



Forschungsreihe:

Auswirkungen des Klimawandels auf Oberösterreich

Band 5

Klimaszenarien für das 21. Jahrhundert für Oberösterreich

Darstellung des Klimawandels und der Bandbreite der möglichen Ausprägung in Oberösterreich anhand ausgewählter Indikatoren für Temperatur, Niederschlag und Strahlung, basierend auf den Arbeiten zu dem Forschungsprojekt „COIN - Cost of Inaction“

Herbert Formayer, David Leidinger und Imran Nadeem

Institut für Meteorologie der Universität für Bodenkultur Wien

Wien im Juli 2015

Inhalt

Abbildungsverzeichnis.....	3
Einleitung:	5
Danksagung:.....	5
Methodik:	6
Jahresmitteltemperatur (Mittleres Szenario)	12
Temperaturmaximum (Mittleres Szenario)	16
Temperaturminimum (Mittleres Szenario).....	20
Sommertage (Mittleres Szenario).....	23
Hitzetage vormals Tropentage (Mittleres Szenario)	26
Tropennächte (Mittleres Szenario).....	28
Eistage (Mittleres Szenario).....	30
Frosttage (Mittleres Szenario).....	32
Frosttage im April (Mittleres Szenario).....	34
Frosttage im Mai (Mittleres Szenario).....	36
Vegetationsperiode (Mittleres Szenario).....	38
Heizgradtage (Mittleres Szenario)	40
Kühlgradtage (Mittleres Szenario).....	42
Jahresniederschlagssumme (Mittleres Szenario).....	44
Tage mit Niederschlag (Mittleres Szenario).....	49
Niederschlagsfreie Tage (Mittleres Szenario)	51
Starkniederschlag mit Tagessumme ≥ 30 mm (Mittleres Szenario)	53
Trockenperioden (Mittleres Szenario).....	55
Jahressumme der Globalstrahlung (Mittleres Szenario)	57

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bandbreite der möglichen Entwicklung des Klimas im Alpenraum im 21. Jahrhundert. Obere Reihe die Anomalie Sommer- und Winterhalbjahresniederschläge (links Sommerhalbjahr, rechts Winterhalbjahr) in Prozent, untere Reihe Anomalie Sommer- (links) und Wintertemperatur in °C. Modifiziert nach Formayer et al., 2015	7
Abbildung 2: Zusammenhang zwischen Monatsmittelwert des Temperaturmaximums und der Wahrscheinlichkeit von Hitzetagen ($T_{max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) in Österreich berechnet aus allen oberösterreichischen Gitterzellen des „Spartacus“ Datensatzes der ZAMG für den Zeitraum 1961-2013. Links dargestellt das arithmetische Mittel und die Schätzung mittels Polygon 3. Grades und rechts dargestellt die Vertrauensbereiche. Die schwarze Linie stellt den Median dar, 50 Prozent aller Einzelwerte liegen im dunkelblauen Bereich und 90 Prozent aller Einzelwerte im hellblauen Bereich.	9
Abbildung 3: Entwicklung der Jahresmitteltemperatur [°C] in Oberösterreich beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.....	12
Abbildung 4 : Veränderung der Jahresmitteltemperatur [°C] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 500 m Seehöhe unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts).	13
Abbildung 5: Heutige (1981-2010) Mitteltemperatur [°C] für den Sommer (JJA; links) sowie dem Winter (DJF; rechts)	14
Abbildung 6: Bandbreite der Entwicklung der Mitteltemperatur [°C] für den Sommer (JJA; links) sowie dem Winter (DJF; rechts).....	15
Abbildung 7: Entwicklung des Jahresmittels des Temperaturmaximums [°C] in Oberösterreich beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.....	16
Abbildung 8: Veränderung des Jahresmittels des Temperaturmaximums [°C] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 500 m Seehöhe unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts)	17
Abbildung 9: Heutige (1981-2010) Mittel des Temperaturmaximums [°C] für den Sommer (JJA; links) sowie dem Winter (DJF; rechts).....	18
Abbildung 10: Bandbreite der Entwicklung des Mittels des Temperaturmaximums [°C] für den Sommer (JJA; links) sowie dem Winter (DJF; rechts).....	19
Abbildung 11: Entwicklung des Jahresmittel der Minimumtemperatur [°C] in Oberösterreich beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.	20
Abbildung 12: Veränderung des Jahresmittels der Minimumtemperatur [°C] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 500 m Seehöhe unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts).	21
Abbildung 13: Heutige (1981-2010) Mittel der Minimumtemperatur [°C] für den Sommer (JJA; links) sowie dem Winter (DJF; rechts).....	22
Abbildung 14: Bandbreite der Entwicklung des Mittels der Minimumtemperatur [°C] für den Sommer (JJA; links) sowie dem Winter (DJF; rechts).....	23
Abbildung 15: Mittlere Anzahl an Sommertagen [n] beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.	24
Abbildung 16: Veränderung der mittleren Anzahl an Sommertagen [n] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 500 m Seehöhe unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts).	25
Abbildung 17: Mittlere Häufigkeit an Hitzetagen [n] beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.....	26
Abbildung 18: Veränderung der mittleren Anzahl an Hitzetagen [n] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 500 m Seehöhe unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts).	27
Abbildung 19: Mittlere Anzahl an Tropennächten [n] beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.	28
Abbildung 20: Veränderung der mittleren Anzahl an Tropennächten [n] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 500 m Seehöhe unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts).	29
Abbildung 21: Mittlere Häufigkeit an Eistagen [n] beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.	30
Abbildung 22: Veränderung der mittleren Anzahl an Eistagen [n] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 500 m Seehöhe unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts).	31
Abbildung 23: Mittlere Häufigkeit an Frosttagen [n] beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.....	32

Abbildung 24: Veränderung der mittleren Anzahl an Frosttagen [n] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 500 m Seehöhe unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts).	33
Abbildung 25: Mittlere Häufigkeit an Frosttagen im April [n] beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.....	34
Abbildung 26: Veränderung der mittleren Anzahl an Frosttagen im April [n] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario.	35
Abbildung 27: Mittlere Häufigkeit an Frosttagen im Mai [n] beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.	36
Abbildung 28: Veränderung der mittleren Anzahl an Frosttagen im Mai [n] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario.	37
Abbildung 29: Mittlere Länge der Vegetationsperiode beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.	38
Abbildung 30: Veränderung der mittleren Länge der Vegetationsperiode [n] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 500 m Seehöhe unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts).	39
Abbildung 31: Mittlere Heizgradtagsumme [°C/a] beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.	40
Abbildung 32: Veränderung der mittleren Heizgradtagsumme [°C/a] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 500 m Seehöhe unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts).	41
Abbildung 33: Mittlere Kühlgradtagsumme [°C/a] beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.	42
Abbildung 34: Veränderung der mittleren Kühlgradtagsumme [°C/a] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 500 m Seehöhe unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts).	43
Abbildung 35: Entwicklung der Jahresniederschlagssumme [mm] in Oberösterreich beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.	44
Abbildung 36: Entwicklung der Jahresniederschlagssumme [mm] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 850 mm Jahresniederschlag unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts).	45
Abbildung 37: Heutige (1981-2010) Niederschlagssumme[mm] für das Sommerhalbjahr (April bis September; links) sowie dem Winterhalbjahr (Oktober bis März; rechts).....	46
Abbildung 38: Bandbreite der Entwicklung der Niederschlagssumme [mm] für den Sommerhalbjahr (AMJJAS; links) sowie dem Winter (ONDJFM; rechts)	47
Abbildung 39: Veränderung des Jahresgangs des Niederschlages [mm] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario in Oberösterreich für die drei Perioden im 21. Jahrhundert.....	48
Abbildung 40: Entwicklung der Anzahl der Tage mit Niederschlag [n] in Oberösterreich beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.....	49
Abbildung 41: Entwicklung der Anzahl der Niederschlagstage [n] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario.	50
Abbildung 42: Entwicklung der Anzahl der niederschlagsfreien Tage [n] in Oberösterreich beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert	51
Abbildung 43: Entwicklung der Anzahl der niederschlagsfreien Tage [n] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario.....	52
Abbildung 44: Entwicklung der Anzahl der Tage mit mehr als 30 mm Tagesniederschlag [n] in Oberösterreich beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.....	53
Abbildung 45: Entwicklung der Anzahl der Tage mit mehr als 30 mm Tagesniederschlag [n] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario.	54
Abbildung 46: Entwicklung der Anzahl der Tage in Trockenperioden [n] von mindestens 5 Tagen Länge in Oberösterreich beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert. ...	55
Abbildung 47: Entwicklung der Anzahl der Tage in Trockenperioden [n] von mindestens 5 Tagen Länge für die Extremszenarien und das mittlere Szenario.	56
Abbildung 48: Entwicklung der Jahressumme der Globalstrahlung [kWh/a] in Oberösterreich beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21.	57
Abbildung 49: Entwicklung der Jahressumme der Globalstrahlung [kWh/a] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 500 m Seehöhe unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts).	58

Einleitung:

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Cost of Inaction“ COIN wurden gemeinsam mit Klimafolgenforschern aus den unterschiedlichsten Disziplinen Indikatoren zusammengestellt, die für die Klimafolgenabschätzung genutzt werden können. Insgesamt wurden 63 meteorologische Indikatoren basierend auf Temperatur, Niederschlag, Schnee, Strahlung und relativer Luftfeuchtigkeit zusammengestellt und österreichweit für NUTS 3 Regionen berechnet. Der Großteil der berechneten Indikatoren basiert auf den absoluten Tageswerten von Temperatur oder Niederschlag. Damit diese von Klimaszenarien berechnet werden können, müssen die Klimaszenarien sowohl von systematischen Fehlern befreit, als auch räumlich hochaufgelöst lokalisiert werden, da etwa Seehöhenabhängigkeiten sich auf die Absolutwerte auswirken. Dies ist zwar mit statistischen Methoden durchführbar, benötigt jedoch einen großen Rechenaufwand und wurde bisher in Österreich nur für einzelne Klimaszenarien durchgeführt.

Um jedoch auch die ganze Bandbreite der möglichen zukünftigen Entwicklung abschätzen zu können, wurde eine eigene Methodik entwickelt, um ausgewählte Indikatoren direkt aus Klimamodellergebnissen auf Monatsbasis schätzen zu können. Insgesamt konnten für 41 temperatur- oder niederschlagsabhängige Indikatoren diese Schätzungen durchgeführt werden. Im Gegensatz zur COIN Studie wo diese Schätzung auf NUTS 3 Ebene erfolgte, wurden in dieser Arbeit direkt der Raster der Beobachtungsdaten verwendet. Dadurch kann das gesamte Land Oberösterreich räumlich hochaufgelöst dargestellt und interpretiert werden. Basis für diese Schätzung waren 31 Klimamodellergebnisse, wobei auch Ergebnisse der neuesten Klimamodellgeneration (CMIP5) angetrieben von den neuesten Emissionsszenarien (RCP) mit verwendet wurden.

Damit die berechneten wirkungsrelevanten Klimaindikatoren sowohl der mittleren Entwicklung als auch der möglichen extremen Entwicklungen sinnvoll genutzt werden können, wird in diesem Projekt eine vollständige bildliche Darstellung als flächige Karten, sowie für ausgewählte Regionen als Zeitreihe für Oberösterreich zusammen gestellt. Ergänzt werden diese Abbildungen durch eine Diskussion der regionalen Unterschiede innerhalb von Oberösterreich sowie der Bandbreite der zu erwartenden Entwicklung im 21. Jahrhundert.

Danksagung:

Die Autoren bedanken sich bei den Betreibern der Klimamodelle und hier insbesondere dem CMIP5 und ENSEMBLES Projekt. Wir danken dem EURO4M Forschungsprojekt für die Bereitstellung der Niederschlagsdaten. Besonders bedanken wir uns bei der ZAMG für die Bereitstellung des SPARTACUS Datensatzes. Hierbei möchten wir explizite Johann Hiebl erwähnen, der uns diesen Datensatz physisch zugänglich gemacht hat. Weiters möchten wir uns beim „Klima und Energiefonds“ bedanken. Ohne die Finanzierung durch das ACRP Projekt „Cost of Inaction“ wäre die Entwicklung dieser Methodik nicht möglich gewesen. Natürlich bedanken wir uns auch bei unseren Auftraggeber und den beteiligten Experten der oberösterreichischen Landesregierung für die fruchtbare Zusammenarbeit.

Methodik:

In der Klimafolgenforschung werden häufig klimafolgenrelevante Indikatoren bestehend aus einer oder mehreren meteorologische Variablen entwickelt. Bei einem Großteil dieser Indikatoren handelt es sich um Varianten von „peak over threshold“ Indikatoren. Bei derartigen Indikatoren werden Ereignisse gezählt, bei denen ein gewisser Grenzwert überschritten wird. Beispiele hierfür sind etwa Hitzetage an denen das Tagesmaximum der Temperatur zumindest 30 °C erreichen muss, oder Trockenperioden als Abfolge von zusammenhängenden Tagen ohne Niederschlag.

Die Herausforderung bei der Berechnung derartiger Klimaindikatoren aus Klimaszenarien liegt darin, dass die Basis für die Berechnung meist Tageswerte sind und für die Berechnung die Absolutwerte verwendet werden. Dies bedeutet, dass nur fehlerkorrigierte Klimaszenarien auf Tagesbasis verwendet werden können. Da bei temperatursensitiven Indikatoren die Seehöhe eine wesentliche Rolle spielt, ist im alpinen Bereich zudem eine hochaufgelöste Lokalisierung notwendig.

Da im Rahmen von Klimafolgenuntersuchungen nicht nur die mittlere Entwicklung aus einen oder wenigen hochaufgelösten regionalen Klimamodellen berechnet werden sollte, sondern auch die gesamte Bandbreite der zukünftigen klimatischen Entwicklung anhand der ausgewählten Indikatoren abgebildet werden sollte, müssten möglichst viele Klimaszenarien fehlerkorrigiert und hochaufgelöst lokalisiert werden. Dies ist sehr aufwendig und bisher für Österreich noch nicht umgesetzt worden.

Wie wichtig es ist, die gesamte Bandbreite der möglichen Klimaentwicklung im 21. Jahrhundert zu berücksichtigen, wird in Abbildung 1 verdeutlicht. Hier sind die Klimaänderungssignale für die Temperatur (untere Abbildungen) und den Niederschlag (obere Abbildungen) von 31 Klimamodellen für den Alpenraum zusammengestellt. Hierbei werden jeweils die Halbjahresmittelwerte untersucht, wobei das Sommerhalbjahr von April bis September reicht und das Winterhalbjahr von Oktober bis März. Bei den Temperaturen ergeben sich im Sommerhalbjahr etwas größere Unterschiede zwischen den verschiedenen Szenarien als im Winterhalbjahr. Um 2050 betragen die Unterschiede zwischen der kühlfsten und der wärmsten Realisierung im Winterhalbjahr etwa 2 Grad und im Sommerhalbjahr etwa 3 Grad. Am Ende des 21. Jahrhunderts beträgt die Erwärmung im Winterhalbjahr gegenüber dem Referenzzeitraum 1981-2010 zwischen 1,6 Grad im kühlfsten Szenario und knapp über 6 Grad im wärmsten Szenario. Im Sommerhalbjahr liegt das kühlfste Szenario bei 1,8 Grad und die wärmsten Szenarien erreichen einen Temperaturanstieg von mehr als 7 Grad. Im Hochsommer (Juli und August) werden sogar Temperaturanstiege von bis zu 10 Grad erreicht.

Beim Niederschlag sind die Klimaszenarien nicht so eindeutig. Es zeigt zwar die Mehrzahl der Modelle für den Sommerhalbjahresniederschlag (April bis September) eine Abnahme des Niederschlags, aber bei einigen Modellen gibt es keine Änderung bzw. sogar einen leichten Anstieg. Beim Winterhalbjahresniederschlag (Oktober bis März) zeigt wiederum die Mehrzahl der Modelle eine Niederschlagszunahme, aber auch hier gibt es einige Modelle ohne Änderung. Alle Modelle zeigen Schwankungen in der Größenordnung von $\pm 5\%$ auf dekadischer Zeitskala. Dies stimmt einigermaßen mit den beobachteten Schwankungen überein. Signifikante Veränderungen des Halbjahresniederschlags die über diese $\pm 5\%$ hinausgehen, treten erst ab der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts auf. Durch die unterschiedlichen Vorzeichen bei den Trends in den Halbjahresniederschlägen, ergibt sich für den Jahresniederschlag ein deutlich geringerer Trend, sodass die Mehrzahl der Modelle keine signifikante Änderung des Jahresniederschlags anzeigt.

Für die Berechnung der Indikatoren wurde aus dem Ensemble an Szenarien jeweils das Szenario mit dem geringsten, dem mittleren und dem höchsten Klimaänderungssignal ausgewählt. Da die Auswahl der Szenarien vor der Berechnung der Indikatoren erfolgt, konnte nicht der Indikatorwert selbst als Kriterium verwendet werden. Die Auswahl erfolgte anhand des Klimaänderungssignals der Halbjahre, wobei jeweils das Halbjahr herangezogen wurde, in denen der Indikator am häufigsten vorkommt. Bei den Niederschlagsindikatoren wurde immer das Sommerhalbjahr verwendet, da einerseits hier die größten Niederschlagsintensitäten auftreten, andererseits das Auftreten von Trockenheitsperioden wesentlich größere Konsequenzen hat. Die Auswahl der Szenarien erfolgte für jede Zeitscheibe individuell.

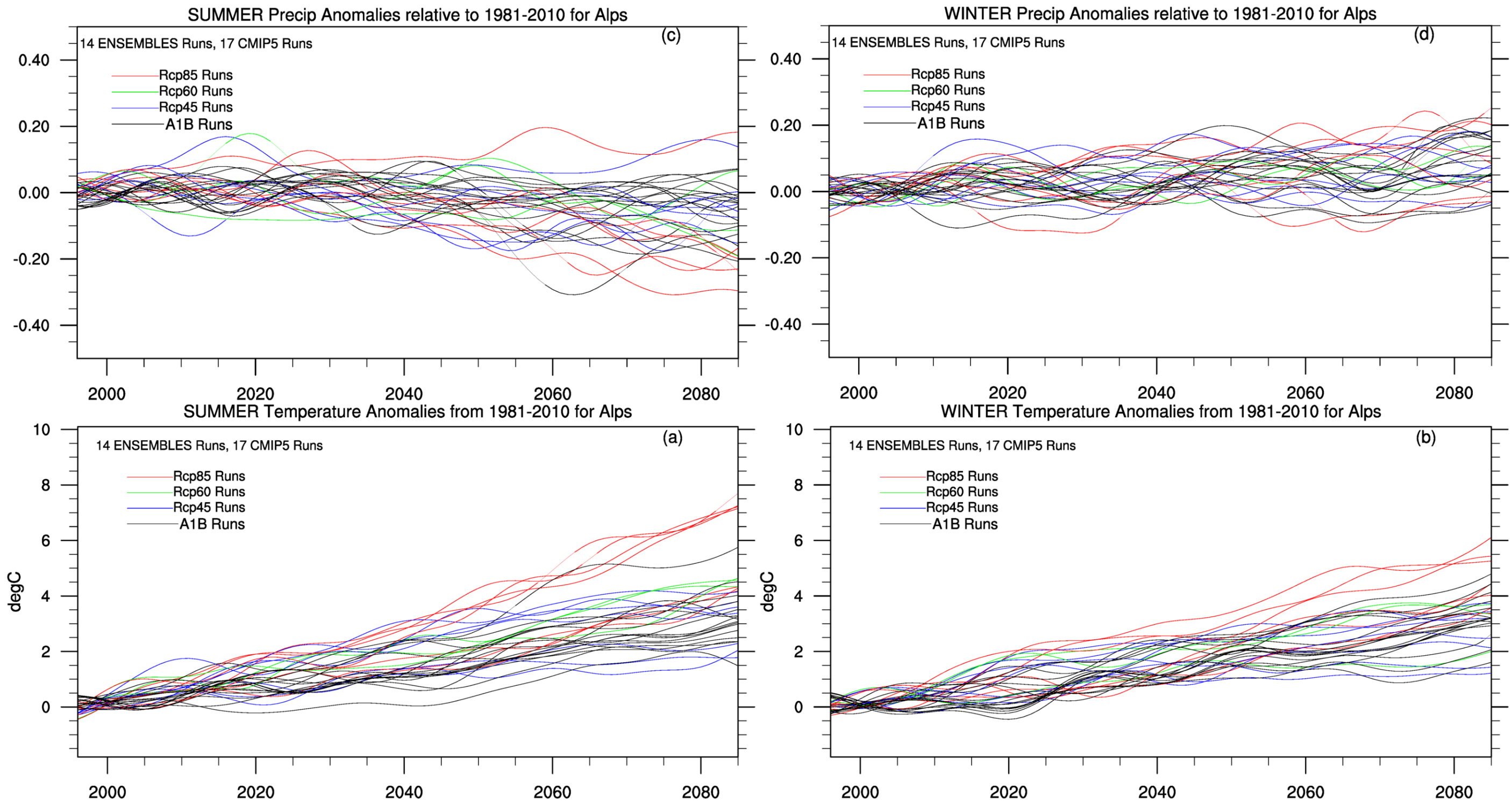


Abbildung 1: Bandbreite der möglichen Entwicklung des Klimas im Alpenraum im 21. Jahrhundert. Obere Reihe die Anomalie Sommer- und Winterhalbjahresniederschläge (links Sommerhalbjahr, rechts Winterhalbjahr) in Prozent, untere Reihe Anomalie Sommer- (links) und Wintertemperatur in °C. Modifiziert nach Formayer et al., 2015¹

Um dennoch Aussagen zu "peak over threshold" Indikatoren von einer Vielzahl an Klimaszenarien zu berechnen, wurde eine statistische Methodik entwickelt, um die Indikatoren aus Monatsdaten zu schätzen. Hierfür wurde aus den mit 1x1 km gerasterten Tagesdatensätzen für Temperatur „SPARTACUS“ der ZAMG (Hiebl und Frei 2015)² sowie den gerasterten alpinen

¹ Formayer H., I., Nadeem, I., Anders, (2015): Climate Change Scenario: From Climate Model Ensemble to Local Indicators. In: Steinger, K., König, W., Bednar-Friedl, B., Loibl, W., Kranzl, L., Pretenthaler, F. (2015): Economic Evaluation of Climate Change Impacts. Edition: Springer Climate, Publisher: ISBN: 978-3-319-12456-8 DOI: 10.1007/978-3-319-12457-5_5

Niederschlagsdatensatz EURO4M (Isotta et al., 2014)³ für jede Gitterzelle in Oberösterreich und jeden Monat sowohl direkt der Indikator berechnet, als auch das Monatsmittel bzw. die Monatssumme bestimmt. Anschließend wurden die Monatswerte in Klassen eingeteilt und für jede Klasse die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines positiven Indikatorwertes berechnet. Mithilfe eines Polynoms 3. Grades konnte ein direkter funktionaler Zusammenhang zwischen Indikatorwert und Monatsmittelwert hergestellt werden. Mittels dieser Wahrscheinlichkeit und der Anzahl der Tage pro Monat kann nun aus den Monatswerten der Indikator geschätzt werden.

In Abbildung 2 ist der Zusammenhang zwischen dem mittleren täglichen Temperaturmaximum eines Monats und der Wahrscheinlichkeit für Hitzetage ($T_{max} \geq 30 \text{ °C}$) dargestellt. In der linken Abbildung ist der arithmetische Mittelwert der Wahrscheinlichkeit für Hitzetage je Temperaturklasse als Stern eingezeichnet und die Linie zeigt die geschätzte Funktion an. In der rechten Abbildung ist die Bandbreite der Anzahl der Hitzetage je Temperaturklasse dargestellt. Die schwarze Linie gibt den Median (50er Perzentile) an. Die Hälfte aller Einzelfälle liegt im dunkelblauen Bereich (25er – 75er Perzentile) und im hellblauen Bereich liegen 90 Prozent aller Werte (5er – 95er Perzentile). Da die farbigen Flächen bei höheren Monatsmitteltemperaturen schmaler werden, nimmt die Unsicherheit der Schätzung bei höheren Temperaturen ab.

Bei einem mittleren monatlichen Temperaturmaximum unter 20 °C ist die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Hitzetages faktisch bei Null. Ab einem Mittel von 23 °C beginnt die Wahrscheinlichkeit rasch zu steigen und erreicht bei einem Mittel von 30 °C einen Wert um 50 %. In einem Monat mit einem mittleren Temperaturmaximum von 30 °C muss man daher in Oberösterreich mit etwa 15 Hitzetagen rechnen.

Bei den niederschlagsabhängigen Indikatoren zeigten sich bei einer einheitlichen Anwendung auf das gesamte Landesgebiet doch deutliche systematische Fehler bei der Schätzung, die noch dazu eine Abhängigkeit bezüglich der Jahresniederschlagssumme aufwiesen. Daher wurde Oberösterreich in drei Niederschlagsregionen (trocken, mittel, feucht) unterteilt. Basis für die Einteilung ist die Jahresniederschlagssumme und die Grenzwerte sind 850 mm sowie 1250 mm. Gebiete mit weniger als 850 mm bilden die Trockenregion, Gebiete mit Jahresniederschlagsmengen zwischen 850 und 1250 mm bilden die mittlere Region und Gebiete mit mehr als 1250 mm Jahresniederschlag bilden die feuchte Region. Für jede dieser Teilregionen wurden nun der Zusammenhang zwischen Monatsniederschlagssumme und Indikatorwert geschätzt. Mittels dieser Vorgehensweise konnte der Schätzfehler für niederschlagsabhängige Indikatoren markant gesenkt werden.

Für 41 Indikatoren konnten mithilfe dieser Methodik die Werte aus Monatsmittelwerten geschätzt werden. Für die Ableitung der zukünftigen klimatischen Entwicklung wurden 14 regionale Klimamodelle des EU Projekt ENSEMBLES, sowie 17 globale Klimamodelle der neuesten CMIP5 Generation verwendet, wobei die ENSEMBLES Szenarien auf dem A1B Szenario beruhen, bei den CMIP5 Modellen die neuen RCP Szenarien 4.5, 6 und 8.5 verwendet wurden. Von jedem Modell wurde das Klimaänderungssignal auf Monatsbasis als Gebietsmittel für ganz Oberösterreich und ausgewählte Zeitscheiben bestimmt und diese Änderungssignale auf die lokalen Beobachtungsmonatswerte aufgesetzt und mithilfe der Transferfunktion in Indikatorwerte umgerechnet.

Im Rahmen dieses Projektes wurden mittels dieser Methode für 19 Klimaindikatoren für ganz Oberösterreich, für die Zeitscheiben 2016-2045, 2036-2065 und 2071-2100 die Indikatorwerte berechnet. Die Auswahl der 19 Indikatoren erfolgte in Absprache mit dem Auftraggeber und oberösterreichischen Experten und diese sind in Tabelle 1 bis Tabelle 3 zusammengestellt. Die Berechnung der temperaturabhängigen Indikatoren erfolgte auf einem $1 \times 1 \text{ km}$ Raster, die der niederschlagsabhängigen Indikatoren auf einem $5 \times 5 \text{ km}$ Raster. Anschließend wurden alle Indikatoren auf ein $100 \times 100 \text{ m}$ Raster interpoliert. Die Strahlung wurde auf einem $250 \times 250 \text{ m}$ Raster berechnet.

² Hiebl, J., Frei, C. (2015): Daily temperature grids for Austria since 1961—concept, creation and applicability. *Theor. Appl. Clim.* 10.1007/s00704-015-1411-4

³ Isotta, F. A., Frei, C., Weilguni, V., Perčec Tadić, M., Lassègues, P., Rudolf, B., Pavan, V., Cacciamani, C., Antolini, G., Ratto, S. M., Munari, M., Micheletti, S., Bonati, V., Lussana, C., Ronchi, C., Panettieri, E., Marigo, G. and Vertačnik, G. (2014), The climate of daily precipitation in the Alps: development and analysis of a high-resolution grid dataset from pan-Alpine rain-gauge data. *Int. J. Climatol.*, 34: 1657–1675. doi: 10.1002/joc.3794

Leider ist es mit dieser Methode nicht möglich schneebasierte Indikatoren, welche von den oberösterreichischen Experten gewünscht wurden zu schätzen. Bei der Schneedecke handelt es sich um eine kumulierte Größe, die zudem noch von mehreren meteorologischen Parametern (hauptsächlich Temperatur und Niederschlag) abhängig ist. Aussagen zur Schneebedeckung kann man nur aus einer expliziten Schneemodellierung, zeitlich zumindest auf Tagesbasis und räumlich hochaufgelöst ableiten.

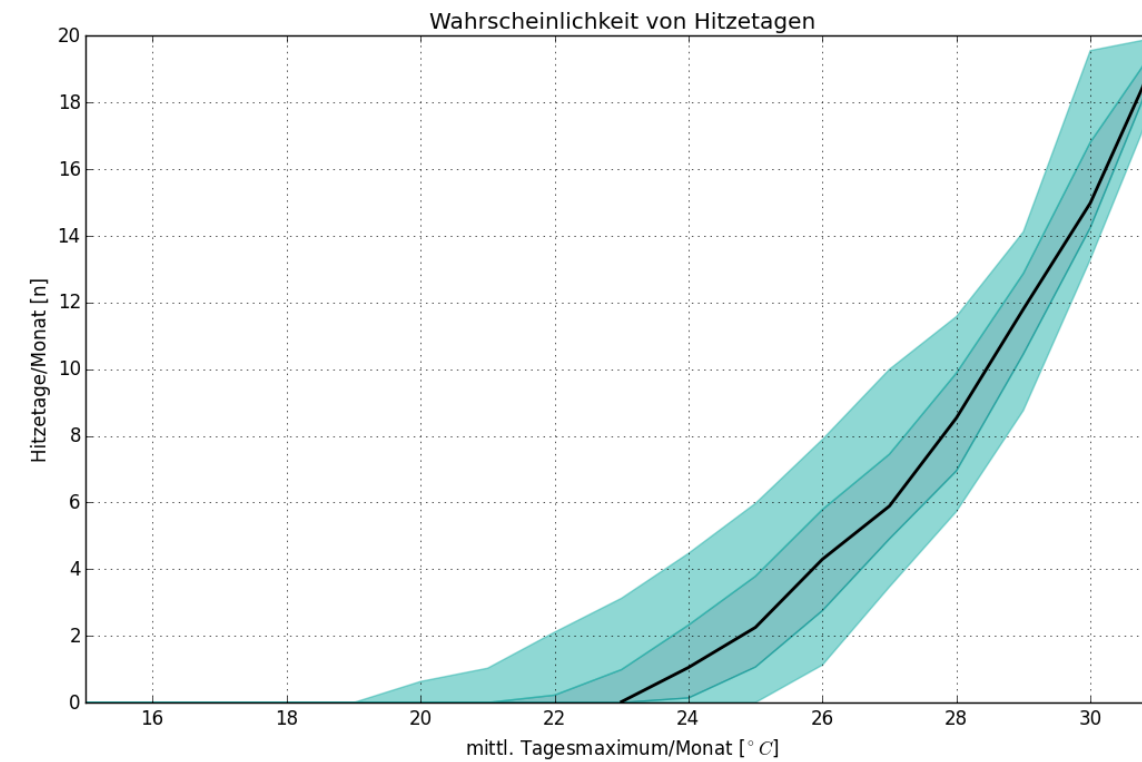
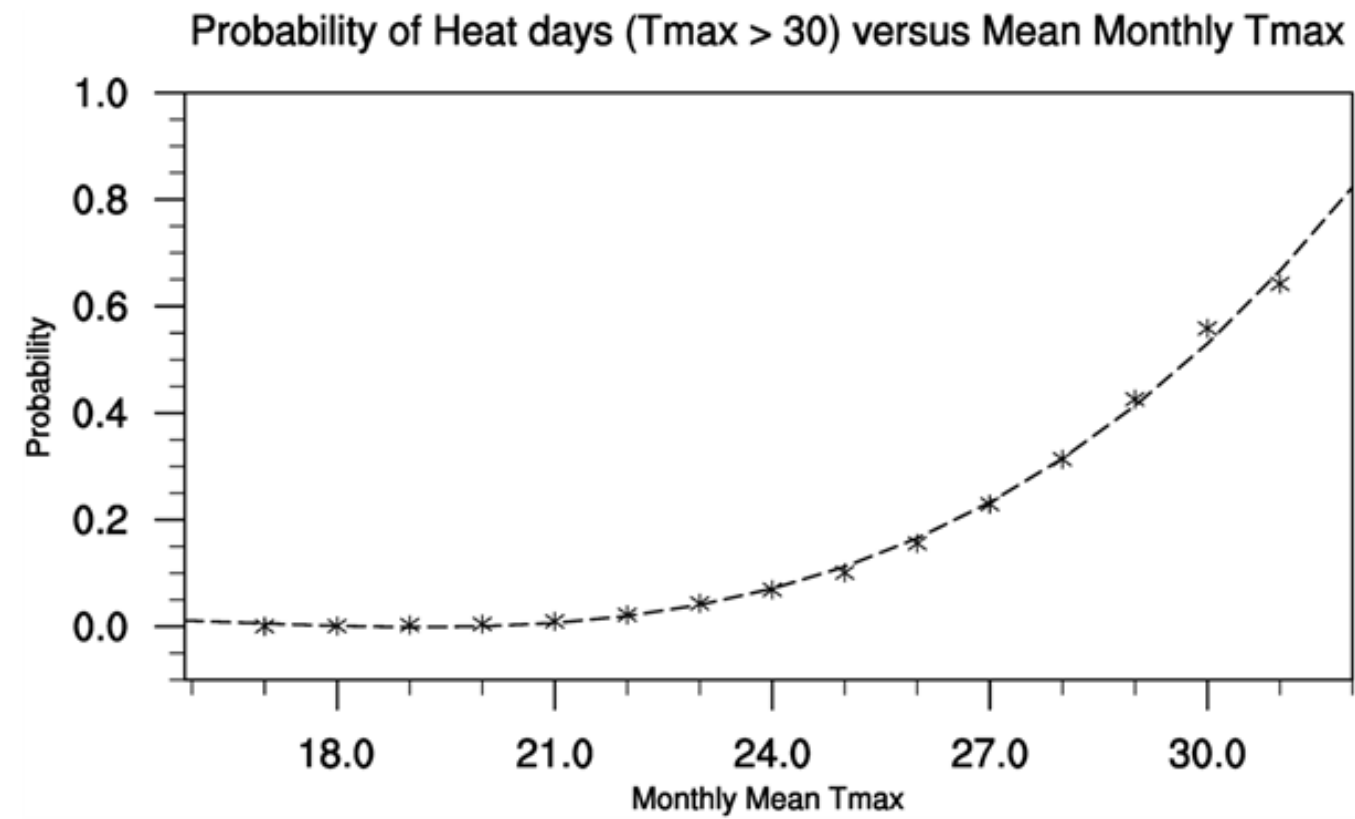


Abbildung 2: Zusammenhang zwischen Monatsmittelwert des Temperaturmaximums und der Wahrscheinlichkeit von Hitzetagen ($T_{max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) in Österreich berechnet aus allen oberösterreichischen Gitterzellen des „Spartacus“ Datensatzes der ZAMG für den Zeitraum 1961-2013. Links dargestellt das arithmetische Mittel und die Schätzung mittels Polygon 3. Grades und rechts dargestellt die Vertrauensbereiche. Die schwarze Linie stellt den Median dar, 50 Prozent aller Einzelwerte liegen im dunkelblauen Bereich und 90 Prozent aller Einzelwerte im hellblauen Bereich.

