

Kurzstudie: Auswirkungen unterschiedlicher EE- Ausbaugeschwindigkeiten auf die CO₂-Emissionen in den Sektoren Verkehr und Wärme

enervis energy advisors im Auftrag von Green Planet Energy eG und
Greenpeace eV.

Hintergrund & Ziel der Studie

Hintergrund

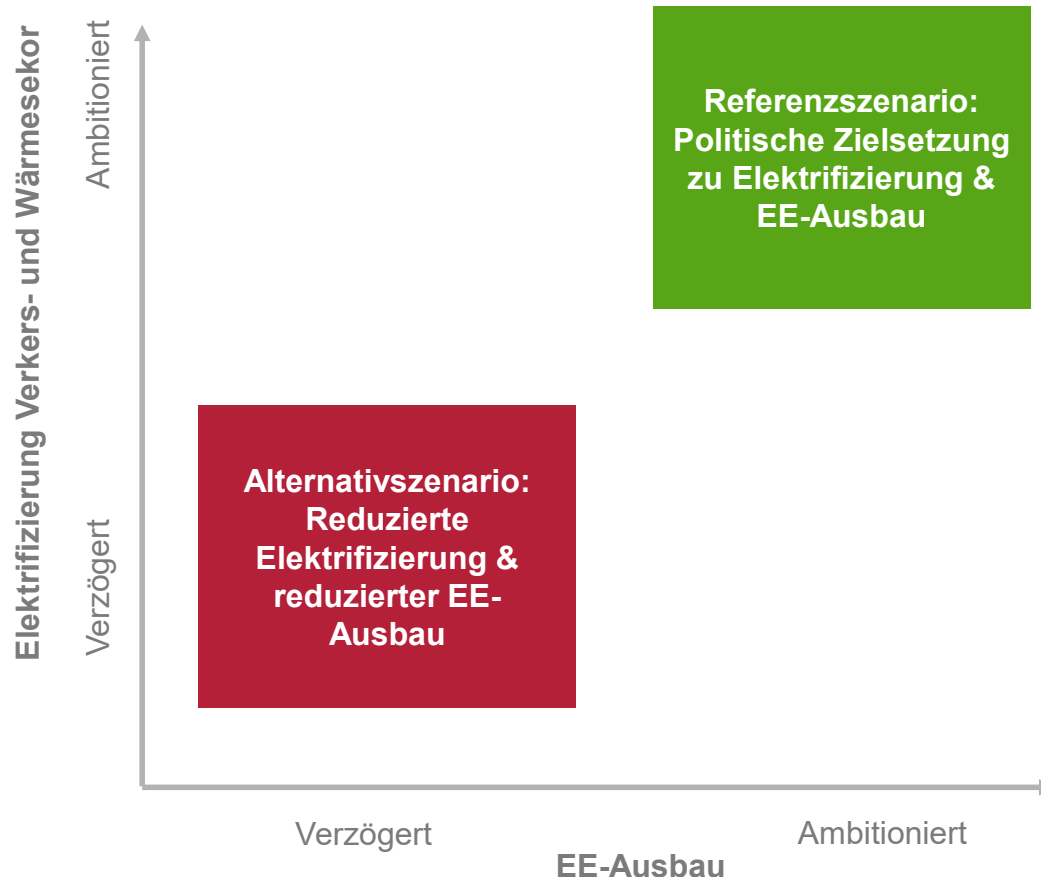
- Im Koalitionsvertrag wurde ein Energiewende-Monitoring angekündigt, das Strombedarf, Versorgungssicherheit, Netzausbau, Erneuerbare, Digitalisierung und Wasserstoffhochlauf umfasst.
- Das BMWK beauftragte daraufhin eine Untersuchung, deren Ergebnisse als Grundlage für eine mögliche Neuausrichtung der Energiepolitik dienen soll
- Ziel ist es zu überprüfen, ob und wie die Klimaschutzziele kosteneffizient und unter Gewährleistung der Versorgungssicherheit erreicht werden kann.

Ziel

- Vor diesem Hintergrund haben Green Planet Energy eG und Greenpeace e.V. enervis damit beauftragt, die Auswirkungen unterschiedlicher EE-Ausbaugeschwindigkeiten auf die CO₂-Emissionen in den Sektoren Verkehr und Wärme zu analysieren.
- Dazu wurden zwei Szenarien modelliert, die sich hinsichtlich des EE-Ausbaus sowie der Verbreitung von Wärmepumpen und Elektrofahrzeugen unterscheiden, während alle übrigen Annahmen konstant gehalten wurden.
- Ergänzend wurden zwei Sensitivitätsanalysen durchgeführt, um die Effekte verschiedener Kombinationen von EE-Ausbau und Elektrifizierung in den Sektoren Wärme und Verkehr auf die CO₂-Emissionen im Stromsektor zu untersuchen.

Überblick über Referenzszenario und Alternativszenario

Szenarienübersicht



Erläuterung

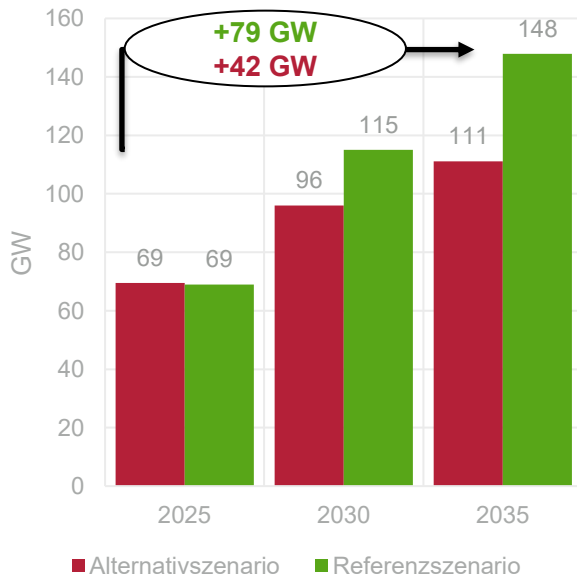
Das **Referenzszenario** bildet den bisherigen politischen Zielpfad bis 2030 ab. Es orientiert sich am EE-Ausbau gemäß den Zielen des EEG 2023 sowie an den politischen Zielen zur Nutzung von E-Mobilität und Wärmepumpen.

