

Klimaschutzbericht 2024



KLIMASCHUTZBERICHT 2024

REPORT
REP-0913

WIEN 2024

Projektleitung Andreas Zechmeister

Autor:innen Michael Anderl, Andreas Bartel, Michael Gössl, Holger Heinfellner, Christian Heller, Anna Heuber, Thomas Krutzler, Verena Kuschel, Lisa Makoschitz, Bradley Matthews, Merlin Mayer, Simone Mayer, Erwin Moldaschl, Katja Pazdernik, Daniela Perl, Stephan Poupä, Maria Purzner, Elisabeth Rigler, Karina Rockenschaub, Michael Roll, Wolfgang Schieder, Carmen Schmid, Günther Schmidt, Barbara Schodl, Elisabeth Schwaiger, Bettina Schwarzl, Gudrun Stranner, Sigrid Svehla-Stix, Johanna Vogel, Peter Weiss, Herbert Wiesenberger, Manuela Wieser und Andreas Zechmeister

Lektorat Ira Mollay

Layout Elisabeth Stadler

Umschlagfoto © Piotr Górny, WaterPIX – EEA

Auftraggeber Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie

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

Impressum

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

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

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2024

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-757-6

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	6
SUMMARY	14
1 KLIMAKRISE UND IHRE BEWÄLTIGUNG	22
1.1 Wissenschaftliche Basis	22
1.2 Auswirkungen für Österreich.....	32
1.3 Stand der internationalen Klimaverhandlungen (UNFCCC)	35
1.4 Klimaneutral bis 2050 in der Europäischen Union	40
1.4.1 Emissionshandel 2021–2030.....	42
1.4.2 Effort-Sharing 2021–2030	47
1.4.3 Anrechnung des LULUCF-Sektors.....	48
1.4.4 Erneuerbare Energie bis 2030	50
1.4.5 Energieeffizienz bis 2030	51
1.4.6 Europas Klimaziel für 2040 und Weg zur Klimaneutralität bis 2050.....	52
1.5 Klimaneutralität bis 2040 in Österreich	52
1.5.1 EU-Emissionsziele für Österreich	52
1.5.2 Klimaschutzgesetz	55
1.5.3 Nationaler Energie- und Klimaplan 2021–2030 (NEKP)	56
1.5.4 Nationale Langfriststrategie 2050	56
1.5.5 Nationale Szenarien bis 2050.....	57
1.6 Ökonomische und soziale Aspekte des Klimaschutzes	62
1.6.1 Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Klimakrise	62
1.6.2 Die Transformation zu einer klimaneutralen Wirtschaft und Gesellschaft	64
1.6.3 Konsumbasierte Emissionen und ihre Verteilung.....	69
1.6.4 Der Ressourcenverbrauch der österreichischen Volkswirtschaft	71
1.6.5 Ökonomische Instrumente im klimapolitischen Maßnahmen-Mix	74
2 STATUS DER ÖSTERREICHISCHEN TREIBHAUSGAS-EMISSIONEN	82
2.1 Anteil und Trend der Sektoren.....	84
2.2 Anteile der Treibhausgase.....	86
2.3 Wirtschaftliche Einflussfaktoren auf den Trend der Treibhausgas-Emissionen	88
2.4 Emissionen auf Bundesländerebene	92
2.4.1 Sektor Energie und Industrie	93
2.4.2 Sektor Verkehr	94
2.4.3 Sektor Gebäude	95
2.4.4 Sektor Landwirtschaft	97

2.4.5	Sektor Abfallwirtschaft.....	97
2.4.6	Sektor F-Gase	99
2.5	Österreich im europäischen und globalen Vergleich.....	100
2.5.1	EU-Vergleich	100
2.5.2	Globaler Vergleich	102
3	SEKTORALE TRENDEVALUIERUNG	105
3.1	Sektor Energie und Industrie	106
3.1.1	Öffentliche Strom- und Wärmeproduktion	109
3.1.2	Raffinerie	118
3.1.3	Eisen- und Stahlproduktion.....	119
3.1.4	Sonstige Industrie ohne Eisen- und Stahlproduktion	122
3.1.5	Mineralverarbeitende Industrie.....	126
3.1.6	Chemische Industrie	127
3.1.7	Sonstige Emissionsquellen.....	127
3.1.8	Vergleich Emissionshandels- und Nicht-Emissionshandels-Bereich ...	129
3.2	Sektor Verkehr.....	137
3.2.1	Straßenverkehr	143
3.2.2	Flugverkehr.....	159
3.3	Sektor Gebäude	161
3.3.1	Einflussfaktoren	163
3.3.2	Privathaushalte	174
3.4	Sektor Landwirtschaft	186
3.4.1	Verdauung (Fermentation) in Rindermägen	188
3.4.2	Düngung landwirtschaftlicher Böden	191
3.4.3	Wirtschaftsdünger-Management	192
3.4.4	Energieeinsatz in der Land- und Forstwirtschaft.....	193
3.4.5	Konsum landwirtschaftlicher Produkte	194
3.5	Sektor Abfallwirtschaft.....	198
3.5.1	Deponien	200
3.5.2	Aerobe und anaerobe biologische Abfallbehandlung.....	205
3.5.3	Abfallverbrennung.....	208
3.5.4	Abwasserbehandlung und -entsorgung	208
3.6	Sektor Fluorierte Gase	210
3.7	Sektor LULUCF	214
3.7.1	Landnutzung in Österreich.....	218
3.7.2	Wald.....	219
3.7.3	Holzprodukte	221
3.7.4	Ackerland, Grünland und Siedlungsraum	222
	LITERATURVERZEICHNIS	225

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	250
TABELLENVERZEICHNIS	257
ANHANG 1 – ERSTELLUNG DER INVENTUR.....	259
Rechtliche Basis	259
Berechnungsvorschriften	260
Jährliche Berichte	261
Methodische Aspekte	262
Die Revision der Treibhausgas-Inventur	263
ANHANG 2 – METHODE DER KOMPONENTENZERLEGUNG	264
ANHANG 3 – SEKTORDEFINITION NACH KLIMASCHUTZGESETZ (KSG).....	267
ANHANG 4 – TREIBHAUSGAS-EMISSIONEN 1990–2022	268

ZUSAMMENFASSUNG

Hintergrund

Temperaturanstieg begrenzen

Mit dem Pariser Klimaübereinkommen haben sich 195 Vertragsparteien auf gemeinsame Ziele gegen den Klimawandel geeinigt: Der Anstieg der Durchschnittstemperatur soll deutlich unter 2 °C über dem vorindustriellen Niveau gehalten werden, darüber hinaus sollen Anstrengungen unternommen werden, um den Temperaturanstieg auf 1,5 °C zu begrenzen.

Klimawandel insbesondere durch fossile Brennstoffe

Temperaturanstieg und Klimawandel werden durch den Ausstoß von Treibhausgasen verursacht. Wichtigste Quelle von Treibhausgas-Emissionen (THG) ist sowohl global als auch in Europa die Nutzung fossiler Energieträger. Natürliche Ursachen können für den Temperaturanstieg in den vergangenen Dekaden nahezu gänzlich ausgeschlossen werden.

Der Klimawandel verläuft schneller und folgenschwerer als früher angenommen und ist in allen Regionen der Erde bemerkbar. Die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre ist derzeit so hoch wie schon seit zwei Millionen Jahren nicht mehr.

1,45 °C Temperaturanstieg global

Das Jahr 2023 war das wärmste Jahr der Messgeschichte und lag 1,45 °C über dem vorindustriellen Niveau (1850–1900). Zudem waren die vergangenen neun Jahre die neun wärmsten seit Beginn der Aufzeichnungen. Eine Trendwende in der Temperaturzunahme ist trotz der Zielsetzungen im Klimaschutz noch nicht zu erkennen. Vieles verändert sich in einem höheren Ausmaß und schnelleren Tempo als früher angenommen. Einige Auswirkungen sind bereits unumkehrbar. Mit fortschreitender Erwärmung werden die Risiken für Mensch und Natur weiter zunehmen. Daher bedarf es dringend rascher Maßnahmen zur Reduktion der THG-Emissionen, aber auch zur Anpassung an den Klimawandel. Die Zeitspanne, in der eine klimaresiliente Entwicklung möglich ist, wird immer kürzer. Die nächsten Jahre sind daher besonders entscheidend. Durch das Erreichen des im Pariser Übereinkommen festgelegten 1,5 °C-Ziels könnten die schlimmsten Auswirkungen der Klimakrise mit hoher Wahrscheinlichkeit vermieden werden. Hierfür müssten allerdings die weltweiten Treibhausgas-Emissionen ab den 2020er Jahren sinken bzw. spätestens 2025 ihren Höhepunkt erreicht haben.

Temperaturanstieg, Österreich +2,5 °C

In Österreich war der Temperaturanstieg in der Vergangenheit etwa doppelt so hoch wie im globalen Mittel. Das Jahr 2023 war das wärmste Jahr der 256-jährigen Messgeschichte (gleichauf mit dem Jahr 1818). Im Vergleich zur Klimaperiode 1961–1990 lag der Temperaturanstieg bei +2,5 °C. Die Entwicklung der vergangenen Dekaden zu höheren Temperaturen setzt sich derzeit weiter fort.

Folgen der Klimakrise

Berechnungsergebnisse von Klimamodellen zeigen, dass sich Österreich bzw. der Alpenraum auch in Zukunft stärker als im globalen Mittel erwärmen wird. Der Anstieg der Temperatur bedingt eine Zunahme von Trockenheit und Hitzeperioden, unter denen Vegetation, Tierwelt und Menschen leiden. Durch die Klimaerwärmung wird das Vorkommen von krankheitsübertragenden Arten,

wie etwa Stechmücken, welche üblicherweise nur in subtropischen und tropischen Breiten auftreten, sowie die Ausbreitung von auch allergen wirkenden Pflanzen und weiterer Arten verstärkt. Die Waldbrandgefahr nimmt zu und wärmeliebende Schädlinge, wie Borkenkäfer, treten vermehrt auf. Ferner wird es häufiger zu extremen Wetterereignissen sowie in deren Folge zu Rutschungen, Muren und Steinschlag kommen. Aufgrund der besonderen Sensibilität der (alpinen) Naturräume, aber auch der technischen Eingriffe in die natürliche Umgebung, werden selbst bei Erfolg der globalen Klimaschutzmaßnahmen weitgehende Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel unumgänglich sein.

Ökonomische Folgen des Klimawandels in Österreich betreffen alle Sektoren, u. a. den Tourismus, die Land-, Forst- und Energiewirtschaft und das Gesundheitswesen. Darüber hinaus wird der Migrationsdruck in zahlreichen Regionen der Erde, die besonders stark vom Klimawandel betroffen sind, deutlich zunehmen, da viele der betroffenen Länder über eine begrenzte Anpassungskapazität verfügen.

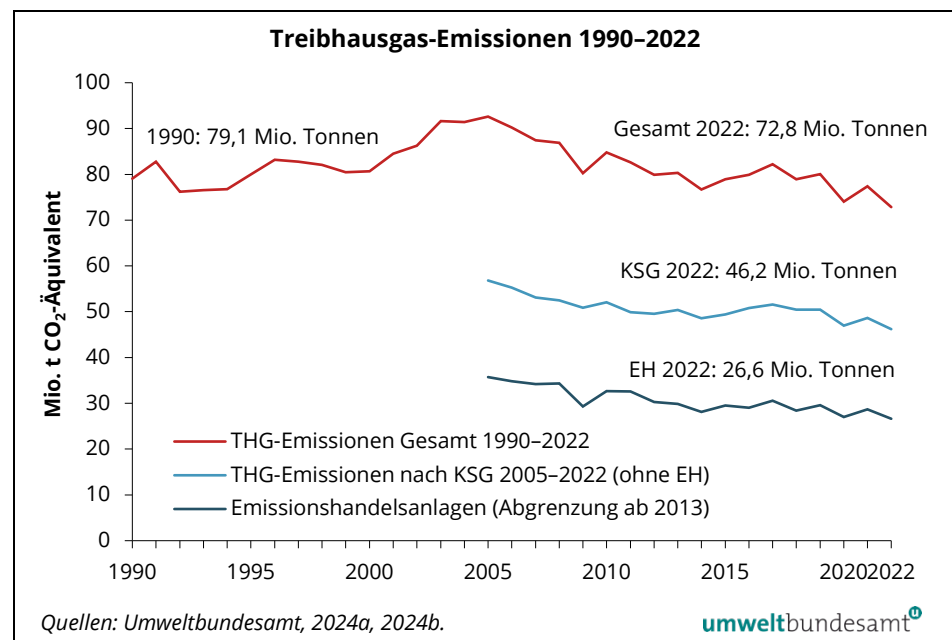
Treibhausgas-Emissionen in Österreich 2022

**im Vergleich zu 1990
gesunken**

Im Jahr 2022 betrugen die Treibhausgas-Emissionen Österreichs 72,8 Mio. Tonnen Kohlenstoffdioxid-Äquivalent (CO₂-Äquivalent). Gegenüber 2021 bedeutet das eine Abnahme um 5,8 % bzw. 4,5 Mio. Tonnen. Im Vergleich zu 1990 sanken die Treibhausgas-Emissionen im Jahr 2022 um 7,9 % bzw. 6,2 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent.

Im Emissionshandelsbereich (EH) sind 2022 um 2,1 Mio. Tonnen (-7,2 %) weniger THG zu verzeichnen als 2021, in den Sektoren nach Klimaschutzgesetz (KSG) reduzierten sich die Emissionen um 2,4 Mio. Tonnen (-5,0 %).

Abbildung A:
Verlauf der österreichischen Treibhausgas-Emissionen 1990–2022, (EH: Emissionshandel).



**wirtschaftliche
Einflussfaktoren**

Im Jahr 2022 dominierte der russische Angriffskrieg gegen die Ukraine die Ereignisse. Dies führte zu erheblichen Turbulenzen bei den Energiepreisen und einem deutlichen Anstieg der Inflationsrate. Das Bruttoinlandsprodukt stieg im Vergleich zu 2021 um etwa 4,8 % (nach einem Anstieg von 4,2 % im Vorjahr). Die Witterung im Jahr 2022 war deutlich wärmer, mit einem Rückgang der Heizgradtage um 12,8 %. Der Bruttoinlandsenergieverbrauch sank um 5,3 % gegenüber dem Vorjahr.

Gründe für Rückgang

Nach dem Anstieg im Jahr 2021 verzeichneten viele Sektoren deutliche Rückgänge bei den Emissionen im Jahr 2022. Dies ist hauptsächlich auf die geringere Stahlproduktion, den gesunkenen Verbrauch von Heizöl und Erdgas im Gebäudesektor aufgrund der wärmeren Witterung sowie den Rückgang der Fahrleistung und den damit verbundenen Dieselabsatz zurückzuführen.

Entwicklung der Emissionen nach Sektoren**Hauptverursacher**

Die wichtigsten Verursacher von Treibhausgas-Emissionen (inkl. EU-Emissionshandel, EH) waren im Jahr 2022 die Sektoren Energie und Industrie (44,8 %), Verkehr (28,3 %), Gebäude (10,1 %) sowie Landwirtschaft (11,3 %). Die Anlagen des Sektors Energie und Industrie sind dabei zu einem hohen Anteil (81,6 % im Jahr 2022) vom EU-Emissionshandel umfasst. Gemessen an den nationalen Gesamtemissionen hatte der Emissionshandelsbereich im Jahr 2022 einen Anteil von 36,6 %.

**Sektor Energie
und Industrie**

Die Gesamtemissionen des Sektors **Energie und Industrie (inkl. EH)** beliefen sich im Jahr 2022 auf 32,6 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent, wovon 26,6 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent durch den Emissionshandel abgedeckt wurden.

Die Emissionen der öffentlichen Kraft- und Fernwärmewerke (ausgenommen der Abfallverbrennungsanlagen) sind seit 1990 um 55,3 % auf 4,8 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent im Jahr 2022 zurückgegangen. Hauptursachen für die Abnahme waren der Ersatz von Kohle- und Ölkraftwerken durch effizientere Gaskraftwerke, eine erhöhte Produktion aus erneuerbaren Energieträgern und die vermehrte Deckung des Inlandsstrombedarfs durch Importe aus dem Ausland (insbesondere Deutschland und Tschechien). Gegenüber dem Vorjahr haben die Treibhausgas-Emissionen der öffentlichen Kraft- und Fernwärmewerke im Jahr 2022 um 0,1 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent bzw. 2,5 % zugenommen. Während des Jahres 2020 stellte das letzte Kohlekraftwerk Österreichs seinen Betrieb ein.

Die Industrie hatte im Jahr 2022 mit 24,7 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent den größten Anteil am Sektor Energie und Industrie, wobei die Emissionen aus diesem Bereich gegenüber 1990 um 3,0 Mio. Tonnen bzw. 14 % zugenommen haben. Gegenüber 2021 sind die Emissionen um 1,2 Mio. Tonnen bzw. -4,7 % gesunken, was hauptsächlich auf die um 5 % niedrigere Rohstahlproduktion, aber auch auf einen Rückgang in fast allen Industriebranchen zurückzuführen ist.

Die Emissionen des Sektors **Energie und Industrie außerhalb des Emissionshandels** ergaben für das Jahr 2022 rund 6,0 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent und lagen 0,8 Mio. Tonnen unter dem Wert von 2005.

Sektor Verkehr

Im Sektor Verkehr sind die Emissionen gegenüber dem Vorjahr um 4,6 % bzw. rund 1 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent gesunken, wobei der Absatz von Diesel um 5,6 % zurückging und der Absatz von Benzin um 4,1 % stieg.

Der Rückgang der Emissionen ist auf eine Reduktion des gesamten Kraftstoffabsatzes um 3,8 % zurückzuführen. Während die Fahrleistung des österreichischen Kfz-Bestands leicht gestiegen ist, hat sich der Verkehr von Fahrzeugen mit in Österreich getanktem Kraftstoff, welcher jedoch im Ausland verfahren wird, reduziert. 2022 gab es eine sehr starke Dynamik bei den Treibstoffpreisen im In- wie Ausland. Dazu gehören preisstabilisierende Maßnahmen, wie Kraftstoffpreis-Deckel in Slowenien und Ungarn, die Steuersenkung auf Kraftstoffe in Deutschland im Sommer 2022 oder generell der Ukraine-Krieg. Dies könnte den bisherigen finanziellen Vorteil beim Tanken von Diesel in Österreich verringert und in Folge insbesondere zu weniger Kraftstoffexport des Straßengüterverkehrs geführt haben.

Bis auf die Jahre zwischen 2005 und 2012 sowie 2020 (erstes Pandemiejahr) wurden im Verkehrssektor steigende THG-Emissionstrends verzeichnet. 2021 führte die leichte wirtschaftliche Erholung wieder zu einem Anstieg der Emissionen, 2022 sanken die Emissionen wiederum deutlich. Seit 2019 ist somit ein abnehmender Trend zu verzeichnen.

Die in Verkehr gebrachten beigemengten Biokraftstoffe sind analog zum Kraftstoffabsatz gesunken. Pure Biokraftstoffe spielen mengenmäßig eine untergeordnete Rolle, konnten sich jedoch auf Vorjahresniveau stabilisieren. Insgesamt wurde im Jahr 2022 das in der Kraftstoffverordnung festgesetzte Substitutionsziel von 5,75 % (gemessen am Energieinhalt) des in Verkehr gebrachten fossilen Treibstoffs knapp erreicht. Die weiterhin relativ geringe Absatzmenge an puren Biokraftstoffen ist auf das niedrige Preisniveau fossiler Produkte zurückzuführen. Der Einsatz von Biokraftstoffen bewirkte im Jahr 2022 eine Emissionsminderung im Verkehrssektor von rund 1,32 Mio. Tonnen CO₂.

Seit 1990 verzeichnet der Sektor Verkehr (ohne CO₂-Emissionen aus dem nationalen Flugverkehr) eine Emissionszunahme von rund 50 %, im Wesentlichen bedingt durch den Anstieg der Fahrleistung, vor allem von Diesel-Pkw sowie durch den preisbedingten Kraftstoffexport. Dessen Anteil beträgt im Jahr 2022 rund 20 % an den gesamten Emissionen des Verkehrssektors.

Der Verkehrssektor verursacht die Treibhausgase aus Straßen-, Schienen-, Wasser- und Luftverkehr sowie von Militärfahrzeugen. Pipelines und mobile Off-road-Maschinen und -Geräte werden gemäß Sektoreinteilung nach Klimaschutzgesetz nicht dem Sektor Verkehr zugeordnet (siehe Anhang 3).

Sektor Gebäude

Der Sektor **Gebäude** wies im Jahr 2022 Treibhausgas-Emissionen in Höhe von 7,4 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent auf. Die Emissionen sind zwischen 1990 und 2022 um 5,5 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent (43 %) gesunken, wobei sich vor allem seit dem Jahr 2005 stärkere Reduktionen zeigen. Dies ist auf verbesserte Energieeffizienz der Gebäude (thermische Sanierung, energieeffizienter Neubau), auf den steigenden Anteil von erneuerbaren Energieträgern, die Erneuerung von Heizungsanlagen und den höheren Anteil an Fernwärme zurückzuführen.

Dem stehen eine steigende Anzahl an Hauptwohnsitzen und die größere Wohnnutzfläche pro Wohnung entgegen.

In den Jahren ab 2012 gab es jedoch – abgesehen von den witterungsbedingten Schwankungen – kaum Veränderungen der Treibhausgas-Emissionen in diesem Sektor. Zuletzt sind die Treibhausgas-Emissionen im Jahr 2022 gegenüber 2021 aufgrund milderer Witterung und Preisänderungen am Energiemarkt um 1,5 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent (-17 %) gesunken (v. a. aufgrund des geringeren Einsatzes von Erdgas und Heizöl in Wohngebäuden), womit 2022 die historisch geringste Menge emittiert wurde.

Sektor Landwirtschaft Im Sektor **Landwirtschaft** lagen die Treibhausgas-Emissionen im Jahr 2022 bei rund 8,2 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent. Der insgesamt seit 1990 deutlich abnehmende Emissionstrend ist für den Zeitraum 2005–2022 nur mehr in geringem Maße festzustellen. Dies ist in erster Linie auf die Stabilisierung des Viehbestandes zurückzuführen, nachdem dieser in den 1990er Jahren deutlich zurückgegangen war.

Sektor Abfallwirtschaft Die Emissionen im Sektor **Abfallwirtschaft** wurden hauptsächlich von der Abfalldeponierung sowie der Abfallverbrennung (mit Energiegewinnung) bestimmt. Während bei der Deponierung insbesondere aufgrund des seit 2004 bzw. 2009 geltenden Ablagerungsverbots von unbehandelten Abfällen mit hohen organischen Anteilen ein deutlich abnehmender Trend verzeichnet wurde, stiegen die Emissionen aus der Abfallverbrennung sowie der biologischen Abfallbehandlung seit 1990 an. Die Treibhausgas-Emissionen betrugen im Jahr 2022 rund 2,2 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent.

Sektor Fluorierte Gase Die Emissionen des Sektors **Fluorierte Gase** beliefen sich im Jahr 2022 auf rund 1,8 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent. Die seit mehreren Jahren bestehenden Verbote des Einsatzes von HFKWs und die Verknappung der Einsatzmengen wirken durch die Anwendung z. B. in langlebigen Gütern zeitverzögert. Von 2018 auf 2019 wurde die Trendwende geschafft, seither ist ein Rückgang auf Ebene der österreichischen F-Gas-Emissionen sichtbar.

Sektor LULUCF Der Landnutzungssektor (LULUCF) ist eine bedeutende CO₂-Senke. Im Mittel betrug diese Netto-Senke zwischen 1990 und 2022 jährlich -11,9 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent und schwankte in diesem Zeitraum massiv zwischen +5,2 Mio. Tonnen und -29,1 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent. Im Jahr 2022 hatte LULUCF eine Senkenwirkung von -4,5 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent.

Der Wald und die Holzprodukte tragen am meisten zu dieser Senke bei, wobei die Netto-Biomassezunahme im Wald den größten Anteil an dieser Senke ausmacht. Vor allem aufgrund erhöhter Holznutzungen (teilweise kalamitätsbedingt) im Wald und einem Zuwachsrückgang wird über die gesamte Zeitreihe, wenn man die Trendlinie betrachtet, ein Rückgang der Senkenleistung des LULUCF-Sektors verzeichnet. In den Jahren 2018 und 2019 wurde der Wald zu einer Quelle, da einerseits die trockenen Witterungsbedingungen zu einem geringeren Zuwachs geführt haben und andererseits eine erhöhte Nutzung v. a. aufgrund von hohem Schadholzaufkommen stattgefunden hat. Die Erwärmung des Klimas mit einhergehenden Kalamitäten (Waldschäden verursacht durch

Stürme, Schädlinge etc.) kann die Senkenleistung in Zukunft weiterhin massiv beeinflussen.

Klima- und Energiepolitik bis 2030 und 2050

2 °C-Ziel Für Industrieländer bedeutet die Begrenzung der globalen Erwärmung auf deutlich unter 2 °C, wie sie im Pariser Übereinkommen beschlossen wurde, bis Mitte des Jahrhunderts einen weitgehenden Verzicht auf den Einsatz fossiler Energieträger – bzw. „Netto-Null-Emissionen“ – zu erreichen. Mit den Reduktionsvorhaben, zu denen sich nahezu alle Staaten bei der 21. Vertragsstaatenkonferenz in Paris bekannten, würde der Temperaturanstieg rund 3,0 °C betragen. Es sind somit deutlich höhere Klimaschutz-Anstrengungen erforderlich als die derzeitigen Treibhausgas-Reduktionspläne der Staatengemeinschaft zeigen.

EU-Ziele bis 2030 und 2050 Im EU-Rahmen für die Klima- und Energiepolitik bis 2030 aus dem Jahr 2014 wurde eine Emissionsreduktion um mindestens 40 % (im Vergleich zu 1990) vorgesehen, welche im Rahmen des Green Deal der EU mit dem EU-Klimagesetz auf netto mindestens 55 % ausgeweitet wurde, um den Reduktionserfordernissen des Pariser Übereinkommens (Temperaturanstieg auf deutlich unter 2 °C) zu entsprechen.

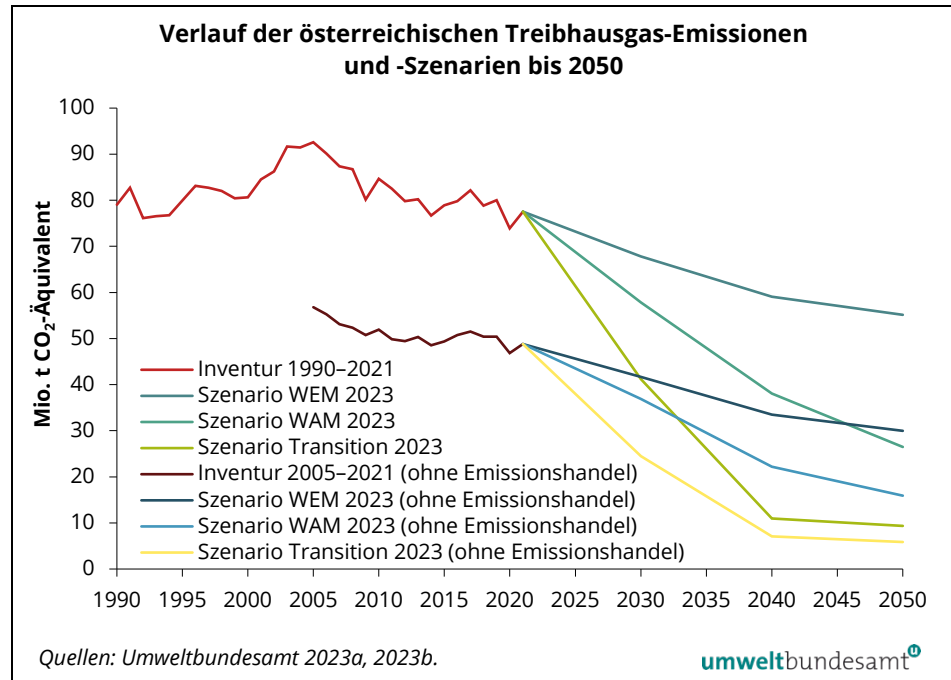
Darüber hinaus hat sich die Europäische Gemeinschaft für 2050 das Ziel gesetzt, klimaneutral zu sein; dieses Ziel ist rechtlich verbindlich ebenfalls im EU-Klimagesetz verankert. Um diese ambitionierteren Ziele des Klimagesetzes zu erreichen, hat die Europäische Kommission im Juli 2021 das Gesetzgebungspaket „Fit for 55“ vorgelegt, welches die Anpassung einer Reihe bestehender rechtlicher Grundlagen (wie zum Beispiel die Effort-Sharing-Verordnung, die Emissionshandelsrichtlinie und die Energieeffizienz-Richtlinie) umfasst.

-48 % bis 2030 Bis 2030 sieht die aktualisierte Effort-Sharing-Verordnung (ESR; Verordnung (EU) 2018/842, zuletzt geändert durch Verordnung (EU) 2023/857) für Österreich eine Reduktion der Treibhausgas-Emissionen (außerhalb des Emissionshandels) um 48 % gegenüber 2005 (EU-weit -40 %) vor. Bezogen auf das Jahr 2022 bedeutet dies einen Reduktionsbedarf von rund 16,6 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent bzw. 36 % in den Sektoren außerhalb des Emissionshandels.

NEKP und LTS Die nationale Langfriststrategie (LTS, „long-term strategy“) sowie der Nationale Energie- und Klimaplan (NEKP) als detaillierter Maßnahmenplan legen den Rahmen für die unumgängliche Transformation in Österreich fest. Diese Dokumente sollen an die neuen Zielsetzungen des Europäischen „Green Deal“ bzw. der nationalen Klimaneutralität bis 2040 angepasst werden.

nationale Emissions-szenarien Das aktuelle österreichische Szenario „mit bestehenden Maßnahmen“ 2023 (WEM, „with existing measures“) zeigt eine Reduktion der Treibhausgase von rund 30 % bis 2050 gegenüber 1990 und bleibt somit weit hinter den längerfristigen Reduktionserfordernissen zurück. In den Sektoren außerhalb des Emissionshandels wird ein Emissionsrückgang von rund 27 % zwischen 2005 und 2030 projiziert.

Abbildung B:
Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen und
-Szenarien bis 2050.



Szenario WAM

In der aktuell vorliegenden Version des Szenario WAM („with additional measures“) mit Stand Mai 2023, das im Rahmen der Folgenabschätzung zum Nationalen Energie- und Klimaplan erstellt wurde und eine deutliche Maßnahmenausweitung und -intensivierung umfasst, wird ein Emissionsrückgang gegenüber 1990 von 27 % bis 2030 bzw. von 67 % bis 2050 berechnet. Für den Bereich außerhalb des Emissionshandels wird ein Rückgang von 35 % von 2005 bis 2030 berechnet. Damit wird in diesem Szenario der gegenwärtig gültige Zielwert von -48 % nicht erreicht. Das nationale Ziel der Klimaneutralität Österreichs 2040 erfordert somit deutlich höhere Klimaschutzanstrengungen, welche im zu entwickelnden Nationalen Energie- und Klimaplan festgelegt werden sollen.

Szenario Transition

Im ambitionierteren Szenario Transition kann mit einem Rückgang der THG-Emissionen von 88 % im Jahr 2050 bzw. 48 % im Jahr 2030 gegenüber dem Basisjahr 1990 der Weg zur Klimaneutralität annähernd dargestellt werden. Im Bereich außerhalb des Emissionshandels wird eine Abnahme von 88 % im Jahr 2040 gegenüber 2005 projiziert. Um dies zu erreichen, ist ein weitreichender Wandel von Gesellschaft und Wirtschaft (mit weitgehendem Verzicht auf fossile Energieträger) notwendig.

Um eine ausreichende Wirkung zu erzielen, müssen weitere ambitionierte Maßnahmen zügig beschlossen und umgesetzt werden. Der knappe Zeitrahmen von sechs Jahren bis 2030 und 16 Jahren bis 2040 macht dies besonders wichtig. Klare Rahmenbedingungen und politische Lenkung, die den Herausforderungen des Klimawandels entschlossen begegnen, sind notwendig.

Die unvermeidliche Transformation hin zu einer klimaneutralen Wirtschaft und Gesellschaft in den kommenden 20–30 Jahren ist von entscheidender Bedeutung, um die durch menschliche Aktivitäten verursachte Klimaerwärmung in einem wirtschaftlich, sozial und ökologisch vertretbaren Rahmen zu bewältigen.

Dies erfordert eine umfassende Ausrichtung sämtlicher relevanter Handlungen auf den Klimaschutz. Alle Rahmenbedingungen – seien es rechtliche, wirtschaftliche, infrastrukturelle oder bewusstseinsbildende – müssen auf ihre Vereinbarkeit mit den Zielen überprüft und entsprechend ausgerichtet werden, um die angestrebten Ziele zu erreichen.

**ökonomische Kosten
des Klimawandels
begrenzen**

Dadurch können auch die volkswirtschaftlichen Folgekosten des Klimawandels und andere sogenannte Kosten des Nicht-Handelns begrenzt werden. Diese inkludieren zum Beispiel Schäden durch klimawandelbedingte Extremwetterereignisse sowie Produktivitäts- und Wachstumsverluste, aber auch Risiken für Versicherungen und Finanzmärkte. Darüber hinaus entstehen budgetäre Risiken durch steigende öffentliche Ausgaben für die Klimawandelanpassung und Mehrausgaben etwa bei Nichterreichung des EU-Reduktionsziels für Österreich 2030.

**Chancen der
Transformation nutzen**

Gleichzeitig erwachsen durch die Transformation zu einer klimaneutralen Wirtschaft Chancen in neuen Technologien und Geschäftsfeldern, beispielsweise für die österreichische Umwelttechnikbranche. In anderen Branchen ist eine gezielte industriepolitische Begleitung der Umstellung erforderlich, um Risiken für den Wirtschafts- und Forschungsstandort Österreich – beispielsweise durch einen Verlust von Technologieführerschaft – abzuwenden. Auch vom Strukturwandel besonders betroffene Arbeitskräfte und Regionen sind durch Umschulungsoffensiven bzw. Anpassungsstrategien zu unterstützen.

Langfristig kann sich die Transformation positiv auf die Volkswirtschaft auswirken, unter anderem aufgrund positiver Investitionsimpulse. So liegt die österreichische Wertschöpfung im Szenario Transition durchwegs leicht höher als im Szenario WEM. Voraussetzung dafür ist jedoch eine umfassende Strategie, welche die Weichen über alle Sektoren hinweg klar in Richtung Klimaneutralität stellt und die Umstellungskosten minimiert. Insgesamt müssen klimafreundliche Entscheidungen sowohl auf unternehmerischer als auch auf individueller Ebene die günstigste und einfachste Option darstellen.

SUMMARY

Background

Limiting temperature increase

Under the Paris Climate Agreement, 195 parties agreed on common goals to fight climate change, with an overarching mitigation goal to keep the rise in global average temperature well below 2 °C above pre-industrial levels and to pursue efforts to limit the temperature increase to 1.5 °C.

Climate change caused especially by the use of fossil fuels

Rising temperatures and climate change are caused by the emission of greenhouse gases (GHG). The main source of GHG emissions at both global and European level is the burning of fossil fuels. Natural causes of the rise in temperature over the last few decades can be almost entirely excluded.

Climate change is happening faster, and with more severe consequences, than was previously expected and can be observed in all regions of the world. The CO₂ concentration in the atmosphere is higher than it has ever been in the last two million years.

1.45 °C global temperature increase

The year 2023 was the warmest year on record, surpassing pre-industrial levels by 1.45°C (1850–1900). Additionally, the past nine years have been the nine warmest on record. Despite the targets set to protect the climate, there has yet to be a discernible change in the trend of increasing temperatures.

Climate change is occurring on larger scales and at a faster pace than was previously expected. Some of the effects are already irreversible and if temperatures continue to rise, the risks for humankind and nature will become even greater. That is why rapid measures are needed urgently to reduce GHG emissions and also to adapt to climate change. The time-frame for climate-resilient development is becoming ever shorter. That is why the next few years are particularly crucial. Achieving the 1.5 °C target that was set in the Paris Climate Agreement would make it highly probable that the worst effects of the climate crisis can be avoided. For that to be a possibility, global greenhouse gas emissions would have to start decreasing from the 2020s onwards, reaching their peak by 2025 at the latest.

Temperature increase in Austria +2.5 °C

In Austria, the temperature increase in the past was about twice as high as the global average. The year 2023 was the warmest year in the 256-year measurement history (tied with 2018). The temperature increased about 2.5°C compared to the climate period 1961-1990. The trend of previous decades towards higher temperatures is still continuing.

Consequences of the climate crisis

Climate models predict that Austria and the alpine region will continue to experience greater warming than the global average in the future. The rise in temperature will lead to an increase in dry periods and heat waves from which plants, animals and humans will suffer. Global warming will affect species distributions causing e.g. an increase in the presence of mosquitoes as vectors of diseases that normally only occur at subtropical and tropical latitudes, as well as the spread of plants, including those that are allergenic. The risk of forest fires will increase, and outbreaks of heat-tolerant pests such as the bark beetle will

occur more frequently. What is more, extreme weather events will become more common, along with landslides, mudslides and rockfalls as a result. Due to the particular sensitivity of the (alpine) natural areas and the impacts of technology on the natural environment, extensive measures to adapt to climate change will be inevitable even if global climate change mitigation measures prove to be successful.

Consequences of climate change will be felt in all sectors of the Austrian economy, including tourism, agriculture and forestry, the energy industry and the health sector. In addition, migration pressures will increase significantly in many regions of the world that are particularly badly affected by climate change, as many of these countries also have limited capacity to adapt.

Austria's greenhouse gas emissions in 2022

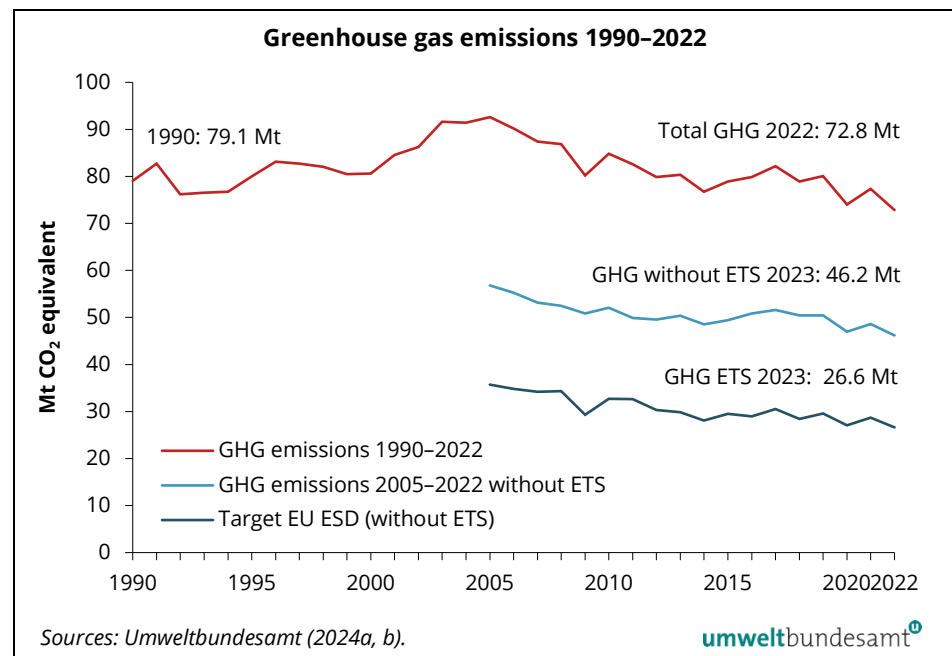
***Greenhouse gas
emissions down
compared
to 1990***

Austria's greenhouse gas emissions in 2022 amounted to 72.8 million tonnes (Mt) of carbon dioxide equivalents (CO₂ equivalents). This represents a decrease of 5.8% or 4.5 million tonnes relative to 2021. Compared to 1990, greenhouse gas emissions fell in 2022 by 7.9% or 6.2 million tonnes of CO₂ equivalents.

Within the emissions trading system (ETS), there were 2.1 million tonnes (-7.2%) less greenhouse gases recorded in 2022 compared to 2021, while in the sectors covered by the Austrian Climate Protection Act (KSG), emissions decreased by 2.4 million tonnes (5.0%).

The Russian invasion of Ukraine was a dominant influencing factor on the national economy in 2022, leading to significant turmoil in energy prices and a notable increase in the inflation rate. Gross domestic product nonetheless increased by approximately 4.8% compared to 2021 (following a rise of 4.2% in the previous year). The weather in 2022 was notably warmer, with a decrease in heating degree days by 12.8%. Gross domestic energy consumption decreased by 5.3% compared to the previous year.

Figure A:
Trends in Austrian
greenhouse gas emis-
sions 1990–2022,
(ETS: EU Emissions Trad-
ing System).



After the increase in emissions in 2021, many sectors experienced significant declines in emissions in 2022. This is mainly attributed to lower steel production, reduced consumption of heating oil and natural gas in the building sector due to warmer weather, as well as a decrease in travel distances and related diesel sales.

Emission trends by sector

Main sources

The main sources of greenhouse gas emissions (including the EU emissions trading system, ETS) in 2022 were the following sectors: energy and industry (44.8%), transport (28.3%), buildings (10.1%) and agriculture (11.3%). A large proportion of the installations in the energy and industry sector (81.6% in 2022) fall within the scope of the EU ETS. Measured against Austria's total emissions, the ETS share in 2022 was 36.6%.

Energy and industry

The total emissions from the **energy and industry sector (incl. ETS)** in 2022 were 32.6 million tonnes of CO₂ equivalents, of which 26.6 million tonnes of CO₂ equivalents were covered by the ETS.

Emissions from public power and district heating plants (excluding waste incineration with energy recovery) decreased by 55.3% since 1990 to 4.8 million tonnes of CO₂ equivalents in 2022. This decrease was mainly due to the replacement of coal and oil-fired power plants with more efficient natural gas power stations, greater production from renewable energy sources and an increase in energy imported from abroad (mainly Germany and the Czech Republic) to cover domestic electricity demand. Compared to 2021, greenhouse gas emissions from public power and district heating plants increased by 0.1 million tonnes of CO₂ equivalents or 2.5% in 2022. During 2020, Austria's last coal-fired power plant ceased operation.

In 2022, industry accounted for the largest share of emissions from the energy and industry sector, with 24.7 million tonnes of CO₂ equivalents, where emissions from this sector increased by 3.0 million tonnes or 14% compared to 1990. Compared to 2021, emissions decreased by 1.2 million tonnes or -4.7%, mainly due to a 5% decrease in raw steel production, as well as production declines in almost all other industrial sectors.

Emissions from the **non-ETS energy and industry** sector in 2022 amounted to around 6.0 million tonnes of CO₂ equivalents. Emissions were around 0.8 million tonnes below the level of 2005.

Transport GHG emissions from the transport sector amounted to approximately 20.6 million tonnes of CO₂ equivalents in 2022. Compared to the previous year, emissions decreased by 4.6% (-1 million tonnes of CO₂ equivalents).

The sharp decline in emissions is due to a 3.8% reduction in total fuel sales. While the mileage of the Austrian vehicle population has increased slightly, the traffic of foreign vehicles using Austrian fuel has decreased. The year 2022 was particularly dynamic with respect to fuel prices in Austria and abroad. In addition to the general influence of the Ukraine conflict on regional fuel supply and prices, 2022 saw the introduction of price stabilizing measures such as fuel price caps in Slovenia and Hungary, as well as the tax cut on fuels in Germany. The above factors may have reduced the previous financial advantage when filling up with diesel in Austria and led to less fuel exports from road freight transport.

With the exception of the years 2005-2012 and 2020 (first year of the pandemic), GHG emissions of the transport sector have generally increased each year over the time series. In 2021, the slight economic recovery led to an increase in emissions again, and in 2022 emissions fell again significantly. There has been a decreasing trend since 2019.

The blended biofuels placed on the market have fallen in line with fuel sales. Pure biofuels play a minor role in terms of volume, but were able to stabilize at the previous year's level. Overall, in 2022, the substitution target of 5.75% (measured by energy content) of the fossil fuel placed on the market set in the Fuel Ordinance was narrowly achieved. The still relatively low sales volume of pure biofuels is due to the low price level of fossil products. The use of biofuels resulted in a reduction in emissions in the transport sector of around 1.32 million tonnes of CO₂ in 2022.

Since 1990, the transport sector (excluding CO₂ emissions from national aviation) has recorded an increase in emissions of around 50%, mainly due to the increase in mileage, especially of diesel cars, and price-related fuel exports. Its share of the total emissions from the transport sector in 2022 will be around 20%.

The sources of transport sector emissions of greenhouse gases include road, rail, water and air transport as well as military vehicles. Pipelines and mobile off-road machinery and equipment are not allocated to the transport sector under the Austrian Climate Protection Act (see Annex 3).

Buildings Greenhouse gas emissions from the **buildings** sector amounted to 7.4 million tonnes of CO₂ equivalents in 2022. Emissions decreased by 5.5 million tonnes of CO₂ equivalents (43%) between 1990 and 2022, with even larger reductions occurring since 2005.

This is due to improved energy efficiency of buildings (thermal refurbishment measures, energy efficient new buildings), an increased proportion of renewable energy sources, modernisation of heating systems and a higher proportion of district heating. On the other hand, the number of primary residential dwellings increased and there was a continued increase in the usable floor space per home.

However, in years since 2012, there have been hardly any variations in the greenhouse gas emissions in this sector, apart from weather-related fluctuations. Recently, compared to 2021, due to cooler weather and price changes in the energy market, greenhouse gas emissions fell by 1.5 million tonnes of CO₂ equivalents (-17%) in 2022. This was mainly due to the lower use of natural gas and heating oil in residential buildings, and resulted in lowest ever level in annual emissions from the sector.

Agriculture Greenhouse gas emissions in the **agriculture** sector stood at about 8.2 million tonnes of CO₂ equivalents in 2022. The overall declining trend in emissions observed since 1990 is only evident to a lesser extent for the period from 2005 to 2022. This is primarily due to the stabilisation of livestock numbers after a significant decline in the 1990s.

Waste management Emissions in the **waste management** sector were mainly driven by landfilling and waste incineration (with energy recovery). While there was a clear downward trend in landfilling, in particular due to the restrictions of the landfill ordinance prohibiting the disposal of untreated waste (with relevant content of organic matter from 2004 onwards; without exception from 2009 onwards), emissions from other treatment methods, especially waste incineration, increased since 1990. In 2022, greenhouse gas emissions amounted to about 2.2 million tonnes of CO₂ equivalents.

Fluorinated gases In 2022, emissions from the **fluorinated gases** (F-gases) sector amounted to around 1.8 million tonnes of CO₂ equivalents. The bans on the use of HFCs that have been in place for several years, and the restrictions on the quantity used, are having a delayed effect because of HFCs contained in long-lasting products. Between 2018 and 2019, the reversal in the trend was achieved and since then Austria has seen a decline in its F-gas emissions.

LULUCF The land use sector (LULUCF) is a significant CO₂ sink. On average, this net sink amounted to -11.9 million tonnes of CO₂ equivalents between 1990 and 2022 and fluctuated considerably in this period between a net source of +5.2 million tonnes and net sink of -29.1 million tonnes of CO₂ equivalents. In 2022, LULUCF was a sink of -4.5 million tonnes of CO₂ equivalents.

Forest Land and Harvested Wood Products (HWP) are the main contributors to this sector, with the general sector sink mainly due the overall net increase of

forest biomass. However, the role of the LULUCF sector as a sink has declined over the inventory time series, mainly as a result of increased harvest rates (partly due to natural disturbances) in forests and a decrease in biomass increment. In 2018 and 2019, forests and LULUCF sector as a whole became a source of emissions, partly because dry weather conditions led to lower biomass increments and partly because of increased salvage logging due to natural disturbances. Global warming and the associated natural disturbances (storms and pests, etc.) may continue to have a massive impact on how well forests perform as a sink in future.

Climate and energy policy up to 2030 and 2050

2 °C target

For industrialised countries, limiting global warming to well below 2 °C, as resolved under the Paris Agreement, means that the use of fossil fuels must be largely phased out – and “net zero emissions” achieved – by the middle of the century. Under the plans for emission reductions, to which nearly all the countries at the 21st Conference of the Parties in Paris committed themselves, the temperature increase would be about 3.0 °C. Significantly greater climate protection efforts are therefore required than the greenhouse gas reduction plans that the international community proposed at that time.

The EU's 2030 and 2050 targets

The EU's 2030 climate and energy policy framework, adopted in 2014, envisaged an emissions reduction target of at least 40% (relative to 1990). Under the European Green Deal and the European Climate Law, this was increased to an at least 55% reduction in net emissions in order to meet the reduction requirements of the Paris Agreement (keeping the increase in temperature well below 2 °C).

Furthermore, for 2050, the European Community has set itself the goal of being climate-neutral; this is a legally binding target that is also set out in the European Climate Law. To achieve these more ambitious targets under the Climate Law, in July 2021 the European Commission presented its “Fit for 55” package of legislation, which includes amendments to a number of existing legal principles (e.g. the Effort Sharing Regulation, the Emissions Trading Directive and the Energy Efficiency Directive).

-48% by 2030

For Austria, the updated Effort Sharing Regulation (ESR; Regulation (EU) 2018/842, most recently amended by Regulation (EU) 2023/857) stipulates a reduction in greenhouse gas emissions (outside the emissions trading system) of 48% by 2030 compared to 2005 (the EU-wide reduction target is -40%). In relation to 2022, this means that a reduction in emissions from non-ETS sectors by around 16.6 million tonnes of CO₂ equivalents or 36% will be required.

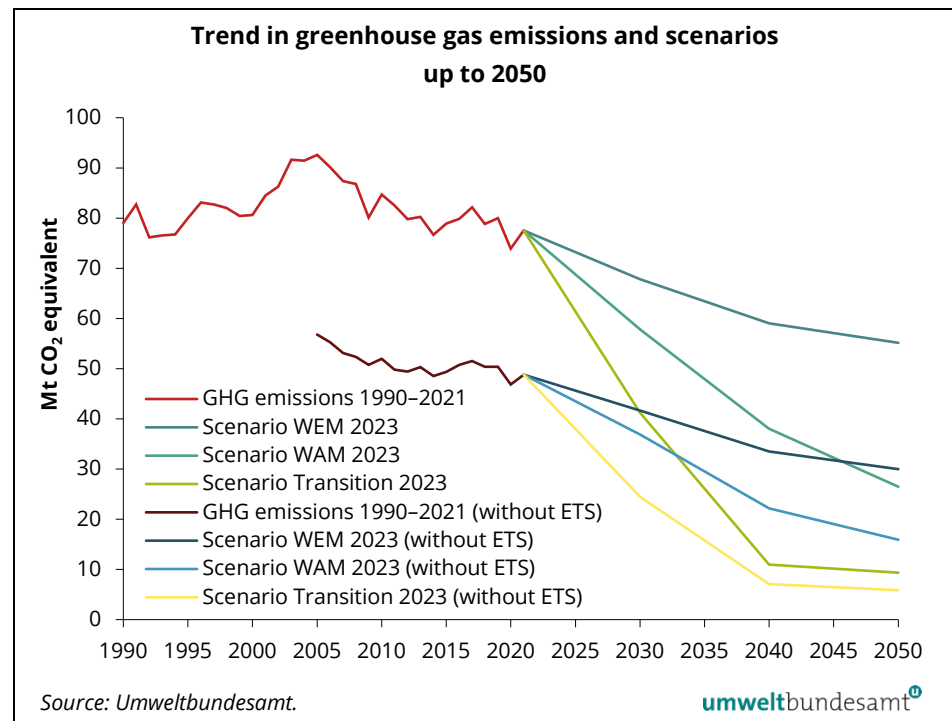
NECP and LTS

The national Long-Term Strategy (LTS) and the National Energy and Climate Plan (NECP) with its detailed measures define the framework for the transformation that needs to happen in Austria. These documents will now be adapted to meet the new European Green Deal targets and to achieve national climate neutrality by 2040.

National emission scenarios

The current 2023 WEM (“with existing measures”) scenario for Austria shows a reduction in greenhouse gas emissions of around 30% by 2050 (compared to 1990). It thus falls a long way short of the longer-term reduction requirements. In the non-ETS sectors, the projected emissions reduction between 2005 and 2030 is about 27%.

Figure B:
Trend in greenhouse gas emissions and scenarios up to 2050.



The current version of the WAM (“with additional measures”) scenario, which was produced in May 2023 as part of the impact assessment for the National Energy and Climate Plan and which includes a considerably broader set (and strengthening) of measures, calculates a reduction in emissions (compared to 1990) of 27% and 67% by 2030 and 2050, respectively. For the non-ETS sectors, the calculated reduction between 2005 and 2030 is 35%, which means that the current target of -48% will not be achieved in this scenario. The national goal of climate neutrality for Austria by 2040 therefore requires significantly intensified efforts to protect the climate, which are to be set out in the National Energy and Climate Plan that will be developed in 2023/24.

The more ambitious Transition scenario comes closest to representing the path to climate neutrality with a reduction in GHG emissions of 88% and 48% in 2050 and 2030, respectively, relative to the base year of 1990. For the non-ETS sectors, the projected reduction in 2040 compared to 2005 is 88%. If this is to be achieved, it will require a far-reaching transformation in society and the economy (with fossil fuels largely phased out).

To achieve substantial impact, further measures must be swiftly and ambitiously decided upon and implemented. The tight timeframe of six years until 2030 and 16 years until 2040 makes this particularly important.

The transition to a climate-neutral economy and society in the next 20–30 years is absolutely essential if anthropogenic climate warming is to be kept within economically, socially and ecologically acceptable limits. This requires that all relevant activities are focused on climate protection. Every framework condition (legal, economic, related to infrastructure or to do with awareness-raising, etc.) must be examined for compatibility with the climate objectives and geared towards meeting the targets.

Limiting economic costs of climate change

This can also limit the economic costs of climate change and other so-called costs of inaction. These include, for example, damage caused by climate change-related extreme weather events as well as productivity and growth losses, but also risks for insurance companies and financial markets. In addition, budgetary risks arise from rising public spending on climate change adaptation and additional expenditure, for example if the EU reduction target for Austria for 2030 is not met.

Seizing the opportunities of transformation

At the same time, the transformation to a climate-neutral economy will create opportunities in new technologies and business areas, for example for the Austrian environmental technology sector. In other sectors, targeted industrial policy support for the transition is required in order to avert risks for Austria as a centre of business and research - for example through a loss of technological leadership. Workers and regions particularly affected by structural change must also be supported through retraining programmes and adaptation strategies.

In the long term, the transformation can have a positive impact on the national economy, partly due to positive investment stimuli. For example, Austria's value added in the Transition scenario is consistently slightly higher than in the WEM scenario. However, this requires a comprehensive strategy that clearly sets the course towards climate neutrality across all sectors and minimises the transition costs. Overall, climate-friendly decisions must represent the most favourable and simplest option at both company and individual level.

1 KLIMAKRISE UND IHRE BEWÄLTIGUNG

1.1 Wissenschaftliche Basis

Treibhauseffekt Der Wandel des globalen Klimas beruht grundsätzlich auf einer Änderung der Energiebilanz der Erde, welche durch die Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre, variierende Sonneneinstrahlung und das von diesen beiden Gegebenheiten abhängige Rückstrahlverhalten der Erde beeinflusst wird. Treibhausgase, wie z. B. Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O), absorbieren die langwellige infrarote Wärmestrahlung, die von der Erdoberfläche ausgestrahlt wird, wodurch die Atmosphäre erwärmt wird. Dieser Effekt – der Treibhauseffekt – bewirkt grundsätzlich, dass die Erde ein Klima aufweist, das Leben überhaupt erst ermöglicht, denn ohne ihn würde die Oberflächentemperatur der Erde bei -18 °C liegen.

Natürliche Einflüsse, wie Vulkanausbrüche, Sonnenaktivität und Meteoriteneinschläge, aber auch Anomalien in der atmosphärischen Zirkulation oder von Meeresströmungen (wie z. B. während der „Mittelalterlichen Warmzeit“) können das Klima regional oder global prägen.

Klimaerwärmung durch anthropogene THG-Emissionen Laut Weltklimarat (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change) besteht jedoch kein Zweifel mehr daran, dass die vom Menschen verursachten Treibhausgas-Emissionen das Klima erwärmt haben. Der Klimawandel verläuft schneller und folgenschwerer als früher angenommen. In allen Regionen der Erde und im gesamten Klimasystem (Atmosphäre, Ozeane, Meereseis und Gletscher) sind Veränderungen zu beobachten, wie sie in den letzten Jahrtausenden nicht vorkamen. Einige der bereits in Gang gesetzten Veränderungen – wie der anhaltende Anstieg des Meeresspiegels – sind zudem bereits jetzt für Hunderte bis Tausende von Jahren unumkehrbar (IPCC, 2021).

Anstieg der CO₂-Konzentration Die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre hat den höchsten Stand der letzten zwei Millionen Jahre erreicht. Seit Beginn der Industrialisierung ist sie durch die Verbrennung von fossilen Energieträgern um 49 % gestiegen. Im Jahr 1800 lag die CO₂-Konzentration noch bei rund 280 ppm (Anteile pro Million). Im Jahr 2023 stieg sie im Durchschnitt auf 421 ppm (siehe Abbildung 1). Aber auch die Konzentrationen der weiteren Treibhausgase Methan und Lachgas nehmen kontinuierlich zu und sind in der Atmosphäre mittlerweile höher als je zuvor in den letzten 800.000 Jahren (IPCC, 2021, NOAA, 2024).

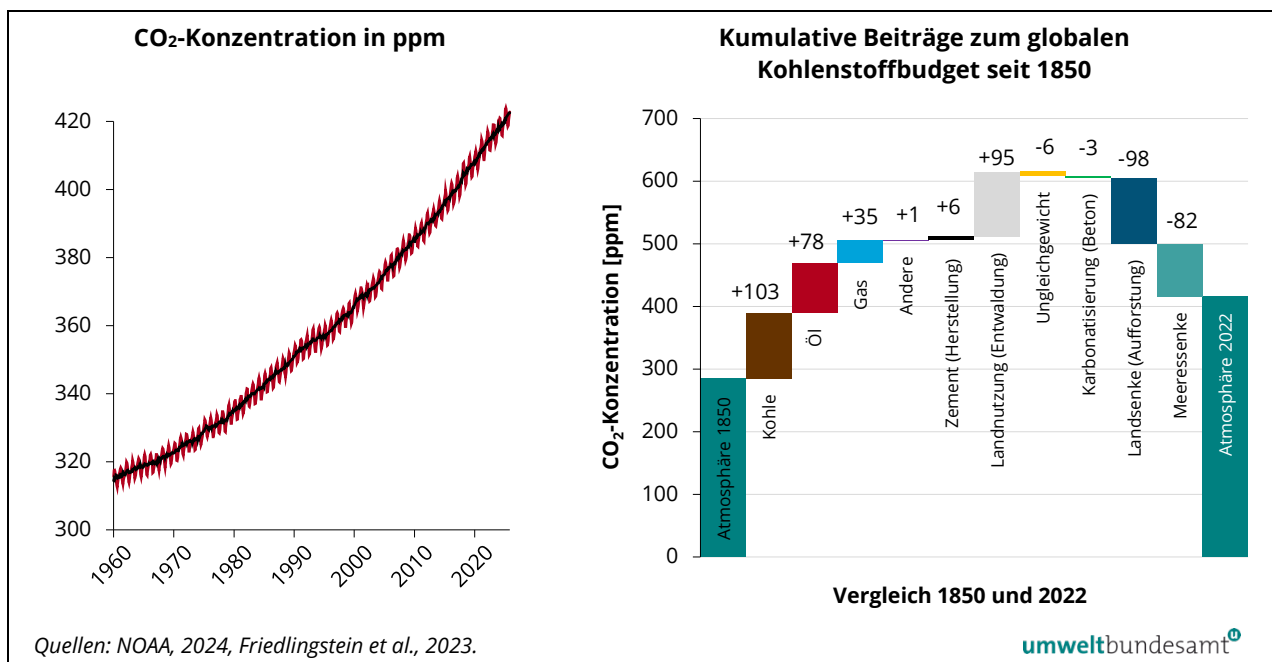
Zwischen den kumulativen anthropogenen CO₂-Emissionen und der von ihnen verursachten globalen Erwärmung besteht eine nahezu lineare Beziehung. 1.000 Gt CO₂ verursachen einen Anstieg der globalen Oberflächentemperatur um ca. ein halbes Grad (0,27 °C bis 0,63 °C). Aus dieser Beziehung ergibt sich ein verbleibendes Kohlenstoffbudget, innerhalb dessen der Temperaturanstieg auf ein bestimmtes Niveau begrenzt werden kann.

275 Gt CO₂-Restbudget für 1,5 °C-Ziel Um die Erwärmung mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % unter 1,5 °C gegenüber vorindustriellem Niveau zu halten, dürfen weltweit nur noch 275 Gt CO₂ emittiert werden. Für eine Begrenzung der globalen Oberflächentemperatur auf

2 °C gegenüber vorindustriellem Niveau verbleiben 1.150 Gt CO₂ (50 % Wahrscheinlichkeit). Zum Vergleich: Seit 1850 wurden bereits 2.548 (±257) Gt CO₂ ausgestoßen. 2022 wurden weltweit insgesamt 40,7 Gt an CO₂-Emissionen verursacht. Blieben die Emissionen bis 2030 auf diesem Niveau, wäre das verbleibende Kohlenstoffbudget fast vollständig verbraucht (IPCC, 2023, Friedlingstein et al., 2023).

Die rechte Grafik in Abbildung 1 vergleicht das Kohlenstoffbudget von 1850 mit 2022. Sie zeigt anhand der aufsteigenden Balken zum einen die anteilmäßige Wirkung der Verbrennung von Kohle, Öl und Gas auf die CO₂-Konzentration und zum anderen die Wirkung der Zementproduktion, bei der CO₂ aus dem Herstellungsprozess freigesetzt wird, sowie die Wirkung der CO₂-Freisetzung durch Entwaldung. Das freigesetzte CO₂ bleibt nicht vollständig in der Atmosphäre, sondern wird durch Landsenken (z. B. in Wälder) sowie durch Karbonatisierung im Beton teilweise wieder gebunden und im Wasser der Meere gelöst. Der Anteil dieser Effekte ist durch die absteigenden Balken verdeutlicht.

Abbildung 1: Kohlenstoffdioxid-Konzentration und Veränderungen des Kohlenstoffbudgets in der Atmosphäre.¹



Netto-Null-Emissionen und CO₂-Speicherung

Um die menschengemachte Erwärmung der Erde langfristig zu begrenzen reicht es jedoch nicht, nur die CO₂-Emissionen zu stoppen. Auch die Emissionen anderer Treibhausgase, wie Methan oder Lachgas, müssen drastisch reduziert werden. Damit sich die Temperatur auf der Erde stabilisiert, müssen sich THG-Emissionen und -Aufnahmen die Waage halten (Netto-Null). Dieses Ziel wird allerdings nur durch netto-negative CO₂-Emissionen erreichbar sein, wobei der At-

¹ Der Balken Ungleichgewicht stellt eine kleine Unschärfe im aktuellen wissenschaftlichen Verständnis von Quellen und Senken dar.

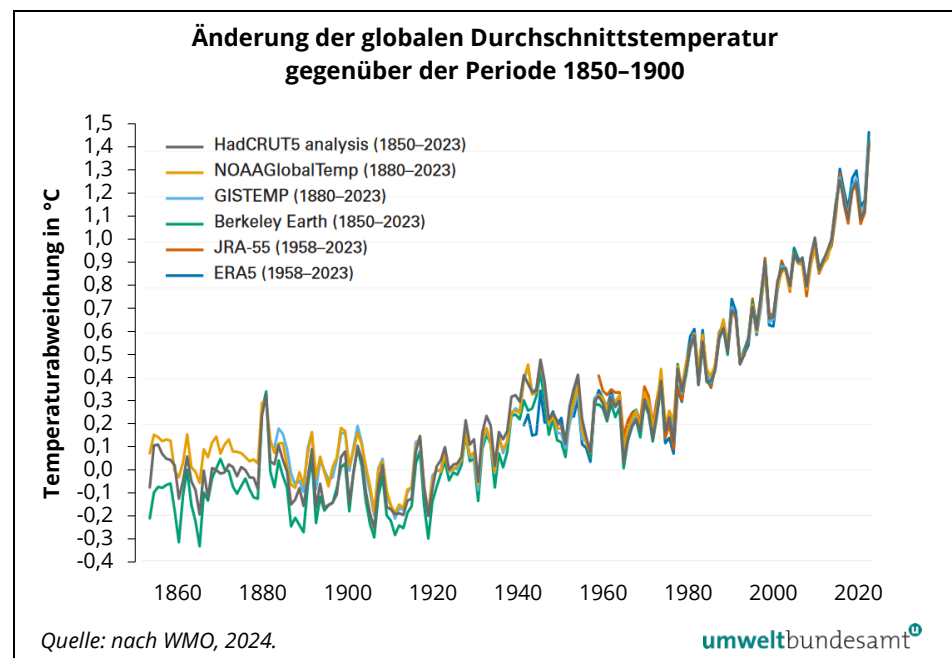
mosphäre mehr Kohlenstoffdioxid entnommen als zugeführt wird. Das ist notwendig, weil es nicht möglich sein wird, Methan und Lachgas-Emissionen aus bestimmten Quellen (z. B. Landwirtschaft) vollständig auf null zu reduzieren.

Zusätzlich zu natürlichen CO₂-Senken, wie Wäldern und Meeren, wird es unvermeidbar sein, auch alle verfügbaren Möglichkeiten der CO₂-Speicherung zu nutzen, um das Netto-Null-Emissionsziel zu erreichen. Dazu zählen sowohl Maßnahmen, die die Speicherkapazität der Ökosysteme erhöhen (z. B. Wiederaufforstung), als auch technologische Lösungen. Letztere sind jedoch teuer und energieintensiv, weshalb ihr Einsatz erst Sinn macht, wenn alle herkömmlichen Methoden zur Emissionsreduktion an ihre Grenzen kommen (IPCC, 2023).

wärmstes Jahr der Messgeschichte

Das Jahr 2023 war das wärmste der Messgeschichte. Die globale Durchschnittstemperatur 2023 lag 1,45 °C über dem vorindustriellen Niveau (1850–1900). Die vergangenen neun Jahre, 2015–2023, waren die neun wärmsten Jahre seit Beginn der Aufzeichnungen. Die globale Durchschnittstemperatur liegt damit nur mehr knapp unter der Untergrenze des Temperaturanstiegs, der mit dem Pariser Übereinkommen verhindert werden soll (WMO, 2024).

Abbildung 2:
Änderung der globalen
Durchschnitts-
temperatur gegenüber
der Periode 1850–1900.



Die steigende Temperatur hat weitreichende Folgen. Auch der Meeresspiegel steigt durch die Erwärmung der Ozeane und das Abschmelzen der polaren Eisschilde und Gletscher immer schneller. Dadurch werden Küstengebiete und Inseln sowie tief gelegene Landstriche einer größeren Gefahr von Überschwemmungen und Überflutungen ausgesetzt (IPCC, 2022a).

Extremjahr 2023

Im Jahr 2023 erreichte der globale Meeresspiegel laut Satellitenaufzeichnung (seit 1993) einen neuen Höchststand. Dies spiegelt die anhaltende Erwärmung der Ozeane sowie das Schmelzen von Gletschern und Eisschilden wider. Die Anstiegsrate des globalen mittleren Meeresspiegels in den letzten zehn Jahren

(2014–2023) ist mehr als doppelt so hoch wie die Steigerung in den ersten zehn Jahren des Satellitenaufzeichnungssatzes (1993–2002). Weiters deuten erste Daten auf den größten Eisverlust bei Gletschern seit Beginn der Aufzeichnungen (1950–2023) hin. Gletscher im Westen Nordamerikas und in den Europäischen Alpen erlebten eine extreme Schmelzsaison. In der Schweiz haben die Gletscher in den letzten zwei Jahren etwa 10 % ihres verbliebenen Volumens verloren. Extreme Wetterereignisse führen weiterhin zu schwerwiegenden sozioökonomischen Auswirkungen. Hitzewellen plagten viele Teile der Welt. Waldbrände auf Hawaii, in Kanada und Europa verursachten Todesopfer, die Zerstörung von Häusern und eine großflächige Luftverschmutzung. Überschwemmungen im Zusammenhang mit extremen Niederschlägen durch den Mittelmeerzyklon Daniel betrafen Griechenland, Bulgarien, die Türkei und Libyen, wobei es in Libyen zu einer besonders hohen Zahl an Todesopfern kam. Die Ernährungssicherheit, Vertreibung von Menschen und die Auswirkungen auf gefährdete Bevölkerungsgruppen bereiteten 2023 weiterhin wachsende Sorgen. Wetter- und Klimaextreme verschärften die Lage in vielen Teilen der Welt und lösten 2023 weiterhin neue, längerfristige Migration aus (WMO, 2024).

Viele Veränderungen im Klimasystem stehen mit der zunehmenden globalen Erwärmung in einem direkten Zusammenhang. Dazu gehören die Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Hitzeextremen und Starkniederschlägen, Dürreperioden und die Anzahl intensiver tropischer Wirbelstürme sowie der Rückgang des arktischen Meereises, der Schneedecke und des Permafrostbodens (IPCC, 2021).

**Meeresspiegelanstieg
seit 1970 fast
verdreifacht**

Die arktische Meereisfläche hat bereits den niedrigsten Stand seit mindestens 1850 erreicht. Vor allem seit den späten 1970er Jahren haben Fläche und Dicke des Eises abgenommen. Der Gletscherrückgang, bei dem beinahe alle Gletscher weltweit seit den 1950er Jahren synchron zurückgehen, ist beispiellos für zumindest die letzten 2.000 Jahre. Diese Eisverluste tragen gemeinsam mit der thermischen Ausdehnung der Ozeane zu einem Anstieg des Meeresspiegels bei. Dieser ist heute um 20 cm höher als noch 1901. Der jährliche Anstieg hat sich seit 1970 beinahe verdreifacht: Während er zwischen 1901 und 1971 jährlich 1,3 mm betrug, waren es zwischen 2006 und 2018 3,7 mm.

Entsprechend den Ergebnissen des Weltklimarats ist es so gut wie sicher, dass sich dieser Trend fortsetzt. Kann die Erwärmung auf 1,5 °C begrenzt werden, wird der Meeresspiegel in den nächsten 2.000 Jahren insgesamt um etwa 2 bis 3 m ansteigen; bei einer Erwärmung um 2 °C ist mit einem Anstieg um 2 bis 6 m und bei einer Erwärmung um 5 °C mit 19 bis 22 m zu rechnen.

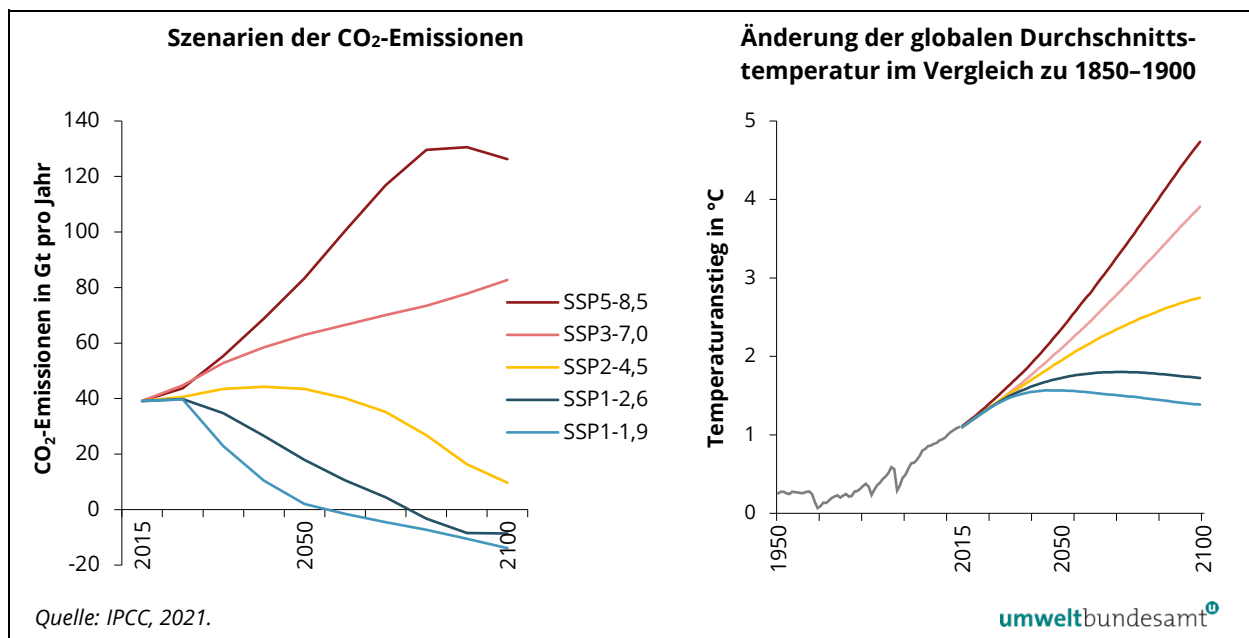
Auch weitere Veränderungen der Meere, wie Erwärmung, häufigere Hitzewellen im Meer, Versauerung und reduzierter Sauerstoffgehalt, werden eindeutig mit dem menschlichen Einfluss in Verbindung gebracht und stellen eine existenzielle Gefahr für das marine Leben dar (IPCC, 2021, IPCC, 2023).

Szenarien des Weltklimarats

Im sechsten Sachstandsbericht des Weltklimarats (IPCC) werden anhand von fünf Emissionsszenarien die Zukunftsperspektiven analysiert (siehe Abbildung

3). Es zeigt sich in allen betrachteten Emissionsszenarien (SSP1–1,9 bis SSP3–7,0²), dass die globale Oberflächentemperatur bis mindestens zur Mitte des Jahrhunderts weiter ansteigen wird und wahrscheinlich bereits Anfang der 2030er Jahre die Marke von 1,5 °C über vorindustriellem Niveau erreichen wird. Nur wenn bis 2050 CO₂-Neutralität erreicht wird und danach mehr CO₂ gespeichert als ausgestoßen wird, könnte der Anstieg der Temperatur bis Ende dieses Jahrhunderts unter 2 °C bleiben (IPCC, 2021).

Abbildung 3: Szenarien der CO₂-Emissionen und Änderungen der globalen Durchschnittstemperatur im Vergleich zu 1850–1900.



begrenzter Überschuss

Obwohl es unwahrscheinlich scheint, die globale Erwärmung auf unter 1,5 °C begrenzen zu können, besteht die Möglichkeit, dass die Oberflächentemperatur nach der Überschreitung dieses Schwellenwerts wieder sinkt. Bei diesem Szenario handelt es sich um eine Zielerreichung mit „begrenztem Überschuss“ (engl. limited overshoot). Auch das ist jedoch nur mit drastischen Emissionsreduktionen und zusätzlicher CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre erreichbar. Die Erde kann erst abkühlen, wenn die CO₂-Konzentration sinkt. Jede Überschreitung des Temperaturanstiegs von 1,5 °C birgt das Risiko, irreversible Schäden zu verursachen. Dieses Risiko steigt mit der Höhe und Dauer des Temperaturüberschusses (IPCC, 2023).

Würden die Emissionen bis 2050 auf gleichem Niveau wie aktuell bleiben, so würde die Temperatur Ende dieses Jahrhunderts um 2,1 °C bis 3,5 °C über dem vorindustriellen Niveau liegen. Eine Verdoppelung der CO₂-Emissionen bis Mitte

² SSPs – Shared Socioeconomic Pathways (Gemeinsam genutzte sozioökonomische Pfade): SSP1–1,9: Der 1,5-Grad-Weg; SSP1–2,6: Der 2-Grad-Weg; SSP2–4,5: Der Mittelweg; SSP3–7,0: Der konfliktreiche Weg; SSP5–8,5: Der fossile Weg

des Jahrhunderts würde zu einem Temperaturanstieg um bis zu 5,7 °C führen (IPCC, 2021).

NDCs Der jährlich vom Umweltprogramm der Vereinten Nationen herausgegebene Emissions Gap Report (UNEP, 2023) zeigt die Lücke zwischen den angekündigten Einsparungen der Vertragsstaaten des Pariser Klimaübereinkommens und den benötigten Emissionsreduktionen für die Einhaltung des 1,5 °C-Ziels auf. Alle Unterzeichner des Übereinkommens sind verpflichtet, *Nationally Determined Contributions* (NDCs) auszuarbeiten und regelmäßig zu aktualisieren. NDCs sind national festgelegte Reduktionsbeiträge, wobei zwischen bedingungslosen und bedingten NDCs unterschieden wird. Bedingungslose NDCs können ohne internationale Unterstützung umgesetzt werden. An Bedingungen gebundene NDCs bedürfen einer internationalen Unterstützung (z. B. finanzieller Art). Zusätzlich werden beim Emissions Gap Report auch *Net-Zero Pledges* (Klimaneutralitätsversprechen) in Betracht gezogen.

Emissionsreduktion auf NDC-Basis Neue bzw. aktualisierte NDCs und Klimaneutralitätsversprechen, die seit der Klimakonferenz (COP 27) 2022 angekündigt wurden, reduzieren die für 2030 prognostizierten Emissionen um nur 0,1 Gt CO₂-Äquivalent im Vergleich zu früheren NDCs. Insgesamt würden mit derzeitigen Maßnahmen und bedingungslosen NDCs die globalen Treibhausgas-Emissionen im Jahr 2030 55 Gt CO₂-Äquivalent betragen. Um die Erwärmung auf 2 °C zu begrenzen, müssten die projizierten Emissionen um 14 Gt CO₂-Äquivalent reduziert werden, für das 1,5 °C-Ziel wäre eine Reduktion von 22 Gt CO₂-Äquivalent erforderlich. Bei voller Umsetzung der „bedingungslosen NDCs“ für 2030 würde ein Temperaturanstieg von 2,9 °C bis zum Jahr 2100 stattfinden. Bei den an Bedingungen geknüpften NDCs würde dieser 2,5 °C betragen. Bei zusätzlicher Einhaltung bestehender Klimaneutralitätsversprechen, welche bereits 97 Vertragsstaaten abgegeben haben, könnte der Temperaturanstieg auf 2,0 °C begrenzt werden. Allerdings mangelt es noch an überzeugenden Plänen, wie diese Versprechen eingehalten werden sollen, weshalb diese Schätzungen höchst unsicher sind (UNEP, 2023).

Hinsichtlich der Klimaschutzmaßnahmen ist zu berücksichtigen, dass die grundsätzlichen Herausforderungen für einen Stopp der Erderwärmung bei 3 °C oder 4 °C gleich sind wie für einen Stopp bei 2 °C oder 1,5 °C, denn die Emissionen von Treibhausgasen müssen in jedem Fall ab einem bestimmten Zeitpunkt beendet bzw. vollständig kompensiert werden.

Risiken der Erwärmung Die Szenarien des Weltklimarats zeigen, dass mit weiter ansteigender Erwärmung auch die Risiken für Mensch und Natur weiter zunehmen werden. Mit jedem weiteren Schritt der globalen Erwärmung steigt die Zahl an Wetter- und Klimaextremen. Jedes weitere halbe Grad führt zu einer deutlich erkennbaren Zunahme der Intensität und Häufigkeit von Hitzeextremen, einschließlich Hitzewellen und Starkniederschlägen sowie Dürreperioden.

In den Küstengebieten wird der weitere Anstieg des Meeresspiegels zu schweren Überschwemmungen in tief gelegenen Gebieten und zu küstennaher Erosion beitragen. Extreme Meeresspiegelereignisse, die zuvor einmal in hundert Jahren aufgetreten sind, könnten jedes Jahr bis zum Ende dieses Jahrhunderts auftreten.

Der Wasserkreislauf wird durch den Klimawandel intensiviert, d. h. es wird global mehr Wasser verdunsten und es werden mehr Niederschläge fallen. Diese Niederschläge werden auch intensiver sein als bisher, was mit Überschwemmungen verbunden sein, aber in vielen Regionen auch zu Dürren führen wird. Insgesamt wird sich das Niederschlagsmuster wahrscheinlich dahin verändern, dass in hohen Breiten der Niederschlag zunehmen wird, während er in weiten Teilen der Subtropen abnehmen wird (IPCC, 2021).

Auswirkungen des Klimawandels und Anpassung

Klimawandel weltweit bemerkbar

Der Klimawandel hat jetzt schon negative Auswirkungen auf Natur und Menschen. Er ist in allen Regionen der Erde bemerkbar. Besonders betroffen sind vor allem Regionen in Afrika, Asien, Mittel- und Südamerika, kleine Inseln und die Arktis. Generell sind Menschen und Ökosysteme, welche bereits heute vor großen Herausforderungen stehen, am stärksten betroffen. Etwa dreieinhalb Milliarden Menschen gelten als durch den Klimawandel und dessen Folgen besonders gefährdet.

Die Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Klima- und Wetterextremen hat weitreichende Auswirkungen auf Ökosysteme, Menschen, Siedlungen und Infrastruktur. Es sind bereits erhebliche Schäden und zunehmend irreversible Verluste in Land-, Süßwasser-, Küsten- und offenen Meeresökosystemen verursacht worden. Einige davon sind bereits unumkehrbar, wie etwa das Artensterben aufgrund des Klimawandels. Andere Auswirkungen nähern sich der Unumkehrbarkeit, wie die Auswirkungen der hydrologischen Veränderungen infolge des Rückzugs der Gletscher oder die Veränderungen in einigen Gebirgsökosystemen und arktischen Ökosystemen, die durch das Auftauen des Permafrostes verursacht werden. Letztendlich gefährdet der Klimawandel die Nahrungsmittel- und Wassersicherheit.

Bewältigung wird schwieriger

Die Auswirkungen und Risiken des Klimawandels werden immer komplexer und schwieriger zu bewältigen, da verschiedene Wetterextreme gleichzeitig auftreten und kaskadenartige Auswirkungen verursachen.

Um den zunehmenden Verlust von Menschenleben, biologischer Vielfalt und Infrastruktur zu vermeiden, sind dringende, ehrgeizige und rasche Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel erforderlich, die mit einer schnellen und tiefgreifenden Reduktion der Treibhausgas-Emissionen einhergehen. Mit zunehmender globaler Erwärmung nehmen Verluste und Schäden zu und weitere menschliche und natürliche Systeme stoßen an die Grenzen ihrer Anpassungsmöglichkeiten. Die Zeitspanne, in der eine klimaresiliente Entwicklung noch möglich ist, wird immer enger.

Fortschritte bei der Planung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen sind bereits in allen Sektoren und Regionen zu beobachten. Es gibt gangbare und wirksame Anpassungsmöglichkeiten, die die Risiken für Mensch und Natur verringern können. Diese sind jedoch ungleichmäßig verteilt. Vermehrt werden auch Fehlanpassungen beobachtet, die wiederum zu einer Verfestigung von Anfälligkeit, Exposition und Risiken führen, die nur schwer und kostenintensiv zu ändern sind und bestehende Ungleichheiten verschärfen können (IPCC, 2022b).

***klimabedingte
Migration***

Der Klimawandel trägt auch zu humanitären Krisen bei. Menschen werden zunehmend durch Klima- und Wetterextreme zur Migration gezwungen. Kleine Inselstaaten sind unverhältnismäßig stark betroffen. In Afrika und Südamerika ist durch Überschwemmungen oder Dürren die Ernährungsunsicherheit hoch. Durch Anpassung könnte dem entgegengewirkt, die Wahlmöglichkeiten bei Migrationsentscheidungen verbessert und sichere und geordnete Bewegungen von Menschen innerhalb und zwischen Ländern gewährleistet werden. (IPCC, 2022b).

Laut dem GRID-Bericht 2023 des Zentrums für Binnenvertreibung und Migration (IDMC, „Internal Displacement Migration Centre“) wurden im Jahr 2022 insgesamt 60,9 Mio. neue Migrant:innen registriert, die innerhalb der nationalen Grenzen vertrieben wurden. Davon mussten 32,6 Mio. ihr bisheriges Lebensumfeld aufgrund von Katastrophen verlassen. In mehr als 98 % der Fälle waren Gefahren wie Stürme, Überschwemmungen und Dürren in den Regionen Ostasien, Pazifik und Südasien der Auslöser. Die überwiegende Mehrheit der wetterbedingten Bevölkerungsbewegungen findet innerhalb der nationalen Grenzen statt, obwohl auch grenzüberschreitende Bewegungen auftreten (IDMC, 2023).

Nach einer Studie der Weltbank könnten bis 2050 bis zu 216 Mio. Menschen gezwungen sein, aufgrund des Klimawandels zu migrieren. Mit 86 Mio. Personen entfällt der Großteil auf die Subsahara-Region Afrikas. Mit einer Verbesserung der derzeitigen Klima- und Migrationspolitik könnte die Zahl jener Menschen, die aufgrund von Klimaveränderungen fliehen müssen, um bis zu 80 % reduziert werden (Weltbank, 2021).

Die Klimaerwärmung wirkt sich in südlichen Ländern besonders stark aus. Dies wird zu einer erhöhten Binnenmigration und ferner zu einer zunehmenden Migration aus diesen Gebieten (z. B. aus afrikanischen Staaten) führen. Bei einer Erderwärmung von 2 °C und dem damit verbundenen Anstieg des Meeresspiegels könnte langfristig eine Landmasse, welche aktuell von rund 280 Mio. Menschen bewohnt wird, dauerhaft überschwemmt werden (Oxfam, 2017).

Eine Analyse von Asylanträgen in über 157 Ländern im Zeitraum 2006–2015, die den kausalen Zusammenhang zwischen Klima, Konflikt und Zwangsmigration untersuchte, kam zum Schluss, dass klimatische Bedingungen – indem sie die Schwere der Dürre und die Wahrscheinlichkeit eines bewaffneten Konflikts beeinflussen – eine wesentliche Ursache für Asylanträge waren (Abel et al., 2019).

Maßnahmen gegen den Klimawandel

***die nächsten Jahre
sind entscheidend***

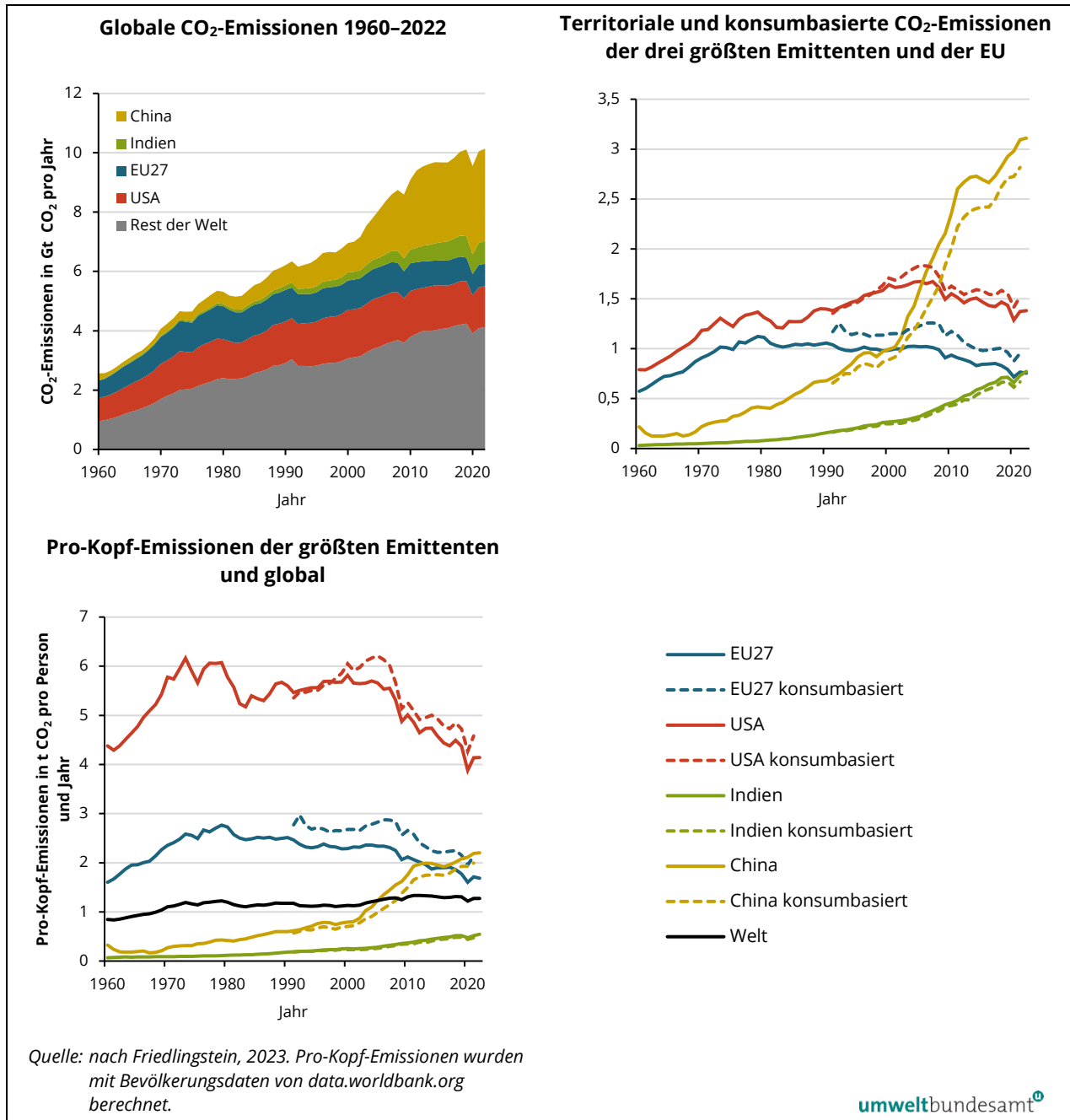
Durch das Erreichen des im Pariser Übereinkommen festgelegten 1,5 °C-Ziels könnten die schlimmsten Auswirkungen der Klimakrise mit einer hohen Wahrscheinlichkeit vermieden werden. Hierfür müssten allerdings die weltweiten Treibhausgas-Emissionen ab den 2020er Jahren sinken und spätestens 2025 ihren Höhepunkt erreichen sowie bis 2030 gegenüber 2019 um 43 % reduziert werden. Gleichzeitig müsste auch der Methanausstoß um etwa ein Drittel verringert werden (IPCC, 2022).

***globale Emissionen
steigen noch immer***

Laut ersten Schätzungen der globalen Treibhausgas-Emissionen im Jahr 2023 ist die notwendige Trendumkehr noch nicht eingetreten. Das Global Carbon Project schätzt, dass 2023 weltweit 36,8 Milliarden Tonnen CO₂ ausgestoßen wurden, das entspricht 1,1 % mehr als 2022. Dieser Anstieg wird vor allem von höheren Emissionen in China (+4,0 %) und Indien (+8,2 %) verursacht, während der Trend in der EU (-7,4 %), den USA (-3,0 %) und dem Rest der Welt (-0,4 %) rückläufig ist (Friedlingstein et al., 2023).

Die globalen Treibhausgas-Emissionen seit 1960 sind in Abbildung 4 dargestellt. Neben territorialen Emissionen (d. h. Emissionen, die durch Aktivitäten innerhalb der Staatsgrenzen entstehen) sind auch konsumbasierte Emissionen zu sehen. Dabei werden Treibhausgase, die bei der Produktion von Gütern entstehen, jenen Ländern zugerechnet, in denen das Endprodukt konsumiert wird.

Abbildung 4: Globale CO₂-Emissionen von 1960 bis 2022, aufgeteilt auf die Staaten mit den größten Beiträgen (links oben), sowie Gesamtemissionen (rechts oben) und Pro-Kopf-Emissionen (links unten) von EU-27, USA, China und Indien. Dargestellt sind jeweils territoriale (innerhalb der Landesgrenzen verursachte) und ab 1990 auch konsumbasierte Emissionen.



Ohne sofortige und tiefgreifende Emissionsreduktionen in allen Sektoren ist eine Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 °C nicht erreichbar. Eine Überschreitung der 1,5 °C-Schwelle impliziert aber ein erhöhtes Klimarisiko sowie höhere soziale und ökologische Risiken.

Wirksamkeit von Maßnahmen

Entsprechend dem letzten IPCC-Bericht gibt es Anzeichen für die Umsetzung bzw. Wirksamkeit von Klimaschutzmaßnahmen. In den Jahren 2010 bis 2019

waren die durchschnittlichen jährlichen Treibhausgas-Emissionen zwar weltweit so hoch wie nie zuvor in der Geschichte der Menschheit, ihre Wachstumsrate hat sich jedoch verlangsamt. Es konnten durch politische Maßnahmen und Gesetze bereits Emissionen vermieden und Investitionen in treibhausgasarme Technologien und Infrastruktur gesteigert werden. Eine wachsende Zahl von politischen Maßnahmen und Gesetzen hat die Energieeffizienz verbessert, die Abholzungsraten verringert und den Einsatz erneuerbarer Energien beschleunigt. Die Kosten mehrerer emissionsarmer Technologien sind seit 2010 kontinuierlich gesunken. Die Maßnahmenumsetzung ist jedoch ungleichmäßig über Regionen und Sektoren verteilt. Durch die schlechteren Rahmenbedingungen hinken z. B. die Innovationen in Entwicklungsländern noch hinterher, auch kommt die Angleichung der Finanzströme an die Ziele des Pariser Übereinkommens nur langsam voran (IPCC, 2022a).

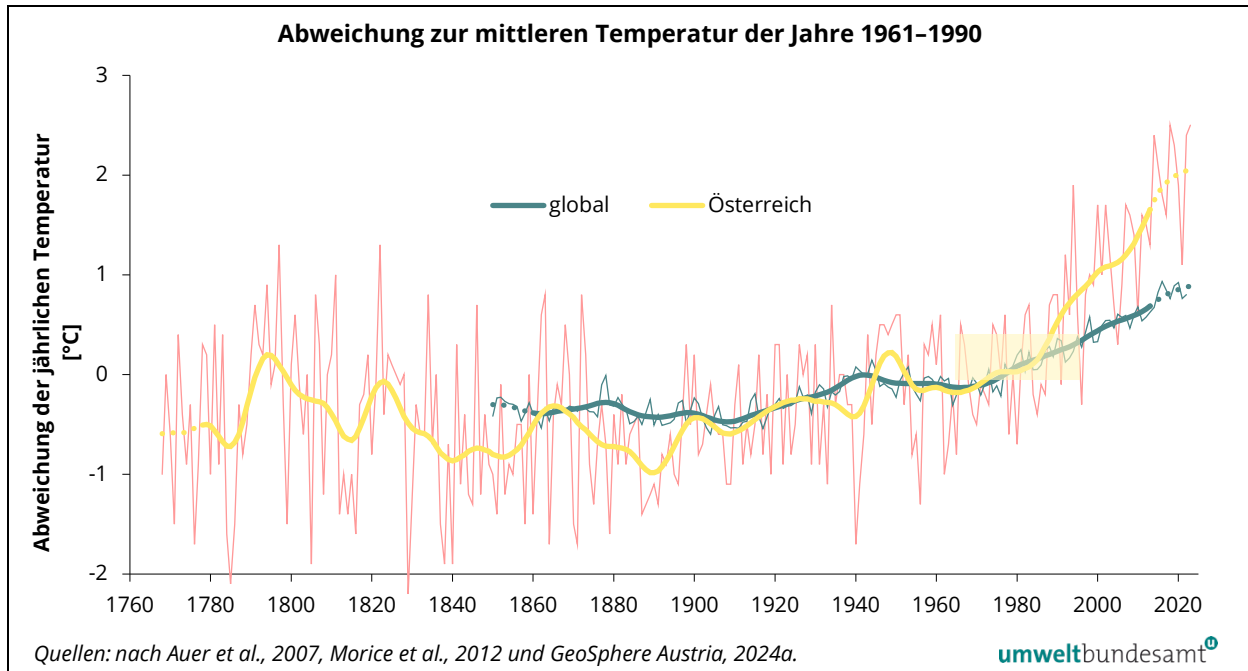
**Maßnahmensetzung
notwendig**

Es bedarf jedenfalls weiterer, rasch umzusetzender Maßnahmen in hoher Intensität, um den globalen Treibhausgas-Ausstoß dauerhaft und ausreichend zu reduzieren.

1.2 Auswirkungen für Österreich

Die Klimaerwärmung ist in Österreich eindeutig messbar. Besonders der Alpenraum ist betroffen: Hier ist der Temperaturanstieg etwa doppelt so hoch wie im globalen Mittel (APCC, 2014). Der Grund dafür ist, dass sich die Luft über Landflächen generell rascher erwärmt als über thermisch trägeren Ozeanen. Innerhalb von Österreich verläuft der Temperaturanstieg relativ homogen. Nennenswerte Unterschiede in der Temperaturentwicklung gab es weder regional betrachtet noch im Vergleich zwischen tiefen und hohen Lagen (GeoSphere Austria, 2024a).

Abbildung 5: Jährliche Abweichung zur mittleren Temperatur der Jahre 1961–1990 für Österreich und global.



~2 °C-Anstieg in Österreich bereits erfolgt

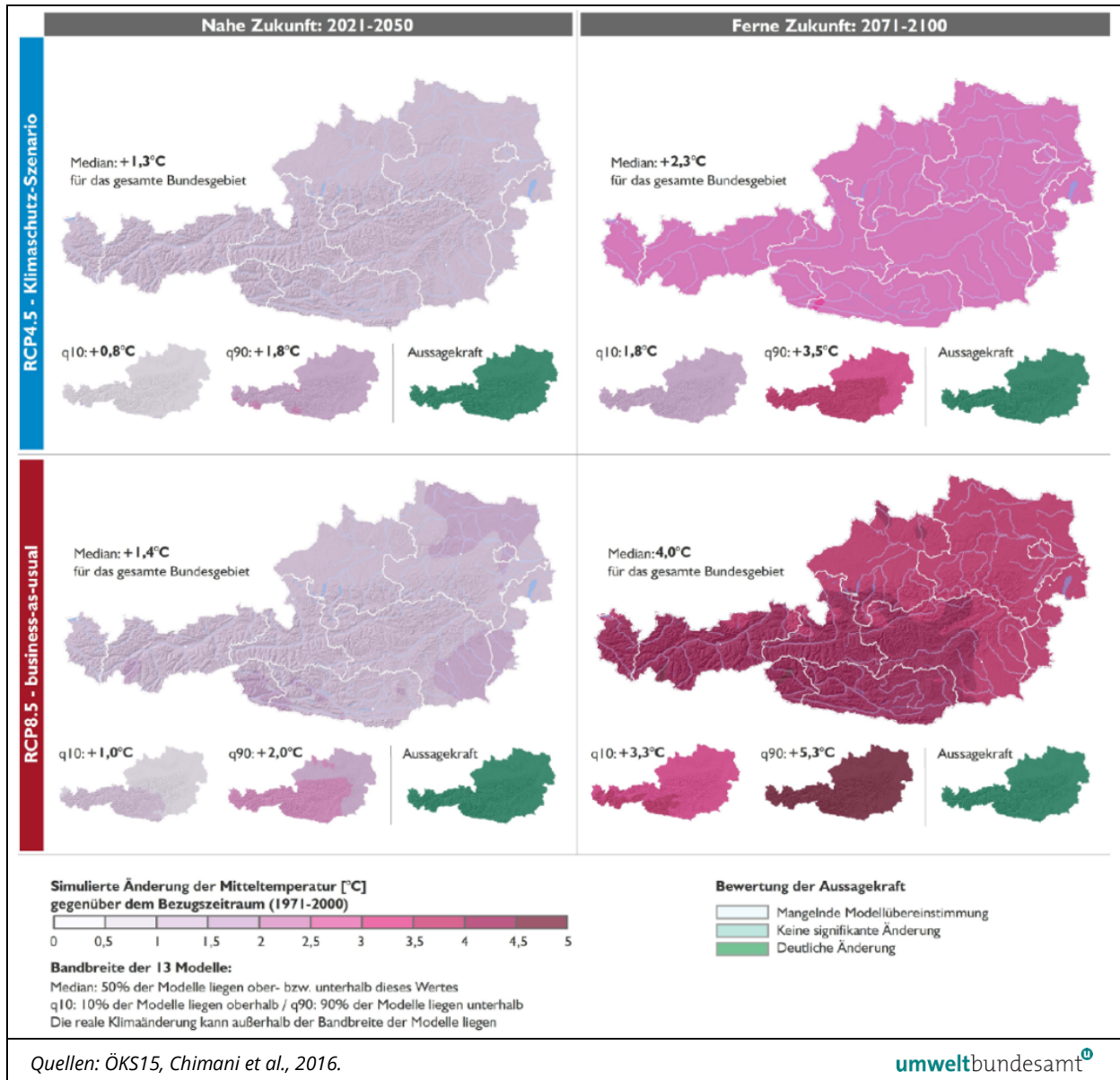
Das Jahr 2023 war in Österreich um 2,5 °C wärmer als im Bezugszeitraum 1961–1990, bei einer Durchschnittstemperatur 2023 im österreichischen Tiefland von rund 9,9 °C. Damit war es – gleichauf mit dem Jahr 2018 – das wärmste Jahr seit Messbeginn 1767. Unter den 25 wärmsten Jahren seit Beginn der 256-jährigen Messaufzeichnung finden sich nahezu ausschließlich Jahre aus jüngster Zeit. Mit Ausnahme einer kühleren Phase von April bis Mai lagen die Temperaturen fast ganzjährig über dem langjährigen Durchschnitt. Besonders der Spätsommer war lang und heiß, wodurch September und Oktober die jeweils wärmsten der Messgeschichte waren. Insgesamt fiel 16 % mehr Niederschlag als in der Vergleichsperiode 1961–1990, das entspricht dem höchsten Wert seit 1966. Der Niederschlag war jedoch sehr ungleich verteilt, wodurch alle Monate einzeln betrachtet entweder zu trocken oder zu niederschlagsreich waren. Die augenscheinlichsten Effekte dieser Extreme zeigten sich im August in Form von Überschwemmungen und Erdrutschen in Süd- und Westösterreich (GeoSphere Austria, 2023b).

Klimaszenarien für Österreich

Klimaszenarien für Österreich (ÖKS15) berechnen deutliche Anstiege der jährlichen wie auch der saisonalen Mitteltemperatur in ganz Österreich (Chimani et al., 2016). Bis 2050 zeigen beide RCP³-Szenarien einen ähnlichen Anstieg der Jahresdurchschnittstemperatur von etwa 1,3 °C bis 1,4 °C. Bis zum Ende des 21. Jahrhunderts wird in RCP8.5 mit österreichweit 4,0 °C eine wesentlich stärker ausgeprägte Temperaturzunahme als in RCP4.5 mit 2,3 °C erwartet (siehe Abbildung 6).

³ RCP – „Representative Concentration Pathways“; das RCP8.5-Szenario stellt das „business-as-usual“ dar (ungebremster Treibhausgas-Anstieg). Im RCP4.5-Szenario pendeln sich die Treibhausgas-Emissionen global bis 2080 bei der Hälfte ein.

Abbildung 6: Simulierte Änderung der Mitteltemperatur [°C] gegenüber dem Bezugszeitraum (1971–2000).



ökologische Auswirkungen

Die Folgen der Klimaerwärmung sind schon heute in Österreich spürbar und werden zukünftig verstärkt auftreten. Zu den bedeutendsten Auswirkungen einer Klimaerwärmung zählen:

- Die Hitzetage und Tropennächte nehmen zu.
- Die Vegetationsperiode verlängert sich.
- Wärmeliebende Schädlinge, wie der Borkenkäfer, treten vermehrt auf.
- Das Vorkommen von subtropischen und tropischen Stechmücken als Überträger von Krankheiten nimmt zu.
- Die Ausbreitung von allergenen Arten (wie etwa *Ambrosia artemisiifolia*) wird verstärkt.
- Es kommt häufiger zu lokalen Starkniederschlägen.

- Im Winterhalbjahr nehmen Niederschläge in Form von Regen zu.
- In niedrigen und mittleren Lagen ist mit einem Rückgang der Schneedecke und -höhe zu rechnen.
- Die Austrocknung der Böden im Sommer und vermehrte Erosion durch Starkregen führen zu Humusabbau.
- Die Wasseraufnahme der Böden verringert sich, unter anderem auch durch eine geringere Schneebedeckung im Winter.
- Rutschungen, Muren und Steinschlag nehmen zu.
- Die Waldbrandgefahr nimmt zu.
- Durch die Verkleinerung der Gletscher wird die Wasserführung der Flüsse beeinflusst, die von Gletschern gespeist werden.

1.3 Stand der internationalen Klimaverhandlungen (UNFCCC)

**Klimarahmen-
konvention
1992 in Rio**

Im Rahmen der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung (UNCED) in Rio de Janeiro wurde 1992 die Klimarahmenkonvention (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) – ein internationales, multilaterales Klimaschutzabkommen – mit dem Ziel unterzeichnet, die Konzentrationen der Treibhausgase in der Atmosphäre auf einem Niveau zu stabilisieren, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird. 198 Vertragsparteien – also nahezu alle Staaten der Welt – haben die UNFCCC bis heute ratifiziert. Das oberste Entscheidungsgremium der Klimarahmenkonvention ist die Vertragsstaatenkonferenz (Conference of the Parties, COP), in der einmal jährlich die Vertragsstaaten zusammentreffen, um die Umsetzung des Übereinkommens und den internationalen Klimaschutz voranzutreiben.

Kyoto-Protokoll 1997

Auf der dritten Vertragsstaatenkonferenz, der Klimarahmenkonvention 1997, wurde das Kyoto-Protokoll verabschiedet. Dieses enthält für die Industrieländer zum ersten Mal rechtsverbindliche Verpflichtungen zur Begrenzung und Reduktion ihrer Treibhausgas-Emissionen. Das Kyoto-Protokoll trat 2005 in Kraft und umfasste die Verpflichtungsperiode 2008–2012. Darin verpflichtete sich die Europäische Union (EU-15) zu einer Minderung ihrer Treibhausgas-Emissionen um 8 % gegenüber 1990. Das EU-Minderungsziel wurde intern nach der Wirtschaftskraft aufgeteilt, Österreich übernahm eine Minderung von 13 %.

Sowohl die Europäische Union als auch Österreich haben ihre jeweilige Reduktionsverpflichtung erreicht. Für Österreich ergaben sich aus der Gesamtbilanz 343,9 Mio. Einheiten (AAU, Assigned Amount Units) aus der zugeteilten Menge, abzüglich 5,0 Mio. Zertifikate aus der Zuteilung an Emissionshandelsbetriebe (Differenz Zuteilung/Verbrauch), zuzüglich 6,8 Mio. Einheiten aus der Bilanz aus Neubewaldung und Entwaldung, zuzüglich 71,3 Mio. Emissionsgutschriften (aus projektbezogenen Mechanismen des Kyoto-Protokolls), die zugekauft wurden. Die Republik Österreich erfüllte am 27. Oktober 2015 mit der letzten Ausbuchung von Kyoto-Zertifikaten ihre Verpflichtung aus der ersten Periode des Kyoto-Protokolls. Weitere Details können dem Klimaschutzbericht 2015 (Umweltbundesamt, 2015) entnommen werden.

Doha-Amendment 2012

Bei der 18. Vertragsstaatenkonferenz zur UN-Klimarahmenkonvention in Doha im Dezember 2012 einigten sich die Länder auf eine Fortsetzung des Kyoto-Protokolls (sogenanntes Doha-Amendment). Darin ist eine zweite Verpflichtungsperiode vorgesehen, die von 1. Jänner 2013 bis 31. Dezember 2020 lief. Für diesen Zeitraum beabsichtigten die Europäische Union und einige weitere Industrieländer, ihre Treibhausgas-Emissionen weiter zu reduzieren. Gegenüber der ersten Verpflichtungsperiode gab es folgende Änderungen: Aufnahme des Treibhausgases Stickstofftrifluorid (NF₃), Verwendung von aktualisierten Berechnungsvorschriften (2006 IPCC-Guidelines) und neue Regeln für die Erfassung der Emissionen aus Flächennutzung und Forstwirtschaft.

Das Doha-Amendment trat in Kraft, als drei Viertel der Vertragsparteien zum Kyoto-Protokoll ihre Ratifizierungsurkunden hinterlegt hatten. Mit Stand 15. Oktober 2020 hatten 147 Vertragsparteien dies getan und es trat mit 31. Dezember 2020 in Kraft. Insgesamt beabsichtigten 38 Länder (die EU, ihre Mitgliedstaaten sowie Australien, Island, Kasachstan, Liechtenstein, Monaco, Norwegen, Schweiz, Ukraine und Weißrussland), ihre Emissionen in den acht Jahren bis Ende 2020 im Durchschnitt um 18 % gegenüber 1990 zu senken. Länder wie Japan und Russland waren in der ersten Kyoto-Periode noch dabei, sind es in der zweiten Verpflichtungsperiode jedoch nicht mehr. Kanada ist während der ersten Verpflichtungsperiode vom Protokoll zurückgetreten und auch in der zweiten Periode kein Vertragspartner mehr. Die USA haben das Kyoto-Protokoll nie ratifiziert. Die Europäische Union und ihre Mitgliedstaaten verpflichten sich zu einer Treibhausgas-Reduktion von 20 % gegenüber 1990. Diese Verpflichtung steht im Einklang mit dem EU-Klima- und Energiepaket 2020. Bis zum 9. September 2023 wurde die Verpflichtungsperiode 2013–2020 abgerechnet, Österreich und die Länder Europäische Union erfüllten ihre Verpflichtungen.

Vorbereitung eines neuen Abkommens

Da sich unter dem Kyoto-Protokoll nur ein Teil der Industrieländer zu Emissionsreduktionen verpflichtet hat und die Treibhausgas-Emissionen von Schwellenländern nach der Jahrtausendwende stark angestiegen sind, wurde ein neues, globales Abkommen angestrebt. Auf der UN-Klimakonferenz 2010 in Cancún wurde eine Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs auf maximal 2 °C im Vergleich zur vorindustriellen Zeit als langfristiges Ziel definiert. Im Jahr 2011 wurde in Durban die Entscheidung getroffen, bis 2015 ein Klimaschutzabkommen zu verhandeln, das für die Zeit nach 2020 gelten und alle Staaten verpflichten soll, einen angemessenen Beitrag zu leisten, um langfristig das 2 °C-Ziel einzuhalten.

Pariser Übereinkommen 2015

In der 21. Vertragsstaatenkonferenz (2015) in Paris wurde ein neues globales und umfassendes Klimaschutzübereinkommen verabschiedet, welches als historisch bezeichnet werden kann. Im Pariser Übereinkommen wird erstmals in einem völkerrechtlichen Vertrag das Ziel festgelegt, die globale Erwärmung auf deutlich unter 2 °C zu begrenzen. Darüber hinaus sollen zusätzliche Anstrengungen unternommen werden, den Temperaturanstieg auf 1,5 °C zu begrenzen. Der globale Emissionshöchststand soll schnellstmöglich erreicht werden, gefolgt von einer raschen Reduktion, um die anthropogenen Treibhausgas-Emissionen in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts auf null Netto-Emissionen zu reduzieren. Bei den sogenannten Netto-Emissionen werden Senken, wie z. B. Wälder und Kohlenstoffspeicher, abgezogen. Somit bedeutet dieses Ziel, dass verbleibende Rest-Emissionen vollständig durch Senken kompensiert werden müssen.

Im Jahr 2023 erstmalig und danach alle fünf Jahre soll in einer globalen Bestandsaufnahme („global stocktake“) überprüft werden, inwiefern die Reduktionsbeiträge zum langfristigen 2 °C-Ziel kompatibel sind. Ein regelmäßiges Berichtswesen gilt für alle Staaten; ausgenommen sind nur 39 kleine Inselstaaten (Entwicklungsländer) und 46 der am wenigsten entwickelten Staaten. Dieses Berichtswesen soll den Stand sowie den Fortschritt der Zielerreichung transparent gestalten. Durch die Klimafinanzierung sollen Entwicklungsländer dabei unterstützt werden, ihre Emissionen zu reduzieren bzw. sich an die unausweichlichen Folgen des Klimawandels anzupassen. Ab 2020 sollen jährlich mindestens 100 Mrd. US-Dollar von Industriestaaten dafür zur Verfügung gestellt werden. Schwellenländer (z. B. China und Brasilien) sind aufgefordert, sich an der Finanzierung zu beteiligen.

Das Pariser Übereinkommen trat bereits am 4. November 2016 in Kraft, 30 Tage nachdem die Vertragskriterien – die Ratifikation von zumindest 55 Vertragsparteien, die für zumindest 55 % der globalen Treibhausgas-Emissionen verantwortlich sind – erfüllt waren. Inzwischen haben 195 von 198 Vertragsparteien der UNFCCC das Übereinkommen entweder unterzeichnet oder sind – nach Ende der einjährigen Unterzeichnungsfrist – beigetreten.

Mit Stand März 2024 haben 195 Vertragsparteien das Übereinkommen auch ratifiziert. Für die verbleibenden drei Staaten (Iran, Libyen und Jemen) ist das Übereinkommen noch nicht bindend.

Im Gegensatz zum Kyoto-Protokoll sind nicht nur die Industriestaaten, sondern auch Schwellen- und Entwicklungsländer dazu verpflichtet, ihren Beitrag zu leisten, indem sie ihre national bestimmten Reduktionsvorhaben (NDCs) regelmäßig vorlegen und aktualisieren. Damit soll der Veränderung der globalen Verteilung der Treibhausgas-Emissionen Rechnung getragen werden. Während 1990 rund zwei Drittel der globalen Treibhausgas-Emissionen von den Industrieländern verursacht wurden, tragen mittlerweile Industrie- und Entwicklungsländer etwa gleich viel bei. China ist weltweit das Land mit den höchsten fossilen CO₂-Emissionen, gefolgt von den USA und der Europäischen Union. Diese drei Vertragsparteien zusammen sind für rund 52 % der weltweiten CO₂-Emissionen verantwortlich, die Top 10-Staaten für rund 68 % (Stand: Mai 2022 für das Jahr 2020).

Das Reduktionsvorhaben der EU und ihrer Mitgliedstaaten steht im Einklang mit dem EU-Rahmen für die Klima- und Energiepolitik bis 2030.

weitere Ausgestaltung des Übereinkommens

Darüber hinaus wurde im Jahr 2015 vereinbart, die weitere Ausgestaltung des Pariser Übereinkommens – das sogenannte Regelbuch für die Umsetzung – bis Dezember 2018 abzuschließen.

COP 24 Dieser Prozess wurde fristgerecht bei der 24. Vertragsstaatenkonferenz in Katowitz im Dezember 2018 weitgehend abgeschlossen. Damit ist es gelungen, ein umfassendes, robustes und von allen Vertragsstaaten getragenes Regelwerk zu schaffen, mit dem die Vorgaben und Ziele des Pariser Übereinkommens umsetzbar gemacht werden. Dies beinhaltet unter anderem Details zu den Themen Emissionsminderung, Berichtswesen, Finanzierung, Anpassung, Kapazitätsaufbau und globale Bestandsaufnahme. Bei Regeln für einen gemeinsamen Kohlenstoffmarkt konnte keine Einigung erzielt werden.

COP 25 Bei der 25. Vertragsstaatenkonferenz im Dezember 2019 in Madrid konnten trotz Verlängerung und großem öffentlichen Druck nur geringe Erfolge erzielt werden. Einige Kernverhandlungspunkte – unter anderem die noch offen gebliebenen Elemente des Pariser Regelwerks (Marktmechanismen) und die weitere Ausarbeitung seiner Details (z. B. Berichtstabellen, einheitliche Zeitspannen für NDCs) – mussten vertagt oder in wenig belastbare Absichtserklärungen gegossen werden.

Im Jahr 2020 fanden aufgrund der Corona-Pandemie die Klimaverhandlungen erstmals virtuell statt, wobei auch hier keine formale Beschlussfassung möglich war.

