



Volkswirtschaftliche Bewertung von Netto-Null-Pfaden für Österreich

Karl Steininger

Wegener Center für Klima und Globalen Wandel

Universität Graz

Energiewende - Welchen Sinn haben Klima-Szenarien?

7. Juni 2024





Überblick

Szenarien

Methode zur Evaluierung der Szenarien

Gesamtwirtschaftliche Auswirkungen, Verteilungswirkungen

Sektorübergreifender Austausch und Kooperation

Öffentlicher Finanzierungsbedarf

Hintergrund:

Zukunftsbilder eines klimaneutralen Österreichs

Karl Steininger, Veronika Kulmer, Laura Wallenko, Stefan Nabernegg, Matthias Salomon, Christian Lininger, Francesco Sanvito



<https://wegcwp.uni-graz.at/integrate/>



UNIVERSITY OF GRAZ
Institute of Banking and Finance

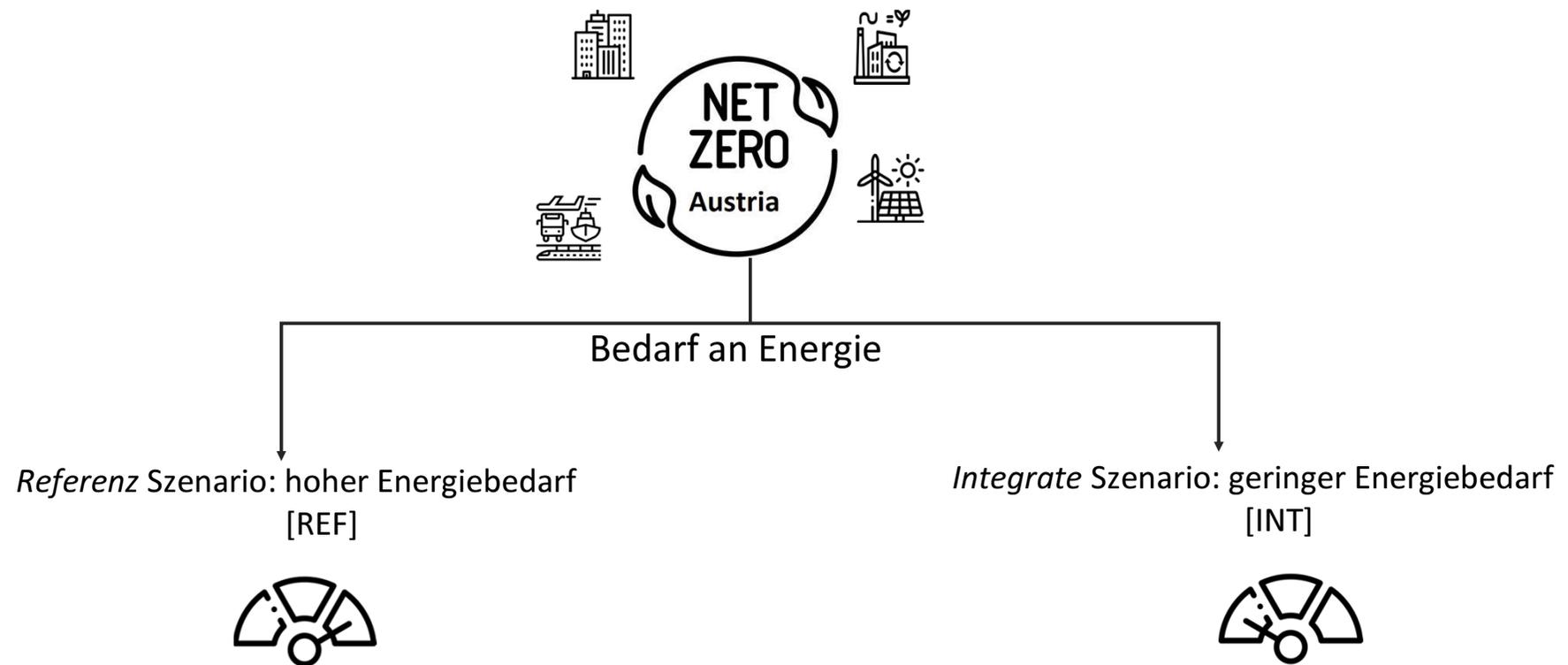


umweltbundesamt^U
ENVIRONMENT AGENCY AUSTRIA

Quantum

Ziel: Klimaneutralität in allen Sektoren ab 2040

Definition im Projekt: 100% erneuerbare Energieproduktion und Netto-Null-Bilanz der CO₂-Emissionen



Spezifikation der Energienachfrage in den Szenarien (I)



REF (hoher Energiebedarf)



INT (geringer Energiebedarf)



Gebäude:

- Gebäudemodell-Simulationen (Tosatto et al. 2023)

- Standard-Gebäudesanierungsrate
- Standard-Gebäudequalität
- Heizungstausch

- Umfassende Sanierung: höhere Sanierungsrate und verbesserte Gebäudequalität
- Heizungstausch



Industrie:

- New Energy for Industry (AIT; Alton et al. 2022)
- ExpertInneninterviews
- Literaturrecherche

- Produktionswachstum
- Wesentliche Technologieänderung: höhere Nachfrage nach Energieträgern

- Zusätzlich verstärkte Kreislaufwirtschaft: Recycling und Re-use
- Energieintensität geringer als in REF



Verkehr:

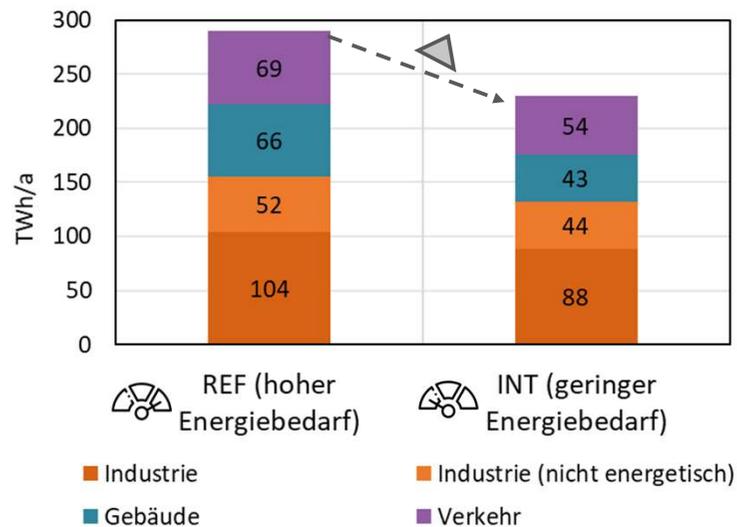
- Bestehende Verkehrsszenarien: Transition Mobility, Quality Projekt, DESTINEE Modell

- Verkehrsleistung steigt
- Elektrifizierung und Verlagerung

- Verhaltensänderung: Verkehrsleistung nahezu konstant
- Elektrifizierung und Verlagerung

Spezifikation der Energienachfrage in den Szenarien (II)

