

## Kapitel 6

# Niederschlag

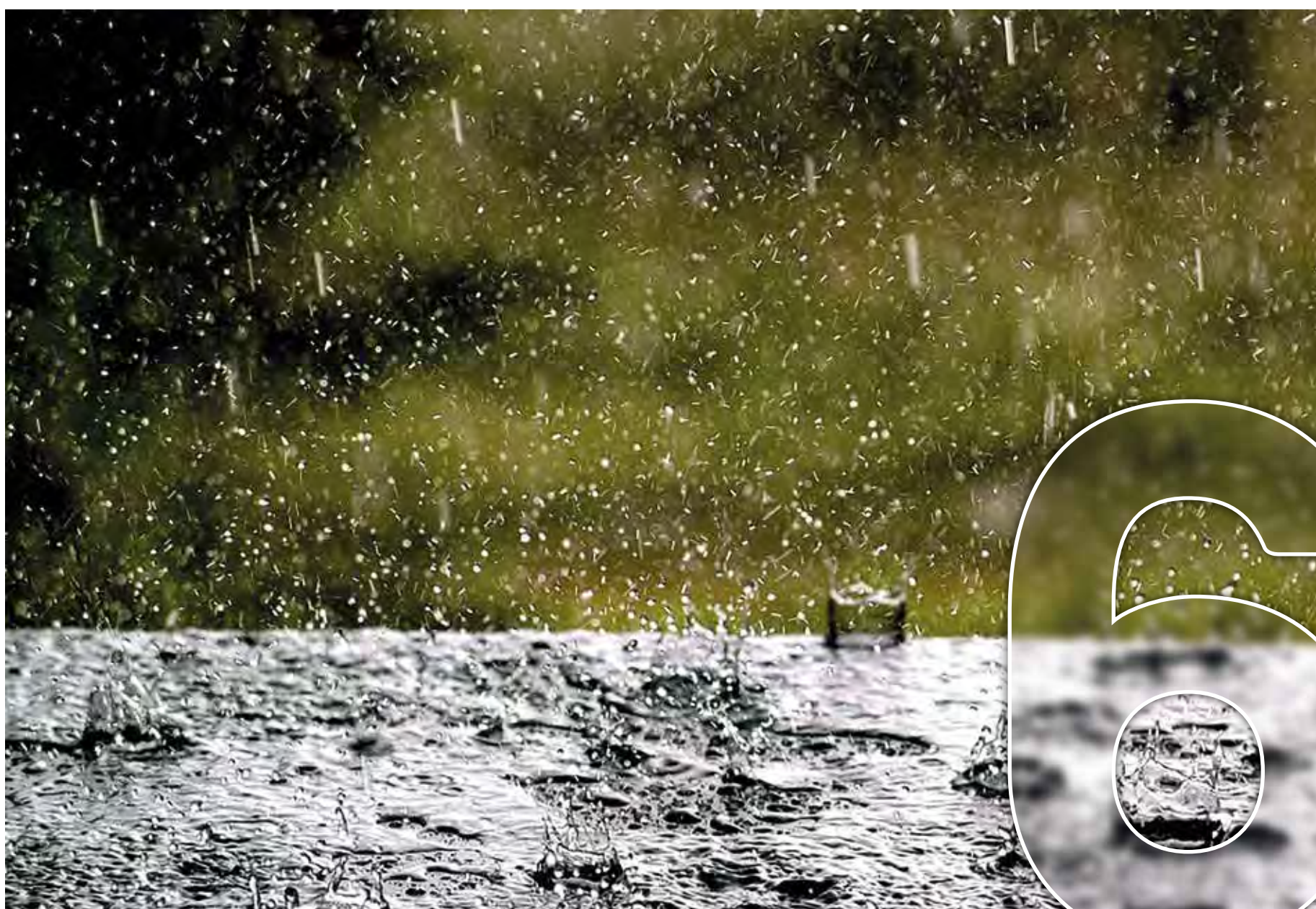


Foto: Starkregen. (Foto: A. Pilz)

**Autor:**  
Andreas Gobiet

# Inhaltsverzeichnis

- 6 Niederschlag .....129
  - 6.1 Einleitung ..... 131
    - 6.1.1 Arten der Niederschlagsbildung ..... 131
    - 6.1.2 Anwendungsorientierte Niederschlagsindikatoren .....132
    - 6.1.3 Räumliche und zeitliche Ausprägungen .....132
  - 6.2 Jährliche, saisonale und monatliche Niederschlagssummen .....132
    - 6.2.1 Jährliche Niederschlagssumme ..... 132
    - 6.2.2 Veränderlichkeit der jährlichen Niederschlagssumme .....136
    - 6.2.3 Saisonale Niederschlagssummen .....139
    - 6.2.4 Monatliche Niederschlagssummen .....144
  - 6.3 Häufigkeit von Niederschlagstagen und Länge von Trockenepisoden .....145
    - 6.3.1 Anzahl der Niederschlagstage und Anzahl der Starkniederschlagstage .....145
  - 6.4 Extremniederschläge und Trockenperioden .....149
    - 6.4.1 Typischer maximaler Tagesniederschlag und 50-jähriger Wiederkehrwert des maximalen Tagesniederschlags .....149
    - 6.4.2 Typische längste Trockenphase in der Vegetationsperiode .....152

## 6.1 Einleitung

Unter Niederschlag versteht man jenen Teil des atmosphärischen Wasserdampfes, welcher im Zuge des allgemeinen Wasserkreislaufes in fester oder flüssiger Form auf die Erdoberfläche gelangt. Dabei wird zwischen fallendem und abgesetztem oder abgefangenem Niederschlag unterschieden.

Quantitativ bei Weitem am bedeutendsten und in diesem Klimaatlas dargestellt ist der fallende Niederschlag, bei dem zwischen flüssigem (Regen) und festem Niederschlag (Schnee, Hagel) unterschieden wird. Beim Regen werden vielfach noch Zusatzangaben gemacht, um Erscheinungsbild, Dauer oder Ursache näher zu beschreiben. Die wichtigsten sind: Nieselregen (sehr feintropfig), Schlagregen (von starkem Wind begleitet), Regenschauer (kurzfristig, konvektiv verursacht), Starkregen (oberhalb einer definierten, zeitabhängigen Intensität). Die häufigste Erscheinungsform des festen Niederschlags ist Schnee, darüber hinaus ist aber auch Hagel (Eiskörner mit einem Durchmesser von mehr als 5 mm, die bei konvektiven Niederschlagsformen entstehen können) von beträchtlicher Bedeutung, da Hagel großen wirtschaftlichen Schaden verursachen kann. Zusätzlich ist noch Graupel zu nennen, der mit Hagel verwandt ist, aber aus kleineren, meist weichen Körnern besteht und somit nicht schadensrelevant ist.

Unter abgesetztem Niederschlag versteht man die Kondensation oder Resublimation von atmosphärischem Wasserdampf auf festen Oberflächen, wobei im ersten Fall Tau und im zweiten Fall Reif entsteht. Tau und Reif werden vom Standard-Messprogramm nicht erfasst, es darf aber davon ausgegangen werden, dass die Menge des nicht verdunsteten, d.h. in den Bodenwasserhaushalt gelangenden Taus und Reifs vergleichsweise bescheiden ist und für den Wasserhaushalt nur in besonderen Ausnahmen eine nennenswerte Rolle spielt. Unter abgefangenem Niederschlag versteht man das „Auskämmen“ von in der Luft schwebenden Wassertröpfchen durch feste Oberflächen bei entsprechender Luftbewegung. Dabei entstehen aus unterkühlten Wassertröpfchen (mit Temperaturen unter null Grad Celsius) Eisablagerungen, die meist als Raureif bezeichnet werden. Wassertröpfchen mit positiven Temperaturen können in flüssiger Form verbleiben und abtropfen oder abrinnen. Auch abgefangener Niederschlag wird messtechnisch nicht erfasst.

Bei der Messung von Niederschlag gibt es einige Fehlerquellen, welche es bei der Interpretation der Daten zu beachten gilt. Dabei ist der gemessene Wert so gut wie immer kleiner als der tatsächliche, den Boden erreichende Niederschlag („undercatch“). Die wichtigste Fehlerquelle ist die Beeinflussung durch Wind, insbesondere bei Schneefall, da ein Teil des Schnees, in geringerem Maße auch des Regens, wegen des durch das Messgerät veränderten Windfeldes über das Messgefäß hinweggeblasen wird und damit für die Messung verloren geht. Die entstehenden Messfehler vergrößern sich mit zunehmender Windgeschwindigkeit und sind im Winter und

im Hochgebirge am größten, wobei sie dort im Extremfall mehr als die Hälfte des tatsächlichen Niederschlags erreichen können.

### 6.1.1 Arten der Niederschlagsbildung

Generell entstehen Wassertropfen oder Eiskristalle in der Atmosphäre, wenn feuchte Luft unter den Taupunkt abkühlt und Wasserdampf an Kondensationskeimen kondensieren oder resublimieren kann. Die Abkühlung geschieht überwiegend dynamisch, d.h. durch Hebung der Luft. Zusätzlich spielt Energieverlust durch Ausstrahlung, etwa an der Obergrenze von Hochnebel oder höher reichenden Wolken eine Rolle. Im Sinne der Hebung der Luft kann man zwischen vier Formen der Niederschlagsentstehung unterscheiden:

**Stratifomer Niederschlag** (auch Aufgleitniederschlag genannt) entsteht aufgrund großräumiger, langsamer Hebungsprozesse, welche präfrontal beim Durchzug von Warmfronten im Zusammenhang mit dichter, wenig konturierter Nimbostratus-Bewölkung entstehen. Der dabei auftretende Regen oder Schneefall ist typischerweise lang andauernd, gleichförmig und meist wenig intensiv. Solche Niederschläge sind eher in der kalten Jahreshälfte vorherrschend, da in dieser Jahreszeit der Temperaturgegensatz zwischen Festland und Meer dafür sorgt, dass niederschlagsbringende, maritime Luftmassen warm und feucht sind. Insbesondere im südöstlichen Vorland sind die Spätherbst- und Winterniederschläge überwiegend diesem Typ zuzuordnen („Genuatief“, „Adriatief“ und ähnliche Wetterlagen).

**Konvektiver Niederschlag** (Schauer, Gewitter) ist im Gegensatz zum stratiformen Niederschlag meist lokal begrenzt, aber intensiv und oft begleitet von Hagel und starken Windböen. Konvektiver Niederschlag tritt in Zusammenhang mit konvektiven Wolken bei Gewittern hauptsächlich vom Typ Cumulonimbus auf, die durch hohe Auftriebsgeschwindigkeiten rasch aufquellen, sich bis zum Rand der Troposphäre erstrecken können und eine typische horizontale Ausdehnung in der Größenordnung von 10 km haben. Voraussetzung für ihre Entstehung ist eine labil geschichtete Atmosphäre, welche heftige vertikale Umlagerungen fördert. Gewitter treten überwiegend im Sommerhalbjahr auf (April bis September), entstehen oft bei Wetterlagen mit geringen horizontalen Druckunterschieden, können aber in Kombination mit Kaltfronten auch in anderen Jahreszeiten auftreten. Gewitter und die dafür nötige Konvektion werden durch starke Einstrahlung und hohen Wasserdampfgehalt der Luft gefördert. Zusätzlich kann Konvektion durch aufsteigende Hangwinde ausgelöst oder verstärkt werden, wobei diese Verstärkung besonders an den Alpenrändern auftritt, an denen die wasserdampfreiche Luft des Vorlandes bzw. die von außen herangeführte

maritim-feuchte Luft durch das Gelände zum Aufsteigen angeregt wird (siehe auch „Stratifomer Niederschlag“). In der Steiermark wird damit das Randgebirge zur gewitterreichsten Zone, während die Gewitterhäufigkeit in den großen inneralpinen Tälern bei allgemein geringerem Wasserdampfgehalt und wegen des Lee-Effekts etwas geringer ist (siehe auch Kapitel 9 „Gewitter und Hagel“).

**Kaltfrontniederschlag** ist an Tiefdruckgebiete gebunden und entsteht, wenn eine kältere Luftmasse auf eine wärmere Luftmasse trifft und sie ersetzt. Gegenüber dem stratiformen „Warmfrontniederschlag“ ist er variabler, intensiver und kürzer andauernd. Das schnelle Aufsteigen der durch die Kaltluft verdrängten, wärmeren Luft hat konvektiven Charakter und führt zu cumuliformer Wolkenbildung und teilweise zu heftigen Regenfällen, Gewittern und manchmal auch Hagel und starken Windböen. Da die den Bereich der Steiermark beeinflussenden Zyklone oft schon recht weit von ihrem Ursprungsgebiet entfernt und entsprechend gealtert sind, ist eine deutliche Trennung zwischen Warm- und Kaltfronten oft nicht möglich, denn vielfach sind diese Fronten schon okkludiert, d.h. „zusammengewachsen“, wodurch die genannten Vorgänge meist komplex zusammenwirken und vielfach nur mehr von allgemeiner Niederschlagswirkung des Tiefdruckgebietes gesprochen werden kann.

**Stauniederschlag** ist die wichtigste Form des orographischen, also durch Geländeform bedingten oder verstärkten Niederschlags. Er entsteht durch die Hebung von horizontal herangeführter, feuchter Luft an Gebirgen und führt bei stabiler Luftschichtung zur Bildung von stratiformen Wolken und Niederschlag auf der windzugewandten Seite des Gebirges (Luv) und zur Wolkenauflösung und trockenen Bedingungen auf der windabgewandten Seite (Lee). Die Intensität von Stauniederschlag ist abhängig vom Feuchtegehalt der gehobenen Luft, von der Windgeschwindigkeit, vom Kondensationsniveau (Wolkenuntergrenze) und der Höhe des Gebirges. Der maximal mögliche Feuchtegehalt ist zwar im Sommer am größten, aber im Winter ist die mittlere Windgeschwindigkeit höher und das Kondensationsniveau tiefer. Im Zusammenwirken der drei meteorologischen Faktoren ergibt sich eine größere Intensität von stratiformem Stauniederschlag im Winter als im Sommer. Bei labiler oder bedingt stabiler Schichtung können hingegen Luftpakete durch orographische Hebung das Niveau der freien Konvektion erreichen und konvektiver Niederschlag entsteht. Die orographische Niederschlagsverstärkung ist in der Fachliteratur theoretisch gut beschrieben, in ihrer konkreten regionalen Ausprägung aber nach wie vor nicht bis ins Detail verstanden (z.B. Houze, 2012). Eine Analyse von orographischen Effekten auf den Niederschlag im Alpenraum, die unter anderem mit Hilfe von Datensätzen der GeoSphere Austria am Wegener Center der Universität Graz erstellt wurde, hat Ritter (2017) verfasst.



6.1.2 Anwendungsorientierte Niederschlagsindikatoren

Da die große Bedeutung des Niederschlags auf Ökosysteme und die menschliche Gesellschaft nicht nur durch Niederschlagssummen über längere Zeiträume dargestellt werden kann, werden im Klimaatlas Steiermark zusätzlich zu jährlichen, saisonalen und monatlichen Niederschlagssummen auch maßgeschneiderte Niederschlagsindikatoren dargestellt. Als Grundlage aller hier dargestellten Indikatoren dienen tägliche Niederschlagssummen (siehe auch Kapitel 1 „Daten und Methodik“ für eine genauere Beschreibung der zugrundeliegenden Daten), was eine gewisse Einschränkung bei der Beschreibung der Intensität von konvektiven Niederschlägen bedeutet. Konvektive Niederschläge sind oft von kurzer Dauer, weisen aber große Intensitäten auf, welche in den Tagessummen oft nicht in vollem Umfang erkennbar sind. Zusätzliche Analysen zu die-

sem Thema sind aber im Kapitel 8 „Gewitter und Hagel“ zu finden. Unterkapitel 6.2 befasst sich mit Niederschlagssummen zu unterschiedlichen Jahreszeiten, Unterkapitel 6.3 mit der Häufigkeit von Niederschlagstagen und Unterkapitel 6.4 behandelt Extremniederschläge und Trockenperioden.

6.1.3 Räumliche und zeitliche Ausprägungen

Für räumliche Ausprägungen der Niederschlagsindikatoren werden 30-jährige Mittelwerte in Karten der Steiermark dargestellt. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der neuesten Klimanormalperiode (Arguez und Vose, 2011) 1991 – 2020, für die ein spezieller Datensatz für den Klimaatlas Steiermark entwickelt wurde, dem ein verdichtetes Stationsnetz zugrunde liegt (siehe Kapitel 1 „Daten und Methodik“). Die zeitliche Dimension, also der Wandel des

Klimas mit der Zeit, wird durch den Vergleich zweier unterschiedlicher Klimanormalperioden, 1961 bis 1990 (Vergangenheit) und 1991 bis 2020 (Gegenwart) dargestellt, wobei die zugrundeliegenden Datensätze ein etwas weniger dichtes, aber zeitlich homogenes Stationsnetz aufweisen. Der Klimawandel wird aber nicht nur für die Vergangenheit, sondern anhand von Szenarien (siehe Kapitel 1.4 „ÖKS15“) auch für zukünftige Perioden untersucht. Die zeitliche Entwicklung wird anschaulich in Form von Karten bezüglich der Änderungen (Differenz und relative Änderung zweier 30-jähriger Mittelwerte) und Zeitreihen räumlicher Mittelwerte dargestellt. Um bei den räumlichen Mittelwerten die deutlich unterschiedlichen regionalen Klimacharakteristika innerhalb der Steiermark nicht zu vernachlässigen, wurden neun möglichst homogene Klimaregionen definiert (siehe Kapitel 2 „Klimaregionen“), innerhalb derer die Mittelwerte gebildet werden.

6.2 Jährliche, saisonale und monatliche Niederschlagssummen

6.2.1 Jährliche Niederschlagssumme

**Definition.** Die jährliche Niederschlagssumme beschreibt den über ein Kalenderjahr aufsummierten Niederschlag. Als Maßeinheit wird die sogenannte Niederschlagshöhe, gemessen

in Millimeter [mm], verwendet. 1 mm Niederschlag entspricht dabei einem Liter Wasser pro Quadratmeter. Der Anteil des Niederschlags, der in fester Form fällt, wird bei der Messung geschmolzen und sein Wasseräquivalent somit mitgezählt (für explizite Beschreibung von Schnee siehe Kapitel 7 „Schnee“).

**Aussagekraft.** Die jährliche Niederschlagssumme ist die am stärksten vereinfachte und verallgemeinerte Aussage über das Klimaelement Niederschlag, aber gleichzeitig die wichtigste Größe für den Jahres-Wasserhaushalt. Im Jahresdurchschnitt gleichen sich alle jahreszeitlichen Unterschiede der

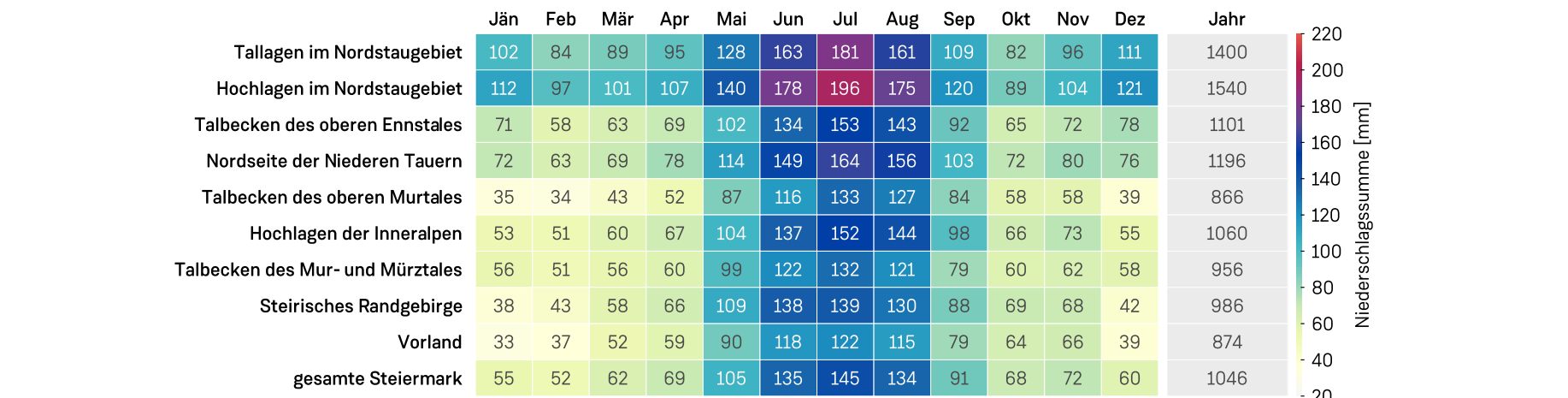


Abbildung 6.1: Jährliche, saisonale und monatliche Niederschlagssumme [mm] in den Klimaregionen und der gesamten Steiermark für die Vergangenheit (1961 – 1990).

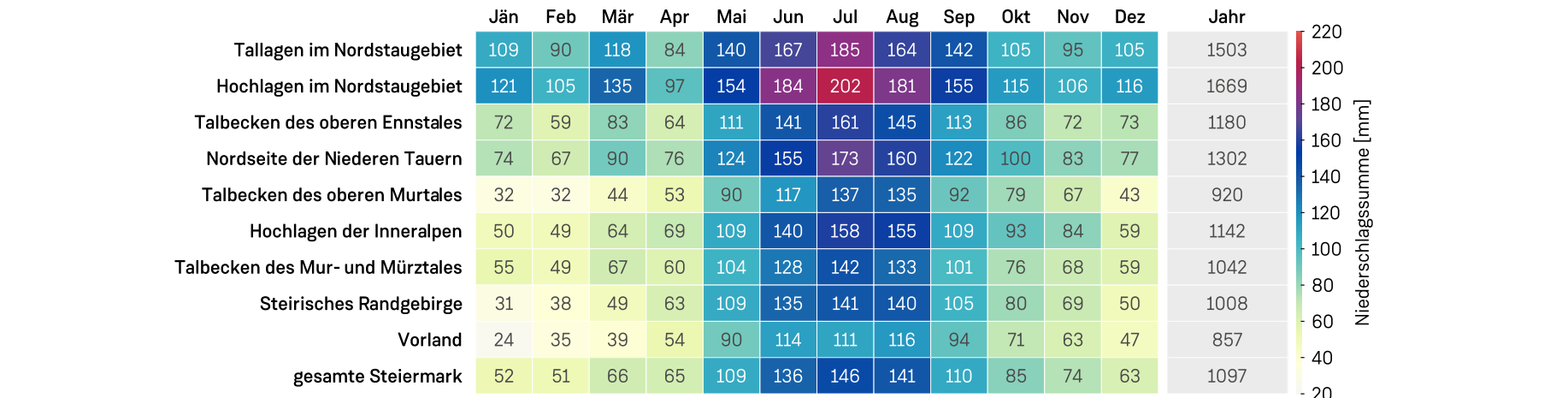


Abbildung 6.2: Jährliche, saisonale und monatliche Niederschlagssumme [mm] in den Klimaregionen und der gesamten Steiermark für die Gegenwart (1991 – 2020).



