

FAKTENCHECK Klimawandel

• Die wichtigsten Daten und Fakten •

Unsere Winter MIT Klimaschutzmaßnahmen (+2 °C)

Impressum

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Klima- und Energiefonds
Leopold-Ungar Platz 2 Stiege 1/4.OG / Top 142
1190 Wien
www.klimafonds.gv.at

Inhaltliche Ausarbeitung

Marc Olefs, GeoSphere Austria
Rosmarie de Wit, GeoSphere Austria

Inhaltliche Mitwirkung

Gernot Wörther, Klima- und Energiefonds

Gestaltung

Angie Rattay, mit Unterstützung von:
Rita Atteneder, Alexander Hartwein, Jueli Tran
www.angieneering.net

Druck

gugler Druck Sinn

Herstellungsort

Wien, 2025

Die Illustrationen auf dem Cover und der Rückseite dieses Faktenchecks sind angelehnt an die interaktive Grafik des Projektes FuSE-AT (Future Snow Cover Evolution in Austria). Diese Grafik gibt einen Überblick über die vergangene und künftige Schneesituation in Österreich in drei Szenarien. Das Szenario „Der unvermeidbare Klimawandel“ (Cover vorne) zeigt ein Winterbild, das den erwarteten klimatischen Verhältnissen der kommenden Jahrzehnte (2021-2050) entspricht. Durch die Einhaltung des 2°C-Ziels gemäß dem Pariser Klimaabkommen kann das Klima auf diesem Level langfristig stabilisiert werden. Das Szenario „Der fossile Weg“ (Rückseite) stellt ein „Worst-Case-Szenario“ dar, welches eine Welt ohne Klimaschutz am Ende des 21. Jahrhunderts beschreibt. Für weitere Informationen siehe: fuse-at.ccca.ac.at



Inhalt

	FOKUS: GRUNDLAGENWISSEN	05
01	Warum ändert sich das Klima?	06
02	Noch Wetter oder schon Klima?	08
03	Woher wissen wir, was wir wissen?	10
04	Wie verlässlich ist der Blick in die Zukunft? Wo wird das CO ₂ gemessen?	12 14
	FOKUS: AUSWIRKUNGEN IN ÖSTERREICH	17
05	Temperatur: Sichere Erkenntnis mit vielen Auswirkungen	18
06	Niederschläge und Unwetter nehmen zu	20
07	Weniger Schnee	22
08	Schmelzende Gletscher	24
09	Werden großflächige Stürme häufiger?	26



FOKUS

Grundlagen-
wissen

01 Warum ändert sich das Klima?

KURZ

Änderungen des Klimas hat es schon immer gegeben. Aber: Derzeit ändert sich das Klima in einer noch nie dagewesenen Geschwindigkeit. Mit dem Ende der letzten Eiszeit kam es innerhalb von 10.000 Jahren zu einem weltweiten Anstieg der Temperatur von etwa 6 °C. Die Menschheit könnte nun durch ungebremste Förderung und Verbrennung fossiler Energieträger einen globalen Temperaturanstieg von 4 °C innerhalb von nur 300 Jahren bewirken.

Das Klima der Erde ändert sich seit ihrer Entstehung. Dafür verantwortlich sind natürliche Vorgänge und seit Mitte des 18. Jahrhunderts der Einfluss des Menschen.

Natürliche Antriebe:

- Bei Betrachtungen von Jahrhunderten nicht relevant sind die Auswirkungen von extrem langsamen zyklischen Schwankungen der Erdbahnparameter im Abstand von zehntausenden bis hunderttausenden Jahren und die Bewegungen der Kontinente (Plattentektonik).
- Änderungen der Sonnenaktivität führen zu Änderungen der Temperatur (Abkühlung oder Erwärmung).
- Große Vulkanausbrüche verursachen meist eine Netto-Abkühlung, da die Asche in der Atmosphäre die Sonneneinstrahlung dämpft. Zum Beispiel war es nach dem Ausbruch des Tambora (Indonesien, 1815) in Wien mehrere Jahre um fast ein Grad kühler (Jahresmittel).

Menschliche Aktivitäten:

- Luftverschmutzung durch Aerosole (sehr kleine Partikel, die z.B. bei Verbrennungsprozessen durch Fabriken und Autos freigesetzt werden) dämpft die Sonneneinstrahlung in Bodennähe.
- Treibhausgase (z.B. Kohlendioxid und Methan) führen zu einer Erwärmung. Denn sie lassen die von der Sonne ankommende kurzweilige Strahlung zwar durch, dämpfen aber die langwellige (Wärme-)Abstrahlung der Erde ins Weltall.

In den letzten 200 Jahren begann ein in der Erdgeschichte erstmaliger Übergang in drei Phasen:

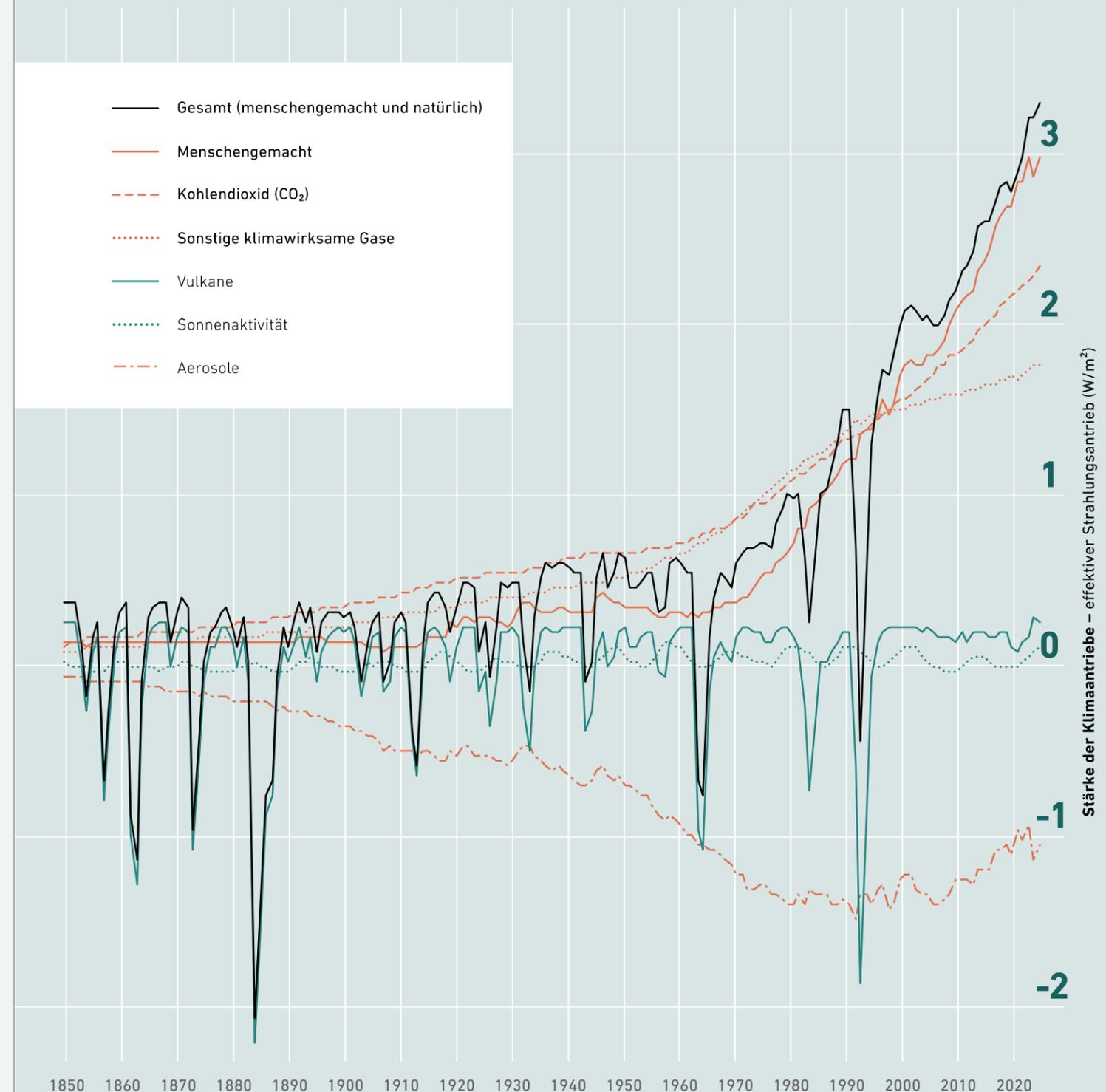
1. Zunächst dominierten noch der Einfluss der natürlichen Klimaantriebe Sonnenaktivität und Vulkanausbrüche.
2. Ab den 1890er-Jahren begann ein Trend zur Erwärmung durch menschlich verursachte Treibhausgase. Spätestens seit den 1920er Jahren ist der menschlich verursachte Treibhauseffekt global der dominante Klimaantrieb. Diese Erwärmung wurde aber durch die kühlende Wirkung der Luftverschmutzung (Global Dimming) bis in die 2000er-Jahre regional unterschiedlich stark gedämpft.
3. Aus gesundheitlichen Gründen notwendige Maßnahmen zur Reinhaltung der Luft und eine Abnahme der Bewölkung beschleunigten ab den 1980er-Jahren in Europa die Erwärmung zusätzlich. Unabhängig davon ist der Ausstoß von menschlich verursachten Treibhausgasen weiter angestiegen.

