



Transition Mobility 2040

Entwicklung eines Klima- und Energieszenarios zur
Abbildung von Klimaneutralität im Verkehr 2040

TRANSITION MOBILITY 2040

*Entwicklung eines Klima- und
Energieszenarios zur Abbildung von
Klimaneutralität im Verkehr 2040*

Alessandra Angelini
Holger Heinfellner
Paul Pfaffenbichler
Michael Schwingshackl

REPORT
REP-0808

WIEN 2022

Projektleitung Holger Heinfellner, Umweltbundesamt

AutorInnen Alessandra Angelini, Umweltbundesamt
Holger Heinfellner, Umweltbundesamt
Paul Pfaffenbichler, Technische Universität Wien
Michael Schwingshackl, Technische Universität Graz

Lektorat Ira Mollay

Satz/Layout Thomas Lössl

Umschlagfoto © Aleksandar Mijatovic - Fotolia.com

Auftraggeber Diese Publikation wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), Abteilung II/1 – Mobilitätswende erstellt.

Gesamtumsetzung BMK: Robin Krutak

Publikationen Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter:
<https://www.umweltbundesamt.at/>

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Diese Publikation erscheint ausschließlich in elektronischer Form auf <https://www.umweltbundesamt.at/>.

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2022

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-632-6

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG.....	5
SUMMARY.....	8
1 EINLEITUNG UND HINTERGRUND	11
2 GRUNDLAGEN	13
2.1 Vorarbeiten.....	13
2.2 Projektziele	14
2.3 Rahmenbedingungen	15
3 METHODE.....	18
3.1 MARS.....	19
3.2 NEMO.....	20
3.3 Zusammenspiel der Modelle	22
3.4 Referenzszenario.....	23
4 MASSNAHMEN.....	25
4.1 Mineralölsteuer	25
4.2 Tempolimits.....	26
4.3 Elektrifizierung der Fahrzeugflotte	27
4.4 Road Pricing.....	28
4.5 Besetzungsgrad.....	29
4.6 Raumplanung.....	30
4.7 Aktive Mobilität	31
4.8 Öffentlicher Verkehr	32
4.9 Maßnahmenwirkung auf Motorisierungsgrad	32
5 ERGEBNISSE.....	33
5.1 Fahrzeugflotte.....	33
5.2 Verkehrsleistung	35
5.3 Modal Split	37
5.4 CO ₂ -Emissionen	38
5.5 Energieeinsatz.....	39
6 DISKUSSION	41

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	43
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	44
TABELLENVERZEICHNIS	45
LITERATURVERZEICHNIS	46

ZUSAMMENFASSUNG

keine nachhaltige Emissionsreduktion

Der Personen- und Warenverkehr ist der größte Emittent von Treibhausgasen in Österreich außerhalb des Emissionshandels und obwohl die verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen im Jahr 2020 pandemiebedingt um 13,5 % gesunken sind, ist eine nachhaltige Emissionsreduktion gegenwärtig noch nicht absehbar. Dem gegenüber stehen nationale und internationale Klimaziele, die eine rasche und signifikante Trendumkehr bei den THG-Emissionen aus dem Verkehr erfordern.

Backcasting-Ansatz

Welche Anstrengungen die Erreichung dieser Ziele erfordert, bildet das Umweltbundesamt in regelmäßigen Abständen mit Energie- und Klimaszenarien ab. Bei einem sogenannten Transitionsszenario handelt es sich um ein Zielerreichungsszenario, das im Rahmen eines Backcasting-Ansatzes darstellt, welche Maßnahmen in welchen Intensitäten gesetzt werden müssen, um die Erreichung eines definierten Zielzustandes zu gewährleisten. Bei dem hier untersuchten Zielerreichungsszenario *Transition Mobility 2040* standen drei Ziele im Fokus:

1. Klimaneutralität¹ auch im Verkehr bis spätestens 2040 gemäß Regierungsprogramm 2020–2024 der österreichischen Bundesregierung.
2. Erhöhung des bundesweiten Radverkehrswegeanteils auf 13 % bis 2030 in Anlehnung an den Masterplan Radfahren 2015–2025.
3. Auslangen mit einer national produzierbaren erneuerbaren Primärenergiemenge von 137 PJ bzw. Endenergiemenge von 109 PJ (vgl. Mobilitätsmasterplan 2030).

„Global Action“-Szenario und Modellierungen

Das Szenario *Transition Mobility 2040* wird als „Global Action“-Szenario betrachtet. Dessen Realisierung kann bzw. muss nicht nur auf nationalstaatlicher, sondern auch auf internationaler Ebene erfolgen, da sie unter anderem vom europäischen Rechtsrahmen oder einem globalen Wertewandel determiniert wird. Unabhängig davon wurden Kernmaßnahmen definiert, im Hinblick auf die gewünschte Zielerreichung ausgestaltet und unter integriertem Einsatz des multimodalen Flächennutzungs- und Verkehrsmodells *Metropolitan Activity Relocation Simulator* (MARS) sowie des Verkehrsemissionsmodells *Network Emission Model* (NEMO) in einem Referenzszenario (ohne Kernmaßnahmen) und im Szenario *Transition Mobility 2040* modelliert. Die Kernmaßnahmen lauten wie folgt:

- Anhebung der Mineralölsteuer im Jahr 2024 auf 0,62 Euro je Liter und im Jahr 2028 auf 0,77 Euro je Liter mit einem daran anschließenden linearen Anstieg auf 0,92 Euro im Jahr 2040.
- Reduktion der allgemeinen Tempolimits auf flächendeckend 30 km/h im Ortsgebiet, 100 km/h auf Autobahnen und Schnellstraßen und 80 km/h auf allen anderen Straßen ab 2025.

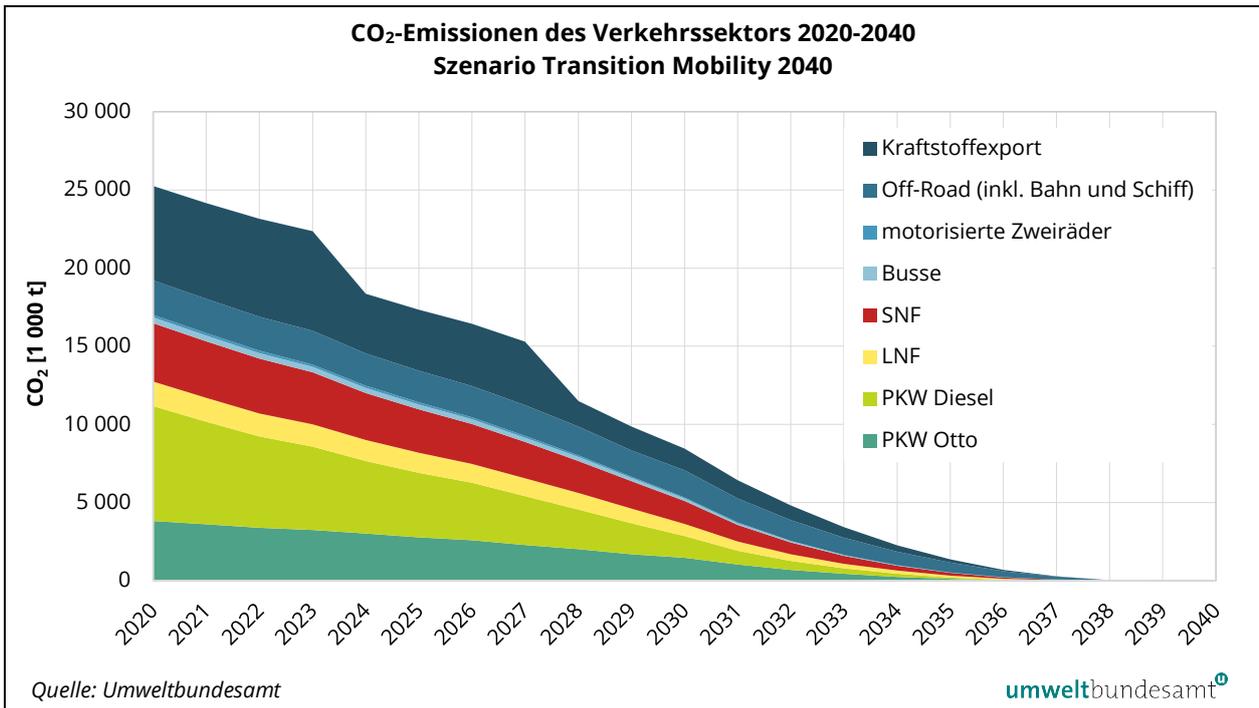
¹ In dieser Studie wird Klimaneutralität durch vollständige Reduktion der direkten verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen abgebildet.

- 100 % emissionsfreie Neuzulassungen spätestens 2030 in den Fahrzeugkategorien motorisiertes Zweirad, PKW, LNF und SNF ≤ 18 t zGg bzw. spätestens 2035 in allen anderen Fahrzeugkategorien.
- Einführung einer fahrleistungsabhängigen Maut auch für PKW ab 2024 mit 0,10 Euro je gefahrenem Kilometer und lineare Anhebung dieser auf 0,5 Euro je gefahrenem Kilometer im Jahr 2040.
- Anhebung des durchschnittlichen Besetzungsgrades von derzeit 1,15 auf 1,29 Personen je PKW bis 2040, realisiert bspw. durch ökonomische Anreize oder die Einrichtung von Fahrgemeinschaftsspuren.
- Nachhaltige Raumentwicklung, etwa durch Verdichtung von Ortskernen und einer Durchmischung der Daseinsfunktionen auf Basis veränderter Rechtsgrundlagen unter Berücksichtigung der ÖV-Güteklassen.
- Attraktivierung aktiver Mobilität (Radfahren und Zu-Fuß-Gehen) durch vollinhaltlicher Umsetzung der jeweiligen nationalen Masterpläne, inkl. restriktiven Maßnahmen im Motorisierten Individualverkehr.
- Attraktivierung des öffentlichen Verkehrs durch Reduktion der Fahrtkosten (in Ballungsräumen über das Klimaticket hinaus) sowie Verdichtung der Intervalle und Haltestellen bis 2040.
- Dämpfung des steigenden Trends in der Entwicklung des Motorisierungsgrades hinsichtlich Beibehaltung des heutigen Niveaus von 570 Fahrzeugen je 1 000 Einwohner:innen im Jahr 2040 als Auswirkung der oben aufgelisteten Maßnahmen.

**Studienergebnis:
klimaneutraler
Verkehrssektor ist
machbar**

Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass bei Umsetzung des beschriebenen Maßnahmenpakets in einer hinsichtlich Nachhaltigkeit und Umweltbewusstsein transformierten Gesellschaft und Wirtschaft das Ziel eines klimaneutralen Verkehrssektors in Österreich bis zum Jahr 2040 realisierbar ist. Dies insbesondere als Folge einer vollständigen Dekarbonisierung der straßenseitigen Fahrzeugflotte und einer Reduktion des PKW-Anteils in der Personenverkehrsmittelwahl von derzeit 69 % auf 54 % bzw. des LKW-Anteils in der Güterverkehrsmittelwahl von derzeit 70 % auf 62 % im Jahr 2040, jeweils gemessen an der Verkehrsleistung und zugunsten energieeffizienterer Verkehrsarten wie Radfahren, Zufußgehen und öffentlicher Verkehr bzw. Schienenverkehr für Personen- und Gütertransport. Auch das Ziel der Erhöhung des Radverkehrsanteils auf 13 % an allen Wegen im Personenverkehr bis 2030 kann mit den hinterlegten Maßnahmen umgesetzt werden.

Abbildung A: CO₂-Emissionen des Verkehrssektors 2020–2040 gemäß Szenario Transition Mobility 2040.



Maßnahmen zur Schließung einer Reduktionslücke

Die Auswertung zur Erreichung des Zieles für die eingesetzte Energiemenge hat ergeben, dass der Gesamtenergieeinsatz im Sektor Verkehr von derzeit ungefähr 376 PJ mit dem beschriebenen Maßnahmenpaket auf rund 127 PJ im Jahr 2040 im Szenario Transition Mobility 2040 reduziert werden kann. Damit wird das dritte Ziel des Auslangens mit einer Endenergiemenge von 109 PJ um 18 PJ verfehlt. Ergänzende Untersuchungen haben ergeben, dass die erforderliche Reduktion des Energieeinsatzes auf 109 PJ beispielsweise durch „Downsizing“ und die Förderung bzw. den Einsatz überdurchschnittlich energieeffizienter Fahrzeuge in den Kategorien PKW und LNF erreicht werden könnte oder etwa auch eine Senkung des Energieeinsatzes im Off-Road-Bereich durch einen Effizienzgewinn im Baugewerbe um ungefähr 10 %.

Grenzen der Modellierung

Der Modellierung vielschichtiger Maßnahmen im Verkehrs- und Mobilitätsbereich sind aufgrund der komplexen Ursache-Wirkungszusammenhänge, insbesondere in der Interaktion der Maßnahmen untereinander, Grenzen gesetzt und die tatsächliche Maßnahmenwirkung kann aus unterschiedlichen Gründen vom Modellergebnis abweichen. Die Ergebnisse der gegenständlichen Studie und jene vergleichbarer Arbeiten, beispielsweise im Rahmen der Erstellung des Mobilitätsmasterplan 2030², zeigen aber hohe Übereinstimmung. Trotz der vorhandenen Unsicherheiten verdeutlicht diese wie auch vergleichbare Arbeiten, welche Art von Maßnahmen erforderlich sind und in welcher Intensität diese umgesetzt werden müssen, um das ambitionierte Ziel eines klimaneutralen Verkehrs in Österreich im Jahr 2040 erreichen zu können.

² Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (Hrsg.): Mobilitätsmasterplan 2030 für Österreich, Wien 2021

SUMMARY

Apart from emissions trading, passenger and freight transport is the largest emitter of greenhouse gases in Austria, and although transport-related greenhouse gas emissions fell by 13.5% in 2020 due to the pandemic, a sustainable reduction in emissions is not yet foreseeable at present. In contrast, national and international climate targets require a rapid and significant trend reversal in GHG emissions from transport.

The Environment Agency Austria regularly develops energy and climate scenarios to illustrate the efforts required to achieve these goals. A transition scenario is a target achievement scenario that uses a backcasting approach to show which measures must be taken and at what intensity to ensure that a defined target state is achieved. The Transition Mobility 2040 target achievement scenario examined here focused on three targets:

1. Achieve climate neutrality³ also in transport by 2040 at the latest according to the government program 2020-2024 of the Austrian federal government.
2. Achieve a 13% share of cycling of all trips in Austria by 2030 in line with the Cycling Master Plan 2015-2025.
3. Make do with a nationally producible renewable primary energy amount of 137 PJ and a final energy amount of 109 PJ (cf. Austria's 2030 Mobility Master Plan).

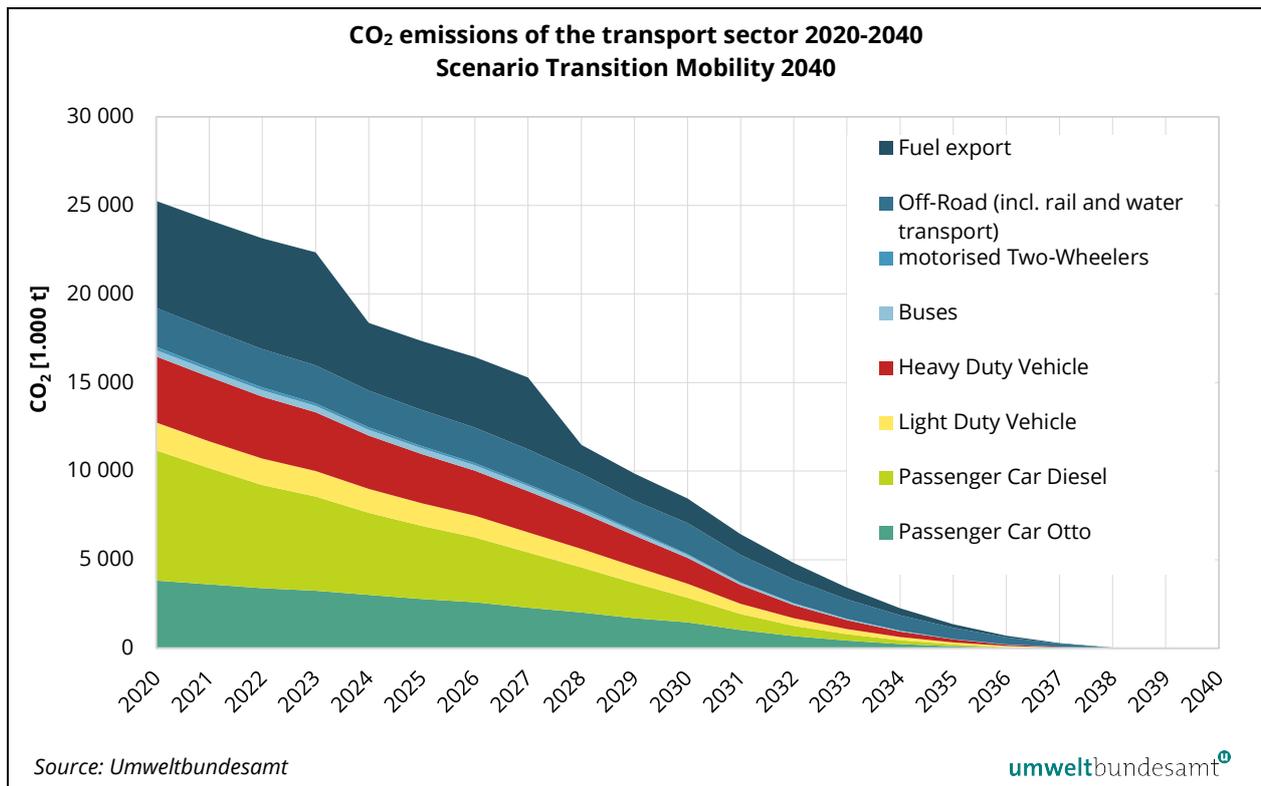
The Transition Mobility 2040 scenario is regarded as a "global action" scenario. Its realization must or can take place not only at the national but also at the international level, since it is determined, among other things, by the European legal framework or a global change in values. Irrespective of this, core measures were defined, designed with regard to the desired target achievement and modeled in a reference scenario (without core measures) and in the Transition Mobility 2040 scenario using the multi-modal, land use and transport model *Metropolitan Activity Relocation Simulator* (MARS) and the transport emission model *Network Emission Model* (NEMO). These core measures are:

- Increase of the mineral oil tax to 0.62 euros per liter in 2024 and to 0.77 euros per liter in 2028, with a subsequent linear increase to 0.92 euros in 2040.
- Reduction of the general speed limits to 30 km/h in local areas, 100 km/h on freeways and expressways and 80 km/h on all other roads from 2025.
- 100% emission-free new registrations no later than 2030 in the vehicle categories motorized two-wheeler, passenger car, light commercial vehicle and heavy commercial vehicle ≤ 18t gross vehicle weight or no later than 2035 in all other vehicle categories.