○ Einbettung aller Sektoren in eine integrierte Betrachtung

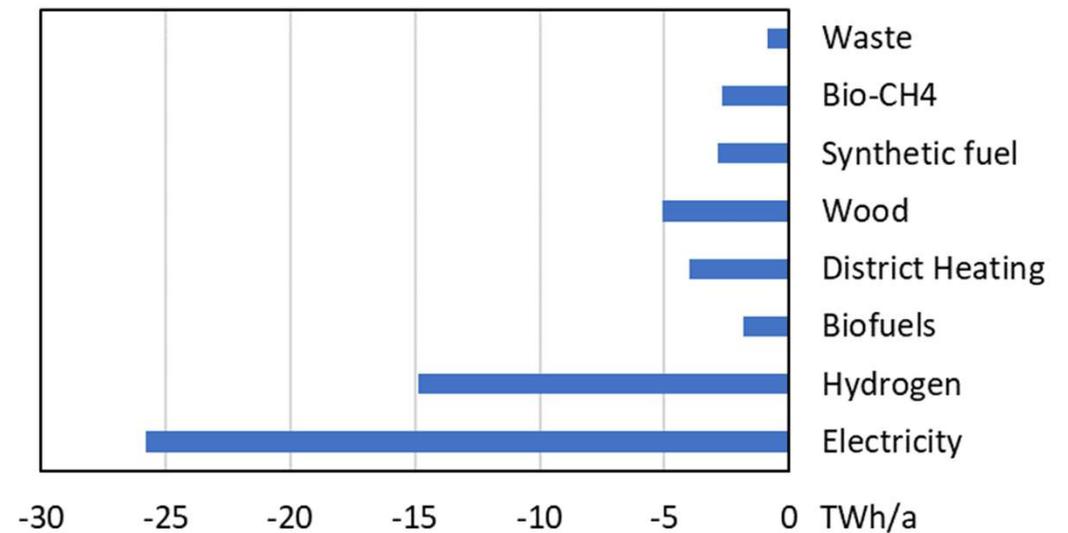
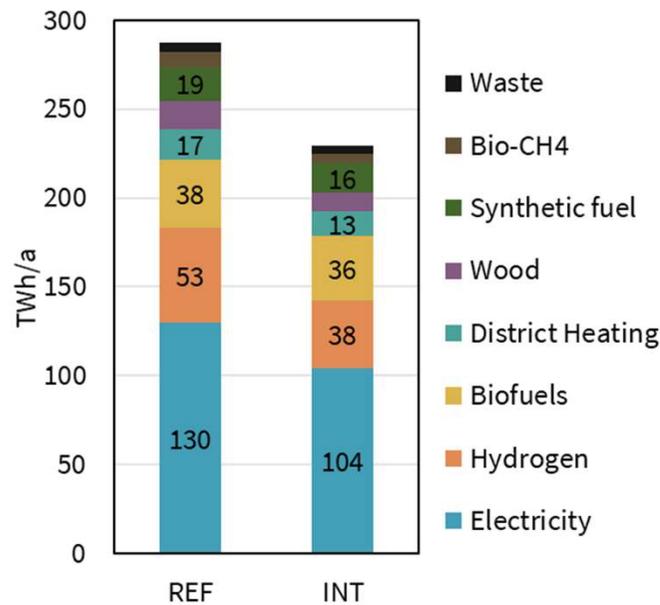


- Energieeinsparung in INT im Vergleich zu REF: - 20%
- Nicht-energetischer Verbrauch muss berücksichtigt werden
- Struktur des Energiesystems verändert sich im Zuge der Klimaneutralität
 - Elektrizität ist wesentlicher Energieträger
 - Synthetische Gase (Wasserstoff, Methan) gewinnen an Bedeutung

Energetischer Endverbrauch und nicht energetischer Verbrauch von Energieträgern in einem klimaneutralen Österreich je Sektor (TWh pro Jahr)

Spezifikation der Energienachfrage in den Szenarien (III)

Einbettung aller Sektoren in eine integrierte Betrachtung

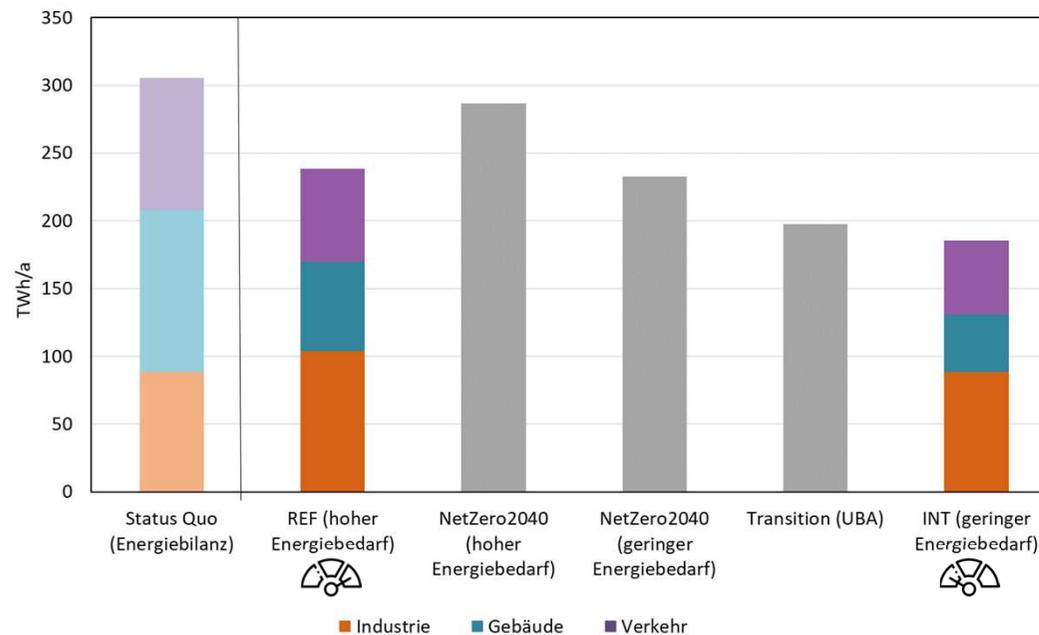


Energetischer Endverbrauch und nicht energetischer Verbrauch Rückgang der Energienachfrage in INT im Vergleich zu REF je Energieträger in einem klimaneutralen Österreich je Energieträger (TWh pro Jahr)

Vergleich unterschiedlicher Energiebedarfsszenarien

- Verfügbarkeit integrierter, sektorübergreifender Energiebedarfsszenarien mit Ziel Klimaneutralität derzeit noch gering
 - Netzero2040 (ACRP Projekt, Leitung: BOKU)
 - Transition Szenario (Energie und Treibhausgasszenarien 2023, Leitung: UBA)

Energetischer Endverbrauch in einem klimaneutralen Österreich (TWh pro Jahr)



