

Energie- und Treibhausgas-
Szenarien 2023

WEM, WAM, Transition
mit Zeitreihen von 2020 bis 2050

ENERGIE- UND TREIBHAUSGAS- SZENARIEN 2023

***WEM, WAM und Transition
mit Zeitreihen von 2020 bis 2050***

Thomas Krutzler
Raphael Wasserbaur
Ilse Schindler

REPORT
REP-0882

WIEN 2023

Projektleitung Thomas Krutzler

Autor:innen Michael Anderl, Siegmund Böhmer, Elisa Freisinger, Michael Gössl, Bernd Gugele, Christian Heller, Holger Heinfellner, Günther Lichtblau, Michael Miess, Wolfgang Schieder, Ilse Schindler, Alexander Storch, Sigrid Svehla-Stix, Florian Teurezbacher, Johanna Vogel, Raphael Wasserbauer, Herbert Wiesenberger, Ralf Winter, Andreas Zechmeister (Umweltbundesamt)

Kurt Kratena (CESAR)
Andreas Müller (e-think)
Paul Pfaffenbichler (TU Wien/IVV)
Michael Schwingshackl, Stefan Hausberger (TU Graz/ITnA)

Lektorat Ira Mollay

Layout Doris Weismayr

Umschlagfoto © Sean Gladwell – Fotolia.com

Auftraggeber Diese Publikation wurde im Auftrag des BMK erstellt.

Synthesebericht unter Verwendung der Ergebnisse der Teilberichte:

- e-think: Energieszenarien bis 2050: Wärmebedarf der Kleinverbraucher
- ITnA/TU Graz: Monitoring Mechanism 2022 und Szenario Transition – Verkehr
- IVV/TU Wien: Modellierung von Personenverkehrsmaßnahmen im Rahmen der Energiewirtschaftlichen Szenarien im Hinblick auf die Klimaziele 2030 und 2050

Publikationen Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter:
<http://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, 2023

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-722-4

INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	7
SUMMARY	14
1 EINLEITUNG	22
2 VERGLEICH DER SZENARIEN	26
2.1 THG-Emissionen	26
2.2 Bruttoinlandsverbrauch	29
2.3 Energetischer Endverbrauch	30
2.3.1 Anteil Erneuerbarer Energieträger am Bruttoendenergieverbrauch	32
2.3.2 Energetischer Endverbrauch – Gebäude	33
2.3.3 Energetischer Endverbrauch – Verkehr	35
2.3.4 Energetischer Endverbrauch – Landwirtschaft.....	37
2.3.5 Energetischer Endverbrauch – Industrie	37
2.4 Elektrische Energie	38
2.4.1 Strombedarf	38
2.4.2 Stromerzeugung	40
2.5 Erneuerbare Gase	43
2.5.1 Wasserstoff.....	43
2.5.2 Biomethan	44
2.6 Fernwärme	44
2.7 Eisen- und Stahlindustrie	46
2.8 Ökonomische Entwicklungen	48
3 WEM	51
3.1 THG-Emissionen	52
3.2 Bruttoinlandsverbrauch (BIV)	54
3.3 Energetischer Endverbrauch (EEV)	56
3.3.1 Energetischer Endverbrauch - Gebäude.....	58
3.3.2 Energetischer Endverbrauch – Verkehr	59
3.3.3 Energetischer Endverbrauch – Landwirtschaft.....	60
3.3.4 Energetischer Endverbrauch – Industrie	61
3.4 Elektrische Energie	62
3.4.1 Strombedarf	62
3.4.2 Stromerzeugung	63

3.5	Erneuerbare Gase	65
3.6	Fernwärme	65
4	WAM	66
4.1	THG-Emissionen	68
4.2	Bruttoinlandsverbrauch	70
4.3	Energetischer Endverbrauch	71
4.3.1	Energetischer Endverbrauch – Gebäude.....	74
4.3.2	Energetischer Endverbrauch – Verkehr.....	76
4.3.3	Energetischer Endverbrauch – Landwirtschaft.....	77
4.3.4	Energetischer Endverbrauch – Industrie.....	77
4.4	Elektrische Energie	79
4.4.1	Strombedarf.....	79
4.4.2	Stromerzeugung.....	80
4.5	Erneuerbare Gase	81
4.5.1	Erneuerbarer Wasserstoff.....	81
4.5.2	Biomethan.....	82
4.6	Fernwärme	83
5	TRANSITION	84
5.1	THG-Emissionen	87
5.2	Bruttoinlandsverbrauch	89
5.3	Energetischer Endverbrauch	91
5.3.1	Endverbrauch Gebäude.....	93
5.3.2	Endverbrauch Verkehr.....	94
5.3.3	Endverbrauch Landwirtschaft.....	95
5.3.4	Endverbrauch Industrie.....	95
5.4	Elektrische Energie	97
5.4.1	Strombedarf Sektoren.....	97
5.4.2	Stromerzeugung.....	98
5.5	Erneuerbare Gase	100
5.5.1	Erneuerbarer Wasserstoff.....	100
5.5.2	Biomethan.....	100
5.6	Fernwärme	101
6	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	103
7	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	104
8	TABELLENVERZEICHNIS	107

9	LITERATUR	112
	ANHANG 1 – KOPPLUNG DER MODELLE UND KURZBESCHREIBUNGEN DER MODELLE.....	116
	Modell MIO-ES – CESAR/Umweltbundesamt.....	116
	Modell EISSEE – Umweltbundesamt	117
	Modell INVERT/EE-Lab – e-think	120
	Modell MARS – TU Wien/IVV.....	121
	Modell NEMO – TU Graz/ITnA.....	123
	Modell GEORG – TU Graz/ITnA	124
	ANHANG 2 – TREIBHAUSGASEMISSIONEN DER SZENARIEN VON 1990 BIS 2050	126

ZUSAMMENFASSUNG

Das Umweltbundesamt erstellt in regelmäßigen Intervallen Szenarien über den Energieeinsatz sowie die Entwicklung von österreichischen Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen), die als Grundlage zur Erfüllung der EU-Berichtspflicht im Rahmen der Governance-Verordnung (VO (EU) 2018/1999) herangezogen werden. Die vorliegenden Szenarien dienen auch als Input für Diskussionen und politische Entscheidungsfindungen zur Umsetzung des „Fit for 55“-Pakets der EU, zur Aktualisierung des Nationalen Energie- und Klimaplan nach Artikel 14 der Verordnung (EU) 2018/1999 („Governance-Verordnung“) und hinsichtlich der Zielerreichung der Klimaneutralität Österreichs bis 2040.

- Projektkonsortium** Als Basis für die Berechnung der Treibhausgasemissionen wurde von einem Konsortium ein Modellsystem entwickelt, das mehrere Sektormodelle verknüpft und mit einem makroökonomischen Modell energiewirtschaftliche sowie makroökonomische Entwicklungen berechnen kann. Das Konsortium setzt sich aus dem Center of Economic Scenario Analysis and Research (CESAR), dem Institut für Thermodynamik und nachhaltige Antriebssysteme (ITnA) der TU Graz, dem Institut für Verkehrswesen (Ive) der Universität für Bodenkultur Wien und dem Zentrum für Energiewirtschaft und Umwelt (e-think) sowie dem Umweltbundesamt zusammen.
- Projektbeirat** Ein Projektbeirat mit Vertreter:innen des BMK, BMF, BML, BMBWF, BMAW, BKA, der Bundesländer sowie von WKO, LK, OE, EEÖ, IV, AK und ÖGB begleitete das Projekt, um Input und Feedback in die Arbeiten einfließen lassen zu können.
- Treibhausgas-Szenarien** Basierend auf den Energieszenarien und weiteren Projektionsmodellen für die Sektoren Landwirtschaft (basierend auf Modellergebnissen des WIFO), Abfall, F-Gase, Diffuse Emissionen und Lösemittel (jeweils Umweltbundesamt) wurden für sämtliche Treibhausgas-Sektoren nationale Energie- und Treibhausgas-Emissionsszenarien bis 2050 entwickelt.
- Szenario WEM** Im Szenario WEM (with existing measures) wurden jene Maßnahmen berücksichtigt, die vor dem 1. Jänner 2022 umgesetzt bzw. rechtlich verankert wurden. Für die Entwicklung der Energiepreise sowie der CO₂-Zertifikatspreise wurden die Empfehlungen der EU-Kommission herangezogen. Zusätzlich zu den Maßnahmen wurden aber auch aktuelle Trends in allen Sektoren abgebildet. Zum Szenario WEM wurden zudem Sensitivitätsanalysen zum Einfluss von Bruttoinlandsprodukt und Energiepreisen durchgeführt. Die Ergebnisse zu Energiesystem und Treibhausgasemissionen dieses Szenarios wurden gemäß Governance-Verordnung im März 2023 an die Europäische Umweltagentur übermittelt (Umweltbundesamt, 2023b).
- Szenario WAM** Im Szenario WAM (with additional measures) wurden – aufbauend auf dem Szenario WEM – Maßnahmen aus den Arbeitsgruppen zum Nationalen Energie- und Klimaplan 2023 abgebildet (BMK, 2023a).
- Szenario Transition** Mit dem Szenario Transition soll aufgezeigt werden, ob bzw. wie das Ziel der Klimaneutralität bis 2040 erreicht werden kann. Zu einer möglichen Dekarbonisie-

rung des österreichischen Energiesystems im Jahr 2040 ist ein Ausstieg aus fossilen Energieträgern und damit eine Transformation des Energiesystems erforderlich.

THG-Emissionen Im Jahr 2021 betragen die Gesamtemissionen 77,5 Mio. Tonnen CO₂-äq. Im **Szenario WEM** werden 2030 67,8 Mio. Tonnen CO₂-äq, im Jahr 2040 59,0 Mio. Tonnen CO₂-äq emittiert. Das Reduktionsziel der EU für Emissionen außerhalb des EU-Emissionshandelssystems (EU-ETS), das in der Effort Sharing Regulation (ESR) (VO (EU) 2023/857) festgelegt ist, wird im Szenario WEM im Jahr 2030 nicht erreicht (siehe Tabelle A bzw. Abbildung A).

Im **Szenario WAM** liegen die Gesamtemissionen im Jahr 2030 bei 57,8 Mio. Tonnen CO₂-äq und 2040 bei 38,0 Mio. Tonnen CO₂-äq. Die Treibhausgasemissionen im Effort-Sharing-Bereich sind im Jahr 2030 um 35 % unter dem Niveau von 2005. Das bedeutet: Das -48 %-Reduktionsziel für Österreich wird um 7,3 Mio. Tonnen CO₂-äq verfehlt. Im Jahr 2040 betragen die Emissionen außerhalb des EU-ETS 22,2 Mio. Tonnen CO₂-äq. Damit ist das Szenario WAM kein Szenario, das Klimaneutralität 2040 abbildet.

Im **Szenario Transition** werden bis 2030 41,2 Mio. Tonnen CO₂-äq und bis 2040 11,0 Mio. Tonnen CO₂-äq emittiert. Im Effort-Sharing-Bereich erfolgt im Jahr 2030 eine Treibhausgas-Reduktion um 57 % gegenüber 2005. Damit wird das -48 %-Ziel für die Emissionen außerhalb des Emissionshandels übererfüllt.

Klimaneutralität 2040 kann aufgrund der verbleibenden Emissionen von 11,0 Mio. Tonnen CO₂-äq in den Bereichen Landwirtschaft, Abfallwirtschaft, F-Gase und industrielle Energie- bzw. Prozessemissionen jedoch nur mit zusätzlichen Maßnahmen insbesondere zur Erhöhung der Senkenleistung erfüllt werden.

Tabelle A: Zusammenfassung der wichtigsten Kennzahlen zu den Szenarien.

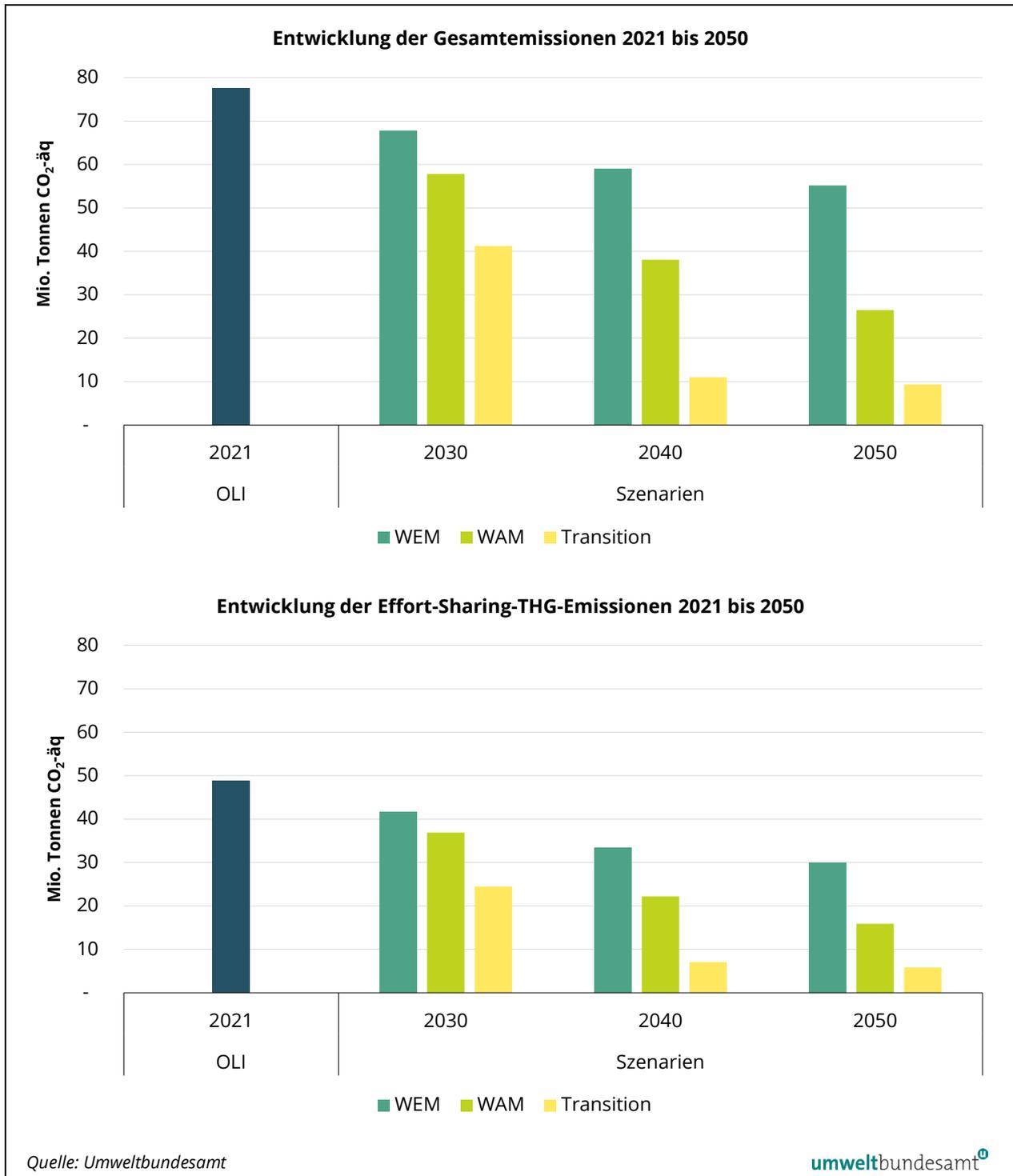
		Bilanz/ OLI	WEM		WAM		Transition		Ziele
Angaben in		2021	2030	2040	2030	2040	2030	2040	2030
PJ	EEV	1.123	1.134	1.079	1.089	984	880	722	
	BIV	1.419	1.431	1.369	1.374	1.260	1.131	937	
%	Anteil Ern. Energie am BEEV*	36,5	43,2 !	48,3	52,6	69,3	63	98	
	Anteil Ern. Energie Strom	76	95,6	86,8	101	96	101	101	100
Mio t CO ₂ -äq	THG	77,5	67,8	59,0	57,8	38,0	41,2	11,0	
	THG Effort Sharing	48,8	41,7	33,5	36,9	22,2	24,5	7,1	29,6
%	Reduktion Effort Sharing gg. 2005	-14	-27 !	-41	-35 !	-61	-57	-88	-48

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

* Gemäß der Erneuerbarer-Energien-Richtlinie (VO (EU) 2023/2413) soll der Anteil der erneuerbarer Energiequellen am Bruttoendenergieverbrauch der EU bis 2030 von 32 % auf 42,5 % ansteigen.

! Zielverfehlung 2030-Ziele aus der Effort-Sharing-VO (VO (EU) 2023/857)

Abbildung A: Entwicklung der THG-Emissionen aller Szenarien 2021 bis 2050.



Bruttoinlandsverbrauch

Im **Szenario WEM** zeigt sich durch den Ausbau erneuerbarer Energieträger und durch Effizienzmaßnahmen trotz wachsender Bevölkerung und wirtschaftlicher Aktivität eine Stabilisierung des Bruttoinlandsverbrauchs (BIV; siehe Abbildung B).

Im **Szenario WAM** verringert sich der BIV bis 2030 um 4 % und bis 2040 um 12 % gegenüber dem Jahr 2021. Der Rückgang erfolgt durch allgemeine Effizienzmaßnahmen und Umstellungen bei der Produkterzeugung sowie durch die Umstellung in der Eisen- und Stahlindustrie (siehe Abbildung B). Die Umwandlungsverluste sinken durch den starken Ausbau erneuerbarer Energieträger (v. a. Wind und PV).

Im **Szenario Transition** sinkt der Bruttoinlandsverbrauch (BIV) bezogen auf 2021 im Jahr 2030 um 21 % und im Jahr 2040 um rund 30 %.

Endenergieverbrauch

Der energetische Endverbrauch¹ (EEV) im **Szenario WEM** zeigt zwischen 2021 und 2030 eine minimale Steigerung. Danach wird der Trend umgekehrt und der EEV sinkt leicht ab (siehe Abbildung B, bzw. Tabelle B).

Im **Szenario WAM** sinkt der EEV zwischen 2021 und 2030 um 3 % und zwischen 2021 und 2040 um 12 %. Im Verkehr führen vor allem die Elektrifizierung des Personenverkehrs und der Ausbau der öffentlichen Verkehrsmittel zu Energieeinsparungen. Im Sektor Gebäude, der Haushalte und den Dienstleistungsbereich inkludiert, werden Einsparungen vor allem durch höhere Energieeffizienzstandards und Gebäudesanierungen erzielt. Die Industrie senkt ihren Energieverbrauch durch Energieeffizienzmaßnahmen und Prozessumstellungen. Das Energieeffizienzziel des Bundes für das Jahr 2030 gemäß Bundes-Energieeffizienzgesetz (BGBl. I Nr. 59/2023) wird verfehlt.

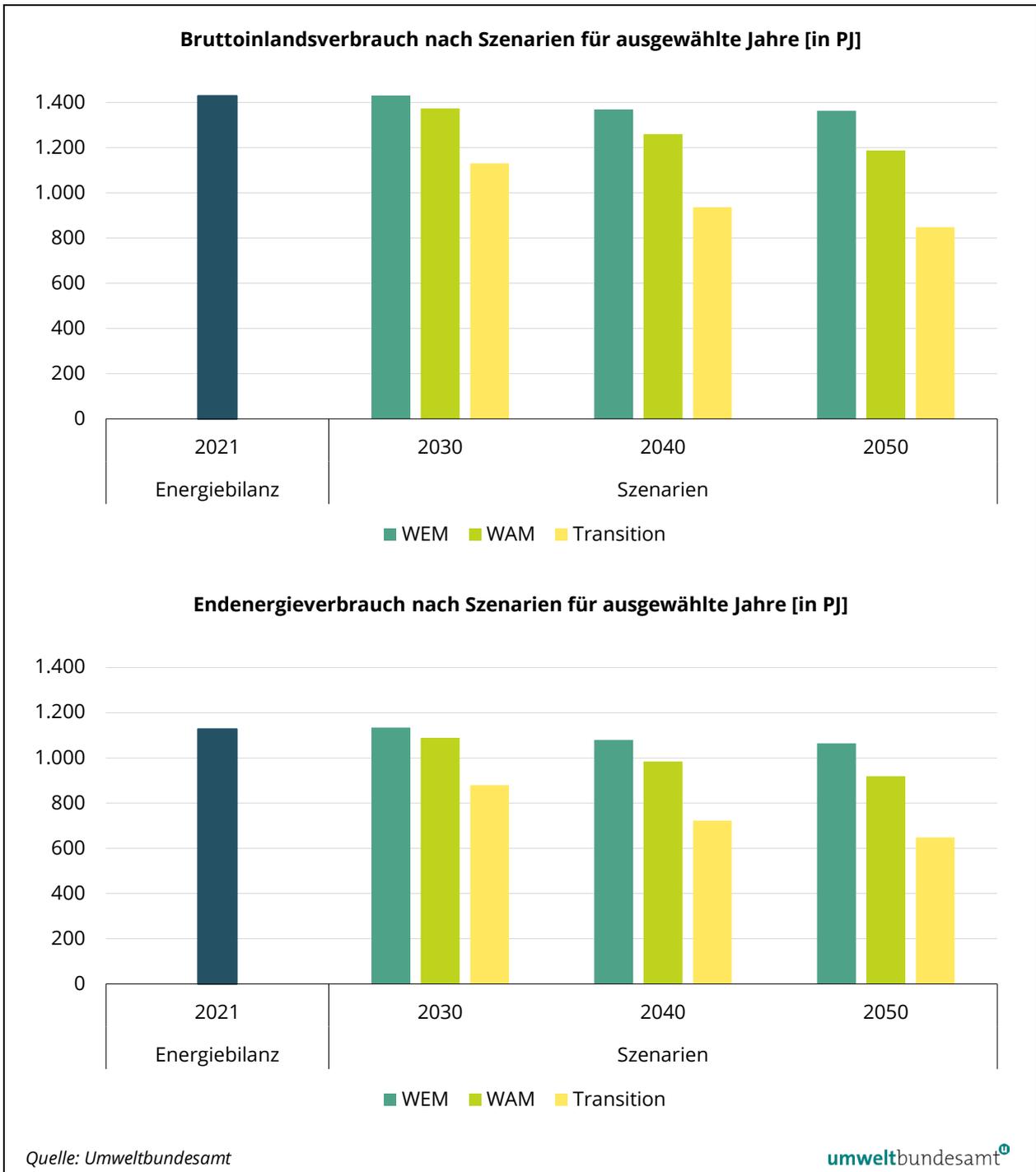
Im **Szenario Transition** sinkt der EEV zwischen 2021 und 2030 um 21 % und zwischen 2021 und 2040 um 35 %. Maßgeblich dafür sind die Elektrifizierung im Sektor Verkehr, die thermische Sanierung in Gebäuden, die Umsetzung der Kreislaufwirtschaft im Sektor Industrie und Effizienzmaßnahmen in allen Sektoren. Das Energieeffizienzziel gemäß Bundesenergieeffizienz-Gesetz wird erfüllt.

Tabelle B: Energetischer Endverbrauch der Szenarien WEM, WAM und Transition nach Sektoren für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenario WEM		Szenario WAM		Szenario Transition	
		2021	2030	2040	2030	2040	2030
Verkehr	371	384	325	373	295	247	151
Industrie	310	340	348	330	329	265	260
Gebäude	429	398	393	375	347	357	300
Landwirtschaft	14	12	13	11	12	11	11
Energetischer Endverbrauch	1.123	1.134	1.079	1.089	984	880	722

¹ „Der energetische Endverbrauch ist der Gesamtenergieverbrauch der Endnutzer, wie private Haushalte, Industrie und Landwirtschaft, also die Energie, die zu den Endverbrauchern gelangt ohne die Energie, die von der Energiewirtschaft selbst verbraucht wird.“ EUROSTAT (2023a).

Abbildung B: Bruttoinlandsverbrauch und Endenergieverbrauch aller Szenarien 2021–2050.



erneuerbarer Strom In allen drei Szenarien wird der erneuerbare Strom ausgebaut (siehe Abbildung C und Tabelle C), daher steigt auch der Anteil erneuerbarer Energieträger am Bruttoendenergieverbrauch (siehe Tabelle A).

Kapazitätsausbau bei Wind und PV Für den Ausbau von Wind und PV bis ins Jahr 2030 wird im **Szenario WEM** ein Ausbau entsprechend des Erneuerbaren Ausbau-Gesetzes (EAG) (BMK, 2023a, BGBl. I Nr. 150/2021) angenommen. Im **Szenario WAM** werden zusätzlich zu

den EAG-Zielen 8 TWh ausgebaut, im **Szenario Transition** werden die Ausbauziele des EAG um 12 TWh übertroffen.

erneuerbare Gase

Entsprechend der Wasserstoffstrategie wird die Leistung zur Wasserstoffherstellung bis 2030 auf 1 GW_{el} und bis 2040 auf 3,2 GW_{el} ausgebaut. Im Szenario WAM beträgt der Bedarf an Wasserstoff im Jahr 2030 16 PJ (4 TWh) und im Jahr 2040 55 PJ (15 TWh). Im Szenario Transition beträgt der Bedarf an Wasserstoff im Jahr 2030 18 PJ (5 TWh) und im Jahr 2040 106 PJ (29 TWh), wovon 60 % importiert werden. Bis 2030 stehen 24 PJ (6,8 TWh) Biomethan aus inländischer Aufbringung zur Verfügung und bis 2040 36 PJ (10 TWh).

Infrastruktur-Anpassung

Eine Konsequenz dieser Neuausrichtung des Energiesystems ist, dass die Infrastruktur für Energieproduktion, Speicherung und Übertragung entsprechend angepasst wird. Dieser Ausbau erfordert eine ganze Reihe von Maßnahmen, wie zum Beispiel die Ausweisung von Eignungszonen für Erneuerbare Stromproduktionsanlagen, beschleunigte Verfahren sowie den Ausbau der Übertragungsnetze und Energiespeicher (BMK, 2023b).

Abbildung C: Anstieg der Stromerzeugung aus Wind und PV seit 2010 und in allen Szenarien.

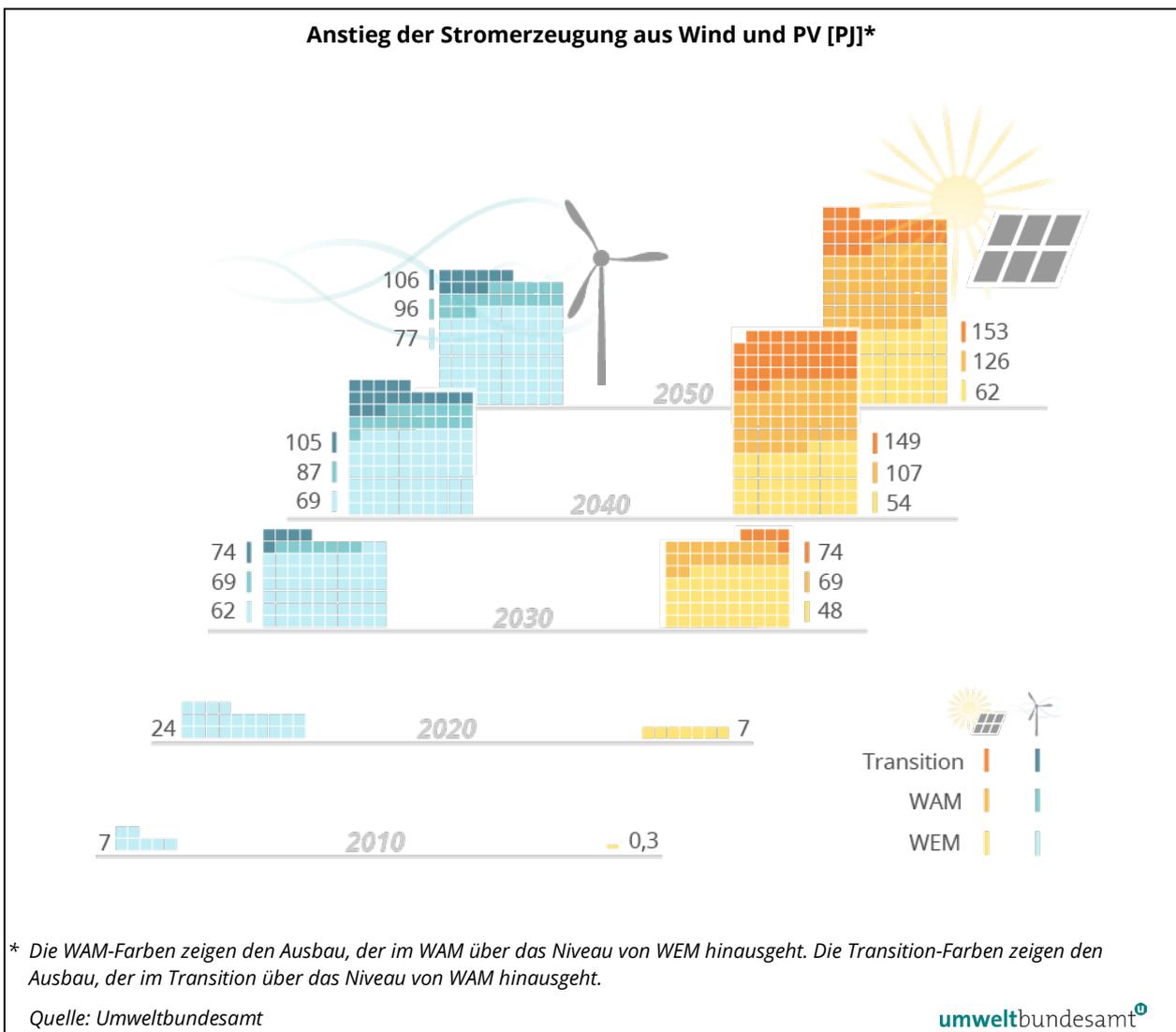


Tabelle C: Stromerzeugung nach Energieträgern für ausgewählte Jahre in TWh (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in TWh	Energiebilanz	Szenario WEM		Szenario WAM		Szenario Transition	
		2021	2030	2040	2030	2040	2030
Sektoren	2021	2030	2040	2030	2040	2030	2040
fossil	14	8	8	7	4	6	0
Wasserkraft	39	47	48	47	49	47	48
Biomasse (inkl. Biomethan)	4	6	6	6	6	6	6
Geothermie	0	0	0	0	0	0,1	1
Photovoltaik	3	13	15	19	30	21	41
Wind	7	17	19	19	24	21	29
Wasserstoff	-	0	0	0	0	0,1	1
Stromerzeugung gesamt	67	92	96	98	113	100	127
Nettoimporte	8	-4	6	-8	0	-7	-2

Tabelle D: Stromerzeugung nach Energieträgern für ausgewählte Jahre in PJ (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenario WEM		Szenario WAM		Szenario Transition	
		2021	2030	2040	2030	2040	2030
Energieträger	2021	2030	2040	2030	2040	2030	2040
fossil	51	30	27	25	15	22	1
Wasserkraft	140	170	174	170	176	169	173
Biomasse (inkl. Biomethan)	16	20	21	20	21	20	21
Umgebungswärme etc.	0	-	-	-	-	0	4
Photovoltaik	10	48	54	69	107	74	149
Wind	24	62	69	69	87	74	105
Wasserstoff	-	-	-	-	-	0	4
Stromerzeugung	241	330	346	353	406	360	456
Nettoimporte	27	-16	21	-29	1	-25	-6

SUMMARY

The Federal Environment Agency creates scenarios at regular intervals about the energy use as well as the development of Austrian greenhouse gas emissions, which are used as a basis for fulfilling the EU reporting obligation within the framework of the Governance Regulation (VO (EU) 2018/1999). The present scenarios also serve as input for discussions and political decision-making on the implementation of the EU's Fit for 55 package and the updating of the National Energy and Climate Plan in accordance with Article 14 of Regulation VO (EU) 2018/1999 ("Governance Regulation")) and with regard to achieving the goal of Austria's climate neutrality by 2040.

project consortium As a basis for calculating greenhouse gas emissions, a consortium developed a model system that links several sector models and can use a macroeconomic model to calculate developments in the energy industry as well as macroeconomic developments. The consortium consists of the Center of Economic Scenario Analysis and Research (CESAR), the Institute for Thermodynamics and Sustainable Drive Systems (ITnA) at Graz University of Technology, the Institute for Transport Studies (IVe) at University of Natural Resources and Life Sciences and the Center for Energy Economics and Environment (e-think) as well as the Umweltbundesamt – Environment Agency Austria.

project advisory board A project advisory board with representatives from the the Ministry for Climate Action (BMK), the Federal Chancellery Republic of Austria (BKA), the ministry for finance (BMF), the ministry for agriculture (BML), the ministry for education, science and research (BMBWF), the ministry of labour and economy (BMAW), the nine provinces of Austria, the Austrian Federal Economic Chamber (WKO), the Chamber of Agriculture (LK), Oesterreichs Energie (OE), Erneuerbare Energie Österreich (EEÖ), the Federation of Austrian Industries (IV), the Chamber of Labour (AK) and of the Austrian Trade Union Federation (ÖGB) accompanied the project in order to be able to incorporate input and feedback into the work.

greenhouse gas scenarios Based on the energy scenarios and other projection models for the sectors agriculture (based on model results from WIFO), waste, F-gases, diffuse emissions and solvents (each from the Environment Agency Austria), national energy and greenhouse gas emission scenarios up to 2050 could be created for all greenhouse gas sectors.

Scenario WEM In the Scenario WEM (with existing measures), only measures up to January 1, 2022 were taken into account. The recommendations of the EU Commission were used for the development of energy prices and CO₂ certificate prices. In addition to the measures, current trends in all sectors are shown. Further, Sensitivity analyses on the influence of gross domestic product and energy prices were carried out for the WEM scenario. The energy and greenhouse gas emissions results of this scenario were transmitted to the European Environment Agency in March 2023 in accordance with the Governance Regulation (Umweltbundesamt, 2023b).

Scenario WAM In the Scenario WAM (with additional measures), measures from the working groups on the National Energy and Climate Plan 2023 were depicted based on the Scenario WEM (BMK, 2023a).

Scenario Transition The Scenario Transition is intended to show whether and how the goal of climate neutrality can be achieved by 2040. A possible decarbonization of the Austrian energy system in 2040 requires an exit from fossil energy sources and thus a transformation of the energy system.

GHG emissions In 2021, total emissions were 77.5 million tonnes of CO₂eq. In the **Scenario WEM**, 67.8 million tonnes of CO₂eq will be emitted in 2030 and 59.0 million tonnes of CO₂eq in 2040. The EU's reduction target for emissions outside the EU ETS, which is set in the Effort Sharing Regulation (ESR) (VO (EU) 2023/2413), will not be achieved in the WEM scenario in 2030 (see Table A and Figure A).

In the **Scenario WAM**, total emissions in 2030 are 57.8 million tonnes of CO₂eq and in 2040 they are 38.0 million tonnes of CO₂eq. The greenhouse gas emissions in the Effort Sharing sector in 2030 are -35 % below the 2005 level. This means that the -48 % reduction target for Austria will be missed by 7.3 million tonnes of CO₂eq. In 2040, emissions outside the EU ETS will amount to 22.2 million tonnes of CO₂eq. The Scenario WAM is therefore not a scenario that depicts climate neutrality in 2040.

In the **Scenario Transition**, 41.2 million tonnes of CO₂eq will be emitted by 2030 and 11.0 million tonnes of CO₂eq by 2040. In the effort sharing area, there will be a greenhouse gas reduction of 57 % in 2030 compared to 2005. This means that the -48 % target for emissions outside of emissions trading will be exceeded.

However, due to the remaining emissions of 11.0 million tonnes of CO₂eq in the areas of agriculture, waste industry, F-gases and industrial energy or process emissions, climate neutrality in 2040 can only be achieved with additional measures, in particular to increase the sink capacity.

Table A: Summary of the most important key figures

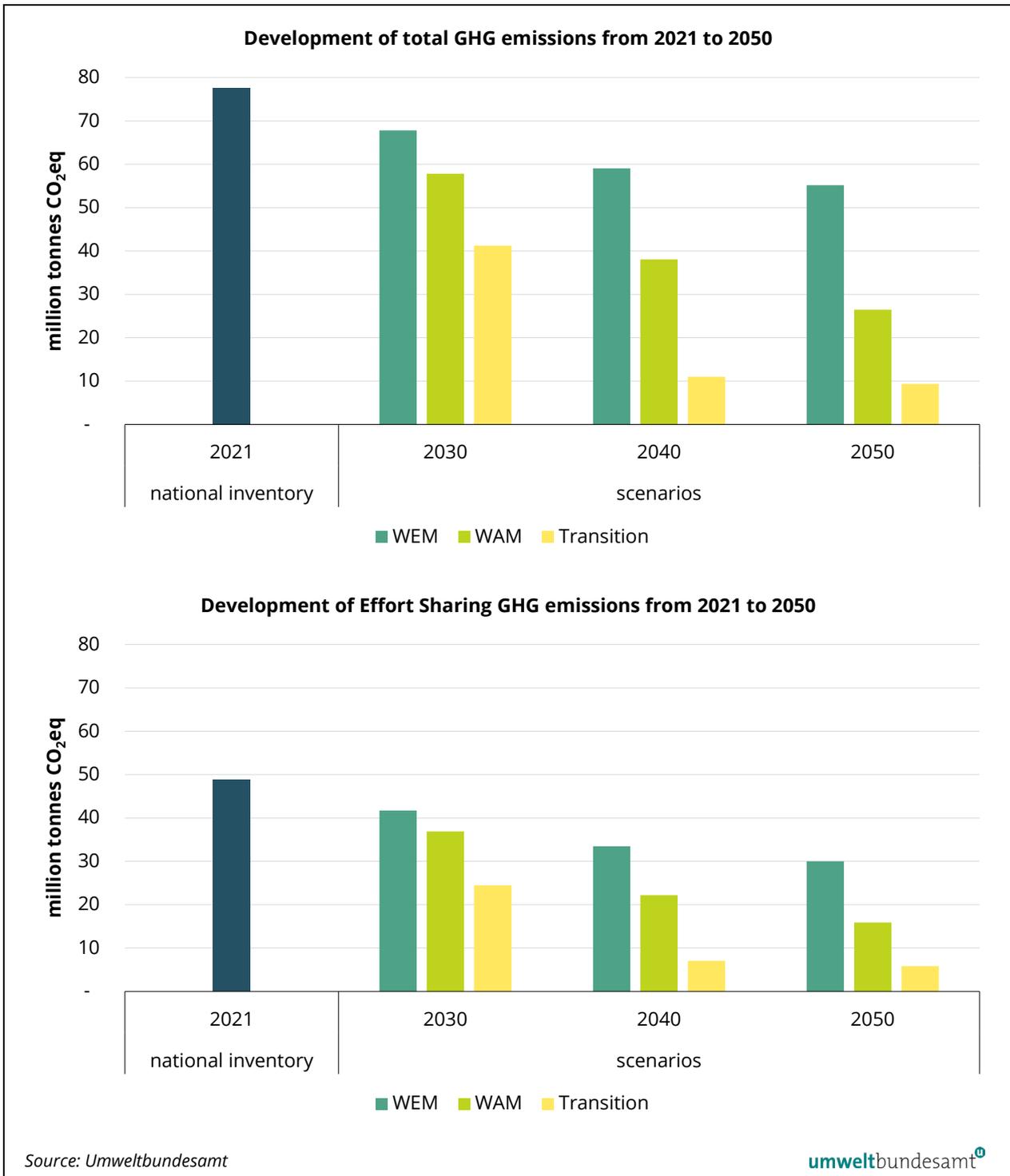
		Energy balance	WEM		WAM		Transition		Targets
Unit		2021	2030	2040	2030	2040	2030	2040	2030
PJ	Final energy consumption	1,123	1,134	1,079	1,089	984	880	722	
	Gross domestic consumption	1,419	1,431	1,369	1,374	1,260	1,131	937	
%	Share renewable energy	36.5	43.2 !	48.3	52.6	69.3	63	98	46-50
	Share renewable electricity	76	95.6	86.8	101	96	101	101	100
Mt CO ₂ eq	GHG	77.5	67.8	59.0	57.8	38.0	41.2	11.0	
	GHG Effort Sharing	48.8	41.7	33.5	36.9	22.2	24.5	7.1	29.5
%	Reduction Effort Sharing compared to 2005	-14	-27 !	-41	-35 !	-61	-57	-88	-48

Rounding differences may arise due to the presentation without decimal places.

According to the draft Renewable Energy Directive (RED III), the share of renewable energy sources in the EU's gross final energy consumption is expected to increase from 32 % to 42.5 % by 2030.

! Missing the 2030 targets stated in the Effort Sharing Regulation (VO (EU) 2023/857)

Figure A: Development of GHG emissions in all scenarios from 2021 to 2050.



gross domestic consumption

In the Scenario WEM, gross domestic consumption is stabilized through the expansion of renewable energy sources and efficiency measures as the population and economic activity grow (see Figure B).

In the WAM Scenario, BIV decreases by 4 % by 2030 and by 12 % by 2040 compared to 2021. The decline is due to general efficiency measures and changes in product production as well as the change in the iron and steel industry (see Figure B). The conversion losses are falling due to the strong expansion of renewable energy sources (especially wind and PV).

In the Scenario Transition, gross domestic consumption based on 2021 is reduced by 21 % in 2030 and by around 30 % in 2040.

final energy consumption

Final energy consumption in the Scenario WEM shows a minimal increase between 2021 and 2030. The trend is then reversed and final energy consumption then decreases slightly (see Figure B or Table B).

