

KLIMASTATUSBERICHT ÖSTERREICH 2020



Land
Burgenland

LAND



KÄRNTEN



LAND
OBERÖSTERREICH



Das Land
Steiermark



LAND
SALZBURG



Land
Wien

Autor_innen:

Climate Change Centre Austria – CCCA

Mag.^a Martha Stangl

Claudia Michl, MSc

Universität für Bodenkultur Wien – BOKU

Dr. Herbert Formayer

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik – ZAMG

Dr. Johann Hiebl

Alexander Orlik

Dr.ⁱⁿ Angelika Höfler

Manuela Kalcher, MSc

Der Klimastatusbericht 2020 wurde durch finanzielle Unterstützung des Klima- und Energiefonds sowie der Bundesländer Burgenland, Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich, Salzburg, Steiermark, Tirol, Vorarlberg und Wien realisiert.

Wir bedanken uns bei allen Personen und Institutionen, die uns mit Auskünften für diesen Bericht weitergeholfen haben: Wilhelm Graiss und Andreas Schaumberger (Raumberg-Gumpenstein), Georg Gratzer und Christian Zangerl (Universität für Bodenkultur Wien), Johanna Huber und Wolfgang Suske (Suske Consulting), Andrea Prutsch (Umweltbundesamt), Arnulf Schiller und Gerhard Schubert (Geologische Bundesanstalt).

Die Erstellung des Berichts wurde durch das Climate Change Centre Austria koordiniert.

Wissenschaftliche Leitung: Dr. Herbert Formayer

Redaktion: Mag.^a Martha Stangl

Layout: Mag.^a Heide Spitzer

Foto Titelblatt: NickyPe_pixabay

Impressum und offizieller Kontakt:

CCCA-Geschäftsstelle

Dänenstraße 4, 1190 Wien

ZVR: 664173679

www.ccca.ac.at

Zitiervorschlag: Stangl M., Formayer H., Hiebl J., Orlik A., Höfler A., Kalcher M., Michl C. (2021): Klimastatusbericht Österreich 2020, CCCA (Hrsg.) Graz

© Klimastatusbericht Österreich 2020, Hrsg. CCCA 2021

Inhaltsverzeichnis

1_KLIMARÜCKBLICK ÖSTERREICH 2020.....	1
DAS JAHR 2020 IM ÜBERBLICK.....	1
MONATSWERTE.....	2
WITTERUNGSVERLAUF.....	3
RÄUMLICHE VERTEILUNG.....	5
LANGFRISTIGE EINORDNUNG.....	7
KLIMAINDIZES.....	9
2_AUSWIRKUNGEN DER KLIMATISCHEN VERÄNDERUNGEN AUF UMWELT UND GESELLSCHAFT.....	12
BEDEUTENDE WETTEREREIGNISSE AUS DEM JAHR 2020.....	12
KLIMANORMALPERIODEN IM VERGLEICH.....	17
AUSWIRKUNGEN DER KLIMATISCHEN VERÄNDERUNGEN AUF UMWELT UND GESELLSCHAFT: ZUSAMMENSCHAU.....	27
KLIMATISCHE VERÄNDERUNGEN FÜHREN LANGFRISTIG ZU ÄNDERUNGEN DES BODENWASSERGEHALTS.....	29
ÄNDERUNGEN DER SCHNEEFALLGRENZE UND SCHNEEDECKENDAUER: FALLBEISPIEL PHYRN-PIEL-REGION.....	30
3_ANPASSUNG AN DIE KLIMATISCHEN VERÄNDERUNGEN.....	32
SPONTANE, PRIVATE ANPASSUNG UND LANGFRISTIGE ANPASSUNGSSTRATEGIEN.....	32
ANPASSUNGSMAßNAHMEN IN DER LANDWIRTSCHAFT.....	34
ANPASSUNGSMAßNAHMEN IM SCHNEEBASIERTEM WINTERTOURISMUS.....	37
4_ZUSAMMENSCHAU.....	39
Glossar.....	40

Vorwort

Mit Beginn des Jahres 2021 sind wir in eine neue 30-jährige Klimanormalperiode gerutscht – 1991 bis 2020. Wir haben damit einen neuen Bezugszeitraum und neue Bezugswerte für klimabezogene Analysen und Vergleiche. Mit dem diesjährigen Österreichischen Klimastatusbericht 2020 wollen wir diese Gelegenheit nutzen, um uns die neue Klimanormalperiode näher anzusehen und sie mit der vorherigen (1961 bis 1990) zu vergleichen. Wie hat sich das Klima im Mittel der letzten 30 Jahre verändert? Bei welchen Klimaindizes gibt es die markantesten Veränderungen und welche Konsequenzen entstehen daraus für uns und unsere Umwelt? Im diesjährigen Bericht möchten wir aufzeigen, dass selbst klein erscheinende Veränderungen der mittleren Temperaturverhältnisse mit massiven Auswirkungen auf unsere Umwelt und Gesellschaft verbunden sein können. Neben einer knappen Zusammenschau der Auswirkungen gehen wir hier vor allem auf zwei Prozesse etwas näher ein: die Veränderungen des Bodenwasserhaushalts und die Änderungen der Schneebedingungen.

Schließlich möchten wir auch aufzeigen, dass die klimatischen Veränderungen bereits in der Bevölkerung angekommen sind und richten unseren Blick auf bereits umgesetzte Anpassungsmaßnahmen. Den bundes- und landesweiten Anpassungsstrategien stehen hier oftmals spontane, privat getätigte Anpassungsmaßnahmen gegenüber. Dass diese aus einer langfristigen oder gesellschaftlichen Perspektive nicht immer sinnvoll sind, wird im Kapitel 3 des Berichts aufgezeigt. Gleichzeitig möchten wir mit den zahlreichen Hinweisen auf weiterführende Informationen sowie aktuelle Forschungsprojekte an den Klimawandel Nachschlage-Tipps für gelungene Anpassung aufzeigen.

Martha Stangl, Herbert Formayer, Johann Hiebl

1_KLIMARÜCKBLICK ÖSTERREICH 2020

JOHANN HIEBL, ALEXANDER ORLIK, ANGELIKA HÖFLER

DAS JAHR 2020 IM ÜBERBLICK



“

Österreich registrierte 2020 das fünftwärmste Jahr der Messgeschichte. Das Jahr war um 2,1 °C wärmer als der Mittelwert im Bezugszeitraum 1961–1990.

Der drittwärmste Februar beschloss den zweitwärmsten Winter seit Messbeginn im Jahr 1768. Er war um 4,5 °C zu warm und somit der relativ wärmste von zwölf überdurchschnittlichen Monaten.

Die etwas überdurchschnittliche Jahressumme des Niederschlags ist ungleich über das Jahr verteilt: Ungewöhnlich trocken verliefen Jänner, April und November, besonders feucht der August.

Jänner, April und November brachten auch außergewöhnlich viel Sonnenschein. Der zweitsonnigste April der letzten Jahrzehnte war zugleich der sonnenreichste Monat des ganzen Jahres.

Extreme Niederschläge brachten im Dezember in Osttirol und Oberkärnten das Drei- bis Neunfache der üblichen Monatssumme. In Lienz fielen innerhalb von fünf Tagen 366 mm Niederschlag.

”

2020 war wieder ein extrem warmes Jahr. Es reiht sich mit der österreichischen Mitteltemperatur von 8,2 °C, was einer Abweichung von +2,1 °C zur Norm 1961–1990 entspricht, an die fünfte Stelle der wärmsten Jahre seit 1768. Da im Mittel etwa 1160 mm Niederschlag und damit um 9 % mehr als

üblich fielen, kommt es unter den feuchtwarmen Jahren zu liegen. Wie die Vorjahre war 2020 außergewöhnlich sonnig. Die Sonne schien etwa 1760 Stunden lang, was einen Überschuss von 13 % bedeutet.

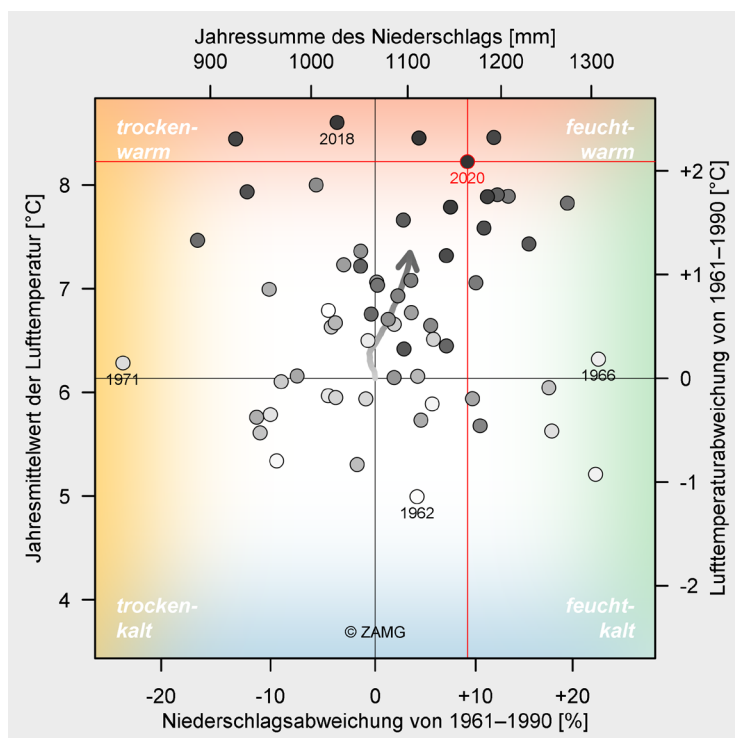


Abbildung 1: Das kombinierte Lufttemperatur-Niederschlag-Diagramm platziert die einzelnen Jahre von 1961 bis 2020 (helle bis dunkle Punkte) ihrer Klimacharakteristik entsprechend zwischen relativ kalt (unten) und warm (oben) sowie relativ trocken (links) und feucht (rechts). Angegeben sind Flächenmittelwerte über Österreich als Absolutwerte und als Abweichungen vom Mittelwert des Bezugszeitraumes 1961–1990. Das Berichtsjahr ist rot hervorgehoben. Der Pfeil verfolgt die Verlagerung der laufenden 30-jährigen Mittelwerte von 1961–1990 bis 1991–2020.

MONATSWERTE

	Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Lufttemperatur													
Absolutwert [°C]	-0,1	2,5	3,1	8,7	10,5	14,6	16,9	17,7	13,6	7,6	3,9	-0,3	8,2
Abweichung [°C]	+3,6	+4,5	+1,7	+3,2	+0,4	+1,3	+1,6	+2,8	+1,6	+0,1	+2,4	+2,3	+2,1
Niederschlag													
Absolutwert [mm]	27	86	51	34	90	164	138	204	125	119	19	106	1163
Abweichung [%]	-58	+44	-24	-56	-13	+28	+2	+61	+43	+80	-76	+51	+9
Sonnenschein													
Absolutwert [h]	95	101	154	256	167	158	227	196	180	89	93	45	1761
Abweichung [%]	+62	+22	+25	+73	-6	-12	+11	+3	+16	-29	+42	-11	+13

Tabelle 1: Monatliche und jährliche Mittelwerte der Lufttemperatur sowie Summen von Niederschlag und Sonnenscheindauer im Jahr 2020. Angegeben sind Flächenmittelwerte über Österreich als Absolutwerte und als Abweichungen vom Mittelwert des Bezugszeitraumes 1961–1990.

WITTERUNGSVERLAUF

Vorwiegend stabile Hochdruckwetterlagen und Südwestströmungen bewirkten im Jänner eine für die Jahreszeit ungewöhnlich milde, trockene und sonnige Witterung. Der Monat fiel verglichen mit dem Mittelwert des Bezugszeitraumes 1961–1990 mit $+3,6\text{ °C}$ wesentlich zu warm aus. Der Folgemonat übertraf dies sogar noch und stellt mit einer Abweichung von $+4,5\text{ °C}$ den drittwärmsten Februar seit Messbeginn dar. Als Ursache der beständig sehr milden Witterung ist eine Serie an Tiefdruckgebieten auszumachen, die, vom Atlantik nach Mitteleuropa ziehend, laufend milde Luft nach Österreich brachten. Die Westströmung sorgte daneben wiederholt für stürmische Bedingungen in Österreich. Während es entlang und nördlich des Alpenhauptkammes zu ergiebigeren Niederschlägen kam, setzte sich die Trockenheit im Süden und Südosten des Landes unvermindert fort. Insgesamt geht der außergewöhnliche Winter 2019/20 nach dem Winter 2006/07 als zweitwärmster in die 253-jährige Messgeschichte ein.

Die folgenden zwei Monate waren wiederum in ganz Österreich von anhaltend warmer, niederschlagsarmer und ausgesprochen sonniger Witterung geprägt. Im April gab es durch fortwährenden Hochdruckeinfluss um 73 % mehr direkten Sonnenschein. Somit ist der April 2020 einer der zwei sonnigsten der Messgeschichte. Dass der April zugleich der sonnigste Monat des ganzen Jahres ist, kam zumindest in den letzten 60 Jahren bisher nur 2007 vor.

Die Niederschlagsarmut endete im Norden des Landes Mitte Mai, in den anderen Landesteilen im Juni. Die Temperaturverhältnisse dieser beiden Monate entsprachen weitgehend dem hohen Niveau der vergangenen 30 Jahre. Durch die wechselhafte Witterung kam es im Sommer zu keinen markanten Hitzewellen, während die Niederschlagsmengen 30 % über dem langjährigen Mittelwert lagen. Dennoch gehört der Sommer 2020 mit einer Abweichung von $+1,9\text{ °C}$ zu den zwölf wärmsten der österreichischen Messgeschichte.

Auch die folgenden zwei Herbstmonate waren bundesweit niederschlagsreich, wobei der zunächst sommerliche September mit einer Temperaturabweichung von $+1,6\text{ °C}$ noch deutlich zu warm verlief. Das Temperaturniveau im feuchtrüben Oktober entsprach hingegen weitgehend dem Mittelwert. Hochdruckgebiete dominierten den November, der vor allem in höheren Lagen sehr mild, trocken und sonnig verlief. Mit einer markanten Tiefdrucktätigkeit über dem Mittelmeerraum und einer daraus resultierenden starken Anströmung an die Alpensüdseite fielen dort im Dezember enorme Regen- und Schneemengen. In Osttirol und Oberkärnten kam das Drei- bis Neunfache der üblichen monatlichen Niederschlagssumme zusammen. Derartige Niederschlagsmengen wurden in diesen Gebieten in einem Dezember seit Beginn der Aufzeichnungen nur selten oder noch nie beobachtet. An vielen Klimastationen wurden neue Dezemberniederschlagsrekorde aufgestellt.



©Free-Photos_pixabay

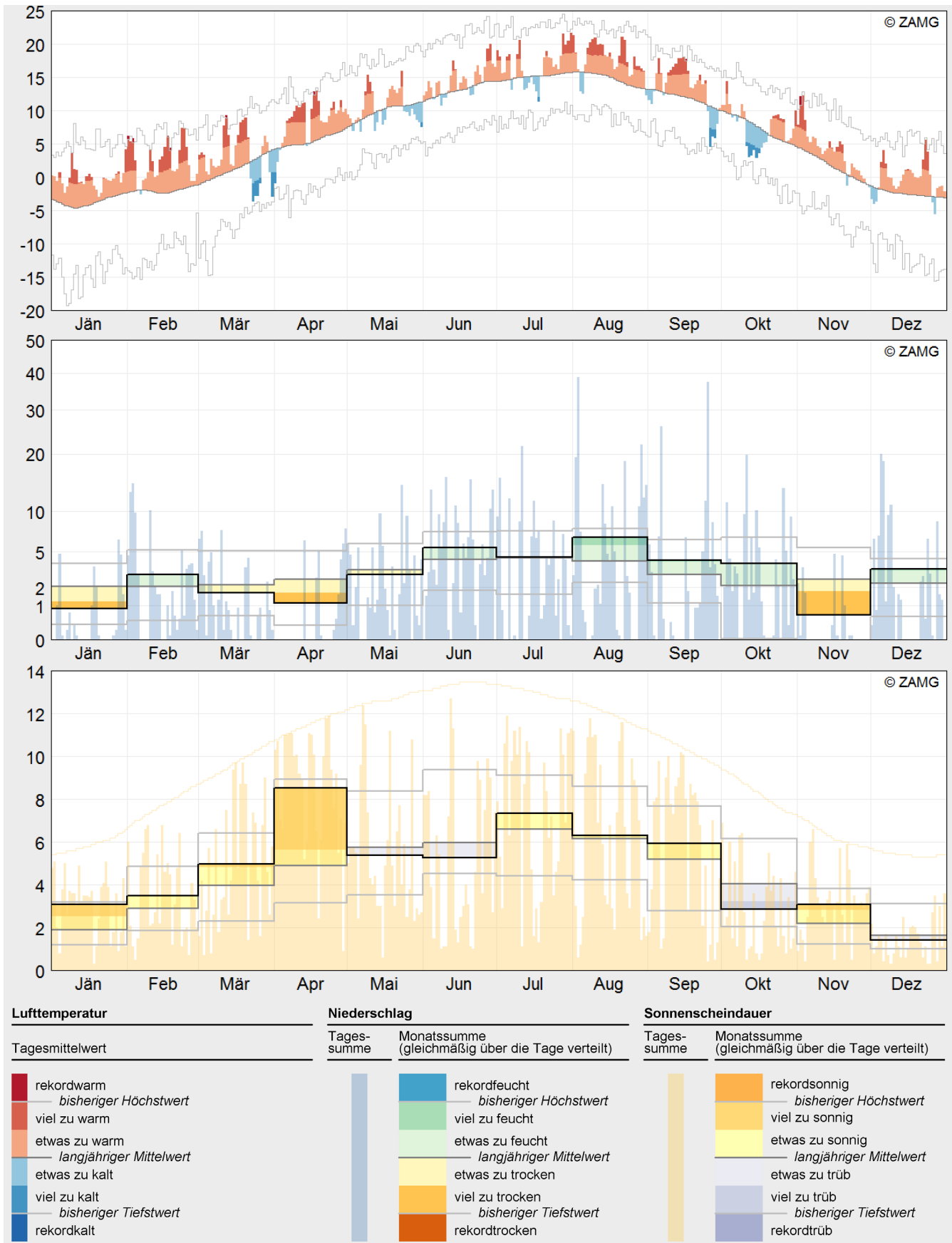


Abbildung 2: Verläufe von täglicher Lufttemperatur, Niederschlagssumme und Sonnenscheindauer im Jahr 2020 in Bezug auf die Mittelwerte des Zeitraumes 1961–1990. Angegeben sind Flächenmittelwerte über Österreich.

RÄUMLICHE VERTEILUNG

Im Jahr 2020 wurde im Flächenmittel über Österreich eine mittlere Lufttemperatur von 8,2 °C verzeichnet. Am kältesten war es dabei mit weniger als -5 °C auf den höchsten Alpengipfeln, am wärmsten mit über 13 °C in der Wiener Innenstadt. Somit lag die Lufttemperatur im Vergleich zum Mittelwert des Bezugszeitraumes 1961–1990 überall deutlich zu hoch, im Schnitt um 2,1 °C. Eher gemäßigt fiel die Abweichung mit rund +1,5 °C noch in Teilen der Südalpen aus, während es gebietsweise im nördlichen Alpenvorland sowie in Hochlagen der Zentralalpen mit bis zu +2,5 °C relativ betrachtet am wärmsten war.

