



Systemvision Österreich Energiesystemmodellierung als Basis für den Umbau des Energiesystems

EnInnov2022

17.02.2022

Agenda



Hintergrund und Ziel Klimaneutralität 2040

Energiesystemmodelle als Entscheidungsgrundlage

Systemvision Österreich

Ziel: Klimaneutralität Österreichs bis 2040



Übereinkommen Klimakonferenz COP21 (Paris)

→ Begrenzung des Anstiegs der weltweiten Durchschnittstemperatur auf deutlich unter 2°C gegenüber vorindustriellen Werten

Gesetzpaket „Fit for 55“ durch EU Kommission im Juli 2021

→ Erreichung der Ziele aus dem Klimagesetz

Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz (EAG) 2021

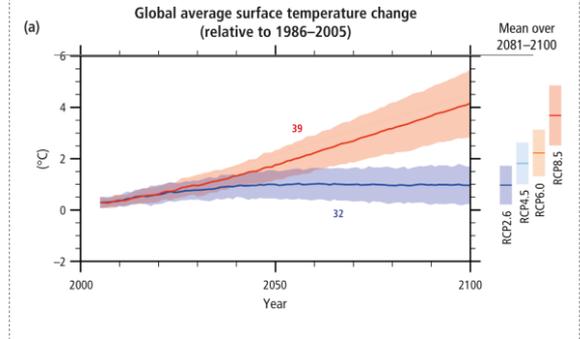
→ Übersetzung der Anforderungen in nationale Strategie

→ Integrierter österreichischer Netzinfrastrukturplan (ÖNIP)

Systemvision AT

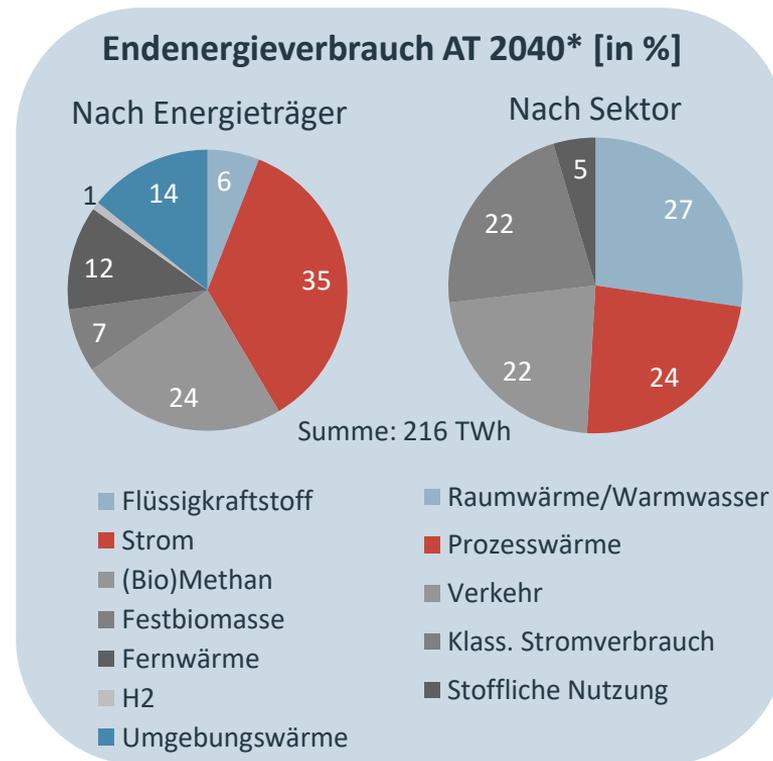
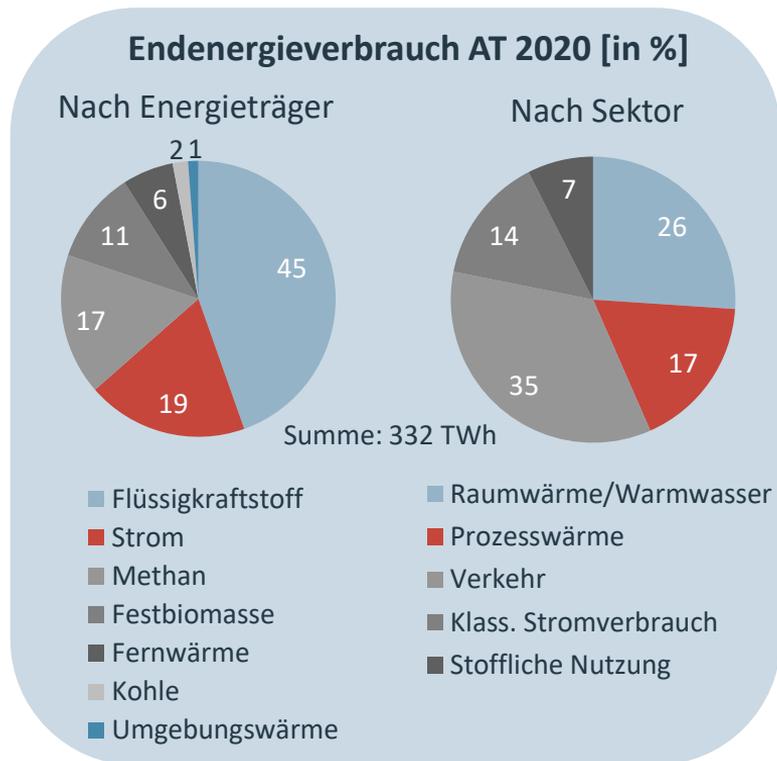
Globale Temperaturkurve