Tabelle 1: Temperaturbasierte Indikatoren

Indikatorname	Definition
Temperaturmittel	Änderung der Jahresmitteltemperatur [°C] sowie für die Sommer- und Wintersaison
Temperaturminimum	Änderung des mittleren Temperaturminimums [°C] sowie für die Sommer- und Wintersaison
Temperaturmaximum	Änderung des mittleren Temperaturmaximums [°C] sowie für die Sommer- und Wintersaison
Eistage	Änderung der Eistage (Tage mit einem Temperaturmaximum kleiner oder gleich 0 °C)
Frosttage	Änderung der Frosttage (Tage mit einem Temperaturminimum kleiner oder gleich 0 °C)
Frosttage im April	Änderung der Frostrage im April (Tage mit einem Temperaturminimum kleiner oder gleich -4 °C) – Indikator für Spätfrostschäden in der Landwirtschaft
Frosttage im Mai	Änderung der Frostrage im April (Tage mit einem Temperaturminimum kleiner oder gleich -2 °C) – Indikator für Spätfrostschäden in der Landwirtschaft
Sommertage	Änderung der Sommertage (Tage mit einem Temperaturmaximum größer oder gleich 25 °C)
Hitze- (Tropen-) -tage	Änderung der Hitzetage (Tage mit einem Temperaturmaximum größer oder gleich 30 °C)
Tropennächte	Änderung der Tropennächte (Tage mit einem Temperaturminimum größer oder gleich 20 °C)
Heizgradtage	Änderung der Heizgradtage (Temperatursumme der Differenz 20 °C – Tagesmitteltemperatur, wenn diese kleiner oder gleich 12 °C ist)
Kühlgradtage	Änderung der Kühlgradtage (Temperatursumme der Differenz Tagesmitteltemperatur – 18,5 °C, wenn diese größer oder gleich 18,5 °C ist)
Vegetationsperiode	Anzahl der Tage im Jahr, wo die Tagesmitteltemperatur größer oder gleich 5 °C beträgt, Vegetationsbeginn wenn zumindest 5 Tage hintereinander dieses Kriterium erfüllen und endet sobald fünf zusammenhängende Tage das Kriterium nicht erfüllen

Tabelle 2: Niederschlagsbasierte Indikatoren

Indikatorname	Definition
Niederschlagsänderung	Veränderung der saisonalen sowie der Jahresniederschlagssumme
Starkniederschlag 30 mm	Veränderung der Anzahl der Tage mit einer Niederschlagstagesumme von zumindest 30 mm
Tage in Trockenperioden	Veränderung der Anzahl der Tage in Trockenperioden im Sommerhalbjahr die mindestens 5 Tage lang anhält
Niederschlagsfreie Tage	Veränderung der Anzahl der niederschlagsfreien Tage
Tage mit Niederschlag	Veränderung der Anzahl der Tage mit Niederschlag (Tagesniederschlag \geq 1mm)

Tabelle 3: Strahlungsbasierte Indikatoren

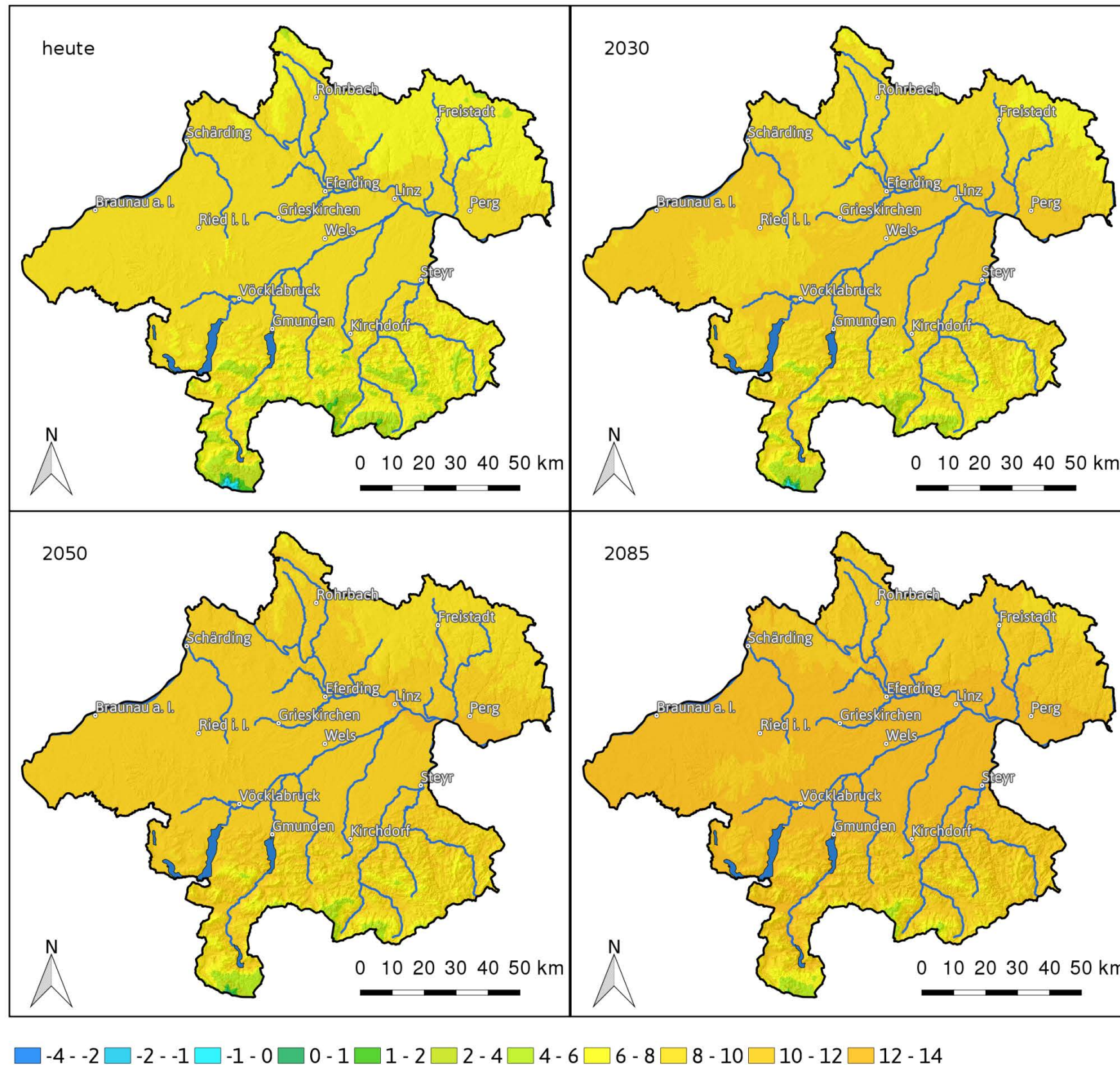
Indikatorname	Definition
Globalstrahlung	Veränderung der Jahressumme der Globalstrahlung

Im weiteren Verlaufe dieses Berichtes wird jeder Indikator auf zwei Seiten dargestellt und interpretiert. Für jeden Indikator gibt es eine Darstellung des Absolutwertes des Indikators als Karte für ganz Oberösterreich für das heutige Klima berechnet aus den Beobachtungsdaten für den Referenzzeitraum 1981-2010 (Kartenlegende „heute“). In gleicher Form werden die Ergebnisse des mittleren Klimaszenarios für den Zeitraum 2016 bis 2045 (Kartenlegende „2030“), 2036 bis 2065 (Kartenlegende „2050“) sowie 2071 bis 2100 (Kartenlegende „2085“) dargestellt. Für alle vier Karten wird dieselbe Legende verwendet, sodass ein direkter Vergleich der Werte zwischen den Karten möglich ist.

In einem weiteren Abbildungsblock werden die Klimaänderungssignale (Wert Klimaszenario minus Wert Referenzperiode) jeweils für das Szenario mit dem geringsten, dem mittleren und dem höchsten Klimaänderungssignal dargestellt. Da dies für die Zeitscheiben um 2030, 2050 und 2085 geschieht ergeben sich 9 Abbildungen. Wiederum wird für alle Abbildungen dieselbe Legende verwendet wodurch ein direkter Vergleich zwischen den verschiedenen Abbildungen möglich ist. Um jedoch den Absolutwert des Indikators für das jeweilige Szenario zu bestimmen, muss zum Klimaänderungssignal noch der Absolutwert des Indikators des Referenzzeitraums dazugezählt werden. Lediglich bei Indikatoren die direkte meteorologische Variablen sind (Temperatur, Niederschlag, Strahlung), werden immer die Absolutwerte dargestellt, da die Änderungssignale aufgrund der verwendeten Methodik in ganz Oberösterreich konstant sind.

Da in den flächigen Karten jeweils nur die mittleren Verhältnisse der 30 jährigen Perioden dargestellt werden können, erfolgt für die Tieflandregionen von Oberösterreich (alle Gitterpunkte mit einer Seehöhe unter 500 m) auch eine Bandbreite der Einzelwerte. Diese Bandbreite beinhaltet einerseits die räumliche Schwankung zwischen den verschiedenen Gitterpunkten sowie die zeitliche Schwankung von Jahr zu Jahr. Bei den temperaturbasierten Indikatoren spielt hier die Schwankung von Jahr zu Jahr die deutlich wichtigere Rolle. In der Abbildung ist jeweils der Median als Linie, sowie der Wertebereich der 80 Prozent aller Werte beinhaltet als Fläche dargestellt. Dem geringsten, dem mittleren und dem höchsten Klimaänderungssignal werden jeweils unterschiedliche Farben zugeordnet. Die Werteberechnung erfolgt für die vier Zeitscheiben wobei die Werte den mittleren Jahren 1995, 2030, 2050 und 2085 zugeordnet werden, dazwischen wird linear interpoliert. In der Referenzperiode haben natürlich alle 3 Varianten denselben Wert.

Jahresmitteltemperatur (Mittleres Szenario)



Jahresmitteltemperatur: (Mittleres Szenario)

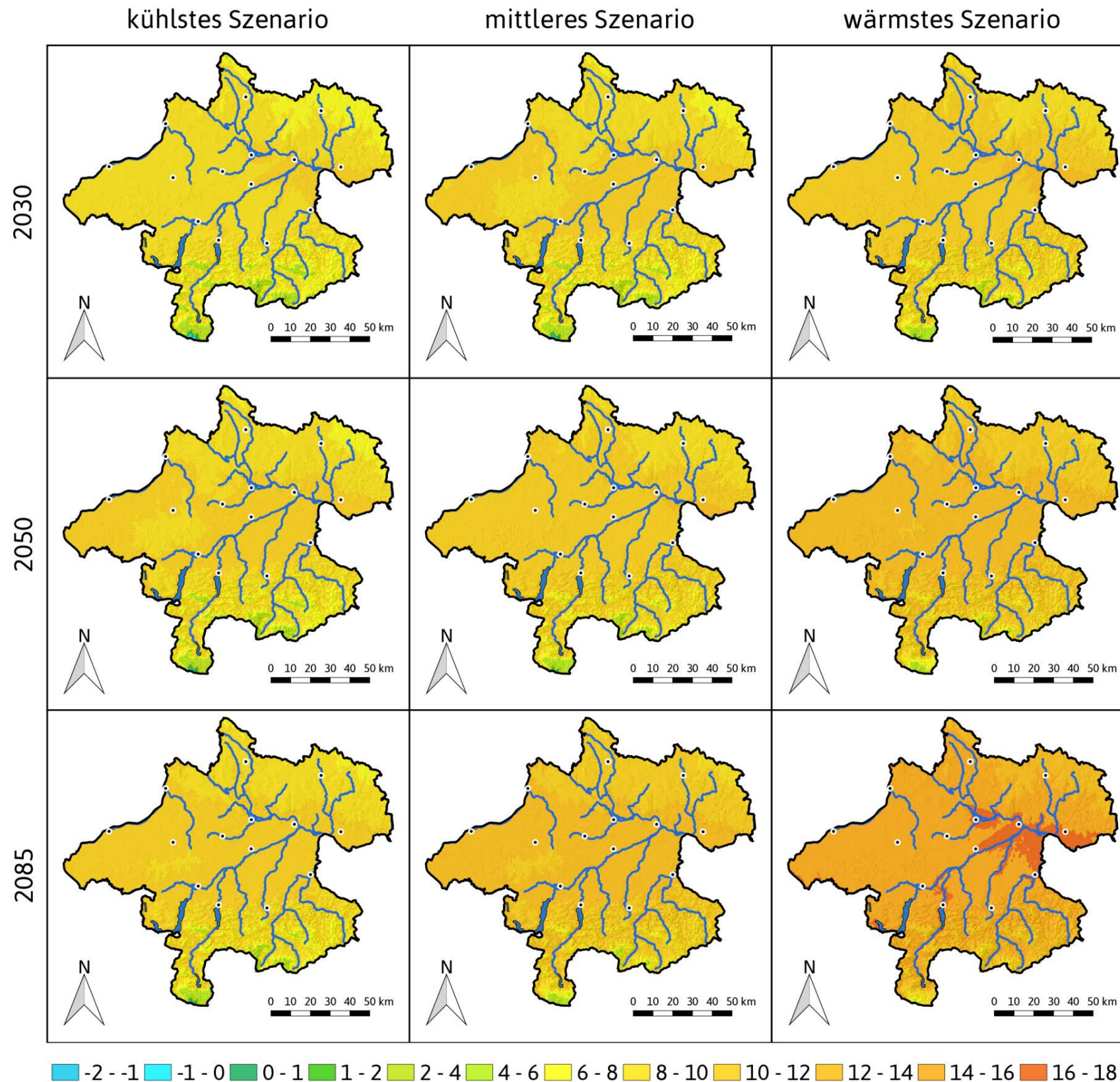
Def.: 30 jähriges Mittel der Tagesmitteltemperatur für das ganze Jahr [°C].

Die Jahresmitteltemperatur beträgt derzeit in den wärmsten Regionen Oberösterreichs knapp unter 10 °C. Mit der Seehöhe nimmt die Jahresmitteltemperatur in etwa um 5 °C pro 1000 Höhenmeter ab und beträgt am Feuerkogel auf 1680 m 3,3 °C und am Krippenstein in 2050 m 1,2 °C. Bis 2030 steigt die Jahresmitteltemperatur im mittleren Szenario um etwas mehr als 1 °C an. Bis zur Mitte des Jahrhunderts um etwa 2,2 °C und bis zum Ende des Jahrhunderts um 3,5 °C. Im Raum Linz steigt damit die Jahresmitteltemperatur bis zum Ende des Jahrhunderts auf über 13 °C und ist dann in etwa so warm wie derzeit der Raum Mailand.

Bis 2030 steigen die mittleren thermischen Verhältnisse um etwa 200 m Seehöhe bergwärts. Bis zur Mitte des Jahrhunderts um etwas mehr als 400 m und bis zum Ende des Jahrhunderts um 700 m. Man muss davon ausgehen, dass mit einer gewissen Zeitverzögerung temperaturabhängige Systeme (Ökosysteme, Waldgrenze,...) dieser Höhenverschiebung folgen.

Methodenbedingt wird für das ganze Bundesland eine seehöhenunabhängige Erwärmung unterstellt. Mehrere Klimamodelle zeigen jedoch im Alpenraum eine etwas stärkere Erwärmung im Gebirge. Daher könnte im Gebirge die Erwärmung etwas unterschätzt sein.

Abbildung 3: Entwicklung der Jahresmitteltemperatur [°C] in Oberösterreich beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.



Jahresmitteltemperatur: (Bandbreite)

Bis 2030 beträgt die Zunahme beim kühlssten Szenario etwa 0,5 °C, im mittleren Szenario etwa 1,1 °C und im wärmsten Szenario rund 2,4 °C. Bis 2050 steigt die Jahresmitteltemperatur im kühlssten Szenario um 1,2 °C, im mittleren Szenario um 2,2 °C und im wärmsten Szenario sogar um 3,8 °C und ist damit wärmer als das mittlere Szenario am Ende des Jahrhunderts. Am Ende des Jahrhunderts sind die Unterschiede zwischen den Szenarien am höchsten. Im kühlssten Szenario kommt es zu einer Erwärmung von 1,7 °C, beim mittleren Szenario um 3,5 °C und beim Extremszenario sogar um 6,5 °C. Für den Raum Linz würde dies Jahresmitteltemperaturen über 16 °C bedeuten. Derartige Werte kommen derzeit in Sizilien und im Süden Spaniens und Portugal vor.

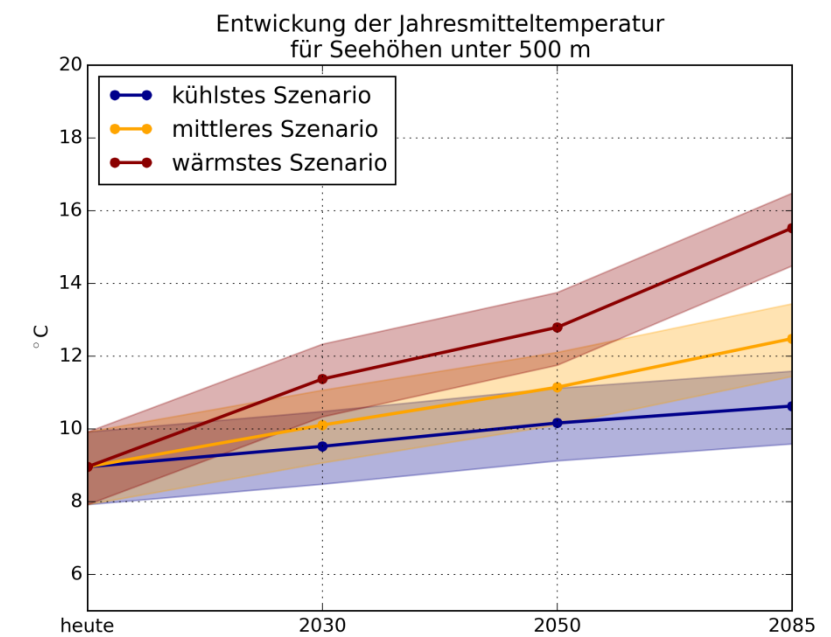


Abbildung 4: Veränderung der Jahresmitteltemperatur [°C] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 500 m Seehöhe unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts).

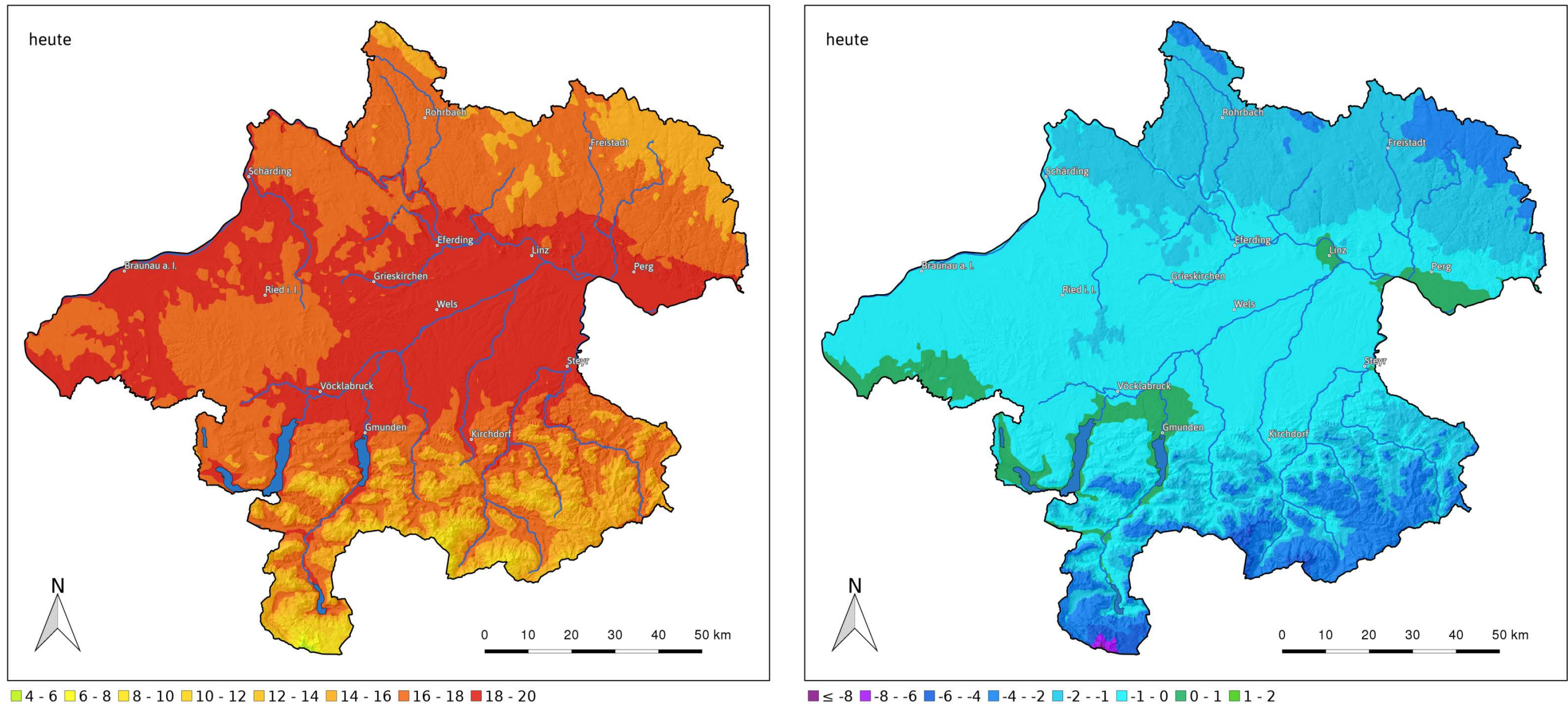


Abbildung 5: Heutige (1981-2010) Mitteltemperatur [°C] für den Sommer (JJA; links) sowie dem Winter (DJF; rechts)

Mitteltemperatur für den Sommer (JJA) und den Winter (DJF):

Def.: 30 jähriges Mittel der Tagesmitteltemperatur für die jeweilige Saison [°C].

Derzeit liegen die Sommertemperaturen (Juni, Juli, August) in Oberösterreich in den wärmsten Regionen bei 19 °C. In dieser Jahreszeit nimmt die Mitteltemperatur um etwa 6 °C je 1000 m ab, sodass am Feuerkogel auf 1618 m Seehöhe Werte um 10 °C erreicht werden. Im Winter (Dezember, Jänner, Februar) werden in den wärmsten Regionen Mitteltemperaturen knapp über 0 °C erreicht. Diese Regionen liegen jedoch nicht wie im Sommer in den tiefstgelegenen Gebieten sondern föhnbedingt auch in einzelnen Gebieten im Alpenvorland. Die Temperaturabnahme mit der Seehöhe ist im Winter durch das Auftreten von Inversionen deutlich auf etwa 3,2 °C je 1000 m Seehöhe reduziert. In den Mittelgebirgslagen auf etwa 1500 m Seehöhe liegt die Wintermitteltemperatur daher bei etwa – 4°C.

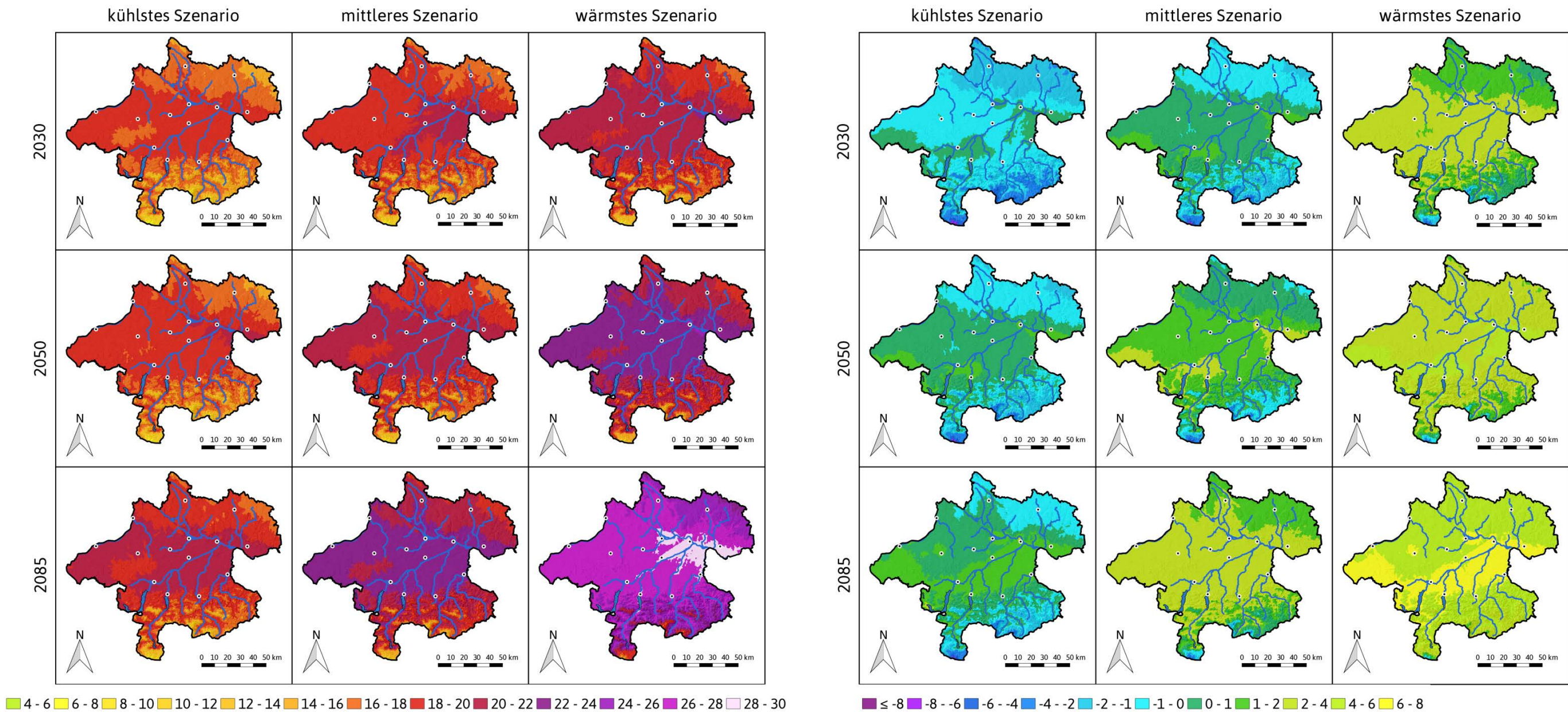
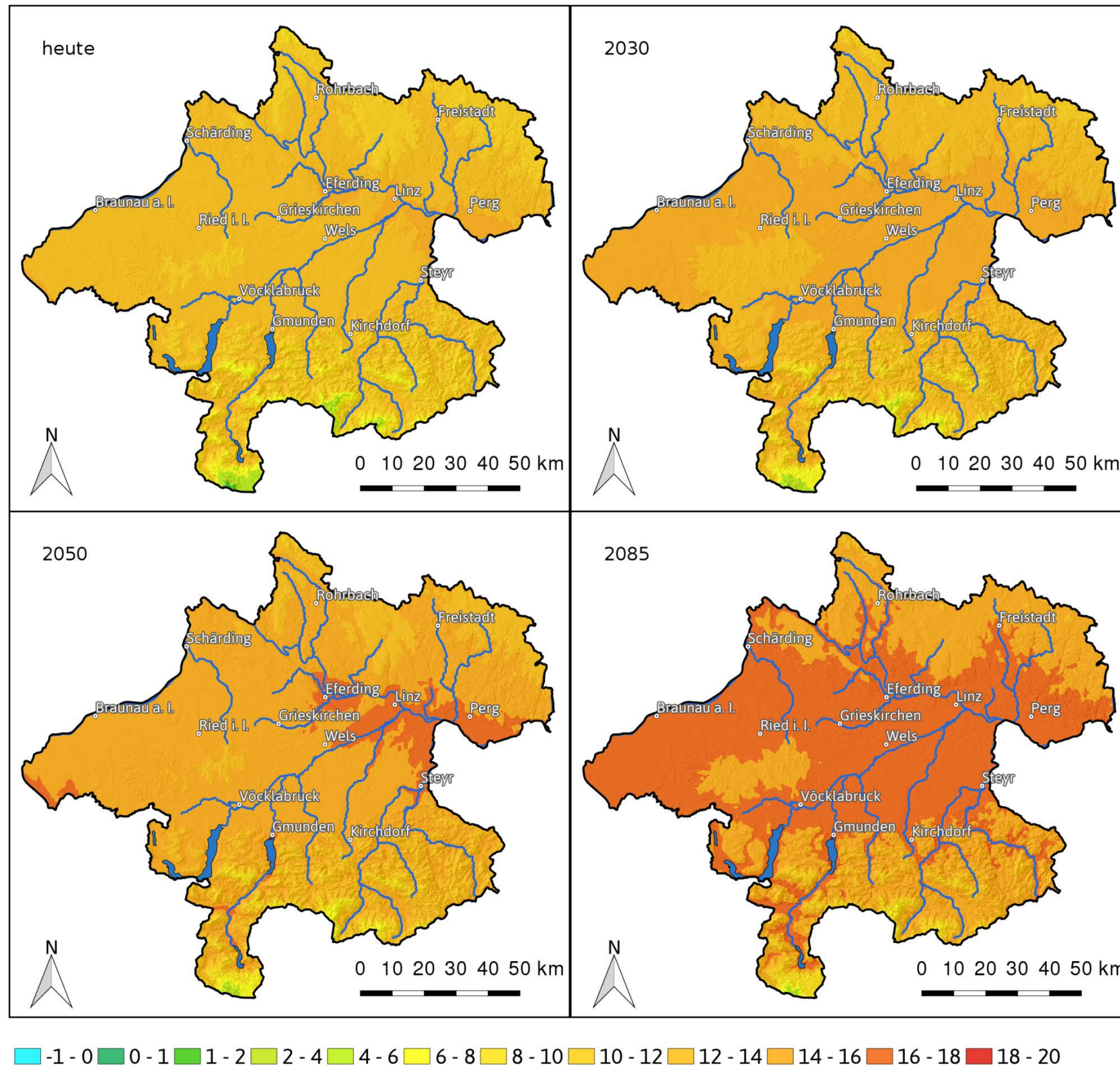


Abbildung 6: Bandbreite der Entwicklung der Mitteltemperatur [°C] für den Sommer (JJA; links) sowie dem Winter (DJF; rechts)

Mitteltemperatur für den Sommer und den Winter: (Bandbreite)

Generell zeigt der Sommer (Juni, Juli, August) als auch der Winter (Dezember, Jänner, Februar) eine sehr ähnliche Entwicklung wie die Jahresmitteltemperatur, lediglich bei den extrem warmen Szenarien am Ende des Jahrhunderts ist die Erwärmung im Winter etwas geringer als bei der Jahresmitteltemperatur und im Sommer mit einer Erwärmung von 9,2 °C um mehr als 3 °C höher. Die Sommermitteltemperatur steigt damit von derzeit etwa 19 °C in den wärmsten Regionen auf über 28 °C am Ende des Jahrhunderts im Extremszenario. Im Winter erkennt man an der Ausdehnung der grünen und gelben Flächen, wie die Temperaturen unter dem Gefrierpunkt sukzessive in die Gebirgsregionen zurückgedrängt werden.

Temperaturmaximum (Mittleres Szenario)



Jahresmittel des Temperaturmaximums: (Mittleres Szenario)

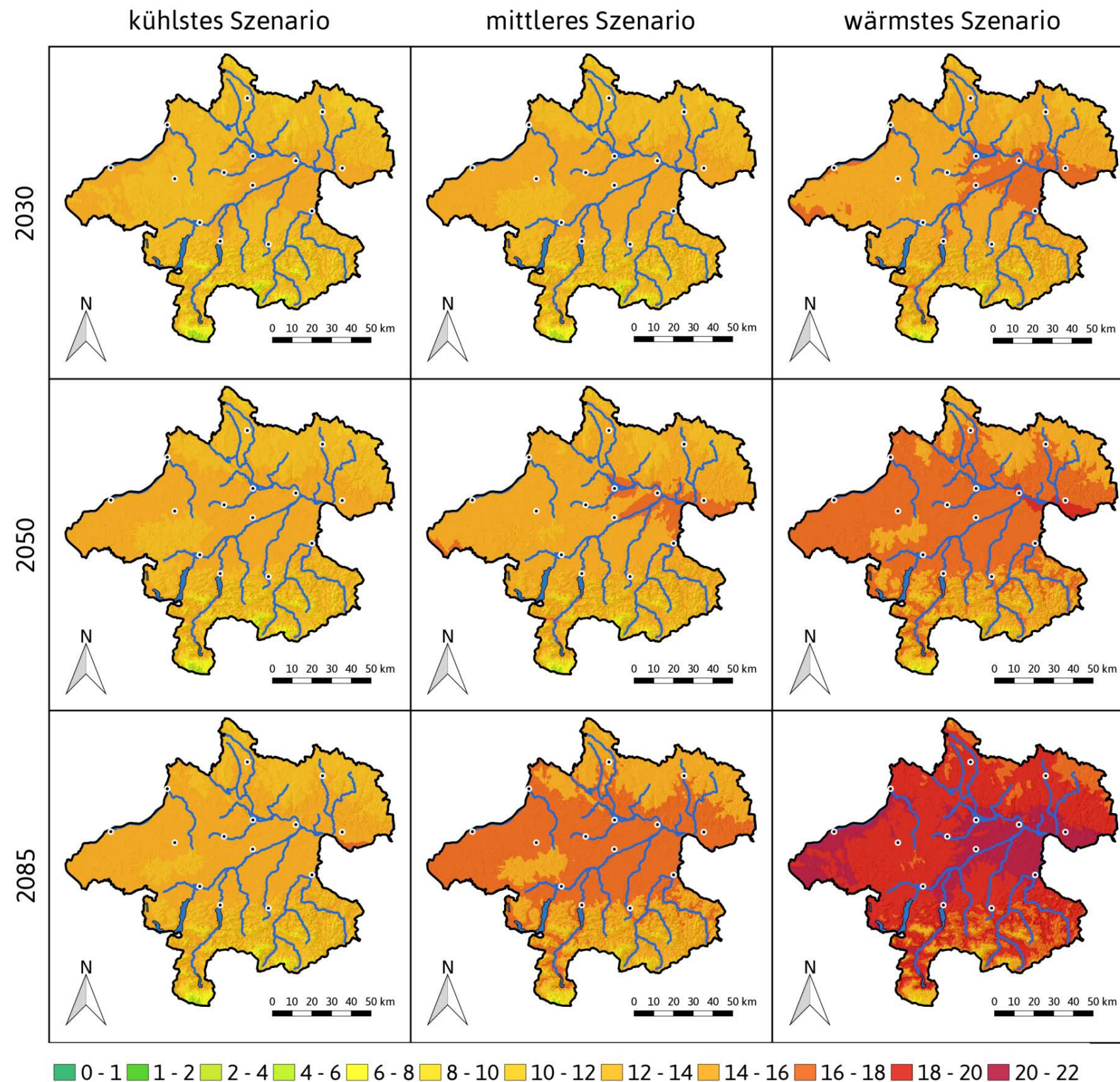
Def.: 30 jähriges Mittel der Tagesmaximumtemperatur für das ganze Jahr [°C].

Das Jahresmittel des Temperaturmaximums beträgt derzeit in den wärmsten Regionen Oberösterreichs knapp unter 15 °C. Mit der Seehöhe nimmt das Jahresmittel des Temperaturmaximums in etwa um 5,5 °C pro 1000 Höhenmeter ab und beträgt am Feuerkogel auf 1632 m 7,1 °C und am Krippenstein in 2050 m 4,8 °C. Bis 2030 steigt das Jahresmittel des Temperaturmaximums im mittleren Szenario um etwas mehr als 1 °C an. Bis zur Mitte des Jahrhunderts um etwa 2,2 °C und bis zum Ende des Jahrhunderts um 3,5 °C. Im Raum Linz steigt damit das Jahresmittel des Temperaturmaximums bis zum Ende des Jahrhunderts auf über 17,5 °C.

Bis 2030 steigen die mittleren thermischen Verhältnisse um etwa 200 m Seehöhe bergwärts. Bis zur Mitte des Jahrhunderts um etwas mehr als 400 m und bis zum Ende des Jahrhunderts um 700 m. Man muss davon ausgehen, dass mit einer gewissen Zeitverzögerung temperaturabhängige Systeme (Ökosysteme, Waldgrenze,...) dieser Höhenverschiebung folgen.

Methodenbedingt wird für das ganze Bundesland eine seehöhenunabhängige Erwärmung unterstellt. Mehrere Klimamodelle zeigen jedoch im Alpenraum eine etwas stärkere Erwärmung im Gebirge. Daher könnte im Gebirge die Erwärmung etwas unterschätzt sein.

Abbildung 7: Entwicklung des Jahresmittels des Temperaturmaximums [°C] in Oberösterreich beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.



Jahresmittel des Temperaturmaximums: (Bandbreite)

Bis 2030 beträgt die Zunahme beim kühlssten Szenario etwa 0,5 °C, im mittleren Szenario etwa 1,2 °C und im wärmsten Szenario rund 1,7 °C. Bis 2050 steigt das Jahresmittel des Temperaturmaximums im kühlssten Szenario um 1,1 °C, im mittleren Szenario um 2,2 °C und im wärmsten Szenario sogar um 3,5 °C und ist damit beinahe so warm wie das mittlere Szenario am Ende des Jahrhunderts. Am Ende des Jahrhunderts sind die Unterschiede zwischen den Szenarien am höchsten. Im kühlssten Szenario kommt es zu einer Erwärmung von 2,4 °C, beim mittleren Szenario um 3,8 °C und beim Extremszenario sogar um 6,5 °C. Für den Raum Linz würde dies Jahresmittel des Temperaturmaximums über 20 °C bedeuten. Derartige Werte kommen derzeit in Europa nur in Sizilien und im Süden Spaniens und Portugal vor.

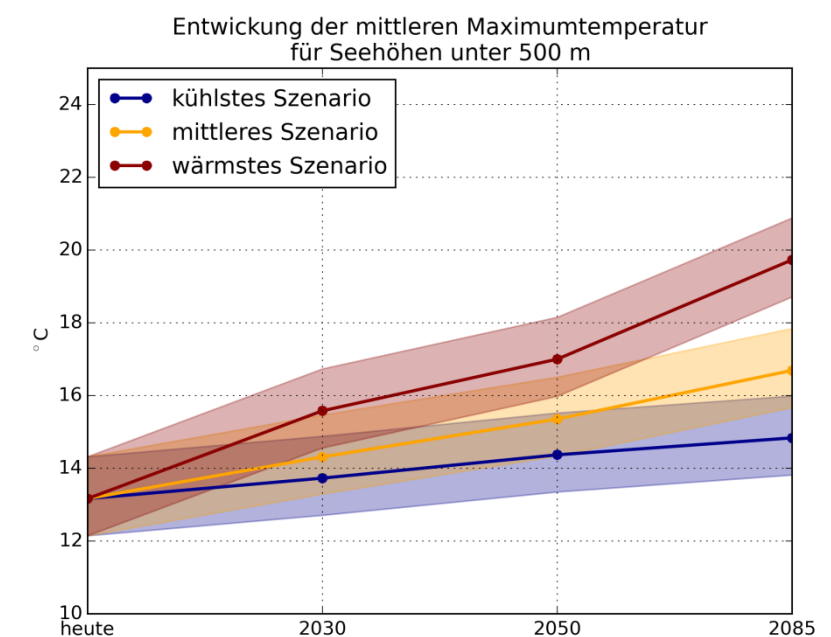


Abbildung 8: Veränderung des Jahresmittels des Temperaturmaximums [°C] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 500 m Seehöhe unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts)

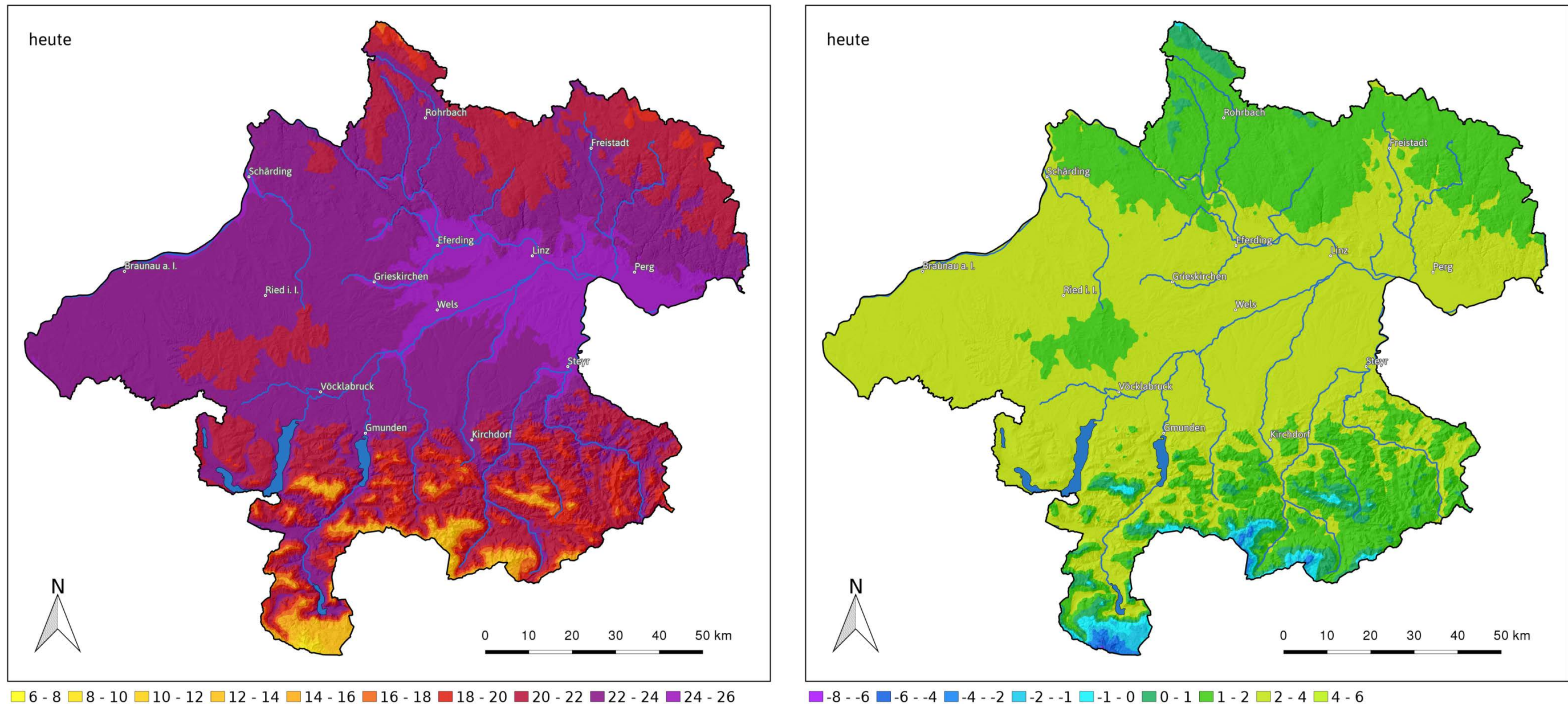


Abbildung 9: Heutige (1981-2010) Mittel des Temperaturmaximums [°C] für den Sommer (JJA; links) sowie dem Winter (DJF; rechts)

Mittel des Temperaturmaximums für den Sommer (JJA) und den Winter (DJF):

Def.: 30 jähriges Mittel der Tagesmaximumtemperatur für die jeweilige Saison [°C].