³ In this study, climate neutrality is represented by a complete reduction of direct transport-related greenhouse gas emissions. This means: no compensation of residual emissions.

- Introduction of a mileage-based toll also for passenger cars from 2024 at 0.10 euros per kilometer driven and linear increase of this toll to 0.50 euros per kilometer driven in 2040.
- Increasing the average occupancy rate from the current 1.15 to 1.29 persons per car by 2040, for example through economic incentives or the creation of carpool lanes.
- Sustainable spatial development, e.g. through densification of city centers and a diverse mix of basic functions of existence on account of a modified legal basis, taking into account public transport quality classes.
- Making active mobility (cycling and walking) more attractive by fully implementing the respective national master plans, including restrictive measures for motorized private transport.
- Making public transport more attractive by reducing travel costs (in conurbations beyond the climate ticket) and increasing the density of intervals and stops by 2040.
- Dampening the rising trend in the development of motorization with regard to maintaining the current level of 570 vehicles per 1,000 inhabitants in 2040 as an effect of the measures listed above.

The study comes to the conclusion that if the described set of measures is implemented in a society and economy that has been transformed in terms of sustainability and environmental awareness, the goal of a climate-neutral transport sector in Austria by the year 2040 can be achieved. This would be mainly due to a complete decarbonization of the roadside vehicle fleet and a reduction of the share of passenger cars in the passenger transport from currently 69% to 54% and of the share of trucks in the freight transport from currently 70% to 62% in 2040, both measured in terms of transport performance and in favor of more energy-efficient modes of transport such as cycling, walking and public transport or rail transport for passengers and freight. The goal of increasing the share of cycling to 13% of all passenger trips by 2030 can also be achieved with the measures described.

Figure A: CO₂ emissions of the transport sector 2020–2040 according to Transition Mobility 2040 scenario.

The evaluation of the achievement of the target for the amount of energy used showed that the total energy consumption in the transport sector can be reduced from currently about 376 PJ with the described set of measures to about 127 PJ in 2040 in the Transition Mobility 2040 scenario. This means that the third target of a final energy quantity of 109 PJ is missed by 18 PJ. Supplementary studies have shown that the required reduction in energy use to 109 PJ could be achieved, for example, by "downsizing" and promoting or using above-average energy-efficient vehicles in the passenger car and light commercial vehicle categories, or, for example, a reduction in energy use in the off-road sector through an efficiency gain in the construction industry of about 10%.

The modeling of complex measures in the transport and mobility sector is limited due to the complex cause-effect relationships, especially in the interaction of the measures with each other, and the actual effect of the measures can deviate from the model result for various reasons. However, the results of the present study and those of comparable studies, for example in the context of the preparation of Austria's 2030 Mobility Master Plan⁴, show a high degree of agreement. Despite the existing uncertainties, this study, as well as comparable studies, clarifies the type of measures that are required and the intensity with which they must be implemented in order to achieve the ambitious goal of climate-neutral transport in Austria in 2040.

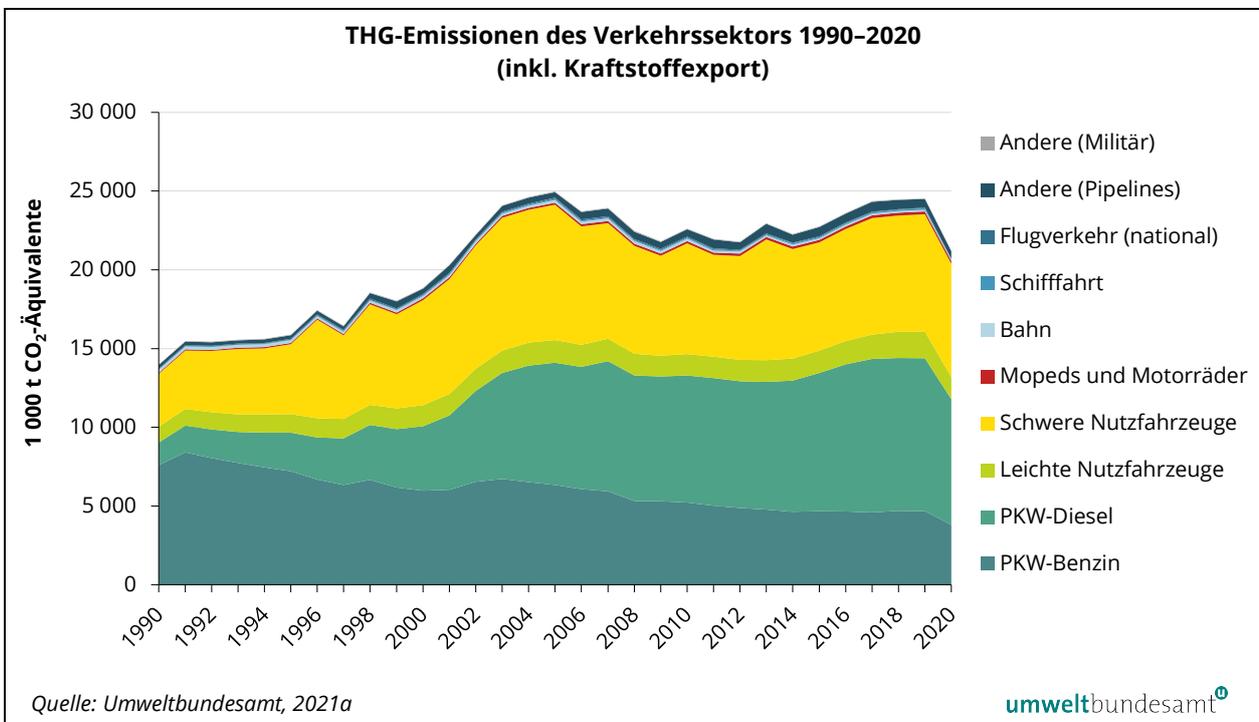
⁴ Federal Ministry for Climate Action, Environment, Energy, Mobility, Innovation and Technology (publisher): Austria's 2030 Mobility Master Plan, Vienna 2021

1 EINLEITUNG UND HINTERGRUND

weiterhin steigende Emissionen des Verkehrssektors

Der Personen- und Warenverkehr ist der größte Emittent von Treibhausgasen in Österreich außerhalb des Emissionshandels. Im Jahr 2019 sind die verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen zum fünften Mal in Folge im Vergleich zum jeweiligen Vorjahr auf nun 24 Mio. t CO₂-Äquivalente gestiegen, womit der Zielpfad gemäß Klimaschutzgesetz abermals überschritten wurde (Umweltbundesamt, 2021a). Im Jahr 2020 sind die verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen um 3,3 Mio. t CO₂-Äquivalente oder 13,5 % gesunken (Umweltbundesamt, 2022). Dies ist aber vorrangig auf pandemiebedingte Effekte (Ausgangsbeschränkungen, Rückgänge in der Produktion, im Tourismus etc.) zurückzuführen, eine nachhaltige Trendumkehr ist nicht zu erwarten.

Abbildung 1: THG-Emissionen des Verkehrssektors 1990–2020 (inkl. Kraftstoffexport).



Anmerkung: Nicht dem Transportsektor zugerechnet sind Emissionen aus mobilen Geräten und Maschinen (Traktoren, Baumaschinen) sowie der internationale Flugverkehr.

Zielsetzungen gemäß NEKP und Lastenteilungsverordnung

Dieser Entwicklung stehen nationale und internationale Klimaziele gegenüber, zu deren Erreichung sich Österreich bekennt. So ist im Nationalen Energie- und Klimaplan (NEKP) die Zielsetzung festgeschrieben, dass die Emissionen aus dem Non-ETS-Bereich gemäß der derzeit noch gültigen Lastenteilungsverordnung bis 2030 um -36 % gegenüber dem Jahr 2005 reduziert werden sollen (BMNT, 2019, EU, 2018). Dieses Ziel aus der Lastenteilungsverordnung wurde im Rahmen des NEKP für den Verkehrssektor in gleicher Höhe übernommen. Allerdings wurden diese Zielsetzungen mittlerweile von den Entwicklungen auf europäischer Ebene überholt: Gemäß dem European Green Deal sollen die Netto-Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens -55 % sektorübergreifend gegenüber

dem Stand von 1990 gesenkt werden (EK, 2019). Gemäß dem Vorschlag der EU-Kommission zur Lastenteilungsverordnung muss Österreich seine Emissionen aus dem Non-ETS Bereich um -48 % gegenüber 2005 reduzieren (EK, 2021a). Diese Zielsetzungen entsprechen weitgehend der von der österreichischen Bundesregierung angestrebten Klimaneutralität bis zum Jahr 2040, die auch für den Verkehrssektor gilt (gemäß Regierungsprogramm 2020–2024, BKA, 2020).

Ziellücke bei WEM- und WAM-Szenario

Welche Anstrengungen die Erreichung dieser Ziele erfordert, bildet das Umweltbundesamt in regelmäßigen Abständen mit Energie- und Klimaszenarien ab. Das Szenario *With Existing Measures* (WEM) umfasst alle bis zu einem (vergangenen) Stichtag bereits umgesetzten Strategien und Maßnahmen und weist gemäß NEKP im Verkehrssektor eine Lücke zur Zielerreichung 2030 von rund 7,2 Mio. t CO₂-Äquivalenten auf. Im Szenario *With Additional Measures* (WAM) werden zusätzliche Maßnahmen berücksichtigt, die besagte Lücke reduziert sich damit um rund ein Drittel. Ein Lückenschluss zum Zielwert für das Jahr 2030 gemäß derzeit noch gültiger Lastenteilungsverordnung (-36 % gegenüber 2005) ist damit aber nicht darstellbar und die Lücke zum voraussichtlichen neuen Ziel der Lastenteilungsverordnung (-48 % gegenüber 2005) ist dementsprechend noch höher.

Backcasting-Szenario aus 2017 hatte 2050 als Ziel

Bei Transitionsszenarien handelt es sich um sogenannte Zielerreichungsszenarien, die im Rahmen eines Backcasting-Ansatzes darstellen, welche Maßnahmen in welchen Intensitäten gesetzt werden müssen, um die Erreichung eines definierten Zielzustandes zu gewährleisten. Das letzte Transitionsszenario wurde im Jahr 2017 entwickelt und hatte die weitgehende sektorübergreifende Klimaneutralität im Jahr 2050 zum Ziel (Umweltbundesamt, 2017). Die nachgeschärften Ziele, allen voran das Regierungsprogramm 2020–2024, sehen jedoch die Erreichung der sektorübergreifenden Klimaneutralität bereits im Jahr 2040 vor, um die Erreichung der Ziele des Paris Abkommens besser zu unterstützen.

Aktualisierung des Szenarios für Ziel 2040

Ziel des Projektes ist somit die Entwicklung eines aktualisierten Klima- und Energieszenarios *Transition Mobility 2040*, das das Klimaneutralitätsziel 2040 abbildet. Das Projekt beschränkt sich dabei auf den Verkehrssektor – die Emissionsauswirkungen auf andere Sektoren (wie die Energieaufbringung) werden nicht untersucht.

Die Modellierung erfolgt durch Koppelung der Modelle NEMO (Network Emission Modell, TU Graz, Modellierung der Straßenverkehrsemissionen) und MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator, TU Wien / Boku, dynamisch strategisches Flächennutzungs- und Verkehrsmodell). Methode, Annahmen und Ergebnisse werden in den nachfolgenden Kapiteln eingehend erläutert.

2 GRUNDLAGEN

2.1 Vorarbeiten

Die Entwicklung des Klima- und Energieszenarios *Transition Mobility 2040* für den Sektor Verkehr basiert auf Vorarbeiten des Umweltbundesamtes. Neben den Erkenntnissen aus vorangegangenen sektorübergreifenden Szenarienarbeiten sind dies insbesondere der *Sachstandsbericht Mobilität* (Umweltbundesamt, 2019a) sowie das Forschungsprojekt *Pathways to a Zero Carbon Transport Sector* (Umweltbundesamt, 2020). Darüber hinaus erfolgten die Arbeiten am Szenario synergetisch und in Abstimmung mit den Arbeiten am *Mobilitätsmasterplan 2030* (BMK, 2021). Die Szenarienergebnisse wurden in die relevanten Arbeitsgruppen zur Erstellung des Mobilitätsmasterplan 2030 eingebracht.

50 Einzelmaßnahmen im Sachstandsbericht Mobilität

Im *Sachstandsbericht Mobilität* hat das Umweltbundesamt im Auftrag des damaligen Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) 50 mögliche Einzelmaßnahmen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen aus dem Verkehrssektor untersucht. Dabei wurden ordnungs- und steuerrechtliche Maßnahmen ebenso untersucht wie (Investitions-)Förderungen für energieeffiziente Antriebstechnologien und nachhaltige Mobilitätsformen oder Maßnahmen im Bereich der Information und Bewusstseinsbildung.

Der Großteil der Maßnahmen wurde dabei in zwei Varianten untersucht, die sich in der Intensität der Maßnahmenausgestaltung und damit dem Wirkungspotenzial unterscheiden. Ergänzend zum THG-Einsparungspotenzial der analysierten Maßnahmen wurde auch deren Akzeptanz in einer für Österreich repräsentativen Umfrage erhoben und im Bericht dargestellt. So konnte ein ganzheitliches Bild zur Umsetzbarkeit und möglichen Wirkung unterschiedlichster Maßnahmen zur Ökologisierung des Verkehrs generiert werden. Die Erkenntnisse aus diesem Projekt fanden Eingang in die Definition der Rahmenbedingungen für ein zukünftiges Mobilitätssystem (vgl. Kapitel 2.3) sowie in die Entwicklung der Maßnahmen für das Klima- und Energieszenario Transition Mobility 2040 (vgl. Kapitel 3.2).

Pathways-Studie untersuchte sektorübergreifend

Das Forschungsprojekt *Pathways to a Zero Carbon Transport Sector* wurde im Auftrag des österreichischen Klima- und Energiefonds durchgeführt. Die Studie hatte zum Ziel, mögliche Pfade zur Erreichung der damaligen Klimaziele für die Jahre 2030 (-36 % gegenüber 2005) und 2050 (weitgehende Klimaneutralität, auch im Sektor Verkehr) für die Personen- und Gütermobilität aufzuzeigen und wurde im Laufe des Projektfortschritts auf das aktuelle Klimaziel der Klimaneutralität (auch im Verkehr) bereits im Jahr 2040 gemäß Regierungsprogramm 2020–2024 ausgelegt.

In der Studie *Pathways to a Zero Carbon Transport Sector* erfolgte eine sektorübergreifende Betrachtung bezüglich der nötigen Mengen an unterschiedlichen bereitzustellenden erneuerbaren Energieformen sowie eine Abschätzung darüber, was dies für den österreichischen Energiesektor bedeuten würde. Mittels Interviews mit Expert:innen aus den Bereichen Fahrzeugindustrie, Energiebereitstellung, Forschung und Politik wurden Entwicklungspfade entwickelt und

auf ihre Machbarkeit hin geprüft sowie die in Österreich technisch realisierbare und produzierbare Menge an erneuerbarer Energie ermittelt.

**in Österreich
produzierbare Menge
an erneuerbaren
Energien**

Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass bei intensivem und raschem Ausbau der Produktionsanlagen für erneuerbare Energien in Österreich im Jahr 2040 eine erneuerbare Primärenergieemenge von rund 800 TJ produziert werden kann. Rund 17 % davon oder 135 PJ können dem Verkehrssektor zugesprochen werden. Mit einer möglichst energieeffizient zusammengesetzten Flotte in den unterschiedlichen Verkehrsmodi und Fahrzeugkategorien kann daraus eine Endenergieemenge von rund 109 TJ pro Jahr abgeleitet werden. Diese Energieemenge exkludiert den internationalen Flugverkehr von in Österreich getanktem Kerosin, der aus technologischen Gründen aus heutiger Sicht auf inländisch nicht produzierbare Mengen von synthetischen flüssigen Kraftstoffen zurückgreifen muss. Unter der Prämisse die verfügbare erneuerbare Energie möglichst energieeffizient zu nutzen, werden die erforderlichen Mengen an e-Fuels nicht in Österreich produziert werden können. Diese Annahmen wurden in weiterer Folge sowohl der Entwicklung des *Mobilitätsmasterplans 2030* als auch des Szenarios *Transition Mobility 2040* zugrunde gelegt.

2.2 Projektziele

**Zielpfad mit drei
Teilzielen**

Das übergeordnete Ziel der Arbeiten zum Klima- und Energieszenario Transition Mobility 2040 ist die Entwicklung eines Zielpfades für ein verkehrliches Mengen-gerüst, mit dem folgende Teilziele erfüllt werden:

1. Der **Sektor Verkehr ist bis spätestens 2040 klimaneutral**. Dies wird in der vorliegenden Arbeit dahingehend interpretiert, dass im Jahr 2040 keine fossilen Kraftstoffe mehr zum Einsatz kommen. Stattdessen wird der Verkehrssektor von lokal emissionsfreien Antrieben dominiert und greift (wo möglich und sinnvoll) auf klimaneutrale Kraftstoffe (Biotkraftstoffe bzw. synthetische Kraftstoffe aus erneuerbarer Energie und CO₂ aus der Atmosphäre) zurück.
2. Neben dem Einsatz klimaneutraler Kraftstoffe erfolgt auch die Produktion des Stroms für lokal emissionsfreie Elektrofahrzeuge ausschließlich aus erneuerbaren Energien, damit die Klimaneutralität auch im Sektor Energie gewährleistet werden kann. Unter der Annahme, dass Österreich im Jahr 2040 weitgehend unabhängig von Energieimporten sein sollte, muss der Verkehrssektor im Jahr 2040 demnach mit der national produzierbaren erneuerbaren **Primärenergieemenge von 135 PJ** bzw. der Endenergieemenge von 109 PJ (exkl. Flugverkehr) **ein Auslangen finden**.
3. Bereits im Masterplan Radfahren aus dem Jahr 2015 wurde das Ziel ausgesprochen, den bundesweiten Radverkehrsanteil an allen Wegen von rund 7 % in den Jahren 2013/2014 (BMVIT, 2016) auf 13 % im Jahr 2025 zu erhöhen (BMLFUW, 2015). Dieses Ziel wurde im Regierungsprogramm 2020–2024 übernommen. In der gegenständlichen Arbeit stellt die Abbildung eines **Radverkehrsanteils von 13 %** das dritte Teilziel dar, wobei

hinsichtlich einer realistischen Zielerreichbarkeit 2030 als Zieljahr gewählt wurde.