Wasserstoff



Bedarf an klimaneutralen Gasen, Österreich

in TWh pro Jahr	2030		2040		2050		Charakteristik des Szenarios
	H ₂	H ₂ + CH ₄	H ₂	H ₂ + CH ₄	H ₂	H ₂ + CH ₄	
Wasserstoffstrategie für Österreich	-	-	71,1	85,9	-	-	Kein Rückgang der Industrieprod. / mäßige Verkehrsverlagerung
UBA-Szenario Transition 2040	5	11,8	29,4	39,5	28,3	37,7	Starke Steigerung der Energieeffizienz
Integrierter österreichischer Netzinfrastukturplan	5	12	48	58	-	-	Baut auf UBA-Szenario Transition 2040 auf
NEFI – Zero-Emission-Szenario für die Industrie	-	-	-	-	48	56	Nur Industrie. “Grüne” Technologien, CCU, kein Produktionsrückgang
AGGM-Wasserstoff-Bedarfserhebung 2022	23	-	51	-	65	-	Befragung Großabnehmer (Industrie)
AGGM-H₂-Roadmap	-	-	50	105	-	-	Prognose lt. Bedarfserhebung u. Energiesystemstudie ONE100

07.06.2024

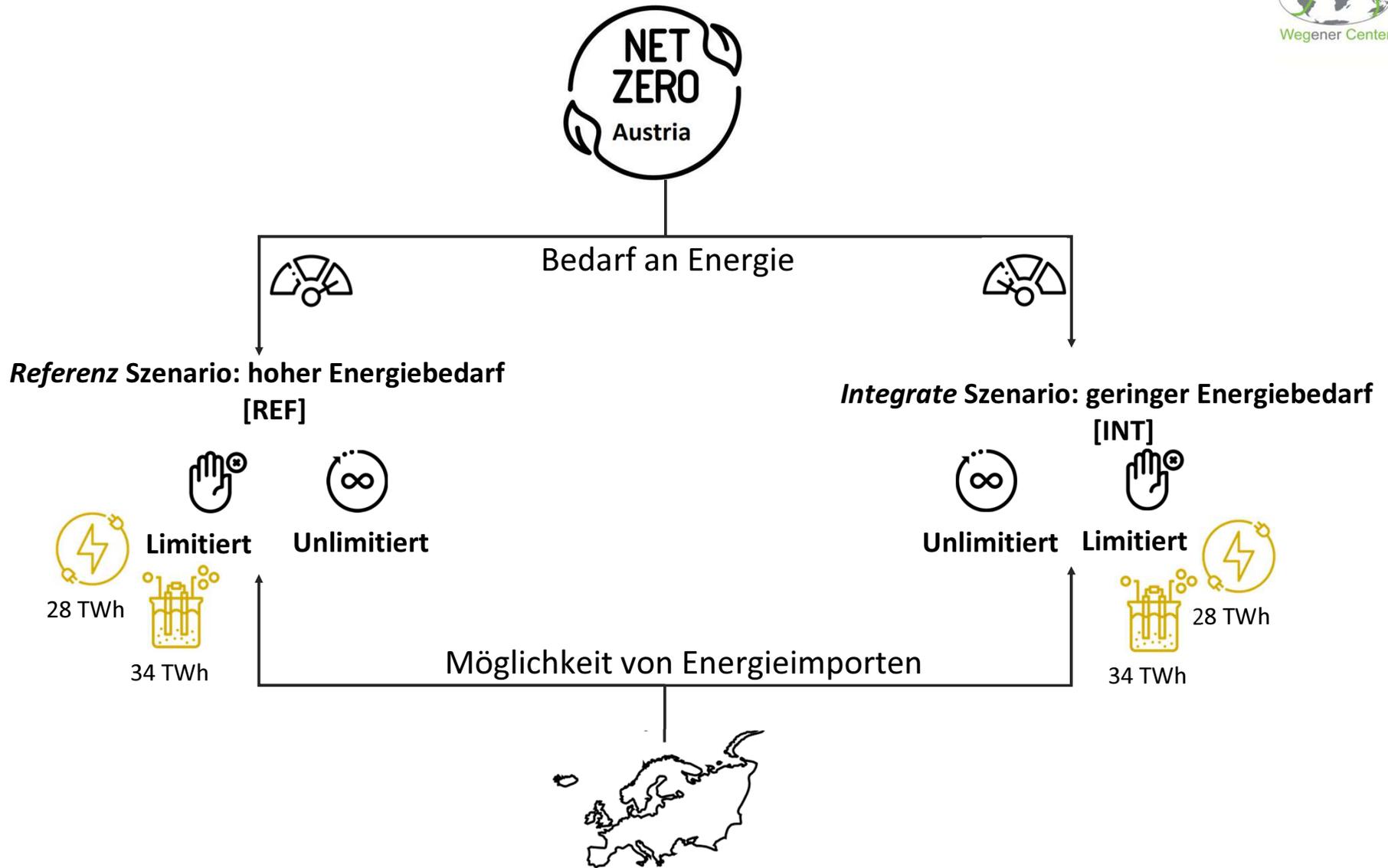
Aufbringung Wasserstoff

2030 2040 2050

3,75

11

25



Evaluierungsmethode und Analyse

Quantitative Analyse in einem gekoppelten Modellverbund



Europaweites Energiesystemmodell

- Zielfunktion: Kostenoptimierung des europaweiten Energiesystems
- Je nach Energiebedarfsszenario und weiteren Bedingungen wird die Energieerzeugung bestimmt
- Stellt ein mögliches Abbild einer optimalen Erzeugerstruktur dar



Volkswirtschaftliches Modell

- Gesamtwirtschaftlichen Effekte der Energiebedarfsszenarien und der optimalen Energieerzeugung
- Fokus: Wohlfahrt (Maß für Konsummöglichkeiten), BIP, Einkommen, sektorale Effekte und Verteilungswirkungen

INTEGRATE Policy Package



INDUSTRIE – verstärktes Recycling von

- Stahlschrott
- Kunststoffen
- Nicht-metallischen Mineralstoffen
- Holzprodukten



ENERGIE – beschleunigter Ausbau von

- Stromversorgung
- Wasserstoff
- CCU
- Fernwärme
- Entsprechender Infrastruktur

INTEGRATE Policy Package



GEBÄUDE – Steigerung von

- Sanierungsqualität
- Sanierungsrate
- Ersatz fossiler Brennstoffe



FINANZSEKTOR – Aufbau von

- Zentraler Datenbank mit klima- und nachhaltigkeitsrelevanten Unternehmensinfos
- Kompetenzen in der Realwirtschaft
- Information über grüne Finanzierungsinstrumente
- Einheitlicher & simpler Förderlandschaft
- Klimabonus/Malus bei der Kreditvergabe

