

Wie entsteht das nachhaltige Energiesystem der Zukunft?

Unser Strom soll in Zukunft rein aus erneuerbaren Energien kommen. Dafür muss auch unser Energiesystem bereit sein. Wie das zu annehmbaren Kosten gelingt, daran forscht das Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energie-innovation der TU Graz.

1 Energiewende: die Herausforderung

Um dem Klimawandel zu begegnen ist eine Transformation in unserem Energiesystem notwendig. Strom und Wärme wird zukünftig nicht länger mit Kohle, Öl und Gas erzeugt werden, sondern nachhaltig aus Sonnen-, Wind-, und Wasserkraft.

Die benötigten Technologien wie Photovoltaikmodule oder Windräder sind bereits weit fortgeschritten und zu günstigen Preisen verfügbar. Doch die Frage wie sich das gesamte Energiesystem zu den geringstmöglichen Kosten umbauen lässt, ist nicht so einfach zu beantworten. Einige Fragestellungen sind:

- Woher kommt der Strom, wenn kein Wind weht und die Sonne nicht scheint?
- Wo sollen wie viele Windräder und Photovoltaikmodule dazu gebaut werden?
- Wie bringen wir den Strom dorthin, wo er gerade gebraucht wird?
- Wie kann der Sonnenstrom vom Tag für die Nacht gespeichert werden?



2 Versuche es selbst!

Um selbst ein Gefühl für die unzähligen Entscheidungsmöglichkeiten für den Aus- und Umbau des Energiesystems zu bekommen, kannst du versuchen den perfekten Energiemix für unsere kleine Teststadt zu finden!

2.1 Das Szenario

In diesem Szenario sind der Strom und Wärmebedarf für eine Stadt für eine Woche (= 168 Stunden) vorgegeben. Dieser Bedarf muss für jede einzelne Stunde durch die Produktion gedeckt werden.

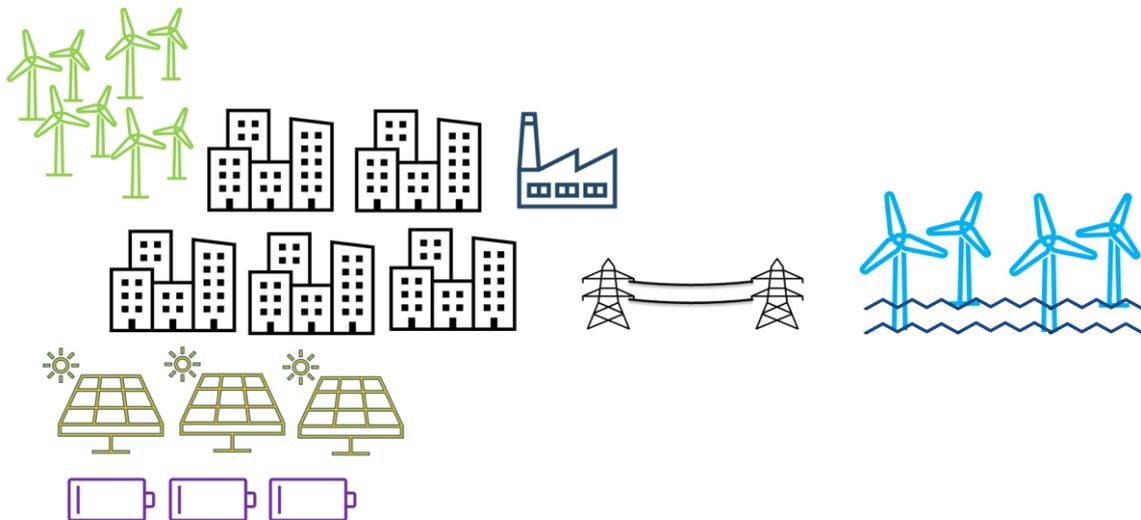


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Modellstadt. Der Energiebedarf der Stadt muss zu jeder Stunde gedeckt werden. Dazu kann PV, Wind und Akkus gebaut werden. Den optimalen Mix zu finden ist nicht immer so leicht!

2.2 Die Entscheidungsmöglichkeiten

Um den Bedarf zu decken, kannst du entscheiden wie viele Windräder, PV-Anlagen, Gasturbinen sowie Akku-Speicher gebaut werden. Beachte: Offshore-Windräder können die Energie nur zur Stadt transportieren, wenn gleichzeitig auch in eine Stromleitung investiert wird.

Für den Wärmebedarf stehen Gas, Biomasse und Wärmepumpen zur Verfügung. Letztere erhöhen den Strombedarf.

Wie entsteht das nachhaltige Energiesystem der Zukunft?

Alle Einheiten haben spezifische Investitionskosten (auf eine Woche runtergerechnet), sowie Betriebskosten pro produzierter Energiemenge. Darin enthalten sind beispielsweise Treibstoff oder Gas-kosten, aber auch Wartungen.

Für die Wind und PV-Produktion sind Wetterprofile hinterlegt. Diese bestimmen wie viel die jeweilige Anlage am jeweiligen Standort maximal produzieren kann. Denn nur wenn die Sonne scheint, oder der Wind weht, kann mit PV und Wind auch Strom erzeugt werden.

2.3 Visualisierung

Die Visualisierung in Abbildung 2 zeigt den tatsächlichen Kraftwerkseinsatz, basierend auf den getroffenen Investitionsentscheidungen: Zuerst werden die erneuerbaren Energien verwendet. Ist ein Überschuss vorhanden, wird damit der Speicher (bis zur maximalen Speicherkapazität) aufgeladen werden. Falls der aktuelle Bedarf nicht gedeckt wird, kann der Speicher (falls geladen) entladen werden, oder eine Gasturbine eingesetzt werden. Kann trotzdem nicht der Gesamtstrombedarf gedeckt werden, wird die fehlende Energie rot eingezeichnet. Übersteigt die erneuerbare Produktion den Bedarf, erfolgt eine Abregelung.

Am „echten“ Energiemarkt erfolgt der Kraftwerkseinsatz nach der sogenannten Merit-Order. Das heißt die Kraftwerke werden nach ansteigenden Grenzkosten eingesetzt. Auch dort haben typischerweise Erneuerbare die geringsten Kosten. Gasturbinen mit hohen Grenzkosten dienen meistens zur Abdeckung von Lastspitzen.