2.3 Rahmenbedingungen

Realisierung muss national und international erfolgen

Das Szenario Transition Mobility 2040 wird als „Global Action“-Szenario betrachtet, dessen Realisierung nicht nur auf nationalstaatlicher, sondern auch auf internationaler Ebene erfolgen muss. Die Pariser Klimaziele zu erreichen wird als primäre Aufgabe der Republik Österreich in Partnerschaft mit der Europäischen Union und den anderen Staaten der Erde angesehen.

Um dieses Ziel zu erreichen, ist eine grundlegende Transition aller Wirtschafts- und Lebensbereiche erforderlich, die in der Setzung ambitionierter Maßnahmen im Sektor Verkehr beginnt, ihre Wirkung aber auch in anderen Sektoren entfaltet. Diese Transition schafft die erforderlichen Rahmenbedingungen für die notwendige integrierte Energie- und Mobilitätswende und wird in der nachfolgenden Punktation (ohne Anspruch auf Vollständigkeit) qualitativ umrissen.

Europäischer Rahmen:

- Die Europäische Union senkt die CO₂-Flottenziele für Hersteller von PKW und leichten Nutzfahrzeugen für die Jahre 2030 und 2035 zumindest im Ausmaß des aktuellen Verordnungsvorschlages (EK, 2021). Auch bei der Überarbeitung der CO₂-Flottenziele für schwere Nutzfahrzeuge – ein Vorschlag der Kommission ist für das zweite Halbjahr 2022 angekündigt – wird das Ambitionsniveau deutlich erhöht werden.
- Der European Green Deal wird auf Maßnahmenebene weiterentwickelt und in allen Teilbereichen zielorientiert auf einem hohen Ambitionsniveau umgesetzt.
- Langfristige internationale abgestimmte Energiepreise und eine verursachungsgerechte CO₂-Abgabe sorgen für Kostengerechtigkeit und dafür, dass Verbraucher:innen energieeffiziente Technologien und erneuerbare Energieträger bevorzugen.
- Die Mitgliedstaaten der Europäischen Union verständigen sich auf ein rechtlich verbindliches und ambitioniertes Maßnahmenpaket zur raschen und nachhaltigen Dekarbonisierung des europäischen Verkehrssystems.

Nationale Rahmenbedingungen:

- Die mit dem Regierungsprogramm 2020–2024 angestoßene ökologisch-soziale Steuerreform wird vollinhaltlich umgesetzt und mit höherem Ambitionsniveau weiterentwickelt.
- Umweltkontraproduktive Förderungen bzw. Begünstigungen, insbesondere im Mobilitätsbereich, werden abgeschafft, die gegenwärtigen Förderysteme auf die Forcierung nachhaltiger und energieeffizienter Technologien und Mobilitätsformen ausgelegt.

- Kompakte, flächensparende Siedlungsstrukturen mit funktionaler Durchmischung werden durch verbesserte Raumplanung und Bauordnungen geschaffen, der Trend zur „Zersiedelung“ wird umgekehrt.
- Die Wochenarbeitszeit wird dank neuer Arbeitszeitmodelle reduziert, Freiräume werden kreativ genutzt und immaterielle Werte gewinnen an Bedeutung.

Energiewende:

- Die Anlagen zur Produktion erneuerbarer Energie werden, über die Ziele des Bundesgesetzes über den Ausbau von Energie aus erneuerbaren Quellen für 2030 hinaus, bis 2040 intensiv ausgebaut.
- Bis zum Jahr 2040 werden die Aktivitäten und Energieeinsätze in allen Sektoren so stark reduziert, dass (aufbauend auf dem Ausbau der erneuerbaren Energien) die in Österreich produzierte erneuerbare Energiemenge den Bedarf bilanziell zu 100 % abdeckt
- Der Verkehrssektor in Österreich wird systemisch und technologisch so verändert, dass er mit einer erneuerbaren Endenergiemenge von rund 109 PJ (exkl. Flugverkehr) ein Auslangen findet.

Mobilitätswende:

- Der Umweltverbund im Stadt-Umland-Bereich und insbesondere auch im ländlichen Raum wird gefördert. Zur Attraktivierung werden Benützungsgebühren im Öffentlichen Verkehr (ÖV) gesenkt (Klimaticket etc.) und die Intervallzeiten erhöht.
- Fuß- und Radverkehr werden durch Infrastrukturausbau und Qualitätsverbesserung gefördert. Die Masterpläne Radfahren und Gehen werden evaluiert, überarbeitet und konsequent umgesetzt. Eine verbesserte Parkplatzorganisation fördert den Öffentlichen Verkehr sowie den Rad- und Fußverkehr.
- Der Kraftstoffexport in Fahrzeugtanks wird durch effektive Maßnahmen (z. B. MöSt-Anhebung) weitestgehend unterbunden.
- Der Motorisierte Individualverkehr wird entschleunigt, der Verkehrsfluss erhöht. Insbesondere im urbanen Raum erfolgt eine Angleichung der Geschwindigkeiten zwischen dem motorisierten Individualverkehr und dem Radverkehr.
- Bis 2040 werden auf allen Verkehrsträgern die effizientesten Technologien eingesetzt und Maßnahmen umgesetzt, die eine rechtzeitige Durchdringung emissionsfreier Technologien in den Neuzulassungen gewährleisten.
- Auf Österreichs Straßen kommen keine Verbrennungsmotoren mehr zum Einsatz. Stattdessen werden so umfassend wie möglich batterie- bzw. oberleitungselektrische Fahrzeuge eingesetzt und für ausgesuchte Einsatzzwecke um Wasserstoff-Brennstoffzellen-Fahrzeuge ergänzt.
- Der Schienenverkehr ist zu 100 % elektrifiziert. Dort, wo keine Oberleitungen errichtet werden können oder sollen, kommen batterieelektrische

oder mit Wasserstoff-Brennstoffzellen angetriebene Fahrzeuge zum Einsatz.

- Nationaler Flug und internationaler Kurzstreckenflug werden zu 100 % durch andere Verkehrsträger (insbesondere die Schiene) ersetzt. Internationaler Flug wird stark reduziert und mit alternativen Treibstoffen (z. B. e-Fuels, hochwertigen Biokraftstoffen) betrieben.
- Aktivitäten im Off-Road-Bereich (Baustellenverkehr, land- und forstwirtschaftlicher Verkehr etc.) werden stark reduziert und wo möglich elektrifiziert bzw. mit fortschrittlichen Biokraftstoffen betrieben. Auch die Binnenschifffahrt erfolgt vollständig klimaneutral.
- Eine Reduktion der Güterverkehrsleistung wird durch Auslastungssteigerung, langlebigere Produkte und eine Änderung des Konsum- und Lebensverhaltens erreicht.
- Güterverkehr wird zunehmend auf die Schiene verlagert, dafür wird die Schieneninfrastruktur ausgebaut und modernisiert. Regional- und Anschlussbahnen werden als wesentlicher Bestandteil eines nachhaltigen Verkehrssystems erhalten bzw. ausgebaut.

Begleitet wird die Transition von einem gesellschaftlichen Wandel, der auf verstärkter Ausbildung und Bewusstseinsbildung basiert und dazu führt, dass sich die Bevölkerung zunehmend umweltgerecht verhält und auf Qualität vor Quantität setzt. Lebensstil sowie Konsum- und Freizeitverhalten orientieren sich an Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit und neue Technologien (Automatisierung, Konnektivität etc.) auf Basis der zunehmenden Digitalisierung aller Lebensbereiche werden im Sinne der Dekarbonisierung (z. B. Homeoffice zur Reduktion der Arbeits- und Dienstwege) genutzt.

3 METHODE

Maßnahmenpaket und Modelle

Die Berechnung der wesentlichen Kenngrößen des Szenarios Transition Mobility 2040, insbesondere Verkehrsleistung, Energieeinsatz, Treibhausgasemissionen und Modal Split, erfolgte auf Basis der Definition eines Maßnahmenpakets und dem darauffolgenden seriellen Einsatz von drei Modellen, um die gewünschte Wirkung des Maßnahmenpakets zu validieren.

Der Definition der Maßnahmen wurden zunächst die Erkenntnisse aus vorangegangenen Zielerreichungsszenarien sowie dem Sachstandsbericht Mobilität zur Wirkung ausgesuchter Maßnahmen in Abhängigkeit einer Maßnahmenintensität zugrunde gelegt, um ein potenziell ausreichend wirkungsvolles Maßnahmenpaket schnüren zu können.

Modellierung mit MARS

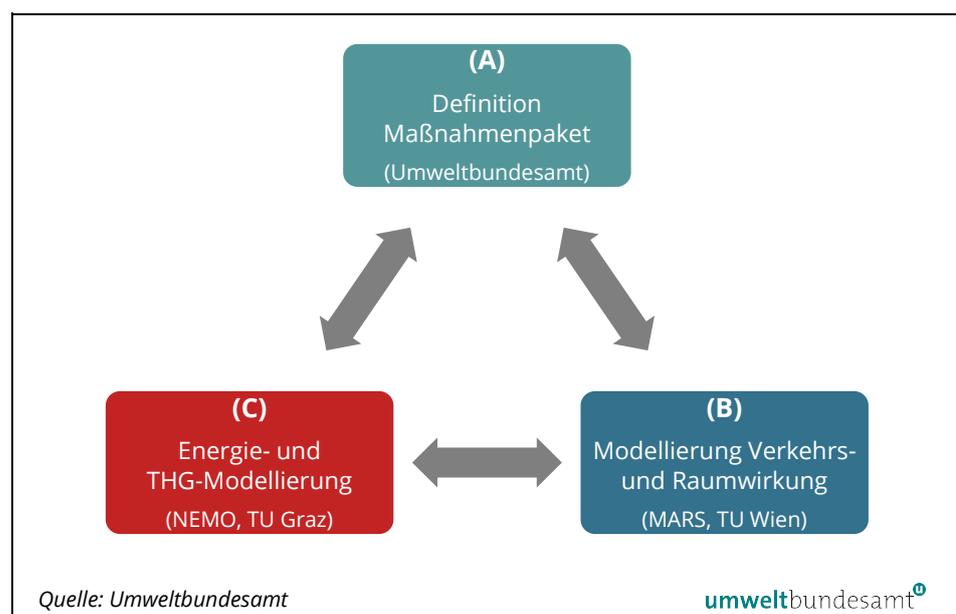
Darauf aufbauend wurden jene Maßnahmen, die mutmaßlich eine Veränderung der Verkehrsleistung sowie des Modal Split zur Folge haben, vornehmlich unter Einsatz des Modells *Metropolitan Activity Relocation Simulator* (MARS) der Technischen Universität Wien auf ihre dahingehende Wirkung modelliert.

Analyse mit NEMO

Die Ergebnisse der MARS-Modellierung, ebenso wie Maßnahmen, die sich auf die technologische Zusammensetzung der Fahrzeugflotte auswirken, wurden unter Einsatz des *Network Emission Model* (NEMO) der Technischen Universität Graz analysiert. Mit NEMO wurden so die Auswirkungen auf die CO₂-Emissionen und die potenzielle Reduktion des Energieeinsatzes als Folge des definierten Maßnahmenpakets untersucht.

Bei unzureichender Wirkung des Maßnahmenpakets im Hinblick auf die definierten Projektziele (vgl. Kapitel 2.2) wurde das Maßnahmenpaket adjustiert und die Modellierungsschritte in einem iterativen Prozess wiederholt. Die Modelle werden in den nachfolgenden Kapiteln im Detail erläutert.

Abbildung 2:
Prozessschritte der
Wirkungsmodellierung



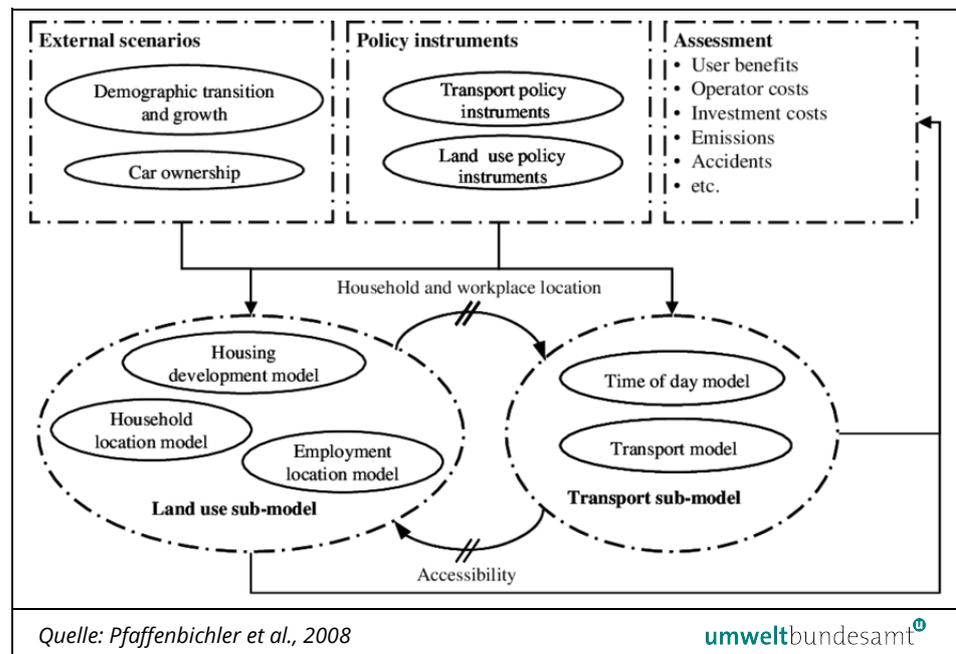
3.1 MARS

MARS simuliert Interaktion Flächennutzung – Verkehrssystem

Das multimodale, integrierte, dynamische Flächennutzungs- und Verkehrsmodell *Metropolitan Activity Relocation Simulator* (MARS) wurde Anfang der Zweitausenderjahre an der Technischen Universität Wien programmiert und wird seither ebendort weiterentwickelt und zur Anwendung gebracht. MARS kann die Interaktion zwischen Flächennutzung und Verkehrssystem simulieren, arbeitet mit einem hohen Aggregationsgrad und nimmt langfristige Bewertungen vor.

Das Modell integriert übergeordnete, aber auf das Verkehrssystem wirkende Daten und Informationen, beispielsweise zur gesellschaftlichen Entwicklung. Darauf aufbauend eignet sich das Modell besonders gut zur Abbildung von integrierten Maßnahmen und Instrumenten aus den Bereichen Verkehrsplanung und Raumplanung bzw. Flächennutzung und quantifiziert deren Wirkung auf Basis bzw. in Abhängigkeit variabler Transportkosten (Pfaffenbichler, 2003). Abbildung 3 zeigt die grundlegende Struktur des MARS-Modells.

Abbildung 3:
Struktur des Metropolitan Activity Relocation Simulator (MARS).



Input-Variablen für MARS

Die **externen Szenarien** als Input von MARS umfassen eine Reihe von Variablen in Bezug auf die demographische Entwicklung, verkehrliche Parameter (wie beispielsweise die Entwicklung des Motorisierungsgrades) und Informationen zur Flächennutzungsentwicklung.

Die **politischen Instrumente** bzw. Maßnahmen dienen ebenfalls als Input für das MARS-Modell, wobei verkehrspolitische Maßnahmen und Maßnahmen zur Flächennutzung unterschieden werden. Das politische Instrument muss in Bezug auf den Umsetzungszeitraum (in Jahren), den geografischen Umfang und die Intensität definiert werden.

Das **Teilmodell Verkehr** (Transport sub-model) dient als Alternative zum klassischen vierstufigen Verkehrsmodell, das mit Geschwindigkeits-Intensitäts-Verhältnissen (Quelle-Ziel-Paare) anstelle eines gesamten Netzes arbeitet. In MARS wird das multimodale Verkehrsnetz größtmöglich aggregiert, wodurch es auf eine Verbindung pro Quelle-Ziel-Relation vereinfacht wird. Im Teilmodell **Flächennutzung** (Land use sub-model) werden Submodelle für Wohnstandorte und Arbeitsplatzstandorte integriert.

MARS-Output

Der **Output** des MARS-Modells ist das Ergebnis der Simulation bzw. eines Optimierungsprozesses der untersuchten Maßnahmen. Im gegenständlichen Projekt wurden Maßnahmen im Vorfeld definiert und im Hinblick auf ein angestrebtes Zielsystem bzw. eine angestrebte Wirkung in ihrer Intensität schrittweise erhöht und in einem iterativen Prozess analysiert. Die wichtigsten Output-Parameter der MARS-Modellierung im gegenständlichen Projekt sind

1. Fahrleistung in Kilometer je Verkehrsmodus bzw. Fahrzeugkategorie
2. Verkehrsleistung in Personenkilometern je Verkehrsmodus bzw. Fahrzeugkategorie
3. Verkehrsmittelwahl (Modal Split) nach Verkehrsleistung und Wegen
4. Erforderliche Höhe der Betriebs- bzw. Transportkosten zur Zielerreichung

3.2 NEMO

Das *Network Emission Model* (NEMO) wurde ebenfalls Anfang der Zweitausenderjahre am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der Technischen Universität Graz programmiert und seither ebendort zur anwenderfreundlichen Berechnung von Emissionen und Energieverbrauch auf Verkehrsnetzwerken stetig weiterentwickelt (Hausberger et al., 2005, Dippold, 2012).