INTEGRATE Policy Package



INNOVATION – Umbau von

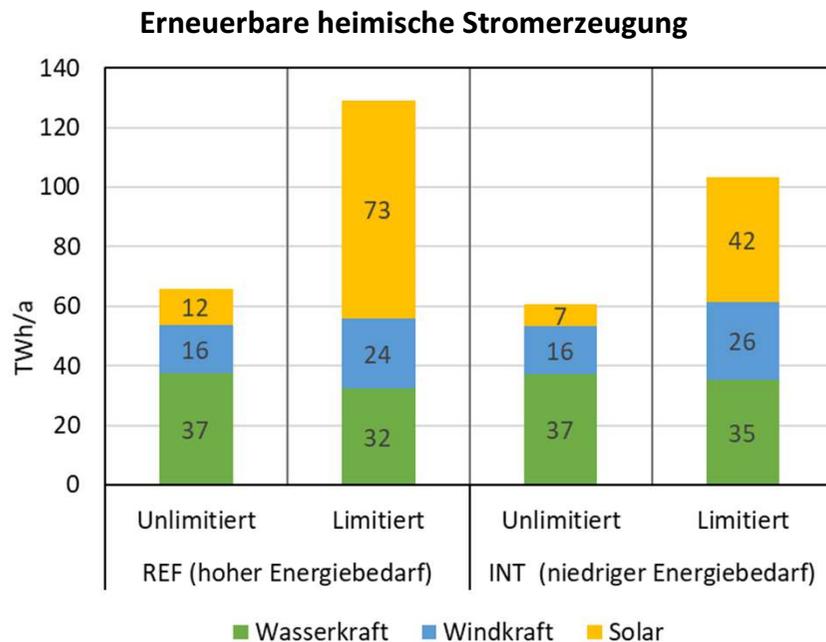
- Steuer- und Subventionssystem → Wettbewerbsfähigkeit zirkulärer Produkte
- F&E- und Umsetzungs-Förderlandschaft → Kreislaufwirtschaft
- Wertschöpfungsketten → Vernetzung



ARBEITSMARKT – Ausbau von

- Qualifizierungsmaßnahmen für Klimaneutralität & Kreislaufwirtschaft

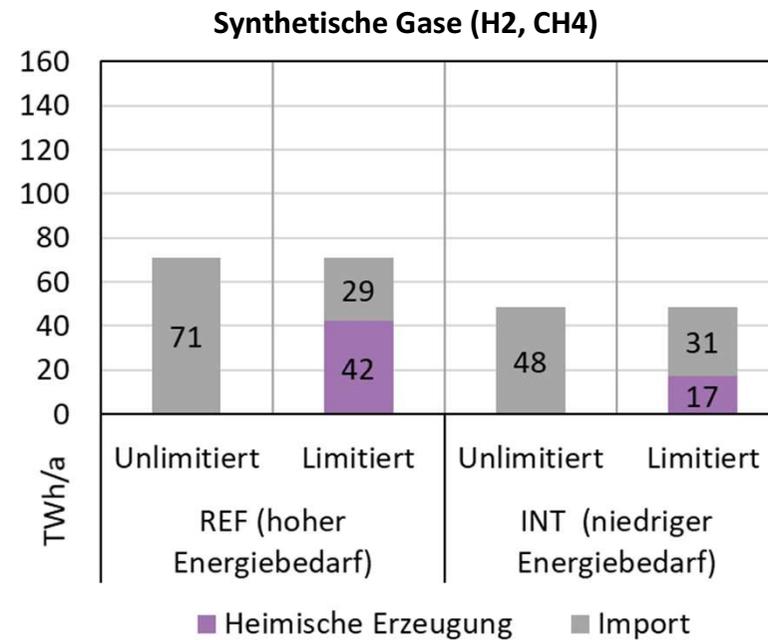
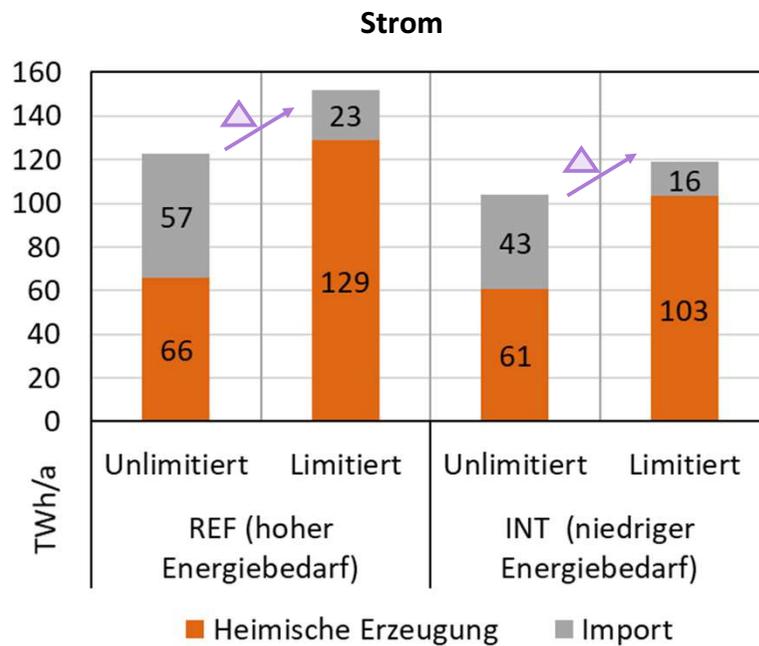
Implikationen für die Energieerzeugung (I)

