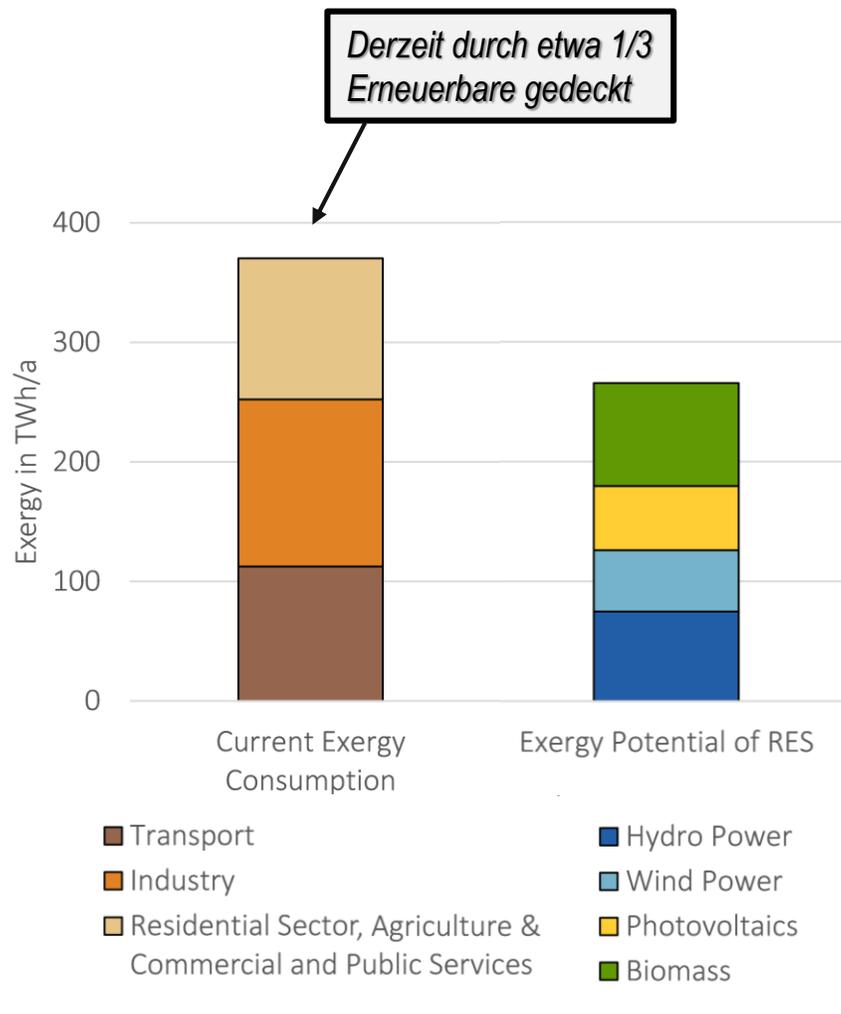


CO₂-Neutralität im österreichischen Energiesystem 2040!

Ein exergiebasierter Ansatz

Prof. Thomas Kienberger



Dekarbonisierung bis 2040 in Österreich

- Inländische, technische Potentiale sind auf Basis des aktuellen Bedarfs nicht ausreichend.
- Mögliche Lösungen:
 - Erneuerbare Energieimporte (erneuerbarer Strom, erneuerbarer Wasserstoff)
 - Verringerung des Bedarfs durch Steigerung der Energieeffizienz

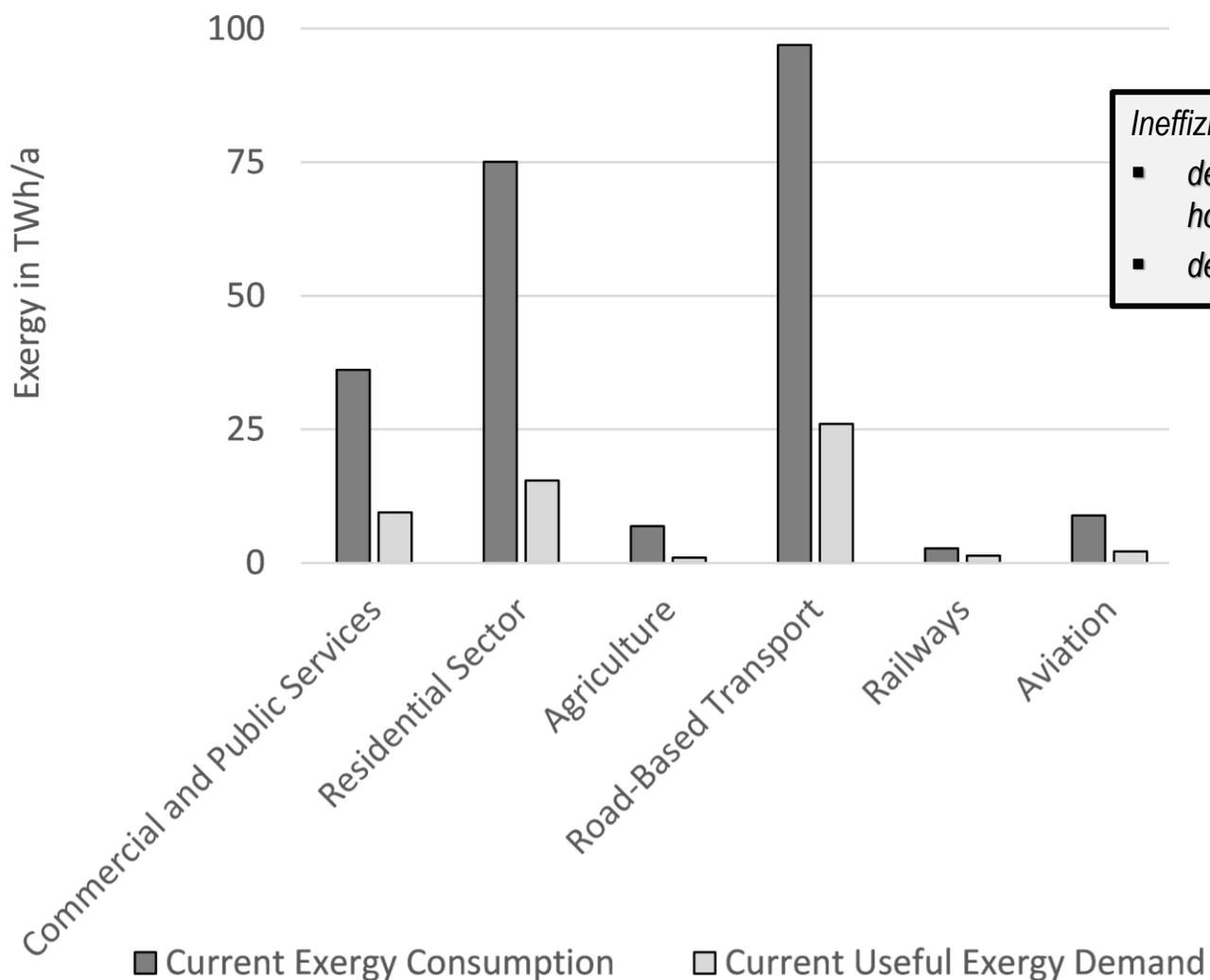
Frage: Wie effizient wird Energie in Österreich im Moment überhaupt eingesetzt?