- PV: 215 GW
- Wind Onshore: 115 GW
- Wind Offshore: 30 GW
- Elektrofahrzeuge: 15 Mio.
- Wärmepumpen: 6 Mio.

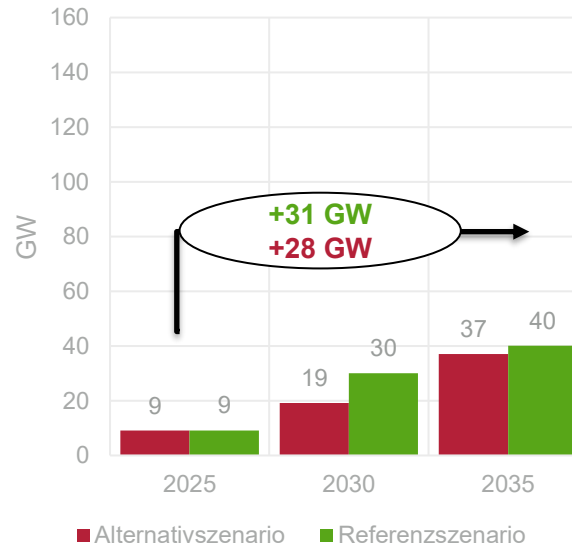
Das **Alternativszenario** basiert auf der Annahme eines reduzierten Ausbaus erneuerbarer Energien sowie einer im Vergleich zum Referenzszenario geringeren Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen und Wärmepumpen.

Im Alternativszenario werden 123 GW weniger EE ausgebaut als im Referenzszenario

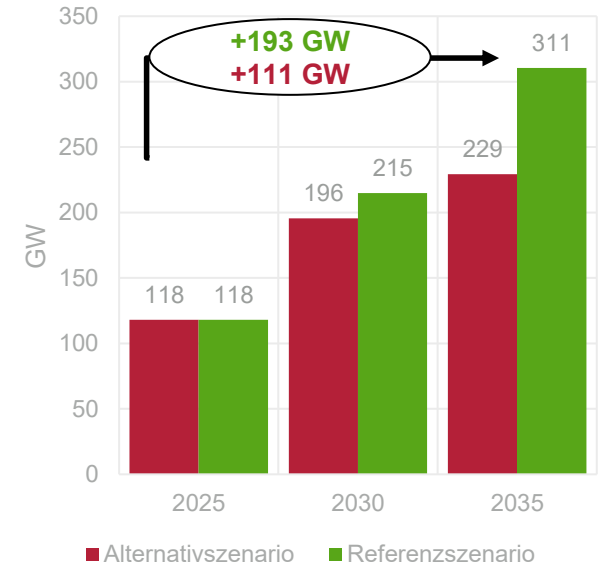
Wind an Land



Wind auf See



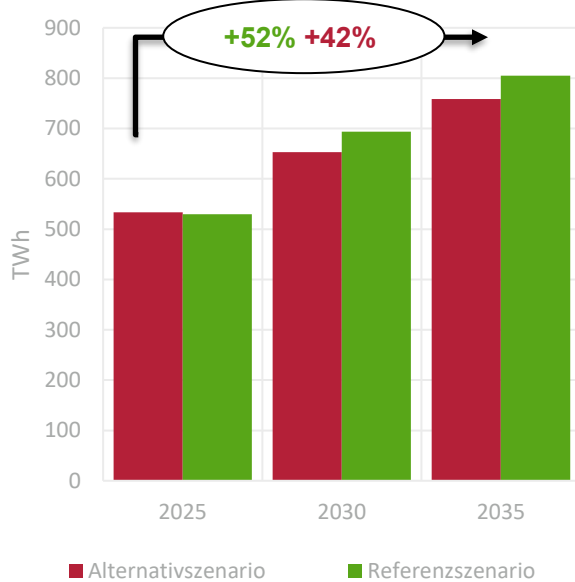
PV



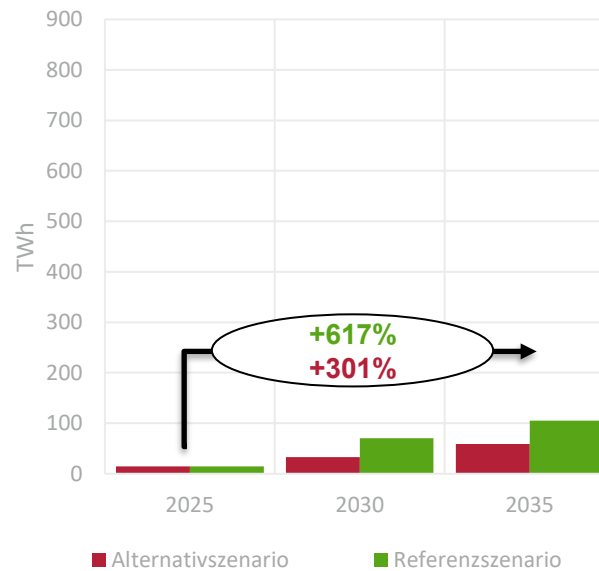
- Der Ausbau der Erneuerbaren Energien im **Referenzszenario** orientiert sich an den im EEG 2023 festgelegten politischen Ausbauzielen. Bis zum Jahr 2035 sind rund 500 GW installierte EE-Leistung vorgesehen.
- Im **Alternativszenario** erfolgt ein geringerer Ausbau. So liegt die installierte EE-Leistung im Jahr 2035 bei etwa 377 GW und damit rund 123 GW unter dem Referenzszenario.