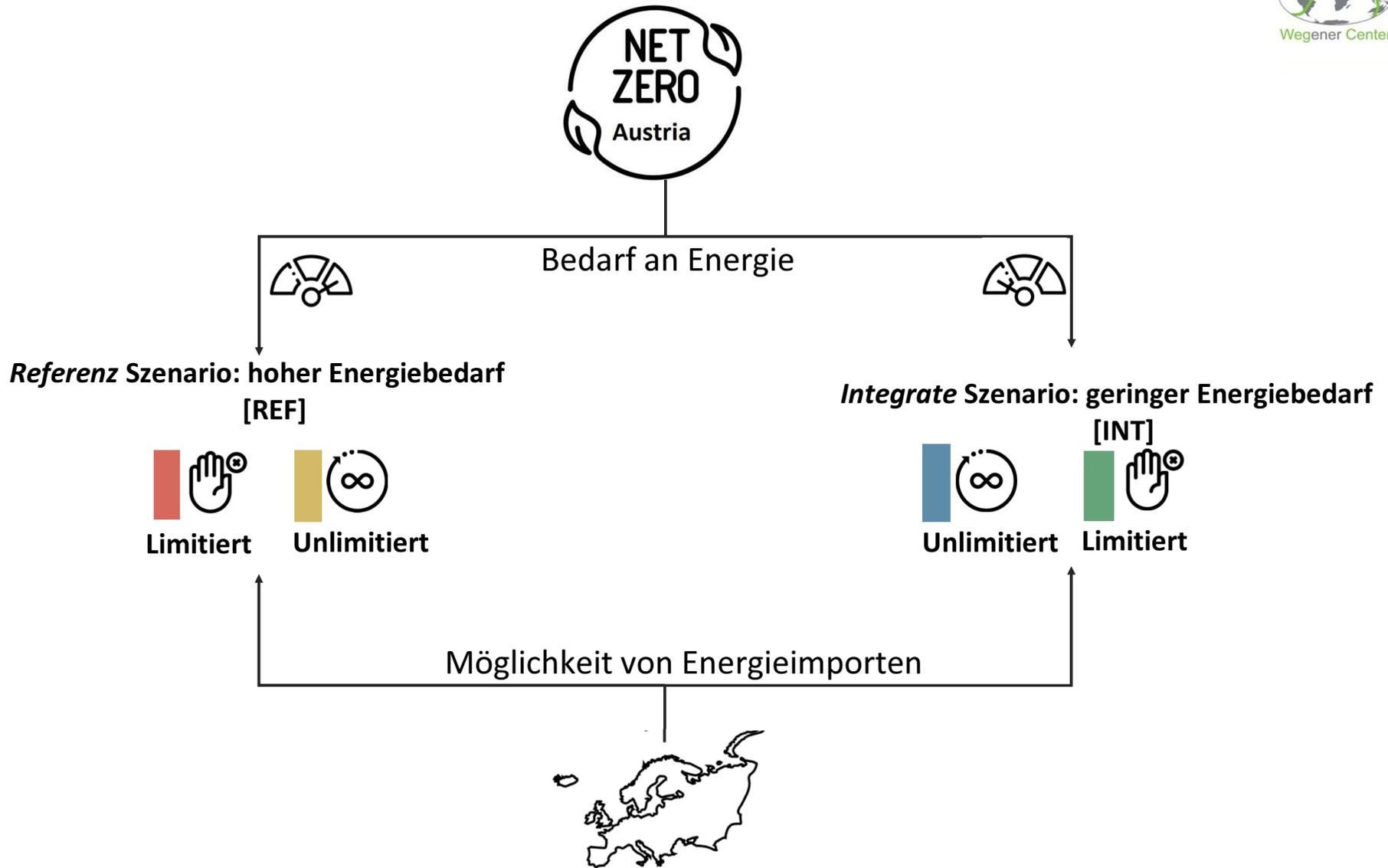


- Heimische Stromproduktion hängt stark von Energiebedarf und Import-Möglichkeit ab
- Höhere heimische Stromproduktion notwendig, durch limitierte Importmöglichkeit von Synthetischen Gasen (H₂)
- Bewusstsein für Dringlichkeit der Energiewende erforderlich (Infrastrukturausbau)

Implikationen für die Energieerzeugung (II)

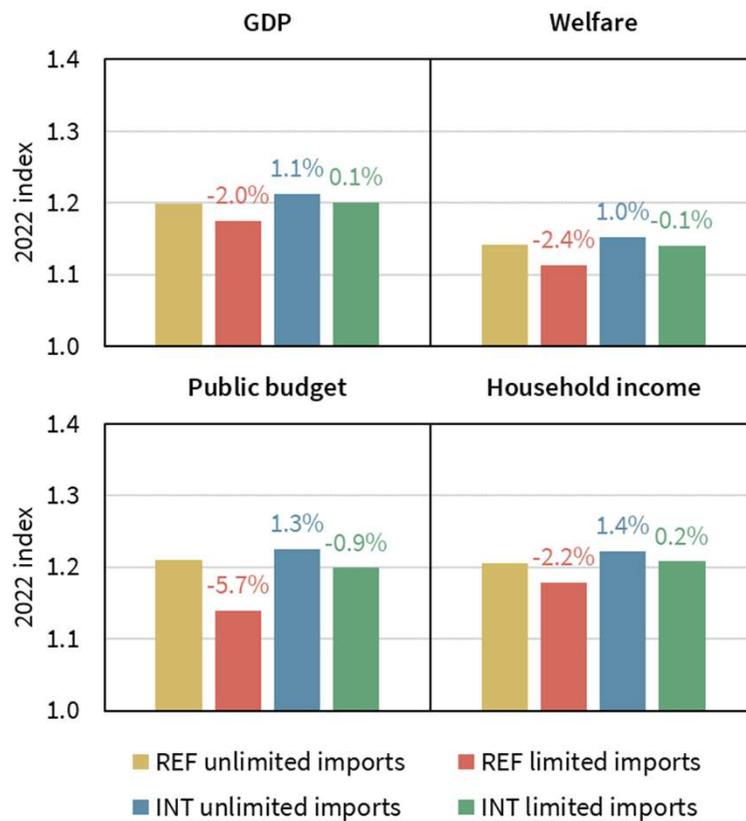
○ Trade-off zwischen Import und Ausbau erneuerbarer Energieerzeugung





Gesamtwirtschaftliche Implikationen

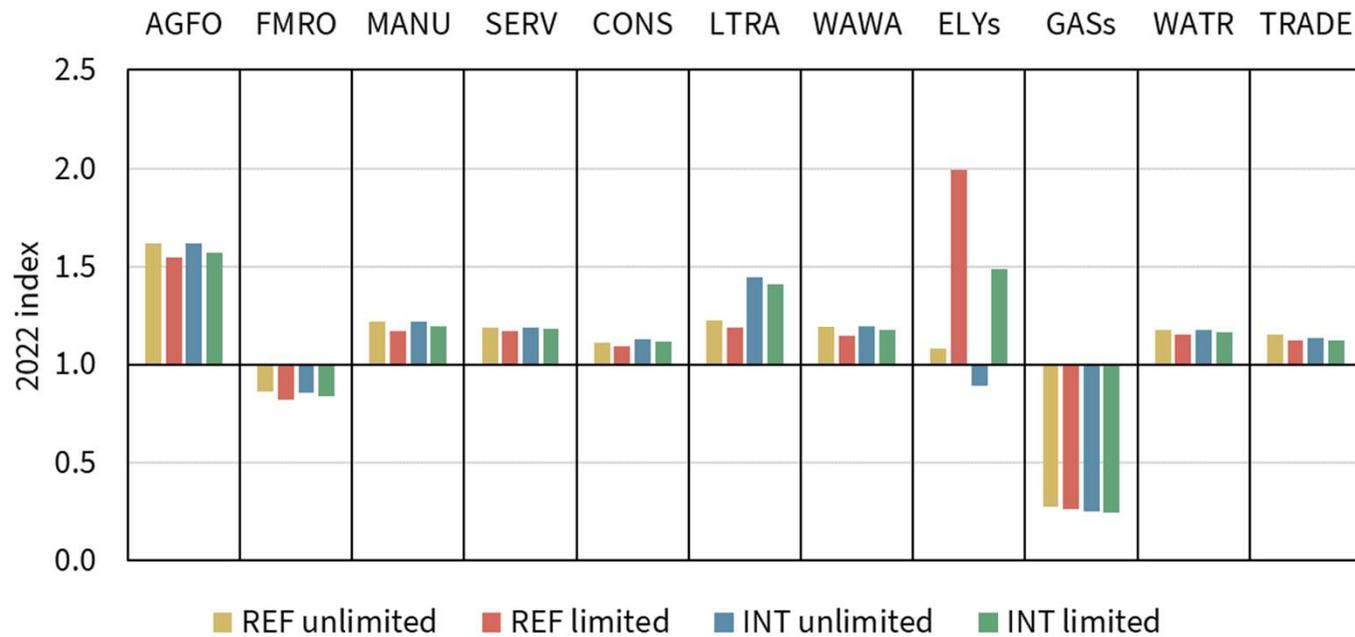
Makroökonomische Effekte je Szenario (Index, bezogen auf 2022)



- Energienachfragereduktion bringt positive Wertschöpfungseffekte
- Klimaneutralität und Wohlfahrtsgewinne schließen einander nicht aus