COP 26 In der auf November 2021 verschobenen COP 26 in Glasgow wurden für die Umsetzung des Pariser Übereinkommens wichtige, lange ausstehende Beschlüsse angenommen. Die Bestimmungen für Marktmechanismen (Artikel 6 des Übereinkommens von Paris) wurden ausgearbeitet. Für handelbare Einheiten, die für verpflichtende Ziele gültig sein sollen, sind der verkaufenden Vertragspartei zugehörige Anpassungen der Emissionszählung vorgeschrie-

ben worden, um eine Doppelzählung der Emissionsreduktionen zu vermeiden. Dabei wird zwischen den Einheiten International Transferable Mitigation Outcomes (ITMO) und projektbezogenen Einheiten (genannt A6.4 Emission Reduction – A6.4ER) unterschieden. Kyoto-Einheiten (Certified Emission Reductions – CERs) von Projekten – die an oder nach dem 01.01.2013 registriert wurden – können gemäß den Beschlüssen von Glasgow unter gewissen Einschränkungen im Paris-System genutzt werden. Berichtstabellen unter dem neuen Transparenzrahmen wurden finalisiert. Ein neues Arbeitsprogramm zum globalen Anpassungsziel wurde ausgearbeitet und ein Dialog zum Thema Verluste und Schäden durchgeführt. Mit dem „Glasgow Climate Pact“ wurden auch zahlreiche neue politische Zusagen gemacht. Dazu zählen ein Bekenntnis zu einer Reduktion der globalen Kohlendioxid-Emissionen um 45 % bis 2030 (gegenüber 2010) und auf netto null bis Mitte des Jahrhunderts, das Herunterfahren („phase-down“) der Kohleverstromung, die Verdoppelung der Klimafinanzierung für Anpassung bis 2025 und anderes mehr.

- COP 27** In der im November 2022 in Sharm asch-Schaich durchgeführten COP 27 wurden für den Marktmechanismus nach Artikel 6 des Paris-Übereinkommens die Registerarchitektur und die projektbezogenen Einheiten des freiwilligen Marktes definiert. Außerdem wurde ein Fokus auf „Implementierung“ gelegt und insbesondere die Themen Anpassung an den Klimawandel, Verluste und Schäden sowie Klimafinanzierung in den Vordergrund gerückt.
- COP 28** Bei der im Dezember 2023 in Dubai durchgeführten COP 28 stand die erste globale Bestandsaufnahme („global stocktake“) im Mittelpunkt der Verhandlungen. Diese wird alle fünf Jahre stattfinden, es wird dabei überprüft, ob die nationalen Klimabeiträge („NDCs – Nationally Determined Contributions“) mit dem Erreichen einer maximalen Erwärmung von 1,5 °C übereinstimmen. Dieses Ziel wird mit den derzeitigen Maßnahmen deutlich nicht erreicht werden, daher sind die Staaten nun dazu angehalten, die Maßnahmen erheblich zu verschärfen. Es wurde beschlossen, bis 2050 den notwendigen Wandel weg von fossilen Energieträgern zu vollziehen („transitioning away from fossil fuels“). Auch wenn diese Formulierung Spielraum für Interpretationen lässt, ist sie doch als historisch anzusehen. Gleich zu Beginn der Konferenz wurde der Fonds für Verluste und Schäden durch den Klimawandel („Loss and Damage“) beschlossen, gemeinsam mit den dazugehörigen Finanzierungsvereinbarungen (zu Ende der Konferenz war der Topf bereits mit 700 Mio. USD gefüllt).
- COP 29** Bei der für November 2024 geplanten COP 29 in Baku, Aserbaidschan, werden vor allem Diskussionen um zukünftige Finanzierungen, wie z. B. das neue Finanzierungsziel ab 2025 („New Collective Quantified Goal“), im Mittelpunkt stehen.

1.4 Klimaneutral bis 2050 in der Europäischen Union

der Europäische Green Deal

Die EU-Mitgliedstaaten haben sich das Ziel gesetzt, bis 2050 Klimaneutralität zu erreichen und damit ihren Verpflichtungen im Rahmen des Übereinkommens von Paris nachzukommen. Der Europäische Green Deal wurde 2019 von der Kommission als Strategie, mit der die EU das Ziel für 2050 erreichen will, ins Leben gerufen. Er beinhaltet eine Reihe von politischen Initiativen, die unter anderem auch Themen wie Kreislaufwirtschaft, Industrie, Anpassung, Ökosysteme und Biodiversität, Mobilität und Landwirtschaft betreffen.

europäisches Klimagesetz

Mit dem europäischen Klimagesetz wurde das Ziel einer klimaneutralen EU bis 2050 sowie die Zielvorgabe, die Netto-Treibhausgas-Emissionen (Emissionen nach Abzug des Abbaus von Emissionen in natürlichen Senken) bis 2030 gegenüber 1990 um mindestens 55 % zu senken, rechtlich verankert. Der Beitrag, der durch den Abbau zu diesem Ziel angerechnet werden kann, wird auf 225 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent begrenzt. Nach 2050 sollen negative Emissionen erreicht werden. Das Europäische Klimagesetz ist Ende Juni 2021 in Kraft getreten.

Die EU-Institutionen und die Mitgliedstaaten sind unter Berücksichtigung von Fairness und Solidarität verpflichtet, die notwendigen Maßnahmen zu ergreifen, um diese Ziele zu erreichen. Die Fortschritte werden regelmäßig überprüft und die Maßnahmen gegebenenfalls angepasst, basierend auf den nationalen Energie- und Klimaplänen der Mitgliedstaaten, regelmäßigen Berichten der Europäischen Umweltagentur und den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen über den Klimawandel und seine Auswirkungen.

Außerdem wurde ein europäischer wissenschaftlicher Beirat eingerichtet, der die Europäische Union (EU) zum Thema Klimawandel unterstützen soll. Zu dessen Aufgaben gehören unter anderem die wissenschaftliche Beratung und Erstellung von Berichten zu EU-Maßnahmen und Klimazielen sowie zu indikativen Treibhausgas-Budgets und deren Vereinbarkeit mit dem europäischen Klimagesetz und den internationalen Verpflichtungen im Rahmen des Übereinkommens von Paris.

Empfehlung Klimaziel 2040

Im Februar 2024 legte die Europäische Kommission eine erste Bewertung für ein Klimaziel der EU für 2040 vor. Darin empfahl sie, die Netto-Treibhausgas-Emissionen der EU bis 2040 im Vergleich zu 1990 um 90 % zu senken. Allerdings wird erst nach den Wahlen 2024 die neue Kommission den Prozess zur Festlegung des Ziels 2040 abschließen.

„Fit for 55“-Paket

Um die 2030-Ziele des Klimagesetzes zu erreichen, wurden durch das „Fit for 55“-Gesetzgebungspaket eine Reihe von EU-Gesetzen neu verhandelt und an die höheren Emissionsreduktionsziele angepasst:

- Mit der neuen **EU-Emissionshandelsrichtlinie** (ETS 2; EU 2023/959) wurde das Gesamtziel der Emissionsreduktionen bis 2030 in den vom EU-Emissionshandel erfassten Sektoren auf 62 % gegenüber 2005 angehoben. Kostenlose Emissionszertifikate für den Luftverkehr werden schrittweise abgeschafft und Schifffahrts-Emissionen erstmals in das EU-

Emissionshandelssystem einbezogen. Außerdem wird ein neues, separates Emissionshandelssystem für den Straßenverkehr und den Gebäudesektor geschaffen, das auch bisher nicht in den Emissionshandel einbezogene Bereiche der Industrie und Energieversorgung erfasst. Die Einnahmen aus dem Emissionshandel sollen für klima- und energiebezogene Projekte bzw. für die Abfederung von sozialen Auswirkungen bereitgestellt werden (siehe auch Kapitel 1.4.1).

- Weiters wird mit der Verordnung zur Schaffung eines **CO₂-Grenzausgleichssystems** (CBAM; EU 2023/956) für einige Sektoren ein CO₂-Mechanismus eingeführt, um das Risiko der Verlagerung von CO₂-Emissionen in Länder außerhalb der EU zu verringern und gleiche Wettbewerbsbedingungen zu gewährleisten.
- In der **Effort-Sharing-Verordnung** (EU 2023/857) werden den Mitgliedstaaten neue, strengere Emissionsreduktionsziele zugewiesen. Die Zuteilung erfolgt entsprechend den unterschiedlichen Ausgangssituationen in den einzelnen Mitgliedstaaten und wurde auf Basis des jeweiligen Pro-Kopf-BIP nach derselben Methodik wie für die bestehenden Effort-Sharing-Ziele ermittelt. Das bisherige EU-Ziel von 29 % THG-Reduktion gegenüber 2005 wird auf 40 % erhöht. Für Österreich bedeutet das eine Anpassung des Reduktionsziels von -36 % auf -48 % gegenüber 2005 (siehe auch 1.5.1.1).
- In der **Verordnung über Landnutzung, Forstwirtschaft und Landwirtschaft** (EU 2023/839) wird für den CO₂-Abbau durch natürliche Senken ein EU-Gesamtziel im Umfang von 310 Mio. Tonnen CO₂-Emissionen bis 2030 festgelegt (siehe 1.4.3).
- Im März 2023 wurde die Verordnung zu neuen **CO₂-Emissionsnormen für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge** (LNF) (EU 2023/851) vom Europäischen Rat angenommen. Demnach sollen die CO₂-Emissionen bis 2030 von neuen Pkw um 55 % und von LNF um 50 % reduziert werden. Ab 2035 sollen sowohl Pkw als auch LNF komplett CO₂-frei sein.
- Laut der im Oktober 2023 erlassenen **Erneuerbare-Energien-Richtlinie** (RED III, EU 2023/2413) soll der Anteil erneuerbarer Energiequellen am Gesamtenergieverbrauch der EU auf 42,5 % erhöht werden. Zudem werden die Mitgliedstaaten dazu angehalten, den Anteil bis zum Jahr 2030 auf 45 % zu erhöhen. Zu diesem übergeordneten Ziel müssen alle Mitgliedstaaten einen Beitrag leisten, welcher in den jeweiligen nationalen Klima- und Energieplänen festzulegen ist. Die Bestimmungen der Richtlinie müssen – vorbehaltlich einzelner Regelungen – von den Mitgliedstaaten bis zum 21. Mai 2025 in nationales Recht umgesetzt werden (siehe Kapitel 1.4.4).
- Laut **Energie-Effizienz-Richtlinie** (EU 2023/1791) soll der Endenergieverbrauch in der EU bis 2030 im Vergleich zur Projektion aus dem Jahr 2020 um 11,7 % reduziert werden (siehe Kapitel 1.4.5).
- Der **Klima-Sozialfonds** (EU 2023/955) wurde geschaffen, um Maßnahmen und Investitionen zur Unterstützung finanziell schwächerer Haushalte, Kleinstunternehmen und Verkehrsteilnehmer:innen in den Mitgliedstaaten zu finanzieren und ihnen dabei zu helfen, die preislichen

Auswirkungen eines Emissionshandelssystems für Gebäude, den Straßenverkehr und weitere Sektoren zu bewältigen. Der Fonds wird hauptsächlich durch Einnahmen aus dem neuen Emissionshandelssystem und durch nationale Beiträge bis zu einem Höchstbetrag von 65 Mrd. Euro finanziert werden. Er wird befristet für den Zeitraum 2026 bis 2032 eingerichtet.

1.4.1 Emissionshandel 2021–2030

Beim Europäischen Emissionshandel (ETS) wird eine Obergrenze für die Gesamtmenge an Treibhausgasen festgelegt, die von den Anlagen und Flugzeugbetreibern, die vom System erfasst werden, emittiert werden können. Die Obergrenze wird jährlich im Einklang mit dem Klimaziel der EU reduziert, um sicherzustellen, dass die Emissionen im Laufe der Zeit abnehmen. Seit 2005 hat das EU-ETS dazu beigetragen, die Emissionen von Kraftwerken und Industrieanlagen um 37 % zu senken.

Stärkung des Emissionshandels in der vierten Periode

Mit der Revision der Emissionshandelsrichtlinie im Jahr 2018 (RL 2018/401/EU) wurde das Emissionshandelssystem reformiert. Der Geltungsbereich blieb gegenüber der dritten Handelsperiode gleich.

Zur Stärkung des Emissionshandels – insbesondere vor dem Hintergrund des Pariser Übereinkommens und des hohen Zertifikatsüberschusses – erfolgten gegenüber der dritten Handelsperiode folgende Änderungen:

- Die jährliche lineare Reduktion der Gesamtmenge von EU-Emissionszertifikaten wurde ab 2021 von 1,74 % auf 2,2 % erhöht.
- Der Abbau der überschüssigen Zertifikate durch Überführung in die Marktstabilitätsreserve wurde bis Ende 2023 verdoppelt.⁴
- Ab 2023 werden in der Marktstabilitätsreserve befindliche Zertifikate, die über das Ausmaß der im vorangegangenen Jahr versteigerten Zertifikate hinausgehen, gelöscht.
- Mitgliedstaaten steht die freiwillige Löschung von Zertifikaten offen, die aufgrund der Stilllegung von Stromerzeugungskapazitäten nicht mehr benötigt werden.

Versteigerung weiterhin Grundprinzip

Die Handelsperiode wurde auf zehn Jahre ausgeweitet und in zwei Zuteilungszeiträume (2021–2025 und 2026–2030) geteilt. Die Versteigerung stellt weiterhin das Grundprinzip der Zuteilung dar, wobei der Versteigerungsanteil 57 % der Gesamtmenge an Zertifikaten beträgt. Während ursprünglich das Auslaufen der kostenfreien Zuteilung bis 2027 vorgesehen war, wird in der vierten Handelsperiode die kostenfreie Zuteilung mit den folgenden Eckpunkten fortgeführt:

⁴ Der Beschluss Nr. 1814/2015/EU sieht vor, die zu versteigernden Zertifikate im Ausmaß von 12 % der im Vorjahr in Umlauf befindlichen Zertifikate in die Marktstabilitätsreserve überzuführen. Dieser Anteil wird mit der Reform des Emissionshandels bis Ende 2023 befristet auf 24 % erhöht.

**Eckpunkte der
kostenfreien Zuteilung**

- Für energieintensive Sektoren, bei denen das Risiko einer Verlagerung von CO₂-Emissionen in Länder ohne Emissionshandel besteht (Carbon Leakage), ist weiterhin eine 100 %ige Gratiszuteilung vorgesehen. Für Nicht-Carbon-Leakage-Sektoren beträgt der Anteil der Gratiszuteilung für die erste Zuteilungsperiode 30 %, danach wird dieser Anteil bis 2030 schrittweise auf 0 % abgesenkt. Das gilt jedoch nicht für Fernwärme, die durchgehend bis 2030 eine kostenlose Zuteilung in Höhe von 30 % erhält.
- Die in der dritten Handelsperiode geltenden Benchmarks werden dem technischen Fortschritt entsprechend aktualisiert. Diese Aktualisierung wird auf Basis der tatsächlichen Effizienzverbesserungen mit minimalen und maximalen Verbesserungsraten ermittelt; die Verbesserungsraten lagen für den Zuteilungszeitraum 2021–2025 bei mindestens 0,2 % und höchstens 1,6 % pro Jahr.
- Sofern die Summe der Einzelzuteilungen die verfügbare Menge an kostenfreien Zertifikaten übersteigt, ist ein sektorübergreifender Korrekturfaktor anzuwenden. Um jedoch eine sektorübergreifende Kürzung der Zuteilung möglichst zu vermeiden, kann der Versteigerungsanteil zugunsten der kostenfreien Zuteilung um bis zu 3 % abgesenkt werden.

Bei wesentlichen Änderungen der Produktion erfolgt eine Anpassung der Zuteilung, sofern sich die Produktionsmenge im Schnitt von zwei Jahren um mehr als 15 % im Vergleich zu jener Produktionsmenge ändert, die der ursprünglichen Zuteilung zugrunde lag.

**Unterstützung für
Übergang**

Für den Übergang zu einer CO₂-armen Wirtschaft werden Unterstützungsmechanismen fortgeführt bzw. ausgeweitet. Der Modernisierungsfonds dient zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Modernisierung der Energiesysteme in Mitgliedstaaten mit einem deutlich unterdurchschnittlichen Pro-Kopf-Bruttoinlandsprodukt. Im Rahmen des Innovationsfonds werden insbesondere Neuerungen auf den Gebieten der CO₂-Reduktion, des Ersatzes von CO₂-intensiven Prozessen und Technologien und von erneuerbaren Energien gefördert.

**kostenlose Zuteilung
ab 2021**

Für den Zeitraum 2021 bis 2025 wurde die kostenlose Zuteilung auf Basis der bis Mitte 2019 eingebrachten Zuteilungsanträge EU-weit bemessen⁵. Da EU-weit die Summe der beantragten Zuteilungen unter dem für die kostenlose Zuteilung vorgesehenen Anteil der Höchstmenge an Zertifikaten lag, war ein sektorübergreifender Korrekturfaktor für den Zeitraum 2021 bis 2025 nicht anzuwenden.

**Verknüpfung mit der
Schweiz**

Seit 01.01.2020 ist das Europäische Emissionshandelssystem mit dem Emissionshandelssystem der Schweiz verknüpft. Einheiten beider Systeme werden wechselseitig für die Einhaltung anerkannt und Transaktionen können zwischen den Systemen durchgeführt werden.

⁵ Die Basisperiode umfasste den Zeitraum 2014 bis 2018.

Anpassung an das „Fit for 55“-Paket	Mit der Änderung des Gesamtziels im Rahmen des EU-Klimagesetzes von -40 % auf -55 % gegenüber 1990 wurde auch das Reduktionsziel für den Emissionshandel angepasst. Die Revision der Emissionshandelsrichtlinie im Jahr 2023 (RL 2023/959/EU) bringt folgende Änderungen des Emissionshandelssystems im Rahmen des „Fit for 55“-Pakets mit sich: Die Emissionen der unter das EU-Emissionshandelssystem fallenden Sektoren werden gegenüber 2005 um 62 % gesenkt. Dazu wurde einerseits die Gesamtmenge der Zertifikate in den Jahren 2024 und 2026 um insgesamt 117 Mio. Zertifikate abgesenkt. Andererseits wurde der jährliche Reduktionsfaktor von derzeit 2,2 % ab 2024 auf 4,3 % und ab 2028 auf 4,4 % angehoben. Zudem werden Schifffahrts-Emissionen erstmals in das EU-Emissionshandelssystem einbezogen und die Höchstmenge entsprechend angepasst.
Abbaurrate	Die bereits zuvor temporär erhöhte Abbaurrate der Marktstabilitätsreserve wurde im Fall von hohen Zertifikatsüberschüssen weitergeführt und eine Einschleifregelung eingerichtet⁶. Zudem werden nicht mehr als 400 Mio. Zertifikate in der Marktstabilitätsreserve einbehalten. Zertifikate, die über diese Menge hinausgehen, werden gelöscht.
Versteigerungserlöse	Die EU-Mitgliedstaaten haben Erlöse aus der Versteigerung von Zertifikaten für Klimaschutz- und Dekarbonisierungsmaßnahmen zu verwenden. Zudem werden bestehende Finanzierungsprogramme mit weiteren Erlösen aus der Versteigerung ausgeweitet. Diese Programme beinhalten die Modernisierung von Energiesystemen, wobei EU-Mitgliedstaaten mit niedrigem Einkommen und die Verbreitung von innovativen kohlenstoffarmen Technologien besonders unterstützt werden („Innovation Fund“).
CO₂-Grenzausgleich	Ein CO₂-Grenzausgleichsmechanismus wird ab 2026 schrittweise die bisherige kostenlose Zuteilung als Schutz gegen das Risiko der Verlagerung von CO₂-Emissionen ersetzen. Die Pilotphase umfasst dabei zunächst die Sektoren Eisen und Stahl, Düngemittel, Zement, Strom und Aluminium. Im Gegenzug soll die kostenlose Zuteilung im EU-ETS im Zeitraum 2026–2033 schrittweise reduziert werden, wobei zu Beginn eine langsamere und zu Ende dieses Zeitraums eine schnellere Reduktion erfolgt. Ab 2034 ist für betroffene Sektoren keine kostenlose Zuteilung mehr vorgesehen.
erweiterter Geltungsbereich	Der Geltungsbereich des EU-Emissionshandels wurde unter anderem für die Sektoren Eisenproduktion, Ölraffination, Produktion von hochreinem Aluminium sowie für die Gips- und Wasserstoffproduktion angepasst, auch um neuen Verfahrensentwicklungen Rechnung zu tragen.

⁶ Liegt der Zertifikatsüberschuss über 1.096 Mio. Zertifikaten, liegt die Entnahmerate bei 24 %. Unter diesem Schwellenwert wird die Menge der in die Marktstabilitätsreserve (MSR) einzustellenden Zertifikate aus der Differenz zwischen den am Markt befindlichen Zertifikaten und der weiterhin bestehenden Schwelle von 833 Mio. Zertifikaten ermittelt.

**Anpassung
Benchmarks** Auf die Benchmarks für die kostenlose Zuteilung werden höhere jährliche Verbesserungsraten⁷ angewendet, um dem technologischen Verbesserungspotenzial besser Rechnung zu tragen. Auch werden Systemgrenzen von Benchmarks für neue bzw. kohlenstoffarme Verfahren angepasst, um die Anreizsetzung für solche Verfahren sicherzustellen. Insbesondere werden auch durch die kostenlose Zuteilung für Wärmeerzeugung aus Strom Anreize für eine Emissionsreduktion gesetzt. Anlagen, die während der Periode 2019 bis 2023 mehr als 95 % nachhaltige Biomasse einsetzen, unterliegen für die Fünfjahresperiode 2026 bis 2030 nur einer Datenübermittlungspflicht.

kostenlose Zuteilung Um die kostenlosen Zuteilungen mit der dafür vorgesehenen Gesamtmenge an Zertifikaten in Einklang zu bringen, ist weiterhin gegebenenfalls eine sektorübergreifende Reduktion vorgesehen. Nicht von dieser Reduktion betroffen sind jedoch Anlagen, die im jeweiligen Sektor unter den besten 10 % liegen.

Anlagen, deren Treibhausgas-effizienz unter den höchsten 20 % eines Produkt-Benchmarks liegt, sind verpflichtet, einen Klimaneutralitätsplan zu erstellen, wobei die Erreichung der Ziele und der Meilensteine dieses Plans alle fünf Jahre zu verifizieren ist. Kommt eine Anlage diesen Erfordernissen nicht nach und werden Ziele und Meilensteine nicht erreicht, wird die kostenlose Zuteilung um 20 % gekürzt. Zudem wird die kostenlose Zuteilung auch bei Anlagen um 20 % gekürzt, die gemäß Energieeffizienz-Richtlinie (RL 2012/27/EU) zur Durchführung eines Energieaudits oder zur Einführung eines zertifizierten Energiemanagementsystems verpflichtet sind und bei denen Empfehlungen des Auditberichts oder des zertifizierten Energiemanagementsystems nicht umgesetzt wurden, deren Investitionen sich in weniger als drei Jahren amortisieren würden⁸.

Die kostenlose Zuteilung für die Anlagen wird für den Zeitraum 2026 bis 2030 auf Basis der bis 30. Mai 2024 eingebrachten Zuteilungsanträge bemessen⁹.

Erweiterungen Ab 2024 sind auch Emissionen von Verbrennungsanlagen für Siedlungsabfälle zu überwachen. Im Jahr 2026 wird seitens der EU-Kommission die Möglichkeit evaluiert, diese Anlagen ab 2028 in den Geltungsbereich des EU-Emissionshandelssystems einzubeziehen. Zudem wird ein neues, separates Emissionshandelssystem für den Straßenverkehr und den Gebäudesektor geschaffen, das auch Bereiche der Industrie und Energie umfasst, die bisher nicht vom EU-Emissionshandelssystem erfasst wurden. Die Gesamtmenge der Zertifikate für dieses neue Emissionshandelssystem wird erstmals 2027 festgelegt und soll linear gekürzt werden, sodass eine Reduktion um 42 % bzw. 43 %¹⁰ bis 2030 gegenüber 2005 erreicht wird.

⁷ Die maximale Verbesserungsrate wird auf 2,5 % pro Jahr anstelle von 1,6 % pro Jahr und die minimale Verbesserungsrate auf 0,3 % pro Jahr anstelle von 0,2 % pro Jahr angehoben.

⁸ Auch erfolgt keine Reduktion der kostenlosen Zuteilung, wenn die Kosten dieser Investitionen unverhältnismäßig sind oder gleichwertige Maßnahmen umgesetzt werden.

⁹ Die Basisperiode umfasst dabei den Zeitraum 2019 bis 2023.

¹⁰ Gebäude und Straßenverkehr: 43 %; sonstige Sektoren 42 %.

Verpflichtete Verpflichtete im Rahmen dieses neuen Emissionshandelssystems sind Inverkehrbringer¹¹ von Kraft- bzw. Brennstoffen. Ab dem Berichtsjahr 2027 sind Zertifikate entsprechend den geprüften Emissionen abzugeben, welche wiederum auf Basis der Kraft- oder Brennstoffmengen ermittelt werden, die in den steuerrechtlich freien Verkehr¹² überführt werden. Für die Festlegung der Gesamtmenge sind bereits ab 2025 Emissionen für die Berichtsjahre 2024 bis 2026 zu melden. Zudem besteht für die Mitgliedstaaten die Möglichkeit, zusätzliche Bereiche in den Geltungsbereich des neuen Emissionshandelssystems einzubeziehen.

Preisstabilitätsmechanismus Die Ausgabe an Zertifikaten erfolgt durch Versteigerungen. Mit einem Preisstabilitätsmechanismus soll übermäßigen Preiserhöhungen entgegengewirkt werden. So werden unter anderem in den ersten Jahren Zertifikate aus einer separat eingerichteten Marktstabilitätsreserve für die Versteigerung freigegeben, falls der CO₂-Preis eine Höhe von 45 Euro übersteigt. Mit einem Klima-Sozialfonds sollen die am stärksten betroffenen benachteiligten Gruppen unterstützt werden, insbesondere von Energie- oder Verkehrsarmut betroffene Haushalte.

Luftverkehr

Der Emissionshandel der EU beschränkt sich auf Flüge innerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums (EWR) und die im EWR abgehenden Flüge in die Schweiz. Zusätzlich dazu hat die International Civil Aviation Organization (ICAO) 2021 unter dem Namen „Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA)“ ein weltweites Emissionshandelssystem eingeführt, das eine Kompensation von Emissionen vorsieht, die über die Emissionen des Jahres 2019 hinausgehen. Die Teilnahme an CORSIA ist für Mitgliedstaaten der ICAO bis 2026 freiwillig. Die EU nimmt seit 2021 daran teil. Von 2027 bis 2035 wird die Teilnahme an diesem System für die ICAO-Mitgliedstaaten verpflichtend sein.

Zusätzlich sollen ab 2025 die nicht CO₂-bedingten Auswirkungen der Flüge im EU-ETS überwacht und berichtet werden. Die Zuteilung und Vergabe von kostenlosen Emissionszertifikaten soll 2024 um 25 % und 2025 um 50 % reduziert werden. Ab 2026 sollen keine kostenlosen Emissionszertifikate mehr zugeteilt werden. Flugkraftstoffanbieter sollen ab 2025 nachhaltigen Treibstoff liefern – mit der Vorgabe, dabei bis 2050 auf EU-Flughäfen einen Anteil von 85 % zu erreichen.

¹¹ Steuerpflichtige gemäß EU-RL 2020/262 vom 19. Dezember 2019 zur Festlegung des allgemeinen Verbrauchsteuersystems.

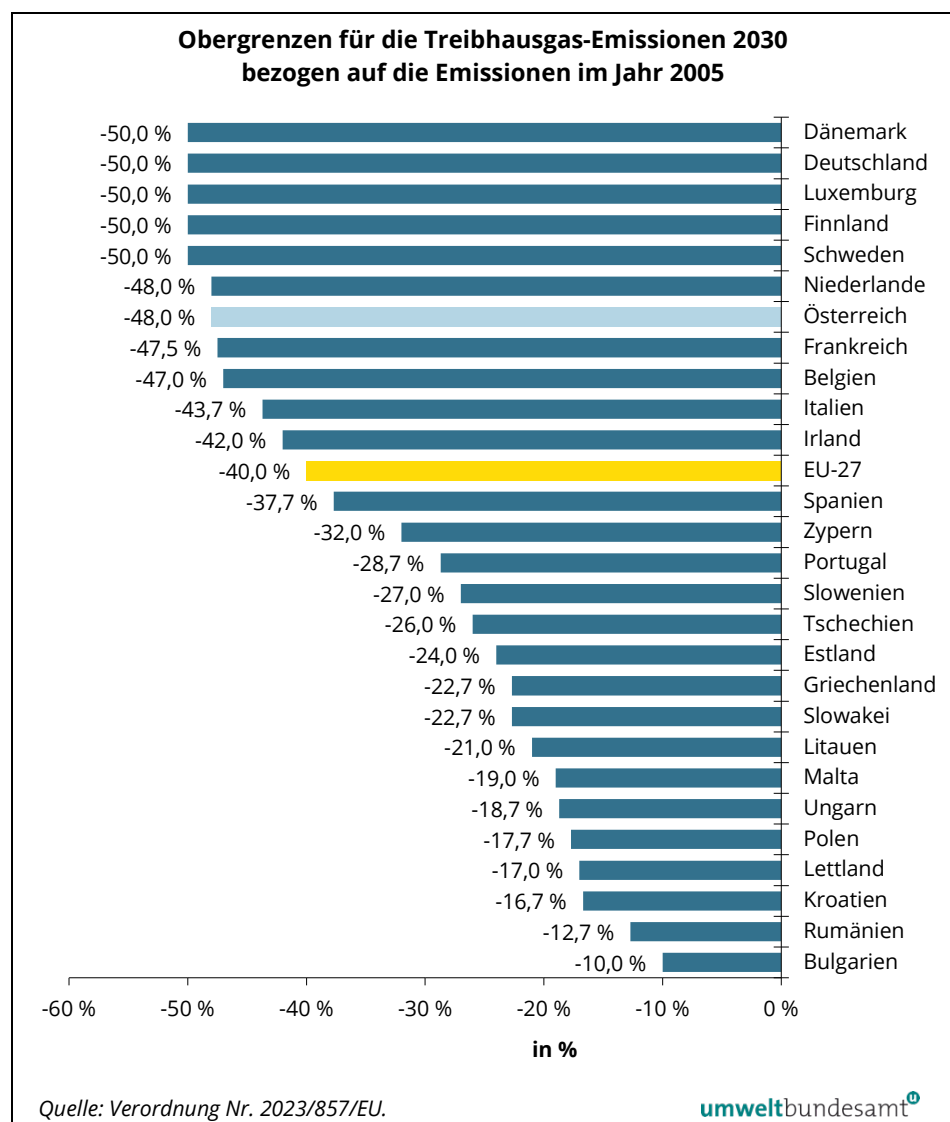
¹² Dieser Begriff stammt aus der EU-RL 2020/262/EU zur Festlegung des allgemeinen Verbrauchsteuersystems und umfasst die Entnahme, Lagerung, Herstellung und Verarbeitung verbrauchsteuerpflichtiger Waren. Nach der Einfuhr solcher Waren können sie unmittelbar in ein Verfahren der Steueraussetzung überführt werden (auch als sogenanntes „Steuerlager“ bezeichnet). Eine Überführung in den steuerrechtlich freien Verkehr von Kraft- und Brennstoffen, die hier zur Ermittlung der Emissionen herangezogen wird, findet in der Regel dann statt, wenn das Verfahren der Steueraussetzung beendet wird, um den Kraft- oder Brennstoff zu vermarkten.

1.4.2 Effort-Sharing 2021–2030

Ziele Die Effort-Sharing-Verordnung umfasst die Sektoren Verkehr (ohne Luftverkehr), Gebäude, Landwirtschaft, Abfallwirtschaft und kleinere Industriebetriebe (außerhalb des Emissionshandels) und damit ca. 60 % der Gesamtemissionen der EU. Die Erhöhung des EU-Gesamtziels bis 2030 von -40 % auf -55 % der Treibhausgas-Emissionen gegenüber 1990 impliziert auch eine Anpassung der Effort-Sharing-Verordnung (April 2023) und damit der nationalen Zielpfade der einzelnen Mitgliedstaaten.

Die daraus resultierenden Ziele 2030 reichen von -10 % bis -50 % im Vergleich zum Basisjahr 2005 (siehe Abbildung 7).

Abbildung 7:
Nationale Emissions-
obergrenzen 2030
entsprechend der Effort-
Sharing-Verordnung,
relativ zu den
Emissionen von 2005.



Flexibilitäten Als Anreiz für weitere Maßnahmen im Landnutzungssektor können die Mitgliedstaaten für den Gesamtzeitraum 2021–2030 Gutschriften im Umfang von 262 Mio. Tonnen nutzen, um ihre nationalen Ziele zu erreichen.

Zusätzlich erhalten neun Mitgliedstaaten, darunter auch Österreich, die Möglichkeit, einen begrenzten Beitrag durch Löschung von Zertifikaten aus dem Emissionshandelssystem anzurechnen.

Übersteigt die Summe, die alle berechtigten Mitgliedstaaten in Anspruch nehmen wollen, 100 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent, wird es zu einem Kürzungsfaktor für alle betroffenen Mitgliedstaaten kommen.

Abrechnung Im Gegensatz zur Periode 2013–2020 wird die Abrechnung im Effort-Sharing-Register nicht mehr jährlich, sondern nur noch alle fünf Jahre erfolgen. Wenn die jährlichen Berichte allerdings eine Abweichung vom Zielpfad erkennen lassen, müssen Maßnahmenpläne inklusive eines Zeitplans vorgelegt werden, die eine jährliche Überprüfung ihrer Umsetzung und Wirkung erlauben.

Innerhalb des Fünfjahreszeitraums wird jedes Jahr gesondert bilanziert und die Zielerreichung überprüft. Zwischen den jeweiligen Jahren sind nur die in der Verordnung vorgesehenen Flexibilitäten zulässig:

- **Borrowing:** In den Jahren 2021–2025 kann auf jährliche Emissionszuweisungen (AEA) des Folgejahres in Höhe von 7,5 % und in den Jahren 2026–2029 auf 5 % der AEA des Folgejahres vorgegriffen werden.
- **Banking:** Außerdem können von 2021–2029 bis zu 25 % der jährlichen Emissionszuweisungen auf die nachfolgenden Jahre bis 2030 übertragen werden, wenn sie nicht benötigt worden waren.
- **Buying and selling:** Ferner können AEA von anderen Mitgliedstaaten (unbegrenzt) zugekauft und bis 2030 verwendet werden.

Wenn es trotz der genannten Flexibilitäten nicht möglich ist, ausreichend Emissionszuweisungen (AEA) für die Abdeckung der Emissionen bereitzustellen, werden die Mehremissionen den jährlichen Emissionen im Folgejahr zugeschlagen, hinzu kommt außerdem ein Strafaufschlag von 8 % der Mehremissionen.

Durch die Überarbeitung der Emissionshandelsrichtlinie (siehe auch Kapitel 1.4.1) unterliegen nun auch die Sektoren Gebäude und Verkehr dem Emissionshandel, welche bisher nur in der Effort-Sharing-Verordnung geregelt wurden.

1.4.3 Anrechnung des LULUCF-Sektors

Die Verordnung über Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (LULUCF) legt fest, wie der Sektor der Landnutzung zu den Klimazielen der EU beiträgt.

Zielverschärfung für 2030 durch „Fit for 55“-Paket

Für die Anrechnung von Emissionen und Senken aus dem Landnutzungssektor (LULUCF) gibt es ebenfalls zwei Anrechnungsperioden, 2021–2025 und 2026–2030, mit unterschiedlichen Regeln. Die im April 2023 verabschiedete neue Verordnung (EU) 2023/839, welche die LULUCF Verordnung (2018/841/EU) in einigen Punkten für die Periode 2026–2030 substanziell geändert hat, gibt für die EU das Ziel vor, im Jahr 2030 eine um 15 % höhere Senke im LULUCF Sektor zu erreichen als der Mittelwert der Jahre 2016–2018 (Zielwert: -310 Mio. Tonnen

CO₂-Äquivalent). Jedes Land hat ein entsprechendes Ziel für den gesamten LULUCF-Sektor für 2030 erhalten, welches sich aus dem Mittelwert der LULUCF-Ergebnisse für die Jahre 2016–2018 plus einem Zuschlag in der Größenordnung von etwa 15 % zusammensetzt. Der Zuschlag ist für jeden Staat in der Verordnung endgültig fixiert.

**linearer Zielpfad für
2026–2029**

Zusätzlich gibt es einen linearen LULUCF-Zielpfad für die Jahre 2026–2029, welcher ein Budget ergibt, das kumulativ durch die tatsächlichen LULUCF-Ergebnisse für die Jahre 2026–2029 eingehalten werden muss. Dieser LULUCF-Zielpfad kann wie das 2030-Ziel sowohl im Senken- als auch im Quellenbereich sein – je nachdem, ob das Land (aufgrund der Situation von 2016 bis 2018) als LULUCF-Ziel eine Emissionsreduktion oder eine Senkenerhöhung hat. Der LULUCF-Zielpfad für die Jahre 2026–2029 errechnet sich als Linie vom Startpunkt 2022 (mit dem Durchschnittswert des LULUCF Sektors der Jahre 2021 bis 2023) bis zum Endpunkt 2030 (mit dem vorläufigen 2030-Zielwert). Dieses Budget, das dem Zielpfad 2026–2029 jeweils minus Startwert 2022 entspricht, wird mit der Übermittlung der Treibhausgas-Inventur im Jahr 2025 festgesetzt und im Gegensatz zum 2030-Ziel nicht mehr angepasst. Ob das Budget für die Jahre 2026–2029 eingehalten wird, wird zusammen mit der endgültigen Festlegung des 2030-Ziels sowie der gleichzeitigen Überprüfung der Zielerreichung mit der Treibhausgas-Inventur im Jahr 2032 ermittelt. Wird das Budget in den Jahren 2026–2029 nicht erfüllt, so wird das 2030-Ziel um diese Differenz plus einem Zuschlag von 8 % erhöht. Dieser Schritt erfolgt ebenfalls im Jahr 2032.

**aktuelle
Anrechnungsperiode
2021–2025**

Das Anrechnungsregelwerk für die aktuelle Periode 2021–2025, welches je nach Landnutzungskategorie aus unterschiedlichen Regeln besteht, bleibt im Wesentlichen, wie in der alten LULUCF-Verordnung (2018/841/EU) definiert, auch in der neuen LULUCF-Verordnung 2023/839 bestehen. Zu den anrechenbaren Kategorien für 2021–2025 zählen bewirtschaftete, aufgeforstete und entwaldete Waldflächen, bewirtschaftete Ackerflächen, bewirtschaftetes Grünland und auf freiwilliger Basis auch bewirtschaftete Feuchtgebiete. Für bewirtschaftete Waldflächen wurde zum Beispiel für jedes Land ein sogenannter Referenzwert („Forest reference level“, siehe Delegierte VO 2021/268/EU) für die Anrechnungsperiode definiert und berechnet, gegen welchen die tatsächlich angefallenen Emissionen und Senken auf den bewirtschafteten Waldflächen gegengerechnet werden. Je nachdem, ob diese Emissionen bzw. Senken über oder unter dem Referenzwert liegen, resultieren daraus entweder Guthaben („Credits“) oder Lastschriften („Debits“). Für bewirtschaftetes Ackerland und Grünland erfolgt die Anrechnung der tatsächlichen Emissionen bzw. Senken gegen die mittleren historischen Jahreswerte von 2005 bis 2009. Die Emissionen bzw. Senken aus Entwaldung und Neubewaldung werden in vollem Ausmaß angerechnet. In der Periode 2021–2025 darf die Summe aller Guthaben oder Lastschriften aus den Anrechnungskategorien eines Landes nicht größer als Null sein, netto also keine Lastschrift ergeben („no-debit-rule“). Das vorläufige Ergebnis für die Jahre 2021 und 2022 ist in Kapitel 3.7 (Tabelle 20) beschrieben.

Flexibilitäten	Zusätzlich gibt es noch für beide Anrechnungsperioden Kompensationsmechanismen (bzw. Flexibilitäten), die es ermöglichen, unter gewissen Voraussetzungen LULUCF-Zielüberschreitungen bis zu einem bestimmten Deckel zu kompensieren.
Schnittstelle zum Effort-Sharing	Für beide Anrechnungsperioden gilt: Wenn ein Land kein Guthaben, sondern Lastschriften aus den anrechenbaren Kategorien erhält bzw. das Budget nicht einhält und diese Lastschriften durch Nutzung der Flexibilitäten nicht kompensiert werden können, müssen sie durch die Löschung von AEAs im Effort-Sharing kompensiert werden. Umgekehrt gilt: Wenn ein Land in den Perioden ein Guthaben bilanziert bzw. es eine höhere LULUCF-Senke (oder niedrigere Emission) generiert als das Budget vorgibt, so kann diese überschüssige Menge verwendet werden, um Emissionen aus dem ESR zu kompensieren. Die Möglichkeit zur Kompensation im ESR durch anrechenbare LULUCF-Gutschriften bzw. -Senken ist allerdings je Land gedeckelt. Sollten dann noch weitere überschüssige Credits vorhanden sein, können diese auch an andere Länder für die Erfüllung von deren LULUCF-Zielen verkauft werden, nicht jedoch als Kompensation für Emissionen aus dem ESR. Daneben enthält die neue Verordnung weitere Regelungen u. a. zur Verbuchung von Kalamitäten („Natural Disturbances“) sowie spezielle methodische Voraussetzungen für die Berechnung des LULUCF-Sektors, auf welche hier aufgrund der Komplexität nicht näher eingegangen wird.

1.4.4 Erneuerbare Energie bis 2030

Ziele	Mit der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (EU 2023/2413), die im November 2023 in Kraft getreten ist, wird das verbindliche Ziel der EU für den bis 2030 zu erreichenden Anteil an erneuerbaren Energien von derzeit 32 % auf mindestens 42,5 % angehoben mit dem Bestreben, 45 % zu erreichen.
beschleunigte Verfahren	Mit diesem neuen Gesetz werden die Genehmigungsverfahren vereinfacht und beschleunigt und die grenzüberschreitende Zusammenarbeit gestärkt. In Regionen mit hohem Potenzial für erneuerbare Energien und geringen Umweltrisiken werden die Mitgliedstaaten spezielle Gebiete für die beschleunigte Nutzung erneuerbarer Energien ausweisen, für die besonders kurze und einfache Genehmigungsverfahren vorgesehen werden.
Verschärfungen	Zudem werden sektorspezifische Richtwerte und Maßnahmen für erneuerbare Energien bis 2030 eingeführt bzw. verschärft: • Im Sektor Wärme und Kälte schreibt die Richtlinie eine jährliche Erhöhung des Anteils an erneuerbaren Energien von 0,8 % (für den Zeitraum 2021–2025) bzw. 1,1 % (für den Zeitraum 2026–2030) gegenüber dem Basisjahr 2020 vor. Im Gebäudesektor wird zusätzlich ein Richtwert von 49 % für den Energieverbrauch von Gebäuden bis 2030 eingeführt.

- Im **Industriesektor** wird als Richtziel ein jährlicher Anstieg der Nutzung erneuerbarer Energien von 1,6 % eingeführt. Außerdem sollte erneuerbarer Wasserstoff bis 2030 einen Anteil von 42 % am gesamten Wasserstoffverbrauch der Industrie einnehmen.
- Auch im **Verkehrssektor** stärkt die Erneuerbare-Energie-Richtlinie die Nutzung von erneuerbaren Energien. Für die Mitgliedstaaten besteht die Wahlmöglichkeit, den Anteil an erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2030 entweder auf 29 % zu erhöhen oder die Treibhausgas-Intensität im Verkehr um mindestens 14,5 % zu verringern.

Außerdem werden mit der Erneuerbare-Energien-Richtlinie die Nachhaltigkeitskriterien für Bioenergie im Einklang mit den Klima- und Biodiversitätszielen des Europäischen Green Deal gestärkt. In Zukunft werden diese Kriterien auch für kleinere Anlagen (ab 7,5 MW) gelten (nicht 20 MW wie bisher).

nationale Umsetzung

Die Bestimmungen der Richtlinie müssen vorbehaltlich einzelner Regelungen von den Mitgliedstaaten bis zum 21. Mai 2025 in nationales Recht umgesetzt werden.

1.4.5 Energieeffizienz bis 2030

Ziele Die überarbeitete Energieeffizienzrichtlinie (EU/2023/1791) trat im September 2023 in Kraft. Sie hebt das Energieeffizienzziel der EU deutlich an und gibt für die EU-Länder ein verbindliches Ziel zur Senkung des Energieverbrauchs um 11,7 % bis 2030 (verglichen mit den Prognosen des Referenzszenarios für 2020) vor. Der Energieverbrauch der EU soll bis 2030 992,5 Mio. Tonnen Öläquivalent (Mtoe) für Primärenergie und 763 Mtoe für Endenergie nicht überschreiten.

NEKPs Die Mitgliedstaaten sollen in ihren integrierten nationalen Energie- und Klimaplänen (NEKP) anhand einer Kombination objektiver Kriterien, die den nationalen Gegebenheiten entsprechen (Energieintensität, Pro-Kopf-BIP, Energieeinsparpotenzial und Senkung des festen Energieverbrauchs) indikative nationale Beiträge und Zielpfade festlegen. Im Fall, dass die Beiträge aller Mitgliedstaaten nicht zur Erreichung des 11,7%-Ziels ausreichen, nimmt die Kommission Korrekturen vor (sogenannter Ausgleichsmechanismus).

Das jährliche Endenergieeinsparziel wird von 2024 bis 2030 schrittweise angehoben. Im Zeitraum 2024–2025 sollen mindestens 1,3 % des Endenergieverbrauchs eingespart werden, 1,5 % im Zeitraum 2026–2027 und 1,9 % im Zeitraum 2028–2030.

Energiearmut Die überarbeitete Richtlinie legt außerdem einen stärkeren Fokus auf die Verringerung von Energiearmut. Die EU-Länder müssen Energieeffizienzverbesserungen für schutzbedürftige Kunden, von Energiearmut betroffene Personen und Personen, die in Sozialwohnungen leben, Vorrang einräumen. Um möglichen negativen Auswirkungen entgegenzuwirken, sollen die Einnahmen aus der Ausweitung des EU-Emissionshandelssystems auf Gebäude und Verkehr über den Klima-Sozialfonds herangezogen werden.

Auditpflicht Um die Energieeinsparungen in der Industrie zu optimieren, wird die Energieauditpflicht auf alle Unternehmen, die Energie über einem bestimmten Schwellenwert verbrauchen, erweitert. Auch kleine und mittlere Unternehmen (KMU) bei denen erhebliches Energieeinsparpotenzial besteht, müssen ein Energieaudit durchführen. Große industrielle Energieverbraucher müssen Energiemanagementsysteme zur Überwachung und Optimierung ihrer Energieeffizienz vorweisen.

1.4.6 Europas Klimaziel für 2040 und Weg zur Klimaneutralität bis 2050

Folgenabschätzung Das Ziel der Klimaneutralität bis 2050 steht im Mittelpunkt des Europäischen Green Deal und ist rechtsverbindlich im EU-Klimagesetz festgelegt. Um dieses Ziel zu erreichen, ist gemäß Artikel 4 des EU-Klimagesetzes auch ein Klimaziel für 2040 festzulegen. Auf Basis einer detaillierten Folgenabschätzung und der Empfehlungen des Europäischen Wissenschaftlichen Beirats für Klimaänderungen empfiehlt die Europäische Kommission, die Netto-Treibhausgas-Emissionen der EU gegenüber 1990 um 90 % zu senken.

Die Folgenabschätzung wurde gemeinsam mit einer Mitteilung der Kommission im Februar 2024 vorgelegt. In der Folgenabschätzung werden die verschiedenen THG-Emissionspfade und deren Auswirkungen auf Energiesystem, Energieversorgung, Gebäude, Industrie, Verkehr Landwirtschaft und LULUCF für den Zeitraum 2030–2050 analysiert.

Erst die nächste Kommission wird den Legislativvorschlag zur Aufnahme des 2040-Ziels in das europäische Klimagesetz nach der Europawahl 2024 ausarbeiten.

1.5 Klimaneutralität bis 2040 in Österreich

1.5.1 EU-Emissionsziele für Österreich

Die EU-Emissionsziele zielen darauf ab, Emissionen zu verringern und den Übergang zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft zu fördern, wobei nationale Gegebenheiten und Möglichkeiten berücksichtigt werden.

ETS Das EU-Emissionshandelssystem (ETS) ist ein zentrales Instrument zur Reduzierung von Treibhausgas-Emissionen in der Europäischen Union. Es legt eine Obergrenze für Emissionen von bestimmten Industrieanlagen fest und erfordert, dass diese Zertifikate für ihre Emissionen halten. Das System funktioniert nach dem Prinzip „Cap and Trade“, wodurch ein marktbasierter Anreiz für Emissionsminderungen geschaffen wird.

Effort-Sharing Gleichzeitig verteilt die EU-Effort-Sharing-Verordnung (ESR) Ziele zur Emissionsminderung unter den Mitgliedstaaten für Sektoren außerhalb des ETS, wie Verkehr, Landwirtschaft und Gebäude. Diese Ziele basieren grundsätzlich auf dem Bruttoinlandsprodukt pro Kopf eines Landes und dessen bisheriger Emissionsleistung.

Zusätzlich regelt die Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF)-Verordnung die Senken- und Quellenaktivitäten im Zusammenhang mit Landnutzung und Forstwirtschaft.

1.5.1.1 Emissionshandel

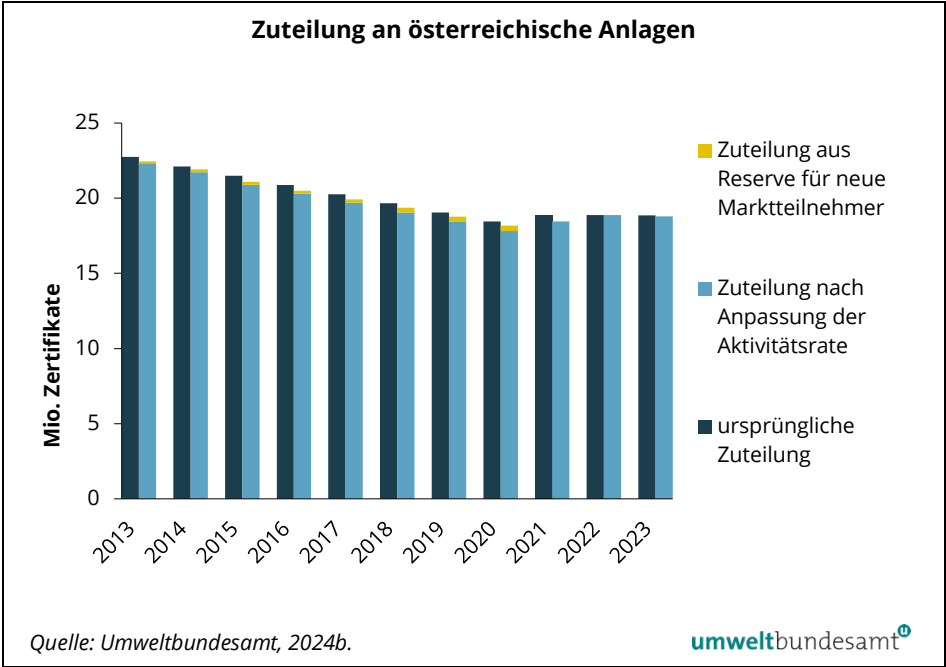
Im Jahr 2022 waren in Österreich ca. 180 stationäre Anlagen vom EU-Emissionshandel erfasst. Die Zuteilung der Zertifikate in Österreich ist einerseits im Zeitraum 2021–2025 und andererseits auch gegenüber dem Jahr 2020 annähernd gleich.

Entwicklung der Zuteilungen Im Jahr 2022 war in Österreich eine Gratiszuteilung für 169 Anlagen mit einer Gesamtzuteilung von 19,0 Mio. Zertifikaten vorgesehen. Die Zuteilung entsprach 2013–2022 durchschnittlich 70 % der geprüften Emissionen.

Abbildung 8 zeigt die Entwicklung der Zuteilungen seit 2013 mit den Veränderungen aufgrund von neuen Marktteilnehmern, Anlagenschließungen, Aktivitäts- und Kapazitätsänderungen¹³ im Vergleich zur ursprünglich vorgesehenen Zuteilung. Die Grafik zeigt außerdem die Zuteilungen an Anlagen aus der Reserve für neue Marktteilnehmer.

¹³ Im Zeitraum 2013 bis 2020 wurden nur Aktivitätsverringierungen von über 50 % für eine Zuteilungsänderung berücksichtigt. In diesem Zeitraum wurde die Zuteilung aufgrund von Kapazitätsänderungen von mehr als 10 % angepasst. Kapazitätserweiterungen galten im Zeitraum 2013 bis 2020 als neue Marktteilnehmer.

Abbildung 8:
Zertifikat-Zuteilung an
österreichische Anlagen
2013–2023¹⁴.



Gratiszuteilung

Für den Zeitraum 2021 bis 2025 wurde die Gratiszuteilung neu bemessen. Im Jahr 2023 lag die kostenfreie Zuteilung für stationäre Anlagen bei 19,1 Mio. Zertifikaten und entsprach rund 78 % der geprüften Emissionen, die 24,4 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent betrug. Die Entwicklung der nationalen Emissionen im ETS wird im Kapitel 3.1.8.1 näher analysiert.

1.5.1.2 Effort-Sharing 2030

Ziele

Aufgrund der Erhöhung des EU-Gesamtziels zur Reduktion der Treibhausgas-Emissionen von -40 % auf -55 % bis 2030 gegenüber 1990 und der damit verbundenen Erhöhung des EU-Effort-Sharing-Ziels von 29 % auf 40 % wurde das Ziel für Österreich von -36 % auf -48 % verschärft, jeweils gegenüber 2005. Ab 2022 erhält der lineare Zielpfad eine steilere Reduktion als sie zwischen 2021 und 2022 zur Anwendung gekommen ist.

Tabelle 1: Emissionszuweisungen 2021–2025 und 2030 für Österreich, errechnet nach den Bestimmungen der Verordnung (EU) 2023/857 und Durchführungsbeschluss 2023/1319/EU.

	2021	2022	2023	2024	2025	...	2030
Zielpfad 2021–2030	48,8	47,4	45,2	43,0	40,7	...	29,6

**Gebrauch von
Flexibilitäten**

Österreich kann – wenn im Landnutzungssektor alle Ziele erfüllt sind und ein Überschuss verbleibt – über die gesamte Periode 2021–2030 bis zu 2,5 Mio.

¹⁴ Die Balken ab dem Jahr 2021 zählen zur vierten Handelsperiode des Emissionshandels (2021–2030).

Tonnen CO₂-Äquivalent aus LULUCF-Senken anrechnen. Umgekehrt müssen AEAs in derselben Höhe gelöscht werden, wenn der LULUCF Sektor keinen Überschuss, sondern eine Lastschrift verbucht (siehe auch Kapitel 1.4.3).

Österreich erhält die Möglichkeit, einen begrenzten Beitrag, nämlich jährlich bis zu 2 % der Emissionen von 2005, in Summe maximal 11,4 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent, durch Löschung von Zertifikaten aus dem Emissionshandelssystem anzurechnen. Österreich hat bei der Europäischen Kommission bekanntgegeben, dass es diese Flexibilität im Bedarfsfall ausschöpfen will.

1.5.1.3 Anrechnung des LULUCF-Sektors

Ziel Jeder EU-Mitgliedstaat hat ein Ziel für den gesamten LULUCF-Sektor für 2030 erhalten, welches sich aus dem Mittelwert der LULUCF-Ergebnisse für die Jahre 2016–2018 plus einem Zuschlag in der Größenordnung von etwa 15 % zusammensetzt. Der Zuschlag ist für jeden Staat in der Verordnung endgültig fixiert und beträgt für Österreich -0,879 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent. Daraus ergibt sich gemäß der aktuellen Fassung der LULUCF-Verordnung ein vorläufiges LULUCF-Ziel für Österreich von -5,65 Mio. Tonnen CO₂ Äquivalent (basierend auf der im Jahr 2020 übermittelten LULUCF-Treibhausgasbilanz für die Jahre 2016 bis 2018 plus dem Zuschlag). Die endgültige Zielhöhe für 2030 wird erst mit der Übermittlung der Treibhausgas-Inventur im Jahr 2032 anhand von deren LULUCF-Ergebnissen für die Jahre 2016 bis 2018 errechnet.

Flexibilitäten Zusätzlich gibt es Kompensationsmechanismen (bzw. Flexibilitäten), die es ermöglichen, unter gewissen Voraussetzungen LULUCF-Zielüberschreitungen bis zu einem bestimmten Deckel innerhalb von LULUCF zu kompensieren. Für Österreich gibt es eine maximale Kompensationsmenge von 1,71 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent pro Jahr bzw. 8,55 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent je Periode. In der Periode 2021–2025 gilt der Mechanismus nur für bewirtschafteten Wald, in der Periode 2026–2030 für alle Kategorien im LULUCF-Sektor.

Zusätzlich kann sich Österreich im ESR maximal 1,25 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent je Periode (das entspricht 0,25 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent pro Jahr) aus potenziellen LULUCF Gutschriften anrechnen lassen, sofern der Sektor Gutschriften bilanziert.

1.5.2 Klimaschutzgesetz

Mit dem Klimaschutzgesetz (KSG; BGBl. I Nr. 106/2011 i.d.g.F.) fand der Klimaschutz im Jahr 2011 erstmals eine gesetzliche Verankerung in österreichischem Recht. Es bildete vor allem bis 2020 den nationalen rechtlichen Rahmen für die Einhaltung der Emissionshöchstmengen durch Maßnahmensetzungen und schloss eine sektorale Aufteilung der geltenden unionsrechtlichen Höchstmengen für Österreich mit ein. Es umfasste nationale Emissionen, die nicht dem europäischen Emissionshandelssystem unterlagen. Das KSG wurde 2013, 2015

und 2017 novelliert (BGBl. I Nr. 94/2013, BGBl. I Nr. 128/2015, BGBl. I Nr. 58/2017).

Das Klimaschutzgesetz (KSG) enthält keine Sektorziele für die Zeit nach 2020. Es ist formal gesehen aber nicht „ausgelaufen“ oder „außer Kraft gesetzt“, sondern Koordinations- und Berichtspflichten, wie etwa der jährliche Fortschrittsbericht an den Nationalrat, gelten weiterhin.

1.5.3 Nationaler Energie- und Klimaplan 2021–2030 (NEKP)

Um die Energie- und Klimaziele der EU für 2030 zu erreichen, müssen die EU-Mitgliedstaaten für den Zeitraum 2021–2030 einen Nationalen Energie- und Klimaplan (NEKP) erstellen. Die Governance-Verordnung (VO EU 2018/1999) über ein System für die Energieunion und den Klimaschutz sieht vor, dass die Mitgliedstaaten ihre Pläne erstmals bis Ende 2019 und danach alle zehn Jahre vorlegen und bis 2024 und danach alle zehn Jahre eine aktualisierte Fassung erstellen. Die Kommission überwacht im Rahmen des Berichts zur Energieunion die Fortschritte der EU insgesamt bei der Erreichung dieser Ziele (siehe auch Kapitel 1.4). Der erste österreichische Energie- und Klimaplan wurde Ende 2019 fristgerecht übermittelt (BMNT, 2019a).

Update und Fortschritt

Eine Aktualisierung des nationalen Klima- und Energieplans hat bis 30. Juni 2024 zu erfolgen, wobei insbesondere auch die durch das EU-Klimagesetz beschlossene Anhebung der Zielambition abgebildet werden soll. Der Entwurf des aktualisierten NEKP war bis Ende August 2023 in der öffentlichen Konsultation. Die darin inkludierten Maßnahmen reichen noch nicht aus, um das Ambitionsniveau von -48 % Emissionsreduktion gegenüber 2005 darstellen zu können (siehe dazu auch Kapitel 1.5.1.5.5).

Darüber hinaus sind von den Mitgliedstaaten in einem zweijährlichen Intervall (erstmals bis 15. März 2023) Fortschrittsberichte über den Stand der Umsetzung der Energie- und Klimapläne an die Europäische Kommission zu übermitteln. Diese durchlaufen danach ein von der Kommission koordiniertes, umfassendes Qualitätssicherungs- und Kontrollverfahren.

1.5.4 Nationale Langfriststrategie 2050

Die Governance-Verordnung (EU 2018/1999) verpflichtet die Mitgliedstaaten zur Erstellung von nationalen Langfriststrategien („national long term strategies“, LTS) mit einem Zeithorizont von zumindest 30 Jahren. In diesen sollen die Mitgliedstaaten darlegen, wie sie die Treibhausgas-Emissionsreduktionen, die zur Erfüllung ihrer Verpflichtungen aus dem Pariser Übereinkommen und der EU-Ziele erforderlich sind, erreichen wollen. Dabei muss die Kohärenz zum Nationalen Energie- und Klimaplan sichergestellt und der Öffentlichkeit die Möglichkeit zur Beteiligung eingeräumt werden. Die österreichische Langfriststrategie wurde Ende 2019 fristgerecht übermittelt (BMNT, 2019b) und muss bis zum 1. Januar 2029 und danach alle zehn Jahre aktualisiert werden.

Inhalt und Vision Die Langfriststrategie Österreichs berücksichtigt die rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen auf nationaler und internationaler Ebene sowie die Ergebnisse einer Online-Konsultation der interessierten Öffentlichkeit und der relevanten Stakeholder:innen. Die leitende Vision der EU und Österreichs ist es, bis spätestens 2050 klimaneutral zu werden. Klimaneutralität bedeutet, dass die dann noch existierenden, nicht vermeidbaren Treibhausgas-Emissionen (etwa aus Landwirtschaft, Abfall oder bestimmten Produktionsprozessen) durch die Kohlenstoff-Speicherung in natürlichen oder technischen Senken kompensiert werden.

Aktionsfelder In der Langfriststrategie werden die für die Erreichung dieser Vision erforderlichen Aktionsfelder – in den Bereichen Reduktion der Treibhausgas-Emissionen, erneuerbare Energien, Energieeffizienz und in spezifischen Sektoren, wie zum Beispiel Verkehr, Gebäude, Industrie, Landwirtschaft, aber auch Konsum, Lifestyle und Digitalisierung – beschrieben.

beispielhafte Zielpfade Außerdem werden auf Grundlage des modellbasierten Transition-Szenarios (Umweltbundesamt, 2017) mithilfe eines Zielpfadrechners vier unterschiedliche Zielpfadoptionen zur Erreichung von Netto-Null-Emissionen bis 2050 aufgezeigt. Die Zielpfade stellen „Was-wäre-wenn“-Situationen dar, zu denen keine politischen Entscheidungen getroffen wurde (siehe auch BMNT, 2019b).

Transition 2023 Eine Aktualisierung des Transition-Szenarios im Jahr 2023 zeigte einen Rückgang der THG-Emissionen von 88 % im Jahr 2050 bzw. 48 % im Jahr 2030 gegenüber dem Basisjahr 1990. Das nationale Ziel der Klimaneutralität 2040 kann aufgrund der verbleibenden Emissionen von rund 11,0 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent in den Bereichen Landwirtschaft, Abfallindustrie, Fluorierte Gase (F-Gase) und industrielle Energie- bzw. Prozessemissionen nur mit zusätzlichen Maßnahmen zur Erhöhung der Senkenleistung bzw. mit Kompensationsmaßnahmen erfüllt werden (siehe auch Kapitel 1.5.5 bzw. Umweltbundesamt, 2023b).

1.5.5 Nationale Szenarien bis 2050

Das Umweltbundesamt erstellt in regelmäßigem Intervall (üblicherweise zweijährlich) Szenarien zur möglichen Entwicklung von österreichischen Treibhausgas-Emissionen, die als Grundlage zur Erfüllung der EU-Berichtspflicht im Rahmen der Governance für die Energieunion und für den Klimaschutz (EU VO 2018/1999) herangezogen werden. Die vorliegenden Szenarien dienen auch als Input für Diskussionen und politische Entscheidungsfindungen im Rahmen des Klimaschutzgesetzes zur Zielpfادهinhaltung bis 2030 sowie im Hinblick auf langfristige Entwicklungen bis 2040 und 2050.

Projektkonsortium Als Basis für die Berechnung der Treibhausgas-Emissionen wurden u. a. energiewirtschaftliche Grundlagendaten mit Hilfe eines Modellsystems entwickelt. Das Projektkonsortium besteht aus dem Center of Economic Scenario Analysis and Research (CESAR/WIFO), dem Institut für Thermodynamik und nachhaltige Antriebe (ITnA) der TU Graz, dem Institut für Verkehrswissenschaften (IVV) der

TU Wien, dem Zentrum für Energiewirtschaft und Umwelt (e-think) und dem Umweltbundesamt.

Basierend auf diesen Energieszenarien und weiteren Projektionsmodellen für die Sektoren Landwirtschaft (basierend auf Modellergebnissen des Wirtschaftsforschungsinstituts (WIFO)), Abfall, F-Gase, Diffuse Emissionen und Lösemittel konnten nationale Treibhausgas-Emissionsszenarien bis 2050 entwickelt werden.

Szenariendefinition Für das Szenario WEM („with existing measures“) wurden die bis zum Stichtag 1. Jänner 2022 verbindlich umgesetzten Maßnahmen berücksichtigt. Das Szenario WAM („with additional measures“) basiert auf dem Nationalen Energie- und Klimaplan (NEKP) und enthält eine Vielzahl von zusätzlichen Maßnahmen, um die Klimaziele für 2030 zu erreichen. Das Szenario Transition zeigt einen Pfad, um das Ziel der Klimaneutralität 2040 zu erreichen (mit Kompensationsmaßnahmen).

Update bis 2024 Teilweise befinden sich die Szenarien noch in Ausarbeitung, insbesondere im Szenario WAM (mit derzeitigen Stand Mai 2023) können noch Überarbeitungen erfolgen. Eine Aktualisierung für die finale Version des Nationalen Energie- und Klimaplan ist für Juni 2024 vorgesehen.

In den folgenden Abschnitten werden die Hauptergebnisse der Szenarien erörtert.

1.5.5.1 Energieszenarien

Die Energieszenarien umfassen den Zeitraum 2020–2050 und beinhalten umfangreiche Annahmen bezüglich zahlreicher Inputgrößen, beispielsweise des Wirtschaftswachstums mit durchschnittlich 1,3 % pro Jahr im Szenario WEM, sowie der Umsetzung relevanter Maßnahmen.

Maßnahmen Szenario WEM Bestehende Maßnahmen sind u. a. das Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz, Förderungsinstrumente, etwa für die thermische Gebäudesanierung und die Erneuerung der Heizsysteme (Sektor Gebäude – Haushalte und Dienstleistungen), bautechnische Standards, europäische CO₂-Standards für Pkw, leichte und schwere Nutzfahrzeuge, die Umsetzung des Ökostromgesetzes 2012 (Sektor Energie) und Änderungen im EU-Emissionshandel (Sektor Industrie).

Maßnahmen Szenario WAM Als zusätzliche Maßnahmen wurden u. a. ein weiterer Ausbau erneuerbarer Energieträger angenommen, die CO₂-Bepreisung für Sektoren außerhalb des EU-Emissionshandels, die Elektrifizierung des Personenverkehrs, das Erneuerbaren-Wärme-Gesetz, die Wasserstoffstrategie, das Erneuerbaren-Gas-Gesetz und zusätzliche Förderungen für Energieeffizienz und Transformation der Industrie.

Maßnahmen Szenario Transition Im Szenario Transition werden die Ziele des Erneuerbaren-Ausbau-Gesetzes übererfüllt. Der Zielwert für den Ausbau erneuerbarer Energieträger von 27 TWh bis 2030 wird um 12 TWh überschritten. Wind und Photovoltaik (PV) tragen bis 2040 mit 70 TWh zur nationalen Stromerzeugung bei. Im Verkehr

führen vor allem die Elektrifizierung des Personenverkehrs, ein insgesamt geringeres Verkehrsaufkommen und der Ausbau der öffentlichen Verkehrsmittel zu Energieeinsparungen von -58 % bis 2040. Im Sektor Gebäude, der Haushalte und Dienstleistungen inkludiert, werden Einsparungen von 22 % bis 2040, vor allem durch höhere Energieeffizienzstandards und Gebäudesanierungen, erzielt. Die Industrie senkt ihren Energieverbrauch um 13 % bis 2040 durch Energieeffizienzmaßnahmen, Prozessumstellungen und Kreislaufwirtschaft.

**sinkender
Energieverbrauch**

Der Endenergieverbrauch sinkt im Szenario WEM bis 2050 gegenüber 2021 um 5 %, v. a. aufgrund der Effizienzsteigerungen in den Bereichen Gebäude und Verkehr und trotz des Wirtschaftswachstums. Im Szenario WAM sinkt der Verbrauch durch weitere Einsparungen in den Sektoren Verkehr und Gebäude sowie im Sektor Industrie um 18 % gegenüber 2021. Im Szenario Transition sinkt der Verbrauch durch die Implementierung der Kreislaufwirtschaft und durch weitgehende Verhaltensänderungen bis 2050 gegenüber 2021 um 42 %.

Tabelle 2: Energetischer Endverbrauch für die Szenarien WEM, WAM und Transition sowie Energiebilanz für 2020 und 2021 in PJ (Quellen: Umweltbundesamt 2023a, 2023b, Statistik Austria, 2022a).

	Energiebilanz		Szenario WEM		Szenario WAM		Szenario Transition	
Sektoren	2020	2021	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Verkehr	355	371	384	308	373	257	247	129
Industrie	295	310	340	347	330	312	265	242
Gebäude	392	429	398	396	375	338	357	268
Landwirtschaft	13	14	12	14	11	13	11	9
energetischer Endverbrauch*	1.056	1.123	1.134	1.065	1.089	920	880	648

* Durch die Darstellung ohne Kommastelle können sich Rundungsdifferenzen ergeben.

erneuerbare Energie

Im Szenario WEM steigt der Anteil erneuerbarer Energie am Bruttoendenergieverbrauch nur langsam an. Selbst Mitte des Jahrhunderts beträgt er nur 50,7 %. Dies bedeutet, dass ohne weitere Maßnahmen im Jahr 2050 unter den zugrunde gelegten Annahmen noch fast die Hälfte der Energieversorgung auf fossiler Energie beruhen würde. Dies ist mit den Vorgaben des Pariser Übereinkommens nicht vereinbar. Demgegenüber steigt der Anteil im Szenario WAM auf 78 % im Jahr 2050. Auch dieses Szenario ist somit nicht kompatibel mit den Zielen von Paris. Im Szenario Transition wird ein Anteil von 105 % erreicht, dies liegt an hohen Exporten erneuerbarer Energieträger.

Tabelle 3: Anteil erneuerbarer Energieträger für das Szenario WEM, WAM und Transition sowie Energiebilanzen (Quellen: Umweltbundesamt 2023a, 2023b, Statistik Austria, 2022a).

Anteil erneuerbarer Energieträger Bilanzjahr 2015, 2030 und 2050			
	Bilanzjahr 2021	2030	2050
Szenario WEM	36,4 %	43,2 %	50,7 %
Szenario WAM	36,4 %	52,6 %	77,8 %
Szenario Transition	36,4 %	62,8 %	104,9 %

Bruttoinlandsverbrauch

Der Bruttoinlandsverbrauch (BIV) sinkt bis 2050 im Szenario WEM im Vergleich zum Bilanzjahr 2021 nur um 60 PJ. Im Szenario WAM sinkt der Bruttoinlandsverbrauch dagegen um 236 PJ. Im Szenario Transition sinkt der BIV bis 2050 um 580 PJ.

1.5.5.2 Treibhausgas-Szenarien

Szenario WEM

Die Ergebnisse des Szenarios „mit bestehenden Maßnahmen“ (WEM) (Stand Mai 2023) zeigen eine Reduktion der Treibhausgas-Emissionen von rund 30 % im Jahr 2050 gegenüber 1990, die hinter den Reduktionserfordernissen zurückbleibt.

Für Quellen außerhalb des Emissionshandels (EH) sieht die neue Effort-Sharing-Verordnung für Österreich bis 2030 eine Reduktion der Emissionen von 48 % gegenüber 2005 vor und somit eine deutlich steilere Reduktion als bis zum Jahr 2020 (siehe auch Kapitel 1.4.1.) Im Szenario WEM liegen die Emissionen 2030 mit minus 27 % gegenüber 2005 um rund 12 Mio. Tonnen CO₂ Äquivalent über dem für jenes Jahr für Österreich vorgegebenen Zielwert.

Szenario WAM

Das Szenario WAM (Stand Mai 2023) ergibt gegenüber 1990 eine Reduktion von 67 % im Jahr 2050 bzw. 27 % im Jahr 2030. Für die Treibhausgas-Emissionen außerhalb des EH-Systems wird gegenüber 2005 ein Rückgang von 35 % projiziert, womit eine Zielerreichung 2030 nach wie vor nicht dargestellt werden kann.

Szenario Transition

Im Szenario Transition kann ein deutlicher Rückgang der THG-Emissionen von 88 % im Jahr 2050 bzw. 48 % im Jahr 2030 gegenüber dem Basisjahr 1990 dargestellt werden. Im Bereich außerhalb des Emissionshandels wird eine Abnahme von 88 % im Jahr 2040 gegenüber 2005 projiziert.

Abbildung 9:
Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen und
-Szenarien bis 2050.

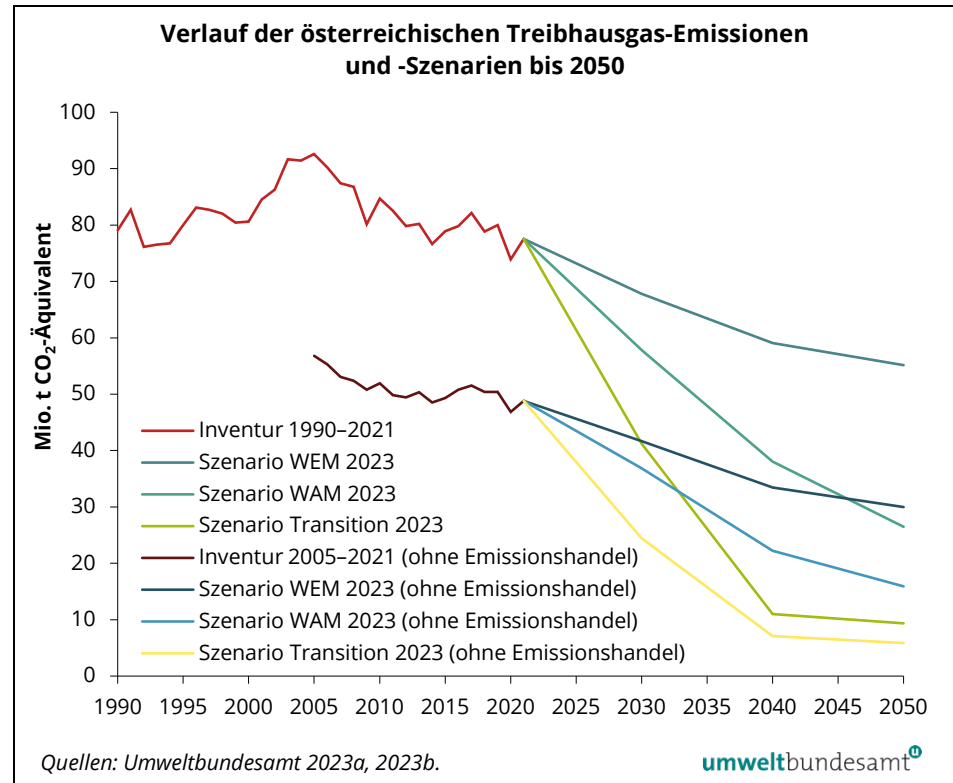


Tabelle 4: Treibhausgas-Emissionen nach Sektoreinteilung des Klimaschutzgesetzes für die Szenarien WEM, WAM und Transition für ausgewählte Jahre in Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent (Quellen: Umweltbundesamt 2023a, 2023b).

Sektoren	THG-Inventur*				Szenario WEM		Szenario WAM		Szenario Transition	
Sektoren	1990	2005	2010	2020	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Energie und Industrie	36,4	41,6	39,1	32,4	32,1	31,3	26,0	14,9	20,5	4,0
davon ohne EH		5,8	6,4	5,4	6,0	6,2	5,1	4,3	3,8	0,5
davon EH		35,7	32,7	27,0	26,1	25,1	20,9	10,5	16,7	3,5
Verkehr	13,8	24,6	22,2	20,7	18,9	9,1	17,1	2,8	8,6	0,0
Gebäude	12,9	12,7	10,3	8,1	6,5	5,0	5,2	0,3	3,7	0,1
Landwirtschaft	9,8	8,3	8,2	8,2	7,4	7,2	6,7	6,2	5,5	3,8
Abfallwirtschaft	4,7	3,6	3,2	2,3	2,0	1,8	2,0	1,8	2,0	1,2
Fluorierte Gase	1,6	1,8	1,8	2,2	0,9	0,7	0,8	0,5	0,8	0,2
Gesamt ohne EH (KSG)		56,8	51,9	46,9	41,7	30,0	36,9	15,9	24,5	5,9
Gesamt	79,0	92,6	84,7	73,9	67,8	55,1	57,8	26,5	41,2	9,4

* Daten für 2005–2012 wurden entsprechend der ab 2013 gültigen Abgrenzung des Emissionshandels angepasst.

1.6 Ökonomische und soziale Aspekte des Klimaschutzes

1.6.1 Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Klimakrise

ökonomische Folgen

Erste Folgewirkungen der Klimakrise in Form von Knappheiten und damit verbundenen Preisanstiegen werden auch in Österreich Jahr für Jahr deutlicher spürbar. So ist der Schiffsverkehr durch den Panamakanal aufgrund des niedrigen Wasserstands derzeit um 40 % reduziert, was zu längeren Umgehungsrou-ten und steigenden Kosten für Reedereien führt (New York Times, 2024). Der Hitzesommer 2022 zog aktuellen Schätzungen zufolge einen Anstieg der Lebensmittelpreise in Europa um rund 0,7 Prozentpunkte nach sich (Kotz et al., 2024). Die im Jahr 2022 aufgrund der Ukraine-Krise stark gestiegenen Preise von Treib- und Heizstoffen zeigen außerdem deutlich die Risiken der Abhängigkeit von Importen fossiler Energie für die österreichischen Haushalte, Unternehmen und das öffentliche Budget.

Kosten des Nicht-Handelns

Konkret wurden allein die Kosten wetter- und klimawandelbedingter Schäden im Jahr 2020 für Österreich mit ca. 2 Mrd. Euro beziffert (Preisniveau von 2019, Steininger et al., 2020). Zusammen mit Ausgaben für die Klimawandelanpassung, fossile Importe und umweltschädliche Förderungen summierten sich die Kosten des Nicht-Handelns im Jahr 2020 bereits auf 15 Mrd. Euro. Für das Jahr 2023 ergibt sich aus den Kosten aus fossilen Importen (12,9 Mrd. Euro),¹⁵ Klimaschäden (2 Mrd.), Anpassung (1 Mrd.) und klimaschädlichen Subventionen (bis zu 5,7 Mrd., vgl. Kapitel 1.6.5) eine Gesamtsumme von 21,6 Mrd. Euro.

Kosten für Klimaschäden

Bis zur Jahrhundertmitte dürften sich die Kosten des Nicht-Handelns noch deutlich erhöhen, auch bei einer globalen Temperaturerwärmung bis zu 2 °C. Allein die Kosten wetter- und klimawandelbedingter Schäden in Österreich werden bis 2050 auf zumindest 6–12 Mrd. Euro im Jahresschnitt geschätzt (Steininger et al., 2020). Ohne signifikante Emissionsreduktionen wird dieser Durchschnittswert bei entsprechend stärkerem Temperaturanstieg weiter steigen. Darin enthalten sind quantifizierbare Folgekosten des Klimawandels:

- **Land-, Forst- und Energiewirtschaft:** z. B. Missernten durch Dürreperioden und Spätfrost, Waldschäden durch Dürren und Schädlingsbefall sowie trockenheits- oder hitzebedingte Einschränkungen der Energieerzeugung
- **Gebäude- und Gesundheitsbereich:** z. B. stärkerer Kühlbedarf, hitzebedingte vorzeitige Todesfälle
- **Tourismus, Industrie und Handel:** z. B. Einbußen im Wintertourismus, Arbeitsproduktivitätsverluste durch Hitze
- **Wasserver- und -entsorgung, Verkehr:** z. B. Schäden und Unterbrechungen durch Unwetter, Hangrutschungen oder Wind

¹⁵ 2023 flossen für den Import fossiler Energie insgesamt 12,9 Mrd. Euro aus Österreich ab. Dies bedeutet zwar einen Rückgang gegenüber 2022 (19,4 Mrd. Euro), liegt aber immer noch über dem Vergleichswert 2021 von 9,4 Mrd. Euro (Berechnung C. Dolna-Gruber auf Basis Außenhandelsstatistik von Statistik Austria, 2024).

- **städtische Grünräume:** z. B. Schäden durch Starkregen, Hitze und Trockenheit
- Schäden durch **Naturkatastrophen** wie Hochwasser.

Nicht eingerechnet sind jedoch die Kosten einiger größerer Risiken, die sich monetär schwer messen lassen, insbesondere jene von Waldbränden und einer zunehmenden Verbreitung von Infektionskrankheiten.

weitere Belastungen

Weitere absehbare Belastungen für das öffentliche Budget stellen steigende Ausgaben für die Klimawandelanpassung dar, ebenso wie mögliche Mehrausgaben im Fall der Nichterreichung der österreichischen Ziele in der EU-Klima- und Energiepolitik. Erstere können sich bis 2050 bei mittlerer Erwärmung auf rund 2 Mrd. Euro im Jahr erhöhen (Steininger et al., 2020).

Kosten der Nichterreichung des EU-2030-Ziels

Die möglichen Mehrausgaben für den Staat bei Nichterreichung des EU-Reduktionsziels für Österreich laut neuer Effort-Sharing-Verordnung (-48 % bis 2030 gegenüber 2005) wurden zuletzt auf 4,7 Mrd. Euro für die Periode bis 2030 geschätzt (BMF, 2022). Im Zeitraum 2031 bis 2050 ergeben sich weiter steigende Mehrausgaben in Höhe von durchschnittlich rund 0,2 % des BIP pro Jahr. Diesen als konservativ einzuschätzenden Berechnungen liegt ein Treibhausgas-Emissionsszenario zugrunde, das die bis Oktober 2022 beschlossenen klima- und energiepolitischen Maßnahmen beinhaltet (Umweltbundesamt, 2022a). Es umfasst somit die aktuell gültige CO₂-Bepreisung im Nicht-Emissionshandelsbereich laut Nationalem Emissionszertifikatehandelsgesetz 2022¹⁶ und die geplanten Förderungen laut Bundesfinanzrahmengesetz 2023–2026. Außerdem wurde das Erneuerbare-Wärme-Gesetz laut Ministerialentwurf 2022 berücksichtigt.

Vergleich zu Kosten der Transformation

Die Kosten des klimapolitischen Nicht-Handelns – also die langfristigen Folgekosten des Klimawandels bei unterlassenem Klimaschutz – inkludieren neben den genannten Wohlstands- und Budgetrisiken auch Risiken für den Finanzsektor. So kann etwa ein Lock-In¹⁷ in kohlenstoffintensive Infrastruktur eine Überbewertung fossiler Unternehmen verursachen (Carbon Bubble), deren Wert bei einer späteren klimapolitischen Kehrtwende dann rapide sinkt (Stranded Assets). Auch für den Industrie- und Forschungsstandort kann Nicht-Handeln schwerwiegende Konsequenzen haben (siehe nächster Abschnitt). Generell steigen die Kosten des Nicht-Handelns mit der Zeit, da die notwendigen Umstrukturierungen immer größer und damit teurer werden.

Den Kosten des Nicht-Handelns stehen die Kosten des Handelns gegenüber, also die kurzfristigen Kosten des Klimaschutzes und der Transformation zu einer klimaneutralen Wirtschaft und Gesellschaft. Diese umfassen primär die Investitionskosten für den klimafreundlichen Umbau von Infrastruktur, Produkti-

¹⁶ Nach 2025 gelten folgende Annahmen für die CO₂-Bepreisung im Nicht-Emissionshandelsbereich (Euro nominal pro Tonne CO₂): 2030: 83 Euro, 2040: 140 Euro und 2050: 171 Euro.

¹⁷ Anbindeeffekt: z. B. ein Kraftwerksneubau, der für die Stromgewinnung aus fossilen Brennstoffen ausgelegt ist. Er zieht die Nutzung dieser Brennstoffe für die Zeit bis zu seiner Amortisation nach sich. Eine vorzeitige Umstellung auf eine andere Technologie wäre wirtschaftlich nicht sinnvoll bzw. nur unter Verlusten zu realisieren.

onsanlagen, Verkehrsmitteln und Gebäuden (siehe nächster Abschnitt). Sie werden gemindert durch positive Nebeneffekte der Transformation auf Biodiversität, Gesundheit und Lebensqualität, sogenannte Co-Benefits. Insgesamt werden diese Kosten des Handelns geringer eingeschätzt als die langfristigen Kosten des Nicht-Handelns (Stern, 2007, IPCC, 2023).

1.6.2 Die Transformation zu einer klimaneutralen Wirtschaft und Gesellschaft

weitreichende Herausforderungen

Die Transformation zur Klimaneutralität ist eine enorme gesellschaftliche Aufgabe, die in allen Lebens- und Wirtschaftsbereichen große Veränderungen mit sich bringt. Ähnlich dem Aufstieg der industriellen Massenproduktion oder der Informations- und Kommunikationstechnologien im 20. Jahrhundert kann sie als eine der „großen Wellen“ des technologischen Wandels gesehen werden (Stern, 2015). Solche Perioden gehen üblicherweise mit großer Innovationsdynamik und einem wirtschaftlichen Strukturwandel einher, der neue Geschäftsfelder hervorbringt und andere obsolet werden lässt.

abgestimmte Rahmenbedingungen

Angesichts der Dimension dieser Veränderung ist es Aufgabe der Politik, die Rahmenbedingungen so zu setzen, dass die Chancen der Transformation optimal genutzt werden können, während Unternehmen und Beschäftigte bei der Umstellung begleitet werden. Ein sogenannter „missionsorientierter“ Politikansatz begreift die Transformation als große gesellschaftliche Herausforderung, die gut aufeinander abgestimmter Maßnahmenpakete in allen relevanten Bereichen bedarf, um die Richtung des technologischen und sozialen Wandels effektiv zu steuern (OECD, 2021).

positive Investitionseffekte

So sind für den Umbau des Energiesystems, die Elektrifizierung des Verkehrs und die Dekarbonisierung von Industrie und Gebäuden in naher Zukunft beträchtliche Investitionen notwendig: Berechnungen des Umweltbundesamtes zufolge beträgt der zusätzliche Investitionsbedarf für die Klimaneutralität 2040 in diesen Sektoren insgesamt rund 145 Mrd. Euro bis 2030, was 13,9 Mrd. bis 18,5 Mrd. Euro pro Jahr entspricht (WKÖ, 2022). Diese Investitionen lösen auch positive volkswirtschaftliche Effekte aus, wie eine zusätzliche heimische Wertschöpfung von durchschnittlich 2,4 % des BIP pro Jahr sowie rund 70.000 Arbeitsplätze, die im Schnitt pro Jahr gesichert oder neu geschaffen werden. Gleichzeitig ergibt sich ein Ausgabenrückgang beim Import fossiler Energieträger und somit eine Reduktion der Importabhängigkeit.

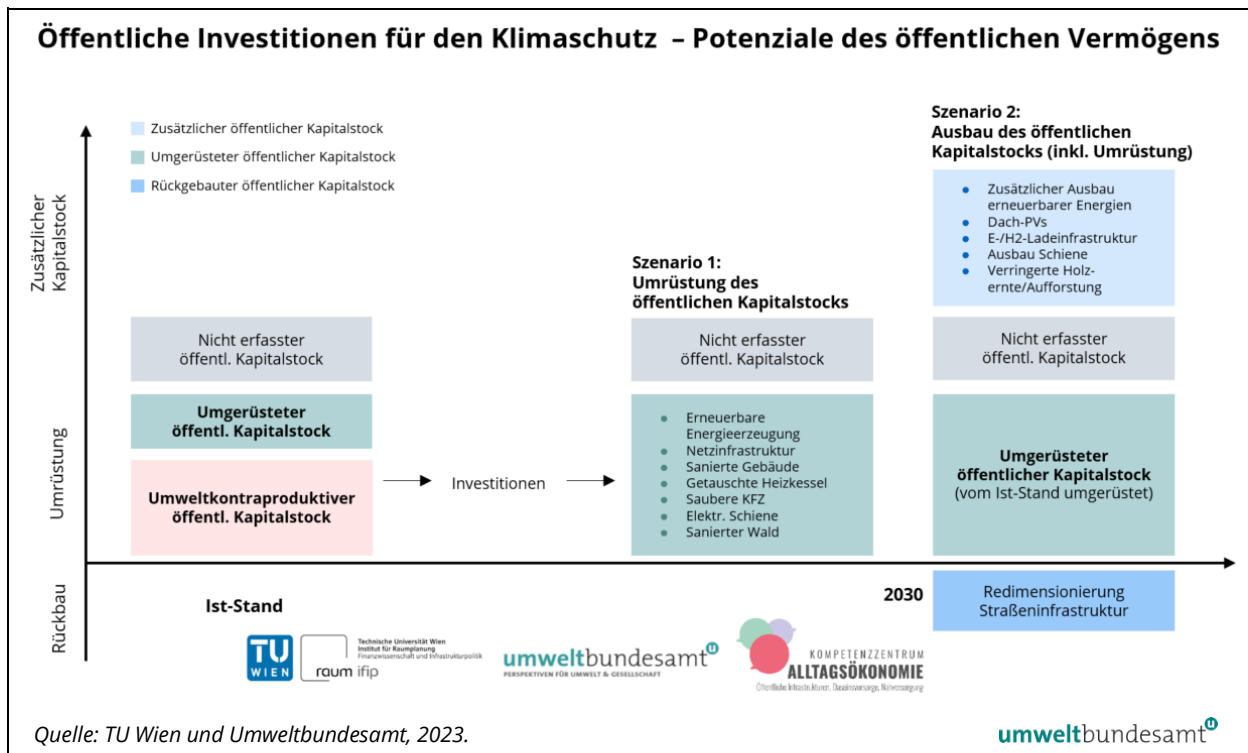
Schlüsselrolle des öffentlichen Kapitalstocks

Eine Schlüsselrolle kommt dabei der öffentlichen Hand¹⁸ und ihrem klimarelevanten Investitionspotenzial in den öffentlichen Kapitalstock zu. So werden die Mehrinvestitionen für die klimafreundliche Umrüstung des bestehenden öffentlichen Kapitalstocks in den Bereichen Verkehr, Grundstücke, Gebäude und Ener-

¹⁸ Die öffentliche Hand umfasst hier neben Gebietskörperschaften (Bund, Länder, Gemeinden) auch solche teilstaatlichen Unternehmen, bei denen Gebietskörperschaften mehr als 50 % der Eigentümeranteile haben.

gie bis 2030 auf insgesamt 36 Mrd. Euro geschätzt, was pro Jahr 1,2 % des österreichischen Bruttoinlandprodukts entspricht (TU Wien und Umweltbundesamt, 2023). Darüber hinaus könnte die öffentliche Hand eine Vorreiterrolle einnehmen, indem sie den öffentlichen Kapitalstock zusätzlich klimafit ausbaut (z. B. Schiene, PV auf öffentlichen Dächern und Freiflächen, Windräder auf öffentlichen Freiflächen). Ein solcher klimafreundlicher Ausbau des öffentlichen Kapitalstocks (inkl. Umrüstung) führt zu Mehrinvestitionen von 79 Mrd. Euro bis 2030 oder jährlich 2,5 % des Bruttoinlandprodukts (siehe Abbildung 10).

Abbildung 10: Investitionspotenzial der öffentlichen Hand für den Klimaschutz (schematische Darstellung).



volkswirtschaftliche Chancen

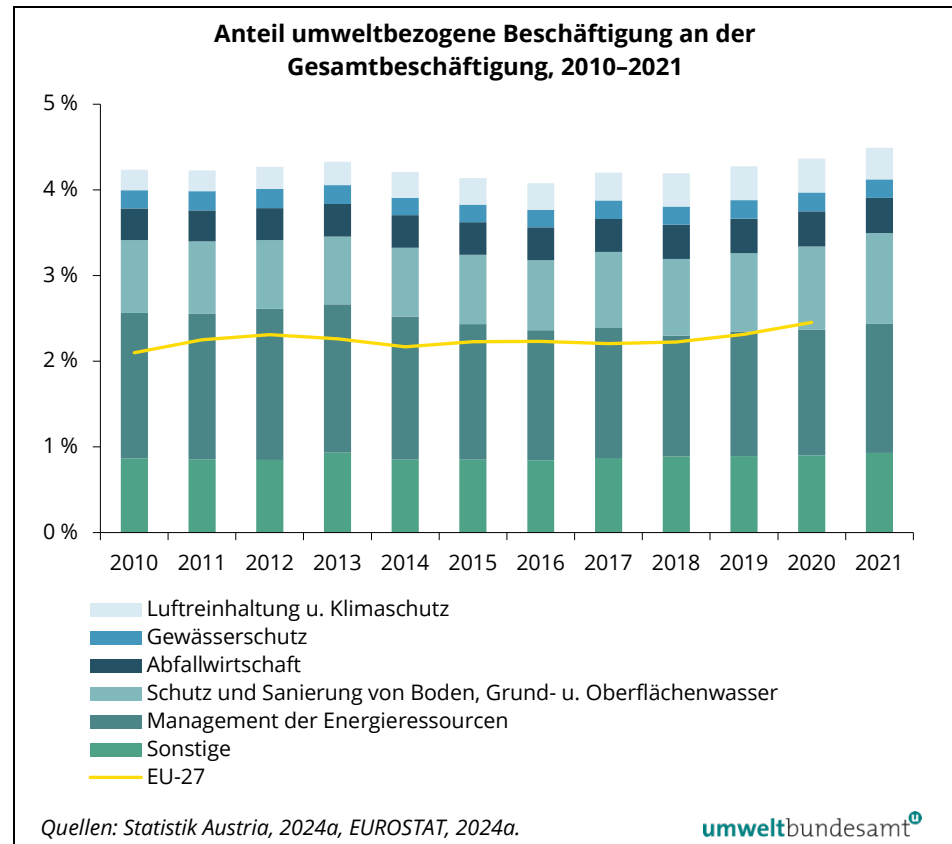
Die Transformation zur Klimaneutralität kann sich langfristig positiv auf die Volkswirtschaft auswirken, wenn die Rahmenbedingungen frühzeitig entsprechend gesetzt werden. So zeigen makroökonomische Modellanalysen mit dem MIO-ES-Modell des Umweltbundesamts, dass die österreichische Wertschöpfung im Szenario Transition durchwegs leicht höher liegt als im Szenario WEM. Voraussetzung dafür ist eine umfassende Strategie, die die Weichen in Industrie, Energieversorgung, Verkehr und im Gebäudebereich klar in Richtung Klimaneutralität stellt.

Umweltwirtschaft in Österreich größer als im EU-Vergleich

Umwelt- und Klimaschutz stellen einen wichtigen Wirtschaftsfaktor in Österreich dar. So zeigt der internationale Vergleich, dass die Umweltwirtschaft in Österreich – definiert anhand des Sektors „Umweltorientierte Produktion und Dienstleistung“ (Eurostat, 2009) – eine größere Bedeutung hat als in der EU insgesamt: Sowohl der Anteil der umweltbezogenen Wertschöpfung am BIP als auch der

Anteil der Umweltbeschäftigung an der Gesamtbeschäftigung liegen in Österreich deutlich über den EU-27. Während in Österreich im Jahr 2020¹⁹ 4,4 % der Beschäftigten in der Umweltwirtschaft tätig waren, lag der entsprechende Anteil in den EU-27 bei rund 2,5 % (siehe Abbildung 11). 4,5 % der gesamten Wertschöpfung entfielen 2020 in Österreich auf die Umweltwirtschaft, verglichen mit 2,5 % in den EU-27 (Statistik Austria, 2024a, Eurostat, 2024a).

Abbildung 11:
Anteil der Beschäftigung
im Sektor umweltorien-
tierte Produktion und
Dienstleistungen seit
2010, Österreich und EU.



Risiken verabsäumter Transformation

Wird rechtzeitiges Handeln im Sinn einer tiefgreifenden Transformation zu einer klimaneutralen Wirtschaft jedoch verabsäumt, kann die Klimakrise neben Mehrausgaben (vgl. Abschnitt 1.6.1) zusätzlich auch zu Mindereinnahmen führen. Kurzfristig reduzieren hitzebedingte Produktivitätseinbußen oder Ernteausfälle die Wirtschaftsleistung und damit auch die Steuereinnahmen. Zunehmend häufigere Naturkatastrophen binden außerdem Kapital für den Wiederaufbau, das folglich nicht für die dringend benötigten Investitionen in die Transformation zur Klimaneutralität oder für die Anpassung an den Klimawandel zur Verfügung steht. Dies zieht wiederum größere wirtschaftliche Schäden in der Zukunft nach sich (Weltbank, 2023). Für Österreich wurde bei einer globalen Temperaturerwärmung bis zu 2 °C und dem Ausbleiben einer Transformation ein Rückgang des BIP um 0,2 % im Jahr 2050 geschätzt, wodurch die Staatseinnahmen

¹⁹ EU-weite Daten für 2021 noch nicht verfügbar.

um 0,3 % sinken und die Arbeitslosenzahlungen um 10,6 % steigen (Bachner und Bednar-Friedl, 2019).

***klimafreundliche
Innovationen zentral***

Langfristig ergeben sich bei verabsäumtem Anschluss an die Transformation Einbußen in der Wirtschaftsleistung und damit ein Entfall von Staatseinnahmen, wenn sich bietende Chancen in neuen Technologien und Geschäftsfeldern nicht ergriffen werden. Eine gute Innovationsperformance in klimafreundlichen Zukunftstechnologien ist ein zentraler Faktor, um Österreichs internationale Wettbewerbsfähigkeit auch künftig zu sichern und langfristig Wertschöpfung und Beschäftigung im Land zu halten.

***Auswirkungen auf den
Wirtschaftsstandort***

In der herstellenden Industrie kann Österreich einerseits in einigen für die Energiewende zentralen Marktnischen international führende Unternehmen vorweisen, so zum Beispiel in Recycling-, Energie- und Passivhaustechnologien sowie in der Herstellung von Wärmepumpen. Die österreichischen Umwelttechnikbetriebe liegen langjährigen Erhebungen zufolge bei Umsatz- und Beschäftigungswachstum, Exportquote und Ausgaben für Forschung und Entwicklung deutlich über den nationalen Vergleichswerten (BMK, 2020a). Die Umwelttechnikbranche kann also von der Transformation profitieren.

***Beispiel
Fahrzeugindustrie***

Risiken für Wertschöpfung und Beschäftigung bestehen andererseits in technologisch reifen Industriezweigen, wo Mitbewerber bereits einen Wettbewerbsvorteil in klimaneutralen Alternativen entwickeln konnten. Dies wird derzeit in der Fahrzeugindustrie mit der Umstellung vom Verbrennungsmotor auf den batterieelektrischen Antrieb besonders deutlich. Während in China die günstige, kälteunempfindliche und von seltenen Rohstoffen relativ freie Natrium-Ionen-Batterietechnologie kurz vor der Serienreife steht und der Pkw-Markt eindeutig in Richtung Elektrofahrzeuge orientiert ist (ORF, 2023), sind die produzierenden Unternehmen der österreichischen Fahrzeugindustrie unzureichend auf die Transformation vorbereitet (Fraunhofer Austria, 2022). Obwohl bei den Betrieben ein hohes Bewusstsein für die kommenden Herausforderungen gegeben ist und auch die Forschung und Entwicklung auf neue Technologien fokussiert, wird Unterstützung speziell bei der kapitalintensiven Umrüstung von Produktionsanlagen sowie bei der Verfügbarkeit entsprechend qualifizierter Fachkräfte benötigt. Die Umstellung vom Verbrennungsmotor auf den Elektroantrieb erfordert nicht nur die Herstellung anderer Komponenten und damit andere Fertigkeiten (u. a. elektrotechnische und weniger mechanische). Aufgrund der geringeren Komplexität des Elektroantriebs werden auch weniger Komponenten und damit potenziell weniger Arbeitskräfte benötigt.

***Auswirkungen auf den
Arbeitsmarkt***

Für den Arbeitsmarkt birgt der Strukturwandel, der mit der Transformation einhergeht, neben solchen Risiken ebenfalls Chancen. Besonders der klimafreundliche Umbau der Bereiche Gebäude, Verkehr und Energieerzeugung ist arbeitsintensiv, da für Heizkesseltausch und Wärmedämmung, den Infrastrukturausbau im öffentlichen Verkehr sowie für die Installation von PV-Anlagen und die Modernisierung der Stromnetze viele heimische Arbeitskräfte benötigt werden. Die Bevölkerungsüberalterung und der damit verbundene Fachkräftemangel stellen dabei eine zusätzliche Herausforderung dar. Mit intelligenten Begleitmaßnahmen können diese Umbrüche auf dem Arbeitsmarkt jedoch zum Teil

abgedeckt werden. So könnten beispielsweise Beschäftigte in der Kfz-Reparaturbranche, deren Aufgabenbereich mit der Umstellung auf weniger wartungsintensive Elektrofahrzeuge kleiner wird, mithilfe entsprechender Umschulungsmaßnahmen in der Umrüstung bestehender Gebrauchtfahrzeuge mit Verbrennungsmotor auf Elektroantrieb eingesetzt werden (Umweltbundesamt und Herry Consult, 2023).

Auswirkungen auf den Forschungsstandort

Ein Verlust der Technologieführerschaft in einer wichtigen Industriebranche aufgrund eines versäumten Anschlusses an die Transformation hätte nicht nur Wertschöpfungs- und Beschäftigungsverluste im Industriezweig selbst sowie in vor- und nachgelagerten Branchen zur Folge. Da die herstellende Industrie besonders forschungsintensiv ist, würde dieser Verlust darüber hinaus den österreichischen Wohlstand durch eine verminderte Attraktivität als Forschungsstandort auch langfristig gefährden. Während in den vergangenen Jahrzehnten Teile der Produktion in Drittländer mit günstigeren Arbeitskosten ausgelagert wurden, konnten oft gut bezahlte Arbeitsplätze in der Forschung und Entwicklung bzw. in der spezialisierten Fertigung mit hochqualifiziertem Personal an heimischen Standorten gehalten werden. Somit verdient die Begleitung dieses Strukturwandels in Österreich oberste politische Priorität, um langfristige Wohlstandsverluste zu verhindern.

Industriepolitische Maßnahmen

Einschlägige Studien betonen die Notwendigkeit eines Bündels von aktiven Unterstützungsmaßnahmen, um das wirtschaftliche Potenzial der österreichischen Industrie- und Dienstleistungsbetriebe im Angesicht der Transformation zu realisieren (Fraunhofer Austria, 2022, Steininger et al., 2021). Zentral erscheinen Qualifizierungs- und Umschulungsoffensiven für bestehende und künftige Fachkräfte in Mangelberufen für die Energiewende; ausreichende Investitionsförderungen für die Umrüstung von Produktionsanlagen; Vernetzungs- und Kooperationsinitiativen für Unternehmen, um neue Geschäftsbeziehungen aufzubauen und eine stärkere Ausrichtung bestehender Forschungs- und Innovationsförderungen auf die Klimaneutralität. Darüber hinaus sind Maßnahmen notwendig, um nachfrageseitige Transformationsbarrieren zu überwinden und die Nachfrage nach klimafreundlichen Produkten zu steigern. Im Verkehr beispielsweise ist ein rascher Ausbau des öffentlichen Ladeinfrastrukturnetzwerks erforderlich, um Konsument:innen den Umstieg auf Elektromobilität zu ermöglichen (TRAFFIX Verkehrsplanung et al., 2023).

Just Transition

Für einen gerechten Übergang („Just transition“) sind weitere Maßnahmen zur Absicherung vom Strukturwandel besonders betroffener Arbeitskräfte und Regionen anzudenken, wie beispielsweise ein aktiv investierender Ausgleichsfonds zur Abfederung struktureller Benachteiligung oder – wo möglich – langfristige Beschäftigungsgarantien. Die politische Akzeptanz der Transformation hängt wesentlich davon ab, dass Zukunftsängste vor Einkommens- und Statusverlust im Zuge des Strukturwandels reduziert werden können.

1.6.3 Konsumbasierte Emissionen und ihre Verteilung

Betrachtet man alternativ zu den in diesem Bericht bilanzierten produktionsbasierten Treibhausgas-Emissionen die sogenannten konsumbasierten Emissionen Österreichs, so zeigt sich, dass diese um ca. 45–60 % höher liegen (siehe Abbildung 12). Die konsumbasierte Betrachtung inkludiert auch jene Emissionen, die entlang der Produktionskette aller Güter und Dienstleistungen entstehen, deren Endkonsum in Österreich stattfindet. Sie trägt somit der Tatsache Rechnung, dass infolge der Globalisierung viele der in Österreich konsumierten Güter nicht im Inland hergestellt werden.

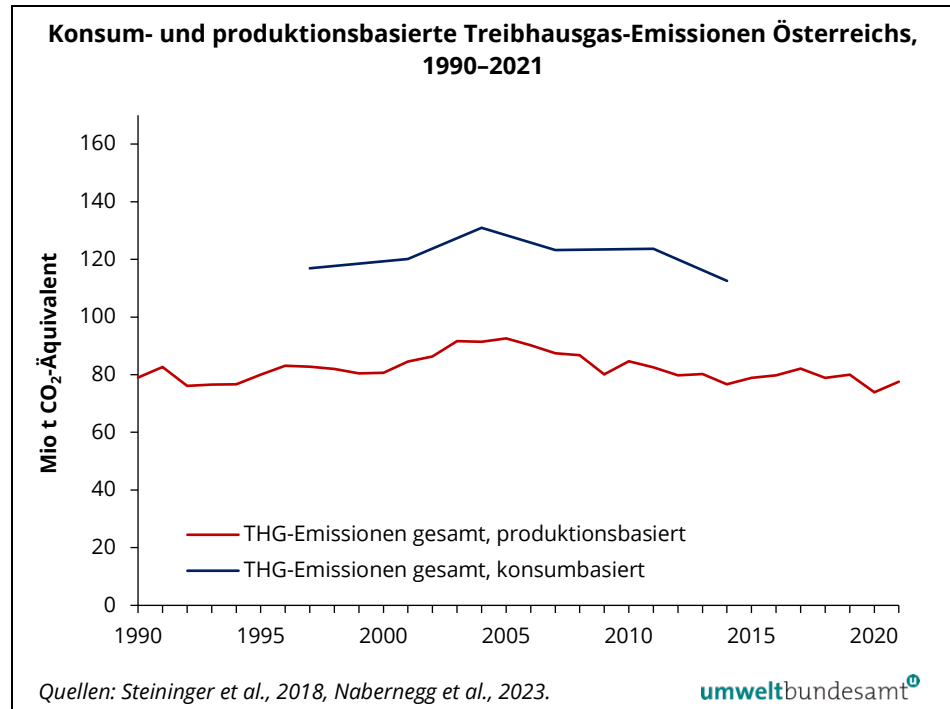
Bilanzierungs- methoden

Die traditionelle Bilanzierung der Treibhausgase erfasst jene Emissionen, die Akteure innerhalb der Grenzen eines Landes verursachen. Diese sogenannte produktionsbasierte oder territoriale Berechnungsmethode findet Anwendung in allen bedeutenden internationalen Abkommen, so auch in der UN-Klimarahmenkonvention (UNFCCC).

Das Konzept der konsumbasierten Emissionen bezieht die räumliche Trennung von Produktion und Konsum mit ein und geht von der Endnachfrage nach Gütern und Dienstleistungen in einem Land aus. Alle Emissionen, die entlang der Produktionskette dieser Güter und Dienstleistungen entstehen, werden jenem Land zugeschrieben, in dem der Endkonsum stattfindet. Konsumbasierte Emissionen können somit auch als CO₂-Fußabdruck von Gütern und Dienstleistungen gesehen werden und zeigen die Verlagerung emissionsintensiver Produktion von Industrie- in Schwellenländer auf.

Für die konsumbasierte Erfassung besteht im Gegensatz zu den produktionsbasierten Emissionen kein internationaler Standard. Zwei Berechnungsmethoden können unterschieden werden: einerseits ein makroökonomischer Top-Down-Ansatz mit Emissionserfassung auf der Ebene von Wirtschaftsbranchen bzw. Produktgruppen mittels multiregionaler Input-Output-Modelle; andererseits ein technisch-naturwissenschaftlicher Bottom-Up-Ansatz mit Emissionserfassung auf der Ebene von einzelnen Produkten und Dienstleistungen mittels Lebenszyklusanalysen. Die Ergebnisse der beiden Ansätze sind sich relativ ähnlich und weichen nicht stark voneinander ab (CCCA, 2018).

Abbildung 12:
Konsum- und produ-
ktionsbasierte Treibhaus-
gas-Emissionen für
Österreich, 1990–2021.



geografische Verteilung

Ordnet man die konsumbasierten Emissionen Österreichs geografisch zu, so entsteht rund ein Drittel der durch die österreichische Endnachfrage weltweit ausgelösten Emissionen innerhalb der EU (EU-27 plus Großbritannien). Ein weiteres Drittel fällt außerhalb der EU an, vorwiegend in China, Russland und den USA. Das restliche Drittel stammt aus dem Inland (Steininger et al., 2018). Die konsumbasierten Emissionen der österreichischen Haushalte sind wiederum im städtischen Umland am höchsten und im urbanen Raum am niedrigsten – unabhängig von Einkommen, Bildungsniveau oder Wohnungsgröße. Dieser Unterschied liegt an geringeren Emissionen der Sektoren Verkehr und Gebäude in Städten, was sich u. a. auf dichtere Besiedelung, kürzere Verkehrswege und gut ausgebaute öffentliche Verkehrsmittel zurückführen lässt (Muñoz et al., 2020).

sektorale Verteilung

Die Privathaushalte verursachen mit ihren Konsumausgaben für Mobilität, Wohnen, Ernährung und sonstige Güter und Dienstleistungen gut zwei Drittel der gesamten konsumbasierten Emissionen Österreichs und stellen damit die gewichtigste Endnachfragekategorie dar. Ein weiteres Fünftel entfällt auf Unternehmensinvestitionen und rund zehn Prozent auf den öffentlichen Sektor (Nabernegg et al., 2023). Nach Wirtschaftsbranchen werden Österreichs konsumbasierte Emissionen primär vom österreichischen Bausektor verursacht, den öffentlichen Dienstleistungen – davon insbesondere dem Gesundheitsbereich –, dem Groß- und Einzelhandel sowie der Transportwirtschaft inklusive Kfz-Herstellung.²⁰ Verfolgt man die Emissionen weiter zu den Wirtschaftsbranchen jener Länder, in denen sie ausgestoßen werden, so fällt der bei weitem

²⁰ Im Unterschied dazu waren die Verursacherbranchen der produktionsbasierten bzw. territorialen Emissionen im Jahr 2011 primär die Stromerzeugung, die Herstellung von Eisen und Stahl sowie die Herstellung von nichtmetallischen Mineralstoffen (Zement, Kalk, Glas, Keramik).

größte Teil in der Stromerzeugung dieser Länder an. Insgesamt verursacht Österreichs Konsum in der Stromerzeugung im Ausland knapp dreimal so hohe Emissionen wie im Inland (Daten für das Jahr 2011; Steininger et al., 2018).

**Verteilung nach
Einkommen**

Die bestehende empirische Evidenz für Österreich zeigt, dass die konsumbasierten Emissionen der österreichischen Haushalte mit dem Einkommen stetig ansteigen (Muñoz et al., 2020, Theine et al., 2022). So emittierten im Jahr 2010 die 10 % der Haushalte mit dem höchsten verfügbaren Einkommen (oberstes Dezil) pro Kopf etwa dreimal so viel wie die 10 % mit dem niedrigsten verfügbaren Einkommen (rund 18 Tonnen im Vergleich zu knapp 6 Tonnen CO₂-Äquivalent pro Kopf). Dabei steigen mit höherem Einkommen jene Emissionen an, die auf Mobilität und Konsumgüter zurückgehen. Insgesamt war 2010 das oberste Einkommensdezil für 17 % der Emissionen verantwortlich, die gesamte untere Hälfte der Einkommensverteilung hingegen für 34 % (Theine et al., 2022).

**sozioökonomische
Effekte**

Gleichzeitig sind Personen mit niedrigem Einkommen stärker von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen als ökonomisch bessergestellte Gruppen (BMSGPK, 2021). Erstere leben häufiger in Stadtvierteln mit dichter Bebauung und wenig Grünraum und leiden aufgrund des sogenannten Wärmeinseleffekts stärker unter Hitze. Zudem verfügen sie über weniger finanzielle Möglichkeiten zur Anpassung ihrer Wohnsituation an den Klimawandel. Der Klimawandel hat also eine wesentliche sozioökonomische Dimension, die bei der Ausgestaltung politischer Maßnahmen für den Klimaschutz einen wichtigen Hebel für Akzeptanz und Wirksamkeit darstellt.

1.6.4 Der Ressourcenverbrauch der österreichischen Volkswirtschaft

**Treiber des
Klimawandels**

Mehr als 60 % der weltweiten Treibhausgas-Emissionen und 90 % des weltweiten Biodiversitätsverlustes gehen auf die Entnahme und Verarbeitung natürlicher Ressourcen zurück. Seit 1970 hat sich der globale Ressourcenverbrauch durch den Menschen mehr als verdreifacht, und bis 2060 wird ein weiterer Anstieg um 60 % erwartet (IRP, 2024). Die Vereinten Nationen schätzen, dass der Mensch unter Beibehaltung derzeitiger Lebensstile bis zur Jahrhundertmitte ein Äquivalent von knapp drei Planeten verbrauchen wird.²¹

**Österreich über
EU-Schnitt**

Österreichs inländischer Materialverbrauch ist, wie seine Treibhausgas-Emissionen, im europäischen und internationalen Vergleich hoch. 2018 lag er mit 19 Tonnen pro Kopf um 35 % über dem EU-Durchschnitt von 14 Tonnen und um knapp 60 % über dem globalen Durchschnitt von 12 Tonnen pro Kopf (BMK, 2020b). Berücksichtigt man globale Produktionsketten und den ausgelagerten Ressourcenverbrauch, der in der Produktion von importierten Gütern im Ausland stattfindet (konsumbasierter Ansatz), dann liegt der Ressourcenverbrauch

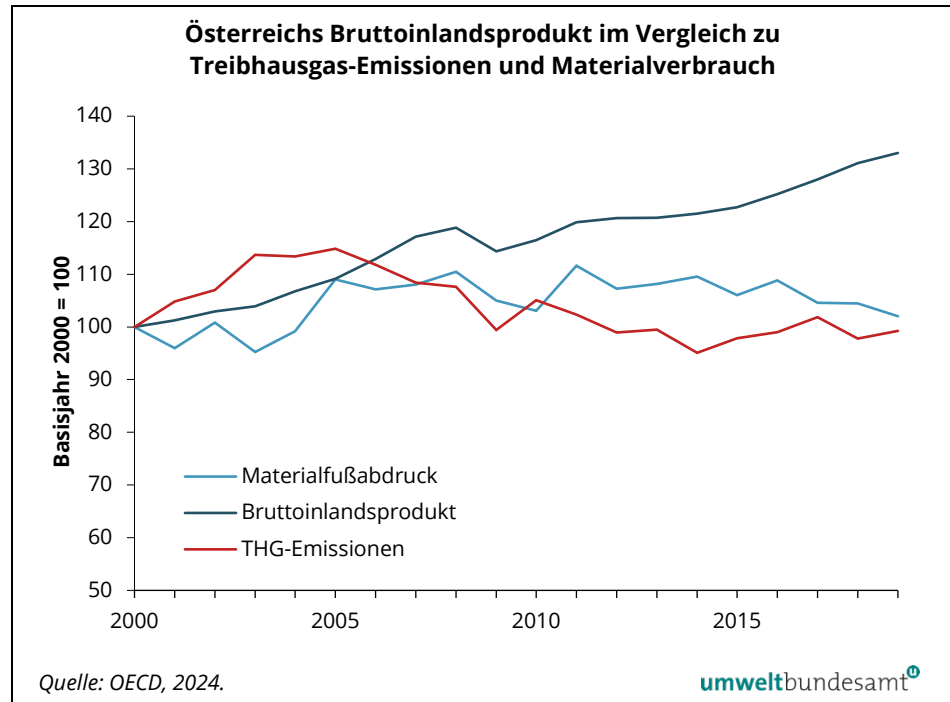
²¹ <https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2018/09/Goal-12.pdf>

noch höher: Dieser globale Materialfußabdruck des österreichischen Endkonsums lag 2018 bei 33 Tonnen im Vergleich zum EU-Durchschnitt von 23 Tonnen pro Kopf.

