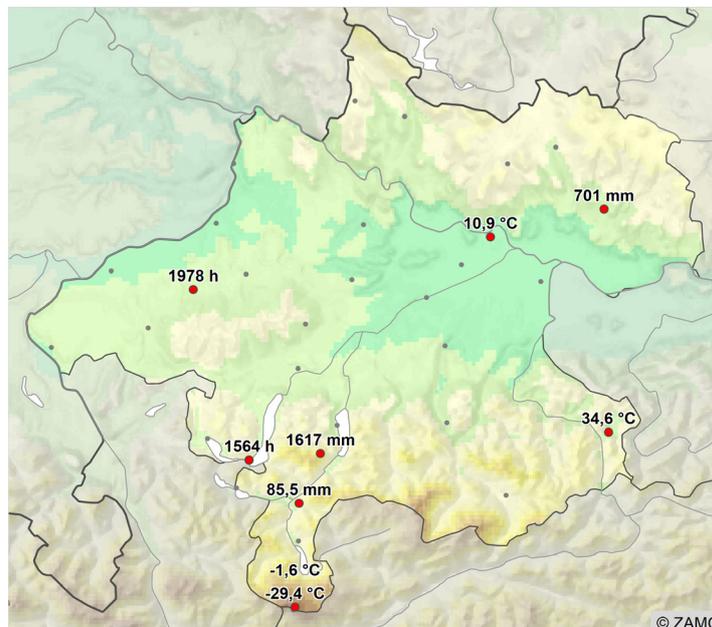


2 Klima- und Wetterstatistik

	Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Lufttemperatur													
abs. [°C]	-1,3	2,3	3,9	6,4	10,9	19,2	18,7	16,6	15,2	8,7	3,3	0,8	8,7
Abw. [°C]	+1,4	<u>+3,1</u>	+1,0	-1,0	-1,0	<u>+4,2</u>	<u>+1,9</u>	+0,1	<u>+1,9</u>	+0,2	+0,7	<u>+2,2</u>	<u>+1,2</u>
Niederschlag													
abs. [mm]	81	39	59	48	129	95	209	174	32	39	70	98	1073
Abw. [%]	+9	-43	-18	<u>-40</u>	+22	-28	<u>+59</u>	+43	<u>-60</u>	-39	-7	+15	-2
Sonnenschein													
abs. [h]	30	121	138	174	145	289	209	157	203	144	53	34	1697
Abw. [%]	<u>-31</u>	<u>+65</u>	+19	+18	-22	<u>+54</u>	-2	<u>-22</u>	<u>+30</u>	+22	+1	-5	<u>+11</u>

Tabelle 1: Monatliche und jährliche Mittelwerte der Lufttemperatur sowie Summen von Niederschlag und Sonnenscheindauer. Angegeben sind Flächenmittelwerte über Oberösterreich als Absolutwerte und als Abweichungen vom Mittelwert des Bezugszeitraumes 1961–1990. Abweichungen unter bzw. über der (doppelten) Standardabweichung sind (doppelt) unterstrichen.



	Messwert	Datum	Klimastation	Seehöhe	
Lufttemperatur	niedrigster Jahresmittelwert	-1,6 °C	Schladminger Gletscher	2520 m	
	niedrigste Einzelmessung	-29,4 °C	13.02.	Schladminger Gletscher	2520 m
	höchster Jahresmittelwert	10,9 °C		Linz	262 m
	höchste Einzelmessung	34,6 °C	06.07.	Weyer	426 m
Niederschlag	niedrigste Jahressumme	701 mm		Bad Zell	554 m
	höchste Jahressumme	1617 mm		Feuerkogel	1618 m
	höchste Tagessumme	85,5 mm	17.07.	Bad Ischl	507 m
Sonnenschein	niedrigste Jahressumme	1564 h		Unterach	470 m
	höchste Jahressumme	1978 h		Aspach	427 m

Abbildung 2: Räumlicher Überblick der an Klimastationen beobachteten Wetterextreme im Jahr 2021 in Oberösterreich.

3 Witterungsverlauf

Der erste Monat des Jahres 2021 war in Oberösterreich im Vergleich zum Mittelwert des Bezugszeitraumes 1961–1990 um $+1,4\text{ °C}$ zu warm. Die Niederschlagsmengen entsprachen weitgehend den klimatologischen Mittelwerten. Im Februar herrschte ein für die Jahreszeit sehr hohes Temperaturniveau vor, das nur von einem kurzen Kaltlufteinbruch um die Monatsmitte unterbrochen wurde. Einhergehend mit der milden Witterung, die insgesamt zu einer Temperaturabweichung von $+3,1\text{ °C}$ führte, fiel um 43 % weniger Niederschlag und es war mit einem Plus von 65 % ein außergewöhnlich sonniger Monat.