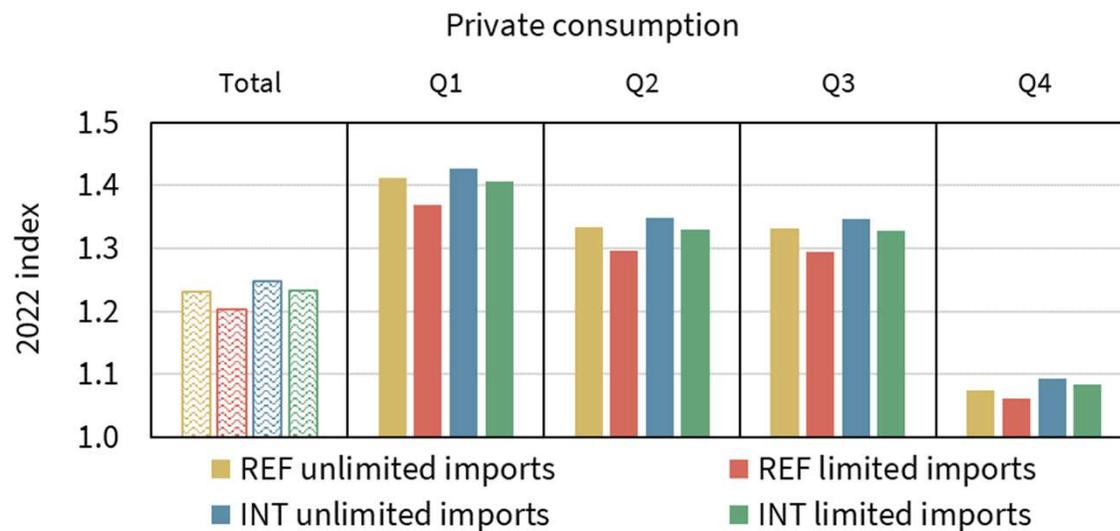
Sektorale Effekte

Bezogen auf sektorales Produktions-Niveau in 2022 (Index 2022)



- | | | | | | |
|------|----------------|-------|--------------------------|------|---|
| CONS | Construction | MANUF | Manufacturing | AGFO | Agriculture, Forestry, Fishery |
| SERV | Services | TRADE | Wholesale & retail trade | GASs | Gas manufacturing, distribution, trade (incl. biofuels, excl. H2) |
| LTRA | Land Tarnsport | WATR | Water and air transport | FMRO | Mining and fossil extraction |
| | | ELY | Electricity | WAWA | Waste water collection, treatment and water supply |

Verteilungswirkungen: Realer Konsum (I)

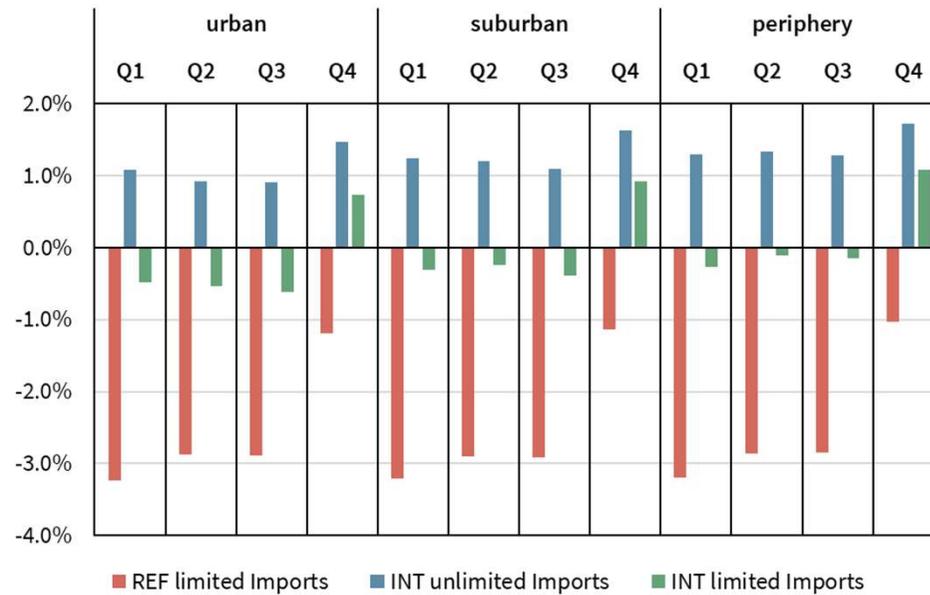


- Positiver Effekt auf reale Konsummöglichkeiten der Haushalte, niedrigere Einkommensgruppen profitieren stärker
- Gesamteffekt setzt sich aus Preisrückgang und Einkommenszuwachs zusammen, zu etwa gleich starken Anteilen

realer privater Konsum nach Einkommensquartilen

Verteilungswirkungen: Realer Konsum (II)

%-Abweichung relativ zu REF_unlimited über 12 Haushaltsgruppen



Auf dem Weg zur Verwirklichung der Zukunftsbilder

Sektorübergreifender Austausch und Kooperation



Abfall- und Kreislaufwirtschaft

Bauwirtschaft

Verkehr

Verwaltung und Politik

Industrie

Energie

Zivilgesellschaft



Erkenntnisse: Was es jetzt braucht



Industrie

- Braucht besseres Verständnis untereinander, wo es was braucht bzw. welcher Abfall anfällt
- Wer hat welchen Abfall in welcher Qualität?
- Rahmenbedingungen schärfen, um benötigte Recycling/ Re-use-Raten zu ermöglichen



Energie

- Es braucht Rahmenbedingungen für Umsetzung in Praxis
- zB Rahmenbedingungen für H2 auf EU Ebene, etwa eine EU-H2 Börse



Bausektor

- Wie finanzieren wir die Sanierung? Welche Konzepte braucht es?
- Wärmequellen - was braucht es wo?
- Rechtliche Rahmenbedingungen: Mietrecht, Genossenschaftsrecht, ...
- Energiegemeinschaften (EEG)

Erkenntnisse: Was es jetzt braucht

Finanzsektor



- CO2 Steuer verbindet uns alle - über Sektorengrenzen hinweg
- "Just Transition" - soziale Komponente mitdenken
- Dach über allem CO2 Bepreisung und Besteuerung, die eingepreist werden muss
- Umsetzung der EU Taxonomie: Wirtschaftsprüfer bewerten in AT anders als zB in NL -> brauchen level playing field

Investitionsbedarf für Klimaneutralität (I)

Fokusektoren



Energie (Netzausbau, smarte Infrastruktur, erneuerbare Kraftwerke)



Industrie (Wasserstoff- und Strominfrastruktur, Maschinen für neue Prozesse)



Transport (Elektrifizierung, Ausbau des öffentlichen Verkehrs)