Derzeit liegen in Oberösterreich die Mittel des Temperaturmaximums im Sommer in den wärmsten Regionen bei 25 °C. In den Mittelgebirgsregionen um 1500 m Seehöhe werden Werte um 15 °C erreicht. Im Winter (Dezember, Jänner, Februar) werden in den wärmsten Regionen Mittel des Temperaturmaximums knapp über 3 °C erreicht. Diese Regionen liegen jedoch nicht wie im Sommer in den tiefstgelegenen Gebieten, sondern föhnbedingt auch in einzelnen Regionen im Alpenvorland. Die Temperaturabnahme mit der Seehöhe ist im Winter durch das Auftreten von Inversionen deutlich reduziert. In den Mittelgebirgslagen auf etwa 1500 m Seehöhe liegt das Mittel des Temperaturmaximums im Winter daher knapp über 0 °C.

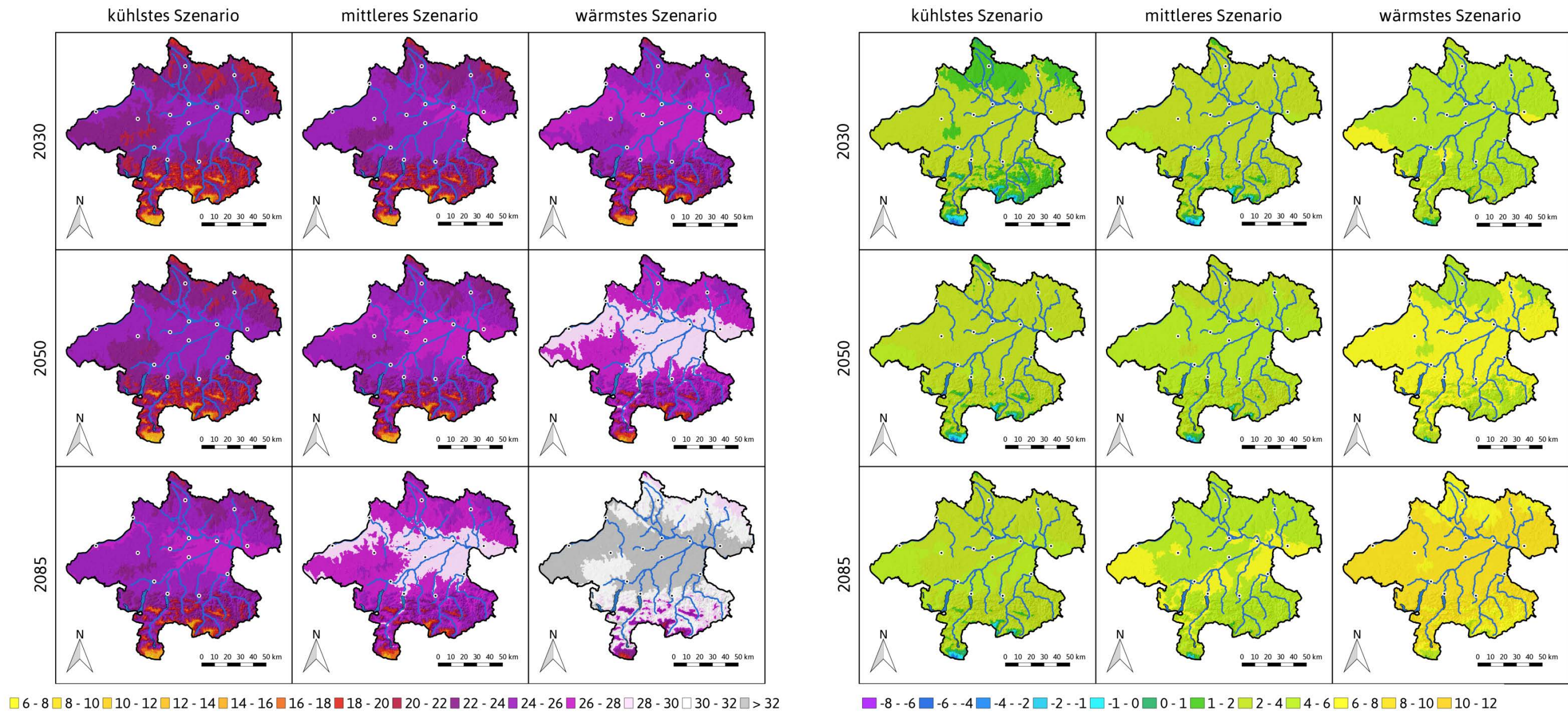
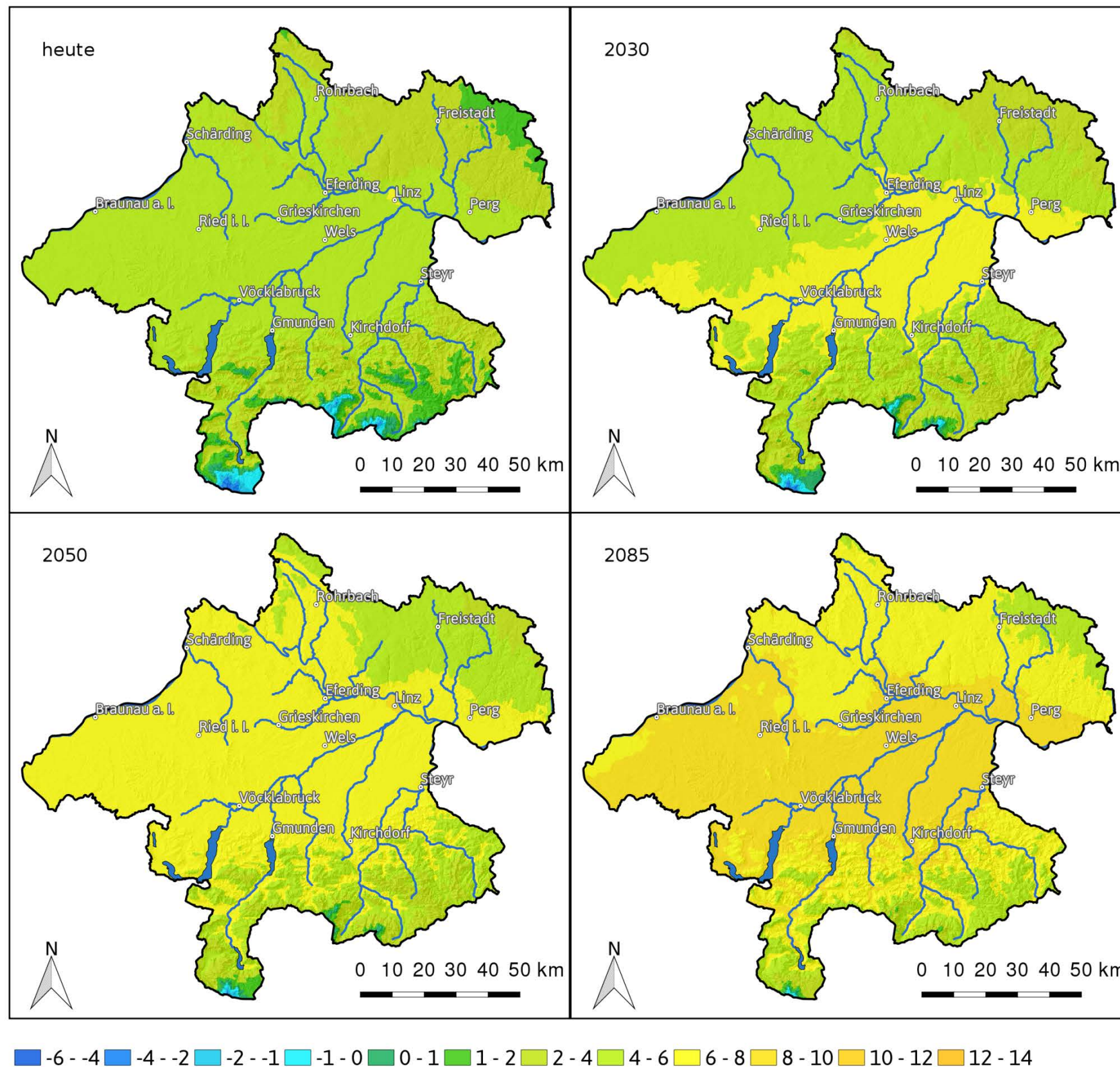


Abbildung 10: Bandbreite der Entwicklung des Mittels des Temperaturmaximums [°C] für den Sommer (JJA; links) sowie dem Winter (DJF; rechts)

Mittel des Temperaturmaximums: (Bandbreite)

Generell zeigt der Sommer (Juni, Juli, August) als auch der Winter (Dezember, Jänner, Februar) eine sehr ähnliche Entwicklung wie die saisonalen Mitteltemperatur, und liegen bei den extrem warmen Szenarien am Ende des Jahrhunderts bei 6,4 °C Erwärmung im Winter und im Sommer bei mehr als 9°C. Das Mittel des Temperaturmaximums steigt im Sommer damit von derzeit etwa 25 °C in den wärmsten Regionen auf über 32 °C am Ende des Jahrhunderts im Extremszenario. Im Winter werden im Extremszenario im Flachland großflächig mittlere Tagesmaxima von mehr als 10 °C erreicht.

Temperaturminimum (Mittleres Szenario)



Temperaturminimum: (Mittleres Szenario)

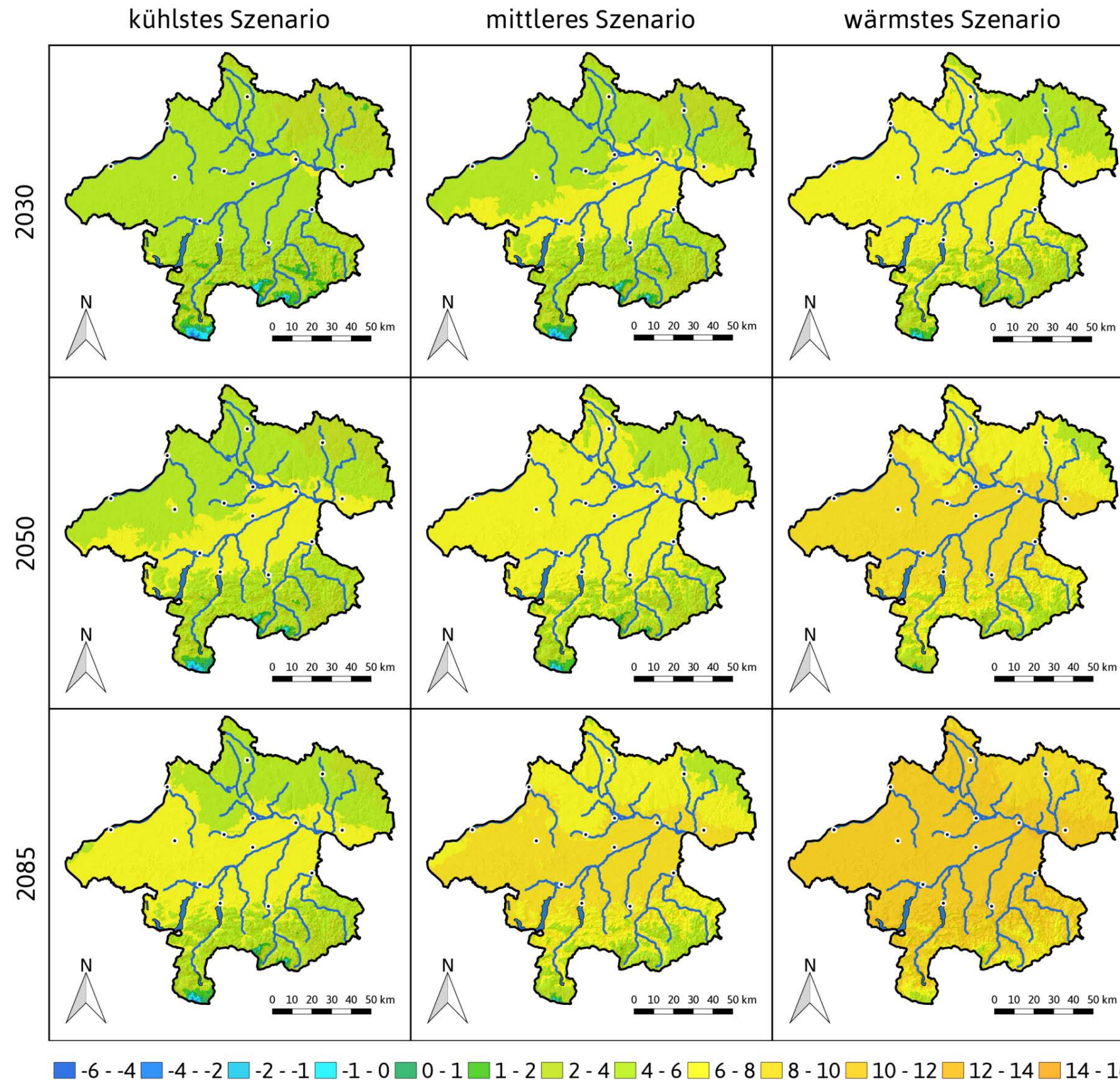
Def.: 30 jähriges Mittel der Tagesminimumtemperatur für das ganze Jahr [°C].

Das Jahresmittel der Minimumtemperatur beträgt derzeit in den wärmsten Regionen Oberösterreichs knapp über 6 °C. Mit der Seehöhe nimmt das Jahresmittel der Minimumtemperatur bedingt durch die nächtlichen Inversionen nur um 3,8 °C pro 1000 Höhenmeter ab und beträgt am Feuerkogel auf 1632 m 1,1 °C und am Krippenstein in 2050 m -1,4 °C. Bis 2030 steigt das Jahresmittel der Minimumtemperatur im mittleren Szenario um etwas mehr als 1 °C an. Bis zur Mitte des Jahrhunderts um etwa 2,2 °C und bis zum Ende des Jahrhundert um 3,5 °C. Im Raum Linz steigt damit das Jahresmittel der Minimumtemperatur bis zum Ende des Jahrhunderts auf über 9 °C.

Bis 2030 steigen die mittleren thermischen Verhältnisse um etwa 200 m Seehöhe bergwärts. Bis zur Mitte des Jahrhunderts um etwas mehr als 400 m und bis zum Ende des Jahrhunderts um 700 m. Man muss davon ausgehen, dass mit einer gewissen Zeitverzögerung temperaturabhängige Systeme (Ökosysteme, Waldgrenze,...) dieser Höhenverschiebung folgen.

Methodenbedingt wird für das ganze Bundesland eine seehöhenunabhängige Erwärmung unterstellt. Mehrere Klimamodelle zeigen jedoch im Alpenraum eine etwas stärkere Erwärmung im Gebirge. Daher könnte im Gebirge die Erwärmung etwas unterschätzt sein.

Abbildung 11: Entwicklung des Jahresmittel der Minimumtemperatur [°C] in Oberösterreich beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.



Jahresmittel der Minimumtemperatur: (Bandbreite)

Bis 2030 beträgt die Zunahme beim kühlssten Szenario etwa 0,5 °C, im mittleren Szenario etwa 1,2 °C und im wärmsten Szenario rund 1,7 °C. Bis 2050 steigt das Jahresmittel der Minimumtemperatur im kühlssten Szenario um 1,1 °C, im mittleren Szenario um 2,1 °C und im wärmsten Szenario sogar um 3,5 °C und ist damit beinahe so warm wie das mittlere Szenario am Ende des Jahrhunderts. Am Ende des Jahrhunderts sind die Unterschiede zwischen den Szenarien am höchsten. Im kühlssten Szenario kommt es zu einer Erwärmung von 2,4 °C, beim mittleren Szenario um 3,8 °C und beim Extremszenario sogar um 6,5 °C. Für den Raum Linz würde dies Jahresmittel der Minimumtemperatur über 12°C bedeuten.

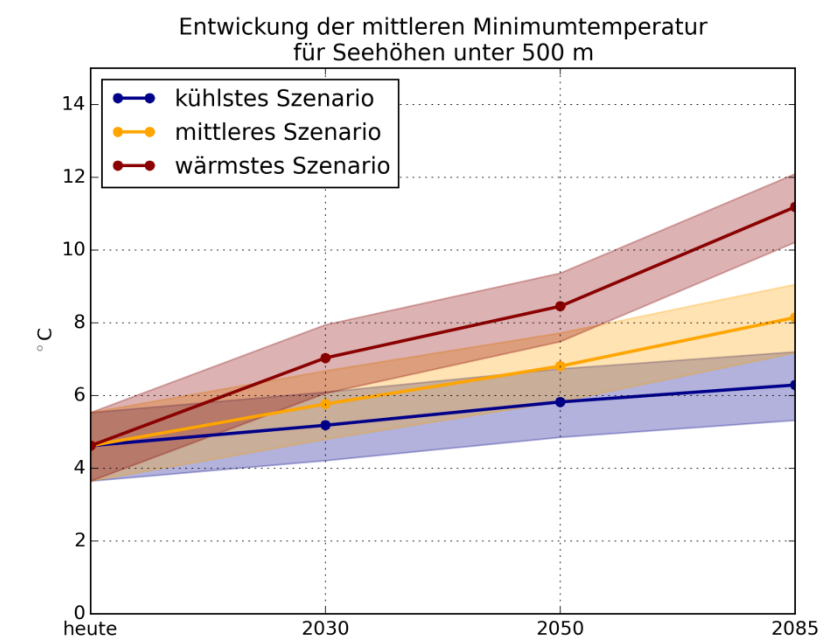


Abbildung 12: Veränderung des Jahresmittels der Minimumtemperatur [°C] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 500 m Seehöhe unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts).

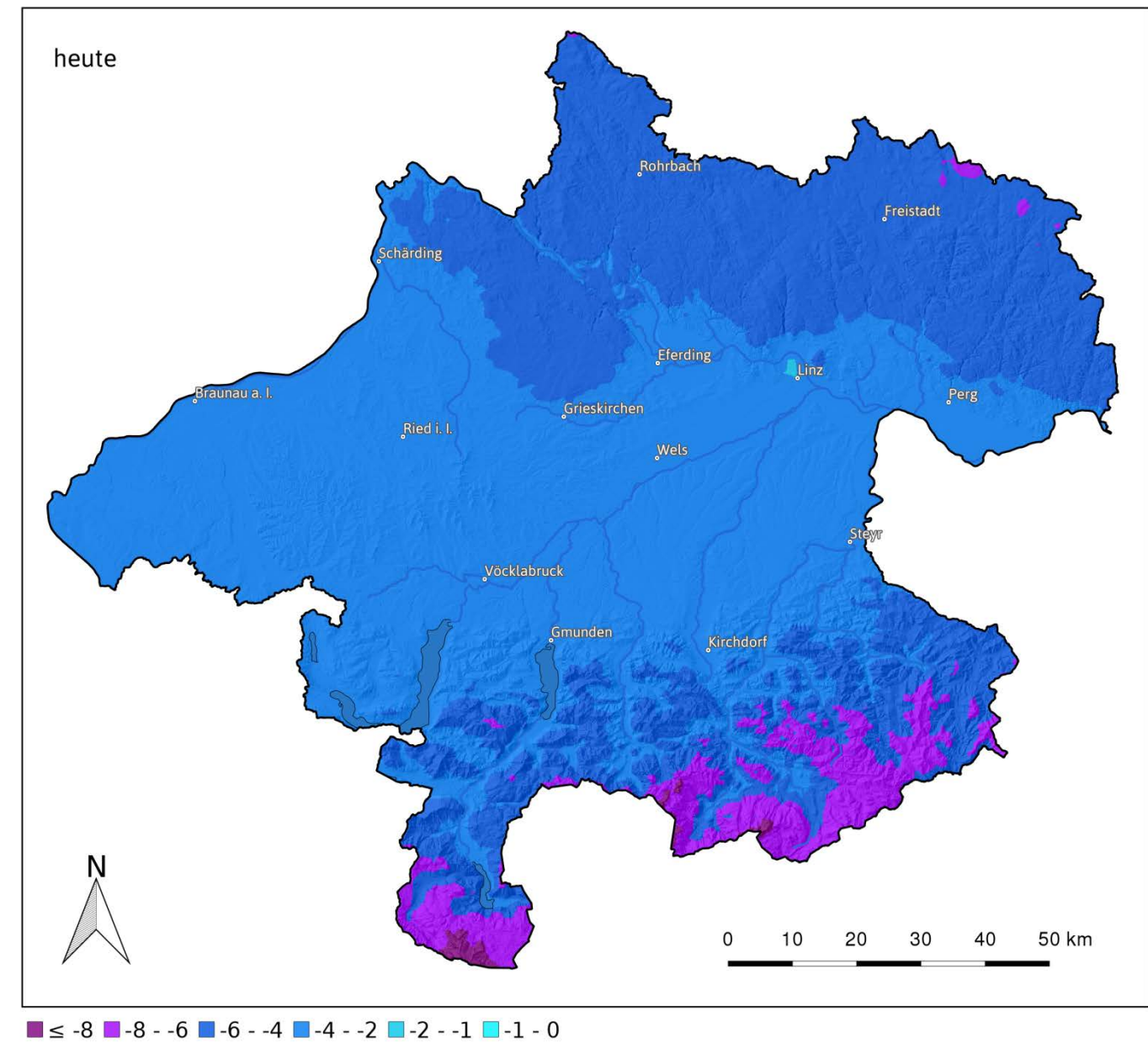
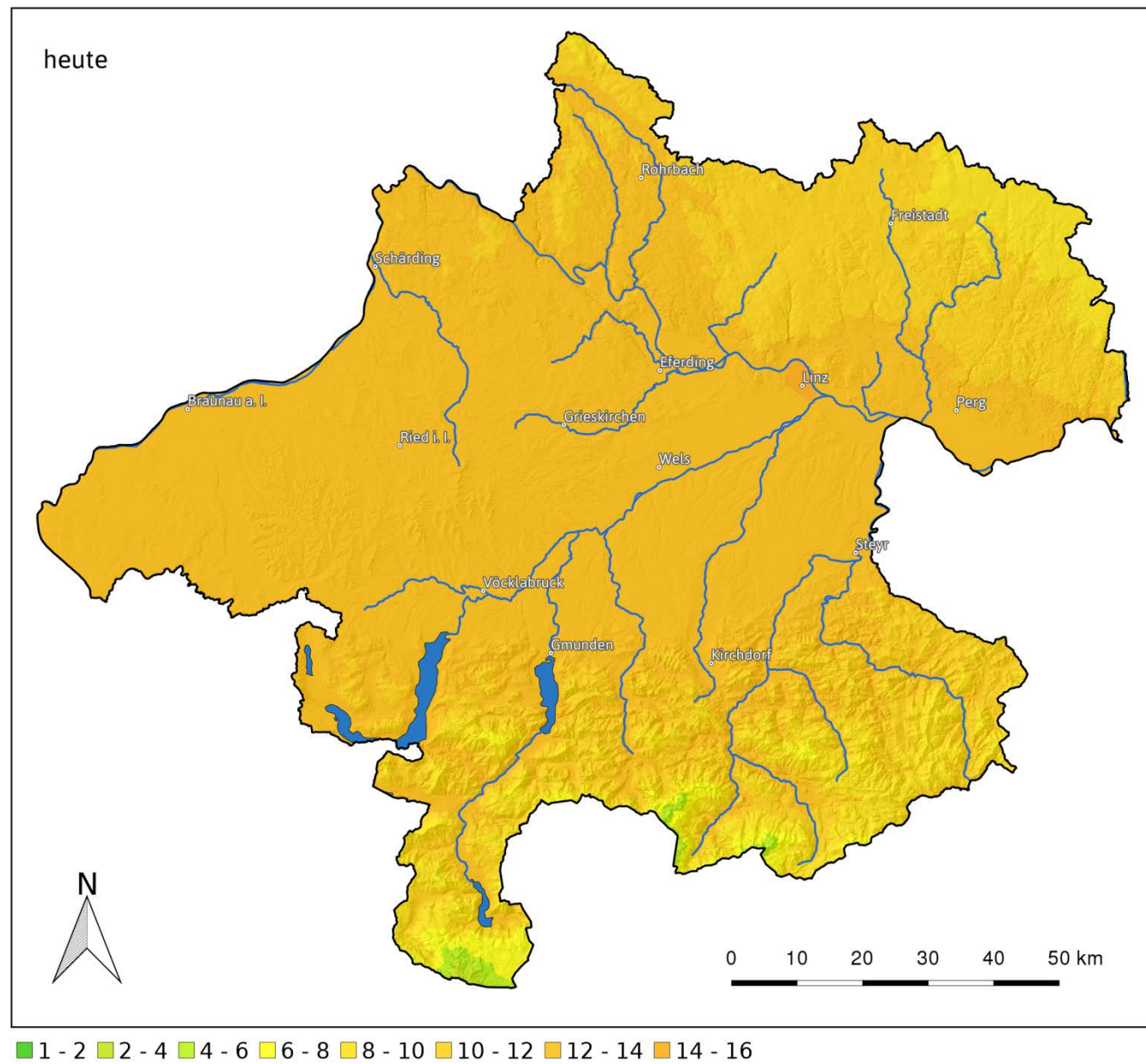


Abbildung 13: Heutige (1981-2010) Mittel der Minimumtemperatur [°C] für den Sommer (JJA; links) sowie dem Winter (DJF; rechts)

Mittlere Minimumtemperatur für den Sommer (JJA) und den Winter (DJF):

Def.: 30 jähriges Mittel der Tagesminimumtemperatur für die jeweilige Saison [°C].

Derzeit liegen die Mittel der Minimumtemperatur im Sommer in Oberösterreich in den wärmsten Regionen bei 14 °C. In den Mittelgebirgsregionen um 1500 m Seehöhe werden Werte um 8 °C erreicht. Im Winter (Dezember, Jänner, Februar) werden in den wärmsten Regionen Mittel der Minimumtemperatur um -3 °C erreicht. Nur in Linz liegen die Werte durch den Stadteffekt knapp über -2°C. Die Temperaturabnahme mit der Seehöhe ist im Winter durch das Auftreten von Inversionen deutlich reduziert. In den Mittelgebirgs-lagen auf etwa 1500 m Seehöhe liegt die Mittel der Minimumtemperatur im Winter daher um - 5,5 °C.

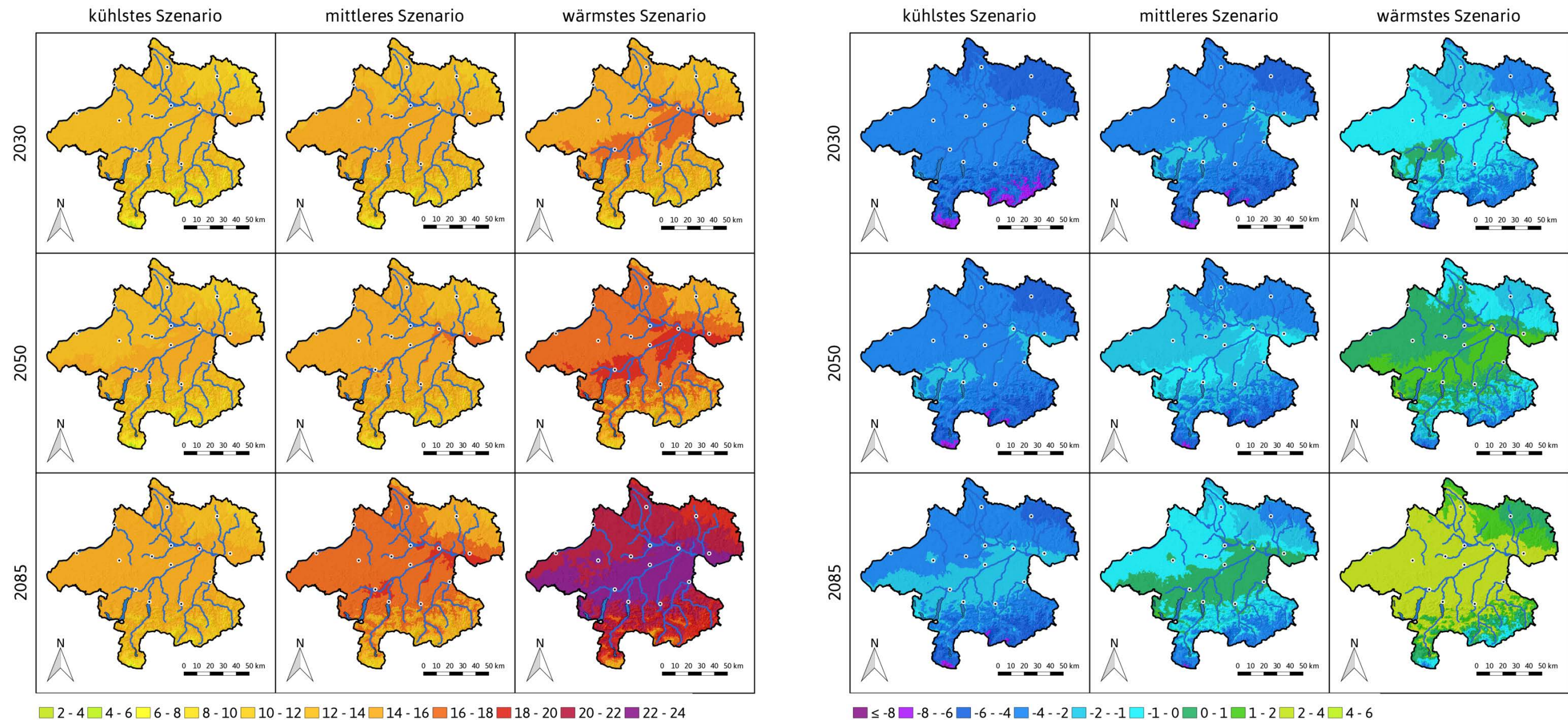
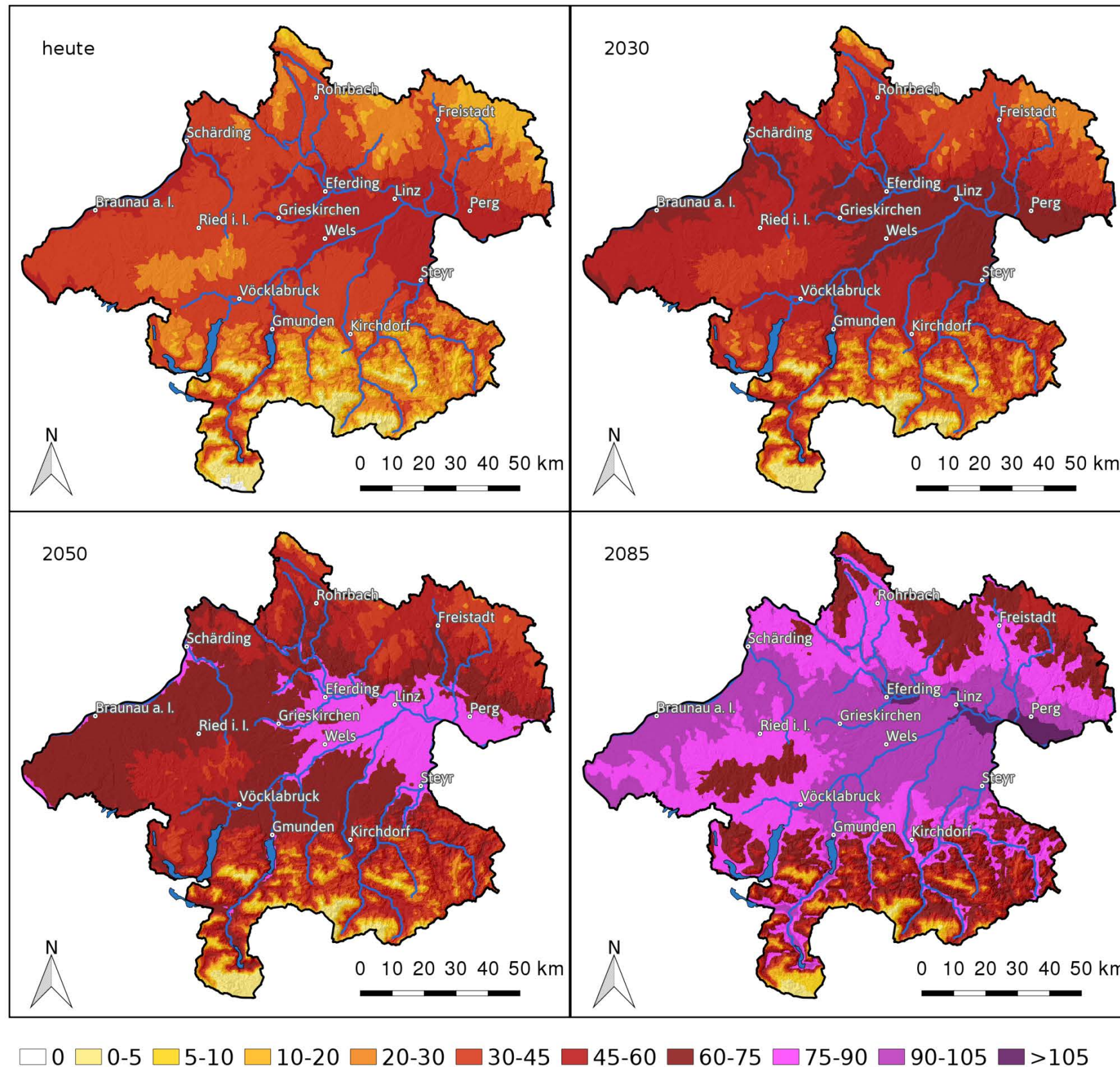


Abbildung 14: Bandbreite der Entwicklung des Mittels der Minimumtemperatur [°C] für den Sommer (JJA; links) sowie dem Winter (DJF; rechts).

Minimumtemperatur: (Bandbreite)

Generell zeigt der Sommer (Juni, Juli, August) als auch der Winter (Dezember, Jänner, Februar) eine sehr ähnliche Entwicklung wie die saisonalen Mitteltemperaturen, und liegen bei den extrem warmen Szenarien am Ende des Jahrhunderts bei 6,4 °C Erwärmung im Winter und im Sommer bei mehr als 9°C. Das Mittel der Minimumtemperatur steigt damit im Sommer von derzeit etwa 14 °C in den wärmsten Regionen auf über 23 °C am Ende des Jahrhunderts im Extremszenario. Im Winter werden im Extremszenario im Flachland großflächig mittlere Minimumtemperaturen von mehr als 2 °C erreicht.

