

## Electrification of heating and mobility: Socioeconomic impacts of non-ETS policies with sector coupling and sectoral linkages

Autor:innen: Andrea Frank-Stocker, Kurt Kratena, Andreas Müller

Wien, 2023

### FACTSHEET

Dieses Factsheet fasst die Ergebnisse des Projekts ELECTRO\_COUP zusammen. Das Projekt wurde vom österreichischen Klima- und Energiefonds im Rahmen des „Austrian Climate Research Programme“ gefördert und vom Centre of Economic Scenario Analysis and Research (CESAR) und der Universität Münster durchgeführt.

#### Projektziel:

Im Projekt ELECTRO\_COUP geht es darum, Wege zu finden, um Verkehr und Wärme in Österreich klimafreundlicher zu gestalten. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den Themen **Elektrifizierung** und **Sektorkopplung zwischen Strom, Wärme und Mobilität**. Das Projekt untersucht verschiedene **Dekarbonisierungsszenarien**, um zu sehen, wie verschiedene Maßnahmen dazu beitragen können, die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren, und wie sie sich auf die Wirtschaft und den Energieverbrauch des Landes auswirken. Durch diese Analyse will das Projekt die besten Wege finden, um Österreichs Klimaziele für 2030 und 2040 zu erreichen.

#### Wichtige Fragen:

- Wie können die Elektrifizierung des Mobilitäts- und Wärmesektors und die Sektorkopplung dazu beitragen, die österreichischen Dekarbonisierungsziele für 2030 und 2040 zu erreichen?
- Welche Auswirkungen auf energie- und sozioökonomische Indikatoren (z.B. CO<sub>2</sub>-Emissionen, Energieeffizienz, BIP und Beschäftigung nach Branchen) sind zu erwarten?
- Wie viel zusätzlicher Strom wird benötigt, um den Stromsektor mit dem Verkehr und der Raumwärme zu koppeln, und wie wird dieser zusätzliche Strom bereitgestellt?

### Dekarbonisierung, Sektorkopplung und Elektrifizierung

Unter **Dekarbonisierung** versteht man den Prozess der Reduzierung von Treibhausgasemissionen (THG), insbesondere von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), um den Klimawandel abzuschwächen. Dabei geht es darum, sich von fossilen Brennstoffen wie Kohle, Erdöl und Erdgas zu verabschieden und stattdessen saubere Energiequellen und -technologien einzuführen, um die CO<sub>2</sub>-Belastung verschiedener Sektoren, wie Stromerzeugung, Verkehr und Gebäude, zu minimieren.

Die **Sektorkopplung** hingegen verfolgt das Ziel verschiedene Bereiche des Energiesystems zu integrieren, um mehr Effizienz und Flexibilität zu erreichen. Sie zielt darauf ab, Sektoren wie Strom, Heizung und Verkehr miteinander zu verbinden, damit sie effizienter zusammenarbeiten und Energieressourcen und Infrastruktur gemeinsam nutzen können.

**Elektrifizierung** bezieht sich darauf, traditionelle, auf fossilen Brennstoffen basierende Technologien durch elektrisch betriebene Alternativen zu ersetzen. Dies bedeutet, dass Elektrizität als primäre Energiequelle in verschiedenen Sektoren wie Verkehr, Wärme und Industrie eingesetzt wird, anstatt auf fossile Brennstoffe zurückzugreifen. Die Vorteile der Elektrifizierung liegen darin, dass Strom aus erneuerbaren Energiequellen wie Sonnen-, Wind- und Wasserkraft erzeugt werden kann. Durch die Elektrifizierung verschiedener Sektoren können THG reduziert und Fortschritte bei der Dekarbonisierung erreicht werden.

# Dekarbonisierung des Verkehrs und der Wärme

Die Klimapolitik der EU unterscheidet zwischen Sektoren, die unter das EU-Emissionshandelssystem (EU ETS) fallen, und Sektoren, die nicht in das EU ETS einbezogen sind. Das EU ETS ist die wichtigste klimapolitische Maßnahme, um die Dekarbonisierung des Elektrizitätssektors voranzutreiben. Die Emissionen aus Verkehr und Heizung sind jedoch nicht enthalten. Gerade in diesen Sektoren wird ein erhebliches Potenzial zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen gesehen. Während rund 80% der gesamten Stromerzeugung in Österreich bereits aus erneuerbaren Quellen stammt, dominieren in den Bereichen Wärme und Mobilität/Verkehr noch immer fossile Energieträger.