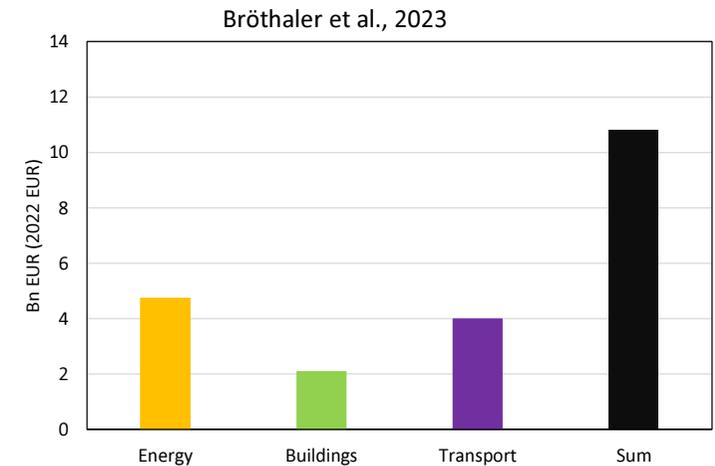
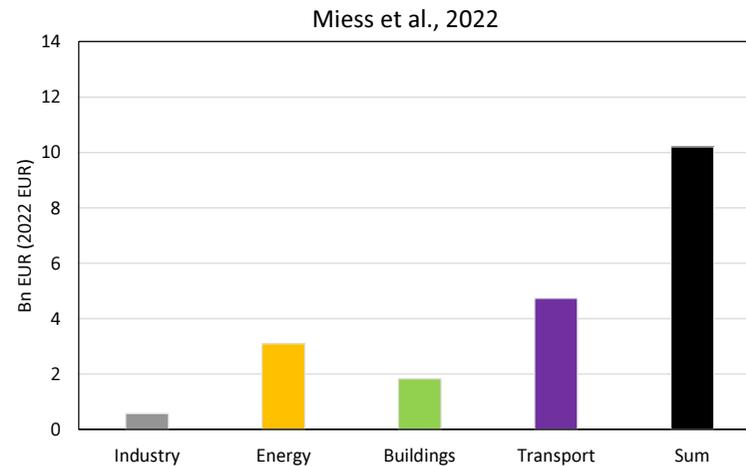
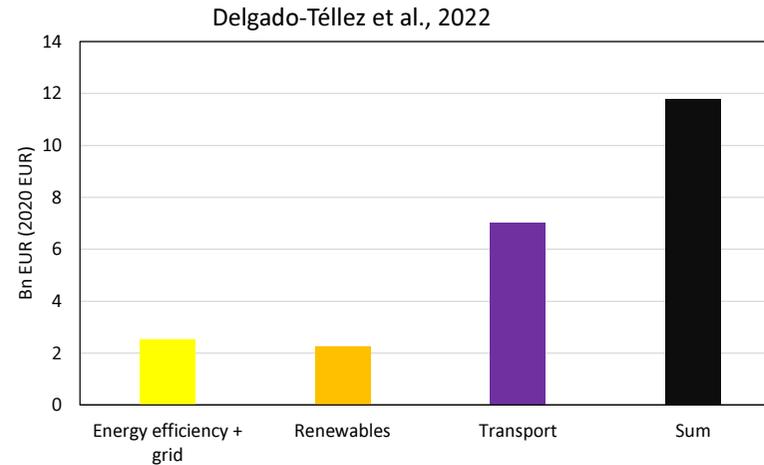


Gebäude (Erneuerbare Heizsysteme, Renovierung, Isolierung)

Investitionsbedarf für Klimaneutralität (II)

Vergleich von Studien

- Mehrinvestitionen: Differenz zwischen notwendigen Gesamt- und ohnehin stattfindenden Ersatzinvestitionen
- Investitionen aus öffentlicher (nicht privater) Hand
- Abgeschätzt für Zeitraum bis 2030 (Annahme Klimaneutralität 2040/2050)
- Jährlicher Durchschnitt



Schlussfolgerungen

- Nicht energetischer Verbrauch muss in Gesamtbetrachtung miteingerechnet werden
 - sonst unterschätzt man deutlich den Aufwand im Sektor Energie (Infrastruktur, Kosten, etc.)
- Reduktion von Energienachfrage ist volkswirtschaftlich vorteilhaft
- Große Unsicherheiten ab 2030
 - Infrastrukturausbau, Kosten klimaneutraler Energieträger, Potenzial der Kreislaufwirtschaft, etc.,
 - Führt zu großen Bandbreiten in Verbräuchen, Erzeugerstruktur und Gesamteffekten
- Strategische Planung ab 2030 notwendig
 - Trade-off zwischen Ausbau erneuerbarer Energie und Importen von Energie
- Hohe Bedeutung sektorübergreifenden Austausches und Kooperation
 - Foren schaffen

Quellenverzeichnis:

- AEA (2021). Erneuerbares Gas in Österreich 2040. Quantitative Abschätzung von Nachfrage und Angebot. Österreichische Energieagentur (AEA). Wien.
- AGGM (2023). Langfristige und integrierte Planung 2022. Austrian Gas Grid Management AG. Wien.
- Transition Szenario: Anderl et al., 2024, Energie und Treibhausgasszenarien 2023 (<https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0882.pdf>)
- BMK (2022). Wasserstoffstrategie für Österreich. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. Wien.
<https://www.bmk.gv.at/themen/energie/energieversorgung/wasserstoff/strategie.html>
- IIASA Datenexplorer: <https://data.ece.iiasa.ac.at/netzero2040/#/login?redirect=%2Fworkspaces>
- Nagovnak et al., 2024, Assessment of technology-based options for climate neutrality in Austrian manufacturing industry, Helyion, 10, 2024
- Tosatto et al. 2023, Methodology for the calculation of energy scenarios to achieve carbon neutrality in the building stock, Proceedings of the International IBPSA Conference, 2023

Quellenverzeichnis:

- NEFI (2022). Pathway to industrial decarbonization. Scenarios for the development of the industrial sector in Austria. New Energy for Industry. Wien.
https://www.nefi.at/files/media/Pdfs/NEFI_Szenarienbericht_v15_WHY_Design.pdf
- Veigl, A. (2017). Energie- und Klimazukunft Österreich: Szenario für 2030 und 2050. Wien.
- UBA (2023a). Energie- und Treibhausgas-Szenario Transition 2040. Umweltbundesamt, Wien.
- UBA (2023b). Energie- und Treibhausgas-Szenarien 2023. Umweltbundesamt, Wien.
- <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0882.pdf>

Icons:

Alle Icons sind verfügbar auf flaticon.com mit folgenden AutorInnen: Columbio, Freepik, Phlplus, Handicon, Ultimatearm



Zusätzliche Ergebnisse und Informationen

Investitionsbedarf für Klimaneutralität (II)