Die Jahressumme des gemessenen Niederschlags wird über ganz Österreich auf rund 1160 mm geschätzt. Am wenigsten regnete und schneite es im nördlichen Weinviertel, wo sich etwa 560 mm über das Jahr summierten. Für den Karnischen Hauptkamm werden hingegen über 3000 mm

Niederschlag angenommen. In der Arlbergregion, entlang der Grenze zu Bayern und in Teilen der Steiermark wurde der Erwartungswert der Jahresniederschläge zwar nicht ganz erreicht. Insgesamt beträgt die Niederschlagsabweichung über Österreich 2020 aber +9 %. Im nördlichen Waldviertel fiel um bis zu 40 %, in Teilen Osttirols und Oberkärntens sogar um bis zu 50 % mehr Niederschlag als üblich.

Gemittelt über Österreich kamen 2020 rund 1760 Sonnenstunden zusammen, was einem Überschuss von 13 % entspricht. Nur an der Nordseite der Hohen und Niederen Tauern wurden durchschnittliche Werte erreicht. Im Burgenland schien die Sonne mit bis zu 2300 Stunden am häufigsten. Relativ gesehen war die Abweichung aber mit bis zu +30 % am anderen Ende des Landes, nämlich im Rheintal, am größten.



© Laci Döme_pixabay

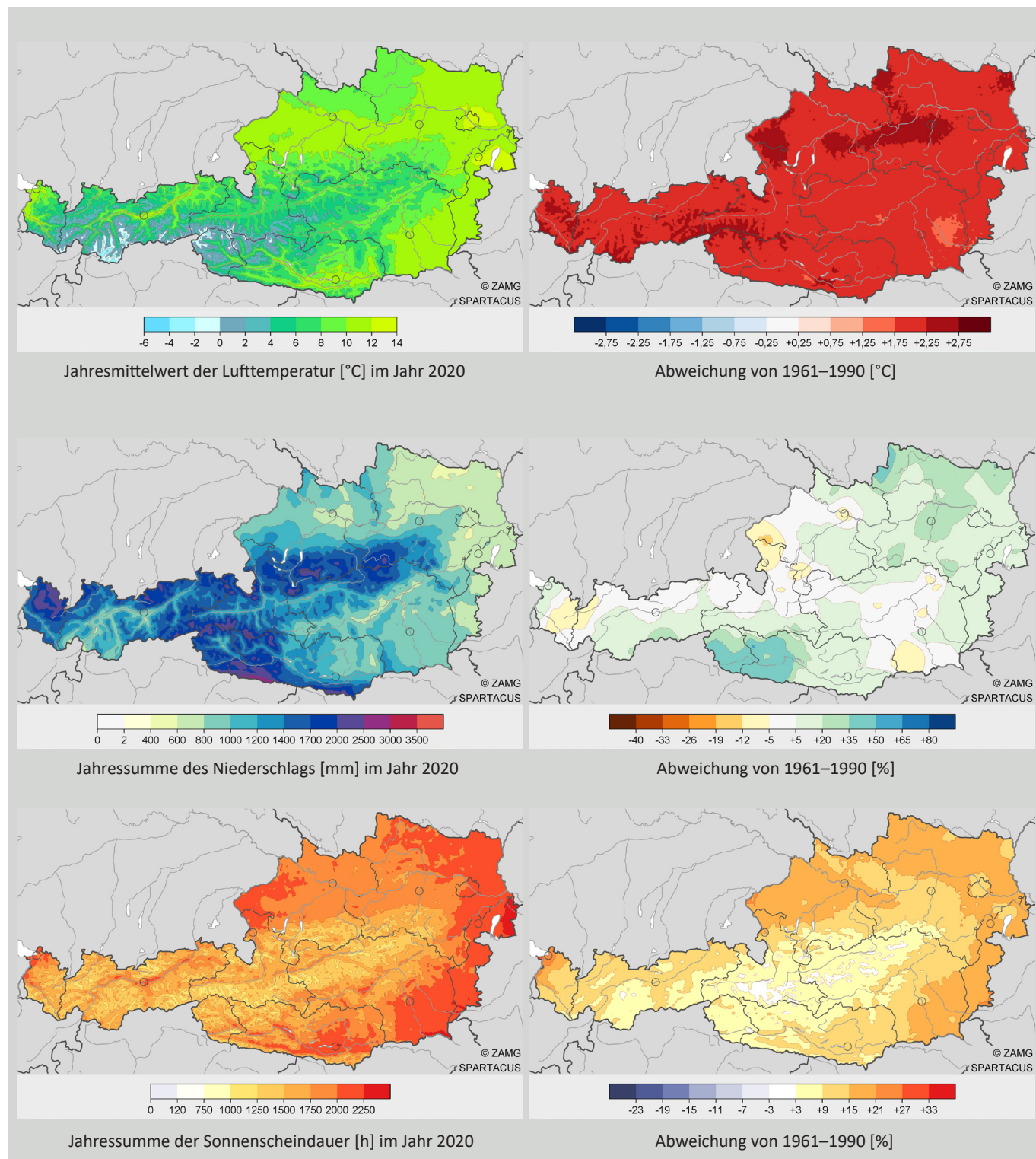


Abbildung 3: Räumliche Verteilung der Jahreswerte 2020 von Lufttemperatur (oben), Niederschlagssumme (Mitte) und Sonnenscheindauer (unten) in Österreich als Absolutwerte (links) und als Abweichungen vom Mittelwert des Bezugszeitraumes 1961–1990 (rechts).

LANGFRISTIGE EINORDNUNG

Die langfristige Klimaentwicklung in Österreich über die letzten 253 Jahre wird anhand der Mittelwerte über homogenisierte Zeitreihen von besonders lange betriebenen Klimastationen nachvollzogen. Abgesehen von geringfügigen Abweichungen in einzelnen Details besteht eine hohe Übereinstimmung mit den zuvor besprochenen Flächenmittelwerten, die das Klima ab 1961 in größerer Genauigkeit beschreiben.

Der Trend der Lufttemperatur bewegte sich in Österreich von der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts ausgehend in einem aus heutiger Sicht niedrigen Bereich und ging bis etwa 1890 langfristig sogar leicht zurück. Ende des 19. Jahrhunderts setzte eine zunächst schwache Erwärmung ein, die sich um 1980 verstärkte und seither ungebrochen anhält. Bereits etwa 1990 verließ das Temperaturniveau den bis dahin aus Messungen bekannten Bereich. Das Jahr 2020 bestätigt mit einer Abweichung von +2,0 °C den starken Erwärmungstrend. Es reiht sich – nach 2018, 2014, 2019 und 2015 – bereits an die fünfte Stelle der wärmsten Jahre. 15 der 16 wärmsten Jahre aus mehr als zweieinhalb Jahrhunderten traten nach 2000 ein. Auf den Bergen war 2020 mit einer Temperaturabweichung von +2,2 °C, gleichauf mit 2015, sogar das wärmste Jahr.

So wurde am Sonnblick-Observatorium in 3100 m Seehöhe der Stationsrekord der Jahresmitteltemperatur gebrochen. Das letzte leicht unterdurchschnittlich temperierte Jahr liegt mittlerweile 26 Jahre zurück.

Beim über Österreich gemittelten Jahresniederschlag sind hingegen keine langfristigen Änderungen auszumachen. Die auffälligsten niederschlagsreichen und trockenen Phasen finden sich im 19. Jahrhundert. Bei hoher Variabilität von Jahr zu Jahr überschreitet 2020 den langjährigen Mittelwert um 10 %. Das entspricht einem geringfügig erhöhten Niveau der Jahresniederschläge der letzten beiden Jahrzehnte. Allerdings verschleiert das Österreichmittel einer Jahressumme regionale und jahreszeitliche Unterschiede der Niederschlagsverteilung. So sind kleinräumige und kurzfristige Ereignisse nicht erkennbar.

Ebenfalls um 1980 nahm eine Erhöhung der Sonnenscheindauer ihren Ausgang. In den letzten etwa 15 Jahren liegt die Jahressumme der Sonnenscheindauer auf einem hohen Niveau, wie es nur aus Messungen des späten 19. Jahrhunderts bekannt ist. 2020 reiht sich mit einer Abweichung von +14 % unter den 140 Jahren der Zeitreihe auf Platz 13 der sonnigsten Jahre ein.

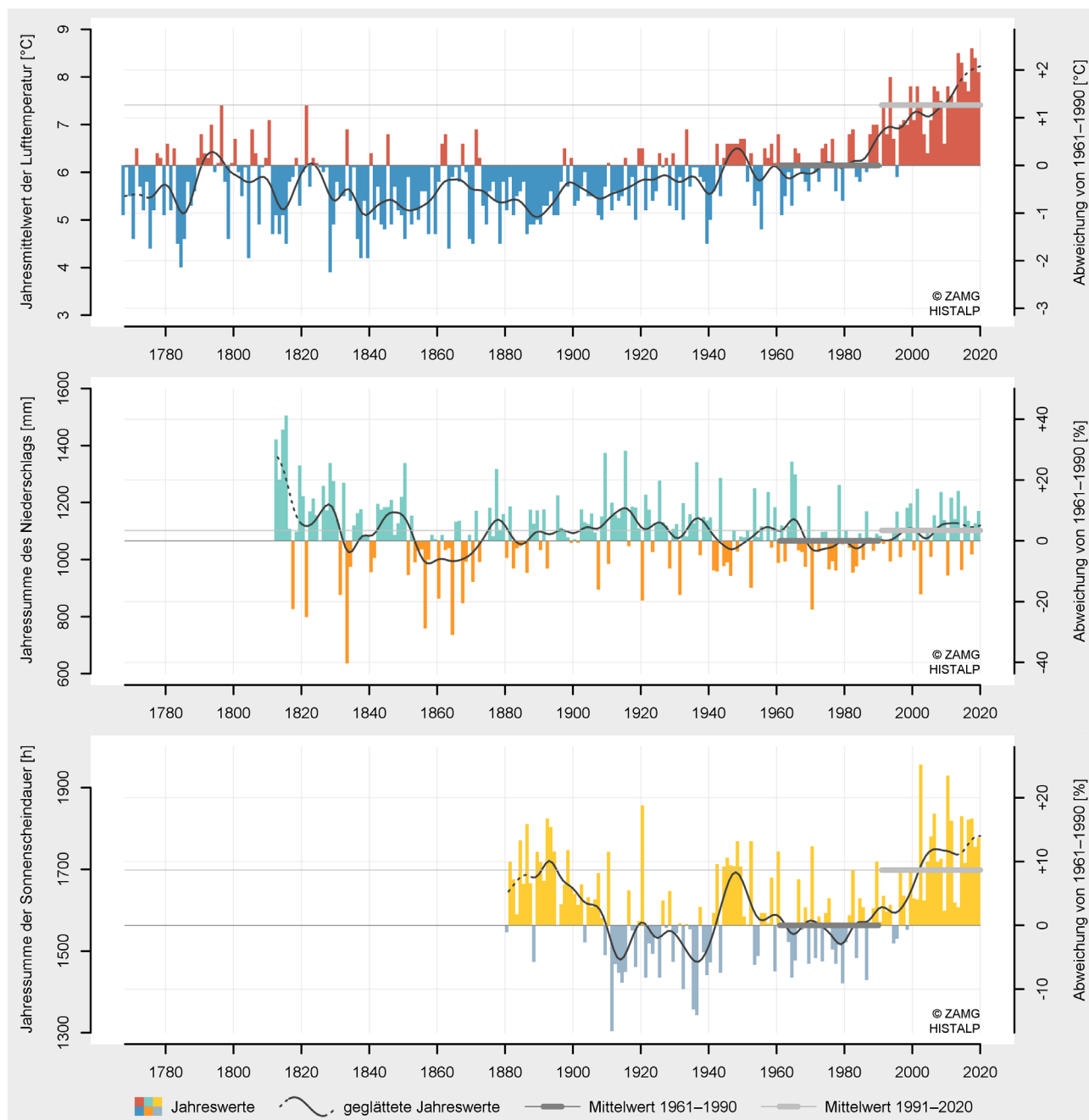


Abbildung 4: Langfristige Entwicklung der Jahreswerte von Lufttemperatur (oben), Niederschlagssumme (Mitte) und Sonnenscheindauer (unten) in Österreich vom Beginn instrumenteller Messungen bis 2020. Die Niveaus der Mittelwerte des Bezugszeitraumes 1961–1990 bzw. der letzten 30 Jahre 1991–2020 sind als dunkelgraue bzw. hellgraue horizontale Linien eingetragen.

KLIMAINDIZES

Die Klimaindizes, die warme Witterungsverhältnisse ausdrücken, übertreffen in Österreich im Jahr 2020 in allen Höhenstufen die Mittelwerte des Bezugszeitraumes 1961–1990 – allerdings in unterschiedlicher Ausprägung. Da die Sommermonate in Österreich über viele Wochen mäßig warm verliefen, bilanziert die Anzahl der Sommertage deutlich überdurchschnittlich. 66 Sommertage im Mittel über die unter 500 m Seehöhe gelegenen Flächen überschreiten den Erwartungswert von 44 um die Hälfte. Selbst in der subalpinen Höhenstufe zwischen 1500 und 2000 m Seehöhe traten 2020 im Mittel zwei Sommertage auf. Auch die Vegetationsperiode dauerte deutlich länger als im Durchschnitt, und zwar besonders in der alpinen Höhenstufe über 2000 m Seehöhe. Dort umfasste sie fast drei statt der üblichen knapp zwei Monate.

Trotz der beständigen Sommerwärme blieben längere sehr warme Abschnitte aus. So traten zwar mehr Hitzetage und längere Hitzeperioden als im Mittel des Bezugszeitraumes 1961–1990 auf, das hohe Niveau des Durchschnittes der letzten Jahre wurde aber nicht erreicht. Insgesamt acht einer Hitzeperiode zugeordnete Kyselý-Tage im Mittel der unter 500 m Seehöhe gelegenen Flächen überschreiten den Mittelwert des Zeitraumes 1961–1990 um fünf Tage, unterschreiten jenen des jüngeren Zeitraumes 1991–2020 aber um sechs Tage. Bei allen Wärmeindizes reicht 2020 nicht an die Rekorde der letzten Jahre heran.

Im Gegensatz zu den Wärmeindizes nehmen sich die kältebeschreibenden Klimaindizes bescheiden aus. Mit 77 Frosttagen im Mittel der unter 500 m Seehöhe gelegenen Flächen fehlen 28 Tage auf den Erwartungswert. Auch in den höher gelegenen Höhenstufen beträgt das Defizit zwischen 21 und 31 Frosttagen. Die Heizgradtagzahl liegt 2020 in der tiefsten Höhenstufe im Mittel bei 2900 °C, was den fünftniedrigsten Jahreswert seit 1961 darstellt. Das Minus gegenüber dem Referenzwert des Heizbedarfs beträgt hier -18 % und reduziert sich zur höchsten Höhenstufe hin auf -11 %.

Mit, je nach Höhenstufe, im Flächenmittel 133 bis 146 Niederschlagstagen im Jahr 2020 werden die langjährigen Erwartungswerte gut getroffen. Auch das jährliche Maximum der 5-Tages-Niederschlagssumme verhält sich im Mittel der meisten Höhenstufen unauffällig. Krasse Ausnahme ist die alpine Höhenstufe über 2000 m Seehöhe, deren vergleichsweise kleine Flächen sich auf den Westen und Süden Österreichs konzentrieren. Hier schlägt das Starkniederschlagsereignis von Anfang Dezember durch. Für diese Höhenstufe wird innerhalb von fünf Tagen eine mittlere Niederschlagssumme von 213 mm angenommen. Das bedeutet zumindest für die Zeit nach 1961 einen neuen Rekord dieses Extremwertindex und stellt den bisher höchsten Jahreswert (1966: 178 mm) in den Schatten.

Höhenstufe	unter 500 m			500–1000 m			1000–1500 m			1500–2000 m			über 2000 m		
Klimaindex	2020	1961–1990	Abweichung	2020	1961–1990	Abweichung	2020	1961–1990	Abweichung	2020	1961–1990	Abweichung	2020	1961–1990	Abweichung
Sommertage (25 °C) [d]	66	44	+22	37	24	+13	13	7	+6	2	1	+1	0	0	±0
Hitzetage (30 °C) [d]	13	6	+7	4	2	+2	0,3	0,2	+0,1	0	0	±0	0	0	±0
Tropennächte (20 °C) [d]	0,2	0,2	±0,0	0	0	±0	0	0	±0	0	0	±0	0	0	±0
Hitzeperiode (Kyselý-Tage) [d]	8	3	+5	0,4	0,4	±0,0	0	0	±0	0	0	±0	0	0	±0
Kühlgrad-tagzahl [°C]	91	31	+60	16	4	+12	0	0	±0	0	0	±0	0	0	±0
Vegetationsperiode (5 °C) [d]	239	228	+11	219	204	+16	194	174	+20	144	132	+12	86	58	+28
Frosttage (0 °C) [d]	77	105	-28	114	136	-23	144	164	-21	160	191	-31	215	247	-32
Heizgrad-tagzahl [°C]	2896	3552	-656	3495	4217	-722	4229	5025	-796	5150	6007	-857	6723	7589	-866
Niederschlags-tage (1 mm) [d]	113	110	+3	134	133	+1	141	141	±0	146	146	±0	145	147	-3
max. 5-Tages-Niederschlag [mm]	77	71	+6	98	93	+5	122	109	+12	154	116	+38	213	117	+96

Tabelle 2: Wichtige Klimaindizes im Jahr 2020 in Bezug auf die Mittelwerte des Zeitraumes 1961–1990. Angegeben sind Flächenmittelwerte über verschiedene Höhenstufen in Österreich. Die Indizes sind im Glossar am Ende des Berichts erläutert.