Der März war in seiner Zusammenfassung noch um $1,0\text{ °C}$ zu warm. April und Mai wiesen in weiterer Folge eine Temperaturabweichung von jeweils $-1,0\text{ °C}$ auf. Damit war der April der kälteste in Oberösterreich seit dem Jahr 1997. Die unterdurchschnittlichen Niederschlagsverhältnisse blieben im März und April erhalten, wobei das Niederschlagsdefizit im März mit 18 % nur gering ausfiel. Deutlich zu trocken verlief dann der April, der insgesamt um 40 % weniger Niederschlag brachte. Aufgrund der tiefen Temperaturen in der ersten Monatshälfte fiel der Niederschlag im Voralpengebiet und inneralpin überwiegend in Form von Schnee und vom Salzkammergut bis zur Eisenwurzen summierte sich so die doppelte bis zehnfache Neuschneemenge eines durchschnittlichen Aprils. Mit dem Mai endete die relativ sonnige und niederschlagsarme Witterung. Es fiel um 22 % mehr Niederschlag und es gab um 22 % weniger direkten Sonnenschein.

Der Juni war von einer außergewöhnlich lang andauernden Hitzewelle geprägt. Die Klimastation in Linz verzeichnete sechs Hitzetage in Folge. Der bisherige Junirekord lag hier bei fünf Hitzetagen im Jahr 2013. Kaltlufteinbrüche blieben aus und so wurde der Juni mit einer Temperaturabweichung von $+4,2\text{ °C}$ der drittwärmste in der Messgeschichte Oberösterreichs. Auch die Ausbeute an direktem Sonnenschein war mit einem Plus von 54 % außergewöhnlich hoch, sodass dieser Juni zum zweitsonnigsten der vergangenen 61 Jahre wurde. Die in Österreich im Juni allgemein vorherrschende Niederschlagsarmut zeigte sich in Oberösterreich nur südlich der Donau, wo sie aber mit Abweichungen bis -70 % im Salzkammergut teils sehr hoch war. Im Bundeslandmittel wies Oberösterreich mit -28 % Abweichung das geringste Junidefizit aller Bundesländer auf. Das hohe Temperaturniveau ging mit dem Monatswechsel zurück, dennoch war der Juli deutlich zu warm (Abw. $+1,9\text{ °C}$). Es stellte sich eine niederschlagsreiche Phase ein, die bis Ende August andauerte. Im Juli fiel 59 % und im August 43 % mehr Niederschlag. Das letzte Mal, dass die beiden Hochsommermonate in Oberösterreich so regenreich verliefen, war im Jahr 2010. Dieser Niederschlagsüberschuss führte stellenweise zu Überflutungen und Hochwasser. Starke Windböen, verursacht durch Gewitter, führten vor allem im August in weiten Teilen des Bundeslandes zu schweren Schäden. Die regenreiche Phase endete abrupt mit den letzten Augusttagen.

Im September gab es in Oberösterreich nur wenige Tage, an denen eine nennenswerte Regenmenge fiel. Im trockensten September der vergangenen 61 Jahre summierte sich um 60 % weniger Niederschlag als üblich. Weiters war das Temperaturniveau (Abw. +1,9 °C) und die Ausbeute an direktem Sonnenschein (Abw. +30 %) im September deutlich höher als im klimatologischen Mittel. Relativ niederschlagsarm und sonnig ging es im Oktober weiter, doch die Abweichungen lagen im Bereich der normalen Schwankungsbreite. Auch das Temperaturniveau normalisierte sich wieder und blieb bis Ende November weitgehend in einem für die Jahreszeit typischen Bereich.

Die Niederschlags- und Sonnenscheinverhältnisse lagen im November und Dezember relativ nah an den Normalwerten. Das Temperaturprofil wandelte sich jedoch wieder hin zu deutlich überdurchschnittlichen Werten, sodass der Dezember mit einer Abweichung von +2,2 °C deutlich zu warm verlief. Zum Jahresende stieg die Lufttemperatur auf ein Niveau, wie es nur selten zu dieser Jahreszeit zu beobachten ist.