## Österreichs politische Ziele in Bezug auf die Dekarbonisierung von Wärme und Mobilität:

- 100% des gesamten Stromverbrauchs aus erneuerbaren Energiequellen bis 2030.
- 80%ige Verringerung der THG im Gebäudesektor bis 2050 gegenüber 1990.
- Schrittweiser Ausstieg aus Heizsystemen mit fossilen Brennstoffen bis 2040
- 100% emissionsfreie Personenkraftwagen bis zum Jahr 2035.

## Die ELECTRO\_COUP Szenarien

**Ziel:** Erreichen der Dekarbonisierung in den Sektoren Verkehr und Wärme bis 2040

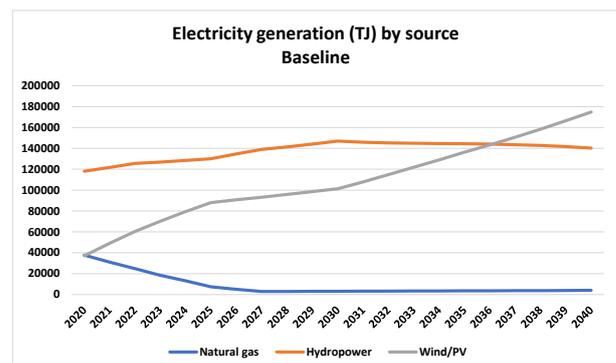
Neben einem Basisszenario (zu Vergleichszwecken) haben wir drei Dekarbonisierungsszenarien entwickelt, die speziell auf die Bereiche Mobilität und Raumwärme in Österreich zugeschnitten sind. Diese Szenarien untersuchen Elektrifizierungspfade sowohl im Verkehrs- als auch im Wärmesektor sowie die Sektorkopplung mit dem Ziel, einen Beitrag zur vollständigen Dekarbonisierung bis 2040 zu leisten. Die Szenarien wurden mit einem integrierten Energiewirtschaftsmodell simuliert, um zu sehen, wie sie sich auf den Stromverbrauch, die Energieeffizienz, die CO<sub>2</sub>-Emissionen und Wirtschaftskennzahlen (z.B. Bruttoinlandsprodukt - BIP und Beschäftigung nach Branchen) auswirken. Die Simulationen wurden bis zum Jahr 2040 durchgeführt.

Um den Nicht-ETS-Sektor klimafreundlicher zu gestalten, bedarf es politischer Maßnahmen wie höherer CO<sub>2</sub>-Preise. Diese Maßnahmen fördern die Energieeffizienz und die Nutzung von zusätzlichem Strom (Elektrifizierung) anstelle von fossilen Brennstoffen. Auch ohne spezifische Dekarbonisierungsmaßnahmen ist bereits im Basisszenario ein deutlicher Anstieg des Stromverbrauchs für Heizung und Transport zu verzeichnen. In den Dekarbonisierungsszenarien gewinnt die Elektrifizierung noch stärker an Bedeutung.

### Basisszenario:

Mit dem Basisszenario soll das Ziel erreicht werden, bis zum Jahr 2030 100 % des Stroms aus erneuerbaren Quellen zu erzeugen. Es berücksichtigt jedoch nicht die Bemühungen zur Dekarbonisierung im Verkehrs- und Wärmesektor.

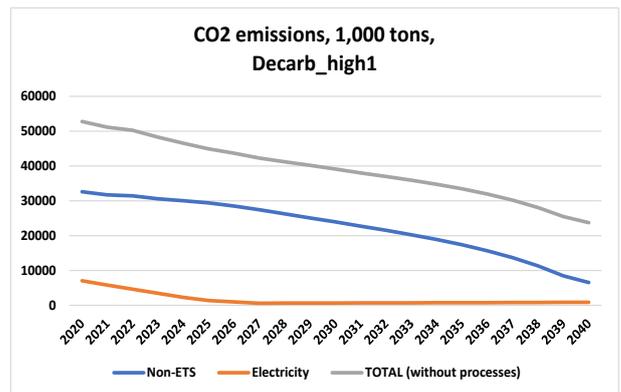
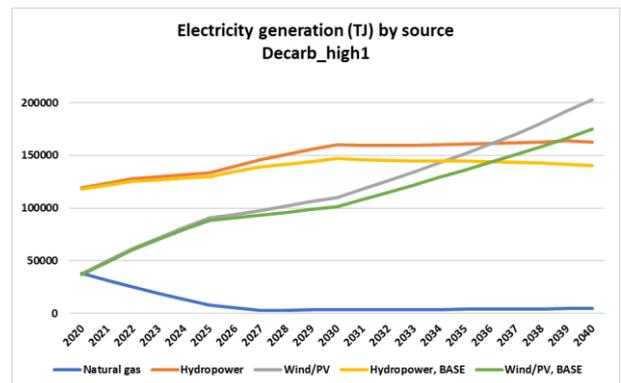
Die Abbildung zeigt, dass bei der Stromerzeugung die Erdgasproduktion bis 2030 ausläuft, während Wind- und Photovoltaikanlagen stark expandieren und die Wasserkraft nahezu konstant bleibt. Unter diesen Rahmenbedingungen wächst das BIP um 2,0 % pro Jahr und die gesamtwirtschaftliche Energieeffizienz (pro BIP-Einheit) steigt um 0,4 % pro Jahr, während die CO<sub>2</sub>-Emissionen um ca. 1 % pro Jahr sinken (entsprechend dem Trend seit 2005).



## Dekarbonisierung 2040 - Hohe Systemeffizienz 1 (Decarb\_high1):

Hohe CO<sub>2</sub>-Preise führen zu Nachfrageänderungen aufgrund von Sanierungen und zu einer Verlagerung auf die Nutzung von Elektrofahrzeugen, was eine Dekarbonisierung des Verkehrs- und Wärmesektors und die Erzeugung von zusätzlichem Strom zur Folge hat. Der zusätzlich benötigte Strom stammt zur Gänze aus erneuerbaren Energiequellen. Die Nutzung von Photovoltaik und Wind sowie Wasserkraft nimmt daher im Vergleich zum Basisszenario zu, während die Gaserzeugung - wie im Basisszenario - auf null sinkt (siehe Abbildung).

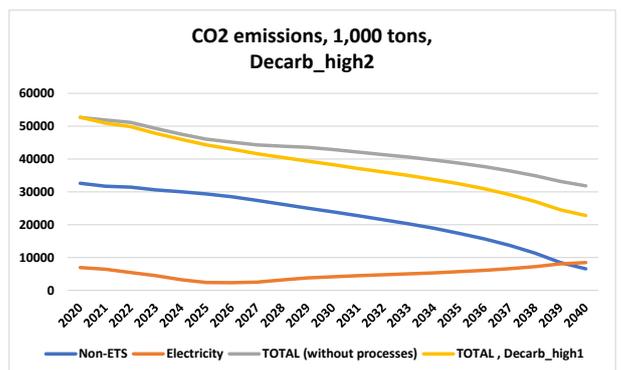
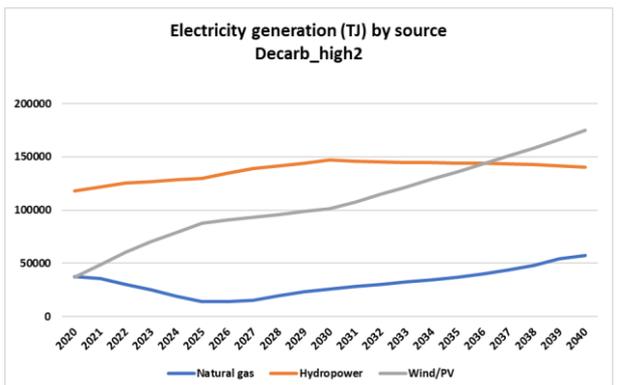
Im Durchschnitt ist das Wirtschaftswachstum im Vergleich zum Basisszenario etwas höher, die gesamtwirtschaftliche Energieeffizienz steigt um 0,9% pro Jahr und sogar um 1,4% im Zeitraum von 2030 bis 2040. Dies ist v.a. auf die Effizienzgewinne durch die Elektrifizierung des Straßenverkehrs zurückzuführen. Die für die Dekarbonisierung benötigte Strommenge kann mit erneuerbaren Energien erzeugt werden (+28 PJ Wind/PV bis 2040). Der höhere Einsatz erneuerbarer Energien führt zu einem starken CO<sub>2</sub>-Rückgang. Der Stromsektor ist ab 2030 CO<sub>2</sub>-frei, die Emissionen in den Nicht-ETS-Sektoren reduzieren sich erheblich.