Baurohstoffe	Rund ein Viertel des österreichischen Materialverbrauchs entfiel 2018 auf Biomasse (23 %), die restlichen drei Viertel umfassten fossile Energieträger (15 %), Metalle (5 %) und nicht-metallische Mineralstoffe (57 %, vorwiegend Baurohstoffe). Ein Viertel der Materialien wird für die Energiebereitstellung genutzt (Nahrung, Futter, technische Energie), drei Viertel gehen in die stoffliche Nutzung zum Aufbau von Beständen. Das sind vor allem Baurohstoffe und Metalle, die in Gebäuden, Straßen, sonstiger Infrastruktur, Fahrzeugen und anderen langlebigen Gütern gebunden werden (BMK, 2020b). Dies spiegelt sich auch in Österreichs hoher Flächeninanspruchnahme von mehr als 11 Hektar pro Tag im Jahr 2021, insbesondere durch Verbauung (Umweltbundesamt, 2022b).
Zirkularitätsrate	Gleichzeitig liegt in Österreich die Zirkularitätsrate derzeit bei nur rund 14 %, im EU-Schnitt bei nur knapp 12 % (Eurostat, 2024b). Sie misst den Anteil rezyklierter Sekundärstoffe am gesamten Materialinput – also den Anteil jener Reststoffe, die am Ende der Nutzungsphase für eine erneute Nutzung wieder Eingang in das Produktionssystem finden. Die restlichen 86 % bzw. 88 % des Materialinputs stammen nicht aus dem Kreislauf, sondern werden als Primärrohstoffe neu aus der Natur entnommen.
EU-weite und österreichische Ziele	Um den Ressourcenverbrauch zu reduzieren und ihn wieder mit den planetaren Grenzen (Rockström et al., 2009, Steffen et al., 2015, Rockström et al., 2023) in Einklang zu bringen, zielt der EU-Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft darauf ab, die Zirkularitätsrate bis 2030 zu verdoppeln (EK, 2020a). Österreichs Kreislaufwirtschaftsstrategie hat eine Steigerung der Zirkularitätsrate auf 18 % im selben Zeitraum zum Ziel. Auch soll der österreichische Materialfußabdruck bis 2050 auf 7 Tonnen pro Kopf und Jahr sinken, der inländische Materialverbrauch bis 2030 auf 14 Tonnen pro Kopf und Jahr (BMK, 2022a).
Entkopplung unzureichend	Abbildung 13 zeigt die Entwicklung von Österreichs Materialfußabdruck und Treibhausgas-Emissionen im Vergleich mit dem Bruttoinlandsprodukt (BIP) im Zeitraum von 2000 bis 2019. Während das BIP, gemessen in Millionen 1995 US-Dollar zu Kaufkraftparitäten, um 33 % anwuchs, gingen die Treibhausgas-Emissionen nur minimal zurück, während der Materialfußabdruck mehr oder weniger stagnierte. ²² Obwohl es in Österreich in den letzten Jahrzehnten also zu einer gewissen Entkopplung von Wirtschaftsleistung und Emissionen bzw. Materialverbrauch kam, reicht der Grad der Entkopplung für die Einhaltung des Pariser Klimaziels und eine Rückkehr in planetare Grenzen nicht aus.

²² Treibhausgas-Emissionen produktionsbasiert, in CO₂-Äquivalent ohne LULUCF, Materialfußabdruck gemessen in Millionen Tonnen.

Abbildung 13:
Entwicklung des österreichischen BIP im Vergleich zu Treibhausgas-Emissionen und Materialfußabdruck, 2000–2019.



planetare Grenzen

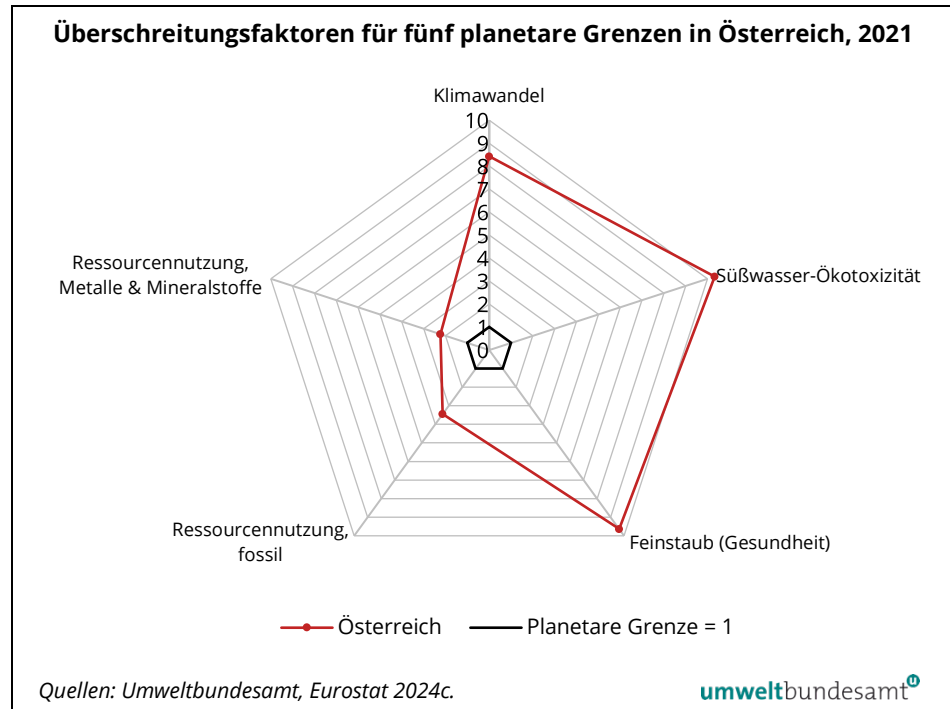
Eine Auswertung aktueller Daten aus dem überarbeiteten EU-Überwachungsrahmen für die Kreislaufwirtschaft (EK, 2024a) in Abbildung 14 zeigt, dass Österreichs Pro-Kopf Fußabdruck derzeit in fünf Kategorien die planetaren Grenzen überschreitet:²³

- **Klimawandel:** Überschreitung der planetaren Grenze um den Faktor 8,4 – also um das 8,4-Fache
- **Fossile Ressourcennutzung:** Überschreitung um den Faktor 3,5
- Ressourcennutzung von **metallischen und nicht-metallischen Mineralstoffen:** Faktor 2,2
- **Süßwasser-Ökotoxizität** (durch z. B. Pestizideintrag): Faktor 10,3
- Gesundheitsbelastung durch **Feinstaub:** Faktor 9,6

Bei allen weiteren elf innerhalb des EU-Überwachungsrahmens für die Kreislaufwirtschaft quantifizierten Kategorien werden in Österreich die planetaren Grenzen derzeit nicht überschritten (z. B. Abbau Ozonschicht, ionisierende Strahlung, Humantoxizität, Versauerung terrestrischer Ökosysteme, Land- und Wassernutzung) oder knapp nicht überschritten (Eutrophierung von Meer- und Süßwasser durch Nitrat- und Phosphateinträge).

²³ Der dargestellte Indikator misst den Faktor, mit dem die planetare Grenze in der jeweiligen Kategorie in Österreich überschritten wird. Berechnungsgrundlage ist der Konsum-Fußabdruck pro Kopf, der die Umweltauswirkungen repräsentativer Güter und Dienstleistungen aus den Konsumbereichen Ernährung, Mobilität, Wohnen, Haushaltsgeräte und Haushaltswaren anhand der Lebenszyklusanalyse-Methodik abbildet. Der Konsum-Fußabdruck wird mit einer planetaren Grenze für jede Kategorie verglichen, die den planetaren Grenzen nach Rockström et al. (2009) und Steffen et al. (2015) zugeordnet ist. Siehe auch Sala et al. (2020).

Abbildung 14:
Überschreitung von fünf
planetaren Grenzen
nach dem Konsum-Fuß-
abdruck pro Kopf
in Österreich, 2021.



Interpretation der Abbildung: In der Kategorie „Klimawandel“ überschreitet Österreich die planetare Grenze um das 8,4-Fache, also um den Faktor 8,4. Der Überschreitungsfaktor in jeder Kategorie wird berechnet als Konsum-Fußabdruck pro Kopf im Jahr 2021 relativ zur jeweiligen planetaren Grenze im Referenzjahr. Vgl. Sala et al. (2020).

Maßeinheiten: kg CO₂-Äquivalent (Klimawandel); kg Sb-Äquivalent (Ressourcennutzung, Metalle und Mineralstoffe); MJ (Ressourcennutzung, fossil); Krankheitsinzidenz (Feinstaub); CTUe (Comparative Toxic Unit for ecosystems, Süßwasser-Ökotoxizität).
Vgl. https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/cei_gsr010_esmsip2.htm.

Synergien Ressourcennutzung – Klimaschutz

Nachdem mit dem Ressourcenverbrauch Treibhausgas-Emissionen verbunden sind, weisen Maßnahmen für eine nachhaltigere Ressourcennutzung Synergien zum Klimaschutz auf. So führt in den Hotspot-Bereichen Verkehr und Gebäude bzw. bauliche Infrastruktur (BMK, 2020b) ein reduzierter Einsatz fossiler Rohstoffe zu einem geringeren Ausstoß energiebedingter Treibhausgas-Emissionen. Darüber hinaus können durch eine Reduktion des Verbrauchs von metallischen und nicht-metallischen Mineralstoffen, z. B. im Bau und in der Fahrzeugproduktion, auch Prozessemissionen vermieden werden, die während der Verarbeitung dieser Rohstoffe entstehen.

1.6.5 Ökonomische Instrumente im klimapolitischen Maßnahmen-Mix

Elemente eines „Policy Mix“ für Transition

Die Transformation zur Klimaneutralität umfasst alle Lebens- und Wirtschaftsbereiche, von der Industrieproduktion über die Energieerzeugung bis hin zu Mobilität, Raumwärme und Ernährung. Sie erfordert neben technologischen Innovationen und deren Annahme auch Verhaltensänderungen und die Etablierung klimafreundlicher sozialer Normen. Um die Transformation in der notwendigen Breite und Tiefe herbeizuführen und die Umstellungskosten zu minimie-

ren, ist eine strategische Kombination verschiedener komplementärer Politikinstrumente anzuraten. Diese sorgt im Idealfall dafür, dass klimafreundliche Entscheidungen für den oder die Einzelne jeweils die günstigste und einfachste Option darstellen (APCC, 2023, SRU, 2023). Ein solcher „Policy Mix“ für die Klimaneutralität enthält folgende Elemente:

- **Ökonomische Instrumente:** Diese setzen gezielt Preisanreize für ökologisches Verhalten und den Einsatz klimafreundlicher Technologien (z. B. Steuern, Förderungen, zielgerichtete Ausgleichszahlungen).
- **Regulatorische Instrumente,** wie Ge- und Verbote, so zum Beispiel Technologiestandards und Vorgaben zu Kfz-Emissionen, Heizungstausch oder der Energieeffizienz von Gebäuden schaffen einen verbindlichen Rechtsrahmen und damit Ziel-, Investitions- und Planungssicherheit für politische Akteure, Haushalte und Unternehmen.
- **Infrastrukturelle und informationsbasierte Begleitmaßnahmen:** Informationskampagnen und Produktkennzeichnung über Labels schaffen ökologisches Bewusstsein und fördern die Akzeptanz von Maßnahmen. Ein Ausbau der öffentlichen Infrastruktur für beispielsweise Rad, Bahn und Elektromobilität macht den Umstieg auf klimafreundliche Alternativen überhaupt erst möglich.

CO₂-Bepreisung

Die Bepreisung von CO₂ ist aus umweltökonomischer Sicht das zentrale Instrument für die Transformation zu einer klimaneutralen Wirtschaft. In diesem Zusammenhang ist ihr Zweck, die Nutzung fossiler Energieträger so zu verteuern, dass Haushalte und Unternehmen sukzessive zur Umstellung auf klimafreundliche Alternativen in Konsum und Produktion angespornt werden und der Ausstoß klimaschädlicher Treibhausgase im Hinblick auf die Klimaziele sinkt. Darüber hinaus trägt die CO₂-Bepreisung dazu bei, dass unerwünschte gesellschaftliche Effekte der Nutzung fossiler Energieträger – sogenannte „externe“ Kosten, wie zum Beispiel Klima- und Gesundheitsschäden – von den Verursacher:innen selbst getragen und damit „internalisiert“ werden. So werden im Idealfall die Kosten des CO₂-Ausstoßes privater Akteur:innen den gesellschaftlichen Kosten angeglichen.

Österreichs ökosoziale Steuerreform

Mit der im Februar 2022 beschlossenen ökosozialen Steuerreform wurde in Österreich eine CO₂-Bepreisung inklusive Ausgleichszahlungen eingeführt. Der CO₂-Preis betrifft den Straßenverkehr, den Gebäudesektor und die Landwirtschaft, aber auch Industrie und Gewerbe, die bisher nicht vom EU-ETS1 erfasst wurden. Der CO₂-Preis wird von den sogenannten Inverkehrbringern (Upstream-System) abgeführt, also den Lieferanten fossiler Energieträger, wie z. B. Mineralöl- oder Gaslieferunternehmen. Dabei wird von einer Weitergabe der Bepreisung an die Brennstoff-Verbrauchenden ausgegangen.

Die österreichische CO₂-Bepreisung ist in zwei Phasen eingeteilt, die im Nationalen Emissionszertifikatehandelsgesetz (NEHG, 2022) festgelegt sind. Die erste Phase (Juli 2022 – Dezember 2025) ist eine Fixpreisphase mit Preisstabilitätsmechanismus,²⁴ in der zweiten Phase ab Jänner 2026 folgt eine Marktphase mit freier Preisbildung.

Im Oktober 2022 startete der Preis bei 30 Euro pro Tonne CO₂, im Jahr 2024 beträgt er 45 Euro pro Tonne. Bis 2025 soll er auf 55 Euro pro Tonne CO₂ ansteigen und ab dem Jahr 2026 soll in der Marktphase eine freie Preisbildung erfolgen, unter Berücksichtigung der Entwicklungen auf europäischer Ebene.

Bis Mitte Dezember 2024 ist eine Evaluierung des NEHG vorzulegen, in den folgende Optionen geprüft werden sollen: a) Weiterführung als innerstaatliches System, b) eine Überleitung in ein unionsweites Emissionshandelssystem und c) das Zusammenspiel mit einem unionsweiten Emissionshandelssystem.

umfassende Kompensation

Begleitend zum CO₂-Preis beinhaltet die ökosoziale Steuerreform 2022 ein umfassendes Entlastungspaket. Es enthält neben Steuersenkungen einen erhöhten Investitionsfreibetrag für ökologische Investitionen sowie eine Rückvergütung der Einnahmen aus der CO₂-Bepreisung für Haushalte über einen Klimabonus. Dieser wird pauschal an alle in Österreich lebenden Personen ausbezahlt, Kinder erhalten die Hälfte. Im Jahr 2023 setzte sich der Klimabonus aus einem Sockelbetrag von 110 Euro und einem Regionalausgleich zusammen, der entsprechend der regionalen Verfügbarkeit öffentlicher Verkehrsmittel und der Siedlungsdichte gestaffelt ist. Zur Höhe des Sockelbetrags 2024 ist im Frühsommer mit einer Entscheidung zu rechnen, sie soll sich an der Entwicklung des CO₂-Preises orientieren. Für Unternehmen gibt es Kompensationen der CO₂-Bepreisung u. a. in Form einer Carbon-Leakage-Regelung zur Vermeidung einer Verlagerung der Produktion, einer Härtefallregelung sowie einer Kompensation für die Land- und Forstwirtschaft.

CO₂-Preisanstieg für nachhaltige Wirkung

Die CO₂-Bepreisung im NEHG führt einer Modellrechnung des Umweltbundesamtes zufolge im Jahr 2025 zu einer Reduktion der österreichischen CO₂-Emissionen in den Sektoren außerhalb des EU-ETS1 um 4,5 % gegenüber einem Baseline-Szenario ohne diese Maßnahme. Um einen sukzessiven Ausstieg aus fossilen Energieträgern und damit Österreichs Klimaziele zu erreichen, sollte der derzeit bis 2025 festgelegte Preis pro Tonne CO₂ danach stetig weiter ansteigen und durch flankierende Klimaschutzmaßnahmen begleitet werden. Der zukünftige CO₂-Preis wird vor allem davon abhängen, welche zusätzlichen Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt werden.

CO₂-Preisentwicklung im EU-Emissionshandel

Nach einer dreijährigen Vorbereitungsphase (mit Berichtspflichten ab dem Jahr 2024) soll der neue EU-ETS2 (umfasst den Straßenverkehrs- und Gebäudebereich sowie Industrie und Gewerbe außerhalb des bisherigen EU-ETS1) im Jahr

²⁴ Steigen im Vorjahr die fossilen Energiepreise um mehr als 12,5 %, kann die Erhöhung im CO₂-Pfad gedämpft werden. Sinken die Preise im Vorjahr, so kann die Preiserhöhung angehoben werden.

2027 starten. Der Start des Systems kann einmalig auf 2028 verschoben werden, wenn die Gas- und Ölpreise auf einem hohen Niveau sind.

Da ab dem Jahr 2027 im EU-ETS2 keine fixen Preise gelten werden, stellt sich die Frage nach den erwartbaren Preisniveaus. Mehreren Studien widmen sich dieser Frage (EU-Kommission, 2021, PIK, 2023, Cambridge Econometrics, 2021, Abrell u.a., 2022, MCC, 2023 und IfW Kiel, 2023). Zusammenfassend kann das Preisniveau demnach im Jahr 2030 zwischen 48 und 350 (Euro/t CO₂) liegen – wobei hinter den niedrigsten Preisen die Annahme liegt, dass weitere, zusätzliche Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt werden. Ohne weitere Maßnahmen bzw. nur mit der Maßnahme CO₂-Preis ergeben sich die höchsten abgeschätzten Preise.

Der EU-ETS2 soll im Jahr 2027 starten. Der Start kann einmalig auf 2028 verschoben werden, sollten die Öl- und Gaspreise auf einem hohen Niveau liegen. Der EU-ETS2 ist als Upstream-System ausgestaltet, die Unternehmen (z. B. Gas-handel) sind verpflichtet am EU-ETS2 teilzunehmen und geben die Preissignale an die Endkund:innen weiter. Durch einen Frontloading-Mechanismus (Erhöhung der Gesamtmenge an Zertifikaten im Jahr 2027 um 30 %) sollen Preisschwankungen zu Beginn verringert werden. Ab dem Jahr 2027 sollen die Preise dann linear jedes Jahr um 5,10 % bzw. ab 2028 um 5,38 % im Vergleich zu jenen der Referenzmenge abnehmen. Im EU-ETS2 sind keine Fixpreisphasen oder Preiskorridore vorgesehen. Ungleichgewichte von Angebot und Nachfrage sollen über eine Marktstabilitätsreserve (MSR) abgeschwächt werden.

Die Einnahmen aus der Versteigerung der Zertifikate im EU-ETS2 sollen über zwei Kanäle rückverteilt werden: Ein Teil fließt in den Klima-Sozialfond (KSF) und ein Teil fließt an die Mitgliedstaaten. Im Jahr 2026 (ein Jahr vor Einführung des ETS2) wird der KSF eingerichtet, um bereits vor dem Start Möglichkeiten zum sozialen Ausgleich zu schaffen. Der Fonds soll Belastungen für besonders betroffene Gruppen abfedern. Österreich enthält demnach durch den KSF im Zeitraum 2026–2032 bis zu 578 Mio. Euro (Annex II der EU-Verordnung 2023/955).

**transparente
Kommunikation**

Diese potenziellen Entwicklungen sollten der Öffentlichkeit frühzeitig kommuniziert werden, um Planungs- und Investitionssicherheit zu gewährleisten. Die empirische Evidenz zeigt, dass CO₂-Preise langfristig eine stärkere Emissionsreduktion bewirken, wenn in der Bevölkerung und bei den Unternehmen ein stabiler Aufwärtstrend erwartet wird (WIFO, 2021). Der Preisanreiz ist also umso wirksamer, je eher sich Haushalte und Unternehmen auf die Verteuerung fossiler Treib- und Heizstoffe einstellen können.

**flankierende
Maßnahmen**

Außerdem kann der CO₂-Preis seine Lenkungswirkung besser entfalten, wenn begleitend zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden, die strukturelle Gegebenheiten adressieren und den Akteuren die Umstellung ermöglichen. Solche flankierenden Maßnahmen sind:

kierenden Maßnahmen tragen dazu bei, dass der CO₂-Preis im Emissionshandelssystem nicht so hoch ansteigen muss, um die Klimaziele zu erreichen, und bereits in sozial verträglicher Höhe effektiv sein kann. Sie reichen vom Infrastrukturausbau über die Änderung rechtlicher Rahmenbedingungen bis hin zu zielgerichteten, einkommensabhängig gestaffelten Förderungen für alternative Mobilitätsformen wie Elektromobilität, für Heizungstausch sowie Gebäudesanierung. Ein strategischer, klug ausgestalteter Policy Mix, der neben preislichen Instrumenten auch regulatorische, infrastrukturelle und informationsbasierte Begleitmaßnahmen enthält, ist somit wesentlich für das Gelingen der Transformation.

regulatorische Maßnahmen

Regulatorische Vorgaben und Standards schaffen über einen verbindlichen Rechtsrahmen Investitions- und Planungssicherheit und sind besonders effektiv, was die Zielerreichung betrifft. Darüber hinaus setzen sie Anreize für die Entwicklung CO₂-freier Technologien und deren Adoption, und sie tragen zum Entstehen von Märkten für solche Technologien bei. Standards, wie beispielsweise der Nullemissionsstandard für neue Pkw ab 2035 (EK, 2023), adressieren wichtige strukturelle Barrieren, aufgrund derer Preisanreize nur unzureichend funktionieren. Ein gutes Beispiel ist das „Henne-Ei-Problem“, das die Entwicklung und Verbreitung der Elektromobilität bremst: Angesichts der jahrzehntelangen Dominanz des Verbrennungsmotors fand der Aufbau emissionsfreier Verkehrsinfrastrukturnetze wegen der geringen Nutzer:innenzahl lange Zeit nur schleppend statt. Gleichzeitig schreckten potenzielle Käufer:innen von Elektrofahrzeugen auch aufgrund der geringen Dichte des Ladeinfrastrukturnetzwerks vor einer Anschaffung zurück („range anxiety“). Die EU-Vorgabe (EK, 2023) schafft Klarheit für beide Seiten des Marktes und hilft, die Pfadabhängigkeit zu durchbrechen (TRAFFIX Verkehrsplanung et al., 2023).

soziale Treffsicherheit

Nur wenn ein CO₂-Bepreisungssystem die ökonomischen Kosten gerecht verteilt und Härtefälle vermeidet, kann die Politik genügend Rückhalt in der Gesellschaft schaffen, um eine solche Maßnahme erfolgreich zu implementieren (Umweltbundesamt, 2019b). Haushalte in unteren Einkommensgruppen werden durch die CO₂-Bepreisung überproportional stark belastet, da ihre Ausgaben für Energie und insbesondere Wohnen einen wesentlich höheren Anteil an ihren gesamten Konsumausgaben ausmachen als in höheren Einkommensgruppen (WIFO, 2021). Steigende Produktpreise aufgrund der Weitergabe von steigenden Produktionskosten an Konsument:innen verstärken diese regressive Verteilungswirkung. Die Mittelverwendung aus der CO₂-Bepreisung zum Ausgleich dieser unerwünschten Verteilungswirkungen stellt daher ein weiteres wesentliches Element einer sozial und ökologisch effektiven CO₂-Bepreisung dar.

Klima-Sozialfond

Im Jahr 2026, ein Jahr vor der Einführung des EU-ETS2, wird ein Klima-Sozialfond eingeführt. Besonders belastete Gruppen (Haushalte, Kleinstunternehmen, Verkehrsnutzer:innen) sollen frühzeitig unterstützt werden. Jeder Mitgliedstaat hat eine begrenzte Anzahl an Mitteln dafür zur Verfügung. Für Österreich stehen von 2026 bis 2032 578 Mio. Euro zur Verwendung (Annex II der EU-Verordnung 2023/955). Die Mittelverwendung ist nach klaren Vorgaben geregelt. Nach dem Entwurf von sogenannten Klima-Sozialplänen durch die Mitgliedstaaten erfolgt

eine Begutachtung durch die EU-Kommission. Die Frist für die Entwürfe der Sozialpläne ist der 30. Juni 2025 (EU-Verordnung 2023/955).

In den Plänen sollten Investitionskomponenten und andere Maßnahmen, wie befristete direkte Einkommensbeihilfen, vorgesehen sein, um kurz- und langfristige Lösungen zur Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu fördern. Mit den Plänen sollen vor allem zwei Ziele verfolgt werden:

- Das Zurverfügungstellen von nötigen finanziellen Mitteln für benachteiligte Kleinunternehmen, Haushalte und Verkehrsnutzer:innen, um Investitionen in die Energieeffizienz, die Dekarbonisierung des Heizens und des Kühlens, für emissionsfreie und emissionsarme Fahrzeuge und Mobilität vorzunehmen. Als Instrumente werden Gutscheine, Subventionen oder zinsfreie Darlehen angeführt.
- Preisanstiege bei fossilen Brennstoffen sollen abgefedert werden. Der Zugang zu erschwinglichem energieeffizienten Wohnraum einschließlich Sozialwohnungen kann auch von den Plänen unterstützt werden.

kontraproduktive Subventionen

Der Rückbau klimakontraproduktiver Subventionen ist neben der CO₂-Bepreisung die zweite zentrale ökonomische Maßnahme für die Transformation zur Klimaneutralität. Es handelt sich dabei etwa um Förderungen und Subventionen, die die Nutzung fossiler Energie und andere klimaschädliche Aktivitäten begünstigen und den Anreiz zur effizienten Nutzung von Energieressourcen reduzieren. Das Gesamtvolumen der klimakontraproduktiven Subventionen belief sich in Österreich im Durchschnitt der letzten Jahre (2016–2019/20) auf 4,1 bis 5,7 Mrd. Euro (WIFO, 2022). Dieses Volumen schlüsselt sich wie folgt auf:

- Mit 61 % macht der **Verkehrssektor** den größten Teil aus. Davon entfallen wiederum fast drei Viertel auf die Förderung von Kraftfahrzeugen, 25 % auf den Flugverkehr und ein Prozent auf die Schifffahrt.
- Mit 38 % des Gesamtvolumens liegt der Sektor **Energieerzeugung und -verbrauch** an zweiter Stelle.
- Rund ein Prozent der Förderungen ist mit 28 Mio. Euro der **Landwirtschaft** zuzuschreiben. Hier liegt das tatsächliche Volumen wahrscheinlich wesentlich höher, da einige quantitativ ausschlaggebende Maßnahmen nicht quantifiziert wurden (z. B. reduzierte Umsatzsteuer auf tierische Produkte).

Durch die klimakontraproduktiven Subventionen werden sowohl Haushalte als auch Unternehmen begünstigt, wobei letztere mit etwa 62 % einen größeren Teil der Förderungen erhalten (WIFO, 2022). Auf die Haushalte entfallen insbesondere Verkehrssubventionen, wie Pendlerpauschale oder die Mineralölsteuerbegünstigung für Diesel.

Für eine Reform der klimakontraproduktiven Subventionen ist zu berücksichtigen, welche Förderungen tatsächlich auf nationaler Ebene abgeändert werden können und wo unionsrechtliche oder internationale Übereinkommen erforderlich sind. Laut WIFO liegt die Abänderungskompetenz bei 56 % der identifizierten klimaschädlichen Subventionen in nationaler Hand. Der Rest erfordert

Handlungsschritte auf EU- oder internationaler Ebene (WIFO, 2022). Ein regelmäßiges Monitoring der bereits abgebauten oder umgewidmeten Förderungen und Subventionen ist zu empfehlen.

nachfrageseitige Maßnahmen

Sogenannte nachfrageseitige Maßnahmen zur Emissionsreduktion sind mit dem 6. Sachstandsbericht des IPCC stärker in den Fokus gerückt (IPCC, 2022a). Sie umfassen Optionen, die menschliches Wohlergehen bei geringerem Energie- und Materialverbrauch sicherstellen, indem sie Nachfrage vermeiden, verlagern oder verbessern. Dabei wird von der Perspektive der Bereitstellung von Dienstleistungen ausgegangen, die Grundbedürfnisse – wie Zugang zu Ernährung, Mobilität, Wohnen usw. – erfüllen. Nachfrageseitige Maßnahmen ermöglichen dies aber aufgrund von soziokulturellem, infrastrukturellem oder technologischem Wandel auf eine weniger emissionsintensive Art und Weise.

Nachfrageseitige Maßnahmen umfassen zum einen die Bereitstellung von infrastrukturellen und technologischen Optionen, die klimafreundliche Alternativen zum Status quo ermöglichen. Neben dem Ausbau der physischen Infrastruktur für beispielsweise öffentliche und batterieelektrisch betriebene Mobilität sind hier auch regulatorische und technische Rahmenbedingungen für Telearbeit und Sharing Economy gemeint. Zum anderen inkludieren nachfrageseitige Maßnahmen auch verhaltensökonomische Ansätze sowie Maßnahmen zur Bewusstseinsbildung, um eine langfristige Verschiebung sozialer Präferenzen weg von kurzfristig orientierten, ressourcenintensiven Gewohnheiten hin zu nachhaltigen Lebensstilen zu bewirken.

Einsparungspotenzial

Dem 6. Sachstandsbericht des IPCC zufolge können nachfrageseitige Maßnahmen die Treibhausgas-Emissionen in den Endnachfragesektoren Lebensmittelversorgung, Industrie, Verkehr, Gebäude und Stromerzeugung global gesehen um 40–70 % verringern (IPCC, 2022a). Zu den Maßnahmen mit dem größten Emissionsminderungspotenzial zählen:

- die Reduktion von Langstreckenflügen und die Bereitstellung einer **kompakten städtischen Nahverkehrsinfrastruktur** in der Kategorie „Vermeiden“,
- der Umstieg auf eine deutlich **pflanzenbasiere Ernährung** in der Kategorie „Verlagern“,
- **Effizienzsteigerungen im Gebäudesektor** durch Passivhaustechnologien und effiziente Heiztechnologien in der Kategorie „Verbessern“.

Ein stärkerer Fokus auf solche nachfrageseitigen Maßnahmen ist allein schon deshalb wichtig, weil die Transformation aufgrund der Elektrifizierung in Industrie, Verkehr und Gebäuden einen stark steigenden Strombedarf mit sich bringen wird. Um diesen erfüllen zu können, ist neben dem Ausbau von erneuerbaren Energieträgern auch deutlich mehr Energieeffizienz erforderlich.

nachhaltigere Ressourcennutzung

Aufgrund der Synergien mit dem Klimaschutz (vgl. Abschnitt 1.6.4) sind auch Maßnahmen für eine nachhaltigere Ressourcennutzung Teil eines systemisch wirksamen Policy Mix für die Klimaneutralität. Modellsimulationen für Österreich zeigen, dass solche Maßnahmen in den Bereichen Verkehr und Gebäude die Emissionen signifikant reduzieren können (Umweltbundesamt, 2021). Sie

verstärken also die emissionsmindernde Wirkung von Klimaschutzmaßnahmen und sollten in einer integrierten Betrachtungsweise mit diesen gemeinsam implementiert werden, um eine maximale Wirkung zu erzielen. Die simulierten Maßnahmen umfassen:

- **verstärktes Recycling** von baulichem Abbruchmaterial und Altfahrzeugen,
- eine **verlängerte Lebensdauer** von Wohngebäuden und Pkw,
- die **Minderung von Beständen**, beispielsweise durch gefördertes Co-Housing und Carsharing.

Weitere Maßnahmen zur Reduktion des Ressourcenverbrauchs mit hohem CO₂-Einsparungspotenzial sind materialärmere, „leichtere“ Gebäude sowie Pkw von geringerer Größe und Gewicht.

Rebound-Effekte

Allerdings bewirken solche Maßnahmen auch, dass sich die Haushalte Ausgaben für Wohnen und Verkehr ersparen und diese auf den Konsum anderer Güter und Dienstleistungen verlagern, wo sie wiederum Ressourcen verbrauchen und Emissionen verursachen. Dieser Rebound-Effekt dämpft die Emissionsminderung, jedoch kann er durch informationsbasierte Begleitmaßnahmen zur Bewusstseinsbildung abgemildert werden, die die Bedeutung und Vorteile eines nachhaltigeren Ressourcenverbrauchs klar kommunizieren. Auch ökonomische Instrumente, wie eine Besteuerung bestimmter Ressourcen, wären unter Berücksichtigung möglichst treffsicherer sozialer Ausgleichsmaßnahmen zur Herstellung von Kostenwahrheit sinnvoll (Umweltbundesamt, 2021).

2 STATUS DER ÖSTERREICHISCHEN TREIBHAUSGAS-EMISSIONEN

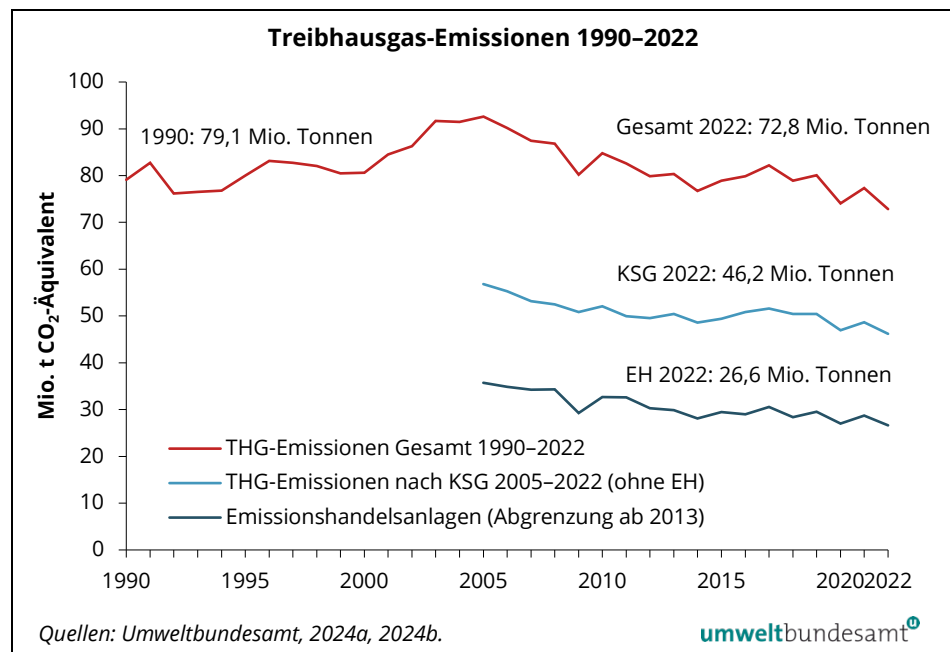
aktuelle Daten aus dem Jahr 2022

Das Jahr 2022 ist das aktuellste Jahr, für welches derzeit qualitätsgeprüfte Inventurdaten vorliegen. Es ist das zweite Jahr, welches der zweiten Verpflichtungsperiode der europäischen Effort-Sharing-Verordnung (ESR; Verordnung 2023/857/EU) unterliegt.

Im Jahr 2022 wurden insgesamt 72,8 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent Treibhausgase emittiert. Gegenüber 2021 bedeutet das eine Abnahme um 5,8 % bzw. 4,5 Mio. Tonnen. Im Vergleich zu 1990 sanken die Treibhausgas-Emissionen im Jahr 2022 um 7,9 % bzw. 6,2 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent.

Im Emissionshandelsbereich (EH) sind 2022 um 2,1 Mio. Tonnen (minus 7,2 %) weniger THG zu verzeichnen als 2021, in den Sektoren nach Klimaschutzgesetz (KSG) um 2,4 Mio. Tonnen (5,0 %) weniger.

Abbildung 15:
Verlauf der österreichischen Treibhausgas-Emissionen 1990–2022.



Rückgang durch hohe Energiepreise

Das Jahr 2022 war geprägt durch den im Februar begonnenen russischen Angriffskrieg gegen die Ukraine und die damit verbundenen Verwerfungen bei den Energiepreisen sowie den deutlichen Anstieg der Teuerungsrate.

Das Bruttoinlandsprodukt stieg im Vergleich zum Vorjahr 2021 um rund 4,8 % (nach einem Anstieg von 4,2 % im Jahr 2021 gegenüber 2020). Die Bevölkerung wuchs um 1,1 %, zurückzuführen insbesondere auf die Fluchtmigration aus der Ukraine. Die Witterung im Jahr 2022 war deutlich wärmer, die Zahl der Heizgradtage sank gegenüber dem Vorjahr um 12,8 % (nach einem Anstieg von 12,5 % im Vorjahr) und lag leicht unter dem langfristigen Trend.

Nach dem Anstieg im Jahr 2021 kam es in vielen Sektoren wieder zu deutlichen Emissionsrückgängen. Die geringere Stahlproduktion, der gesunkene Verbrauch von Heizöl und Erdgas im Gebäudesektor u. a. aufgrund der kühlen Witterung sowie der Rückgang der Fahrleistung und der damit verbundene Absatz von Diesel sind hauptsächlich dafür verantwortlich.

***rückläufiger Trend
seit 2005***

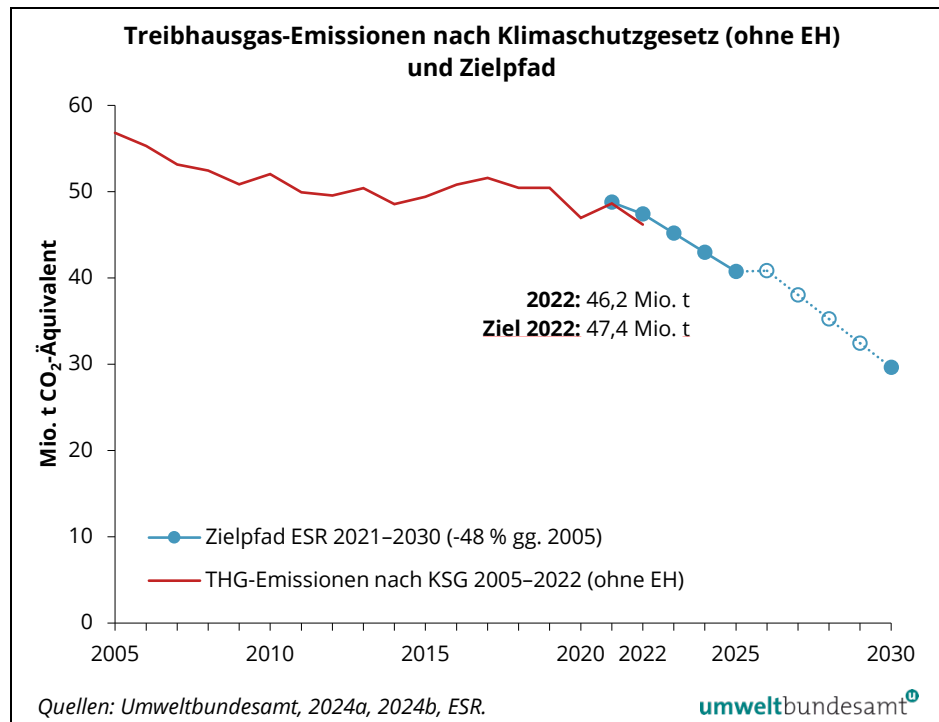
Von 2005 bis 2014 war ein rückläufiger Trend der Treibhausgas-Emissionen zu beobachten, anschließend kam es wieder zu einem ansteigenden Trend bis 2017, der unter anderem auf niedrige Preise für fossile Energie, eine gute konjunkturelle Entwicklung und die fehlende Umsetzung neuer, wirksamer Klimaschutzmaßnahmen zurückzuführen war. Die Emissionen sind in den letzten Jahren durch die Corona-Pandemie und den Angriffskrieg gegen die Ukraine spürbar gesunken. Lockdown-Maßnahmen führten einerseits zu geringerer industrieller Produktion und Verkehrsaktivität und hohe Energiepreise verstärkten andererseits Bemühungen um Energieeffizienz und erneuerbare Energien, wobei verstärkte Klimaschutzmaßnahmen zu dieser Entwicklung beigetragen haben. Auch tritt die Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Treibhausgas-Emissionen, die generell seit 2005 sichtbar ist, in den letzten Jahren wieder in den Vordergrund (siehe auch Abbildung 16).

***Höchstmenge 2022
unterschritten***

Für die Jahre 2021–2030 gelten für die Emissionen außerhalb des Emissionshandels nationale Höchstmengen gemäß EU-ESR (Effort-Sharing-Verordnung 2018/842/EU). Die Summe der Treibhausgas-Emissionen außerhalb des Emissionshandels lag 2022 mit rund 46,2 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent um etwa 1,2 Mio Tonnen unter der für 2022 gültigen Höchstmenge von 47,4 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent.

Abbildung 16 zeigt die österreichischen Treibhausgas-Emissionen (ohne EH) und die aktuellen Zielvorgaben nach der europäischen Entscheidung zur Lastenverteilung (ESR) bzw. Durchführungsbeschluss 2023/1319/EU.

Abbildung 16:
Verlauf der österreichischen Treibhausgas-Emissionen (ohne EH)
2005–2022 und Zielpfad
2021–2030.



2.1 Anteil und Trend der Sektoren

Hauptverursacher inkl. EH

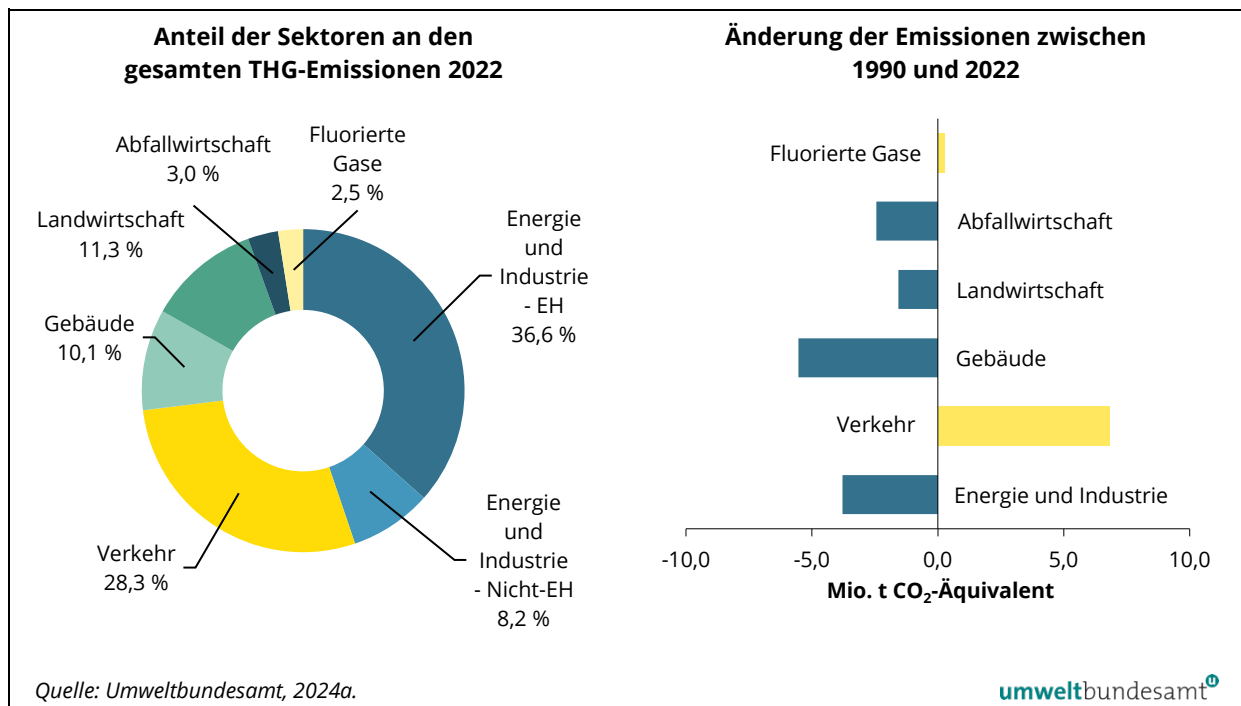
Die wesentlichen Verursacher der österreichischen Treibhausgas-Emissionen (inkl. Emissionshandel) waren im Jahr 2022 die Sektoren Energie und Industrie (44,8 %, darunter 8,2 % Anlagen außerhalb des Emissionshandels), Verkehr (28,3 %), Landwirtschaft (11,3 %) sowie Gebäude (10,1 %). Diese Sektoren sind für rund 94,5 % der Treibhausgas-Emissionen verantwortlich (siehe Abbildung 17).

Trend seit 1990 inkl. EH

Der Sektor Verkehr verzeichnet seit 1990 entsprechend der aktuellen Inventur den stärksten Anstieg von Treibhausgas-Emissionen mit einem Plus von 6,8 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent bzw. 49,6 %. Die Emissionen von Fluorierten Gasen (+0,3 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent bzw. +17,2 %) haben im selben Zeitraum ebenfalls zugenommen, jedoch auf deutlich niedrigerem Niveau.

Die Emissionen des Sektors Gebäude sind von 1990 bis 2022 um 5,5 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent (-42,9 %) gesunken, der Treibhausgas-Ausstoß des Sektors Energie und Industrie hat um 3,8 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent (bzw. -10,4 %) abgenommen. Auch in den Sektoren Abfallwirtschaft (-2,4 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent bzw. -52,4 %) und Landwirtschaft (-1,6 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent bzw. -16,0 %) sind die Treibhausgas-Emissionen zurückgegangen.

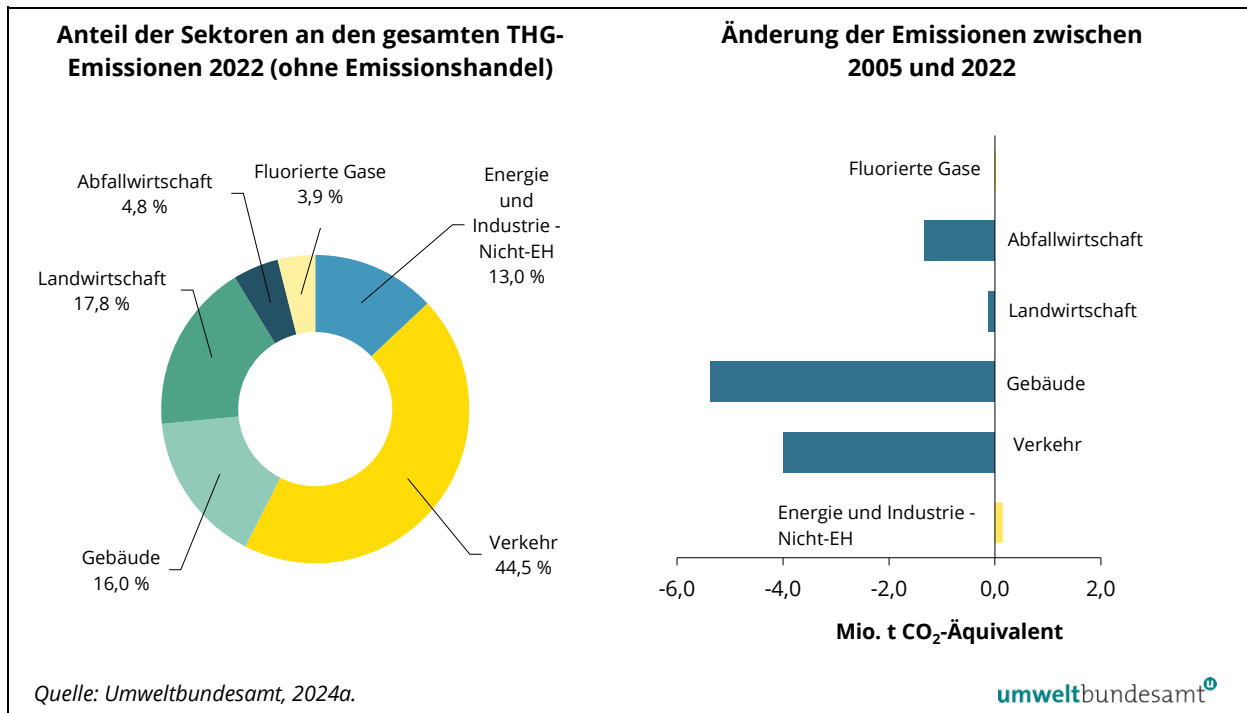
Abbildung 17: Anteil der Sektoren an den Treibhausgas-Emissionen 2022 (inklusive Emissionshandel) und Änderung der Emissionen zwischen 1990 und 2022.



Hauptverursacher ohne EH Die wichtigsten Verursacher von Treibhausgas-Emissionen (**ohne Emissionshandel**) waren 2022 die Sektoren Verkehr (44,5 %), Gebäude (16,0 %), Landwirtschaft (17,8 %) sowie Energie und Industrie (13,0 %).

Trend seit 2005 ohne EH Die größten Reduktionen der Treibhausgas-Emissionen seit 2005 (ohne EH) verzeichneten die Sektoren Gebäude (-5,4 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent bzw. -42,1 %), Verkehr (-4,0 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent bzw. -16,3 %), Abfallwirtschaft (-1,3 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent bzw. -37,4 %). Einen leichten Rückgang gab es auch in der Landwirtschaft (-0,1 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent bzw. -1,5 %). Im Sektor Fluorierte Gase kam es von 2005 bis 2022 zu einer Emissionszunahme (+0,02 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent bzw. +1,2 %), ebenso im Sektor Energie und Industrie ohne Emissionshandel (+0,1 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent bzw. +2,6 %).

Abbildung 18: Anteil der Sektoren an den Treibhausgas-Emissionen 2022 (ohne Emissionshandel) und Änderung der Emissionen zwischen 2005 und 2022.



2.2 Anteile der Treibhausgase

Treibhausgas-Potenziale

Die nach der Klimarahmenkonvention (UNFCCC) reglementierten Treibhausgase sind: Kohlenstoffdioxid (CO₂, dient als Referenzwert), Methan (CH₄), Distickstoff-oxid (Lachgas, N₂O) und die Gruppe der Fluorierten Gase. Der Ausstoß der Gase wird entsprechend ihrem Treibhausgas-Potenzial²⁵ gewichtet und als CO₂-Äquivalent ausgedrückt.

Die Treibhausgas-Potenziale sind entsprechend dem 5. Sachstandsbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2013) heranzuziehen. Für Methan wurde ein Treibhausgas-Potenzial von 28, für Lachgas eines von 265 festgesetzt. Die F-Gase haben ein Treibhausgas-Potenzial von 4 bis zu 23.500 (immer bezogen auf einen Zeitraum von 100 Jahren).²⁶

²⁵ Das Treibhausgas-Potenzial ist ein zeitabhängiger Index, mit dem der Strahlungsantrieb eines bestimmten Treibhausgases auf Massenbasis in Relation zum Strahlungsantrieb von CO₂ gesetzt wird.

²⁶ Eine vollständige Liste aller Gase, inklusive aller F-Gase, ist im Annex 8A des Beitrags der Arbeitsgruppe 1 zum IPCC 5. Sachstandsbericht zu finden
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf

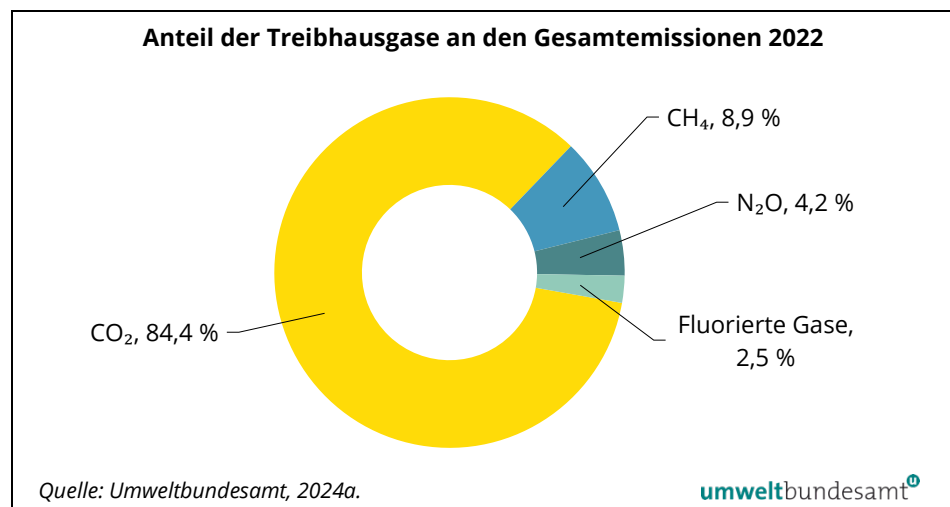
Die Emissionen der einzelnen Treibhausgase stellten sich 2022 in Österreich wie folgt dar:

Kyoto-relevante Treibhausgase

- **Kohlenstoffdioxid (CO₂)** nahm 2022 den größten Anteil (84,4 %) an den gesamten Treibhausgas-Emissionen ein. Es entsteht vor allem bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe auf Basis von Erdgas, Erdöl und Kohle und damit hauptsächlich in den Sektoren Verkehr, Gebäude sowie Energie und Industrie – hier teilweise auch prozessbedingt, etwa bei der Eisen- oder Zementproduktion.
- **Methan (CH₄)** ist in Österreich das zweitwichtigste Treibhausgas mit einem Anteil von 8,9 % im Jahr 2022. Methan entsteht in erster Linie bei mikrobiologischen Gärungsprozessen, die zum Beispiel auf Deponien, aber auch in Mägen von Wiederkäuern stattfinden. Im Landwirtschaftssektor wird Methan auch bei der Lagerung von Wirtschaftsdünger freigesetzt.
- **Lachgas (N₂O)** hatte 2022 einen Anteil von 4,2 % an den gesamten Treibhausgas-Emissionen Österreichs. Lachgas entsteht beim biologischen Abbau stickstoffhaltiger Verbindungen (zum Beispiel Dünger), in Abgaskatalysatoren beim Abbau von Stickstoffoxiden und in der Chemischen Industrie.

Die Gruppe der **Fluorierten Gase** (F-Gase) umfasst teilfluorierte (HFKW) und vollfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW), Schwefelhexafluorid (SF₆) sowie seit 2013 Stickstofftrifluorid (NF₃). Der Anteil dieser Emissionen belief sich im Jahr 2022 in Summe auf 2,5 % aller Treibhausgase. Die wichtigsten Emissionsquellen sind Kühltechnik- und Klimaanlage sowie die Industrie.

Abbildung 19:
Anteile der einzelnen Treibhausgase an den nationalen Treibhausgas-Gesamtemissionen im Jahr 2022.



Gründe für den CO₂-Trend

Im Jahr 2022 lagen die CO₂-Emissionen um 1,1 % unter jenen im Basisjahr 1990. Obwohl seit 1990 tendenziell vermehrt fossile Energie (insbesondere Erdöl und Erdgas) eingesetzt wurde, konnte seit 2005 durch Energieeffizienzmaßnahmen und den Einsatz erneuerbarer Energieträger ein Rückgang erzielt werden. Von 2021 auf 2022 sanken die CO₂-Emissionen hauptsächlich in den Sektoren Gebäude, Verkehr und Industrie.

CH₄- und N₂O-Rückgang

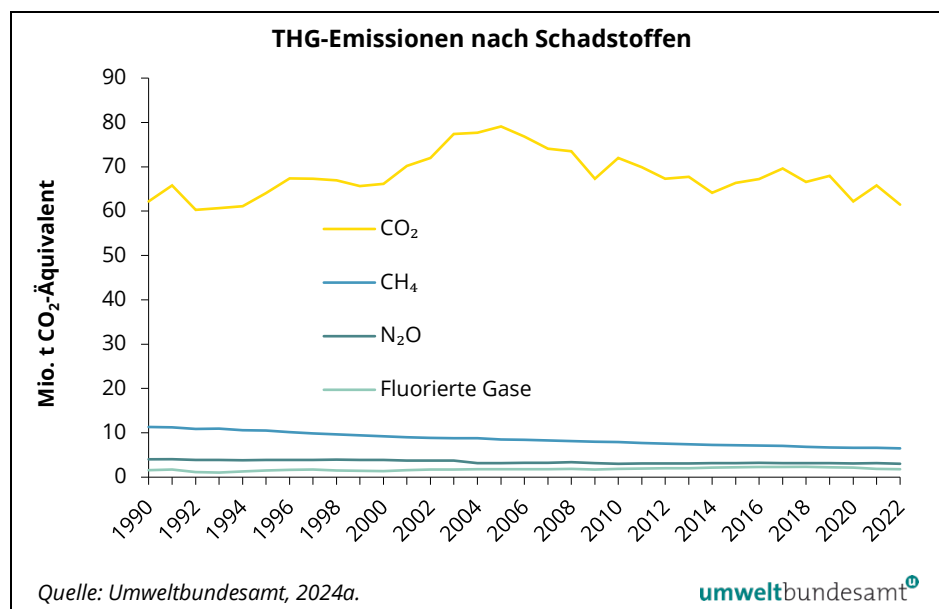
Bei den CH₄-Emissionen Österreichs kam es von 1990 bis 2022 zu einem Rückgang um 42,6 %. Dafür war insbesondere das Ablagerungsverbot von unbehandelten Abfällen mit hohen organischen Anteilen (Deponieverordnung) und der rückläufige Viehbestand verantwortlich.

Für den Rückgang der N₂O-Emissionen um 24,5 % gegenüber 1990 sind Maßnahmen in der Chemischen Industrie (katalytische Reduktion bei der Salpetersäureproduktion) sowie der sinkende Viehbestand (v. a. Rinder) und der reduzierte Mineraldüngereinsatz in der Landwirtschaft hauptverantwortlich.

F-Gas-Trend

Seit dem Basisjahr 1990 sind die Emissionen der Fluorierten Gase um 17,2 % angestiegen. Dies ist v. a. auf den vermehrten Einsatz fluorierter Kohlenwasserstoffe als Kälte- und Kühlmittel zurückzuführen (für mehr Details siehe Kapitel 3.6).

Abbildung 20:
Treibhausgase nach
Schadstoffen
1990–2022.



2.3 Wirtschaftliche Einflussfaktoren auf den Trend der Treibhausgas-Emissionen

Der Verlauf der Treibhausgas-Emissionen hängt von vielen Faktoren ab, auf die im Detail noch im Rahmen der sektoralen Trendanalyse dieses Berichtes eingegangen wird (siehe Kapitel 3). Im Folgenden werden einige wesentliche wirtschaftliche Einflussfaktoren auf die Treibhausgas-Emissionen Österreichs analysiert.

Bruttoinlandsenergieverbrauch

Rund drei Viertel der Treibhausgase sind energiebedingt. Daher geht die Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen besonders mit der Entwicklung des Anteils fossiler Energieträger am Bruttoinlandsenergieverbrauch (BIV) einher. Der BIV hat sich gegenüber 1990 um 29,0 % erhöht, ist über den gesamten Zeitraum 1990–2022 jedoch weniger stark gewachsen als das reale Bruttoinlandsprodukt (+76,2 %) (Statistik Austria, 2022a, 2022b; siehe Abbildung 21, Tabelle 5).

Generell machten sich seit Mitte der 2000er Jahre v. a. der vermehrte Einsatz von kohlenstoffärmeren und erneuerbaren Energieträgern wie auch Emissionsrückgänge in den nicht energetischen Bereichen (z. B. Abfalldeponierung) positiv bemerkbar. Seit dem Jahr 2005 ist grundsätzlich eine Entkoppelung festzustellen – der Energieverbrauch ist trotz des steigenden Bruttoinlandsproduktes (BIP) annähernd konstant geblieben und die Treibhausgas-Emissionen sanken im selben Zeitraum.

Abbildung 21:
Entwicklung der nationalen Treibhausgas-Emissionen im Vergleich zum Bruttoinlandsenergieverbrauch, zu fossilen Energieträgern und dem BIP, 1990–2022.

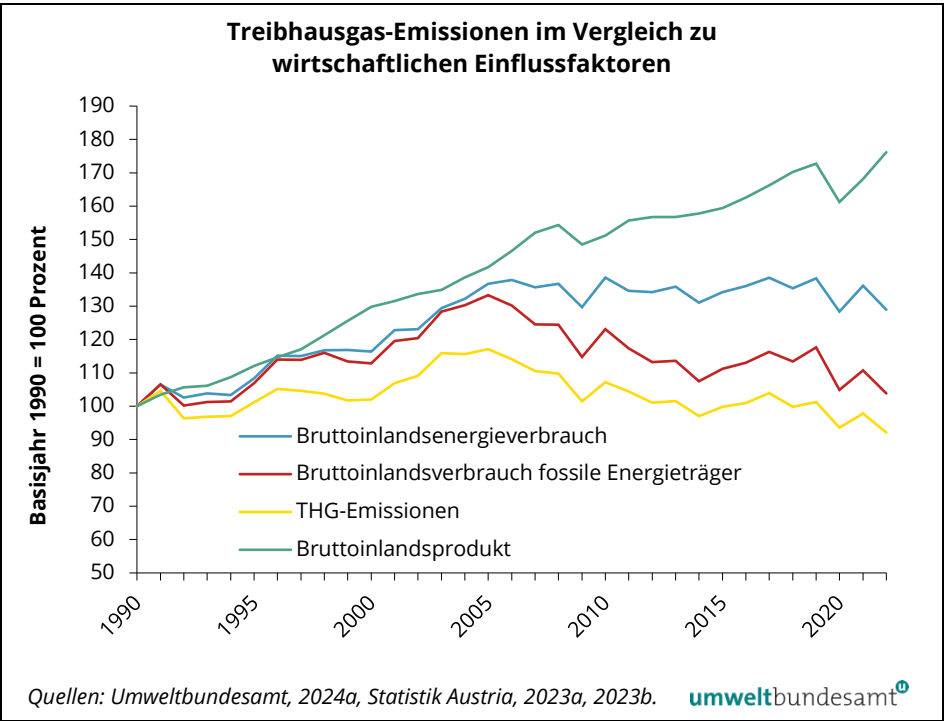


Tabelle 5: Einfluss der Faktoren Bruttoinlandsenergieverbrauch, Bruttoinlandsverbrauch fossile Energieträger und BIP auf die Treibhausgas-Emissionen in Österreich (Quellen: Umweltbundesamt, 2024a, Statistik Austria, 2023a, 2023b).

Jahr	THG-Emissionen (Mio. t CO ₂ - Äquivalent)	Bruttoinlands- energieverbrauch (PJ)	Bruttoinlandsverbrauch fossile Energieträger (PJ)	BIP (zu konstanten Preisen von 2015, Mrd. Euro)
1990	79,1	1.052,3	834,6	216
2005	92,6	1.438,1	1.112,4	306
2010	84,8	1.458,3	1.027,6	327
2020	74,0	1.350,5	875,4	348
2021	77,4	1.432,7	924,4	363
2022	72,8	1.357,3	866,6	381
1990–2022	-7,9 %	29,0 %	3,8 %	76,2 %

Einflussfaktoren auf die Treibhausgas-Emissionen – Komponentenzerlegung

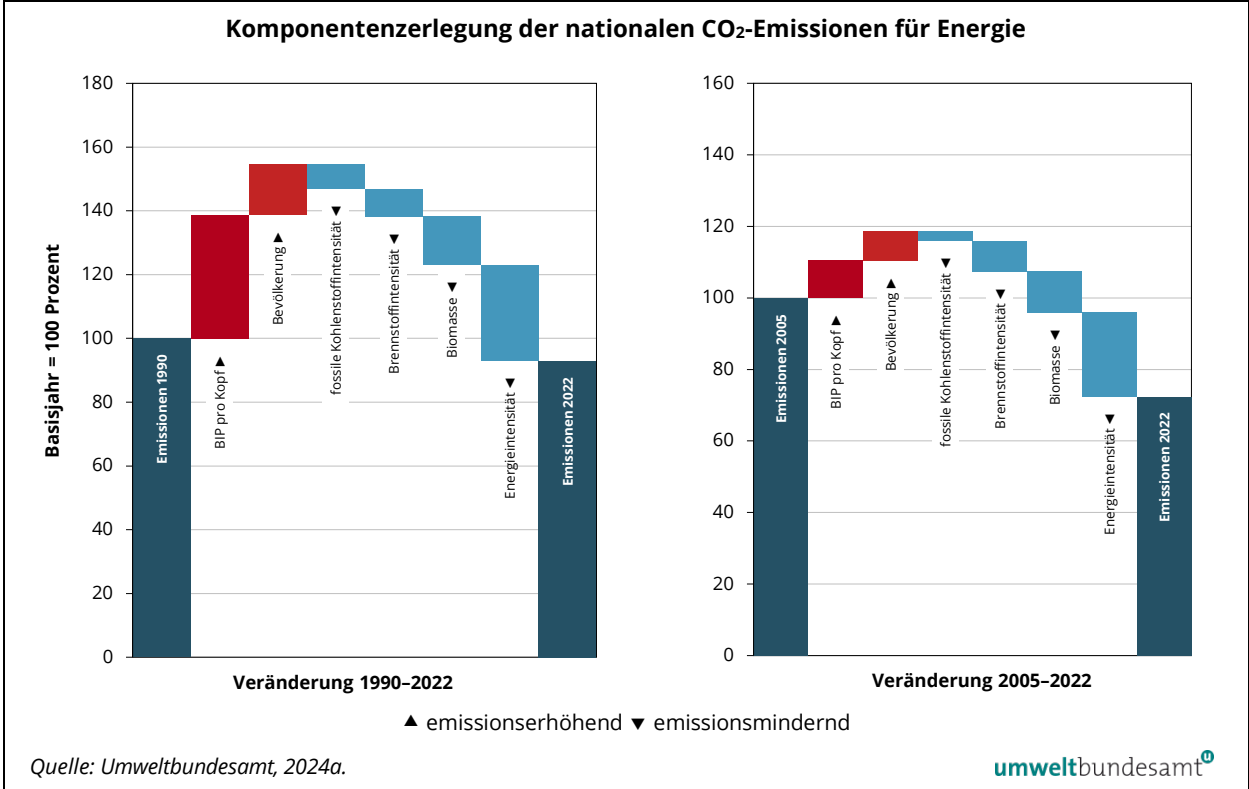
Nachfolgend wird die anteilmäßige Wirkung dargestellt, die ausgewählte Einflussgrößen, wie Bevölkerungsentwicklung, Bruttoinlandsprodukt sowie Kohlenstoff-, Energie- und Brennstoffintensitäten und Biomasse, auf die CO₂-Emissionsentwicklung der Energiesektoren in Österreich haben. Für die Gegenüberstellung der Emissionen in den Zeiträumen 1990–2022 und 2005–2022 wurde die Methode der Komponentenzerlegung eingesetzt.

Methodik Mit der Komponentenzerlegung wird aufgezeigt, welche Faktoren im betrachteten Zeitraum tendenziell den größten Einfluss auf die Emissionsänderung ausgeübt haben. Die Größe der Balken spiegelt das relative Ausmaß der Beiträge (berechnet in Tonnen CO₂) der einzelnen Parameter zur Emissionsentwicklung wider (wobei das Symbol ▲ einen emissionserhöhenden Effekt, das Symbol ▼ einen emissionsmindernden Effekt kennzeichnet). Details zur Methode sind in Anhang 2 dargestellt.

Faktor BIP pro Kopf Aus den Entwicklungen seit 1990 wird ersichtlich, dass im betrachteten Zeitraum insgesamt gesehen ein enger Zusammenhang zwischen Wirtschaftsleistung (gemessen am BIP bzw. BIP/Kopf) und der Entwicklung des Bruttoinlandsenergieverbrauchs und damit der nationalen Treibhausgas-Emissionen besteht. Auch im Ergebnis der Komponentenzerlegung wird die Einkommenskomponente (BIP pro Kopf) als größter emissionserhöhender Faktor unter den ausgewählten Einflussgrößen identifiziert.

In Bezug auf die Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen ist eine weitere Entkoppelung zwischen Bruttoinlandsenergieverbrauch und BIP notwendig. Hier sind auch im Hinblick auf die langfristigen Klimaziele branchenweise geeignete Vorgehensweisen unter Berücksichtigung innovativer Technologien zu entwickeln und umzusetzen.

Abbildung 22: Komponentenzzerlegung der nationalen CO₂-Emissionen für Energie.



Einflussfaktoren	Definition
Bevölkerung	Emissionserhöhender Effekt, der sich aufgrund der wachsenden Bevölkerungszahl von 7,7 Mio. (1990) auf 8,2 Mio. (2005) und 9,1 Mio. (2022) ergibt.
BIP pro Kopf	Emissionserhöhender Effekt, der sich aufgrund der steigenden Wertschöpfung pro Kopf (Preisbasis 2015) von 28.100 Euro (1990) auf 37.200 Euro (2005) und 42.000 Euro (2022) ergibt.
Energieintensität (BIV/BIP)	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund des sinkenden Bruttoinlandsenergieverbrauchs (BIV) pro Wertschöpfungseinheit (BIP) von 4,9 TJ/Mio. Euro (1990) auf 4,7 TJ/Mio. Euro (2005) und 3,6 TJ/Mio. Euro (2022) ergibt.
Brennstoffintensität	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund des verringerten Brennstoffeinsatzes pro Bruttoinlandsenergieverbrauch (BIV) von 75 % (1990) auf 69 % (2022) ergibt, wobei im Zeitraum von 1990 bis 2005 ein geringfügiger Anstieg auf 76 % (2005) stattfand.
Biomasse	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund des steigenden Anteils der Biomasse am gesamten Brennstoffeinsatz von 97 PJ (1990) auf 153 PJ (2005) und 232 PJ (2022) ergibt.
fossile Kohlenstoffintensität	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund der sinkenden energiebedingten CO ₂ -Emissionen pro fossile Brennstoffeinheit von 73,2 Tonnen/TJ (1990) auf 69,8 Tonnen/TJ (2005) und 67,6 Tonnen/TJ (2022) ergibt. Der Grund für diese Entwicklung liegt im zunehmenden Einsatz von kohlenstoffärmeren fossilen Brennstoffen (Erdgas) zur Energieerzeugung.

2.4 Emissionen auf Bundesländerebene

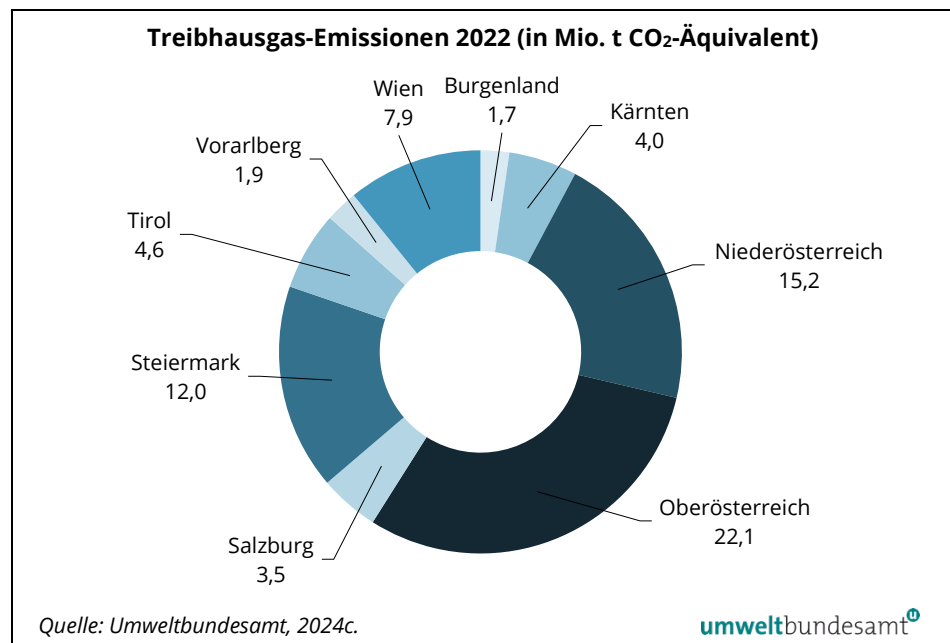
Im Rahmen der Bundesländer Luftschadstoff-Inventur (BLI) werden jährlich in Kooperation mit den Ämtern der Landesregierungen Bundesländer-Emissionsdaten erstellt und jeweils im Oktober publiziert (Umweltbundesamt, 2024c). Für die Darstellung der Emissionsdaten in diesem Kapitel werden vorläufige (nicht veröffentlichte) Daten verwendet.

Die der Regionalisierung dieses Berichts zugrundeliegenden Daten basieren auf der Österreichischen Luftschadstoff-Inventur (OLI) für die Jahre 1990–2021 (Umweltbundesamt, 2024a).

Anteile der Bundesländer

Im Jahr 2022 betrugen die Anteile der Bundesländer an den nationalen Treibhausgas-Emissionen Österreichs für Oberösterreich 30 %, für Niederösterreich 21 %, für die Steiermark 16 %, für Wien 11 %, für Tirol 7 %, für Kärnten und Salzburg jeweils 5 %, für Vorarlberg 3 % und für das Burgenland 2 %.

Abbildung 23:
Treibhausgas-Emissionen im Jahr 2022 auf Bundesländerebene.



Ein Großteil der nationalen Treibhausgas-Emissionsmenge (siehe Abbildung 23) wird somit von den Bundesländern Oberösterreich, Niederösterreich und der Steiermark emittiert. In diesen drei sowohl flächenmäßig als auch nach der Bevölkerungszahl großen Ländern liegen wichtige Industriestandorte (z. B. Stahlwerk Linz) und sie beinhalten zudem bedeutende Einrichtungen der nationalen Energieversorgung, wie z. B. die Raffinerie in Schwechat oder große kalorische Kraftwerke. Der Verkehr spielt in diesen drei Bundesländern ebenfalls eine bedeutende Rolle. Das bevölkerungsreichste Bundesland Wien ist als Großstadt grundlegend anders strukturiert als die übrigen Bundesländer. Die größten Emittenten Wiens sind die Sektoren Verkehr, Energie und Gebäude. Verkehr, Industrie, Gebäude und Landwirtschaft dominieren die Treibhausgas-Emissionen der Bundesländer Burgenland, Kärnten, Salzburg, Tirol und Vorarlberg.

Eine detaillierte Beschreibung der Bundesländer-Emissionstrends wird im Bericht „Bundesländer Luftschadstoff-Inventur 1990–2022“ (Umweltbundesamt, 2024c) zu finden sein.

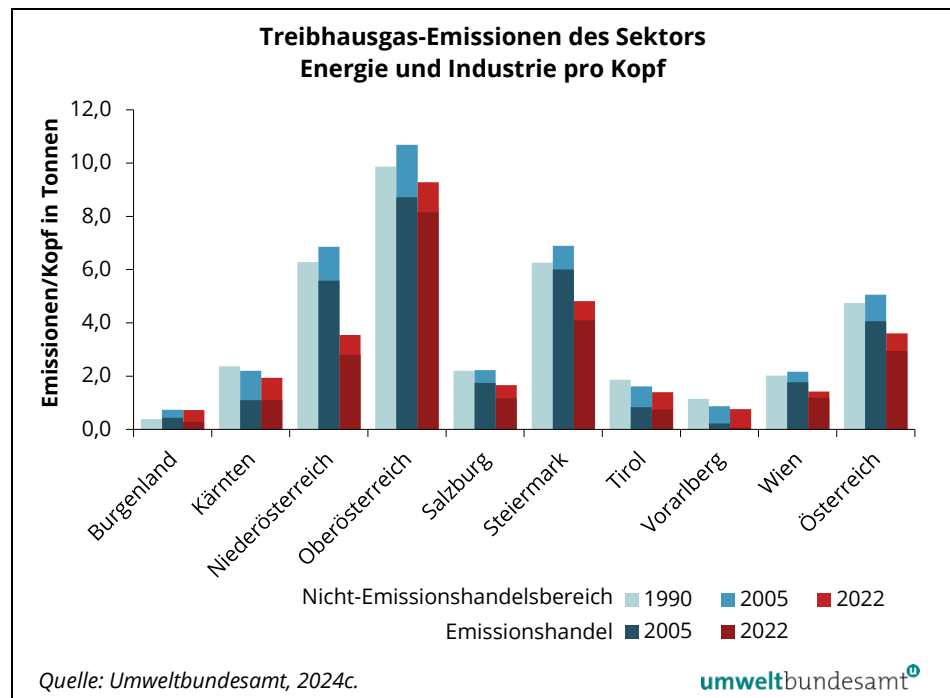
2.4.1 Sektor Energie und Industrie

Der überwiegende Anteil der Treibhausgas-Emissionen aus dem Sektor Energie und Industrie wird von Emissionshandelsbetrieben verursacht (siehe auch Kapitel 3.1.8).

Pro-Kopf-Emissionen

Das Industrieland Oberösterreich liegt bei den Pro-Kopf-Emissionen (siehe Abbildung 24) an erster Stelle, gefolgt von der Steiermark, deren industrielle Treibhausgas-Emissionen ebenfalls von der energieintensiven Eisen- und Stahlindustrie geprägt sind. Weitere bedeutende Industriesparten sind die Chemische Industrie (OÖ, NÖ), die Zementindustrie (K, NÖ, OÖ, S, St, T), die Papierindustrie (NÖ, OÖ, St) und die Halbleiterherstellung (K). Niederösterreich weist insbesondere als Standort von Einrichtungen der österreichischen Energieversorgung, wie z. B. der Raffinerie Schwechat, dem kalorischen Kraftwerk Dürnrohr (Stilllegung Kohleverbrennung im August 2019) sowie von Anlagen zur Erdöl- und Erdgasförderung, überdurchschnittliche Pro-Kopf-Emissionen auf.

Abbildung 24:
Treibhausgas-Emissionen des Sektors Energie und Industrie pro Kopf auf Bundesländerebene.

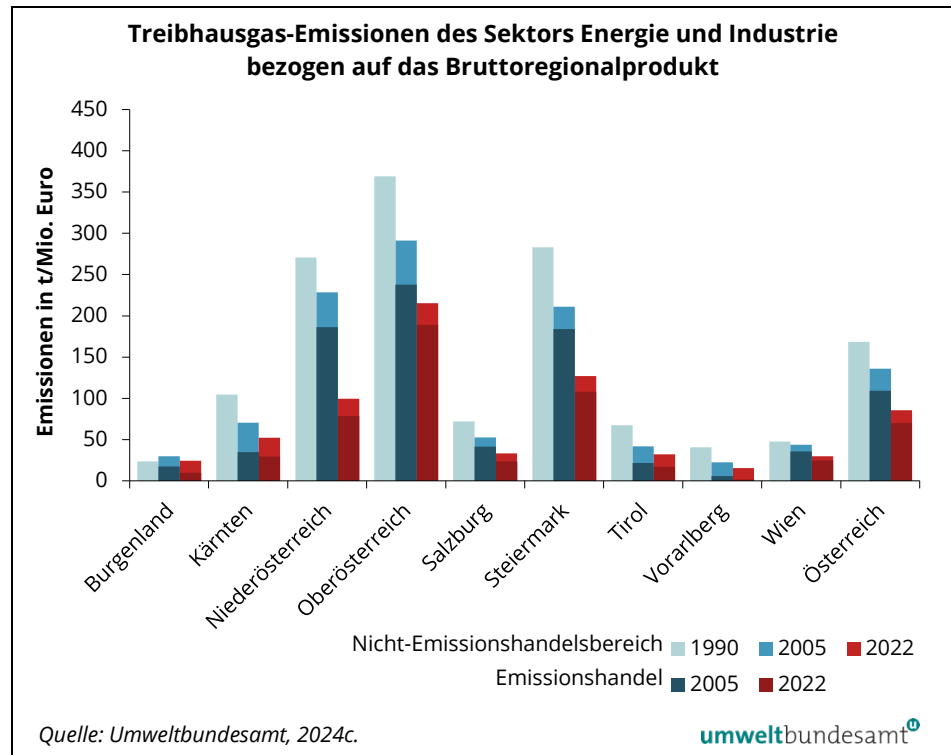


Bruttoregionalprodukt

Die Treibhausgas-Emissionen aus dem Sektor Energie und Industrie haben, gemessen am Bruttoregionalprodukt, in allen Bundesländern mit Ausnahme des Burgenlandes deutlich abgenommen (siehe Abbildung 25). Der leichte Anstieg im Burgenland gegenüber 1990 ist auf die etwas stärkere Industrialisierung des Landes seit dem EU-Beitritt zurückzuführen.

Insbesondere in Niederösterreich, Oberösterreich und der Steiermark konnten deutliche Verbesserungen der Emissionsintensität in Bezug auf die Wirtschaftsleistung erzielt werden.

Abbildung 25:
Entwicklung der
Treibhausgas-Emissionen des Sektors Energie und Industrie auf Bundesländerebene, bezogen auf das Bruttoregionalprodukt.



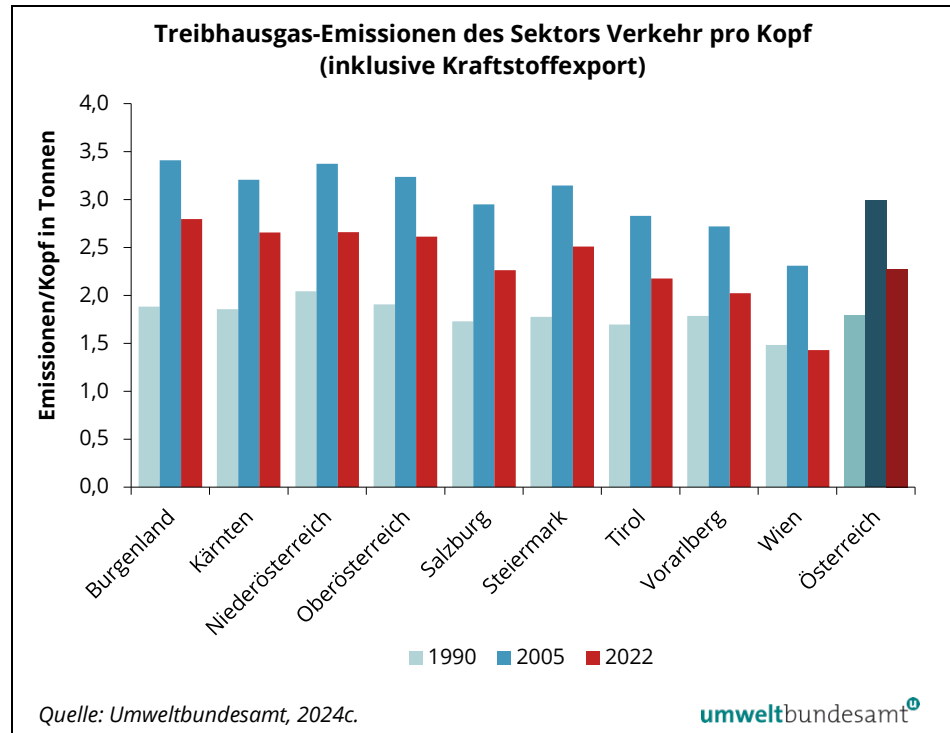
2.4.2 Sektor Verkehr

Pro-Kopf-Emissionen

Alle Bundesländer haben für den Verkehrssektor seit 1990 eine Zunahme der Treibhausgas-Emissionen pro Kopf zu verzeichnen. Neben den steigenden Fahrleistungen im Inland wirkt sich hier auch der im Vergleich zu 1990 vermehrte Kraftstoffexport aus, bedingt durch günstige Kraftstoffpreise in Österreich (siehe auch Kapitel 3.2).

Aufgrund des hohen Anteils am öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) werden für Wien die geringsten Pro-Kopf-Emissionen ausgewiesen. Vor allem der starke Zuzug in die Bundeshauptstadt lässt in Wien – als einzigem Bundesland – die Treibhausgas-Emissionen pro Kopf im Sektor Verkehr im Vergleich zu 1990 leicht sinken.

Abbildung 26:
Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen des Sektors Verkehr pro Kopf auf Bundesländerebene (inkl. Kraftstoffexport).



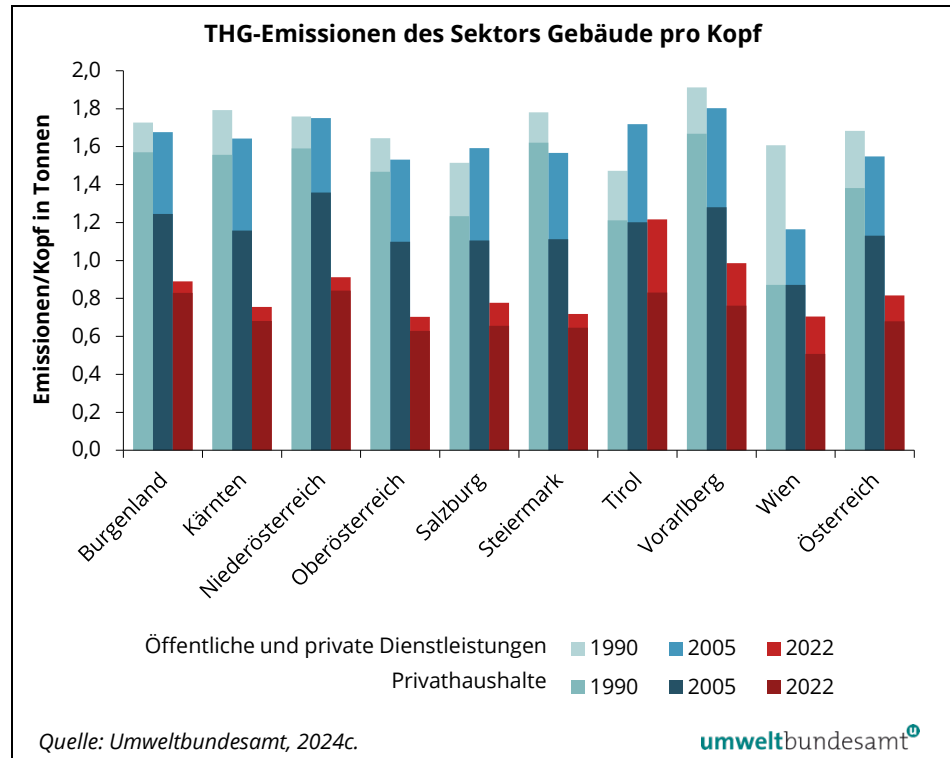
2.4.3 Sektor Gebäude

Pro-Kopf-Emissionen der Privathaushalte

Bei den Pro-Kopf-Emissionen der Privathaushalte kam es österreichweit seit 1990 zu einem nahezu kontinuierlichen Rückgang. Im Bereich der Dienstleistungen hingegen ist erst seit 2005 eine Trendwende hin zu abnehmenden Pro-Kopf-Emissionen bemerkbar. Maßnahmen zur thermisch-energetischen Sanierung des Altbaubestandes, der Ausbau von Fernwärme²⁷ und erneuerbaren Energieträgern sowie die Umsetzung von Vorgaben zur Energieeffizienz im Neubau führten zu sinkenden Pro-Kopf-Emissionen im Sektor Gebäude.

²⁷ Der Ausbau von Fernwärme verursacht (in Abhängigkeit vom Anteil erneuerbarer Energie für die Fernwärmeaufbringung) zusätzliche Treibhausgas-Emissionen im Sektor Energie und Industrie (Verlagerung aus dem Sektor Gebäude bei Umstellung von Heizungen mit fossilem Brennstoffeinsatz auf Fernwärme).

Abbildung 27:
Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen des Sektors Gebäude pro Kopf auf Bundesländerebene.



strukturelle Unterschiede

In der Entwicklung der Pro-Kopf-Emissionen der Haushalte spiegeln sich die unterschiedlichen Strukturen der Bundesländer wider: Bundesländer mit vorwiegend urbaner Struktur, wie z. B. Wien, erreichen durch den Ausbau von Fernwärme sowie die kompakte Bauweise im Gebäudebestand trotz eines relativ hohen fossilen Anteils bei den eingesetzten Brennstoffen niedrigere Pro-Kopf-Emissionen. In Bundesländern mit vorwiegend ländlicher Struktur zeigt die Ausgangssituation im Jahr 1990 höhere Pro-Kopf-Emissionen der Haushalte. Dies kann auf die hohe Anzahl an Wohngebäuden pro Einwohner:in und auf die vergleichsweise große Wohnnutzfläche pro Wohnung zurückgeführt werden. Auch der Anstieg der Wohnfläche pro Kopf ist seit 1990 in ländlichen Gebieten höher als z. B. in Wien. Deutliche Emissionsreduktionen konnten insbesondere durch die Steigerung der thermischen Gebäudequalität (besonders Kärnten, Burgenland, Niederösterreich und Steiermark) und durch die vermehrte Nutzung von erneuerbaren Energieträgern bei den Privathaushalten (besonders Steiermark, Vorarlberg, Oberösterreich und Burgenland) erreicht werden. Die Pro-Kopf-Emissionen in den Bundesländern mit einem hohen Anteil an Ölheizungen, wie z. B. Tirol, sind weiterhin vergleichsweise hoch.

Pro-Kopf-Emissionen im Dienstleistungsbereich

Im Dienstleistungsbereich sind die Pro-Kopf-Emissionen in den Bundesländern mit einem hohen Anteil von Tourismusbetrieben, wie z. B. Tirol, Vorarlberg und Wien, weiterhin hoch. Die Reduktion seit 1990 in Wien in diesem Bereich ist v. a. durch die vermehrte Nutzung von Fernwärme (Verlagerung von Treibhausgas-Emissionen in den Sektor Energie und Industrie) bedingt.

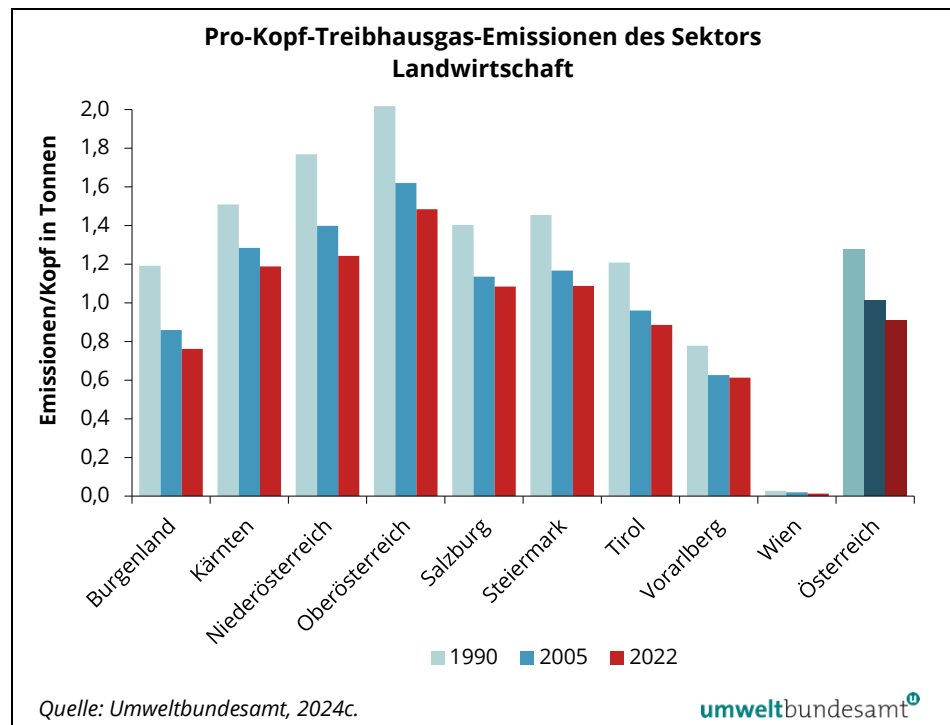
2.4.4 Sektor Landwirtschaft

Pro-Kopf-Emissionen

In der Landwirtschaft konnten die Pro-Kopf-Emissionen im Vergleich zu 1990 in allen Bundesländern gesenkt werden. Dies ist in erster Linie auf die Rinderhaltung zurückzuführen, deren Viehbestand insbesondere in den Bundesländern Burgenland, Niederösterreich, Oberösterreich und Steiermark deutlich zurückging. In den meisten Bundesländern zeigte auch der effizientere Einsatz von Mineraldünger Wirkung. Die rückläufige Nutzung von Heizöl und Kohle bei den stationären land- und forstwirtschaftlichen Anlagen wirkte sich ebenfalls emissionsmindernd aus. Im Jahr 2022 macht sich auch der geringere Verbrauch fossiler Energieträger (Erdgas, Heizöl und Diesel) bemerkbar.

In Vorarlberg hat der Rinderbestand seit 1990 nur leicht abgenommen, in diesem Bundesland war vor allem der rückläufige Heizölverbrauch in land- und forstwirtschaftlichen Anlagen für den Rückgang der Pro-Kopf-Emissionen verantwortlich.

Abbildung 28:
Entwicklung der Pro-Kopf-Treibhausgas-Emissionen des Sektors Landwirtschaft auf Bundesländerebene.



2.4.5 Sektor Abfallwirtschaft

Pro-Kopf-Emissionen

Die Pro-Kopf-Emissionen des Sektors Abfallwirtschaft nahmen im Vergleich zu 1990 in allen Bundesländern ab. Dieser Rückgang ist vorwiegend auf sinkende Methan-Emissionen aus Deponien aufgrund des Ablagerungsverbots von unbehandelten Abfällen mit hohem organischem Anteil sowie die Deponiegaserfassung (Deponieverordnung; BGBl. II Nr. 39/2008 i.d.g.F.) zurückzuführen. Aufgrund des seit 2004 – bzw. für die Bundesländer Kärnten, Tirol, Vorarlberg und Wien seit 2009 und Burgenland seit 2005 – bestehenden Ablagerungsverbotes unbehandelter Abfälle mit hohem Organik-Anteil haben die Abfallverbrennung

sowie die mechanisch-biologische Abfallbehandlung (MBA) deutlich an Bedeutung gewonnen. Die geringen Pro-Kopf-Emissionen in Salzburg sind damit zu erklären, dass in diesem Bundesland schon seit langem ein großer Teil des Abfalls in den MBA-Anlagen Siggerwiesen und Zell am See vorbehandelt wird und dadurch die historischen Emissionen aus den Abfalldeponien bereits verhältnismäßig gering sind.

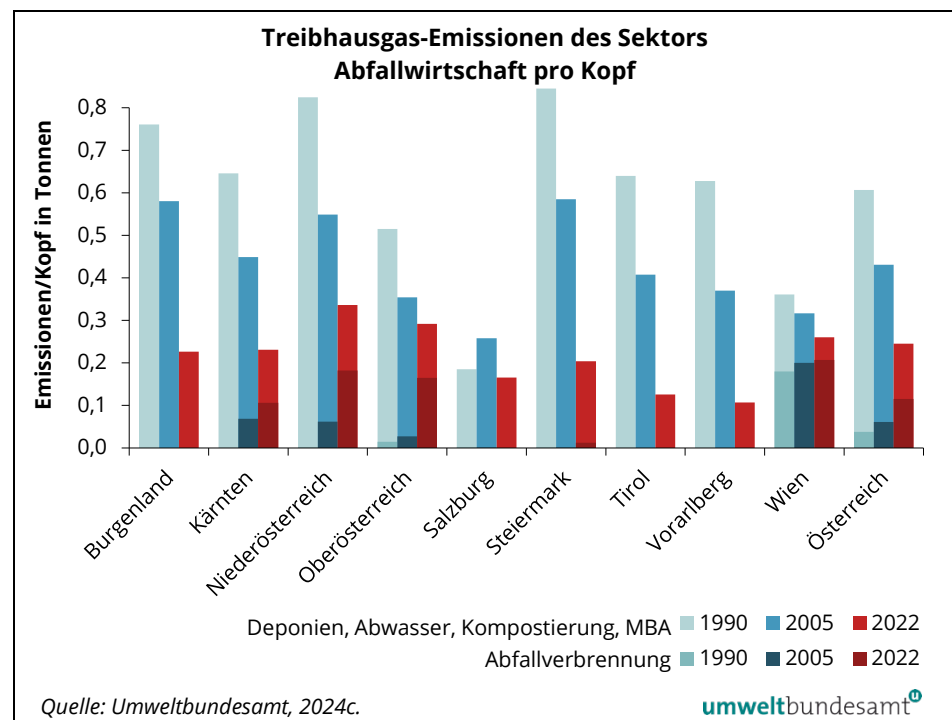
Emissionsreduktion durch Müllverbrennung

Der Übergang von der Deponierung zur Abfallverbrennung führt, bezogen auf eine Tonne unbehandelten Restmüll, zu verringerten Treibhausgas-Emissionen aus dem Sektor Abfall, da die Emissionen von CO₂-Äquivalenten bei der Verbrennung deutlich geringer sind als bei der Deponierung. Ebenso verursacht die Ablagerung von Rottereststoffen aus einer mechanisch-biologischen Vorbehandlung geringere Emissionen als die Ablagerung von unbehandeltem Restmüll.

Abfallverbrennungsanlagen gibt es in Wien, Niederösterreich, Kärnten, Oberösterreich und in der Steiermark. In manchen dieser Anlagen wird auch Abfall aus anderen Bundesländern oder aus dem Ausland verbrannt. Bundesländerübergreifende Abfalltransporte beeinflussen die ausgewiesenen Pro-Kopf-Emissionen. Mechanisch-biologische Behandlungsanlagen gibt es in Niederösterreich, Tirol, Salzburg, im Burgenland und in der Steiermark.

Die Abwasserbehandlung und -entsorgung verursachte im Jahr 2022 rund 8 % der Treibhausgase im Sektor Abfallwirtschaft. Die Behandlung kommunaler Abwässer erfolgt österreichweit vorwiegend in kommunalen Kläranlagen. Kläranlagen mit einer hohen Stickstoffentfernung weisen geringere Lachgas-Emissionen auf.

Abbildung 29:
Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen des Sektors Abfallwirtschaft pro Kopf auf Bundesländerebene.



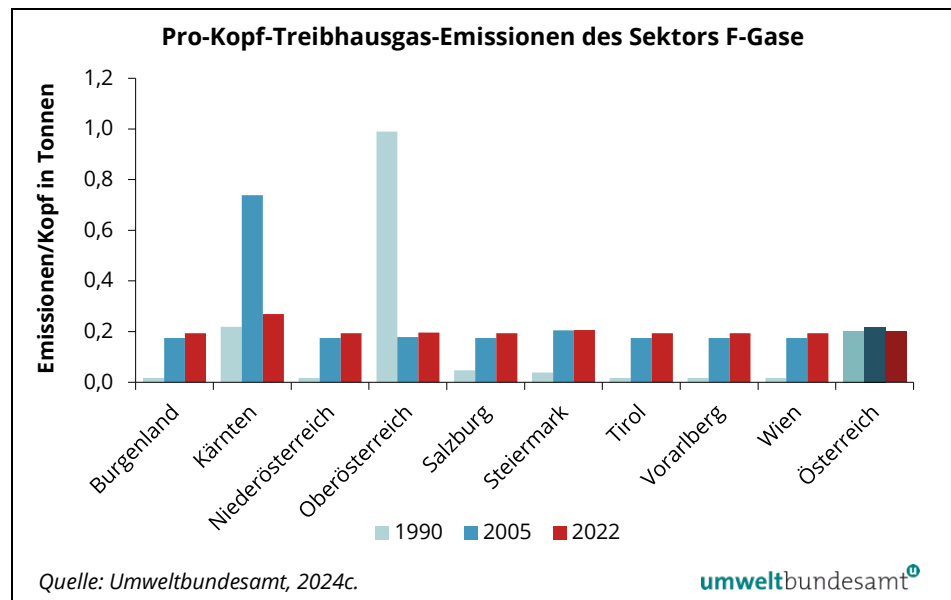
2.4.6 Sektor F-Gase

Pro-Kopf-Emissionen

Die Pro-Kopf-Emissionen dieses Sektors entwickelten sich aufgrund der Disaggregierungsmethodik nach Einwohner:innen in den meisten Bundesländern entsprechend dem Bundestrend. Seit Mitte der Nullerjahre sind Leckagen aus Klima- und Kälteanlagen die größte Emissionsquelle für F-Gase in Österreich.

Die hohen Pro-Kopf-Emissionen Oberösterreichs im Jahr 1990 wurden durch die Aluminium-Primärproduktion (Ausstoß von FKW als Nebenprodukt bei der Herstellung) verursacht, die im Jahr 1992 eingestellt wurde. Im Bundesland Kärnten schlagen sich Emissionen aus dem Einsatz von PFC, SF₆ und NF₃ als Prozessgase in der Halbleiterindustrie vor allem im Jahr 2005 merkbar auf die Pro-Kopf-Emissionen durch. Durch Minderungsmaßnahmen konnte dieser Beitrag zu den Emissionen stark gesenkt werden, weshalb die Pro-Kopf-Emissionen Kärntens im Jahr 2022 nicht mehr so deutlich über jenen der anderen Bundesländer liegen (siehe Abbildung 30).

Abbildung 30:
Entwicklung der
Pro-Kopf-Treibhausgas-
Emissionen des Sektors
F-Gase auf Bundeslän-
derebene.



2.5 Österreich im europäischen und globalen Vergleich

In diesem Kapitel werden Österreichs Treibhausgas-Emissionen mit den Emissionen der EU-27-Länder und ausgewählten Ländern außerhalb des EU-Raumes verglichen.

2.5.1 EU-Vergleich

Dargestellt werden einerseits die Treibhausgas-Emissionen pro Kopf und pro Kaufkraftstandard der einzelnen Länder für die Jahre 1990 bzw. 2000 und 2022 (siehe Abbildung 31) und andererseits werden die ESR-Emissionen²⁸ des Jahres 2022 mit den ESR-Zielen für 2022 und 2030 verglichen (siehe Abbildung 32).

Treibhausgas-Emissionen pro Kopf

Die Treibhausgas-Emissionen pro Kopf betrugen in den EU-27-Staaten im Jahr 2022 durchschnittlich 7,5 Tonnen CO₂-Äquivalent. Alle Mitgliedstaaten konnten ihre Treibhausgas-Emissionen pro Kopf im Zeitraum 1990–2022 senken. In Österreich haben die Pro-Kopf-Emissionen seit 1990 um 16 % abgenommen und lagen mit 8,1 Tonnen CO₂-Äquivalent im Jahr 2022 leicht über dem Wert der EU-27.

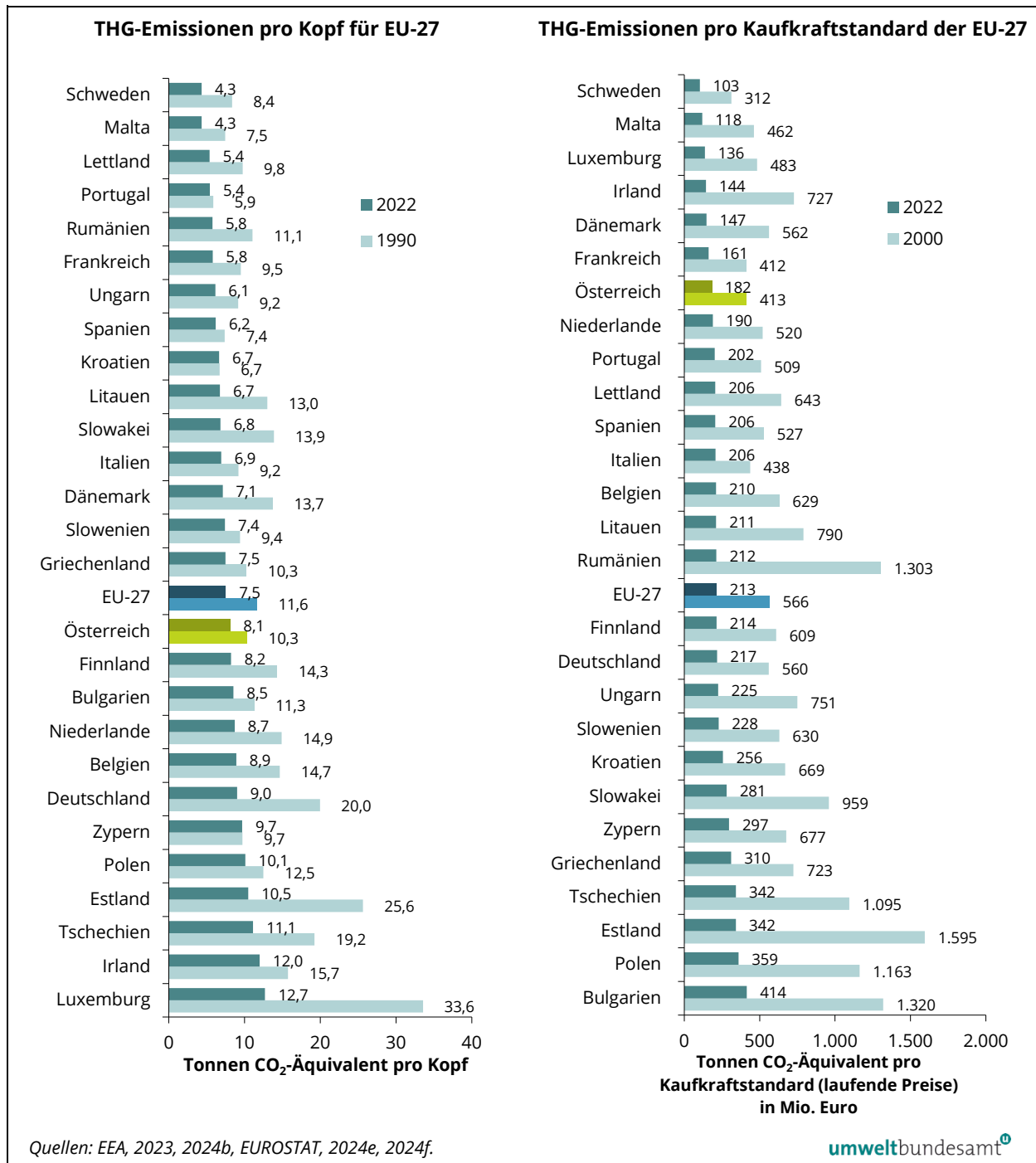
Treibhausgas-Emissionen pro Kaufkraftstandard

Im Vergleich der Treibhausgas-Emissionen pro Kaufkraftstandard zeigt sich generell, dass – u. a. bedingt durch Unterschiede im Brennstoffmix und in der Wirtschaftsstruktur – die neueren Mitgliedstaaten zum Großteil deutlich höhere Emissionen pro Kaufkraftstandard aufweisen als die älteren EU-Mitgliedstaaten. Am höchsten war die Emissionsintensität pro Kaufkraftstandard im Jahr 2022 in Bulgarien, Polen, Estland und Tschechien.

Österreich belegte 2022 beim Kaufkraftstandard den siebten Rang innerhalb der EU-Mitgliedstaaten. Für niedrige Emissionen pro Kaufkraftstandard sind in Schweden ein hoher Anteil von Wasserkraft und Atomstrom an der Stromproduktion verantwortlich. In Frankreich ist ebenfalls der hohe Atomstromanteil ausschlaggebend. Dänemark deckt einen steigenden Anteil seiner Strom- und Wärmeproduktion durch Erneuerbare. In Rumänien, Estland und Irland konnten Emissionen pro Kaufkraftstandard zwischen 2000 und 2022 am stärksten reduziert werden. Zypern, Österreich, Italien und Griechenland gehören zu den Ländern mit den geringsten Reduktionen gegenüber 2000.

²⁸ Effort Sharing-Regulation (ESE); Verordnung Nr. 2018/842/EU (siehe Kapitel 1.4.2).

Abbildung 31: Vergleich der Treibhausgas-Emissionen 1990 bzw. 2000 und 2022 pro Kopf und pro Kaufkraftstandard²⁹ zwischen den EU-27-Staaten.

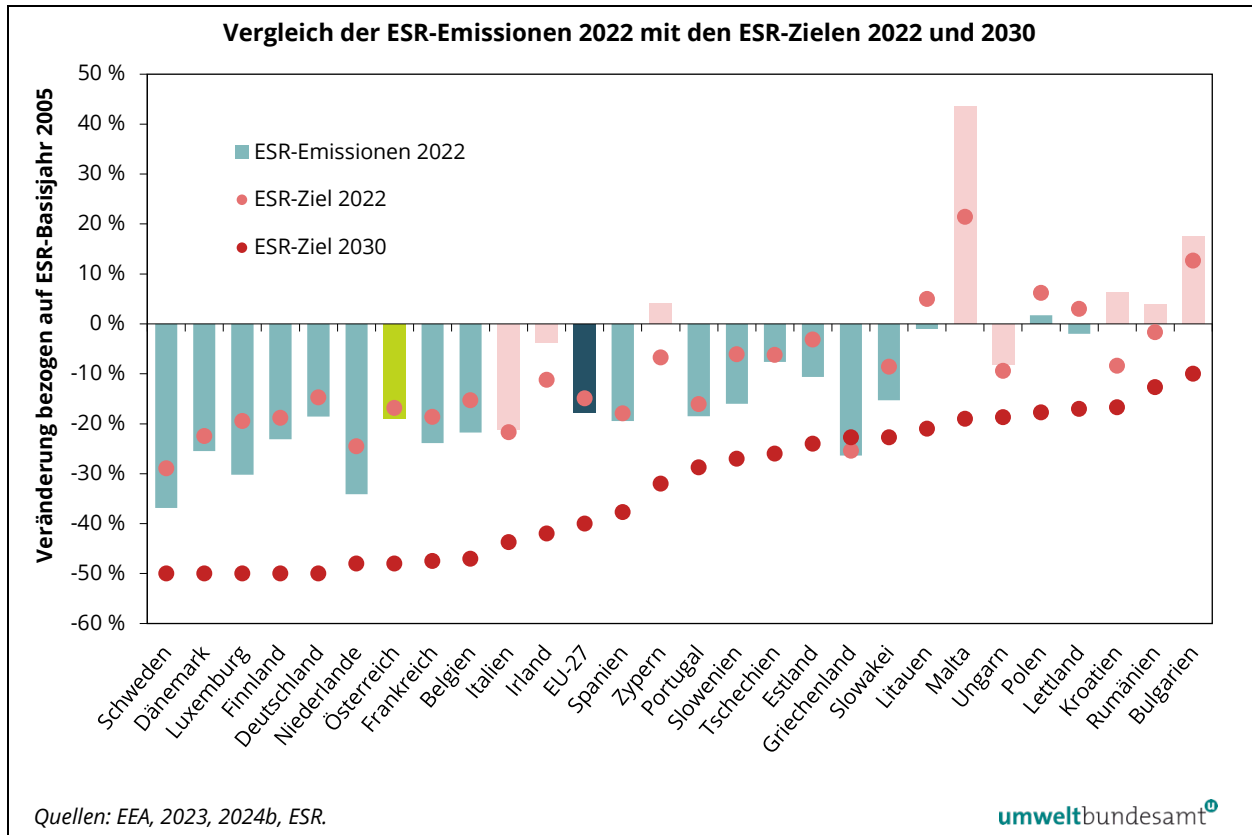


²⁹ Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) in Millionen zu Marktpreisen ist hier als Kaufkraftstandard gemessen. Dies ist die geeignete Einheit für die Beurteilung der Wirtschaftsleistung von Ländern in einem speziellen Jahr. Währungsumrechnungskurse werden verwendet, um in eine gemeinsame Währung umzurechnen, wodurch die Kaufkraftunterschiede von verschiedenen Währungen ausgeglichen werden. Unterschiede im Preisniveau in verschiedenen Ländern werden dadurch ausgeschaltet, was somit aussagekräftigere BIP-Volumenvergleiche ermöglicht.

Reduktionsziel unterschritten

In Abbildung 32 werden für die 27 EU-Staaten die ESR-Emissionen des Jahres 2022 mit den jeweiligen ESR-Zielen für die Jahre 2022 und 2030 verglichen. Die Darstellung erfolgt in Prozent, bezogen auf die Emissionsabweichung zum ESR-Basisjahr 2005. Beim Vergleich zeigt sich, dass acht Länder (Italien, Irland, Zypern, Malta, Ungarn, Kroatien, Rumänien und Bulgarien) ihr Ziel für 2022 nicht erreicht haben. Die gemeinsame Höchstmenge der EU-27 für 2022 konnte in Summe unterschritten werden.

Abbildung 32: Vergleich der Emissionen gemäß ESR für das Jahr 2022 mit den ESR-Zielen für 2022 und 2030.



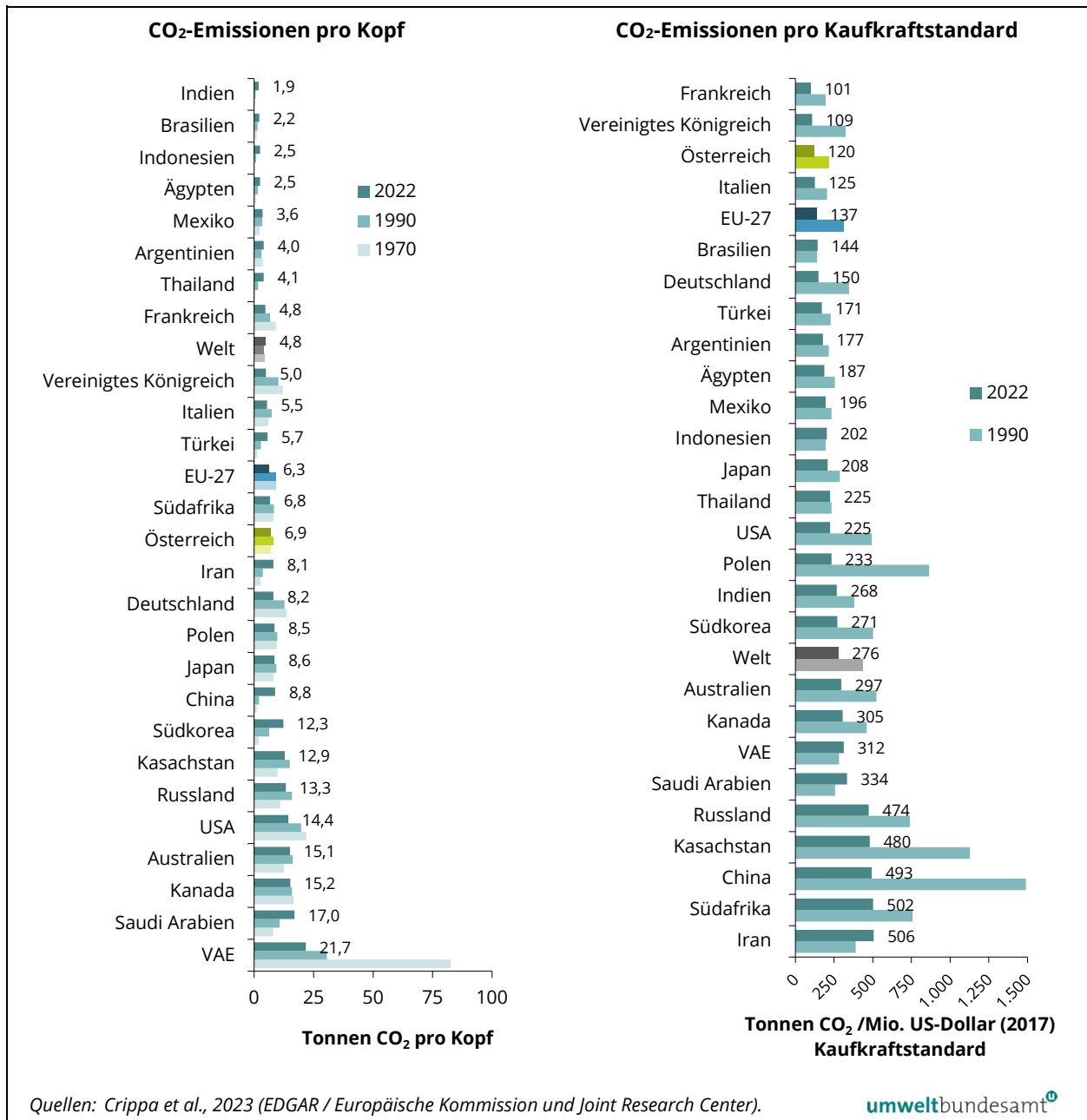
2.5.2 Globaler Vergleich

Für den internationalen Vergleich werden aufgrund der Datenverfügbarkeit ausschließlich CO₂-Emissionen betrachtet, da hierfür ein aktueller konsistenter Datensatz über alle Staaten zur Verfügung steht.

