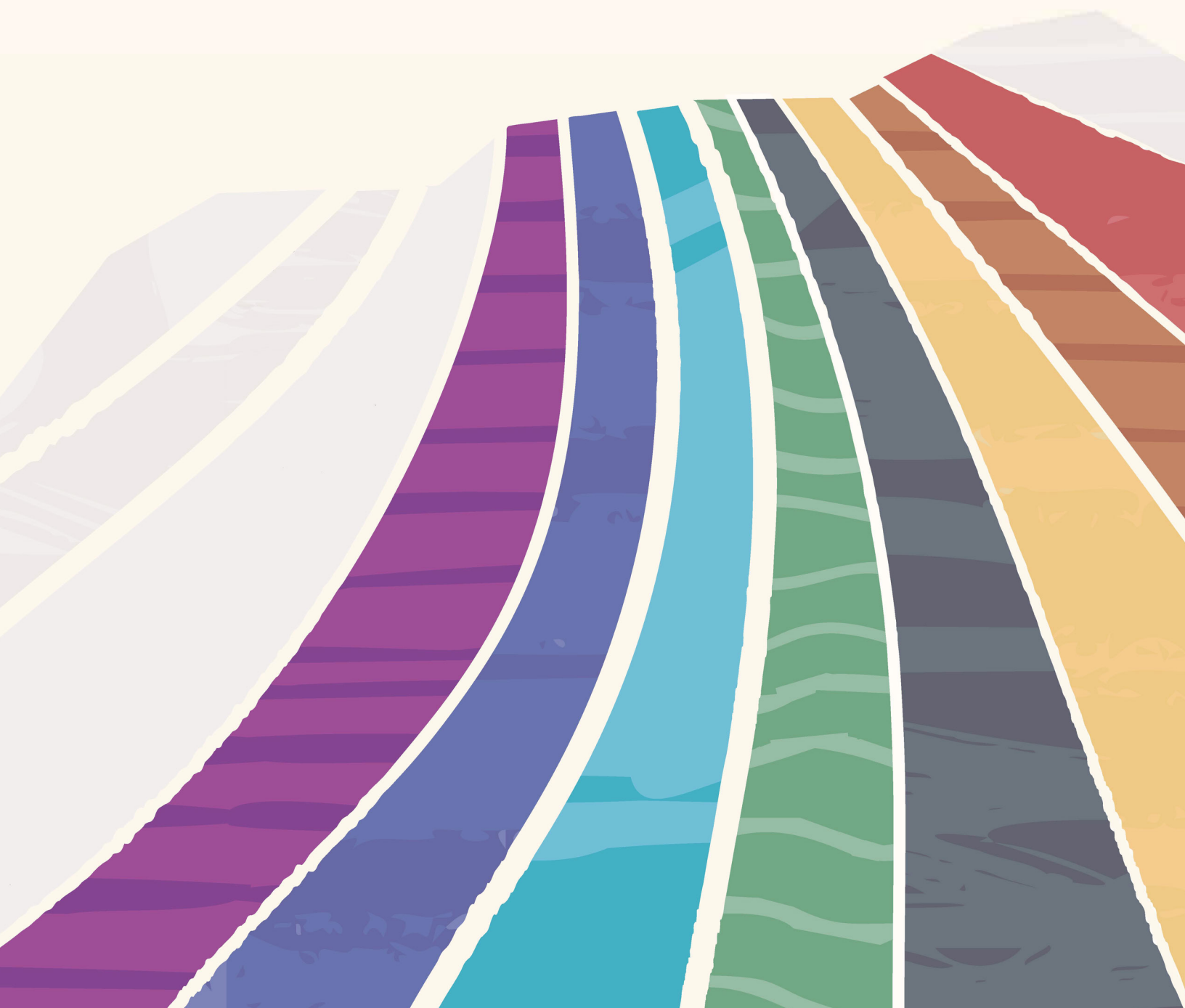


Zweiter Österreichischer Sachstandsbericht zum Klimawandel | AAR2

Wissenschaftliche Zusammenfassung



Zweiter Österreichischer Sachstandsbericht zum Klimawandel | AAR2

Wissenschaftliche Zusammenfassung (TS)

Diese Veröffentlichung wurde einem anonymen internationalen Peer-Review-Verfahren unterzogen, das von mehreren Review-Editoren, den AAR2-Ko-Vorsitzenden und dem APCC-Lenkungsausschuss koordiniert wurde.

Die in dieser Publikation zum Ausdruck gebrachten Ansichten oder Meinungen sind nicht unbedingt die der Institutionen, mit deren Unterstützung diese Arbeit durchgeführt wurde. Das APCC, der Verlag und die beteiligten Institutionen übernehmen keine Garantie für die Richtigkeit oder ständige Verfügbarkeit der in dieser Publikation erwähnten Links zu externen Websites oder Websites Dritter und übernehmen keine Verantwortung für die Richtigkeit oder Angemessenheit der darin enthaltenen Inhalte.

Empfohlene Zitierweise

T. Brudermann, S. Gingrich, S. Hanger-Kopp, et al. (2025): Wissenschaftliche Zusammenfassung (TS).

In "Second Austrian Assessment Report on Climate Change (AAR2) of the Austrian Panel on Climate Change (APCC)."

[D. Huppmann, M. Keiler, K. Riahi, H. Rieder (eds.)]. Austrian Academy of Sciences Press, Vienna, Austria | doi: doi.org/10.1553/aar2-ts-de

Sie können die empfohlene Zitierweise in den Formaten Endnote (.ris) und BibTex (.bib) auf aar2.ccca.ac.at/citation herunterladen.

Wien, August 2025

ISBN: 978-3-7001-5110-4 | austriaca.at/5110-4 (Gesamtbericht)

ISBN: 978-3-7001-5117-3 | austriaca.at/5117-3

Umsetzung und Gestaltung

Verlag: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien

Satz: Crossdesign Werbeagentur GmbH, Graz

Deckblatt: paulaidaanton | Agentur für digiloges Design

Grafiken: paulaidaanton | Agentur für digiloges Design, David Jablonski | Klimadashboard

Die deutsche Fassung basiert auf der Übersetzung aus dem Englischen von Simone Kellner und wurde von den Ko-Vorsitzenden und der Technical Support Unit bearbeitet und adaptiert.

Für die sprachliche Überarbeitung wurden KI-gestützte Tools wie DeepL verwendet.

Kontaktadresse für Produktsicherheit:

Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften

Dr. Ignaz Seipel-Platz 2

A-1010 Wien

Tel.: +43-1-51581-3420

E-Mail: verlag@oeaw.ac.at

Finanzierung

Der AAR2 wurde aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des 14. „Austrian Climate Research Programme“ (ACRP) durchgeführt.

Rechte und Lizenz

© 2025 Austrian Panel on Climate Change (APCC)

Dieser Bericht ist unter einer Creative Commons CC-BY 4.0-Lizenz veröffentlicht.

creativecommons.org/licenses/by/4.0



Koordination



Unterstützung



Verlag



Der AAR2 ist ein Bericht des Austrian Panel on Climate Change (APCC).

<https://aar2.ccca.ac.at/de>

Autor:innen

Thomas Brudermann	Universität Graz
Simone Gingrich	BOKU University
Susanne Hanger-Kopp	Internationales Institut für angewandte Systemanalyse IIASA
Daniel Huppmann	Internationales Institut für angewandte Systemanalyse IIASA
Margreth Keiler	Universität Innsbruck UIBK & Österreichische Akademie der Wissenschaften ÖAW
Mathias Kirchner	BOKU University
Manfred Kleidorfer	Universität Innsbruck UIBK
Karina Knaus	Österreichische Energieagentur AEA
Michael Miess	King Abdullah University of Science and Technology KAUST & Umweltbundesamt Österreich UBA
Andreas Novy	Wirtschaftsuniversität Wien WU
Marc Olefs	Geosphere Austria
Keywan Riahi	Internationales Institut für angewandte Systemanalyse IIASA
Harald Rieder	BOKU University
Franziska Schöniger	Austrian Institute of Technology GmbH AIT & BOKU University
Robert Steiger	Universität Innsbruck UIBK
Anika Donner	Universität Innsbruck UIBK
Maria Holzinger	Internationales Institut für angewandte Systemanalyse IIASA
Eva-Maria Hummel	Universität Innsbruck UIBK
Monika Mayer	BOKU University
Verena Rauchenwald	Internationales Institut für angewandte Systemanalyse IIASA
Karl Scheifinger	Internationales Institut für angewandte Systemanalyse IIASA

Inhaltsverzeichnis

Einleitung und Rahmenbedingungen	V
A. Aktueller Stand und Trends	1
Der Klimawandel	1
Klimawandelbedingte Umweltveränderungen	4
Emissionen	6
B. Auswirkungen, Schlüsselrisiken und Anpassung	9
Allgemeine Aspekte	9
Naturgefahren	17
Biodiversität und Ökosystemleistungen	18
Land- und Forstwirtschaft	22
Tourismus und bebaute Umwelt	23
Gesundheit und menschliches Wohlergehen	25
C. Emissionsreduktionsmaßnahmen	26
Schlüsselmerkmale und Voraussetzungen für den Übergang	26
Energiesysteme	28
Gebäude und Mobilität	32
Wirtschaft und Industrie	33
Landnutzung, Forstwirtschaft und Landwirtschaft	34
Endnachfrage und Verhalten	36
Strategien zum Ausbau von Negativemissionen	37
D. Governance und Gesellschaft	40
Bedarf und Voraussetzungen für eine effektive Klima-Governance	40
Fairness und „Just Transition“	43
Medien und Bildung	44
E. Klimafreundliche Transformationspfade	46
Rahmenbedingungen für eine wirksame Integration der Klimapolitik	46
Merkmale klimafreundlicher Transformationspfade	48
Mehrperspektivität und Narrative der Transformationspfade	49
Referenzen	51
Glossar	aar2.ccca.ac.at/glossar
Abkürzungen	aar2.ccca.ac.at/abkuerzungen
Gesamtbericht	aar2.ccca.ac.at/bericht

Einleitung und Rahmenbedingungen

Diese *Wissenschaftliche Zusammenfassung* (TS) präsentiert die zentralen Ergebnisse des *Zweiten Österreichischen Sachstandsberichts zum Klimawandel* (AAR2). Der AAR2 bietet eine umfassende, interdisziplinäre Aufbereitung der aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse zum Klimawandel und den damit verbundenen Risiken für Österreich. Er veranschaulicht die Bandbreite der Auswirkungen bei unterschiedlichen Erwärmungsniveaus und zeigt mögliche Emissionsreduktionsstrategien, Anpassungsmaßnahmen und Transformationspfade auf. Der Bericht orientiert sich eng an der Struktur, den Abläufen und den Methoden des *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, Weltklimarat).

Die *Wissenschaftliche Zusammenfassung* ist wie folgt gegliedert: **Abschnitt A Aktueller Status und Trends** beschreibt die aktuellen Klimabedingungen und Emissionstrends in Österreich und zeigt deutliche Anzeichen für eine beschleunigte Erwärmung und weitreichende Umweltveränderungen. **Abschnitt B Auswirkungen, Schlüsselrisiken und Anpassung** untersucht die zunehmenden Auswirkungen und Risiken des Klimawandels auf Ökosysteme, Sektoren und Gesellschaft in Österreich und betont die Dringlichkeit von Anpassungsmaßnahmen in Verbindung mit Emissionsreduktionsmaßnahmen. In **Abschnitt C Emissionsreduktionsmaßnahmen** wird das Potenzial zur Emissionsreduktion in verschiedenen Sektoren bewertet. Es werden zentrale Hebel identifiziert, mit denen Österreich sein Ziel der Netto-Null-Emissionen bis 2040 erreichen kann. **Abschnitt D Governance und Gesellschaft** konzentriert sich auf die gesellschaftlichen, institutionellen und Governance-bezogenen Rahmenbedingungen, die die Wirksamkeit der Klimapolitik beeinflussen. Darüber hinaus werden die Voraussetzungen für einen gerechten Übergang („Just Transition“) in Österreich beleuchtet. In **Abschnitt E Klimafreundliche**

Transformationspfade werden Optionen vorgestellt, wie Emissionsreduktions- und Anpassungsmaßnahmen mit Effizienz- und Suffizienzansätzen integriert werden können.

Mehr als 200 Wissenschaftler:innen haben an diesem Bericht mitgearbeitet und über 100 externe Gutachter:innen haben an der mehrstufigen wissenschaftlichen Evaluierung mitgewirkt. Der AAR2 baut auf dem *Ersten Österreichischen Sachstandsbericht zum Klimawandel* aus dem Jahr 2014 und einer Reihe von nachfolgenden Sonderberichten auf, die vom *Austrian Panel on Climate Change* (APCC) und dem *Climate Change Centre Austria* (CCCA) koordiniert wurden.

Die wissenschaftliche Evidenz für jede zentrale Aussage in dieser *Wissenschaftlichen Zusammenfassung* stammt aus den acht Kapiteln des AAR2. In Anlehnung an die kalibrierte Sprache des IPCC wird jeder zentralen Aussage ein Konfidenzniveau zugeordnet, um die Stärke und den Umfang der wissenschaftlichen Literatur und den Grad der Übereinstimmung anzugeben.

Ähnlich wie die Berichte des Weltklimarats (IPCC) formuliert der AAR2 keine spezifischen politischen Handlungsempfehlungen. Stattdessen werden in dem Bericht alternative Optionen für die Reduktion von Treibhausgasemissionen und Maßnahmen zur Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels verglichen. Dabei werden insbesondere Synergien und Zielkonflikte konkreter Maßnahmen mit anderen gesellschaftlichen Prioritäten wie der Erreichung der *Ziele für nachhaltige Entwicklung* (SDGs) dargestellt. Der AAR2 ist sich der Zusammenhänge und Abhängigkeiten zwischen Klimaschutz, Anpassung, menschlichem Wohlergehen und nachhaltiger Entwicklung sowie der damit verbundenen Zielkonflikte bewusst.

Bewertung der Belastbarkeit von Aussagen des Sachstandsberichts

Wissenschaft ist ein fortlaufender Erkenntnisprozess und Unsicherheit ist ein wesentlicher Bestandteil der Forschung. Klare Aussagen zur Belastbarkeit von wissenschaftlichen Erkenntnissen ist eine Voraussetzung dafür, den aktuellen Stand unseres Wissens zu definieren und Bereiche zu identifizieren, die weiterer Forschung bedürfen. Dies ist relevant für die Klimawissenschaft, da zukünftige Bedingungen von vielen Faktoren abhängen – dazu gehören die natürliche Variabilität des Wetters, komplexe Wechselwirkungen im Klimasystem, die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen und individuelle Entscheidungen.

Der **Zweite Österreichische Sachstandsbericht zum Klimawandel (AAR2)** liefert eine umfassende Aufbereitung und Bewertung des Wissensstands zum Klimawandel in Österreich. Um Klarheit und Transparenz der Kernaussagen sicherzustellen, folgt der Bericht den Methoden des **Weltklimarats (IPCC)** zur Bewertung und Darstellung der Belastbarkeit wissenschaftlicher Erkenntnisse. Diese Methoden bewerten den Umfang der wissenschaftlichen Literatur und den Grad der Übereinstimmung, um das Vertrauensniveau von Aussagen zu bestimmen.

Warum sind Vertrauensniveaus wichtig?

Zur Bewertung der Belastbarkeit aller Kernaussagen evaluiert der Bericht die wissenschaftlichen Erkenntnisse in zwei Dimensionen: Die **Evidenz (*Evidence*)** beschreibt die Anzahl der verfügbaren Studien und Qualität der wissenschaftlichen Literatur, die eine Schlussfolgerung stützen – dazu gehören Beobachtungen, Experimente, Modelle und Einschätzung von Expert:innen. Der Grad der **Übereinstimmung (*Agreement*)** beschreibt, inwieweit die wissenschaftliche Literatur die Forschungsergebnisse auf ähnliche Weise interpretiert. Wenn der Umfang der Evidenz und der Grad der Übereinstimmung gleich sind (hoch/mittel/gering), wird der Begriff **Vertrauen (*Confidence*)** verwendet; andernfalls werden die beiden Dimensionen separat genannt.

Durch die Berücksichtigung beider Dimensionen kann der Bericht die Belastbarkeit der jeweiligen Aussagen bewerten und so sowohl fundierte Erkenntnisse als auch Forschungsbedarf sichtbar machen. Der Sachstandsbericht fokussiert auf Österreich, um konkrete und politikrelevante Erkenntnisse zu ermöglichen. In jenen Fragen, für die regionale Daten nur begrenzt oder nicht verfügbar sind, werden Ergebnisse aus anderen Ländern oder vergleichbaren Regionen herangezogen, sofern sie relevant und übertragbar sind.

Wie werden Vertrauensniveaus dargestellt?

Die folgende Tabelle zeigt, wie verschiedene Kombinationen aus Evidenz und Übereinstimmung zur Vertrauensbewertung führen:

Grad der Übereinstimmung ↑	Geringe Evidenz Hohe Übereinstimmung	Mittlere Evidenz Hohe Übereinstimmung	Hohes Vertrauen
	Geringe Evidenz Mittlere Übereinstimmung	Mittleres Vertrauen	Hohe Evidenz Mittlere Übereinstimmung
	Geringes Vertrauen	Mittlere Evidenz Geringe Übereinstimmung	Hohe Evidenz Geringe Übereinstimmung
	→ Menge und Qualität der wissenschaftlichen Evidenz		

Wenn Evidenz und Übereinstimmung gleich bewertet werden, wird das **Vertrauen** als *gering*, *mittel* oder *hoch* angegeben. Bei abweichender Einschätzung werden **Evidenz** und **Übereinstimmung** separat genannt (z. B. „*hohe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*“).

Warum ist das für Sie wichtig?

Das Verständnis der Belastbarkeit der Kernaussagen des Sachstandsberichts hilft politischen Entscheidungsträger:innen, Organisationen und Einzelpersonen, **fundierte Entscheidungen** zu treffen. Es macht deutlich, welche Aussagen wissenschaftlich stark bzw. weniger stark abgesichert sind. Dieser Ansatz gewährleistet, dass Maßnahmen zur Emissionsreduktion und Anpassung auf dem **besten verfügbaren Wissen** basieren und gleichzeitig Unsicherheiten transparent kommuniziert werden.

Ein Leitfaden zum Lesen der Kernaussagen im Sachstandsbericht

B.8 Die Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels auf den Niederschlag in Österreich unterscheiden sich regional sowie saisonal und auch nach Aggregationsebene (d. h. saisonale oder jährliche Summenwerte) und einzelnen Niederschlagsereignissen (*hohe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). Das saisonale Niederschlagsmittel in Österreich nimmt laut Projektionen im Winter zu (*hohes Vertrauen*) und im Sommer ab (*hohe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). Das tägliche Niederschlagsmaximum (10-jährliches Ereignis) wird im Vergleich zum aktuellen Klima um 10 % bei einem globalen Erwärmungsniveau von 2,0°C und bis zu 23 % bei einem globalen Erwärmungsniveau von 4,0°C steigen (*mittleres Vertrauen*). {1.2.2, 1.4, Abbildung SPM.3}

Jede Kernaussage beginnt mit einem fett gedruckten Teil, der die wesentlichen Aspekte zusammenfasst.

Der zweite Teil der Kernaussage liefert Kontext und weitere relevante Informationen.

Am Ende jeder Kernaussage stehen Verweise auf Abbildungen & Abschnitte des Sachstandsberichts, auf denen die Aussage beruht.

Die Bewertung des Vertrauensniveaus zeigt die Belastbarkeit der wissenschaftlichen Aussage. Wenn verschiedene Teile des Absatzes eine unterschiedliche Bewertung haben, wird dies explizit an den relevanten Stellen gezeigt.

A. Aktueller Stand und Trends

In Österreich sind bereits vielfältige Ausprägungen des Klimawandels nachweisbar. Die Erwärmung übersteigt die globalen Durchschnittswerte, mit durchschnittlichen Temperaturen, die im Jahr 2024 in Österreich um 3,1°C höher lagen als in vorindustrieller Zeit. Während sich Hitzewellen und Dürren intensivieren, nimmt die Schneebedeckung immer mehr ab, Gletscher schrumpfen und Permafrostböden tauen auf. Die durchschnittlichen Niederschlagsänderungen variieren regional und saisonal, wobei Starkniederschlagsereignisse zunehmen. Der Klimawandel wird durch Treibhausgasemissionen verursacht. In Österreich sind die Sektoren Industrie und produzierendes Gewerbe sowie Verkehr die größten Emittenten. Die nationalen Treibhausgasemissionen stammen größtenteils aus der Verwendung fossiler Brenn- und Kraftstoffe im Verkehr

sowie im Bereich Industrie und produzierendes Gewerbe. Die österreichische Wirtschaft, einschließlich der Sektoren Industrie, Tourismus und Energie, ist bereits vom Klimawandel betroffen und Österreich ist klimabedingten Risiken in den Lieferketten ausgesetzt, insbesondere bei importierter Biomasse aus gefährdeten Regionen.

Der Klimawandel

A.1 Veränderungen in Österreichs Temperaturverhältnissen sind sowohl bei den mittleren als auch bei den extremen Temperaturen nachweisbar, wobei sich die Temperaturzunahme seit den 1980er Jahren besonders stark be-

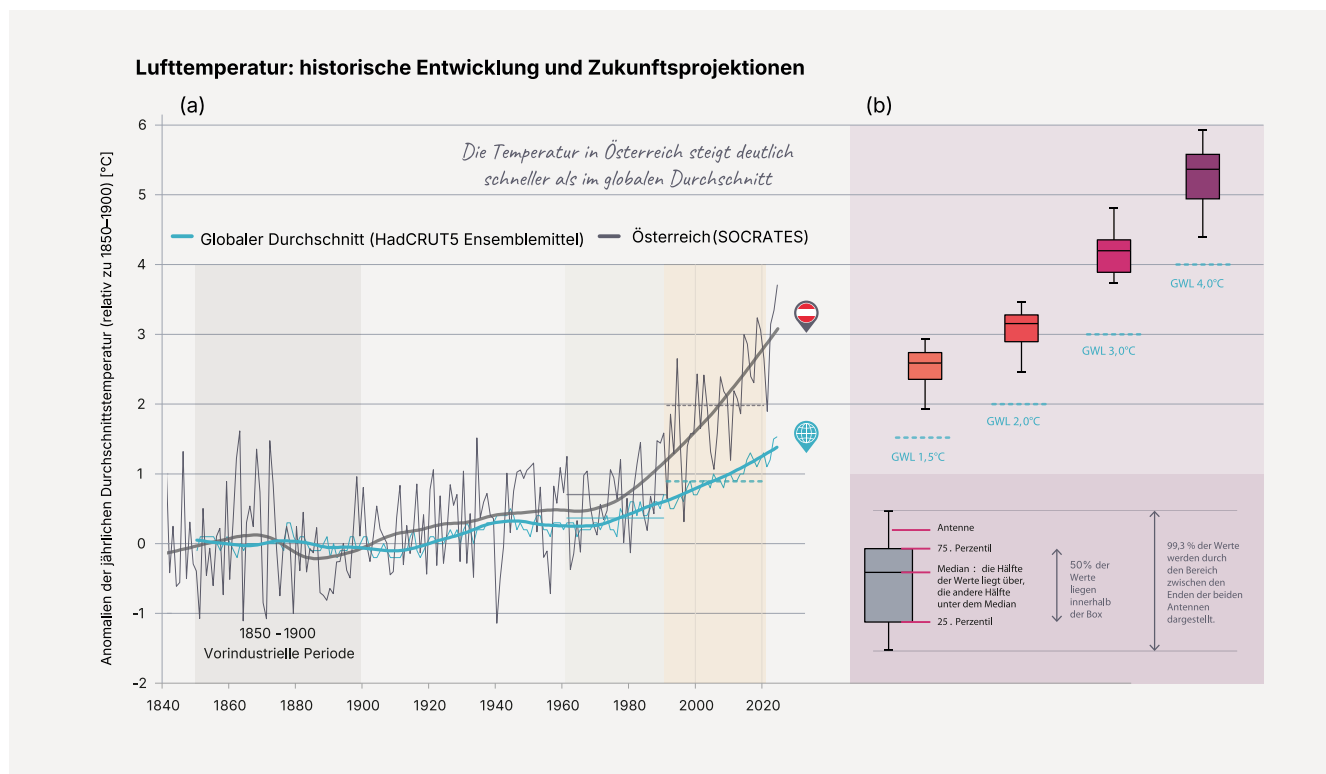


Abbildung TS.1 | Anomalien der mittleren jährlichen Lufttemperatur vom vorindustriellen Niveau und prognostizierte Änderungen. (a) Zeitreihe der jährlichen mittleren Lufttemperaturabweichungen vom vorindustriellen Mittelwert: Globaler Mittelwert (HadCRUT5 – Datensatz des Hadley Centre/Climatic Research Unit Temperature 5), globale Landflächen, europäische Landflächen (Region: 25 °W – 40 °E, 34 °N – 72 °N) und Österreich (SOCRATES – Räumliche Rekonstruktion des Klimas in Österreich unter Verwendung der SPARTACUS- und HISTALP-Datensätze) für den Zeitraum 1781–2024 (2023 für europäische Landflächen). Hinweis: Die globalen Datensätze beginnen erst ab 1850. Dünne Linien zeigen die jährlichen Werte (der Übersichtlichkeit halber nur für Österreich und den globalen Mittelwert dargestellt). Dicke Linien sind mit einem 42-jährigen LOESS-Filter (lokal geschätzte Streudiagramm-Glättung) geglättet. Horizontale Linien zeigen die Mittelwerte der 30-jährigen Klimanormalperioden (1961–1990, durchgezogen; 1991–2020, gestrichelt). (b) Prognostizierte Änderungen der jährlichen mittleren Lufttemperatur in Österreich für verschiedene globale Erwärmungsniveaus (GWL) basierend auf ÖKS15 (Österreichische Klimaszenarien aus 2015) Simulationen (Ensemble-Bandbreiten). Die Änderungen werden als Mittelwerte der Perioden bei GWL 1,5°C, GWL 2,0°C, GWL 3,0°C und GWL 4,0°C berechnet (Datenquellen: Auer et al., 2007; Morice et al., 2021; Chimani et al., 2024).

schleunigt hat. Dabei ist der Temperaturanstieg deutlich stärker als im globalen Mittel, was hauptsächlich auf den regionalen thermodynamischen und dynamischen Antrieb in großen Teilen Europas zurückzuführen ist (*hohes Vertrauen*). Im Jahr 2024 lag die durchschnittliche jährliche Lufttemperatur 3,1°C über dem vorindustriellen Niveau (1850–1900). Seit den 1980er Jahren betrug die Erwärmung in Österreich und anderen Teilen Europas +0,5°C pro Jahrzehnt. Temperaturextreme wie Hitzetage (Tageshöchsttemperatur $\geq 30^\circ\text{C}$) oder Tropennächte (Temperatur fällt nachts nicht unter 20°C) sowie der damit verbundene Hitzestress haben in den Monaten von April bis September (1991–2020 vs. 1961–1990) deutlich zugenommen. Dieser Anstieg ist in urbanen Räumen aufgrund des „Städtischen Wärmeinseleffekts“ besonders stark ausgeprägt. In vielen österreichischen Städten treten Hitzewellen im Vergleich zur Klimaperiode 1961–1990 um 50 % häufiger auf und dauern um 1 bis 4 Tage länger (*hohes Vertrauen*). Die Anzahl von Hitzetagen in sehr heißen Jahren (mit einer statistischen Wiederkehrperiode von 10 Jahren) hat sich in Österreich im Durchschnitt verdreifacht im Vergleich der Klimanormalperioden 1961–1990 und 1991–2020. {1.2.1, [Abbildung TS.1](#)}

A.2 Angenommen, dass die derzeitigen Maßnahmen weiterhin umgesetzt werden, werden die anthropogenen Treibhausgasemissionen laut Projektionen mindestens bis 2030 weiter ansteigen. Dies wird bis zum Jahr 2100 zu einer mittleren globalen Erwärmung von 2,7°C [2,2°C bis 3,4°C] führen. Dieser Wert liegt nahe dem in diesem Bericht verwendeten Referenzwert für das globale Erwärmungsniveau (GWL) von 3,0°C (*hohes Vertrauen*). In diesen Szenarien schreitet die Erwärmung auch nach dem Jahr 2100 weiter fort. Selbst in Klimaprojektionen, die von ehrgeizigen Emissionsreduktionen ausgehen, steigt die globale Durchschnittstemperatur mindestens bis zur Mitte des Jahrhunderts weiter an. Die weitere Entwicklung hängt stark von der Menge an Treibhausgasemissionen ab, die vom Menschen noch verursacht werden. Der Temperaturanstieg in Österreich bleibt weiterhin höher als der globale Durchschnitt. {1.2.2, [Abbildung TS.1](#)}

A.3 Die Durchschnittstemperaturen in Österreich werden mit zunehmender globaler Erwärmung in allen Jahreszeiten deutlich ansteigen (*hohes Vertrauen*). Im Vergleich zur letzten Klimaperiode (1961–1990) wird erwartet, dass die jährlichen Durchschnittstemperaturen um 2,0°C, 2,6°C,

3,6°C und 4,9°C bei einem globalen Erwärmungsniveau von GWL 1,5°C, GWL 2,0°C, GWL 3,0°C und GWL 4,0°C ansteigen. Hitzeextreme werden sich verstärken und hohe Temperaturen werden häufiger auftreten (*hohes Vertrauen*). Ein sehr heißes Jahr, das in der Vergangenheit (Klimaperiode 1961–1990) einmal in 10 Jahren auftrat, wird bei einem globalen Erwärmungsniveau von GWL 1,5°C im Durchschnitt 3,5-mal, bei GWL 2,0°C 4,3-mal, bei GWL 3,0°C 5,7-mal und bei GWL 4,0°C sogar 8,1-mal in 10 Jahren in Österreich auftreten. Darüber hinaus wird die durchschnittliche Temperatur von Hitzewellen bei GWL 4,0°C um 6,6°C ansteigen (*hohe Evidenz, geringe Übereinstimmung*). {1.2.2, [Abbildung TS.1](#), [Abbildung TS.2](#)}

A.4 Projektionen zukünftiger Temperaturen für Österreich sind konservative Schätzungen und müssen mit Vorsicht interpretiert werden, da die regionalen Klimamodelle des ÖKS15-Ensembles eine systematische Modellabweichung zu niedrigeren Temperaturen aufweisen (dieser „Cold Bias“ wurde vorwiegend durch Modellschwächen beim Aerosolantrieb und den atmosphärisch-dynamischen Komponenten verursacht) (*hohes Vertrauen*). Wie [Abbildung TS.1](#) deutlich zeigt, ist die derzeitige Erwärmung bereits höher als die Temperaturprojektionen bei niedrigen globalen Erwärmungsniveaus. Die mittleren Lufttemperaturen in Österreich werden in Zukunft die globalen Durchschnittstemperaturen mindestens um den Faktor 1,3 übersteigen. Basierend auf den ÖKS15-Projektionen würde dieses globale Erwärmungsniveau von 1,5°C zu einer Erwärmung in Österreich von nur etwa 2,3°C führen, was deutlich niedriger ist als die beobachtete Temperaturanomalie. Dies ist auf eine systematische Unterschätzung (*Cold Bias*) der regionalen Klimamodelle zurückzuführen. {1.2.1, 1.2.2}

A.5 Die Erwärmung in den österreichischen Alpen war in der Vergangenheit (instrumentelle Messperiode) nahezu identisch mit der Erwärmung im restlichen Österreich (*hohes Vertrauen*). Modellsimulationen zeigen eine leicht höhenabhängige Erwärmung für die Zukunft (*mittleres Vertrauen*). Im österreichweiten Vergleich zeigt sich die Rolle der Alpen als Indikatoren des Klimawandels daher weniger in ihrem spezifischen Erwärmungstrend, sondern vielmehr in den Veränderungen spezifischer Auswirkungen. Ein Beispiel hierfür ist der deutliche bis starke Rückgang der Kryosphäre als Reaktion auf die Erwärmung (*hohes Vertrauen*). {1.2.2, 7.3.1, 7.3.2}

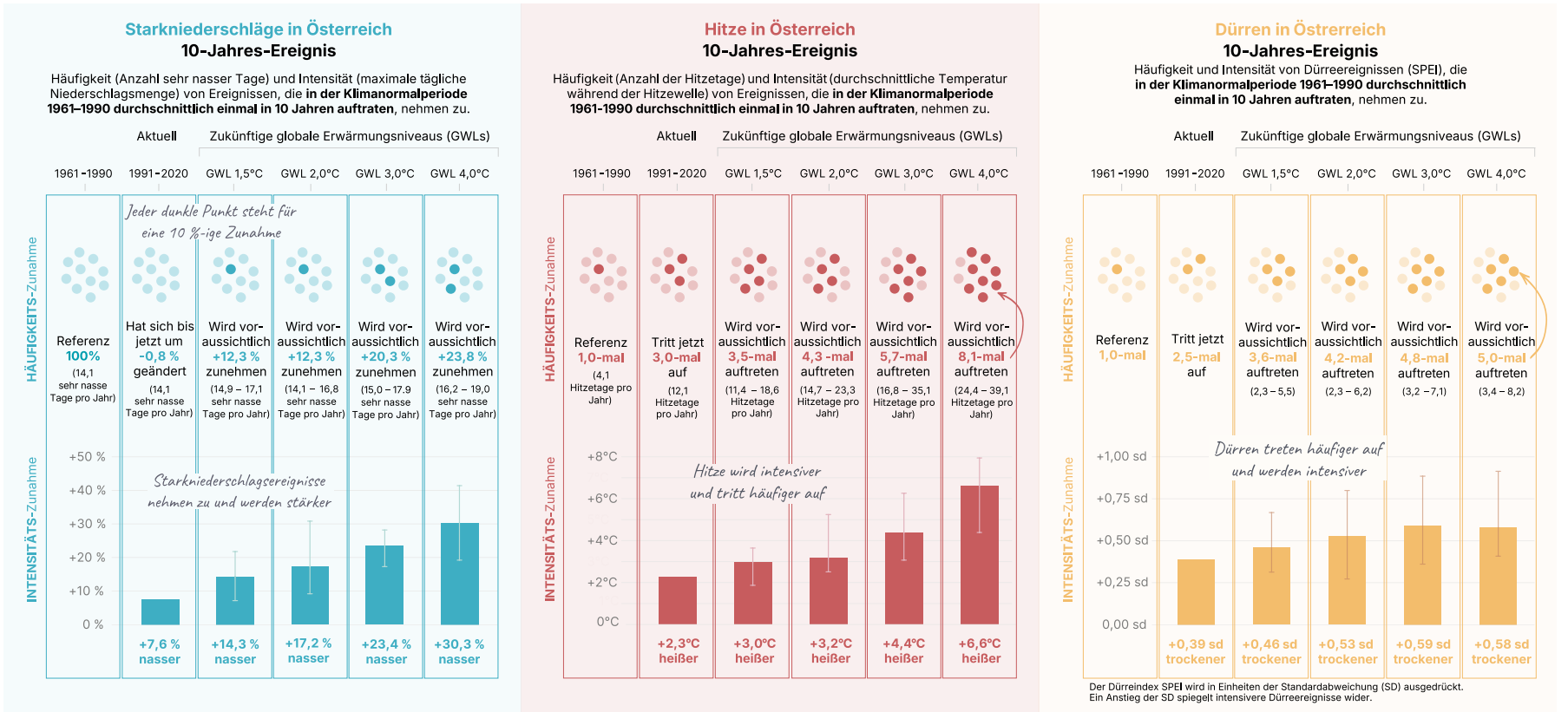


Abbildung TS.2 | Aktuelle Ausprägung und künftige Veränderung in der Häufigkeit und Intensität von Niederschlags- und Hitzeextremen sowie Dürren in Österreich. Die Extremereignisse sind als 10-jährliche Ereignisse definiert. Die projizierten Veränderungen sind für globale Erwärmungsniveaus (GWLs) von 1,5°C, 2°C, 3°C und 4°C (Becs und Formayer, 2024) dargestellt und als Veränderung relativ zur Klimanormalperiode 1961–1990 für Österreich berechnet. Die Häufigkeit von Starkniederschlägen ist definiert als die jährliche Anzahl von Tagen mit mehr als 20 mm Tagesniederschlag. Die Intensität von Starkniederschlägen ist definiert als der jährliche maximale Tagesniederschlag. Die Häufigkeit von Hitzeextremen ist definiert als die jährliche Anzahl an Tagen mit $\geq 30^{\circ}\text{C}$ Tageshöchsttemperatur. Die Intensität von Hitzeextremen ist definiert als das klimatologische Mittel des jährlichen Höchstwerts der mittleren gleitenden 5-tägigen Tageshöchsttemperatur. Die Häufigkeit von Dürren ist definiert als mittlere Anzahl an Jahren, in denen ein festgelegter Schwellwert des Trockenheitsindex SPEI (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index) während des Sommerhalbjahres (April bis September) in den jeweiligen Perioden unterschritten wird. Dieser Schwellwert ist das 10-jährige Ereignis des trockensten Sommermonats in der jeweiligen Region während der Referenzperiode. Die Intensität der Dürren wird durch die Änderung des SPEI Wertes eines 10-jährigen Ereignisses in den jeweiligen Vergleichsperioden relativ zur Referenzperiode bewertet. Hinweis: Die Basis der Trockenheitsbewertung ist der SPEI, welcher sowohl die Niederschlags- als auch die Verdunstungsverhältnisse berücksichtigt. Der SPEI ist standardisiert und kann dadurch über verschiedene Klimazonen und Zeitperioden verglichen werden. Die Berechnungen für die Beobachtungszeiträume basieren auf GeoSphere Austria (2020), jene für Projektionen auf den österreichischen Klimaszenarien (ÖKS15, Chimani et al., 2016).