Sommertage (Mittleres Szenario)

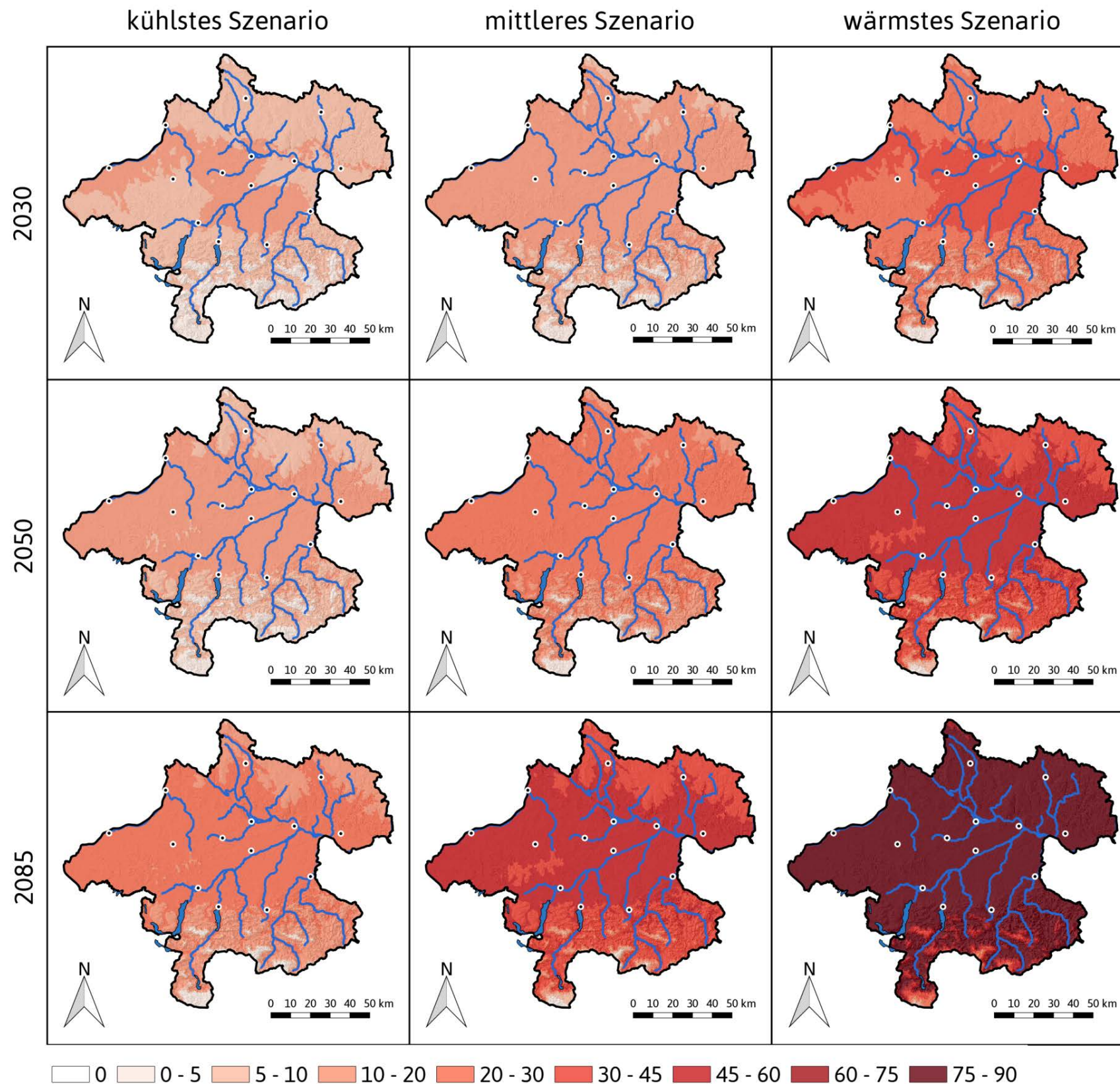


Sommertage: (Mittleres Szenario)

Def.: Mittlere Anzahl an Tagen pro Jahr mit zumindest 25 °C Tagesmaximumtemperatur [n].

In den wärmsten oberösterreichischen Lagen werden derzeit im Mittel zwischen 50 und 60 Sommertage pro Jahr erreicht. Im Mühlviertel und in Lagen um etwa 750 m nehmen diese auf rund 30 bis 40 Tage ab. In den Gebirgsregionen nimmt die Häufigkeit mit der Seehöhe rasch ab, sodass in 1500 m derzeit keine Sommertage mehr auftreten. Bis 2030 werden in den Tieflagen großflächig um die 70 Sommertage erreicht. In allen Höhenstufen steigt die Anzahl der Sommertage, wobei jedoch eine starke Höhenabhängigkeit besteht: Je mehr Sommertage es bereits gibt umso größer ist die absolute Änderungsrate. Um 2050 muss man im oberösterreichischen Zentralraum und entlang des Inns mit etwa 80 Sommertagen rechnen. Selbst in den kühlen Regionen wie dem Hausruck oder dem Mühlviertel werden Werte erreicht wie wir sie derzeit nur von den wärmsten kennen. Am Ende des 21. Jahrhunderts werden in den wärmsten Regionen Oberösterreichs mehr als 100 Sommertage im Mittel erreicht. Generell ergibt sich für Oberösterreich im mittleren Szenario in den wärmsten Regionen ein Anstieg um etwa 50 Sommertage bis zum Ende des Jahrhunderts. Dies entspricht in etwa einer Verdoppelung. Neben den mittleren Verhältnissen muss man auch die Schwankungen von Jahr zu Jahr berücksichtigen. Diese betragen bei den Sommertagen in den wärmsten Regionen Oberösterreich in etwa ± 12 Sommertage.

Abbildung 15: Mittlere Anzahl an Sommertagen [n] beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.



Sommertage: (Bandbreite)

Bereits 2030 sind die Unterschiede zwischen den Klimaszenarien schon ausgeprägt. In den Tieflagen beträgt die Zunahme beim kühlssten Szenario etwa 10, im mittleren Szenario in etwa 16 und im wärmsten Szenario rund 31 Sommertage. Bis 2050 nehmen die Sommertage im kühlssten Szenario um knapp 14 Tage zu, im mittleren Szenario um etwa 27 und im wärmsten Szenario sogar um mehr als 49 Tage zu. Am Ende des Jahrhunderts sind die Unterschiede zwischen den Szenarien am höchsten. Im kühlssten Szenario kommt es in den Tieflagen zu eine Zunahme von etwa 25 Tagen, beim mittleren Szenario beträgt diese etwa 49 und beim Extremszenario sogar mehr als 80 Sommertage. In diesem Extremszenario kommen in Oberösterreich Sommer vor, an denen mehr als 140 Sommertage erreicht werden.

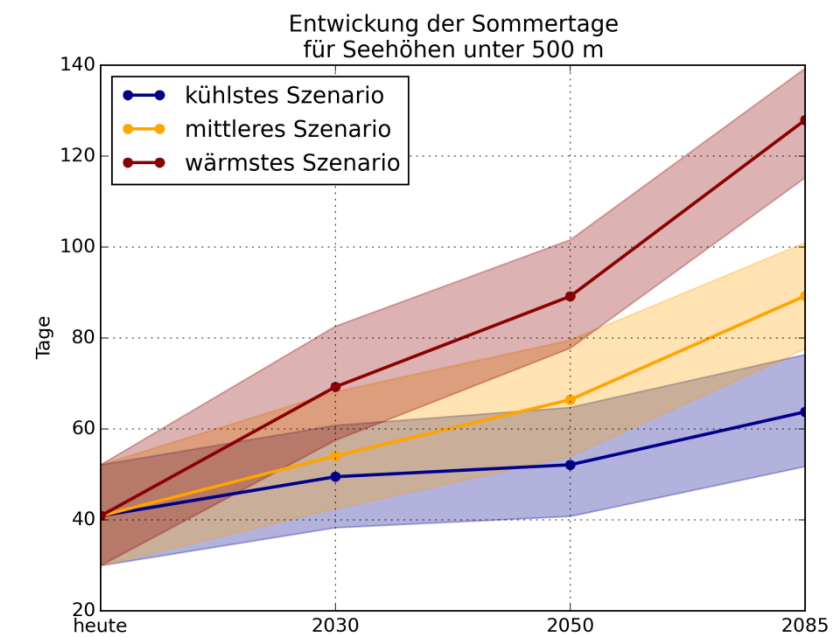


Abbildung 16: Veränderung der mittleren Anzahl an Sommertagen [n] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 500 m Seehöhe unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts).

Hitzetage vormals Tropentage (Mittleres Szenario)

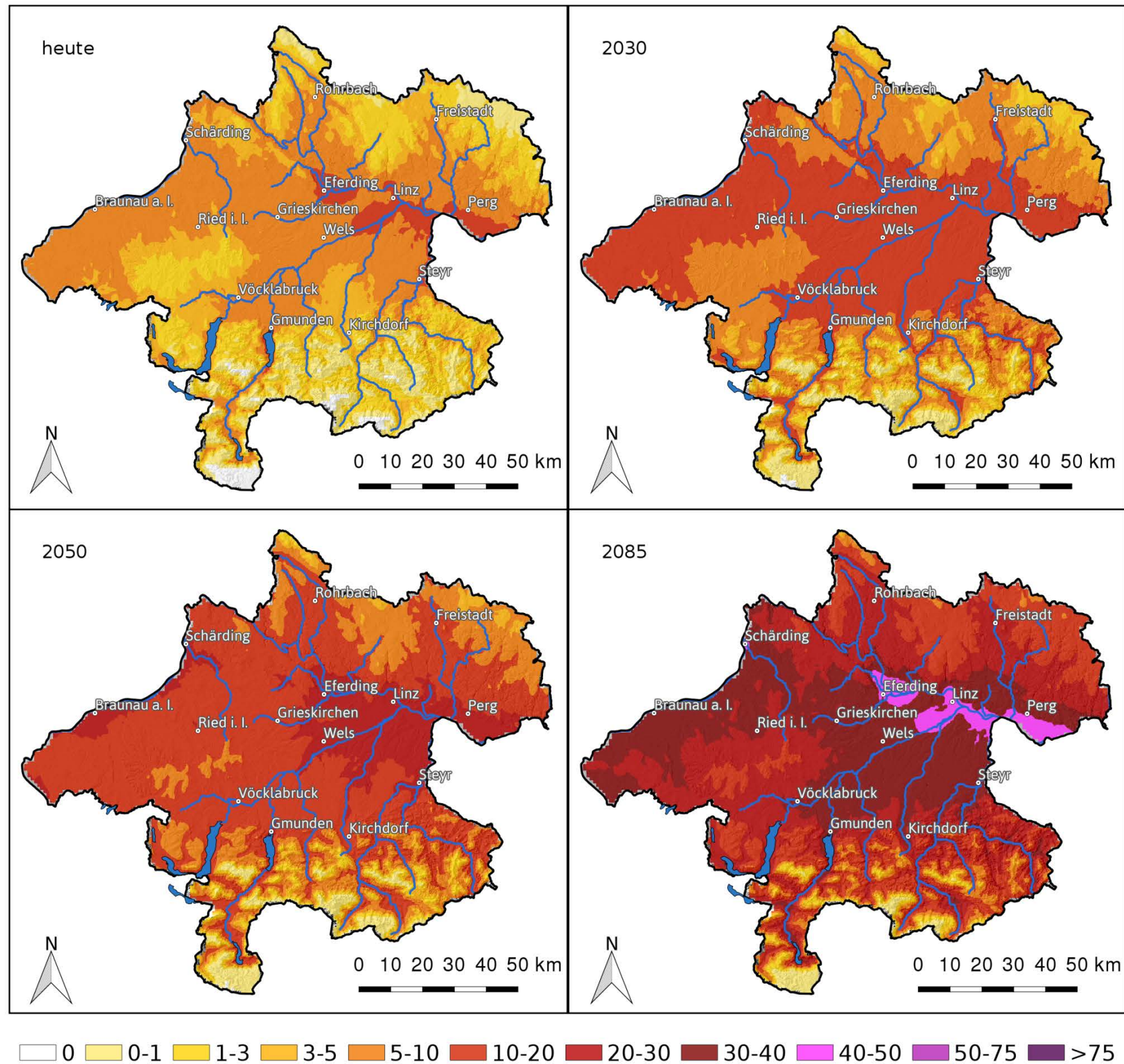
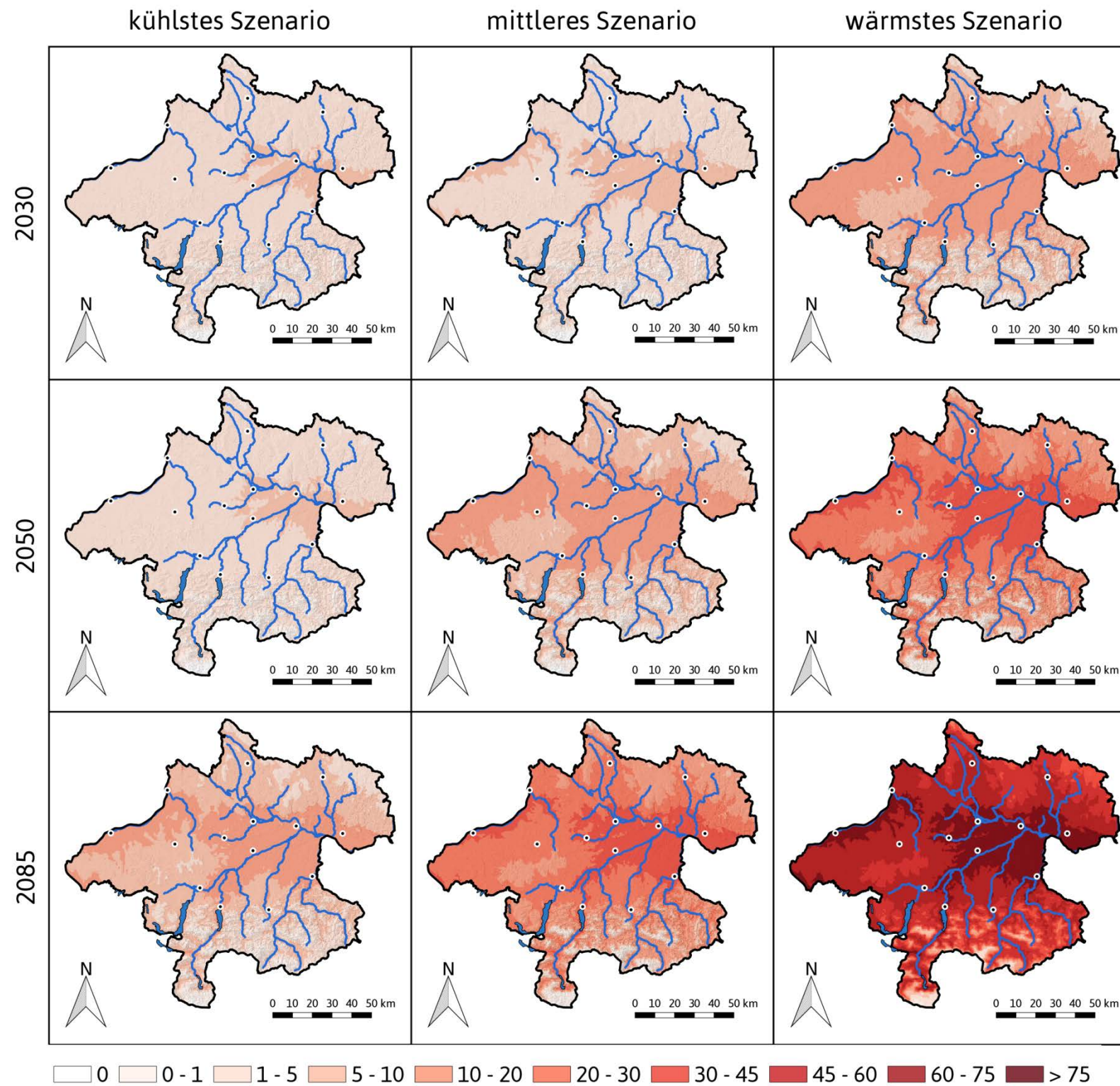


Abbildung 17: Mittlere Häufigkeit an Hitzetagen [n] beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.

Hitzetage: (Mittleres Szenario)

Def.: Mittlere Anzahl an Tagen pro Jahr mit zumindest 30 °C Tagesmaximumtemperatur [n].

In den oberösterreichischen Tieflagen (unter 500 m) werden derzeit im Mittel nur um die 5 Hitzetage, in den wärmsten Regionen knapp mehr als 10 Hitzetage erreicht. In den Gebirgsregionen nimmt die Häufigkeit mit der Seehöhe rasch ab. Bis 2030 werden in den Tieflagen großflächig mehr als 10 Hitzetage erreicht und in den wärmsten Regionen kommen bereits 18 Hitzetage vor. In allen Höhenstufen steigt die Anzahl der Hitzetage an. Um 2050 muss man im oberösterreichischen Zentralraum und entlang des Inns mit mehr als 20 Hitzetagen rechnen. Damit werden in etwa so viele Hitzetage im Mittel auftreten wie im Hitzesommer 2003 (Linz 23 Hitzetage). Selbst in den kühlen Regionen wie dem Hausruck oder dem Mühlviertel werden Werte erreicht wie wir sie derzeit nur von den wärmsten Regionen des Zentralraums kennen. Am Ende des 21. Jahrhundert werden in den wärmsten Regionen Oberösterreichs bis zu 50 Hitzetage im Mittel erreicht. Mehr als 30 Hitzetage werden in allen Tieflagen Oberösterreichs überschritten. Selbst in Höhenlagen um 1000 m muss man dann mit etwa 10 Hitzetagen pro Jahr rechnen. Neben den mittleren Verhältnissen muss man auch die Schwankungen von Jahr zu Jahr berücksichtigen. Diese betragen bei den Hitzetagen in den wärmsten Regionen Oberösterreichs in etwa ± 10 Hitzetage.



Hitzetage: (Bandbreite)

Bis 2030 sind die Unterschiede zwischen den Klimaszenarien noch gering. In den Tieflagen beträgt die Zunahme beim kühlsten Szenario etwa 5, im mittleren Szenario in etwa 7 und im wärmsten Szenario rund 18 Hitzetage. Bis 2050 nehmen die Hitzetage im kühlsten Szenario um knapp 6 Tage zu, im mittleren Szenario um etwa 16 und im wärmsten Szenario sogar um mehr als 35 Tage zu. Am Ende des Jahrhunderts sind die Unterschiede zwischen den Szenarien am höchsten. Im kühlsten Szenario kommt es in den Tieflagen zu einer Zunahme von etwa 14 Tagen, beim mittleren Szenario beträgt diese etwa 35 und beim Extremszenario sogar mehr als 80 Hitzetage. In diesem Extremszenario kommen in Oberösterreich Jahre vor, an denen mehr als 100 Hitzetage erreicht werden.

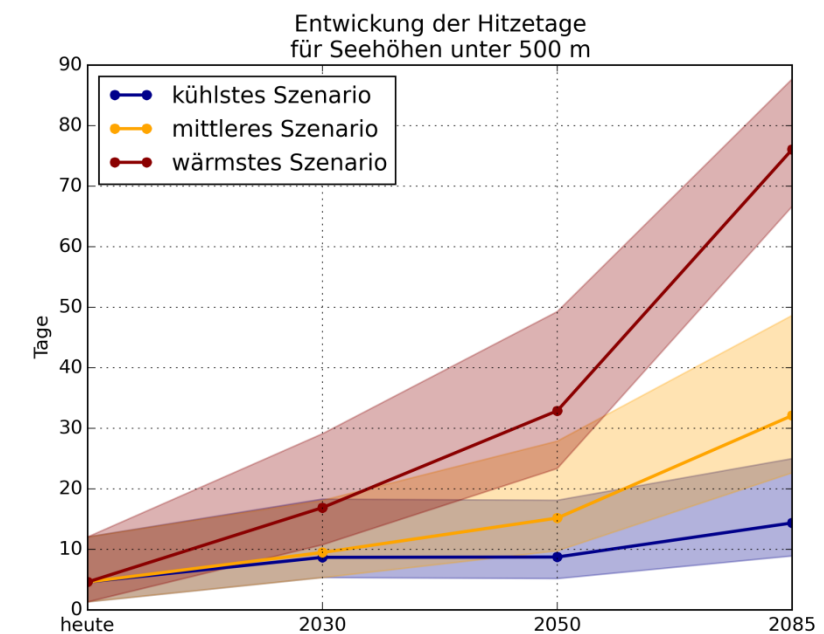
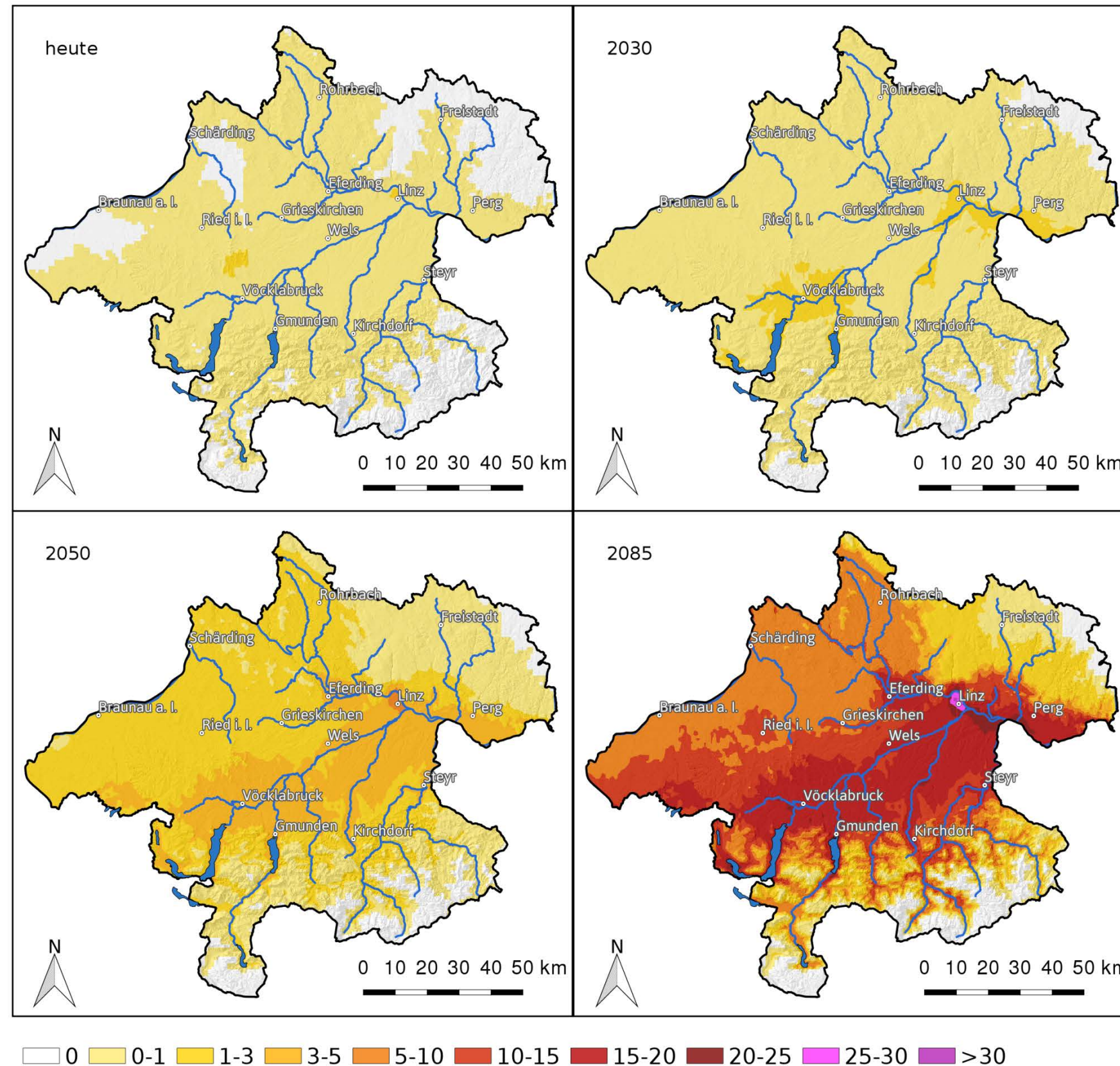


Abbildung 18: Veränderung der mittleren Anzahl an Hitzetagen [n] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 500 m Seehöhe unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts).

Tropennächte (Mittleres Szenario)

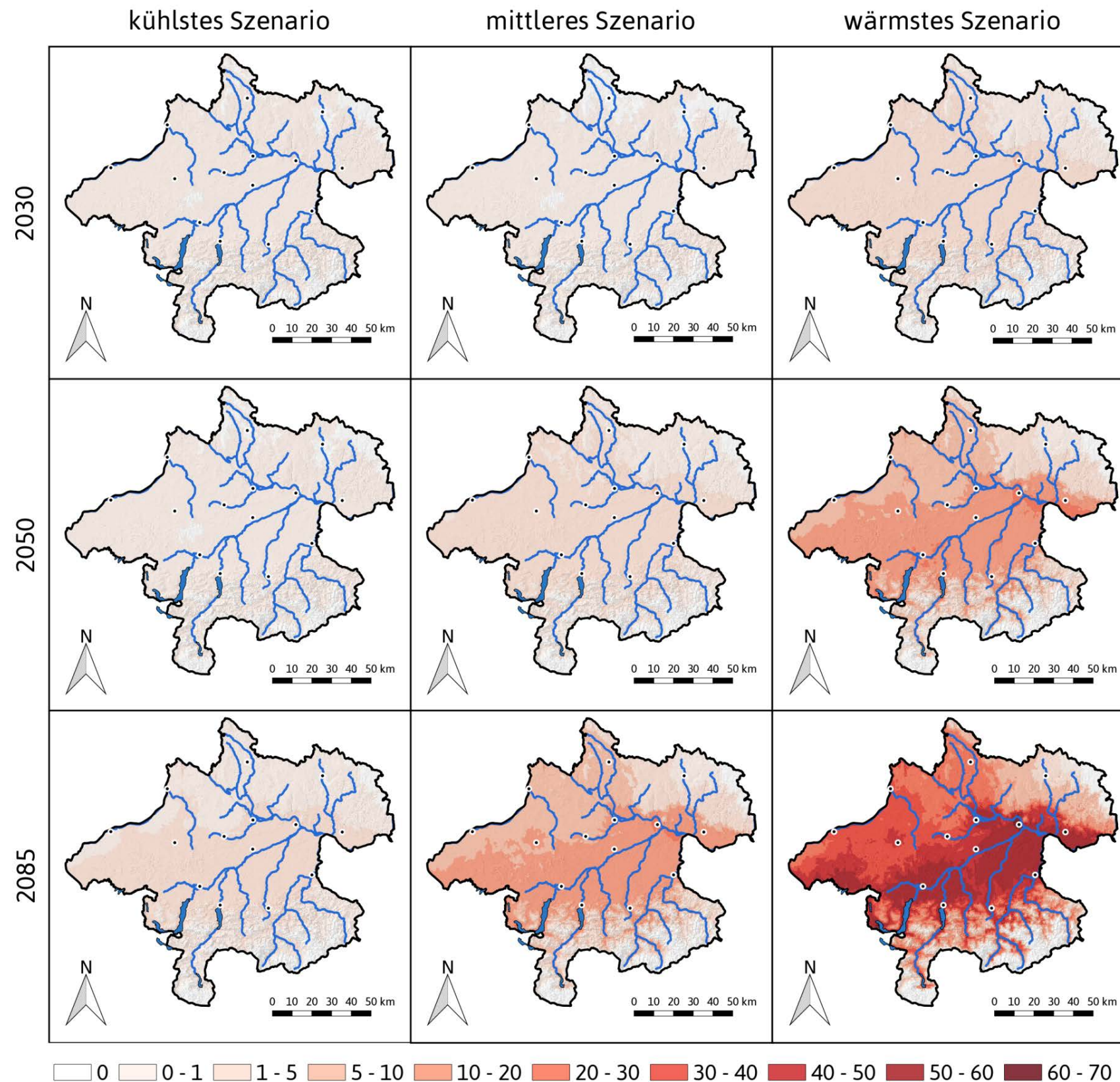


Tropennächte: (Mittleres Szenario)

Def.: Mittlere Anzahl an Tagen pro Jahr mit einer Tagesminimumtemperatur von über oder gleich 20 °C [n].

In den wärmsten oberösterreichischen Lagen treten Tropennächte derzeit etwa alle ein bis zwei Jahre auf. Im Hitzesommer 2003 gab es etwa in Linz 3 Tropennächte. Mit zunehmender Seehöhe nimmt die Wahrscheinlichkeit von Tropennächten rasch ab. Durch Föhn können jedoch auch in Lagen um 1000 m etwa alle 10 Jahre Tropennächte auftreten. Bis 2030 wird in den Tieflagen großflächig eine, in den wärmsten Regionen um die zwei Tropennächte pro Jahr erreicht. In allen Höhenstufen steigt die Wahrscheinlichkeit für Tropennächte, bleibt aber im Mühlviertel und Alpenvorland unter einem Ereignis pro Jahr. Um 2050 muss man im oberösterreichischen Zentralraum und entlang des Inns mit etwa 5 Tropennächten pro Jahr rechnen. Selbst in den kühlen Regionen wie dem Hausruck oder dem Mühlviertel werden Werte erreicht wie wir sie derzeit nur von den wärmsten Regionen des Zentralraums aus kennen. Am Ende des 21. Jahrhunderts werden in den wärmsten Regionen Oberösterreichs um die 25 Tropennächte im Mittel erreicht. Damit muss man in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts in den Lagen um und unter 500 m Seehöhe mit einem markanten Anstieg der Anzahl an Tropennächten rechnen. Dieser Indikator zeigt seine starke Seehöhenabhängigkeit und außerhalb der Föhnstriche gehen die Werte in den Mittelgebirgslagen rasch gegen Null. Bei dem derzeitigen seltenen Auftreten von Tropennächten ist auch die Schwankung von Jahr zu Jahr gering. Mit zunehmender Häufigkeit nimmt auch diese Schwankung zu.

Abbildung 19: Mittlere Anzahl an Tropennächten [n] beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.



Tropennächte: (Bandbreite)

Bis 2030 sind die Unterschiede zwischen den Klimaszenarien noch gering. In den Tieflagen gibt es beim kühlssten Szenario und im mittleren Szenario in etwa 2 Tropennächte und im wärmsten Szenario rund 7. Bis 2050 nehmen die Tropennächte im kühlssten Szenario um knapp 2 Tage zu, im mittleren Szenario um etwa 6 und im wärmsten Szenario sogar um mehr als 27 Tage zu. Am Ende des Jahrhunderts sind die Unterschiede zwischen den Szenarien am höchsten. Im kühlssten Szenario kommt es in den Tieflagen zu einer Zunahme von etwa 5 Tagen, beim mittleren Szenario beträgt diese etwa 25 und beim Extremszenario sogar mehr als 70 Tropennächten. In diesem Extremszenario kommen in Oberösterreich Sommer vor, an denen mehr als 80 Tropennächte erreicht werden.

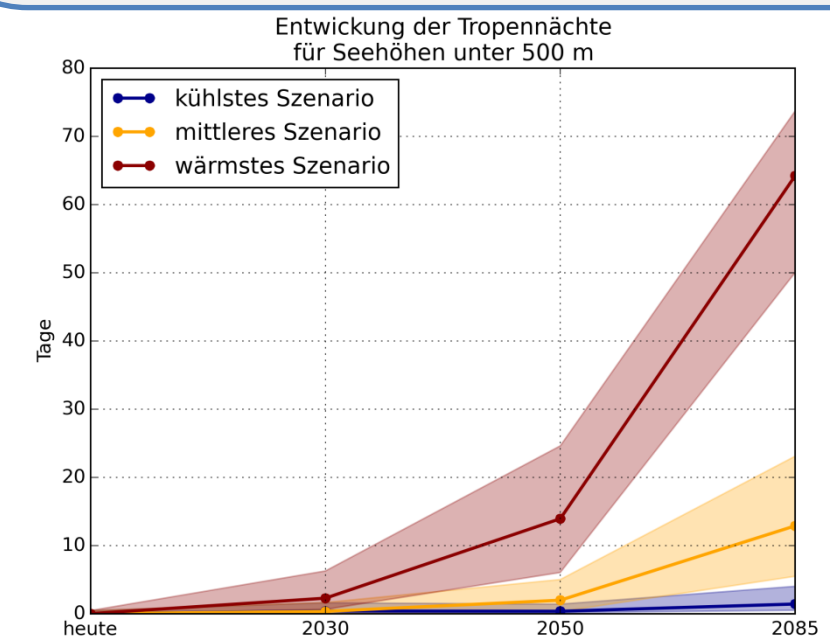


Abbildung 20: Veränderung der mittleren Anzahl an Tropennächten [n] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 500 m Seehöhe unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts).

Eistage (Mittleres Szenario)

Eistage: (Mittleres Szenario)

Def.: Mittlere Anzahl an Tagen pro Jahr mit einer Tagesmaximumtemperatur unter 0 °C [n].

In den wärmsten oberösterreichischen Lagen werden derzeit im Mittel etwa 20 bis 30 Eistage erreicht. In Lagen um etwa 500 m steigen diese bereits auf über 40 Tage an. In den Gebirgsregionen nimmt die Häufigkeit mit der Seehöhe rasch zu, sodass in 1500 m schon Werte um 70 erreicht werden. Bis 2030 werden in den Tieflagen großflächig etwa 20 Eistage erreicht. Dies sind Werte wie sie derzeit nur in Linz aufgrund des Stadteffekts erreicht werden. In allen Höhenstufen sinkt die Anzahl der Eistage, in den mittleren und höheren Lagen sogar etwas stärker als in den Tieflagen. Um 2050 muss man im oberösterreichischen Zentralraum und entlang des Inns mit etwa 12 Eistagen rechnen. Am Ende des 21. Jahrhunderts werden in den wärmsten Regionen Oberösterreichs nur mehr 8 Eistage im Mittel erreicht. Über ganz Oberösterreich gemittelt werden am Ende des Jahrhunderts um etwa 23 Eistage weniger auftreten. Neben den mittleren Verhältnissen muss man auch die Schwankungen von Jahr zu Jahr berücksichtigen. Diese betragen bei den Eistagen in den wärmsten Regionen Oberösterreich in etwa ± 20 Eistage und ist besonders groß. Dies liegt daran, dass die Temperaturunterschiede von Jahr zu Jahr im Winter deutlich stärker sind als im Sommer.

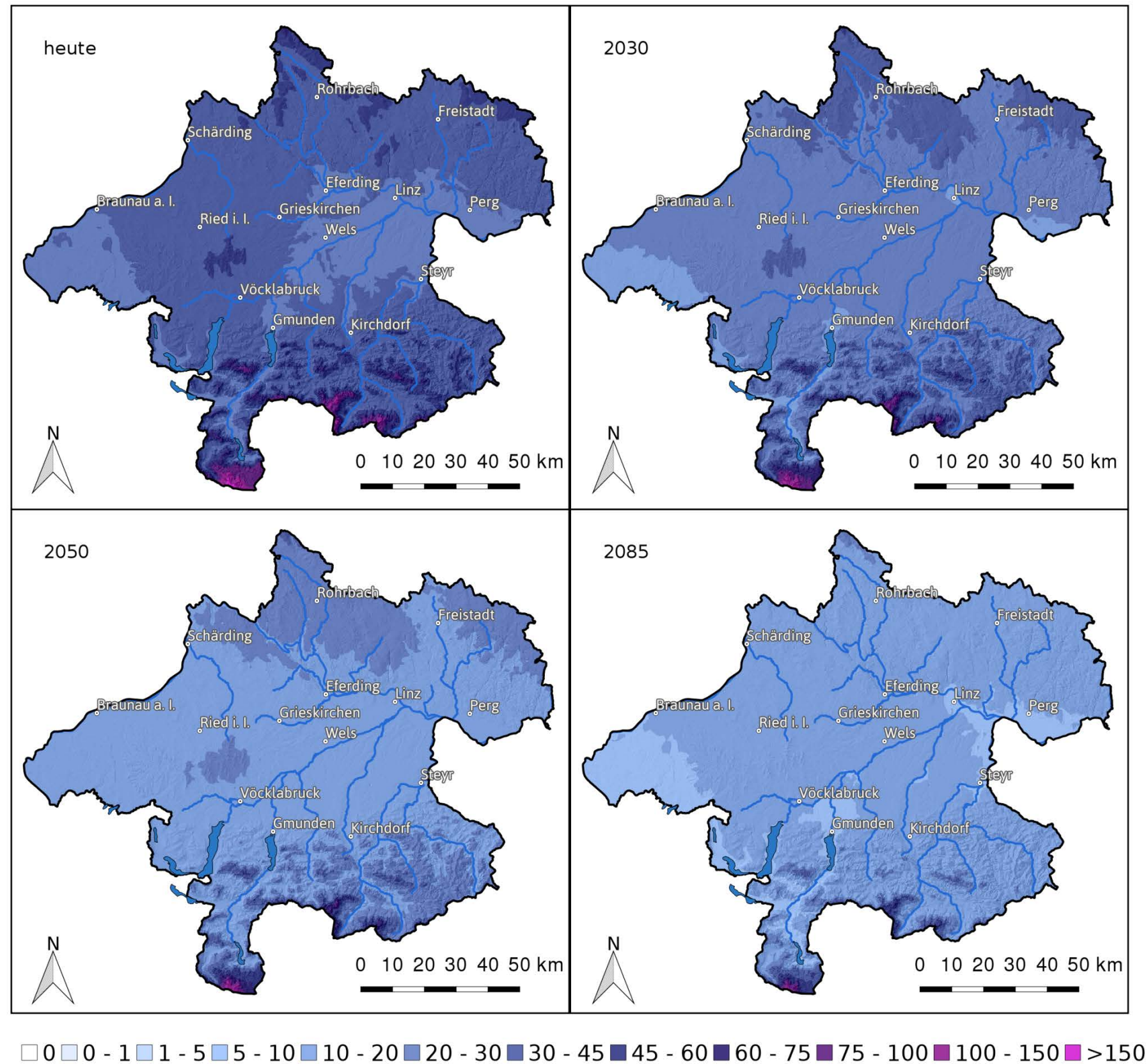
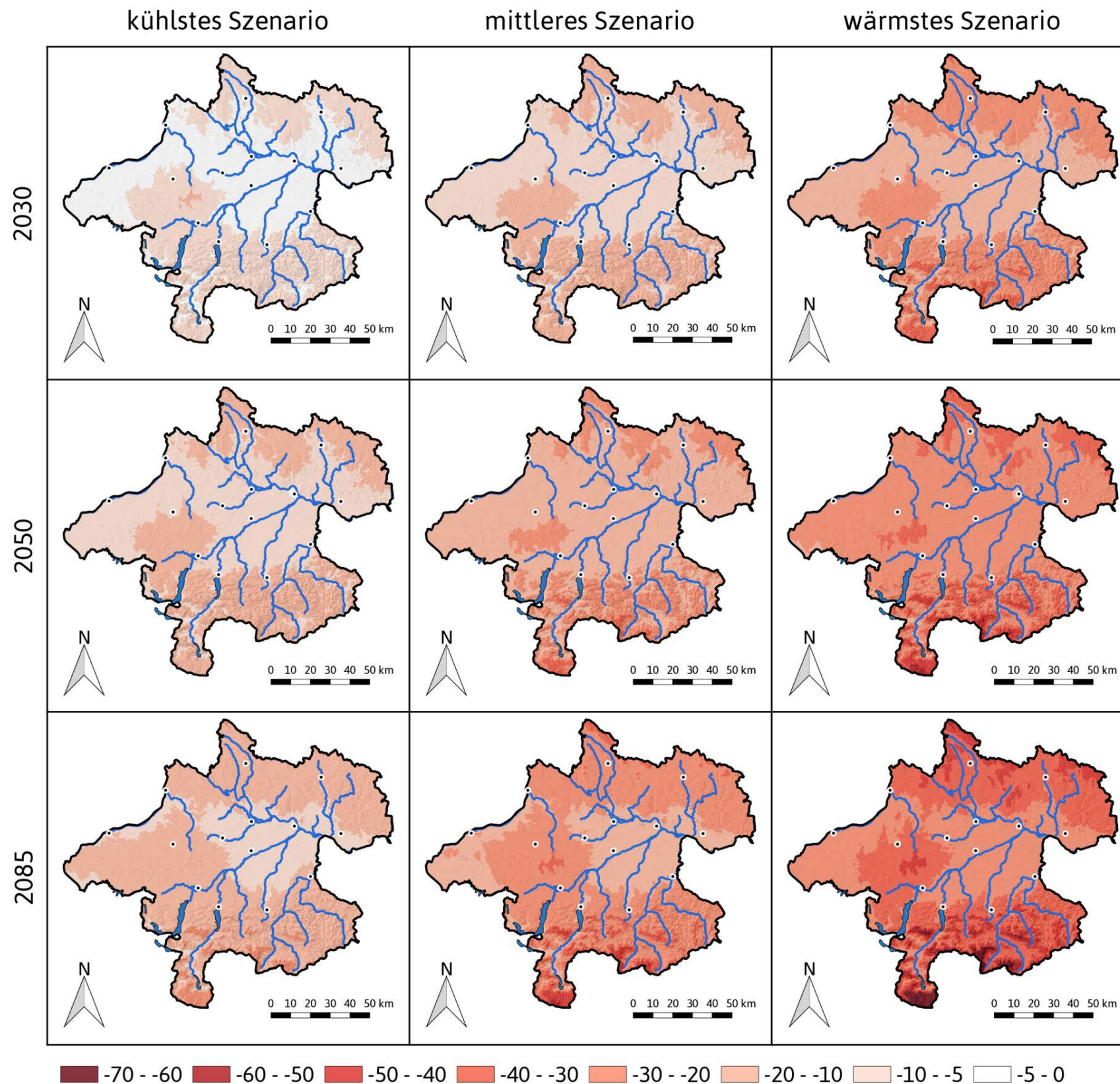


Abbildung 21: Mittlere Häufigkeit an Eistagen [n] beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.