Emissionen pro Kopf

Bei den Pro-Kopf-Emissionen 2022 zeigt sich, dass Indien, Brasilien, Indonesien und Ägypten die geringsten Emissionen aufweisen. Den höchsten Wert der ausgewählten Länder haben im Jahr 2022 die Vereinigten Arabischen Emirate (VAE) vor Saudi-Arabien, Kanada, Australien und USA. Im selben Betrachtungsjahr liegen die Pro-Kopf-Emissionen in Österreich mit 6,9 Tonnen um 0,6 Tonnen über dem EU-Mittel und deutlich über dem globalen Durchschnitt von 4,8 Tonnen (siehe Abbildung 33).

Abbildung 33: Internationaler Vergleich der Treibhausgas-Emissionen pro Kopf und pro Kaufkraftstandard zwischen ausgewählten Staaten und Jahren.

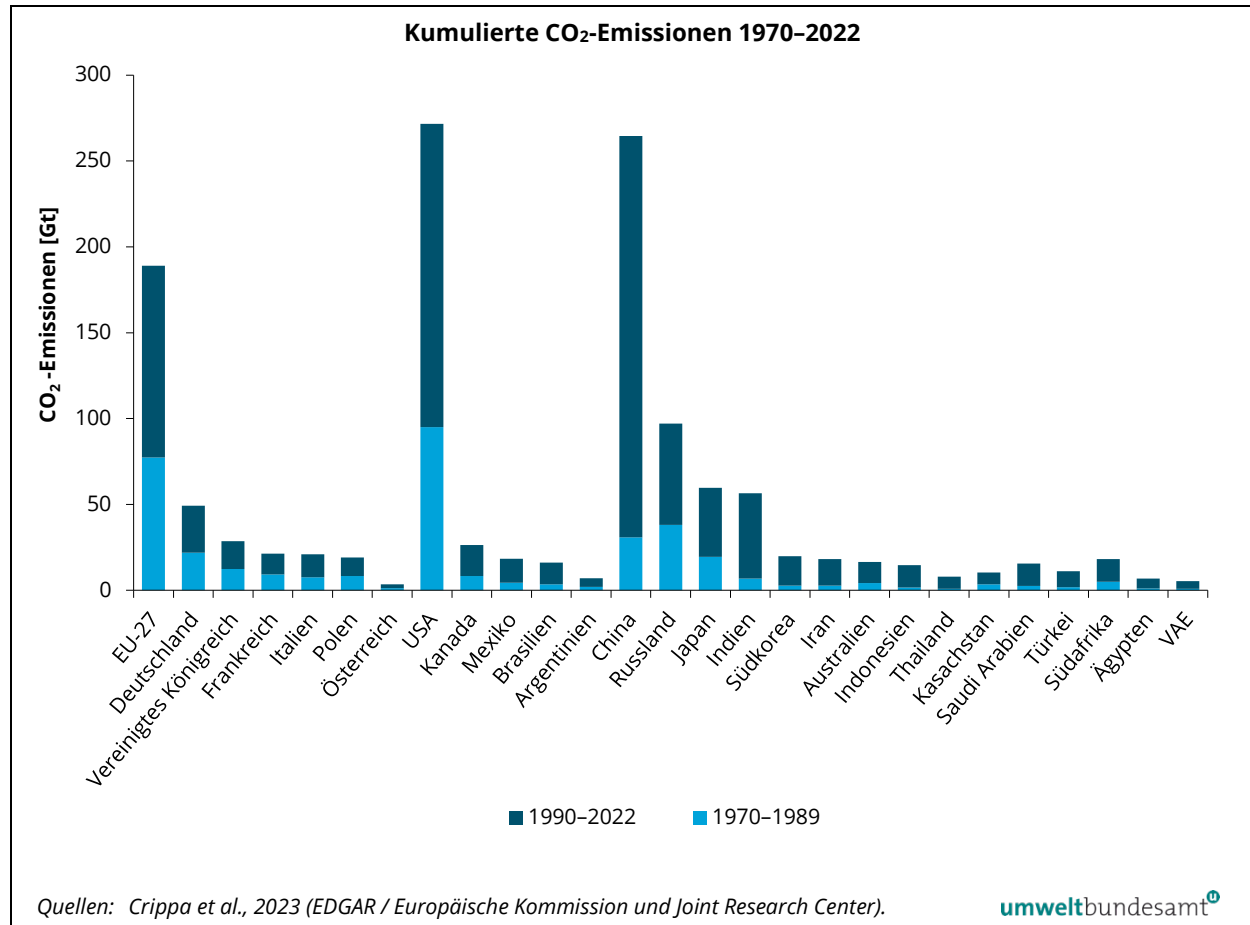


Emissionen pro Kaufkraftstandard

Die CO₂-Emissionen pro Kaufkraftstandard werden in Tonnen CO₂-Emissionen je Million US-Dollar (2017) angegeben. Bei den ausgewählten Staaten weisen Iran, Südafrika, China, Kasachstan und Russland die größten kaufkraftbereinigten Emissionen pro Bruttoinlandsprodukt (BIP) auf. Frankreich, das Vereinigte Königreich (UK), Österreich und Italien zeigen im internationalen Vergleich die niedrigsten Werte. Die Emissionen pro BIP sind im globalen Durchschnitt im Vergleich doppelt so hoch wie jene von Österreich (siehe Abbildung 33).

kumulierte Emissionen Die globalen CO₂-Emissionen im Zeitraum 1970–2022 aus der Verbrennung von fossilen Brennstoffen belaufen sich auf rund 1.382 Gt CO₂. Beim Vergleich der Länder wird ersichtlich, dass rund 20 % dieser kumulierten Emissionen aus den USA und 14 % aus der EU-27 stammen. China hat einen Anteil von 19 % an den kumulierten Gesamtemissionen seit 1970, wobei rund 88 % der CO₂-Emissionen seit 1990 entstanden sind (EU-27 zum Vergleich nur 59 % seit 1990). Der Anteil Österreichs an den Emissionen seit 1970 beträgt rund 0,2 % (Crippa et al., 2023).

Abbildung 34: Kumulierte CO₂-Emissionen 1970–2022 im globalen Vergleich.



3 SEKTORALE TRENDEVALUIERUNG

Aufbau des Kapitels

In diesem Kapitel wird die Entwicklung der Emissionen der Treibhausgase in Österreich, getrennt nach den einzelnen Sektoren, dargestellt und analysiert. Die Einteilung und Reihung der Sektoren erfolgt entsprechend dem Klimaschutzgesetz (KSG; BGBl. I Nr. 106/2011 i.d.g.F.). Ferner wird auf die wichtigsten Einflussgrößen, die die Entwicklung der Emissionen bestimmen, eingegangen.

Die Datenquelle für den vorliegenden Bericht ist die Österreichische Luftschadstoff-Inventur (OLI), die das Umweltbundesamt jährlich aktualisiert. Die detaillierten Beschreibungen der Emissionsberechnungen und Datenquellen – sofern nicht anders angeführt – können dem nationalen Inventurbericht über Treibhausgase (Umweltbundesamt, 2024a) entnommen werden.

Komponentenzerlegung

Mit Hilfe der Komponentenzerlegung wird gezeigt, welche Einflussgrößen tendenziell den größten Effekt auf den Emissionstrend ausüben. Die Größe der Balken in den Abbildungen zur Komponentenzerlegung zeigt, wie stark eine Komponente die Emissionen beeinflusst. Die Komponentenzerlegung stellt keine Quantifizierung der Wirkung von Einflussgrößen dar, da deren Wechselwirkungen nicht berücksichtigt sind. Dafür wären weitere Differenzierungen der Wirkungsfelder erforderlich. Ferner ist ein Vergleich der verschiedenen Einflussgrößen nur bedingt aussagekräftig, da die Ergebnisse auch von der Wahl der Parameter abhängen. Die Komponentenzerlegung ist jedoch eine gute Methode, um treibende Kräfte zu identifizieren, und bietet einen ersten systematischen Überblick der strukturellen Veränderungen.

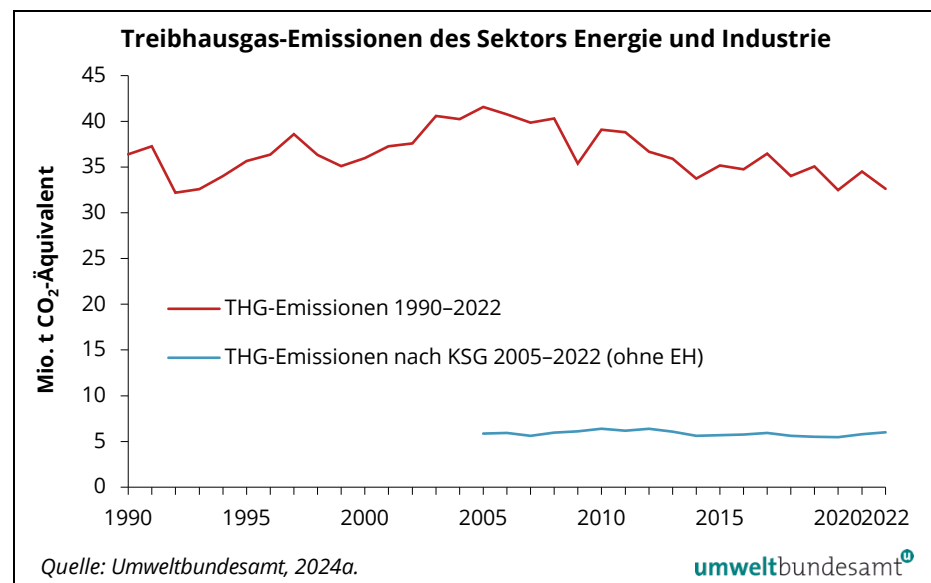
Zusätzlich sind die meisten Faktoren in der Komponentenzerlegung relevante Aktionsfelder für Maßnahmen zur Emissionsminderung – sozusagen die Stellgrößen im jeweiligen System. Das Ausmaß der Effekte (d. h. die Größe der Balken) kann allerdings auch von strukturellen Veränderungen oder sozioökonomischen und anderen Faktoren abhängen. Die Abgrenzung, welcher Anteil der Balken tatsächlich auf Maßnahmenwirkungen zurückgeführt werden kann, ist nicht immer direkt ablesbar. Folglich kann durch die Komponentenzerlegung allein keine Aussage über quantitative Emissionswirkungen einzelner Maßnahmen getroffen werden. Die Methode der Komponentenzerlegung selbst wird in Anhang 2 näher beschrieben.

3.1 Sektor Energie und Industrie

Sektor Energie und Industrie				
	THG-Emissionen 2022 (Mio. t CO ₂ -Äquiv.)	Anteil an den nationalen THG-Emissionen	Veränderung zum Vorjahr 2021	Veränderung seit 1990
Gesamt	32,6	44,8 %	-5,4 %	-10,4 %
EH	26,6	36,6 %	-7,2 %	
Nicht-EH	6,0	8,2 %	+3,6 %	

Emissionstrend Die Treibhausgas-Emissionen im Sektor Energie und Industrie betrugen im Jahr 2022 rund 32,6 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent bzw. 44,8 % Anteil an den nationalen Gesamtemissionen und lagen um 10,4 % (-3,8 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent) unter den Emissionen des Jahres 1990. Im Vergleich zum Jahr 2021 haben die Emissionen um 5,4 % bzw. 1,9 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent abgenommen.

Abbildung 35:
Treibhausgas-Emissionen aus dem Sektor Energie und Industrie, 1990–2022.



EH-Bereich Im Jahr 2022 wurden 81,6 % der Emissionen dieses Sektors durch den Emissionshandel (EH) abgedeckt. Die Emissionshandelsbetriebe verursachten im Jahr 2022 Treibhausgas-Emissionen im Ausmaß von 26,6 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent (Energie: 7,0 Mio. Tonnen, Industrie: 19,6 Mio. Tonnen). Das sind um 7,2 % (2,1 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent) weniger als im Jahr 2021 und um 20 % bzw. 6,7 Mio. Tonnen weniger als im Jahr 2005, wobei der Geltungsbereich des Emissionshandels ab 2013 ausgeweitet wurde. Bei Berücksichtigung der ab 2013 gültigen Abgrenzung für das Jahr 2005 ergibt sich ein Rückgang der Treibhausgas-Emissionen im Jahr 2022 gegenüber 2005 um rund 25,5 % bzw. 9,1 Mio. Tonnen.

Nicht-EH-Bereich Die Emissionen des Nicht-Emissionshandel-Bereichs lagen 2022 bei rund 6,0 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent. Von 2021 auf 2022 kam es zu einer Zunahme um 3,6 % bzw. 0,2 Mio. Tonnen, im Wesentlichen durch den höheren Einsatz fossiler Brennstoffe (+0,1 Mio. Tonnen aus industriellen Abfällen sowie +0,1 Mio. Tonnen aus Treibstoffen für Baumaschinen). Werden die Emissionen außerhalb des Emissionshandels (Nicht-EH) in der ab 2013 gültigen Abgrenzung betrachtet, zeigt sich im Zeitraum 2005–2022 eine Abnahme um 2,6 % bzw. 0,1 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent.

Gründe für die Emissionsentwicklung Ausschlaggebend für die Emissionsentwicklung des Sektors Energie und Industrie (inkl. EH) ab dem Jahr 1990 waren insbesondere der Anstieg der produzierten Stahlmenge sowie die gesteigerte Wirtschaftsleistung der restlichen produzierenden Industrie. Emissionsmindernd wirkten der geringere Einsatz von fossilen Brennstoffen in Kraft- und Heizwerken, die Substitution von Kohle und Heizöl durch Erdgas und der Ausbau von erneuerbaren Energien. Auch durch den vermehrten Stromimport sanken die Emissionen in Österreich. Die Hauptgründe für die Abnahme der Emissionen von 2021 auf 2022 waren eine niedrigere Stahlproduktion (-0,7 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent), ein verringerter Rohöleinsatz in der Raffinerie (-0,5 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent) sowie ein Rückgang bei den Pipelinekompressoren (-0,2 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent), der Papierindustrie (-0,3 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent), der Chemischen Industrie (-0,2 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent) und der Kalk-, Zement- und Feuerfestindustrie (-0,2 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent). Haupttreiber für die jährlichen Trends ab 2008 waren der Wirtschaftseinbruch im Jahr 2009, eine generell schwankende Stromerzeugung aus Gaskraftwerken, die Abschaltung von Kohlekraftwerken, eine im Jahr 2018 vergleichsweise niedrige Stahlerzeugung sowie die COVID-19-Pandemie insbesondere im Jahr 2020.

Hauptverursacher Der Sektor umfasst Anlagen der Energieaufbringung, wie die öffentliche Strom- und Wärmeproduktion (exklusive Abfallverbrennung), die Raffinerie, Gaspipeline-Kompressoren, die Öl- und Erdgasförderung³⁰ und Erdgasverarbeitung sowie die flüchtigen Emissionen aus dem Gasnetz und aus Tanklagern. Der Sektor beinhaltet auch energie- und prozessbedingte Emissionen aus industriellen Produktionsanlagen, wie zum Beispiel aus Eisen- und Stahlerzeugung, Papier- und Zellstoffindustrie, chemischer Industrie, Nahrungs- und Genussmittelindustrie, Bauindustrie und mineralverarbeitender Industrie (siehe Tabelle 6).

³⁰ Bei der Öl- und Gasförderung bzw. -verteilung werden u. a. Kompressoren, Trockner und Gaswäscher eingesetzt.

Tabelle 6: Verursacher der Emissionen des Sektors Energie und Industrie inklusive Emissionshandel (in 1.000 t CO₂-Äquivalent) (Quelle: Umweltbundesamt, 2024a).

Hauptverursacher	1990	2021	2022	Veränderung 2021–2022	Veränderung 1990–2022	Anteil an den nationalen THG- Emissionen 2022
Öffentliche Strom- und Wärmeproduktion (ohne Abfallverbrennung)	10.807	4.711	4.827	2,5 %	-55,3 %	6,6 %
Raffinerie	2.398	2.755	2.259	-18,0 %	-5,8 %	3,1 %
Förderung und Transport von fossilen Brennstoffen (energiebedingt)	736	751	497	-33,8 %	-32,4 %	0,7 %
Diffuse Emissionen aus der Energieförderung und -verteilung	774	331	311	-6,2 %	-59,8 %	0,4 %
Eisen- und Stahlproduktion (energie- und prozessbedingte Emissionen)	8.857	12.819	12.250	-4,4 %	38,3 %	16,8 %
Sonstige Industrie ohne Eisen- und Stahlproduktion (energiebedingte Emissionen)	7.775	9.107	8.682	-4,7 %	11,7 %	11,9 %
Mineralverarbeitende Industrie (prozessbedingte Emissionen)	3.131	3.041	2.918	-4,0 %	-6,8 %	4,0 %
Chemische Industrie (prozessbedingte Emissionen)	1.464	784	677	-13,6 %	-53,7 %	0,9 %
Lösemiteileinsatz und andere Produktverwendung	466	195	205	5,0 %	-56,1 %	0,3 %
SUMME	36.408	34.496	32.627	-5,4 %	-10,4 %	44,8 %
davon Emissionshandel (EH)		28.703	26.626	-7,2 %		36,6 %
davon Nicht-EH		5.793	6.001	3,6 %		8,2 %

Die Emissionen aus den mobilen Maschinen der produzierenden Industrie (hauptsächlich Baumaschinen) sind hier ebenfalls berücksichtigt. Überdies beinhaltet der Sektor auch Kohlenstoffdioxid-Emissionen aus dem Einsatz von Lösemitteln und Lachgas-Emissionen aus anderen Verwendungen (z. B. Einsatz von N₂O für medizinische Zwecke).

Die größten Anteile an den Emissionen dieses Sektors entfallen auf die Eisen- und Stahlerzeugung, die „Sonstige produzierende Industrie“ sowie die öffentliche Strom- und Wärmeproduktion. Der Großteil der klimarelevanten Emissionen des Sektors Energie und Industrie wird durch das Treibhausgas Kohlenstoffdioxid verursacht. Die Treibhausgase Methan und Lachgas haben einen Anteil von 1 % bzw. 0,8 % an den Emissionen dieses Sektors.

3.1.1 Öffentliche Strom- und Wärmeproduktion

Unter der öffentlichen Strom- und Wärmeproduktion werden kalorische Kraftwerke, KWK-Anlagen³¹ und Heizwerke, in denen fossile und biogene Brennstoffe eingesetzt werden, zusammengefasst, darunter auch Abfallverbrennungsanlagen³². Ferner zählen Anlagen auf Basis nicht brennstoffbasierter erneuerbarer Energieträger, wie Wasserkraft, Windkraft und Photovoltaik, zu diesem Sektor. Die Anlagen des Sektors speisen elektrischen Strom und/oder Fernwärme in ein öffentliches Netz ein.

Einflussfaktoren auf die Treibhausgas-Emissionen

Den größten Einfluss auf die Treibhausgas-Emissionen dieses Bereiches hat die Strom- und Wärmeproduktion aus mit fossilen Brennstoffen befeuerten kalorischen Kraftwerken. Maßgeblich verantwortlich für die Auslastung dieser Anlagen und damit einhergehend den Ausstoß von Treibhausgas-Emissionen ist primär der Energiebedarf der Endverbraucher:innen (energetischer Endverbrauch von elektrischer Energie und Fernwärme). Wesentliche Einflussfaktoren sind aber auch die alternative Erzeugung aus erneuerbaren Energieträgern, wie Wasser, Wind und Biomasse, die Energieeffizienz der Anlagen, die Brennstoffpreisentwicklung, die Erlöse aus dem Strom- und Wärmeverkauf sowie die Import-Export-Bilanz von Energieträgern.

Aus den Anlagen der öffentlichen Strom- und Wärmeproduktion wurden 2022 insgesamt rund 4,8 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent emittiert, was rund 7 % der nationalen Treibhausgas-Emissionen entspricht.

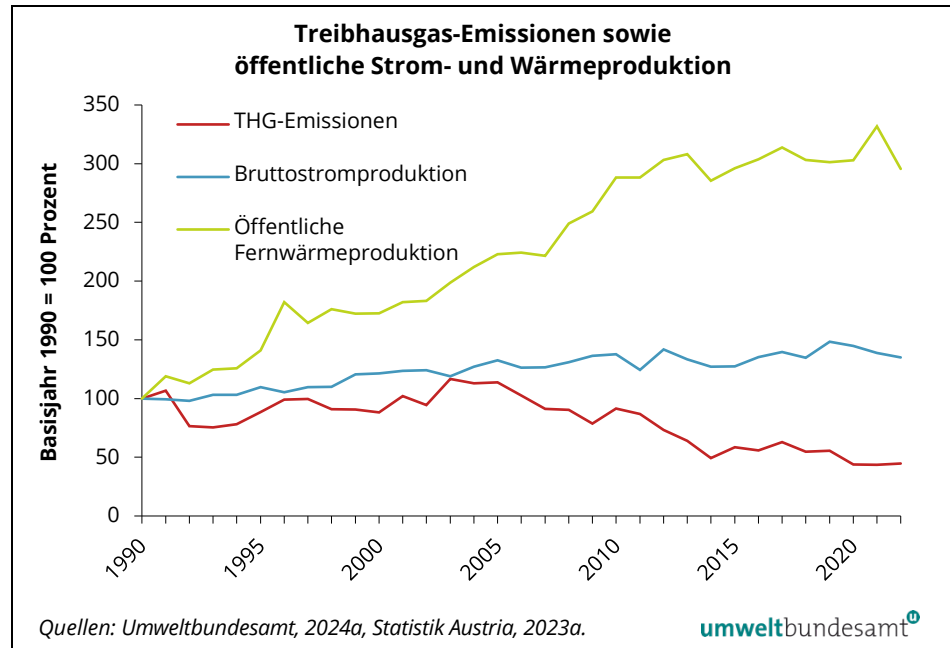
Entkoppelung von Produktion

In der öffentlichen Strom- und Wärmeerzeugung kam es im betrachteten Zeitraum 1990–2022 zu einer Entkoppelung der Treibhausgas-Emissionen (-55 %) von der Stromproduktion (+35 %) und der Wärmeproduktion (+196 %). Die Stromproduktion aus fossilen Brennstoffen ist in diesem Zeitraum um 26 % zurückgegangen. Diese Entkoppelung ist auf einen gestiegenen Anteil der Produktion aus erneuerbaren Energieträgern, die Substitution von Kohle- und Ölkraftwerken durch effizientere und emissionsärmere Gaskraftwerke sowie gestiegene Stromimporte (Nettoimportanteil 2022: 12 %) zurückzuführen. Bei Erzeugung von Strom in Kraftwerken mit fossilen Brennstoffen verursachen letztere Treibhausgas-Emissionen außerhalb Österreichs.

³¹ KWK: Kraft-Wärme-Kopplung

³² Die Emissionen aus der Verbrennung von Abfall werden dem KSG-Sektor Abfallwirtschaft zugeordnet.

Abbildung 36:
Treibhausgas-
Emissionen sowie
öffentliche Strom- und
Fernwärmeproduktion,
1990–2022.



Trend der Emissionen

Die Emissionen waren mit Ausnahme des Jahres 2010 (Erholung von der Wirtschaftskrise) zwischen 2005 und 2014 kontinuierlich rückläufig. Danach sanken die Emissionen bei einem schwankenden Verlauf nur mehr geringfügig. Im Jahr 2022 lag die Stromproduktion aus kalorischen Kraftwerken um 7,2 % über dem Vorjahr, die Fernwärmeproduktion ging um 11 % zurück. Insgesamt haben die Emissionen des Sektors gegenüber dem Vorjahr um rund 2,5 % bzw. 0,1 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent zugenommen, was hauptsächlich auf einen erhöhten Heizöleinsatz zurückzuführen ist.

Der gegenüber 2005 stark rückläufige Trend der THG-Emissionen beruht hauptsächlich auf der Schließung von Kohlekraftwerken. Obwohl die Stromerzeugung aus Windkraft und Photovoltaik stark zugelegt hat, muss der ansteigende Inlandsverbrauch auch vermehrt durch Stromimporte und eine höhere Produktion durch Gaskraftwerke ausgeglichen werden.

3.1.1.1 Stromverbrauch

kontinuierlicher Anstieg

Der Stromverbrauch³³ Österreichs ist zwischen 1990 und 2022 von 48,8 TWh auf 73,4 TWh bzw. um 50,3 % angestiegen (Statistik Austria, 2023a) und stellt damit eine wesentliche Größe für den Trend der Treibhausgas-Emissionen dar. Der jährliche Inlandsstromverbrauch ist seit dem Jahr 1990 bis auf die Jahre starker wirtschaftlicher Einbrüche der produzierenden Industrie (1992, 2009 und 2020) sowie mit Ausnahme des sehr warmen Jahres 2014 kontinuierlich gestiegen.

Nach dem starken Rückgang im COVID-19-Pandemiejahr 2020 (um 3,5 %) ist der Stromverbrauch im Jahr 2021 gegenüber 2020 um 4,4 % gestiegen und lag

³³ Energetischer Endverbrauch zuzüglich Leitungsverluste und Eigenverbrauch des Energiesektors.

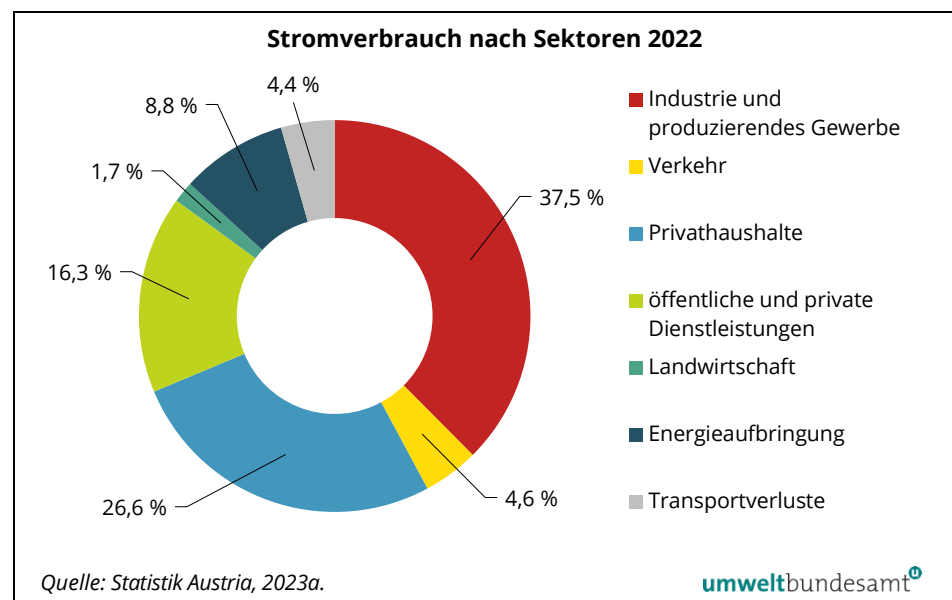
damit wieder auf dem Niveau der Jahre 2017 bis 2019. Im Jahr 2022 ging der Stromverbrauch gegenüber dem Vorjahr um 1,5 % zurück, wobei der Verbrauch der produzierenden Industrie um +2,7 %, der öffentlichen und privaten Dienstleistungen um +3,4 % und des Verkehrs um +2,4 % zugenommen hat. Bei den Privathaushalten ging der Stromverbrauch jedoch um 8,6 % zurück. Der Stromverbrauch ist im Mittel des Zeitraums 2012–2022 um 0,3 % pro Jahr bzw. um insgesamt 2,6 % gestiegen.

Nach den vorläufigen Zahlen der Energie-Regulierungsbehörde (E-Control, 2023b) ist der Elektrizitäts-Endverbrauch im Jahr 2023 gegenüber dem Jahr 2022 um beachtliche 5,3 % zurückgegangen.

Hauptverbraucher

Der größte Teil des Stromverbrauchs entfiel im Jahr 2022 auf die produzierende Industrie und das produzierende Gewerbe. Privathaushalte verbrauchen rund ein Viertel des Stroms und der Dienstleistungsbereich rund ein Sechstel. Die Anteile der einzelnen Verbrauchergruppen sind seit vielen Jahren weitgehend unverändert (Statistik Austria, 2023a).

Abbildung 37:
Anteil der Verbraucher-
gruppen am gesamten
Stromverbrauch
im Jahr 2022.



3.1.1.2 Öffentliche Stromproduktion

Abnahme bei Erneuerbaren

In den Anlagen der öffentlichen Strom- und Wärmeversorgung wurden im Jahr 2022 insgesamt rund 57,3 TWh Strom³⁴ und damit um 1,6 TWh weniger als im Vorjahr erzeugt (Statistik Austria, 2023a). Der Inlandsstrombedarf wurde dabei zusätzlich noch durch industrielle Eigenstromproduktion (7,4 TWh) und durch Stromimporte abgedeckt. Seit dem Jahr 2001 ist Österreich ein Nettoimporteur

³⁴ Diese Angabe ist auf Anlagen von Unternehmen bezogen, deren Hauptzweck die öffentliche Strom- und/oder Wärmeversorgung ist, mit Ausnahme von aus gepumptem Zufluss erzeugtem Strom. Sie umfasst nicht alle Einspeisungen in das öffentliche Netz, da auch die Eigenstromerzeugung der Industrie zu einem geringeren Teil in das öffentliche Netz eingespeist wird. Diese Einspeisung ist hier nicht berücksichtigt.

von Strom. Die Stromproduktion aus erneuerbaren Energieträgern fiel im Jahr 2022 mit insgesamt 47,5 TWh um 2,3 TWh bzw. 4,6 % niedriger aus als im Vorjahr, was vor allem auf die niedrigere Stromerzeugung aus Wasserkraft (-3,9 TWh) zurückzuführen war. Die Stromerzeugung aus Wind- und Photovoltaikanlagen lag hingegen um 1,5 TWh (+16 %) über dem Vorjahr.

Nettostromimporte Da der Endverbrauch weniger stark abgenommen hat als die Inlandsstromerzeugung, mussten zusätzliche 1,2 TWh durch Importe abgedeckt werden. Die Nettoimporte lagen damit wie in den Jahren 2013 bis 2018 auf einem vergleichsweise hohen Niveau und deckten rund 12 % des Strombedarfs ab.

Die bedeutendsten Herkunftsländer des österreichischen Stromimports sind Deutschland und die Tschechische Republik, der Großteil der Stromexporte floss in die Schweiz, nach Slowenien und Ungarn sowie wiederum nach Deutschland zurück (E-Control, 2023a). Die Stromimporte wirken sich aufgrund der Berechnungsregeln der nationalen Treibhausgas-Bilanz nicht emissionserhöhend aus³⁵, führen aber bei Erzeugung aus Kraftwerken mit fossilen Brennstoffen zu Emissionen außerhalb Österreichs.

Wasserkraftwerke Mit einem Beitrag von 60,1 % bzw. 34,4 TWh und einem Minus von 3,9 TWh gegenüber dem Vorjahr lieferten die Wasserkraftwerke im Jahr 2022 wiederum den größten Anteil an der öffentlichen Stromproduktion.

fossile Brennstoffe Die Stromproduktion aus mit fossilen Brennstoffen befeuerten kalorischen Kraftwerken (inklusive Abfällen aus nicht erneuerbaren Energieträgern) ist im Jahr 2022 gestiegen (um 7,7 % bzw. 0,7 TWh). Ihr Anteil an der öffentlichen Stromproduktion lag mit 9,8 TWh bei 17,1 %. Die Erzeugung aus Erdgaskraftwerken hat gegenüber dem Vorjahr um 0,7 TWh (7,6 %) auf 9,5 TWh zugenommen. Die Stromproduktion aus Kohle wurde bereits während des Jahres 2020 vollständig eingestellt.

Biomasse Mit einer gegenüber dem Vorjahr um rund 5,0 % höheren Produktion hat Biomasse (inklusive Abfällen aus Erneuerbaren)³⁶ 3,5 % (2,0 TWh) zur öffentlichen Stromproduktion des Jahres 2022 beigetragen.

Windkraft, Photovoltaik und Geothermie Die Stromerzeugung aus Windkraft, Photovoltaik und Geothermie hat im Jahr 2022 mit einem Zuwachs um 1,5 TWh 19,3 % bzw. 11 TWh zur öffentlichen Stromproduktion beigetragen. Mit rund 7,2 TWh fiel die Stromerzeugung aus Windkraft 2022 um 0,5 TWh etwas höher aus und der Anteil der Windkraftanlagen an der gesamten öffentlichen Stromproduktion lag bei rund 12,6 %. Die in-

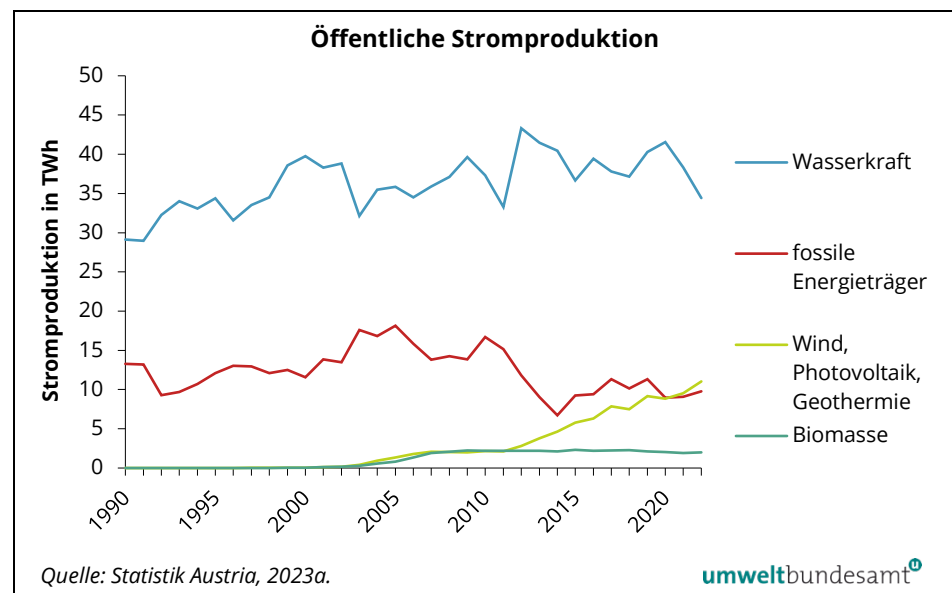
³⁵ Ab dem Jahr 2017 wurden von E-Control keine ENTSO-E Strom-Mix-CO₂-Emissionsfaktoren mehr veröffentlicht. Stattdessen wurden Berechnungen vom Umweltbundesamt durchgeführt. Bei 338 g CO₂-Äquivalent/kWh durch importierten Strom für 2022 führen Stromimporte zu ungefähr 3 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent, die im Ausland durch die Herstellung des importierten Stroms für 2022 angefallen sind.

³⁶ Erneuerbarer Anteil (z. B. Biomasse im Hausmüll) der brennbaren Abfälle laut Definition der Energiebilanz (Statistik Austria, 2023a). Der nicht erneuerbare Anteil (z. B. Kunststoffabfälle im Hausmüll oder Altöl) wird bei den fossilen Energieträgern berücksichtigt.

stallierte Kapazität der Windkraftanlagen hat gegenüber dem Vorjahr um 5 % zugenommen. Die installierte Windkraftanlagen-Kapazität hat sich seit dem Jahr 2010 mehr als verdreifacht (E-Control, 2023a).

Die Stromproduktion aus Photovoltaik spielt eine zunehmend wichtigere Rolle. Photovoltaikanlagen erzeugten 3,8 TWh Strom und damit um 36 % mehr als im Vorjahr. Mit einem Beitrag von 6,6 % hat sich die Photovoltaik gegenüber 2015 mehr als vervierfacht, wobei seit dem Jahr 2017 eine jährliche Steigerungsrate von durchschnittlich 23 % erreicht wurde. Der Zuwachs in diesem Zeitraum ist hauptsächlich auf Bundesförderungen (Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz, Ökostromgesetz sowie die Förderung von Kleinanlagen durch den Klima- und Energiefonds) zurückzuführen.

Abbildung 38:
Öffentliche Stromproduktion in fossilen kalorischen Kraftwerken, Wasserkraft-, Windkraft-, Photovoltaik- und Geothermieranlagen sowie aus Biomasse, 1990–2022.



Trend der Stromproduktion

Nach den vorläufigen Zahlen (E-Control, 2023b) von 2023 lag die Stromerzeugung für das öffentliche Netz um 6,5 % (+4,3 TWh) über dem Vorjahr, was hauptsächlich auf die deutlich höhere Produktion aus Wasserkraft (+5,1 TWh bzw. +14 %) zurückzuführen ist. Die Stromerzeugung aus Windkraft nahm um 11 % (+0,8 TWh) zu und die Erzeugung aus Wärmekraftwerken ist um 20 % (-3,4 TWh) zurückgegangen. Da der Endverbrauch um 5,3 % (-3,4 TWh) gesunken ist, sind für das Jahr **2023 erstmals seit dem Jahr 2001 keine Nettoimporte**, sondern ein Nettoexport von 0,1 TWh zu verzeichnen.

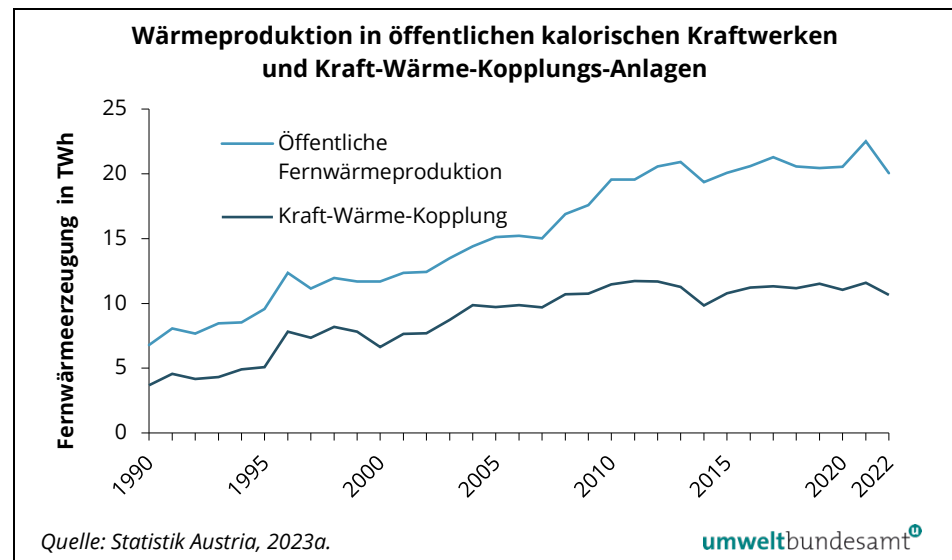
3.1.1.3 Öffentliche Fernwärmeproduktion

starker Anstieg

Die Fernwärmeproduktion in öffentlichen KWK-Anlagen und Heizwerken hat sich seit 1990 ungefähr verdreifacht (+195 %). Während 1990 noch rund 6,8 TWh Fernwärme erzeugt wurden, waren es im Jahr 2022 bereits 20,1 TWh. Von 2021 auf 2022 hat die Fernwärmeproduktion um 11 % abgenommen. Unter Berücksichtigung der Heizgradtagentwicklung hat das Wachstum des Fernwärmeausbaus in den letzten Jahren abgenommen.

Die Wärmeproduktion aus Kraft-Wärme-Kopplung nahm 2022 fast unverändert gegenüber dem Jahr 1990 einen Anteil von ca. 53 % (10,7 TWh) an der öffentlichen Fernwärmeerzeugung ein (Statistik Austria, 2023a). Seit dem Höchststand 2004 von 68,5 % ist der KWK-Anteil rückläufig und sank seit dem Jahr 2011 um ca. 7 Prozentpunkte, da gegenüber 2004 die Erzeugung aus Biomasse – mit einem relativ geringen Anteil an KWK-Anlagen – an Bedeutung gewonnen hat. Der Fachverband der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen weist für 2022 allerdings einen KWK-Anteil von 56,5 % aus (FGW 2023).³⁷

Abbildung 39:
Wärmeproduktion und
Kraft-Wärme-Kopplung
in öffentlichen Kraftwer-
ken, 1990–2022.



eingesetzte Energieträger

Während 1990 noch 91 % der Fernwärme aus **fossilen Energieträgern** erzeugt wurden, lag der Anteil im Jahr 2022 nur noch bei 44 %. Der seit 1990 zunehmende Bedarf wurde v. a. in den letzten 20 Jahren zu einem großen Teil durch zusätzliche Biomasse-(Nahwärme-)Anlagen abgedeckt. Seit Mitte der 1990er Jahre ist die durch fossile Energieträger erzeugte Fernwärmemenge relativ konstant und betrug im Jahr 2022 rund 8,8 TWh.

Neben der Biomasse ist **Erdgas** weiterhin ein wichtiger Energieträger für die Fernwärmeversorgung, sein Anteil an der Gesamterzeugung aus öffentlichen Anlagen hat sich ab 2010 auf ca. 40 % (2022: 36 %) stabilisiert.

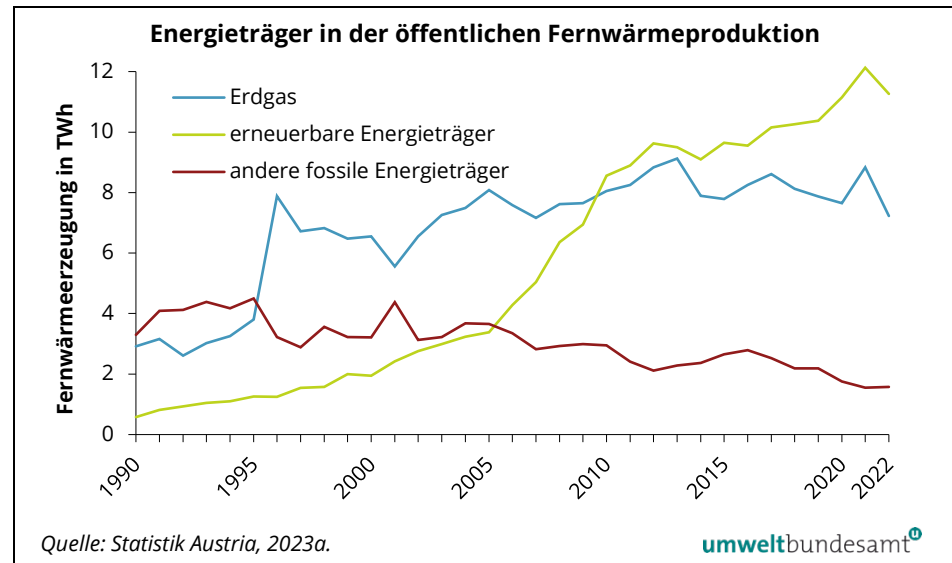
Seit dem Jahr 2021 wird keine Fernwärme mehr aus **Kohle** erzeugt. Im Jahr 2022 wurden rund 11 % der Fernwärme auf Basis nicht erneuerbarer Abfälle (Hausmüll und industrielle Abfälle) erzeugt.

Der Anteil **der erneuerbaren Energieträger** (vor allem feste Biomasse, zu geringeren Anteilen auch biogene Abfälle, Biogas, flüssige Biobrennstoffe, Geo-

³⁷ Die Zahl des Fachverbandes der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen beruht auf Umfragen und bezieht auch industrielle Anbieter ein, die in das öffentliche Netz einspeisen. Die Berechnung des KWK-Anteils erfolgt bei der Energiebilanz auf Basis eines 75 %-Wirkungsgrad-Kriteriums.

thermie sowie Solarthermie) an der Fernwärmeerzeugung hat sich über den gesamten Zeitraum stark erhöht und lag auch im Jahr 2022 bei einem Höchststand von 56 %.

Abbildung 40:
Energieträger in der
öffentlichen Fernwärme-
produktion, 1990–2022.



3.1.1.4 Öffentliche kalorische Kraft- und Heizwerke

Brennstoffeinsatz

Der Brennstoff- und Abfalleinsatz in den öffentlichen, fossil befeuerten kalorischen Kraft- und Heizwerken, Biomasseheiz(kraft)werken und Abfallverbrennungsanlagen hat seit 1990 insgesamt um 8,6 % zugenommen. Mit 153,0 PJ im Jahr 2022 war der Brennstoffeinsatz rund 1 % niedriger als im Vorjahr. Er ist stark abhängig von der Stromerzeugung aus Wasserkraft, vom Endverbrauch an Strom und Fernwärme sowie von den ökonomischen Rahmenbedingungen, wie Energieträgerpreisen, welche die Import-Export-Bilanz von Strom beeinflussen.

Trend der eingesetzten Brennstoffe

Der Brennstoffmix hat sich über die gesamte Zeitreihe vor allem aufgrund des zunehmenden Einsatzes von Biomasse und Abfällen sowie des rückläufigen Einsatzes von Kohle und Heizöl sehr stark verändert. Im Jahr 1990 waren Kohle (44 %) und Erdgas (42 %) die dominierenden Brennstoffe, während Öl (11 %), Biomasse (2 %) und Abfälle (1 %) nur zu einem geringen Anteil eingesetzt wurden (Statistik Austria, 2023a; siehe Abbildung 41).

Der **Kohleeinsatz** erreichte das Maximum im Jahr 2003 und ist seither stark rückläufig. Das letzte Kohlekraftwerk wurde im Jahr 2020 stillgelegt.

Mit Ausnahme der Jahre 2013–2015 hatte **Erdgas** seit dem Jahr 1992 den größten Anteil am gesamten Brennstoffeinsatz der kalorischen Kraft- und Heizwerke. Im Jahr 2022 betrug der Anteil 52,8 % bzw. 80,1 PJ und lag damit 0,1 Prozentpunkte über dem Wert von 2021.

Der Einsatz von **Heizöl** ist im Jahr 2022 zwar um 30 % gestiegen, trägt aber dennoch nur 1,2 % zum Gesamteinsatz bei. Heizöl wurde im Jahr 2022 nur noch zur Erzeugung von Fernwärme eingesetzt.

Die Nutzung von **Biomasse** (inklusive Abfällen aus Erneuerbaren) in öffentlichen kalorischen Kraft- und Heizwerken ist im Zeitraum 1990–2012 kontinuierlich gestiegen und liegt seitdem auf ähnlichem Niveau. Im Jahr 2022 kam es gegenüber dem Vorjahr zu einer Abnahme von 2,0 % auf 61,8 PJ, womit der Anteil von Biomasse am Gesamteinsatz bei 40 % lag.

Der Einsatz der brennbaren **Abfälle** (aus nicht erneuerbaren Energieträgern) ist seit 1990 ebenfalls kontinuierlich gestiegen, hatte im Jahr 2016 einen Höchststand von 10,1 PJ und lag im Jahr 2022 mit rund 8,6 PJ rund 4 % niedriger als im Vorjahr. Der Abfalleinsatz hatte im Jahr 2022 einen Anteil von 5,7 % am Gesamteinsatz.

Abbildung 41: Energieeinsatz in kalorischen Kraft- und Heizwerken, Biomasseheiz(kraft)werken und in der Abfallverbrennung nach Energieträgern, 1990–2022.

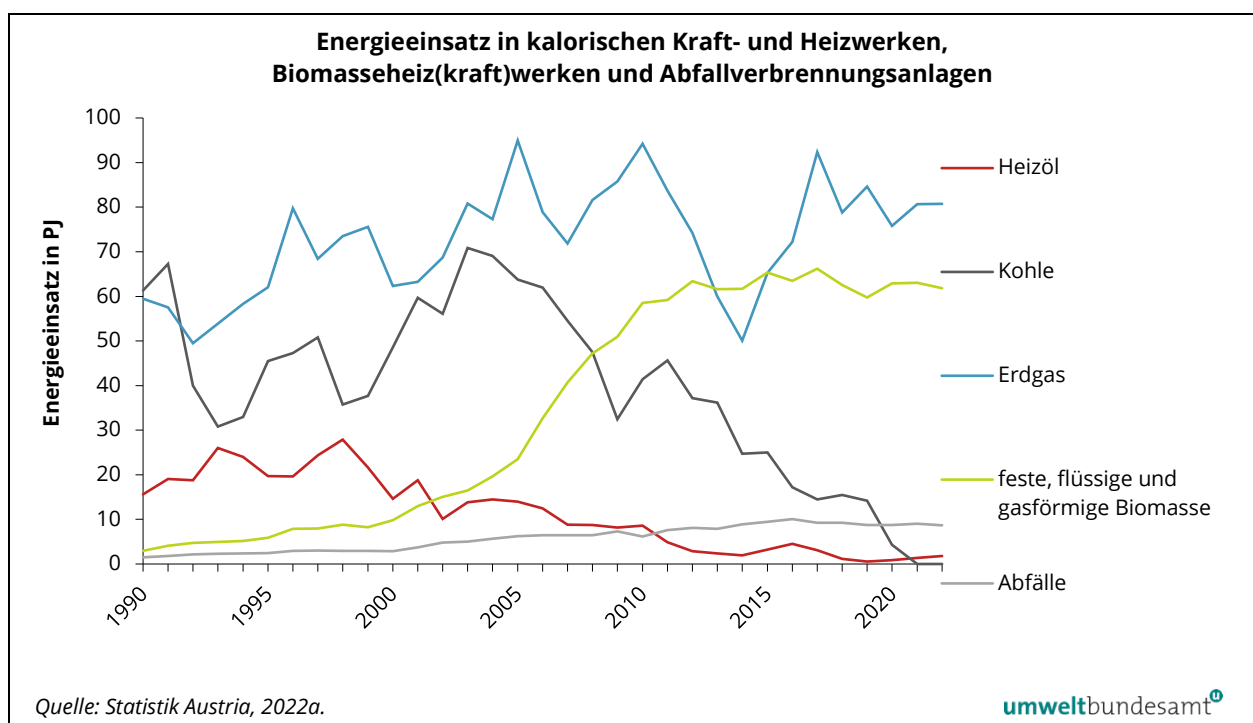


Tabelle 7: Energieeinsatz in kalorischen Kraft- und Heizwerken, Biomasseheiz(kraft)werken und in der Abfallverbrennung nach Energieträgern, 1990, 2005, 2021 und 2022 (in TJ) (Quelle: Statistik Austria, 2022a).

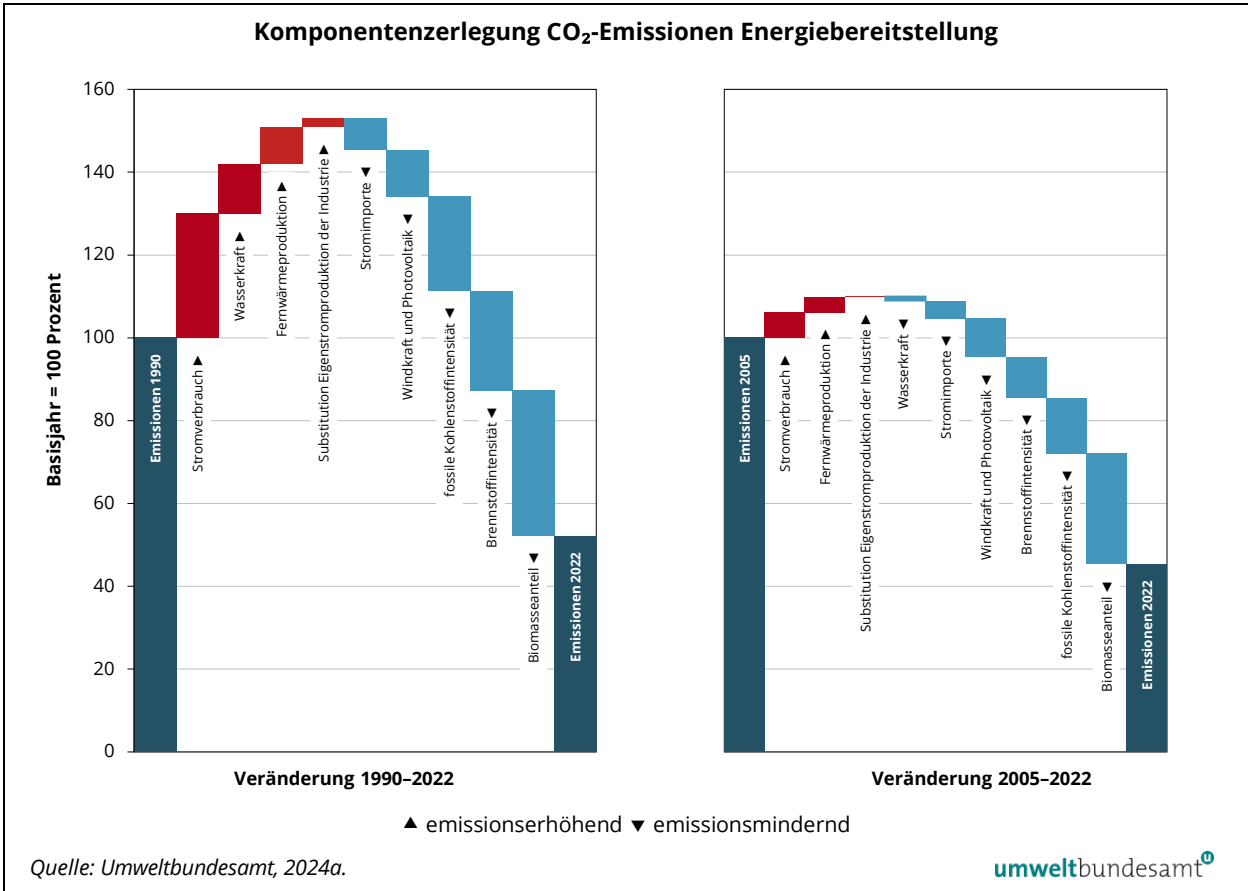
Jahr	Heizöl	Kohle	Erdgas	feste, flüssige, gasförmige Biomasse	Abfälle
1990	15.635	61.330	59.463	2.962	1.497
2005	14.007	63.737	94.960	23.526	6.203
2021	1.389	0	80.656	63.060	9.003
2022	1.802	0	80.719	61.809	8.647
1990–2022	-88 %	-100 %	36 %	1.987 %	478 %

3.1.1.5 Komponentenerlegung

Die Wirkung ausgewählter Einflussfaktoren auf die CO₂-Emissionen in der Energieaufbringung wird nachstehend analysiert. Für die Gegenüberstellung der Emissionen in den Zeiträumen 1990–2022 und 2005–2022 wurde die Methode der Komponentenerlegung eingesetzt.

Die Größe der Balken spiegelt das relative Ausmaß der Beiträge (berechnet in Tonnen CO₂) der einzelnen Parameter zur Emissionsentwicklung wider (wobei das Symbol ▲ einen emissionserhöhenden Effekt, das Symbol ▼ einen emissionsmindernden Effekt kennzeichnet). Details zur Methode sind in Anhang 2 dargestellt.

Abbildung 42: Komponentenerlegung der CO₂-Emissionen aus der öffentlichen Strom- und Wärmeproduktion – Gegenüberstellung 2022–1990 (links) und 2005–2022 (rechts).



Einflussfaktoren	Definitionen
Stromverbrauch	Emissionserhöhender Effekt, der sich aufgrund des steigenden Stromverbrauchs in Österreich von 176 PJ (1990) auf 242 PJ (2005) und 264 PJ (2022) ergibt. ³⁸

³⁸ Inklusive Pumpstrom, Eigenverbrauch der Energiewirtschaft und Leitungsverluste.

Einflussfaktoren	Definitionen
Fernwärmeproduktion	Emissionserhöhender Effekt, der sich aufgrund der steigenden Fernwärmeproduktion in öffentlichen Kraftwerken in Österreich von 28 PJ (1990) auf 59 PJ (2005) und 82 PJ (2022) ergibt.
(Beitrag) Wasserkraft	Emissionserhöhender Effekt, der sich aufgrund des fallenden Anteils der Stromproduktion aus Wasserkraft an der gesamten Strom- und Wärmeproduktion ohne Windkraft und Photovoltaik von 59 % (1990) auf 52 % (2022) ergibt. Hier ist zu beachten, dass die Wasserkraft jährlichen Schwankungen unterliegt, in Abhängigkeit von der Wasserführung der Flüsse. Sinkende Wasserkraftproduktion muss durch andere Formen der Stromproduktion kompensiert werden. Im Jahr 2005 lag der Anteil der Wasserkraft an der gesamten Strom- und Wärmeproduktion ohne Windkraft und Photovoltaik bei 51 %. Deshalb hatte die Wasserkraft zwischen 1990 und 2005 einen emissionserhöhenden Effekt, während in der Periode 2005–2022 der steigende Anteil der Wasserkraft emissionsmindernde Wirkung hatte.
Substitution Eigenstromproduktion der Industrie	Emissionserhöhender Effekt, der sich aufgrund des leicht steigenden Anteils der Stromproduktion in öffentlichen Kraftwerken an der gesamten inländischen Stromproduktion (in öffentlichen Kraftwerken sowie Eigenstromproduktion der Industrie) von 86,0 % (1990) auf 88,1 % (2005) und 88,3 % (2022) ergibt. Hier zeigt sich, dass die Stromproduktion der Industrie (trotz wachsenden Stromkonsums) nicht im selben Ausmaß angestiegen ist wie die der öffentlichen Kraftwerke.
Stromimporte	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund des Anstiegs des Nettostromimports ergibt. 1990 wurden 1,7 PJ Strom netto exportiert, 2005 9,4 PJ und 2022 31 PJ netto importiert.
Windkraft und Photovoltaik	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund des steigenden Anteils der Stromproduktion aus Windkraft und Photovoltaik an der gesamten Strom- und Wärmeproduktion in öffentlichen Kraftwerken von 0 % (1990) auf 1,9 % (2005) und 14 % (2022) ergibt.
fossile Kohlenstoffintensität	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund der sinkenden CO ₂ -Emissionen pro fossiler Brennstoffeinheit (inklusive nicht-biogener Anteil im Abfall) in öffentlichen kalorischen Strom- und Wärmekraftwerken von 80 Tonnen/TJ (1990) auf 71 Tonnen/TJ (2005) und 59 Tonnen (2022) ergibt. Hier machen sich v. a. der sinkende Anteil von Braunkohle und der Brennstoffwechsel von Kohle zu Erdgas bemerkbar.
Brennstoffintensität	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund des steigenden Wirkungsgrades in öffentlichen kalorischen Strom- und Wärmekraftwerken (= steigende produzierte Strom- und Wärmemenge pro eingesetzter Brennstoffmenge) von 51 % (1990) auf 61 % (2005) und 70 % (2022) ergibt. Diese Entwicklung ist v. a. auf effizientere Kraftwerke und die Kraft-Wärme-Kopplung zurückzuführen.
Biomasseanteil	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund des steigenden Anteils der Biomasse (inklusive biogener Anteil im Abfall) am gesamten Brennstoffeinsatz in öffentlichen kalorischen Strom- und Wärmekraftwerken von 2 % (1990) auf 12 % (2005) und 40 % (2022) ergibt.

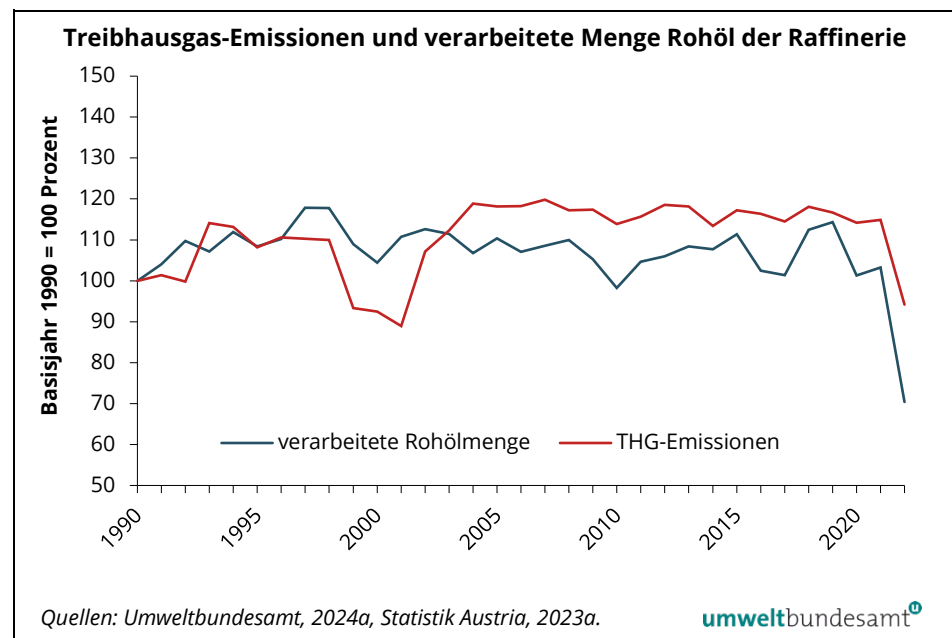
3.1.2 Raffinerie

Unter dem Begriff Raffinerie werden die Anlagen zur Verarbeitung von Rohöl (inklusive Dampfspaltung bzw. „Steam cracking“) zusammengefasst. Emissionsbestimmende Faktoren sind neben der verarbeiteten Erdölmenge und -qualität vor allem der Verarbeitungsgrad und die Qualitätsanforderungen an die Produkte, aber auch die Energieeffizienz und Wärmeintegration der Prozessanlagen.

Trend der Emissionen

Die Treibhausgas-Emissionen aus der Raffinerie sind zwischen 1990 und 2022 um 5,8 % auf 2,3 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent gesunken. Der Rückgang der Emissionen von 1998 auf 1999 ist auf Anlagenstillstände und eine damit verbundene geringere Produktion aufgrund eines Strukturanpassungsprogramms zurückzuführen. Bis zum Jahr 2004 stiegen die Emissionen wieder an und blieben seitdem nahezu unverändert. Der Anstieg ist v. a. auf den energetischen Mehraufwand bei der Erzeugung (z. B. erhöhter Hydrieraufwand für die Produktion schwefelfreier Treibstoffe und Produktverschiebung von schweren zu leichteren Fraktionen) zurückzuführen. Im Jahr 2022 sind die Emissionen gegenüber dem Vorjahr aufgrund eines mehrmonatigen Ausfalls der Rohöldestillationsanlage um 18 % gesunken (siehe Abbildung 43).

Abbildung 43:
Treibhausgas-
Emissionen und
verarbeitete Menge
Rohöl der Raffinerie,
1990–2022.



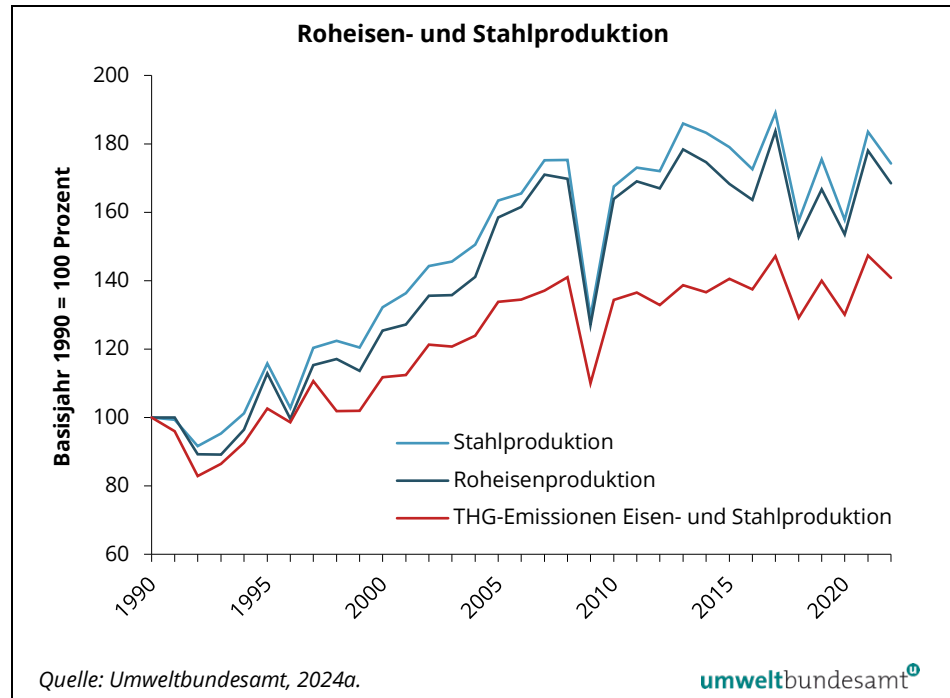
3.1.3 Eisen- und Stahlproduktion

Trend der Emissionen

Die energie- und prozessbedingten Treibhausgas-Emissionen aus der Eisen- und Stahlerzeugung sind zwischen 1990 und 2017 um 45 % auf 12,8 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent gestiegen, gingen im Jahr 2018 um 12 % bzw. 1,6 Mio. Tonnen zurück und lagen im Jahr 2019 bei 12,2 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent. Im Jahr 2021 sind die Emissionen um 13 % bzw. 1,5 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent auf 12,8 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent gestiegen und im Jahr 2022 wiederum um 4,4 % bzw. 0,6 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent auf 12,2 Mio. Tonnen gesunken.

Ausschlaggebend für die Emissionsentwicklung 1990–2017 war vor allem die Menge des produzierten Rohstahls (inklusive Elektrostahl), die sich von 1990 bis 2017 um 89 % erhöht hat.

Abbildung 44:
Trend der Roheisen- und
Stahlproduktion sowie
damit verbundene Treib-
hausgas-Emissionen,
1990–2022.



Nach einem krisenbedingten Einbruch der Produktion im Jahr 2009 stieg die Stahlproduktion bis zum Jahr 2013 mit rund 7,9 Mio. Tonnen deutlich an und erreichte nach einem leichten Rückgang in den Jahren 2014–2016 im Jahr 2017 mit einer Produktion von 8,1 Mio. Tonnen ein Allzeithoch. Im Jahr 2018 ging die Produktion deutlich um 15,4 % zurück, was auf die wartungsbedingte Erneuerung des größten Hochofens am Standort Linz zurückzuführen war. Nach einem Anstieg im Jahr 2019 nahm im Jahr 2020 die Rohstahlproduktion wiederum um 8,9 % ab, was hauptsächlich auf die Corona-Pandemie zurückzuführen ist (vorübergehend wurde ein kleiner Hochofen stillgelegt). Im Jahr 2022 sank die Rohstahlproduktion um 5 % auf 6,8 Mio. Tonnen.

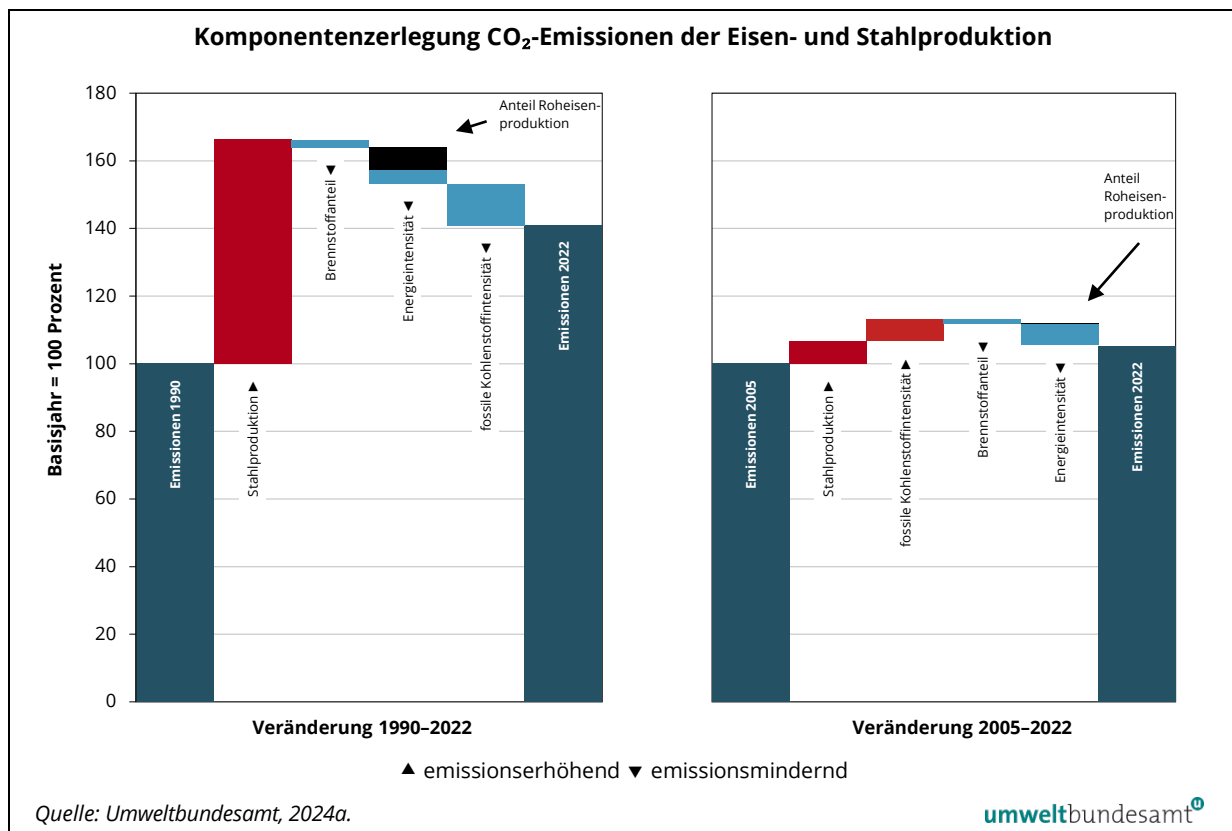
Die CO₂-Emissionen sind seit 1997 nicht so stark gestiegen wie die Stahlproduktion (siehe Abbildung 44), was auf Anlagenoptimierungen – und somit auf die höhere Energieeffizienz in der Produktion – zurückzuführen ist. Dieser Trend hat sich bis 2014 fortgesetzt. Im Jahr 2009 war aufgrund der geringen Auslastung ein Rückgang der Effizienz zu bemerken. Nach 2014 sind die Emissionen trotz teilweise sinkender Produktion etwa gleichgeblieben bzw. nur leicht zurückgegangen. Weitere Einflussfaktoren werden im Rahmen der nachfolgenden Komponentenerlegung beschrieben.

3.1.3.1 Komponentenerlegung

Die Wirkung ausgewählter Einflussfaktoren auf die CO₂-Emissionen aus der Eisen- und Stahlproduktion wird nachstehend analysiert. Für die Gegenüberstellung der Emissionen in den Zeiträumen 1990–2022 und 2005–2022 wurde die Methode der Komponentenerlegung eingesetzt.

Die Größe der Balken spiegelt das relative Ausmaß der Beiträge (berechnet in Tonnen CO₂) der einzelnen Parameter zur Emissionsentwicklung wider (wobei das Symbol ▲ einen emissionserhöhenden Effekt, das Symbol ▼ einen emissionsmindernden Effekt kennzeichnet). Details zur Methode sind in Anhang 2 dargestellt.

Abbildung 45: Komponentenzzerlegung der CO₂-Emissionen aus der Eisen- und Stahlproduktion – Gegenüberstellung 1990–2022 (links) und 2005–2022 (rechts).



Einflussfaktoren	Definitionen
Stahlproduktion	Emissionserhöhender Effekt, der sich aufgrund der steigenden Stahlproduktion in Österreich von 3.921 Kilotonnen (1990) auf 6.408 Kilotonnen (2005) und 6.834 Kilotonnen (2022) ergibt.
Anteil Roheisenproduktion	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund des sinkenden Anteils der Roheisenproduktion an der Stahlproduktion von 87,8 % (1990) und 84,9 % (2022) ergibt. Im Zeitraum bis 2005 macht sich der vermehrte Schrotteinsatz bemerkbar. Seit 2005 (mit 85,2 %) bleibt der Anteil annähernd gleich.
Energieintensität	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund des sinkenden Energie- bzw. Reduktionsmittelverbrauchs pro Produktionseinheit Stahl von 23,1 TJ/Kilotonne (1990) auf 22,1 TJ/Kilotonne (2005) und 20,8 TJ/Kilotonne (2022) ergibt. Dies ist v. a. auf die Anlagenoptimierung in der Roheisenproduktion zurückzuführen.
Brennstoffanteil	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund des sinkenden Anteils des Brennstoffverbrauchs am gesamten Energieverbrauch von 99,4 % (1990) auf 98,8 % (2005) und 97,5 % (2022) ergibt. Hier zeigt sich, dass vermehrt Strom aus dem öffentlichen Netz zugekauft wird.

Einflussfaktoren	Definitionen
fossile Kohlenstoffintensität	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund der Reduktion der CO ₂ -Emissionen pro fossile Brennstoffeinheit von 110 Tonnen/TJ (1990) auf 104 Tonnen/TJ (2022) ergibt, wobei seit 2005 (mit 98 Tonnen/TJ) wieder ein Anstieg bemerkbar ist. Dies ist u. a. auf den anteilmäßigen Rückgang beim Einsatz von Erdgas (Verbrauch Sektor Energie) zurückzuführen.

3.1.4 Sonstige Industrie ohne Eisen- und Stahlproduktion

Hauptemittenten

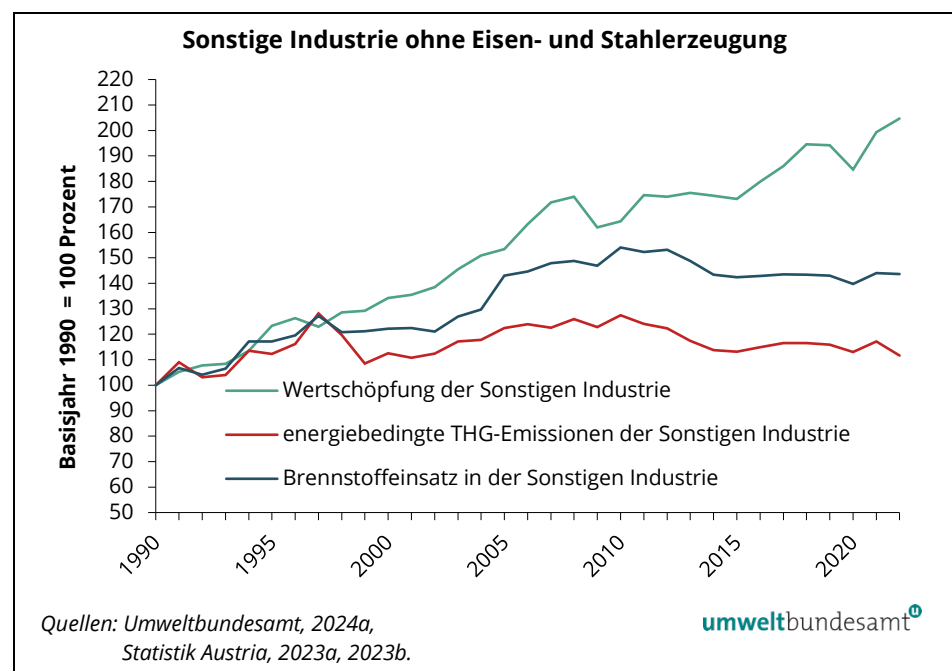
In diesem Abschnitt werden die **energiebedingten** Treibhausgas-Emissionen insbesondere aus der Papier- und Zellstoffindustrie, der Chemischen Industrie, der Nahrungs- und Genussmittelindustrie, der Mineralverarbeitenden Industrie sowie der Bauindustrie und deren Baumaschinen zusammengefasst.

Bezogen auf das Jahr 1990 sind die Treibhausgas-Emissionen dieses Subsektors bis zum Jahr 2022 um 11,7 % gestiegen und liegen mit 8,7 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent rund 4,7 % bzw. 0,4 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent unter den Emissionen des Jahres 2021. Maßgeblich bestimmend für die Höhe der Treibhausgas-Emissionen dieses Sektors sind die Industrieproduktion sowie die Kohlenstoffintensität der eingesetzten fossilen Brennstoffe.

Wertschöpfung der Sonstigen Industrie

Die Bruttowertschöpfung dieser Verursachergruppe ist seit 1990 um 105 % auf 61,8 Mrd. Euro gestiegen (Statistik Austria, 2023b). Durch Effizienzsteigerungen beim Energieeinsatz und den Brennstoffwechsel von Öl auf Gas bzw. Biomasse haben sich im Vergleich dazu die energiebedingten Treibhausgas-Emissionen in einem geringeren Ausmaß (+11,7 %) erhöht (siehe Abbildung 46).

Abbildung 46:
Energiebedingte Treibhausgas-Emissionen,
Wertschöpfung und
Brennstoffeinsatz der
Sonstigen Industrie
(ohne Eisen- und Stahl-
produktion),
1990–2022.

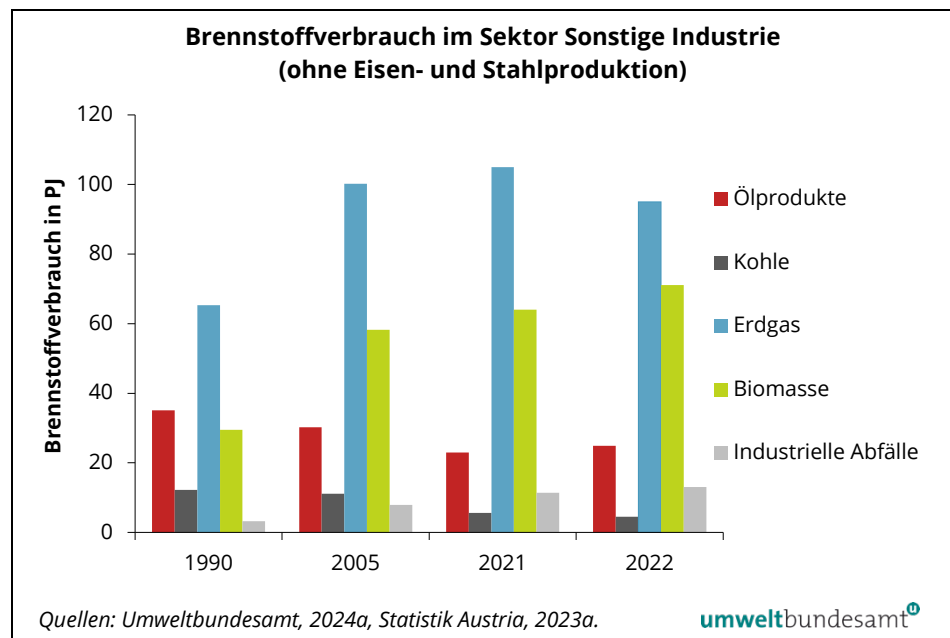


Brennstoffeinsatz und fossile Kohlenstoffintensität

Erdgas ist der wichtigste Brennstoff und für fast die Hälfte der CO₂-Emissionen dieser Verursachergruppe verantwortlich. Seit 1990 ist dessen Einsatz um 46 % gestiegen (siehe Abbildung 47). Erdgas hatte im Jahr 2022 einen Gesamtanteil am Brennstoffeinsatz von 45,5 %; dieser hat sich seit dem Jahr 2005 nicht wesentlich verändert.

Der **Biomasse**einsatz hat im Zeitraum 1990–2022 um 141 % zugenommen und hatte im Jahr 2022 einen Gesamtanteil von 34 %. Der Einsatz von Biomasse trägt nicht zu den energiebedingten CO₂-Emissionen bei.

Abbildung 47:
Verbrauch von Brennstoffen in der Sonstigen Industrie (ohne Eisen- und Stahlproduktion) in den Jahren 1990, 2005, 2021 und 2022.



Kohle wird zwar nur noch zu einem geringen Anteil eingesetzt (2,2 % des gesamten Brennstoffeinsatzes), verursacht jedoch aufgrund der hohen Kohlenstoffintensität rund 4,9 % der energiebedingten CO₂-Emissionen dieses Subsektors. Der Kohleeinsatz ist seit 1990 um 63 % zurückgegangen. Kohle wird hauptsächlich in der Papier- und Zellstoffindustrie sowie in Zementwerken eingesetzt.

Sonstige Brennstoffe (vorwiegend industrielle **Abfälle**) wurden im Jahr 2022 deutlich mehr eingesetzt als im Jahr 1990 – sie verzeichnen einen Anstieg von 306 % und hatten im Jahr 2022 einen Anteil von 6,3 % am Gesamteinsatz dieses Subsektors.

Ölprodukte hatten im Jahr 2022 einen Anteil von 12 % am Gesamtenergieverbrauch. Seit dem Jahr 1990 kam es zu einem Rückgang um 29 %, wobei die Einsatzmengen seit dem Jahr 2014 relativ konstant geblieben sind. Dieselkraftstoff für Baumaschinen hatte im Jahr 2022 einen Anteil von 78 % am Gesamtöleinsatz. Weitere eingesetzte Brennstoffe sind Heizöl, Petrolkoks und Flüssiggas.

Zusätzlich zu den CO₂-Emissionen verursachten die Verbrennungsanlagen dieses Sektors auch N₂O- und CH₄-Emissionen im Ausmaß von insgesamt 0,1 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent im Jahr 2022.

Tabelle 8: Verbrauch von Brennstoffen der Verursachergruppe Sonstige Industrie (ohne Eisen- und Stahlerzeugung) in den Jahren 1990, 2005, 2021 und 2022 (in TJ) (Quellen: Umweltbundesamt, 2024a, Statistik Austria, 2023a).

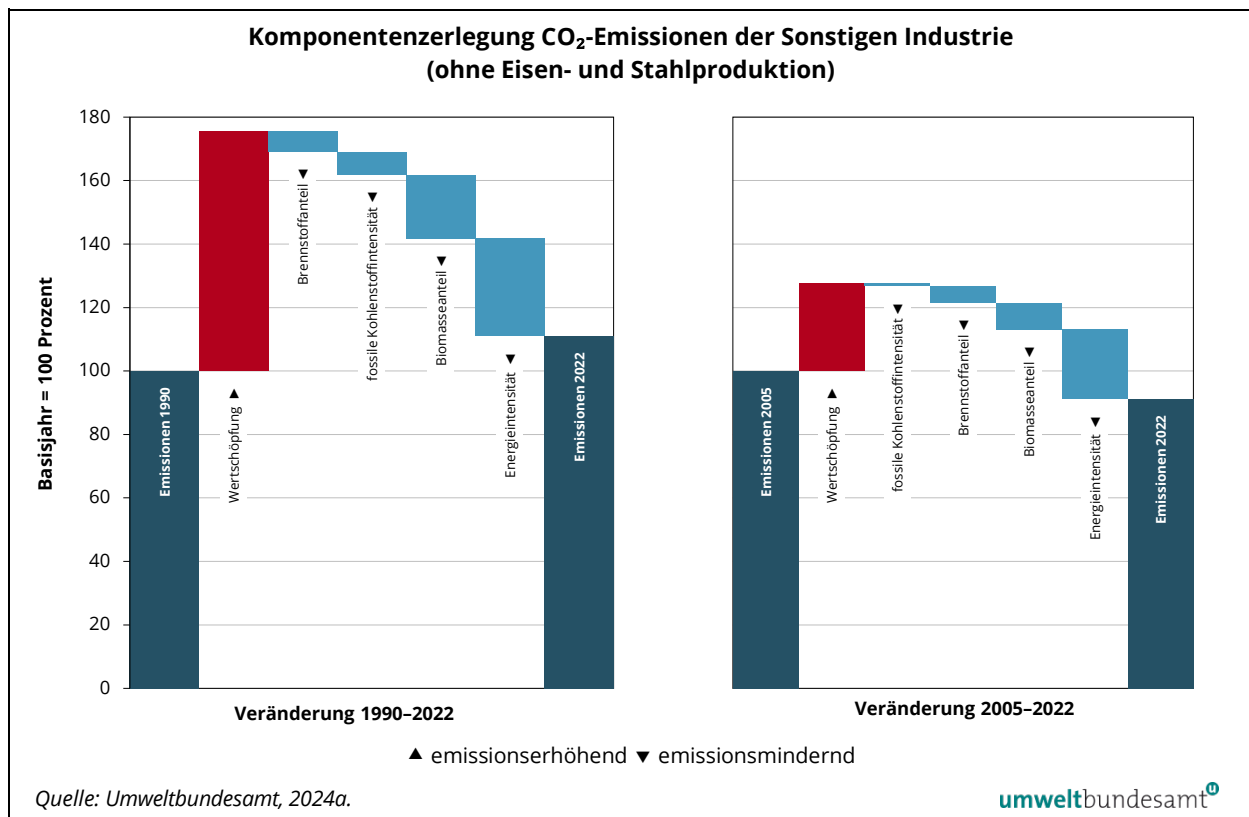
Jahr	Ölprodukte	Kohle	Erdgas	Biomasse	Industrielle Abfälle	Summe
1990	35.086	12.174	65.263	29.449	3.220	145.192
2005	30.175	11.102	100.244	58.237	7.891	207.648
2021	22.979	5.568	105.017	64.025	11.413	209.002
2022	24.907	4.510	95.002	71.115	13.088	208.623
1990–2022	-29 %	-63 %	46 %	141 %	306 %	44 %

3.1.4.1 Komponentenzerlegung

Die Wirkung ausgewählter Einflussfaktoren auf die CO₂-Emissionen des Subsektors Sonstige Industrie (ohne Eisen- und Stahlproduktion) wird nachstehend analysiert. Für die Gegenüberstellung der Emissionen in den Zeiträumen 1990–2022 und 2005–2022 wurde die Methode der Komponentenzerlegung eingesetzt.

Die Größe der Balken spiegelt das relative Ausmaß der Beiträge (berechnet in Tonnen CO₂) der einzelnen Parameter zur Emissionsentwicklung wider (wobei das Symbol ▲ einen emissionserhöhenden Effekt, das Symbol ▼ einen emissionsmindernden Effekt kennzeichnet). Details zur Methode sind in Anhang 2 dargestellt.

Abbildung 48: Komponentenerlegung der CO₂-Emissionen aus der Sonstigen Industrie (ohne Eisen- und Stahlproduktion – Gegenüberstellung 1990–2022 (links) und 2005–2022 (rechts).



Einflussfaktoren	Definition
Wertschöpfung	Emissionserhöhender Effekt, der sich aufgrund der steigenden realen Wertschöpfung der Industrie (ohne Eisen- und Stahlproduktion) von ca. 30 Mrd. Euro (1990) auf rund 46 Mrd. Euro (2005) und rund 62 Mrd. Euro (2022) ergibt. Die steigende Wertschöpfung (konstante Preise 2015) kann im Sektor Industrie und produzierendes Gewerbe als Maß für die Industrieproduktion der unterschiedlichen Einzelbranchen (u. a. Papier- und Zellstoffindustrie, Chemische Industrie, Nahrungs- und Genussmittelindustrie, Mineralverarbeitende Industrie, Baustoffindustrie) herangezogen werden. Sie macht den Anteil am Emissionszuwachs deutlich, der durch die gesteigerte Wirtschaftsleistung und den damit steigenden Energieverbrauch verursacht wird.
Energieintensität	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund des sinkenden Energieverbrauchs (gesamt, inklusive Strom, Wärme, Treibstoffe) pro Wertschöpfungseinheit von 6.122 TJ/Mrd. Euro (1990) auf 5.740 TJ/Mrd. Euro (2005) und 4.568 TJ/Mrd. Euro (2022) ergibt.
Brennstoffanteil	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund des sinkenden Anteils des Brennstoffverbrauchs am gesamten Energieverbrauch von 79 % (1990) auf 78 % (2005) und 74 % (2022) ergibt.
fossile Kohlenstoffintensität	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund der Verringerung der CO₂-Emissionen pro fossile Brennstoffeinheit von 67 Tonnen/TJ (1990) auf 63 Tonnen/TJ (2005) und 62 Tonnen/TJ (2022) ergibt. Der Grund für diese Entwicklung liegt im zunehmenden Einsatz von kohlenstoffärmeren fossilen Brennstoffen (Gas) zur Energieerzeugung. Der Effekt des steigenden Biomasseeinsatzes findet an dieser Stelle keine Berücksichtigung, sondern wird als eigener Effekt (Biomasseanteil) behandelt.

Einflussfaktoren	Definition
Biomasseanteil	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund des steigenden Anteils der Biomasse am gesamten Brennstoffeinsatz von 20 % (1990) auf 28 % (2005) und 34 % (2022) ergibt. Hier macht sich in erster Linie der Biomasseeinsatz der Papier- und Holzindustrie bemerkbar.

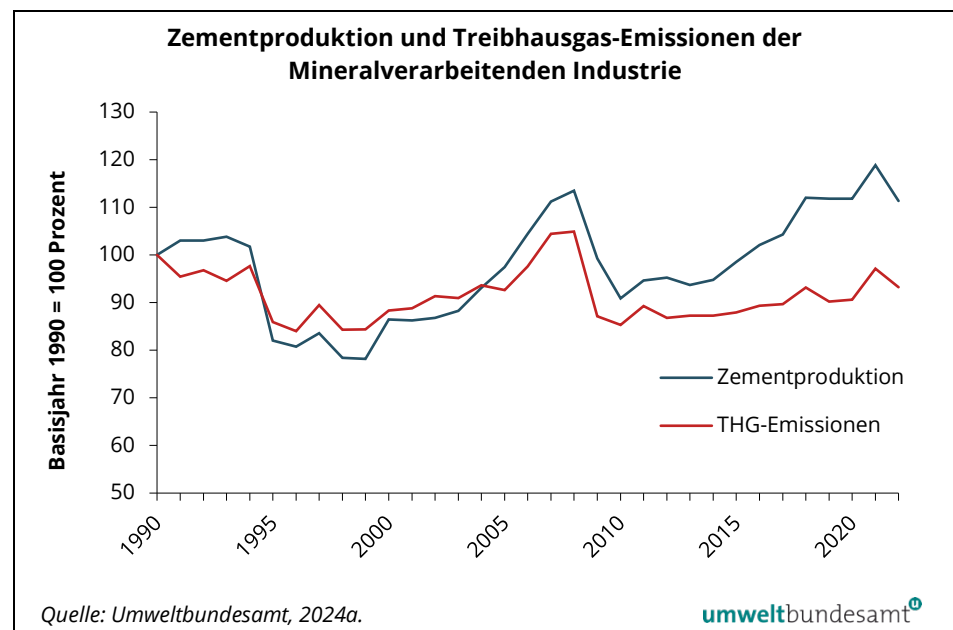
3.1.5 Mineralverarbeitende Industrie

Die prozessbedingten CO₂-Emissionen aus der Mineralverarbeitenden Industrie sind im Zeitraum 1990–2022 um 6,8 % gesunken und waren im Jahr 2022 mit insgesamt 2,9 Mio. Tonnen um 4,0 % niedriger als im Jahr 2021.

Hauptemittenten Rund 63 % der CO₂-Emissionen wurden im Jahr 2022 aus den Zementwerken emittiert, die restlichen CO₂-Emissionen entstanden in Öfen zur Herstellung von Kalk, Feuerfestprodukten, in der Glasproduktion, in Ziegeleien, aus kalkbasierenden Füllstoffen sowie aus der Kalksteinverwendung für Rauchgas-Entschwefelungsanlagen.

Emissionstrend Der mit der Schließung von Werken einhergehende Rückgang der Zementproduktion bewirkte den starken Abfall der Emissionen im Jahr 1995 (siehe Abbildung 49). Zwischen 1999 und 2008 zeigen die Emissionen der Zementproduktion einen steigenden Trend. Im Jahr 2009 sind die Emissionen aufgrund der Wirtschaftskrise stark gesunken und erreichten im Jahr 2010 das Niveau von 1995. Seitdem zeigen die Emissionen einen steigenden Trend.

Abbildung 49:
Zementproduktion
(Produktionsmenge)
und Treibhausgas-Emissionen aus der Mineral-
verarbeitenden Industrie
(nur prozessbedingte
Emissionen),
1990–2022.



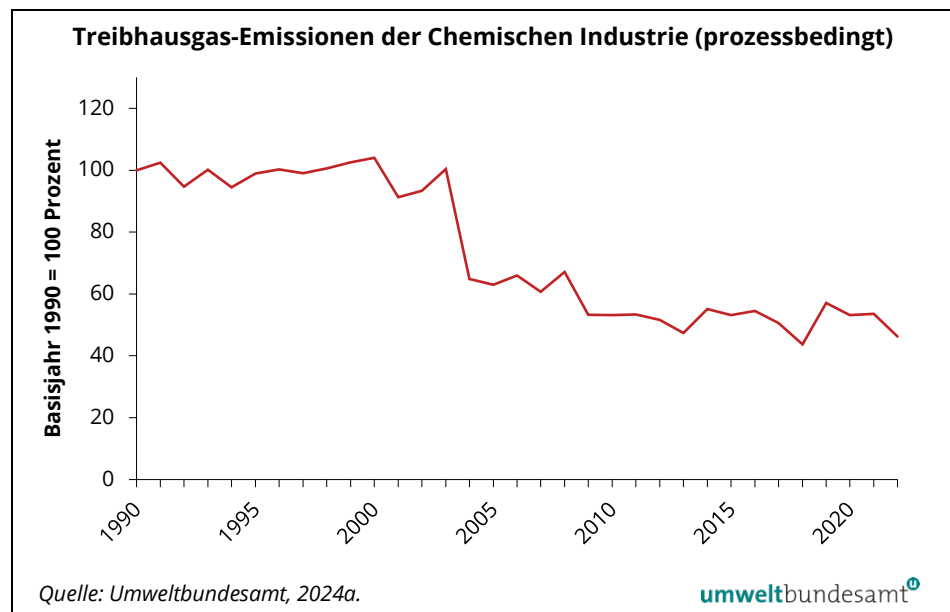
3.1.6 Chemische Industrie

Die prozessbedingten Treibhausgas-Emissionen der Chemischen Industrie sind im Zeitraum 1990–2022 um 54 % (0,8 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent) gesunken und waren im Jahr 2022 um 14 % niedriger als im Vorjahr.

Hauptemittenten Rund 62 % der Treibhausgas-Emissionen dieses Industriezweiges stammten 2022 aus der Ammoniakproduktion, 3 % aus der Salpetersäureproduktion, 6 % aus der Kalziumkarbidproduktion und rund 22 % aus der Produktion anderer chemischer und petrochemischer Basisprodukte.

Emissionstrend Bis 2003 verliefen die prozessbedingten Treibhausgas-Emissionen relativ konstant. Für den starken Emissionsrückgang von 2003 auf 2004 war die Installation eines katalytischen Reaktors zur Reduktion von N₂O-Emissionen bei einer Linie der Salpetersäureproduktion verantwortlich. Durch diese Maßnahme wurden die N₂O-Emissionen der Salpetersäureproduktion um etwa zwei Drittel reduziert. Auch bei der zweiten Linie der Salpetersäureanlage wurde im Jahr 2009 eine katalytische Reduktion installiert, wodurch die Emissionen noch einmal zurückgegangen sind.

Abbildung 50:
Treibhausgas-Emissionen (prozessbedingt) der Chemischen Industrie, 1990–2022.



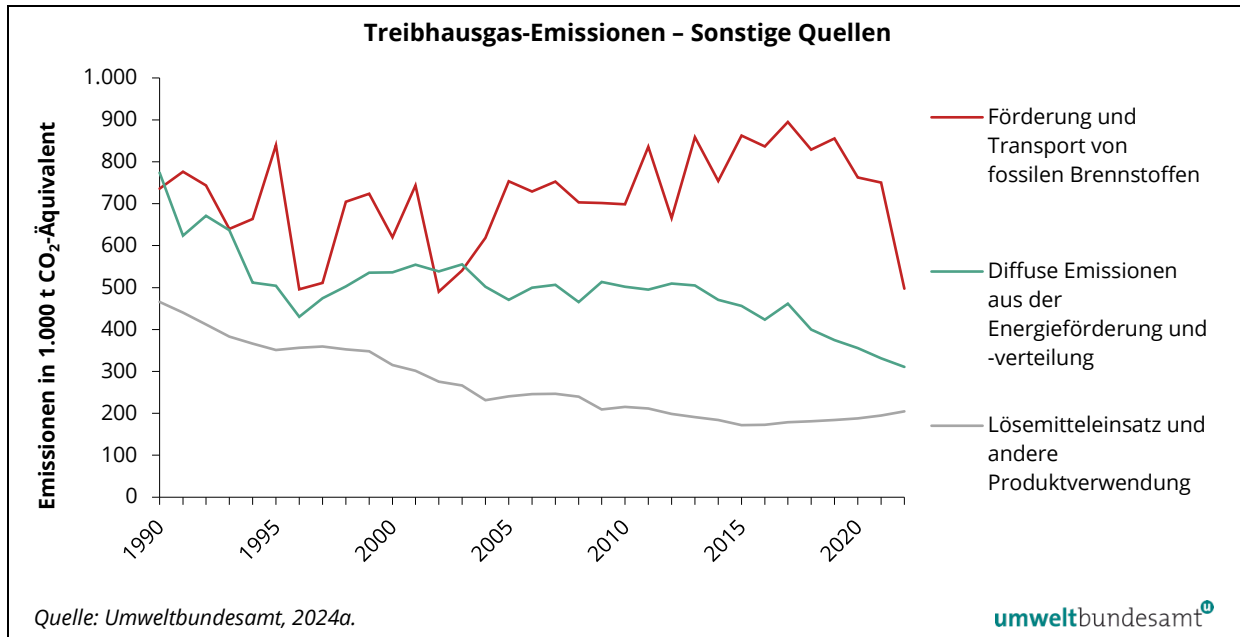
3.1.7 Sonstige Emissionsquellen

In diesem Abschnitt werden die Treibhausgas-Emissionen insbesondere aus der Förderung und dem Transport von fossilen Brennstoffen, die indirekten CO₂-Emissionen aus dem Lösemitteleinsatz und anderen Produktverwendungen sowie die diffusen Emissionen aus der Energieförderung und -verteilung und aus den Kompressoren der Gaspipelines behandelt.

Die Emissionen dieser Sonstigen Quellen betrugen im Jahr 2022 ca. 1,0 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent und somit 1,4 % der gesamten Treibhausgas-Emissionen

Österreichs. Zwischen 1990 und 2022 sind diese Emissionen um 49 % gesunken, im Vergleich zum Vorjahr wurde eine Abnahme um 21 % verzeichnet.

Abbildung 51: Treibhausgas-Emissionen aus Sonstigen Quellen, 1990–2022.



Förderung und Transport von fossilen Brennstoffen

trendbestimmende Faktoren

Dieser Subsektor umfasst die Emissionen der Pipeline-Kompressoren und der Erdgasspeicher-Verdichter sowie die Emissionen des sonstigen Brennstoffeinsatzes der Erdöl- und Erdgasförderung. Die Pipeline-Kompressoren und Erdgasspeicher-Verdichter sind ab dem Jahr 2013 vollständig in den Emissionshandel aufgenommen worden. Die Gesamtemissionen dieses Subsektors sind im Zeitraum 1990–2022 um 32,4 % gesunken und beliefen sich im Jahr 2022 auf 0,5 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent, wovon 68 % auf Emissionshandelsanlagen entfallen sind. Der Rückgang im Jahr 2022 um 0,3 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent ist vor allem auf den geringeren Erdgaseinsatz bei den Gaspipeline-Kompressoren zurückzuführen, die zur Gänze dem Emissionshandel unterliegen. Bestimmend für den Trend ist der Brennstoffverbrauch der Gaspipeline-Kompressoren, der wiederum von der transportierten Erdgasmenge abhängt.

Diffuse Emissionen aus der Energieförderung und -verteilung

Dieser Subsektor umfasst diffuse Methan- und CO₂-Emissionen aus der Förderung, der Verarbeitung und dem Transport von fossilen Energieträgern. Der Anteil an den nationalen Gesamtemissionen 2022 betrug 0,4 % bzw. 0,3 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent.

trendbestimmende Faktoren

Die diffusen Treibhausgas-Emissionen aus der Energieförderung und -verteilung haben im Zeitraum 1990–2022 insgesamt um 60 % abgenommen, wobei der Rückgang bis zum Jahr 1994 auf die Schließung des Untertage-Kohlebergbaus zurückzuführen ist. Der Anstieg ab 1996 ist vorerst durch die Zunahme der Emissionen aus der Öl- und Gasproduktion und der Rohgas-Reinigung sowie durch

die Ausweitung des Gastransportnetzes bedingt. Da für die Ausweitung des Gasnetzes mittlerweile hauptsächlich isolierte Stahl- und Kunststoffrohre verwendet werden und alte Rohrleitungen sukzessive ausgetauscht wurden, ist eine Entkoppelung der Emissionen von der stetig ansteigenden Länge des Gasverteilungs- und -Transportnetzes eingetreten. Maßnahmen betreffen darüber hinaus z. B. die Vermeidung von Dichtungsverlusten bei Pipeline-Kompressoren.

Lösemiteileinsatz und andere Produktverwendung

trendbestimmende Faktoren

Der Rückgang der Treibhausgas-Emissionen seit 1990 ist auf den rückläufigen Lösemiteileinsatz zurückzuführen. Aufgrund diverser legislativer Instrumente (u. a. der Lösungsmittelverordnung), aber auch aufgrund des geringeren Narkosemittleinsatzes (Einsatz von Lachgas im Anästhesie-Bereich) sind die Emissionen aus diesem Bereich seit 1990 um 56,1 % zurückgegangen. Ab dem Jahr 2005 werden auch die CO₂-Emissionen aus „AdBlue“³⁹ in dieser Kategorie berücksichtigt, die sich im Jahr 2022 auf rund 45 Kilotonnen beliefen.

3.1.8 Vergleich Emissionshandels- und Nicht-Emissionshandels-Bereich

3.1.8.1 EU-Emissionshandel

EU-weites Reduktionsziel

Für den EU-Emissionshandel wurde im Jahr 2018 auf EU-Ebene ein Reduktionsziel von 43 % bis zum Jahr 2030 gegenüber 2005 festgelegt. Dieses Ziel wurde mit dem „Fit for 55“-Paket auf 62 % angehoben. Die Zielvorgaben sind für die gesamte EU definiert und nicht weiter auf nationale Ziele heruntergebrochen. Daher ist der EU-Emissionshandel auch nicht vom Klimaschutzgesetz umfasst, wird aber zwecks vollständiger Darstellung der Emissionstrends in Österreich in diesem Kapitel trotzdem erläutert. Für weitere Informationen zu den Grundlagen des EU-Emissionshandels siehe auch Kapitel 1.4.1

Stationäre Anlagen

Die geprüften Emissionen der EH-Betriebe beliefen sich im Jahr 2022 auf 26,6 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent bzw. 81,6 % der insgesamt 32,6 Mio. Tonnen des Sektors Energie und Industrie. Im Jahr 2023 betrugen die geprüften Emissionen der EH-Betriebe 24,4 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent.

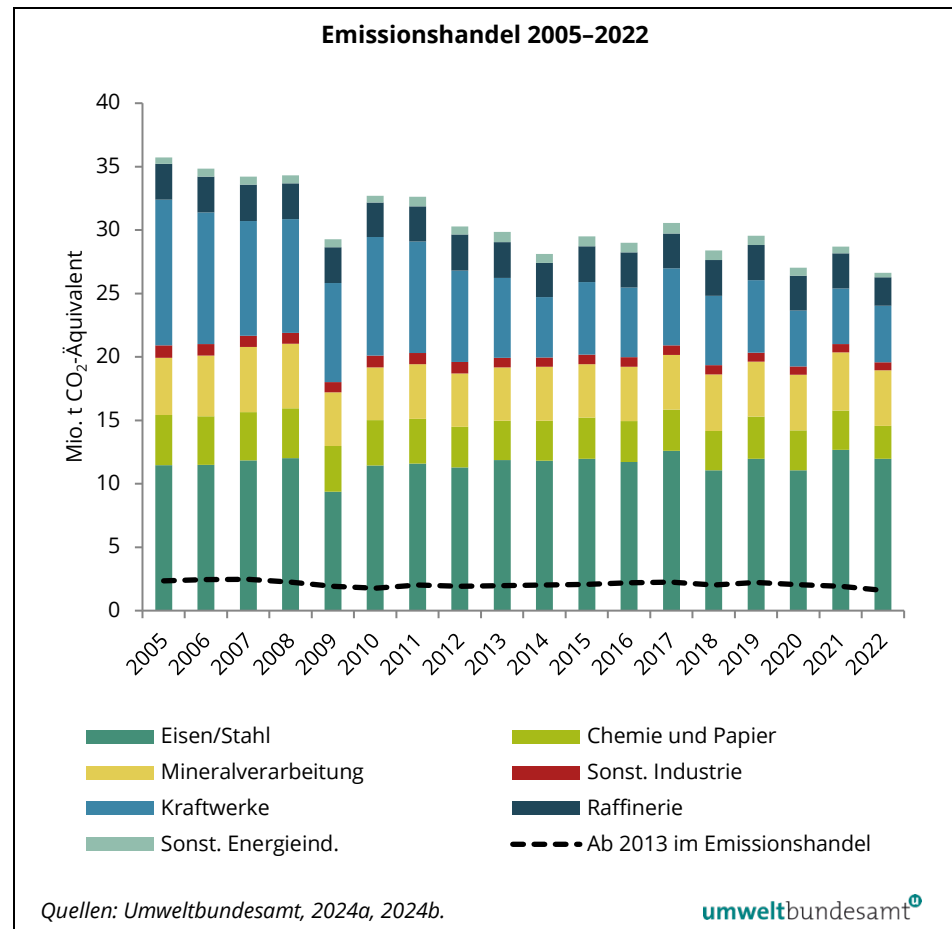
Die Emissionen der ab 2013 neu aufgenommenen Emissionshandelsanlagen beliefen sich in den Jahren 2013–2022 auf jeweils rund 1,6–2,2 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent.

Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurden die ab 2013 neu aufgenommenen Emissionshandelsanlagen für den Zeitraum 2005–2012 mit Hilfe von Energieeinsätzen der Energiebilanz und für den Zeitraum 2008–2010 auf Basis einer Erhebung im Rahmen der ESD-Zielberechnung berücksichtigt. Die folgende Abbildung

³⁹ „AdBlue“ ist ein Handelsname für eine 32,5 %ige Harnstoff-Wasserlösung, die in der Selective Catalytic Reduction (SCR) – d. h. bei Katalysatoren zur Reduktion von Stickstoffoxiden aus Dieselmotoren – eingesetzt wird.

52 zeigt die Emissionen der Emissionshandelsanlagen von 2005 bis 2022 in der Abgrenzung ab 2013.

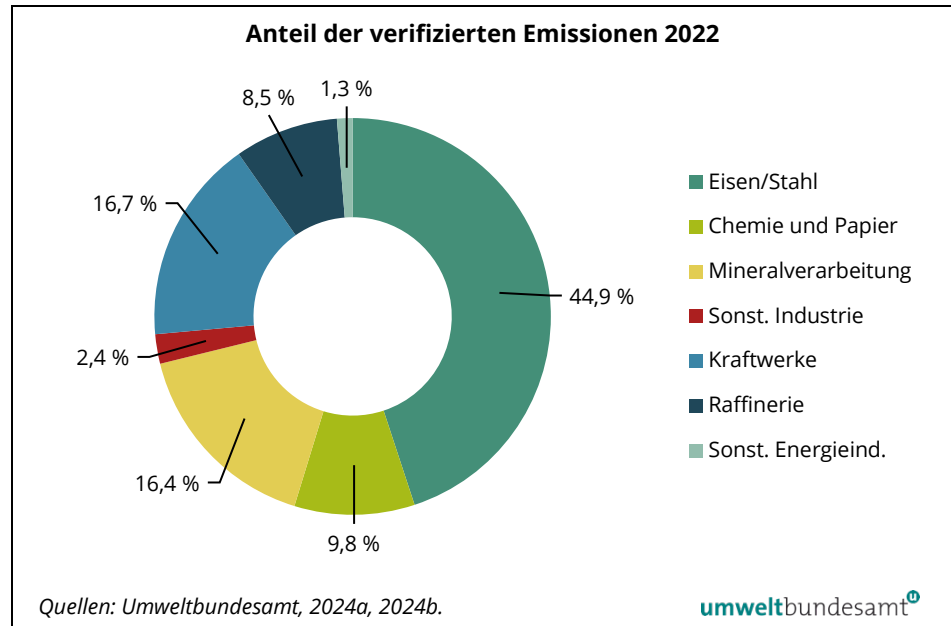
Abbildung 52:
Treibhausgas-Emissionen der Emissionshandelsanlagen
2005–2022 in der
Abgrenzung ab 2013.



Hauptverursacher

Derzeit sind in Österreich rund 170 stationäre Anlagen vom EU-Emissionshandel erfasst. Der Großteil der Emissionen im Jahr 2022 stammte von Betrieben aus der Eisen- und Stahlindustrie (45 %), gefolgt von den Kraft- und Fernwärmewerken (17 %), den Mineralverarbeitenden Betrieben (16 %), der Chemischen Industrie und der Papierindustrie (10 %) sowie der Raffinerie (8 %).

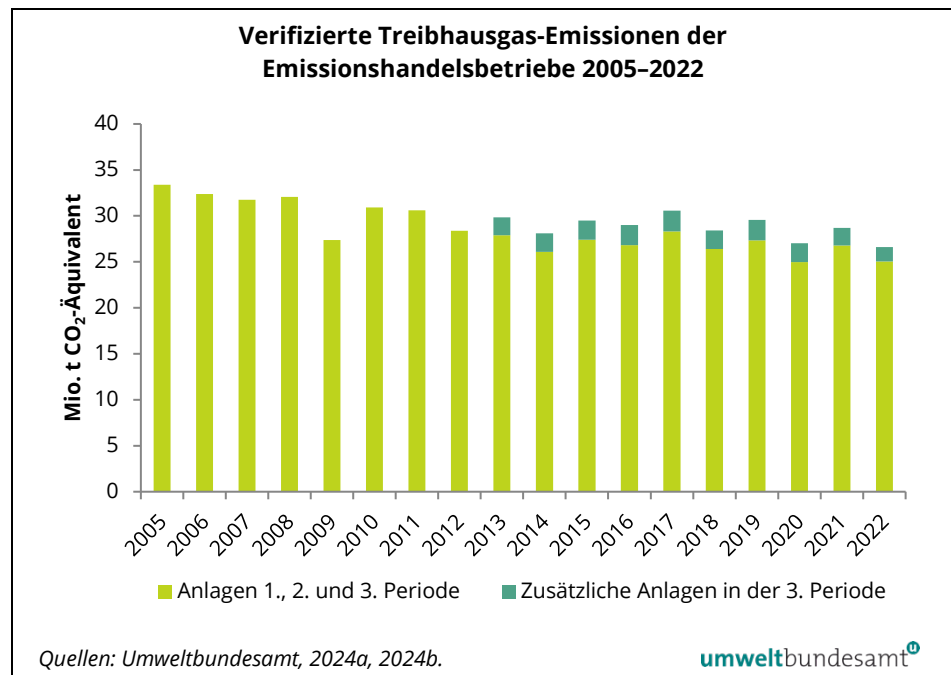
Abbildung 53:
Anteil der EH-Emissionen
des Sektors Energie und
Industrie im Jahr 2022
nach ausgewählten
Sektoren.



Emissionstrend

Die Emissionen der österreichischen Emissionshandelsbetriebe sind seit dem Beginn des EU-Emissionshandels im Jahr 2005 gesunken, wobei es im Jahr 2009 zu einem Rückgang der Emissionen aufgrund der Wirtschaftskrise kam. Die in Abbildung 54 gesondert dargestellten Emissionen aus „Erweiterung in der 3. Periode“ umfassen die ab 2013 zusätzlich in den Emissionshandel aufgenommenen Anlagen und Neuanlagen.

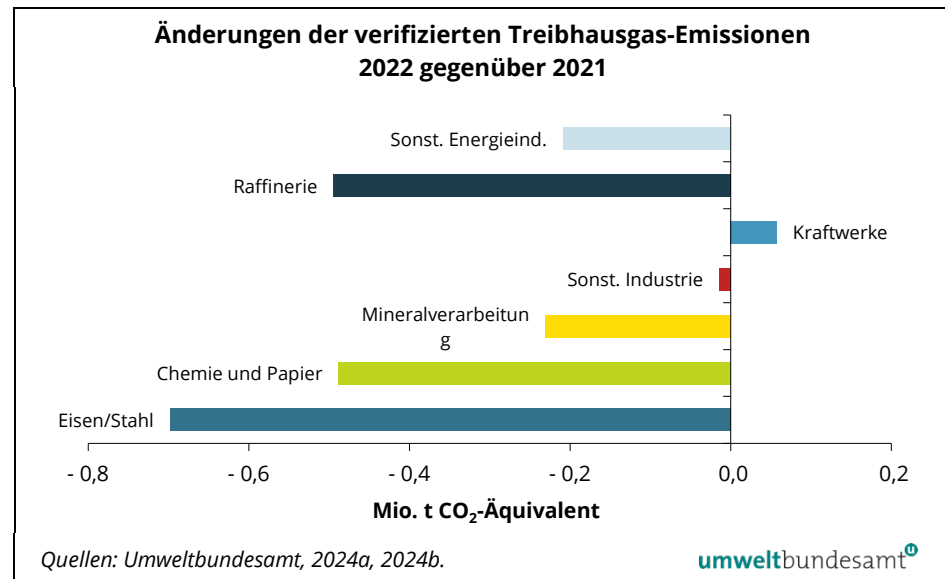
Abbildung 54:
Verifizierte Treibhausgas-Emissionen der
Emissionshandelsbetriebe 2005–2022.



Im Jahr 2022 sind die Treibhausgas-Emissionen der österreichischen Emissionshandelsanlagen im Vergleich zum Jahr 2021 um 7,2 % bzw. 2,1 Mio. Tonnen auf

26,6 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent gesunken und haben damit den niedrigsten Wert seit 2005 erreicht. Abbildung 55 zeigt die Änderungen bei den Emissionen nach ausgewählten Sektoren. Die bereits vorliegenden Daten für 2023 zeigen im zweiten Jahr des Ukraine-Krieges eine Reduktion von 8,3 % auf 24,4 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent.

Abbildung 55:
Änderung der verifizierten Treibhausgas-Emissionen 2022 gegenüber 2021 nach ausgewählten Sektoren.

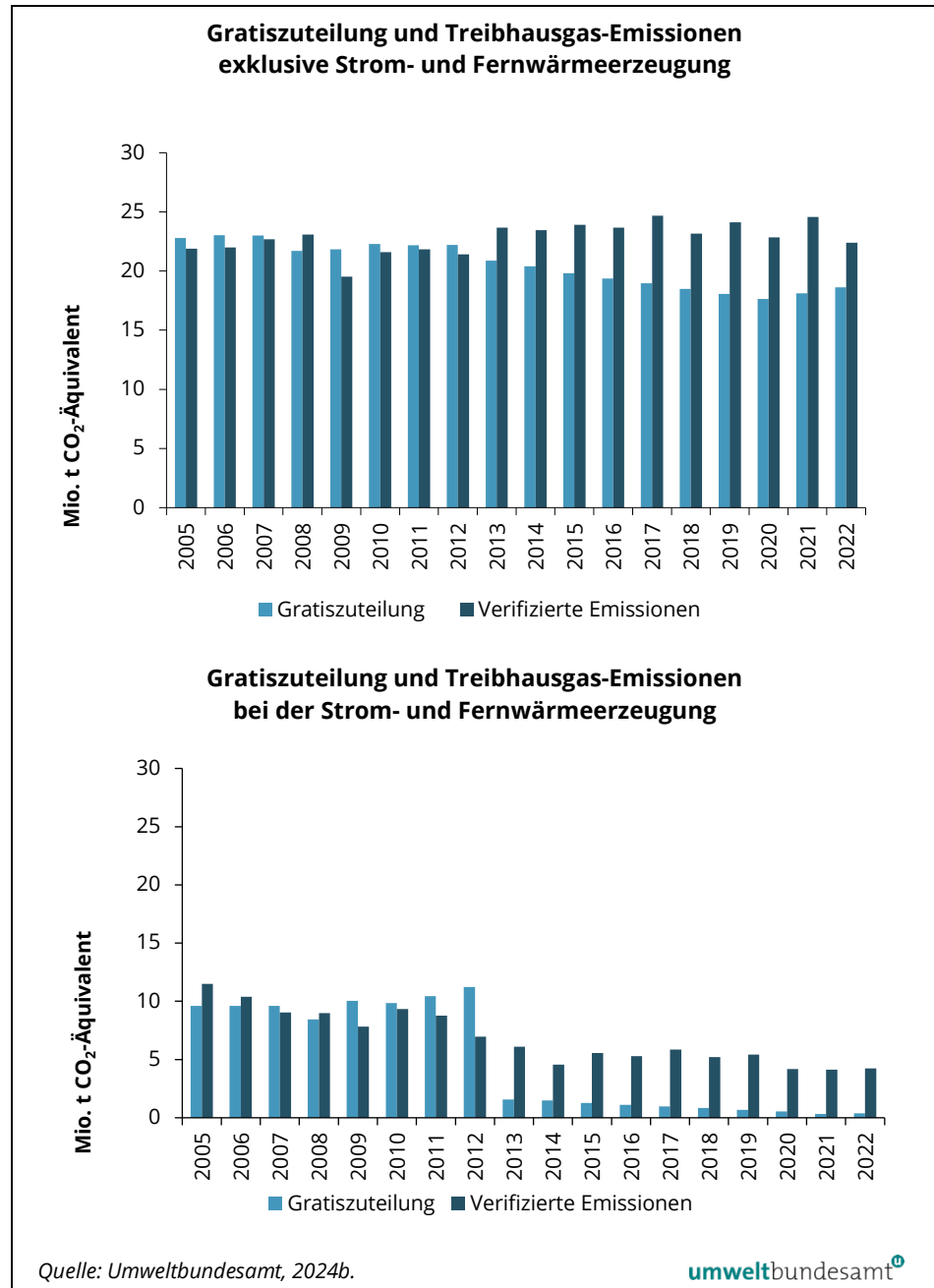


Die Gratiszuteilung an die österreichischen Emissionshandelsbetriebe exklusive Strom- und Fernwärmeerzeugung ist im Zeitraum 2013–2022 geringer als die von den Emissionshandelsbetrieben gemeldeten Treibhausgas-Emissionen (siehe Abbildung 56). Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass ab 2013 die kostenlose Zuteilung durch EU-weite Benchmarks bemessen wird und dass für die Produktion von Strom auch an Industriestandorten keine kostenlose Zuteilung erfolgt.

Während im Zeitraum bis 2012 im Bereich Strom- und Fernwärmeerzeugung eine sehr hohe Abdeckung mit kostenloser Zuteilung gegeben war, werden diesem Bereich seit 2013 nur noch in sehr geringem Ausmaß Gratiszertifikate zuteilt. Seit 2013 ist insbesondere für die Stromproduktion keine kostenlose Zuteilung mehr vorgesehen. Dies bedeutet, dass Emissionshandelsbetriebe ab 2013 entweder zusätzliche Zertifikate am Markt ankaufen oder übrig gebliebene Zertifikate aus Vorjahren nutzen mussten.

Die Emissionen der Emissionshandelsbetriebe exklusive Strom- und Fernwärmeerzeugung sind im Zeitraum 2013–2022 etwa gleichgeblieben. Der Anstieg der Treibhausgas-Emissionen im Jahr 2013 ist wiederum hauptsächlich auf die Erweiterung des Geltungsbereiches des Emissionshandelssystems zurückzuführen.

Abbildung 56:
Vergleich Gratiszuteilung
und Treibhausgas-Emissionen
2005–2022.



Luftverkehr

Zusätzlich zu den stationären Anlagen verwaltet Österreich ca. 15 Luftverkehrsbetreiber, die seit 2012 am EU-Emissionshandel teilnehmen. Seit 2013 sind nur Flüge innerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums (EWR) vom Emissionshandel umfasst. Die Emissionen der Österreich als Verwaltungsmitgliedstaat zugeordneten Luftfahrzeugbetreiber fielen im Zeitraum 2019–2020 aufgrund der Pandemie um 68 % und betrugen im Jahr 2020 1.198 Kilotonnen CO₂-Äquivalent. Die Emissionen verzeichneten 2020–2022 wieder einen Anstieg und machten im Jahr 2022 2.869 Kilotonnen CO₂-Äquivalent aus. Damit lagen sie noch um 22 % niedriger als 2019 (3.694 Kilotonnen CO₂-Äquivalent). Die Luftverkehrsbetreiber

erhielten 2013–2022 eine Gratiszuteilung von Zertifikaten in Höhe von durchschnittlich ca. 75 % der Emissionen ihrer Flotte.⁴⁰ Für die Abdeckung der restlichen Emissionen mussten sie Zertifikate ankaufen.

Die bereits vorliegenden Daten für das Jahr 2023 zeigen gegenüber 2022 einen Anstieg der Emissionen im Luftverkehr von 8,2 % auf 3.106 Kilotonnen CO₂-Äquivalent.

3.1.8.2 Anlagen außerhalb des Emissionshandels

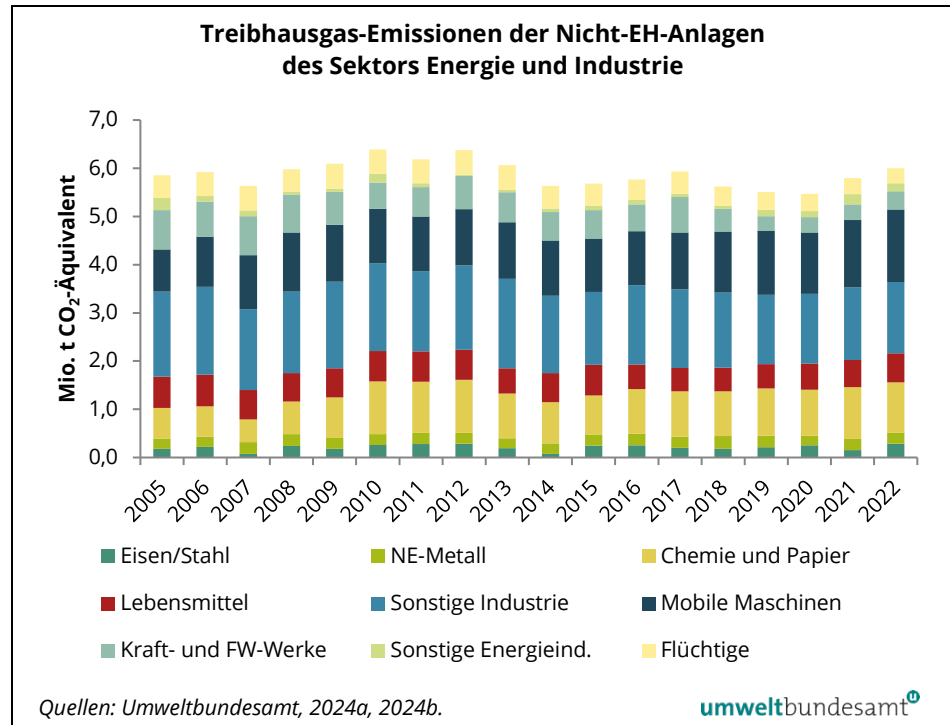
Die Treibhausgas-Emissionen der nicht vom Emissionshandel erfassten Anlagen beliefen sich im Jahr 2022 auf 6,0 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent bzw. 18,4 % der Gesamtemissionen des Sektors Energie und Industrie. Sie hatten einen Anteil von 13,0 % an den Gesamtemissionen außerhalb des Emissionshandels bzw. von 8,2 % an den Gesamtemissionen Österreichs. Zum größten Teil werden diese CO₂-Emissionen in Folge der Verbrennung von fossilen Brennstoffen freigesetzt, zu einem geringeren Anteil aus flüchtigen CO₂-Emissionen aus der Erdgasaufbereitung sowie zu einem kleinen Teil aus Lachgas- und Methan-Emissionen aus Verbrennungsvorgängen.

trendbestimmende Faktoren

Die Emissionen von Anlagen außerhalb des Emissionshandels haben von 2021 auf 2022 um insgesamt 0,2 Mio. Tonnen bzw. 3,6 % zugenommen. Bezogen auf die unterschiedlichen Branchen sind im Jahr 2022 eine Zunahme bei der produzierenden Industrie um insgesamt 0,2 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent sowie unveränderte Emissionen bei der Energieindustrie zu verzeichnen. Die Eisen- und Stahlindustrie sowie die Mobilien Maschinen hatten mit einer Änderung von jeweils +0,1 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent den größten Anteil am Trend der produzierenden Industrie. Abbildung 57 zeigt die Treibhausgas-Emissionen des Sektors Energie und Industrie, die nicht dem Emissionshandel unterliegen.

⁴⁰ Daten für 2012 sind hier nicht einbezogen, da diese aufgrund von Ausnahmeregelungen nicht mit den Daten für 2013–2022 vergleichbar sind.

Abbildung 57:
Treibhausgas-Emissionen der Nicht-EH-Anlagen des Sektors Energie und Industrie, 2005–2022.



Energieindustrie

Die Emissionen des Nicht-EH aus der Energieindustrie beliefen sich im Jahr 2022 auf 0,9 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent und lagen 1 % unter jenen des Vorjahres.

Kraft- und Fernwärmewerke

Die öffentlichen Kraft- und Fernwärmewerke, die nicht vom Emissionshandel erfasst sind, beinhalten im Wesentlichen Standorte mit einer Gesamt-Brennstoffwärmeleistung von weniger als 20 MW sowie Biomasseheiz(kraft)werke. Die Treibhausgas-Emissionen betrugen im Jahr 2022 rund 0,4 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent und lagen um 18 % über dem Vorjahr. Die Menge beinhaltet vor allem Erdgas, das auch in Hilfskesseln von Biomasse-Fern- und Nahwärmeanlagen zum Einsatz kommt.

Flüchtige (diffuse) Emissionen

Die Treibhausgas-Äquivalente der Flüchtigen (diffusen) Emissionen der Energieindustrie sind ebenfalls nicht vom Emissionshandel erfasst. Sie beliefen sich im Jahr 2022 auf rund 0,3 Mio. Tonnen und lagen um 6 % unter jenen des Vorjahres. Rund 25 % sind auf CO₂-Emissionen, die bei der Erdgasreinigung anfallen, zurückzuführen. Die restlichen 75 % der CO₂-Äquivalente setzen sich aus Methanverlusten bei der Öl- und Gasförderung und beim Erdgasnetz zusammen.

Sonstige Energieindustrie

Die Sonstige Energieindustrie des Nicht-EH beinhaltet auch den nicht näher spezifizierten Erdgas-Eigenverbrauch der Erdöl- und Gasförderung und der Gasversorgungsunternehmen. Die Treibhausgas-Emissionen daraus haben im Jahr 2022 rund 0,2 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent beigetragen.

Produzierende Industrie

Hauptverursacher

Die Emissionen des Nicht-EH aus der Produzierenden Industrie beliefen sich im Jahr 2022 auf 5,1 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent und waren um 4,4 % höher als im Vorjahr. Etwa 0,2 Mio. Tonnen sind auf Prozessemissionen und rund

0,2 Mio. Tonnen auf flüchtige Emissionen aus der Produktverwendung zurückzuführen. Rund 4,7 Mio. Tonnen entstanden durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe. Die hier erfassten Betriebe unterliegen aufgrund ihrer geringen (Produktions-)Kapazität nicht dem Emissionshandel. Weiters umfasst der Nicht-EH-Bereich Anlagen für die Verbrennung von gefährlichen Abfällen oder Siedlungsabfällen sowie chemische Prozesse, die nicht in die Tätigkeitsdefinition des Emissionshandelssystems fallen.

Die wichtigsten Energieträger sind Erdgas (2,6 Mio. Tonnen CO₂), Heizöl (0,2 Mio. Tonnen CO₂) und industrieller Abfall (0,3 Mio. Tonnen CO₂). Hinzu kommen ca. 1,5 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente aus mobilen Maschinen (v. a. Baumaschinen), die im Wesentlichen mit Dieseltreibstoff betrieben werden.

**Treibhausgas-
Emissionen nach
Branchen**

Bei branchenweiser Betrachtung entfällt auf die Sonstige Industrie der größte Anteil. Zu dieser zählen unter anderem Anlagen der Branchen Fahrzeugbau, Holzverarbeitende Industrie und Bergbau, die nicht dem Emissionshandel unterliegen, sowie die Branchen Maschinenbau, Textil- und Lederindustrie. Mit 1,5 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent lagen die Emissionen dieses Sektors im Jahr 2022 rund 1,7 % unter dem Vorjahr. Die indirekten⁴¹ CO₂-Emissionen aus der Lösemittelverwendung betrugen im Jahr 2022 weniger als 0,1 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent und waren gegenüber dem Vorjahr etwa gleichbleibend. Die Emissionen aus sonstigen Produktverwendungen (z. B. Lachgaspatronen, „AdBlue“, Schmiermittel und Paraffin) waren im Jahr 2022 mit 0,1 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent gegenüber dem Vorjahr ebenfalls etwa gleichbleibend.

Die Emissionen der Chemischen Industrie und der Papierindustrie beliefen sich im Jahr 2022 auf ca. 1,0 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent und waren um 3,5 % niedriger als im Vorjahr. Ungefähr 0,8 Mio. Tonnen CO₂ stammen aus der Verbrennung von Erdgas und industriellen Abfällen.

Die Emissionen der Nichteisenmetall- und Stahlerzeugungsbetriebe beliefen sich im Jahr 2022 auf 0,5 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent und waren um ca. 36 % höher als im Vorjahr. Die Emissionen dieses Sektors entstehen hauptsächlich durch die Verbrennung von Erdgas.

Mit ca. 0,6 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent im Jahr 2022 waren die Emissionen der Lebensmittelindustrie um 8 % höher als im Vorjahr. Auch hier handelt es sich um Mittel- und Kleinbetriebe, deren Emissionen hauptsächlich durch die Verbrennung von Erdgas für die Erzeugung von Prozesswärme entstehen.

⁴¹ Der in den Lösemitteln (Flüchtige Kohlenwasserstoffe, Alkohole) enthaltene Kohlenstoff wird in CO₂ umgerechnet.

3.2 Sektor Verkehr

Sektor Verkehr			
THG-Emissionen 2022 (Mio. t CO ₂ -Äquiv.)	Anteil an den nationalen THG-Emissionen	Veränderung zum Vorjahr 2021	Veränderung seit 1990
20,6*	28,3 %	-4,6 %	+49,6 %

* inkl. CO₂ aus nationalem Flugverkehr (0,03 Mio. t); wird gemäß ESD/KSG nicht berücksichtigt.

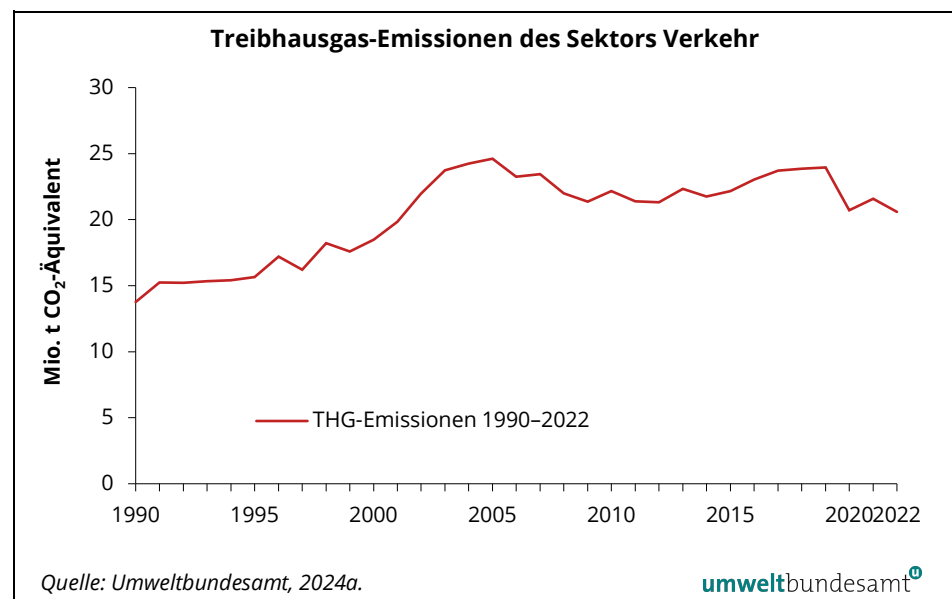
Emissionstrend

Der Sektor Verkehr weist im Jahr 2022 THG-Emissionen im Ausmaß von ca. 20,6 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent auf. Im Vergleich zum Vorjahr sind die Emissionen um 4,6 % (-0,9 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent) gesunken.

Der Rückgang der Emissionen ist auf eine Reduktion des gesamten Kraftstoffabsatzes um 3,8 % zurückzuführen. Zwar ist die Fahrleistung des österreichischen Kfz-Bestands leicht gestiegen, jedoch hat sich der Verkehr von ausländischen schweren Nutzfahrzeugen mit österreichischem Kraftstoff stark reduziert.

2022 gab es eine sehr starke Dynamik bei den Treibstoffpreisen im In- wie Ausland. Dazu gehören preisstabilisierende Maßnahmen, wie Kraftstoffpreis-Deckel in Slowenien und Ungarn, die Steuersenkung auf Kraftstoffe in Deutschland im Sommer 2022 oder die Auswirkungen des Ukraine-Kriegs. Dies könnte den bisherigen finanziellen Vorteil beim Tanken von Diesel in Österreich verringert und in Folge insbesondere zu weniger Kraftstoffexport des Straßengüterverkehrs geführt haben.

Abbildung 58:
Treibhausgas-
Emissionen aus dem
Sektor Verkehr,
1990–2022.



trendbestimmende Faktoren

Bei Betrachtung der Verkehrsemissionen im Zeitablauf sieht man einen deutlichen Emissionsrückgang von 2005 auf 2006, der hauptsächlich auf die Substitutionsverpflichtung fossiler Kraftstoffe durch Biokraftstoffe gemäß Kraftstoffverordnung zurückzuführen ist. Die schwache wirtschaftliche Konjunktur war im

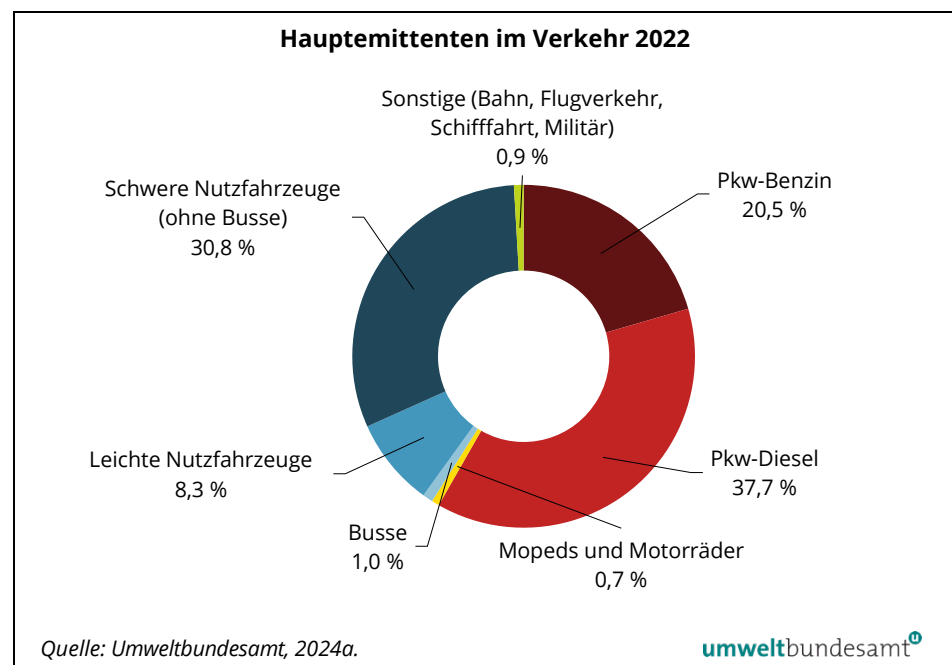
Wesentlichen für die Abnahme der Emissionen in den Jahren 2008 auf 2009 verantwortlich. Im Jahr 2010 stiegen die Emissionen aus dem Verkehrssektor wieder an, insbesondere wegen der erhöhten Nachfrage nach Gütertransporten als Folge der leichten wirtschaftlichen Erholung. Der Rückgang der Emissionen in den Jahren 2011/2012 ist auf einen verringerten Kraftstoffabsatz aufgrund steigender Kraftstoffpreise zurückzuführen. Die deutliche Zunahme der Emissionen im Jahr 2013 lässt sich mit dem stark gestiegenen Kraftstoffabsatz, vor allem beim Kraftstoffexport, erklären. Gründe für den Rückgang im Jahr 2014 sind der geringere fossile Kraftstoffabsatz in jenem Jahr bei gleichzeitigem Anstieg des Absatzes von Biokraftstoffen. Niedrige Kraftstoffpreise, v. a. bei Diesel, ließen Absatz und Emissionen fünf Jahre in Folge bis zum Pandemiejahr 2020 steigen. Nach einem kurzen Aufschwung in 2021 sanken die THG-Emissionen im Jahr 2022 aufgrund der Reduzierung des Kraftstoffexports im Straßengüterverkehr neuerlich.

Mit 20,6 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent war der Verkehrssektor 2022 erneut der größte Verursacher von Treibhausgas-Emissionen außerhalb des Emissionshandels. Seit 1990 verzeichnet der Sektor Verkehr (inklusive nationalem Flugverkehr) mit einer Emissionszunahme von 49,6 % den höchsten Zuwachs aller Sektoren im Zeitraum 1990–2022, im Wesentlichen verursacht durch den Anstieg der Fahrleistung im Straßenverkehr.

Hauptemittent Straßenverkehr

Hauptemittent ist der Straßenverkehr, der rund 99 % der Treibhausgas-Emissionen des gesamten Verkehrssektors ausmacht. Der Anteil des Personenverkehrs auf der Straße (Pkw, Busse, Mofas, Motorräder) beträgt rund 60 %, jener des Straßengüterverkehrs rund 39 %. Das restliche Prozent verteilt sich auf Emissionen von Bahn- und Schiffsverkehr sowie nationalem Flugverkehr (hier nur Methan und Lachgas) sowie auf mobile militärische Geräte.

Abbildung 59:
Hauptemittenten im
Sektor Verkehr, 2022.



**Anteil Biokraftstoffe
neuerlich gesunken**

Im Jahr 2022 wurde das in der Kraftstoffverordnung festgesetzte Substitutionsziel von 5,75 % (gemessen am Energieinhalt) des in Verkehr gebrachten fossilen Treibstoffs knapp erreicht. Biokraftstoffe verzeichnen somit im Vergleich zu den Vorjahren einen neuerlichen Rückgang. Der Einsatz von Biokraftstoffen bewirkte im Jahr 2022 eine Emissionsminderung im Verkehrssektor von rund 1,32 Mio. Tonnen CO₂ (BMK, 2024a).

**Anstieg
Neuzulassungen
von BEV**

Bei den Neuzulassungen setzt sich der Trend des sinkenden Anteils neuer Diesel-Pkw seit Jänner 2017 fort, während die Neuzulassungen rein elektrischer Pkw (BEV) kontinuierlich ansteigen. 2022 wurden abermals mehr konventionell angetriebene Pkw mit Ottomotor bzw. inkl. Otto-Hybrid (56 %) als mit Dieselmotor bzw. Diesel-Hybrid neu zugelassen. Bei den Diesel-Pkw sieht man nach wie vor einen Trend zu großen, schweren Fahrzeugen mit leistungsstarken Motoren (SUVs). Bei Benzin-Pkw zeigt sich seit Beginn des Monitorings der Schwerpunkt an Neuzulassungen in der unteren bzw. mittleren Gewichtsklasse.

**EU-CO₂-Ziel für
Neuwagenflotte wirkt**

Das EU-CO₂-Emissionsziel von 95 g/km in 2020/2021 für die gesamte Neuwagenflotte führte 2020 zu einem durchschnittlichen CO₂-Wert aller neuen Pkw von 112,3 g/km. 2020 war das letzte Jahr, in dem als Berechnungsgrundlage zur Zielerreichung die Emissionswerte gemäß NEFZ⁴² herangezogen wurden. Mit 2021 erfolgte die Umstellung auf den WLTP (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure). Der WLTP liefert im Mittel um rund 20 % höhere Verbrauchswerte. Der durchschnittliche Wert der CO₂-Emissionen nach dem WLTP aller neu zugelassenen Pkw betrug im Jahr 2022 112,1 g/km, eine Abnahme von 3,5 % gegenüber dem Vorjahr (116,2 g/km).

Kraftstoffexport im Fahrzeugtank

Die Emissionsberechnungen des Straßenverkehrs basieren in der Österreichischen Luftschadstoff-Inventur (OLI) auf der in Österreich verkauften Treibstoffmenge.

Berechnungsmethodik

Methodisch lassen sich die über die Grenzen verschobenen Kraftstoffmengen in Fahrzeugen aus der Differenz zwischen Kraftstoffabsatz in Österreich und dem berechneten Inlandsverbrauch ermitteln. Der Inlandskraftstoffeinsatz wird auf Basis der Fahrleistungen (Kfz-km) von Pkw, leichten und schweren Nutzfahrzeugen sowie dem Kraftstoffeinsatz im Offroad-Verkehr abgeleitet. Die Differenz zur Kraftstoffverkaufsmenge ergibt in weiterer Folge die zugehörigen Emissionen für den „Kraftstoffexport in Kfz“.

Gründe für diesen Effekt sind strukturelle bzw. geografische Gegebenheiten (Österreich als relativ kleines Binnenland mit hohem Exportanteil in der Wirtschaft) sowie Unterschiede im Kraftstoffpreisniveau zwischen Österreich und seinen Nachbarländern. Man unterscheidet somit zwischen strukturellem und preisbedingtem Kraftstoffexport.

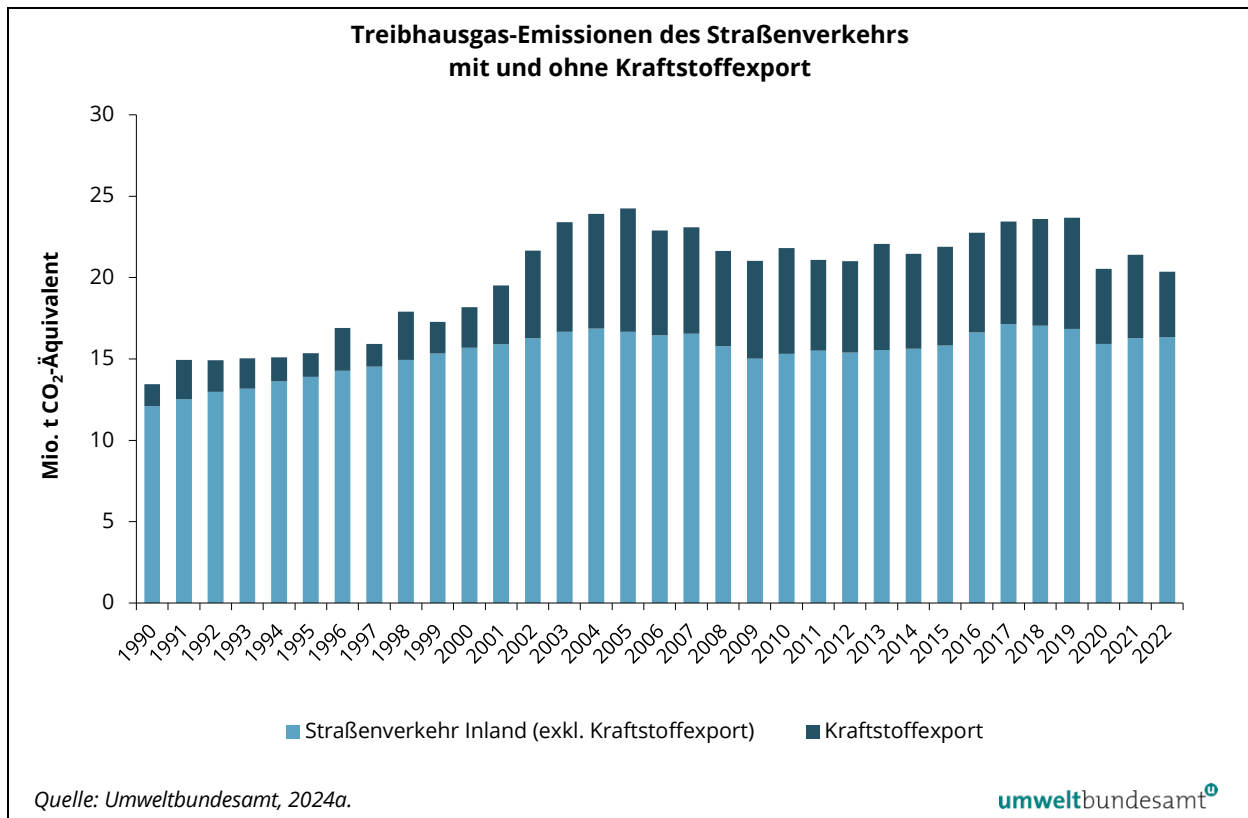
**Emissionen aus
Kraftstoffexport**

Im Jahr 2022 wurden etwa 19 % der Treibhausgas-Emissionen aus dem Straßenverkehr dem Kraftstoffexport in Fahrzeugtanks zugewiesen. Im Vergleich zum

⁴² Neuer Europäischer Fahrzyklus

Vorjahr ist der Kraftstoffexport gesunken. Der Schwerverkehr ist für den Kraftstoffexport maßgebend, der Rest entfällt auf den Pkw-Verkehr. Im Vergleich zu 1990 sind die Treibhausgas-Emissionen des Kraftstoffexports aufgrund zunehmender Preisdifferenzen zum Ausland 2022 ca. um den Faktor 3 höher. Nachstehende Abbildung gibt Auskunft über die Emissionsmengen, die auf den Kraftstoffexport in Fahrzeugtanks zurückzuführen sind.

Abbildung 60: Treibhausgas-Emissionen des Straßenverkehrs mit und ohne Kraftstoffexport, 1990–2022.



Biokraftstoffe

Substitutionsziel knapp erreicht

Mit Oktober 2005 ist die Substitutionsverpflichtung fossiler Kraftstoffe durch Biokraftstoffe gemäß Kraftstoffverordnung in Kraft getreten. Das in der Kraftstoffverordnung 2012 (BGBl. II Nr. 398/2012) festgesetzte Substitutionsziel von 5,75 % (gemessen am Energieinhalt) des in Verkehr gebrachten Treibstoffes wurde im Jahr 2022 mit 5,80 % knapp erfüllt (BMK, 2024a). Der Höchstwert von 8,9 % aus dem Jahr 2015 wurde bei weitem nicht erreicht.

Durch die Verwendung von Biokraftstoffen im Verkehrssektor können direkte Emissionen vermieden werden. Gemäß internationaler Berechnungslogik entstehen bei der Verbrennung von biogenen Kraftstoffen keine CO₂-Emissionen. Es wird vereinfacht davon ausgegangen, dass die Biomasse, aus der die Kraftstoffe erzeugt werden, während des Wachstums dieselbe Menge an Kohlenstoffdioxid aus der Atmosphäre entzieht, die bei der Verbrennung des Kraftstoffes entsteht. Während des Anbaus der Biomasse, des Transports der Zwischenprodukte und der Umwandlungsvorgänge (Raffinerie) fallen sehr wohl Emissionen an.

Diese herstellungsbedingten Emissionen werden jedoch anderen Sektoren zugeordnet (BMK, 2024a).

Im Jahr 2022 konnten rund 1,3 Mio. Tonnen CO₂ durch den Einsatz von Biokraftstoffen eingespart werden. Tabelle 9 gibt einen Überblick über die Entwicklung der eingesetzten Biokraftstoffe und die dadurch eingesparten Treibhausgas-Emissionen.

Tabelle 9: Einsatz von Biokraftstoffmengen gemäß Kraftstoffverordnung und eingesparte Treibhausgas-Emissionen im Verkehrssektor durch den Einsatz von Biokraftstoffen 2005–2022 (Quelle: BMK, 2024a).

Jahr	Biodiesel (FAME)	Bioethanol	Bio- ETBE	Pflanzenöl (SVO)	Hydrierte Pflanzenöle (HVO)	Biogas	Energie	CO ₂ - Einsparung
	[1.000 t]						[GWh]	[1.000 t]
2005	92						943	252
2006	331			10			3.485	932
2007	370	20		18			4.120	1.102
2008	406	30	55	19			5.129	1.375
2009	522	36	64	18			6.427	1.723
2010	502	61	45	17			6.220	1.668
2011	507	53	50	17			6.255	1.677
2012	499	63	42	17		0,5	6.180	1.657
2013	493	48	41	18	12	0,7	6.176	1.630
2014	577	59	29	16	41	0,6	7.334	1.936
2015	608	80	10	16	79	0,4	8.084	2.134
2016	510	82	5	16	51	0,3	6.696	1.767
2017	466	80	5	16	24	0,2	5.897	1.556
2018	507	85	3	0,3	18	0,3	6.110	1.612
2019	485	82	4	0,1	21	0,3	5.914	1.560
2020	415	67	15	0,1	10	0,3	5.043	1.331
2021	431	60	16	0,1	11	0,2	5.178	1.370
2022	413	73	6	0,2	7	0,7	4.943	1.320

Bioethanol und Bio-ETBE werden vorwiegend beigemischt, während Pflanzenöl ausschließlich in purer Form eingesetzt wird. Biodiesel und HVO werden über beide Distributionskanäle vertrieben, wobei auch hier der überwiegende Anteil (93 %) Dieselmotoren beigemischt wird.

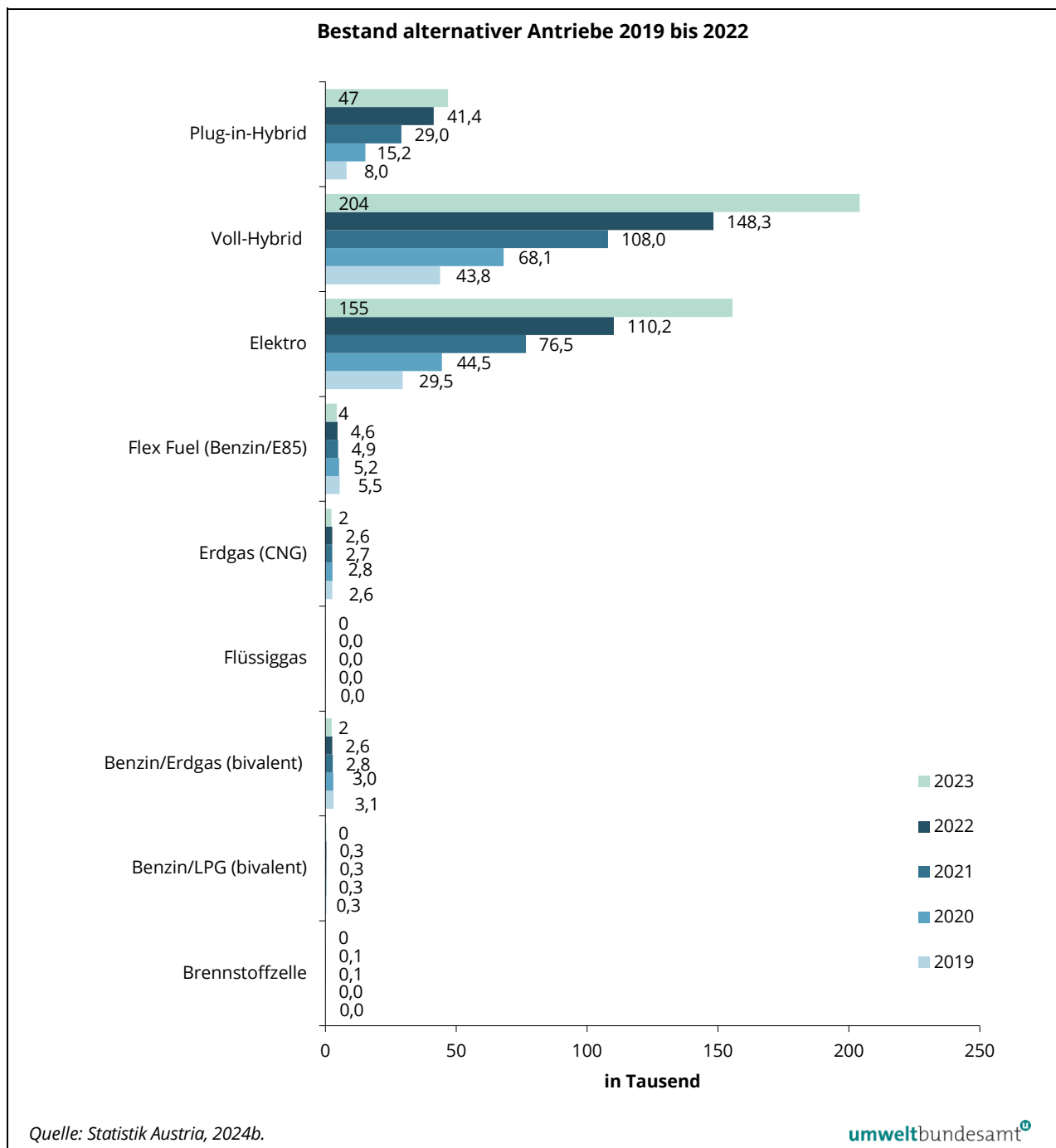
Alternative Antriebe bei Pkw

Hybrid- und Elektrofahrzeuge im Aufwind

Die Entwicklung der Neuzulassungen von alternativ angetriebenen Pkw bewegt sich zwar noch immer auf sehr niedrigem Niveau, gewinnt aber in den letzten Jahren an Bedeutung. Im Jahr 2022 waren bereits 15,9 % (2021: 13,9 %) aller neu zugelassenen Pkw batterieelektrische Fahrzeuge und damit lokal CO₂-frei (Statistik Austria, 2023g).

Die Bestandsstatistik 2023 zeigt, dass der überwiegende Teil der alternativ angetriebenen Personenkraftwagen aus Hybridfahrzeugen besteht. Die zweitgrößte Gruppe mit 155.491 (2022: 110.225) Fahrzeugen bilden die batterieelektrischen Pkw. Die Anzahl der übrigen alternativ angetriebenen Fahrzeuge (Flüssiggas, Erdgas oder sogenannte Flex-Fuel-Fahrzeuge, welche mittels Benzin oder Ethanol (E85) betrieben werden) stagniert oder sinkt. Es ist absehbar, dass vor allem der Anteil der Elektro- und Hybridfahrzeuge durch die voranschreitende Elektrifizierung des Antriebsstranges weiterhin ansteigen wird (Statistik Austria, 2024b).

Abbildung 61: Bestand alternativer Antriebe 2019–2022.



steuerliche Anreize

Durch die Grundlage der Berechnung (CO₂-Emissionswert in g/km nach WLTP (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure)) werden bei der Normverbrauchsabgabe (NoVA) alternativ angetriebene Pkw steuerlich begünstigt. So soll der Erwerb verbrauchs- und emissionsarmer Fahrzeuge stärker gefördert werden. Rein elektrisch betriebene Fahrzeuge zahlen somit keine Normverbrauchsabgabe, da sie keine direkten Verbrennungs-Emissionen ausstoßen.

Von der motorbezogenen Versicherungssteuer (MotV) sind reine Elektrofahrzeuge ebenso gänzlich befreit – dies gilt aber nicht für Range-Extender- und Hybrid-Pkw. Für Pkw mit Erstzulassung vor dem 1.10.2020 richtet sich die motorbezogene Versicherungssteuer nach der Leistung des Verbrennungsmotors als Bemessungsgrundlage; bei jenen mit Erstzulassung nach dem 1.10.2020 nach der Leistung (kW) des Verbrennungsmotors und den CO₂-Emissionen (nach dem kombinierten WLTP-Wert bei Verbrennern und Hybrid-Pkw bzw. dem gewichteten kombinierten WLTP-Wert bei Plug-in-Hybriden).

Der Steuerbonus in der Höhe von 600 Euro für alternative, umweltfreundliche Antriebsmotoren, wie Hybrid-, Erd-, Bio- sowie Flüssiggasmotoren, die unter Verwendung von Kraftstoff der Spezifikation E 85, von Methan in Form von Erdgas oder Biogas, Flüssiggas oder Wasserstoff betrieben werden, wurde bis Ende 2015 gewährt.

Für Elektrofahrzeuge besteht seit Jahren eine Förderung bei betrieblicher Nutzung, deren Fokus nun auf Nutz- und Leichtfahrzeuge sowie Sharing-Konzepte, Taxis und Ladeinfrastruktur gerichtet ist. Im Jahr 2017 wurde zusätzlich eine Direktförderung für den Privatankauf von E-Pkw geschaffen, die 2020 erhöht wurde. Zusätzlich sind Elektrofahrzeuge in gewerblichen Flotten seit 2016 vom Sachbezug befreit sowie vorsteuerabzugsfähig. Seit 2024 ist neu, dass Halter:innen eines Elektrofahrzeuges (Begünstigte nach der Kraftstoffverordnung) den für ihr Fahrzeug genutzten Strom einmal pro Jahr per Vertrag an ein bestimmtes Unternehmen (Antragsberechtigte nach der KVO) übertragen können. Dafür erhalten die Begünstigten von den Antragsberechtigten eine finanzielle Abgeltung.

3.2.1 Straßenverkehr

**Emissionsanstieg
Personen- und
Güterverkehr**

Der Straßenverkehr macht rund 28 % der gesamten nationalen Treibhausgas-Emissionen (Sektoren inklusive EH) aus. Der Anteil des Personenverkehrs auf der Straße (Pkw, Busse, Mofas, Motorräder) beträgt knapp 17 %; jener des Straßengüterverkehrs rund 11 % an den gesamten nationalen Treibhausgas-Emissionen.

Weiters dominiert der Straßenverkehr mit 98 % die Treibhausgas-Emissionen des gesamten Verkehrssektors, wovon 59 % dem Pkw-Verkehr und 41 % dem Güterverkehr (leichte und schwere Nutzfahrzeuge) zuzuordnen sind.

Die folgende Tabelle stellt jeweils die Anteile an den gesamten nationalen Emissionen Österreichs dar sowie ihre Trendentwicklung zwischen 1990 und 2022.

Tabelle 10: Hauptverursacher der Treibhausgas-Emissionen des Verkehrssektors (in 1.000 t CO₂-Äquivalent)
(Quelle: Umweltbundesamt, 2024a).

Hauptverursacher	1990	2005	2021	2022	Veränderung 2021–2022	Veränderung 1990–2022	Anteil an den gesamten Emissionen 2022
Straßenverkehr	13.456	24.254	21.392	20.360	-4,8 %	+51,3 %	27,9 %
davon Güterverkehr (schwere und leichte Nutzfahrzeuge)	4.125	9.610	9.193	7.980	-13,2 %	+93,5 %	11,0 %
davon Personenverkehr (Pkw, Mofas, Busse, Motorräder)	9.331	14.643	12.199	12.380	+1,5 %	+32,7 %	17,0 %

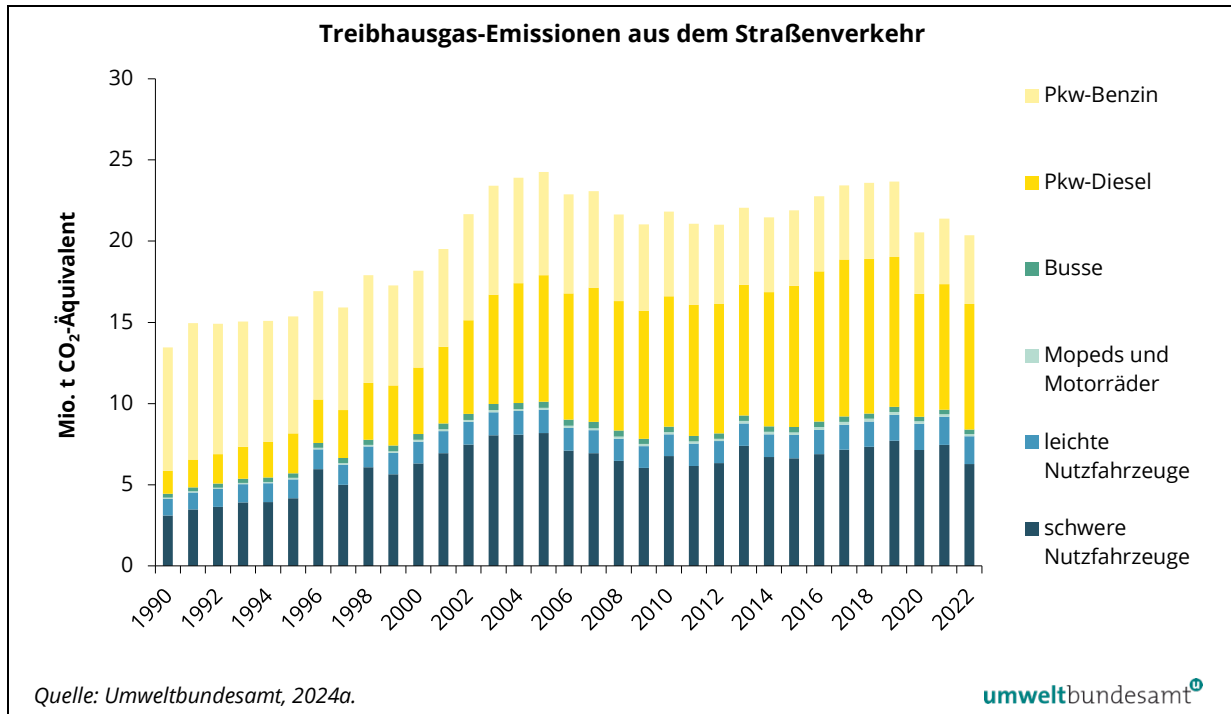
Die folgende Abbildung zeigt die Verteilung der Treibhausgas-Emissionen des Straßenverkehrs über die einzelnen Kfz-Kategorien im Zeitverlauf, was in der folgenden Grafik auch veranschaulicht ist. Vor allem die Entwicklung der Diesel-Pkw zeigt einen sehr starken Anstieg: Von 1990 bis 2022 sind deren Treibhausgas-Emissionen um rund 443 % gestiegen.⁴³

Tabelle 11: Treibhausgas-Emissionen aus dem Straßenverkehr nach Fahrzeugkategorien ohne CO₂ aus FAME
(in 1.000 t CO₂-Äquivalent) (Quelle: Umweltbundesamt, 2024a).

Jahr	Pkw-Benzin	Pkw-Diesel	Mofas und Motorräder	Busse	leichte Nutzfahrzeuge	schwere Nutzfahrzeuge
1990	7.592	1.429	70	241	1.024	3.101
2005	6.351	7.784	126	382	1.435	8.175
2021	4.041	7.733	150	275	1.734	7.459
2022	4.218	7.751	148	262	1.714	6.266
1990–2022	-44,4 %	+442,6 %	+112,2 %	+8,7 %	+67,4 %	+102,1 %

⁴³ Aufgrund laufender Updates und Verbesserungen bezüglich der Methodik und der Emissionsfaktoren in der Luftschadstoff-Inventur kann sich die ganze Zeitreihe verändern und die im Vorjahr berichteten Werte können höher bzw. tiefer liegen.

Abbildung 62: Treibhausgas-Emissionen des Straßenverkehrs nach Fahrzeugkategorien, 1990–2022.



3.2.1.1 Personenverkehr

Trend zu Benzin-Neuzulassungen

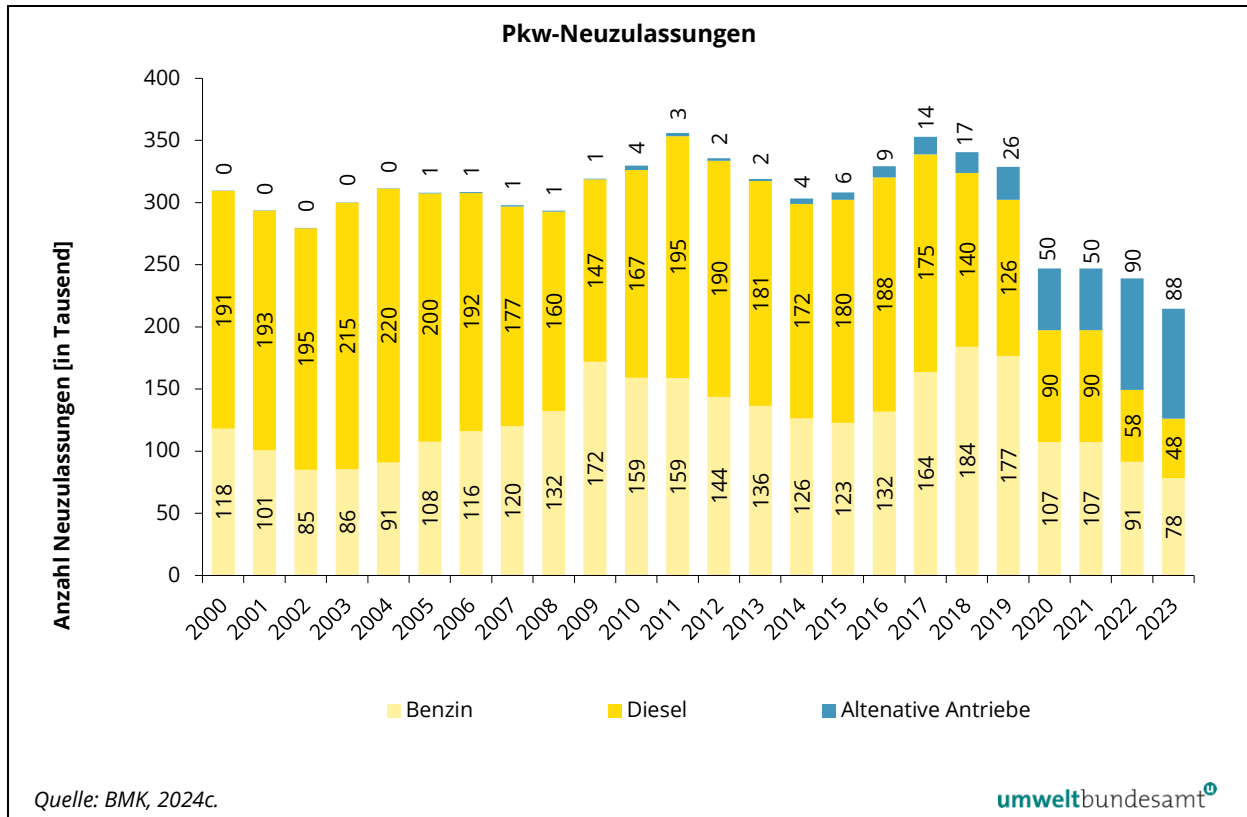
Bei den Pkw-Neuzulassungen in Österreich war in den letzten beiden Jahrzehnten ein starker Trend zu dieselbetriebenen Fahrzeugen zu verzeichnen. Während die Fahrleistung und somit auch der Energieeinsatz und die Treibhausgas-Emissionen der Benziner seit 1990 zurückgegangen sind, ist die Fahrleistung der Diesel-Pkw (ohne Kraftstoffexport im Fahrzeugtank) im Vergleich zu 1990 fünfeinhalbmal so hoch. 2022 wurden rund 65 % der Treibhausgas-Emissionen des Pkw-Verkehrs von Diesel-Pkw verursacht.

Im Jahr 2011 wurde die bisher höchste Zahl an Neuzulassungen seit 2000 erreicht. Der abnehmende Trend 2012–2014 wurde im Jahr 2015 gebrochen. Seit 2018 ist ein Rückgang zu verzeichnen, 2023 ist das Jahr mit den geringsten Neuzulassungen seit Beginn des Monitorings.

2023 waren rund 22 % der Neuzulassungen Dieselfahrzeuge (47.713) und rund 37 % Benzinfahrzeuge (78.453). Die restlichen 41 % entfielen auf Fahrzeuge mit alternativen Antrieben. Zum sechsten Mal seit Beginn der Berichtslegung (inkl. 2009) wurden mehr Benzin- als Dieselfahrzeuge neu zugelassen.

Bei den Benzin- und Dieselfahrzeugen sind insgesamt 54.107 Hybrid-Pkw (Benzin- oder Diesel- und Elektroantrieb) inkludiert. Außerdem wurden 34.157 Elektrofahrzeuge und 14 Wasserstofffahrzeuge sowie 51 Erdgasfahrzeuge und zwölf Fahrzeuge für kombinierten Benzin- und Erd- oder Flüssiggasbetrieb neu zugelassen.

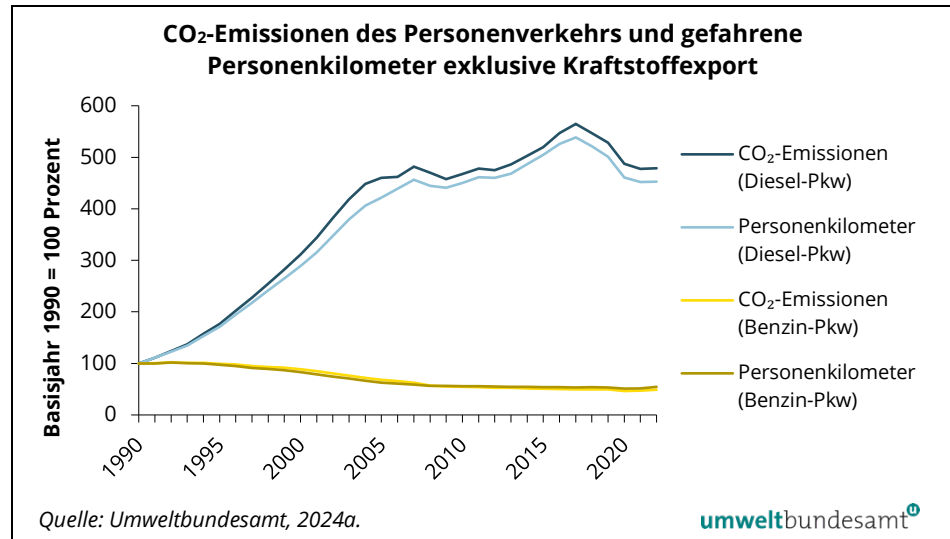
Abbildung 63: Pkw-Neuzulassungen, 2000–2023.



Fahrzeuggewicht und Motorisierung

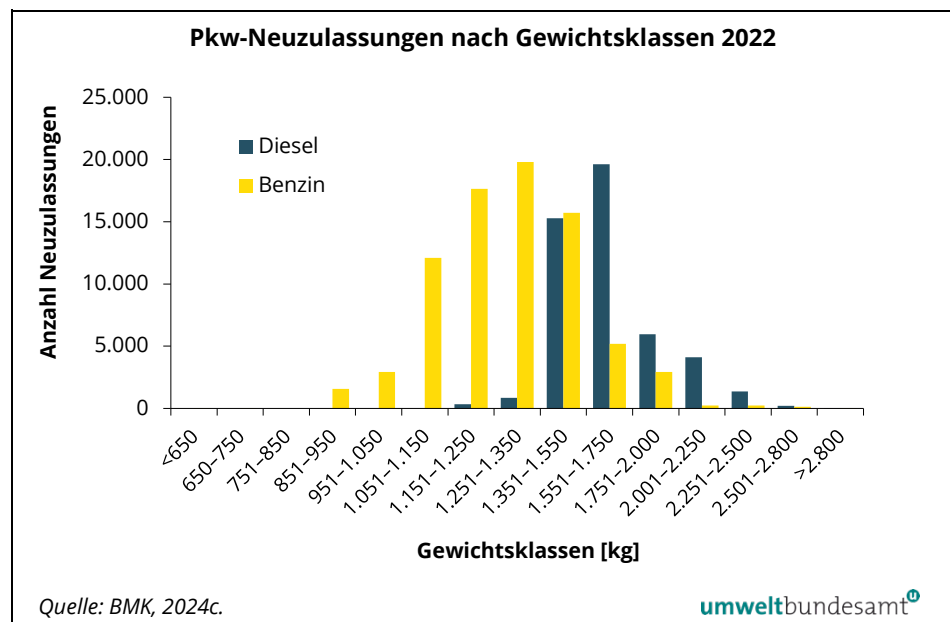
Abbildung 64 zeigt die Entwicklung der CO₂-Emissionen von Diesel- und Benzin-Pkw im Vergleich zur Personenverkehrsleistung (Pkm). Eine wesentliche Entkopplung der Emissionen – nämlich ein weniger starker Anstieg der CO₂-Emissionen im Vergleich zur Entwicklung der Personenkilometer – ist derzeit noch nicht zu sehen. Im Gegenteil zeigt sich zwischen CO₂-Emissionen und gefahrenen Fahrzeugkilometern bei Diesel-Pkw eine zunehmend negative Entkopplung. Dies lässt sich vor allem durch den festgestellten Trend zu schweren, leistungsstärkeren Fahrzeugmodellen (vor allem SUV-Modelle) erklären. Fahrzeuggewicht und Motorleistung sind neben Art des Antriebs, Fahrzeuggröße und -alter sowie Geschwindigkeit und Fahrdynamik für Verbrauch und Emissionen besonders bedeutend. Zudem ist der Besetzungsgrad der Pkw seit 1990 von 1,4 auf 1,14 Personen pro Pkw gesunken, was wiederum die Effizienz in Bezug auf die Transportleistung mindert.

Abbildung 64:
CO₂-Emissionen aus dem
Personenverkehr (Pkw)
und gefahrene Perso-
nenkilometer nach Treib-
stoffen (exklusive Kraft-
stoffexport),
1990–2022.



Zwischen dem Gesamtgewicht der Fahrzeuge und dem Treibstoffverbrauch sowie den damit verbundenen CO₂-Emissionen besteht ein enger, annähernd linearer Zusammenhang. Benzinmotoren gelangen in Österreich speziell in Klein- und Mittelwagen zum Einsatz – die meisten neu zugelassenen benzinbetriebenen Fahrzeuge gehören einer Gewichtsklasse von 1.251–1.350 kg an, großvolumige Benzinmotoren spielen statistisch gesehen nur eine untergeordnete Rolle. Bei den Dieselfahrzeugen werden in erster Linie größere Fahrzeuge über 1.350 kg gekauft (siehe Abbildung 65).

Abbildung 65:
Pkw-Neuzulassungen
nach Gewichtsklassen,
2022.



Gewicht von Diesel-Kfz steigt stärker

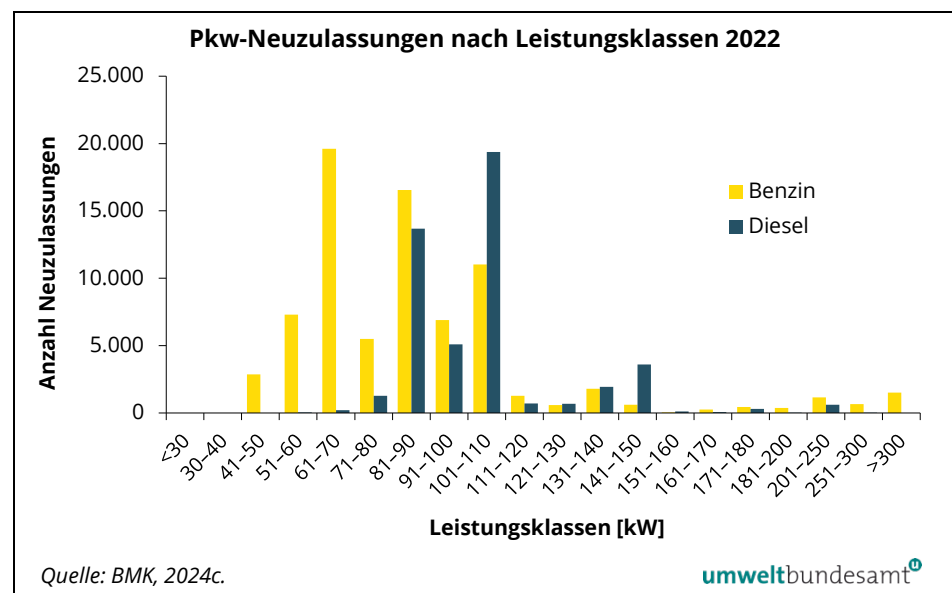
Das durchschnittliche Fahrzeuggewicht der neu zugelassenen Pkw entwickelte sich im Zeitraum 2000–2022 für Dieselfahrzeuge und Benzinfahrzeuge unterschiedlich. Während das Durchschnittsgewicht von mit Benzin betriebenen

Fahrzeugen seit 2003 nahezu konstant blieb, stieg es bei Dieselfahrzeugen kontinuierlich an. Seit 2000 hat das durchschnittliche Fahrzeuggewicht bei Benzinern um 15 % zugenommen, bei Dieselfahrzeugen um 20 %.

**leistungsstärkere
Diesel-Modelle gefragt**

Auch bei der Motorisierung zeigt sich eine weitgehend proportionale Zunahme der CO₂-Emissionen mit der steigenden Fahrzeuleistung. Bei den Neuzulassungen je Leistungsklasse ergibt sich ein ähnliches Bild der CO₂-Trends wie bei der Betrachtung der Fahrzeuggewichtsverteilung. Der Großteil benzinbetriebener Fahrzeuge findet sich eher in den unteren Leistungsklassen, wobei in den Klassen 61–70 kW bzw. 81–90 kW die meisten Zulassungen zu verzeichnen sind; in den darüber liegenden Leistungsklassen nehmen sie deutlich ab. Bei den Dieselfahrzeugen liegt der Großteil der Neuzulassungen in den Leistungsklassen 101–110 kW sowie 81–90 kW (siehe Abbildung 66). Die durchschnittliche Motorleistung bei neu zugelassenen Fahrzeugen steigt seit 2000 kontinuierlich an. Im Jahr 2008 konnte dieser Trend bei Benzinfahrzeugen erstmalig angehalten werden, während die durchschnittliche Leistung bei dieselbetriebenen Fahrzeugen weiter stetig ansteigt (BMK, 2024c).

Abbildung 66:
Pkw-Neuzulassungen
nach Leistungsklassen,
2022.



Verfahren zur Ermittlung des Kfz-Kraftstoffverbrauchs

WLTC-Testzyklus löst NEFZ ab

Unter dem Dach der Vereinten Nationen (UNECE) wurde an einem neuen einheitlichen Testzyklus zur Ermittlung realistischer Kraftstoffverbrauchs- und Emissionswerte von Pkw gearbeitet. Der WLTC-Zyklus⁴⁴ hat den gültigen, bei weitem weniger anspruchsvollen NEFZ-Zyklus⁴⁵ im September 2017 für Euro-6-Zertifizierungen EU-weit abgelöst. Auch in anderen Teilen der Welt wird das Testverfahren, teilweise in modifizierter Form, eingeführt.

RDE-Prüfkriterium

In der EU wurde mit dem neuen Prüfzyklus zusätzlich ein weiteres Prüfkriterium eingeführt. Die Fahrzeuge müssen neben dem Test auf dem stationären Rollprüfstand auch auf der Straße unter annähernd realen Fahrbedingungen bestehen (RDE – Real Driving Emissions, mit einem portablen Emissionsmessgerät gemessen). Hierbei gibt es Höchstwerte, allerdings nur für Stickstoffoxide und Partikelanzahl; für Kohlenstoffdioxid gibt es derzeit noch keine Beschränkungen.

Spezifische Verbrauchswerte der österreichischen Kfz-Flotte

Gemäß Österreichischer Luftschadstoff-Inventur, wo Realverbräuche hinterlegt sind, hat sich die technologiebedingte Effizienz in der Kfz-Flotte im Vergleich zum Vorjahr leicht verbessert. So ist der spezifische Verbrauch pro Fahrzeugkilometer (g/km) bei Benzin-Pkw im Vergleich zum Vorjahr um 1,1 % gesunken. Diesel-Pkw haben sich kaum, um 0,1 %, verbessert. Benzin-Pkw weisen – über die Flotte gerechnet (Bestand plus Neuzulassungen) – mittlerweile einen um 2,2 g niedrigeren spezifischen Verbrauch auf als Diesel-Pkw, da in den letzten Jahren mehr größere und stärkere dieselmotriebene Fahrzeuge zugelassen wurden und damit der Verbrauchsvorteil gegenüber Benzinern kompensiert wurde. Der Verbrauch je Kilometer von Kleintransportern (LNF) hat sich gegenüber dem Vorjahr wieder um 0,1 g verschlechtert. Lkw, Sattelzüge und Busse verbrauchen im Schnitt um 1 % oder 2,3 g weniger als im Vorjahr.

Realverbrauch versus Herstellerangaben

Laut realen Verbrauchsmessungen wurde der durchschnittliche Benzin-Pkw zwischen 2000 (Beginn des CO₂-Monitorings und der Herstellermeldungen) und 2022 um rund 17 % effizienter, der Diesel-Pkw um rund 3 %. Realverbrauch und Herstellerangaben klaffen allerdings weit auseinander. Gemäß Herstellerangaben wurden Benzin-Pkw seit 2000 um 21 % effizienter, Diesel-Pkw um rund 9 %. Diese Werte beziehen sich jedoch auf Verbrauchseinsparungen im Testzyklus.

⁴⁴ Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle. Der neue WLTC-Zyklus wurde anhand weltweit gesammelter Fahrdaten entwickelt und deckt Fahrsituationen vom Innenstadverkehr bis hin zu Autobahnfahrten ab und ist somit im Vergleich zum NEFZ wesentlich dynamischer. Er umfasst deutlich mehr Beschleunigungs- und Bremsvorgänge und berechnet höhere Durchschnittsgeschwindigkeiten und weniger Stillstandzeiten, wodurch es durch Start-Stopp-Systeme zu geringeren Verbrauchseinsparungen kommt. Daneben werden noch weitere emissionsbeeinflussende Themen, wie Reifendruck, Umgebungstemperatur des zu vermessenden Fahrzeuges etc., behandelt. All diese Verbesserungen sollen das Emissionsverhalten neuer Fahrzeuge realistischer abdecken.

⁴⁵ Neuer Europäischer Fahrzyklus

**Differenz Real- zu
Testzyklus-Verbrauch**

Im NEFZ lag im Jahr 2017 die Divergenz zwischen Real- und Testverbrauch noch bei rund 38 %. Die Abweichung ist bei Diesel-Pkw größer als bei Benzin-Pkw. Diese Divergenz ist unter dem NEFZ über die Jahre immer größer geworden. Der Anstieg ist durch folgende Punkte erklärbar:

- Der NEFZ bildet reales Fahren auf der Straße schlecht ab (zu wenig dynamisch, zu geringe Durchschnittsgeschwindigkeit, zu geringe Maximalgeschwindigkeit etc.),
- verstärkte Ausnützung von Toleranzen bei der Durchführung der Typprüfung,
- steigende Marktanteile von Fahrzeugen mit Klimaanlage sowie
- Einführung von Start-Stopp-Systemen in den letzten Jahren, deren Einfluss in der Typprüfung gegenüber dem realen Fahrverhalten überbewertet wird.

Durch den seit September 2017 gültigen WLTC kam es zu einer Annäherung zwischen Typprüfverbrauch und Realverbrauch von ca. 20 %.

CO₂-Monitoring

Der durchschnittliche Wert der CO₂-Emissionen nach WLTP aller neu zugelassenen Pkw im Jahr 2022 betrug 112,1 g/km und ist damit gegenüber dem Vorjahr um 3,5 % gesunken.

**neuer Testzyklus
erschwert
Jahresvergleich**

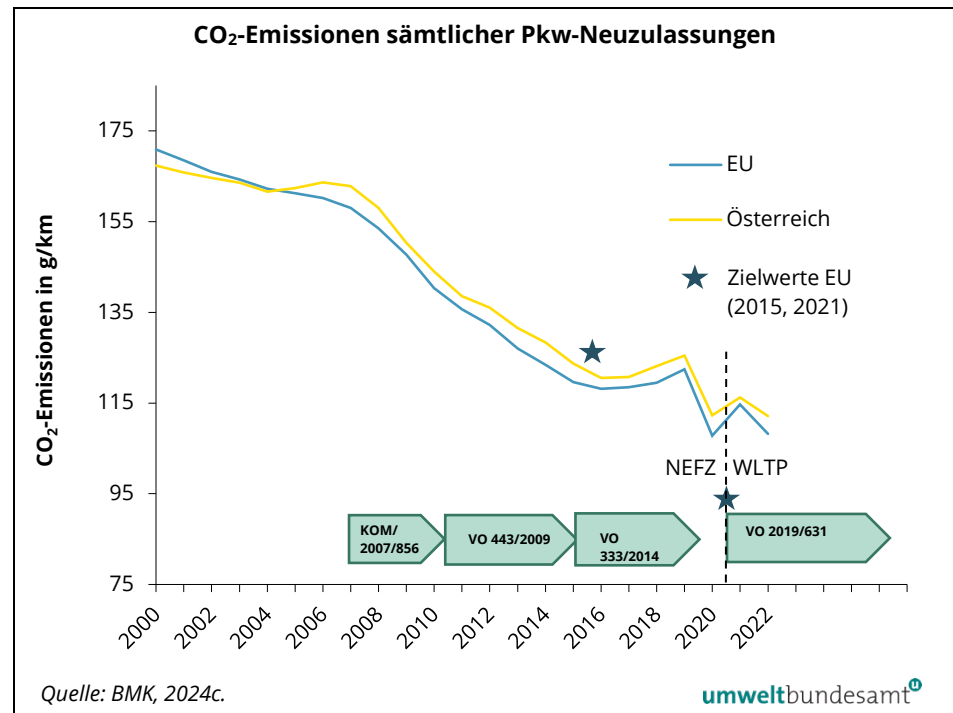
Die durchschnittlichen CO₂-Emissionen über die ganze Neuzulassungsflotte gemäß dem bis September 2017 gültigen NEFZ betrugen im Jahr 2020 112,3 g/km. Die dennoch relativ geringe Zunahme der Emissionen von NEFZ im Jahr 2020 auf 2021 gemäß WLTP (+3,5 %) ist auf die starke Durchdringung alternativer Antriebe zurückzuführen, die den Verbrauch und somit die CO₂-Emissionen über die ganze Flotte deutlich reduzieren. Im Grunde ist das Jahr 2020 jedoch mit dem Jahr 2021 nur schwer vergleichbar, da die beiden Prüfzyklen und Messmethoden sehr unterschiedlich sind. Die Heterogenität der beiden Prüfzyklen ist auch bei jeglicher Trendbeschreibung von Relevanz. Die durchschnittlichen CO₂-Emissionen über die ganze Neuzulassungsflotte gemäß WLTP betrugen im Jahr 2022 112,2 g/km.

Die Flotte im Jahr 2022 neu zugelassener Benzin- und Diesel-Pkw erreichte im Mittel CO₂-Emissionswerte von 142,0 g/km. Die durchschnittlichen CO₂-Emissionen lagen für benzinbetriebene Pkw bei 138,4 g/km und für Diesel-Pkw bei 148,0 g/km.

Nachstehende Abbildung zeigt einen Vergleich der CO₂-Emissionsentwicklung neu zugelassener Pkw in Österreich und in der EU. Die durchschnittlichen CO₂-Emissionen in der EU lagen 2022 mit Stand Jänner 2024 nach vorläufigen Berechnungen bei rund 108,2 g CO₂/km – um 3,9 g/km unter jenen in Österreich (112,1 g CO₂/km) (BMK, 2024b). Der Zielwert von 130 g CO₂/km, welcher im Durchschnitt in der EU ab dem Jahr 2015 bis 2019 über die ganze Neuwagenflotte erreicht werden musste, wurde bei Betrachtung des gesamten EU-Raumes bereits 2012 annähernd erreicht. Das Ziel von 95 g CO₂/km unter dem NEFZ wurde 2020 für 95 % der Flotte ohne Berücksichtigung der Flexibilitäten

nicht erreicht. Auch hier ist wieder der deutliche Anstieg von 2020 auf 2021 durch den Umstieg auf den WLTP ersichtlich.

Abbildung 67:
CO₂-Emissionen von
Pkw-Neuzulassungen im
Vergleich zu den
EU-Grenzwerten.

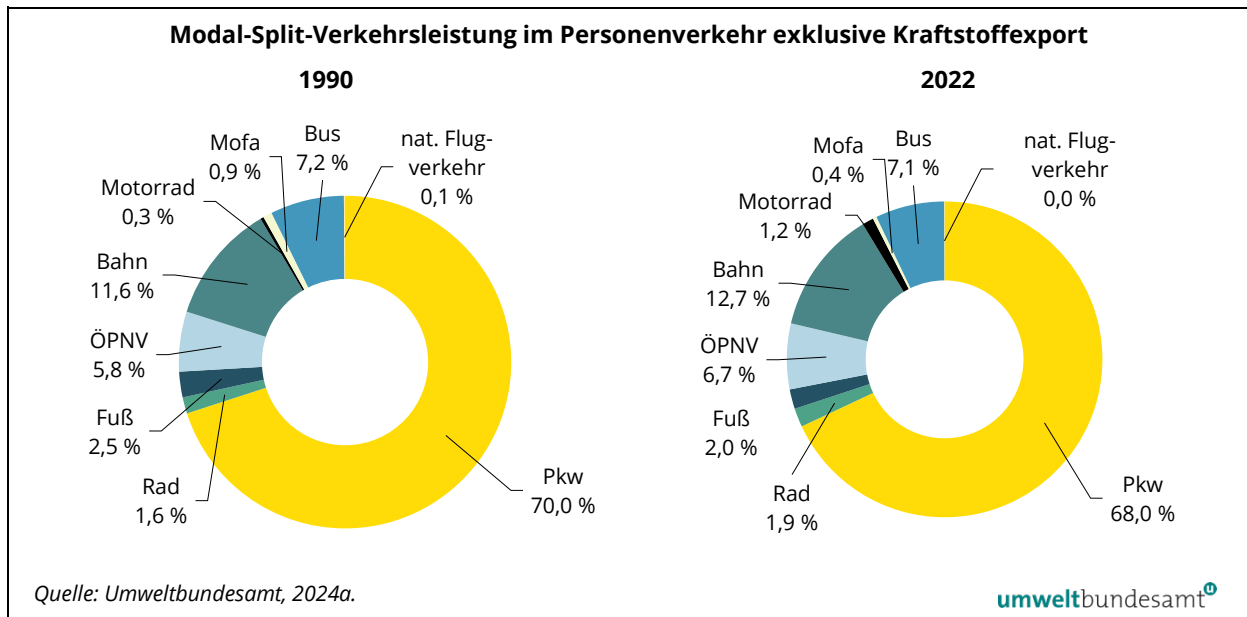


Verkehrsmittelwahl im Personenverkehr Inland (exklusive Kraftstoffexport)

Die gesamte Verkehrsleistung im Personenverkehr über alle Verkehrsmodi hat von 1990 bis 2022 von 77 Mrd. auf 103 Mrd. Personenkilometer (+34 %) zugenommen. Sowohl 1990 als auch 2022 wurde der Großteil der Personenkilometer mit dem Pkw zurückgelegt (siehe Abbildung 68). Während die Personenkilometer im Inland seit 1990 nur um 30 % stiegen, nahmen die Pkw-Kilometer im Inland im gleichen Zeitraum viel stärker zu (+56 %). Ursache dafür ist eine Verminderung des Besetzungsgrades pro Fahrzeug von 1,4 auf 1,14 Personen⁴⁶.

⁴⁶ Mittels Modell errechnete Werte.

Abbildung 68: Modal-Split-Verkehrsleistung im Personenverkehr Inland (exklusive Kraftstoffexport und internationaler Flugverkehr), 1990 und 2022.



Im gleichen Zeitraum hat die Verkehrsleistung des Umweltverbundes (öffentlicher Personen-Nahverkehr, Bus, Bahn, Rad und Fußwege) am Modal Split im Personenverkehr um rund 6 % zugenommen.

nationaler Flugverkehr

Auf den nationalen Flugverkehr⁴⁷ entfielen 2022 rund 42 Mio. Personenkilometer. Der marginale Anteil am Modal Split (0,03 %) veränderte sich gegenüber 1990 kaum. Der grenzüberschreitende Flugverkehr, der nicht in die österreichischen Gesamtemissionen eingerechnet wird, wies bei der Verkehrsleistung bis 2019 einen sehr starken Anstieg auf (+462 % seit 1990), ist im Pandemiejahr um mehr als zwei Drittel eingebrochen, nahm aber in 2022 im Vergleich zum Vorjahr wieder um 115 % zu.

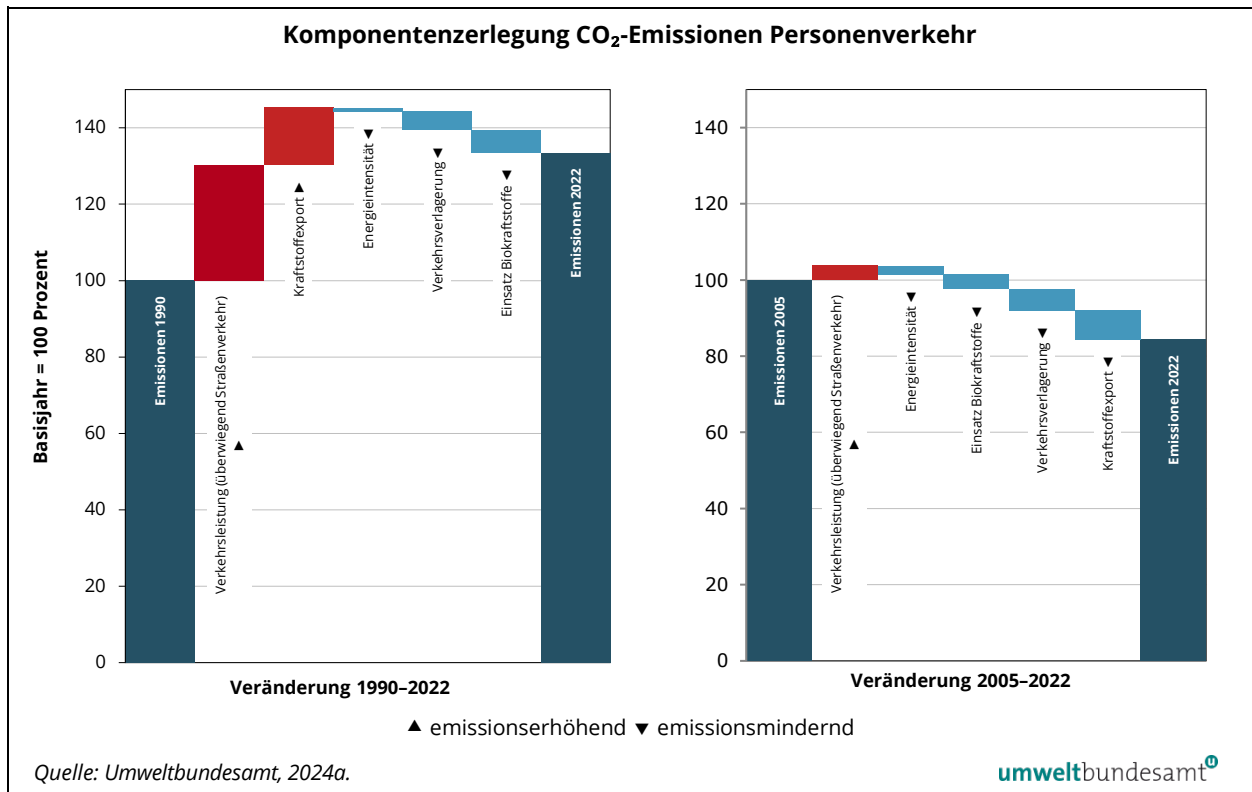
3.2.1.2 Komponentenerlegung

Die Wirkung ausgewählter Einflussfaktoren auf die CO₂-Emissionen im Bereich des Personenverkehrs wird nachstehend analysiert. Für die Gegenüberstellung der Emissionen in den Zeiträumen 1990–2022 und 2005–2022 wurde die Methode der Komponentenerlegung eingesetzt.

Die Größe der Balken spiegelt das relative Ausmaß der Beiträge (berechnet in Tonnen CO₂) der einzelnen Parameter zur Emissionsentwicklung wider (wobei das Symbol ▲ einen emissionserhöhenden Effekt, das Symbol ▼ einen emissionsmindernden Effekt kennzeichnet). Details zur Methode sind in Anhang 2 dargestellt.

⁴⁷ Flüge mit Start und Landung innerhalb Österreichs

Abbildung 69: Komponentenerlegung der CO₂-Emissionen aus dem Personenverkehr – Gegenüberstellung 1990–2022 (links) und 2005–2022 (rechts).



Einflussfaktoren	Definitionen
Verkehrsleistung (überwiegend Straßenverkehr)	Emissionserhöhender Effekt, der sich aufgrund der steigenden im Inland zurückgelegten Personenkilometer (Pkw, Bus, Mofa, Motorrad, Bahn, öffentliche Verkehrsmittel, Rad, zu Fuß und Flugzeug national) von 76,7 Mrd. Pkm (1990) auf 102,8 Mrd. Pkm (2022) ergibt. Die Pkm werden im Jahr 2022 überwiegend mit Pkw zurückgelegt (rund 68 %).
Kraftstoffexport	Emissionserhöhender Effekt, der sich aufgrund des in Österreich getankten, aber im Ausland verbrauchten Treibstoffes im Pkw-Verkehr ergibt. Die THG-Emissionen aus dem im Ausland verbrauchten Treibstoff durch Pkw beliefen sich im Jahr 1990 auf 0,5 Mio. Tonnen und stiegen im Jahr 2022 auf 1,9 Mio. Tonnen, wobei die Emissionen seit dem Jahr 2005 (rund 3,0 Mio. Tonnen) wieder gesunken sind.
Verkehrsverlagerung	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund des sinkenden Anteils des Straßenverkehrs (Pkw, Bus, Mofa, Motorrad) an den gesamten im Inland zurückgelegten Personenkilometern (Pkw, Bus, Mofa, Motorrad, Bahn, öffentliche Verkehrsmittel, Rad, zu Fuß und Flugzeug national) von 78 % (1990) auf 75 % (2022) ergibt.
Energieintensität	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund des sinkenden Energieverbrauchs pro Straßenpersonenkilometer in Österreich von 1.966 kJ/Pkm (1990) und 1.948 kJ/Pkm (2022) ergibt, wobei der Energieverbrauch seit 2005 (2.008 kJ/Pkm) deutlich gesunken ist. Der Indikator misst, wieviel CO ₂ infolge des Treibstoffverbrauchs im Verhältnis zur Personenverkehrsleistung ausgestoßen wird und ist ein Maß für Fahrzeugtechnik, Kauf- und Fahrverhalten sowie Fahrzeugauslastung bzw. Besetzungsgrad. Wie bereits beschrieben (spezifische Verbrauchswerte von Kfz) weichen die realen Verbrauchswerte stark von jenen des Typprüfzyklus ab.

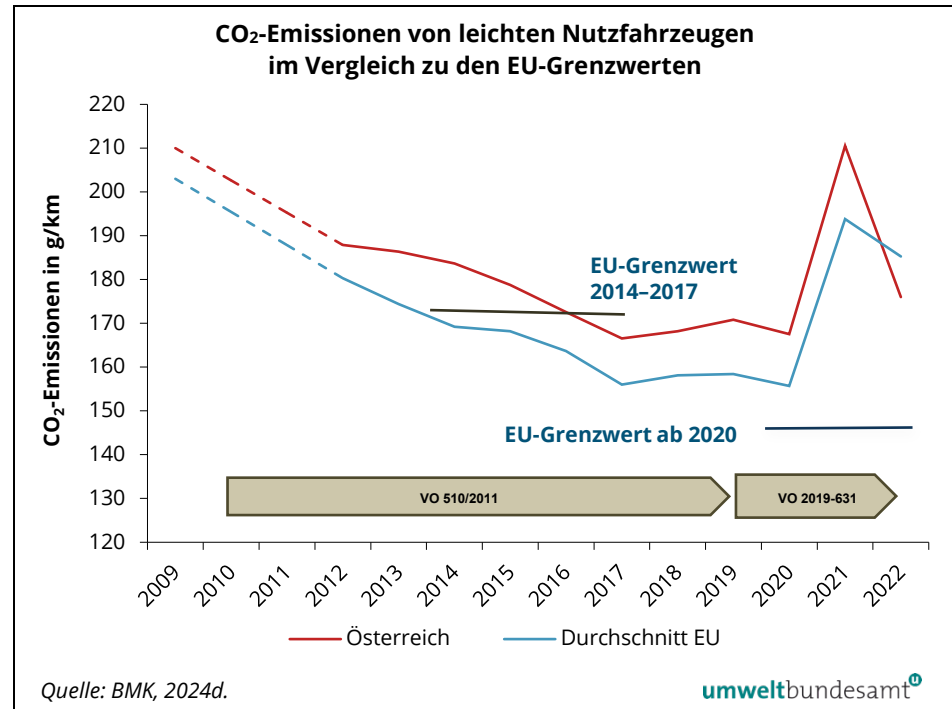
Einflussfaktoren	Definitionen
Einsatz Biokraftstoffe	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund der gesunkenen CO ₂ -Emissionen pro verbrauchte Treibstoffeinheit im Straßenpersonenverkehr in Österreich von 73,3 Tonnen/TJ (1990) auf 72,9 Tonnen/TJ (2005) und 69,2 Tonnen/TJ (2022) ergibt. Dieser Effekt ist auf die Substitutionsverpflichtung mit Biokraftstoffen zurückzuführen.

3.2.1.3 Güterverkehr

emissionsmindernde Faktoren	Die Verringerung der Emissionen der schweren Nutzfahrzeuge (SNF) , deren Flotte zum Großteil mit Diesel betrieben wird, ist vor allem auf technologische Effizienzsteigerungen sowie Maßnahmen wie die Erhöhung der Auslastungsgrade, die Optimierung von Transportrouten und Bündelungseffekte zurückzuführen. Einen emissionsmindernden Einfluss hat auch in dieser Fahrzeugkategorie der Einsatz von Biodiesel, welcher in der Österreichischen Luftschadstoff-Inventur CO ₂ -neutral bilanziert wird. Neben der Beimengung von Biodiesel zu fossilem Diesel ist bei schweren Nutzfahrzeugen speziell der Einsatz von pur verfahrenem Biodiesel und Pflanzenöl zu erwähnen. All diese Faktoren verringern die CO ₂ -Emissionen pro Tonnenkilometer.
Begrenzung der CO₂-Emissionen	Für leichte Nutzfahrzeuge (LNF) wurde 2011 die Verordnung (EU) Nr. 510/2011 vom Europäischen Parlament und Rat beschlossen, welche Anforderungen an die CO ₂ -Emissionsleistung neuer leichter Nutzfahrzeuge festlegt. Sie folgt dabei analog den Modalitäten und Vorgaben der Pkw-Verordnung zur Begrenzung der CO ₂ -Emissionen. So wurde der CO ₂ -Emissionsdurchschnitt für leichte Nutzfahrzeuge ab 2014 auf maximal 175 g/km festgelegt. Ab 2020 darf dieser Emissionswert höchstens 147 g/km für den Flottendurchschnitt eines Herstellers betragen. Gemäß CO ₂ -Monitoring sind die durchschnittlichen CO ₂ -Emissionen von in Österreich im Jahr 2022 neu zugelassenen leichten Nutzfahrzeugen seit 2020 weniger stark als im Vorjahr gestiegen – von 167,5 g/km auf 176,0 g/km (BMK, 2024d). Der Anstieg ist, wie bei den Pkw, auf den Umstieg auf realitätsnähere WLTP-Werte (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure) zurückzuführen. Die realen durchschnittlichen CO ₂ -Emissionen je Kilometer der gesamten LNF-Flotte lagen im Jahr 2022 bei 210 g. ⁴⁸ Im Bereich der leichten Nutzfahrzeuge kommt es zu einer Angleichung zwischen Realität und Typprüfwert.

⁴⁸ RDE (Real Drive Emissions) berücksichtigt; aufgrund der laufenden Implementierung neuester CO₂-Messwerte, die die ganze Zeitreihe verändern, kann der im Vorjahr berichtete Wert höher oder tiefer liegen.

Abbildung 70:
CO₂-Emissionen von
2022 neu zugelassenen
leichten Nutzfahrzeugen
im Vergleich zu den
EU-Grenzwerten.



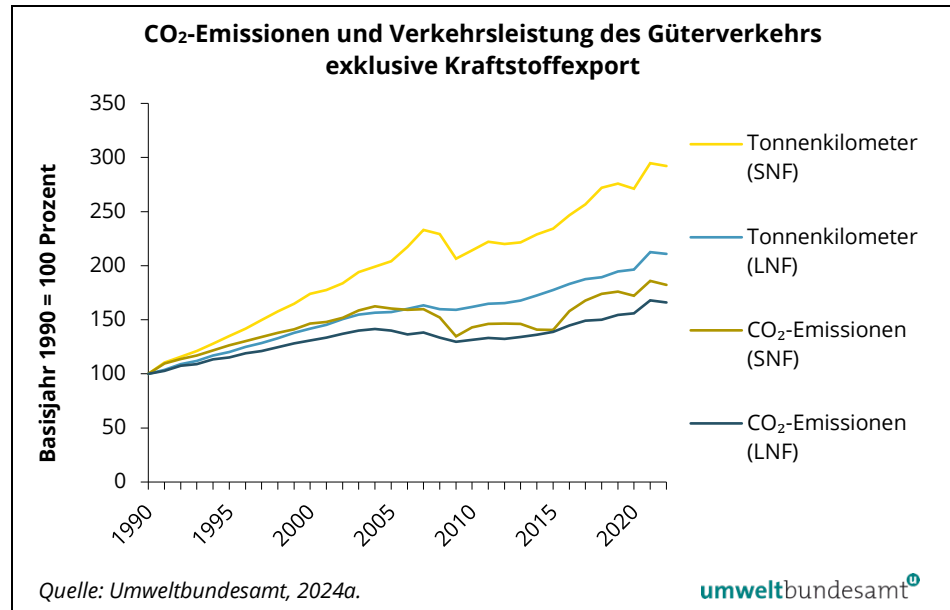
Der Vergleich der CO₂-Emissionsentwicklung neu zugelassener LNF in Österreich mit jenen im EU-Raum wird in Abbildung 70 veranschaulicht. Der EU-Grenzwert für den Gesamtflottendurchschnitt von 175 g/km bis 2017 wird auf EU-Ebene bereits seit 2013 unterschritten. Der Grenzwert von 147 g/km (gemäß NEFZ) ab 2020 gemäß VO (EU) 2019/631 wurde nicht erreicht.

emissionsmindernde Faktoren

Ebenso wie bei den schweren Nutzfahrzeugen ist auch bei den leichten Nutzfahrzeugen eine – wenn auch geringere – Entkoppelung der Emissionen von der Transportleistung erkennbar. Ähnliche Faktoren wie bei den schweren Nutzfahrzeugen werden hier schlagend, wenn auch die Auslastung wesentlich schlechter ist. Vor allem im KEP-Markt (Kurier-, Express- und Paketdienste) werden Transporter und leichte Nutzfahrzeuge eingesetzt und weisen oft sehr heterogene Auslastungsgrade auf. Lockdown-Regelungen, die folglich stark gestiegenen Online-Bestellungen sowie eingeschränkte stationäre Einkaufsmöglichkeiten im Jahr 2020 führten zu einer förmlichen Paketflut (+17 % im Inland gegenüber 2019). Und auch 2022 wurde ein weiteres Absatzplus von 5,3 % zu 2021 verzeichnet (RTR, 2023).

Abbildung 71 zeigt die Entwicklung der CO₂-Emissionen des Güterverkehrs im Vergleich zur Güterverkehrsleistung.

Abbildung 71:
CO₂-Emissionen und Verkehrsleistung des Güterverkehrs
in Österreich
(exklusive Kraftstoffexport), 1990–2022.



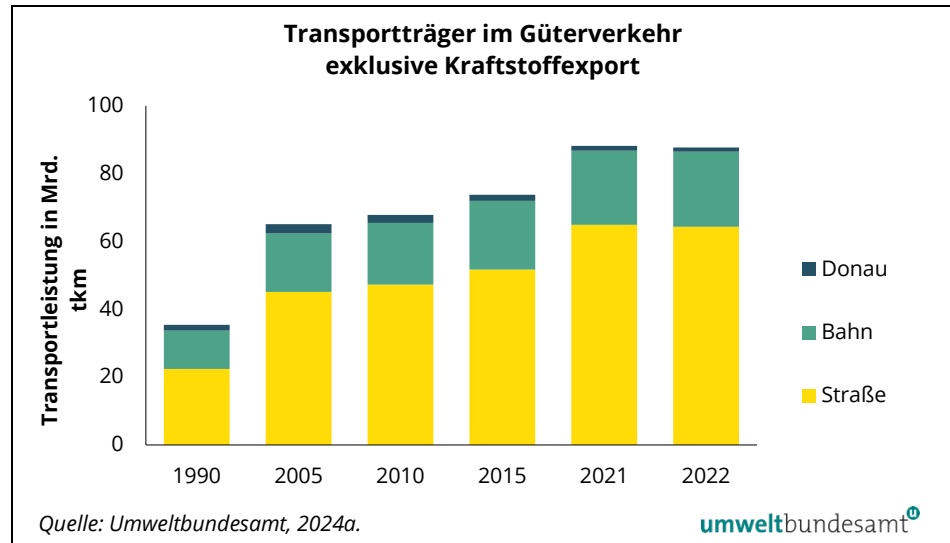
Transportträger im Güterverkehr Inland (exklusive Kraftstoffexport)

starke Zunahme der Transportleistung

Die Transportleistung im Güterverkehr (Straße, Schiene, Binnenschifffahrt, nationaler Flugverkehr) hat von 1990 bis 2022 von 34 Mrd. tkm auf 87 Mrd. tkm zugenommen (+156 %) (siehe Abbildung 72). Im Vergleich zum Vorjahr blieb die Transportleistung nahezu konstant. Im Jahr 1990 wurden rund 66 % der Tonnenkilometer auf der Straße zurückgelegt, 2022 waren es rund 74 %.

Die Lkw-Fahrleistung im Inland (leichte und schwere Nutzfahrzeuge) stieg seit 1990 um rund 97 %, die Transportleistung in Tonnenkilometern um 187 %. Das bedeutet, dass die Transportleistung pro Fahrzeugkilometer gestiegen ist. Trotz des Anstiegs der Güterverkehrsleistung seit 1990 verzeichnet die Bahn einen Rückgang von 34 % auf 26 % am Modal Split bezogen auf die tkm. Der Anteil des nationalen Güterverkehrs auf der Donau sank zwischen 1990 und 2022 ebenfalls von 0,3 % auf 0,01 %. Hier wird angesichts der sich mehrenden Niedrigwasser-Perioden auch keine signifikante Steigerung erwartet. Der Binnenluftfrachtverkehr spielt in Österreich eine untergeordnete Rolle mit einem Modal-Split-Anteil von 0,002 %.

Abbildung 72:
Verkehrsleistung nach
Transportträgern im
Güterverkehr exklusive
Kraftstoffexport,
1990–2022.

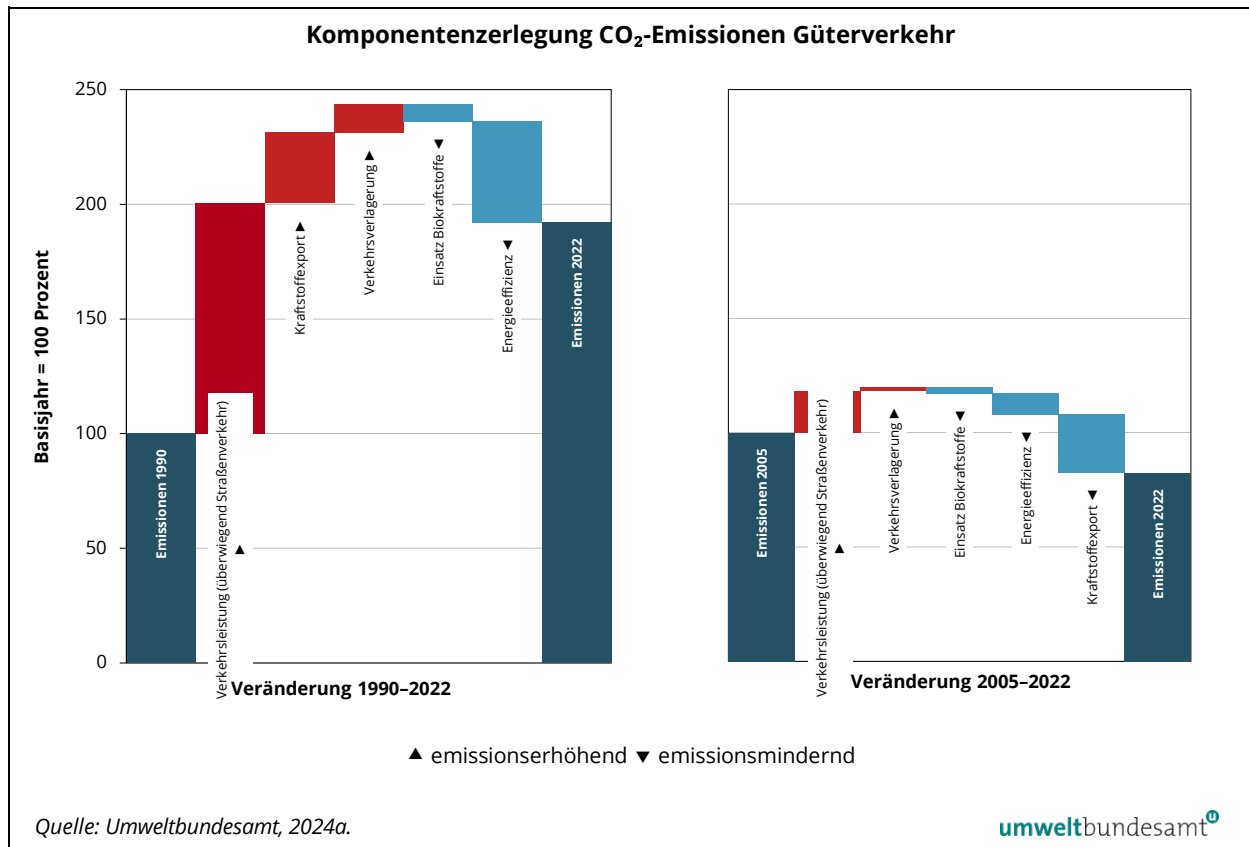


3.2.1.4 Komponentenerlegung

Die Wirkung ausgewählter Einflussfaktoren auf die CO₂-Emissionen im Bereich des Güterverkehrs wird nachstehend analysiert. Für die Gegenüberstellung der Emissionen in den Zeiträumen 1990–2022 und 2005–2022 wurde die Methode der Komponentenerlegung eingesetzt.

Die Größe der Balken spiegelt das relative Ausmaß der Beiträge (berechnet in Tonnen CO₂) der einzelnen Parameter zur Emissionsentwicklung wider (wobei das Symbol ▲ einen emissionserhöhenden Effekt, das Symbol ▼ einen emissionsmindernden Effekt kennzeichnet). Details zur Methode sind in Anhang 2 dargestellt.

Abbildung 73: Komponentenerlegung der CO₂-Emissionen aus dem Güterverkehr – Gegenüberstellung 1990–2022 (links) und 2005–2022 (rechts).



Einflussfaktoren	Definitionen
Verkehrsleistung (überwiegend Straßenverkehr)	Emissionserhöhender Effekt, der sich aufgrund der steigenden im Inland zurückgelegten Tonnenkilometer (per LNF, SNF, Bahn, Schiff und Flugzeug national) von 33,9 Mrd. tkm (1990) auf 62,5 Mrd. tkm (2005) und 86,5 Mrd. tkm (2022) ergibt.
Kraftstoffexport	Emissionserhöhender Effekt, der sich aufgrund des Anstiegs des in Österreich gekauften, aber im Ausland verbrauchten Treibstoffes im Straßengüterverkehr ergibt. Die THG-Emissionen aus dem im Ausland verbrauchten Treibstoff im Straßengüterverkehr sind von 0,9 Mio. Tonnen (1990) auf 2,1 Mio. Tonnen (2022) angestiegen, wobei der Kraftstoffexport seit dem Höchststand im Jahr 2005 (mit 4,6 Mio. Tonnen) wieder deutlich abgenommen hat.
Verkehrsverlagerung	Emissionserhöhender Effekt, der sich aufgrund des steigenden Anteils des Straßenverkehrs (LNF, SNF) an den gesamten im Inland zurückgelegten Tonnenkilometern (LNF, SNF, Bahn, Schiff und Flugzeug national) von 66 % (1990) auf 72 % (2005) und 74 % (2022) ergibt. Hier macht sich v. a. die Abnahme des Modal-Split-Anteils der Bahn bemerkbar.
Energieeffizienz	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund des sinkenden Energieverbrauchs pro Straßentonnenkilometer in Österreich von 1.985 kJ/tkm (1990) auf 1.549 kJ/tkm (2005) und 1.314 kJ/tkm (2022) ergibt. Diese Entwicklung ist v. a. auf technologische Verbesserungen zurückzuführen.
Einsatz Biokraftstoffe	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund der gesunkenen CO ₂ -Emissionen pro verbrauchter Treibstoffeinheit im Straßengüterverkehr von 73,3 Tonnen/TJ (1990) auf 71,9 Tonnen/TJ (2005) und 68,2 Tonnen/TJ (2022) ergibt. Dieser Effekt ist auf die Substitutionsverpflichtung mit Biokraftstoffen zurückzuführen.

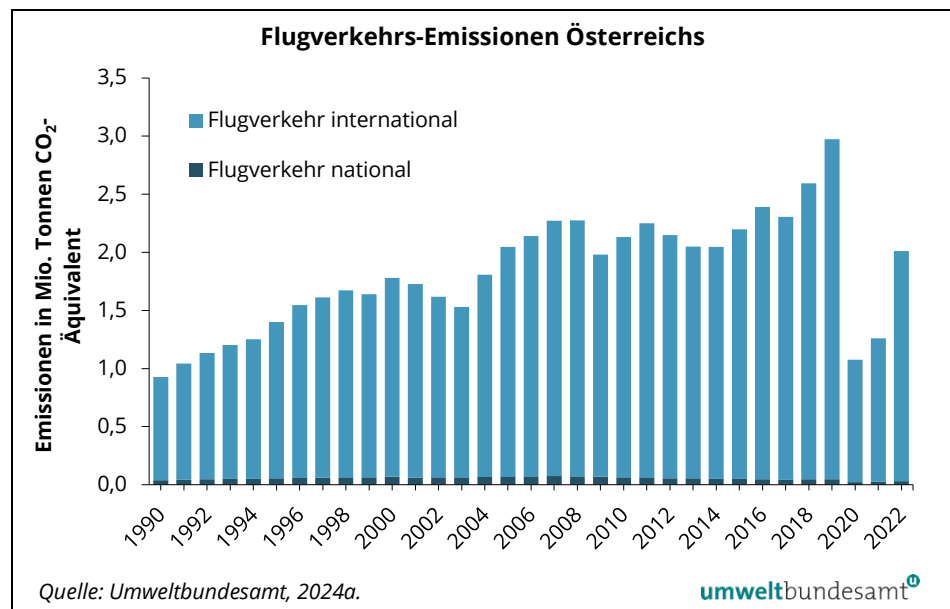
3.2.2 Flugverkehr

nur Inlandsflüge berücksichtigt

Die Flugverkehrs-Emissionen werden gemäß internationalen Berichtspflichten⁴⁹ berechnet und berichtet. Das bedeutet, dass nur die inländischen Flüge mit Start und Landung in Österreich den gesamten nationalen Treibhausgas-Emissionen zugerechnet werden. Deshalb betragen die nationalen Flugbewegungen nur einen Bruchteil an den gesamten Treibhausgas-Emissionen Österreichs (rund 0,04 % bzw. 0,03 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent im Jahr 2022).

Die Emissionen grenzüberschreitender Flüge („internationaler Flugverkehr“) mit Start oder Landung in Österreich werden zwar berechnet, zählen aber nach den Berichtsvorschriften unter der Klimarahmenkonvention (bzw. dem Kyoto-Protokoll) nicht zu den nationalen Gesamtemissionen. Im Jahr 2022 verursachten rund 1,98 Mio. Tonnen Treibhausgas-Emissionen, ein Anstieg im Vergleich zum Vorjahr um 60 %.

Abbildung 74:
Treibhausgas-Emissionen des Flugverkehrs,
1990–2022.

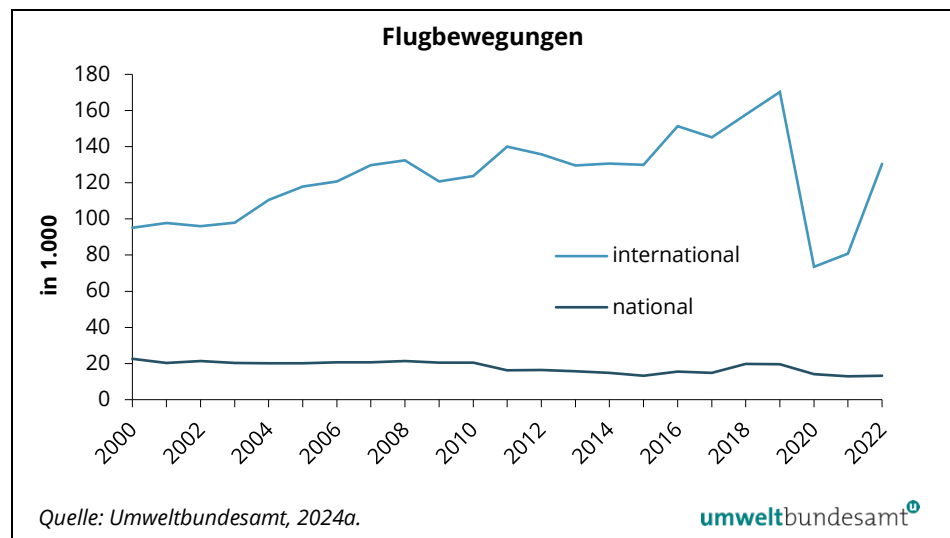


⁴⁹ Die nach internationalen Berichtspflichten berechneten Flug-Emissionen enthalten keine klimarelevanten Auswirkungen, die in Abhängigkeit von den äußeren Umständen in großer Höhe (ab neun Kilometern über dem Meeresspiegel) aufgrund physikalischen und chemischen Zusammenwirkens mit der Atmosphäre wissenschaftlich belegbar sind. Diese Klimawirksamkeit hängt neben der Flughöhe auch vom Zustand der Atmosphäre zum Durchflugszeitpunkt ab und könnte – vereinfacht gesagt – mit einem Faktor als Aufschlag auf die direkten Flugverkehrs-Emissionen eingerechnet werden. Dieser Faktor beschreibt eine zusätzliche CO₂-Wirksamkeit als Änderung der Energiebilanz im System Erde – Atmosphäre, verursacht durch eine Störung, wie beispielsweise Treibhausgas-Emissionen des Flugverkehrs eine solche darstellen. Innerhalb einer Bandbreite, beginnend bei 1 (nicht berücksichtigte Auswirkungen) über 2,7 (IPCC-gemittelter Schätzwert für alle Kurz- und Langstreckenflüge) bis hin zu 4 (obere Grenze nach IPCC) werden unterschiedliche Faktoren mit unterschiedlichen Überlegungen, Unsicherheiten und Begründungen angenommen (IPCC, 2006, Fischer et al., 2009, EASA, 2022).

Die Emissionen innereuropäischer Flüge sind seit 2012 über den Europäischen Emissionshandel (ETS) geregelt (siehe auch Kapitel 1.4.1).

Die Anzahl der Flugbewegungen des nationalen und internationalen Flugverkehrs korreliert mit den Trends der Treibhausgase. Die nationalen Flugbewegungen zeigen gegenüber 2000 einen konstanten bis leicht sinkenden Trend. Dagegen ist die Anzahl der Flugbewegungen des internationalen Flugverkehrs von rund 95.000 im Jahr 2000 auf rund 170.000 Flugbewegungen im Höchstjahr 2019 gestiegen. Dies entspricht einer relativen Zunahme von rund 80 %. Das Pandemiejahr 2020 ließ die Flugbewegungen signifikant einbrechen (-57 % zum Vorjahr). 2022 lagen die Flugbewegungen jedoch nur mehr 24 % unter dem Niveau von 2019. Eurocontrol rechnet im Siebenjahres-Forecast damit, dass der EU-weite Flugverkehr 2026 das Niveau von 2019 wieder überschreiten wird (Baseline-Szenario) (Eurocontrol, 2023).

Abbildung 75:
Flugbewegungen national und international, 2000–2022.



Ansätze zur Emissionsreduktion

Auf EU-Ebene bilden die ReFuelEU Aviation Initiative und die Richtlinien zur Förderung erneuerbarer Energieträger und Nachhaltigkeitskriterien (RED) den legislativen Rahmen für die Einführung klimaschonender Treibstoffe im Flugverkehr. Verpflichtende Beimengungsziele von nachhaltigen Drop-in-Flugkraftstoffen (sog. SAF) sind in der letzten Verhandlungsphase auf europäischer Ebene und sollen ab 2025 schlagend werden.

SAF sind auch ein zentrales Element des Maßnahmenkatalogs der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation (ICAO – International Civil Aviation Organization). In einer Resolution zu Umweltschutz und Klimawandel wurden unter anderem in Bezug auf den Einsatz von SAF folgende Aufforderungen an den ICAO-Rat formuliert (ICAO, 2022):

- Erleichterung des Kapazitätsaufbaus und der technischen Unterstützung von Staaten für SAF-Programme,
- Zusammenarbeit mit Stakeholdern, um den Übergang zu SAF zu definieren und zu fördern,

- Erleichterung des Zugangs zu Finanzierungen für Infrastrukturentwicklungsprojekte, die SAF gewidmet sind, um die Anreize zu entwickeln, die zur Überwindung anfänglicher Markthürden erforderlich sind.

Darüber hinaus wurden die ICAO-Mitgliedstaaten unter anderem dazu aufgefordert, die Kraftstoffzertifizierung und Entwicklung von SAF (einschließlich der Rohstoffproduktion) ebenso wie die Zertifizierung neuer Flugzeuge und Triebwerke für die Verwendung von 100 % SAF zu beschleunigen und notwendige Änderungen der Flughafen- und Energieversorgungsinfrastruktur zu unterstützen.

Große Hoffnungen setzt man allgemein in das globale Kompensationssystem CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation), das nach Beschluss der UN-Luftfahrtorganisation ICAO implementiert wurde. Die Airlines der ICAO-Mitgliedsländer sollen dann Projekte finanzieren, mit denen die von ihnen gegenüber dem Basisjahr 2020 zusätzlich ausgestoßenen CO₂-Emissionen an anderer Stelle eingespart werden. So soll das CO₂-neutrale Wachstum erreicht werden.

Die Luftfahrtindustrie, vorrangig vertreten durch den Flughafenverband ACI-Europe und den Fluggesellschaften-Verband IATA, hat sich ebenfalls ambitionierte Ziele zur Dekarbonisierung gesetzt. Netto-Null-Emissionen sollen bis zum Jahr 2050 sowohl im Flughafenbetrieb als auch bei der Passagierbeförderung erreicht werden.

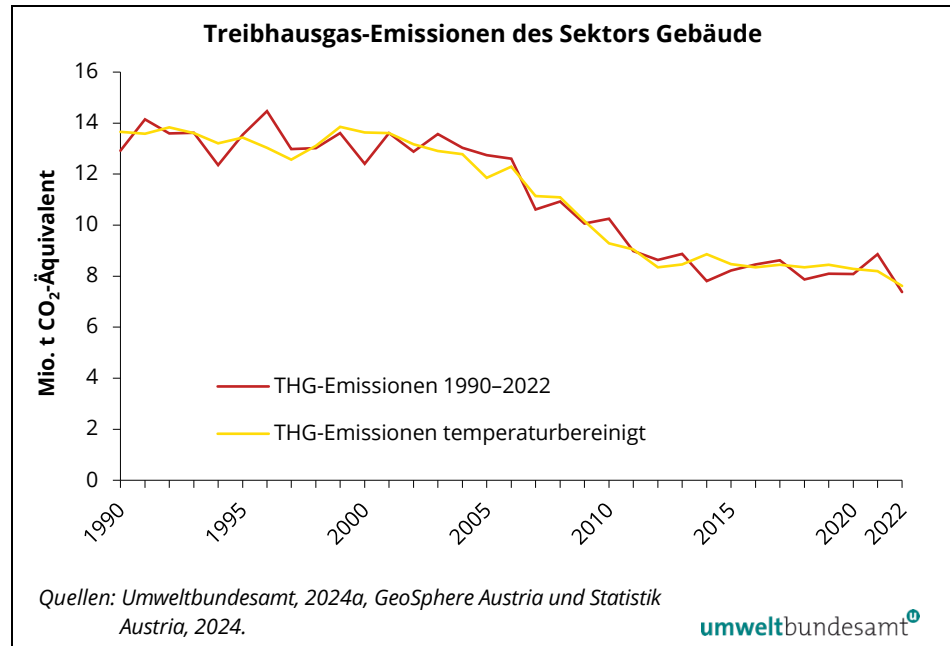
3.3 Sektor Gebäude

Sektor Gebäude			
THG-Emissionen 2022 (Mio. t CO ₂ -Äquivalent)	Anteil an den nationalen THG-Emissionen	Veränderung zum Vorjahr 2021	Veränderung seit 1990
7,4	10 %	-17 %	-43 %

Emissionstrend Die Treibhausgas-Emissionen aus dem Sektor Gebäude betrugen im Jahr 2022 rund 7,4 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent und waren damit für 10 % der nationalen Treibhausgas-Emissionen verantwortlich.

Im Zeitraum 1990 bis 2005 haben sich die sektoralen Treibhausgas-Emissionen um rund 0,2 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent (-1,4 %) verringert. Zwischen 2005 und 2022 konnten sie um weitere rund 5,4 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent (-42 %) reduziert werden. Seit 1990 sind sie insgesamt um rund 5,5 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent (-43 %) gesunken. Die temperaturbereinigten Treibhausgas-Emissionen zeigen ab 2012 nur einen leicht rückläufigen Trend. Zuletzt kam es von 2021 auf 2022 zu einer Emissionsabnahme von rund 1,5 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent (-17 %), womit 2022 die historisch geringste Menge emittiert wurde.

Abbildung 76:
Treibhausgas-Emissionen aus dem Sektor
Gebäude, 1990–2022.



Hauptverursacher

Der Sektor Gebäude verursacht Emissionen der Treibhausgase Kohlenstoffdioxid, Methan und Lachgas. Diese stammen größtenteils aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe in Kleinfeuerungen vor Ort zur Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser. Die wichtigsten Verursacher sind private Haushalte, deutlich vor den öffentlichen und privaten Dienstleistungen (öffentliche Gebäude, Bürogebäude, Hotellerie, Krankenhäuser etc.). Aber auch die Emissionen aus mobilen Quellen der Haushalte (Rasenmäher etc.) werden hier berücksichtigt.

Von 1990 bis 2022 war bei Privathaushalten inklusive mobiler Quellen mit 42 % sowie im Dienstleistungsbereich mit 47 % ein deutlicher Rückgang der Treibhausgas-Emissionen zu verzeichnen (Umweltbundesamt, 2024a).

Tabelle 12: Hauptverursacher der Emissionen des Sektors Gebäude (in 1.000 t CO₂-Äquivalent)
(Quelle: Umweltbundesamt, 2024a).