A.6 Die Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels auf den Niederschlag in Österreich sind deutlich komplexer als die Auswirkungen auf die Temperatur. Es zeigen sich regionale und saisonale Unterschiede sowie Unterschiede bei den klimatologischen Aggregationsebenen (d. h. saisonale oder jährliche Summenwerte) und einzelnen Niederschlagsereignissen (*hohe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). Während vergangene und zukünftige Temperaturanstiege in den österreichischen Alpen räumlich relativ homogen sind, variieren die Niederschlagsveränderungen je nach Region (*hohes Vertrauen*). Die Intensität von mehrtägigen, täglichen sowie kleinräumigen und kurzzeitigen (stündlichen) Niederschlagsereignissen hat in der warmen Jahreszeit (Mai bis September) zugenommen, was eng mit dem beobachteten Temperaturanstieg und dem damit verbundenen Anstieg des Wasserdampfgehalts in der Luft zusammenhängt (*hohe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). Das saisonale Niederschlagsmittel in Österreich nimmt laut Projektionen im Winter zu (*hohes Vertrauen*) und im Sommer ab (*hohe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). Diese Veränderungen zeichnen sich in Szenarien mit hohen Emissionswerten bzw. hohen globalen Erwärmungsniveaus deutlich ab. Ein regionaler Unterschied bei langfristigen Veränderungen des saisonalen Niederschlags ist in den letzten 200 Jahren vor allem im Winter in einer Größenordnung von 10–15 % erkennbar, wobei der Niederschlag in Westösterreich zunimmt, und in Südöststerreich abnimmt (*hohes Vertrauen*). Dies ist wahrscheinlich auf eine dekadische Variabilität zurückzuführen (*mittleres Vertrauen*). Die Intensität eines Starkniederschlagsereignisses, das in der Vergangenheit (Klimaperiode 1961–1990) durchschnittlich einmal in 10 Jahren auftrat, wird wie folgt zunehmen: Bei einem globalen Erwärmungsniveau von GWL 1,5°C um 14,3 %, bei GWL 2,0°C um 17,2 %, bei GWL 3,0°C um 23,4 % und bei GWL 4,0°C um 30,3 % (*mittleres Vertrauen*). {1.2.1, 1.2.2, 1.4, **Abbildung TS.2**}

A.7 Die Wahrscheinlichkeit und Intensität von Dürreereignissen verstärkt sich durch den fortschreitenden Klimawandel weiter (*mittleres Vertrauen*). Ein Dürreereignis, das in der Vergangenheit (Klimaperiode 1961–1990) durchschnittlich einmal in 10 Jahren auftrat, wird bei einem globalen Erwärmungsniveau von GWL 1,5°C 3,6-mal, bei GWL 2,0°C 4,2-mal, bei GWL 3,0°C 4,8-mal und bei GWL 4,0°C 5,0-mal häufiger auftreten. {1.2.2, **Abbildung TS.2**}

Klimawandelbedingte Umweltveränderungen

A.8 Die beobachteten und zukünftigen Temperaturänderungen in Österreich stehen in direktem Zusammenhang mit Veränderungen in Österreichs Kryosphäre und haben weitreichende Folgen (*hohe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). Seit den 1960er Jahren hat sich die Dauer der Schneedecke im gesamten Alpenraum, und damit auch in Österreich, um 5 bis 10 Tage pro Jahrzehnt verkürzt. Bis zum Jahr 2050 wird die Dauer der Schneedecke in Österreich höchstwahrscheinlich weiterhin um durchschnittlich mindestens 5 Tage pro Jahrzehnt abnehmen (*hohes Vertrauen*). Die Dauer der Schneedecke wird sich bei einem globalen Erwärmungsniveau von GWL 2,0°C um 10–15 Tage und bei GWL 4,0°C um 60–80 Tage verkürzen (*hohe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). Alle Gletscher in Österreich haben in den letzten Jahren an Masse verloren und schrumpfen immer schneller (zwischen 1969 und 2015 gingen in Österreich 40 % der Gletscherfläche verloren) (*hohes Vertrauen*). Vor Ende des Jahrhunderts werden alle Gletscher vollständig verschwunden sein. Steigende Lufttemperaturen führen zu einem weitverbreiteten Abtauen von Permafrost (*geringes Vertrauen*). {1.3.1, 1.3.2, 7.4.1, **Abbildung TS.3**}

A.9 Der Klimawandel wirkt sich auf verschiedene Komponenten des Wasserkreislaufs aus (*hohe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). Die durchschnittliche Verdunstung hat in Österreich in den letzten 35 Jahren (Zeitraum 1978–2013) um insgesamt etwa 110 mm/Jahr zugenommen und wird sich bei fortschreitender Erwärmung weiterhin erhöhen (*hohes Vertrauen*). Eine erhöhte Verdunstung trägt wesentlich zu Niedrigwasserbedingungen in Flüssen und Bächen, zur Verstärkung von Dürren sowie zu Schwankungen im Wasserstand des Neusiedler Sees bei (*hohe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). {1.4.1, 1.4}

A.10 Die Wasseroberflächentemperatur aller messtechnisch überwachten Seen hat in den letzten 20 bis 40 Jahren zugenommen (*hohes Vertrauen*). Die Oberflächentemperatur ausgewählter Seen in Österreich ist parallel zu den steigenden Lufttemperaturen durchschnittlich zwischen 1,5°C (in den letzten 40 Jahren) und 2,5°C (in den letzten 15 Jahren) gestiegen. Die Wasseroberflächentemperatur von Seen wird in Zukunft voraussichtlich weiter zunehmen, weil diese eng mit den Veränderungen der Lufttemperatur korreliert. Höhere Wassertemperaturen erhöhen den Stoffkreislauf in Seen, was zu einer höheren Respiration (Atmung) und dadurch bedingt zu höheren Emissionen von Treibhausgasen

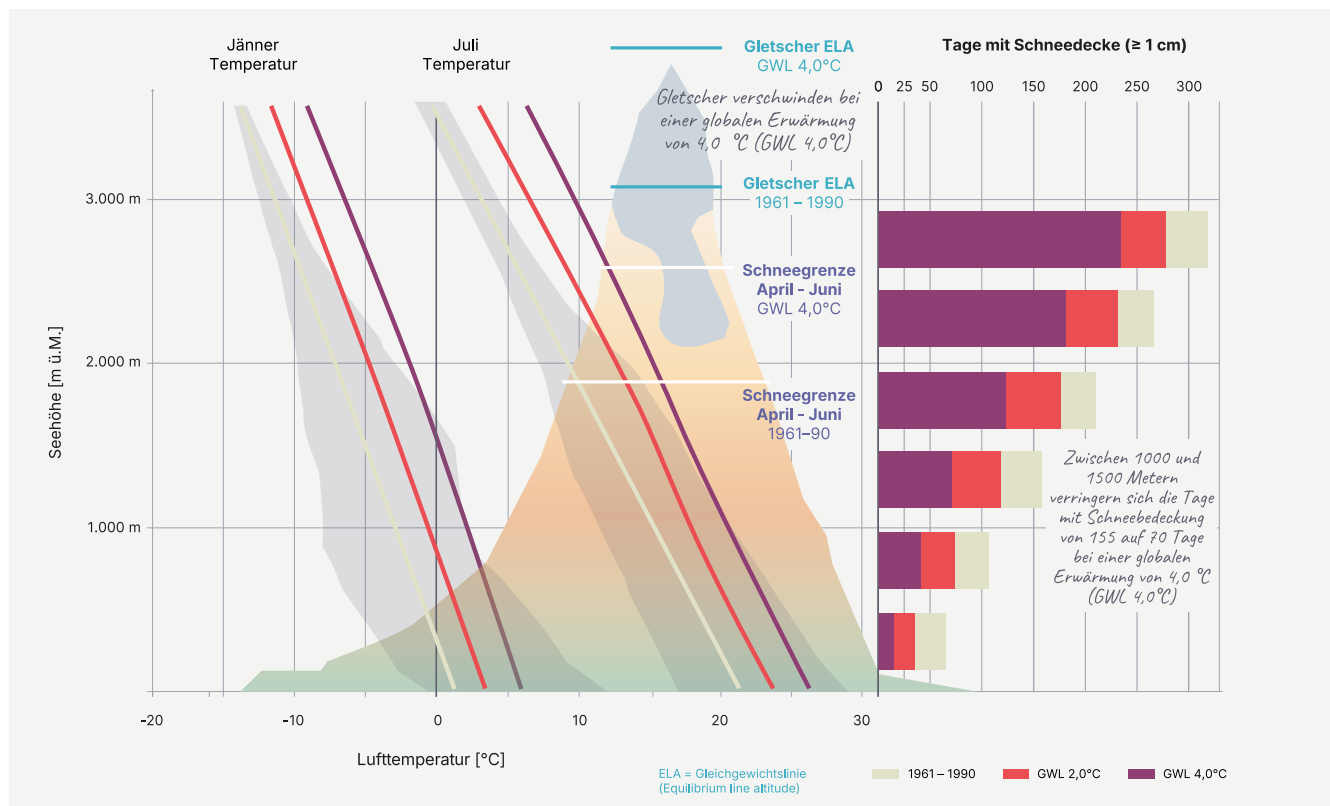


Abbildung TS.3 | Zusammenfassung der wichtigsten Variablen des höhenabhängigen Klimawandels in den österreichischen Alpen für die Zukunft im Vergleich zur Referenzperiode 1961–1990 (1984–2018 für die Schneefallgrenze). Die Höhenabhängigkeit der Lufttemperatur für Januar und Juli stammt aus Hiebl et al. (2009), wobei die Variation innerhalb der Alpen durch die schattierten Bereiche in Hellgrau dargestellt wird. Die mittleren Temperaturanstiege für GWL 2,0°C und GWL 4,0°C wurden aus Kotlarski et al. (2023) abgeleitet, basierend auf dem EURO-CORDEX CMIP5-Ensemble für die Alpen. Die Anzahl der Tage mit Schneedecke (>1 cm) für 1961–1990 und für GWL 4,0°C stammt aus Chapter Box 1.1 dieses Berichts (abgeleitet aus dem FUSE-AT-Projekt). Die Schätzungen der Schneefallgrenze (Zeitraum April bis Juni) basieren auf Satellitendaten, die von Hu et al. (2020) analysiert wurden, wobei die Werte für das Salzach-Einzugsgebiet und die Temperatursensitivität der Schneefallgrenze aus Hantel et al. (2012) verwendet wurden, um die Schneefallgrenze für GWL 4,0°C zu projizieren. Die Gleichgewichtslinie (ELA) der Gletscher in den Alpen für 1961–1990 und für GWL 4,0°C basiert auf der Studie von Žebre et al. (2021).

wie CO₂ und möglicherweise auch Lachgas (N₂O) und Methan (CH₄) führt. {1.4.2}

A.11 Der derzeitige Wasserverlust im Neusiedler See ist primär auf die Verdunstung infolge von hohen Temperaturen (Wassertemperatur im Sommer oft über 30°C) und auf einen Rückgang der Niederschläge zurückzuführen (mittleres Vertrauen). Der fortschreitende Klimawandel wird erhebliche Auswirkungen auf die Zukunft des Neusiedler Sees und seiner umliegenden Ökosysteme haben. Dazu zählen niedrigere Wasserstände, vor allem im Sommer, sowie bislang unbekannte Auswirkungen auf die Artenzusammensetzung. {1.4.2}

A.12 Der Trend zu Niedrigwasser (sowohl Austrocknung als auch Vernässung) hat sich in den letzten Jahren im Vergleich zu vorherigen Berichten verstärkt (hohes Vertrauen). Niedrigwasserabflüsse haben in den alpinen Einzugsge-

bieten zugenommen (+23 % in 43 Jahren) und im Flachland abgenommen (-17 % in 43 Jahren). Es wird erwartet, dass die Niedrigwasserabflüsse in den Tieflandgebieten Ost- und Südösterreichs weiterhin zurückgehen. In den Alpen hingegen werden die Niedrigwasserabflüsse aufgrund abnehmender Frostperioden deutlich zunehmen. {1.4.1}

A.13 Beobachtungen sowie Zukunftsprojektionen zeigen einen West-Ost-Gradienten, bei dem die Grundwasseranreicherung im westlichen Teil Österreichs generell höher ist als im östlichen bzw. südöstlichen Teil (hohes Vertrauen). Saisonale Veränderungen bei der Grundwasseranreicherung werden in Zukunft erwartet, wobei das Ausmaß stark vom jeweiligen Szenario abhängt (geringe Evidenz, mittlere Übereinstimmung). Die verfügbaren Grundwasserressourcen können bis zum Jahr 2050 um bis zu 23 %, regional sogar um bis zu 30 %, sinken (mittleres Vertrauen). {1.4.3}

A.14 Die Rolle der Alpen als „Wasserspeicher“ Österreichs, und viel mehr noch Mitteleuropas, zeigt sich in der klimatischen Wasserbilanz (die im Zeitraum 1981–2010 im Durchschnitt mit 466 mm positiv ist) (*hohes Vertrauen*) und durch den Vergleich des Abflussbeitrags zum flächenbezogenen Gebirgsanteil einzelner Flusseinzugsgebiete. Ein solcher Vergleich zeigt, dass der Abflussbeitrag den Flächenanteil deutlich übersteigt (33 % zu 17 % für das gesamte Donaeinzugsgebiet, 38 % zu 21 % für das gesamte Rheineinzugsgebiet) (*hohes Vertrauen*). Als Folge des zukünftigen Klimawandels wird eine positive Verschiebung der klimatischen Wasserbilanz in Österreich erwartet. Diese wird bei einem globalen Erwärmungsniveau von GWL 2,0°C sogar noch positiver ausfallen (+107±56 mm) und die Bedeutung als Wasserspeicher wird im Durchschnitt zunehmen. Gleichzeitig steigt das Risiko von Dürren und damit einer stärkeren negativen Verschiebung der klimatischen Wasserbilanz für Teilzeiträume innerhalb eines Jahres (*mittleres Vertrauen*). {7.4.1}

A.15 In den letzten Jahrzehnten war der Wasserkreislauf von Veränderungen der Schneedecke geprägt, die sich in einer Abnahme der Schneehöhe, einer früheren und stärkeren Schneeschmelze (*hohes Vertrauen*) und einer Zunahme extremer Niederschlagsereignisse auf der Zeitskala von Stunden (Gewitter) im Sommer äußerten. Dies wird sich auch in der Zukunft fortsetzen (*hohe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). Infolgedessen haben Sommerhochwasser in kleinen Einzugsgebieten in den Alpen zugenommen und werden auch in Zukunft zunehmen. Hochwasser, die durch die starke Schneeschmelze im Frühjahr verursacht wurden, werden sich hingegen immer mehr in den Winter verlagern (*hohes Vertrauen*). Im Sommer verschärft der zunehmende Gletscherschwund die Niedrigwasserbedingungen in vergletscherten Einzugsgebieten in den Alpen, wobei dieser Beitrag aufgrund der schwindenden Gletscher in Zukunft jedoch abnehmen wird (*hohes Vertrauen*). {7.4.1}

A.16 Flusshochwasser und Überschwemmungen durch Starkregen (Sturzfluten) haben in Teilen der österreichischen Einzugsgebiete zugenommen (*mittleres Vertrauen*). Bei Flusshochwasser ist dieser Trend in kleineren Einzugsgebieten ausgeprägter als in größeren. Eine eindeutige saisonale Verschiebung von Winter- und Frühjahrshochwasser zu Sommerhochwasser ist nachweisbar, sodass der Sommer jetzt die vorherrschende Hochwassersaison im Osten von Österreich ist. Andererseits verschiebt sich das Auftreten von durch starke Frühjahrsschneeschmelzen verursachten Hochwasserereignissen in Gebirgsregionen zunehmend in den Winter (*hohes Vertrauen*). {1.4.1, 7.4.1}

A.17 Die Nutzung von Landflächen für den Erhalt der menschlichen Lebensgrundlage verändert biogeochemische Kreisläufe sowie ökologische Muster und Prozesse und hat Auswirkungen auf das Klimasystem, die Biodiversität und die Ökosystemleistungen (*hohes Vertrauen*). Es bestehen zahlreiche Zielkonflikte zwischen verschiedenen Ökosystemleistungen, hauptsächlich weil die (globale) Landfläche begrenzt ist. Eine rasche Reduzierung der anthropogenen Treibhausgasemissionen (THG), womit die Erwärmung auf „deutlich unter“ 2,0°C begrenzt wird, würde die bestehenden Zielkonflikte erheblich entschärfen, während eine Erwärmung über 2,0°C diese noch verstärken würde. {2.1}

A.18 Landbezogene menschliche Aktivitäten, die von mehreren Ökosystemleistungen profitieren, sind ein wichtiger Bestandteil des österreichischen Treibhausgas (THG)-Budgets (*hohes Vertrauen*). Landwirtschaftliche Aktivitäten, die für die Nahrungsmittelproduktion unerlässlich sind, machen im letzten verfügbaren 5-Jahres-Durchschnitt (2019–2023) 9,9 % der gesamten THG-Emissionen in Österreich aus (einschließlich *Land Use and Land-Use Change, LULUCF*), wobei Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) dominieren (*hohes Vertrauen*). Im gleichen Zeitraum entsprach der Anteil des Sektors Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft 2,3 % der österreichischen THG-Emissionen (*mittleres Vertrauen*). Dieser Sektor, der früher als „Waldsenke“ bezeichnet wurde, hat seit Beginn der 2000er Jahre deutlich an Senkenleistung verloren. Um das Jahr 2020 hat sich die Kohlenstoffsenke zu einer Kohlenstoffquelle entwickelt, die große jährliche Schwankungen aufweist. {2.1.1}

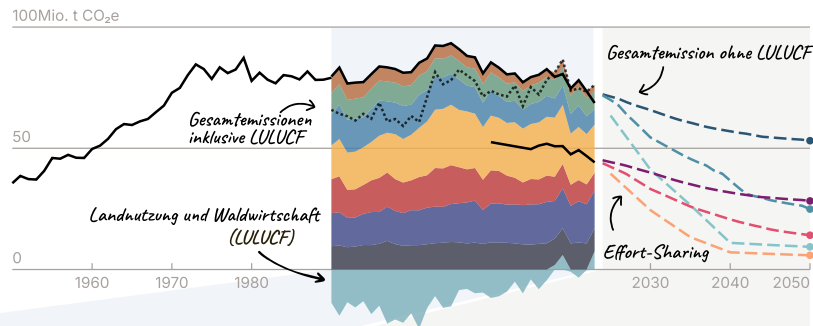
Emissionen

A.19 Das österreichische Energiesystem basiert überwiegend auf fossilen Energieträgern und ist daher ein wesentlicher Verursacher von Treibhausgasemissionen (*hohes Vertrauen*). Im Jahr 2023 war der Energieverbrauch für 70 % (44,5 Mio. t CO₂e) der gesamten Treibhausgasemissionen verantwortlich und fossile Brennstoffe hatten einen Anteil von 62 % am Bruttoinlandsenergieverbrauch. Ein großer Teil der fossilen Energieträger wird importiert (96 %), wodurch sich eine hohe Importabhängigkeit, niedrige Versorgungssicherheit und starke Anfälligkeit für Preisschocks aufgrund globaler Angebotsengpässe ergibt. {4.5.1, Abbildung TS.4}

Entwicklung der Emissionen in Österreich

Die Treibhausgasemissionen in Österreich waren über die vergangenen 50 Jahre stabil, aber sind in den letzten Jahren gesunken. Szenarien des Umweltbundesamts zeigen Pfade mit moderatem Emissionsrückgang im Vergleich zu ambitioniertem Klimaschutz.

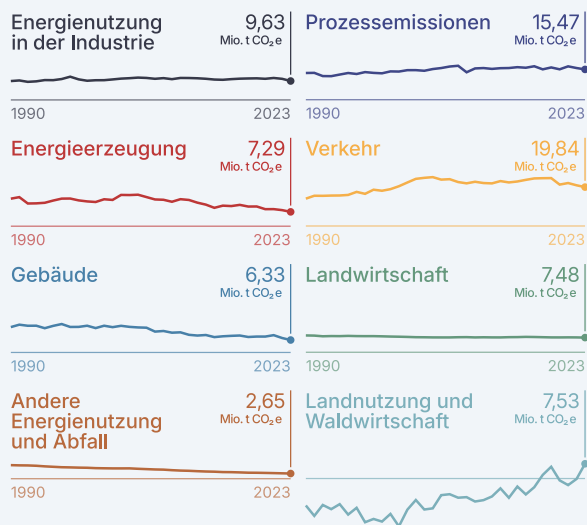
(a) Übersicht über die Entwicklung der österreichischen Treibhausgasemissionen



1990-2023: Historische Entwicklung

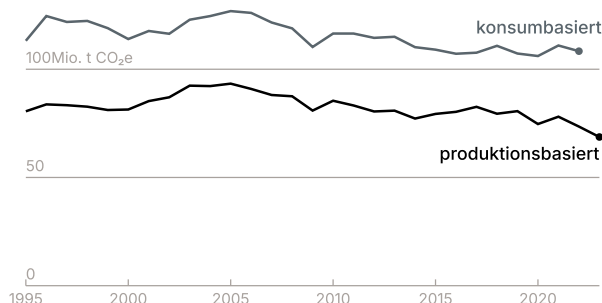
(b) Sektorale Treibhausgasemissionen:

Energienutzung in der Industrie, Prozessemissionen und Verkehr sind die größten Verursacher von Treibhausgasen in Österreich. Landnutzung und Waldwirtschaft wurden von einer Kohlenstoffsenke zu einer Netto-Kohlenstoffquelle.



(c) Nationale vs. konsumbasierte Emissionen:

Die „konsumbasierten“ Treibhausgasemissionen, die durch die heimische Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette verursacht werden, sind ca. 40 % höher als die nationalen, „produktionsbasierten“ Emissionen.

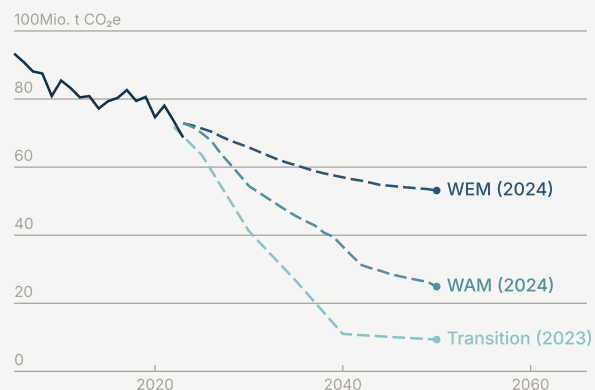


2024-2050: Emissionsszenarien

(d) Entwicklung der Gesamtemissionen

(ohne Landnutzung und Waldwirtschaft, LULUCF):

Die derzeitigen Maßnahmen – wie sie im Szenario „With Existing Measures“ (WEM) modelliert werden – und in der Politik diskutierte Maßnahmen – abgebildet im Szenario „With Additional Measures“ (WAM) – reichen nicht aus, um Netto-Null-Emissionen in Österreich zu erreichen. Das Szenario „Transition“ zeigt ambitionierte Strategien zur Emissionsreduktion bis zum Jahr 2040.



(e) Entwicklung der „Effort-Sharing“-Emissionen:

Die EU-Lastenteilungsverordnung sieht für Österreich eine Reduktion der Nicht-EHS-Emissionen um 48 % bis zum Jahr 2030 im Vergleich zum Jahr 2005 vor. Das Szenario „With Existing Measures“ (WEM) zeigt eine Reduktionslücke von 10,4 Mio. t CO₂e im Jahr 2030.

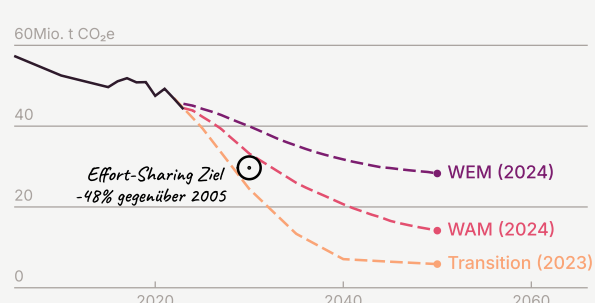


Abbildung TS.4 | Entwicklung der Treibhausgasemissionen. Historische Entwicklung der Gesamtemissionen ohne Landnutzung und Forstwirtschaft (*Land Use and Land-Use Change, LULUCF*) von 1950 bis 1990 (Teilgrafik a; Gütschow et al., 2016, 2024) sowie Entwicklung der Emissionen nach Sektoren von 1990 bis 2023 (Umweltbundesamt, 2025, alle Teilgrafiken). Nationale „produktionsbasierte“ vs. „konsumbasierte“ Treibhausgasemissionen (Teilgrafik c; Dorninger et al., 2025). Szenarien der Gesamtemissionen ohne LULUCF (Teilgrafik d) sowie Emissionen, die der Lastenteilungsverordnung (*Effort Sharing Regulation, ESR*) unterliegen (Teilgrafik e; Umweltbundesamt, 2024a, 2024b).

A.20 Der Sektor Industrie und produzierendes Gewerbe ist besonders emissionsintensiv: Im Jahr 2023 betrug der Anteil dieses Sektors am Bruttoinlandsprodukt (BIP) 16 %, der Anteil an den Treibhausgasemissionen hingegen 39 % (25,1 Mio. t CO₂e) (*hohes Vertrauen*). Die Emissionen konzentrieren sich auf die Eisen- und Stahlproduktion, die chemische Industrie, die Papier- und Zellstoffindustrie sowie die Erzeugung nichtmetallischer Mineralien, auf die 82 % (21 Mio. t CO₂e) der Emissionen des Industriesektors und 29 % der nationalen Emissionen entfallen (laut Daten für 2020). Von 2014 bis 2020 sind die Emissionen um 1 % pro Jahr gesunken, während die Wertschöpfung (d. h. der Beitrag zum BIP) um 2 % pro Jahr gestiegen ist. {4.4.1}

A.21 Die Energienutzung in Gebäuden und im Verkehr ist mit grundlegenden Energiedienstleistungen verbunden und im Jahr 2023 betrug deren Anteil 36 % bzw. 34 % an der gesamten Energienachfrage in Österreich. Dies entspricht 9 % bzw. 29 % der gesamten österreichischen Treibhausgasemissionen im Jahr 2023 (*hohes Vertrauen*). Diese letztgenannten Anteile wären höher, wenn man auch die Treibhausgasemissionen berücksichtigt, die bei der Erzeugung von Fernwärme und Strom in Gebäuden und der Mobilität (z. B. Wärmepumpen, Elektrofahrzeuge) entstehen. Die dementsprechenden indirekten Emissionen im Zusammenhang mit Gebäuden waren im Jahr 2022 für 3,4 % und im Zusammenhang mit Verkehr für 0,3 % der nationalen Treibhausgasemissionen verantwortlich. {3.3.1, 3.4.1}

A.22 Die absoluten Treibhausgasemissionen bei Gebäuden sind zwischen 1990 und 2022 um 43 % gesunken, obwohl die Anzahl und Größe der Wohneinheiten zugenommen hat (*hohes Vertrauen*). Grund für diese Entkopplung war der rasche Einsatz von erneuerbaren Energiequellen und Fernwärme sowie eine bessere Gebäudedämmung und ein geringerer Heizbedarf wegen der höheren Außentemperaturen. {3.3.1}

A.23 Der Straßenverkehr ist für 99 % der Treibhausgasemissionen im österreichischen Verkehrssektor verantwortlich (ohne internationale Flüge), wobei der Güterverkehr im Jahr 2023 einen Anteil von 35 % hatte (*hohes Vertrauen*). Nach einem Rückgang in Folge der globalen Finanzkrise 2008 stiegen die Emissionen im Verkehr ab 2012 wieder kontinuierlich an. Erst in den letzten Jahren, beginnend im Jahr 2020, kam es zu erheblichen Rückgängen, die vor allem auf externe Faktoren wie die COVID-19-Pandemie und den russischen Angriffskrieg gegen die Ukraine zurückzuführen sind. Dennoch lagen im Jahr 2023 die verkehrsbedingten Emissionen 42 % über dem Niveau von 1990. {3.4.1, 3.4.3}

A.24 Der Tourismus hat einen großen wirtschaftlichen Stellenwert in Österreich und ist mit erheblichen Emissionen verbunden (*hohes Vertrauen*). Da in Österreich ca. 8,1 % der CO₂-Emissionen auf den Tourismus zurückzuführen sind und diese Zahl auf 22,6 % ansteigt, wenn man die verkehrsbedingten Emissionen durch An- und Abreise ausländischer und inländischer Gäste miteinbezieht, ist dieser Sektor ein wesentlicher Antriebsfaktor bei den Emissionen (*mittleres Vertrauen*). Aufgrund der wirtschaftlichen Bedeutung des Tourismus in Österreich (7,5 % des BIP im Jahr 2019) ist es wichtig, dass dieser Sektor auf dem Weg zu einer CO₂-neutralen Wirtschaft berücksichtigt wird (*hohes Vertrauen*). {4.3.2}

A.25 Das Gesundheitssystem trägt mit seinem eigenen CO₂-Fußabdruck zum Klimawandel bei. Gleichzeitig könnte es auch einen wesentlichen Beitrag zur Emissionsreduktion leisten (*geringe Evidenz, hohe Übereinstimmung*). Medizinische Güter und Dienstleistungen machen etwa die Hälfte der Emissionen des Gesundheitssektors aus, während der direkte Energieverbrauch und der Transport die andere Hälfte verursachen. {Cross-Chapter Box 2}

B. Auswirkungen, Schlüsselrisiken und Anpassung

Österreich steht vor komplexen Herausforderungen durch den Klimawandel und die Auswirkungen steigender Temperaturen, veränderter Niederschlagsmuster und damit verbundener Konsequenzen. Es wird erwartet, dass Naturgefahren zunehmen, was die Risiken für menschliche und natürliche Lebensräume erhöht und die Notwendigkeit von Anpassungsmaßnahmen verdeutlicht. Aktuelle Beobachtungen und Zukunftsprojektionen weisen auf häufigere und intensivere Ereignisse wie Flusshochwasser, Wildbachereignisse, Überschwemmungen nach Starkregen und Wald- und Flurbrände hin. Die Wasserressourcen stehen durch Dürren, veränderte Niederschlagsregime und höhere Verdunstungsraten unter wachsendem Druck, was sowohl die Wasserversorgung als auch aquatische Ökosysteme beeinträchtigt. Die Auswirkungen auf die österreichische Biodiversität und Ökosysteme zeigen signifikante Verschiebungen und eine Verschlechterung sensibler Lebensräume wie Feuchtgebiete. In der Land- und Forstwirtschaft bergen die sich ändernden Bedingungen sowohl Risiken (z. B. Wasserknappheit) als auch Chancen (z. B. längere Vegetationsperioden), weshalb anpassungsfähige Bewirtschaftungsstrategien immer wichtiger werden. Der Wintertourismus steht vor Herausforderungen durch verkürzte Skisaisonen und schlechtere Bedingungen für die künstliche Beschneigung, was einen stärkeren Fokus auf den Sommertourismus erforderlich macht. Für die Gebäude, Infrastruktur und Siedlungsräume sind neue Baustandards und Infrastrukturanpassungen erforderlich, um den Hitzestress und sich ändernde Niederschlagsmuster zu bewältigen. Abschließend unterstreichen gesundheitliche Bedenken – angefangen bei hitzebedingten Erkrankungen bis hin zu psychischen Folgen durch die Zunahme von Risiken – dass diese Herausforderungen miteinander verflochten sind und sektorenübergreifende, koordinierte Maßnahmen notwendig sind.