© Thomas Markowetz

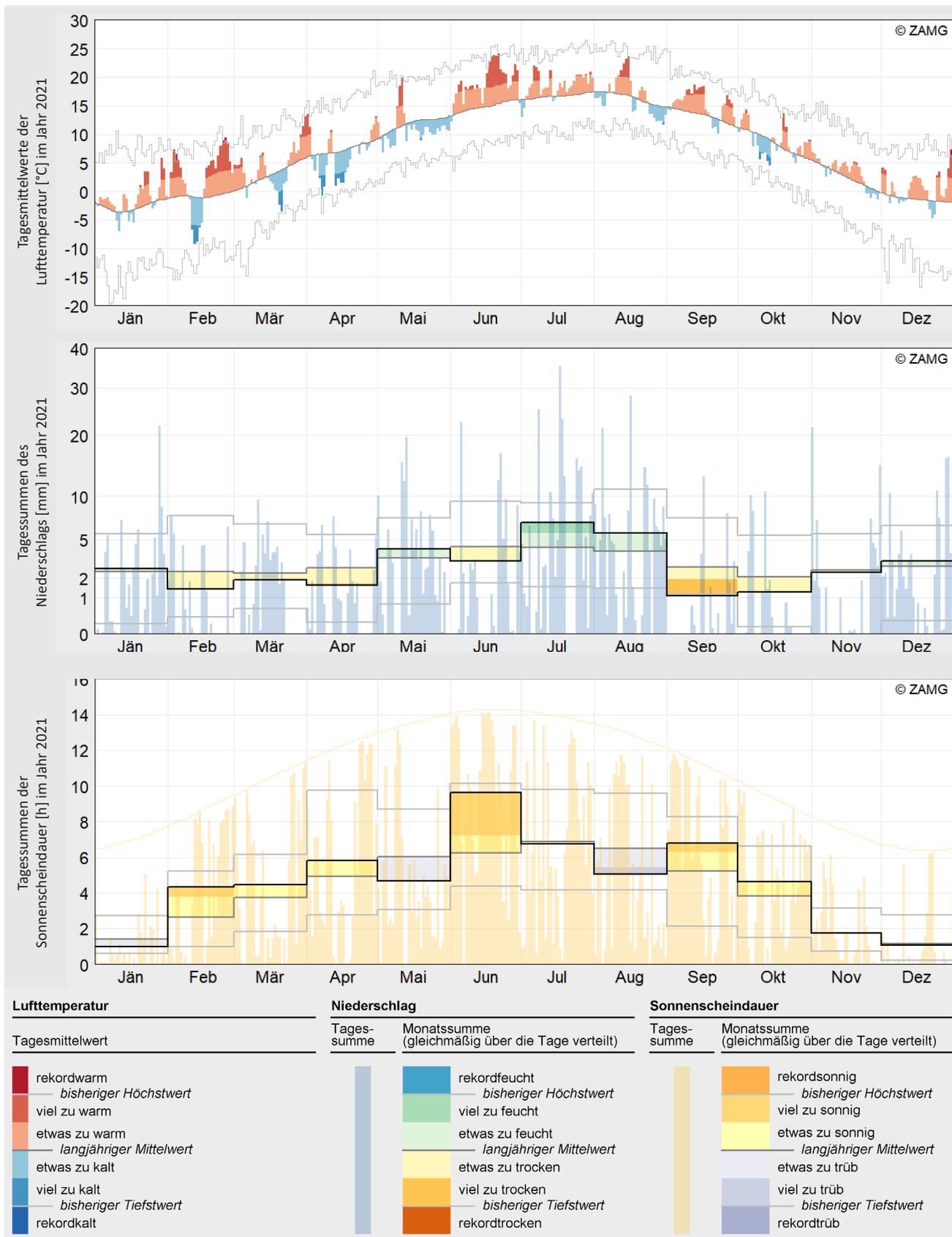


Abbildung 3: Verläufe von täglicher Lufttemperatur, Niederschlagssumme und Sonnenscheindauer im Jahr 2021 in Bezug auf die Mittelwerte des Zeitraumes 1961–1990. Angegeben sind Flächenmittelwerte über Oberösterreich.

4 Räumliche Verteilung

Der Jahresmittelwert der Lufttemperatur betrug 2021 im Durchschnitt über Oberösterreich 8,7 °C. Er reichte dabei von unter -2 °C auf dem Dachstein bis nahe 11 °C in der Linzer Innenstadt. Somit war das Jahr gegenüber dem Mittelwert des Bezugszeitraums 1961–1990 landesweit recht einheitlich um 1,2 °C zu warm. Etwas geringer fiel die Temperaturabweichung im Mühlviertel und Salzkammergut, etwas höher im Inn- und Traunviertel aus.

Der Flächenmittelwert der Jahressumme des Niederschlags lag 2021 bei 1070 mm. Nur gut 700 mm Niederschlag fielen im Laufe des Jahres gebietsweise im unteren Mühlviertel, während für die Staulagen der Nordalpen über 2100 mm angenommen werden können. In weiten Landesteilen entspricht das mit einer Abweichung zwischen -10 und +10% in etwa dem langjährigen Erwartungswert, das Landesmittel liegt bei -2 %. Nur im inneren Salzkammergut fehlten rund 13 % auf die normale Jahressumme.

Im landesweiten Durchschnitt schien die Sonne im Vorjahr etwa 1700 h lang, am längsten im Innviertel, wo sich über 1900 Sonnenstunden summieren. Im Mittel beträgt die Abweichung der Sonnenscheindauer beträchtliche +11 %. Im alpinen Bereich war die Besonnung nur wenig, im Hausruckviertel bis zu 14 % überdurchschnittlich.