- Die globale Mitteltemperatur zeigt je nach Modell-Szenario bis zum Jahr 2100 eine Zunahme **zwischen etwa 1,5°C und 4,5°C**



Quelle: ZAMG (2022)

Klimaneutralität 2040 durch isolierte Betrachtung einzelner Sektoren nicht erreichbar

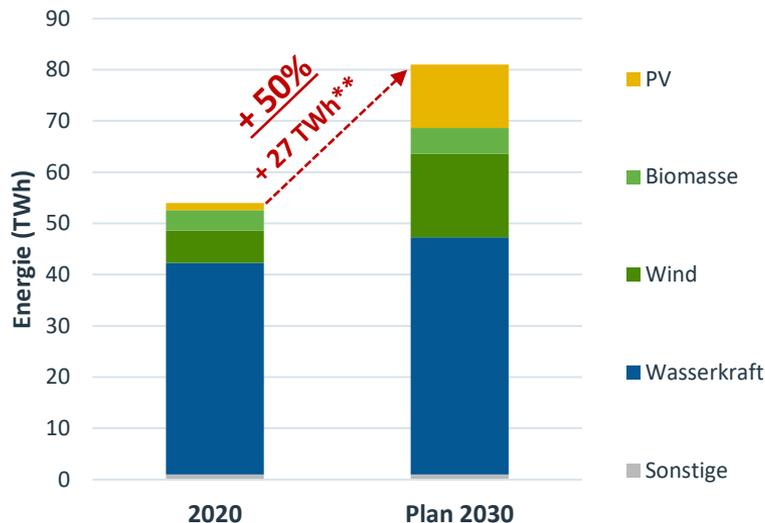


* mögliches Szenario für 2040; für hinterlegte Annahmen siehe Quellenangabe

100% erneuerbare Stromversorgung Österreichs bis 2030 bedeutet Totalumbau des Energiesystems