Im Alternativszenario fällt der Stromverbrauch um 47 TWh geringer aus als im Referenzszenario

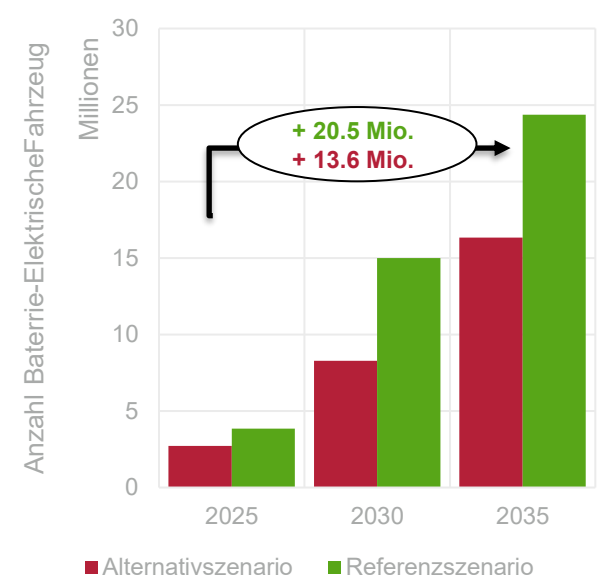
Stromnachfrage Gesamt



PtH



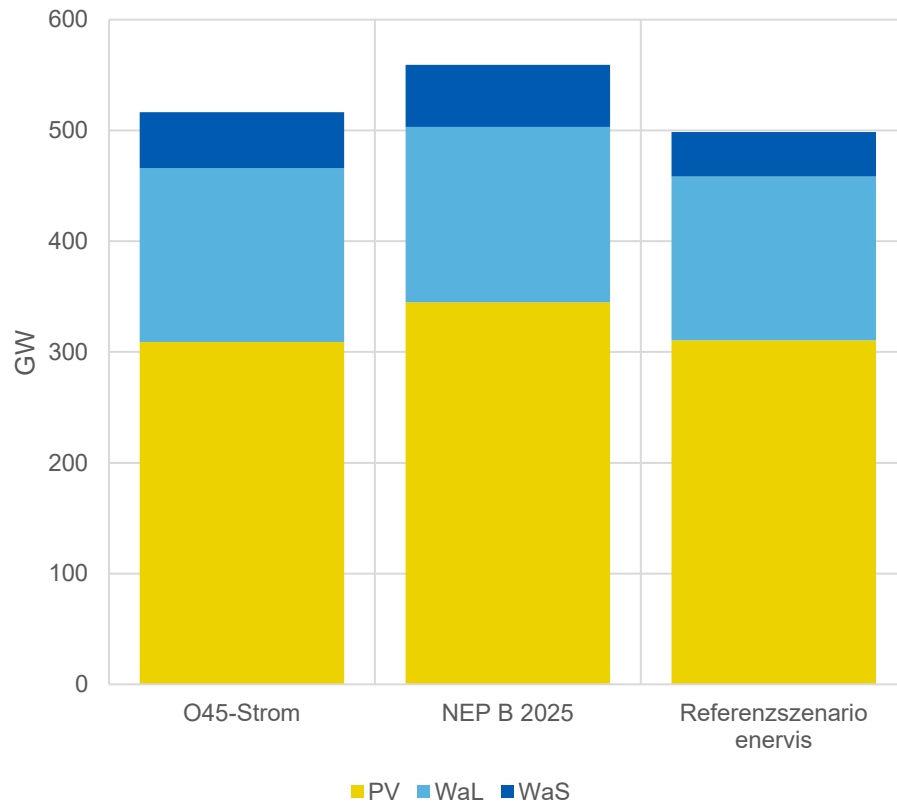
E-Fahrzeuge



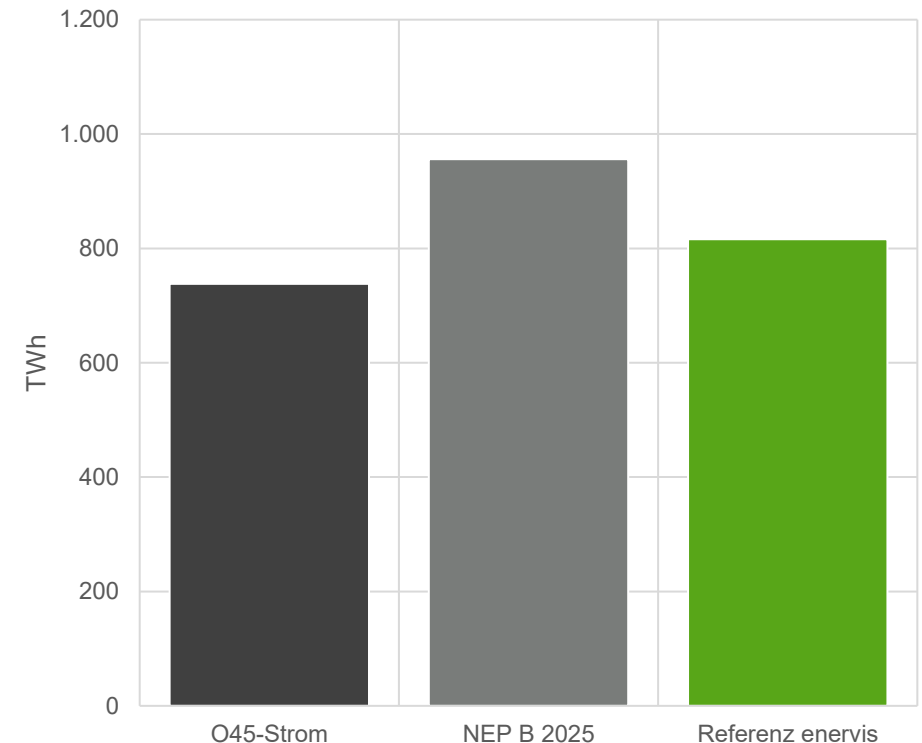
- Das **Referenzszenario** orientiert sich an den politischen Zielvorgaben für Elektromobilität und Wärmepumpen und erreicht im Jahr 2035 eine Nettostromnachfrage von rund 805 TWh.
- Im **Alternativszenario** wird eine langsamere Elektrifizierung der Sektoren Verkehr und Wärme unterstellt, wodurch die Stromnachfrage bis 2035 um etwa 47 TWh geringer ausfällt.