Global Dimming

Global Dimming (globale Verdunkelung) bezeichnet die Trübung der Atmosphäre durch Aerosole, in deren Folge weniger Sonnenlicht die Erdoberfläche erreicht. Ein derartiger Effekt wurde auf der Erde von etwa den 1950er-Jahren bis in die 2000er-Jahre gemessen. Ursache war die Luftverschmutzung durch Schwebstoffe, besonders Sulfataerosole. Ab den 1980er-Jahren sorgten Maßnahmen zur Reinhaltung für ein Aufklaren der Erdatmosphäre (Global Brightening). In einigen Regionen der Erde wie Südostasien steht dies erst noch bevor.

Die Effekte von Landnutzung, Kondensstreifen und Rußaerosolen (Schneedecke) sind in der Kurve "Menschengemacht" enthalten und nicht explizit dargestellt.

Zeitliche Entwicklung der wichtigsten aktuellen Klimaantriebe von 1850-2024



02 Noch Wetter oder schon Klima?

KURZ

Klimaerwärmung und ein Tag mit Frost und Schnee – passt das zusammen? Ja. Denn auch in einem immer wärmeren Klima wird es in Österreich weiterhin Tage mit strengem Frost und auch Phasen mit viel Schnee geben, sie werden aber seltener. Heiße Tage zum Beispiel werden hingegen häufiger.

Wetter und Klima einer Region hängen natürlich eng zusammen. Aber während das Wetter von Tag zu Tag und von Woche zu Woche stark schwanken kann, ist das Klima die Statistik aus vielen Jahren Wetter an einem Ort. Dabei geht es nicht nur um die mittleren Jahreswerte der Temperatur oder des Niederschlags sondern auch besonders um die Entwicklung der Extremwerte, also wie sich zum Beispiel heiße Tage (mindestens 30°C) oder die stärksten Regenfälle innerhalb einer Stunde oder eines Tages verändern. Typischerweise werden für die Berechnungen des Klimas Perioden von zumindest 30 Jahren verwendet.

Ein Vergleich: Das Klima entspricht dem Inhalt meines Kleiderschranks. Hier finde ich im gesamten Jahr die passende Kleidung. Was davon ich aber an einem bestimmten Tag anziehe, kann sehr unterschiedlich sein, je nach dem aktuellen Wetter. Der Inhalt des Kleiderschranks wird bei einer Person in Ägypten deutlich anders aussehen als bei einer Person in Island. Und wenn sich das Klima ändert, trägt man einige Kleidungsstücke immer öfter und einige immer seltener. Irgendwann verändert sich somit auch der Inhalt des Schrankes.

Entwicklung der Sommertage und Frosttage am Beispiel Wiens



Quelle: Darstellung basierend auf Zahlen und Daten der GeoSphere Austria.

03 Woher wissen wir, was wir wissen?

KURZ

Die Klimaerwärmung in Österreich und weltweit zeigt sich ganz deutlich in vielen unterschiedlichen Messungen, egal ob in der Stadt, auf dem Land oder auf den höchsten Gipfeln. Sehr drastisch zeigen sich Klimaänderungen auch bei vielen Pflanzen, die immer früher blühen und immer später ihr Laub verlieren. Auch die Zeit vor der Erfindung von Messgeräten ist mittlerweile sehr gut erforscht. Informationen über das Klima von vor tausenden bis zu mehreren Millionen Jahren können zum Beispiel aus Bohrkernen der Tiefsee und dem Eis der Antarktis sowie aus dem Sediment von Seen, anhand von Tropfsteinen und von Baumringen gewonnen werden.

Österreich besitzt einige der längsten Messreihen der Welt. So wird zum Beispiel in Kremsmünster in Oberösterreich seit 1767 regelmäßig die Temperatur gemessen, am Hohen Sonnblick (in 3.100 Metern Seehöhe in den Hohen Tauern) seit 1886.

Über die Jahre kamen mehr und mehr Wetterstationen dazu und heute misst die GeoSphere Austria an rund 290 Orten in Österreich rund um die Uhr das Wetter. Dazu kommen andere Messnetze, wie von den hydrografischen Diensten und den Lawinenwarndiensten. Alle Daten werden nach einheitlich festgelegten Kriterien erhoben und geprüft.

Natürlich reagieren nicht alle Regionen und Höhenlagen gleich auf Änderungen des Klimas und es gibt auch Unterschiede zwischen Stadt und Land. Eine Tatsache zieht sich aber durch alle Messungen: Es ist in den letzten Jahrzehnten wärmer geworden. Das zeigen die Thermometer in Wien genauso wie am Gipfel des Sonnblicks und überall auf der Welt, und das zeigen zum Beispiel auch die Temperaturen der Seen und der Blühbeginn von Apfel- und Marillenbäumen. Sogar aus den unabhängigen Messreihen des Luftdrucks in verschiedenen Höhenlagen lässt sich die Temperaturänderung im Tal rekonstruieren, da Temperaturänderungen zu Luftdruckänderungen führen.

Für viele Fragen der Klimaforschung sind Informationen über das Klima von vor tausenden bis zu mehreren Millionen Jahren notwendig.

Diese Informationen holt sich die Forschung indirekt, zum Beispiel aus Bohrkernen der Tiefsee oder dem Eis der Antarktis, aus dem Sediment von Seen, von Tropfsteinen und von Baumringen.

So enthält zum Beispiel das Eis der Antarktis Schicht für Schicht Luftbläschen aus verschiedenen Erdzeitaltern – je tiefer, desto älter. Eine Analyse der verschiedenen Luftfeinschlüsse eines Bohrkerns zeigt uns somit, wie die Zusammensetzung der Atmosphäre früher einmal war. Daraus lassen sich Informationen über zum Beispiel Temperatur, Niederschlag, Kohlendioxidgehalt und andere Größen ableiten.

So entsteht aus ganz vielen einzelnen Analysen – wie in einem weltweiten Puzzle – ein Bild, wie das Klima der Erde früher war und wie es sich geändert hat.

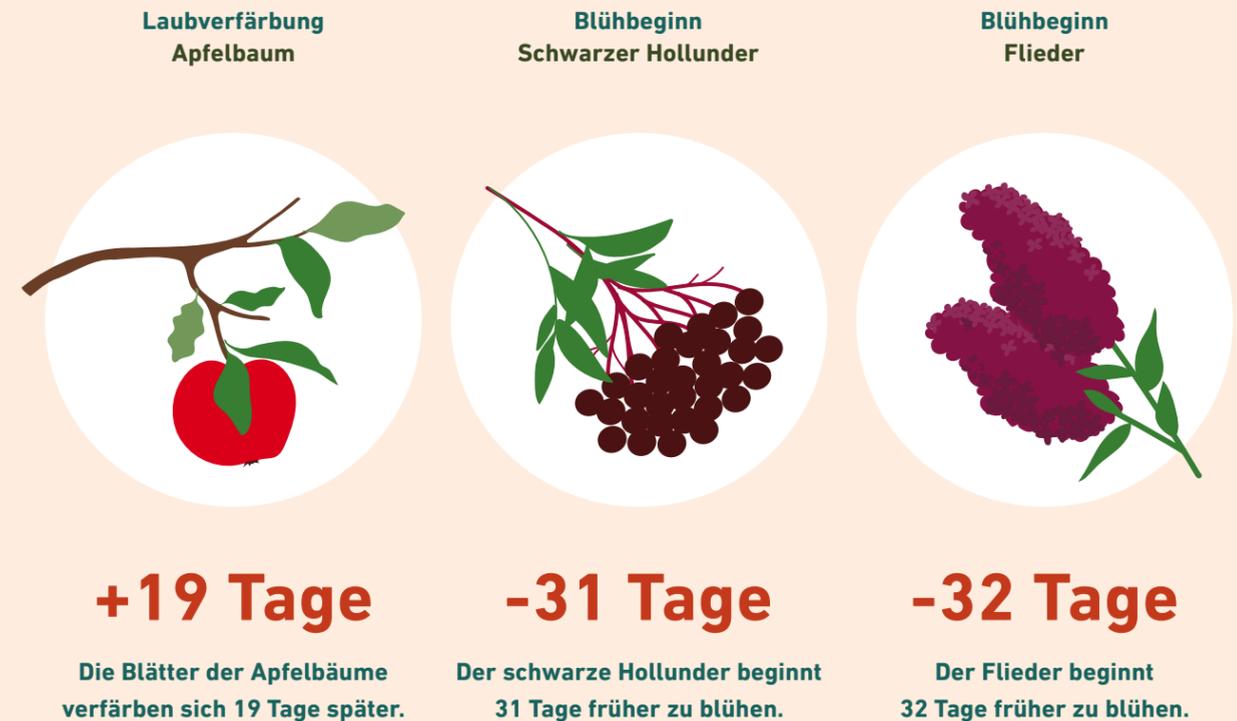
Es war schon mal wärmer als heute, aber ...

