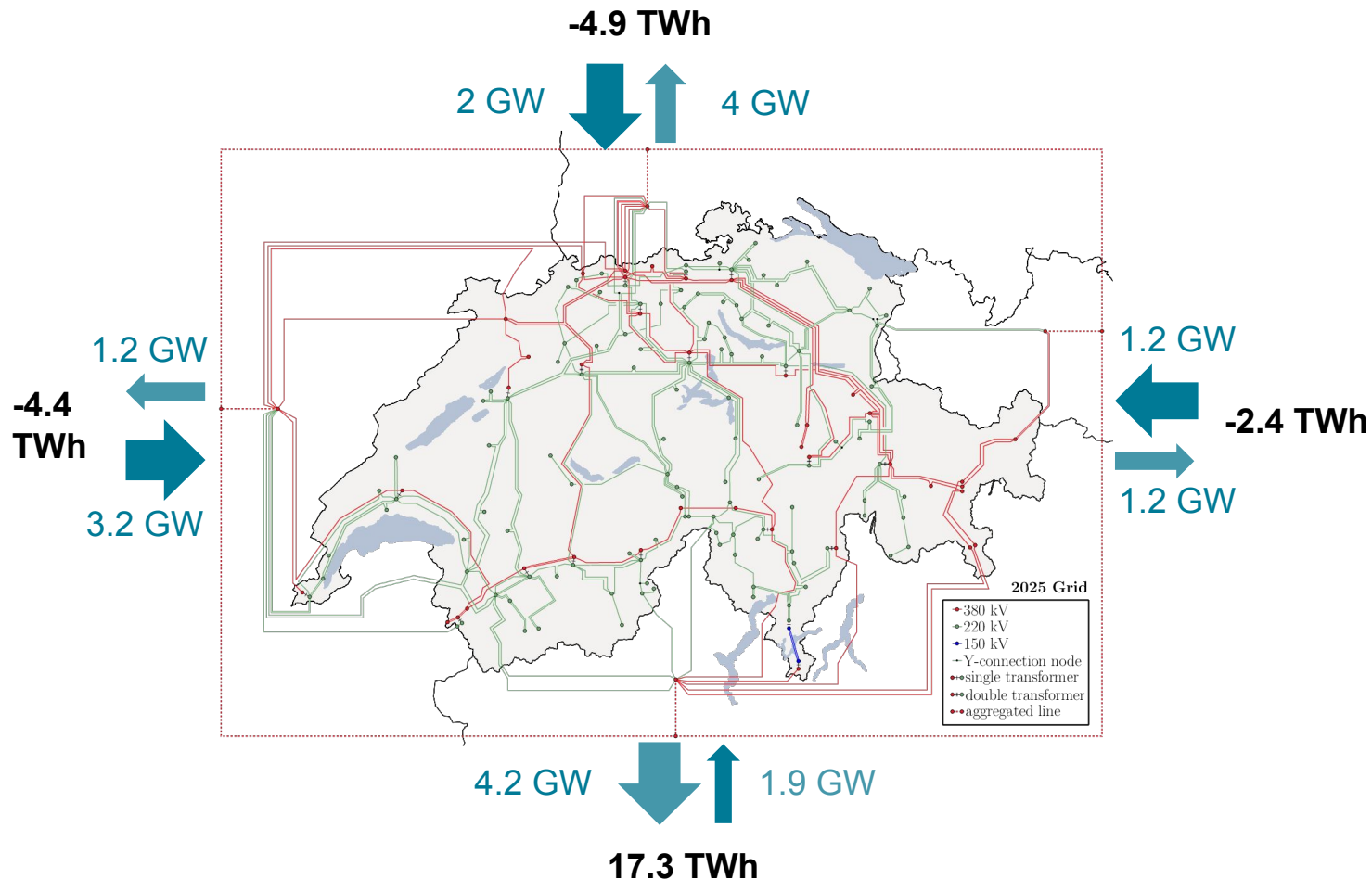


[1]: BFE Energieperspektiven 2050+, Szenario Zero Basis, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/en/home/policy/energy-perspectives-2050-plus.html>

[2]: Swiss Energy Charts, <https://energy-charts.info/>

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

Motivation | Wichtigkeit des Stromhandels für das Schweizer Stromsystem



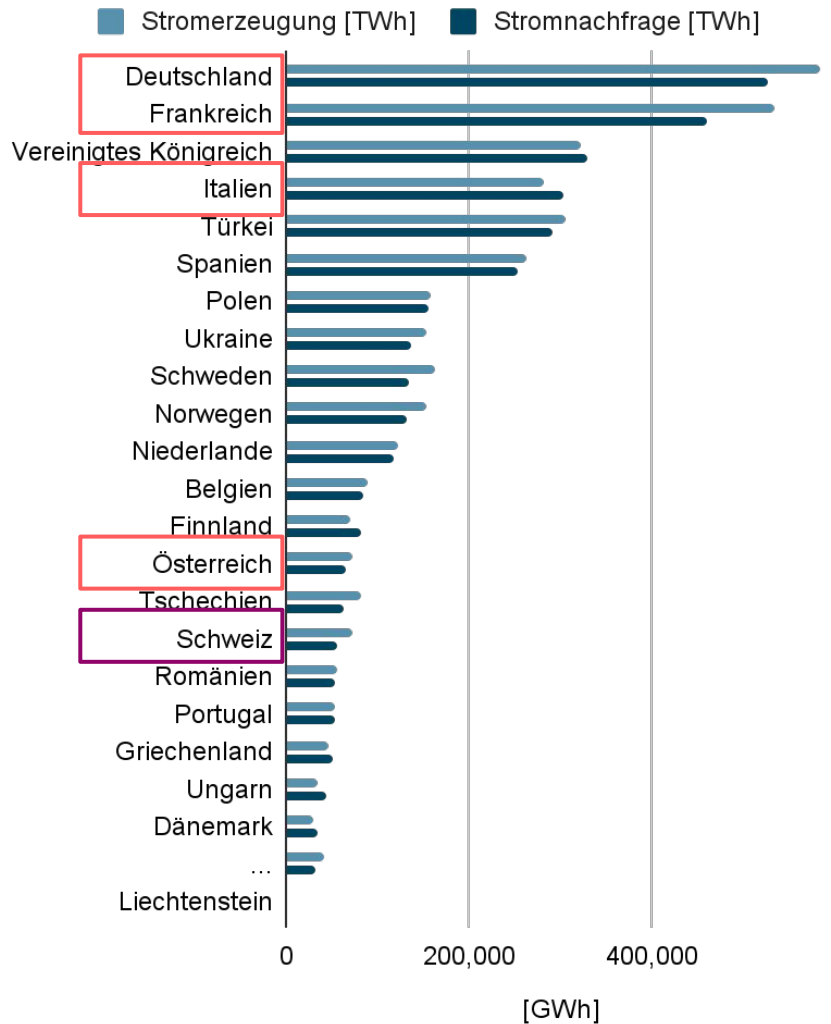
Net Transfer Capacities (NTC) 2022: Swissgrid

Historical Net Imports 2020: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2020

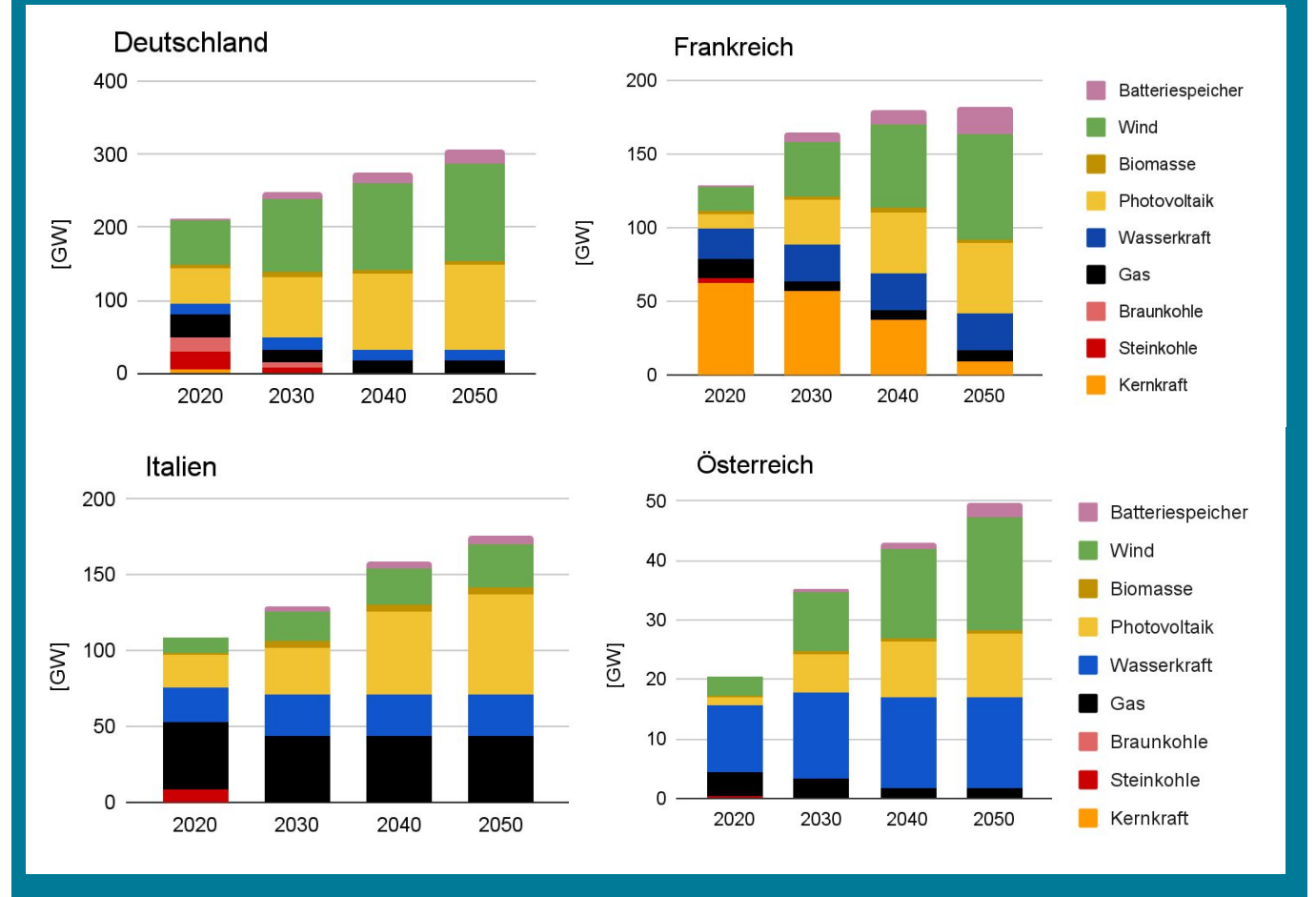
- ❖ Die Schweiz hat 41 Stellen des Übertragungsnetzes grenzüberschreitende Verbindungen zu den Nachbarländern
- ❖ 10% des Stroms, der zwischen den europäischen Ländern ausgetauscht wird, fließt durch die Schweiz
- ❖ Im Jahr 2020 importierte die Schweiz 27 TWh und exportiert 32,6 TWh, was 38% bzw. 46% der inländischen Stromerzeugung entspricht
- ❖ Bereits heute ist die Schweiz im Winter auf Nettoimporte angewiesen (0,7 TWh)
- ❖ Unklare Situation bei den Import- und Exportmöglichkeiten ab 2025
 - NTCs könnten auf $\frac{1}{3}$ der heutigen Kapazitäten reduziert werden