Theoretische Untersuchung des Exergiebedarfs der heutigen Energieservices

- Minimale (zu bezahlende) Arbeitsfähigkeit um diese zu decken.
- Rest des Energiebedarfs kann aus (gratis) Umgebungswärme kommen

Exergieeffizienz

Sektoren Haushalte, Dienstleistungen und Transport



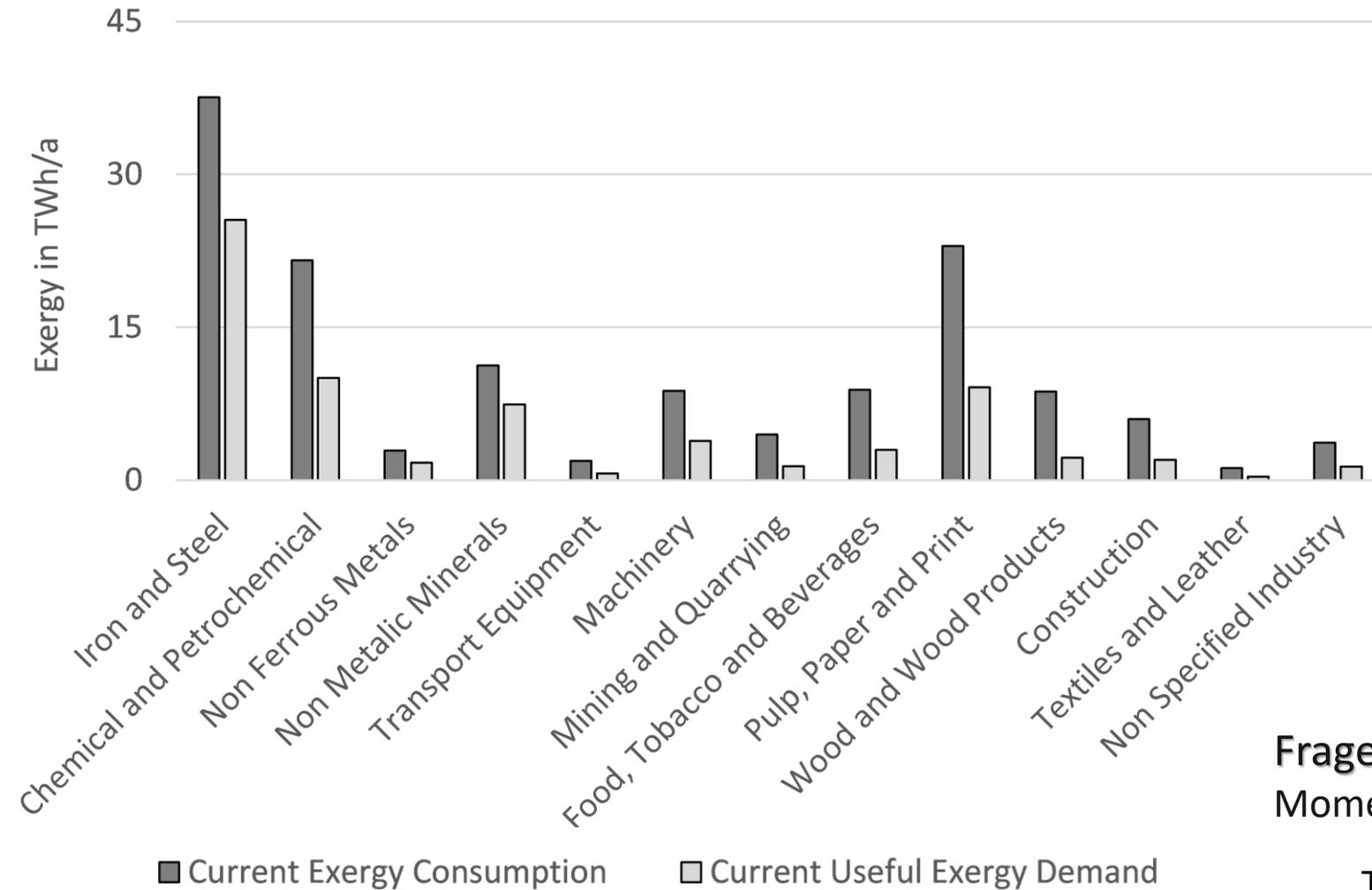
Frage: Wie effizient wird Energie in Österreich im Moment überhaupt eingesetzt?

Theoretische Untersuchung des **Exergiebedarfs** der heutigen Energieservices

- Minimale (zu bezahlende) Arbeitsfähigkeit um diese zu decken.
- Rest des Energiebedarfs kann aus (gratis) Umgebungswärme kommen

Exergieeffizienz

Industrielle Subsektoren



Frage: Wie effizient wird Energie in Österreich im Moment überhaupt eingesetzt?