Flottenzusammensetzung und Emissions-simulation

NEMO verknüpft eine detaillierte Berechnung der Flottenzusammensetzung mit fahrzeugfeiner Emissionssimulation. Dabei ist die Flotte in sogenannte Fahrzeugschichten gegliedert, die durch folgende Merkmale charakterisiert sind:

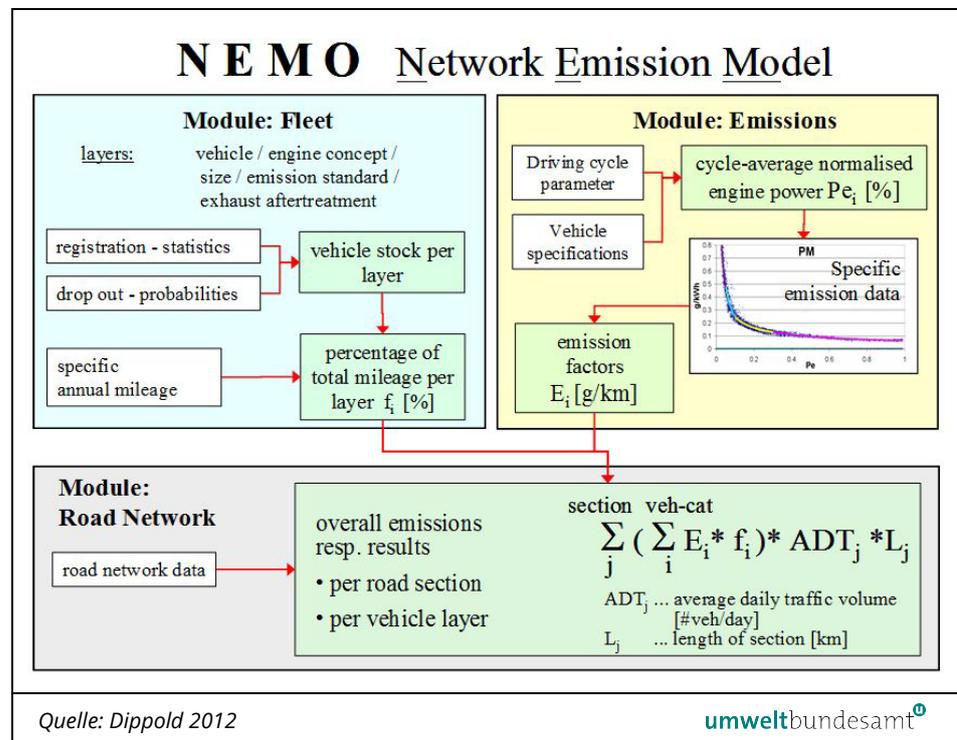
- Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Solo-LKW etc.),
- Antriebsart (Benzin, Diesel sowie optional zusätzlich alternative Antriebe, wie z. B. Erdgas),
- Größenklasse (Unterscheidungsmerkmal: Hubraum oder höchstzulässiges Gesamtgewicht),
- Emissionsklasse (Gesetzgebung, nach der das Fahrzeug erstzugelassen wurde, EURO 1, EURO 2 etc.),
- zusätzlich (nachgerüstete) Abgasnachbehandlungssysteme (z. B. Partikel-Katalysator),
- verwendeter Kraftstoff.

Eine Fahrzeugschicht ist z. B. „Solo-LKW mit Dieselmotor, höchstzulässiges Gesamtgewicht zwischen 7,5 und 15 Tonnen, Technologiestufe „EURO V mit SCR“, betrieben mit handelsüblichem Tankstellendiesel.

Berechnung der Gesamtemissionen

Zur Berechnung der gesamten Emissionen auf Straßennetzwerken werden die sogenannten „Emissionsfaktoren“, die die spezifischen Emissionen in Gramm je Kilometer und Kraftfahrzeug für jede Fahrzeugschicht angeben, mit den Fahrleistungen der Schicht multipliziert. Die Gesamtemissionen bzw. auch die Fahrleistungen je Schicht werden dann über alle Schichten summiert. Das hier eingesetzte NEMO für den Straßenverkehr unterscheidet dabei die Module Flotte, Emissionen und Straßenverkehrsnetz, deren Zusammenspiel in nachfolgender Abbildung 4 dargestellt wird.

Abbildung 4:
Struktur des Network Emission Model (NEMO).



Hauptergebnisse auf Basis von NEMO

Aufbauend auf den Ergebnissen der MARS-Modellierung und ergänzenden Informationen und Annahmen, beispielsweise zur Entwicklung der Technologieanteile bei den Fahrzeugneuzulassungen und damit der Technologieverteilung in der Fahrzeugflotte, wurden mit NEMO schließlich folgende Hauptergebnisse generiert:

1. Energieeinsatz im Verkehrssektor getrennt nach Verkehrsmodus bzw. Fahrzeugkategorie
2. CO₂-Emissionen des Verkehrssektors getrennt nach Verkehrsmodus bzw. Fahrzeugkategorie
3. Überrechnete Gesamtverkehrsleistungen je Verkehrsmodus bzw. Fahrzeugkategorie

3.3 Zusammenspiel der Modelle

Zusammenspiel MARS – NEMO

Tabelle 1 listet zehn Parameter bzw. Datensätze auf, die der Emissionsmodellierung mit NEMO als Input dienen und weist zugleich die Bedeutung jedes Parameters für das Modell MARS aus. Sieben der zehn Parameter bzw. Datensätze haben auch direkten oder indirekten Einfluss als Inputparameter für MARS. Die übrigen drei Inputparameter für NEMO sind zugleich ein Ergebnis (Output) der MARS-Modellierung.

*Tabelle 1:
Bedeutung von zehn
NEMO-Inputparametern
für die MARS-
Modellierung.*

Inputparameter für NEMO	Wirkung in MARS
Fahrzeugbestand (als Folge der Festlegung des zu erwartenden Motorisierungsgrades) unterschieden nach Antriebstechnologien	Der Gesamtfahrzeugbestand hat Auswirkung auf die Fahrzeugverfügbarkeit, die Technologieanteile bestimmen die Betriebskosten
Fahrleistung im Personenverkehr nach Fahrzeugkategorie	Output von MARS
Daten aus dem periodischen CO ₂ -Monitoring für Personenkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge bzw. Energieeffizienzfaktoren für alle Fahrzeugkategorien	Die Energieeffizienz bestimmt die Betriebskosten
Bruttoinlandsprodukt (BIP, aus Wirtschaftsprognosen), Bevölkerungsentwicklung (aus Prognosen der Statistik Austria), aktuelle nationale und internationale Kraftstoffpreise zur Wirkungsabschätzung im Bereich Kraftstoffexport	BIP beeinflusst das Haushaltseinkommen; Bevölkerungsentwicklung beeinflusst das Gesamtverkehrsaufkommen (Verkehrserzeugung); die Kraftstoffpreise beeinflussen die Betriebskosten
Durchschnittliche Besetzungsgrade	Die Besetzungsgrade beeinflussen einerseits die Betriebskosten je Weg und andererseits im Individualverkehr das Verhältnis Personen- zu Fahrzeugkilometer
Zusammensetzung der eingesetzten Kraftstoffe	Nur indirekt relevant, wenn diese Einfluss auf die durchschnittlichen Treibstoffverbräuche und -kosten hat.
Elektrischer Fahrleistungsanteil bei Plug-In-Hybridelektrofahrzeugen je Fahrsituation (innerorts, außerorts, Autobahn und Schnellstraße)	Indirekt relevant, wenn dieser Anteil Einfluss auf die durchschnittlichen Treibstoffverbräuche und -kosten hat.
Durchschnittsgeschwindigkeiten je Fahrsituation	Inputdaten für die Berechnung der Fahrzeiten
Bahn: Personenkilometer und Tonnenkilometer bzw. Energieeinsatz Diesel / Strom / Kohle wenn bekannt	Personenkilometer sind Output von MARS; Rest nicht relevant
ÖPNV: Personenkilometer	Personenkilometer sind Output von MARS

Umsetzung von externen Entwicklungen in MARS und NEMO Das Modell MARS wurde im Hinblick auf die Modellierung von Maßnahmen im Personenverkehr entwickelt und in der gegenständlichen Studie auch nur zur Wirkungsevaluierung von Maßnahmen in diesem Bereich eingesetzt (vgl. Kapitel 4). Mögliche bzw. erforderliche Entwicklungen im Bereich des Güterverkehrs wurden direkt im Modell NEMO umgesetzt. Dem liegt die Prämisse zugrunde, dass das Wirtschaftswachstum von der Entwicklung der Güterverkehrsleistung entkoppelt wird und letztere nicht weiter ansteigt. Darauf aufbauend wurde in der Definition und Ausgestaltung der Maßnahmen im Personenverkehr darauf geachtet, dass auch ausreichend Energie für die Erbringung der erforderlichen Güterverkehrsleistung zu Verfügung steht.

3.4 Referenzszenario

Das Klima- und Energieszenario Transition Mobility 2040 für den Verkehrssektor wurde nach einem Backcasting-Ansatz entwickelt. Das bedeutet, dass ausgehend von einem Zielzustand in der Zukunft (hier: Klimaneutralität im Verkehr bis spätestens 2040) jene Maßnahmen definiert, ausgestaltet und in ihrer Intensität festgelegt werden, die es braucht, um diesen Zielzustand zu erreichen.

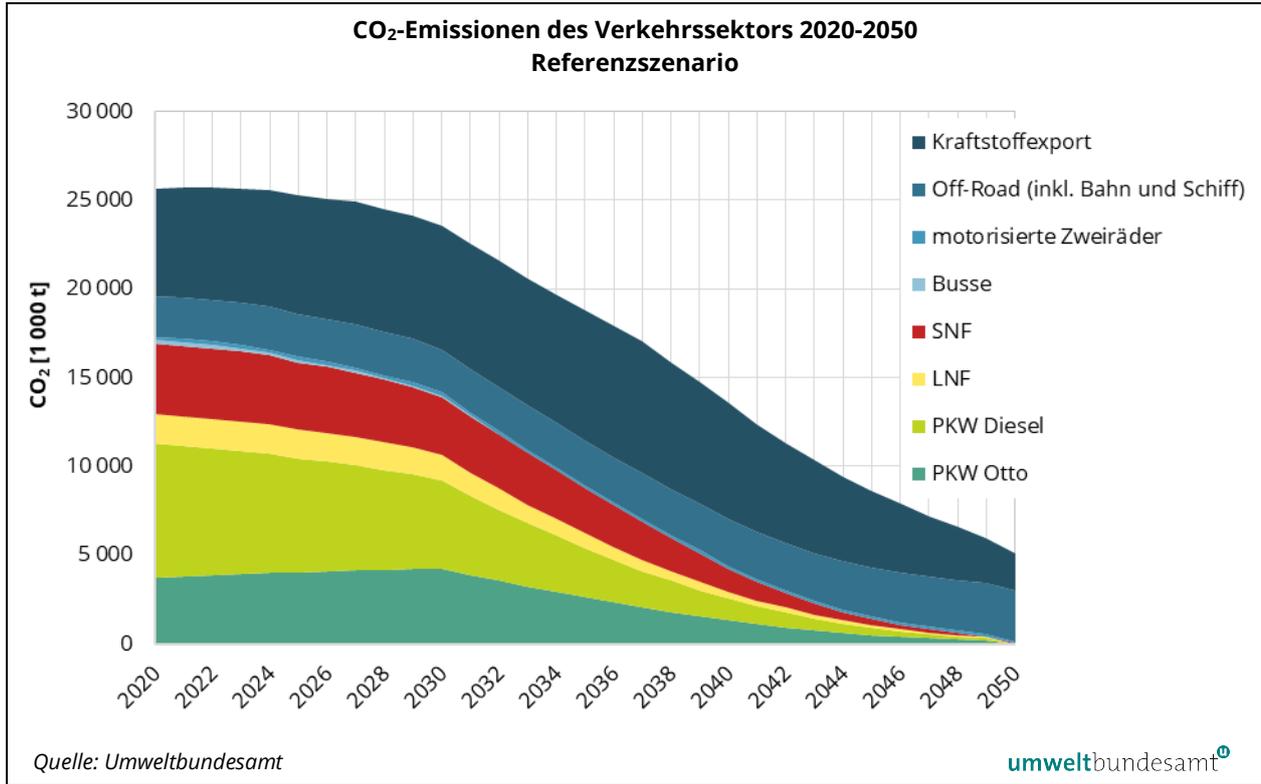
WEM als Referenzszenario Um dies beurteilen zu können, muss zunächst ein Referenzszenario entwickelt werden, das all jene Maßnahmen zur Ökologisierung des Verkehrssektors umfasst, deren Umsetzung aus heutiger Sicht bereits weitgehend abgesichert sind. Am Umweltbundesamt wird dieses Szenario *With Existing Measures* (WEM) genannt.

Das letzte WEM-Szenario des Umweltbundesamtes stammt aus dem Jahr 2019 (Umweltbundesamt, 2019b) und wurde für die gegenständlichen Arbeiten im Verkehrssektor aktualisiert. Diese Aktualisierung betrifft vordergründig die Annahme zur vollständigen Umsetzung des Vorschlags der Europäischen Kommission zur Verschärfung der CO₂-Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen und für neue leichte Nutzfahrzeuge (EK 2021).

zeitliche Differenz zu European Green Deal Darüber hinaus wurde angenommen, dass die Umsetzung des European Green Deal mit dem Hauptziel der Erreichung weitgehender Klimaneutralität bis 2050 (gemäß Pariser Klimaziel) dazu führt, dass in Österreich bis 2050 im Verkehr kein CO₂ mehr ausgestoßen wird. Der wesentliche Unterschied des Szenarios Transition Mobility 2040 liegt im höheren zeitlichen Ambitionsniveau, demzufolge die Klimaneutralität bereits 2040 erreicht werden soll.

Kraftstoffexport Die dritte Annahme betrifft den preisbedingten Export von Kraftstoff aus Österreich in Fahrzeugtanks: Hier wird davon ausgegangen, dass als Folge der Umsetzung des European Green Deal und der Erreichung des Pariser Klimazieles auf europäischer Ebene der Kraftstoffexport aus Österreich im Jahr 2040 um 20 % bzw. im Jahr 2050 um 75 % niedriger ist als heute. Die CO₂-Emissionen des Verkehrssektors 2020–2050 im Referenzszenario sind in Abbildung 5 dargestellt.

Abbildung 5: CO₂-Emissionen des Verkehrssektors 2020–2050 im Referenzszenario in 1 000 t.



4 MASSNAHMEN

Wie bereits erläutert, wurden die im Szenario Transition Mobility 2040 gesetzten Maßnahmen und deren Ausgestaltung und Intensität in einem iterativen Prozess zu einem finalen Maßnahmenpaket zusammengeführt. In den nachfolgenden Kapiteln werden die Einzelmaßnahmen, die innerhalb der beschriebenen Rahmenbedingungen (vgl. Kapitel 2.3) wirken sollen, im Detail erläutert.

4.1 Mineralölsteuer

Höhe der MöSt und Folgen

Die österreichische Mineralölsteuer (MöSt) ist eine Verbrauchsabgabe, mit der Kraft- und Heizstoffe aus Mineralölen besteuert werden. Die Mineralölsteuer wurde zuletzt im Jahr 2011 angehoben und beträgt seitdem 0,397 Euro je Liter Diesel bzw. 0,482 Euro je Liter Benzin (jeweils schwefelfrei mit biogener Beimengung), also durchschnittlich 0,44 Euro je Liter Kraftstoff.

Die Höhe der MöSt für Benzin und Diesel liegt in Österreich unter den vergleichbaren Sätzen seiner Nachbarländer, wie etwa der Energiesteuer in Deutschland. Dies resultiert darin, dass insbesondere an Transitrouten sowie in grenznahen Gebieten Kraftstoff getankt und im Fahrzeugtank ins Ausland exportiert wird.

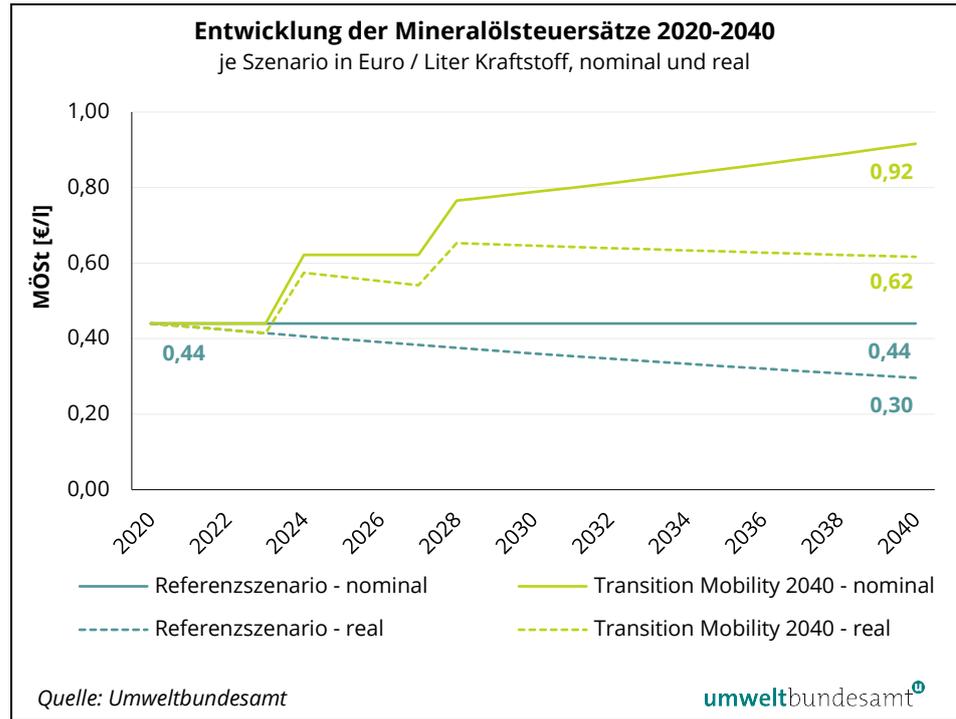
2019 belief sich der Anteil dieser Emissionen aus dem Kraftstoffexport an den gesamten verkehrsbedingten THG-Emissionen in Österreich auf rund 24 % (Umweltbundesamt, 2021a). Die weitgehende Eliminierung des Kraftstoffexports ist demnach von zentraler Bedeutung für die Erreichung der nationalen Klimaneutralität und erfordert eine Anhebung der Kraftstoffpreise, etwa über die Mineralölsteuer, in Österreich. Mit dem am 3. Oktober 2021 vorgestellten Steuerreformpaket der österreichischen Bundesregierung wird ab 2022 eine kontinuierlich steigende CO₂-Bepreisung eingeführt. Diese wird unter anderem bereits eine erste Annäherung der Kraftstoffpreise im In- und benachbarten Ausland zur Folge haben (WIFO, 2021).

Im Referenzszenario bleibt die Mineralölsteuer über den gesamten Zeitraum bis 2040 konstant bei durchschnittlich 0,44 Euro je Liter Kraftstoff.

Im Szenario Transition Mobility 2040 steigt die durchschnittliche Mineralölsteuer im Jahr 2024 auf 0,62 Euro je Liter und im Jahr 2028 auf 0,77 Euro je Liter mit einem daran anschließenden linearen Anstieg auf 0,92 Euro im Jahr 2040. Damit erfolgt die Angleichung der Preise auf das Niveau der Nachbarstaaten, insbesondere das von Deutschland.

Bei den genannten Preisen handelt es sich um Nominalwerte. Diese wurden in Abbildung 6 unter Annahme einer jährlichen Inflationsrate von 2 % um Realwerte ergänzt.

Abbildung 6:
Entwicklung der
Mineralölsteuersätze
2020–2040 je Szenario,
nominal und real.



4.2 Tempolimits

Tempolimits Österreich und europäischer Vergleich

Die generelle Höchstgeschwindigkeit am österreichischen Straßenverkehrsnetz liegt gemäß Straßenverkehrsordnung i.d.g.F. bei 50 km/h im Ortsgebiet, 130 km/h auf Autobahnen und Schnellstraßen und 100 km/h auf allen anderen Straßen.