Als vor etwa 250 bis 65 Millionen Jahren die Dinosaurier auf der Erde lebten (Mesozoikum), lag die globale Durchschnittstemperatur um 6 bis 10 °C höher als heute.

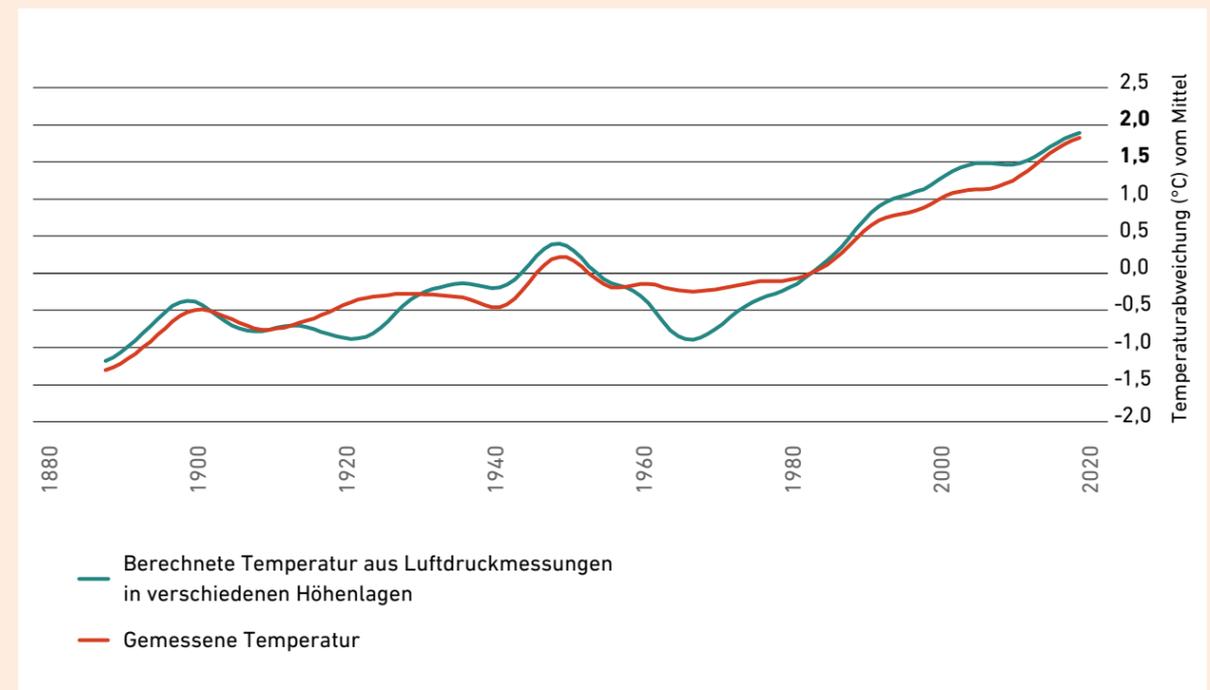
Es herrschte ein sehr gleichmäßiges tropisches Klima. Dies zeigt, dass ein heißes Klima nicht zwingend einen negativen Einfluss auf das Leben auf der Erde hat. Die Hauptproblematik am aktuellen, menschengemachten Klimawandel ist daher vor allem die Geschwindigkeit der Erderwärmung und nicht das absolute Temperaturniveau. Hinzu kommt, dass sich die Auslegung unserer gesamten Infrastruktur bis vor kurzem am natürlich stabilen Klima des Holozäns orientiert hat.

Die Geschwindigkeit der aktuellen menschengemachten Erderwärmung ist etwa 25-mal schneller als nach der letzten großen Eiszeit. Ein Vergleich: Wenn die Erwärmung nach der Eiszeit mit 6 km/h im "Geh-Tempo" verläuft, entspricht die derzeitige Erwärmung mit etwa 150 km/h also einem "Autobahn-Tempo".

Pflanzenentwicklung in Österreich 2024



Lufttemperatur in den Ostalpen 1887 - 2018



04 Wie verlässlich ist der Blick in die Zukunft?

KURZ

Schon vor einigen Jahrzehnten haben Berechnungen mit Klimamodellen die heute gemessenen Entwicklungen im Wesentlichen richtig vorhergesagt. Mittlerweile berücksichtigen Klimamodelle noch viel mehr regionale und physikalische Details und sind unter anderem ein wichtiges Werkzeug für die langfristige Planung und für Investitionsfragen in vielen Bereichen wie zum Beispiel für Energie- und Wasserversorgung, Land- und Forstwirtschaft, Tourismus, Bauwirtschaft, Einsatzorganisationen sowie für Gemeinden, Länder und Bund.

Computermodelle sind Simulationen der Wirklichkeit. In sehr komplexen Programmen berechnen Hochleistungscomputer, wie sich das Wetter und das Klima in der Zukunft entwickeln könnten.

Wettermodelle berechnen dabei bis auf wenige Kilometer genau, wie das Wetter in den nächsten Stunden und Tagen wird. Sie berücksichtigen sehr kleinräumig verschiedenste Besonderheiten der Atmosphäre und der Landschaft und erfassen so die kurzfristigen Schwankungen des Wetters. Allerdings wird mit jedem Schritt der Berechnung in die Zukunft der Fehler größer. Daher liefern Wettermodelle nur für einige Tage brauchbare Vorhersagen.

Klimamodelle berechnen die Entwicklung der Atmosphäre in einer größeren Auflösung. Sie „sehen“ somit nicht so genau in die Regionen und erfassen keine kurzfristigen Schwankungen. Dafür berechnen sie die langfristige Statistik des Wetters und können viel weiter in die Zukunft rechnen. Verglichen mit einem Münzwurf: Wettermodelle berechnen möglichst genau das Ergebnis eines einzelnen Wurfs (Kopf oder Zahl), Klimamodelle wie wahrscheinlich Kopf oder Zahl nach z.B. 1.000 Würfeln vorkommen können. Außerdem berücksichtigen Klimamodelle die für das Klima sehr wichtigen langfristigen Prozesse, die beim kurzfristigen Wettermodell vernachlässigt werden. Dazu gehören beispielsweise langfristige Wechselwirkungen der Atmosphäre mit Meeresströmungen, den Eismassen und der Landoberfläche sowie Änderungen der chemischen Zusammensetzung der Luft und damit auch, wie der Mensch in das Klima eingreift, z.B. durch Emissionen klimawirksamer Treibhausgase.

Meistens werden auch mehrere Modellsimulationen mit unterschiedlichen Klimamodellen gerechnet. So erhält man eine Bandbreite der möglichen Entwicklung für die nächsten Jahre und sieht, in welchem Bereich sich die Modelle einig sind und wo es größere Unsicherheiten gibt.

Die mittlerweile bereits gemessenen und beobachteten Auswirkungen der Klimaerwärmung wurden im Wesentlichen bereits vor einigen Jahrzehnten von Klimamodellen vorhergesagt.