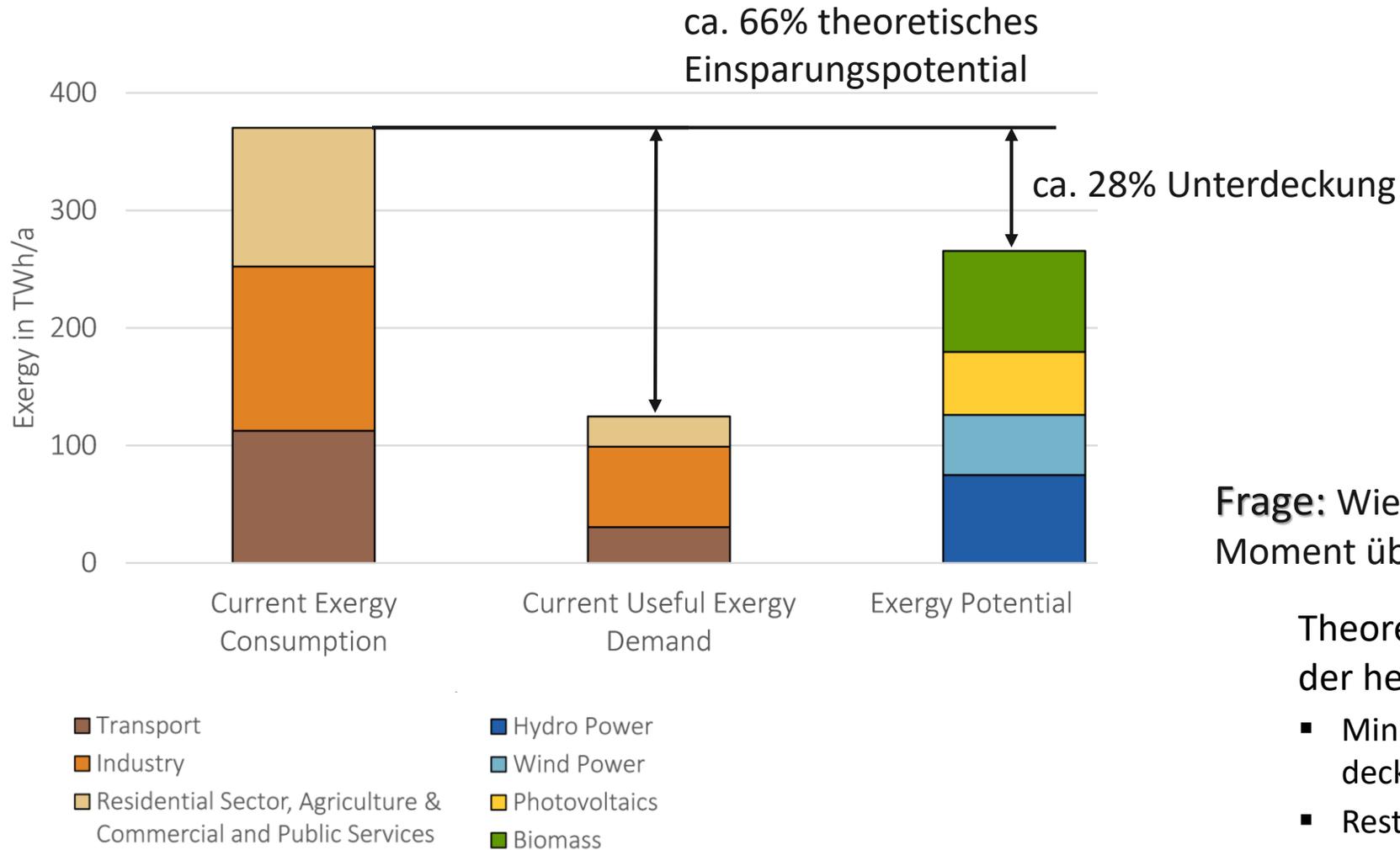
Theoretische Untersuchung des **Exergiebedarfs** der heutigen Energieservices

- Minimale (zu bezahlende) Arbeitsfähigkeit um diese zu decken.
- Rest des Energiebedarfs kann aus (gratis) Umgebungswärme kommen

Im Vergleich zu den vorherigen Sektoren recht effizient. Ineffizienzen insbesondere dort

- *Wo Niedertemperaturbedarfe mit hochexergetischen Energieträgern versorgt werden*
- *Wo (Kreis-) Prozesse mit prozessimmanenten Verlusten entstehen*

Theoretischer Exergiebedarf Österreichs



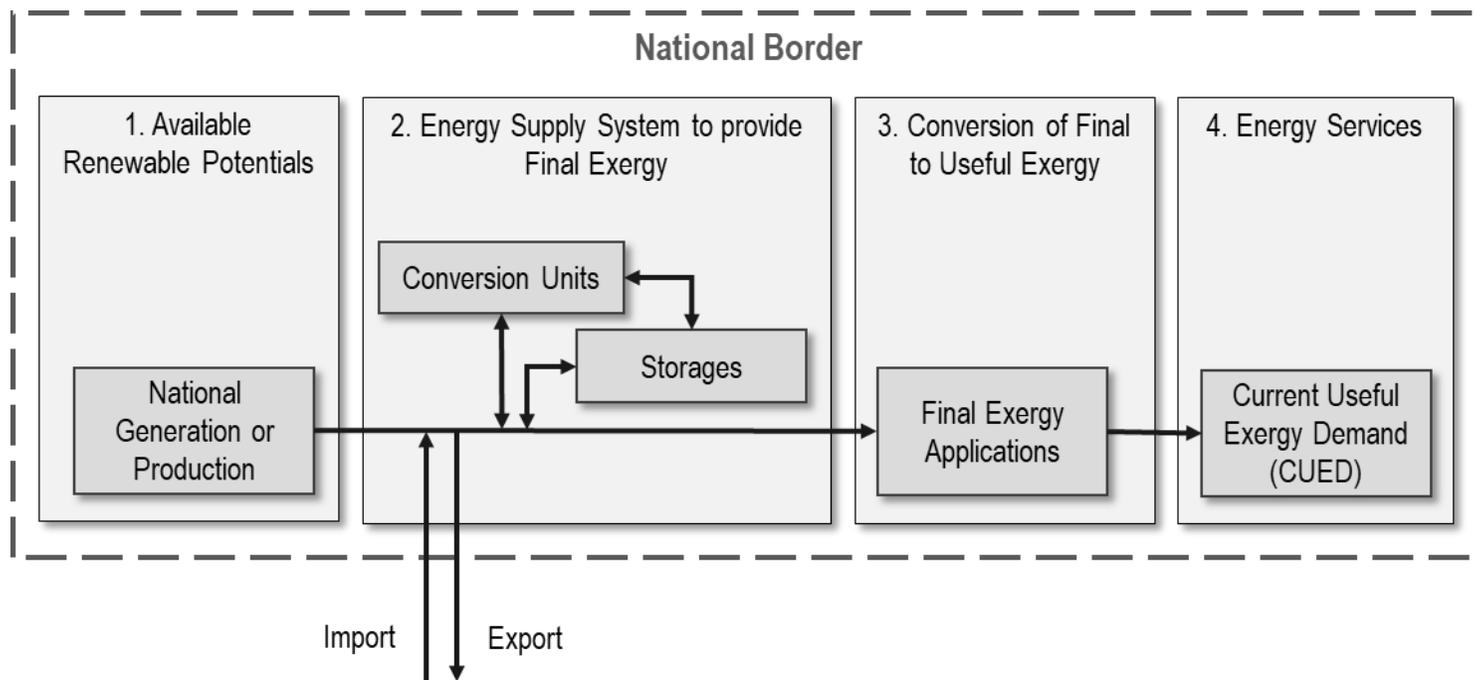
Frage: Wie effizient wird Energie in Österreich im Moment überhaupt eingesetzt?

Theoretische Untersuchung des **Exergiebedarfs** der heutigen Energieservices

- Minimale (zu bezahlende) Arbeitsfähigkeit um diese zu decken.
- Rest des Energiebedarfs kann aus (gratis) Umgebungswärme kommen

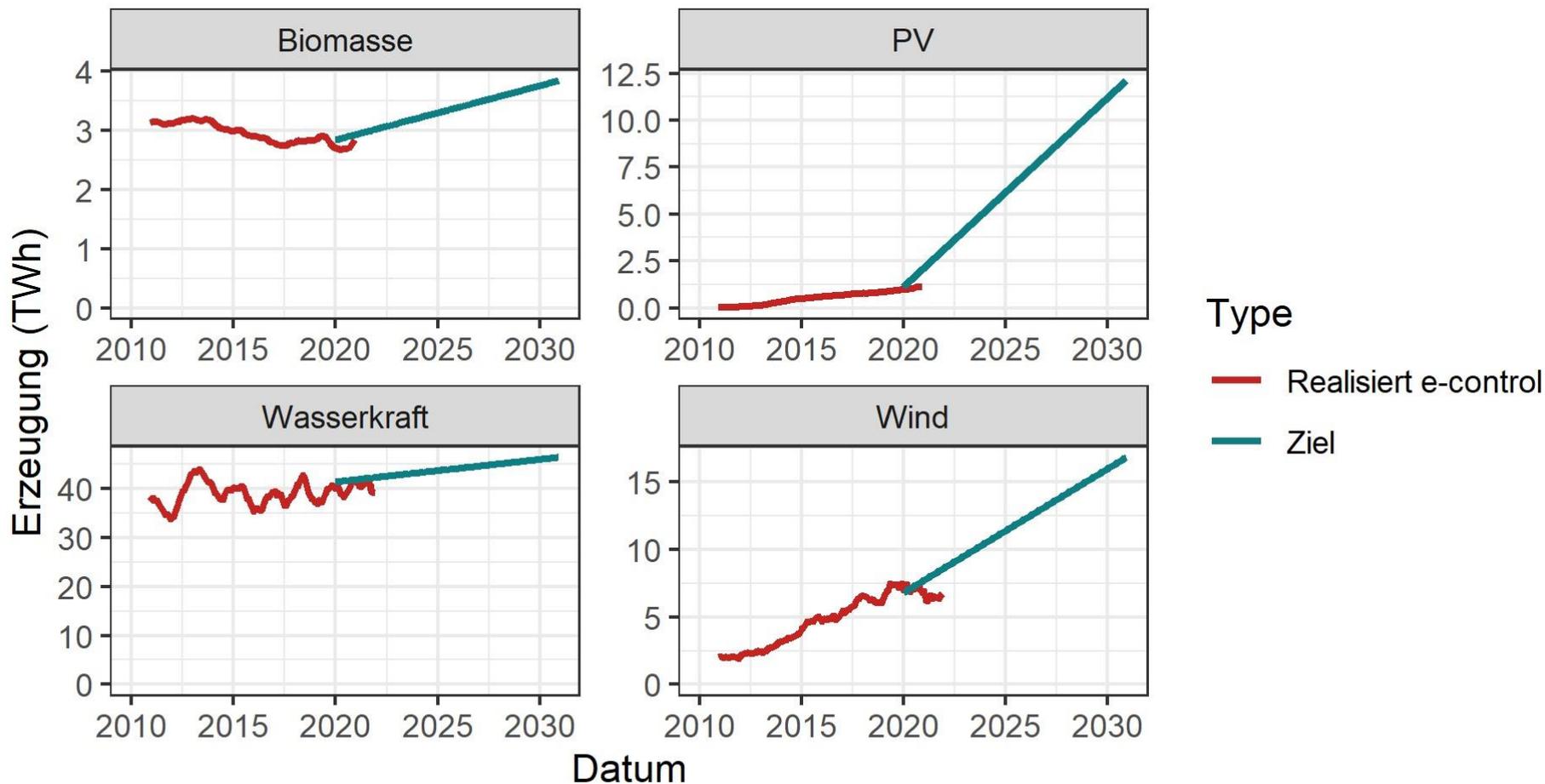
Exergieoptimales Energiesystem für Österreich 2040

Bilanzzone und Systemgrenzen



- Constraints: RES Ausbau sowie Exergiebedarf der Services sind vorgegeben. Dieser entspricht dem Heutigen.

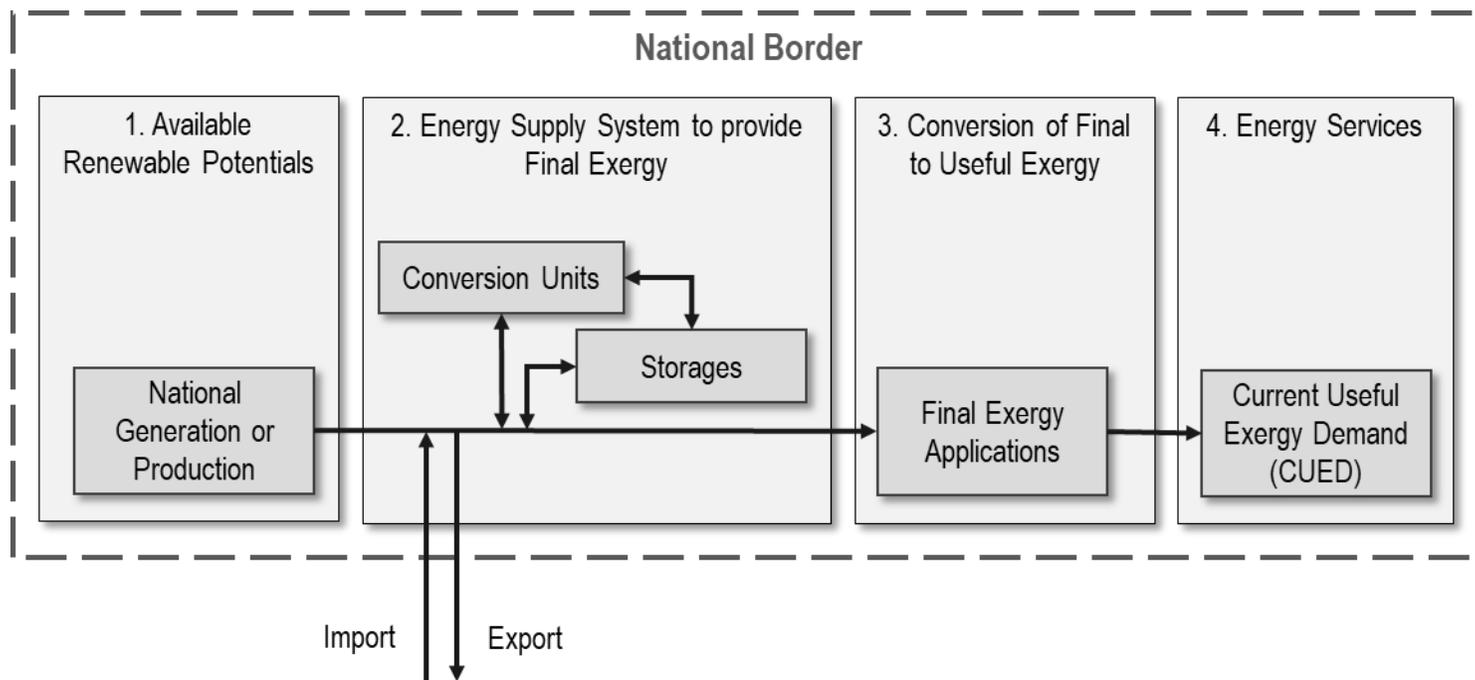
Tatsächliche Ausbaugeschwindigkeit Erneuerbarer in Österreich



Quelle: EAG, e-control

Exergieoptimales Energiesystem für Österreich 2040

Bilanzzone und Systemgrenzen



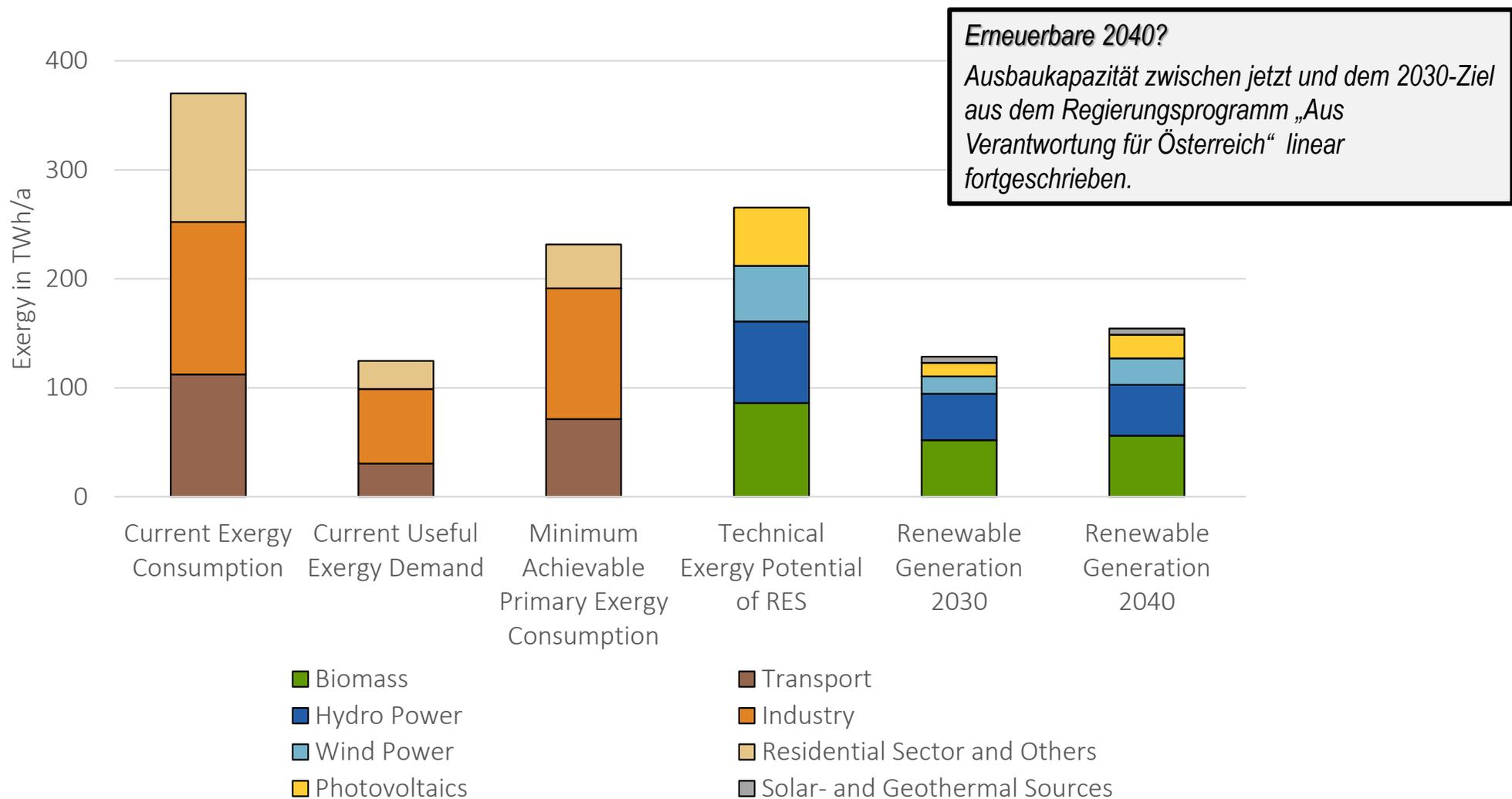
- Constraints: RES Ausbau sowie Exergiebedarf der Services sind vorgegeben. Dieser entspricht dem Heutigen.
- Zielfunktion: Maximierung der Exergieeffizienz = Minimierung der Exergiezerstörung. Wirtschaftliche Untersuchung im Post-Processing
- Optimierungsvariablen: Kapazität und Betrieb von Conversion Units, Storages, Endanwendungstechnologien sowie Import/Export