Wie ein europäischer Vergleich zeigt, ist in 22 der 27 EU-Staaten das Tempolimit auf Freilandstraßen niedriger als in Österreich und liegt in der Regel bei 90 km/h. Bei der Höchstgeschwindigkeit am hochrangigen Verkehrsnetz liegt Österreich im Europäischen Mittelfeld. 120 km/h beträgt das Tempolimit auf Autobahnen und Schnellstraßen beispielsweise in Irland, Spanien, Portugal oder Belgien und auch flächendeckendes Tempo 30 im Ortsgebiet wurde in zahlreichen europäischen Städten bereits verordnet (ADAC 2020).

Emissionswirkung von Tempolimits

Niedrigere Tempolimits und damit geringere Fahrgeschwindigkeiten reduzieren die Unfallhäufigkeit und die Unfallschwere ebenso wie die Lärm- und Luftschadstoffemissionen. Aber auch die klimarelevanten Treibhausgasemissionen werden durch niedrigere Tempolimits stark reduziert, wie der Sachstandsbericht Mobilität ausweist (Umweltbundesamt, 2019a). Dieser Effekt des geringeren Energieverbrauchs ist auch bei emissionsfreien Fahrzeugen positiv hervorzuheben. Im Falle von Tempo 30 im Ortsgebiet ist für eine nachweisbare Reduktion der THG-Emissionen aber auch ein stetiger Verkehrsfluss zu gewährleisten.

Tempo 30 im Ortsgebiet ist des Weiteren von zentraler Bedeutung für den angestrebten Anstieg des Radverkehrsanteils (vgl. Kapitel 4.7). Bei höheren Fahrgeschwindigkeiten im motorisierten Individualverkehr müsste für ein ausreichendes Sicherheitsniveau und -empfinden baulich getrennte Radverkehrsinfrastruktur errichtet werden, was hohe Investitionen erfordert bzw. in historisch gewachsenen Städten aufgrund beengter Platzverhältnisse vielerorts nicht realisiert werden kann.

Tempolimits in den Szenarien

Im Referenzszenario bleiben die derzeitigen Tempolimits und damit die durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeiten unverändert.

Im Szenario Transition Mobility 2040 werden die Tempolimits wie folgt gesenkt: flächendeckend 30 km/h im Ortsgebiet, 100 km/h auf Autobahnen und Schnellstraßen und 80 km/h auf allen anderen Straßen. Die Maßnahme wird ab 2025 umgesetzt und mit reduzierten Straftoleranzen engmaschig überwacht.

4.3 Elektrifizierung der Fahrzeugflotte

Die österreichische Flotte bestand am 31.12.2021 aus 8 088 191 Fahrzeugen, davon 5 133 836 Personenkraftwagen, welche fast ausschließlich verbrennungsmotorisch mit fossilen Kraftstoffen angetrieben werden. Lediglich in der Fahrzeugkategorie der Personenkraftwagen lässt sich ein Hochlauf elektrisch angetriebener Fahrzeuge (Plug-In-Hybridelektrofahrzeuge und Batterieelektrofahrzeuge) erkennen (Statistik Austria, 2022).

klimatechnische Kraftstoffe vs. Elektroantrieb

Der technologische Wechsel von Verbrennungskraftmaschinen auf lokal emissionsfreie Antriebe ist ein weiterer zentraler Baustein für die sektorenübergreifende Klimaneutralität im Jahr 2040. Zwar können auch Verbrennungskraftmaschinen mit klimaneutralen Kraftstoffen betrieben werden, die Herstellung dieser Kraftstoffe, insbesondere synthetischer flüssiger Kraftstoffe aus erneuerbarer Energie und CO₂ aus der Atmosphäre, ist aber vergleichsweise ineffizient und erfordert bis zu zwölfmal mehr Energie als rein batterieelektrische Fahrzeuge für dieselbe Verkehrsleistung benötigen.

Aus diesem Grund ist die weitgehende Elektrifizierung aller Verkehrsmodi und Fahrzeugkategorien auch für die Erreichung von Klimaneutralität im Bereich der Energieproduktion erforderlich. Der Einsatz alternativer Kraftstoffe sollte auf jene Anwendungszwecke fokussiert werden, wo eine intensive Elektrifizierung aus heutiger Sicht (beispielsweise aufgrund der geringen Energiedichte einer Batterie) nicht möglich ist (z. B. Flugverkehr).

Flottenentwicklung

Im Referenzszenario basiert die Flottenentwicklung auf den Vorgaben des Vorschlags der Europäischen Kommission zur Verschärfung der CO₂-Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen und für neue leichte Nutzfahrzeuge (EK, 2021b) bzw. auf dem Ziel der Erreichung weitgehender Klimaneutralität bis zum Jahr 2050, wie es im European Green Deal bekräftigt wird (EK, 2019) (vgl. Kapitel 3.4).

Die Annahmen zur Entwicklung der Neuzulassungen im Szenario Transition Mobility 2040 sind wesentlich ambitionierter als im Referenzszenario, wie Tabelle 2 entnommen werden kann. Zwischen den angegebenen Jahren verläuft die Entwicklung weitgehend linear.

*Tabelle 2:
100 % emissionsfreie
Neuzulassungen gemäß
Szenario Transition
Mobility 2040.*

	2025	2030	2035
Moped	X	X	X
Motorrad		X	X
PKW		X*	X
LNF		X	X
SNF ≤ 18 t zGg		X	X
SNF > 18 t zGg			X
Lastsattelzug			X
Reisebus			X
Linienbus		X	X

*) 100 % ab 2027

Diese Neuzulassungsquoten bilden die Grundlage dafür, dass sich die österreichische Fahrzeugflotte im Jahr 2040 ausschließlich aus lokal emissionsfreien Fahrzeugen zusammensetzt. Dabei ist aber zu beachten, dass die durchschnittliche Nutzungsdauer beispielsweise eines PKW in Österreich mit 15 Jahren⁵ länger ist als der Zeitraum des letztmöglichen Jahres der Neuzulassung eines Fahrzeuges mit Verbrennungsmotor (2029) und dem angestrebten Zieljahr für Klimaneutralität im Jahr 2040 (elf Jahre später). Aus diesem Grund ist festzuhalten, dass im Szenario Transition Mobility 2040 zusätzliche Maßnahmen gesetzt werden müssen, die einen beschleunigten Austausch verbrennungsmotorisch angetriebener Fahrzeuge im Zeitraum 2030 bis 2040 zur Folge haben.

4.4 Road Pricing

Straßenbenützungsgebühren in Österreich

Österreich verfügt derzeit über ein heterogenes System zur Einhebung von Straßenbenützungsgebühren: Für PKW, Motorräder sowie Kraftfahrzeuge bis 3,5 t zulässige Gesamtmasse wird seit 1997 auf allen Autobahnen und Schnellstraßen des Landes von allen ausländischen und inländischen Fahrzeugen eine Maut erhoben. Diese ist als einmalig zu zahlende Autobahnvignette ausgestaltet und damit nicht fahrleistungsabhängig. Die sogenannte LKW-Maut für Kraftfahrzeuge, deren höchstzulässiges Gesamtgewicht 3,5 t übersteigt, wird seit 2004 eingehoben. Sie errechnet sich aus der Fahrleistung und weiteren Faktoren, wie

⁵ https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/mobilitaet/daten/ekz_doku_verkehrsmittel.pdf

beispielsweise der Achszahl oder der Emissionsklasse des Fahrzeuges. Sondermautstrecken sollen an dieser Stelle nicht näher betrachtet werden. Das Straßenverkehrsnetz abseits der Autobahnen und Schnellstraßen wird derzeit nicht bemautet.

Road Pricing in den Szenarien

Im Referenzszenario wird davon ausgegangen, dass das beschriebene System unverändert weitergeführt wird.

Im Szenario Transition Mobility wird ergänzend zur bestehenden LKW-Maut eine fahrleistungsabhängige Maut für alle Fahrzeugkategorien auf dem gesamten österreichischen Straßenverkehrsnetz angenommen – dies auch vor dem Hintergrund, dass der Rückgang der Einnahmen aus der Mineralölsteuer als Folge einer intensiven Flottenelektrifizierung (vgl. Kapitel 4.3) durch eine derartige Ausgestaltung des Mautsystems kompensiert werden kann. Konkret wird die Einführung der fahrleistungsabhängigen Maut für PKW ab 2024 mit 0,10 Euro je gefahrenem Kilometer und deren lineare Anhebung auf 0,50 Euro je gefahrenem Kilometer im Jahr 2040 modelliert. Im Vergleich dazu liegen die derzeitigen Kosten für die Nutzung des hochrangigen Straßenverkehrsnetzes unter der Annahme eines Autobahnvignettenpreises von 92 Euro und einer Jahresfahrleistung auf Autobahnen und Schnellstraßen von 5 000 km bei ungefähr 0,018 Euro je gefahrenem Kilometer.

4.5 Besetzungsgrad

Durch die oben beschriebene Maßnahme der Einführung einer fahrleistungsabhängigen Maut für PKW auch auf dem niederrangigen Straßenverkehrsnetz ist auch ein Anstieg des durchschnittlichen Besetzungsgrades zu erwarten. Dieser liegt derzeit bei durchschnittlich 1,15 Personen je PKW.

Im Referenzszenario wird davon ausgegangen, dass sich der derzeitige Besetzungsgrad nicht verändert und bis 2040 annähernd konstant bleibt.

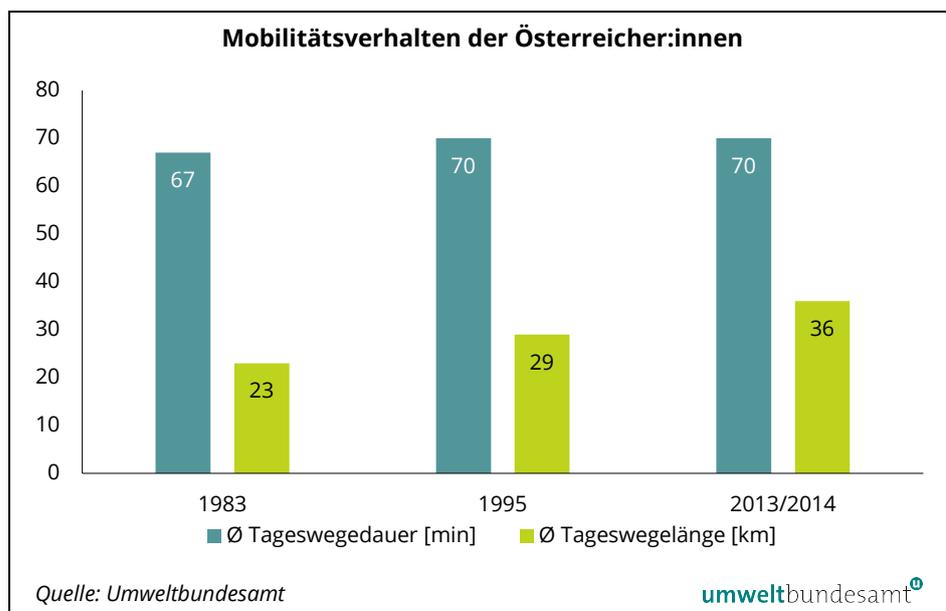
Dem Szenario Transition Mobility 2040 wird ein linearer Anstieg auf 1,29 Personen je PKW bis 2040 zugrunde gelegt. Dieser wird realisiert durch den ökonomischen Vorteil durch die Aufteilung der Mehrkosten aus der angehobenen MÖSt (im Falle verbrennungsmotorisch angetriebener Fahrzeuge) (vgl. Kapitel 4.1) ebenso wie der fahrleistungsabhängigen Mautgebühren (vgl. Kapitel 4.4), durch die Einrichtung und Möglichkeit der Nutzung sogenannter Fahrgemeinschaftsspuren (engl.: High-Occupancy Vehicle Lane) und weitere Detailmaßnahmen, die die Bildung von Fahrgemeinschaften forcieren.

4.6 Raumplanung

Zersiedelung und Wegelängen

Der Wunsch nach eigenem Haus mit Garten, hohe Immobilienpreise in urbanen Räumen und die praktizierte Raumplanung und Flächenwidmung der Länder und Kommunen haben in Verbindung mit niedrigen Kraftstoffkosten in Österreich über Jahrzehnte zu einer fortschreitenden Zersiedelung beigetragen und die Trennung der Daseinsfunktionen gefestigt. Bestärkt wurde diese Entwicklung durch staatliche Begünstigungen wie Pendlerpauschale, undifferenzierte Wohnbauförderung und stetigen Ausbau der Straßenverkehrsinfrastruktur. Letztere ermöglichte es, dass immer größere Distanzen, beispielsweise zwischen dem Wohnort und der Arbeitsstätte, zurückgelegt werden können, ohne dabei signifikante Reisezeitverluste zu erfahren. Die Erhebungen zur Mobilität der österreichischen Bevölkerung zeigen, dass in den letzten Jahrzehnten bei annähernd unveränderter durchschnittlicher Tageswegedauer die durchschnittliche Tageswegelänge zwischen 1983 und 2014 um mehr als 50 % gestiegen ist (vgl. Abbildung 7).

Abbildung 7:
Mobilitätsverhalten der
Österreicher:innen 1983,
1995 und 2013/2014
(Hiess, 2007, Herry et al.,
2007, BMVIT, 2016).



Auswirkungen der Zersiedelung auf ÖV

Auch die Einrichtung von Industrieparks und Großeinkaufszentren am Rande der Siedlungsräume erhöht die Wegelängen mit dem Ergebnis, dass die fortschreitende Zersiedelung und die wachsenden durchschnittlichen Wegelängen einem höheren Verkehrswegeanteil aktiver Mobilität (Radfahren, Zufußgehen) entgegenstehen. Insbesondere in ländlicheren Regionen führt die Zersiedelung auch dazu, dass öffentlicher Verkehr nicht mehr wirtschaftlich betrieben werden kann. Stattdessen wird die Nutzung des privaten PKW gefördert, was je nach Antriebstechnologie THG-Emissionen verursacht und eine vergleichsweise niedrige Effizienz der eingesetzten Energie zur Folge hat.

**Annahmen zur
Raumordnung in den
Szenarien**

Im Referenzszenario bleiben die Raumordnung und die derzeit gelebte Praxis der Flächenwidmung ebenso wie die zugrundeliegenden Rechtsgrundlagen unverändert. Die durchschnittlichen Tageswegelängen steigen weiter und die Verkehrsmittelwahl fällt weiterhin mehrheitlich auf den PKW.

Im Szenario Transition Mobility 2040 kommt es mittelfristig zu einer Verdichtung der Ortskerne und einer Durchmischung der Daseinsfunktionen auf Basis veränderter Rechtsgrundlagen und einer nachhaltigen Raumentwicklung. Dies ermöglicht kürzere Wege und damit in weiterer Folge eine nachhaltige Verkehrsmittelwahl, insbesondere zugunsten mehr bewegungsaktiver Mobilität. Neubau erfolgt nur mehr auf Flächen, die schon heute gut mit Verkehrsmitteln des öffentlichen Verkehrs erschlossen sind, oder die im Zuge der Siedlungsentwicklung mit öffentlichen Verkehrsmitteln erschlossen werden (ÖV-Güteklassen A bis D). Der Trend der fortschreitenden Zersiedelung wird gestoppt und langfristig umgekehrt.

4.7 Aktive Mobilität

**Entwicklung des
Wegeanteils aktiver
Mobilität**

Aktive Mobilität umfasst die Fortbewegungsarten Radfahren und Zufußgehen, ist raum- und energieeffizient, lärmarm, frei von THG- und Luftschadstoffemissionen, sozial inkludierend und sie fördert das physische und psychische Wohlbefinden (BMLFUW, 2015, BMVIT, 2015). Der Verkehrswegeanteil des Zufußgehens ist seit den 1950er-Jahren von mehr als zwei Drittel aller Wege laut letztverfügbarer bundesweiter Mobilitätserhebung auf nur mehr rund 18 % gesunken. Jener des Radfahrens belief sich 1950 auf 8 % und beträgt heute rund 7 %, hat dabei aber ein Tief von nur mehr rund 4 % in den 1990ern und frühen 2000er-Jahren überwunden (BMLFUW, 2015, BMVIT, 2016). Das Ziel der österreichischen Bundesregierung zur Erhöhung des Radverkehrsanteils auf 13 % (in der vorliegenden Studie bis 2030) bei gleichzeitiger Stabilisierung des Verkehrswegeanteils des Zufußgehens (BMK, 2021) ist eines der drei prioritären Projektziele dieser Studie (vgl. Kapitel 2.2).

**aktive Mobilität
in den Szenarien**

Im Referenzszenario bleibt die Ambition der Maßnahmen zur Förderung aktiver Mobilität unverändert und geht nicht über bereits gesetzte Initiativen aus der Umsetzung der bestehenden Masterpläne Radfahren und Gehen hinaus. In der Folge wird angenommen, dass die Verkehrswegeanteile für aktive Mobilität weitgehend konstant bleiben.

Im Szenario Transition Mobility 2040 werden besagte Masterpläne vollinhaltlich umgesetzt und die dafür erforderlichen Budgets zur Verfügung gestellt. Es werden sowohl fördernde Maßnahmen im Bereich der aktiven Mobilität (Pull-Maßnahmen) als auch Restriktionen für den Motorisierten Individualverkehr (Push-Maßnahmen) umgesetzt. In Kombination mit den bereits in den vorangegangenen Kapiteln diskutierten Maßnahmen wird die Attraktivität des Radfahrens und Zufußgehens signifikant erhöht.

4.8 Öffentlicher Verkehr

Attraktivitätsparameter für ÖV

Neben der Forcierung aktiver Mobilität nimmt die Verkehrsverlagerung von Fahrten hin zum öffentlichen Verkehr eine zentrale Rolle im zukünftigen Verkehrssystem ein. Die Attraktivität des öffentlichen Verkehrs und damit das Potenzial zur Verlagerung vom Motorisierten Individualverkehr hin zum ÖV ergibt sich aus dem Zusammenspiel von drei Parametern: den Fahrtkosten, dem Fahrtenintervall und der Haltestellendichte.

ÖV in den Szenarien

Dem Referenzszenario werden über die gesamte Periode 2020 bis 2040 unveränderte Rahmenbedingungen für Fahrten im öffentlichen Verkehr, also konstante Fahrtkosten und ein unverändertes Angebot, zugrunde gelegt.