EE-Ausbau und Stromnachfrage im Referenzszenario auf ähnlichem Niveau wie NEP und Langfristszenarien

Installierte EE Leistung 2035/37



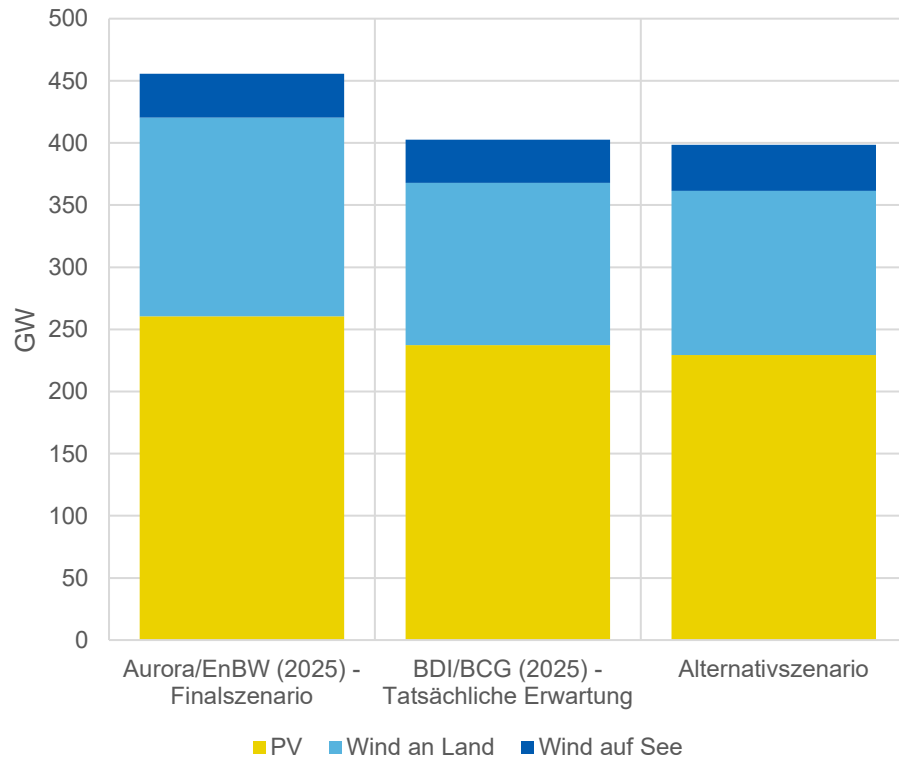
Nettostromnachfrage 2035/37



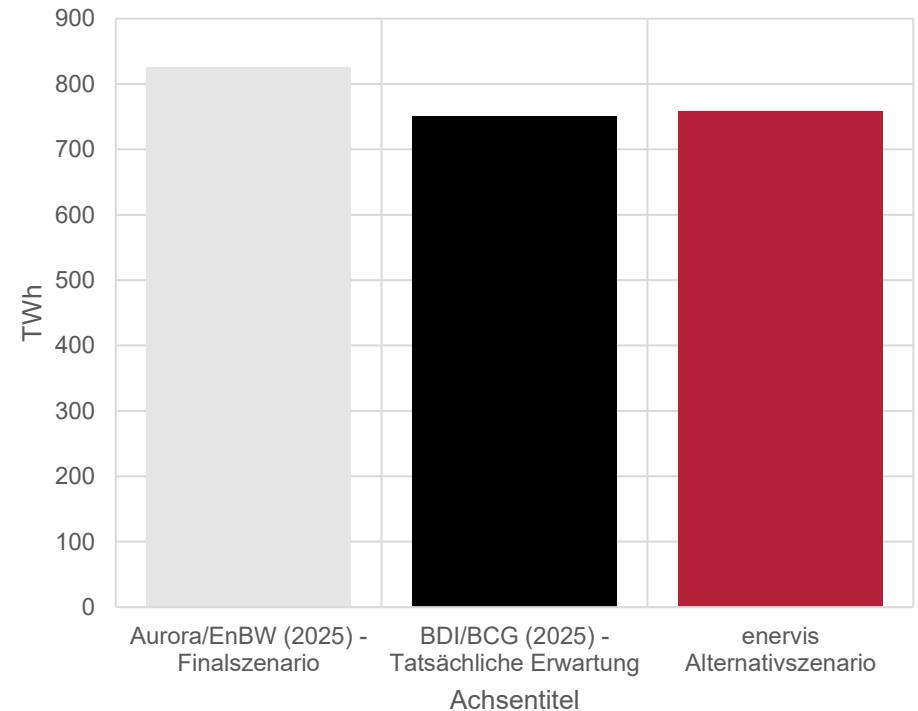
Quelle: Netzentwicklungsplan (2025), Fraunhofer/BMWK Langfristszenarien
Anmerkung: NEP mit Stichjahr 2037

EE-Ausbau und Stromnachfrage im Alternativszenario auf ähnlichem Niveau mit anderen relevanten Studien