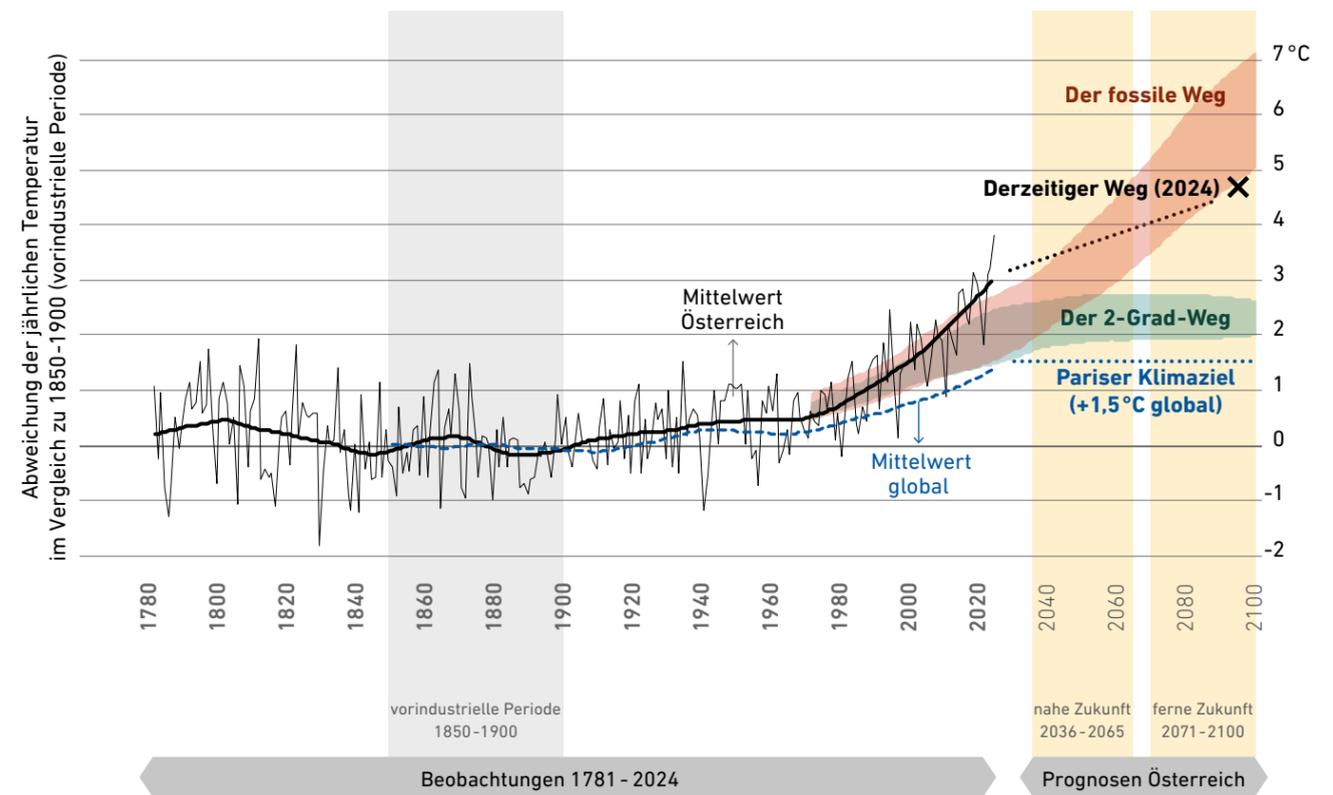
Klimaszenarien

Klimaszenarien zeigen, wie sich in den nächsten Jahrzehnten Temperatur, Regen, Schnee und andere Parameter entwickeln können. Dabei werden unterschiedliche Szenarien berechnet, abhängig vom weiteren weltweiten Ausstoß von Treibhausgasen.

Klimaszenarien wurden in den letzten Jahren eine wichtige Basis für die langfristige Planung und für Investitionsfragen in nahezu jedem Bereich, wie zum Beispiel für Energie- und Wasserversorgung, Land- und Forstwirtschaft, Tourismus, Bauwirtschaft, Einsatzorganisationen sowie für Gemeinden, Länder und Bund.

2015 wurden in Österreich erstmals einheitliche Klimaszenarien veröffentlicht (ÖKS15). Sie waren ein Meilenstein in der österreichischen Klimafolgenforschung und Klimawandelanpassung.

Beobachtung und Prognose der Temperaturentwicklung 1781 - 2100



In den letzten rund 40 Jahren ist die Temperatur in Österreich und global deutlich gestiegen. Die rote Fläche zeigt die mögliche weitere Erwärmung in Österreich bei weltweit ungebremstem Ausstoß von Treibhausgasen. Die grüne Fläche zeigt die deutlich geringere weitere Erwärmung in Österreich bei weltweiter Einhaltung der Pariser Klimaziele.

Ab 2026 wird mit klimaszenarien.at ein neuer Datensatz für Klimaszenarien in Österreich verfügbar sein. Er berücksichtigt neue Forschungsergebnisse und wird in Zusammenarbeit mit Anwender:innen entwickelt. Über West- und Zentraleuropa ist die Temperatur seit 1980 stärker angestiegen als in den regionalen Klimamodellen berechnet wurde, die die Grundlage für die aktuellen österreichischen Klimaszenarien ÖKS15 darstellen.

Hierfür gibt es hauptsächlich zwei Erklärungsansätze: Einerseits ist die Luftqualität – weltweit, aber auch in Europa – seit den 1980er Jahren deutlich besser geworden, das heißt die Konzentration an Aerosolen in der Luft ist rückläufig. Infolgedessen wird weniger Sonnenlicht zurückgestreut, wodurch sich die Atmosphäre stärker

erwärmt (Brightening Effect). Dies war in vielen der bisherigen Modellen nicht direkt berücksichtigt. Andererseits spielen natürliche Schwankungen des Klimas und eine Änderung der atmosphärischen Zirkulation aufgrund des Klimawandels selbst möglicherweise eine bedeutende Rolle.

Im Rahmen des Projekts klimaszenarien.at wird ÖKS15 zurzeit überarbeitet. In den neuen Szenarien sollen auch Effekte durch Zirkulationsänderungen und Aerosol-Emissionen besser berücksichtigt werden, damit die Modellprojektionen die Beobachtungen der Vergangenheit und Gegenwart noch besser nachbilden. Die qualitativen Kernaussagen aus ÖKS15 werden sich dadurch voraussichtlich nicht ändern.

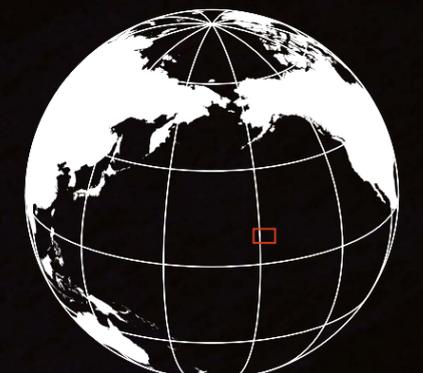
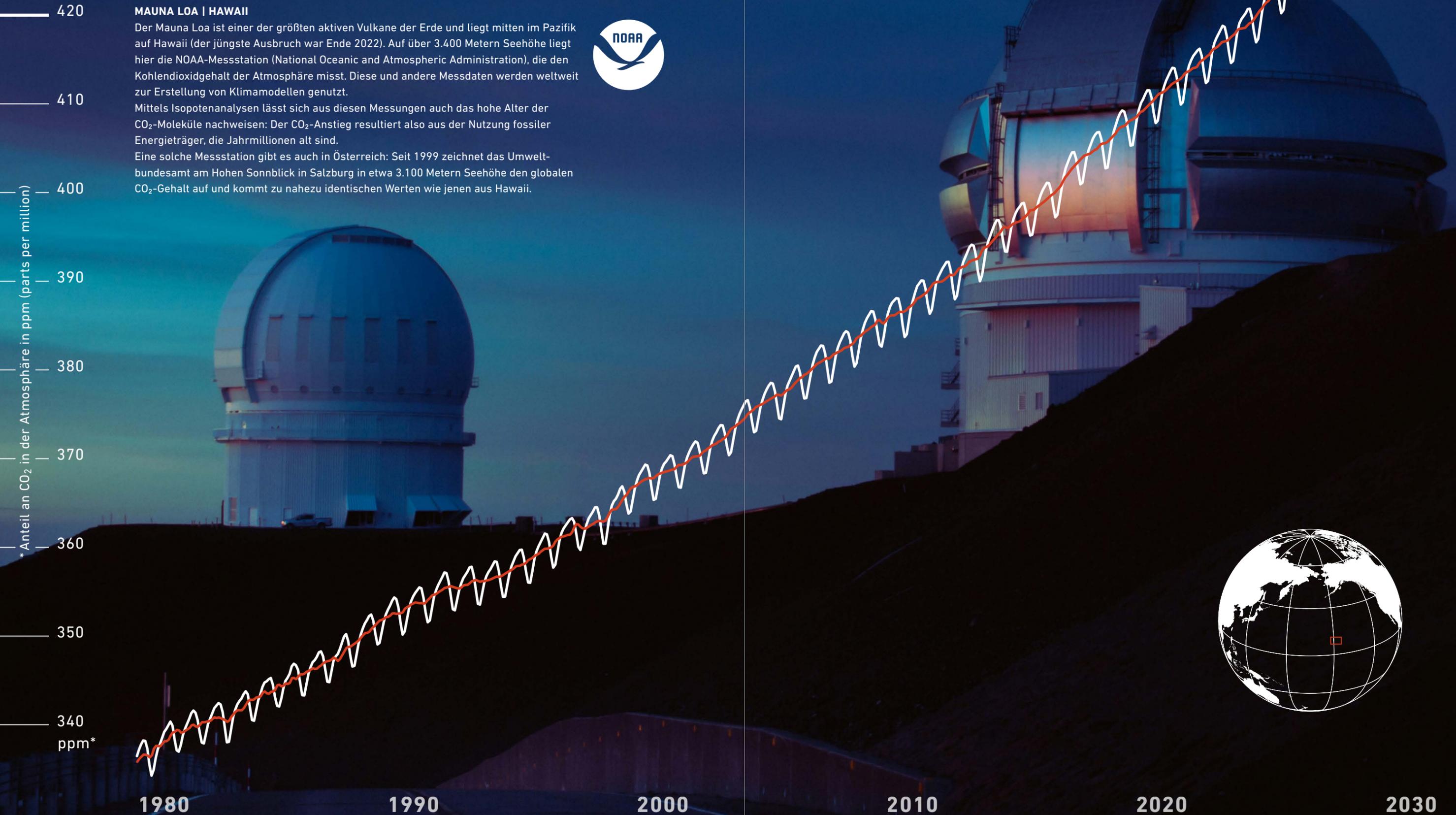
Wo wird das CO₂ gemessen?