Allgemeine Aspekte

B.1 Verluste und Schäden im Zusammenhang mit dem Klimawandel und extremen Wetterereignissen belaufen sich in Österreich derzeit auf durchschnittlich EUR₂₀₁₉ 2 Milliarden pro Jahr und werden laut Projektionen bis 2030 auf EUR₂₀₁₉ 2,5–5,2 Milliarden und bis 2050 auf EUR₂₀₁₉ 4,3–10,8 Milliarden ansteigen (Schätzung aus 2020) (*geringe*

Evidenz, hohe Übereinstimmung). Österreich ist bereits von klimabedingten Verlusten und Schäden betroffen. Der fortschreitende Klimawandel und mit ihm verbundene sozioökonomische Entwicklungen werden diese Auswirkungen noch verstärken. Quantitative Belege aus österreichischen Studien sind begrenzt, weswegen eine standardisierte Dokumentation von Verlusten und Schäden sowie weitere Forschungsarbeiten für belastbare Aussagen erforderlich sind. {6.7.2}

B.2 Die österreichische Wirtschaft ist bereits durch die Auswirkungen des Klimawandels gefährdet und der zukünftige Klimawandel sowie die sozioökonomische Entwicklung wird diese Auswirkungen noch verstärken (*geringe Evidenz, hohe Übereinstimmung*). Internationale Studien liefern quantitative Berichte zu den Auswirkungen des Klimawandels auf nationaler und internationaler Ebene. Subnationale und sektorspezifische Berichte sind selten vorhanden, aber notwendig, um die Evidenzbasis für potenzielle klimawandelbedingte Auswirkungen in Österreich zu erweitern, mit einem Schwerpunkt auf der österreichischen Energieerzeugungs- und Transportinfrastruktur, den Dienstleistungen und dem Industriesektor. {4.3.3, 4.5.2}

B.3 Unter den aktuellen klimatischen Bedingungen (globales Erwärmungsniveau von 1,4°C [1,2 bis 1,6°C]) wurden in Österreich bereits moderate klimabedingte Risiken beobachtet, welche sich laut Projektionen in Regionen mit steigenden Temperaturen verstärken und ausweiten werden (*hohes Vertrauen*). Das Burning-Embers-Diagramm (siehe **TS Methoden-Box 2**) zeigt zunehmende Risikoschweregrade für menschliche und ökologische Systeme entsprechend der globalen Erwärmungsniveaus, wobei die meisten Schlüsselrisiken um ein globales Erwärmungsniveau von 3,0°C hohe Werte erreichen. Ohne eine verstärkte Anpassung werden sehr hohe Risiken, wie beispielsweise jene in Bezug auf Sterblichkeit, Ökosysteme und die Wasserversorgung, unter Umständen unvermeidbar. Es ist mit sehr hohen Risiken in Bezug auf Ernteerträge aus Land- und Forstwirtschaft sowie den Skitourismus zu rechnen. Die Zunahme der Risiken verdeutlicht, dass sowohl Emissionsreduktion als auch Maßnahmen zur Anpassung dringend erforderlich sind. {Cross-Chapter Box 1, **Abbildung TS.6**, **TS Methoden-Box 2**}

Methoden-Box 1: Risiko

Im AAR2 bildet „Risiko“ einen grundlegenden Rahmen für die wissenschaftliche Bewertung der Folgen des Klimawandels in Österreich. Laut IPCC-Rahmenwerk entsteht **Risiko – definiert als nachteilige Auswirkungen/möglicher Schaden in der Zukunft** – aus den Wechselwirkungen zwischen klimabedingten Gefahren und deren Eintrittswahrscheinlichkeit, der Exposition von gefährdeten Elementen im Laufe der Zeit und der Vulnerabilität des betroffenen Systems (siehe **Abbildung TS.5**). Der AAR2 bewertet Risiken, indem Veränderungen der Gefahr, Exposition und Vulnerabilität analysiert werden, unter Berücksichtigung ihrer Unsicherheiten und Variabilität. Dynamische Wechselwirkungen zwischen diesen Komponenten beeinflussen das Gesamtrisiko im Laufe der Zeit. Diese Risiken werden dann nach **Schweregrad und Dringlichkeit zur Identifizierung von Schlüsselrisiken** bewertet. Schlüsselrisiken entwickeln sich gravierender aufgrund der Auswirkungen des Klimawandels und der damit zusammenhängenden Veränderungen bei Gefahren, Exposition beziehungsweise Vulnerabilitäten (z. B. Ausmaß und Wahrscheinlichkeit negativer Auswirkungen: Ausmaß der Verbreitung der Auswirkungen, Grad der Veränderung, Unumkehrbarkeit der Auswirkungen, Potenzial für Erreichung von Schwellenwerten hinsichtlich Auswirkungen oder Kippunkten, Potenzial für Kaskadeneffekte über die Systemgrenzen hinaus) oder aufgrund von Änderungen durch Anpassungsmaßnahmen. **Die Anpassung und das Risikomanagement sind von zentraler Bedeutung, stoßen jedoch an Grenzen** – entweder weiche Grenzen (Optionen zur Vermeidung untragbarer Risiken durch Anpassungsmaßnahmen sind aus sozioökonomischen oder kulturellen Gründen derzeit nicht verfügbar) oder harte Grenzen (es sind keine Anpassungsmaßnahmen zur Vermeidung untragbarer Risiken möglich), welche sich auf Verluste und Schäden auswirken. Die Schlüsselrisiken müssen im Hinblick auf Maßnahmen auf der Grundlage der gesellschaftlichen Risikotoleranz und der Anpassungsgrenzen priorisiert werden. {Cross-Chapter Box 1, **Abbildung TS.5**, **Tabelle TS.1**}

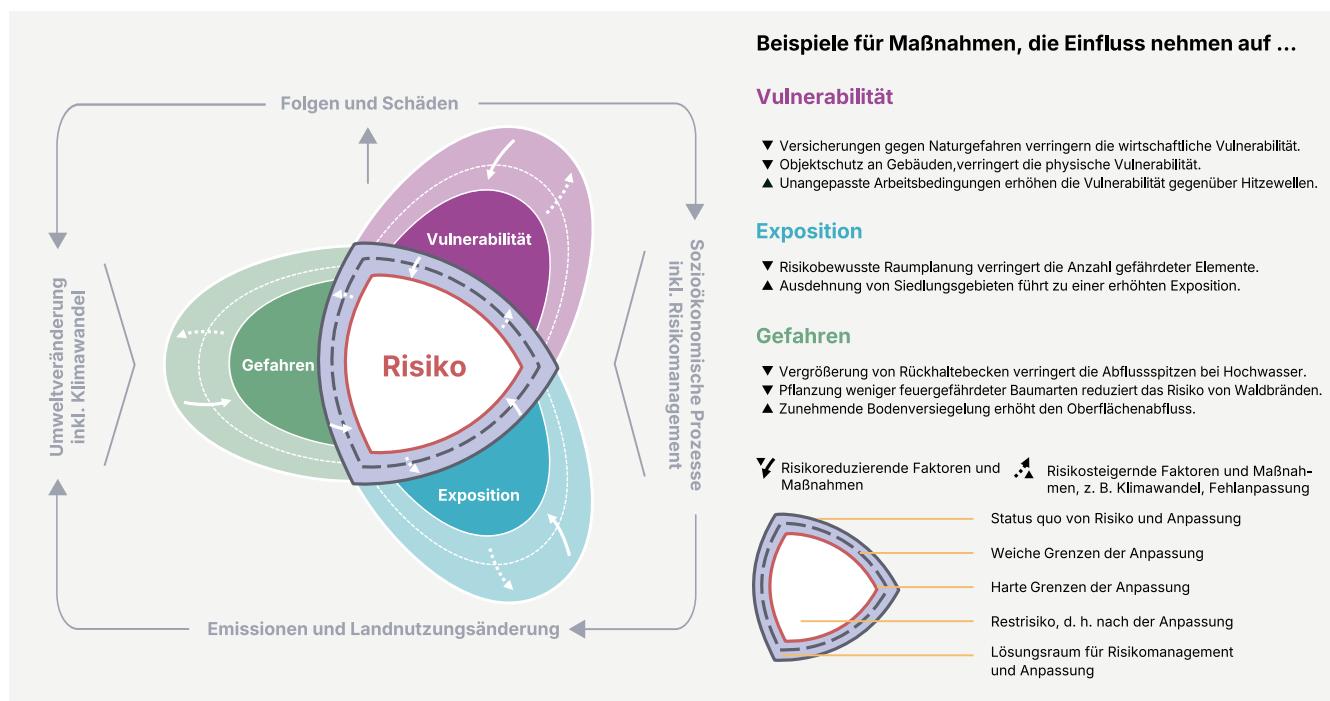


Abbildung TS.5 | Komponenten des Risikos und verwandte Begriffe (siehe Definition in **Cross-Chapter Box 1** **Abbildung 1**, **TS Methoden-Box 1**). Diese Abbildung wurde auf der Grundlage der ursprünglichen IPCC-Risiko-Abbildung (Garschagen et al., 2019) erstellt und wurde für den AAR2 geringfügig angepasst (Fuchs et al., 2024). Die weißen Pfeile stellen die Wirkung von Maßnahmen auf die Komponenten Gefahr, Exposition und Vulnerabilität dar, welche das Risiko im Laufe der Zeit beeinflussen (erhöhen, verringern). Die rote Linie in der Mitte stellt die harten Anpassungsgrenzen dar, während die äußere durchgezogene dunkelgraue Linie den Status quo des Risikos veranschaulicht. Die gestrichelte dunkelgraue Linie stellt die weichen Anpassungsgrenzen dar. Der Bereich zwischen roter und blauer Linie (flieferfarbener Bereich) ist folglich der Lösungsraum. Das verbleibende Restrisiko ist der innere Kern der Risiko-Abbildung (weiß), der durch die rote Linie abgegrenzt ist. Anschauliche Beispiele von Risikomanagementmaßnahmen in Bezug auf jede der drei Risikokomponenten sind angeführt.

Tabelle TS.1 | Im AAR2 identifizierte Schlüsselrisiken, einschließlich detaillierter Angaben zu Konsequenzen, Gefahren, Exposition und Vulnerabilität. {1.A.3}

Schwerwiegende Konsequenzen und Betroffene	Gefahrensituationen, die zu einem schwerwiegenden Risiko führen können	Expositionssituationen, die zu einem schwerwiegenden Risiko führen können	Vulnerabilitätssituationen, die zu einem schwerwiegenden Risiko führen können
--	--	---	---

Steigende Temperaturen führen zu Gesundheitsrisiken und einer verringerten Arbeitsproduktivität

Zunahme hitzebedingter Morbidität und Mortalität, Rückgang der Lebensqualität, Abwanderung und Rückgang der Arbeitsproduktivität, was zu wirtschaftlichen Verlusten in verschiedenen Wirtschaftssektoren und Haushalten führt.	Die zunehmende Häufigkeit und Dauer von Hitze und tropischen Nächten stellt ein Risiko für die menschliche Gesundheit dar, vor allem für Personen, die in Städten leben, und für jene, die bei ihrer Arbeit Hitze ausgesetzt sind. Ein globaler Temperaturanstieg von 4°C (GWL 4,0°C) führt in den heißesten Regionen Österreichs zu einer Zunahme von Hitzetagen (>30°C) von 25 auf 60 pro Jahr.	In dicht besiedelten Städten ist die Hitzebelastung besonders hoch, da es an ausreichend Grün- und Freiflächen fehlt und Gebäude oft schlecht isoliert sind. Besonders betroffen sind Menschen, die im Freien arbeiten oder in nicht klimatisierten Räumen tätig sind.	Besonders gefährdet durch extrem hohe Temperaturen sind ältere Menschen, Kinder sowie Personen mit niedrigem sozioökonomischem Status oder chronischen Erkrankungen.
--	---	--	--

Anpassungsmaßnahmen zur Reduktion der Hitzebelastung sind weitere Grün- und Schattenflächen oder technische Lösungen wie Klimaanlage, eine Verlagerung der Arbeitszeiten auf kühlere Tagesabschnitte, kürzere Arbeitszeiten, häufigere Pausen sowie Maßnahmen, die Erholung und Entspannung während der Pausen fördern.

{Cross-Chapter Box 2, 3.2, 4.4.3} (hohes Vertrauen)

Das Dürrierisiko wird in Österreich steigen

Lang andauernde Dürren (über mehrere Monate) haben gravierende Auswirkungen auf die Landwirtschaft und Ökosysteme, was zu potenziell irreversiblen Verlusten führen kann (z. B. Biodiversität, landwirtschaftliche Produktion) sowie zu Engpässen oder sogar zum Ausfall der (Trink-)Wasserversorgung. Geringe Abflüsse in Flüssen führen zu niedrigen Wasserständen in Speichern, was erhebliche Auswirkungen auf die Stromerzeugung aus Wasserkraft hat. Eine Zunahme der Unsicherheit in der landwirtschaftlichen Produktion (Menge und Qualität bestimmter ertragreicher Kulturen) und gravierende Auswirkungen auf hochgradig gefährdete Ökosysteme können ebenfalls zu potenziell irreversiblen Verlusten führen.	Steigende Evapotranspiration und zunehmende Variabilität der Niederschläge erhöhen das saisonale und regionale Dürrierisiko. Mehrjährige Dürren, langanhaltende Trockenperioden über mehrere Monate sowie das gleichzeitige Auftreten von Wasserknappheit und Qualitätsproblemen in der Wasserversorgung sind mögliche Folgen.	Menschliche Aktivitäten, Unternehmen und Dienstleistungen, die von der Wasserverfügbarkeit abhängen, sind betroffen, wobei tiefer gelegene Regionen stärker und früher beeinträchtigt werden.	Der Bedarf an landwirtschaftlicher Bewässerung wird steigen, insbesondere im Osten Österreichs, was empfindliche Ökosysteme, die damit verbundene Biodiversität und andere wasserabhängige Sektoren zusätzlich belasten könnte. Haushalte, Unternehmen und Dienstleistungen in betroffenen Regionen werden daher häufiger mit Wasserknappheit konfrontiert sein.
---	--	---	--

Mögliche Anpassungsmaßnahmen umfassen angepasste Fruchtfolgen (einschließlich dürreresistenter Kulturen), nachhaltiges Bodenmanagement, den vernetzten Ausbau der Wasserversorgung, die Nutzung von Regenwasser für die Bewässerung und wassersparende Produktionsmethoden.

{1.2.2, 1.6, 1.8, 2.2.1} (geringe bis mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung)

Das Risiko von Überschwemmungen nach Starkregen und Flusshochwasser wird in Österreich steigen

Zunehmende Überschwemmungen durch Starkregen und entlang von Flüssen werden Gemeinden erheblich wirtschaftlich belasten und, je nach Ausmaß, auch die Wirtschaft ganzer Regionen in Österreich beeinträchtigen. Regionale Überschwemmungen können zudem zu mehrfachen strukturellen Ausfällen der Verkehrsinfrastruktur führen.	Kurze Starkniederschläge werden künftig häufiger auftreten. In Städten wird dies im Sommer (konvektive Niederschlagssaison) zu einer Zunahme von Überschwemmungen durch Starkregen führen. Gleichzeitig werden Überschwemmungen durch über die Ufer tretende Flüsse im Sommer, vor allem auf regionaler Ebene, häufiger. Die Schneemenge wird abnehmen, die Schneefallgrenze weiter steigen, und Schneeschmelzen werden zunehmen. Bei großen Winterschneemengen können auch Überschwemmungen durch Schneeschmelze oder Regen-auf-Schnee-Ereignisse intensiver ausfallen.	(Städtische) Gebiete mit einem hohen Grad an Oberflächenversiegelung sind anfällig für Überschwemmungen nach Starkregen. Gemeinden, die ihre bebauten Flächen in gefährdeten Gebieten erweitern oder verdichten, sind besonders stark von Flusshochwasser betroffen (siehe auch bestehende Hochwassergefahrenkarten). Darüber hinaus beeinträchtigen Überschwemmungen die Verkehrsinfrastruktur und Verkehrsdienste, was wiederum die Mobilität der Bevölkerung und die Erreichbarkeit von Gemeinden einschränkt und pan-europäische Transportwege unterbrechen kann.	Gefährdete Objekte weisen unterschiedliche (physische) Vulnerabilitäten gegenüber Hochwasserprozessen auf. Soziale und wirtschaftliche Aspekte der Vulnerabilität können die allgemeine Anfälligkeit erhöhen. Der Mangel an (obligatorischer) Gebäudeversicherung (z. B. im privaten Sektor) stellt den Engpass der wirtschaftlichen Vulnerabilität dar.
---	--	---	--

Die Stärkung der Raumplanung, Entsiegelung in städtischen und ländlichen Räumen, effiziente Regenwasserableitung in Städten und der Ausbau der Entwässerungsinfrastruktur sind wirksame Maßnahmen gegen Fluss- und Pluvialhochwasser. Verbesserte Überwachungssysteme können Warnung und Vorbereitung fördern.

{1.4, 1.8, 3.2.3, 3.4.5, 7.4.1} (mittleres Vertrauen)

Das Risiko von Überschwemmungen oder Vermurungen durch Wildbäche wird in den Tälern zunehmen

Im Alpenraum werden Vermurungen und Überschwemmungen durch Wildbäche künftig häufiger und intensiver auftreten, was Gemeinden und Infrastruktur auf lokaler bis regionaler Ebene betrifft. Folgen können nationale Konsequenzen haben, wenn Engpässe in der Infrastruktur betroffen sind.	Die Gefährdung wird durch vermehrte starke Niederschlagsereignisse in Einzugsgebieten im Gebirge und besonders solchen mit erhöhter Sedimentverfügbarkeit verursacht. Die Sedimentverfügbarkeit wird in höheren Lagen voraussichtlich steigen, wo (i) Gletscherschwund, (ii) Permafrostabbau und (iii) stärkere physikalische Verwitterung auftreten.	Vermurungen und die damit verbundenen Folgeereignisse werden alpine Gemeinden lokal und regional stark beeinträchtigen und erhebliche wirtschaftliche Schäden verursachen. Dies gilt umso mehr, da Bebauung und Landnutzung zunehmen. Zudem werden Verkehrsinfrastruktur und -dienste betroffen sein, was die Mobilität der Bevölkerung sowie die Erreichbarkeit von Berggemeinden und Bergwirtschaften einschränkt. Außerdem können pan-europäische Verkehrswege unterbrochen werden.	Gefährdete Elemente sind (physisch) unterschiedlich anfällig für Überschwemmungsprozesse. Soziale und wirtschaftliche Faktoren können die Gesamtvulnerabilität erhöhen. Das Fehlen einer (obligatorischen) Gebäudeversicherung (z. B. für den privaten Sektor) ist der Schwachpunkt für die wirtschaftliche Vulnerabilität.
---	---	--	---

Bestehende Anpassungsmaßnahmen könnten durch ein Maßnahmenportfolio zur Risikoreduktion von Wildbächen ergänzt werden – etwa durch die Durchsetzung von Raumordnung, verpflichtende Gebäudeversicherungen und gemeinschaftliche Vorsorgefonds, die auch nicht-staatliche Investitionen in lokalen Objektschutz anregen.

{1.4, 1.8, 3.4.5, 7.4.1} (hohe Evidenz, mittlere Übereinstimmung)

Das Wald- und Flurbrandrisiko wird in Österreich steigen

Das zunehmende Wald- und Flurbrandrisiko wird lokale Gemeinden betreffen und wirtschaftliche Schäden verursachen – insbesondere durch die Ausweitung der Bebauung, der Landnutzung und im Übergangsbereich von Waldrand und Freiland zum Siedlungsraum (<i>Wildland-Urban Interface, WUI</i>).	Die Folgen des Klimawandels führen voraussichtlich zu häufigeren Hitzewellen und veränderten Niederschlagsmustern – damit steigt die Zahl der Feuerwettertage und in der Folge das Wald- und Flurbrandrisiko in Österreich.	In waldbrandgefährdeten Gebieten nehmen Bebauung, Landnutzung und die WUI zu. Dies wirkt sich auch auf Verkehrsinfrastruktur und Verkehrsdienste aus – mit Folgen für die Mobilität der Bevölkerung, die Erreichbarkeit von Gemeinden und potenzielle Unterbrechungen pan-europäischer Verkehrsverbindungen (insbesondere Bahnstrecken).	An Waldbrände angepasste Objekte (mit geringerer physischer Anfälligkeit) und feuerresistente Pflanzen können – je nach Brandtyp – weniger vulnerabel sein. In Österreich fehlen dazu bislang jedoch Erfahrungen. Zudem führen Waldbrände zu einem deutlichen Anstieg gesundheitsgefährdender Feinstaubbelastung – lokal als auch entlang vorherrschenden Windströmungen.
--	---	--	---

Anpassung umfasst die Umstellung auf weniger brandgefährdete Baumarten (z. B. Laubwald) sowie organisatorische Vorsorgemaßnahmen. Weiters sind Information und Sensibilisierung der Bevölkerung entscheidend, da bislang rund 85 % der Waldbrände in Österreich direkt oder indirekt durch menschliches Handeln verursacht wurden. Zur Abdeckung von Restrisiken können land- und forstwirtschaftliche Betriebe beispielsweise durch Versicherungen (z. B. Hagelversicherung) entschädigt werden; auch Schäden an der bebauten Umwelt können teilweise durch Versicherungen gedeckt sein.

{1.7, 2.2.2, 7.4.1} (hohes Vertrauen)

Risiko für eine abnehmende Qualität und Quantität von Schutzwäldern

Ein erhöhtes Gefährdungspotenzial unterhalb degradiert Schutzwälder kann zu Schäden an Infrastruktur und Gebäuden sowie zu Verlusten von Menschenleben führen. In betroffenen Gebieten können zudem Sekundärgefahren wie Schneelawinen, Murgänge, Bodenerosion und verstärkter Oberflächenabfluss auftreten.	Parallel zu den natürlichen Störungen wie Wind, Feuer, Schädlinge und Insekten führen steigende Lufttemperaturen sowie häufigere und intensivere Dürreperioden zu Veränderungen der Baumartenverteilung und der Zusammensetzung der Waldbestände. Dies kann negative Folgen für die Schutzfunktion der Wälder haben.	Monokulturen sind anfälliger für Störungen und stärker durch Wind, Feuer, Schädlinge und Insekten gefährdet als Mischbestände.	Monokulturen sind anfälliger für Störungen und stärker durch Wind, Feuer, Schädlinge und Insekten gefährdet als Mischbestände.
--	--	--	--

Anzustreben sind ungleichmäßige und mehrschichtige Bestände mit Bäumen aller Größen und Altersklassen, einer Mindestkronendeckung von 40 %, nur kleinen Lichtungen und einem ausreichenden Anteil an natürlicher Verjüngung.

{1.6.2, 2.2.2, 7.4.2} (hohes Vertrauen)

Risiko für den Verlust der Biodiversität

Es gibt Hinweise darauf, dass sich alpine Arten aufgrund wärmerer Bedingungen in höhere Lagen zurückziehen und sich die kalten Lebensräume oberhalb der Baumgrenze gleichzeitig verringern. Dies wird zu Biodiversitätsverlusten führen.	Schreitet die Erwärmung mit dem derzeitigen Tempo voran, kann es in den nächsten Jahrzehnten zu erheblichen Verlusten an biologischer Vielfalt kommen.	Weit verbreitete wärmeliebende Arten werden spezialisierte, kälteadaptierte Arten (teilweise endemisch und auf die österreichischen Alpen beschränkt) verdrängen, insbesondere in Höhen über 2.600 m.	Das Risiko einer zeitlichen Entkopplung von Wechselwirkungen zwischen Organismengruppen (z. B. Pflanzen und Bestäubern) sowie physiologischer Stress bei Arten in großen Höhen steigt aufgrund der Erwärmung.
--	--	---	---

Anpassungsmaßnahmen umfassen: Monitoring von Biodiversitätsveränderungen in verschiedenen Organismengruppen (z. B. Pflanzen, aber auch Tiergruppen und Bodenorganismen); Zusammenarbeit mit den Behörden von Schutzgebieten bei der Entwicklung von Managementstrategien; Raumplanung im Spannungsfeld Schutzgebiete vs. Energieproduktion/Tourismusentwicklung; Sensibilisierung der Öffentlichkeit für die Biodiversität in den Alpen und das Risiko ihres Verlusts.

{1.6.4, 2.2.2, 7.4.1} (hohes Vertrauen)

Das steigende Risiko für die Energieinfrastruktur schränkt die Energiesicherheit Österreichs ein

Mögliche Folgen sind Schäden an Anlagen zur Energieerzeugung (Photovoltaik- und Windkraftanlagen) sowie an der Übertragungsinfrastruktur (Freileitungen, Pipelines). Dies kann zu Unterbrechungen der Energieversorgung für Haushalte, Industrie und Infrastruktur führen. Auch thermische Kraftwerke sind betroffen – durch steigenden Kühlbedarf und Effizienzverluste infolge höherer Temperaturen.	Versorgungsengpässe bei erneuerbarer Energie (Windflauten, geringe Wasserführung) beeinträchtigen die Stromerzeugung. Erhöhte Wassertemperaturen erschweren die Kühlung von Wärmekraftwerken. Steigende Temperaturen erhöhen den Strombedarf für Kühlung. Kälteperioden bei gleichzeitiger Photovoltaik-, Wind- und Wasserkraftschwäche steigern die Stromnachfrage, die anderweitig gedeckt werden muss.	Hohe technologische/geografische Konzentration von Energieangebot und -nachfrage; zunehmende Elektrifizierung des Energiesystems.	Geringer Vernetzungsgrad der Energiesysteme, geringe Pufferspeicher im System und geringe Vielfalt an Reservekapazitäten.
--	---	---	---

Lange Investitionszyklen von Energieinfrastrukturanlagen erfordern eine frühzeitige Anpassung von Planung, Bau und Betrieb, um Lock-in-Effekte zu vermeiden. Mögliche Anpassungsmaßnahmen umfassen eine klimaresilientere Gestaltung der Energieinfrastruktur, Diversifizierung der Energieversorgungsquellen, Erhöhung der Vernetzungsgrade europäischer Energiesysteme, Dezentralisierung und klimaangepasste Netzplanung.

{4.5.2} (hohes Vertrauen)

Kombinierte Wetterereignisse erhöhen das Risiko von Stromengpässen

Unterbrechungen der Stromversorgung für Haushalte, Industrie und Verkehr (weitreichend und/oder häufig), mit Auswirkungen auf Gesellschaft und Wirtschaft.	Steigende Belastung der Energieinfrastruktur durch verschiedene Naturgefahren mit Auswirkungen auf Energienetze (Strom- und Wärmenetze, Kraftstofftransportwege).	Hohe technologische/geografische Konzentration von Energieangebot und -nachfrage; zunehmende Elektrifizierung des Energiesystems.	Geringer Vernetzungsgrad der Stromsysteme in Europa oder sogar Ausbau isolierter Systeme.
--	---	---	---

Anpassungsmaßnahmen umfassen eine höhere Vernetzung des europäischen Energiesystems, Verringerung des Energie- und Kühlwasserbedarfs, Ausbau von Reservekapazitäten sowie räumliche und technologische Diversifizierung der Energiequellen und Flexibilitätsoptionen.

{4.5.2} (hohes Vertrauen)

Der Klimawandel führt zu Wettbewerbsnachteilen im österreichischen Tourismussektor (Schnee- und Eissport)

Es entstehen wirtschaftliche Verluste für stark vom Tourismus abhängige Regionen (z. B. ländliche Gebiete in Westösterreich mit wenigen Alternativen zur Tourismusbranche). Betroffen sind nicht nur touristische Dienstleistungen, sondern auch vor- und nachgelagerte Branchen in der Region und darüber hinaus. Mögliche Folgen sind Arbeitslosigkeit, vermehrtes Pendeln und Abwanderung.	Rückgang der Schneefälle und der Schneedecke in tieferen Lagen aufgrund steigender Temperaturen, kombiniert mit zunehmend schwierigen Bedingungen für technische Schneeerzeugung. Die immer häufiger auftretenden schwierigen Beschneibungsbedingungen zu Beginn der Wintersaison in Verbindung mit Schneemangel in der Weihnachtszeit würden das Risiko verschärfen (auf Weihnachten entfallen 20 % des Umsatzes, auf den Februar weitere 30 %).	Lebensgrundlagen, Unternehmen und Dienstleistungen, die vom Schnee- und Eissport abhängen sind in allen Alpenregionen betroffen – tiefer gelegene Gebiete früher und stärker.	Wenn die Abhängigkeit von bestehenden Strukturen nicht verringert wird, wird die hohe Abhängigkeit der lokalen Wirtschaft von Schnee- und Eissportarten sowie der Mangel an wirtschaftlichen Alternativen die wirtschaftliche und soziale Vulnerabilität erhöhen.
---	---	---	---

Chancen für Anpassung und Transformation liegen in der Entwicklung und Förderung schneeunabhängiger Tourismusangebote.

{1.3, 4.3.3, 4.3.4, 7.4.2} (hohes Vertrauen)

Methoden-Box 2: Burning Embers

Das Tool namens **Burning Embers** veranschaulicht Klimarisiken und wird verwendet, um Gründe zur Besorgnis (*Reasons For Concern*) darzustellen, indem klimabedingte Auswirkungen und Risiken für verschiedene Systeme und Sektoren zusammengefasst werden. Burning-Embers-Diagramme verwenden Farbverläufe, um Veränderungen des bewerteten Risikoniveaus in Bezug auf Sektoren und Ökosysteme in Abhängigkeit der globalen Erwärmungsniveaus (GWLs) darzustellen, ohne jedoch Veränderungen in der Exposition und Vulnerabilität zu berücksichtigen, siehe **Abbildung TS.6**. Beim aktuellen globalen Erwärmungsniveau von 1,4°C, was einer mittleren Temperaturänderung von 3,1°C in Österreich entspricht, wurden bereits moderate Risikoniveaus nachgewiesen und anhand einer Reihe von Schlüsselrisiken dem Klimawandel zugeordnet, unter anderem hitzebedingte Sterblichkeit, Ernteverluste in der Landwirtschaft aufgrund von Dürre, Störungen der Ökosysteme (wie Änderungen bei der Artenanzahl und -zusammensetzung, Ökosystemfunktionen oder Verlagerung des Verbreitungsgebietes) und Verluste und Schäden aufgrund von Flusshochwasser, Wildbachereignissen sowie Überschwemmungen nach Starkregen. In Bezug auf Grünlanderträge, Wasserknappheit und den Skitourismus wurden in manchen Regionen moderate Risikoniveaus beobachtet (Dürrerisiko und Wasserknappheit in manchen Regionen und manchen Jahren; Skitourismus in niedrigeren Höhenlagen). Laut Projektionen werden sich diese Risiken verstärken und auf weitere Regionen und höhere Lagen ausweiten. Die meisten Schlüsselrisiken weisen ein hohes Risikoniveau um ein globales Erwärmungsniveau von 3,0°C auf, was auf die größere Ausdehnung der vom Risiko betroffenen Gebiete, die Fortdauer der Auswirkungen und die Schwere der Auswirkungen zurückzuführen ist. Für einige Schlüsselrisiken wie die Sterblichkeit, Ernteerträge aus Land- und Forstwirtschaft, Ökosysteme, Wasserversorgung und den Skitourismus können bei den derzeitigen Anpassungsmaßnahmen sehr hohe Risiken nicht ausgeschlossen werden. {**Cross-Chapter Box 1, Tabelle TS.1**}

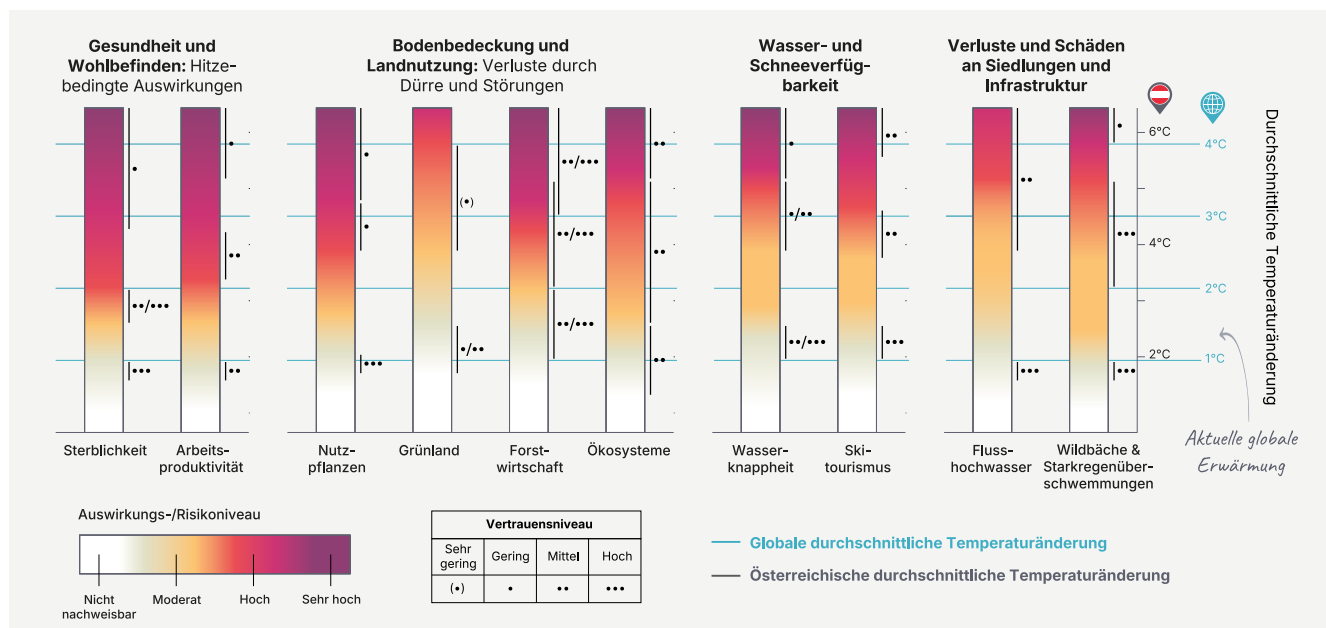
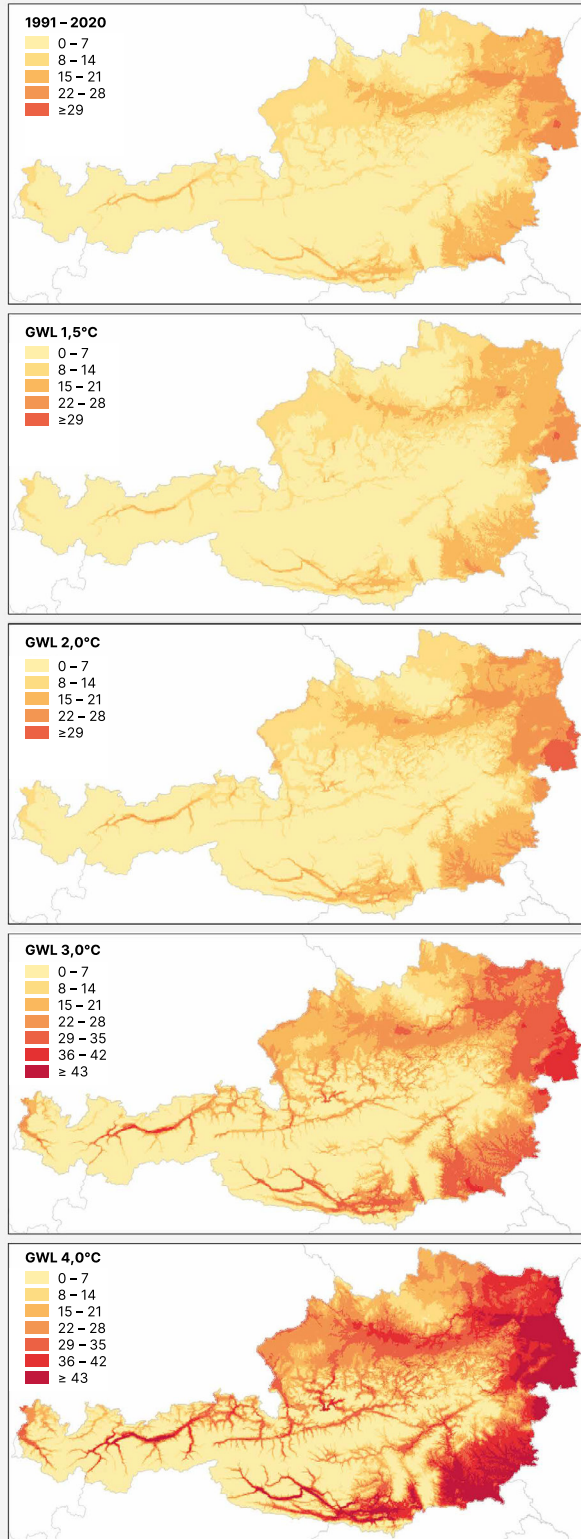


Abbildung TS.6 | Burning-Embers-Diagramm zu ausgewählten Schlüsselrisiken für Österreich, nach gefährdeten Sektoren bzw. Systemen gruppiert (siehe **Cross-Chapter Box 1 Abbildung 3, TS Methoden-Box 2**). Die Diagramme zeigen die Veränderung der Folgen- und Risikoniveaus für eine globale Erwärmung von 0–4,5°C globaler Lufttemperatur gegenüber dem vorindustriellen Zeitraum (1850–1900). Die globale Erwärmung wird auch in eine mittlere Temperaturänderung für Österreich umgerechnet. Für alle dargestellten Schlüsselrisiken werden Vertrauensniveaus angegeben, um darauf hinzuweisen, dass der Risikoübergang in manchen Regionen oder Höhenlagen bei einem niedrigeren globalen Erwärmungsniveau (GWL) und in anderen bei einem höheren globalen Erwärmungsniveau liegt. Vertrauensniveau: Hoch (***), mittel (**), gering (*), sehr gering ((*)). Die Methode basiert auf O'Neill et al. (2022, Seite 2481 ff).

Hitze und exponierte Personen

(a) Hitzetage ($\geq 30^{\circ}\text{C}$)



(b) Personen betroffen von Hitzetagen

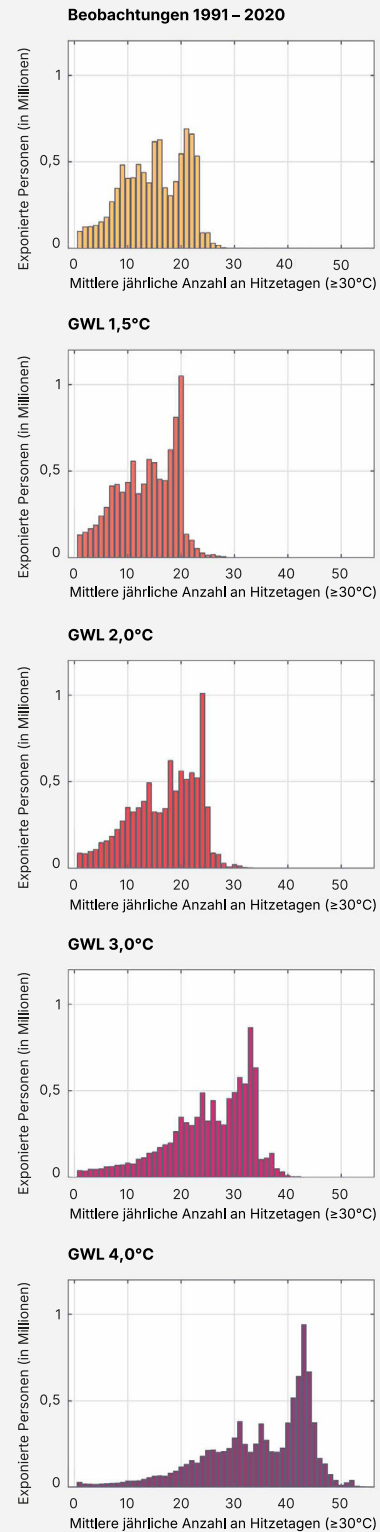


Abbildung TS.7 | Hitze und exponierte Personen: (a) Mittlere jährliche Anzahl an Hitzetagen ($\geq 30^{\circ}\text{C}$) in Österreich für das aktuelle (1991–2020) Klima und Zukunftsprojektionen folgend für verschiedene globale Erwärmungsniveaus (GWLs) (Becs und Formayer, 2024; Chimani et al., 2016; GeoSphere Austria, 2020), (b) Anteil der Bevölkerung, der durch Hitzetage im aktuellen und künftigen Klima betroffen ist, basierend auf der Bevölkerungsentwicklung für 2050 unter SSP 2 (Gemeinsam Genutzter Sozioökonomischer Pfad (*Shared Socioeconomic Pathway*, SSP)) (Riahi et al., 2017; Wang et al., 2022; Daten für Österreich aus Marbler, 2024).