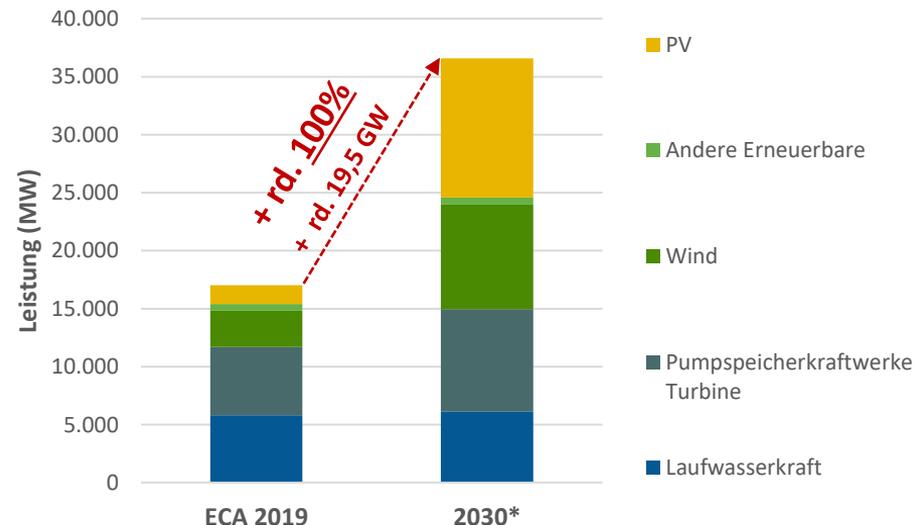
Energie (TWh)



Quelle: APA/ORF.at; Datenbasis: BMK (eigene Darstellung)

Ziele der Bundesregierung:
100% (national bilanziell) Strom aus erneuerbaren Energiequellen bis 2030

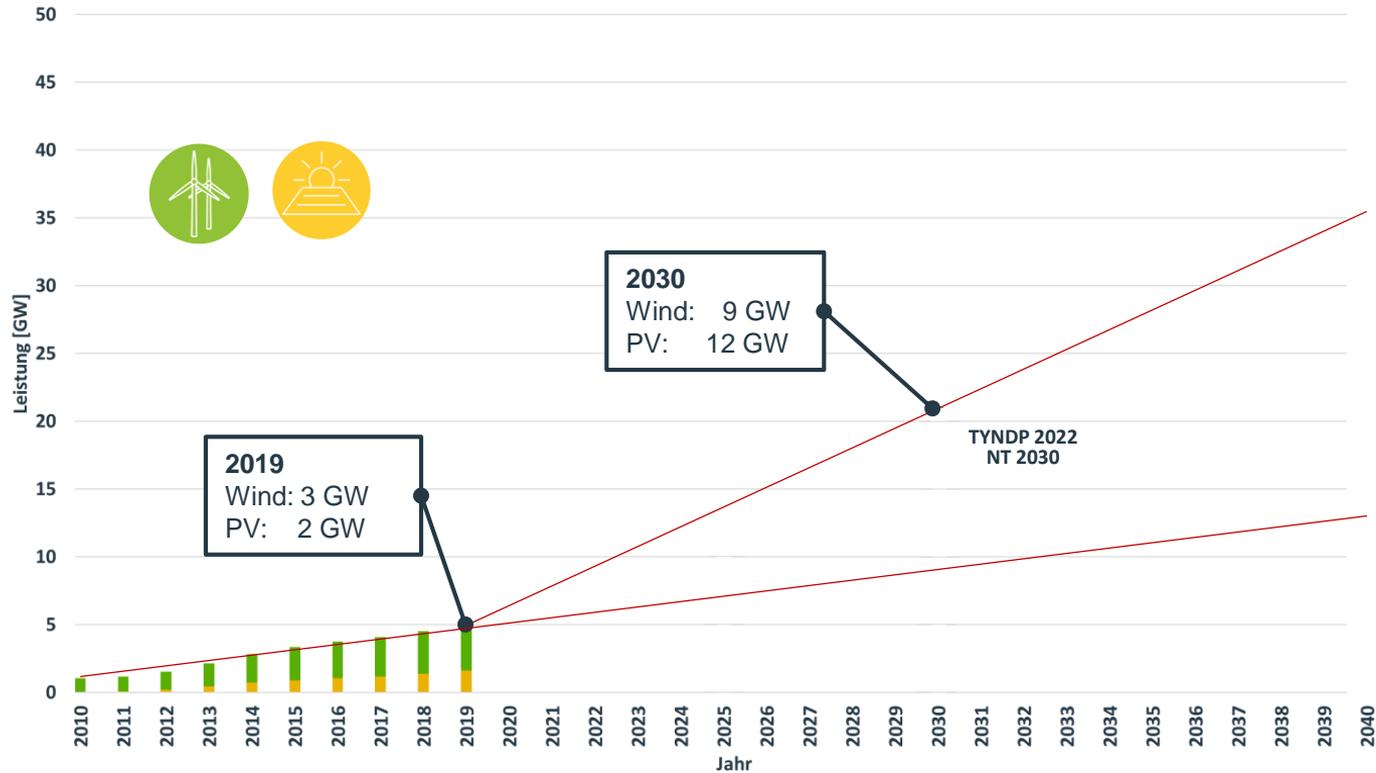
Leistung (MW)