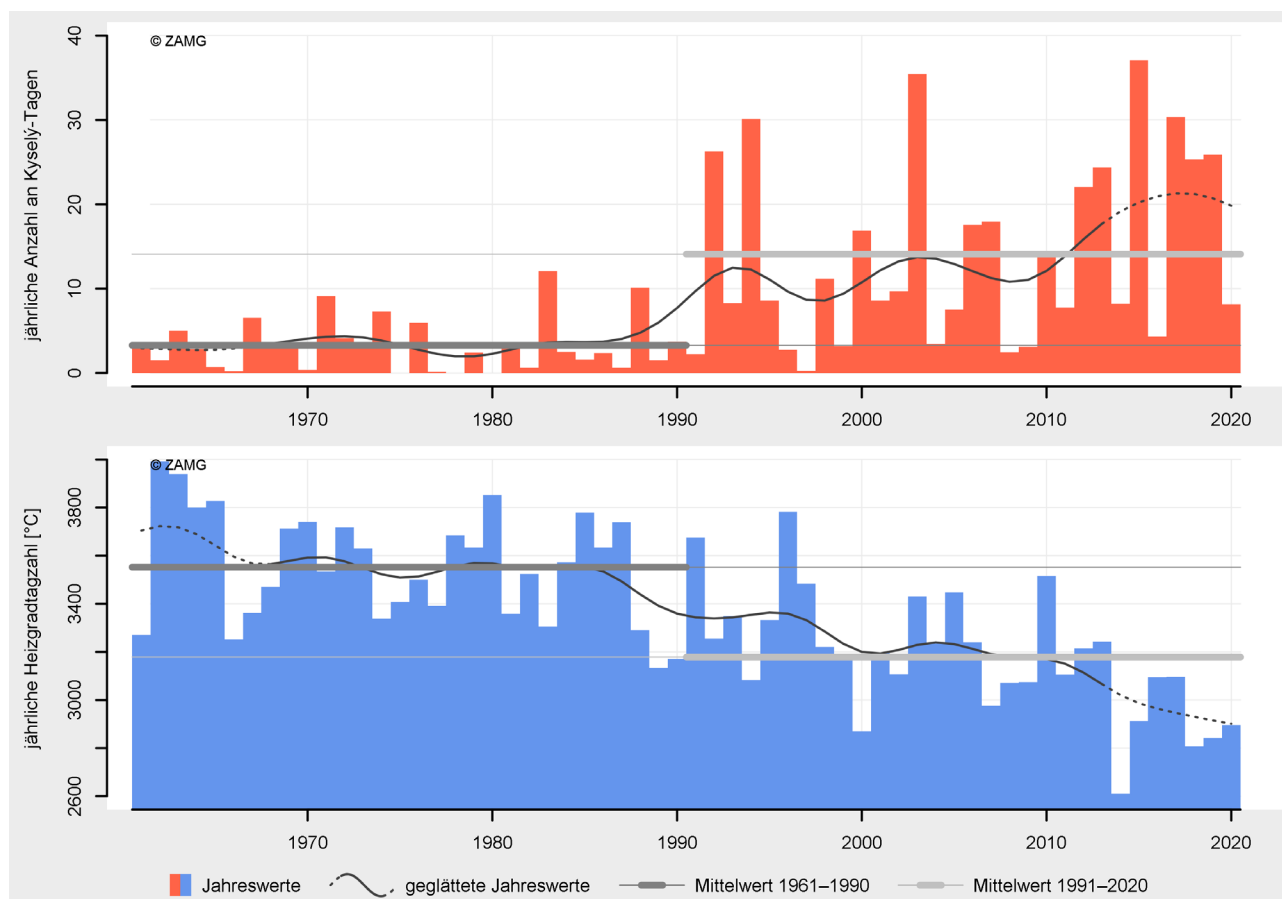


Abbildung 5: Entwicklung der jährlichen Anzahl an Kyselý-Tagen (oben) und Heizgradtagzahl (unten) in Österreich von 1961 bis 2020. Angegeben sind Mittelwerte der unter 500 m Seehöhe gelegenen Flächen. Die Niveaus der Mittelwerte des Bezugszeitraumes 1961–1990 bzw. der letzten 30 Jahre 1991–2020 sind als dunkelgraue bzw. hellgraue horizontale Linien eingetragen.

2_AUSWIRKUNGEN DER KLIMATISCHEN VERÄNDERUNGEN AUF UMWELT UND GESELLSCHAFT_JOHANN HIEBL, MANUELA KALCHER, MARTHA STANGL, HERBERT FORMAYER

BEDEUTENDE WETTEREREIGNISSE AUS DEM JAHR 2020

Jänner: Nur einzelne Verkehrsbehinderungen

An einzelnen Tagen kam es im Jänner zu witterungsbedingten Verkehrsbehinderungen und Verkehrsunfällen. Insbesondere am 29. Jänner sorgte teils starker Schneefall auf den Straßen Oberösterreichs für erhebliche Probleme im Frühverkehr.

Februar: Außergewöhnlich stürmisch

Eine Reihe von Tiefdruckgebieten, die vom Atlantik nach Mitteleuropa und somit auch über Österreich zogen, sorgte für einen ungewöhnlich stürmischen Februar. Bereits zu Monatsbeginn fegte Sturmtief „Petra“ über weite Teile Österreichs und brachte vielerorts Windspitzen von über 100 km/h, im Bergland teilweise bis 140 km/h. Am 10. Februar querte Sturmtief „Sabrina“ Österreich von West nach Ost und verursachte vor allem entlang und nördlich der Alpen viele Schäden. Die Tiefdruckgebiete „Yulia“ und „Bianca“ sorgten im letzten Monatsdrittel erneut für Windspitzen über der 100-km/h-Grenze und damit einhergehend für zahlreiche Unwettereinsätze. Am 23. Februar wurden beispielsweise an der Klimastation auf dem Feuerkogel (Oberösterreich) Windspitzen bis 172 km/h registriert. In tiefen Lagen – wie etwa in der Region Neusiedl am See – traten örtlich Windspitzen bis 110 km/h auf.

Aufgrund der teils orkanartigen Windspitzen stürzten österreichweit zahlreiche Bäume um. Diese fielen mitunter auf Straßen und Schienen, beschädigten Autos, Häuser und Stromleitungen. Zahlreiche Straßen und Bahnstrecken wurden gesperrt. Mehrere zehntausende Haushalte waren stundenweise vom Stromnetz abgetrennt. Auch im Flugverkehr waren zahlreiche Ausfälle und Verspätungen die Folge. Aus Sicherheitsgründen wurden landesweit Parks und Freizeitanlagen geschlossen. Auf den Bergen standen Skilifte still. Zu witterungsbedingten Schäden kam es vor allem an der Alpennordseite, von Vorarlberg bis ins Nordburgenland, aber auch in den südlichen Landesteilen wurden Sturmschäden gemeldet.



© Peggy Choucair _pixabay

März/April: Spätfrost schädigt Obstkulturen – extreme Trockenheit

Eine um den 23. März beginnende Kälteperiode sorgte an den letzten Märztagen sowie Anfang April für außergewöhnliche Temperaturminima. Auch in den Niederungen führte der markante Temperaturrückgang zu teils mäßigem Frost. Infolge eines erneuten Vorstoßes polarer Kaltluft Ende März begann der April vor allem in der Osthälfte Österreichs an einigen Klimastationen mit Kälterekorden. Aufgrund der Frostnächte kam es im letzten Monatsdrittel des März sowie Anfang April örtlich zu Schäden im Obstbau. Vor allem betroffen waren Marillen, Pfirsiche, Kirschen und Zwetschken in Regionen Vorarlbergs, Niederösterreichs, der Steiermark und des Burgenlandes.

Nach einem bereits zu trockenen Jänner und März setzte sich die niederschlagsarme Witterung im April fort. Folglich kam es österreichweit zu zahlreichen Wald- und Flurbränden. Die örtlichen Feuerwehren rückten beispielsweise in Rankweil (Vorarlberg), in Hopfgarten im Brixental (Tirol), in Zell am See (Salzburg) und in Lasberg (Oberösterreich) zu Löscharbeiten aus.

In Niederösterreich kam es in Wilhelmsburg, Rekawinkel, Scheibbs, Klosterneuburg, Korneuburg und Mistelbach zu Waldbränden. Im Schilfgürtel des Neusiedlersees standen rund 700 ha Fläche in Flammen, vernichtet wurden dabei rund 180 ha. Auch in den südlichen Landesteilen begünstigte die anhaltende Trockenheit mehrere Wald- und Flurbrände, so zum Beispiel in Velden (Kärnten), in Wartberg im Mürztal und in Kapfenberg-Hafendorf (beide Steiermark). Bei Letzterem brannten rund 20.000 m² eines Jungwaldes ab.

Mai: Zahlreiche Waldbrände

Zwar beendete der wechselhafte Mai im Norden und Osten Österreichs die Trockenheit, dennoch rückten hier vor allem in der ersten Monatshälfte die Feuerwehren noch zu mehreren Wald- und Flurbränden aus. Beispielsweise brannte es in Gmünd (Niederösterreich) und in Jenbach (Tirol). Im Süden und Südosten Österreichs verlief auch der Mai teils zu trocken und somit hielt in diesen Regionen die erhöhte Waldbrandgefahr an. Ein über mehrere Tage anhaltender großflächiger Waldbrand wurde aus Eisenkappel (Kärnten) gemeldet. Nach rund neun Tagen konnte der Brand vollständig gelöscht werden. Insgesamt wurden 25 ha Waldfläche vernichtet, darunter 15.000 Jungbäume.



© EnviroHope1_pixabay

Im letzten Monatsdrittel, insbesondere um den 23. Mai herum, sorgten starke und teils auch gewittrig durchsetzte Regenfälle für Überflutungen. Regenschauer und Gewitter wurden von teils heftigen Sturmböen begleitet. Somit kam es vor allem alpennordseitig neben überschwemmten Straßen und Kellern auch zu umgestürzten Bäumen, Straßensperren und Stromausfällen.

Juni: Verbreitet Regenschauer und Gewitter

Bedingt durch die rege Tiefdrucktätigkeit über Mitteleuropa fiel im Juni in Österreich überdurchschnittlich viel Regen. Wiederholt zogen Regenschauer und Gewitter durch, die örtlich teils erhebliche Niederschlagsmengen innerhalb kurzer Zeit brachten.

Ende Juni kam es im Vorfeld einer markanten Störungszone vor allem in Salzburg und Oberösterreich sowie in Unterkärnten und der Steiermark zu heftigen Unwettern. Es wurden zahlreiche Blitzeinschläge registriert, die örtlich auch zu Bränden führten. Im Bezirk Graz-Umgebung beispielsweise löste ein Blitzeinschlag einen Brand in einem Dachstuhl aus. Am Semmering kam eine Person zu Tode, als ein Blitz in den Wanderstock einschlug. Starkregen und Hagel sorgten zudem für überflutete Keller, Straßen und Felder. In der steirischen Gemeinde Gleisdorf etwa wurden innerhalb von zwei Stunden 90 mm Regen registriert. Örtlich gingen aufgrund der enormen Wassermengen Muren ab, die wiederum Straßen verlegten. Der heftige Wind, der die Regenschauer und Gewitter begleitete, entwurzelte Bäume und deckte Dächer ab. Zahlreiche Haushalte waren vorübergehend vom Stromnetz abgeschnitten. In der Landwirtschaft entstanden teils erhebliche Schäden. Nach ersten Schätzungen der Hagelversicherung belief sich der Schaden auf mehr als 8 Millionen Euro. Betroffen waren vor allem Obst- und Weinbauern.

Juli: Einzelne heftige Gewitter

Zwar brachte der Juli ungewöhnlich wenige Gewitter, einzelne Starkregenereignisse führten dennoch zu teils erheblichen Problemen. Am 28. Juli bildete sich im Vorfeld einer Störungszone eine heftige Gewitterlinie. Witterungsbedingte Schäden wurden aus den Bundesländern Tirol (v. a. Unterland), Salzburg, Oberösterreich, Niederösterreich (v. a. Donauraum), Wien, Kärnten und der Steiermark gemeldet. Insbesondere der heftige Wind sorgte in weiten Teilen Österreichs für Schäden. Bei Windspitzen bis rund 100 km/h wurden zahlreiche Bäume entwurzelt, diese stürzten mitunter auf Häuser oder blockierten Straßen. Mehrere tausend Haushalte waren vorübergehend ohne Strom. Durch den starken Regen kam es zu mehreren kleineren Murenabgängen. So musste in Salzburg die Salzachtal-Straße beim Pass Lueg gesperrt werden. Zudem traten in den betroffenen Regionen Bäche über die Ufer, Keller, Straßen und Tiefgaragen wurden überflutet. In Oberösterreich entstanden in der Landwirtschaft Schäden, die auf rund 2,5 Millionen Euro geschätzt wurden. Betroffen waren hier vor allem das Hausruck- und das Innviertel.

August: Örtliche Überflutungen, Murenabgänge und zahlreiche Unwettereinsätze

Wiederkehrende Tiefdrucktätigkeit prägte das Wetter im August und so führten mehrere großflächige Starkregenereignisse zu einem überdurchschnittlich nassen Sommermonat mit örtlichen Überflutungen.

Bereits zu Monatsbeginn brachte eine Kaltfront aus Nordwest in Verbindung mit einem Tiefdruckgebiet über Oberitalien einiges an Niederschlag nach Österreich. Zwischen 2. und 4. August wurden aus mehreren Bundesländern – darunter Salzburg, Ober- und Niederösterreich, Steiermark und Kärnten – zahlreiche witterungsbedingte Einsätze gemeldet. Aufgrund der enormen Regensmengen kam es in den betroffenen Bezirken verbreitet zu überfluteten Straßen und Wohnräumen, überlasteten Kanalsystemen und Vermurungen. Mancherorts stiegen aufgrund des anhaltenden Regens die Pegelstände auf teils kritische Werte. So wurde in Steyr Hochwasservoralarm ausgelöst, ebenso im Bezirk Tulln.

Oberndorf bei Salzburg verzeichnete ein zehnjährliches Hochwasser. In Schärding erreichte der Inn einen Pegelstand von 7,3 m, ein Pegelhöchststand von 5,1 m wurde an der Salzach in Mittersill (Salzburg) gemessen und auch die Stadt Salzburg registrierte bedrohliche Pegelstände. Mehrere kleinere Gewässer (z. B. der Innbach in Pichl bei Wels) traten über die Ufer und überschwemmten umliegende Bereiche. Örtlich kam es zu Hangrutschungen und Murenabgängen. Infolgedessen wurden aus Sicherheitsgründen betroffene Häuser evakuiert bzw. Straßen und Bahnstrecken gesperrt.

Von Unwettern geprägt war auch die Monatsmitte. Wiederholt zogen von 13. bis 17. August heftige Gewitter durch und diese brachten neben teils intensivem Regen auch zahlreiche Blitzeinschläge, stürmischen Wind und örtlich Hagelschlag. Erneut summierten sich gebietsweise erhebliche Regensmengen und diese führten mitunter zu Murenabgängen und Hangrutschungen. Zahlreiche Straßen und einige Bahnstrecken waren infolgedessen vorübergehend nicht passierbar. So war nach mehreren Murenabgängen die Laßnitzer Straße (Kärnten) streckenweise nicht befahrbar, an den Gleisen der Murtalbahn (Steiermark) entstand ein Sachschaden von geschätzten 150.000 Euro. In der Gemeinde Unterlamm in der Südoststeiermark kamen mehrere tausend Quadratmeter eines Hanges ins Rutschen, aufgrund der bedrohlichen Situation wurde die betroffene Region zum Katastrophengebiet erklärt. Ebenfalls in der Steiermark, nämlich in Scheifling, entgleiste aufgrund eines Murenabganges ein Zug der ÖBB.



© Markus Distelrath_pixabay

Zu Straßensperren bedingt durch Hangrutschungen und Muren kam es in diesem Zeitraum auch in Niederösterreich und Kärnten.

Zum Monatsende brachten Ausläufer eines ausgeprägten Tiefs über Südwesteuropa vor allem in die westlichen und südlichen Landesteile erneut teils große Niederschlagsmengen. So summierten sich in 72 Stunden (28. bis 31. August) in Dornbirn, in Kötschach-Mauthen und am Brenner rund 150 mm Regen. Begleitet wurden die intensiven Regenfälle von zahlreichen Blitzeinschlägen und örtlich auch Hagelschlag. Einmal mehr kam es in den betroffenen Regionen zu zahlreichen Überschwemmungen und Murenabgängen. Hunderte Unwettereinsätze und Straßensperren waren die Folge. Die enormen Wassermassen ließen örtlich Pegelstände auf teils kritische Werte steigen und Bäche traten über die Ufer. Nahe Matri in Osttirol erreichte die Isel mit 4,49 m knapp die 100-jährige Hochwassermarke. Im Osten fielen im Zuge von Gewittern, begleitet von stürmischem Wind, zahlreiche Bäume auf Straßen und Gebäude. Da entwurzelte Bäume auch Stromleitungen beschädigten, waren mehrere tausend Haushalte vorübergehend vom Stromnetz abgeschnitten. In Burgauberg-Neudauberg (Burgenland) stürzte eine Eiche auf einen Kleinbus, drei Personen kamen dabei ums Leben.

September: Gegen Monatsende Schnee bis in viele Täler

Im letzten Septemberdrittel brachten eine Kaltfront und ein Italtief gebietsweise intensive Niederschläge. So rückten zwischen 24. und 26. September die Feuerwehren kärntenweit zu rund 50 witterungsbedingten Einsätzen aus, um umgestürzte Bäume und Verklausungen zu beseitigen und Wasser abzupumpen. Bedingt durch den markanten Kaltlufteinbruch um den 24. September ging in allen Höhenlagen die Lufttemperatur merklich zurück und in den südlichen Teilen Nordtirols, den Salzburger Gebirgsgauen sowie den höheren Lagen Kärntens sorgten heftige Schneefälle mit bis zu 20 cm Neuschnee für Verkehrsbehinderungen. Hunderte Einsatzkräfte rückten aus, um hängengebliebene Fahrzeuge zu bergen und um Bäume, die wegen der Schneelast umgeknickt waren, zu beseitigen. Auf mehreren Bergstraßen bestand Kettenpflicht. Aus Sicherheitsgründen wurde die Großglockner-Hochalpenstraße abschnittsweise gesperrt.



©Stux_pixabay

Oktober: Sturm und Starkregen zu Monatsbeginn

Von Nordtirol über die Salzburger Gebirgsgaue und das Salzkammergut bis zu den niederösterreichischen Voralpen hielt Anfang Oktober teils stürmischer Südwind hunderte Einsatzkräfte auf Trab. Dabei wurden gebietsweise Windspitzen über 100 km/h registriert, auf den Bergen, etwa am Feuerkogel (Oberösterreich), wurden sogar Windspitzen bis 160 km/h gemessen. In den betroffenen Gebieten wurden zahlreiche Äste abgerissen und Bäume entwurzelt. Örtlich kam es dadurch zu Unterbrechungen im Zugverkehr wie auf der Bahnstrecke zwischen Bischofshofen und Eben in Pongau (Salzburg) oder der steirischen Rudolfsbahn. Umgestürzte Bäume blockierten zudem Straßen und beschädigten Stromleitungen, zahlreiche Straßensperren und Stromausfälle waren die Folge. Die steirische Ortschaft Ramsau am Dachstein war kurzzeitig nicht über den Straßenweg erreichbar. Bei Bruck an der Glocknerstraße im Salzburger Pinzgau hielt ein Anhänger eines Sattelschleppers den stürmischen Windböen nicht stand und kippte in einen Graben. In Göstling an der Ybbs in Niederösterreich kam durch einen umstürzenden Baum eine Person ums Leben.

Während entlang der Nordalpen stürmischer Südwind für zahlreiche Unwettereinsätze sorgte, rückten in Osttirol und Oberkärnten die örtlichen Feuerwehren wegen des teils heftigen Regens aus. Mehrere Straßen und Keller standen unter Wasser. Zudem gab es kleinräumige Überflutungen, nachdem Bäche über die Ufer traten. Die Plöckenpass-Straße war nach mehreren Murenabgängen vorübergehend gesperrt.

Erdmassen und umgestürzte Bäume blockierten auch die Gailtal-Straße. In der Osthälfte Österreichs machte hingegen eine Gewitterlinie mit zahlreichen Blitzeinschlägen und Starkregen den Menschen zu schaffen. Vor allem im Mittel- und Südburgenland standen zahlreiche Feuerwehrleute im Unwettereinsatz, hier mussten überflutete Keller und Straßen von den Wassermassen befreit werden.