Eistage: (Bandbreite)

Bereits 2030 sind die Unterschiede zwischen den Klimaszenarien schon ausgeprägt. In den Tieflagen beträgt die Abnahme beim kühlsten Szenario etwa 1, im mittleren Szenario in etwa 4 und im wärmsten Szenario rund 13 Eistage. Bis 2050 nehmen die Eistage im kühlsten Szenario um knapp 4 Tage ab, im mittleren Szenario um etwa 11 und im wärmsten Szenario sogar um mehr als 18 Tage ab. Am Ende des Jahrhunderts sind die Unterschiede zwischen den Szenarien am höchsten. Im kühlsten Szenario kommt es in den Tieflagen zu einer Abnahme von etwa 16 Tagen, beim mittleren Szenario beträgt diese etwa 15 und beim Extrem-szenario sogar mehr als 22 Eistage, wodurch hier kaum noch Eistage auftreten. Für ganz Oberösterreich gemittelt nehmen die Eistage sogar um mehr als 30 Tage ab.

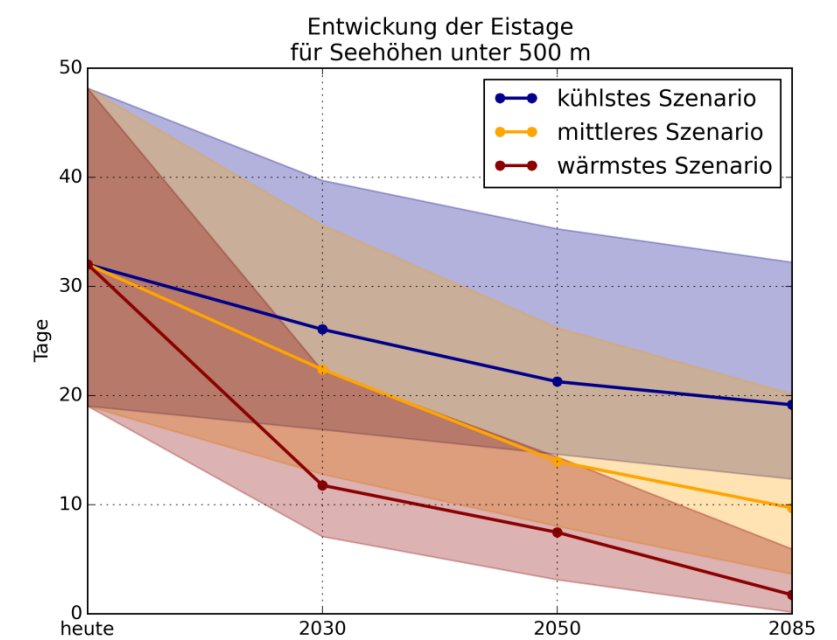
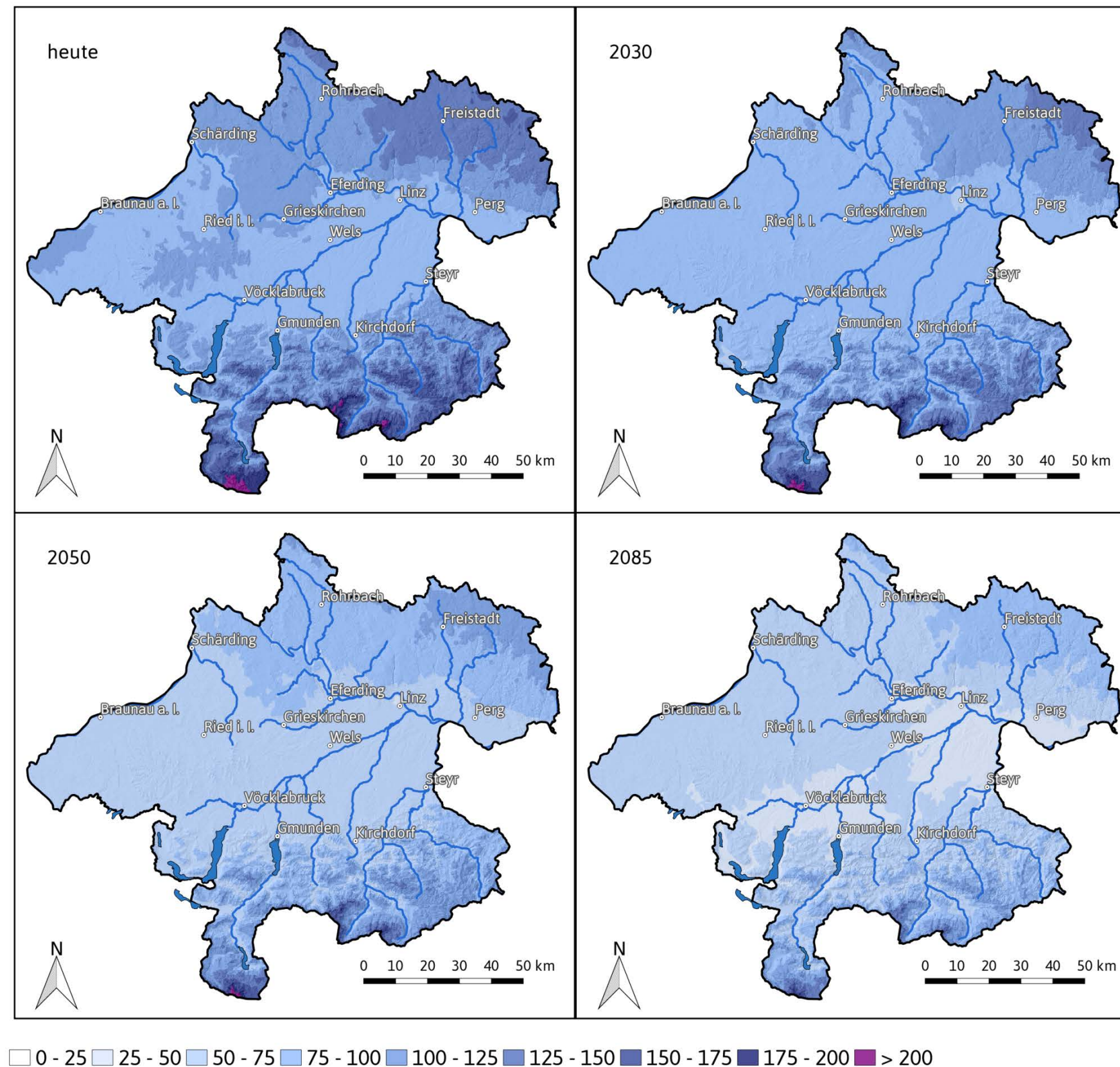


Abbildung 22: Veränderung der mittleren Anzahl an Eistagen [n] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 500 m Seehöhe unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts).

Frosttage (Mittleres Szenario)

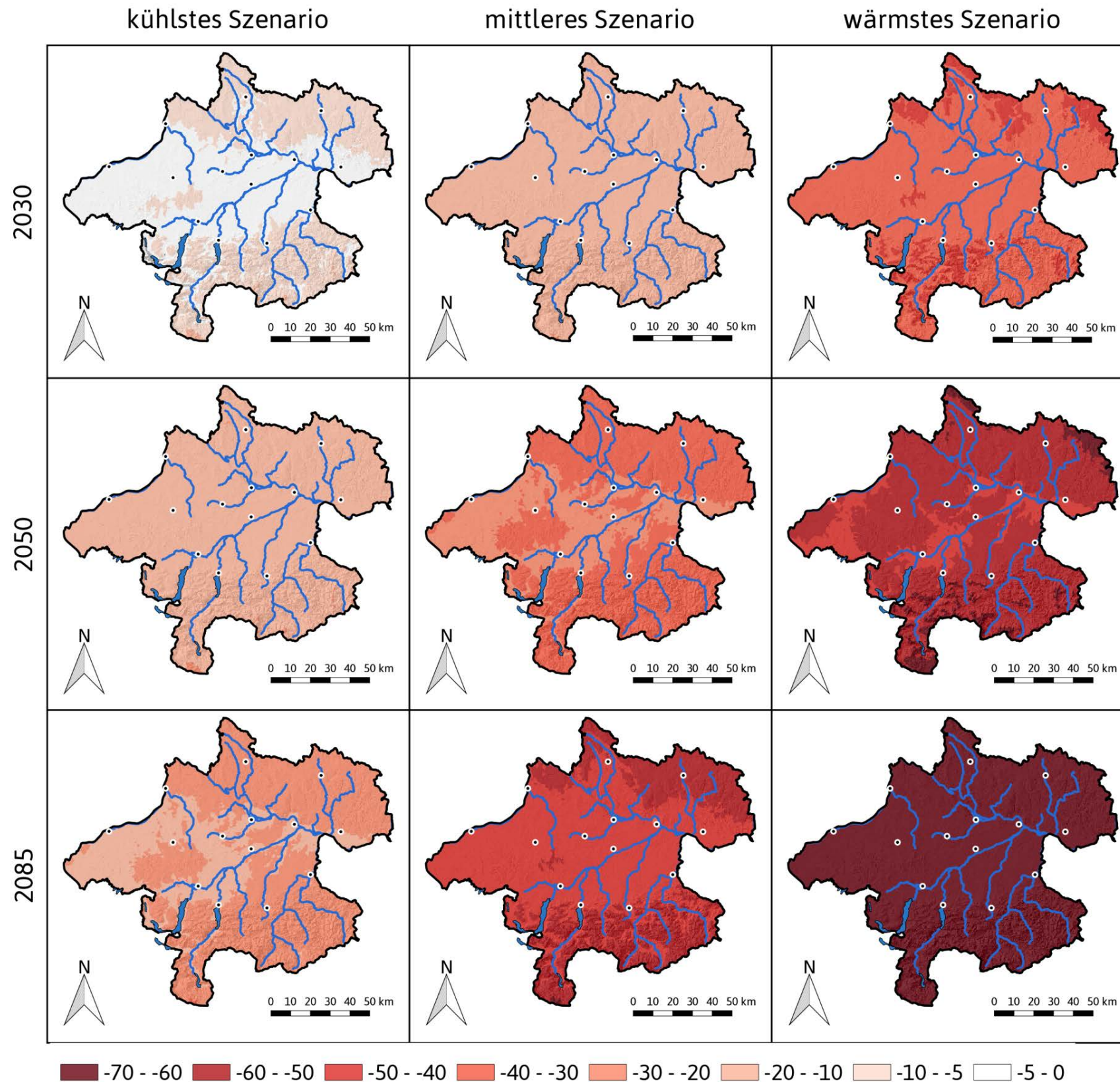


Frosttage: (Mittleres Szenario)

Def.: Mittlere Anzahl an Tagen pro Jahr mit einer Tagesminimumtemperatur unter 0 °C [n].

In den wärmsten oberösterreichischen Lagen werden derzeit im Mittel zwischen 80 und 100 Frosttage pro Jahr erreicht. Im Mühlviertel und in Lagen um etwa 750 m steigen diese auf rund 120 Tage an. In den Gebirgsregionen nimmt die Häufigkeit mit der Seehöhe rasch zu, sodass in 1500 m schon Werte um 150 erreicht werden und über 2000 m gibt es mehr als 200 Frosttage. Bis 2030 werden in den Tieflagen großflächig um die 80 Frosttage erreicht. In allen Höhenstufen sinkt die Anzahl der Frosttage um etwa 15 Tage. Um 2050 muss man im oberösterreichischen Zentralraum und entlang des Inns mit etwa 60 Frosttagen rechnen. Am Ende des 21. Jahrhunderts werden in den wärmsten Regionen Oberösterreichs weniger als 50 Frosttage im Mittel erreicht. Generell ergibt sich für Oberösterreich im mittleren Szenario eine Reduktion um mehr als 40 Frosttage bis zum Ende des Jahrhunderts. Dabei zeigt sich bei diesem Indikator eine etwas stärkere Abnahme in mittleren und höheren Lagen. In den Mittelgebirgslagen um 1500 m wird man daher am Ende des Jahrhunderts Frostverhältnisse haben wie derzeit in den niederen Lagen des Mühlviertels auftreten. Neben den mittleren Verhältnissen muss man auch die Schwankungen von Jahr zu Jahr berücksichtigen. Diese betragen bei den Frosttagen in den wärmsten Regionen Oberösterreich in etwa ± 20 Frosttage und ist besonders groß. Dies liegt daran, dass die Temperaturunterschiede von Jahr zu Jahr im Winter deutlich stärker sind als im Sommer.

Abbildung 23: Mittlere Häufigkeit an Frosttagen [n] beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.



Frosttage: (Bandbreite)

Bereits 2030 sind die Unterschiede zwischen den Klimaszenarien schon ausgeprägt. In den Tieflagen beträgt die Abnahme beim kühlssten Szenario etwa 2, im mittleren Szenario in etwa 11 und im wärmsten Szenario rund 33 Frosttage. Bis 2050 nehmen die Frosttage im kühlssten Szenario um knapp 12 Tage ab, im mittleren Szenario um etwa 27 und im wärmsten Szenario sogar um mehr als 46 Tage ab. Am Ende des Jahrhunderts sind die Unterschiede zwischen den Szenarien am höchsten. Im kühlssten Szenario kommt es in den Tieflagen zu einer Abnahme von etwa 18 Tagen, beim mittleren Szenario beträgt diese etwa 40 und beim Extremszenario sogar mehr als 65 Frosttage. Für ganz Oberösterreich gemittelt nehmen die Frosttage sogar um mehr als 75 Tage ab.

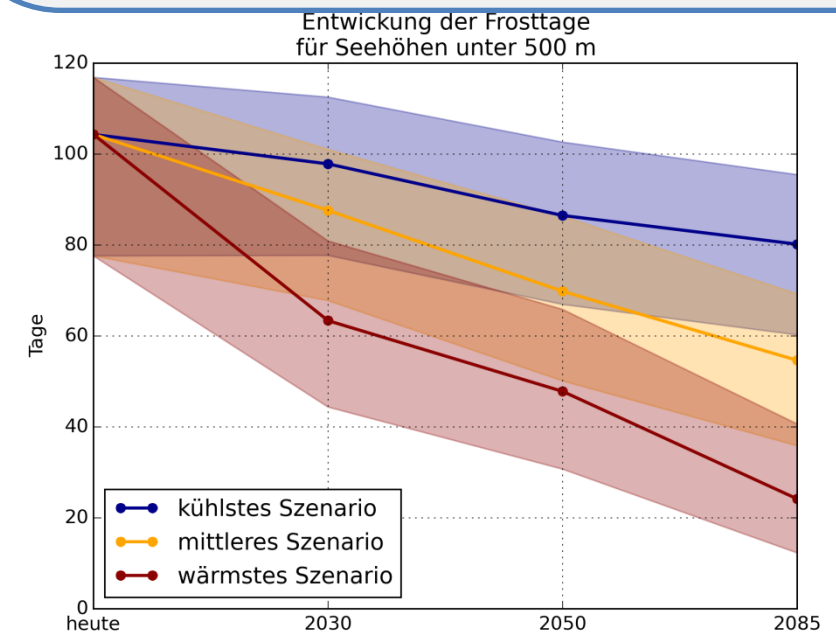
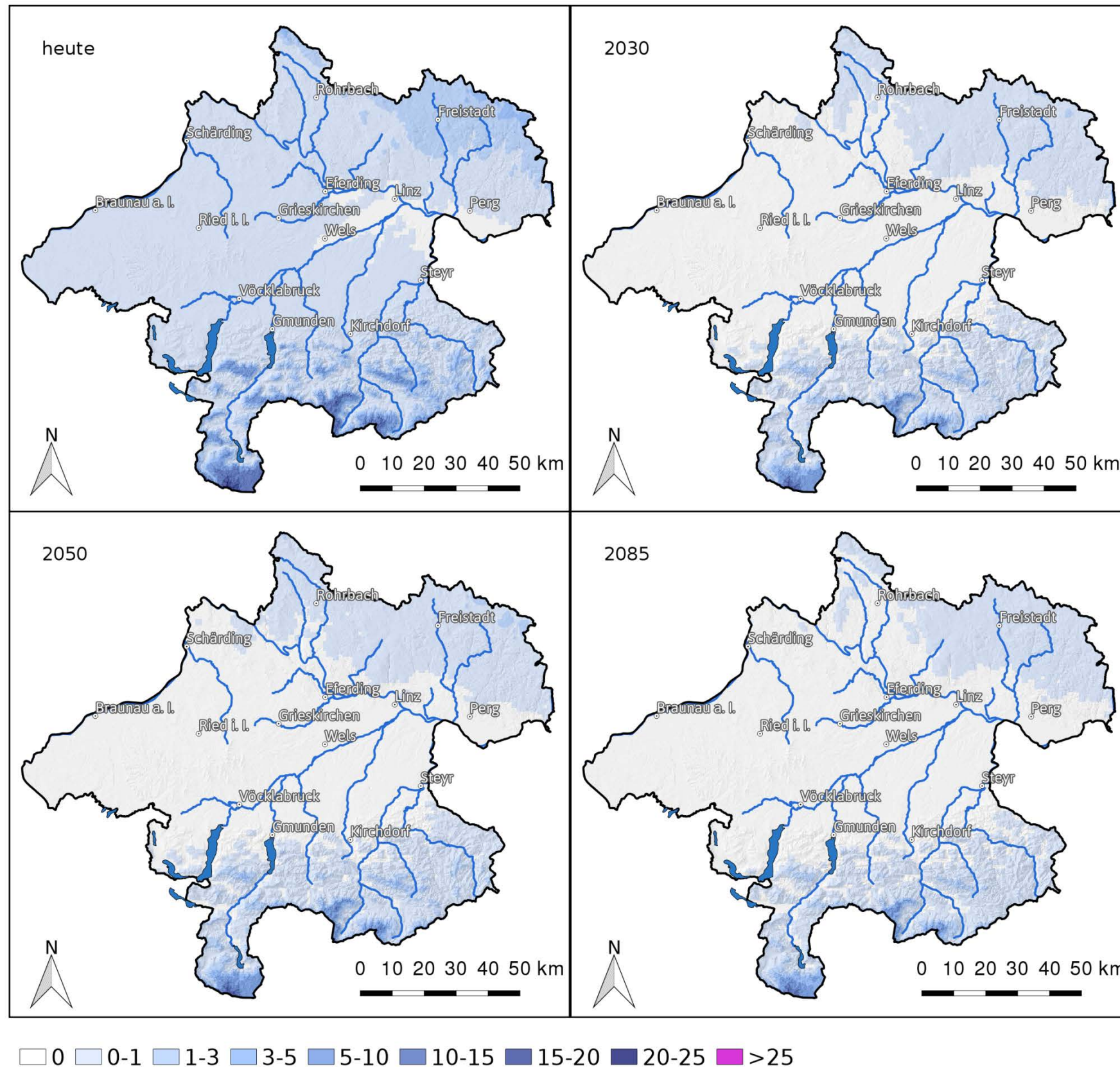


Abbildung 24: Veränderung der mittleren Anzahl an Frosttagen [n] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 500 m Seehöhe unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts).

Frosttage im April (Mittleres Szenario)

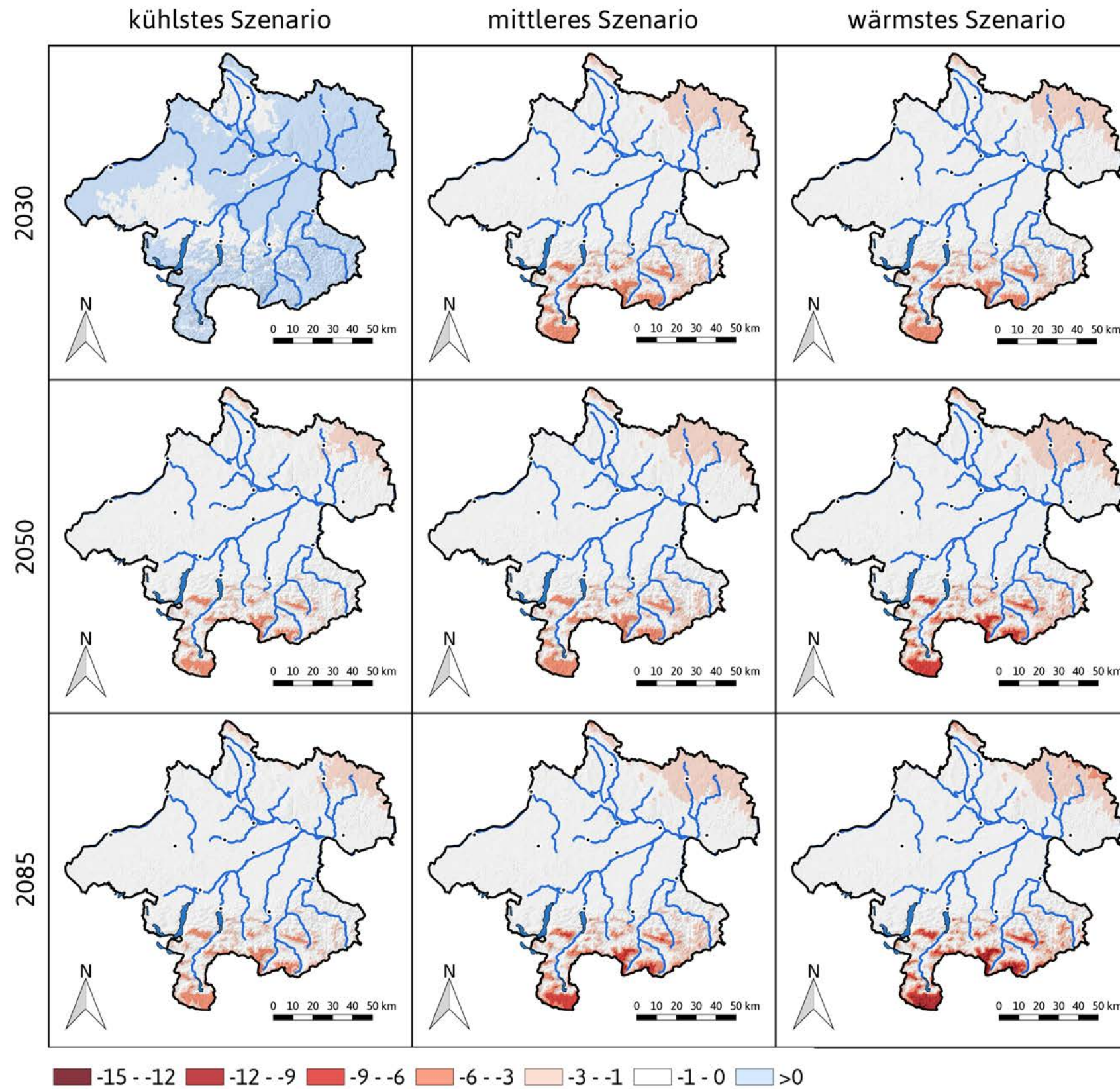


Frosttage im April: (Mittleres Szenario)

Def.: Mittlere Anzahl an Tagen im April mit einer Tagesminimumtemperatur von unter oder gleich $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ [n].

An derartigen Frosttagen können Frostschäden bei einzelnen Kulturpflanzen auftreten. In den wärmsten oberösterreichischen Lagen sind Frosttage im April in der Periode 1981-2010 gar nicht aufgetreten und großflächig kommen sie in den Tieflagen seltener als einmal pro Jahr vor. Im Mühlviertel und in Lagen um etwa 750 m steigt die Wahrscheinlichkeit auf 1 bis 2 Tage an. In den Gebirgsregionen nimmt die Häufigkeit mit der Seehöhe rasch zu, sodass in 1500 m schon Werte um 5 erreicht werden. Bis 2030 werden in den Tieflagen derartige Ereignisse großflächig nicht mehr vorkommen. In allen Höhenstufen sinkt die Anzahl dieser Ereignisse. Um 2050 haben sich die Flächen wo derartige Ereignisse nicht mehr vorkommen weiter ausgedehnt und unter 1000 m Seehöhe sind diese Ereignisse seltener als einmal pro Jahr. Am Ende des 21. Jahrhunderts nimmt die Wahrscheinlichkeit für derartige Ereignisse weiter ab.

Abbildung 25: Mittlere Häufigkeit an Frosttagen im April [n] beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.



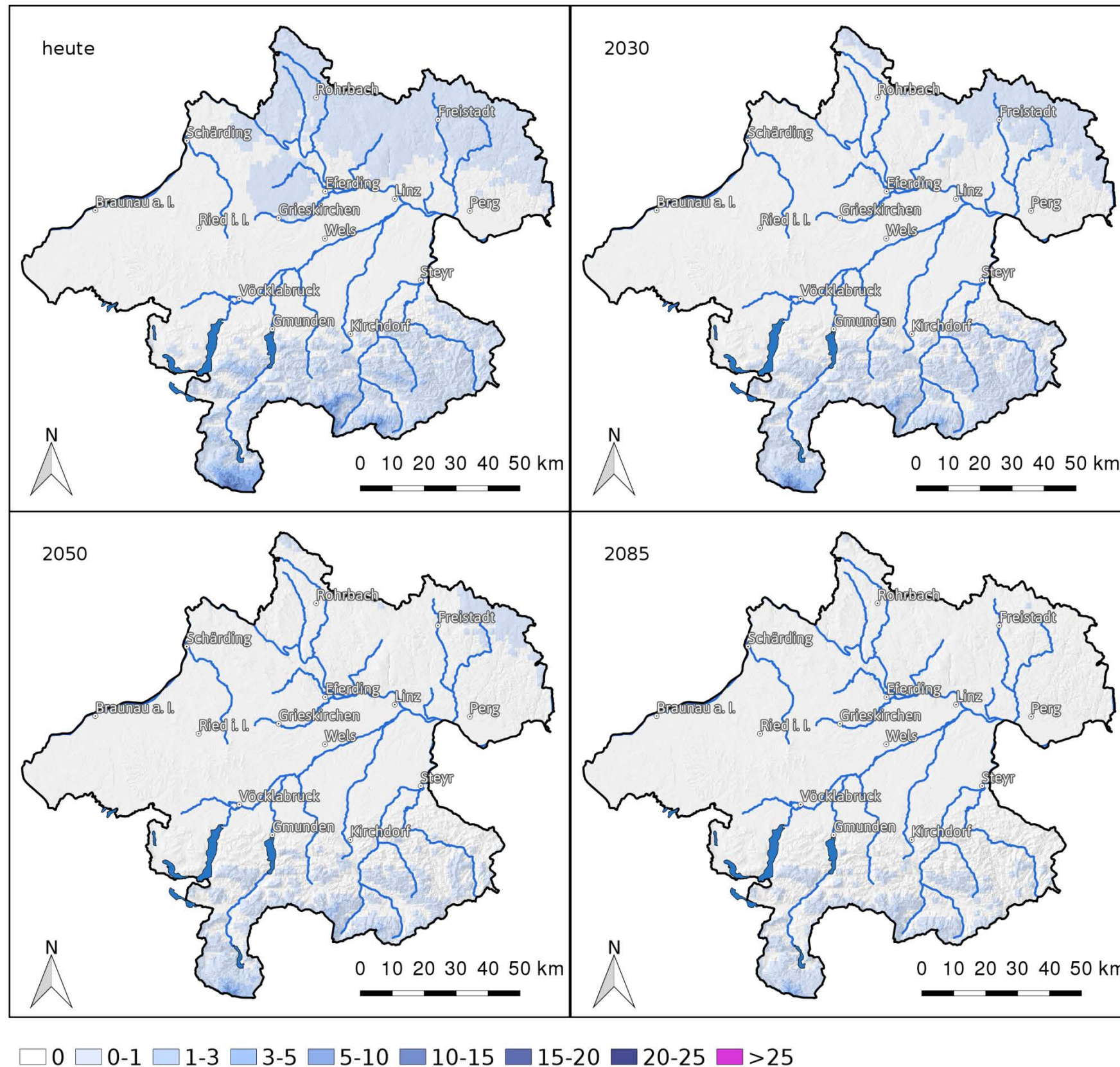
Frosttage im April: (Bandbreite)

2030 sind die Unterschiede zwischen den Klimaszenarien ausgeprägt. In den Tieflagen kommt es im kühlestem Szenario sogar zu einer leichten Zunahme an Frosttagen verglichen mit den real beobachteten Ereignissen. Bei diesem extrem seltenen Ereignis könnte dies jedoch auch an der Unschärfe durch die Schätzung des Indikators aus Monatsdaten liegen. Bei allen anderen Szenarien wird der Indikator in den Tieflandregionen und in Gebieten bis etwa 750 m Seehöhe auf Null reduziert. Eine Differenzierung gibt es lediglich in den Gebirgsregionen. Bis zum Ende des 21. Jahrhunderts kommt dieses Ereignis unter 1000 m faktisch nicht mehr vor.

Dies muss jedoch nicht unbedingt bedeuten, dass das Frostrisiko in der Landwirtschaft grundsätzlich abnimmt. Durch die wärmeren Verhältnisse verlagert sich auch die phänologische Entwicklung der Pflanzen und diese ist ausschlaggebend für die Frostempfindlichkeit von Pflanzen. Dadurch kann sich der relevante Zeitraum aus dem April in den März oder sogar Februar verlagern.

Abbildung 26: Veränderung der mittleren Anzahl an Frosttagen im April [n] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario.

Frosttage im Mai (Mittleres Szenario)

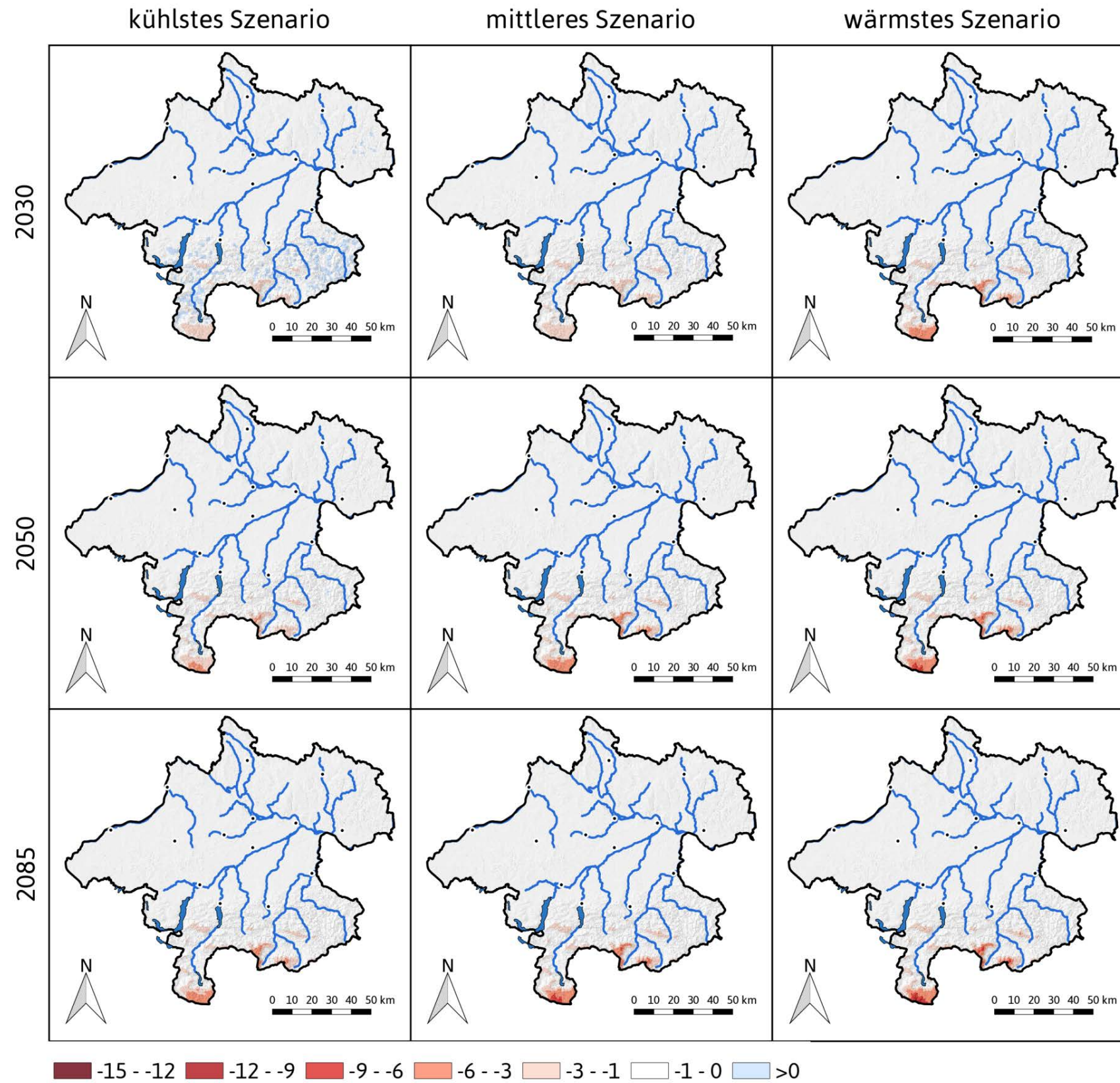


Frosttage im Mai: (Mittleres Szenario)

Def.: Mittlere Anzahl an Tagen im Mai mit einer Tagesminimumtemperatur von unter oder gleich $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ [n].

An derartigen Frosttagen können Frostschäden bei einzelnen Kulturpflanzen auftreten. In den Tieflagen Oberösterreichs sind Frosttage im Mai in der Periode 1981-2010 gar nicht aufgetreten. Im Mühlviertel und in Lagen um etwa 750 kommen sie seltener als einmal pro Jahr vor. In den Gebirgsregionen nimmt die Häufigkeit mit der Seehöhe zu, sodass in 1500 m schon Werte um 3 erreicht werden. Bis 2030 werden in den Tieflagen und Seehöhenbereiche unter 750 m derartige Ereignisse großflächig nicht mehr vorkommen. In allen Höhenstufen sinkt die Anzahl dieser Ereignisse. Um 2050 haben sich die Flächen wo derartige Ereignisse nicht mehr vorkommen weiter ausgedehnt und unter 1000 m Seehöhe sind diese Ereignisse seltener als einmal pro Jahr. Am Ende des 21. Jahrhundert nimmt die Wahrscheinlichkeit für derartige Ereignisse weiter ab.

Abbildung 27: Mittlere Häufigkeit an Frosttagen im Mai [n] beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.