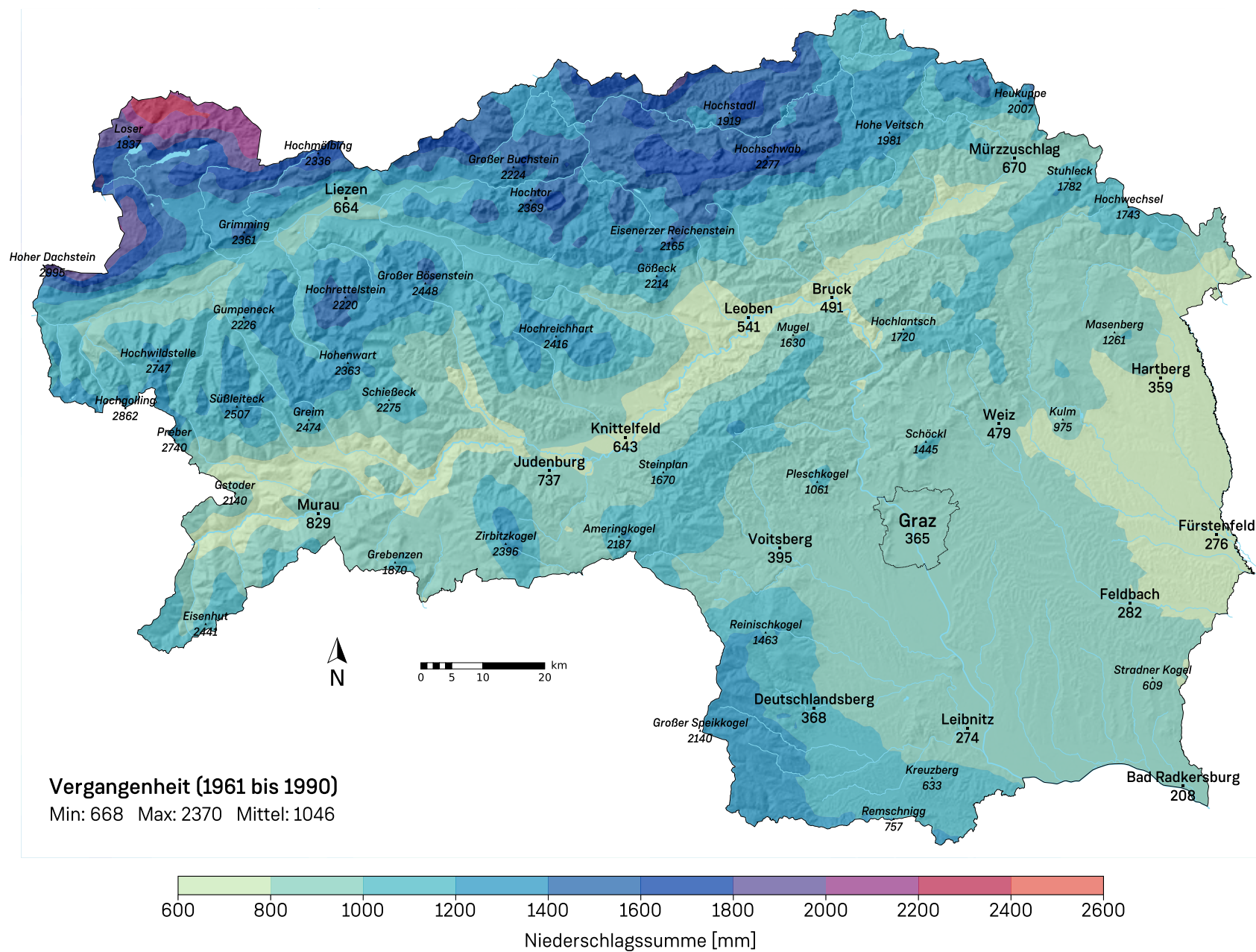


Abbildung 6.3: Jährliche Niederschlagssumme für die 30-jährige Klimanormalperiode 1961 – 1990.

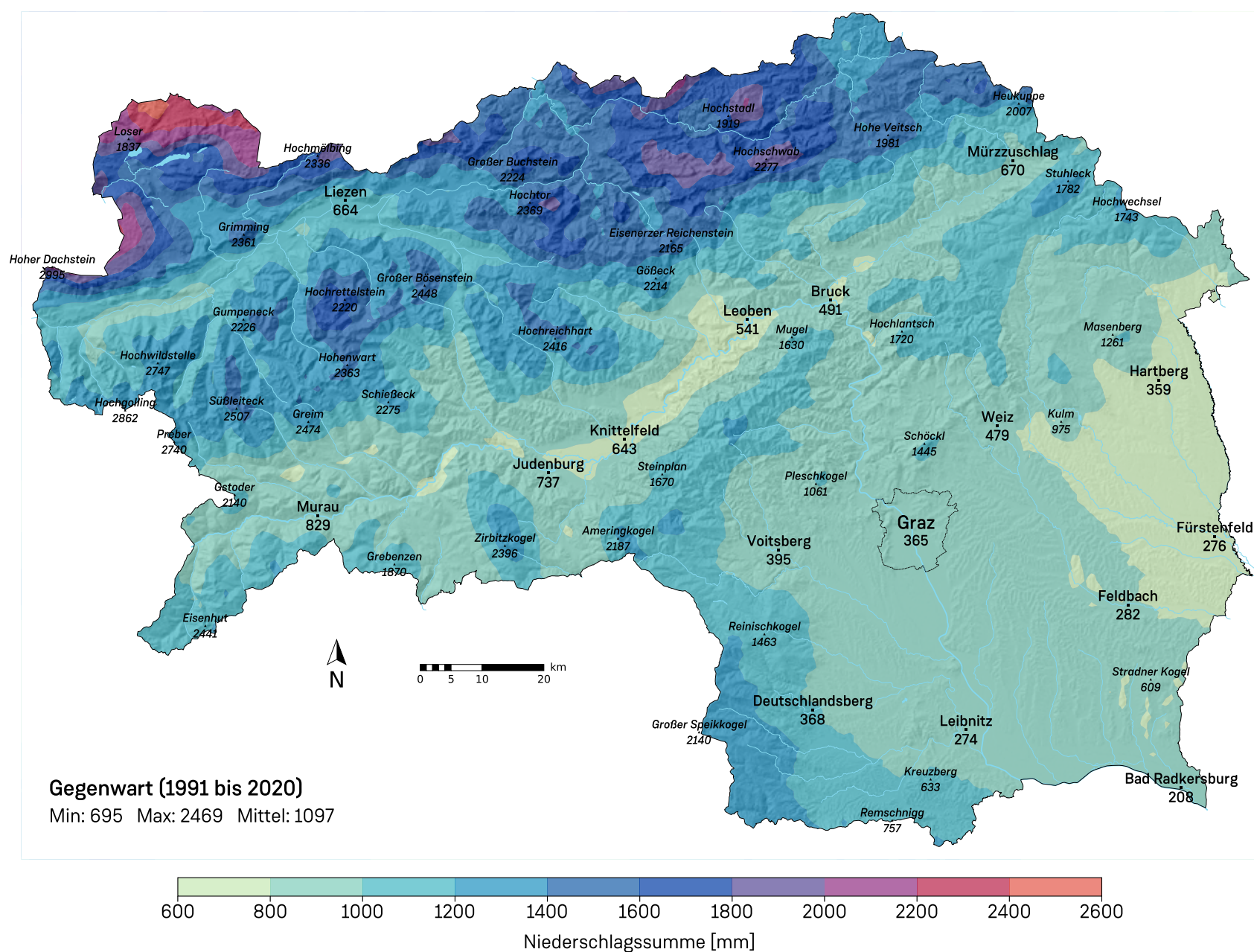


Abbildung 6.4: Jährliche Niederschlagssumme für die 30-jährige Klimanormalperiode 1991 – 2020.



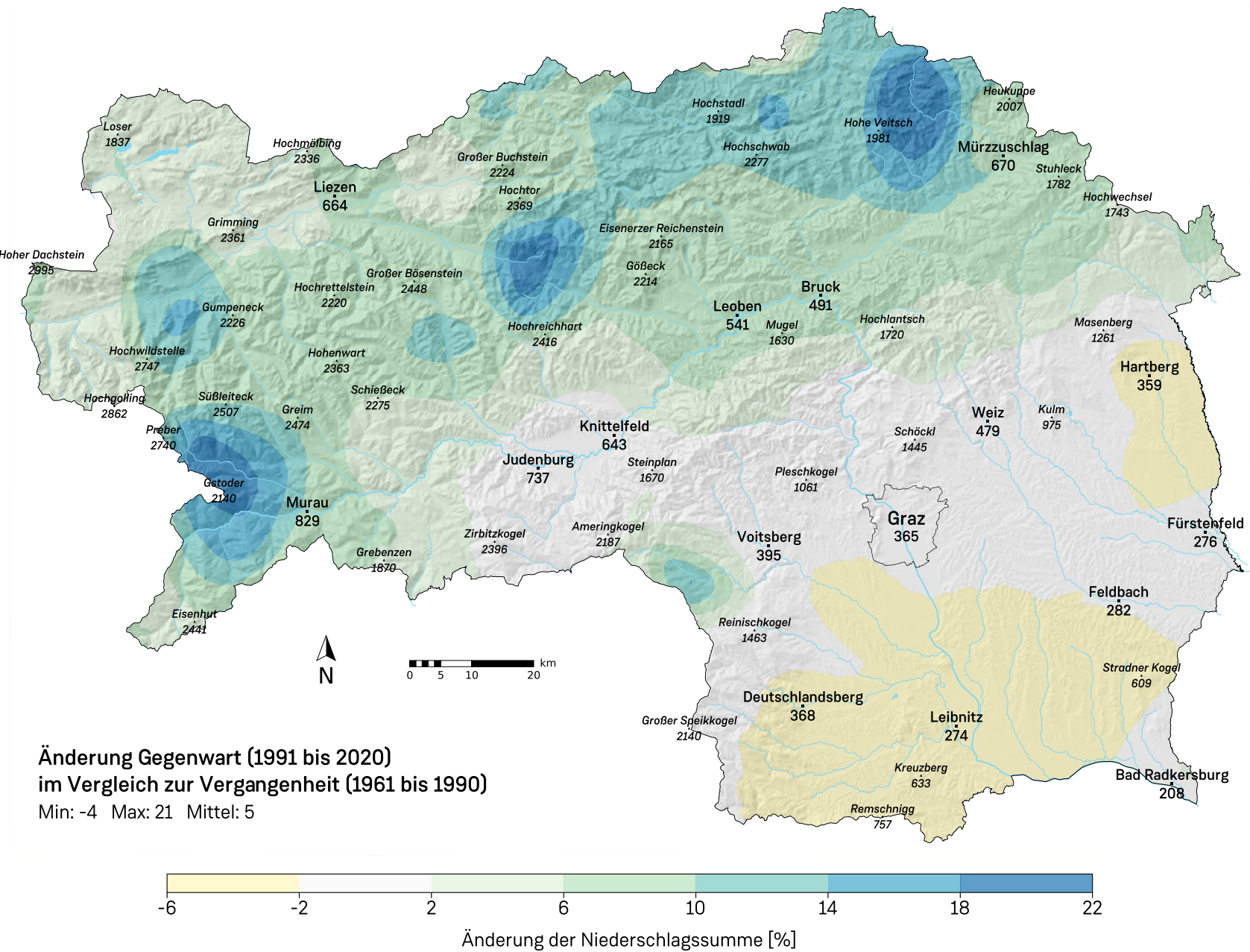


Abbildung 6.5: Relative Änderung der jährlichen Niederschlagssumme im Vergleich der Gegenwart (1991 – 2020) zur Vergangenheit (1961 – 1990).

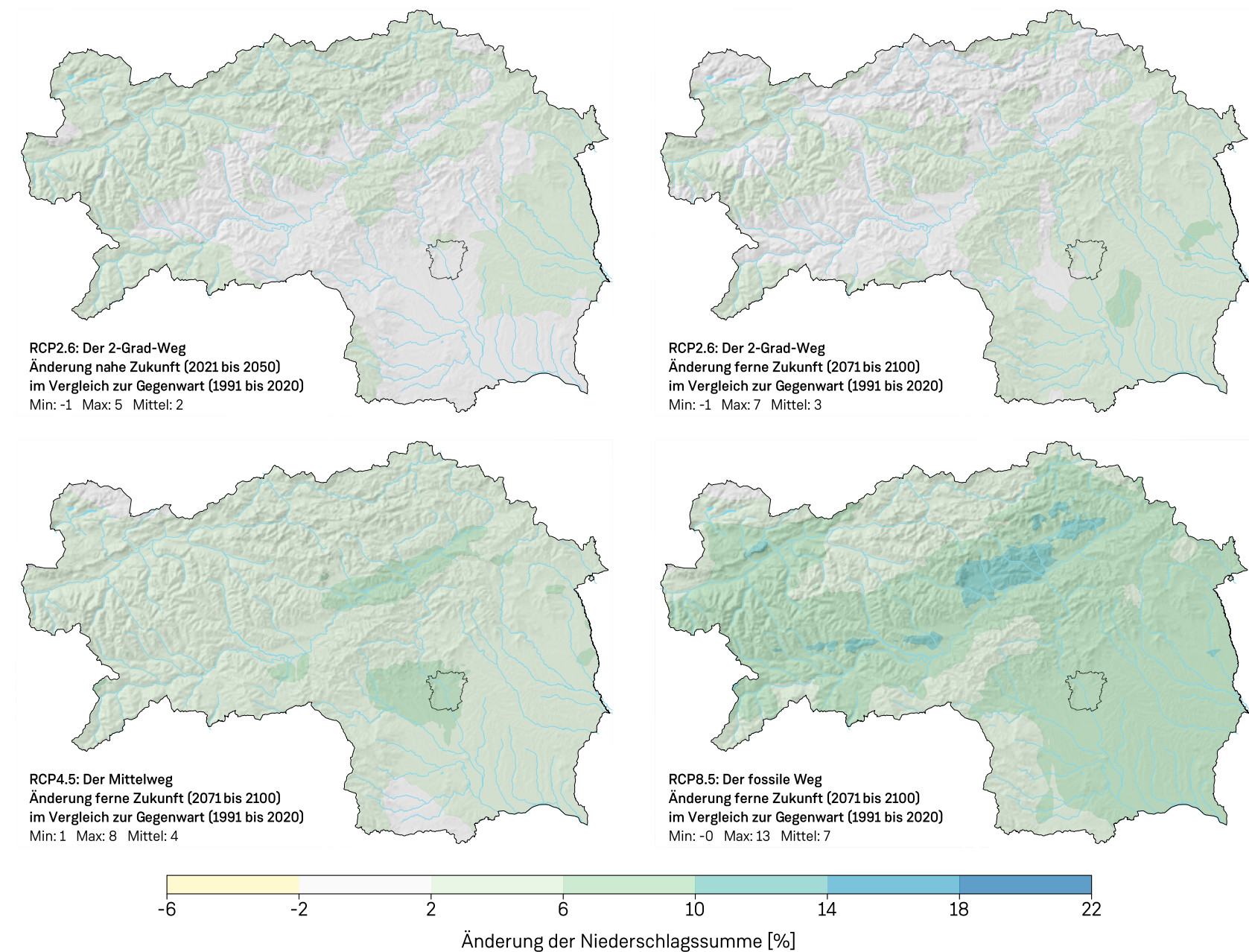


Abbildung 6.6: Relative Änderung der jährlichen Niederschlagssumme für die nahe (2021 – 2050) und ferne Zukunft (2071 – 2100) unter Berücksichtigung verschiedener Klimaszenarien (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5).



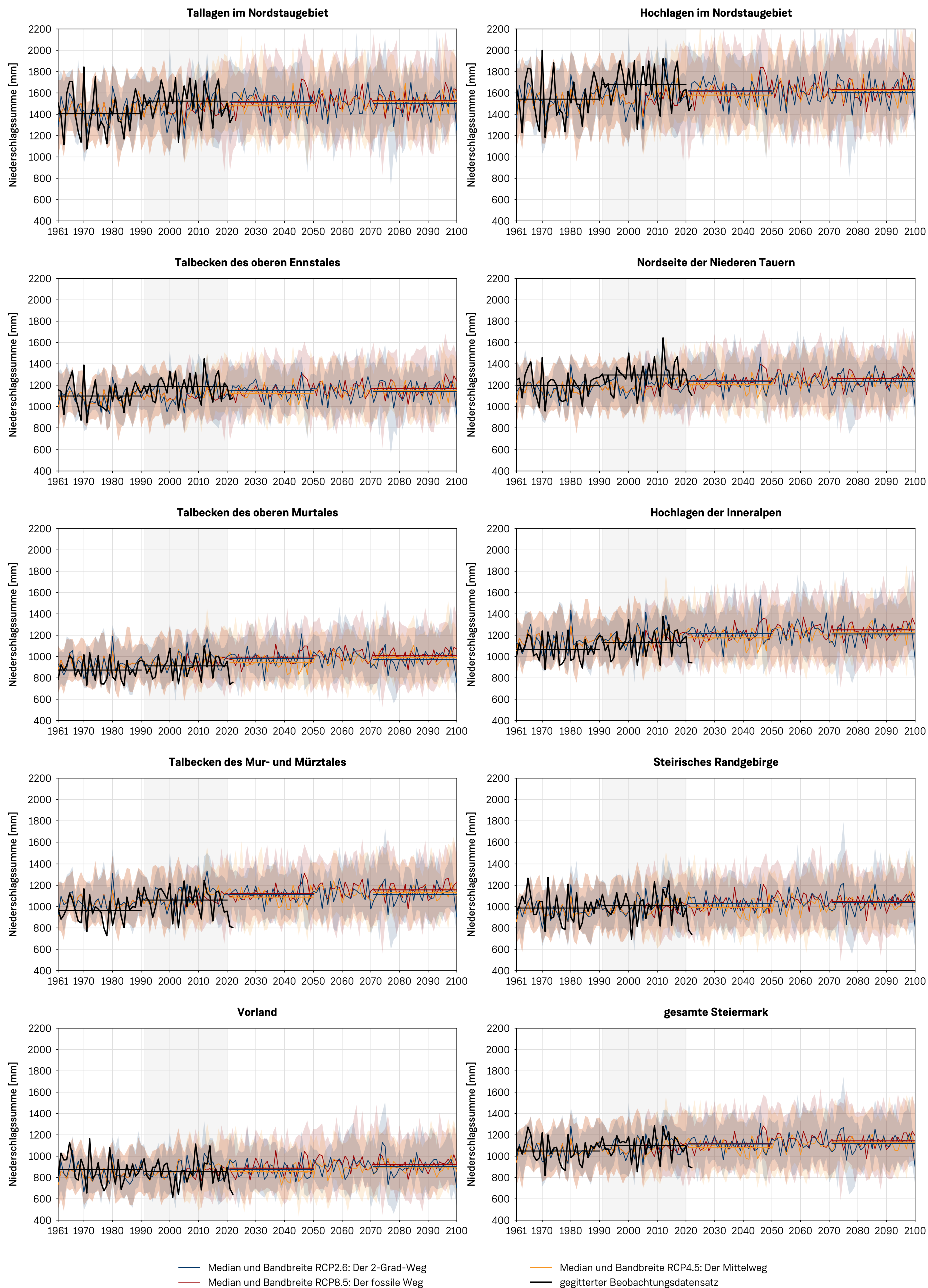


Abbildung 6.7: Zeitlicher Verlauf der jährlichen Niederschlagssumme von 1961 bis 2100 in den 9 Klimaregionen und der gesamten Steiermark. In den jeweiligen Diagrammen entspricht die schwarze Kurve den Messdaten (1961 bis zur Gegenwart) und die farbigen Kurven dem Median der Zukunftsszenarien für RCP2.6 (blau), RCP4.5 (orange) und RCP8.5 (rot) mit deren transparent dargestellten Bandbreiten (Q5 bis Q95). Waagrechte Linien kennzeichnen die 30-jährigen Mittelwerte der jeweiligen Klimanormalperioden, wobei die Gegenwartszeitspanne zudem grau hinterlegt ist.



Einflussfaktoren aus. Im 30-jährigen Mittelwert ist zusätzlich die Variabilität von Jahr zu Jahr entfernt, welche aber in den Zeitreihen der jährlichen Niederschlagssummen weiterhin ersichtlich ist. Solcherart erlaubt sie eine erste orientierende Information über die allgemeinen Niederschlagsverhältnisse und eine grobe Charakterisierung der Klimazone oder der landwirtschaftlichen Klima-Eignungen.

**Mittelwert 1991 – 2020.** Der langjährige Mittelwert der jährlichen Niederschlagssumme der Steiermark in der Periode 1991 – 2020 beträgt 1097 mm (Abbildung 6.4). Dies ist ein flächengewichteter Mittelwert über alle Höhenlagen.