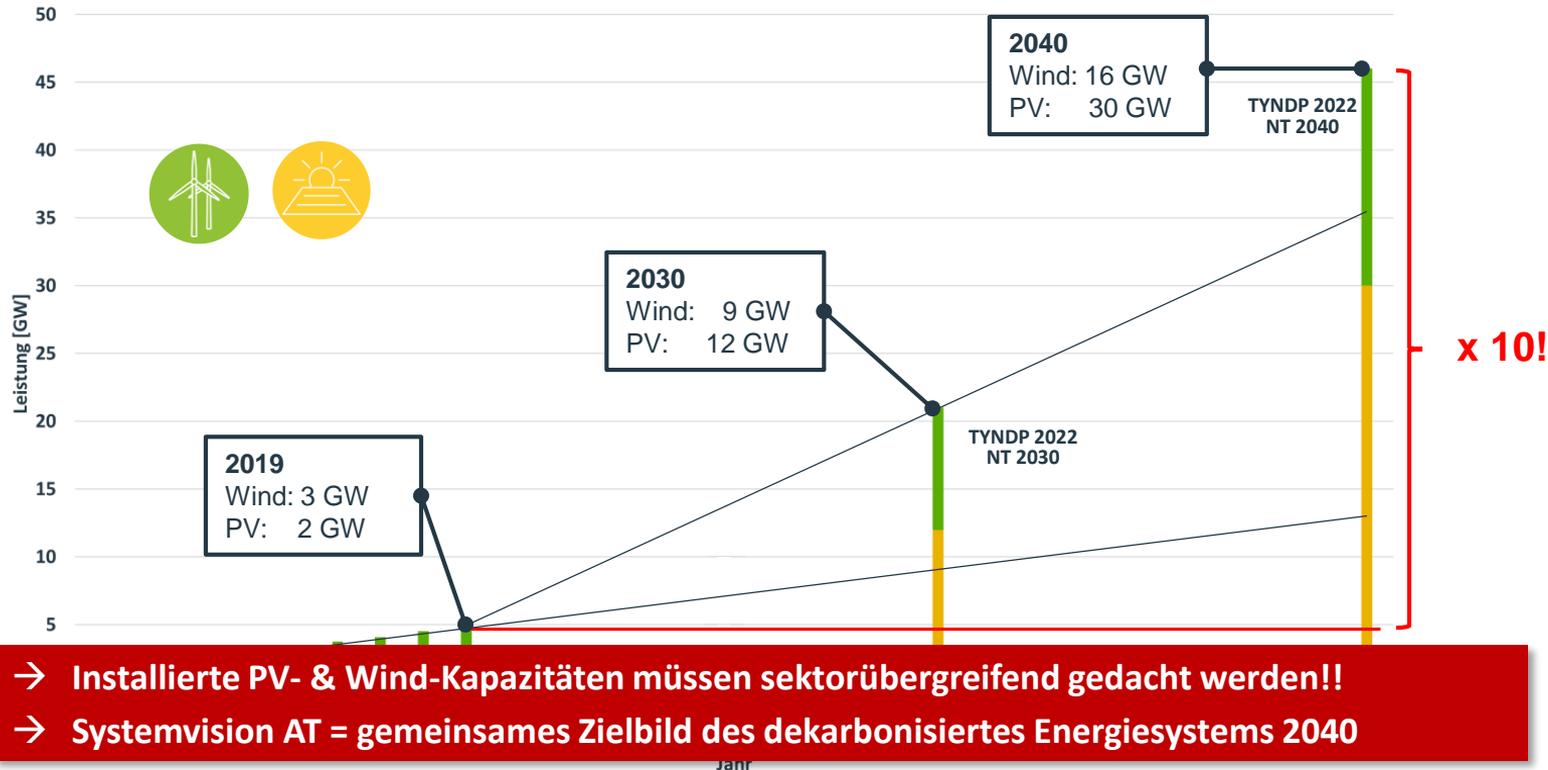
Energetischer Zuwachs: +27 TWh**
Leistungszuwachs: +19.500 MW !!
(vgl. aktuelle Kraftwerksleistung AT: ca. 24.000 MW)