MAUNA LOA | HAWAII

Der Mauna Loa ist einer der größten aktiven Vulkane der Erde und liegt mitten im Pazifik auf Hawaii (der jüngste Ausbruch war Ende 2022). Auf über 3.400 Metern Seehöhe liegt hier die NOAA-Messstation (National Oceanic and Atmospheric Administration), die den Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre misst. Diese und andere Messdaten werden weltweit zur Erstellung von Klimamodellen genutzt.

Mittels Isopotenanalysen lässt sich aus diesen Messungen auch das hohe Alter der CO₂-Moleküle nachweisen: Der CO₂-Anstieg resultiert also aus der Nutzung fossiler Energieträger, die Jahrtausende alt sind.

Eine solche Messstation gibt es auch in Österreich: Seit 1999 zeichnet das Umweltbundesamt am Hohen Sonnblick in Salzburg in etwa 3.100 Metern Seehöhe den globalen CO₂-Gehalt auf und kommt zu nahezu identischen Werten wie jenen aus Hawaii.



Überflutungen am 4. Juni 2024 im Raum
Ardagger Markt im Bezirk Amstetten / NÖ



© DOKU NÖE / APA / picturedesk.com

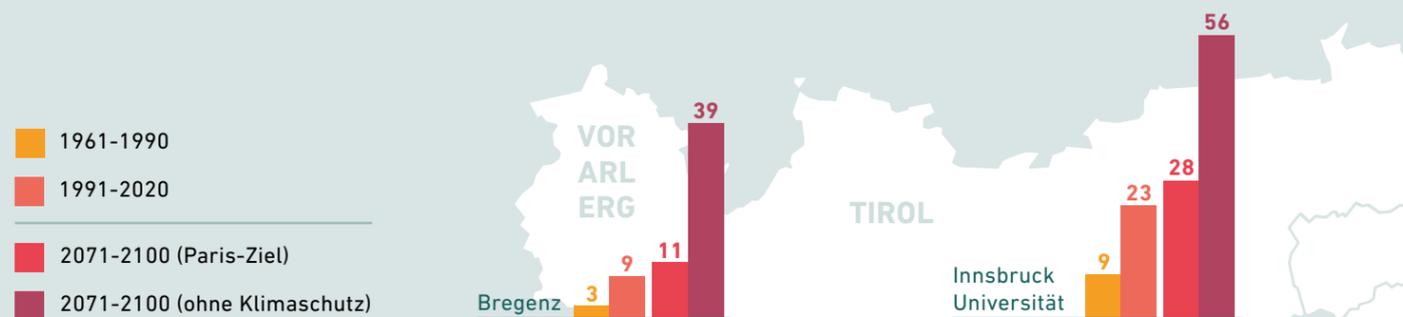
FOKUS

Auswirkungen
in Österreich

05 Temperatur: Sichere Erkenntnis mit vielen Auswirkungen

KURZ

Die deutliche Erwärmung der Erde in den letzten Jahrzehnten zeigt sich auch ganz klar in Österreich, zum Beispiel in den Messungen der Temperatur und in der Entwicklung der Pflanzen. Die Erwärmung hat nicht nur unmittelbare Auswirkungen, wie zum Beispiel die zunehmende Hitzebelastung, sondern wirkt sich auch deutlich auf andere Parameter aus, wie zum Beispiel auf Starkregen, Dürre, Schneelage und Anfälligkeit für Frost. Konsequenter Klimaschutz könnte diese Auswirkungen deutlich dämpfen.



Die Zunahme der Temperatur in den letzten Jahrzehnten in Österreich und weltweit ist in den Daten und Auswirkungen eindeutig zu sehen.

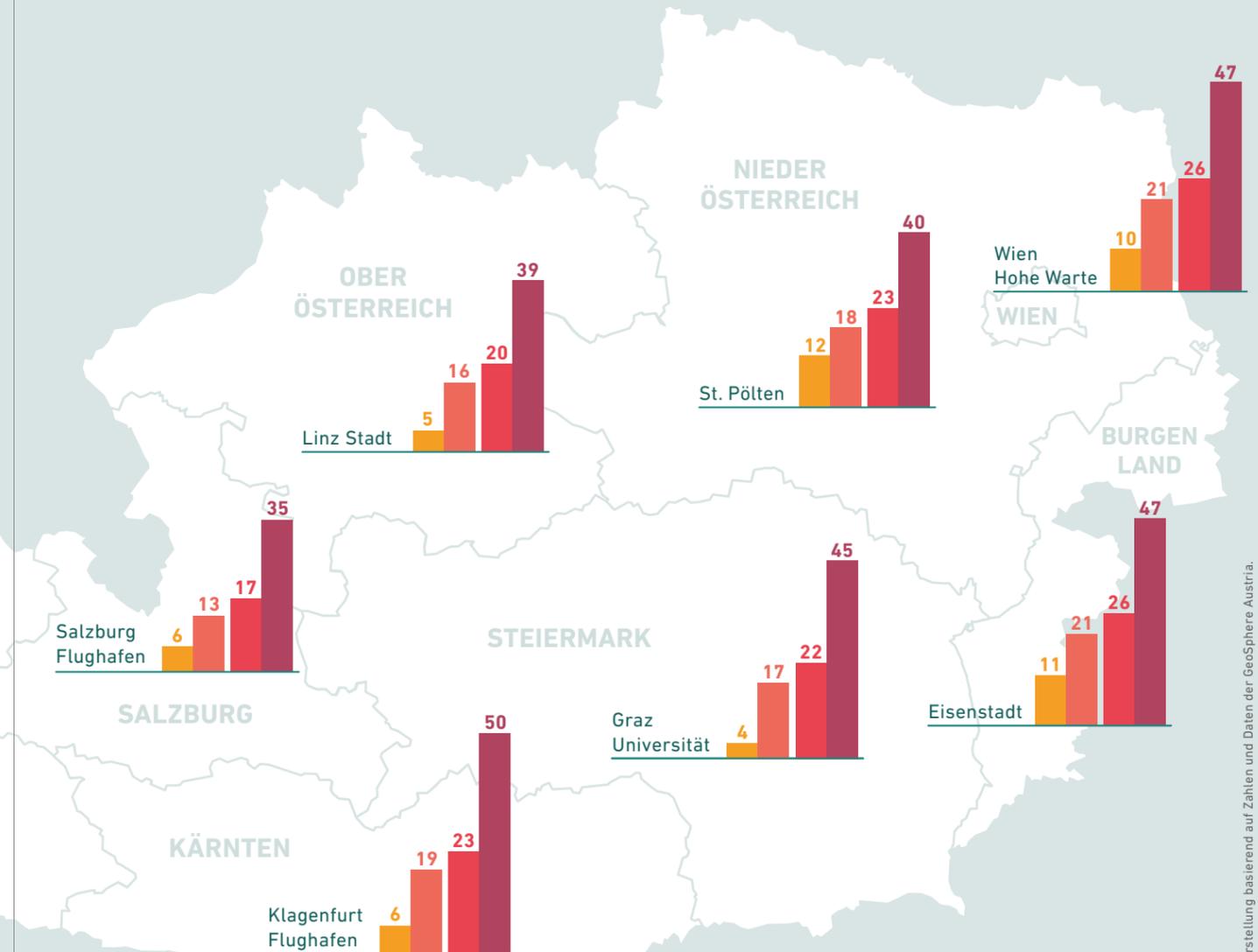
Diese Klimaerwärmung wirkt sich bereits auf viele Bereiche aus, die unsere natürlichen Lebensgrundlagen betreffen:

- Die Belastung durch Hitze nimmt massiv zu: Je wärmer es wird, desto häufiger sind Tage mit sehr hoher Temperatur.
- In tiefen Lagen gibt es immer weniger Schnee: Durch die Erwärmung fällt in tiefen Lagen öfter Regen und seltener Schnee. Außerdem schmilzt bereits liegender Schnee schneller.
- Ereignisse mit Starkregen werden in vielen Regionen bereits häufiger und intensiver: Je wärmer Luft ist, desto mehr Feuchte kann sie aufnehmen.

- Durch die Erwärmung steigt die Wahrscheinlichkeit für Dürreperioden: Je wärmer es ist, desto mehr Feuchtigkeit verdunstet aus dem Boden. Außerdem wird die Vegetationszeit länger und somit die Zeit, in der Pflanzen dem Boden Wasser entnehmen.
- Die Anfälligkeit für Frost steigt: Durch die Erwärmung entwickeln sich die Pflanzen im Frühling früher und sind anfälliger bei Kaltlufteinbrüchen.

Mit konsequentem Klimaschutz könnten weitere negative Auswirkungen in den nächsten Jahrzehnten deutlich abgemildert werden. Ohne zusätzlichen Klimaschutz ist eine weitere Beschleunigung der bisherigen Entwicklung zu erwarten.