November: Keine außergewöhnlichen Unwetterereignisse

Abgesehen von lokalen Felsstürzen – besonders in der Region St. Johann und Wagrain (Salzburg) – kam es im November in Österreich zu keinen außergewöhnlichen Unwetterereignissen.

Dezember: Rekordmengen an Neuschnee in Osttirol und Oberkärnten

Eingelagert in eine beständige südliche Höhenströmung gelangten vor allem im ersten Dezemberdrittel feuchte Luftmassen aus dem Mittelmeerraum nach Österreich. Diese stauten sich an der Alpensüdseite und brachten insbesondere in den südwestlichen Landesteilen extreme Niederschlagsmengen.

In Osttirol und Oberkärnten verursachte der Wintereinbruch mit starkem Schneefall zu Monatsbeginn erhebliche Probleme. Die Rekordmengen an Neuschnee sorgten verbreitet für Verkehrsbehinderungen. Beinahe alle Bergstraßen waren nur mit Winterausrüstung befahrbar. Wegen hängengebliebener Fahrzeuge mussten mehrere Straßen gesperrt werden, darunter die Mölltal-Bundesstraße bei Kolbnitz im Bezirk Spittal an der Drau. Das Lesachtal war vorübergehend von der Außenwelt abgeschnitten. Bedingt durch die Schneelast stürzten zahlreiche Bäume um, diese blockierten mitunter Verkehrswege und beschädigten Stromleitungen. In Kötschach-Mauthen riss eine Stromleitung, nachdem ein Baum unter der Schneelast umgestürzt war. Mehrere tausend Haushalte waren in den betroffenen Kärntner Gemeinden vorübergehend ohne Strom. Probleme bei der Stromversorgung gab es auch in Osttirol, rund 4000 Haushalte im Bereich Matri, Kals, Virgental, Villgratental und Teile des Lesachtals waren vorübergehend vom Stromnetz

abgeschnitten. Die nasse, instabile Schneedecke führte zudem zu einer erheblichen bis sehr hohen Lawinengefahr. In Großkirchheim (Bezirk Spittal an der Drau) wurden aus Sicherheitsgründen zwei Häuser evakuiert. In Mörttschach und in der Mauthner Klamm (ebenfalls Bezirk Spittal an der Drau) gingen Lawinen ab und auch in Prägraten und Hopfgarten in Deferegggen (Bezirk Lienz) führten Lawinenabgänge zu Schäden an Gebäuden. Aufgrund der angespannten Lage blieben die Schulen in den betroffenen Gebieten geschlossen.

In den tieferen Lagen Osttirols verursachte neben starken Schneefällen auch intensiver Regen Probleme. Besonders betroffen war der Raum Lienz. Innerhalb von 48 Stunden fiel hier stellenweise mehr als 200 mm Niederschlag. Aufgrund der enormen Regenmengen standen zahlreiche Keller und Straßen unter Wasser. Es kam zu mehreren Hangrutschungen, wie etwa auf der Brennerstraße. In Nussdorf-Debant (Bezirk Lienz) hatte sich nach einem Murenabgang ein See gebildet, der Häuser gefährdete. Knapp 30 Personen wurden infolgedessen evakuiert.

Auch abseits von Osttirol und Oberkärnten verursachte die südliche Anströmung in Österreich witterungsbedingte Schäden. Im Salzburger Pinzgau führte der starke Regen zu Überflutungen und Vermurungen. Die größten Niederschlagsmengen fielen dabei im Oberpinzgau, von Hollersbach über Mittersill bis Zell am See. Hier traten kleinere Bäche über die Ufer, Keller mussten ausgepumpt werden und einzelne Nebenstraßen wurden vermurt. Auf der Tauernbahn der ÖBB zwischen Bad Hofgastein und Bad Gastein kam es zu einem Murenabgang. Aufgrund von Hangsicherungsarbeiten war die Strecke über mehrere Wochen nicht befahrbar. In der Steiermark wurden nach dem Wintereinbruch viele Straßen nach Unfällen gesperrt. Auf höher gelegenen Bergstraßen des Oberlandes und der Weststeiermark herrschte bei winterlichen Fahrbahnverhältnissen Schneekettenpflicht. Aufgrund des Wintereinbruchs waren auch in weiten Teilen Niederösterreichs Einsatzkräfte der Straßendienste und über 1000 Helfer im Einsatz. Im östlichen Weinviertel und im Wiener Becken ging der Niederschlag mitunter in Form von gefrierendem Regen nieder. Es kam zu mehreren Unfällen und Verkehrsbehinderungen.

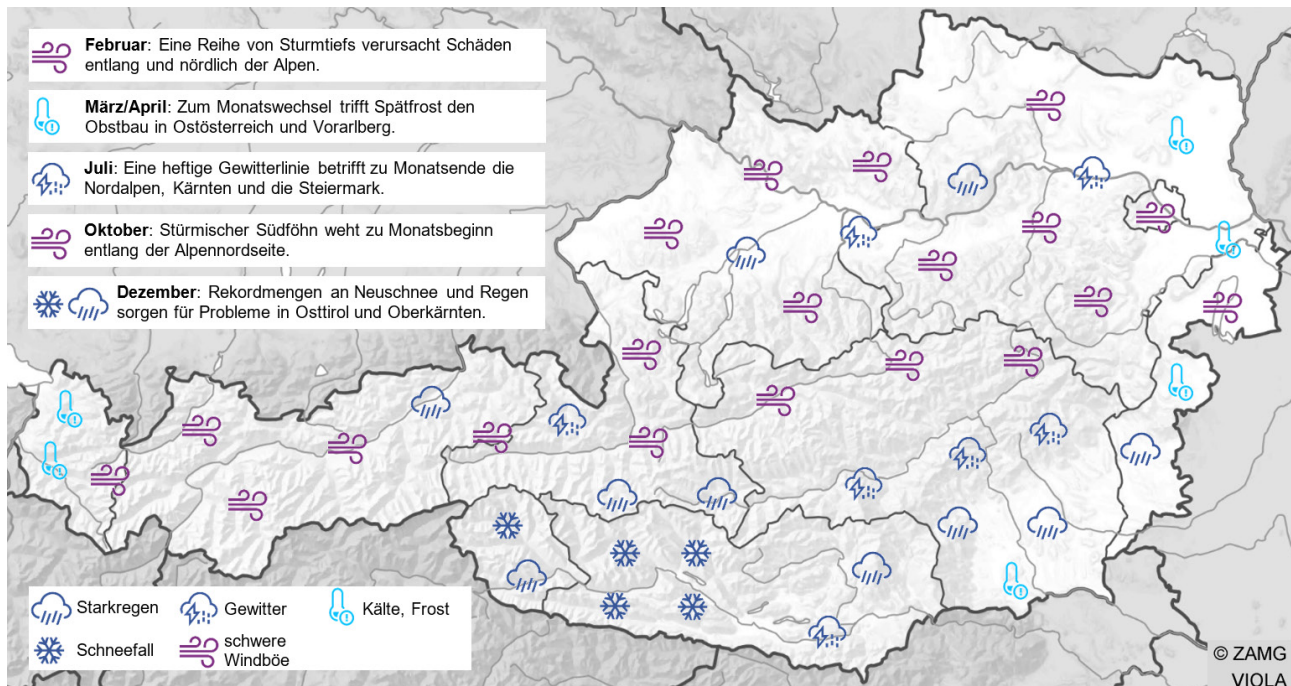


Abbildung 6: Räumlicher Überblick über bedeutende Wetterereignisse im Jahr 2020 in Österreich¹

KLIMANORMALPERIODEN IM VERGLEICH

Lufttemperatur, Niederschlag, Sonnenscheindauer und andere Wetterelemente können an einem Ort oder in einer Region nicht nur von Tag zu Tag stark schwanken, sondern variieren auch von Jahr zu Jahr beträchtlich. Um das **Klima im Mittel**, einschließlich der typischen Abweichungen und Extremwerte, statistisch belastbar beschreiben zu können, wird in der Klimatologie daher ein Zeitraum von mindestens 30 Jahren herangezogen. Zur **internationalen Vergleichbarkeit** definiert die WMO, die Weltorganisation für Meteorologie, nicht überlappende **30-jährige** sog. **Klimanormalperioden**, nämlich 1901–1930, 1931–1960 und 1961–1990. Ab 2021 gilt auf internationaler Ebene ein **neuer Bezugszeitraum: 1991–2020**.

Klimanormalperioden werden in weiterer Folge eingesetzt, um die Witterung eines Monats, einer Jahreszeit oder eines Jahres klimatologisch einordnen zu können. In dieser Berichtsreihe wird der weniger technische Begriff Bezugszeitraum synonym verwendet.

Belastbare Klimastatistik erfordert mindestens 30 Jahre

Neben den von der WMO definierten Klimanormalperioden wird im Zusammenhang mit dem vom Menschen hauptverursachten Klimawandel häufig der Klimazustand vor der industriellen Revolution als Referenz verwendet. Laut dem **Pariser Klimaschutzabkommen** soll die globale Erwärmung auf zumindest 2 °C, wenn möglich auf **1,5 °C, verglichen mit dem vorindustriellen Niveau** limitiert werden. Für die globale Mitteltemperatur wird hierzu laut dem IPCC, dem Weltklimarat der Vereinten Nationen, der **Bezugszeitraum 1850–1900** verwendet. Auf regionaler Ebene muss man mit dieser Definition aber vorsichtig sein, da etwa in Österreich die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts, als im Alpenraum die letzten großen Gletschervorstöße der Kleinen Eiszeit stattfanden, besonders kühl verlief (siehe Abb. 4 oben).

¹ www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/unwetterchronik

Doch welche Rolle spielt die Wahl der Klimanormalperiode?

Da das Klima seit einigen Jahrzehnten weltweit und in Österreich raschen Veränderungen unterliegt, hat der Wechsel des Bezugszeitraumes bei der klimatologischen Einordnung eine entscheidende Auswirkung. Im Extremfall kann das sogar dazu führen, dass ein bestimmtes Jahr, das im Vergleich zum Bezugszeitraum 1961–1990 etwas zu warm ausfällt, im Vergleich zum Bezugszeitraum 1991–2020 etwas zu kalt abschneidet – einfach deshalb, weil die neue Vergleichsbasis wesentlich wärmer ist.

Zu kalt oder zu warm – der Bezugszeitraum entscheidet

Wie stark sich die Wahl des Bezugszeitraumes auf die Temperaturabweichung auswirkt, zeigt beispielhaft Tabelle 3. Hier werden die langjährigen Mittelwerte der Lufttemperatur in verschiedenen Bezugszeiträumen und die jeweiligen Abweichun-

gen der Mitteltemperatur des Jahres 2020 an der Station Wien-Hohe Warte angegeben. Derselbe absolute Jahreswert von 11,6 °C entspricht relativen Abweichungen von lediglich +0,6 °C bezogen auf den Zeitraum 1991–2020 bis hin zu +2,6 °C bezogen auf den Zeitraum 1851–1900.

Die Verwendung verschiedener Bezugszeiträume führt also dazu, dass unterschiedliche Zahlen für die klimatologische Einordnung verbreitet werden. Das ermöglicht es, den Klimawandel in unterschiedlichem Licht darzustellen. Einem politischen oder kommerziellen Interesse folgend können dieselben Absolutwerte mit Blick auf den Klimawandel als drastische oder als harmlose Veränderung präsentiert werden – je nachdem, ob die Abweichungen zum Beginn der Klimamessungen, der zuletzt gültigen Klimanormalperiode 1961–1990 oder dem jüngeren Zeitraum 1991–2020 in Bezug gesetzt werden.

Bezugszeitraum	Mittelwert [°C]	Abweichung 2020 [°C]
1851–1900	9,0	+2,6
1961–1990	9,7	+1,9
1981–2010	10,5	+1,1
1991–2020	11,0	+0,6

Tabelle 3: Langjährige Mittelwerte der jährlichen Lufttemperatur sowie Abweichungen der mittleren jährlichen Lufttemperatur im Jahr 2020 (11,6 °C) für verschiedene Bezugszeiträume an der Klimastation Wien-Hohe Warte.

Welcher Bezugszeitraum ist nun der Richtige für die möglichst objektive, klimatologisch korrekte und nutzerfreundliche Beurteilung der vor sich gehenden Klimaänderungen? Eine eindeutige und allgemeingültige Antwort ist nicht möglich. Die Wahl des passenden Bezugszeitraumes muss in pragmatischer und interessensfreier Einschätzung der jeweiligen Anwendung und Interpretation geschehen.

Einordnung im Vergleich zum möglichst natürlichen Klimazustand

Für viele wissenschaftliche Fragestellungen, besonders die Einordnung aktueller klimatischer Entwicklungen, ist ein möglichst natürlicher, von menschlicher Aktivität unbeeinflusster mittlerer Zustand als Referenz sinnvoll. Dasselbe gilt für von klimatologischen Erkenntnissen abgeleitete Klimaschutzabkommen.

Als gesichert gilt, dass die vom Menschen hauptverantwortete Erwärmung der Atmosphäre gegen Ende des 19. Jahrhunderts allmählich einsetzt und sich ab etwa 1980 beschleunigt. Demnach wäre idealerweise ein vollständig vor 1900 oder zumindest vor 1980 gelegener Bezugszeitraum zweckmäßig.

Dem steht die Realität der Datenverfügbarkeit gegenüber. In den Weltkriegen wurden nicht nur zahlreiche Klimastationsreihen unterbrochen, viele Klimaaufzeichnungen gingen unwiederbringlich verloren. Im Zuge des Wiederaufbaus der Nachkriegsjahre wurde in Österreich ein Netz an Klimastationen etabliert, das in vergleichsweise hoher Dichte, Stabilität und Qualität einige Jahrzehnte bestehen blieb. Aus praktischer Sicht ist somit der 30-jährige Bezugszeitraum 1961–1990 im Hinblick auf klima- und datengeschichtliche Gegebenheiten der einzig mögliche Kompromiss. Dieser Zeitraum liegt nicht nur zu einem großen Teil vor dem vollen Einsetzen des Treibhausklimas, sein Temperaturniveau trifft annähernd jenes des gesamten 20. Jahrhunderts.

Anforderung der Aktualität als einziges Kriterium?

Allerdings entspricht der mittlere Klimazustand der 1960er- bis 1980er-Jahre nicht mehr der Erinnerung und dem Erleben großer Teile der Gesellschaft. So gesehen wäre ein Umstieg auf den jüngsten 30-jährigen Bezugszeitraum 1991–2020 notwendig. Technische Normen in Bereichen wie Bauwirtschaft, Energieerzeugung, Schutz vor Naturgefahren u. v. a. m. benötigen jedenfalls eine möglichst aktuelle Beschreibung des Klimas.

Aus diesen Überlegungen **bezieht sich die vorliegende Berichtsreihe**, deren Ziel die klimatologisch korrekte Vermittlung des Zustands des Klimas in Österreich ist, bewusst **auf die Periode 1961–1990 als vorrangigem Bezugszeitraum**. Um das Ausmaß der beobachteten Klimaänderungen der letzten Jahrzehnte abzubilden, wird in vielen Abbildungen und Beschreibungen **zusätzlich auf den aktuellen Bezugszeitraum 1991–2020** verwiesen. In diesem Bericht liegt überdies ein Schwerpunkt auf der Darstellung der **klimatischen Änderungen zwischen diesen beiden Bezugszeiträumen** in Österreich. Im Folgenden werden erste Ergebnisse des Vergleichs zwischen dem klassischen Bezugszeitraum 1961–1990 und dem eben erst zu Ende gegangenen Bezugszeitraum 1991–2020 gezeigt und diskutiert.



©kernli_pixabay

			Eisenstadt	Klagenfurt	St. Pölten	Linz	Salzburg	Graz-Univ.	Innsbruck-Univ.	Bregenz	Wien-H. Warte	Feuerkogel	Villacher Alpe	Sonnblick
Seehöhe	[m]		184	450	274	262	430	367	578	424	198	1618	2117	3105
Lufttemperatur	[°C]	1961–1990	9,5	7,9	8,9	9,0	8,2	8,9	8,5	9,1	9,7	3,1	0,1	-5,7
		1991–2020	10,9	9,1	10,0	10,4	9,5	10,5	9,9	10,2	11,0	4,2	1,3	-4,6
Niederschlag	[mm]	1961–1990	619	900	650	845	1159	841	840	1464	607	1769	1352	1655
		1991–2020	687	944	722	842	1186	848	914	1573	675	1907	1354	2053
Sonnenschein	[h]	1961–1990	—	1799	—	—	—	1849	1918	—	1919	1714	1995	1666
		1991–2020	*2032	2032	*1900	*1725	—	2072	2023	*1799	2052	1803	2110	1772

Tabelle 4: Mittelwerte von Lufttemperatur, Niederschlagssumme und Sonnenscheindauer über die Bezugszeiträume 1961–1990 und 1991–2020 an ausgewählten Klimastationen in Österreich. Graue Zahlen basieren auf geprüften, schwarze Zahlen auf zusätzlich homogenisierten Stationsreihen. Vorangestellte Sternchen weisen zudem auf Datenlücken hin.

Zunächst werden die Mittelwerte der grundlegenden Klimaelemente Lufttemperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer anhand der Klimabeobachtungen in den Landeshauptstädten und an ausgewählten Bergstationen betrachtet (Tab. 4). **Demnach hat sich das Temperaturklima Österreichs innerhalb von nur drei Jahrzehnten markant verändert.**

Innsbruck zuletzt schon wärmer als zuvor Wien

An allen Stationen hat sich die bodennahe Luft im Mittel um 1,1 bis 1,6 °C erwärmt. Während im Zeitraum 1961–1990 die mittlere jährliche Lufttemperatur noch in allen Landeshauptstädten unter 10 °C lag, reichte sie 30 Jahre später in Graz, Eisenstadt und Wien schon an 11 °C heran. Die mittlere Jahrestemperatur in der Stadt Salzburg entsprach 1991–2020 dem Wert der Jahre 1961–1990 im pannonisch geprägten Eisenstadt. Im inneralpinen Innsbruck war es während der letzten 30 Jahre sogar schon leicht wärmer als zuvor noch in der Bundeshauptstadt. Über die Fläche Österreichs gemittelt hat sich die bodennahe Lufttemperatur von 6,1 °C im Zeitraum 1961–1990 um 1,3 °C auf 7,4 °C im Zeitraum 1991–2020 erhöht (Abb. 7 oben).

Die Temperaturänderung betrifft alle Regionen und Höhenstufen in etwa gleich stark. Die etwas höheren Änderungen sind im nördlichen Alpenvorland und den großen inneralpinen Tälern und Becken erkennbar, die etwas gemäßigten Änderungen allgemein in den erhöhten Lagen.

Temperaturverteilung stieg um über 200 m an

Vertikal betrachtet verlagerte sich die mittlere Temperaturverteilung während dieses kurzen Zeitraumes um etwa 225 m nach oben. Während sich beispielsweise die mittlere jährliche Lufttemperatur von 5 °C im Zeitraum 1961–1990 in rund 1230 m Seehöhe befand, wurde diese Temperatur im Mittel des Zeitraumes 1991–2020 erst in 1520 m erreicht. Die Seehöhe der ökologisch bedeutsamen mittleren Nullgradgrenze stieg in etwa von 2230 m auf 2420 m an.