B.4 Menschliche Reaktionen auf klimabedingte Risiken können die erwarteten Auswirkungen entweder verstärken oder verringern (*mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung*). Gefahren-, Risiko- und Krisenmanagementpläne, Pläne zur Bewältigung von Energie- und Ressourcenengpässen oder extremen Wetter- und Gefahrenereignissen können die erwarteten Auswirkungen begrenzen (*geringe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). Kommunikations- und Umsetzungsstrategien für diverse Managementpläne müssen auf Erkenntnissen der Verhaltenswissenschaften basieren, um wirksam zu sein (z. B. voreingestellte Notfallbenachrichtigungen, Unterstützung durch gesellschaftliche Vorbilder) (*hohes Vertrauen*). Diese könnten auf die bestehenden Risikomanagementstrukturen aufbauen (z. B. Schulungen im Rahmen der Arbeitssicherheit zu Reaktionen auf Klimawandelfolgen, lokale Evakuierungspläne, Frühwarnsysteme). {Chapter Box 5.1, Abbildung TS.5}

B.5 Es bedarf umfassender und koordinierter Anpassungsmaßnahmen, um Österreichs Wirtschaft, Infrastruktur und Gesellschaft vor den steigenden klimabedingten Auswirkungen in den kommenden Jahrzehnten zu schützen (*hohes Vertrauen*). Für eine Anpassung sind sowohl sektorspezifische als auch sektorübergreifende Maßnahmen notwendig, um eine langfristige Resilienz zu schaffen. Bei höherer Erwärmung können lokale Anpassungsgrenzen auftreten (*geringes Vertrauen*). Die Integration von Anpassungsmaßnahmen in sektorale Strategien und Planungen ist notwendig, um Resilienz zu gewährleisten und Fehlanspassungen zu vermeiden (*hohes Vertrauen*). Die Einbindung klimabezogener Risikobetrachtungen in Strategien für das Gesundheitswesen, den Verkehr, die Stadtplanung, den Tourismus, die Energiesysteme, die Forst- und Landwirtschaft sowie das Wassermanagement ist entscheidend, um Vulnerabilitäten zu verringern und die Anpassungsfähigkeit in allen Sektoren zu stärken. {2.3, 3.2.3, 3.4.4, 7.5.4, 8.5.5, Abbildung TS.7}

B.6 Die steigenden Kosten des Nicht-Handelns in Bezug auf den Klimawandel übertreffen bei Weitem die zur wirksamen Anpassung und Emissionsreduktion erforderlichen Investitionen (*geringe Evidenz, hohe Übereinstimmung*). Neben den Investitionen zur Emissionsreduktion (vgl. C.21) ist auch der Investitionsbedarf zur Erreichung angemessener Anpassungsniveaus – um verbleibende Schäden durch zukünftige Klimawandelfolgen zu minimieren – beträchtlich. Die derzeit bestehende Anpassungslücke wird sich voraussichtlich vergrößern, sofern die Anpassungsfinanzierung

nicht erweitert wird. Der Investitionsbedarf für die Emissionsreduktion und Anpassung liegt unter den erwarteten monetarisierten jährlichen Kosten des Nicht-Handelns, insbesondere wenn auch jene Auswirkungen des Klimawandels berücksichtigt werden, die bisher nicht in Geldwerten ausgedrückt wurden, z. B. der Verlust der Biodiversität und die Auswirkungen von psychischem Stress auf die Gesundheit. {6.7, 8.6}

Naturgefahren

B.7 Der Klimawandel wird abhängig von der topographischen Lage einen signifikanten Einfluss auf verschiedene Arten von Naturgefahrenprozessen in Österreich haben (*mittleres Vertrauen*). Dies wird mit kaskadierenden und zusammengesetzten Prozessen einhergehen und Auswirkungen auf Siedlungsgebiete haben. Es ist mit großen wirtschaftlichen Verlusten zu rechnen, insbesondere in Gebieten mit expandierender Bebauung und Landnutzung. Darüber hinaus wird dies Auswirkungen auf die Verkehrsinfrastruktur und -dienste und damit auf die Mobilität der Bevölkerung sowie die Erreichbarkeit von Gemeinden haben. Europaweite Verkehrswege werden möglicherweise unterbrochen. {1.8, 3.4.4, 7.4.1, 7.4.3}

B.8 Der Klimawandel wird Prozesse an der Erdoberfläche und Geländestruktur verändern, was Auswirkungen auf die Häufigkeit und die Intensität von Massenbewegungen haben kann (*mittleres Vertrauen*). Insbesondere extreme Niederschlagsereignisse, der Gletscherrückgang in Hochgebirgsregionen sowie – in gewissem Maße – das Abtauen von Permafrost werden die Häufigkeit verschiedener Arten von Massenbewegungen erhöhen, wenngleich detaillierte Daten für die österreichischen Alpen noch nicht in ausreichendem Umfang vorliegen. Die Häufigkeit von flachen Rutschungen und Murenabgängen wird in Österreich voraussichtlich zunehmen. In Hochgebirgsregionen wird zusätzlich mit einer Zunahme von Steinschlägen und Felsstürzen gerechnet. {1.7}

B.9 In österreichischen Tälern wird das Risiko von Überschwemmungen oder Vermurungen durch Wildbäche steigen (*hohe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). In der österreichischen Alpenregion werden Wildbachereignisse aufgrund intensiverer Niederschläge und höherer Sedimentverfügbarkeit durch den Rückzug von Gletschern und Permafrost sowie stärkerer Verwitterung zunehmen. Dies

wird zu größeren wirtschaftlichen Verlusten führen, die Verkehrsinfrastruktur beeinflussen und die Erreichbarkeit von Gemeinden beeinträchtigen. Zu den Anpassungsmaßnahmen gehören strengere Landnutzungsvorschriften, verpflichtende Gebäudeversicherungen und gebündelte Präventionsfonds für den Schutz auf lokaler Ebene. {1.4, 1.8, 3.4.4, 7.4.1, [Tabelle TS.1](#)}

B.10 Das Dürrierisiko wird in Österreich steigen (*hohes Vertrauen*). Die Zunahme von Evapotranspiration und Niederschlagsvariabilität erhöhen das Dürrierisiko, was sich auf die landwirtschaftliche Produktion und sensible Ökosysteme in Österreich, insbesondere im Osten, auswirken wird. Dies führt zu einem erhöhten Bewässerungsbedarf und möglicherweise zu einer Beeinträchtigung von Ökosystemen und der Wasserversorgung (*mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung*). Haushalte und Betriebe werden häufiger mit Wasserknappheit konfrontiert sein. Zu den Anpassungsoptionen gehören trockenheitstolerante Nutzpflanzen, nachhaltige Bodenbewirtschaftung und angepasste Wasserversorgungsnetze. {1.2.2, 1.6, 1.8, 2.2.1, [Tabelle TS.1](#)}

B.11 Die Wasserressourcenplanung wird während Dürreperioden auf lokaler und regionaler Ebene vor neue Herausforderungen gestellt (*mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung*). Die Trinkwasserversorgung wird in bestimmten Regionen Nord- und Ostösterreichs beeinträchtigt werden. Der erhöhte Bewässerungsbedarf in der Landwirtschaft während Dürreperioden wird hingegen erhebliche Auswirkungen auf die Wasserressourcenplanung in ganz Österreich haben. {2.2.1}

B.12 Das Wald- und Flurbrandrisiko wird in Österreich steigen (*hohes Vertrauen*). Durch den Klimawandel werden Hitzewellen zunehmen und Niederschlagsmuster sich verändern, weshalb das Risiko von Wald- und Flurbränden in Österreich steigen wird. Dies wird zu lokalen wirtschaftlichen Verlusten führen und die Infrastruktur beeinträchtigen, insbesondere in expandierenden Siedlungen und am Übergangsbereich von Waldrand und Freiland zum Siedlungsraum (*Wildland-Urban Interface*). Zu den Anpassungsmaßnahmen gehören die Verwendung von weniger feueranfälligen Baumarten, die Verbesserung der Katastrophenvorsorge und die Aufklärung der Öffentlichkeit, da 85 % der Waldbrände durch menschliche Aktivitäten verursacht werden. Versicherungslösungen können helfen ökonomische Schäden zu reduzieren. {1.6.2, 1.8, 2.2.2, 7.4.1, [Tabelle TS.1](#)}

B.13 Mit zunehmenden klimabedingten Auswirkungen werden inkrementelle Anpassungen nicht mehr länger ausreichen und bei höherer Erwärmung werden wahrscheinlich Anpassungsgrenzen erreicht, was gesellschaftliche Ziele und kritische Ökosysteme gefährdet (*hohe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). Selbst bei sofortigen und großen Anstrengungen für den Klimaschutz wird der Anpassungsbedarf aufgrund der immer stärkeren Auswirkungen des Klimawandels kurz- bis mittelfristig weiter steigen. Beim Überschreiten eines globalen Erwärmungsniveaus von 3°C (GWL von 3,0°C) sind wesentliche Grenzen in sensiblen Ökosystemen, wie Alpenregionen und überschwemmungsgefährdete Gebiete, sowie in Gebieten mit Wasserknappheit und Landmangel für Anpassungsmaßnahmen zu erwarten. Die bestehenden Strategien und Risikomanagementsysteme sind unzureichend, um kombinierte, sich gegenseitig verstärkende und kaskadenartige Risiken im Zusammenhang mit extremen Wetter- und Gefahrenereignissen zu bewältigen, was zu langanhaltenden oder sogar irreversiblen Folgen für Gesellschaft, Infrastruktur und Ökosysteme führen kann. Beispiele sind unter anderem zunehmende und langandauernde Dürren, die Wasserknappheit verursachen, und Naturgefahren, die kritische Infrastruktur und die wirtschaftliche Stabilität beeinträchtigen. {1.6, 1.8, 3.4.4, 6.5.2, 6.7, 8.5.5}

Biodiversität und Ökosystemleistungen

B.14 Der Klimawandel verändert die Artenzusammensetzung von Ökosystemen, weil sich Verbreitungsgebiete von Arten in höhere Lagen verschieben, kälteangepasste Arten durch wärmeangepasste Arten ersetzt werden und sich die Auswirkungen anderer Stressfaktoren (wie z. B. Intensivierung der Landwirtschaft) in sensiblen Ökosystemen wie Feuchtgebieten, Grünland und Wäldern verstärken (*hohes Vertrauen*). Diese Veränderungen führen trotz des relativ stabilen Artenreichtums in den letzten Jahrzehnten zu einem Wechsel in der Artenzusammensetzung, wobei sich ein genereller Trend in Richtung Homogenisierung abzeichnet, bei dem spezialisierte Arten durch generalistische Arten ersetzt werden. Neobiota, die in wärmeren Klimazonen beheimatet sind, und manche land- und forstwirtschaftliche Schädlinge können hingegen möglicherweise davon profitieren. In Wäldern hat die Schadholzmenge wegen Borkenkäferbefalls zugenommen. Holzentnahmen aufgrund großer Schäden durch Stürme oder Borkenkäfer gepaart mit geringem Wachstum übersteigen teils den Zuwachs. {1.6.1, 1.6.2, 1.6.3, 1.6.4}

Tabelle TS.2 | Ökosystemleistungen unter verschiedenen globalen Erwärmungsniveaus. Durchschnittliche potenzielle Auswirkungen des Klimawandels auf Ökosystemleistungen unter GWL 3,0°C und GWL 5,0°C, differenziert nach drei großen biogeografischen Regionen und klassifiziert in qualitative Auswirkungen (Schirpke und Tasser, 2024). Die Auswirkungen wurden durch die Identifizierung potenzieller Auswirkungen auf mehrere Indikatoren abgeleitet, die zur Quantifizierung des potenziellen Angebots an Ökosystemleistungen verwendet wurden, basierend auf der aktuellen Literatur. Die Indikatoren wurden mit den potenziellen Auswirkungen multipliziert und räumlich gewichtet mit Projektionen von Temperatur und Niederschlag unter den beiden GWLs. Für methodische Details siehe Schirpke und Tasser (2024). Ein starker negativer Einfluss wird mit „-3“ angegeben, ein mittlerer negativer mit „-2“, ein geringer negativer mit „-1“ und ein geringer positiver mit „1“. Die Werte sind über die Regionen gemittelt. Die Regionen umfassen mehrere Ökosysteme. Ökosystemleistungen, die von Schirpke und Tasser nicht abgedeckt wurden, wurden, soweit möglich, durch Experteneinschätzungen geschätzt (graue Schrift); grauer Text zeigt Experteneinschätzungen an. Vertrauensniveaus werden angegeben, wenn durch Literatur gestützt (*/**/*** = niedrig/mittel/hoch).

Werte aus der Veröffentlichung (Schirpke und Tasser, 2024), die den Ökosystemleistungen aus diesem Kapitel zugeordnet und in qualitative Wirkungsebenen umklassifiziert wurden.	Kapitelabschnitt	GWL 3,0°C			Vertrauen-	GWL 5,0°C			Vertrauen-
		Nordöstliches Tiefland, Alpenvorland und Hügelland	Nord- und Zentralalpen	Südliches Tiefland und südliche Alpen		Nordöstliches Tiefland, Alpenvorland und Hügelland	Nord- und Zentralalpen	Südliches Tiefland und südliche Alpen	
Bereitstellende Ökosystemleistungen									
P1) Nahrung und Futtermittel aus Ackerpflanzen	2.2.1	-1/+1	-1/+1	-1/+1	**	-1	-1	-1	*
P1) Nahrung und Futtermittel aus Dauerkulturen	2.2.1	Forschungsbedarf							
P2) Tierische Produkte	2.2.1	1	1	1	**	1	1	-1/+1	**
P3) Produkte aus Jagd und Wildtieren	2.2.1	-1	-2	-1	**	-1*	-3*	-1*	*
P4) Produkte aus der Aquakultur	2.2.1	1	1	1	**	1*	1*	1*	*
P5) Fasern, Energie aus organischen Rohstoffen	2.2.1	-1	-1/+1	-1	**	-1	-2	-2	*
P6) Wasser	2.2.1	-1	-1	-1	**	-1/-2	-2	-2	**
Regulierende Ökosystemleistungen									
R1) Klimaregulierung/ Kohlenstoffsinken	2.2.2	-1	-1	-1	**	-1	-1	-2	*
R2) Biochemische Kreisläufe	2.2.2	-1	-1	-1	Forschungsbedarf	-1	-1	-1	Forschungsbedarf
R3) Kontrolle von Massenbewegungen, Erosion	2.2.2	-1	-1	-1	*	-1	-1	-1	**
Wind- und Feuer-schutz	2.2.2	Forschungsbedarf							
Regulierung Wasserfluss, Hochwasserschutz	2.2.2	Forschungsbedarf							
R6) Bestäubung	2.2.2	1	1	-1	**	-1	1	-1	**
R7) Schädlingsbekämpfung und invasive Arten	2.2.2	1	1	1	***	1	1	1	***
Kulturelle Ökosystemleistungen									
C1) Erholung	2.2.3	-1	-1	-1	***	-2	-2	-2	**
C2) Kulturelles Erbe	2.2.3	-1	-1	-1	**	-1	-1	-1	*
C3) Ästhetischer Wert	2.2.3	-1	-1	-1	***	-2	-2	-2	**
C4) Symbolischer Wert	2.2.3	-1	-1	-1	**	-1	-1	-1	*

B.15 In Österreich besteht das Risiko eines Biodiversitätsverlusts, bedingt durch den Klimawandel und anthropogene Stressfaktoren wie Veränderungen der Landnutzung (hohes Vertrauen). Sensible Ökosysteme werden laut Projektionen wichtige Ökosystemfunktionen und -leistungen, wie die Speicherung von Kohlenstoff, verlieren. Die wärmeren Bedingungen bewirken zum einen eine Höhenverlagerung vieler Arten in den Alpen, zum anderen eine Verkleinerung der kalten Lebensräume oberhalb der Baumgrenze, was zu einem Verlust der Biodiversität in den österreichischen Alpen führt. Wärmeliebende Arten verdrängen endemische kälteangepasste Arten oberhalb von 2.600 Metern Seehöhe. Die weitverbreiteten, irreversiblen Folgen, einschließlich des Verlusts der genetischen Vielfalt und Artensterben, erfordern mehr Sensibilisierung der Öffentlichkeit und Bemühungen zum Naturschutz, um den Druck durch menschliche Landnutzung zu verringern. {1.6.1, 1.6.2, 1.6.3, 1.6.4, 2.2.1, 2.2.2, 7.4.1, **Abbildung TS.8**, **Tabelle TS.1**, **Tabelle TS.2**}

B.16 Die Landnutzung und der Klimawandel sind die wichtigsten Treiber für die Degradation von Feuchtgebieten (hohes Vertrauen). Viele Feuchtgebiete werden wichtige Ökosystemfunktionen wie die Speicherung von Kohlenstoff verlieren, was zu Rückkopplungszyklen führt, die den Klimawandel verstärken (hohes Vertrauen). Weitere betroffene Ökosystemfunktionen sind die typische, oft endemische Biodiversität (mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung) und die Wasserretention (mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung). {1.6.1}

B.17 Der fortschreitende Klimawandel wird aufgrund von komplexen biophysikalischen Bedingungen regional unterschiedliche Auswirkungen auf die Bereitstellung von Ökosystemleistungen haben (hohes Vertrauen). Insbesondere ist Folgendes zu erwarten: (1) Ein allgemeiner Rückgang aller Ökosystemleistungen – vor allem der bereitstellenden – im nördlichen Alpenvorland und in Hochgebirgsregionen, in den Südalpen mit dem Klagenfurter Becken

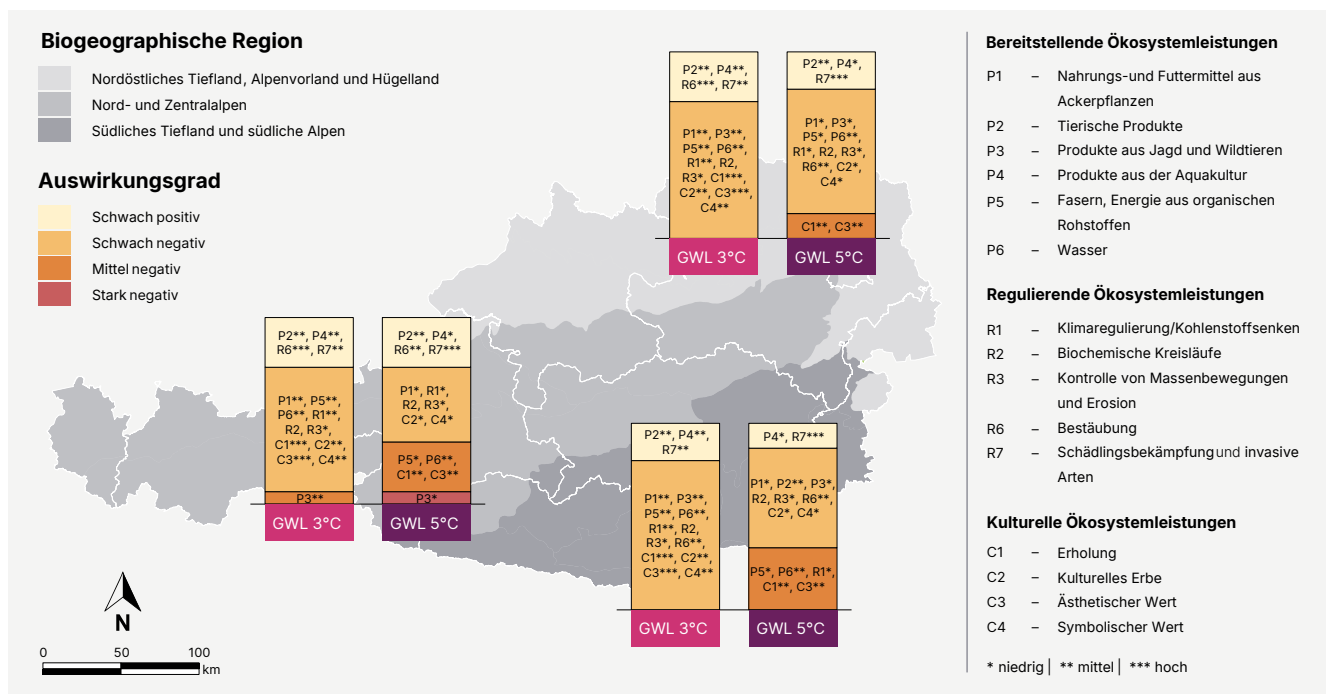


Abbildung TS.8 | Ökosystemleistungen pro Region unter verschiedenen globalen Erwärmungsniveaus. Durchschnittliche potenzielle Auswirkungen des Klimawandels auf Ökosystemleistungen unter GWL 3,0°C und GWL 5,0°C, differenziert nach drei großen biogeographischen Regionen und klassifiziert in qualitative Auswirkungen (Schirpke und Tasser, 2024). Die Auswirkungen wurden durch die Identifizierung potenzieller Auswirkungen auf mehrere Indikatoren abgeleitet, die zur Quantifizierung des potenziellen Angebots an Ökosystemleistungen verwendet wurden, basierend auf der aktuellen Literatur. Die Indikatoren wurden mit den potenziellen Auswirkungen multipliziert und räumlich gewichtet mit Projektionen von Temperatur und Niederschlag unter den beiden GWLs. Für methodische Details siehe Schirpke und Tasser (2024). Ökosystemleistungen, die von Schirpke und Tasser (2024) nicht abgedeckt wurden, wurden, soweit möglich, durch Experteneinschätzungen geschätzt. Konfidenzintervalle (*/**/**=gering/mittel/hoch) sind ausgewiesen, wenn durch Literatur gestützt.

und in den Zentralalpen; (2) eine räumliche Verschiebung der vorherrschenden Ökosystemleistungen in höhere Lagen bei den regulierenden und in niedrige Lagen sowie periphere Gebiete bei den bereitstellenden Ökosystemleistungen, je nach Wasserverfügbarkeit und Pflanzenstressprofilen (*mittleres Vertrauen*). {2.2, Abbildung TS.8, Tabelle TS.2}

B.18 Veränderungen in Wasser- und Temperaturhaushalt werden voraussichtlich zu einer stärkeren Bodenerosion führen, bedingt durch eine Zunahme von konvektiven Ereignissen und extremen Niederschlägen (*hohes Vertrauen*). Die Auswirkungen werden in steilem Gelände, auf schlecht bewirtschafteten Böden oder bei unzureichender Vegetationsbedeckung aufgrund der erhöhten Erosionsanfälligkeit am stärksten spürbar sein. Ohne wirksame Gegenmaßnahmen wie nachhaltige Landbewirtschaftung, Wiederaufforstung und verbesserte Bodenschutztechniken werden die erosionsbedingten Auswirkungen voraussichtlich häufiger und schwerwiegender ausfallen. {1.5}

B.19 Hohe Temperaturen in Verbindung mit einer ausreichenden Wasserversorgung führen zu einem erhöhten Verlust von organischem Kohlenstoff im Boden (*hohes Vertrauen*). Die Mineralisierung von organischem Kohlenstoff im Boden wird durch höhere Temperaturen an Standorten mit ausreichenden Niederschlägen (z. B. in höheren Lagen) begünstigt. {1.5}

B.20 Konkurrierende Ansprüche an Landressourcen, Dienstleistungen und Nutzen führen zu Ziel- und Interessenkonflikten zwischen verschiedenen Formen der Landnutzung (*hohes Vertrauen*). Es kommt unter anderem zu Zielkonflikten zwischen der Gewinnung von Biomasse, Kohlenstoffspeicherung, Biodiversität und Naturschutz sowie zwischen der landwirtschaftlichen Nutzung und der Erzeugung erneuerbarer Energien, wie dem Anbau von Pflanzen für die Bioenergieerzeugung, Agri-Photovoltaik (kombinierte Nutzung von Land für Landwirtschaft und Photovoltaik) sowie der Windenergie und Wasserkraft. Ambitionierte Klimaschutzmaßnahmen sind mit großen Herausforderungen und Konfliktpotential verbunden. Transparente und demokratische Verhandlungen in Bezug auf Zielkonflikte zwischen Werten und Interessengruppen sind unerlässlich, um Hürden bei der Transformation des Landnutzungssystems zu überwinden. Dadurch kann man Pfadabhängigkeiten und ungleichen Machtverhältnissen zwischen Akteur:innen entgegenwirken und gleichzeitig vulnerable Gruppen unterstützen. {2.4}

B.21 Es besteht ein grundlegender Konflikt zwischen Wirtschaftswachstum und Umweltschutz (*hohes Vertrauen*). Wirtschaftswachstum in seiner derzeitigen Form treibt steigende Produktion und Konsum voran und erhöht dadurch die Nachfrage nach Land. Es ist somit ein zentraler Treiber des Klimawandels und des Biodiversitätsverlusts, beispielsweise durch die Intensivierung der Landnutzung und Flächenumwidmungen. Technische Verbesserungen, die höhere Erträge ermöglichen, kompensieren die Landnachfrage teilweise, aber Rebound-Effekte im Landsystem machen die Effizienzgewinne oft wieder zunichte. {2.4}

B.22 Naturbasierte Lösungen sind für Österreichs Anpassungsstrategie von wesentlicher Bedeutung, denn diese bieten Ansätze mit mehrfachem Nutzen: Stärkung der Biodiversität, Reduktion von klimabedingten Risiken und Stärkung der Resilienz von Ökosystemen (*hohes Vertrauen*). Naturbasierte Lösungen wie die Wiederherstellung von Feuchtgebieten, die Renaturierung von Flüssen und die Begrünung von Städten, bieten erhebliche Vorteile bei der Klimaanpassung. Beispielsweise entschärfen die Schutzwälder in Österreich Naturgefahren wie Lawinen und Steinschlag, während Feuchtgebiete als natürliche Wasserrückhaltegebiete dienen und die Wahrscheinlichkeit von Überschwemmungen verringern sowie die Wasserverfügbarkeit in Dürreperioden verbessern. Initiativen zur Stadtbegrünung tragen zur Abkühlung bei Hitzewellen, zur Verbesserung der Luftqualität und zur öffentlichen Gesundheit in Städten bei. Aufgrund begrenzter rechtlicher Rahmenbedingungen, Konkurrenz um die Landnutzung und unzureichender finanzieller Anreize für die Umsetzung und Erhaltung, können diese Initiativen jedoch nicht ihr volles Potenzial entfalten. Die Stärkung von Gesetzen zur ökologischen Wiederherstellung, die Ausdehnung von Subventionen für naturbasierte Lösungen und die Schaffung langfristiger Monitoringsysteme sind entscheidend, um deren Wirksamkeit und Integration in Österreichs Anpassungsstrategie sicherzustellen. {1.6.1, 1.6.4, 2.3.3, 6.5.2, 7.5.4}

B.23 Eine Transformation der Landnutzungssysteme ist entscheidend, um den Verlust der Biodiversität einzudämmen, Landnutzungskonflikte zu bewältigen und die Resilienz von Ökosystemen angesichts des Klimawandels zu gewährleisten (*hohes Vertrauen*). Wildtier- und Lebensraumkorridore spielen eine entscheidende Rolle für die Artenmigration und Verhaltensanpassung, den Erhalt der Biodiversität und die Aufrechterhaltung der Ökosystemfunktionen unter Klimastress. Durch Aufrechterhaltung

einer hohen Arten- und genetischen Vielfalt in der Land- und Forstwirtschaft wird die Resilienz der Ökosysteme gegenüber Klimawandelauswirkungen gestärkt, die evolutionäre Anpassung erleichtert und das Risiko des Artenverlusts verringert. Verschärfte Landnutzungskonflikte, wie die Konkurrenz zwischen Biomassegewinnung, Kohlendioxidspeicherung, Erzeugung von erneuerbaren Energien (z. B. Agri-Photovoltaik, Wind- und Wasserenergie), Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Biodiversität und Naturschutz, erfordern ausgewogene Strategien, um Zielkonflikte zu minimieren und der langfristigen ökologischen Nachhaltigkeit eine hohe Priorität einzuräumen. {1.6.4, 2.4, 7.4.1}

Land- und Forstwirtschaft

B.24 Die zukünftige Bereitstellung von landwirtschaftlichen Erzeugnissen in Form von Futtermitteln, Nahrungsmitteln, Fasern und Kraftstoffen in Österreich wird durch den Klimawandel beeinträchtigt werden, insbesondere aufgrund von Problemen mit der Wasserverfügbarkeit (*mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung*). Die Auswirkungen des Klimawandels auf die landwirtschaftlichen Erträge variieren stark und reichen von negativen bis hin zu positiven Ergebnissen je nach Temperatur, Niederschlag und Anpassungsszenarien (*hohes Vertrauen*). Es bestehen weiterhin Unsicherheiten hinsichtlich der Auswirkungen extremer Wetterereignisse, anderer Störfaktoren wie Schädlinge, der Rolle und Wirkung der CO₂-Düngung sowie der Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen, einschließlich der Entwicklung neuer Planzensorten und Züchtungsmethoden. {2.2.1}

B.25 Die Anpassung an den steigenden Wasserbedarf während Dürren erfordert innovative Wassermanagementstrategien und ein verbessertes Monitoring der landwirtschaftlichen Bewässerung (*mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung*). Der steigende Wasserbedarf während Dürreereignissen erfordert neue Ansätze hinsichtlich des Managements, um die Wasserverfügbarkeit sicher zu stellen, zumal die landwirtschaftliche Bewässerung bundesweit erheblichen Einfluss auf die Ressourcenplanung hat. Die Trinkwasserversorgung wird zwar nur in bestimmten Regionen wie im Norden und Osten Österreichs beeinträchtigt sein, aber es fehlt an Monitoringdaten über den tatsächlichen Wasserverbrauch für Bewässerung, weshalb genaue Prognosen und fundierte Anpassungsentscheidungen nur eingeschränkt möglich sind. Die Erhebung und die Nutzung

solcher Daten ist entscheidend, um Anpassungsgrenzen zu quantifizieren und das Wasserressourcenmanagement unter sich ändernden klimatischen Bedingungen zu verbessern. {2.2.1, 3.2.3}

B.26 In einzelnen Fällen erhöht der Klimawandel die Produktivität von Ökosystemen, da steigende Temperaturen die Vegetationsperioden verlängern (*mittleres Vertrauen*). Sowohl in der Forst- als auch in der Landwirtschaft zeigen Beobachtungen, dass ein wärmeres Klima die Pflanzenproduktivität erhöht. Diese Chancen werden jedoch durch die Geschwindigkeit des Wandels gefährdet – in der Forstwirtschaft stellen die langen Umtriebszeiten in der Waldbewirtschaftung eine Herausforderung dar, da sie die schnelle Anpassung von Baumarten an ein verändertes Klima erschweren. In der Landwirtschaft sind Anpassungen erforderlich, um mit extremen Wetterereignissen wie Dürren, Kälteeinbrüchen und Hitzewellen umgehen zu können. {2.2}

B.27 Einige der internationalen Lieferketten Österreichs werden vulnerabler werden (*mittleres Vertrauen*). Österreich ist ein Nettoimporteur von Biomasse. Es werden hauptsächlich Rohstoffe importiert und hochverarbeitete Produkte und Enderzeugnisse exportiert. Etwa 16 % der Importe von Nahrungs- und Futtermitteln und 5 % der Holzimporte nach Österreich stammen aus Regionen, die mäßig bis stark durch den Klimawandel gefährdet sind und noch nicht ausreichend anpassungsfähig erscheinen, insbesondere tropische und mediterrane Regionen. Die Diversifizierung der Herkunftsregionen und die Reduktion der Gesamtnachfrage nach vulnerablen Produkten verringert die Vulnerabilität der Versorgung in Österreich. Gleichzeitig verringert sich der Druck auf globale Ökosysteme. {Chapter Box 2.1}

B.28 Die österreichischen Wälder werden primär von einer eingeschränkten Wasserversorgung betroffen sein (*hohes Vertrauen*). Eine Zunahme von Störfaktoren (Stürme, Schneeschäden, Insektenbefall, Pilzinfektionen) wird die Bereitstellung von Ökosystemleistungen stark beeinträchtigen (*hohes Vertrauen*). Die Wege und das Tempo der Anpassung bei der Artenzusammensetzung in Wäldern werden von den Strategien der Forstbewirtschaftung abhängen (*mittleres Vertrauen*). {1.6.2}

B.29 Es besteht das Risiko für eine abnehmende Quantität und Qualität von Schutzwäldern (*hohes Vertrauen*). Steigende Temperaturen und ausgeprägte Dürreperioden werden zu Veränderungen in der Baumarten- und Wald-

zusammensetzung führen, wodurch die Schutzwirkung der Wälder unterhalb von 1.000 Metern Seehöhe abnimmt. Natürliche Störungen wie Wind, Feuer und Schädlinge werden die Schutzwirkung weiter verringern, insbesondere in Monokulturen. Dies erhöht die Häufigkeit und Intensität von Naturgefahren (Lawinen sowie Muren) und gefährdet Siedlungen und Infrastruktur in Tallagen. Anpassungsmaßnahmen umfassen die Erhaltung artenreicher und vielschichtiger Wälder mit ausreichendem Baumkronendach und Naturverjüngung. Totholz kann dazu beitragen, den Schutz nach einer Störung aufrechtzuerhalten. {1.6.2, 2.2.1, 2.2.2, 7.4.2, **Tabelle TS.1**}

B.30 Die natürliche Regeneration von Baumarten stößt aufgrund des Klimawandels an Grenzen; in der Waldbewirtschaftung bedarf es daher innovativer Ansätze, die ein Gleichgewicht zwischen dem Erhalt der Biodiversität und der Anpassung an sich ändernde Bedingungen herstellen (mittleres Vertrauen). Die natürliche Regeneration wird erschwert durch Verbissschäden wegen hoher Huftierpopulationen und durch die Konkurrenz zwischen Baumarten, die sich an die neuen klimatischen Bedingungen anpassen (*hohe Evidenz, geringe Übereinstimmung*). Nicht-heimische Baumarten können als vielversprechende Alternative dort eingesetzt werden, wo heimische Arten nur schwer gedeihen, aber dieser Ansatz bleibt aufgrund ökologischer Unsicherheiten sehr umstritten (*hohe Evidenz, geringe Übereinstimmung*). Forstmanagementstrategien, die den Druck durch anthropogene Aktivitäten verringern und flexible Praktiken wie selektiven Holzeinschlag und Mischkulturen fördern, können die Degradation reduzieren und gleichzeitig die Kohlenstoffspeicherung und biologische Vielfalt unterstützen (*mittleres Vertrauen*). Die Aufrechterhaltung der Ökosystemfunktionen wird von einem wirksamen Forstmanagement abhängen, das auf ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Erhalt der Biodiversität und Anpassungsmaßnahmen abzielt (*mittleres Vertrauen*). {1.6.2, 2.2, 2.3, 7.4.2}

Tourismus und bebaute Umwelt

B.31 Aufgrund der Auswirkungen des Klimawandels wird es in einigen Bereichen des Tourismussektors zu erheblichen Veränderungen bei Angebot und Nachfrage kommen (hohes Vertrauen). Veränderte klimatische Rahmenbedingungen (z. B. Anstieg der Durchschnittstemperaturen, Veränderungen im Niederschlag, geringere Schneehöhen) sowie zunehmende extreme Wetterereignisse (z. B. Anzahl der

Hitzetage, Niederschlagsintensität, Häufigkeit und Intensität von Stürmen) werden die Bedingungen für touristische Dienstleistungen beeinflussen und Anpassungen auf der Angebotsseite erforderlich machen. Anpassungen werden auch auf der Nachfrageseite stattfinden, entweder als Reaktion auf Veränderungen im Angebot oder als treibender Faktor, der solche Veränderungen auslöst. Dazu gehören saisonale und geografische Anpassungen, eine Veränderung der nachgefragten Produkte sowie eine Reduzierung der Reishäufigkeit zugunsten längerer Aufenthalte. {4.3.3}

B.32 Der Wintertourismus, der auf Schnee- und Eissport basiert, wird durch verkürzte Skisaisonen und verschlechterte Bedingungen für künstliche Beschneigung erheblich beeinträchtigt (hohes Vertrauen). Ohne Anpassung und den Übergang zu schneeunabhängigem Tourismus könnte dies erhebliche wirtschaftliche Verluste und Arbeitslosigkeit in Regionen mit hohem Klimawandelfolgenrisiko haben (*mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung*). Arbeitsplatzverluste in wintertourismusabhängigen Regionen könnten zudem zu verstärktem Pendeln und Abwanderung führen. {7.4.2, **Tabelle TS.1**}

B.33 Der Sommertourismus in Bergregionen profitiert womöglich von angenehmeren Temperaturen im Vergleich zu den Tiefland- und Stadtgebieten, jedoch werden die Risiken und Kosten durch Naturgefahren für Menschen und die Wanderinfrastruktur voraussichtlich zunehmen (mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung). Die Instandhaltung der Wander- und Kletterinfrastruktur erfolgt derzeit hauptsächlich durch alpine NGOs. Wenn die steigenden Instandhaltungskosten nicht mehr durch Vereine gestemmt werden können, müssen andere Interessengruppen wie Tourismusverbände oder die Länder unterstützend eingreifen, um einen Rückgang der hohen Qualität und Zuverlässigkeit des Sommertourismus zu verhindern. {7.4.2}