Hitzetage in Österreich: Vergangenheit und mögliche Zukunft



Frühere Hitze-Rekorde sind heute Normalität:

In Österreich hat die Anzahl der Hitzetage (Tage mit mindestens 30°C) in den vergangenen Jahrzehnten massiv zugenommen. Was früher Rekorde waren, ist heute Durchschnitt. Zum Beispiel gab es im Zeitraum 1961 bis 1990 im Durchschnitt in den Landeshauptstädten pro Jahr zwischen 3 und 12 Hitzetage. Die Rekorde lagen größtenteils bei 20 Hitzetagen pro Jahr. Im Zeitraum 1991 bis 2020 gab es in einem durchschnittlichen Jahr in den Landeshauptstädten schon zwischen 9 und 23 Hitzetage und die Rekorde lagen größtenteils bei über 40 Hitzetagen.

Die weitere Entwicklung hängt stark von der Entwicklung des weltweiten Klimaschutzes ab:

Der derzeit noch extreme Wert von 40 Hitzetagen pro Jahr in Österreich wird bei einem weltweit ungebremsten Ausstoß von Treibhausgasen bis zum Jahr 2100 der Normalfall sein. Die Rekorde werden dann in einem derzeit noch völlig unvorstellbaren Bereich von 60 bis 80 Hitzetagen pro Jahr liegen. Bei Einhaltung des Pariser Klimaziels könnte sich die Zahl der Hitzetage in Österreich knapp über dem aktuellen Niveau einpendeln.

Quelle: Darstellung basierend auf Zahlen und Daten der GeoSphere Austria.

06 Niederschläge und Unwetter nehmen zu

KURZ

In Österreich werden derzeit zwei auf den ersten Blick gegensätzliche Entwicklungen beobachtet: Einerseits wird Starkregen häufiger und intensiver, andererseits steigt die Wahrscheinlichkeit für Dürren. Starkregen ist kleinräumig in Verbindung mit der Zunahme heftiger Gewitter ein Thema, womit auch Hagel und heftige Sturmböen verbunden sind. Außerdem nahmen in den letzten Jahrzehnten regional auch mehrtägige, großflächige Starkregenereignisse zu.

Starkregen und Dürren werden häufiger

Es klingt widersprüchlich, ist aber physikalische Realität und lässt sich mit den Messdaten der letzten Jahrzehnte bereits belegen: Sowohl Starkregen als auch Dürren werden häufiger und intensiver.

Der Grund: Starkregen wird in vielen Regionen bereits häufiger und intensiver, denn je wärmer Luft ist, desto mehr Feuchte kann sie aufnehmen (7% mehr Wasserdampf pro Grad Erwärmung) und desto mehr Regen kann anschließend fallen. Damit steigt auch die Wahrscheinlichkeit für lokale Überschwemmungen und Muren.

In Österreich zeigt eine Analyse auf Basis von Beobachtungsdaten, dass im Sommer und Herbst die Anzahl der Tage mit viel Niederschlag zugenommen hat und die Tage mit wenig Niederschlag seltener geworden sind. Konkret hat z.B. die Anzahl der Tage mit extremem Regen seit den 1960er-Jahren im Sommer um 30% und im Herbst um 40% zugenommen. Zudem haben kurzzeitige (stündliche) extreme Niederschläge seit 1980 in Österreich bereits um 15% zugenommen.

Die Wahrscheinlichkeit für Dürren steigt, denn je wärmer es ist, desto mehr Feuchtigkeit verdunstet aus dem Boden. Außerdem verlängern höhere Temperaturen die Vegetationszeit und somit die Zeit, in der Pflanzen den Böden Wasser entnehmen.

In Österreich hat sich die klimatische Wasserbilanz (berücksichtigt Niederschlag und Verdunstung) im Sommerhalbjahr besonders im Osten und Norden des Landes bereits zu trockeneren Verhältnissen verschoben.

Mehr schwere Gewitter mit Starkregen, Sturmböen und Hagel

Eine Untersuchung unter Verwendung von Feuerwehreinsatz- und langjährigen Wetterdaten zeigt für die letzten Jahrzehnte in Österreich, dass das kleinräumige Unwetterpotential (Starkregen, Gewitter, Windböen und Hagel) unabhängig von der Wetterlage insbesondere an den Alpenrändern im Norden und Süden deutlich zugenommen hat.

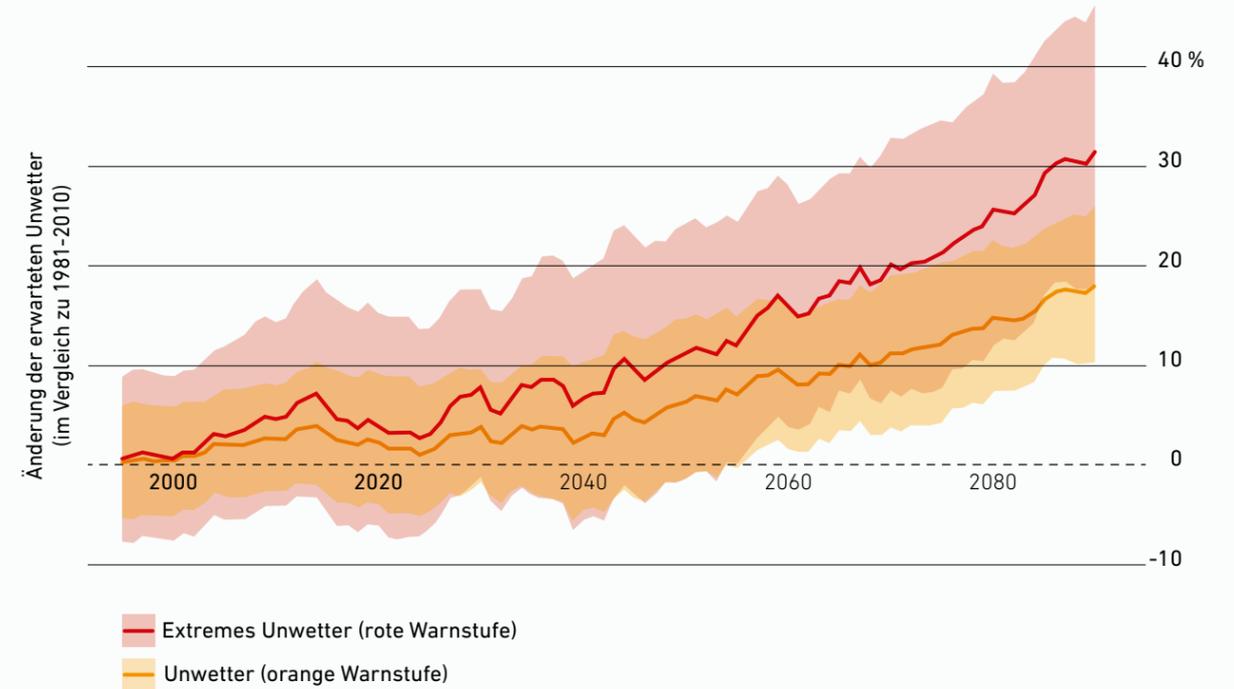
Dieser Trend wird sich in deutlicher Abhängigkeit weiterer Emissionen mehr oder weniger stark fortsetzen. Ohne Klimaschutz könnten z.B. Wettersituationen mit einer roten Wetterwarnung um bis zu 40% häufiger werden. Die Ergebnisse lassen sich mit der Klimaerwärmung in einen physikalischen Zusammenhang bringen: Pro Grad Erwärmung kann Luft im typischen Temperaturbereich der Atmosphäre mehr Wasserdampf aufnehmen. Dieses Plus an Wasserdampf überträgt sich einerseits direkt in höhere Niederschlagsintensitäten. Andererseits setzt die Kondensation von Wasserdampf große Energiemengen frei, die den Auftrieb in Gewitterwolken verstärken und damit auch indirekt entsprechend heftigere Wettererscheinungen ermöglichen (labilere Luftschichtung). Hierdurch nimmt auch die Größe von Hagelkörnern nachweislich zu, ein doppelt so großes Hagelkorn hat 16-mal mehr Energie (potentielle Schäden).