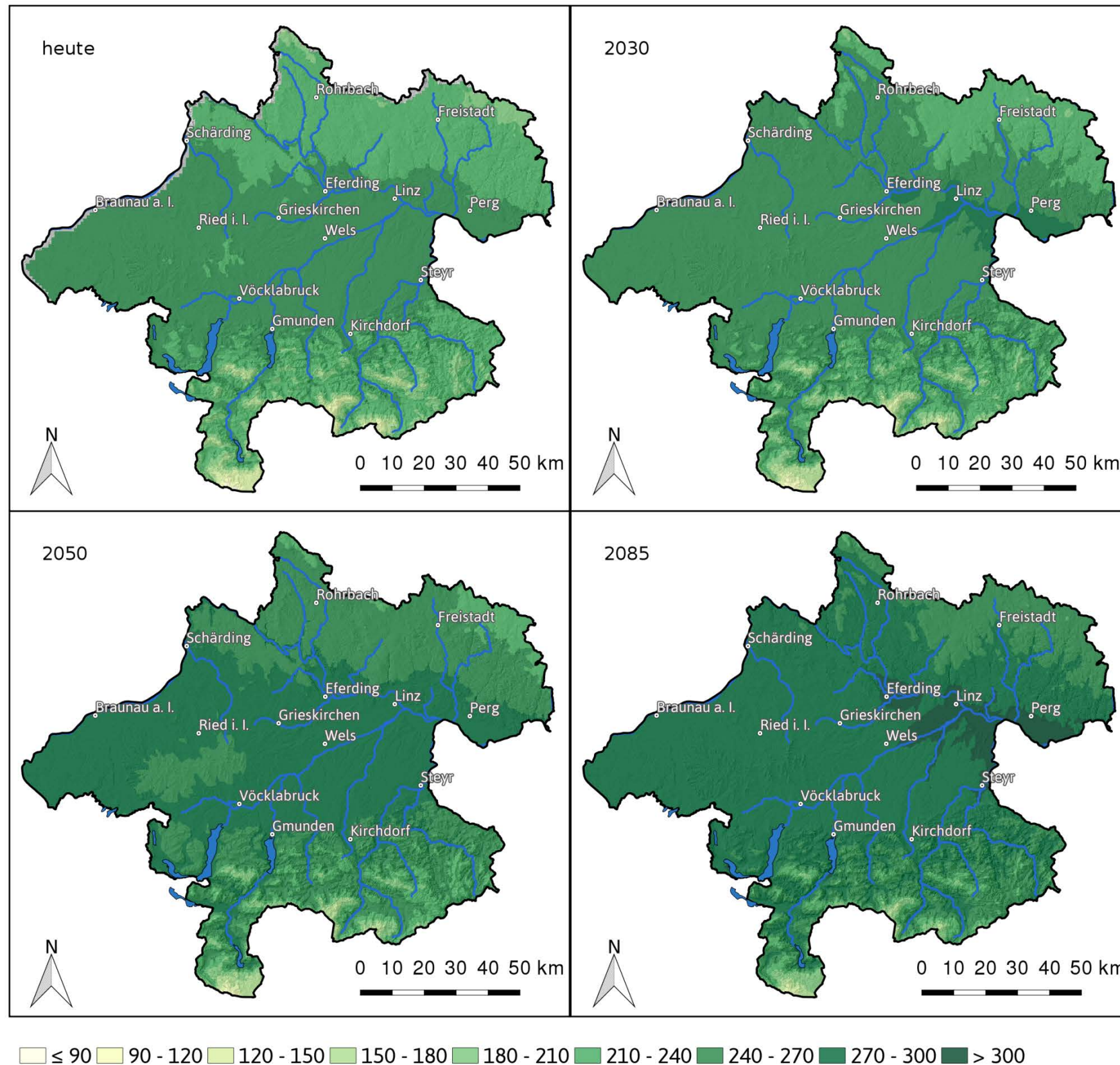
Frosttage im Mai: (Bandbreite)

Bereits 2030 gibt es kaum mehr Unterschiede zwischen den Klimaszenarien, da in weiten Teilen des Bundeslandes dieses Ereignis nicht mehr vorkommt. Eine Differenzierung gibt es lediglich in den Gebirgsregionen Bis zum Ende des 21. Jahrhunderts kommt dieses Ereignis unter 1500 m faktisch nicht mehr vor.

Dies muss jedoch nicht unbedingt bedeuten, dass das Frostrisiko in der Landwirtschaft grundsätzlich abnimmt. Durch die wärmeren Verhältnisse verlagert sich auch die phänologische Entwicklung der Pflanzen und diese ist ausschlaggebend für die Frostempfindlichkeit von Pflanzen. Dadurch kann sich der relevante Zeitraum aus dem Mai in den April oder sogar März verlagern.

Abbildung 28: Veränderung der mittleren Anzahl an Frosttagen im Mai [n] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario.

Vegetationsperiode (Mittleres Szenario)

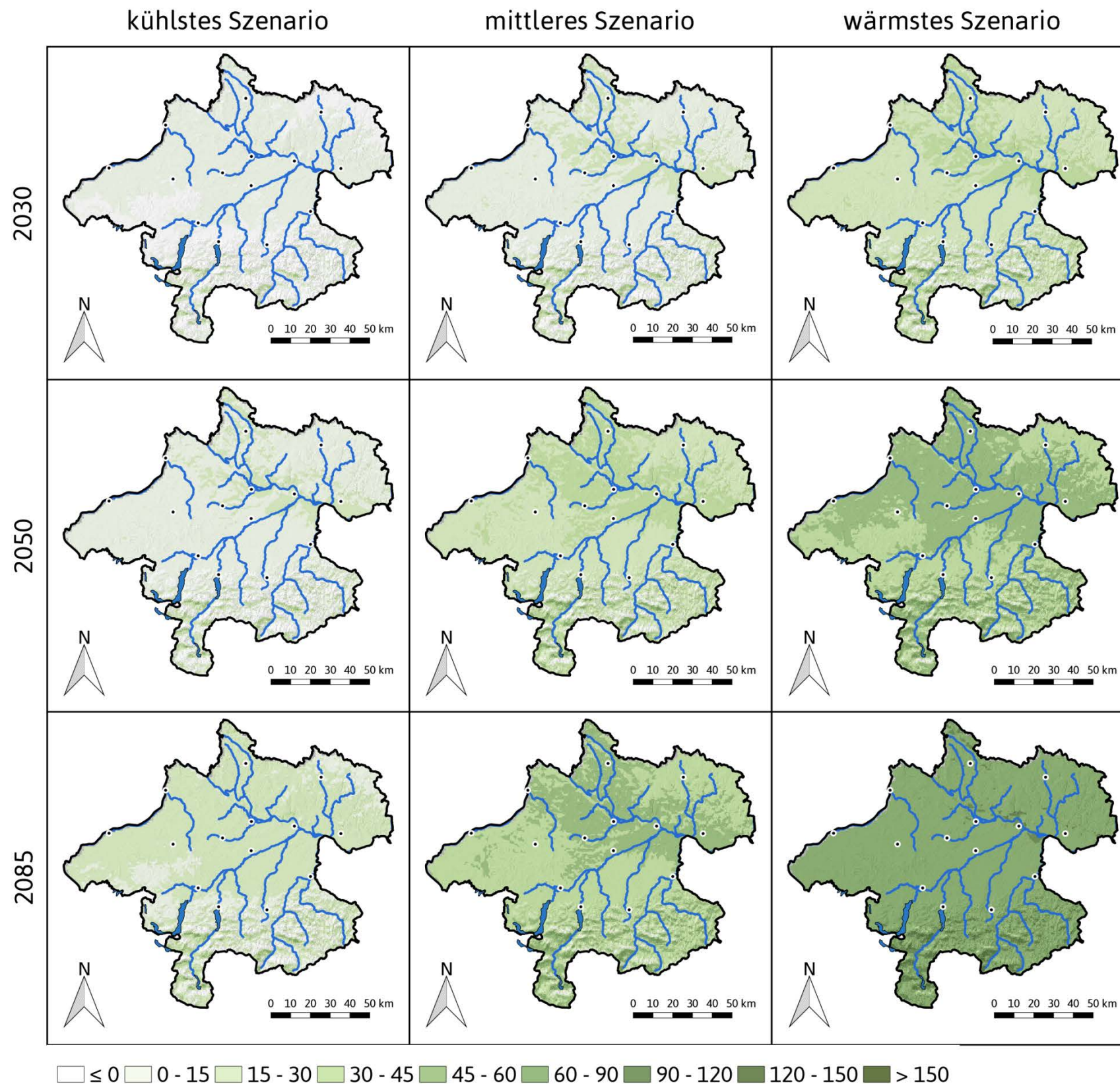


Vegetationsperiode: (Mittleres Szenario)

Def.: Mittlere Anzahl an Tagen pro Jahr mit einer Tagesmitteltemperatur von über oder gleich 5 °C. Die Vegetationsperiode beginnt bzw. endet wenn fünf zusammenhängende Tage dieses Kriterium erfüllen bzw. nicht erfüllen [n].

In den oberösterreichischen Tieflagen (unter 500 m) dauert die Vegetationsperiode derzeit im Mittel etwa 240 Tage, in den wärmsten Regionen knapp mehr als 250 Tage. In den Gebirgsregionen nimmt die Länge mit der Seehöhe rasch ab. Bis 2030 werden in den Tieflagen großflächig mehr als 260 Vegetationsperiodentage erreicht. In allen Höhenstufen verlängert sich die Vegetationsperiode, im oberösterreichischen Mittel um etwa 10 Tage. Um 2050 beträgt die Länge der Vegetationsperiode im oberösterreichischen Zentralraum und entlang des Inns mehr als 270 Tage. Am Ende des 21. Jahrhundert dauert die Vegetationsperiode in den wärmsten Regionen Oberösterreichs bereits mehr als 300 Tage. Im oberösterreichischen Durchschnitt verlängert sich die Vegetationsperiode um mehr als 50 Tage. Bei der Veränderung zeigt sich eine Seehöhenabhängigkeit, wodurch diese in den Tieflagen etwas stärker ausfällt als im Gebirge. Neben den mittleren Verhältnissen muss man auch die Schwankungen von Jahr zu Jahr berücksichtigen. Diese betragen bei der Länge der Vegetationsperiode in den wärmsten Regionen Oberösterreichs in etwa ± 20 Tage.

Abbildung 29: Mittlere Länge der Vegetationsperiode beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.



Vegetationsperiode: (Bandbreite)

Bereits 2030 sind die Unterschiede zwischen den Klimaszenarien recht deutlich. In den Tieflagen gibt es beim kühlssten Szenario eine Zunahme der Vegetationsperiodentage von etwa 10, im mittleren Szenario in etwa 20 und im wärmsten Szenario rund 35. Bis 2050 nehmen die Vegetationsperiodentage im kühlssten Szenario um knapp 18 Tage zu, im mittleren Szenario um etwa 35 und im wärmsten Szenario sogar um mehr als 50 Tage zu. Am Ende des Jahrhunderts sind die Unterschiede zwischen den Szenarien am höchsten. Im kühlssten Szenario kommt es in den Tieflagen zu eine Zunahme von etwa 27 Tagen, beim mittleren Szenario beträgt diese etwa 50 und beim Extremszenario sogar mehr als 90 Hitzetage. In diesem Extremszenario kommen in Oberösterreich Jahre vor, in denen die Vegetationsperiode nicht mehr unterbrochen wird.

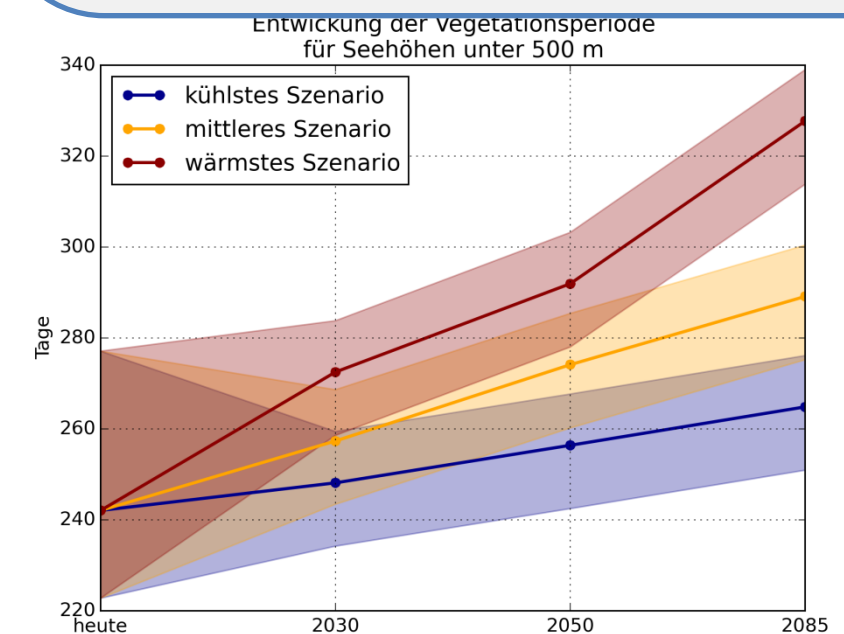
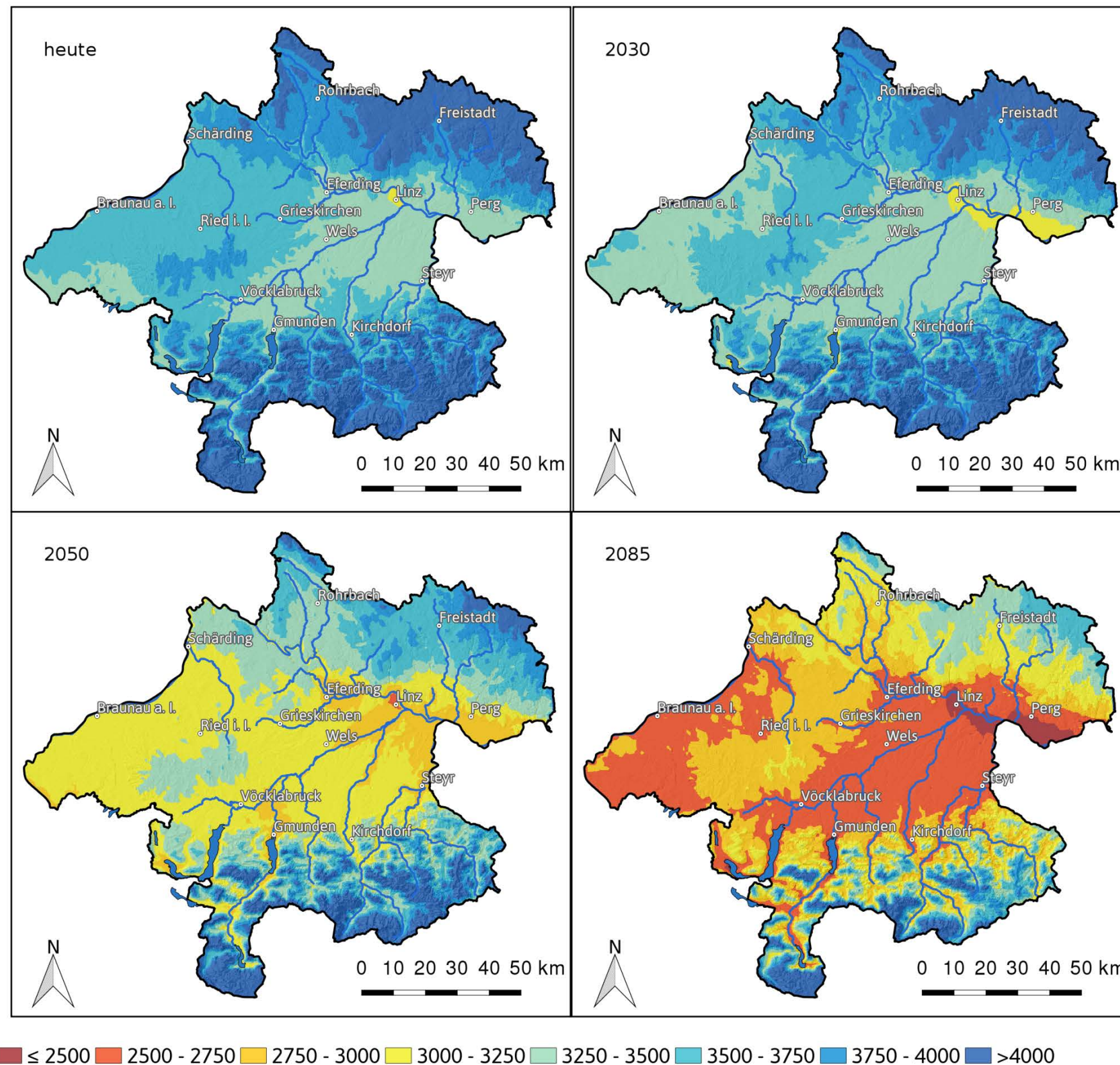


Abbildung 30: Veränderung der mittleren Länge der Vegetationsperiode [n] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 500 m Seehöhe unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts).

Heizgradtage (Mittleres Szenario)

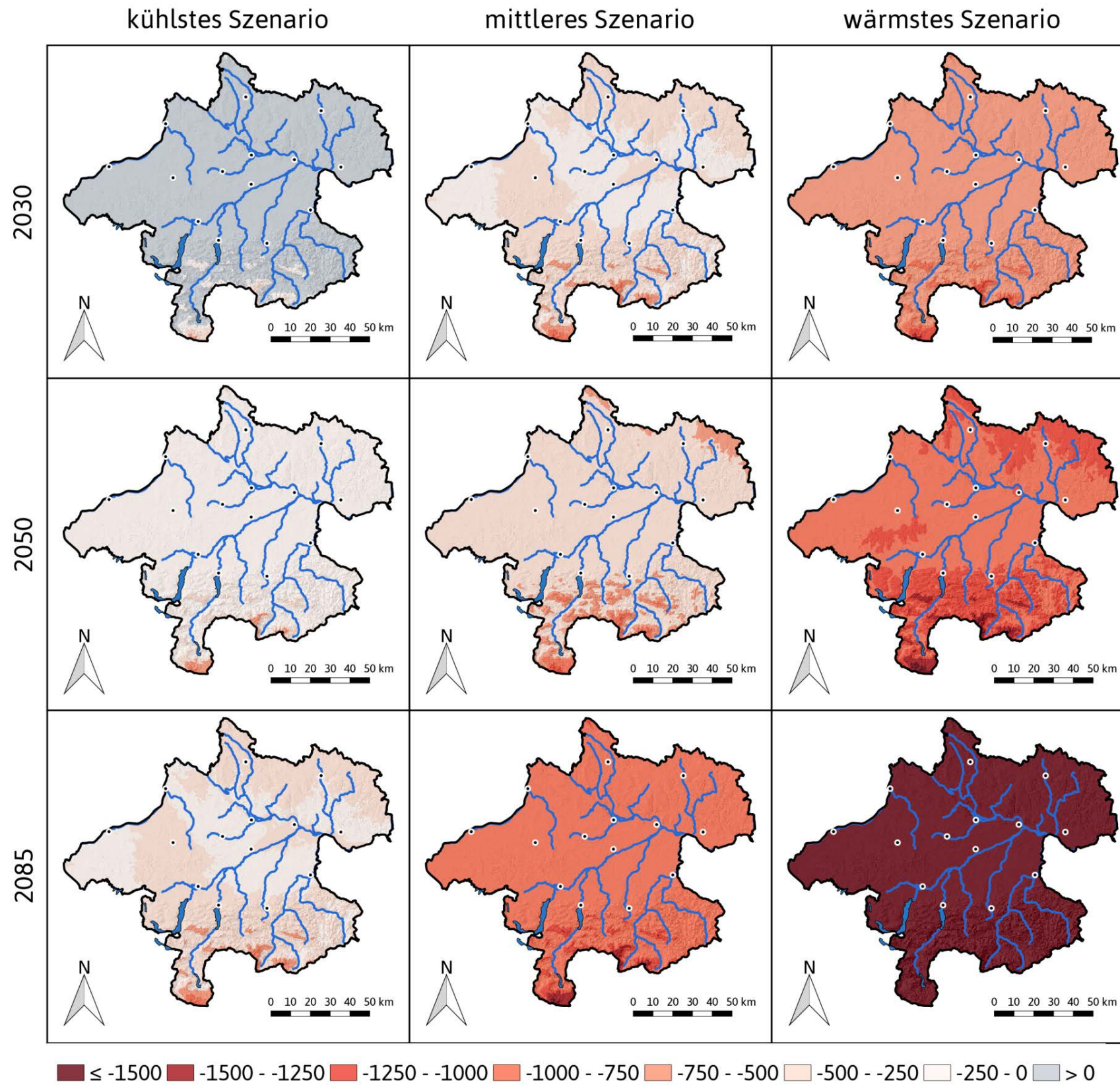


Heizgradtage: (Mittleres Szenario)

Def.: *Temperatursumme von Tagen pro Jahr an denen die Tagesmitteltemperatur 12 °C nicht erreicht. Dabei wird die Differenz 20 – Tagesmitteltemperatur aufsummiert [°C/a].*

Heizgradtage sind ein Maß für den klimatologisch bedingten Heizbedarf. Die relative Änderung der Heizgradtage ist direkt proportional zum Heizenergieverbrauch eines Gebäudes bei gleicher Dämmung und Nutzung. In den wärmsten oberösterreichischen Regionen liegen die Heizgradtage heute bei rund 3200 °C. In den kühleren Lagen des Hausrucks und Mühlviertels liegen die Werte bei etwa 4000 °C und in den Mittelgebirgslagen um 1500 m bei über 5000 °C. Bis 2030 dehnen sich die Gebiete mit weniger als 3250 °C entlang der Donau aus. In allen Höhenstufen nehmen die Heizgradtage ab. Im oberösterreichischen Durchschnitt um rund 100 °C. Um 2050 haben sich die Heizgradtage in den Tieflagen unter 500 m um etwa 450 °C reduziert und liegen damit um rund 12 % niedriger als heute. Ende des 21. Jahrhundert werden in den wärmsten Regionen Oberösterreichs Heizgradtagwerte unter 2500 °C vorkommen. Die mittlere Abnahme beträgt absolut rund 850 °C. Dies entspricht einer relativen Abnahme mehr als 20 %. Neben den mittleren Verhältnissen muss man auch die Schwankungen von Jahr zu Jahr berücksichtigen. Diese betragen bei den Heizgradtagen in den wärmsten Regionen Oberösterreichs in etwa ± 300 °C.

Abbildung 31: Mittlere Heizgradtagssumme [°C/a] beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.



Heizgradtage: (Bandbreite)

Bereits 2030 sind die Unterschiede zwischen den Klimaszenarien beachtlich. In den Tieflagen gibt es beim kühlssten Szenario sogar eine leichte Zunahme der Heizgradtage um 170 °C, im mittleren Szenario eine Abnahme von etwa 100 °C und im wärmsten Szenario eine Abnahme von rund 600 °C. Bis 2050 nehmen die Heizgradtage im kühlssten Szenario um knapp 90 °C, im mittleren Szenario um etwa 450 °C und im wärmsten Szenario sogar um mehr als 1000 °C ab. Am Ende des Jahrhunderts sind die Unterschiede zwischen den Szenarien am höchsten. Im kühlssten Szenario kommt es in den Tieflagen zu einer Abnahme von etwa 280 °C, beim mittleren Szenario beträgt diese etwa 850 °C und beim Extremszenario sogar mehr als 1600 °C. In diesem Extremszenario kommt es in den wärmsten Regionen Oberösterreichs faktisch zu einer Halbierung des Heizbedarfs.

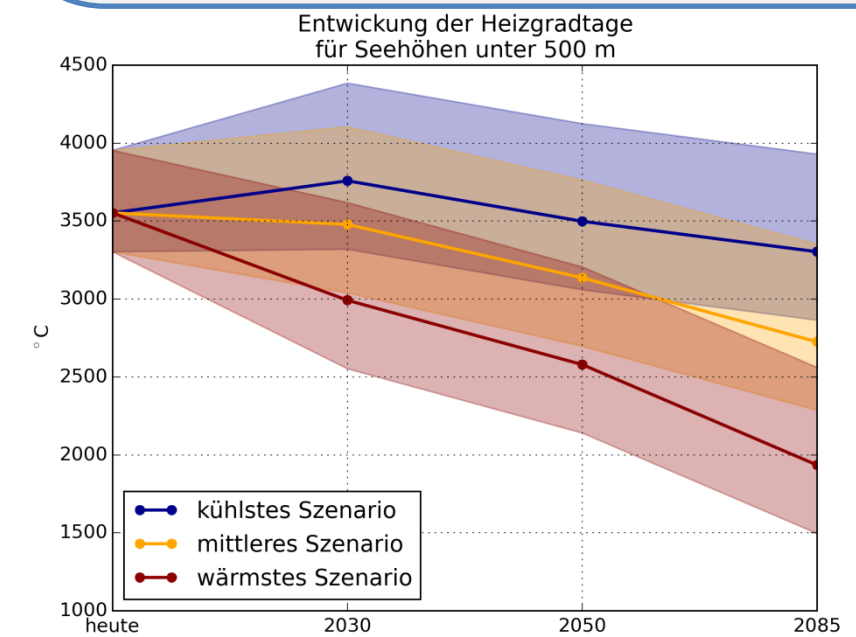
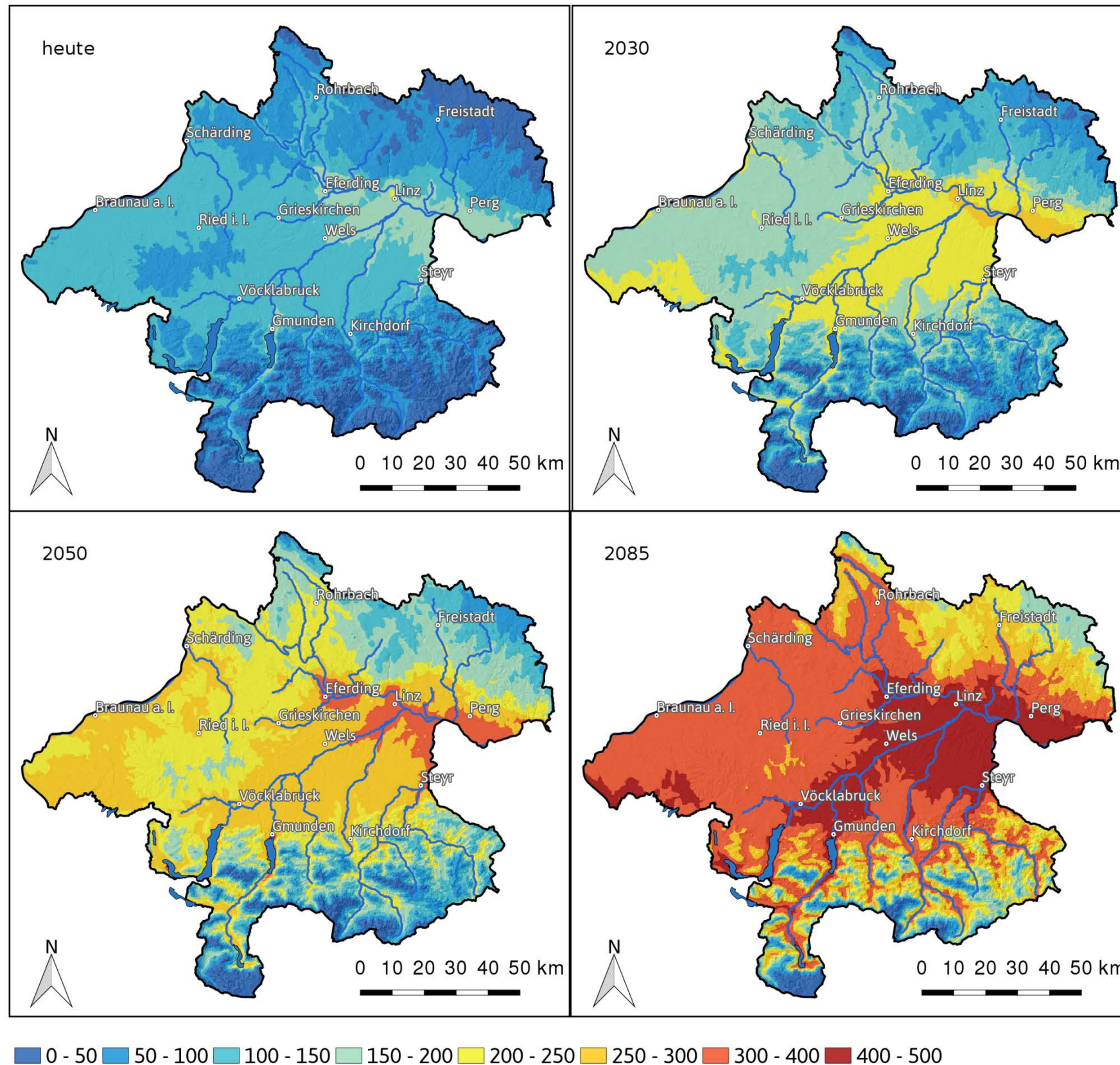


Abbildung 32: Veränderung der mittleren Heizgradtagsumme [°C/a] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 500 m Seehöhe unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts).

Kühlgradtage (Mittleres Szenario)

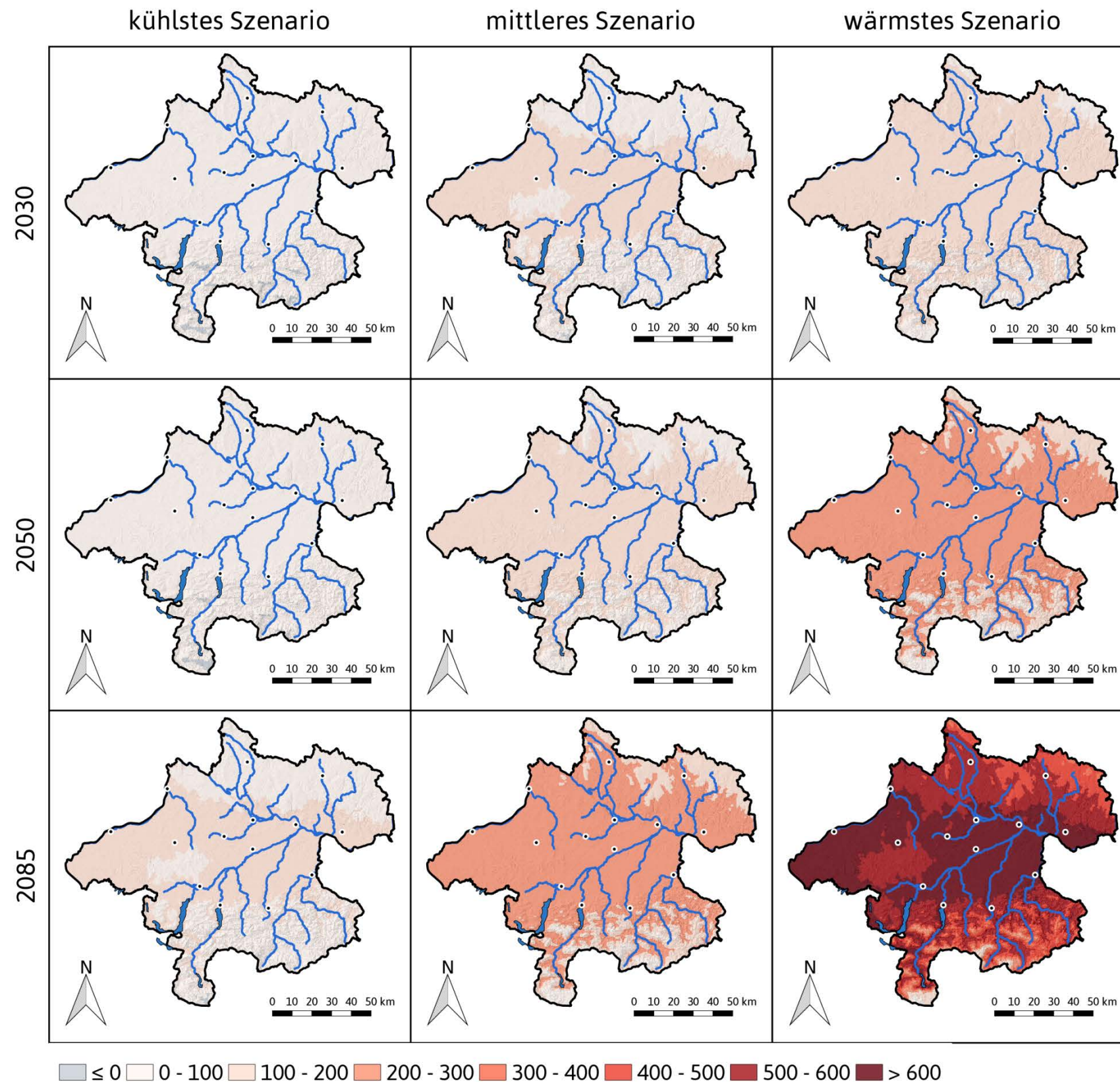


Kühlgradtage: (Mittleres Szenario)

Def.: *Temperatursumme von Tagen an denen die Tagesmitteltemperatur 18,3 °C übersteigt. Dabei wird die Differenz Tagesmitteltemperatur – 18,3 aufsummiert [°C/a].*

Kühlgradtage sind ein Maß für den klimatologisch bedingten Kühlbedarf. Da derzeit jedoch die meisten Gebäude nicht aktiv gekühlt werden, kann kein direkter Rückschluss auf den Kühlenergiebedarf gemacht werden. In den wärmsten oberösterreichischen Regionen liegen die Kühlgradtage heute bei etwa 150 °C. In den kühleren Lagen des Hausrucks und Mühlviertels liegen die Werte bereits unter 50 °C und gehen mit zunehmender Seehöhe rasch auf Null zurück. Bis 2030 dehnen sich die Gebiete mit mehr als 250 °C entlang der Donau aus. In allen Höhenstufen nehmen die Kühlgradtage zu. Im oberösterreichischen Durchschnitt um rund 60 °C. Um 2050 haben sich die Kühlgradtage in den Tieflagen unter 500 m um etwa 140 °C erhöht und damit gegenüber heute mehr als verdoppelt. Ende des 21. Jahrhundert werden in den wärmsten Regionen Oberösterreichs Kühlgradtagwerte über 450 °C vorkommen. Die mittlere Zunahme beträgt absolut rund 280 °C. Dies entspricht beinahe einer Verdreifachung des derzeitigen Kühlbedarfs. Neben den mittleren Verhältnissen muss man auch die Schwankungen von Jahr zu Jahr berücksichtigen. Diese betragen bei den Kühlgradtagen in den wärmsten Regionen Oberösterreichs in etwa ± 50 °C.

Abbildung 33: Mittlere Kühlgradtagsumme [°C/a] beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.



Kühlgradtage: (Bandbreite)

Bereits 2030 sind die Unterschiede zwischen den Klimaszenarien beachtlich. In den Tieflagen gibt es beim kühlssten Szenario eine Zunahme der Kühlgradtage um 40 °C, im mittleren Szenario von etwa 70 °C und im wärmsten Szenario von rund 170 °C. Bis 2050 nehmen die Kühlgradtage im kühlssten Szenario um knapp 70 °C, im mittleren Szenario um etwa 140 °C und im wärmsten Szenario sogar um mehr als 280 °C ab. Am Ende des Jahrhunderts sind die Unterschiede zwischen den Szenarien am höchsten. Im kühlssten Szenario kommt es in den Tieflagen zu einer Zunahme von etwa 110 °C, beim mittleren Szenario beträgt diese etwa 280 °C und beim Extremszenario sogar mehr als 650 °C. In diesem Extremszenario kommt es über ganz Oberösterreich gemittelt zu einer mehr als Versechsfachung des Kühlbedarfs.

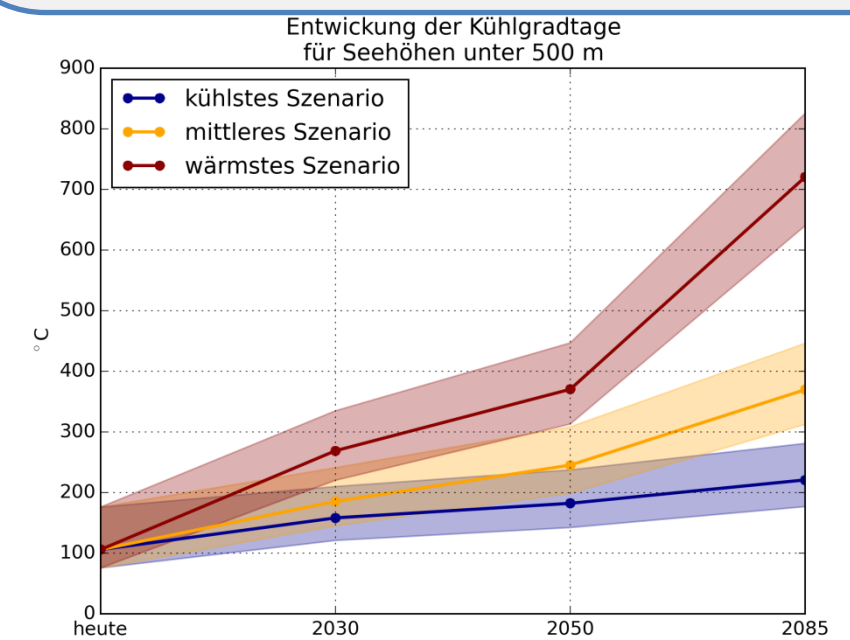
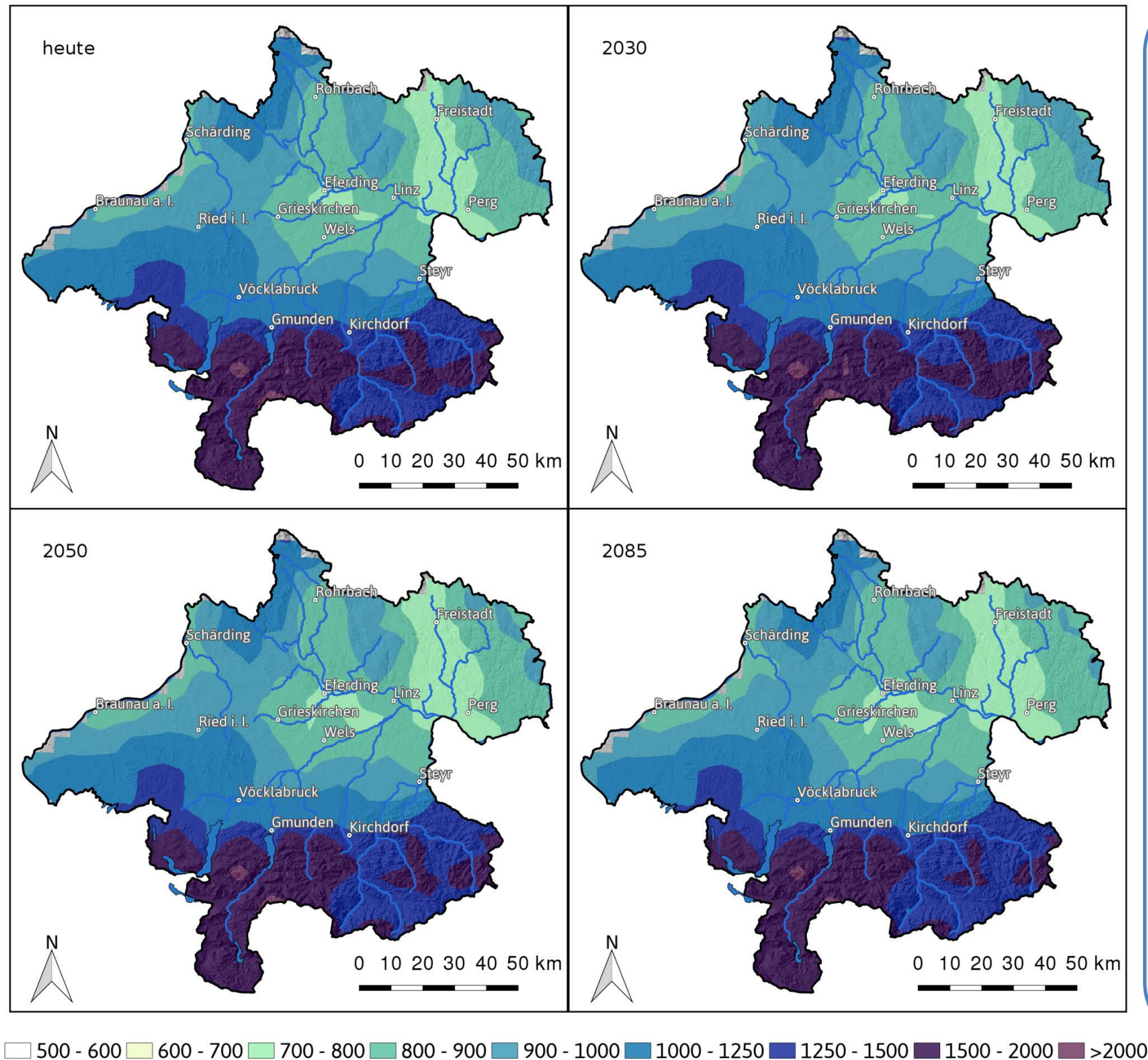


Abbildung 34: Veränderung der mittleren Kühlgradtagssumme [°C/a] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 500 m Seehöhe unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts).