B.34 Kombinierte Wetterereignisse erhöhen das Risiko von Stromengpässen (hohes Vertrauen). Kombinierte Extremereignisse wie europaweite Kältewellen und eine damit verbundene geringe Wasserführung von Flüssen im Winter könnten das auf erneuerbare Energien ausgerichtete Stromsystem Österreichs belasten und Stromengpässe hervorrufen. Schwankungen bei Angebot und Nachfrage können das Stromnetz destabilisieren, wobei der steigende Kühlbedarf im Sommer die Situation noch verschärft. Zu den Anpassungen gehören die Verbesserung bei der Vernetzung europäischer Energiesysteme, die Senkung der Energienachfra-

ge, die Diversifizierung von Energiequellen und die Erhöhung von Reservekapazitäten, um wirtschaftliche Verluste abzufedern und die Netzstabilität aufrechtzuerhalten. {4.5.2, Tabelle TS.1}

B.35 Steigende Risiken für die Energieinfrastruktur gefährden die Energiesicherheit Österreichs (*hohes Vertrauen*). Die zunehmende Elektrifizierung birgt erhöhte Risiken durch klimabedingte Extremereignisse, die die Energiesicherheit in Österreich bedrohen. Mögliche Auswirkungen sind Schäden an der Energieerzeugungs- und Übertragungsinfrastruktur sowie Störungen in der Versorgung von Haushalten, der Industrie und der Infrastruktur. Zu den Anpassungsmaßnahmen gehören resiliente Infrastrukturen, ein diversifizierter Energiemix, verbesserte Vernetzung europäischer Energiesysteme, dezentrale Energielösungen und klimaangepasste Netzplanung, um kaskadenartige Störungen zu minimieren. {4.5.2, Tabelle TS.1}

B.36 Der Klimawandel wirkt sich negativ auf den Zustand und die Verfügbarkeit von Verkehrsinfrastruktur im österreichischen Alpenraum aus (*hohes Vertrauen*). Eine zunehmende Häufigkeit hoher Temperaturen kann zu physischen Schäden an der Verkehrsinfrastruktur führen, unter anderem an Eisenbahnschienen und an Straßenbelägen. Dieses Phänomen tritt besonders in Bergregionen auf, vor allem auf Straßen mit engen Kurven, was zu einer (thermischen) Überlastung der Infrastruktur führt. Verstärkt wird dies durch den Anstieg des Schwerlastverkehrs, das Wachstum des Tourismus und des lokalen Reiseverkehrs. Staus nehmen aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit alternativer Routen in Bergregionen zu, was zu einem signifikanten Anstieg der Emissionen führt. Anpassungen können durch Verlagerung von Transit- und Urlaubsverkehr auf die Schiene erreicht werden, beispielsweise durch eine solide begleitende Planung und politische Maßnahmen für den Brenner Basistunnel. Weitere Maßnahmen umfassen die Attraktivierung des öffentlichen Verkehrs, die Verbesserung von Angeboten für autofreies Reisen sowie die Reduzierung verkehrsbedingter Schadstoffemissionen durch alternative Antriebssysteme. {7.4.3}

B.37 Die Anpassung der österreichischen Verkehrsinfrastruktur an den Klimawandel bedarf einer dringenden Überarbeitung rechtlicher Standards und des regulatorischen Rahmens, um die Resilienz und Funktionalität über den langen Lebenszyklus sicherzustellen (*hohes Vertrauen*). Um eine langfristige Resilienz zu gewährleisten, muss

Österreichs Verkehrsinfrastruktur den zunehmenden klimabedingten Auswirkungen, wie extremen Wetterereignissen, Überschwemmungen und Temperaturschwankungen, Rechnung tragen. Die derzeitigen Vorschriften und rechtlichen Standards gehen nicht ausreichend auf diese Risiken ein, sodass kritische Vermögenswerte vulnerabel bleiben. Der „Zweite Fortschrittsbericht zur Österreichischen Strategie zur Anpassung an den Klimawandel“ (BMK, 2021) unterstreicht den Handlungsbedarf, da die Anpassung der gesetzlichen Standards für die Verkehrsinfrastruktur einheitlich als unzureichend bewertet wird. Die heute errichtete Infrastruktur hat eine Lebensdauer, die weit über das Jahr 2100 hinausgeht; die bestehenden Strategien berücksichtigen jedoch solche langfristigen Zeiträume im Allgemeinen und unter veränderlichen klimatischen Bedingungen nicht, was zu kritischen Mängeln in der Resilienzplanung führt. {3.4.4, 7.4.3}

B.38 Infrastrukturnetzwerke und Schutzbauten gegen Naturgefahren müssen klimasicher sein (*mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung*). Gegenwärtige strukturelle Maßnahmen konzentrieren sich eher auf die Reduzierung aktueller Risiken als auf langfristige transformative Anpassungen (z. B. Systemaktualisierungen von Designstandards). Strukturelle Anpassungs- und technische Ertüchtigungsmaßnahmen, die langfristig klimabedingten Risiken standhalten können, sind für eine verbesserte Risikoreduktion von entscheidender Bedeutung. Zu den Schlüsselinitiativen gehören die Ertüchtigung der Verkehrsinfrastruktur, die Verstärkung des Schutzes vor Naturgefahren und die Integration von klimapolitischen Zielen in Raumplanung und Bauordnungen. Um Fehlanpassungen zu vermeiden und die Nachhaltigkeit zu gewährleisten, sollte die Umsetzung dieser Maßnahmen von detaillierten Kosten-Nutzen-Analysen und verlässlichem Monitoring begleitet werden, und eingesetzte Bauweisen sollten den CO₂-Fußabdruck niedrig halten. Diese Strategien sind entscheidend, um den unmittelbaren Anpassungsbedarf mit ökologischer und wirtschaftlicher Nachhaltigkeit zu vereinbaren. {3.2.3, 3.3.3, 7.5.4}

B.39 Um die Klimaresilienz in Österreich zu stärken, ist es erforderlich, Anpassungsmaßnahmen in Planung, Gestaltung und rechtliche Rahmenbedingungen einzubinden (*hohes Vertrauen*). Die Anpassung an den Klimawandel in Bezug auf die bebaute Umwelt in Österreich würde eine verstärkte Prioritätensetzung auf resilientes Wassermanagement, Begrünungsinitiativen zur Kühlung und Wasserrückhaltung, Schutz vor Naturgefahren durch Objektschutzmaß-

nahmen, Gefahrenzonierung in der Flächenwidmung, verpflichtende Versicherungsmodelle für Haushalte und eine kompakte Siedlungsentwicklung bedeuten. Belastbare Frühwarnsysteme und eine bessere Kommunikation sind für die Vorsorge unerlässlich. Die Integration von klimapolitischen Erwägungen in Planungsrichtlinien und -standards, einschließlich anpassungsfähiger Bauvorschriften und Infrastrukturbestimmungen, ist von entscheidender Bedeutung. {3.2.3, 3.3.3, 3.4.4, 7.5.4}

Gesundheit und menschliches Wohlergehen

B.40 Die Gesundheit der Menschen ist in hohem Maße auf funktionierende Versorgungssysteme angewiesen, zu denen globale Lieferketten, die lokale Infrastruktur und viele Ökosystemleistungen gehören. Diese werden durch den fortschreitenden Klimawandel bedroht (mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung). Sowohl langfristige Veränderungen als auch akute Extremereignisse können langanhaltende negative Konsequenzen für die körperliche und mentale Gesundheit sowie für das soziale Wohlergehen haben. Durch den Klimawandel erzeugte Belastungen in anderen Teilen der Welt könnten auch die Gesundheit und das Gesundheitswesen in Österreich beeinträchtigen. Chronische Auswirkungen, insbesondere auf die mentale Gesundheit, infolge von Extremereignissen und Klimawandel, sind international dokumentiert, jedoch in Österreich bislang unzureichend erforscht. Das Zusammenspiel von Ökosys-

temen und menschlicher Gesundheit sowie Tiergesundheit ist ein wesentlicher Aspekt von One Health. {2.2, 2.3, Cross-Chapter Box 2}

B.41 Die negativen Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit der österreichischen Bevölkerung sind bereits sichtbar und werden mit fortschreitendem Klimawandel voraussichtlich weiter zunehmen. Insbesondere extreme Wetterereignisse wie Hitzewellen stellen ernsthafte Gefahren für die Gesundheit dar, darunter vorzeitiger Tod, aber auch nicht tödliche Krankheiten sowie eine verminderte Lebensqualität und Produktivität (hohes Vertrauen). Die Zunahme von Hitzewellen und Tropennächten in Österreich, insbesondere in urbanen Räumen, stellen ein erhebliches Gesundheitsrisiko dar, weil die Erkrankungshäufigkeit und Sterblichkeit hitzebedingt steigen und die Lebensqualität sowie die Arbeitsproduktivität dadurch beeinträchtigt werden. Zu den vulnerablen Gruppen gehören Menschen, die im Freien arbeiten, ältere Menschen und jene mit niedrigem sozioökonomischem Status. Demografische Entwicklungen überlagern und verstärken lokal die Erwärmungseffekte (siehe [Abbildung TS.7](#) und [Abbildung TS.9](#)). Anpassungsmaßnahmen umfassen die Ausweitung von Grünflächen, die Verbesserung der Gebäudequalität und die Anpassung der Arbeitszeiten. Für bestimmte Bevölkerungsgruppen, die nicht über die erforderlichen Mittel zur Anpassung verfügen, könnten die weichen Grenzen der Anpassungsfähigkeit jedoch erreicht werden. {3.2, 4.4.3, Cross-Chapter Box 2, [Abbildung TS.9](#), [Tabelle TS.1](#)}

Hitzetage: Vergangenheit und zukünftige Szenarien

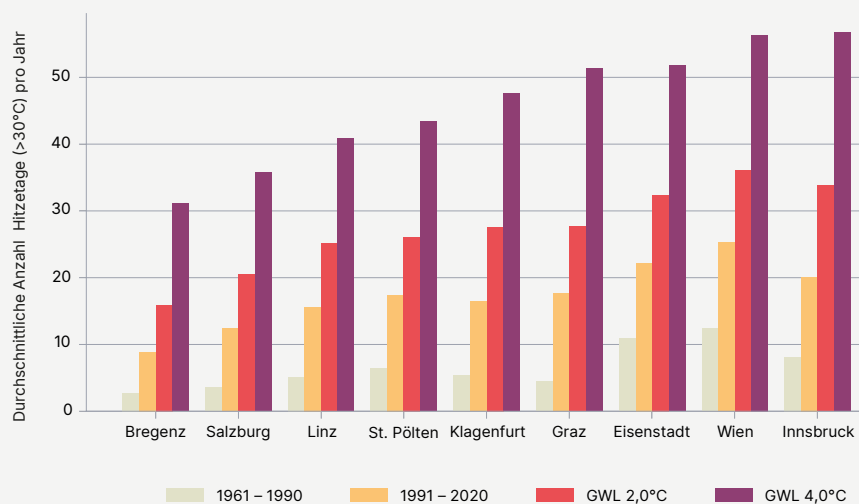


Abbildung TS.9 | Hitzetage in Österreichs Landeshauptstädten. Mittlere Zahl der der Hitzetage pro Jahr in den neun Landeshauptstädten, gemessen in den letzten Jahrzehnten und prognostiziert für zwei verschiedene globale Erwärmungsniveaus (mit und ohne globale Klimaschutzmaßnahmen, d. h. GWL 2,0°C bzw. GWL 4,0°C) (GeoSphere Austria, 2022).

C. Emissionsreduktionsmaßnahmen

Österreich muss seine Treibhausgasemissionen rasch reduzieren und mehr Treibhausgase aktiv aus der Atmosphäre entnehmen, um in den nächsten zwei Jahrzehnten das Ziel von Netto-Null-Treibhausgasemissionen zu erreichen. Emissionsreduktionsoptionen stehen in allen Sektoren, einschließlich Energiesysteme, Gebäude, Mobilität, Industrie und Landnutzung, zur Verfügung. Die Elektrifizierung, insbesondere in den Sektoren Verkehr, Gebäude und Industrie, sowie Investitionen in erneuerbare Energiekapazitäten sind wichtige Emissionsreduktionsstrategien für den Ausstieg aus fossilen Brennstoffen. Die Transformation wird auch Änderungen bei den Bereitstellungssystemen erforderlich machen. Strategien zum Ausbau von Negativemissionen wie landbasierte Methoden zur Entnahme von Kohlendioxid (CDR) und Kohlendioxidabscheidung, -nutzung und -speicherung (CCUS) können die verbleibenden Emissionen in jenen Sektoren ausgleichen, in denen Emissionen gar nicht oder nur mit hohen Kosten vermieden werden können.

Schlüsselmerkmale und Voraussetzungen für den Übergang

C.1 Um Österreichs Klimaziele für 2030 und Netto-Null-Treibhausgasemissionen in den nächsten zwei Jahrzehnten zu erreichen, sind sofortige Maßnahmen zur Überwindung der Trägheit in Schlüsselsektoren zwingend erforderlich (hohes Vertrauen). Die derzeit umgesetzten und geplanten Maßnahmen in Österreich reichen nicht aus, um die laut EU-Verordnung vorgegebenen Klimaziele bis 2030 zu erreichen. Neben der kürzlich novellierten EU-Verordnung zur Lastenteilung (ESR), die kleinere Treibhausgasemittenten berücksichtigt, welche nicht unter das EU-Emissionshandelssystem fallen, sind zusätzliche Maßnahmen dringend erforderlich, um die Treibhausgasemissionen insbesondere im Verkehrs- und Gebäudesektor zu reduzieren. Die dringende Umsetzung weitreichender Emissionsreduktionsmaßnahmen in allen Sektoren ist jedoch auch notwendig, damit Österreich seine langfristigen Treibhausgasverpflichtungen erfüllen kann. Alle bewerteten Klimaschutzszenarien zeigen ähnliche Trends in Bezug auf die Nachfragesenkung und den Einsatz erneuerbarer Energien bis 2030. Durch Nachfragesenkungen und Erneuerbarenausbau kann die Trägheit im Energiesystem sowie in anderen Bereitstellungssystemen

(Mobilität, Wohnen, Nahrungsmittel etc.) überwunden werden. {8.4.2, 8.4.3, [Abbildung TS.4](#)}

C.2 Es gibt mehrere Transformationspfade, um Netto-Null-Treibhausgasemissionen bis 2040 zu erreichen (mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung). Die benötigte Infrastruktur zur Energiespeicherung, der Stromnetze und des öffentlichen Verkehrs in den Transformationspfaden unterscheidet sich von der derzeitigen Infrastruktur. Entsprechend müssen rasche und entschlossene Entscheidungen bereits heute getroffen werden, damit die notwendige Infrastruktur – angesichts der erheblichen Bauzeit für die Energie- und Eisenbahninfrastruktur – rechtzeitig zur Verfügung steht. Unterschiede in der Nachfrage nach Energiedienstleistungen und in der Industrieproduktion führen zu einer großen Bandbreite des Primärenergieverbrauchs [205–260 TWh] in den verschiedenen Szenarien. Dies weist auf die Bedeutung von nachfrageseitigen Maßnahmen hin. Zudem variiert die Importabhängigkeit des Bruttoinlandsverbrauchs je nach Szenario [19–30 %]. Windkraft und Photovoltaik bilden in allen Szenarien das Rückgrat des Stromsektors, wenn es um die Bedarfsdeckung geht. Die jeweiligen Anteile variieren jedoch [Windkraft: 13–21 %; PV: 8–20 % des Bruttoinlandsverbrauchs]. Biomasse bleibt eine sehr wichtige Ressource im Energiesektor, allerdings in unterschiedlichem Ausmaß [zwischen 20–28 % des Bruttoinlandsverbrauchs]. {4.4, 4.5, [Abbildung TS.4](#)}

C.3 Das Erreichen von Netto-Null-Treibhausgasemissionen und resilienten Bereitstellungssystemen erfordert Veränderungen auf mehreren Ebenen: Endverbrauchstechnologien, Infrastrukturen des täglichen Bedarfs und lokale Bereitstellungssysteme, die die Lebensweise der Menschen prägen (hohes Vertrauen). Wichtige Dekarbonisierungstechnologien wie Elektrofahrzeuge und Wärmepumpen erhöhen die Nachfrage nach Strom und kritischen Rohstoffen. Um dem entgegenzuwirken sind Maßnahmen zur Erhöhung der Energie- und Materialeffizienz entscheidend, die sowohl die Menge der verwendeten Materialbestände als auch deren Energiebedarf reduzieren (*hohes Vertrauen*). Solche Maßnahmen fordern die Dekarbonisierung in allen Sektoren, verringern die Abhängigkeit von kritischen Rohstoffen, reduzieren den Flächenbedarf und erfüllen die Regierungsziele in Bezug auf die Kreislaufwirtschaft (*mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung*). {4.2.3}

C.4 Der Ausstieg aus fossilen Brennstoffen im Industriesektor und produzierendem Gewerbe erfordert eine integrierte und koordinierte Strategie für die gesamte Wirtschaft, da einzelne inkrementelle Verbesserungen nicht ausreichen (*hohes Vertrauen*). Neben Suffizienzmaßnahmen (Vermeidung) sind die wichtigsten Hebel die Umstellung auf andere Brennstoffe (Verlagerung), Energie-/Materialeffizienz und Kohlenstoffabscheidung (Verbesserung). Diese Veränderungen sind mit neuen Investitionen und Risiken verbunden. Andere große, sektorspezifische Herausforderungen liegen in einer ausreichenden Versorgung mit erneuerbaren Energien und der Umstrukturierung globaler Wertschöpfungsketten (*mittleres Vertrauen*). {4.4.4}

C.5 Eine bedarfsorientierte Kreislaufwirtschaft bietet zahlreiche Vorteile, wenn sie auf folgende Punkte ausgerichtet

ist: Reduzierung des Energie- und Materialverbrauchs durch optimierte Raum- und Gebäudenutzung, verbesserte Raumplanung, wodurch die Zersiedelung gestoppt wird, die Verlagerung des motorisierten Individualverkehrs auf öffentliche und aktive Verkehrsmittel, Sharing-Konzepte (gemeinsame Nutzung), Ökodesign, Langlebigkeit, Wiederverwendung und Reparatur (*hohes Vertrauen*). Durch die Verlagerung von materialintensiven Produktions- und Konsumprozessen auf Dienstleistungen (z. B. Miete, Sharing) können Rebound-Effekte vermieden und die Wertschöpfung sowie die Beschäftigung erhöht werden (*mittleres Vertrauen*). Die Bereitstellung von Gütern und Dienstleistungen kann dadurch deutlich klimafreundlicher und klimaresilienter gestaltet werden, während gleichzeitig ein hohes Maß an Dienstleistungsqualität und Wohlergehen erhalten bleibt (*hohes Vertrauen*). {4.2.2}

Tabelle TS.3 | Synergien zwischen menschlicher Gesundheit und Klimaschutzmaßnahmen (APCC, 2018; Weisz et al., 2020).

Maßnahme	Beschreibung	Emissionsreduktion	Gesundheitsvorteile
Gesunde Ernährung	Reduzierter Fleischkonsum gemäß den Ernährungsempfehlungen	Bis zu 20 % Reduktion des individuellen Fußabdrucks durch Nahrungsaufnahme (siehe auch Tabelle 2.3 und Section 2.3.2)	20 % Reduktion der durch Ernährungsfaktoren verursachten Todesfälle
Körperlich aktive Mobilität für Wien, Graz und Linz	Grüne Mobilität: Die Ziele für den Modal-Split der Wege für die Jahre 2020/2025 sind nahezu erreicht; z. B. Wien: Anteil der Autofahrten von 40 % auf 28 % reduziert	290.000 t CO ₂ -Äquivalente Reduktion	27 Todesfälle pro Jahr pro 100.000 Personen verhindert
	Green Exercise: Ziele übertroffen; z. B. Wien: Weitere Reduktion auf 18 %	530.000 t CO ₂ -Äquivalente Reduktion	58 Todesfälle pro Jahr pro 100.000 Personen verhindert
Dämmung von Häusern	Bessere Dämmung von Häusern wird den Wärmeverlust im Winter reduzieren und, wenn gut umgesetzt, die Aufheizung im Sommer verringern	Reduzierter Energiebedarf sowohl für Heizung als auch für Kühlung	Erhöhter Komfort und gesteigertes Wohlbefinden. Besonders relevant für einkommensschwache Haushalte in schlechten Wohnverhältnissen
Gesundheitssektor	Gezielterer Einsatz von Antibiotika (Antibiotika-Management)	Der Einsatz von Antibiotika für die menschliche Gesundheit verursacht 1 kt CO ₂ -Äquivalente pro Jahr	Der unspezifische Einsatz von Antibiotika erhöht das Risiko von Antibiotikaresistenzen und hat zahlreiche negative Nebenwirkungen
	Reduzierte Nutzung von Dosieraerosolen (DA)	Treibmittel aus Dosieraerosolen (DA) verursachen 13 (2005) bis 25,9 (2015) kt CO ₂ -Äquivalente pro Jahr	Pulverinhalatoren können ohne Treibmittel verwendet werden und ihre Anwendung ist oft einfacher

C.6 Um einen „angemessenen Lebensstandard“ (*Decent Living Standards*, DLS) für die gesamte österreichische Bevölkerung zu gewährleisten, ist hinsichtlich der Energie ein durchschnittlicher Endenergiebedarf von 32 GJ pro Person und Jahr erforderlich (*mittleres Vertrauen*). Zu diesen Lebensstandards gehören eine Unterkunft in angemessener Qualität und mit angemessener Raumtemperatur, eine ausreichende Mobilität, die richtige Qualität und Quantität von Nahrung, Bildung, Teilhabe und Gesundheitsdiensten. Dieser Wert liegt am oberen Ende der internationalen Bandbreite (9–36 GJ pro Person und Jahr) und entspricht aggregiert 15–30 % des derzeitigen heimischen Gesamtenergieverbrauchs. Österreich ist in der Lage, Emissionen durch den Einsatz von Technologien und den Abbau von Ungleichheiten zu reduzieren (*hohes Vertrauen*), und gleichzeitig das Niveau der Dienstleistungen zu halten und den CO₂-Fußabdruck zu senken. Maßnahmen, Vorschriften und Technologiestandards mit dem Ziel, Rebound-Effekte bei der Technologieeinführung zu verringern und die Digitalisierung zu fördern, um den Übergang zur Kreislaufwirtschaft zu unterstützen, könnten strengere Emissionsreduktionsziele ermöglichen (*mittleres Vertrauen*). {5.2.1, 5.2.2, 5.3.4, 5.5}

C.7 Lokale Klimaschutzmaßnahmen wirken sich nicht nur global positiv auf das Klima aus, sondern können auch lokal bemerkenswerte positive Effekte auf die öffentliche Gesundheit haben, z. B. in Bezug auf gesunde Ernährung oder nachhaltige (schadstofffreie) Verkehrsmittel (*hohes Vertrauen*). Eine mangelhafte Implementierung (sowohl von Emissionsreduktions- als auch Anpassungsmaßnahmen) könnte jedoch auch negative Gesundheitsauswirkungen haben. Die Bewertung von Maßnahmen aus gesundheitlicher Sicht (Konzept „Gesundheit in allen Politikbereichen“) ermöglicht es, solche Fehler in der Umsetzung zu vermeiden. {Cross-Chapter Box 3, Tabelle TS.3}

Energiesysteme

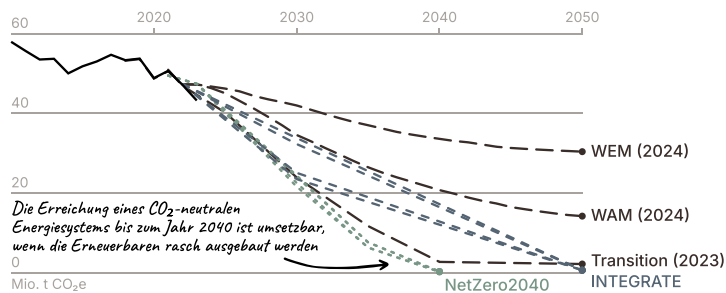
C.8 Ein CO₂-neutrales und klimaresilientes Energiesystem ist elektrifiziert, beruht auf einem hohen Anteil erneuerbarer Energien und ist gegen Klimawandelfolgen gerüstet, indem die Systemsicherheit gewahrt bleibt (*mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung*). Ein zukünftiges CO₂-neutrales Energiesystem wird einen deutlich höheren Stromanteil am Endverbrauch und einen größeren Anteil an erneuerbaren Energien aufweisen. Viele verschiedene Technologiemixe ma-

chen es möglich, CO₂-Neutralität zu erreichen, z. B. den Ausbau von Windkraft oder Solarenergie (PV), Kohlendioxidabscheidung und -speicherung oder die Nutzung von grünem Wasserstoff (*mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung*). Systeme mit einem hohen Anteil an Wind- bzw. Solarenergie (PV) sind stärker anfällig für wetterbedingten Schwankungen und Extremereignissen (*geringe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). Bei der Planung und Gestaltung von Energiesystemen sollten deshalb sowohl Wetterveränderungen als auch langfristige Klimatrends und die damit verbundenen Auswirkungen berücksichtigt werden, um zukünftige Risiken zu verringern (*geringe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). {4.5.2, Abbildung TS.4, Abbildung TS.10, Abbildung TS.11}

C.9 Alle bewerteten Szenarien, die Netto-Null-Treibhausgasemissionen im Energiesystem erreichen, weisen wichtige technologische Gemeinsamkeiten auf – sie zeigen aber Unterschiede bei der Technologieeinführung bis 2040 und darüber hinaus (*mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung*). Ein gemeinsames Merkmal aller Szenarien ist eine Zunahme bei der Elektrifizierung, die bis 2040 im Vergleich zu 2021 zwischen 29 % und 76 % liegen wird, sowie ein hoher Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoinlandsverbrauch. Windenergie und Photovoltaik bilden in allen Szenarien das Rückgrat der Stromversorgung, um den steigenden Bedarf zu decken. Biomasse und Wasserkraft sind zwar weitere wichtige technische Optionen, aber deren Ausbaupotenzial ist begrenzt. Erneuerbare Gase wie Wasserstoff, Biomethan und synthetische Brennstoffe bzw. Treibstoffe spielen eine Rolle bei der Dekarbonisierung von Industrieprozessen, bestimmten Verkehrsträgern (Luft- und Schiffsverkehr) und in begrenztem Umfang auch im Stromsektor. Ihr Einsatz bis 2040 variiert in den bewerteten Szenarien zwischen 106 und 322 PJ pro Jahr. Die Kohlendioxidabscheidung, -nutzung und -speicherung (CCUS) scheint notwendig zu sein, um die Restemissionen insbesondere in der Industrie auszugleichen, da es keine anderen praktikablen technischen Optionen zur Emissionsreduktion gibt. Alternativ können auch Suffizienzmaßnahmen dazu beitragen, Restemissionen in anderen Sektoren wie der Landwirtschaft zu verringern. Den bewerteten Szenarien zufolge bleibt Österreich in der Energieversorgung, insbesondere bei Wasserstoff, weiterhin von Importen abhängig, wobei die Werte zwischen 8 % und 36 % des Bruttoinlandsverbrauchs im Jahr 2040 entsprechen. Dies ist ein deutlicher Rückgang im Vergleich zur heutigen Importabhängigkeit, die zwischen 52 % und 75 % liegt. {8.4.3, Abbildung 8.6, Abbildung 8.11, Abbildung 8.12, Abbildung TS.10}

Szenarien zur Erreichung der Netto-Null-CO₂-Emissionen im Energiesystem

(a) Reduktion der CO₂-Emissionen im Energiesystem:
Szenarien der Studien NetZero2040 und INTEGRATE zeigen Maßnahmen zur Erreichung eines CO₂-neutralen Energiesystems.



Modell-basierte Szenarien

Umweltbundesamt

- WEM With Existing Measures (2024)
- WAM With Additional Measures (2024)
- TRA Transition (2023)

INTEGRATE

- H High-demand
- L Low-demand
- H1 High-Demand/Limited-Import
- L1 Low-Demand/Limited-Import
- H2 High-Demand/Unlimited-Import
- L2 Low-Demand/Unlimited-Import

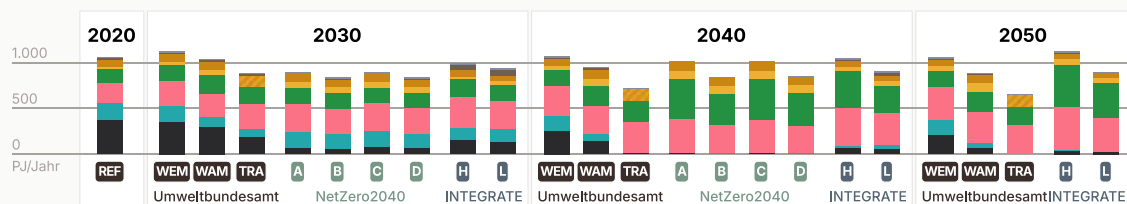
NetZero2040

- A High-import/High-demand
- B High-import/Low-demand
- C Low-import/High-demand
- D Low-import/Low-demand

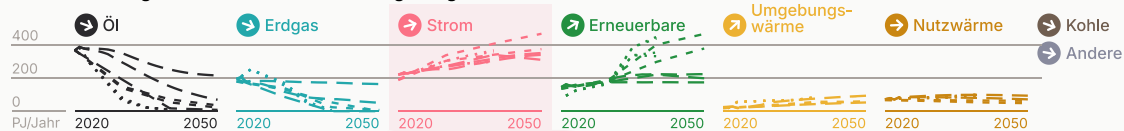
Gesamtenergieverbrauch

Szenarien zeigen einen Rückgang des Energiebrauchs durch Effizienzsteigerung und Elektrifizierung sowie einen raschen Ausstieg aus fossilen Energieträgern.

(b) Entwicklung des Energieverbrauchs



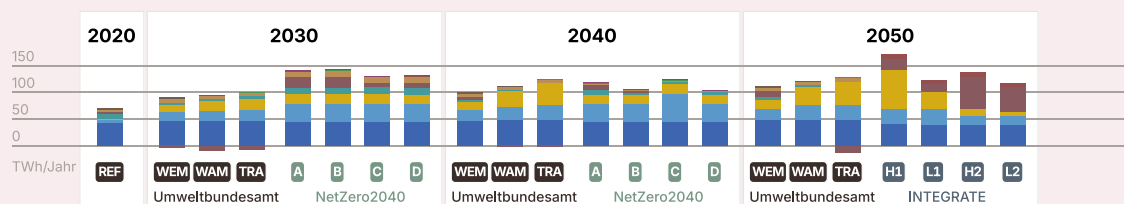
(c) Entwicklung des Verbrauchs nach Energieträger



Stromerzeugung

Elektrifizierung führt zu einem starken Anstieg der Stromnachfrage und wird in den Szenarien durch Windenergie und Photovoltaik gedeckt.

(d) Entwicklung des Erzeugungsmixes



(e) Entwicklung der Stromerzeugung nach Energieträger

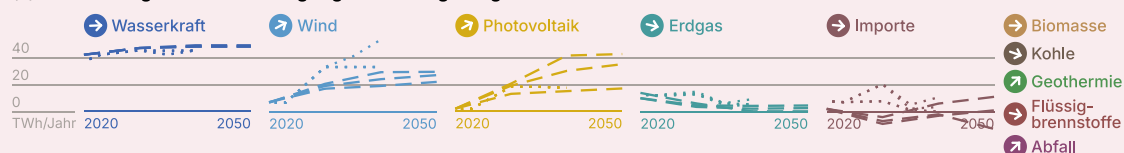


Abbildung TS.10 | Szenarien der CO₂-Emissionen sowie des Energieverbrauchs und Stromerzeugung. Österreichische CO₂-Emissionen aus der Energienutzung (Teilgrafik a); Entwicklung des Gesamtenergieverbrauchs insgesamt (Teilgrafik b) und nach Energieträgern (Teilgrafik c); sowie Entwicklung der Stromerzeugung insgesamt (Teilgrafik d) und nach Energieträger (Teilgrafik e) in den Szenarien des Umweltbundesamts (Umweltbundesamt, 2024a, 2024b) und Ergebnisse der Studien NetZero2040 (Schmidt et al., 2025) und INTEGRATE (Steining et al., 2024).

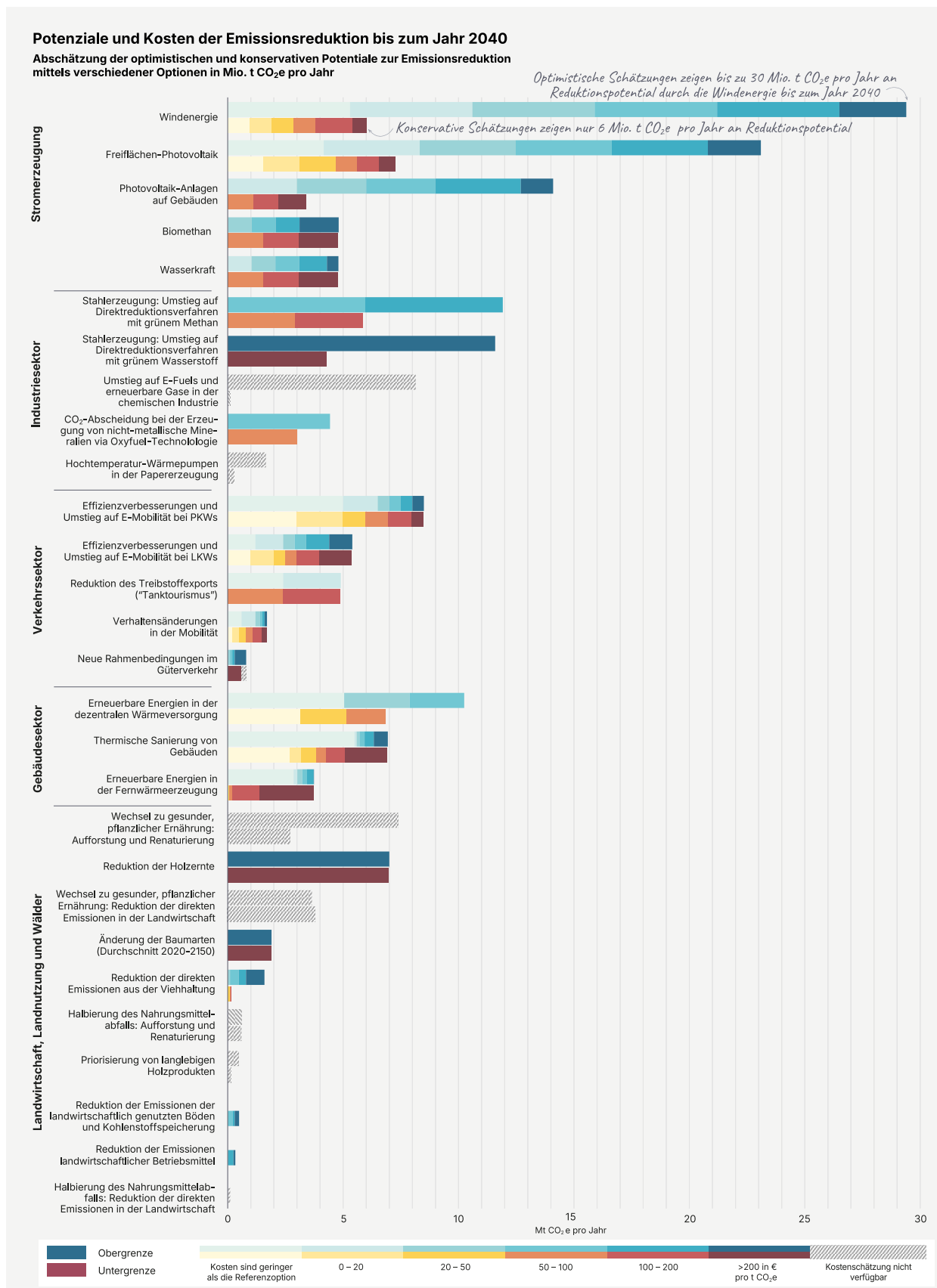


Abbildung TS.11 | Abschätzung der optimistischen und konservativen Potentiale der Emissionsreduktion bis zum Jahr 2040. Die Potentiale für relevante Maßnahmen sind nach den Kosten anhand des äquivalenten CO₂-Preises kategorisiert, der notwendig wäre, um eine Maßnahme im Vergleich zu einer Referenztechnologie wettbewerbsfähig zu machen (siehe TS Methoden-Box 3).

Methoden-Box 3: Bewertung von Kosten und Emissionsreduktionspotenzialen

Bei der Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen werden jene Emissionsreduktionspotenziale berücksichtigt, die bis 2040 realisiert werden können. Diese wurden weiters mit den damit verbundenen Kosten in Höhe eines äquivalenten CO₂-Preises bewertet, der diese Maßnahmen wettbewerbsfähig machen würde. Die angegebenen Kosten berücksichtigen sowohl heutige technologische Standards als auch zukünftige Entwicklungen. Sie stellen Zusatzkosten im Vergleich zu einer fossilen Referenzoption dar, welche die derzeitige Praxis im jeweiligen Bereich abbildet. Die zugrundeliegenden Daten stützen sich im Allgemeinen auf Fachliteratur, die teilweise durch Expertenmeinungen ergänzt wird. Die Unsicherheit und die daraus resultierende große Bandbreite der Daten, sowohl in Bezug auf die Kosten als auch auf die Potenziale, hat zur Darstellung von Ober- und Untergrenzen geführt.

