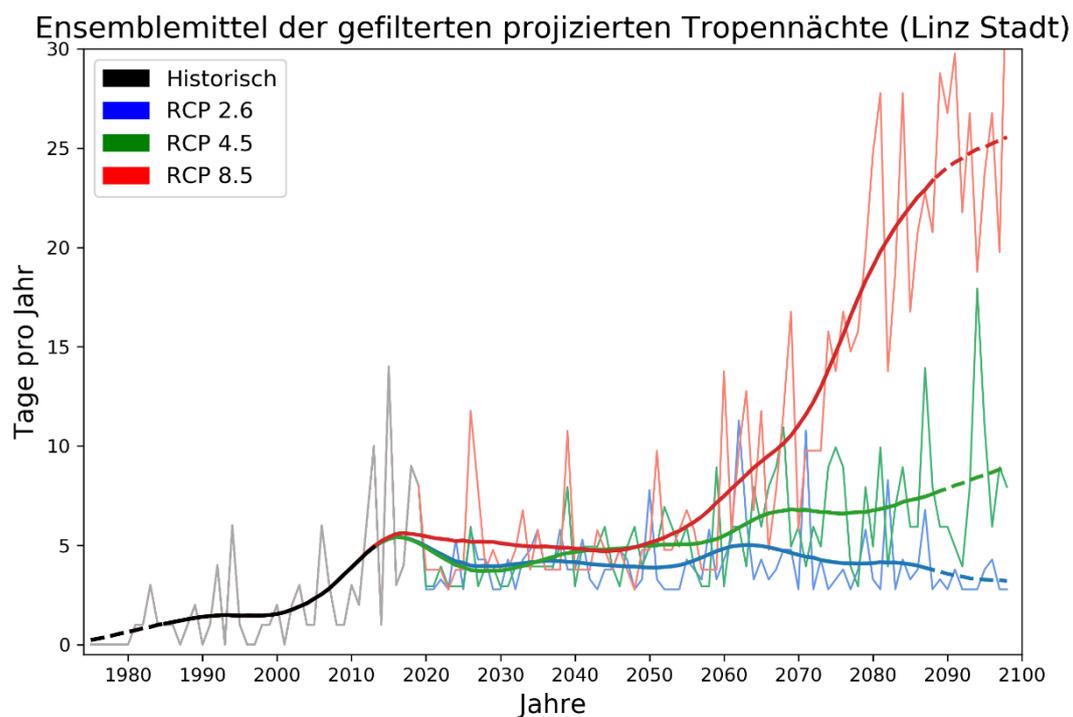




Endbericht

HOT-OOE: Hitzebelastung in Oberösterreich historisch und mögliche zukünftige Entwicklung



Autoren:

Herbert Formayer, Jessica Kult, Fabian Lehner und Benedikt Becsi.
Institut für Meteorologie und Klimatologie der Universität für
Bodenkultur, Wien



Dieser Endbericht wurde im Rahmen des Projekts „HOT-OOE: Hitzebelastung in Oberösterreich historisch und mögliche zukünftige Entwicklung“ im Auftrag von Landesrat Kaineder erstellt.

Diese Publikation sollte folgendermaßen zitiert werden:

Formayer H., Kult J., Lehner F., Becsi B (2021) HOT-OOE: Hitzebelastung in Oberösterreich historisch und mögliche zukünftige Entwicklung. Forschungsbericht im Auftrag der Landes Oberösterreich.

Wien, im Juli 2021

Inhaltsverzeichnis

Kernaussagen	4
Einleitung	6
Daten und Methoden	7
Meteorologische Beobachtungsdaten.....	7
Untersuchungsgebiet.....	7
Klimamodelldaten.....	8
Ausgewählte Indikatoren.....	9
Sommertage.....	9
Hitzetage.....	10
Extremhitzetage.....	10
Hitzewellentage.....	10
Hitzewellentemperatur.....	11
Tropennächte.....	11
Kühlgradtage.....	11
Kritischer Wasserdampfgehalt.....	11
Ergebnisse	12
Temperaturlauswertungen.....	12
Sommertage.....	12
Hitzetage.....	15
Extremhitzetage.....	18
Hitzewellentage.....	20
Hitzewellentemperatur.....	22
Tropennächte.....	25
Kühlgradtage.....	28
Taupunktage.....	31
Diskussion und Schlussfolgerungen	33
Beobachteter Klimawandel.....	34
Zukünftiger Klimawandel.....	35
Literaturverzeichnis	37

Kernaussagen

- Der Klimawandel hat in den letzten Jahrzehnten zu einer starken Erwärmung geführt. Innerhalb von 3 Jahrzehnten (Vergleich der Klimanormalperiode 1961-1990 mit 1991-2020) ist die Jahresmitteltemperatur um 1.4 °C gestiegen. Diese Erwärmung führt zu vielfältigen Veränderungen, wie eine Abnahme der Schneedecke in den Tieflagen, eine Verlängerung der Vegetationsperiode aber auch zu einer Zunahme der Hitzebelastung.
- Die Anzahl der Hitzetage mit Temperaturen von zumindest 30 °C haben sich in den oberösterreichischen Tieflagen in diesem Zeitraum mehr als verdoppelt und in Extremjahren werden heute bereits mehr als 40 Hitzetage in einem Jahr beobachtet.
- Die Temperatur des Tagesmaximums während einer Hitzewelle ist zwischen den beiden Perioden um rund 2 °C angestiegen. Dies ist deutlich stärker als der Anstieg der Jahresmitteltemperatur mit 1.4 °C.
- Tropennächte waren in der Periode 1961-1990 in Oberösterreich faktisch nicht existent, lediglich in den wärmsten Regionen kamen alle paar Jahre eine Tropennacht vor. In der aktuellen Periode sind Tropennächte bereits ein großflächiges Phänomen und in den wärmsten Regionen kommen diese 2- bis 3-mal jährlich vor.
- Die Kombination mehr Tage in Hitzewellen und damit auch längere Hitzewellen und gleichzeitig immer höhere Temperaturen während einer Hitzewelle, erhöhen die Hitzebelastung enorm. Sinkt dabei die Nachttemperatur auch nicht unter 20 °C, was besonders in den Städten immer häufiger wird, wird die Belastung zusätzlich potenziert.
- Taupunkttemperaturen von zumindest 20 °C führen zu Kondenswasserbildung an gekühlten Decken und Wänden. Derzeit sind dies noch sehr seltene Ereignisse, welche in den Hotspot-Regionen etwa 2- bis 3-mal pro Jahr vorkommen. Die Häufigkeit wird aber sukzessive zunehmen - im Extremszenario auf mehr als 20 Tage pro Jahr im Mittel. Dies wird die Leistungsfähigkeit speziell von passiven Kühlsystemen mit Betonkernaktivierung stark reduzieren.
- Alle drei verwendeten Emissionsszenarien zeigen einen weiteren Anstieg aller Hitzeindikatoren zumindest bis zur Mitte des Jahrhunderts.
- Das Ensemblemittel von RCP 2.6, das Emissionsszenario bei dem wir das Pariser Klimaschutzabkommen einhalten, zeigt jedoch eine Stabilisierung der Werte in der Mitte des 21. Jahrhunderts und auch der Anstieg bis dorthin ist geringer als bei den anderen Szenarien.
- Beim RCP 4.5 kommt es ebenfalls zu einer Stabilisierung der Indikatoren, jedoch erst gegen Ende des 21. Jahrhunderts und auf einem deutlich höheren Niveau. Die

Entwicklung bei diesem Szenario ist etwas rascher, sodass zur Mitte des Jahrhunderts etwas höhere Werte als beim RCP 2.6 Szenario auftreten.

- Beim Szenario RCP 8.5 kommt es nicht zu einer Stabilisierung, sondern in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts sogar zu einer Beschleunigung und die Hitzeindikatoren steigen stark an. Die Hitzewellentemperatur steigt um weitere 4 °C und gleichzeitig gibt es um 36 Hitzewellentage mehr als heute, die Anzahl der Tropennächte verzehnfacht sich in den Hotspotregionen.
- Die neueste Generation an Globalen Klimamodellen zeigt, dass bei dem Emissionsszenario RCP 8.5 die Entwicklung sogar noch rascher ablaufen könnte und das in dieser Studie gezeigte Extremszenario durchaus auch plausibel ist.
- Die Schlussfolgerung aus diesen Ergebnissen ist, dass nur ein Erreichen des Pariser Klimaschutzabkommens zu einer Entwicklung führt, welche wir mit Anpassungsmaßnahmen kompensieren können.
- Selbst wenn wir dieses erreichen wird die Hitzebelastung bis zur Mitte des Jahrhunderts weiter zunehmen und wir müssen uns daher heute schon Gedanken machen, wie wir mit dieser Entwicklung zurechtkommen können. Dies ist umso wichtiger, da speziell unsere Städte aufgrund der rasanten klimatischen Veränderungen der letzten 40 Jahre, nicht mehr zu unserem aktuellen Klima passen.
- Alle anderen Szenarien sind mit tiefgreifenden Veränderungen in Oberösterreich verbunden, welche nicht reversibel sind und nicht durch Anpassungsmaßnahmen kompensiert werden können.

Einleitung

Der Klimawandel hat sich in den letzten Jahren immer deutlicher bemerkbar gemacht. Hierbei lag die öffentliche Aufmerksamkeit vor allem auf den heißen und trockenen Sommern und den damit verbundenen Auswirkungen. Dies kommt nicht von ungefähr, gab es doch seit 2015 eine Abfolge von außergewöhnlich heißen Sommern, mit lange anhaltenden Hitzewellen. Die Hitzebelastung und damit verbundene Auswirkungen zählen sicherlich zu den gravierendsten Auswirkungen des Klimawandels in Österreich. Nicht umsonst kommt der österreichische Sachstandsbericht zu Gesundheit [Haas *et al.*, 2019] zu der Erkenntnis: „Die stärksten Gesundheitsfolgen mit breiter Wirkung sind durch Hitze zu erwarten.“

Für das Land Oberösterreich wurde bereits im Jahre 2007 eine Studie zu Hitze [Kromp-Kolb, 2007] sowie zu Übersterblichkeit durch Hitzeeinwirkung [Moshhammer, 2007] durchgeführt. Seit damals hat sich die Lage aber markant verändert, da die Auswirkungen des Klimawandels gerade bei der Hitzebelastung doch deutlich stärker ausfallen, als noch vor 14 Jahren vermutet. Eine neuerliche Beschäftigung mit dieser Problematik bietet sich an, da heute auch flächige meteorologische Beobachtungsdaten zur Verfügung stehen, wodurch eine räumlich differenzierte Betrachtung der Hitzebelastung möglich wird. Neben der Auswertung von Temperaturdaten werden in dieser Studie auch die Veränderung bei der absoluten Luftfeuchtigkeit untersucht. Diese Kenngröße ist direkt mit der Temperaturveränderung verknüpft und spielt eine zentrale Rolle bei der Dimensionierung von Klimaanlage, aber auch den Limitierungen von passiven Kühlsystemen. Untersuchungen der langfristigen Trends dieser Kenngröße sowie deren zukünftigen Entwicklung sind ein absolutes Novum.

Für die Untersuchung der zukünftigen Klimaentwicklung werden die aktuellsten Szenarienensembles von ÖKS15 [Chimani *et al.*, 2016] sowie STARC-Impact [Douglas Maraun, 2018] verwendet.

Daten und Methoden

Meteorologische Beobachtungsdaten

Im Projekt Hot_OOE werden aktuelle Beobachtungsdaten der ZAMG für die Berechnung der klimatischen Einflussparameter verwendet. Der Datensatz SPARTACUS [Hiebl and Frei, 2016] liefert interpolierte Stationsdaten auf 1x1 km Auflösung. Zusätzlich werden auch langjährige Messzeitreihen ausgewählter ZAMG-Stationen (Bad Ischl, Freistadt, Hörsching, Kremsmünster, Linz-Stadt, Reichersberg und Ried im Innkreis) als Datenbasis aufgenommen. Es wurden die meteorologischen Variablen Tagesmaximaltemperatur, Tagesmitteltemperatur und Tagesminimaltemperatur im Zeitraum 1961-2020 verwendet. Zusätzlich wurde an den Stationen die Relative Luftfeuchtigkeit verwendet, um die tägliche maximale Taupunkttemperatur zu berechnen. Die Taupunkttemperatur gibt jene Temperatur an, bei der aufgrund des Wasserdampfgehaltes der Luft, Kondensation einsetzt.

Klimatologische Mittelwerte wurden für den Zeitraum 1961-1990 sowie für 1991-2020 berechnet, dadurch ist ein Vergleich zwischen der früheren und der aktuellen klimatologische Referenzperiode möglich [Organization (WMO) and (WMO), 2017].

Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet dieser Studie ist das Bundesland Oberösterreich. Für die klimatologischen Analysen und Kartendarstellungen werden die Mittelwerte für die verschiedenen Zeitscheiben verwendet und an den Stationen Zeitreihenanalysen. In Abbildung 1 ist die Jahresmitteltemperatur dargestellt. Die rot eingefärbten Gebiete kennzeichnen die wärmsten Regionen Oberösterreichs, wo die Jahresdurchschnittstemperatur bereits 10 °C übersteigt. Dies sind vor allem der Oberösterreichische Zentralraum, das Grenzgebiet zu Niederösterreich, aber etwa auch die Gebiete entlang der Traun. Mit der Seehöhe nimmt die Temperatur um etwa 6 °C je 1000 m Seehöhe ab, sodass am Dachstein in den höchsten Lagen sogar Jahresmitteltemperaturen um und unter 0 °C vorkommen.

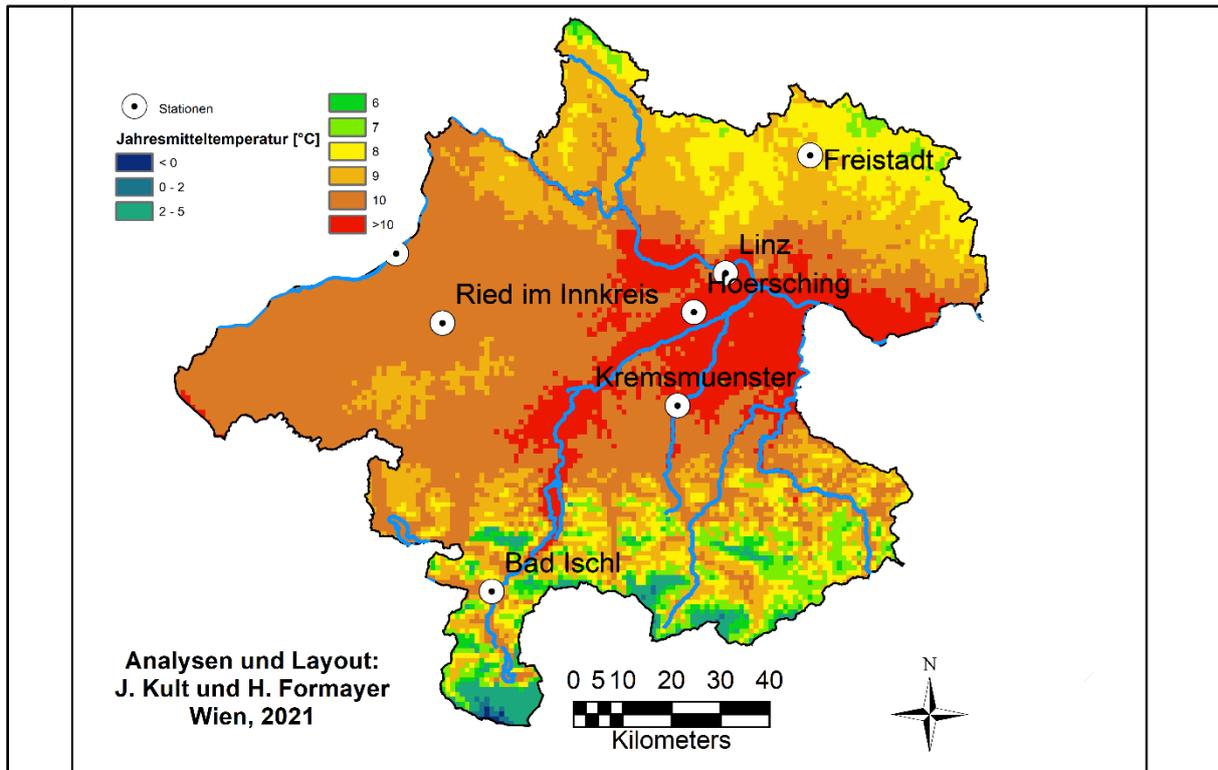


Abbildung 1: Die mittlere Temperatur in der Klimanormalperiode 1991-2020 in Oberösterreich sowie die Lage der verwendeten Stationen für die Zeitreihenanalysen. In den wärmsten Regionen Oberösterreichs beträgt die Jahresdurchschnittstemperatur bereits mehr als 10 °C. (Datenbasis SPARTACUS/ZAMG)

Klimamodelldaten

Das Modellensemble ÖKS15 [Chimani et al., 2016] umfasst 26 Modelle aus dem EURO-CORDEX Verbund, die anhand der SPARTACUS-Daten für Österreich mittels der scaled distribution Methode Bias-korrigiert [Switanek et al., 2017] und auf die räumliche Auflösung von SPARTACUS skaliert wurden. Somit liegen Klimaszenarien in hoher räumlicher (1km) und zeitlicher (tagesbasiert bis 2100) Auflösung vor. Das ÖKS15 Ensemble umfasst nur die Emissionsszenarien RCP 4.5 und RCP 8.5. Diese wurden 2018 auf das RCP 2.6 [Douglas Maraun, 2018] erweitert.

ÖKS15 umfasst aktuell drei Emissionsszenarien:

- RCP 2.6: Beschreibung einer Emissionsentwicklung, welche die globale Erwärmung auf 2 °C begrenzt und somit kompatibel mit dem Pariser Klimaabkommen ist
- RCP 4.5: Szenario in dem zwar Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt werden, jedoch die globale Erwärmung bis Ende des Jahrhunderts etwa 3 °C gegenüber vorindustriell beträgt
- RCP 8.5: Emissionsentwicklung, welches als „Business-as-usual“-Szenario betrachtet wird und in dem die Temperatur im globalen Mittel bis 2100 um 5-6 °C ansteigt.

In der vorliegenden Studie wurden für die meisten Indikatoren die Ensemblemittelwerte verwendet, um die Klimaänderungssignale zu bestimmen. Neben den drei Ensemblemittelwerten wird auch ein Extremszenario untersucht. Bei diesem wird nicht der Ensemblemittelwert von RCP 8.5 verwendet, sondern ein extremeres (90er Perzentile der Temperaturänderung). Hintergrund hierfür ist einerseits aufzuzeigen, was durch den Klimawandel im schlimmsten Fall noch in diesem Jahrhundert passieren könnte. Andererseits zeigen die Ergebnisse der neuesten Generation an globalen Klimamodellen CMIP 6 [Eyring et al., 2016], dass die Erwärmung bei den RCP 8.5 Szenarien deutlich stärker ausfällt und die 90er Perzentile der ÖKS15 Szenarien eher dem Ensemblemittelwert der neuesten Szenariengeneration entspricht.