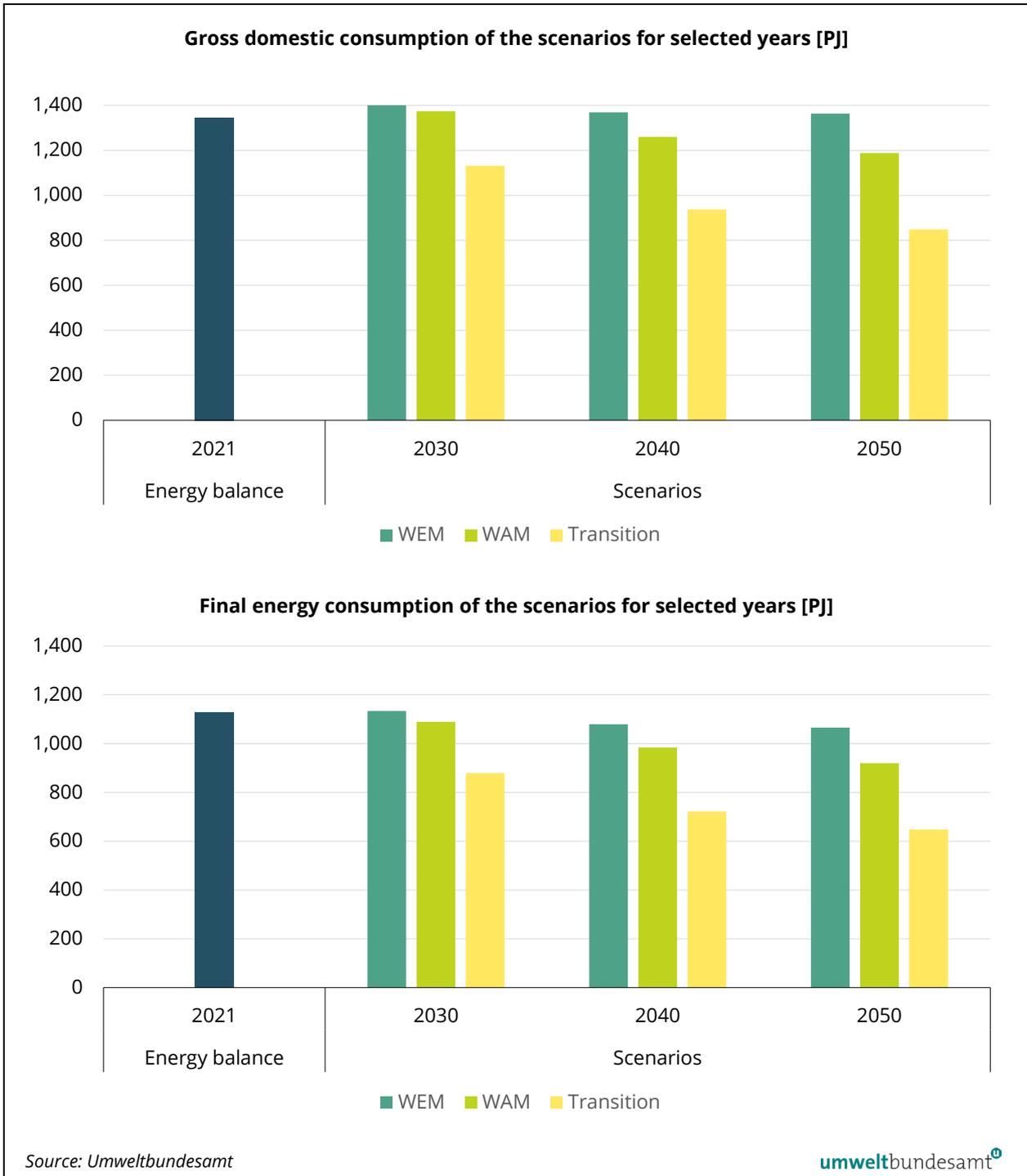
In the Scenario WAM, final energy consumption falls by 3 % between 2021 and 2030 and by 12 % between 2021 and 2040. In transport, the electrification of passenger transport and the expansion of public transport in particular lead to energy savings. In the building sector, which includes households and the service sector, savings are achieved primarily through higher standards for energy efficiency and by renovations of buildings. Industry is reducing its energy consumption through energy efficiency measures and process changes. The federal government's energy efficiency target for 2030 according to the Federal Energy Efficiency Act (BGBl. I Nr. 59/2023) will be missed.

In the Scenario Transition, final energy consumption falls by 21 % between 2021 and 2030 and by 35 % between 2021 and around 2040. The key factors for this are electrification in the transport sector, thermal renovation in buildings, the implementation of the circular economy in the industrial sector and efficiency measures in all sectors. The energy efficiency target is met.

Table B: Final energy consumption of the Scenarios WEM, WAM and Transition by sector for selected years (Sources: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

PJ	Energy balance	Scenario WEM		Scenario WAM		Scenario Transition	
	2021	2030	2040	2030	2040	2030	2040
Transportation	371	384	325	373	295	247	151
Industry	310	340	348	330	329	265	260
Buildings	429	398	393	375	347	357	300
Agriculture	14	12	13	11	12	11	11
Final energy consumption	1,123	1,134	1,079	1,089	984	880	722

Figure B: Gross domestic consumption and final energy consumption of all the scenarios WEM, WAM and Transition from 2021 to 2050



renewable electricity In all three scenarios, renewable electricity is expanded (see Figure C and Table C), which means that the share of renewable energy sources in gross final energy consumption also increases (see Table C).

capacity increase for wind and PV For the expansion of wind and PV up to 2030, the WEM scenario assumes an expansion in accordance with the Renewable Expansion Act (EAG) (BMK, 2023a,

BGBI. I Nr. 150/2021). In the Scenario WAM, 8 TWh will be added to the EAG targets; in the Scenario Transition, the EAG targets will be exceeded by 12 TWh.

renewable gases

According to the hydrogen strategy, hydrogen production will be expanded to 1 GWel by 2030 and to 3.2 GWel by 2040. In the Scenario WAM, the demand for hydrogen is 16 PJ (4 TWh) in 2030 and 55 PJ (15 TWh) in 2040. In the Scenario Transition, the demand for hydrogen is 18 PJ (5 TWh) in 2030 and 106 PJ (29 TWh) in 2040, of which 60 % will be imported. By 2030, 24 PJ (6.8 TWh) of biomethane will be available from domestic production and 36 PJ (10 TWh) by 2040.

infrastructure adaptation

One consequence of this new orientation in the energy system is that the infrastructure for energy production, storage and transmission must be adapted accordingly. This expansion requires a whole range of measures, such as the designation of suitability zones for renewable electricity production plants, accelerated approval processes, as well as the expansion of transmission networks and energy storage (BMK, 2023b).

Figure C: Increase in electricity generation from wind and PV from 2010. All scenarios.

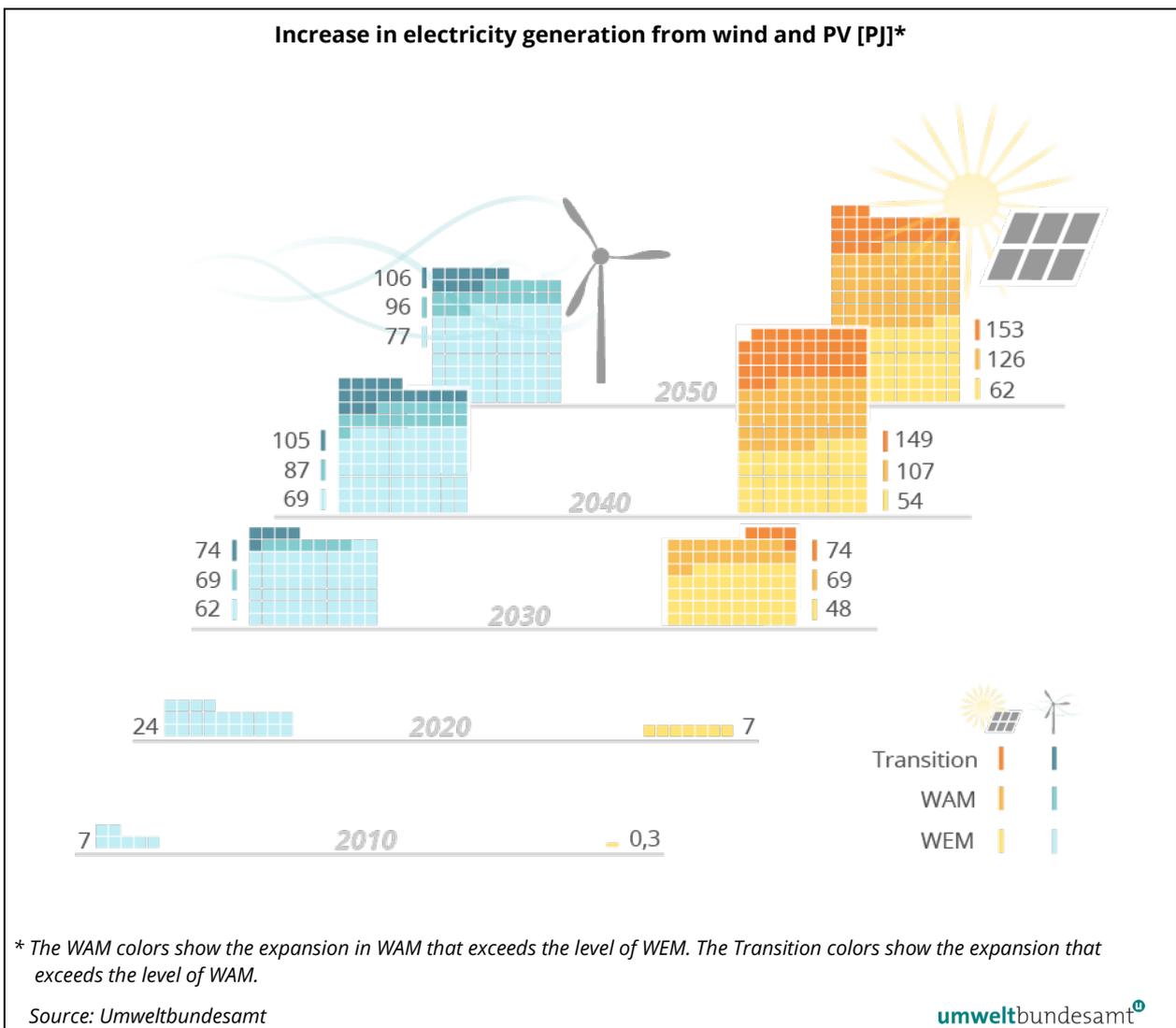


Table C: Electricity generation by energy source for selected years in TWh (Sources: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

TWh	Energy balance	Scenario WEM		Scenario WAM		Scenario Transition	
		2021	2030	2040	2030	2040	2030
Fossil	14	8	8	7	4	6	0
Hydropower	39	47	48	47	49	47	48
Biomass (incl. biomethane)	4	6	6	6	6	6	6
Geothermal energy	0	0	0	0	0	0,1	1
Photovoltaics	3	13	15	19	30	21	41
Wind	7	17	19	19	24	21	29
Hydrogen	-	0	0	0	0	0,1	1
Total electricity generation	67	92	96	98	113	100	127
Net imports	8	-4	6	-8	0	-7	-2

Table D: Electricity generation by energy source for selected years in PJ (Sources: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

PJ	Energy balance	Scenario WEM		Scenario WAM		Scenario Transition	
		2021	2030	2040	2030	2040	2030
Fossil	51	30	27	25	15	22	1
Hydropower	140	170	174	170	176	169	173
Biomass (incl. biomethane)	16	20	21	20	21	20	21
Geothermal energy	0	-	-	-	-	0	4
Photovoltaics	10	48	54	69	107	74	149
Wind	24	62	69	69	87	74	105
Hydrogen	-	-	-	-	-	0	4
Total electricity generation	241	330	346	353	406	360	456
Net imports	27	-16	21	-29	1	-25	-6

1 EINLEITUNG

Motivation Das Umweltbundesamt erstellt in regelmäßigen Intervallen Szenarien über den Energieeinsatz sowie die Entwicklung von österreichischen Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen), die u. a. als Grundlage zur Erfüllung der EU-Berichtspflicht im Rahmen der Governance-Verordnung (VO (EU) 2018/1999) herangezogen werden.

Die vorliegenden Szenarien dienen auch als Input für Diskussionen und politische Entscheidungsfindungen zur Umsetzung des „Fit for 55“-Pakets der EU, zur Aktualisierung des Nationalen Energie- und Klimaplanes und im Hinblick auf die Zielerreichung der Klimaneutralität Österreichs bis 2040.

Die drei Szenarien, die in diesem Bericht dargestellt werden, sind das Szenario With Existing Measures (WEM), das Szenario With Additional Measures (WAM) und das Szenario Transition.

Projektkonsortium Die Berechnung der Treibhausgasemissionen wurden durch ein Konsortium auf Basis energiewirtschaftlicher Grundlagendaten und eines Modellsystems entwickelt. Das Konsortium setzt sich aus dem Center of Economic Scenario Analysis and Research (CESAR), dem Institut für Thermodynamik und nachhaltige Antriebstechnologien (ITnA) der TU Graz, dem Institut für Verkehrswissenschaften (IVV) der TU Wien und dem Zentrum für Energiewirtschaft und Umwelt (e-think) sowie dem Umweltbundesamt zusammen.

Die energiewirtschaftlichen Inputdaten und Szenarien decken alle energetischen Sektoren ab und ermöglichen die Abbildung und Quantifizierung von Maßnahmen.

verwendete Modelle Zur Berechnung der Szenarien wurden folgende Modelle und Beiträge der jeweiligen Institutionen verwendet:

- CESAR (Center of Economic Scenario Analysis and Research) – Umweltbundesamt MIO-ES; Sozio-Ökonomische Parameter und Effekte, Umwandlungs- und Endenergieverbrauch.
- ITnA (Institut für Thermodynamik und nachhaltige Antriebe der TU Graz) – Modelle NEMO, KEX-Modul, GEORG; Energieverbrauch und Emissionen des Sektors Verkehr (inkl. offroad).
- IVV (Institut für Verkehrswissenschaften der TU Wien) – Modell MARS; Verkehrsaufkommen und Modal Split.
- e-think (Zentrum für Energiewirtschaft und Umwelt) – Energiepreise, Modell INVERT/EE-Lab; Kühlung, Raumwärme und Warmwasser inklusive Strombedarf für Haushalte und Dienstleistungen, Fernwärmebedarf.
- Umweltbundesamt – Eisen- und Stahlindustrie; Abfallaufkommen, alternative Kraftstoffe, Elektromobilität, industrielle Branchen und Eigenstromerzeuger, Photovoltaik und Windenergieerzeugung, Verdichterstationen; Gesamtkoordination, Projektleitung.

Eine Kurzbeschreibung der verwendeten Modelle und exogenen Berechnungen ist in Anhang 1 dargestellt. Zur detaillierten Beschreibung der Modelle siehe die Detailberichte der jeweiligen Organisationen (e-think, 2023, IVV, 2017, ITnA, 2023, CESAR, 2020).

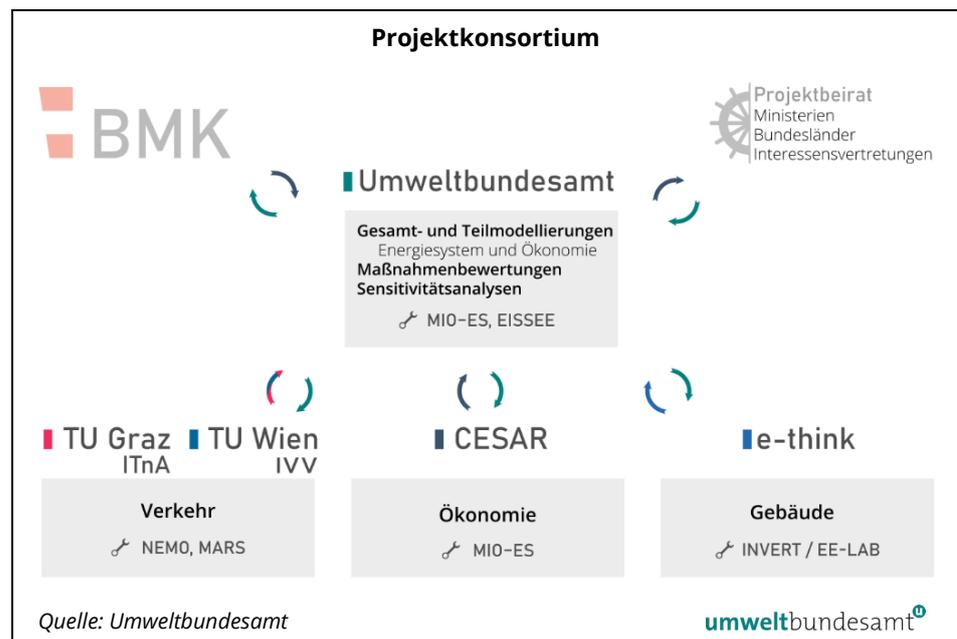
**Interaktionen
zwischen den Modellen**

Auf die Interaktion eines gesamtwirtschaftlichen Input-Output-(IO)-Modells (Hybrid zwischen CGE² und ökonomischem IO-Modell) und Sektormodellen zur detaillierten Abbildung von sektoralen Entwicklungen und Maßnahmen wird in diesem Projekt besonderer Wert gelegt.

Gesamtwirtschaftliche Fragestellungen und der energetische Endverbrauch mit dem MIO-ES-Modell wurden vom Umweltbundesamt gemeinsam mit CESAR bearbeitet. Der Sektor Raumwärme wurde von e-think und der Sektor Verkehr von der TU Graz/ITnA in Zusammenarbeit mit der TU Wien/IVV und dem Umweltbundesamt modelliert. Der Sektor Industrie wird vom Umweltbundesamt mit Unterstützung durch CESAR berechnet.

Das Umweltbundesamt sorgt für die enge Verzahnung der verschiedenen Modelle und unterstützt die modellierenden Organisationen mit Fachexpertise. Für alle Modelle wurden dieselben internationalen Energie- und Zertifikatspreise pro Szenario verwendet.

Abbildung 1:
Projektkonsortium.



Projektbeirat

Ein Projektbeirat mit Vertreter:innen von BMK, BMF, BML, BMBWF, BMAW, BKA, und mehreren Bundesländern sowie von WKO, LK, OE, EEÖ, IV, AK und ÖGB wurde eingerichtet, um Input und Feedback in die Arbeiten aufzunehmen.

² CGE: computable general equilibrium, IO: Input-Output.

Die Beiratssitzungen dienten insbesondere zur Information der Beiratsmitglieder über den Prozess der Energieszenarien im Umfeld der klima- und energiepolitischen Rahmenbedingungen sowie über die beteiligten Organisationen und verwendeten Modelle. Weiters wurden relevante Basisdaten, wie Bevölkerung, Energie- und Zertifikatspreise, vorgestellt und diskutiert.

Die Sitzungen betreffend das Szenario Transition fanden im Mai und November 2022 statt. Das Szenario WEM wurde gemäß Berichtspflicht im März 2023 der EU-Kommission vorgelegt, das Szenario WAM wurde im Juni 2023 dem Entwurf des Nationalen Energie- und Klimaplan (NEKP) beigefügt (BMK, 2023a).

- THG-Szenarien** Basierend auf den Energieszenarien und weiteren Projektionsmodellen für die Sektoren Landwirtschaft, Abfall, F-Gase, Diffuse Emissionen und Lösemittel wurden nationale Treibhausgas-Emissionsszenarien bis 2050 entwickelt.
- Schlüsselannahmen** Für die Szenarien wurden die internationalen Energiepreise aus den Empfehlungen der EU-Kommission zu den Szenarien für die Governance-Verordnung 2023 übernommen (VO (EU) 2018/1999). Die Preise für die Zertifikate des EU-Emissionshandelssystems wurden an die Klimaziele des jeweiligen Szenarios angepasst. Die CO₂-Preise des österreichischen nationalen Emissionshandelssystems (BGBl. I NR. 10/2022) wurden so entwickelt, dass langfristig eine Angleichung an die europäischen Handelssystempreise erfolgt. Das Bevölkerungswachstum wurde aus der Hauptvariante der Prognose der Statistik Austria aus dem Jahr 2021 übernommen (Statistik Austria, 2021a).
- Szenario WEM** Im Szenario WEM (with existing measures) wurden nur Maßnahmen berücksichtigt, welche bis zum 1. Jänner 2022 umgesetzt bzw. rechtlich verankert wurden (siehe Anfang Kapitel 3). Zusätzlich zu den Maßnahmen werden aber auch aktuelle Trends in allen Sektoren abgebildet. Zum Szenario WEM wurden auch noch Sensitivitätsanalysen zum Einfluss von Bruttoinlandsprodukt und Energiepreisen durchgeführt.
- Szenario WAM** Aufbauend auf dem Szenario WEM wurden im Szenario WAM (with additional measures) Maßnahmen aus dem Entwurf zum Nationalen Energie und Klimaplan 2023 abgebildet (siehe Anfang Kapitel 4).
- Szenario Transition** Mit dem Szenario Transition soll aufgezeigt werden, ob bzw. wie das Ziel der Klimaneutralität bis 2040 erreicht werden kann. Klimaneutralität wird als national bilanzielle Netto-Null-Emissionen verstanden (Annahmen und Storylines siehe Anfang Kapitel 5).

Tabelle 1: Grundlegende Parameter für die Modellierung des Szenario Transition (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

Parameter	Statistik	Modellannahmen		
	2021	2030	2040	2050
Bevölkerung [Mio.]	8,96	9,25	9,47	9,63
Anzahl der Haushalte [Mio.]	4,01	4,21	4,38	4,50
Internat. Ölpreis [$\text{€}_{2020}^3/\text{BOE}^4$]	60	88	93	112
Internat. Ölpreis [$\text{€}_{2020}/\text{GJ}$]	10,5	15,4	16,2	19,7
Internat. Gaspreis [$\text{€}_{2020}/\text{GJ}$]	15,1	11,3	11,3	11,8
Internat. Kohlepreis [$\text{€}_{2020}/\text{GJ}$]	3,75	3,1	3,32	3,65
CO ₂ -Preis im EU-ETS [$\text{€}_{2020}/\text{t CO}_2$]				
Szenario WEM	54	80	85	160
Szenario WAM	54	140	200	300
Szenario Transition	54	200	400	500
CO ₂ -Preis in Effort-Sharing-Sektoren [$\text{€}_{2020}/\text{t CO}_2$]				
Szenario WEM	-	-	-	-
Szenario WAM	-	100	150	200
Szenario Transition	-	170	400	500

Ø BIP-Wachstum (Modellergebnis)	(2023–2040)	(2023–2050)
Szenario WEM	1,35 %	1,29 %
Szenario WAM	1,37 %	.*
Szenario Transition	1,41 %	1,31 %

* Ergebnisse wurden im Zuge der Arbeiten für den NEKP nur bis 2040 modelliert.

³ €₂₀₂₀: reale Werte bezogen auf das Jahr 2020.

⁴ BOE: barrel oil equivalent oder Barrel Öläquivalent (1 Barrel = 159 Liter).

2 VERGLEICH DER SZENARIEN

2.1 THG-Emissionen

Die drei Szenarien, die in diesem Bericht dargestellt werden, sind das Szenario With Existing Measures (WEM), das Szenario With Additional Measures (WAM) und das Szenario Transition.

80 % der THG-Emissionen in Österreich werden durch den Einsatz fossiler Energieträger in den Sektoren Gebäude, Verkehr und Energie verursacht. Diese werden in den folgenden Kapiteln 3, 4 und 5 im Detail analysiert.

Vergleich der Szenarien

Im **Szenario WEM** sinken die Treibhausgasemissionen bis 2030 auf 67,8 Mio. Tonnen CO₂-äq, bis 2040 auf 59,0 Mio. Tonnen CO₂-äq und bis 2050 auf 55,1 Mio. Tonnen CO₂-äq. Der Wert von 2050 entspricht einer Reduktion von -30 % bezogen auf das Niveau von 1990 und -40 % bezogen auf 2005.

Im **Szenario WAM** liegen die THG-Emissionen im Jahr 2030 bei 57,8 Mio. Tonnen CO₂-äq, 2040 bei 38 Mio. Tonnen CO₂-äq und 2050 bei 26,5 Mio. Tonnen CO₂-äq.

Das **Szenario Transition** zeigt einen deutlich verstärkten Emissionsreduktionspfad. Im Jahr 2030 liegen die Gesamtemissionen bei 41,2 Mio. Tonnen CO₂-äq (-56 % bezogen auf 2005), 2040 bei 11,0 Mio. Tonnen CO₂-äq (-88 %) und 2050 bei 9,4 Mio. Tonnen CO₂-äq (-90 %). Im Szenario Transition wird der EU-rechtlich festgelegte Zielwert einer Treibhausgasreduktion von 48 % bezogen auf 2005 mit einem Minus von 57 % deutlich übererfüllt.

Zielverfehlung Klimaneutralität 2040

Das Ziel der Klimaneutralität 2040 kann jedoch auch im Szenario Transition aufgrund der verbleibenden Emissionen von 11,0 Mio. Tonnen CO₂-äq in den Bereichen Landwirtschaft, Abfallindustrie, F-Gase, und industrielle Energie- bzw. Prozessemissionen nur mit zusätzlichen Maßnahmen, vor allem auch zur Erhöhung der Senkenleistung, erfüllt werden (siehe Abbildung 2 und Abbildung 3).

Abbildung 2: Entwicklung der gesamten THG-Emissionen 1990 bis 2021, danach Szenarien WEM, WAM und Transition 2022 bis 2050.

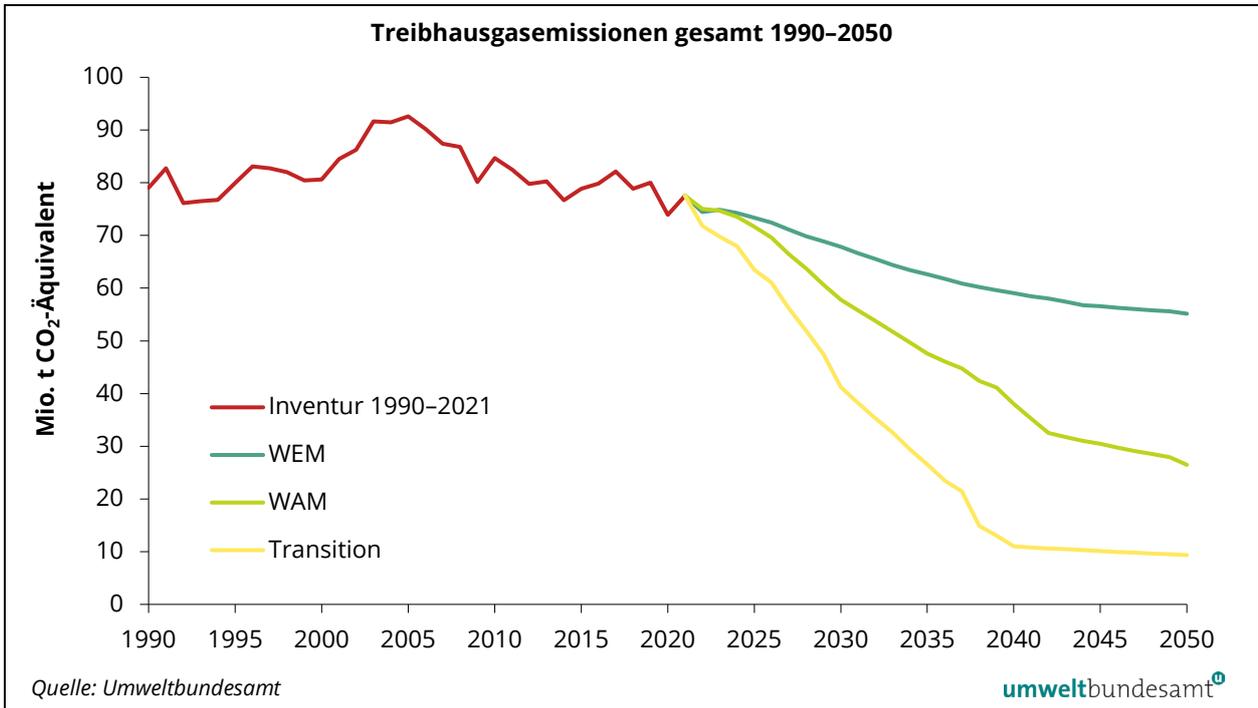
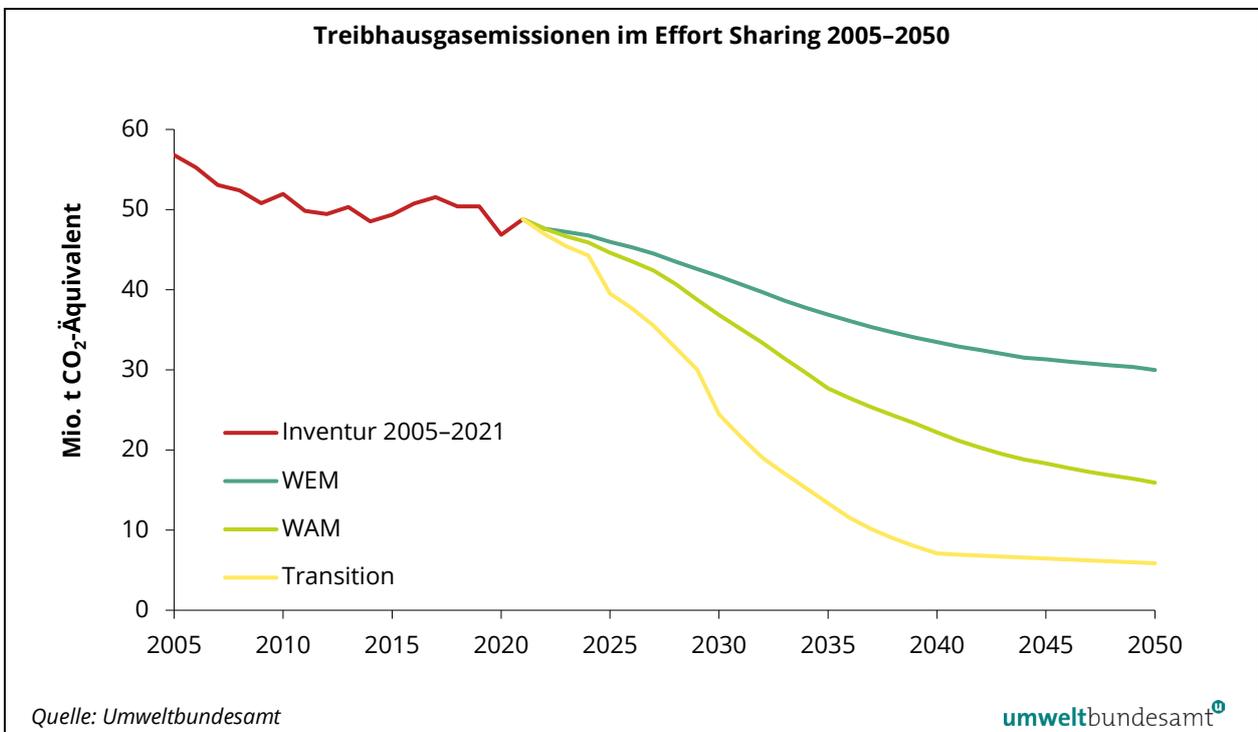


Abbildung 3: Entwicklung der THG-Emissionen im Effort Sharing 2005 bis 2021, danach Szenarien WEM, WAM und Transition 2022 bis 2050.



Nicht-EH Jene Emissionen, die nicht dem EU-ETS unterliegen und somit der Effort-Sharing-Entscheidung (VO (EU) 2023/857) angehören, zeigen im Szenario WEM von 2005 bis 2030 eine Abnahme von 27 % auf 41,7 Mio. Tonnen CO₂-äq. Die Zielvorgabe im ESR (nach Anpassung 2023 durch das „Fit for 55“-Paket) sieht für Österreich eine Minderung der Treibhausgasemissionen (außerhalb des EH-Bereichs) bis 2030 um 48 % gegenüber 2005 vor. Das entspricht Emissionen von 29,6 Mio. Tonnen CO₂-äq. Im Szenario WEM wird der österreichische Effort-Sharing-Zielwert für 2030 von 29,6 Mio. Tonnen CO₂-äq somit deutlich verfehlt.

Maßnahmen für Effort-Sharing-Ziel Der Effort-Sharing-Zielwert bedeutet eine notwendige Abnahme von 19,3 Mio. Tonnen CO₂-äq gegenüber dem Jahr 2021 – dem letzten Basisjahr der Inventur, in dem 48,8 Mio. Tonnen CO₂-äq emittiert wurden. Somit sind zusätzliche Maßnahmen unumgänglich, um die 2030-Ziele zu erreichen. Im Jahr 2030 würde das Ziel im Szenario WEM um rund 12,5 Mio. Tonnen überschritten werden. Im Szenario WAM beträgt die Lücke 7,3 Mio. Tonnen. Im Szenario Transition wird das Ziel übererfüllt (Unterschreitung um 5,1 Mio. Tonnen CO₂-äq). Unklar ist derzeit, welche Auswirkungen die Emissionen bzw. Kohlenstoffspeicherungen des Sektors LULUCF⁵ auf die Einhaltung des Effort-Sharing-Reduktionsziels haben werden. Die Emissionsbilanz des Sektors LULUCF unterliegt jährlich starken Schwankungen, die auf verschiedene Faktoren, wie z. B. unterschiedliche Witterungsbedingungen, die Änderung von Landnutzungen und den damit verbundenen Kohlenstoffab- oder -aufbau, Schädlinge (z. B. Borkenkäfer) oder Änderungen der Nachfrage nach Rohstoffen, wie Holz, zurückzuführen sind (Umweltbundesamt, 2023c).

Tabelle 2: Treibhausgasemissionen nach Szenarien für ausgewählte Jahre, gesamt und gesamt ohne Emissionshandel (Quelle: Umweltbundesamt).

THG-Emissionen in Mio. t CO ₂ -äq	OLI ⁶ 2021		2030		2040		2050	
	Effort Sharing	Gesamt	Effort Sharing	Gesamt	Effort Sharing	Gesamt	Effort Sharing	Gesamt
Szenario WEM			41,7	67,8	33,5	59,0	30,0	55,1
Szenario WAM	48,8	77,5	36,9	57,8	22,2	38,0	15,9	26,5
Szenario Transition			24,5	41,2	7,1	11,0	5,9	9,4

⁵ Land Use, Land Use Change and Forestry

⁶ Österreichische Luftschadstoff-Inventur

2.2 Bruttoinlandsverbrauch

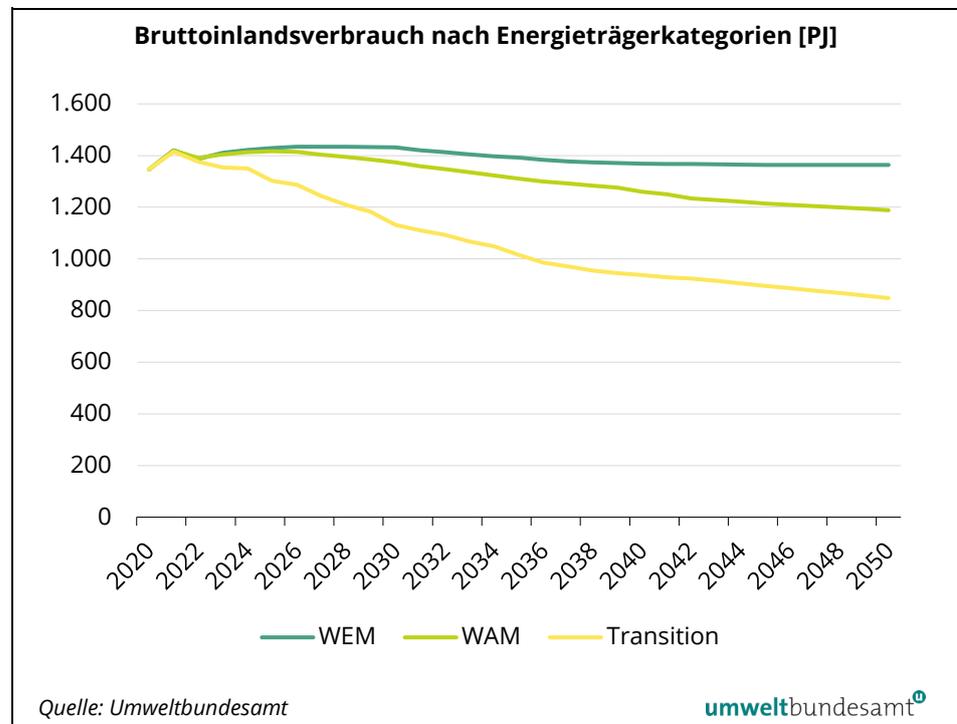
Auswirkung der Szenarien

Im **Szenario WEM** zeigt sich durch die Umsetzung von Effizienzmaßnahmen (v.a. Elektrifizierung) und den Ausbau erneuerbarer Energieträger (Verminderung der Umwandlungsverluste) eine Stabilisierung des Bruttoinlandsverbrauchs⁷ (BIV). Bis 2030 bleibt der BIV auf etwa konstantem Niveau. Im Jahr 2040 liegt der BIV rund 4 % unter dem Wert des Jahres 2021.

Im **Szenario WAM** sinkt der BIV bis 2030 um ca. 4 % und bis 2040 um 12 % gegenüber 2021. In diesem Zeitraum erfolgt ein bedeutender Ausbau der erneuerbaren Energieträger, die zunehmend fossile Energieträger ersetzen. Der Rückgang des energetischen Endverbrauchs trägt am stärksten zum Rückgang des BIV bei und ist bis 2040 vor allem auf einen steigenden Anteil elektrischer Antriebe zurückzuführen.

Im **Szenario Transition** sinkt durch allgemeine Effizienzmaßnahmen und durch die Verfahrensumstellungen bei der Produkterzeugung, unter anderem in der Eisen- und Stahlindustrie, der BIV bis 2030 um 21 % und bis 2040 um 34 % bezogen auf das Jahr 2021. Die erneuerbaren Energieträger werden noch stärker ausgebaut als im Szenario WAM. Der nichtenergetische Verbrauch sinkt bis ins Jahr 2040 signifikant, was vor allem auf den Umstieg der industriellen Wasserstoffproduktion von Erdgas auf Elektrolyse zurückzuführen ist. Auch der Endenergieverbrauch sinkt deutlich (siehe Kapitel 2.3).

Abbildung 4:
Bruttoinlandsverbrauch der Szenarien 2020–2050 (Quellen: Statistik Austria, Umweltbundesamt).



⁷ Der **Bruttoinlandsverbrauch** ist der gesamte Energiebedarf eines Landes. Er umfasst den Verbrauch des Sektors Energie, Netz- und Umwandlungsverluste und den energetischen Endverbrauch EUROSTAT (2023b).

Tabelle 3: Bruttoinlandsverbrauch der Szenarien WEM, WAM und Transition für ausgewählte Jahre (Quelle: Statistik Austria, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenario WEM		Szenario WAM		Szenario Transition	
	2021	2030	2040	2030	2040	2030	2040
Umwandlungseinsatz	863	968	945	991	999	906	867
Umwandlungsausstoß	-781	-894	-870	-913	-921	-833	-808
Nichtenergetischer Verbrauch	90	86	80	84	75	63	47
Transportverluste	26	27	27	27	30	29	31
Verbrauch des Sektors Energie	108	110	108	95	93	87	77
Energetischer Endverbrauch	1.123	1.134	1.079	1.089	984	880	722
BIV	1.429	1.431	1.369	1.374	1.260	1.131	937

2.3 Energetischer Endverbrauch

Vergleich der Szenarien

Im **Szenario WEM** steigt der energetische Endverbrauch⁸ (EEV) bis 2030 durch Anstiege in den Sektoren Verkehr und Industrie um ca. 1 %. Es folgt ein leichter Rückgang bis 2040 um 46 PJ oder 4 % bezogen auf 2021.

Im **Szenario WAM** geht der EEV um 34 PJ (-3 %) bis 2030 leicht zurück. Bis 2040 sinkt der EEV um 139 PJ (-12 %). Ursachen für den Rückgang sind Effizienzsteigerungen im Verkehr durch die Elektrifizierung der Fahrzeugflotte und in den Haushalten durch Sanierungen und den Umstieg auf effizientere Heizungssysteme. Diese beiden Sektoren leisten den größten Beitrag zur Abnahme des EEV.

Im **Szenario Transition** sinkt der EEV zwischen 2021 und 2030 um 242 PJ (-23 %) und zwischen 2021 und 2040 um 401 PJ (-36%). Alle Sektoren tragen durch Effizienzmaßnahmen zum Rückgang des EEV bei. Maßgeblich dafür ist der Verkehr mit einem nahezu vollständigen Umstieg auf CO₂-freie Antriebe und Energieträger im Personen- und Güterverkehr sowie einem deutlichen Umstieg von der Straße auf die Schiene. Die zweitgrößte Reduktion erfolgt im Sektor Gebäude durch Sanierungen und den Umstieg auf effizientere Heizungssysteme und erneuerbare Energieträger. Auch der Sektor Industrie erfährt eine Reduktion im EEV und bis 2040 eine starke Umstellung von fossilen Energieträgern zu erneuerbarem Strom und erneuerbarem Wasserstoff.

⁸ „Der **energetische Endverbrauch** ist der Gesamtenergieverbrauch der Endnutzer, wie private Haushalte, Industrie und Landwirtschaft, also die Energie, die zu den Endverbrauchern gelangt ohne die Energie, die von der Energiewirtschaft selbst verbraucht wird.“. Die THG-Emissionen von Strom und Fernwärme sind allerdings in der Energiewirtschaft bilanziert.

Abbildung 5:
Energetischer Endverbrauch der Szenarien WEM, WAM und Transition 2020–2050
(Quellen: Statistik Austria und Umweltbundesamt).