Mit Ausnahme des Südostens etwas feuchter

Vom im langfristigen Vergleich etwas verminderten Niveau des Bezugszeitraumes 1961–1990 ausgehend blieben die mittleren jährlichen Niederschlagssummen konstant oder erhöhten sich leicht.

So änderte sich der durchschnittliche Jahresniederschlag in Linz, Graz und Salzburg kaum, während er in Eisenstadt, St. Pölten und Wien von 1961–1990 auf 1991–2020 um 11 % zunahm. Die Niederschlagsreihen der Bergstationen weisen meist auf Zunahmen hin, sind aber für eine verlässliche Beurteilung mit zu großen Messunsicherheiten behaftet.

Auch im Österreichmittel hat sich die mittlere jährliche Niederschlagssumme leicht erhöht, und zwar von etwa 1070 mm im Zeitraum 1961–1990 um 4 % auf etwa 1110 mm im Zeitraum 1991–2020 (Abb. 7 Mitte). Zwar erlauben Inhomogenitäten in den Niederschlagsmessreihen keine abschließende Auswertung der räumlichen Änderungsmuster. Ein besonders starker Niederschlagsanstieg um rund 20 % ist jedoch für den östlichen Alpennordrand wahrscheinlich. Im Westen Oberösterreichs und in der Arlbergregion scheinen die mittleren Niederschlagsmengen hingegen stabil geblieben zu sein. Für den Süden der Steiermark und des Burgenlandes werden sogar geringfügige Niederschlagsabnahmen angenommen.

Wesentlich mehr Sonnenschein in den Niederungen

Die leichte Niederschlagszunahme ging nicht mit einer Abnahme der Sonnenscheindauer einher – im Gegenteil. Die mittlere jährliche Summe der Sonnenstunden erhöhte sich an den verfügbaren Klimastationen deutlich, nämlich um 5 bis 11 %.

Über 30 Jahre und Österreich gemittelt stieg die jährliche Sonnenscheindauer zwischen den beiden betrachteten Zeiträumen merklich an, und zwar von rund 1560 Stunden auf rund 1700 Stunden (Abb. 7 unten). Das entspricht einer Erhöhung um 8 %. Während sich in alpinen Hochlagen die Anzahl der Sonnenstunden nur unwesentlich verändert haben dürfte, nahm die Sonnenscheindauer in den Becken des Südens und in den außeralpinen Vorländern um 10 %, in Niederösterreich teils um 12 % zu.



©Doris Pecka_pixabay

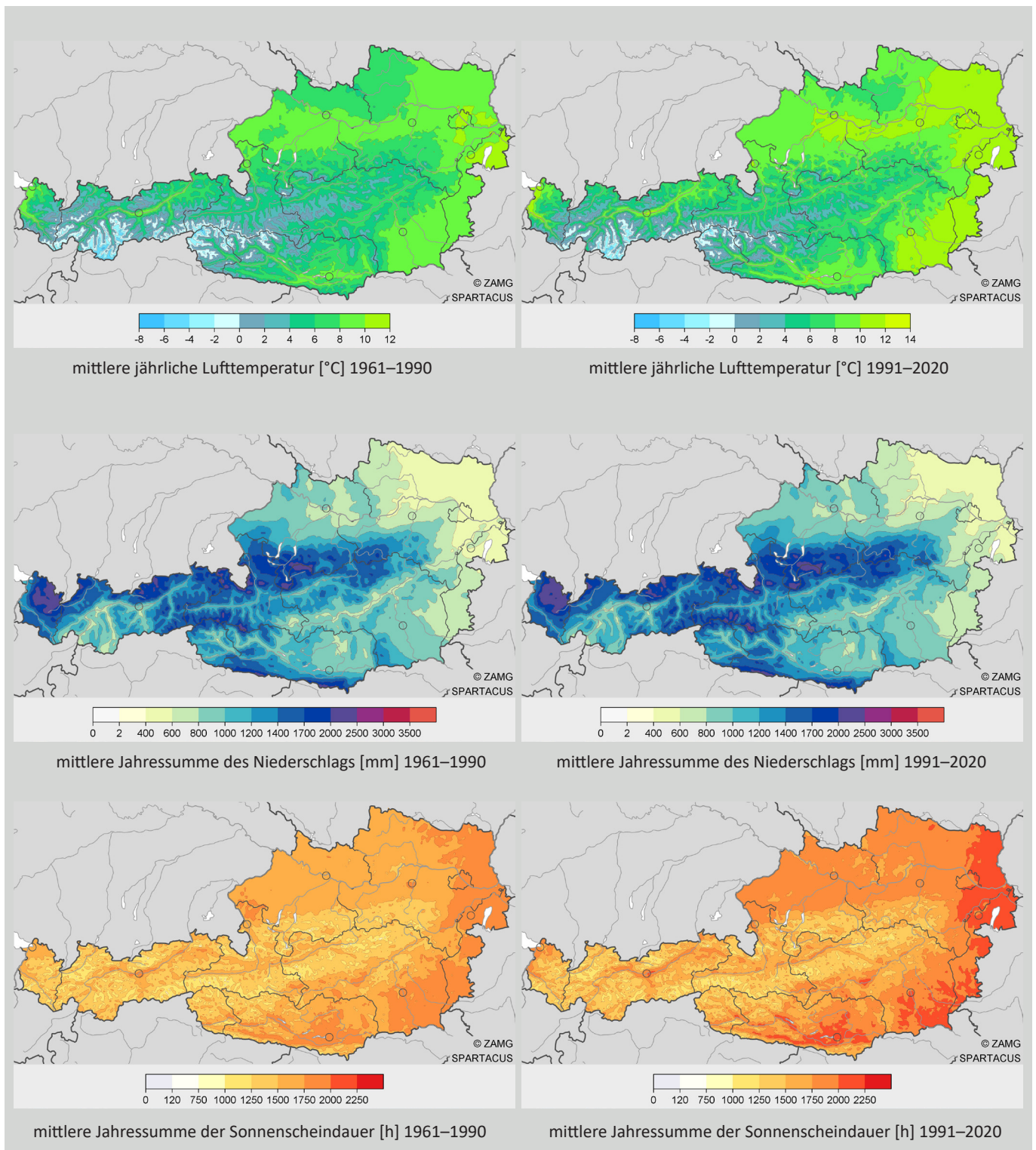


Abbildung 7: Räumliche Verteilung der mittleren Jahreswerte von Lufttemperatur (oben), Niederschlagssumme (Mitte) und Sonnenscheindauer (unten) in den Bezugszeiträumen 1961–1990 (links) und 1991–2020 (rechts) in Österreich.

Somit gingen zuletzt von einem **30-jährigen Bezugszeitraum zum nächsten Änderungen im Temperatur- und Strahlungsklima vonstatten, wie sie zumindest in der durch instrumentelle Aufzeichnungen belegten Klimageschichte bisher unbekannt sind**. Klimageschichtlich gesehen passieren die Änderungen zwar in rasantem Tempo, aus Sicht eines Menschenlebens aber schleichend von Jahrzehnt zu Jahrzehnt. Daher unterschätzen viele Menschen die beachtlichen Anstiege der Mittelwerte. Ein innerhalb von drei Jahrzehnten um 1,3 °C steigendes Temperaturniveau hinterlässt weniger Eindruck als beispielsweise ein schadenbringendes Unwetter.

Der unterschätzte schleichende Klimawandel

Welche gravierenden Implikationen die allmähliche Änderung der Klimamittelwerte für Umwelt und Gesellschaft in Österreich mit sich bringen, wird aber deutlich, wenn man abgeleitete Kenngrößen betrachtet. Solche Klimaindizes beschreiben spezifische klimatische Sachverhalte treffsicherer als die Mittelwerte der Klimaelemente und haben oft einen anwendungsorientierten Fokus. Der Vergleich der Indexwerte zwischen den Bezugszeiträumen 1961–1990 und 1991–2020 ermöglicht es, die Auswirkungen der bereits eingetretenen Klimaänderungen in Österreich greifbar zu machen.

Indizes verdeutlichen die Auswirkungen der Klimaänderung

Tabelle 5 listet die 30-jährigen Mittelwerte der beiden Bezugszeiträume für elf gebräuchliche Klimaindizes in den Landeshauptstädten und an drei Bergstationen. Die ersten fünf Indizes geben warme Klimabedingungen wieder. Aufgrund schwellwertabhängiger Definitionen reagieren sie sensibel auf die Temperaturerhöhung.

So hat sich die jährliche Anzahl der Hitzetage vom Zeitraum 1961–1990 zum Zeitraum 1991–2020 in den Landeshauptstädten verdoppelt bis vervierfacht.

Eine ungewöhnliche Belastung für die menschliche Gesundheit sind Tropennächte. Während ihr Auftreten zuvor in vielen Landeshauptstädten eine seltene Ausnahme darstellte, musste im Klimamittel des Zeitraumes 1991–2020 in Klagenfurt alle zwei Jahre mit einer Tropennacht, in Wien und Eisenstadt bereits jährlich mit sechs Tropennächten gerechnet werden.

Belastende Hitzeperioden dauern länger

Ausgeprägte Hitzeperioden dauerten in den letzten 30 Jahren ebenfalls wesentlich länger als zuvor. In Bregenz verlängerten sich Hitzeperioden im Klimamittel von einem Tag auf fünf Tage, in Graz sogar von einem Tag auf 16 Tage pro Jahr. Der Vergleich der Österreichkarten bestätigt, dass die zeitliche Ausdehnung von Hitzeperioden in den Niederungen des Ostens besonders stark ausfiel (Abb. 8 oben). Hier dauerten Hitzewellen im Zeitraum 1991–2020 verbreitet jährlich um ein bis über zwei Wochen länger als im vorangehenden Zeitraum. Gleichzeitig **drang Hitze in Höhen vor, die zuvor nicht davon betroffen waren**. Die Obergrenze, unterhalb welcher das jährliche Eintreten einer Hitzeperiode wahrscheinlich ist, stieg von rund 500 auf rund 900 m Seehöhe. Hitzewellen sind nunmehr auf der gesamten Böhmisches Masse und in allen großen Alpentälern möglich.

Während der Kühlbedarf in den Landeshauptstädten im Durchschnitt der Jahre 1961–1990 noch wenig ausgeprägt war, erreichte die Kühlgradtagzahl im jüngeren Bezugszeitraum bereits Mittelwerte zwischen immerhin 85 und 176 °C.

		Eisenstadt	Klagenfurt	St. Pölten	Linz	Salzburg	Graz-Univ.	Innsbruck-Univ.	Bregenz	Wien-H. Warte	Feuerkogel	Villacher Alpe	Sonnblick
Seehöhe	[m]	184	450	274	262	430	367	578	424	198	1618	2117	3105
Hitzetage (30 °C)	[d]	1961–1990	11	6	12	6	4	9	3	10	0	0	0
		1991–2020	21	19	18	16	13	17	9	21	0	0	0
Tropennächte (20 °C)	[d]	1961–1990	2,2	0,0	0,2	0,7	0,2	0,3	0,0	0,5	1,6	0,1	0,0
		1991–2020	5,9	0,5	1,9	3,2	0,9	2,4	0,7	2,9	6,2	0,1	0,0
Hitzeperiode (Kysely-Tage)	[d]	1961–1990	7	3	7	3	2	1	5	1	6	0	0
		1991–2020	19	18	15	12	9	16	5	19	0	0	0
Kühlgrad- tagzahl	[°C]	1961–1990	91	19	56	47	34	39	34	35	78	1	0
		1991–2020	176	99	121	135	85	132	111	89	174	1	0
Vegetations- periode (5 °C)	[d]	1961–1990	245	222	232	232	224	236	233	231	243	130	76
		1991–2020	254	238	238	251	243	255	252	251	257	150	103
Frosttage (0 °C)	[d]	1961–1990	80	133	91	81	102	101	102	72	72	162	212
		1991–2020	71	111	77	66	87	85	88	61	62	149	194
Heizgrad- tagzahl	[°C]	1961–1990	3128	3853	3429	3384	3533	3362	3399	3351	3143	5690	7086
		1991–2020	2884	3361	3121	2973	3191	2887	2969	2972	2837	5308	6597
Normaußen- temperatur	[°C]	1961–1980	-11,1	-14,9	-12,9	-12,2	-16,5	-11,8	-14,6	-11,6	-11,2	-17,5	-19,6
		2001–2020	-9,3	-10,8	-10,4	-9,1	-11,7	-8,8	-9,1	-8,4	-9,2	-16,4	-19,1
Niederschlags- intensität	[mm]	1961–1990	6,6	9,4	6,4	6,3	8,1	8,6	7,3	11,0	6,2	10,3	10,4
		1991–2020	7,4	10,0	7,2	6,8	8,4	9,0	7,5	11,0	6,8	11,2	10,8
Starknieder- schlagstage (20 mm)	[d]	1961–1990	5	12	6	6	12	10	8	22	4	23	19
		1991–2020	7	13	7	7	13	11	9	22	6	26	21
Trocken- episoden	[d]	1961–1990	26	26	23	22	20	26	21	20	24	17	22
		1991–2020	25	29	23	21	18	29	22	20	23	17	23

Tabelle 5: Mittelwerte wichtiger Klimaindizes über die Bezugszeiträume 1961–1990 und 1991–2020 an ausgewählten Klimastationen in Österreich. Die Normaußentemperatur ist aufgrund der Indexdefinition für 20-jährige Zeiträume gültig.

Besondere Bedeutung für Wild- und landwirtschaftliche Nutzpflanzen hat die thermisch gesteuerte Dauer der **Vegetationsperiode**. Sie **verlängerte sich in den Landeshauptstädten um ein bis drei Wochen** und umfasst dort nun durchschnittlich etwa acht bis achteinhalb Monate. Auf den Bergstationen ist die Ausweitung der Vegetationsphase noch etwas stärker ausgeprägt. Das ist auch im Vergleich der beiden Klimamittelkarten erkennbar (Abb. 8 Mitte oben). Besonders in Höhenlagen zwischen 1500 und 2500 m Seehöhe verlängerte sich die Vegetationszeit um mehr als drei Wochen. In den außeralpinen landwirtschaftlichen Anbaubereichen standen im Durchschnitt der letzten 30 Jahre ein bis zwei Wochen pro Jahr mehr für das Pflanzenwachstum zur Verfügung als im Durchschnitt des Bezugszeitraumes 1961–1990.

Ökologisch wichtige Frosttage werden deutlich seltener

Die nächsten drei Indizes in Tab. 5 (Frosttage, Heizgradtagzahl und Normaußentemperatur) drücken kalte Klimabedingungen aus. Frost hat für Flora und Fauna, Böden und Landwirtschaft eine wichtige ökologische Steuerungsfunktion. Er hemmt z. B. das Sprießen von Nutzpflanzen, reguliert die Populationsdichte von Insekten, beschleunigt die Laubfärbung und ist die Voraussetzung für die Bildung einer Schneedecke. Die mittlere **Zahl der Frosttage brach** in den Landeshauptstädten im Vergleich der beiden Bezugszeiträume **um 10 bis 20 % ein**. An den hochalpinen Stationen fror es im Mittel des Zeitraumes 1991–2020 an 18 bzw. 19 Tagen pro Jahr weniger als im Mittel des Zeitraumes 1961–1990.

Der **Heizbedarf**, ausgedrückt durch die Heizgradtagzahl, **ging in den Landeshauptstädten um 8 bis 14 % zurück**. Die **Normaußentemperatur** ist die Grundlage für die Dimensionierung von Heizungsanlagen. Sie **erhöhte sich** infolge der Abschwächung bzw. des Ausbleibens ausgeprägter Kälteperioden in den Landeshauptstädten deutlich, **um rund 2 bis 5 °C**.

Niederschläge intensivieren sich geringfügig

Die beiden Indizes Niederschlagsintensität und Starkniederschlagstage spiegeln niederschlagsreiche Klimabedingungen wider. Die **Niederschlagsintensität**, also die durchschnittliche Niederschlagssumme an Niederschlagstagen, **nahm besonders in den östlichen Landeshauptstädten etwas zu**. Auch die jährliche Anzahl der Tage, an denen es 20 mm oder mehr regnet und schneit, hat an allen Stationen leicht zugelegt. Ausnahme ist bei beiden Kenngrößen die ohnehin mit Abstand niederschlagsreichste Landeshauptstadt Bregenz, wo die Mittelwerte von 1961–1990 auf 1991–2020 stabil blieben. Die Werte der Bergstationen sind aufgrund der Schwierigkeiten der Niederschlagsmessung im Hochgebirge mit Vorsicht zu interpretieren.

Das gilt auch für die alpinen Bereiche in den Kartendarstellungen der Starkniederschlagstage (Abb. 8 Mitte unten). Sie zeigen die allgemeine leichte Zunahme über fast ganz Österreich, die in den östlichen Nordalpen etwas stärker ausgeprägt ist.

Im Nordosten kürzere, im Südosten längere Trockenepisoden

Der letzte Klimaindex, Trockenepisoden, beschreibt schließlich trockene Witterungsbedingungen, indem er die längste ununterbrochene niederschlagsfreie Phase eines Jahres ausgibt. Interessanterweise verlief die Änderung bei den Trockenepisoden räumlich uneinheitlich. Ihre Dauer ging in Salzburg, Linz, Wien und Eisenstadt leicht zurück, in Graz und Klagenfurt erhöhte sie sich hingegen leicht. Auch anhand der Indexkarten zeigt sich im Vergleich der beiden Bezugszeiträume, dass Trockenepisoden in der Osthälfte Österreichs entlang und nördlich des Alpenhauptkammes etwas kürzer, südlich davon jedoch etwas länger andauerten (Abb. 8 unten). Insgesamt sind die Unterschiede zwischen den beiden 30-jährigen Zeiträumen aber schwach ausgeprägt.