Dekarbonisierung des gesamten Energiesystems bis 2040

100% EE im Sektor Strom ist nur der erste Schritt!



Dekarbonisierung des gesamten Energiesystems bis 2040 100% EE im Sektor Strom ist nur der erste Schritt!



Entwicklung einer gemeinsamen Systemvision AT



Zentrale Rolle für APG bei Entwicklung eines Energiesystems der Zukunft:

- ein signifikanter Teil des Endenergieverbrauchs wird durch Strom gedeckt
- APG mit Gesamtblick über österreichisches (und europäisches) Stromsystem
- Gesetzliche Verpflichtung für APG, die Strominfrastruktur zu planen und die hier zw. Strom und Gas zu koordinieren

Zentrale Fragen, deren Beantwortung je nach Annahmen unterschiedlich ausfallen wird:

- Welche **Investitionen** sind mittel- bis langfristig in Produktions- bzw. Netzkapazitäten nötig, um Ziele zu erreichen?
- Wie **interagieren** die einzelnen Sektoren und Technologien („kommunizierende Gefäße“)?
- **Wo** ist es volkswirtschaftlich optimal Produktions- bzw. Netzkapazitäten auszubauen?
- Welche **Kosten** sind dafür zu erwarten?

Ziel: Entwicklung einer Systemvision AT, die als Basis zur Erfüllung aktueller und absehbarer gesetzlicher Verpflichtungen dient

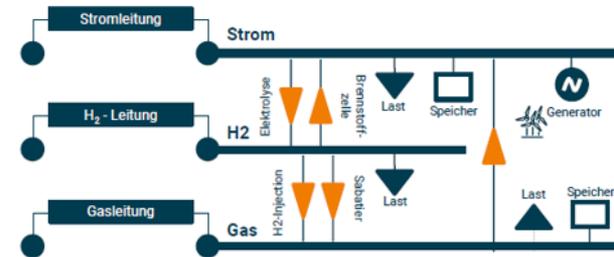
Energiesystemmodelle als Basis für Totalumbau des Energiesystems

Zentrale Fragestellung: Wie kann ein dekarbonisiertes Energiesystem 2040 aussehen?

→ Ziele müssen **erreichbar, versorgungssicher und kostengünstig** sein!

Energiesystemmodelle liefern mögliche Antworten

- Sektorübergreifende Betrachtung
- Österreich als Teil des europäischen Energiesystems
- Abdeckung aller Prozessschritte von Produktion über Umwandlung bis Speicherung und Verbrauch



Quelle: d-fine (2021)

Energiesystemmodell - Übersicht



PyPSA-Eur-Sec – Python for Power System Analysis, Erweiterung um Sektorkopplung – pypsa.org

- Open Source, u.a. Erstellung und Weiterentwicklung durch Karlsruher Institut für Technologie