Großflächiges Hochwasser

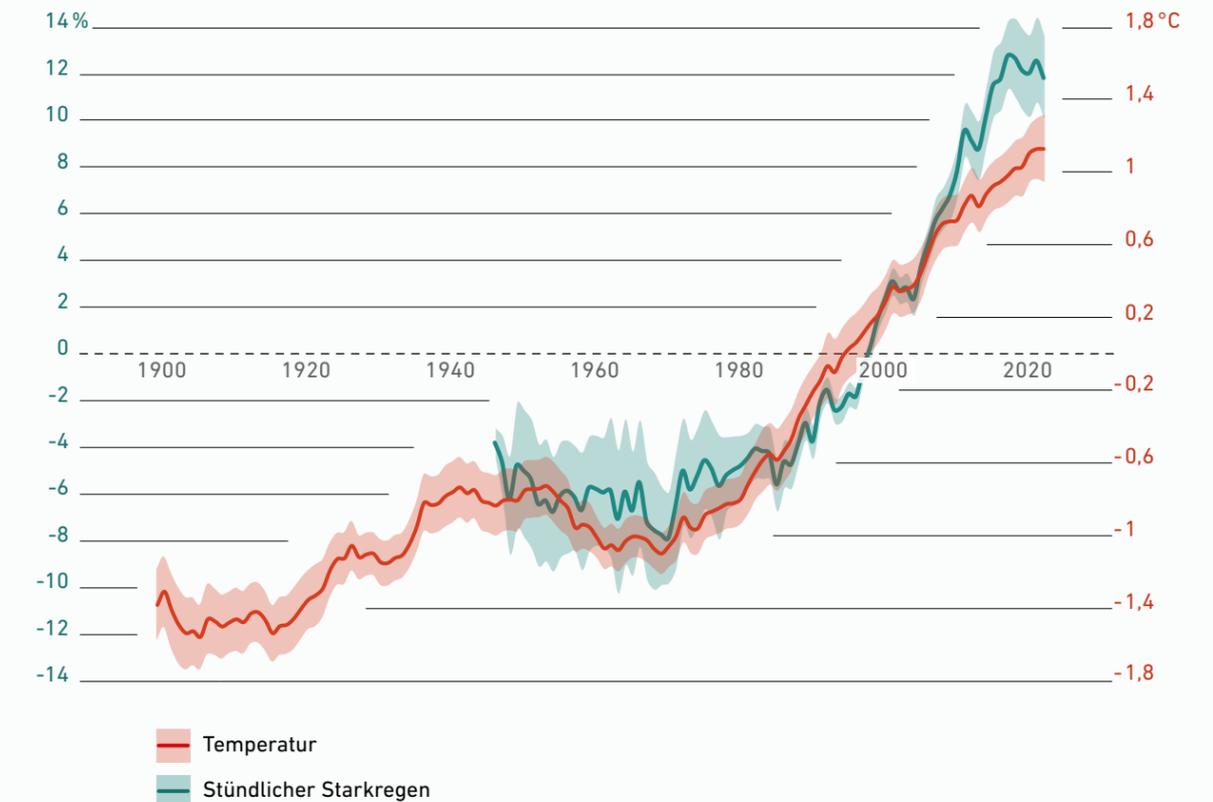
Untersuchungen zeigen, dass starke mehrtägige Regenereignisse in Mitteleuropa regional intensiver werden. Das deckt sich sehr gut mit der in Österreich beobachteten statistisch signifikanten Zunahme der größten gemessenen fünftägigen Niederschlagssummen in den Bundesländern Niederösterreich und Wien um rund 20% seit 1961. Wetterlagen, die für großflächiges Hochwasser verantwortlich sind (z.B. die sich stark auf Österreich auswirkenden Vb-Wetterlagen mit einer Tiefdruckentwicklung über Oberitalien), bringen mittlerweile um 7% mehr Niederschlag als in vorindustrieller Zeit.

Eine gute Nachricht ist: Die Verbesserung der Warn- und Schutzmaßnahmen in Mitteleuropa zeigt eine deutliche Wirkung. Die Zahl der Toten war z.B. beim Hochwasser im September 2024 deutlich geringer als bei den letzten großflächigen Hochwasser-Ereignissen in Mitteleuropa in den Jahren 2002 und 1997.

Erwartete Entwicklung von warnrelevanten Unwettern in Österreich ohne globalen Klimaschutz



Abweichung der stündlichen Starkregenmenge und der Temperatur vom Mittelwert



Quelle: Darstellung basierend auf Daten von Maraun et al., 2024 (Projekt SPIRIT, 11-ACRP Call)

Quelle: Darstellungen basierend auf Daten von Haslinger et al., 2025 (www.nature.com/articles/s41586-025-08647-2)

07 Weniger Schnee

KURZ

Wichtig ist bei Analysen von Schneedaten die Unterscheidung von natürlichen Schwankungen, etwa von Jahr zu Jahr oder über mehrere Jahre, und dem langfristigen Trend, der durch den menschlich gemachten Klimawandel verursacht wird. Es kann auch weiterhin kurzfristige Phasen mit viel Schnee geben. Aber langfristig nehmen die Tage mit Schneedecke und auch die maximalen Schneehöhen ab, besonders in tiefen und mittleren Lagen, unterhalb von etwa 1.500 Metern Seehöhe. Anders in hohen Lagen, hier ist es trotz Klimaerwärmung weiterhin meist noch kalt genug für Schneefall.

In den tiefen Lagen Österreichs gibt es immer weniger Schnee. Denn durch die Erwärmung fällt in tiefen Lagen Niederschlag öfter als Regen und nicht als Schnee, und gefallener Schnee schmilzt schneller wieder.

Zum Beispiel hat die Anzahl der Tage mit einer Schneedecke in Wien, Innsbruck und Graz in den vergangenen 90 Jahren um rund 30% abgenommen.

In hohen Lagen (oberhalb von etwa 2.000 Metern Seehöhe) haben die Wetterlagen einen größeren Einfluss auf die Schneelage, da es hier im Winter trotz Klimaerwärmung meist kalt genug für Schneefall ist.

Die weitere Zukunft hängt stark vom globalen Klimaschutz ab.

Im Projekt FuSE-AT erarbeiteten GeoSphere Austria, Universität Innsbruck, Climate Change Centre Austria und Schneezentrum Tirol die bisher regional detailliertesten Datensätze zur Schneelage in Österreichs Vergangenheit und Zukunft (www.fuse-at.ccca.ac.at/infografik).

Die drei wichtigsten Ergebnisse für die Zukunft:

– Ganz tiefe Lagen Österreichs (unterhalb von 400 Metern Seehöhe): Ohne globalen Klimaschutz („der fossile Weg“, Klimaszenario RCP8.5) nimmt die Dauer der Schneedecke bis zum Jahr 2100 um 90% ab. Somit gäbe es hier in einem durchschnittlichen Winter nur noch zwei Tage mit einer geschlossenen Schneedecke.

Bei Einhaltung des Pariser Klimaabkommens („2-Grad-Weg“, Klimaszenario RCP2.6) geht die Schneedeckendauer bis 2100 „nur“ um 50% zurück. Damit wären in den tiefen Lagen Österreichs pro Winter acht Tage mit Schneedecke zu erwarten.

– Lagen um 1.000 Meter Seehöhe (Ausgangspunkt vieler Aktivitäten abseits der Pisten, wie Skitouren und Schneeschuhwandern sowie die typische Lage vieler Talstationen und Langlaufloipen): Ohne globalen Klimaschutz nimmt die Dauer der natürlichen Schneedecke bis zum Jahr 2100 um 70% ab. Damit wären hier pro Winter nur noch rund 30 Tage mit Schneedecke zu erwarten.



Eine als schmales weißes Band präparierte Skipiste am 5. Jänner 2023 in einem Skigebiet in Filzmoos

Bei Einhaltung des Pariser Klimaabkommens geht die Schneedeckendauer bis 2100 um 25% zurück. Damit wären hier pro Winter rund 60 Tage mit Schneedecke zu erwarten, also doppelt so viele wie ohne Klimaschutz. Die atmosphärischen Bedingungen für die technische Beschneigung gehen in dieser Höhenlage ohne Klimaschutz um 50% zurück, bei Einhaltung des Pariser-Ziels um 15%.

– Lagen von 1.500 bis 2.500 Meter Seehöhe (Kernbereich für Wintersport): Ohne globalen Klimaschutz nimmt die Dauer der natürlichen Schneedecke bis zum Jahr 2100 um 45% ab. Damit wären hier pro Winter durchschnittlich rund 120 Tage mit Schneedecke zu erwarten. Bei Einhaltung des Pariser Klimaabkommens geht die Schneedeckendauer bis 2100 um 10% zurück. Damit wären hier pro Winter durchschnittlich rund 190 Tage mit Schneedecke zu erwarten.

Die atmosphärischen Bedingungen für die technische Beschneigung gehen in dieser Höhenlage ohne Klimaschutz um 35% zurück, bei Einhaltung des Pariser-Ziels nur um 10%.

Für den Wintersport heißt das konkret: Die Unsicherheit, ob eine für den Wintersport nutzbare Schneedecke durchgehend über die gesamte Saison mit technischen Mitteln erhalten werden kann, nimmt somit weiter zu.

Zu den Auswirkungen des Klimawandels auf den Winter in Österreich gibt es noch in vielen Bereichen Forschungsbedarf. Zum Beispiel gibt es Anzeichen, dass der Klimawandel die atmosphärische Zirkulation ändert und dass bestimmte Wetterlagen länger andauern können (längere Niederschlagsphasen, längere Trockenphasen). Des Weiteren besteht Forschungsbedarf bei Fragen der regionalen Entwicklung des Klimas in den unterschiedlichen Höhenlagen, vor allem beim Niederschlag, wo die Datenlage noch nicht so zuverlässig wie bei der Temperatur ist. Auch im Bereich Schneemanagement besteht noch Potential für Verbesserungen, etwa durch die Entwicklung, Evaluierung und Anwendung von modernen Methoden wie automatisiertes Monitoring, Modellierung, Fernerkundung, Datenassimilation und Einsatz künstlicher Intelligenz.