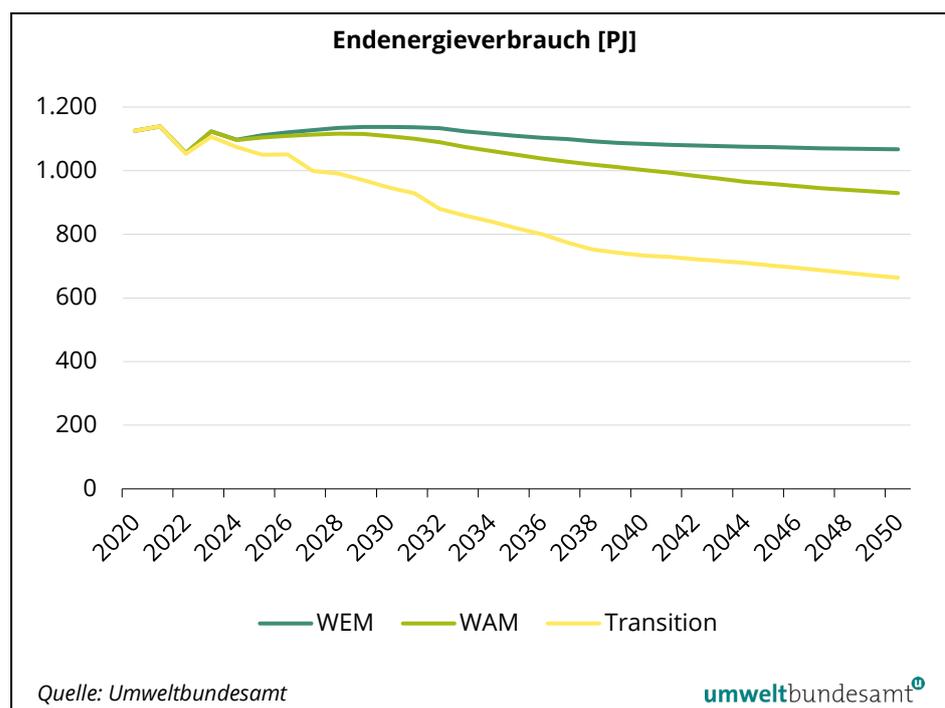


Tabelle 4: Energetischer Endverbrauch nach Sektoren und Szenarien (Quellen: Statistik Austria, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenario WEM		Szenario WAM		Szenario Transition	
		2021	2030	2040	2030	2040	2030
Verkehr	371	384	325	373	295	247	151
Industrie	310	340	348	330	329	265	260
Haushalte	321	293	286	277	255	264	218
Dienstleistungen	107	105	106	98	92	92	82
Landwirtschaft	14	12	13	11	12	11	11
EEV	1.123	1.134	1.079	1.089	984	880	722

Tabelle 5: Relative Änderung des Endverbrauchs nach Sektoren und Szenarien (Quellen: Statistik Austria, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenario WEM		Szenario WAM		Szenario Transition	
		2021	2030	2040	2030	2040	2030
Verkehr	371	+4 %	-12 %	+1 %	-20 %	-33 %	-59 %
Industrie	310	+10 %	+12 %	+7 %	+6 %	-15 %	-16 %
Haushalte	321	-9 %	-11 %	-14 %	-21 %	-18 %	-32 %
Dienstleistungen	107	-2 %	-1 %	-8 %	-14 %	-14 %	-23 %
Landwirtschaft	14	-15 %	-3 %	-20 %	-12 %	-21 %	-21 %
Relative Änderung EEV	1.123	+1 %	-4 %	-3 %	-12 %	-22 %	-36 %

Tabelle 6: Energetischer Endverbrauch nach Energieträger und Szenarien (Quellen: Statistik Austria, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenario WEM		Szenario WAM		Szenario Transition	
		2021	2030	2040	2030	2040	2030
Sektoren							
Kohle	18	17	16	15	12	15	0
Öl	389	367	269	332	176	191	17
Gas	207	192	183	139	69	87	-
Biomasse (inkl. Biomethan)	163	157	148	188	194	162	162
Abfall	11	12	12	12	12	8	3
Wasserstoff; e-Fuels	-	-	-	10	28	16	59
Strom	232	274	326	262	323	273	341
Wärme	104	115	124	131	170	128	140
Umgebungswärme etc.	26	31	44	41	68	36	52
Fernwärme	78	84	80	90	103	92	88
EEV	1.123	1.134	1.079	1.089	984	880	722

2.3.1 Anteil Erneuerbarer Energieträger am Bruttoendenergieverbrauch

Der Anteil erneuerbarer Energieträger am Bruttoendenergieverbrauch⁹ (BEEV) beträgt im Energiebilanzjahr 2021 37 %. In den Szenarien stellt sich dieser Indikator wie folgt dar:

Vergleich der Szenarien

Im **Szenario WEM** steigt der Anteil erneuerbarer Energieträger am BEEV 2030 auf 43 % und bis 2040 auf 48 %. Der Ausbau der erneuerbaren Energieträger erfolgt gemäß den im EAG (BGBl. I Nr. 150/2021) definierten Zielen (+27 TWh bis 2030). In diesem Szenario bleiben Öl, Kohle und Gas wichtige Energieträger in allen Sektoren.

Im **Szenario WAM** erfolgt der Erneuerbaren-Ausbau stärker als im Szenario WEM, während gleichzeitig die Nachfrage nach fossilen Energieträgern zurückgeht und im Jahr 2040 für Gebäude praktisch nur erneuerbare Energie eingesetzt wird. Entsprechend steigt der Anteil erneuerbarer Energieträger am BEEV im Jahr 2030 auf 53 % und 2040 auf 69 %.

Im **Szenario Transition** beträgt der Anteil erneuerbarer Energieträger am BEEV im Jahr 2030 63 % und liegt im Jahr 2040 bei 98 %.

⁹ Der **Bruttoendenergieverbrauch** besteht aus dem energetischen Endverbrauch, dem Verbrauch des Sektors Energie sowie Transportverlusten, die bei der Verteilung von Elektrizität und Wärme auftreten.

Abbildung 6:
Anteil erneuerbarer
Energieträger nach
Szenarien 2021–2050
(Quelle: Umweltbundes-
amt).

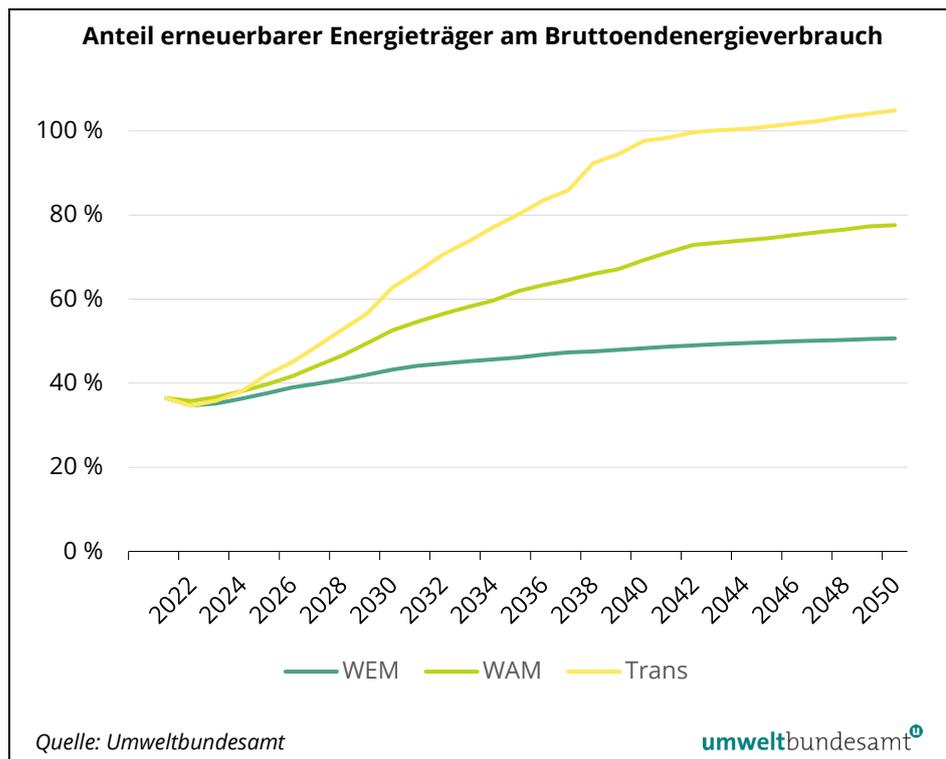


Tabelle 7: Anteil erneuerbarer Energieträger für die Szenarien WEM, WAM und Transition sowie laut Energiebilanz 2021 für ausgewählte Jahre (Quellen: Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenarien		
	2021	2030	2040	2050
WEM	36 %	43 %	48 %	51 %
WAM	36 %	53 %	69 %	78 %
Transition	36 %	63 %	98 %	105 % ¹⁰

2.3.2 Energetischer Endverbrauch – Gebäude

Vergleich der Szenarien

Verglichen mit 2021 sinkt im **Szenario WEM** der Endenergieverbrauch der Gebäude bis 2030 um 31 PJ und bis 2040 um weitere 5 PJ. Insgesamt geht bis 2040 der EEV im Sektor Gebäude um ca. 8 % zurück. Die Verringerung ist auf thermische Sanierungen zurückzuführen. Der steigende Fernwärmeverbrauch wird durch einen höheren Anschlussgrad an die Fernwärmenetze ermöglicht. Aufgrund bestehender Förderungen (z. B. für thermische Sanierungen) geht auch der Verbrauch von Öl und Gas zurück.

¹⁰ Der Wert entsteht dadurch, dass erneuerbarer Strom exportiert wird.

Im **Szenario WAM** sinkt der Verbrauch bis 2030 um 54 PJ und bis 2040 um insgesamt 82 PJ oder fast 20 %. Der Rückgang von Öl und Gas ist stärker als im WEM. Die fossilen Energieträger verschwinden bis 2040 fast vollständig. Der Energiebedarf wird mit erneuerbarem Strom, erneuerbarer Wärme sowie mit Biomasse gedeckt.

Im **Szenario Transition** verringert sich der Verbrauch um 72 PJ bis 2030 und um insgesamt 128 PJ bis 2040. Es zeigt sich ein vollständiger Ausstieg aus Kohle, Öl und Gas und eine weitreichende Umstellung auf Biomasseheizungen, Wärmepumpen und Fernwärme. Der weitverbreitete Einsatz von Wärmepumpen erhöht zwar den Stromverbrauch, Wärmepumpen weisen jedoch im Vergleich zu Heizkesseln einen deutlich besseren Wirkungsgrad auf. Sanierungen verringern den Heizwärmebedarf. Die gesetzten Maßnahmen im Szenario Transition sorgen für einen Rückgang des EEVs der Gebäude um 30 %.

Abbildung 7: Energetischer Endverbrauch des Sektor Gebäude nach Energieträgern für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

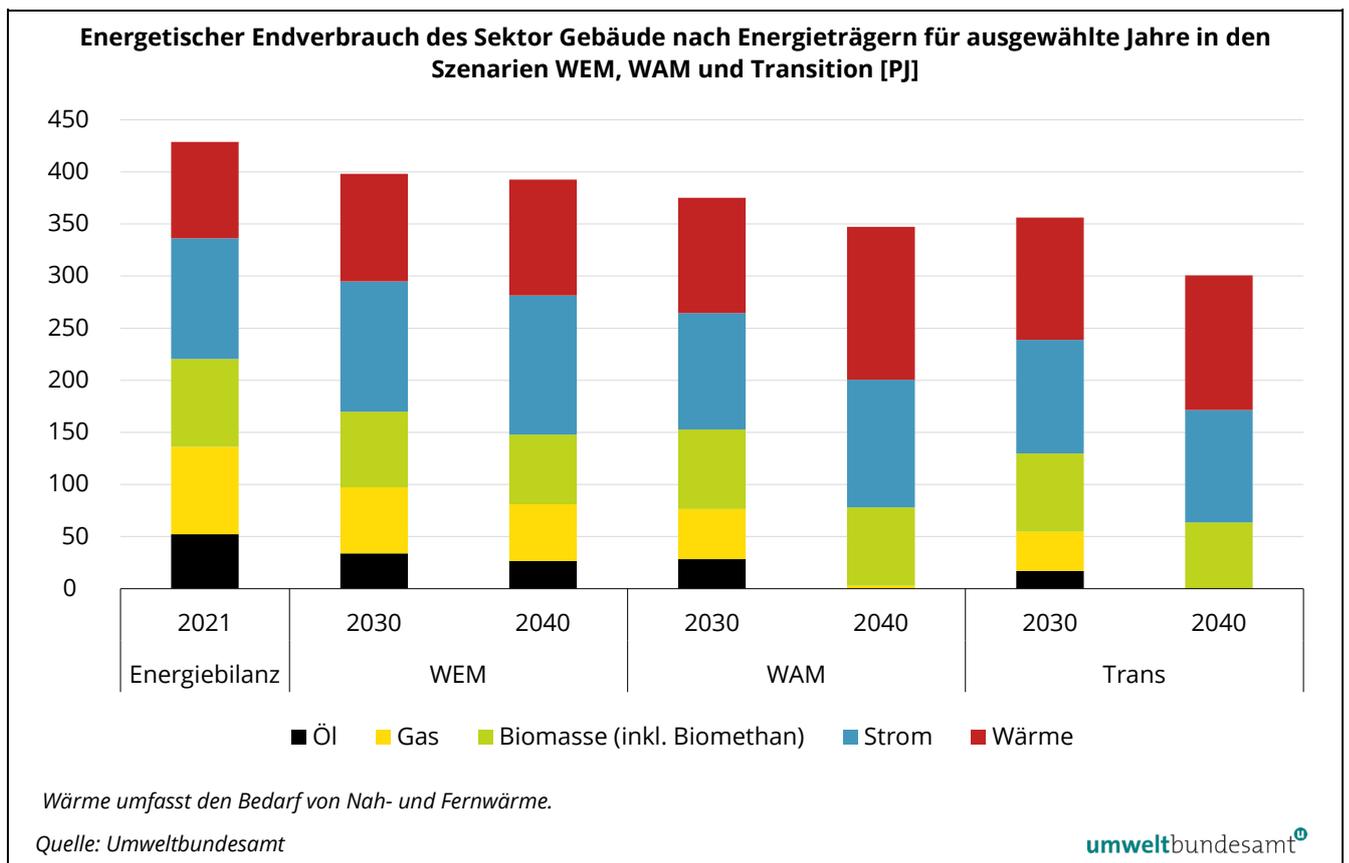


Tabelle 8: Energetischer Endverbrauch der Gebäude (ohne offroad) nach Energieträgern in den Szenarien WEM, WAM und Transition (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenario WEM		Szenario WAM		Szenario Transition	
		2021	2030	2040	2030	2040	2030
Kohle	1	0	0	0	0	0	0
Öl	52	34	26	28	0	17	0
Gas	84	63	55	48	3	38	0
Biomasse (inkl. Biomethan)	84	72	67	76	75	75	63
Strom	116	125	134	112	123	109	108
Wärme*	93	103	111	111	147	117	129
EEV Gebäude	429	398	393	375	347	357	301

* Wärme umfasst den Bedarf von Nah- und Fernwärme.

2.3.3 Energetischer Endverbrauch – Verkehr

Vergleich der Szenarien

Im **Szenario WEM** steigt der EEV des Verkehrs bis 2030 um 13 PJ und sinkt danach bis 2040 um 59 PJ. Durch die Elektrifizierung sinkt die Nachfrage nach fossilen Energieträgern. Erdöl bleibt jedoch mit Abstand der wichtigste Energieträger.

Im **Szenario WAM** beträgt der EEV im Verkehr im Jahr 2030 373 PJ, was in etwa dem Niveau von 2021 entspricht. Bis 2040 sinkt der EEV um 76 PJ bzw. 20 %. Wasserstoff wird in geringem Maß ab 2026 als Energieträger eingeführt und erreicht im Jahr 2040 5 % am EEV des Sektors Verkehr. Während fossile Energieträger 2021 noch über 90 % des Verbrauchs im Verkehr ausmachen, decken Strom, Wasserstoff, e-Fuels und Biomasse 2040 zusammen 40 % des Verbrauchs.

Im **Szenario Transition** verringert sich der EEV des Verkehrs um ein Drittel bis 2030 und um 60 % bis 2040 gegenüber 2021. Dieser enorme Verbrauchsrückgang erklärt sich durch eine stärkere Nutzung der öffentlichen Verkehrsmittel, eine Verringerung des Individualverkehrs und einen beschleunigten Umstieg bei den Neuzulassungen auf CO₂-freie Fahrzeuge. Erdöl deckt 2030 70 % und 2040 nur noch 11 % des EEVs im Verkehr. Im Szenario Transition ist Strom ab 2035 der dominante Energieträger.

Abbildung 8:
Energetischer Endverbrauch des Verkehrs
nach Szenarien
2021–2050 (Quelle: Umweltbundesamt).

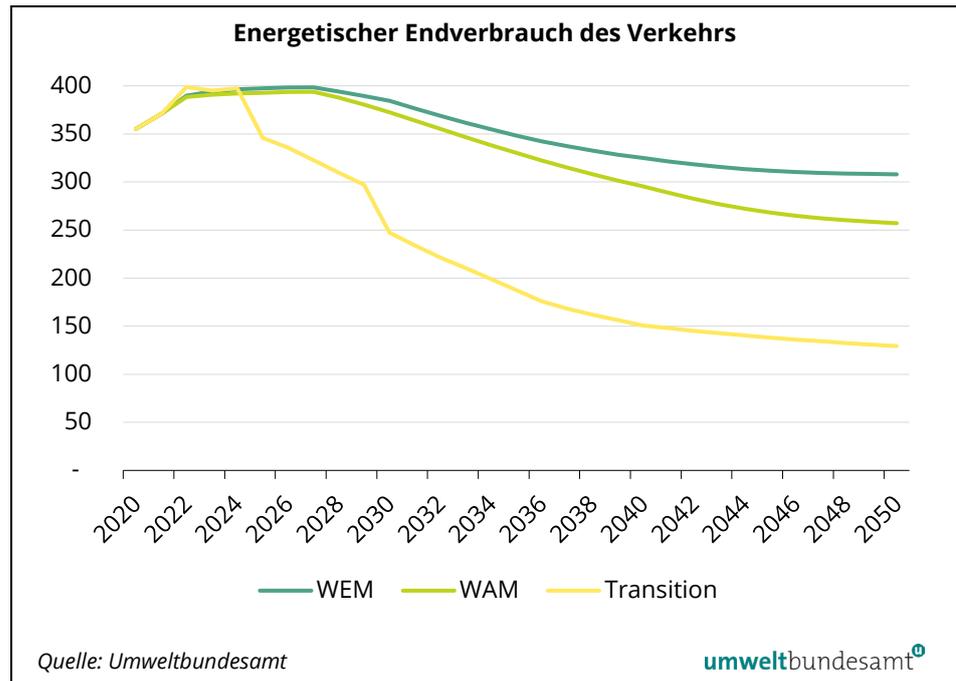


Tabelle 9: Energetischer Endverbrauch des Verkehrs (ohne offroad) nach Energieträgern in den Szenarien WEM, WAM und Transition (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energieträger	Energiebilanz	Szenario WEM		Szenario WAM		Szenario Transition	
		2021	2030	2040	2030	2040	2030	2040
	Kohle	0	0	0	0	0	0	0
	Öl	331	328	236	299	172	172	17
	Gas	8	10	10	8	6	7	0
	Biomasse (inkl. Biomethan)	20	17	12	35	32	18	28
	Wasserstoff; e-Fuels	-	-	-	2	16	4	17
	Strom	12	30	67	28	70	46	90
	EEV Verkehr	371	384	325	373	295	247	151

2.3.4 Energetischer Endverbrauch – Landwirtschaft

In der Landwirtschaft bleibt der EEV in allen drei Szenarien relativ konstant. Die größte Veränderung geschieht im Szenario Transition, wo sich der Stromverbrauch zwischen 2021 und 2040 um 2,9 PJ verringert.

Tabelle 10: Energetischer Endverbrauch der Landwirtschaft (ohne offroad) nach Energieträgern für ausgewählte Jahre in den Szenarien WEM, WAM und Transition (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenario WEM		Szenario WAM		Szenario Transition	
		2021	2030	2040	2030	2040	2030
Öl	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Gas	1,0	0,5	0,6	0,4	0,4	0,4	0,0
Biomasse (inkl. Biome- than)	7,0	6,5	7,5	6,1	6,9	6,5	6,9
Strom	4,8	4,1	4,7	3,9	4,3	3,5	3,5
Wärme	0,9	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5
EEV Landwirtschaft	13,9	11,8	13,5	11,1	12,3	10,9	11,0

2.3.5 Energetischer Endverbrauch – Industrie

Der Endenergieverbrauch der Industrie steigt im **Szenario WEM** bis 2040 auf 348 PJ und bleibt danach auf dem Niveau mit annähernd gleichbleibender Energieträgernachfrage.

Im **Szenario WAM** steigt der Verbrauch bis 2030 um 20 PJ und sinkt bis 2040 um 1 PJ (+6 % gegenüber 2021). Biomasse, Wasserstoff und Strom werden wichtiger. Während Erdgas 2021 in der Industrie noch der wichtigste Energieträger ist, wird 2040 nur noch etwa die Hälfte davon verbraucht.

Im **Szenario Transition** führen vor allem Prozessumstellungen speziell in der Eisen- und Stahlproduktion und Effizienzsteigerungen bei industriellen Prozessen zu einem Rückgang des EEV der Industrie. Im Jahr 2021 beträgt der Wert 310 PJ, 2030 sinkt er um 45 PJ und 2040 um weitere 5 PJ (-16 % gegenüber 2021). Zwischen 2030 und 2040 werden erneuerbarer Strom, Biomasse und Wasserstoff zu den wichtigsten Energieträgern. In diesem Szenario gelingt es in der Industrie bis 2040 auf fossile Energieträger fast vollständig zu verzichten.

Abbildung 9:
Energetischer Endverbrauch der Industrie (ohne offroad) in den Szenarien WEM, WAM und Transition 2020–2050 (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

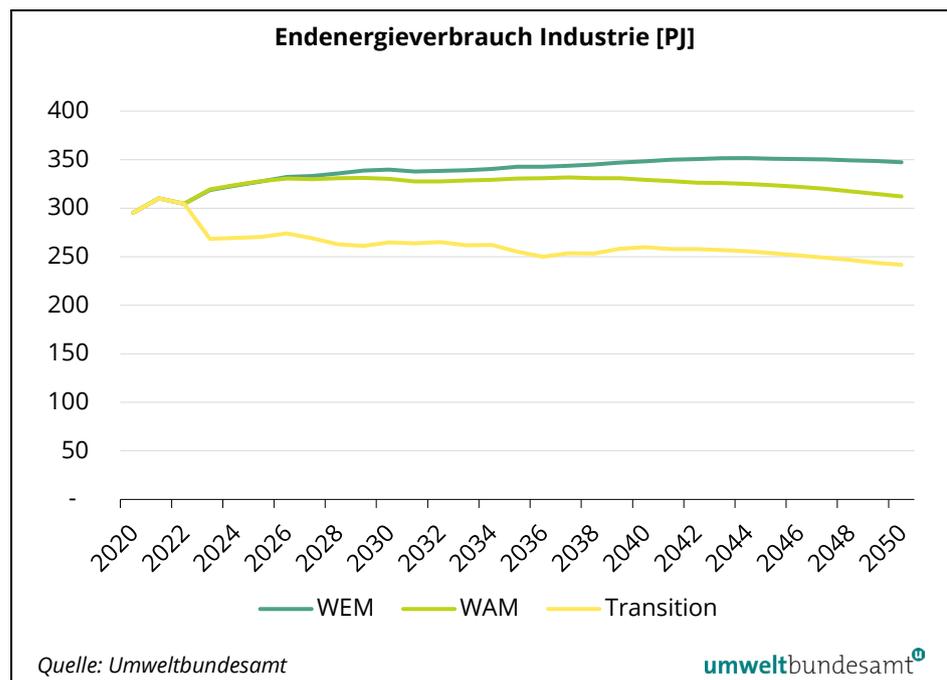


Tabelle 11: Energetischer Endverbrauch der Industrie (ohne offroad) nach Energieträgern in den Szenarien WEM, WAM und Transition (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenario WEM		Szenario WAM		Szenario Transition	
		2021	2030	2040	2030	2040	2030
Kohle	18	16	16	15	12	15	0
Öl	5	6	6	5	4	2	1
Gas	114	118	118	82	60	42	0
Biomasse (inkl. Biomethan)	51	61	62	70	80	63	64
Abfall	11	12	12	12	12	8	3
Wasserstoff; e-Fuels	-	-	-	8	12	11	42
Strom	100	115	120	118	126	113	140
Wärme	11	12	12	20	23	10	10
EEV Industrie	310	340	348	330	329	265	260

2.4 Elektrische Energie

2.4.1 Strombedarf

Vergleich der Szenarien

Der Gesamtstromverbrauch nimmt im **Szenario WEM** vor allem durch den steigenden Bedarf der Elektromobilität im Verkehr zu. Auch in der Industrie und im Gebäudebereich wird vermehrt Strom als Energieträger eingesetzt. Dadurch

steigen auch die Transportverluste. Der Strombedarf steigt zwischen 2021 und 2040 um 100 PJ (Tabelle 12).

Das **Szenario WAM** zeigt einen deutlich höheren Strombedarf als das Szenario WEM. Der Strombedarf liegt 2030 gegenüber 2021 um 21 % (57 PJ) höher und bis 2040 um 52 % (140 PJ) höher. Ein wesentlicher Teil dieser Steigerung wird durch die inländische Produktion von Wasserstoff durch Elektrolyseanlagen verursacht. Die elektrische Energie wird daher als Umwandlungseinsatz bilanziert, Wasserstoff als Umwandlungsausstoß.

Insbesondere bis 2040 entsteht ein zusätzlicher Bedarf an Wasserstoff in Industrie, Verkehr und im nichtenergetischen Verbrauch (z. B. zur Düngemittelproduktion).

Im **Szenario Transition** steigt der Strombedarf noch stärker als im WAM. Bis 2030 liegt eine Zunahme von 68 PJ (25 %) und bis 2040 eine Zunahme von 183 PJ (69 %) gegenüber 2021 vor. Die Dekarbonisierung im Verkehr führt in etwa zu einer Verachtfachung des Strombedarfs in diesem Sektor bis 2040, der Strombedarf in Gebäuden geht aufgrund von Effizienzsteigerungen leicht zurück. Der Strombedarf der Industrie steigt durch Prozessumstellungen um 40 % bis 2040, während der Strombedarf der Landwirtschaft in dem Zeitraum relativ konstant bleibt.

Durch die höhere Wasserstoffnachfrage im Szenario Transition, unter anderem bedingt durch die Umstellung in der Eisen- und Stahlindustrie, erhöht sich der Umwandlungseinsatz von Strom bis ins Jahr 2040 auf 57 PJ und trägt zu knapp einem Drittel zum Anstieg des Gesamtstrombedarfs bei.

Tabelle 12: Strombedarf der Sektoren, Verbrauch des Sektors Energie und Transportverluste in den Szenarien WEM, WAM und Transition (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenario WEM		Szenario WAM		Szenario Transition	
	2021	2030	2040	2030	2040	2030	2040
Verkehr	12	30	67	28	70	46	90
Gebäude	116	126	134	112	122	109	108
Landwirtschaft	5	4	5	4	4	4	4
Industrie	100	115	120	118	126	113	140
Verbrauch des Sektors Energie	24	25	25	29	34	28	34
Transportverluste	11	14	15	14	15	16	19
Umwandlungseinsatz	-	0	0	18	36	18	57
Strombedarf	267	314	367	324	407	335	450
Strombedarf (in TWh)	74	87	102	90	113	93	125

2.4.2 Stromerzeugung

- Rolle Biomasse** Die Stromerzeugung in Österreich beruht bereits heute zum überwiegenden Teil auf erneuerbaren Energieträgern (vgl. Tabelle 13). Bei Biomasse wird berücksichtigt, dass deren Verfügbarkeit für energetische Nutzungen u. a. durch die Ziele im Sektor LULUCF begrenzt ist. Die Erzeugung aus fossilen Energieträgern geht in allen Szenarien stark zurück.
- Vergleich der Szenarien** Im **Szenario WEM** sinkt die Stromerzeugung aus Erdgas aufgrund des Ausbaus gemäß dem EAG (+27 TWh erneuerbare Stromproduktion jährlich). Im Jahr 2030 übersteigt die erneuerbare Stromproduktion die Stromnachfrage und es kommt zu Nettoexporten. Aufgrund weiterhin bestehender fossiler Stromproduktion im Szenario WEM wird jedoch das Ziel 100 % des inländischen Stromverbrauchs bis 2030 durch erneuerbare Quellen im Inland (national bilanziell) abzudecken, nicht erreicht. Zwischen 2030 und 2040 wird die inländische Stromerzeugung noch einmal um 16 PJ erhöht.
- Im **Szenario WAM** werden bis 2030 die Kapazitäten aus PV und Windkraft noch stärker ausgebaut als im Szenario WEM (+8 TWh gegenüber EAG). Im Jahr 2030 wird das Ziel, 100 % des inländischen Stromverbrauchs durch erneuerbare Quellen im Inland (national bilanziell) abzudecken erreicht. Bis 2030 halbiert sich der Einsatz von fossilen Energieträgern zur Stromerzeugung von 51 PJ auf 25 PJ und beträgt 2040 noch 15 PJ. Die inländische Stromerzeugung steigt bis 2040 insgesamt um 68 % gegenüber 2021.
- Im **Szenario Transition** erfolgt der stärkste Erneuerbaren-Ausbau bis 2030 (+12 TWh gegenüber EAG). Verglichen mit 2021 steigt die Stromerzeugung im Szenario Transition bis 2040 um fast 90 %, während sie gleichzeitig dekarbonisiert wird. Im Zeitraum von 2030 bis 2040 wird Österreich zum Stromexporteur.
- Abbildung 10 veranschaulicht den Anstieg der Stromerzeugung durch Wind und PV in den drei Szenarien.

Abbildung 10: Anstieg der Stromerzeugung aus Wind und PV 2010 bis 2050 aller Szenarien.

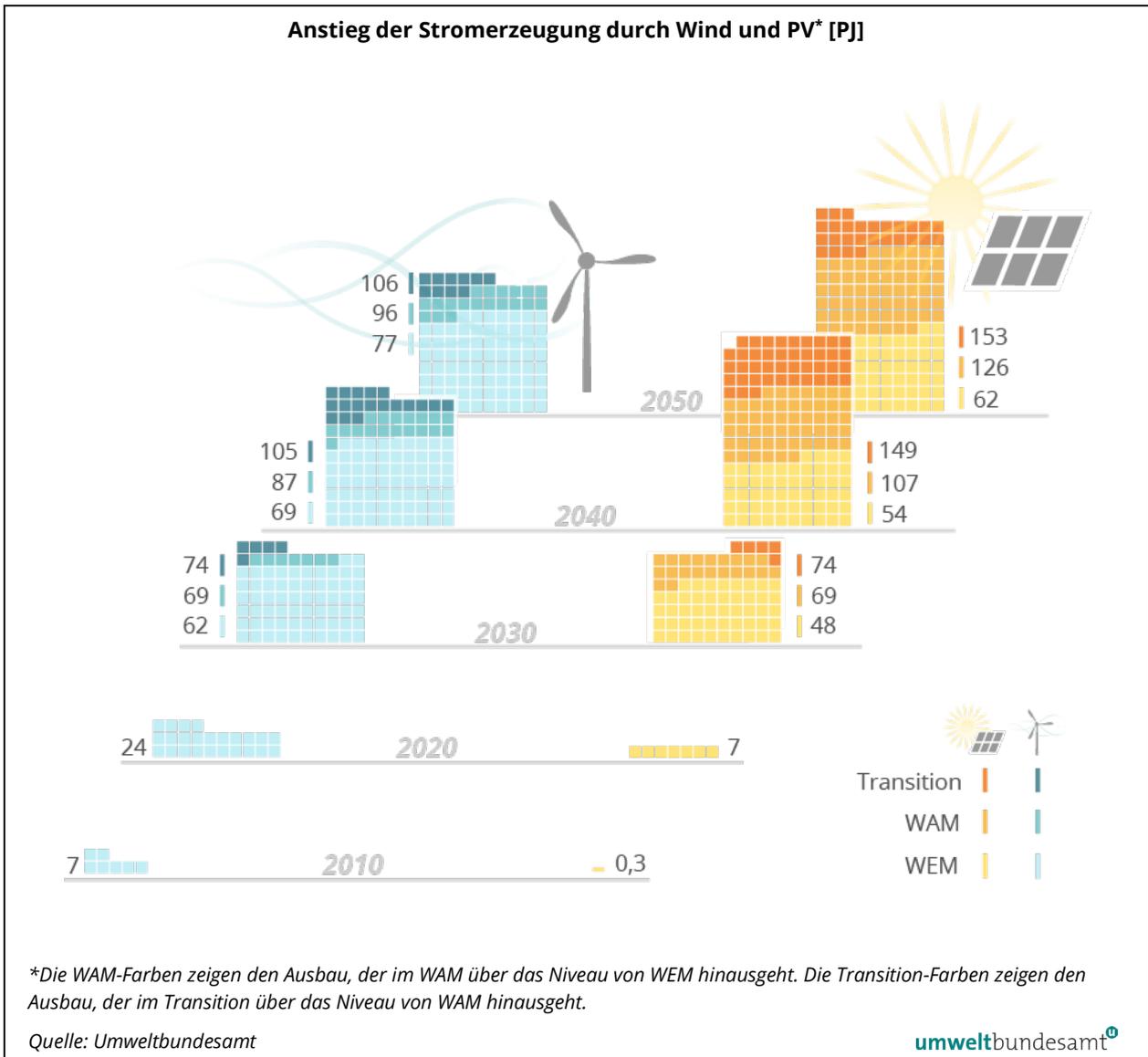


Abbildung 11: Stromerzeugung nach Energieträgern in den Szenarien (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

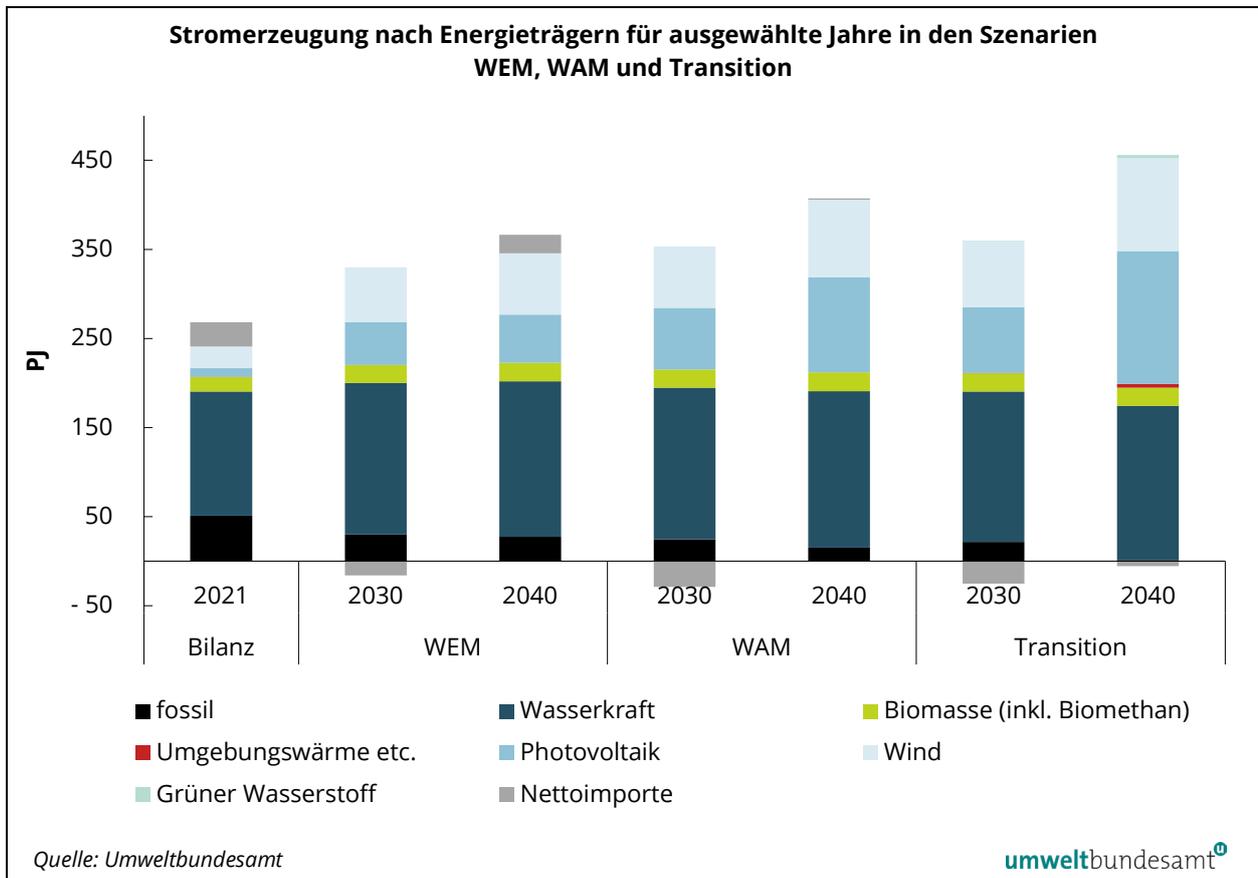


Tabelle 13: Stromerzeugung nach Energieträgern in den Szenarien in PJ (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenario WEM		Szenario WAM		Szenario Transition	
Energieträger	2021	2030	2040	2030	2040	2030	2040
fossil	51	30	27	25	15	22	1
Wasserkraft	140	170	174	170	176	169	173
Biomasse (inkl. Biomethan)	16	20	21	20	21	20	21
Umgebungswärme etc.*	0	-	-	-	-	0	4
Photovoltaik	10	48	54	69	107	74	149
Wind	24	62	69	69	87	74	105
Grüner Wasserstoff	-	-	-	-	-	0	4
Stromerzeugung	241	330	346	353	406	360	456
Nettoimporte	27	-16	21	-29	1	-25	-6

* Umgebungswärme umfasst Geothermie, Umgebungswärme, Solarthermie und Reaktionswärme

Tabelle 14: Stromerzeugung nach Energieträgern in den Szenarien in TWh (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in TWh	Energiebilanz	Szenario WEM		Szenario WAM		Szenario Transition	
		2021	2030	2040	2030	2040	2030
fossil	14	8	8	7	4	6	0
Wasserkraft	39	47	48	47	49	47	48
Biomasse (inkl. Biome- than)	4	6	6	6	6	6	6
Umgebungswärme etc.	0	0	0	0	0	0,1	1
Photovoltaik	3	13	15	19	30	21	41
Wind	7	17	19	19	24	21	29
Grüner Wasserstoff	-	0	0	0	0	0,1	1
Stromerzeugung	67	92	96	98	113	100	127
Nettoimporte	8	-4	6	-8	0	-7	-2

* Umgebungswärme umfasst Geothermie, Umgebungswärme, Solarthermie und Reaktionswärme

2.5 Erneuerbare Gase

2.5.1 Wasserstoff

Szenarienvergleich und Wasserstoffstrategie

In der österreichischen Industrie werden derzeit 4,6 TWh – zum Großteil fossiler – Wasserstoff eingesetzt. Erneuerbarer Wasserstoff kommt im **Szenario WEM** im betrachteten Zeitraum aufgrund der nachteiligen Kostenstruktur nur in Versuchsanlagen zum Einsatz. Das bedeutet: Das Ziel der Erneuerbaren-Energie-Richtlinie (VO (EU) 2023/2413) für industriellen erneuerbaren Wasserstoff wird nicht erreicht.

Im **Szenario WAM** wird bis 2030 gemäß der Wasserstoffstrategie 1 GW_{el} an Elektrolysekapazitäten errichtet. Ab dem Jahr 2035 werden große Mengen an klimaneutralem Wasserstoff durch die Fertigstellung des EU Hydrogen Backbones (EHB, 2022) aus Ländern mit geringen Gestehungskosten importiert. Bis 2030 steigt der Wasserstoffverbrauch durch Umstellungen in der Ammoniakherstellung und durch Substitution von Erdgas mit Wasserstoff in der Industrie auf 16 PJ. Bis zum Jahr 2040 wird Wasserstoff neben der Industrie auch im Güterverkehr in nennenswerten Mengen eingesetzt.

Im **Szenario Transition** ist die gleiche Wasserstoffaufbringung hinterlegt wie im Szenario WAM. Der Bedarf an Wasserstoff steigt durch die Umstellung in der Eisen- und Stahlerzeugung, die Herstellung von Ammoniak und Düngemitteln, den Ersatz von fossilem Gas in der Industrie und den Einsatz im Güterverkehr bis 2030 auf 18 PJ. Im Jahr 2040 beträgt der Wasserstoffbedarf aufgrund der umfassenden Substitution von Erdgas 106 PJ.

2.5.2 Biomethan

Vergleich der Szenarien

Im Jahr 2021 wird Biogas vor allem zur Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt. Die Biogasproduktion im **Szenario WEM** wird kontinuierlich ausgebaut und auf Einspeisung ins Gasnetz umgestellt. Bis zum Jahr 2030 steigt der Verbrauch um 3 PJ und bis 2040 um 12 PJ im Vergleich zu 2021.

Im **Szenario WAM** steigt der Biomethanverbrauch bis 2030 um 10 PJ und bis 2040 um 28 PJ im Vergleich zu 2021. Ab 2025 wird Biogas zunehmend aufbereitet und ins Leitungsnetz eingespeist. Es wird angenommen, dass in Österreich ein Aufbringungspotenzial von ca. 10 TWh aus landwirtschaftlichen Quellen (Wirtschaftsdünger, Zwischenfrüchte, Stroh) und biogenen Abfällen zur Verfügung steht (AEA, 2021, BMK, 2023b).

Im **Szenario Transition** erfolgt bis 2030 ein rascherer Ausbau der Biogaserzeugung als im Szenario WAM. Es wird von dem gleichem Aufbringungspotenzial ausgegangen. Bis 2030 steigt der Biomethanverbrauch um 17 PJ und bis 2040 um 29 PJ gegenüber 2021.

Tabelle 15: Verbrauch erneuerbarer Gase der Szenarien WEM, WAM und Transition für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenario WEM		Szenario WAM		Szenario Transition	
	2021	2030	2040	2030	2040	2030	2040
Wasserstoff	0	0,3	0,3	16	54	18	106
Biomethan	7	10	19	17	35	24	36

2.6 Fernwärme

Fernwärmebedarf im Szenarienvergleich

Die Fernwärmenachfrage steigt im **Szenario WEM** bis 2030 um 4 PJ, sinkt aber bis 2040 um 1 PJ bezogen auf 2021. Der Rückgang findet vor allem im Gebäudereich bei Haushalten und Dienstleistungsgebäuden statt. Mit der fortschreitenden Sanierung der Gebäudehüllen sinkt auch der Heizwärmebedarf.

Im Gegensatz dazu zeigt das **Szenario WAM** einen kontinuierlichen Anstieg des Fernwärmebedarfs bis 2030 um 11 PJ und bis 2040 um 25 PJ gegenüber 2021. Der Ausbau der Fernwärme erklärt sich durch die Umstellung auf CO₂-freie Heizungssysteme, die bis zum Jahr 2040 fast abgeschlossen sein wird. Sanierungen und Neubauten führen auch in diesem Szenario zu einem sinkenden Energiebedarf für Raumwärme.

Im **Szenario Transition** ist bis 2030 der Fernwärmebedarf um 12 PJ höher als 2021 und geht danach bis 2040 wieder um 3 PJ zurück, da der Gesamtwärmebedarf der Gebäude sinkt. Die Fernwärme deckt 2021 rund 16 % des Energetischen Endverbrauchs bei Gebäuden und im Jahr 2040 im Szenario Transition ca. 26 %.