Installierte Leistung EE 2035



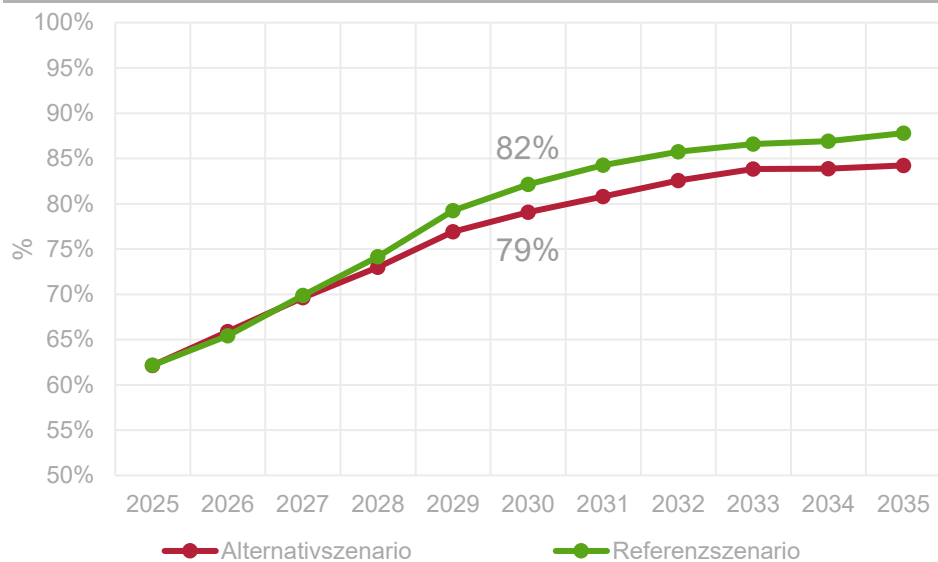
Stromnachfrage 2035



Quelle: Boston Consulting Group & BDI, „Energiewende auf Kurs bringen – Impulse für eine wettbewerbsfähigere Energiepolitik“
Aurora Energy Research im Auftrag der EnBW, „Systemkostenreduzierter Pfad zur Klimaneutralität im Stromsektor 2040“

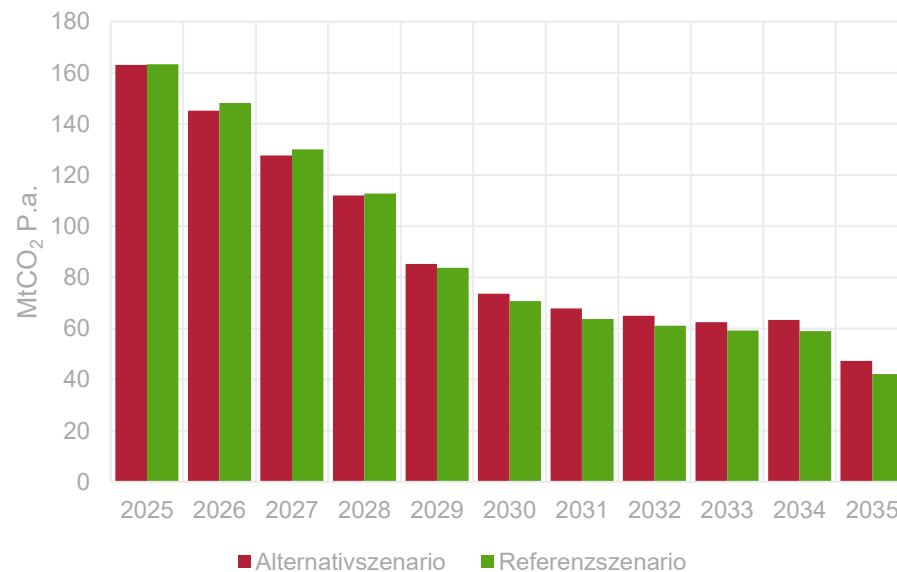
Sowohl das Referenzszenario als auch das Alternativszenario erreichen eine hohe Dekarbonisierung des Stromsektors

Erneuerbare Anteil am Stromsektor



- Im Alternativszenario werden 2030 ca. 74 TWh weniger Erneuerbarer Strom (PV, Onshore, Offshore) erzeugt als im Referenzszenario. Die Nachfrage fällt 2030 ca. 47 TWh geringer aus. Der EE-Anteil an der Gesamtstromerzeugung ist somit ca. 3% höher im Referenzszenario.

Emissionen im Stromsektor

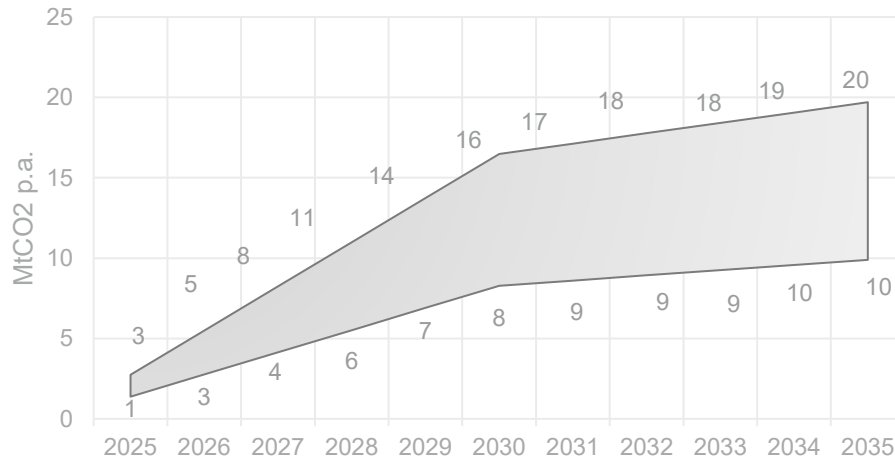


- Im Stromsektor entstehen bis 2035 kumuliert rund 2 % mehr Emissionen im Alternativszenario im Vergleich zum Referenzszenario.

Die geringere Elektrifizierung führt jedoch zu signifikanten Mehremissionen im Verkehrs- und Wärmesektor

Hinweis: Ergebnisse basieren auf einer vereinfachten Hochrechnung, nicht auf Modellierung.