08 Schmelzende Gletscher

KURZ

Österreichs Gletscher verschwinden. Seit dem letzten Höchststand gegen Ende der Kleinen Eiszeit um 1850 haben die österreichischen Gletscher mehr als 50 % ihrer Fläche verloren. Der überwiegende Teil davon geht schon auf das Konto des menschengemachten Klimawandels, der Rest durch natürliche Klimaantriebe am Ende der Kleinen Eiszeit.

Bis zum Ende dieses Jahrhunderts dürften mehr als 90 % der derzeit vorhandenen Gletscherfläche Österreichs schmelzen. Selbst große Gletscher, wie die Pasterze, werden im 22. Jahrhundert nur noch in stark verkleinerter Form vorhanden sein.

Für den letzten Höchststand der Alpengletscher um 1850 gibt es verlässliche Abschätzungen der Gletscher- ausdehnung aufgrund der noch heute deutlich sichtbaren Moränen im Gletschervorfeld und regelmäßiger Messungen der Gletscheränderungen beginnend im späten 19. Jahrhundert.

Seit diesem letzten Höchststand gegen Ende der sogenannten Kleinen Eiszeit um 1850 haben die österreichischen Gletscher schon fast zwei Drittel ihrer Fläche verloren. Großteils ist dieser Verlust auf den Menschen zurückzuführen.

In den letzten Jahren hat sich der Massenverlust der heute rund 800 Gletscher in Österreich durch die Klimaerwärmung deutlich beschleunigt. Die kleinen Gletscherreste in hohen Lagen haben dabei vergleichsweise geringe Schmelzraten. Besonders betroffen sind hingegen große Gletscher, wie die Pasterze in der Großglocknerregion. Sie haben meist lange Gletscherzungen, die bis in tiefere Höhenlagen reichen. Hier werden besonders hohe Abschmelzraten gemessen.

Und das Schmelzen geht weiter

Laut Modellrechnungen gehen bis zum Jahr 2100 praktisch unabhängig von der weiteren Temperaturentwicklung mehr als 94 % der derzeit vorhandenen Gletscherfläche

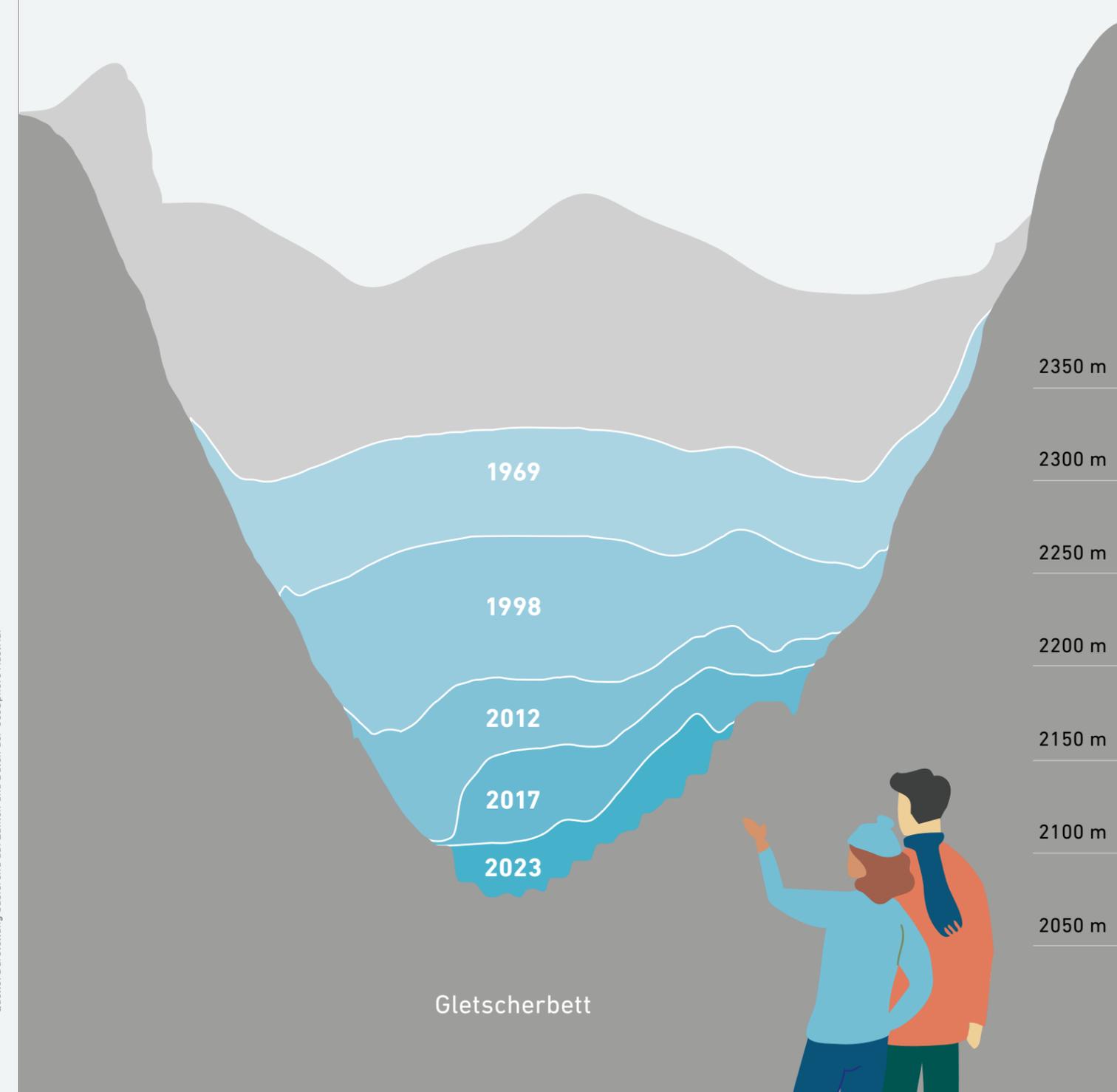
Österreichs verloren. Dabei verschwinden die kleinen und mittleren Gletscher völlig. Große Gletscher, wie die Pasterze in der Großglockner-Region, werden im 22. Jahrhundert nur noch in stark verkleinerter Form bestehen.

Für Österreichs Gletscher sind die Sommer entscheidend

Für die langfristige Entwicklung der Gletscher in Österreich ist die Witterung im Sommer wichtiger als jene im Winter. Denn entscheidend ist, ob gelegentliche Kaltlufteinbrüche im Sommer auf den Gletschern Schnee bringen. Eine frische, sehr weiße Schneedecke reflektiert die Sonnenstrahlen zu fast 100 % und kann den Gletscher bis zu einer Woche vor dem Schmelzen schützen. Ein Gletscher ohne Neuschnee ist hingegen viel dunkler, nimmt daher viel Sonnenstrahlung auf und kann in einer Woche bis zu einem halben Meter Eisdicke verlieren.

Die österreichischen Gletscher sind von wesentlicher Bedeutung für das Landschaftsbild und die Identifikation mit diesem. Auswirkungen auf das Klima und die Wasserversorgung haben sie aufgrund ihrer Größe nicht, auch wenn das Abflussgeschehen im Sommer in stark vergletscherten Einzugsgebieten von ihnen geprägt ist.

Die Entwicklung der Pasterze-Zunge des Großglockners seit 1969



Werden großflächige Stürme häufiger?

KURZ

In Mitteleuropa und somit auch in Österreich haben großräumige Stürme in den letzten Jahrzehnten nicht zugenommen. Klimamodelle zeigen für die nächsten Jahrzehnte im Nordwesten und Norden Europas eine Zunahme von großflächigen Stürmen. Für Österreich gibt es kein eindeutiges Signal.

Stürmischer Wind kommt zum einen sehr kleinräumig bei Gewittern vor und zum anderen großflächig über hunderte Kilometer bei sehr kräftigen Tiefdruckgebieten, wie zum Beispiel bei den Sturmtiefs wie Lothar (1999), Kyrill (2007) und Paula (2008). Schwere Gewitter mit heftigen Sturmböen sind in den letzten Jahrzehnten in Österreich häufiger geworden. Bei großflächigen Sturmereignissen ist die Datenlage nicht so eindeutig. Eine Untersuchung der GeoSphere Austria zeigt, dass in den letzten Jahrzehnten in Mittel- und Nordeuropa die Zahl der Stürme von Jahr zu Jahr schwankte, es aber keinen eindeutigen Trend zu mehr oder weniger Stürmen gab.

Für die nächsten Jahrzehnte zeigen Klimamodelle im Nordwesten und Norden Europas eine Zunahme von großflächigen Sturmereignissen. Im Mittelmeerraum werden sie seltener. Der Alpenraum mit Österreich liegt im Übergangsbereich dieser beiden unterschiedlichen Entwicklungen und zeigt keinen eindeutigen Trend zu mehr oder weniger Stürmen in der Zukunft.

Quelle: Darstellung basierend auf Zahlen und Daten der GeoSphere Austria sowie Matulla et al., 2008

Sturmtätigkeit im Winter (November - Februar) in Mitteleuropa/Wien 1880 - 2025

