

ENERGIESYSTEMMODELLE – EIN WERKZEUG FÜR DIE ENTWICKLUNG DER ENERGIESTARTEGIE KÄRNTEN

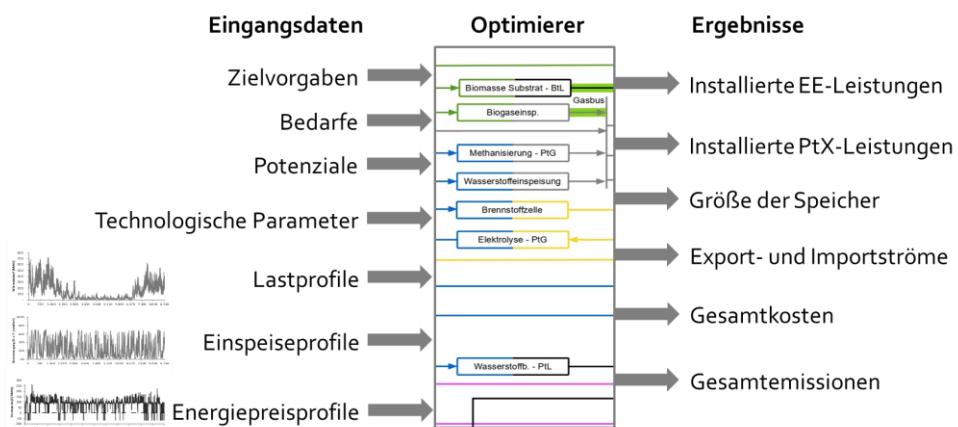
Albrecht GRIEßHAMMER¹, Viktor WESSELAK², Nina WEBER³,
Hinderrike-Johanna HAUER-BERGHUIS⁴, Kathrin HILGARTER⁵, Haifeng ZHOU⁶,
Robert HAUSER⁷

Motivation und zentrale Fragestellung

Österreichs Nationaler Energie und Klimaplan [1] sieht eine Steigerung des Anteils Erneuerbarer Energien bis 2030 auf 57 % des Bruttoendenergieverbrauchs bzw. auf 100 % des inländischen Stromverbrauchs vor und orientiert sich an dem Ziel der nationalen Klimaneutralität bis 2040. Entscheidend für die Erreichung dieser Ziele ist deren Umsetzung auf der Ebene der einzelnen Bundesländer. Im Einklang mit den bundesweiten Klimazielen hat Kärnten in seiner Klimaagenda [2] spezifische Zielsetzungen formuliert, welche die geografischen und wirtschaftlichen Bedingungen des Bundeslandes berücksichtigen. Vor dem Hintergrund dieser landesspezifischen Klimaziele stellt sich die Frage, wie ein klimaneutrales Energiesystem für eine industrialisierte Region wie Kärnten aussehen kann. Welche Technologien stehen zur Verfügung um den Energiebedarf an Strom, Wärme und Mobilität zu decken? Welche Speicher werden dafür benötigt? Und schließlich: welche Handlungsnotwendigkeiten und Gestaltungsspielräume ergeben sich daraus für Kärntens Politik und Gesellschaft?

Methodische Vorgehensweise

Das Energiesystem Kärnten wird mit dem offenen Programm Paket oemof modelliert [3]. Die typischen Einspeiseprofile der Erneuerbaren Energien, die typischen Lastprofile der sektoralen Energiebedarfe



¹ IB GET-Innovation Grießhammer, Rauth 39, 9074 Keutschach, +43 4273 93168, albrecht.grieszhammer@get-innovation.com, www.get-innovation.com

² Hochschule Nordhausen, Weinberghof 4, 99734 Nordhausen (D), +49 3631 420456, viktor.wesselak@hs-nordhausen.de, www.hs-nordhausen.de/forschung/inret/ret-con

³ IB Ressourcenmanagement Weber, Flatschacher Straße 134/4/7, 9020 Klagenfurt, +43 650 9246162, nina.weber@rm-w.at, www.ressourcenmanagement-weber.at

⁴ Hochschule Nordhausen, Weinberghof 4, 99734 Nordhausen (D), +49 3631 420853, hinderrike-johanna.hauer-berghuis@hs-nordhausen.de, www.hs-nordhausen.de/forschung/inret/ret-con

⁵ Fachhochschule Kärnten, Europastraße 4, 9524 Villach, +43 5 90500 4122, k.hilgarter@fh-kaernten.at, www.fh-kaernten.at

⁶ IB GET-Innovation Grießhammer, Rauth 39, 9074 Keutschach, +43 4273 931681, haifeng.zhou@get-innovation.com, www.get-innovation.com

⁷ Fachhochschule Kärnten, Europastraße 4, 9524 Villach, +43 5 90500 2135, r.hauser@fh-kaernten.at, www.fh-kaernten.at