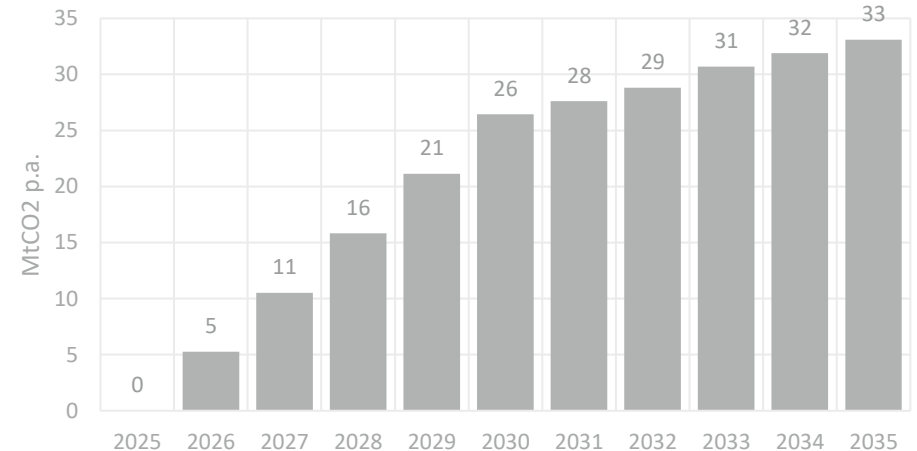
Verkehr



- Kumuliert steigen die CO₂-Emissionen im Verkehrssektor bis 2035 um rund 73–150 Mio. t.
- Dies entspricht einer durchschnittlichen Mehrbelastung von etwa 7–14 Mio. t CO₂ pro Jahr.
- Zum Vergleich: Im Jahr 2024 emittierte der Verkehrssektor rund 143 Mio. t CO₂.

Untere Bandbreite: Batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) durch Plug-in Hybridelektrische Fahrzeuge (PHEV) ersetzt.
Obere Bandbreite: Fehlende Batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) durch Diesel (40%) und Benzinfahrzeuge (60%) ersetzt.

Wärme



- Bis 2035 steigen die kumulierten CO₂-Emissionen im Wärmesektor um rund 231 Mio. t.
- Dies entspricht einer durchschnittlichen Mehrbelastung von etwa 21 Mio. t CO₂ pro Jahr.
- Zum Vergleich: Im Jahr 2024 emittierte der Gebäudesektor rund 101 Mio. t CO₂.

Geringere Anzahl an Wärmepumpen werden kompensiert durch Wärmeerzeugung aus Erdgasheizkessel*

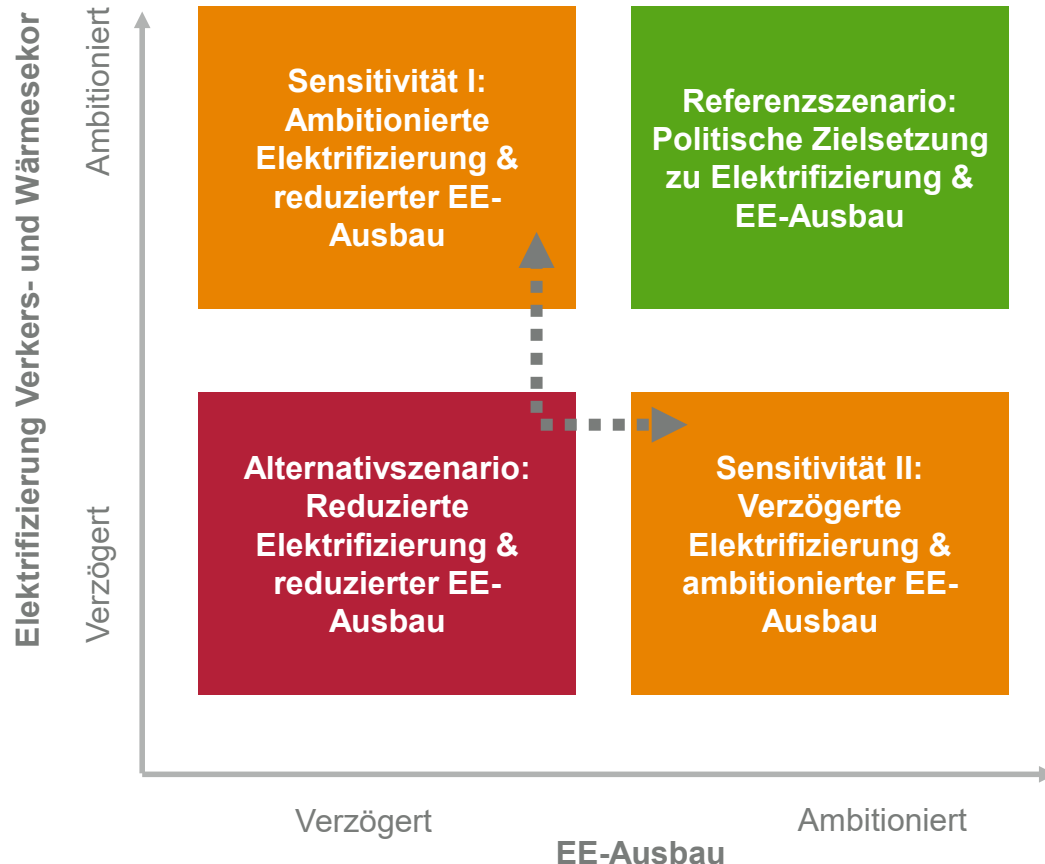
*Annahme: Bestehendes Einfamilienhaus

Air-to-Water Wärmepumpe: COP 3,45, Erdgasheizkessel: Wirkungsgrad 98%

Quelle: Danish Energy Technology Database

Modellierung von Sensitivitäten zum Alternativszenario zur Ermittlung der Mehrmissionen im Stromsektor