Referenzen

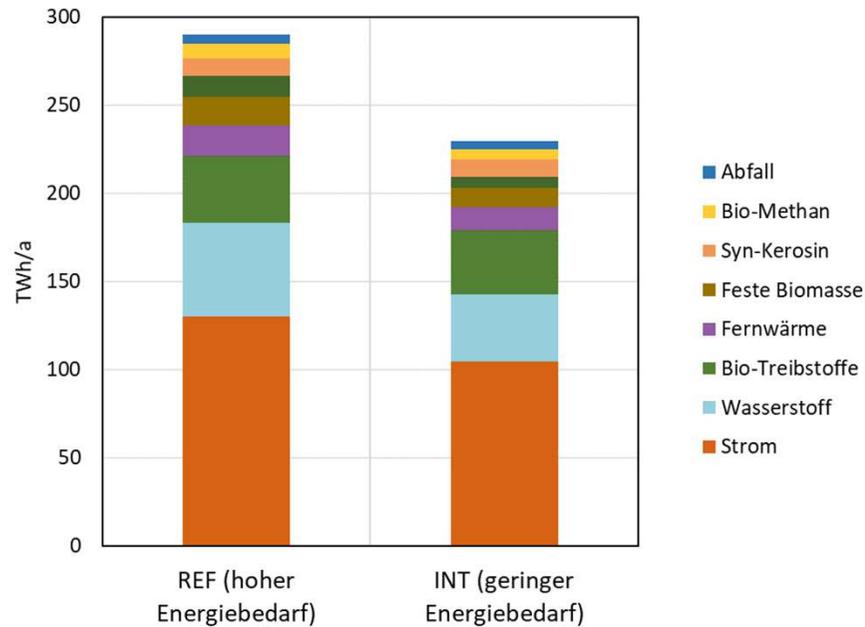
Bröthaler, J., Getzner, M., Müller, H. L., Plank, L., Miess, M., Niedertscheider, M., Bürger, J., Schieder, W., & Schindler, I. (2023). *Öffentliche Investitionen für den Klimaschutz in Österreich: Potenziale des öffentlichen Vermögens*. Untersuchung im Auftrag der Kammer für Arbeiter und Angestellte für Wien.

https://emedien.arbeiterkammer.at/viewer/image/AC16870199/1/LOG_0004/

Delgado-Téllez, M., Ferdinandusse, M., & Nerlich, C. (2022). Fiscal policies to mitigate climate change in the Euro area. *ECB Bulletin*, 6. https://www.ecb.europa.eu/pub/economic-bulletin/articles/2022/html/ecb.ebart202206_01~8324008da7.en.html

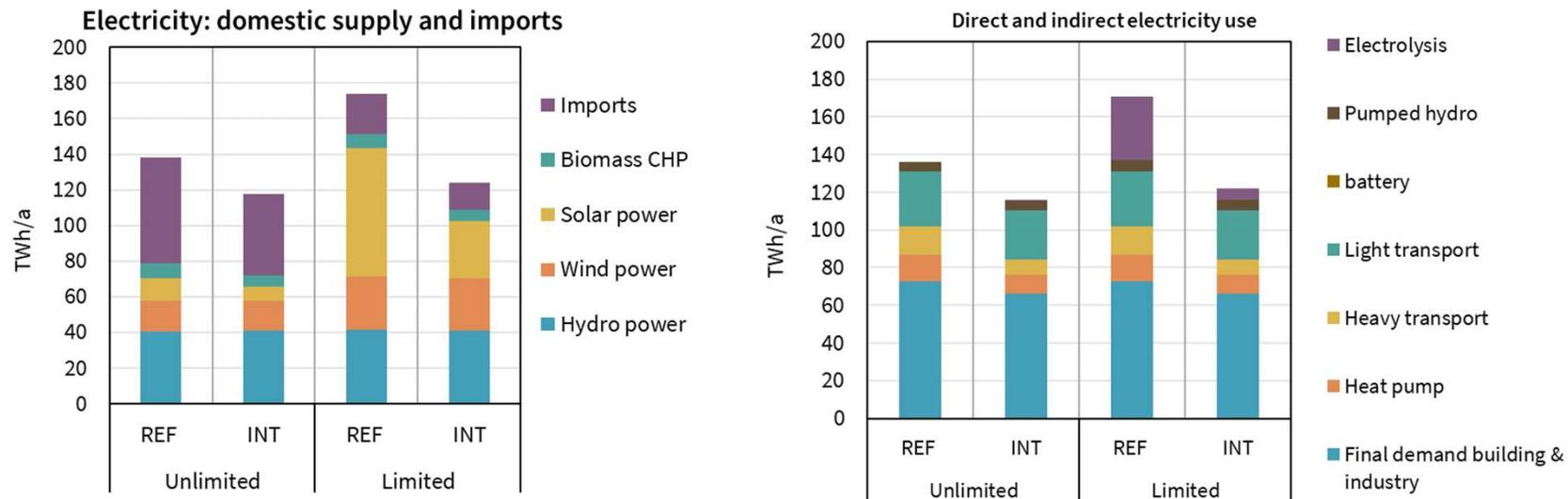
Miess, M., Böhmer, S., Glas, N., Heinfeller, H., Krutzler, T., Lichtblau, G., Schieder, W., Schindler, I., & Stix, S.-S. (2022). *Analyse des Investitionspotenzials bis 2030 auf dem Weg zur Klimaneutralität*. Wirtschaftskammer Österreich, Bundessparte Bank und Versicherung.

Spezifikation der Energienachfrage in den Szenarien



Energetischer Endverbrauch und nicht energetischer Verbrauch von Energieträgern in einem klimaneutralen Österreich (TWh pro Jahr)

Implications for the electricity sector

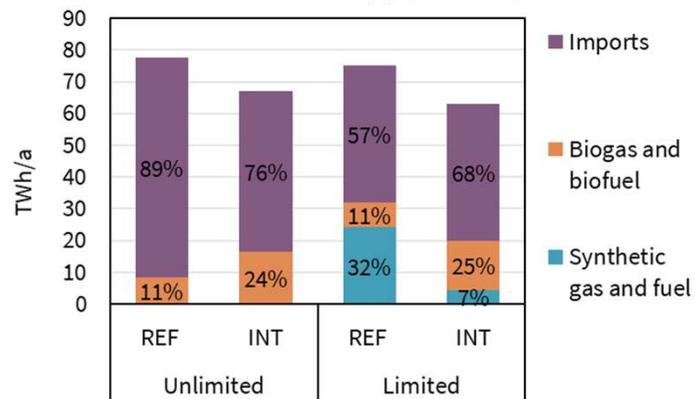


Findings:

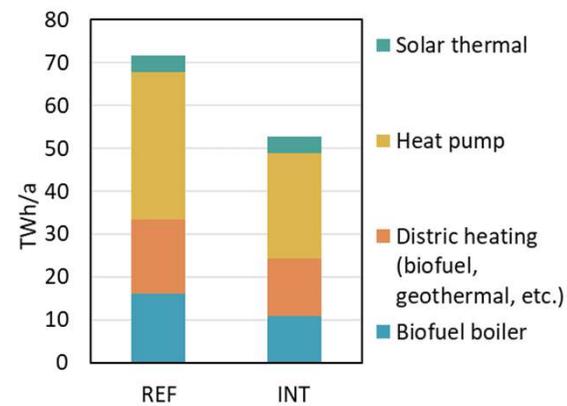
- Pressure on the domestic supply in case of limited import opportunities
- Strong expansion of renewable energy sources
- **Solar power increases substantially**, this is used to cover the not available imports
- Why solar and not wind -> costs?
- Domestic production of hydrogen via electrolysis pushes the demand for electricity
- This is particularly pronounced in the high-demand REF limited, where the electricity supply needs to be 80 TWh higher than in case of INT (low demand) unlimited

Heat, fuel and gas supply

Gas and fuel: domestic supply and imports



Heat supply for Austria – only domestic



Findings:

- Synthetic gas, mainly hydrogen which is core in industry
- Heat supply: no imports