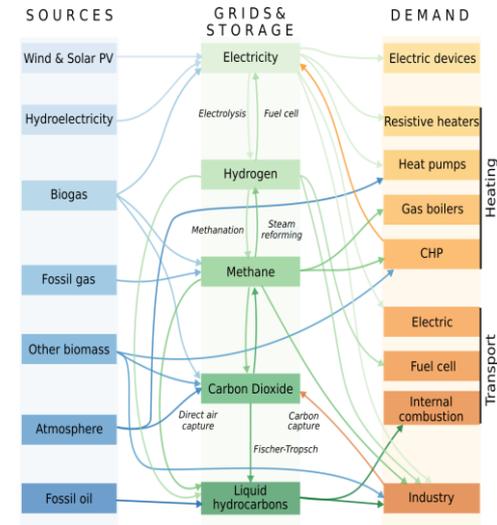
Zielfunktion: Minimierung der Gesamtkosten des Energiesystems

Nebenbedingungen

- Energiebedarf ist zu jedem Zeitpunkt gedeckt
- CO₂ Ziele sind einzuhalten
- Technische Limits der Anlagen/Netze müssen jederzeit eingehalten werden

Ergebnisse beinhalten u.a.

- Installierte Kapazitäten pro Technologie inkl. geographischer Verteilung
- Lastflüsse innerhalb Österreichs bzw. zwischen allen definierten Netzknoten
→ optimaler Netzausbau
- den optimalen Dispatch des zukünftigen Technologieparks



Quelle: PyPSA (2021)

Energiesystemmodell – Parameter I



Basisjahr 2020

- Netztopologie Strom und Gas
- Installierte Kraftwerksleistung
- BIP und Bevölkerung pro Land

Zeitliche Auflösung

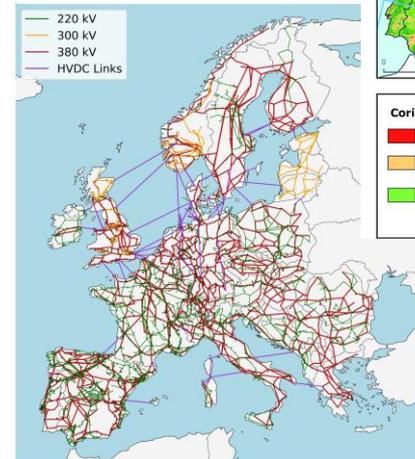
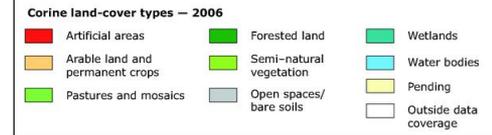
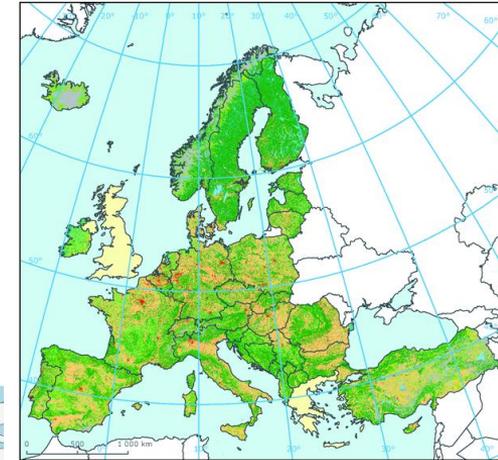
- Optimierung für jede Stunde des Zieljahrs (8760h)

Geographische Auflösung

- Österreich: 10 Regionen (9 Bundesländer + Osttirol)
- Rest-Europa: 1 Knoten pro Land

Ressourcenpotenziale

- Naturschutzgebiete/Flächenverfügbarkeit
- Bodennutzung (z.B. bzgl. Onshore Wind, PV)



Quelle: PyPSA (2021)

Quelle: European Environment Agency (2010)

Energiesystemmodell – Parameter II



Setup Optimierung

- „Overnight“: Zieljahr ohne Zwischenschritte (z.B. 2040, 2050)
- „Myopic“: Zieljahr mit Zwischenschritten (10-Jahresschritte)

Produktions- bzw. Konversionstechnologien

- angenommene Kostenentwicklungen
- Technologien, deren Ausbau generell weiter zulässig ist (z.B. PV)

CO₂-Budget

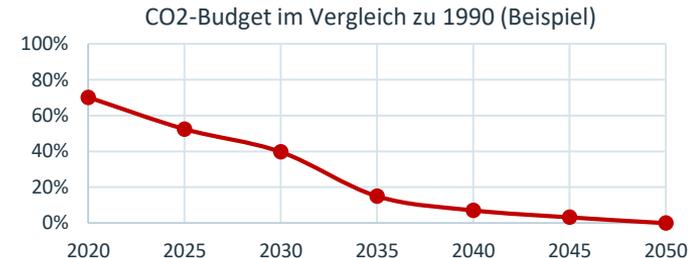
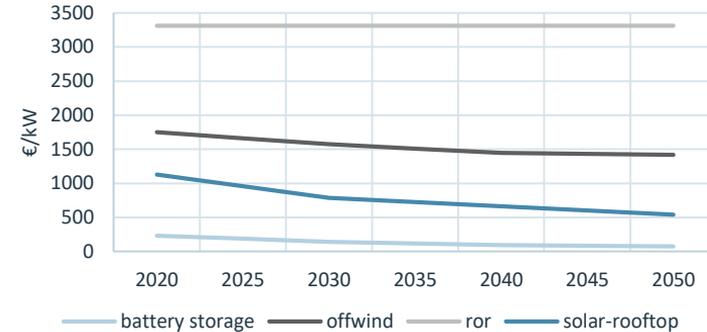
- angenommene Reduktion relativ zu Basisjahr 1990

Strom/Gasnetze

- angenommene Kostenentwicklungen
- maximales Ausbaupotenzial

Entwicklung der Nachfrage

- z.B. angenommene Entwicklung der Wärmenachfrage



PyPSA-Eur-Sec – Systemcharakteristiken

- System type: x64-based PC mit 512 GB RAM
- Prozessor: Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2697 v4 @ 2.30 GHz, 2297 Mhz, 18 Core(s), 36 Logical Processors

PyPSA-Eur-Sec – Klassifikation Optimierungsmodell

- Linearisierte Programmierung (LP)

PyPSA-Eur-Sec – Solver-Lizenz

- GAMS/CPLEX kommerzielle Lizenz

PyPSA-Eur-Sec - Erste Erkenntnisse nach der Implementierung

- Laufzeiten der Optimierung bei einer Auflösung von 1h ca. 35h
 - „Overnight“
 - Zieljahr ohne Zwischenschritte (z.B. 2040, 2050)
 - Greenfield-Approach
 - „Myopic“
 - Zieljahr mit Zwischenschritten (10-Jahresschritte)
 - Ausgangsjahr 2020

Optimierungsart	Zeitliche Auflösung	Runtime (solver)	Entscheidungsvariablen	Nebenbedingungen	Nonzeros
Overnight	240h	0:01	113.575	117.695	442.488
	120h	1:30	201.333	211.088	792.267
	6h	2:37	3.847.989	4.079.663	15.414.665
	1h	25:38	22.786.525	24.186.198	91.726.379
Myopic	240h	0:05*	182.815*	107.076*	598.442*
	120h	0:14*	358.621*	211.088*	1.180.310*
	1h	33:00*	41.071.641*	24.206.993*	137.629.567*

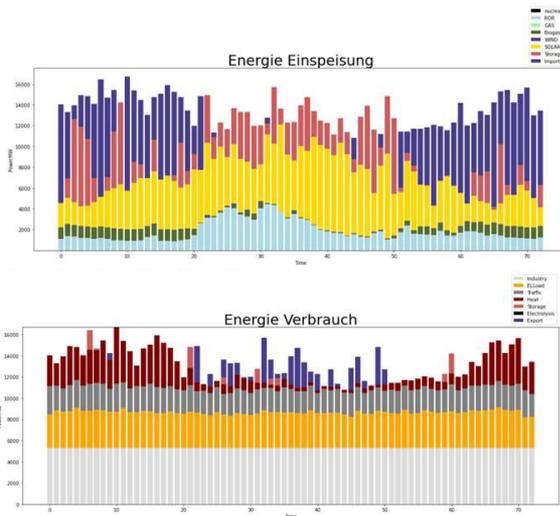
Energiesystemmodell – Ergebnisse II



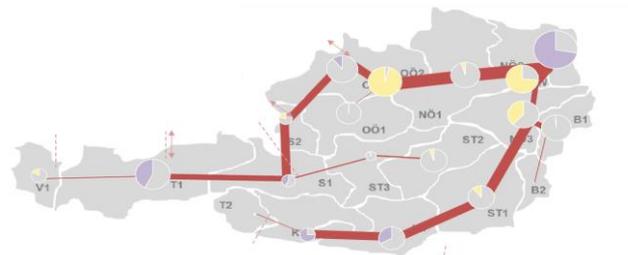
Ergebnisse aus PyPSA-Eur-Sec können dem Analyseziel entsprechend in unterschiedlicher Granularität und geographischer Auflösung aufbereitet werden.

Beispiele (auf Basis fiktiver Input-Daten)

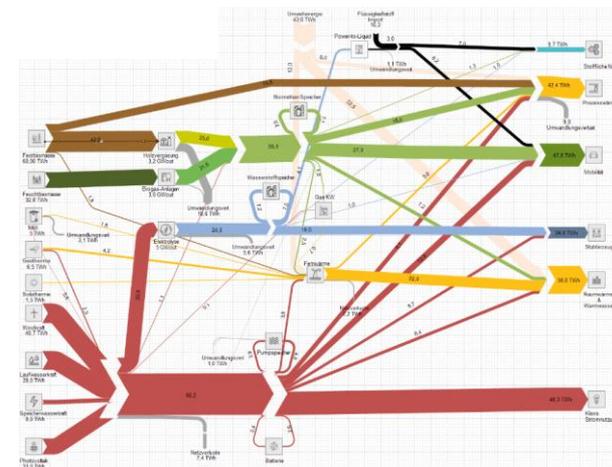
Einspeisung/Verbrauch im Jahresverlauf



Benötigte Übertragungskapazitäten Strom und Gas



Energieflussdiagramm (Sankey-Diagramm)



AGGM Austrian Gas Grid Management AG, Austrian Power Grid AG, Energienetze Steiermark GmbH, Gas Connect Austria GmbH, Netz Burgenland GmbH, Netz Niederösterreich GmbH, Netz Oberösterreich GmbH, Salzburg Netz GmbH, TIGAS-Erdgas Tirol GmbH, Trans Austria Gasleitung GmbH, Vorarlberger Energienetze GmbH, Wiener Netze GmbH, 2021. *One100, Österreichs Nachhaltiges Energiesystem, 100% dekarbonisiert*, Gemeinschaftsstudie.

Bundesgesetz über den Ausbau von Energie aus erneuerbaren Quellen (Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz – EAG), BGBl. I Nr. 150/2021, Fassung vom 21.11.2021.

d-fine, 2021. *Die Energienetze der Zukunft. Eine integrierte Systemlandschaft zur robusten Modellierung des einen großen ganzen Energiesystems*, Präsentation.

Europäische Kommission, Umsetzung des europäischen Grünen Deals, 2021. [Online] https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_de [Aufgerufen am 21. November 2021]

European Environment Agency (EEA), 2010. *European land cover in 2006, main land-cover categories of Europe*, [Online] <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/> [Aufgerufen am 24. November 2021]

PyPSA, 2021. [Online] <https://pypsa.org/> [Aufgerufen am 24. November 2021]

ZAMG, 2022. *Klima, Informationsportal, Klimawandel, Klimazukunft, Global, Lufttemperatur*, [Online] <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/standpunkt/klimazukunft/global/lufttemperatur> [Aufgerufen am 28. Jänner 2022]

United Nations Framework Convention on Climate Change, Paris Agreement, 2015. [Online] <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement> [Aufgerufen am 21. November 2021]