Motivation | Schweizer Stromsystem und seine Nachbarn

Stromerzeugung und -nachfrage in Europa, 2020 [1]

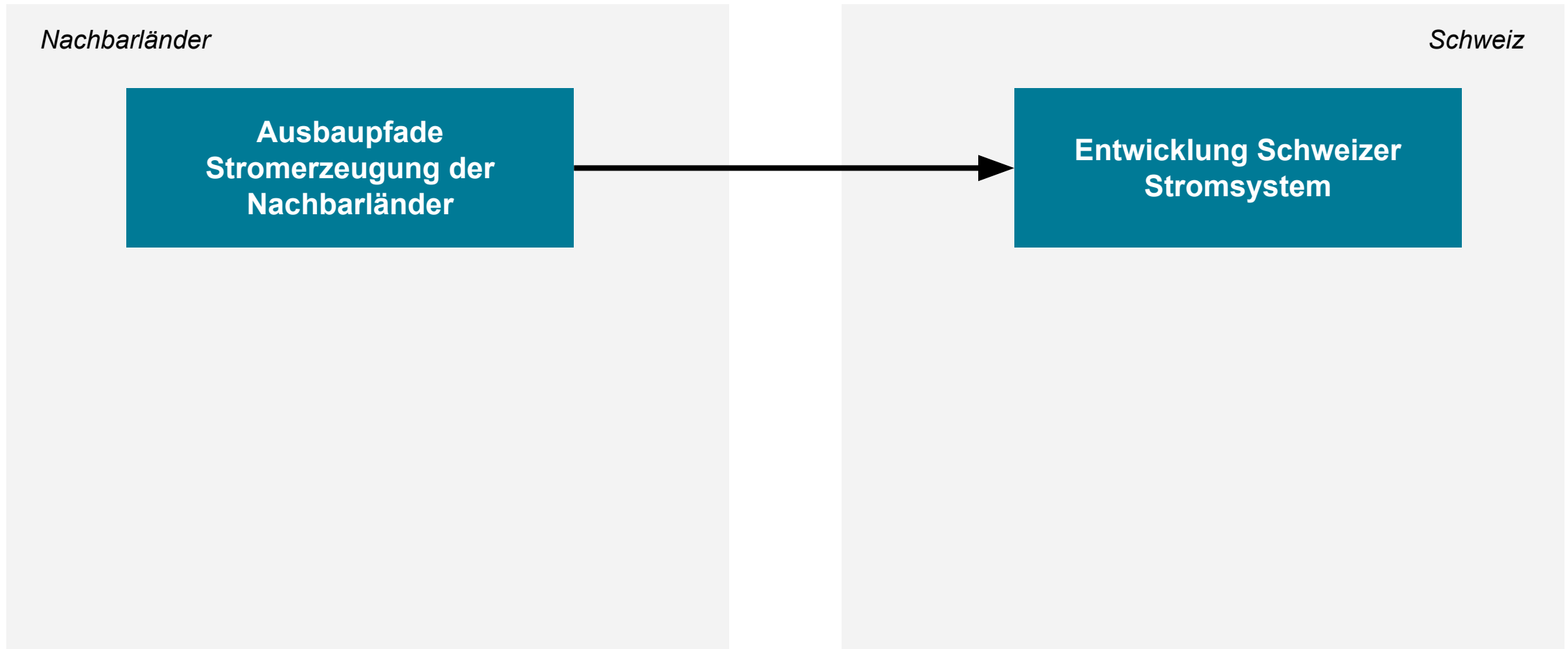


Entwicklung Nachbarländer im Referenzszenario (von TYNDP²)

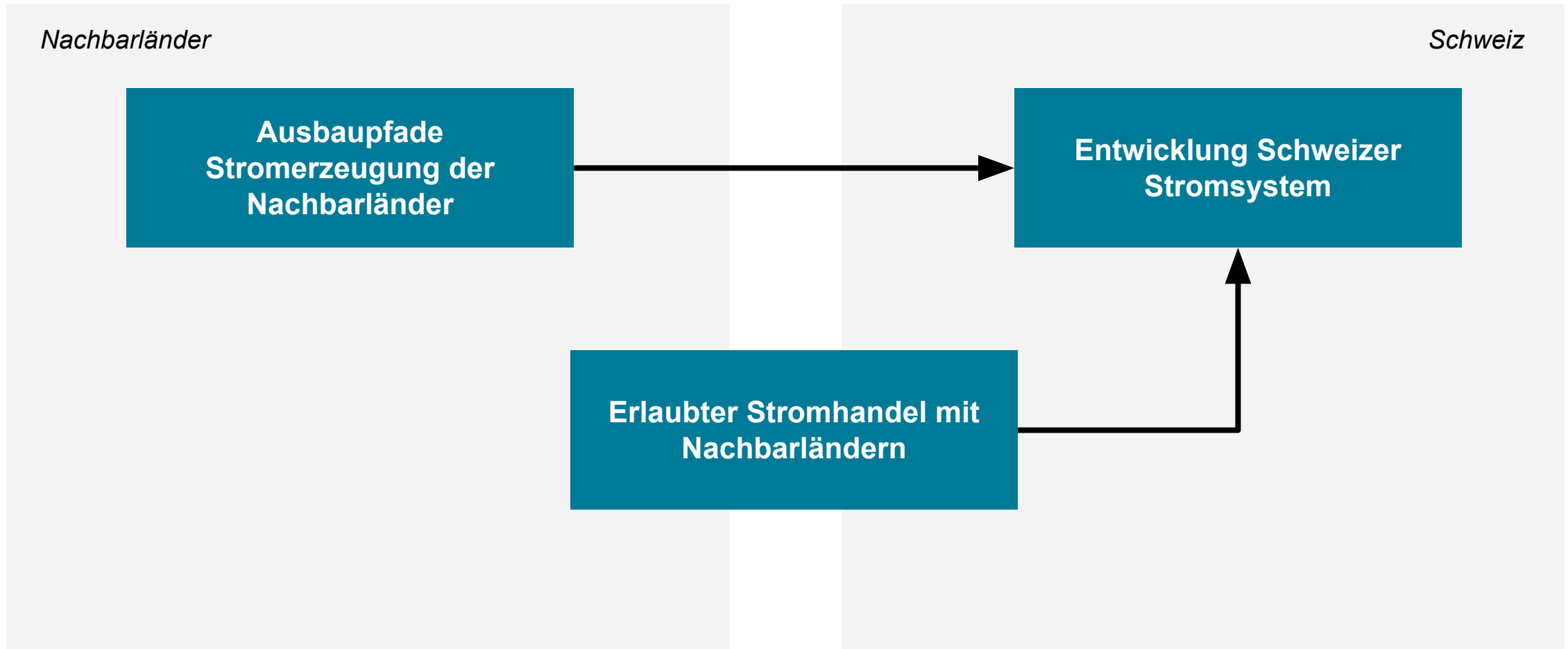


Wie abhängig ist die Schweizer Energiewende von den Entwicklungen in den Nachbarländern?

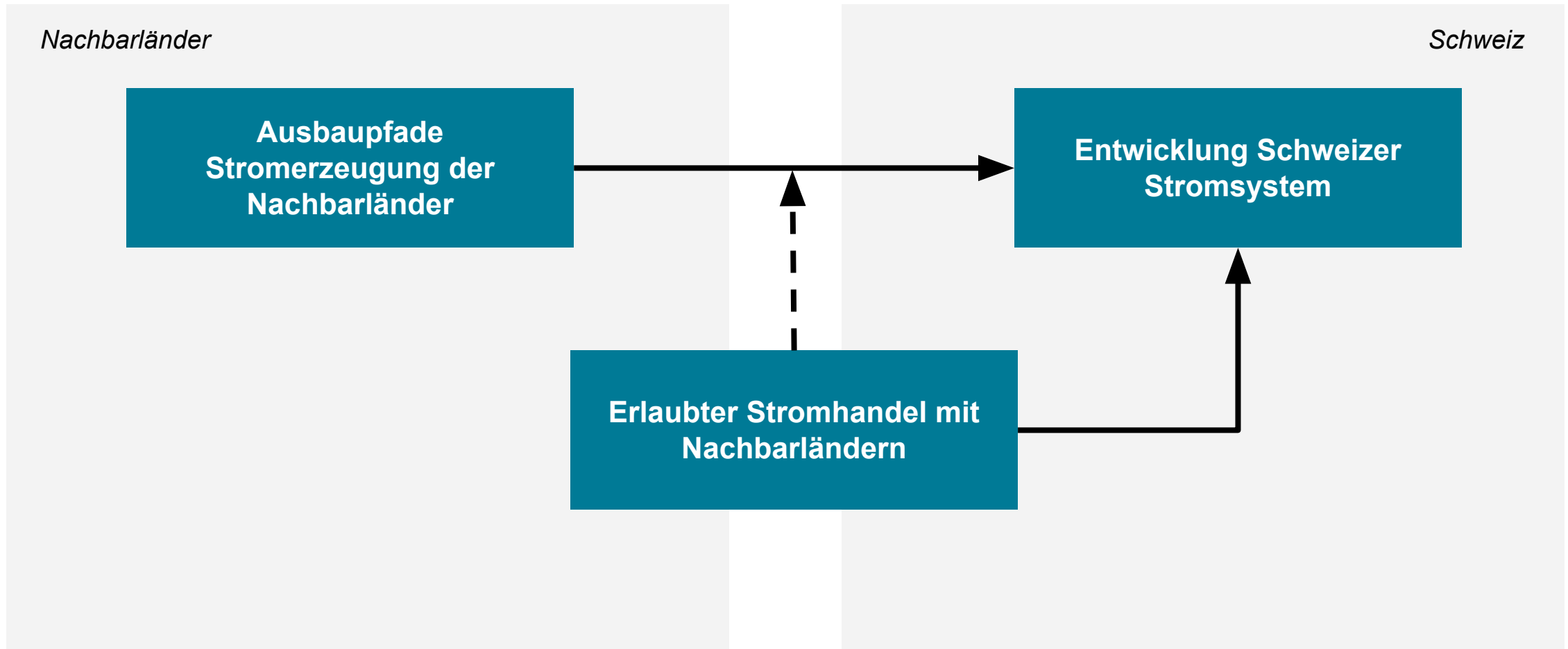
Research Framework | Wie abhängig ist die Schweizer Energiewende von den Entwicklungen in den Nachbarländern?