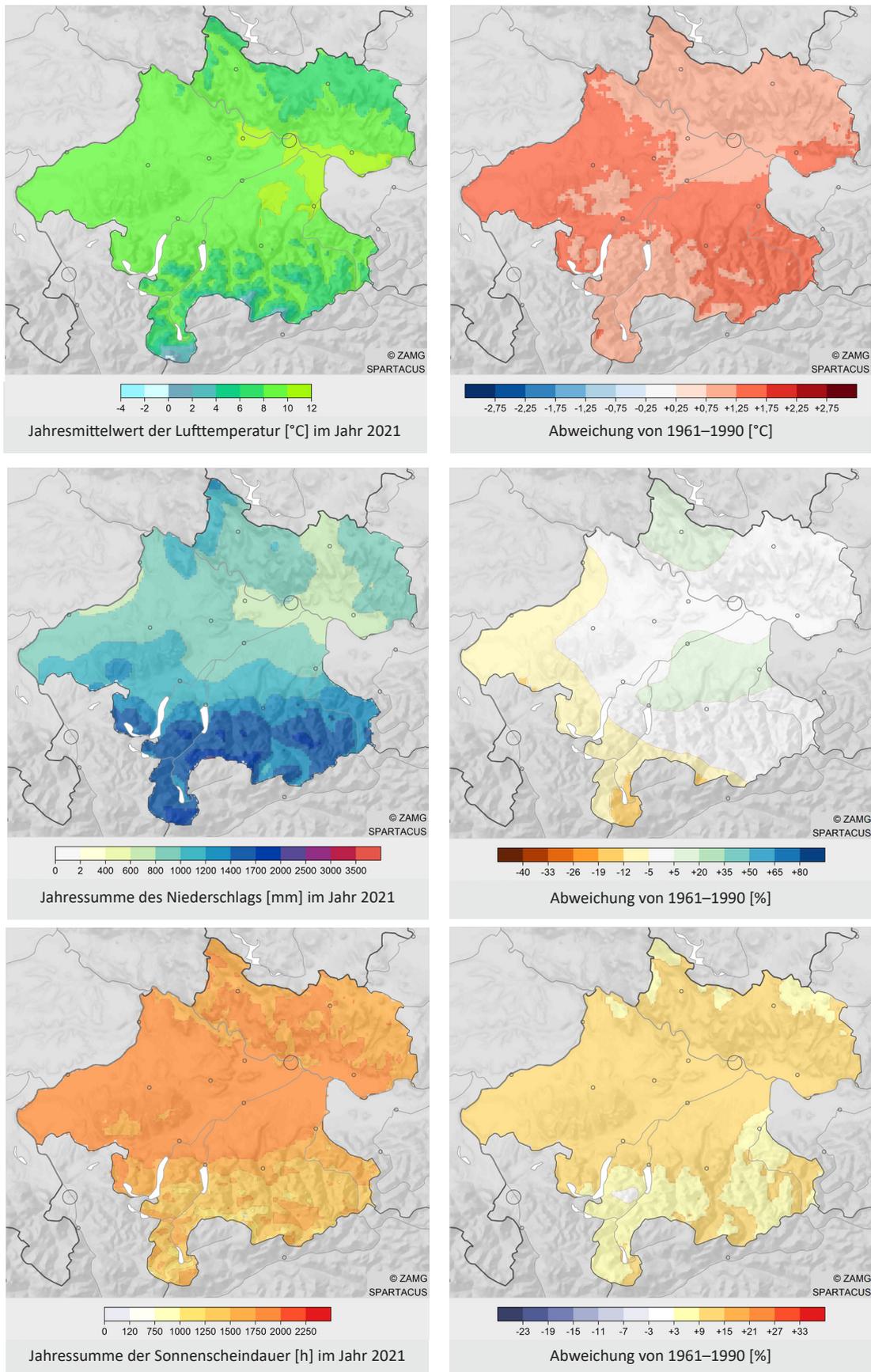


Abbildung 4: Räumliche Verteilung der Jahreswerte 2021 von Lufttemperatur, Niederschlagssumme und Sonnenscheindauer in Oberösterreich als Absolutwerte (links) und als Abweichungen vom Mittelwert des Bezugszeitraumes 1961–1990 (rechts).