Tabelle 16: Fernwärmenachfrage nach Sektoren in den Szenarien WEM, WAM und Transition (Quellen: e-Think 2023, ITNA 2023, Cesar 2020, Statistik Austria 2021, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenario WEM		Szenario WAM		Szenario Transition	
	2021	2030	2040	2030	2040	2030	2040
Gebäude	68	73	68	77	89	82	78
Landwirtschaft	1	0	0	0	0	0	0
Industrie	10	11	12	12	13	9	10
Transportverluste	14	12	11	13	14	13	12
Gesamt	92	96	91	103	117	104	101
Gesamt (in TWh)	26	27	25	29	33	29	28

Fernwärmeerzeugung

Im Bereich der Fernwärmeerzeugung dominiert in allen drei Szenarien die Biomasse als Hauptenergieträger (>50 %) (siehe Tabelle 17).

Neben der Biomasse bleibt im **Szenario WEM** Erdgas ein wichtiger Energieträger über den gesamten betrachteten Zeitraum. Die Fernwärmeerzeugung bleibt insgesamt auf ähnlichem Niveau. Bis 2030 steigt sie um 4 PJ und sinkt danach bis 2040 wieder um 5 PJ.

Im **Szenario WAM** wird die Geothermie stärker genutzt als im Szenario WEM. Erdgas bleibt ebenso wichtig wie im Jahr 2021. Es wird etwas mehr Wärme aus der Abfallverbrennung gewonnen als im Szenario WEM und zusätzlich gibt es auch Abwärme (1 PJ) aus Elektrolyseanlagen, die in Fernwärmenetze eingespeist wird. Bis 2030 werden um 11 PJ und bis 2040 um 25 PJ mehr erzeugt als 2021. Damit steigt in dem Zeitraum die Fernwärmeerzeugung um fast 30 %.

Im **Szenario Transition** zeigt sich 2030 eine etwas höhere Fernwärmeerzeugung als im Szenario WAM (+1 PJ). Danach geht die Erzeugung aufgrund des geringeren Bedarfs bis 2040 um 3 PJ zurück und liegt somit um -16 PJ unter dem Vergleichswert für das Szenario WAM. 2040 trägt Geothermie mit mehr als einem Drittel zur Erzeugung bei.

Tabelle 17: Fernwärmeerzeugung nach Energieträgern in den Szenarien WEM, WAM und Transition (Quellen: Statistik Austria 2021, Umweltbundesamt, FGW¹¹).

in PJ	Energiebilanz	Szenario WEM		Szenario WAM		Szenario Transition	
		2021	2030	2040	2030	2040	2030
Kohle	1	2	2	2	3	2	0
Öl	3	3	2	3	2	3	0
Gas	33	27	21	25	22	14	0
Abfall	6	6	6	7	8	7	2
Biomasse (inkl. Biomethan)	47	57	59	59	68	57	57
Umgebungswärme etc.*	1	1	1	6	13	21	36
Wasserstoff	-	-	-	-	1	0	5
Gesamt	92	96	91	103	117	104	101
Gesamt (in TWh)	26	27	25	29	33	29	28

* Mehr als 95 % stammen aus Geothermie

2.7 Eisen- und Stahlindustrie

Auf die Eisen- und Stahlindustrie entfällt rund die Hälfte der THG-Emission des Sektors Industrie. Für diese Branche sind wesentliche Dekarbonisierungsoptionen bekannt.

EISSEE-Modell Anhand eines vom Umweltbundesamt entwickelten kostenbasierten Technologiemodells (EISSEE) wurden für die Szenarien WEM, WAM und Transition Energiebedarf und Treibhausgasemissionen des Subsektors Eisen- und Stahlherstellung berechnet. Zur Funktionsweise und zu den Annahmen dieses Modells wird auf Anhang 1 verwiesen.

Vergleich der Szenarien Im **Szenario WEM** wird bis 2050 eine gleichbleibende Stahlproduktion vorausgesetzt. Im Jahr 2021 betrug diese 7,9 Mio. Tonnen Rohstahl. Derzeit wird in Österreich Stahl über den Hochofenprozess und zu einem geringeren Anteil in Elektrolichtbogenöfen produziert. Diese Produktionsstruktur verändert sich im Szenario WEM bis 2040 nicht.

Im **Szenario WAM** verhalten sich die Rohstahlproduktionszahlen insgesamt äquivalent zum Szenario WEM, jedoch werden kurz vor 2030 zwei Hochöfen durch Elektrolichtbogenöfen ersetzt, womit der Anteil des Schrotteinsatzes von derzeit knapp 30 % auf fast 50 % steigt. Bis zum Jahr 2050 werden die verbliebenen Hochöfen sukzessive auf ein Reduktionsverfahren auf Basis Wasserstoff umgestellt. Strom und Wasserstoff werden bis 2050 zu den wichtigsten Energieträgern.

¹¹ Fachverband Gas Wärme

Ausgelöst wird die Umstellung der Produktionsstruktur in erster Linie durch den CO₂-Preis. Es wird dabei davon ausgegangen, dass die Stahlproduktion – wie auch andere relevante Subsektoren – effektiv vor dem Risiko der Verlagerung von CO₂-Emissionen (Carbon Leakage) geschützt ist.

Im **Szenario Transition** geht die Produktion von 7,9 Mio. Tonnen Rohstahl im Jahr 2021 aufgrund verbesserten Recyclings und langlebiger Produkte bis zum Jahr 2040 auf 7,0 Mio. Tonnen zurück. Auch hier werden bis zum Jahr 2030 Hochöfen teilweise durch Elektrolichtbogenöfen ersetzt, womit der Schrotteinsatz entsprechend dem WAM-Szenario ansteigt. Bis 2040 werden die verbleibenden Hochöfen durch das Reduktionsverfahren auf Basis Wasserstoff ersetzt. Damit wird etwa eine Hälfte des Stahls mit dem Reduktionsverfahren auf Basis Wasserstoff produziert, die andere Hälfte erfolgt auf Basis Schrotteinsatz mit dem Elektrolichtbogenverfahren. Insbesondere aufgrund der im Szenario Transition hinterlegten Energiepreise und des CO₂-Preises ist diese Umstellung nach 2035 gegenüber dem bestehenden Hochofenprozess wirtschaftlich darstellbar.

Table 18: Energiebedarf der Eisen- und Stahlindustrie in den Szenarien WEM, WAM und Transition (Quelle: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in TJ	Energiebilanz	Szenario WEM		Szenario WAM		Szenario Transition	
		2021	2030	2040	2030	2040	2030
Energetischer Endverbrauch	37.458	37.955	37.726	36.165	33.711	34.136	25.276
Kohle (inkl. Restgase)	11.922	10.650	10.662	9.719	7.796	8.943	0
Gas	15.495	17.506	17.239	16.515	14.408	13.396	0
Strom	9.594	9.432	9.461	9.513	9.937	10.048	14.511
Wasserstoff	-	-	-	-	1.089	1.330	10.302
Sonstige	447	367	364	417	480	419	463
Verbrauch Sektor Energie	71.424	73.029	72.752	58.016	57.025	54.722	47.850
Kohle (inkl. Restgase)	63.165	65.156	64.843	47.157	26.610	43.748	0
Gas	1.771	1.518	1.516	721	665	917	499
Strom	4.632	4.761	4780	9.031	12.165	8.257	13.973
Wasserstoff**	-	122	122	122	17.069	122	33.378
Sonstige	1.857	1.471	1.491	983	517	1.678	0
Umwandlungseinsatz	107.136	104.778	104.634	84.832	52.621	81.188	4.358
Umwandlungsausstoß	-92.561	-92.051	-92.242	-76.012	-48.523	-74.097	-3.922
Transportverluste	595	660	657	466	258	476	0

Daten auf ganze Zahlen gerundet.

Die Wasserstoffherstellung wird hier nicht berücksichtigt.

2.8 Ökonomische Entwicklungen

modellgestützte Evaluierung

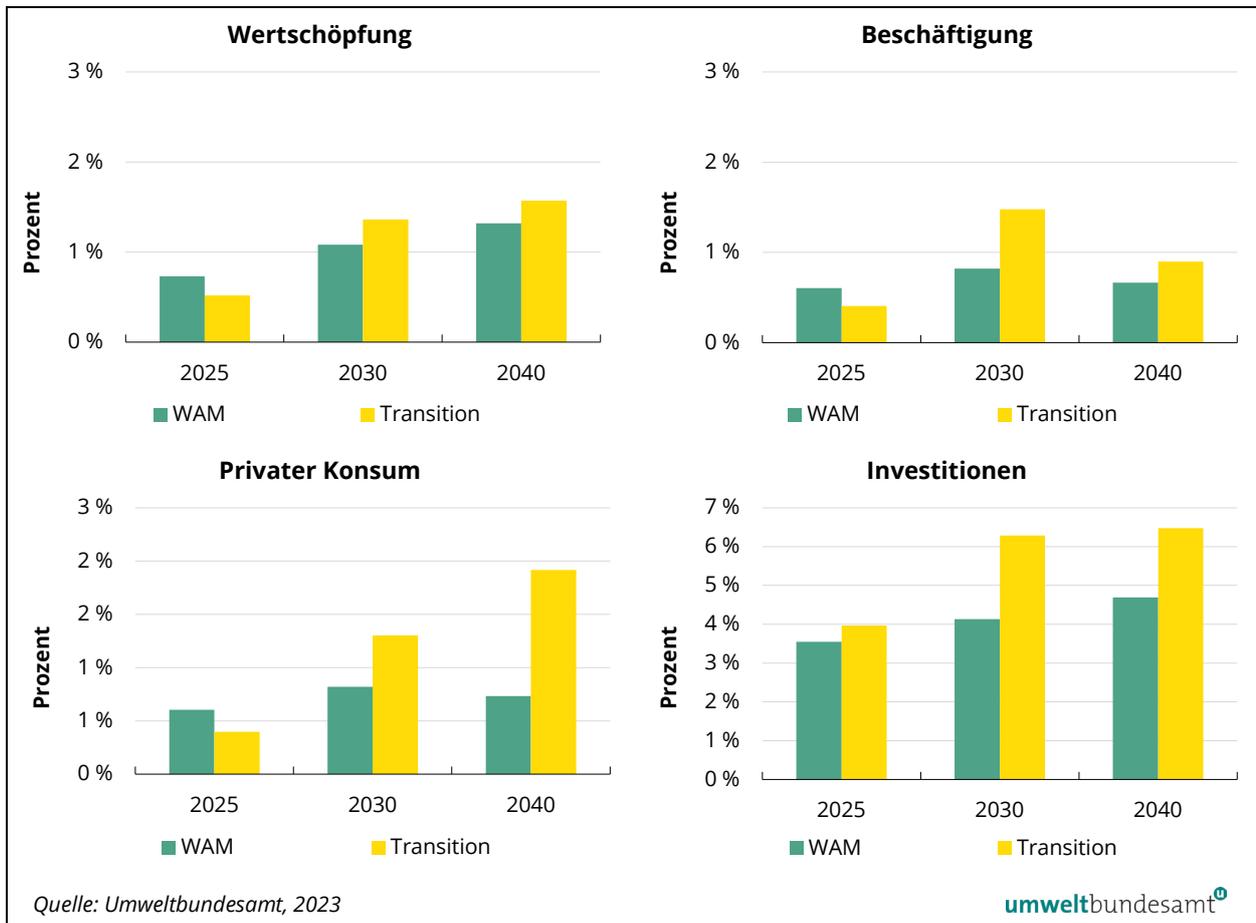
Um die ökonomischen Folgen der geplanten Politiken und Maßnahmen der drei Szenarien auf Beschäftigung, Wertschöpfung, privaten Konsum sowie Einkommensverteilung abzuschätzen, wurde das MIO-ES-Modell des Umweltbundesamts herangezogen (Umweltbundesamt, 2023e). Im Folgenden werden die Ergebnisse des Szenario WAM mit dem Szenario Transition verglichen. Als Referenzszenario bzw. Basisszenario dient für beide Fälle das Szenario WEM. Hinter den Szenarien liegen jeweils Annahmen zu Energie- und CO₂-Preisen, Investitionen sowie die sektoralen Maßnahmen.

Beschäftigung und Wertschöpfung

In allen drei Szenarien (WEM, WAM, Transition) steigen Beschäftigung und Wertschöpfung zwischen 2023 und 2050 an. Allerdings induzieren die Investitionen für die in den Szenarien WAM und Transition hinterlegten klimarelevanten Maßnahmen ein höheres Wachstum als im Szenario WEM (Abbildung 12). Im Durchschnitt werden im Szenario WAM im Zeitraum 2023 bis 2040 gegenüber dem Szenario WEM pro Jahr zusätzlich ca. 37.000 Beschäftigungsverhältnisse in Vollzeitäquivalenten geschaffen; im Szenario Transition sind es ca. 50.000. Die Beschäftigung ist im Durchschnitt der Jahre 2023–2040 um 0,85 % (Szenario WAM) bzw. 1,15 % (Szenario Transition) höher als im Szenario WEM. Die Arbeitslosenrate liegt im Szenario WEM in dieser Periode bei durchschnittlich 4,9 %, während sie im Szenario WAM mit 4,3 % und im Szenario Transition mit 4,2 % leicht darunter liegt. Auch die Wertschöpfung liegt im Betrachtungszeitraum in den Szenarien WAM und Transition über dem Wert im Szenario WEM.

Treiber von Wertschöpfung und Beschäftigung in den Szenarien WAM und Transition sind die den sektoralen Maßnahmen hinterlegten Investitionen in den Bereichen Energieversorgung, Verkehr, Gebäude und Industrie. Im Durchschnitt ist das Investitionsniveau im Szenario WAM um 4,8 % und im Szenario Transition um 6,4 % höher als im Referenzszenario WEM. Infolge der durch die Investitionen angeregten zusätzlichen Produktion und Beschäftigung steigt auch der private Konsum.

Abbildung 12: Veränderungen makroökonomischer Größen in den Szenarien WAM und Transition gegenüber dem Referenzszenario WEM.



Werden die Effekte auf Branchenebene betrachtet, so zeigt sich, dass die zusätzlichen Investitionen in den Szenarien WAM und Transition positive Wertschöpfungs- und Beschäftigungswirkungen u. a. in der Bauwirtschaft und den der Bauwirtschaft vorgelagerten Wirtschaftsbranchen auslösen. Diese Branchen werden aufgrund des geplanten Ausbaus der Infrastruktur im öffentlichen Verkehr, im Radverkehr, im Gebäudebereich (Sanierung und Heizkesseltausch) sowie in der erneuerbaren Stromerzeugung, der Stromspeicherung und -leitung stimuliert. Die Bauwirtschaft ist überdies eine vergleichsweise beschäftigungsintensive Branche, d. h. pro Produktionseinheit werden im Vergleich zu anderen Branchen mehr Arbeitskräfte benötigt und somit mehr heimische Arbeitsplätze gesichert.

Allerdings findet ein Teil der durch die Maßnahmen ausgelösten Wirtschaftsaktivitäten nicht in Österreich statt.

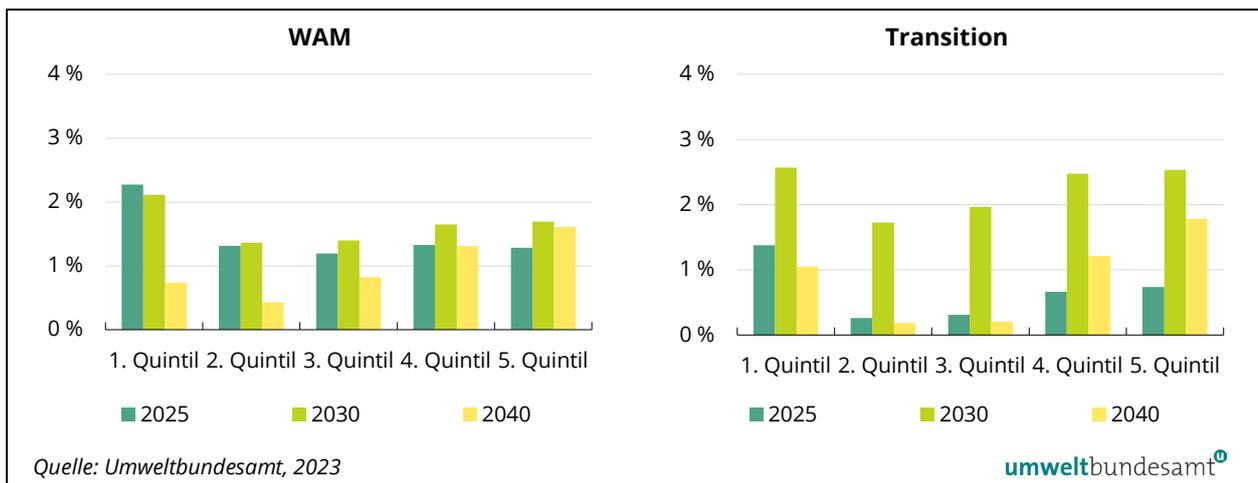
Verteilungswirkungen

Hinsichtlich der Verteilungswirkungen zeigt die Folgenabschätzung ein positives Bild: Das verfügbare Haushaltseinkommen aller Einkommensgruppen liegt aufgrund der in den Szenarien WAM und Transition hinterlegten Maßnahmen bis weit in die 2030er Jahre über dem Niveau des Szenario WEM (siehe Abbildung 13).

Das verfügbare Einkommen der unteren Einkommensquintile steigt in Relation stärker als jenes der oberen Einkommen. Hier macht sich der Beschäftigungszuwachs bemerkbar, von dem untere Einkommen tendenziell stärker profitieren als obere. Zusätzlich wirken Rückvergütungsmaßnahmen, wie der Klimabonus (der die unteren Einkommen leicht bevorzugt) und einkommensabhängige Förderungen, wie zum Beispiel „Sauber Heizen für Alle“ zur Bekämpfung Energiearmut, dämpfend, da sie die Energiekosten von Haushalten mit niedrigen Einkommen verringern.

Ab Mitte der 2030er Jahre üben die im Szenario Transition um ca. 10 % höheren Strompreise (im Vergleich zu den Szenarien WEM und WAM) Druck auf die unteren Einkommensdezile aus, die im vorliegenden Szenario Transition durch entsprechende Förderungen im Sinne einer *Just Transition* kompensiert werden. Damit werden negative Begleiterscheinungen der Transformation für die unteren Einkommensdezile kompensiert.

Abbildung 13: Veränderungen des verfügbaren Einkommens nach Quintilen in den Szenarien WAM und Transition gegenüber dem Szenario WEM.



3 WEM

Im Zuge der Verpflichtungen Österreichs entsprechend der Governance-Verordnung (VO (EU) 2018/1999) wurde das Szenario WEM im März 2023 an die EU-Kommission berichtet. Für das Szenario WEM ergibt sich ein durchschnittliches jährliches BIP-Wachstum von 1,29 %.

Im Szenario WEM sind bestehende rechtliche Regelungen abgebildet. Diese sind:

*Tabelle 19:
Maßnahmen des
Szenario WEM.*

Sektor	Maßnahme
Cross-Cutting	<ul style="list-style-type: none"> • EU-Emissionshandel für Industrie und Energieanlagen (ETS-Bereich) • Klima und Energiefonds (KLIEN) • Umweltförderung Inland (UFI)
Energie	<ul style="list-style-type: none"> • Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz (BGBl. I Nr. 150/2021) • Energieeffizienzgesetz (BGBl. I Nr. 72/2014) zuletzt geändert durch (BGBl. I Nr. 59/2023) • Ausbau von Energienetzen
Industrie	<ul style="list-style-type: none"> • EU-Emissionshandel für Industrie und Energieanlagen (ETS-Bereich) • Energieeffizienz
Verkehr	<ul style="list-style-type: none"> • Forcierung Elektromobilität und Steigerung der Effizienz von Kfz (CO₂-Flottenziele Pkw und LNF EU) • Einsatz von Biokraftstoffen im Verkehr (BGBl. II Nr. 452/2022) • Förderung aktive Mobilität und Mobilitätsmanagement
Gebäude	<ul style="list-style-type: none"> • OIB-Richtlinie 6 (OiB, 2019) • Ölkesselbauverbotsgesetz (BGBl. I Nr. 6/2020). • Klimaneutrale Neubauten (freiwillige Vereinbarung) • Thermische Sanierung des Gebäudebestands – Wohnbauförderung (BGBl. II Nr. 19/2006, BGBl. II Nr. 213/2017) zuletzt geändert durch (BGBl. II Nr. 213/2017). • Ersatz fossiler Brennstoffe im Gebäudebestand • Energieeffizienzmaßnahmen in Gebäuden
Landwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> • Nationale Implementierung der EU-Agrarpolitik <ul style="list-style-type: none"> • Maßnahmen reguliert im Rechtsrahmen 2022 für die Landwirtschaft (BGBl. II Nr. 495/2022). • Agrarpolitik gemäß GAP-Strategieplan

3.1 THG-Emissionen

Emissionen 2021

Im Jahr 2021 betrug die Treibhausgasemissionen in Österreich 77,5 Mio. Tonnen CO₂-äq. Davon entfielen 34,5 Mio. Tonnen CO₂-äq auf die Sektoren Energie und Industrie, 21,6 Mio. Tonnen CO₂-äq auf den Sektor Verkehr, 9,1 Mio. Tonnen CO₂-äq auf Gebäude, 8,2 Mio. Tonnen CO₂-äq auf die Landwirtschaft, 2,3 Mio. Tonnen CO₂-äq auf die Abfallwirtschaft und 1,9 Mio. Tonnen CO₂-äq auf fluoridierte Gase. Der Großteil der Emissionen in Höhe von 48,8 Mio. Tonnen CO₂-äq unterliegt nicht dem Emissionshandel.

Im **Szenario WEM** sinken die Treibhausgasemissionen bis 2030 auf 67,8 Mio. Tonnen CO₂-äq, bis 2040 auf 59,0 Mio. Tonnen CO₂-äq und bis 2050 auf 55,1 Mio. Tonnen CO₂-äq. Der Wert des Jahres 2050 entspricht einer Reduktion von -30% bezogen auf das Niveau von 1990 und -40% bezogen auf 2005.

Abbildung 14:
Entwicklung der THG-Emissionen im Szenario WEM nach Sektoren 1990 bis 2050.

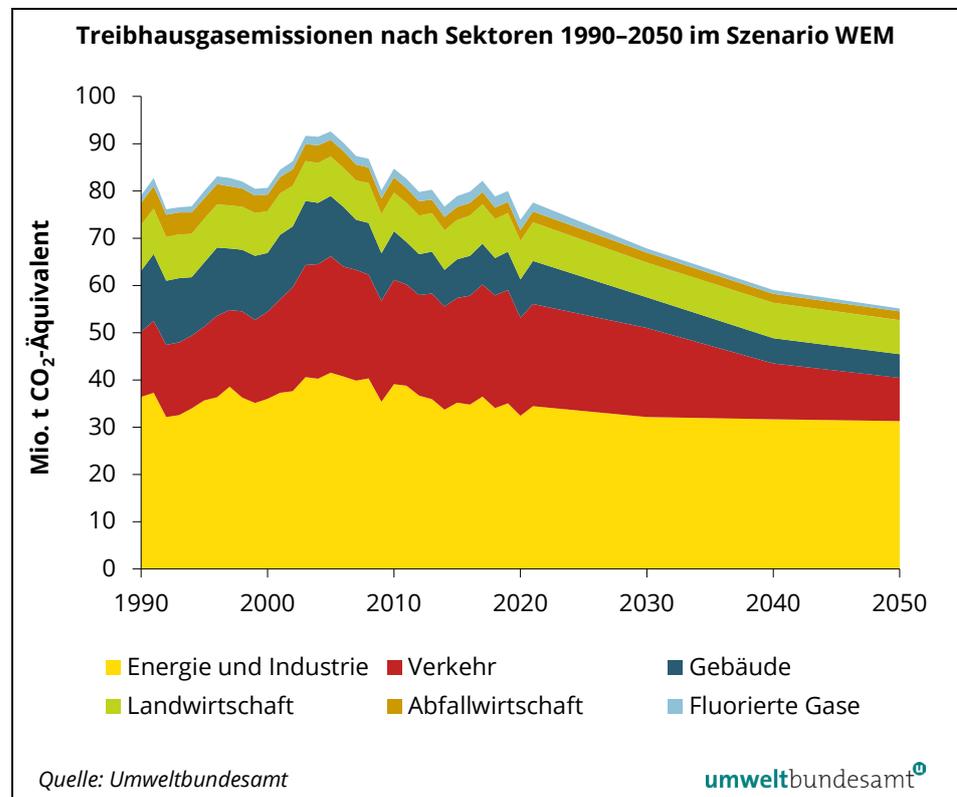


Tabelle 20: Treibhausgasemissionen nach Sektoreinteilung des Klimaschutzgesetzes für das Szenario WEM für ausgewählte Jahre (Quelle: Umweltbundesamt).

in Mio. Tonnen CO ₂ -äq	THG-Inventur*			Szenario WEM		
	1990	2005	2021	2030	2040	2050
Energie und Industrie gesamt	36,4	41,6	34,5	32,1	31,7	31,3
... Energie und Industrie außerhalb Emissionshandel	-	5,8	5,8	6,0	6,2	6,2
... Energie und Industrie im Emissionshandel*	-	35,7	28,7	26,1	25,5	25,1
Verkehr**	13,8	24,6	21,6	18,9	11,8	9,1
Gebäude	12,9	12,7	9,1	6,5	5,4	5,0
Landwirtschaft	9,8	8,3	8,2	7,4	7,5	7,2
Abfallwirtschaft	4,7	3,6	2,3	2,0	1,9	1,8
F-Gase	1,6	1,8	1,9	0,9	0,8	0,7
THG nach KSG (ohne EH)***	-	56,8	48,8	41,7	33,5	30,0
Gesamte Treibhausgase	79,0	92,6	77,5	67,8	59,0	55,1

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können sich Rundungsdifferenzen ergeben.

* Daten für 2005 bis 2012 wurden entsprechend der ab 2013 gültigen Abgrenzung des EU-ETS angepasst. Die aktuellen Emissionsdaten weichen von bisher publizierten Zeitreihen ab.

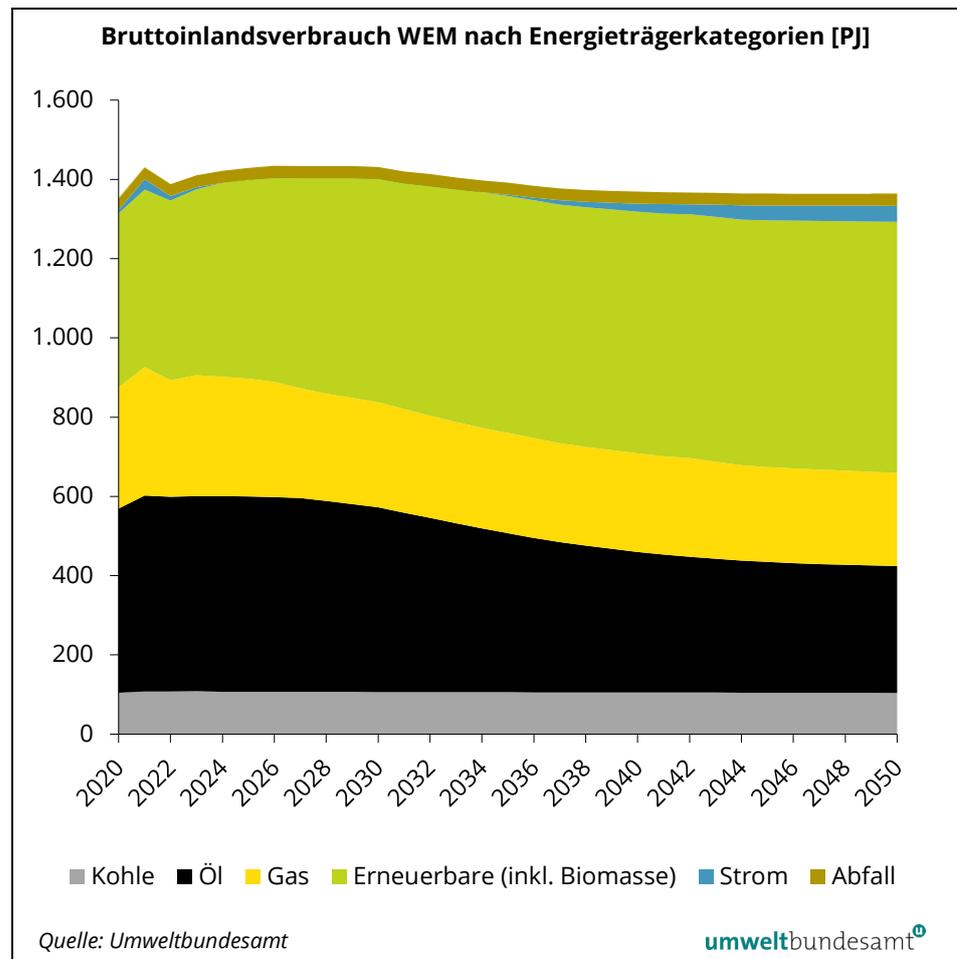
** Verkehr inkl. nationalem Flugverkehr (nat. Flugverkehr 2020: rund 23 kt CO₂)

*** Sektoreinteilung nach Klimaschutzgesetz (KSG) – ohne Emissionshandel und ohne CO₂-Emissionen aus nationalem Flugverkehr.

3.2 Bruttoinlandsverbrauch (BIV)

Im Jahr 2021 liegt der BIV¹² bei 1.429 PJ. Er bleibt bis 2030 stabil und nimmt danach leicht ab. Fossile Energieträger decken 2021 67 %, 2030 61 %, 2040 54 % und 2050 51 % des BIV. Der Rückgang der fossilen Energieträger geht vor allem auf Maßnahmen im Verkehr und Gebäudebereich zurück.

Abbildung 15:
Bruttoinlandsverbrauch
des Szenario WEM nach
Energieträgerkategorien
2020–2050.



¹² Der Bruttoinlandsverbrauch ist der gesamte Energiebedarf eines Landes. Er umfasst den Verbrauch des Sektors Energie, Netz- und Umwandlungsverluste und den energetischen Endverbrauch EUROSTAT (2023b).

Tabelle 21:
Bruttoinlandsverbrauch
WEM nach Energiebilanzaggregaten für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenario WEM		
		2021	2030	2040
Umwandlungseinsatz	863	968	945	966
Umwandlungsausstoß	-781	-894	-870	-885
Nichtenergetischer Verbrauch	90	86	80	81
Transportverluste	26	27	27	27
Verbrauch des Sektors Energie	108	110	108	108
Energetischer Endverbrauch	1.123	1.134	1.079	1.065
BIV	1.429	1.431	1.369	1.363

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

Tabelle 22:
Bruttoinlandsverbrauch
WEM nach Energieträgern für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenario WEM		
		2021	2030	2040
Kohle	108	106	105	104
Öl	494	466	355	320
Gas	324	265	249	235
Erneuerbare (inkl. Biomasse)	448	580	609	633
Abfall	28	30	30	30
Strom	27	-17	21	40
BIV	1.429	1.431	1.369	1.363

3.3 Energetischer Endverbrauch (EEV)

EEV nach Sektoren

Im Jahr 2021 liegt der EEV bei 1.123 PJ. Davon entfallen 33 % auf den Verkehr, 28 % auf die Industrie und 38 % auf Gebäude. Der EEV steigt bis 2030 um 12 PJ, danach fällt er bis 2040 um 55 PJ und bis 2050 um weitere 14 PJ. Der Sektor Verkehr weist den stärksten Rückgang auf.

Abbildung 16:
Energetischer Endverbrauch WEM nach Sektoren für ausgewählte Jahre. Das Jahr 2020 basiert auf den Energiebilanzen 1970–2020.

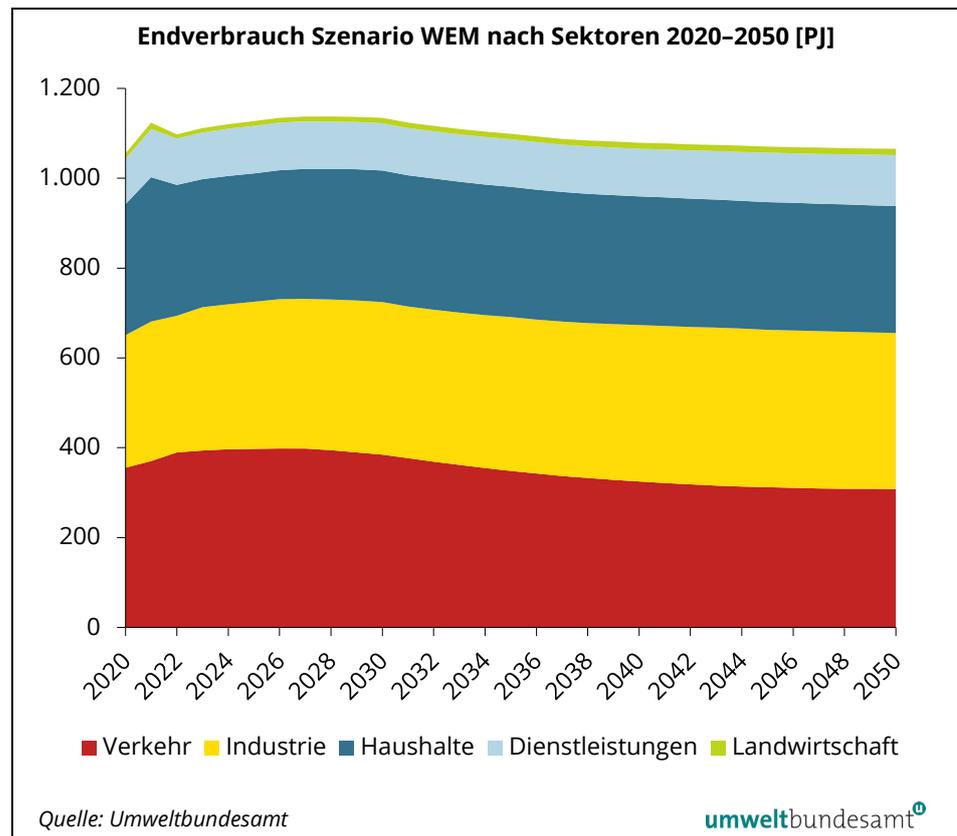


Tabelle 23:
Energetischer Endverbrauch WEM nach Sektoren (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz*	Szenario WEM		
	2021	2030	2040	2050
Verkehr	371	384	325	308
Industrie	310	340	348	347
Haushalte	321	293	286	283
Dienstleistungen	107	105	106	113
Landwirtschaft	14	12	13	14
EEV gesamt	1.123	1.134	1.079	1.065

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

* Energiebilanz mit Offroad-Verschiebung in den Verkehrssektor.

EEV nach Energieträgern

Bei den Energieträgern ist der Rückgang von Erdöl am stärksten, gefolgt vom Rückgang an Erdgas, während der Stromeinsatz am stärksten zunimmt. Dadurch kommt es zu einer Verschiebung von fossilen zu erneuerbaren Energieträgern.

Abbildung 17:
Energetischer Endverbrauch nach Energieträgern für ausgewählte Jahre im Szenario WEM (Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

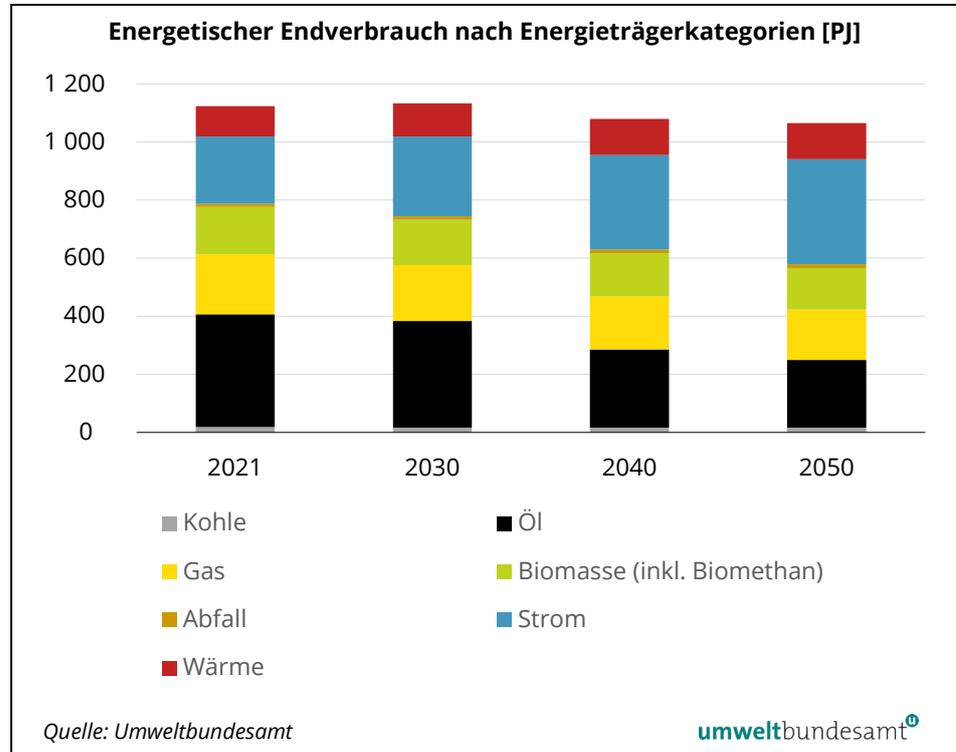


Tabelle 24:
Energetischer Endverbrauch WEM nach Energieträgern (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenario WEM		
	2021	2030	2040	2050
Kohle	18	17	16	16
Öl	389	367	269	233
Gas	207	192	183	174
Biomasse (inkl. Biomethan)	163	157	148	143
Abfall	11	12	12	13
Strom	232	274	326	362
Wärme	104	115	124	124
EEV gesamt	1.123	1.134	1.079	1.065

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

3.3.1 Energetischer Endverbrauch - Gebäude

Im **Szenario WEM** sinkt der Endverbrauch in Gebäuden zwischen 2021 und 2030 um 31 PJ, danach bis 2040 um weitere 5 PJ (siehe Abbildung 18 und Tabelle 25). Im Jahr 2021 decken Öl und Gas gemeinsam 32 % des Endverbrauchs im Sektor Gebäude, bis 2050 sinkt dieser Wert kontinuierlich auf 19 %. Während in Haushalten der EEV durch effizientere Heizsysteme, wärmeeffizientere Neubauten und Sanierungen zurückgeht (siehe Tabelle 26), steigt der EEV in Dienstleistungsgebäuden über den betrachteten Zeitraum leicht an (siehe Tabelle 27).

Abbildung 18:
Energetischer Endverbrauch WEM für den Sektor Gebäude für ausgewählte Jahre.

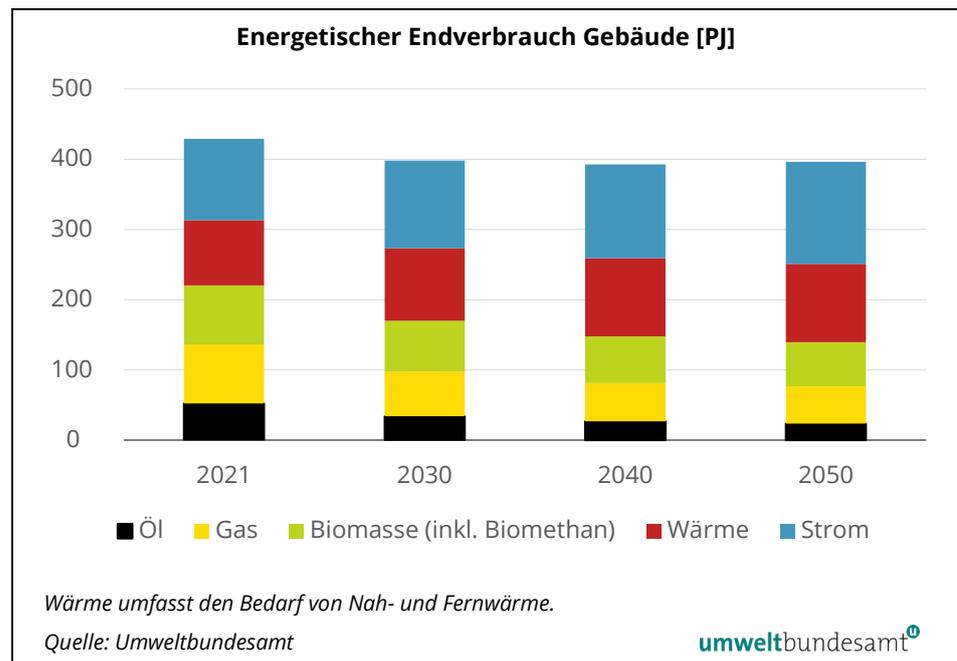


Tabelle 25:
Energetischer Endverbrauch WEM von Gebäuden für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenario WEM		
		2021	2030	2040
Kohle	1	0	0	0
Öl	52	34	26	24
Gas	84	63	55	53
Biomasse (inkl. Biomethan)	84	72	67	63
Strom	116	125	134	145
Wärme*	93	103	111	111
EEV Gebäude	429	398	393	396

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

* Wärme umfasst den Bedarf von Nah- und Fernwärme.

Tabelle 26:
Energetischer Endverbrauch der Haushalte für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenario WEM		
		2021	2030	2040
Kohle	1	0	0	0
Öl	43	27	21	18
Gas	68	51	44	43
Biomasse (inkl. Biometan)	80	67	60	56
Strom	73	77	82	85
Wärme	56	70	79	81
EEV Haushalte	321	293	286	283

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

Tabelle 27:
Energetischer Endverbrauch WEM von Dienstleistungen für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz*	Szenario WEM		
		2021	2030	2040
Öl	8	6	6	6
Gas	16	13	11	10
Biomasse (inkl. Biometan)	4	6	6	7
Strom	43	48	52	60
Wärme	36	33	32	30
EEV Dienstleistungen	107	105	106	113

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

3.3.2 Energetischer Endverbrauch – Verkehr

Im Szenario WEM steigt der EEV des Verkehrs zwischen 2021 und 2030 um 13 PJ, danach fällt er aufgrund der Umstellung auf elektrische Antriebe trotz stetig steigender Fahrleistung. Die Abnahme bis 2040 beträgt 59 PJ und bis 2050 weitere 17 PJ.

Der Einsatz fossiler Energieträger nimmt kontinuierlich ab. Trotz einer überproportional starken Abnahme bleibt Erdöl bis 2050 der dominante Energieträger.

Abbildung 19:
Energetischer Endverbrauch WEM des Sektors Verkehr nach Energieträgerkategorien für ausgewählte Jahre.

