

Methodik-Papier zur Datenerhebung im Handlungsfeld Temperatur: mittlere Lufttemperatur

Grundlagen

Die Temperatur ist die Leitgröße zur Beschreibung der anthropogenen Klimaveränderung. Sie wird direkt durch den anthropogen bedingten, beispiellosen Anstieg der Treibhausgasgehalte in unserer Atmosphäre beeinflusst.



Die Temperatur wird mit einem Thermometer gemessen
(© panthermedia.net_Herbert Boekhoff)

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.

Die Flächenkarten zu den Beobachtungsdaten der Lufttemperatur werden in monatlicher, jahreszeitlicher bzw. jährlicher Auflösung auf der Basis von Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) berechnet. Der DWD interpoliert die Stationsdaten unter Berücksichtigung der Geländetopographie auf ein Raster von 1 km × 1 km, sodass sich Flächenkarten für NRW ergeben. Die Karten werden für jedes Jahr, die Jahreszeiten und für jeden Monat als Einzelkarten berechnet. Zusätzlich werden sie zu zeitlichen Mittelwerten für alle im Messzeitraum verfügbaren 30-Jahres-Perioden (Klimanormalperioden) aggregiert. Über einen Zeitschieber in der Kartenanwendung sind alle Karten in chronologischer Abfolge abrufbar.

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. Der DWD greift dabei auf Klimaprojektionen aus den Projekten EURO-CORDEX und ReKliEs-DE zurück und verwendet das DWD Referenzensemble v2018 (Stand Juli 2018). Darüber hinaus wurde durch den DWD ein Downscaling der Klimaprojektionsdaten auf eine 5 km x 5 km Auflösung durchgeführt (vgl. **DWD 2015**). 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 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 Karten zu den Klimaprojektionen werden für die Mitte des Jahrhunderts (2031-2060) und ferne Zukunft (2071-2100) als Klimanormalperiode für das Jahr, die Jahreszeiten und die Monate aufbereitet. Auf der einen Seite gibt es die möglichen Zukunftsprojektionen als absolute Karten der mittleren Lufttemperatur in °Celsius. Zusätzlich existieren Karten für die identischen Zeitabschnitte, die nur das Änderungssignal der Lufttemperatur in Kelvin gegenüber der Referenzperiode 1971 bis 2000 darstellen. Somit kann die aktuelle Klimanormalperiode 1991 bis 2020 direkt mit den möglichen zukünftigen Karten der jeweiligen mittleren Lufttemperatur verglichen, oder nur die relative Änderung gegenüber der Referenzperiode 1971 bis 2000 dargestellt werden.

Kartenbeschreibung - Beobachtungsdaten

Die Lufttemperatur ist stark von der Geländehöhe abhängig: sie nimmt im Mittel um etwa 0,6 °C pro 100 m Höhe ab. In den Mittelgebirgen (Eifel, Weserbergland, Bergisches Land, Sauer- und Siegerland) liegen die Jahresmittelwerte zwischen 6 und 8 °C. Niederungen wie die Niederrheinische Bucht, das Niederrheinische Tiefland und die Westfälische Bucht sowie weitere Bereiche unter 150 m über NN weisen Jahresmittelwerte der Lufttemperatur zwischen 8 und 11 12 °C auf (Abbildung 1, große Karte unten rechts). Zum Teil überlagern kleinräumige topographische Situationen wie Täler, Hang- und fönbegünstigte Lagen diesen Effekt.

Der Vergleich des Zeitraums 1981-2010 mit dem Zeitraum 1881-1910, also die Veränderung über 100 Jahre, zeigt, dass in NRW eine deutliche Zunahme der Jahresmitteltemperatur stattgefunden hat. Fast flächendeckend handelt es sich um einen Temperaturanstieg von rund 1 Kelvin (Abbildung 1). Bis zum Zeitraum der aktuellen Klimanormalperiode (1991-2020) ergibt sich sogar ein Anstieg von 1,6 Kelvin (Tabelle 1). Dass sich die Temperaturzunahme beschleunigt hat, zeigt sich auch im Vergleich der Zeiträume 1961-1990 und 1991-2020; auch hier fand fast flächendeckend eine Zunahme der Temperatur um ca. 1 Kelvin statt.

Der Verlauf der Jahreszeiten der Lufttemperatur in NRW zeigt die für gemäßigte Breiten typische Ausprägung. Entsprechend dem Temperaturanstieg der Jahresmitteltemperatur zwischen den Klimanormalperioden nimmt die Lufttemperatur auch in allen Jahreszeiten zu (Tabelle 1). Die einzelnen Jahreszeiten unterscheiden sich jedoch in der Höhe des Anstiegs. So ist die größte Temperaturzunahme im Vergleich 1991-2020 bezogen auf 1881-1910 im Frühjahr und Winter zu verzeichnen. Herbst und Sommer zeigen eine geringere Änderung. Darüber hinaus hat der Temperaturanstieg nicht gleichmäßig über die Klimanormalperioden stattgefunden, denn es gab eine starke Zunahme im Vergleich der Zeiträume 1991-2020 und 1961-1990; die Änderung zwischen 1961-1990 und 1881-1910 fällt entsprechend geringer aus (vgl. Tabelle 1).

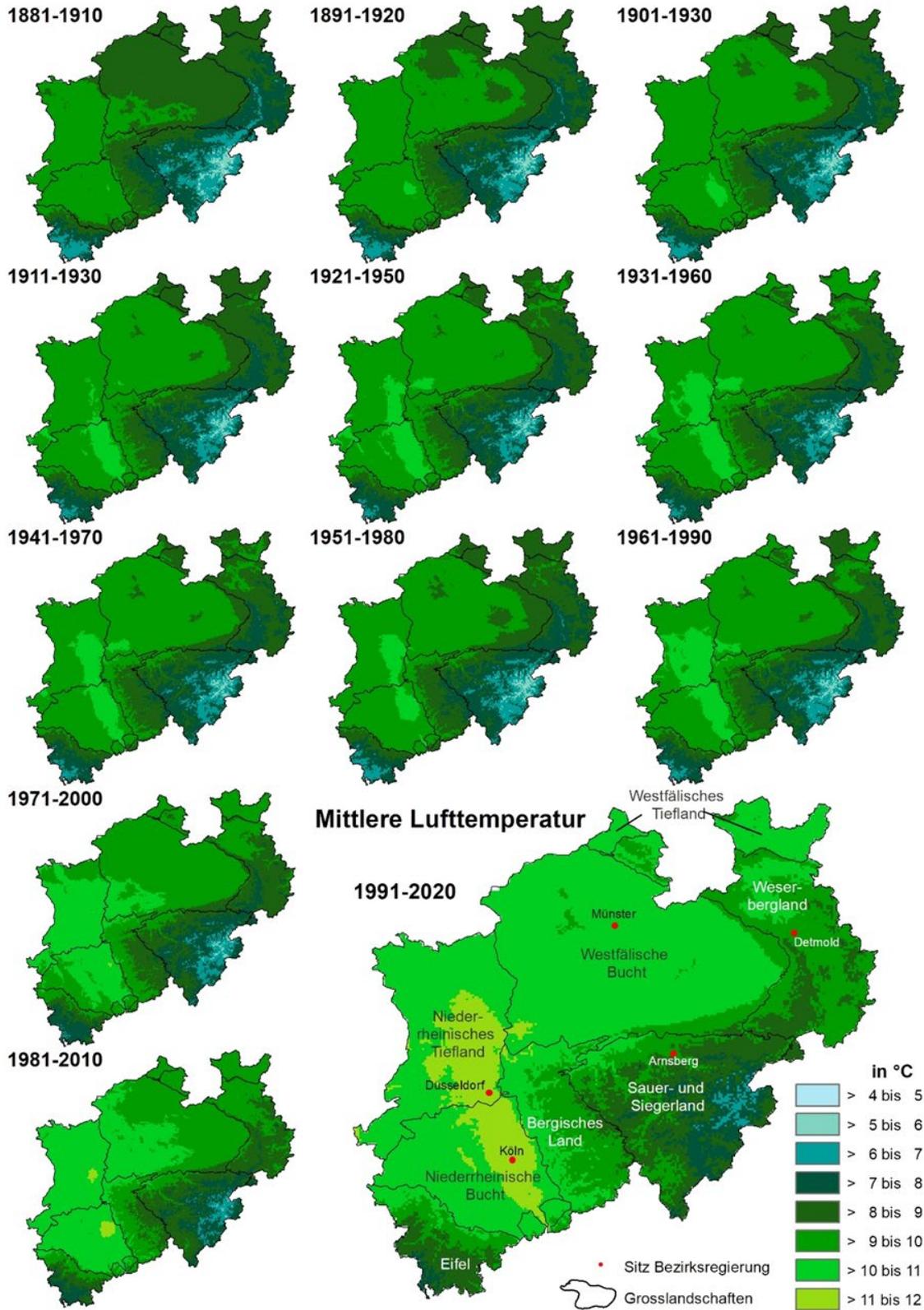


Abbildung 1: Karten der mittleren Jahreslufttemperatur in Nordrhein-Westfalen für alle im Messzeitraum vorhandenen Klimanormalperioden.

Tabelle 1: Mittlere Temperaturen des Jahres in Grad Celsius (°C) und der Jahreszeiten in NRW in verschiedenen Klimanormalperioden (Datengrundlage: DWD).

Zeitraum	Jahr	Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter
1881 – 1910	8,4	7,8	16,1	8,8	1,0
1951 – 1980	8,9	8,1	16,2	9,4	1,6
1961 – 1990	9,0	8,3	16,3	9,5	1,7
1981 – 2010	9,6	9,2	17,1	9,8	2,3
1991 – 2020	10,0	9,5	17,5	10,1	2,7

Kartenbeschreibung - Klimaprojektionen

Die zukünftige Temperaturentwicklung zeigt für ganz NRW ein einheitliches Bild: eine Temperaturzunahme – nur die Höhe der Zunahme ist abhängig von Zeitraum, Szenario und Perzentil (Abb. 2). Im Zeitraum 2031-2060 zeigen alle Szenarien einen ähnlichen Wertebereich. Es wird ein Anstieg der Lufttemperatur zwischen 0,7-1,4 Kelvin (15. Perzentil) bis zu 1,4-2,2 Kelvin (85. Perzentil) projiziert. Bis zum Ende des Jahrhunderts (Zeitraum 2071-2100) unterscheiden sich die Szenarien und zeigen somit die Wirkung der unterschiedlichen CO₂-Konzentrationen bzw. des Emissionsverhaltens und Anwendens von Klimaschutzmaßnahmen auf (Abb. 2). Die geringste Erwärmung der dargestellten Szenarien zeigt das RCP2.6-Szenario, das von umfassenden Klimaschutz-Maßnahmen ausgeht.

Darüber hinaus zeigen sich in den Karten für die Jahreszeiten, dass in allen Szenarien die stärkste Temperaturzunahme für den Herbst projiziert wird, die geringste im Frühjahr (Tabelle 2).

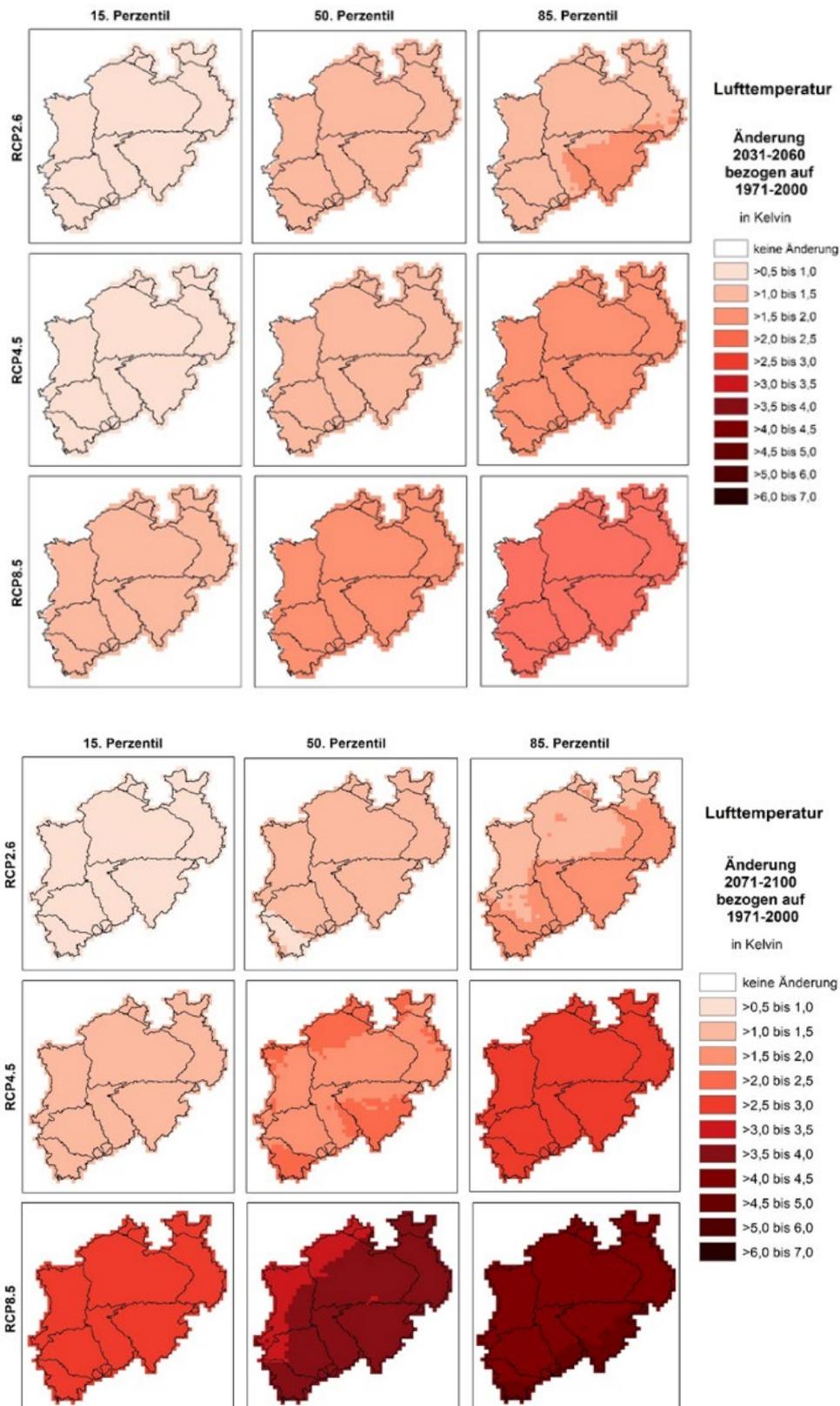


Abbildung 2: Projizierte Änderung der Jahresmitteltemperatur in Nordrhein-Westfalen für die Mitte des Jahrhunderts (2031-2060, links) und für die ferne Zukunft (2071-2100, rechts, immer bezogen auf 1971-2000). Die Basis bildet das DWD-Referenzensemble v2018, zum Stand Juni 2018 der Szenarien RCP2.6, RCP4.5 und RCP8.5 (Datengrundlage: Brien et al. 2020).

Tabelle 2: Projizierte mittlere Lufttemperatur in NRW für die Jahreszeiten in Grad Celsius (°C) für die Mitte des Jahrhunderts (2031–2060) und ferne Zukunft (2071-2100). Die Basis bildet das DWD-Referenzensemble v2018, zum Stand Juni 2018 der Szenarien RCP2.6, RCP4.5 und RCP8.5 (Datengrundlage: Brien et al. 2020).

Frühling	Perzentil	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
2031-2060	15. Perzentil	9,2	9,2	9,8
	50. Perzentil	9,5	9,8	10,0
	85. Perzentil	10,0	10,2	10,5
2071-2100	15. Perzentil	9,3	9,6	10,8
	50. Perzentil	9,6	10,5	11,6
	85. Perzentil	9,9	10,8	11,9
Sommer	Perzentil	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
2031-2060	15. Perzentil	17,2	17,6	18,1
	50. Perzentil	17,8	18,0	18,4
	85. Perzentil	18,2	18,3	18,9
2071-2100	15. Perzentil	17,6	18,1	19,6
	50. Perzentil	17,8	18,6	20,3
	85. Perzentil	18,4	19,2	21,4
Herbst	Perzentil	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
2031-2060	15. Perzentil	10,4	10,3	10,9
	50. Perzentil	10,9	10,8	11,5
	85. Perzentil	11,4	11,5	12,0
2071-2100	15. Perzentil	10,1	11,1	12,5
	50. Perzentil	10,8	11,8	13,5
	85. Perzentil	11,4	12,8	14,9
Winter	Perzentil	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
2031-2060	15. Perzentil	3,2	3,0	3,3
	50. Perzentil	3,3	3,6	4,1
	85. Perzentil	3,6	4,3	4,8
2071-2100	15. Perzentil	3,2	3,7	5,3
	50. Perzentil	3,4	4,3	5,8
	85. Perzentil	3,7	4,8	6,6

Tabelle 3: Projizierte mittlere Lufttemperatur in °C für die Mitte des Jahrhunderts und ferne Zukunft als Mittel für NRW. Die Basis bildet das DWD-Referenzensemble v2018, zum Stand Juni 2018 der Szenarien RCP2.6, RCP4.5 und RCP8.5 (Datengrundlage: Brien et al. 2020).

Jahr	Perzentil	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
2031-2060	15. Perzentil	10,0	10,0	10,6
	50. Perzentil	10,4	10,6	11,1
	85. Perzentil	10,8	11,2	11,4
2071-2100	15. Perzentil	10,1	10,6	12,1
	50. Perzentil	10,3	11,3	12,9
	85. Perzentil	10,8	12,0	13,7

Fazit

Zwischen den Zeiträumen 1881-1910 und 1991-2020 hat es in Nordrhein-Westfalen bereits eine Erhöhung der mittleren Jahrestemperatur von 1,6 Kelvin gegeben. Die Erhöhung ist in allen Regionen Nordrhein-Westfalens und in allen Jahreszeiten nachgewiesen.

Die projizierte Temperaturerhöhung im Zeitraum 2031-2060 von 0,7 bis 0,8 Kelvin (15. Perzentil, RCP2.6 und 4.5) entspricht in etwa den Temperaturverhältnissen, wie sie auch im Zeitraum 1991-2020 vorherrschten. Bei einer Temperaturzunahme von 1,8 bis 1,9 Kelvin (2031-2060, RCP8.5 50. Perzentil und RCP4.5 85. Perzentil), würden hingegen Verhältnisse herrschen, wie wir sie bisher nur aus den wärmsten Jahren der Aufzeichnung, wie beispielsweise 2020 mit einer Durchschnittstemperatur von 11,1 °C kennen.

Für die ferne Zukunft liegen die Ergebnisse des RCP2.6-Szenarios im bereits beschriebenen Bereich. Die projizierten Temperaturänderungen der Szenarien RCP4.5 und RCP8.5 für den Zeitraum 2071-2100 liegen jedoch - zum Teil deutlich - außerhalb unseres Erfahrungsbereichs.

Literatur

Brien, S.; Walter, A.; Brendel, 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-Expertenetzwerks. 157 Seiten.](#)

DWD - Deutscher Wetterdienst (Hrsg.) (2015): Deutscher KlimaAtlas: [Erläuterungen](#).

DWD - Deutscher Wetterdienst (Hrsg.) (2020): [Datensätze auf Basis der RCP-Szenarien](#).

Klimafolgen-Anpassungsmonitoring: [Handlungsfeld Temperatur](#)

Krähenmann, S. (2019): [Statistisches Downscaling und BIAS-Adjustierung der EURO-CORDEX-Simulationen über dem HYRAS-Gebiet](#).

LANUV (2022): Daten und Fakten zum Klimawandel in NRW und den Großlandschaften - aktualisierte Fact Sheets 2021. [Zum Download](#).

LANUV (2021): Klimabericht NRW 2021: Klimawandel und seine Folgen - Ergebnisse aus dem Klimafolgen- und Anpassungsmonitoring. LANUV Fachbericht 120. Recklinghausen. [Download](#).