Für die Berechnung der Taupunkttemperatur musste zusätzlich zur Temperatur auch die Luftfeuchte aus den Modellen bestimmt werden, welche in den ÖKS15 Szenarien nicht vorhanden sind. Hierfür wurden drei Modelle ausgewählt, welche Klimaänderungssignale möglichst nahe am Ensemblemittelwert aufweisen und für die drei unterschiedlichen Emissionspfade, die daraus resultierende Klimaänderungen aufzeigen. Die Luftfeuchte aus den Modellen wurde mit dem INCA Datensatz [Haiden et al., 2011] fehlerkorrigiert und auf die räumliche Auflösung von 1km gebracht. Mit dieser Auswahl soll auch verdeutlicht werden, welchen Einfluss das menschliche Verhalten auf die Klimaentwicklung im 21. Jahrhundert hat.

Die ausgewählten Modelle stellen die mittlere Entwicklung innerhalb der Emissionsszenarien RCP 2.6, RCP 4.5 und RCP 8.5 dar. Dazu wurden zwei Modelle gewählt, deren Temperatur- und Niederschlagsverlauf im Mittel über ganz Österreich nahe dem Median aller Modelle des jeweiligen Emissionsszenarios liegen. Obwohl alle Modelle physikalisch konsistent und somit gleich realistisch sind, liefert diese Auswahl eine robuste Schätzung einer wahrscheinlichen Entwicklung unter diesen Emissionsannahmen.

Wie bei den meteorologischen Beobachtungsdaten wurden die Variablen Tagesmaximaltemperatur, Tagesmitteltemperatur und Tagesminimaltemperatur sowie die Taupunkttemperatur verwendet. Für die klimatologische Analyse wurden die Zeiträume 2036-2065 (Mitte des Jahrhunderts) und 2071-2100 (Ende des Jahrhunderts) festgelegt.

Ausgewählte Indikatoren

Um die sich verändernde Hitzebelastung in Oberösterreich sichtbar zu machen wurden verschiedene Temperaturindikatoren und ein Feuchteindikator berechnet. Hier eine Zusammenstellung der Indikatoren und eine Erklärung wofür sie stehen.

Sommertage

Sommertage repräsentieren sommerlich meist sonnige Tage in den Tieflagen. Diese sind so warm, dass man sich bereits gerne im Schatten aufhält und nicht mehr in der Sonne und sie sind auch zum Baden geeignet.

Definition:

Anzahl der Tage pro Jahr an denen das Maximum der Tagestemperatur zumindest 25 °C erreicht.

Hitzetage

Hitzetage repräsentieren sommerlich sonnige Tage mit einer starken Hitzebelastung. An Hitzetagen kann man von ein paar Stunden ungestörter Einstrahlung zumindest bis zum Erreichen des täglichen Einstrahlungsmaximums am frühen Nachmittag ausgehen. Ein Aufenthalt in der Sonne während der Mittagszeit und am Nachmittag ist extrem belastend. Dieser Indikator ist ein gutes Maß für Tage mit einer Hitzebelastung während des Tages.

Definition:

Anzahl der Tage pro Jahr an denen das Maximum der Tagestemperatur zumindest 30 °C erreicht.

Extremhitzetage

Extremhitzetage repräsentieren Tage mit einer extrem starken Hitzebelastung. In Oberösterreich kommen derartige Tage im derzeitigen Klima nur in den wärmsten Regionen und auch dort nur in einzelnen Jahren vor. An Extremhitzetagen ist ein Aufenthalt im Freien nur im Schatten erträglich. Bei derart hohen Temperaturen kommt es zu einem Anstieg der Rettungseinsätze aufgrund von Herz-/Kreislaufproblemen in der Bevölkerung und es muss auch von einem Anstieg der Mortalitätsrate ausgegangen werden.

Definition:

Anzahl der Tage pro Jahr an denen das Maximum der Tagestemperatur zumindest 35 °C erreicht.

Hitzewellentage

Dieser Indikator beschreibt die Anzahl an Tagen, die innerhalb einer Hitzewelle vorkommen. Hitzewellen sind besonders belastend, da ein akkumulierender Effekt der Hitzebelastung auftritt. Dies gilt insbesondere für innerstädtische Gebiete, da sich die Gebäude während der Hitzewelle aufheizen und dadurch die nächtliche Abkühlung reduziert wird, was die Hitzebelastung steigert.

Definition:

Wir verwenden die Hitzewellendefinition nach Kysely [Kysely *et al.*, 2000]. Es müssen drei zusammenhängende Tage mit einem Temperaturmaximum von zumindest 30 °C auftreten, damit eine Hitzewelle einsetzt. Die Hitzewelle dauert an, solange der Durchschnitt der Tagesmaxima zumindest 30 °C beträgt und das Tagesmaximum jedes einzelnen Tages zumindest 25 °C beträgt.

Hitzewellentemperatur

Dieser Indikator beschreibt die mittlere maximale Tagestemperatur der wärmsten fünftägigen Hitzewelle. Eine Hitzewelle ist körperlich umso belastender, je länger diese Hitzewelle andauert und somit je höher dieser Indikator ist.

Definition:

Für jedes Jahr wird der wärmste fünftägige Durchschnitt des Tagesmaximums bestimmt.

Tropennächte

Dieser Indikator beschreibt die Nachttemperaturen. Sinken nach einem heißen Tag die Temperaturen in der Nacht nur schwach, so steigert dies die Hitzebelastung. Sehr warme Nächte kommen vor allem in städtischen Strukturen durch den Wärmeinseleffekt vor, aber auch in Föhnregionen können sie teilweise vorkommen.

Definition:

Anzahl der Tage pro Jahr bei der die Tagesminimumtemperatur nicht unter 20 °C absinkt.

Kühlgradtage

Dieser Indikator beschreibt die meteorologischen Randbedingungen, welche eine Kühlung von Gebäuden notwendig macht. Der Wert ist direkt proportional zum Energiebedarf für Kühlung.

Definition:

An Tagen an denen die Tagesmitteltemperatur über 19 °C steigt, wird die Differenz zwischen der Tagesmitteltemperatur und 19 gebildet und diese Differenz für das ganze Jahr aufsummiert.

Kritischer Wasserdampfgehalt

Dieser Indikator beschreibt Situationen in denen so viel Wasserdampf in der Atmosphäre ist, dass an Gebäudeteilen Kondensationswasserbildung stattfinden kann. Dies kann besonders für Gebäude mit passiven Kühlsystemen, etwa durch Betonkernaktivierung gekühlte Decken oder Böden, zu Problemen wie Wasserflecken oder Schimmelbildung führen.

Definition:

Anzahl der Tage pro Jahr an denen die maximale Taupunkttemperatur zumindest 20 °C beträgt.

Ergebnisse

Die Ergebnisse werden pro Indikator dargestellt. Dabei wird anhand der aktuellen Klimatologie die räumliche Verteilung des Indikators innerhalb von Oberösterreich diskutiert. Durch den Vergleich der beiden Klimanormalperioden 1961-1990 sowie 1991-2020 wird der bereits erfolgte Klimawandel der letzten Jahrzehnte dargestellt. Danach wird der zukünftige Klimawandel für die beiden Zeithorizonte Mitte und Ende des Jahrhunderts, sowie der drei Emissionsszenarien sowie einem Extremszenario diskutiert. Die Ergebnisse der Stationsanalysen werden aus Platzgründen im Bericht lediglich in Tabellenform dargestellt und befinden sich im Anhang. Lediglich die Stationen Linz Stadt und Hösrsching werden auch grafisch aufbereitet, um den Wärmeinseleffekt der Stadt Linz sichtbar zu machen.

Temperaturauswertungen

Sommertage

In den wärmsten Regionen Oberösterreichs kommen derzeit im Mittel knapp 70 Sommertage pro Jahr vor. Mit der Seehöhe nehmen diese sukzessive ab, sodass auf den Hochlagen des Mühlviertel und in Lagen um 1000 m Seehöhe knapp 20 Sommertage vorkommen. Im Hochgebirge gehen diese sogar auf Null zurück

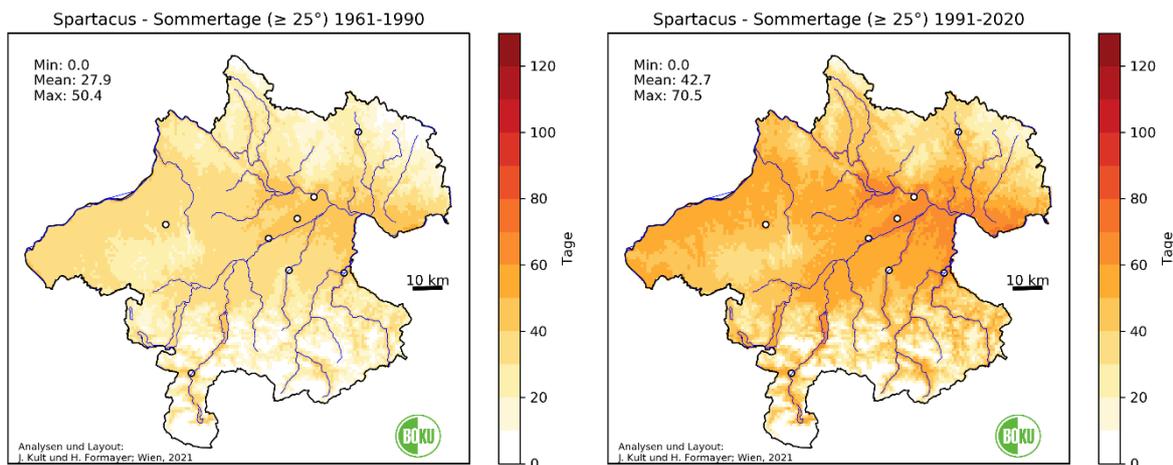


Abbildung 2: Mittlere Anzahl an Sommertagen in der Klimanormalperiode 1961-1990 (links) und 1991-2020 (rechts). Derzeit kommen in den wärmsten Regionen bis zu 70 Sommertage vor. Dabei haben die Sommertage im Vergleich der beiden Perioden im Flächenmittel um rund 50 Prozent zugenommen. Datenbasis SPARTACUS.

Vergleicht man die beiden Klimanormalperioden so haben die Sommertage im Mittel um rund 2 Wochen zugenommen. In den wärmsten Regionen sogar um knapp 3 Wochen. Dies entspricht in etwa einer Zunahme von 36 Prozent.

Betrachtet man die Klimaszenarien für die Zukunft so steigen bis zur Mitte des Jahrhunderts beim RCP 2.6 Szenario die Sommertage um weitere 5 Tage an. Beim RCP 4.5 und RCP 8.5

beträgt der Anstieg rund 11 Tage und beim Extremszenario sogar um 18 Tage. Damit würde außer im RCP 2.6 Szenario der rasante Anstieg der Sommertage wie wir ihn in den letzten Jahrzehnten erlebt haben, ungebremst weitergehen und würde in den wärmsten Regionen zu rund 80 Sommertagen führen und im Extremszenario sogar zu knapp 95.

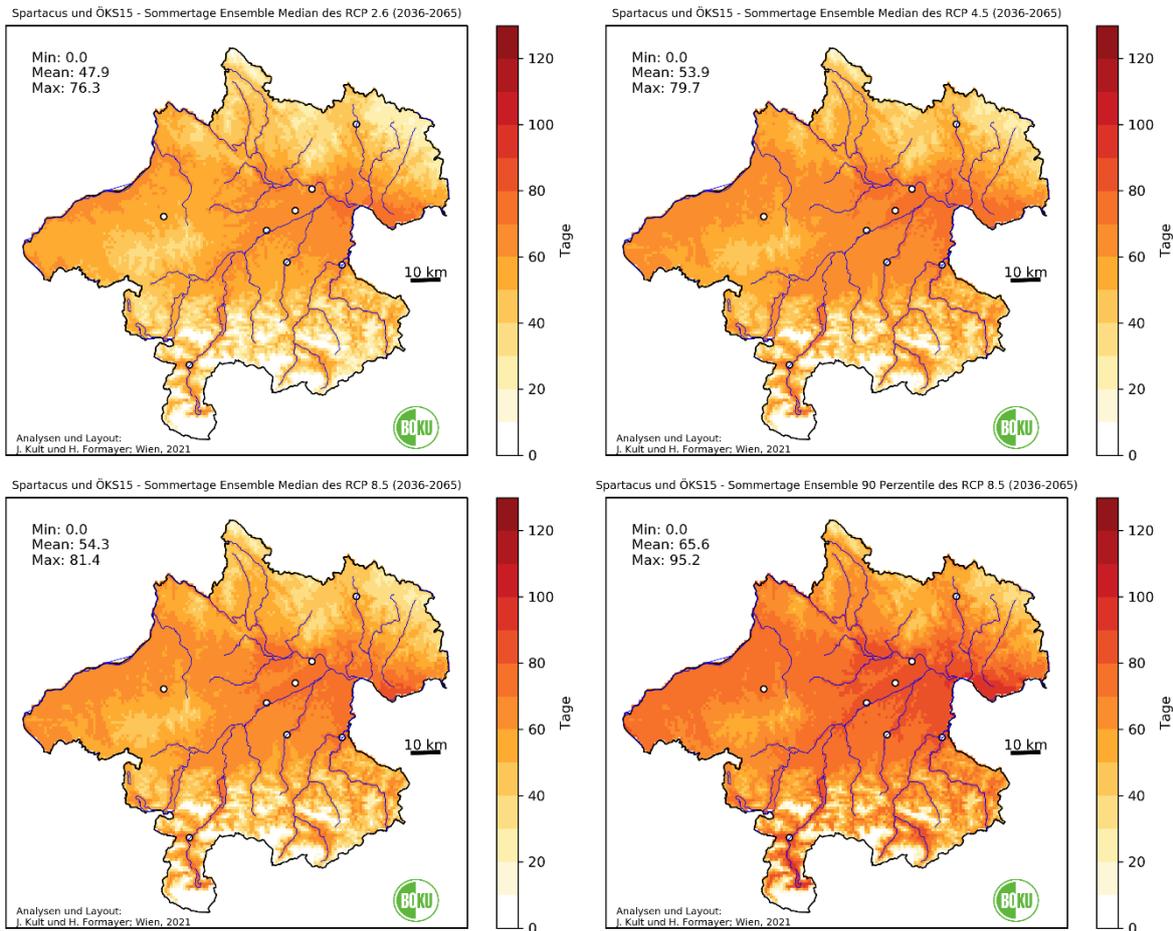


Abbildung 3: Entwicklung der mittleren Häufigkeit von Sommertagen bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts für die Ensemblemittel des Emissionsszenarios RCP 2.6 (links, oben), RCP 4.5 (rechts, oben), RCP 8.5 (links, unten) sowie einem möglichen Extremszenario (rechts, unten). Datenbasis ÖKS15.

Bis zum Ende des Jahrhunderts liegt die Anzahl der Sommertage in den wärmsten Regionen nach RCP 2.6 bei knapp 80 Tagen, nach RCP 4.5 bei 85 Tagen und nach RCP 8.5 jedoch bereits bei über 100 Tagen und beim Eintreten des Extremszenarios bei rund 129 Tagen. Im Vergleich zur aktuellen Anzahl der Sommertage würden dann im Mittel 46 Sommertage mehr auftreten als heute und dies würde die Sommertage um etwa 1,5 Monate verlängern.

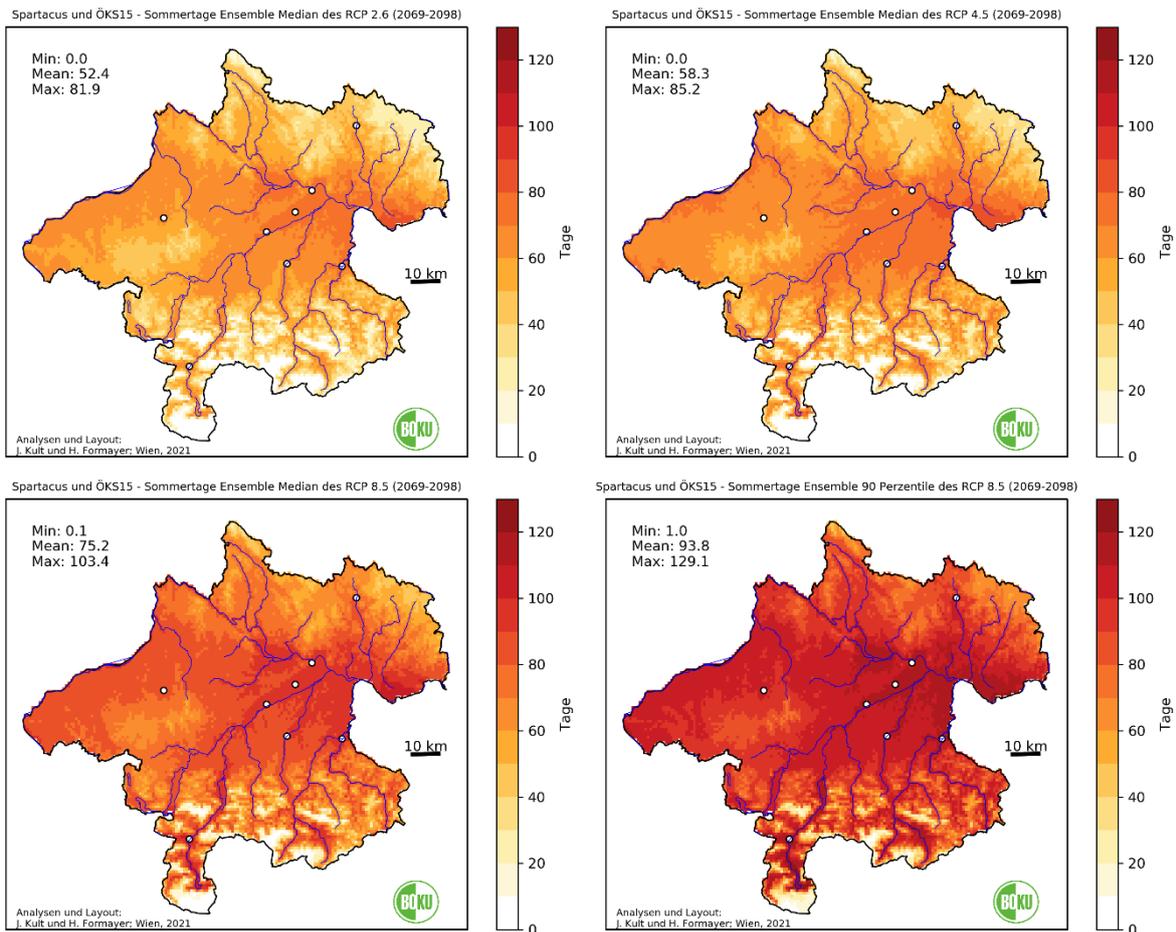


Abbildung 4: Entwicklung der mittleren Häufigkeit von Sommertagen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts für die Ensemblemittel des Emissionsszenarios RCP 2.6 (links, oben), RCP 4.5 (rechts, oben), RCP 8.5 (links, unten) sowie einem möglichen Extremszenario (rechts, unten). Datenbasis ÖKS15.