Im Szenario Transition Mobility 2040 werden alle drei Stellschrauben in ihrer Intensität verschärft: Die Fahrtkosten reduzieren sich durch die Umsetzung des Klimatickets und einer zusätzlichen Kostenreduktion in den Ballungsräumen um weitere 50 %. Von 2030 bis 2040 liegen die Fahrtkosten im bundesweiten Durchschnitt konstant 50 % unter dem Niveau von 2020. Die ÖV-Intervalle werden bis 2030 jährlich in Schritten von 2,5 % gesenkt. Von 2030 bis 2040 liegen die ÖV-Intervalle dann konstant 25 % unter dem Niveau von 2020. Die Haltestellendichte wird zwischen 2025 und 2040 schrittweise erhöht. Im Jahr 2040 ist die Haltestellendichte um 25 % höher als im Jahr 2020.

4.9 Maßnahmenwirkung auf Motorisierungsgrad

regionale Tendenzen

Am 31.12.2021 waren in Österreich 8 088 191 Fahrzeuge, davon 5 133 836 Personenkraftwagen, registriert. Dies entspricht einem PKW-Motorisierungsgrad von knapp 570 Fahrzeugen je 1 000 Einwohner:innen. In der Bundeshauptstadt Wien und in einigen Landeshauptstädten lässt sich in den letzten Jahren ein Rückgang des Motorisierungsgrades erkennen. Dieser Rückgang wird jedoch von einer Zunahme des Motorisierungsgrades im suburbanen und ländlichen Raum kompensiert, wodurch der Trend des Motorisierungsgrades in den letzten Jahren kontinuierlich steigt.

Im Referenzszenario wird davon ausgegangen, dass sich dieser steigende Trend fortsetzt und der österreichweite Motorisierungsgrad bis 2040 um weitere 10 % steigt.

Im Szenario Transition Mobility 2040 wird angenommen, dass sich die Summe der oben beschriebenen Maßnahmen dahingehend auswirkt, dass der Motorisierungsgrad im Jahr 2040 auf demselben Niveau liegt wie heute.

5 ERGEBNISSE

Die nachfolgend erläuterten Projektergebnisse ergeben sich aus der Modellierung der besprochenen Maßnahmen (Kapitel 4) unter integriertem Einsatz der Modelle MARS (Kapitel 3.1) und NEMO (Kapitel 3.2) und innerhalb der nationalen und geopolitischen Rahmenbedingungen, wie sie in Kapitel 2.3 beschrieben sind.

5.1 Fahrzeugflotte

Umstellung auf emissionsfreien Antrieb möglich

Wie nachfolgenden Abbildungen entnommen werden kann, ist es mit den definierten Maßnahmen möglich, die österreichische Fahrzeugflotte in allen Fahrzeugkategorien bis zum Jahr 2040 vollständig auf lokal emissionsfreie Antriebe umzustellen.

In den Kategorien PKW, LNF sowie bei den motorisierten Zweirädern besteht die Flotte im Jahr 2040 zu 100 % aus batterieelektrischen Fahrzeugen (Abbildung 8). Der Anstieg auf rund 5,4 Millionen PKW ergibt sich aus dem reduzierten Motorisierungsgrad in Kombination mit dem prognostizierten Bevölkerungswachstum auf 9 470 000 Österreicher:innen (Statistik Austria, 2021). Aus diesem Grund und da Transportvorgänge mit leichten Nutzfahrzeugen (LNF) nur bedingt auf die Bahn verlagert werden können, steigt auch die absolute Anzahl der Fahrzeuge in dieser Kategorie bis 2040 auf 535 000 (Abbildung 9). Auch in der Kategorie der motorisierten Zweiräder ergibt sich ein Anstieg der absoluten Fahrzeuganzahl auf 907 000 Fahrzeuge (Abbildung 10).

Abbildung 8: Entwicklung der PKW-Flotte 2020–2040 im Szenario Transition Mobility 2040.

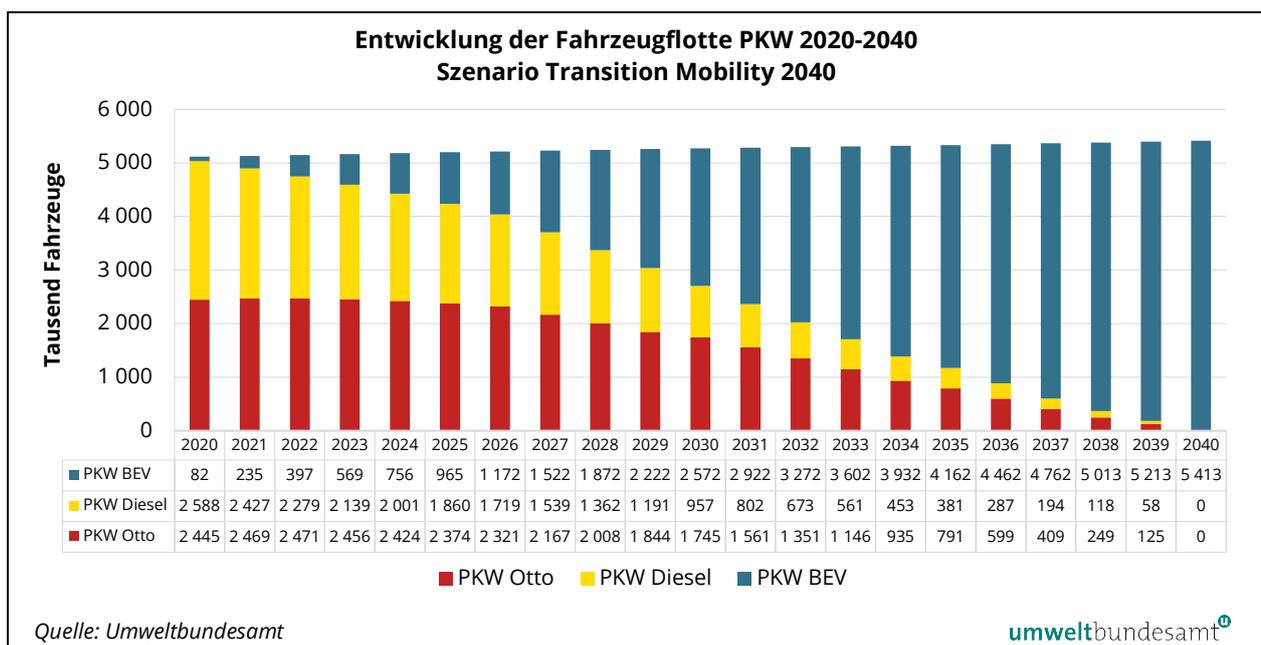


Abbildung 9: Entwicklung der LNF-Flotte 2020–2040 im Szenario Transition Mobility 2040.

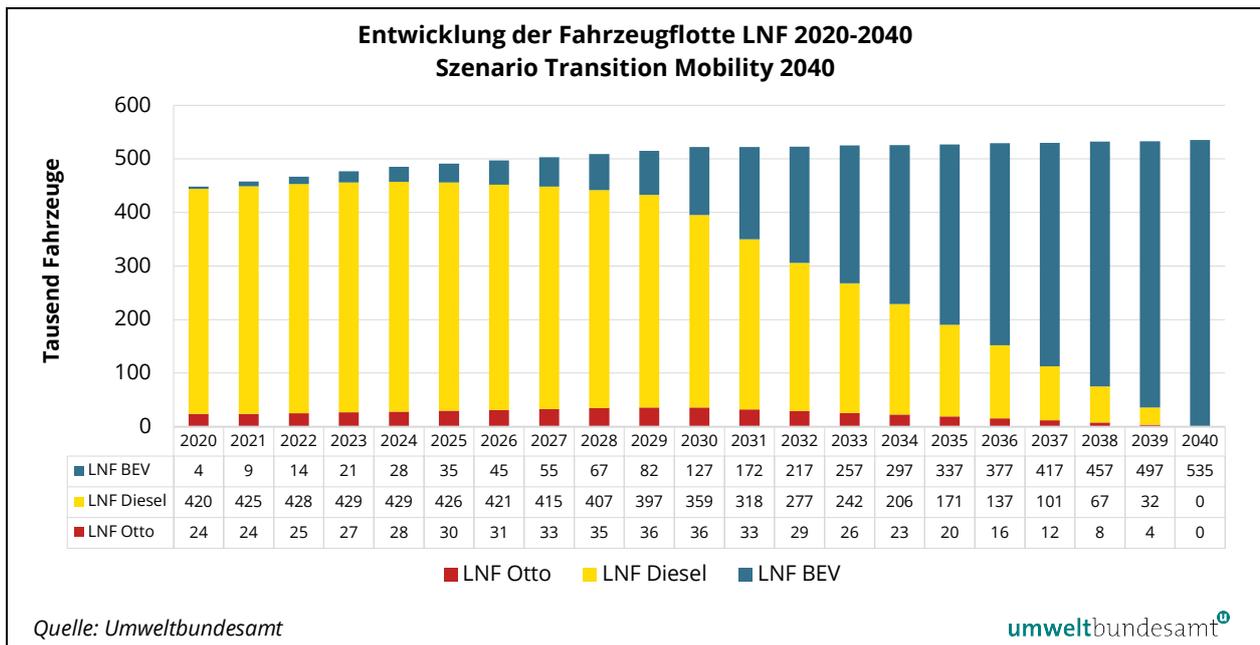
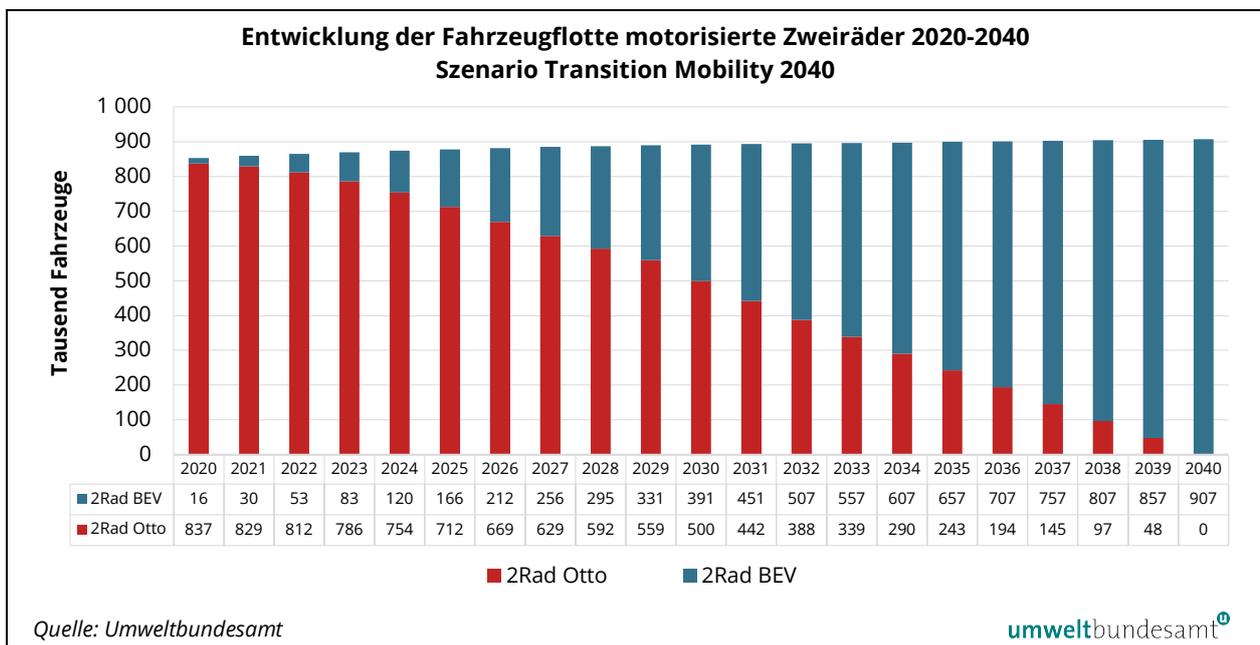
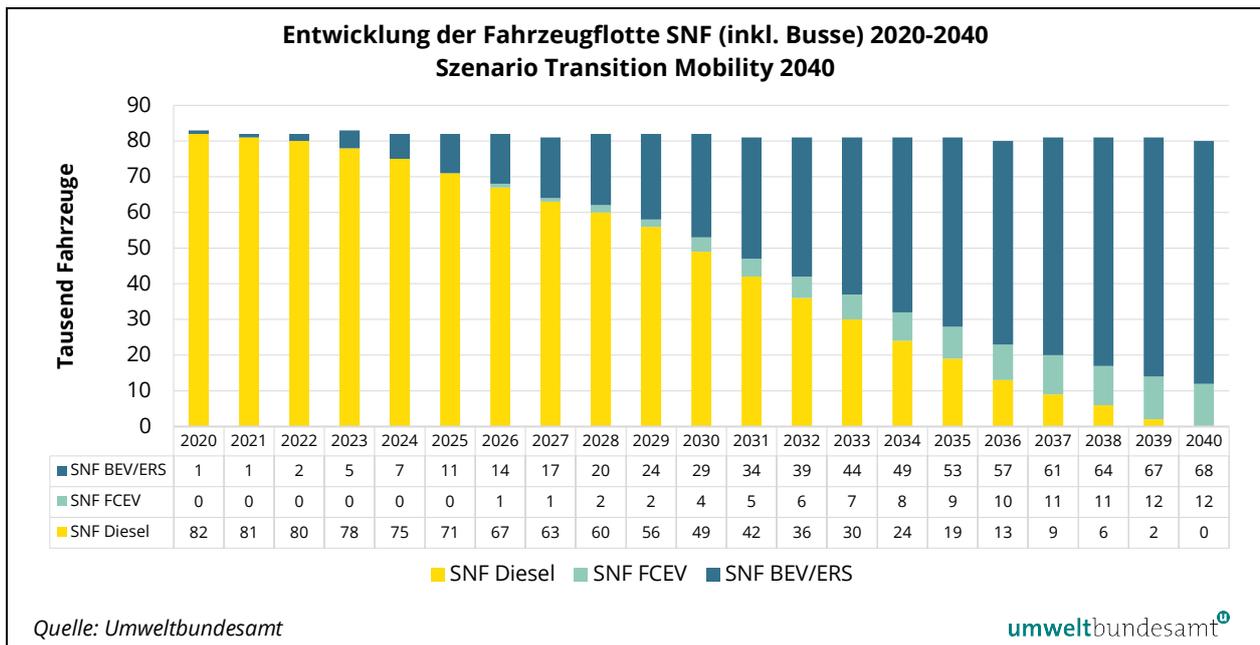


Abbildung 10: Entwicklung der Flotte motorisierter Zweiräder 2020–2040 im Szenario Transition Mobility 2040.



Bei den schweren Nutzfahrzeugen (SNF) und Bussen dominiert der batterieelektrische Antrieb, der jedoch in ausgesuchten Anwendungsfällen und zur Verkleinerung des Akkumulators am hochrangigen Straßenverkehrsnetz mit Strom aus einer Oberleitung gespeist wird (Electrified Road System, kurz: ERS). Bei 15 % der SNF und Busse im Jahr 2040 handelt es sich im Szenario Transition Mobility 2040 um Wasserstoff-Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEV).

Abbildung 11: Entwicklung der SNF-Flotte 2020–2040 im Szenario Transition Mobility 2040.



In allen Fahrzeugkategorien zeigt sich, dass für die rasche technologische Umstellung der gesamten österreichischen Fahrzeugflotte bis zum Jahr 2040 die Anzahl der jährlich neuzugelassenen emissionsfreien Fahrzeuge, insbesondere im Zeitraum nach 2030, höher sein muss als in den Jahren vor der Pandemie – am Beispiel PKW: bis zu 400 000 emissionsfreie PKW-Neuzulassungen pro Jahr anstatt der bisherigen 300 000 bis 350 000 PKW pro Jahr. Im Umkehrschluss bedeutet das, dass auch die Wahrscheinlichkeit des Fahrzeugausfalls aus der Flotte in diesem Zeitraum höher ist als davor: Heute werden PKW in Österreich durchschnittlich 15 Jahre genutzt (Umweltbundesamt, 2021b). Für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor, die zwischen 2026 und 2029 noch neuzugelassen werden, muss die Nutzungsdauer entsprechend kürzer sein, damit die Flotte im Jahr 2040 nur mehr aus emissionsfreien Fahrzeugen besteht. Maßnahmen, wie die untersuchte Anhebung der Mineralölsteuer (vgl. Kapitel 4.1) oder die Einführung einer flächendeckenden fahrleistungsabhängigen Maut auch für PKW (vgl. Kapitel 4.4), erhöhen die Betriebskosten eines konventionell angetriebenen PKW und forcieren dadurch den beschleunigten Fahrzeugausfall.

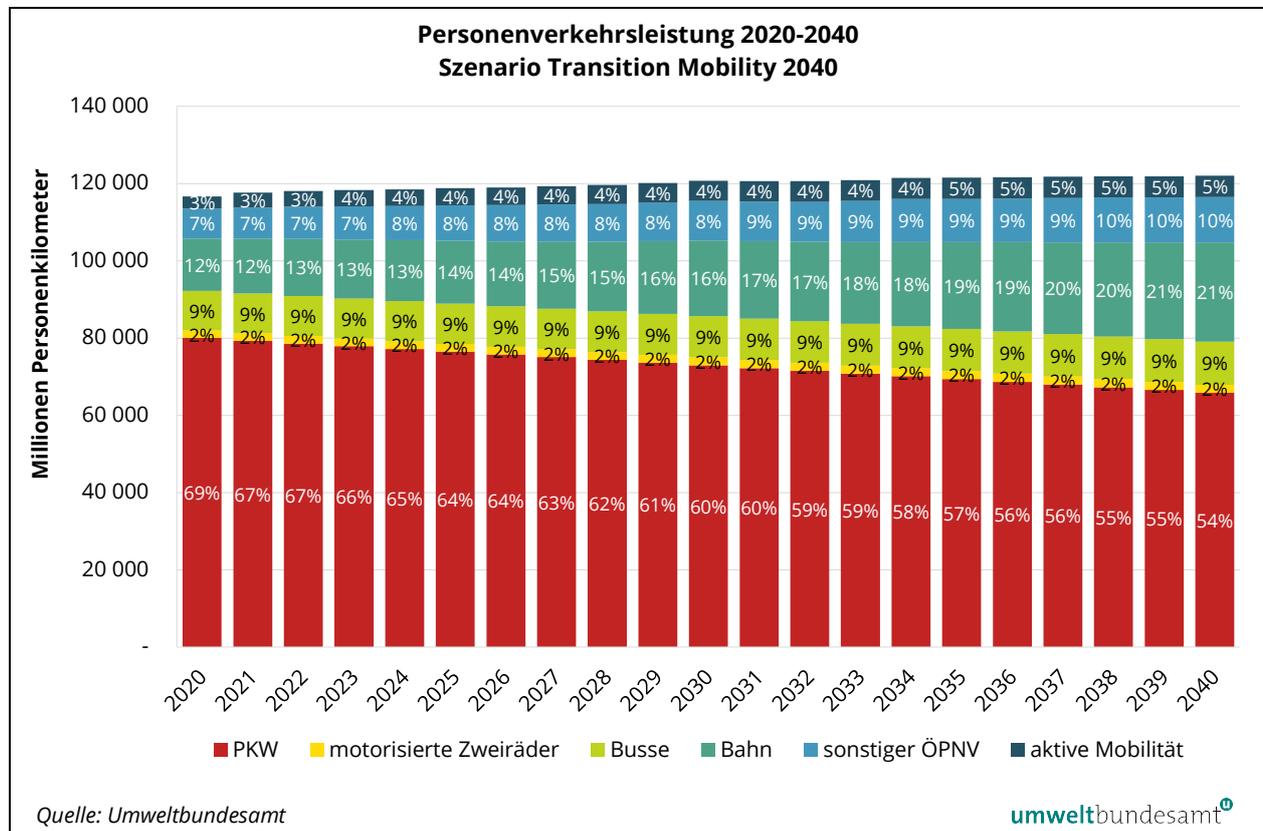
5.2 Verkehrsleistung

steigende Verkehrsleistung bei Umschichtung der Verkehrsmittel

Die Entwicklung der Verkehrsleistung im Szenario Transition Mobility 2040 wird getrennt für den Personenverkehr und den Güterverkehr ausgewiesen. Die Personenverkehrsleistung steigt von derzeit rund 116 600 Millionen auf 122 000 Millionen Personenkilometer – dies jedoch bei gleichzeitig signifikanter Verlagerung des Personenverkehrs weg vom motorisierten Individualverkehr hin zu den energieeffizienteren Verkehrsmitteln des öffentlichen Verkehrs, aber

auch zur aktiven Mobilität. Der Anteil der Personenverkehrsleistung, die 2040 im Umweltverbund erbracht wird, steigt von derzeit 31 % auf 45 %, eine Verkehrsverringering erfolgt im motorisierten Individualverkehr.