Aufgrund der angewandten Methode zur Bewertung von Kosten und Potenzialen dürfen die Emissionsreduktionspotenziale verschiedener Optionen nicht aufsummiert werden, da es zu möglichen Wechselwirkungen zwischen einzelnen Optionen kommen kann.

C.10 Die Nettokosten für den Übergang zu einem CO₂-neutralen Energiesystem sind gering bis negativ (*geringe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*), die meisten erforderlichen Technologien dafür sind verfügbar und es gibt grundsätzlich genügend Landressourcen für die meisten Pfade, um einen erfolgreichen Übergang zu einem CO₂-neutralen Energiesystem zu schaffen (*mittlere Übereinstimmung*). Damit das Energiesystem klimaneutral wird, müssen große Hürden beim Ausbau der Infrastruktur überwunden werden. Dazu gehören flexible Optionen zum Ausgleich der intermittierenden Versorgung mit erneuerbaren Energien und zur Kopplung energieintensiver Sektoren, die Gestaltung von Maßnahmen, die Akzeptanz von Technologien und Lieferkettenengpässen (*mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung*). In allen Szenarien wird die Importabhängigkeit von Energieträgern verringert. Die Reduktionen variieren jedoch und hängen von verschiedenen Annahmen ab, und zwar hinsichtlich der Entwicklung des Energiebedarfs, insbesondere im Industriesektor, über das Potenzial erneuerbarer Energien im Inland und in Bezug auf den Ausbau fossiler Brennstoffe mit Kohlendioxidabscheidung und -speicherung. {4.5.3, [Abbildung TS.11](#)}

C.11 Um in den meisten Sektoren auf wirtschaftlich tragfähige Weise bis 2040 Netto-Null-Treibhausgasemissionen zu erreichen, stehen die Technologien bereits zur Verfügung – allerdings nur wenn, das österreichische Energiesystem und die Infrastruktur in einem beispiellosen Tempo ausgebaut werden und gleichzeitig erhebliche

Transformationen der entsprechenden institutionellen, regulatorischen und rechtlichen Rahmenbedingungen erfolgen (*hohes Vertrauen*). Da die derzeit umgesetzten und geplanten Maßnahmen Netto-Null-Treibhausgasemissionen nicht erreichen, ist eine Senkung der Energieendnachfrage durch Effizienzsteigerungen und Änderungen der Dienstleistungsnachfrage unerlässlich. Das Ausmaß der erforderlichen Nachfragesenkung variiert in den bewerteten Szenarien und beträgt bis zum Jahr 2040 im Vergleich zum Niveau von 2021 zwischen -8 % und -36 %. Daher ergeben sich große Unterschiede bei der Energieendnachfrage in den Sektoren Verkehr und Industrie. {8.4.2, [Abbildung 8.6](#), [Abbildung 8.9](#), [Abbildung 8.10](#), [Abbildung 8.14](#), [Abbildung 8.16](#), [Abbildung TS.10](#), [Abbildung TS.11](#)}

C.12 Die Kosten und Potenziale der verschiedenen Emissionsreduktionsoptionen zeigen, dass die Elektrifizierung in Verbindung mit der Dekarbonisierung der Stromversorgung sowie nachfrageseitige Maßnahmen für Österreich entscheidend sind, um bis 2040 CO₂-neutral zu werden (*mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung*). Unter den bewerteten Emissionsreduktionsoptionen bietet die Elektrifizierung der Sektoren Verkehr, Industrie und Gebäude ein erhebliches Emissionsreduktionspotenzial, sofern diese mit der Dekarbonisierung des Stromsektors durch erneuerbare Energiequellen einhergeht (*hohes Vertrauen*). Es ist auch notwendig, die Energieendnachfrage zu senken und die Treibhausgasemissionen direkt zu reduzieren, auch wenn das Potenzial dieser Maßnahmen für Österreich nur teil-

weise bewertet wurde (*hohes Vertrauen*). {8.3.2, [Abbildung TS.11](#)}

C.13 Fossile Brennstoffe und Gase ohne CCS sind im Jahr 2040 in allen Szenarien teilweise durch unterschiedliche Mengen biogener, synthetischer und fossiler Brennstoffe mit CCS ersetzt (*mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung*). Die Elektrifizierung ist zwar in vielen Anwendungsbereichen die kosteneffizienteste Technologie zur Emissionsreduktion, aber im Jahr 2040 wird immer noch ein Bedarf an CO₂-neutralen Flüssigbrennstoffen und Gasen bestehen. Deren Anteil liegt zwischen 88 und 143 TWh im Jahr 2040. Diese Brennstoffe und Gase werden als grüner Wasserstoff oder synthetische Brennstoffe und Gase, wie Biomasse, Biogas und Biobrennstoffe oder als fossile Brennstoffe mit Kohlendioxidabscheidung und -speicherung zur Verfügung stehen. Um den Bedarf zu decken, sind ehrgeizige Zielvorgaben sowohl für die Erzeugung im Inland als auch für Importe erforderlich. Diese Brenn- bzw. Kraftstoffe finden hauptsächlich in folgenden Bereichen Anwendung: Industrie (39–63 % des gesamten Flüssigbrennstoff- und Gasverbrauchs), Verkehr (9–37 %), Heizbedarf in Haushalten (13–21 %) sowie Stromerzeugung und Fernwärme (4–23 %). Ein hoher Anteil an flüssigem Kraftstoff im Verkehrssektor tritt nur in einem Szenario auf, bei dem sich die Elektrifizierung des Landtransports verzögert. Andernfalls bleibt der Anteil in allen Szenarien unter 14 %, was darauf hindeutet, dass der Ausstieg aus Verbrennungsmotoren im Landverkehrssektor entscheidend ist, wenn Klimaneutralität schnell erreicht werden soll. {4.4, 4.5}

Gebäude und Mobilität

C.14 Die Elektrifizierung in Gebäuden und im Straßenverkehr – bei der Wärmepumpen und Elektrofahrzeuge eine zentrale Rolle spielen – wird dazu führen, dass Strom in diesen beiden Sektoren zur wichtigsten Energiequelle wird (*hohes Vertrauen*). Unterstützende Maßnahmen, Vorschriften und Infrastrukturinvestitionen werden diesen Übergang voraussichtlich beschleunigen. {3.3.1, 3.4.2, 3.4.3}

C.15 Eine Kombination aus sogenannten Pull- und Push-Maßnahmen ist die wirksamste Strategie zur Dekarbonisierung in den Bereichen Verkehr und Wohnen. Push-Maßnahmen, unter anderem eine Erhöhung von Kraftstoffsteuern oder Verbote fossiler Heizsysteme, sind unerlässlich, um Negativanreize für CO₂-intensive Optionen

zu schaffen. Pull-Maßnahmen – wie leistbare öffentliche Verkehrsmittel, eine verbesserte Fahrradinfrastruktur und Anreize für Gebäudesanierungen oder die Umstellung von fossilen Brennstoffen auf erneuerbare Alternativen – fördern Verhaltensänderungen zusätzlich, indem sie die Attraktivität emissionsarmer Optionen erhöhen. Pull-Maßnahmen können auch dazu beitragen, die öffentliche Akzeptanz von Push-Maßnahmen zu erhöhen, insbesondere indem sie mögliche negative Verteilungseffekte von Push-Maßnahmen abmildern (*mittleres Vertrauen*). Entsprechend dem ASI-Ansatz („Avoid-Shift-Improve“, zu Deutsch: vermeiden, verlagern, verbessern) können diese Maßnahmen die Nachfrage nach emissionsintensiven Aktivitäten und Bauvorhaben reduzieren (vermeiden), nachhaltige Alternativen wie öffentliche Verkehrsmittel und Wärmepumpen fördern (verlagern) und die Effizienz dank technischem Fortschritt wie Elektrofahrzeuge, umfassende Gebäudesanierungen, kreislauffähiges Produktdesign und die Verwendung emissionsarmer Materialien verbessern – wobei die Ökobilanz berücksichtigt wird (verbessern). {3.3.1, 3.3.2, 3.3.3, 3.4.2, 3.4.3, [Cross-Chapter Box 4](#)}

C.16 Die wichtigsten Pfade zur weiteren Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor sind unter anderem der Ersatz von Öl- und Gasbrennern durch erneuerbare Energiesysteme, die Implementierung von Luftwärmerückgewinnung in mechanischen Lüftungssystemen, die Nachrüstung von Gebäuden durch Erhöhung der Energieeffizienzklasse mittels besserer Dämmung, die Anwendung von Kreislaufwirtschaftsprinzipien und die Verwendung emissionsarmer Baumaterialien – wobei die Ökobilanz über den gesamten Lebenszyklus hinweg berücksichtigt wird (*hohes Vertrauen*). Die wichtigsten Unsicherheitsfaktoren ergeben sich aus dem potenziellen Bevölkerungswachstum – laut offiziellen Projektionen für Österreich – sowie aus einem potenziellen Mangel an Fachkräften für die Installation von erneuerbaren Übergangstechnologien. Der Klimawandel wird voraussichtlich zu einem Rückgang des Heizbedarfs und einem moderaten Anstieg des Kühlbedarfs in Gebäuden führen, wodurch der Nettoenergieverbrauch sinkt und der Bedarf an kombinierten Heiz- und Kühlsystemen steigt (Anpassung). {3.3.1, 3.3.2}

C.17 Treibhausgasemissionen aus dem Bau, der Instandhaltung und der Renovierung von Gebäuden und Infrastruktur stellen eine große Herausforderung dar (*hohes Vertrauen*). Wichtige Hebel zur Reduktion sind überarbeitete Bauvorschriften, Infrastrukturverordnungen (z. B.

Mindestanforderungen in Bezug auf Parkplätze) sowie Vorschriften zur Ausschreibung und Vergabe öffentlicher Aufträge, die graue Emissionen und Kreislaufkonzepte berücksichtigen (*mittleres Vertrauen*). {3.3.1, 3.3.2, 3.3.3, 3.4.4}

C.18 Ein erwarteter Anstieg der Nachfrage nach Gütertransporten in Verbindung mit begrenzten Möglichkeiten für eine Verlagerung des Verkehrs auf die Schiene und einer weiterhin begrenzten Verfügbarkeit wettbewerbsfähiger CO₂-armer Alternativen zum LKW-Verkehr behindern die vollständige Dekarbonisierung des Verkehrssektors bis 2040 (*mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung*). {3.4.1, 3.4.3}

C.19 Eine geringere Abhängigkeit vom motorisierten Verkehr bringt zahlreiche Vorteile und positive Nebeneffekte mit sich: Einen geringeren Energie- und Ressourcenbedarf für die Herstellung und Wiederverwertung von Fahrzeugen, eine höhere Verkehrssicherheit, weniger Lärm und lokale Umweltverschmutzung, eine Qualitätsverbesserung öffentlicher Räume durch die Freigabe von Park- und Straßenflächen für alternative Nutzungen (z. B. Grünflächen) und eine Verbesserung der Gesundheit durch die Nutzung aktiver Mobilitätsformen (*hohes Vertrauen*). {3.4.1, 3.4.2, 3.4.3}

Wirtschaft und Industrie

C.20 Technische Möglichkeiten wie Elektrifizierung, Verwendung synthetischer Brennstoffe, Kohlendioxidabscheidung, -nutzung und -speicherung (*Carbon Capture, Utilization, and Storage*, CCUS) sowie energetische Nutzung von Biomasse ermöglichen den Übergang zu Netto-Null-CO₂-Emissionen im Industriesektor und im produzierenden Gewerbe in Österreich. Schlüsseltechnologien wie wasserstoffbasierte Stahlerzeugung und die Integration von CCUS sind noch nicht marktreif und bedürfen weiterer Forschung und Entwicklung (*hohes Vertrauen*). Industriesysteme werden zukünftig in hohem Maße auf die direkte Nutzung von Strom und zusätzlich auf strombasierte Brennstoffe wie grünen Wasserstoff angewiesen sein. Daher ist die Verfügbarkeit von CO₂-freiem Strom von entscheidender Bedeutung, um eine Verlagerung von Emissionen in den Energiesektor zu vermeiden. Wenn die derzeitige Produktionsleistung konstant bleibt, wird sich der Strombedarf der emissionsintensiven Industrien in Szenarien, die CO₂-Neutralität erreichen, mehr als verdoppeln. {4.4.2, 4.6}

C.21 Damit bis zum Jahr 2040 Netto-Null-CO₂-Emissionen im Energiesystem erreicht werden können, sind zusätzliche jährliche Investitionen zwischen EUR₂₀₂₄ 6,4 Milliarden und 11,2 Milliarden erforderlich, was 1,1 % bis 1,9 % des projizierten BIP im Jahresmittel entspricht (Schätzungen aus 2024). Diese Investitionen haben voraussichtlich deutlich positive Auswirkungen auf Beschäftigung, Einkommen und Wohlstand (*mittleres Vertrauen*). Zusätzliche Investitionen in die Energieversorgung (Erzeugung, Infrastruktur und Speicherung) und in andere Sektoren wie Gebäude, Verkehr und Industrie können die Produktion ankurbeln und neue Arbeitsplätze schaffen. {8.4.4, 8.5.3, Abbildungen 8.16–8.18, Tabelle 8.1}

C.22 Es gibt bereits zahlreiche gute Beispiele für eine gelebte Kreislaufwirtschaft durch Bürger:innen und Unternehmen (*hohes Vertrauen*). Diese werden jedoch häufig nicht anhand ihrer Wirksamkeit in Bezug auf die Emissionsminderung bewertet (*mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung*). Unternehmen können eine treibende Kraft bei der Erreichung von Netto-Null-CO₂-Emissionen sein. Die österreichischen Betriebe investieren bereits erhebliche Summen, um sich an die negativen Auswirkungen des Klimawandels anzupassen und unternehmen Anstrengungen, um ihre Produktivität von den Emissionen zu entkoppeln. Greenwashing und andere Formen der Informationsasymmetrie erschweren es Konsument:innen, ihr Konsumverhalten entsprechend ihren umweltfreundlichen Präferenzen zu ändern. Maßnahmen, die auf die Verbesserung der Konsumenteninformation und die Eindämmung ausbeuterischer Praktiken seitens der Unternehmen abzielen, könnten den Anteil klimafreundlicher Produkte in der Wirtschaft erhöhen. Die Ansätze der Kreislaufwirtschaft fördern Veränderungen auf der Systemebene, wo Konsument:innen eine Rolle spielen. Es können aber nur dann wesentliche Resultate erzielt werden, wenn die Vorschriften, Materialien und Infrastrukturen von Informations- und Kommunikationstechnologien diese Ansätze unterstützen (*hohes Vertrauen*). In ähnlicher Weise erfordert die Umsetzung von Lösungen der Kreislaufwirtschaft starke Unternehmenslösungen, die diesen Wandel vorantreiben (*geringe Evidenz, hohe Übereinstimmung*). {5.4.1, 5.4.4, 5.5}

C.23 Die Umsetzung von Emissionsreduktionsmaßnahmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette, einschließlich Produktion, Verarbeitung, Handel und Konsum, ist entscheidend, um Emissionsverlagerungen (*Spillover*) zu vermeiden (*hohes Vertrauen*). Die Verlagerung

von Emissionen und Umweltbelastungen auf andere Länder durch eine Zunahme von Importen und Exporten macht jeglichen Klimanutzen zunichte. Die Verlagerung von CO₂-Emissionen kann aber mittels Handelsmaßnahmen verringert werden, darunter verbindliche Sorgfaltspflichten, Einfuhrverbote, Quoten und Zölle auf emissionsintensive Produkte, CO₂-Grenzausgleichsmechanismen, Kartensysteme für Exportländer, Transparenz- und Rückverfolgbarkeitssysteme sowie Unterstützung für den Kapazitätsaufbau in Produktionsländern. Es bestehen Forschungslücken bei Klimastrategien, die die gesamte Lieferkette berücksichtigen und über die Emissionen der Produktion hinausgehen. {2.1.1, 2.3.2, 2.3.3, A2.9, A2.11}

C.24 Beim Übergang zu einer klimafreundlichen Gesellschaft werden Emissionen, die mit bezahlter Arbeit und unbezahlter Betreuungsarbeit direkt zusammenhängen, reduziert (*geringe Evidenz, hohe Übereinstimmung*). Die Ökologisierung und gerechtere Aufteilung von bezahlter Arbeit und unbezahlter Betreuungsarbeit wird eine hohe Lebensqualität, die Gleichstellung der Geschlechter, gute Arbeitsplätze und ein klimafreundliches Leben, eine ausgeglichene Work-Life-Balance und eine angemessene Versorgung mit Pflegeleistungen gewährleisten (*mittleres Vertrauen*). Unter dem derzeitigen „Business-as-usual“-Szenario wird die Arbeitswelt durch die Auswirkungen des Klimawandels stark beeinträchtigt werden. Daher werden sektorale Verlagerungen hin zur Bereitstellung von Gütern und Dienstleistungen des Grundbedarfs wie Gesundheit, Betreuungsarbeit, Nahrungsmittel und Wohnen erforderlich sein (*geringe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). {4.7.2}

C.25 Arbeit – einschließlich unbezahlter Betreuungsarbeit und bezahlter Beschäftigung – prägt den Alltag in Österreich. Die derzeitige Struktur des Wirtschafts- und Erwerbssystems behindert eine klimaneutrale Versorgung sowie die Transformation zu einem klimafreundlichen Leben (*hohes Vertrauen*). Gut bezahlte, energieintensive Arbeit ist strukturell mit unbezahlter oder schlecht bezahlter, aber unverzichtbarer Arbeit wie Betreuung und Pflege verbunden (*geringe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). Diese Arbeits- und Lebensweise stellt ein strukturelles Hindernis für klimafreundliche Mobilität, Versorgung mit Nahrungsmitteln, Freizeitaktivitäten sowie Wohnen dar und fördert Praktiken, die energieintensiv sind und auf fossilen Brennstoffen basieren (*mittleres Vertrauen*). {4.7.1}

C.26 Die derzeitige Bereitstellung von Gütern und Dienstleistungen verursacht einen hohen Energie- und Materialaufwand, was zu inländischen und vorgelagerten Treibhausgasemissionen beiträgt (*hohes Vertrauen*). Die österreichische Wirtschaft stützt sich auf eine wachsende Infrastruktur und einen wachsenden Gebäudebestand, um Dienstleistungen in den Bereichen Verkehr, Wohnen, Kommunikation und Finanzen zu erbringen. Das kontinuierliche Wachstum bei Infrastrukturen und Gebäuden sowie das gesteigerte Niveau von Dienstleistungen und wirtschaftlichen Aktivitäten haben technische Effizienzgewinne und den Strukturwandel hin zu einer Dienstleistungswirtschaft weitgehend kompensiert. {4.2.1}

Landnutzung, Forstwirtschaft und Landwirtschaft

C.27 Um weitreichende Emissionsreduktionspotenziale in der Land- und Forstwirtschaft zu schaffen, ist es notwendig, auf die Gewinnung und Nutzung von Biomasse zu verzichten (*hohes Vertrauen*). Ein ehrgeiziger Klimaschutz erfordert weitreichende Maßnahmen mit beträchtlichen Kosten, einschließlich Zielkonflikten und struktureller Disruption wie beispielsweise ein Verlust der Existenzgrundlage für Landwirt:innen oder die Notwendigkeit, gegen Übertragungseffekte vorzugehen (*hohes Vertrauen*). Ein Übergang zu einer gesunden, pflanzenbasierten Ernährungsweise birgt ein Emissionsminderungspotenzial zwischen 5,0 und 15,4 Mio. t CO₂e pro Jahr, wenn die landwirtschaftliche Produktion so umstrukturiert werden kann, dass die Emissionen aus der Landwirtschaft reduziert und Senken durch Aufforstung der freigewordenen Agrarflächen ausgebaut werden (*mittleres Vertrauen*). Durch die Halbierung der Lebensmittelabfälle ist eine Emissionsreduktion von 2,1 bis 4,7 Mio. t CO₂e pro Jahr möglich (*mittleres Vertrauen*). Die Priorisierung langlebiger geernteter Holzprodukte gegenüber Energie weist ein Emissionsreduktionspotenzial von 0,1 bis 0,5 Mio. t CO₂e pro Jahr auf (*geringes Vertrauen*). Die Gegenüberstellung der beiden Szenarien zeigt eine durchschnittliche jährliche Holzernte von 25 Millionen Vorratsfestmeter (Vfm) pro Jahr (15 Millionen Erntefestmeter (Efm) pro Jahr). Dies ergibt ein Emissionsreduktionspotenzial von 7 bis 8,4 Mio. t CO₂e pro Jahr bis 2150, verglichen mit einer Holzernte von 30 Millionen Vfm pro Jahr (25 Millionen Efm pro Jahr). Die derzeitige Ernte (2016–2022) beträgt 25 Millionen Vfm pro Jahr (20 Millionen Efm pro Jahr). Inwieweit klimawandelbedingte Störungen (z. B. Zunahme von Windwürfen, Insektenbefall, Vegetationsbrän-

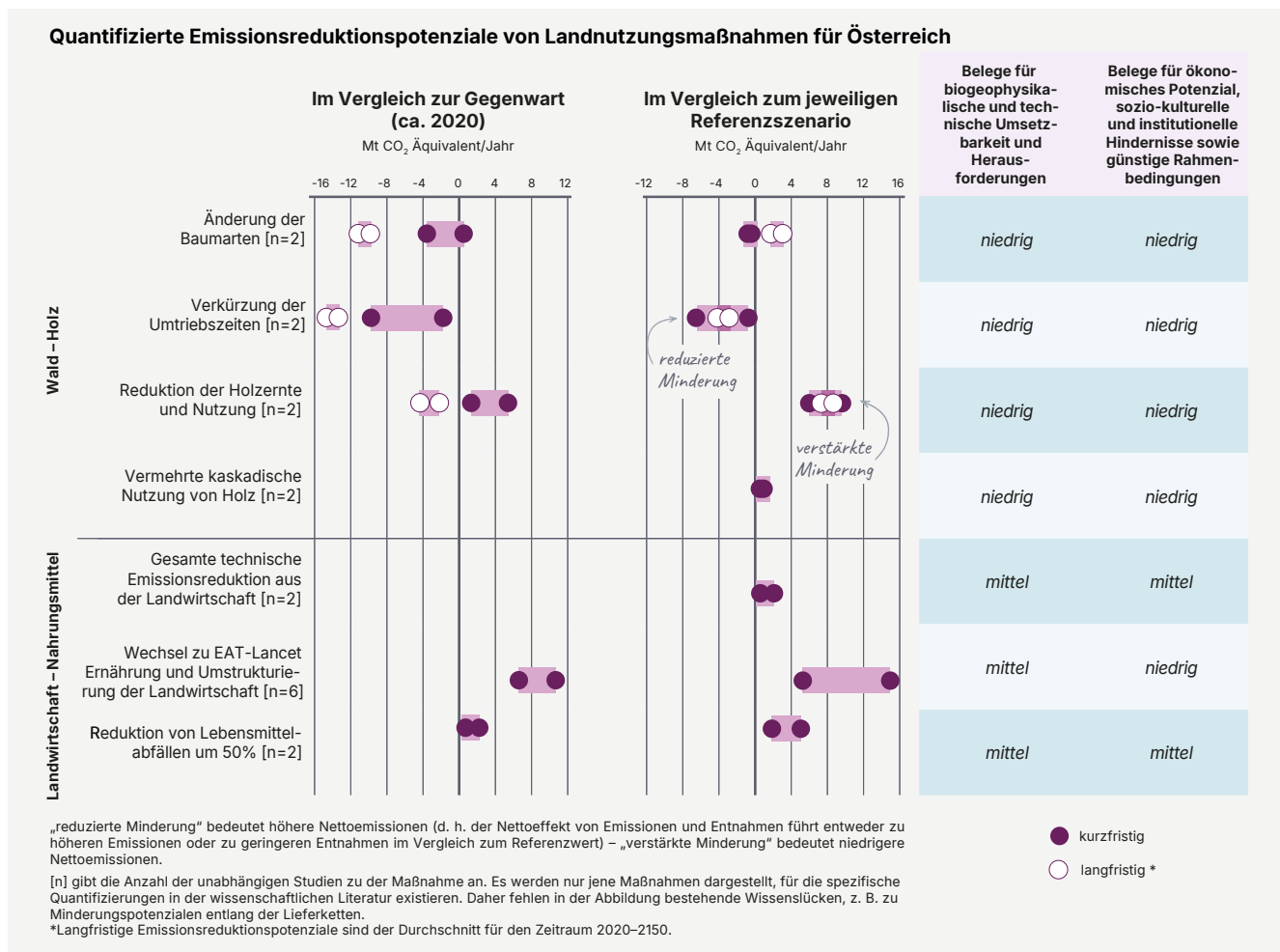


Abbildung TS.12 | Emissionsreduktionspotenziale verschiedener Landnutzungsmaßnahmen. Die detaillierten Emissionsreduktionspotenziale jeder betrachteten Studie sind in 2.A.16 aufgeführt.

de) die obengenannten Potenziale einschränken, bleibt eine Forschungslücke. {2.3.2, 2.3.3, Chapter Box 2.2, Abbildung TS.11}

C.28 Technische und organisatorische Maßnahmen in der Land- und Forstwirtschaft können Treibhausgasemissionen reduzieren und Senken aufbauen. Deren Emissionsreduktionspotenzial ist jedoch begrenzt (hohes Vertrauen). Verglichen mit einem Referenzszenario zeigen Maßnahmen im Agrarmanagement (z. B. Erhöhung des organischen Kohlenstoffs im Boden, Reduzierung der Emissionen aus landwirtschaftlichen Produktionsfaktoren, Optimierung der Viehhaltung) ein Emissionsreduktionspotenzial von 0,4 bis 2,5 Mio. t CO₂e pro Jahr (*mittleres Vertrauen*). Ein anpassungsfähiges Forstmanagement, beispielsweise Baumartenwechsel, zeigt ein Emissionsreduktionspotenzial von bis zu 1,9 Mio. t CO₂e pro Jahr (*geringes Vertrauen*), über den Zeit-

raum von 2020 bis 2150 berechnet. Dieses Potenzial kommt nur bei hohen Erwärmungsniveaus (zwischen GWL 4,0°C und GWL 5,0°C) und hauptsächlich nach dem Jahr 2080 zum Tragen. {2.3, Abbildung TS.12}

C.29 Eine kompakte Stadtentwicklung und Verdichtung kann durch eine bessere Nutzung der bestehenden Planungsinstrumente und die Entwicklung einer starken politischen Steuerung und Koordination auf mehreren Ebenen erreicht werden (hohes Vertrauen). Zu den Herausforderungen gehören der städtische Wärmeinseleffekt sowie die Präferenz für Einfamilienhäuser und ein eigenes Auto. Die Auseinandersetzung mit tief verwurzelten Lebensweisen – die auf vorherrschenden sozialen Normen und einer wahrgenommenen Bequemlichkeit beruhen – stellt eine große Herausforderung für die weitere Dekarbonisierung im Wohnungs- und Verkehrssektor dar. {3.2, 3.4.2}

C.30 Nachhaltige Städte, Dörfer und Siedlungen zeichnen sich durch kurze Wege zur Arbeit, zu Freizeitangeboten, Schulen und Einrichtungen des täglichen Bedarfs sowie durch eine geeignete Infrastruktur für verschiedene aktive Mobilitätsformen aus. Siedlungsgebiete bieten ein großes Emissionsreduktionspotenzial, wobei die Haushalte in Städten etwa die Hälfte bis ein Drittel der Emissionen im Vergleich zu jenen in Vorstädten verursachen. Dies ist auf kleinere Grundflächen, kürzere zurückgelegte Distanzen und eine geringere PKW-Abhängigkeit zurückzuführen (*hohes Vertrauen*). Die Begriffe „städtisch“ und „ländlich“ sind hier entlang eines Kontinuums zu sehen, wobei die fortschreitende Suburbanisierung (Stadtflucht) die unmittelbarste klimapolitische Herausforderung darstellt. Dies zeigt, dass Projekte auf der grünen Wiese vermieden und stattdessen kompakte Siedlungen erhalten und gefördert werden sollten. {3.2, 3.4.2}

Endnachfrage und Verhalten

C.31 Änderungen des Verhaltens, der Lebensstile und Konsummuster, die nicht unter das EU-Emissionshandels-system (EHS) fallen, werden wahrscheinlich kurzfristig zu stärkeren EU-weiten Emissionsreduktionen führen als Änderungen, die von dieser Richtlinie betroffen sind (*hohes Vertrauen*). Wenn man sich daher auf Ziele wie die Reduktion fossiler Brennstoffe in Heizungsanlagen, Ernährungsumstellungen und Änderungen der Landnutzung konzentriert, hat dies ein größeres kurzfristiges Emissionsreduktionspotenzial als die Behandlung von Themen, die durch das EHS geregelt sind (z. B. Umstellung auf Ökostromanbieter, Reduzierung der Flüge innerhalb der EU). Sobald das EU-EHS 2 in Kraft tritt, können äquivalente Aussagen für die Emissionen im Rahmen dieses zweiten CO₂-Marktes innerhalb der EU getroffen werden. {5.1}

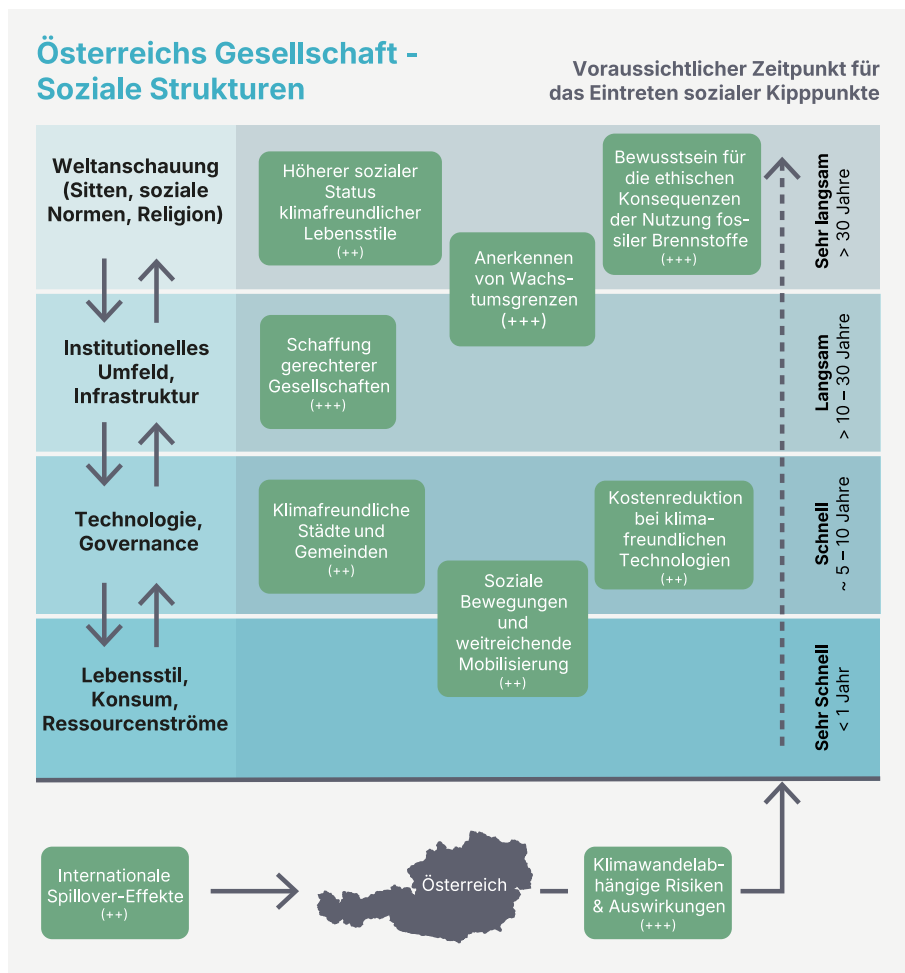


Abbildung TS.13 | Soziale Kippunkte in Österreich mit dem Potenzial, einen schnellen Übergang zu Netto-Null in der österreichischen Gesellschaft voranzutreiben, basierend auf Nabernegg und Otto (2025). Die dargestellten Prozesse beziehen sich auf verschiedene Ebenen der sozialen Struktur und auf sehr unterschiedliche Zeitskalen (Williamson, 1998; Otto et al., 2020), von den schnellen Dynamiken wie Marktwechsel und Ressourcenflüssen (Zeitraum von Monaten) bis hin zu langsamen Veränderungen (Jahrzehnte bis Jahrhunderte) auf der Ebene von Bräuchen, Werten und sozialen Normen. Inwieweit es sich bei den beschriebenen Phänomenen um potentielle soziale Kippunkte handelt, wird durch (+++) hohes Vertrauen (>4,5 von 6) oder (++) mittleres Vertrauen (3,0–4,5 von 6) angegeben.

C.32 Durch Strategie- und Infrastrukturänderungen (z. B. Ausbau öffentlicher Verkehrsmittel) sowie kulturelle, verhaltensbezogene und normative Änderungen (z. B. Förderung und Anregung emissionssparender Verhaltensweisen durch fußgängerfreundliche Stadtviertel) können Emissionen reduziert werden, weil sie die Nachfrage senken (*hohes Vertrauen*). Eine Senkung der Nachfrage, die durch Änderungen des Lebensstils erreicht werden soll, stößt auf Hindernisse: Bestehende Infrastruktur (z. B. unzureichende Anbindung an öffentliche Verkehrsmittel), wirtschaftliche Fehlanreize (z. B. Förderungen für emissionsintensive Produkte und Dienstleistungen) und soziale Normen (z. B. energieintensive Güter wie große PKWs oder große Häuser und Wohnungen, die als Statussymbole gelten). {3.4.2, 5.3.1, 5.3.2, 5.3.3, 8.5.4, 8.6.1, [Abbildung TS.13](#)}

C.33 Zur Emissionsreduktion im Tourismus ist eine Verlagerung auf den öffentlichen Verkehr und eine Ökologisierung der Verkehrssysteme an den Urlaubsorten von entscheidender Bedeutung (*hohes Vertrauen*). Der größte Teil (75 %) der globalen Treibhausgasemissionen, die vom Tourismus verursacht werden, stammt aus dem Verkehr bei der An- und Abreise sowie der Mobilität am Urlaubsort (hauptsächlich Flug- und Straßenverkehr) (*hohes Vertrauen*). Auch in Österreich entfällt der Großteil (bis zu 92,2 %) der Emissionen im Tourismus ausschließlich auf den Personenverkehr (*mittleres Vertrauen*). Folglich muss ein höherer Anteil des An- und Abreiseverkehrs sowie der Mobilität vor Ort mit Zügen und Bussen und – aufgrund der begrenzten Kapazitäten des öffentlichen Verkehrs vor allem in suburbanen und ländlichen Regionen – mit emissionsarmen oder emissionsfreien Privatfahrzeugen erfolgen. {4.3.4}

Strategien zum Ausbau von Negativemissionen

C.34 Während des Übergangs zu einer klimaneutralen Gesellschaft wird die Kohlendioxidabscheidung, -nutzung und -speicherung (CCUS) – insbesondere in Bezug auf schwer vermeidbare Emissionen – eine entscheidende Rolle in der Dekarbonisierung der österreichischen Wirtschaft spielen (*hohes Vertrauen*). CCUS-Lösungen können

emissionsintensive Branchen in Österreich dabei unterstützen, ihre CO₂-Reduktionsziele zu erreichen. Dies wird durch ein nationales und europäisches Transportnetzwerk aus CO₂-Quellen und -Senken gewährleistet. In Kombination mit Bioenergie und der direkten CO₂-Abscheidung aus der Luft kann die geologische CO₂-Speicherung wesentlich zur Erreichung negativer Emissionen beitragen (*mittleres Vertrauen*). Mineralische Karbonisierung und geschlossene CO₂-Kreisläufe können zur Erreichung der CO₂-Reduktionsziele auf dem Weg zur Klimaneutralität beitragen (*mittleres Vertrauen*). CCUS-Lösungen sind mit einem hohen Energie- und Wasserbedarf verbunden und belasten die Versorgungssysteme. {4.6.2, [Tabelle TS.4](#)}

C.35 Die Technologieketten zur Kohlendioxidabscheidung, -nutzung und -speicherung (CCUS) sind ausgereift und können eingesetzt werden, um CO₂ zu binden und so die Freisetzung von Emissionen in die Atmosphäre zu verhindern (*hohes Vertrauen*). CCUS bezieht sich auf Technologieketten zur Reduzierung von CO₂-Emissionen in einer relevanten Größenordnung, indem CO₂ im geologischen Untergrund gespeichert oder in industriellen Prozessen und Produkten genutzt wird. Während die geologische CO₂-Speicherung (CCS) eine groß angelegte und dauerhafte Lösung zur Emissionsreduktion darstellt, ist die CO₂-Abscheidung und -Nutzung (CCU) je nach Bedarf und Lebensdauer des Endprodukts zeitlich begrenzt. {4.6.1}

C.36 Um Netto-Null-CO₂-Emissionen zu erreichen, müssen die verbleibenden Emissionen aus Industrieprozessen, Abfällen und der Landwirtschaft durch negative Emissionen aus konventionellen Methoden zur Entnahme und Speicherung von Kohlendioxid (*Carbon Dioxide Removal*, CDR) oder längerfristig durch neuartige, aber kostspielige CDR-Maßnahmen ausgeglichen werden (*hohes Vertrauen*). Je nach bewertetem Szenario betragen die Restemissionen pro Jahr aus der Landwirtschaft 4,3 Mio. t CO₂, aus Abfällen 1,7 Mio. t CO₂ und aus Industrieprozessen zwischen 0–5 Mio. t CO₂ (*geringe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). Bei den Restemissionen in der Landwirtschaft und bei Abfällen ist die Unsicherheit höher als die Punktschätzungen, da nur ein Szenario diese Sektoren explizit bewertet. {[Cross-Chapter Box 6](#)}

Tabelle TS.4 | Bewertung der Potenziale einzelner Optionen zur Kohlendioxid-Entnahme (CDR) in Österreich. Für Abkürzungen siehe Abkürzungsliste.