## Dekarbonisierung 2040 - Hohe Systemeffizienz 2 (Decarb\_high2):

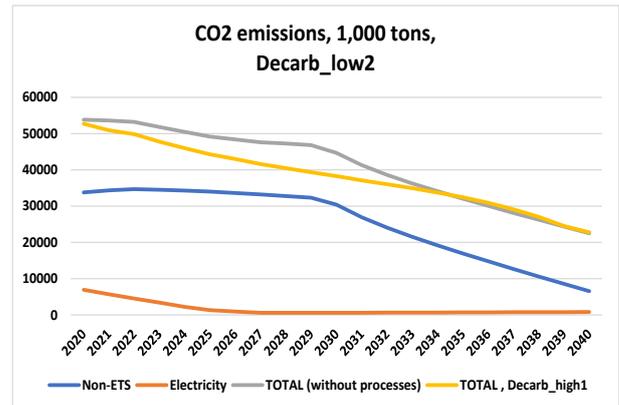
Im zweiten Szenario mit hoher Systemeffizienz untersuchen wir einen alternativen Weg, indem wir die Möglichkeit betrachten, Gas anstelle von erneuerbaren Energien für die Stromerzeugung zu verwenden. Die Maßnahmen zur Dekarbonisierung in den Nicht-ETS-Sektoren werden beibehalten. Der zusätzlich benötigte Strombedarf wird ausschließlich durch zusätzliche Stromerzeugung aus Gas gedeckt (+53 PJ Erdgas bis 2040).

Dieses Szenario führt zu geringeren Investitionen in erneuerbare Energien im Vergleich zu Decarb\_high1. Darüber hinaus ziehen die höheren Kosten für Emissionszertifikate einen Anstieg der Strompreise um 20% bis 2040 nach sich. Folglich führen diese beiden Faktoren dazu, dass das Szenario Decarb\_high2 bei der Erreichung der Dekarbonisierung weniger effektiv ist. Die Auswirkungen auf das BIP sind ähnlich wie im Szenario Decarb\_high1. Decarb\_high2 zeigt einen negativen Sektorkopplungseffekt, der die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Stromerzeugung im Jahr 2040 um 9 Mio. Tonnen erhöht und damit 44% der Dekarbonisierung in Nicht-ETS-Sektoren aufhebt.



## Dekarbonisierung 2040 - Niedrige Systemeffizienz (Decarb\_low):

In diesem Szenario konzentrieren wir uns auf einen alternativen Ansatz. Anstatt die Effizienz zu verbessern und direkt Strom zu nutzen, untersuchen wir die Option, fossile Brennstoffe durch E-Kraftstoffe zu ersetzen. Es handelt sich hierbei jedoch um ein hypothetisches Szenario, da es nicht wahrscheinlich ist, dass E-Fuel-Technologien aufgrund ihrer hohen Kosten auf breiter Basis angenommen werden. Dieses Szenario führt zwar zu einer ähnlichen Emissionsreduktion wie die anderen Szenarien, ist jedoch mit höheren Kosten verbunden und hat geringere positive wirtschaftliche Auswirkungen.



## Schlussfolgerungen aus dem Projekt

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass politische Maßnahmen für eine erfolgreiche Dekarbonisierung unerlässlich sind, und dass die Nutzung von zusätzlicher Elektrizität aus erneuerbaren Quellen ein wichtiger Teil der Lösung ist.

ELECTRO\_COUP untersuchte verschiedene Möglichkeiten zur Dekarbonisierung der Nicht-ETS-Sektoren Verkehr und Wärme durch den Einsatz effizienter Technologien und erneuerbarer Elektrizität. Es wurde festgestellt, dass die Sektorkopplung und die Substitution fossiler Brennstoffe durch Strom gut funktionieren können. Wenn jedoch nicht sorgfältig vorgegangen wird, könnte ein Teil der Emissionsreduktion verloren gehen. Es ist wichtig zu beachten, dass die Sektorkopplung zu höheren Strompreisen führen und die positiven wirtschaftlichen Auswirkungen von Dekarbonisierungsbemühungen dämpfen kann.

Die Szenarien bieten wertvolle Einblicke in verschiedene Wege zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehrs- und Wärmesektor, wobei die Bedeutung des Einsatzes erneuerbarer Energien bei der zusätzlichen Elektrifizierung hervorgehoben und die potenziellen Herausforderungen, die sich aus der Stromerzeugung auf der Grundlage fossiler Brennstoffe oder hypothetischer Technologien wie E-Fuels ergeben, angesprochen werden. Insgesamt hat das Projekt das Verständnis des Dekarbonisierungspotenzials der Sektorkopplung und der Zusammenhänge zwischen ETS- und Nicht-ETS-Sektoren verbessert.

## ELECTRO\_COUP

**Dauer:** 1. Oktober 2021 – 30. Juni 2023

**Leitung:** Centre of Economic Scenario Analysis and Research (CESAR)

**Partner:** Westfälische Wilhelms-Universität Münster (WWU) Münster, Lehrstuhl für Mikroökonomik, insbes. Energie- und Ressourcenökonomik

**Kontakt:** Kurt Kratena ([kurt.kratena@cesarecon.at](mailto:kurt.kratena@cesarecon.at))



Dieses Projekt wird vom österreichischen Klima- und Energiefonds im Rahmen des "Austrian Climate Research Programme - ACRP 13th Call" gefördert.