**Räumliche Verteilung.** In der räumlichen Verteilung (Abbildung 6.4) bilden sich die unterschiedlichen Einflussfaktoren der Niederschlagsbildung ab. Allgemein zeigt sich eine Abnahme des Niederschlags von den Alpenrändern zu inneralpinen Bereichen, wobei die höchsten Mengen etwas einwärts der Alpenränder fallen. Die inneralpinen Gebiete erhalten weniger Niederschlag als die randalpinen, wo der Stau effekt den Niederschlag verstärkt. Weiters ist wegen der großen Häufigkeit von Nordstauwetterlagen eine allgemeine Abnahme der jährlichen Niederschlagssumme von Norden nach Süden zu beobachten. Insgesamt betrachtet hängt die jährliche Niederschlagsverteilung stark vom Gelände (Seehöhe) ab, ist aber durch die unterschiedliche Häufigkeit verschiedener Wetterlagen auf eine komplexe Art und Weise modifiziert. Klar erkennbar ist jedenfalls, dass alle Niederschlagsarten orographisch verstärkt werden. Die niederschlagsreichsten Regionen sind die Nordstaueregionen (im Wesentlichen die Nördlichen Kalkalpen), weil dort die in unseren Breiten vorherrschenden Nordwestwetterlagen auf die erste größere Barriere stoßen und durch den Stau effekt Niederschlag ausgelöst oder verstärkt wird. Die höchsten jährlichen Niederschlagssummen von über 2200 mm sind dabei in den Bergen rund um das Ausseer Land (Totes Gebirge, Dachsteingebirge) sowie im Hochschwabgebiet zu finden. In Tallagen werden die höchsten Summen in Bad Aussee mit 1552 mm gemessen. Weit weniger ausgeprägt als der Nordstau effekt, aber dennoch in der jährlichen Niederschlagssumme noch erkennbar, ist der Einfluss des Südstau effekts, der vor allem in den Gurktaler Alpen sowie abgeschwächt auch in den Seetaler Alpen und im westlichen Randgebirge den Niederschlag bei Wetterlagen mit südlicher Anströmungs-

richtung verstärkt. Die niederschlagsärmsten Regionen der Steiermark mit unter 800 mm Niederschlag pro Jahr sind einerseits der östliche Teil des Vorlands und andererseits die Mur-Mürz-Furche, wo orographische Abschirmung über das Jahr aufsummiert zu den geringsten Niederschlagssummen führt. Die niedrigsten jährlichen Niederschlagssummen werden mit 750 mm in Fürstenfeld gemessen.

**Zeitliche Änderung.** Im Vergleich zur vorangegangenen Klimanormalperiode (1961 – 1990) hat die jährliche Niederschlagssumme in der Steiermark um 5% zugenommen. Dieser steiermarkweite Mittelwert ist allerdings nicht sehr aussagekräftig, da es deutliche regionale (Abbildung 6.5) und saisonale Unterschiede (Kapitel 6.2.3) gibt. Während im Norden und Westen der Steiermark (bis zum Randgebirge) der Niederschlag zugenommen hat, ist im Vorland eine leichte Abnahme zu verzeichnen. Die Mittelwerte in den einzelnen Klimaregionen spiegeln dieses Muster wider: Nördlich und westlich des Randgebirges wurden Zunahmen von 5% bis 10% verzeichnet. Im Steirischen Randgebirge betrug die Zunahme 2,3% und im Vorland nahm der Niederschlag um 2,1% ab. In den Klimaszenarien ist sowohl für die nahe als auch für die ferne Zukunft dieses Nord-Süd-Muster nicht zu erkennen. Generell wird langfristig von einer weiteren leichten Zunahme der jährlichen Niederschlagssumme um 3% bis 7% ausgegangen. Das gibt Grund zur Annahme, dass das Nord-Süd-Gefälle der Niederschlagsänderung seit 1961 mehr ein Effekt der natürlichen Variabilität als eine Folge des menschengemachten Klimawandels ist. Es ist zu beachten, dass die Niederschlagsszenarien mit großen Unsicherheiten behaftet sind und Änderungen unter 10% nicht als signifikant betrachtet werden können. Insbesondere sind beim Niederschlag – anders als bei der Temperatur – die Unterschiede zwischen den einzelnen Szenarien nicht signifikant. Deutlichere Niederschlagssignale sind hingegen in den saisonalen Auswertungen zu finden (siehe Kapitel 6.2.3).

## 6.2.2 Veränderlichkeit der jährlichen Niederschlagssumme

**Definition.** Die Veränderlichkeit der jährlichen Niederschlagssumme wird durch die Standardabweichung der jährlichen Niederschlagssummen beschrieben. Die Maßeinheit ist, wie beim Mittelwert der Niederschlagssumme, die Niederschlagshöhe, gemessen

in Millimetern [mm]. Da die relative Angabe zum Mittelwert die Auswirkungen verständlicher darstellt, wird die Veränderlichkeit hier als Prozentsatz angegeben. Als Faustregel gilt: Etwa zwei Drittel aller jährlichen Niederschlagssummen liegen innerhalb des Bereichs der mittleren Niederschlagssumme +/- der Veränderlichkeit.

**Aussagekraft.** Die Veränderlichkeit gibt an, ob die Niederschlagssummen in einzelnen Jahren typischerweise eher nahe am langjährigen Durchschnitt liegen oder stark davon abweichen. Gebiete mit geringer Veränderlichkeit zeichnen sich durch gleichmäßige Niederschlagsverhältnisse aus, während in Gebieten mit hoher Veränderlichkeit oft ein Wechsel zwischen sehr trockenen und sehr regenreichen Jahren auftritt.

**Periode 1991 – 2020.** Die Veränderlichkeit der jährlichen Niederschlagssumme in der Steiermark betrug in der Periode 1991 – 2020 etwa 12% (134 mm) der mittleren jährlichen Niederschlagssumme (Abbildung 6.9). Das bedeutet, dass in etwa zwei Drittel der Jahre die Niederschlagssumme zwischen 963 mm und 1231 mm lag.

**Räumliche Verteilung.** Die räumliche Verteilung (Abbildung 6.9) zeigt die größte Veränderlichkeit (bis zu 17%) im Vorland, im Randgebirge und in den Talbecken des Mur- und Mürztals. Die geringste Veränderlichkeit wurde im Nordwesten der Steiermark, rund um den Dachstein und im Toten Gebirge, verzeichnet. Dabei ist zu beachten, dass diese Muster keineswegs stabil sind. In der Vergangenheit (Abbildung 6.8) lag ebenfalls ein Maximum der Veränderlichkeit im Vorland, jedoch gab es ein weiteres Maximum im Nordwesten der Steiermark, genau dort, wo sich in der aktuellen Klimanormalperiode ein Minimum befindet.

**Zeitliche Änderung.** Im Vergleich zur vorangegangenen Klimanormalperiode (1961 – 1990) hat die Veränderlichkeit der jährlichen Niederschlagssumme in der Steiermark großflächig abgenommen (Abbildung 6.10). Die Abnahme war in den Nordstaueregionen und im Vorland am stärksten (bis zu 7%), während am Alpenhauptkamm keine Abnahme zu verzeichnen war. Nach heutigem Stand der Wissenschaft ist nicht abschätzbar, ob diese Änderung Teil eines längerfristigen Trends ist und sich in Zukunft fortsetzen wird, oder ob sie als natürliche Schwankung zu betrachten ist.



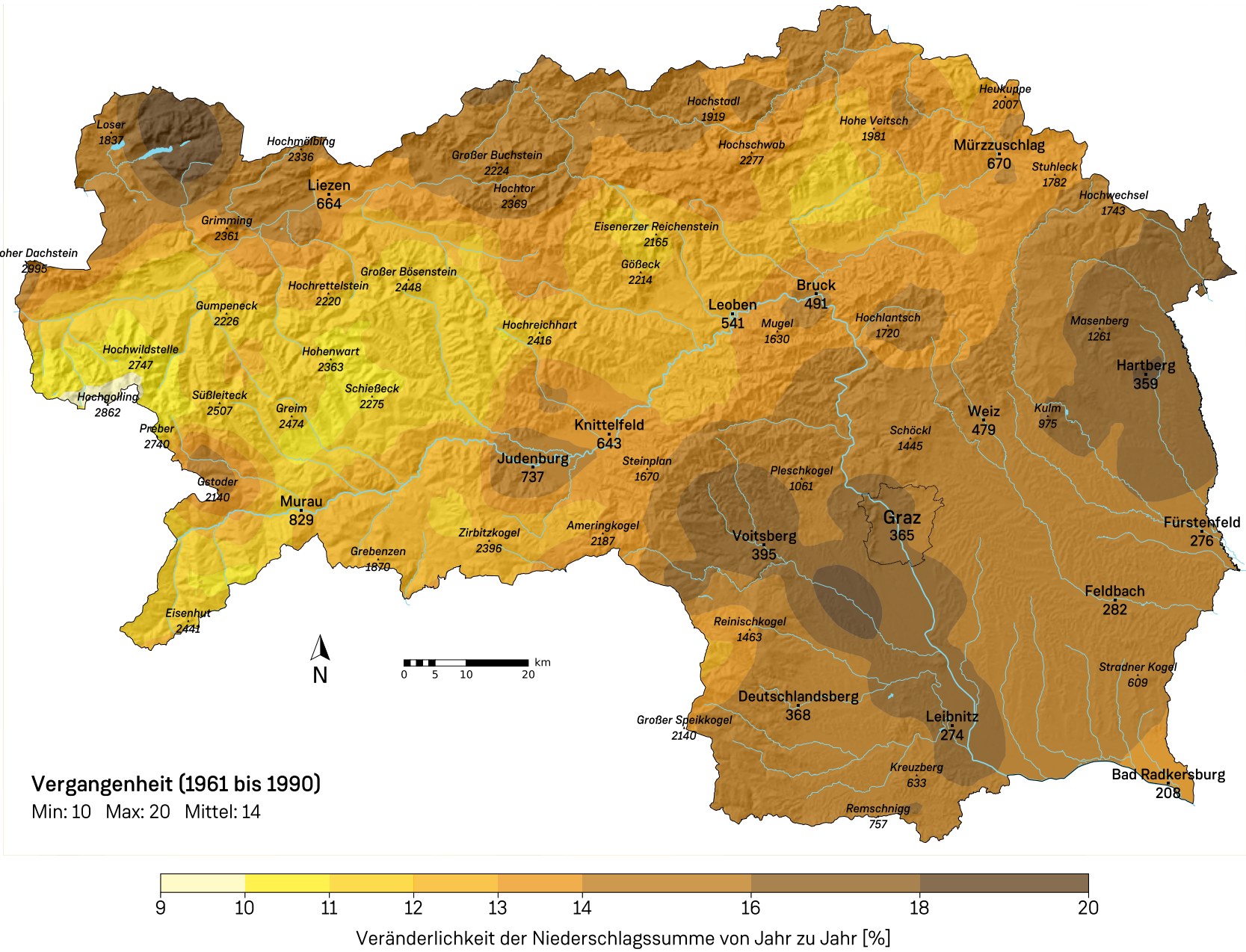


Abbildung 6.8: Veränderlichkeit der jährlichen Niederschlagssumme für die 30-jährige Klimanormalperiode 1961 – 1990.

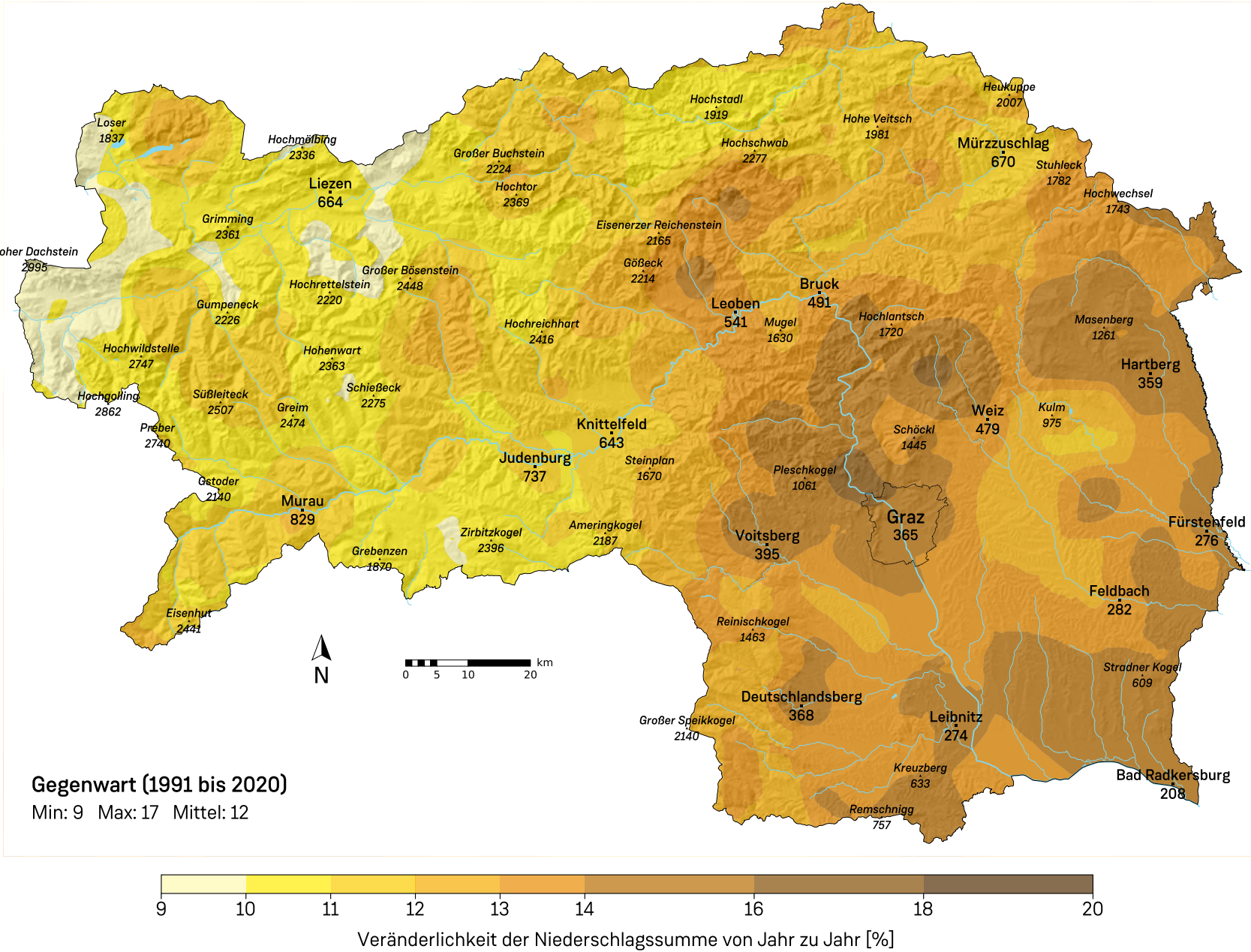


Abbildung 6.9: Veränderlichkeit der jährlichen Niederschlagssumme für die 30-jährige Klimanormalperiode 1991 – 2020.



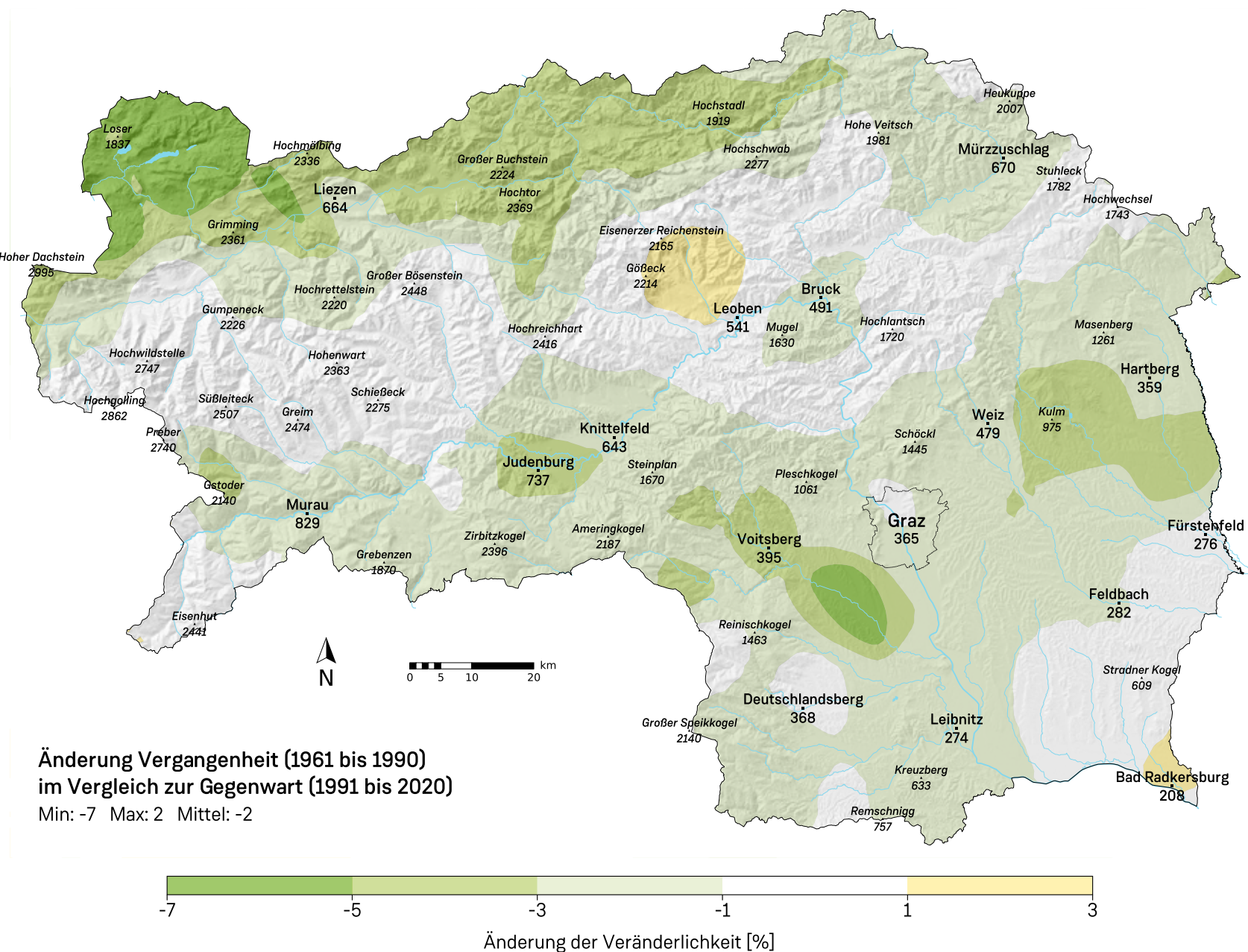


Abbildung 6.10: Änderung der Veränderlichkeit der jährlichen Niederschlagssumme. Vergleich der Gegenwart (1991 – 2020) zur Vergangenheit (1961 – 1990). Gezeigt ist die Differenz der beiden Karten in den Abbildungen 6.8 und 6.9.



### 6.2.3 Saisonale Niederschlagssummen

**Definition.** Die saisonale Niederschlagssumme beschreibt den über eine meteorologische Saison aufsummierten Niederschlag. Die meteorologischen Saisons sind folgendermaßen definiert. Winter: 1. Dezember bis 28. (in Schaltjahren 29.) Februar; Frühling: 1. März bis 31. Mai; Sommer: 1. Juni bis 31. August; Herbst: 1. September bis 30. November. Als Maßeinheit für die saisonale Niederschlagssumme wird die Niederschlagshöhe, gemessen in Millimeter [mm], verwendet. Der Anteil des Niederschlags, der in fester Form fällt, wird bei der Messung geschmolzen und sein Wasseräquivalent somit mitgezählt (für explizite Darstellung von Schnee siehe Kapitel 7 „Schnee“).

**Aussagekraft.** Die saisonalen Niederschlagssummen geben eine vereinfachte, geglättete Auskunft über den Jahresgang des Niederschlags und über saisonale Unterschiede der räumlichen Niederschlagsmuster. Sie sind eine direkte Folge der unterschiedlichen Wetterlagen und lassen daher Rückschlüsse auf die Häufigkeitsverteilung von Wetterlagen in einzelnen Saisons zu.

**Mittelwerte 1991 – 2020.** Die langjährigen Mittelwerte der saisonalen Niederschlagssummen der Steiermark in der Periode 1991 –

2020 betragen 168 mm im Winter, 241 mm im Frühling, 423 mm im Sommer und 268 mm im Herbst (siehe Abbildungen 6.11 bis 6.14). Im Sommer fällt in der Steiermark also bei Weitem mehr Niederschlag als im Winter, was für die Vegetation ein großer Vorteil und eines der Merkmale kontinental geprägter Klimazonen ist. Der Grund für dieses sommerliche Maximum ist die Dominanz konvektiver Niederschläge in der jährlichen Niederschlagssumme.

**Räumliche Verteilung.** In den räumlichen Verteilungen der saisonalen Niederschlagssummen (Abbildungen 6.11 bis 6.14) bilden sich die unterschiedlichen Einflussfaktoren der Niederschlagsbildung noch deutlicher ab als in der jährlichen Summe. In der niederschlagsärmsten Saison, dem Winter, sind die regionalen Unterschiede sehr groß: Während in den Hochlagen im Nordstaugebiet lokal bis zu fast 590 mm auftreten (Totes Gebirge), bleiben die mittleren Winterniederschläge in den tiefen Lagen der großen Längstäler von Mur und Mürz und im östlichen Teil des Vorlandes teils unter 100 mm. Im Winter, in dem Nordwest- und Nord-Wetterlagen vorherrschen, zeigt sich also der Stau effekt der Nordalpen (viel Niederschlag im Luv und trockene Verhältnisse im Lee) in seiner vollen Ausprägung. Auch im Sommer sind die maximalen saisonalen Niederschlagssummen mit bis zu 750 mm

rund um das Tote Gebirge zu finden, aber der Unterschied zu den niederschlagsärmsten Regionen im Vorland mit knapp 300 mm ist deutlich geringer als im Winter, da im Sommer konvektiver Niederschlag dominiert und dieser weniger an die Orographie gebunden ist als die im Winter dominierenden Stauniederschläge.