CDR Optionen	Technisches / plausibles Potenzial	Plausibilitätsannahmen (Flächenbedarf, Energiebedarf, Investitionen und Kosten, öffentliche Akzeptanz, rechtlicher Rahmen)					Zusatznutzen / Zielkonflikte
	CO ₂ /J bis 2030/2050 + Max (CO ₂)	Fläche	Energie	Kosten	Akzeptanz	Rechtliche Anpassung	
BECCS / DACCS CO ₂ -Abscheidung zur Speicherung und Nutzung	CCS: 3 bis 25 Mt CO ₂ /J ** Gesamte Onshore- Speicherkapazität mehrere hundert Mt CO ₂ in Österreich ** CCU: 1 bis 5 Mt CO ₂ /J **	+	+++	+++	keine	notwendig	Hohe Nachfrage nach Energie aus Biomasse könnte Konflikte mit anderen Verwendungen von Holz und Zellstoff verursachen (Abbildungen und Referenzen in Abschnitt 4.6)
Bodenmanagement Verwendung von Pflanzen und Holz zur Herstellung von Biokohle für Böden	0,9 bis 3,7 t CO ₂ /ha/J Basierend auf globalen Schätzungen 2030: 1 bis 3,3 Gt CO ₂ /J 2050: 1,1 bis 4,9 Gt CO ₂ /J	0	+	++	begrenzt	nicht notwendig	Hoher Wettbewerb am Markt für Holz und Zellstoff sowie Biomasse zur Energieerzeugung (Abb. und Ref. in Abschnitt 2.3)
Aufforstung (LUC) von landwirtschaftlichen Flächen durch eine Protein- Umstellung (Lancet-Diät) und Halbierung der Lebens- mittelsverschwendung	Im Vergleich zu 2020: 3,3 bis 8,0 Mt CO ₂ /J Im Vergleich zum Referenzszenario: 3,0 bis 12,9 Mt CO ₂ /J	+	+	+	begrenzt	nicht notwendig	Verlust von landwirt- schaftlicher Fläche und Biodiversität, geringeres Einkommen für Viehhalter, Veränderungen in der Landschaft (Abb. und Ref. in Abschnitt 2.3)
Agroforstwirtschaft (LUC) Erhöhung der Kohlenstoff- senken durch Kurzumtriebs- plantagen, Hecken & techn. Minderungsmaßnahmen auf landwirtschaftl. Flächen	Im Vergleich zum Referenzszenario: 0,1 bis 0,4 Mt CO ₂ /J	++	++	++	begrenzt	nicht notwendig	Verlust von landwirt- schaftlicher Fläche, teil- weise erhöhte Biodiver- sität, Veränderungen in der Landschaft (Abb. und Ref. in Abschnitt 2.3)
Renaturierung von Feuchtgebieten unter landwirtschaftlicher Nutzung	1 bis 100 kt CO ₂ /J (GWP100) durchschnittlich -45 t CO ₂ /ha/J bis zu >-60 t CO ₂ /ha/J	+	0	++	hoch	nicht notwendig	Veränderungen in Bio- diversität und Land- schaft (Entwässerung von Mooren/Wieder- vernässung auf extensiv bewirtschafteten Moor- standorten), Reduktion von Futtermitteln und Nutzpflanzen (Abb. und Ref. in Abschnitt 2.3)
Angepasste Wald- bewirtschaftung Änderung der Baumartenzusammen- setzung	Im Vergleich zu 2020: Die Senke ist um -0,1 bis -1,2 Mt CO ₂ /J ^ν verringert Im Vergleich zum Referenzszenario: 4,1 bis 4,9 Mt CO ₂ /J ^ν	0	0	+	begrenzt	nicht notwendig	Verbesserte Biodiver- sität, verringerte Anfäl- ligkeit gegenüber den Auswirkungen des Kli- mawandels, geringere Verfügbarkeit nachge- fragter Nadelhölzer (Abb. und Ref. in Abschnitt 2.3)
Extensive Wald- bewirtschaftung Reduzierung der gesamten Nutzung und Ernte von Holz	Im Vergleich zu 2020: 1,4 bis 4,4 Mt CO ₂ /J ^ν Im Vergleich zum Referenzszenario: 9,3 bis 11,1 Mt CO ₂ /J ^ν	0	0	+	begrenzt	nicht notwendig	Verbesserte Biodiver- sität, geringere Verfüg- barkeit von Holz, geringeres Einkommen der Waldbe- sitzerInnen und abneh- mende Beschäftigung im ländlichen Raum (Abb. und Ref. in Abschnitt 2.3)

* Nur geologische Limitierung

* Reduktionen durch industrielle
CCUS nicht berücksichtigt^νDurchschnittswerte (2010–2150)

0 Keine zusätzlichen Anforderungen an Fläche, Energie oder Investitionen

+ Geringe zusätzliche Anforderungen an Fläche, Energie oder Investitionen

++ Mittlere zusätzliche Anforderungen an Fläche, Energie oder Investitionen

+++ Hohe zusätzliche Anforderungen an Fläche, Energie oder Investitionen

C.37 Zu den in Österreich verfügbaren Optionen der Kohlendioxid-speicherung gehören konventionelle Maßnahmen (d. h. Aufforstung, Wiederaufforstung, Wiederherstellung von Ökosystemen und Bodenbewirtschaftung) und technische Verfahren, insbesondere Bioenergie mit Kohlendioxidabscheidung und -speicherung (*Bioenergy with Carbon Capture and Storage*, BECCS) und direkte Abscheidung von Kohlendioxid aus der Luft mit anschließender Speicherung (*Direct Air Carbon Capture and Storage*, DACCS). Zwischen diesen Optionen besteht eine gegenseitige Abhängigkeit und sie unterscheiden sich in Bezug auf ihre technischen Potenziale, Umsetzbarkeit, Synergien und Zielkonflikte sowie den jeweiligen Technologie-Reifegrad (*mittleres Vertrauen*). Das Potenzial jeder CDR-Option beruht zum Teil auf denselben Energie- und Flächenressourcen, weshalb die Optionen in Abhängigkeit voneinander betrachtet werden sollten. Eine erfolgreiche Umsetzung von CDR-Optionen hängt auch von mehreren externen Faktoren ab, beispielsweise technologischen Entwicklungen, dem regulatorischen Rahmen, der öffentlichen Wahrnehmung, der bestehenden Landnutzung und dem Energiebedarf unter sich ändernden Klimabedingungen. {2.3, 4.6, Cross-Chapter Box 6, Tabelle 2.3}

C.38 Die Netto-Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) sind die Differenz aus Quellen und Senken in diesem Sektor. Die Senke (d. h. die landbasierte Kohlendioxidentnahme) kann durch Aufforstung, Reduktion der Biomasseernte und -nutzung sowie Ernährungsumstellungen gestärkt werden. Jedoch führt eine Steigerung der natürlichen Senkenleistung zu Zielkonflikten mit der Bereitstellung von Biomasse als Bau- und Brennstoff (*hohes Vertrauen*). Technische Emissionsreduktionsmaßnahmen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen (z. B. Beschränkung der Umwandlung von Grünland, Förderung von Hecken) können landnutzungsbedingte Emissionen reduzieren und die Senkenleistung um 0,1 bis 0,4 Mio. t CO₂e pro Jahr erhöhen (*mittleres Vertrauen*). Die Änderung der Baumartenzusammensetzung in Wäldern zugunsten lokaler und klimaresistenterer Arten könnte die Senkenleistung von Österreichs Wäldern zwischen 2020 und 2150 um durchschnittlich 4,1 bis 4,9 Mio. t CO₂e pro Jahr erhöhen. Eine kalorienärmere Ernährung, die stärker auf pflanzenbasierten Proteinen basiert, würde in Kombination mit einer Halbierung der Lebensmittelverluste die Aufforstung und Renaturierung von landwirtschaftlichen Flächen ermöglichen und im Vergleich

zum Referenzszenario eine zusätzliche Senkenleistung von 3,0 bis 12,9 Mio. t CO₂e pro Jahr erzeugen (*mittleres Vertrauen*). Eine Verringerung der Gesamternte und -nutzung von Holz auf 15 Mio. m³ pro Jahr (unter Einbeziehung von Schlagabraum und natürlichen Verlusten 25 Mio. m³ pro Jahr) würde die Senkenleistung der Wälder zwischen 2020 und 2150 im Durchschnitt um 9,3 bis 11,1 Mio. t CO₂e pro Jahr erhöhen, verglichen mit einem Referenzszenario von 20 Mio. m³ Holz pro Jahr (unter Einbeziehung von Schlagabraum und natürlichen Verlusten 30 Mio. m³ pro Jahr) (*geringes Vertrauen*). {2.3, 8.5.2, Cross-Chapter Box 6}

C.39 Emissionsreduktionen durch landbasierte Kohlendioxidentnahme (CDR) und die Dekarbonisierung des Energiesektors könnte erhebliche negative Auswirkungen auf die Biodiversität haben (*mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung*). Bei sorgfältiger Konzeption, z. B. durch adäquate Raumplanung oder die Wahl geeigneter Baumarten für die Aufforstung, können diese Maßnahmen jedoch auch für die miteinander verflochtenen Klima- und Biodiversitätskrisen doppelt von Nutzen sein. {1.6.4}

C.40 Der Bausektor birgt ein enormes Potenzial für die dauerhafte CO₂-Speicherung durch die Verwendung organischer Baumaterialien während der Nutzung der gebauten Umwelt. Die Kohlenstoffaufnahme zu Beginn des Lebenszyklus wird als weniger ausgereift und effizient angesehen, und es ergeben sich Herausforderungen im Zusammenhang mit Zertifizierungssystemen für Gebäude und dem Recyclen von Holzprodukten (*mittleres Vertrauen*). {4.6, Cross-Chapter Box 6}

C.41 CDR-Optionen weisen mehrere Einschränkungen auf, da die Verfügbarkeit von Biomasse für CDR-Techniken zu Konflikten mit anderen Energieverwendungszwecken, Bauvorhaben, der Papier- und Zellstoffindustrie oder Naturschutzmaßnahmen führen kann und lange Transportwege für die Energie aus Biomasse zu erwarten sind (*hohes Vertrauen*). Die Speicherkapazitäten stehen auch in Zusammenhang mit konkurrierenden Anforderungen der Gasspeicherung und Transportkapazitäten für Wasserstoff, der in der Eisen- bzw. Stahlproduktion und zu anderen Zwecken verwendet wird. Die Kohlendioxidabscheidung und -speicherung ist auf österreichischem Staatsgebiet derzeit, mit Ausnahme von wissenschaftlichen Zwecken, verboten. {4.6}

D. Governance und Gesellschaft

In diesem Abschnitt wird aufgezeigt, dass die Besorgnis über den Klimawandel in der Bevölkerung zwar groß ist, die gesellschaftliche Akzeptanz einzelner Maßnahmen aber variiert. Klima-Governance muss in einen größeren strukturellen Kontext eingebettet sein und verschiedene Interessengruppen aus der Zivilgesellschaft, Unternehmen und die Medien berücksichtigen. Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen den aktuellen Emissionen und Wohlstand, und Klimapolitik sollte darauf abzielen, Kaufkraftverluste bzw. asymmetrische Auswirkungen auf die Beschäftigung abzufedern.

Bedarf und Voraussetzungen für eine effektive Klima-Governance

D.1 In Österreich sind das Bewusstsein für den Klimawandel und die Forderung nach Klimaschutzmaßnahmen ausgeprägt. Die gesellschaftliche Akzeptanz von Maßnahmen trägt wesentlich zu deren wirksamer Umsetzung bei (*hohes Vertrauen*). Begleitmaßnahmen zum Abbau von Ängsten vor negativen Effekten (z. B. Kompensationszahlungen wie der Klimabonus, um die Angst vor Kaufkraftverlusten zu mindern) sowie echtes gesellschaftliches Engagement und partizipative Ansätze werden für gerechtere und wirksamere Lösungen sorgen (*geringe Evidenz, hohe Übereinstimmung*). Die Gesamtheit dieser Maßnahmen kann die gesellschaftliche Akzeptanz der Klimapolitik stärken und Hürden, die eine Änderung des Lebensstils und des Konsumverhaltens verhindern, beseitigen (*mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung*). Zu den begünstigenden Faktoren beim Übergang zu einer Netto-Null-Wirtschaft gehören: Die Etablierung von Kreislaufwirtschaftslösungen als Standard (positive Lock-in-Effekte), der Einsatz fördernder Maßnahmensysteme, wie starke Informationsinstrumente (z. B. Kennzeichnung), der Ausstieg aus emissionsintensiven Technologien und der gesellschaftliche Druck (*mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung*). Die Förderung von Technologien für erneuerbare Energien, Energieeffizienzmaßnahmen, CO₂-Bepreisung und ähnliche politische Maßnahmen zur Bekämpfung von Klimawandelrisiken haben darüber hinaus ungleiche gesellschaftliche Auswirkungen. Daraus ergibt sich die Herausforderung, strukturelle und langfristige Ansätze zu entwickeln, die eine Verschärfung bestehender sozialer Ungleichheiten verhindern und stattdessen eine faire

und inklusive Energiewende fördern (*mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung*). {5.1, 5.3.4, 5.4, 5.5, 5.6.3, 8.5.4, 8.6.1}

D.2 Die Instrumente zur Förderung wirksamer Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen wurden von den politischen Akteuren bislang nicht ausreichend umgesetzt (*hohes Vertrauen*). Das Steuersystem weist klimaschädliche Förderungen in Höhe von EUR₂₀₁₉ 4,1–5,7 Milliarden pro Jahr auf (berechnete Werte aus 2020) und schafft damit finanzielle Anreize für die Aufrechterhaltung des Status quo (*geringe Evidenz*). Einflussreiche wirtschaftliche und politische Interessengruppen behindern wirksame Klimaschutzmaßnahmen in Österreich und daher kann das Potenzial der Klimapolitik nicht voll ausgeschöpft werden. Infolgedessen ist eine Umsetzungslücke entstanden – ehrgeizige Klimaziele wurden zwar gesetzt, aber die vorhandenen Maßnahmen und Instrumente reichen nicht aus, um diese zu erfüllen. Die derzeit eingesetzten Instrumente verändern weder die bestehenden Strukturen noch die Wachstumslogik oder die vorherrschende Produktions- und Lebensweise. Dies spiegelt sich in einer geringen Verwendung von suffizienzorientierten Maßnahmen wider, die den Verbrauch von Energie, Ressourcen und Land deutlich reduzieren können. {3.2, 3.4, 6.2, 6.4, 8.4, 8.5, 8.6, Tabelle TS.5}

D.3 Die steigenden Kosten des Nicht-Handelns in Bezug auf den Klimawandel sind beträchtlich und werden den Staatshaushalt mehr belasten als die Ausgaben für wirksamen Klimaschutz (*hohes Vertrauen*). Das Erreichen von Netto-Null sowie eine angemessene Anpassung erfordern zwar Investitionen in beträchtlicher Höhe, aber es wird prognostiziert, dass der Nutzen die Kosten übersteigen wird. Der zusätzliche Investitionsbedarf beläuft sich schätzungsweise auf 1,1 % bis 1,9 % des BIP pro Jahr. Öffentliche Haushalte sind sowohl in Bezug auf die Einnahmen als auch auf die Ausgaben entscheidende Hebel in diesem Zusammenhang. Jedoch wird ihr Potenzial derzeit nicht voll ausgeschöpft und durch kontraproduktive Maßnahmen wie klimaschädliche Förderungen sogar geschmälert. Ergänzend dazu braucht es für einen wirksamen Klimaschutz auch die Mobilisierung privater Mittel, um die Investitionslücke zu schließen. Dies kann erreicht werden, indem angemessene Green-Finance-Standards geschaffen werden und die Kohlenstoffexposition der Wirtschaft reduziert wird. {6.7}

Tabelle TS.5 | Tabellarische Übersicht zum Stand der politischen Instrumente in Österreich. {Tabelle 6.2}

	Landwirtschaft, Forstwirtschaft und andere Landnutzung	Verkehr (ohne Luftfahrt)	Gebäude	Nicht-EHS Sektoren	EHS Sektoren	Energieversorgung	Luftfahrt
Wirtschafts-instrumente: Steuern und EHS	Nationales Emissionshandelssystem (NEHG)					EU-Emissionshandelssystem (EHS)	
	Energiesteuern						Mineralölsteuer
	CO ₂ -Grenzausgleichssteuer				CO ₂ -Grenzausgleichssteuer		
	Grenzausgleichssteuer für Fleisch auf EU-Ebene				Mehrwertsteuerbefreiung für PV-Anlagen		Umsatzsteuer auf internationale Flüge
	Abschaffung des ermäßigten Umsatzsteuersatzes auf Fleisch- und Milchprodukte	Lkw-Maut	Leerstandsabgabe	Besteuerung von Ressourcen			Flugabgabe
	Höhere Steuern für emissionsintensive Produkte	Straßenbenutzungsgebühren für PKW (City-Maut)	Zweitwohnsitzsteuer				
	Düngemittelsteuer	PKW-Steuern	Grundsteuer				
	Abgaben für Bodenversiegelung	Parkgebühren					
Regulierungs-instrumente: Subventionen	Subventionen für Forschung und Entwicklung						
	Investitionssubventionen	Subventionen für öffentl. Verkehr & aktive Mobilität	Subventionen für den Austausch von Heizungsanlagen	Subventionen für den Umweltschutz		Investitionszuschüsse	
	(Umstrukturierung von) Subventionen		Subventionen für die thermische Sanierung	Einspeiseprämien			
	Zahlungen für Ökosystemleistungen						
	Prämien für reduzierte Viehhaltung						
	Bodenentsiegelungsprämien						
	Zweckgebundene Ausgleichszahlungen für Renaturierung						
		Zuschüsse für Pendler	Zuschüsse für Dienstwagen				
Planungs-instrumente	Weniger Umwidmungen von Grünflächen	Raumplanung					
			Energie(raum)planung			Energie(raum)planung	
		Entsiegelung/Begrünung	Nachverdichtung	Renaturierung von Industriestandorten			
		Ausbau und Elektrifizierung des öffentlichen Verkehrs	Anpassung der Infrastruktur	Netzausbau			
		Infrastruktur für E-Mobilität					
	Kennzeichnung						
Andere Instrumente	Richtlinie über die Angabe nichtfinanzieller Informationen						
	Qualifikationsprogramme						
	Informationskampagnen						
	Finanzausgleich			Finanzausgleich			
	Kennzeichnung						
	Reform der Kommunalsteuer						
	Leitlinien für Düngemittelanwendungen						

■ Fehlende Implementierung | 11% ■ Unzureichende / unvollständige Implementierung | 77% ■ Ausreichende Umsetzung | 9% ■ Kontraproduktives Instrument | 3%

	Landwirtschaft, Forstwirtschaft und andere Landnutzung	Verkehr (ohne Luftfahrt)	Gebäude	Nicht-EHS Sektoren	EHS Sektoren	Energieversorgung	Luftfahrt
Regulatorische Instrumente	LULUCF-Verordnung	CO ₂ -Flottenemissionsgrenzwerte	Bauvorschriften	Produktdesignstandards		Quoten für Erneuerbaren-Ausbau	Verbot von Kurzstreckenflügen
	Futtermittelverordnung	Absenkung der erlaubten Maximalgeschwindigkeit	Moratorium für den Ausbau des Erdgasnetzes	Verpflichtende Energieaudits		Vorschriften für Energiegemeinschaften	Verbot von Privatjets
	Verordnung zur Sorgfalt in der Lieferkette	Zufahrtsbeschränkungen	Verbot fossiler Heizsysteme (Neubauten)	Verpflichtende Abwärmenutzung		Nachhaltigkeitsstandards für Biokraftstoffe	
		Umweltverträglichkeitsprüfung		Umweltverträglichkeitsprüfung			
	Verordnung über entwaldungsfreie Produkte	Verwaltung von Parkplätzen	Verbot fossiler Heizsysteme (bestehende Gebäude)		Standards des Int. Pflanzenschutzübereinkommens		
	Verpflichtung zur Aufforstung	Verpflichtende Verlagerung des Langstrecken-Gütertransports auf die Schiene	Anpassung Wohnungseigentumsgesetz		Verordnung zur Abscheidung, Nutzung und Speicherung von CO ₂		
	Vorschriften für Düngemittel	Verpflichtender Schienentransport für gewisse Güter	Anpassung des Denkmalschutzes				
	Einschränkungen bei Menüs in öffentlichen Kantinen	Mobilitätsbudgets	Anpassung des Mietrechts				
	Erhaltung der Biodiversität, Renaturierungsgesetz	Anpassung Bauvorschriften					
	Verordnung über die nachhaltige Verwendung von Pflanzenschutzmitteln	Moratorien für den Bau hochrangiger Straßen	Thermische Sanierung öffentlicher Gebäude				
	Reduktion des max. Viehbestands/Fläche	Recht auf Telearbeit					
	Renaturierung von Wäldern durch reduzierte Holzentnahme						
	Leitlinien für den Bodenschutz						
	Werbeverbot für Fleisch	Werbeverbot für Autos			Werbeverbot für Fluglinien		
	öffentliche Beschaffung						
	Änderung des Forstgesetzes		Stellplatzverpflichtung				
Instrumente für gerechten Wandel / Kompensationsinstrumente	Gutscheine für vulnerable Konsument:innen	Zuschüsse öffentliche Verkehrsmittel für einkommensschwache Haushalte	Zuschüsse Heizungstausch und Gebäudesanierung für einkommensschwache Haushalte		Finanzielle Unterstützung für betroffene Regionen		
		Pauschalzahlungen („Klimabonus“)			Senkung der Unternehmenssteuern		
			Energieeffizienzprogramme	Senkung der Steuern auf Arbeit			
			Konsumentenschutz- und information	Beschäftigungsbeihilfen			
			Begünstigte Darlehen/ Energieeffizienz-Hypotheken	Aktive arbeitsmarktpolitische Maßnahmen			
			Begrenzung monatlicher Nachzahlungen für Mieter für Renovierungsmaßnahmen				

Fehlende Implementierung | 11%

Unzureichende / unvollständige Implementierung | 77%

Ausreichende Umsetzung | 9%

Kontraproduktives Instrument | 3%

D.4 Die Erreichung der nationalen Klimaziele und Einhaltung völkerrechtlicher Verpflichtungen ist nur dann möglich, wenn übergeordnete politische Ziele wie die Stärkung der geopolitischen Sicherheit und der Wettbewerbsfähigkeit auch die Klimawirkung und Gerechtigkeitsaspekte berücksichtigen (*geringe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). Die Integration der Klimapolitik kann dazu beitragen, politische Scheuklappen abzulegen, wenn es um Minderungs- und Anpassungsmaßnahmen geht. Das ist insbesondere der Fall, wenn die Bereitstellung von Mobilität, Wohnraum, Nahrungsmitteln, Gesundheit, Betreuungsarbeit und Freizeitaktivitäten in eine umfassendere Politik der nachhaltigen Entwicklung eingebettet wird. Die Vergrößerung des politischen Spielraums ist wichtig, um Transformationen besser planen zu können. Innovative, demokratische und mehrstufige Governance-Modelle können die Integration der Klimapolitik unterstützen, um Innovationen wie den Ausbau erneuerbarer Energien besser zu skalieren und „Exnovationen“ wie den Ausstieg aus Verbrennungsmotoren zu fördern (*mittleres Vertrauen*). {6.5.3, 8.3, 8.5, 8.6.1}

D.5 Die Transformation zu einem emissionsneutralen Energiesystem kann in Österreich bis zur Jahrhundertmitte erreicht werden, denn die dafür erforderlichen Technologien, Ressourcen, Kenntnisse und Fähigkeiten sind vorhanden (*geringe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). Um den notwendigen Wandel zu beschleunigen und einen gerechten und fairen Übergangsprozess zu gewährleisten, braucht es Vorschriften, Technologiestandards und einen Ausbau der Infrastruktur. Dabei sollen klimafreundliche Lebensstile und Anreize gefördert und in einigen Fällen Fehlanreize beseitigt sowie Sanktionen eingeführt werden. Der Wissensaustausch über Vorreiter aus Wirtschaft und Zivilgesellschaft, Best-Practice-Beispiele und Vorteile für die Bevölkerung kann die öffentliche Unterstützung bei diesem Prozess erhöhen. {5.6.2, Abbildung TS.13}

D.6 Bei der Entwicklung von Technologien der Kohlendioxidabscheidung, -nutzung und -speicherung (CCUS) in Österreich müssen geologische, technische und soziale Herausforderungen bewältigt werden (*hohes Vertrauen*). Damit der geologische Untergrund für die dauerhafte CO₂-Speicherung genutzt werden kann, bedarf es öffentlicher Akzeptanz, die auf fundierten Informationen und einem breiten gesellschaftlichen Konsens beruht. Hinsichtlich der technischen Machbarkeit ist es erforderlich, dass CO₂-Emittenten und -Senken über ein Transportnetz verbunden werden. Darüber hinaus ist es notwendig geologische

Felder unter Minimierung der Risiken zu erschließen und innovative Lösungen zur Nutzung von CO₂ zu finden, um CO₂ dauerhaft aus der Atmosphäre zu entnehmen. Angesichts der geschätzten Kapazität in Österreich kann CCUS einen maßgeblichen Beitrag zur nationalen Dekarbonisierung leisten. {4.6.3}

D.7 Bei der Bewertung der österreichischen Klima-Governance ist es unerlässlich, den größeren strukturellen Kontext zu berücksichtigen, in den die Klima-Governance eingebettet ist (*hohes Vertrauen*). Um eine tiefgreifende Dekarbonisierung zu ermöglichen, muss in der Klimapolitik der strukturelle Kontext der Klima-Governance berücksichtigt werden, dazu gehören auch der politisch-juristische Rahmen und breitere Gesellschaft-Umwelt-Beziehungen. Solche Eingriffe stoßen auf Widerstand, da zwangsläufig Gewinner und Verlierer daraus hervorgehen und gewohnte Routinen möglicherweise gebrochen werden. Wenn diese Transformationskonflikte nicht adressiert werden, könnte dies zu einer Gegenreaktion in Bezug auf Klimaschutzmaßnahmen führen. {6.2, 8.5}

D.8 Unternehmen, zivilgesellschaftliche Organisationen und Bildungseinrichtungen können Verhaltensänderungen hin zu einem klimafreundlichen Lebensstil fördern, indem sie eine Führungsrolle übernehmen und Veränderungen intern umsetzen (*mittleres Vertrauen*). Beispielsweise können kollektive Maßnahmen als Bottom-up-Komponente eine wichtige Rolle spielen, wenn es um die Energiewende (z. B. durch die Bildung von Energiegemeinschaften) und um Anpassungsmaßnahmen auf lokaler Ebene geht. {5.3, 5.4}

Fairness und „Just Transition“

D.9 In Österreich verursachen Haushalte im obersten Einkommensdezil wesentlich höhere Emissionen als Haushalte in anderen Einkommensklassen (*hohes Vertrauen*). Haushalte der obersten beiden Einkommensdezile verursachen in Summe mehr Emissionen als Haushalte der untersten fünf Dezile. Die Vulnerabilität für Energiearmut ist besonders groß in Zusammenhang mit einer Reihe von sozialen Faktoren wie Arbeitslosigkeit, geschlechtsspezifische Ungleichheiten, Bildungsgrad, ethnische Zugehörigkeit, Wohnsituation, Invalidität und Lebensalter. Auffallend ist, dass Frauen besonders vulnerabel sind, was hauptsächlich auf Faktoren wie das geschlechtsspezifische Lohngefälle

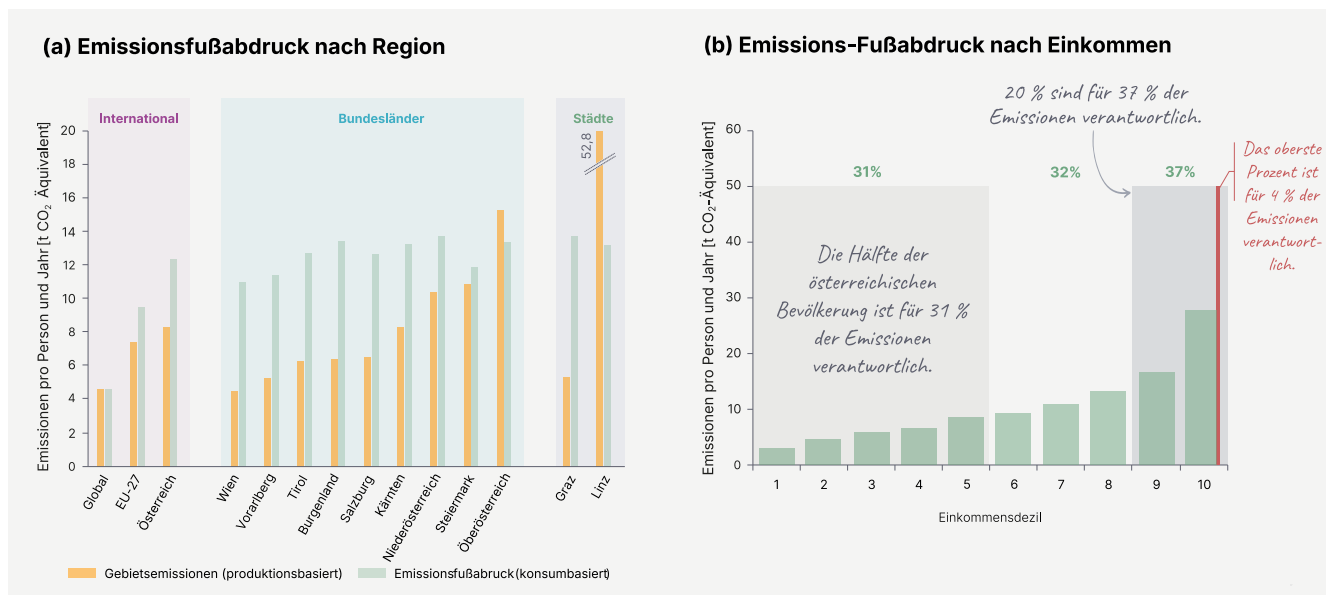


Abbildung TS.14 | Pro-Kopf-Emissionen nach Regionen und Einkommensgruppen. Tafel (a): Pro-Kopf-Emissionen und Treibhausgas-Fußabdrücke 2019: weltweit, in Österreichs Bundesländern und Städten (Steining et al., 2018; Pichler und Steining, 2019; Stadt Graz, 2022; Umweltbundesamt, 2022; Nabernegg et al., 2023). Tafel (b): Pro-Kopf-Treibhausgasemissionen nach Dezilen der Haushaltseinkommen sowie Emissionen des höchsten Einkommensprozent in Österreich (Theine et al., 2022; Nabernegg et al., 2023).

le, ihre geringere Beteiligung am Arbeitsmarkt und die ungleiche Verteilung der Betreuungsaufgaben innerhalb der Familien zurückzuführen ist (*hohes Vertrauen*). {5.2.2, 5.3.4, Abbildung TS.14}

D.10 Maßnahmen für einen gerechten Übergang sollten asymmetrischen Auswirkungen der Klimapolitik auf die Beschäftigung und Arbeitnehmer:innen in allen Sektoren und Regionen entgegenwirken. Darüber hinaus sollten weitreichendere Ungleichheiten und Vulnerabilitäten, die durch den Übergang zunehmen, in den Maßnahmen berücksichtigt werden (*hohes Vertrauen*). Das aus Gewerkschaftsbewegung stammende Konzept „Just Transition“ (gerechter Übergang), bleibt umstritten und die Auslegungen reichen von engen soziotechnischen Verlagerungen bis hin zu einer umfassenden sozial-ökologischen Transformation der gesellschaftlichen Produktionsverhältnisse. Dennoch ist die Einführung von Just-Transition-Maßnahmen von entscheidender Bedeutung, um die Akzeptanz und Unterstützung der Öffentlichkeit für eine rasche Dekarbonisierung zu gewährleisten. {6.8.1}

D.11 Um Produktion mit hohem Emissionsprofil oder hohem Ressourcenverbrauch zu vermeiden und den Arbeitskräftemangel zu überwinden, kann eine klimafreundliche Regulierung der Arbeitsmärkte einen Übergang von der Überproduktion zur nachhaltigen Bereitstellung

grundlegender Dienstleistungen ermöglichen (*mittleres Vertrauen*). Durch die Umverteilung von bezahlter Arbeit und unbezahlter Betreuungsarbeit sowie die Schaffung von wohnortnahen Arbeitsplätzen mittels entsprechender Wirtschafts- und Arbeitsmarktpolitik können klimafreundliche Arbeits- und Lebensweisen gestärkt werden. Durch eine gleichmäßigere Verteilung von Wohlstand und Einkommen, Arbeitsplatzgarantien und die öffentliche Bereitstellung von Grundgütern (z. B. Wohnen, Nahrungsmittel und Gesundheitsversorgung) kann die wirtschaftliche Sicherheit erhöht und somit ein ökologischer Wandel am Arbeitsmarkt ermöglicht werden. {4.7.3}

Medien und Bildung

D.12 Der Zusammenhang zwischen Klimawandel und Migration wird in der politischen Debatte in Österreich weitgehend übersehen. Diese Verbindung gewinnt vor allem dann an Aufmerksamkeit, wenn es aufgrund des Klimawandels zu einer verstärkten internationalen Migration nach Österreich kommt (*geringe Evidenz, hohe Übereinstimmung*). Die Evidenzbasis ist nach wie vor begrenzt und lässt nur vage Rückschlüsse zu, ob der Klimawandel zu einer verstärkten Migration nach Europa führen wird oder nicht, wobei die konkreten Auswirkungen auf Österreich unklar sind. {6.8.2}

D.13 Die Berichterstattung über den Klimawandel in den österreichischen Medien hat seit Mitte der 2000er Jahre zugenommen, wobei der Schwerpunkt auf den (negativen) wirtschaftlichen Folgen von Klimamaßnahmen liegt (*geringe Evidenz, hohe Übereinstimmung*). Im Gegensatz dazu werden verschiedene Perspektiven in der medialen Berichterstattung tendenziell zu wenig berücksichtigt. Dazu gehören beispielsweise die Notwendigkeit einer grundlegenden Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft, die über marktwirtschaftliche Ansätze und die individuelle Verantwortung hinausgeht, sowie die Frage der sozialen Ungleichheit. {6.8.4}

D.14 Bildung wird allgemein als ein Schlüsselinstrument zur Erreichung aller nachhaltigen Entwicklungsziele (SDGs) gesehen. Dies gilt insbesondere für die Klimabildung und SDG 13 „Maßnahmen zum Klimaschutz“ (*hohes Vertrauen*). Eine Umgestaltung des österreichischen Bildungssystems könnte dessen Potenzial, ein nachhaltiges und klimafreundliches Leben zu fördern, weiter ausbauen. Dazu gehört die Einbeziehung aller Bildungsstufen, von der frühen Kindheit bis zum lebenslangen Lernen, sowohl in formellen als auch in informellen Kontexten. Um die Wirkung der Klimabildung zu maximieren, müssen verschiedene Interessengruppen ihre Rolle deutlich stärken und ihre Anstrengungen erheblich intensivieren. {6.8.3}

E. Klimafreundliche Transformationspfade

Dieser Abschnitt führt klimafreundliche Transformationspfade als Wege ein, um ein gutes Leben für alle innerhalb planetarer Grenzen zu ermöglichen. Diese Pfade vereinen Anstrengungen zum Klimaschutz und zur Klimawandelanpassung sowie Effizienz- und Suffizienzmaßnahmen. Dabei wird die Notwendigkeit für einen integrativen Ansatz betont, um Synergiepotenziale zu fördern und die Wirksamkeit zu erhöhen. Klimafreundliche Transformationspfade erweitern den Rahmen der derzeitigen Pfade und weisen folgende gemeinsame Schlüsselmerkmale auf: (i) Die Erkenntnis, dass ein koordiniertes Handeln über alle Wirtschaftssektoren und alle Verwaltungsebenen hinweg erforderlich ist, um die Klimaziele zu erreichen, (ii) die Akzeptanz einer Mehrperspektivität, um zwischen widersprüchlichen Behauptungen und Weltanschauungen zu vermitteln, (iii) die Sicherstellung des Nutzens von Klimamaßnahmen im Alltag und die Berücksichtigung der Kosten des Nicht-Handelns, (iv) die Umsetzung einer Kombination aus politischen Instrumenten und (v) Anstrengungen zur Stärkung der gesellschaftlichen und politischen Unterstützung von Klimamaßnahmen.