Jahresniederschlagssumme (Mittleres Szenario)



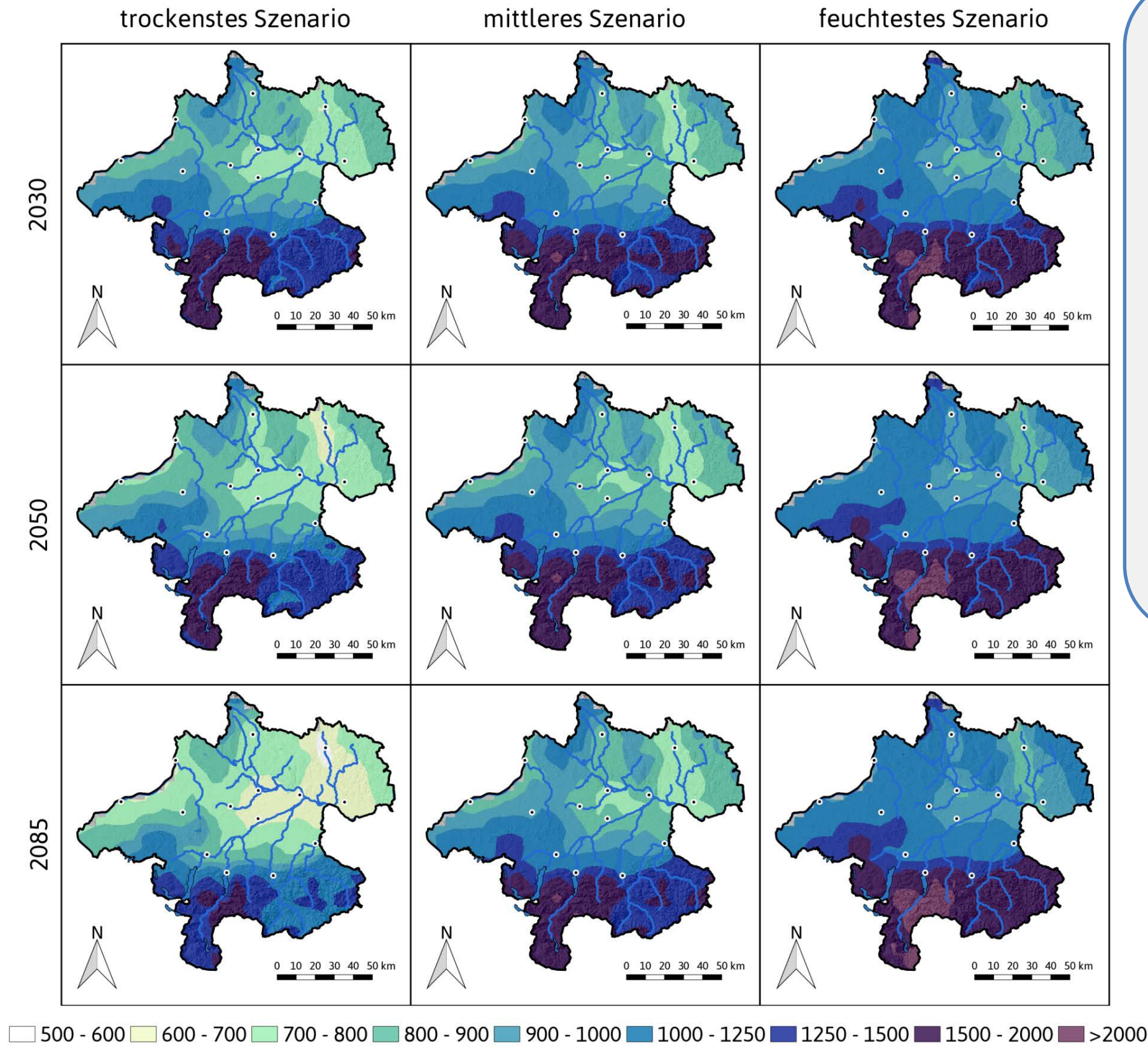
Jahresniederschlagssumme: (Mittleres Szenario)

Def.: 30 jähriges Mittel der Jahresniederschlagssumme berechnet aus Tagesniederschlägen für das ganze Jahr [mm].

Die Jahresniederschlagssumme zeigt in Oberösterreich eine große räumliche Variabilität. Während im oberösterreichischen Zentralraum und den tiefen Lagen des Mühlviertels in etwa 800 mm Niederschlag fallen, nimmt dieser in Richtung Alpen stark zu. Das Salzkammergut und speziell die angrenzenden Berge zählen zu den niederschlagsreichsten Regionen Österreichs mit mehr als 2000 mm Jahresniederschlag. Richtung Böhmerwald ist die Niederschlagszunahme nicht so ausgeprägt. Im Böhmerwald liegen die maximalen Jahresniederschläge knapp über 1000 mm.

Im Jahresniederschlag zeigt sich bei dem mittleren Klimaszenario keine wesentliche Veränderung. Die räumliche Verteilung des Niederschlags in Oberösterreich ist in erster Linie durch die Gebirge geprägt und bleibt daher konstant. Auch die Niederschlagsmengen zeigen keine nennenswerte Veränderung. Diese bewegen sich im oberösterreichischen Mittel zwischen einer leichten Zunahme von 0,7 % bis 2030 und einer leichten Abnahme von 1,8 % am Ende des Jahrhunderts. Diese Veränderung ist damit deutlich geringer als die Schwankung von Jahr zu Jahr mit einer Größenordnung von ± 10 %.

Abbildung 35: Entwicklung der Jahresniederschlagssumme [mm] in Oberösterreich beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.



Jahresniederschlagssumme: (Bandbreite)

2030 beträgt die Zunahme beim feuchtesten Szenario etwa 9 %, im mittleren Szenario bleibt sie gleich und im trockensten Szenario ergibt sich eine Abnahme der Jahresniederschlagssumme von -5 %. Bis 2050 steigt die Jahresniederschlagssumme im feuchtesten Szenario um 13 %, im mittleren Szenario ergibt sich eine Abnahme von -1 % und im trockensten Szenario um -5 %. Am Ende des Jahrhunderts sind die Unterschiede zwischen den Szenarien am höchsten. Im feuchtesten Szenario kommt es zu einer Zunahme von 14 %, beim mittleren Szenario zu einer Abnahme von -2 % und beim trockensten Szenario um -9 %. Die Unterschiede zwischen den Modellen kommen in erster Linie aufgrund der unterschiedlichen modellinternen Schwankungen auf dekadischer Zeitskala zustande und weniger durch unterschiedliche Klimatrends.

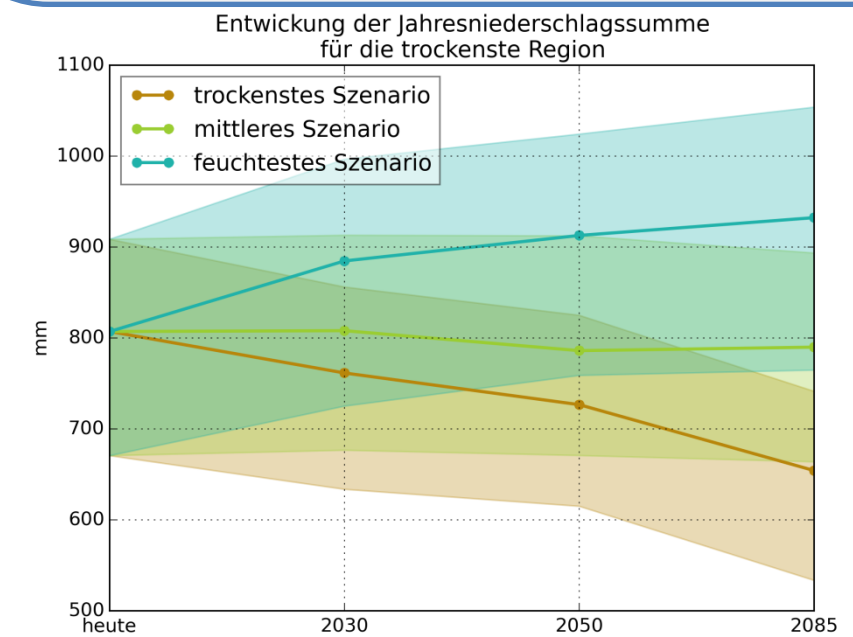
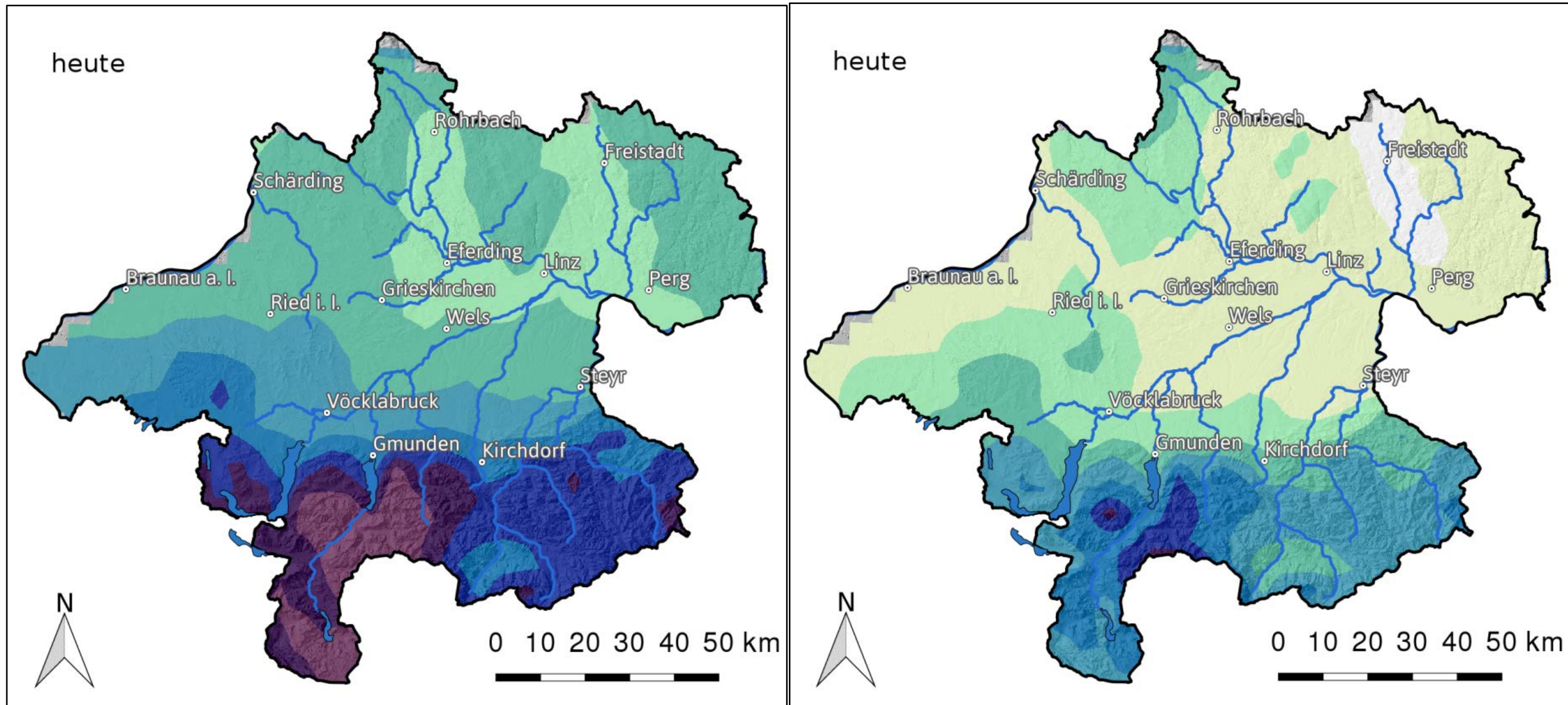


Abbildung 36: Entwicklung der Jahresniederschlagssumme [mm] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 850 mm Jahresniederschlag unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts).



200 - 300
 300 - 400
 400 - 500
 500 - 600
 600 - 700
 700 - 800
 800 - 900
 900 - 1000
 >1000

Abbildung 37: Heutige (1981-2010) Niederschlagssumme[mm] für das Sommerhalbjahr (April bis September; links) sowie dem Winterhalbjahr (Oktober bis März; rechts)

Niederschlagssumme für das Sommer- und das Winterhalbjahr: (Beobachtung)

Def.: 30 jähriges Mittel der halbjährlichen Niederschlagssumme berechnet aus Tagesniederschlägen der jeweiligen Saison [mm].

Generell fällt im Sommerhalbjahr (April bis September) mehr Niederschlag als im Winterhalbjahr (Oktober bis März). Grob kann man sagen, dass in Oberösterreich rund 60 % des Jahresniederschlags im Sommerhalbjahr fallen und nur 40 % im Winterhalbjahr. Bei der räumlichen Struktur der Niederschlagsverteilung gibt es hingegen keine Unterschiede. Die niederschlagsärmsten Regionen liegen im Donauraum und im Mühlviertel. Im Böhmerwald gibt es eine leichte Zunahme der Niederschlagssumme mit der Seehöhe und Richtung Alpen eine starke Zunahme. Die größten Niederschlagssummen werden im Bergland des Salzkammergutes erreicht.

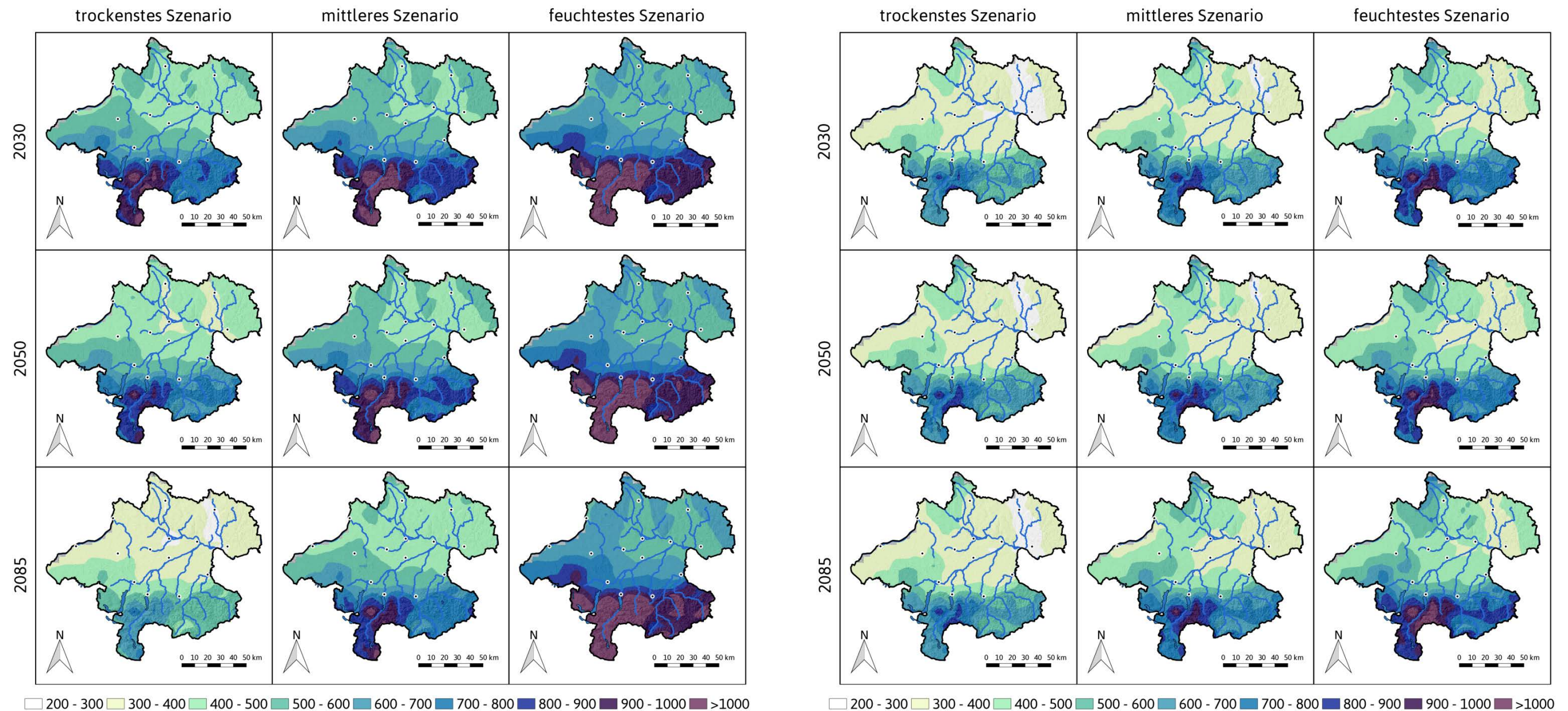


Abbildung 38: Bandbreite der Entwicklung der Niederschlagssumme [mm] für den Sommerhalbjahr (AMJJAS; links) sowie dem Winter (ONDJFM; rechts)

Niederschlagssumme für das Sommer- und das Winterhalbjahr: (Bandbreite)

Def.: 30 jähriges Mittel der saisonalen Niederschlagssumme berechnet aus Tagesniederschlägen der jeweiligen Saison [mm].

Generell zeigt das Sommerhalbjahr (April bis September) eine deutlich andere Entwicklung als das Winterhalbjahr (Oktober bis März). Im Sommerhalbjahr zeigt das mittlere Szenario eine zunehmende Abtrocknung mit einer Niederschlagsreduktion von -12 % bis zum Ende des Jahrhunderts. Im trockensten Szenario ist diese Entwicklung deutlich verstärkt und beträgt am Ende des Jahrhunderts sogar 36 %. Lediglich das feuchteste Szenario gibt auch für den Sommer eine Niederschlagszunahme von etwa 15 %. Im Winterhalbjahr zeigt sich hingegen im mittleren Szenario eine Zunahme von 10 %, die im feuchtesten Szenario bis auf 23 % ansteigt. Lediglich im trockensten Szenario kommt es im Winter zu einer Abnahme von knapp 4 %.

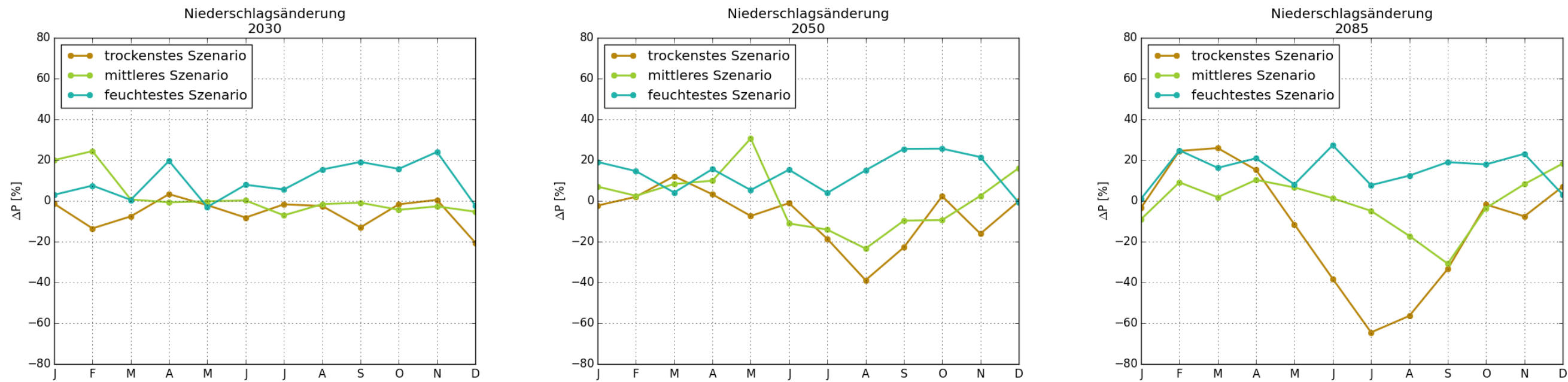
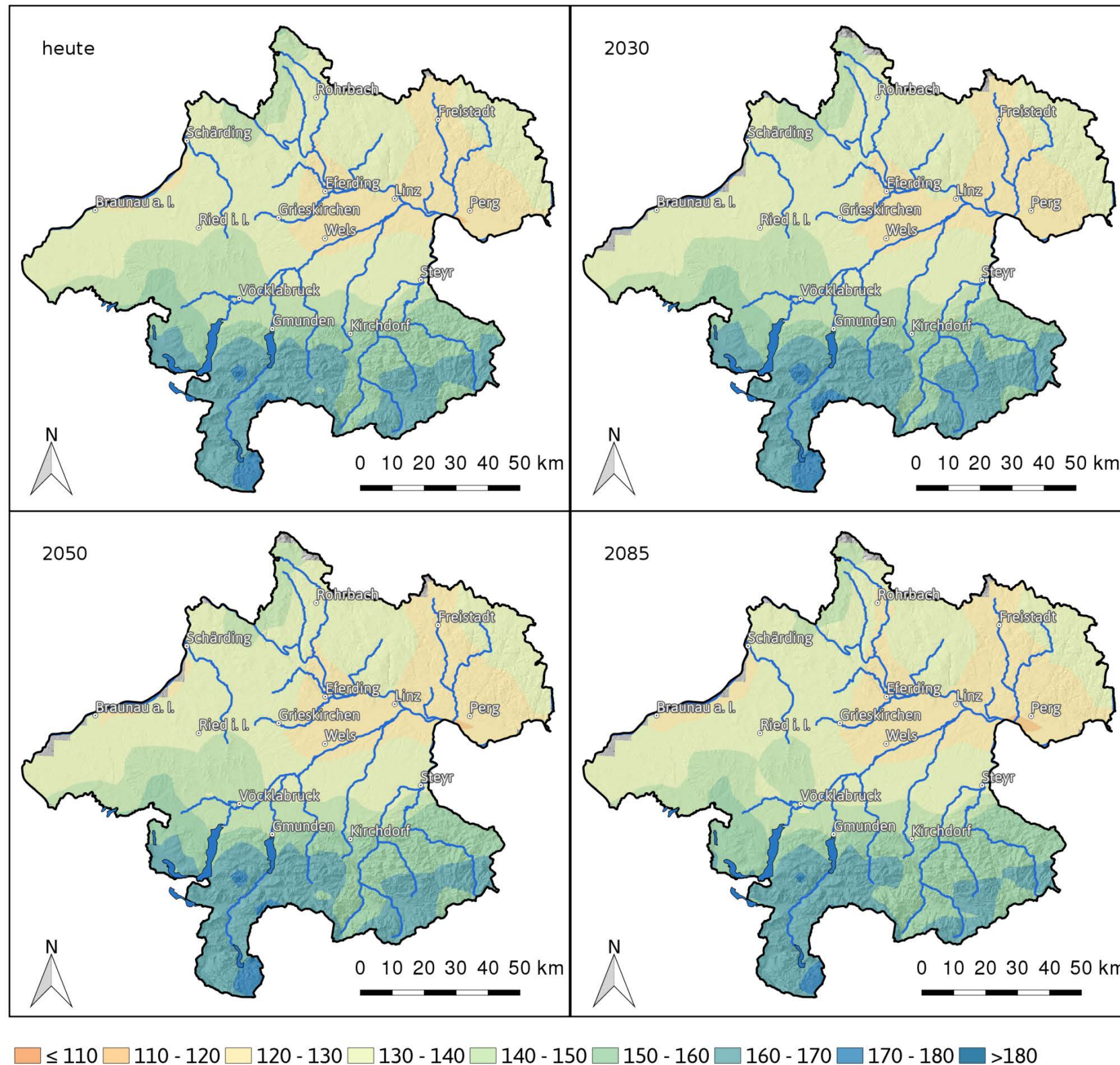


Abbildung 39: Veränderung des Jahrganges des Niederschlages [mm] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario in Oberösterreich für die drei Perioden im 21. Jahrhundert

Jahresgang der Niederschlagssumme: (Bandbreite)

Bis 2030 zeigen die Modelle eine gleichmäßige Verteilung zwischen den feuchtesten und den trockensten Modellläufen bei den Monatsniederschlagssummen. Daher kann man davon ausgehen, dass es sich hierbei nicht um einen Klimatrend sondern um modellinterne Schwankungen auf dekadischer Ebene handelt. In der Mitte des Jahrhunderts sieht man bereits einen Unterschied im Jahresgang, der sich bis zum Ende des Jahrhunderts noch verstärkt. In den Sommermonaten gibt es tendenziell weniger Niederschlag und im Winterhalbjahr mehr. Die stärkste Anomalie tritt dabei im Sommer auf, wo im trockensten Modell der Juliniederschlag sogar um 60 % reduziert wird.

Tage mit Niederschlag (Mittleres Szenario)



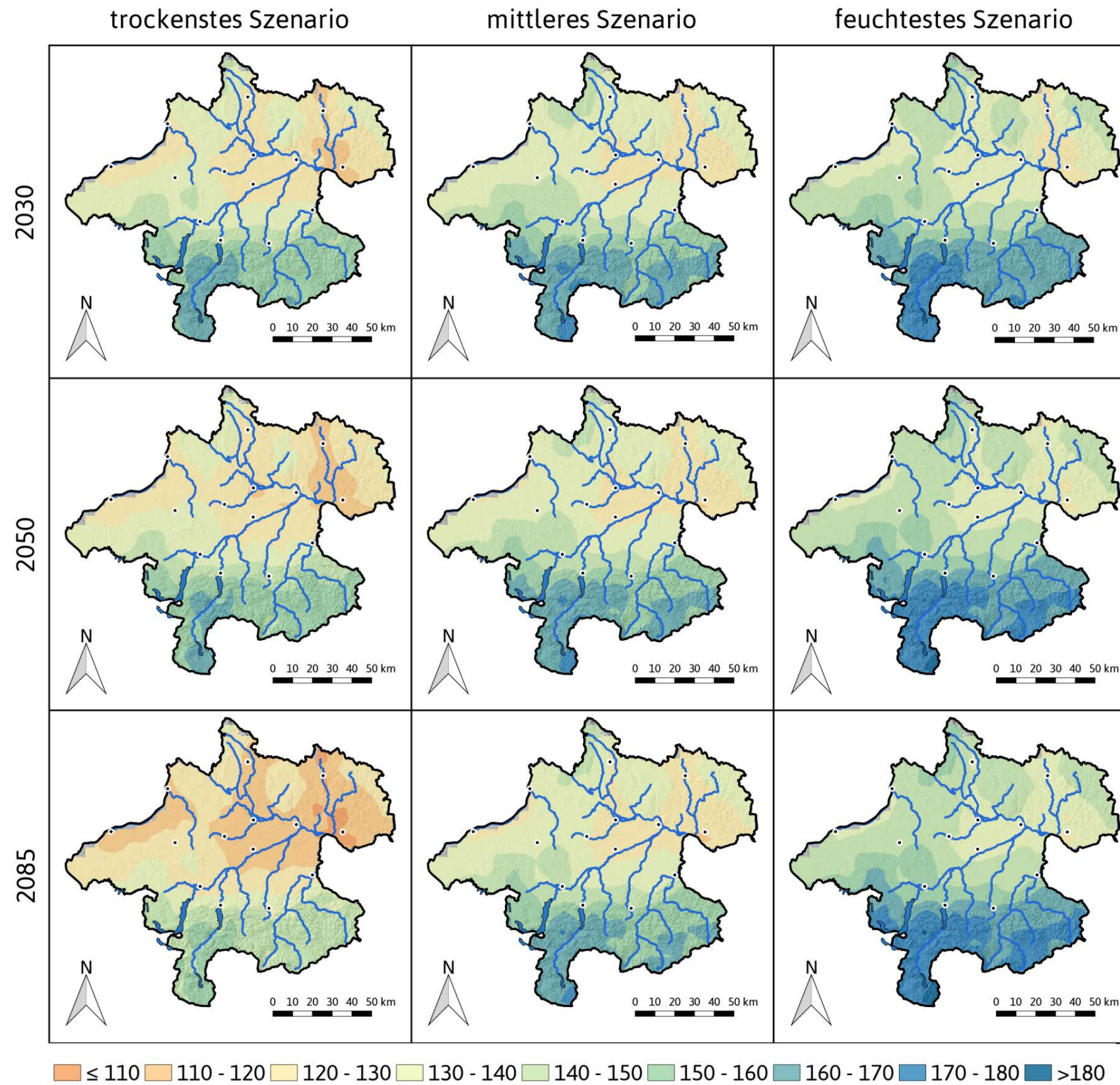
Tage mit Niederschlag: (Mittleres Szenario)

Def.: Mittlere Anzahl an Tagen pro Jahr mit einer Tagesniederschlagssumme von zumindest 1 mm [n].

Die Anzahl der Tage mit Niederschlag ≥ 1 mm ist in Oberösterreich ähnlich verteilt wie die Niederschlagssumme. Im oberösterreichischen Zentralraum und Mühlviertel werden die niedrigsten Werte erreicht und diese liegen bei rund 125 Tagen. Im Böhmerwald werden Werte um 140 Tage erreicht und in den Bergen des Salzkammerguts sogar Werte über 180 Niederschlagstage. Damit regnet bzw. schneit es dort faktisch jeden zweiten Tag.

Bei der Anzahl der Niederschlagstage pro Jahr gibt es faktisch keine Änderungen im mittleren Szenario. Bis 2030 ergibt sich eine schwache Zunahme von weniger als einen Tag und in der zweiten Jahrhunderthälfte eine schwache Abnahme von knapp über einem Tag. Saisonal betrachtet ergeben sich doch größere Veränderungen, ähnlich wie bei der Niederschlagssumme. Im Winterhalbjahr zeigt sich eine Zunahme der Niederschlagstage von rund 3 Tagen und im Sommerhalbjahr eine Abnahme um 4 Tage. Dies entspricht in den Tieflagen einer Abnahme der Niederschlagstage um 5%.

Abbildung 40: Entwicklung der Anzahl der Tage mit Niederschlag [n] in Oberösterreich beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert

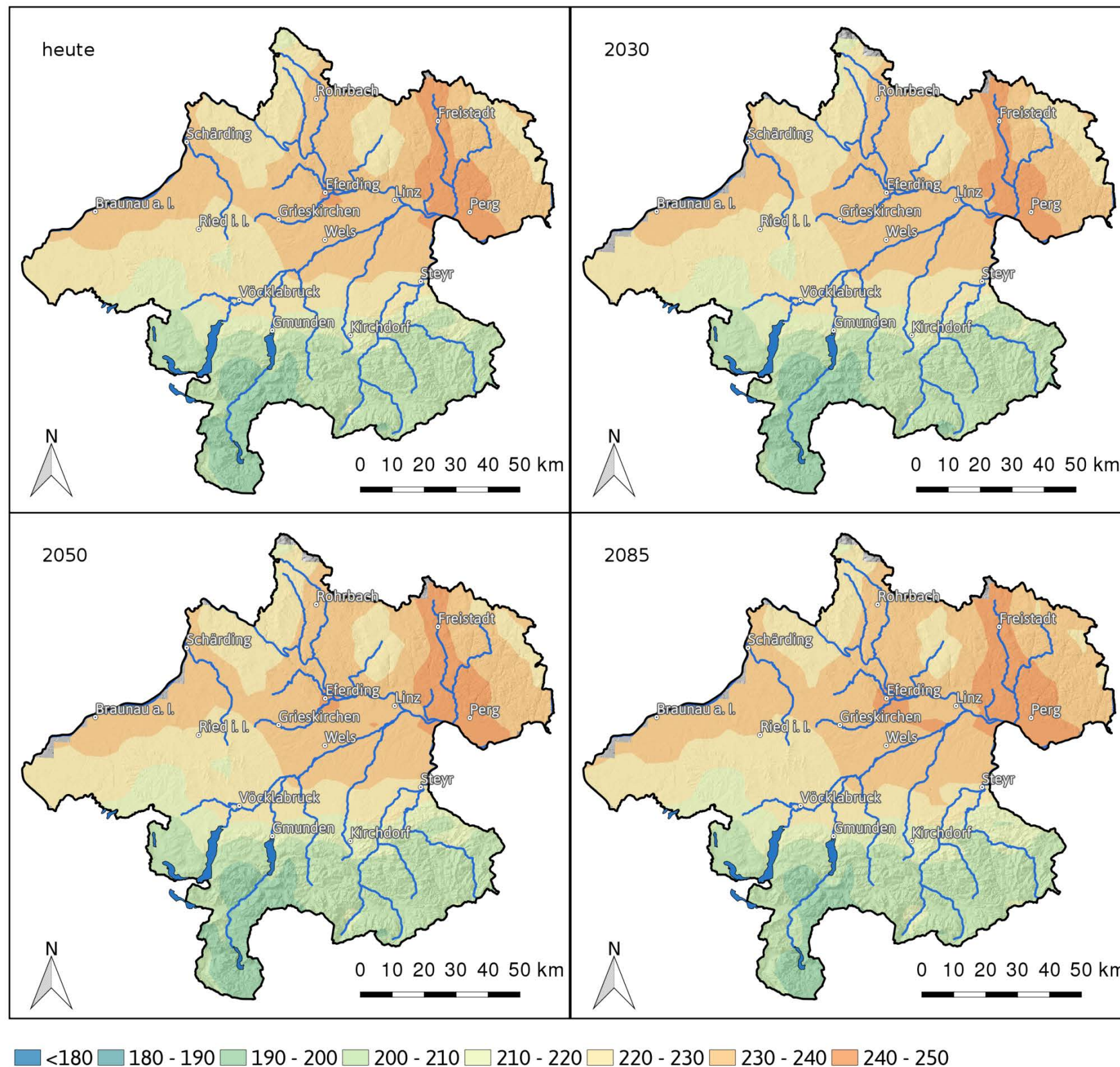


Niederschlagstage: (Bandbreite)

2030 beträgt die Zunahme der Niederschlagstage beim feuchtesten Szenario etwa 6 Tage, im mittleren Szenario bleibt sie gleich und im trockensten Szenario ergibt sich eine Abnahme der Niederschlagstage um -4 Tage. Bis 2050 steigt die Anzahl der Tage mit Niederschlag im feuchtesten Szenario um 8 Tage, im mittleren Szenario ergibt sich keine Änderung und im trockensten Szenario eine Abnahme um -6 Tage. Am Ende des Jahrhunderts sind die Unterschiede zwischen den Szenarien am höchsten. Im feuchtesten Szenario kommt es zu einer Zunahme von 9 Tagen, beim mittleren Szenario zu einer Abnahme um -1 Tag und beim trockensten Szenario um -14 Tage. Relativ betrachtet ergibt dies am Ende des Jahrhunderts eine maximale Zunahme von 6 % und eine maximale Abnahme von 10 %. Die saisonalen Veränderungen sind jedoch deutlich stärker ausgeprägt. Im Winterhalbjahr erreicht die Zunahme der Niederschlagstage in der nassesten Realisierung in den Tieflagen mehr als 10 % und im Sommerhalbjahr beträgt die Abnahme in der trockensten Realisierung sogar mehr als 20 %.

Abbildung 41: Entwicklung der Anzahl der Niederschlagstage [n] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario.