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Energiesystemmodellierung und erwartete Ergebnisse.

und die Strompreisprofile werden mit einer zeitlichen Auflösung von einer Stunde berücksichtigt. Restriktionen wie beispielsweise die vorhandenen Potenziale der Erneuerbaren Energien fließen ebenso ein wie die prognostizierten Energiebedarfe Kärntens und technologische Parameter (siehe Abb.1). Das Open-Source-Lizenzframework oemof basiert auf der Programmiersprache Python und stellt verschiedene Bibliotheken für die Konfiguration von Energiesystemen zur Verfügung. Das in oemof implementierte Modell des Energiesystems führt auf ein lineares Optimierungsproblem. Dies wird von einem Solver unter Berücksichtigung von Zielvorgaben wie Anteil der Erneuerbaren Energien oder Obergrenze für CO₂-Emissionen im Hinblick auf **minimale Kosten** optimiert. Der dabei verwendete CBC-Solver ist ebenfalls unter der Open-Source-Lizenz lizenziert [4].

Szenarien und Sensitivitäten

Im Modell werden zwei Szenarien hinterlegt, die jeweils die energie- und klimapolitischen Ziele Kärntens erreichen: Szenario A stellt ein *Innovatives Szenario* dar, das sich durch eine hohe Bereitschaft zum Einsatz innovativer Technologien einschließlich Wasserstoff auszeichnet. Im Gegensatz dazu stellt Szenario B ein technologisch *Konservatives Szenario* dar, das durch eine langsamere Veränderungsgeschwindigkeit und einen Trend zu überwiegend elektrischen Lösungen im Verkehr und in der Prozesswärme gekennzeichnet ist. Darauf aufbauend werden mit Hilfe des Energiesystemmodells Sensitivitätsrechnungen durchgeführt. Dabei handelt es sich um Untersuchungen, die ausgehend von den für die beiden Szenarien A und B gewonnenen Optimierungsergebnissen als kritisch angesehene Parameter wie Strompreise oder Wasserführung der Kärntner Flüsse variieren. Die Reaktionen des Energiesystemmodells liefern Aussagen über die **Resilienz** des Energiesystems, d.h. seine Fähigkeit mit veränderten Rahmenbedingungen zurechtzukommen.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Optimierung fand hinsichtlich der Gesamtkosten statt unter Berücksichtigung der Potenzialgrenzen sowie der energie- und klimapolitischen Ziele. Das Ergebnis umfasst neben den benötigten Erzeugungsleistungen im Bereich der Erneuerbaren Energien auch Sektorkopplungstechnologien sowie Speicher- und Netzübertragungskapazitäten. Ausgehend von dem für die Modellvalidierung herangezogenen Referenzjahr 2019 wurde der Transformationspfad der sich ergebenden jährlichen Energieerzeugung – unterteilt nach Eigenaufbringung und Import – für den Endausbau im Jahr 2040 bestimmt. Dabei wurden Zwischenziele, beispielsweise für das Jahr 2030 berücksichtigt. Die Eigenaufbringung setzt sich ausschließlich aus Erneuerbaren Energiequellen zusammen. Die Einbindung Kärntens in übergeordnete Energiesysteme erfolgt über die Übertragungsnetze für Strom und Gas bzw. Wasserstoff.

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass die energie- und klimapolitischen Ziele realistisch sind und mit den in Kärnten vorhandenen Energiepotenzialen erreicht werden können. Kärnten ist mit dem Umbau seines Energiesystems in der Lage die Gesamtkosten seiner Energieversorgung dauerhaft zu senken. In die Gesamtkosten gehen sowohl die Investitions- und Betriebskosten als auch die saldierten Kosten für den überregionalen Energieaustausch ein. Wertschöpfungseffekte durch beispielsweise mehr Arbeitsplätze oder höhere Steuereinnahmen sind dabei noch nicht berücksichtigt. Entscheidend für eine kostengünstige Transformation ist eine schnelle Dekarbonisierung des Verkehrssektors. Alle Szenarien zeigen, dass ein schneller Ausbau von Windkraft und Photovoltaik mit hoher Leistung erfolgen muss um den wachsenden Strombedarf Kärntens zu decken.

Referenzen

- [1] Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, „Integrierter nationaler Energie- und Klimaplan für Österreich, Periode 2021-2030,“ Wien, 2023.
- [2] Amt der Kärntner Landesregierung (Hg.), „Klimaagenda Kärnten. Aktualisierung des zweiten Zwischenbericht,“ Klagenfurt, 2023.
- [3] „oemof Projektseite,“ [Online]. Available: <https://oemof.org/>. [Zugriff am 15. 01. 2025].

- [4] „The COIN-OR Foundation,“ [Online]. Available: <https://www.coin-or.org>. [Zugriff am 15. 4. 2025].