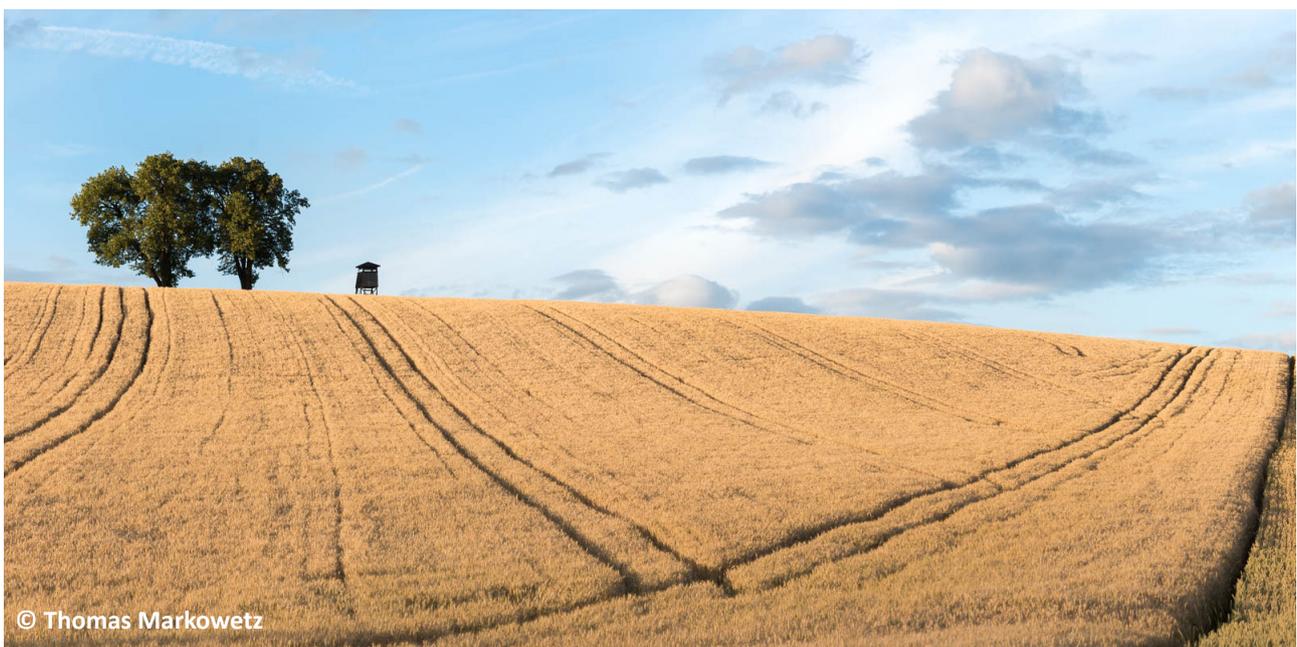
5 Langfristige Einordnung

Die langfristige Klimaentwicklung in Oberösterreich über die letzten 254 Jahre wird anhand der homogenisierten Zeitreihen der am längsten betriebenen Klimastation in Kremsmünster nachvollzogen. Abgesehen von geringfügigen Abweichungen besteht eine hohe Übereinstimmung mit den zuvor besprochenen Flächenmittelwerten, die das Klima nach 1961 in größerer Genauigkeit beschreiben.

Der Trend der Lufttemperatur bewegte sich in Kremsmünster vom Spätbarock 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 2021 bestätigt in Kremsmünster mit einer Abweichung von +1,2 °C den starken Erwärmungstrend. Es reiht sich hier an die 18. Stelle der wärmsten Jahre. Noch vor 30 Jahren hätte eine derart hohe Temperaturabweichung den zweiten Platz bedeutet. Elf der 12 wärmsten Jahre aus zweieinhalb Jahrhunderten traten nach 2000 ein. Das letzte leicht unterdurchschnittlich temperierte Jahr liegt mittlerweile 26 Jahre zurück.

Beim Jahresniederschlag sind hingegen in Kremsmünster in den letzten Jahrzehnten keine langfristigen Änderungen auszumachen. Die auffälligsten niederschlagsreichen und trockenen Phasen finden sich im 19. Jahrhundert. Etwas niederschlagsreichere Bedingungen um 2000 fanden vorerst keine Fortsetzung. Bei hoher Variabilität von Jahr zu Jahr überschreitet 2021 den langjährigen Mittelwert hier um 11 %. Allerdings gibt die Jahressumme an einer Station keine Auskunft über regionale und jahreszeitliche Unterschiede der Niederschlagsverteilung. Die Verteilung kurzfristiger Ereignisse ist daraus naturgemäß nicht abzulesen.

Ebenfalls um 1980 nahm eine Erhöhung der Sonnenscheindauer ihren Ausgang. In den letzten etwa 20 Jahren verharrt die Jahressumme der Sonnenscheindauer in einem hohen Bereich, der die sonnenreichen Bedingungen der Nachkriegsjahre übertrifft. In Kremsmünster hält 2021 mit einer Abweichung von +12 % das hohe Niveau. Es reiht sich unter den 138 Jahren der Zeitreihe auf Platz 29 der sonnigsten Jahre ein.



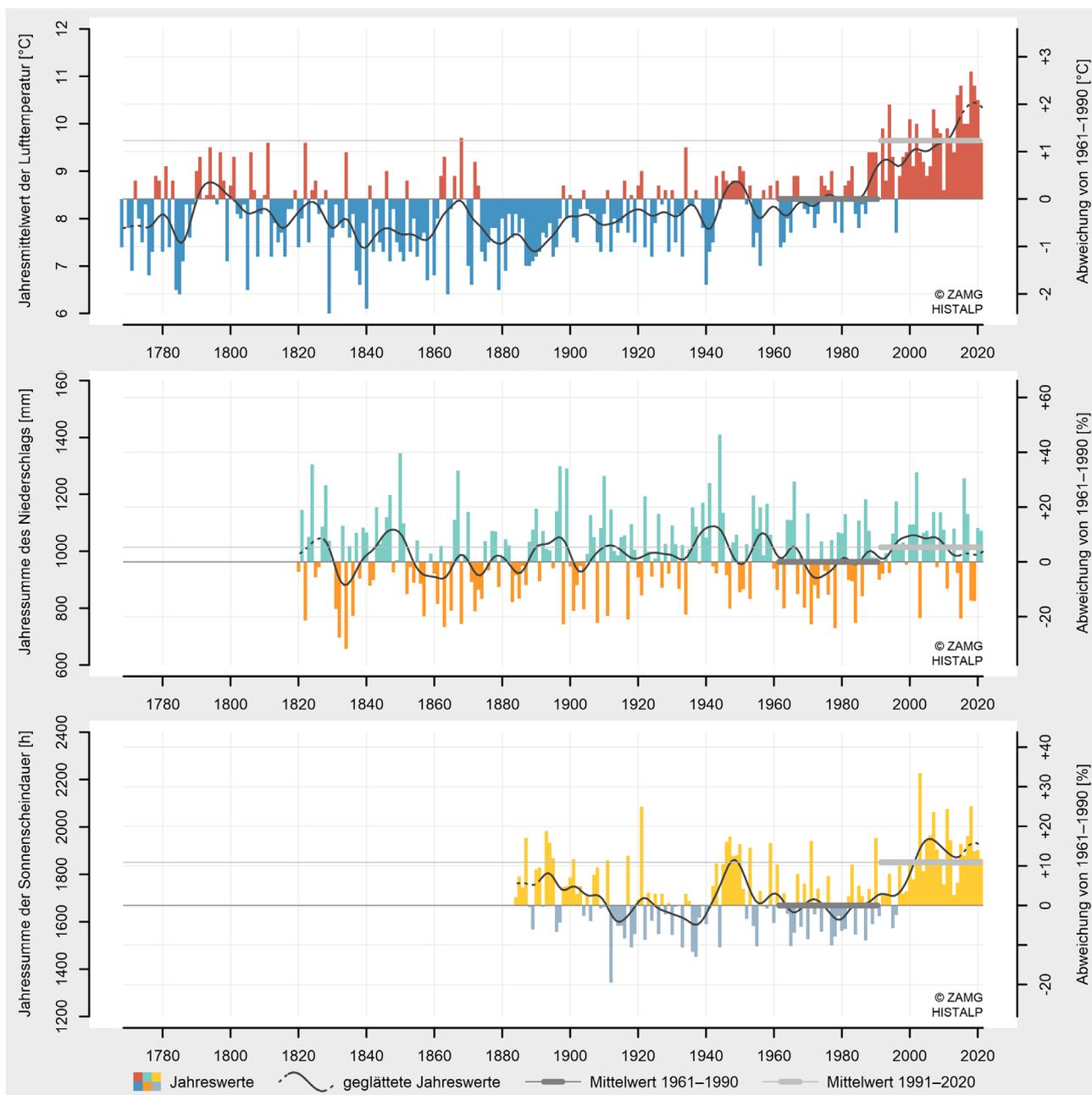


Abbildung 5: Langfristige Entwicklung der Jahreswerte von Lufttemperatur (oben), Niederschlagssumme (Mitte) und Sonnenscheindauer (unten) in Kremsmünster vom Beginn instrumenteller Messungen bis 2021. Die Niveaus der Mittelwerte des Bezugszeitraumes 1961–1990 bzw. der letzten 30 Jahre 1991–2020 sind als dunkelgraue bzw. hellgraue Linien eingetragen.

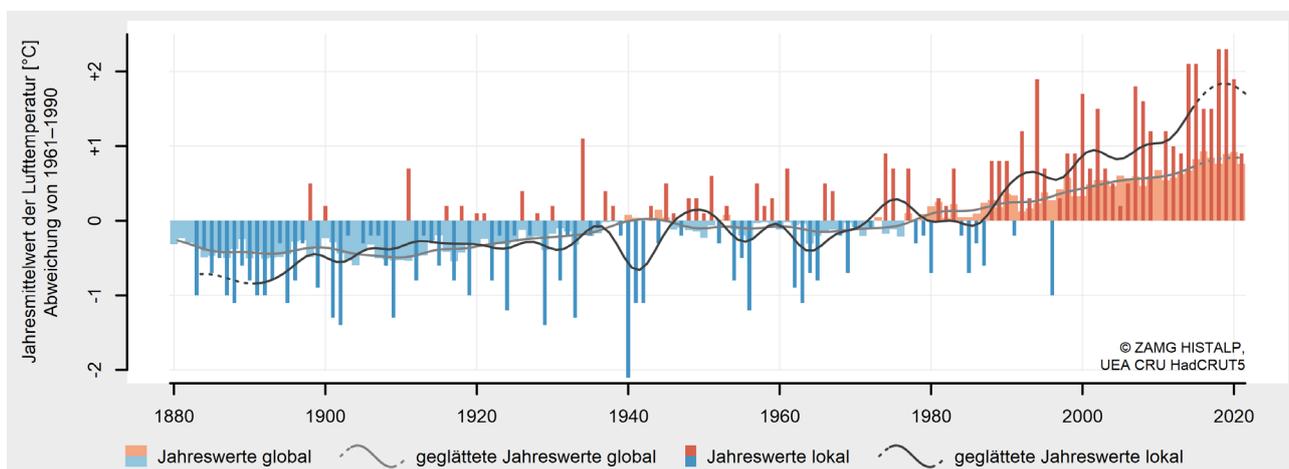


Abbildung 6: Langfristige Entwicklung der Jahreswerte der Lufttemperatur global und in Kremsmünster von 1880 bis 2021. Dargestellt sind Abweichungen von den jeweiligen Mittelwerten des Bezugszeitraumes 1961–1990.

6 Klimaindizes

Die übermäßig warmen Verhältnisse des Jahres 2021 drückten sich in allen temperaturabhängigen Klimaindizes in Linz aus. Da die Monate von Juni bis September durchwegs – und teils viel – zu warm ausfielen, liegt die Zahl der Sommer- und Hitzetage sowie Tropennächte deutlich über den Sollwerten. 68 Sommertage bedeuten beispielsweise einen Überschuss von 23 Tagen und den zehnthöchsten Wert aus 81 Jahren. 13 statt üblicherweise drei Tage waren Bestandteil einer Hitzeperiode.

Demgegenüber fehlten im Vorjahr 15 Frosttage auf den Referenzwert von 79 Tagen, der zum elften Mal in Folge nicht erreicht wurde. Der Heizbedarf (Heiz-

gradtagzahl) war etwa 9 % unterdurchschnittlich. Die Normheizlast (Normaußentemperatur) stieg von -12,2 °C für die Jahre 1961–1980 auf -9,0 °C für die Jahre 2002–2021.

Im Gegensatz zu den temperaturbasierten Indizes weisen die über das ganze Jahr berechneten Niederschlagsindizes Großteils keine Auffälligkeiten auf und liegen allesamt nahe an den klimatologischen Erwartungswerten. Die längste Trockenepisode umfasste 18 Tage von Anfang bis Mitte November und dauerte somit fünf Tage kürzer als im durchschnittlichen Jahr.

Klimaindex		2021	1961–1990	Abweichung
Sommertage (25 °C)	[d]	68	45	+23
Hitzetage (30 °C)	[d]	13	6	+7
Tropennächte (20 °C)	[d]	4	1	+3
Hitzeperiode	[d]	13	3	+10
Kühlgradtagzahl ¹	[°C]	152	67	+85
Vegetationsperiode (5 °C)	[d]	244	233	+11
Frosttage (0 °C)	[d]	64	79	-15
Heizgradtagzahl	[°C]	3058	3368	-310
Normaußentemperatur ²	[°C]	-9,0	-12,2	+3,2
Niederschlagstage (1 mm)	[d]	123	125	-2
Starkniederschlagstage (20 mm)	[d]	7	6	+1
Niederschlagsintensität	[mm]	6,2	6,4	-0,2
max. 5-Tages-Niederschlag	[mm]	69	70	-1
Trockenepisode	[d]	18	23	-5

Tabelle 2: Wichtige Klimaindizes im Jahr 2021 in Linz in Bezug auf die Mittelwerte des Zeitraumes 1961–1990. Die Indizes sind im Glossar am Ende des Berichts definiert.

¹ In den Klimarückblicken 2019 und 2020 wurde der Klimaindex Kühlgradtagzahl einer fehlerhaften Definition folgend berechnet, welche gegenüber gebräuchlichen Definitionen zu einer systematischen Unterschätzung der Indexwerte führt. Daher wurde dieser Klimaindex neu definiert und die angepassten Indexwerte in den genannten Berichten eingesetzt. Die aktualisierten Berichtsversionen können Sie unter <https://ccca.ac.at/wissenstransfer/klimastatusbericht> downloaden.

² Für den Index Normaußentemperatur gelten abweichende zeitliche Bezüge.

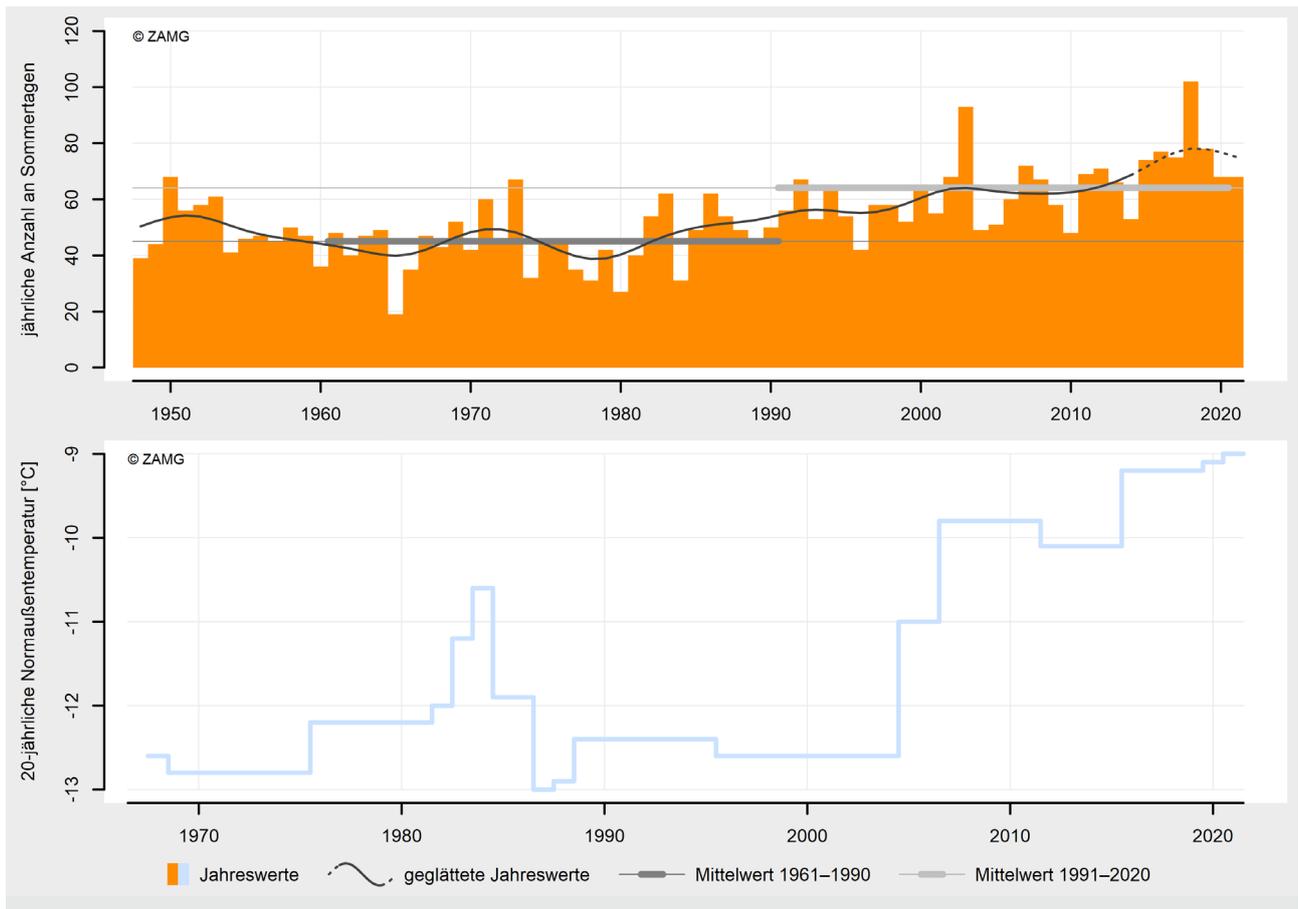


Abbildung 7: Entwicklung der jährlichen Anzahl an Sommertagen von 1948 bis 2021 (oben) und der 20-jährlichen Normaußentemperatur von 1967 bis 2021 (unten) in Linz. Die Niveaus der Mittelwerte des Bezugszeitraumes 1961–1990 bzw. der letzten 30 Jahre 1991–2020 sind als dunkelgraue bzw. hellgraue Linien eingetragen.

Referenzen

Verwendete Daten

Die Auswertungen in dieser Berichtsreihe beruhen größtenteils 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 flächentreue Auswertung der Klimaentwicklung.

www.zamg.ac.at/cms/de/forschung/klima/klimatografien/spartacus

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

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

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.

www.zamg.ac.at/histalp

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

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

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: 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 Normraumlufthtemperatur von 20 °C, an Tagen mit einer mittleren Lufttemperatur von mehr als 20 °C.

Vegetationsperiode: Die Dauer der Vegetationsperiode entspricht der jährlichen 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 Normraumlufthtemperatur 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. Aufgrund dieser 20-jährlichen Indexdefinition gilt z. B. der Jahreswert 2021 für den Zeitraum 2002–2021. Als Klimareferenzwert wird statt einem Mittelwert des Zeitraumes 1961–1990 der Jahreswert 1980 (1961–1980) herangezogen.

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

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

Niederschlagsintensität: Jährliche durchschnittliche Niederschlagssumme an Niederschlagstagen.

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.