Rahmenbedingungen für eine wirksame Integration der Klimapolitik

E.1 Österreichs verbleibendes Kohlenstoff-Budget, das sich aus den Zielen des Pariser Abkommens einer Stabilisierung des Anstiegs der globalen Durchschnittstemperatur nahe bei 1,5°C bzw. deutlich unter 2°C ergibt, ist beinahe ausgeschöpft. Bei Berücksichtigung verschiedener Konzepte der historischen Verantwortung oder der Leistungsfähigkeit ist das für Österreich berechnete Kohlenstoff-Budget bereits überschritten (*mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung*). Zur Erfüllung der völkerrechtlichen Verpflichtungen ist es erforderlich, dass in Österreich ein sukzessiver Ausstieg aus Erdöl, Erdgas und Kohle erfolgt und alle notwendigen Maßnahmen zur Erreichung von Netto-Null-Treibhausgasemissionen so rasch als möglich umgesetzt werden. {8.2, 8.4, Abbildung 8.18}

E.2 Die mit den derzeitigen politischen Instrumenten erreichbaren Treibhausgasemissionsreduktionen sind nicht ausreichend, um die verbindlichen EU-Ziele im Einklang mit dem Pariser Abkommen zu erfüllen (*hohes Vertrauen*). Internationale Klimaschutzverträge sind für die rechtlichen Rahmenbedingungen des Klimaschutzes in Österreich

nicht unmittelbar wirksam. Österreichs rechtsverbindliche Treibhausgasemissionsreduktionsziele leiten sich aus den Bestimmungen der EU-Lastenteilungsverordnung ab. Der Rahmen des europäischen Energie- und Umweltrechts dient als Hauptmotor für die Klimaschutzgesetzgebung in Österreich. Dies zeigt sich in der Zurückhaltung der österreichischen Politik, ein Klimaschutzgesetz zu verabschieden, das sektorale Ziele für die Treibhausgasemissionsreduktion bis 2030 und darüber hinaus festgelegt hätte. {6.3}

E.3 Die derzeitigen Klimamaßnahmen bleiben oft in einem politischen Vakuum und innerhalb von Rahmenbedingungen, die nicht ausreichen, damit Österreich seine Klimaziele erfüllen kann (*hohes Vertrauen*). Eine Politikgestaltung, die auf allen politischen Ebenen im Einklang mit dem Pariser Abkommen steht, muss die Klimapolitik sowohl vertikal (z. B. zwischen Bund, Ländern und Gemeinden) als auch horizontal (z. B. Integration von Maßnahmen seitens Ministerien) über alle Verwaltungsorgane hinweg umfassend integrieren. Diese Integration sollte Klimazielen die gleiche Priorität einräumen wie fiskalpolitischen Zielen, wie Nulldefizit, wirtschaftlichen Zielen, wie Wettbewerbsfähigkeit, und sozialen Zielen, wie Leistbarkeit. Zusätzlich zu Klimaschutzmaßnahmen sind Anpassungsinstrumente erforderlich, um die negativen Auswirkungen unvermeidbarer Folgen des Klimawandels auszugleichen. Maßnahmen, die einen gerechten Übergang fördern, sind für die erfolgreiche Umsetzung der Klimapolitik von entscheidender Bedeutung. Denn damit können unerwünschte soziale Härten abgemildert und die gesellschaftliche sowie politische Akzeptanz verbessert werden. {6.5, 8.5}

E.4 Klimaschutzmaßnahmen können einen Beitrag zur Erreichung der Ziele für nachhaltige Entwicklung (SDGs) leisten, denn in allen bewerteten Klimaschutzszenarien überwiegen die Synergiepotenziale gegenüber den Zielkonflikten (*mittlere Evidenz, hohe Übereinstimmung*). Die verschiedenen Klimaschutzmaßnahmen unterscheiden sich in Bezug auf ihr Synergie- und Zielkonfliktpotenzial. Nachfrageseitige Emissionsreduktionsoptionen scheinen mehr Vorteile zu haben als angebotsseitige, wenn es um die Erreichung der SDGs geht. Inwieweit Synergien oder Zielkonflikte sowohl innerhalb als auch außerhalb Österreichs realisiert werden, hängt jedoch von den konkreten Maßnahmen und deren Umsetzungsstrategien ab. {8.3.1, 8.4.5, Abbildung 8.17, Abbildung TS.15}

Methoden-Box 4: Bewertung der Ziele für nachhaltige Entwicklung (SDGs)

Die Bewertung potenzieller Synergien und Zielkonflikte zwischen Klimaschutz und den SDGs folgt der Analyse im IPCC-Sonderbericht über 1,5°C globale Erwärmung (Roy et al., 2018). Diese basierte auf einer Literaturanalyse und einer Bewertung durch Expert:innen auf der Grundlage einer umfassenden globalen Analyse, die sektorale Klimaschutzmaßnahmen im österreichischen Kontext berücksichtigt. Bei der Bewertung wurden mehrere Faktoren berücksichtigt: (a) Wechselwirkungen zwischen Klimaschutzmaßnahmen und bestimmten SDGs; (b) das Ausmaß dieser Wechselwirkungen nach Nilsson-Skala; (c) die Belastbarkeit der Belege; (d) der Grad der Übereinstimmung unter den Expert:innen; (e) das daraus resultierende Vertrauensniveau; und (f) Österreichspezifische Fachliteratur. Internationale Spillover-Effekte im Zusammenhang mit der Erreichung der SDGs, die über Österreich hinausgehen, und Zielkonflikte zwischen nationalen und globalen SDGs wurden nicht berücksichtigt. Folglich wurden Klimaschutzmaßnahmen in Bezug auf die Ozeane, wie beispielsweise Eisendüngung, blauer Kohlenstoff und verstärkte Verwitterung, von der Analyse ausgeschlossen. Außerdem wurden SDGs mit begrenzter unmittelbarer Relevanz für den österreichischen Kontext – wie SDG 14 (Leben unter Wasser), SDG 16 (Frieden, Gerechtigkeit und starke Institutionen) und SDG 17 (Partnerschaften zur Erreichung der Ziele) – ausgeklammert. Alle Optionen zum Klimaschutz sind direkt mit SDG 13 (Maßnahmen zum Klimaschutz) verbunden, weshalb SDG 13 nicht separat dargestellt wird. {8.3.1, 8.A.1}

Synergien und Zielkonflikte mit den Zielen für nachhaltige Entwicklung (SDGs)

Wechselwirkungen bewertet anhand der Nilsson-Skala und aggregiert nach Vertrauensniveau

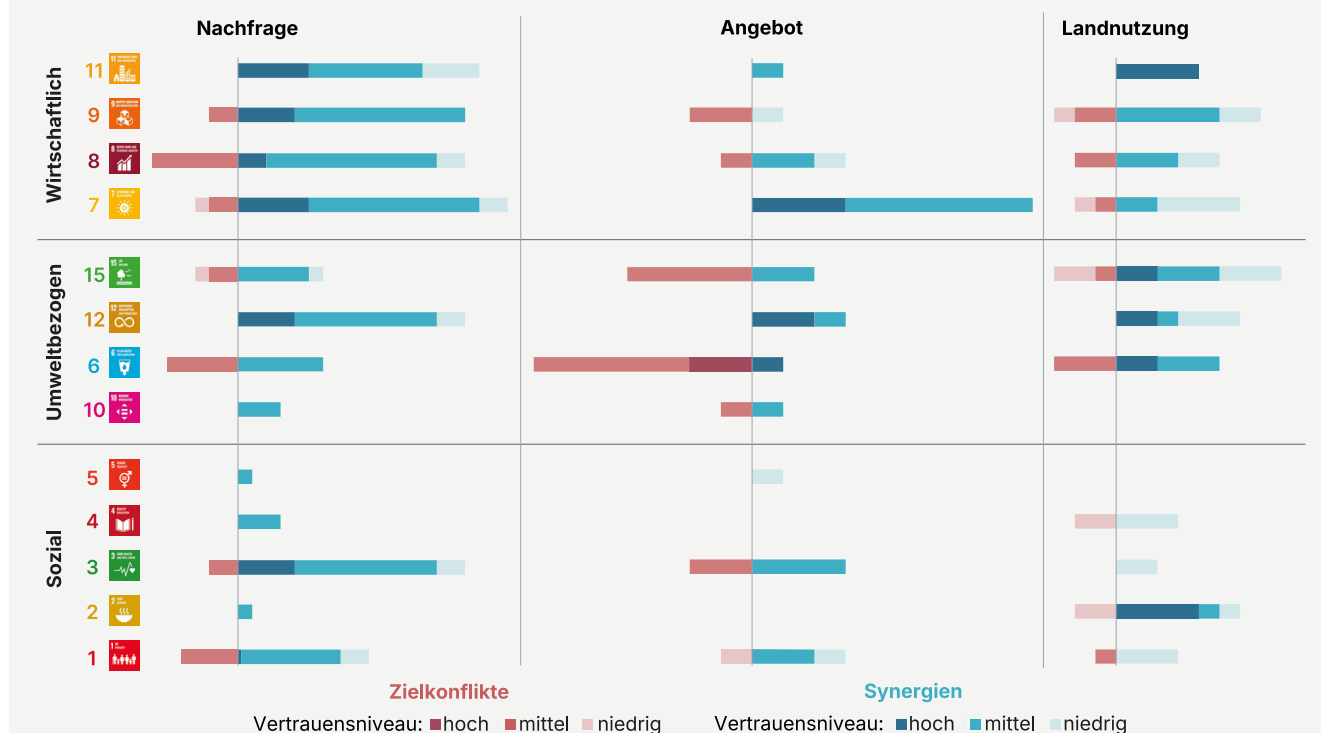


Abbildung TS.15 | Indikative Verknüpfungen zwischen Klimaschutzmaßnahmen und SDGs. Zu den wirtschaftlichen Entwicklungszielen zählen SDG 7 (Bezahlbare und saubere Energie), SDG 8 (Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum), SDG 9 (Industrie, Innovation und Infrastruktur) und SDG 11 (Nachhaltige Städte und Gemeinden). Zu den ökologischen Entwicklungszielen zählen SDG 6 (Sauberes Wasser und Sanitär-einrichtungen), SDG 12 (Nachhaltige/r Konsum und Produktion) und SDG 15 (Leben an Land). Zu den sozialen Entwicklungszielen zählen SDG 1 (Keine Armut), SDG 2 (Kein Hunger), SDG 3 (Gesundheit und Wohlergehen), SDG 4 (Hochwertige Bildung), SDG 5 (Geschlechtergleichheit) und SDG 10 (Weniger Ungleichheiten). Die Balkenlänge gibt das jeweilige Potenzial für Synergien/Zielkonflikte nach Nilsson-Skala an. Die Abbildung basiert auf IPCC (2022, Seite 20).

Merkmale klimafreundlicher Transformationspfade

E.5 Klimafreundliche Transformationspfade integrieren Emissionsreduktions- und Anpassungsstrategien sowie Effizienz- und Suffizienzmaßnahmen. Diese Pfade stützen sich dabei auf Narrative, welche den Nutzen von Klimaschutzmaßnahmen im Alltag und die Kosten des Nicht-Handelns hervorheben (*hohe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). Obwohl die Pfade unterschiedlich sind, haben sie eines gemein: Sie liefern ein Narrativ für die gesellschaftliche Organisation und das Verhalten. Ziel ist die Reduktion von direkten als auch indirekten Emissionen, um die Klimaziele zu erreichen. Gleichzeitig soll die Vulnerabilität gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels durch Anpassung verringert und die Klimaresilienz verbessert werden. Im weiteren Sinne zielen diese Pfade darauf ab, ein gutes Leben für alle innerhalb der planetaren Grenzen zu gewährleisten. {8.6.1, 8.6.2, 8.6.3, Tabelle 8.3}

E.6 Ein wichtiger förderlicher Faktor für klimafreundliche Transformationspfade ist die Akzeptanz einer Mehrperspektivität, weil dies eine zielführende Vermittlung zwischen widersprüchlichen Behauptungen und scheinbar unvereinbaren Weltanschauungen ermöglicht (*hohe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). Ein umfassendes, mehrperspektivisches Verständnis von Klimapolitik als Teil der nachhaltigen Entwicklung erleichtert die politische Integration und begrenzt den Einfluss einzelner Interessengruppen. Stärkere gesellschaftliche Unterstützung für Klimaschutzmaßnahmen ist entscheidend, damit diese durchführbar sind. Eine Transformationsstrategie, die auf Mehrperspektivität basiert, könnte durch die Kombination von inkrementellen und disruptiven Maßnahmenbündeln dazu beitragen, zielführende Koalitionen zu bilden. Während inkrementelle Ansätze in der Regel wirkungslos und nicht in der Lage sind, nicht-nachhaltige Rahmenbedingungen zu transformieren, könnte ein disruptiver Wandel tiefgreifendere systemische Übergänge vorantreiben. Jedoch kann dies möglicherweise durch einzelne Institutionen und Partikularinteressen behindert werden, weil die öffentliche Unterstützung als nicht vorhanden wahrgenommen wird. {8.6.1, Chapter Box 8.1, Tabelle 8.3, Tabelle TS.6}

E.7 Klimafreundliche Transformationspfade umfassen ein ausgewogenes Portfolio aus inkrementellen und disruptiven Maßnahmen (*hohe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). Ein alleiniger Fokus auf Maßnahmen, die sich stark auf Möglichkeiten der Technologie und Effizienzsteigerungen konzentrieren, stellt eine Form von Klimaschutzverzögerung dar. Denn solche Maßnahmen allein reichen nicht aus, um die Klimaziele zu erreichen. Klimafreundliche Transformationspfade erfordern Bündel von inkrementellen und strukturellen Maßnahmen, die allgemein akzeptierte Vorgehensweisen (z. B. Schaffung von Grünflächen und Ausbau des öffentlichen Verkehrs) mit kontroversiellen Ansätzen (z. B. Reduktion von Parkplätzen in Städten und Umstellung auf gesunde Ernährungsweisen) kombinieren. Strategische Autonomie und eine geringere Abhängigkeit von Importen fossiler Brennstoffe können erreicht werden, indem die Nachfrage durch Suffizienzmaßnahmen gesenkt wird. Der Vorteil von Regularien – seien es Geschwindigkeitsbegrenzungen oder Produktvorschriften – ist, dass diese Maßnahmen für die Öffentlichkeit kostengünstig sind. Außerdem können diese Maßnahmen unter Umständen zu sofortigen Ergebnissen führen und auch den fiskalpolitischen Handlungsspielraum vergrößern (*mittleres Vertrauen*). {8.6.1, 8.6.2, 8.6.3, 8.7, Tabelle 8.3}

E.8 Klimafreundliche Transformationspfade zielen darauf ab isolierte Ansätze in der Klimapolitik zu überwinden, indem sie verschiedene Strategien und Maßnahmen gezielt integrieren und ein gutes Leben für alle innerhalb der planetaren Grenzen zum Ziel haben (*hohe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). In demokratischen Gesellschaften existieren zwar verschiedene Pfade, die auf unterschiedlichen Interessen und Werten beruhen, aber sie haben eines gemein: Sie überwinden isolierte Ansätze in der Klimapolitik, indem sie soziale und wirtschaftliche Maßnahmen integrieren. Sie liefern ein Narrativ für die gesellschaftliche Organisation und das Verhalten. Ziel ist die Reduktion von direkten als auch indirekten Emissionen, um die Klimaziele (Klimaneutralität) zu erreichen. Gleichzeitig soll die Vulnerabilität gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels durch Anpassung (Klimaresilienz) verringert werden, um ein gutes Leben für alle innerhalb der planetaren Grenzen zu gewährleisten. {8.5, 8.6, 8.7, Tabelle 8.3}

Tabelle TS.6 | Überblick über Hindernisse und Hebel klimafreundlicher Transformationen. {Tabelle 8.2}

Politikfelder	Hindernisse für die Umsetzung der klimafreundlichen Transformationen	Hebel für die Umsetzung der klimafreundlichen Transformationen
Globale Governance	• Umstrittene globale Klima-Governance • Marktorientierte Governance schränkt politischen Spielraum ein • Nationale Sicherheitspolitik steht über kooperativer Governance	• Demokratischer Spielraum für effektive Politik • Steigerung der strategischen Autonomie und Verringerung der Importabhängigkeit durch Suffizienzmaßnahmen
Demokratie, Recht und Wissenschaft	• Politische Entscheidungen, die Klimaschutzmaßnahmen verzögern • Wissenschaftsskepsis	• Verknüpfung repräsentativer, beratender und partizipativer Formen der Demokratie sowie wissenschaftlicher Expertise • Aufzeigen der Vorteile von Klimaschutzmaßnahmen vs Kosten des Nicht-Handelns • Klimaklagen und Gerichtsverfahren zum Klimawandel
Politisch-wirtschaftliche Rahmenbedingungen	• Makro- und mikroökonomische Wachstumsimperative • Macht und Interessen großer Unternehmen • Dominanz von Risikominderungsmaßnahmen • Umstrittener europäischer Green Deal	• Koordinierte Wirtschaftsplanung zur Förderung von Innovation und Exnovation • Begrenzung der Interessen großer Unternehmen • Steuer-, Geld- und Wirtschaftspolitik, die Anreize und Regulierung verknüpft
Soziokulturelle Rahmenbedingungen	• Festhalten am Status quo (Verteidigung nicht-nachhaltiger und unfairer Konsummuster) • Diskrepanz zwischen Problembewusstsein und Handeln • Werbung für den Mehrverbrauch fossiler Brennstoffe	• Ökosoziale Maßnahmen zum Abbau von Ungleichheiten und zur Steigerung des Wohlergehens aller • Breitere Allianzen basierend auf Vorteilen für das tägliche Leben
Anpassung	• Umsetzungslücke aufgrund von mangelnder Priorisierung, unzureichendem politischen Willen und fehlenden Budgets • Anpassungsgrenzen schränken den Handlungsspielraum der Politik ein	• Iteratives Klimarisikomanagement zur Umsetzungsunterstützung von Anpassungsmaßnahmen • Transformative Anpassung als Alternative zur schrittweisen Anpassung

Mehrperspektivität und Narrative der Transformationspfade

E.9 Maßnahmenbündel, die Erkenntnisse aus verschiedenen Perspektiven kombinieren, sind in der Regel wirksamer als idealtypische Pfade, die sich ausschließlich auf spezifische Maßnahmen konzentrieren. Diese idealtypischen Szenarien sprechen zwar bestimmte soziokulturelle Milieus an, finden jedoch keine breitere gesellschaftliche Unterstützung (*hohe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). Idealtypische Transformationspfade mögen zwar technisch-wirtschaftlich machbar sein, aber sind aus soziokultureller

und politisch-ökonomischer Sicht nicht tragfähig. Diese Erkenntnis wird von Szenariomodellierungen wie den bewerteten NetZero2040-Szenarien untermauert. Einige davon korrelieren eng mit idealtypischen Transformationspfaden (ökologische Modernisierung und Systemwandel). Das NetZero2040-Szenario mit hohen Importen/hoher Nachfrage ähnelt einem ökomodernistischen Transformationspfad. Es stützt sich hauptsächlich auf markt- und technologiebasierte Lösungen, erfordert neben dem Ausbau der Wind- und Solarinfrastruktur jedoch drastische Erhöhungen der Energie- und CO₂-Preise, was die gesellschaftliche Akzeptanz stark gefährden könnte. Das NetZero2040-Szenario

mit geringen Importen/geringer Nachfrage hingegen entspricht einem Transformationspfad mit Systemwandel, der eine Verringerung der Pro-Kopf-Wohnfläche und des Neubaus vorsieht – Maßnahmen, die kurzfristig wahrscheinlich kaum Unterstützung seitens der Gesellschaft finden werden. Die vom Umweltbundesamt Österreich (UBA) entwickelten und ausdrücklich zur Unterstützung der Politik ausgearbeiteten Szenarien unterstreichen die Notwendigkeit von Kompromissen in einer demokratischen Klimapolitik. Da sie näher an der Realität der politischen Entscheidungsträger sind, kombinieren alle UBA-Szenarien verschiedene Arten von Maßnahmen – Vermeidungs-/Verlagerungs-/Verbesserungs-, Push- und Pull-Maßnahmen zur Suffizienz- und Effizienzsteigerung – und gehen damit über die idealtypischen Transformationspfade hinaus. Insbesondere die Szenarien „With Existing Measures“ (WEM) und „With Additional Measures“ (WAM) spiegeln die aktuellen politischen Prioritäten wider, wobei Klimaziele den Lebenshaltungskosten und den Bedenken hinsichtlich der Wettbewerbsfähigkeit untergeordnet werden. Dies hat zur Folge, dass die Klimaziele in den WEM- und WAM-Szenarien aufgrund verzögerter und unzureichender Maßnahmen verfehlt werden. Das Szenario Transition 2040 des UBA wurde hingegen auf das Ziel ausgerichtet, dass Österreich bis 2040 Netto-Null-Emissionen erreicht. Jedoch ist der Einsatz von Kohlendioxidabscheidung, -nutzung und -speicherung (CCUS) erforderlich, um Restemissionen in der Landwirtschaft und in jenen Industriesektoren auszugleichen, in denen Emissionen nur zu hohen Kosten vermeiden werden können. {8.4.2, 8.4.3, 8.5.3, 8.5.4, 8.7, [Abbildung TS.12](#)}

E.10 Derzeit bestimmen Narrative, die sich auf Märkte, Technologie und Effizienzsteigerungen konzentrieren, den klimapolitischen Diskurs (*hohes Vertrauen*). Durch diese Narrative können Allianzen für Klimaschutz ausgebaut und weite Teile der Gesellschaft eingebunden werden, sofern sowohl Fairness-Aspekte als auch kurzfristige positive Nebeneffekte wie attraktive Angebote im öffentlichen Verkehr (z. B. „KlimaTicket“) und Anreize zur Förderung der Kreislaufwirtschaft (z. B. „Reparaturbonus“) dabei stärker berücksichtigt werden. Diese Angebote können auch für jene Menschen attraktiv sein, die einer ambitionierten Klimapolitik skeptisch gegenüberstehen. {8.6}

E.11 Narrative, die sich auf den Strukturwandel sowie Suffizienz- und Emissionsreduktionsmaßnahmen konzentrieren, können wirksamer und praktikabler werden, wenn sie auf die Sicherstellung eines hohen Lebensstandards sowie

Verbesserung der Arbeits- und Sozialbedingungen ausgerichtet sind (*hohe Evidenz, mittlere Übereinstimmung*). Dies kann das Interesse an Klimapolitik verschiedener Bevölkerungsgruppen einschließlich Haushalten mit niedrigem Einkommen wecken. Indem eine ehrgeizige sozial-ökologische Agenda mit der Neuausrichtung der Wirtschaft kombiniert wird, können die Grundbedürfnisse in den Bereichen Gesundheit, Betreuungsarbeit, Ernährung, Wohnen, Energie und Mobilität befriedigt werden. {8.6.3, [Tabelle 8.3](#)}

E.12 Eine umfassende und ehrgeizige Strategie kann in einem demokratischen Umfeld durchaus praktikabel sein, wenn die Lastenverteilung als fair angesehen wird und Nachteile für private Akteure (z. B. bürokratische Kosten und Unannehmlichkeiten) minimiert werden, zumal die Akzeptanz von Klimaschutzmaßnahmen nach ihrer Umsetzung tendenziell zunimmt und damit wirksame Klimamaßnahmen im Nachhinein legitimiert werden (*mittleres Vertrauen*). Der ausgewählte Maßnahmenmix basiert auf Werten, Interessen und Wissen innerhalb eines Rahmens von gesellschaftlichen Präferenzen und Machtverhältnissen. Wenn die Umsetzung der Klimapolitik nicht gelingt, werden die Kosten des Nicht-Handelns steigen und die potenziellen Vorteile für den Alltag verloren gehen. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit der Nichterreichung von Klimazielen stillschweigend akzeptiert. Alternativ können politische Entscheidungsträger versuchen, den Erkenntnissen der Klimaforschung zu folgen und Maßnahmenbündel umzusetzen, darunter auch jene Maßnahmen, die zunächst möglicherweise keine gesellschaftliche und politische Unterstützung finden (z. B. Steuererhöhungen oder Geschwindigkeitsbeschränkungen), aber die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass die langfristigen Klimaziele erreicht werden. {8.5.2, 8.6.1, 8.7}

E.13 Die Klima-Governance beruht auf politischen Entscheidungen. Die Wirksamkeit der Klimaschutzmaßnahmen hängt von vier Schlüsselementen ab: Ausweitung der Klimapolitik, klimafreundliche Governance-Modelle, ein erweiterter Instrumentenmix sowie die Unterstützung durch Politik und Gesellschaft (*mittleres Vertrauen*). Die Integration der Klimapolitik in die nachhaltige Entwicklung kann die Politikkohärenz fördern und den Einfluss von Partikularinteressen verringern. Ein vielfältiger Mix aus Maßnahmen zur Emissionsreduktion und Anpassung, Stärkung von Effizienz und Suffizienz sowie inkrementeller als auch disruptiver Ansätze unterstützt den Governance-Rahmen. {6.5.1, 8.6.1, 8.6.2, 8.6.3, [Tabelle 8.3](#)}

Referenzen

- APCC (2018). *Österreichischer Special Report Gesundheit, Demographie und Klimawandel (ASR18)*. Austrian Panel on Climate Change (APCC). Wien, Österreich: Verlag der ÖAW: <https://austriaca.at/8427-0> (abgerufen am 20.09.2022).
- Auer, I., Böhm, R., Jurkovic, A., Lipa, W., Orlik, A., Potzmann, R., et al. (2007). HISTALP—historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region. *Int. J. Climatol.* 27, 17–46. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.1377>
- Becci, B., und Formayer, H. (2024). Linking local climate scenarios to global warming levels: applicability, prospects and uncertainties. *Environ. Res. Clim.* 3, 045003. doi: <https://doi.org/10.1088/2752-5295/ad574e>
- BMK (2021). Zweiter Fortschrittsbericht zur österreichischen Strategie zur Anpassung an den Klimawandel. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Wien: <https://www.bmluk.gv.at/service/publikationen/klima-und-umwelt/zweiter-fortschrittsbericht-zur-oesterreichischen-strategie-zur-anpassung-an-den-klimawandel.html>
- Chimani, B., Heinrich, G., Hofstätter, M., Kerschbaumer, M., Kienberger, S., Leuprecht, A., et al. (2016). ÖKS15 – Klimaszenarien für Österreich. Daten, Methoden und Klimaanalyse. Wien: https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:7fd75e22-1b88-415f-a4a8-6ea8aa51d575/OEKS15_Endbericht_kleiner.pdf
- Chimani, B., Koch, R., Tilg, A.-M., Ganekind, M., Günther, D., Rohrböck, A., et al. (2024). Bestimmung der aktuellen Klimaerwärmung für Österreich. *CCCA Factsheet 50*: https://ccca.ac.at/fileadmin/00_DokumenteHauptmenue/02_Klimawissen/FactSheets/50_klimaaerwaermung_oesterreich_202412.pdf
- Dorninger, C., Ginrich, S., Haas, W., Brad, A., Schneider, E., und Wiedenhofer, D. (2025). Slow and unequal reduction in Austrian household GHG footprints between 2000 and 2020: <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5052026>
- Fuchs, S., Karagiorgos, K., Keiler, M., Papathoma-Köhle, M., und Nyberg, L. (2024). The ambiguity in IPCC's risk diagram raises explanatory challenges. *Nat. Hazards* 120, 12559–12564. doi: <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06643-9>
- Garschagen, M., Adler, C., Crate, S., Jacot Des Combes, H., Glavovic, B. C., Harper, S., et al. (2019). “Cross-Chapter Box 2 | Key Concepts of Risk, Adaptation, Resilience and Transformation,” in *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*, Hrsg. H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, et al. (Cambridge, UK und New York, NY, USA: Cambridge University Press), 87–90: <https://doi.org/10.1017/9781009157964.003>
- GeoSphere Austria (2020). SPARTACUS v2.1 Tagesdaten. doi: <https://doi.org/10.60669/DNSV-AY89>
- Gütschow, J., Busch, D., und Pflüger, M. (2024). The PRIMAP-hist national historical emissions time series (1750–2023) v2.6. doi: <https://doi.org/10.5281/ZENODO.13752654>
- Gütschow, J., Jeffery, M. L., Gieseke, R., Gebel, R., Stevens, D., Krapp, M., et al. (2016). The PRIMAP-hist national historical emissions time series. *Earth Syst. Sci. Data* 8, 571–603. doi: <https://doi.org/10.5194/essd-8-571-2016>
- Hantel, M., Maurer, C., und Mayer, D. (2012). The snowline climate of the Alps 1961–2010. *Theor. Appl. Climatol.* 110, 517–537. doi: <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0688-9>
- Hiebl, J., Hartmeyer, I., Böhm, R., Schöner, W., Maugeri, M., Lenti, G., et al. (2009). A high-resolution 1961–1990 monthly temperature climatology for the Greater Alpine Region. *Meteorol. Z.* 18, 507–530. doi: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2009/0403>
- Hu, Z., Dietz, A., Zhao, A., Uereyen, S., Zhang, H., Wang, M., et al. (2020). Snow Moving to Higher Elevations: Analyzing Three Decades of Snowline Dynamics in the Alps. *Geophys. Res. Lett.* 47, e2019GL085742. doi: <https://doi.org/10.1029/2019GL085742>
- IPCC (2022). “Summary for Policymakers,” in *Global Warming of 1.5°C: IPCC Special Report on Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-industrial Levels in Context of Strengthening Response to Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty*, Hrsg. V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, et al. (Cambridge, UK und New York, NY, USA: Cambridge University Press), 3–24. doi: <https://doi.org/10.1017/9781009157940>
- Kotlarski, S., Gobiet, A., Morin, S., Olefs, M., Rajczak, J., und Samacoits, R. (2023). 21st Century alpine climate change. *Clim. Dyn.* 60, 65–86. doi: <https://doi.org/10.1007/s00382-022-06303-3>
- Marbler, A. (2024). Pop-AUT: Subnational SSP Population Projections for Austria. doi: <https://doi.org/10.5281/ZENODO.10477870>
- Morice, C. P., Kennedy, J. J., Rayner, N. A., Winn, J. P., Hogan, E., Killick, R. E., et al. (2021). An Updated Assessment of Near-Surface Temperature Change From 1850: The HadCRUT5 Data Set. *J. Geophys. Res. Atmospheres* 126. doi: <https://doi.org/10.1029/2019JD032361>
- Nabernegg, S., und Otto, I. (2025). Social tipping dynamics for reaching net zero in Austria.
- Nabernegg, S., Steininger, K. W., und Lackner, T. (2023). Consumption- and production-based emissions: Updates for Austria. Graz: Wegener Center Verlag.
- O'Neill, B., van Aalst, M., Zaiton Ibrahim, Z., Berrang Ford, L., Bhadwal, S., Buhaug, H., et al. (2022). “Key Risks Across Sectors and Regions,” in *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Hrsg. H. O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, et al. (Cambridge, UK und New York, NY, USA: Cambridge University Press), 2411–2538. doi: <https://doi.org/10.1017/9781009325844.025>
- Otto, I. M., Donges, J. F., Cremades, R., Bhowmik, A., Hewitt, R. J., Lucht, W., et al. (2020). Social tipping dynamics for stabilizing Earth's climate by 2050. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 117, 2354–2365. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.0705414105>
- Pichler, C., und Steininger, K. W. (2019). Das Treibhausgasbudget für die Stadt Graz: Die aktuell der Stadt Graz zuzurechnenden Treibhausgas-Emissionen als Basis für sowohl Mitigationspfade als auch die Zurechnung des Carbon Budgets für Graz. Wissenschaftlicher Bericht 84-2019. Graz: Wegener Center Verlag: <https://wegcwww.uni-graz.at/publ/wegcreports/2019/WCV-WissBer-Nr84-CPichlerKSteininger-Nov2019.pdf>
- Riahi, K., Van Vuuren, D. P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B. C., Fujimori, S., et al. (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Glob. Environ. Change* 42, 153–168. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009>

- Roy, J., Tschakert, P., Waisman, H., Abdul Halim, S., Antwi-Agyei, P., Dasgupta, P., et al. (2018). "Chapter 5: Sustainable Development, Poverty Eradication and Reducing Inequalities," in *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, und T. Waterfield (Hrsg.)], (Cambridge, UK und New York, NY, USA), 445–538: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/02/SR15_Chapter5_Low_Res.pdf (abgerufen am 22.03.2024).
- Schirpke, U., und Tasser, E. (2024). Potential impacts of climate change on ecosystem services in Austria. *Ecosyst. Serv.* 68, 101641. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101641>
- Schmidt, J., Mitter, H., Baumann, M., Boza-Kiss, B., Huppmann, D., Wehrle, S., et al. (2025). Need for speed: Co-creating scenarios for climate neutral energy systems in Austria in 2040. *Energy Policy* 198, 114493. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2024.114493>
- Stadt Graz (2022). Klimaschutzplan Graz Teil 1 – Eröffnungsbilanz. Graz: Stadt Graz: https://www.graz.at/cms/dokumente/10387901_8106610/9a82ba0e/Beilage%20GR%20Klimaschutzplan_Graz_Teil1_Er%C3%B6ffnungsbilanz_20220310.pdf (abgerufen am 18.11.2024).
- Steininger, K., Alaux, N., Glas, N., Hoff, H., Kueschnig, M., Kulmer, V., et al. (2024). Austria's Climate Neutrality: A Consistent Cross-Sector Analysis and Policy Package, Distributional and Financial Implications (Final Report of the project INTEGRA-TE). ACRP, Klimafonds.
- Steininger, K. W., Munoz, P., Karstensen, J., Peters, G. P., Strohmaier, R., und Velázquez, E. (2018). Austria's consumption-based greenhouse gas emissions: Identifying sectoral sources and destinations. *Glob. Environ. Change* 48, 226–242. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.11.011>
- Theine, H., Humer, S., Moser, M., und Schnetzer, M. (2022). Emissions inequality: Disparities in income, expenditure, and the carbon footprint in Austria. *Ecol. Econ.* 197, 107435. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107435>
- Umweltbundesamt (2022). Bundesländer Luftschadstoff-Inventur 1990–2020. Regionalisierung der nationalen Emissionsdaten auf Grundlage von EU-Berichtspflichten (Datenstand 2022). Vienna: Umweltbundesamt GmbH: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0817.pdf>
- Umweltbundesamt (2024a). Energie- und Treibhausgas- Szenario Transition 2040. Bericht für das Szenario Transition 2040 mit einer Zeitreihe von 2020 bis 2050. Vienna: Umweltbundesamt. Available at: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0880.pdf> (abgerufen am 08.05.2024).
- Umweltbundesamt (2024b). Energie und Treibhausgasszenarien zum Nationalen Energie- und Klimaplan 2024. WEM 2024 und WAM 2024 mit Zeitreihen von 2020 bis 2050. Wien: Umweltbundesamt: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0951.pdf> (abgerufen am 06.02.2025).
- Umweltbundesamt (2025). Austria's Annual Greenhouse Gas Inventory 1990–2023. Submission under Regulation (EU) No 2018/1999. Vienna: Umweltbundesamt: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0952.pdf>
- Wang, X., Meng, X., und Long, Y. (2022). Projecting 1 km-grid population distributions from 2020 to 2100 globally under shared socioeconomic pathways. *Sci. Data* 9, 563. doi: <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01675-x>
- Weisz, U., Pichler, P.-P., Jaccard, I. S., Haas, W., Matej, S., Bachner, F., et al. (2020). Carbon emission trends and sustainability options in Austrian health care. *Resour. Conserv. Recycl.* 160, 104862. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104862>
- Williamson, O. E. (1998). The Institutions of Governance. *Am. Econ. Rev.* 88, 75–79.
- Žebre, M., Colucci, R. R., Giorgi, F., Glasser, N. F., Racoviteanu, A. E., und Del Gobbo, C. (2021). 200 years of equilibrium-line altitude variability across the European Alps (1901–2100). *Clim. Dyn.* 56, 1183–1201. doi: <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05525-7>