Research Framework | Wie abhängig ist die Schweizer Energiewende von den Entwicklungen in den Nachbarländern?

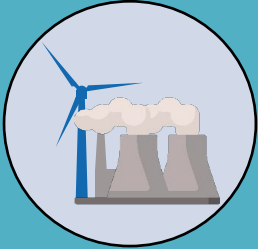


Research Framework | Wie abhängig ist die Schweizer Energiewende von den Entwicklungen in den Nachbarländern?




Methodik | Nexus-e Plattform ¹

Energiesystem Optimierung ⁱ




Stromsystem Optimierung

Zentrale Stromerzeuger und -speicher



Lebenszyklusanalyse ⁱ

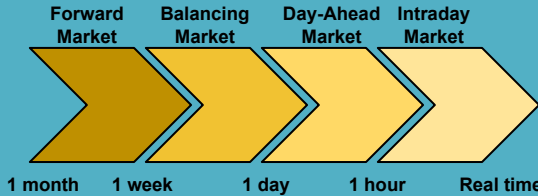


Dezentrale Stromerzeuger und -speicher ⁱⁱ

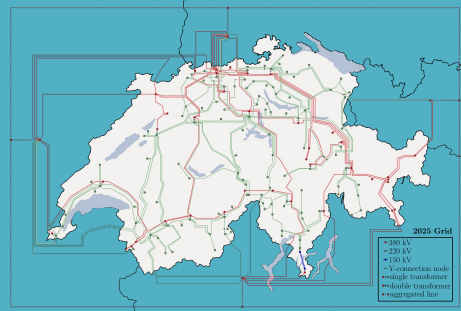


i: in Entwicklung
ii: Zwei unterschiedliche Versionen: Optimierung und Simulation

Strommarkt Optimierung



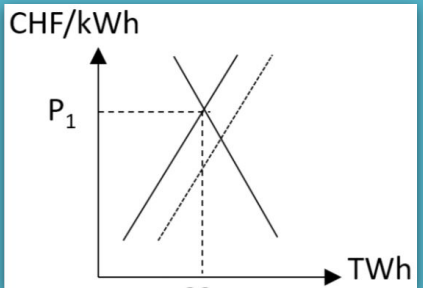
Analyse des Übertragungsnetzes



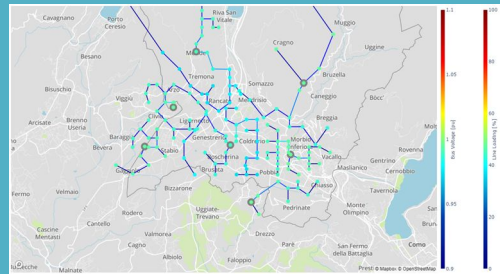
2025 Grid

- 220 kV
- 110 kV
- 10 kV
- 1000 MVA transformer
- 500 MVA transformer
- aggregated bus

Makroökonomische Analyse

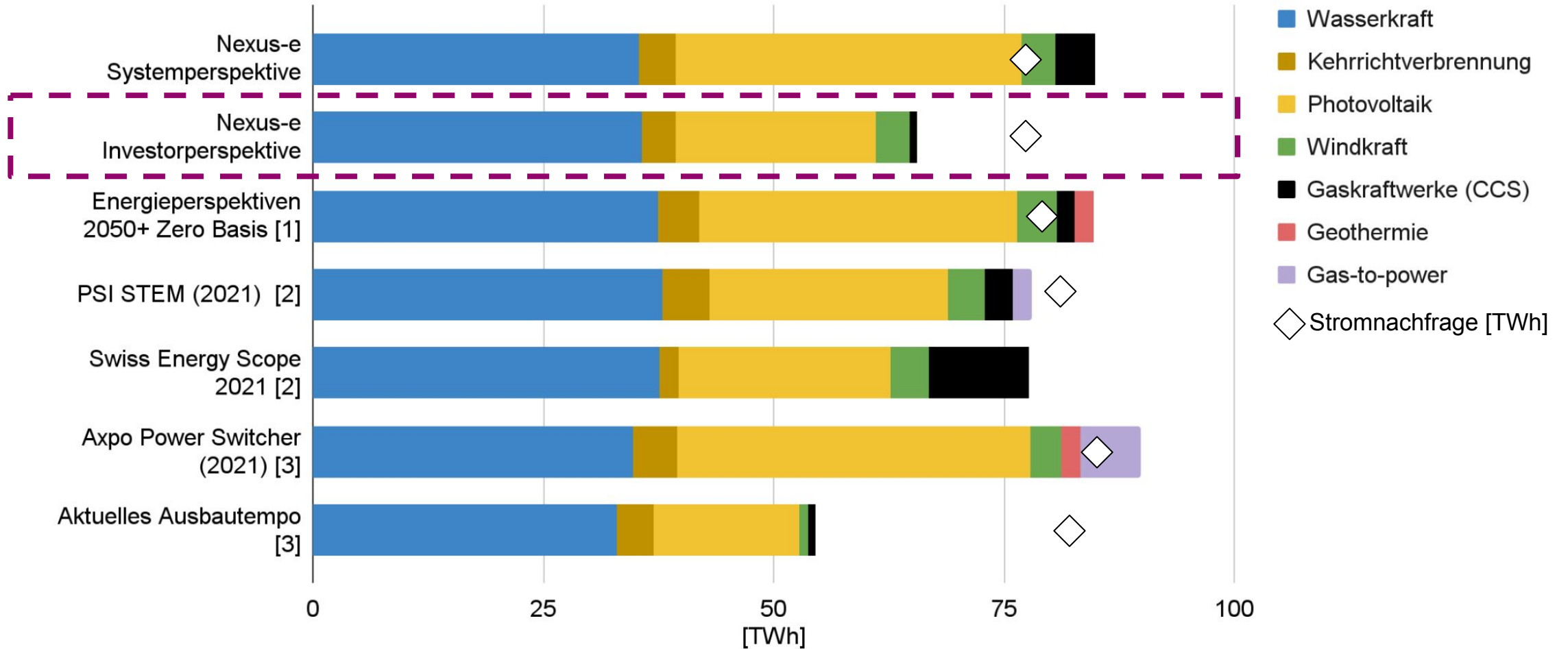


Analyse des Verteilnetzes ⁱ



Szenarien sind keine Vorhersagen! ¹

Vergleich Netto-Null Szenarien 2050 | Stromerzeugung Schweiz

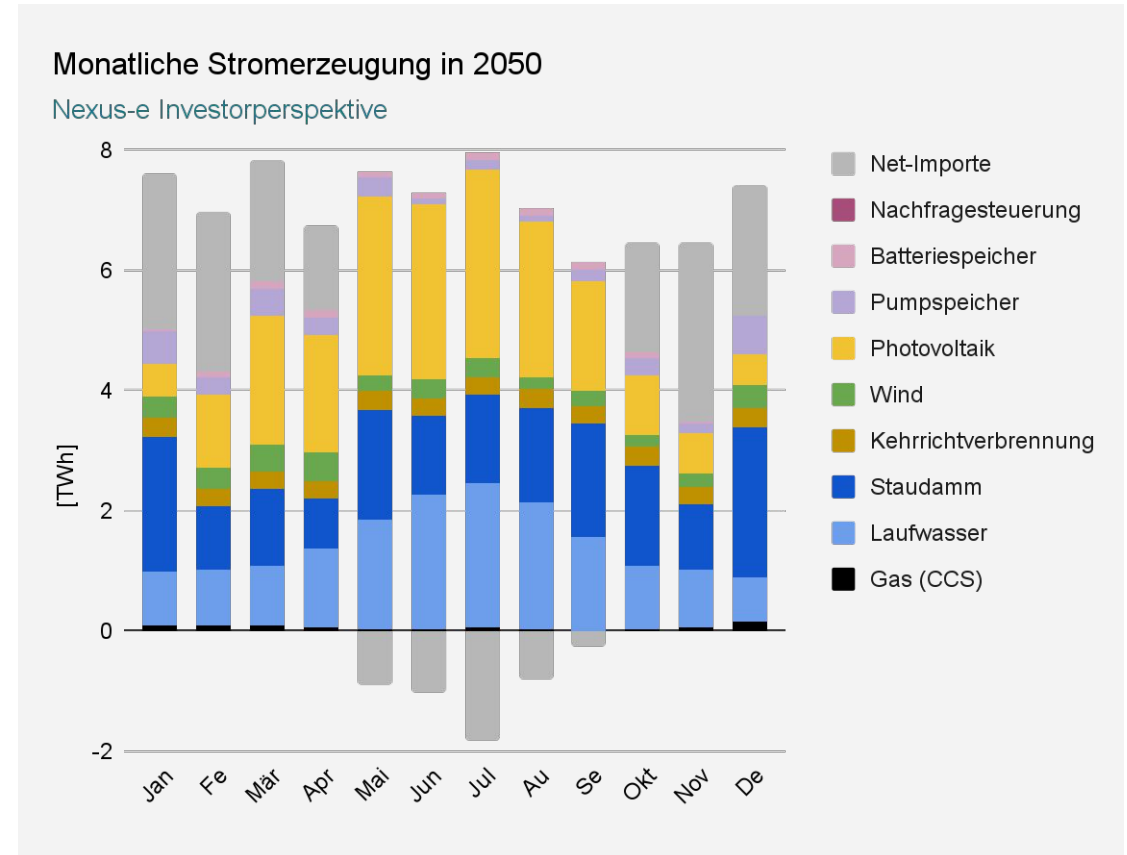
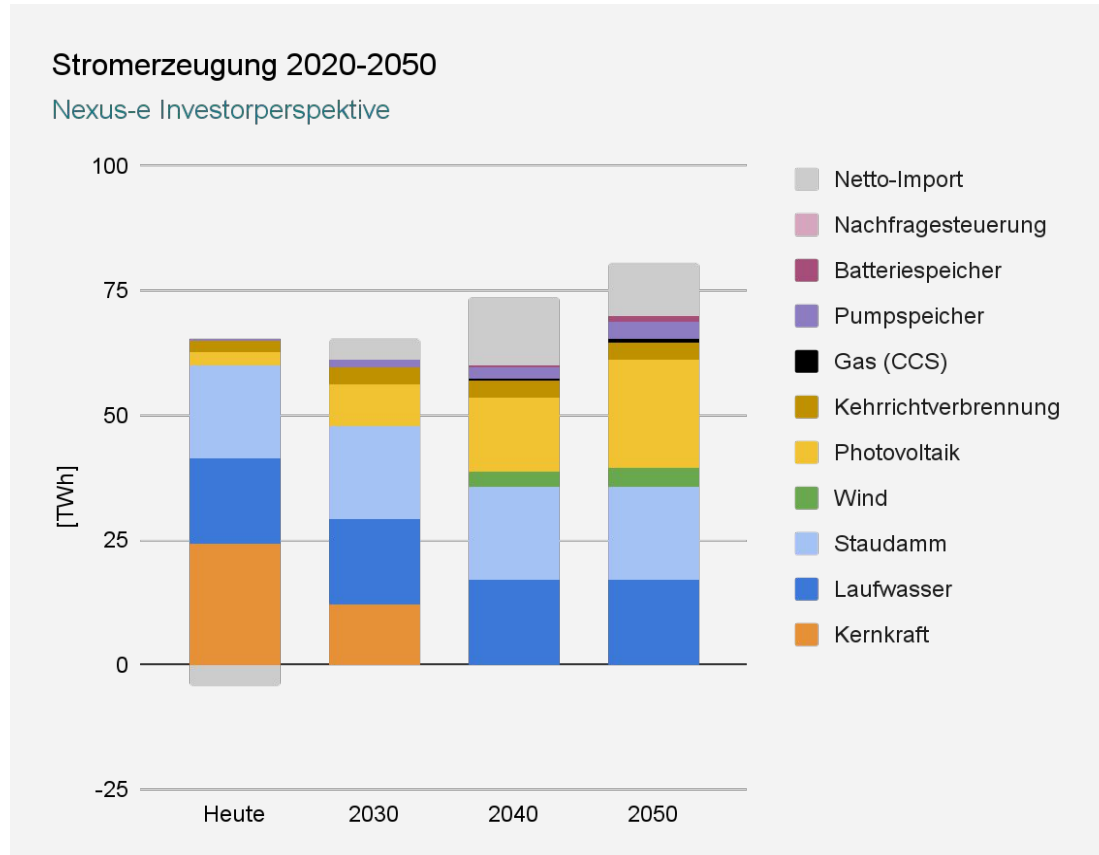


[1]: BFE Energieperspektiven 2050+, Szenario Zero Basis, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/en/home/policy/energy-perspectives-2050-plus.html>

[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/>

Resultate | Zubau von Photovoltaik-Anlagen gleicht Ausstieg aus Kernkraft nicht aus. Abhängigkeit von Stromimporten steigt.



- ❖ Ausbau erneuerbare Energien zu langsam um Kernkraft auszugleichen
- ❖ Stromimporte möglich trotz Netto-Null Ziele der Nachbarländer

- ❖ Gaskraftwerke mit geringer Auslastung, nur in wenigen Stunden im Winter benötigt oder rentabel
- ❖ Saisonalität von Import und Export bleibt erhalten aber viel stärker ausgeprägt

Szenarien



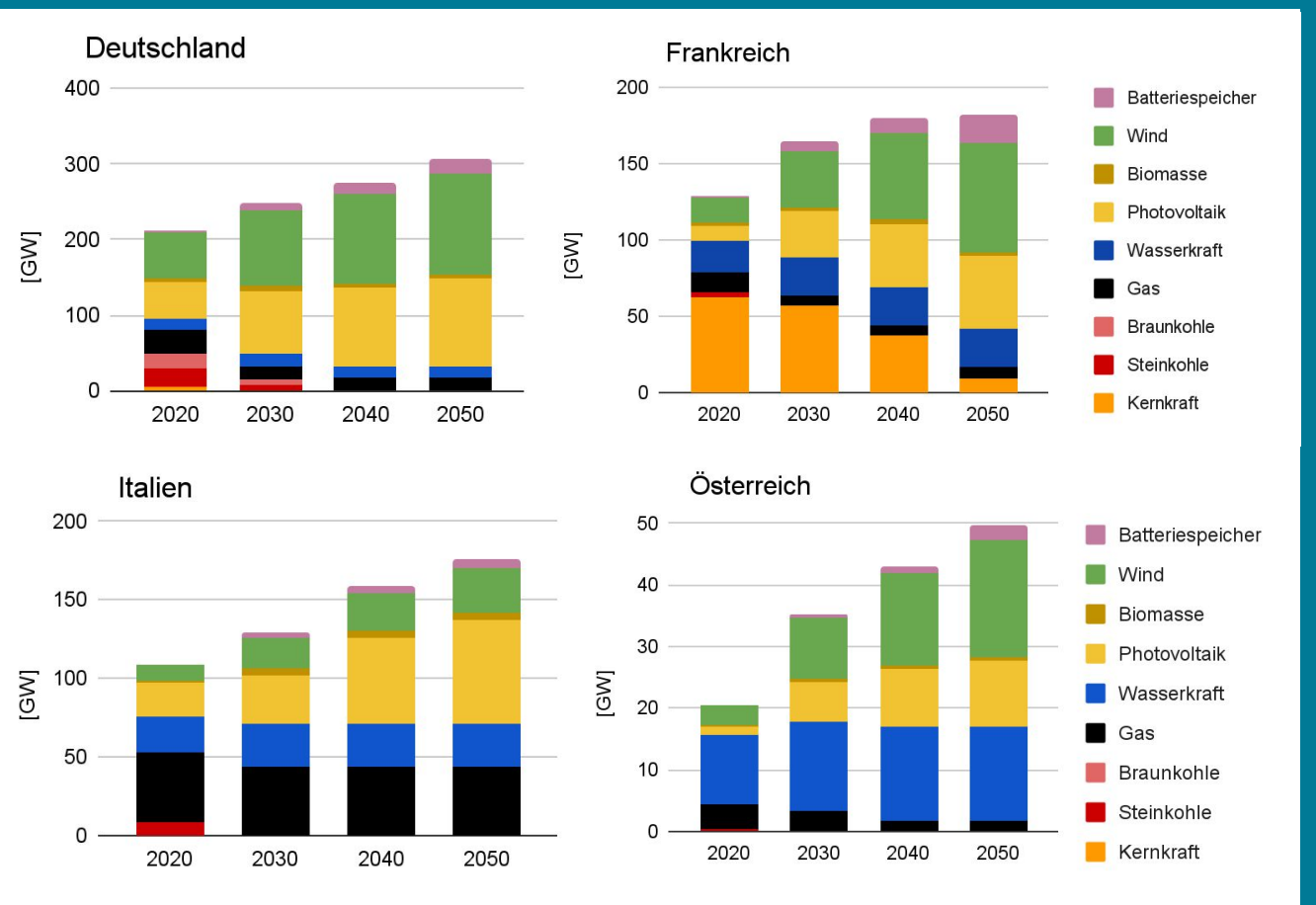
Basisszenario: Entwicklung in Nachbarländern (Österreich, Deutschland, Frankreich, Italien) gemäss ENTSO-E TYNDP “Global Ambition” Szenario

Szenario “Überkapazität Erneuerbare Energien (EE)”: Nachbarländer mit 50% mehr Wind- und Solarstrom im Vergleich zum Referenzszenario

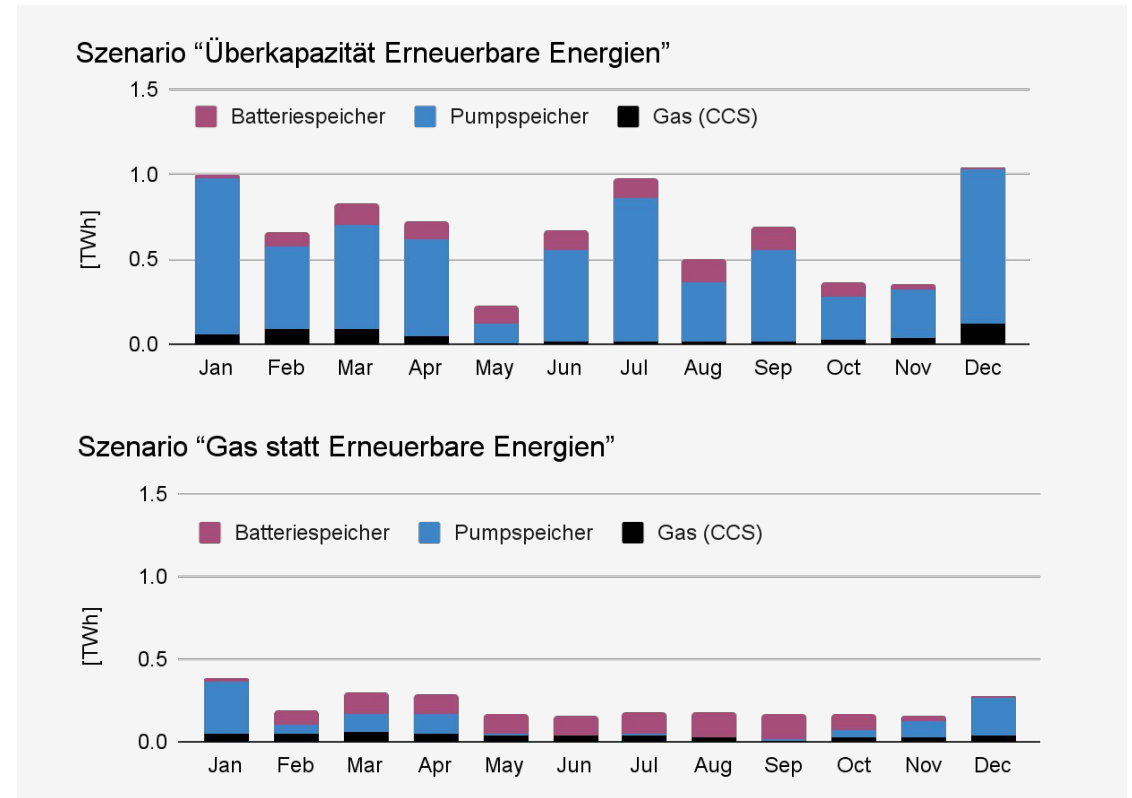
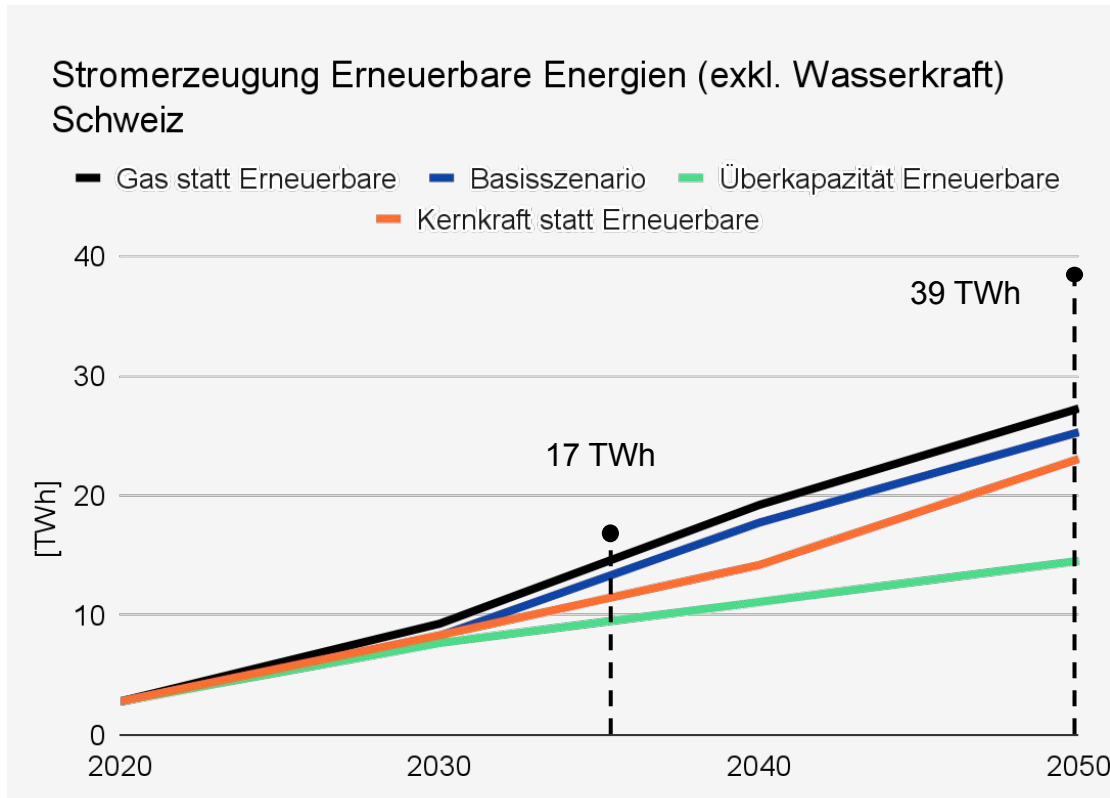
Szenario “Gas statt Erneuerbare Energien”: 50% weniger Wind- und Solarstrom, dafür mehr Gaskraftwerke

Szenario “Kernkraft statt Erneuerbare Energien”: 50% weniger Wind- und Solarstrom, dafür mehr Gaskraftwerke

Entwicklung Nachbarländer im Referenzszenario (von TYNDP 1)



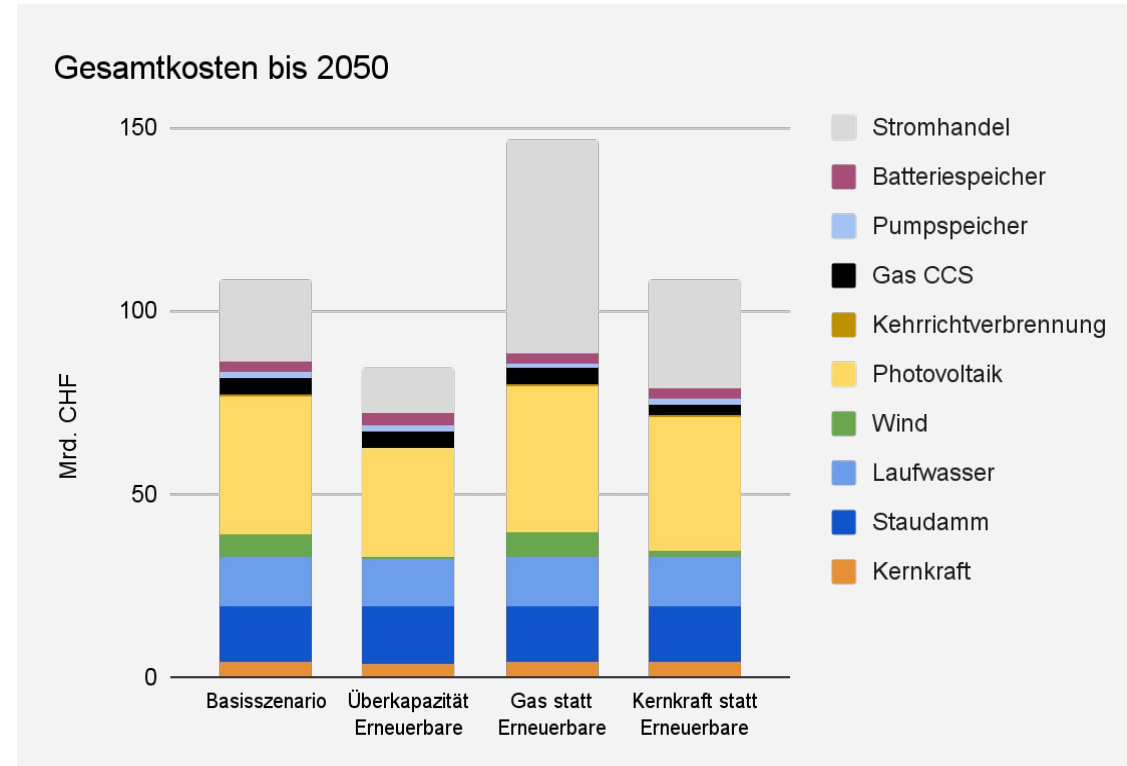
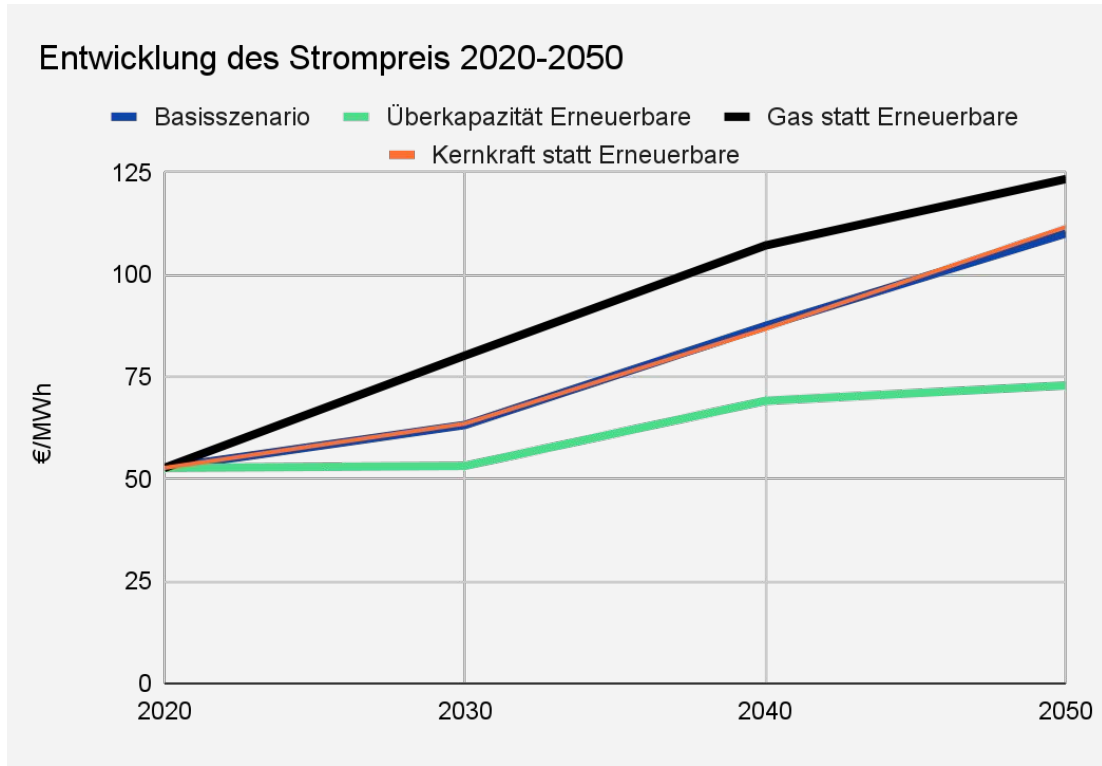
Resultate | Ausbaupfade der Nachbarländer haben einen starken Einfluss auf die Zielerreichung innerhalb der Schweiz



- ❖ In keinem Szenario werden die Zielwerte erreicht
- ❖ Je mehr Erneuerbare und "Baseload" in den Nachbarländer, desto niedriger der inländische Ausbau

- ❖ 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

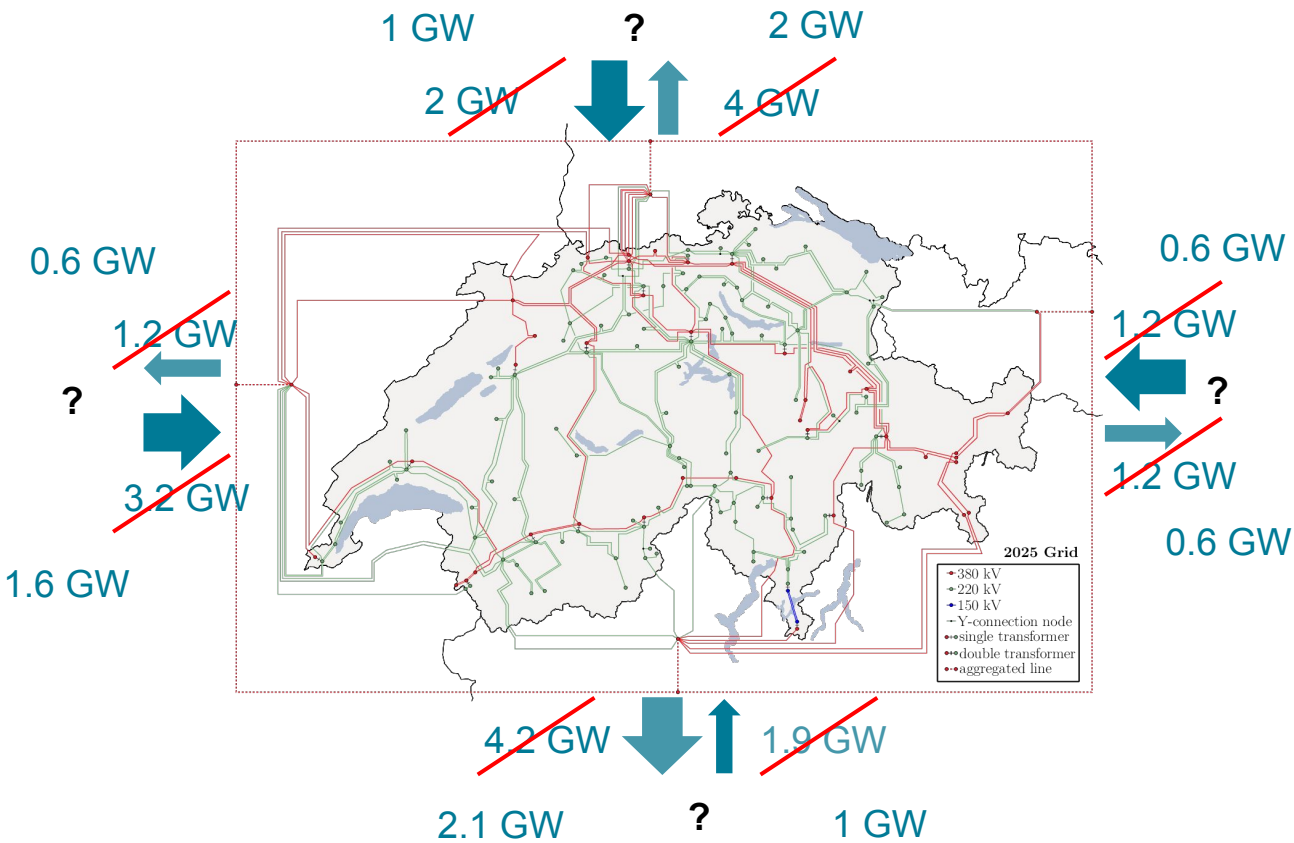
Resultate | Strompreis und Zeitpunkt der Importe und Exporte bestimmt Gesamtkosten, nicht die Menge an Importen



- ❖ Anstieg des Strompreis in allen Szenarien, CO₂ Preis als ein wichtiger Treiber
- ❖ Je mehr Erneuerbare in den Nachbarländern, desto geringer der Strompreis, Gas hingegen verteuert den Strompreis

- ❖ Strompreis Treiber für Gesamtkosten
- ❖ Trotz höchster Importe, ein Überschuss an Erneuerbaren in den Nachbarländern ist auch am günstigsten für die Schweiz

Szenarien



Erlaubter Stromhandel mit den Nachbarländern

Entwicklung Schweizer Stromsystem

Basisszenario: NTC Werte steigen leicht bis 2030, danach konstant ¹

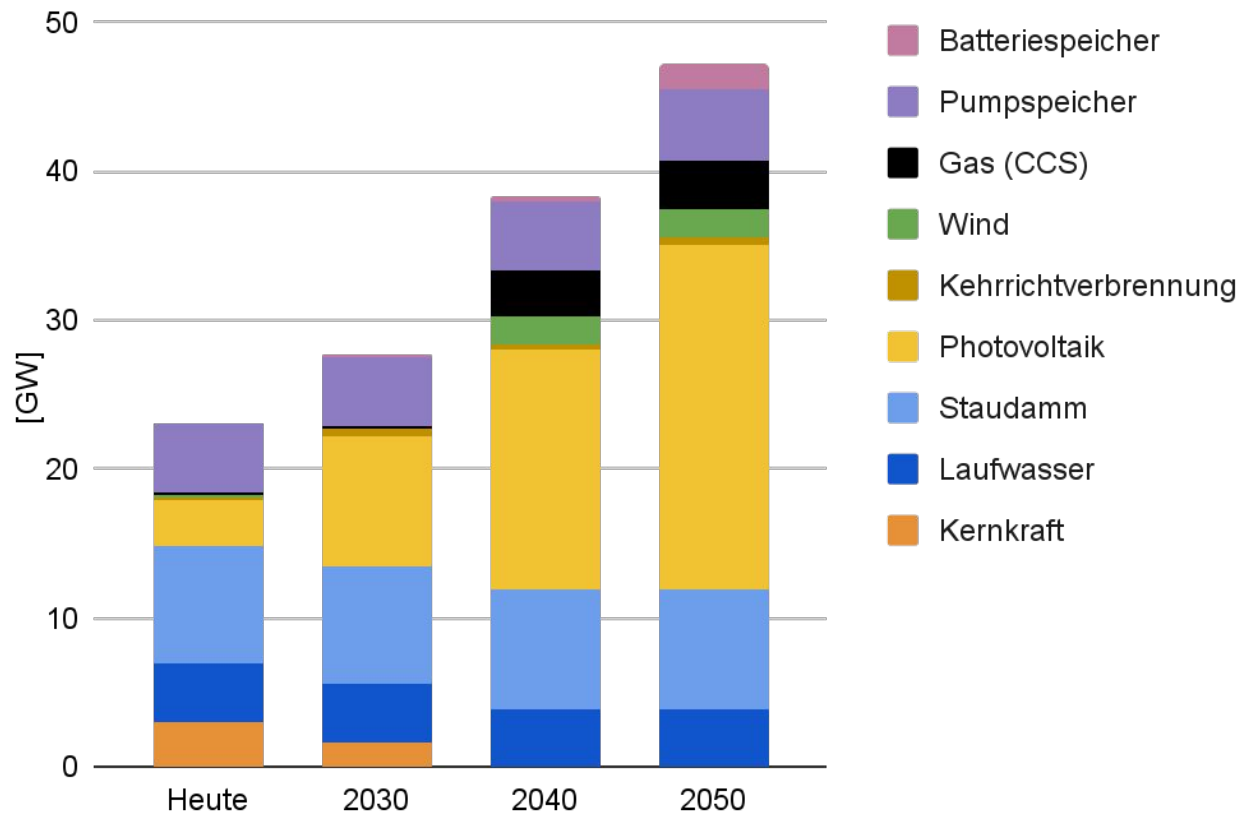
Szenario "Eingeschränkter Stromhandel": NTC Werte um 50% reduziert

Szenario "Ausgebauter Stromhandel": NTC Werte um 100% erhöht

Resultate | Eine Einschränkung des Stromhandels führt zu mehr inländischer Stromerzeugungskapazität

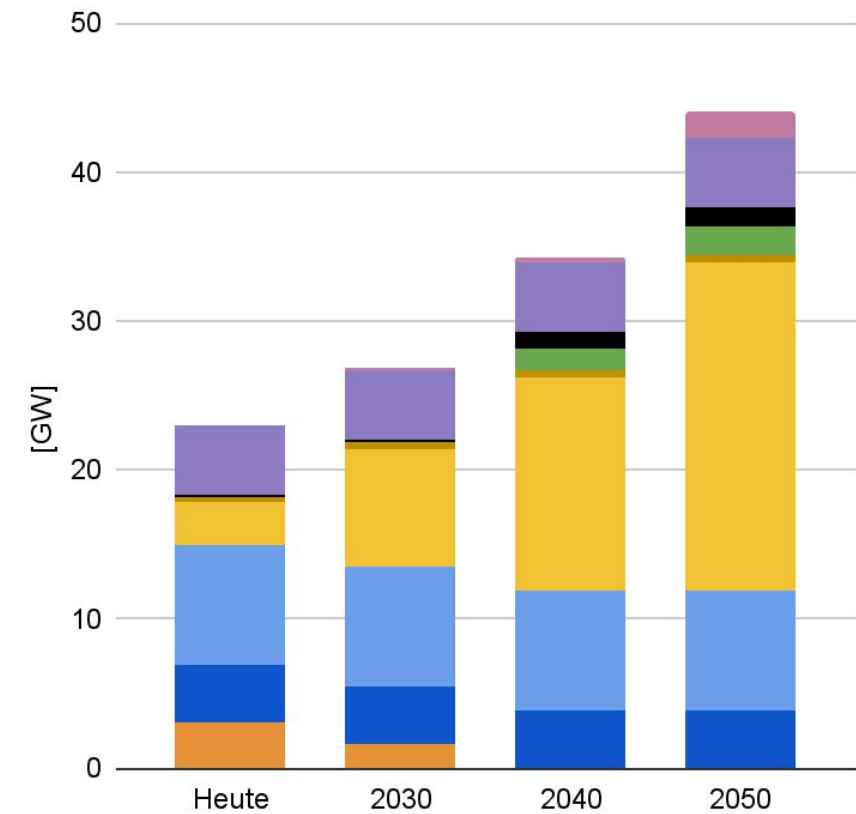
Installierte Stromerzeugungskapazität 2020-2050

Eingeschränkter Stromhandel (NTC -50%)



Installierte Stromerzeugungskapazität 2020-2050

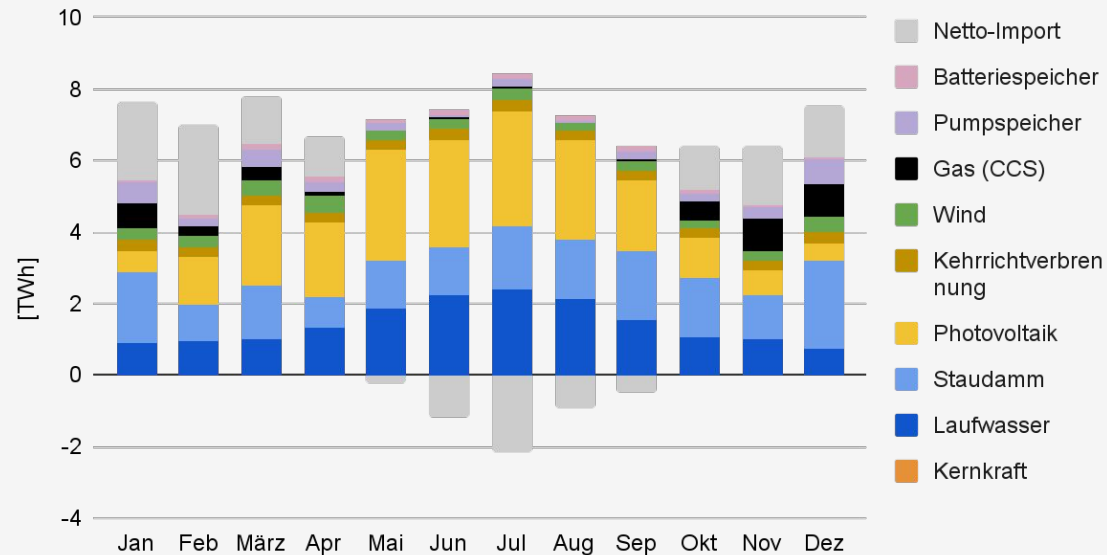
Basisszenario



Resultate | Aufgrund weniger Importe und Exporte und fehlender Erneuerbarer Energien steigt die Auslastung der Gaskraftwerke im Winter

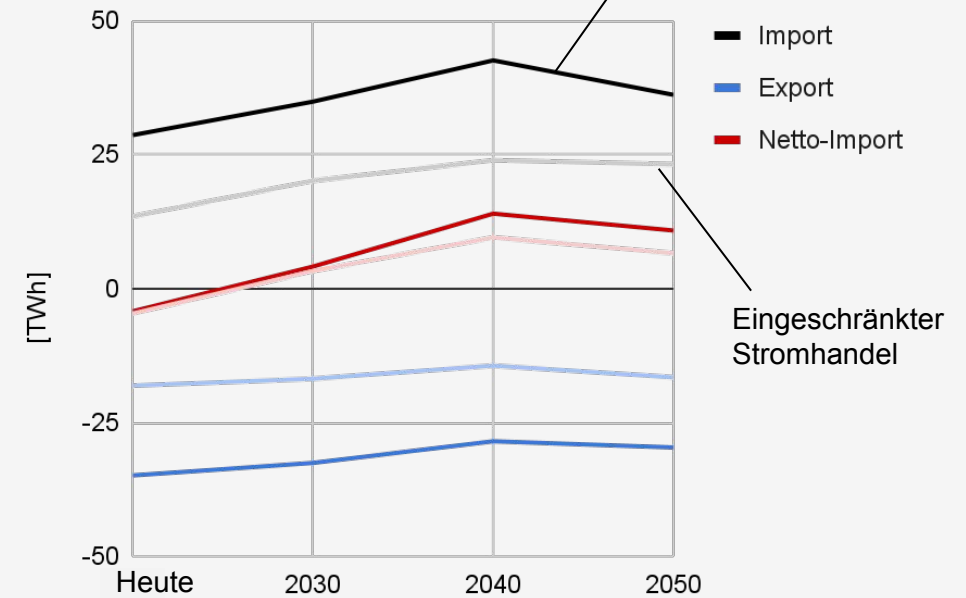
Monatliche Stromerzeugung 2050

Eingeschränkter Stromhandel (NTC -50%)



- ❖ Gaskraftwerke mit höherer Auslastung in den Wintermonaten um Importe zu reduzieren, in den Sommermonaten nur in einzelnen Stunden
- ❖ Nur geringer Anstieg von inländischer Abregelungen im Sommer

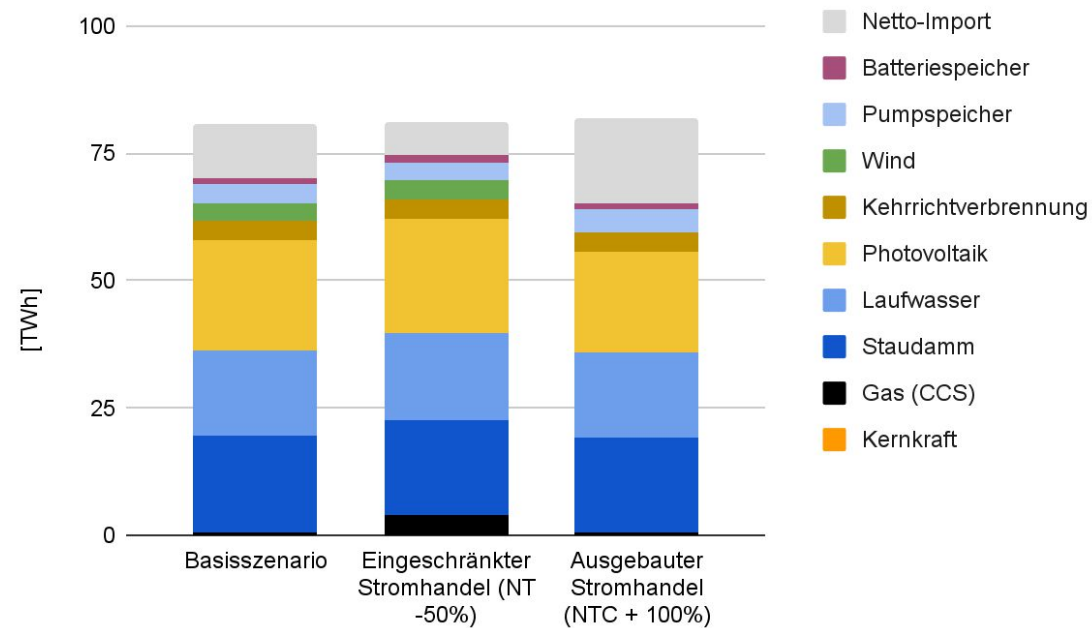
Szenarienvergleich



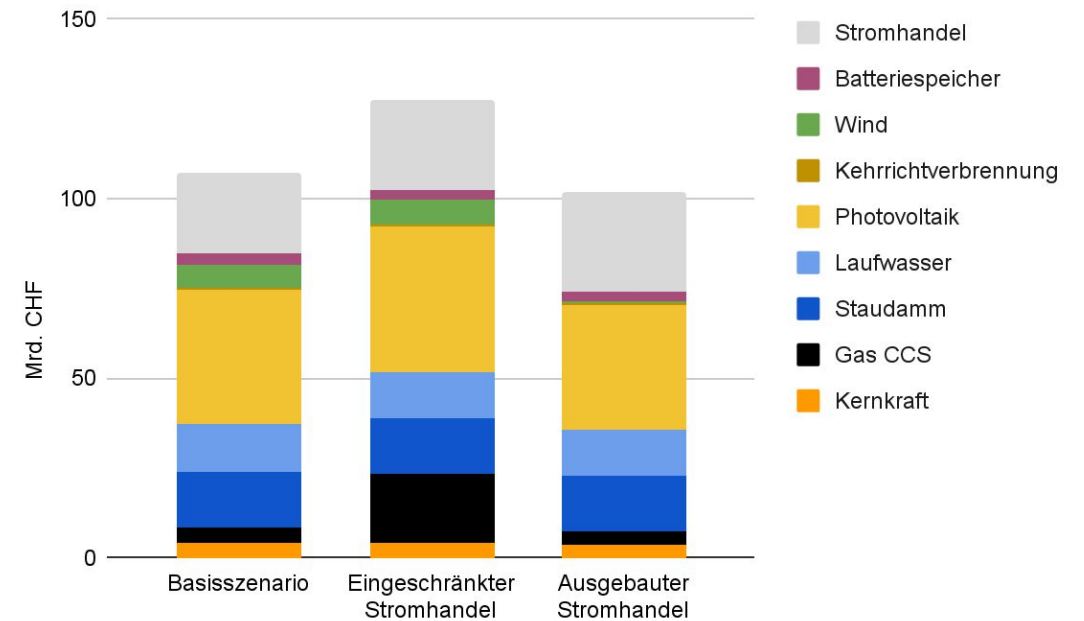
- ❖ Einschränkung des Stromhandels [GW] um 50% führt zu weniger Import, aber auch Export (35-50%)
- ❖ Netto-Importe reduziert ab 2040

Resultate | Ein Ausbau des Stromhandels führt zu weniger inländischer Stromerzeugung, reduziert jedoch die Gesamtkosten

Stromerzeugung in 2050



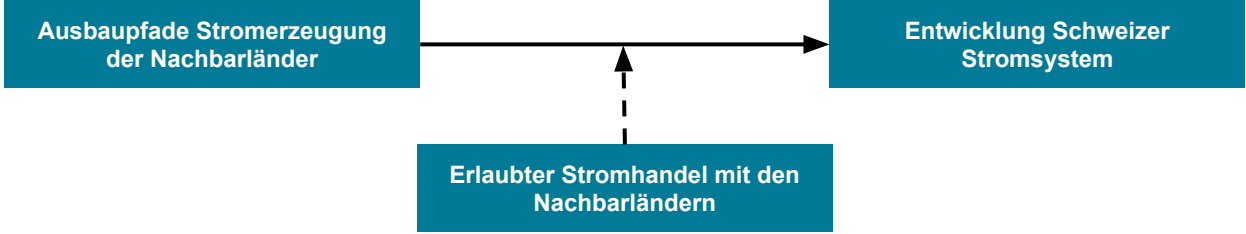
Gesamtkosten



- ❖ Ausbauen des Stromhandels führt zu noch weniger inländischer Stromerzeugungskapazität
- ❖ Anstieg der Netto-Importe auf 16.8 TWh, im Vergleich zu 10.8 TWh im Basisszenario und 6.6 TWh wenn der Stromhandel eingeschränkt wird