Szenarienübersicht

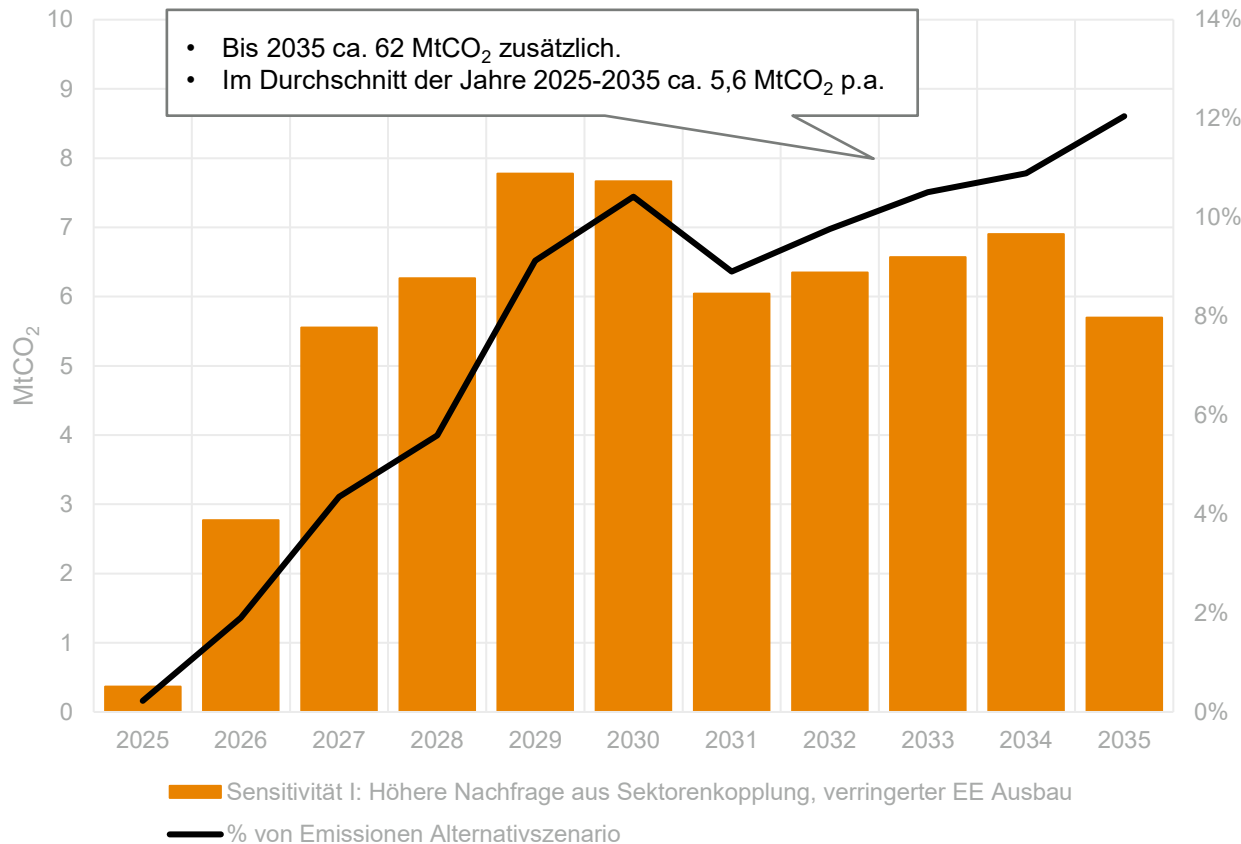


Sensitivitäten zum Alternativszenario

- In den **Sensitivitäten** zum Alternativszenario wurden **nur die Anzahl an Elektrofahrzeugen und Wärmepumpen, sowie der EE-Ausbau, variiert** um jeweils die Effekte auf dem Strommarkt isoliert zu betrachten.
- Alle übrigen Annahmen**, wie installierte Leistung konventioneller Kraftwerke, sonstige Stromnachfrage, Rohstoffpreise etc., wurden **konstant zum Alternativszenario** gehalten
- Sensitivität I:** Stromnachfrage aus Verkehr und Wärmesektor steigen wie im Referenzszenario, der EE-Ausbau erfolgt jedoch verlangsamt wie im Alternativszenario
- Sensitivität II:** Anstieg Stromnachfrage aus Verkehr und Wärmesektor verlangsamt wie im Alternativszenario, EE-Ausbau jedoch nach Zielpfad wie im Referenzszenario

Sensitivität I: Geringerer EE-Ausbau bei ambitionierter Elektrifizierung führt zu rund 8 % höheren CO₂-Emissionen im Stromsektor