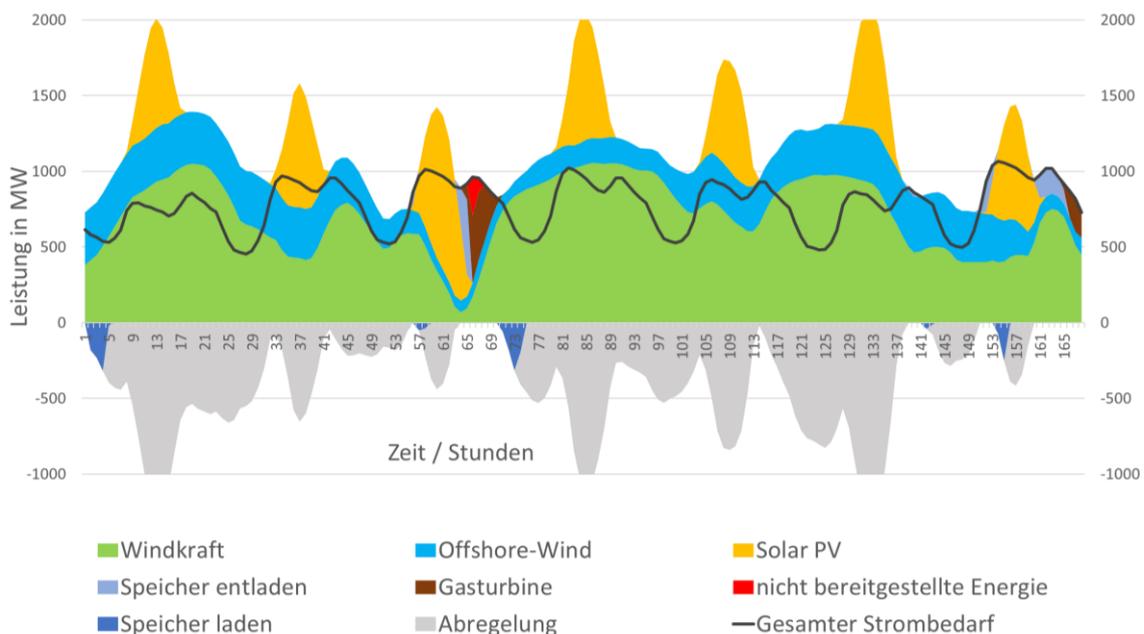
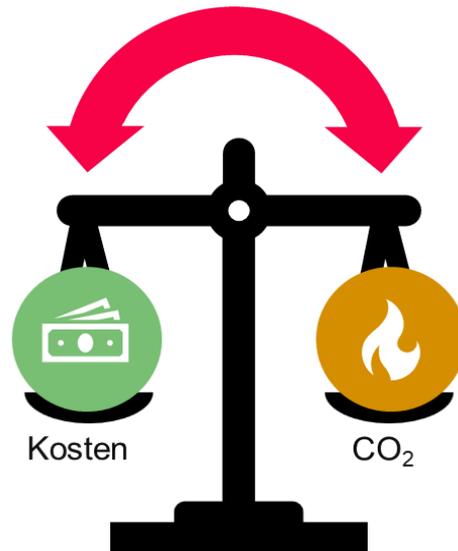


Abbildung 2: Visualisierung der stündlichen Energiemengen. Die schwarze Kurve zeigt den Strombedarf, die farbigen Flächen die stündliche Erzeugung nach Technologie.

2.4 Ziel

Das Ziel ist, die Investitionen so zu planen, dass die Gesamtkosten (Investitionskosten und laufende Betriebskosten) möglichst niedrig sind. Gleichzeitig sollen auch die gesamten CO₂-Emissionen möglichst gering gehalten werden. Basierend auf den gewählten Investitionsentscheidungen wird im Hintergrund der (vereinfachte) Kraftwerkeinsatz sowie die damit verbundenen Kosten und Emissionen berechnet und als Ergebnis angezeigt.



3 Der besten Lösung auf der Spur: Optimierungsmodelle

Schon für unsere kleine Teststadt für nur eine Woche ist es herausfordernd eine gute Lösung zu finden! Will man die Transformation des österreichischen oder gar europäischen Energiesystems untersuchen gibt es statt einer Handvoll Entscheidungsvariablen zig Millionen Variablen, technische Limitationen sowie gesetzliche Regulierungen.

Um die richtigen Entscheidungen treffen zu können, entwickeln wir am Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation Modelle, die das echte Energiesystem so genau wie möglich abbilden. Mit Hilfe ausgereifter Optimierungsalgorithmen und ausreichend Rechenleistung kann die optimale Lösung gefunden werden: beispielsweise wo neue Stromleitungen errichtet werden sollten, oder wo wie viel Photovoltaik zugebaut werden kann, ohne das Netz zu überlasten.

Im Rahmen von Projekten wurde dabei beispielsweise die Notwendigkeit für den Leitungsausbau zwischen Ost- und Westösterreich gezeigt, der Speicherbedarf im österreichischen Energiesystem 2024 analysiert, oder die dynamische Leistungsregelung von PV-Anlagen untersucht.

4 Kontakt

Hast du Fragen oder möchtest mehr wissen? Dann schreib uns unter: iee@tugraz.at!

Für die neuesten Infos folge uns auf [Instagram](#) oder [LinkedIn](#).