$$\begin{aligned} \min EX_{LossDest,tot} &= EX_{Sup,tot} - EX_{CUED,tot} = \\ &= \sum_i EX_{NatGP,i} + \left(\sum_j EX_{Imp,j} - \sum_k EX_{Exp,k} \right) - EX_{CUED,tot} \end{aligned}$$

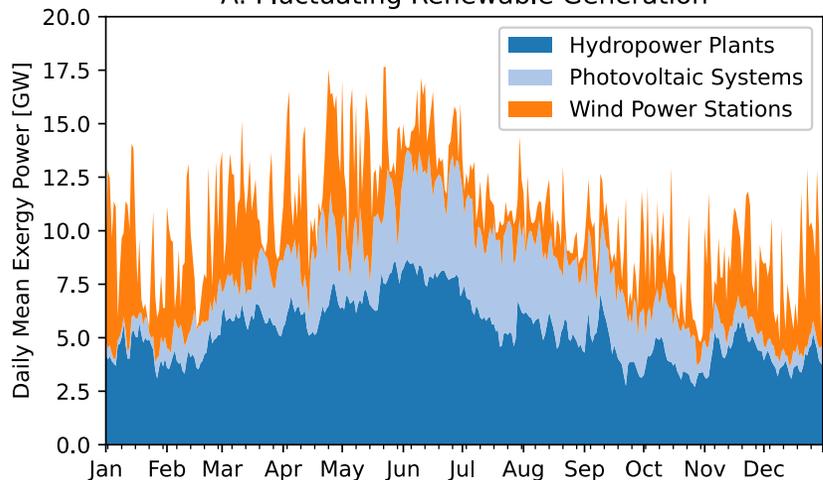
Vereinfachung durch
Constraints →

$$\min f = \sum_j EX_{Imp,j} - \sum_k EX_{Exp,k}$$

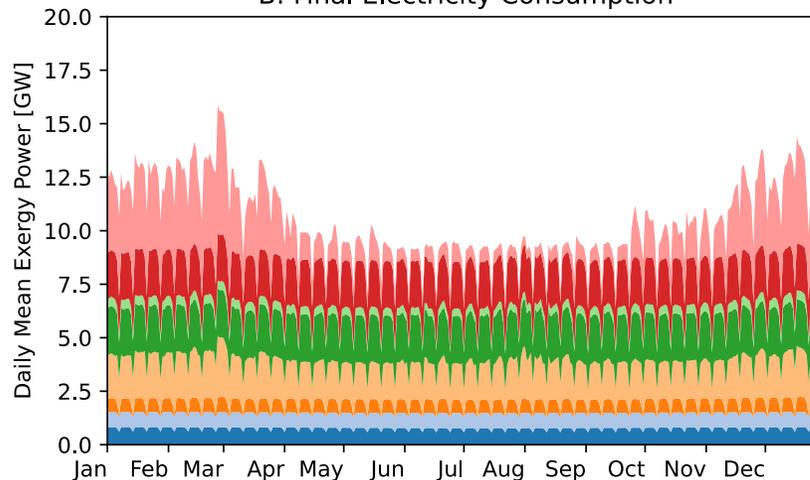
Gegenüberstellung Gesamtsituation 2040



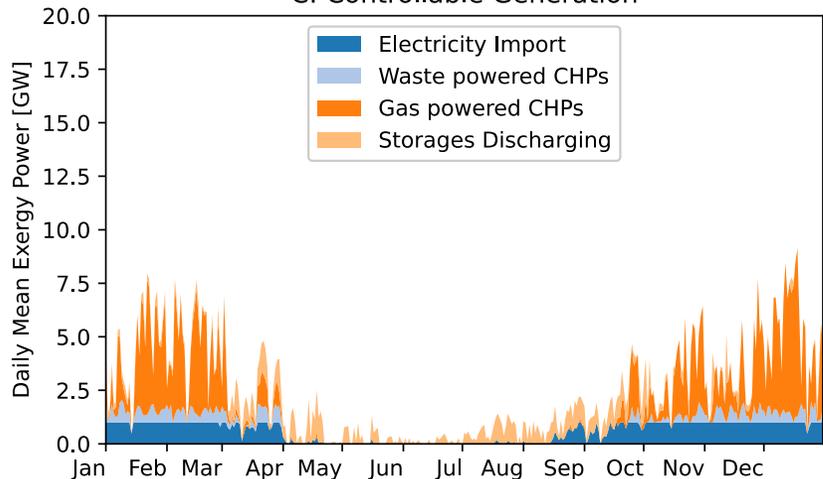
A: Fluctuating Renewable Generation



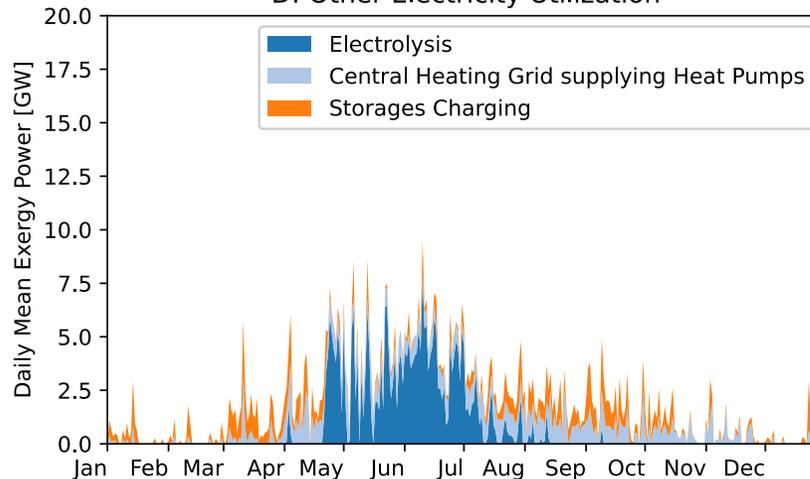
B: Final Electricity Consumption



C: Controllable Generation



D: Other Electricity Utilization

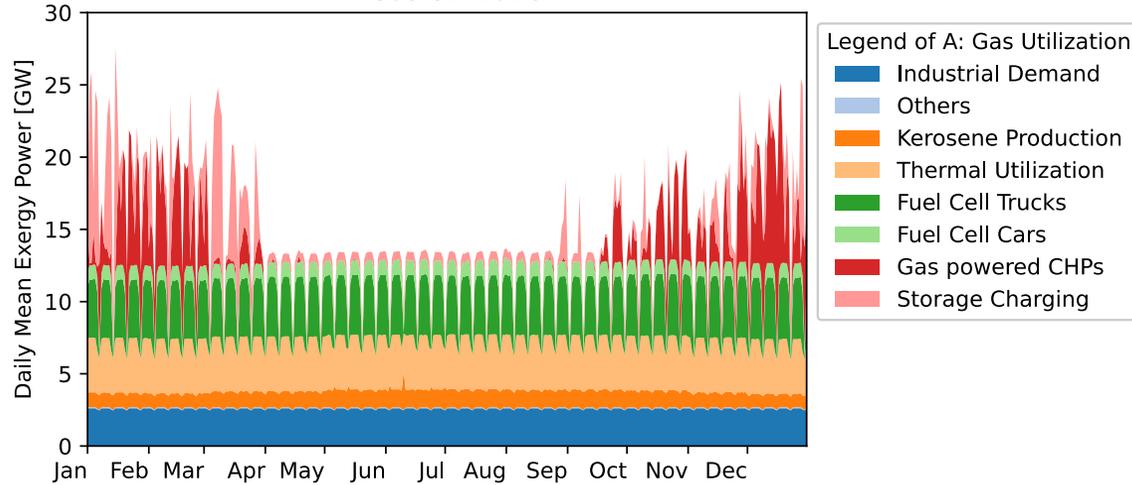


Elektrizität 2040

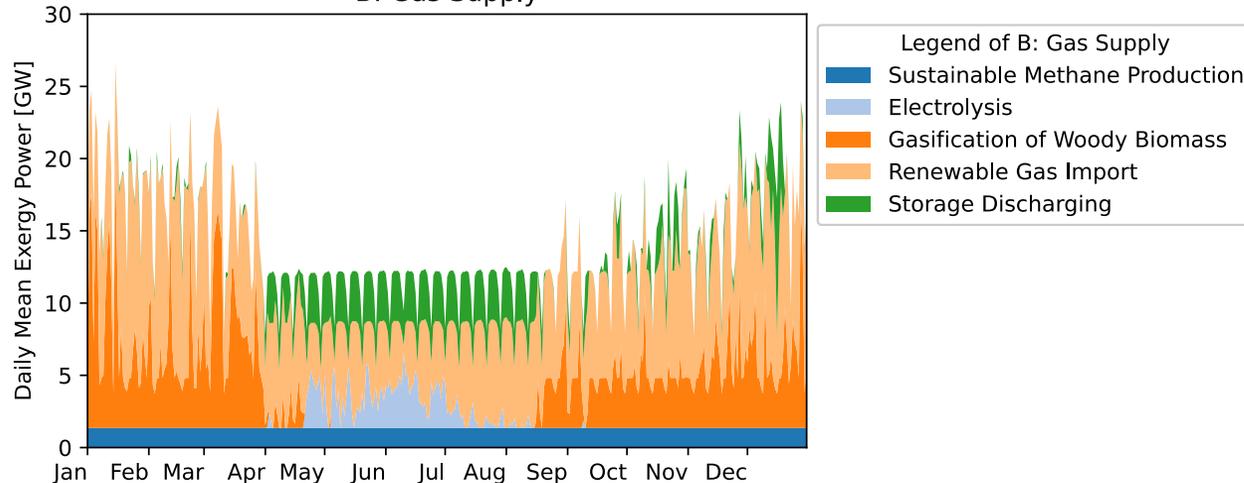
- Saisonale Komponente bei volatiler Erzeugung und Verbrauch von Wärmepumpen (Raumwärme) → hängt wiederum mit Kraftwerkseinsatz zusammen
- Negative Residuallast im Sommer → wird für Wärmepumpen (Prozesswärme) und Elektrolyse verwendet
- Positive Residuallast im Winter wird durch nationale GuD-Kraftwerke gedeckt

Gasbedarf 2040

A: Gas Utilization



B: Gas Supply



- Nur Kraftwerkseinsatz hat eine starke saisonale Komponente (siehe vorherige Folie)
- Alle anderen Verbraucher quasi konstant
- Verschiedene Gase für thermische Nutzung austauschbar
- Holzvergasung wenn Abwärme benötigt wird aufgrund einfacher Speicherbarkeit
- Sehr geringe nationale Wasserstoffherzeugung
- Abweichung zwischen Aufbringung und Verwendung durch Speicher

Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen

Fazit 1:

Exergiebasierende Analysen sind mehr als nur theoretische Fingerübungen.

- Sie zeigen auf an welchen Stellen des Energiesystems Ineffizienzen bestehen und durch welche Technologien, sowohl bei der Endenergieanwendung als auch im Sektor Energie diese bestmöglich verringert werden können.
- Sie zeigen (bei gegebenen Nutzenergiebedarfen) eine Untergrenze des Primärenergiebedarfs auf erlauben Abschätzungen wohin sich Primär- als auch Endenergiebedarf sowie die Kosten entwickeln, wenn energieeffiziente Technologien nicht kommen.

Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen

Fazit 2:

- Absehbare nationale Ausbauziele (2030 and beyond) lassen keine vollständige Energieversorgung Österreichs mit nationalen Erneuerbaren zu.
- Exergetisch effizientes Vorgehen verringert jedoch den Primärenergiebedarf enorm. Insbesondere im Sektor Energie werden dazu sektorenkoppelnde Elemente mit kaskadischer Energienutzung verwendet (CHP, Großwärmepumpen..)
- Zeitlich aufgelöster Ausgleich des inländischen Strombedarf wird sich nicht ausschließlich über Export/Import decken lassen, da Leitungskapazitäten beschränkt sind.
- Gasbedarf besteht auch exergieoptimierten Systemen – insbesondere in der Industrie, für die Stromerzeugung (und den Schwerverkehr)
- Je weniger exergieeffizient vorgegangen wird, desto höher ist dieser Gasbedarf und damit die Importabhängigkeit

Fazit 3:

- Ohne klimaneutrale Gasimporte erscheint die Energiewende bei beschränktem RES Ausbau nicht möglich! Robuste Importrouten sind zu entwickeln!
- Sektorenkopplung lässt sich heute in der Praxis schwer umsetzen. Dies ist anzupassen.

Elektrifizierung und exergieeffiziente Technologien gehen oft Hand in Hand: Verstärkter nationaler RES Ausbau erforderlich!

Dieser Punkt verdient mehr Betrachtung!



Exergy as Criteria for Efficient Energy Systems – Maximising Energy Efficiency from Resource to Energy Service, an Austrian Case Study

Christoph Sejkora ^a✉, Lisa Kühberger ^a, Fabian Radner ^b, Alexander Trattner ^b, Thomas Kienberger ^a

Show more



Article

Interlinking the Renewable Electricity and Gas Sectors: A Techno-Economic Case Study for Austria

Christoph Sejkora ^{1,*}, Johannes Lindorfer ², Lisa Kühberger ¹ and Thomas Kienberger ¹

¹ Chair of Energy Network Technology, Montanuniversitaet Leoben, Franz-Josef Straße 18, A-8700 Leoben, Austria; lisa.kuehberger@unileoben.ac.at (L.K.); thomas.kienberger@unileoben.ac.at (T.K.)

² Energy Institute at the Johannes Kepler University Linz, Altenberger Strasse 69, A-4040 Linz, Austria; lindorfer@energieinstitut-linz.at

* Correspondence: christoph.sejkora@unileoben.ac.at; Tel.: +43-3842-402-5410

Abstract: Achieving climate neutrality requires a massive transformation of current energy systems. Fossil energy sources must be replaced with renewable ones. Renewable energy sources with reasonable potential such as photovoltaics or wind power provide electricity. However, since chemical energy carriers are essential for various sectors and applications, the need for renewable gases comes more and more into focus. This paper determines the Austrian green hydrogen potential, produced exclusively from electricity surpluses. In combination with assumed sustainable methane production, the resulting renewable gas import demand is identified, based on two fully decarbonised scenarios for the investigated years 2030, 2040 and 2050. While in one scenario energy efficiency is maximised, in the other scenario significant behavioural changes are considered to reduce the total energy consumption. A techno-economic analysis is used to identify the economically reasonable national green hydrogen potential and to calculate the averaged levelised cost of hydrogen (LCOH₂) for each scenario and considered year. Furthermore, roll-out curves for the necessary expansion of national electrolysis plants are presented. The results show that in 2050 about 43% of the national gas demand can be produced nationally and economically (34 TWh green hydrogen, 16 TWh sustainable methane). The resulting national hydrogen production costs are comparable to the expected import costs (including transport costs). The most important actions are the quick and extensive expansion of renewables and electrolysis plants both nationally and internationally.

Keywords: power to gas; electrolysis; green hydrogen; national potential; decarbonisation; scenario analysis; national energy system; techno-economic analysis; levelised cost of hydrogen



Citation: Sejkora, C.; Lindorfer, J.; Kühberger, L.; Kienberger, T. Interlinking the Renewable Electricity and Gas Sectors: A Techno-Economic Case Study for Austria. *Energies* 2021, 14, 6289. <https://doi.org/10.3390/en14196289>

Academic Editor: Alberto-Jesus Perea-Moreno



Article

Exergy as Criteria for Efficient Energy Systems—A Spatially Resolved Comparison of the Current Exergy Consumption, the Current Useful Exergy Demand and Renewable Exergy Potential

Christoph Sejkora ^{1,*}, Lisa Kühberger ¹, Fabian Radner ², Alexander Trattner ² and Thomas Kienberger ¹

¹ Chair of Energy Network Technology, Montanuniversitaet Leoben, Franz-Josef Straße 18, A-8700 Leoben, Austria; lisa.kuehberger@unileoben.ac.at (L.K.); thomas.kienberger@unileoben.ac.at (T.K.)

² HyCentA Research GmbH, Inffeldgasse 15, A-8010 Graz, Austria; radner@hycenta.at (F.R.); trattner@hycenta.at (A.T.)

* Correspondence: christoph.sejkora@unileoben.ac.at; Tel.: +43-3842-402-5410

Received: 20 December 2019; Accepted: 10 February 2020; Published: 14 February 2020



Received: 20 December 2019; Accepted: 10 February 2020; Published: 14 February 2020

Abstract: The energy transition from fossil-based energy sources to renewable energy sources of an industrialized country is a big challenge and needs major systemic changes to the energy supply. Such changes require a holistic view of the energy system, which includes both renewable potentials and consumption. Thereby exergy, which describes the quality of energy, must also be considered. In this work, the determination and analysis of such a holistic view of a country are presented, using Austria as an example. The methodology enables the calculation of the spatially resolved current exergy consumption, the spatially resolved current useful exergy demand and the spatially resolved technical potential of renewable energy sources (RES). Top-down and bottom-up approaches are combined in order to increase accuracy. We found that, currently, Austria cannot self-supply with exergy using only RES. Therefore, Austria should increase the efficiency of its energy system, since the overall exergy efficiency is only at 34%. The spatially resolved analysis shows that in Austria the exergy potential of RES is rather evenly distributed. In contrast, the exergy consumption is concentrated in urban and industrial areas. Therefore, the future energy infrastructure must compensate for these spatial discrepancies.

Danke für Ihre Aufmerksamkeit