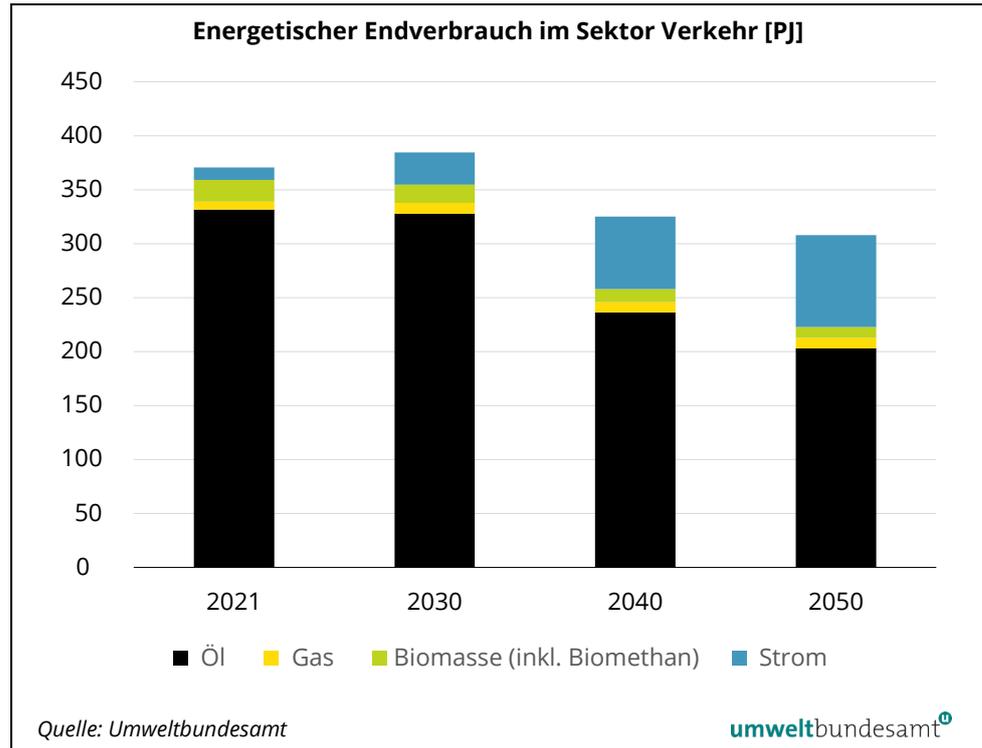


Tabelle 28:
Energetischer Endverbrauch WEM im Verkehr für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz*	Szenario WEM			
	2021	2030	2040	2050	
Öl	331	328	236	203	
Gas**	8	10	10	10	
Biomasse (inkl. Biomethan**)	20	17	12	10	
Strom	12	30	67	85	
EEV Verkehr	371	384	325	308	

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

* Energiebilanz mit Offroad-Verschiebung in den Verkehrssektor

** Verdichterstationen werden im Verkehrssektor bilanziert

3.3.3 Energetischer Endverbrauch – Landwirtschaft

Der EEV der Landwirtschaft verändert sich nur wenig. Die mobilen Geräte der Landwirtschaft (offroad) und deren Verbrauch werden in den Szenarien im Sektor Verkehr inkludiert.

Tabelle 29:
Energetischer Endverbrauch WEM der Landwirtschaft für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz*	Szenario WEM		
		2021	2030	2040
Kohle	0	0	0	0
Öl	0	0	0	0
Gas	1	1	1	1
Biomasse (inkl. Biomethan)	7	7	7	8
Strom	5	4	5	5
Wärme	1	1	1	1
EEV Landwirtschaft	14	12	13	14

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

* Energiebilanz mit Offroad-Verschiebung in den Verkehrssektor

3.3.4 Energetischer Endverbrauch – Industrie

Der Endverbrauch der Industrie steigt zwischen 2021 und 2030 um 30 PJ und stabilisiert sich dann ab 2040 bei ca. 348 PJ. Im betrachteten Zeitraum bleibt der Verbrauch fossiler Energieträger relativ konstant.

Der Verbrauch von Strom als Energieträger steigt von 2021 bis 2040 um 20 %. Ab 2030 machen erneuerbare Energieträger (Strom und Biomasse) etwas mehr als die Hälfte des Energieverbrauchs aus.

Abbildung 20:
Energetischer Endverbrauch WEM der Industrie nach Energieträgerkategorien für ausgewählte Jahre.

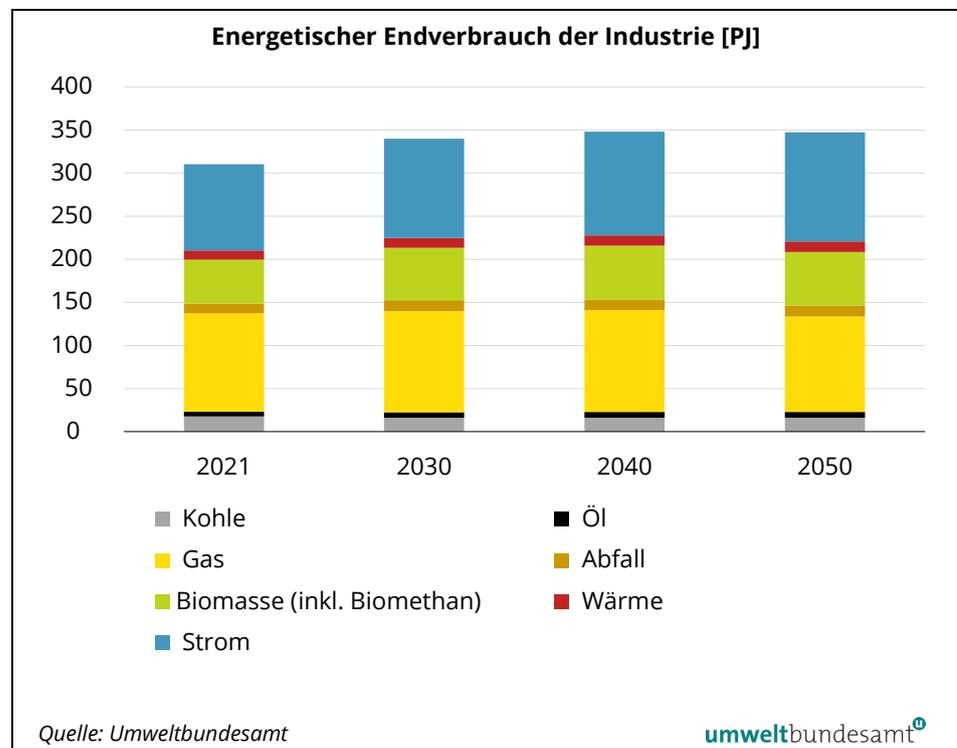


Tabelle 30:
Energetischer Endverbrauch WEM der Industrie für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz*	Szenario WEM		
		2021	2030	2040
Kohle	18	16	16	16
Öl	5	6	6	6
Gas	114	118	118	111
Biomasse (inkl. Biome- than)	51	61	62	62
Abfall	11	12	12	13
Strom	100	115	120	127
Wärme	11	12	12	12
EEV Industrie	310	340	348	347

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

* Energiebilanz mit Offroad-Verschiebung in den Verkehrssektor

In Tabelle 31 sind die Verbrauchszahlen wichtiger Branchen angeführt, die im Jahr 2021 zusammen 78 % des Endverbrauchs des Sektors Industrie repräsentieren.

Tabelle 31:
Energetischer Endverbrauch ausgewählter Industriebranchen für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

	Energiebilanz	Szenario WEM		
		2021	2030	2040
Eisen- und Stahlerzeugung und Nichteisenmetalle	47	46	45	44
Chemische Industrie	55	52	56	59
Steine und Erden, Glas	38	45	47	47
Papier und Druck	74	88	88	84
Holzverarbeitung	29	28	27	28

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

3.4 Elektrische Energie

3.4.1 Strombedarf

steigender Bedarf

Der Gesamtstromverbrauch steigt im **Szenario WEM** vor allem durch die Elektrifizierung des Verkehrs und industrieller Prozesse sowie eine zunehmende Anzahl von Wärmepumpen im Gebäudebereich. Veränderungen des Stromverbrauchs in der Landwirtschaft, im Verbrauch des Sektors Energie und bei den Transportverlusten sind im Szenario WEM relativ gering.

Der jährliche Stromverbrauch steigt im Szenario WEM bis 2030 um 13 TWh und bis 2040 um 28 TWh gegenüber 2021.

*Tabelle 32:
Strombedarf der Sektoren, Verbrauch des Sektors Energie und Transportverluste für ausgewählte Jahre im Szenario WEM (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).*

in PJ	Energiebilanz	Szenario WEM		
	2021	2030	2040	2050
Verkehr	12	30	67	85
Gebäude	116	126	134	145
Landwirtschaft	5	4	5	5
Industrie	100	115	120	127
Verbrauch des Sektors Energie	24	25	25	26
Transportverluste	11	14	15	17
Umwandlungseinsatz	0	0	0	0
Strombedarf	267	314	367	405
Strombedarf (TWh)	74	87	102	113

3.4.2 Stromerzeugung

Ausbauziele Im Szenario WEM werden die Ausbauziele des EAG bis 2030 umgesetzt (+5 TWh Wasserkraft, +1 TWh Biomasse, +11 TWh Photovoltaik, +10 TWh Windkraft bezogen auf 2020).

Biomasse Bei Biomasse wird angenommen, dass deren Verfügbarkeit für energetische Nutzungen u. a. durch die Ziele im Sektor LULUCF begrenzt ist. Die Erzeugung von Strom aus fossilen Energieträgern geht deutlich zurück. Wasserkraft wird ausgebaut.

Der zusätzliche Strombedarf wird vor allem durch den Ausbau von Wind und Photovoltaik gedeckt. Im Jahr 2030 wird das Ziel, 100 % erneuerbaren Strom national bilanziell herzustellen, u. a. durch Stromexporte, welche die verbleibende fossile Stromerzeugung kompensieren, erreicht.

Abbildung 21:
Stromerzeugung nach
Energieträgern für aus-
gewählte Jahre (Quellen:
Statistik Austria, 2021b,
Umweltbundesamt).

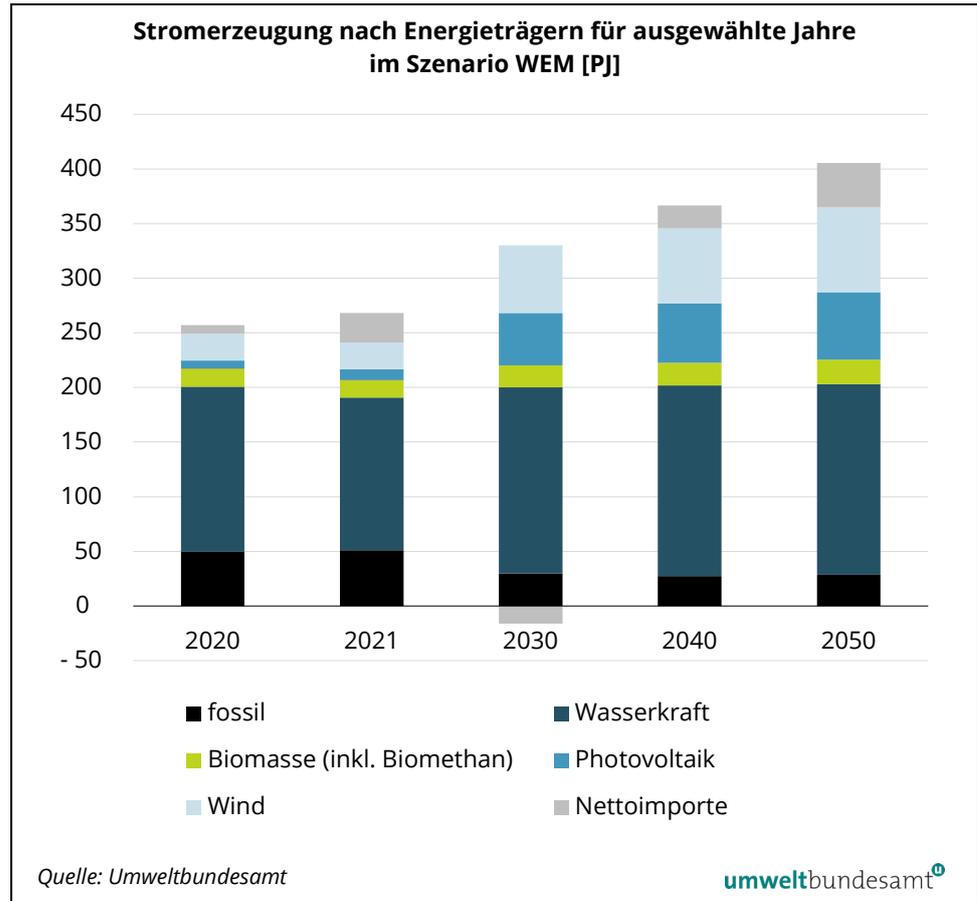


Tabelle 33: Stromerzeugung nach Energieträgern für ausgewählte Jahre im Szenario WEM (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

	Energiebilanz		Szenario WEM					
	2021		2030		2040		2050	
	[PJ]	[TWh]	[PJ]	[TWh]	[PJ]	[TWh]	[PJ]	[TWh]
fossil	51	14	30	8	27	8	29	8
Wasserkraft	140	39	170	47	174	48	174	48
Biomasse (inkl. Bio- methan)	16	4	20	6	21	6	23	6
Photovoltaik	10	3	48	13	54	15	62	17
Wind	24	7	62	17	69	19	77	22
Stromerzeugung gesamt	241	67	330	92	346	96	365	101
Nettoimporte	27	8	-16	-4	21	6	41	11

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

3.5 Erneuerbare Gase

Die Erneuerbaren Gase kommen im WEM in geringen Mengen zum Einsatz, sowohl in Form von eingespeistem Biomethan als auch in Form von Wasserstoff in wenigen Versuchsanlagen. Der Biomethaneinsatz steigt von 7 PJ im Jahr 2021 auf 10 PJ im Jahr 2030 und auf 19 PJ im Jahr 2040. Der erneuerbare Wasserstoffverbrauch liegt 2030 sowie 2040 bei ca. 0,3 PJ.

3.6 Fernwärme

Im **Szenario WEM** nimmt der Fernwärmebedarf im Sektor Gebäude bis 2050 leicht ab und jener in der Industrie leicht zu. Die Fernwärmeerzeugung durch Erdgas und Öl sinkt, während die Erzeugung durch Biomasse steigt.

Tabelle 34:
Fernwärmebedarf nach
Sektoren für aus-
gewählte Jahre im Szenario
WEM (Quellen: Statistik
Austria, 2021b, Umwelt-
bundesamt).

in PJ	Energiebilanz*	Szenario WEM		
		2021	2030	2040
Gebäude	68	73	68	59
Landwirtschaft	1	0	0	0
Industrie	10	11	12	12
Transportverluste	14	12	11	10
Fernwärmebedarf	92	96	91	81
Fernwärmebedarf (TWh)	26	27	25	23

Tabelle 35:
Fernwärmeerzeugung
nach Energieträgern für
ausgewählte Jahre (Quel-
len: Statistik Austria,
2021b, Umweltbundes-
amt).

in PJ	Energiebilanz*	Szenario WEM		
		2021	2030	2040
Kohle	1	2	2	2
Öl	3	3	2	2
Gas	33	27	21	16
Abfall	6	6	6	6
Biomasse (inkl. Biomethan)	48	57	59	55
Umgebungswärme etc.*	1	1	1	1
Fernwärmeerzeugung	92	96	91	81
Fernwärmeerzeugung (TWh)	26	27	25	23

* Mehr als 95 % stammen aus Geothermie

4 WAM

Die Ergebnisse des Szenario WAM wurden aufgrund der Maßnahmenliste für den Entwurf des Nationalen Energie- und Klimaplan (NEKP) (publiziert Juli 2023) erhalten. Der Entwurf des NEKP befindet sich aktuell (Oktober 2023) in Überarbeitung (BMK, 2023a).

Tabelle 36:
Maßnahmen des
Szenario WAM.

Sektor	Maßnahme
Cross-Cutting	<ul style="list-style-type: none"> • EU-Emissionshandel für Industrie und Energieanlagen (ETS-Bereich). Das niedrigere CAP gemäß ETS-Revision wurde durch höhere CO₂-Zertifikatspreisannahmen berücksichtigt. • Nationale CO₂-Bepreisung und Überleitung in ETS-2¹³ • Klima und Energiefonds (KLIEN) • Umweltförderung Inland (UFI)
Energie	<ul style="list-style-type: none"> • EAG +8 TWh in 2030 • Ausbau von Energienetzen (Strom und H₂) • Umsetzung Erneuerbares-Gas-Gesetz • Umsetzung Erneuerbare Energien Richtlinie – RED III (VO (EU) 2023/2413) • Umsetzung der Wasserstoffstrategie (BMK, 2022b) • Ausbau von Geothermie und Großwärmepumpen (BMK, 2022a)
Industrie	<ul style="list-style-type: none"> • EU-Emissionshandel für Industrie und Energieanlagen (ETS-Bereich) • Zusätzliche Förderungen laut NEKP (Transformation, Energieeffizienz) • Energieeffizienzgesetz • Umsetzung Erneuerbares-Gas-Gesetz • Umsetzung Erneuerbare Energien Richtlinie – RED III (VO (EU) 2023/2413) • Umsetzung der Wasserstoffstrategie • Umsetzung Kreislaufwirtschaftsstrategie • Investitionen in die Transformation, verbunden mit attraktiven öffentlichen Förderungsangeboten (national und EU)
Verkehr	<ul style="list-style-type: none"> • Forcierung Elektromobilität (verschärfte CO₂-Flottenziele SNF EU, EBIN/ENIN) • Umsetzung Erneuerbare Energien Richtlinie – RED III (VO (EU) 2023/2413) • Ausweitung bzw. Attraktivierung des öffentlichen Verkehrs (über ÖBB-Rahmenplan hinaus)

¹³ ETS-2 ist der Emissionshandel für die Sektoren Gebäude und Verkehr, der ab 2027 eingeführt wird. Aktuell unterliegen diese Sektoren der Effort Sharing Regulation (VO (EU) 2023/857).

Sektor	Maßnahme
	<ul style="list-style-type: none"> ● Förderung Aktive Mobilität und Mobilitätsmanagement (erhöhte Finanzierung im Vergleich zu WEM) ● Verkehrsverlagerung im Güterverkehr (stärker als im WEM) ● Ökologisierung Lkw-Maut (neue EU-Wegekostenrichtlinie) ● SAF im Flugverkehr
Gebäude	<ul style="list-style-type: none"> ● OIB-Richtlinie 6 (OiB, 2019) ● Ölkesselbauverbotsgesetz (BGBl. I Nr. 6/2020) ● Ordnungsrechtliche Maßnahmen zu Austausch fossiler Energiesysteme (Regierungsvorlage EWG) ● Weitere Forcierung von klimaneutralen Neubauten gegenüber WEM ● Weitere thermische Verbesserung des Gebäudebestands gegenüber WEM ● Weiterer Ersatz fossiler Brennstoffe im Gebäudebestand gegenüber WEM
Landwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> ● Stickstoffreduzierte Fütterungsstrategien und Futterzusatzstoffe in der Tierhaltung ● Erhöhung des Anteils der Weidehaltung bei Rindern ● Reduktion der Emissionen aus Ställen und Wirtschaftsdüngelager (BGBl. II Nr. 495/2022, BGBl. II Nr. 395/2022) ● Effiziente und verlustarme Ausbringung von Wirtschaftsdünger- und Mineraldünger (BGBl. II Nr. 495/2022, BGBl. II Nr. 395/2022) ● Steigerung der Energieeffizienz und alternativer Antriebe in der Landwirtschaft ● Ausbau landwirtschaftlicher Biogasproduktion

4.1 THG-Emissionen

Zwischen 2021 und 2030 gehen die Gesamtemissionen im Szenario WAM um ein Viertel zurück. Der Großteil der Emissionen des Jahres 2030 entfallen auf Energie und Industrie, gefolgt von den Sektoren Verkehr und Landwirtschaft. 36 % dieser Emissionen unterliegen dem ETS.

Das Emissionsniveau im Jahr 2030 der Emissionen außerhalb des EU-ETS entspricht einer Reduktion von -35 % bezogen auf 2005. Das Treibhausgas-Reduktionsziel für die Sektoren außerhalb des Emissionshandels für Österreich gemäß dem „Fit for 55“-Paket beträgt -48 % und wird um 7,3 Mio. Tonnen CO₂-äq verfehlt.

Bis 2040 reduzieren sich die THG-Emissionen auf rund die Hälfte des Niveaus von 2021. Dieser starke Rückgang gelingt durch deutliche Reduktionen im Bereich Energie und Industrie, eine Reduktion im Sektor Verkehr um 63 % sowie eine fast vollständige Dekarbonisierung des Sektors Gebäude.

Abbildung 22: Entwicklung der THG-Emissionen im Szenario WAM nach Sektoren 1990 bis 2050.

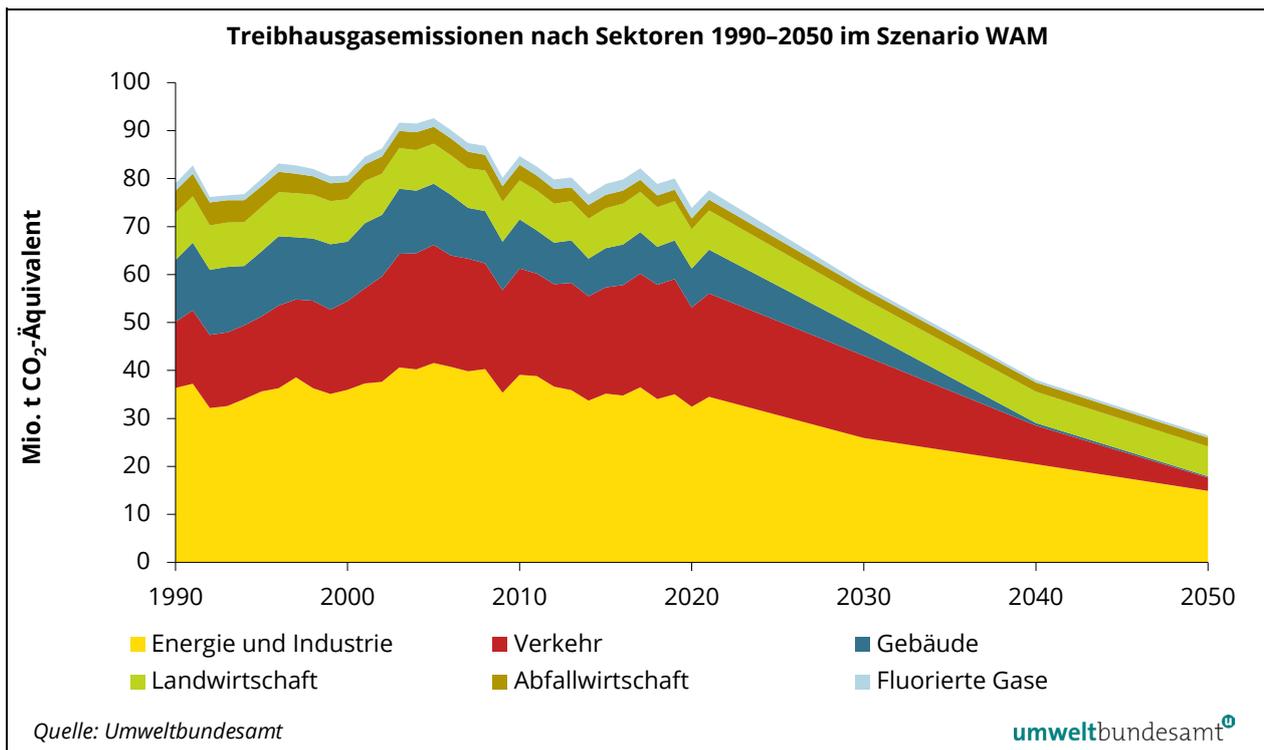


Tabelle 37: Treibhausgasemissionen nach Sektoreinteilung des Klimaschutzgesetzes für das Szenario WAM für ausgewählte Jahre (Quelle: Umweltbundesamt).

in Mio. Tonnen CO ₂ -äq	THG-Inventur*			Szenario WAM		
	1990	2005	2021	2030	2040	2050
Energie und Industrie gesamt	36,4	41,6	34,5	26,0	20,4	14,9
... Energie und Industrie außerhalb Emissionshandel	-	5,8	5,8	5,1	4,6	4,3
... Energie und Industrie im Emissionshandel*	-	35,7	28,7	20,9	15,8	10,5
Verkehr **	13,8	24,6	21,6	17,1	8,1	2,8
Gebäude	12,9	12,7	9,1	5,2	0,5	0,3
Landwirtschaft	9,8	8,3	8,2	6,7	6,6	6,2
Abfallwirtschaft	4,7	3,6	2,3	2,0	1,9	1,8
F-Gase	1,6	1,8	1,9	0,8	0,5	0,5
THG nach KSG (ohne EH) ***	-	56,8	48,8	36,9	22,2	15,9
Gesamte Treibhausgase	79,0	92,6	77,5	57,8	38,0	26,5

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können sich Rundungsdifferenzen ergeben.

* Daten für 2005 bis 2012 wurden entsprechend der ab 2013 gültigen Abgrenzung des EU-ETS angepasst. Die aktuellen Emissionsdaten weichen von bisher publizierten Zeitreihen ab.

** Verkehr inkl. nationalem Flugverkehr (nat. Flugverkehr 2020: rund 23 kt CO₂).

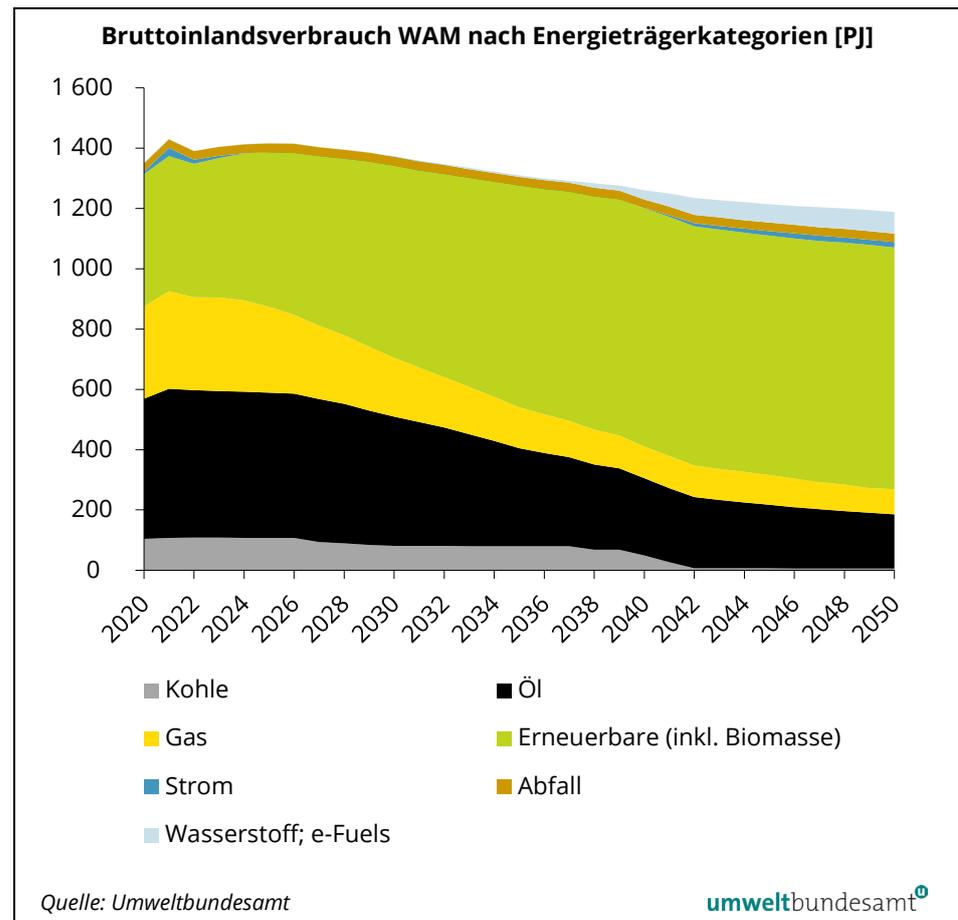
*** Sektoreinteilung nach Klimaschutzgesetz (KSG) – ohne Emissionshandel und ohne CO₂-Emissionen aus nationalem Flugverkehr.

4.2 Bruttoinlandsverbrauch

Im Zeitraum von 2021 bis 2030 reduziert sich der BIV¹⁴ um 4 %.

Neben dem Rückgang findet aufgrund der gesetzten Maßnahmen vor allem eine Energieträgerverschiebung statt. Zwischen 2021 und 2030 reduziert sich der Anteil der fossilen Energieträger am BIV von zwei Drittel auf die Hälfte. Die Maßnahmen im Sektor Gebäude tragen durch eine Endverbrauchsreduktion von 53 PJ am meisten zum Rückgang des BIV bis 2030 bei.

Abbildung 23:
Bruttoinlandsverbrauch
des Szenario WAM nach
Energieträgerkategorien
2020–2050.



¹⁴ Der Bruttoinlandsverbrauch ist der gesamte Energiebedarf eines Landes. Er umfasst den Verbrauch des Sektors Energie, Netz- und Umwandlungsverluste und den energetischen Endverbrauch EUROSTAT (2023b).

Tabelle 38: Bruttoinlandsverbrauch WAM für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

	Energiebilanz	Szenario WAM		
	2021	2030	2040	2050
Umwandlungseinsatz	863	991	999	966
Umwandlungsausstoß	-781	-913	-921	-893
Nichtenergetischer Verbrauch	90	84	75	75
Transportverluste	26	27	30	30
Verbrauch des Sektors Energie	108	95	93	90
Energetischer Endverbrauch	1.123	1.089	984	920
BIV	1.429	1.374	1.260	1.188

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

Tabelle 39:
Bruttoinlandsverbrauch
WAM nach Energieträ-
gerkategorien für ausge-
wählte Jahre (Quellen:
Statistik Austria, 2021b,
Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenario WAM		
	2021	2030	2040	2050
Kohle	108	81	49	6
Öl	494	429	257	180
Gas	324	195	104	84
Erneuerbare (inkl. Biomasse)	448	667	790	801
Abfall	28	29	28	28
Strom	27	-29	2	18
Wasserstoff; e-Fuels	-	3	31	71
BIV	1.429	1.374	1.260	1.188

4.3 Energetischer Endverbrauch

Zwischen 2021 und 2030 geht der EEV um 3 % und bis 2040 um 12 % zurück. Der EEV liegt im Jahr 2030 bei 1.089 PJ. Davon entfallen jeweils 34 % auf den Sektor Verkehr bzw. den Sektor Gebäude und 30 % auf den Sektor Industrie. Bis 2040 und 2050 ist vor allem der Verkehr maßgeblich für den Rückgang des EEV.

Der im Energieeffizienzgesetz (BGBl. I Nr. 59/2023) festgelegte Zielwert für das Jahr 2030 beträgt 920 PJ und wird um 169 PJ bzw. 18 % verfehlt.

Abbildung 24:
Energetischer Endverbrauch WAM nach Sektoren für ausgewählte Jahre. Das Jahr 2020 basiert auf den Energiebilanzen 1970–2020.

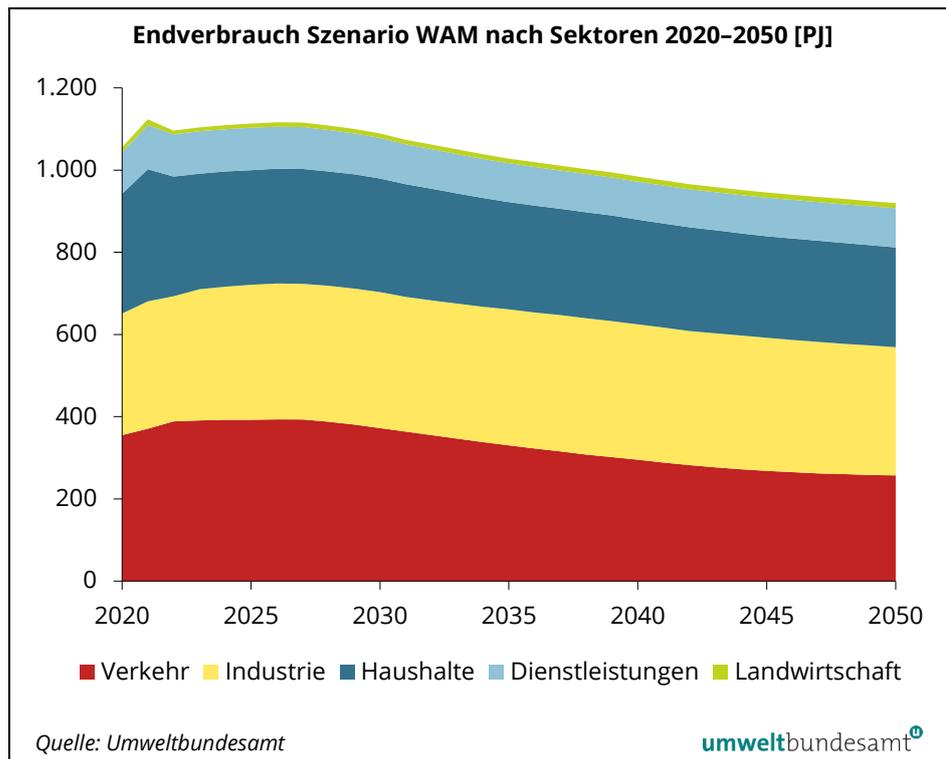


Tabelle 40:
Energetischer Endverbrauch WAM nach Sektoren (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz*	Szenario WAM		
		2021	2030	2040
Verkehr	371	373	295	257
Industrie	310	330	329	312
Haushalte	321	277	255	243
Dienstleistungen	107	98	92	95
Landwirtschaft	14	11	12	13
EEV gesamt	1.123	1.089	984	920

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

* Energiebilanz mit Offroad-Verschiebung in den Verkehrssektor

Bei den Energieträgern ist der Rückgang von Erdöl am stärksten, gefolgt von Erdgas, während Strom am stärksten zunimmt. Ab dem Jahr 2030 spielt auch Wasserstoff eine zunehmend wichtige Rolle. Insgesamt kommt es zu einer deutlichen Verschiebung von fossilen zu erneuerbaren Energieträgern.

Abbildung 25:
Energetischer Endverbrauch nach Energieträgern für ausgewählte Jahre im Szenario WAM (Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

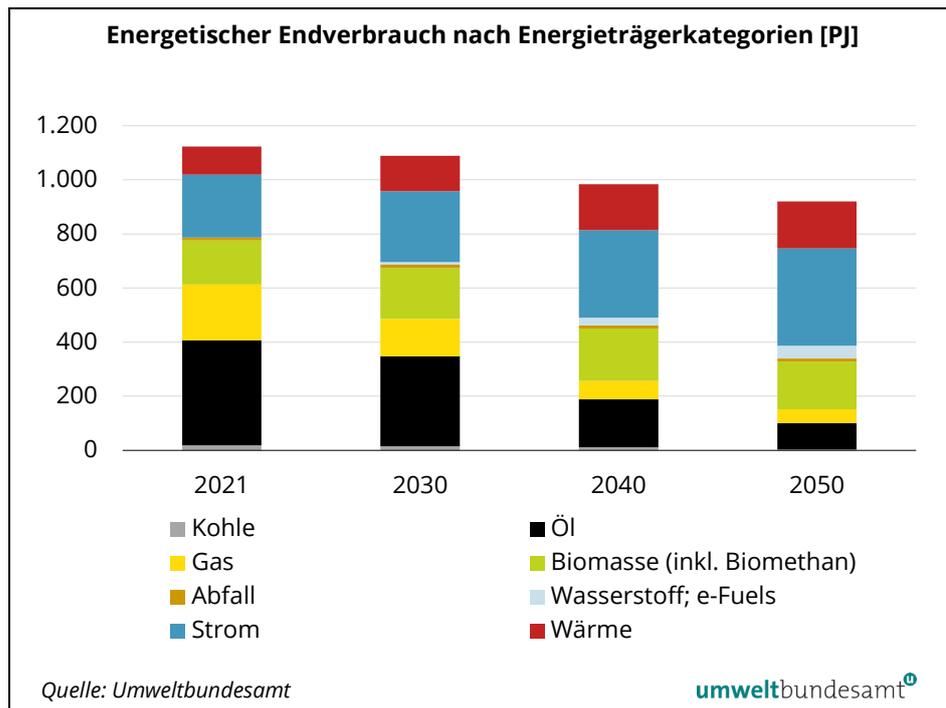


Tabelle 41:
Energetischer Endverbrauch WAM nach Energieträgern (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenario WAM		
	2021	2030	2040	2050
Kohle	18	15	12	3
Öl	389	332	176	98
Gas	207	139	69	51
Biomasse (inkl. Biomethan)	163	188	194	175
Abfall	11	12	12	12
Wasserstoff; e-Fuels	-	10	28	48
Strom	232	262	323	360
Wärme	104	131	170	172
EEV gesamt	1.123	1.089	984	920

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

4.3.1 Energetischer Endverbrauch – Gebäude

Im **Szenario WAM** sinkt der Endverbrauch in Gebäuden zwischen 2021 und 2030 um 54 PJ, danach bis 2040 um weitere 28 PJ (siehe Abbildung 26 und Tabelle 42).

Zum Rückgang des EEV in Gebäuden tragen die Haushalte bei stärker als der Dienstleistungsbereich (siehe Tabelle 43 und Tabelle 44).

An der Verschiebung der Energieträger (siehe Tabelle 42) ist der Rückgang von fossil-basierten Heizungssystemen deutlich erkennbar. Zwischen 2021 und 2030 geht der Endverbrauch von Kohle, Öl und Gas in Gebäuden um 45 % zurück und bis 2040 verschwinden diese Energieträger nahezu vollständig aus dem Sektor.

Abbildung 26:
Energetischer Endverbrauch WAM für den Sektor Gebäude für ausgewählte Jahre.

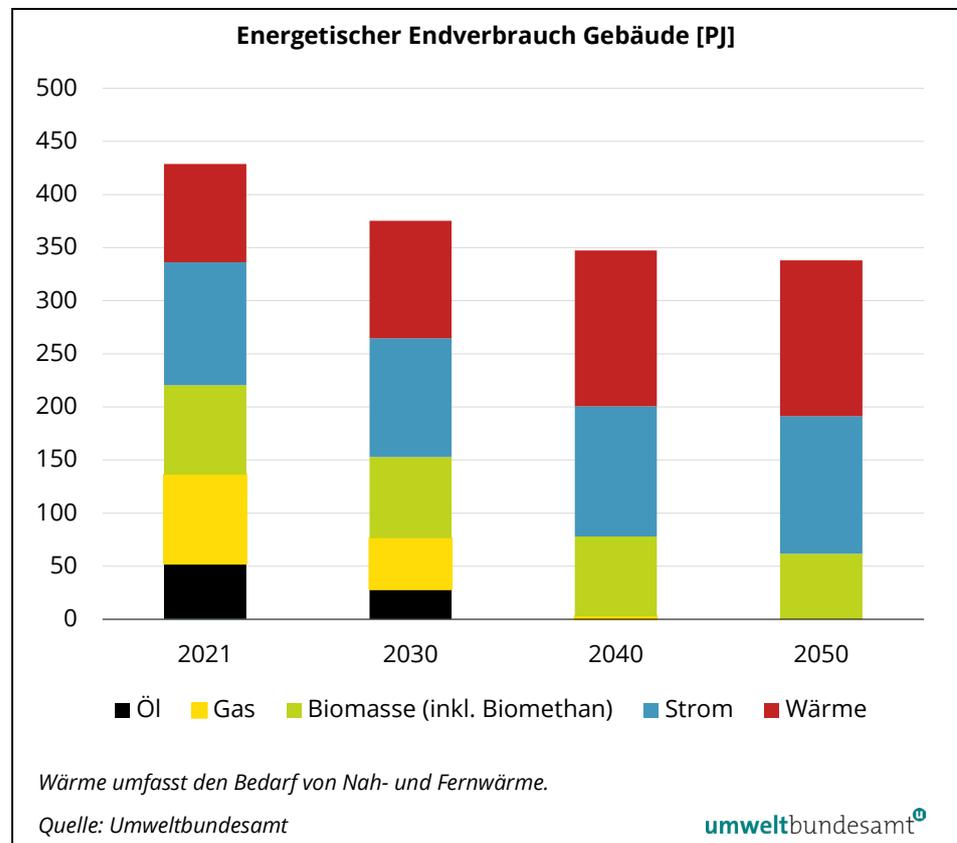


Tabelle 42:
Energetischer Endverbrauch WAM von Gebäuden für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz*	Szenario WAM		
		2021	2030	2040
Kohle	1	0	0	0
Öl	52	28	0	0
Gas	84	48	3	0
Biomasse (inkl. Biomethan)	84	76	75	62
Strom	116	112	123	130
Wärme**	93	111	147	147
EEV Gebäude	429	375	347	338

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

* Energiebilanz mit Offroad-Verschiebung in den Verkehrssektor

** Wärme umfasst den Bedarf von Nah- und Fernwärme.

Tabelle 43:
Energetischer Endverbrauch der Haushalte für ausgewählte Jahre im Szenario WAM (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz*	Szenario WAM		
		2021	2030	2040
Kohle	1	0	0	0
Öl	43	23	-	-
Gas	68	38	2	-
Biomasse (inkl. Biomethan)	80	70	67	55
Strom	73	69	77	75
Wärme	56	76	109	112
EEV Haushalte	321	277	255	243

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

* Energiebilanz mit Offroad-Verschiebung in den Verkehrssektor

** Wärme umfasst den Bedarf von Nah- und Fernwärme.

Tabelle 44:
Energetischer Endverbrauch von Dienstleistungen für ausgewählte Jahre im Szenario WAM (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz*	Szenario WAM		
		2021	2030	2040
Öl	8	5	-	-
Gas	16	10	1	-
Biomasse (inkl. Biomethan)	4	6	8	6
Strom	43	43	46	54
Wärme	36	35	38	35
EEV Dienstleistungen	107	98	92	95

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

* Energiebilanz mit Offroad-Verschiebung in den Verkehrssektor.

** Wärme umfasst den Bedarf von Nah- und Fernwärme.

4.3.2 Energetischer Endverbrauch – Verkehr

Im **Szenario WAM** steigt der EEV des Verkehrs zwischen 2021 und 2030 um 2 PJ, danach folgt eine Trendumkehr. Die Umstellung auf elektrische Antriebe bewirkt durch die höhere Effizienz eine Abnahme des Energieverbrauchs. Der EEV fällt von 2030 bis 2040 um 78 PJ und bis 2050 um weitere 38 PJ.

Die Umstellung auf Elektro- bzw. Wasserstoffantriebe sorgt für einen starken Rückgang der fossilen Energieträger. Der Anteil von Erdöl macht im Jahr 2050 37 % aus, während es 2021 noch 89 % waren.

Abbildung 27:
Energetischer Endverbrauch WAM des Sektors Verkehr nach Energieträgerkategorien für ausgewählte Jahre.

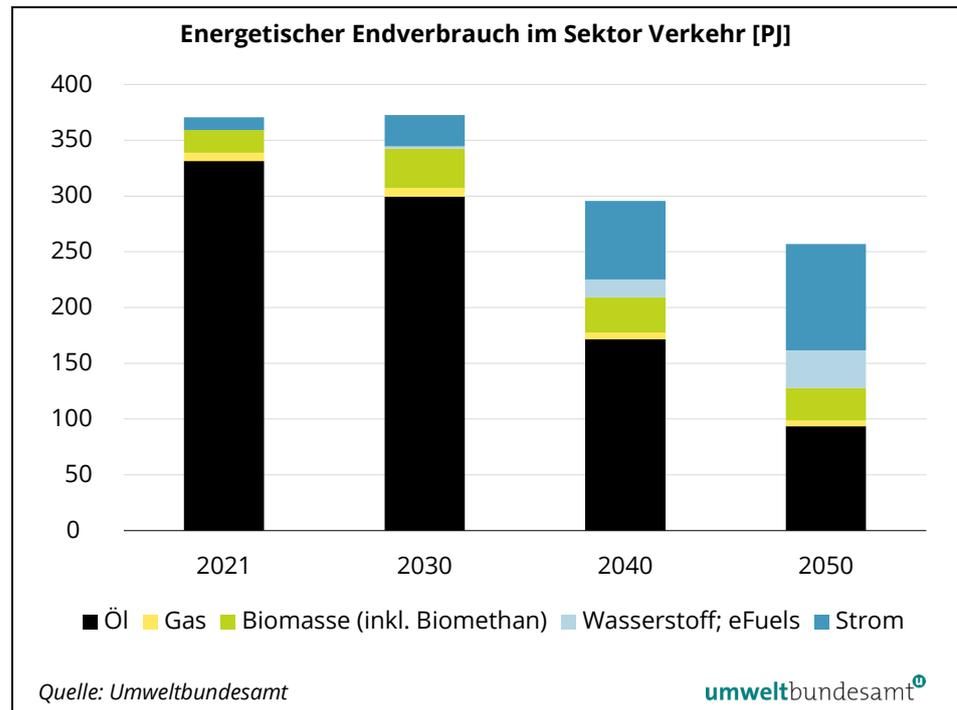


Tabelle 45:
Energetischer Endverbrauch WAM im Verkehr für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz*	Szenario WAM		
		2021	2030	2040
Öl	331	299	172	94
Gas**	8	8	6	5
Biomasse (inkl. Biomethan)	20	35	32	29
Wasserstoff; e-Fuels	-	2	16	34
Strom	12	28	70	95
EEV Verkehr	371	373	295	257

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

* Energiebilanz mit Offroad-Verschiebung in den Verkehrssektor.

** Verdichterstationen werden im Verkehrssektor bilanziert.

4.3.3 Energetischer Endverbrauch – Landwirtschaft

Der EEV der Landwirtschaft verändert sich wenig. Die mobilen Geräte der Landwirtschaft (offroad) und deren Verbrauch werden in den Szenarien im Sektor Verkehr inkludiert.

Tabelle 46:
Energetischer Endverbrauch WAM der Landwirtschaft für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in TJ	Energiebilanz*	Szenario WAM		
		2021	2030	2040
Kohle	0	0	0	0
Öl	0	0	0	0
Gas	1	0	0	0
Biomasse (inkl. Biomethan)	7	6	7	7
Wasserstoff; e-Fuels	-	0	0	0
Strom	5	4	4	4
Wärme	1	1	1	1
EEV Landwirtschaft	14	11	12	13

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

* Energiebilanz mit Offroad-Verschiebung in den Verkehrssektor.

4.3.4 Energetischer Endverbrauch – Industrie

Der Endverbrauch der Industrie steigt zwischen 2021 um 2030 um 20 PJ, bleibt bis 2040 stabil und sinkt dann bis 2050 wieder auf das Ausgangsniveau von 2021. Erdgas wird bis 2040 zu 53 % durch Biomasse, Biogas und Strom ersetzt. Kohle wird erst nach 2040 weitgehend substituiert.

Der Verbrauch von Strom als Energieträger steigt von 2021 bis 2030 um 18 % und es werden 8 PJ Wasserstoff als Energieträger eingesetzt. Ab 2030 machen erneuerbare Energieträger (Strom, Wasserstoff und Biomasse) 59 % des Energieverbrauchs aus.

Abbildung 28:
Energetischer Endverbrauch WAM der Industrie nach Energieträgerkategorien für ausgewählte Jahre.

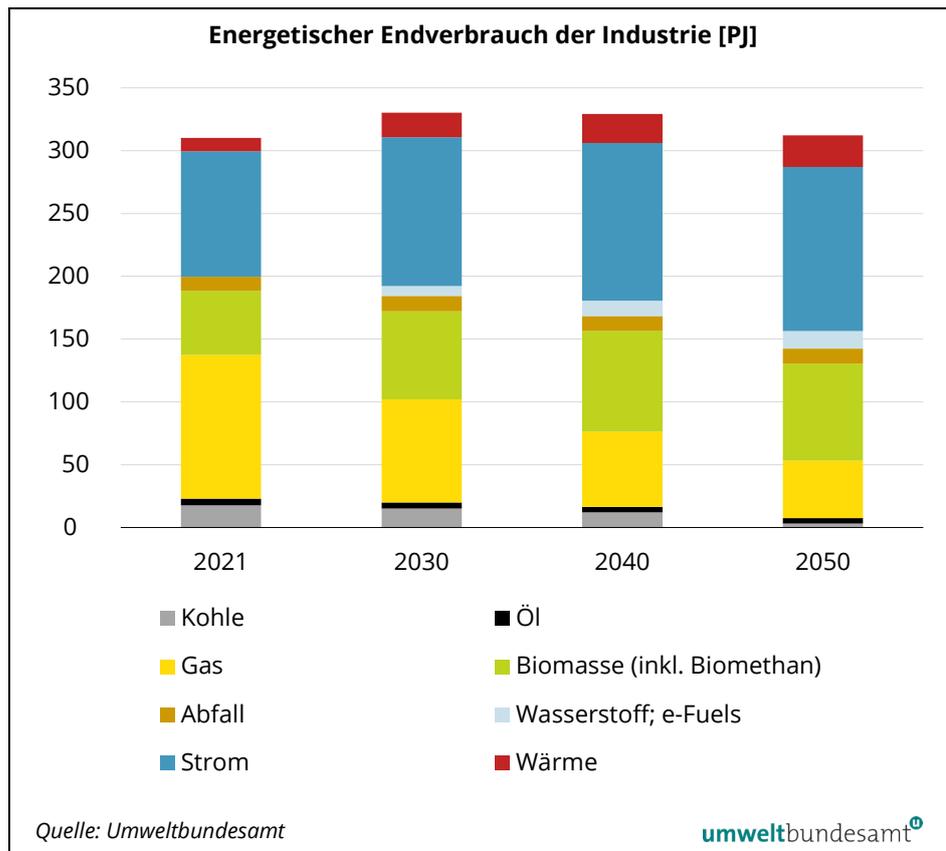


Tabelle 47:
Energetischer Endverbrauch WAM der Industrie für ausgewählte Jahre
(Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz*	Szenario WAM		
	2021	2030	2040	2050
Kohle	18	15	12	3
Öl	5	5	4	4
Gas	114	82	60	46
Biomasse (inkl. Biomethan)	51	70	80	77
Abfall	11	12	12	12
Wasserstoff; e-Fuels	-	8	12	14
Strom	100	118	126	131
Wärme	11	20	23	25
EEV Industrie	310	330	329	312

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

* Energiebilanz mit Offroad-Verschiebung in den Verkehrssektor.

Tabelle 48:
Energetischer Endverbrauch ausgewählter Industriebranchen für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz		Szenario WAM	
	2021	2030	2040	2050
Eisen- und Stahlerzeugung, Nichteisenmetalle	47	45	43	38
Chemische Industrie	55	52	54	54
Steine und Erden, Glas	38	29	30	33
Papier und Druck	74	65	64	59
Holzverarbeitung	29	26	24	23

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

Alle energieintensiven Branchen zeigen zwischen 2021 und 2030 sowie bis 2050 Verbrauchsminderungen, am ausgeprägtesten bei der Branche Steine, Erden und Glas. Hinterlegt sind Effizienzsteigerungen, Recycling und Kreislaufwirtschaft.

4.4 Elektrische Energie

4.4.1 Strombedarf

steigender Verbrauch

Der Gesamtstromverbrauch steigt im **Szenario WAM** vor allem durch die Elektrifizierung des Verkehrs und industrieller Prozesse sowie durch eine zunehmende Anzahl von Wärmepumpen im Gebäudebereich. Dadurch steigen auch die Transportverluste.

Der jährliche Stromverbrauch steigt im Szenario WAM bis 2030 um 16 TWh und bis 2040 um 39 TWh gegenüber 2021.

Prozessumstellungen

Durch die Umsetzung der Wasserstoffstrategie und die Herstellung von Wasserstoff durch Elektrolyse steigen die Umwandlungsverluste. Die Steigerung im Verbrauch des Sektors Energie wird durch Prozessumstellungen der Eisen- und Stahlindustrie bedingt.

Tabelle 49:
Strombedarf der Sektoren, Verbrauch des Sektors Energie und Transportverluste für ausgewählte Jahre im Szenario WAM (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

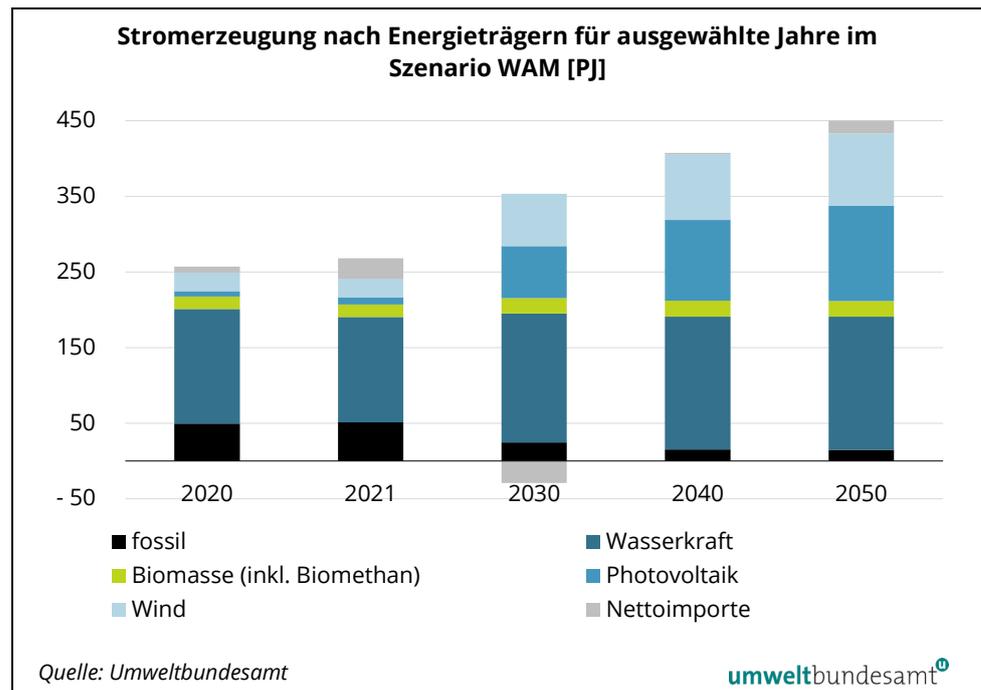
in PJ	Energiebilanz*	Szenario WAM		
	2021	2030	2040	2050
Verkehr	12	28	70	95
Gebäude	116	112	122	129
Landwirtschaft	5	4	4	4
Industrie	100	118	126	131
Verbrauch des Sektors Energie	24	29	34	38
Transportverluste	11	14	15	16
Umwandlungseinsatz	-	18	36	37
Strombedarf	267	324	407	451
Strombedarf (in TWh)	74	90	113	125

4.4.2 Stromerzeugung

Im **Szenario WAM** werden die Ausbauziele des EAG bis 2030 um 8 TWh übertroffen (+6 TWh Strom aus Photovoltaik und +2 TWh aus Windkraft). Dieser Ausbau erfordert eine ganze Reihe von Maßnahmen, wie zum Beispiel die Ausweisung von Eignungszonen und den Netzausbau.

Bei Biomasse wird angenommen, dass deren Verfügbarkeit für energetische Nutzungen u. a. durch die Ziele im Sektor LULUCF begrenzt ist. Die Erzeugung aus fossilen Energieträgern halbiert sich zwischen 2021 und 2030 und geht danach weiter stark zurück.

Abbildung 29:
Stromerzeugung nach Energieträgern für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).



Der zusätzliche Strombedarf wird vor allem durch den Ausbau von Wind und Photovoltaik gedeckt. Im Jahr 2030 wird das Ziel 100 % erneuerbaren Strom national bilanziell herzustellen u. a. durch Stromexporte, die die verbleibende fossile Stromerzeugung kompensieren, erreicht.

Tabelle 50: Stromerzeugung nach Energieträgern für ausgewählte Jahre im Szenario WAM (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

	Energiebilanz		Szenario WAM					
	2021		2030		2040		2050	
	[PJ]	[TWh]	[PJ]	[TWh]	[PJ]	[TWh]	[PJ]	[TWh]
fossil	51	14	25	7	15	4	15	4
Wasserkraft	140	39	170	47	176	49	176	49
Biomasse (inkl. Biomethan)	16	4	20	6	21	6	21	6
Photovoltaik	10	3	69	19	107	30	126	35
Wind	24	7	69	19	87	24	96	27
Stromerzeugung gesamt	241	67	353	98	406	113	433	120
Nettoimporte	27	8	-29	-8	1	0	18	5

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

4.5 Erneuerbare Gase

4.5.1 Erneuerbarer Wasserstoff

Energiebilanz In der österreichischen Industrie werden derzeit 4,6 TWh Wasserstoff eingesetzt.

nur erneuerbarer Wasserstoff Im **Szenario WAM** wird nur erneuerbarer Wasserstoff bilanziert. Dieser wird in Österreich ausschließlich mittels Elektrolyse aus erneuerbarem Strom erzeugt. Bis 2030 wird gemäß der Wasserstoffstrategie 1 GW_{el} an Elektrolysekapazitäten errichtet, sodass 13,5 PJ (3,75 TWh) Wasserstoff erzeugt werden. Ab dem Jahr 2035 werden große Mengen an klimaneutralem Wasserstoff durch die Fertigstellung des EU Hydrogen Backbones (EHB, 2022) aus Ländern mit geringeren Gesteuerungskosten importiert. Im Szenario WAM werden im Jahr 2035 3 PJ, im Jahr 2040 27 PJ und im Jahr 2050 59 PJ importiert, um den inländischen Wasserstoffbedarf zu decken. In Österreich werden die Elektrolysekapazitäten bis 2040 auf ca. 3 GW_{el} ausgebaut.

Bis 2030 steigt der Wasserstoffverbrauch durch Umstellungen in der Ammoniakherstellung und durch Substitution von Erdgas mit Wasserstoff in der Industrie auf 16 PJ. Bis zum Jahr 2040 wird Wasserstoff neben der Industrie auch im Güterverkehr in nennenswerten Mengen eingesetzt.

Tabelle 51:
Wasserstoffverbrauch
nach Sektoren für ausge-
wählte Jahre (Quellen:
Statistik Austria, 2021b,
Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz*	Szenario WAM		
		2021	2030	2040
Umwandlungseinsatz	0	0	2	4
Verbrauch des Sektors Energie	0	0	17	37
Nichtenergetischer Verbrauch	0	6	11	11
Industrie	0	8	12	14
Verkehr	0	2	13	22
Wasserstoffverbrauch	0	16	54	87

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können sich Rundungsdifferenzen ergeben.

* Der aktuelle fossile Wasserstoffverbrauch der Industrie ist ca. 4,6 TWh, wird aber in der Energiebilanz nicht eigens ausgewiesen.

4.5.2 Biomethan

Im Jahr 2021 wird Biogas vor allem zur Strom- und Wärmeherzeugung eingesetzt.

Im **Szenario WAM** sinkt der Umwandlungseinsatz von Biogas bis 2030 und es steigt der EEV vor allem im Sektor Industrie. Insgesamt werden im Jahr 2030 4,8 TWh und im Jahr 2040 9,6 TWh eingesetzt. Ab 2025 wird Biogas zunehmend ins Leitungsnetz eingespeist. Dafür muss das Biomethan (ca. 60 %) von den anderen Bestandteilen (v. a. CO₂) abgetrennt werden. Die dabei auftretenden Verluste an Biomethan werden mit 2 % angenommen.

Es wird angenommen, dass in Österreich ein Aufbringungspotenzial von ca. 10 TWh aus landwirtschaftlichen Quellen (Wirtschaftsdünger, Zwischenfrüchte, Stroh) und biogenen Abfällen zur Verfügung steht (AEA, 2021, BMK, 2023b).

Tabelle 52:
Biomethaneinsatz nach
Sektoren für ausge-
wählte Jahre (Quellen:
Statistik Austria, 2021b,
Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz*	Szenario WAM		
		2021	2030	2040
Umwandlungseinsatz	7,1	3,8	8,5	10,6
Verbrauch des Sektors Energie	-	0,5	1,2	1,5
Nichtenergetischer Verbrauch	-	0,6	0,5	0,6
Landwirtschaft	-	0,0	0,1	0,2
Industrie	0,2	7,4	17,9	18,8
Verkehr	-	0,7	1,8	2,1
Gebäude	-	4,2	4,5	0,8
Biomethaneinsatz	7,3	17,2	34,6	34,6
in TWh	2	4,8	9,6	9,6

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können sich Rundungsdifferenzen ergeben.

4.6 Fernwärme

Im **Szenario WAM** nimmt der Fernwärmebedarf bis 2030 um 11 PJ und bis 2040 um 25 PJ zu. Grund dafür ist der steigende Anschlussgrad von Gebäuden an Fernwärmenetze. Die Fernwärmeerzeugung durch Erdgas und Öl sinkt, während die Erzeugung durch Biomasse und Umgebungswärme (hauptsächlich Geothermie) steigt.

*Tabelle 53:
Fernwärmebedarf nach
Sektoren für ausge-
wählte Jahre im Szenario
WAM (Quellen: Statistik
Austria, 2021b, Umwelt-
bundesamt).*

in PJ	Energiebilanz*	Szenario WAM		
		2021	2030	2040
Gebäude	68	77	89	79
Landwirtschaft	1	0	0	0
Industrie	10	12	13	13
Transportverluste	14	13	14	13
Fernwärmebedarf	92	103	117	106
Fernwärmebedarf (in TWh)	26	29	33	29

*Tabelle 54:
Fernwärmeerzeugung
nach Energieträgern für
ausgewählte Jahre (Quel-
len: Statistik Austria,
2021b, Umweltbundes-
amt).*

in PJ	Energiebilanz*	Szenario WAM		
		2021	2030	2040
Kohle	1	2	3	0
Öl	3	3	2	2
Gas	33	25	22	21
Abfall	6	7	8	5
Biomasse (inkl. Biomethan)	47	59	68	61
Umgebungswärme etc.*	1	6	13	14
Wasserstoff	-	-	1	4
Fernwärmeerzeugung	92	103	117	106
Fernwärmeerzeugung (in TWh)	26	29	33	29

* Mehr als 95 % stammen aus Geothermie

5 TRANSITION

Das Szenario Transition stellt einen Weg dar, die Klimaneutralität 2040 abzubilden (BKA, 2020). Klimaneutralität wird als national bilanzielle Netto-Null-Emissionen verstanden. Dafür ist ein Phase-out fossiler Energie bis 2040 notwendig. Das Szenario Transition erfordert Investitionen in Energieeinsparung und jene langlebigen Infrastrukturen und zukunftsfähigen Technologien, die parallel mit einem Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energieträger erfolgen. Ermöglicht wird dies durch eine nachhaltigere Mobilität, Produkt- und Prozessumstellungen sowie hohe Energieeffizienzstandards in den Sektoren Industrie und Gebäude sowie durch verstärkte Energieraumplanung, nachhaltige Landwirtschaft und einen Übergang zur Kreislaufwirtschaft.

Um ein konsistentes Gesamtbild für die Jahre 2030, 2040 und 2050 darzustellen, wurden für das Szenario Transition Storylines formuliert. Diese beschreiben gesellschaftliche, wirtschaftliche, politische, rechtliche und institutionelle Rahmenbedingungen und Entwicklungen, welche eine Transformation unterstützen bzw. ermöglichen. Folgend sind die Storylines (siehe Tabelle 55) und ein Überblick über die sektoralen Maßnahmen (siehe Tabelle 56), die dem Szenario Transition zugrunde liegen, angeführt.

Tabelle 55:
Hinterlegte Storylines
des Szenario Transition.

	Storyline
Globaler und nationaler Klimaschutz	<ul style="list-style-type: none"> • Weltweites Handeln zum Klimaschutz im Sinn der Erreichung der Ziele des Pariser Übereinkommens • Wirksame Klimaschutzmaßnahmen auf EU-Ebene („Fit for 55“-Paket) • Ambition in Österreich: Klimaneutralität 2040
Finanzielle und soziale Rahmenbedingungen	<ul style="list-style-type: none"> • Gesellschaftliche, wirtschaftliche, politische, rechtliche und institutionelle Rahmenbedingungen und Entwicklungen unterstützen die Transformation zur Klimaneutralität • Öffentliche Haushalte spielen eine zentrale Rolle bei der Finanzierung der Energiewende. • Die Finanzindustrie investiert in nachhaltige, klimaneutrale Projekte • Die Rahmenbedingungen für die Wirtschaft sind ökologisch und gesellschaftlich nachhaltig (Kostenwahrheit durch CO₂-Preis sowie gezielte soziale Transfers) • „Just Transition“ – alle Einkommensgruppen profitieren
Energieeffizienz und erneuerbare Energie	<ul style="list-style-type: none"> • Sinkender Energieverbrauch in allen Sektoren durch Aktivitätsänderung und Effizienz • Energieraumplanung • Starker Ausbau von erneuerbaren Energieträgern (Strom, Wasserstoff, Biogas) • Phase-out fossiler Energie

Storyline	
Nachhaltiges Handeln	<ul style="list-style-type: none"> • Ressourcenschonende Produktion langlebiger, hochwertiger Produkte • Ausbau der regionalen, saisonalen und biologischen Landwirtschaft mit adäquaten Produktpreisen • Reduktion des Flächenverbrauchs und Erhaltung der Biodiversität

Tabelle 56:
Maßnahmen des
Szenario Transition.

Sektor	Maßnahme
Cross-Cutting	<ul style="list-style-type: none"> • EU-Emissionshandel für Industrie und Energieanlagen (ETS-Bereich) • CO₂-Bepreisung im Effort-Sharing-Bereich bis 2026. Danach EU-Emissionshandel II. • Klima und Energiefonds (KLIEN) • Umweltförderung Inland (UFI)
Energie	<ul style="list-style-type: none"> • Zusätzliche erneuerbare Stromproduktion: EAG +12 TWh in 2030 • Umsetzung der Wasserstoffstrategie (BMK, 2022b) • Ausbau von Energienetzen (Strom und Wasserstoff) • Erneuerbares-Gas-Gesetz – Entwurf (251/ME) • Weiterer Ausbau von Elektrolyseanlagen • Umsetzung der neuen Energieeffizienzrichtlinie (VO (EU) 2023/1791), hohe Energieeffizienz und Energieeinsparung • Umsetzung Erneuerbare-Energien-Richtlinie – RED III (VO (EU) 2023/2413) • Ausbau von Geothermie und Großwärmepumpen (BMK, 2022a)
Industrie	<ul style="list-style-type: none"> • EU-Emissionshandel sowie Phase-in des Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) • CO₂-Bepreisung im Effort-Sharing-Bereich bis 2026. Danach EU-Emissionshandel II. • Umsetzung der Energieeffizienzrichtlinie (VO (EU) 2023/1791), hohe Energieeffizienz und Energieeinsparung • Wasserstoff wird wichtiger industrieller Rohstoff und Energieträger • Strom wird wichtigster Energieträger für die Industrie • Investitionen in die Transformation, verbunden mit attraktiven öffentlichen Förderangeboten (national und EU) • Erweiterung der Ökodesign-Richtlinie auf Produkte zur verpflichtenden Umsetzung von Langlebigkeit • Umsetzung Kreislaufwirtschaftsstrategie

Sektor	Maßnahme
Verkehr	<ul style="list-style-type: none"> • Erhöhte Forcierung der Elektromobilität → Elektrifizierung Schiene etc. führen zu 100 % CO₂-freien Neuzulassungen (PKW/LNF ab 2030, Busse ab 2032, SNF ab 2035) • Umsetzung Erneuerbare-Energien-Richtlinie – RED III (VO (EU) 2023/2413) • Mobilitätsgarantie und Mobilitätsmanagement ÖV (Reduktion Ticketkosten, Intervallverkürzung) • Infrastrukturausbau Aktive Mobilität → Radverkehrsanteil steigt auf 13 % • Raumplanung für mehr Verdichtung • Steuerliche Differenzierung von Fahrzeugen nach Klimaschädlichkeit • CO₂-Bepreisung (ETS II) • Einführung kilometerabhängige Maut für Kostentransparenz, Anpassung der Tempolimits • Maßnahmen zur <ul style="list-style-type: none"> • Verlagerung von Kurzstreckenflügen auf die Bahn • Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schiene • Begrenzung von THG-Emissionen von Offroad-Geräten • vollständigen Elektrifizierung der Verdichterstationen
Gebäude	<ul style="list-style-type: none"> • Klimaneutrale Neubauten • Umstieg auf klimafreundliche Heizsysteme durch Förderungen und Ordnungsrecht, Energieraumplanung • Kompakte, flächeneffiziente Gebäude • Gestaffeltes umfassendes Renovierungsgebot (mit Umsetzung innerhalb von zehn Jahren) • Erweitertes Förderbudget zur Forcierung tiefer Renovierung und Deinstallation fossiler Heizungen (inkl. soziale Abfederung)
Landwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> • Klimafreundliche Ernährung: rückläufige Nachfrage nach tierischen Produkten, Reduktion der Lebensmittelverschwendung • Verstärkte stickstoffreduzierte Fütterung und Einsatz von Futterzusatzstoffen • Energiewende und massiver Ausbau der Biogasproduktion aus Wirtschaftsdünger • Weitere Reduktion des mineralischen Stickstoffdüngers um 30 % im Vergleich zum Szenario WEM durch Anwendung von Methoden der Präzisionslandwirtschaft, Digitalisierung etc. (Umweltbundesamt, 2023d)

5.1 THG-Emissionen

Im **Szenario Transition** reduzieren sich die Gesamtemissionen von 2021 bis 2030 um -47 %. Im Effort Sharing entspricht das einer Reduktion von -57 % gegenüber 2005, womit das Ziel von -48 % deutlich übererfüllt wird.

Die Emissionen im Effort-Sharing-Bereich im Jahr 2040 zeigen einen Rückgang von -88% gegenüber 2005. Für die Erreichung des Ziels der bilanziellen Klimaneutralität Österreichs 2040 sind weiterführende Maßnahmen speziell in der natürlichen oder technischen Kohlenstoffspeicherung erforderlich.

Im Sektor Verkehr wurden ein starker Wandel der derzeit praktizierten Personen- und Gütermobilität (Stichwort „Verlagerung auf umweltfreundliche Verkehrsträger“) sowie ein kontinuierlich steigender Anteil von CO₂-freien Antrieben zugrunde gelegt.

Im Sektor Gebäude führen ambitionierte Maßnahmen zu einem deutlichen Absinken des Energieverbrauchs und zu Emissionseinsparungen. Diese Maßnahmen sind die Steigerung der Sanierungsrate sowie der Ausstieg aus fossilen Heizsystemen (u. a. durch Ausbau der Fernwärme und Wärmepumpen).

In der Industrie führen weitreichende Maßnahmen bezüglich Energieträgerumstellung, Prozessumstellungen und Effizienzverbesserungen zu einem weitgehenden Rückgang der THG-Emissionen.

Abbildung 30: Entwicklung der THG-Emissionen nach Sektoren 1990 bis 2050.

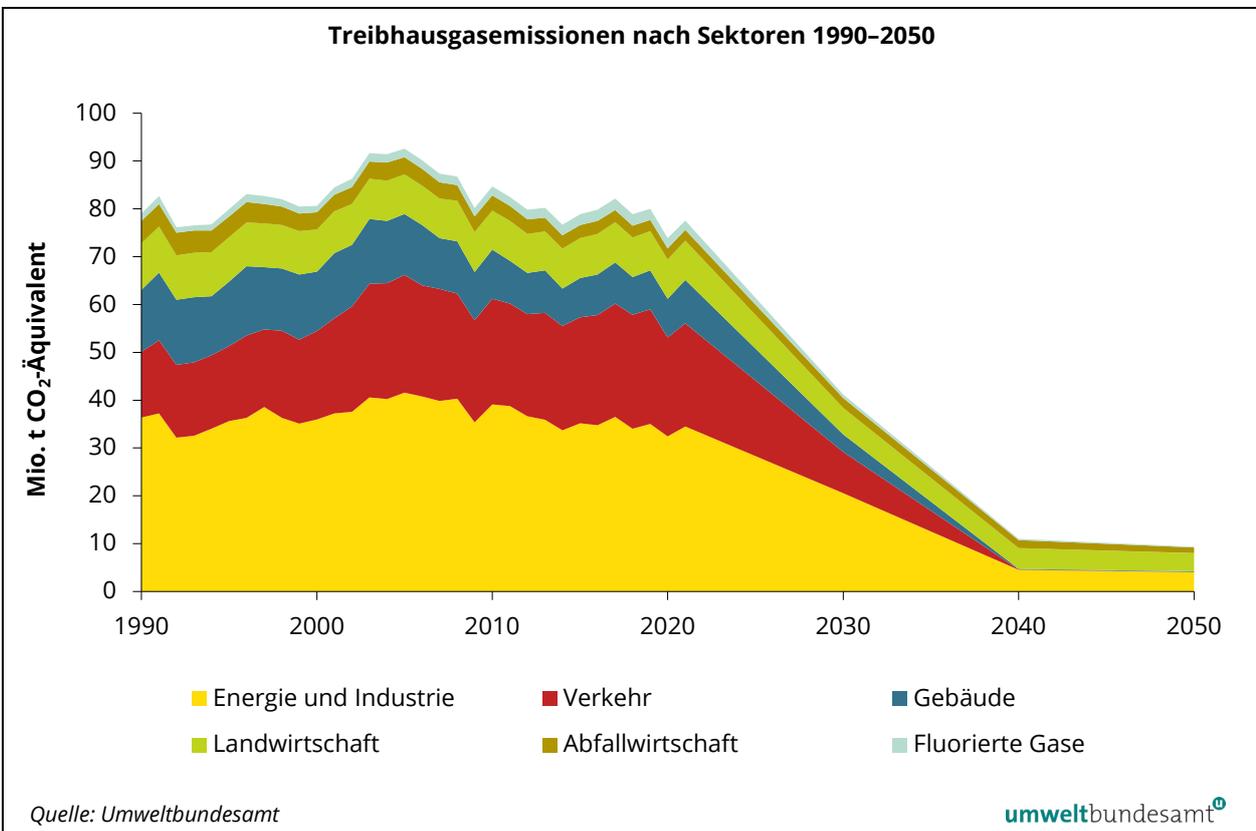


Tabelle 57: Treibhausgasemissionen nach Sektoreinteilung des Klimaschutzgesetzes für das Szenario Transition für ausgewählte Jahre (Quelle: Umweltbundesamt).

in Mio. Tonnen CO ₂ -äq	THG-Inventur*			Szenario Transition		
	1990	2005	2021	2030	2040	2050
Energie und Industrie gesamt	36,4	41,6	34,5	20,5	4,5	4,0
... Energie und Industrie außerhalb Emissionshandel	-	5,8	5,8	3,8	0,6	0,5
... Energie und Industrie im Emissionshandel*	-	35,7	28,7	16,7	3,9	3,5
Verkehr**	13,8	24,6	21,6	8,6	0,1	0,0
Gebäude	12,9	12,7	9,1	3,7	0,2	0,1
Landwirtschaft	9,8	8,3	8,2	5,5	4,3	3,8
Abfallwirtschaft	4,7	3,6	2,3	2,0	1,7	1,2
F-Gase	1,6	1,8	1,9	0,8	0,2	0,2
THG nach KSG (ohne EH)***	-	56,8	48,8	24,5	7,1	5,9
Gesamte Treibhausgase	79,0	92,6	77,5	41,2	11,0	9,4

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können sich Rundungsdifferenzen ergeben.

* Daten für 2005 bis 2012 wurden entsprechend der ab 2013 gültigen Abgrenzung des EU-ETS angepasst. Die aktuellen Emissionsdaten weichen von bisher publizierten Zeitreihen ab.

** Verkehr inkl. nationalem Flugverkehr (nat. Flugverkehr 2020: rund 23 kt CO₂).

*** Sektoreinteilung nach Klimaschutzgesetz (KSG) – ohne Emissionshandel und ohne CO₂-Emissionen aus nationalem Flugverkehr.

Kompensation der THG-Emissionen und Kohlenstoffintensität

Im Jahr 2040 verbleiben im Szenario Transition 11 Mio. Tonnen CO₂-äq und 2050 9,4 Mio. Tonnen CO₂-äq an Treibhausgasemissionen. Diese Emissionen sind zum Großteil nicht durch Energieträger- oder Technologiewechsel vermeidbar. Insbesondere die Emissionen aus Landwirtschaft, F-Gasen und aus Abfallbehandlung (mit Ausnahme der Abfallverbrennung) und -deponien treten flächenhaft auf und sind nicht für CCS/U geeignet. Für diese verbleibenden Restemissionen stehen keine ausreichenden natürlichen Kohlenstoffsenken zur Verfügung.

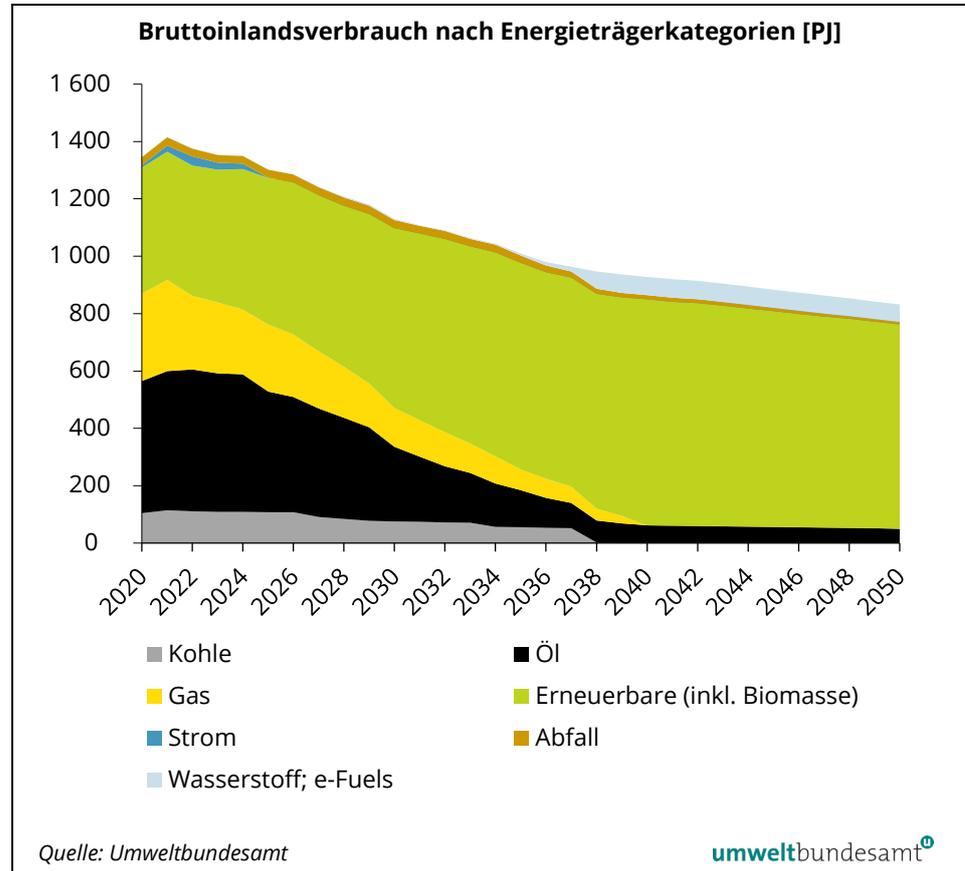
Um eine vollständige Reduktion der nationalen Treibhausgasemissionen ohne zusätzliche Maßnahmen bzw. eine Maßnahmenintensivierung zu erreichen, wäre eine Form der Kohlenstoffsequestrierung einzusetzen. Zur Verfügung stehen Biomasse-CCS oder direct air carbon capture and storage (DACCS). Für Carbon Capture and Use (CCU) ist noch keine Anwendung mit ausreichend langer Produktlebenszeit vorhanden, um als Senke gelten zu können. Der Energieaufwand für CCS liegt aktuell zwischen 0,6 und 10 GJ/Tonne CO₂. Um 11,0 Mio. Tonnen CO₂-äq abzuscheiden, wären somit zwischen 6,6 und 110 PJ notwendig und für 9,4 Mio. Tonnen CO₂-äq zwischen 5,6 und 94 PJ.

5.2 Bruttoinlandsverbrauch

BIV sinkt bis 2040 um 34 %

Der Bruttoinlandsverbrauch¹⁵ (BIV) sinkt zwischen 2021 und 2030 um 21 % und bis 2040 um 34 %. Dies ist vor allem auf die Reduktion des energetischen Endverbrauchs zurückzuführen (siehe Abbildung 31 und Tabelle 58).

Abbildung 31:
Bruttoinlandsverbrauch
des Szenario Transition
nach Energieträgerkate-
gorien 2020–2050.



¹⁵ Der Bruttoinlandsverbrauch ist der gesamte Energiebedarf eines Landes. Er umfasst den Verbrauch des Sektors Energie, Netz- und Umwandlungsverluste und den energetischen Endverbrauch EUROSTAT (2023b).

Tabelle 58:
Bruttoinlandsverbrauch
für ausgewählte Jahre
(Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenario Transition		
	2021	2030	2040	2050
Umwandlungseinsatz	863	906	868	827
Umwandlungsausstoß	-781	-833	-809	-775
Nichtenergetischer Verbrauch	90	63	47	44
Transportverluste	26	29	31	28
Verbrauch des Sektors Energie	108	87	77	75
Energetischer Endverbrauch	1.123	880	722	648
BIV	1.429	1.131	937	848

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

Tabelle 59:
Bruttoinlandsverbrauch
nach Energieträgerkate-
gorien für ausgewählte
Jahre (Quellen: Statistik
Austria, 2021b, Umwelt-
bundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenario Transition		
	2021	2030	2040	2050
Kohle	108	76	0	0
Öl*	494	260	62	50
Gas	324	136	0	0
Erneuerbare (inkl. Biomasse)	448	651	793	758
Abfall	28	28	15	8
Strom	27	-25	-6	-46
Wasserstoff; e-Fuels	-	6	72	77
BIV	1.429	1.131	937	848

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

* Ölprodukte werden ab 2040 in der Raffinerie, im nichtenergetischen Verbrauch und im Flugverkehr eingesetzt.

5.3 Energetischer Endverbrauch

EEV sinkt bis 2040 um 36 %

Im Szenario Transition sinkt der EEV von 2021 bis 2030 um 22 % und bis 2040 um 36 %. Maßgeblich dafür sind die Elektrifizierung im Sektor Verkehr, die thermische Sanierung von Gebäuden, die Umsetzung der Kreislaufwirtschaft im Sektor Industrie und Effizienzmaßnahmen in allen Sektoren.

Der im Energieeffizienzgesetz (BGBl. I Nr. 59/2023) für das Jahr 2030 festgelegte Zielwert von 920 PJ wird mit 880 PJ deutlich unterschritten.

Abbildung 32: Energetischer Endverbrauch nach Sektoren für ausgewählte Jahre.

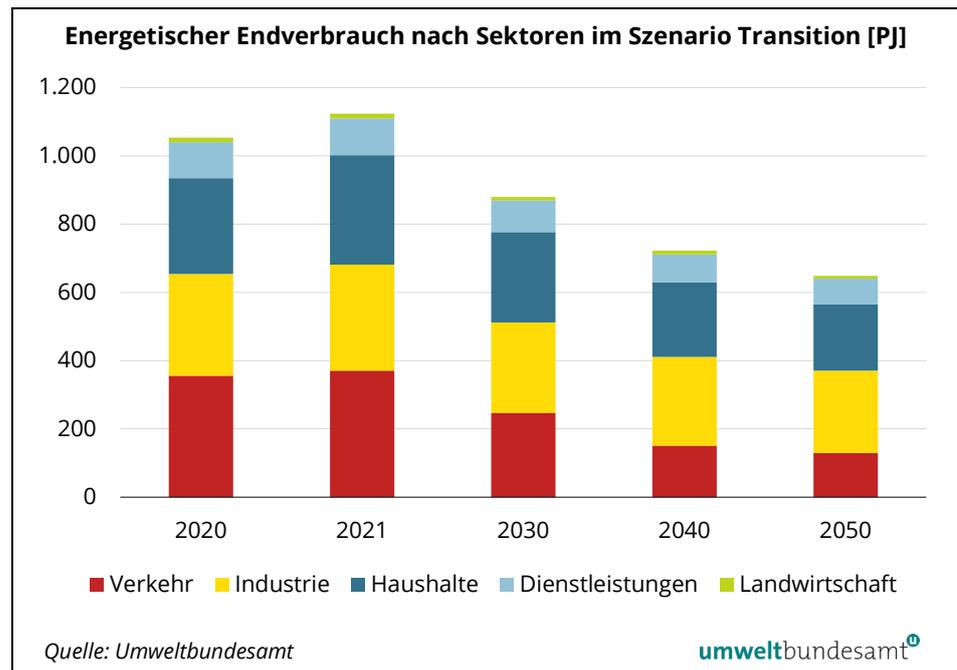


Tabelle 60: Energetischer Endverbrauch nach Sektoren im Szenario Transition (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz*	Szenario Transition		
	2021	2030	2040	2050
Verkehr	371	247	151	129
Industrie	310	265	260	242
Haushalte	321	264	218	194
Dienstleistungen	107	92	82	75
Landwirtschaft	14	11	11	9
EEV	1.123	880	722	648

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

* Energiebilanz mit Offroad-Verschiebung in den Verkehrssektor.