Hauptverursacher	1990	2021	2022	Veränderung 2021–2022	Veränderung 1990–2022	Anteil an den nationalen THG-Emissionen 2022
Privathaushalte	10.605	7.326	6.154	-16 %	-42 %	8,4 %
davon stationär	10.414	7.219	6.047	-16 %	-42 %	8,3 %
davon mobil	191	108	107	-0,9 %	-44 %	0,1 %
Öffentliche und private Dienstleistungen	2.313	1.537	1.224	-20 %	-47 %	1,7 %
Sektor Gebäude	12.918	8.863	7.378	-17 %	-43 %	10 %

3.3.1 Einflussfaktoren

Seit 1990 haben die Treibhausgas-Emissionen dieses Sektors um 43 % (5,5 Mio. Tonnen) abgenommen. Die Ursachen sind neben verbesserter Energieeffizienz der Gebäude (thermische Sanierung, energieeffizienter Neubau) hauptsächlich die Verdrängung von Kohleheizungen aus dem Bestand und die fortschreitende Verlagerung der Energieträgeranteile weg von Heizöl in Richtung Erdgas, Biomasse, Fernwärme und Wärmepumpen. Auch die zunehmend mildere Witterung trägt zur Emissionsreduktion seit 1990 bei (sinkender Trend der Heizgradtage).

Der Einsatz von Strom und Fernwärme im Sektor Gebäude verursacht Treibhausgas-Emissionen im Sektor Energie und Industrie. Zu beachten ist, dass bei Umstellung von fossilem Brennstoffeinsatz (Reduktion von Treibhausgas-Emissionen im Sektor Gebäude) auf Fernwärme und Strom – in Abhängigkeit vom Anteil erneuerbarer Energie für die Aufbringung dieser leitungsgebundenen Energieträger – zusätzliche Treibhausgas-Emissionen im Sektor Energie und Industrie bilanziert werden.

Geothermie, Umgebungswärme (für Wärmepumpen) und Solarthermie zählen zu den erneuerbaren Energieträgern und verursachen keine direkten Treibhausgas-Emissionen im Betrieb bzw. im Sektor Gebäude⁵⁰.

Die Energiepreise haben einen deutlichen Einfluss auf den Energieverbrauch der Haushalte und Dienstleistungsbetriebe sowie auf die Investitionsentscheidungen in Effizienzverbesserung und Umstellung auf erneuerbare Energien.

Emissionserhöhende Faktoren sind das Bevölkerungswachstum, das zu Neubau im Wohnbau (siehe Kapitel 3.3.2) und im Dienstleistungssektor führt, und die langfristig gestiegene Nutzfläche pro Person.

3.3.1.1 Heizgradtage

Heizperiode beeinflusst Energieeinsatz

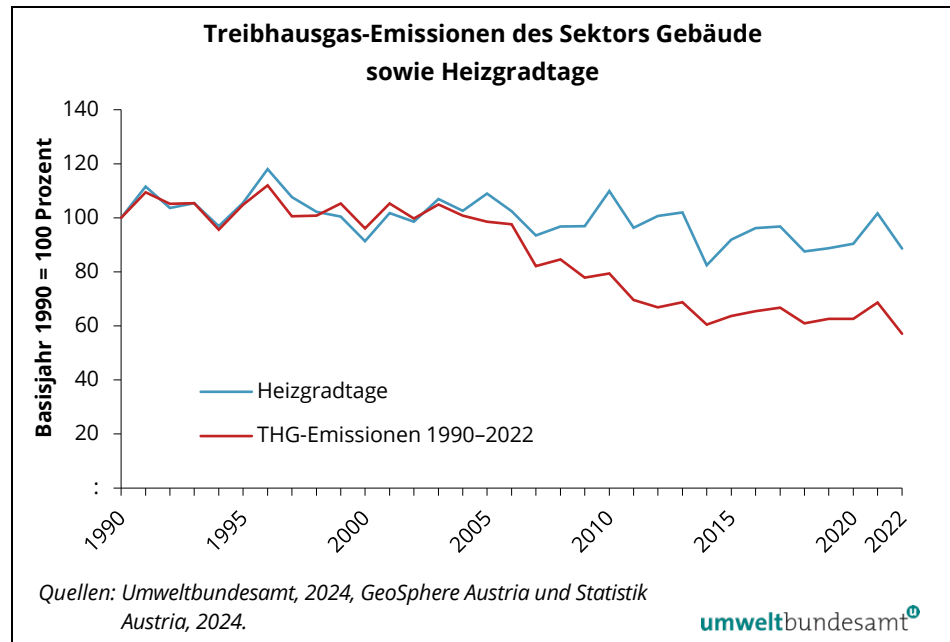
Der Energieeinsatz für die Raumwärme während der Heizperiode ist witterungsabhängig. Der Brennstoffeinsatz und die Emissionen sind stark von der Dauer und Intensität der Heizperioden im jeweiligen Kalenderjahr geprägt. Ein gängiger Indikator für diesen Einflussfaktor ist die Jahressumme der Heizgradtage (HGT_{20/12} gemäß ÖNORM B 8110-5).

Die Jahressumme der Heizgradtage ist 2022 gegenüber dem Vorjahr 2021 um 13 % abgesunken und lag um rund 13 % unter dem langjährigen Mittelwert oder um rund 11 % unter dem Wert von 1990. Das Jahr 2022 war ein historisch

⁵⁰ Bei der Nutzung von Geothermie und Umgebungswärme (für Wärmepumpen) sowie in geringerem Ausmaß auch bei anderen klimaschonenden, modernen Heizsystemen entstehen durch den mit dem Betrieb verbundenen Stromverbrauch (Regelung, Pumpen, Ventilatoren, automatische Brennstoffzufuhr, Ascheentfernung und Kesselreinigung, Abgasreinigung, Verdichterantrieb bei Wärmepumpen) Treibhausgas-Emissionen im Sektor Energie und Industrie.

überdurchschnittlich warmes Jahr mit dem dritten Rang seit Beginn der Datenerfassung 1980 (bis inklusive 2022) (GeoSphere Austria und Statistik Austria, 2024).

Abbildung 77:
Treibhausgas-Emissionen des Sektors Gebäude im Vergleich zu den Heizgradtagen, 1990–2022.



Die Treibhausgas-Emissionen im Sektor Gebäude folgen u. a. dem Einfluss der wechselnden Witterung auf den Einsatz fossiler Brennstoffe. Von 2005 bis 2011 sank der Treibhausgas-Emissionsindex gegenüber der Entwicklung der Heizgradtage infolge steigender Anteile von erneuerbaren Energieträgern, Strom und Fernwärme am Energieträgermix sowie von Verbesserungen der thermischen Gebäudequalität deutlich stärker ab. Danach ist dieser Effekt nur mehr gering ausgeprägt bzw. nicht mehr eindeutig erkennbar. Der Index der jährlichen Emissionen verlief zuletzt weitgehend parallel zu den Heizgradtagen (siehe Abbildung 77).

3.3.1.2 Energieeinsatz

Der gesamte Energieeinsatz (inklusive mobiler Quellen) 2022 zeigt gegenüber 1990 eine langfristige Zunahme von rund 18 %. Gegenüber dem Vorjahr 2021 wurde aufgrund milderer Außentemperaturen während der Heizperiode ein Rückgang um -12 % verzeichnet.

fossile Brennstoffe

Der Einsatz fossiler Brennstoffe im Sektor Gebäude (ohne mobile Quellen) sinkt 2022 auf Grund milderer Witterung und von Preisänderungen am Energiemarkt gegenüber dem Vorjahr insgesamt um 17 % ab, besonderen Einfluss hatte der geringere Einsatz von Erdgas in Wohngebäuden (Heizöl -14 %, Erdgas -19 % und Kohle inkl. Abfälle -25 %). Gegenüber 1990 ist die Nutzung von Öl (-53 %) und Kohle inkl. Abfälle (-99 %) gesunken, der Einsatz von Erdgas hingegen angestiegen (+46 %).

Der Anteil von Erdgas an den eingesetzten Energieträgern wurde 2022 auf 18 % (2021: 19 %) reduziert (u. a. Einsatz von Gas-Brennwertgeräten im Neubau und Bestand), der Anteil von Öl ist 2022 bei weiterem Heizungstausch weg von Heizöl auf 11 % (2021: 12 %) gesunken. Kohle und sonstige Brennstoffe (brennbare Abfälle, Torf) weisen 2022 mit 0,1 % nur noch einen verschwindend geringen Anteil am sektoralen Energieträgermix auf.

Biomasse und Fernwärme

Der Einsatz von Biomasse (-20 %) und Fernwärme (-12 %) folgte ebenfalls dem Trend der Heizgradtage im gesamten Jahr 2022. Gegenüber 1990 ist die Nutzung von Biomasse (+20 %) und Fernwärme (+147 %) angestiegen.

Der Anteil von Biomasse an den eingesetzten Energieträgern ist 2022 auf 19 % (2021: 21 %) abgesunken, der Anteil von Fernwärme bei 16 % (2021: 16 %) geblieben.

Tabelle 13: Endenergieeinsatz im Sektor Gebäude (in TJ) (Quellen: Umweltbundesamt, 2024a, Statistik Austria, 2023a, 2023c).

Jahr	Öl	Kohle	Gas	Biomasse	Strom*	Fernwärme*	Umgebungs- wärme etc.**	Gesamt***
1990	93.451	27.578	46.093	60.457	73.412	21.798	2.239	326.143
2005	92.796	4.682	88.876	61.791	103.487	43.050	7.042	402.803
2021	51.143	478	83.024	90.944	118.456	68.098	24.914	437.062
2022	44.025	358	67.438	72.722	113.321	59.730	27.074	384.673
2021–2022	-14 %	-25 %	-19 %	-20 %	-4,3 %	-12 %	+8,7 %	-12 %
1990–2022	-53 %	-99 %	+46 %	+20 %	+54 %	+174 %	+1.109 %	+18 %

* Emissionen durch die Stromerzeugung sowie die Fernwärmeerzeugung werden dem Sektor Energie und Industrie zugerechnet.

** Geothermie, Umgebungswärme (für Wärmepumpen) und Solarthermie

*** inklusive sonstige Brennstoffe (brennbare Abfälle, Torf)

Strom Der Stromeinsatz umfasst neben der Nutzung für Raumwärme und Warmwasser (d. h. für Strom-Direktheizung, Verdichterantrieb bei Wärmepumpen, Brauchwasserbereitung, Regelung und Betrieb von Heizungen inklusive Lüftung und Wärmerückgewinnung) und Klimatisierung auch andere Nutzungen⁵¹.

Der Stromeinsatz im Sektor Gebäude sank im Jahr 2022 um -4,3 % gegenüber dem Vorjahr ab (+3,4 % für den Dienstleistungssektor, -8,6 % für Privathaushalte). Gegenüber 1990 ist die Nutzung von Strom (+54 %) angestiegen, wobei im Dienstleistungssektor der Zuwachs bei 34 % und bei Privathaushalten bei 70 % liegt.

⁵¹ Weitere Nutzungszwecke von Strom sind z. B. Kochen, Kühlen und Gefrieren, Beleuchtung, EDV, Haushaltsgeräte, elektrische Antriebe, Ladeprozesse für Akkumulatoren, Prozesswärme und Elektrochemie.

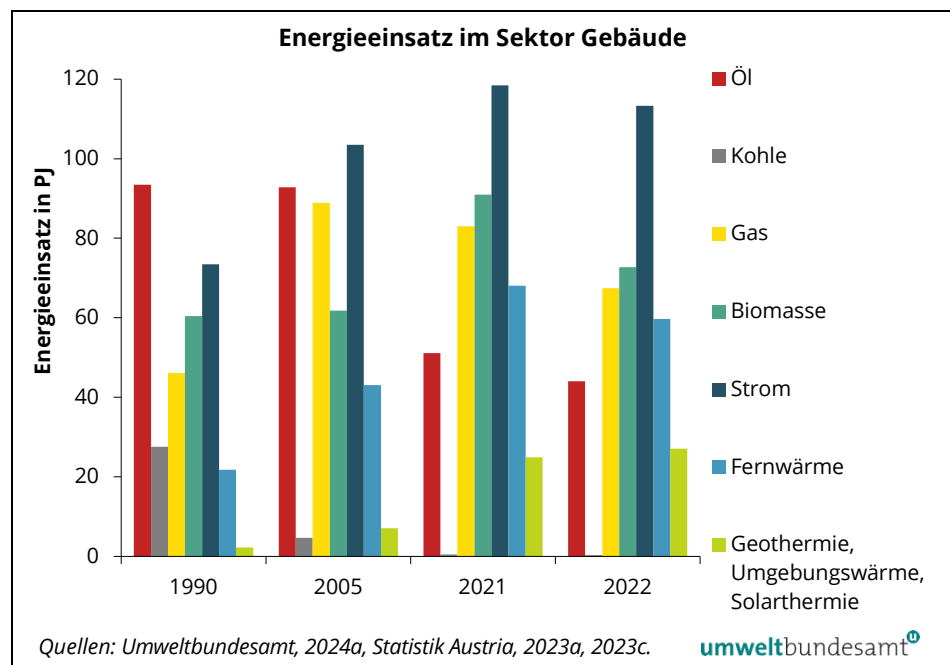
Der Stromeinsatz im Sektor Gebäude hat im Jahr 2022 mit 29 % (2021: 27 %) den größten Anteil an den eingesetzten Energieträgern.

- Im Dienstleistungssektor ist Strom mit 41 % Gesamtanteil der dominante Energieträger. Etwa ein Fünftel davon wurde 2022 gemeinsam für Raumwärme, Warmwasserbereitung und Klimatisierung verwendet. Weitere zwei Fünftel des Stromeinsatzes entfallen auf Prozesswärme⁵².
- Bei den Privathaushalten liegt der Stromanteil mit 25 % des Energieeinsatzes knapp vor der Biomasse an erster Stelle. Etwa ein Drittel davon wurde 2022 gemeinsam für Raumwärme, Warmwasserbereitung und Klimatisierung verwendet. Ein weiteres Zehntel entfällt auf Kochen.

**Geothermie,
Umgebungswärme,
Solarthermie**

Die Nutzung von Geothermie, Umgebungswärme (für Wärmepumpen) und Solarthermie stieg 2022 um 8,3 % gegenüber dem Vorjahr an (v. a. durch den Einsatz von Wärmepumpen im energieeffizienten Neubau bei sinkender Nutzung von Geothermie und Solarthermie durch weniger in Betrieb befindliche Anlagen). Gegenüber 1990 ist die Nutzung dieser Energieträger um ein Vielfaches (+1.109 %) angestiegen. Deren Anteil erreicht im Jahr 2022 mit 7,0 % (2021: 5,7 %) den historisch höchsten Wert.

Abbildung 78:
Endenergieeinsatz im
Sektor Gebäude,
1990–2022.



**mobile Quellen
der Haushalte**

Rund 3,1% des Einsatzes von fossilem Öl im Jahr 2022 (2021: 2,7 %) und rund 0,1 % (2021: 0,1 %) der Biomasse entfielen auf Treibstoffe für mobile Quellen der Haushalte. Diese umfassen Geräte mit Nutzung in privaten Haushalten (wie z. B. Rasenmäher, Motorsägen), aber aufgrund der Bilanzierungsregeln auch Geräte für sonstige Dienstleistungen (wie z. B. Pistenraupen und Skidoos).

⁵² Eine klare Trennung der Verwendungszwecke „Warmwasserbereitung“ und „Prozesswärme“ ist in der Nutzenergieanalyse derzeit nicht möglich (Statistik Austria, 2023c).

3.3.1.3 Neuinstallation erneuerbarer Heizungssysteme

Im Sektor Gebäude werden in zunehmendem Maße erneuerbare Energieträger eingesetzt, was sich bei den jährlichen Neuinstallationen von Heizungssystemen seit 1990 widerspiegelt.

Einflussfaktoren

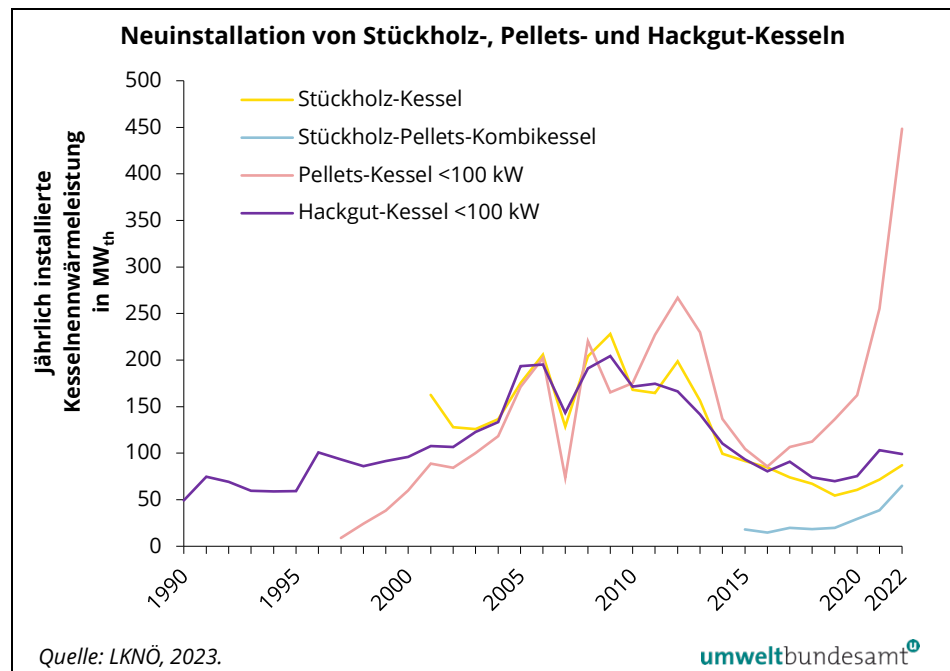
Wichtige Hebel dafür sind die Entwicklung der Investitions- und Betriebskosten und die Ausrichtung von einschlägigen Förderprogrammen. Dazu zählen die Wohnbauförderungen der Länder, die Förderprogramme des Klima- und Energiefonds, die betriebliche Umweltförderung im Inland, die Sanierungsoffensive (mit Schwerpunkt auf Ersatz fossiler Heizungsanlagen) sowie sonstige Förderprogramme des Bundes, der Länder und der Gemeinden. Die Energiepreisentwicklung und die Sanierungsaktivität sind weitere Einflussfaktoren.

Stückholz, Pellets- und Hackgut-Kessel

Die Verkaufszahlen neu installierte für Stückholz- und Hackgut-Zentralheizungen liegen 2022 im Vergleich zum statistisch erfassten Spitzenwert im Jahr 2009 in den letzten Jahren zwischen einem Drittel bis knapp unter der Hälfte neu installierter Heizsysteme. Die verkauften Pellets-Kessel mit unter 100 kW Nennleistung liegen 2022 bei dem mit Abstand höchsten erfassten Wert. Die Stückholz-Pellets-Kombikessel erreichen 2022 ihren neuen Höchststand seit Beginn der Datenerfassung 2015.

Die Hackgut-Kessel sind leicht rückläufig. Die weiteren Biomassesysteme, insbesondere Pellets-Kessel (<100 kW Nennleistung), zeigen 2022 gegenüber dem Vorjahr 2021 einen ansteigenden Trend bei den Neuinstallationen.

Abbildung 79:
Nennleistungen jährlich
neu installierter Stück-
holz-, Pellets- und
Hackgut-Kessel,
1990–2022.



Trend Biomasse-Zentralheizungen

Der Markt für Biomasse-Zentralheizungen zeigte zwischen 2000 und 2006 hohe Wachstumsraten. Der Einbruch der neu installierten Leistung von Heizsystemen für Stückholz und Holzbriketts, Pellets und Hackgut im Jahr 2007 wird u. a. auf den niedrigen Ölpreis sowie eine Brennstoffverknappung und den damit verbundenen starken Preisanstieg bei Pellets zurückgeführt.

Seit dem Zwischenhoch im Jahr 2009 sind neue Heizungen für Stückholz und Holzbriketts (-62 %) bzw. Hackgut (-52 %) stark rückläufig. Der zwischenzeitliche Anstieg von Pellets- und Stückholz-Kesseln bis 2012 steht im Zusammenhang mit vorgezogenen Investitionen nach der Wirtschafts- und Finanzkrise 2009. Danach trugen steigende Biomassebrennstoffpreise, niedrige Ölpreise und relativ milde Durchschnittstemperaturen zur Entwicklung mit vergleichsweise geringen Absatzzahlen bei Biomasse-Zentralheizungen (ausgenommen Pellets-Kessel und Stückholz-Pellets-Kombikessel) bei. Unterstützt von Förderprogrammen zur Umstellung von fossilen Heizungen und kurzfristigen Preissignalen am Energiemarkt stiegen die Verkäufe der Pellets-Kessel ab 2020 stark an. Die Neuinstallationen von Pellets-Kesseln haben im Jahr 2022 den bisherigen Höchststand 2012 deutlich übertroffen (+68 %).

Die Verkaufszahlen am österreichischen Biomasse-Heizkesselmarkt sind im Jahr 2022 überwiegend gestiegen. Gemessen an der neu installierten Kessel-Nennwärmeleistung beträgt die Veränderung gegenüber dem Vorjahr 2021 bei Stückholz-Kesseln +22 %, bei Hackgut-Kesseln -4,1 %, bei Pellets-Kesseln +76 % sowie bei Stückholz-Pellets-Kombikesseln +68 %.

Auch die verkaufte Anzahl an Biomasse-Zentralheizungen entwickelt sich im Zeitverlauf weitgehend parallel zur neu installierten Leistung, mit Ausnahme von Stückholz-Zentralheizungen, welche eine tendenziell sinkende mittlere Anlagenleistung pro Stück seit 2001 zeigen.

Biomasse-Einzelfeuerstätten

Die Biomasse-Einzelfeuerstätten (Stückholz-Kaminöfen, Pellets-Kaminöfen, Kachelöfen und Heizkamine sowie Biomasse-Herde) werden je nach Dimensionierung der Anlage und Art des Gebäudes als Zusatzheizung oder Hauptheizung eingesetzt. Die Verkaufszahlen für diese Art neu installierter Heizsysteme sind je nach statistischer Datengrundlage (FH Technikum Wien et al., 2023, LKNÖ, 2023, Regionalenergie Steiermark, 2023) hinsichtlich der Stückzahlen unterschiedlich.

- Im Jahr 2022 wurden zwischen 12.600 und 21.000 Stückholz-Kaminöfen oder um rund +58 % bzw. +52 % mehr als im Jahr 2021 abgesetzt. Seit 2008 beträgt der Rückgang in den Verkaufszahlen -44 % bzw. -8,5 %.
- Die im Jahr 2022 neu installierten Pellets-Kaminöfen lagen zwischen 2.300 und 2.500 Stück um rund -4,2 % unter bzw. +4,2 % über dem Absatz im Vorjahr. Seit 2008 beträgt die Zunahme in den Verkaufszahlen +23 % bzw. der Rückgang -18 %.
- Im Jahr 2022 wurden 16.500 Kachelöfen und Heizkamine – um rund +12 % mehr als im Jahr 2021 – neu installiert. Seit 2008 stieg die Absatzmenge um +12 %.
- Die im Jahr 2022 neu installierten Biomasse-Herde waren mit 3.700 bis 7.400 um rund +28 % bzw. +35 % über dem Absatz im Vorjahr 2021. Seit

2008 beträgt die Zunahme in den Verkaufszahlen +5,7 % bzw. der Rückgang -0,3 %.

Die neu installierten Biomasse-Einzelfeuerstätten liegen im Jahr 2022 im Bereich zwischen 35.100 und 47.400 Stück. Das entspricht einer Veränderung zum Vorjahr 2021 von rund +25 % bzw. +30 %. Gegenüber dem Beginn der Datenerfassung 2008 sind die Verkaufszahlen um -17 % bzw. -1,1 % gesunken.

**trendbestimmende
Faktoren**

Die rückläufigen Entwicklungen der letzten zehn Jahre bei Kleinfeuerungsanlagen für Stückholz und Holzbriketts, Pellets-Kesseln sowie für Hackgut können in Zusammenhang mit relativ niedrigen Ölpreisen, dem hohen Anteil von Wärmepumpen beim Neubau von Einfamilienhäusern bzw. von Fernwärme (und Erdgas) bei Mehrfamilienhäusern sowie dem allgemeinen Rückgang der Sanierungstätigkeit (Kesseltausch) gebracht werden.

Die Zunahme neu installierter Pellets-Kessel in den letzten Jahren kann auf Preisveränderungen bei den Energieträgern Öl und Gas und auf Ausweitung der Förderprogramme zurückgeführt werden.

Der Trend zum Stückholz-Kaminofen als Zusatzheizung („Wohlfühlöfen“ oder kostengünstige Wärmebereitstellung) hat sich gemäß den ansteigenden Verkaufszahlen erneuert und ist weiterhin in einer relevanten Größenordnung.

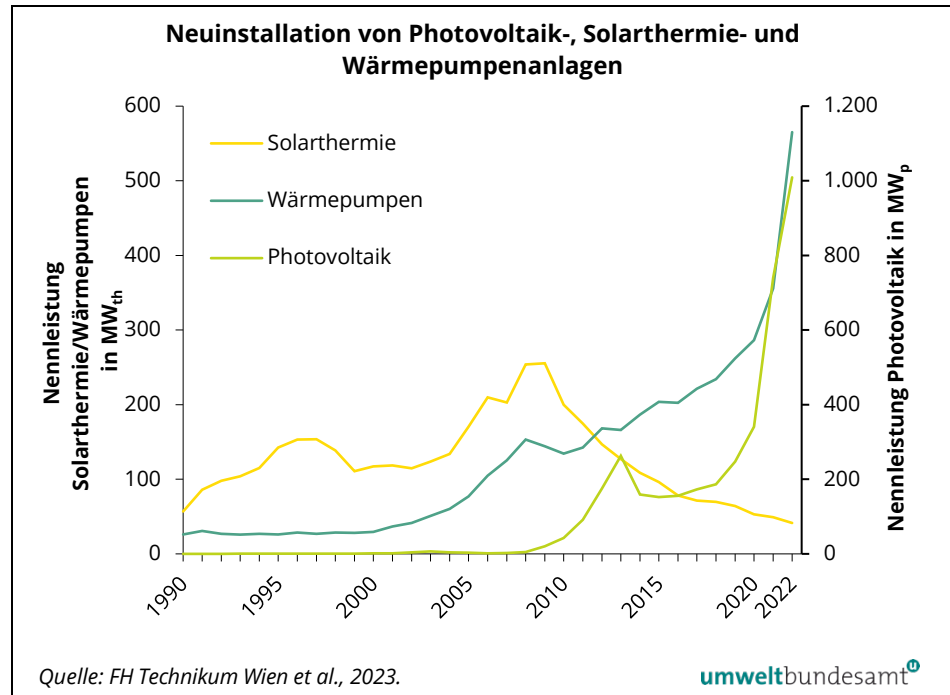
**Photovoltaik,
Solarthermie und
Wärmepumpen**

Die jährlichen Neuinstallationen von Anlagen mit Photovoltaik (PV) sind in den Jahren 2008–2013 extrem stark gestiegen, mit einem zwischenzeitlichen Maximum von rund 263 MW_p im Jahr 2013. Dies ist auf die attraktiven Förderbedingungen zurückzuführen. Nach darauffolgend geringem Absatz ist seit 2017 kontinuierliches Wachstum erkennbar. Im Jahr 2022 wurde mit 1.009 MW_p durch einen starken Anstieg von 36 % gegenüber dem Vorjahr 2021 (740 MW_p) erneut die historisch höchste neu installierte Nennleistung erreicht.

Im Bereich der neu installierten solarthermischen Kollektoren wurde 2009 mit 255 MW_{th} installierter Nennleistung der Höchststand erreicht (+348 % gegenüber 1990). Danach zeigt sich bis 2022 ein rückläufiger Trend. Gegenüber dem Vorjahr 2021 nahm die neu installierte Leistung der Solarthermie um 16 % ab und liegt 2022 mit 41 MW_{th} beim historisch tiefsten Wert.

Die Wärmepumpen konnten auch 2022 die hohe neu installierte Nennleistung des Vorjahres übertreffen (+59 %) und liegen mit 565 MW_{th} um 2.058 % über dem Ausgangswert von 1990.

Abbildung 80:
Nennleistungen jährlich
neu installierter Photo-
voltaik-, Solarthermie-
und Wärmepumpen-
anlagen, 1990–2022.

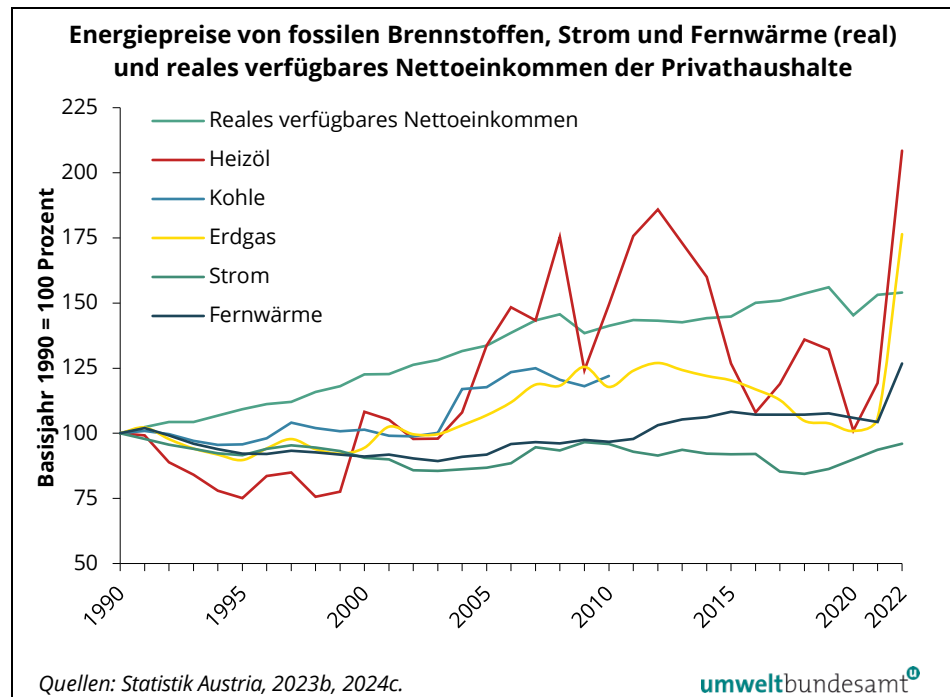


3.3.1.4 Energiepreise für private Haushalte

Einfluss auf den Verbrauch

Die Energiepreise sind wesentliche Einflussfaktoren für den Energieverbrauch der Haushalte und Dienstleistungsbetriebe sowie für die Investitionen in Effizienzverbesserung und erneuerbare Energie.

Abbildung 81:
Energiepreise von fossi-
len Brennstoffen, Strom
und Fernwärme (real)
und reales verfügbares
Nettoeinkommen der
Privathaushalte,
1990–2022.



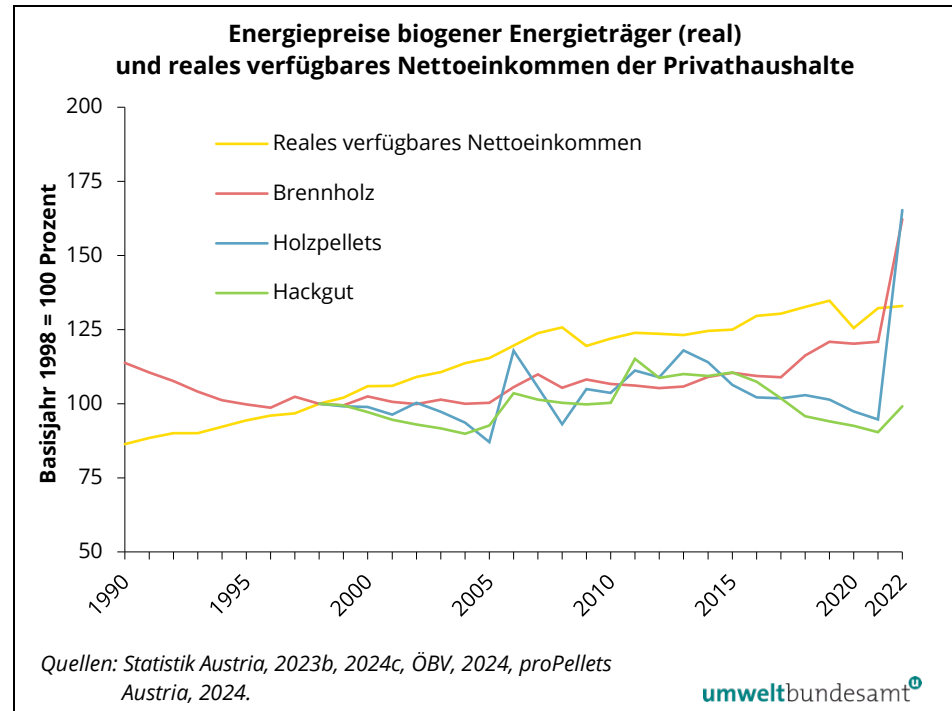
Die Preise für fossile Energieträger sind bis 2021 überwiegend hinter der Entwicklung des real verfügbaren Nettoeinkommens zurückgeblieben, zuletzt jedoch 2022 stark angestiegen (siehe Abbildung 81).

- Der reale Heizölpreis wies im Zeitraum 1990–2022 eine Zunahme von 108 % auf, während das real verfügbare Nettoeinkommen in diesem Zeitraum um 54 % stieg. Von 2021 auf 2022 ist der Heizölpreis um 75 % gestiegen. Das real verfügbare Nettoeinkommen hat sich gegenüber dem Vorjahr kaum erhöht (+0,6 %).
- Der reale Kohlepreis ist bis 2010 verfügbar (vereinfacht als ungewichteter Mittelwert aus der Preisentwicklung von Steinkohle, Braunkohlebriketts und Hüttenkoks dargestellt). Der Preissprung im Jahr 2004 könnte mit strukturellen Änderungen in der Vertriebsstruktur zusammenhängen. Heute weist Kohle nur mehr einen verschwindend geringen Anteil am Energieträgermix im Sektor Gebäude auf.
- Nach Preissteigerungen bei Gas von 2003 bis 2012 – ausgenommen 2008 und 2010 – und geringerem Rückgang in den folgenden Jahren lag der reale Gaspreis 2022 um 76 % über dem Niveau von 1990. Im Vergleich zu 2021 ist der Gaspreis 2022 um 67 % gestiegen.

Die Preise für die leitungsgebundenen Energieträger Strom und Fernwärme sind deutlich hinter der Entwicklung des real verfügbaren Nettoeinkommens zurückgeblieben (siehe Abbildung 82).

- Die Strompreise sind relativ stabil geblieben, aber in den Jahren 2017 bis 2019 knapp unter den Preis von 2002 gesunken und darauffolgend wieder leicht angestiegen. Im Jahr 2022 lag der reale Strompreis um 4,1 % niedriger als 1990. Die Änderung zum Vorjahr betrug +2,4 %.
- Der reale Preis für Fernwärme zeigt eine geringe Dynamik und ist zwischenzeitlich bis etwa 10 % unter das Niveau von 1990 gesunken. Erst ab 2012 sind leichte reale Preissteigerungen erkennbar. Im Jahr 2022 lag der reale Fernwärmepreis um 27 % höher als 1990. Der deutliche Anstieg zum Vorjahr betrug 21 %.

Abbildung 82:
Energiepreise biogener
Energieträger (real) und
reales verfügbares Netto-
einkommen der der
Privathaushalte,
1990–2022.



Die Preise für die biogenen Energieträger sind überwiegend hinter der Entwicklung des real verfügbaren Nettoeinkommens zurückgeblieben, zuletzt jedoch ausschließlich der reale Preis für Hackgut (siehe Abbildung 82).

- Der reale Preis für Brennholz ist zwischenzeitlich bis etwa 15 % unter das Niveau von 1990 gesunken. Ab dem Jahr 2018 sind leichte reale Preissteigerungen gegenüber dem Ausgangsniveau erkennbar. Im Jahr 2022 lag der reale Brennholzpreis um 43 % höher als 1990. Die Änderung zum Vorjahr betrug +34 %.
- Der reale Preis für Holzpellets ist ab 1998 statistisch erfasst und zeigt in den Jahren 2006 sowie 2013 Preisspitzen, u. a. in Folge von Brennstoffverknappung. Bis 2021 ist das Preisniveau wieder gesunken. Im Jahr 2022 war der reale Pelletspreis um 65 % höher als 1998. Die Änderung zum Vorjahr betrug +75 %.
- Der reale Preis für Hackgut ist ab 1998 statistisch erfasst und ist seit dem Höchststand 2011 wieder gesunken. Im Jahr 2022 war der reale Hackgutpreis um 0,9 % niedriger als 1998. Die Änderung zum Vorjahr betrug +9,8 %.

trendbestimmende Faktoren

Die Entwicklung der Endverbraucherpreise und das Verhältnis der Preise von fossilen zu erneuerbaren Energieträgern schafften in der Vergangenheit ungünstige Voraussetzungen für klimafreundliche Nutzungsentscheidungen und Investitionen in Effizienzverbesserungen und erneuerbare Energieträger.

Der starke Anstieg des Heizölpreises, der 2008 und von 2010 bis 2012 weit über der Entwicklung des real verfügbaren Nettoeinkommens lag, war jedoch eine starke treibende Kraft zur thermischen Sanierung von Gebäuden und zum Umstieg auf klimaschonende Energieträger. Durch den Preiserückgang bei Heizöl,

Gas und Strom seit dem Jahr 2012 verlor dieser Treiber zwischenzeitlich (bis zu den aktuellen Preissprüngen ab 2022) an Wirkung.

Der fast konstant niedrige indexbereinigte Strompreis seit 1990 in Verbindung mit niedrigen Wärmepumpentarifen der Energieversorgungsunternehmen bot äußerst günstige Marktbedingungen für den Einsatz von Wärmepumpen in thermisch gut sanierten oder in neuen Gebäuden.

Preisanstieg seit 2021

Der Energieträgermarkt reagierte im Kontext des Ukraine-Konflikts und der Verknappung fossiler Energieträger mit deutlich steigenden Preisen. Gegenüber dem Jahresdurchschnitt 2021 sind für private Haushalte der reale Heizölpreis um bis zu 101 % (Oktober 2022) sowie der reale Erdgaspreis um bis zu 154 % (Juli 2023) stark gestiegen. Im Dezember 2023 lag der reale Heizölpreis um 35 % sowie der reale Erdgaspreis um 139 % über den Durchschnittspreisen 2021. Die realen Preise leitungsgebundener Energieträger sind für Strom um bis zu 23 % (September 2022) und für Fernwärme um bis zu 83 % (Jänner 2023) gestiegen. Während die realen Strompreise gegenüber dem Jahresdurchschnitt 2021 im Dezember 2023 (-8,1 %) relativ gemäßigt waren, lag der Fernwärmepreis im Dezember 2023 mit +54 % deutlich über den Durchschnittspreisen 2021 (siehe Abbildung 83).

Auch die realen Preise für Holzpellets (+143 % im Oktober 2022) und Brennholz (+72 %, bis Jänner 2023) sind stark gestiegen. Im Dezember 2023 lag der reale Holzpelletspreis um 29 %, der reale Brennholzpreis um 36 % sowie der reale Hackgutpreis um 3,1 % über den Durchschnittspreisen 2021 (siehe Abbildung 84).

Abbildung 83:
Kurzfristige Entwicklung
der Energiepreise von
fossilen Brennstoffen,
Strom und Fernwärme
(real) auf Monatsbasis
seit Jänner 2022.

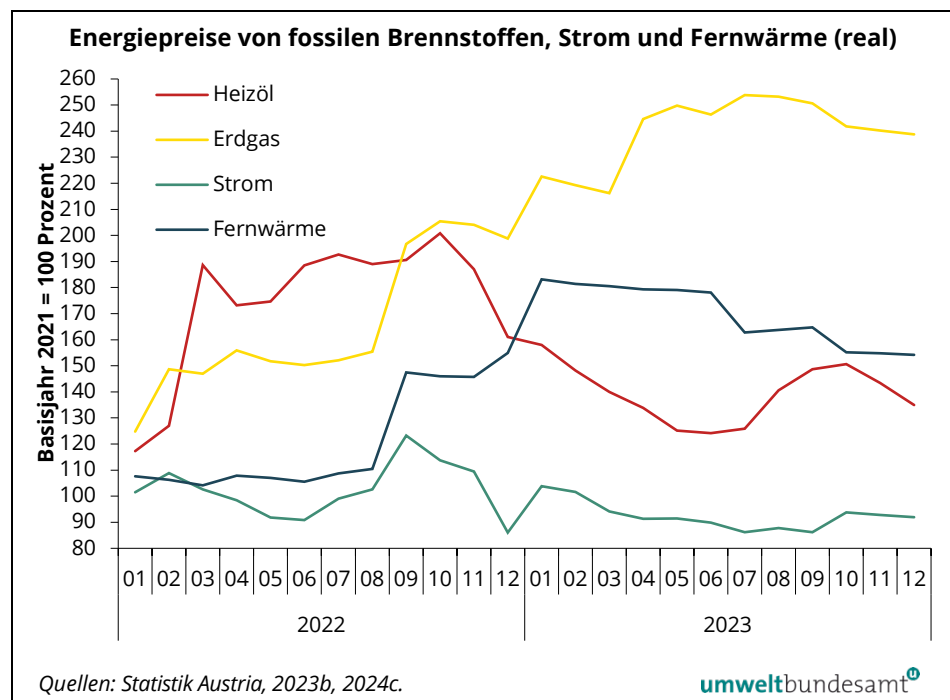
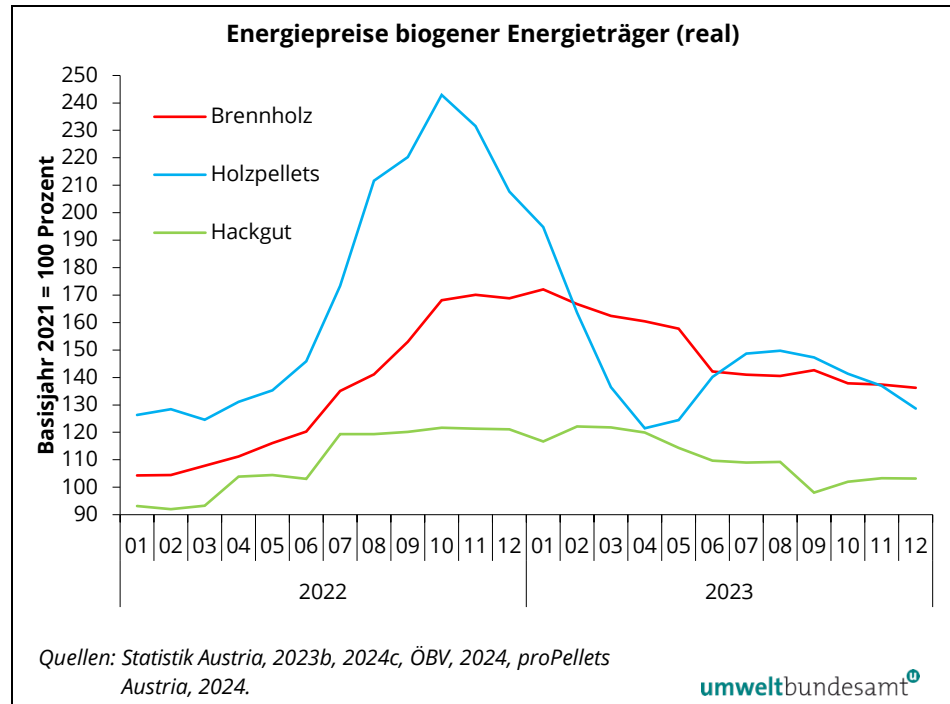


Abbildung 84:
Kurzfristige Entwicklung
der Energiepreise bioge-
ner Energieträger (real)
auf Monatsbasis seit
Jänner 2022.

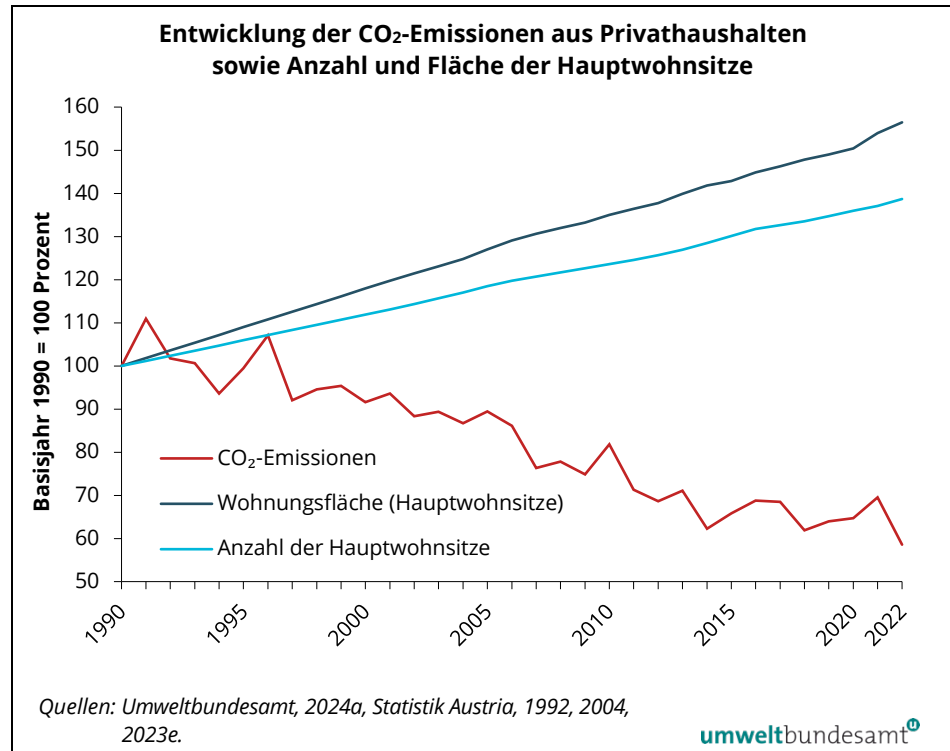


3.3.2 Privathaushalte

Die Privathaushalte haben den größten Anteil an Treibhausgas-Emissionen im Gebäudesektor und werden in diesem Kapitel näher betrachtet.

Insgesamt zeichnet sich seit 1996 ein rückläufiger Trend der CO₂-Emissionen der privaten Haushalte ab, im Jahr 2010 war witterungsbedingt ein leichter Anstieg zu verzeichnen. In den milden Jahren 2014 und 2018 wurden die bislang geringsten CO₂-Emissionen seit 1990 verzeichnet. Die CO₂-Emissionen stiegen durch vermehrten Einsatz fossiler flüssiger und gasförmiger Energieträger zwischenzeitlich wieder an. Im Jahr 2022 verringerten sich die CO₂-Emissionen gegenüber 2021 um 16 % v. a. aufgrund der in Folge milderer Witterung gesunkenen Nutzung von Erdgas und Heizöl und erreichten einen neuen historischen Tiefststand (siehe Abbildung 85).

Abbildung 85:
Kohlenstoffdioxid-Emissionen aus Privathaushalten (stationäre und mobile Quellen) sowie Anzahl und Wohnnutzfläche⁵³ der Hauptwohnsitze, 1990–2022.



3.3.2.1 Gebäudestruktur, Energieeffizienz und CO₂-Emissionen

Anfang 2023 gab es in Österreich rund 2,2 Mio. Wohngebäude und 5,1 Mio. Wohnungen. Die Wohngebäude gliedern sich zu 87 % in Ein- und Zweifamilienhäuser und zu 13 % in Mehrfamilienhäuser (inkl. Wohngebäude für Gemeinschaften) (Statistik Austria, 2023d).

trendbestimmende Faktoren

Die Anzahl der Hauptwohnsitze hat sich zwischen 1990 und 2022 um 39 % erhöht, die Wohnnutzfläche aller Hauptwohnsitze stieg im selben Zeitraum um 56 % (Statistik Austria, 1992, 2004, 2023e). Die Zahl der Nebenwohnsitze (inklusive Wohnungen ohne Wohnsitzangabe) ist gemäß Census 2011 (Statistik Austria, 2013) und Census 2021 (Statistik Austria, 2023f) bei 18 % aller Wohnungen. Demgegenüber ist der Anteil bis Ende 2022 auf etwa 19 % aller Wohnungen gestiegen (Statistik Austria, 2023d, 2023e). Die Bevölkerungszahl hat seit 1990 um 18 % zugenommen (Statistik Austria, 2023g). Alle diese Faktoren wirken als treibende Kräfte tendenziell emissionserhöhend.

Dem gegenüber stehen Einflussfaktoren wie

- Effizienzmaßnahmen an Gebäudeteilen und Heizungskomponenten,
- Energiesparmaßnahmen, wie bedarfsgerechte Anpassung der Heizungssteuerung, der Raumtemperatur oder richtiges Lüften, sowie
- der verstärkte Einsatz erneuerbarer Energien

⁵³ Zum Ausgleich der Methodenänderung ab 2004 wurde die Zeitreihe der Wohnnutzfläche rückwirkend korrigiert.

mit Beitrag zur Verminderung der Treibhausgas-Emissionen im Gebäudesektor.

Im Bereich der Effizienzmaßnahmen sind insbesondere die Wärmedämmung der Gebäudehülle sowie der Einsatz von modernen Heizkesseln und Brennwertgeräten in Verbindung mit Pufferspeichern und Niedertemperatur-Wärmeabgabesystemen zu nennen. Die Einbindung von Solarthermie zur Warmwasserbereitung bzw. Heizungsunterstützung und Photovoltaik als Beitrag zur Deckung des Haushaltstrombedarfs sind weitere nachhaltige Optionen.

**potenzielle bauliche
Maßnahmen**

Welche baulichen Maßnahmen zur Reduktion des Heizenergiebedarfs⁵⁴ möglich sind, hängt vor allem vom Gebäudebestand ab. Gebäude aus den Bauperioden vor 1970 weisen im Durchschnitt einen deutlich höheren Endenergieverbrauch pro Flächeneinheit⁵⁵ auf als die Gebäude späterer Bauperioden. Das Potenzial zur Einsparung von Treibhausgas-Emissionen durch thermisch-energetische Sanierung ist daher beim Gebäudebestand aus den Bauperioden vor 1970 am höchsten. Zusätzlich weisen diese Gebäude auch einen Anteil von rund 41 % an der gesamten Wohnnutzfläche auf (Statistik Austria, 2023f). Ab 1990 und insbesondere ab 2000 kam es durch Bauvorschriften zu einer deutlichen Effizienzverbesserung bei Neubauten.

**thermisch-
energetische
Sanierung**

Der Heizwärmebedarf⁵⁶ ist eine standardisierte Kenngröße für die zum Heizen benötigte Wärme. Im Jahr 2022 wird der mittlere Heizwärmebedarf in der Wohnbauförderung bei umfassender Sanierung um 113 kWh/(m².a) auf 43 kWh/(m².a) gesenkt (BMK, 2023c). Für Dienstleistungsgebäude sowie nicht geförderte Wohngebäude erlaubt die Datenlage derzeit keine (direkt vergleichbare) quantitative Beurteilung über die Veränderung der Gebäudeeffizienz

⁵⁴ Heizenergiebedarf (HEB): Beim Heizenergiebedarf werden zusätzlich zum Heiz- und Warmwasserwärmebedarf die Verluste des gebäudetechnischen Systems berücksichtigt, dazu zählen insbesondere die Verluste der Wärmebereitstellung, der Wärmeverteilung, der Wärmespeicherung und der Wärmeabgabe sowie allfälliger Hilfsenergie (OIB-RL 6, Ausgabe 2023).

⁵⁵ Die Angaben über Gebäudeflächen von Wohngebäuden erfolgen gemäß OIB-Richtlinie 6 in Bruttogrundflächen (BGF). Die Bruttogrundfläche ist die Summe aller einzelnen Geschoßflächen, die aus den Außenabmessungen der einzelnen Geschoße ermittelt wird. Außenabmessungen schließen Außenputz und Vormauerwerk etc. ein. Im Unterschied zur Nettofläche bzw. Wohnnutzfläche sind also alle Wände enthalten. Für die Ermittlung der für die Heizung relevanten konditionierten BGF werden nicht beheizbare Kellerräume, Dachgeschoße, Stiegenhäuser, Lagerräume, Nebengebäude etc. nicht berücksichtigt. Näherungsweise ist die Bruttogrundfläche von Wohngebäuden etwa um 25 % höher als die Nettofläche. Über den Anteil der konditionierten BGF der Wohngebäude bzw. Privathaushalte liegen keine statistischen Daten vor. Analoges gilt für Dienstleistungsgebäude bzw. den Dienstleistungssektor.

⁵⁶ Heizwärmebedarf (HWB): Wärmemenge, die den konditionierten Räumen zugeführt werden muss, um deren vorgegebene Solltemperatur einzuhalten (OIB-RL 6, Ausgabe 2023).

durch thermische Sanierung. In Bundesgebäuden konnte die temperaturbereinigte Energiekennzahl der Heizung⁵⁷ von 1990 bis 2022 um rund ein Drittel gesenkt werden (BEV, 2023).

3.3.2.2 Thermisch-energetische Sanierung von Wohngebäuden

Hohes Reduktions-potenzial

Aufgrund des großen Bestandes an Gebäuden mit thermisch-energetisch verbesserbarem Zustand besteht für den Sektor Gebäude ein erhebliches Reduktionspotenzial. Sanierungsmaßnahmen haben positive Effekte für die Werterhaltung, die Wohnqualität, die Gesundheit der Bewohner:innen sowie für die Versorgungssicherheit und für die inländische Wertschöpfung. Neben der Effizienzverbesserung kann eine Erneuerung der Heizung auch positive Effekte auf Emissionen von Luftschadstoffen, wie Feinstaub und Stickstoffoxiden, haben.

Sanierungs- maßnahmen

Zur thermisch-energetischen Sanierung eines Gebäudes stehen mehrere Maßnahmen zur Verfügung:

- Austausch der außenliegenden Fenster und Türen,
- Wärmedämmung der Außenfassade,
- Wärmedämmung der obersten Geschoßdecke (bzw. von Dachschrägen),
- Wärmedämmung der untersten Geschoßdecke (Kellerdecke oder Boden gegen das Erdreich),
- Erneuerung der Wärmeversorgung (wie z. B. Heizkesseltausch).

Eine gute thermische Sanierung der gesamten Gebäudehülle mit anschließender Heizungserneuerung stellt die beste Lösung für eine Effizienzverbesserung dar.

Aus bautechnischen Gründen oder aus Kostengründen erfolgt relativ häufig die alleinige Sanierung einzelner Bauteile oder der alleinige Heizkesseltausch. Diese Vorgehensweise erhöht die Risiken bezüglich

- Ausführungsqualität (optimale Abstimmung der Bauteile zueinander),
- unsanierter Wärmebrücken,
- Überdimensionierung bestehender Heizanlagen durch die alleinige thermische Sanierung oder
- ineffiziente bestehende Wärmeabgabesysteme durch alleinigen Wechsel des Energiesystems.

Die Heizungsanlage wird dabei in vielen Fällen nicht optimal an das Gebäude und seine Nutzer:innen angepasst. Entsprechend höher wird der technische

⁵⁷ Energiekennzahl der Heizung (EKZ-H): Die temperaturbereinigte Energiekennzahl der Heizung ist ein auf das Raumvolumen bezogener Vergleichswert pro Heizgradtag, um die thermische Qualität von Gebäude, Heizungsanlage und Nutzerverhalten zu beschreiben. Die Witterung fließt in die Bewertung mit ein. Die Einheit entspricht Wh/(m³.Kd).

Rebound-Effekt⁵⁸ und entsprechend geringer fällt die tatsächliche Einsparung aus. Ein vor kurzem erneuertes Heizsystem kann ohne die Möglichkeit der Anpassung an eine stark verminderte Heizlast auch einer thermischen Sanierung der Gebäudehülle entgegenstehen.

Durch ein langfristiges und vorausschauendes Gesamtsanierungskonzept und konsequente Qualitätssicherung kann sichergestellt werden, dass angestrebte Einspareffekte tatsächlich realisiert werden.

Gebäuderenovierungs- fahrplan

Im NEEAP 2014⁵⁹ wurde in der Gebäuderenovierungsstrategie eine jährliche flächenbezogene Sanierungsrate⁶⁰ von etwa 1 % des Gebäudealtbestandes vorgesehen. Dieser wird gegenüber 2013 ein Einsparungspotenzial an jährlich eingesetzter Endenergie von rund 2.185 GWh (3,4 %) für Wohngebäude nach dem Jahr 2020 zugerechnet (BMFWF, 2014).

Ein Update im NEEAP 2017⁶¹ ergibt eine erwartbare Einsparung an jährlich eingesetzter Endenergie von 1.600 GWh gegenüber 2014 (BMFWF, 2017).

Sanierungsziele

Die langfristige Renovierungsstrategie (OIB-330.6-022/19-093) der Bundesländer vom April 2020 – zur Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie (RL (EU) 2018/844) – sieht keine explizite Sanierungsrate als Fortschrittsindikator vor. Es wird von einer „wirksamen“ thermisch-energetischen Endenergieeinsparung durch Sanierungen (geprägt durch Förderprogramme), bezogen auf den Gebäudebestand vor dem Baujahr 1990, in der Höhe von 1,5 % ausgegangen.

Der integrierte Nationale Klima- und Energieplan (NEKP) vom Dezember 2019 (BMNT, 2019a) und die #mission2030 (BMNT und BMVIT, 2018) vom Juni 2018 setzen Etappenziele bis 2030 am Weg zu einer Klimaneutralität bis 2050. Die #mission2030 strebt eine Verdoppelung der Sanierungsrate auf im Mittel 2 % in

⁵⁸ Technischer Rebound-Effekt: Zusätzlich zu einem direkten ökonomischen Rebound-Effekt (kostenbedingte Nachfrageänderungen aufgrund von Effizienzverbesserungen) zeigen sich auch Effekte auf die Energieeffizienz von Gesamtsystemen. Die angestrebte Verbesserung der Energieeffizienz von Komponenten kann oft in der Realität nicht erreicht werden bzw. führt nicht zu den entsprechenden Energieeinsparungen im Gesamtsystem. Ein bekanntes Beispiel ist die thermische Sanierung eines Gebäudes ohne Tausch eines bereits vor der thermischen Sanierung überdimensionierten Heizkessels, ohne Pufferspeicher, ohne Sanierung des Wärmeverteiler- und Wärmeabgabesystems und ohne Anpassung der Regelung. Im Extremfall kann z. B. durch eine erhebliche sanierungsbedingte Änderung der Nutzung (Anhebung der Raumtemperatur, Beheizung aller Räume, Verlängerung der Heizperiode etc.) der Endenergiebedarf durch eine Teilsanierung steigen, also die Effizienz des Gesamtsystems durch die Teilsanierung sogar sinken. In diesem Fall spricht man von einem Backfire-Effekt.

⁵⁹ Erster Nationaler Energieeffizienzaktionsplan der Republik Österreich 2014 gemäß Energieeffizienzrichtlinie 2012/27/EU (BMFWF, 2014).

⁶⁰ Die Sanierungsrate entspricht dem Prozentsatz der im jeweiligen Jahr noch nicht thermisch sanierten Bruttogrundflächen, die von den Bestands-HWB-Werten auf die sanierten HWB-Werte wechseln.

⁶¹ Zweiter Nationaler Energieeffizienzaktionsplan der Republik Österreich 2017 gemäß Energieeffizienzrichtlinie 2012/27/EU (BMFWF, 2017)

der Periode 2020–2030 an.⁶² Das Österreichische Regierungsprogramm 2020–2024 will mit konkreten Maßnahmen die Sanierungsrate in Richtung des Zielwertes von 3 % erhöhen (Die neue Volkspartei und Die Grünen – Die Grüne Alternative, 2020).

Sanierungsraten Auswertungen der Gebäude- und Wohnungszählung 2001⁶³ (Statistik Austria 2004) sowie des Mikrozensus 2006, 2012, 2018, 2020 und 2022 (Statistik Austria 2019, 2021, 2023h) über alle Hauptwohnsitze^{64,65} zeigen für die Jahre 2020–2022 eine durchschnittliche Erneuerungsrate bei thermisch-energetischen Einzelmaßnahmen von 0,8 (±0,2) % bis 1,7 (±0,3) % pro Jahr. Die Angaben in Klammern beschreiben das Konfidenzintervall, in dem der wahre Wert mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % aufgrund des Variationskoeffizienten der Mikrozensus-erhebung zu liegen kommt (siehe Tabelle 14 und Tabelle 15).

In Bezug auf die Mittelwerte der Jahre 2020–2022 sind die absoluten Aktivitäten sowie die Erneuerungsraten bei allen erfassten thermischen Einzelmaßnahmen (Austausch der außenliegenden Fenster und Türen, Wärmedämmung der ober-

⁶² Zitat des Zielbildes: „Längerfristig besteht somit noch ein erhebliches CO₂-Einsparungspotenzial im Gebäudesektor. Bis 2030 wird eine Reduktion um zumindest 3 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent (von derzeit rund 8 auf unter 5 Mio. Tonnen) angestrebt, bis 2050 soll ein möglichst CO₂-freier und energieeffizienter Gebäudebestand erreicht werden. Die Sanierungsrate – im Sinne umfassender Sanierung in Bezug auf den Gesamtbestand an Wohneinheiten – von derzeit unter 1 % soll auf durchschnittlich 2 % im Zeitraum 2020 bis 2030 angehoben werden. Dabei können umfassende Sanierungen auch in Teilschritten im Rahmen mehrjähriger Sanierungskonzepte erfolgen. Die Umstellung von Heizsystemen auf erneuerbare Energieträger in Kombination mit umfassenden Sanierungen ist stets sinnvoll und soll angerechnet werden (siehe auch Leuchtturm 5). Mehr als 1 Mio. Tonnen an CO₂-Einsparungspotenzial kann unmittelbar durch thermische Sanierungsmaßnahmen (ohne Heizungstausch) erzielt werden. Dies erfordert ein Zusammenwirken von Förderungsangeboten, baurechtlichen Adaptierungen und zivilrechtlichen Weichenstellungen.“

⁶³ Die Methodik der Gebäude- und Wohnungszählung 2001 ist nur für Fenstertausch und thermische Fassadensanierung mit dem Mikrozensus 2006, 2012, 2018, 2020 und 2022 vergleichbar.

⁶⁴ Die Sanierungen werden im Mikrozensus 2004–2018 im dritten Quartal des genannten Kalenderjahres mit der Fragestellung „Wurde in den letzten zehn Jahren in Ihrer Wohnung eine der folgenden Sanierungsmaßnahmen durchgeführt?“ erhoben. Der Zeitpunkt der Sanierung kann deshalb innerhalb von elf verschiedenen Kalenderjahren liegen, z. B. für den MZ 2018 in den Jahren 2008–2018. Die Bezugsgröße für die Berechnung der Erneuerungsrate ist deshalb die durchschnittliche Anzahl der Hauptwohnsitze im Bestand im erfassten Betrachtungszeitraum von jeweils elf Jahren.

⁶⁵ Für den Mikrozensus 2020 wurde die Fragestellung auf „Wurde seit Herbst 2018 in Ihrer Wohnung eine der folgenden Sanierungsmaßnahmen durchgeführt?“ geändert. Der Umsetzungszeitraum der Sanierungsmaßnahmen liegt methodenbedingt zwischen Herbst 2018 (bewusst weich formulierte Fragestellung) und dem Zeitpunkt der Befragung im dritten Quartal 2020 (Juli bis September 2020). Vereinfachend werden 24 Monate Umsetzungszeitraum über drei Jahre verteilt angenommen. Die Bezugsgröße für die Berechnung der Erneuerungsrate ist deshalb die durchschnittliche Anzahl der Hauptwohnsitze im Bestand im erfassten Betrachtungszeitraum von drei Jahren (2018–2020). Analog wurde für den Mikrozensus 2022 der Betrachtungszeitraum 2020–2022 als Bezugsgröße gewählt.

ten Geschoßdecke und Wärmedämmung der Außenfassade) sowie bei der energetischen Einzelmaßnahme Heizkesseltausch gegenüber der Vergleichsperiode 2018–2020 rückläufig (siehe Tabelle 14).

Die vier thermisch-energetischen Einzelmaßnahmen gemäß Mikrozensus 2004–2018 (Statistik Austria, 2019; siehe Tabelle 14) werden entweder als alleinige Maßnahme oder in Kombination mit weiteren Maßnahmen durchgeführt. Die Wärmedämmung der untersten Geschoßdecke wird statistisch ab dem Mikrozensus 2020 (Statistik Austria, 2021, Statistik Austria 2023h) erfasst.

Die Zuteilung der Merkmale aus dem Mikrozensus 2020 und 2022 (Heizkesseltausch, Fenstertausch, Wärmedämmung⁶⁶ bzw. Gebäudehülle⁶⁷) zu Einzel- und Kombinationsmaßnahmen erfolgt mittels Zuschätzung auf Basis der Sonderauswertung des Mikrozensus 2018. Für alle Auswertungen liegen Variationskoeffizient und daraus abgeleitete Konfidenzintervalle vor.

Die Kombination von allen drei thermischen Maßnahmen wird zum Zwecke der Auswertung zu einer **vollständigen thermischen Sanierung** zusammengefasst. Werden zumindest drei der vier Sanierungsmaßnahmen gemäß Mikrozensus ausgeführt, wird von einer **umfassenden thermisch-energetischen Sanierung** gesprochen.

Tabelle 14: Anzahl der von thermisch-energetischen Einzelmaßnahmen jährlich betroffenen Hauptwohnsitz-Wohnungen und mittlere Erneuerungsrate pro Jahr (Quellen: Statistik Austria, 2004, 2019, 2021, 2023h).

Einzelmaßnahme		Anzahl betroffener Hauptwohnsitz-Wohnungen pro Jahr und mittlere Erneuerungsrate in Prozent pro Jahr					
		1991–2001	1996–2006	2002–2012	2008–2018	2018–2020	2020–2022
thermisch	Austausch der außenliegenden Fenster und Türen	74.100	89.500	84.400	74.400	82.000	70.300
		1,9 %	2,7 (±0,1) %	2,4 (±0,2) %	2,0 (±0,1) %	2,1 (±0,3) %	1,7 (±0,3) %
thermisch	Wärmedämmung der Außenfassade	40.200	62.000	62.800	57.500	53.800	36.300
		1,0 %	1,9 (±0,1) %	1,8 (±0,1) %	1,5 (±0,1) %	1,4 (±0,3) %	0,9 (±0,2) %
thermisch	Wärmedämmung der obersten Geschoßdecke	k. A.	55.900	55.800	52.100	48.100	31.600
		k. A.	1,7 (±0,1) %	1,6 (±0,1) %	1,4 (±0,1) %	1,2 (±0,2) %	0,8 (±0,2) %
energetisch	Heizkesseltausch	k. A.	61.100	61.300	69.800	54.400	48.800
		k. A.	1,8 (±0,1) %	1,7 (±0,1) %	1,9 (±0,1) %	1,4 (±0,2) %	1,2 (±0,2) %

⁶⁶ Die Variable Wärmedämmung beinhaltet die Maßnahmen Wärmedämmung der Außenfassade, Wärmedämmung der obersten Geschoßdecke, Wärmedämmung der Kellerdecke, Wärmedämmung des Bodens gegen das Erdreich und liegt dann vor, wenn zumindest eine der angeführten vier Wärmedämmungsmaßnahmen durchgeführt wurde.

⁶⁷ Die Variable Gebäudehülle beinhaltet die Maßnahmen Wärmedämmung der Außenfassade, Wärmedämmung der obersten Geschoßdecke, Wärmedämmung der Kellerdecke, Wärmedämmung des Bodens gegen das Erdreich und Fenstertausch. Sie liegt dann vor, wenn zumindest eine der angeführten Maßnahmen durchgeführt wurde.

Tabelle 15: Anzahl der von thermisch-energetischen Kombinationsmaßnahmen jährlich betroffenen Hauptwohnsitz-Wohnungen und mittlere Erneuerungsrate pro Jahr (Quellen: Statistik Austria, 2004, 2019, 2021, 2023h).

Kombinationsmaßnahme	Anzahl betroffener Hauptwohnsitz-Wohnungen pro Jahr und mittlere Erneuerungsrate in Prozent pro Jahr					
	1991–2001	1996–2006	2002–2012	2008–2018	2018–2020	2020–2022
Vollständige thermische Sanierung: Kombination aller drei thermischen Einzelmaßnahmen	k. A.	23.900	23.800	27.200	16.900	17.800
	k. A.	0,7 (±0,1) %	0,7 (±0,1) %	0,7 (±0,1) %	0,4 (±0,1) %	0,4 (±0,1) %
Kombination Heizkesseltausch und thermische Einzelmaßnahme	k. A.	33.800	33.000	33.100	13.300	10.300
	k. A.	1,0 (±0,1) %	0,9 (±0,1) %	0,9 (±0,1) %	0,3 (±0,1) %	0,3 (±0,1) %
Umfassende thermisch-energeti- sche Sanierung: Kombination von mindestens drei der vier thermisch- energetischen Einzelmaßnahmen	k. A.	32.800	32.800	35.100	20.000	20.300
	k. A.	1,0 (±0,1) %	0,9 (±0,1) %	0,9 (±0,1) %	0,5 (±0,1) %	0,5 (±0,1) %

Die Rate der **vollständigen thermischen Sanierungen** zeigt im Betrachtungszeitraum 2020–2022 mit 0,4 % (±0,1 %) pro Jahr denselben Wert wie 2018–2020 und somit eine signifikante Änderung gegenüber dem Vergleichszeitraum 2008–2018 (0,7±0,1 % p.a.).

Im Zeitraum 2020–2022 erfolgte wie bereits 2018–2020 bei 0,3 % (±0,1 %) der Hauptwohnsitze pro Jahr eine **Kombination** von mindestens einer der drei thermischen Sanierungsmaßnahmen **mit einem Heizkesseltausch**, deutlich weniger häufig als im Vergleichszeitraum 2008–2018 (0,9±0,1 % p.a.).

Zudem liegt die mittlere Rate der **umfassenden thermisch-energetischen Gebäudesanierungen** im Zeitraum 2020–2022 bzw. 2018–2020 jeweils bei etwa 0,5 % (±0,1 %) pro Jahr und somit unter dem Vergleichszeitraum 2008–2018 (0,9±0,1 % p.a.).

Sanierungstiefe und Sanierungsqualität

Neben der Sanierungsaktivität ist für die Verbesserung der Energieeffizienz und der Emissionsreduktion des Gebäudebestandes auch die thermisch-energetische Wirksamkeit von Maßnahmen wesentlich. Aussagen zur Sanierungstiefe (Umfang der Sanierungen am Bauteil, z. B. Anteil der getauschten Fenster) und Sanierungsqualität (z. B. Verbesserung des U-Wertes betroffener Bauteile oder Heizwärmebedarf-Verbesserung) können mit dem Mikrozensus über den Energieeinsatz der Haushalte nicht getroffen werden.

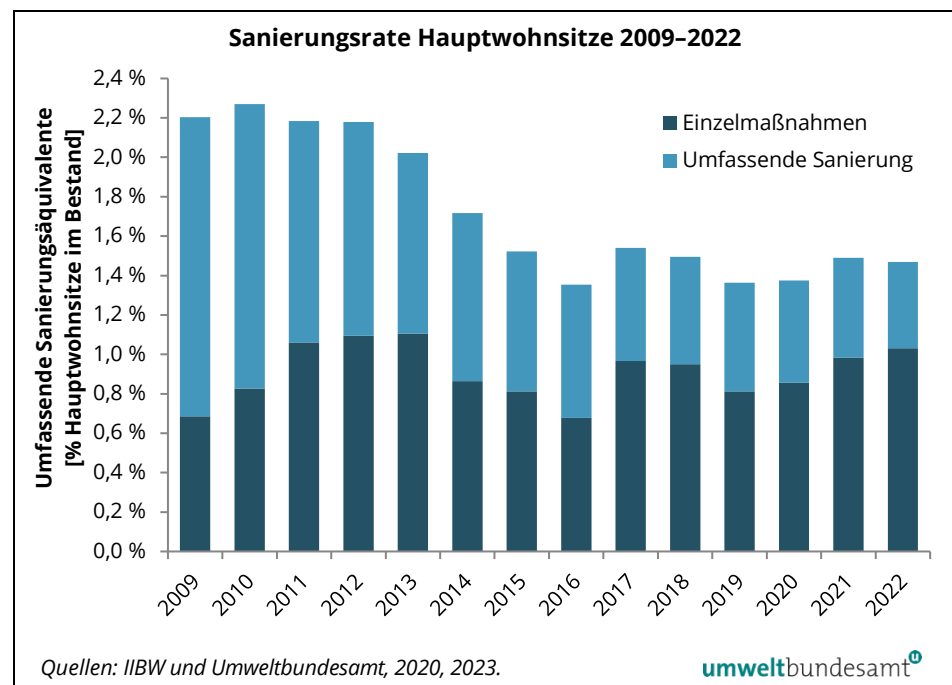
- Die Stichprobe im Mikrozensus 2004–2018 erfasste alle zwei Jahre, ob bestimmte Sanierungsaktivitäten in den letzten zehn Jahren erfolgt sind. Daraus sind nur langfristige Sanierungstrends bei den Privathaushalten erkennbar, nicht jedoch aktuelle Trends der Aktivitäten.
- Im Mikrozensus 2020 und 2022 sind aufgrund der Verkürzung des Zeitraumes für umgesetzte Maßnahmen auf die letzten zwei Jahre die Fallzahlen für die Auswertung nach Bundesland und nach einzelnen Maßnahmenkombinationen zu gering. Das Qualitätskriterium der Statistik Austria wird ab einem Variationskoeffizienten über 33 % nicht erreicht.

Die Hochrechnungen der Einzel- und Kombinationsmaßnahmen (Zuteilung der Merkmale mittels Zuschätzung auf Basis der Sonderauswertung des Mikrozensus 2018) sind insgesamt relativ unsicher.

jährliche Sanierungsrate

Anhand einer einfachen und nachvollziehbaren Methode wurde eine jährliche Sanierungsrate ermittelt. Dabei werden umfassende Sanierungen und kumulierte Einzelmaßnahmen zusammengefasst und auf eine Grundgesamtheit (Anzahl der Nutzungseinheiten im Bestand für das betrachtete Jahr) bezogen. Sanierungen gelten dabei als umfassend, wenn sie mindestens drei von vier Maßnahmen (inklusive Heizsystem) umfassen. Einzelmaßnahmen können eine oder zwei Einzelmaßnahmen an einer Wohnung umfassen. Vier Einzelmaßnahmen ergeben eine äquivalente umfassende Sanierung (IIBW und Umweltbundesamt, 2020, 2023).

Abbildung 86:
Sanierungsrate Hauptwohnsitze 2009–2022:
umfassende Sanierungs-
äquivalente (Anteil pro
Jahr bezogen auf Haupt-
wohnsitze im Bestand).



Nach dieser Methode berechnet lag die Sanierungsrate unter Berücksichtigung umfassender Sanierungen sowie (kumulierter) Einzelbauteilsanierungen für Hauptwohnsitz-Wohnungen 2009 bei insgesamt 2,2 % (geförderter und freifinanzierter Bereich). 2022 wurden demgegenüber nur noch 1,5 %, bezogen auf alle Hauptwohnsitze, erreicht. Deutlich erkennbar ist der Rückgang der umfassenden Sanierungen, während die Einzelmaßnahmen kaum abgenommen haben (IIBW und Umweltbundesamt, 2020, 2023).

Erweiterung Monitoringsystem

Ein hinreichendes nationales Monitoringsystem zur Erfassung der aktuellen gesamten Sanierungsaktivität (= Berücksichtigung aller thermisch-energetisch relevanten Maßnahmen in Wohngebäuden und Nicht-Wohngebäuden bzw. öffentlichen Gebäuden im geförderten und freifinanzierten Bereich) und der Sanierungsqualität, vergleichbar mit den jährlichen Berichten über die Marktstatistik innovativer Energietechnologien, existiert in Österreich nicht.

Es kann derzeit keine hinreichende Aussage getroffen werden, welche Gebäudekategorien oder Bauperioden überwiegend von thermischer Sanierung betroffen sind. Über die Sanierungsaktivität der Nicht-Hauptwohnsitze sowie bei den Dienstleistungsgebäuden liegen nur unzureichende Daten vor.

- Die hochgerechnete Gesamtaktivität im Mikrozensus (Statistik Austria, 2019, 2021, 2023h) ist hinsichtlich Aussagekraft aufgrund der Stichprobengröße räumlich und inhaltlich eingeschränkt.
- Das Berichtswesen zur Wohnbauförderung bzw. zur Artikel-15a-Vereinbarung über Maßnahmen im Gebäudesektor (BMK, 2023c) gibt einen guten Überblick über die jährlichen Förderzusicherungen und kann in adaptierter Form zu einem integralen Bestandteil eines Monitoringsystems im geförderten Bereich entwickelt werden.
- Klima- und Energiestrategien der Bundesländer sowie dazugehörige periodische Evaluierungsberichte sind potenzielle Bausteine für ein umfassendes Monitoringsystem. Auf Bundesebene geben Jahresberichte über die Umweltförderung im Inland u. a. Information zu geförderten Aktivitäten der Sanierungsoffensive (inkl. Raus aus Öl und Gas) (BMK, 2023d).
- Auch alternative Konzepte zur Erfassung der Sanierungsaktivität (z. B. über die Panelerhebung im Dienstleistungssektor, Energieausweisdatenbanken oder das Gebäude- und Wohnungsregister) benötigen substantielle finanzielle und organisatorische Anstrengungen zur tatsächlichen Umsetzung.

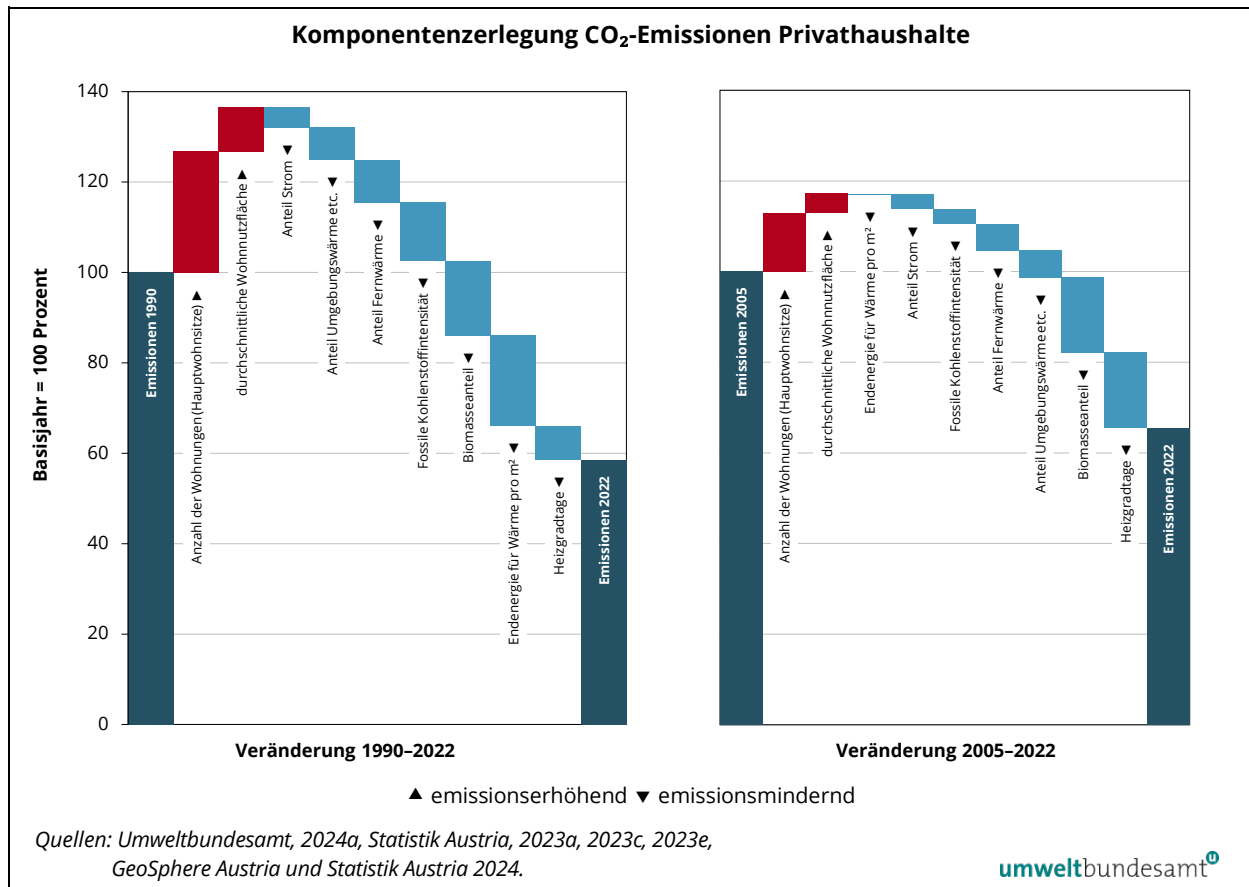
Mittels konsistenter Bestandserhebung von Gebäuden nach Bauperiode und Sanierungszustand können einerseits plausible regionale Zielpfade und Ziel-Sanierungsraten erarbeitet werden und andererseits auch für ein konsistentes Sanierungsmonitoring zur mittelfristigen Zielerreichung der Klimaneutralität im Sektor Gebäude etabliert werden.

3.3.2.3 Komponentenzerlegung

Die Wirkung ausgewählter Einflussfaktoren auf die CO₂-Emissionen aus dem Bereich Privathaushalte (exklusive mobiler Quellen im Sektor Gebäude) wird nachstehend analysiert. Für die Gegenüberstellung der Emissionen in den Zeiträumen 1990–2022 und 2005–2022 wurde die Methode der Komponentenzerlegung eingesetzt.

Die Größe der Balken spiegelt das relative Ausmaß der Beiträge (berechnet in Tonnen CO₂) der einzelnen Parameter zur Emissionsentwicklung wider (wobei das Symbol ▲ einen emissionserhöhenden Effekt, das Symbol ▼ einen emissionsmindernden Effekt kennzeichnet). Details zur Methode sind in Anhang 2 dargestellt.

Abbildung 87: Komponentenerlegung der CO₂-Emissionen aus den Privathaushalten aus der Bereitstellung von Wärme – Gegenüberstellung 1990–2022 (links) und 2005–2022 (rechts).



Einflussgrößen	Definitionen
Anzahl der Wohnungen (Hauptwohnsitze)⁶⁸	Ein emissionserhöhender Effekt ergibt sich aufgrund der steigenden Anzahl der Hauptwohnsitze in Österreich von ca. 2,9 Mio. (1990) auf 3,5 Mio. (2005) und 4,1 Mio. (2022). Die durch höhere Energieeffizienz bei Neubauten (bei Ersatzneubau mit Außernutzungstellung oder Abbruch eines Bestandsgebäudes) oder thermisch-energetische Sanierungen bewirkten Minderungen werden in dieser Einflussgröße nicht berücksichtigt.
durchschnittliche Wohnnutzfläche	Ein emissionserhöhender Effekt ergibt sich aufgrund der steigenden durchschnittlichen Wohnungsgröße pro Hauptwohnsitz von rund 90 m ² (1990) auf 97 m ² (2005) und 102 m ² (2022).
Anteil Umgebungswärme etc.	Ein emissionsmindernder Effekt ergibt sich aufgrund des steigenden Anteils der Umgebungswärme etc. – durch Geothermie, Umgebungswärme (für Wärmepumpen) und Solarthermie – am gesamten Endenergieverbrauch (exklusive mobiler Quellen im Sektor Gebäude) von 0,5 % (1990) auf 1,5 % (2005) und 6,5 % (2022).

⁶⁸ Zum Zweck einer aussagekräftigen Analyse wurde der Datensprung der Statistik Austria bei der Anzahl der Hauptwohnsitze und der durchschnittlichen Wohnungsgröße, der auf eine neue Stichproben-Methode zurückzuführen war, korrigiert, sodass sich eine konsistente Datenreihe ergibt.

Einflussgrößen	Definitionen
Anteil Strom	Ein emissionsmindernder Effekt im Sektor Gebäude ergibt sich aufgrund des steigenden Anteils des Einsatzes elektrischer Energie am gesamten Endenergieeinsatz für Raumwärme, Warmwasser und Kochen von 8,2 % (1990) auf 9,8 % (2005) und 13 % (2022). Hierbei handelt es sich (in Abhängigkeit vom Anteil erneuerbarer Energie für die Stromaufbringung) potenziell um zusätzliche CO ₂ -Emissionen im Sektor Energie und Industrie bzw. um eine Verlagerung von CO ₂ -Emissionen (bei Ersatz fossiler Energieträger im Sektor Gebäude) in den Sektor Energie und Industrie. ⁶⁹
fossile Kohlenstoffintensität	Ein emissionsmindernder Effekt ergibt sich aufgrund der sinkenden CO ₂ -Emissionen pro fossile Brennstoffeinheit von 74 Tonnen/TJ (1990) auf 66 Tonnen/TJ (2005) und 63 Tonnen/TJ (2022). Hier macht sich die Verlagerung von Kohle und Öl auf kohlenstoffärmere Brennstoffe (Gas) bemerkbar.
Anteil Fernwärme	Ein emissionsmindernder Effekt in diesem Sektor ergibt sich aufgrund des steigenden Anteils der Fernwärme am gesamten Endenergieeinsatz für Raumwärme, Warmwasser und Kochen von 4,7 % (1990) auf 8,3 % (2005) und 13 % (2022). Hierbei handelt es sich (in Abhängigkeit vom Anteil erneuerbarer Energie für die Fernwärmeaufbringung) potenziell um zusätzliche CO ₂ -Emissionen im Sektor Energie und Industrie bzw. um eine Verlagerung von CO ₂ -Emissionen (bei Ersatz fossiler Energieträger im Sektor Gebäude) in den Sektor Energie und Industrie. ⁶⁹
Biomasseanteil	Ein emissionsmindernder Effekt ergibt sich aufgrund des sinkenden Anteils fossiler Brennstoffe am Endenergieeinsatz für Raumwärme und Warmwasser von 60 % (1990) auf 56 % (2005) und 38 % (2022) bzw. durch den steigenden Biomasseanteil (insbesondere Pellets und Hackgut) am gesamten Endenergieeinsatz für Raumwärme, Warmwasser und Kochen von 26 % (1990) über 25 % (2005) auf 29 % (2022).
Heizgradtage	Ein emissionsmindernder Effekt ergibt sich aufgrund der geringeren Anzahl der Jahressumme der Heizgradtage von -11 % im Jahr 2022 gegenüber 1990. Eine kleinere Anzahl an Heizgradtagen ist eine Folge von milderen Wintern. Im Zeitraum von 2005 bis 2022 ist die Anzahl der Heizgradtage um 19 % gesunken. Die Anzahl der Heizgradtage unterliegt natürlichen Schwankungen und wurde daher in der Berechnung bei den einzelnen Komponenten herausgerechnet und als eigene Komponente angeführt. Bedingt durch den Klimawandel und andere Effekte weisen die Heizgradtage im Vergleich zu 1990 insbesondere ab 1996 einen deutlich sinkenden Trend auf, der jedoch von den jährlichen Schwankungen überlagert wird.
Endenergie für Wärme pro m²	Ein emissionsmindernder Effekt ergibt sich aufgrund des sinkenden Endenergieverbrauchs (inklusive elektrischem Endenergieeinsatz für die Bereitstellung von Raumwärme, Warmwasser und Kochen) pro m ² Wohnnutzfläche von 231 kWh/m ² (1990) auf 181 kWh/m ² (2022), wobei seit 2005 (182 kWh/m ²) nur eine geringe Veränderung beobachtbar ist. Die durch den Trend der milderen Witterung bewirkten Minderungen (geringere Heizlast) werden in dieser Einflussgröße nicht berücksichtigt.

Aus den Entwicklungen seit 1990 wird ersichtlich, dass im betrachteten Zeitraum insgesamt gesehen ein enger Zusammenhang zwischen der beheizten Nutzfläche – abgeleitet aus der Anzahl der Wohnungen und der durchschnittlichen Wohn-

⁶⁹ In der Komponentenzerlegung wurde für den Bereich der Privathaushalte der Endenergieeinsatz für Strom und Fernwärme zur Bereitstellung von Raumwärme, Warmwasser und Kochenergie mitberücksichtigt, obwohl die Emissionen für die Bereitstellung dem Sektor Energie und Industrie zugeordnet werden.

nutzfläche – und den nationalen Treibhausgas-Emissionen besteht. Diese beiden Kennzahlen werden auch im Ergebnis der Komponentenzerlegung als größte emissionserhöhende Faktoren identifiziert.

emissionsreduzierende Faktoren

Stark emissionsreduzierend wirkt die thermisch-energetische Gebäudeeffizienz, welche durch Sanierungsaktivität sowie durch Außernutzungstellung oder Abbruch von Bestandsgebäuden (mit geringer thermischer Gebäudequalität) und energieeffizienten Neubau einen großen Anteil an der Entwicklung der Endenergie für Wärme pro m² hat. Die geringe Wirkung dieser Kenngröße zwischen 2005 und 2022 kann durch technische Rebound-Effekte aus thermischer Sanierung und den Umstieg von relativ energieeffizienten, fossilen Heizsystemen (Gas) auf geringfügig ineffizientere, jedoch CO₂-neutrale Biomasseheizungen erklärt werden. Verhaltensänderungen in Richtung stärkerer Wärmenachfrage für Warmwasser pro Person und zusätzliche Beheizung von vormals temporär beheizten Räumen (Verbesserung des Wohnkomforts) sind weitere mögliche Erklärungen. Bedeutsam sind auch nichtlineare Zusammenhänge zwischen milderer Witterung 2022 – die Anzahl der Heizgradtage ist gegenüber 2005 um 19 % geringer – und der realisierten Endenergieeinsparung durch unzureichende Anpassung der Heizungssteuerung. Für künftige Umsetzungsmaßnahmen ist bei der Verbesserung der Gebäudeeffizienz weiterhin hohes Potenzial gegeben.

Die Erhöhung des Biomasseanteils und ein gesteigerter Anteil der Umgebungswärme etc. (Geothermie, Umgebungswärme (für Wärmepumpen) und Solarthermie) wirken direkt emissionsreduzierend, wohingegen die Wärmestrom- und Fernwärmenutzung (in Abhängigkeit der Anteile erneuerbarer Energieträger für die Aufbringung) potenziell CO₂-Emissionen in den Sektor Energie und Industrie verlagern (bzw. zusätzliche CO₂-Emissionen im Sektor Energie und Industrie verursachen). Innerhalb der fossilen Energieträger wirkt die Verschiebung weg von Kohle und Heizöl hin zu Gas insbesondere im Vergleich mit 1990 stark emissionsenkend. Die allgemeine Abhängigkeit der Raumwärme-Emissionen von der Witterung wird im Faktor Heizgradtage ausgedrückt.

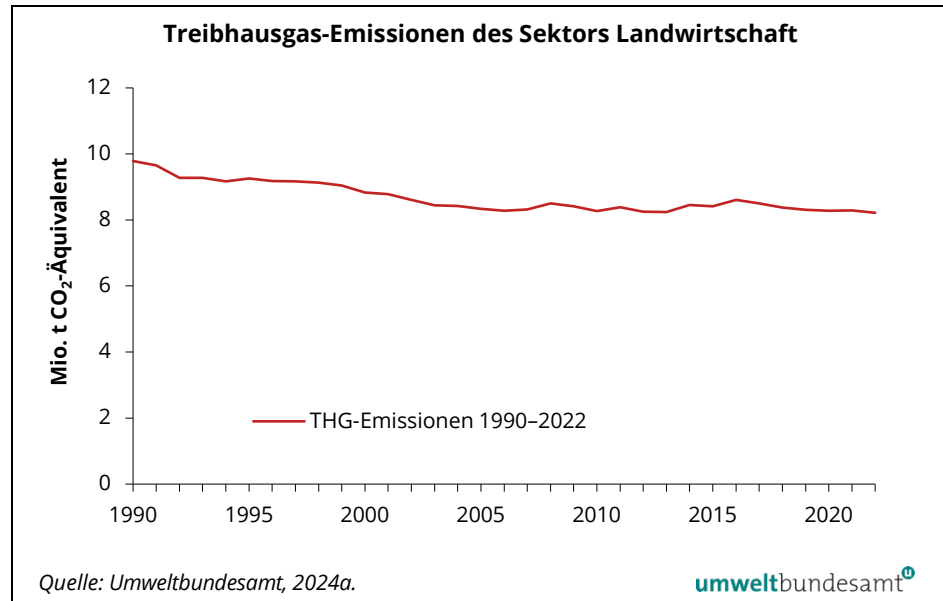
3.4 Sektor Landwirtschaft

Sektor Landwirtschaft			
THG-Emissionen 2022 (Mio. t CO₂-Äquiv.)	Anteil an den nationalen THG-Emissionen	Veränderung zum Vorjahr 2021	Veränderung seit 1990
8,2	11,3 %	-0,9 %	-16,0 %

Emissionstrend

Der Sektor Landwirtschaft war 2022 für insgesamt 8,2 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent und damit für 11,3 % der nationalen Treibhausgas-Emissionen verantwortlich. Von 2021 auf 2022 sind die Emissionen um 0,9 % gesunken, seit 1990 haben sie um 16,0 % abgenommen (siehe Abbildung 88).

Abbildung 88:
Treibhausgas-Emissionen des Sektors Landwirtschaft, 1990–2022.



Hauptverantwortlich für den Rückgang von 2021 auf 2022 ist die reduzierte Mineraldüngermenge (-8,7 %). Die enormen Preissteigerungen bei Energie und Rohstoffen zeigten sich auch am Mineraldüngemarkt, wodurch die Absatzmengen drastisch abnahmen (BML, 2023). Diese Entwicklung setzte bereits im zweiten Halbjahr 2021 ein und schlägt sich nun auch in der Inventur 2022 nieder. Die Mineraldüngermenge für das Inventurjahr 2022 resultiert aus der OLI-Methode mit Mittelung der publizierten Absatzzahlen der Wirtschaftsjahre 2021 und 2022. Die Mittelung jeweils zweier aufeinanderfolgender Wirtschaftsjahre dämpft in der OLI die durch Bevorratungseffekte aufgrund von Preissignalen verursachten Schwankungen.

Der Rinderbestand nahm im Vergleich zum vorangegangenen Jahr 2021 insgesamt leicht ab (-0,5 %). Mit -2,5 % ging die Anzahl der Nicht-Milchkühe zurück, die Anzahl der Milchkühe stieg hingegen in diesem Zeitraum deutlich an (+4,6 %), woraus sich für den Rinderbereich insgesamt höhere CH₄-Emissionen aus der enterogenen Fermentation ergaben (+0,4 %). Eine emissionsmindernde Wirkung zeigt jedoch die um 4,9 % rückläufige Anzahl an Schweinen.

Die THG-Emissionen aus dem Einsatz fossiler Energieträger (land- und forstwirtschaftliche Geräte sowie stationäre Anlagen) konnten im Jahr 2022 im Vergleich zu 2021 reduziert werden (-3,2 %). Grund dafür war der reduzierte Verbrauch von fossilen Energieträgern (Erdgas, Heizöl und Diesel).

Verursacher und emittierte Treibhausgase

Der Sektor Landwirtschaft umfasst die Treibhausgase Methan und Lachgas aus Viehhaltung, Grünlandwirtschaft und Ackerbau sowie in einem geringen Ausmaß auch Kohlenstoffdioxid aus Kalkdüngung, Harnstoffanwendung und der Düngung mit Kalkammonsalpeter (KAS). Gemäß der nationalen Sektoreinteilung nach Klimaschutzgesetz sind die durch energetische Nutzung von fossilen Energieträgern verursachten Treibhausgas-Emissionen in der Landwirtschaft ebenfalls enthalten (vorwiegend CO₂ aus dem Einsatz von Maschinen, Geräten und Traktoren).

Das im Sektor Landwirtschaft emittierte **Methan** entsteht hauptsächlich bei der Pansenfermentation von Futtermitteln in Rindermägen. Anaerob ablaufende organische Gär- und Zersetzungsprozesse bei der Lagerung der tierischen Ausscheidungen (Wirtschaftsdünger) führen ebenfalls zur Freisetzung von Methan-gas.

Lachgas-Emissionen entstehen bei der Denitrifikation unter anaeroben Bedingungen. Die Lagerung von Wirtschaftsdünger und generell die Stickstoffdüngung landwirtschaftlicher Böden sind die beiden Hauptquellen der landwirtschaftlichen Lachgas-Emissionen.

Kohlenstoffdioxid entsteht hauptsächlich beim Maschineneinsatz durch Verbrennung fossiler Kraftstoffe. Die beim Kalken von Böden sowie bei der Anwendung von Harnstoffdüngern und Kalkammonsalpeter (KAS) anfallenden CO₂-Emissionen sind vergleichsweise gering.

Tabelle 16: Hauptverursacher der Treibhausgas-Emissionen im Sektor Landwirtschaft (in 1.000 t CO₂-Äquivalent)
(Quelle: Umweltbundesamt, 2024a).

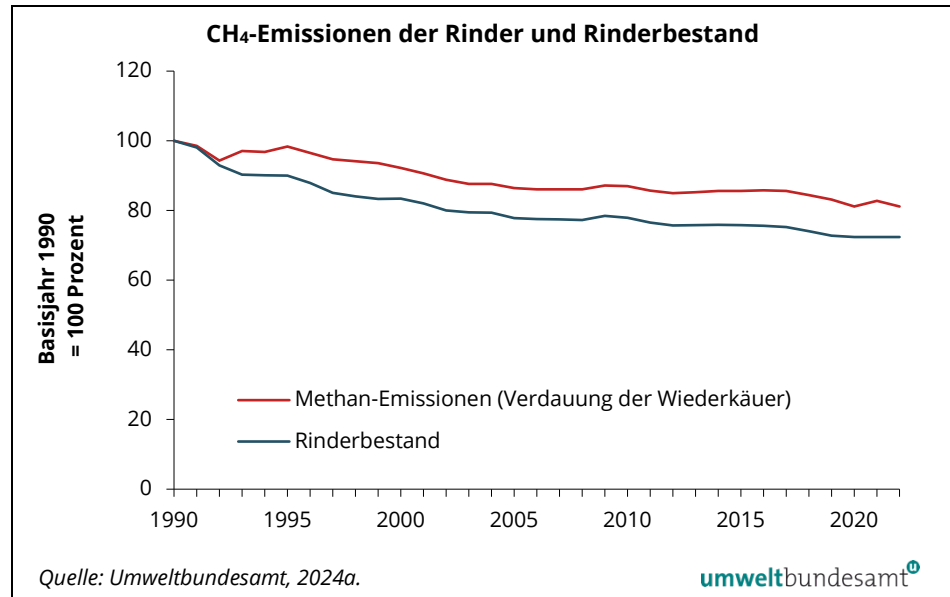
Hauptverursacher	1990	2021	2022	Veränderung 2021–2022	Veränderung 1990–2022	Anteil an den nationalen THG-Emissionen 2022
Verdauung (Fermentation) in Rindermägen	4.854	4.018	4.035	0,4 %	-16,9 %	5,5 %
Düngung landwirtschaftlicher Böden	2.134	1.799	1.743	-3,1 %	-18,3 %	2,4 %
Wirtschaftsdünger-Manage- ment	1.141	1.102	1.101	-0,1 %	-3,5 %	1,5 %
Energieeinsatz in der Land- und Forstwirtschaft	1.369	971	940	-3,2 %	-31,3 %	1,3 %

3.4.1 Verdauung (Fermentation) in Rindermägen

trendbestimmende Faktoren

Die Methan-Emissionen aus dem Verdauungstrakt von Rindern umfassen 5,5 % aller Treibhausgas-Emissionen in Österreich. Sie sind seit 1990 um 16,9 % gesunken. Hauptverantwortlich für diesen Trend ist der Rückgang des Rinderbestandes um 28,0 % seit 1990 (siehe Abbildung 89).

Abbildung 89:
Rinderbestand und
verdauungsbedingte
Methan-Emissionen
aus Rindermägen,
1990–2022.



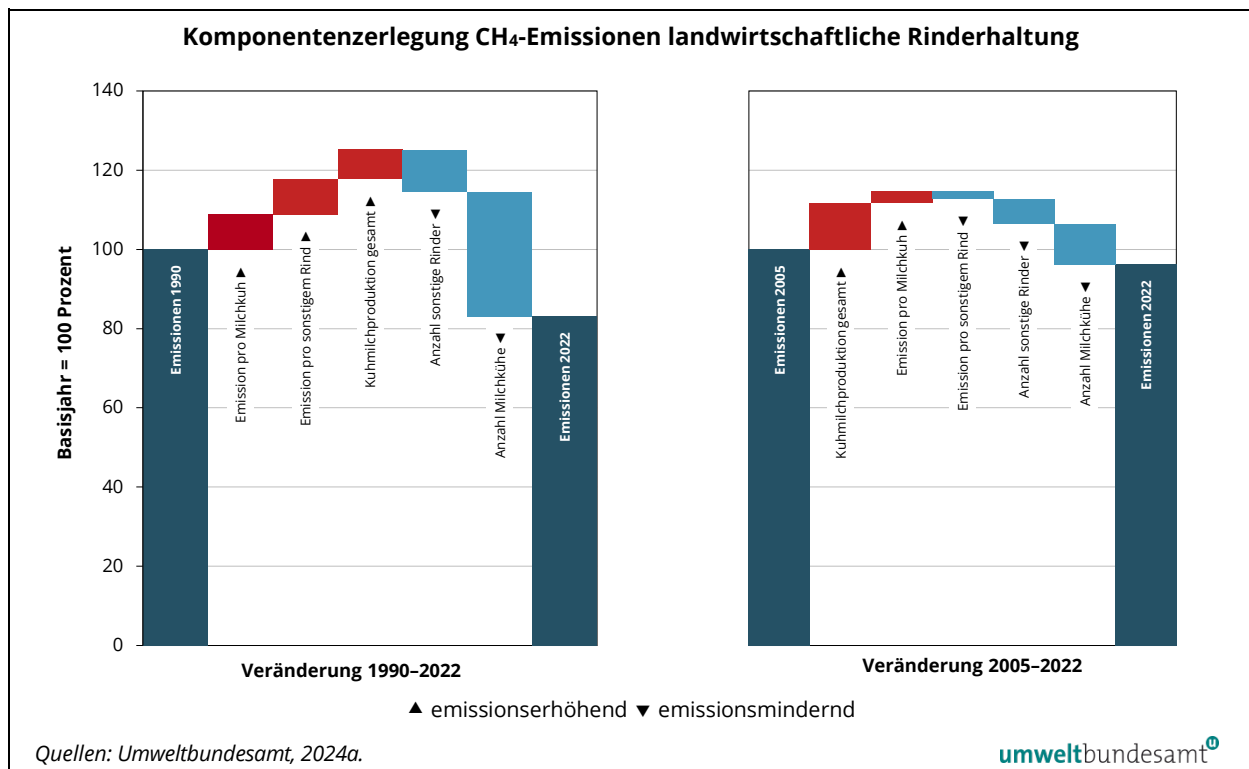
Milchkühe Im Jahr 2022 betrug der Anteil der Milchkühe an den verdauungsbedingten Methan-Emissionen der Rinder 49,7 %. Die Anzahl der Milchkühe nahm seit 1990 stark ab (von rund 904.600 im Jahr 1990 auf rund 550.600 im Jahr 2022) (Statistik Austria, 2023k). Seit 1990 kontinuierlich ansteigend ist die Milchleistung je Milchkuh, mit Ausnahme des Jahres 2021, in dem es zu einer leichten Abnahme im Vergleich zu 2020 kam. 2021 auf 2022 blieb die Milchleistung nahezu auf gleichem Niveau (BML, 2023a). Einerseits werden durch die gestiegene Milchleistung in Österreich Jahr für Jahr weniger Milchkühe zur Kuhmilchproduktion benötigt, andererseits müssen Kühe mit höherer Milchleistung energiereicher gefüttert werden, weshalb die Methan-Emission je Milchkuh steigt. Die vermehrte Haltung von Mutterkühen ist ebenfalls eine Ursache dafür, dass die Emissionen seit 1990 weniger stark als die Rinderzahlen abgenommen haben (siehe Abbildung 89).

3.4.1.1 Komponentenzерlegung

Die Wirkung ausgewählter Einflussfaktoren auf die CH₄-Emissionen im Bereich der Viehhaltung (Fermentation) wird nachstehend analysiert. Für die Gegenüberstellung der Emissionen in den Zeiträumen 1990–2022 und 2005–2022 wurde die Methode der Komponentenzерlegung eingesetzt.

Die Größe der Balken spiegelt das relative Ausmaß der Beiträge (berechnet in Tonnen CO₂) der einzelnen Parameter zur Emissionsentwicklung wider (wobei das Symbol ▲ einen emissionserhöhenden Effekt, das Symbol ▼ einen emissionsmindernden Effekt kennzeichnet). Details zur Methode sind in Anhang 2 dargestellt.

Abbildung 90: Komponentenzerlegung der CH₄-Emissionen aus den Emissionen aus der landwirtschaftlichen Rinderhaltung – Gegenüberstellung 1990–2022 (links) und 2005–2022 (rechts).



Einflussfaktoren	Definitionen
Emission pro Milchkuh	Emissionserhöhender Effekt, der sich aufgrund der steigenden CH ₄ -Emissionen (in CO ₂ -Äquivalent) von 3,0 Tonnen je Milchkuh (1990) auf 3,4 Tonnen (2005) und 3,6 Tonnen (2022) ergibt. Die Ursache des erhöhten Emissionsfaktors liegt in der energiereicheren Fütterung des leistungsstärkeren Milchviehs.
Emission pro sonstigem Rind (ohne Milchkühe)	Emissionserhöhender Effekt, der sich aufgrund der steigenden CH ₄ -Emissionen (in CO ₂ -Äquivalent) von 1,3 Tonnen je sonstigem Rind (1990) auf 1,6 Tonnen (2005) ergibt. Zwischen 2005 und 2022 kommt es zu einer leichten Abnahme auf 1,5 Tonnen je sonstigem Rind (2022). Der generelle Anstieg wird durch den zunehmenden Anteil an Mutterkühen unter den sonstigen Rindern bewirkt. Seit 2007 geht jedoch die Mutterkuhhaltung wieder zurück.
Kuhmilchproduktion gesamt	Emissionserhöhender Effekt, der sich aufgrund der gesteigerten Kuhmilchproduktion Österreichs von 3.429 Kilotonnen (1990) auf 3.992 Kilotonnen (2022) ergibt, wobei bis 2005 (mit 3.090 Kilotonnen) ein Rückgang beobachtet wurde. ⁷⁰
Anzahl sonstige Rinder (ohne Milchkühe)	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund der sinkenden Anzahl der sonstigen Rinder von 1,7 Mio. (1990) auf 1,5 Mio. (2005) und 1,3 Mio. (2022) ergibt.

⁷⁰ bezogen auf den Viehbestand am Stichtag der allgemeinen Viehzählung (1. Dezember 1990 bzw. 2022)

Einflussfaktoren	Definitionen
Anzahl Milchkühe (Milchleistung pro Kuh)	Emissionsmindernder Effekt. Durch die kontinuierlich ansteigende Milchleistung je Milchkuh von 3.791 kg Milchproduktion/Kuh (1990) auf 5.783 kg (2005) und 7.250 kg (2022) werden in Österreich Jahr für Jahr weniger Milchkühe zur Kuhmilchproduktion benötigt. Anzumerken ist, dass eine intensive Milchviehhaltung mit einem vermehrten Nachzuchtbedarf (durch die kürzere Nutzungsdauer leistungsstarker Kühe) einhergeht. Die entsprechenden Emissionen des Jungviehs sind in der Inventur jedoch nicht den Milchkühen, sondern den sonstigen Rindern zugeordnet.

Aus der Komponentenzerlegung geht hervor, dass die Milchproduktion einen entscheidenden Einfluss auf die Treibhausgas-Emissionen der Viehwirtschaft hat. Österreich hat im Vergleich zu den EU-Staaten eine relativ moderate durchschnittliche Milchleistung je Milchkuh. Die Gründe dafür liegen in der hauptsächlichlichen Verwendung von Fleckvieh – einem Zweinutzungsrind (Fleisch und Milch). Durch Zuchtfortschritt und die vermehrte Haltung milchbetonter Rinderrassen (z. B. Holstein Friesian) ist ein weiterer Anstieg der durchschnittlichen Milchleistung zu erwarten. Forderungen nach einer hohen Lebensleistung bzw. langen Nutzungsdauer des Milchviehs, einer erhöhten Grundfutternutzung und einer tiergerechten Haltung stehen dieser Entwicklung merklich entgegen.

3.4.2 Düngung landwirtschaftlicher Böden

trendbestimmende Faktoren

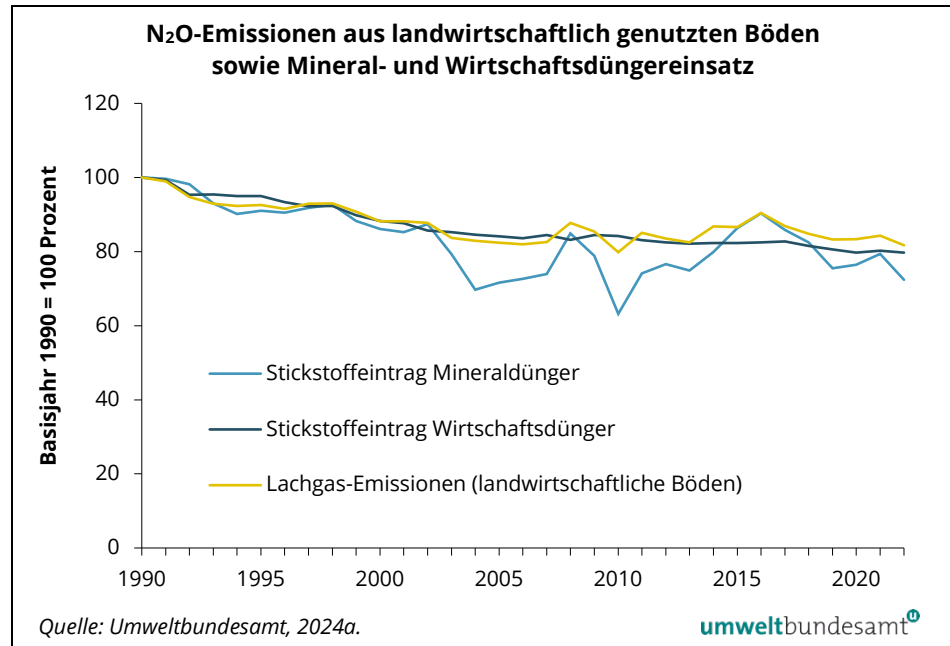
Die Lachgas-Emissionen aus der Düngung landwirtschaftlicher Böden betragen 2,4 % der nationalen Treibhausgas-Emissionen. Sie haben seit 1990 um 18,3 % abgenommen; im Vergleich zum Vorjahr kam es zu einer Abnahme um 3,1 %.

Als Hauptursache für diese Reduktion ist die verringerte Mineraldüngermenge (-8,7 %), wobei die enormen Preissteigerungen bei Energie und Rohstoffen am Mineraldüngermarkt sichtbar wurden (BML, 2023a).

Mehr als die Hälfte (2022: 57,3 %) der gesamten Lachgas-Emissionen Österreichs stammt aus landwirtschaftlich genutzten Böden, deren Stickstoffgehalt durch die Aufbringung von Stickstoffdüngern (im Wesentlichen Wirtschaftsdünger und mineralischer Dünger) erhöht ist. Gemäß Berechnungsweise nach IPCC werden hier auch die eingearbeiteten Pflanzenreste von Feldfrüchten als anthropogene Quellen von Lachgas-Emissionen berücksichtigt.

Ursache für die im Vergleich zu 1990 verminderten Lachgas-Emissionen ist die reduzierte Stickstoffdüngung landwirtschaftlicher Böden (siehe Abbildung 91). Der Einsatz von Mineraldüngern wurde in Österreich im Vergleich der Jahre 1990 und 2022 um 27,6 % reduziert. Seit 2005 ist jedoch kein klarer Trend mehr erkennbar. Da in der Inventur die Emissionen auf Basis des Absatzes im österreichischen Handel bilanziert werden (BML, 2023a), können Einlagerungseffekte (Handel – landwirtschaftlicher Betrieb – Ausbringung am Feld) das Ergebnis beeinflussen. Um diesem Umstand besser Rechnung zu tragen, wird in der Inventur das arithmetische Mittel von jeweils zwei aufeinander folgenden Wirtschaftsjahren als Berechnungsgrundlage herangezogen.

Abbildung 91:
Lachgas-Emissionen aus
Stickstoffdüngung sowie
Düngereinsatz,
1990–2022.



Die Menge an Wirtschaftsdünger ging im Vergleich zu 1990 um 20,3 % zurück und steht im Zusammenhang mit dem rückläufigen Viehbestand. Die Verringerung des Mineraldüngereinsatzes seit 1990 ist nach dem EU-Beitritt 1995 unter anderem auf die Fortführung des Umweltprogramms in der Landwirtschaft (ÖPUL) entsprechend den Maßnahmenprogrammen nach Klimaschutzgesetz zurückzuführen.

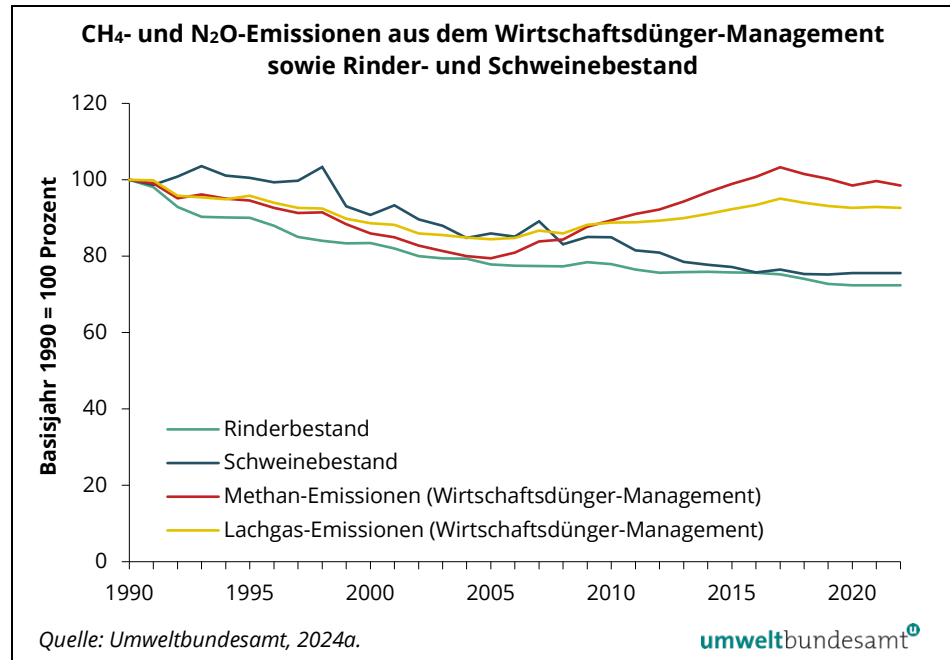
3.4.3 Wirtschaftsdünger-Management

trendbestimmende Faktoren

Die Treibhausgas-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Methan und Lachgas aus den Ställen und Lagerung von Wirtschaftsdünger) sind seit 1990 um insgesamt 3,5 % gesunken (CH_4 -0,1 %, N_2O -7,6 %). Trotz der sinkenden Anzahl an Rindern (-28,0 %) und Schweinen (-28,1 %) zwischen 1990 und 2022 und der dadurch abnehmenden Wirtschaftsdüngermenge (siehe Abbildung 92) kam es seit 2005 in der Tierhaltung durch den zunehmenden Gebrauch von Flüssigmistsystemen zu einem Anstieg der Methan-Emissionen.

Ursachen für den seit 2005 zunehmenden Verlauf der Lachgas-Emissionen sind neben den höheren Stickstoffausscheidungen des leistungsstärkeren Milchviehs auch die seit mehreren Jahren wieder ansteigenden Ammoniak-Emissionen aus der Tierhaltung, welche die Grundlage für die Berechnung der indirekten N_2O -Emissionen aus der Deposition von verflüchtigtem Stickstoff aus dem Wirtschaftsdünger-Management bilden.

Abbildung 92:
Methan- und Lachgas-
Emissionen aus dem
Wirtschaftsdünger-
Management sowie
Rinder- und Schweine-
bestand, 1990–2022.

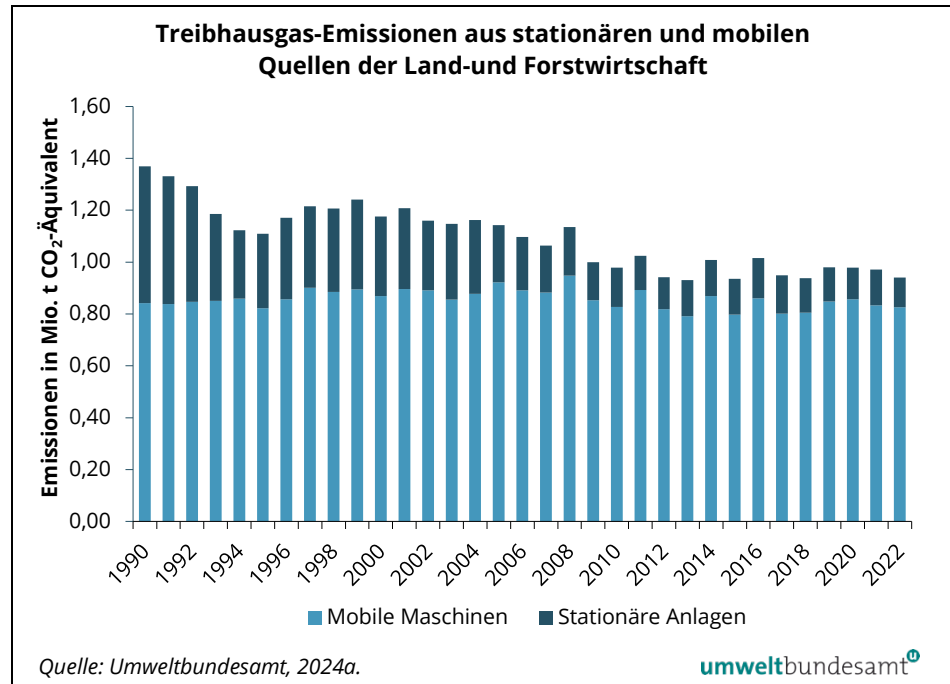


3.4.4 Energieeinsatz in der Land- und Forstwirtschaft

Der Energieverbrauch von land- und forstwirtschaftlichen Anlagen (inklusive mobilen Maschinen und Arbeitsgeräten) wird gemäß Klimaschutzgesetz-Systematik dem Sektor Landwirtschaft zugerechnet.

Die Treibhausgas-Emissionen (v. a. Kohlenstoffdioxid) aus dieser Quelle betragen rund 1,3 % der nationalen Treibhausgas-Emissionen und lagen im Jahr 2022 bei rund 0,9 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent, wovon 0,8 Mio. Tonnen auf land- und forstwirtschaftliche Geräte (z. B. Traktoren und Erntemaschinen) und 0,1 Mio. Tonnen auf stationäre Anlagen (z. B. Gewächshäuser und Stallheizungen) entfielen.

Abbildung 93:
Treibhausgas-Emissionen stationärer Anlagen und mobiler Quellen der Land- und Forstwirtschaft, 1990–2022.



trendbestimmende Faktoren

Insgesamt haben die Treibhausgas-Emissionen aus dem Verbrauch fossiler Energieträger im Sektor Landwirtschaft seit 1990 um 31 % abgenommen. Im Vergleich zum Vorjahr sind die Emissionen 2022 um rund 3,2 % zurückgegangen, wofür vor allem der deutlich reduzierte Verbrauch fossiler Energieträger (Heizöl, Erdgas, Diesel) verantwortlich ist.

Die Reduktion seit 1990 im Bereich der stationären Anlagen beträgt 78 % und ist v. a. auf die rückläufige Nutzung von Heizöl und Kohle zurückzuführen. Die Treibhausgas-Emissionen aus den mobilen Quellen haben seit 1990 nur geringfügig abgenommen (-2,0 %).

3.4.5 Konsum landwirtschaftlicher Produkte

Die große Bedeutung der Viehwirtschaft für das Emissionsgeschehen in Österreich wurde bereits beschrieben. Der Verbrauch von Lebensmitteln auf Konsument:innenseite ist dabei ein wichtiger Faktor zur Steuerung. Aktuelle Analysen zeigen, dass in entwickelten Ländern wie Österreich rund 20–30 % aller Treibhausgas-Emissionen dem Bereich Nahrungserzeugung inklusive Kochen und Abfallentsorgung zugeordnet werden können (Hörtenhuber, 2020). Im Konsultationsentwurf des aktuellen Integrierten Nationalen Energie- und Klimaplanes für Österreich (BMK, 2023e) ist für die Zieldimension Dekarbonisierung die Strategie zur Vermeidung von Lebensmittelabfällen (BMK) als wichtige Maßnahme genannt (BMK, 2021).

EU-Farm-to-Fork-Strategie für nachhaltige Lebensmittelsysteme

In der Farm-to-Fork-Strategie (EK, 2020b) hat sich die EU u. a. zum Ziel gesetzt, den ökologischen und klimatischen Fußabdruck des Lebensmittelsystems der

Union zu verkleinern und die Resilienz des Systems zu stärken. Dazu gehört auch – neben der nachhaltigen Lebensmittelproduktion durch die Landwirtschaft und der Förderung nachhaltiger Verfahren in den Bereichen Lebensmittelverarbeitung, Handel und Gastronomie – die Förderung eines nachhaltigen Lebensmittelverzehr und die Verringerung von Lebensmittelverschwendung. In der Strategie wird betont, dass der Übergang zu einer hauptsächlich pflanzlichen Ernährung mit weniger rotem Fleisch (Rind-, Schweine-, Lamm- und Ziegenfleisch) und verarbeiteten Fleischerzeugnissen hin zu mehr Obst und Gemüse nicht nur das Risiko lebensbedrohlicher Krankheiten wie Krebs verringert, sondern auch die Umweltauswirkungen des Lebensmittelsystems (EK, 2020b).

Selbstversorgungsgrad und Konsum in Österreich

Der Grad der Selbstversorgung bei Lebensmitteln gibt an, inwieweit die Inlands-erzeugung eines landwirtschaftlichen Produktes die Gesamtverwendung im In-land (für Mensch, Tier und Industrie) abdeckt (Statistik Austria 2023i, 2023j). Österreich ist mit eigenen landwirtschaftlichen Erzeugnissen gut ausgestattet, in vielen Bereichen der agrarischen Produktion könnte Österreich sogar ohne zusätzliche Importe auskommen. So gibt es gemäß Statistik Austria beispielsweise bei Rind- und Kalbfleisch im Jahr 2022 einen Selbstversorgungsgrad von 144 % und bei Schweinefleisch von 104 %.

Tabelle 17: Selbstversorgungsgrad von verschiedenen Fleischarten in Österreich in Schlachtgewicht in Tonnen für das Jahr 2022 (Statistik Austria, 2023j).

Bilanzposten	Rind und Kalb	Schwein	Schaf und Ziege	Pferd**	Innereien	Geflügel	Sonstiges (Wild)	Insgesamt
Bruttoeigenerzeugung*	200.618	446.615	7.272	149	64.396	151.814	7.677	878.391
Einfuhr lebender Tiere	20.527	31.645	107	18	6.143	20.469	11	78.903
Ausfuhr lebender Tiere	11.024	598	253	77	2.108	5.860	9	19.853
Nettoerzeugung (Inlandsschlachtungen)	210.121	477.663	7.125	90	68.430	166.422	7.679	937.441
Einfuhr	56.963	171.736	2.401	260	14.099	113.933	5.193	364.325
Ausfuhr	127.709	219.494	97	-	70.908	82.667	1.869	502.743
Inlandsverbrauch	139.376	429.906	9.429	350	11.621	197.688	10.912	798.932
Menschlicher Verzehr	93.382	303.083	6.270	259	3.022	117.625	7.366	530.747
Menschlicher Verzehr pro Kopf in kg	10,3	33,5	0,7	0,03	0,3	13,0	0,8	58,6
Selbstversorgungsgrad in %	144	104	77	43	554	77	70	110

* Die Bruttoeigenerzeugung umfasst sämtliche im Inland erzeugten Tiere, unabhängig von der Schlachtung im In- oder Ausland. Sie errechnet sich aus den Inlandsschlachtungen (gewerbliche Schlachtungen und Hausschlachtungen) abzüglich der eingeführten und zuzüglich der ausgeführten Schlacht-, Nutz- und Zuchttiere. Die Position Innereien enthält auch genießbare Schlachtnebenprodukte. Menschlicher Verzehr: Die Angabe des Nahrungsverbrauchs von Fleisch erfolgt in Schlachtgewicht, d. h. einschließlich Knochen und Abschnittsfetten. Mit Hilfe von Koeffizienten werden die Knochen- und Sehnenanteile sowie jene Menge, die zu Hunde- und Katzenfutter verarbeitet wird, vom Inlandsverbrauch abgezogen. Verbrauch pro Kopf: Der Nahrungsverbrauch wird durch die Einwohnerzahl dividiert (Statistik Austria, 2023j).

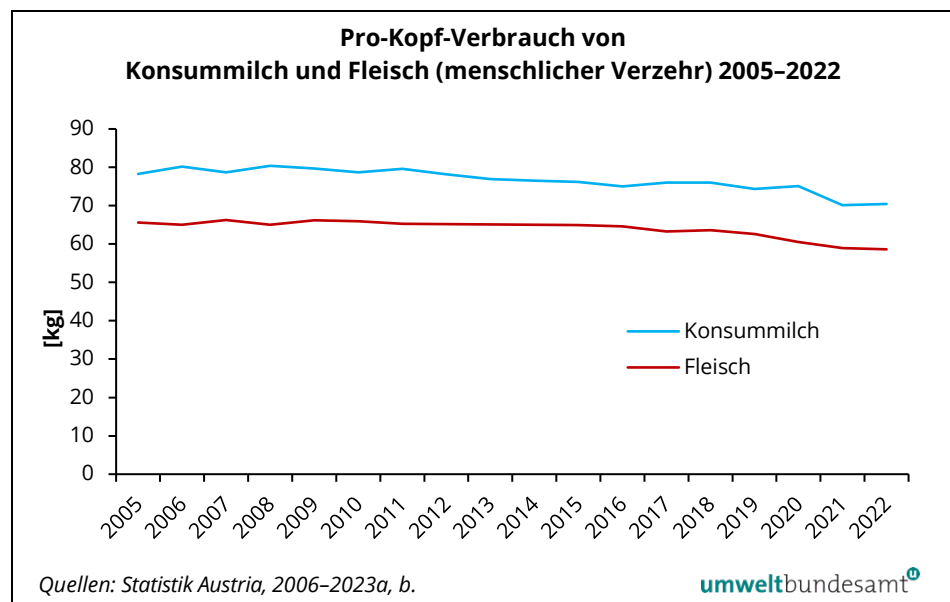
** Keine Werte für 2021 und 2022 verfügbar, daher die Werte für 2020 angegeben. Nicht in Gesamtsumme inkludiert.

Die Ernährungsumstellung hin zu saisonalen, regionalen und mehr pflanzlichen Produkten ist ein wichtiger Hebel zur Senkung der Treibhausgas-Emissionen aus der Landwirtschaft.

Von 2005 bis 2022 ist der Fleischkonsum in Österreich um rund 10,4 % auf 58,6 Kilogramm pro Kopf und Jahr gesunken (Statistik Austria, 2023j). Damit liegt er jedoch immer noch um ein Vielfaches über den Empfehlungen von WHO und der Österreichischen Gesellschaft für Ernährung (ÖGE) von max. 23 kg Fleisch pro Person und Jahr (BMGF, 2017).

Der Pro-Kopf-Verbrauch von Konsummilch in Österreich betrug im Jahr 2022 70,4 kg. Er ist zwischen 2005 und 2022 um rund 10,1 % zurückgegangen.

Abbildung 94:
Pro-Kopf-Verbrauch von
Konsummilch und
Fleisch (menschlicher
Verzehr), 2005–2022.



Futtermittel und standortangepasste Tierhaltung

Verwendung der Ackerflächen

Die Fleischproduktion über den Anbau von Futtermitteln auf Ackerflächen bedeutet einen hohen Energieeinsatz und Flächenbedarf an Ackerland, welches sonst direkt für die menschliche Ernährung genutzt werden könnte. Nach der Versorgungsbilanz für Getreide für das Jahr 2022/2023 (Statistik Austria, 2023l, vorläufige Daten) wurden in Österreich ca. 50 % des verwendeten Getreides (inklusive Körnermais) verfüttert. Das entspricht 57 % der nationalen Erzeugung. Zur direkten Ernährung wurden hingegen nur 19 % verwendet. 27 % des verwendeten Getreides gingen in die industrielle Verwertung inklusive Brauereien. Eine Reduktion des Bedarfes an Ackerflächen für Futtermittelanbau könnte erhebliche Ackerflächen für andere Verwendungen freisetzen. Global wird ca. ein Drittel der Weltgetreideproduktion für Futterzwecke verwendet (FAO, 2011, Fesefeld et al., 2022) bzw. werden auf 71 % der Ackerflächen Futtermittel angebaut (Raschka und Carus, 2012). Die globale Ausweitung von Ackerflächen wird als Haupttreiber für die Rodung tropischer Wälder gesehen (FAO, 2022, Umweltbundesamt, 2013).

**grünlandbasierte
Tierhaltung**

Eine standortangepasste flächengebundene Tierhaltung kann aber einen wichtigen Beitrag zu Ernährungssicherung und Klimaschutz leisten. In Österreich ist der Dauergrünlandanteil mit 46 % an der landwirtschaftlichen Nutzfläche sehr hoch (Statistik Austria, 2022m). Diese Flächen könnten ausschließlich von Wiederkäuern zur Erzeugung von Lebensmitteln genutzt werden. Grünlandbasierte Wiederkäuerhaltung leistet darüber hinaus u. a. einen wichtigen Beitrag für die Offenhaltung der Kulturlandschaft und die Erhaltung des Bodens als wertvollen Kohlenstoffspeicher. Auf Dauergrünland basierende Produktionssysteme, wie Jungrinder-, Kalbinnen- und Ochsenmast, weisen zwar einen hohen gesamten Flächenbedarf auf, haben aber einen geringen Ackerflächenbedarf je Produkt-einheit und damit eine geringe Lebensmittelkonkurrenz bzw. eine hohe Lebensmittelkonversionseffizienz (LKE) im Gegensatz zur intensiven Rindermast (maisbasierte Stier- und Kalbinnenmast) und zur Mast von Schweinen oder Geflügel. Die zukünftige Tierhaltung sollte deshalb vermehrt Synergien von positiven Ökosystemleistungen mit reduzierten THG-Emissionen anstreben (Hörtenhuber et al., 2022).

**Fußabdruck
Rindfleisch**

Die Berechnungen des Carbon Footprints (CFP) von österreichischem Rindfleisch haben im Einklang mit den Ergebnissen internationaler Studien gezeigt, dass die Bandbreiten für Treibhausgas-Emissionen aus der Rindfleischproduktion in Österreich im Vergleich zu anderen Ländern (z. B. Argentinien) geringer sind. Einer der Gründe dafür ist die Futtermittelbereitstellung. Intensivere Produktionssysteme weisen zwar geringere Emissionen aus der enterogenen Fermentation auf, dafür aber höhere Emissionen aus der Futtermittelbereitstellung. Werden zusätzlich auch noch mögliche Treibhausgas-Emissionen aus mit der Rindfleischproduktion verbundenen Landnutzungsänderungen (v. a. Regenwaldabholungen in Südamerika) berücksichtigt, verstärkt sich dieser Effekt noch (Kirchner et al., 2021). Der Bezug zwischen Tieranzahl und verfügbaren Grünlandflächen stellt einen deutlichen Treibhausgasvorteil dar, d. h. die Treibhausgas-Emissionen werden dadurch reduziert. Dieser Vorteil sollte im Hinblick auf eine dekarbonisierte Gesellschaft beibehalten werden.

Reduktion von Lebensmittelabfällen

Die Produktion von Lebensmitteln bis hin zu den essfertigen Speisen erfordert Rohstoffe und Energie und hat neben ökonomischen auch soziale und ökologische Auswirkungen. Wenn die Speisen weggeworfen werden, wird dieser Einsatz verschwendet und die Abfälle müssen entweder getrennt oder mit anderen Abfällen vermischt entsorgt werden. Durch Vermeidung von Lebensmittelabfällen bzw. einen sparsameren Umgang mit Lebensmitteln lassen sich Emissionsreduktionen nicht nur in der Abfallwirtschaft, sondern vielmehr in vorgelagerten Prozessen (Landwirtschaft, Transport, Industrie, Energie) erreichen (BMNT, 2019a3g).

Zahlen EU

Die Reduktion von Lebensmittelabfällen in Haushalten sowie entlang der gesamten Wertschöpfungskette, insbesondere im Handel und in der Verarbeitung, ist ein Kernelement auf dem Weg zur Nachhaltigkeit (EK, 2020b). Auf EU-Ebene gehen jährlich mindestens 227 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent, d. h. rund 6 % der

Gesamtemissionen der EU, auf Lebensmittelabfälle zurück (alle Phasen des Lebenszyklus, Auswertung für 2012) (EU Fusions 2016 in EK, 2020b).

Laut der EU-weiten Überwachung der Lebensmittelabfallmengen gemäß delegiertem Beschluss (EU) 2019/1597, gestützt auf die Richtlinie 2008/98/EG, fielen im Jahr 2021 in Österreich entlang der gesamten Wertschöpfungskette Lebensmittelabfälle im Ausmaß von rund 1.201.165 Tonnen pro Jahr an (das entspricht 134 kg pro Kopf). 741.472 Tonnen entfallen dabei auf die privaten Haushalte (inkl. Eigenkompostierung), gefolgt von der Verarbeitung und Herstellung von Lebensmitteln (187.425 Tonnen). 178.428 Tonnen entfallen auf die Gaststätten und Verpflegungsdienstleistungen. Weitere 84.286 Tonnen Lebensmittelabfälle stammen aus dem Einzelhandel und anderen Formen des Vertriebs von Lebensmitteln. Auf die Primärerzeugung entfallen 9.555 Tonnen (Eurostat, 2024h, BMK, 2023b).

Abfallvermeidung ist ein wichtiger Grundsatz der europäischen Politik. Die Europäische Kommission und auch Österreich bekennen sich zum Ziel 12.3 der UN-Agenda 2030 zur nachhaltigen Entwicklung, die Lebensmittelabfälle pro Kopf auf Ebene des Einzelhandels und der Verbraucher:innen von 2015 bis zum Jahr 2030 um 50 % zu reduzieren (EK, 2020b).

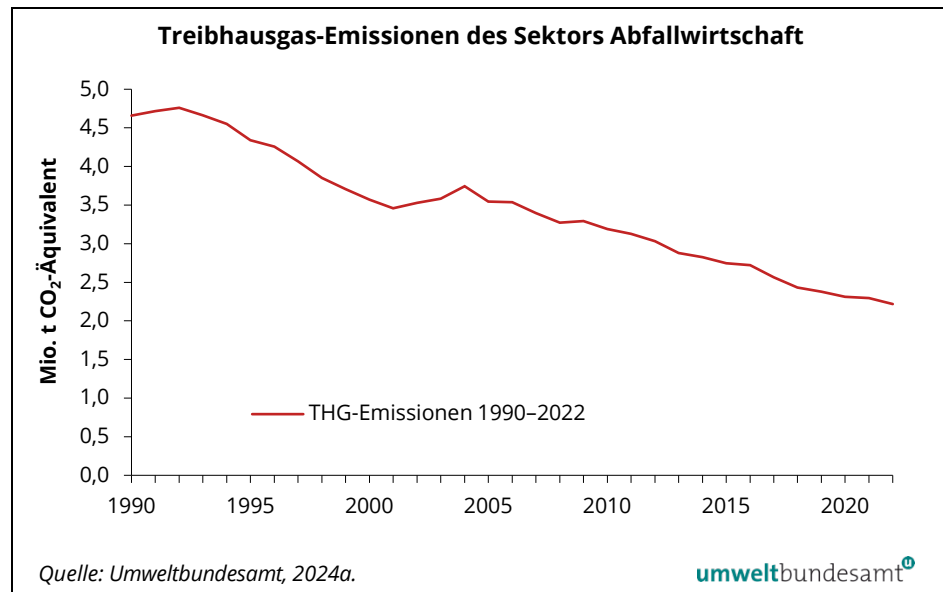
3.5 Sektor Abfallwirtschaft

Sektor Abfallwirtschaft			
THG-Emissionen 2022 (Mio. t CO ₂ -Äquiv.)	Anteil an den nationalen THG-Emissionen	Veränderung zum Vorjahr 2021	Veränderung seit 1990
2,2	3,0 %	-3,4 %	-52,4 %

Emissionstrend

Im Jahr 2022 verursachte der Sektor Abfallwirtschaft Emissionen im Ausmaß von 2,2 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent. Der Sektor trägt zu etwa 3,0 % zu den österreichischen Treibhausgas-Emissionen bei. Im Vergleich zu 2021 sind die Emissionen um 3,4 % zurückgegangen. Diese Reduktion ist hauptsächlich auf die rückläufige Deponiegasbildung zurückzuführen, aber auch auf Reduktionen in der Abfallverbrennung. Bezogen auf das Jahr 1990 kam es zu einer Emissionsabnahme um 52 % (siehe Abbildung 95), hauptsächlich aufgrund der sinkenden Emissionen aus Abfalldeponien. Neben der verstärkten Abfalltrennung beginnend in den 1990er Jahren ist ab 2004 und in Ausnahmefällen ab 2009 vor allem die in Österreich gemäß Deponieverordnung flächendeckend verpflichtende (Vor-)Behandlung von Abfällen, deren Anteil an organischem Kohlenstoff (TOC) im Feststoff mehr als fünf Masseprozent beträgt, für den Rückgang verantwortlich. Zusätzlich führten die verstärkte mechanisch-biologische Behandlung von Siedlungsabfällen sowie die gegenüber 1990 höhere Deponiegaserfassung zu einer Abnahme der Emissionen in dieser Subkategorie.

Abbildung 95:
Treibhausgas-Emissionen aus dem Sektor
Abfallwirtschaft,
1990–2022.



Verursacher Die Treibhausgas-Emissionen des Sektors stammen aus der Abfallverbrennung, der Deponierung, der biologischen Abfallbehandlung (Kompostierung, Vergärung), der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung sowie der Abwasserbehandlung und -entsorgung.

Die Abfallverbrennung ist aktuell für 47 % der Treibhausgas-Emissionen im Sektor Abfallwirtschaft verantwortlich, Deponien für 38 %. Die Abwasserbehandlung und -entsorgung verursachte 8,0 %, die biologische Abfallbehandlung (vor allem die Kompostierung) 6,7 % der Treibhausgase in diesem Sektor.

Tabelle 18 zeigt, dass die Methan-Emissionen aus Deponien zurückgehen (-79 % gegenüber 1990), die Treibhausgas-Emissionen aus der Abfallverbrennung mit anschließender Energiegewinnung hingegen einen deutlich ansteigenden Trend (+259 %) verzeichnen, allerdings von einem geringen Ausgangsniveau 1990 ausgehend (Umweltbundesamt, 2024a).

Tabelle 18: Hauptverursacher der Emissionen des Abfallwirtschaftssektors (in 1.000 t CO₂-Äquivalent)
(Quelle: Umweltbundesamt, 2024a).

Hauptverursacher	1990	2021	2022	Veränderung 2021–2022	Veränderung 1990–2022	Anteil an den nationalen THG-Emissionen 2022
Deponien	4.081	898	846	-5,8 %	-79 %	1,2 %
Biologische Abfallbehandlung	35	153	149	-2,7 %	+328 %	0,2 %
Abfallverbrennung (mit anschließender Energiegewinnung)	291	1.065	1.044	-2,0 %	+259 %	1,4 %
Abwasserbehandlung und -entsorgung	223	176	177	+0,2 %	-21 %	0,2 %

3.5.1 Deponien

trendbestimmende Faktoren

Die Methan-Emissionen aus Deponien hängen vor allem von folgenden Parametern ab:

- Summe der über die Jahre deponierten Abfallmengen mit relevantem organischem Anteil,
- Zusammensetzung des deponierten Abfalls bzw. Gehalt an abbaubarer organischer Substanz im Abfall,
- Deponiegaserfassung und -behandlung.

Einen wesentlichen Einfluss auf diese Parameter haben das Abfallwirtschaftsgesetz 1990 (AWG 1990; BGBl. Nr. 325/1990) bzw. das Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (AWG 2002; BGBl. I Nr. 102/2002 i.d.F. BGBl. I Nr. 66/2023) mit seinen begleitenden Fachverordnungen, insbesondere die

- Verordnung über die getrennte Sammlung biogener Abfälle (BGBl. Nr. 68/1992 i.d.F. BGBl. Nr. 456/1994),
- Verpackungsverordnungen (VerpackVO 1996 (BGBl. Nr. 648/1996); VerpackVO 2014 (BGBl. II Nr. 184/2014 i.d.F. BGBl. II Nr. 284/2023)),
- Deponieverordnung 1996 (BGBl. II Nr. 164/1996 i.d.F. BGBl. II Nr. 49/2004),
- Deponieverordnung 2008 (BGBl. II Nr. 39/2008 i.d.F. BGBl. II Nr. 144/2021).

(Vor-)Behandlung von Abfällen

Die Vorgaben der Deponieverordnung erfordern grundsätzlich ab dem Jahr 2004 und für alle Bundesländer ausnahmslos⁷¹ ab dem Jahr 2009 eine (Vor-)Behandlung von Abfällen mit höheren Gehalten an organischem Kohlenstoff, da eine Ablagerung von Abfällen mit mehr als fünf Masseprozent organischem Kohlenstoff (TOC) nicht mehr erlaubt ist (wenige Ausnahmen gemäß § 7 Abs. 7, u. a. für Abfälle aus der mechanisch-biologischen Behandlung). Als Behandlungsverfahren kommen in Österreich dabei die aerobe mechanisch-biologische Abfallbehandlung (MBA) oder die thermische Abfallbehandlung zur Anwendung.

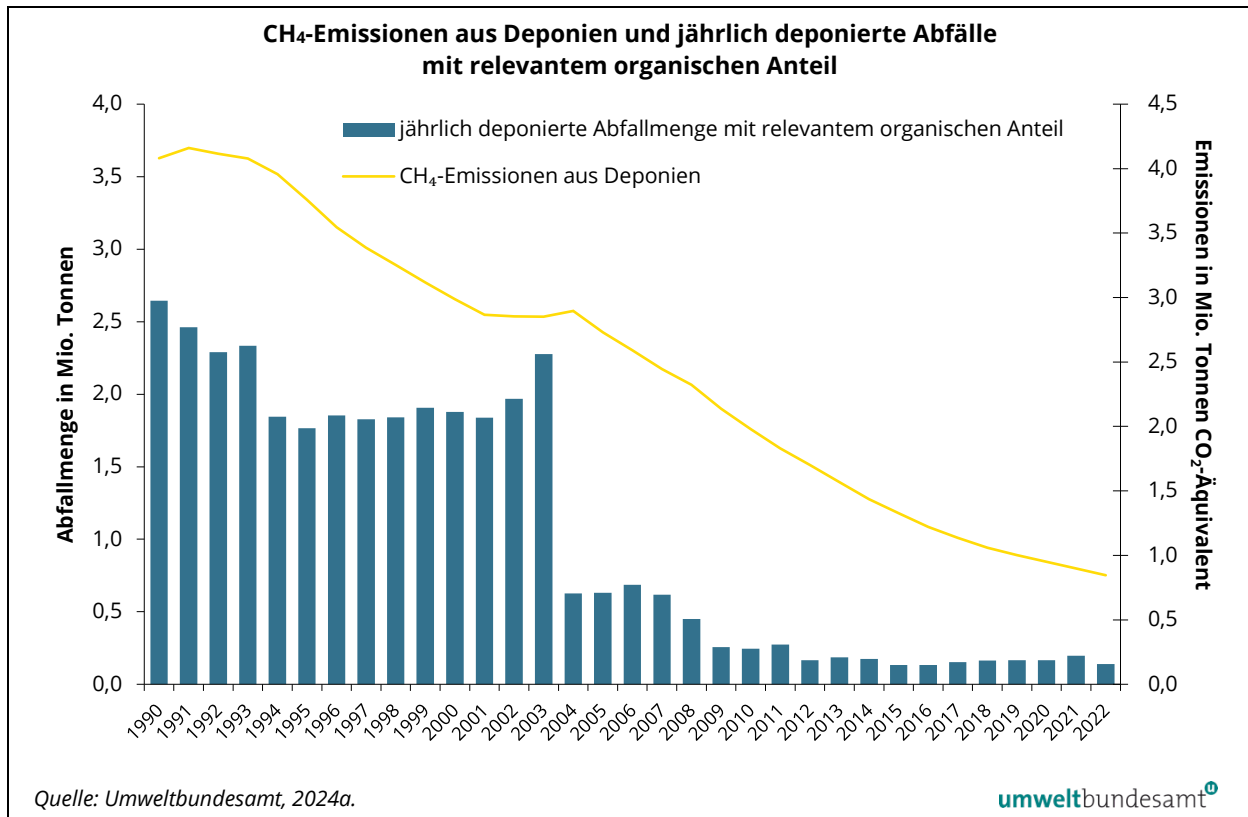
Die Verordnung über die getrennte Sammlung biogener Abfälle und die Verpackungsverordnungen haben dazu geführt, dass biogene Abfälle und Packstoffe (u. a. Papier, Karton, Pappe, Metalle, Kunststoffe, Materialverbunde) in hohem Maße einer stofflichen Verwertung zugeführt werden.

Die Verordnung über die getrennte Sammlung biogener Abfälle und die VerpackVO 1996 hatten vor dem Inkrafttreten des Ablagerungsverbotes gemäß der Deponieverordnung sowohl Einfluss auf die Zusammensetzung als auch auf die Menge des abgelagerten Restmülls. Durch die Deponieverordnung haben die genannten Verordnungen im Hinblick auf die Deponiegasbildung an Bedeutung verloren.

⁷¹ Aufgrund damals bestehender Kapazitätsengpässe bei den Behandlungsanlagen durften in einigen Bundesländern (Kärnten, Tirol, Vorarlberg, Wien) noch bis 31.12.2008 und im Burgenland bis 31.12.2004 unbehandelte Abfälle abgelagert werden.

Abfälle mit relevantem organischen Anteil	Für die Emissionsberechnungen werden ausschließlich jene deponierten Abfallarten berücksichtigt, welche aufgrund ihres organischen Anteils zur Bildung von Treibhausgasen bei der Deponierung beitragen. Gemischter Siedlungsabfall aus Haushalten und ähnlichen Einrichtungen (Restmüll) ist aufgrund des sich über mehrere Jahre erstreckenden Abbaus trotz der Vorgaben der Deponieverordnung nach wie vor die bedeutendste Abfallart für die Deponiegasbildung.
trendbestimmende Faktoren	Bereits von Anfang bis Mitte der 1990er Jahre ist die Menge der jährlich neu deponierten Abfälle mit relevantem organischen Anteil deutlich zurückgegangen. Dieser Rückgang war nicht auf ein sinkendes Abfallaufkommen zurückzuführen, sondern auf vermehrte Abfalltrennung und eine verstärkte Wiederverwendung bzw. ein stärkeres Recycling von getrennt gesammelten Siedlungsabfallfraktionen.
Abfallbehandlungsanlagen	Für die deutlich sinkende jährlich deponierte Abfallmenge ab dem Jahr 2004 (siehe Abbildung 96) war neben der getrennten Erfassung und Verwertung von Altstoffen (v. a. Papier und biogene Abfälle) insbesondere die verstärkte thermische und mechanisch-biologische Behandlung von gemischten Siedlungsabfällen entscheidend. In Österreich stehen zahlreiche großtechnische Anlagen zur Behandlung von gemischten Siedlungsabfällen und Klärschlamm zur Verfügung (Stand 2022): • 12 Anlagen zur thermischen Behandlung von Siedlungsabfällen, • 13 Anlagen zur mechanisch-biologischen Abfallbehandlung von gemischtem Siedlungsabfall und sonstigen Abfällen (BMK, 2024b). Der kurzfristige Anstieg der abgelagerten Mengen zwischen 2002 und 2003 ist darauf zurückzuführen, dass kurz vor Inkrafttreten des grundsätzlichen Ablagerungsverbot es noch größere Mengen, insbesondere aus der Räumung von Altlasten, unbehandelt deponiert wurden. Mit 31.12.2008 sind die letzten Ausnahmeregelungen für das Verbot der Deponierung unbehandelter Abfälle ausgelaufen und der entsprechende Aufbau von Kapazitäten zur thermischen und mechanisch-biologischen Behandlung in den Bundesländern wurde vollzogen. Bei den ab dem Jahr 2009 abgelagerten Abfällen mit relevantem organischem Anteil handelt es sich weitestgehend um vorbehandelte Abfälle aus der mechanisch-biologischen Behandlung. Die abgelagerten Abfälle halten die Vorgaben der Deponieverordnung 2008 ein.

Abbildung 96: Methan-Emissionen aus Deponien und jährlich deponierte Abfälle mit relevantem organischem Anteil, 1990–2022.



Entstehung von Deponiegas

In Deponien werden organische Substanzen von Mikroorganismen als Nahrungsquelle genutzt und teilweise zu Deponiegas umgesetzt. Je mehr abbaubare organische Substanz im Abfall enthalten ist, umso mehr Deponiegas entsteht. Dieses besteht zu 50–55 % aus Methan. Für die jährlichen Emissionen sind jedoch nicht nur die in einem bestimmten Jahr abgelagerten Mengen relevant, sondern auch die in den vorangegangenen Jahren deponierten.

Vor allem durch die Einführung der getrennten Erfassung und Behandlung von Bioabfall und Papier hat sich der Gehalt an abbaubarem organischem Kohlenstoff (DOC) im Restmüll zunächst bis zum Jahr 2000 deutlich verringert. Trotz etablierter getrennter Sammlung von biogenen Abfällen und deren Verwertung in Kompost- oder Biogasanlagen sind die DOC-Gehalte im Restmüll seit 2000 wieder angestiegen. Dieser Anstieg war u. a. auf die Zunahme von Lebensmittelabfällen im Restmüll zurückzuführen. Da die Ablagerung von unbehandeltem Restmüll ab dem Jahr 2004 stark zurückgegangen ist und Restmüll seit 2009 ausnahmslos vorbehandelt werden muss, ist dies jedoch nicht mehr mit steigenden Treibhausgas-Emissionen aus Deponien verbunden.

Deponiegaserfassung und -behandlung

Die Deponieverordnung sieht eine Erfassung und Ableitung entstehender Deponiegase vor. Das erfasste Deponiegas ist vorrangig einer Verwertung (z. B. Verbrennung mit Nutzung des Energieinhalts) oder, wenn dies nicht möglich ist, einer Beseitigung (Abfackelung) zuzuführen.

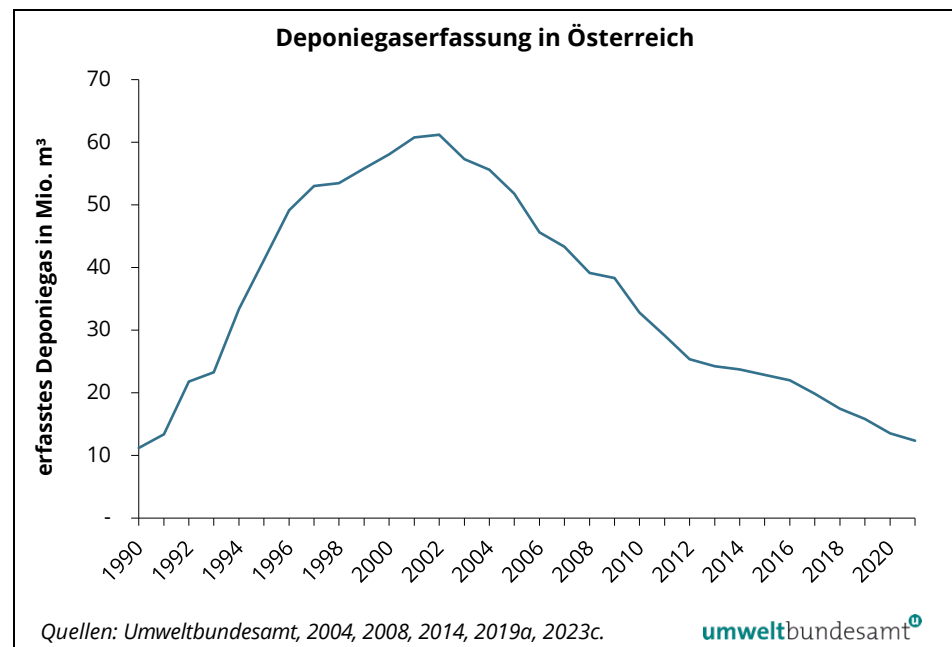
Vom Umweltbundesamt wurden bereits wiederholt deponiegasrelevante Angaben von Deponiebetreiber:innen mittels Fragebogen abgefragt (Umweltbundesamt, 2004, 2008, 2014, 2019a, 2023). Ein Hauptziel war es, die erfassten Deponiegasmengen und Methanfrachten zu erheben und die jeweilige Verwertung bzw. Behandlung darzustellen.

Ursachen der sinkenden Deponiegasmengen

Gegenüber 2002 sind die erfassten Deponiegasmengen um rund 81 % gesunken (siehe Abbildung 97). Dies hat verschiedene Ursachen:

- Durch das Verbot der Ablagerung von Abfällen mit hohem organischem Anteil ab 2004 (bzw. in Ausnahmefällen ab 2009) nahm die Deponiegasproduktion stark ab, da die Gasproduktion zum Großteil nur noch auf den in früheren Jahren abgelagerten Abfällen beruht.
- Bereits vor Inkrafttreten der Deponieverordnung im Jahr 2004 wurde auf Deponien vorbehandeltes Material, das bedeutend weniger zur Gasbildung beiträgt, in relevanten Mengen abgelagert.
- Durch die Einführung u. a. der Biotonne und der Altpapiersammlung änderte sich die Zusammensetzung des Restmülls (weniger Organik), wodurch sich das Gasbildungspotenzial der Abfälle (das über Jahrzehnte, wenn auch abnehmend, wirksam ist) verringert hat.

Abbildung 97:
Entwicklung der Deponiegaserfassung in Österreich, 1990–2022.



Verwertung des Deponiegases

Der Großteil der erfassten Deponiegasmenge wird energetisch genutzt. 2022 wurden ca. 22 % der gesamt erfassten Deponiegasmengen ausschließlich zur Gewinnung von Strom verwendet und ca. 50 % bei der Verstromung auch thermisch verwertet. Die restlichen rund 28 % wurden mittels Hochtemperaturfackel

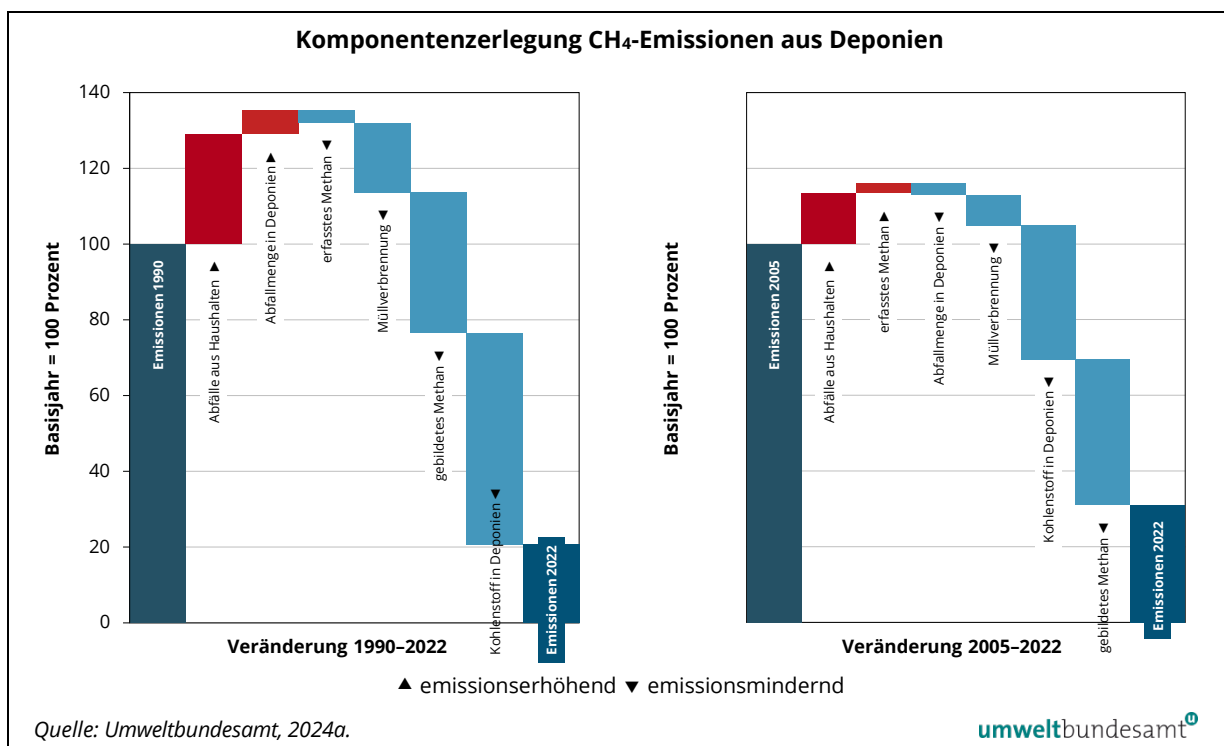
(rund 27 %) oder im Einzelfall mittels Schwachgasfackel (rund 1 %) abgepackt.⁷² (Umweltbundesamt, 2023c).

3.5.1.1 Komponentenerlegung

Die Wirkung ausgewählter Einflussfaktoren auf Methan-Emissionen aus Deponien wird nachstehend analysiert. Für die Gegenüberstellung der Emissionen in den Zeiträumen 1990–2022 und 2005–2022 wurde die Methode der Komponentenerlegung eingesetzt (siehe Abbildung 98).

Die Größe der Balken spiegelt das relative Ausmaß der Beiträge (berechnet in Tonnen CO₂) der einzelnen Parameter zur Emissionsentwicklung wider (wobei das Symbol ▲ einen emissionserhöhenden Effekt, das Symbol ▼ einen emissionsmindernden Effekt kennzeichnet). Details zur Methode sind in Anhang 2 dargestellt.

Abbildung 98: Komponentenerlegung der Methan-Emissionen aus Deponien – Gegenüberstellung 1990–2022 (links) und 2005–2022 (rechts).



⁷² Dies verringert die Treibhausgas-Emissionen, da Methan bei der Verbrennung zu Kohlenstoffdioxid oxidiert, welches ein geringeres Treibhausgas-Potenzial hat.

Einflussfaktoren	Definition
Abfälle aus Haushalten	Emissionserhöhender Effekt, der sich aufgrund des steigenden Abfallaufkommens aus Haushalten von 2,5 Mio. Tonnen (1990) auf 3,5 Mio. Tonnen (2005) und weiter auf 4,5 Mio. Tonnen (2022) ergibt (BMK, 2024b).
Abfallmenge in Deponien	Emissionserhöhender Effekt, der sich aufgrund der steigenden Abfallmenge mit relevantem organischem Anteil auf Deponien ergibt. Die Summe der seit 1950 deponierten Abfallmengen stieg von 79 Mio. Tonnen (1990) auf 106 Mio. Tonnen (2005) und auf 111 Mio. Tonnen (2022). Bei Betrachtung der jährlich neu deponierten Abfallmenge zeigt sich hingegen (speziell von 2003 auf 2004) eine deutliche Verringerung der Abfallmenge, die auf das Inkrafttreten des Ablagerungsverbotes der Deponieverordnung zurückzuführen ist.
erfasstes Methan	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund des sinkenden Anteils des emittierten Methans von 88 % (1990) auf 79 % (2005) und auf 82 % (2022) bzw. des steigenden Anteils des erfassten Methans, bezogen auf das gesamt gebildete Methan, ergibt. Seit 2002 sinkt die Deponiegasfassung und der Anteil des emittierten Methans steigt.
Müllverbrennung	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund des steigenden Anteils der thermischen Behandlung der Haushaltsabfälle von 7 % (1990) auf 26 % (2005) und auf 35 % (2022) ergibt (BMK, 2024b).
gebildetes Methan	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund der sinkenden Methanbildung pro Tonne Gesamt-Kohlenstoff auf Deponien von 48 kg CH ₄ /Tonne Kohlenstoff (1990) auf 44 kg CH ₄ /Tonne Kohlenstoff (2005) und auf 23 kg CH ₄ /Tonne Kohlenstoff (2022) ergibt. Durch diesen Parameter wird erkennbar, dass sich der Anteil des abbaubaren Kohlenstoffs am gesamten (abbaubaren und nicht abbaubaren) Kohlenstoff seit 1990 verringert hat. Dies ist darauf zurückzuführen, dass einerseits die jährlichen Einträge abbaubaren Kohlenstoffs sinken und andererseits im Zeitablauf der nicht abbaubare Kohlenstoff in der Deponie akkumuliert.
Kohlenstoff in Deponien	Emissionsmindernder Effekt, der sich aufgrund des sinkenden organischen Kohlenstoffgehaltes pro Tonne (insgesamt) deponierten Abfalls von durchschnittlich 0,04 Tonnen C/Tonne Abfall (1990) auf durchschnittlich 0,03 Tonnen C/Tonne Abfall (2005) und auf 0,01 Tonnen C/Tonne Abfall (2022) ergibt. Dieser Effekt ist auf die seit Inkrafttreten der Deponieverordnung verpflichtende Vorbehandlung von Abfällen (v. a. in Verbrennungsanlagen und in mechanisch-biologischen Anlagen) zurückzuführen.

Maßnahmen wie die getrennte Erfassung von Abfällen und deren Verwertung können das Ausmaß der auf Deponien abgelagerten Abfälle mitsteuern. Durch die Reduktion des organischen Anteils im abgelagerten Abfall, die durch die Verpflichtung zur Abfall-(Vor-)Behandlung gemäß Deponieverordnung erzielt wurde, konnten die Emissionen dieser Kategorie bereits reduziert werden. In weiterer Folge sind die abbaubaren Kohlenstoffeinträge und damit das gebildete Methan je abgelagerter Tonne Abfall stark gesunken.

3.5.2 Aerobe und anaerobe biologische Abfallbehandlung

Die Verwertung von Grünabfällen und getrennt erfassten biogenen Abfällen aus Haushalten erfolgt in Österreich in kommunalen oder gewerblichen Kompostierungsanlagen, in Biogasanlagen sowie in Form von Einzelkompostierung (Hausgartenkompostierung). Ein nicht unbedeutender Anteil der Grünabfälle verrottet aber auch direkt am Anfallsort.

steigende Sammelmenge Ein deutlicher Anstieg der Sammelmenge von Grünabfällen und getrennt erfassten biogenen Abfällen aus Haushalten war in der Zeit zwischen Veröffentlichung

der Verordnung über die getrennte Sammlung biogener Abfälle im Jahr 1992 (VO BGBl. Nr. 68/1992) und deren Inkrafttreten 1995 zu verzeichnen. Ein zweiter markanter Anstieg erfolgte ab dem Jahr 2000. Grund dafür waren erhöhte Sammelanstrengungen wegen des ab 2004 geltenden Ablagerungsverbotes von Abfällen mit hohen organischen Anteilen in den Bundesländern, die die Ausnahmeregelung der Deponieverordnung nicht beansprucht haben (siehe Abbildung 99). Auch die Anhebung der Altlasten-(ALSAG)-Beiträge für die Ablagerung derartiger Abfälle ab 2004 trug zum Anstieg der Sammlung und folglich der biologisch behandelten Mengen bei (siehe Abbildung 99).

aerobe mechanisch-biologische Abfallbehandlung

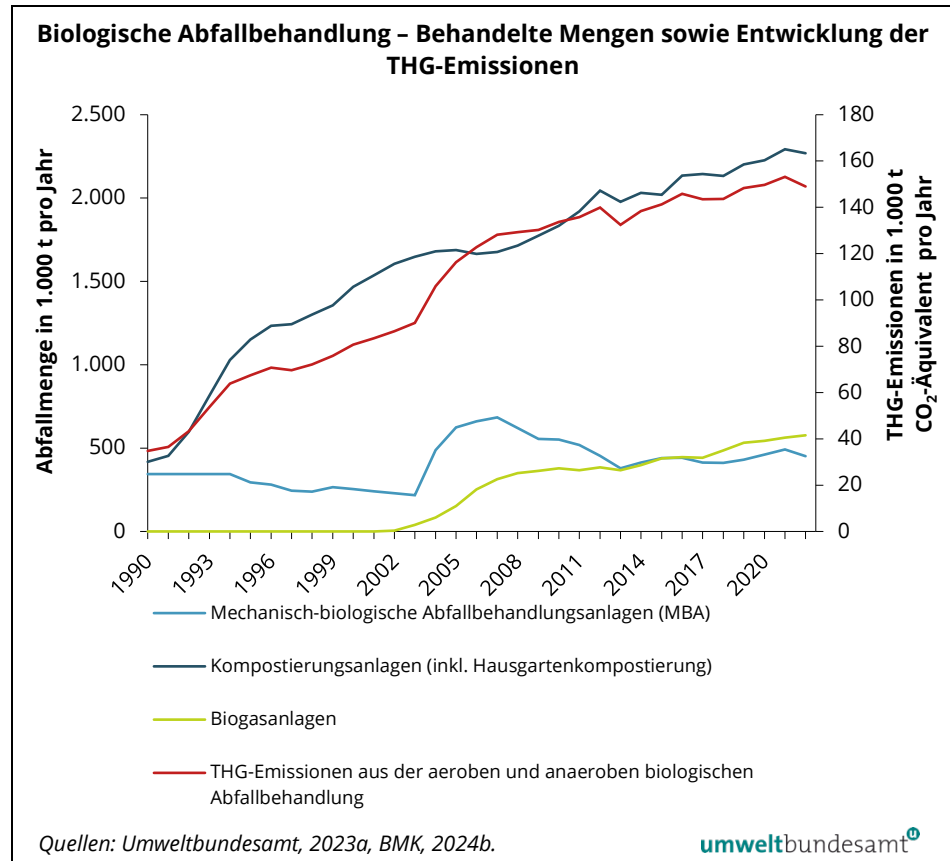
Durch das Inkrafttreten des Ablagerungsverbotes durch die Deponieverordnung (2004) gewann die aerobe mechanisch-biologische Abfallbehandlung (MBA) von gemischten Siedlungs- und Gewerbeabfällen an Bedeutung. Bei einer MBA handelt es sich um eine verfahrenstechnische Kombination mechanischer und biologischer Prozesse. Im mechanischen Prozess werden Metalle und heizwertreiche Bestandteile zur stofflichen und energetischen Verwertung abgetrennt, im biologischen Prozess wird eine Deponiefraktion mit geringer biologischer Restaktivität erzeugt.

Neben der mechanisch-biologischen Behandlung zum Zweck der Deponierung existiert in Österreich auch eine mechanisch-biologische Behandlung vor einer thermischen Behandlung. Hierbei wird der Abfall vor der thermischen Behandlung zerkleinert und homogenisiert und zumindest von Sperr- und Störstoffen sowie eisenhaltigen und gegebenenfalls nichteisenhaltigen Metallen befreit und zur Reduktion des Feuchtegehalts einer biologischen Behandlung (z. B. biologische Trocknung oder Teilrotte) zugeführt.

Behandlungskapazitäten der MBA

Die Behandlungskapazitäten der MBA haben sich ab 2003 gegenüber 1990 mehr als verdoppelt, wodurch auch die behandelten Abfallmengen (v. a. gemischte Siedlungsabfälle) wesentlich zugenommen haben. Die ab 2007 sinkenden behandelten Mengen sind auf Anlagenumstellungen und -schließungen zurückzuführen. Seit 2013 befinden sich die behandelten Mengen auf einem relativ konstanten Niveau.

Abbildung 99:
Menge der aerob und
anaerob biologisch be-
handelten Abfälle sowie
Entwicklung der
THG-Emissionen,
1990–2022.



emittierte Treibhausgase

Die bei der Kompostierung und der aeroben mechanisch-biologischen Abfallbehandlung gebildeten Treibhausgase sind Methan und Lachgas. Bei den biologischen Rotteprozessen werden die im Abfall enthaltenen organischen biologisch verfügbaren Substanzen durch aerobe Mikroorganismen abgebaut bzw. zu langfristig stabilen organischen Verbindungen (Huminstoffen) umgebaut. Generell sollten die Rotteprozesse mit dem Ziel der möglichst geringen Freisetzung von treibhausrelevanten Emissionen betrieben werden. Die Bildung anaerober Zonen, in denen sich Methan bildet, kann jedoch nicht vollständig verhindert werden.

Biogasanlagen

Die Behandlung von organischen Abfällen in Biogasanlagen (Vergärung) erfolgt unter anaeroben Bedingungen. Das erzeugte Biogas besteht aus rund 60 % Methan und wird großteils für die Produktion von Strom und/oder Wärme eingesetzt. Zunehmend wird Biogas auch zu „Biomethan“ aufbereitet und beispielsweise als Treibstoff eingesetzt oder ins Gasnetz eingespeist. Bei Biogasanlagen kann Methan während Störfällen oder durch undichte Stellen austreten sowie aus Gärrestlagern, die nicht gasdicht abgedeckt sind, entweichen.

Der Anstieg der in Biogasanlagen behandelten Abfallmengen ist primär auf die Erlassung des Ökostromgesetzes im Jahr 2002 zurückzuführen, das fixe Einspeisetarife garantiert. Die in Biogasanlagen behandelten Abfallmengen zeigen einen leichten Anstieg.

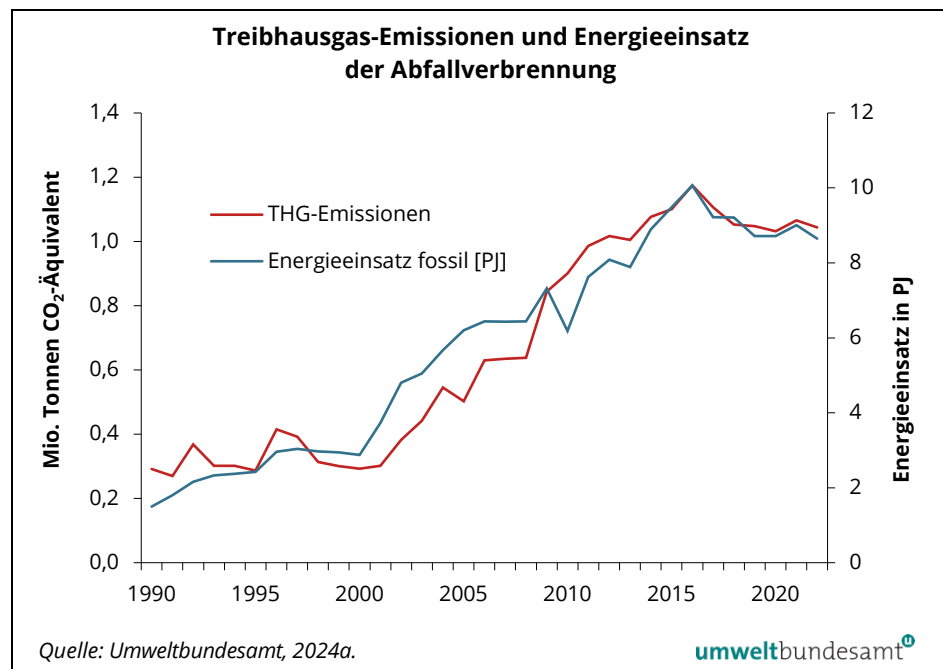
3.5.3 Abfallverbrennung

starke Emissionszunahme

Die Treibhausgas-Emissionen aus der Abfallverbrennung haben sich seit 1990 mehr als verdreifacht. Sie lagen im Jahr 2022 bei 1,0 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent und sind gegenüber 2021 um 2 % gesunken. In der Abfallverbrennung werden vor allem Hausmüll oder hausmüllähnliche Abfälle, Sonderbrennstoffe sowie gefährliche Abfälle verwertet. Abbildung 100 zeigt den Verlauf der Treibhausgas-Emissionen und den Energieeinsatz der eingesetzten brennbaren Abfälle (ohne Erneuerbaren-Anteil). Der fossile Energieeinsatz hat im Jahr 2022 rund 8,6 PJ betragen und ist damit 4 % geringer als 2021.

Da die thermische Abfallverwertung in Österreich nur in Kombination mit einer Energiegewinnung durchgeführt wird, sinken bei Zunahme der Abfallverbrennung und der daraus gewonnenen Fernwärme die Emissionen im Sektor Energie und Industrie.

Abbildung 100:
Treibhausgas-Emissionen und Energieeinsatz
der Abfallverbrennung,
1990–2022.



3.5.4 Abwasserbehandlung und -entsorgung

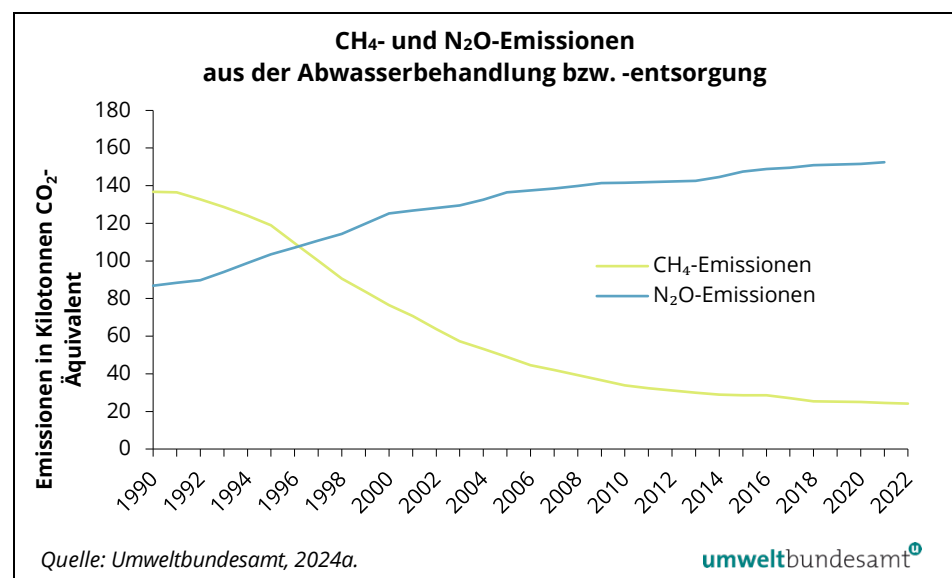
kommunale Kläranlagen

In Österreich erfolgt die Behandlung kommunaler Abwässer vorwiegend in kommunalen Kläranlagen. Zum Schutz der Gewässer und aus hygienischen Gründen wurden in den letzten Jahren ländliche Gebiete verstärkt an Kläranlagen angeschlossen. Diese Entwicklung sowie die zunehmende Verstädterung haben dazu geführt, dass sich der Anschlussgrad an kommunale Kläranlagen von 71,0 % im Jahr 1991 (BMLFUW, 2006) auf 96,2 % im Jahr 2022 (BML, 2023b) erhöht hat.

Gleichzeitig nahm die Bedeutung von Senkgruben – und damit auch die Höhe der **Methan**-Emissionen aus dieser Quelle⁷³ – deutlich ab. Im Jahr 2022 wurden 737 Tonnen Methan aus der Sammlung von Abwasser in Senkgruben freigesetzt und damit um rund 85 % (4.113 Tonnen) weniger als im Jahr 1990 (Umweltbundesamt, 2024a).

Emissionen aus der industriellen Abwasserreinigung machen nur einen geringen Anteil aus: Nur 0,9 % der N₂O- und 15 % der CH₄-Emissionen aus der Abwasserbehandlung werden (2022) durch die industrielle Abwasserbehandlung „vor Ort“ verursacht. Den Methan-Emissionen stehen Einsparungen im Sektor Energie gegenüber, die mit der Erfassung und energetischen Nutzung des bei der Abwasserreinigung gebildeten Methans in Zusammenhang stehen.

Abbildung 101:
Methan- und Lachgas-
Emissionen aus der kommunalen und industriellen Abwasserbehandlung bzw. -entsorgung, 1990–2022.



trendbestimmende Faktoren für Lachgas

Die **Lachgas**-Emissionen sind um 78 % angestiegen – von 324 Tonnen (1990) auf 575 Tonnen (2022). Der Großteil der N₂O-Emissionen wird in Form direkter Emissionen von kommunalen Kläranlagen verursacht, ein Teil wird aus Oberflächengewässern freigesetzt (indirekte Emissionen) und ein geringer Anteil der Emissionen (0,9 %) entsteht bei der industriellen Abwasserreinigung. Der Anstieg der Lachgas-Emissionen ist vor allem durch den höheren Anschlussgrad an Kläranlagen bedingt, da bei den direkten Emissionen ein höherer Emissionsfaktor als bei den indirekten Emissionen angesetzt wird. Ebenfalls deutlich erhöhend wirkte die Bevölkerungszunahme um 18 % zwischen 1990 und 2022.

mikrobiologische Umwandlungsprozesse

In aquatischen Systemen, wie auch in Kläranlagen, entsteht Lachgas aus mikrobiologischen Prozessen, v. a. als Nebenprodukt bei der Umwandlung von Ammonium über Nitrat in elementaren Stickstoff (Nitrifikation und Denitrifikation). Die Denitrifikation bei der Abwasserbehandlung in Kläranlagen ist das ein-

⁷³ In Senkgruben herrschen anaerobe Bedingungen, welche zur Bildung von Methan führen.

zige in Österreich angewandte Verfahren, um die von der Abwasseremissionsverordnung für kommunales Abwasser (AEV; BGBl. 210/1996 i.d.F. BGBl. II Nr. 128/2019) geforderten Einleitbedingungen für Anlagen größer 5.000 EW⁷⁴ in Gewässer zu erfüllen. Sie ist ein bedeutender Abwasserreinigungsschritt zum Schutz der Gewässerökologie, da über den Klärschlamm nur ein Teil des Stickstoffs (25–30 %) entzogen wird. Die Vorgaben für die Stickstoffentfernung aus dem Abwasser gemäß Abwasseremissionsverordnung sind weitgehend erfüllt. Insgesamt stieg der durchschnittliche Stickstoffentfernungsgrad (Durchschnitt der Kläranlagen >50 EW) von 10 % im Jahr 1990 auf 81,2 % im Jahr 2022.

Durch gezielte betriebliche Maßnahmen zur Optimierung der Stickstoffentfernung (z. B. Anpassung der Belüftung, Schaffung von günstigen Denitrifikationsbedingungen) kann die Lachgas-Produktion reduziert werden (BMLFUW, 2015b). Die Lachgas-Emissionen werden dadurch künftig nicht oder nur geringfügig – in Abhängigkeit von der Bevölkerungsentwicklung – weiter ansteigen.

3.6 Sektor Fluorierte Gase

Sektor Fluorierte Gase			
THG-Emissionen 2022 (Mio. t CO ₂ -Äquiv.)	Anteil an den nationalen THG-Emissionen	Veränderung zum Vorjahr 2021	Veränderung seit 1990
1,8	2,5 %	-1,1 %	+17,0 %

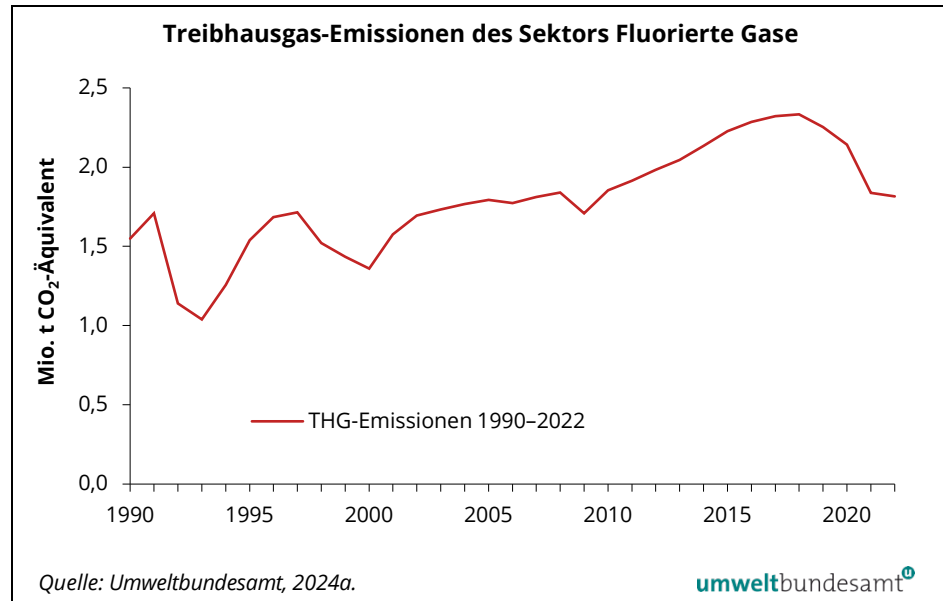
Der Sektor Fluorierte Gase (F-Gase) verursachte im Jahr 2022 Emissionen im Ausmaß von 1,8 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent und damit 2,5 % der nationalen Treibhausgas-Emissionen. Dieser Sektor umfasst die Emissionen von Schwefelhexafluorid (SF₆) sowie der (teil- und voll-)fluorierten Kohlenwasserstoffe (HFKW, FKW) und Stickstofftrifluorid (NF₃).

Hauptverursacher Die Anwendungsbereiche fluorierter Gase sind sehr unterschiedlich und reichen vom Kälte- und Klimabereich (Kühl- und Klimaanlage) über Schaumstoffe (wie Dämmplatten, Montageschäume und Matratzen) und Halbleiterherstellung bis zu Schallschutzfenstern. Seit Mitte der Nullerjahre sind Leckagen aus Klima- und Kälteanlagen die größte Emissionsquelle für F-Gase in Österreich.

Emissionstrend Seit 1990 sind die Emissionen der F-Gase insgesamt um 17 % gestiegen, von 2021 auf 2022 kam es zu einer Abnahme von 1,1 % bzw. 0,02 Mio. t CO₂-Äquivalent (siehe Abbildung 102).

⁷⁴ EW₆₀ bezeichnet eine Schmutzfracht des ungereinigten Abwassers von 60 g BSB₅ (= biochemischer Sauerstoffbedarf in fünf Tagen) pro Einwohnerwert und Tag.

Abbildung 102:
Treibhausgas-Emissionen des Sektors
Fluorierte Gase,
1990–2022.



trendbestimmende Faktoren

Im Basisjahr 1990 befanden sich die F-Gas-Emissionen auf relativ hohem Niveau. Hauptemittent mit einem Anteil von 67 % war die Primäraluminiumproduktion, bei der FKWs als Nebenprodukt entstehen. Mit Einstellung der Primäraluminiumproduktion in Österreich im Jahr 1992 sanken die Emissionen deutlich. In den Jahren 1993–2001 war die Elektronikindustrie Hauptverursacher, dann begannen die als Kältemittel verwendeten F-Gase den größten Anteil der Emissionen auszumachen.

Andere wichtige Emissionsquellen mit einem Anteil über 10 % waren in den Jahren 1990–1998 die Leichtmetallgießereien, über beinahe die gesamte Zeitreihe die Produktion und Entsorgung von Schallschutzfenstern sowie von 1993 bis 2005 der Einsatz von F-Gasen als Schäumungsmittel.

Im Jahr 2003 wurde mit Inkrafttreten der Industriegasverordnung (HFKW-FKW-SF₆-Verordnung; BGBl. II Nr. 447/2002 i.d.g.F.) der Einsatz als Schäumungsmittel, als Füllgas in Schallschutzfenstern, Schuhen und Reifen sowie technischen Aerosolen in den Folgejahren verboten sowie weitere Beschränkungen und Bedingungen für den Einsatz als Löschmittel und in der Elektronikindustrie formuliert. Die daraus resultierenden Emissionsreduktionen gehen allerdings im starken und kontinuierlichen Anstieg der Verwendung von HFKW anstelle der verbotenen ozonzerstörenden Substanzen (H)FCKWs⁷⁵ – insbesondere als Kälte- und Kühlmittel – unter bzw. wirken sich durch die lange Lebensdauer der Schallschutzfenster und auch der erzeugten Schaumplatten nur mit zeitlicher Verzögerung aus.

Die Trendumkehr 2019 wurde mit Hilfe der Begrenzung der in der EU auf den Markt gebrachten Mengen durch die EU-F-Gas-Verordnung (VO (EG) Nr. 842/2006) erreicht. Die Reduktion der Einsatzmengen erfolgte stufenweise

⁷⁵ (H)FCKWs sind im Montreal-Protokoll geregelt und werden in der Treibhausgas-Inventur nicht berücksichtigt.

ab 2016 (z. B. für die Jahre 2018–2020 auf 63 % der Mengen der Bezugsjahre 2009–2012), aber bis 2018 übertrafen die jährlichen Einsatzmengen noch die Mengen, die der Entsorgung zugeführt wurden, weshalb der Bestand an HFKWs (und damit die Emissionen) weiter gestiegen war. Erst ab 2019 sind die F-Gas-Emissionen rückläufig.

Die europäische MAC-Direktive (Mobile Air Conditioning) trägt ebenfalls zu einer Verminderung der Emissionen bei: Ab 2017 dürfen keine Pkw bzw. Lastkraftwagen der Klasse N1 mehr zugelassen werden, die Kältemittel mit einem Treibhausgaspotenzial (GWP, „Global Warming Potential“) von mehr als 150 enthalten. Bis 2030 werden die meisten Fahrzeuge dieser Kategorien mit R134a-Klimaanlagen ausgeschieden sein und die Emissionen dieses Subsektors weiter vermindern.

Im Vergleich zum Vorjahr ist der Rückgang, nach einer starken Abnahme von 2020 auf 2021, nur gering ausgefallen. Der Grund hierfür ist modellbedingt und liegt in der strikten Zuordnung von Einsatzmengen und damit Entsorgungsmengen entsprechend der Lebensdauer zu bestimmten Jahren. Die Abnahme ist daher als Trend über mehrere Jahre zu interpretieren: Es zeigt sich seit 2019 ein kontinuierlicher Rückgang von im Mittel 6 % pro Jahr.

Einflussfaktoren

Verwendung als Treibmittel

Die unterschiedlichen Anwendungsbereiche der fluorierten Gase lassen sich in zwei Gruppen aufteilen: Zu den Anwendungen, bei denen diese Gase sofort emittiert werden, zählen z. B. die Verwendung als Schutzgas im Leichtmetallguss und als Prozessgas in der Halbleiterindustrie, und – wenn auch in geringerem Ausmaß – als Treibmittel, z. B. in Asthmasprays. Bei diesen Anwendungen sind Minderungen durch Verbote, durch eine Limitierung des Einsatzes oder (bei geschlossenen Anwendungen) durch nachgeschaltete Emissionsminderungstechnologien direkt erzielbar und größtenteils bereits umgesetzt. Da jedoch noch keine Alternativen für die extrem feine Zerstäubung in Asthmasprays verfügbar sind, wird diese Spezialanwendung weiterhin bestehen bleiben. Ebenfalls weiter eingesetzt werden F-Gase in der Elektronikindustrie als Ätzgas und zur Kammerreinigung bei der Halbleiterproduktion; diese Anwendung ist derzeit von den Beschränkungen der EU-F-Gas Verordnung ausgenommen.

Speicherung in langlebigen Gütern

Ein Großteil der fluorierten Gase wird jedoch in langlebigen Gütern bzw. Anlagen eingesetzt. Sie treten im Laufe der Zeit entweder über Leckagen aus und/oder werden bei der Entsorgung emittiert. Dies betrifft den Einsatz als Kältemittel- bzw. Kühlmittel und als Treibmittel in Schaumstoffen sowie in anderen Bereichen, in denen die spezifischen Eigenschaften dieser Gase genutzt werden, wie z. B. in Schaltanlagen.

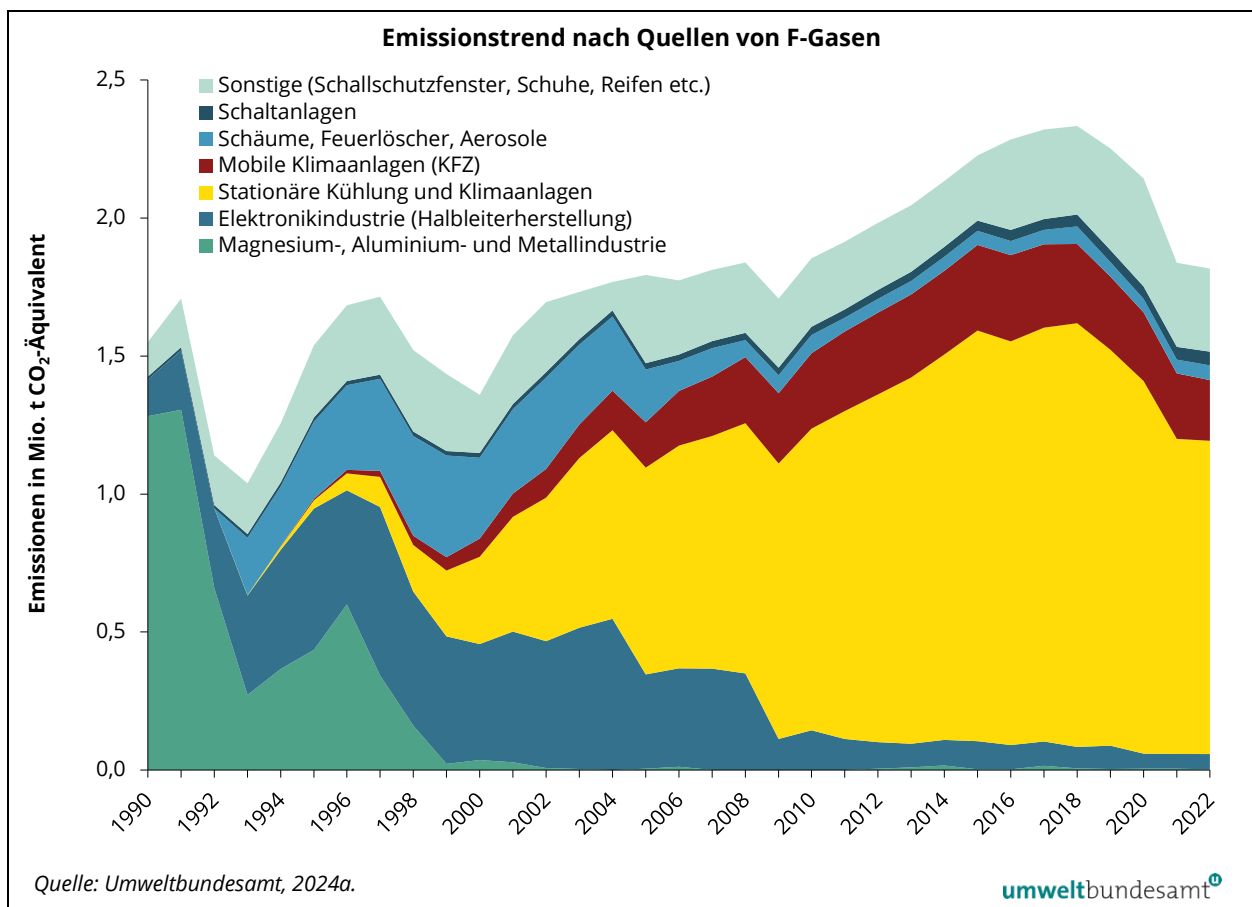
Praktisch in all diesen Bereichen wurden bereits legislative Maßnahmen gesetzt, jedoch zeigt sich der Effekt, was die Emissionen betrifft, aufgrund der Lebensdauer der betroffenen Anlagen bzw. Güter verzögert. Die Industriegasverordnung beispielsweise hat bereits seit 2005 diverse Einsätze, wie z. B. in Schallschutzfenstern, Schäumen, Feuerlöschern und technischen Aerosolen, verboten,

dennoch weist die Treibhausgas-Inventur weitere Emissionen aus diesen Bereichen aus:

Im Bereich der Schallschutzfenster wird bei der Berechnung der Emissionen von einer durchschnittlichen Lebensdauer der Fenster von 25 Jahren ausgegangen. SF₆ in Schallschutzfenstern wurde von 1980 bis 2003 eingesetzt. Das Gas wird durch Leckage aus dem Bestand emittiert, noch schlagender jedoch ist jener durch Glasbruch bei der Deponierung am Ende der Lebensdauer. Es ist daher noch bis 2028 mit Emissionen aus diesem Bestand bzw. insbesondere aus der Entsorgung zu rechnen, wobei der Höchstwert 2020 erreicht wurde (entsprechend dem Produktionsmaximum 25 Jahre davor).

Seit 2010 werden keine F-Gase mehr zum Schäumen von XPS- und PU-Platten eingesetzt. Die in der OLI ausgewiesenen Emissionen sind Ausgasungen von geschlossenzelligen Schaumstoffen, die eine sehr lange Lebensdauer aufweisen und deren Emissionen noch bis in die 2050er Jahre weitergehen werden. Die revidierte EU-F-Gas-VO 2024/573 sieht eine Zerstörung der Schäume am Ende der Lebensdauer vor, um zu verhindern, dass die darin noch enthaltenen F-Gase unkontrolliert emittiert werden.

Abbildung 103: Emissionstrend nach Quellen von F-Gasen, 1990–2022.



**voraussichtliche
Trendentwicklung**

Generell sind nun die Emissionen aller Sektoren bis auf die Stationäre Kälte und Schaltanlagen rückläufig, der unregelte Bereich der medizinischen Aerosole

und Elektronikindustrie bleibt weitgehend konstant. Dieser Trend wird sich in den nächsten Jahren weiter fortsetzen. Den Rahmen gibt hier die Verknappung der Gesamtmenge der in Europa auf dem Markt erhältlichen F-Gase gemäß den Vorgaben der EU-F-Gas-Verordnung 2024/573 vor: Die in der EU verfügbare Menge an HFKW soll bis 2030 auf 5 % der durchschnittlich 2009–2012 verwendeten Menge gesenkt werden (bezogen auf CO₂-Äquivalent, dadurch werden F-Gase mit geringem Treibhausgaspotenzial gefördert). Diese Reduktion ist deutlich stärker als in der alten Fassung der Verordnung, die einen Rückgang auf 21 % bis 2030 vorsah.

illegaler Import von Kältemitteln

Ein Problem, das sich durch die Verknappung an F-Gasen ergibt, ist der illegale Import von Kältemitteln. Dieser wurde für die Jahre 2018 und 2019 von den Kältemittelimporteuren nahezu einstimmig auf 20 % bei R134A (1,1,1,2-Tetrafluorethan) und auf 10 % bei R410A⁷⁶ geschätzt. Deshalb wurden diese Mengen der Gesamtmenge der auf den österreichischen Markt verbrachten Kältemittel zugerechnet. Für das Jahr 2020, dem ersten Pandemiejahr, wurde gemäß der Schätzung der Importeure nur der halbe Aufschlag gemacht; durch die Pandemie wurde der illegale Import einerseits erschwert, andererseits sank er durch die gesunkene Nachfrage aufgrund des allgemeinen Rückgangs der wirtschaftlichen Tätigkeit. Dieser Aufschlag wurde für 2021 und 2022 beibehalten, da der illegale Handel aufgrund des niedrigen Preisniveaus auch bis 2022 von geringerer Bedeutung als vor der Pandemie war.

3.7 Sektor LULUCF

Sektor LULUCF			
THG-Emissionen/Senken 2022 (Mio. t CO ₂ -Äquiv.)	Anteil an den nationalen THG-Emissionen exkl. LULUCF	Veränderung zum Vorjahr 2021	Veränderung seit 1990
-4,5	6,1 %	-59,6 %	-61,7 %

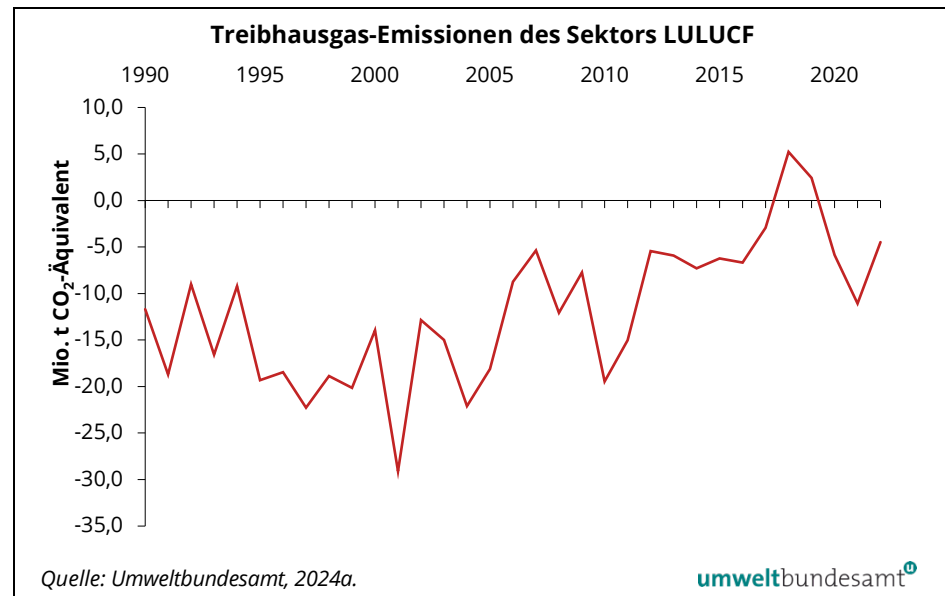
Ursachen für jährliche Schwankungen

Der Landnutzungssektor (LULUCF) ist für Österreich eine bedeutende Senke. Im Mittel betrug diese Netto-Senke von 1990 bis 2022 jährlich -11,8 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent. Seit 1990 schwankt das Ergebnis des LULUCF-Sektors jährlich zwischen 5,2 Mio. Tonnen und -29,1 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent und zeigt, wenn man die Regressions-Trendlinie betrachtet, eine Abnahme der Senke um -80 % im Zeitraum 1990 bis 2022, was vorwiegend auf eine Zunahme von Holznutzungen (teilweise kalamitätsbedingt) und eine Abnahme des Zuwachses im Wald zurückzuführen ist. Die jährlichen Schwankungen der Zeitreihe sind typisch für den LULUCF-Sektor und sind auf verschiedene Faktoren, wie z. B. un-

⁷⁶ je 50 % Difluormethan und Pentafluorethan

terschiedliche Witterungsbedingungen (z. B. Stürme oder Trockenheit), die Änderung von Landnutzungen und den damit verbundenen Kohlenstoffab- oder -aufbau, Schädlinge (z. B. Borkenkäfer) oder Änderungen der Nachfrage nach Rohstoffen, wie Holz, zurückzuführen. In den Jahren 2018 und 2019 ist der LULUCF-Sektor eine Netto-Emissionsquelle, was auf den Wald zurückzuführen ist, der aufgrund der trockenen Witterungsbedingungen einen geringeren Zuwachs und durch erhöhte Nutzung v. a. aufgrund von hohem Schadholzaufkommen zu einer Quelle wird.

Abbildung 104:
Treibhausgas-Senken
aus dem Sektor LULUCF,
1990–2022.



Neben CO₂-Emissionen und -Senken, die durch Änderungen der Kohlenstoffvorräte in Biomasse, Totholz, Boden und Holzprodukten verursacht werden, finden in Österreich auch CH₄-Emissionen durch Drainagierungen organischer Böden und Waldbrände sowie N₂O-Emissionen aus Böden und Waldbränden statt.

Wald und Holzprodukte größte Senken

Österreich ist ein sehr waldreiches Land, in dem die Waldfläche und der Biomassevorrat in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich zugenommen haben, mit einer Waldbedeckung von ca. 48 % der Gesamtfläche (BFW, 2022). Dadurch erklärt sich auch, dass die Kategorien Wald und Holzprodukte in der Vergangenheit hauptverantwortlich für die Senkenleistung waren. Im Wald stellt die Biomasse den größten Anteil an dieser Senke, weil in fast allen Jahren der jährliche Zuwachs größer war als der Abgang (durch Nutzung oder natürliche Faktoren). Die Kategorie der Holzprodukte stellt den in Schnittholz, Holzplatten und in Pappe und Papier gespeicherten Kohlenstoff aus in Österreich geerntetem und nachfolgend hier weiterverarbeitetem Holz dar. Schnittholz liefert hier den größten Beitrag zur Kohlenstoffsенке.

Die anderen Kategorien des LULUCF-Sektors sind vergleichsweise geringe Quellen von Emissionen, wobei die höchsten Emissionen aus Umwandlungen von Land in Siedlungsraum entstehen. Der Großteil dieser Emissionen stammt von den Verlusten von Bodenkohlenstoff, da im Siedlungsraum fast 52 % der Flächen versiegelt sind (ÖROK, 2023).

Tabelle 19: Hauptursachen der Emissionen und Senken des Sektors LULUCF (in Mio. t CO₂-Äquivalent)
(Quelle: Umweltbundesamt, 2024a).

Hauptverursacher	1990	2021	2022	Veränderung 2021–2022	Veränderung 1990–2022	Anteil an den nationalen THG-Emissionen 2022
Wald	-11,0	-11,4	-4,6	-60 %	-58 %	6 %
Wald bleibt Wald	-8,1	-10,0	-3,2	-68 %	-61 %	4 %
Landnutzungsänderung zu Wald	-2,9	-1,4	-1,4	-1 %	-52 %	2 %
Holzprodukte	-3,1	-1,9	-2,1	12 %	-32 %	3 %
Ackerland	0,2	0,3	0,3	13 %	73 %	0,5 %
Grünland	0,7	0,5	0,5	-0,3 %	-35 %	1 %
Feuchtgebiete	0,05	0,1	0,1	0,1 %	47 %	0 %
Siedlungsraum	1,0	0,8	0,8	-2 %	-18 %	1 %
Sonstiges Land	0,5	0,5	0,5	1 %	3 %	1 %
Gesamt	-11,7	-11,1	-4,5	-60 %	-62 %	6 %

Für den LULUCF-Sektor gibt es derzeit kein nationales Ziel gemäß KSG. Es gibt jedoch durch die LULUCF-Verordnung der EU (siehe Kapitel 1.4.3) verbindliche Ziele für Österreich. Für die aktuelle Anrechnungsperiode wird vorgeschrieben, dass die Summe aller anrechenbaren Senken und Emissionen in der Periode 2021–2025 nicht größer als Null ist (keine anrechenbare Netto-Emission). Die Anrechnung der tatsächlichen Emissionen bzw. Senken findet gegen historische Werte zwischen 2005 und 2009 (für bewirtschaftetes Ackerland, bewirtschaftetes Grünland) einen in die Anrechnungsperiode 2021 bis 2025 (für bewirtschafteten Wald) extrapolierten historischen business-as-usual-Wert aus den Jahren zwischen 2000 und 2009 oder in vollem Ausmaß der Emissionen bzw. Senken (für Entwaldung und Neubewaldung) statt. Das heißt, um Lastschriften aus diesen Sektoren zu vermeiden, muss jeweils die Senke höher oder die Emission geringer sein als diese Referenz- bzw. Basiswerte.

**LULUCF-Anrechnung:
vorläufiges Ergebnis**

Gemäß diesen Anrechnungsregeln ergibt sich für Österreich, basierend auf der aktuellen Treibhausgas-Inventur, als vorläufiges Ergebnis eine anrechenbare Senke von -4,8 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent für das Jahr 2021 und -0,7 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent für das Jahr 2022 (Tabelle 20). Dabei wurde berücksichtigt, dass die maximal anrechenbare Menge für den bewirtschafteten Wald gedeckelt ist, jedoch Netto-Senken aus Totholz und Holzprodukte (ohne Papier) davon ausgeschlossen sind (siehe Art. 8(2), EU VO 2018/841).

Es ist wichtig zu erwähnen, dass diese Werte nur vorläufig sind und das Endergebnis erst im Jahr 2027 vorliegen wird, wenn die erste Periode 2021–2025 abgerechnet wird und endgültige Eingangsdaten und Ergebnisse für die Jahre 2021–2025 vorliegen. Aufgrund methodischer Verbesserungen sowie zu erwartender Datenaktualisierungen und der technischen Korrektur des Referenzwertes für bewirtschafteten Wald ist zu erwarten, dass sich die in Tabelle 20 dargestellten Werte noch erheblich ändern werden.

Wie in Tabelle 20 erkennbar ist, unterscheidet sich aufgrund der bereits erwähnten Anrechnungsregeln das anrechenbare LULUCF Ergebnis (Zeile 14) stark vom in der Treibhausgas-Inventur berechneten LULUCF-Ergebnis (Zeile 1). In den Zeilen 2 bis 9 werden die Ergebnisse der einzelnen Anrechnungskategorien sowie die Ergebnisse abzüglich der Baselines/FRL dargestellt. Zeile 10 stellt das LULUCF-Ergebnis als Summe der prinzipiell anrechenbaren Emissionen bzw. Senken aus den Kategorien Bewirtschafteter Wald, Aufgeforstete und entwaldete Waldflächen, Bewirtschaftete Ackerflächen und Bewirtschaftetes Grünland dar. Jedoch gibt es zusätzliche Regelungen zu berücksichtigen. Zeile 11 zeigt etwa die maximal anrechenbare Senke (Deckelung) für den bewirtschafteten Wald. Die Zeilen 12 und 13 sind von der Deckelung ausgenommene Kohlenstoffpools. Das Ergebnis in Zeile 14 berücksichtigt die Deckelung und Ausnahmen für Totholz und Holzprodukte im Jahr 2021. Im Jahr 2022 wirkt die Deckelung aufgrund der geringeren Senke im bewirtschafteten Wald nicht und das Ergebnis der anrechenbaren Senke in Zeile 14 ist daher ident mit Zeile 10.

Tabelle 20: Vorläufiges Ergebnis der anrechenbaren LULUCF-Senken/Quellen für die Jahre 2021 und 2022 gemäß LULUCF-VO (EU) 2018/841.

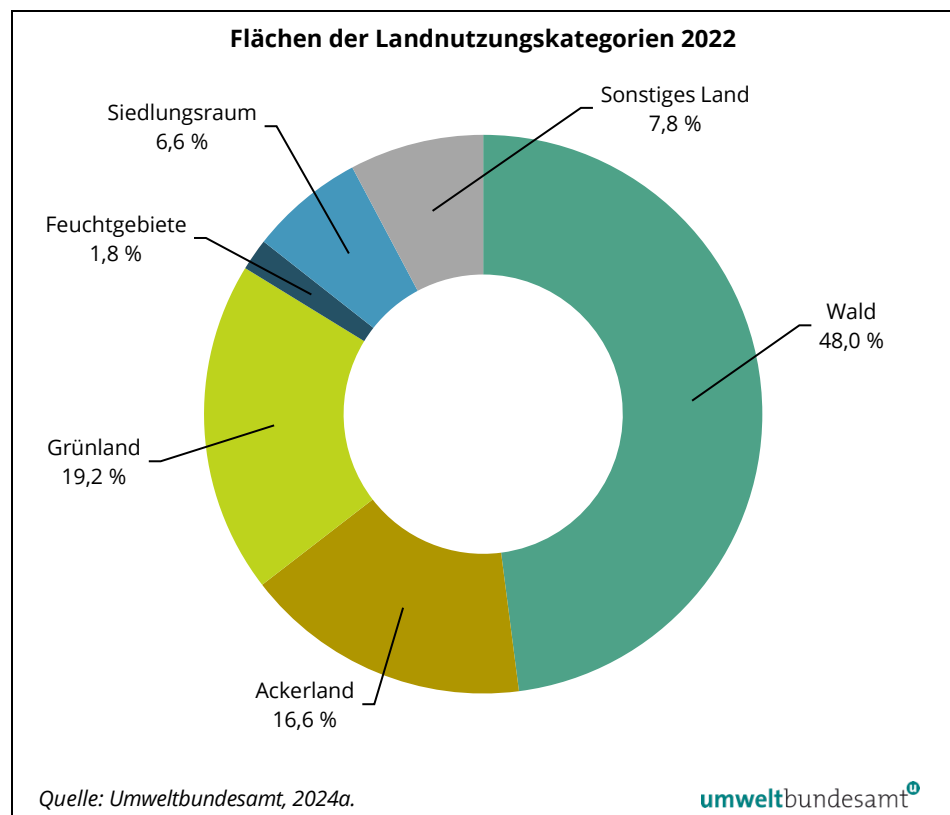
		Baseline / Forest Reference level (inkl. Holzprodukte)	2021	2022
Zeile	Kategorie	in Mio. t CO ₂ -Äquivalenten pro Jahr		
1	Gesamt-LULUCF lt. Treibhausgas-Inventur		-11,1	-4,5
Anrechenbare Senken/Quellen (vorläufiges Ergebnis)				
2	Neubewaldung	Keine Baseline/FRL, das Gesamtergebnis wird angerechnet	-1,4	-1,4
3	Entwaldung		1,3	1,3
4	Bewirtschaftete Ackerflächen		0,4	0,5
5	abzüglich Baseline	-0,009	0,4	0,5
6	Bewirtschaftetes Grünland		0,5	0,5
7	abzüglich Baseline	0,8	-0,3	-0,3
8	Bewirtschafteter Wald inkl. Holzprodukte		-11,8	-5,3
9	abzüglich FRL	-4,5	-7,3	-0,7
10	Gesamt-LULUCF ohne Berücksichtigung der Regelungen gem. Art. 8(2) der LULUCF-VO (EU) 2018/841		-7,3	-0,7
11	Deckelung für bewirtschafteten Wald (inkl. Holzprodukte)		-2,8	-2,8
12	Netto-Senke Totholz		-0,3	-0,3
13	Netto-Senke Holzprodukte (ohne Papier)		-1,7	-1,9
14	Gesamt LULUCF mit Berücksichtigung der Regelungen gem. Art. 8(2) der LULUCF-VO (EU) 2018/841		-4,8	-0,7

Im Rahmen des „Fit for 55“-Programms wurde 2023 außerdem ein neues LULUCF-Ziel inklusive Zielpfad für die Periode 2026 bis 2030 für Österreich und die anderen EU-Staaten beschlossen (siehe Kapitel 1.4.3).

3.7.1 Landnutzung in Österreich

Österreich ist fast zur Hälfte mit Wald bedeckt, die flächenmäßig zweitgrößten Landnutzungskategorien sind Grünland mit 19 % und Ackerland mit 17 % Anteil an der Gesamtfläche Österreichs. Die Kategorie Sonstiges Land bildet die viertgrößte Kategorie, ist aber für die Treibhausgas-Bilanz eher weniger relevant. Dabei handelt es sich um eine Residualkategorie für Flächen, die zum einen nicht landwirtschaftlich bewirtschaftete alpine Vegetationsgesellschaften, Fels- und Geröllflächen bzw. Gletscher sind und zum anderen nicht den anderen fünf Kategorien zuordenbar sind. Der Siedlungsraum macht rund 7 % der Gesamtfläche Österreichs aus, ist aber aufgrund der starken Zunahme in der Vergangenheit eine für die Treibhausgas-Bilanz wichtige Kategorie. Unter die Kategorie Feuchtgebiete fallen in der Treibhausgas-Bilanz auch Moore sowie fließende und stehende Gewässer. Es sei angemerkt, dass drainagierte organische Böden unter land- und forstwirtschaftlicher Nutzung diesen jeweiligen Landnutzungskategorien zugeordnet sind.

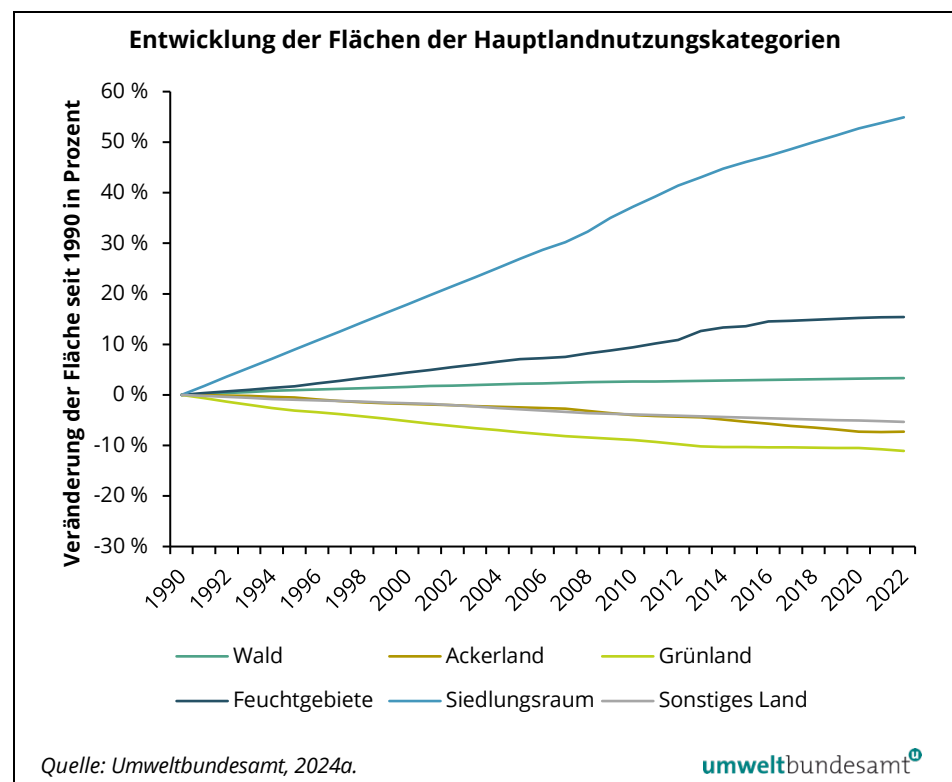
Abbildung 105:
Anteil der Flächen der
Landnutzungskategorien
im Jahr 2022.



Seit den 1990er Jahren haben v. a. der Siedlungsraum, Feuchtgebiete und Wald relativ gesehen stark zugenommen, während es bei Ackerland und Grünland zu

Abnahmen gekommen ist (Abbildung 106). In absoluten Zahlen ist die Zunahme von Siedlungsraum (+1.972 km²) und Wald (+1.293 km²) seit 1990 am stärksten. Hingegen sind die stärksten Flächenabnahmen im Grünland (-2010 km²) und Ackerland (-1095 km²) zu verzeichnen, was hauptsächlich auf Landnutzungsänderungen zu Siedlungsraum und Wald zurückzuführen ist. Auch die Feuchtgebiete haben flächenmäßig zugenommen (+206 km²), was vorwiegend durch die Konstruktion von künstlichen Gewässern, wie z. B. Speicherseen, bedingt ist. Die Zeitreihe für Sonstiges Land wird in der Treibhausgas-Bilanz oft verwendet und neu berechnet, um statistische Inkonsistenzen zwischen den Datenquellen zu bereinigen. Es lassen sich daher keine direkten Rückschlüsse auf etwaige Trends ziehen.

Abbildung 106:
Entwicklung der Flächen
der Hauptlandnutzungs-
kategorien in Österreich
seit 1990.



3.7.2 Wald

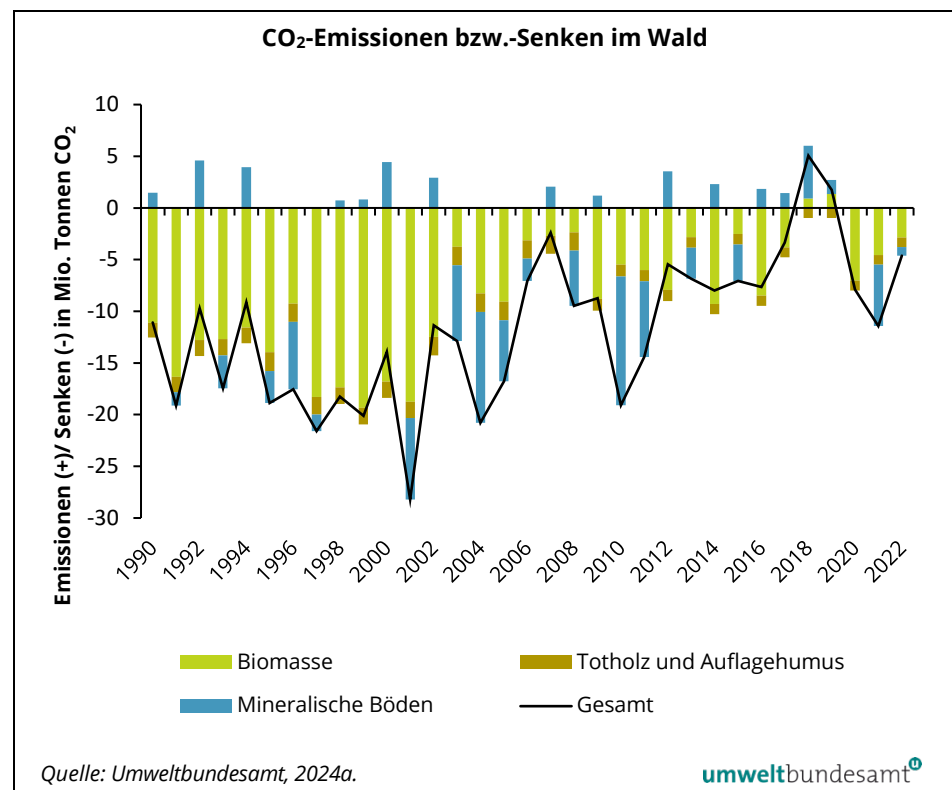
Die Kategorie Wald, wie im Folgenden beschrieben, beinhaltet sowohl den bestehenden Wald (ohne Landnutzungsänderung in den vergangenen 20 Jahren) sowie Landnutzungswechsel zu Wald in den vergangenen 20 Jahren. Wie bereits erwähnt ist der Wald die wichtigste Kohlenstoffsenke in Österreich, wobei die Nettozunahme der Biomasse den Hauptanteil trägt. Abbildung 107 veranschaulicht die zeitliche Entwicklung der jährlichen Kohlenstoffänderungen, ausgedrückt als Emissionen bzw. Senken, im Wald. Es ist wichtig zu erwähnen, dass hier nicht die Kohlenstoffvorräte, sondern die Emissionen oder Senken, die durch eine Zu- oder Abnahme der Kohlenstoffvorräte entstehen, ausschlaggebend sind.

Wald zumeist als Senke

Der langjährige Trend im Wald zeigt einen leichten Rückgang der Senkenleistung, da die jährliche Biomassenutzung in den vergangenen Jahrzehnten angestiegen ist, während der Biomassezuwachs einen leicht abnehmenden Trend verzeichnet. Die Ergebnisse aus der aktuellen Waldinventur (ÖWI 2016/2021) zeigen, dass die mittlere jährliche Nutzung von 25,9 Mio. Vorratsfestmetern (Vfm) gemäß ÖWI 2007/09 auf 26,0 Mio. Vfm leicht angestiegen ist. Der mittlere jährliche Zuwachs nahm zwischen den beiden Erhebungen von 30,4 Mio. Vfm auf 29,2 Mio. Vfm leicht ab (BFW, 2022). Die jährlichen Werte von Zuwachs und Nutzung schwanken jedoch stark und führen dazu, dass auch das Ergebnis der Kategorie Wald starke jährliche Schwankungen zeigt. In den Jahren 2018 und 2019 stellte der Wald eine Quelle von Treibhausgasen dar, was auf eine erhöhte Holznutzung, die zum Teil durch Kalamitäten (Waldschäden) verursacht wurde, geringe Zuwächse aufgrund von Trockenheit und Emissionen aus dem Boden zurückzuführen ist.

Im Kohlenstoffpool Totholz wird jährlich mehr Kohlenstoff auf- als abgebaut, wobei laut den Ergebnissen der ÖWI (2016/2021) auch im Totholz eine leichte Abnahme der Netto-Senke seit der letzten ÖWI-Erhebung erkennbar ist. Für den bleibenden Wald wird die Kohlenstoffänderung im Boden inklusive Auflagehumus modelliert. Die Modellierungsergebnisse zeigen eine große jährliche Variabilität in den Emissionen bzw. Senken im Waldboden, wobei dort im langjährigen Mittel ein leichter Kohlenstoffaufbau stattfindet. Die Ergebnisse sind jedoch mit einer großen Unsicherheit behaftet. Bei Landnutzungsänderungen zu Wald findet in Waldboden und Auflagehumus ein Kohlenstoffaufbau statt.

Abbildung 107:
Jährliche CO₂-
Emissionen bzw. -Senken
im Wald je Kohlenstoff-
pool, 1990–2022.

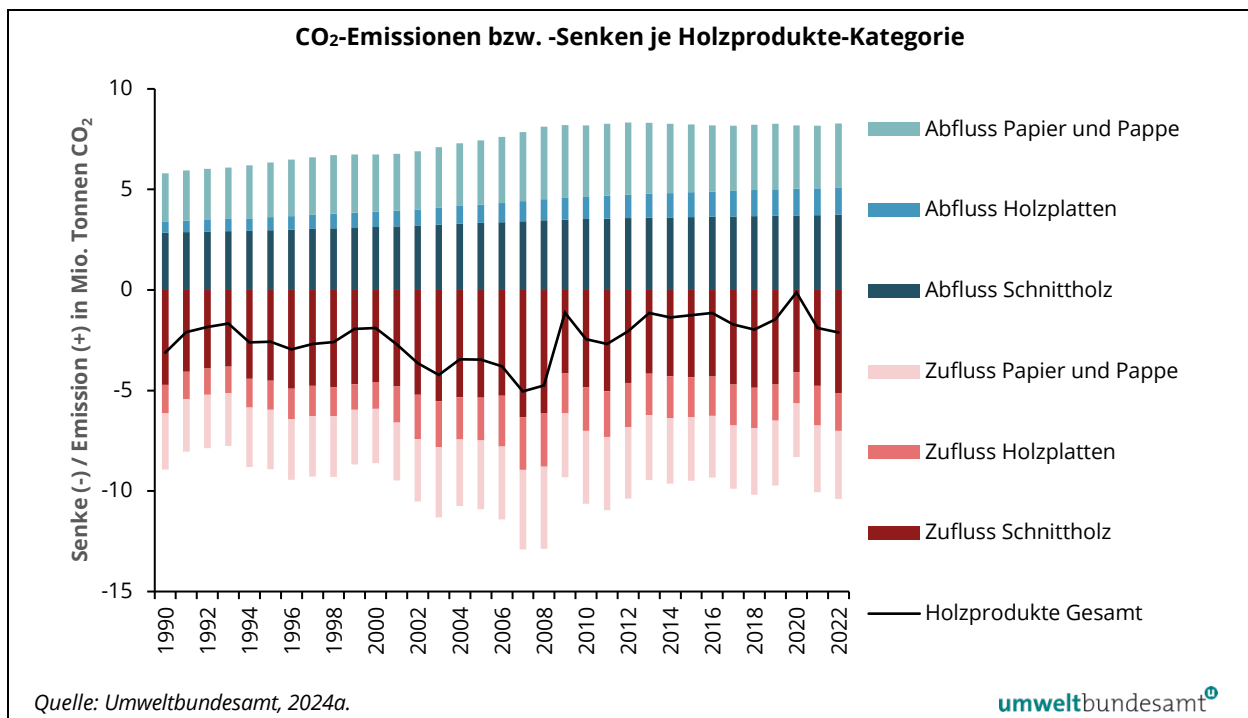


3.7.3 Holzprodukte

Holzprodukte als Kohlenstoffspeicher

Die Kategorie Holzprodukte ist die zweitgrößte Senke in Österreich und beinhaltet in Österreich hergestellte Holzprodukte auf Basis des Einschlags im österreichischen Wald. Es werden die drei Produktkategorien Schnittholz, Holzplatten und Papier/Pappe unterschieden, für welche verschiedene Nutzungsdauern angenommen werden. Es wird angenommen, dass der in Holzprodukten gespeicherte Kohlenstoff am Ende der Nutzungsdauer wieder an die Atmosphäre abgegeben wird. Daher wird er am Ende der Nutzungsdauer als Emission bilanziert (in Abbildung 108 als Abfluss dargestellt). Die Kategorie Holzprodukte ist über den gesamten Zeitraum seit 1990 eine Netto-Senke von durchschnittlich -2,4 Mio. Tonnen CO₂ pro Jahr, d. h. der Zufluss an neuen Holzprodukten ist höher als der Abfluss von Holzprodukten am Ende der Nutzungsdauer. Den größten Anteil an der Senke liefert dabei das Schnittholz. In den Jahren 2008/2009 kam es aufgrund der Finanzkrise zu einem wirtschaftlichen Abschwung, der sich auch auf die Herstellung von Holzprodukten ausgewirkt und im Jahr 2009 zu einer starken Verringerung der Senke geführt hat. Die niedrigste Senke wurde allerdings im Jahr 2020 verzeichnet (-0,12 Mio. Tonnen CO₂). Gründe dafür sind zum einen eine kurzfristig verringerte Nachfrage nach Schnittholzexporten zu Beginn der Pandemie, hauptsächlich war jedoch eine verringerte Produktion aus heimischem Einschlag aufgrund von gesunkenen Sägerundholzpreisen verantwortlich, welche durch ein hohes Aufkommen an Schadholz in Zentraleuropa verursacht wurde. Im Jahr 2022 belief sich die Senkenleistung wiederum auf -2,1 Mio. Tonnen CO₂.

Abbildung 108: CO₂-Emissionen bzw. -Senken je Holzprodukte-Kategorie, 1990–2022.



3.7.4 Ackerland, Grünland und Siedlungsraum

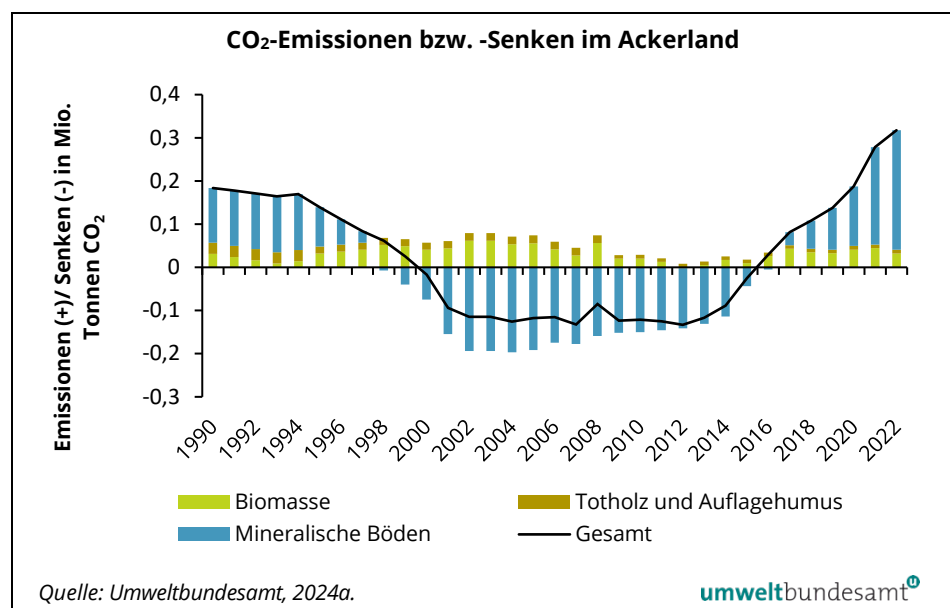
Die Kategorien Ackerland, Grünland und Siedlungsraum spielen von der Größenordnung im gesamten LULUCF-Sektor eine geringere Rolle als Wald und Holzprodukte, sie sind jedoch aktuell alle drei Netto-Emissionsquellen und somit sehr wohl relevant für die Erreichung der Klimaneutralität.

Aufbau von Bodenkohlenstoff

Wie in Abbildung 109 ersichtlich, ist die Kategorie Ackerland zwischen den Jahren 2000 und 2015 eine Netto-Senke, was durch den Aufbau von Kohlenstoff im Boden in Ackerland ohne Landnutzungsänderungen stattgefunden hat. Dieser Effekt ist durch die klimaschutzbezogenen Maßnahmen für Landwirtschaft im Agrar-Umweltprogramm ÖPUL entstanden. Die zugrundeliegenden Daten zeigen, dass es mit dem Einsetzen des ÖPUL-Programmes 1995 zu einem starken Anstieg solcher klimaschutzbezogenen Maßnahmen kam und diese daher in den folgenden 20 Jahren zum Kohlenstoffaufbau im Ackerboden und zu einer Reduktion der Netto-Emissionen (im Boden etwa durch Landnutzungswechsel von Grünland zu Ackerland) bis hin zu leichten Senken geführt haben. Ab dem Jahr 2017 steigen die Netto-Emissionen aus dem Boden stärker an, was einerseits auf die IPCC-Berechnungsmethodik zurückzuführen ist, nach welcher durch Maßnahmen induzierte Kohlenstoffänderungen im Boden für 20 Jahre bilanziert werden. Anschließend wird bei gleichbleibender Bewirtschaftung ein Gleichgewicht des Bodenkohlenstoffs und daher kein weiterer Aufbau angenommen. Damit werden dann andererseits die Emissionen durch Landnutzungswechsel zu Ackerland wiederum stärker für das Bilanzergebnis bestimmend.

Die Kohlenstoffänderungen in Biomasse und Totholz bzw. Auflagehumus im Ackerland stammen hauptsächlich aus Landnutzungsänderungen, bei denen der ursprüngliche Kohlenstoff durch die Landnutzungsänderung zu Ackerland verloren geht.

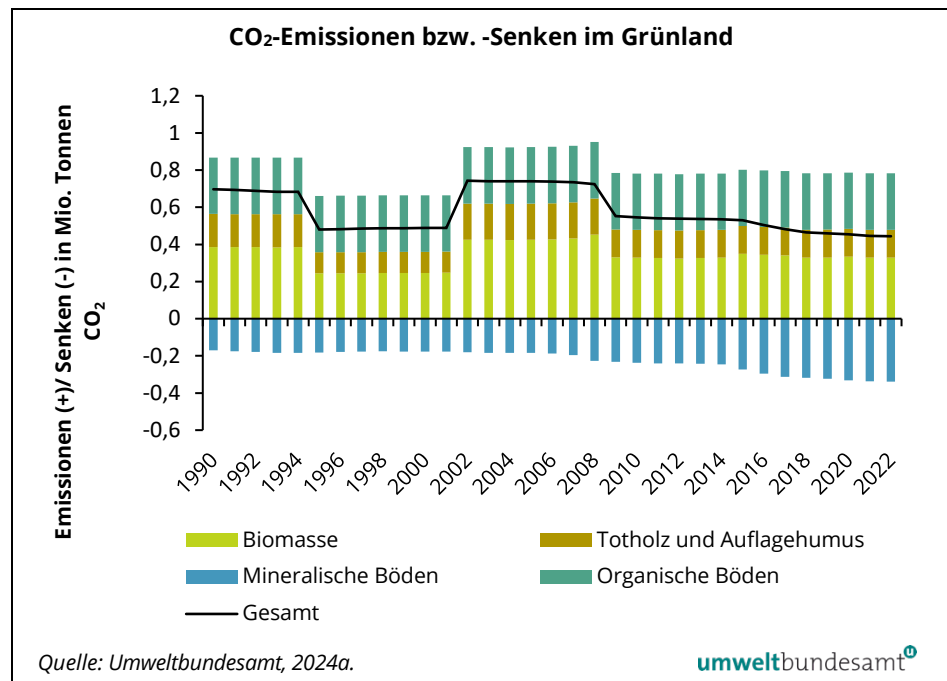
Abbildung 109:
Jährliche CO₂-
Emissionen bzw. -Senken
im Ackerland je Kohlen-
stoffpool, 1990–2022.