Mehremissionen vis-à-vis Alternativszenario

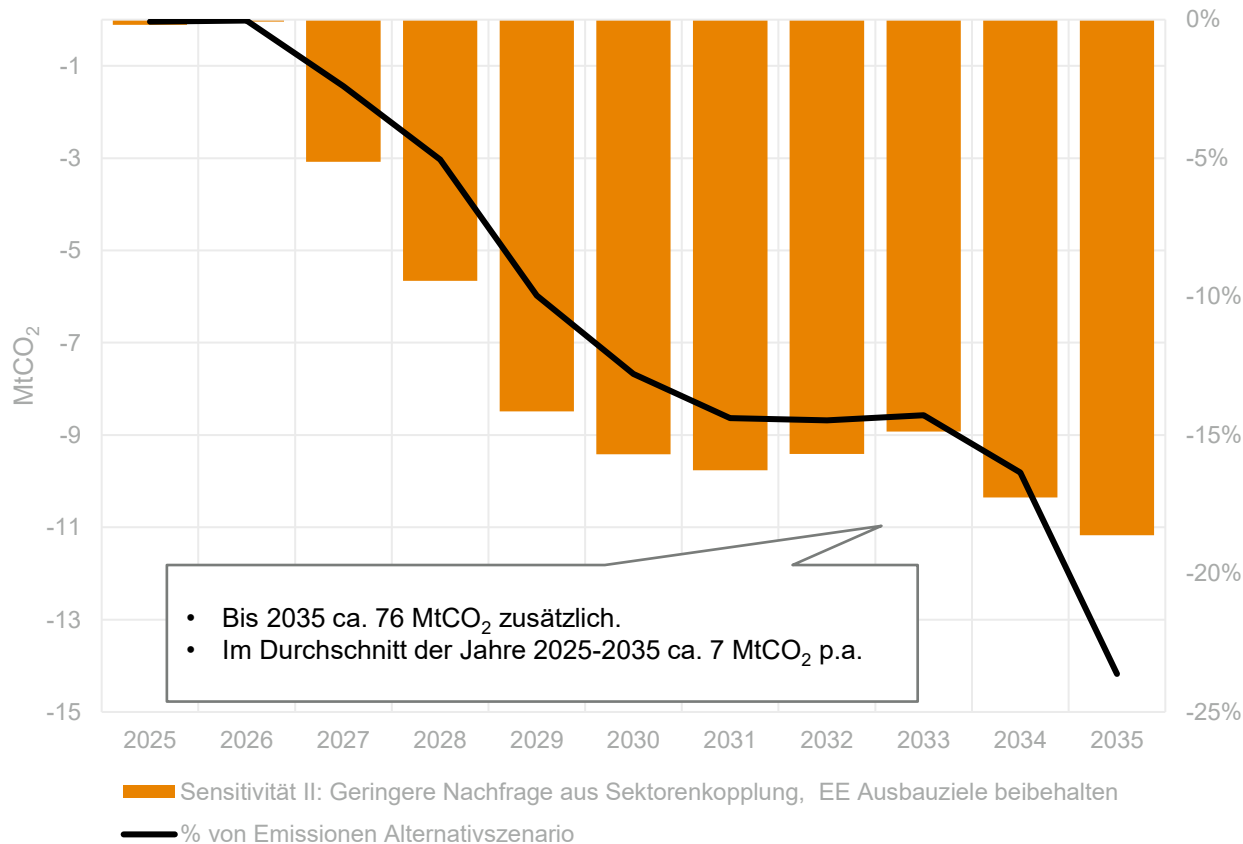


Anmerkung

- Sollte die Stromnachfrage durch die Sektorenkopplung infolge der Elektrifizierung des Verkehrs- und Wärmesektors höher ausfallen als im Alternativszenario angenommen, müssten aufgrund des reduzierten EE-Ausbaus fossile Kraftwerke und Importe die zusätzliche Nachfrage decken.
 - Im Mittel der Jahre 2025-2035 ca. 10 TWh mehr Erzeugung aus Gas und Kohle. In 2025 lag die Gesamterzeugung Kohle/Gas bei ca. 203 TWh
- Bis 2035 summieren sich die zusätzlichen Emissionen im Stromsektor auf rund 62 Mio. t CO₂.
- Im Mittel entspricht dies etwa 5,6 Mio. t CO₂ pro Jahr bzw. einer jährlichen Mehremission von rund 8 % gegenüber dem Alternativszenario.

Sensitivität II: Höherer EE-Ausbau bei weniger ambitionierter Elektrifizierung führt zu rund 10 % geringeren CO₂-Emissionen im Stromsektor

Mehremissionen vis-à-vis Alternativszenario



Anmerkung

- Die Beibehaltung der EE-Ausbauziele würde jedoch auch Vorteile mit sich bringen, wenn die reduzierte Nachfrage infolge der Elektrifizierung des Verkehrs- und Wärmesektors realisiert würde. In diesem Fall fiel die Dekarbonisierung des Strommixes stärker aus, sodass zusätzliche Emissionen eingespart werden könnten.
 - Im Mittel der Jahre 2025-2035 ca. 15 TWh weniger Erzeugung aus Gas und Kohle. In 2025 lag die Gesamterzeugung Kohle/Gas bei ca. 203 TWh
- Bis 2035 summieren sich die geringeren Emissionen im Stromsektor auf rund 76 Mio. t CO₂.
- Im Mittel entspricht dies etwa 7 Mio. t CO₂ pro Jahr bzw. 10 % weniger gegenüber dem Alternativszenario

Zusammenfassung

Szenarienüberblick

- Das Referenzszenario bildet den politischen Zielpfad für den Ausbau der Erneuerbaren Energien gemäß EEG 2023 sowie die politischen Zielvorgaben für den Einsatz von Elektrofahrzeugen und Wärmepumpen ab.
- Das Alternativszenario unterstellt hingegen einen langsameren Ausbau der Erneuerbaren Energien sowie eine verzögerte Elektrifizierung der Sektoren Verkehr und Wärme.
- Beide Szenarien liegen in einer ähnlichen Größenordnung wie andere relevante Studien.

Emissionen im Verkehrs- und Wärmesektor

- Auch bei einem geringeren EE-Ausbau sowie einer langsameren Elektrifizierung in den Sektoren Verkehr und Wärme wird im Alternativszenario eine ähnlich hohe Dekarbonisierung des Stromsektors erreicht wie im Referenzszenario.
- Allerdings steigen im Alternativszenario die CO₂-Emissionen: im Verkehrssektor um durchschnittlich 7–14 Mio. t CO₂ pro Jahr und im Wärmesektor um rund 21 Mio. t CO₂ pro Jahr.

Emissionen im Stromsektor

- Sensitivität I: Wird der EE-Ausbau reduziert, während die Elektrifizierung von Verkehr und Wärme dennoch die politischen Ziele erreicht, entstehen im Vergleich zum Alternativszenario jährlich rund 5,6 Mio. t CO₂ zusätzliche Emissionen (+8 % p.a.).
- Sensitivität II: Bleibt der EE-Ausbau auf Zielniveau, während die Elektrifizierungsziele in Verkehr und Wärme verfehlt werden, fallen im Vergleich zum Alternativszenario jährlich rund 7 Mio. t CO₂ weniger Emissionen an (–10 % p.a.).



enervis energy advisors GmbH
Schlesische Str. 29-30
10997 Berlin
Germany
Fon +49 (0)30 695175-0
Fax +49 (0)30 695175-20

E-Mail kontakt@enervis.de