

DIE BEDEUTUNG EUROPÄISCHER ZUSAMMENARBEIT FÜR EINE KOSTENEFFIZIENTE ENERGIETRANSFORMATION

Swantje MÖHLE¹, Moritz WENCLAWIAK², Lukasz BRODECKI³, Lukas CZYGAN⁴, Katharina GRUBER⁵, Fabian HOIS⁶, Max LABMAYR⁷, Cornelia MICHLITS⁸, Massimo MOSER⁹, Lyra SCHIFFER¹⁰, Benjamin SCHÖDINGER¹¹, Stefanie SCHREINER-FUSS¹², Anna THÜNEN¹³, Christian TODEM¹⁴, Valentin WIEDNER¹⁵, Paul ZELLE¹⁶

Hintergrund und Zielsetzung

Die Transformation des europäischen Energiesystems hin zu Klimaneutralität stellt eine der größten Herausforderungen der kommenden Jahrzehnte dar und erfordert koordinierte Anstrengungen in allen Bereichen des Energiesystems [1]. Diese gemeinsame Studie mehrerer Übertragungsnetzbetreiber (TSOs) und weiterer Partner untersucht die Auswirkungen starker vs. mangelnder Koordination in der europäischen Energiewende auf Systemkosten, Importabhängigkeiten und Flexibilitätsanforderungen [2]. Grundlage ist Pypsa-TSO, ein sektorgekoppeltes Energiesystemmodell für Europa, das Investitions- und Dispatchentscheidungen kostenoptimal berechnet. Die Analyse ist fokussiert auf Deutschland, Österreich und die Schweiz und berücksichtigt die Ziele des European Green Deal, die erweiterte Effort Sharing Regulation sowie industriepolitische Leitlinien des Clean Industrial Deal und nationale Planungsdokumente.

Untersucht werden die Auswirkungen der Koordination der Energiewende entlang drei verschiedener Dimensionen: 1) Nationale Autonomie vs. gesamteuropäische Kooperation, mit der These: Die Koordination der Energiewende über europäische Länder hinweg erhöht die Kosteneffizienz des Energiesystems. 2) Koordinierter Ausbau erneuerbarer Energieträger vs. verringerter Ausbau eines Energieträgers, anhand der These: Die integrierte und koordinierte Transformation zu einem kosteneffizienten erneuerbaren Energiesystem reduziert Europas Importabhängigkeit und vermeidet Ausgleichskosten in einzelnen Sektoren. 3) Ausbau von Flexibilitäten und Speichern vs. eingeschränkte Flexibilitäten, mit der These: Ein auf erneuerbaren Quellen basierendes Energiesystem erfordert regionale und lokale Flexibilitäten.

Methodik

Das pypsa-TSO Energiesystemmodell, ist ein sektorgekoppeltes europäisches Energiesystemmodell, basierend auf dem Open-Source-Framework PyPSA [3], in gemeinsamer Entwicklung von APG und TBW. Das Modell optimiert Investitions- und Einsatzstrategien zur Minimierung der Systemkosten in den Stützjahren 2030, 2040, 2050, in hoher Zeitlicher Auflösung und unter Berücksichtigung aller Energiesektoren (Strom, Gas, Wasserstoff, Biomasse, Flüssigkraftstoffe) sowie aller

¹ Austrian Power Grid AG, Wagramer Straße 19 (IZD-Tower), 1220 Wien, swantje.moehle@apg.at

² Austrian Power Grid AG, Wagramer Straße 19 (IZD-Tower), 1220 Wien, moritz.wenclawiak@apg.at

³ d-fine GmbH, An der Hauptwache 7, 60313 Frankfurt, DE, lukasz.brodecki@d-fine.com

⁴ d-fine GmbH, An der Hauptwache 7, 60313 Frankfurt, DE, lukas.czygan@d-fine.com

⁵ Austrian Power Grid AG, Wagramer Straße 19 (IZD-Tower), 1220 Wien, katharina.gruber@apg.at

⁶ d-fine Austria GmbH, Seilerstätte 13/25-26, 1010 Wien, fabian.hois@d-fine.com

⁷ d-fine Austria GmbH, Seilerstätte 13/25-26, 1010 Wien, max.labmayr@d-fine.com

⁸ Austrian Power Grid AG, Wagramer Straße 19 (IZD-Tower), 1220 Wien, cornelia.michlits@apg.at

⁹ TransnetBW GmbH, Osloer Straße 15-17, 70173 Stuttgart, DE, m.moser2@transnetbw.de

¹⁰ d-fine Austria GmbH, Seilerstätte 13/25-26, 1010 Wien, lyra.schiffer@d-fine.com

¹¹ d-fine Austria GmbH, Seilerstätte 13/25-26, 1010 Wien, benjamin.schoedinger@d-fine.com

¹² Austrian Power Grid AG, Wagramer Straße 19 (IZD-Tower), 1220 Wien, stefanie.schreiner-fuss@apg.at

¹³ d-fine GmbH, An der Hauptwache 7, 60313 Frankfurt, DE, anna.thuenen@d-fine.com

¹⁴ Austrian Power Grid AG, Wagramer Straße 19 (IZD-Tower), 1220 Wien, christian.todem@apg.at

¹⁵ Austrian Power Grid AG, Wagramer Straße 19 (IZD-Tower), 1220 Wien, valentin.wiedner@apg.at

¹⁶ TransnetBW GmbH, Osloer Straße 15-17, 70173 Stuttgart, DE, p.zelle@transnetbw.de

Verbrauchssektoren (Industrie, Haushalte, Dienstleistungen, Verkehr). Die Eingangsdaten stammen von den beteiligten TSOs, aus dem TYNDP, sowie aus nationalen Planungsdokumenten (NEP, ÖNIP, EP2050+). Die Technologien werden weitgehend frei optimiert, teilweise mit festen Ausbaupfaden.

Analysiert werden die Vergleiche eines Basisszenario mit starker europäischer Koordination mit drei Kontra-Szenarien: 1) Starke nationale Autarkie von 80% in 2050, sowie stark eingeschränkte Transportkorridore zwischen den Ländern. 2) Verringerter Ausbaupfad für Windenergie um 50% gegenüber dem Basisszenario. 3) Eingeschränkte Flexibilitätsoptionen durch stark verringerte Speicher- und Demand-Side-Management Kapazitäten.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass eine koordinierte europäische Energiewende die Kosteneffizienz deutlich steigert. Ein Szenario mit hoher nationaler Autarkie von 80% in 2050 führt zu 56 % höheren jährlichen Systemkosten in der DACH-Region und erheblichen Zusatzinvestitionen bis 2050 gegenüber dem Basis-Szenario. Bei guter Marktintegration sind die Grenzkosten für Strom deutlich geringer gegenüber dem Szenario mit starker Autarkie und eingeschränkten Transportkapazitäten. Koordination ist auch zwischen den Energieerzeugungssektoren wichtig. Eine reduzierte Windkraftexpansion erhöht die Importabhängigkeit insbesondere von Methan und Wasserstoff und die Stromkosten deutlich gegenüber dem Basis-Szenario. Fehlende Speicher- und Flexibilitätsoptionen steigern den Bedarf an Gaskraftwerken und verursachen Preisspitzen bei in kritischen Situationen wie Dunkelflauten.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine koordinierte europäische Energiewende entscheidend für die Kosteneffizienz und Versorgungssicherheit ist. Nationale Alleingänge führen zu erheblichen Mehrkosten und steigender Importabhängigkeit. Zudem erfordert ein auf erneuerbaren Energien basierendes System eine Kombination aus regionaler und lokaler Flexibilität sowie eine robuste europäische Infrastruktur.

Referenzen

- [1] European Commission, "2050 long term strategy", https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_en (Aufgerufen am 25. November 2025)
- [2] B. Schödinger, S. Schreiner-Fuß, P. Zelle, et.al., "The Relevance of European Cooperation for a Cost-Effective Energy Transition", 2025, Austrian Power Grid, TransnetBW, d-fine, <https://www.apg.at/projekte/innovationsprojekte/die-bedeutung-europaeischer-zusammenarbeit-fuer-eine-kosteneffiziente-energietransformation/> (Aufgerufen am 25. November 2025)
- [3] T. Brown, J. Hörsch, D. Schlachtberger, [PyPSA: Python for Power System Analysis](#), 2018, [Journal of Open Research Software](#), 6(1), [arXiv:1707.09913](#), [DOI:10.5334/jors.188](#)