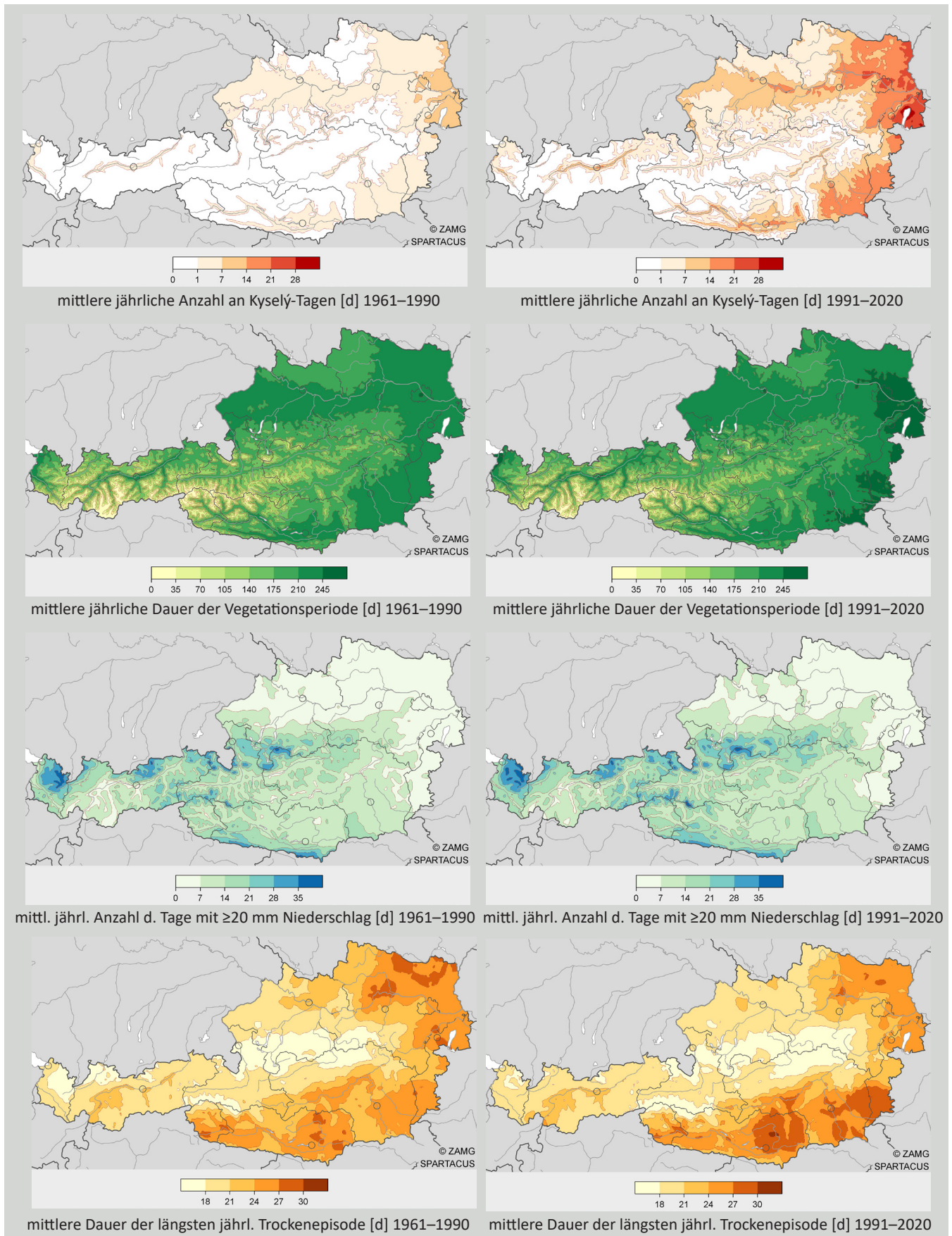


Abbildung 8: Räumliche Verteilung der mittleren Jahreswerte der Klimaindizes Hitzeperiode nach Kysely (oben), Vegetationsperiode (Mitte oben), Starkniederschlagstage (Mitte unten) und Trockenepisode (unten) in den Bezugszeiträumen 1961–1990 (links) und 1991–2020 (rechts) in Österreich.

Welche Schlussfolgerungen lassen sich aus dem klimatologischen Vergleich der Bezugszeiträume 1961–1990 und 1991–2020 in Österreich ziehen?

Erstens entscheidet die Wahl des Bezugszeitraumes über die Richtung der Aussage. Für die seriöse Einordnung menschlich hauptverursachter Klimaänderungen bleibt der Bezugszeitraum 1961–1990 weiterhin relevant.

Der erste Status quo im Treibhausklima

Zweitens ist das Klima in Österreich im Mittel des kürzlich beendeten Bezugszeitraumes 1991–2020 wesentlich wärmer (+1,3 °C), etwas feuchter (+4 %) und deutlich sonniger (+8 %) als im zuletzt gültigen Bezugszeitraum 1961–1990.

Drittens schlagen sich diese Klimaänderungen verstärkt in schwellwertbasierten Klimaindizes nieder. Die Zunahme bei Hitze- und die Abnahme bei Kälteindizes ist in Österreich markant, wobei verschiedene Regionen und Höhenstufen unterschiedlich stark von den Änderungen betroffen sind.

Schließlich suggeriert der Vergleich mittlerer Klimazustände in standardisierten Normalperioden eine Stabilität, wie sie es in der Realität, gerade in den letzten Jahrzehnten, nicht gibt. Umso wichtiger ist die Einsicht, dass die Entwicklungen der letzten 30 Jahre nicht den Schlusspunkt, sondern vielmehr aller Wahrscheinlichkeit nach nur den ersten Status quo einer drastischen und raschen Klimaänderung mit schwerwiegenden Folgen für Natur und Mensch darstellen.

AUSWIRKUNGEN DER KLIMATISCHEN VERÄNDERUNGEN AUF UMWELT UND GESELLSCHAFT: ZUSAMMENSCHAU

Selbst klein erscheinende Temperaturänderungen, die nicht besonders dramatisch klingen, können sich in verschiedenen Bereichen massiv niederschlagen – etwa die Verlängerung der Vegetationsperiode um bis zu 27 Tage (Tab. 5), um nur ein Beispiel zu nennen. Die Auswirkungen der schleichenden Veränderungen der letzten Jahrzehnte, die bereits heute deutlich spürbar und messbar sind, sind so vielfältig, dass wir sie in diesem Bericht nicht vollständig darstellen können. Wir möchten hier aber einen knappen **Überblick über die wichtigsten, bereits jetzt beobachtbaren Auswirkungen** auf Umwelt und Gesellschaft geben. Eine umfassendere Auflistung der Auswirkungen des Klimawandels findet sich u. a. im „Infoblatt: Auswirkungen des Klimawandels“ des Umweltbundesamts² oder – noch wesentlich umfangreicher – im Österreichischen Sachstandsbericht Klimawandel 2014³.

Hitze und Gesundheit. Wie bereits der Klimastatusbericht 2018⁴ aufzeigt, wirken sich Hitzewellen auch in Österreich auf die Morbidität (Krankheitshäufigkeit), die Leistungsfähigkeit, das Wohlbefinden und schließlich auch auf die Sterblichkeitsrate (Mortalität) der Menschen aus. Pro 1 °C Temperaturanstieg nimmt die Mortalität um 1 bis 6 % zu.



©pixabay

² Umweltbundesamt, 2014: [Methoden und Werkzeuge zur Anpassung an den Klimawandel](#). Ein Handbuch für Bundesländer, Regionen und Städte. Wien

³ APCC, 2014: [Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014](#), Wien

⁴ CCCA, 2019: [Klimastatusbericht 2018](#), Graz

Österreichs Städte sind von der Zunahme an Hitzewellen und den erhöhten Temperaturen **besonders betroffen**. So stammen rund ein Drittel der für Österreich errechneten hitzebedingten Sterbefälle aus der Stadt Wien. Die Städte sind doppelt betroffen; nicht nur die beobachtete Hitzezunahme tagsüber ist problematisch, sondern vor allem die Effekte der sog. „städtischen Wärmeinsel“. Die nächtliche Abkühlung wird reduziert und eine Erholung für die Bewohner_innen in den Nachtstunden erschwert.⁵

Die Auswirkungen auf die **Landwirtschaft** sind vielfältig; **negativen Auswirkungen** wie Ernteausfällen aufgrund zunehmender Trockenheit und Hitze, Erkrankungen von Nutztieren in Hitzeperioden, dem Auftreten neuer Krankheiten, Unkräuter und Schädlingen oder zusätzlichen Kosten und Arbeitsaufwand für Aufräumarbeiten nach starken Regenfällen oder Sturmschäden **stehen positive Auswirkungen** auf die Pflanzenproduktion hervorgerufen durch höhere Durchschnittstemperaturen (z. B. höhere Erträge und Qualitätssteigerungen im Grünland, Ackerbau, Obst- und Weinbau) **gegenüber**. Dass die Verlängerung der Vegetationsperiode allerdings auch mit einer steigenden Gefahr durch Spätfröste verbunden sein kann, zeigt der Klimastatusbericht 2017⁶ deutlich auf.

Die starke Betroffenheit der **Forstwirtschaft** wurde bereits in den Klimastatusberichten der vergangenen Jahre aufgezeigt.

Neben der zunehmenden Belastung der Wälder durch **vermehrte Borkenkäferschäden**⁷ spielt hier auch die Zunahme der Gefahr von Waldbränden eine Rolle.⁸ 2011, 2012 und 2020 ereigneten sich durch lange und intensive Trockenperioden im Frühjahr außergewöhnlich viele Frühjahrsbrände, im Juli und August 2013 wurde eine neue Rekordzahl an Sommerbränden dokumentiert.⁹ Künftig ist mit einer weiteren Zunahme der Waldbrandgefahr zu rechnen.¹⁰

Tourismus. Während im Sommer eine **Verlängerung der Sommervor- und -nachsaison** und eine Zunahme der Perioden mit komfortablen thermischen Bedingungen für Freizeit und Erholung zu beobachten ist (davon profitieren der Seen-, Schutzgebiets- und Weinstraßentourismus), ist der **Alpintourismus zunehmend mit Problemen konfrontiert** (Gletscherrückgang, Instabilität des Permafrostbereichs¹¹). Auch der Donautourismus reagiert durch Niedrigwasserstände im Sommer und Frühherbst sensibel. Im Winter ist vor allem die Zunahme des Risikos für den schneeabhängigen Wintersporttourismus von Bedeutung.¹²

Naturgefahren und Sicherheit. Besonders am Beispiel des Permafrosts wird der **Zusammenhang zwischen schleichenden Veränderungen und Extremereignissen** deutlich: Der kontinuierliche Rückgang der Permafrostböden¹³ ist mit einer Zunahme von Massenbewegungen im Hochgebirge wie Felsstürzen verbunden.^{14,15}

⁵ Trimmel H. et al., 2020: CCCA Fact Sheet Nr. 28: [Auswirkung von Klimawandel und Stadtentwicklung auf thermische Belastung während Hitzewellen in Wien](#), Graz

⁶ CCCA, 2018: [Klimastatusbericht 2017](#), Graz

⁷ Hoch G., Steyrer G., 2020: CCCA Fact Sheet Nr. 31 [Zunehmende Schäden durch Borkenkäfer im Klimawandel](#)

⁸ Das [Projekt FIRIA](#) „Fire Risk and vulnerability of Austrian forests under the impact of climate change“ untersuchte, wie sich der rezente Klimawandel auf die Waldbrandgefahr auswirkt und welche waldbaulichen Maßnahmen ergriffen werden können.

⁹ Glade T. et al 2020: [Extrema 2019](#), Wien

¹⁰ Gobiet A. et al., 2014: [21st century climate change in the european alps](#) – A review. Science of the total environment

¹¹ Von Permafrost spricht man, wenn ein Boden im Untergrund mindestens über zwei Jahre gefroren bleibt. Permafrost hat in vielen Hochgebirgsregionen eine große Bedeutung für die Stabilität von Schutt- und Felshängen, insbesondere in hohen Steillagen.

¹² Pröbstl-Haider, U. et al, 2020: Tourismus und Klimawandel; Österreichischer Special Report Tourismus und Klimawandel (SR19), Wien

¹³ Im [Projekt PermaNET](#) wurde am Aufbau eines alpenweiten Monitoringnetzwerkes und an einer wissenschaftlich fundierten Karte der Permafrostverteilung gearbeitet.

¹⁴ Lieb G. K., Kellerer-Pirkelbauer A., 2020: Felsstürze und Wege Herausforderungen durch den Klimawandel, in [Bergauf 2/2020](#), Wien

¹⁵ Fey C. et al., 2017: Reconstructing the evolution of a deep seated rockslide (Marzell) and its response to glacial retreat based on historic and remote sensing data, Wien

Aber auch die Zunahme von Starkniederschlägen im alpinen Raum (Tab. 5) führt zu einem steigenden Risiko an Naturgefahrereignissen wie Muren, Hangrutschungen oder Steinschlag. Neben Auswirkungen auf die persönliche Sicherheit und Gesundheit sind diese häufig auch mit **wirtschaftlichen Schäden** und **Schäden an Gebäuden und Verkehrsinfrastruktur** verbunden.

Auswirkungen auf die **Biodiversität** in Österreich sind auf unterschiedlichen Ebenen zu beobachten. Wie bereits erwähnt, kam es in den vergangenen Jahrzehnten zu einer deutlichen **Verschiebung der Vegetationsperiode**. Auch eine **Verfrühung des Blühbeginns** einzelner Arten konnte beobachtet werden, was sich wiederum auf die **Interaktionen** zwischen den Arten und auf die Funktion von Lebensgemeinschaften auswirkt. Beziehungen zwischen Räuber und Beute, Parasit und Wirt sowie Pflanze und Bestäuber werden zeitlich (z. B. Blühzeitpunkt von Pflanzen und

Entwicklungsstadium des Bestäubers) oder räumlich (z. B. durch **Arealverschiebungen** und unterschiedliche Ausbreitungs- und Anpassungsfähigkeiten der Arten) gestört.¹⁶

Energie- und Wasserwirtschaft. Zunehmende Hitze und Trockenheit betreffen unmittelbar sowohl das Angebot an als auch die Nachfrage nach Wasser und Energie.¹⁷ Die Trockenperioden in den letzten Jahren führten regional und saisonal bereits vereinzelt zu Engpässen. Durch Niederschlagsänderungen, Temperaturanstieg und erhöhte Verdunstung könnten solche Engpässe bzw. Nutzungskonflikte um die Ressource Wasser in bestimmten Gebieten Österreichs zukünftig vermehrt auftreten.¹⁸ Die Energienetze werden aufgrund der Verbrauchsspitzen für Kühlung im Sommer stärker belastet. Im Gegensatz dazu führen erhöhte Außentemperaturen im Winter während der Heizperiode zu einer Verringerung des Energieverbrauchs.

KLIMATISCHE VERÄNDERUNGEN FÜHREN LANGFRISTIG ZU ÄNDERUNGEN DES BODENWASSERGEHALTS

Der Bodenwasserhaushalt ist eine entscheidende Größe für das Klima und für das Pflanzenwachstum und damit für die agrarische und forstliche Produktion sowie natürliche Ökosysteme. Die Bodenfeuchte wird maßgeblich durch Niederschlag und Verdunstung bestimmt, weshalb jede

Änderung dieser Eingangsgrößen mit Auswirkungen auf den Bodenwasserhaushalt verbunden ist. Ein Teil der Niederschläge verdunstet direkt an der Oberfläche, ein Teil fließt oberflächlich in Flüsse und Seen, ein Teil versickert im Boden (Infiltration) und hält sich darin mehr oder weniger lange als Bodenwasser auf. Durch weitere Tiefsickerung wird schließlich das Grundwasser angereichert.

Diese **Eingangsgrößen – Verdunstung und Niederschlag** – haben sich in den vergangenen Jahrzehnten geändert. Die Verdunstung steigt durch die Zunahme der Temperaturen und die Verlängerung der Vegetationsperiode an. Denn die Verdunstung über die Pflanzen (Transpiration) ist wesentlich stärker als jene über den Erdboden (Evaporation). Durch die Verlängerung der Vegetationsperiode gibt es also bereits immer früher einen starken Wasserentzug durch die Pflanzen.



©Stux_pixabay

¹⁶ Umweltbundesamt, 2020: Insekten in Österreich. Artenzahlen, Status, Trends, Bedeutung und Gefährdung. Reports, Bd. REP-0739, Wien

¹⁷ CCCA, 2019: [Klimastatusbericht 2018](#), Graz

¹⁸ [Projekt Wasserschatz Österreich](#)

Gleichzeitig führt die Zunahme der Starkniederschläge dazu, dass mehr Wasser direkt oberirdisch in Flüsse und Seen abfließt und weniger in den Boden gelangt. Zusätzlich fällt im Winter immer mehr Niederschlag in Form von Regen anstelle von Schnee – mit demselben Effekt: mehr Oberflächenabfluss. In Summe führen diese Veränderungen zu einer **kontinuierlichen Verringerung des Bodenwassergehalts** sowie zu einer **Verringerung der Grundwasserneubildungsraten**. In einigen Regionen Österreichs gibt es bereits heute nur eine knapp ausgeglichene Wasserbilanz (die Jahresniederschlagsmenge übersteigt nur gering die jährliche Verdunstung).¹⁹

Aktuell beschäftigen sich einige **Forschungsprojekte** damit, die Auswirkungen dieser veränderten Prozesse näher zu untersuchen. Im Projekt [Wasserschatz Österreichs](#) sollen detaillierte, regio-

nale Fachgrundlagen im Bereich nutzbare Grundwasserressourcen und Wasserbedarf für die künftige Planung und Vorsorgemaßnahmen erarbeitet werden. Das Projekt [Integrative Groundwater Assessment](#) untersucht die Auswirkungen hydrologischer Extremereignisse auf den Zustand von Grundwasserkörpern, um Indikatoren zu entwickeln, die sich zur Überwachung und Beurteilung von Grundwassermenge und -güte eignen. Ziel des Projektes [RechAUT](#) ist es, die Grundwasserneubildungsraten zu bestimmen und deren zukünftige Änderungen bestmöglich vorherzusagen, um daraus resultierende Konsequenzen für die Landnutzung und das Wassermanagement für Österreich abzuschätzen. Das Forschungsprojekt [ClimGrassHydro](#) untersucht die Auswirkungen für den landwirtschaftlichen Ertrag und den Wasserertrag im alpinen Grünland.

ÄNDERUNGEN DER SCHNEEFALLGRENZE UND SCHNEEDECKENDAUER: FALLBEISPIEL PHYRN-PIEL-REGION

Bei einem Temperaturanstieg um 1 °C steigt die Schneefallgrenze um ca. 150 Höhenmeter an. Besonders in Wintersportgebieten der tiefen und mittleren Lagen (500 bis 1000 m Seehöhe) ist dieser Anstieg bzw. der Rückgang der Schneedeckendauer wirtschaftlich von Bedeutung. Die Zahl der Skigebiete, die mehr als 100 m unter der natürlichen Schneefallgrenze liegen, könnte sich Berechnungen zufolge von 124 im Jahr 2012 auf 181 im Jahr 2030 erhöhen (+46 %), jene der Skigebiete, die mindestens 100 m darüber gelegen sind, um mehr als die Hälfte verringern, nämlich von 81 (2012) auf 45 (2030).²⁰ **Bei einer Erwärmung von 2 °C** im Vergleich zur Periode 1961–1990 gelten in Österreich **nur noch 64 % der Skigebiete als „schneesicher“** (Skibetrieb an 100 Tagen im Jahr möglich).¹⁹

Eine Studie für die Pyhrn-Priel-Region²¹ zeigt die Veränderung der natürlichen Schneedeckendauer der vergangenen Jahrzehnte und ihre Auswirkungen deutlich.

In dieser Region hat die Temperatur in den letzten 29 Jahren um 1,2 °C zugenommen. In den **Tallagen** hat sich der **Zeitraum, in dem die Mitteltemperatur unter 0 °C liegt**, im selben Zeitraum **um vier Wochen verkürzt**. Die Anzahl der Tage mit einer **geschlossenen Schneedecke** in Lagen unter 1750 m hat im Winter bereits stark abgenommen. Am stärksten ist diese **Abnahme mit zwei Wochen** in den Tallagen. Während in der Periode 1961–1991 noch zwei Drittel aller Wintertage eine geschlossene Schneedecke hatten, sind es heute nur noch etwa die Hälfte aller Wintertage. Für den Wintersport sind aber vor allem die **Tage mit zumindest 30 cm Schneehöhe** (das ist die Schneedecke, die für sportliche Aktivitäten abseits der Pisten geeignet ist) von Bedeutung. Diese hat sich **in den Tallagen faktisch halbiert** und erreicht nicht einmal mehr in drei Wochen im Winter diesen Schwellwert. Selbst in 1000 m Seehöhe haben die Tage mit zumindest 30 cm Schnee um knapp zwei Wochen abgenommen.

¹⁹ APCC, 2014: [Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014](#), Wien

²⁰ Fleischhacker et al., 2012: Klimawandel und Tourismus in Österreich 2030, BMWFW Hrsg., Wien

²¹ Formayer, H. et al., 2020: Entwicklung der natürlichen Schneedecke in der Pyhrn-Priel-Region in Oberösterreich (Snowclim-PP). Forschungsbericht im Auftrag des Landes Oberösterreich. Wien

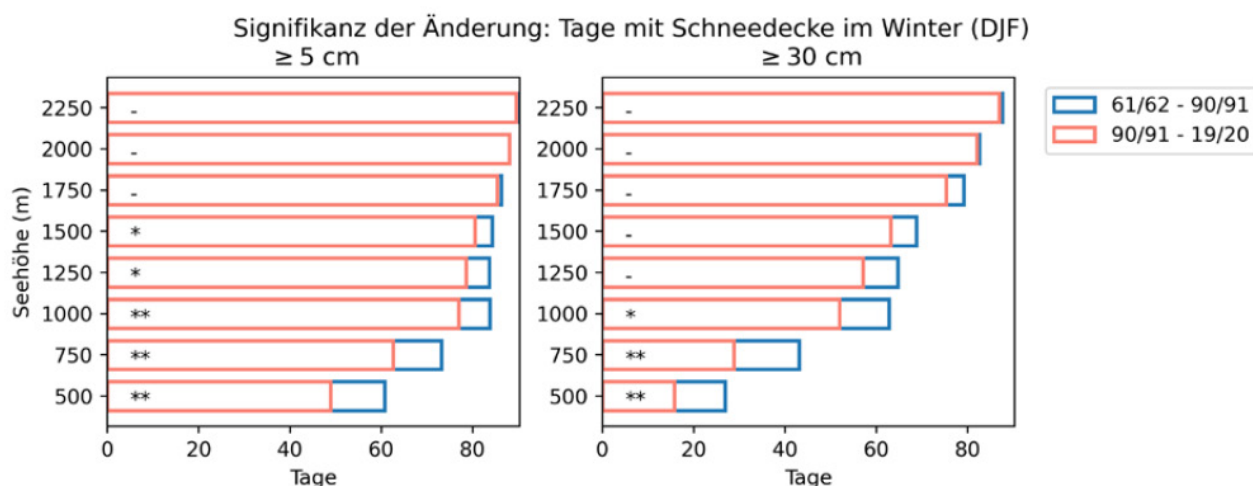


Abbildung 9: Änderung der Anzahl an Tagen mit geschlossener Schneedecke (links) und einer Schneedecke ≥ 30 cm pro Höhenstufe zwischen den Perioden 1961–1990 und 1990–2020 mit Angabe der Signifikanz (** $\alpha=0.01$; * $\alpha=0.05$; - = nicht signifikant)²²

Die Verringerung der Tage mit einem **winterlichen Erscheinungsbild** und die Zunahme an Regentagen (besonders im Advent) hat **negative Auswirkungen auf die Attraktivität der Region** für den Wintertourismus. Abgesehen vom alpinen Skitourismus, der durch den Einsatz von technischer Beschneigung oft dennoch ermöglicht wird, werden Aktivitäten wie Pferdekutschenfahrten, Winter- und Schneeschuhwandern sowie die Anreise zu Adventmärkten weniger attraktiv. Skitourengeher_innen und Variantenfahrer_innen müssen längere Fußmärsche in Kauf nehmen, wenn Abfahrten nicht mehr bis ins Tal möglich sind.

Das **aktuelle Forschungsprojekt FuSE** (Future Snow Cover Evolution in Austria) zeigt, dass die **mittlere saisonale Schneehöhe** zwischen November und April **im österreichischen Durchschnitt** zwischen 1961 und 2020 bereits **um 15 cm abgenommen** hat. Die **Schneedeckendauer nahm** in diesem Zeitraum im Mittel **um 42 Tage ab**.²³ Das Forschungsprojekt zeigt darüber hinaus auf, mit welchen weiteren Auswirkungen auf Schneesicherheit in Wintersportregionen in Zukunft zu rechnen ist. Auf Basis von regionalen Klimamodellen, Schneemodellen und Beobachtungsdatensätzen werden im Projekt Szenarien der künftigen Schneelage erstellt und für unterschiedliche gesellschaftlich relevante Sektoren (Wintertourismus, Wasserkraft, Trinkwasserversorgung) aufbereitet.

²² Formayer, H. et al., 2020: Entwicklung der natürlichen Schneedecke in der Pyhrn-Priel-Region in Oberösterreich (Snowclim-PP). Forschungsbericht im Auftrage des Landes Oberösterreich. Wien

²³ https://www.klimawandelanpassung.at/newsletter/kwa-nl-fuseat?utm_source=newsletter

3 ANPASSUNG AN DIE KLIMATISCHEN VERÄNDERUNGEN

MARTHA STANGL, HERBERT FORMAYER

SPONTANE, PRIVATE ANPASSUNG UND LANGFRISTIGE ANPASSUNGSSTRATEGIEN

Wie im vergangenen Kapitel veranschaulicht wird, sind bereits heute gravierende, auch wirtschaftlich deutlich spürbare Auswirkungen durch die klimatischen Veränderungen der letzten Jahrzehnte aufgetreten. Dies führte dazu, dass nicht nur Politik und Verwaltung umfassende Strategien zur Anpassung an den Klimawandel entwickelten (Österreichische Anpassungsstrategie²⁴ und Anpassungsstrategien der Länder²⁵), sondern dass auch private Akteur_innen unabhängig davon bereits vielfältige Anpassungsmaßnahmen umsetzen. Nicht immer sind diese **privaten, oftmals spontan getätigten Maßnahmen**, die das Ziel haben, die Klimawandelfolgen zu vermeiden oder abzumindern, jedoch aus einer langfristigen oder gesellschaftlichen Perspektive sinnvoll und zielführend. Die Maßnahmen können die Klimawandelanfälligkeit anderer Systeme, Sektoren oder gesellschaftlicher Gruppen negativ beeinflussen oder sogar erhöhen. Man spricht in diesem Zusammenhang von „**Fehlanpassung**“.²⁶ In der österreichischen Anpassungsstrategie an den Klimawandel²⁷ werden Fehlanpassungen beschrieben als „*Maßnahmen, die vorwiegend reaktiv gesetzt werden und als reine Symptombekämpfung höchstens kurzfristig erfolversprechend sind, sich jedoch langfristig als kontraproduktiv erweisen*“.

Private Maßnahmen sind in der Regel durch starkes Eigeninteresse motiviert und dienen etwa dem Schutz der eigenen Vermögensbestände oder der Nutzung von Chancen aufgrund des Klimawandels. Diese aus individueller Sicht rationalen und

nachvollziehbaren Entscheidungen können jedoch mit negativen Effekten auf Gemeingüter, ungünstigen sozialen Verteilungswirkungen oder Konflikten mit (anderen) öffentlichen Interessen verbunden sein. Als problematisch sind etwa Maßnahmen einzustufen, welche die Verletzlichkeit gegenüber Klimawandelfolgen noch erhöhen und den **Zielen des Klimaschutzes zuwiderlaufen**, indem sie die **Treibhausgasemissionen langfristig erhöhen**. Einige Beispiele dafür werden in den folgenden Abschnitten zu Anpassungsmaßnahmen in der Landwirtschaft und im Tourismus beschrieben.

Auch Anpassungen, welche mit negativen Effekten auf Umweltgüter und natürliche Ressourcen einhergehen oder mit negativen Effekten auf soziale Gerechtigkeit bzw. soziale Verteilungswirkungen, sowie Maßnahmen, die zur Verringerung von Anreizen für die Anpassung führen (weil sie etwa ein überhöhtes Sicherheitsgefühl erzeugen), sollten möglichst vermieden werden.²⁶

Um langfristig erfolgreiche Anpassung betreiben und die Wirksamkeit der gewählten Anpassungsmaßnahmen darstellen zu können, wird aktuell der zweite **Fortschrittsbericht zur Österreichischen Strategie zur Anpassung an den Klimawandel** erarbeitet, der in den kommenden Monaten veröffentlicht wird.

²⁴ BMNT, 2017: Die Österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel, Wien

²⁵ <https://www.klimawandelanpassung.at/kwa-politik/kwa-bundeslaender>

²⁶ Lexer W. et al., 2016: PATCH:ES Private Adaptation to Climate Change Fehlanpassung im Kontext von Privater Anpassung an den Klimawandel. Kriterien, Entwicklung eines Bewertungsrahmens und Anwendungsbeispiele, Wien

²⁷ BMNT, 2019: Anpassung an den Klimawandel in Österreich. Weiterentwickeltes Konzept für die Fortschrittsdarstellung, Wien

Die Darstellung des Fortschritts zielt unter anderem darauf ab, Lücken in der Anpassung zu identifizieren und den weiteren Anpassungsbedarf zu eruieren sowie erfolgreiche Praxisbeispiele aufzuzeigen, die Betroffene bei der Umsetzung unterstützen können und Fehlanpassungen vermeiden sollen.²⁸

Zu diesem Zweck wurden in der österreichischen Anpassungsstrategie Kriterien angeführt, wie Fehlanpassung vermieden werden kann und darauf aufbauend Kriterien der guten Anpassung für die

sog. „**Klimawandelanpassungsmodellregionen – KLAR!**“, einem Förderprogramm von Klima- und Energiefonds und BMK, entwickelt.

In diesem Programm haben sich aktuell **375 österreichische Gemeinden in 44 Regionen** dazu bekannt, frühzeitig zukunftsorientierte Anpassungsmaßnahmen umzusetzen, um das Schadenspotenzial zu reduzieren und die Lebensqualität in der Gemeinde langfristig zu halten.

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN:

Österreichische Anpassungsstrategie und Anpassungsstrategien der Länder

zu finden unter: <https://www.klimawandelanpassung.at/kwa-politik>

Das Handbuch: Methoden und Werkzeuge zur Anpassung an den Klimawandel des Umweltbundesamts, ein umfassendes Nachschlagewerk für Österreichs Bundesländer, Regionen und Städte.

<https://www.klimawandelanpassung.at/fileadmin/site/publikationen/DP140.pdf>

Das Forschungsprojekt PATCH:ES – Private Adaptation Threats and Chances: Enhancing Synergies with the Austrian NAS Implementation

https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/6/20180102PATCHESACRP6EBB_368603KR13AC6K10960.pdf

Das **Forschungsprojekt „CAPITAL ADAPT** – Die Rolle von Human- und Sozialkapital in Umgang mit dem und Anpassung an den Klimawandel“

<https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/6/20130903CAPITAL-ADAPTEndberichtInes-OmannACRP3.pdf>

Online-Plattform von **KLAR! – Klimawandel-Anpassungs-Modell-Regionen**

<https://klar-anpassungsregionen.at/>

²⁸ BMNT, 2019: Anpassung an den Klimawandel in Österreich. Weiterentwickeltes Konzept für die Fortschrittsdarstellung, Wien

ANPASSUNGSMASSNAHMEN IN DER LANDWIRTSCHAFT

Beispiele für bereits umgesetzte Anpassungsmaßnahmen, die im Hinblick auf Klimaschutz jedoch kontraproduktiv sein können, sind unter anderem im Bereich der Landwirtschaft zu beobachten. Dazu zählt etwa der Futterzukauf für die Tierhaltung in trockenen Sommern. Auch wenn diese Maßnahme aus Sicht der Landwirt_innen, die ihren bestehenden Viehbestand versorgen müssen, gut nachvollziehbar ist, trägt sie doch langfristig durch die längeren Transportwege des Futters zu einer Erhöhung der Treibhausgasemissionen bei und verschlimmert die Situation weiter. Auch die Installation von Lüftungs- und Kühlungssystemen in Stallungen als Anpassung an die zunehmende Hitze kann mit einem Mehraufwand an Energie und Treibhausgasemissionen verbunden sein. Im Hinblick auf das Tierwohl ist diese Maßnahme jedoch sinnvoll und ratsam. Daher sollte darauf geachtet werden, den zusätzlichen Energiebedarf aus erneuerbaren Energiequellen zu decken. Ackerbauliche Veränderungen, die mit größeren Investitionen verbunden sind, können zudem zu sog. „Pfadabhängigkeiten“ führen – das bedeutet, der eingeschlagene Weg wird weiterhin fortgesetzt und Landwirt_innen werden unflexibler gegenüber sich ändernden Bedingungen. So ist etwa die Errichtung und der Betrieb von künstlicher Bewässerung als Anpassung an zunehmende Trockenperioden oftmals mit hohen Kosten und erhöhtem Energieeinsatz verbunden. Gleichzeitig können dadurch Nutzungskonflikte um Wasser verursacht oder verschärft werden.

Natürlich fallen viele, von Privatpersonen und landwirtschaftlichen Unternehmen getätigte Maßnahmen nicht in die Kategorie der Fehlanpassung. Dazu zählen frühere Anbau- und Erntezeitpunkte, veränderte Sortenwahl, konservierende Bodenbearbeitung, Abschluss von Ernteversicherungen und die Anpassung des Viehbesatzes an die am Betrieb verfügbaren Futtermittel. Daneben findet auch bereits sog. „transformative Anpassung“ statt, bei der die gesamte strategische Ausrichtung eines Betriebes angepasst wird. Dazu zählt beispielsweise die Aufnahme nichtlandwirtschaftlicher Nebentätigkeiten, z. B. Aktivitäten im Tourismus.²⁹

Ob die Maßnahmen als Anpassung an Klimaveränderungen oder an andere Veränderungen stattfinden, lässt sich jedoch in vielen Fällen nicht klar sagen. Als Beispiel sei hier die Zunahme der Schnitthäufigkeit im Grünland genannt (Abb. 10). Im Rahmen einer Studie im Auftrag des BMNT 2019³⁰ wurden die Gründe für die Intensivierung von Landwirt_innen erfragt. Dabei gaben 40 % der Befragten an (trifft ziemlich zu bis trifft sehr zu), dass sie wegen des Klimawandels früher und damit auch öfter mähen können. Daneben spielen aber auch weitere Gründe wie die Wirtschaftlichkeit des Betriebes oder der Futterbedarf eine entscheidende Rolle.

²⁹ Mitter H., et al., 2016: CCCA Fact Sheet #17: [Wie nehmen AgrarexpertInnen Klimaveränderungen, ihre Auswirkungen auf die Landwirtschaft und Anpassungen wahr?](#), Graz

³⁰ BMNT (Hrsg.), 2019: Ökologische Bewertung der Bewirtschaftung von Grünlandflächen hinsichtlich Nutzungsintensivierung und Nutzungsaufgabe, Wien

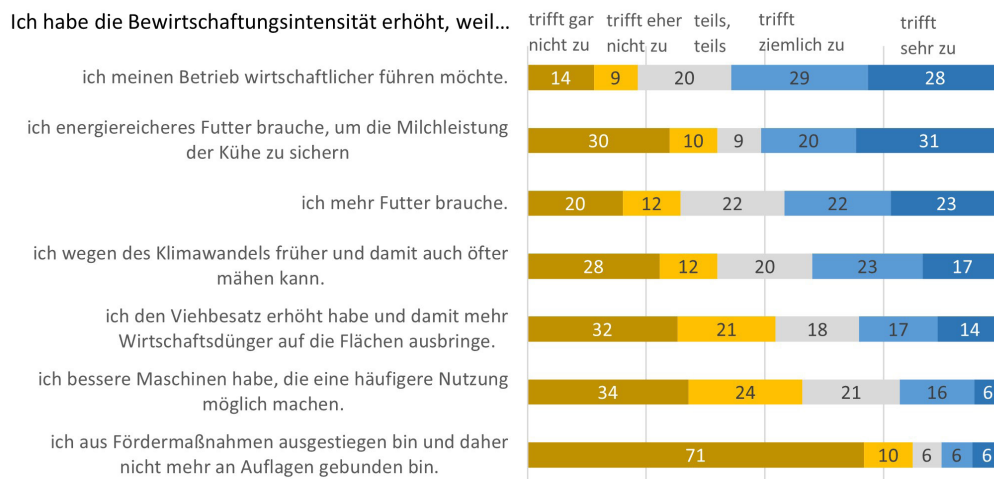


Abbildung 10: Gründe für die Erhöhung der Nutzungsintensität im Grünland, Quelle: Evaluierungsstudie im Auftrag des BMNT³¹

Ein großes Potenzial zur Anpassung an den Klimawandel im Bereich Landwirtschaft steckt im **Humusaufbau**. Da humusreiche Böden mehr Wasser aufnehmen können, sind sie besser für längere Trockenperioden gewappnet. Zudem können sie mehr Kohlenstoff speichern und leisten damit einen Beitrag zum Klimaschutz. Die steigenden Temperaturen führen jedoch zu einer Beschleunigung der Zersetzung des organischen Materials und erschweren damit den Humusaufbau.³²

Eine Möglichkeit, die Größe des Bodenkohlenstoff-Pools zu erhöhen, ist die Ausbringung von **Pflanzenkohle**. Diese hat zusätzlich den positiven Effekt, dass sie als CO₂-Senke im Boden dient und Lachgasemissionen (N₂O) aus landwirtschaftlich genutzten Böden verringert. Dies ist für die Treibhausgasbilanz von großer Bedeutung. Man muss aber auch mögliche Nachteile der Aufbringung mit beachten.

³¹ Suske Consulting, BMNT (Hrsg.), 2019: Ökologische Bewertung der Bewirtschaftung von Grünlandflächen hinsichtlich Nutzungsintensivierung und Nutzungsaufgabe. [Evaluierungsstudie im Auftrag des BMNT](#), Wien

³² Mitter H., et al., 2016: CCCA Fact Sheet #17: [Wie nehmen AgrarexpertInnen Klimaveränderungen, ihre Auswirkungen auf die Landwirtschaft und Anpassungen wahr?](#), Graz

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN

Eitzinger, J.: Der Klimawandel – seine Auswirkungen auf agrarmeteorologische Aspekte und Anpassungsoptionen für die Landwirtschaft im europäischen Kontext

https://www.bmnt.gv.at/land/laendl_entwicklung/zukunftsraum_land_masterplan/Online-Fachzeitschrift-Laendlicher-Raum/archiv/2010/Eitzinger.html

CCCA Fact Sheet #17: Wie nehmen AgrarexpertInnen Klimaveränderungen, ihre Auswirkungen auf die Landwirtschaft und Anpassungen wahr?

https://ccca.ac.at/fileadmin/00_DokumenteHauptmenue/02_Klimawissen/FactSheets/17_landwirtschaft_v2_27102016.pdf

Informationsportal Klimarisiko.at von Joanneum Research

<https://www.klimarisiko.at/>

Der **Masterplan Klimarisiko Landwirtschaft** wurde vom Land Steiermark ausgehend von den Spätfrostereignissen im Jahr 2016 und 2017 initiiert.