Niederschlagsfreie Tage (Mittleres Szenario)



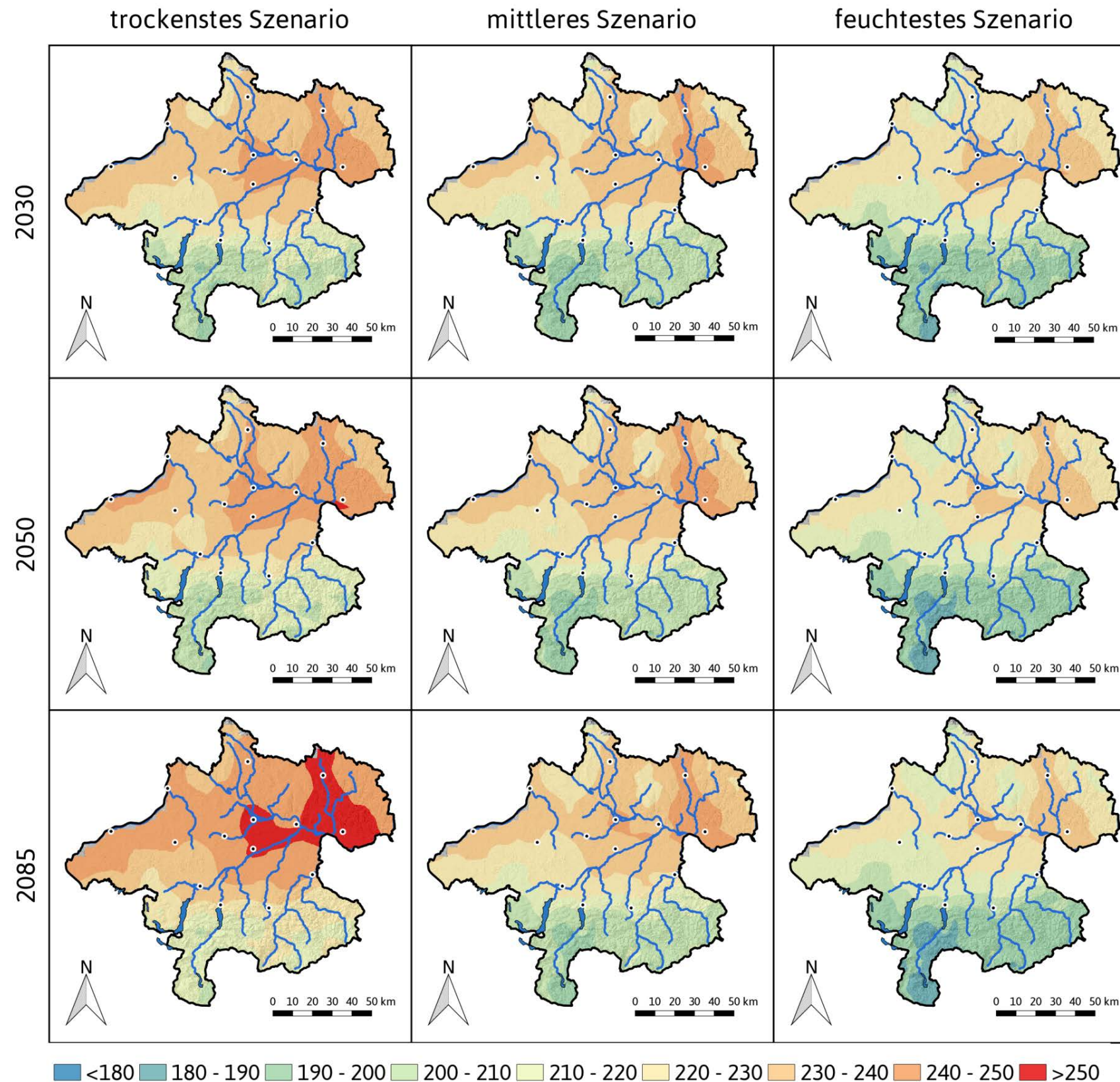
Niederschlagsfreie Tage: (Mittleres Szenario)

Def.: *Mittlere Anzahl an Tagen pro Jahr mit einer Tagesniederschlagssumme von weniger als 1 mm [n].*

Die Anzahl der Tage ohne Niederschlag (Niederschlag < 1mm) ist in Oberösterreich umgekehrt proportional zur Niederschlagssumme. Im oberösterreichischen Zentralraum und Mühlviertel werden die höchsten Werte erreicht und diese liegen bei rund 240 Tagen. Im Böhmerwald werden Werte um 225 Tage erreicht und in den Bergen des Salzkammerguts lediglich Werte um 180 niederschlagsfreien Tage. Damit regnet bzw. schneit es dort faktisch jeden zweiten Tag.

Bei der Anzahl der niederschlagsfreien Tage pro Jahr gibt es faktisch keine Änderungen im mittleren Szenario. Bis 2030 ergibt sich eine schwache Abnahme von weniger als einem Tag und in der zweiten Jahrhunderthälfte eine schwache Zunahme von knapp über einem Tag. Saisonal betrachtet ergeben sich doch größere Veränderungen, ähnlich wie bei der Niederschlagssumme. Im Winterhalbjahr zeigt sich eine Abnahme der niederschlagsfreien Tage um rund 3 Tagen und im Sommerhalbjahr eine Zunahme um 4 Tage. Dies entspricht in den Tieflagen einer Abnahme an Niederschlagstagen um die 3 %.

Abbildung 42: Entwicklung der Anzahl der niederschlagsfreien Tage [n] in Oberösterreich beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert

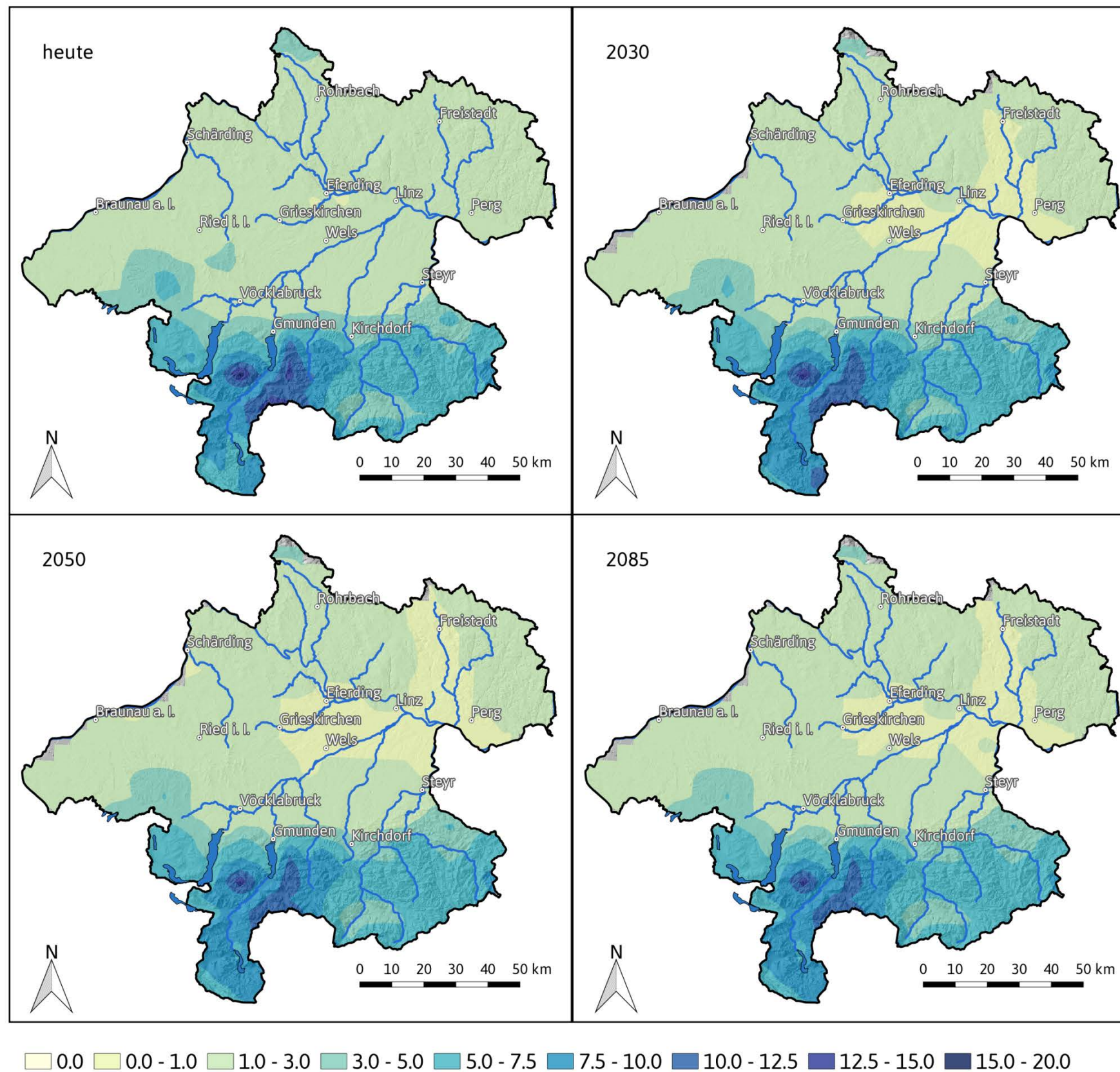


Niederschlagsfreie Tage: (Bandbreite)

2030 beträgt die Abnahme der niederschlagsfreien Tage beim feuchtesten Szenario etwa -5 Tage, im mittleren Szenario bleiben sie gleich und im trockensten Szenario ergibt sich eine Zunahme der Niederschlagstag um 4 Tage. Bis 2050 sinkt die Anzahl der niederschlagsfreien Tage im feuchtesten Szenario um -8 Tage, im mittleren Szenario ergibt sich keine Änderung und im trockensten Szenario ein Anstieg um 6 Tage. Am Ende des Jahrhunderts sind die Unterschiede zwischen den Szenarien am höchsten. Im feuchtesten Szenario kommt es zu einer Abnahme von -9 Tagen, beim mittleren Szenario zu einem Anstieg um 1 Tag und beim trockensten Szenario um 14 Tage. Relativ betrachtet ergibt dies am Ende des Jahrhunderts eine maximale Zunahme von 3,5 % und eine maximale Abnahme von knapp 6 %. Die saisonalen Veränderungen sind jedoch deutlich stärker ausgeprägt. Im Winterhalbjahr erreicht die Zunahme der Niederschlagstage in der nassesten Realisierung in den Tieflagen mehr als 5 % und im Sommerhalbjahr beträgt die Abnahme in der trockensten Realisierung sogar mehr als 15 %.

Abbildung 43: Entwicklung der Anzahl der niederschlagsfreien Tage [n] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario.

Starkniederschlag mit Tagessumme ≥ 30 mm (Mittleres Szenario)



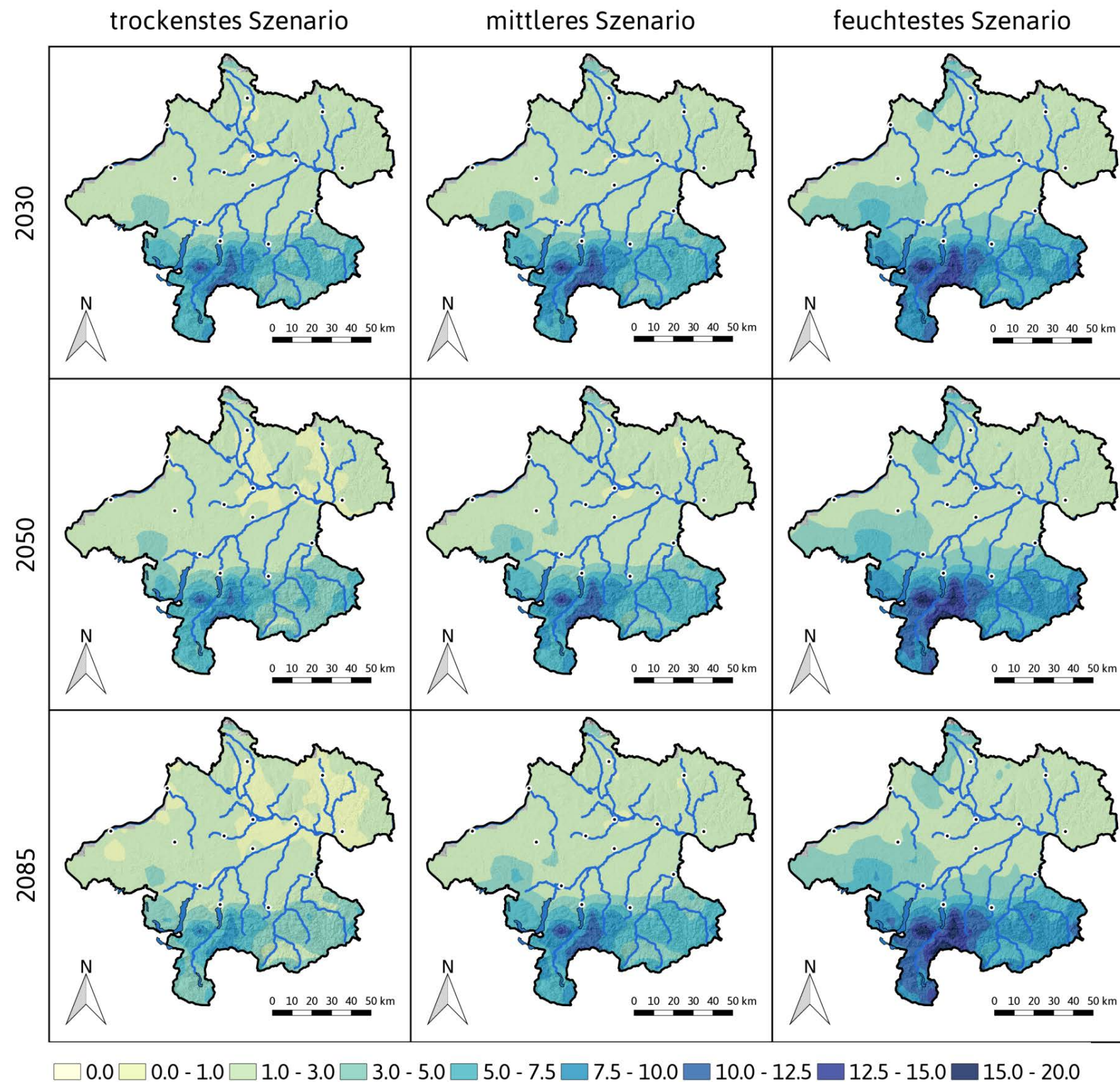
Tagesniederschlag ≥ 30 mm: (Mittleres Szenario)

Def.: Mittlere Anzahl an Tagen pro Jahr mit einer Tagesniederschlagssumme von zumindest 30 mm [n].

Die Anzahl der Tage mit Tagesniederschlag ≥ 30 mm ist in Oberösterreich ähnlich verteilt wie die Niederschlagssummen. Im oberösterreichischen Zentralraum und Mühlviertel werden die niedrigsten Werte erreicht und diese liegen bei rund einem Ereignis pro Jahr. Im Böhmerwald werden Werte bis zu 3 Ereignissen pro Jahr erreicht und in den Bergen des Salzkammerguts sogar Werte bis zu 10 Ereignissen pro Jahr. Bei der Anzahl der Starkniederschlagsereignisse gibt es im mittleren Szenario nur eine äußerst geringe Abnahme der Tage mit mindestens 30 mm Tagesniederschlag. Bis 2030 liegen die Veränderungen bei $\pm 0,2$ Ereignisse und in der zweiten Jahrhunderthälfte zeigt sich eine schwache Abnahme von $-0,2$ Ereignisse pro Jahr. Saisonal betrachtet ergeben sich etwas größere Veränderungen, ähnlich wie bei der Niederschlagssumme. Im Winterhalbjahr zeigt sich eine Zunahme der Starkniederschlags-tage von rund 0,3 Ereignissen und im Sommerhalbjahr eine Abnahme um 0,7 Ereignisse.

Bei der Berechnung dieser Werte wird jedoch von einem Gleichbleiben der Niederschlagsintensität ausgegangen, was zumindest bei Gewittern nicht zutrifft. Die Werte werden daher eher unterschätzt.

Abbildung 44: Entwicklung der Anzahl der Tage mit mehr als 30 mm Tagesniederschlag [n] in Oberösterreich beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert

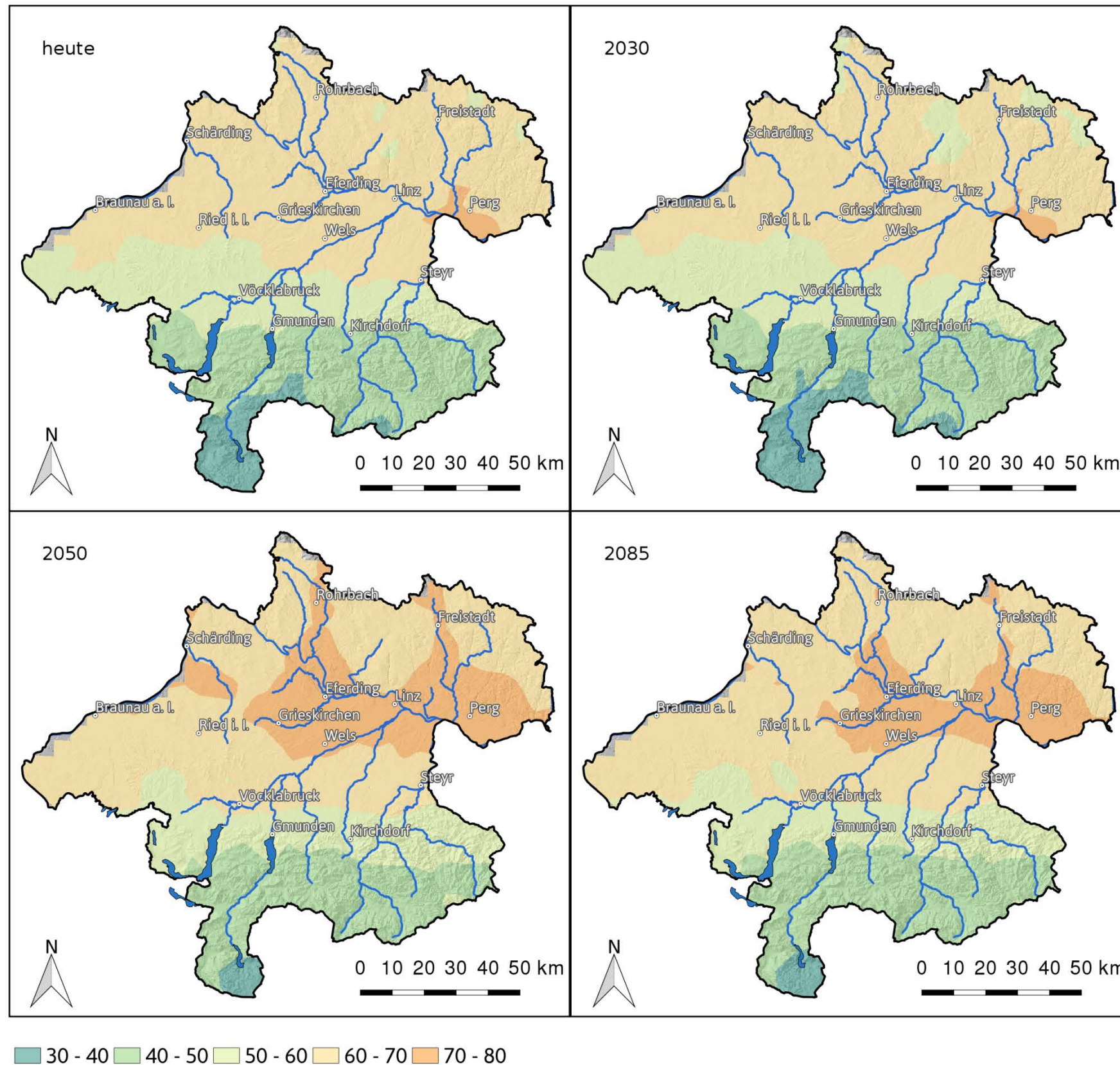


Tagesniederschlag ≥ 30 mm: (Bandbreite)

2030 beträgt die Zunahme der Tage mit Niederschlag ≥ 30 mm beim feuchtesten Szenario etwa 0,8 Ereignisse, im mittleren Szenario bleiben sie gleich und im trockensten Szenario ergibt sich eine Abnahme der Starkniederschlags-tage um 0,4 Ereignisse. Bis 2050 steigt die Anzahl der Starkniederschlagstage im feuchtesten Szenario um 1,2 Ereignisse, im mittleren Szenario ergibt sich eine geringe Abnahme um -0,15 und im trockensten Szenario eine Abnahme um -0,8 Ereignisse. Am Ende des Jahrhunderts sind die Unterschiede zwischen den Szenarien am größten. Im feuchtesten Szenario kommt es zu einer Zunahme um 1,4 Ereignisse, beim mittleren Szenario zu einer Abnahme um -0,17 Ereignisse und beim trockensten Szenario um -1,3 Ereignisse. Relativ betrachtet ergibt dies am Ende des Jahrhunderts eine maximale Zunahme und Abnahme von knapp $\pm 40\%$. Die saisonalen Veränderungen sind bei diesem Index sehr ähnlich ausgeprägt wie beim Ganzjahreswert.

Abbildung 45: Entwicklung der Anzahl der Tage mit mehr als 30 mm Tagesniederschlag [n] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario.

Trockenperioden (Mittleres Szenario)



Tage in Trockenperioden: (Mittleres Szenario)

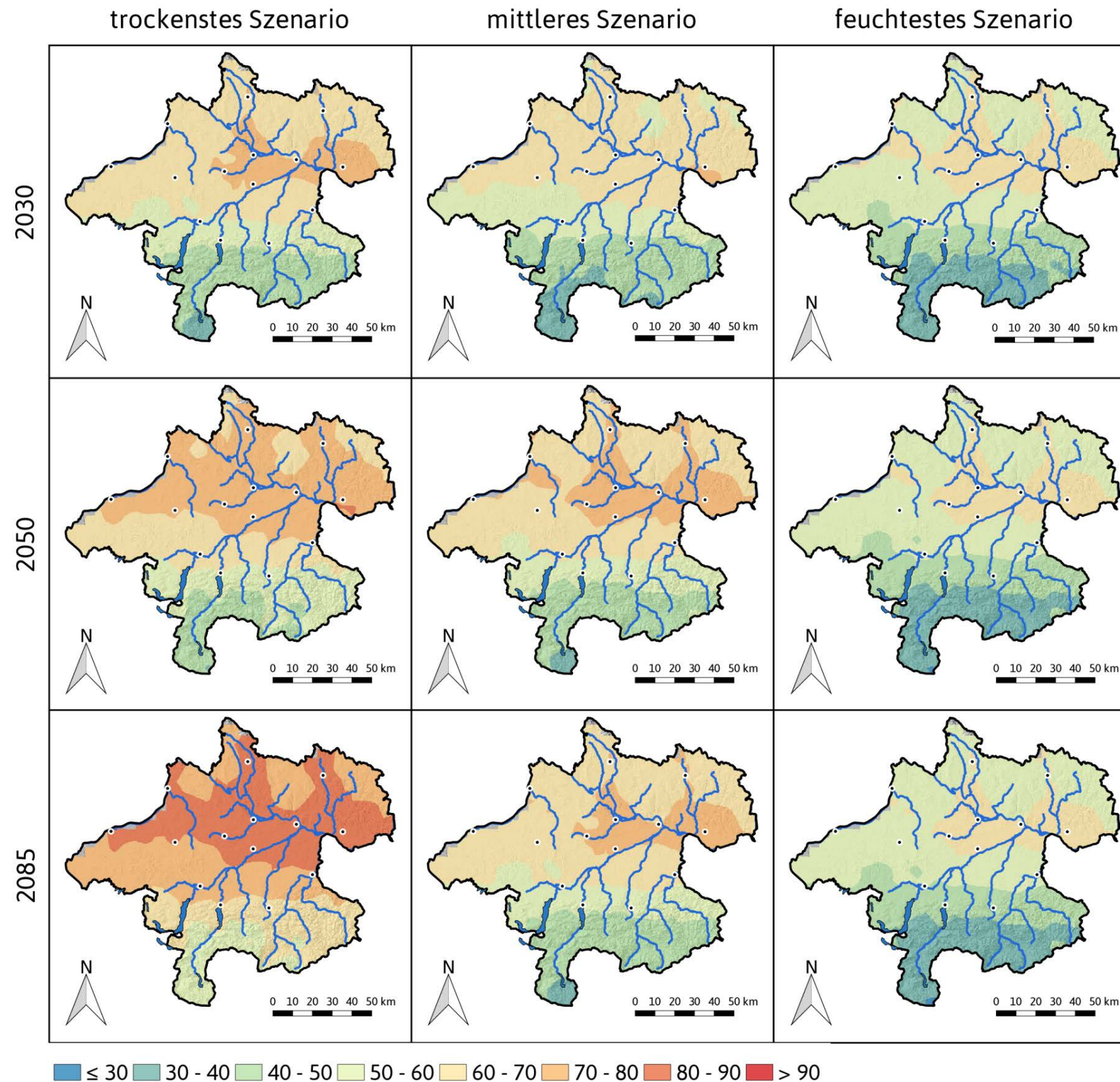
Def.: Mittlere Anzahl an Tagen pro Sommerhalbjahr in Trockenperioden mit zumindest fünf zusammenhängenden niederschlagsfreien Tagen [n].

Bei diesem Indikator wird nur das Sommerhalbjahr (April bis September) für die Berechnung herangezogen, da vor allem sommerliche Trockenperioden problematisch sein können. Im oberösterreichischen Zentralraum und Mühlviertel werden großflächig 60 bis 70 Trockenperiodentage erreicht. Im Hausruck liegen die Werte zwischen 50 und 60 Tagen und in den Bergen des Salzkammerguts lediglich Werte um 40 erreicht.

Bei der Anzahl der sommerlichen Trockenperiodentage gibt es bis 2030 eine schwache Abnahme von weniger als einen Tag. Bis 2050 zeigt sich eine Zunahme von mehr als 4 Tagen und diese Zunahme bleibt bis zum Ende des Jahrhunderts in etwa konstant.

Die Schwankungen von Jahr zu Jahr betragen bei diesem Index rund ± 10 Tage.

Abbildung 46: Entwicklung der Anzahl der Tage in Trockenperioden [n] von mindestens 5 Tagen Länge in Oberösterreich beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21. Jahrhundert.

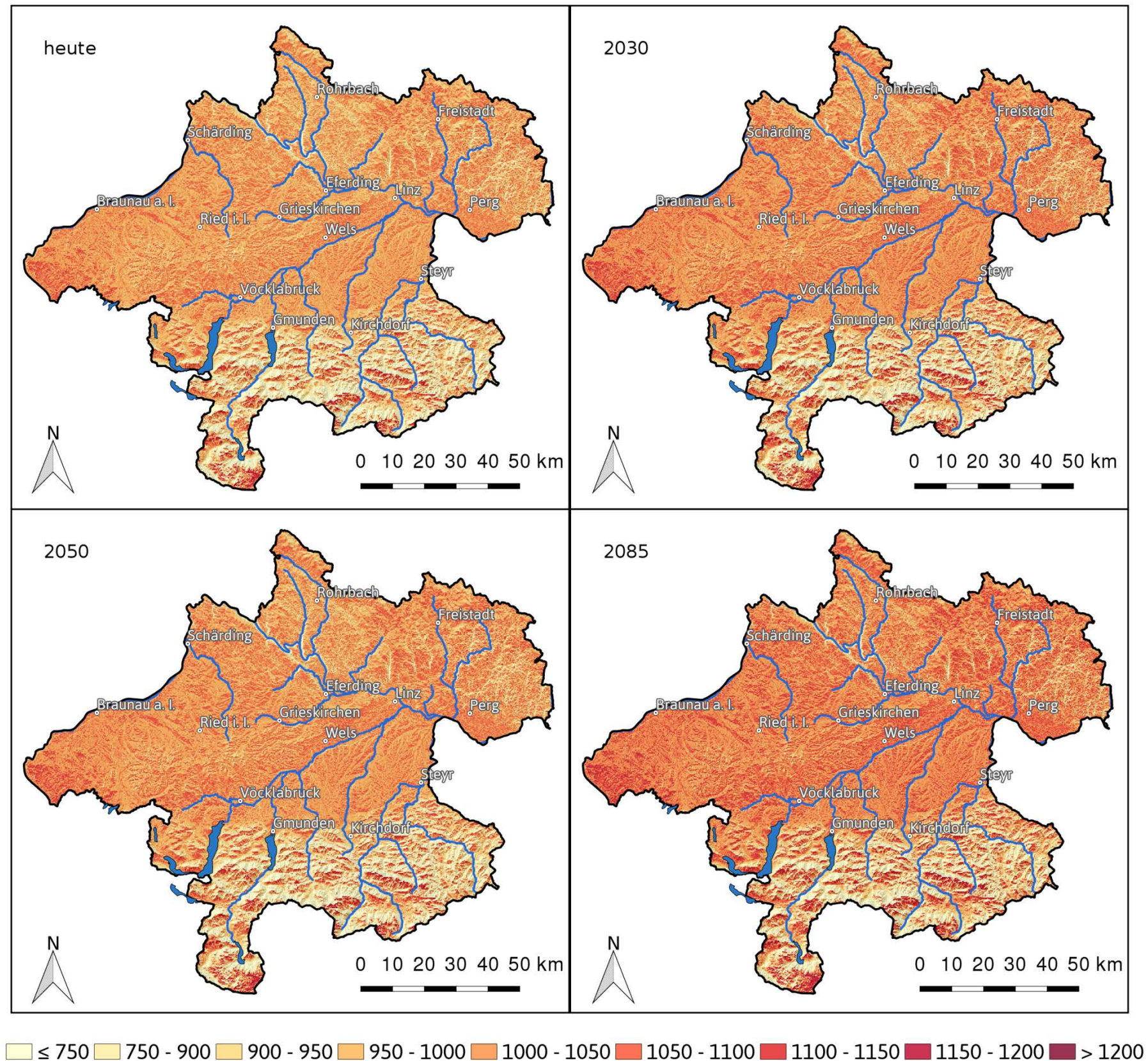


Trockenperioden: (Bandbreite)

2030 beträgt die Abnahme der Tage in Trockenperioden beim feuchtesten Szenario etwa -4 Tage, im mittleren Szenario nehmen sie um -0,7 Tage ab und im trockensten Szenario ergibt sich eine Zunahme von knapp mehr als 3 Tage. Bis 2050 sinkt die Anzahl der Tage in Trockenperioden im feuchtesten Szenario um -5 Tage, im mittleren Szenario ergibt sich eine Zunahme von 4 Tagen und im trockensten Szenario eine Zunahme um mehr als 8 Tage. Am Ende des Jahrhunderts sind die Unterschiede zwischen den Szenarien am höchsten. Im feuchtesten Szenario kommt es zu einer Abnahme von -5 Tagen, beim mittleren Szenario zu einer Zunahme um 3 Tag und beim trockensten Szenario um 17 Tage. Relativ betrachtet ergibt dies am Ende des Jahrhunderts eine maximale Zunahme von nicht ganz 10 % und eine maximale Abnahme von weniger als 3 %.

Abbildung 47: Entwicklung der Anzahl der Tage in Trockenperioden [n] von mindestens 5 Tagen Länge für die Extremszenarien und das mittlere Szenario.

Jahressumme der Globalstrahlung (Mittleres Szenario)



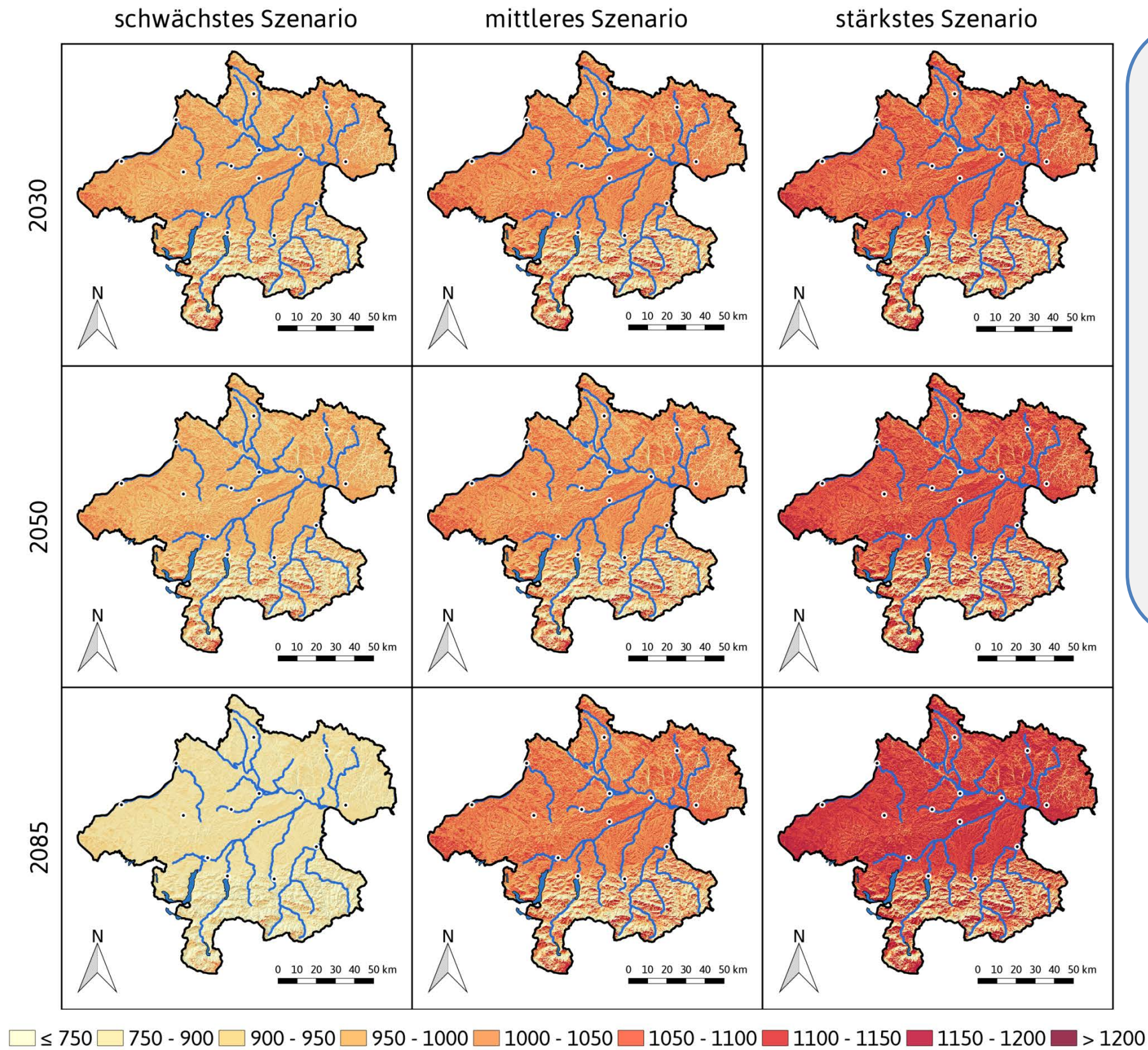
Globalstrahlung: (Mittleres Szenario)

Def.: Mittlere Summe der Globalstrahlung pro Jahr [kWh/a].

Die mittlere Globalstrahlungssumme beträgt in den oberösterreichischen Tieflagen etwa 1050 kWh pro Jahr. Im bayrisch-salzburgischen Grenzgebiet nimmt die Globalstrahlung etwas zu und erreicht Werte knapp über 1100 kWh pro Jahr. In den Hügel- und Berggebieten kommt es durch Abschattungseffekte und der Wirkung der Hangausrichtung (Nord- versus Südhänge) zu einer starken kleinräumigen Variabilität im Strahlungsfeld. Die Strahlungsüberhöhung durch Hangausrichtung erreicht jedoch nur einige wenige Prozent und die Maximalwerte liegen in Oberösterreich bei 1300 kWh pro Jahr. Die Reduktionen können jedoch wesentlich stärker ausfallen und erreichen bis zu 50 Prozent. Die Schwankungen von Jahr zu Jahr betragen in etwa $\pm 10\%$. Generell gibt es eine Abnahme der Jahressumme der Globalstrahlung im Alpenraum, verursacht durch die häufigere Bewölkung.

Im mittleren Szenario zeigt sich für Oberösterreich keine große Veränderung in der Jahressumme der Globalstrahlung. Zwar nimmt die Globalstrahlung in allen drei Zeitscheiben zu, jedoch ist diese Zunahme nur gering und erreicht ihr Maximum am Ende des Jahrhunderts mit etwa 3%.

Abbildung 48: Entwicklung der Jahressumme der Globalstrahlung [kWh/a] in Oberösterreich beobachtet sowie mittleres Szenario für das 21.



Globalstrahlung: (Bandbreite)

Bis 2030 beträgt die Abnahme beim sonnenärmsten Szenario etwa -1,8 %, im mittleren Szenario eine Zunahme von 1,8 % und im sonnenreichsten Szenario 6,4 %. Bis 2050 nimmt die Globalstrahlungssumme im sonnenärmsten Szenario um -3,3 % ab, im mittleren Szenario um 1,1 und im sonnenreichsten Szenario sogar um 8,7 °C zu. Am Ende des Jahrhunderts sind die Unterschiede zwischen den Szenarien am höchsten. Im sonnenärmsten Szenario kommt es zu einer Abnahme von -13 %, beim mittleren Szenario zu einer Zunahme um 3,8 % und beim sonnenreichsten Szenario um 12 %. Die Unterschiede zwischen den Modellen ergeben sich aus der unterschiedlichen Entwicklung beim Niederschlag und der Bewölkung. Feuchtere Klimaszenarien haben auch eine geringere Strahlung als trockene Szenarien.

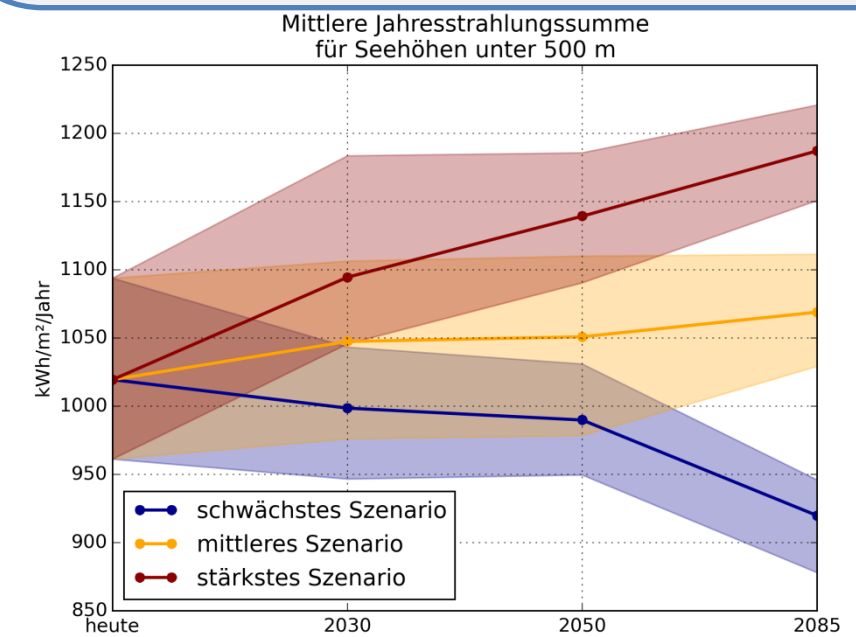


Abbildung 49: Entwicklung der Jahressumme der Globalstrahlung [kWh/a] für die Extremszenarien und das mittlere Szenario (links) sowie die Entwicklung für die Gebiete mit weniger als 500 m Seehöhe unter Berücksichtigung der Variabilität von Jahr zu Jahr (rechts).