Abbildung 12: Entwicklung der Personenverkehrsleistung 2020–2040 im Szenario Transition Mobility 2040.



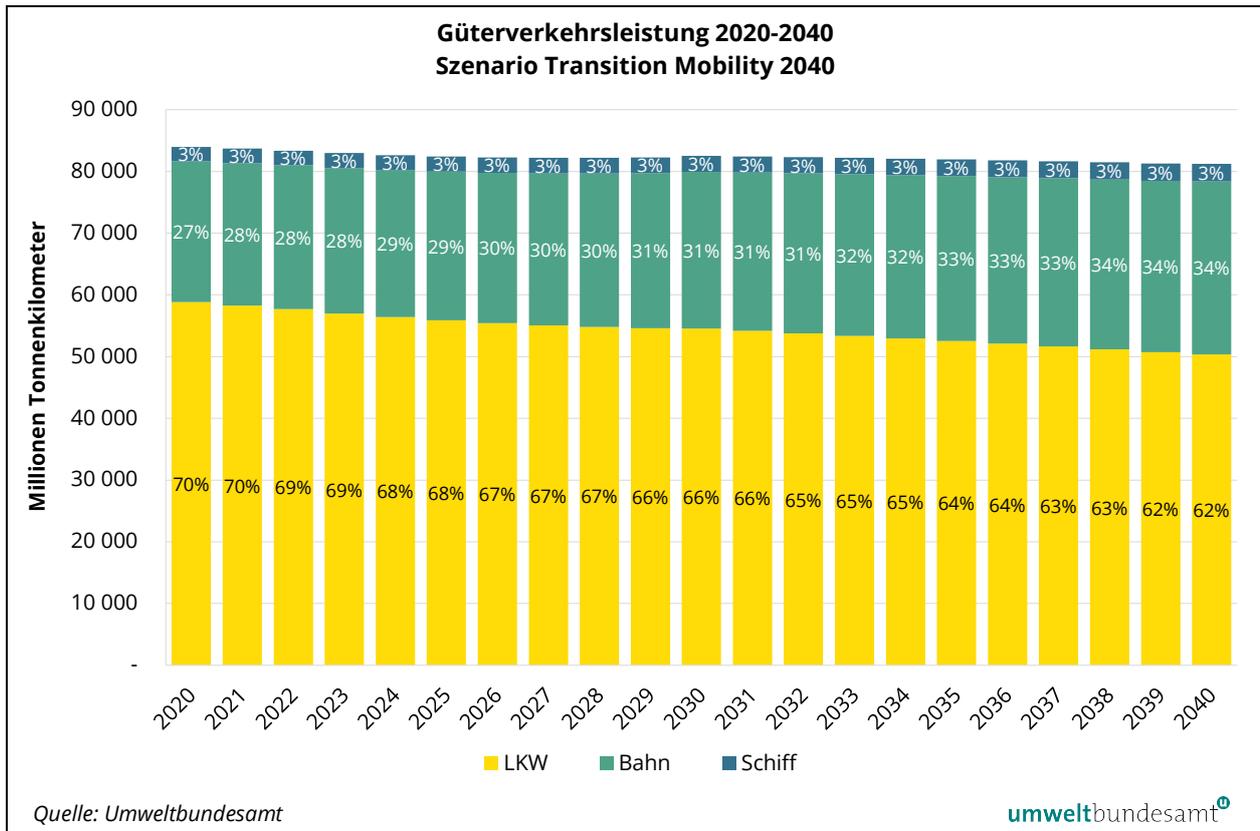
Szenario Güterverkehr

Wie in Kapitel 3.3 erläutert, wurde die Entwicklung im Bereich des Güterverkehrs direkt im Modell NEMO umgesetzt. Dies unter der Prämisse, dass sich das Wirtschaftswachstum von der Entwicklung der Güterverkehrsleistung entkoppelt, aber dennoch ausreichend Energie für die Erbringung der erforderlichen Güterverkehrsleistung zu Verfügung steht.

Verlagerung auf die Schiene

Abbildung 13 zeigt die Entwicklung des Gesamtgüterverkehrsaufkommens im Szenario Transition Mobility 2040, demzufolge die derzeitige Güterverkehrsleistung bis 2040 um 3 % auf rund 81 200 Millionen Tonnenkilometer sinkt. Aus der Grafik wird zudem das Erfordernis einer signifikanten Verlagerung des Güterverkehrs von der Straße auf die wesentlich energieeffizientere Bahn ersichtlich. So erhöht sich der Anteil der Bahn an der gesamten Güterverkehrsleistung von derzeit 27 % auf 34 % im Jahr 2040. Aufgrund der zentraleuropäischen Lage Österreichs und der Bedeutung als Transitland, sowohl im Straßen- als auch im Bahnverkehr, erfordert dieser Güterverkehrsanteil insbesondere auf der Bahn aber eine harmonisierte Entwicklung von Regeln, Standards und Möglichkeiten in der Verladung und dem Transport von Gütern mit der Bahn.

Abbildung 13: Entwicklung der Güterverkehrsleistung 2020–2040 im Szenario Transition Mobility 2040.



5.3 Modal Split

Die Verkehrsmittelwahl (Modal Split) nach Wegen wurden für den Personenverkehr auf Basis der errechneten Personenverkehrsleistung ermittelt. Dazu wurden die Personenkilometer mit durchschnittlichen Wegelängen in eine Anzahl an Wegen je Verkehrsmittel überrechnet.

Wegelänge PKW

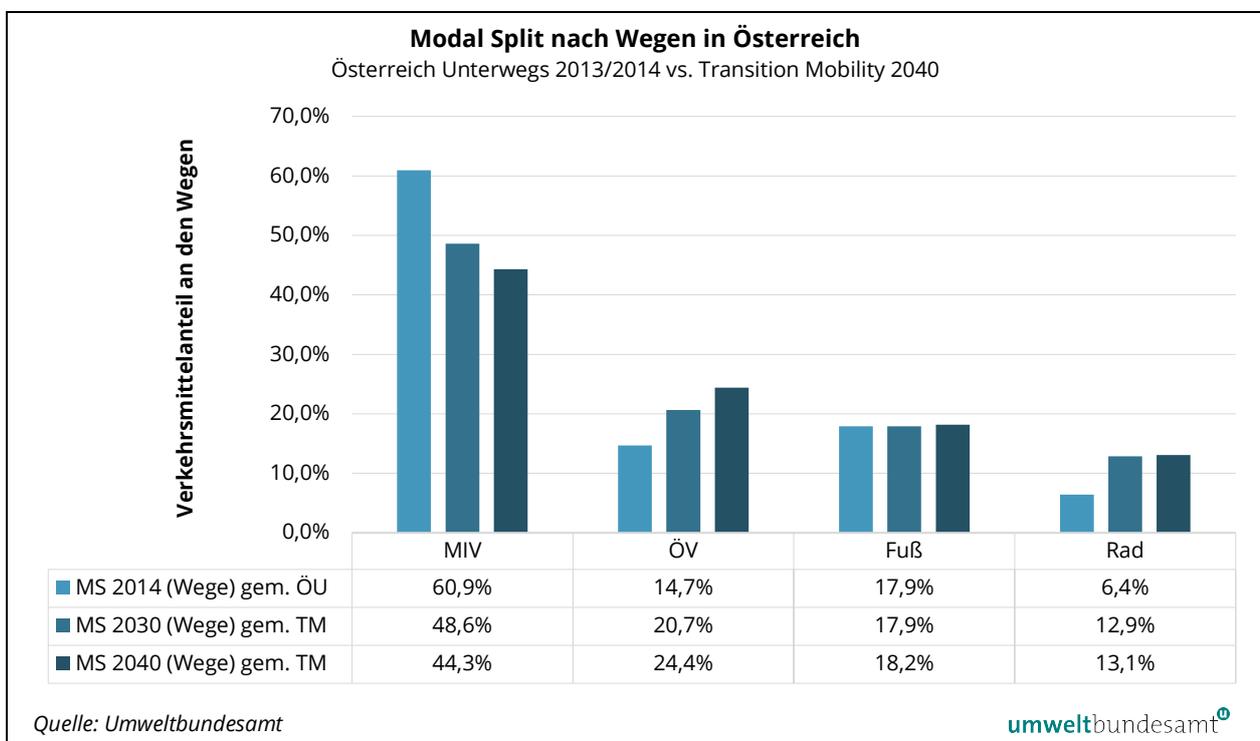
Die Wegelängen wurden dabei der Mobilitätsbefragung Österreich Unterwegs 2013/2014 (BMVIT, 2016) entnommen und unverändert für die Jahre 2030 und 2040 übernommen. Tatsächlich ist bei einigen Fahrzeugkategorien (z. B. PKW) insbesondere in einem Zielerreichungsszenario von einer Verkürzung der durchschnittlichen Wegelänge auszugehen. Diese Veränderung ist jedoch aus heutiger Sicht nicht quantifizierbar und wurde in der gegenständlichen Studie deshalb nicht berücksichtigt.

Wegelänge und Anteil des Radverkehrs

Eine Ausnahme bildet die durchschnittliche Wegelänge im Radverkehr: Hier wird davon ausgegangen, dass insbesondere aufgrund der erhöhten Betriebskosten im MIV (vgl. Kapitel 4.1 und 4.4), aber auch durch die stärkere Berücksichtigung des Nachhaltigkeitsgedankens in der Raumplanung (vgl. Kapitel 4.6), kürzere PKW-Fahrten verstärkt auf das Fahrrad verlagert werden und sich die durchschnittliche Wegelänge mit dem Fahrrad von 3,9 km auf 3 km reduziert.

Wie Abbildung 14 entnommen werden kann, erhöht sich der Verkehrswegeanteil im Öffentlichen Verkehr von rund 15 % in den Jahren 2013/2014 (BMVIT, 2016) auf 20,7 % im Jahr 2030 bzw. 24,4 % im Jahr 2040 gemäß Szenario Transition Mobility 2040. **Der Radverkehrsanteil erhöht sich auf 12,9 % im Jahr 2030 und bleibt dann annähernd konstant, womit der Zielanteil von 13 % im Jahr 2030 (vgl. Kapitel 2.2) praktisch abgebildet ist.** Der Anteil des Zufußgehens an allen Wegen bleibt ebenfalls annähernd konstant bei ungefähr 18 % über die gesamte Betrachtungsdauer, während sich im MIV eine Reduktion von rund 60,9 % in den Jahren 2013/2014 auf 48,6 % im Jahr 2030 bzw. 44,3 % im Jahr 2040 einstellt.

Abbildung 14: Modal Split nach Wegen in Österreich 2013/2014 (BMVIT, 2016) sowie 2030 und 2040 gemäß Szenario Transition Mobility 2040



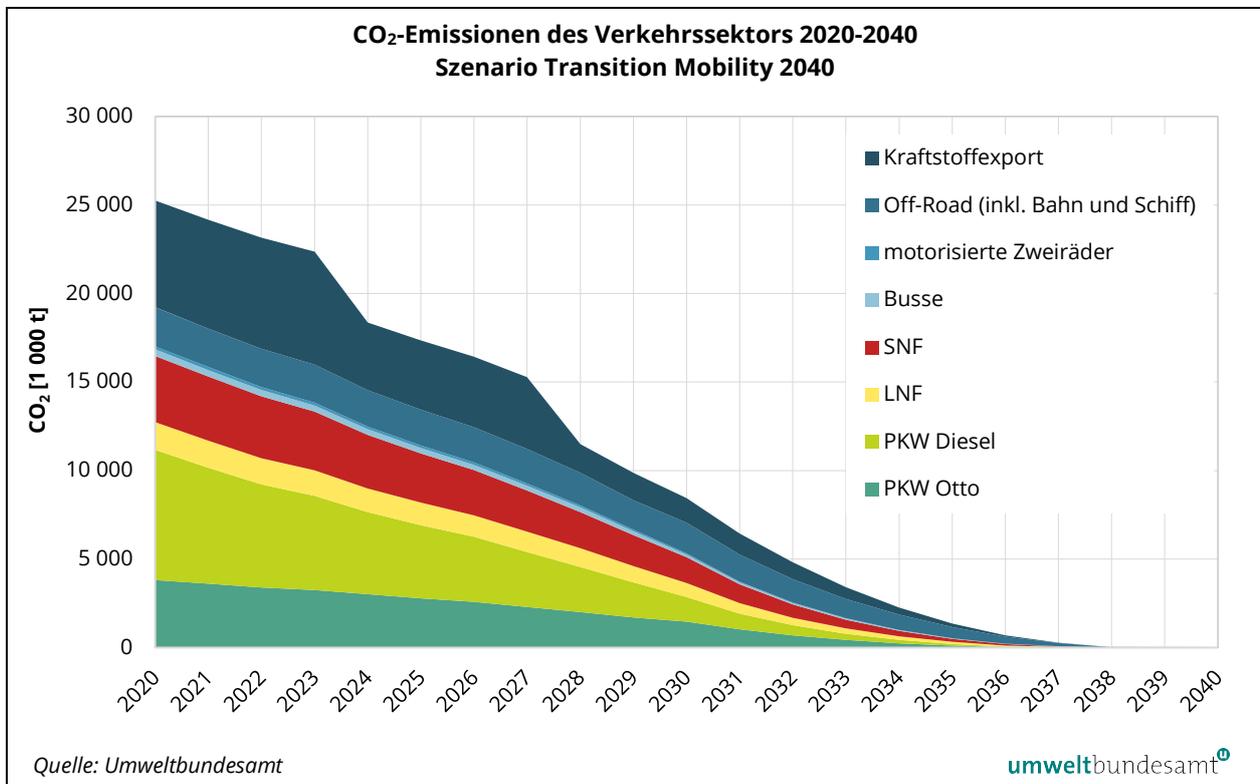
5.4 CO₂-Emissionen

Klimaneutralität im Verkehr erreichbar

Die Entwicklung der Kohlenstoffdioxidemissionen im Szenario Transition Mobility 2040 als zentrales Ergebnis der gegenständlichen Studie kann Abbildung 15 entnommen werden. Die Abbildung zeigt die Entwicklung im Sektor Verkehr und damit die direkten Emissionen aus dem Fahrbetrieb bzw. deren Einsparung, vorrangig durch die intensive Elektrifizierung der Fahrzeugflotte. Bei der Reduktion der CO₂-Emissionen aus dem Kraftstoffexport sind die Kostensprünge bei der Anhebung der Mineralölsteuer erkennbar (vgl. Kapitel 4.1). Da-

von abgesehen erfolgt die Reduktion der CO₂-Emissionen weitgehend gleichmäßig über alle Fahrzeugkategorien und Verkehrsmodi. **Das Ziel der Klimaneutralität im Verkehrssektor im Jahr 2040 (vgl. Kapitel 2.2) wird erreicht.**

Abbildung 15: CO₂-Emissionen des Verkehrssektors 2020–2040 gemäß Szenario Transition Mobility 2040.



5.5 Energieeinsatz

Auch im Ergebnis zur Entwicklung des Energieeinsatzes im Szenario Transition Mobility 2040 wird die Wirkung der Sprünge bei der Anhebung der Mineralölsteuer sichtbar.

stark sinkender Energieeinsatz bei PKW

Der Gesamtenergieeinsatz in der Fahrzeugkategorie PKW sinkt bei schwach steigender Anzahl an Fahrzeugen ungefähr um 73 % auf rund 44 PJ, was auf die deutlich höhere Energieeffizienz des Elektromotors im Vergleich zum Verbrennungsmotor zurückzuführen ist.

sinkender Energieeinsatz bei Nutzfahrzeugen

Ein ähnlicher Effekt lässt sich bei den leichten und schweren Nutzfahrzeugen erkennen. Der Effekt der höheren Energieeffizienz wird jedoch in der Kategorie der LNF durch die deutlich steigende Anzahl an Fahrzeugen in der Flotte teilweise kompensiert, bei den SNF durch weniger effiziente Fahrzeuge mit Wasserstoff-Brennstoffzellenantrieb, die im Jahr 2040 rund 15 % der Flotte ausmachen. So sinkt der Gesamtenergieeinsatz in diesen Fahrzeugkategorien nur um jeweils rund 54 %.

geringe Abnahme im Off-Road-Bereich

Eine vergleichsweise geringe Reduktion des Energieeinsatzes erfolgt abseits des straßengebundenen Verkehrs im Off-Road-Bereich, der neben Baufahrzeugen insbesondere auch die Bahn und sonstigen elektrischen ÖPNV, ebenso wie die Binnenschifffahrt einschließt. Hier stehen große Effizienzgewinne durch die weitgehende Elektrifizierung des Baustellenverkehrs zusätzlichem Energiebedarf für die Ausweitung des Angebotes im öffentlichen Verkehr gegenüber. Dadurch sinkt der Gesamtenergieeinsatz in diesem Bereich um lediglich rund 9 %.