Verschiebung der Energieträger

Der Rückgang fossiler Energieträger ist begleitet von einer starken Zunahme erneuerbarer Energieträger, insbesondere erneuerbarem Strom, Wasserstoff, Biomethan und Umgebungswärme sowie Geothermie (siehe Tabelle 61).

Das 2030 noch verbleibende Erdgas findet überwiegend in der Industrie sowie im Gebäudesektor Anwendung. Durch den Rückgang der Nachfrage nach fossilen Treibstoffen wird einerseits die Nachfrage nach Öl geringer, andererseits geht die Kapazität der Erdö Raffinerien in Europa, u. a. auch in Österreich zurück.

Abbildung 33:
Energetischer Endverbrauch nach Energieträgerkategorien für ausgewählte Jahre.

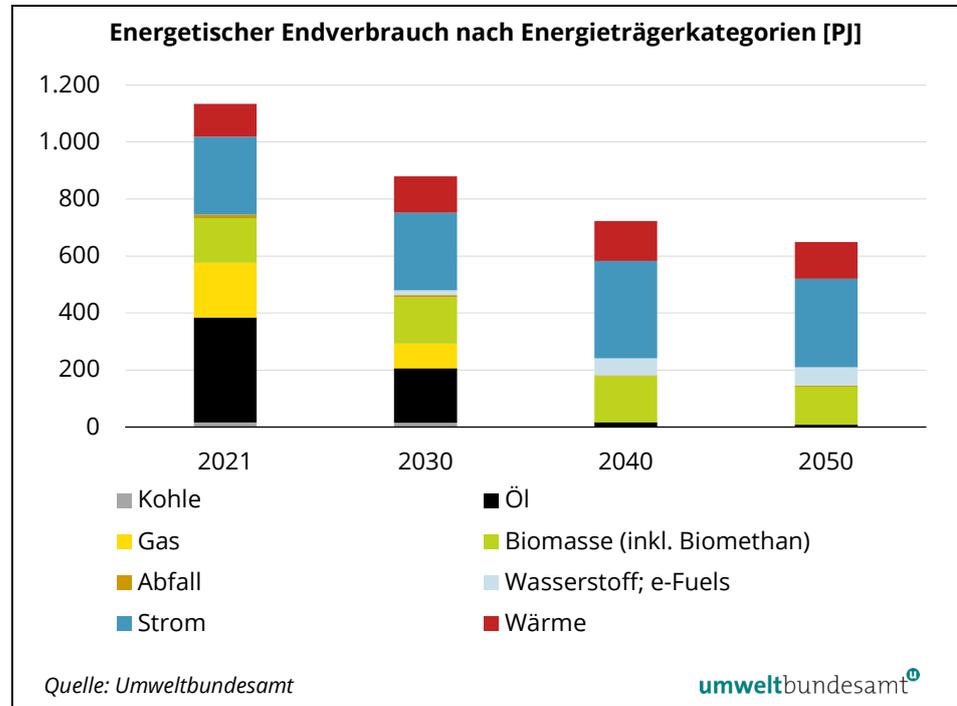


Tabelle 61:
Energetischer Endverbrauch nach Energieträgern (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz*	Szenario Transition		
	2021	2030	2040	2050
Kohle	18	15	0	0
Öl**	389	191	17	8
Gas	207	87	0	0
Biomasse (inkl. Biomethan)	163	162	162	134
Abfall	11	8	3	3
Wasserstoff; e-Fuels	-	16	59	65
Strom	232	273	341	311
Wärme	104	128	140	128
EEV	1.123	880	722	648

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

* Energiebilanz mit Offroad-Verschiebung in den Verkehrssektor.

** Ölprodukte werden ab 2040 im Flugverkehr eingesetzt.

5.3.1 Endverbrauch Gebäude

Im **Szenario Transition** sinkt der Endverbrauch in Gebäuden (siehe Tabelle 62 und Abbildung 34) zwischen 2021 und 2030 um 17 % PJ und bis 2040 um 30 % PJ. Bei den Energieträgern werden die fossilen bis 2040 vollständig durch erneuerbare ersetzt.

Im Sektor Gebäude (Haushalte und Dienstleistungen) führt die verpflichtende thermische Sanierung in Verbindung mit den entsprechenden Fördermitteln zur größten Energieeinsparung. Die Umstellung von fossilen auf erneuerbare Energieträger wird durch Gesetze und Fördermaßnahmen unterstützt.

Abbildung 34:
Energetischer Endverbrauch für den Sektor Gebäude für ausgewählte Jahre.

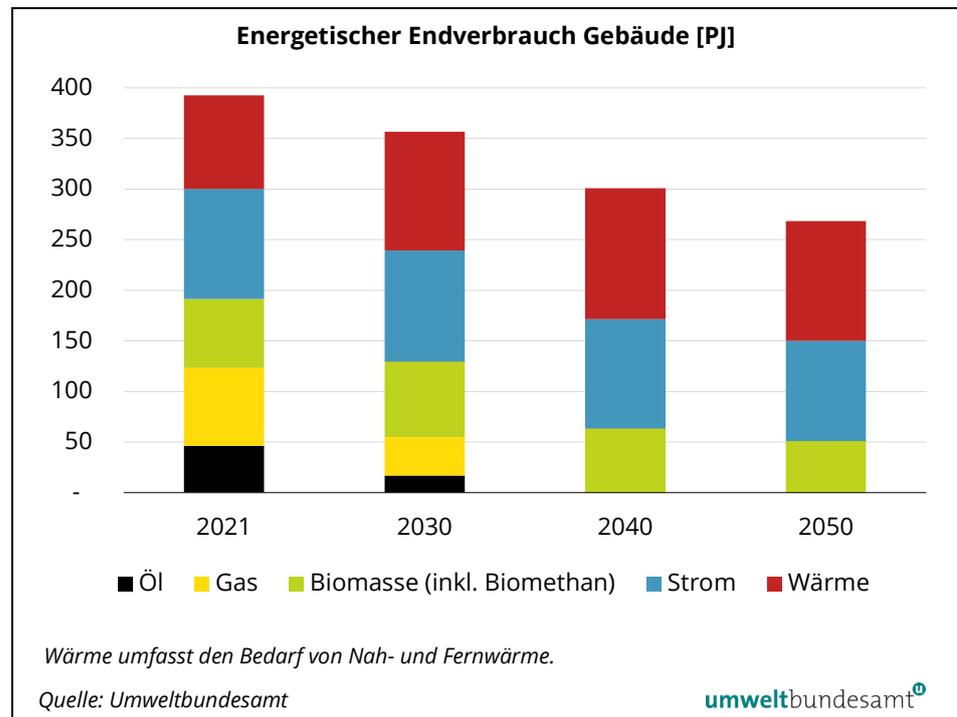


Tabelle 62:
Energetischer Endverbrauch von Gebäuden für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz*	Szenario Transition		
	2021	2030	2040	2050
Kohle	1	0	0	0
Öl	52	17	0	0
Gas	84	38	0	0
Biomasse (inkl. Biomethan)	84	75	63	51
Strom	116	109	108	99
Wärme**	93	117	129	118
EEV Gebäude	429	357	301	269

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

* Energiebilanz mit Offroad-Verschiebung in den Verkehrssektor.

** Wärme umfasst den Bedarf von Nah- und Fernwärme.

Tabelle 63:
Energetischer Endverbrauch der Haushalte für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz*	Szenario Transition		
		2021	2030	2040
Kohle	1	0	0	0
Öl	43	14	0	0
Gas	68	30	0	0
Biomasse (inkl. Biomethan)	80	69	58	46
Strom	73	69	63	56
Wärme	56	82	98	93
EEV Haushalte	321	264	218	194

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

* Energiebilanz mit Offroad-Verschiebung in den Verkehrssektor.

Tabelle 64:
Energetischer Endverbrauch von Dienstleistungen für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz*	Szenario Transition		
		2021	2030	2040
Öl	8	3	0	0
Gas	16	8	0	0
Biomasse (inkl. Biomethan)	4	6	6	5
Strom	43	40	45	44
Wärme	36	35	32	26
EEV Dienstleistungen	107	92	83	75

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

* Energiebilanz mit Offroad-Verschiebung in den Verkehrssektor.

5.3.2 Endverbrauch Verkehr

Im **Szenario Transition** sinkt der EEV des Verkehrs zwischen 2021 und 2030 um 25 %, bis 2040 um 54% und bis 2050 um 61 %.

Durch die Attraktivierung des Öffentlichen Verkehrs und mehr Kostenwahrheit geht die Fahrleistung im Pkw-Verkehr zurück. Bis 2040 stabilisiert sich die Fahrleistung der schweren Nutzfahrzeuge und nimmt bis 2050 leicht ab.

Aufgrund des wesentlich höheren Wirkungsgrads des Elektromotors gegenüber Verbrennungskraftmaschinen und der weiteren Maßnahmen (siehe Tabelle 56) sinkt im Verkehr der energetische Verbrauch zwischen 2021 und 2040 deutlich.

Tabelle 65:
Energetischer Endverbrauch im Verkehr für ausgewählte Jahre
(Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in TJ	Energiebilanz*	Szenario Transition		
		2021	2030	2040
Öl	331	172	17	7
Gas**	8	7	0	0
Biomasse (inkl. Biomethan)	20	18	28	13
Wasserstoff; e-Fuels	-	4	17	26
Strom	12	46	90	83
EEV Verkehr	371	247	151	129

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

* Energiebilanz mit Offroad-Verschiebung in den Verkehrssektor.

** Verdichterstationen werden im Verkehrssektor bilanziert.

5.3.3 Endverbrauch Landwirtschaft

Der Sektor Landwirtschaft zeigt eine leicht sinkende Entwicklung von 2021 bis 2050. Die mobilen Geräte der Landwirtschaft (offroad) und deren Verbrauch werden in den Szenarien im Sektor Verkehr inkludiert.

Tabelle 66:
Energetischer Endverbrauch der Landwirtschaft für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz*	Szenario Transition		
		2021	2030	2040
Kohle	0	0	0	0
Öl	0	0	0	0
Gas	1	0	0	0
Biomasse (inkl. Biomethan)	6	6	7	6
Strom	4	4	4	3
Wärme	1	0	0	0
EEV Landwirtschaft	12	11	11	9

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

* Energiebilanz mit Offroad-Verschiebung in den Verkehrssektor

5.3.4 Endverbrauch Industrie

Energieverbrauch sinkt

Im energetischen Endverbrauch des **Szenario Transition** weist der Sektor Industrie trotz des Wirtschaftswachstums von ca. 1,23 % p. a. aufgrund der Annahmen zur Produktverwendung, der Maßnahmen zur Produktionsumstellung sowie der Steigerung der Effizienz bis 2040 einen Rückgang des Energieverbrauchs um 50 PJ (-16 %) gegenüber 2021 auf.

Erneuerbare ersetzen fossile Energieträger

Neben dem Rückgang des Verbrauchs bewirken die Maßnahmen auch eine Verschiebung der Energieträger. Bis ins Jahre 2040 werden fossile Energieträger bis

auf Restmengen von Abfall (3 PJ) durch erneuerbare Energieträger ersetzt. Während sich der Verbrauch von Wärme kaum verändert, steigen die Einsatzmengen von Biomasse (+13 PJ), Strom (+40 PJ) und erneuerbarem Wasserstoff (42 PJ).

Abbildung 35:
Energetischer Endverbrauch der Industrie nach Energieträgerkategorien für ausgewählte Jahre.

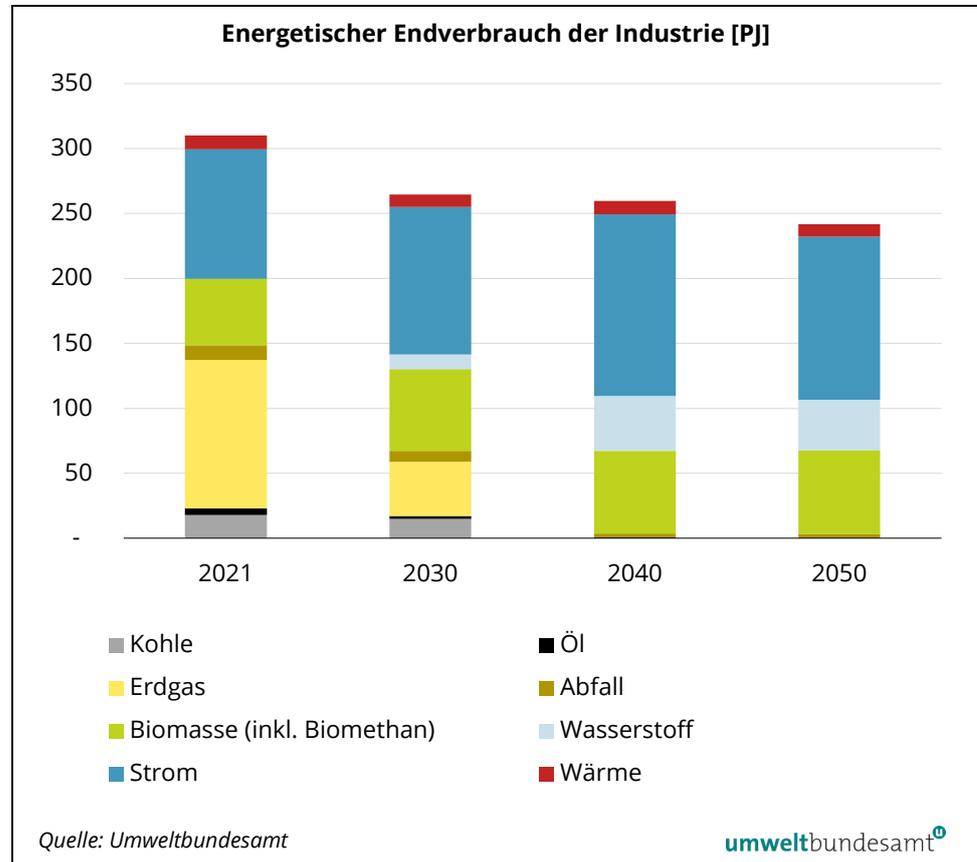


Tabelle 67:
Energetischer Endverbrauch der Industrie für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz*	Szenario Transition		
	2021	2030	2040	2050
Kohle	18	15	0	0
Öl	5	2	1	0
Gas	114	42	0	0
Biomasse (inkl. Biomethan)	51	63	64	64
Abfall	11	8	3	3
Wasserstoff	-	11	42	39
Strom	100	113	140	126
Wärme	11	10	10	10
EEV Industrie	310	265	260	242

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

* Energiebilanz mit Offroad-Verschiebung in den Verkehrssektor.

Tabelle 68:
Energetischer Endverbrauch ausgewählter Industriebranchen für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenario Transition		
	2021	2030	2040	2050
Eisen- und Stahlerzeugung, Nichteisenmetalle	47	43	33	30
Chemische Industrie	55	46	48	42
Steine und Erden, Glas	38	25	17	20
Papier und Druck	74	64	69	68
Holzverarbeitung	29	23	22	23

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

Branchenbetrachtung

Alle energieintensiven Branchen, außer der chemischen Industrie zeigen zwischen 2021 und 2040 sowie bis 2050 Verbrauchsminderungen, am ausgeprägtesten bei der Branche Steine und Erden, Glas. Hinterlegt sind Effizienzsteigerungen, Recycling und Kreislaufwirtschaft. Die Eisen- und Stahlindustrie stellt bis 2040 von Hochöfen auf Elektrostahlwerke und Reduktion mit Wasserstoff um.

5.4 Elektrische Energie

5.4.1 Strombedarf Sektoren

Der Gesamtstromverbrauch steigt im **Szenario Transition** vor allem durch die Elektrifizierung des Verkehrs, der industriellen Prozesse, der Wasserstoffelektrolyse und einer zunehmenden Anzahl von Wärmepumpen. Dadurch steigen auch die Transportverluste.

Tabelle 69:
Strombedarf der Sektoren Verkehr, Industrie, Gebäude und Landwirtschaft, der Verbrauch des Sektors Energie und Transportverluste für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz*	Szenario Transition		
	2021	2030	2040	2050
Verkehr	12	46	90	83
Gebäude	116	109	108	99
Landwirtschaft	5	4	4	3
Industrie	100	113	140	126
Verbrauch des Sektors Energie	24	28	34	34
Transportverluste	11	16	19	18
Umwandlungseinsatz	-	18	57	54
Strombedarf gesamt	267	334	450	416
Strombedarf gesamt (in TWh)	74	93	125	116

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

* Energiebilanz mit Offroad-Verschiebung in den Verkehrssektor.

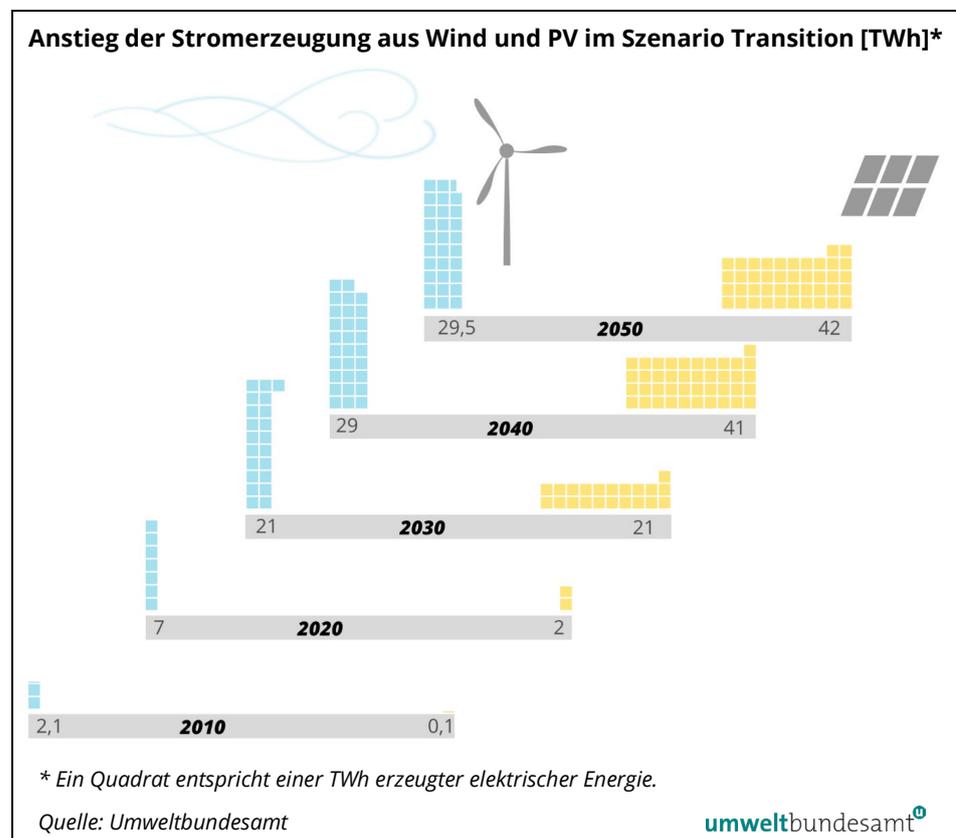
5.4.2 Stromerzeugung

Im **Szenario Transition** werden die Ausbauziele des EAG bis 2030 um 12 TWh übertroffen (+8 TWh Strom aus Photovoltaik und +4 TWh Strom aus Windkraft). Dieser Ausbau erfordert eine ganze Reihe von Maßnahmen, wie zum Beispiel die Ausweisung von Eignungszonen und den Netzausbau.

Bei Biomasse wird angenommen, dass deren Verfügbarkeit für energetische Nutzungen u. a. durch die Ziele im Sektor LULUCF begrenzt ist. Die Erzeugung aus fossilen Energieträgern geht stark zurück. Im Jahr 2040 erzeugen nur noch Abfallverbrennungsanlagen und die Anlagen der Raffinerie Schwechat Strom aus fossilen Quellen.

Der zusätzliche Strombedarf wird vor allem durch den Ausbau von Wind und Photovoltaik gedeckt. Abbildung 36 veranschaulicht, wie sich die Stromerzeugung durch Wind und PV vervielfachen wird.

Abbildung 36:
Anstieg der jährlichen
Stromerzeugung aus
Wind und PV für ausge-
wählte Jahre.



Der im Szenario angenommene Ausbau von Wind und Photovoltaik ist im Einklang mit den in der Literatur angegebenen Potenzialen und mit flächenbasierten Potenzialabschätzungen des Umweltbundesamtes für den Nationalen Infrastrukturplan (Umweltbundesamt, 2023a). Auch die Roadmap Geothermie (BMK, 2022a) wurde in der Modellrechnung berücksichtigt. Zur Stabilisierung der Netze sind kurzfristige und langfristige Speicher notwendig. Es wird auch angenommen, dass Netzbetreiber eigene Elektrolyseanlagen betreiben und in eigenen Anlagen Wasserstoff wieder verstromen.

Stromexporte Im Jahr 2030 wird das Ziel 100 % erneuerbaren Strom national bilanziell herzustellen u. a. durch Stromexporte, die die verbleibende fossile Stromerzeugung kompensieren, erreicht.

Abbildung 37: Stromerzeugung nach Energieträgern für ausgewählte Jahre im Szenario Transition.

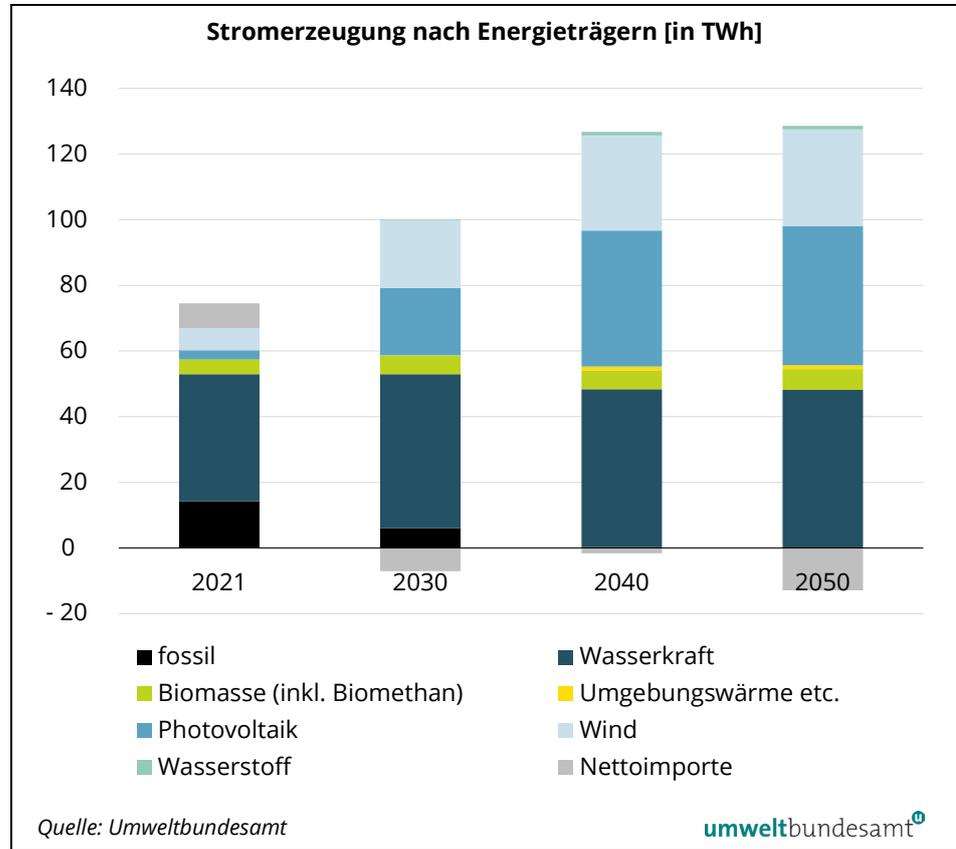


Tabelle 70: Stromerzeugung nach Energieträgern für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

	Energiebilanz		Szenario Transition					
	2021		2030		2040		2050	
	[PJ]	[TWh]	[PJ]	[TWh]	[PJ]	[TWh]	[PJ]	[TWh]
fossil	51	14	22	6	1	0	1	0
Wasserkraft	140	39	169	47	173	48	173	48
Biomasse (inkl. Biomethan)	16	4	20	6	21	6	23	6
Geothermie	0	0	0,3	0,1	4	1	4	1
Photovoltaik	10	3	74	21	149	41	153	42
Wind	24	7	74	21	105	29	106	29,5
Wasserstoff	-	-	0,4	0,1	4	1	4	1
Stromerzeugung gesamt	241	67	360	100	457	127	463	128
Nettoimporte	27	8	-25	-7	-7	-2	-46	-13,5

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

5.5 Erneuerbare Gase

5.5.1 Erneuerbarer Wasserstoff

**nur erneuerbarer
Wasserstoff im
Szenario Transition**

Im Szenario Transition wird nur erneuerbarer Wasserstoff bilanziert, dieser wird in Österreich ausschließlich mittels Elektrolyse aus erneuerbarem Strom erzeugt. Bis 2030 wird gemäß der Wasserstoffstrategie 1 GW_{el} an Elektrolysekapazitäten errichtet, sodass 3,75 TWh Wasserstoff erzeugt werden. Ab dem Jahr 2035 werden große Mengen an klimaneutralem Wasserstoff durch die Fertigstellung des EU Hydrogen Backbones (EHB, 2022) aus Ländern mit geringeren Gestehungskosten importiert. In Österreich werden die Elektrolysekapazitäten daher nur auf ca. 3 GW_{el} bis 2040 ausgebaut.

Bis zum Jahr 2030 steigt der Bedarf durch die Umstellung in der Eisen- und Stahlerzeugung, die Herstellung von Ammoniak und Düngemitteln, den Ersatz von fossilem Gas in der Industrie und den Einsatz im Güterverkehr auf 18 PJ.

Tabelle 71: Wasserstoffverbrauch nach Sektoren für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz*	Szenario Transition		
	2021	2030	2040	2050
Umwandlungseinsatz	0	1	11	11
Verbrauch des Sektors Energie	0	0	33	32
nichtenergetischer Verbrauch	0	2	11	10
Industrie	0	11	42	39
Verkehr	0	3	8	10
Wasserstoffverbrauch	0	18	106	102

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können sich Rundungsdifferenzen ergeben.

* Der aktuelle fossile Wasserstoffverbrauch der Industrie ist ca. 4,6 TWh, wird aber in der Energiebilanz nicht eigens ausgewiesen.

5.5.2 Biomethan

Im **Szenario Transition** sinkt der Umwandlungseinsatz von Biogas und es steigt der EEV vor allem im Sektor Industrie. Insgesamt werden im Jahr 2030 6,8 TWh und im Jahr 2040 10 TWh eingesetzt. Ab 2025 wird Biogas zunehmend ins Leitungsnetz eingespeist. Daher muss das Biomethan (ca. 60 %) von den anderen Bestandteilen (v. a. CO₂) abgetrennt werden. Die dabei auftretenden Verluste an Biomethan werden mit 2 % angenommen. Biomethan und Wasserstoff ersetzen ab 2040 vollständig fossiles Erdgas.

Es wird angenommen, dass in Österreich ein Aufbringungspotenzial von ca. 10 TWh aus landwirtschaftlichen Quellen (Wirtschaftsdünger, Zwischenfrüchte, Stroh) und biogenen Abfällen zur Verfügung steht (AEA, 2021, BMK, 2023b).

Tabelle 72: Biomethaneinsatz nach Sektoren für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenario Transition		
	2021	2030	2040	2050
Umwandlungseinsatz	7,1	0,10	9,00	5,84
Verbrauch des Sektors Energie	-	0,50	3,29	3,06
Transportverluste im Gasnetz	-	0,01	0,11	0,11
nichtenergetischer Verbrauch	-	0,95	0	0
Landwirtschaft	0,2	0,04	0,61	0,55
Industrie	-	17,88	19,97	22,78
Verkehr	-	0,76	0	0
Gebäude	7,3	4,23	3,15	1,38
Summe Biomethan	2	24,47	36,13	33,72
Summe Biomethan (TWh)	0,5	6,8	10	9,4

5.6 Fernwärme

Im **Szenario Transition** nimmt der Fernwärmebedarf bis 2030 um 12 PJ zu, sinkt dann aber wieder um 3 PJ bis 2040. Grund dafür ist der steigende Anschlussgrad von Gebäuden an Fernwärmenetze. Die Fernwärmeerzeugung durch Erdgas und Öl sinkt, während die Erzeugung durch Biomasse und Umgebungswärme (hauptsächlich Geothermie) steigt. Die Fernwärmeerzeugung aus fossilen Quellen geht bis auf geringe Mengen aus Abfall und aus der Raffinerie Schwechat bis 2040 auf null zurück.

Tabelle 73:
Fernwärmebedarf für
ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).

in PJ	Energiebilanz	Szenario Transition		
	2021	2030	2040	2050
Gebäude	68	82	78	64
Landwirtschaft	1	0	0	0
Industrie	10	9	10	9
Transportverluste	14	13	12	10
Fernwärmebedarf	92	104	100	83
Fernwärmebedarf (in TWh)	26	29	28	23

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

Tabelle 74:
Fernwärmeerzeugung
für ausgewählte Jahre
(Quellen: Statistik Aus-
tria, 2021b, Umweltbun-
desamt).

in PJ	Energiebilanz*	Szenario Transition		
		2021	2030	2040
Kohle	1	2	0	0
Öl	3	3	0,4	0,4
Gas	33	14	0	0
Abfall	6	7	2	1
Biomasse (inkl. Biomethan)	47	57	57	43
Umgebungswärme etc.*	1	21	36	35
Wasserstoff	-	0,1	5	5
Fernwärmeerzeugung	92	105	101	84
Fernwärmeerzeugung (TWh)	26	29	28	23

Durch die Darstellung ohne Kommastelle können Rundungsdifferenzen entstehen.

* Umgebungswärme etc. besteht hier vollständig aus Geothermie.

6 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BEEV	Bruttoendenergieverbrauch
BIV	Bruttoinlandsverbrauch
CO ₂ -äq.....	Kohlendioxidäquivalent
CO ₂ eq.....	Carbon dioxid equivalent
EAG.....	Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz
EEV.....	Energetischer Endverbrauch
EH	Emissionshandel
ETS.....	Emissions Trading System
F-Gase	Fluorierte Treibhausgase
OLI	Österreichische Luftschadstoff-Inventur
PJ.....	Petajoule
TJ.....	Terajoule
THG	Treibhausgas
TWh.....	Terawattstunde
WAM.....	with additional measures
WEM.....	with existing measures

7 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Projektkonsortium.....	23
Abbildung 2:	Entwicklung der gesamten THG-Emissionen 1990 bis 2021, danach Szenarien WEM, WAM und Transition 2022 bis 2050. ...	27
Abbildung 3:	Entwicklung der THG-Emissionen im Effort Sharing 2005 bis 2021, danach Szenarien WEM, WAM und Transition 2022 bis 2050.....	27
Abbildung 4:	Bruttoinlandsverbrauch der Szenarien 2020–2050 (Quellen: Statistik Austria, Umweltbundesamt).....	29
Abbildung 5:	Energetischer Endverbrauch der Szenarien WEM, WAM und Transition 2020–2050 (Quellen: Statistik Austria und Umweltbundesamt).....	31
Abbildung 6:	Anteil erneuerbarer Energieträger nach Szenarien 2021–2050 (Quelle: Umweltbundesamt).	33
Abbildung 7:	Energetischer Endverbrauch des Sektor Gebäude nach Energieträgern für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	34
Abbildung 8:	Energetischer Endverbrauch des Verkehrs nach Szenarien 2021–2050 (Quelle: Umweltbundesamt).....	36
Abbildung 9:	Energetischer Endverbrauch der Industrie (ohne offroad) in den Szenarien WEM, WAM und Transition 2020–2050 (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	38
Abbildung 10:	Anstieg der Stromerzeugung aus Wind und PV 2010 bis 2050 aller Szenarien.....	41
Abbildung 11:	Stromerzeugung nach Energieträgern in den Szenarien (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	42
Abbildung 12:	Veränderungen makroökonomischer Größen in den Szenarien WAM und Transition gegenüber dem Referenzszenario WEM... ..	49
Abbildung 13:	Veränderungen des verfügbaren Einkommens nach Quintilen in den Szenarien WAM und Transition gegenüber dem Szenario WEM.....	50
Abbildung 14:	Entwicklung der THG-Emissionen im Szenario WEM nach Sektoren 1990 bis 2050.....	52
Abbildung 15:	Bruttoinlandsverbrauch des Szenario WEM nach Energieträgerkategorien 2020–2050.....	54

Abbildung 16: Energetischer Endverbrauch WEM nach Sektoren für ausgewählte Jahre. Das Jahr 2020 basiert auf den Energiebilanzen 1970–2020.	56
Abbildung 17: Energetischer Endverbrauch nach Energieträgern für ausgewählte Jahre im Szenario WEM (Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).	57
Abbildung 18: Energetischer Endverbrauch WEM für den Sektor Gebäude für ausgewählte Jahre.	58
Abbildung 19: Energetischer Endverbrauch WEM des Sektors Verkehr nach Energieträgerkategorien für ausgewählte Jahre.	60
Abbildung 20: Energetischer Endverbrauch WEM der Industrie nach Energieträgerkategorien für ausgewählte Jahre.	61
Abbildung 21: Stromerzeugung nach Energieträgern für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).	64
Abbildung 22: Entwicklung der THG-Emissionen im Szenario WAM nach Sektoren 1990 bis 2050.	68
Abbildung 23: Bruttoinlandsverbrauch des Szenario WAM nach Energieträgerkategorien 2020–2050.	70
Abbildung 24: Energetischer Endverbrauch WAM nach Sektoren für ausgewählte Jahre. Das Jahr 2020 basiert auf den Energiebilanzen 1970–2020.	72
Abbildung 25: Energetischer Endverbrauch nach Energieträgern für ausgewählte Jahre im Szenario WAM (Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).	73
Abbildung 26: Energetischer Endverbrauch WAM für den Sektor Gebäude für ausgewählte Jahre.	74
Abbildung 27: Energetischer Endverbrauch WAM des Sektors Verkehr nach Energieträgerkategorien für ausgewählte Jahre.	76
Abbildung 28: Energetischer Endverbrauch WAM der Industrie nach Energieträgerkategorien für ausgewählte Jahre.	78
Abbildung 29: Stromerzeugung nach Energieträgern für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).	80
Abbildung 30: Entwicklung der THG-Emissionen nach Sektoren 1990 bis 2050.	87
Abbildung 31: Bruttoinlandsverbrauch des Szenario Transition nach Energieträgerkategorien 2020–2050.	89
Abbildung 32: Energetischer Endverbrauch nach Sektoren für ausgewählte Jahre.	91

Abbildung 33: Energetischer Endverbrauch nach Energieträgerkategorien für ausgewählte Jahre.	92
Abbildung 34: Energetischer Endverbrauch für den Sektor Gebäude für ausgewählte Jahre.	93
Abbildung 35: Energetischer Endverbrauch der Industrie nach Energieträgerkategorien für ausgewählte Jahre.....	96
Abbildung 36: Anstieg der jährlichen Stromerzeugung aus Wind und PV für ausgewählte Jahre.	98
Abbildung 37: Stromerzeugung nach Energieträgern für ausgewählte Jahre im Szenario Transition.....	99

8 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Grundlegende Parameter für die Modellierung des Szenario Transition (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	25
Tabelle 2:	Treibhausgasemissionen nach Szenarien für ausgewählte Jahre, gesamt und gesamt ohne Emissionshandel (Quelle: Umweltbundesamt).....	28
Tabelle 3:	Bruttoinlandsverbrauch der Szenarien WEM, WAM und Transition für ausgewählte Jahre (Quelle: Statistik Austria, Umweltbundesamt).....	30
Tabelle 4:	Energetischer Endverbrauch nach Sektoren und Szenarien (Quellen: Statistik Austria, Umweltbundesamt).....	31
Tabelle 5:	Relative Änderung des Endverbrauchs nach Sektoren und Szenarien (Quellen: Statistik Austria, Umweltbundesamt).....	31
Tabelle 6:	Energetischer Endverbrauch nach Energieträger und Szenarien (Quellen: Statistik Austria, Umweltbundesamt).....	32
Tabelle 7:	Anteil erneuerbarer Energieträger für die Szenarien WEM, WAM und Transition sowie laut Energiebilanz 2021 für ausgewählte Jahre (Quellen: Umweltbundesamt).....	33
Tabelle 8:	Energetischer Endverbrauch der Gebäude (ohne offroad) nach Energieträgern in den Szenarien WEM, WAM und Transition (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	35
Tabelle 9:	Energetischer Endverbrauch des Verkehrs (ohne offroad) nach Energieträgern in den Szenarien WEM, WAM und Transition (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	36
Tabelle 10:	Energetischer Endverbrauch der Landwirtschaft (ohne offroad) nach Energieträgern für ausgewählte Jahre in den Szenarien WEM, WAM und Transition (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	37
Tabelle 11:	Energetischer Endverbrauch der Industrie (ohne offroad) nach Energieträgern in den Szenarien WEM, WAM und Transition (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	38
Tabelle 12:	Strombedarf der Sektoren, Verbrauch des Sektors Energie und Transportverluste in den Szenarien WEM, WAM und Transition (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	39
Tabelle 13:	Stromerzeugung nach Energieträgern in den Szenarien in PJ (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	42

Tabelle 14:	Stromerzeugung nach Energieträgern in den Szenarien in TWh (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).	43
Tabelle 15:	Verbrauch erneuerbarer Gase der Szenarien WEM, WAM und Transition für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).	44
Tabelle 16:	Fernwärmenachfrage nach Sektoren in den Szenarien WEM, WAM und Transition (Quellen: e-Think 2023, ITNA 2023, Cesar 2020, Statistik Austria 2021, Umweltbundesamt).	45
Tabelle 17:	Fernwärmeerzeugung nach Energieträgern in den Szenarien WEM, WAM und Transition (Quellen: Statistik Austria 2021, Umweltbundesamt, FGW).	46
Tabelle 18:	Energiebedarf der Eisen- und Stahlindustrie in den Szenarien WEM, WAM und Transition (Quelle: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).	47
Tabelle 19:	Maßnahmen des Szenario WEM.	51
Tabelle 20:	Treibhausgasemissionen nach Sektoreinteilung des Klimaschutzgesetzes für das Szenario WEM für ausgewählte Jahre (Quelle: Umweltbundesamt).	53
Tabelle 21:	Bruttoinlandsverbrauch WEM nach Energiebilanzaggregaten für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).	55
Tabelle 22:	Bruttoinlandsverbrauch WEM nach Energieträgern für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).	55
Tabelle 23:	Energetischer Endverbrauch WEM nach Sektoren (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).	56
Tabelle 24:	Energetischer Endverbrauch WEM nach Energieträgern (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).	57
Tabelle 25:	Energetischer Endverbrauch WEM von Gebäuden für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).	58
Tabelle 26:	Energetischer Endverbrauch der Haushalte für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).	59
Tabelle 27:	Energetischer Endverbrauch WEM von Dienstleistungen für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).	59
Tabelle 28:	Energetischer Endverbrauch WEM im Verkehr für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).	60

Tabelle 29:	Energetischer Endverbrauch WEM der Landwirtschaft für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	61
Tabelle 30:	Energetischer Endverbrauch WEM der Industrie für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).	62
Tabelle 31:	Energetischer Endverbrauch ausgewählter Industriebranchen für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	62
Tabelle 32:	Strombedarf der Sektoren, Verbrauch des Sektors Energie und Transportverluste für ausgewählte Jahre im Szenario WEM (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).	63
Tabelle 33:	Stromerzeugung nach Energieträgern für ausgewählte Jahre im Szenario WEM (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	64
Tabelle 34:	Fernwärmebedarf nach Sektoren für ausgewählte Jahre im Szenario WEM (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	65
Tabelle 35:	Fernwärmeerzeugung nach Energieträgern für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).	65
Tabelle 36:	Maßnahmen des Szenario WAM.....	66
Tabelle 37:	Treibhausgasemissionen nach Sektoreinteilung des Klimaschutzgesetzes für das Szenario WAM für ausgewählte Jahre (Quelle: Umweltbundesamt).	69
Tabelle 38:	Bruttoinlandsverbrauch WAM für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	71
Tabelle 39:	Bruttoinlandsverbrauch WAM nach Energieträgerkategorien für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	71
Tabelle 40:	Energetischer Endverbrauch WAM nach Sektoren (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	72
Tabelle 41:	Energetischer Endverbrauch WAM nach Energieträgern (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	73
Tabelle 42:	Energetischer Endverbrauch WAM von Gebäuden für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	75
Tabelle 43:	Energetischer Endverbrauch der Haushalte für ausgewählte Jahre im Szenario WAM (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	75

Tabelle 44:	Energetischer Endverbrauch von Dienstleistungen für ausgewählte Jahre im Szenario WAM (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	75
Tabelle 45:	Energetischer Endverbrauch WAM im Verkehr für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	76
Tabelle 46:	Energetischer Endverbrauch WAM der Landwirtschaft für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	77
Tabelle 47:	Energetischer Endverbrauch WAM der Industrie für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	78
Tabelle 48:	Energetischer Endverbrauch ausgewählter Industriebranchen für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	79
Tabelle 49:	Strombedarf der Sektoren, Verbrauch des Sektors Energie und Transportverluste für ausgewählte Jahre im Szenario WAM (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	80
Tabelle 50:	Stromerzeugung nach Energieträgern für ausgewählte Jahre im Szenario WAM (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	81
Tabelle 51:	Wasserstoffverbrauch nach Sektoren für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	82
Tabelle 52:	Biomethaneinsatz nach Sektoren für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	82
Tabelle 53:	Fernwärmebedarf nach Sektoren für ausgewählte Jahre im Szenario WAM (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	83
Tabelle 54:	Fernwärmeerzeugung nach Energieträgern für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	83
Tabelle 55:	Hinterlegte Storylines des Szenario Transition.....	84
Tabelle 56:	Maßnahmen des Szenario Transition.....	85
Tabelle 57:	Treibhausgasemissionen nach Sektoreinteilung des Klimaschutzgesetzes für das Szenario Transition für ausgewählte Jahre (Quelle: Umweltbundesamt).....	88
Tabelle 58:	Bruttoinlandsverbrauch für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	90
Tabelle 59:	Bruttoinlandsverbrauch nach Energieträgerkategorien für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	90

Tabelle 60:	Energetischer Endverbrauch nach Sektoren im Szenario Transition (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	91
Tabelle 61:	Energetischer Endverbrauch nach Energieträgern (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	92
Tabelle 62:	Energetischer Endverbrauch von Gebäuden für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	93
Tabelle 63:	Energetischer Endverbrauch der Haushalte für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	94
Tabelle 64:	Energetischer Endverbrauch von Dienstleistungen für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	94
Tabelle 65:	Energetischer Endverbrauch im Verkehr für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	95
Tabelle 66:	Energetischer Endverbrauch der Landwirtschaft für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	95
Tabelle 67:	Energetischer Endverbrauch der Industrie für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	96
Tabelle 68:	Energetischer Endverbrauch ausgewählter Industriebranchen für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	97
Tabelle 69:	Strombedarf der Sektoren Verkehr, Industrie, Gebäude und Landwirtschaft, der Verbrauch des Sektors Energie und Transportverluste für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	97
Tabelle 70:	Stromerzeugung nach Energieträgern für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	99
Tabelle 71:	Wasserstoffverbrauch nach Sektoren für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	100
Tabelle 72:	Biomethaneinsatz nach Sektoren für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	101
Tabelle 73:	Fernwärmebedarf für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	101
Tabelle 74:	Fernwärmeerzeugung für ausgewählte Jahre (Quellen: Statistik Austria, 2021b, Umweltbundesamt).....	102

9 LITERATUR

- 251/ME. *Bundesgesetz über die Einführung einer Versorgerverpflichtung für Gas aus erneuerbaren Quellen. Erneuerbares-Gas-Gesetz - EGG.*
- AEA, 2021. *Erneuerbares Gas in Österreich 2040. Quantitative Abschätzung von Nachfrage und Angebot.* Österreichische Energieagentur (AEA). Wien.
- BGBL. I NR. 10/2022. *Bundesgesetz über einen nationalen Zertifikatehandel für Treibhausgasemissionen. Nationales Emissionszertifikatehandelsgesetz - NEHG* [online] [Zugriff am: 5. Januar 2023]. Verfügbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20011818>
- BGBL. I NR. 150/2021. *Bundesgesetz über den Ausbau von Energie aus erneuerbaren Quellen. Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz – EAG* [online] [Zugriff am: 29. November 2022]. Verfügbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20011619>
- BGBL. I NR. 59/2023. *Bundesgesetz, mit dem das Bundes-Energieeffizienzgesetz geändert wird* [online]. Verfügbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/I/2023/59>
- BGBL. I NR. 6/2020. *Bundesgesetz über die Unzulässigkeit der Aufstellung und des Einbaus von Heizkesseln von Zentralheizungsanlagen für flüssige fossile oder für feste fossile Brennstoffe in Neubauten. Ölkessleinbauverbotsgesetz - ÖKEVG 2019* [online]. Verfügbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/I/2020/6>
- BGBL. I NR. 72/2014. *Bundesgesetz über die Verbesserung der Energieeffizienz bei Haushalten, Unternehmen und dem Bund sowie Energieverbrauchserfassung und Monitoring. Bundes-Energieeffizienzgesetz - EEEffG* [online]. Verfügbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20008914>
- BGBL. II NR. 19/2006. *Vereinbarung gem. Art. 15a B-VG über gemeinsame Qualitätsstandards für die Förderung der Errichtung und Sanierung von Wohngebäuden zum Zweck der Reduktion des Ausstoßes an Treibhausgasen* [online]. Verfügbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/II/2006/19>
- BGBL. II NR. 213/2017. *Vereinbarung gemäß Artikel 15a B-VG zwischen dem Bund und den Ländern, mit der die Vereinbarung über Maßnahmen im Gebäudesektor zum Zweck der Reduktion des Ausstoßes an Treibhausgasen geändert wird (Änderungsvereinbarung betreffend Klimaschutzmaßnahmen im Gebäudesektor)* [online]. Verfügbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/II/2017/213>
- BGBL. II NR. 395/2022. *Verordnung der Bundesministerin für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie über Maßnahmen im Bereich der Luftreinhaltung zur Erreichung der nationalen Emissionsreduktionsverpflichtungen für Ammoniak (Ammoniakreduktionsverordnung). Ammoniakreduktionsverordnung* [online]. Verfügbar unter: <https://ris.bka.gv.at/eli/bgbl/II/2022/395>

- BGBL. II NR. 452/2022. *Verordnung der Bundesministerin für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, mit der die Kraftstoffverordnung 2012 geändert wird* [online]. Verfügbar unter:
<https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/II/2022/452/20221213>
- BGBL. II NR. 495/2022. *Nitrat-Aktionsprogramm-Verordnung. NAPV* [online]. Verfügbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/II/2022/495/20221227>
- BKA, 2020. *Aus Verantwortung für Österreich. Regierungsprogramm 2020–2024* [online]. Wien [Zugriff am: 5. Januar 2023]. Verfügbar unter:
<https://www.bundeskanzleramt.gv.at/bundeskanzleramt/die-bundesregierung/regierungsdokumente.html>
- BMK, 2022a. *F&E Roadmap Geothermie – 2022* [online] [Zugriff am: 2. Januar 2023]. Verfügbar unter:
https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/nw_pdf/BMK_Geothermie_Roadmap.pdf
- BMK, 2022b. *Wasserstoffstrategie für Österreich* [online]. 15. Dezember 2022 [Zugriff am: 15. Dezember 2022]. Verfügbar unter:
<https://www.bmk.gv.at/themen/energie/energieversorgung/wasserstoff/strategie.html>
- BMK, 2023a. *Nationaler Energie- und Klimaplan* [online]. Verfügbar unter:
https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/klimaschutz/nat_klimapolitik/energie_klimaplan.html
- BMK, 2023b. *ÖNIP. Integrierter österreichischer Netzinfrastukturplan* [online]. Entwurf zur Stellungnahme. Verfügbar unter:
<https://www.bmk.gv.at/themen/energie/energieversorgung/netzinfrastukturplan.html>
- CAVALIERE, P., 2022. *Hydrogen Assisted Direct Reduction of Iron Oxides* [online] [Zugriff am: 27. Dezember 2022]. Verfügbar unter:
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-98056-6>
- CESAR, 2020. *MIO-ES: A Macroeconomic Input-Output Model with Integrated Energy System* [online]. Centre of Economic Scenario Analysis and Research (CESAR). Wien [Zugriff am: 20. Dezember 2022]. Verfügbar unter:
https://www.cesarecon.at/wp-content/uploads/2020/10/MIOES_Manual_Public_FINAL.pdf
- EHB, 2022. *The European Hydrogen Backbone (EHB) initiative | EHB European Hydrogen Backbone* [online]. 15. Dezember 2022 [Zugriff am: 15. Dezember 2022]. Verfügbar unter: <https://www.ehb.eu/>
- E-THINK, 2023. *Energieszenarien bis 2050: Wärmebedarf der Kleinverbraucher. Endbericht*. Zentrum für Energiewirtschaft und Umwelt (e-think). Wien.

- EUROSTAT, 2023a. *Glossary: Final energy consumption/de* [online]. 22. September 2022 [Zugriff am: 5. Januar 2023]. Verfügbar unter: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Final_energy_consumption/de
- EUROSTAT, 2023b. *Glossary: Gross inland energy consumption/de* [online]. 22. September 2022 [Zugriff am: 5. Januar 2023]. Verfügbar unter: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Gross_inland_energy_consumption/de
- ITNA, 2023. *Monitoring Mechanism 2022 und Szenario Transition - Verkehr. (nicht veröffentlicht)*. Institut für Thermodynamik und nachhaltige Antriebssysteme (ITnA). Graz.
- IVV, 2017. *Modellierung von Personenverkehrsmaßnahmen im Rahmen der Energiewirtschaftlichen Szenarien im Hinblick auf die Klimaziele 2030 und 2050 (ENSZEN17)*. Institut für Verkehrswissenschaften (IVV). TU Wien. Wien.
- OIB, 2019. *OIB-Richtlinie 6. Energieeinsparung und Wärmeschutz* [online]. OIB-330.6-026/19. Verfügbar unter: https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/Landesnormen/LST40026378/8200.03-10_An16.pdf
- STATISTIK AUSTRIA, 2021a. *Bevölkerungsprognosen für Österreich und die Bundesländer* [online] [Zugriff am: 30. November 2022]. Verfügbar unter: <https://statistik.at/statistiken/bevoelkerung-und-soziales/bevoelkerung/demographische-prognosen/bevoelkerungsprognosen-fuer-oesterreich-und-die-bundeslaender>
- STATISTIK AUSTRIA, 2021b. *Energiebilanzen* [online] [Zugriff am: 29. November 2022]. Verfügbar unter: <https://statistik.at/statistiken/energie-und-umwelt/energie/energiebilanzen>
- UMWELTBUNDESAMT, 2023a. *Erzeugung von erneuerbarem Strom und Biomethan. Szenarien für 2030 und 2040* [online]. Wien. REP-0874. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0874.pdf>
- UMWELTBUNDESAMT, 2023b. *GHG Projections and Assessment of Policies and Measures in Austria 2023. Reporting under Regulation (EU) 2018/1999* [online]. Verfügbar unter: <https://reportnet.europa.eu/public/dataflow/890>
- UMWELTBUNDESAMT, 2023c. *Klimaschutzbericht 2023* [online]. REP-0871. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0871.pdf>
- UMWELTBUNDESAMT, 2023d. *Maßnahmen zur Treibhausgasreduktion in der Landwirtschaft zur Erreichung der Ziele des Klimaschutzgesetzes. Emissionsszenarien* [online]. Wien. REP-0856. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0856.pdf>

- UMWELTBUNDESAMT, 2023e. *Umweltökonomische Analysen mit dem MIO-ES-Modell. Dokumentation der Modellstruktur und Datenbasis* [online]. REP-0861. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0861.pdf>
- VO (EU) 2018/1999. *Verordnung (EU) 2018/1999 des Europäischen Parlaments und des Rates über das Governance-System für die Energieunion und für den Klimaschutz.* [online] [Zugriff am: 11. Januar 2023]. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32018R1999>
- VO (EU) 2023/1791. *Richtlinie (EU) 2023/1791 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. September 2023 zur Energieeffizienz und zur Änderung der Verordnung (EU) 2023/955 (Neufassung)* [online]. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023L1791>
- VO (EU) 2023/2413. *Richtlinie (EU) 2023/2413 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Oktober 2023 zur Änderung der Richtlinie (EU) 2018/2001, der Verordnung (EU) 2018/1999 und der Richtlinie 98/70/EG im Hinblick auf die Förderung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Aufhebung der Richtlinie (EU) 2015/652 des Rates. RED III* [online]. Verfügbar unter: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L_202302413
- VO (EU) 2023/857. *Verordnung (EU) 2023/857 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. April 2023 zur Änderung der Verordnung (EU) 2018/842 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) 2018/1999* [online]. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R0857>

ANHANG 1 – KOPPLUNG DER MODELLE UND KURZBESCHREIBUNGEN DER MODELLE

Modell MIO-ES – CESAR/Umweltbundesamt

Das Szenario Transition wurde mit einem sogenannten „hybriden“ makroökonomischen Input-Output-Modell der österreichischen Volkswirtschaft berechnet, das das österreichische Energiesystem voll integriert (MIO-ES)¹⁶ und folgende Charakteristika aufweist:

Charakterisierung und Systemgrenzen

- Der Input-Output-Kern des Modells gliedert die wirtschaftlichen Aktivitäten der österreichischen Unternehmen und Haushalte nach 79 Wirtschaftsbranchen und 14 Kategorien des Privatkonsums. An Ergebnissen kann das Modell daher – neben den auf nationaler Ebene vorliegenden Hauptaggregaten der österreichischen Volkswirtschaft (Investitionen, privater und öffentlicher Konsum sowie Netto-Exporte) – die Effekte des Szenarios auf Wertschöpfung und Beschäftigung auf Branchenebene ausweisen.
- Datenbasis Statistik Austria: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen (VGR), Input-Output-Tabelle 2014, Konsum- und Arbeitskräfteerhebung 2014–15; EU SILC (European Union Statistics on Income and Living Conditions); aktuellste Energiebilanz (2020/21).
- Die Modellergebnisse umfassen außerdem die Verteilungswirkungen des Szenarios, da die Haushalte – sowohl verfügbares Einkommen als auch Konsumausgaben betreffend – auf der Ebene von zehn Haushaltseinkommensgruppen (Dezile) modelliert sind.
- Die Einnahmen und Ausgaben des Staates sind konsistent mit den Kategorien der Europäischen Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen ESVG modelliert, sodass auch die Auswirkungen des Szenarios auf das öffentliche Defizit und den Schuldenstand des Staates vorliegen.

Energiesystem

- Die österreichische Energiebilanz ist in physischen Einheiten für 26 Energieträger voll in das ökonomische Modell in monetären Einheiten integriert und stellt alle Transformationsvorgänge von der Primärenergie bis hin zum energetischen Endverbrauch dar.
- Die Energievariablen sind über Preise und Konvertierungsfaktoren mit den monetären Größen des Modells verbunden, sodass jede Veränderung im Energiesystem eine Entsprechung in ökonomischen Variablen

¹⁶ Makroökonomisches Input-Output-Modell mit integriertem Energiesystem, siehe auch Modellbeschreibung im Anhang.

hat und umgekehrt. Somit kann das Modell nicht nur ökonomische Feed-back-Wirkungen, sondern auch Wechselwirkungen zwischen dem ökonomischen System und dem Energiesystem abbilden.

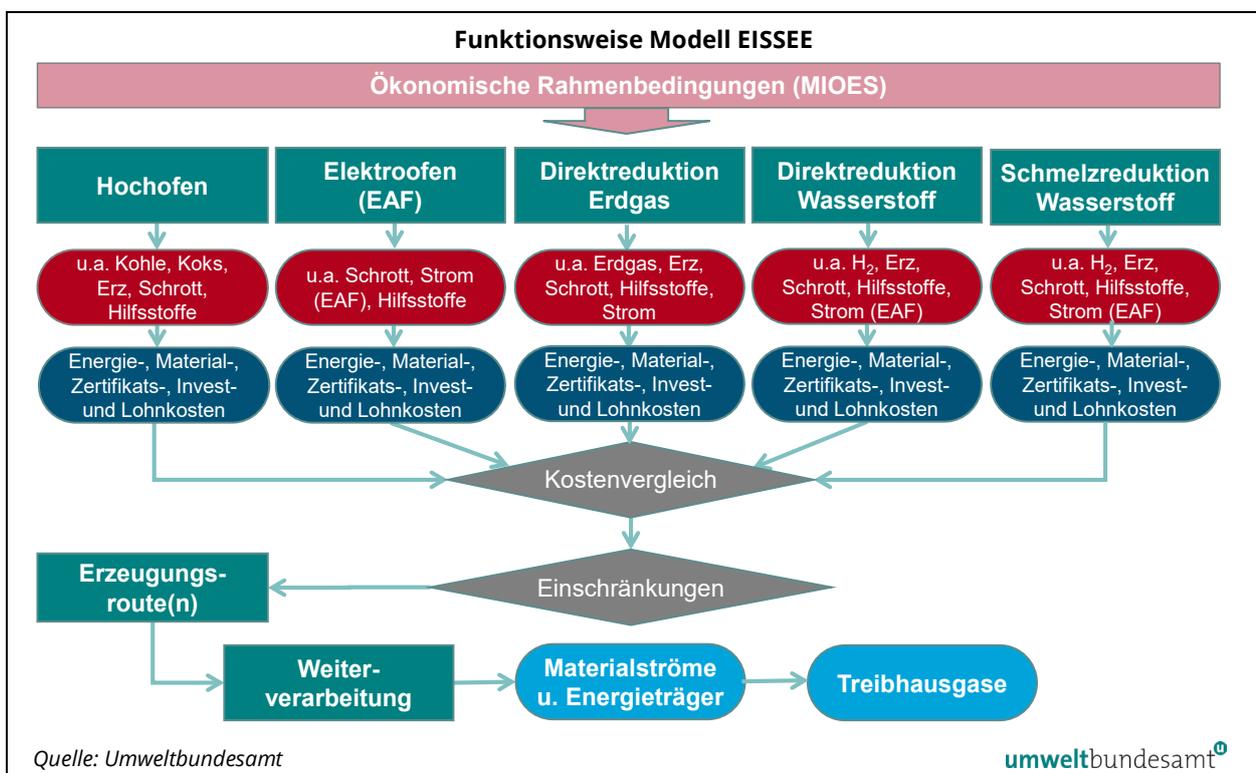
- Die Integration des Energiesystems ermöglicht außerdem eine Ankopplung von Teilmodellen für die Sektoren Verkehr, Stromerzeugung, Raumwärme und Industrie anhand definierter Schnittstellen. Auf diese Weise werden derzeit Ergebnisse aus den in weiterer Folge beschriebenen Modellen (EISSEE, INVERT/EE-Lab, NEMO) in das MIO-ES-Modell integriert.

Modell EISSEE – Umweltbundesamt

Eisen- und Stahlherstellung

Der Umwandlungseinsatz in der Eisen- und Stahlherstellung sowie der Verbrauch des Sektors Energie und der energetische Endverbrauch wurden mit einem technologie- und kostenbasierten Modell des Umweltbundesamtes (EISSEE¹⁷) auf Basis der Wirtschaftsentwicklung ermittelt. Die Bilanzaggregate wurden mit dem volkswirtschaftlichen Modell MIO-ES (CESAR, 2020) abgestimmt. Abbildung A1 veranschaulicht die Funktionsweise des Modells.

Abbildung A1: Funktionsweise Modell EISSEE (Subsektor Eisen- und Stahlherstellung).



¹⁷ EISSEE: Eisen- und Stahl-Szenarien für Energie und Emissionen.

Annahmen Eisen- und Stahlproduktion

Für die Herstellung von Rohstahl (ohne Weiterverarbeitung) wurden fünf Erzeugungsrouten betrachtet, wobei mittels Kostenmodells entschieden wurde, welche Technologie zum Einsatz kommt. Die Energie- und Materialströme wurden anhand von Input-Output-Bilanzen ermittelt, wobei nach Datenverfügbarkeit die zeitliche Entwicklung berücksichtigt wurde. Inputdaten sind Energie- und Materialströme und Kostendaten zu Energie und Material, Investitionen und Löhnen sowie ETS-Zertifikaten. Wesentliche Datengrundlage sind Statistik Austria, Worldsteel, BAT-Referenzdokumente und Fachliteratur (Cavaliere, 2022). Die Weiterverarbeitung von Rohstahl zu Produkten wird getrennt modelliert. Einschränkungen, wie Verfügbarkeit von Strom aus Erneuerbaren oder Verfügbarkeit und Verarbeitungskapazität von Schrott, wurden berücksichtigt. Weitere wesentliche Parameter und Annahmen sind in Tabelle A1 zusammengefasst.

Tabelle A1: Treibhausgasemissionen des Szenario Transition von 1990 bis 2050 mit relativen Jahresvergleichen.

Prozess	Elektrostahl	Hochofenroute	Schmelzreduktion	Direktreduktion Wasserstoff	Direktreduktion Erdgas
Systemgrenzen und Rahmenbedingungen	Elektroofen	Kokerei, Sinteranlage, Hochofen, Stahlwerk Strom- und Fernwärmeproduktion als Export, Export von Restgasen (Kokerei-, Gichtgas) wie Erdgas berücksichtigt	Grundsätzlich Einsatz von heimischen Erzen möglich, ab 2035 nicht mehr kosteneffizient	Direktreduktion prinzipiell mit Erdgas, H ₂ und synthetischem CH ₄ möglich Heißeinsatz von Direktreduktionseisen im Elektroofen Einsatz von heimischen Erzen nicht möglich	
Reduktionsmittel- bzw. Energieeinsatz	Bestehende Anlagen: Effizienzverbesserung Neue Anlagen: Berechnung anhand ETS Benchmark; Effizienzverbesserung	14 GJ Reduktionsmittel pro Tonne Roheisen; Effizienzverbesserung	Auf Grund der Eigenschaften von Wasserstoff-Plasma werden für das Schmelzreduktionsverfahren Energieeinsparungen erwartet (Cavaliere, 2022). Gegenüber dem Gesamtenergieverbrauch des Direktreduktionsverfahrens werden diese Energieeinsparungen mit 10 % angenommen.	11 GJ pro Tonne Direktreduktionseisen (DRI) 12, ¹⁸ , Effizienzverbesserung, Verarbeitung von DRI zu Stahl wie Elektrostahl; Effizienzverbesserungen	
Schrotteinsatz (bezogen auf den Einsatz von Eisenträgern)	Für die Primärherstellung wurde aus Vergleichszwecken ein konstanter Schrotteinsatz von 25 % angenommen				

¹⁸ Ohne Berücksichtigung der Wasserstoffherstellung.

Modell INVERT/EE-Lab – e-think

Die Modellierung des Energiebedarfs von Raumwärme und Warmwasserbereitung sowie Kühlung in Gebäuden der Privathaushalte und Dienstleistungen wurde von e-think durchgeführt (e-think, 2023).

Charakterisierung und Systemgrenzen

- Weiterentwicklung für Österreich aus dem Modell INVERT (Einsatz von Fördermitteln im Vergleich zu einem Referenzszenario, siehe www.invert.at).
- Simulationsmodell – Bottom-up-Modellierung.
- Modellierungsumfang bzw. Systemgrenzen: Gebäudebestand Österreichs (Heizung, Warmwasser), wobei die Sektoren Haushalte und Dienstleistungen (Wohngebäude und Nichtwohngebäude) abgebildet werden.
- Das Modell besteht im Wesentlichen aus einer disaggregierten Abbildung des Bestandes an Gebäuden in Österreich. Dieser Gebäudebestand wird zunächst in Gebäudeklassen (Alter, Größe, Renovierungsstand) abgebildet, die wiederum in mehrere Gebäudesegmente (Kombination mit Heiz- und Warmwassersystemen und Modellregionen: Stadt bzw. Land) unterteilt werden. Die Gebäudesegmente werden im Modellalgorithmus einem jährlichen Entscheidungsverfahren unterzogen, um Technologien bzw. Maßnahmen (neue Heiz- und Warmwassersysteme, Dämmung Bauteile, Fenstertausch) einzusetzen. Ausgewählt wird die Maßnahme, die unter Berücksichtigung ökonomischer Aspekte am attraktivsten erscheint, wobei nichtökonomische Entscheidungsparameter über einen stochastischen Verteilungsansatz berücksichtigt werden.
- Datenstand für Österreich: 2012.

Inputdaten

- Preisszenarien für Energieträger.
- Fördersysteme bzw. -höhen.
- Gebäudebestand (Teil des Modells).
- Investitions- und Betriebskosten von Heizsystemen und Sanierungsmaßnahmen (Teil des Modells).
- Neubauraten.

Outputdaten

- Endenergiebedarf nach Energieträgern.
- Sanierungsraten ergeben sich endogen bis zu allfällig definierten Höchstgrenzen für verschiedene Maßnahmen und Gebäudetypen.
- Investitionssummen für Heizsystemwechsel bzw. energetische Sanierungsmaßnahmen.
- Ausgaben für Energieträger.
- Förderkosten.

Anwendung und Referenzen

Umfassendere Analysen zu alternativen energiepolitischen Instrumenten bzw. deren Ausgestaltungen wurden von den Autor:innen im Projekt ENTRANZE durchgeführt (e-think, 2023).

Modell MARS – TU Wien/IVV

Im Rahmen verschiedener Projekte wurde im Forschungsbereich für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik des Instituts für Verkehrswissenschaften (IVV) der Technischen Universität Wien das dynamische, integrierte Flächennutzungs- und Verkehrsmodell MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator) entwickelt (Pfaffenbichler 2003, 2008).

MARS ist ein dynamisches, integriertes Flächennutzungs- und Verkehrsmodell. Das heißt MARS modelliert nicht den Gleichgewichtszustand eines Zieljahres, sondern vielmehr den Pfad dorthin iterativ in diskreten Zeitschritten. Die technischen Grundlagen von MARS liegen in der Disziplin „System Dynamics“, welche in den 1950er Jahren von John Forrester und Kolleg:innen am MIT begründet wurde. MARS

- ist sowohl ein qualitatives als auch ein quantitatives Modell,
- ist ein strategisches und daher räumlich relativ hoch aggregiertes Modell,
- kann sowohl als urbanes als auch als regionales oder nationales Modell verwendet werden,
- ist ein transparentes Modell („White Box“ im Gegensatz zu „Black Box“),
- berücksichtigt neben den motorisierten auch die nichtmotorisierten Verkehrsteilnehmer:innen.

Weiters versucht MARS alle relevanten Rückkopplungen sowohl innerhalb des Verkehrssystems, als auch zwischen Verkehr und Raum zu berücksichtigen. Eine detaillierte Beschreibung findet sich im Endbericht des IVV der TU Wien zu den Projektionen (IVV, 2017).

Das Verkehrsmodell deckt entsprechend dem strategischen Charakter nur die ersten drei Stufen eines klassischen vierstufigen Verkehrsmodells ab. Diese sind:

- Verkehrserzeugung,
- Verkehrsverteilung, d. h. Zielwahl, und
- Verkehrsaufteilung, d. h. Verkehrsmittelwahl.

Auf die Stufe der Verkehrsumlegung, d. h. Routenwahl, wurde aufgrund des strategischen Charakters und der Anforderung kurzer Laufzeiten bewusst verzichtet.

Inputdaten

- Skalar­daten des Basisjahres gültig im gesamten Untersuchungsgebiet, wie Arbeitsstunden je Monat (h/m), Geschwindigkeit verschiedener Wegzwecke (km/h), Kosten MIV (motorisierter Individualverkehr) (Euro/km) etc.,
- Vektordaten auf Ebene der Verkehrszelle (Bezirk) wie Fläche (km²), Anzahl der Einwohner:innen, Anzahl der Beschäftigten am Wohnstandort, Personen je Haushalt, Haushaltseinkommen (Euro/Monat) etc.,
- Matrixdaten zwischen den Verkehrszellen (Bezirken), wie durchschnittliche Entfernung zu Fuß, mit dem Fahrrad, dem Bus, der Bahn und dem MIV (km), durchschnittliche Geschwindigkeit Bus, Bahn und MIV zur Spitzenstunde und außerhalb der Spitzenstunde (km/h) etc.,
- Zeitreihe Szenariovariablen Gesamtösterreich, wie Anteil E-Pkw (%), Verbrauch E-Pkw, Strompreis (Euro/kWh), Veränderung des Pkw-Besetzungsgrades (% p. a.),
- Wachstumsraten auf Ebene der Verkehrszelle (Bezirk), wie Veränderung der Zahl der Einwohner:innen (% p. a.), Veränderung der Zahl der Personen je Haushalt (% p. a.), Veränderung des Haushaltseinkommens (% p. a.) etc.,
- Änderungsraten auf Ebene der Matrix Verkehrszelle – Verkehrszelle wie Entfernung motorisierter Individualverkehr (% p. a.), Geschwindigkeit im öffentlichen Verkehr (% p. a.).

Outputdaten

- Modal Split nach Wegen,
- Personenkilometer nach Verkehrsmittel,
- Pkw-Fahrleistungen nach Straßenkategorie innerorts, über Land oder außerorts und Autobahn.

Interaktion der Modelle

- Im Szenario Transition ist die Interaktion der zwei Modelle NEMO und MARS für die Abschätzung des energetischen Endverbrauchs des Personenverkehrs von besonderer Bedeutung. Die Maßnahmensimulation im Personenverkehr erfolgte dabei mit dem Modell MARS in enger Abstimmung mit dem Umweltbundesamt. Die resultierenden Pkw-Fahrleistungsdaten wurden vom IVT der TU Graz für die Bedatung des Modells NEMO verwendet.
- Die im Endbericht des IVV dargestellten Ergebnisse aus MARS sind Standard-Ergebnisse bei Einführung aller Maßnahmen zwischen 2020 und 2030. Für die Endversion des Szenario Transition wurde die Einführung einiger Maßnahmen nach hinten verschoben bzw. verlängert. Das Potenzial erstreckt sich in den Endergebnissen auf 30 Jahre, nicht wie im MARS-Modell ursprünglich angenommen auf zehn Jahre.

Modell NEMO – TU Graz/ITnA

Daten

Die Projektionen erfolgten erstmals mit dem Simulationsprogramm NEMO (Network Emission Model). NEMO wurde am Institut für Thermodynamik und nachhaltige Antriebssysteme der TU Graz für die Berechnung von Emissionsausstoß und Energieverbrauch auf Verkehrsnetzen nach dem aktuellsten Stand der wissenschaftlichen Methoden entwickelt. Nachfolgend sind die Methoden und Funktionalitäten kurz dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung findet sich in den Endberichten des ITnA der TU Graz (ITnA, 2023).

Charakterisierung und Systemgrenzen

Die Bilanzierung erfolgt dynamisch in Jahresschritten über frei wählbare Berechnungszeiträume. NEMO verknüpft eine detaillierte Berechnung der Zusammensetzung der Fahrzeugflotte mit fahrzeugfeiner Verbrauchs- und Emissionsimulation. In einem ersten Schritt berechnet NEMO die Zusammensetzung der inländischen Fahrzeugflotte nach Bestands- und Fahrleistungsanteilen. Die Unterteilung der Fahrzeugflotte in sogenannte Fahrzeugschichten basiert auf Bestandsstatistiken und erfolgt dabei nach emissions- bzw. energieverbrauchsrelevanten Kriterien.

KEX-Modul (Kraftstoff-Export-Tool)

KEX ist ein Tool zur Schätzung der Änderung der Inlandsnachfrage und des Kraftstoffexportes in Kfz. KEX verwendet als unabhängige Variablen BIP, Bevölkerung, Exportquote sowie Benzin- und Dieselpreise im In- und Ausland. Berechnet wird damit die Menge an Verbrauch österreichischen Kraftstoffes im In- und Ausland. KEX wird in den Szenarien verwendet, um die zukünftige Entwicklung der Verkehrsnachfrage im Inland als Funktion von BIP, Bevölkerung und Kraftstoffpreisen abzubilden und um die zukünftigen Mengen an in Kfz exportiertem Kraftstoff zu berechnen. Der Inlandsverbrauch wird mit dem Verkehrsmodell NEMO aus der Verkehrsnachfrage berechnet (KEX umfasst dazu ein sehr vereinfachtes statistisches Tool, während NEMO die vorgegebenen Technologien bei Kfz-Neuzulassungen, deren Flottendurchdringung und die Effekte auf Verbrauch und Emissionen abbildet).

Für die KEX-Prognose wurde in dieser Studie die historische Abweichung von KEX-Modell und tatsächlichem Kraftstoffverkauf berücksichtigt, um damit Sprünge von der aktuellen OLI hin zur Prognose bestmöglich zu vermeiden.

Inputdaten

- Fahrzeugkategorie (z. B. Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Solo-Lkw),
- Antriebsart (z. B. Ottomotoren, Dieselmotoren, elektrische Antriebe),
- Größenklasse (Unterscheidungsmerkmal z. B. Hubraum oder höchstzulässiges Gesamtgewicht),

- Technologieklasse (i. A. Gesetzgebung, nach der das Fahrzeug erstzulassen wurde, gegebenenfalls in Kombination mit der eingesetzten Technologie, z. B. bei SNF „EURO V mit SCR“),
- zusätzliche (nachgerüstete) Abgasnachbehandlungssysteme (z. B. Partikel-Katalysator),
- verwendeter Kraftstoff,
- spezifischer Energieverbrauch der Kfz (Benzin, Diesel bzw. elektrische Energie je Kfz- bzw. Personen- oder Tonnenkilometer),
- spezifische Emissionsfaktoren,
- spezifische Jahresfahrleistung.

Outputdaten

- Gesamte Jahresfahrleistungen,
- gesamte Verkehrsleistungen (Personen- und Tonnenkilometer),
- gesamter Energieverbrauch des Straßenverkehrs,
- gesamte Emissionen der Kfz-Flotte; berechnet werden die Treibhausgase CO₂, CH₄, N₂O sowie alle gängigen Luftschadstoffe (NO_x, Partikel, SO₂, NMVOC usw.) sowie Verdunstungsemissionen.

Modell GEORG – TU Graz/ITnA

Der Energieeinsatz und die Emissionen mobiler Maschinen und Geräte der Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Industrie, Haushalte und im Gartenbereich werden für das Bundesgebiet Österreich mit dem Modell GEORG (Grazer Emissionsmodell für Offroad-Geräte) berechnet.

Charakterisierung und Systemgrenzen

- Die Bestandsmodellierung erfolgt automatisch in Jahresschritten.
- Die Emissionsfaktoren werden nach Jahrgängen der Erstzulassung vorgegeben („Abgasklassen“).
- Die Abhängigkeit des Emissionsniveaus von der Motorenart, der tatsächlich benötigten Motorleistung, dem Baujahr des Motors, der jährlichen Einsatzzeit und vom Alter des Gerätes wird berücksichtigt.

Inputdaten

- Gesamtbestand,
- Ausfallwahrscheinlichkeiten,
- Neuzulassungsanteile nach Motorenart.

Outputdaten

- Das Programm GEORG ermittelt die Altersstruktur des Bestandes über Ausfallwahrscheinlichkeiten. Es wird dabei der Bestand für jede Kategorie nach Jahr der Erstzulassung und Antriebsart (Diesel >80 kW, Diesel <80 kW, Otto-Viertakt, Otto-Zweitakt) berechnet.
- Die gesamten Emissionen und der Kraftstoffverbrauch werden aus Emissionsfaktoren [g/kWh Motorleistung] berechnet. Die durchschnittliche Motorleistung wird dabei für jede Fahrzeugkategorie vorgegeben.

ANHANG 2 – TREIBHAUSGASEMISSIONEN DER SZENARIEN VON 1990 BIS 2050Tabelle A2: Treibhausgasemissionen des **Szenario WEM** von 1990 bis 2050 mit relativen Jahresvergleichen.

Mio. t CO ₂ -äq	1990	2005	2021	2030	2040	2050	1990– 2021	1990– 2030	1990– 2040	1990– 2050	2005– 2021	2005– 2030	2005– 2040	2005– 2050
Energie & Industrie mit Emissionshandel	36,4	41,6	34,5	32,4	32,1	31,7	-5 %	-12 %	-13 %	-14 %	-17 %	-23 %	-24 %	-25 %
Energie & Industrie ohne Emissionshandel		5,8	5,8	5,4	6,0	6,2					-1%	3 %	6 %	5 %
Energie & Industrie Emissionshandel*		35,7	28,7	27,0	26,1	25,5					-20 %	-27 %	-29 %	-30 %
Verkehr**	13,8	24,6	21,6	20,7	18,9	11,8	57 %	37 %	-14 %	-34 %	-12 %	-23 %	-52 %	-63 %
Gebäude	12,9	12,7	9,1	8,1	6,5	5,4	-30 %	-50 %	-59 %	-61 %	-29 %	-49 %	-58 %	-61 %
Landwirtschaft	9,8	8,3	8,2	8,2	7,4	7,5	-16 %	-24 %	-24 %	-26 %	-2 %	-11 %	-10 %	-13 %
Abfallwirtschaft	4,7	3,6	2,3	2,3	2,0	1,9	-51 %	-56 %	-59 %	-60 %	-35 %	-43 %	-46 %	-48 %
F-Gase	1,6	1,8	1,9	2,2	0,9	0,8	22 %	-42 %	-48 %	-57 %	6 %	-50 %	-55 %	-63 %
THG nach KSG (ohne EH)***		56,8	48,8	46,9	41,7	33,5					-14 %	-27 %	-41 %	-47 %
Gesamte Treibhausgase	79,0	92,6	77,5	73,9	67,8	59,0	-2 %	-14 %	-25 %	-30 %	-16 %	-27 %	-36 %	-40 %

* Daten für 2005 bis 2012 wurden entsprechend der ab 2013 gültigen Abgrenzung des EU-ETS angepasst. Die aktuellen Emissionsdaten weichen von bisher publizierten Zeitreihen ab.

** Verkehr inkl. nationalem Flugverkehr (nat. Flugverkehr 2020: rund 23 kt CO₂).

*** Sektoreinteilung nach Klimaschutzgesetz (KSG) – ohne Emissionshandel und ohne CO₂-Emissionen aus nationalem Flugverkehr.

Tabelle A3: Treibhausgasemissionen des **Szenario WAM** von 1990 bis 2050 mit relativen Jahresvergleichen.

Mio. t CO ₂ -äq.	1990	2005	2021	2030	2040	2050	1990– 2021	1990– 2030	1990– 2040	1990– 2050	2005– 2021	2005– 2030	2005– 2040	2005– 2050
Energie & Industrie mit Emissionshandel	36,4	41,6	34,5	26,0	20,4	14,9	-5 %	-29 %	-44 %	-59 %	-17 %	-38 %	-51 %	-64 %
Energie & Industrie ohne Emissionshandel		5,8	5,8	5,1	4,6	4,3					-1 %	-14 %	-21 %	-26 %
Energie & Industrie Emissionshandel*		35,7	28,7	20,9	15,8	10,5					-20 %	-41 %	-56 %	-70 %
Verkehr**	13,8	24,6	21,6	17,1	8,1	2,8	57 %	24 %	-41 %	-80 %	-12 %	-30 %	-67 %	-89 %
Gebäude	12,9	12,7	9,1	5,2	0,5	0,3	-30 %	-60 %	-96 %	-98 %	-29 %	-59 %	-96 %	-98 %
Landwirtschaft	9,8	8,3	8,2	6,7	6,6	6,2	-16 %	-31 %	-33 %	-36 %	-2 %	-19 %	-21 %	-25 %
Abfallwirtschaft	4,7	3,6	2,3	2,0	1,9	1,8	-51 %	-56 %	-59 %	-60 %	-35 %	-43 %	-46 %	-48 %
F-Gase	1,6	1,8	1,9	0,8	0,5	0,5	22 %	-48 %	-65 %	-69 %	6 %	-55 %	-70 %	-73 %
THG nach KSG (ohne EH)***		56,8	48,8	36,9	22,2	15,9					-14 %	-35 %	-61 %	-72 %
Gesamte Treibhausgase	79,0	92,6	77,5	57,8	38,0	26,5	-2 %	-27 %	-52 %	-67 %	-16 %	-38 %	-59 %	-71 %

* Daten für 2005 bis 2012 wurden entsprechend der ab 2013 gültigen Abgrenzung des EU-ETS angepasst. Die aktuellen Emissionsdaten weichen von bisher publizierten Zeitreihen ab.

** Verkehr inkl. nationalem Flugverkehr (nat. Flugverkehr 2020: rund 23 kt CO₂).

*** Sektoreinteilung nach Klimaschutzgesetz (KSG) – ohne Emissionshandel und ohne CO₂-Emissionen aus nationalem Flugverkehr.

Tabelle A4: Treibhausgasemissionen des **Szenario Transition** von 1990 bis 2050 mit relativen Jahresvergleichen.

Mio. t CO ₂ -äq.	1990	2005	2021	2030	2040	2050	1990– 2021	1990– 2030	1990– 2040	1990– 2050	2005– 2021	2005– 2030	2005– 2040	2005– 2050
Energie & Industrie mit Emissionshandel	36,4	41,6	34,5	20,5	4,5	4,0	-5 %	-44 %	-88 %	-89 %	-17 %	-51 %	-89 %	-90 %
Energie & Industrie ohne Emissionshandel		5,8	5,8	3,8	0,6	0,5					-1 %	-35 %	-90 %	-91 %
Energie & Industrie Emissionshandel*		35,7	28,7	16,7	3,9	3,5					-20 %	-53 %	-89 %	-90 %
Verkehr**	13,8	24,6	21,6	8,6	0,1	0,0	57 %	-37 %	100 %	-100 %	-12%	-65 %	-100 %	-100 %
Gebäude	12,9	12,7	9,1	3,7	0,2	0,1	-30%	-72 %	-99 %	-99 %	-29%	-71 %	-98 %	-99 %
Landwirtschaft	9,8	8,3	8,2	5,5	4,3	3,8	-16%	-43 %	-56 %	-61 %	-2%	-33 %	-48 %	-54 %
Abfallwirtschaft	4,7	3,6	2,3	2,0	1,7	1,2	-51%	-56 %	-64 %	-75 %	-35%	-43 %	-53 %	-67 %
F-Gase	1,6	1,8	1,9	0,8	0,2	0,2	22%	-50 %	-84 %	-90 %	6%	-57 %	-86 %	-91 %
THG nach KSG (ohne EH)***		56,8	48,8	24,5	7,1	5,9					-14%	-57 %	-88 %	-90 %
Gesamte Treibhausgase	79,0	92,6	77,5	41,2	11,0	9,4	-2%	-48 %	-86 %	-88 %	-16 %	-56 %	-88 %	-90 %

* Daten für 2005 bis 2012 wurden entsprechend der ab 2013 gültigen Abgrenzung des EU-ETS angepasst. Die aktuellen Emissionsdaten weichen von bisher publizierten Zeitreihen ab.

** Verkehr inkl. nationalem Flugverkehr (nat. Flugverkehr 2020: rund 23 kt CO₂).

*** Sektoreinteilung nach Klimaschutzgesetz (KSG) – ohne Emissionshandel und ohne CO₂-Emissionen aus nationalem Flugverkehr.

Umweltbundesamt GmbH

Spittelauer Lände 5
1090 Wien/Österreich

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

office@umweltbundesamt.at
www.umweltbundesamt.at

Das Umweltbundesamt erstellt in Zusammenarbeit mit Expert:innen von CESAR, e-think, TU Graz und TU Wien in regelmäßigen Intervallen Szenarien über die Entwicklung von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen, für die EU-Berichtspflicht im Rahmen der Governance-Verordnung. Das Szenario WEM zeigt die Entwicklung mit bestehenden, rechtsgültigen Maßnahmen. Das Szenario WAM bildet Maßnahmen ab, die von Expert:innen als wahrscheinlich eingeschätzt und voraussichtlich umgesetzt werden.

Im Szenario Transition wird der Weg zu einem klimaneutralen Österreich aufgezeigt. Klimaneutralität 2040 bedeutet einen geringeren Energieverbrauch, einen Wechsel auf erneuerbare Energieträger (Strom, Wasserstoff, biogene) und praktisch treibhausgasfreie Gebäude und Mobilität. Unvermeidbare Emissionen müssten kompensiert werden.

Der vorliegende Bericht vergleicht die drei Szenarien WEM, WAM und Transition.