**Zeitliche Änderung.** Wie die jährliche Niederschlagssumme haben die saisonalen Niederschlagssummen im Vergleich zur vorangegangenen Klimanormalperiode (1961 – 1990) tendenziell im Norden der Steiermark etwas zugenommen und im Vorland abgenommen oder zumindest weniger zugenommen (Abbildungen 6.15 bis 6.18). Hervorzuheben ist der Herbst, der mit 16% mehr Niederschlag fast allein für den gesamten Zuwachs der jährlichen Summe verantwortlich ist. Die größten Zunahmen mit bis zu 35% sind im Herbst in der Hochschwabregion und in den Schladminger Tauern aufgetreten. In den anderen Saisons ist im steiermarkweiten Mittelwert kein signifikanter Trend festzustellen. Die Klimaszenarien zeigen für die Zukunft längerfristig eine Tendenz zu mehr Niederschlag, vor allem im Winter und etwas abgeschwächt auch im Frühling und Herbst, wohingegen im Sommer eher weniger Niederschlag erwartet wird (ohne Abbildung).



Foto 6.1: Dauerregen auf der Alm. Im Stau der steirischen Nordalpen werden die höchsten Jahresniederschlagssummen verzeichnet. (Foto: A. Podesser)



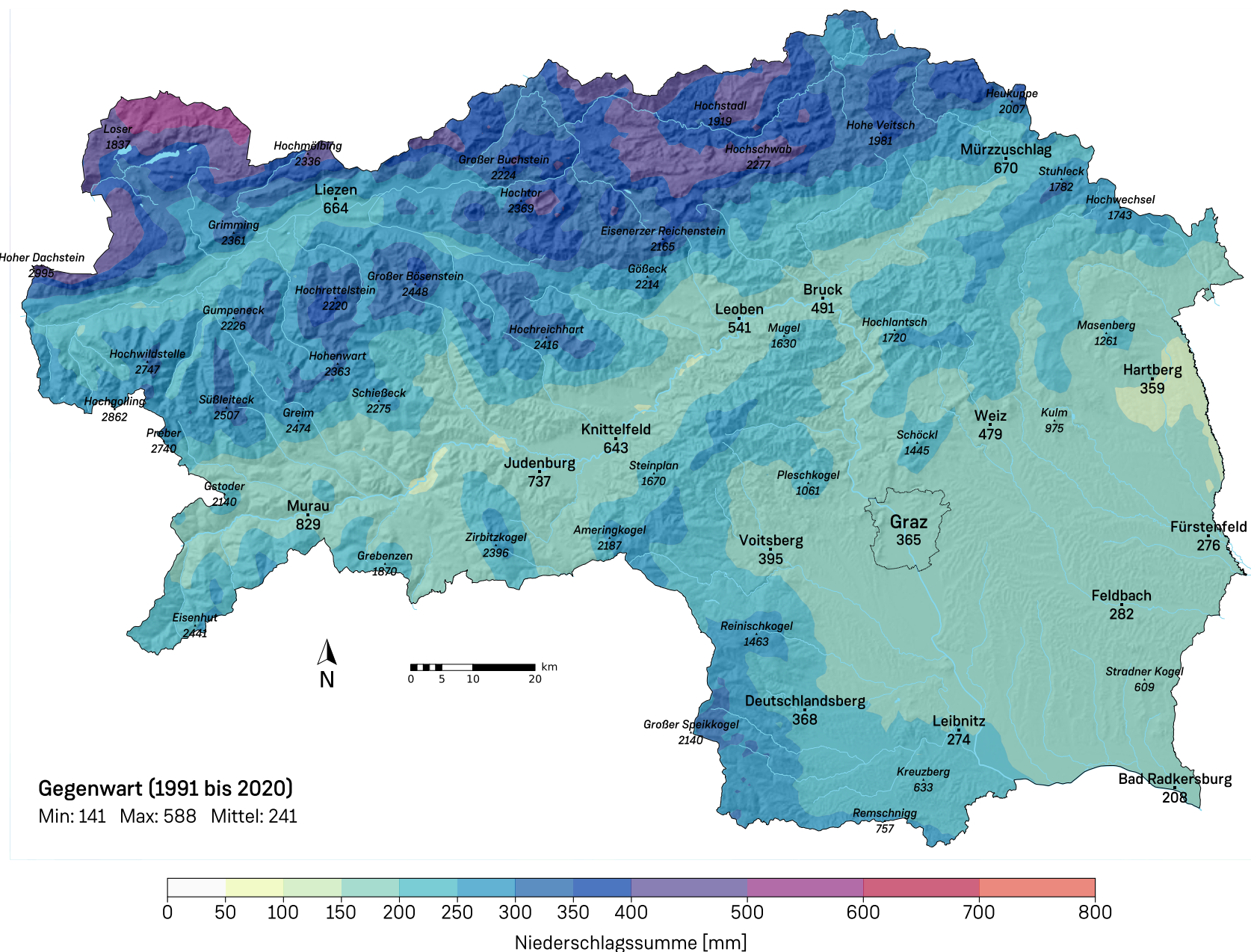


Abbildung 6.11: Mittlere saisonale Niederschlagssumme [mm] für die 30-jährige Klimanormalperiode 1991 – 2020 im Frühling.

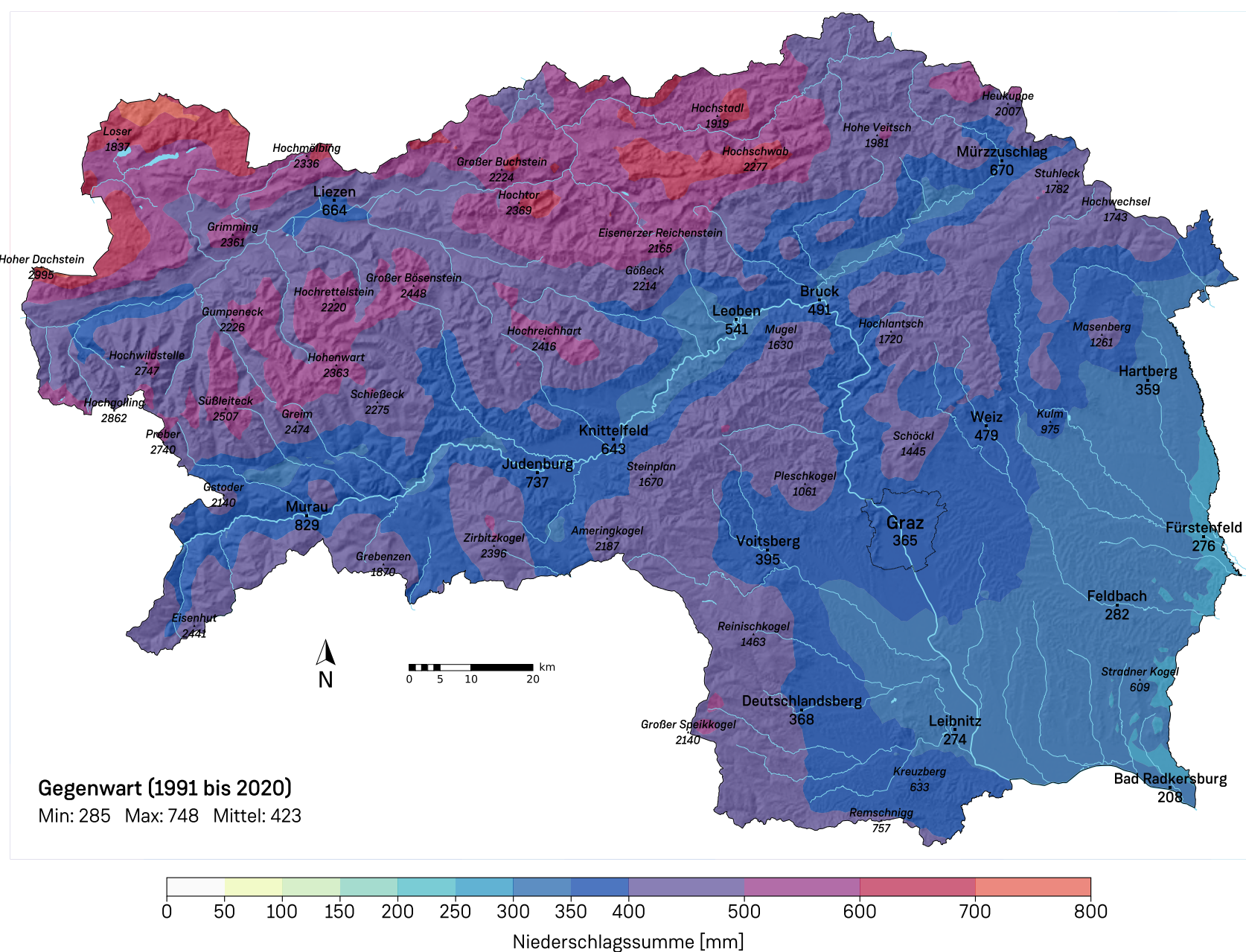


Abbildung 6.12: Mittlere saisonale Niederschlagssumme [mm] für die 30-jährige Klimanormalperiode 1991 – 2020 im Sommer.



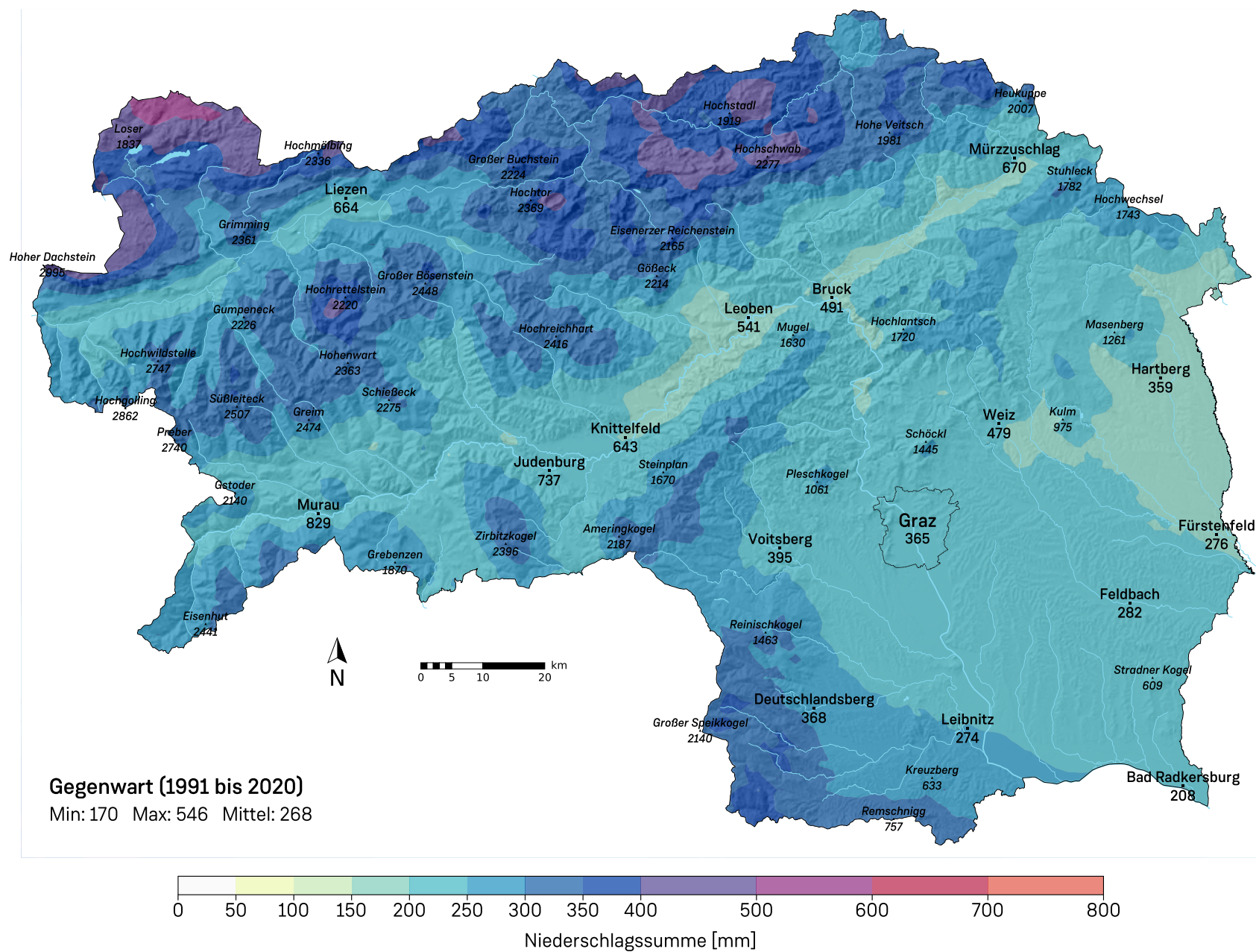


Abbildung 6.13: Mittlere saisonale Niederschlagssumme [mm] für die 30-jährige Klimanormalperiode 1991 – 2020 im Herbst.

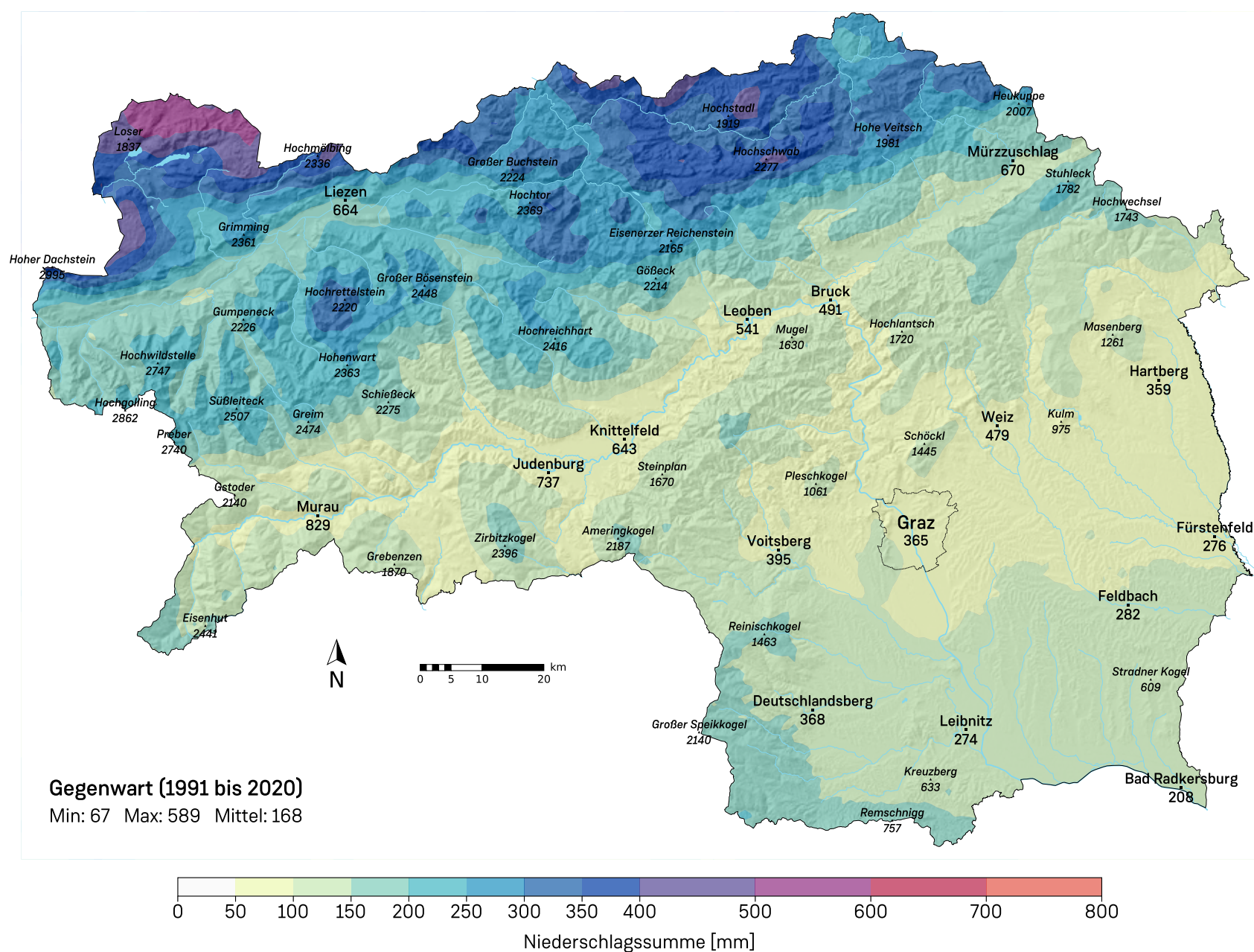


Abbildung 6.14: Mittlere saisonale Niederschlagssumme [mm] für die 30-jährige Klimanormalperiode 1991 – 2020 im Winter.



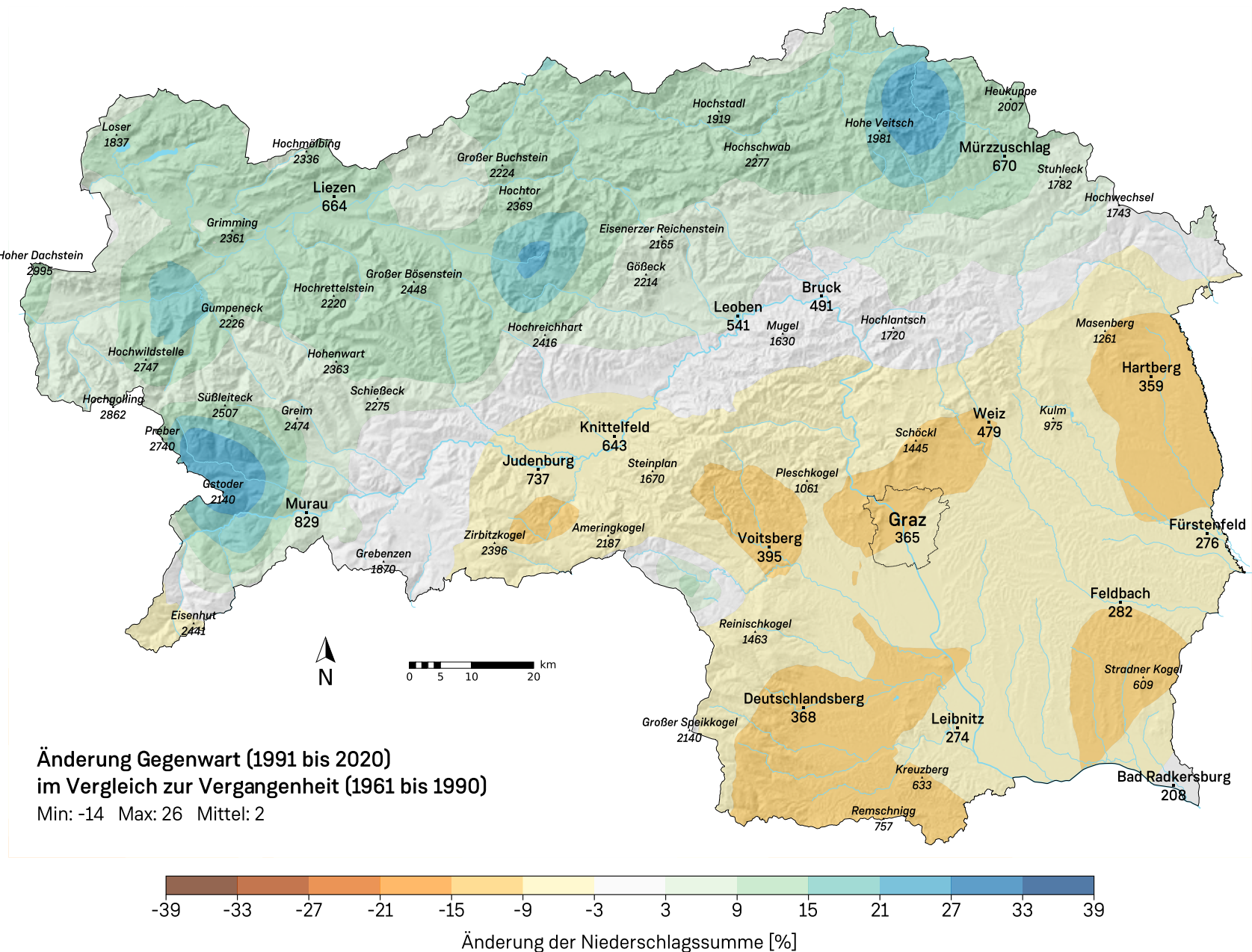


Abbildung 6.15: Relative Änderung der saisonalen Niederschlagssumme in Prozent: Vergleich der Gegenwart (1991 – 2020) zur Vergangenheit (1961 – 1990) im Frühling.