Zielmenge Gesamtenergieeinsatz verfehlt

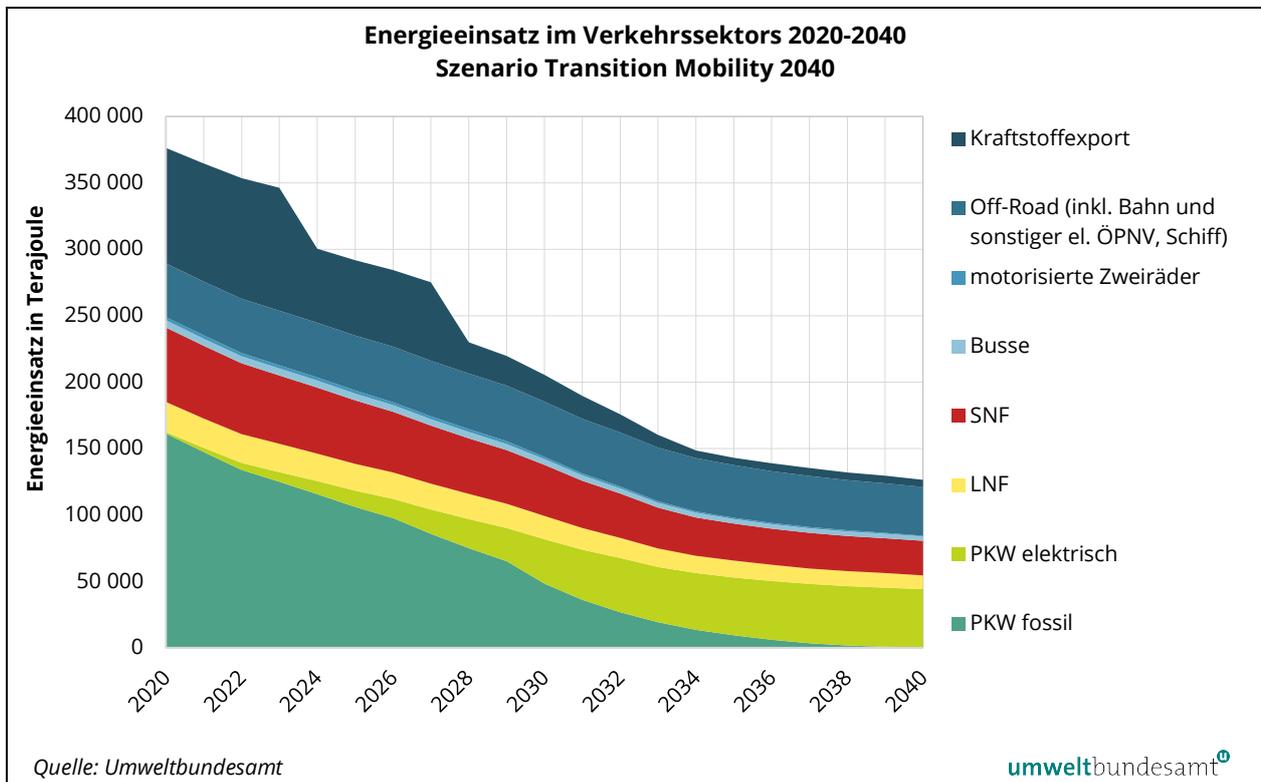
Wie Abbildung 16 entnommen werden kann, sinkt der Gesamtenergieeinsatz im Sektor Verkehr von ungefähr 376 PJ auf rund 127 PJ im Jahr 2040 im Szenario Transition Mobility 2040. Damit wird das dritte Projektziel des Auslangens mit einer Endenergiemenge von 109 PJ um 18 PJ deutlich verfehlt.

ergänzende Maßnahmen

Ergänzende Untersuchungen haben ergeben, dass die erforderliche Reduktion des Energieeinsatzes auf 109 PJ beispielsweise durch folgende zwei Ergänzungsmaßnahmen erreicht werden könnte:

4. Senkung des Energieeinsatzes in den Fahrzeugkategorien PKW und LNF durch den Einsatz überdurchschnittlich energieeffizienter Fahrzeuge mit einem spezifischen Energieverbrauch von nicht mehr als 0,18 kWh/km (PKW) bzw. 0,27 kWh/km (LNF).
5. Senkung des Energieeinsatzes im Off-Road-Bereich etwa durch einen Effizienzgewinn im Baugewerbe um ungefähr 10 %.

Abbildung 16: Energieeinsatz im Verkehrssektor 2020–2040 gemäß Szenario Transition Mobility 2040.



6 DISKUSSION

andere Maßnahmenpläne

Ein vollständig klimaneutrales Österreich in weniger als 20 Jahren ist ein ambitioniertes, aber notwendiges Ziel, um massive Veränderungen unseres Klimas und damit verbundene negative Konsequenzen für unser Wirtschafts- und Sozialsystem zu vermeiden. Die Erreichung erfordert insbesondere im Sektor Verkehr die rasche Umsetzung eines breitgefächerten Pakets an tiefgreifenden Push- und Pull-Maßnahmen. Das Szenario Transition Mobility 2040 zeigt **einen** möglichen Weg, dieses Ziel zu erreichen. Es ist davon auszugehen, dass dieses übergeordnete Ziel auch mit einer anderen Maßnahmenkonstellation erreicht werden kann, die aber jedenfalls auch eine hohe Maßnahmenintensität und eine hohe Maßnahmenambition sowie eine unmittelbare und konsequente Umsetzung aufweisen wird müssen.

Vergleich Mobilitätsmasterplan 2030

Im Zuge der Entwicklung des Mobilitätsmasterplans 2030 der österreichischen Bundesregierung wurden vergleichbare Arbeiten durchgeführt und im Rahmen eines Backcasting-Prozesses ebenfalls ein Mengengerüst für ein klimaneutrales Österreich im Jahr 2040 erstellt. Die Ergebnisse aus den Arbeiten zum Szenario Transition Mobility 2040 und jenen zum Mobilitätsmasterplan 2030 weisen in vielen Punkten eine hohe Übereinstimmung auf, wie nachfolgende Gegenüberstellung zu den Verkehrsmittelanteilen nach Verkehrsleistung im Personen- wie im Güterverkehr zeigt.

Tabelle 3: Gegenüberstellung der Ergebnisse Mobilitätsmasterplan 2030 – Transition Mobility 2040, Modal Split 2040 im Personenverkehr nach Personenkilometern.

in 2040	Mobilitätsmasterplan 2030	Transition Mobility 2040
MIV	54 %	55 %
ÖV	40 %	40 %
Aktive Mobilität	6 %	5 %

Tabelle 4: Gegenüberstellung der Ergebnisse Mobilitätsmasterplan 2030 – Transition Mobility 2040, Modal Split 2040 im Güterverkehr nach Tonnenkilometern.

in 2040	Mobilitätsmasterplan 2030*	Transition Mobility 2040
Straße	63 %	62 %
Schiene	34 %	35 %
Wasserstraße	3 %	3 %

**) bei Umsetzung nationaler Maßnahmen*

teils unterschiedliche Ergebnisse

Bei anderen Parametern zeigen sich geringfügige Unterschiede in den Ergebnissen. So weist der Mobilitätsmasterplan 2030 einen stärkeren Rückgang der Personenverkehrsleistung im MIV aus als das Szenario Transition Mobility 2040. Umgekehrt sinkt das Güterverkehrsaufkommen in Transition Mobility 2040, während es im Mobilitätsmasterplan 2030 stagniert.

Trotz hoher Unsicherheiten derartiger Szenarien aufgrund unvollständiger Information, komplexer Wechselwirkungen zwischen Maßnahmen und sonstigen nicht vorhersehbarer Entwicklungen (wie etwa Pandemien) verdeutlichen sowohl die Ergebnisse der gegenständlichen Studie als auch jene des Mobilitätsmasterplans 2030, welche Art von Maßnahmen erforderlich sind und in welcher Intensität diese umgesetzt werden müssen, um das ambitionierte Ziel eines klimaneutralen Verkehrs in Österreich im Jahr 2040 erreichen zu können.

Von ebenso hoher Bedeutung ist die rasche und konsequente Umsetzung der Maßnahmen. Aufgrund des kurzen Zeitraums bis 2040 führt nur eine ambitionierte Klimaschutzpolitik zu einer erforderlichen Emissionsreduktion im Mobilitätsbereich.

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BEV	Battery Electric Vehicle, dt.: batterieelektrisches Fahrzeug
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
ERS.....	Electrified Road System, dt.: elektrisches Straßensystem
FCEV	Fuel-Cell Electric Vehicle, dt.: Wasserstoff-Brennstoffzellenfahrzeug
km.....	Kilometer
km/h.....	Kilometer pro Stunde
kWh	Kilowattstunde
LNF	leichtes Nutzfahrzeug
MARS.....	Metropolitan Activity Relocation Simulator, Verkehrsmodell
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MöSt.....	Mineralölsteuer
NEMO.....	Network Emission Model, Verkehrsemissionsmodell
ÖV.....	Öffentlicher Verkehr
ÖPNV.....	Öffentlicher Personennahverkehr
PJ.....	Petajoule
PKW.....	Personenkraftwagen
SNF	schweres Nutzfahrzeug
THG	Treibhausgas
TJ.....	Terajoule
WAM.....	With Additional Measures, Klima- und Energieszenario
WEM	With Existing Measures, Klima- und Energieszenario
zGg	zulässiges Gesamtgewicht

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: THG-Emissionen des Verkehrssektors 1990–2019 (inkl. Kraftstoffexport)	11
Abbildung 2: Prozessschritte der Wirkungsmodellierung	18
Abbildung 3: Struktur des Metropolitan Activity Relocation Simulator (MARS)	19
Abbildung 4: Struktur des Network Emission Model (NEMO).....	21
Abbildung 5: CO ₂ -Emissionen des Verkehrssektors 2020–2050 im Referenzszenario in 1.000 t.	24
Abbildung 6: Entwicklung der Mineralölsteuersätze 2020–2040 je Szenario, nominal und real.....	26
Abbildung 7: Mobilitätsverhalten der Österreicher:innen 1983, 1995 und 2013/2014 (Hiess, 2007, Herry et al., 2007, BMVIT, 2016)	30
Abbildung 8: Entwicklung der PKW-Flotte 2020–2040 im Szenario Transition Mobility 2040	33
Abbildung 9: Entwicklung der LNF-Flotte 2020–2040 im Szenario Transition Mobility 2040	34
Abbildung 10: Entwicklung der Flotte motorisierter Zweiräder 2020–2040 im Szenario Transition Mobility 2040.....	34
Abbildung 11: Entwicklung der SNF-Flotte 2020–2040 im Szenario Transition Mobility 2040	35
Abbildung 12: Entwicklung der Personenverkehrsleistung 2020–2040 im Szenario Transition Mobility 2040	36
Abbildung 13: Entwicklung der Güterverkehrsleistung 2020–2040 im Szenario Transition Mobility 2040	37
Abbildung 14: Modal Split nach Wegen in Österreich 2013/2014 (BMVIT, 2016) sowie 2030 und 2040 gemäß Szenario Transition Mobility 2040	38
Abbildung 15: CO ₂ -Emissionen des Verkehrssektors 2020–2040 gemäß Szenario Transition Mobility 2040.	39
Abbildung 16: Energieeinsatz im Verkehrssektor 2020–2040 gemäß Szenario Transition Mobility 2040.	40

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Bedeutung von zehn NEMO-Inputparametern für die MARS-Modellierung.	22
Tabelle 2:	100 % emissionsfreie Neuzulassungen gemäß Szenario Transition Mobility 2040.	28
Tabelle 3:	Gegenüberstellung der Ergebnisse Mobilitätsmasterplan 2030 – Transition Mobility 2040, Modal Split 2040 im Personenverkehr nach Personenkilometern.	41
Tabelle 4:	Gegenüberstellung der Ergebnisse Mobilitätsmasterplan 2030 – Transition Mobility 2040, Modal Split 2040 im Güterverkehr nach Tonnenkilometern.	41

LITERATURVERZEICHNIS

- ADAC – Allgemeiner Deutscher Automobil-Club. *Tempolimits in Europa einhalten* [online]. 26.11.2020. [Zugriff am 28.11.2021]. Verfügbar unter <https://www.adac.de/verkehr/recht/verkehrsvorschriften-ausland/tempolimits-ausland/>
- BKA – Bundeskanzleramt. *Aus Verantwortung für Österreich. Regierungsprogramm 2020–2024*, 2020.
- BMK – Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. *Mobilitätsmasterplan 2030 für Österreich – Der neue Klimaschutz-Rahmen für den Verkehrssektor, Nachhaltig – resilient – digital*, 2021.
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und wasserwirtschaft. *Masterplan Radfahren 2015–2025*, 2015.
- BMNT – Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus. *Integrierter nationaler Energie- und Klimaplan für Österreich, Periode 2021–2030, gemäß Verordnung (EU) 2018/1999 des Europäischen Parlaments und des Rates über das Governance-System für die Energieunion und den Klimaschutz*, Wien, 18. Dezember 2019.
- BMVIT – Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. *Masterplan Gehen – Strategie zur Förderung des FußgängerInnenverkehrs in Österreich*, 2015.
- BMVIT – Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. *Ergebnisbericht zur österreichweiten Mobilitätserhebung „Österreich unterwegs 2013/2014“*, 2016.
- DIPPOLD, M. *Entwicklung eines Simulationsmodells zur Ermittlung von Energieverbrauch und Emissionen auf Verkehrsnetzwerken*. Dissertation, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik, Technische Universität Graz, 2016.
- EK – Europäische Kommission. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Europäischen Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. *Der europäische Grüne Deal (COM (2019) 640 final)*. Brüssel, 11. Dezember 2019.
- EK – Europäische Kommission. *Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council amending Regulation (EU) 2018/842 on binding annual greenhouse gas emission reductions by Member States from 2021 to 2030 contributing to climate action to meet commitments under the Paris Agreement, COM(2021) 555 final*. Brüssel, 14. Juli 2021. 2021 a.

- EK – Europäische Kommission. *Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/631 im Hinblick auf eine Verschärfung der CO₂-Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen und für neue leichte Nutzfahrzeuge im Einklang mit den ehrgeizigeren Klimazielen der Union (COM (2021) 0197 COD)*, Brüssel, 14. Juli 2019. 2021b.
- EU – *Verordnung (EU) 2018/842 des europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 zur Festlegung verbindlicher nationaler Jahresziele für die Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Zeitraum 2021 bis 2030 als Beitrag zu Klimaschutzmaßnahmen zwecks Erfüllung der Verpflichtungen aus dem Übereinkommen von Paris sowie zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 525/2013*. 2018.
- HAUSBERGER, S. und M. REXEIS. *Calculation of Vehicle Emissions in Road Networks with the model "NEMO"*. Transport and Airpollution Conference. Graz, 2005. ISBN 3-902465-16-6.
- HERRY, M., N. SEDLACEK und I. STEINACHER. *Verkehr in Zahlen, Österreich Ausgabe 2007*. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2007.
- HIESS, H. (2007): *Szenarien der räumlichen und regionalen Entwicklung Österreichs*, 2007. [Zugriff am 30.09.2021]. Verfügbar unter <https://silo.tips/download/szenarien-der-rumlichen-und-regionalen-entwicklung-sterreichs-future-briefings-v>
- PFÄFFENBICHLER, P. *The strategic, dynamic and integrated urban land use and transport model MARS (metropolitan activity relocation simulator)*. Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik der Technischen Universität Wien, 2003.
- PFÄFFENBICHLER, P., G. EMBERGER und S. SHEPHERD. *The integrated dynamic land use and transport model MARS. Networks and Spatial Economics*, **8(2)**, 2008. 183–200.
- STATISTIK AUSTRIA. *Ergebnisse der Bevölkerungsprognose 2021, Vorausberechnete Bevölkerungsstruktur für Österreich 2020–2100 laut Hauptszenario*, 2021. [Zugriff am 30.11.2021]. Verfügbar unter https://www.statistik.at/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_PDF_FILE&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&dDocName=027308
- STATISTIK AUSTRIA. *Kfz-Bestand 2021, 2022*. [Zugriff am 7.2.2022]. Verfügbar unter https://www.statistik.at/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_PDF_FILE&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&dDocName=062059
- UMWELTBUNDESAMT. *Pathways to a Zero Carbon Transport Sector, Endbericht, Forschungsprojekt zur Ermittlung der vorhandenen Energiemengen für einen klimaneutralen Verkehrssektor im Auftrag des österreichischen Klima- und Energiefonds*. Wien, 2017.

- UMWELTBUNDESAMT. *Sachstandsbericht Mobilität und mögliche Zielpfade zur Erreichung der Klimaziele 2050 mit dem Zwischenziel 2030, Endbericht*. Wien, 2019a.
- UMWELTBUNDESAMT. *GHG Projections and Assessment of Policies and Measures in Austria. Reporting under Regulation (EU) 525/2013, 15 March 2019*. Wien, 2019b, REP-0687.
- UMWELTBUNDESAMT. *Austria's Annual Greenhouse Gas Inventory 1990–2019*. Wien, 2021a, REP-0751.
- UMWELTBUNDESAMT. Dokumentation zu den Emissionsfaktoren für Verkehrsmittel, Datenstand 2019, Wien, 2021b. [Zugriff am 24.01.2022]. Verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.at/news220123>
- UMWELTBUNDESAMT (2022): *Treibhausgas-Bilanz Österreichs 2020, Rückblick auf die Emissionen 2020, Ausblick auf 2021 und 2030*. Wien, 2022. [Zugriff am 24.01.2022]. Verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.at/news220123>
- WIFO – Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung. *CO₂-Bepreisung in der Steuerreform 2022/24*. Wien, 2021.

Umweltbundesamt GmbH

Spittelauer Lände 5
1090 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-313 04

office@umweltbundesamt.at
www.umweltbundesamt.at

Das Umweltbundesamt hat im Auftrag des Klimaschutzministeriums modelliert, wie das Ziel der Klimaneutralität im Verkehrssektor bis zum Jahr 2040 erreicht werden kann. Für das Szenario Transition Mobility haben die Expert:innen Kernmaßnahmen identifiziert und analysiert, wie ausgeprägt sie sein müssen, um die Treibhausgas-Emissionen und den Energieeinsatz ausreichend zu reduzieren. Die Wirkung der einzelnen Maßnahmen, von Flottenelektrifizierung über Erhöhung der Treibstoffkosten bis Raumplanung, wurde mit einem Flächennutzungs- und Verkehrsmodell (MARS) sowie einem Emissionsmodell (NEMO) berechnet.

Das Szenario zeigt, dass die Klima- und Energieziele bis zum Jahr 2040 im Verkehrssektor erreicht werden können. Voraussetzung dafür ist aber eine rasche Umsetzung eines umfassenden Maßnahmenpakets, Änderungen im EU-Recht und die Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft.