

Kapitel 7

Schnee



Foto: Reichlich Neuschnee im Nordstaugebiet. (Foto: H. Kain)

Autor:
Andreas Gobiet

Inhaltsverzeichnis

7 Schnee.....	155
7.1 Einleitung	157
7.1.1 Daten	157
7.1.2 Anwendungsorientierte Schneeeindikatoren.....	157
7.1.3 Räumliche und zeitliche Ausprägungen.....	157
7.2 Häufigkeit von Tagen mit Schneefall und Starkschneefall.....	158
7.2.1 Anzahl von Tagen mit Neuschnee	158
7.2.2 Anzahl der Tage mit Starkschneefall	161
7.3 Summe der Neuschneehöhen	164
7.4 Schneedecke.....	167
7.4.1 Beginn der Schneedecke.....	167
7.4.2 Ende der Schneedecke	170
7.4.3 Wahrscheinlichkeit für weiße Weihnachten	173
7.4.4 Dauer der Schneedecke.....	176
7.4.5 Dauer der Schneedecke mit über 20 cm Schneehöhe	179
7.4.6 Dauer der Schneedecke mit über 10 mm Wasseräquivalent	182
7.4.7 Maximale Schneehöhe.....	185

7.1 Einleitung

Schnee besteht aus Eiskristallen, die üblicherweise in mehrschichtigen Nimbostratus-Wolken wachsen. Die Grundform dieser Eiskristalle ist immer hexagonal (sechseckig), aber ihre äußere Form kann in Abhängigkeit von der Temperatur und der Wasserdampf-Übersättigung während ihrer Entstehung sehr unterschiedlich sein. Sie reicht von Plättchen über Säulen- und Nadelformen bis hin zu den typischen Dendriten („Schneesternchen“), die man allgemein mit Schnee in Verbindung bringt (Nakaya, 1954; Libbrecht, 2005). Schneeflocken, wie sie letztendlich vom Himmel fallen, sind nichts anderes als ineinander verhakte, einzelne Schneekristalle. Im Falle von seltenerem und eher unergiebigem Schneegrieseln, welches in niederen Stratuswolken entstehen kann, sind es eher Körner. Ein bemerkenswertes Phänomen in diesem Zusammenhang ist Industrieschneefall, der durch Emissionen von Wasserdampf und Kondensationskeimen von Industrieanlagen hervorgerufen oder zumindest verstärkt wird. In der Steiermark wird dieses Phänomen z.B. in einigen westlichen Stadtbezirken von Graz immer wieder beobachtet.

Die auslösenden Faktoren für Schneefall sind dieselben wie für Regen (Hebung aufgrund von zyklonalen Wetterlagen, Konvektion und Staueffekte). Doch spielen beim Schneefall konvektive Vorgänge eine sehr untergeordnete Rolle, da diese vorwiegend im Frühling und Sommer auftreten und die entsprechend hohen bodennahen Temperaturen meist dafür sorgen, dass die langsam fallenden Schneeflocken (anders als Hagelkörner) längst geschmolzen sind, bevor sie den Boden erreichen. Schneefall ist aber nicht nur bei negativen bodennahen Temperaturen zu beobachten, sondern auch bei schwach positiven Temperaturen, wobei es von der Intensität des Schneefalls, der relativen Luftfeuchtigkeit und der Geländeform abhängt, bis zu welcher Temperatur dieser noch möglich ist. Einerseits dauert bei stärkerem Schneefall und größeren Schneeflocken das Schmelzen während des Fallens länger, zudem ist die Fallgeschwindigkeit größer, andererseits wird die zum Schmelzen notwendige Energie der Luft entzogen, welche sich dadurch lokal abkühlt. Dieser Effekt, bei dem der Niederschlag selbst die Schneefallgrenze senkt, kann vor allem in engen, tief eingeschnittenen Tälern starke Auswirkungen haben und die Schneefallgrenze um einige hundert Meter senken (Pehsl, 2010).

Ist eine Schneeflocke am Erdboden angekommen, trägt sie positiv zur Massenbilanz der Schneedecke bei (Akkumulation) und es beginnt eine Metamorphose, bei der sich die locker geschichteten, sternförmigen Schneekristalle des frischen Neuschnees im Laufe

einiger Tage in kleine, runde, dicht gepackte Kristalle umwandeln. Dabei nimmt die Dichte der Schneedecke zu und die Schneehöhe sinkt. Schnee ist also in der Regel umso dichter, je älter er ist und je tiefer er innerhalb der Schneedecke liegt. Vielfach wird vereinfachend eine durchschnittliche Neuschneedichte von 100 kg/m^3 angenommen. Umgerechnet in Schneehöhe bedeutet das, dass frisch gefallener Schnee mit 1 mm Schneewasseräquivalent eine Schicht von etwa 1 cm Höhe bildet. Dieser Wert variiert im Einzelfall je nach Temperatur und Wind. Alter Schnee kann hingegen eine Dichte von bis zu etwa 500 kg/m^3 aufweisen, wobei 1 mm Schneewasseräquivalent nur mehr 2 mm Schneehöhe entspricht. Der Abbau der Schneedecke (Ablation) geschieht einerseits bei hohen Temperaturen und/oder starker Einstrahlung durch Schmelzen. Das Schmelzwasser versickert dabei in den Boden oder rinnt oberflächlich ab. Andererseits kann Schnee auch direkt durch Sublimation von der festen Phase (Eis) in die Gasphase (Wasserdampf) übergehen. Dieses Wasser trägt in der Folge nicht zum Bodenwasserhaushalt bei. Besonders stark tritt Sublimation bei trockenem Wind (z.B. Föhn) auf, weil dabei Wasserdampf besonders effektiv von der Schneoberfläche wegtransportiert wird.

7.1.1 Daten

Da der Klimaatlas Steiermark das Ziel verfolgt, flächendeckende Klimatologien darzustellen und das Messnetz für Schnee dafür bei weitem nicht ausreicht, wurde ein Schneemodell eingesetzt, welches auf Basis von meteorologischen Daten (sowohl aus Beobachtungen als auch aus Klimamodellen) Eigenschaften der Schneedecke auf einem $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ -Gitter für die gesamte Fläche der Steiermark berechnet. Eine detaillierte Beschreibung dieser Methode ist in Kapitel 1.5 „SNOWGRID“ zu finden. In diesem Kapitel wurde für die ganzjährigen Auswertungen das Schneebilanzjahr (01.09. bis 31.08. des Folgejahres) herangezogen. Aus diesem Grund – da man zusätzlich Daten für das Jahr 2101 bräuchte – werden die zukünftigen Entwicklungen der einzelnen Parameter für die ferne Zukunft nur bis zum Jahr 2099 ausgewertet (siehe auch Kapitel 1.2 „Daten und Methodik – Überblick“).

Bei der Berechnung der Parameter Beginn (Kapitel 7.4.1) und Ende der Schneedecke (Kapitel 7.4.2) tritt der Fall auf, dass im Rahmen der Modellierung der Zukunft für die Szenarien RCP4.5 („Mittelweg“) und RCP8.5 („fossiler Weg“) nicht immer ein adäquater zeitlicher Mittelwert gebildet werden kann. Dies liegt darin begründet, dass es Einzeljahre gibt, in denen gar kein Schnee verzeichnet wird und

folglich auch kein Beginn- oder Enddatum existiert. Falls dies innerhalb einer Klimanormalperiode (2071 – 2100) in zwei Jahren oder öfters der Fall ist, so wird kein zeitlicher Mittelwert gebildet und der entsprechende Gitterpunkt bzw. die betroffene Region der Steiermark wird in der entsprechenden Karte grau schraffiert dargestellt.

7.1.2 Anwendungsorientierte Schneeindikatoren

Da die großen Auswirkungen von Schnee auf die menschliche Gesellschaft oft besser durch maßgeschneiderte Indikatoren als durch reine Mittelwerte sichtbar gemacht werden können, wird im Klimaatlas Steiermark eine Vielzahl davon dargestellt. Als Grundlage aller hier dargestellten Indikatoren dienen Tagesdaten der Neuschneehöhe, der Gesamtschneehöhe und des im Schnee gespeicherten Wasseräquivalents (siehe auch Kapitel 1.5 „SNOWGRID“ für eine genauere Beschreibung der zugrundeliegenden Daten). Nach einer Beschreibung der Anzahl der Tage mit Schneefall und Starkschneefall in Unterkapitel 7.2 befasst sich Abschnitt 7.3 mit der Summe der Neuschneehöhen und Unterkapitel 7.4 mit verschiedenen Kennzahlen, welche die Schneedecke am Boden beschreiben.

7.1.3 Räumliche und zeitliche Ausprägungen

Für räumliche Ausprägungen verschiedener Schneeindikatoren stellen wir 30-jährige Mittelwerte in Karten der Steiermark dar. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der neuesten Klimanormalperiode 1991 – 2020. 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) gezeigt. 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 Klimcharakteristika innerhalb der Steiermark nicht zu vernachlässigen, wurden neun möglichst homogene Klimaregionen definiert (siehe Kapitel 2 „Klimaregionen“) und gesondert untersucht. Ebenso werden Auswertungen für einzelne Höhenstufen analysiert.

7.2 Häufigkeit von Tagen mit Schneefall und Starkschneefall

7.2.1 Anzahl von Tagen mit Neuschnee

Definition. Als Anzahl von Tagen mit Neuschnee wird die Anzahl der Tage gewertet, an denen Niederschlag fällt und der Standort oberhalb der Schneefallgrenze liegt. Die Schneefallgrenze und die Dichte des Neuschnees werden dabei von einem Schneemodell abgeschätzt, wie in Olefs et al. (2020) beschrieben. Im Folgenden werden Auswertungen sowohl für das gesamte Jahr als auch für einzelne Monate gezeigt.

Aussagekraft. Abgesehen von einer generellen klimatologischen Einordnung in Bezug auf Schneefall hat die Anzahl der Tage mit Neuschnee auch praktische Bedeutung für Winterdienste (Schneeräumung) und Verkehrssicherheit (Straßenglätte).

Mittelwerte 1991 – 2020 und räumliche Verteilung. Im langjährigen und räumlichen Mittel treten in der Steiermark pro Jahr 29 Tage mit Schneefall auf (siehe Abbildung 7.4). Dieser Flächenmittelwert ist aber gerade bei Schneefall nicht sehr aussagekräftig, weil Schneefall sehr stark von der Temperatur und damit von der Höhenlage abhängt. Diese Höhenabhängigkeit, überlagert durch den Staueffekt der Nordalpen, der besonders im Winter Nieder-

schlag an der Alpennordseite verstärkt, ergibt eine räumliche Verteilung mit Maxima von über 100 Tagen mit Neuschnee pro Jahr in den höchsten Lagen der Nordstauregionen und Minima von unter 10 Tagen pro Jahr in Graz, im oststeirischen Hügelland und in der Gegend um Bad Radkersburg. Eine Auswertung in unterschiedlichen Höhenlagen (Abbildung 7.1) zeigt, dass unter 500 m Seehöhe im Durchschnitt 11 Tage mit Neuschnee auftreten, während es zwischen 500 m und 1000 m 23 Tage, zwischen 1000 m und 1500 m 37 Tage, zwischen 1500 m und 2000 m 54 Tage und über 2000 m 68 Tage sind. Unter 500 m beschränken sich Tage mit Schneefall auf die Monate November bis (vereinzelt) April, während es über 2000 m selbst in den heißesten Monaten Juli und August vereinzelt schneien kann.

Zeitliche Änderung. Im Vergleich zur vorangegangenen Klimanormalperiode 1961 – 1990 (siehe Abbildung 7.5) hat die Anzahl der Tage mit Schneefall im Mittel um 8 Tage abgenommen. Die größte Abnahme von etwa 15 Tagen wurde in den Hochlagen der westlichen und südlichen Gebirgsgruppen der Steiermark aufgezeichnet, während in der östlichen Obersteiermark in der Region um Mürzzuschlag mit unter 4 Tagen die geringsten Rückgänge auftraten. Im Vorland betrug die Abnahme 7 Tage, was relativ betrachtet etwa 40% Rück-

gang bedeutet. Das veranschaulicht, dass die relativen Auswirkungen der Erwärmung auf Schneefall in tiefen Lagen wesentlich größer sind als in hohen Lagen.

Für die kommende Klimanormalperiode (2021 – 2050) sagen die Österreichischen Klimaszenarien eine weitere Abnahme um 2 Tage mit Schneefall pro Jahr voraus. Dies gilt für das Szenario „2-Grad-Ziel“ (Abbildung 7.6), welches sich bis 2050 von anderen Szenarien kaum unterscheidet (ohne Abbildung). Langfristig, bis zum Ende des 21. Jahrhunderts, könnte sich die Situation etwa auf diesem Niveau stabilisieren (Abnahme um 3 Tage), wenn das Szenario „2-Grad-Ziel“ eingehalten wird. Unter Annahme des Szenarios „fossiler Weg“ würden die Tage mit Schneefall in allen Klimaregionen und Höhenlagen weiter stark abnehmen. Getrennt nach Höhenlagen (Abbildung 7.2) sind bis zum Ende des 21. Jahrhunderts unter 500 m Rückgänge von etwa 18% („2-Grad-Ziel“) bis 63% („fossiler Weg“), zwischen 500 m und 1000 m von 12% („2-Grad-Ziel“) bis 48% („fossiler Weg“), zwischen 1000 m und 1500 m von 10% („2-Grad-Ziel“) bis 43% („fossiler Weg“), zwischen 1500 m und 2000 m von 6% („2-Grad-Ziel“) bis 36% („fossiler Weg“) und oberhalb von 2000 m von 5% („2-Grad-Ziel“) bis 32% („fossiler Weg“) zu erwarten.

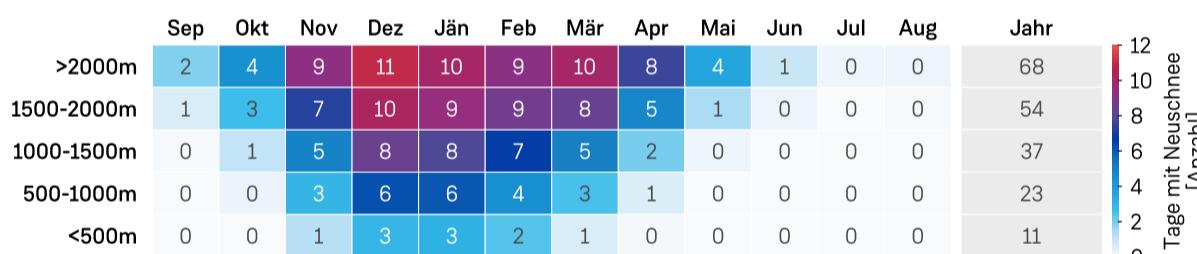


Abbildung 7.1: Anzahl der jährlichen und monatlichen Tage mit Neuschnee in verschiedenen Höhenlagen der Steiermark für die Klimanormalperiode 1991 – 2020.

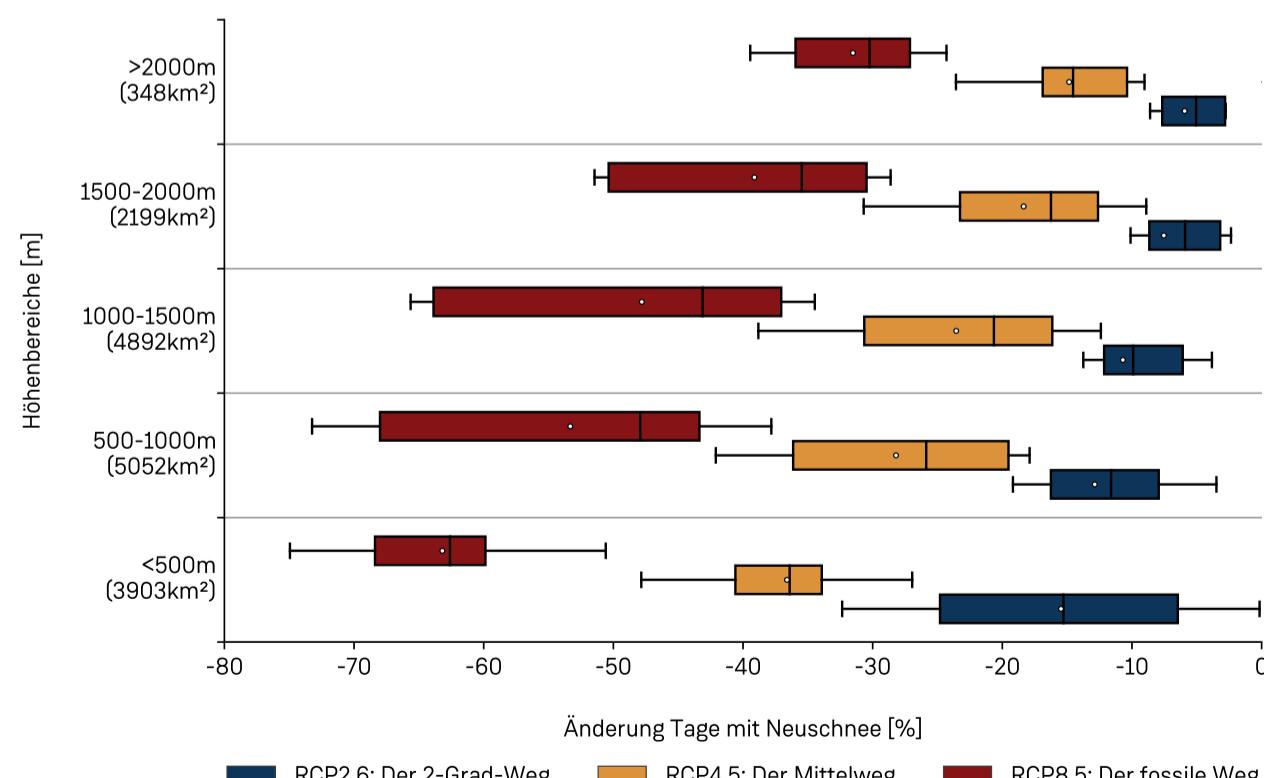


Abbildung 7.2: Änderung der Anzahl der Tage mit Neuschnee im Vergleich der fernen Zukunft (2071 – 2099) mit der Gegenwart (1991 – 2020) in verschiedenen Höhenlagen der Steiermark für die drei unterschiedlichen Szenarien. Die angegebenen Flächenanteile pro Höhenstufe beziehen sich auf das dem verwendeten Datensatz zugrundeliegenden Höhenmodell mit 1 km Gitterweite.

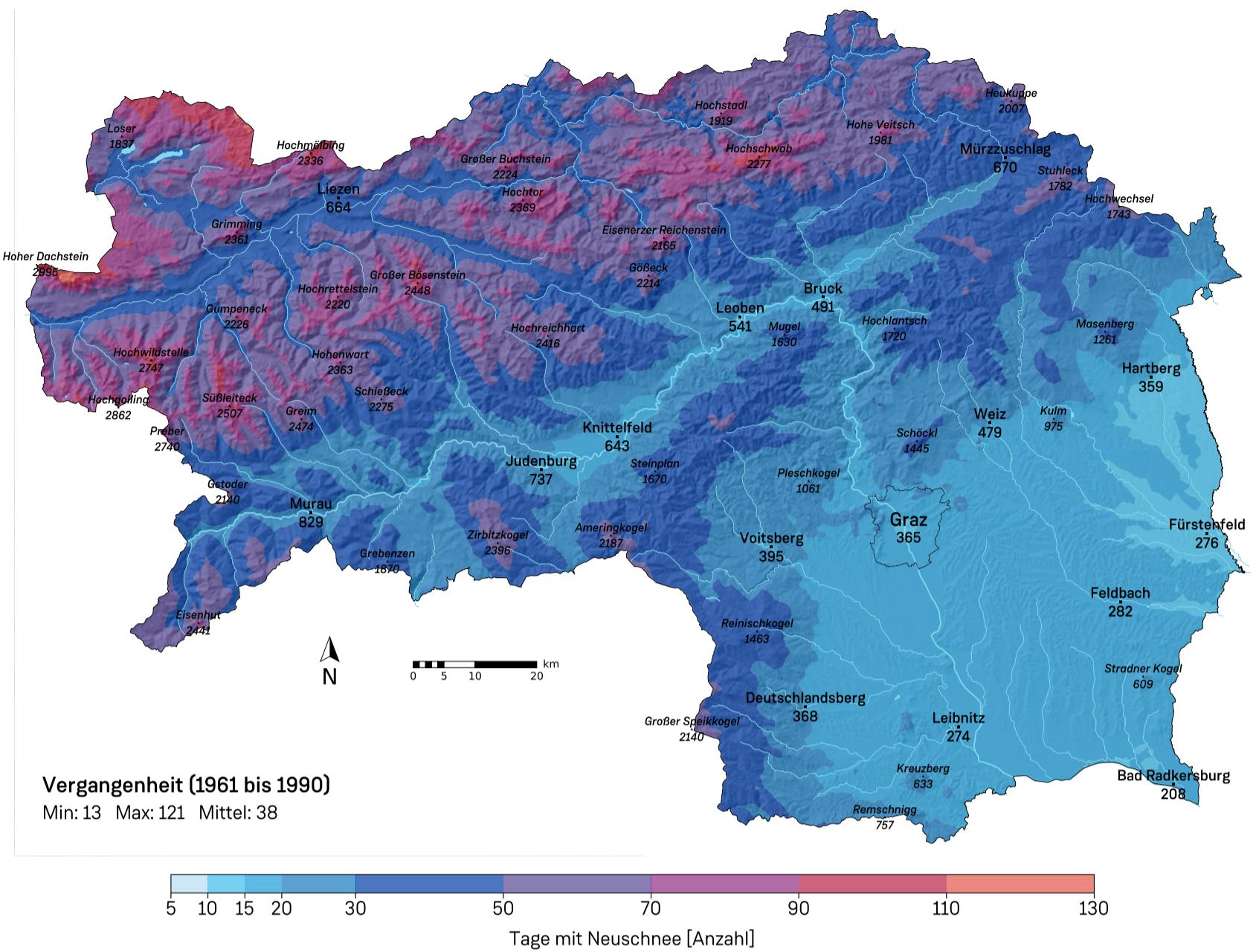


Abbildung 7.3: Jährliche Anzahl der Tage mit Neuschnee für die 30-jährige Klimanormalperiode 1961 – 1990.

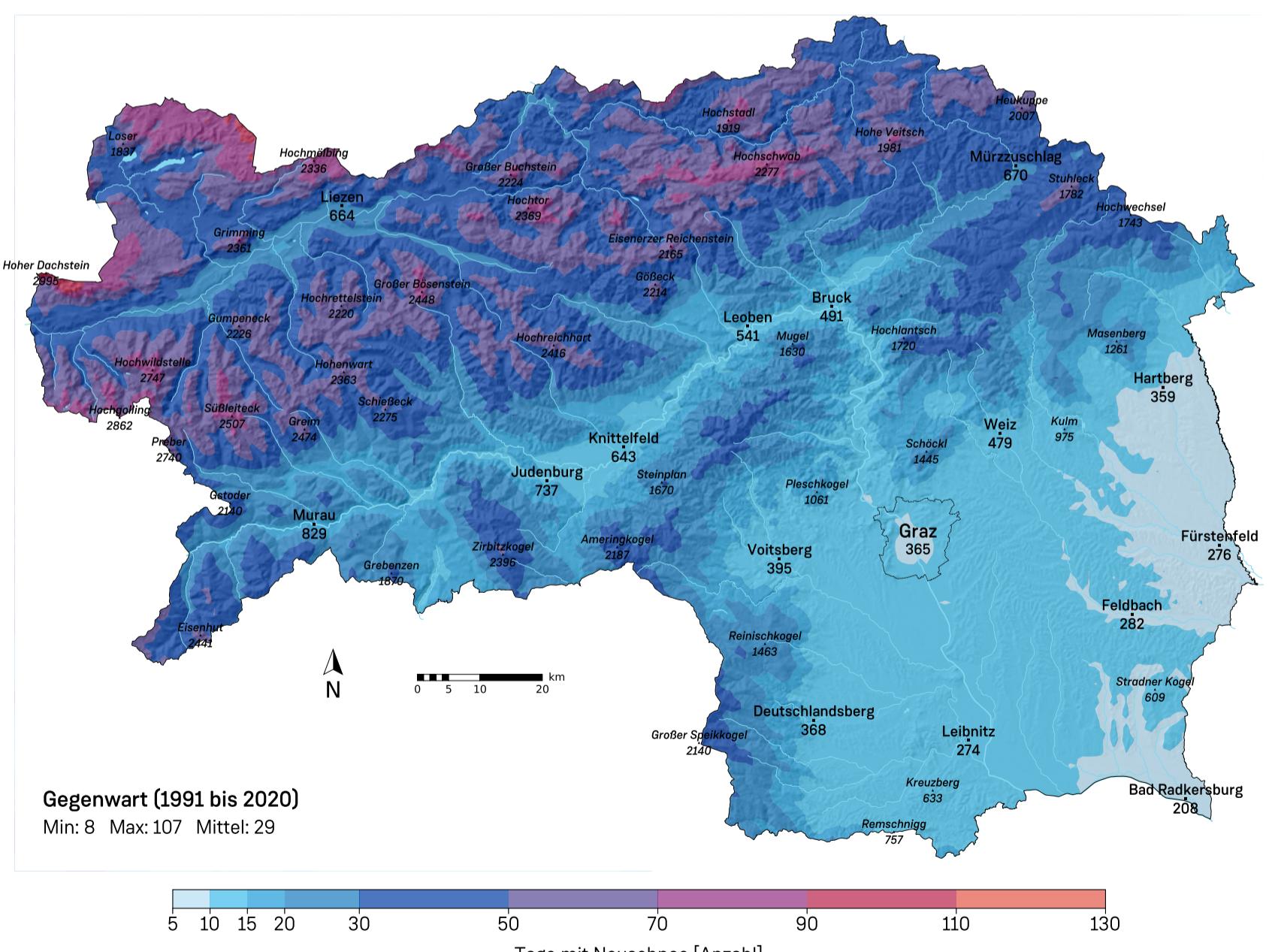


Abbildung 7.4: Jährliche Anzahl der Tage mit Neuschnee für die 30-jährige Klimanormalperiode 1991 – 2020.

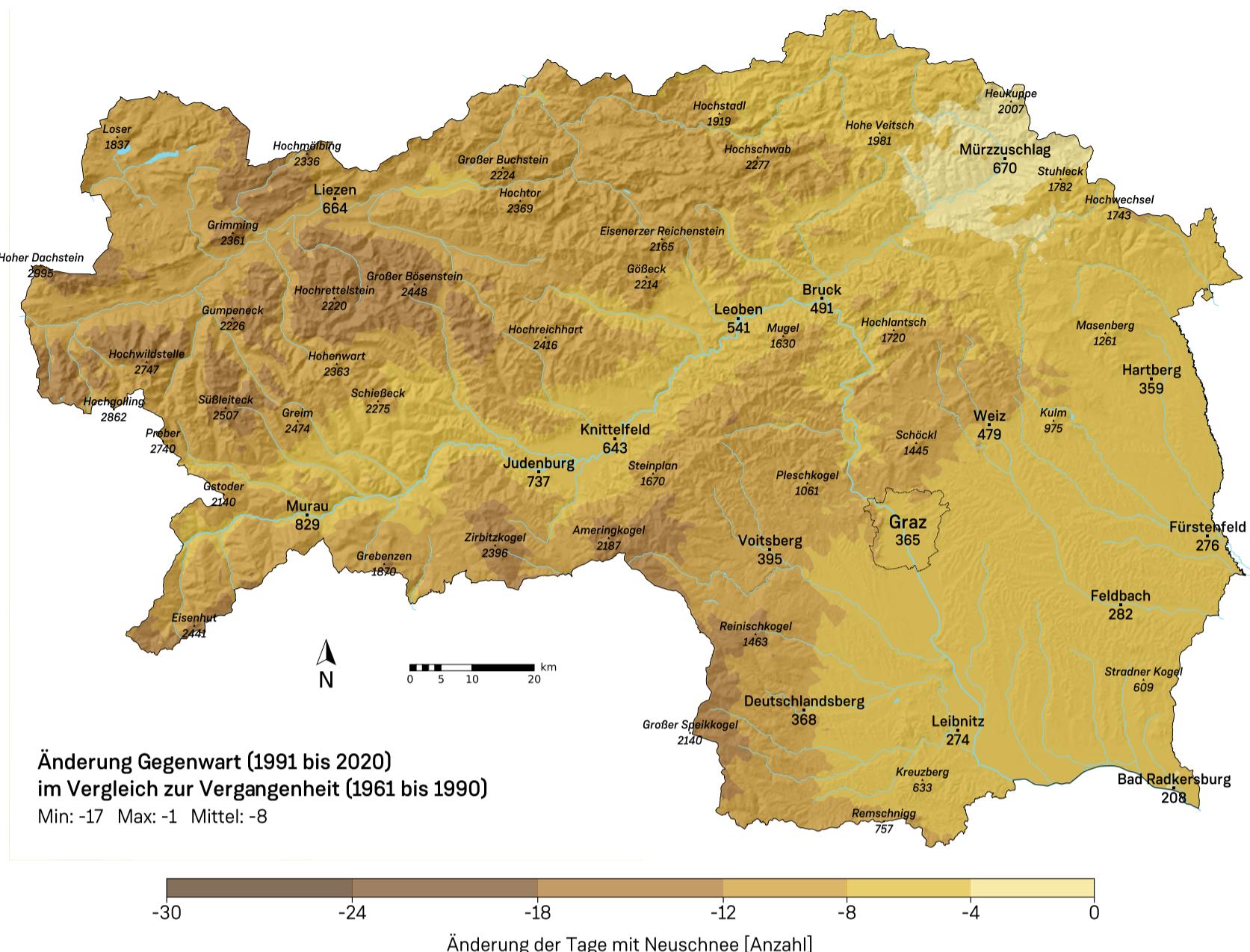


Abbildung 7.5: Änderung der Anzahl der Tage mit Neuschnee im Vergleich der Gegenwart (1991 – 2020) zur Vergangenheit (1961 – 1990).

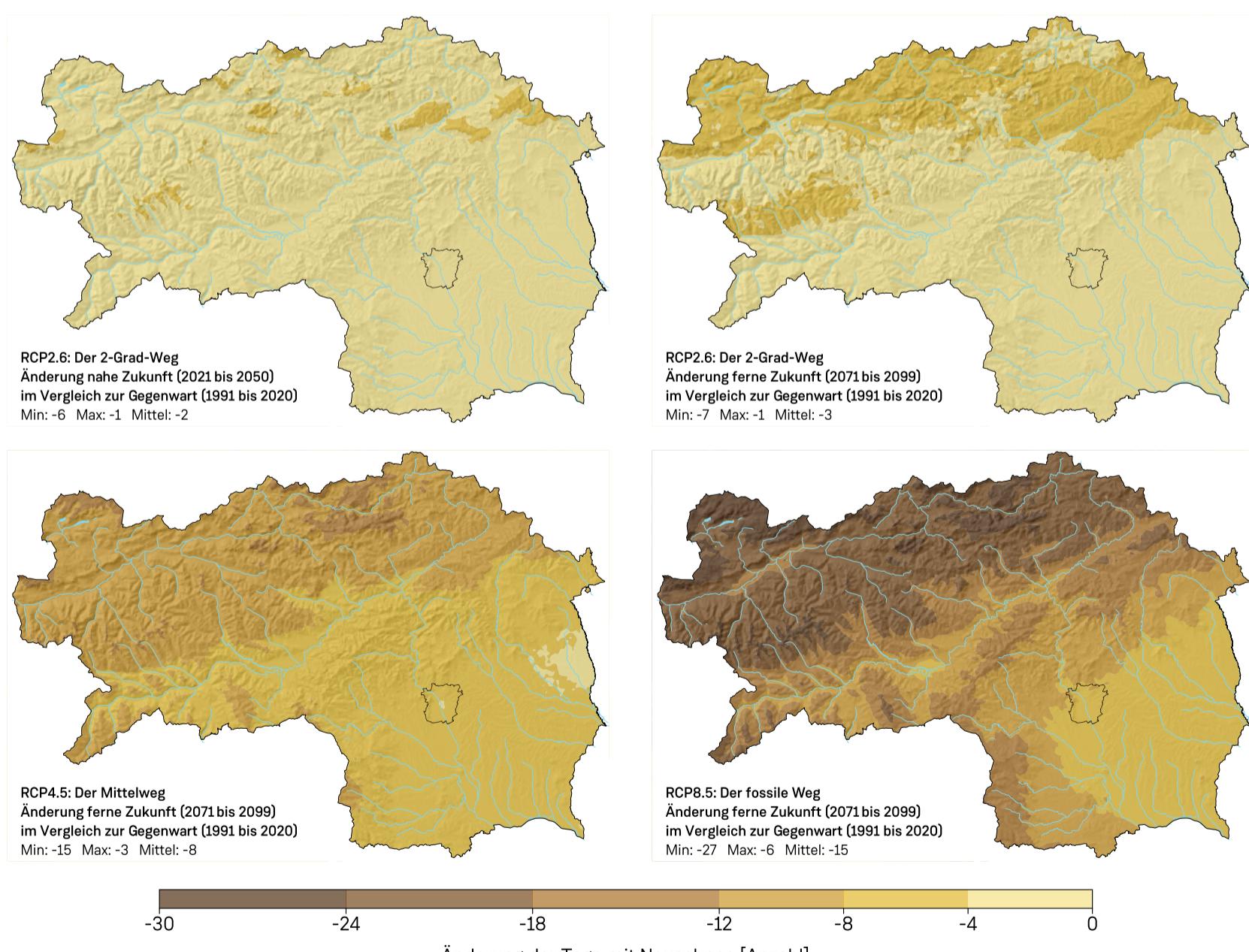


Abbildung 7.6: Änderung der Anzahl der Tage mit Neuschnee für die nahe (2021 – 2050) und ferne Zukunft (2071 – 2099) unter Berücksichtigung verschiedener Klimaszenarien (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5).

7.2.2 Anzahl der Tage mit Starkschneefall

Definition. Als Anzahl der Tage mit Starkschneefall werden Tage gewertet, an denen die tägliche Neuschneehöhe größer als 20 cm ist. Im Folgenden werden Auswertungen sowohl für das gesamte Jahr als auch monatlich analysiert.

Aussagekraft. Die Anzahl der Tage mit Starkschneefall ist ein Indikator für Situationen, die mit Gefährdungen und Schäden durch Schneefall einhergehen können. Starker Schneefall führt nicht nur zu Problemen im Verkehr, sondern steht auch in Verbindung mit Schneebruch, der z.B. oft zu Unterbrechungen der Stromversorgung führt. In längeren Phasen mit Starkschneefall werden hohe Schneelasten, die Gebäude gefährden können, problematisch. Des Weiteren kann die steigende Gefahr von großen Schadlawinen zur Unerreichbarkeit exponierter Ortschaften und direkter Gefahr für Leib und Leben führen.

Mittelwerte 1991 – 2020 und räumliche Verteilung. Im langjährigen und räumlichen Mittel tritt in der Steiermark pro Jahr nur 1 Tag

mit Starkschneefall auf (siehe Abbildung 7.9). Dieser Flächenmittelwert ist aber gerade bei Starkschneefall nicht aussagekräftig, weil Schneefall sehr stark von der Höhenlage abhängt. Eine Auswertung in unterschiedlichen Höhenlagen (Abbildung 7.7) zeigt, dass Starkschneefälle unter 1000 m Seehöhe nur etwa jedes dritte Jahr vorkommen, zwischen 1000 m und 1500 m Seehöhe etwa einmal pro Jahr, zwischen 1500 m und 2000 m dreimal pro Jahr und über 2000 m viermal pro Jahr auftreten. Die absoluten Maxima finden sich mit 16 Tagen pro Jahr im Toten Gebirge.

Zeitliche Änderung. Im Vergleich zur vorangegangenen Klimanormalperiode 1961 – 1990 (siehe Abbildung 7.10) hat die Anzahl der Tage mit Starkschneefall im Mittel um nur einen Tag pro zwei Jahren abgenommen. Die größte absolute Abnahme gab es mit knapp drei Tagen pro Jahr in den Hochlagen der westlichen und südlichen Gebirgsgruppen der Steiermark, während in tiefen Lagen die Abnahme in absoluten Zahlen zwar gering war, relativ zur Vergangenheit aber zwischen 60% und 100% lag. Interessant ist auch, dass in den Hochlagen der Haller Mauern, der Rax und am Stuhleck sogar Zunahmen um bis zu 2 Tage zu

verzeichnen waren. Dort wurden die steigenden Temperaturen in den Hochlagen durch zunehmenden Starkniederschlag im Winter überkompensiert.

Für die kommende Klimanormalperiode (2021 – 2050) sagen die Österreichischen Klimaszenarien keinen klaren Trend voraus. Tendenziell sind Abnahmen in tieferen Lagen und leichte Zunahmen in höheren Lagen der Nordstauregionen zu erkennen. Dies gilt für das Szenario „2-Grad-Ziel“ (Abbildung 7.11), welches sich bis 2050 von anderen Szenarien kaum unterscheidet (ohne Abbildung). Langfristig, bis zum Ende des 21. Jahrhunderts, könnte sich die Situation auf diesem Niveau stabilisieren (keine signifikante Änderung), wenn das Szenario „2-Grad-Ziel“ eingehalten wird. Unter der Annahme des Szenarios „fossiler Weg“ würde die Erwärmung zu dominieren beginnen und die Anzahl der Tage mit Starkschneefall auch in den Hochlagen deutlich abnehmen.

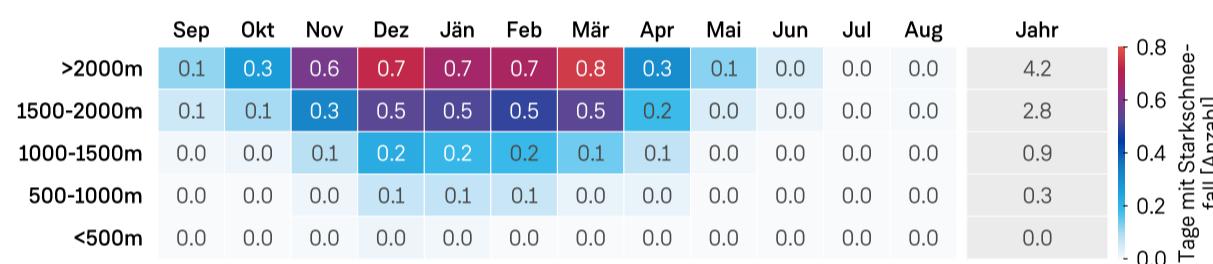


Abbildung 7.7: Anzahl der jährlichen und monatlichen Tage mit Starkschneefall in verschiedenen Höhenlagen der Steiermark für die Klimanormalperiode 1991 – 2020.

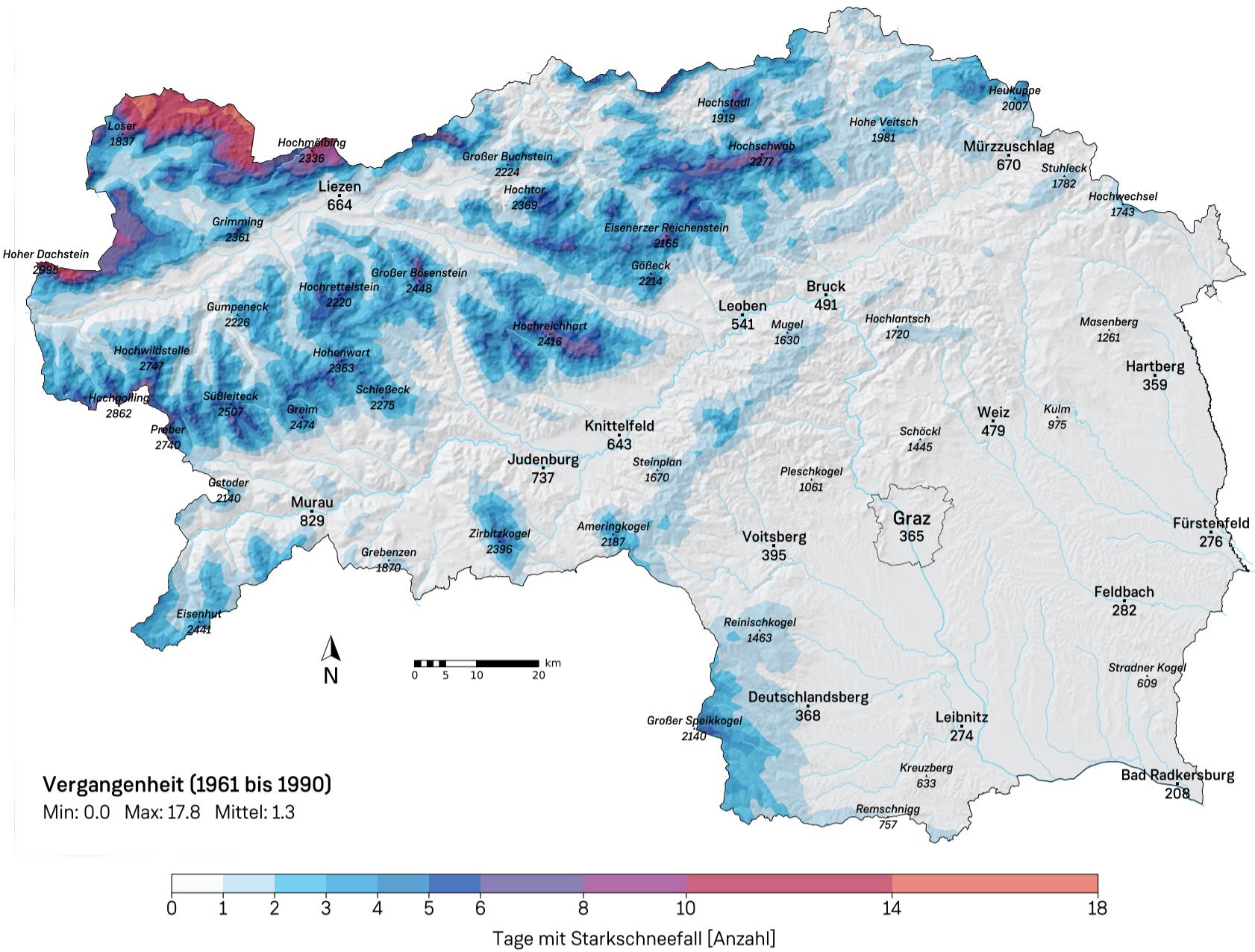


Abbildung 7.8: Jährliche Anzahl der Tage mit Starkschneefall für die 30-jährige Klimanormalperiode 1961 – 1990.

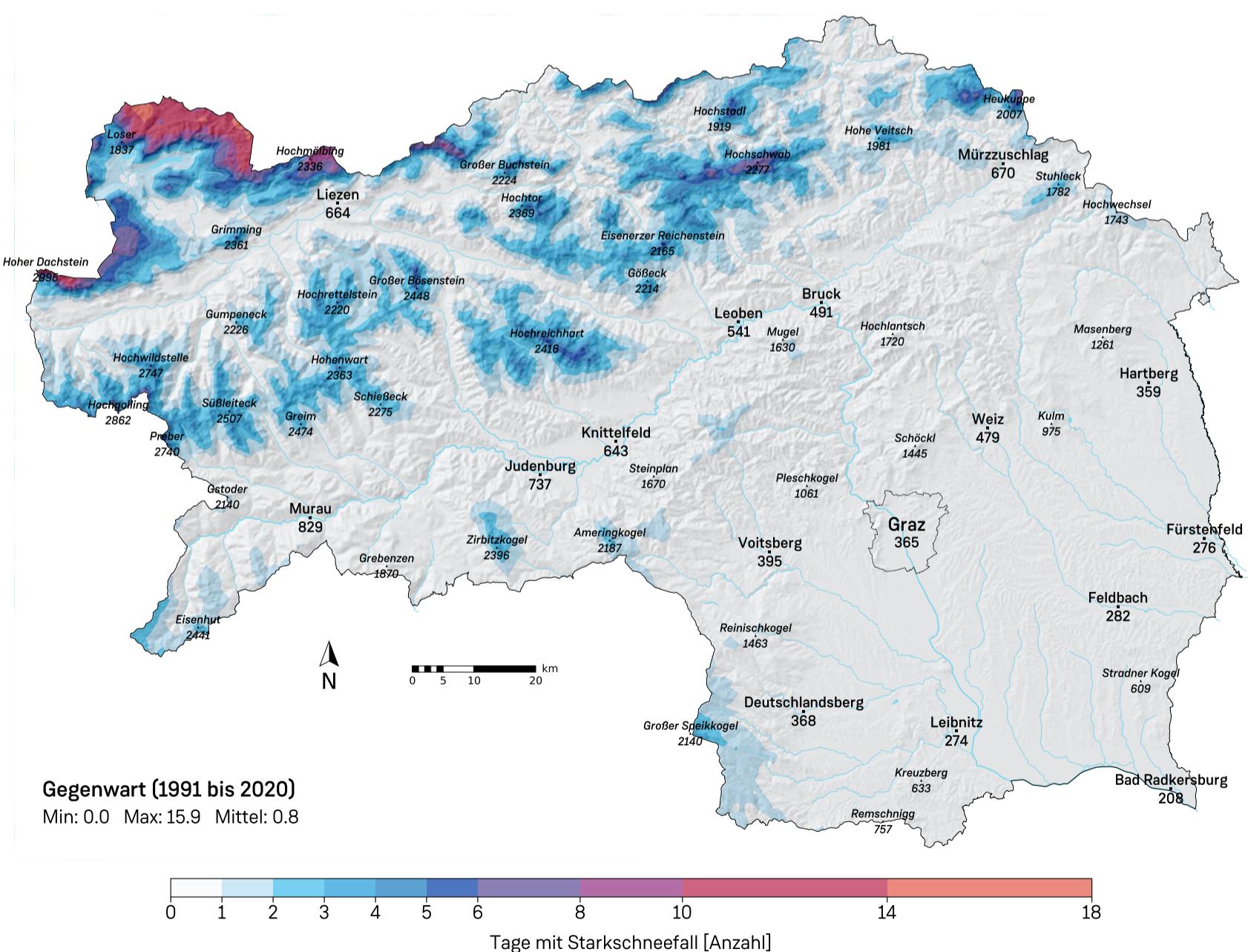


Abbildung 7.9: Jährliche Anzahl der Tage mit Starkschneefall für die 30-jährige Klimanormalperiode 1991 – 2020.

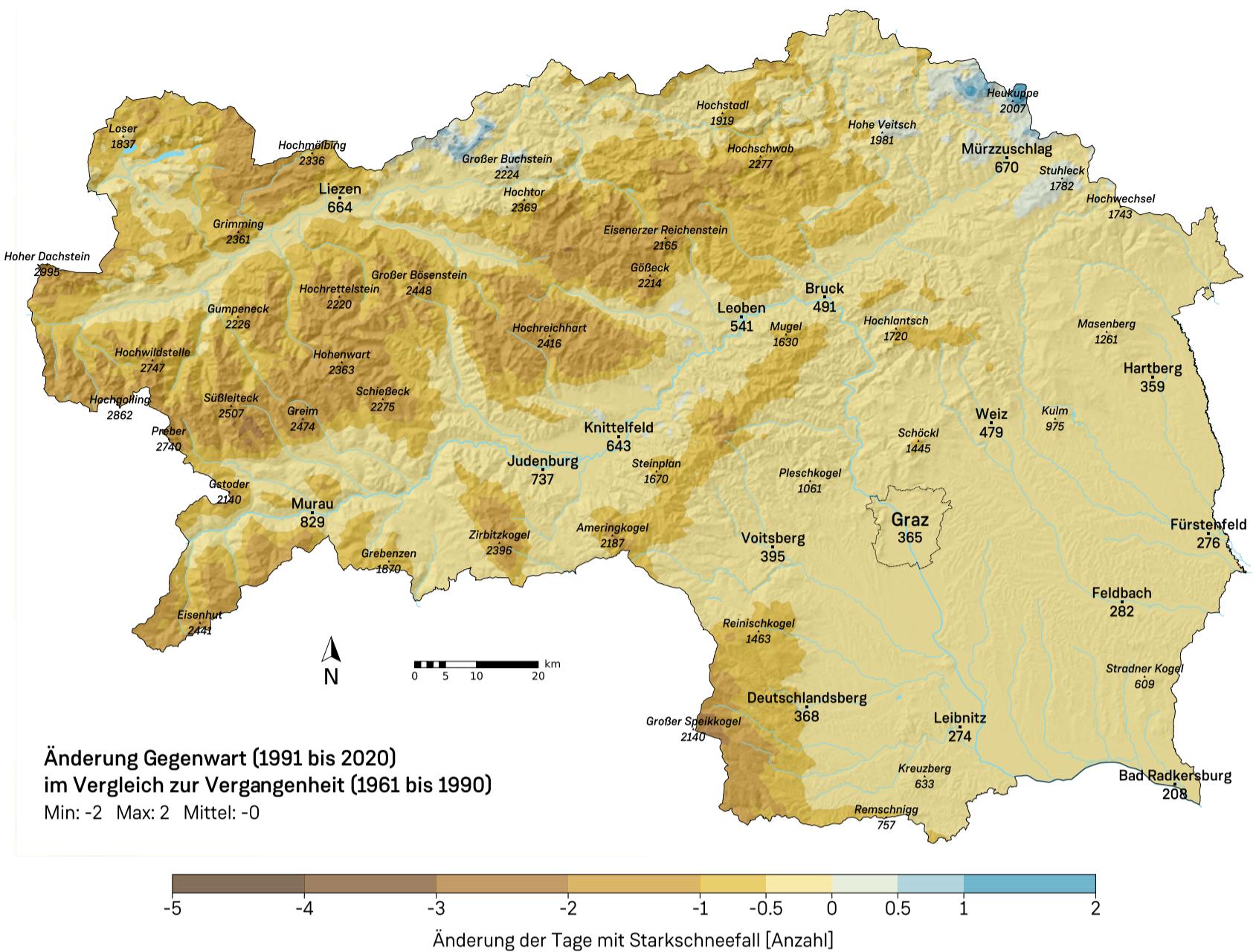


Abbildung 7.10: Änderung der Anzahl der Tage mit Starkschneefall im Vergleich der Gegenwart (1991 – 2020) zur Vergangenheit (1961 – 1990).

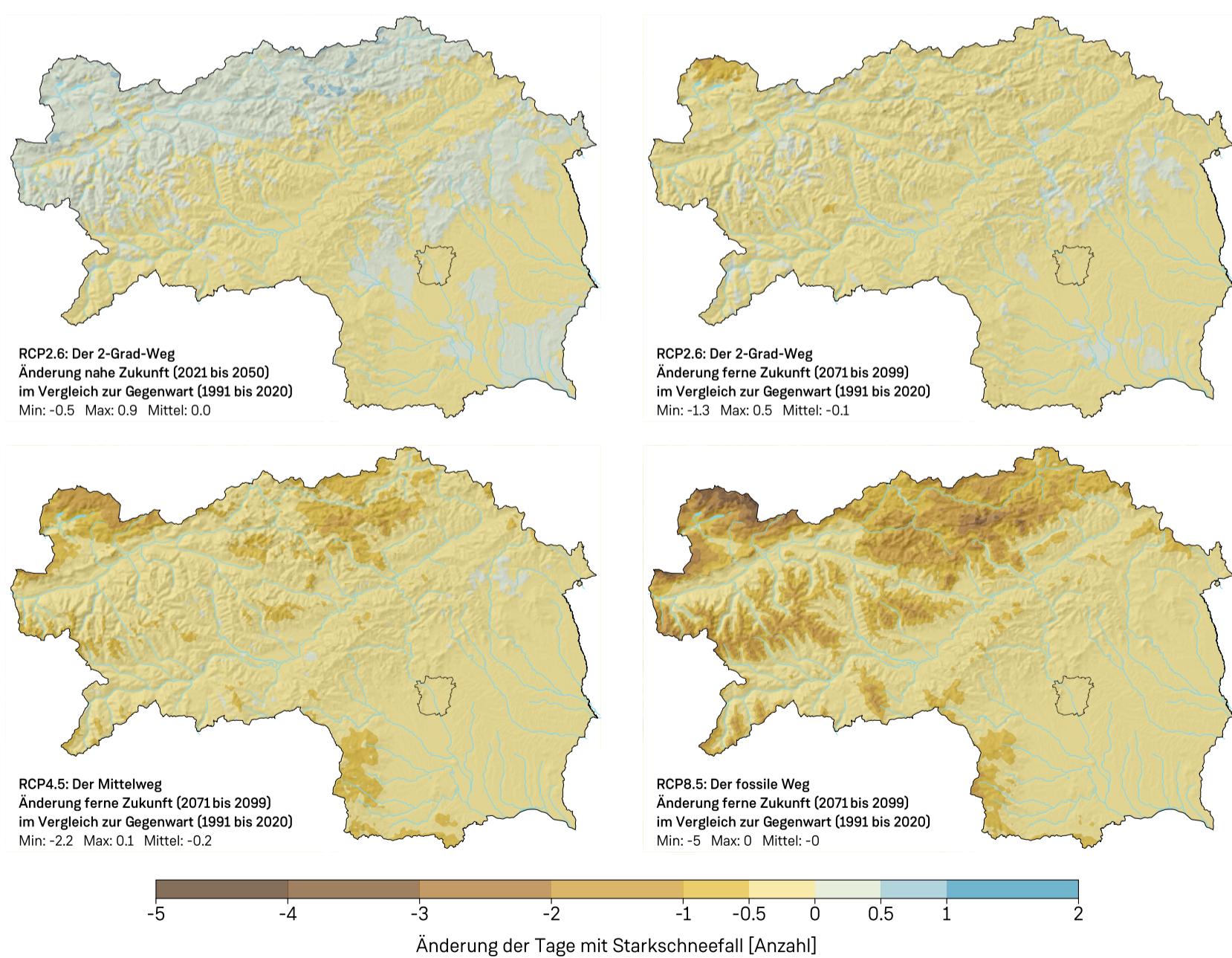


Abbildung 7.11: Änderung der Anzahl der Tage mit Starkschneefall für die nahe (2021 – 2050) und ferne Zukunft (2071 – 2099) unter Berücksichtigung verschiedener Klimaszenarien (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5).

7.3 Summe der Neuschneehöhen

Definition. Die Summe der Neuschneehöhen erhält man durch Addieren aller täglichen Neuschneehöhen (siehe Kapitel 7.2). Diese Summe ist nicht als Gesamtschneehöhe zu betrachten, da sie Setzung (Verdichtung, siehe Kapitel 7.1) und zwischenzeitliche Ablation nicht berücksichtigt.

Aussagekraft. Die Summe der Neuschneehöhen ist ein Orientierungswert bezüglich des Schneereichtums einer Region und hat praktische Bedeutung für die Abschätzung des Aufwands für Schneeräumung und die Eignung als Wintersportgebiet.

Mittelwerte 1991 – 2020 und räumliche Verteilung. Im langjährigen und räumlichen Mittel beträgt die Summe der Neuschneehöhen pro Jahr 144 cm (siehe Abbildung 7.14). Dieser Flächenmittelwert ist aber nicht sehr aussagekräftig, weil die Neuschneehöhen sehr stark von der Temperatur und damit von der Höhenlage abhängen. Diese Höhenabhängigkeit, überlagert durch den Staueffekt der Nordalpen, der besonders im Winter Niederschlag an der Alpennordseite verstärkt, ergibt eine

räumliche Verteilung mit Maxima von über 1100 cm in den höchsten Lagen der Nordstauregionen und Minima von unter 50 cm im Vorland und in den großen Längs- und Quertälern von Mur und Mürz. Eine Auswertung in unterschiedlichen Höhenlagen (Abbildung 7.12) zeigt, dass die Summe der Neuschneehöhen im Jahr unter 500 m Seehöhe im Durchschnitt 40 cm beträgt, während es zwischen 500 m und 1000 m 91 cm, zwischen 1000 m und 1500 m 176 cm, zwischen 1500 m und 2000 m 330 cm und über 2000 m 449 cm sind.

Zeitliche Änderung. Im Vergleich zur vorangegangenen Klimanormalperiode 1961 – 1990 (siehe Abbildung 7.15) hat die jährliche Summe der Neuschneehöhen im Mittel um 27% abgenommen. Die größten absoluten Änderungen mit über 125 cm Abnahme wurden in den Hochlagen des Toten Gebirges und der Niederter Tauern aufgezeichnet, während es in den tiefen Lagen der Mur-Mürz-Furche und in der östlichen Obersteiermark in der Region um Mürzzuschlag keine Abnahme, sondern lokal begrenzt sogar Zunahmen gab. Im Vorland

betrug die Abnahme 34 cm, was relativ betrachtet mit etwa 45% den größten Rückgang in der Steiermark ergibt.

Für die kommende Klimanormalperiode (2021 – 2050) sagen die Österreichischen Klimaszenarien eine weitere Abnahme um etwa 10% südlich des Alpenhauptkamms und keine Änderung oder sogar leichte Zunahmen in höheren Lagen nördlich des Alpenhauptkamms voraus. Dies gilt für das Szenario „2-Grad-Ziel“ (Abbildung 7.16). Dieses Nord-Süd-Muster ist allerdings nicht als sehr robust zu betrachten, da langfristig, bis zum Ende des 21. Jahrhunderts, dasselbe Szenario in der ganzen Steiermark leichte Abnahmen um etwa 10% erwarten lässt. Unter der Annahme des Szenarios „fossiler Weg“ würde die jährliche Neuschneesumme in allen Höhenlagen der Steiermark deutlich abnehmen, wobei in absoluten Zahlen wieder die Hochlagen der Nordstauregionen mit über 250 cm Abnahme hervorstechen, relativ betrachtet aber die tiefen Lagen und insbesondere das Vorland mit Verlusten von 60% bis 80% am stärksten betroffen wären.



Abbildung 7.12 : Summe der jährlichen und monatlichen Neuschneehöhen [cm] in verschiedenen Höhenlagen der Steiermark für die Klimanormalperiode 1991 – 2020.

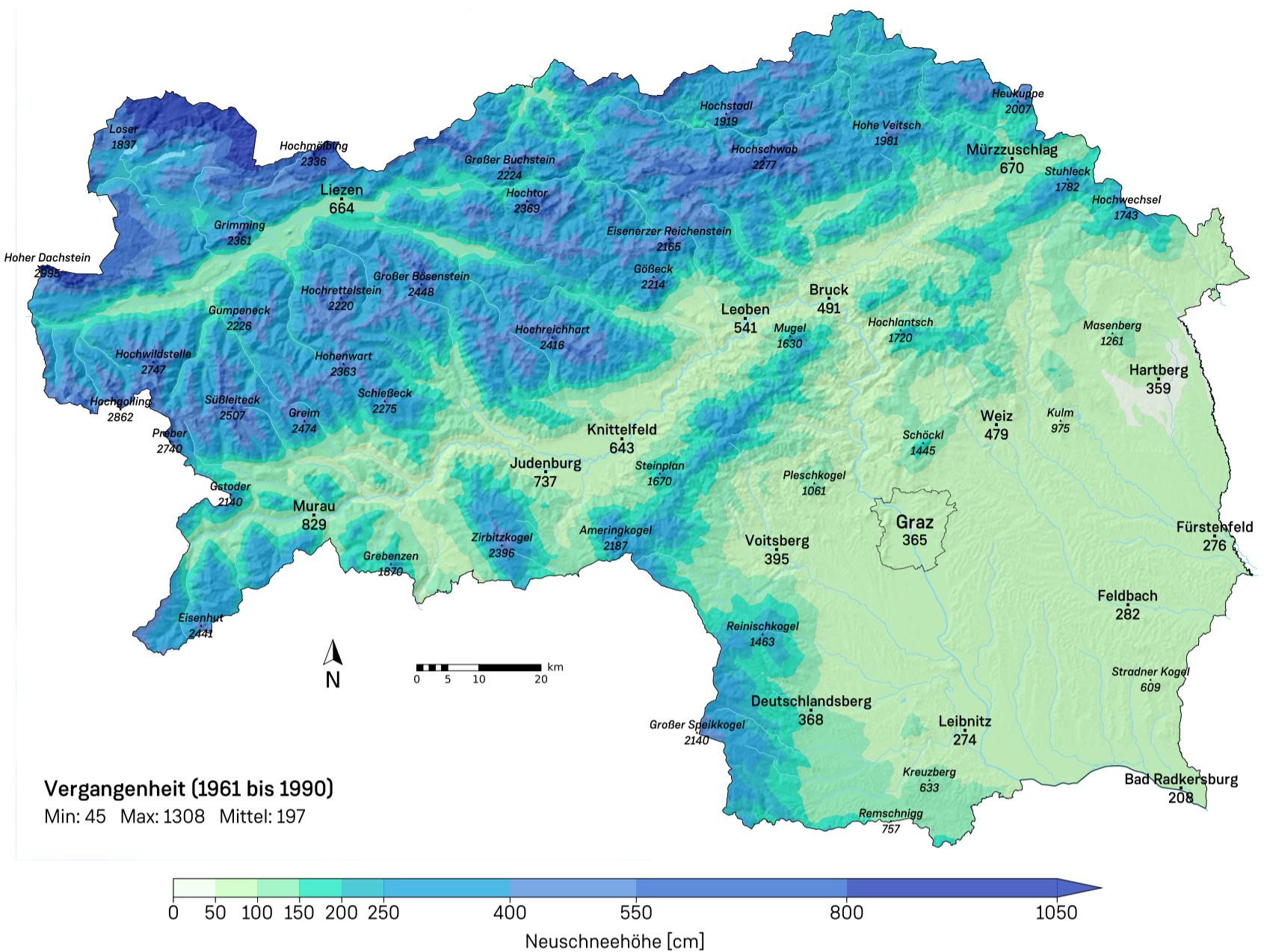


Abbildung 7.13: Mittlere Summe der Neuschneehöhen in Zentimeter für die 30-jährige Klimanormalperiode 1961 – 1990.

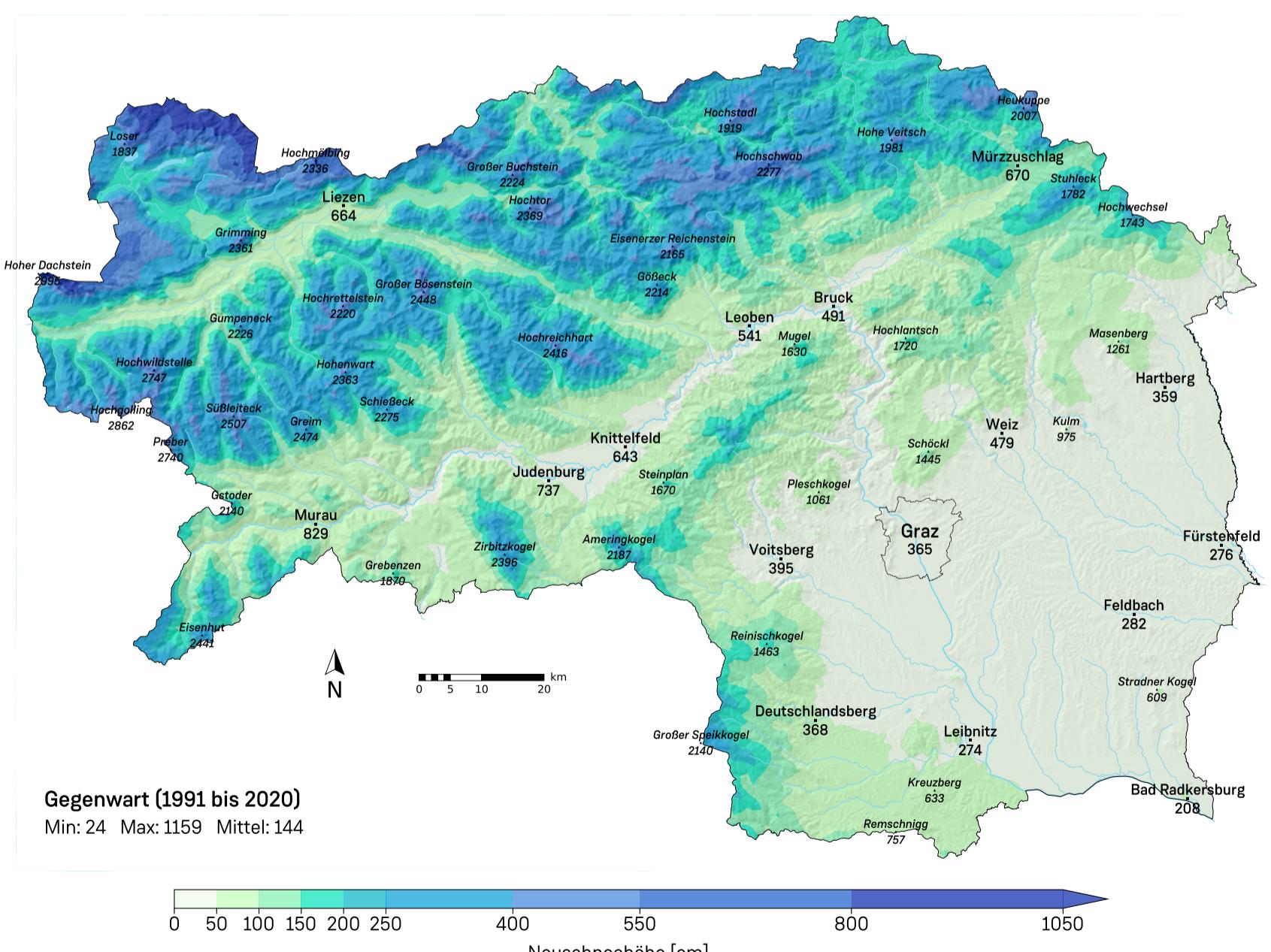


Abbildung 7.14: Mittlere Summe der Neuschneehöhen in Zentimeter für die 30-jährige Klimanormalperiode 1991 – 2020.

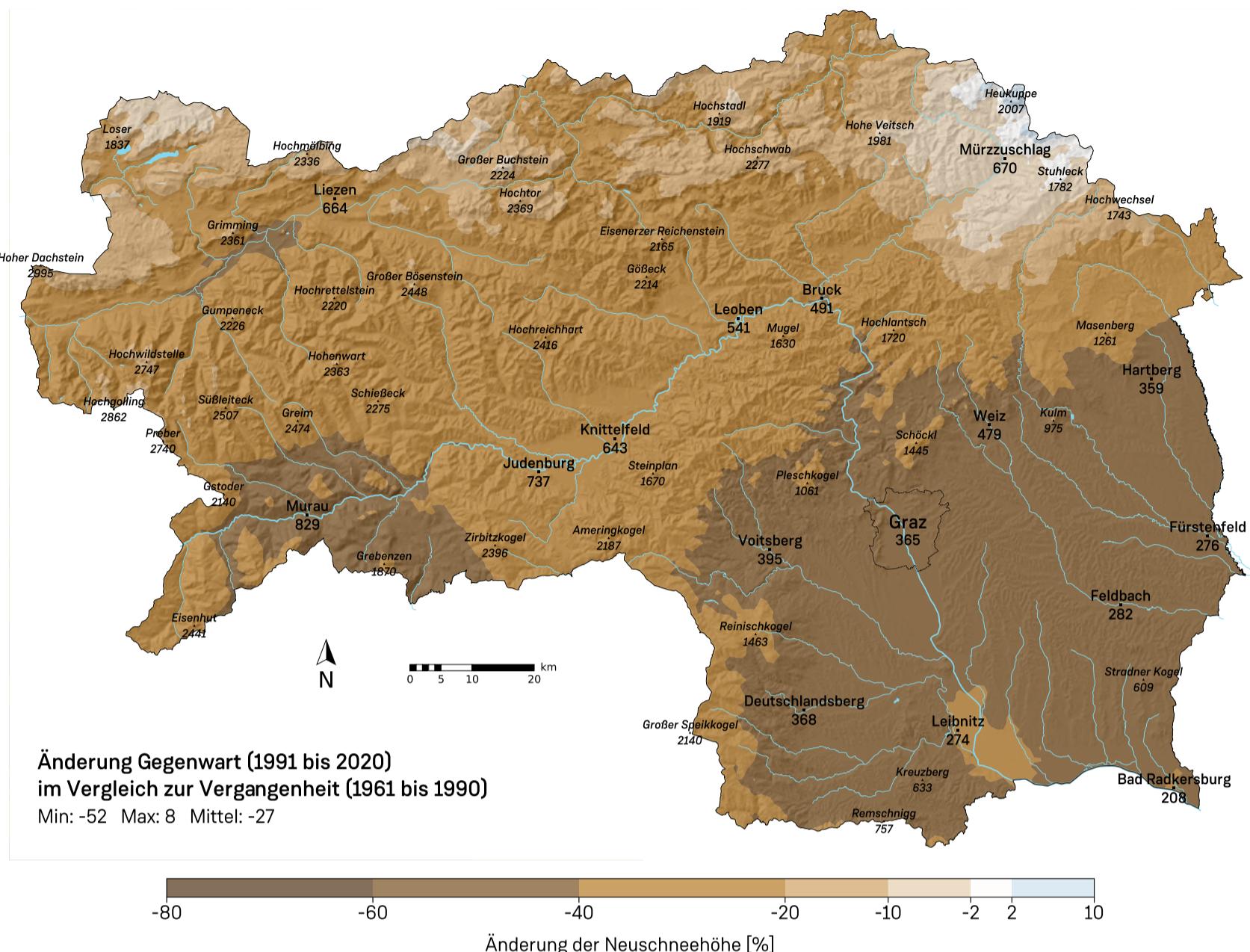


Abbildung 7.15: Relative Änderung der Summe der Neuschneehöhen in Prozent im Vergleich der Gegenwart (1991 – 2020) zur Vergangenheit (1961 – 1990).

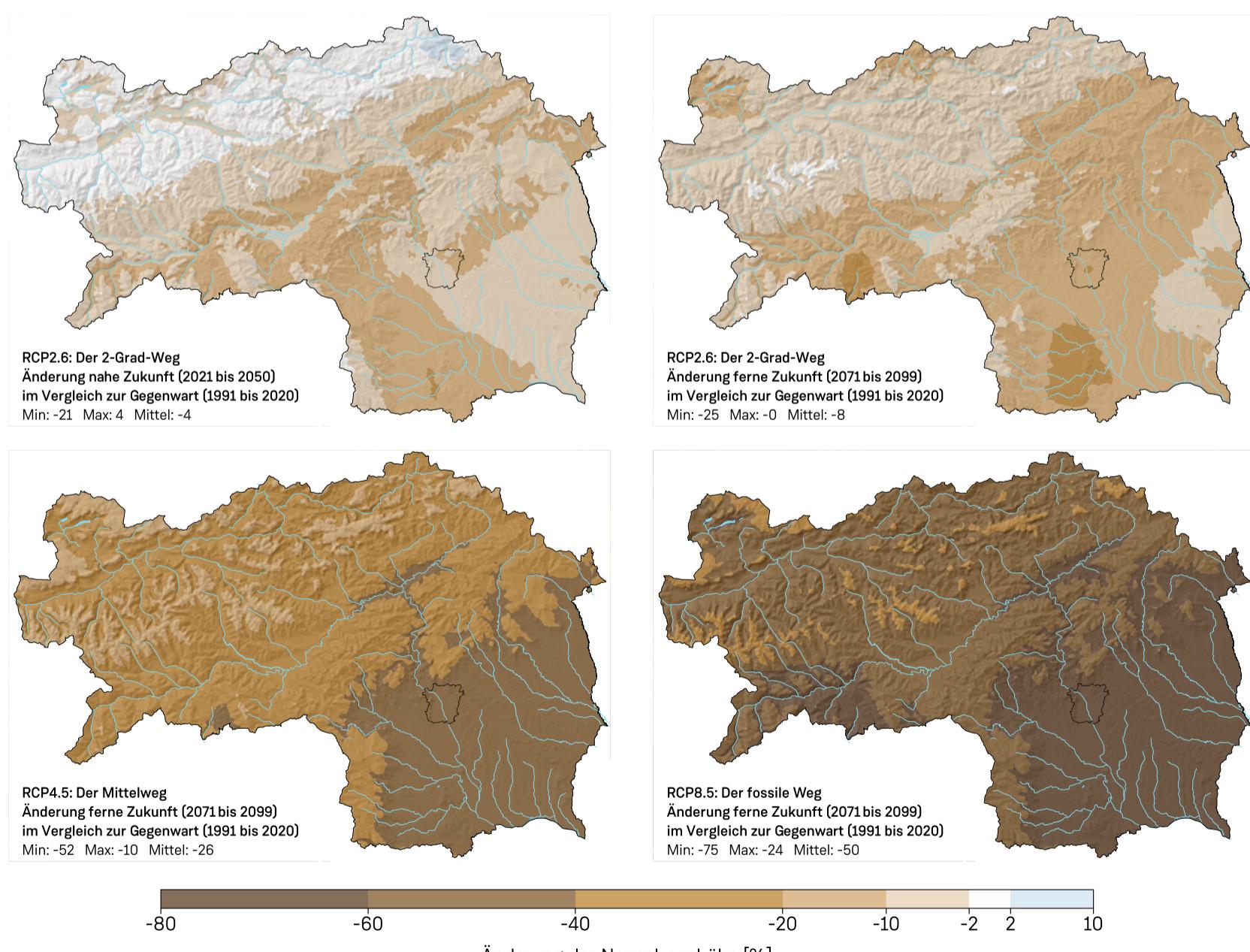


Abbildung 7.16: Relative Änderung der Summe der Neuschneehöhen in Prozent für die nahe (2021 – 2050) und ferne Zukunft (2071 – 2099) unter Berücksichtigung verschiedener Klimaszenarien (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5).

7.4 Schneedecke

7.4.1 Beginn der Schneedecke

Definition. Als Beginn der Schneedecke eines Winters zählt der erste Tag im Jahr nach dem 1. September mit einer Schneehöhe größer oder gleich 1 cm, unabhängig davon, wie lange sich die Schneedecke hält.

Aussagekraft. Das durchschnittliche Datum des Beginns der Schneedecke steht für den Erwartungszeitpunkt des ersten Wettersturzes mit Kaltluftteinbruch und Schneefall im (Spät-)Herbst, der erstmalig eine weiße Winterlandschaft bringt.

Mittelwerte 1991 – 2020 und räumliche Verteilung. Im langjährigen Mittel fiel der Beginn der Schneedecke in den Hochlagen der Nordstauregionen und der Niederen Tauern in den September. Dabei ist zu beachten, dass der 1. September per Definition das erste mögliche Datum der Schneedecke ist und in Höhenlagen über 1500 m selbst im August vereinzelt Tage mit Neuschnee auftreten (siehe Kapitel 7.2). Diese werden aber als Ende der Schneedecke der vorangegangenen Saison gezählt. In den Hochlagen ist dieses Datum

also eher ein theoretischer Wert. In den Tieflagen beginnt die Schneedecke am frühesten im Ausseerland (Anfang November), gefolgt vom Ennstal, dem Palten-Liesingtal, dem oberen Teil des Mürztals und dem oberen Teil des oberen Murtals (westlich von Judenburg) mit Mitte November. Im Murtal ab Judenburg und im Mürztal bis etwa Kindberg fällt der typische Beginn der Schneedecke auf Ende November, im Vorland beginnt die Schneedecke typischerweise erst Anfang bis Mitte Dezember (siehe Abbildung 7.18). Es zeigt sich also wieder eine starke Höhenabhängigkeit.

Zeitliche Änderung. Im Vergleich zur vorangegangenen Klimanormalperiode 1961 – 1990 (siehe Abbildung 7.19) ist der typische Beginn der Schneedecke südlich des Alpenhauptkamms und in den tiefsten Tallagen auch in der Obersteiermark um 5 bis 10 Tage später aufgetreten. Überraschenderweise hat die Schneedecke im Großteil der Obersteiermark trotz Erwärmung aber schon früher begonnen, in den Niederen Tauern sogar um über 10 Tage. Das bedeutet, dass Kaltluftteinbrüche aus dem Norden im Spätherbst zugenommen haben. Für die kommende Klimanormalperiode

(2021 – 2050) zeigen die Österreichischen Klimaszenarien dieses Muster nicht, sondern sagen eine weitere Verspätung des Beginns der Schneedecke in der gesamten Steiermark (im Mittel um 5 Tage) vorher. Dies gilt für das Szenario „2-Grad-Ziel“ (Abbildung 7.20). Das Fehlen des Dipol-Musters in den Klimaszenarien kann bedeuten, dass die Zunahme der frühen Schneefälle seit 1961 in der Obersteiermark im Rahmen der Variabilität des Wetters zufällig war, oder dass die heutigen Klimamodelle noch nicht in der Lage sind, die Auswirkungen der globalen Erwärmung auf die Häufigkeit von Wetterlagen adäquat darzustellen. Langfristig, bis zum Ende des 21. Jahrhunderts, kann sich die Situation etwa auf diesem Niveau stabilisieren (im Mittel um 3 Tage später), wenn das Szenario „2-Grad-Ziel“ eingehalten wird. Unter der Annahme des Szenarios „fossiler Weg“ würde sich dieses Datum im Mittel um 18 Tage in den Winter hineinverschieben, wobei die Hochlagen im Westen der Steiermark mit über 20 Tagen am stärksten betroffen wären. Unter diesem Szenario würde der Temperatureffekt etwaige Änderungen bei Kaltluftvorstößen aus dem Norden im Herbst aller Voraussicht nach deutlich überwiegen.



Foto 7.1: Die höheren Regionen des Ausseerandes gelten als besonders schneereich und weisen in puncto Schneesicherheit von Jahr zu Jahr die geringste Variabilität auf. Im Bild der schneereiche Jänner 2019 auf der Ödernalm im Toten Gebirge. (Foto: A. Podesser)

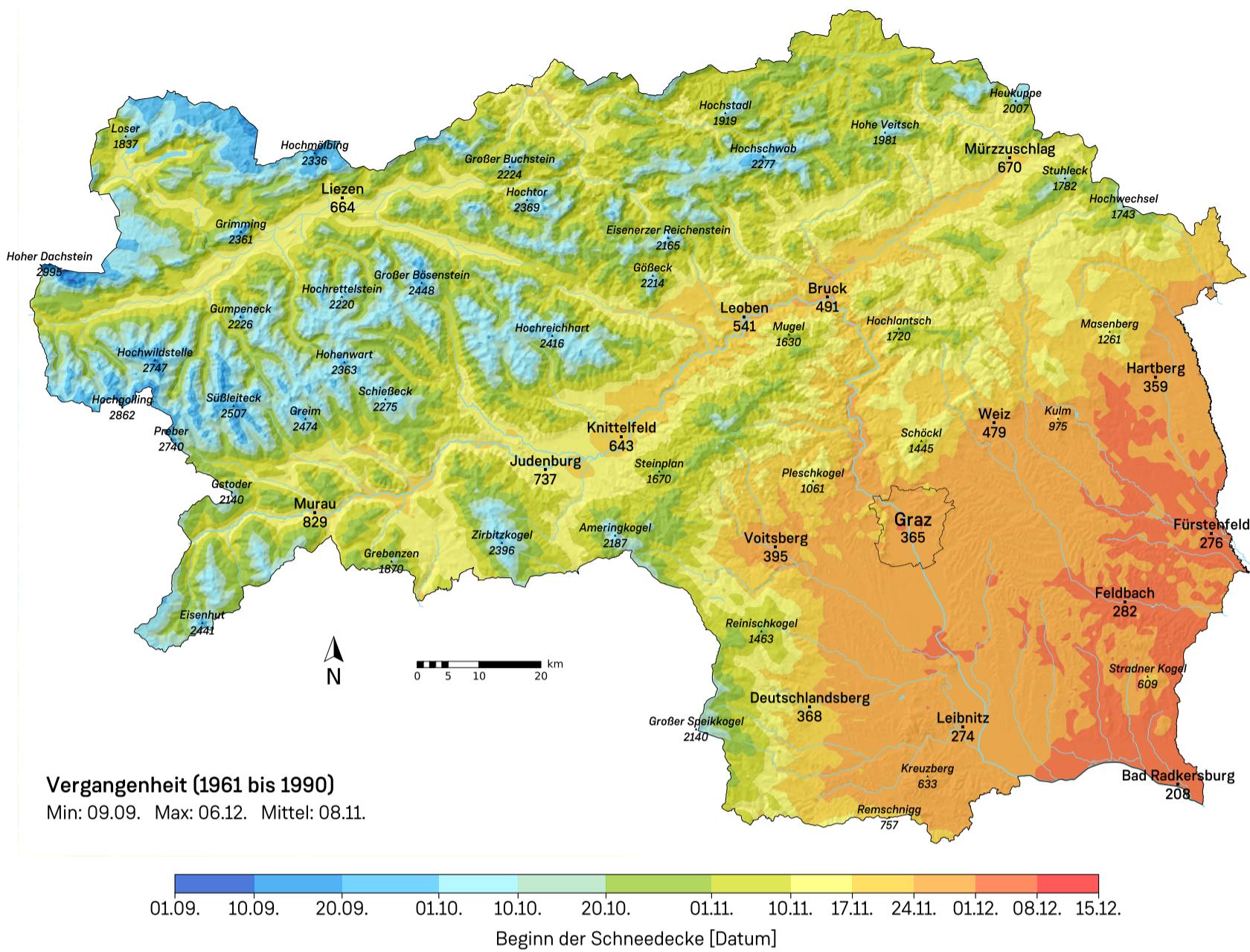


Abbildung 7.17: Durchschnittliches Datum des Beginns der Schneedecke für die 30-jährige Klimanormalperiode 1961 – 1990.

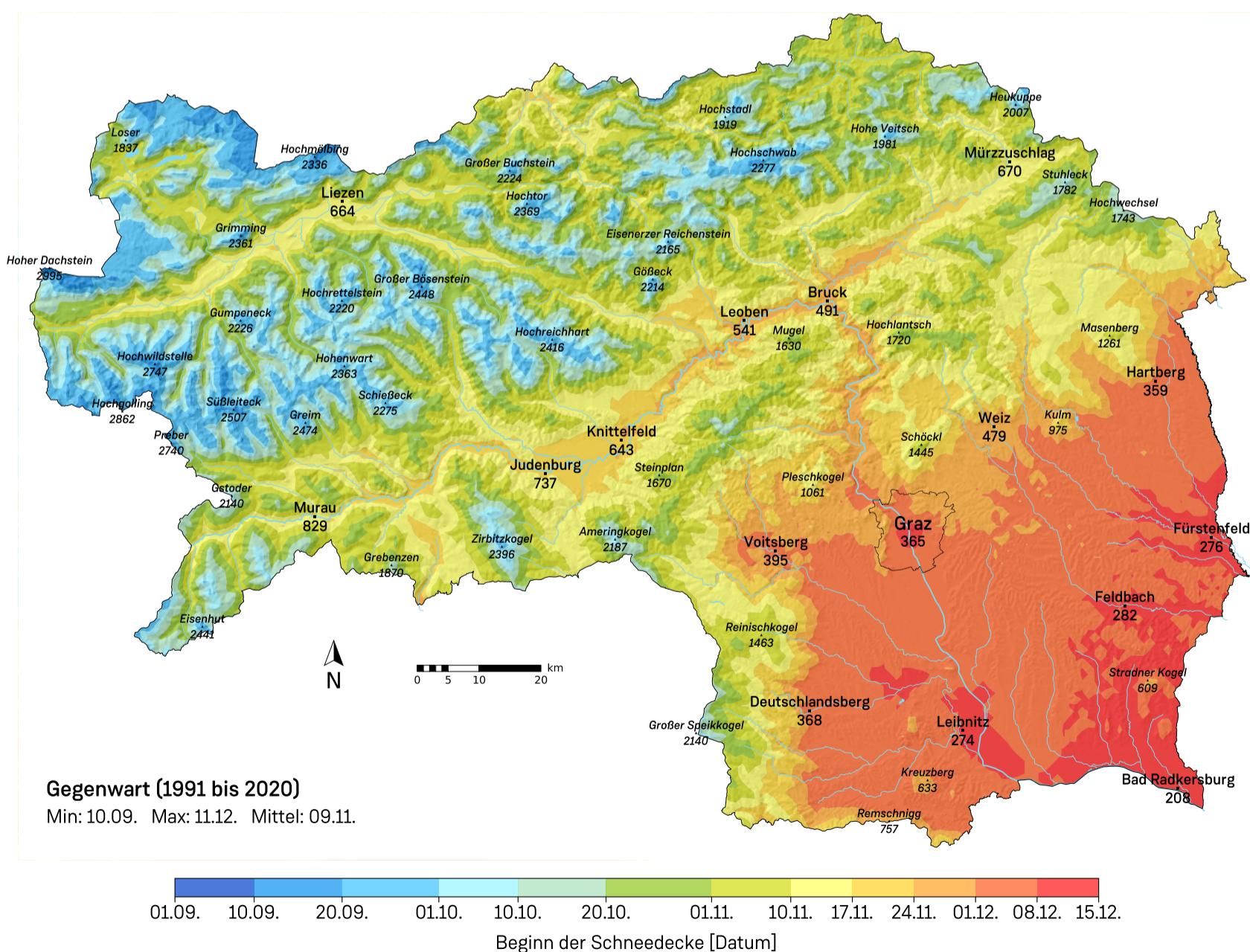


Abbildung 7.18: Durchschnittliches Datum des Beginns der Schneedecke für die 30-jährige Klimanormalperiode 1991 – 2020.

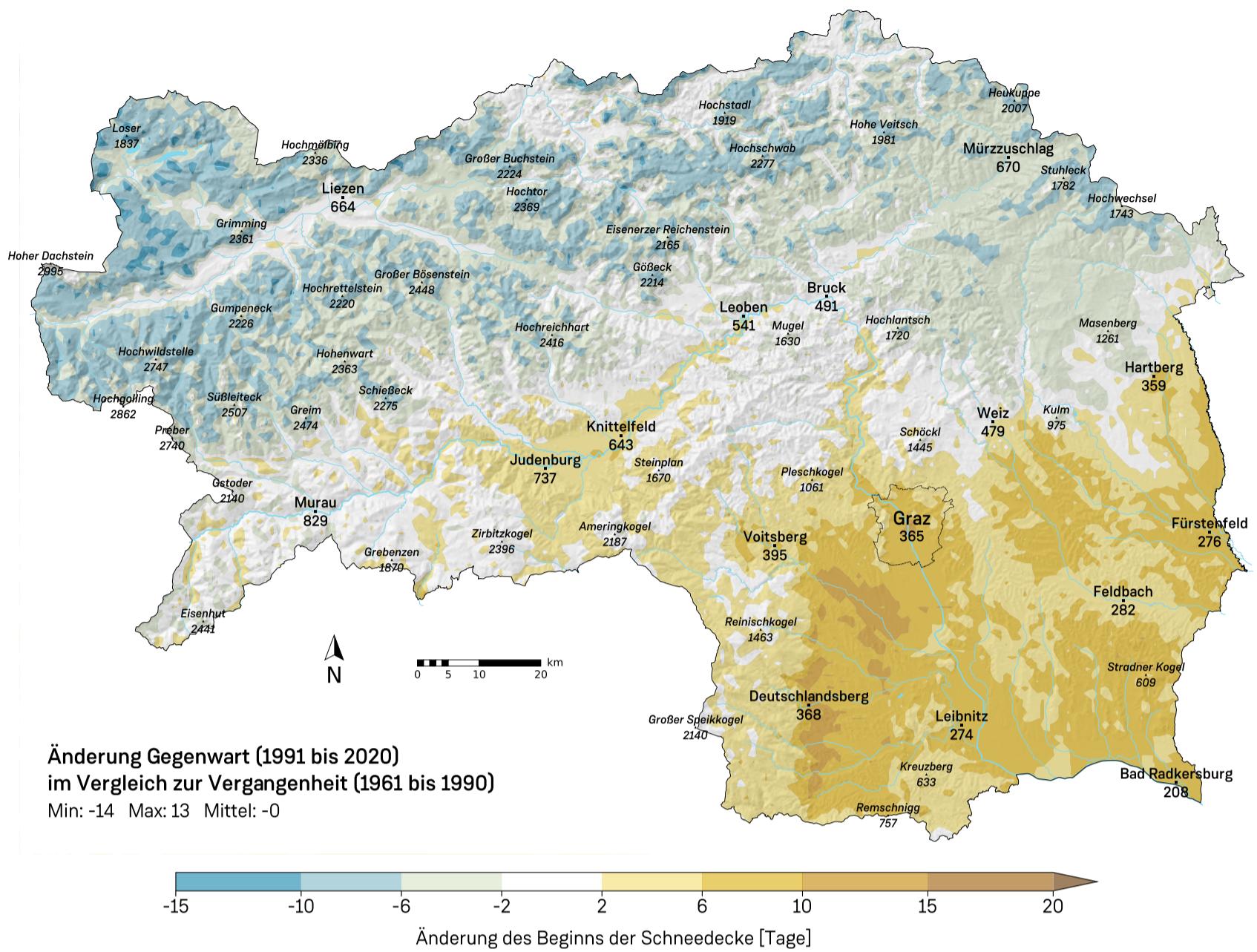


Abbildung 7.19: Änderung des Beginns der Schneedecke in Tagen im Vergleich der Gegenwart (1991 – 2020) zur Vergangenheit (1961 – 1990).

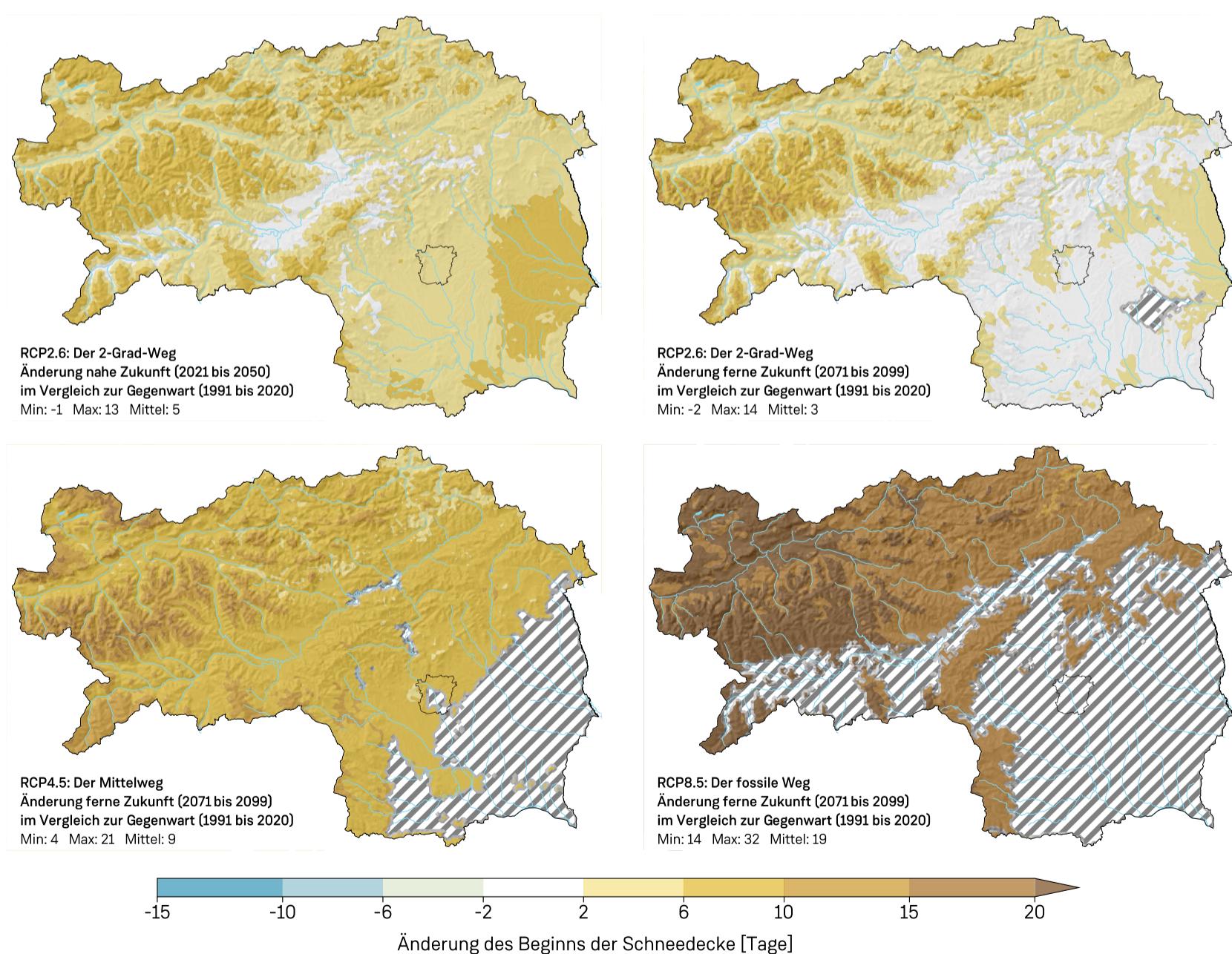


Abbildung 7.20: Änderung des Beginns der Schneedecke in Tagen für die nahe (2021 – 2050) und ferne Zukunft (2071 – 2099) unter Berücksichtigung verschiedener Klimaszenarien (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5).

7.4.2 Ende der Schneedecke

Definition. Das Ende der Schneedecke ist der letzte Tag im Jahr bis zum 31. August mit einer Schneehöhe größer oder gleich 1 cm, unabhängig davon, ob es davor schon Tage ohne Schneedecke gab.

Aussagekraft. Das durchschnittliche Datum des Endes der Schneedecke hängt nur ausnahmsweise vom Zeitpunkt des Abschmelzens der Winterschneedecke ab und wird meist durch das Datum von Schneefällen im Zuge von Kaltlufteinbrüchen im Frühjahr (nach Abschmelzen der Winterschneedecke) bestimmt.

Mittelwert 1991 – 2020 und räumliche Verteilung. Im langjährigen Mittel fiel das Ende der Schneedecke in den Hochlagen der Nordstau- regionen und der Niederen Tauern in den Juli.

In den Tieflagen endet die Schneedecke mit Anfang April im Ausseerland am spätesten, gefolgt vom Ennstal, dem Palten-Liesingtal, dem oberen Teil des Mürztals und dem oberen Teil des oberen Murtals mit Ende März. Im größten Teil des Mur- und Mürztals fällt das typische Ende auf Anfang März und im Vorland endet die Schneedecke typischerweise bereits Mitte Februar (siehe Abbildung 7.22). Es zeigt sich also eine starke Höhenabhängigkeit, überlagert durch den Stauseffekt der Nordalpen.

Zeitliche Änderung. Im Vergleich zur vorangegangenen Klimanormalperiode 1961 – 1990 (siehe Abbildung 7.23) ist das typische Ende der Schneedecke in der neuesten Klimanormalperiode in der gesamten Steiermark früher eingetreten, im Mittel um 16 Tage. Für die kommende Klimanormalperiode (2021 – 2050) zeigen die Österreichischen Klimaszenarien

eine weitere Verschiebung des Endes der Schneedecke um 5 Tage in den Winter hinein. Dies gilt für das Szenario „2-Grad-Ziel“ (Abbildung 7.24), welches sich aber von anderen Szenarien in diesem Zeitraum nicht signifikant unterscheidet. Langfristig, bis zum Ende des 21. Jahrhunderts, kann sich die Situation etwa auf diesem Niveau stabilisieren (im Mittel um 8 Tage früher), wenn das Szenario „2-Grad-Ziel“ eingehalten wird. Unter der Annahme des Szenarios „fossiler Weg“ würde sich dieses Datum im Mittel um 30 Tage in den Winter hineinverschieben. Es zeigt sich also, dass das Ende der Schneedecke deutlich empfindlicher auf die generelle Erwärmung reagiert als der Beginn der Schneedecke, welcher mit den ersten schneebringenden Kaltluftvorstößen im Spätherbst gleichzusetzen ist.

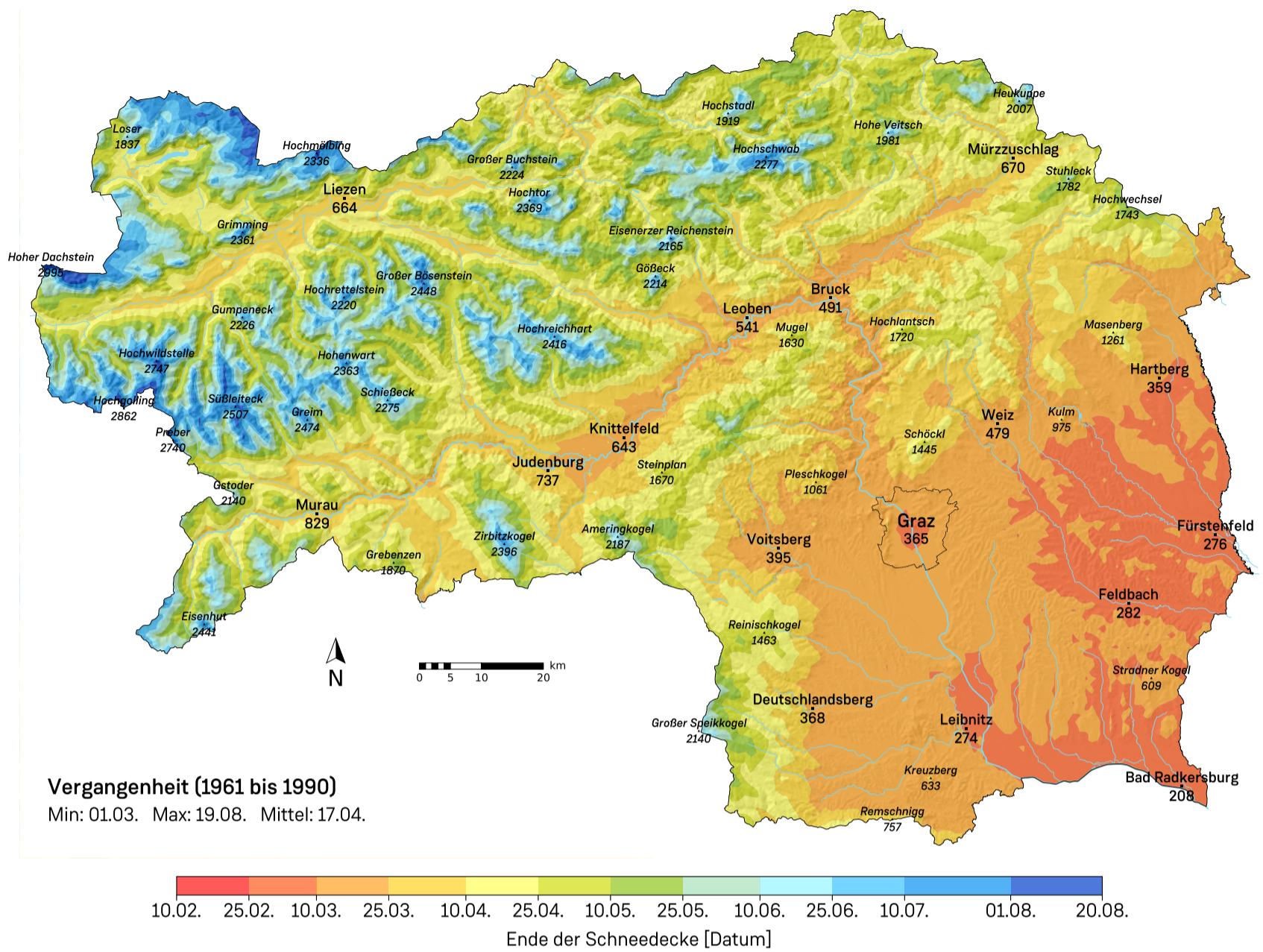


Abbildung 7.21: Durchschnittliches Datum des Endes der Schneedecke für die 30-jährige Klimanormalperiode 1961 – 1990.

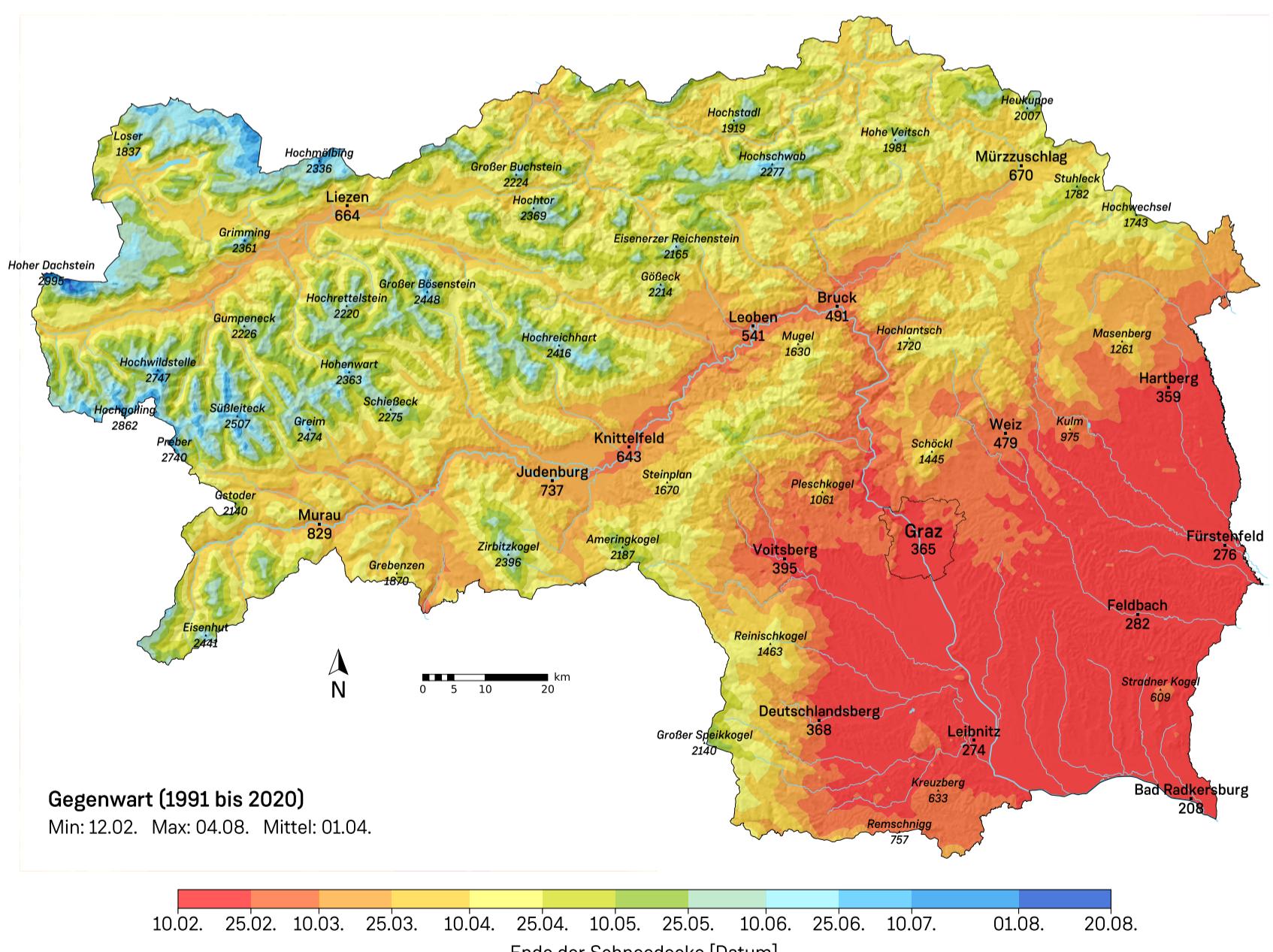


Abbildung 7.22: Durchschnittliches Datum des Endes der Schneedecke für die 30-jährige Klimanormalperiode 1991 – 2020.

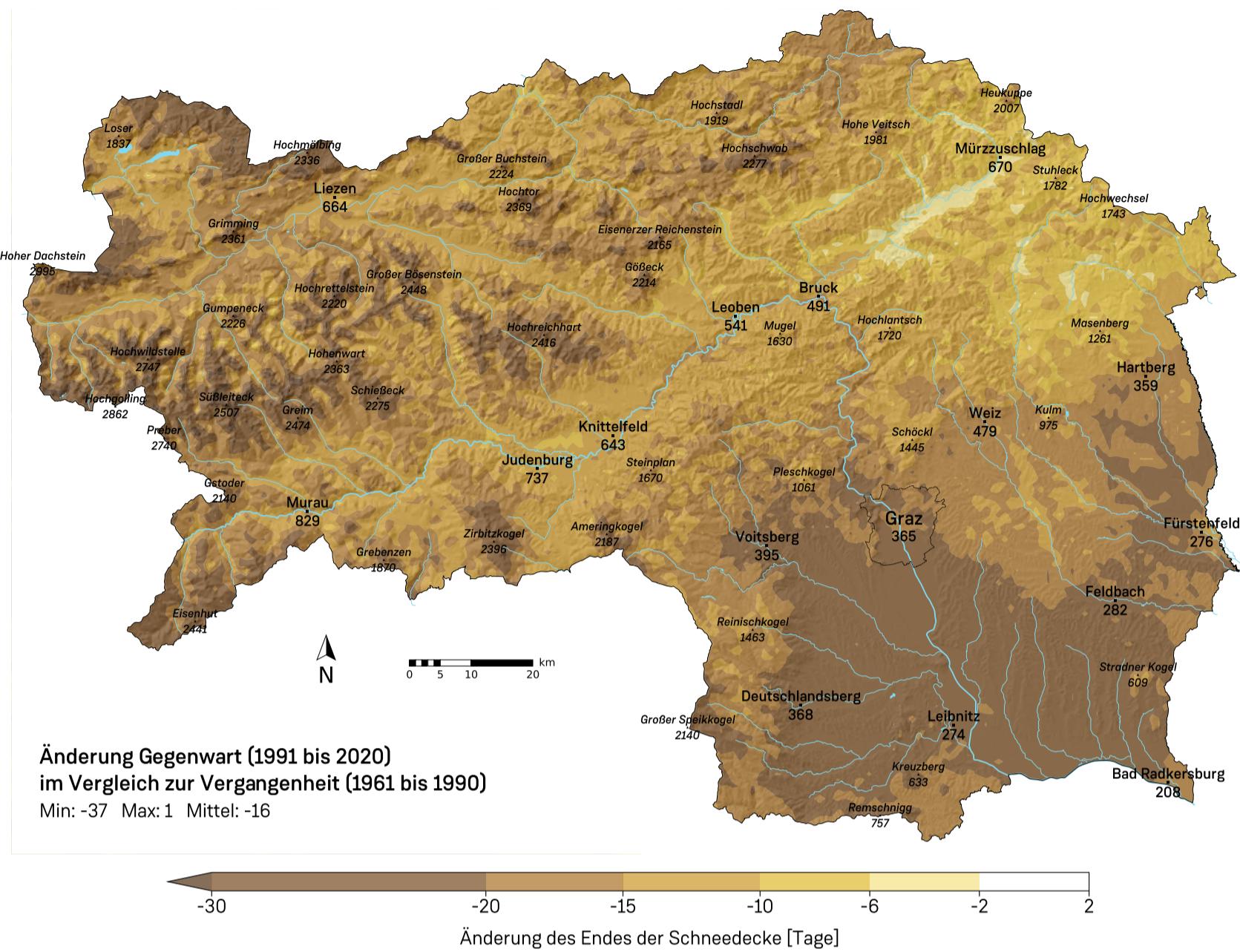


Abbildung 7.23: Änderung des Endes der Schneedecke in Tagen im Vergleich der Gegenwart (1991 – 2020) zur Vergangenheit (1961 – 1990).

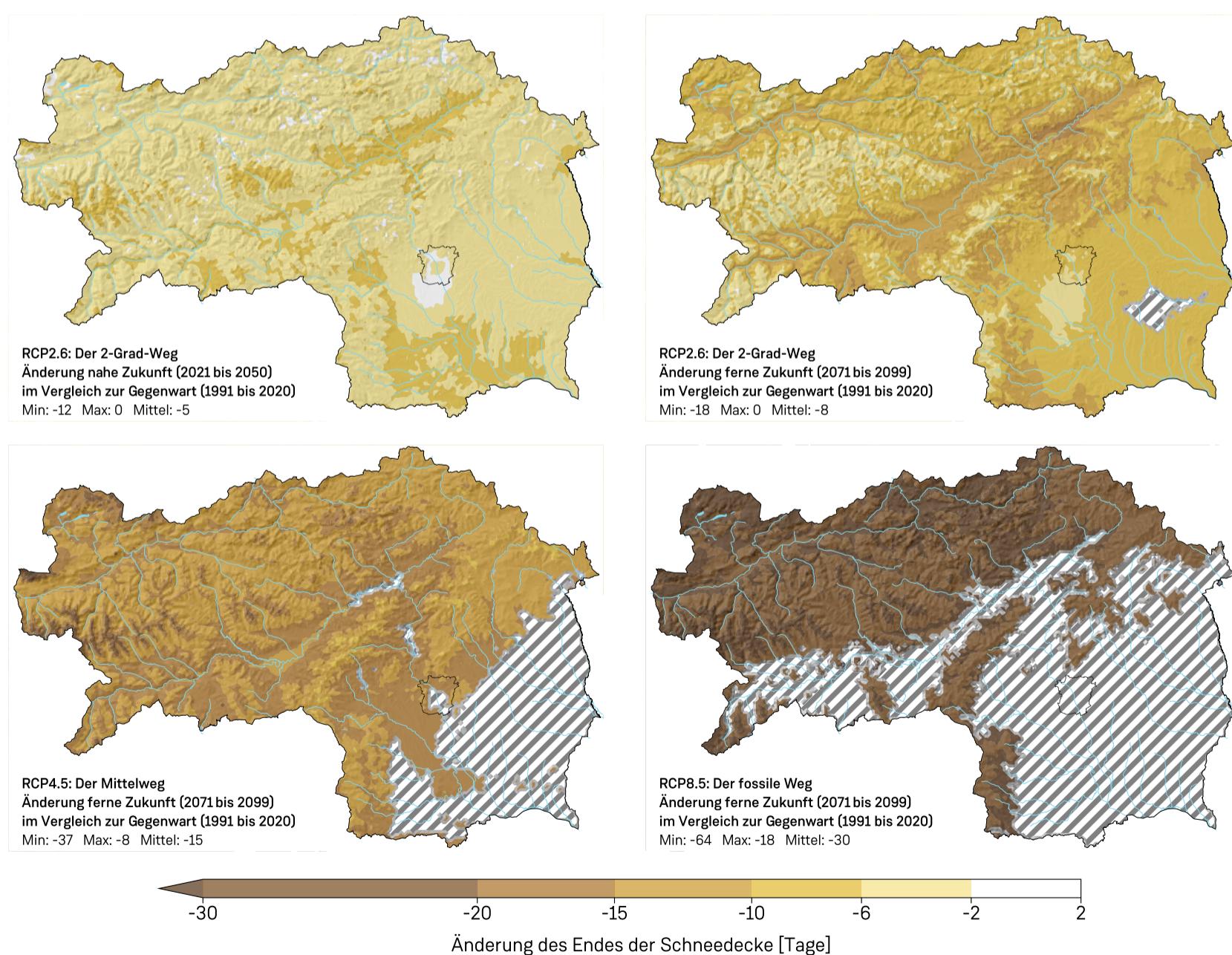


Abbildung 7.24: Änderung des Endes der Schneedecke in Tagen für die nahe (2021 – 2050) und ferne Zukunft (2071 – 2099) unter Berücksichtigung verschiedener Klimaszenarien (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5).

7.4.3 Wahrscheinlichkeit für weiße Weihnachten

Definition. Die Wahrscheinlichkeit für weiße Weihnachten ist definiert als die Wahrscheinlichkeit, dass entweder der Heilige Abend (24.12.), der Christtag (25.12.) oder der Stefanistag (26.12.) eine Schneedecke aufweist.

Aussagekraft. Weiße Weihnachten sind eher von emotionaler, vielleicht auch von kultureller Bedeutung. In den Klimaatlas Steiermark hat dieser Indikator Eingang gefunden, weil er medial und in Alltagsgesprächen sehr präsent ist, bislang aber klimatologisch kaum analysiert wurde.

Mittelwert 1991 – 2020 und räumliche Verteilung.

Auch die Wahrscheinlichkeit für weiße Weihnachten ist stark von der Höhenlage abhängig und liegt oberhalb von 1500 m Höhe bei über 90%. In den Tallagen ist die Wahrscheinlichkeit im Ausseerland und am Schoberpass mit über 80% am größten, gefolgt vom Ennstal, dem Palten-Liesingtal, dem oberen Teil des Mürztales und dem oberen Teil des oberen Murtales (westlich von Knittelfeld) mit 60%. Im Murtal ab Knittelfeld und im Mürztal

bis etwa Kindberg liegt die Wahrscheinlichkeit bei etwa 50% und im Vorland bei 30% bis 50%. Die geringste Wahrscheinlichkeit für weiße Weihnachten gibt es in der Region zwischen Hartberg und Fürstenfeld und um Bad Radkersburg (siehe Abbildung 7.26). Teilt man die Steiermark in Höhenstufen, ergeben sich folgende Wahrscheinlichkeiten (Tabelle 7.1): Unter 500 m 49%, zwischen 500 m und 1000 m 74%, zwischen 1000 m und 1500 m 89%, zwischen 1500 m und 2000 m 93% und über 2000 m 96%.

Tabelle 7.1: Wahrscheinlichkeit für weiße Weihnachten in verschiedenen Höhenlagen der Steiermark für die Periode 1991 – 2020.

Höhenlage	Wahrscheinlichkeit
>2000m	96%
1500-2000m	93%
1000-1500m	89%
500-1000m	74%
<500m	49%

Zeitliche Änderung. Im Vergleich zur vorangegangenen Klimanormalperiode 1961 – 1990 hat sich die Wahrscheinlichkeit für weiße Weihnachten in der neuesten Klimanormalperiode

in tiefen Lagen und teilweise auch in mittleren Lagen um 10% bis 30% verringert. Am stärksten betroffen sind die äußerste West- und Oststeiermark, mittlere Lagen im westlichen Randgebirge, der Raum Aichfeld-Murboden und Teile des Ennstales. Höhere Lagen, insbesondere in der Obersteiermark, zeigen noch keine Abnahme der Wahrscheinlichkeit für weiße Weihnachten (Abbildung 7.27).

Für die kommende Klimanormalperiode (2021 – 2050) zeigen die Österreichischen Klimaszenarien keine weitere Abnahme der Wahrscheinlichkeit für weiße Weihnachten an, in manchen Regionen sogar eine leichte Zunahme. Dies gilt für das Szenario „2-Grad-Ziel“ (Abbildung 7.28), welches sich aber von anderen Szenarien in diesem Zeitraum nicht signifikant unterscheidet. Auch langfristig, bis zum Ende des 21. Jahrhunderts, kann sich die Wahrscheinlichkeit fast am aktuellen Niveau halten (im Mittel nur 7% Abnahme), wenn das Szenario „2-Grad-Ziel“ eingehalten wird. Unter der Annahme des Szenarios „fossiler Weg“ würde die Wahrscheinlichkeit für weiße Weihnachten aber in tiefen Lagen auf ein verschwindend geringes Niveau sinken, da die Rückgänge fast gleich groß wie das aktuelle Niveau sind.



Foto 7.2: Schneereiche Winter sind in der Landeshauptstadt selten geworden. Mit den gestiegenen Temperaturen sind die winterlichen Niederschläge zwar nicht weniger geworden, der Festanteil aber deutlich zurückgegangen. Im Bild die Grazer Bindergasse in Februar 1986. Damals betrug die Schneehöhe in der Innenstadt über 70 cm und am Schöckl bis 230 cm! (Foto: A. Podesser)

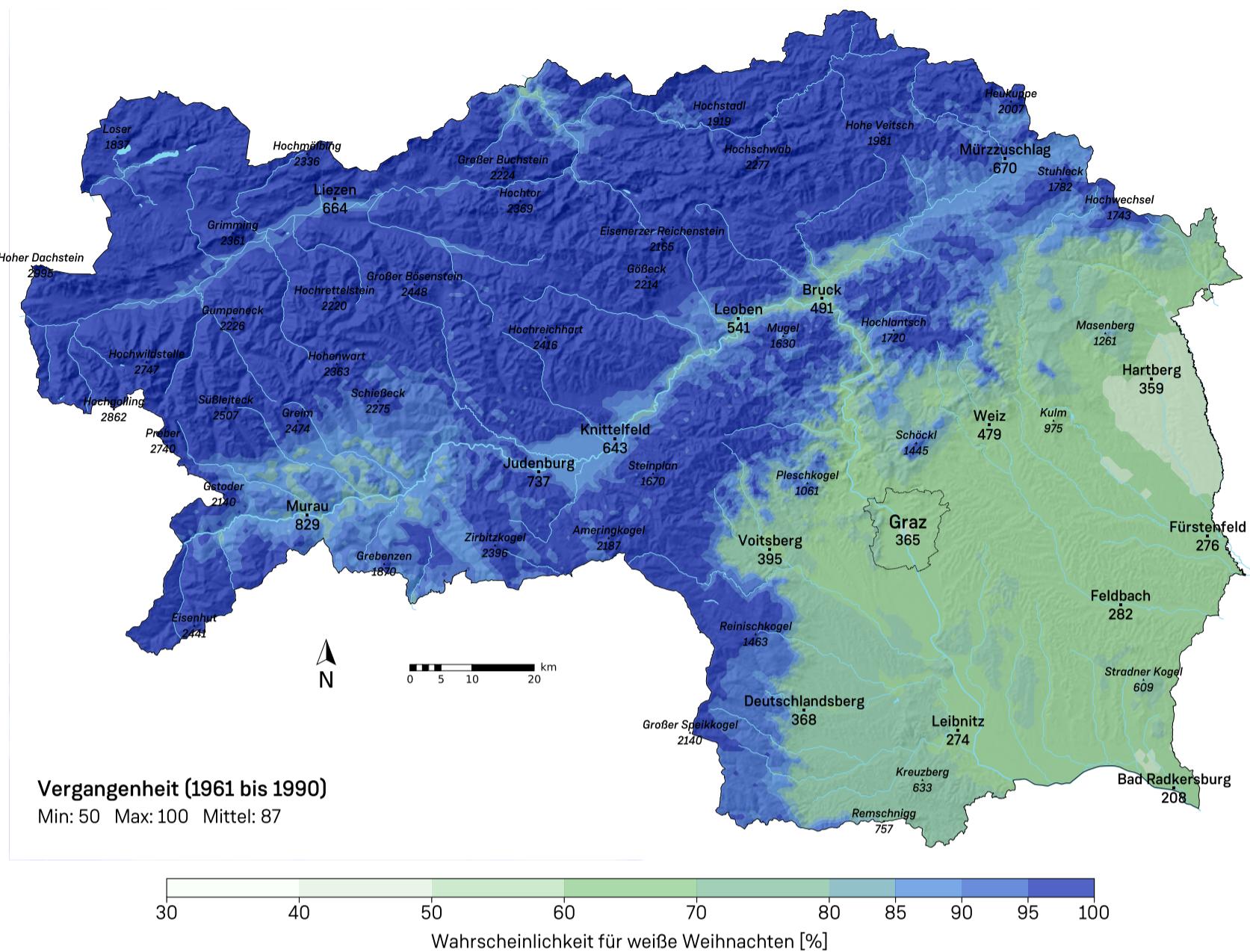


Abbildung 7.25: Wahrscheinlichkeit für weiße Weihnachten für die 30-jährige Klimanormalperiode 1961 – 1990.

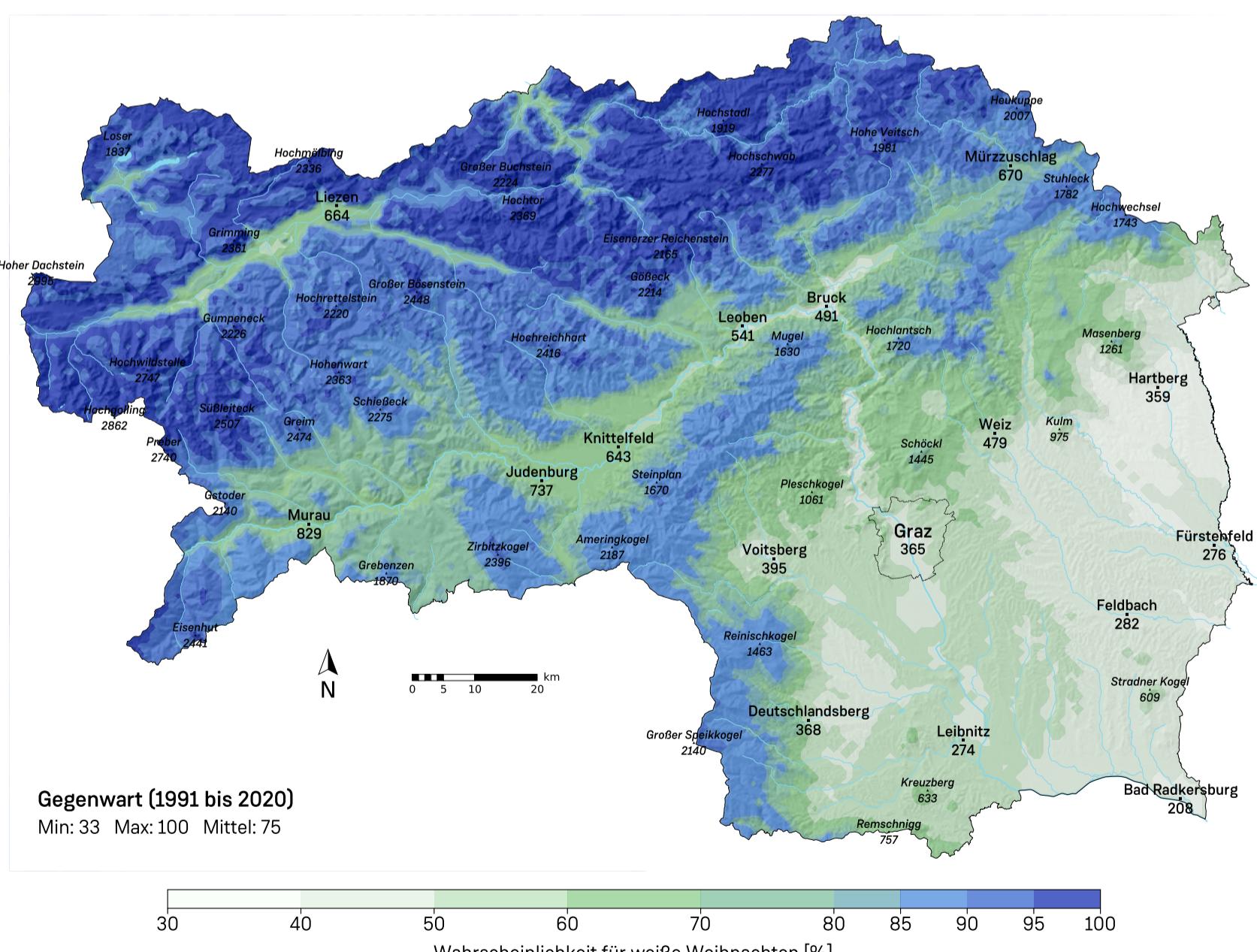


Abbildung 7.26: Wahrscheinlichkeit für weiße Weihnachten für die 30-jährige Klimanormalperiode 1991 – 2020.

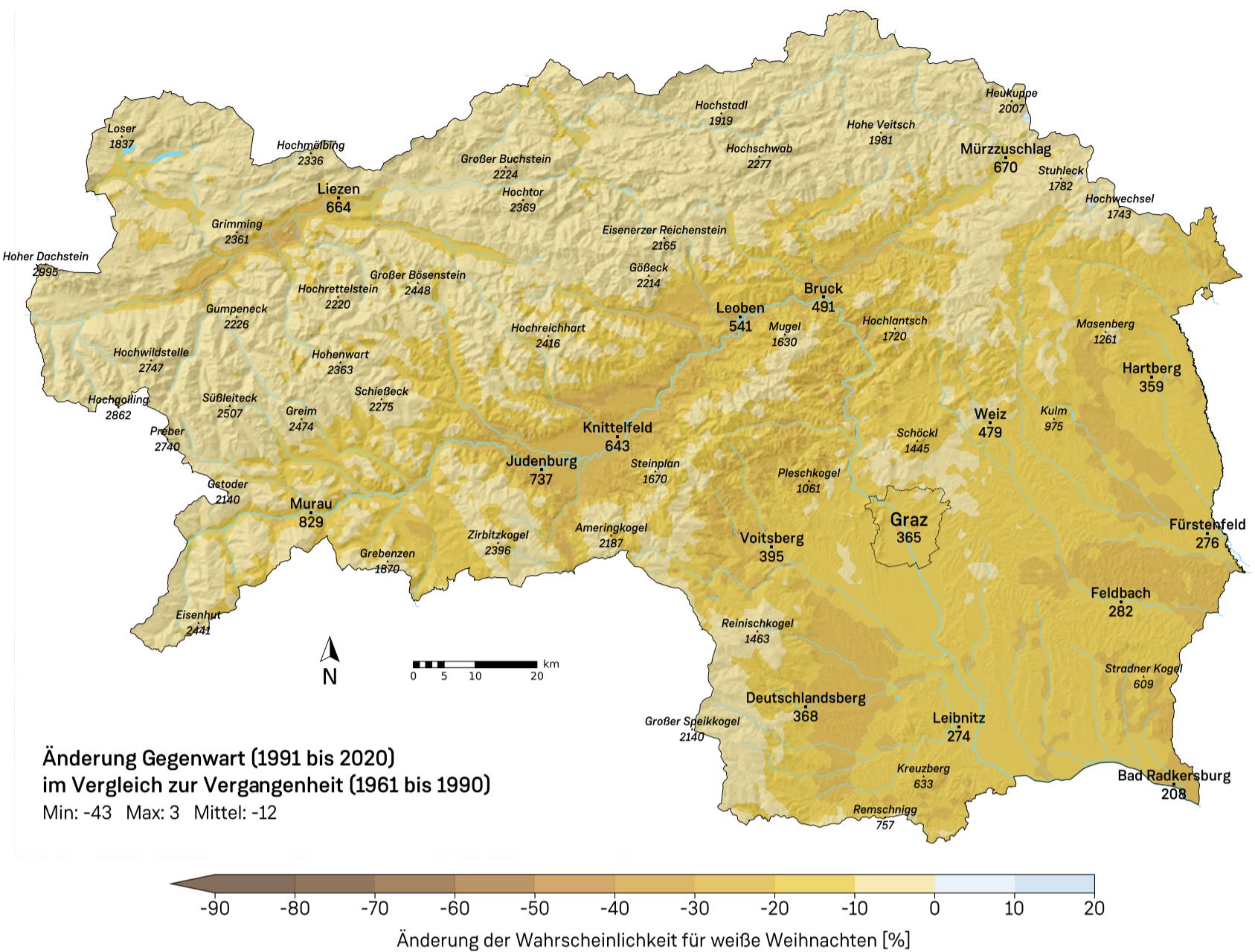


Abbildung 7.27: Änderung der Wahrscheinlichkeit für weiße Weihnachten in Prozent im Vergleich der Gegenwart (1991 – 2020) zur Vergangenheit (1961 – 1990).

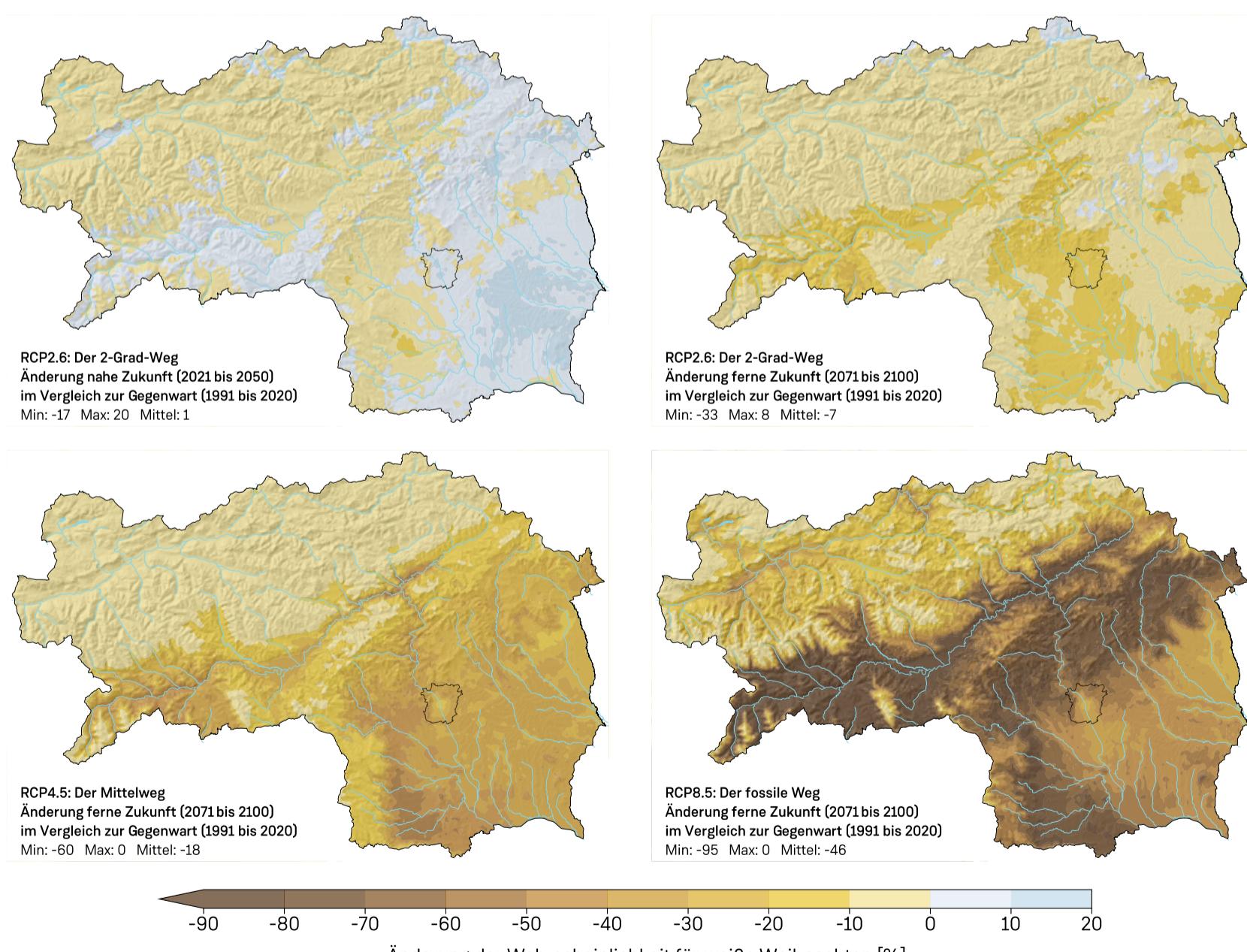


Abbildung 7.28: Änderung der Wahrscheinlichkeit für weiße Weihnachten in Prozent für die nahe (2021 – 2050) und ferne Zukunft (2071 – 2100) unter Berücksichtigung verschiedener Klimaszenarien (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5).

7.4.4 Dauer der Schneedecke

Definition. Die Schneedeckendauer ist die Anzahl der Tage zwischen 1. September und 31. August des Folgejahres mit einer Schneehöhe größer oder gleich 1 cm. Sie ist damit kleiner oder gleich wie der Zeitraum zwischen dem Beginn und dem Ende der Schneedecke, weil es in diesem Zeitraum, vor allem im Frühwinter und Frühling, auch Tage ohne Schneedecke geben kann.

Aussagekraft. Die Schneedeckendauer ist, anders als der Anfang und das Ende der Schneedecke (die oft von einzelnen, extremen Wetterlagen bestimmt werden), repräsentativ für den gesamten Winter und steht für die Dauer der Phase mit „weißer Winterlandschaft“. Somit kann dieser Indikator gut für die Beurteilung der wintertouristischen Eignung eines Standortes herangezogen werden.

Mittelwert 1991 – 2020 und räumliche Verteilung. Im langjährigen Mittel betrug die Schneedeckendauer in den höchsten Lagen des Toten Gebirges, des Dachsteingebirges und der Schladminger Tauern über 250 Tage, während sie im Vorland großteils unter 50 Tagen lag (siehe Abbildung 7.31). Es zeigt sich auch hier eine starke Höhenabhängigkeit, überla-

gert vom Staueffekt der Nordalpen. Teilt man die Steiermark in Höhenstufen ein, ergeben sich folgende Werte (Tabelle 7.2): Unter 500 m 46 Tage, zwischen 500 m und 1000 m 85 Tage, zwischen 1000 m und 1500 m 124 Tage, zwischen 1500 m und 2000 m 174 Tage und über 2000 m 225 Tage.

Tabelle 7.2: Dauer der Schneedecke in Tagen für verschiedene Höhenlagen in der Steiermark für die Periode 1991 – 2020.

Höhenlage	Dauer
>2000m	225 Tage
1500-2000m	174 Tage
1000-1500m	124 Tage
500-1000m	85 Tage
<500m	46 Tage

Zeitliche Änderung. Im Vergleich zur vorangegangenen Klimanormalperiode (1961 – 1990) ist die Schneedeckendauer in der gesamten Steiermark kürzer geworden. Im Mittel beträgt der Rückgang 27 Tage, also fast vier Wochen. Die stärksten Rückgänge waren im westlichen Randgebirge (Koralpe, Stubalpe), in den Gurk- und Seetaler Alpen, den Murbergen und den Seckauer Tauern zu verzeichnen (Abbildung 7.32). Für die kommende Klimanormalperiode (2021 – 2050) sagen die Ös-

terreichischen Klimaszenarien im Szenario mit der geringsten Erwärmung (Szenario „2-Grad-Ziel“ (Abbildung 7.33) eine weitere Verkürzung um 11 Tage vorher, wobei die Abnahmen relativ gleichmäßig über die gesamte Steiermark verteilt sind. Dieses Szenario unterscheidet sich bis 2050 kaum von anderen untersuchten Szenarien (ohne Abbildung). Langfristig, bis zum Ende des 21. Jahrhunderts, kann sich die Länge der Schneedeckendauer fast auf diesem Niveau halten (Verkürzung um 15 Tage), wenn das Szenario „2-Grad-Ziel“ eingehalten wird. Unter der Annahme des Szenarios „fossiler Weg“ würde sich die Schneedeckendauer aber extrem verkürzen (im Mittel um 59 Tage). Abbildung 7.29 zeigt die Szenarien für das Ende des 21. Jahrhunderts in unterschiedlichen Höhenlagen. Vergleicht man diese Abnahmen mit der aktuellen (1991 – 2020) Schneedeckendauer, zeigen sich für den fossilen Weg Abnahmen von über 70% unter 500 m, gut 55% zwischen 500 m und 1000 m, gut 45% zwischen 1000 m und 1500 m, etwa 40% zwischen 1500 m und 2000 m und etwa 30% über 2000 m. Verglichen damit sind die zu erwartenden Abnahmen bei Erreichung des „2-Grad-Ziels“ von unter 20% selbst in den tiefsten Lagen unter 500 m Seehöhe gering.

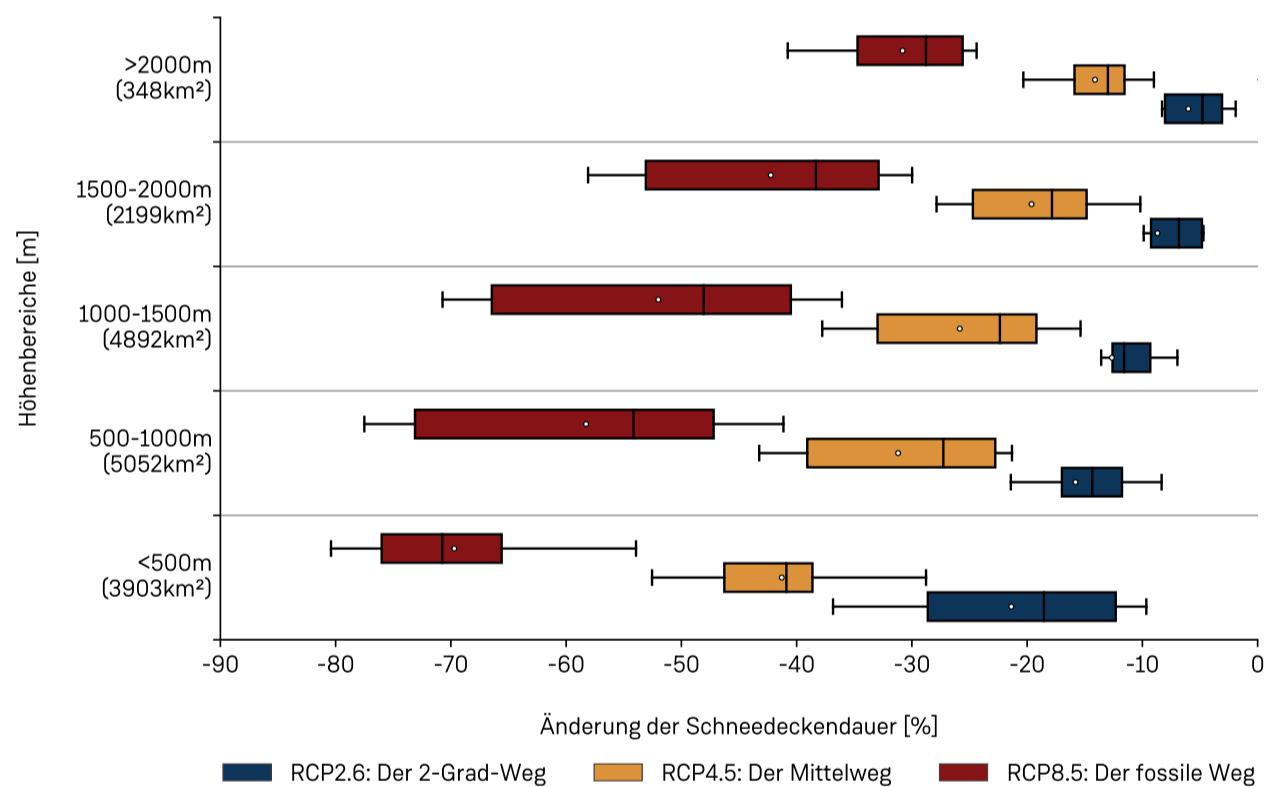


Abbildung 7.29: Änderung der Dauer der Schneedecke im Vergleich der fernen Zukunft (2071 – 2099) mit der Gegenwart (1991 – 2020) in verschiedenen Höhenlagen der Steiermark für die drei unterschiedlichen Szenarien.

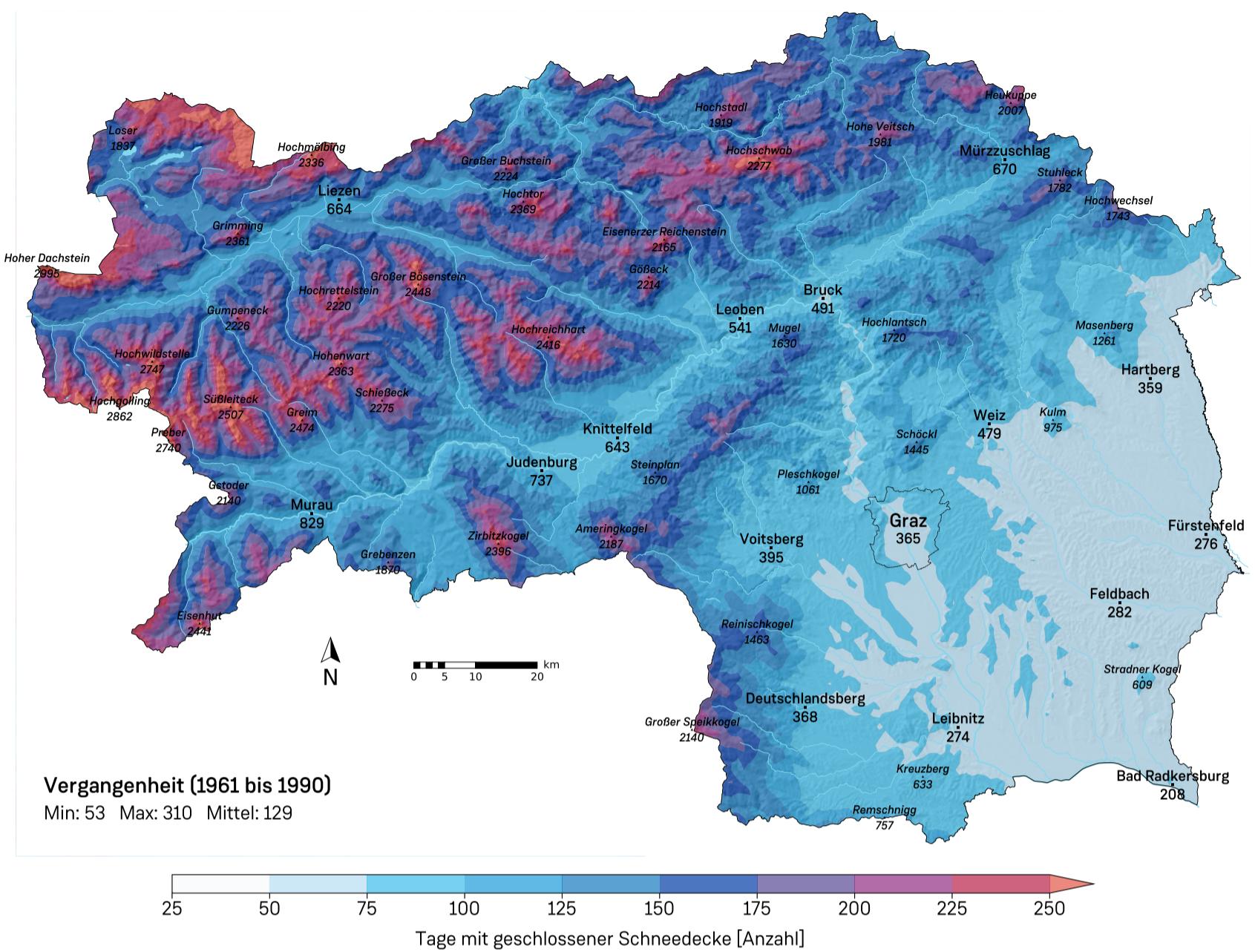


Abbildung 7.30: Mittlere Dauer der Schneedecke für die 30-jährige Klimanormalperiode 1961 – 1990.

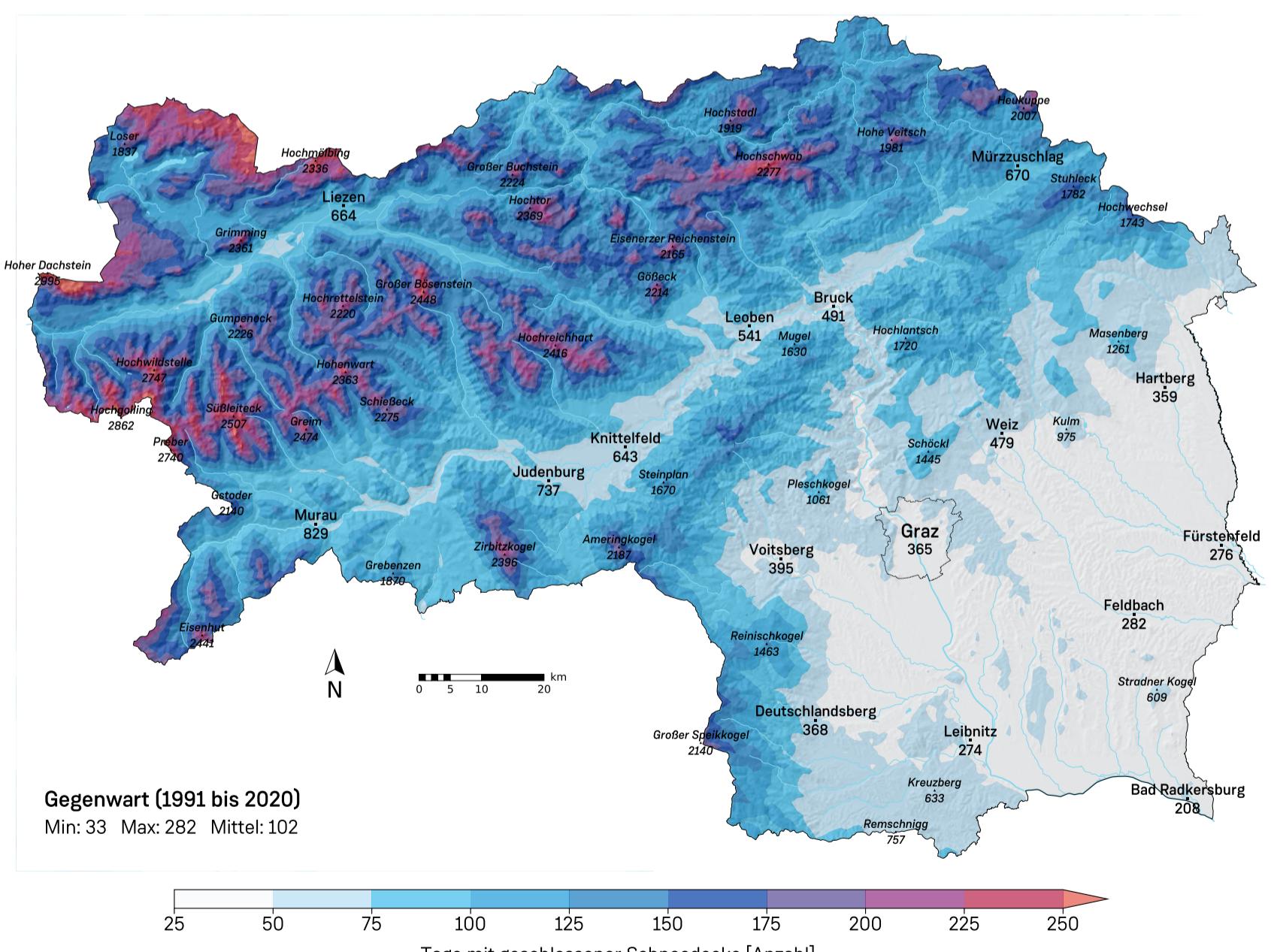


Abbildung 7.31: Mittlere Dauer der Schneedecke für die 30-jährige Klimanormalperiode 1991 – 2020.

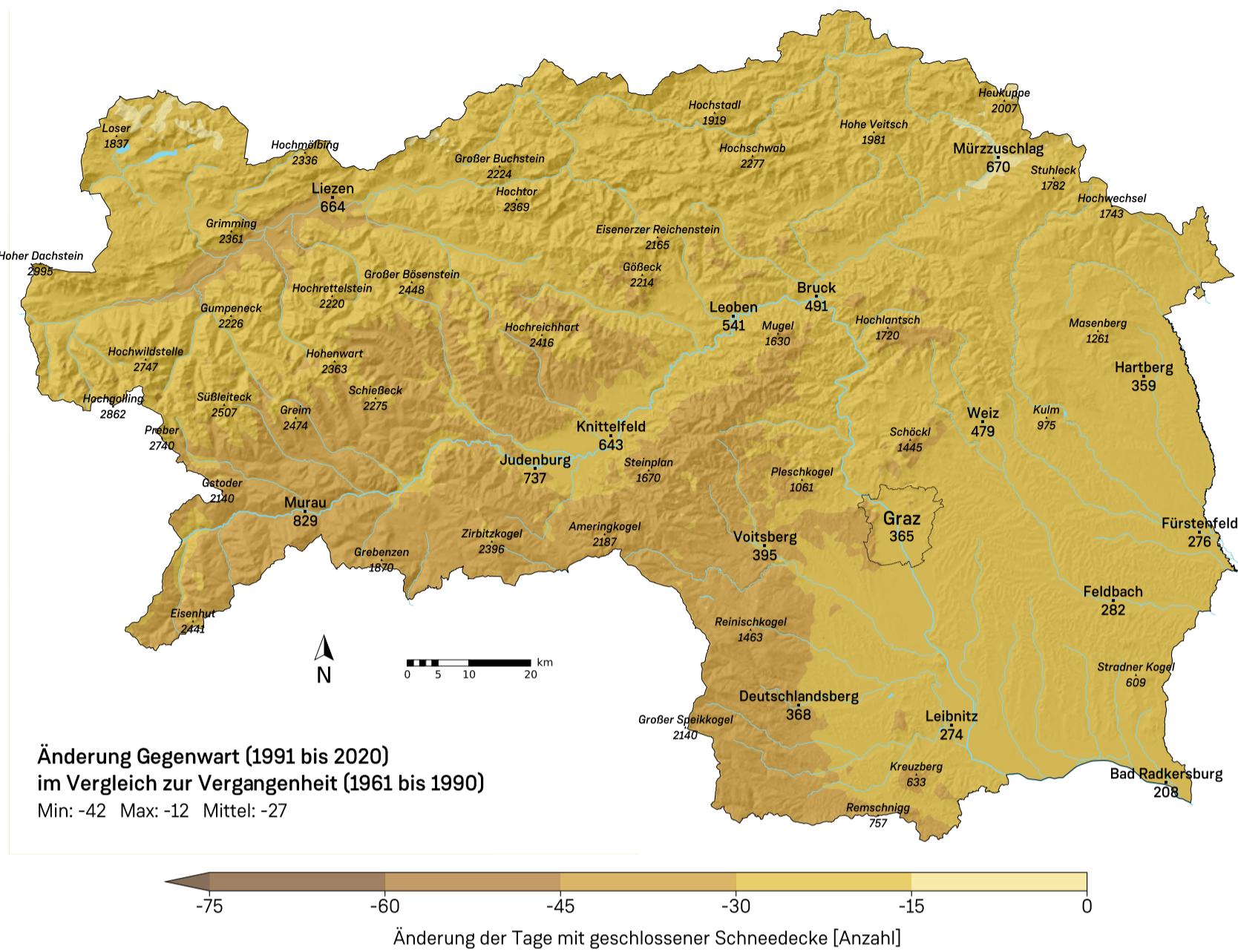


Abbildung 7.32: Änderung der Dauer der Schneedecke in Tagen im Vergleich der Gegenwart (1991 – 2020) zur Vergangenheit (1961 – 1990).

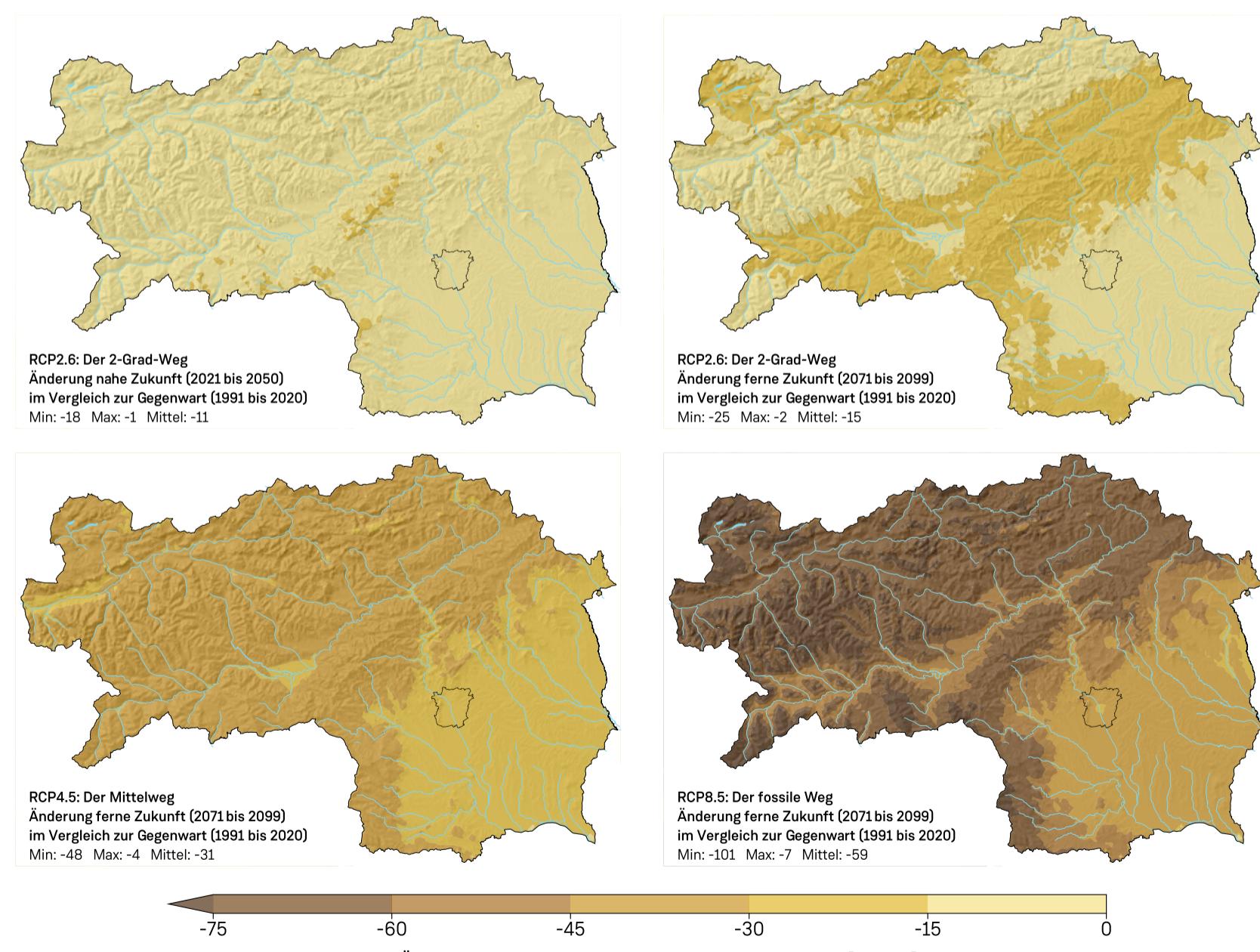


Abbildung 7.33: Änderung der Dauer der Schneedecke in Tagen für die nahe (2021 – 2050) und ferne Zukunft (2071 – 2099) unter Berücksichtigung verschiedener Klimaszenarien (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5).

7.4.5 Dauer der Schneedecke mit über 20 cm Schneehöhe

Definition. Die Dauer der Schneedecke mit über 20 cm Schneehöhe ist die Anzahl der Tage zwischen 1. September und 31. August des Folgejahres mit einer Schneehöhe größer oder gleich 20 cm.

Aussagekraft. Die Schneedeckendauer mit über 20 cm steht für die Dauer der Phase, in der die Naturschneedecke Wintersportaktivitäten im Schnee erlaubt und gut für die Beurteilung der wintertouristischen Eignung eines Standortes herangezogen werden kann. Technische Schneeverzeugung, wie sie in der Steiermark in fast allen Skigebieten eingesetzt wird, ist hier aber natürlich nicht berücksichtigt.

Mittelwert 1991 – 2020 und räumliche Verteilung. Im langjährigen Mittel betrug die Dauer der Schneedecke mit über 20 cm Schneehöhe in den höchsten Lagen des Toten Gebirges, des Dachsteingebirges, der Niederen Tauern und des Hochschwabs über 180 Tage, während es in sämtlichen tiefen Lagen der Steiermark unter 20 Tage blieben (siehe Abbildung 7.36). Es zeigt sich hier also eine besonders starke Höhenabhängigkeit. Teilt man die Steiermark in Höhenstufen, ergeben sich folgende Werte

(Tabelle 7.3): Unter 500 m 9 Tage, zwischen 500 m und 1000 m 29 Tage, zwischen 1000 m und 1500 m 64 Tage, zwischen 1500 m und 2000 m 118 Tage und über 2000 m 183 Tage.

Tabelle 7.3: Dauer der Schneedecke mit über 20 cm Schneehöhe in Tagen für verschiedene Höhenlagen in der Steiermark für die Periode 1991 – 2020.

Höhenlage	Dauer
>2000m	183 Tage
1500-2000m	118 Tage
1000-1500m	64 Tage
500-1000m	29 Tage
<500m	9 Tage

Verkürzung um 8 Tage vorher, wobei die Abnahmen in tiefen Lagen und insbesondere in der Oststeiermark, wo schon in der Vergangenheit nur sehr wenige Tage mit über 20 cm Schneehöhe auftraten, geringer sind. Dieses Szenario unterscheidet sich bis 2050 kaum von anderen untersuchten Szenarien (ohne Abbildung). Langfristig, bis zum Ende des 21. Jahrhunderts, kann sich die Länge der Schneedeckendauer in etwa auf diesem Niveau halten (Verkürzung um 11 Tage), wenn das Szenario „2-Grad-Ziel“ eingehalten wird. Unter der Annahme des Szenarios „fossiler Weg“ würde die Anzahl der Tage mit über 20 cm Schneehöhe aber stark zurückgehen (im Mittel um 40 Tage). Abbildung 7.34 zeigt die Szenarien für das Ende des 21. Jahrhunderts in unterschiedlichen Höhenlagen. Vergleicht man diese Abnahmen mit den aktuellen Werten, zeigt sich für den fossilen Weg, dass unter 1000 m fast keine Tage mit mehr als 20 cm Schneehöhe mehr auftreten würden und die Abnahmen zwischen 1000 m und 1500 m fast 70%, zwischen 1500 m und 2000 m gut 60% und über 2000 m gut 40% betragen würden. Hier sind die relativen Abnahmen also deutlich ausgeprägter als bei der Schneedeckendauer mit Tagen über 1 cm Schneehöhe.

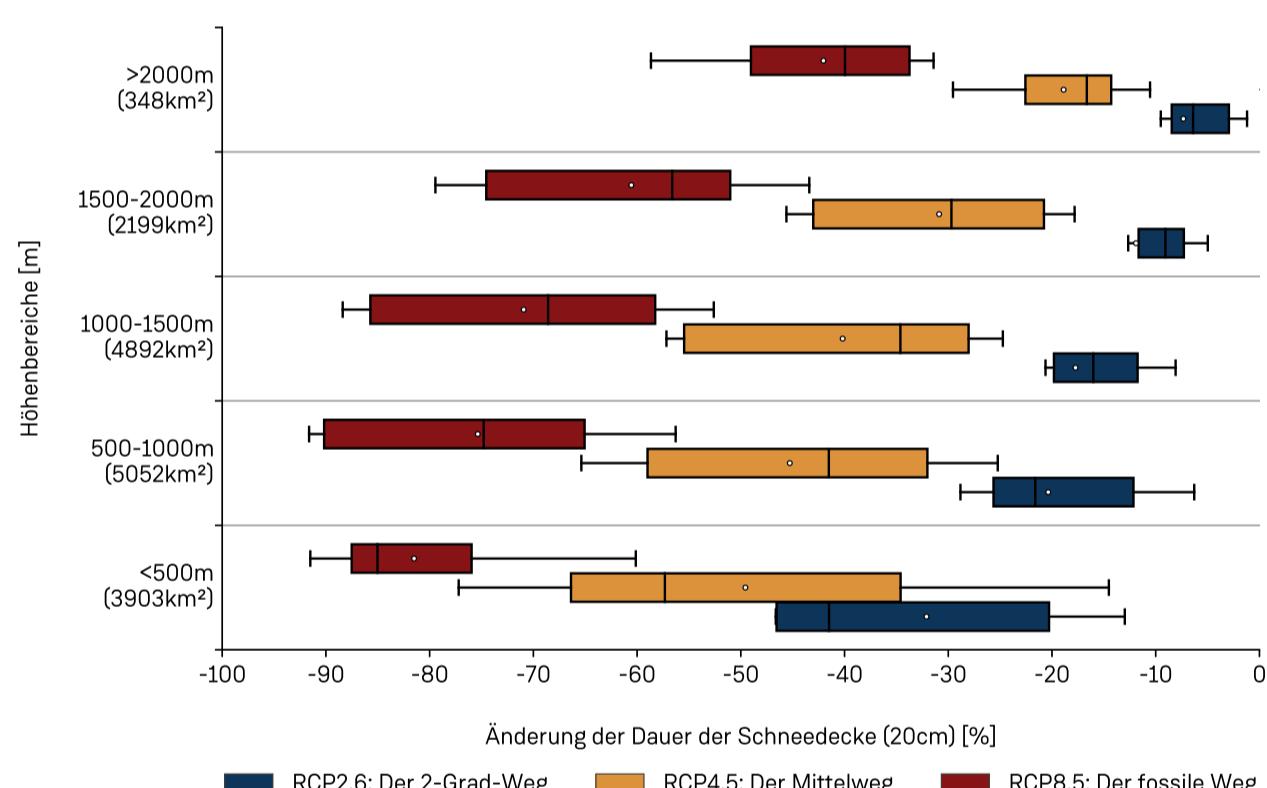


Abbildung 7.34: Änderung der Dauer der Schneedecke mit über 20 cm Schneehöhe im Vergleich der fernen Zukunft (2071 – 2099) mit der Gegenwart (1991 – 2020) in verschiedenen Höhenlagen der Steiermark für die drei unterschiedlichen Szenarien.

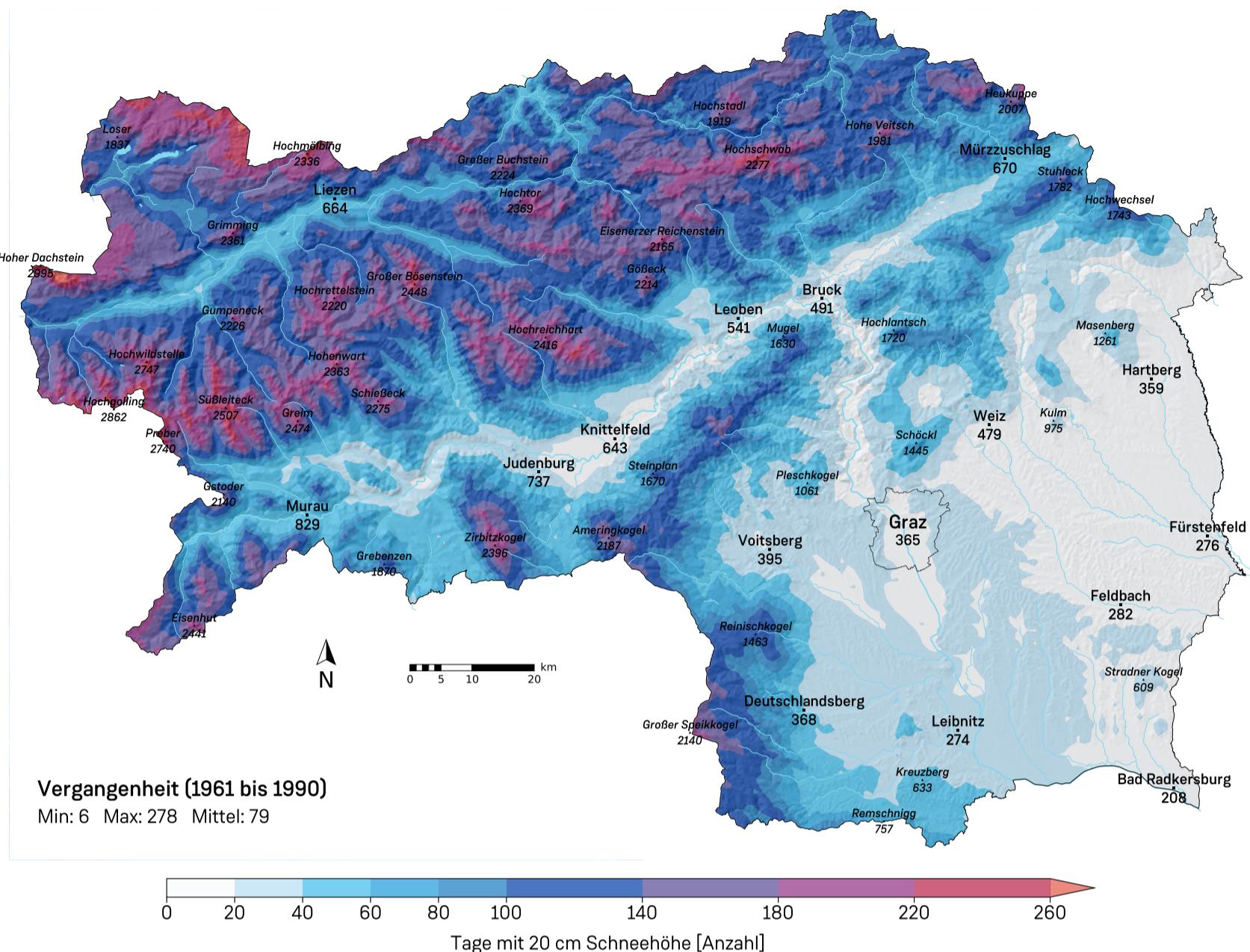


Abbildung 7.35: Mittlere Dauer der Schneedecke mit über 20 cm Schneehöhe für die 30-jährige Klimanormalperiode 1961 – 1990.

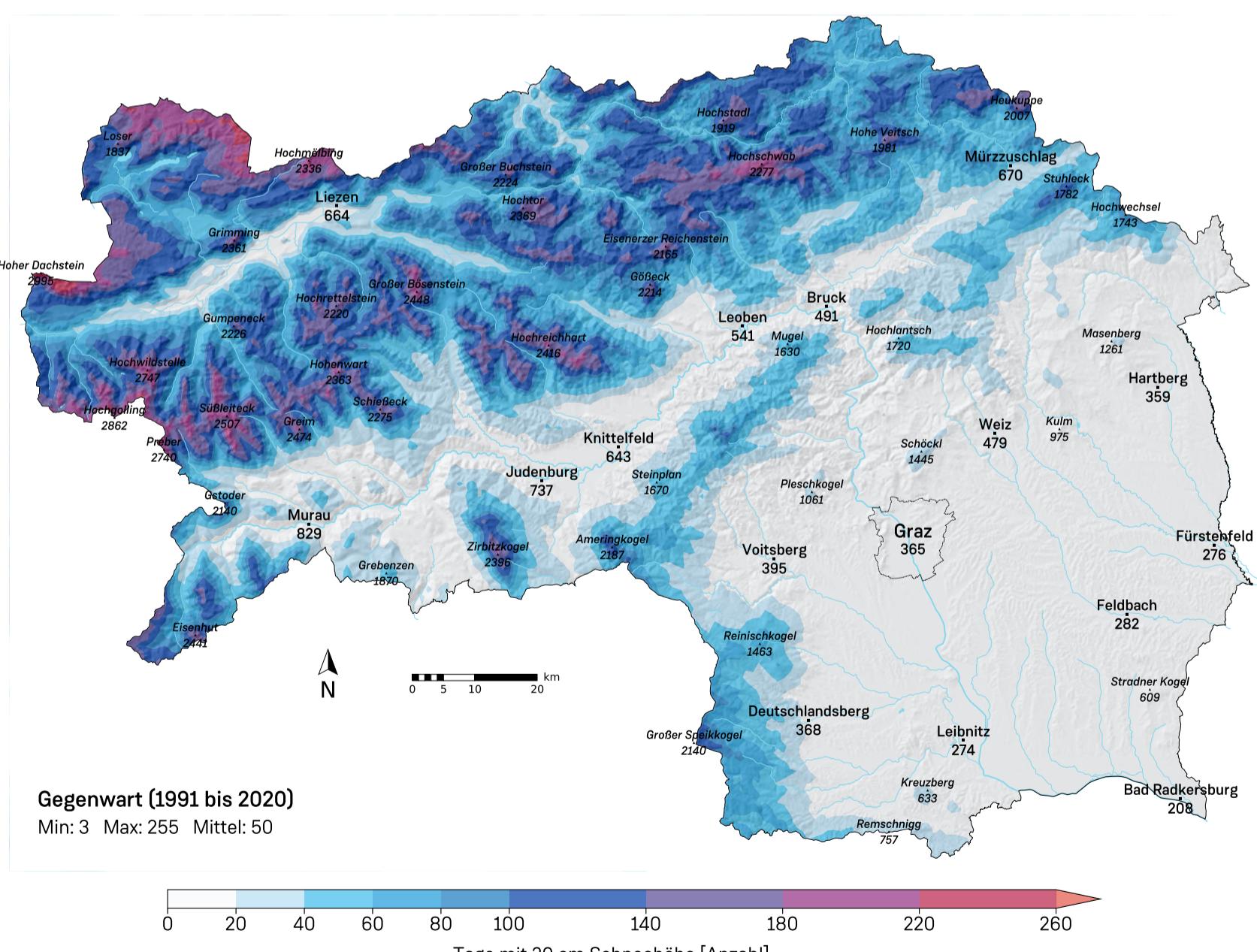


Abbildung 7.36: Mittlere Dauer der Schneedecke mit über 20 cm Schneehöhe für die 30-jährige Klimanormalperiode 1991 – 2020.

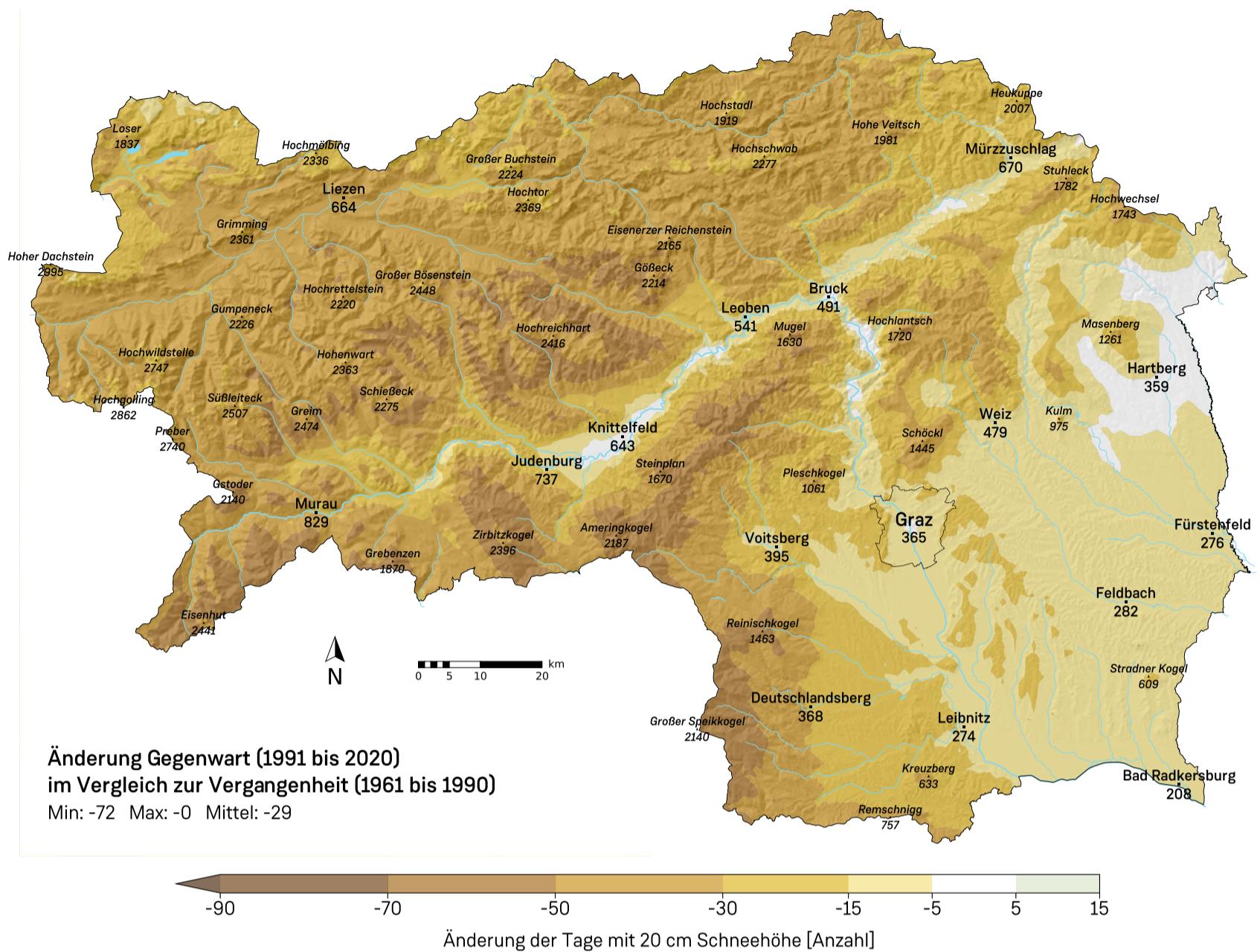


Abbildung 7.37: Änderung der Dauer der Schneedecke mit über 20 cm Schneehöhe in Tagen im Vergleich der Gegenwart (1991 – 2020) zur Vergangenheit (1961 – 1990).

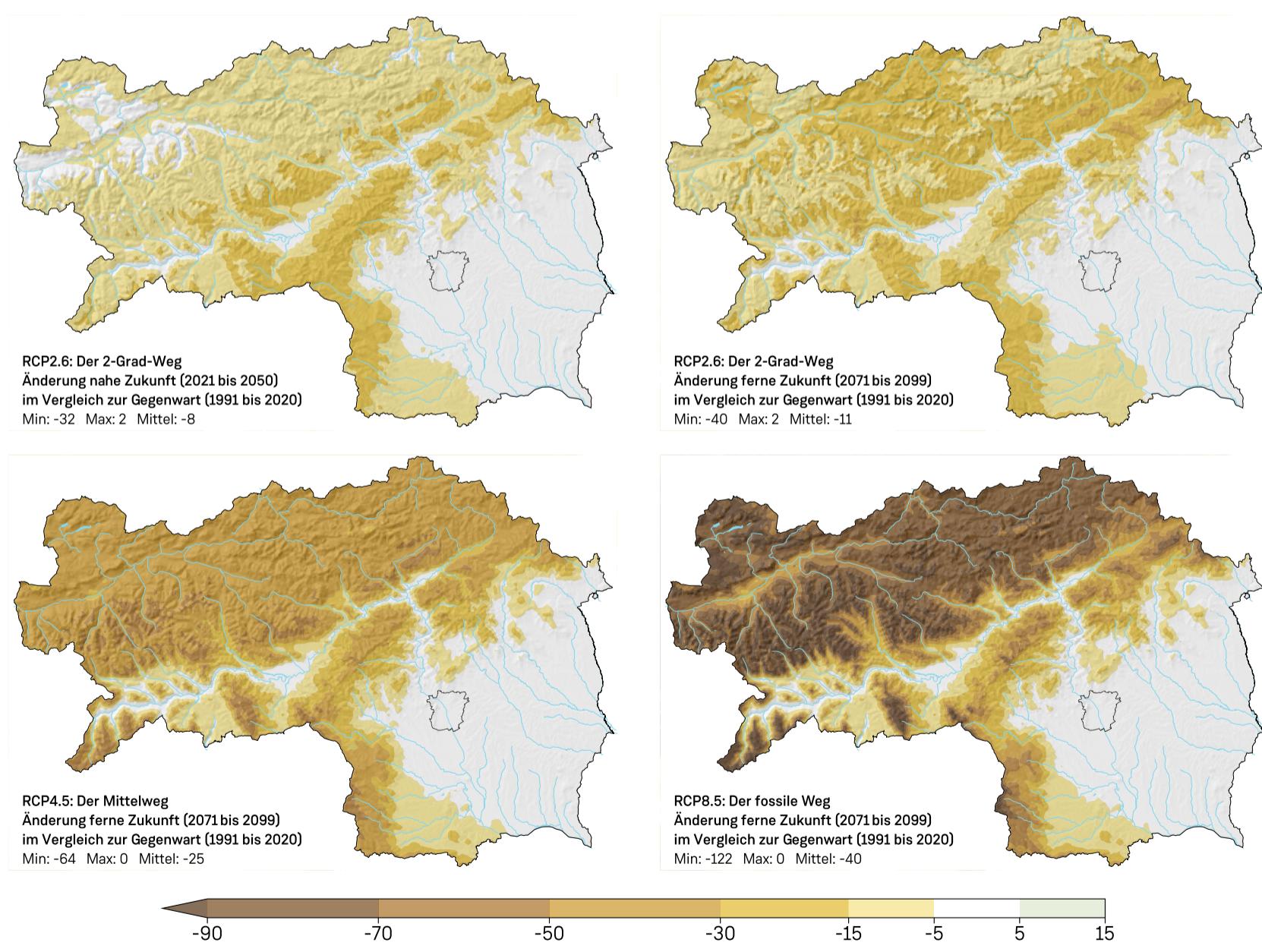


Abbildung 7.38: Änderung der Dauer der Schneedecke mit über 20 cm Schneehöhe in Tagen für die nahe (2021 – 2050) und ferne Zukunft (2071 – 2099) unter Be- rücksichtigung verschiedener Klimaszenarien (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5).

7.4.6 Dauer der Schneedecke mit über 10 mm Wasserequivalent

Definition. Die Dauer der Schneedecke mit über 10 mm Wasserequivalent ist die Anzahl der Tage zwischen 1. September und 31. August des Folgejahres, an denen die gesamte Schneedecke, wenn sie geschmolzen werden würde, 10 mm Wassersäule oder mehr ergeben würde.

Aussagekraft. Da für hydrologische Anwendungen das Schneewasseräquivalent die direkt interessierende Größe ist und nicht die Schneehöhe, die ja auch von der Dichte des Schnees abhängt, wird diese Größe hier zusätzlich beschrieben.

Mittelwert 1991 – 2020 und räumliche Verteilung.

Im langjährigen Mittel betrug die Anzahl der Tage mit über 10 mm Schneewasseräquivalent in den höchsten Lagen des Toten Gebirges, des Dachsteingebirges, der Niederen Tauern und des Hochschwabs über 225 Tage, während es in sämtlichen tiefen Lagen der Steiermark unter 50 Tage blieben und die geringsten Werte (unter 25 Tage) in Graz und in der Region zwischen Hartberg und Fürstenfeld auftraten (siehe Abbildung 7.41).

Es zeigt sich auch hier eine starke Höhenabhängigkeit, überlagert durch den Stauseffekt der Nordalpen. Teilt man die Steiermark in Höhenstufen, ergeben sich folgende Werte (Tabelle 7.4): Unter 500 m 29 Tage, zwischen 500 m und 1000 m 62 Tage, zwischen 1000 m und 1500 m 103 Tage, zwischen 1500 m und 2000 m 156 Tage und über 2000 m 212 Tage.

Tabelle 7.4: Dauer der Schneedecke mit über 20 cm Schneehöhe in Tagen für verschiedene Höhenlagen in der Steiermark für die Periode 1991 – 2020.

Höhenlage	Dauer
>2000m	212 Tage
1500-2000m	156 Tage
1000-1500m	103 Tage
500-1000m	62 Tage
<500m	29 Tage

zu verzeichnen. Für die kommende Klimanormalperiode (2021 – 2050) sagen die Österreichischen Klimaszenarien im Szenario mit der geringsten Erwärmung (Szenario „2-Grad-Ziel“, Abbildung 7.43) eine weitere Verkürzung um 11 Tage voraus, wobei die Abnahmen in höheren Lagen entlang der Mur-Mürz-Furche am größten sind. Dieses Szenario unterscheidet sich bis 2050 kaum von anderen untersuchten Szenarien (ohne Abbildung). Langfristig, bis zum Ende des 21. Jahrhunderts, kann sich die Anzahl der Tage mit über 10 mm Schneewasseräquivalent fast auf diesem Niveau halten (Verkürzung um 16 Tage), wenn das Szenario „2-Grad-Ziel“ eingehalten wird. Unter der Annahme des Szenarios „fossiler Weg“ ist aber eine starke Abnahme (im Mittel um 57 Tage) zu erwarten. Abbildung 7.39 zeigt die Szenarien für das Ende des 21. Jahrhunderts in unterschiedlichen Höhenlagen. Vergleicht man diese Abnahmen mit den aktuellen Werten, zeigt sich für den fossilen Weg, dass unter 500 m fast 80% weniger Tage mit mehr als 10 mm Schneewasseräquivalent auftreten und die Abnahmen zwischen 500 m und 1000 m etwa 60%, zwischen 1000 m und 1500 m etwa 55%, zwischen 1500 m und 2000 m etwa 45% und über 2000 m etwa 35% betragen.

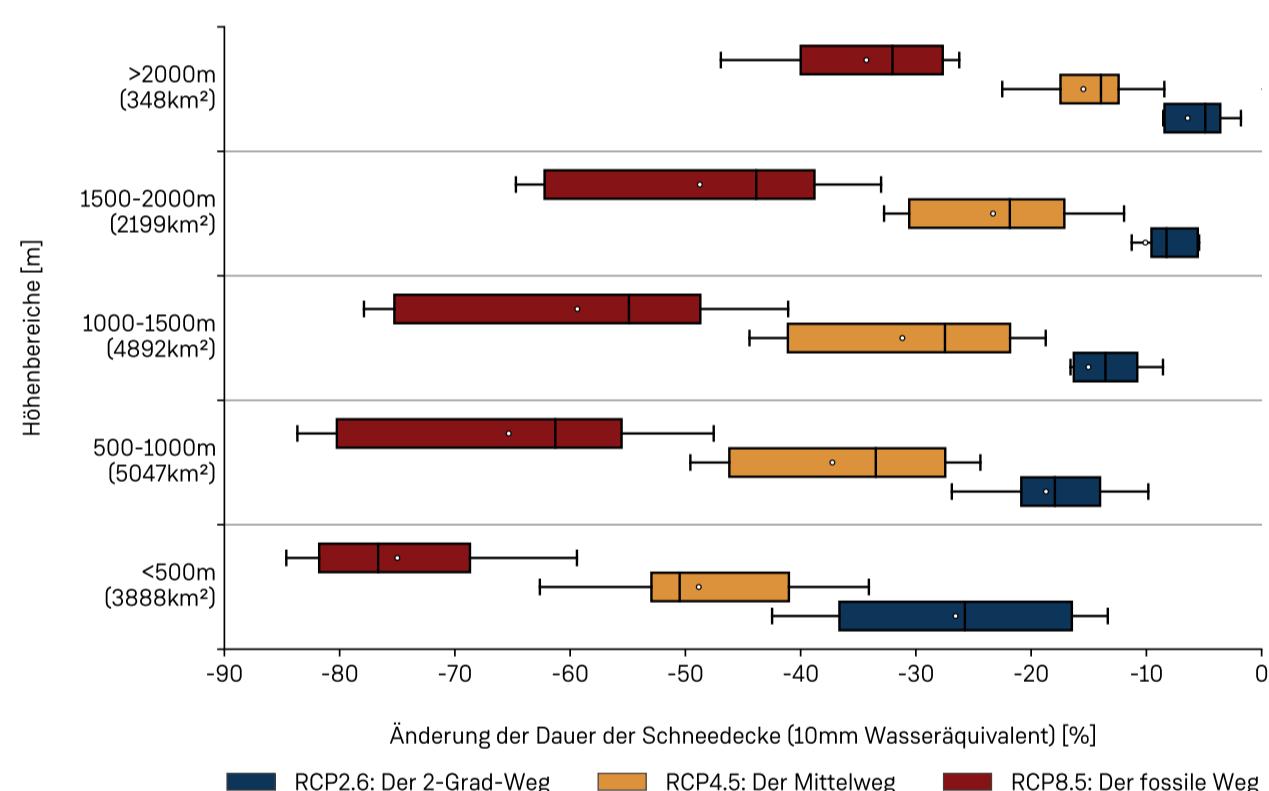


Abbildung 7.39: Änderung der Dauer der Schneedecke mit über 10 mm Wasserequivalent im Vergleich der fernen Zukunft (2071 – 2099) mit der Gegenwart (1991 – 2020) in verschiedenen Höhenlagen der Steiermark für die drei unterschiedlichen Szenarien.

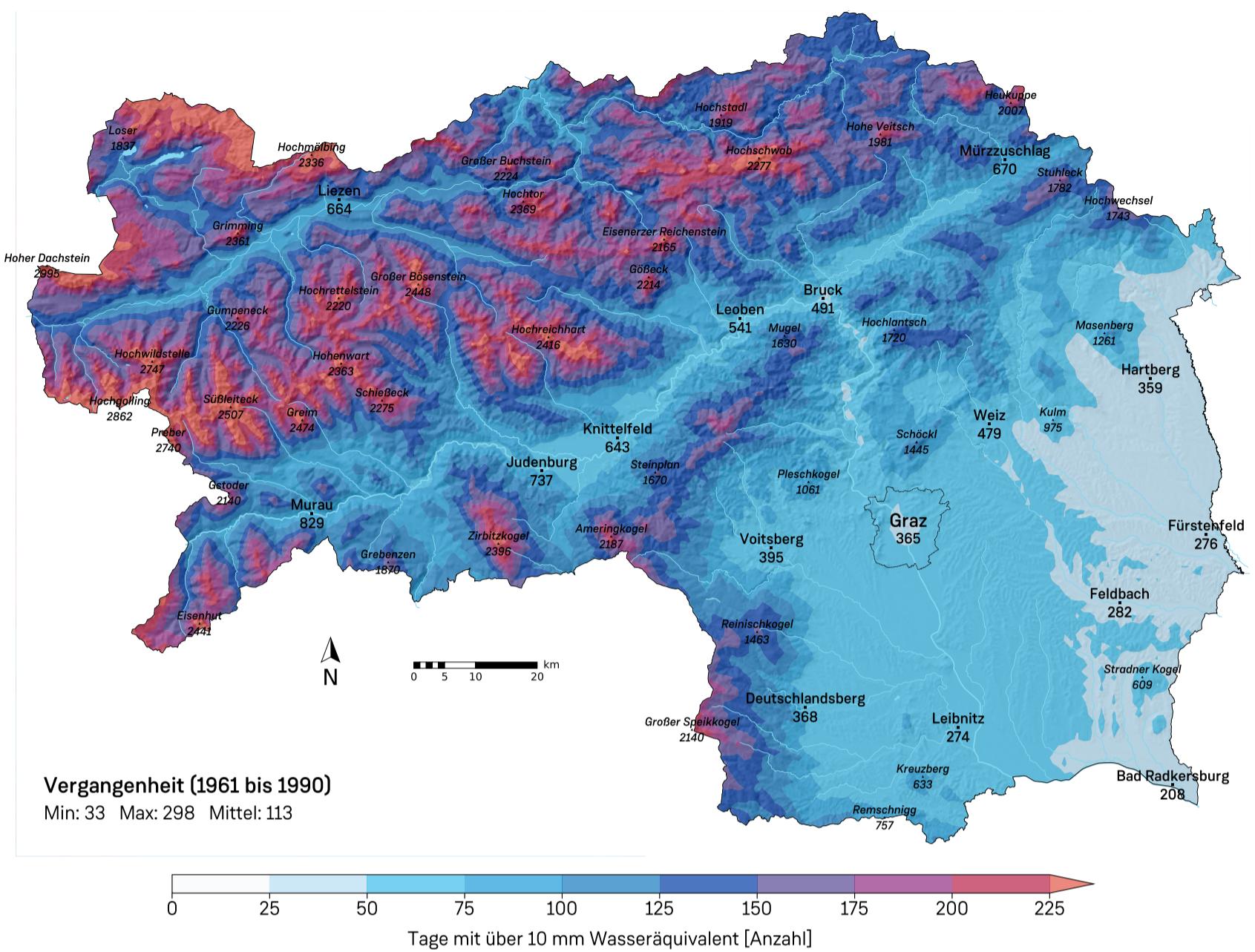


Abbildung 7.40: Mittlere Dauer der Schneedecke mit über 10 mm Wasseräquivalent für die 30-jährige Klimanormalperiode 1961 – 1990.

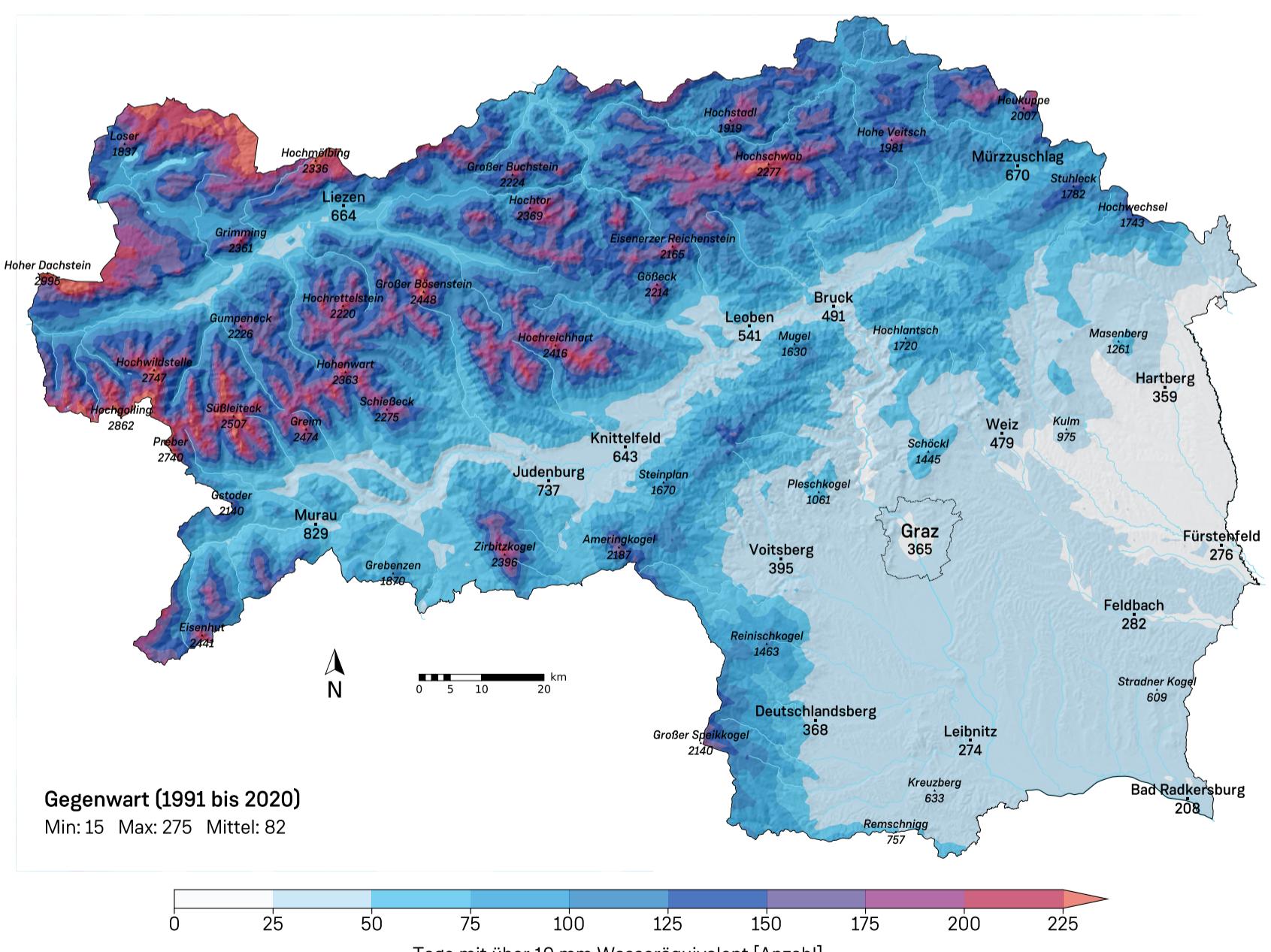


Abbildung 7.41: Mittlere Dauer der Schneedecke mit über 10 mm Wasseräquivalent für die 30-jährige Klimanormalperiode 1991 – 2020.

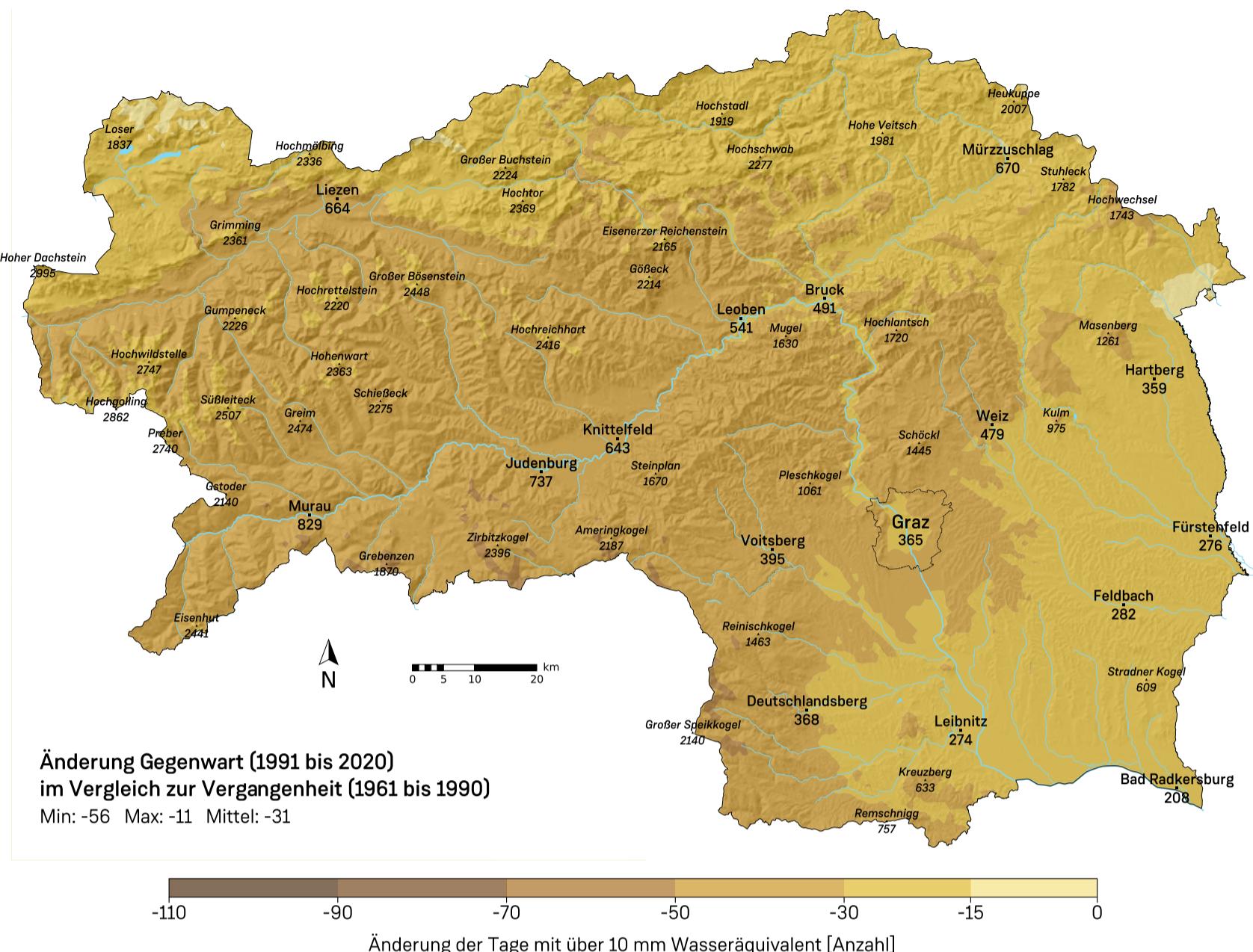


Abbildung 7.42: Änderung der Dauer der Schneedecke mit über 10 mm Wasseräquivalent in Tagen im Vergleich der Gegenwart (1991 – 2020) zur Vergangenheit (1961 – 1990).

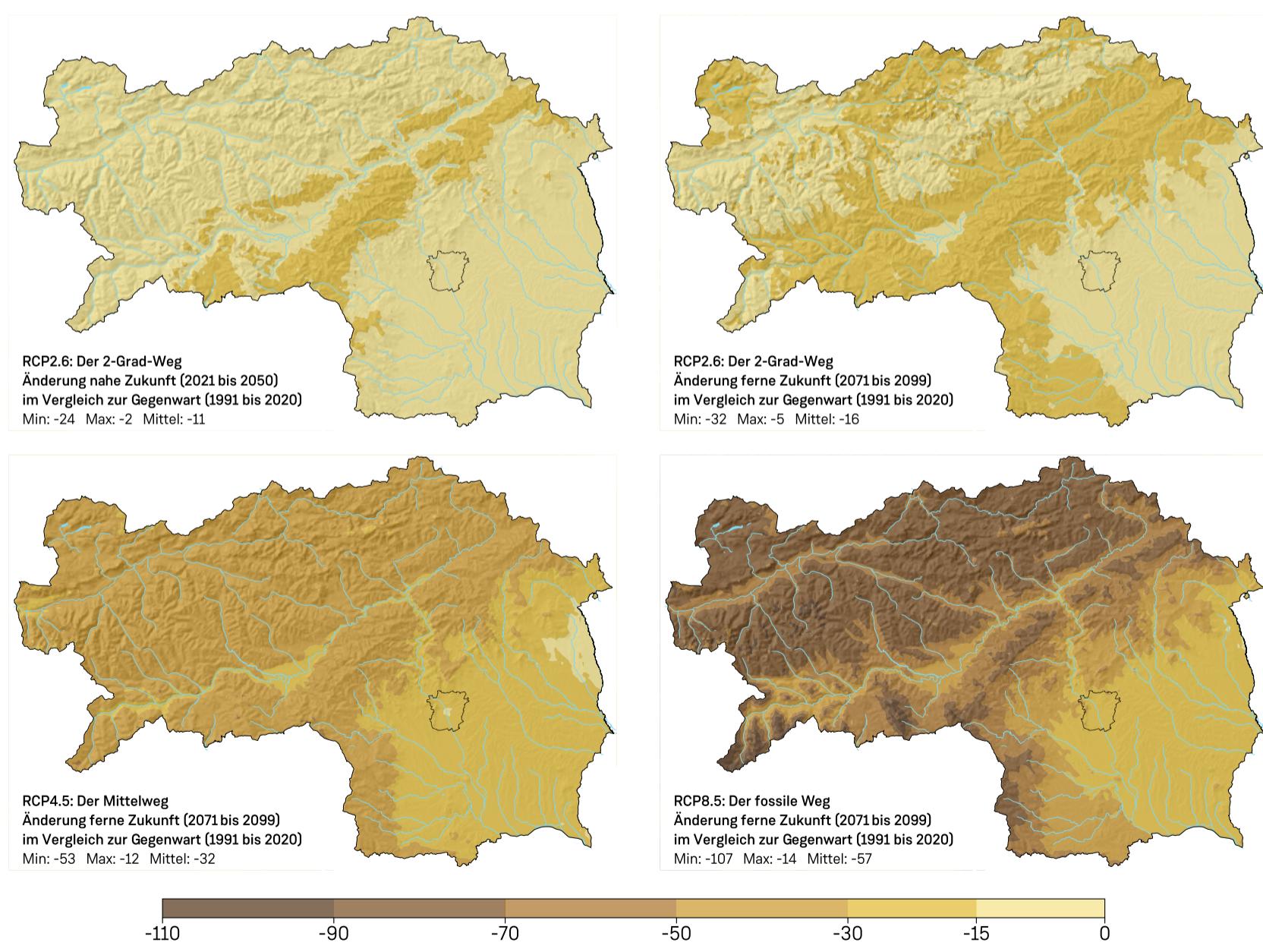


Abbildung 7.43: Änderung der Dauer der Schneedecke mit über 10 mm Wasseräquivalent in Tagen für die nahe (2021 – 2050) und ferne Zukunft (2071 – 2099) unter Berücksichtigung verschiedener Klimaszenarien (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5).

7.4.7 Maximale Schneehöhe

Definition. Die maximale Schneehöhe ist – selbsterklärend – der Wert der höchsten Schneehöhe zwischen 1. September und 31. August, gemessen in Zentimeter.

Aussagekraft. Ähnlich wie die Summe der Neuschneehöhen steht die maximale Schneehöhe in Verbindung mit der gesamten Schneemenge eines Schneejahres, wobei hier aber, im Gegensatz zur Neuschneesumme, Ablationsprozesse miteinfließen. Die maximale Schneehöhe tritt typischerweise im Spätwinter oder Frühling auf, kurz bevor steigende Temperaturen dafür sorgen, dass Ablation die Akkumulation überwiegt. Des Weiteren kann die maximale Schneehöhe im Frühjahr in Zusammenhang mit der durch Schneeschmelze in den hydrologischen Kreislauf zugeführten Wassermenge gebracht werden.

Mittelwert 1991 – 2020 und räumliche Verteilung. Im langjährigen Mittel beträgt die maximale Schneehöhe in den höchsten La-

gen des Toten Gebirges, des Dachsteingebirges und des Hochschwabs über 300 cm, während sie in tiefen Lagen typischerweise unter 30 cm bleibt (siehe Abbildung 7.47). Es zeigt sich auch hier eine starke Höhenabhängigkeit, überlagert durch den Staueffekt der Nordalpen. Teilt man die Steiermark in Höhenstufen (Abbildung 7.44), ergeben sich folgende Werte und Zeitpunkte der Maxima: Unter 500 m 17 cm mit dem Maximum im Februar, zwischen 500 m und 1000 m 34 cm mit dem Maximum im Februar, zwischen 1000 m und 1500 m 61 cm mit dem Maximum im Februar, zwischen 1500 m und 2000 m 107 cm mit dem Maximum im März und über 2000 m 148 cm mit dem Maximum im März.

Zeitliche Änderung. Im Vergleich zur vorangegangenen Klimanormalperiode 1961 – 1990 (siehe Abbildung 7.48) hat die maximale Schneehöhe im Westen der Steiermark abgenommen, im äußersten Osten gab es keine signifikante Änderung. Im Mittel der gesamten Steiermark lag die Abnahme bei 21 cm, wobei die Änderungen in den höheren Lagen größer

als in den tiefen Lagen sind. Sie reichen von -38 cm über 2000 m Seehöhe bis -11 cm unter 500 m Seehöhe. Die größten Änderungen traten jeweils in der Ablationsphase auf (Abbildung 7.45).

Für die kommende Klimanormalperiode (2021 – 2050) sagen die Österreichischen Klimaszenarien keine signifikante weitere Abnahme (im Mittel nur -3 cm) voraus. Dies gilt für das Szenario „2-Grad-Ziel“ (Abbildung 7.49). Dieses Szenario unterscheidet sich bis 2050 kaum von anderen untersuchten Szenarien (ohne Abbildung). Langfristig, bis zum Ende des 21. Jahrhunderts, kann sich die maximale Schneehöhe fast auf diesem Niveau halten (Abnahme nur -5 cm), wenn das Szenario „2-Grad-Ziel“ eingehalten wird. Unter der Annahme des Szenarios „fossiler Weg“ ist aber in hohen Lagen eine starke Abnahme um 200 cm und mehr zu erwarten.

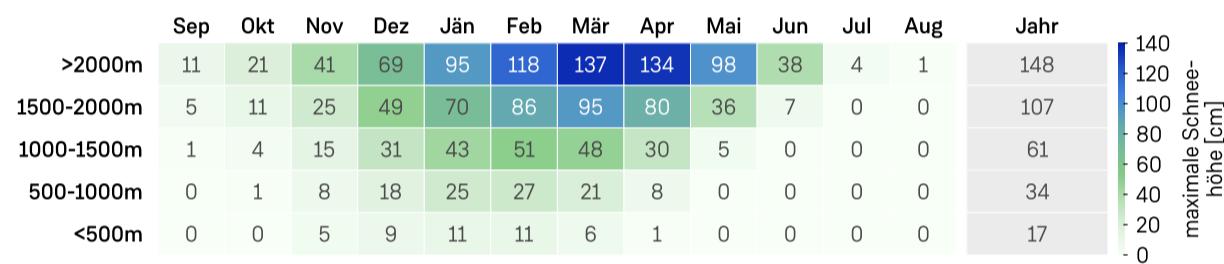


Abbildung 7.44: Maximale jährliche und monatliche Schneehöhen [cm] in verschiedenen Höhenlagen in der Steiermark für die Klimanormalperiode 1991 – 2020. Anmerkung: Da die maximale Schneehöhe nicht jedes Jahr im selben Monat auftritt, sind in den 30-jährigen Mittelwerten selbst die höchsten monatlichen Werte geringer als der mittlere Jahreswert.



Abbildung 7.45: Änderung der maximalen jährlichen und monatlichen Schneehöhen [cm] in verschiedenen Höhenlagen der Steiermark im Vergleich der Gegenwart (1991 – 2020) zur Vergangenheit (1961 – 1990).

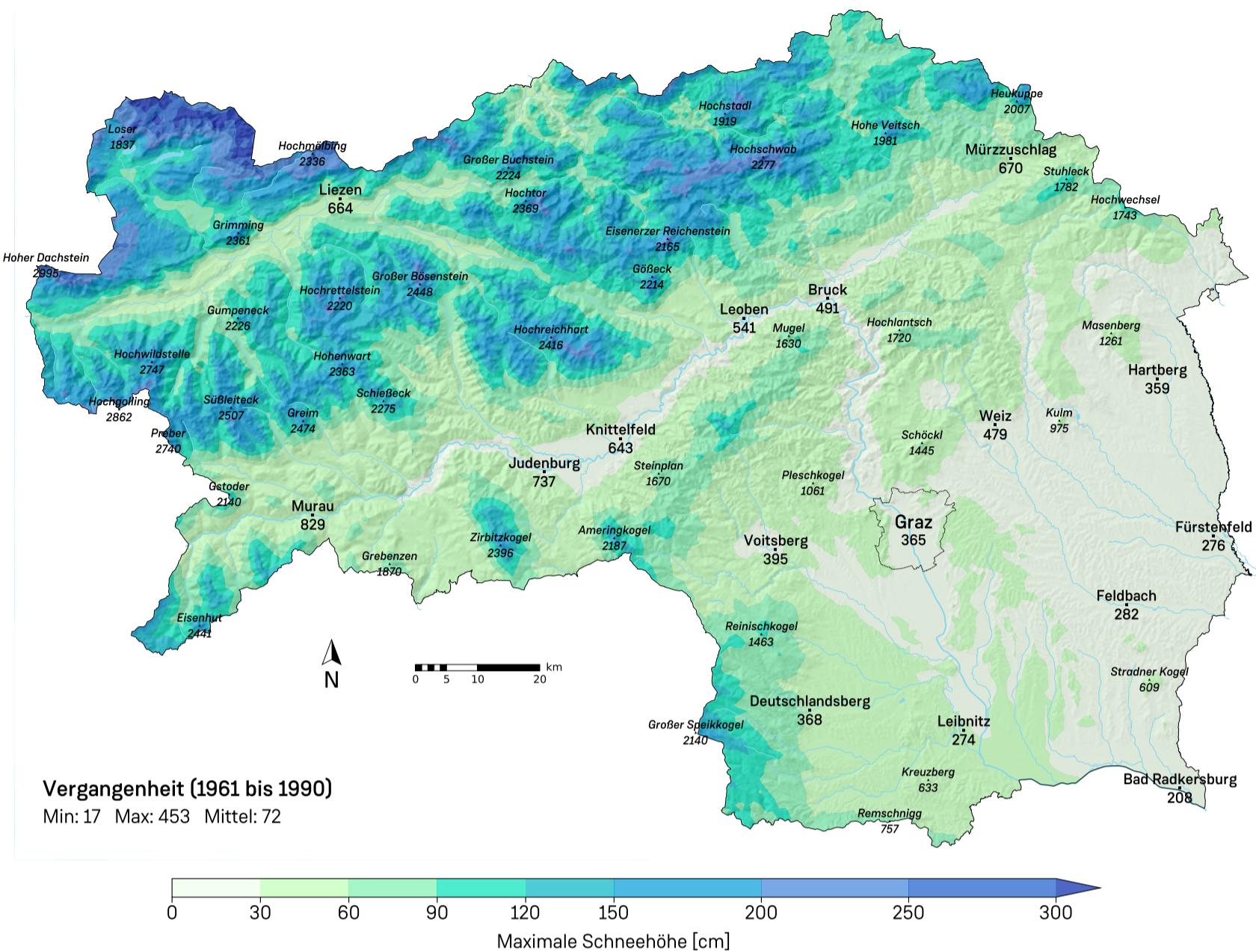


Abbildung 7.46: Mittlere maximale Schneehöhe in Zentimeter für die 30-jährige Klimanormalperiode 1961 – 1990.

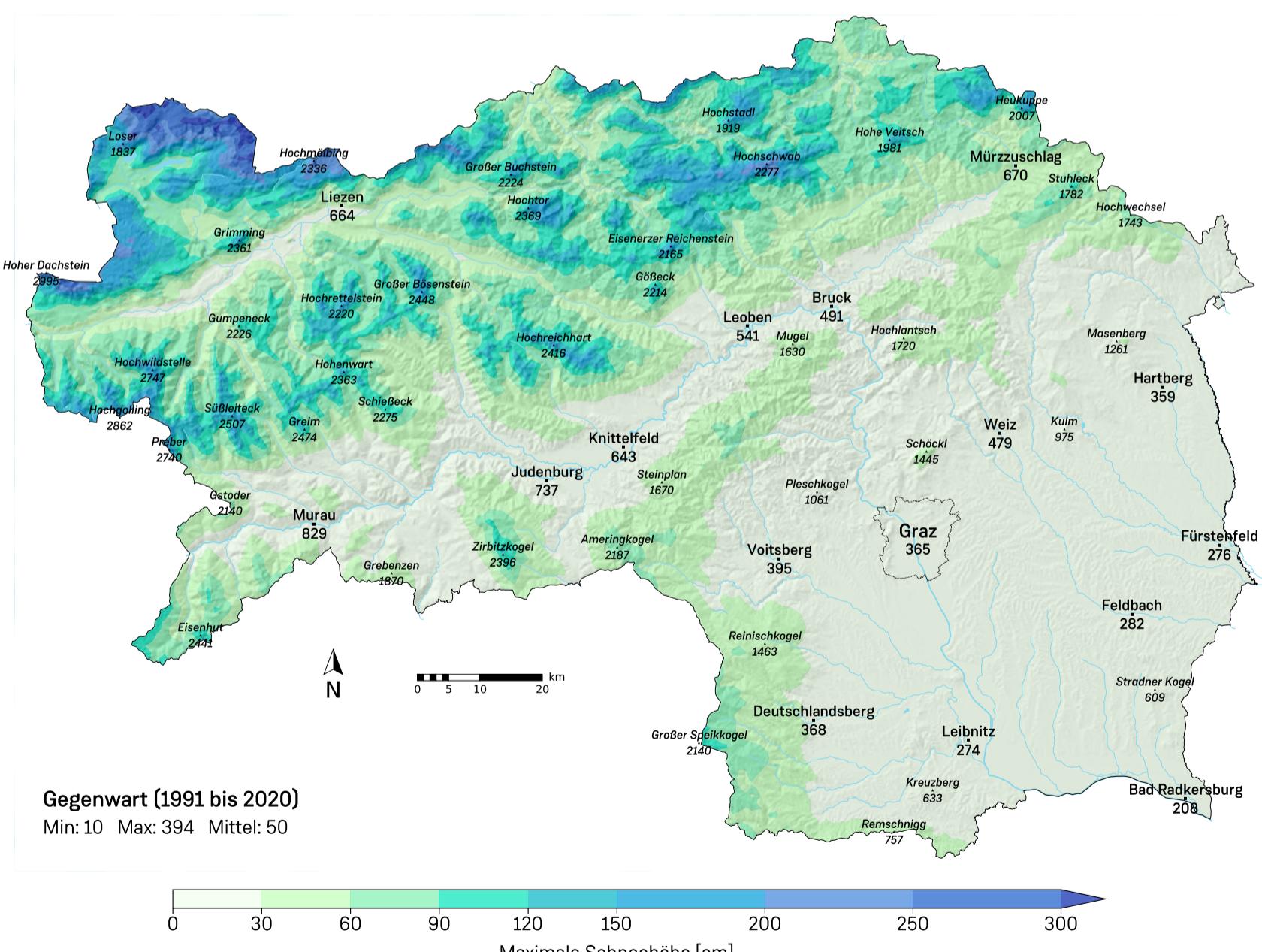


Abbildung 7.47: Mittlere maximale Schneehöhe in Zentimeter für die 30-jährige Klimanormalperiode 1991 – 2020.

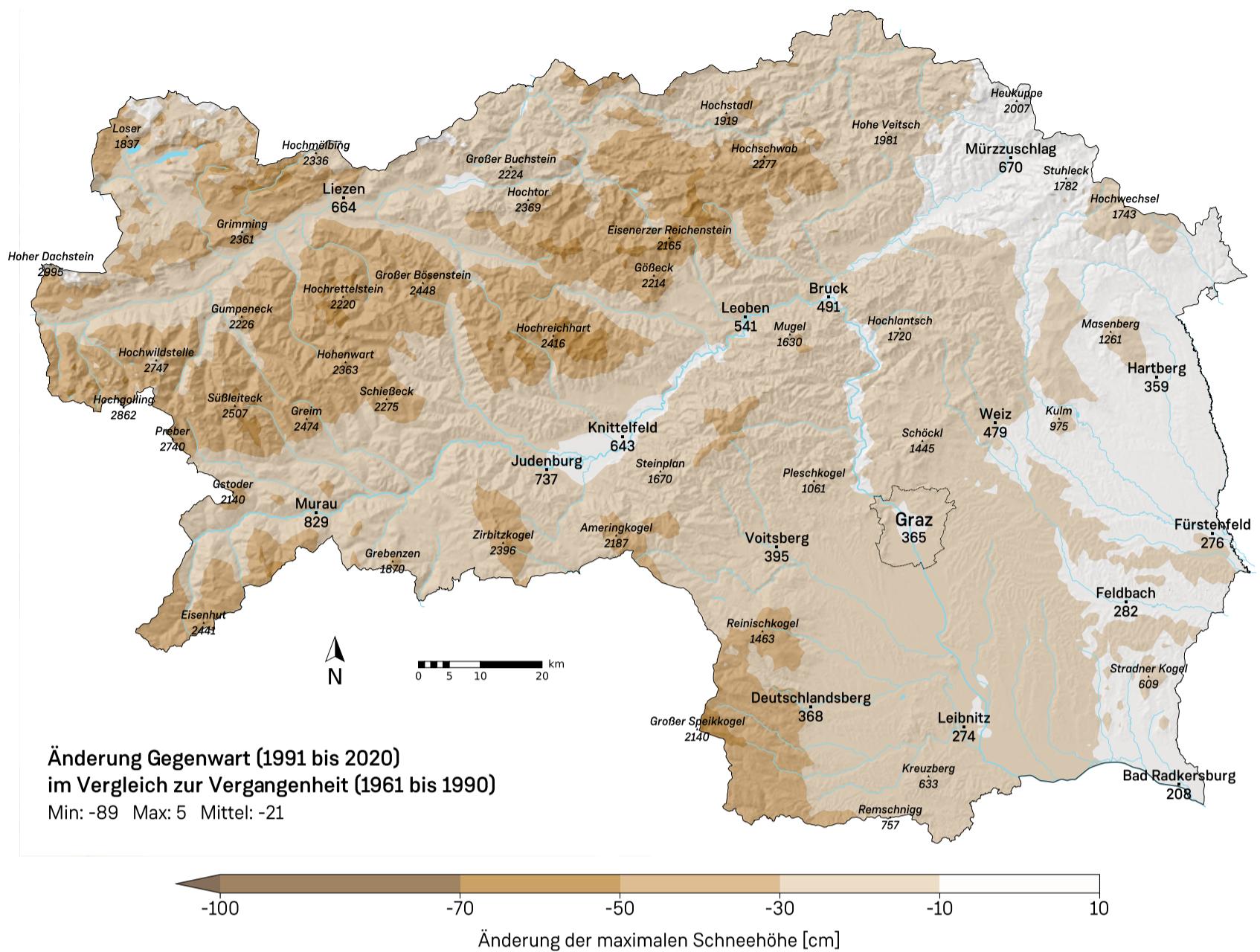


Abbildung 7.48: Änderung der maximalen Schneehöhe in Zentimeter im Vergleich der Gegenwart (1991 – 2020) zur Vergangenheit (1961 – 1990).

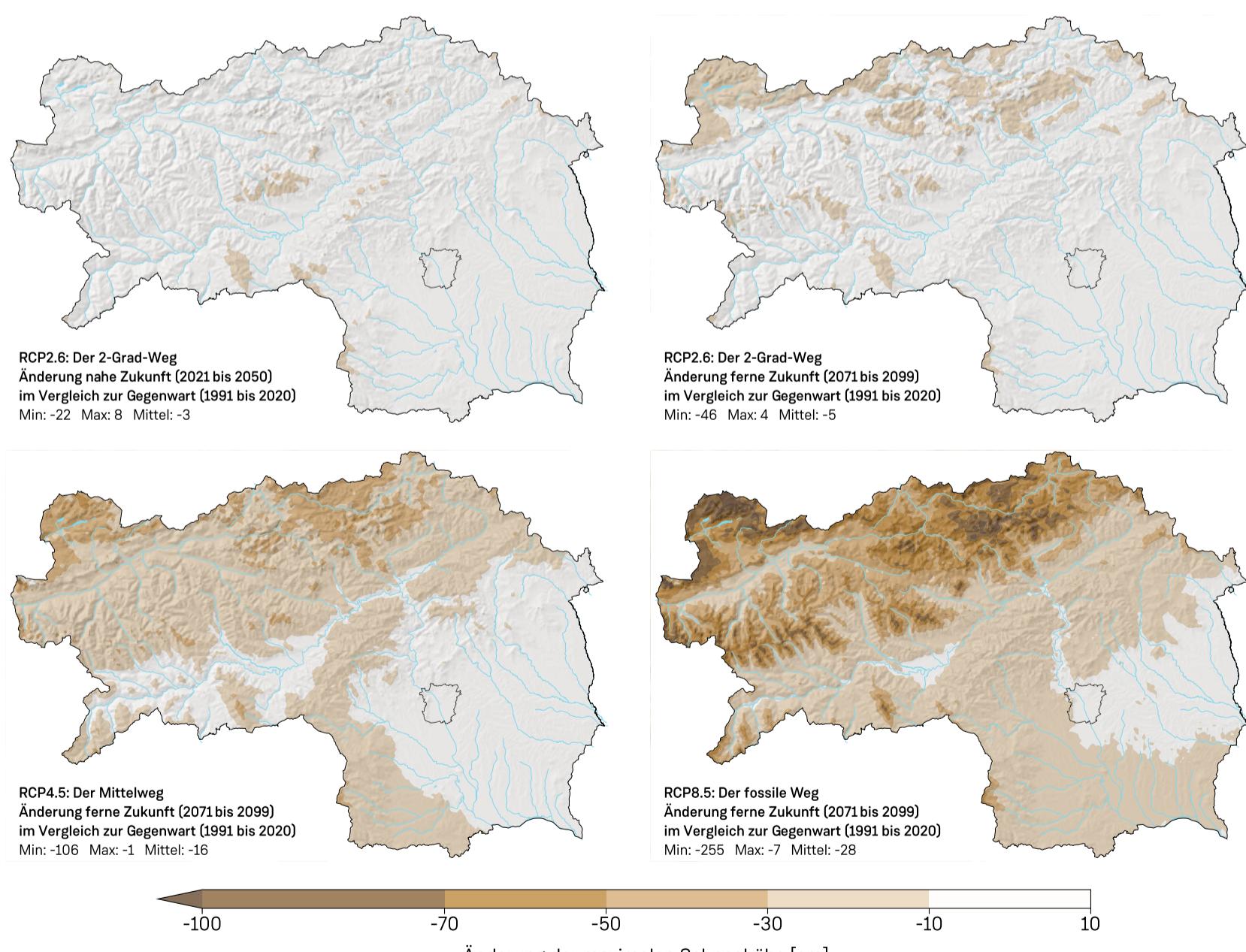


Abbildung 7.49: Änderung der maximalen Schneehöhe in Zentimeter für die nahe (2021 – 2050) und ferne Zukunft (2071 – 2099) unter Berücksichtigung verschiedener Klimaszenarien (PCP2.6, PCP4.5, PCP8.5).

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>
- Libbrecht, K.G., 2005. The physics of snow crystals. *Rep. Prog. Phys.* 68, 855–895. <https://doi.org/10.1088/0034-4885/68/4/R03>
- Nakaya, U., 1954. *Snow Crystals: Natural and Artificial*. Harvard University Press. <https://doi.org/10.4159/harvard.9780674182769>
- Olefs, M., Koch, R., Schöner, W., Marke, T., 2020. Changes in Snow Depth, Snow Cover Duration and Potential Snowmaking Conditions in Austria, 1961–2020 – A Model Based Approach. *Atmosphere* 11, 1330. <https://doi.org/10.3390/atmos11121330>
- Peisl, C., 2010. Modifikation der Schneefallgrenze in komplexer Topographie. <https://doi.org/10.25365/THESIS.12312>