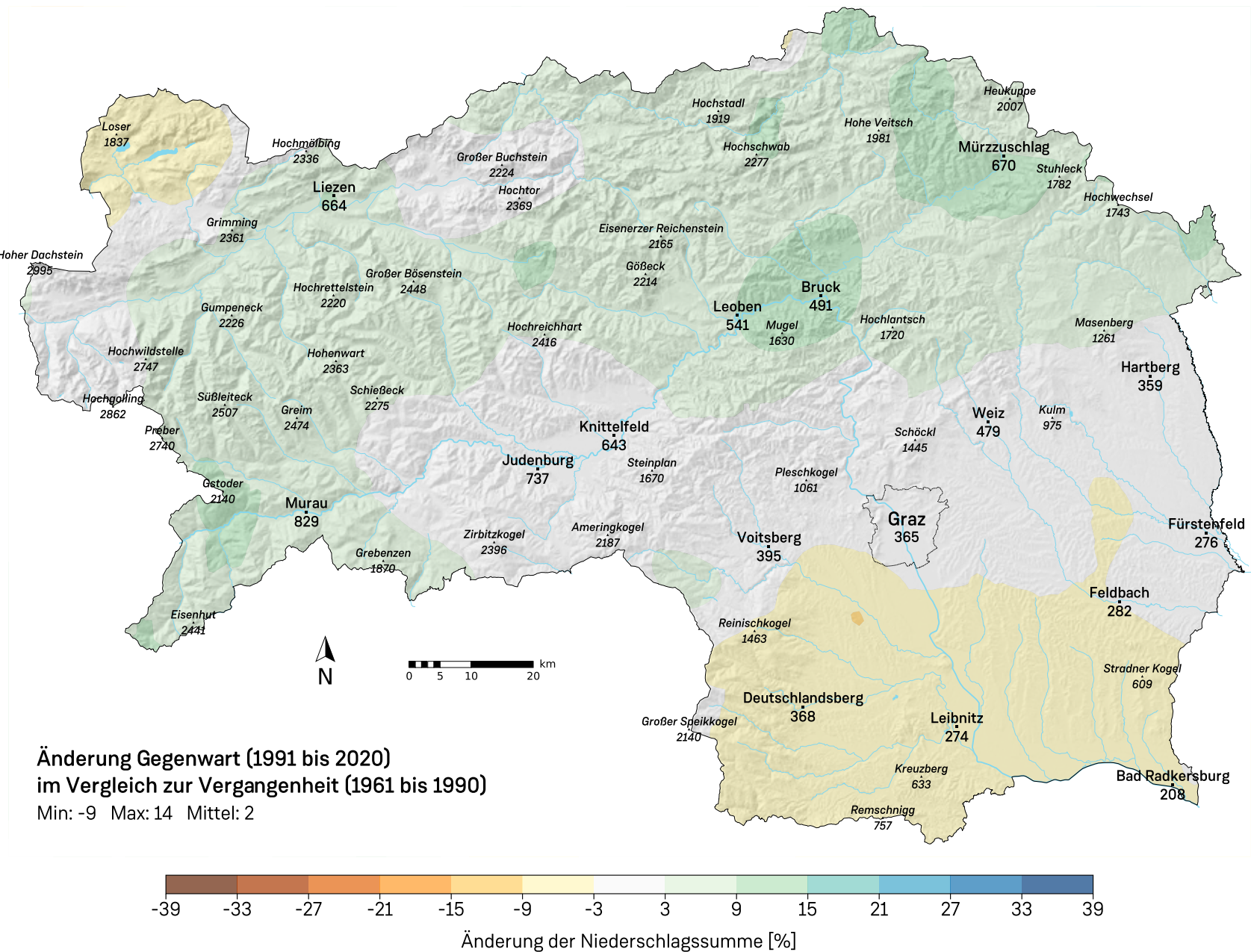


Abbildung 6.16: Relative Änderung der saisonalen Niederschlagssumme in Prozent: Vergleich der Gegenwart (1991 – 2020) zur Vergangenheit (1961 – 1990) im Sommer.



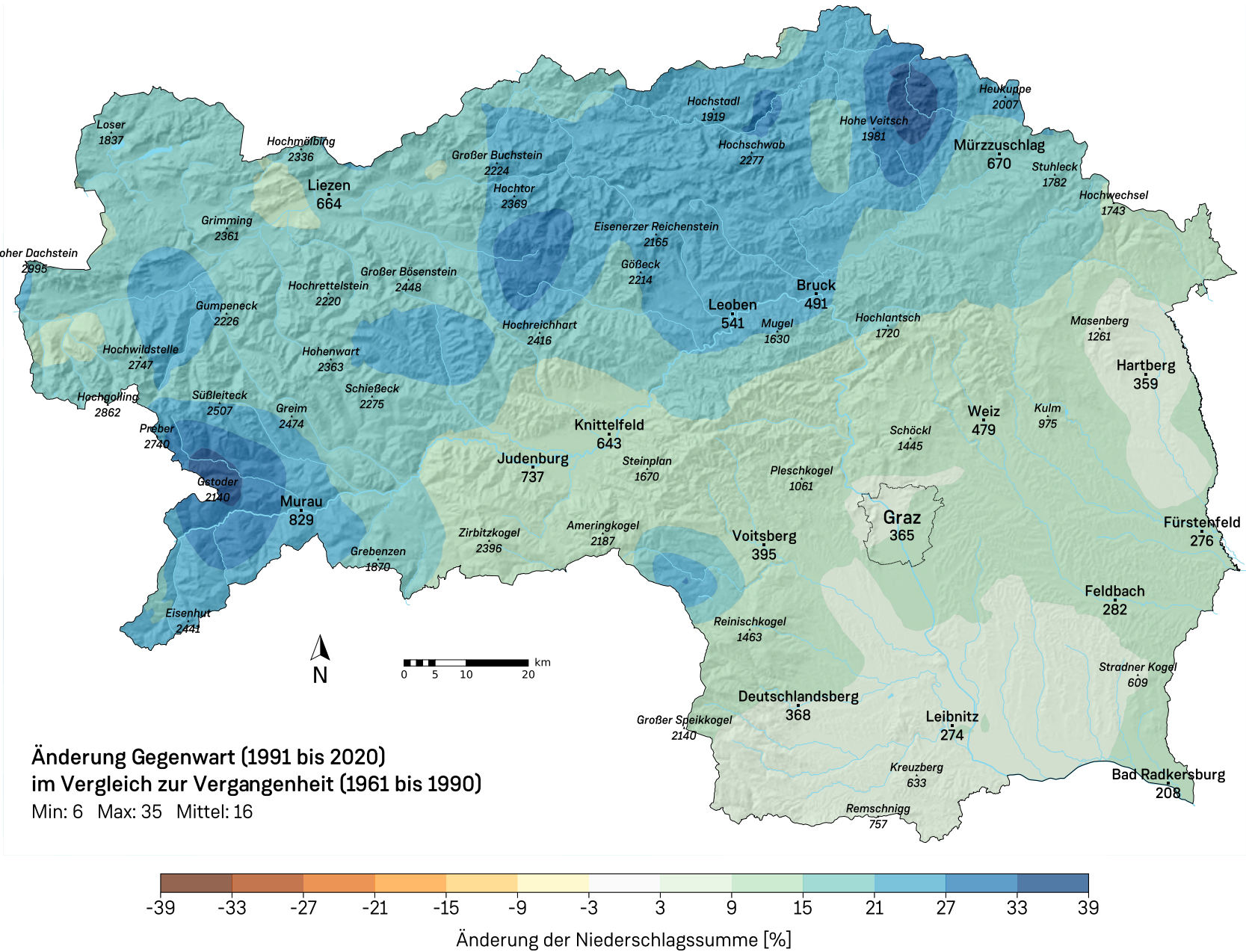


Abbildung 6.17: Relative Änderung der saisonalen Niederschlagssumme in Prozent: Vergleich der Gegenwart (1991 – 2020) zur Vergangenheit (1961 – 1990) im Herbst.

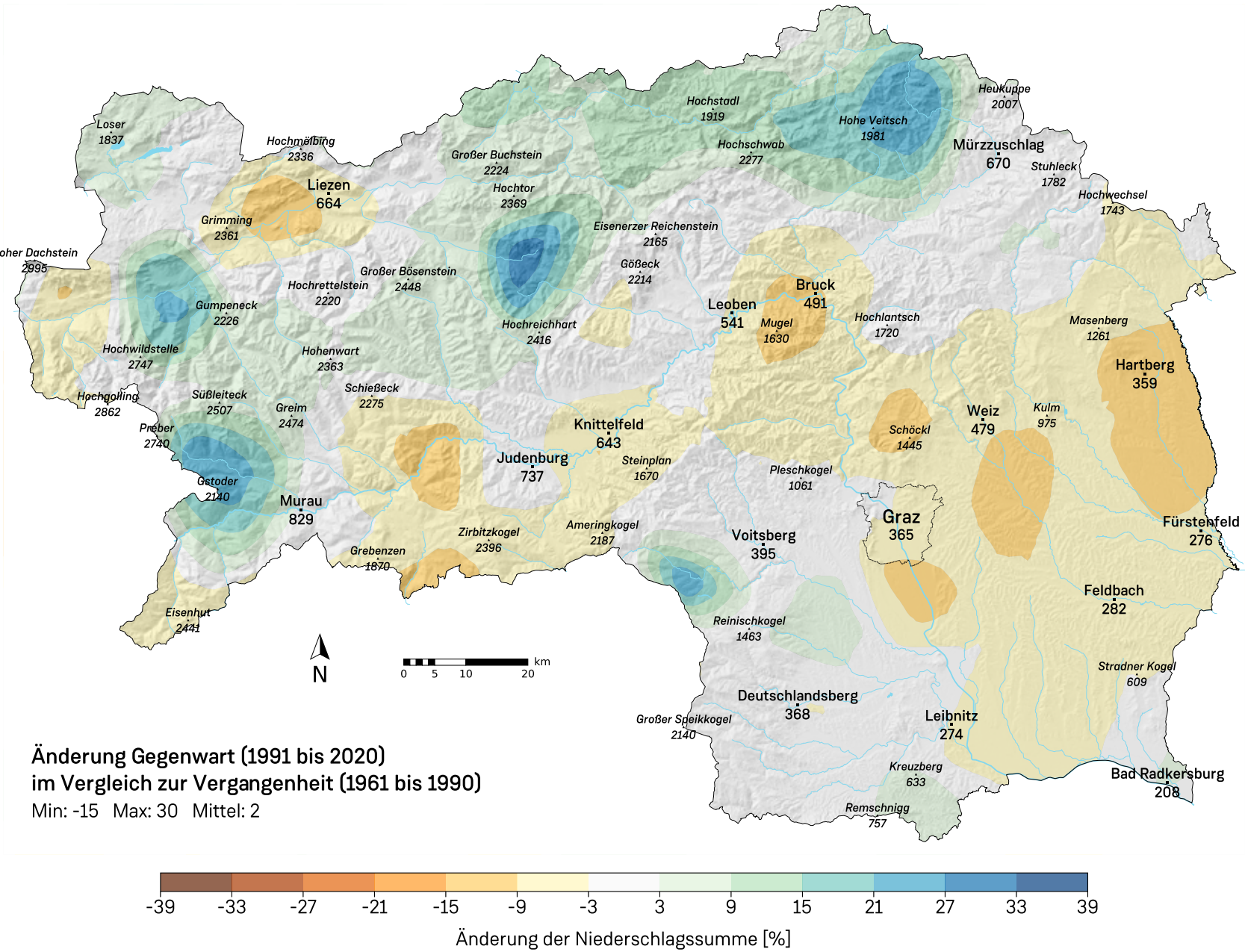


Abbildung 6.18: Relative Änderung der saisonalen Niederschlagssumme in Prozent: Vergleich der Gegenwart (1991 – 2020) zur Vergangenheit (1961 – 1990) im Winter.



6.2.4 Monatliche Niederschlags-summen

**Definition.** Die monatliche Niederschlagssumme beschreibt den über alle Tage eines Monats aufsummierten Niederschlag. Dabei ist zu beachten, dass aufgrund der unterschiedlichen Monatslängen leichte Verfälschungen beim Vergleich der Monate miteinander auftreten. Als Maßeinheit für die monatliche Niederschlagssumme wird die sogenannte Niederschlagshöhe, gemessen in Millimeter [mm], verwendet. 1 mm Niederschlag entspricht dabei einem Liter Wasser pro Quadratmeter. Der Anteil des Niederschlags, der in fester Form fällt, wird bei der Messung geschmolzen und sein Wasseräquivalent somit mitgezählt (für explizite Darstellung von Schnee siehe Kapitel 7 „Schnee“).

**Aussagekraft.** Die monatlichen Niederschlagssummen geben detailliert Auskunft über den Jahresgang der Niederschlagsverhältnisse in einer Region und sind, gemeinsam mit den monatlichen Durchschnittstemperaturen, Basis für ihre klimatologische Einordnung, etwa nach Köppen-Geiger (z.B. Kottek et al., 2006).

**Mittelwerte 1991 – 2020 und räumliche Verteilung.** Aus den monatlichen Niederschlagssummen sind unter den Klimaregionen zwei unterschiedliche Typen von Jahresverläufen erkennbar: Während der Jahresverlauf südlich des Alpenhauptkammes eine einfache Welle mit einem Zyklus pro Jahr darstellt, der ein klares Minimum im Winter und ein Maximum im Sommer aufweist (Vorland, Stei-

risches Randgebirge, Talbecken des oberen Murtales, Talbecken des Mur- und Mürztalles, Hochlagen der Inneralpen), ist der Verlauf nördlich des Alpenhauptkammes komplexer, weil er schwächere sekundäre Maxima im Winterhalbjahr hat (Abbildung 6.19). Der Alpenhauptkamm teilt die Steiermark also in eine stärker kontinental geprägte Region südlich des Alpenhauptkammes und eine stärker maritim geprägte Region nördlich des Alpenhauptkammes.

Nutzt man die monatlichen Niederschlagssummen, um die Klimaregionen der Steiermark gemäß Köppen-Geiger (Kottek et al., 2006) einzuteilen, zeigt sich, dass die Unterschiede zwischen der Niederschlagssumme in den Sommermonaten und den Wintermonaten selbst im Vorland nicht groß genug sind, um sie als „wintertrocken“ bezeichnen zu können (dazu müsste der feuchteste Monat im Sommer mehr als zehnmal so viel Niederschlag aufweisen als der trockenste Monat im Winter). Somit sind alle Klimaregionen der Steiermark als „durchgehend feucht“ zu bezeichnen. Zusammen mit der Temperaturklassifikation ergibt sich folgende Einteilung: Die Hochlagen im Nordstaugebiet, die Nordseite der Niederen Tauern, die Hochlagen der Inneralpen und die Talbecken des oberen Murtales sind dem durchgehend feuchten Schneeklima zuzuordnen (Df), die restlichen Klimaregionen der Steiermark sind zur durchgehend feuchten, warm temperierten Klimazone (Cf) zu zählen (siehe auch Kapitel 2 „Klimaregionen“).

**Zeitliche Änderung.** Betrachtet man die Änderungen der monatlichen Niederschlagssummen im Vergleich zur vorangegangenen

Klimanormalperiode (1961 – 1990), ergibt sich ein komplexes Bild (Abbildung 6.20), welches generalisierende Aussagen über einzelne Jahreszeiten kaum zulässt. Anders als bei der Temperaturänderung (Kapitel 3 „Temperatur“) sind die Änderungen in den einzelnen Klimaregionen recht unterschiedlich. Das einzige Muster, welches sich durch die gesamte Steiermark zieht, ist eine markante Niederschlagszunahme im September und Oktober (zwischen 10% und 40% Zunahme), die sich mit einer auffallend geringen Temperaturzunahme (Kapitel 3 „Temperatur“) und einer Abnahme der Sonnenscheindauer (Kapitel 4 „Strahlung“) in diesen Monaten deckt. Die deutlichste Niederschlagsabnahme ist im Vorland und im Steirischen Randgebirge im Jänner und März aufgetreten, während in den selben Monaten nördlich des Alpenhauptkammes der Niederschlag zugenommen hat. Weitere Details sind Abbildung 6.20 direkt zu entnehmen. Welche Anteile dieser Änderungsmuster mit der menschgemachten Klimaerwärmung in Zusammenhang gebracht werden können und welche der natürlichen Variabilität des Klimas geschuldet sind, ist nach heutigem Stand des Wissens nicht vollständig beantwortbar. Allerdings zeigen die modellierten Klimaszenarien für die Zukunft ein wesentlich einfacheres Änderungsmuster mit einer Tendenz zu mehr Niederschlag vor allem im Winter und weniger Niederschlag im Sommer, wie in Abbildung 6.21 am Beispiel des Szenarios „fossiler Weg“ gezeigt wird.

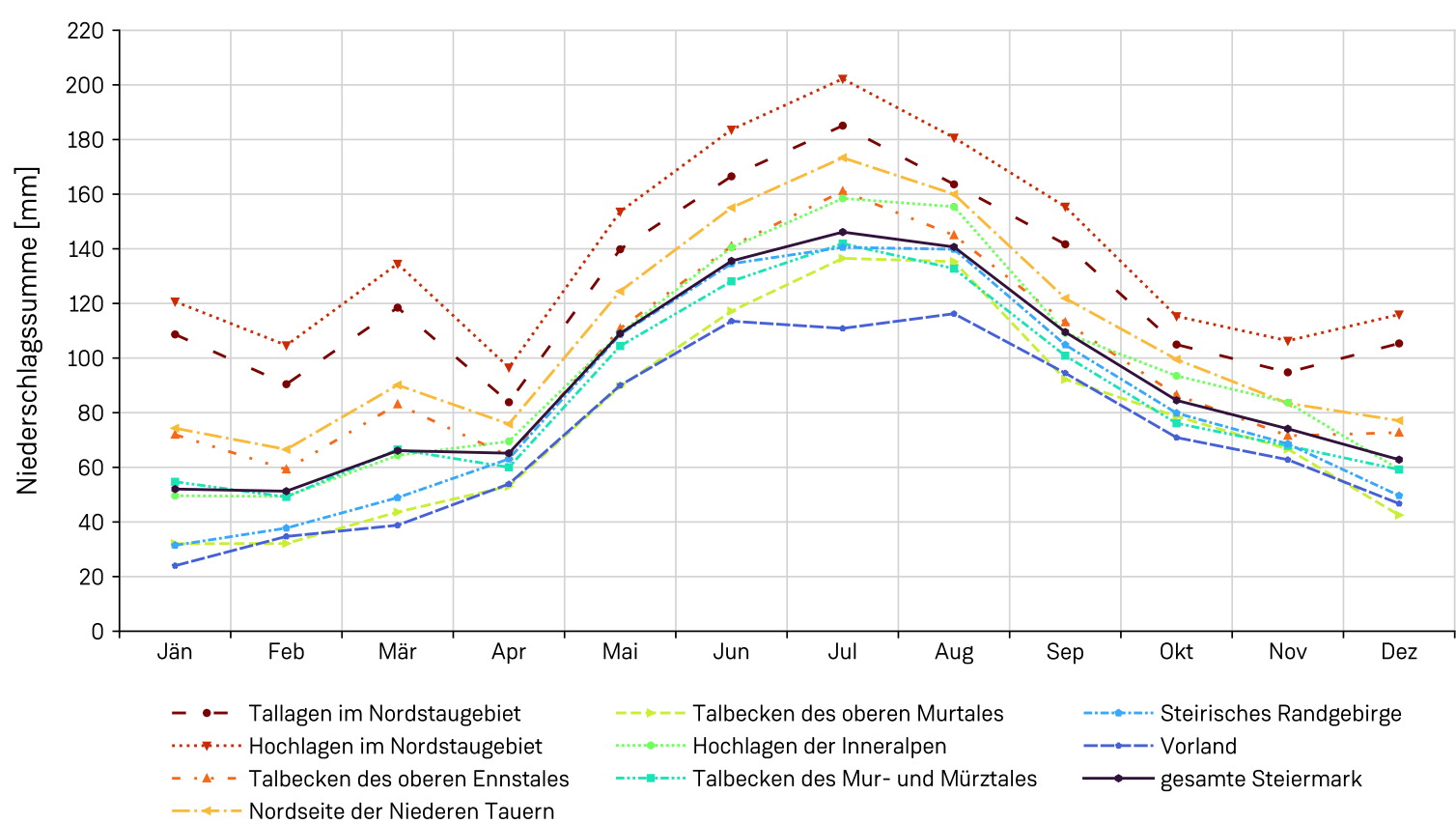


Abbildung 6.19: Mittlerer Jahresgang der monatlichen Niederschlagssummen in den einzelnen Klimaregionen und der gesamten Steiermark für die 30-jährige Klimanormalperiode 1991 – 2020.



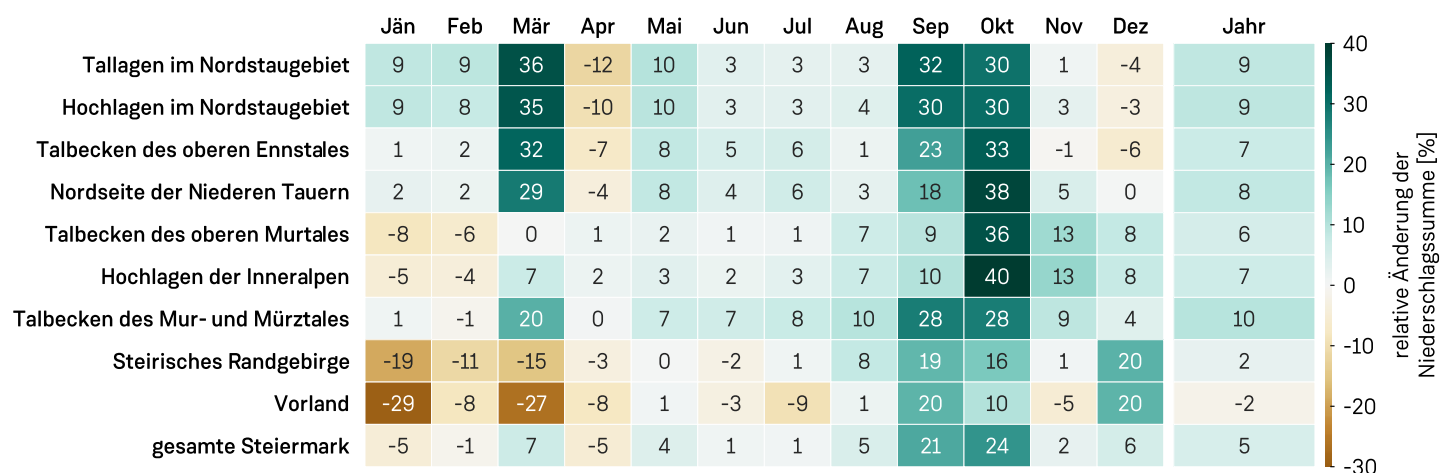


Abbildung 6.20: Relative Änderung der Niederschlagssummen in den einzelnen Klimaregionen und der gesamten Steiermark im Vergleich der Gegenwart (1991 – 2020) zur Vergangenheit (1961 – 2020).

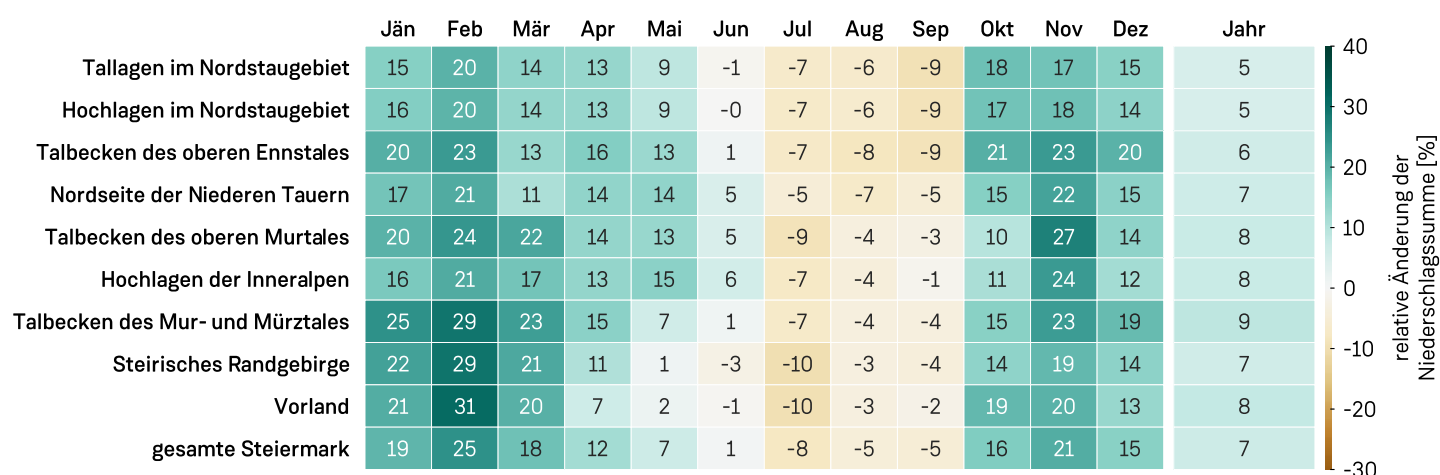


Abbildung 6.21: Relative Änderung der Niederschlagssummen in den einzelnen Klimaregionen und der gesamten Steiermark im Vergleich der fernen Zukunft (2071 – 2100) zur Gegenwart (1991 – 2020) unter Annahme des Szenarios RCP8.5 („Der fossile Weg“).

## 6.3 Häufigkeit von Niederschlagstagen und Länge von Trockenepisoden

### 6.3.1 Anzahl der Niederschlags-tage und Anzahl der Starknieder-schlagstage

**Definition.** Die Anzahl der Niederschlagstage wird hier als die mittlere Anzahl der Tage pro Jahr mit mehr als 1 mm Niederschlag definiert. Die Anzahl der Starkniederschlagstage ist die mittlere Anzahl der Tage pro Jahr mit mehr als 30 mm Niederschlag.

**Bedeutung.** Während die Zahl der Niederschlagstage einfach die Häufigkeit „verregener“ Tage einer Region widerspiegelt, markiert die Zahl der Starkniederschlagstage die Häufigkeit potenziell schadbringender Niederschlagsereignisse (siehe auch Kapitel 6.4).

**Mittelwerte 1991 – 2020 und räumliche Verteilung.** Im langjährigen Mittel treten in der Steiermark pro Jahr 127 Niederschlagstage und 5 Starkniederschlagstage auf (siehe Abbildung 6.22). Regional betrachtet zeigt sich eine Zweiteilung der Steiermark mit wesentlich mehr Niederschlagstagen nördlich des Alpenhauptkammes als südlich davon. Die Maxima treten mit bis zu 180 Tagen in den

Bergen rund um das Steirische Salzkammergut (Dachsteingebirge, Totes Gebirge) und in der Hochschwabregion auf. Hier ist fast jeder zweite Tag ein Niederschlagstag. Die Minima mit etwa 90 Tagen pro Jahr treten im Oststeirischen Hügelland zwischen Hartberg und Fürstenfeld auf. Im Toten Gebirge ist mit 19 auch die größte Anzahl von Starkniederschlagstagen zu finden, gefolgt von anderen Hochlagen im Nordstau und – anders als bei der Anzahl von Niederschlagstagen – dem Gebiet rund um die Koralpe mit immer noch 8 bis 10 Starkniederschlagstagen (Abbildung 6.23). Ein weiterer Unterschied zur Zahl der Niederschlagstage ist das ausgeprägte Minimum an Starkniederschlagstagen in allen großen Längs- und Quertälern von Mur, Enns und Mürz.

**Zeitliche Änderung.** Betrachtet man die Änderung der Niederschlagstage und Starkniederschlagstage im Vergleich zur vorangegangenen Klimanormalperiode 1961 – 1990 (siehe Abbildungen 6.24 und 6.26), zeigen sich bei den Niederschlagstagen mäßige Zunahmen von bis zu 10% in den Niederen Tauern und der Hochschwabregion und mäßige Abnah-

men vor allem im Vorland. Der steiermarkweite Mittelwert blieb unverändert. Bei den Starkniederschlagstagen wurden deutliche Zunahmen von bis zu 100% im Nordstaugebiet, an der Südseite der Schladminger Tauern, in den Gurktaler Alpen und im westlichen Randgebirge und Abnahmen oder gleichbleibende Verhältnisse in den übrigen Regionen verzeichnet. Der steiermarkweite Mittelwert liegt bei einer Zunahme von 15%. Die Klimaszenarien zeigen für die Anzahl der Niederschlagstage (Abbildung 6.25) keine signifikante Änderung in der nahen Zukunft (2021 – 2050) und eine leichte Abnahme (-2%) bis zum Ende des Jahrhunderts unter Annahme des Szenarios „fossiler Weg“. Im Gegensatz dazu wird erwartet, dass die Anzahl der Starkniederschlagstage (Abbildung 6.27) in der nahen Zukunft mäßig (+7%) und bis zum Ende des Jahrhunderts deutlich (+30%) zunimmt. Auch wenn die Klimaszenarien nicht die räumlichen Feinheiten der Beobachtungsdatensätze aufweisen, weisen beide Datensätze qualitativ dieselbe Tendenz auf: Während sich die Anzahl der Niederschlagstage insgesamt kaum ändert, nimmt die Anzahl der Starkniederschlagstage zu.



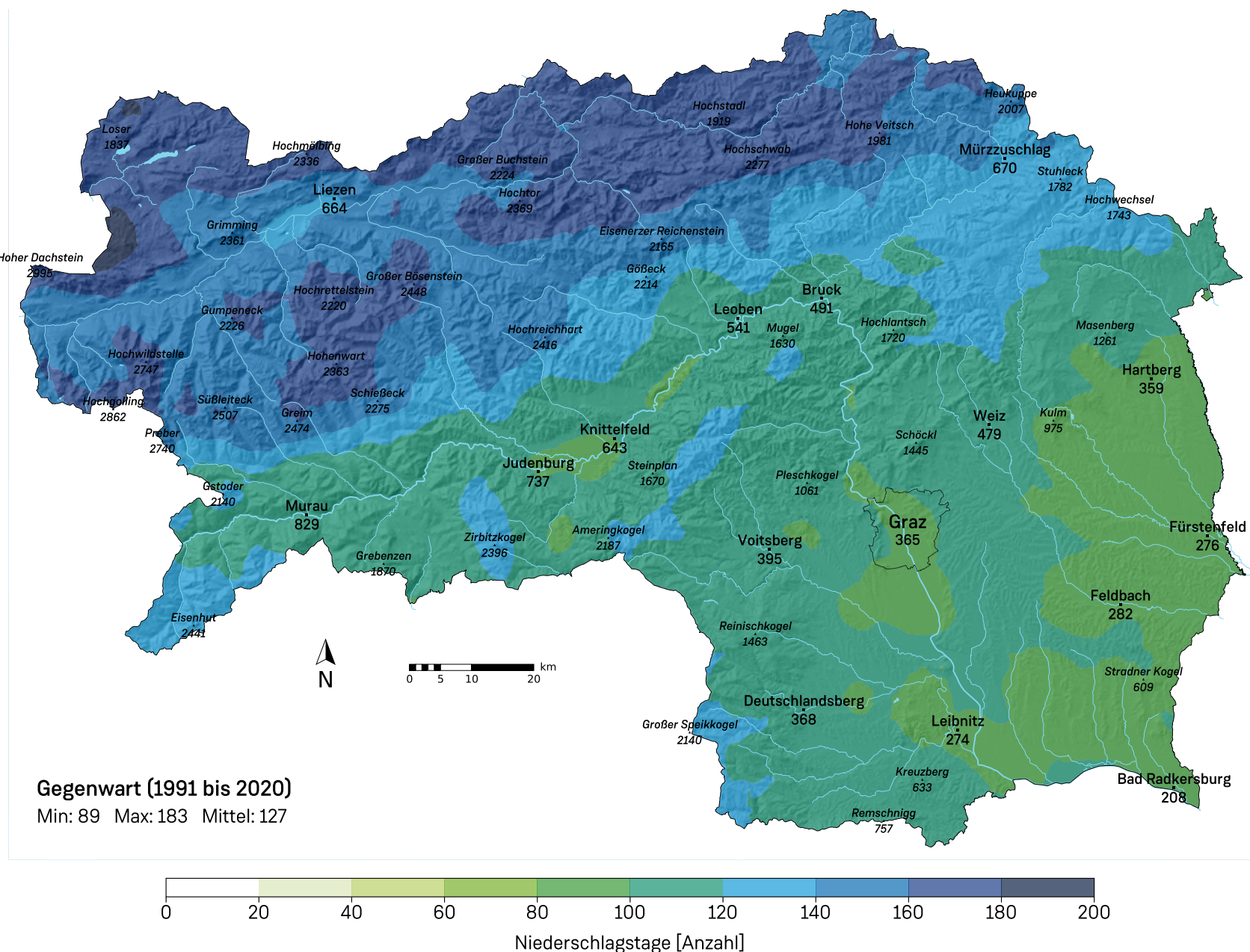


Abbildung 6.22: Anzahl der Niederschlagstage in der 30-jährigen Klimanormalperiode 1991 – 2020.

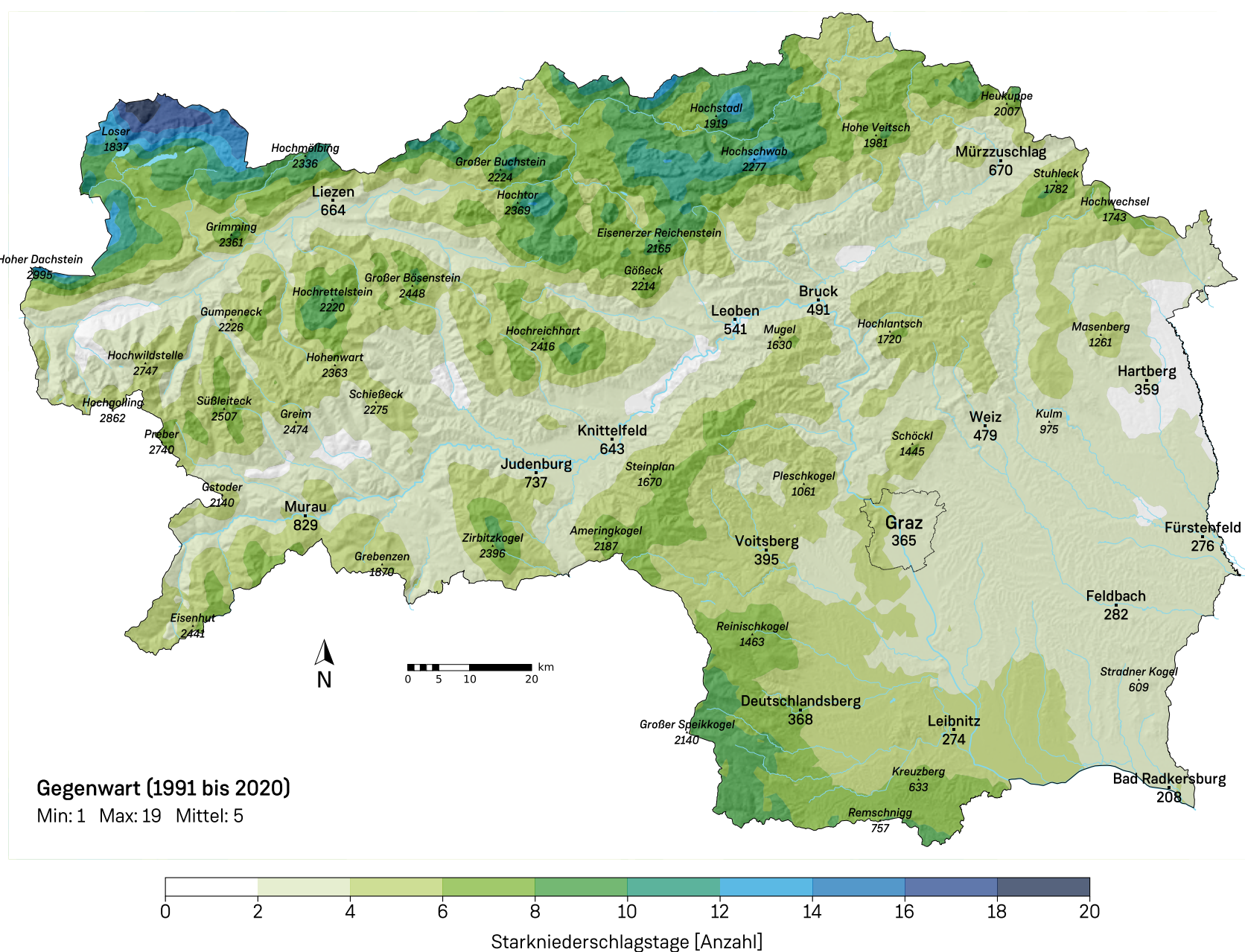


Abbildung 6.23: Anzahl der Starkniederschlagstage in der 30-jährigen Klimanormalperiode 1991 – 2020.



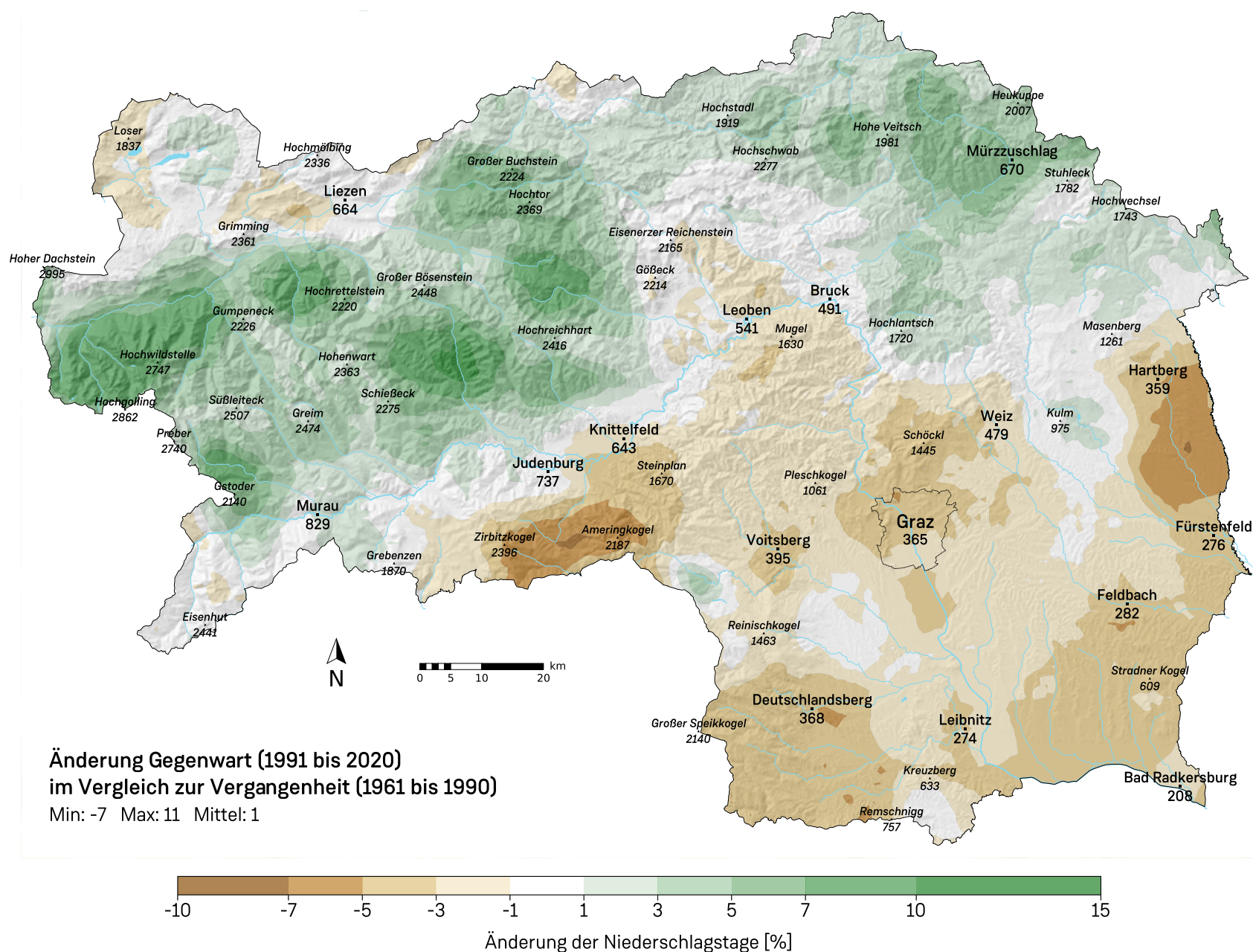


Abbildung 6.24: Relative Änderung der Anzahl der Niederschlagstage im Vergleich der Gegenwart (1991 – 2020) zur Vergangenheit (1961 – 1990).

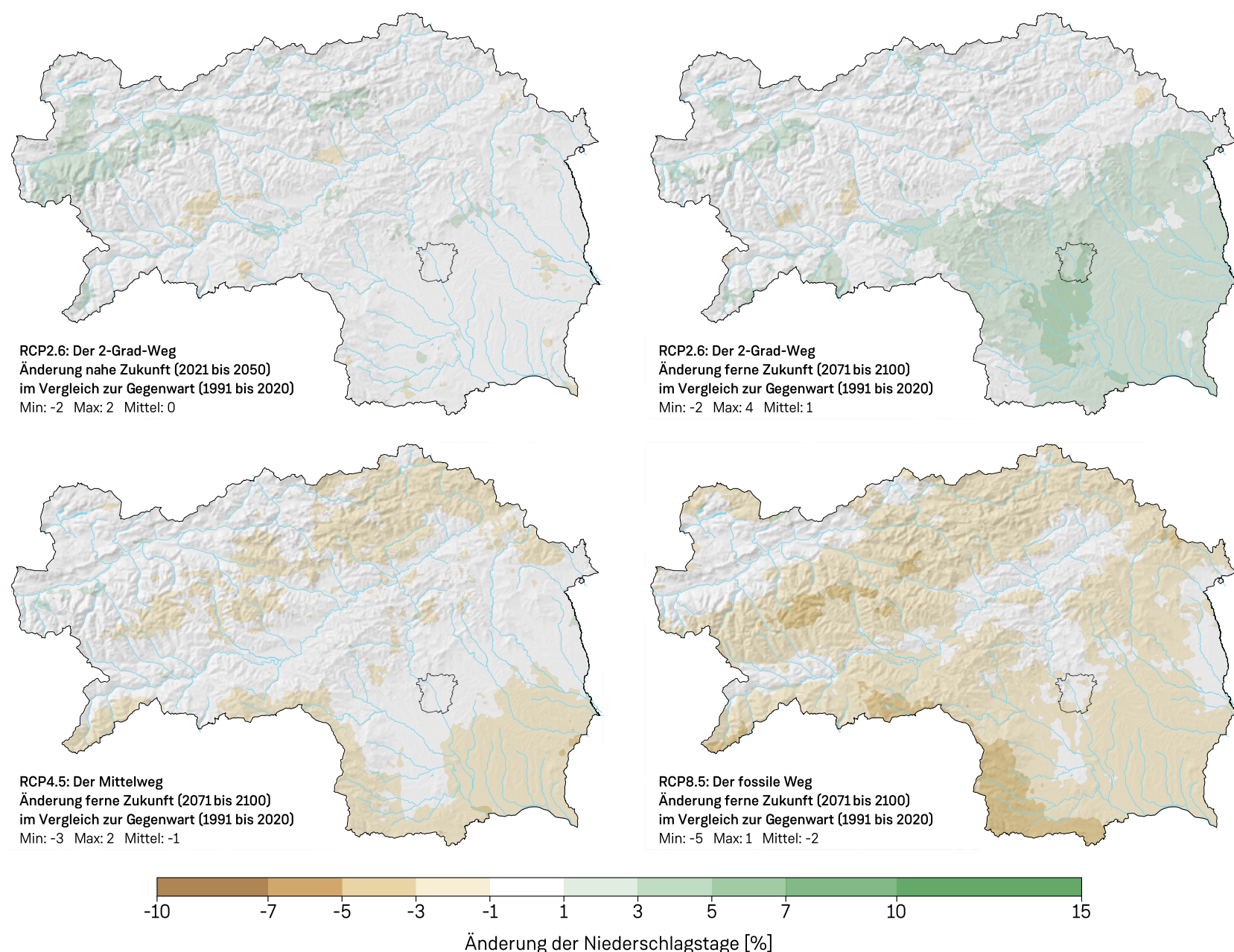


Abbildung 6.25: Relative Änderung der Anzahl der Niederschlagstage für die nahe (2021 – 2050) und ferne Zukunft (2071 – 2100) unter Berücksichtigung verschiedener Klimaszenarien (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5).



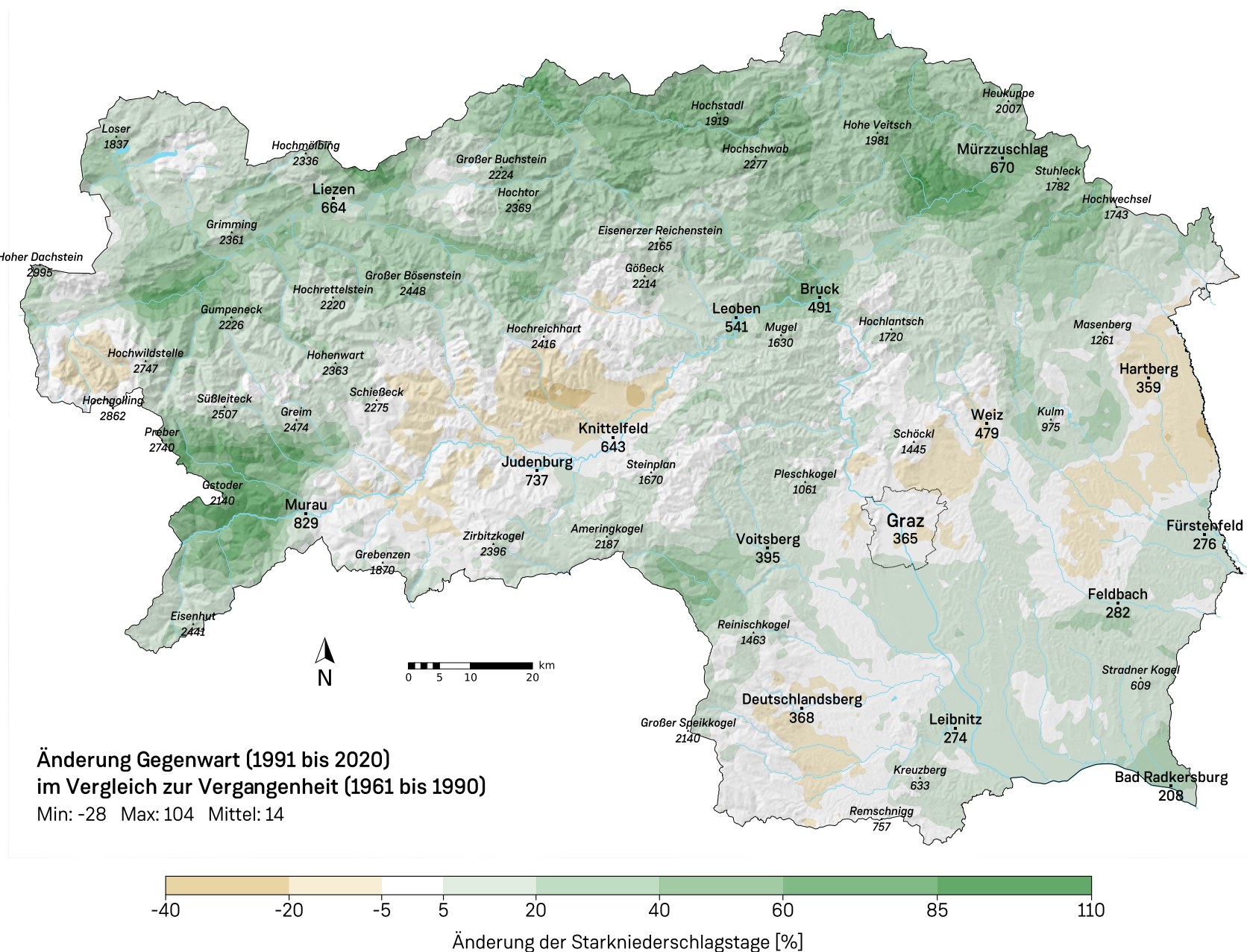


Abbildung 6.26: Relative Änderung der Anzahl der Starkniederschlagstage im Vergleich der Gegenwart (1991 – 2020) zur Vergangenheit (1961 – 1990).

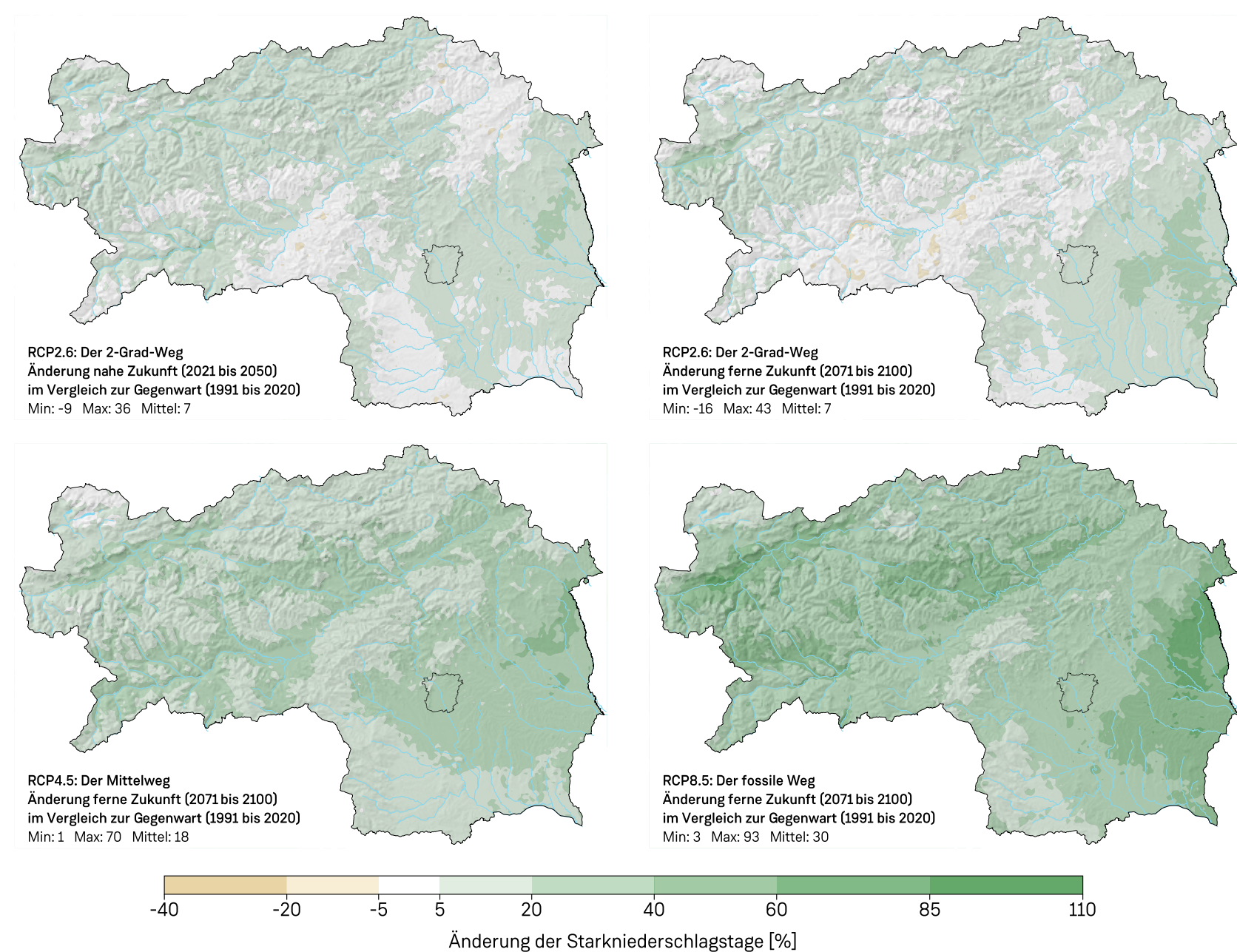


Abbildung 6.27: Relative Änderung der Anzahl der Starkniederschlagstage für die nahe (2021 – 2050) und ferne Zukunft (2071 – 2100) unter Berücksichtigung verschiedener Klimaszenarien (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5).



## 6.4 Extremniederschläge und Trockenperioden

### 6.4.1 Typischer maximaler Tagesniederschlag und 50-jähriger Wiederkehrwert des maximalen Tagesniederschlags

**Definition.** Der maximale Tagesniederschlag ist die größte Tagesniederschlagssumme, die innerhalb eines Jahres auftritt. Daraus wird in der Folge der Mittelwert über 30 Jahre gebildet, um den für die jeweilige Klimanormalperiode typischen Wert zu erhalten. Der 50-jährige Wiederkehrwert des maximalen Tagesniederschlags ist die höchste Tagesniederschlagssumme, die typischerweise einmal innerhalb einer 50-jährigen Periode auftritt. Zur Berechnung solcher Wiederkehrwerte werden Methoden der Extremwertstatistik verwendet (Moccia et al., 2021, Coles, 2001), die lange Datenreihen benötigen. Daher wurde zur Auswertung des 50-jährigen Wiederkehrwertes der gesamte verfügbare Datensatz von 1961 bis 2020 herangezogen und so können keine Veränderungen zwischen alter (1961 – 1990) und aktueller Klimanormalperiode (1991 – 2020) analysiert werden.

**Bedeutung.** Der typische maximale Tagesniederschlag einer Region ist – im Unterschied zur Anzahl der Starkniederschlagstage – ein Indikator für die Intensität des stärksten Niederschlagsereignisses im Jahr. Der 50-jährige Wiederkehrwert des maximalen Tagesniederschlags ist ebenfalls ein Intensitätsindikator,

aber bezogen auf ein sehr seltenes, extremes Niederschlagsereignis, wie es im Schnitt nur einmal in 50 Jahren auftritt. Solche Wiederkehrwerte finden als „Bemessungsniederschläge“ in siedlungs- und schutzwasserwirtschaftlichen Planungen Anwendung, z.B. bei der Kanalnetzberechnung oder der Dimensionierung von Versickerungsanlagen, Regenentwässerungen und Rückhaltebecken (Blöschl, 2009). Potenzielle Auswirkungen von Stark- und Extremniederschlägen sind Hochwässer, Murgänge und Hangrutschungen, im Winter hohe Schneelasten und Lawinengefahr sowie im Sommer Hagel und starke Windböen. Dabei ist zu beachten, dass allfällige Schäden nicht nur von der Gefährdung (in diesem Fall hohe Niederschlagsintensitäten) abhängen, sondern, dass Schäden bei gleichen Niederschlagsintensitäten an unterschiedlichen Orten auch sehr unterschiedlich ausfallen können. Weiters ist zu betonen, dass der Bereich der oft schadbringenden, konvektiven Niederschläge durch Tagesdaten, wie sie hier verwendet werden, nur unzureichend erfasst werden, da Gewitter in wesentlich kürzeren Zeiträumen und lokal sehr begrenzt sehr hohe Niederschlagsintensitäten aufweisen können. Eine explizite Behandlung von Gewittern ist in Kapitel 8 „Gewitter und Hagel“ zu finden.

**Mittelwerte und räumliche Verteilung.** Im langjährigen Mittel der Periode 1991 bis 2020 beträgt der typische maximale Tagesnieder-

schlag in der Steiermark 51 mm (siehe Abbildung 6.28). Im Vergleich dazu ist der 50-jährige Wiederkehrwert (berechnet in der Periode 1961 – 2020) mit 88 mm deutlich höher (siehe Abbildung 6.29). Die räumlichen Muster sind einander sehr ähnlich, mit Maxima von 97 mm maximalem Tagesniederschlag und 167 mm 50-jährigem Wiederkehrwert im Toten Gebirge und Minima mit knapp 35 mm maximalem Tagesniederschlag und 58 mm 50-jährigem Wiederkehrwert in der Oststeiermark und den Tieflagen der großen Längstäler von Mur, Enns und Mürz.

**Zeitliche Änderung.** Für den 50-jährigen Wiederkehrwert kann mit den vorhandenen Daten keine Änderung berechnet werden, da dazu noch längere Datenreihen nötig wären. Der typische maximale Tagesniederschlag hat aber im Vergleich zur vorangegangenen Klimanormalperiode (1961 – 1990) gemittelt über die gesamte Steiermark leicht zugenommen (1%). Es gibt markante regionale Unterschiede zwischen dem Vorland mit Abnahmen bis zu 16% und der Obersteiermark mit Zunahmen bis zu 31% (siehe Abbildung 6.30). Die Klimaszenarien zeigen für den maximalen Tagesniederschlag in der nahen Zukunft einen leichten Anstieg (+5%) und bis zum Ende des Jahrhunderts unter Annahme des Szenarios „fossiler Weg“ einen etwas deutlicheren Anstieg von 16% (Abbildung 6.31).



Foto 6.2: Gewitter mit Starkregen im Osten von Graz. Bei konvektiven sommerlichen Wetterereignissen mit wolkenbruchartigen Niederschlägen können in kurzer Zeit sehr hohe Niederschlagsraten auftreten. (Quelle: [www.foto-webcam.eu](http://www.foto-webcam.eu))



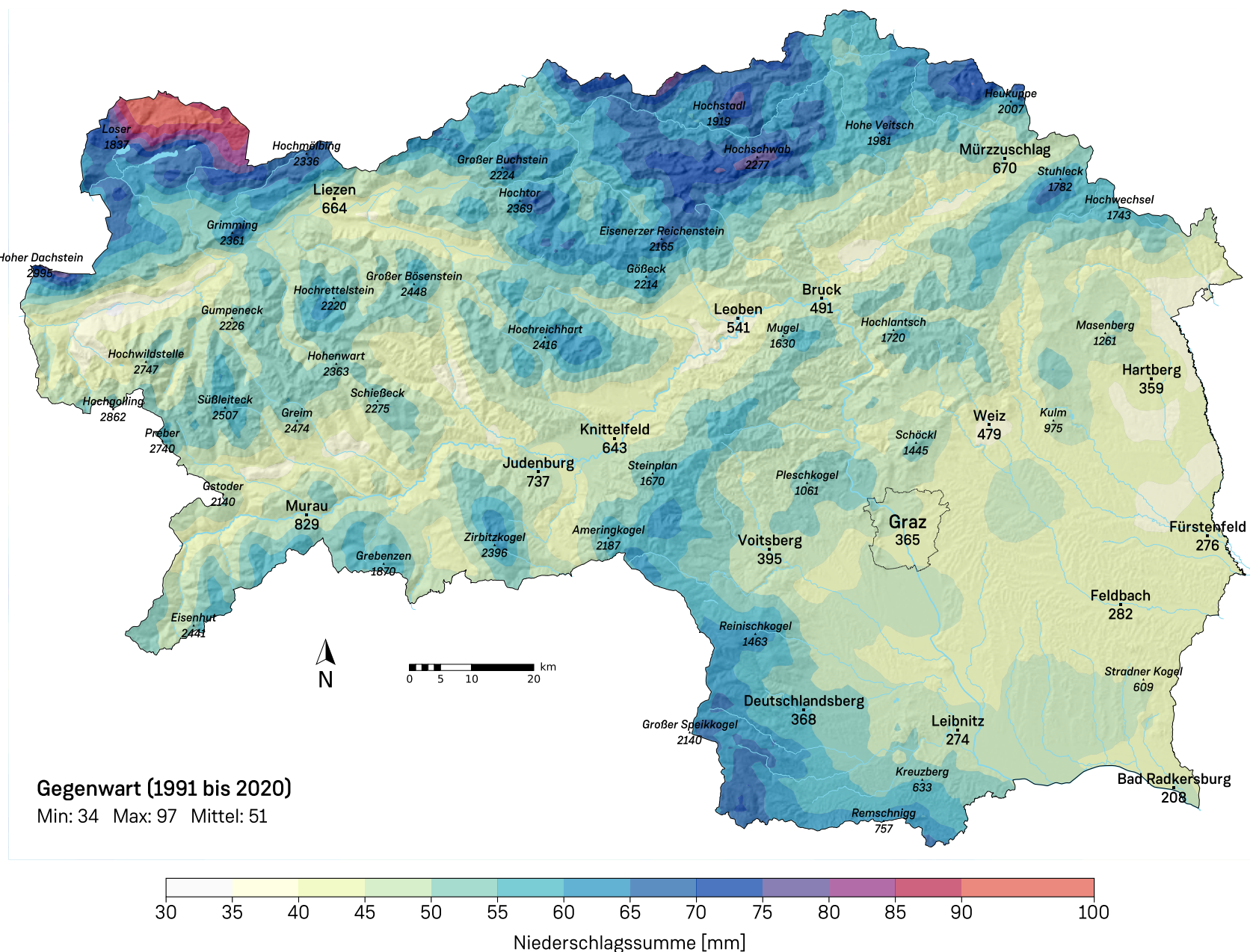


Abbildung 6.28: Typischer maximaler Tagesniederschlag in der 30-jährigen Klimanormalperiode 1991 – 2020.

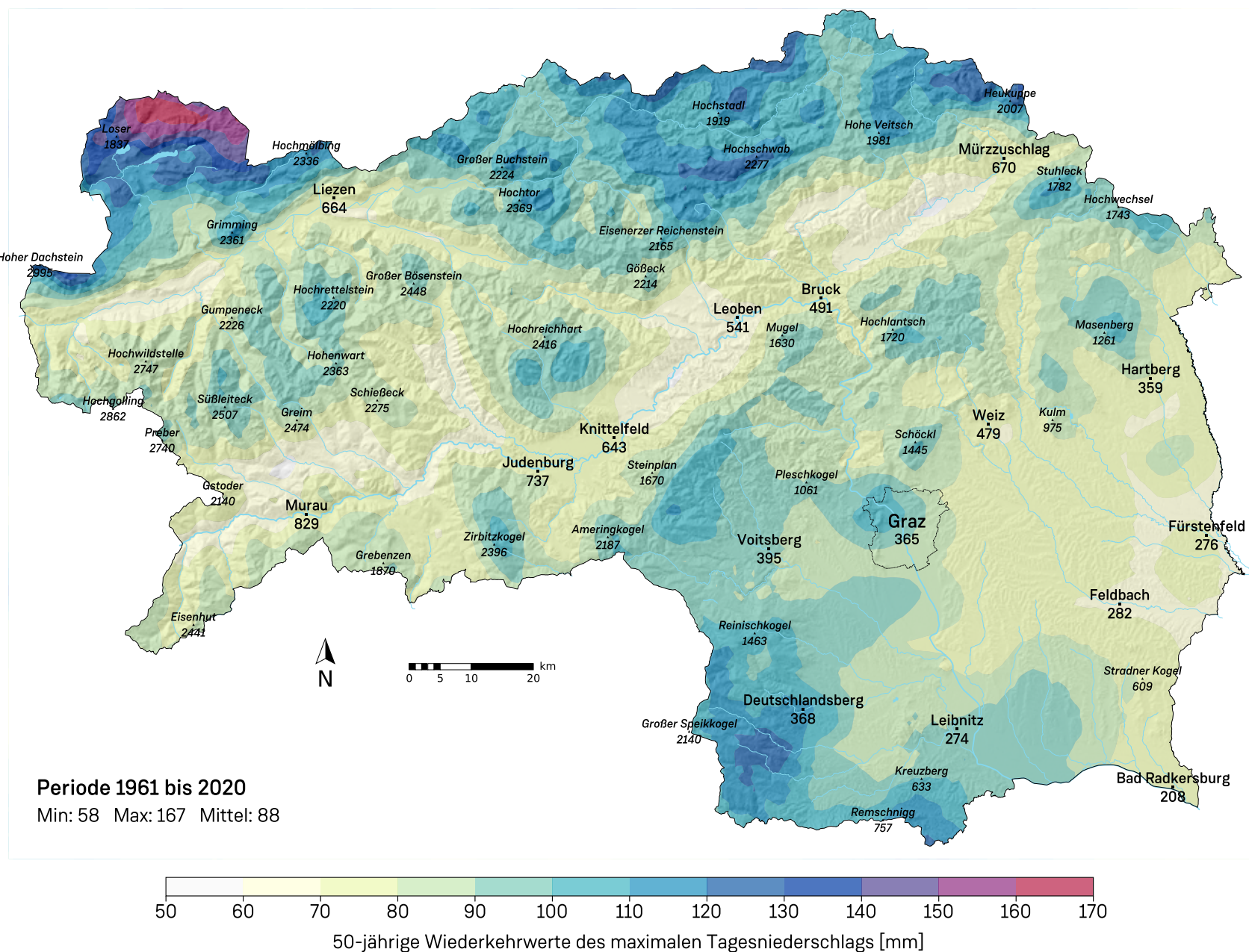


Abbildung 6.29: 50-jährige Wiederkehrwerte des maximalen Tagesniederschlags in der Periode 1961 – 2020.



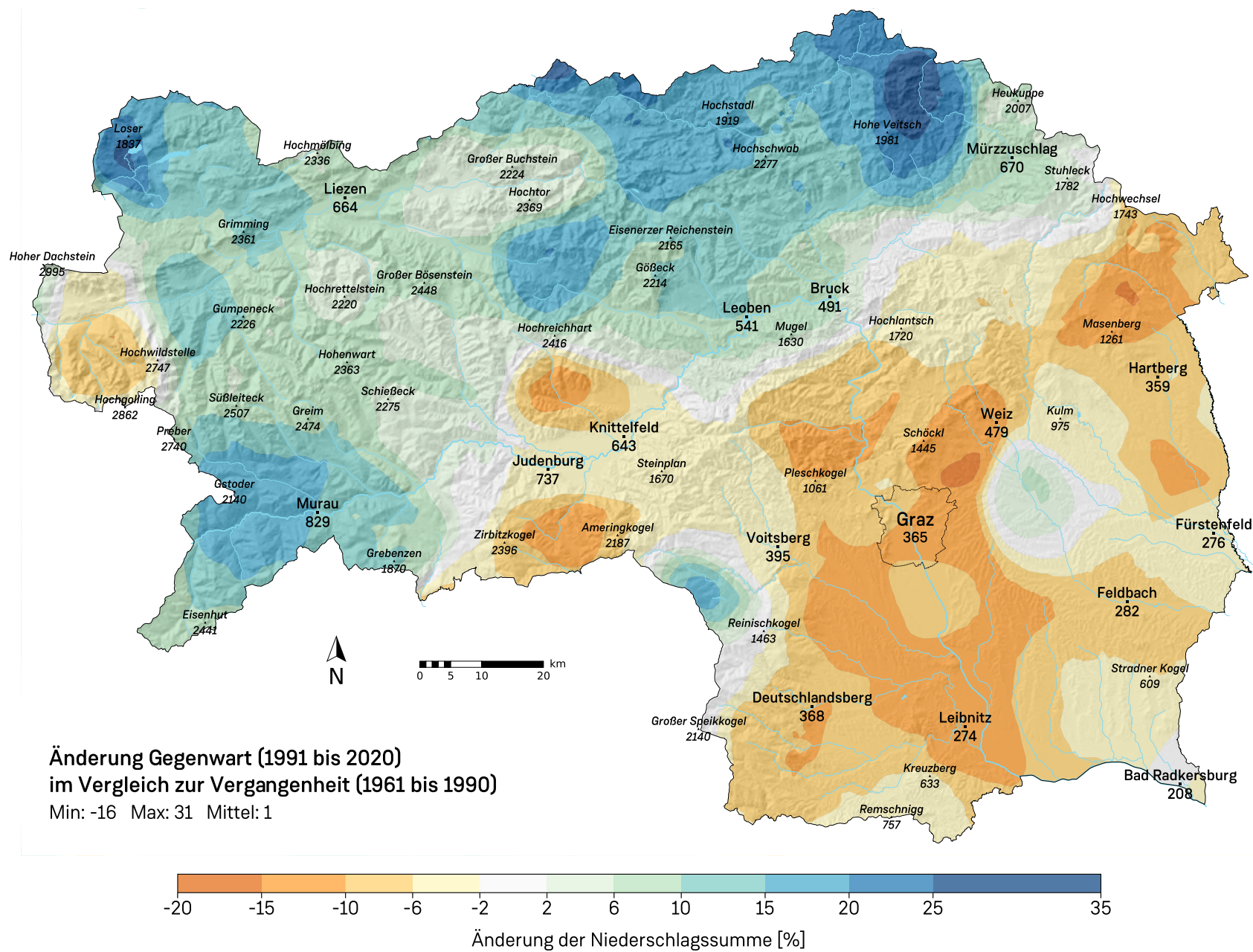


Abbildung 6.30: Relative Änderung des maximalen Tagesniederschlags im Vergleich der Gegenwart (1991 – 2020) zur Vergangenheit (1961 – 1990).

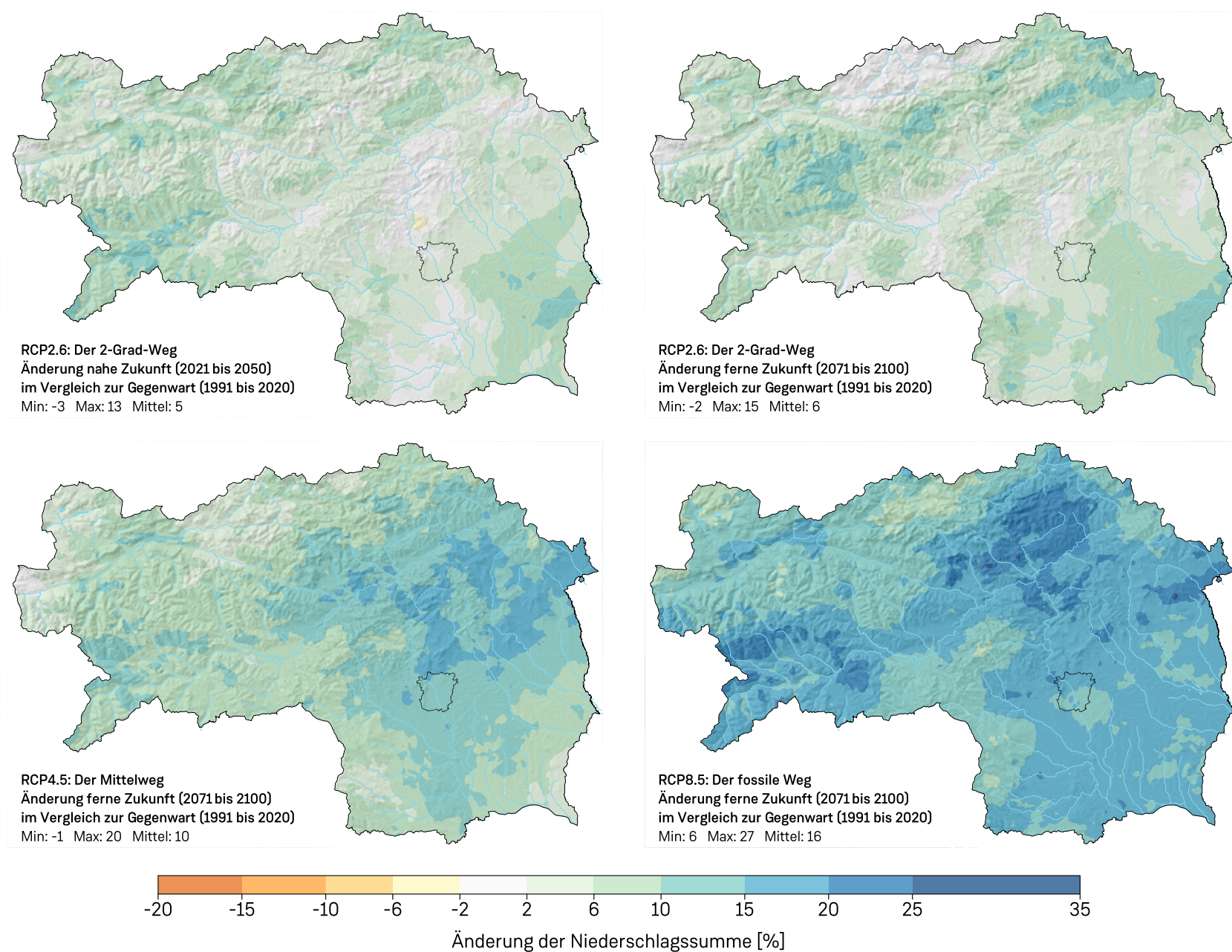


Abbildung 6.31: Relative Änderung des maximalen Tagesniederschlags für die nahe (2021 – 2050) und ferne Zukunft (2071 – 2100) unter Berücksichtigung verschiedener Klimaszenarien (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5).



6.4.2 Typische längste Trockenphase in der Vegetationsperiode

**Definition.** Die längste Trockenphase in der Vegetationsperiode ist die größte Anzahl an Tagen ohne Niederschlag (größer oder gleich 1 mm) in Folge, die zwischen Anfang Mai und Ende September auftritt. Daraus wird der Mit-

telwert über 30 Jahre gebildet, um den für die jeweilige Klimanormalperiode typischen Wert zu erhalten.

**Bedeutung.** Die typische längste Trockenphase in der Vegetationsperiode ist vor allem für die Landwirtschaft von Bedeutung, da lange Trockenphasen zur Austrocknung der Böden

führen können, was während der Wachstumsphase große landwirtschaftliche Schäden verursachen kann („landwirtschaftliche Dürre“). Dabei ist allerdings zu beachten, dass (fehlender) Niederschlag nur einer von mehreren Faktoren des Bodenwasserhaushalts ist und ihn nicht vollständig beschreibt. Prozesse, die zur Verringerung der Bodenfeuchte führen,



Foto 6.3: Die durchschnittlich längsten Trockenperioden treten im Winterhalbjahr auf. Nach sehr niederschlagsarmen Wintern ist das dürre Gras an schneearmen Sonnenhängen mittlerer Höhenlagen dann sehr leicht entzündbar. Waldbrände treten in der Steiermark gehäuft am Übergang zum Frühjahr auf. Im Bild südausgerichtete Waldrandlage am Pleschkogel. (Foto: A. Podesser)

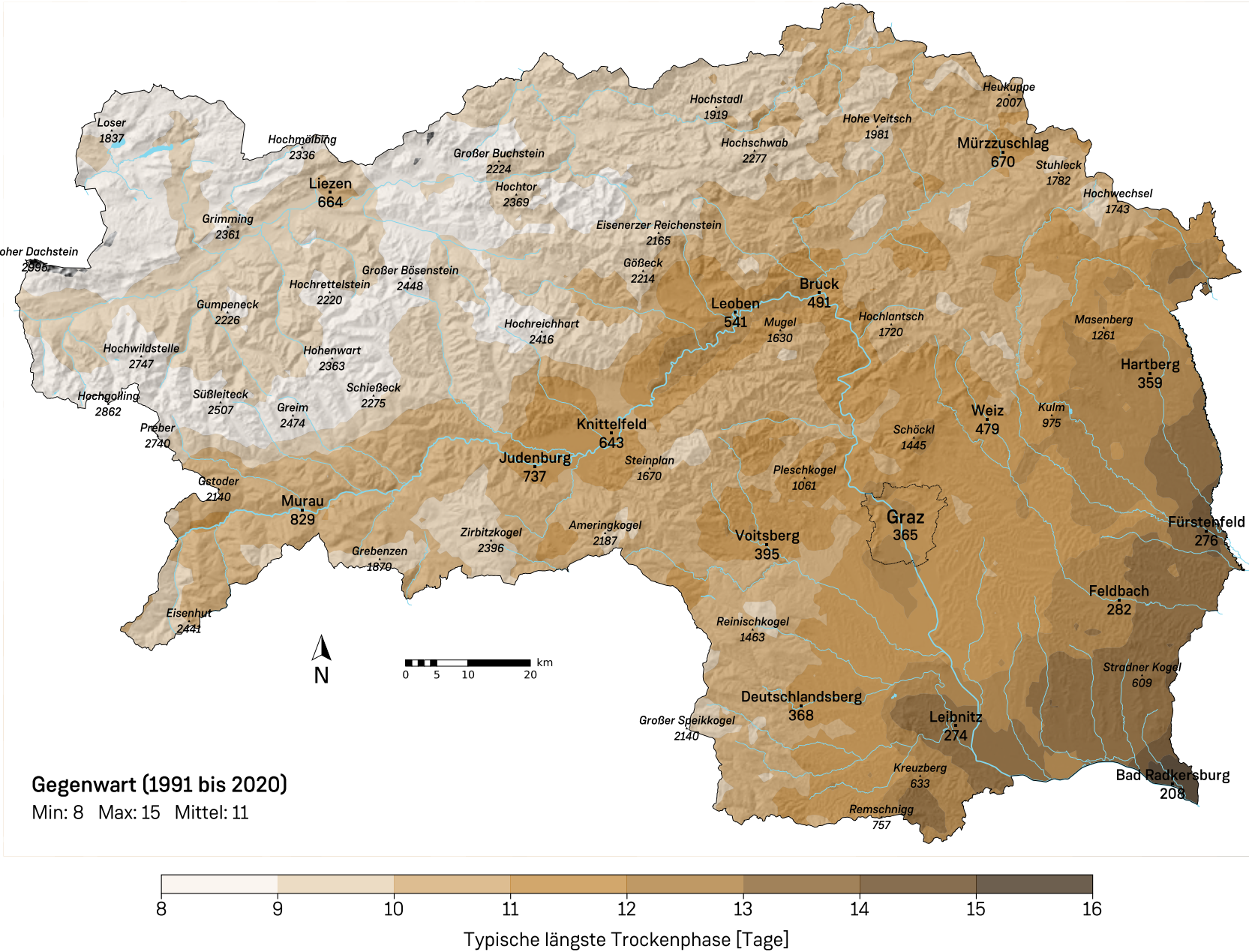


Abbildung 6.32: Typische längste Trockenphase in der Vegetationsperiode für die 30-jährige Klimanormalperiode 1991 – 2020.



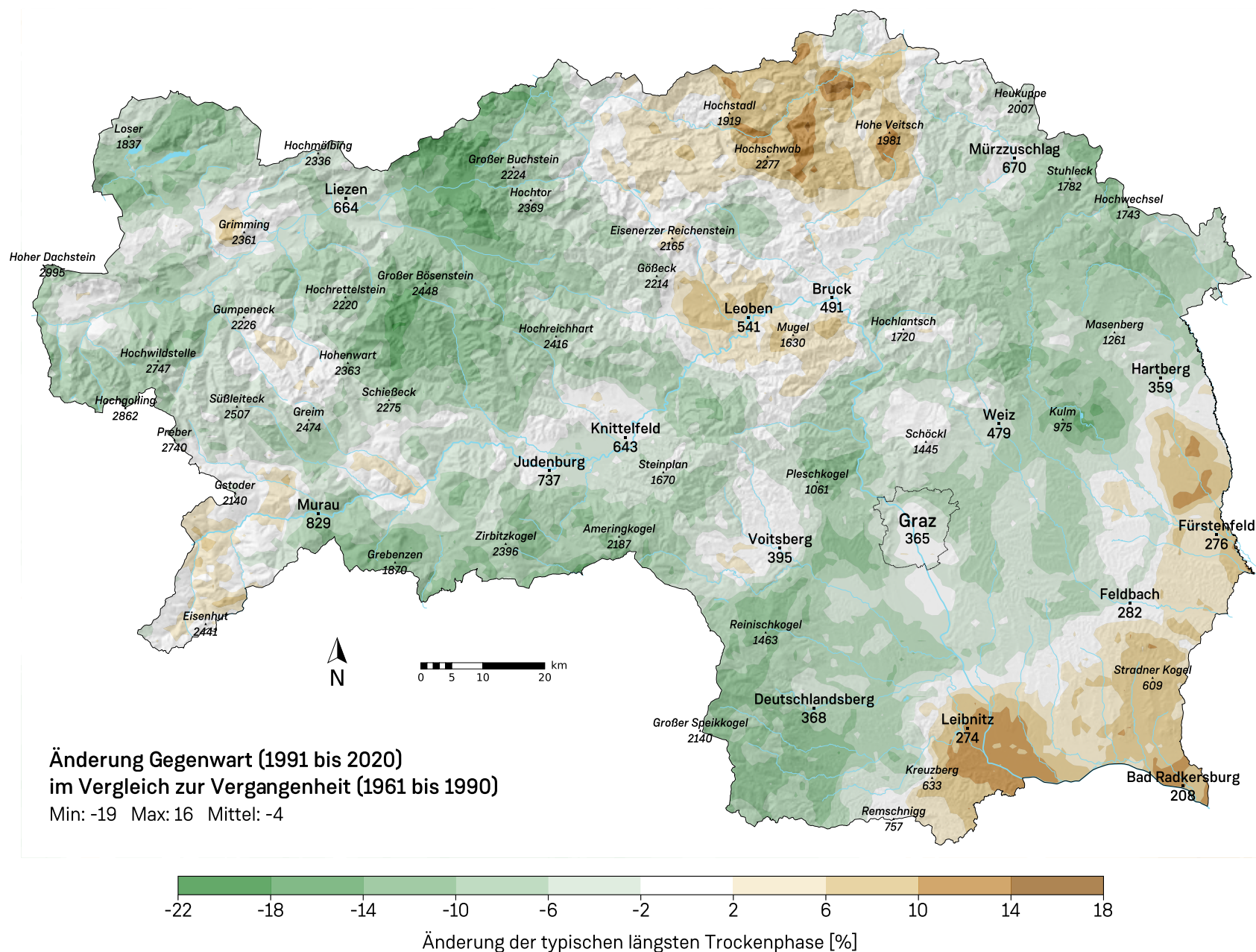


Abbildung 6.33: Relative Änderung der typischen längsten Trockenphase in der Vegetationsperiode im Vergleich der Gegenwart (1991 – 2020) zur Vergangenheit (1961 – 1990).

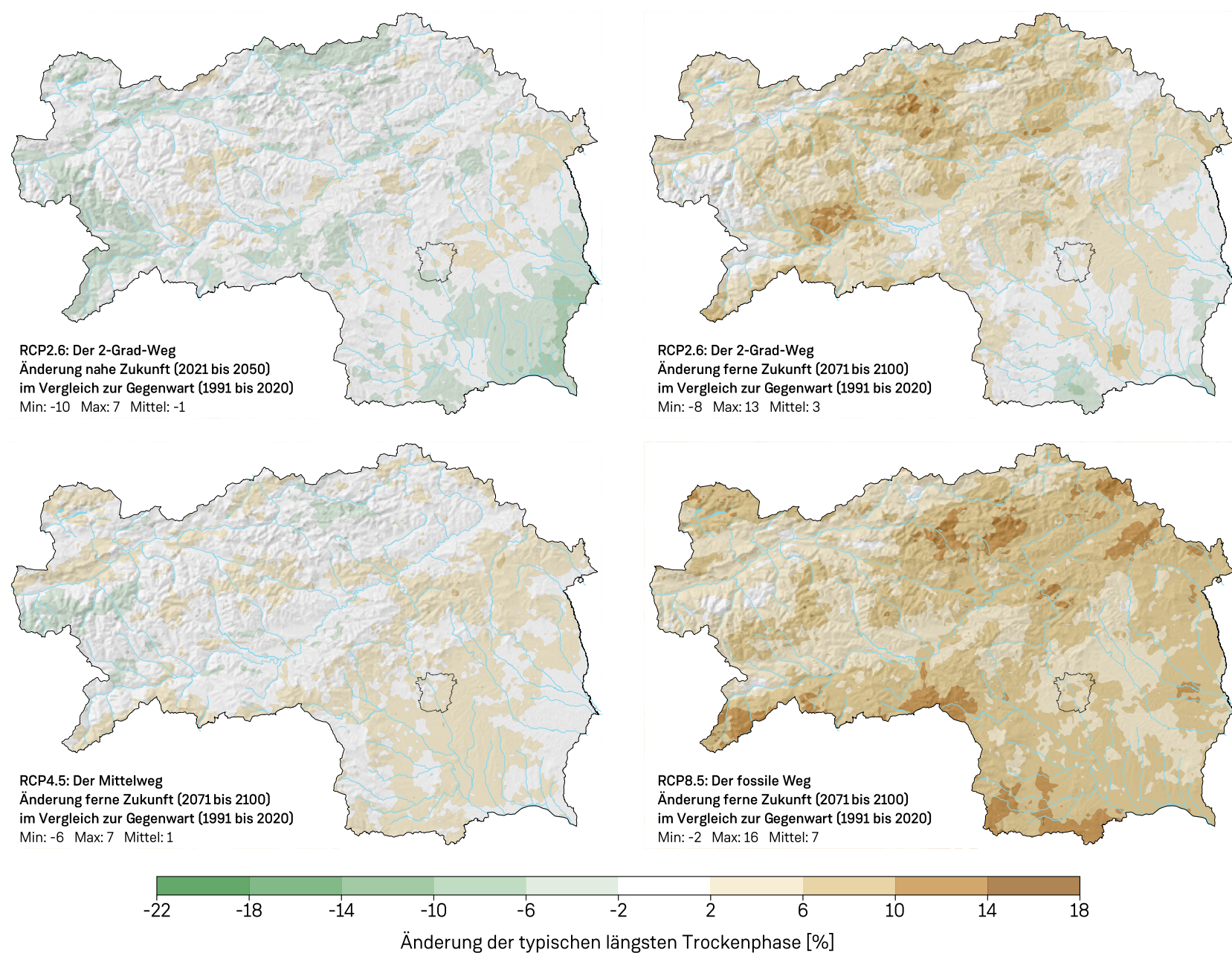


Abbildung 6.34: Relative Änderung der typischen längsten Trockenphase in der Vegetationsperiode für die nahe (2021 – 2050) und ferne Zukunft (2071 – 2100) unter Berücksichtigung verschiedener Klimaszenarien (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5).





Foto 6.4: Nach ausbleibenden Niederschlägen im Winter können sich im Frühjahr, zu Beginn der Vegetationsperiode, sehr trockene und damit ungünstige Anbaubedingungen für die Landwirtschaft einstellen. (Foto: A. Podesser)

wie Evapotranspiration oder oberflächlicher Abfluss von Regenwasser, sind hier nicht inkludiert.

**Mittelwerte 1991 – 2020 und räumliche Verteilung.** Im langjährigen Mittel beträgt die typische längste Trockenphase in der Vegetationsperiode in der Steiermark 11 Tage (Abbildung 6.32). Das Maximum mit 15 Tagen tritt in der Region um Bad Radkersburg auf, die Minima mit 8 bis 10 Tagen sind in der Nordstau-region und der Nordseite der Niederen Tauern zu finden. Da die längsten Trockenphasen in den Regionen der höchsten Temperaturen

(und dadurch höherer potenzieller Evapotranspiration) auftreten, sind diese einer deutlich höheren Dürrefährdung ausgesetzt als die vom Nordstau beeinflussten Regionen.

**Zeitliche Änderung.** Die typische längste Trockenphase in der Vegetationsperiode ist im Vergleich zur vorangegangenen Klimanormalperiode (1961 – 1990) in der Steiermark im Mittel um 4% kürzer geworden und nur in einigen Regionen im Osten der Steiermark länger geworden (Abbildung 6.33). Das bedeutet allerdings nicht, dass die Dürrefährdung abgenommen hätte, da die leichte

Verkürzung der Trockenphasen durch zunehmende Evapotranspiration und zunehmenden oberflächlichen Regenwasserabfluss bei Starkniederschlägen mehr als wettgemacht wird. Die Klimaszenarien zeigen für die nahe Zukunft keine deutliche Änderung (im Mittel -1%) und bis zum Ende des Jahrhunderts unter Annahme des Szenarios „fossiler Weg“ eine etwas deutlichere Verlängerung von 7% an (Abbildung 6.34). Zusammenfassend weisen diese Daten auf eine Zunahme der Dürrefährdung, vor allem im Vorland und in der Mur-Mürz-Furche, hin.

## Literatur

- Arguez, A., Vose, R.S., 2011. The Definition of the Standard WMO Climate Normal: The Key to Deriving Alternative Climate Normals. *Bulletin of the American Meteorological Society* 92, 699–704. <https://doi.org/10.1175/2010BAMS2955.1>
- Blöschl, G., Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (Eds.), 2009. Hochwässer: Bemessung, Risikoanalyse und Vorhersage; ÖWAV-Seminar, Bundesamtsgebäude Wien, 26. Mai 2009, Wiener Mitteilungen. Inst. für Wasserbau und Ingenieurhydrologie, Techn. Univ. Wien, Wien.
- Coles, S., 2001. *An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values*, Springer Series in Statistics. Springer London, London. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-3675-0>
- Houze, R.A., 2012. Orographic effects on precipitating clouds. *Reviews of Geophysics* 50, 2011RG000365. <https://doi.org/10.1029/2011RG000365>
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., Rubel, F., 2006. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *metz* 15, 259–263. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- Moccia, B., Papalexiou, S.M., Russo, F., Napolitano, F., 2021. Spatial variability of precipitation extremes over Italy using a fine-resolution gridded product. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 37, 100906. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100906>
- Orographischer Niederschlag im Alpenraum. Analyse von Beobachtungsdaten und Modelldaten regionaler Klimamodelle, 2017. Wegener Center Verlag, Graz.