

# Optimaler Mix für den Ausbau erneuerbaren Energien in der Schweiz zur Reduktion der Winterstromlücke

Student: Sandro Casillo

Industrie- / Praxispartner: Zentralschweizer Forschungsinstitut

## 1. Hintergrund, Forschungsfragen & Zielsetzungen

### Hintergrund / Kontext

Die Schweiz hat das Ziel, bis im Jahr 2050 klimaneutral zu sein. Ein Kernpunkt dabei ist der Ausbau erneuerbaren Energiequellen. Bis heute stützt sich die Schweizer Energieversorgung stark auf Kernenergie, diese machen einen Anteil von 28.9% in der Schweizer Stromerzeugung aus und betragen im letzten Jahr absolut 23.1 TWh. Bis ins Jahr 2050 gilt es diese zu substituieren, was die Politik Wirtschaft und Gesellschaft vor neue Herausforderungen stellt.

### Herausforderungen / Forschungsfragen

Durch den Ausbau erneuerbaren Energien nimmt die Volatilität in der Stromversorgung stark zu. Insbesondere in den Wintermonaten besteht die Gefahr einer Stromlücke. Um dieses Defizit möglichst zu minimieren, muss genau bedacht werden in welcher Kombination die erneuerbaren Energien optimal ausgebaut werden können.

- Gibt es einen optimalen Mix für den Ausbau erneuerbaren Energien zur Reduktion der Winterstromlücke?

### Zielsetzungen / Hypothesen

-> Das Hauptziel dieser Forschungsarbeit ist die Bestimmung eines optimalen Stromerzeugungs-Mixes zur Reduktion der Winterstromlücke.

Es wird angenommen bis 2050 keine Kernenergie mehr zu fördern und dass Defizite im Stromangebot mit Importen gedeckt werden können.

## 2. Methoden / Material

### Methoden

In der Bachelorarbeit wurden hauptsächlich drei Methoden angewandt.

1. Literaturrecherche
2. Datenrecherche
3. Lineare Optimierung



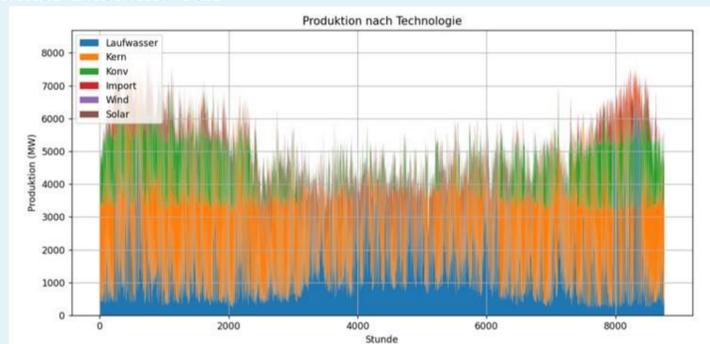
Begonnen wurde mit der Literaturrecherche und einer Datenrecherche. Die gesammelten Daten und Information dienen als Input für das lineare Optimierungsmodell. Die Hauptmethodik, die verwendet wurde ist die lineare Optimierung, welche die Problematik der Forschungsfrage löst. Anschliessend folgt ein Vergleich der Ergebnisse und eine Validierung des Modells.

### Material / Daten / Tools

- Datenquellen dieser Forschungsarbeit umfassen öffentliche Daten der Schweizer Stromproduktion- und Nachfrage
- Daten bestehen aus Zeitreihen für 1 Jahr in 8760 Std.
- Verwendete Daten stammen alle vom Bundesamt für Energie
- Python
- Mit Hilfe von Python wird das Optimierungsproblem gelöst

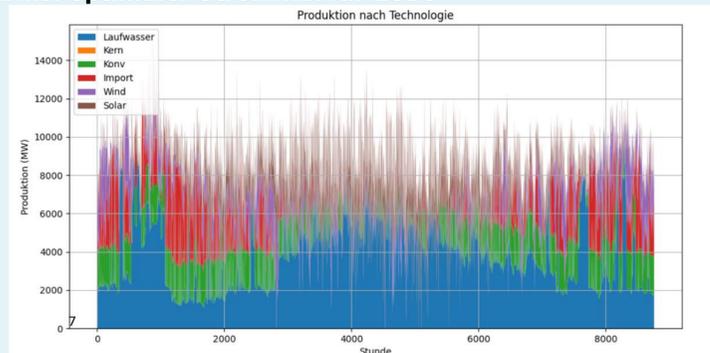
## 3. Resultate / Lösungen / Empfehlungen

### Ergebnis: Basismodell



Das Basismodell basiert auf den Stromdaten des BfE vom Jahr 2022.

### Ergebnis: optimaler Strommix für 2050



Die Grafik repräsentiert das Lösungsergebnis des Optimierungsproblems.

### Vergleich mit Energieperspektive2050+

Energieperspektive2050+	Gesamtenergie des Jahres 2050 (in TWh)	Modell	Gesamtenergie des Jahres 2050 (in TWh)
☉ Import	24.362	☉ Import	13.338
☉ Wasser	38.944	☉ Wasser	35.874
☉ Solar	11.112	☉ Solar	11.964
☉ Wind	0.354	☉ Wind	3.039
☉ konv.	4.241	☉ konv.	9.412

## 4. Diskussion, Schlussfolgerung & Ausblick

### Diskussion

Mit Hilfe des Modells, konnte die optimale Kombination zum Einsatz und Ausbau von erneuerbaren Energien aufgrund der definierten Nebenbedingungen ermittelt werden. Die Methode der linearen Optimierung ist eine geeignete Methode zur Betrachtung und Analyse der Forschungsthematik.

### Schlussfolgerungen

Ein wichtiges Ergebnis des Optimierungsproblems ist die Bedeutung von Windkraft in Bezug auf die Winterstromproblematik. Sie ist eine nachhaltige und zuverlässige Energiequelle und sollte für die zukünftige Energiegestaltung in Betracht gezogen werden.

### Ausblick

Modellverfeinerung, Kapazitäts-Ressourcenabklärung, Auswirkungen unterschiedlicher Politiken untersuchen

## Literatur

- [www.bfe.admin.ch](https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/politik/energiestrategie-2050.html). (22. 02 2023). Von [www.bfe.admin.ch](https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/politik/energiestrategie-2050.html): https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/politik/energiestrategie-2050.html abgerufen
- [www.swissgrid.ch](https://www.swissgrid.ch/de/home/operation/power-grid/swiss-power-grid.html). (01. Mai 2023). Von [www.swissgrid.ch](https://www.swissgrid.ch/de/home/operation/power-grid/swiss-power-grid.html): https://www.swissgrid.ch/de/home/operation/power-grid/swiss-power-grid.html abgerufen
- Wolfgang Domschke, A. D. (2015). *Einführung in Operations Research*. Berlin: Springer Verlag.