<https://www.klimarisiko.at/masterplan/>

Im **StartClim 2019 Projekt „Wassereffizienter Ackerbau“** – Praxisgerechte Aufbereitung und Vermittlung von aktuellen Forschungsergebnissen zur Anpassung an den Klimawandel für Landwirtschaftliche Fachschulen und für Landwirte – wurde ein Bildungskonzept für Landwirt_innen und Landwirtschaftslehrer_innen erarbeitet.

https://www.startclim.at/fileadmin/user_upload/StartClim2019/StCl19I_lang.pdf

Im **StartClim2019 Projekt „Neue trockenheitstolerante Speise-Leguminosen für Ostösterreich“** wurden Feldversuche durchgeführt, um Ertragsunterschiede von verschiedenen Sorten zu untersuchen.

http://www.startclim.at/fileadmin/user_upload/StartClim2019/StCl19A_lang.pdf

Das **Projekt Seedmix** untersucht Saatgutmischungen für die intensive Grünlandbewirtschaftung unter Berücksichtigung der sich ändernden klimatischen Rahmenbedingungen.

<https://raumberg-gumpenstein.at/projekte/saatgutmischungen-fuer-die-intensive-gruenlandbewirtschaftung.html>

Das **Forschungsprojekt BIOCHAR** hatte zum Ziel, Wirkungen, mögliche Vor- und Nachteile von Biokohleanwendungen auf landwirtschaftliche Böden zu untersuchen.

<https://www.oekoregion-kaindorf.at/index.php?id=324>

ANPASSUNGSMASSNAHMEN IM SCHNEEBASIIERTEN WINTERTOURISMUS

Die bereits erwähnten **Pfadabhängigkeiten** spielen auch im Bereich des Tourismus eine zentrale Rolle, vor allem **im Wintertourismus**. Das bedeutet in diesem Fall, dass der eingeschlagene Weg in Richtung eines schneebasierten Wintertourismus auch weiterhin fortgesetzt werden muss. Kostenintensive Investitionen durch den Ausbau von künstlicher Beschneigung und Pistenflächen sowie Investitionen in neue Liftanlagen zementieren nicht nur den eingeschlagenen Weg, sondern mindern oftmals auch die Attraktivität für alternative touristische Angebote in der Region. Bedenkt man, dass eine frühzeitige Einführung von Beschneigungsanlagen und die Größe der Skigebiete zu einem geringeren Ausfallrisiko führen³³, ist die Entscheidung der Seilbahnwirtschaft durchaus nachvollziehbar. Allerdings stehen dem negative Effekte durch einen erhöhten Wasserbedarf für künstliche Beschneigung sowie durch einen erhöhten Energieverbrauch durch gesteigerte Beschneigungs- und Liftkapazitäten gegenüber.

Eine weitere technische Maßnahme zur Sicherung der Ressource Schnee, die bereits von einigen Unternehmen vorangetrieben wird, ist die Anlage von Schneedepots sowie das Abdecken von Gletscherflächen, um einen frühen Saisonstart garantieren zu können.

Die Bilanz des dafür nötigen Energieeinsatzes sowie mögliche ökologische Probleme, die sich daraus ergeben, sind bisher noch wenig untersucht.³³

Aus wirtschaftlicher Sicht ist der Fokus auf den Wintertourismus aufgrund der deutlich höheren Ausgaben von Wintergästen (185 €/Tag) im Vergleich zu Sommergästen (160 €/Tag) nachvollziehbar. Das bedeutet, Verluste im Winter können nicht einfach durch mehr Gäste im Sommer kompensiert werden. In den Skiregionen dominieren daher insgesamt nach wie vor die Investitionen in die Erhaltung des schneegebundenen Wintertourismus. Daneben finden aber bereits **Anpassungsmaßnahmen in Richtung Diversifizierung und Ganzjahrestourismus** oder „**Vierjahreszeitentourismus**“ statt. Oftmals stehen diese im Zusammenhang mit nachfrageseitigen Veränderungen. Viele Unternehmen sind sich jedoch zunehmend auch ihrer Verantwortung bewusst und versuchen, den Energieverbrauch zu senken, den Einsatz sauberer Energie zu erhöhen, umweltfreundliche Geschäftspraktiken und Verkehrsmittel am Zielort zu nutzen sowie Maßnahmen zum Schutz des Bodens zu ergreifen. Bei den Skibetrieben gibt es hierbei noch deutlichen Nachholbedarf.³³ Eine strategisch ausgerichtete, vorausschauende Vorgehensweise auf Regionsebene zur Anpassung an die Herausforderungen des Klimawandels fehlt noch weitgehend.³⁴

³³ Pröbstl-Haider, U. et al, 2020: Tourismus und Klimawandel; Österreichischer Special Report Tourismus und Klimawandel (SR19), Wien

³⁴ Lexer W. et al., 2016: PATCH:ES Private Adaptation to Climate Change Fehlanpassung im Kontext von Privater Anpassung an den Klimawandel. Kriterien, Entwicklung eines Bewertungsrahmens und Anwendungsbeispiele, Wien

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN**Österreichischer Special Report Tourismus und Klimawandel**

<https://sr19.ccca.ac.at/>

CCCA Fact Sheet#20: „Anpassung privater Akteure an den Klimawandel Erfahrungen aus zwei Fallstudien zum Wintertourismus“

https://ccca.ac.at/fileadmin/00_DokumenteHauptmenue/02_Klimawissen/FactSheets/20_EV_Wintertourismus_v3_13062017.pdf

Der **Leitfaden „Anpassung an den Klimawandel in Deutschland: Die Zukunft im Tourismus gestalten“** informiert Destinationsmanager_innen über mögliche Auswirkungen auf die deutschen Tourismusregionen und bietet konkrete Handlungsempfehlungen für die Anpassung.

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/anpassung-an-den-klimawandel-die-zukunft-im>

Das **Forschungsprojekt PROSNOW** hat zum Ziel, ein Vorhersagesystem als Grundlage für die Optimierung der Beschneiungspraktiken zu entwickeln. Die möglichst effiziente Nutzung der klimatisch gut geeigneten Beschneiungszeiten und Vermeidung von Beschneigung im Grenztemperaturbereich könnten den Energieeinsatz verringern.

<http://prosnow.org/>

Im **Forschungsprojekt FUSE** werden auf Basis der neuesten Generation von regionalen Klimamodellen, Schneemodellen und Beobachtungsdatensätzen Szenarien der künftigen Schneelage erstellt und daraus nutzerfreundliche Information für unterschiedliche gesellschaftlich relevante Sektoren (Wintertourismus, Wasserkraft, Trinkwasserversorgung) abgeleitet.

<https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/6/B769963-ACRP10-FuSE-AT-KR17AC0K13673-ZB.pdf>

Ziel des **Forschungsprojekts Snowledge** ist es, einen wissenschaftlich-technisch fundierten und praktisch orientierten Umgang mit der unsicheren Schneesituation bei Akteur_innen im Wintertourismus zu etablieren

<https://projekte.ffg.at/projekt/3155863>

4_ZUSAMMENSCHAU_CLAUDIA MICHL

2020 geht in Österreich als fünfwärmstes Jahr in die Geschichtsbücher ein. Auf den Bergen war es sogar, gleichauf mit 2015, das wärmste Jahr der Messgeschichte. Der außergewöhnlich warme Winter kommt auf Platz zwei der wärmsten Winter seit Messbeginn zu liegen. Der April war bereits der sonnenreichste Monat des Jahres, konnte aber aufgrund der damaligen COVID-19-Ausgangsbeschränkungen nur bedingt für Freizeitbeschäftigungen im Freien genutzt werden. Der Juni war von überdurchschnittlich viel Regen geprägt. Auch der Sommer verlief zu warm, aber wechselhaft und ohne markante Hitzewellen. Mit Schneefällen bis in einige Alpentäler verabschiedete sich Ende September die sommerliche Witterung. Das Jahr endete in Osttirol und Oberkärnten mit starken Schnee- und Regenfällen, die zu zahlreichen Unfällen und Straßensperren führten.

Der diesjährige Klimastatusbericht richtet den Fokus auf die 30-jährige Klimanormalperiode 1991–2020. Sie wird von der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) definiert und dient ab sofort als neuer Bezugszeitraum, um z. B. ein Jahr klimatologisch einzuordnen. Für die objektive Einschätzung klimatischer Entwicklungen ist hingegen ein von menschlicher Aktivität möglichst unbeeinflusster Zustand als Bezugszeitraum sinnvoll. Daher wird im Zusammenhang mit dem anthropogenen Klimawandel häufig der Klimazustand vor der industriellen Revolution betrachtet (1850–1900). Darauf bezieht sich etwa das Pariser Klimaabkommen und der Weltklimarat der Vereinten Nationen (IPCC.) Aufgrund der Datenverfügbarkeit ist jedoch in Österreich der Bezugszeitraum 1961–1990 praktikabler für eine seriöse Einordnung menschlich hauptverursachter Klimaänderungen. Ein Bezug auf den jüngsten 30-jährigen Bezugszeitraum 1991–2020 ist ergänzend sinnvoll, um den tatsächlich erlebten Klimazustand großer Teile der Bevölkerung abzubilden.

Der Blick in die letzten Jahrzehnte lässt erkennen, dass sich das Klima in rasantem Tempo verändert, auch wenn die Veränderungen aus individueller Sicht eines Menschenlebens eher schleichend wahrgenommen werden. Vergleicht man die beiden Klimanormalperioden 1961–1990 und 1991–2020, wird sichtbar, dass sich das Klima in Österreich in nur drei Jahrzehnten deutlich gewandelt hat, was gravierende Auswirkungen für Mensch und Umwelt mit sich bringt: So ist das

Klima in Österreich wesentlich wärmer (+1,3 °C), etwas feuchter (+4 %) und deutlich sonniger (+8 %) geworden. Die Anzahl der Hitzetage in den Landeshauptstädten hat sich verdoppelt bis vervierfacht und ausgedehnte Hitzewellen gehören mittlerweile in ganz Österreich zum sommerlichen Alltag. Dies hat bereits jetzt erhebliche Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch, Tier und Pflanze. Besonders das Leben in der Stadt ist von Hitzewellen stark betroffen. So wird rund ein Drittel der österreichweiten hitzebedingten Sterbefälle in Wien gezählt. Die Auswirkungen auf Land- und Forstwirtschaft sind deutlich spürbar. Dem stärkeren Pflanzenwachstum, hervorgerufen durch erhöhte Temperaturen und eine verlängerte Vegetationsperiode, stehen Ernteaufschläge aufgrund von Unwettern, Schädlingsbefall und Waldbränden gegenüber. Auch für andere Wirtschaftsbereiche wie den Tourismus oder die Energie- und Wasserwirtschaft haben die veränderten Bedingungen erhebliche Auswirkungen. So könnte sich Berechnungen zufolge die Zahl der Skigebiete, die mindestens 100 m über der natürlichen Schneefallgrenze liegen, von 2012 bis 2030 um mehr als die Hälfte verringern. Regional ist zudem bereits eine Verringerung der Grundwasserneubildungsraten erkennbar, die in den letzten Jahren vereinzelt zu saisonalen Engpässen geführt hat.

Aus all dem ergibt sich deutlich die Anforderung verstärkter Maßnahmen zu Klimaschutz und Klimawandelanpassung. Sektorspezifische und private, spontane Maßnahmen sind gesamtheitlich betrachtet nicht immer zielführend. Fehlanpassungen sind aus individueller Sicht nachvollziehbar, können jedoch Probleme verstärken (z. B. Energieintensivität von Beschneigungsanlagen) oder in anderen Bereichen verursachen (z. B. Nutzungskonflikte um Wasser bei künstlicher Bewässerung). Umso wichtiger erscheint ein breit aufgesetzter Prozess, um erfolgreiche und wirksame Anpassungsmaßnahmen, auch mit Blick auf die Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen, umsetzen zu können. Dazu wird aktuell der zweite Fortschrittsbericht zur Österreichischen Strategie zur Anpassung an den Klimawandel vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie erarbeitet, der unter anderem Akteur_innen dabei unterstützen soll, Fehlanpassungen zu vermeiden.

GLOSSAR

Wetter – Witterung – Klima

Das Wetter ist der physikalische Zustand der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort oder in einem Gebiet, wie er durch das Zusammenwirken der meteorologischen Elemente (Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Lufttemperatur, Bewölkung, Niederschlag, Wind usw.) gekennzeichnet ist.

Als Witterung wird der allgemeine Charakter des Wetterablaufs von einigen Tagen bis zu ganzen Jahreszeiten, der durch die jeweils vorherrschende Wetterlage bestimmt ist, bezeichnet (z. B. Altweibersommer).

Das Klima wird als der mittlere Zustand der Atmosphäre definiert. Es wird durch statistische Eigenschaften (Mittelwerte, Streuungsmaße, Extremwerte, Häufigkeiten usw.) über einen ausreichend langen Zeitraum, üblicherweise mindestens 30 Jahre, dargestellt.

Klimanormalperiode (Bezugszeitraum)

Um das Klima international standardisiert vergleichen zu können, werden von der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) nicht-überlappende 30-jährige Zeiträume (z. B. 1961–1990, 1991–2020) vorgegeben. Sie werden fachsprachlich Klimanormalperioden genannt. In dieser Berichtsreihe wird, sofern nicht anders angegeben, die Klimanormalperiode 1961–1990 herangezogen und meist der verständlichere Begriff Bezugszeitraum verwendet.

Der Vergleich mit dem Bezugszeitraum 1961–1990 ermöglicht die Einordnung gegenüber einem vorwiegend natürlichen Klimazustand vor dem vollen Einsetzen des menschlich verstärkten Treibhauseffekts in den 1980er-Jahren. Der Bezugszeitraum 1991–2020 entspricht der Erinnerung der meisten Menschen besser und ist für die Aktualisierung technischer Normen relevant.

Klimaindizes

Sommertage: Jährliche Anzahl an Tagen, an denen das Maximum der Lufttemperatur 25 °C erreicht oder überschreitet.

Hitzetage: Teilmenge der Sommertage, an denen das Maximum der Lufttemperatur 30 °C erreicht oder überschreitet.

Tropennächte: Jährliche Anzahl an Tagen, an denen das Minimum der Lufttemperatur 20 °C nicht unterschreitet.

Hitzeperiode (Kyselý-Tage): Jährliche Anzahl an Tagen, die innerhalb einer Hitzeperiode liegen. Nach der Definition des tschechischen Meteorologen Jan Kyselý liegt eine Hitzeperiode vor, sobald das Maximum der Lufttemperatur an mindestens drei aufeinanderfolgenden Tagen 30 °C überschreitet, und dauert an, solange das Tagesmaximum der Lufttemperatur gemittelt über die gesamte Periode über 30 °C bleibt und an keinem Tag 25 °C unterschreitet.

Kühlgradtagzahl: Jährliche Summe der täglichen Temperaturdifferenzen zwischen der mittleren Lufttemperatur und der Normraumlufttemperatur von 20 °C, an Tagen mit einer mittleren Lufttemperatur von mehr als 18,3 °C.

Dauer der Vegetationsperiode: Jährliche Anzahl der Tage zwischen Beginn und Ende der Vegetationsperiode. Ausgangspunkt ist die Bestimmung von Vegetationstagen mit einer mittleren Lufttemperatur von mindestens 5 °C. Die längste durchgehende Folge an Vegetationstagen ist die Kernperiode, davor und danach können unterbrochene Teilperioden auftreten. Der Beginn der Vegetationsperiode wird vom ersten Tag der Kernperiode auf den ersten Tag einer Teilperiode vorverlegt, falls diese Teilperiode mehr Tage als die Summe aller Nicht-Vegetationstage vor der Kernperiode beinhaltet. Das Ende der Vegetationsperiode wird mit umgekehrten Kriterien bestimmt.

Frosttage: Jährliche Anzahl an Tagen, an denen das Minimum der Lufttemperatur 0 °C unterschreitet.

Heizgradtagzahl: Jährliche Summe der täglichen Temperaturdifferenzen zwischen der Normraumlufttemperatur von 20 °C und der mittleren Lufttemperatur, an Tagen mit einer mittleren Lufttemperatur von weniger als 12 °C.

Normaußentemperatur: Tiefster Zwei-Tages-Mittelwert der Lufttemperatur, der zehn Mal in 20 Jahren erreicht oder unterschritten wird.

Niederschlagstage: Jährliche Anzahl an Tagen, an denen die Niederschlagssumme mindestens 1 mm beträgt.

Niederschlagsintensität: Jährliche durchschnittliche Niederschlagssumme an Niederschlagstagen.

Starkniederschlagstage: Teilmenge der Niederschlagstage, an denen die Niederschlagssumme mindestens 20 mm beträgt.

Maximum der Fünf-Tages-Niederschlagssumme: Jährliches Maximum der Gesamtniederschlagssumme von fünf aufeinanderfolgenden Tagen.

Trockenepisoden: Dauer der längsten jährlichen Folge an Tagen, an denen die Niederschlagssumme weniger als 1 mm beträgt.

Verwendete Daten

Die Auswertungen in dieser Berichtsreihe beruhen Großteils auf Messdaten aus dem Klimastationsnetz der ZAMG. Der gemessene Niederschlag ist gegenüber dem angenommenen tatsächlichen Niederschlag erfahrungsgemäß meist systematisch herabgesetzt. Diese Diskrepanz ist bei starkem Wind und Schneefall besonders hoch. Aufgrund großer Unsicherheiten bei der Korrektur kann diese Art des Messfehlers nicht verlässlich berücksichtigt werden. Um eine hohe Datenqualität zu gewährleisten, werden alle Messdaten qualitätsgeprüft und nach Möglichkeit homogenisiert. Daher kann es auch nachträglich zu geringfügigen Wertänderungen kommen. Aus den Stationsdaten wurden die Datensätze SPARTACUS und HISTALP entwickelt.

Der Datensatz [SPARTACUS](#) besteht aus räumlichen Gitterfeldern über Österreich in Tagesauflösung ab 1961. Er ermöglicht die Beurteilung der räumlichen Verteilung von Klimaparametern und die flächengetreue Auswertung der Klimaentwicklung.

Hiebl J., Frei C., 2016: Daily temperature grids for Austria since 1961—concept, creation and applicability. Theoretical and Applied Climatology 124, 161–178, [doi:10.1007/s00704-015-1411-4](https://doi.org/10.1007/s00704-015-1411-4)

Hiebl J., Frei C., 2018: Daily precipitation grids for Austria since 1961—development and evaluation of a spatial dataset for hydro-climatic monitoring and modelling. Theoretical and Applied Climatology 132, 327–345, [doi:10.1007/s00704-017-2093-x](https://doi.org/10.1007/s00704-017-2093-x)

Der Datensatz [HISTALP](#) enthält punktbezogene Stationsreihen verteilt über den gesamten Alpenraum in Monatsauflösung. Die Daten wurden zusätzlich homogenisiert und erlauben die verlässliche langfristige Einordnung des Klimas, je nach Parameter teilweise bis ins 18. Jahrhundert zurück.

Auer I. et al., 2007. HISTALP—Historical instrumental climatological surface time series of the greater Alpine region 1760–2003. International Journal of Climatology 27, 17–46, [doi:10.1002/joc.1377](https://doi.org/10.1002/joc.1377)

Der Datensatz [VIOLA](#) ist das digitale Unwetterarchiv und reicht bis ins Jahr 1961 zurück.

Zwischen den Datensätzen herrscht eine hohe Übereinstimmung. In den Abschnitten Das Jahr im Überblick, Monatswerte, Witterungsverlauf, Räumliche Verteilung und Klimaindizes wird SPARTACUS, im Abschnitt Langfristige Einordnung HISTALP und im Abschnitt Bedeutende Wetterereignisse VIOLA verwendet.