Emissionsquelle drainagierte Böden

Grünland ist über die gesamte Zeitreihe eine Netto-Emissionsquelle. Die stufenartige Zeitreihe ergibt sich aus den periodischen Erhebungen der Waldinventur, welche auch Landnutzungsänderungen, in dem Fall von Wald zu Grünland, erhebt. Die meisten Emissionen im Grünland (CO₂, CH₄ und N₂O) werden einerseits von drainagierten bewirtschafteten organischen Böden und andererseits durch Landnutzungsänderungen von Wald zu Grünland durch den Verlust von Waldbiomasse und Auflagehumus verursacht. Allerdings finden in höherem Ausmaß auch Landnutzungsänderungen von Grünland zu Wald statt, die im Sektor Wald berichtet werden und dort eine Senke darstellen. Die Emissionen von organischen Böden sind über die gesamte Zeitreihe als konstant angenommen und aufgrund mangelnder Daten sehr unsicher. Im Zuge eines aktuell laufenden Projekts werden die Datengrundlagen und Methoden verbessert und 2025 veröffentlicht werden.

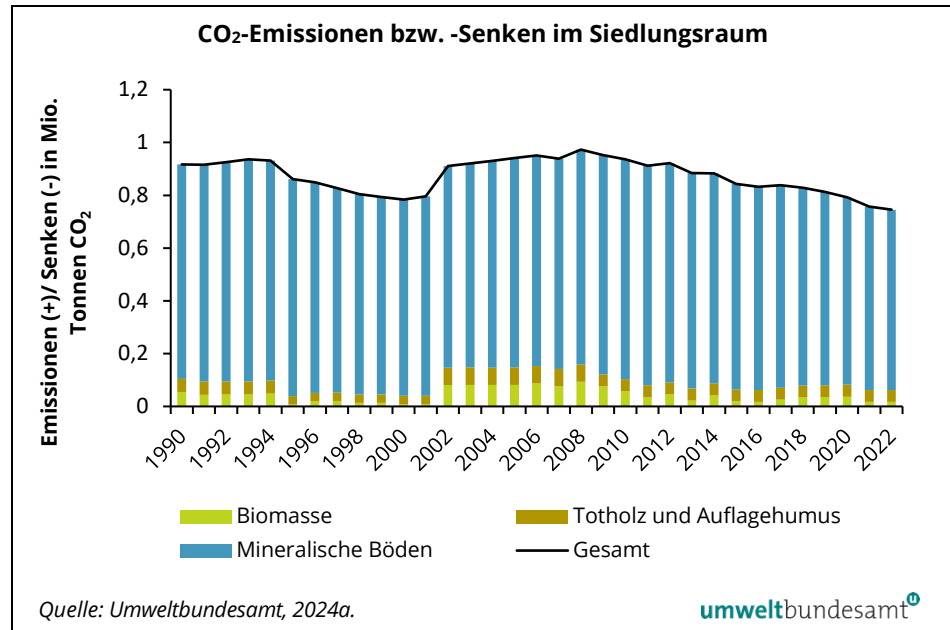
Abbildung 110:
Jährliche CO₂-
Emissionen bzw. -Senken
im Grünland je Kohlen-
stoffpool, 1990–2022.



Siedlungsraum als Emissionsquelle

Der Siedlungsraum stellt über den gesamten Zeitraum eine Emissionsquelle dar, wobei der größte Anteil aus Kohlenstoffverlusten der Böden stammt. Bei der Umwandlung in Siedlungsraum wird ein Anteil von ca. 52 % der Böden versiegelt, wodurch der im Boden gespeicherte Kohlenstoff verloren geht. Ebenso geht die ursprüngliche Biomasse bei der Umwandlung zu Siedlungsraum verloren. Da sich im Siedlungsraum aber auch Vegetation befindet, wird bei der Umwandlung auch ein Zuwachs von Biomasse berechnet. Im Rahmen eines Projekts wurde die Methode für die Berechnung der Biomasse im Siedlungsraum verbessert (mehr Details in Umweltbundesamt, 2024a). Die durchschnittlichen Biomassevorräte im Siedlungsraum sind nun geringer als zuvor angenommen und die jährlichen Zuwächse können die Verluste von Biomasse bei einer Umwandlung zu Siedlungsraum nicht kompensieren. Daher ist der Biomasse-Pool über den gesamten Zeitraum eine geringe Quelle.

Abbildung 111:
CO₂-Emissionen bzw.
-Senken im Siedlungs-
raum je Kohlenstoffpool,
1990–2022.



LITERATURVERZEICHNIS

- ABEL, G.J., M. BROTTTRAGER, M., J.C. CUARESMA und R. MATTARAK, 2019. Climate, conflict and forced migration. Elsevier, Global Environmental Change, Volume 54.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378018301596>
- ABRELL, J., B. SÜHEYB, U. BLESL, U. FAHL, F. KATTELMANN, L. KITTEL, M. KOSCH, G. LUDERER, D. MARMULLAKU, M. PAHLE, R.C. PIETZCKER, R. RODRIGUES, und J. SIEGLE, 2022. Optimale Zuteilung des CO₂-Budgets der EU: Eine Multi-Modell-Bewertung, 23.
- APCC – Austrian Panel on Climate Change, 2014. Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014. Wien. http://hw.oeaw.ac.at/APCC_AAR2014.pdf
- APCC – Austrian Panel on Climate Change, 2023. Zusammenfassung für Entscheidungstragende, in APCC Special Report: Strukturen für ein klimafreundliches Leben. In C. Görg, V. Madner, A. Muhar, A. Novy, A. Posch, K. Steininger und E. Aigner (Eds.), APCC Special Report: Strukturen für ein klimafreundliches Leben (1. ed.). Springer-Verlag, Wien.
- AUER, I., R. BÖHM, A. JURKOVIC, W. LIPA, A. ORLIK, R. POTZMANN, W. SCHÖNER, M. UNGERSBÖCK, C. MATULLA, K. BRIFFA, P.D. JONES, D. EFTHYMIADIS, M. BRUNETTI, T. NANNI, M. MAUGERI, L. MERCALLI, O. MESTRE, J.M. MOISSELIN, M. BEGERT, G. MÜLLER-WESTERMEIER, V. KVETON, O. BOCHNICEK, P. STASTNY, M. LAPIN, S. SZALAI, T. SZENTIMREY, T. CEGNAR, M. DOLINAR, M. GAJIC-CAPKA, K. ZANINOVIC, Z. MAJSTOROVIC und E. NIEPLOVA, 2007. HISTALP – historical instrumental climatological surface time series of the greater Alpine region 1760–2003. International Journal of Climatology 27, 17–46; doi: 10.1002/joc.1377. <http://www.zamg.ac.at/histalp/>
- BACHNER, G. und B. BEDNAR-FRIEDL, 2019. The effects of climate change impacts on public budgets and implications of fiscal counterbalancing instruments. Environmental Modeling & Assessment 24:121–142.
<https://doi.org/10.1007/s10666-018-9617-3>.
- BEV – Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, 2023. Energiebericht 2022. Geschäftszahl: 2023-0.837.273. Wien.
- BFW – Bundesforschungszentrum für Wald, 2022. Waldinventurergebnisse der Perioden 1992/96, 2000/02, 2007/09, 2016/2022. Federal Office and Research Centre for Forests, Wien. <http://bfw.ac.at/rz/wi.home>
- BMF – Bundesministerium für Finanzen, 2022. Langfristige Budgetprognose 2022. Bericht der Bundesregierung gemäß § 15 Abs. 2 BHG 2013.
https://www.bmf.gv.at/dam/jcr:195757e3-ed8a-41d7-90dc-541db37a8c5e/Langfristige_Budgetprognose_2022.pdf

- BMGF – Bundesministerium für Gesundheit und Frauen, 2017. Österreichischer Ernährungsbericht 2017. Department für Ernährungswissenschaften der Universität Wien im Auftrag von Bundesministerium für Gesundheit und Frauen.
<https://broschuerenservice.sozialministerium.at/Home/Download?publicationId=528>
- BMK – Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2020a. Schneider, H.W., G. Pöchlhammer-Tröschler, D. Demiroglu, P. Luptáček und K. Wagner. Österreichische Umwelttechnik-Wirtschaft: Export, Innovationen, Startups und Förderungen – Aktuelle Entwicklungen inkl. Corona-Krisenbetrachtung. Nachhaltig Wirtschaften, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 41/2020.
https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/nw_pdf/schriftenreihe/41-2020_Umwelttechnik-Erhebung2020_web-bf.pdf
- BMK – Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2020b. Ressourcennutzung in Österreich 2020, Band 3. Wien.
https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/nachhaltigkeit/ressourceneffizienz/publikationen/bericht2020.html
- BMK – Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2021. Strategie zur Vermeidung von Lebensmittelabfällen. Gemeinsam für ein Ziel. Wien.
https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/abfallvermeidung/publikationen/strategie-vermeidung.html
- BMK – Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2022a. Österreich auf dem Weg zu einer nachhaltigen und zirkulären Gesellschaft. Die österreichische Kreislaufwirtschaftsstrategie. Wien.
https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/Kreislaufwirtschaft/strategie.html
- BMK – Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2023b. Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2023, Teil 1. Wien.
https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/aws/bundes_awp/bawp2023.html
- BMK – Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2023c. Maßnahmen im Gebäudesektor 2009 bis 2022. Bericht des Bundes und der Länder nach Artikel 16 der Vereinbarung gemäß Artikel 15a B-VG über Maßnahmen im Gebäudesektor zum Zweck der Reduktion des Ausstoßes von Treibhausgasen (BGBl. II Nr. 213/2017). Wien, 2023. Stand: 31. Januar 2024.
<https://www.bmk.gv.at/themen/energie/publikationen/treibhausgasreduktion-wohnbau.html>

- BMK – Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2023d. Umweltinvestitionen des Bundes – Klima- und Umweltschutzmaßnahmen 2022. Wien, 2023.
https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/klimaschutz/ufi/publikationen/umweltinvestitionen.html
- BMK – Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2023e. Integrierter nationaler Energie- und Klimaplan für Österreich. Periode 2021–2030. Entwurf zur öffentlichen Konsultation. Wien, 2023.
https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/klimaschutz/nat_klimapolitik/energie_klimaplan.html
- BMK – Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2024a. Erneuerbare Kraftstoffe und Energieträger im Verkehrssektor in Österreich 2023. Wien 2024.
<https://www.bmk.gv.at/themen/energie/energieversorgung/biomasse/alternative-kraftstoffe/biokraftstoffbericht.html>
- BMK – Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2024b. Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich. Statusbericht 2024 für das Referenzjahr 2022. Wien.
https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:7119f610-1180-4337-8837-f5c45e73b4b5/BAWP_Statusbericht_2024.pdf
- BMK – Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2024c. Schodl, B. Statusbericht zu den CO₂-Emissionen neu zugelassener Pkw in Österreich im Jahr 2022. Wien 2024.
https://www.bmk.gv.at/themen/mobilitaet/co2_monitoring/pkw.html
- BMK – Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2024d. Schodl, B. Statusbericht zu den CO₂-Emissionen neu zugelassener leichter Nutzfahrzeuge in Österreich im Jahr 2022. Im Auftrag des BMK, Wien 2024.
https://www.bmk.gv.at/themen/mobilitaet/co2_monitoring/lnf.html
- BML – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, 2022. Grüner Bericht 2022. Die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft. Wien. <https://gruenerbericht.at>
- BML – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, 2023a. Grüner Bericht 2023. Die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft. Wien. <https://gruenerbericht.at>
- BML – Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, 2023b. Kommunales Abwasser. Lagebericht 2023. Wien.
- BMNT – Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019a. Integrierter nationaler Energie- und Klimaplan für Österreich, Wien.
https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/klimaschutz/nat_klimapolitik/energie_klimaplan.html

- BMNT – Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019b. Langfriststrategie 2050 – Österreich. Periode bis 2050. Wien.
https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/klimaschutz/aktives-handeln/lts2050.html
- BMNT und BMVIT – Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus und Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2018.
 #mission2030, Die österreichische Klima- und Energiestrategie. Juni 2018.
- BMSGPK – Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz, 2021. Soziale Folgen des Klimawandels in Österreich. Wien.
- BMWFW – Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, 2014.
 NEEAP 2014. Erster Nationaler Energieeffizienzaktionsplan der Republik Österreich 2014 gemäß Energieeffizienzrichtlinie 2012/27/EU.
- BMWFW – Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, 2017.
 NEEAP 2017. Zweiter Nationaler Energieeffizienzaktionsplan der Republik Österreich 2017 gemäß Energieeffizienzrichtlinie 2012/27/EU.
- CAMBRIDGE ECONOMETRICS, 2021. Exploring the trade-offs in different paths to reduce transport and heating emissions in Europe.
- CCCA – Climate Change Center Austria, 2018. Giljum, S.: Factsheet konsumbasierte Treibhausgasemissionen. CCCA Factsheet #21. Jänner 2018.
https://www.ccca.ac.at/fileadmin/00_DokumenteHauptmenue/02_Klimawissen/FactSheets/21_konsumbasierte_Treibhausgasemissionen.pdf
- CCCA – Climate Change Center Austria, 2023. Stangl M., H. Formayer, J. Hiebl, A. Orlik, D. Hinger, C. Bauer, P. Wilfinger, A. Wolf: Klimastatusbericht Österreich 2022, Wien.
https://ccca.ac.at/fileadmin/00_DokumenteHauptmenue/02_Klimawissen/Klimastatusbericht/KSB_2022/Klimastatusbericht_2022_OE.pdf
- CHIMANI, B., G. HEINRICH, M. HOFSTÄTTER, M. KERSCHBAUMER, S. KIENBERGER, A. LEUPRECHT, A. LEXER, S. PEßENTEINER, M.S. POETSCH, M. SALZMANN, R. SPIEKERMANN, M. SWITANEK und H. TRUHETZ, 2016. ÖKS15 – Klimaszenarien für Österreich. Daten, Methoden und Klimaanalyse. Projektendbericht, Wien.
https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/klimaschutz/anpassungsstrategie/publikationen/oeks15.html
- CRIPPA, M., D. GUIZZARDI, F. PAGANI, M. BANJA, M. MUNTEAN, E. SCHAAF, W. BECKER, F. MONFORTI-FERRARIO, R. QUADRELLI, A. RISQUEZ MARTIN, P. TAGHAVI-MOHARAMLI, J. KÖYKKÄ, G. GRASSI, S. ROSSI, J. BRANDAO DE MELO, D. OOM, A. BRANCO, J. SAN-MIGUEL und E. VIGNATI, 2023. GHG emissions of all world countries, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, doi:10.2760/953322, JRC134504.
- DIE NEUE VOLKSPARTEI und DIE GRÜNEN – DIE GRÜNE ALTERNATIVE, 2020. Aus Verantwortung für Österreich. Regierungsprogramm 2020–2024.

DOLNA-GRUBER, C., 2024.

https://twitter.com/chri_gru/status/1771091628750434375, Berechnung auf Basis von Statistik Austria, 2024. Außenhandelsstatistik – Wert der Einfuhren in Euro, <https://www.statistik.at/statistiken/internationaler-handel/internationaler-warenhandel/importe-und-exporte-von-guetern>

EASA, 2022. European Aviation Environmental Report 2022, European Union Aviation Safety Agency 2022. <https://www.easa.europa.eu/en/newsroom-and-events/press-releases/european-aviation-environmental-report-2022-sustainability>.

E-CONTROL, 2023a. Betriebsstatistik 2022. Mai 2023.

<https://www.e-control.at/statistik/e-statistik/archiv/betriebsstatistik/2022>

E-CONTROL, 2023b. Betriebsstatistik 2023. Dezember 2023.

<https://www.e-control.at/statistik/e-statistik/archiv/betriebsstatistik/2023>

EEA – European Environment Agency, 2014. Why did greenhouse gas emissions decrease in the EU between 1990 and 2012? 24.04.2018.

<https://www.eea.europa.eu/publications/why-are-greenhouse-gases-decreasing>

EEA – European Environment Agency, 2023. Trends and projections in Europe 2023. 24.10.2023.

<https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-projections-in-europe-2023>

EEA – European Environment Agency, 2024a. EU Emissions Trading System (ETS) data viewer. 29.3.2024

<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/emissions-trading-viewer-1>

EEA – European Environment Agency, 2024b. EU-Greenhouse gas emissions. Submission to the European Commission, March 2024.

EK – Europäische Kommission, 2020a. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Ein neuer Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft – Für ein sauberes und wettbewerbsfähiges Europa. COM(2020) 98 final. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0016.02/DOC_1&format=PDF

EK – Europäische Kommission, 2020b. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen „Vom Hof auf den Tisch“ – eine Strategie für ein faires, gesundes und umweltfreundliches Lebensmittelsystem. A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system. COM(2020) 381 final.

- EK – EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2021. Commission Staff Working Document Impact Assessment Report Accompanying The Document Directive Of The European Parliament And Of The Council Amending Directive 2003/87/EC establishing a system for greenhouse gas emission allowance trading within the Union, Decision (EU) 2015/1814 concerning the establishment and operation of a market stability reserve for the Union greenhouse gas emission trading scheme and Regulation (EU) 2015/757; PART 2/4. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:7b89687a-eec6-11eb-a71c-01aa75ed71a1.0001.01/DOC_2&format=PDF
- EK – Europäische Kommission, 2023. Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council amending Regulation (EU) 2019/631 as regards strengthening the CO₂ emission performance standards for new passenger cars and new light commercial vehicles in line with the Union's increased climate ambition. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-66-2022-INIT/en/pdf>
- EUROCONTROL, 2023. Forecast Update 2024–2030; 26.02.2024. <https://www.eurocontrol.int/publication/eurocontrol-forecast-2024-2030>.
- EUROSTAT – Eurostat Statistics, 2009. The environmental goods and services sector: A data collection handbook. Eurostat Methodologies and Working Papers. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- EUROSTAT – Eurostat Statistics, 2024a. Growth and jobs in the environmental economy [nama_10_a10_e], [nama_10_gdp], [env_ac_egss1] und [env_ac_egss2]. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/information-data/growth-jobs-environmental-economy>, 22.03.2024.
- EUROSTAT – Eurostat Statistics, 2024b. Circular material use rate [ENV_AC_CUR], https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_AC_CUR/default/table?lang=en, 22.03.2024.
- EUROSTAT – Eurostat Statistics, 2024c. Consumption footprint [CEI_GSR010], unit planetary boundary, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/CEI_GSR010/default/table?lang=en, 22.03.2024.
- EUROSTAT – Eurostat Statistics, 2024e. Population on 1 January by age and sex [DEMO_PJAN]. 29.03.2024.
- EUROSTAT – Eurostat Statistics, 2024f. GDP and main components (output, expenditure and income) [nama_10_gdp]. 29.03.2024.
- EUROSTAT – Eurostat Statistics, 2024g: Food waste and food waste prevention – estimates. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Food_waste_and_food_waste_prevention_-_estimates&stable=0&redirect=no. 19.03.2024.
- FAO, 2011. The State of Food and Agriculture 2010–2011. In: Umweltbundesamt, 2013.

- FAO, 2022. FRA 2020 Remote Sensing Survey. FAO Forestry Paper No. 186. Rome.
<https://doi.org/10.4060/cb9970en>.
- FESENFELD, L.P., L.M. PÖRTNER, B.L. BODIRSKY, M. SPRINGMANN, P. VON PHILIPSBORN, F. GAUPP, D. MÜLLER, J. SETTELE, S. GABRYSCH, F. FREUND, L. MATTAUCH, F. CREUTZIG und H. LOTZE-CAMPEN, 2022.
 Policy Brief: Für Ernährungssicherheit und eine lebenswerte Zukunft – Pflanzenbasierte Ernährungsweisen fördern, Produktion und Verbrauch tierischer Lebensmittel reduzieren. CERN, Genève, 15 S.
- FGW – Fachverband der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen, 2023.
 Gas und Fernwärme in Österreich – Zahlenspiegel 2023.
https://www.gaswaerme.at/media/medialibrary/2023/08/zasp23_2023-08-14.pdf
- FH TECHNIKUM WIEN, ENFOS E.U., BEST – BIOENERGY AND SUSTAINABLE TECHNOLOGIES, TECHNOLOGIE PLATTFORM PHOTOVOLTAIK, AEE INTEC und IG WINDKRAFT, 2023. Biermayr, P., S. Aigenbauer, C. Dißbauer, M. Eberl, M. Enigl, H. Fechner, C. Fink, M. Fuhrmann, F. Hengel, M. Jaksch-Fliegenschnee, K. Leonhartsberger, D. Matschegg, S. Moidl, E. Prem, T. Riegler, S. Savic, C. Schmidl, C. Strasser, P. Wonisch und E. Wopienka. Innovative Energietechnologien in Österreich. Marktentwicklung 2022. Biomasse, Photovoltaik, Photovoltaik-Batteriespeicher, Solarthermie, Großwärmespeicher, Wärmepumpen, Gebäudeaktivierung, Windkraft und innovative Energiespeicher. Langfassung. Wien, Mai 2023.
- FISCHER, A., D. BRUNNER, U. SCHUMANN, R. SAUSEN und J. STAEHELIN, 2009.
 Flugverkehr und Klimaschutz. Ein Überblick über die Erfassung und Regulierung der Klimawirkungen des Flugverkehrs (Aviation and Climate Protection). GAIA 18/1: 32–40.
- FRAUNHOFER AUSTRIA RESEARCH GMBH, 2022. Transformation der österreichischen Fahrzeugindustrie. Studie im Auftrag des Fachverbandes der Fahrzeugindustrie. Wien.
- FRIEDLINGSTEIN, P. et al., 2023. Global Carbon Budget 2023, Earth Syst. Sci. Data, 15, 5301–5369, <https://doi.org/10.5194/essd-15-5301-2023>
- GEOSPHERE AUSTRIA, 2023b. Wärmstes Jahr der Messgeschichte. Klima. News. 28.12.2024. <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/waermstes-jahr-der-messgeschichte-1>
- GEOSPHERE AUSTRIA, 2024a. Informationsportal Klimawandel. Lufttemperatur. Wien. 5.3.2024.
<https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimavergangenheit/neoklima/lufttemperatur>
- GEOSPHERE AUSTRIA und STATISTIK AUSTRIA, 2024: Auswertung der Heizgradtagsummen. Stand Februar 2024. Wien.

- HÖRTENHUBER S., M. SEIRINGER-GAUBINGER, W. KNAUS, V. GRÖßBACHER und W. ZOLLITSCH, 2022. Nachhaltige Nutztierhaltung: mehr als nur Treibhausgase. 8. Umweltökologisches Symposium 2022, 69–78. ISBN: 978-3-902849-90-8.
- ICF – ICF International, 2016. Decomposition analysis of the changes in GHG emissions in the EU and Member States. London 2016.
- IDMC – Internal Displacement Monitoring Centre, 2023. Global Report on Internal Displacement 2023. Switzerland.
- IEA – International Energy Agency, 2016. World Energy Outlook. Paris 2016.
- IFW KIEL, 2023. Potential efficiency gains from the introduction of an emissions trading system for the buildings and road transport sectors in the European Union.
- IIBW – Institut für Immobilien, Bauen und Wohnen und UMWELTBUNDESAMT, 2020. Definition und Messung der thermisch-energetischen Sanierungsrate in Österreich. Wien.
<https://iibw.at/de/forschungs-datenbank/download/file?fid=48.114>
- IIBW – Institut für Immobilien, Bauen und Wohnen und UMWELTBUNDESAMT, 2023. Monitoring-System zu Sanierungsmaßnahmen in Österreich. Wien.
<https://iibw.at/de/forschungs-datenbank/download/file?fid=48.103>
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston, H.S., L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara und K. Tanabe (Eds.). IGES, Hayama. Geneva, Switzerland.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA Chapter 8 – Anthropogenic and Natural Radiative Forcing.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021. Climate Change 2021 – the Physical Science Basis. 6. Sachstandsbericht. Geneva, Switzerland.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022a. Climate Change 2022 – Mitigation of Climate Change. 6. Sachstandsbericht. Geneva, Switzerland.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022b. Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability. 6. Sachstandsbericht. Geneva, Switzerland.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023. Synthesis Report of the Sixth IPCC Assessment Report (AR6). Longer Report. Geneva. Switzerland.
- IRP – International Resource Panel, 2024. Global Resources Outlook 2024. United Nations Environment Programme, Paris.
<https://www.resourcepanel.org/reports/global-resources-outlook-2024>.

- KALKUHL, M., M. KELLNER, T. BERGMANN und K. RÜTTEN, 2023. CO₂-Bepreisung zur Erreichung der Klimaneutralität im Verkehrs- und Gebäudesektor: Investitionsanreize und Verteilungswirkungen. Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC) gemeinnützige GmbH, Berlin.
https://www.mcc-berlin.net/fileadmin/data/C18_MCC_Publications/2023_MCC_CO2-Bepreisung_Klimaneutralit%C3%A4t_Verkehr_Geb%C3%A4ude.pdf
- KIRCHNER, M., W. PÖLZ, H. MAYRHOFER, M. HICKERSBERGER und F. SINABELL, 2021. Resilienz: Corona-Krise und land- und forstwirtschaftliche Wertschöpfungsketten – Lessons Learnt. Teilprojekt: Regionale versus internationale Bereitstellung von Agrargütern: eine Fallstudie zur Klimabilanz. Endbericht i. A. des BMLRT. <https://dafne.at/projekte/resilienz>, 26.4.2022.
- KOTZ, M., F. KUIK, E. LIS und C. NICKEL, 2024. Global warming and heat extremes to enhance inflationary pressures. Communications Earth & Environment 5.
<https://doi.org/10.1038/s43247-023-01173-x>
- LKNÖ – Landwirtschaftskammer Niederösterreich, 2023. Biomasse – Heizungserhebung 2022. St. Pölten, April 2023.
- MCC – Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change, 2023. CO₂-Bepreisung zur Erreichung der Klimaneutralität im Verkehrs- und Gebäudesektor: Investitionsanreize und Verteilungswirkungen. https://www.mcc-berlin.net/fileadmin/data/C18_MCC_Publications/2023_MCC_CO2-Bepreisung_Klimaneutralit%C3%A4t_Verkehr_Geb%C3%A4ude.pdf
- MORICE, C.P., J.J. KENNEDY, N.A. RAYNER und P.D. JONES, 2012. Quantifying uncertainties in global and regional temperature change using an ensemble of observational estimates: The HadCRUT4 dataset. Journal of Geophysical Research 117, D08101; doi:10.1029/2011JD017187.
<https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/temperature/>
- MUÑOZ, P., S. ZWICK und A. MIRZABAEV, 2020. The impact of urbanization on Austria's carbon footprint. Journal of Cleaner Production, 263.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121326>
- NABERNEGG, S., K.W. STEININGER und T. LACKNER, 2023. Consumption- and production-based emissions: Updates for Austria. Wegener Center Scientific Report 100–2023. Wegener Center Verlag, Universität Graz, Österreich. Juni 2023. ISBN 978-3-9504700-9-3.
- NEW YORK TIMES, 2024. Panamal canal drought slows cargo traffic.
<https://www.nytimes.com/interactive/2024/01/26/climate/panama-canal-drought-shipping.html>
- NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration, 2024. Mauna Loa CO₂ monthly mean data. Earth System Research Laboratory, Global Monitoring Division: Atmospheric CO₂ at Mauna Loa Observatory. 27.02.2024.
<https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/data.html>

- ÖBV – Österreichischer Biomasse-Verband, 2024. Energieträger im Vergleich in Cent/kWh. Mittelwerte der Jahre 1998–2023 sowie monatliche Daten ab Stand: Jänner 2021 bis Stand: Februar 2024. Quelle: Landwirtschaftskammer Österreich.
- OECD – Organisation for Economic Cooperation and Development, 2021. The design and implementation of mission-oriented innovation policies. A new systemic policy approach to address societal challenges. OECD Science, Technology and Industry Policy Paper No. 100. <https://doi.org/10.1787/3f6c76a4-en>
- OECD – Organisation for Economic Cooperation and Development, 2024. OECD statistics on material resources. 22.03.2024. https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MATERIAL_RESOURCES
- OIB – Österreichisches Institut für Bautechnik, 2020. OIB-Dokument zur Langfristigen Renovierungsstrategie gemäß Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden in der konsolidierten Fassung vom 30. Mai 2018 (OIB-330.6-022/19-093). April 2020.
- ORF, 2023. China führt Revolution bei E-Batterien an. <https://orf.at/stories/3312463/>
- ÖROK, 2023. Flächeninanspruchnahme und Versiegelung in Österreich – Kontextinformationen und Beschreibung der Daten für das Referenzjahr 2022.
- OXFAM, 2017. Uprooted by Climate Change. Responding to the growing risk of displacement. Oxford, UK.
- PIK, 2023. The Emerging Endgame: The EU ETS on the Road Towards Climate Neutrality. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4373443
- PROPELLETS AUSTRIA – Netzwerk zur Förderung der Verbreitung von Pelletsheizungen, 2024. Pelletpreisindex PPI 06 als Tabelle. Preise für lose Pellets ISO 17225-2 A1 oder ENplus A1 bei einer Bestellmenge von 6 t. Stand 02/2024.
- RASCHKA, A. und M. CARUS, 2012. Stoffliche Nutzung von Biomasse – Basisdaten für Deutschland, Europa und die Welt. Hürth: nova-Institut GmbH, 2012. S. 26, Erster Teilbericht zum F+E-Projekt „Ökologische Innovationspolitik – mehr Ressourceneffizienz und Klimaschutz durch nachhaltige stoffliche Nutzung von Biomasse“, FKZ 3710 93 109. In: Umweltbundesamt, 2013.
- REGIONALENERGIE STEIERMARK, 2023. Energie-Marktinfo 04/2023. Kamin-, Kachelöfen und andere Einzelfeuerungen. Neuerrichtung in Österreich bis 2022.

- ROCKSTRÖM, J., W. STEFFEN, K. NOONE, A. PERSSON, F.S. III CHAPIN, E. LAMBIN, T.M. LENTON, M. SCHEFFER, C. FOLKE, H.J. SCHELLNHUBER, B. NYKVIST, C.A. DE WIT, T. HUGHES, S. VAN DER LEEUW, H. RODHE, S. SÖRLIN, P.K. SNYDER, R. COSTANZA, U. SVEDIN, M. FALKENMARK, I. KARLBERG, R.W. CORELL, V.J. FABRY, J. HANSEN, B. WALKER, D. LIVERMAN, K. RICHARDSON, P. CRUTZEN und J. FOLEY, 2009. Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14(2).
<https://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>
- ROCKSTRÖM, J., J. GUPTA, D. QIN, S.J. LADE, J.F. ABRAMS, I.S. ANDERSEN, D.I. ARMSTRONG MCKAY, X. BAI, G. BALA, S.E. BUNN, D. CIOBANU, F. DECLERCK, K. EBI, I. GIFFORD, C. GORDON, S. HASAN, N. KANIE, T.M. LENTON, S. LORIANI, D.M. LIVERMAN, A. MOHAMED, N. NAKICENOVIC, D. OBURO, D. OSPINA, K. PRODANI, C. RAMMELT, B. AKSCHEWSKI, J. SCHOLTENS, B. STEWART-KOSTER, T. THARAMMAL, D. VAN VUUREN, P.H. VERBURG, R. WINKELMANN, C. ZIMM, E.M. BENNETT, S. BRINGEZU, W. BROADGATE, P.A. GREEN, I. HUANG, L. JACOBSON, C. NDEHEDEHE, S. PEDDE, J. ROCHA, M. SCHEFFER, I. SCHULTE-UEBBING, W. DE VRIES, C. XIAO, C. XU, X. XU, N. ZAFRA-CALVO und X. ZHANG, 2023. Safe and just Earth system boundaries. *Nature* 619: 102-111.
<https://doi.org/10.1038/s41586-023-06083-8>
- RTR – Rundfunk und Telekom Regulierungs-GmbH, 2023. RTR Post Monitor. Jahresbericht 2022. Wien 2023.
- SALA, S., E. CRENNNA, M. SECCHI und E. SANYÉ-MENGUAL, 2020. Environmental sustainability of European production and consumption assessed against planetary boundaries. *Journal of Environmental Management* 269.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110686>
- SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2023. Politik in der Pflicht: Umweltfreundliches Verhalten erleichtern. Sondergutachten.
https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2020_2024/2023_05_SG_Umweltfreundliches_Verhalten.pdf?__blob=publicationFile&v=7
- STATISTIK AUSTRIA, 1992. Häuser- und Wohnungszählung 1991. Österreichisches Statistisches Zentralamt. Wien.
- STATISTIK AUSTRIA, 2004. Gebäude- und Wohnungszählung 2001. Hauptergebnisse Österreich. Wien.
- STATISTIK AUSTRIA, 2006–2023a. Versorgungsbilanz für Fleisch nach Arten für die Jahre 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 und 2021. <https://www.statistik.at/statistiken/land-und-forstwirtschaft/landwirtschaftliche-bilanzen/versorgungsbilanzen>
- STATISTIK AUSTRIA, 2006–2023b. Versorgungsbilanz für Milchprodukte für die Jahre 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 und 2021. <https://www.statistik.at/statistiken/land-und-forstwirtschaft/landwirtschaftliche-bilanzen/versorgungsbilanzen>

- STATISTIK AUSTRIA, 2013. Census 2011 – Gebäude- und Wohnungszählung. 12/2013. Wien.
- STATISTIK AUSTRIA, 2019. Sonderauswertung des Mikrozensus Energieeinsatz der Haushalte 2003/04–2017/18 (MZ 2004–2018). Statistik Austria im Auftrag durch das Umweltbundesamt. Wien.
- STATISTIK AUSTRIA, 2021. Sonderauswertung des Mikrozensus Energieeinsatz der Haushalte 2019/20 (MZ 2020). Statistik Austria im Auftrag durch das Umweltbundesamt. Wien.
- STATISTIK AUSTRIA, 2022a. Energiebilanzen 1970–2021. Wien.
- STATISTIK AUSTRIA, 2023b. Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen. Hauptergebnisse. Wien.
- STATISTIK AUSTRIA, 2023c. Nutzenergieanalyse 1993–2022. Wien.
- STATISTIK AUSTRIA, 2023d. Bestand an Wohnungen und Gebäuden zum 01.01.2023 nach Gebäudeeigenschaften und Bundesländern. Paket Gebäude- und Wohnungsregister – Bundesland. Erstellt am 25.07.2023.
- STATISTIK AUSTRIA, 2023e. Mikrozensus; Hauptwohnsitzwohnungen (HWS) ab 2004. Erstellt am 16.03.2023.
- STATISTIK AUSTRIA, 2023f. Census 2021 Gebäude- und Wohnungszählung. Ergebnisse zu Gebäuden und Wohnungen aus der Registerzählung. Statistik Austria, Wien.
- STATISTIK AUSTRIA, 2023g. Statistik des Bevölkerungsstandes. Erstellt am 06.01.2023. Wien, 2023. <https://www.statistik.at/statistiken/bevoelkerung-und-soziales/bevoelkerung/bevoelkerungsstand/bevoelkerung-im-jahresdurchschnitt>
- STATISTIK AUSTRIA, 2023h. Sonderauswertung des Mikrozensus Energieeinsatz der Haushalte 2021/22 (MZ 2022). Statistik Austria im Auftrag durch das Umweltbundesamt. Wien.
- STATISTIK AUSTRIA, 2023i. Versorgungsbilanzen für pflanzliche Produkte 2021/22. Schnellbericht 1.27. Wien. https://www.statistik.at/fileadmin/user_upload/SB_1-27_Versorgungsbilanz-pflanzl_2021_22.pdf
- STATISTIK AUSTRIA, 2023j. Versorgungsbilanzen für tierische Produkte 2022. Schnellbericht 1.26. Wien. https://www.statistik.at/fileadmin/user_upload/SB_1-26_tier_2022.pdf
- STATISTIK AUSTRIA, 2023k. Allgemeine Viehzählung am 1. Dezember 2022. Schnellbericht 1.2. Wien. https://www.statistik.at/fileadmin/publications/SB_1-2_Allgemeine-Viehzaehlung2022.pdf

- STATISTIK AUSTRIA, 2023l. Versorgungsbilanz für Getreide 2021/2022:
<https://www.statistik.at/statistiken/land-und-forstwirtschaft/landwirtschaftliche-bilanzen/versorgungsbilanzen>
- STATISTIK AUSTRIA, 2022m. Agrarstrukturhebung 2020. Land- und forstwirtschaftliche Betriebe und deren Strukturdaten. Endgültige Ergebnisse. Statistik im Fokus 1.17. Wien. STATISTIK AUSTRIA, 2023a. Energiebilanzen 1970–2022. Wien.
- STATISTIK AUSTRIA, 2024a. Umweltorientierte Produktion und Dienstleistung.
<https://www.statistik.at/statistiken/energie-und-umwelt/umwelt/umweltorientierte-produktion-und-dienstleistung>,
 22.03.2024.
- STATISTIK AUSTRIA, 2024b. Kfz-Bestand 2023. Wien.
- STATISTIK AUSTRIA, 2024c. Bundesmesszahlen VPI 86 (Verbraucherpreisindex 1986). Ab Jänner 1997 mit dem VPI 1996, ab 2001 mit dem VPI 2000, ab Jänner 2006 mit dem VPI 2005, ab Jänner 2011 mit dem VPI 2010, ab Jänner 2016 mit dem VPI 2015 und ab Jänner 2021 mit dem VPI 2020 verkettet weitergeführt. Statistik Austria, erstellt am 22.02.2024.
- STEFFEN, W., K. RICHARDSON, J. ROCKSTRÖM, S.E. CORNELL, I. FETZER, E.M. BENNETT, R. BIGGS, S.R. CARPENTER, W. DE VRIES, C.A. DE WIT, C. FOLKE, D. GERTEN, J. HEINKE, G.M. MACE, L.M., PERSSON, V. RAMANATHAN, B. REYERS und S. SÖRLIN, 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347. DOI: [10.1126/science.1259855](https://doi.org/10.1126/science.1259855)
- STEININGER, K.W., P. MUNOZ, J. KARSTENSEN, G.P. PETERS, R. STROHMAIER und E. VELÁZQUEZ, 2018. Austria's consumption-based greenhouse gas emissions: Identifying sectoral sources and destinations. *Global Environmental Change* 48: 226–242. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.11.011>
- STEININGER, K.W., B. BEDNAR-FRIEDL, N. KNITTEL, G. KIRCHENGAST, S. NABERNEGG, K. WILLIGES, R. MESTEL, H.-P. HUTTER und L. KENNER, 2020. Klimapolitik in Österreich: Innovationschance Coronakrise und die Kosten des Nicht-Handelns. Wegener Center Research Briefs 1–2020. Wegener Center Verlag, Universität Graz, Österreich. Juni 2020. <https://doi.org/10.25364/23.2020.1>
- STEININGER, K.W., J. MAYER, G. BACHNER, S. DUELLI, E. FREI, W. GROSSMANN, R. MAIER, S. NABERNEGG, K. WILLIGES, W. STREICHER, F. OCHS, M. MAGNI, A. TOSATTO, E. VENTURI, A. PASSER, H. KREINER, M. SCHERZ, B. TRUGER, J. VOGEL und I. OFFENTHALER, 2021. The economic effects of achieving the 2030 EU climate targets in the context of the Corona crisis – An Austrian perspective. Wegener Center Scientific Report 91–2021. Wegener Center Verlag, Universität Graz, Österreich. März 2021. ISBN: 978-3-9504717-8-6. <https://wegcloud.uni-graz.at/s/yLBxEP9KgFe3ZwX>
- STERN, N., 2007. The economics of climate change – The Stern review. ISBN: 9780521700801. Cambridge University Press, UK.

- STERN, N., 2015. Why are we waiting? The logic, urgency and promise of tackling climate change. Lionel Robbins Lectures. ISBN: 9780262029186. MIT Press, USA.
- THEINE, H., S. HUMER, M. MOSER und M. SCHNETZER, 2022. Emissions inequality: Disparities in income, expenditure, and the carbon footprint in Austria. Ecological Economics 197, S. 107435.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107435>
- TRAFFIX VERKEHRSPPLANUNG, UMWELTBUNDESAMT und E7, 2023: Guidelines enabling renewable energy supply for zero emission road traffic infrastructure. Endbericht, finanziert aus Mitteln des Klima- und Energiefonds, Wien. <https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/16/GREENROAD-Final-Report-230428-1.pdf>
- TU WIEN – Technische Universität Wien und UMWELTBUNDESAMT, 2023. Bröthaler, J., M. Getzner, H.L. Müller, L. Plank, M. Miess, M. Niedertscheider, J. Bürger, W. Schieder und I. Schindler. Öffentliche Investitionen für den Klimaschutz in Österreich: Potenziale des öffentlichen Vermögens. Materialien zu Wirtschaft und Gesellschaft Nr. 243, Kammer für Arbeiter und Angestellte für Wien.
<https://emedien.arbeiterkammer.at/viewer/resolver?urn=urn:nbn:at:at-akw:g-6482086>
- UMWELTBUNDESAMT, 2004. Rolland, C. und J. Oliva. Erfassung von Deponiegas – Statusbericht von österreichischen Deponien. Berichte, Bd. BE-0238. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT, 2008. Schachermayer, E. und C. Lampert. Deponiegaserfassung auf österreichischen Deponien. Reports, Bd. REP-0100. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT, 2013. Globale Landflächen und Biomasse nachhaltig und ressourcenschonend nutzen. Positionen. Dessau-Roßlau.
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/globale-landflaechen-biomasse>
- UMWELTBUNDESAMT, 2014. Lampert, C.: Stand der temporären Abdeckung von Deponien und Deponiegaserfassung. Report. REP-0484. Wien.
<https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0484.pdf>
- UMWELTBUNDESAMT, 2015. Zechmeister, A., M. Anderl, W. Bednar, M. Gössl, S. Haider, C. Heller, C. Lampert, L. Moosmann, K. Pazdernik, S. Poupa, M. Purzner, W. Schieder, J. Schneider, B. Schodl, K. Seuss, G. Stranner, A. Storch, P. Weiss, H. Wiesenberger, R. Winter, G. Zethner und KPC GmbH. Klimaschutzbericht 2015. Reports, Bd. REP-0555. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT, 2017. Krutzler, T., A. Zechmeister, G. Stranner, H. Wiesenberger, T. Gallauner, M. Gössl, C. Heller, H. Heinfellner, N. Ibesich, G. Lichtblau, W. Schieder, J. Schneider, I. Schindler, A. Storch und R. Winter. Energie- und Treibhausgas-Szenarien im Hinblick auf 2030 und 2050, Synthesebericht. 2017 Reports, Bd. REP-0628. Umweltbundesamt, Wien 2017.

- UMWELTBUNDESAMT, 2019a. Lampert, C. und P. Thaler. Deponiegaserfassung 2013–2017. Reports, Bd. REP-0679. Umweltbundesamt, Wien.
<https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0679.pdf>
- UMWELTBUNDESAMT, 2019b. CO₂-Bepreisung in Deutschland: Ein Überblick über die Handlungsoptionen und ihre Vor- und Nachteile. Dessau-Roßlau.
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/co2-bepreisung-in-deutschland>
- UMWELTBUNDESAMT, 2021. Vogel, J., K. Kratena und N. Eisenmenger. Synergien zwischen nachhaltiger Ressourcennutzung und Klimaschutz. Pilotstudie zur Modellierung von Materialflüssen im MIO-ES-Modell des Umweltbundesamtes. Reports, Bd. REP-0784. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT, 2022a. Gugele, B., T. Krutzler, M. Miess, M. und J. Vogel. Pilotprojekt: Integration eines Klimamoduls in die langfristige Budgetprognose. Endbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Finanzen. Reports, Bd. REP-0837. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT, 2022b. Bodenverbrauch in Österreich – Geringfügiger Rückgang der täglichen Flächeninanspruchnahme im Jahr 2021.
<https://www.umweltbundesamt.at/news221202>, 22.03.2024.
- UMWELTBUNDESAMT, 2023a. Anderl, M.; S. Böhmer, E. Freisinger, M. Gössl, B. Gugele, C. Heller, H. Heinfellner, G. Lichtblau, M. Miess, W. Schieder, I. Schindler, A. Storch, S. Svehla-Stix, F. Teurezbacher, J. Vogel, R. Wasserbaur, H. Wiesenberger, R. Winter, A. Zechmeister, K. Kratena, A. Müller, P. Pfaffenbichler, M. Schwingshackl, S. Hausberger, S.: Energie- und Treibhausgas-szenarien 2023. WEM, WAM, Transition mit Zeitreihen von 2020 bis 2050. Reports, Bd. REP-0882. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT, 2023b. Anderl, M., S. Böhmer, M. Gössl, B. Gugele, C. Heller, H. Heinfellner, G. Lichtblau, M. Miess, W. Schieder, I. Schindler, A. Storch, S. Svehla-Stix, J. Vogel, R. Wasserbaur, H. Wiesenberger, R. Winter, A. Zechmeister, K. Kratena, A. Müller, P. Pfaffenbichler, M. Schwingshackl, S. Hausberger: Energie- und Treibhausgas-Szenario Transition 2040. Bericht für das Szenario Transition 2040 mit einer Zeitreihe von 2020 bis 2050. Reports, Bd. REP-0880. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT, 2023c. Deponiegaserfassung 2018–2022 bei österreichischen Massenabfalldeponien. Grundlagenstudie für die Österreichische Luftschadstoff-Inventur (Sektor Abfallwirtschaft). REP-0878. Wien.
<https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0878.pdf>
- UMWELTBUNDESAMT, 2024a. Anderl, M., M. Bürgler, J. Colson, M. Gangl, V. Kuschel, L. Makoschitz, B. Matthews, M. Mayer, S. Mayer, E. Moldaschl, K. Pazdernik, S. Poupa, M. Purzner, M. Roll, A.K. Rockenschau, M. Roll, W. Schieder, C. Schmid, G. Schmidt, B. Schodl, E. Schwaiger, B. Schwarzl, G. Stranner, P. Weiss, M. Wieser und A. Zechmeister: Austria's National Inventory Report 2024 – Submission under the United Nations Framework Convention of Climate Change. Reports, REP-0909. Umweltbundesamt, Wien.

- UMWELTBUNDESAMT, 2024b. Emissionshandelsregister. Stand der Einhaltung für die Jahre 2005–2023 im österreichischen Teil des Unionsregisters. 30.04.2024.
- UMWELTBUNDESAMT, 2024c. Anderl, M., M. Gangl, S. Lambert, L. Makoschitz, S. Mayer, K. Pazdernik, S. Poupa, W. Schieder, G. Stranner, M. Wieser und A. Zechmeister. Bundesländer Luftschadstoff-Inventur 1990–2022. Regionalisierung der nationalen Emissionsdaten auf Grundlage von EU-Berichtspflichten (Datenstand 2024). Umweltbundesamt, Wien. Veröffentlichung: Oktober 2022.
- UMWELTBUNDESAMT und HERRY CONSULT, 2023. Heinfellner, H., N. Sedlacek, A. Glatt, J. Bürger und J. Vogel. Converting commercial vehicles to locally emission-free drive technologies. Potentials and framework conditions. Umweltbundesamt Reports, Bd. DP-175. Wien
- UNEP – United Nations Environment Programme, 2023. The Emissions Gap Report 2023. November 2023. <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2023>
- WELTBANK, 2021. Groundswell Part 2: Acting on Internal Climate Migration. World Bank, Washington. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36248>
- WELTBANK, 2023. Kose, M.A. und F. Ohnsorge (eds). Falling long-term growth prospects. Trends, expectations and policies. World Bank, Washington, DC. <https://www.worldbank.org/en/research/publication/long-term-growth-prospects>
- WIFO – Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, 2021. Köppl, A., S. Schleicher und M. Schratzenstaller. CO₂-Bepreisung in der Steuerreform 2022/2024. WIFO Research Briefs No. 13/2021. Wien. https://www.wifo.ac.at/jart/prj3/wifo/resources/person_dokument/person_dokument.jart?publikationsid=69168&mime_type=application/pdf
- WIFO – Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, 2022. Kletzan-Slamnig, D., A. Köppl, F. Sinabell, S. Kirchmayr, S. Müller, A. Rimböck, T. Voit, M. Heher und R. Schanda. Analyse klimakonttraproduktiver Subventionen in Österreich. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. Wien. https://www.wifo.ac.at/jart/prj3/wifo/resources/person_dokument/person_dokument.jart?publikationsid=69687&mime_type=application/pdf
- WKÖ – Wirtschaftskammer Österreich, 2022. Gewaltiges Potenzial der Klimatransformation – Analyse des Umweltbundesamts für die österreichische Finanzwirtschaft. <https://www.wko.at/branchen/bank-versicherung/gewaltiges-potenzial-klimatransformation.html>
- WMO – World Meteorological Organization, 2024. State of the Global Climate 2023. Geneva, Switzerland. <https://public.wmo.int/en/our-mandate/climate/wmo-statement-state-of-global-climate>

Rechtsnormen und Leitlinien

Abfallwirtschaftsgesetz 1990 (AWG 1990; BGBl. Nr. 325/1990): Bundesgesetz vom 6. Juni 1990 über die Vermeidung und Behandlung von Abfällen.

Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (AWG 2002; BGBl. I Nr. 102/2002 i.d.F. BGBl. I Nr. 200/2021): Bundesgesetz über eine nachhaltigere Abfallwirtschaft.

Abwasseremissionsverordnung – AEV für kommunales Abwasser (BGBl. 210/1996 i.d.F. BGBl. II Nr. 128/2019): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus Abwasserreinigungsanlagen für Siedlungsgebiete.

Beschluss Nr. 2013/162/EU: Beschluss der Kommission vom 26. März 2013 zur Festlegung der jährlichen Emissionszuweisungen an die Mitgliedstaaten für den Zeitraum 2013 bis 2020 gemäß der Entscheidung Nr. 406/2009/EG des Europäischen Parlaments und des Rates. ABl. Nr. L90/106.

Beschluss Nr. 1814/2015/EU: Beschluss des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Oktober 2015 über die Einrichtung und Anwendung einer Marktstabilitätsreserve für das System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Union und zur Änderung der Richtlinie 2003/87/EG.

Beschluss Nr. 2017/1471/EU: Beschluss der Kommission vom 10. August 2017 zur Änderung des Beschlusses 2013/162/EU zur Anpassung der jährlichen Emissionszuweisungen der Mitgliedstaaten für den Zeitraum 2017 bis 2020.

Beschluss der Kommission 2021/C 302/01: Beschluss der Kommission vom 29. Juni 2021 zur Anweisung des Zentralverwalters des Transaktionsprotokolls der Europäischen Union, die nationalen Zuteilungstabellen Belgiens, Bulgariens, Tschechiens, Dänemarks, Deutschlands, Estlands, Irlands, Griechenlands, Spaniens, Frankreichs, Kroatiens, Italiens, Zyperns, Lettlands, Litauens, Luxemburgs, Ungarns, der Niederlande, Österreichs, Polens, Portugals, Rumäniens, Sloweniens, der Slowakei, Finnlands und Schwedens im Transaktionsprotokoll der Europäischen Union zu erfassen. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=OJ:C:2021:302:FULL&from=DE>

Bundesfinanzrahmengesetz 2023–2026 (BFRG 2023–2026; BGBl. I Nr. 184/2022): Bundesgesetz, mit dem das Bundesfinanzrahmengesetz 2023 bis 2026 erlassen wird.

CCS-Gesetz (BGBl. I Nr. 144/2011): Bundesgesetz, mit dem ein Bundesgesetz über das Verbot der geologischen Speicherung von Kohlenstoffdioxid erlassen wird und das Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz 2000, das Bundes-Umwelthaftungsgesetz, die Gewerbeordnung 1994 sowie das Mineralrohstoffgesetz geändert werden.

- CCS-Richtlinie (RL 2009/31/EG): Richtlinie des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. April 2009 über die geologische Speicherung von Kohlendioxid und zur Änderung der Richtlinie 85/337/EWG des Rates sowie der Richtlinien 2000/60/EG, 2001/80/EG, 2004/35/EG, 2006/12/EG und 2008/1/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates sowie der Verordnung (EG) Nr. 1013/2006. ABl. Nr. L 140.
- Deponieverordnung 1996 (DeponieVO; BGBl. Nr. 164/1996 i.d.F. BGBl. II Nr. 49/2004): Verordnung des Bundesministers für Umwelt über die Ablagerung von Abfällen.
- Deponieverordnung 2008 (DeponieVO 2008; BGBl. II Nr. 39/2008 i.d.F. BGBl. II Nr. 144/2021): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Deponien.
- Durchführungsbeschluss Nr. 2013/634/EU: Durchführungsbeschluss der Kommission über die Anpassung der jährlichen Emissionszuweisungen an die Mitgliedstaaten für den Zeitraum 2013 bis 2020 gemäß der Entscheidung Nr. 406/2009/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates. ABl. Nr. L 292/19.
- Durchführungsbeschluss Nr. 2020/2160/EU: Durchführungsbeschluss der Kommission vom 16. Dezember 2020 zur Festlegung der jährlichen Emissionszuweisungen an die Mitgliedstaaten für den Zeitraum 2021 bis 2030 gemäß der Verordnung (EU) 2018/842 des Europäischen Parlamentes und des Rates. ABl. Nr. L 426/58.
- Emissionshandelsrichtlinie (EH-RL; RL 2003/87/EG): Richtlinie des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 13. Oktober 2003 über ein System für den Handel mit Treibhausgas-Emissionszertifikaten in der Gemeinschaft und zur Änderung der Richtlinie 96/61/EG des Rates. ABl. Nr. L 275.
- Emissionshandelsrichtlinie (RL 2009/29/EG): Richtlinie des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. April 2009 zur Änderung der Richtlinie 2003/87/EG zwecks Verbesserung und Ausweitung des Gemeinschaftssystems für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten. ABl. Nr. L 140.
- Emissionshandelsrichtlinie (RL 2018/401/EU): Richtlinie des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 14. März 2018 zur Änderung der Richtlinie 2003/87/EG zwecks Unterstützung kosteneffizienter Emissionsreduktionen und zur Förderung von Investitionen mit geringem CO₂-Ausstoß und des Beschlusses (EU) 2015/1814.
- Emissionshöchstmengengesetz-Luft (EG-L; BGBl. I Nr. 34/2003): Bundesgesetz, mit dem ein Bundesgesetz über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe erlassen sowie das Ozongesetz und das Immissionsschutzgesetz-Luft geändert werden.
- Emissionszertifikategesetz (EZG; BGBl. I Nr. 46/2004 i.d.g.F.): Bundesgesetz über ein System für den Handel mit Treibhausgas-Emissionszertifikaten.

- EN ISO/IEC 17020: Allgemeine Kriterien für den Betrieb verschiedener Typen von Stellen, die Inspektionen durchführen.
- Energieausweis-Vorlage-Gesetz (EAVG; BGBl. I Nr. 137/2006 i.d.g.F.): Bundesgesetz über die Pflicht zur Vorlage eines Energieausweises beim Verkauf und bei der In-Bestand-Gabe von Gebäuden und Nutzungsobjekten.
- Energieausweis-Vorlage-Gesetz (EAVG; BGBl. I Nr. 27/2012 i.d.g.F.): Bundesgesetz über die Pflicht zur Vorlage eines Energieausweises beim Verkauf und bei der In-Bestand-Gabe von Gebäuden und Nutzungsobjekten.
- Energieeffizienzgesetz (EEffG; BGBl. I Nr. 72/2014): Bundesgesetz über die Steigerung der Energieeffizienz bei Unternehmen und dem Bund.
- Energieeffizienz-Richtlinie (RL 2012/27/EU): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober 2012 zur Energieeffizienz, zur Änderung der Richtlinien 2009/125/EG und 2010/30/EU und zur Aufhebung der Richtlinien 2004/8/EG und 2006/32/EG.
- Energieeffizienzgesetz-Richtlinienverordnung (BGBl. II Nr. 394/2015): Verordnung des Bundesministers für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft über die Richtlinien für die Tätigkeit der nationalen Energieeffizienz-Monitoringstelle.
- Energieeinsparverordnung (BGBl. I S. 1519): Verordnung vom 24. Juli 2007, die durch die Verordnung vom 29. April 2009 (BGBl. I S. 954) geändert worden ist. Bundesrepublik Deutschland.
- Entscheidung Nr. 2002/358/EG (EU Lastenaufteilung – EU Burden Sharing Agreement): Entscheidung des Rates über die Genehmigung des Protokolls von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen im Namen der Europäischen Gemeinschaft sowie die gemeinsame Erfüllung der daraus erwachsenden Verpflichtungen. ABl. Nr. L 130.
- Entscheidung Nr. 280/2004/EG: Entscheidung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Februar 2004 über ein System zur Überwachung der Treibhausgas-Emissionen in der Gemeinschaft und zur Umsetzung des Kyoto-Protokolls. ABl. Nr. L 49.
- Entscheidung Nr. 406/2009/EG: Entscheidung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 über die Anstrengungen der Mitgliedstaaten zur Reduktion ihrer Treibhausgas-Emissionen mit Blick auf die Erfüllung der Verpflichtungen der Gemeinschaft zur Reduktion der Treibhausgas-Emissionen bis 2020. ABl. Nr. L 140.
- Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RL 2009/28/EG): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG. ABl. Nr. L 140.
- Erneuerbare-Energien-Richtlinie II (RL 2018/2001/EG): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen.

- Erneuerbare-Wärme-Gesetz, Ministerialentwurf 2022 (EWG; 212/ME XXVII. GP): Bundesgesetz zum Ausstieg aus der fossil betriebenen Wärmebereitstellung.
- F-Gas-Verordnung (VO (EG) Nr. 842/2006): Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über bestimmte fluorierte Treibhausgase.
- F-Gas-Verordnung (VO (EG) Nr. 517/2014): Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. April 2014 über fluorierte Treibhausgase und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 842/2006.
- Finanzausgleichsgesetz 2017 (FAG; BGBl. I Nr. 116/2016): Bundesgesetz, mit dem der Finanzausgleich für die Jahre 2017 bis 2021 geregelt wird und sonstige finanzausgleichsrechtliche Bestimmungen getroffen werden.
- Gebäude- und Wohnungsregistergesetz (GWR; BGBl. I Nr. 125/2009): Bundesgesetz, mit dem das Registerzählungsgesetz, das Bundesgesetz über das Gebäude- und Wohnungsregister, das Bundesstatistikgesetz 2000 und das E-Government-Gesetz geändert werden.
- Gebäuderichtlinie (RL (EU) 2018/844): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 zur Änderung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und der Richtlinie 2012/27/EU über Energieeffizienz.
- Heizkostenabrechnungsgesetz (HeizKG; BGBl. Nr. 827/1992 i.d.g.F.): Bundesgesetz über die sparsamere Nutzung von Energie durch verbrauchsabhängige Abrechnung der Heiz- und Warmwasserkosten sowie über Änderungen des Wohnungseigentumsgesetzes 1997, des Wohnungsgemeinnützigkeitsgesetzes und des Mietrechtsgesetzes.
- Immissionsschutzgesetz Luft (IG-L; BGBl. I Nr. 115/1997 i.d.g.F.): Bundesgesetz zum Schutz vor Immissionen durch Luftschadstoffe, mit dem die Gewerbeordnung 1994, das Luftreinhaltegesetz für Kesselanlagen, das Berggesetz 1975, das Abfallwirtschaftsgesetz und das Ozongesetz geändert werden.
- Industriegasverordnung (HFKW-FKW-SF₆-VO; BGBl. II Nr. 447/2002 i.d.g.F.): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Verbote und Beschränkungen teilfluorierter und vollfluorierter Kohlenwasserstoffe sowie von Schwefelhexafluorid.
- Klimaschutzgesetz (KSG; BGBl. I Nr. 106/2011 i.d.F. BGBl. I Nr. 128/2015): Bundesgesetz zur Einhaltung von Höchstmengen von Treibhausgas-Emissionen und zur Erarbeitung von wirksamen Maßnahmen zum Klimaschutz.
- Kraftstoffverordnung (VO Nr. 418/1999 i.d.F. 417/2004): Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über die Festlegung der Qualität von Kraftstoffen.
- Kraftstoffverordnung 2012 (BGBl. II Nr. 398/2012): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Qualität von Kraftstoffen und die nachhaltige Verwendung von Biokraftstoffen.

- Lösungsmittelverordnung 2005 (LMV; BGBl. II Nr. 398/2005): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen durch Beschränkungen des Inverkehrsetzens und der Verwendung organischer Lösungsmittel in bestimmten Farben und Lacken.
- Mietrechtsgesetz (MRG; BGBl. Nr. 520/1981 i.d.g.F.): Bundesgesetz vom 12. November 1981 über das Mietrecht.
- Mineralölsteuergesetz 1995 (MÖSt; BGBl. Nr. 630/1994 i.d.g.F.): Bundesgesetz, mit dem die Mineralölsteuer an das Gemeinschaftsrecht angepasst wird.
- Nationales Emissionszertifikatehandelsgesetz 2022 (NEHG 2022; BGBl. I Nr. 10/2022): Bundesgesetz über einen nationalen Zertifikatehandel für Treibhausgasemissionen.
- Normverbrauchsabgabegesetz (NoVAG; BGBl. Nr. 695/1991): Bundesgesetz, mit dem eine Abgabe für den Normverbrauch von Kraftfahrzeugen eingeführt wird.
- Öffentliches Personennah- und Regionalverkehrsgesetz 1999 (ÖPNRV-G; BGBl. I Nr. 204/1999): Bundesgesetz über die Ordnung des öffentlichen Personennah- und Regionalverkehrs.
- OIB-Richtlinie 6, 2023. Energieeinsparung und Wärmeschutz. Österreichisches Institut für Bautechnik, Ausgabe: Mai 2023. OIB-330.6-036/23.
- Ökologisierungsgesetz 2007 (ÖkoG 2007; BGBl. I Nr. 46/2008 i.d.g.F.): Bundesgesetz, mit dem das Normverbrauchsabgabegesetz und das Mineralölsteuergesetz 1995 geändert werden.
- Ökostromgesetz (BGBl. I Nr. 149/2002 i.d.g.F.): Bundesgesetz, mit dem Neuregelungen auf dem Gebiet der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energieträgern und auf dem Gebiet der Kraft-Wärme-Kopplung erlassen werden (Ökostromgesetz) sowie das Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz (EIWOG) und das Energieförderungsgesetz 1979 (EnFG) geändert werden.
- Ökostromgesetz 2012 (ÖSG 2012; BGBl. I Nr. 75/2011): Bundesgesetz über die Förderung der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energieträgern.
- ÖNORM B 8110-5: Wärmeschutz im Hochbau – Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile.
- ÖNORM EN ISO/IEC 17020: Konformitätsbewertung – Allgemeine Kriterien für den Betrieb verschiedener Typen von Stellen, die Inspektionen durchführen (ISO/IEC/DIS 17020:2011).
- RL 2006/32/EG: Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. April 2006 über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen und zur Aufhebung der Richtlinie 93/76/EWG des Rates. ABl. Nr. L 114. (Energy Services Directive, ESD).

- RL 2008/101/EG: Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 zur Änderung der Richtlinie 2003/87/EG zwecks Einbeziehung des Luftverkehrs in das System für den Handel mit Treibhausgas-Emissionszertifikaten in der Gemeinschaft. ABl. Nr. L 8.
- RL 2009/28/EG: Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (Erneuerbare Richtlinie).
- RL 2010/31/EU: Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden.
- RL 2012/27/EU: Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober 2012 zur Energieeffizienz, zur Änderung der Richtlinien 2009/125/EG und 2010/30/EU und zur Aufhebung der Richtlinien 2004/8/EG und 2006/32/EG. ABl. Nr. L 315/1.
- RL 2018/410/EU: Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. März 2018 zur Änderung der Richtlinie 2003/87/EG zwecks Unterstützung kosteneffizienter Emissionsreduktionen und zur Förderung von Investitionen mit geringem CO₂-Ausstoß und des Beschlusses (EU) 2015/1814.
- Treibstoffqualitätsrichtlinie (RL 2009/30/EG): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Änderung der Richtlinie 98/70/EG im Hinblick auf die Spezifikationen für Otto-, Diesel- und Gasölkraftstoffe und die Einführung eines Systems zur Überwachung und Verringerung der Treibhausgas-Emissionen sowie zur Änderung der Richtlinie 1999/32/EG des Rates im Hinblick auf die Spezifikationen für von Binnenschiffen gebrauchte Kraftstoffe und zur Aufhebung der Richtlinie 93/12/EWG.
- Umweltförderungsgesetz (UFG; BGBl. Nr. 185/1993 i.d.g.F.): Bundesgesetz über die Förderung von Maßnahmen in den Bereichen der Wasserwirtschaft, der Umwelt, der Altlastensanierung, zum Schutz der Umwelt im Ausland und über das österreichische JI/CDM-Programm für den Klimaschutz, mit dem das Altlastensanierungsgesetz, das Abfallwirtschaftsgesetz, das Luftreinhaltegesetz für Kesselanlagen, das Bundesfinanzgesetz 1993, das Bundesfinanzierungsgesetz und das Wasserrechtsgesetz 1959 geändert werden.
- Verpackungsverordnung 1996 (VerpackVO 1996; BGBl. Nr. 648/1996): Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über die Vermeidung und Verwertung von Verpackungsabfällen und bestimmten Warenresten und die Einrichtung von Sammel- und Verwertungssystemen.
- Verpackungsverordnung 2014 (VerpackVO 2014; BGBl. II Nr. 184/2014 i.d.F. BGBl. II Nr. 597/2021): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Festlegung von Anteilen zur Abgrenzung von Haushaltsverpackungen und gewerblichen Verpackungen.

Verwaltungsreformgesetz BMLFUW (BGBl. I Nr. 58/2017): Bundesgesetz, mit dem das Wasserrechtsgesetz 1959, das Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz 2000, das Immissionsschutzgesetz-Luft, das Klimaschutzgesetz, das Umweltförderungsgesetz, das Bundesluftreinhaltegesetz, das Altlastensanierungsgesetz, das Chemikaliengesetz 1996, das Gesundheits- und Ernährungssicherheitsgesetz, das Pflanzenschutzgesetz 2011, das Düngemittelgesetz 1994, das Futtermittelgesetz 1999, das BFW-Gesetz, das Rebenverkehrsgesetz 1996, das Produktenbörsengesetz, das Bundesgesetz über die Bundesämter für Landwirtschaft und die landwirtschaftlichen Bundesanstalten, das Klima- und Energiefondsgesetz 2007 und das Spanische Hofreitschule-Gesetz geändert und das Bundesgesetz zur Schaffung eines Gütezeichens für Holz und Holzprodukte aus nachhaltiger Nutzung, das Börsesensale-Gesetz und das Bundesgesetz über das Bundesamt für Wasserwirtschaft aufgehoben werden.

VO BGBl. Nr. 68/1992 i.d.F. BGBl. II Nr. 456/1994: Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über die getrennte Sammlung biogener Abfälle.

VO Nr. 176/2014/EU: Verordnung der Kommission zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 1031/2010 insbesondere zur Festlegung der im Zeitraum 2013–2020 zu versteigernden Mengen Treibhausgasemissionszertifikate.

VO Nr. 421/2014/EU: Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. April 2014 zur Änderung der Richtlinie 2003/87/EG über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Gemeinschaft zur Umsetzung bis 2020 eines internationalen Übereinkommens über die Anwendung eines einheitlichen globalen marktbasierten Mechanismus auf Emissionen des internationalen Luftverkehrs.

VO Nr. 443/2009/EU: Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Festsetzung von Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen im Rahmen des Gesamtkonzepts der Gemeinschaft zur Verringerung der CO₂-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen.

VO (EU) Nr. 510/2011: Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Mai 2011 zur Festsetzung von Emissionsnormen für neue leichte Nutzfahrzeuge im Rahmen des Gesamtkonzepts der Union zur Verringerung der CO₂-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen.

VO Nr. 525/2013/EU: Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2013 über ein System für die Überwachung von Treibhausgas-Emissionen sowie für die Berichterstattung über diese Emissionen und über andere klimaschutzrelevante Informationen auf Ebene der Mitgliedstaaten und der Union und zur Aufhebung der Entscheidung Nr. 280/2004/EG.

VO 2017/2392/EU: Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Dezember 2017 zur Änderung der Richtlinie 2003/87/EG zur Aufrechterhaltung der derzeitigen Einschränkung ihrer Anwendung auf Luftverkehrstätigkeiten und zur Vorbereitung der Umsetzung eines globalen marktbasierten Mechanismus ab 2021.

VO 2018/841/EU: Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 über die Einbeziehung der Emissionen und des Abbaus von Treibhausgasen aus Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft in den Rahmen für die Klima- und Energiepolitik bis 2030 und zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 525/2013 und des Beschlusses Nr. 529/2013/EU.

VO 2018/842/EU: Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 zur Festlegung verbindlicher nationaler Jahresziele für die Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Zeitraum 2021 bis 2030 als Beitrag zu Klimaschutzmaßnahmen zwecks Erfüllung der Verpflichtungen aus dem Übereinkommen von Paris sowie zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 525/2013.

VO 2018/1999/EU: Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über das Governance-System für die Energieunion und für den Klimaschutz, zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 663/2009 und (EG) Nr. 715/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates, der Richtlinien 94/22/EG, 98/70/EG, 2009/31/EG, 2009/73/EG, 2010/31/EU, 2012/27/EU und 2013/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates, der Richtlinien 2009/119/EG und (EU) 2015/652 des Rates und zur Aufhebung der Verordnung (EU) Nr. 525/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates.

Delegierte VO 2021/268/EU der Kommission vom 28. Oktober 2020 zur Änderung des Anhangs IV der Verordnung (EU) 2018/841 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der von den Mitgliedstaaten anzuwendenden Referenzwerte für Wälder für den Zeitraum 2021 bis 2025.

VO 2023/857/EU: Verordnung 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.

VOC-Anlagen-Verordnung (VAV; BGBl. II Nr. 301/2002): Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft, Familie und Jugend zur Umsetzung der Richtlinie 1999/13/EG über die Begrenzung der Emissionen bei der Verwendung organischer Lösungsmittel in gewerblichen Betriebsanlagen.

Wegekostenrichtlinie (RL 2011/76 EU): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Juni 1999 über die Erhebung von Gebühren für die Benutzung bestimmter Verkehrswege durch schwere Nutzfahrzeuge.

Wohnrechtsnovelle 2009 (WRN 2009; BGBl. I Nr. 25/2009): Bundesgesetz, mit dem das Mietrechtsgesetz, das Richtwertgesetz, das Wohnungseigentumsgesetz 2002, das Wohnungsgemeinnützigkeitsgesetz und das Heizkostenabrechnungsgesetz geändert werden.

Wohnungseigentumsgesetz (WEG 2002; BGBl. I Nr. 70/2002 i.d.g.F.): Bundesgesetz über das Wohnungseigentum.

Wohnungsgemeinnützigkeitsgesetz (WGG; BGBl. I S 438/1940 i.d.g.F.): Gesetz über die Gemeinnützigkeit im Wohnungswesen.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Kohlenstoffdioxid-Konzentration und Veränderungen des Kohlenstoffbudgets in der Atmosphäre.....	23
Abbildung 2:	Änderung der globalen Durchschnitts- temperatur gegenüber der Periode 1850–1900.....	24
Abbildung 3:	Szenarien der CO ₂ -Emissionen und Änderungen der globalen Durchschnittstemperatur im Vergleich zu 1850–1900.	26
Abbildung 4:	Globale CO ₂ -Emissionen von 1960 bis 2022, aufgeteilt auf die Staaten mit den größten Beiträgen (links oben), sowie Gesamtemissionen (rechts oben) und Pro-Kopf-Emissionen (links unten) von EU-27, USA, China und Indien. Dargestellt sind jeweils territoriale (innerhalb der Landesgrenzen verursachte) und ab 1990 auch konsumbasierte Emissionen.	31
Abbildung 5:	Jährliche Abweichung zur mittleren Temperatur der Jahre 1961–1990 für Österreich und global.....	33
Abbildung 6:	Simulierte Änderung der Mitteltemperatur [°C] gegenüber dem Bezugszeitraum (1971–2000).....	34
Abbildung 7:	Nationale Emissionsobergrenzen 2030 entsprechend der Effort-Sharing-Verordnung, relativ zu den Emissionen von 2005.....	47
Abbildung 8:	Zertifikat-Zuteilung an österreichische Anlagen 2013–2023. ...	54
Abbildung 9:	Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen und -Szenarien bis 2050.....	61
Abbildung 10:	Investitionspotenzial der öffentlichen Hand für den Klimaschutz (schematische Darstellung).	65
Abbildung 11:	Anteil der Beschäftigung im Sektor umweltorientierte Produktion und Dienstleistungen seit 2010, Österreich und EU.	66
Abbildung 12:	Konsum- und produktionsbasierte Treibhausgas-Emissionen für Österreich, 1990–2021.....	70
Abbildung 13:	Entwicklung des österreichischen BIP im Vergleich zu Treibhausgas-Emissionen und Materialfußabdruck, 2000–2019.....	73
Abbildung 14:	Überschreitung von fünf planetaren Grenzen nach dem Konsum-Fußabdruck pro Kopf in Österreich, 2021.	74
Abbildung 15:	Verlauf der österreichischen Treibhausgas-Emissionen 1990–2022.....	82

Abbildung 16:	Verlauf der österreichischen Treibhausgas-Emissionen (ohne EH) 2005–2022 und Zielpfad 2021–2030.	84
Abbildung 17:	Anteil der Sektoren an den Treibhausgas-Emissionen 2022 (inklusive Emissionshandel) und Änderung der Emissionen zwischen 1990 und 2022.	85
Abbildung 18:	Anteil der Sektoren an den Treibhausgas-Emissionen 2022 (ohne Emissionshandel) und Änderung der Emissionen zwischen 2005 und 2022.	86
Abbildung 19:	Anteile der einzelnen Treibhausgase an den nationalen Treibhausgas-Gesamtemissionen im Jahr 2022.	87
Abbildung 20:	Treibhausgase nach Schadstoffen 1990–2022.	88
Abbildung 21:	Entwicklung der nationalen Treibhausgas-Emissionen im Vergleich zum Bruttoinlandsenergieverbrauch, zu fossilen Energieträgern und dem BIP, 1990–2022.	89
Abbildung 22:	Komponentenzerlegung der nationalen CO ₂ -Emissionen für Energie.	91
Abbildung 23:	Treibhausgas-Emissionen im Jahr 2022 auf Bundesländerebene.	92
Abbildung 24:	Treibhausgas-Emissionen des Sektors Energie und Industrie pro Kopf auf Bundesländerebene.	93
Abbildung 25:	Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen des Sektors Energie und Industrie auf Bundesländerebene, bezogen auf das Bruttoregionalprodukt.	94
Abbildung 26:	Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen des Sektors Verkehr pro Kopf auf Bundesländerebene (inkl. Kraftstoffexport).	95
Abbildung 27:	Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen des Sektors Gebäude pro Kopf auf Bundesländerebene.	96
Abbildung 28:	Entwicklung der Pro-Kopf-Treibhausgas-Emissionen des Sektors Landwirtschaft auf Bundesländerebene.	97
Abbildung 29:	Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen des Sektors Abfallwirtschaft pro Kopf auf Bundesländerebene.	98
Abbildung 30:	Entwicklung der Pro-Kopf-Treibhausgas-Emissionen des Sektors F-Gase auf Bundesländerebene.	99
Abbildung 31:	Vergleich der Treibhausgas-Emissionen 1990 bzw. 2000 und 2022 pro Kopf und pro Kaufkraftstandard zwischen den EU-27-Staaten.	101
Abbildung 32:	Vergleich der Emissionen gemäß ESR für das Jahr 2022 mit den ESR-Zielen für 2022 und 2030.	102

Abbildung 33:	Internationaler Vergleich der Treibhausgas-Emissionen pro Kopf und pro Kaufkraftstandard zwischen ausgewählten Staaten und Jahren.....	103
Abbildung 34:	Kumulierte CO ₂ -Emissionen 1970–2022 im globalen Vergleich.	104
Abbildung 35:	Treibhausgas-Emissionen aus dem Sektor Energie und Industrie, 1990–2022.....	106
Abbildung 36:	Treibhausgas- Emissionen sowie öffentliche Strom- und Fernwärmeproduktion, 1990–2022.....	110
Abbildung 37:	Anteil der Verbrauchergruppen am gesamten Stromverbrauch im Jahr 2022.	111
Abbildung 38:	Öffentliche Stromproduktion in fossilen kalorischen Kraftwerken, Wasserkraft-, Windkraft-, Photovoltaik- und Geothermieranlagen sowie aus Biomasse, 1990–2022.	113
Abbildung 39:	Wärmeproduktion und Kraft-Wärme-Kopplung in öffentlichen Kraftwerken, 1990–2022.....	114
Abbildung 40:	Energieträger in der öffentlichen Fernwärmeproduktion, 1990–2022.....	115
Abbildung 41:	Energieeinsatz in kalorischen Kraft- und Heizwerken, Biomasseheiz(kraft)werken und in der Abfallverbrennung nach Energieträgern, 1990–2022.	116
Abbildung 42:	Komponentenzerlegung der CO ₂ -Emissionen aus der öffentlichen Strom- und Wärmeproduktion – Gegenüberstellung 2022–1990 (links) und 2005–2022 (rechts).	117
Abbildung 43:	Treibhausgas- Emissionen und verarbeitete Menge Rohöl der Raffinerie, 1990–2022.	119
Abbildung 44:	Trend der Roheisen- und Stahlproduktion sowie damit verbundene Treibhausgas-Emissionen, 1990–2022.	120
Abbildung 45:	Komponentenzerlegung der CO ₂ -Emissionen aus der Eisen- und Stahlproduktion – Gegenüberstellung 1990–2022 (links) und 2005–2022 (rechts).	121
Abbildung 46:	Energiebedingte Treibhausgas-Emissionen, Wertschöpfung und Brennstoffeinsatz der Sonstigen Industrie (ohne Eisen- und Stahlproduktion), 1990–2022.....	122
Abbildung 47:	Verbrauch von Brennstoffen in der Sonstigen Industrie (ohne Eisen- und Stahlproduktion) in den Jahren 1990, 2005, 2021 und 2022.....	123

Abbildung 48:	Komponentenzerlegung der CO ₂ -Emissionen aus der Sonstigen Industrie (ohne Eisen- und Stahlproduktion – Gegenüberstellung 1990–2022 (links) und 2005–2022 (rechts)).	125
Abbildung 49:	Zementproduktion (Produktionsmenge) und Treibhausgas-Emissionen aus der Mineralverarbeitenden Industrie (nur prozessbedingte Emissionen), 1990–2022.	126
Abbildung 50:	Treibhausgas-Emissionen (prozessbedingt) der Chemischen Industrie, 1990–2022.	127
Abbildung 51:	Treibhausgas-Emissionen aus Sonstigen Quellen, 1990–2022.	128
Abbildung 52:	Treibhausgas-Emissionen der Emissionshandelsanlagen 2005–2022 in der Abgrenzung ab 2013.	130
Abbildung 53:	Anteil der EH-Emissionen des Sektors Energie und Industrie im Jahr 2022 nach ausgewählten Sektoren.	131
Abbildung 54:	Verifizierte Treibhausgas-Emissionen der Emissionshandelsbetriebe 2005–2022.	131
Abbildung 55:	Änderung der verifizierten Treibhausgas-Emissionen 2022 gegenüber 2021 nach ausgewählten Sektoren.	132
Abbildung 56:	Vergleich Gratiszuteilung und Treibhausgas-Emissionen 2005–2022.	133
Abbildung 57:	Treibhausgas-Emissionen der Nicht-EH-Anlagen des Sektors Energie und Industrie, 2005–2022.	135
Abbildung 58:	Treibhausgas- Emissionen aus dem Sektor Verkehr, 1990–2022.	137
Abbildung 59:	Hauptemittenten im Sektor Verkehr, 2022.	138
Abbildung 60:	Treibhausgas-Emissionen des Straßenverkehrs mit und ohne Kraftstoffexport, 1990–2022.	140
Abbildung 61:	Bestand alternativer Antriebe 2019–2022.	142
Abbildung 62:	Treibhausgas-Emissionen des Straßenverkehrs nach Fahrzeugkategorien, 1990–2022.	145
Abbildung 63:	Pkw-Neuzulassungen, 2000–2023.	146
Abbildung 64:	CO ₂ -Emissionen aus dem Personenverkehr (Pkw) und gefahrene Personenkilometer nach Treibstoffen (exklusive Kraftstoffexport), 1990–2022.	147
Abbildung 65:	Pkw-Neuzulassungen nach Gewichtsklassen, 2022.	147
Abbildung 66:	Pkw-Neuzulassungen nach Leistungsklassen, 2022.	148

Abbildung 67:	CO ₂ -Emissionen von Pkw-Neuzulassungen im Vergleich zu den EU-Grenzwerten.	151
Abbildung 68:	Modal-Split-Verkehrsleistung im Personenverkehr Inland (exklusive Kraftstoffexport und internationaler Flugverkehr), 1990 und 2022.	152
Abbildung 69:	Komponentenzerlegung der CO ₂ -Emissionen aus dem Personenverkehr – Gegenüberstellung 1990–2022 (links) und 2005–2022 (rechts).	153
Abbildung 70:	CO ₂ -Emissionen von 2022 neu zugelassenen leichten Nutzfahrzeugen im Vergleich zu den EU-Grenzwerten.	155
Abbildung 71:	CO ₂ -Emissionen und Verkehrsleistung des Güterverkehrs in Österreich (exklusive Kraftstoffexport), 1990–2022.	156
Abbildung 72:	Verkehrsleistung nach Transportträgern im Güterverkehr exklusive Kraftstoffexport, 1990–2022.	157
Abbildung 73:	Komponentenzerlegung der CO ₂ -Emissionen aus dem Güterverkehr – Gegenüberstellung 1990–2022 (links) und 2005–2022 (rechts).	158
Abbildung 74:	Treibhausgas-Emissionen des Flugverkehrs, 1990–2022.	159
Abbildung 75:	Flugbewegungen national und international, 2000–2022.	160
Abbildung 76:	Treibhausgas-Emissionen aus dem Sektor Gebäude, 1990–2022.	162
Abbildung 77:	Treibhausgas-Emissionen des Sektors Gebäude im Vergleich zu den Heizgradtagen, 1990–2022.	164
Abbildung 78:	Endenergieeinsatz im Sektor Gebäude, 1990–2022.	166
Abbildung 79:	Nennleistungen jährlich neu installierter Stückholz-, Pellets- und Hackgut-Kessel, 1990–2022.	167
Abbildung 80:	Leistungen jährlich neu installierter Photovoltaik-, Solarthermie- und Wärmepumpenanlagen, 1990–2022.	170
Abbildung 81:	Energiepreise von fossilen Brennstoffen, Strom und Fernwärme (real) und reales verfügbares Nettoeinkommen der Privathaushalte, 1990–2022.	170
Abbildung 82:	Energiepreise biogener Energieträger (real) und reales verfügbares Nettoeinkommen der Privathaushalte, 1990–2022.	172
Abbildung 83:	Kurzfristige Entwicklung der Energiepreise von fossilen Brennstoffen, Strom und Fernwärme (real) auf Monatsbasis seit Jänner 2022.	173

Abbildung 84:	Kurzfristige Entwicklung der Energiepreise biogener Energieträger (real) auf Monatsbasis seit Jänner 2022.....	174
Abbildung 85:	Kohlenstoffdioxid-Emissionen aus Privathaushalten (stationäre und mobile Quellen) sowie Anzahl und Wohnnutzfläche der Hauptwohnsitze, 1990–2022.....	175
Abbildung 86:	Sanierungsrate Hauptwohnsitze 2009–2022: umfassende Sanierungsäquivalente (Anteil pro Jahr bezogen auf Hauptwohnsitze im Bestand).....	182
Abbildung 87:	Komponentenzerlegung der CO ₂ -Emissionen aus den Privathaushalten aus der Bereitstellung von Wärme – Gegenüberstellung 1990–2022 (links) und 2005–2022 (rechts).	184
Abbildung 88:	Treibhausgas-Emissionen des Sektors Landwirtschaft, 1990–2022.....	187
Abbildung 89:	Rinderbestand und verdauungsbedingte Methan-Emissionen aus Rindermägen, 1990–2022.	189
Abbildung 90:	Komponentenzerlegung der CH ₄ -Emissionen aus den Emissionen aus der landwirtschaftlichen Rinderhaltung – Gegenüberstellung 1990–2022 (links) und 2005–2022 (rechts).	190
Abbildung 91:	Lachgas-Emissionen aus Stickstoffdüngung sowie Düngereinsatz, 1990–2022.....	192
Abbildung 92:	Methan- und Lachgas-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management sowie Rinder- und Schweinebestand, 1990–2022.....	193
Abbildung 93:	Treibhausgas-Emissionen stationärer Anlagen und mobiler Quellen der Land-und Forstwirtschaft, 1990–2022.....	194
Abbildung 94:	Pro-Kopf-Verbrauch von Konsummilch und Fleisch (menschlicher Verzehr), 2005–2022.....	196
Abbildung 95:	Treibhausgas-Emissionen aus dem Sektor Abfallwirtschaft, 1990–2022.	199
Abbildung 96:	Methan-Emissionen aus Deponien und jährlich deponierte Abfälle mit relevantem organischem Anteil, 1990–2022.....	202
Abbildung 97:	Entwicklung der Deponiegaserfassung in Österreich, 1990–2022.....	203
Abbildung 98:	Komponentenzerlegung der Methan-Emissionen aus Deponien – Gegenüberstellung 1990–2022 (links) und 2005–2022 (rechts).....	204

Abbildung 99: Menge der aerob und anaerob biologisch behandelten Abfälle sowie Entwicklung der THG-Emissionen, 1990–2022.	207
Abbildung 100: Treibhausgas-Emissionen und Energieeinsatz der Abfallverbrennung, 1990–2022.	208
Abbildung 101: Methan- und Lachgas-Emissionen aus der kommunalen und industriellen Abwasserbehandlung bzw. -entsorgung, 1990–2022.....	209
Abbildung 102: Treibhausgas-Emissionen des Sektors Fluorierte Gase, 1990–2022.....	211
Abbildung 103: Emissionstrend nach Quellen von F-Gasen, 1990–2022.	213
Abbildung 104: Treibhausgas-Senken aus dem Sektor LULUCF, 1990–2022...	215
Abbildung 105: Anteil der Flächen der Landnutzungskategorien im Jahr 2022.....	218
Abbildung 106: Entwicklung der Flächen der Hauptlandnutzungskategorien in Österreich seit 1990.	219
Abbildung 107: Jährliche CO ₂ -Emissionen bzw. -Senken im Wald je Kohlenstoffpool, 1990–2022.	220
Abbildung 108: CO ₂ -Emissionen bzw. -Senken je Holzprodukte-Kategorie, 1990–2022.....	221
Abbildung 109: Jährliche CO ₂ -Emissionen bzw. -Senken im Ackerland je Kohlenstoffpool, 1990–2022.	222
Abbildung 110: Jährliche CO ₂ -Emissionen bzw. -Senken im Grünland je Kohlenstoffpool, 1990–2022.	223
Abbildung 111: CO ₂ -Emissionen bzw. -Senken im Siedlungsraum je Kohlenstoffpool, 1990–2022.	224
Abbildung 112: Nationales Inventursystem Österreich (NISA).	260

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Emissionszuweisungen 2021–2025 und 2030 für Österreich, errechnet nach den Bestimmungen der Verordnung (EU) 2023/857 und Durchführungsbeschluss 2023/1319/EU... 54
Tabelle 2:	Energetischer Endverbrauch für die Szenarien WEM, WAM und Transition sowie Energiebilanz für 2020 und 2021 in PJ (Quellen: Umweltbundesamt 2023a, 2023b, Statistik Austria, 2022a). 59
Tabelle 3:	Anteil erneuerbarer Energieträger für das Szenario WEM, WAM und Transition sowie Energiebilanzen (Quellen: Umweltbundesamt 2023a, 2023b, Statistik Austria, 2022a). 60
Tabelle 4:	Treibhausgas-Emissionen nach Sektoreinteilung des Klimaschutzgesetzes für die Szenarien WEM, WAM und Transition für ausgewählte Jahre in Mio. Tonnen CO ₂ -Äquivalent (Quellen: Umweltbundesamt 2023a, 2023b). 61
Tabelle 5:	Einfluss der Faktoren Bruttoinlandsenergieverbrauch, Bruttoinlandsverbrauch fossile Energieträger und BIP auf die Treibhausgas-Emissionen in Österreich (Quellen: Umweltbundesamt, 2024a, Statistik Austria, 2023a, 2023b). 89
Tabelle 6:	Verursacher der Emissionen des Sektors Energie und Industrie inklusive Emissionshandel (in 1.000 t CO ₂ -Äquivalent) (Quelle: Umweltbundesamt, 2024a). 108
Tabelle 7:	Energieeinsatz in kalorischen Kraft- und Heizwerken, Biomasseheiz(kraft)werken und in der Abfallverbrennung nach Energieträgern, 1990, 2005, 2021 und 2022 (in TJ) (Quelle: Statistik Austria, 2022a). 116
Tabelle 8:	Verbrauch von Brennstoffen der Verursacherguppe Sonstige Industrie (ohne Eisen- und Stahlerzeugung) in den Jahren 1990, 2005, 2021 und 2022 (in TJ) (Quellen: Umweltbundesamt, 2024a, Statistik Austria, 2023a). 124
Tabelle 9:	Einsatz von Biokraftstoffmengen gemäß Kraftstoffverordnung und eingesparte Treibhausgas-Emissionen im Verkehrssektor durch den Einsatz von Biokraftstoffen 2005–2022 (Quelle: BMK, 2024a). 141
Tabelle 10:	Hauptverursacher der Treibhausgas-Emissionen des Verkehrssektors (in 1.000 t CO ₂ -Äquivalent) (Quelle: Umweltbundesamt, 2024a). 144
Tabelle 11:	Treibhausgas-Emissionen aus dem Straßenverkehr nach Fahrzeugkategorien ohne CO ₂ aus FAME (in 1.000 t CO ₂ -Äquivalent) (Quelle: Umweltbundesamt, 2024a). 144

Tabelle 12:	Hauptverursacher der Emissionen des Sektors Gebäude (in 1.000 t CO ₂ -Äquivalent) (Quelle: Umweltbundesamt, 2024a). 162
Tabelle 13:	Endenergieeinsatz im Sektor Gebäude (in TJ) (Quellen: Umweltbundesamt, 2024a, Statistik Austria, 2023a, 2023c). ... 165
Tabelle 14:	Anzahl der von thermisch-energetischen Einzelmaßnahmen jährlich betroffenen Hauptwohnsitz-Wohnungen und mittlere Erneuerungsrate pro Jahr (Quellen: Statistik Austria, 2004, 2019, 2021, 2023h). 180
Tabelle 15:	Anzahl der von thermisch-energetischen Kombinationsmaßnahmen jährlich betroffenen Hauptwohnsitz-Wohnungen und mittlere Erneuerungsrate pro Jahr (Quellen: Statistik Austria, 2004, 2019, 2021, 2023h). 181
Tabelle 16:	Hauptverursacher der Treibhausgas-Emissionen im Sektor Landwirtschaft (in 1.000 t CO ₂ -Äquivalent) (Quelle: Umweltbundesamt, 2024a). 188
Tabelle 17:	Selbstversorgungsgrad von verschiedenen Fleischarten in Österreich in Schlachtgewicht in Tonnen für das Jahr 2022 (Statistik Austria, 2023j). 195
Tabelle 18:	Hauptverursacher der Emissionen des Abfallwirtschaftssektors (in 1.000 t CO ₂ -Äquivalent) (Quelle: Umweltbundesamt, 2024a). 199
Tabelle 19:	Hauptursachen der Emissionen und Senken des Sektors LULUCF (in Mio. t CO ₂ -Äquivalent) (Quelle: Umweltbundesamt, 2024 a). 216
Tabelle 20:	Vorläufiges Ergebnis der anrechenbaren LULUCF-Senken/Quellen für die Jahre 2021 und 2022 gemäß LULUCF-VO (EU) 2018/841. 217
Tabelle 21:	Jährlicher Prozess zur Erstellung der Treibhausgas-Inventur (Umweltbundesamt). 262

ANHANG 1 – ERSTELLUNG DER INVENTUR

Rechtliche Basis

**jährliche
Treibhausgas-
Inventuren**

Internationale Berichtspflichten

Als Vertragsstaat der Klimarahmenkonvention war Österreich bereits bisher dazu verpflichtet, jährlich Inventuren zu den nationalen Treibhausgas-Emissionen zu erstellen und an das Klimasekretariat der UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) zu übermitteln. Ab 2024 wird diese Verpflichtung durch die Berichtspflicht im Rahmen des Enhanced Transparency Framework (ETF) unter dem Pariser Übereinkommen abgelöst.

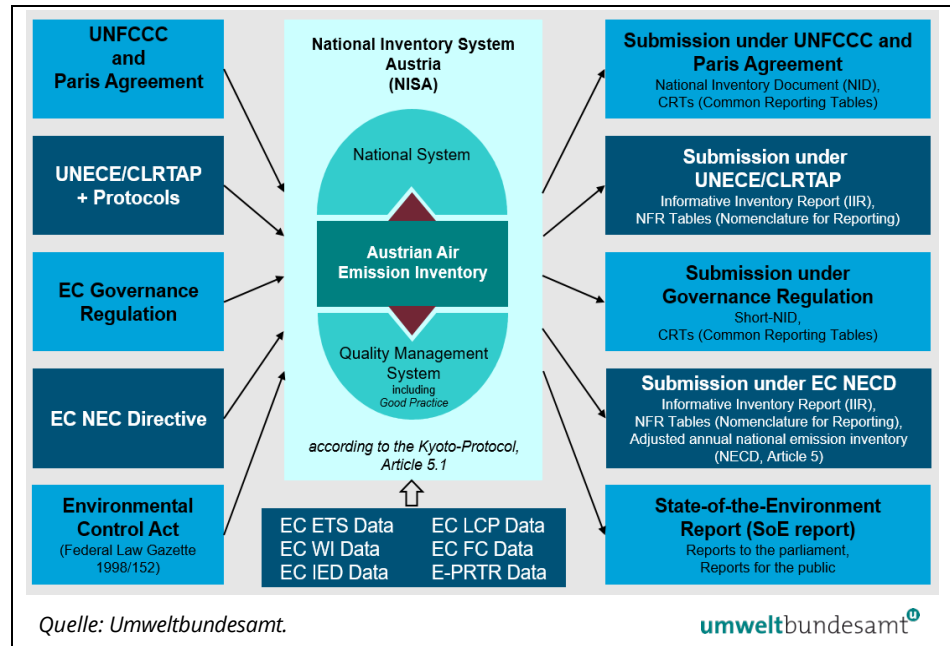
Eine analoge Verpflichtung besteht gegenüber der Europäischen Kommission aufgrund der EU-Verordnung über das Governance-System für die Energieunion und den Klimaschutz (VO EU 2018/1999).

Nationales Inventursystem

Um die hohen Anforderungen hinsichtlich der Berichtspflichten bestmöglich zu erfüllen, wurde das Nationale Inventursystem Österreich (NISA) geschaffen. Das NISA baut auf der Österreichischen Luftschadstoff-Inventur (OLI) als zentralem Kern auf und gewährleistet Transparenz, Konsistenz, Vergleichbarkeit, Vollständigkeit und Genauigkeit sowie zeitgerechte Übermittlung (Submission) der Inventur. Wichtiger Teil des NISA ist das Qualitätsmanagementsystem nach ÖNORM EN ISO/IEC 17020. Das Umweltbundesamt ist als weltweit einzige Stelle für die Erstellung der nationalen Emissions-Inventur akkreditiert.⁷⁷

⁷⁷ Seit dem 23. Dezember 2005 ist das Umweltbundesamt als Inspektionsstelle Typ A (ID Nr. 0241) für die Erstellung der nationalen Luftschadstoff-Inventur gemäß ÖNORM EN ISO/IEC 17020 und Österreichischem Akkreditierungsgesetz akkreditiert. Der im aktuellen Bescheid angeführte Akkreditierungsumfang ist unter <https://akkreditierung-austria.gv.at> einsehbar.

Abbildung 112:
Nationales Inventursystem Österreich (NISA).



Berechnungsvorschriften

Die methodische Vorgehensweise zur Berechnung der Emissionen und das Berichtsformat sind genau festgelegt. Anzuwenden ist ein vom Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) ausgearbeitetes Regelwerk, welches in den IPCC Guidelines (IPCC, 2006) dokumentiert ist.

Tiefenprüfung unter UNFCCC

Die Einhaltung dieser Berechnungsvorschriften wird auch unter dem Enhanced Transparency Framework unter dem Pariser Übereinkommen im Regelfall jährlich durch eine Tiefenprüfung im Auftrag des Klimasekretariats der UNFCCC durch externe Expert:innen (Technical Expert Review Team) kontrolliert. Die Tiefenprüfung kann als Desk Review, Centralized Review oder In-Country Review durchgeführt werden, wobei letzterer zumindest zwei Mal in zehn Jahren zu erfolgen hat.⁷⁸ In Jahren, in denen kein Biennial Transparency Report zu übermitteln ist, werden vereinfachte Überprüfungen (Simplified Reviews) durchgeführt.

Erachtet das Prüftteam eine Inventur als unvollständig bzw. nicht entsprechend den Regelwerken erstellt, werden während der Prüfung Empfehlungen zur Änderung der Berechnungen vorgeschlagen.

Diese Tiefenprüfungen gab es auch bereits für die Eingaben unter der Klimarahmenkonvention und dem Kyoto-Protokoll. Von besonderer Bedeutung war zum Beispiel die Tiefenprüfung durch die UNFCCC im Februar 2007 (In-Country Review in Wien), da sie zusätzlich zur Treibhausgas-Inventur auch die Prüfung des

⁷⁸ Report of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement on the third part of its first session, held in Katowice from 2 to 15 December 2018 (Decision 18/CMA.1, annex. para. 158)

nationalen Inventursystems und des Emissionshandelsregisters auf ihre Erfüllung der Anforderungen unter dem Kyoto-Protokoll umfasste. Als Folge dieser Prüfung erhielt Österreich die Berechtigung zur Teilnahme an den flexiblen Mechanismen unter dem Kyoto-Protokoll. Mit der Tiefenprüfung im September 2014 fand die finale Überprüfung der ersten Kyoto-Verpflichtungsperiode (2008–2012) statt. Alle fachlichen Fragen konnten hinreichend geklärt werden und es gab keine Beanstandungen (Saturday Paper). Die sehr hohe Qualität der österreichischen Inventur wurde damit wieder bestätigt und die erste Verpflichtungsperiode konnte seitens der Inventur erfolgreich abgeschlossen werden. Gleiches gilt auch für die bisher letzten Tiefenprüfungen unter der UNFCCC vom September 2022, mit der auch die zweite Kyoto-Verpflichtungsperiode (2013–2020) erfolgreich abgeschlossen werden konnte, sowie im September 2023.

Prüfung durch EEA Zusätzlich erfolgt seit dem Berichtsjahr 2015 jährlich eine Prüfung der Treibhausgas-Inventur durch technische Expert:innen unter der Leitung der Europäischen Umweltagentur (Inventurprüfung gemäß Artikel 19 der Monitoring Mechanism-Verordnung Nr. 525/2013/EG bzw. ab dem Berichtsjahr 2023 gemäß den Artikeln 37 und 38 der Governance-Verordnung (EU) Nr. 2018/1999). Etwaige Anmerkungen bzw. Empfehlungen werden in der österreichischen Inventur unmittelbar umgesetzt oder fließen in den nationalen Inventurverbesserungsplan ein.

Jährliche Berichte

Änderungen bei Berichtspflicht Mit dem Jahr 2024 kommt es durch das Enhanced Transparency Framework unter dem Pariser Übereinkommen zu einer Änderung in der Berichtspflicht an die Vereinten Nationen. Die bisherigen Datentabellen CRFs (Common Reporting Format) werden durch die leicht erweiterten Common Reporting Tables (CRTs) ersetzt. Auch das Berichtsformat ändert sich. Aus dem National Inventory Report (NIR) wird das National Inventory Document (NID), das als eigenständiges Dokument vorliegen oder ein Teil des neuen Biennial Transparency Reports sein kann.

Die Verpflichtung zur jährlichen Übermittlung der Inventuren zu den nationalen Treibhausgas-Emissionen an das Klimasekretariat der UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) bleibt aufrecht. Aufgrund der verspäteten Fertigstellung der UNFCCC-Reportingsoftware wurde die Deadline für die Übermittlung 2024 auf den 31. Dezember verschoben.⁷⁹

Dies hat auch Auswirkungen auf die Berichtspflicht unter der EU-Verordnung über das Governance-System für die Energieunion und den Klimaschutz (VO EU 2018/1999) an die Europäische Kommission (EK). So wurden am 15. Jänner 2024 noch die Emissionstabellen im CRF-Format und die zugehörige Kurzversion des Inventurberichts (Short-NIR) sowie am 15. März 2024 die CRF-Tabellen und die Langversion des Inventurberichts (NIR) an die EK übermittelt.

⁷⁹ CP.27 Decision 6 Para 6 and CMA.1 Decision 18 Para 3

Tabelle 21 zeigt den jährlichen Zeitplan für den Standardprozess ab 2025.

*Tabelle 21:
Jährlicher Prozess zur
Erstellung der Treibhaus-
gas-Inventur (Umwelt-
bundesamt).*

15. Jänner (Jahr n)	Übermittlung der Treibhausgas-Inventur (CRTs und Short-NID) an die EK
15. Jänner bis 28. Februar (Jahr n)	Überprüfung der Daten durch die EK
15. März (Jahr n)	Übermittlung des National Inventory Documents (NID) und der CRTs an die EK
15. März bis 31. März (Jahr n)	Überprüfung der Daten (CRT) und des nationalen Inventurberichtes (NID) durch die EK
15. April (Jahr n)	Übermittlung der Treibhausgas-Inventur (CRTs und NID) an die UNFCCC
Mai (Jahr n) bis März (Jahr n+1)	Überprüfung der Daten durch die UNFCCC
bis 15. Januar (Jahr n+1)	Berücksichtigung der Verbesserungsvorschläge der EK und der UNFCCC bei der Erstellung der Treibhausgas-Inventur

Methodische Aspekte

Emissionsberechnung

Die Bilanzierung der Treibhausgase im Rahmen der internationalen Abkommen, wie der Klimarahmenkonvention (UNFCCC), erfasst jene Emissionen, die Akteure innerhalb der Grenzen eines Landes verursachen. Das ist die sogenannte produktionsbasierte oder territoriale Berechnungsmethode.

Die grundlegende Formel der Emissionsberechnung kann mit folgender Gleichung beschrieben werden:

Emission (E) = A * EF

Die Daten für Aktivitäten (A) werden aus statistischen Unterlagen gewonnen (im Landwirtschaftsbereich sind das z. B. Tierzahlen, Düngemittelabsatz, Erntemengen etc.). Die Emissionsfaktoren (EF) dagegen können – je nach angewandter Methode – eine einfache Verhältniszahl (z. B. kg CH₄/Tier) oder das Ergebnis komplexer Berechnungen sein (z. B. bei Berücksichtigung der Stickstoffflüsse in der Treibhausgas-Inventur).

Methodik

- Zur Bestimmung der Emissionen werden i.d.R. zwei unterschiedlich detaillierte Methoden vorgeschlagen:
- eine einfache mit konstanten Emissionsfaktoren auf Grundlage international anerkannter Schätzwerte (Stufe-1-Verfahren) und
 - eine den Emissionsprozess detaillierter abbildende Methode (Stufe-2-Verfahren).

Die Anwendung detaillierter Berechnungsverfahren führt zu einer Verringerung der Unsicherheiten. Durch die bessere Berücksichtigung spezifischer Technologien wird zusätzlich eine Erhöhung der Abbildung von Maßnahmen in der Treibhausgas-Inventur erreicht.

Hat eine Quellgruppe einen signifikanten Anteil an den nationalen Emissionen, müssen diese nach dem Stufe-2-Verfahren ermittelt werden. Dies bedeutet, dass ein landesspezifischer und/oder zeitabhängiger Emissionsfaktor herangezogen werden muss.

Landesspezifische Faktoren dürfen nur dann in die Treibhausgas-Inventur aufgenommen werden, wenn nationale Erhebungen bzw. Messergebnisse vorliegen oder die erforderlichen Daten im Rahmen von wissenschaftlich begutachteten Studien (peer-reviewed studies) ausgearbeitet wurden.

Die Revision der Treibhausgas-Inventur

Vergleichbarkeit der Emissionsdaten

Zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit von Emissionsdaten ergibt sich die Notwendigkeit, revidierte Primärstatistiken (z. B. der Energiebilanz) bei der jährlichen Inventurerstellung entsprechend zu berücksichtigen. Auch weiterentwickelte Emissionsmodelle und Parameter werden zur Bewahrung der erforderlichen Konsistenz in der Regel für die gesamte Zeitreihe angewendet. Es ist also der laufende Prozess der Inventurverbesserung, welcher zwangsläufig zu revidierten Emissionszeitreihen führt.

Insbesondere bei den Vorjahreswerten sind regelmäßig Revisionen zu verzeichnen, da wesentliche Primärstatistiken auf vorläufigen Daten beruhen. Die jährlichen UN-Tiefenprüfungen der Treibhausgas-Inventur sollen hier ebenfalls nicht unerwähnt bleiben, denn die Aufnahme der Ergebnisse kann zu veränderten Emissionsdaten führen.

Alle Änderungen in der Inventur werden in den methodischen Berichten, die jährlich erstellt werden, dokumentiert. Die aktuelle Inventur, auf der dieser Klimaschutzbericht basiert, wird in „Austria’s National Inventory Report 2024“ (Umweltbundesamt, 2024a) umfassend und transparent dargestellt.

ANHANG 2 – METHODE DER KOMPONENTENERLEGUNG

LMDI-Methode Zur Ermittlung der Einflüsse einzelner Parameter wird ab dem Klimaschutzbericht 2018 die LMDI (Logarithmic Mean Divisia Index)-Methode der Komponentenerlegung verwendet. Sie wird in der Bewertung von Trends über Energie und Emissionen häufig angewandt, u. a. auch in Berichten von ICF, International Energy Agency, European Environment Agency (ICF, 2016, IEA, 2016 und EEA, 2014).

Berechnungsmethodik Bei der Komponentenerlegung werden zunächst für jeden Verursacher wichtige emissionsbeeinflussende Komponenten identifiziert. Danach werden Formeln definiert, die die Beziehungen der einzelnen Komponenten zueinander widerspiegeln. Die Emissionen können als Resultat einer Multiplikation definiert werden. Die folgende Gleichung zeigt die Multiplikationskette für die nationalen energiebedingten CO₂-Emissionen:

$$E = \frac{E}{EF} \times \frac{EF}{EBS} \times \frac{EBS}{BIV} \times \frac{BIV}{BIP} \times \frac{BIP}{BV} \times BV$$

Die gewählten Variablen werden in der nachstehenden Tabelle beschrieben:

Variablen	Beschreibung
E	Emissionen (CO ₂) aller Brennstoffe
E _F	Energieverbrauch fossiler Brennstoffe
E _{BS}	Energieverbrauch aller Brennstoffe
BIV	Bruttoinlandsenergieverbrauch
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BV	Bevölkerung

Diese Gleichung kann vereinfacht in folgender Form angeschrieben werden:

$$E = KI \times BM \times BI \times EI \times BK \times BV$$

Für die Faktoren der Multiplikationskette gilt im Zusammenhang mit den Einflussgrößen:

Abkürzung	Beschreibung der Faktoren
$KI = \frac{E}{E_F}$	fossile Kohlenstoffintensität
$BM = \frac{E_F}{E_{BS}}$	Biomasse
$BI = \frac{E_{BS}}{BIV}$	Brennstoffintensität

Abkürzung	Beschreibung der Faktoren
$EI = \frac{BIV}{BIP}$	Energieintensität
$BK = \frac{BIP}{BV}$	BIP pro Kopf
BV	Bevölkerung

Um die einzelnen Effekte der Komponenten abzuschätzen, werden die emissionsbeeinflussenden Faktoren für das Basisjahr und das Letztjahr quantifiziert und verglichen. Die beiden nachstehenden Formeln beziehen sich auf zwei unterschiedliche Zeitpunkte „t₀“ und „t_n“, dabei beschreibt „t₀“ das Basisjahr und „t_n“ ein beliebig gewähltes Betrachtungsjahr.

$$E_{t_0} = KI_{t_0} \times BM_{t_0} \times BI_{t_0} \times EI_{t_0} \times BK_{t_0} \times BV_{t_0}$$

$$E_{t_n} = KI_{t_n} \times BM_{t_n} \times BI_{t_n} \times EI_{t_n} \times BK_{t_n} \times BV_{t_n}$$

Wird die Komponentenzersetzung angewandt, gilt folgender Zusammenhang für die Komponenten der Emissionsänderung von Zeit „t₀“ bis „t_n“:

$$\Delta E = E_{t_n} - E_{t_0} = \Delta E_{KI} + \Delta E_{BM} + \Delta E_{BI} + \Delta E_{EI} + \Delta E_{BK} + \Delta E_{BV}$$

Bei der LMDI-Methode werden die Effekte der Komponenten über einen einfachen mathematischen Zusammenhang zwischen Änderung der Treibhausgasmenge und Änderung der betrachteten Komponente berechnet. Im Vergleich zu anderen Methoden basiert die LMDI-Methode auf logarithmischen Änderungen. Die Effekte der Komponenten werden mit folgender allgemeiner Formel berechnet:

$$\Delta E = \sum_{y=KI}^{BV} \Delta E_y = \sum_{y=KI}^{BV} \frac{E_{t_n} - E_{t_0}}{\ln\left(\frac{E_{t_n}}{E_{t_0}}\right)} \times \ln\left(\frac{y_{t_n}}{y_{t_0}}\right)$$

Der Index y bezeichnet die Einflussfaktoren KI, BM, BI, BK und BV. Exemplarisch wird die Formel für den Einfluss der Kohlenstoffintensität ΔE_{KI} auf die Änderungen der Emissionen angegeben:

$$\Delta E_{KI} = \frac{E_{t_n} - E_{t_0}}{\ln\left(\frac{E_{t_n}}{E_{t_0}}\right)} \times \ln\left(\frac{KI_{t_n}}{KI_{t_0}}\right)$$

Die Darstellung der Ergebnisse der Komponentenzersetzung (bzw. die Reihung der Einzelergebnisse der Parameter) in den Sektorkapiteln erfolgt in Abhängigkeit von der Richtung (emissionserhöhend vs. emissionsmindernd) und dem Ausmaß des Beitrags der einzelnen Parameter und entspricht nicht der Reihenfolge

der Berechnung. Dadurch wird eine bessere Übersichtlichkeit der emissionsmindernden und emissionstreibenden Faktoren erreicht. Die Einzelwerte sind als Abschätzung der Effekte unter den genannten Annahmen zu verstehen. Anhand der Komponentenzerlegung kann gezeigt werden, welche der ausgewählten Einflussgrößen tendenziell am stärksten zur Emissionsänderung beitragen. Einschränkung ist zu bemerken, dass die Ergebnisse von der Wahl der Parameter abhängen und ein Vergleich der verschiedenen Verursachergruppen nur bedingt möglich ist.

ANHANG 3 – SEKTORDEFINITION NACH KLIMASCHUTZGESETZ (KSG)

Energie und Industrie:

CRF 1.A.1	Energieaufbringung
Abzüglich CRF 1.A.1.a	Public electricity and heat production – other fuels (Abfallverbrennung) ⁸⁰
CRF 1.A.2	Pyrogene Emissionen in der Industrie
CRF 1.A.3.e.i	Verdichterstationen (Stationäre Gasturbinen)
CRF 1.B	Diffuse Emissionen
CRF 2	Industrielle Prozesse (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O)

Verkehr:

CRF 1.A.3	Transport
Abzüglich CRF 1.A.3.e.i	Verdichterstationen (Stationäre Gasturbinen)
CRF 1.A.5	Other (Militär)

Gebäude:

CRF 1.A.4	Other Sectors (Kleinverbrauch)
Abzüglich CRF 1.A.4.c	Landwirtschaft (Energieeinsatz Maschinen)

Landwirtschaft:

CRF 3	Landwirtschaft
CRF 1.A.4.c	Landwirtschaft (Energieeinsatz Maschinen)

Abfallwirtschaft:

CRF 5	Abfall (Deponien, Abwasser, MBA)
CRF 1.A.1.a	Public electricity and heat production – other fuels (Abfallverbrennung) ⁸⁰

Fluorierte Gase:

CRF 2	Industrielle Prozesse (HFC, PFC, SF ₆ , NF ₃)
-------	--

CRF ... Common Reporting Format

⁸⁰ Emissionen aus den Stützbrennstoffen der Abfallverbrennungsanlagen (z. B. Gas, Heizöl) werden dem Sektor Energie und Industrie zugeordnet. Die Zuordnung der Abfallverbrennung zum Sektor Abfallwirtschaft umfasst damit nicht sämtliche Emissionen der Abfallverbrennungsanlagen.

ANHANG 4 – TREIBHAUSGAS-EMISSIONEN 1990–2022

Emissionen gemäß Treibhausgas-Inventur (OLI)															
Mio. Tonnen CO ₂ -Äquivalent	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2021–2022	1990–2022
Energie und Industrie	36,4	35,7	36,0	41,6	39,1	35,2	34,8	36,5	34,0	35,1	32,5	34,5	32,6	-5,4 %	-10,4 %
Energie und Industrie (exklusive Emissionshandel)*				5,9	6,4	5,7	5,8	5,9	5,6	5,5	5,5	5,8	6,0	3,6 %	
Energie und Industrie Emissionshandel**				35,7	32,7	29,5	29,0	30,6	28,4	29,6	27,0	28,7	26,6	-7,2 %	
Verkehr (inklusive nationaler Flugverkehr)	13,8	15,7	18,5	24,6	22,2	22,2	23,0	23,7	23,9	24,0	20,7	21,6	20,6	-4,6 %	49,6 %
Verkehr (exklusive nationaler Flugverkehr)*				24,5	22,1	22,1	23,0	23,7	23,8	23,9	20,7	21,6	20,6	-4,6 %	
Gebäude*	12,9	13,5	12,4	12,7	10,3	8,2	8,5	8,6	7,9	8,1	8,1	8,9	7,4	-16,8 %	-42,9 %
Landwirtschaft*	9,8	9,3	8,8	8,3	8,3	8,4	8,6	8,5	8,4	8,3	8,3	8,3	8,2	-0,9 %	-16,0 %
Abfallwirtschaft*	4,7	4,3	3,6	3,5	3,2	2,7	2,7	2,6	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	-3,4 %	-52,4 %
Fluorierte Gase*	1,6	1,5	1,4	1,8	1,9	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,1	1,8	1,8	-1,1 %	17,2 %
Treibhausgase nach KSG				56,8	52,0	49,4	50,8	51,6	50,5	50,4	47,0	48,63	46,2	-5,0 %	
Gesamte Treibhausgase	79,1	80,0	80,6	92,6	84,8	78,9	79,9	82,2	78,9	80,1	74,0	77,4	72,8	-5,8 %	-7,9 %

* Sektoreinteilung nach Klimaschutzgesetz (KSG)

** Daten für 2005–2012 wurden entsprechend der ab 2013 gültigen Abgrenzung des EH angepasst.

Datenstand: 15. März 2024. Die aktuellen Emissionsdaten können von bisher publizierten Zeitreihen abweichen.

Umweltbundesamt GmbH

Spittelauer Lände 5
1090 Wien/Österreich

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

office@umweltbundesamt.at
www.umweltbundesamt.at

Im Jahr 2022 wurden in Österreich rund 72,8 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent emittiert. Damit lagen die Treibhausgas-Emissionen um rund 7,9 % unter dem Wert von 1990. Nach dem Anstieg im Jahr 2021 kam es im Jahr 2022 zu einem Rückgang von 5,8 % gegenüber dem Vorjahr. Hauptverantwortlich dafür sind die geringere Stahlproduktion, witterungsbedingt weniger Energieeinsatz in Gebäuden und geringeres Verkehrsaufkommen.

Insgesamt emittierten die Wirtschaftssektoren, die nicht dem Europäischen Emissionshandel unterliegen, im Jahr 2022 rund 46,2 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent. Die Emissionen lagen damit etwa 1,2 Mio. Tonnen unter der für 2022 gültigen Höchstmenge von 47,4 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent.