



Methodik-Papier zur Datenerhebung im Handlungsfeld Planung und Bau: Gradtage

Grundlagen

Der klimawandelbedingte Anstieg der Lufttemperatur wirkt sich beispielsweise auch auf den Heiz- und Kühlenergiebedarf aus. Da dieser für NRW nicht flächendeckend berechnet werden kann, insbesondere für die Zukunftszeiträume, werden hier stellvertretend die Gradtage betrachtet. Gradtage dienen im eigentlichen Sinne dazu, eine Außentemperaturbereinigung bei Betrachtungen von Gebäudeenergieverbräuchen durchzuführen.

Im Klimaatlas werden sowohl die Heizgradtage, als auch die Kühlgradtage dargestellt. Dadurch kann sowohl der Rückgang des Heizenergiebedarfs, als auch der Anstieg des Kühlenergiebedarfs abgeschätzt werden und zueinander in Beziehung gesetzt werden. Gradtage sind eine allein von der Außentemperatur abgeleitete Größe. Wärmedämmende Maßnahmen an Gebäuden bleiben bei der Berechnung ebenso unberücksichtigt, wie auch das Vorhandensein bzw. nicht-Vorhandensein von Klimaanlage in Gebäuden.

Ein Heizgradtag stellt die Differenz zwischen der mittleren Raumtemperatur von 20 °C und dem Tagesmittel der Außentemperatur dar, wobei nur Tage mit einer Außentemperatur unter 15 °C berücksichtigt werden. Die Berechnung der Heizgradtage erfolgt über die VDI Richtlinie 3807, Blatt 12 (VDI 2013). Die Heizgradtage werden hierbei nach den folgenden Formeln (VDI 2013) berechnet:

$$G = (20 \text{ °C} - t_m) \cdot 1 d \text{ für } t_m < 15 \text{ °C} \quad (1)$$

mit

G = Gradtag in Kelvin · Tag ($K \cdot d$)

t_m = Tagemittel der Außentemperatur eines Heiztages ($t_m < 15 \text{ °C}$).

Dabei wurden als Auswertungszeiträume die Klimanormalperioden des Beobachtungszeitraums ab 1951 sowie der Klimaprojektionen für die Zeiträume 2031-2060 und 2071-2100 betrachtet. Dafür sind die Gradtage des Betrachtungszeitraums aufzuaddieren und durch die Anzahl der Jahre einer Klimanormalperiode (= 30 Jahre) zu teilen:

$$G_{KNP} = \frac{\sum_{n=1}^z (20 - t_{m,n})}{30} \quad (2)$$

mit

z = Anzahl der Tage mit $t_m < 15 \text{ °C}$.

Die Kühlgradtage werden nach dem Verfahren von Spinoni et al. (2015) berechnet. Hierbei wird eine Basistemperatur von 22 °C angenommen. Liegt die Tageshöchsttemperatur unter diesem Wert, wird nicht von einem Kühlbedarf ausgegangen. Die Berechnung der Kühlgradtage (KGT) erfolgt dabei nach den folgenden Formeln:

$$KGT = T_{avg} - T_{base} \quad \text{für } T_{min} \geq T_{base} \quad (3)$$

$$KGT = \frac{(T_{max} - T_{base})}{4} \quad \text{für } T_{avg} \leq T_{base} < T_{max} \quad (4)$$

$$KGT = \left[\frac{(T_{max} - T_{base})}{2} \right] - \left[\frac{(T_{base} - T_{min})}{4} \right] \quad \text{für } T_{min} < T_{base} < T_{avg} \quad (5)$$

$$KGT = 0 \quad \text{für } T_{max} \leq T_{base} \quad (6)$$

mit

KGT = Kühlgradtag in Kelvin · Tag [$K \cdot d$]

T_{avg} = mittlere Tageslufttemperatur in $^{\circ}\text{C}$

T_{base} = Basistemperatur von 22 °C

T_{min} = minimale Tageslufttemperatur in $^{\circ}\text{C}$

T_{max} = maximale Tageslufttemperatur in $^{\circ}\text{C}$

Für den Jahreswert werden alle Tage eines Jahres mit den entsprechenden Temperaturdifferenzen aufsummiert. Auch für die Heizgradtage erfolgt die Auswertung für die Klimanormalperioden des Beobachtungszeitraums ab 1951 sowie der Klimaprojektionen für die Zeiträume 2031-2060 und 2071-2100. Hierfür sind ebenfalls die 30-jährigen Mittelwerte aus den Einzeljahresdaten zu bilden.

Datenbasis und Kartenerstellung

Der DWD unterhält ein umfangreiches und langjähriges Stationsnetz, das mit unterschiedlichster Messtechnik und Sensorik Daten zu beispielsweise Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer erhebt. Die Daten werden nach international festgelegten Normen gewonnen und stehen meist seit 1951 zur Verfügung, für Temperatur und Niederschlag bereits ab 1881.

Basis der Auswertung der Gradtage stellt der HYRAS-Datensatz des DWD dar (Razafimaharo et al. 2020). Bei den HYRAS-Daten liegen die Lufttemperaturdaten (Mittel, Minimum und Maximum) als Tagesdaten im Zeitraum 1951-2020 in einer Auflösung von 5 km x 5 km vor, die durch Interpolation von Stationsdaten gewonnen werden. Mit Hilfe des HYRAS-Datensatzes konnten die Gradtage durch das LANUV berechnet werden. Die Ergebnisse liegen für die Klimanormalperioden 1951-1980, 1961-1990, 1971-2000 und 1981-2010 vor.

Während das Klima der Vergangenheit und Gegenwart durch meteorologische Daten und Beobachtungen gut beschrieben werden kann, müssen für Aussagen zu möglichen zukünftigen Klimaentwicklungen physikalische Rechenmodelle herangezogen werden. Die Ergebnisse dieser Simulationen werden als Klimaprojektionen bezeichnet. Basis der Auswertung waren die Klimaprojektionen aus den Projekten EURO-CORDEX und ReKliEs-DE, die der DWD als DWD Referenzensemble v2018 (Stand Juli 2018) bereitstellt, für welche darüber hinaus ein Downscaling auf eine 5 km x 5 km Auflösung durch den DWD durchgeführt wurde (vgl. DWD 2015). Die Berechnung der Gradtage nach den unter „Grundlagen“ vorgestellten Formeln erfolgte aus den vom Deutschen Wetterdienst zur Verfügung gestellten Daten der Einzelmodellläufe durch das LANUV.

Die Projektionen werden für drei Klimaszenarien berechnet, die von unterschiedlichen Treibhausgasemissionen/-konzentrationen bis zum Ende des Jahrhunderts ausgehen: RCP2.6, RCP4.5 und RCP8.5. Sie werden nach ihrem Strahlungsantrieb zum Ende des Jahrhunderts bezeichnet. Das RCP-Szenario 2.6 stellt dabei einen Sonderfall dar, da es den maximalen Wert des Strahlungsantriebs bereits vor 2100 erreicht und danach rückläufige Werte aufweist. Es ist das ambitionierteste Szenario unter den RCP-Klimaszenarien. Es ist nur durch die Implementierung von globalen Klimaschutzmaßnahmen und Techniken zur CO₂-Speicherung zu verwirklichen. Der Verlauf des RCP2.6 spiegelt in etwa die Einhaltung des sogenannten „2-Grad-Ziels“ wider und wird auch als „Klimaschutz-Szenario“ bezeichnet. Das Szenario RCP8.5 ist hingegen als „weiter-wie-bisher“-Szenario zu sehen. Es geht bei einem steigenden Verbrauch fossiler Energieträger von weiterhin steigenden Treibhausgasemissionen aus.

Die verschiedenen Klimamodelle liefern unterschiedliche Ergebnisse, die alle grundsätzlich als gleich wahrscheinlich anzusehen sind. Um einen Korridor aufzuzeigen, in dem die zu erwartenden Klimaveränderungen in Nordrhein-Westfalen unter Annahme der verschiedenen Szenarien wahrscheinlich eintreten werden, wird jeweils das 15., das 50. und das 85. Perzentil der Klimaprojektionen dargestellt (vgl. **DWD 2015**). Die Ergebnisse der Klimamodellsimulationen, die sogenannten Klimaprojektionen, liegen für die Zukunftszeiträume Mitte des Jahrhunderts (2031-2060) und ferne Zukunft (2071-2100) (Datenquelle: Brien et al. 2020) vor.

Kartenbeschreibung

Je höher die Werte der Heizgradtage sind, desto kälter war es im betreffenden Zeitraum und desto höher war der Heizenergiebedarf. Umgekehrt gilt, je höher der Wert der Kühlgradtage, desto wärmer war es im entsprechenden Zeitraum und desto höher war der Kühlenergiebedarf. Wichtig bei der Interpretation zu berücksichtigen ist, dass die Gradtage eine Temperatursumme darstellen, also keine Aussage darüber treffen, an wie vielen Tagen geheizt/gekühlt werden muss, sondern nur der Umfang des Heiz-/Kühlbedarfs wiedergegeben wird.

In der Vergangenheit spiegelt die Verteilung der Gradtage deutlich den Reliefeinfluss wider, dies gilt sowohl für Heiz-, als auch Kühlgradtage (vgl. Abbildung 1 und Abbildung 2). Die höchsten Temperaturen treten entlang der Rheinschiene auf, dies führt zu einem geringen Heizenergiebedarf (Werte zwischen 2.600 und 3.000 K*d), aber einem entsprechend hohen Kühlenergiebedarf (80 bis 140 K*d). Umgekehrt werden in den Mittelgebirgen die niedrigsten Temperaturen erreicht, sodass hier ein hoher Heizenergiebedarf (bis zu 5.000 K*d), aber ein geringer Kühlenergiebedarf (0 bis 80 K*d) besteht. Einen Überblick über die NRW-Mittelwerte gibt Tabelle 1.

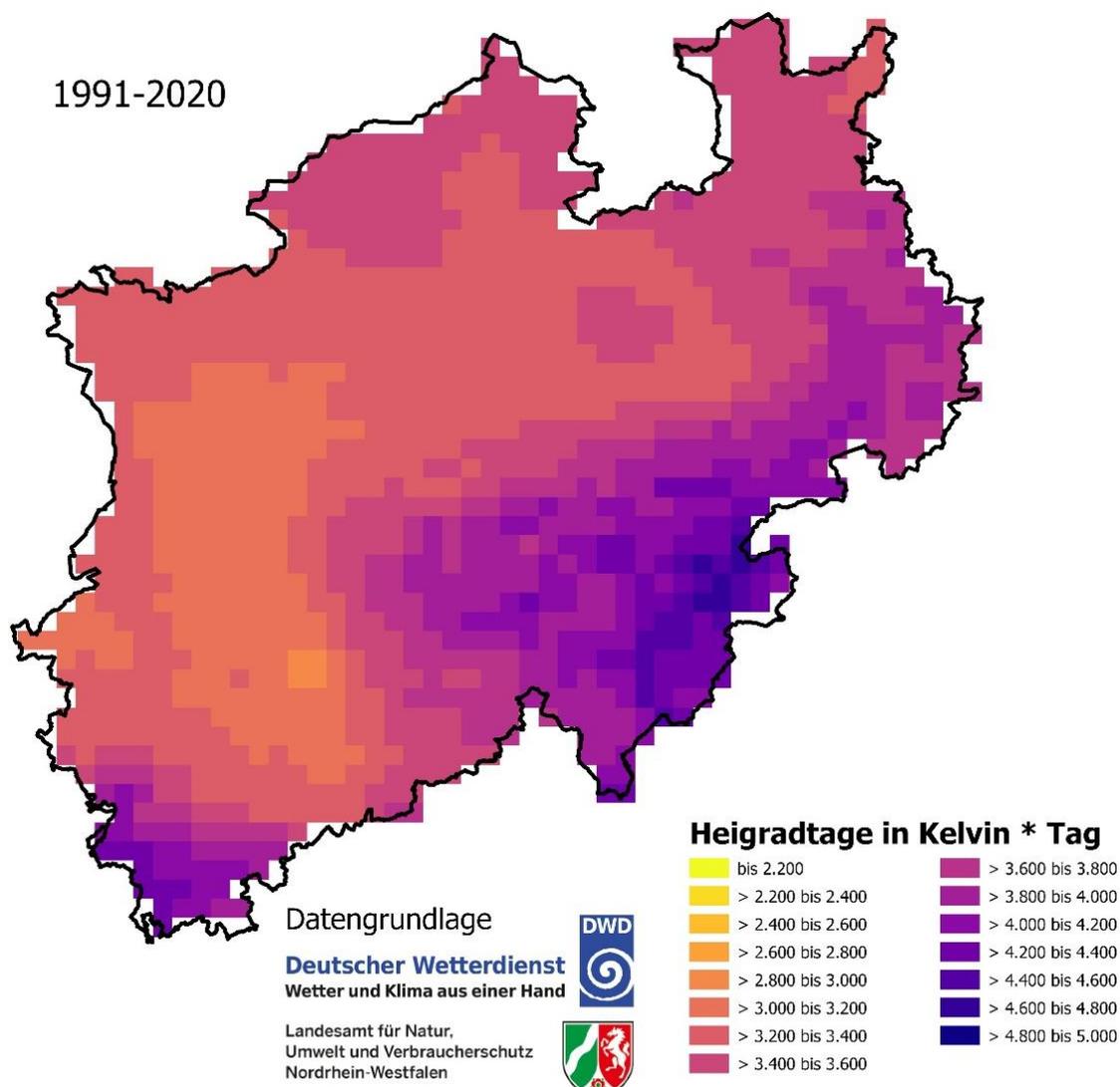


Abbildung 1: Mittlere jährliche Heizgradtage in Nordrhein-Westfalen in der Klimanormalperiode 1991-2020 (Datengrundlage: DWD)

Tabelle 1: Mittlere Heizgradtage in Kelvin • Tag (nach VDI 2013) und mittlere Kühlgradtage in Kelvin • Tag nach Spinoni in NRW in den Beobachtungszeiträumen 1951-1980 bis 1991-2020 (Quelle: Klimaatlas NRW – [PL_HGT](#) ; [PL_KGT](#); Datengrundlage: DWD).

Zeitraum	Heizgradtage	Kühlgradtage
1951 – 1980	3915	42
1961 – 1990	3888	45
1971 – 2000	3777	52
1981 – 2010	3659	62
1991 – 2020	3514	73

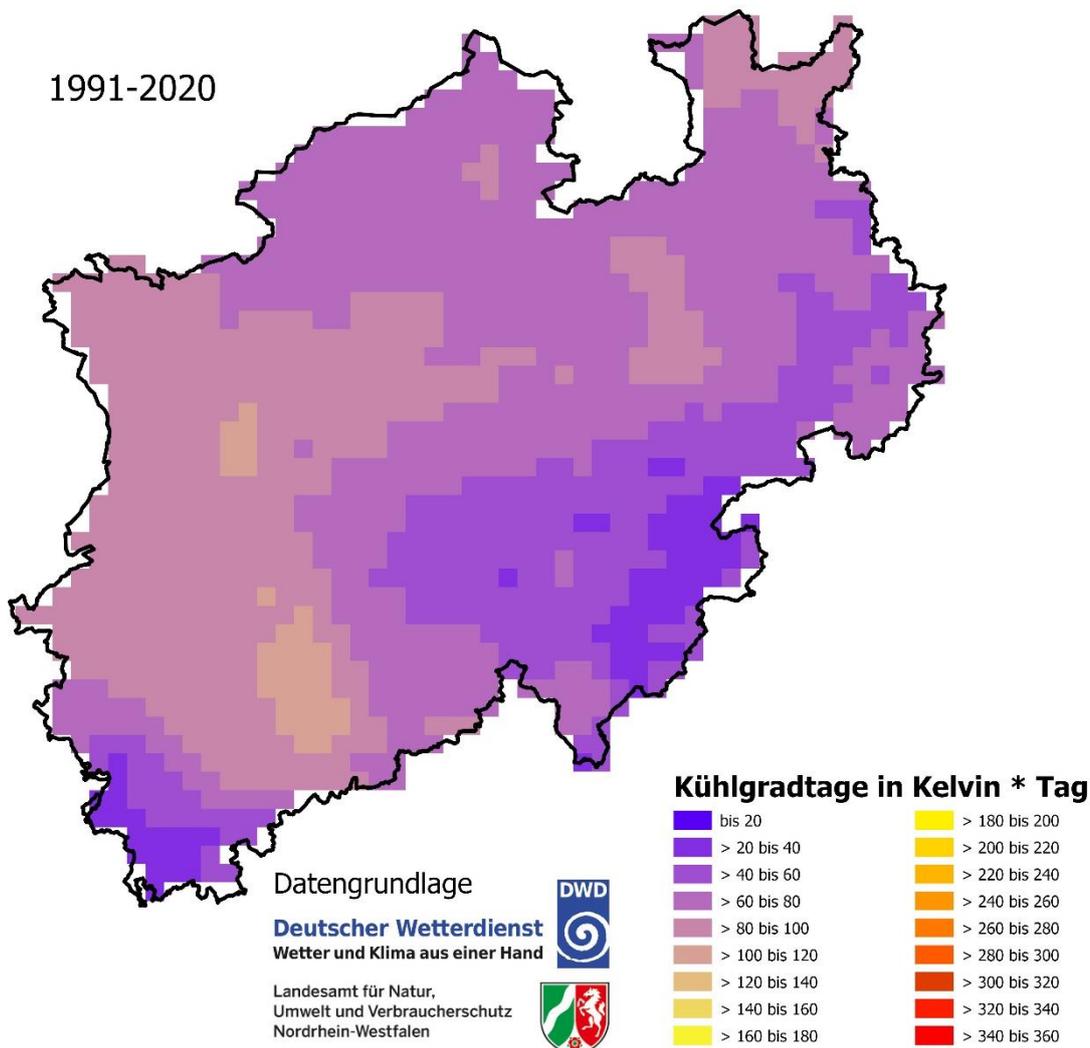


Abbildung 2: Mittlere jährliche Kühlgradtage in Nordrhein-Westfalen in der Klimanormalperiode 1991-2020 (Datengrundlage: DWD)

Die zukünftige Entwicklung der Gradtage zeigt für ganz NRW ein einheitliches Bild: eine weitere Abnahme der Heizgradtage sowie eine weitere Zunahme der Kühlgradtage (Abbildung 3 und Abbildung 4, Tabelle 2 und Tabelle 3). Somit bleibt die räumliche Verteilung mit einem geringen Heizenergiebedarf entlang des Rheins und einem hohen in den Mittelgebirgen, und umgekehrt für den Kühlenergiebedarf, erhalten. Dennoch zeigen sich leichte räumliche Unterschiede: die Heizgradtage nehmen in den Mittelgebirgsbereichen etwas stärker ab, als in den wärmebegünstigten Bereichen entlang des Rheins. Die Kühlgradtage nehmen vor allem in den wärmebegünstigten Regionen, wie der Rheinschiene, zu, sodass sich hier die räumlichen Unterschiede noch deutlicher ausprägen. Insgesamt muss in der fernen Zukunft (2071-2100) mit einer Spannweite der Heizgradtage zwischen 3229 und 3411 K*d beim RCP2.6-

Szenario und zwischen 2334 und 2758 K*d beim RCP8.5-Szenario gerechnet werden (Tabelle 2). Die Kühlgradtage nehmen zu, auf Werte zwischen 70 und 93 K*d beim RCP2.6-Szenario und 139 und 234 K*d beim RCP8.5-Szenario, jeweils im Zeitraum 2071-2100 (Tabelle 3).

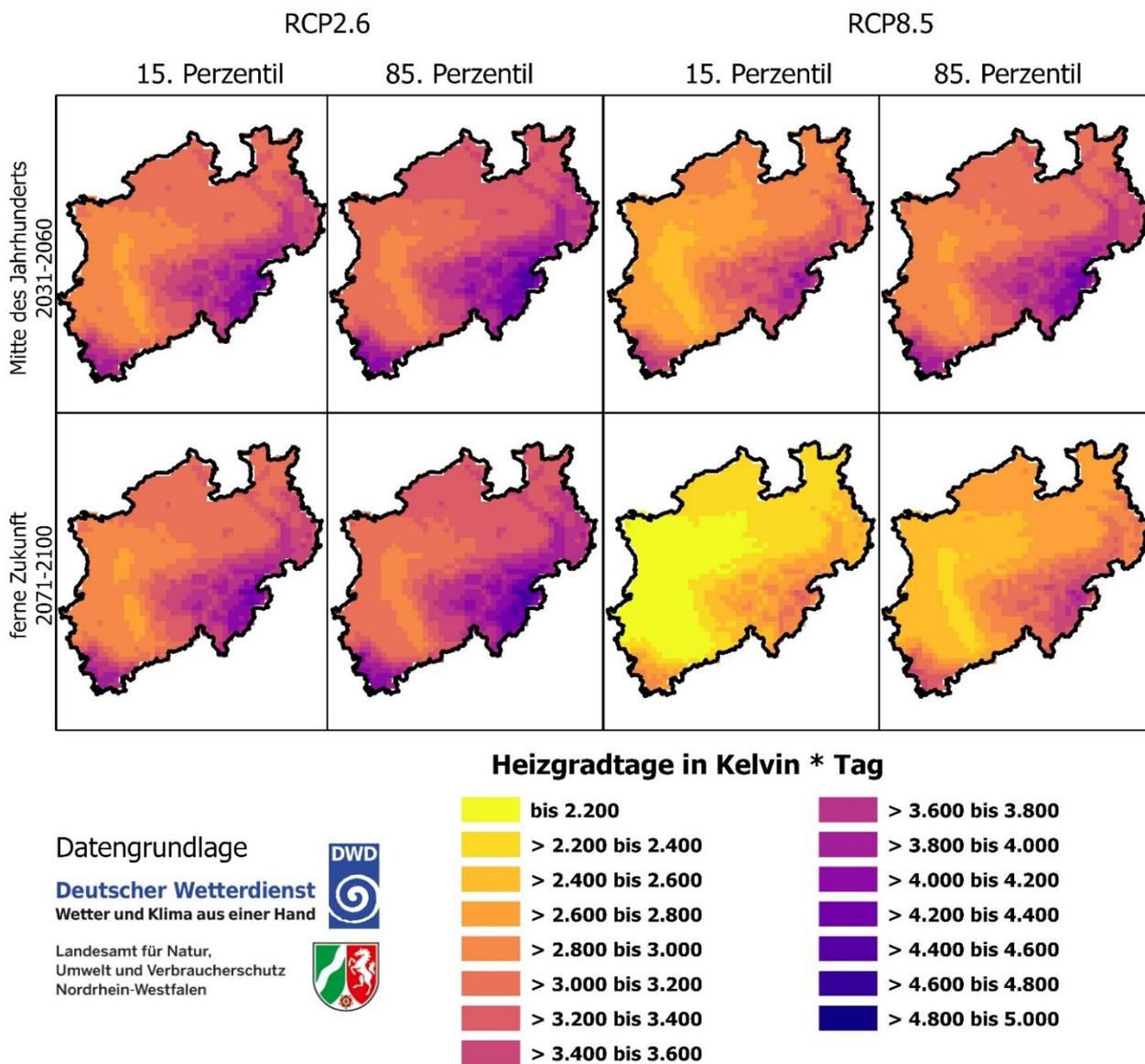


Abbildung 3: Mittlere jährliche Heizgradtage in Nordrhein-Westfalen in den Zukunftszeiträumen 2031-2060 und 2071-2100, jeweils im Vergleich der Szenarien RCP2.6 und RCP8.5 für das 15. und 85. Perzentil (Datengrundlage: DWD)

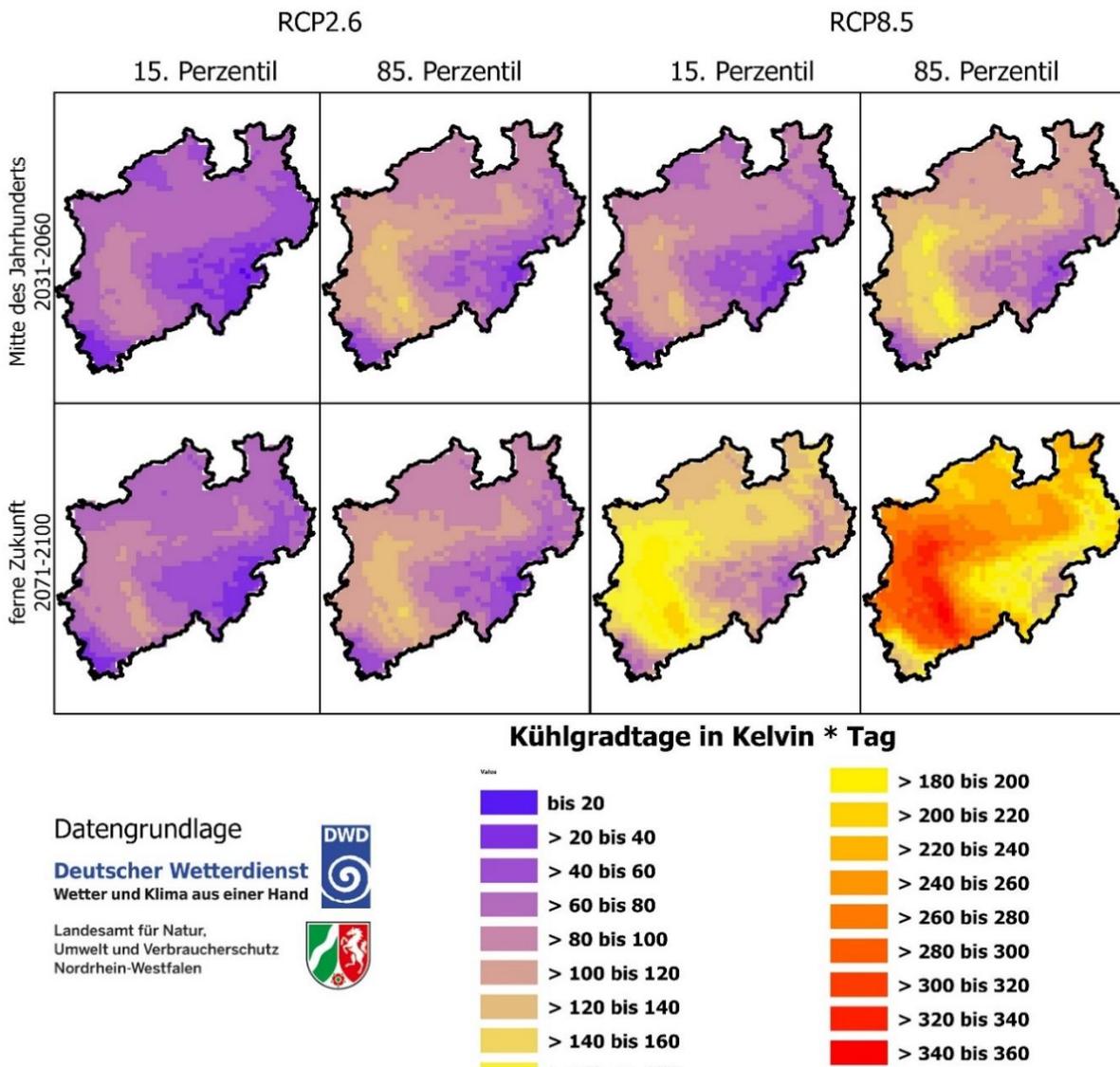


Abbildung 4: Mittlere jährliche Kühlgradtage in Nordrhein-Westfalen in den Zukunftszeiträumen 2031-2060 und 2071-2100, jeweils im Vergleich der Szenarien RCP2.6 und RCP8.5 für das 15. und 85. Perzentil (Datengrundlage: DWD)

Tabelle 2: Mittlere Heizgradtage in Kelvin • Tag (nach VDI 2013) in NRW in den Zukunftszeiträumen 2031-2060 und 2071-2100. Datenquelle: Deutscher Wetterdienst.

Zeitraum	Perzentil	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
2031-2060	15. Perzentil	3229	3098	2942
	50. Perzentil	3340	3308	3104
	85. Perzentil	3393	3424	3233
2071-2100	15. Perzentil	3229	2821	2334
	50. Perzentil	3357	3069	2546
	85. Perzentil	3411	3228	2758

Tabelle 3: Mittlere Kühlgradtage in Kelvin •Tag nach Spinoni in NRW in den Zukunftszeiträumen 2031-2060 und 2071-2100. Datenquelle: Deutscher Wetterdienst.

Zeitraum	Perzentil	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
2031-2060	15. Perzentil	63	72	82
	50. Perzentil	75	80	95
	85. Perzentil	92	97	111
2071-2100	15. Perzentil	70	86	139
	50. Perzentil	84	101	168
	85. Perzentil	93	122	234

Fazit

Der Heizenergiebedarf nimmt ab, der Kühlenergiebedarf nimmt zu. Diese Entwicklung wird sich auch weiter fortsetzen. Der Heizenergiebedarf wird auch zukünftig deutlich über dem Kühlenergiebedarf liegen, dennoch fällt prozentual gesehen die Steigerung des Kühlenergiebedarfs deutlich höher aus, als der Rückgang des Heizenergiebedarfs.

Literatur

- BRIENEN, S.; WALTER, A.; BRENDDEL, C.; FLEISCHER, C.; GANSKE, A.; HALLER, M.; HELMS, M.; HÖPP, S.; JENSEN, C.; JOCHUMSEN, K.; MÖLLER, J.; KRÄHENMANN, S.; NILSON, E.; RAUTHE, M.; RAZAFIMAHARO, C.; RUDOLPH, E.; RYBKA, H.; SCHADE, N. & STANLEY, K. (2020): [Klimawandelbedingte Änderungen in Atmosphäre und Hydrosphäre: Schlussbericht des Schwerpunktthemas Szenarienbildung \(SP-101\) im Themenfeld 1 des BMVI-Expertennetzwerks. 157 Seiten.](#)
- DWD - Deutscher Wetterdienst (Hrsg.) (2015): Deutscher Klimaatlas - [Erläuterungen.](#)
- DWD - Deutscher Wetterdienst (Hrsg.) (2020): [Datensätze auf Basis der RCP-Szenarien.](#)
- KRÄHENMANN, S. (2019): [Statistisches Downscaling und BIAS-Adjustierung der EURO-CORDEX-Simulationen über dem HYRAS-Gebiet.](#)
- SPINONI, J.; VOGT, J.; BARBOSA, P. (2015): European degree-day climatologies and trends for the period 1951–2011. In: Int. J. Climatol. 35 (1), S. 25–36. DOI: 10.1002/joc.3959.
- VDI – VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2013): VDI-Richtlinie 3807, Blatt 1: Verbrauchskennwerte für Gebäude. Berlin, Beuth Verlag