Der zeitliche Verlauf der Entwicklung der Sommertage ist in Abbildung 5 für Linz Stadt und Horsching dargestellt. Man erkennt deutlich die extrem rasche Entwicklung seit Ende der 1970er Jahre. Lagen am Ende des 20. Jahrhunderts die Werte an beiden Stationen in etwa bei 60 Sommertagen so liegen diese in der aktuellen Klimanormalperiode 1991-2020 bereits bei knapp 70 Tagen, wobei in Einzeljahren sogar schon rund 100 Sommertage vorkommen. Der weitere Verlauf ist in Linz Stadt sehr ähnlich dem in Horsching und auch die Wertebereiche sind gleich. Während sich die Anzahl der Sommertage bis Ende des Jahrhunderts bei RCP 2.6 und RCP 4.5 stabilisiert, steigen diese im Mittel bei RCP 8.5 auf etwa 100 Sommertage bis zum Ende des Jahrhunderts.

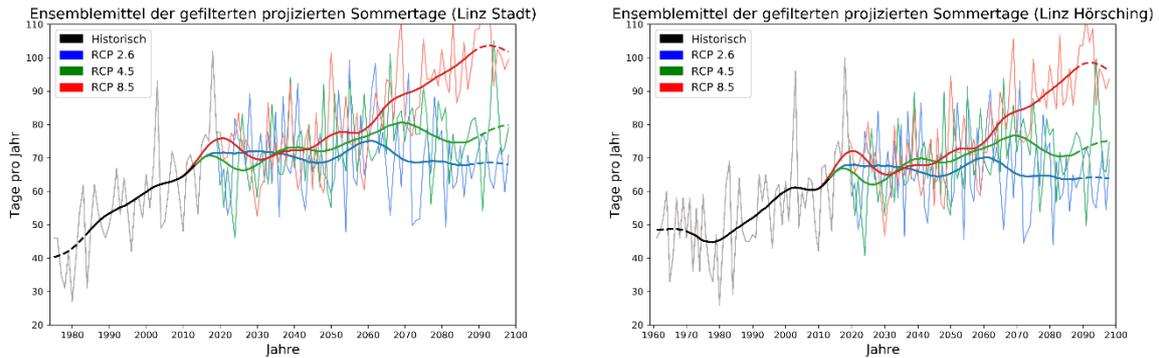


Abbildung 5: Entwicklung der Sommertage in Linz Stadt (links) sowie Hörsching (rechts). Die dünne Linie gibt die Werte einzelner Jahre und die dicke Linie eine geglättete (20-jähriger Filter). Die unterschiedlichen Farben kennzeichnen die verschiedenen Emissionsszenarien und schwarz die Beobachtungsdaten. Bitte beachten, dass die Zeitreihe in Hörsching 1960 beginnt und in Linz Stadt erst 1975. Datenbasis ZAMG und ÖKS15.

Hitzetage

In den wärmsten Regionen Oberösterreichs kommen derzeit im Mittel knapp 20 Hitzetage pro Jahr vor. Werte über 10 kommen aber verbreitet in den Tieflagen des Zentralraumes, im Inntal und sogar in den alpinen Tallagen vor. Die engen Täler können sich bei richtiger Ausrichtung durch die Sonneneinstrahlung stark aufheizen. Mit der Seehöhe nehmen die Hitzetage sukzessive ab.

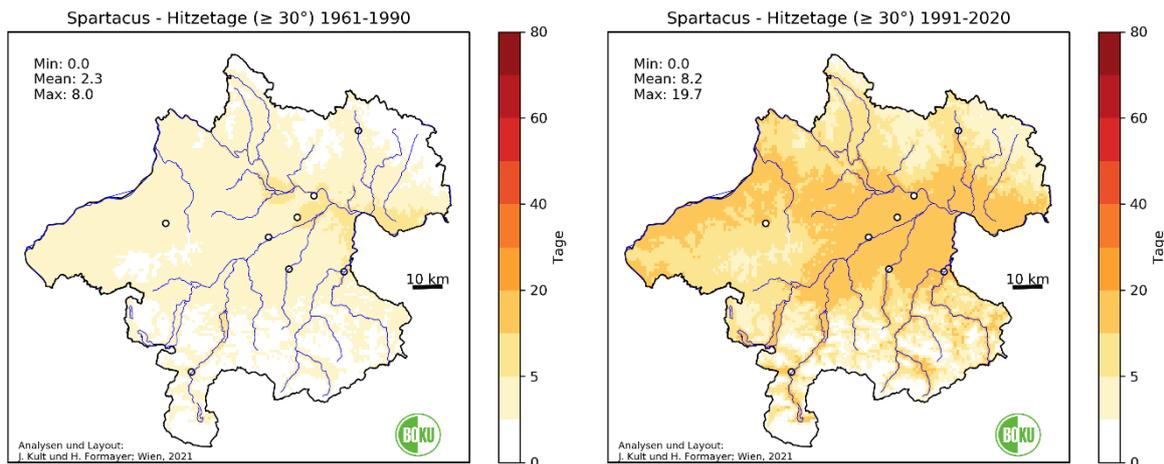


Abbildung 6: Mittlere Anzahl an Hitzetagen in der Klimanormalperiode 1961-1990 (links) und 1991-2020 (rechts). Derzeit kommen in den wärmsten Regionen bis zu 20 Hitzetage vor. Dabei haben die Hitzetage im Vergleich der beiden Perioden im Flächenmittel um rund 256 Prozent zugenommen. Datenbasis SPARTACUS.

Die Hitzetage haben in den 30 Jahren zwischen den beiden Klimanormalperioden massiv zugenommen. In der Zeitperiode 1961-1990 gab es in der wärmsten Region gerade mal 8 Hitzetage im Mittel, während es 1991-2020 bereits auf etwa der Hälfte der Fläche des Bundeslandes mehr als 10 Hitzetage gab. Beim Vergleich der Zeitperioden erkennt man, dass sich die Anzahl der Hitzetage in den wärmsten Regionen mehr als verdoppelt hat.

Bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts werden die Hitzetage in allen Emissionsszenarien weiter zunehmen. Im RCP 2.6 Szenario jedoch nur gering um etwa einen Tag im Oberösterreichmittel und etwa 3 Tage in den wärmsten Regionen im Vergleich zu heute. Bei den Ensemblemittel von RCP 4.5 und RCP 8.5 ist die Entwicklung faktisch ident mit rund 6 Tagen im Flächenmittel und rund 10 Tagen in den wärmsten Regionen.

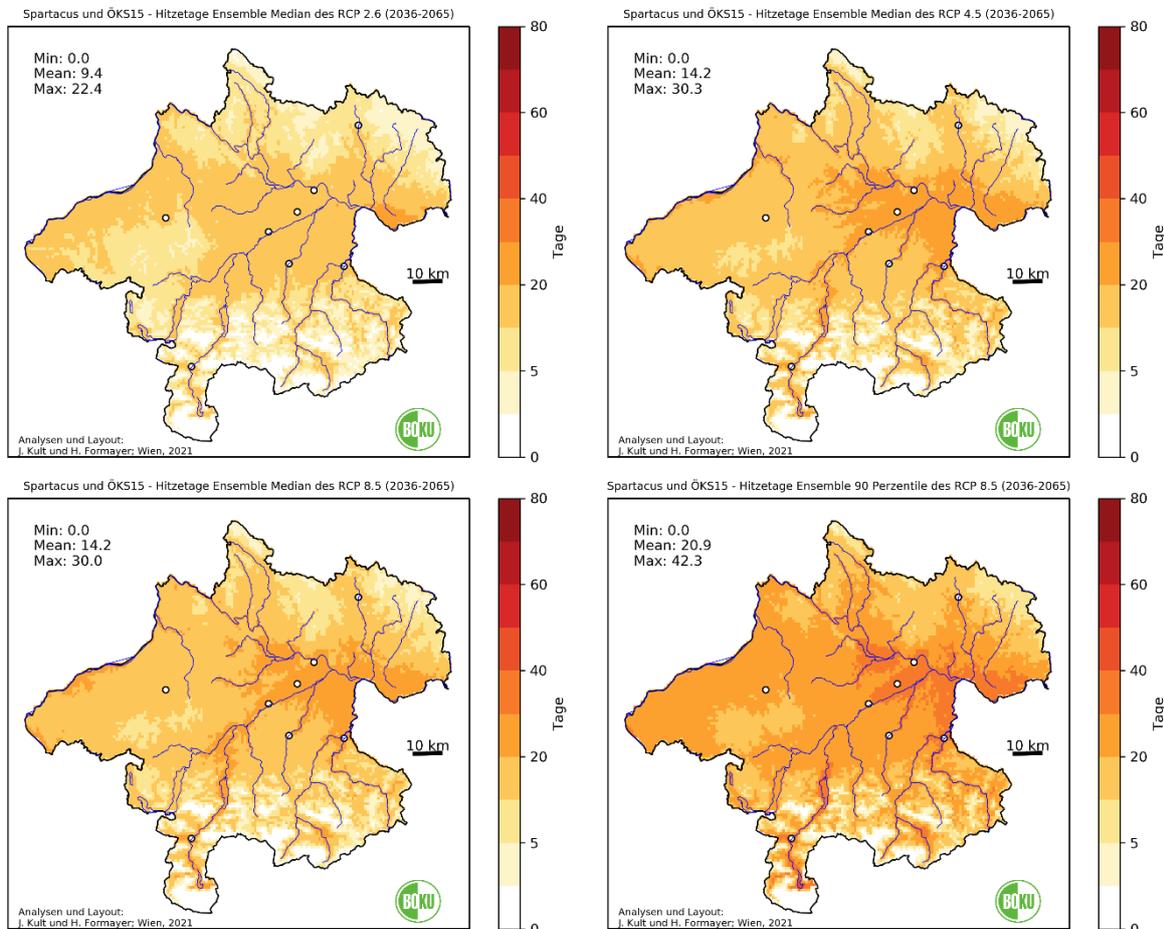


Abbildung 7: Entwicklung der mittleren Häufigkeit von Hitzetagen bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts für die Ensemblemittel des Emissionsszenarios RCP 2.6 (links, oben), RCP 4.5 (rechts, oben), RCP 8.5 (links, unten) sowie einem möglichen Extremszenario (rechts, unten). Datenbasis ÖKS15.

Bis zum Ende des 21. Jahrhunderts gehen die Szenarien deutlich auseinander. Im RCP 2.6 gibt es kaum noch eine Zunahme, wodurch die Absolutwerte bereits zur Mitte des Jahrhunderts niedriger liegen als in den anderen Szenarien. Bei RCP 4.5 kommt es faktisch zu einer Verdoppelung der Hitzetage im Vergleich mit heute. Bei RCP 8.5 ist die Entwicklung jedoch deutlich dramatischer. Selbst im Ensemblemittel steigt die Anzahl der Hitzetage auf 27 im Flächenmittel, was mehr als eine Verdreifachung zum heutigen Wert darstellt. Im Extremszenario muss man sogar mit mehr als 40 Hitzetagen im Mittel rechnen, was einer Verfünffachung im Vergleich mit heute entspricht. In den wärmsten Regionen muss man dann mit 50 respektive mehr als 70 Hitzetagen rechnen.

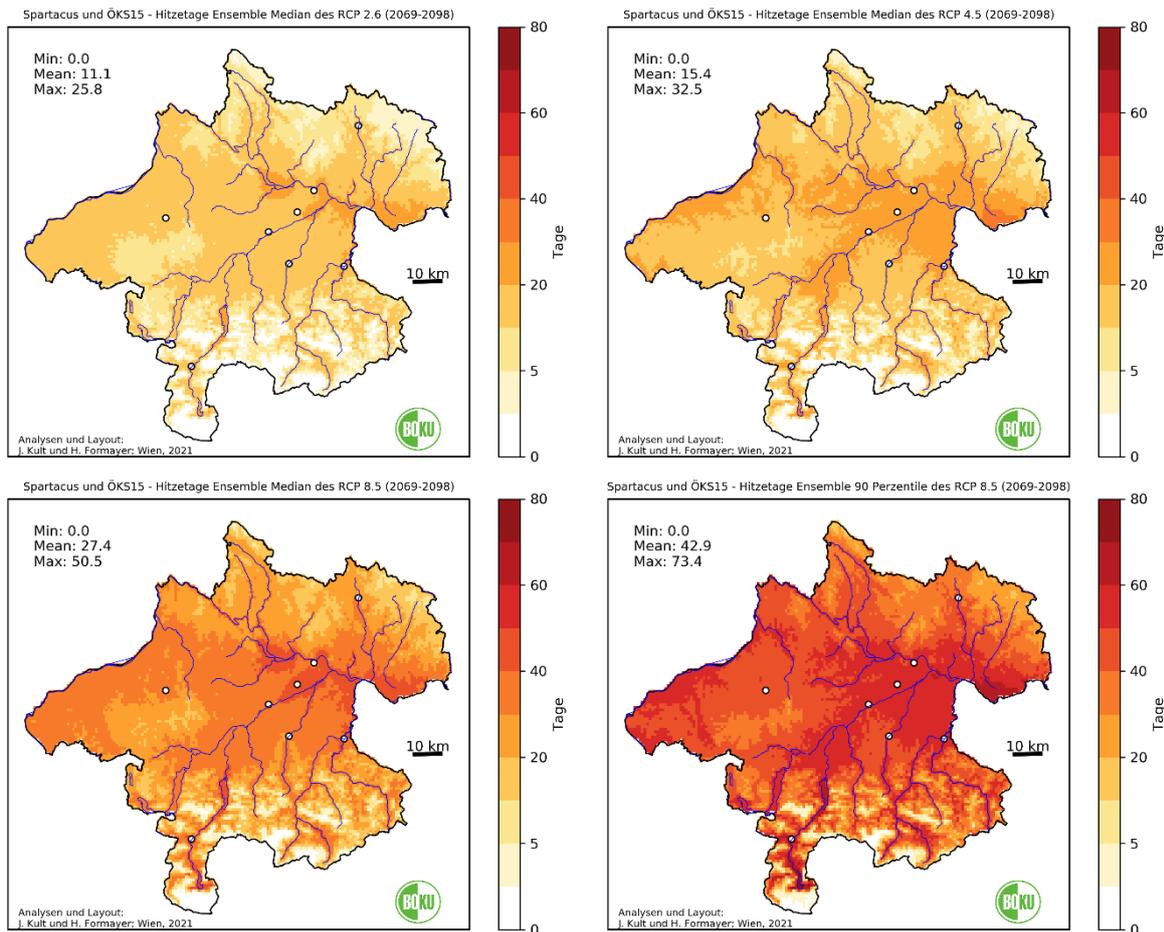


Abbildung 8: Entwicklung der mittleren Häufigkeit von Hitzetagen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts für die Ensemblemittel des Emissionsszenarios RCP 2.6 (links, oben), RCP 4.5 (rechts, oben), RCP 8.5 (links, unten) sowie einem möglichen Extremszenario (rechts, unten). Datenbasis ÖKS15.

Auch bei den Hitzetagen sieht man die extrem rasche Entwicklung während der letzten 40 Jahre. Lagen die Werte im Großraum Linz bis 1990 im Mittel noch unter 10 Hitzetagen, so stiegen diese in diesem Jahrhundert auf rund 15 Hitzetage an. Noch dramatischer ist die Entwicklung bei extremen Einzeljahren. War in Linz bis 1990 die maximale Anzahl an Hitzetagen in einem Jahr bei rund 15 so kamen in den letzten 20 Jahre drei Jahre mit mehr als 30 Hitzetagen vor, in Horsching lag der Wert 2015 sogar über 40.

Damit verlief die Entwicklung der letzten Jahrzehnte deutlich rascher, als sie von den Klimamodellen gesehen wurde. Auch die Entwicklung der nächsten Jahrzehnte verläuft in allen Emissionsszenarien deutlich langsamer, wobei es aber in allen Emissionsszenarien zu einem weiteren Anstieg kommt. Beim RCP 2.6 erfolgt aber rasch eine Stabilisierung auf hohem Niveau von rund 20 Hitzetagen. Bei RCP 4.5 erfolgt eine Stabilisierung erst gegen Ende des Jahrhunderts bei etwa 25 Hitzetagen und bei RCP 8.5 geht der Anstieg bis zum Ende des Jahrhunderts und erreicht dort im Ensemblemittel rund 40 Hitzetage. Da zwischen Linz Stadt und Horsching kaum ein Unterschied im Wertebereich gegeben ist, spielt auch bei diesem Hitzeindikator der städtische Wärmeinseleffekt keine Rolle.

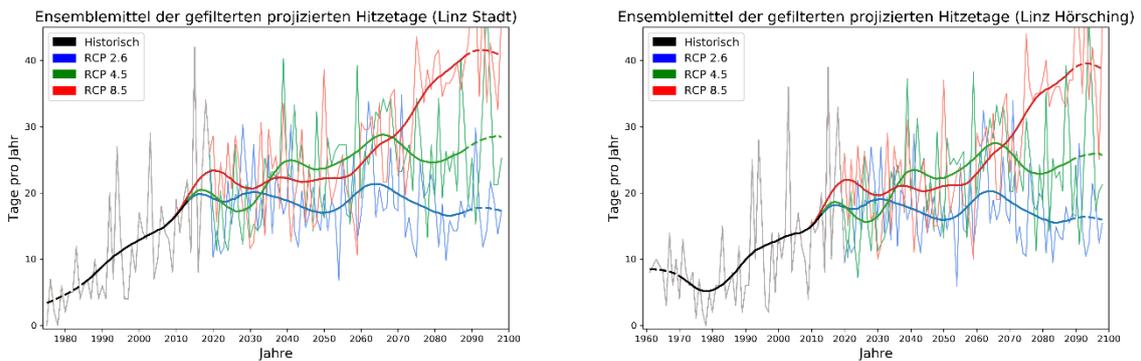


Abbildung 9: Entwicklung der Hitzetage in Linz Stadt (links) sowie Hörsching (rechts). Die dünne Linie gibt die Werte einzelner Jahre und die dicke Linie eine geglättete (20-jähriger Filter). Die unterschiedlichen Farben kennzeichnen die verschiedenen Emissionsszenarien und schwarz die Beobachtungsdaten. Bitte beachten, dass die Zeitreihe in Hörsching 1960 beginnt und in Linz Stadt erst 1975. Datenbasis ZAMG und ÖKS15.

Extremhitzetage

Extremhitzetage mit einem Temperaturmaximum von über 35 °C sind in der Klimanormalperiode 1961-1990 in Oberösterreich faktisch noch nicht vorgekommen. Selbst in den wärmsten Regionen um Linz und im Machland kommen Extremhitzetage nur alle 10 Jahre vor. In der aktuellen Klimanormalperiode kommen Extremhitzetage bereits in allen Tieflagen und auch den alpinen Tallagen vor und in den wärmsten Regionen sind diese im Mittel bereits einmal pro Jahr zu erwarten.

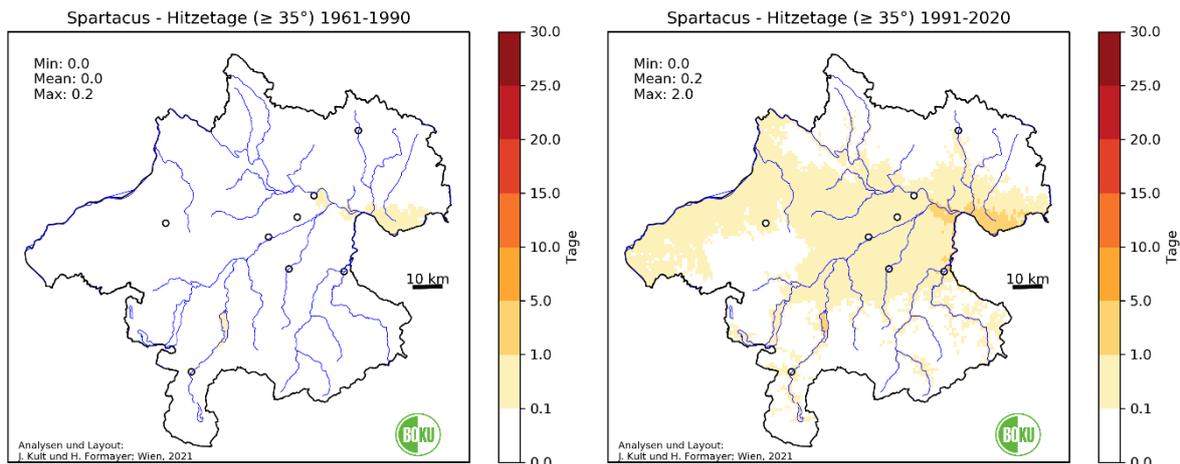


Abbildung 10: Mittlere Anzahl an Extremhitzetagen in der Klimanormalperiode 1961-1990 (links) und 1991-2020 (rechts). Datenbasis SPARTACUS.

Bis zur Mitte des Jahrhunderts dehnen sich die Gebiete an denen Extremhitzetage im Mittel einmal im Jahr vorkommen deutlich aus. In den heißesten Regionen kommen nach RCP 2.6 bereits 2 Extremhitzetage vor, nach RCP 4.5 und 8.5 rund 4 und im Extremszenario bereits 7. Damit würden nach dem Extremszenario bereits Mitte des Jahrhunderts in etwas so viele Extremhitzetage auftreten wie in der Klimanormalperiode 1961-1990 Hitzetage.

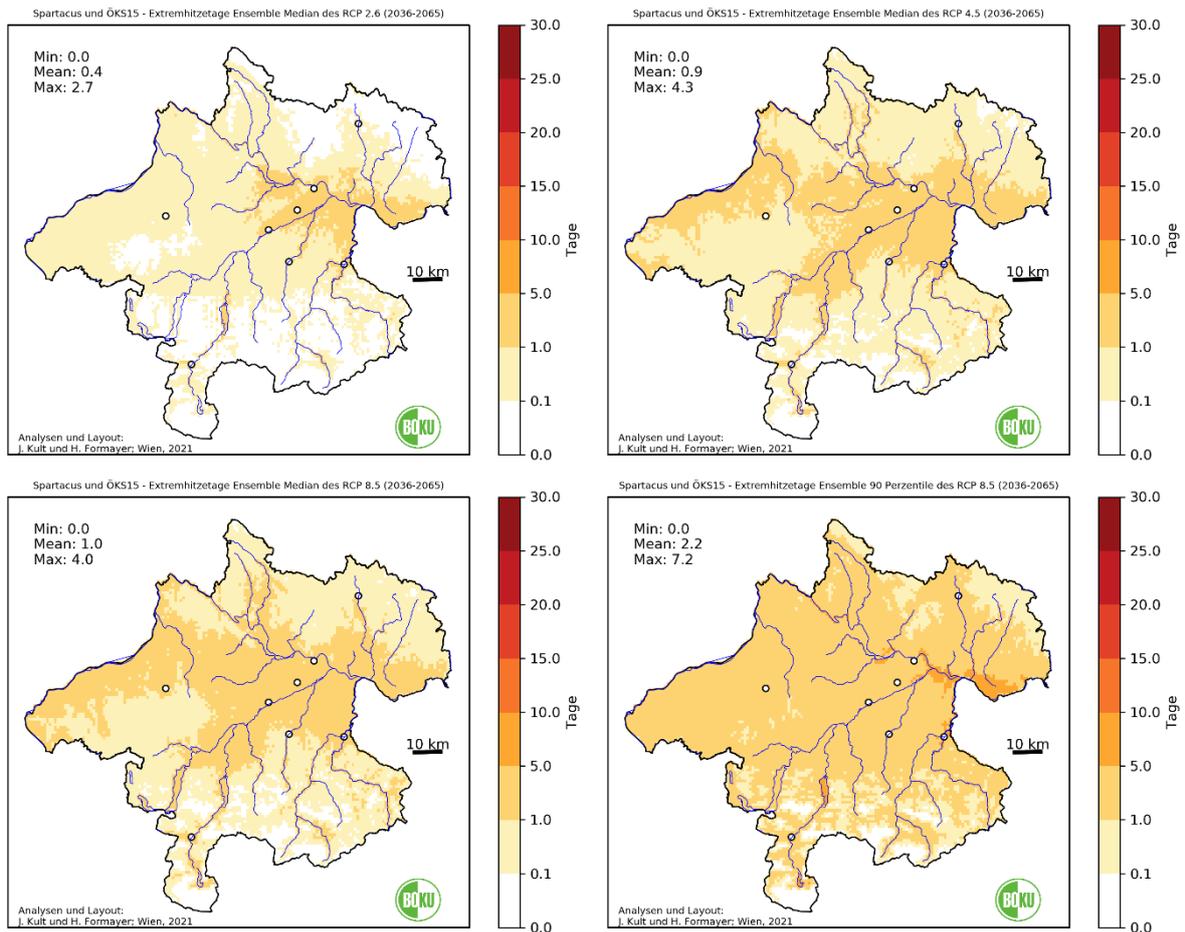


Abbildung 11: Entwicklung der mittleren Häufigkeit von Extremhitzetagen bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts für die Ensemblemittel des Emissionsszenarios RCP 2.6 (links, oben), RCP 4.5 (rechts, oben), RCP 8.5 (links, unten) sowie einem möglichen Extremszenario (rechts, unten). Datenbasis ÖKS15.

Bis zum Ende des Jahrhunderts gibt es nach RCP 2.6 keinen nennenswerten Anstieg der Extremhitzetage mehr und auch nach RCP 4.5 ist dieser sehr moderat. Bei dem RCP 8.5 Szenario erfolgt jedoch noch ein massiver weiterer Anstieg. Selbst im Ensemblemittel werden in den Tieflagen großflächig mehr als 5 Extremhitzetage pro Jahr beobachtet und in den wärmsten Regionen mehr als 10. Im Extremszenario steigt dieser Wert sogar auf 25. Damit würden nach diesem Szenario am Ende des Jahrhunderts mehr Extremhitzetage mit Temperaturmaxima von zumindest 35 °C häufiger vorkommen als derzeit Hitzetage mit zumindest 30 °C.

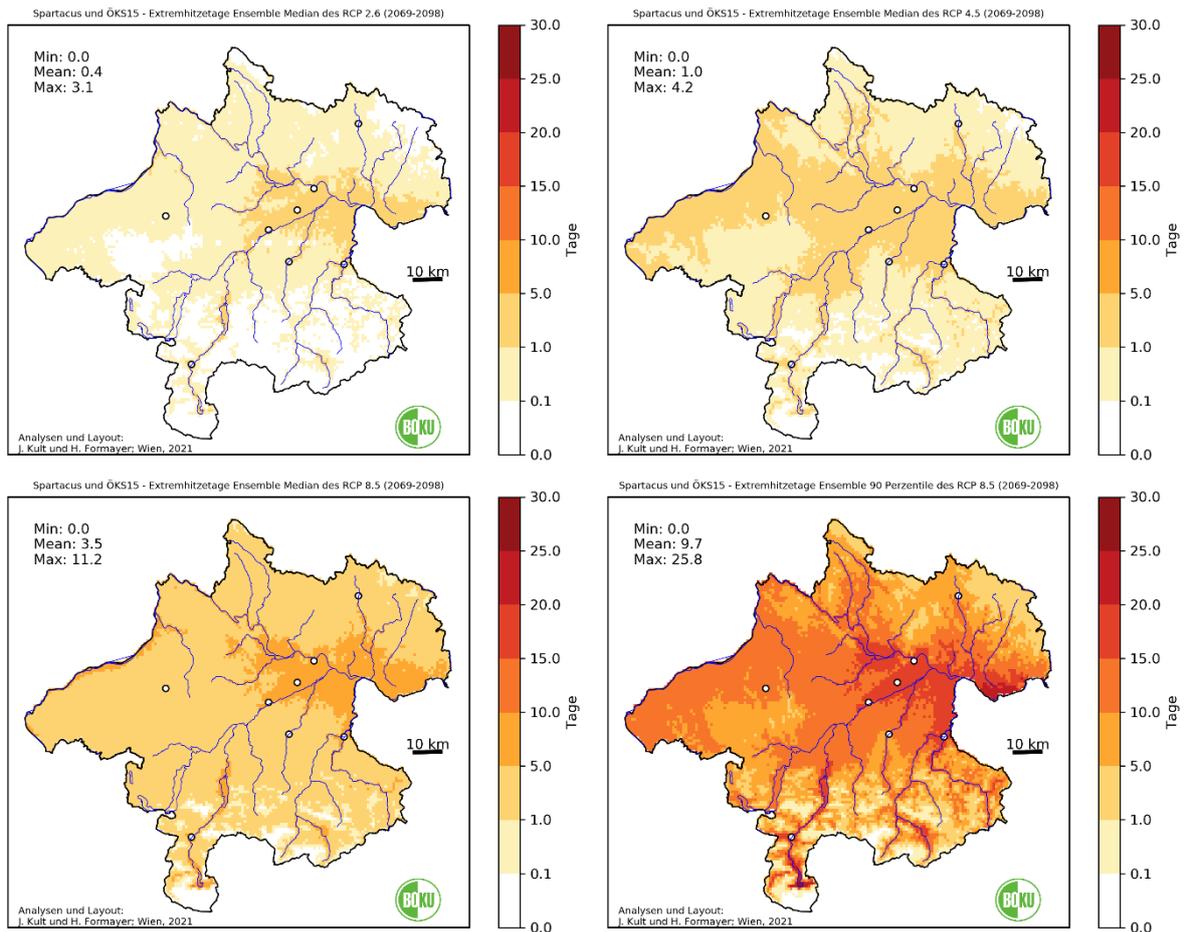


Abbildung 12: Entwicklung der mittleren Häufigkeit von Extremhitzetagen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts für die Ensemblemittel des Emissionsszenarios RCP 2.6 (links, oben), RCP 4.5 (rechts, oben), RCP 8.5 (links, unten) sowie einem möglichen Extremszenario (rechts, unten). Datenbasis ÖKS15.

Hitzewellentage

Historisch betrachtet war die Anzahl der Hitzewellentage immer niedriger als die Hitzetage, da man eine zusammenhängende Periode von zumindest 3 Hitzetagen braucht um eine Hitzewelle auszulösen. Daher waren Hitzewellentage in der Klimanormalperiode 1961-1990 in Oberösterreich noch sehr selten und selbst in den wärmsten Regionen kamen lediglich 3 Hitzewellentage im Mittel vor. Im heutigen Klima sind sie hingegen bereits großflächig in Oberösterreich anzutreffen und in den wärmsten Regionen dauern diese bereits rund 2 Wochen.

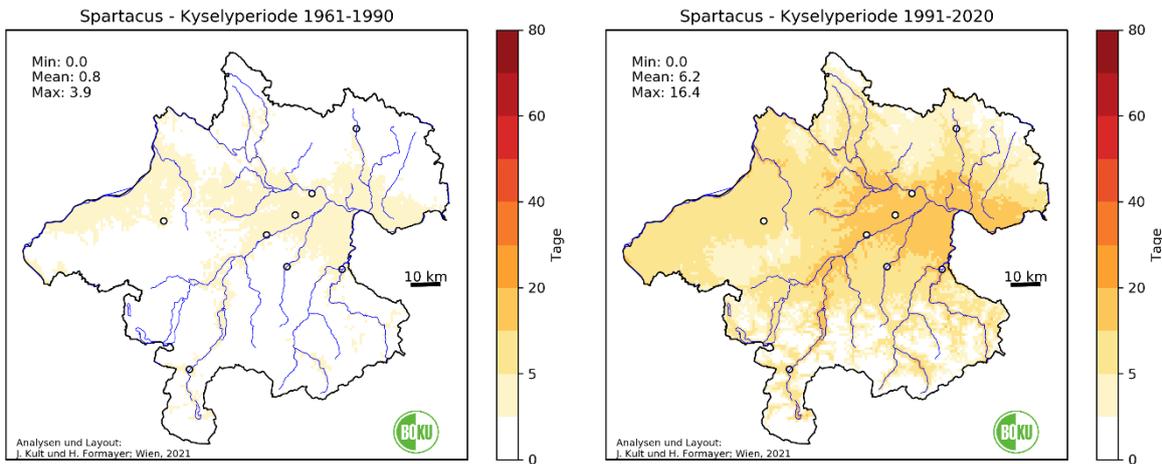


Abbildung 13: Mittlere Anzahl an Hitzewellentagen in der Klimanormalperiode 1961-1990 (links) und 1991-2020 (rechts). Datenbasis SPARTACUS.

Bis zur Mitte des Jahrhunderts nehmen die Hitzewellentage weiter zu. In den wärmsten Regionen kommen nach RCP 2.6 rund 20 Hitzewellentage vor, nach RCP 4.5 und 8.5 rund 25 und im Extremszenario bereits 40.

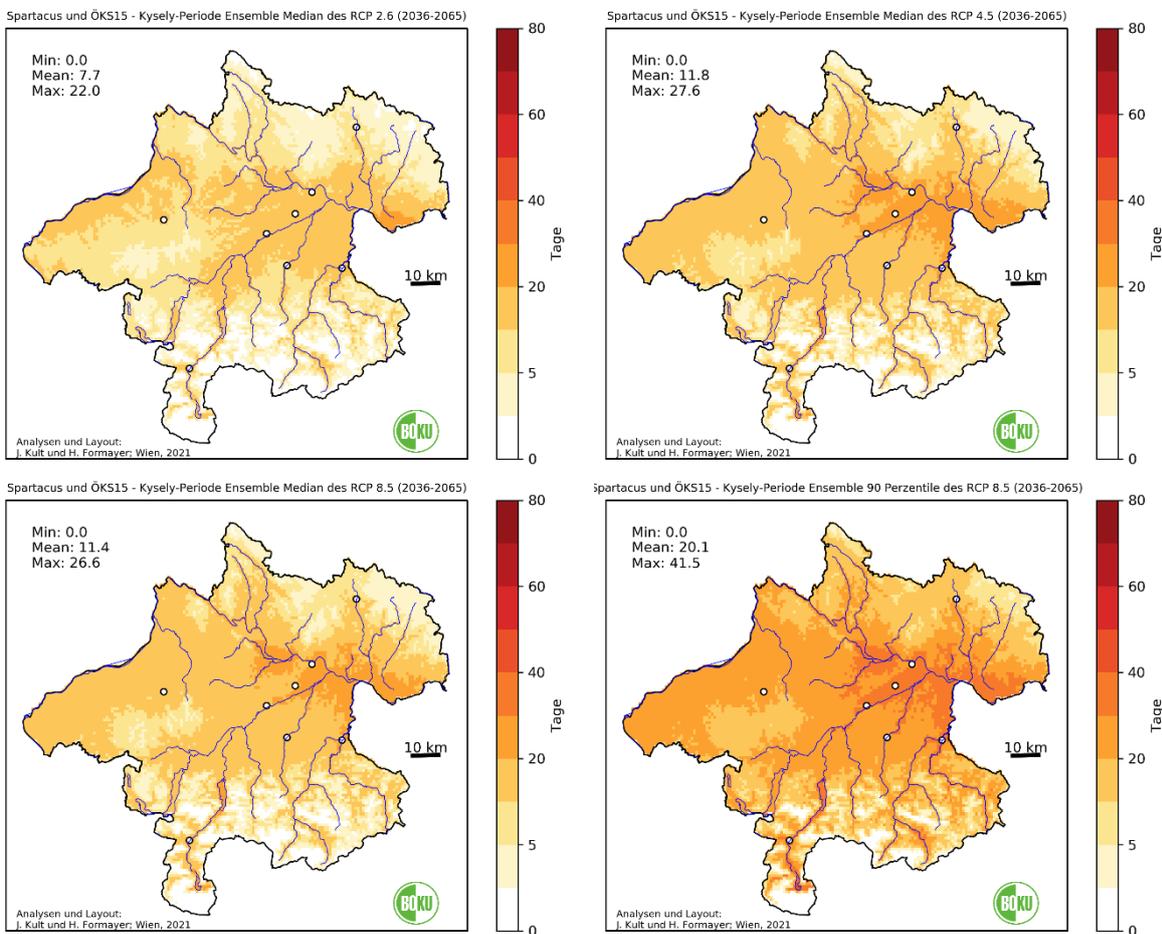


Abbildung 14: Entwicklung der mittleren Häufigkeit von Hitzewellentagen bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts für die Ensemblemittel des Emissionsszenarios RCP 2.6

(links, oben), RCP 4.5 (rechts, oben), RCP 8.5 (links, unten) sowie einem möglichen Extremszenario (rechts, unten). Datenbasis ÖKS15.

Bis zum Ende des Jahrhunderts gibt es nach RCP 2.6 keinen nennenswerten Anstieg der Hitzewellentage mehr und auch nach RCP 4.5 ist dieser sehr moderat. Bei dem RCP 8.5 Szenario erfolgt jedoch noch ein massiver weiterer Anstieg. Selbst im Ensemblemittel werden in den Tieflagen großflächig mehr als 23 Extremhitzetage pro Jahr beobachtet und in den wärmsten Regionen bis zu 50. Im Extremszenario steigt dieser Wert sogar auf knapp 80.

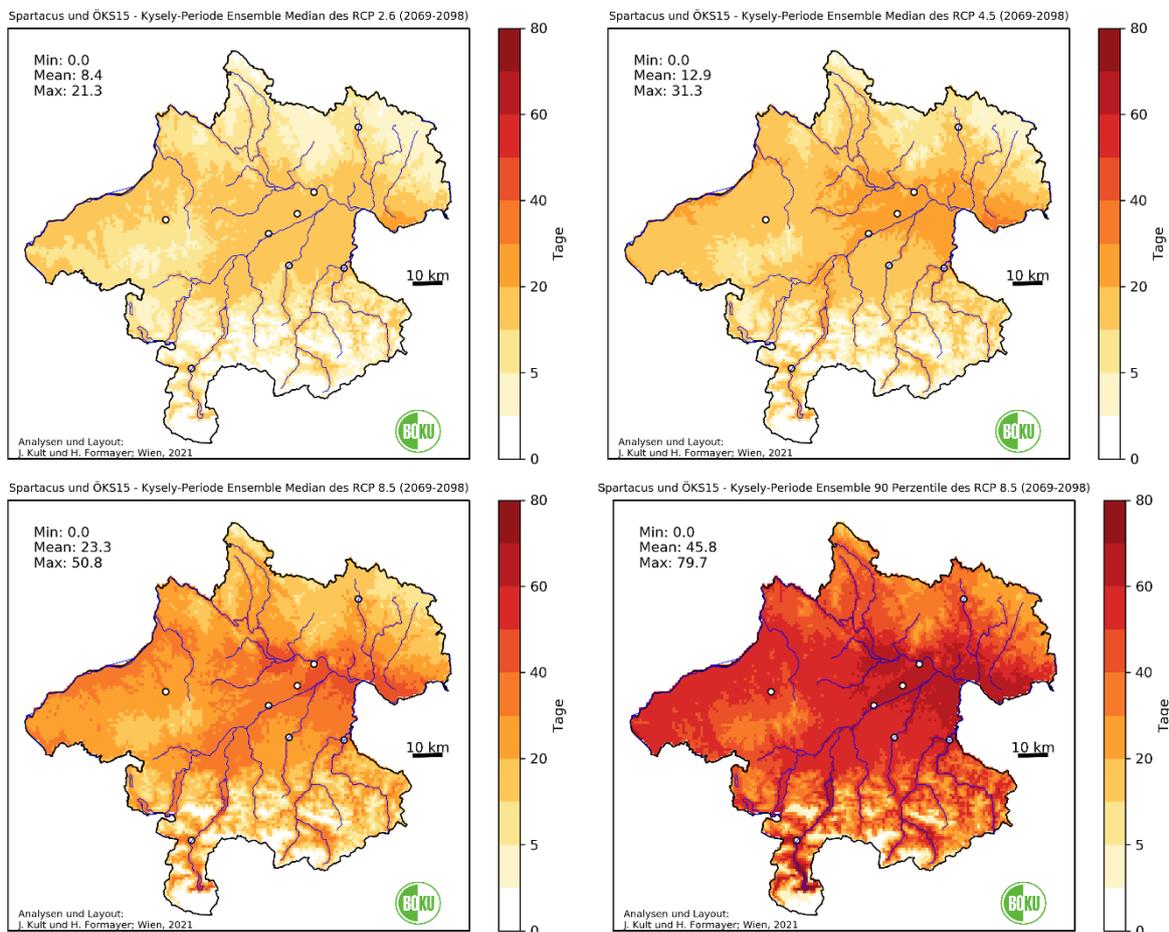


Abbildung 15: Entwicklung der mittleren Häufigkeit von Kysely-Tagen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts für die Ensemblemittel des Emissionsszenarios RCP 2.6 (links, oben), RCP 4.5 (rechts, oben), RCP 8.5 (links, unten) sowie einem möglichen Extremszenario (rechts, unten). Datenbasis ÖKS15.

Hitzewellentemperatur

In der Klimanormalperiode 1961-1990 lag die mittlere Temperatur des Tagesmaximums einer 5-tägigen Hitzewelle im Flächenmittel von Oberösterreich bei 28.1 °C in den wärmsten Regionen erreichte sie knapp 30 °C. In der aktuellen Klimanormalperiode liegt diese im Flächenmittel bereits bei 29.8 °C und in den wärmsten Regionen bei über 32 °C. Damit ist das Temperaturniveau von Hitzewellen in diesem 30-jährigen Zeitraum um etwa 2 °C angestiegen. Dies ist deutlich höher als die Jahresmitteltemperatur, welche im selben Zeitraum lediglich um 1.4 °C angestiegen ist.

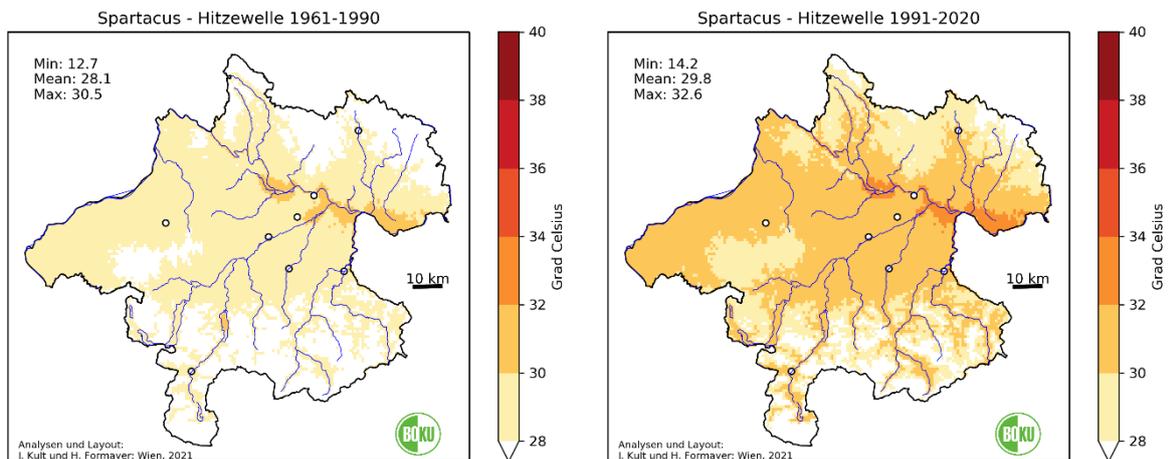


Abbildung 14: Mittlere Anzahl an Hitzewellen in der Klimanormalperiode 1961-1990 (links) und 1991-2020 (rechts). Datenbasis SPARTACUS.

Bis zur Mitte des Jahrhunderts nimmt die Temperatur von Hitzewellen weiter zu. Der Anstieg ist gleichmäßig im ganzen Bundesland und beträgt nach RCP 2.6 0.8 °C, nach RCP 4.5 und 8.5 rund 1.7-1.8 °C und im Extremszenario bereits 2.7 °C. Damit würde hier der extreme Anstieg der letzten Jahrzehnte gleich weitergehen.

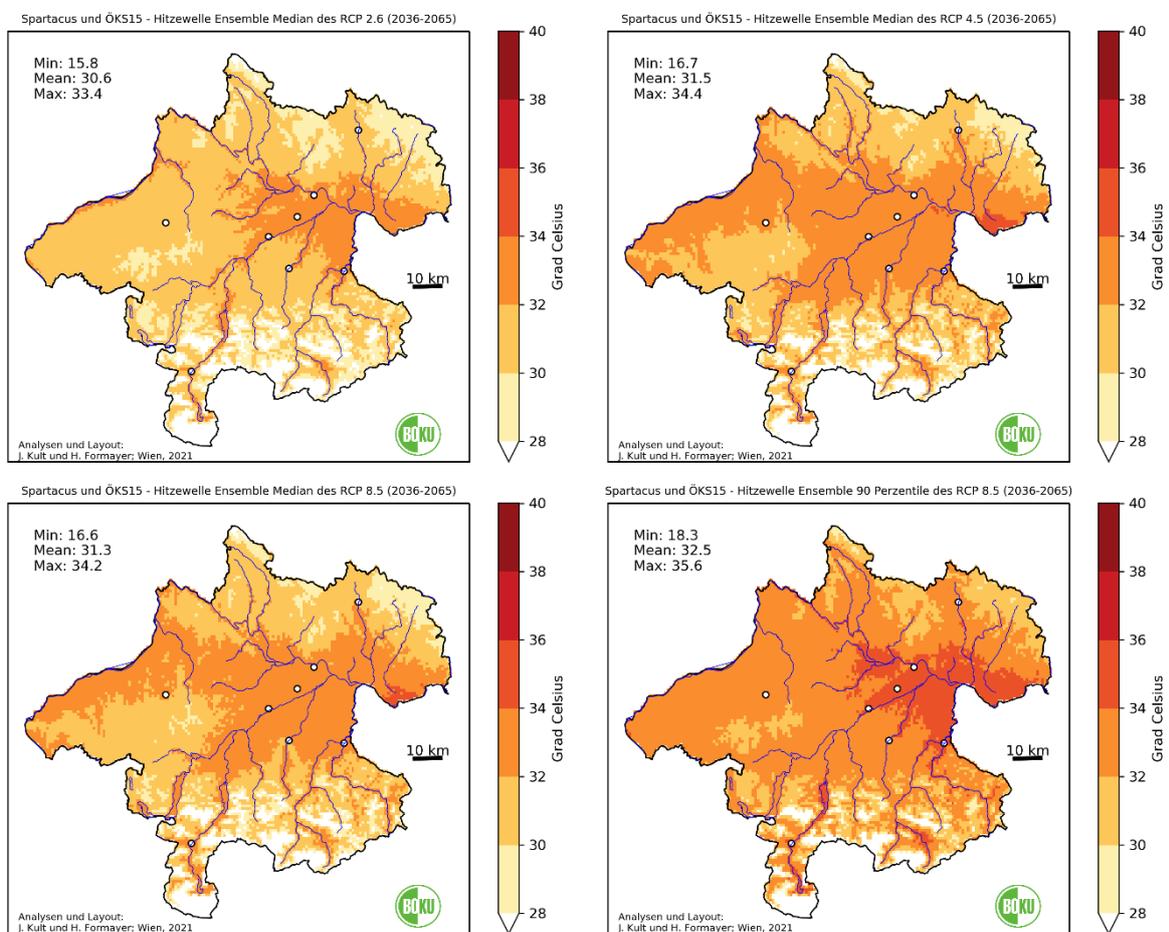


Abbildung 16: Entwicklung der mittleren Maximumtemperatur von Hitzewellen bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts für die Ensembledaten des Emissionsszenarios RCP 2.6

(links, oben), RCP 4.5 (rechts, oben), RCP 8.5 (links, unten) sowie einem möglichen Extremszenario (rechts, unten). Datenbasis ÖKS15.

Bis zum Ende des Jahrhunderts stabilisiert sich die Temperatur von Hitzewellen nach dem RCP 2.6 Szenario. Nach RCP 4.5 erfolgt im Mittel ein moderater Anstieg um weitere 0.3 °C. Nach RCP 8.5 beträgt der weitere Anstieg rund 2 °C und im Extremszenario sogar um mehr als 3°C. Damit würde nach diesem Szenario in den wärmsten Regionen jedes Jahr eine Hitzewelle auftreten, bei der die durchschnittliche Temperatur des Tagesmaximums bei über 38 °C liegt.

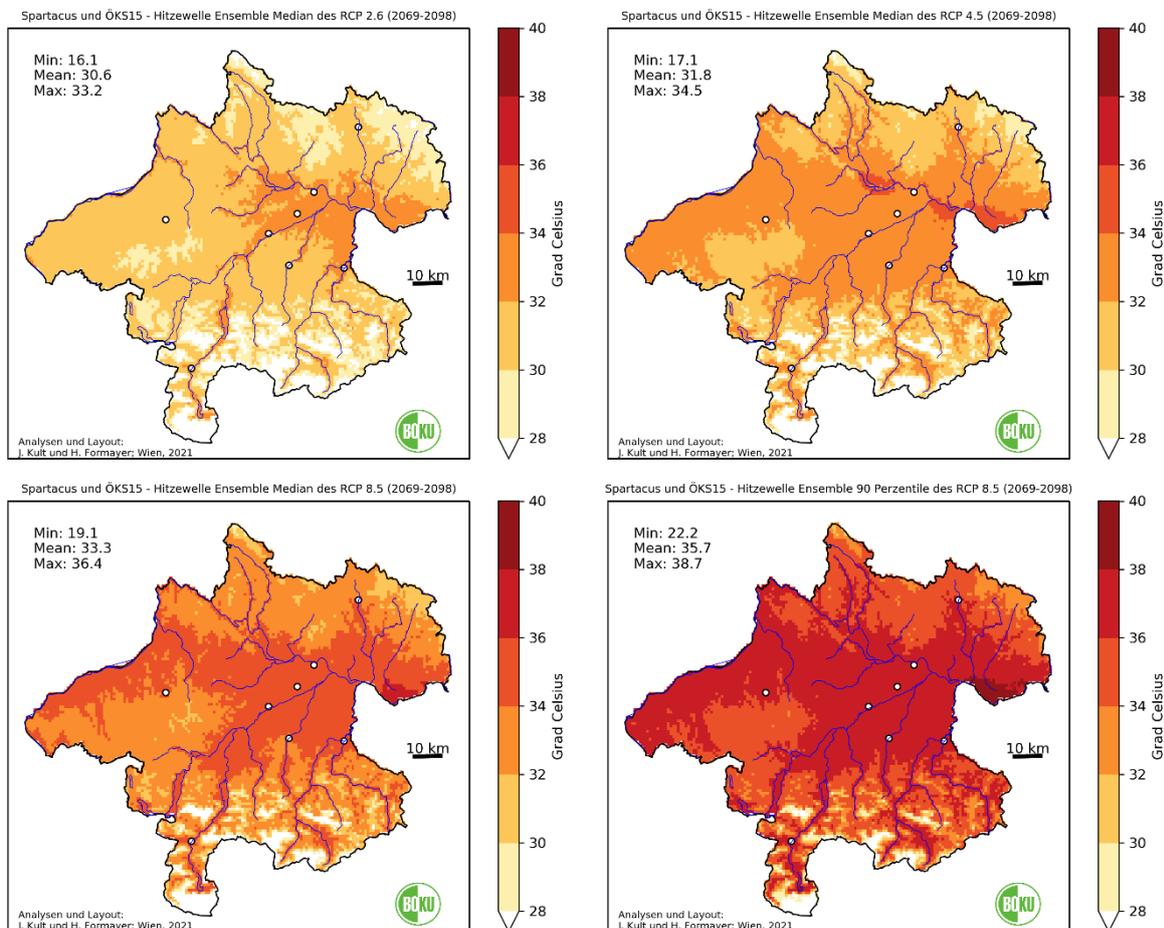


Abbildung 17: Entwicklung der mittleren Häufigkeit von Hitzewelle bis zum Ende des 21. Jahrhunderts für die Ensemblemittel des Emissionsszenarios RCP 2.6 (links, oben), RCP 4.5 (rechts, oben), RCP 8.5 (links, unten) sowie einem möglichen Extremszenario (rechts, unten). Datenbasis ÖKS15.

Bei der Hitzewellentemperatur im Großraum Linz zeigt sich ein sehr konstanter starker Anstieg innerhalb der letzten 40 Jahre. Nach den Klimaszenarien wird dieser Anstieg weitergehen, aber in den nächsten Jahrzehnten nicht so stark steigen, wobei sich die Temperatur nach dem RCP 2.6 Szenario sehr bald bei etwa 32 °C stabilisieren wird. Auch bei RCP 4.5 erfolgt eine Stabilisierung, jedoch erst bei etwa 33 °C. Im Hinblick auf das RCP 8.5 geht die Erwärmung bis zum Ende des Jahrhunderts weiter und erreicht dort Werte über 35 °C.

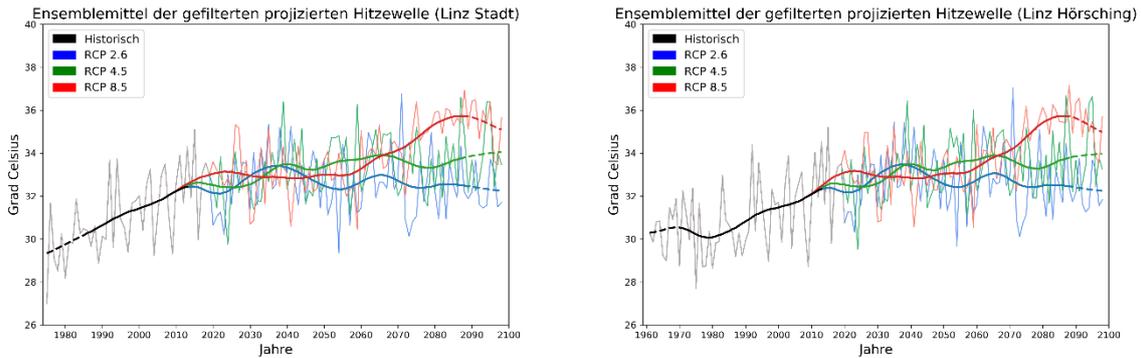


Abbildung 18: Entwicklung der Hitzewelle in Linz Stadt (links) sowie Hörsching (rechts). Die dünne Linie gibt die Werte einzelner Jahre und die dicke Linie eine geglättete (20-jähriger Filter). Die unterschiedlichen Farben kennzeichnen die verschiedenen Emissionsszenarien und schwarz die Beobachtungsdaten. Bitte beachten, dass die Zeitreihe in Hörsching 1960 beginnt und in Linz Stadt erst 1975. Datenbasis ZAMG und ÖKS15.

Tropennächte

Tropennächte mit einer nächtlichen Minimumtemperatur von zumindest 20 °C waren in der Klimanormalperiode 1961-1990 in Oberösterreich noch extrem selten. Selbst in den Regionen mit dem häufigsten Auftreten sind diese zumindest ein zweijähriges Ereignis. Die räumliche Verteilung der Tropennächte ist jedoch etwas anders als bei den bisherigen Hitzeindikatoren. Bei der nächtlichen Abkühlung spielt der Wind und Kaltluftabflüsse an Hängen eine Rolle, wodurch Tieflagen und Becken häufig kühler sind als Hänge und Kuppen. Dies erklärt das Auftreten von Tropennächten im Hausruck in Seehöhen um 500 m.

In der heutigen Klimanormalperiode hat die Häufigkeit von Tropennächten massiv zugenommen und kommt großflächig in Oberösterreich vor. In den wärmsten Regionen kommen im Mittel rund 3 Tropennächte pro Jahr vor.

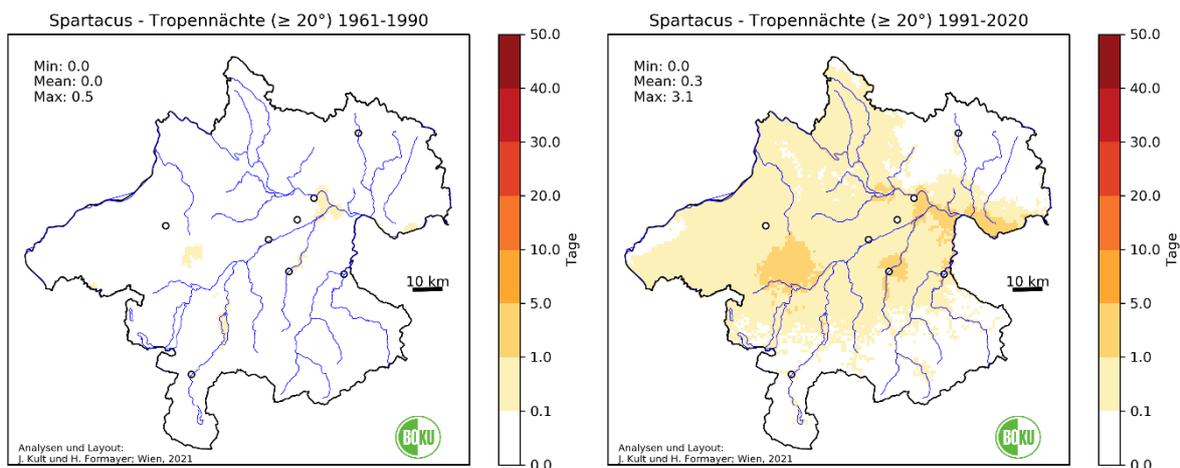


Abbildung 19: Mittlere Anzahl an Tropennächten in der Klimanormalperiode 1961-1990 (links) und 1991-2020 (rechts). Datenbasis SPARTACUS.

Bis zur Mitte des Jahrhunderts nehmen die Tropennächte in allen Emissionsszenarien weiter zu. Nach RCP 2.6 steigen sie in den wärmsten Regionen auf rund 5 Tropennächte, nach RCP 4.5 auf 9, nach RCP 8.5 auf 11 und im Extremszenario sogar auf 17.

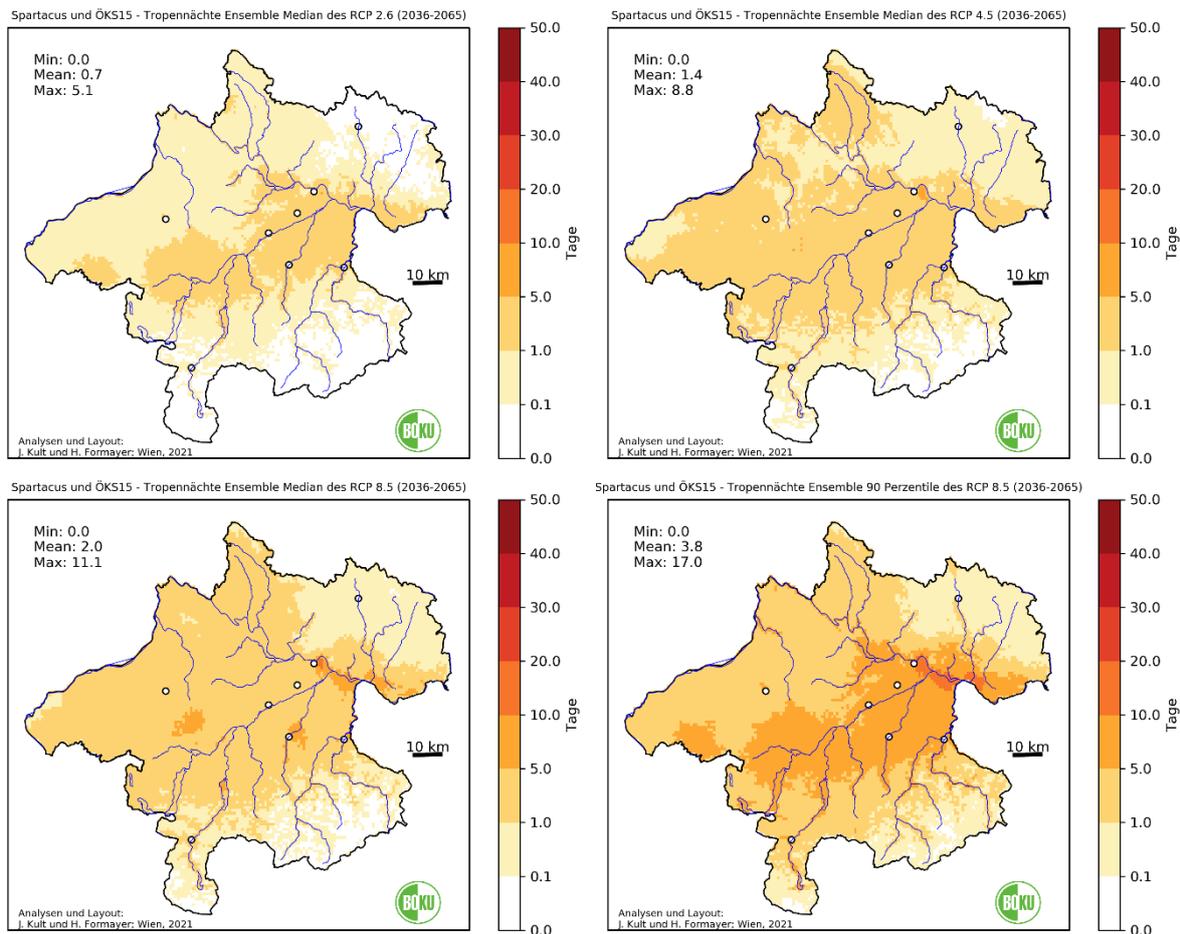


Abbildung 20: Entwicklung der mittleren Häufigkeit von Tropennächten bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts für die Ensemblemittel des Emissionsszenarios RCP 2.6 (links, oben), RCP 4.5 (rechts, oben), RCP 8.5 (links, unten) sowie einem möglichen Extremszenario (rechts, unten). Datenbasis ÖKS15.

Diese Tendenz setzt sich auch für die Anzahl der Tropennächte gegen Ende des Jahrhunderts in den RCP 4.5 und RCP 8.5 Emissionsszenarien fort. Nach RCP 4.5 steigen sie in den wärmsten Regionen auf rund 12 Tropennächte, nach RCP 8.5 auf 31 und im Extremszenario sogar auf 48.

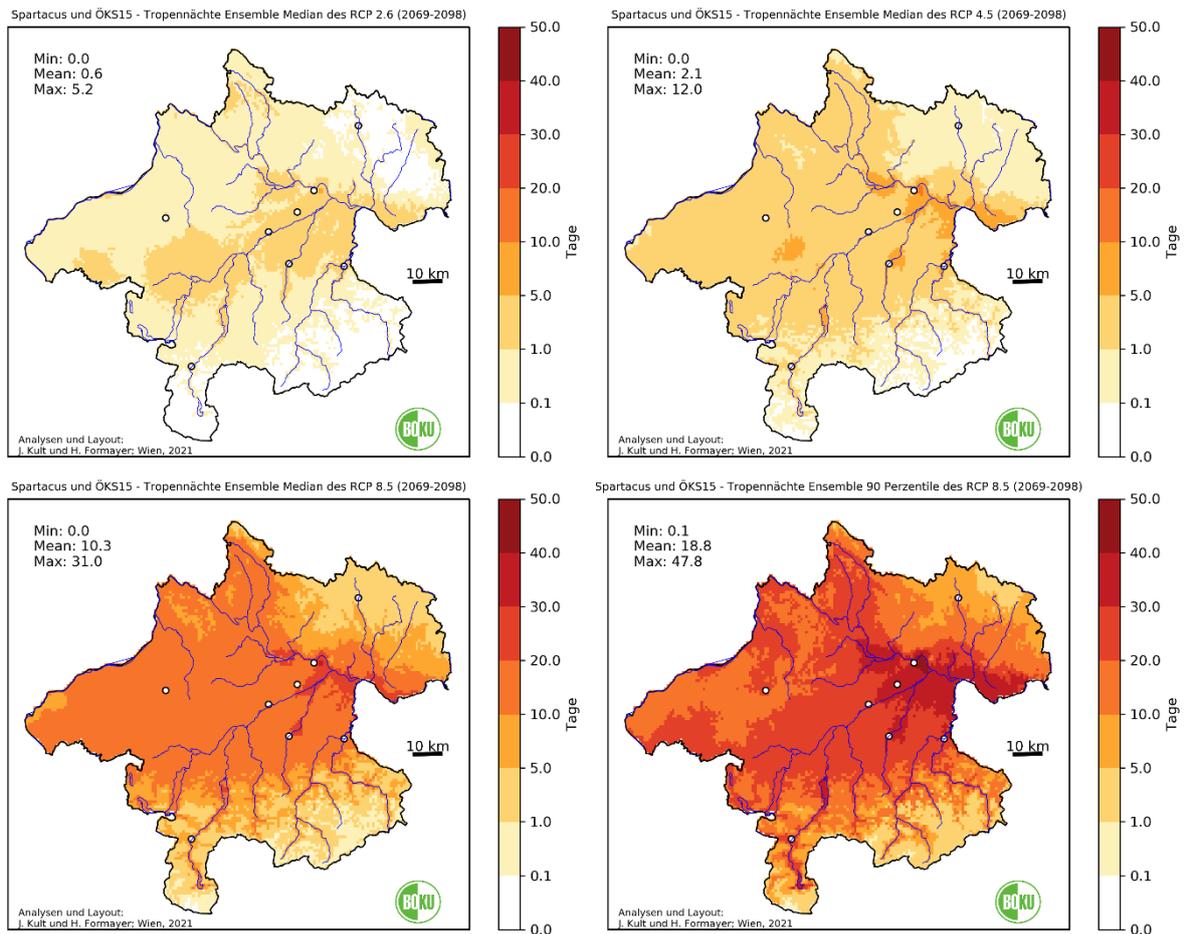


Abbildung 21: Entwicklung der mittleren Häufigkeit von Tropennächten bis zum Ende des 21. Jahrhunderts für die Ensemblemittel des Emissionsszenarios RCP 2.6 (links, oben), RCP 4.5 (rechts, oben), RCP 8.5 (links, unten) sowie einem möglichen Extremszenario (rechts, unten). Datenbasis ÖKS15.

Bei den Tropennächten zeigt sich ein großer Unterschied zwischen der Station Linz Stadt und Hösrsching. In beiden sieht man einen starken Anstieg innerhalb der letzten 40 Jahre aber auf stark unterschiedlichem Niveau. Während im ländlich geprägten Hösrsching in Extremjahren bisher maximal 4 Tropennächte in einem Jahr aufgetreten sind, wurden in Linz Stadt Jahre mit bis zu 14 Tropennächten beobachtet. Hier zeigt der städtische Wärmeineleffekt seine Wirkung. Dieser Unterschied setzt sich auch in den Klimaszenarien weiter fort. So werden im RCP 8.5 Szenario in Hösrsching bis zum Ende des Jahrhunderts etwa 18 Tropennächte erwartet und in Linz Stadt etwa 25.

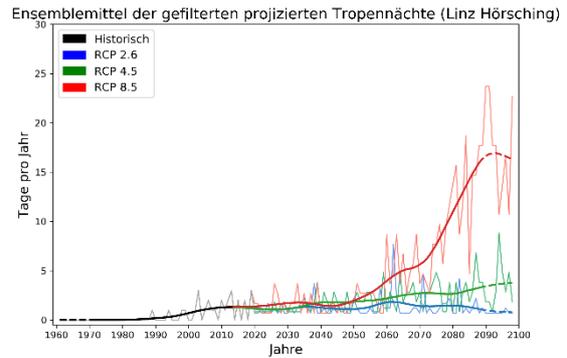
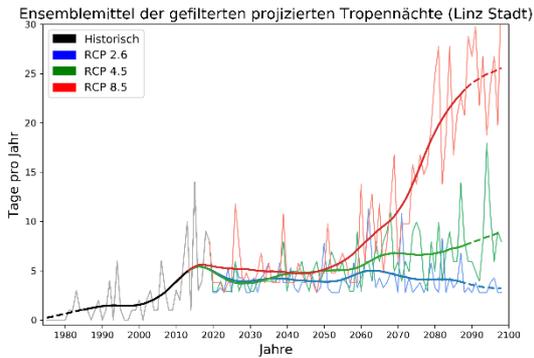


Abbildung 22: Entwicklung der Tropennächte in Linz Stadt (links) sowie Hörsching (rechts). Die dünne Linie gibt die Werte einzelner Jahre und die dicke Linie eine geglättete (20-jähriger Filter). Die unterschiedlichen Farben kennzeichnen die verschiedenen Emissionsszenarien und schwarz die Beobachtungsdaten. Bitte beachten, dass die Zeitreihe in Hörsching 1960 beginnt und in Linz Stadt erst 1975. Datenbasis ZAMG und ÖKS15.

Kühlgradtage

Während der Klimanormalperiode 1961-1990 wurden in den wärmsten Regionen Oberösterreichs Werte von rund 100 Gradtage verzeichnet, wobei die höchsten Werte im Raum Linz erreicht werden. Der Datensatz von SPARTACUS scheint hier den städtischen Wärmeinseleffekt doch etwas abzubilden. In der aktuellen Klimanormalperiode werden 100 Kühlgradtage großflächig in den Tieflagen überschritten und im Raum Linz liegen die Werte bereits über 200.

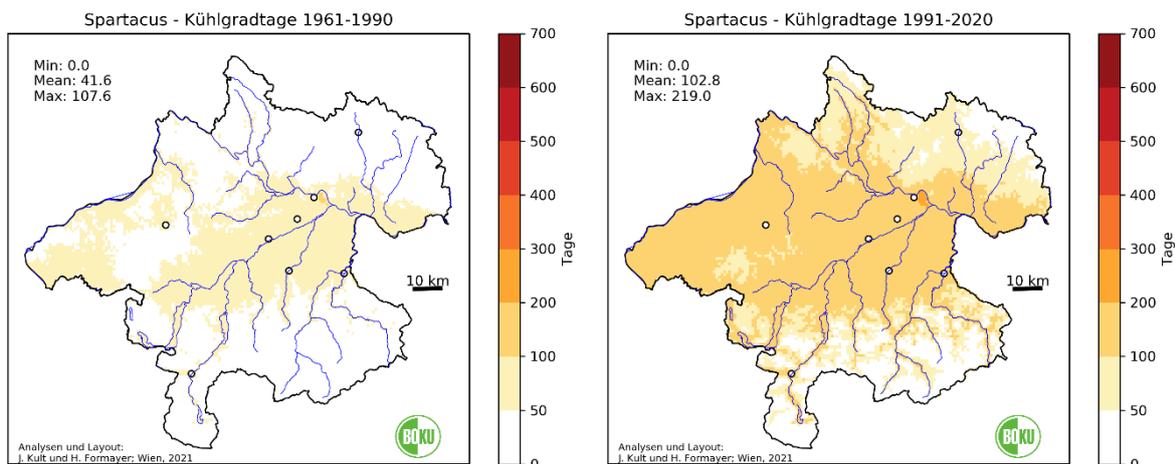


Abbildung 23: Mittlere Anzahl an Kühlgradtagen in der Klimanormalperiode 1961-1990 (links) und 1991-2020 (rechts). Derzeit kommen in den wärmsten Regionen bis zu 219 Kühlgradtage vor. Dabei haben die Kühlgradtage im Vergleich der beiden Perioden um rund 100 % zugenommen. Datenbasis SPARTACUS.

Bis zur Mitte des Jahrhunderts steigt die Gradtagssumme im Mittel nach RCP 2.6 um etwa 24 % an mit Werten um 265 in den wärmsten Regionen. Nach RCP 4.5 und RCP 8.5 beträgt der Anstieg im Mittel etwa 63-65 % mit Werten um 315 in den wärmsten Regionen und im Extremszenario kommt es im Mittel bereits zu einer Verdoppelung der Gradtagssumme mit Werten knapp um 400 in den wärmsten Regionen.

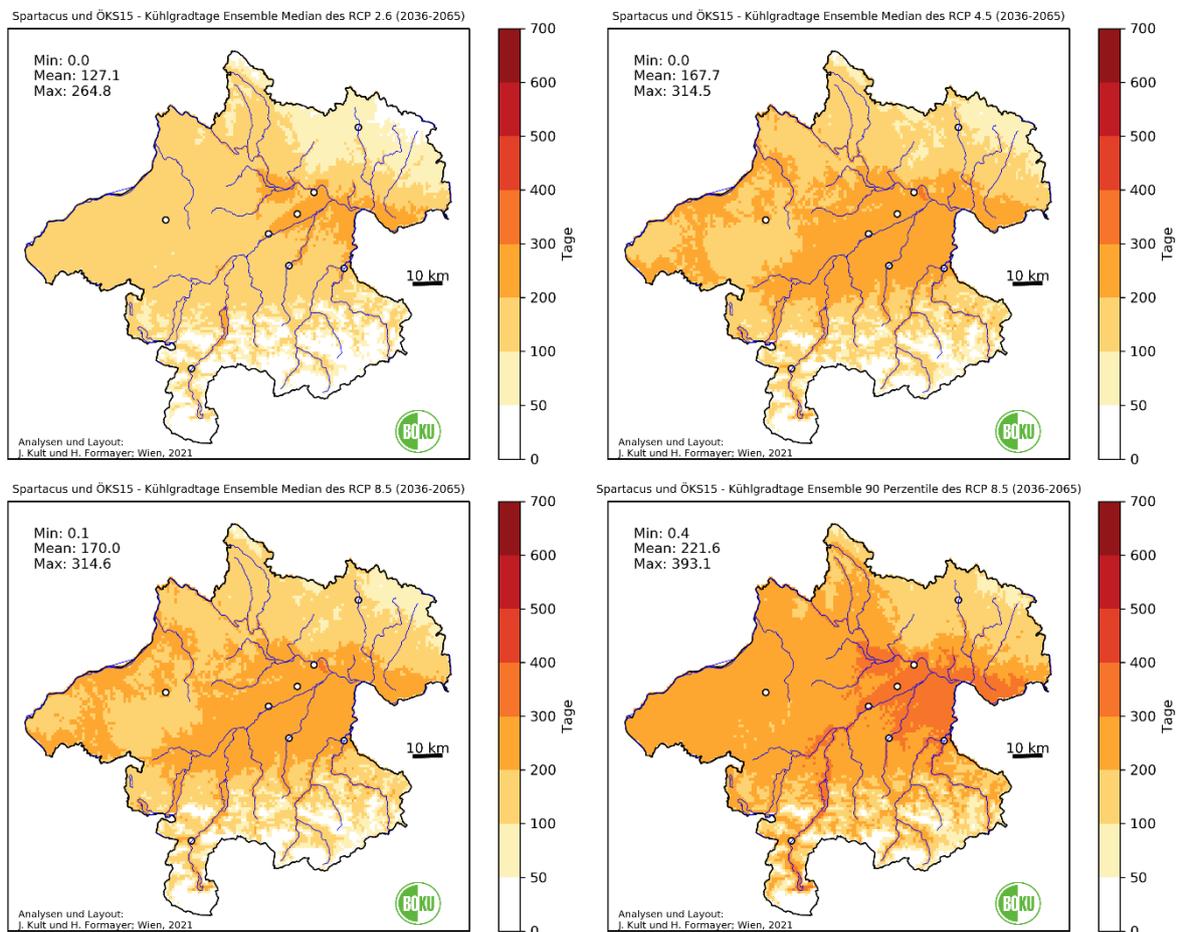


Abbildung 24: Entwicklung der mittleren Häufigkeit von Kühlgradtagen bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts für die Ensemblemittel des Emissionsszenarios RCP 2.6 (links, oben), RCP 4.5 (rechts, oben), RCP 8.5 (links, unten) sowie einem möglichen Extremszenario (rechts, unten). Datenbasis ÖKS15.

Bis zum Ende des Jahrhunderts kommt es nach RCP 2.6 nur zu einem sehr geringen weiteren Anstieg, sodass in den wärmsten Regionen Werte um 280 erreicht werden. Nach RCP 4.5 steigen diese auf rund 350 und nach RCP 8.5 kommt es zu einem massiven Anstieg auf Werte über 500 und im Extremszenario sogar bis knapp unter 700. Dies entspricht einer Verdreifachung der aktuellen Kühlgradtage und damit würde sich auch der Kühlenergiebedarf aufgrund der klimatischen Gegebenheiten verdreifachen.