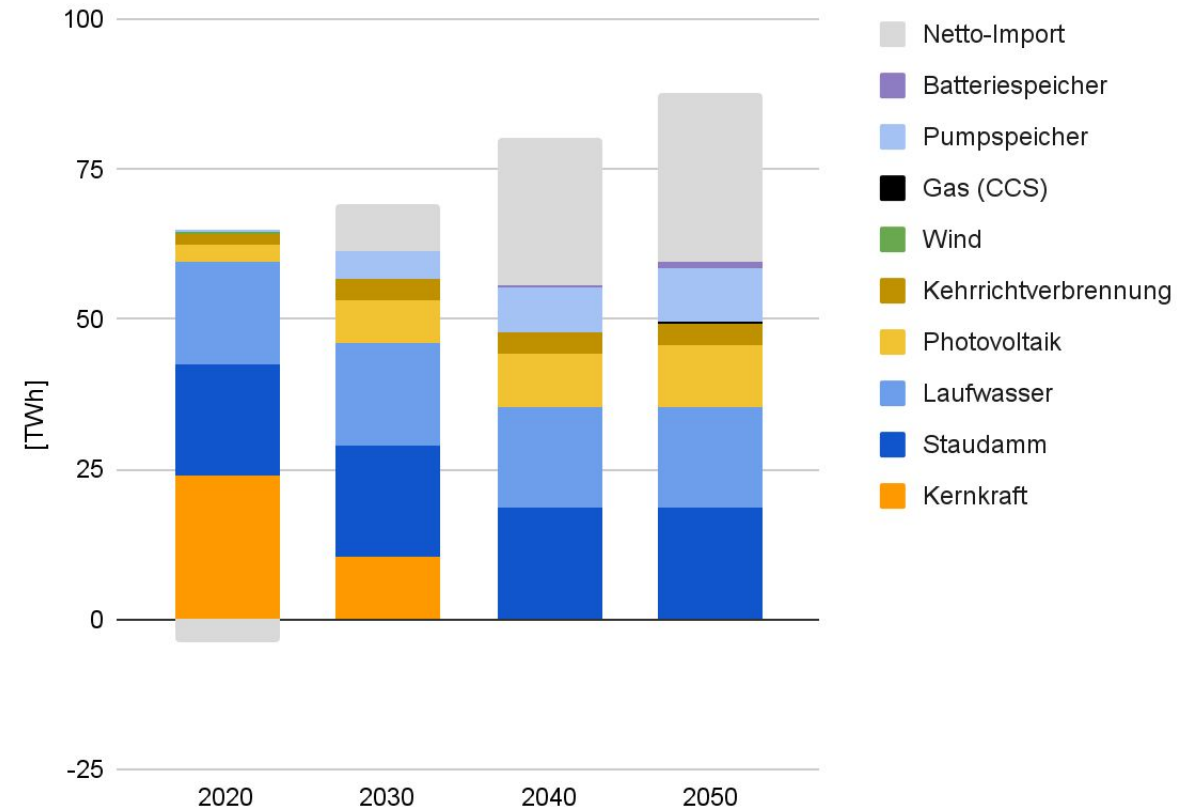
- ❖ Ausbau des Stromhandels reduziert Gesamtkosten, da Kosten für Stromhandel nur leicht ansteigen trotz hoher Netto-Importe
- ❖ Unterschiedliche Effekte auf die Volkswirtschaft von inländischen Investitionen und Importen

Szenarien & Beispiel-Ergebnis



Stromhandel / Ausbaupfad	Eingeschränkter Stromhandel (NTC -50%)	Basis	Ausgebauter Stromhandel (NTC +100%)
Überkapazität Erneuerbare Energien			▶
Basis			
Gas statt Erneuerbare			
Kernkraft statt Erneuerbare			

Stromerzeugung



- ❖ Die Schweiz wird zum Flexibilitäts-Hub für die Nachbarländer
- ❖ Trotz der extrem hohen Netto-Importe ist die Handelsbilanz [CHF] positiv

5 Kernaussagen zum Mitnehmen



Ziele für den Ausbau von Erneuerbaren Energien werden in unseren Szenarien **nicht erreicht**



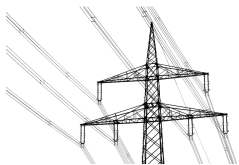
Höhere Stromimporte als heute in den Wintermonaten, jedoch aus technischer und ökonomischer Sicht machbar - trotz Netto-Null Ziele der Nachbarländer



Entwicklung des **Schweizer Stromsystems hängt von den Auspfaden der Nachbarländern** ab - das gilt für Stromerzeugung sowie Flexibilität



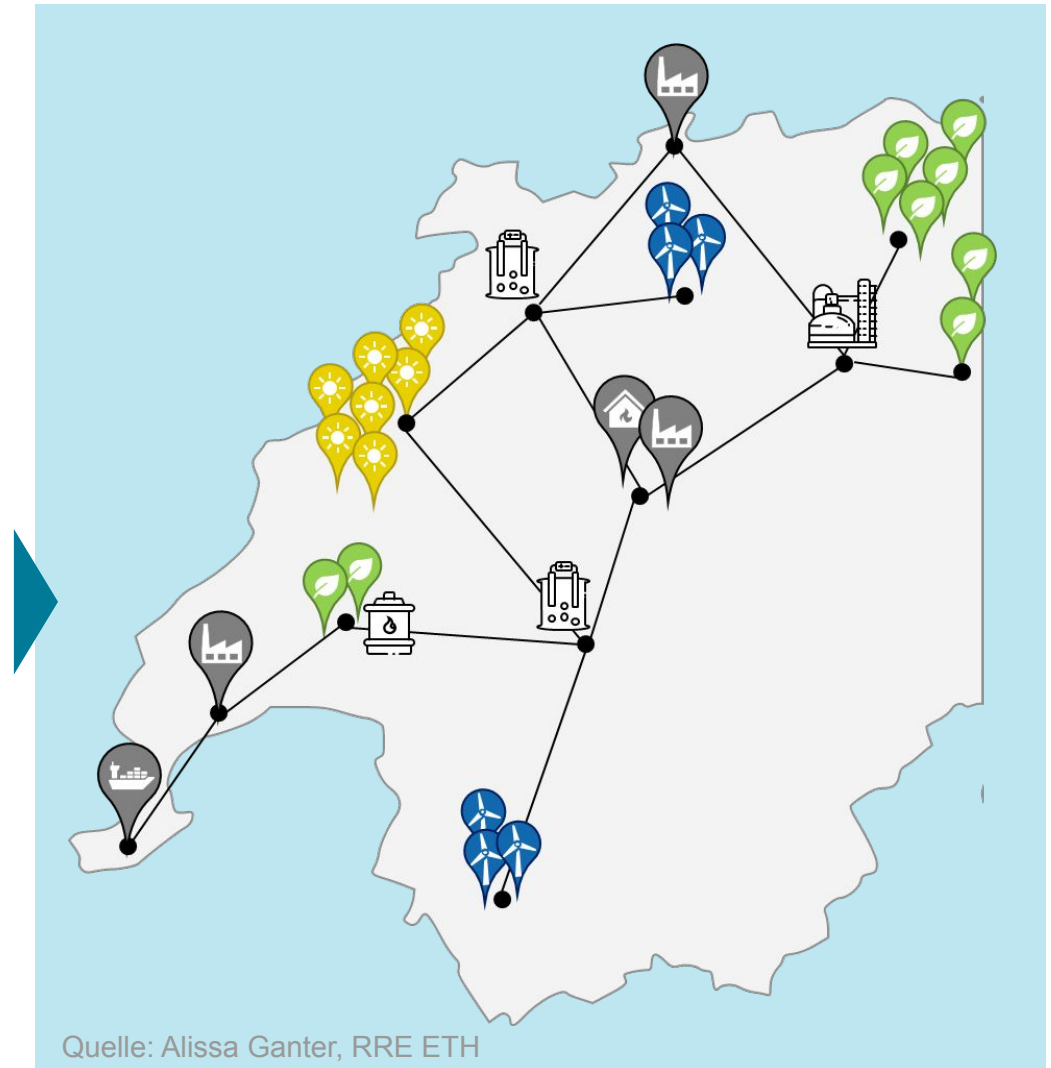
Bei **Einschränkung des Stromhandels mehr inländische Stromerzeugungskapazität notwendig** - Gaskraftwerke mit hoher Auslastung in den Wintermonaten



Ein Ausbau des Stromhandels, führt zu weniger inländischer Stromerzeugung und mehr Importen, kann jedoch die Gesamtkosten für die Entwicklung des Schweizer Stromsystems senken - Effekt auf Volkswirtschaft jedoch offen

Ausblick

- **Nexus-e als wichtiger Bestandteil** in zwei Konsortien, die vom BFE durch das **SWEET** Programm «*Integration erneuerbarer Energien in ein nachhaltiges und belastbares Schweizer Energiesystem*» gefördert werden
- Einbindung und Analyse von **Einfluss der Verteilnetze und Steuerung dezentraler Technologien** auf Investitionsbedarf
- Analyse der Kosten und des Potenzials einer **Infrastruktur**, inklusive Transport und **Speicherung**, für synthetische Gase als saisonale Speicher.
- Bessere Abdeckung von Freiflächen Solaranlagen **im alpinen Bereich**





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)

Danke für ihre Aufmerksamkeit.

Dr. Marius Schwarz
mschwarz@ethz.ch

More information on:
www.nexus-e.ethz.ch



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



Pranjai Jain
ESC

ETH zürich

FEN
RESEARCH CENTER FOR ENERGY NETWORKS
FORSCHUNGSSTELLE ENERGIENETZE

PSL | Power
Systems
Laboratory

epse
ENERGY & PROCESS SYSTEMS ENGINEERING

**Energy
Science
Center**

RRE
Reliability and Risk Engineering

ETH zürich

Energy Science Center (ESC)