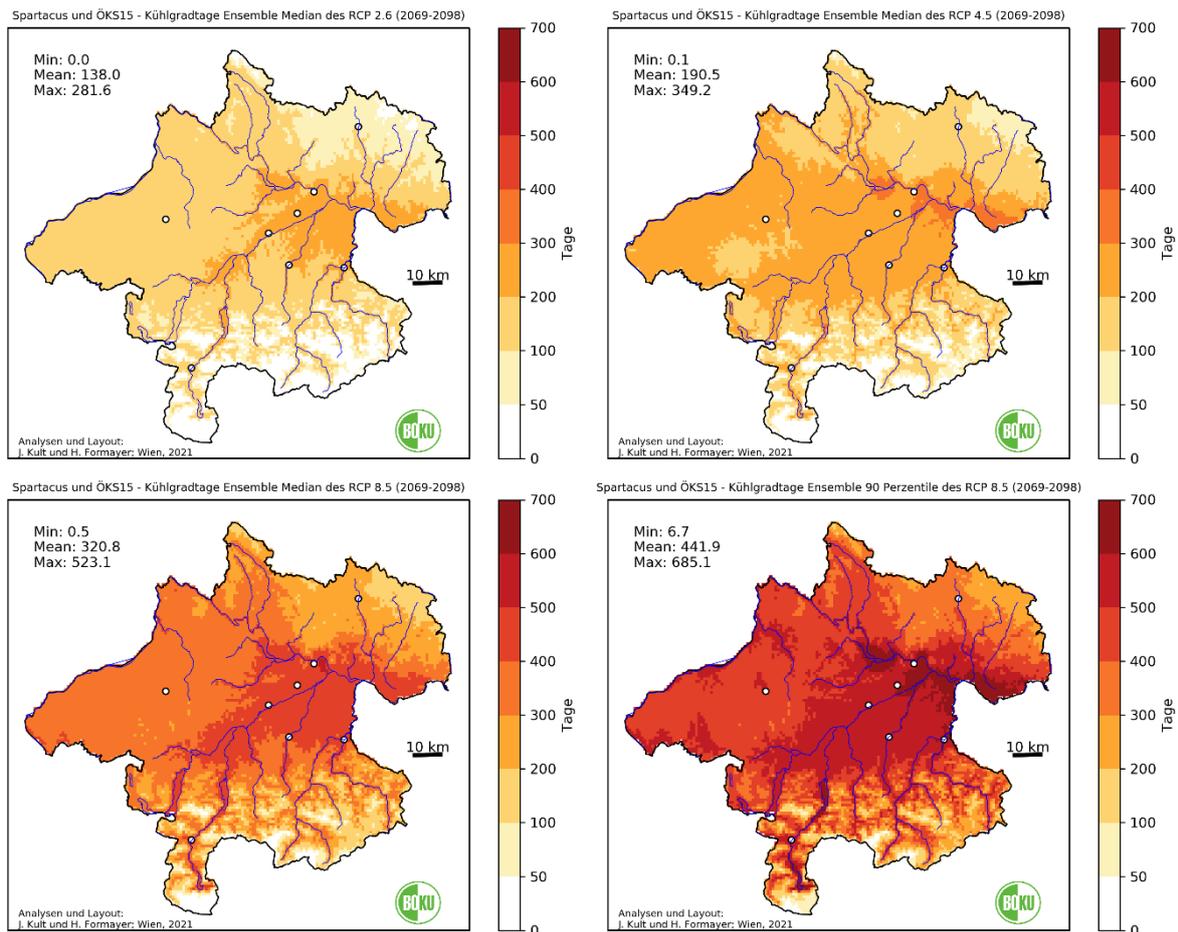


Abbildung 25: Entwicklung der mittleren Häufigkeit von Kühlgradtagen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts für die Ensemblemittel des Emissionsszenarios RCP 2.6 (links, oben), RCP 4.5 (rechts, oben), RCP 8.5 (links, unten) sowie einem möglichen Extremszenario (rechts, unten). Datenbasis ÖKS15.

Auch bei den Kühlgradtagen wird der städtische Wärmeinseleffekt sichtbar, wenn man die Stationen Horsching und Linz Stadt analysiert. Zwar gleichen sich die zeitlichen Veränderungen an beiden Standorten durchaus, da die Erwärmung lokal bedingt sehr ähnlich ist, jedoch ist die Ausgangslage eine andere. Während die Werte in den letzten 20 Jahren in Horsching im Mittel unter 200 lagen und Einzeljahre im Extremfall bis zu 300, liegen die Werte in Linz Stadt im Mittel bei etwa 250 und in Einzeljahren beinahe bei 400. Dies liegt an der reduzierten nächtlichen Abkühlung in der Stadt, wodurch am Nachmittag und Abend länger Temperaturniveaus gehalten werden, bei denen Kühlung notwendig ist.

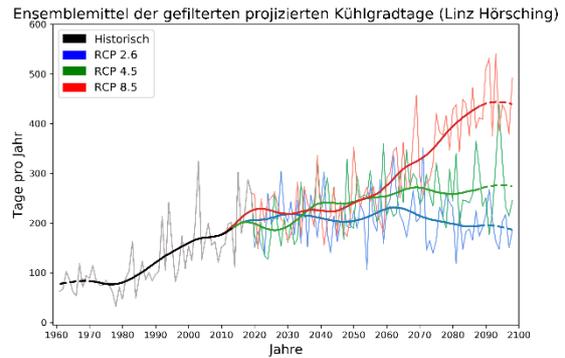
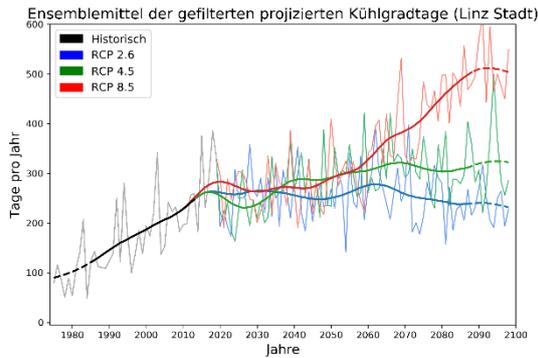


Abbildung 26: Entwicklung der Kühlgradtage in Linz Stadt (links) sowie Hörsching (rechts). Die dünne Linie gibt die Werte einzelner Jahre und die dicke Linie eine geglättete (20-jähriger Filter). Die unterschiedlichen Farben kennzeichnen die verschiedenen Emissionsszenarien und schwarz die Beobachtungsdaten. Bitte beachten, dass die Zeitreihe in Hörsching 1960 beginnt und in Linz Stadt erst 1975. Datenbasis ZAMG und ÖKS15.

Taupunktstage

Taupunkttemperaturen von zumindest 20 °C sind in der aktuellen Klimanormalperiode durchaus noch selten. Zwar können in Einzeljahren in weiten Teilen Oberösterreichs derartige Werte erreicht werden, jedoch sind dies meist 5- bis 10-jährige Ereignisse. Lediglich im Zentralraum um Vöcklabruck und an der Grenze zum Flachgau treten derartige Ereignisse im Mittel jedes Jahr auf und die Maxima liegen bei 2 derartigen Ereignissen pro Jahr. Bis zur Mitte des Jahrhunderts steigt nach RCP 8.5 die Wahrscheinlichkeit stark an und großflächig kommen in den Tieflagen Werte über 1 vor und in den Regionen mit den höchsten Werten liegen diese bereits über 5 mit Maxima bis zu 8.

Bis zum Ende des Jahrhunderts geht der Anstieg nach RCP 8.5 massiv weiter und es werden großflächig mehr als 10 solcher Ereignisse beobachtet. In den „Hotspot“ Regionen Linz, Vöcklabruck und im Grenzgebiet zum Flachgau werden sogar mehr als 20 derartige Ereignisse pro Jahr im Mittel erreicht.

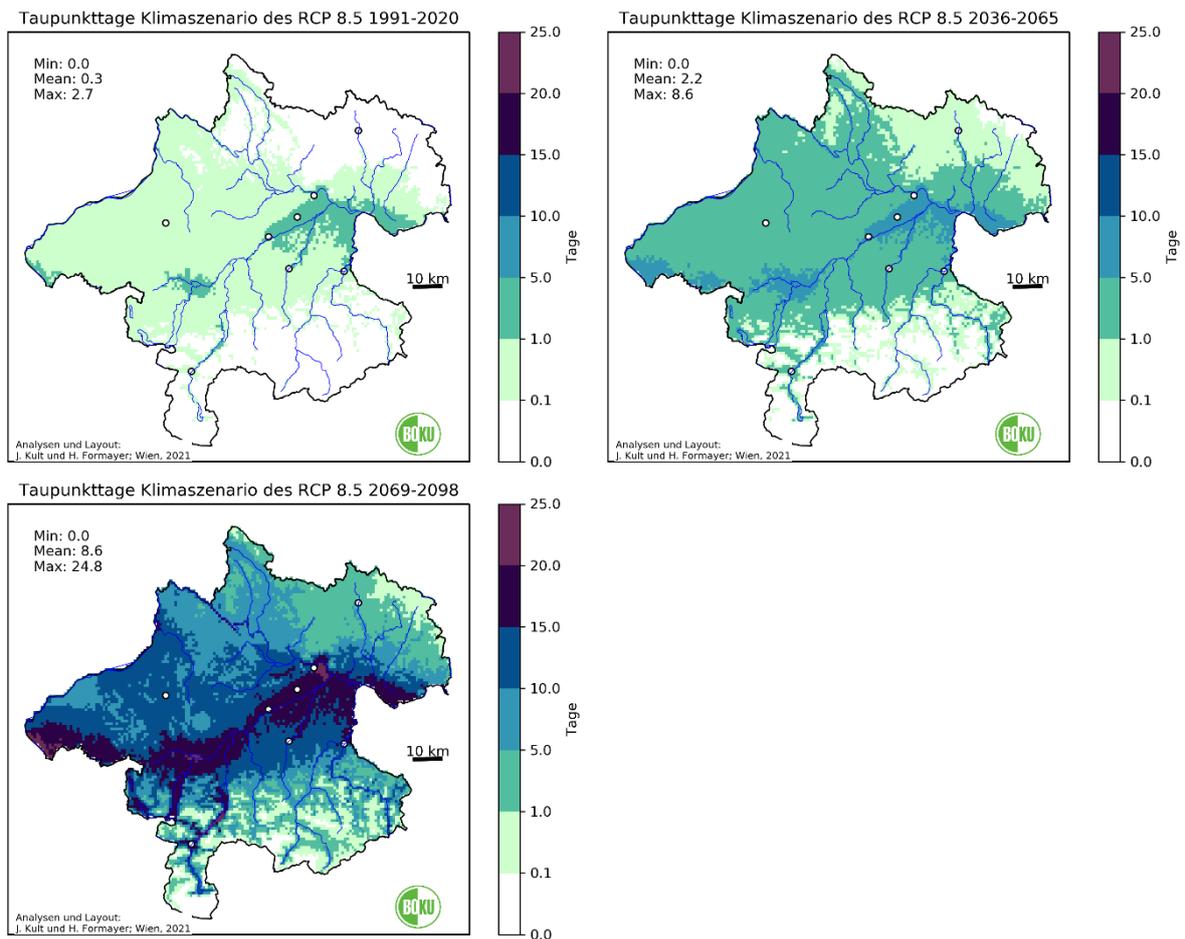


Abbildung 27: Häufigkeit von Taupunkttemperaturen von zumindest 20 °C für den Zeitraum 1991-2020 (links oben), 2036-2065 (rechts oben) und 2069-2098 (unten) nach dem Emissionsszenario RCP 8.5

Betrachtet man die zeitliche Entwicklung an den Stationen Hörsching und Linz Stadt, so sieht man bei diesem Indikator keinen großen Unterschied. Daher spielt der städtische Wärmeineffekt keine große Rolle. Sehr deutlich werden die Unterschiede zwischen den Emissionsszenarien. Während bei RCP 4.5 am Ende des Jahrhunderts eine Stabilisierung der Werte bei etwa 7 erfolgt, dies entspricht in etwa einer Verdreifachung der aktuellen Werte, geht der Anstieg bei RCP 8.5 bis zum Ende des Jahrhunderts weiter und erreicht dann knapp 25. Dies entspricht in etwa einer Verzehnfachung der aktuellen Häufigkeit.

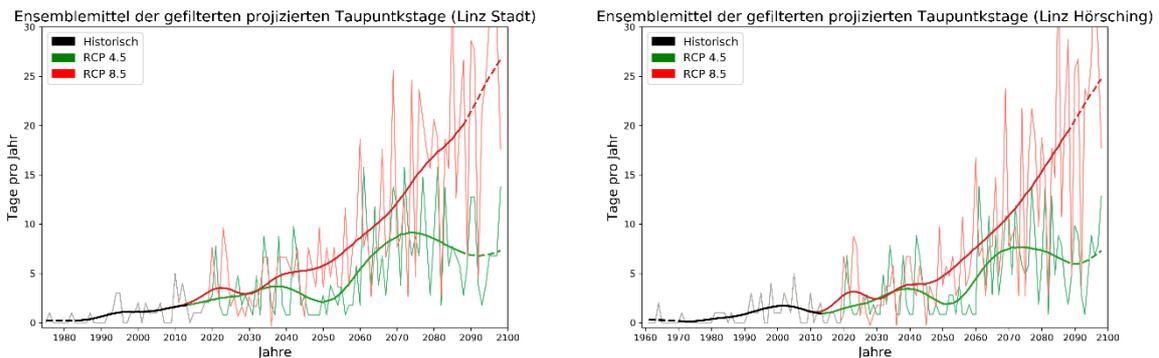


Abbildung 28: Entwicklung der Taupunktstage in Linz Stadt (links) sowie HÖrsching (rechts). Die dünne Linie gibt die Werte einzelner Jahre und die dicke Linie eine geglättete (20-jähriger Filter). Die unterschiedlichen Farben kennzeichnen die verschiedenen Emissionsszenarien und schwarz die Beobachtungsdaten. Bitte beachten das die Zeitreihe in HÖrsching 1960 beginnt und in Linz Stadt erst 1975. Datenbasis ZAMG und ÖKS15.

Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Analyse der historischen Klimaentwicklung seit 1961 und der Klimaprojektionen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts zeigen die starke Betroffenheit Oberösterreichs in Bezug auf Hitzebelastung. Aufgrund der topografischen Gegebenheiten sind besonders der Oberösterreichische Zentralraum mit den Hotspots Großraum Linz und Machland von Hitzebelastung betroffen, jedoch können sich aber auch die alpinen Tallagen zumindest unter Tag kräftig aufheizen, sodass auch hier bereits heute eine nennenswerte Hitzebelastung stattfindet.

Die 8 verschiedenen Indikatoren dieser Studie repräsentieren jeweils unterschiedliche Komponenten der Hitzeproblematik, wobei man jedoch eine gewisse Gruppierung durchführen kann.

Die Indikatoren Sommertage, Hitzetage, Extreme Hitzetage, Hitzewellentage und Hitzewellentemperatur basieren auf dem Temperaturmaximum und zielen daher überwiegend auf die Hitzebelastung während des Tages ab. Bei den Hitzewellentagen kommt hier noch die Dauer der Hitzebelastung mit ins Spiel. Bei diesen Indikatoren spielt die Seehöhe eine zentrale Rolle bei der räumlichen Verteilung, da während des Tages eine gute Durchmischung der unteren Atmosphäre gegeben ist. Auch der städtische Wärmeinseleffekt spielt bei diesen Indikatoren aus den gleichen Gründen kaum eine Rolle.

Der Indikator Tropennächte wird aus der täglichen Minimumstemperatur berechnet und wird daher stark von der nächtlichen Abkühlung geprägt. Damit hängt dieser Indikator nicht nur von

der Seehöhe ab, sondern auch von den Windverhältnissen und von Kaltluftflüssen. Dadurch kühlen Tallagen und Becken stärker ab und Hanglagen und Kuppen schwächer. Hier wirkt sich auch der städtische Wärmeinseleffekt am stärksten aus. Dadurch schaut die räumliche Struktur dieses Indikators etwas anders aus als bei der Indikatorengruppe, die auf dem täglichen Maximum basiert. Zwar sind auch hier der Raum Linz und das Machland Hotspots, jedoch zeigen auch die Regionen um Kremsmünster und im Hausruck hohe Werte.

Die Kühlgradtage basieren auf der Tagesmitteltemperatur, die in dieser Studie als Mittelwert von Minimum und Maximum berechnet wird. Dadurch kommt es zu einer Mittelung der beiden obig beschriebenen Prozesse.

Der Indikator Taupunkttemperatur ist kein klassischer Hitzeindikator, dennoch spielt er bei der Hitzebelastung eine wichtige Rolle. Mit dem Grenzwert der Taupunkttemperatur von 20 °C wird ein sehr hoher Wasserdampfgehalt in der Luft abgebildet. Derart hohe Wasserdampfgehalte führen selbst bei hohen Temperaturen zu einer hohen relativen Luftfeuchtigkeit, welche die Hitzebelastung erhöhen (Schwüle). Wesentlich jedoch ist, dass damit an Flächen, die unter 20 °C warm sind, Kondenswasserbildung stattfindet. Dies limitiert die Einsatzmöglichkeit von passiven Kühlsystemen in Gebäuden, welche eine zentrale Rolle bei der Anpassung an den Klimawandel unter Berücksichtigung des Pariser Klimaschutzabkommens spielen. Die räumliche Verteilung dieses Indikators hängt nicht nur von der Temperatur, sondern auch von der Wasserverfügbarkeit ab. Damit werden hier die höchsten Werte entlang von Flüssen und Seen erreicht. Ein weiterer relevanter Prozess sind nachmittägliche Gewitter. Wenn an einem sonnigen Tag am Nachmittag ein Gewitter stattfindet und die Niederschlagsmenge nicht zu groß ist, dass eine starke Abkühlung erfolgt, dann kann dies zu einer Überschreitung des Grenzwertes von 20 °C führen. Beide Prozesse zusammen führen zu der beobachteten räumlichen Struktur dieses Indikators in Oberösterreich. Die Maximalwerte folgen nur bis Linz der Donau, danach folgen sie der Traun und den voralpinen Seen entlang der Grenze zu Salzburg. Dies dürfte sowohl den Seen als auch der hohen Gewitterhäufigkeit in dieser Region geschuldet sein.

Beobachteter Klimawandel

Der bereits stattgefundene Klimawandel wird durch den Vergleich der beiden Klimanormalperioden 1961-1990 und 1991-2020 sichtbar gemacht. Diese Unterschiede entsprechen der mittleren Veränderung innerhalb von 30 Jahren. Bei allen Hitzeindikatoren kam es dabei zu einem starken Anstieg. Die Sommertage nahmen um etwa 53 Prozent zu, die Hitzetage verdoppelten sich in den wärmsten Regionen und Extremhitzetage kamen in der ersten Periode faktisch noch gar nicht vor und treten heute großflächig in den Tieflagen auf und in den wärmsten Regionen im Mittel schon jedes Jahr.

Bei den Hitzewellentagen war die Entwicklung deutlich stärker als bei den Hitzetagen. Hier kam es in den wärmsten Regionen faktisch zu einer Vervielfachung und nicht nur zu einer Verdoppelung wie bei den Hitzetagen. Dies dürfte daran liegen dass sich in den letzten Jahren im Sommer verstärkt stabile Hochdrucklagen über Mitteleuropa etabliert haben, was Hitzewellen begünstigt. Dies könnte auch ein Effekt des Klimawandels sein, da sich durch die Veränderung des Arktischen Meereises die Wettermuster auf der Nordhemisphäre verändern und zu stabileren Wetterlagen führen können. Ob die beobachtete Stabilisierung schon durch den Klimawandel verursacht ist oder ob es sich, um eine natürliche Schwankung handelt, kann derzeit aber noch nicht final beantwortet werden.

Die Tagesmaximumtemperatur während einer Hitzewelle ist zwischen den beiden Perioden um rund 2 °C angestiegen. Dies ist deutlich stärker als der Anstieg der Jahresmitteltemperatur (1.4 °C) und entspricht einem Temperaturanstieg um 0.66 °C pro Dekade. Auch dieser starke Temperaturanstieg bei Hitzewellen dürfte auf die Zunahme von stabilen Hochdrucklagen im Sommer zurückzuführen sein.

Auch Tropennächte waren in der ersten Periode faktisch nicht existent in Oberösterreich, lediglich in den wärmsten Regionen kam alle paar Jahre eine Tropennacht vor. In der aktuellen Periode sind Tropennächte bereits ein großflächiges Phänomen und in den wärmsten Regionen kommen diese 2- bis 3-mal jährlich vor.

Die Kombination mehr Tage in Hitzewellen und damit auch längere Hitzewellen und gleichzeitig immer höhere Temperaturen während einer Hitzewelle, erhöhen die Hitzebelastung enorm. Sinkt dabei die Nachttemperatur auch nicht unter 20 °C, was besonders in den Städten immer häufiger wird, wird die Belastung zusätzlich potenziert, da eine Erholungsphase von der Hitze während des Tages für den Körper sehr wichtig ist [Haas et al., 2019].

Bei den Kühlgradtagen kam es zwischen den beiden Perioden zu einer starken Ausweitung des Gebietes wo überhaupt Kühlung stattfinden muss und in den wärmsten Regionen kam es zu einer Verdoppelung der Werte. Da die Kühlgradtage direkt proportional der klimatisch notwendigen Kühlenergie sind, hat sich auch diese verdoppelt. Der reale Kühlenergiebedarf hängt natürlich auch von der technischen Gestaltung von Gebäuden ab. Gute thermische Isolierung sowie passive Kühlsysteme führen zu einem geringeren Bedarf. Andererseits hat die hohe Hitzebelastung der letzten heißen Sommer dazu geführt, dass immer mehr Neubauten auch mit aktiven Kühlsystemen ausgestattet werden. Zudem wird in vielen Gebäudebeständen nachträglich Kühlsysteme eingebaut, die häufig wenig effizient sind und viel Energie benötigen.

Für die Taupunkttag steht kein flächiger Vergleich zwischen den beiden Perioden zur Verfügung, da dieser Indikator nur aus Einzelmodellen von ÖKS15 Szenarien berechnet werden konnte, bei denen auch die relative Luftfeuchte vorhanden ist. An der Station Horsching sieht man aber, dass vor dem Jahr 1990 nur in Einzeljahren dieser Indikator erreicht wurde. Danach kommt es faktisch jedes Jahr vor, dass dieser Grenzwert von 20 °C Taupunkttemperatur überschritten wurde und der Mittelwert nun zwischen 2 und 3 Ereignissen pro Jahr liegt. Damit kommt es auch heute schon vor, dass an Decken oder Böden, die durch passive oder aktive Kühlsysteme auf 20 °C oder darunter abgekühlt werden, Kondenswasserbildung stattfindet.

Zukünftiger Klimawandel

Alle drei verwendeten Emissionsszenarien zeigen einen weiteren Anstieg aller Hitzeindikatoren zumindest bis zur Mitte des Jahrhunderts. Das Ensemblemittel von RCP 2.6, also dem Emissionsszenario bei dem wir das Pariser Klimaschutzabkommen einhalten, zeigt jedoch eine Stabilisierung der Werte in der Mitte des 21. Jahrhunderts und auch der Anstieg bis dorthin ist geringer als bei den anderen Szenarien. Man hätte etwa lediglich um 2 bis 3 Hitzetage mehr als heute oder die Temperatur bei Hitzewellen wäre um 0.8 °C höher. Auch dadurch würde die Hitzebelastung stark ansteigen, aber dies ist eine Größenordnung, welche man mit gezielten Anpassungsmaßnahmen, zumindest in den Städten kompensieren könnte [Trimmel et al., 2019].

Beim RCP 4.5 kommt es ebenfalls zu einer Stabilisierung der Indikatoren, jedoch erst gegen Ende des 21. Jahrhunderts und auf einem deutlich höheren Niveau. Die Entwicklung bei diesem Szenario ist etwas rascher, sodass zur Mitte des Jahrhunderts etwas höhere Werte

als beim RCP 2.6 Szenario auftreten. Bei den Hitzetagen muss man dann in den wärmsten Regionen mit mehr als 30 Tagen pro Jahr rechnen anstatt wie derzeit mit 20. Die Hitzewellentemperatur würde um weitere 2 °C ansteigen und in den am stärksten belasteten Gebieten müsste man mit etwa 10 Tropennächten pro Jahr rechnen anstatt mit etwa 3. Probleme mit der Luftfeuchte hätte man im Mittel an 7 Tagen pro Jahr und nicht mehr nur an 2 bis 3.

Beim Szenario RCP 8.5 kommt es hingegen nicht zu einer Stabilisierung. Hier muss man von einem kontinuierlich weiteren Anstieg auch über das 21. Jahrhundert hinaus ausgehen. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist im Ensemblemittel die Entwicklung faktisch gleich wie im RCP 4.5. Dies liegt daran, dass der Großteil der Treibhausgase, der für die Erwärmung verantwortlich ist, bereits heute in der Atmosphäre sind und die Emissionen bis dorthin in den beiden Szenarien nicht so stark differenzieren. Die Entwicklung in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts ist in diesem Szenario aber viel höher als in den anderen Szenarien. Bis zum Ende des Jahrhunderts explodieren die Hitzeindikatoren. Die Hitzewellentemperatur steigt um weitere 4 °C und gleichzeitig gibt es um 36 Hitzewellentage mehr als heute. Die Anzahl der Tropennächte verzehnfacht sich in den Hotspotregionen und an mehr als 20 Tagen im Jahr hat man Probleme mit der Luftfeuchtigkeit. Eine derartige Entwicklung kann mit Anpassungsmaßnahmen bei weitem nicht kompensiert werden und würde das Leben in Oberösterreich total verändern.

Das gerade besprochene Szenario bezieht sich auf das Ensemblemittel des RCP 8.5 Szenarios. Da die neueste Generation an Klimamodellen zeigt, dass beim RCP 8.5 Szenario die Klimaänderung deutlich stärker ausfällt als bei der Generation von Klimamodellen auf denen die ÖKS15 beruhen, haben wir auch ein Extremszenario betrachtet, welches in etwa dem Klimaänderungssignal der aktuellen Modellgeneration entspricht. Bei diesem Szenario geht nicht nur die Entwicklung in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts deutlich stärker, auch bis zur Mitte des Jahrhunderts ist die Entwicklung deutlich rascher. Hier müssten wir schon um 2050 mit mehr als 40 Hitzetagen in den Hotspotregionen rechnen und die Hitzewellentemperatur würde um 2.5 °C ansteigen. Am Ende des Jahrhunderts gebe es dort mehr als 70 Hitzetage im Jahr und die Hitzewellentemperatur wäre um mehr als 6 °C höher als heute. So unwahrscheinlich das Eintreten dieses Extremszenarios ist, so erschreckend ist, dass dieses Szenario am besten zur beobachteten Entwicklung der letzten Jahrzehnte passt.

Die Schlussfolgerung aus diesen Ergebnissen ist, dass nur ein Erreichen des Pariser Klimaschutzabkommens zu einer Entwicklung führt, welche wir mit Anpassungsmaßnahmen kompensieren können. Selbst wenn wir dieses erreichen, wird die Hitzebelastung bis zur Mitte des Jahrhunderts weiter zunehmen und wir müssen uns daher schon heute Gedanken machen, wie wir mit dieser Entwicklung zurechtkommen können. Dies ist umso wichtiger, da speziell unsere Städte aufgrund der rasanten klimatischen Veränderungen der letzten 40 Jahre nicht mehr zu unserem aktuellen Klima passen.

Literaturverzeichnis

Chimani, B., G. Heinrich, M. Hofstätter, M. Kerschbaumer, S. Kienberger, A. Leuprecht, A. Lexer, S. Peßenteiner, M. Poetsch, and M. Salzmann (2016), ÖKS15-Klimaszenarien für Österreich, *Daten, Methoden und Klimaanalyse, Report, Vienna*.

Douglas Maraun, H. T., Barbara Chimani (2018), STARC-Impact: Supporting The Austrian Research Community in using recent Climate Change Projections for Climate Impact Studies, *Report Rep.*, 39 pp, Wegener Center, Universität Graz.

Eyring, V., S. Bony, G. A. Meehl, C. A. Senior, B. Stevens, R. J. Stouffer, and K. E. Taylor (2016), Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization, *Geoscientific Model Development (Online)*, 9(LLNL-JRNL-736881).

Haas, W., H. Moshhammer, R. Muttarak, and O. Koland (2019), *Österreichischer Special Report Gesundheit, Demographie und Klimawandel-Zusammenfassung für Entscheidungstragende und Synthese-(ASR18)*, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.

Haiden, T., A. Kann, C. Wittmann, G. Pistotnik, B. Bica, and C. Gruber (2011), The Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis (INCA) system and its validation over the Eastern Alpine region, *Weather and Forecasting*, 26(2), 166-183.

Hiebl, J., and C. Frei (2016), Daily temperature grids for Austria since 1961—concept, creation and applicability, *Theor. Appl. Climatol.*, 124(1), 161-178, doi:10.1007/s00704-015-1411-4.

Kromp-Kolb, H., Formayer, H., Haas, P., Hofstätter, M. und Schwarzl, I. (2007), Beobachtete Veränderung der Hitzeperioden in Oberösterreich und Abschätzung der möglichen zukünftigen Entwicklungen *Rep.*

Kysely, J., J. Kalvová, and V. Kveton (2000), Heat Waves in the South Moravian Region during the Period 1961 - 1995, *Studia geoph. Et geod.*, 44, 57-72.

Moshhammer, H., Gerersdorfer, T., Hutter, H.-P., Formayer, H., Kromp-Kolb, H. und Schwarzl, I. (2007), Abschätzung der Auswirkungen von Hitze auf die Sterblichkeit in Oberösterreich *Rep.*

Organization (WMO), W. M., and W. M. O. (WMO) (2017), *WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals*, 2017 edition ed., 29 p. pp., WMO.

Switanek, M. B., P. A. Troch, C. L. Castro, A. Leuprecht, H.-I. Chang, R. Mukherjee, and E. Demaria (2017), Scaled distribution mapping: a bias correction method that preserves raw climate model projected changes.

Trimmel, H., et al. (2019), Thermal conditions during heat waves of a mid-European metropolis under consideration of climate change, urban development scenarios and resilience measures for the mid-21st century, *Meteorol. Z.*, doi:10.1127/metz/2019/0966.

Anhang: Auswertungen der Indikatoren an den Stationen für die historischen Klimanormalperioden, sowie dem Ensemblemittel des RCP 8.5 Szenarios.

Station Bad Ischl												
Periode/ Indikator	1961-1990			1991-2020			2036-2065			2071-2100		
	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max
Sommertage	42.8	0	63	57.3	39	95	68.7	55.2	84.2	91.2	70.2	114.2
Hitzetage	4.6	0	11	13.6	4	39	17.8	11.3	24.3	30.9	18.3	48.3
Extremhitzetage	0.1	0	1	0.6	0	4	0.6	0.6	0.6	1.7	0.6	4.6
Hitzewellentage	1.4	0	12	11	0	33	12.6	9.2	18.2	18.4	13.2	28.2
Hitzewellentemp.	28.9	10.1	32.8	31.3	28.8	33.5	32.3	30.5	34	34.8	32.2	36.4
Tropennächte	0	0	1	0.1	0	2	0.2	0.1	1.1	3.2	0.1	8.1
Kühlgradtage	63.7	24.5	112.2	123.7	55.8	258.8	179.9	121.7	255.4	316.9	206.3	454.5
Krit. Feuchte/ Taupunktstage	0.1	0	1	0.4	0	3	1.9	0.1	7.1	10.9	1.1	33.1

Station Freistadt												
Periode/ Indikator	1961-1990			1991-2020			2036-2065			2071-2100		
	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max
Sommertage	30.8	16	56	48.8	28	80	60.4	42.1	81.1	79.4	58.1	95.1
Hitzetage	2.6	0	8	10.5	1	32	15.2	7.9	25.9	28.5	12.9	41.9
Extremhitzetage	0.1	0	1	0.2	0	2	0.2	0.2	1.2	1.8	0.2	5.2
Hitzewellentage	0.8	0	8	8.4	0	36	11.5	6.9	22.9	17.5	9.9	35.9
Hitzewellentemp.	28.7	26	31.8	30.8	27.8	33.9	31.9	29.5	33.9	34.2	31.4	35.7
Tropennächte	0	0	1	0.1	0	1	0.1	0.1	0.1	1.7	0.1	6.1
Kühlgradtage	24	3.2	63.2	76.3	19.6	167.5	119.3	68	190.3	232.9	124.7	323.8
Krit. Feuchte/ Taupunktstage	0.1	0	2	0.3	0	2	1.2	0.2	5.2	5.5	0.2	14.2

Station Kremsmünster												
Periode/ Indikator	1961-1990			1991-2020			2036-2065			2071-2100		
	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max
Sommertage	26.5	10	52	52	28	94	63.4	48.4	80.4	84.6	63.4	106.4
Hitzetage	1.1	0	6	10.6	0	38	14.6	9	23	25.4	12	39
Extremhitzetage	0	0	0	0.8	0	8	0.7	0.7	0.7	1.5	0.7	5.7
Hitzewellentage	0.6	0	7	8.8	0	35	10.3	7.9	16.9	17.2	10.9	25.9
Hitzewellentemp.	28.1	25.4	31	30.7	27.3	35.3	31.8	29.5	33.5	33.9	31.4	36.5
Tropennächte	0.1	0	1	1.4	0	6	2.3	1.2	7.2	11.7	2.2	19.2
Kühlgradtage	53.7	20.8	106.4	154.3	52.3	316.6	216.6	147.9	302.3	364.4	231.4	489.3
Krit. Feuchte/ Taupunktstage	0	0	1	0.3	0	3.7	2.8	-0.3	8.7	11.7	-0.3	29.7

Station Linz Hörsching												
Periode/ Indikator	1961-1990			1991-2020			2036-2065			2071-2100		
	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max
Sommertage	47.3	26	69	62.5	42	100	71.5	54.7	94.7	92.1	74.7	111.7
Hitzetage	6.7	0	15	15.7	2	39	21.9	10	37	36.1	20	53
Extremhitzetage	0.1	0	1	0.9	0	9	1.1	0.8	2.8	4.5	0.8	10.8
Hitzewellentage	4.4	0	15	13.9	0	46	17.1	9.1	27.1	24.6	14.1	38.1
Hitzewellentemp.	30.3	27.7	33	32	28.7	35.2	33.1	30.5	35.3	35.2	32.2	37.2
Tropennächte	0	0	1	1	0	3	2.6	0.7	8.7	12.8	2.7	23.7
Kühlgradtage	83.7	32.2	163.4	178.4	81.5	324.1	249.1	155.6	362.6	404.5	258.5	541.1
Krit. Feuchte/ Taupunktstage	0.3	0	2	1.5	0	6.7	5.2	-0.3	16.7	17.8	2.7	39.7

Station Linz Stadt												
Periode/ Indikator	1961-1990			1991-2020			2036-2065			2071-2100		
	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max
Sommertage	45.2	27	62	64.4	42	102	76.2	59.5	101.5	97.1	76.5	115.5
Hitzetage	5	0	12	16.3	4	42	23.2	10.6	38.6	37.9	19.6	51.6
Extremhitzetage	0.2	0	1	0.9	0	9	1.2	0.9	3.9	4.5	0.9	11.9
Hitzewellentage	2.6	0	12	12.6	0	39	16.7	8.1	26.1	24.5	13.1	38.1
Hitzewellentemp.	29.8	27	31.9	32	29.2	35.1	33.1	30.5	35.3	35.2	32	36.9
Tropennächte	0.7	0	3	3.3	0	14	5.9	2.8	13.8	20.7	9.8	35.8
Kühlgradtage	106.3	49	207.4	221.1	100	385.6	298.3	190.3	418.9	466.5	317.4	615.9
Krit. Feuchte/ Taupunktstage	0.2	0	1	1.6	0	7.6	6.2	-0.4	18.6	19.2	2.6	44.6

Station Reichersberg												
Periode/ Indikator	1961-1990			1991-2020			2036-2065			2071-2100		
	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max
Sommertage	39.1	22	59	54.2	32	87	64.8	43.8	82.8	85.1	64.8	105.8
Hitzetage	4.6	0	12	11.1	0	33	16.6	8.5	29.5	29.3	14.5	45.5
Extremhitzetage	0	0	1	0.3	0	4	0.4	0.2	2.2	2.5	0.2	9.2
Hitzewellentage	2	0	12	9.4	0	36	12.9	6.4	22.4	18.7	9.4	35.4
Hitzewellentemp.	29.4	27.2	32.3	31	28	34.7	32.1	29.5	34.2	34.1	30.8	36.8
Tropennächte	0	0	1	0.2	0	2	0.7	0.1	4.1	6	0.1	13.1
Kühlgradtage	42.5	13.8	95.7	118	23.4	245.8	176.3	106.3	273.8	315.9	194.1	453.1
Krit. Feuchte/ Taupunktstage	0	0	1	0.5	0	3.6	3.7	-0.4	11.6	12.6	0.6	32.6

Station Ried im Innkreis

Periode/ Indikator	1961-1990			1991-2020			2036-2065			2071-2100		
	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max
Sommertage	34.9	19	56	52.8	30	84	63.5	45.3	83.3	82.8	64.3	103.3
Hitzetage	3.6	0	9	11.1	1	34	15.8	7.6	28.6	28.9	15.6	48.6
Extremhitzetage	0	0	1	0.2	0	2	0.3	0.2	1.2	2.4	0.2	7.2
Hitzewellentage	1.3	0	8	9.2	0	36	12.3	6.4	22.4	17.9	10.4	35.4
Hitzewellentemp.	29	26.6	32	30.9	27.9	34.1	32	29.5	33.8	34.1	30.9	36.3
Tropennächte	0.1	0	1	0.5	0	3	1	0.5	4.5	8	0.5	15.5
Kühlgradtage	54.6	16.6	125.7	134	55.8	262	192.3	122.1	277.6	335.8	209	469.2
Krit. Feuchte/ Taupunktstage	0	0	0	0.4	0	2.9	3.7	-0.1	11.9	12.6	-0.1	31.9