



Methodik-Papier zur Datenerhebung im Handlungsfeld Niederschlag: Niederschlagssumme

Grundlagen

Die Veränderung des Niederschlags ist eine Folge der Temperaturänderung. Die Temperaturzunahme wirkt sich unter anderem auf den Wasserdampfgehalt der Luft (+7 % bei + 1 K) und auf die Zirkulationssysteme der Erde aus, so dass sich Niederschlagsmuster regional ändern können. Allen voran spielt hier die Abschwächung des Jetstreams eine zentrale Rolle, denn durch dessen Abschwächung können Hoch- und Tiefdruckgebiete für lange Zeit an Ort und Stelle verharren und so für Trockenheit aber auch extreme Niederschlagsmengen sorgen. Insgesamt steht einer wärmeren Atmosphäre jedoch mehr Wasserdampf und somit mehr Energie und Wassermengen zur Verfügung, die Niederschläge extremer machen können. Zuzüglich wirken anthropogene Nutzungen und Beeinträchtigungen bereits regional unterschiedlich auf den Wasserhaushalt ein. Sie überlagern sich mit Klimafolgen. Die Ursache-Wirkungsbeziehungen können deshalb sehr komplex sein.

Datenbasis und Kartenerstellung

Die Niederschlagssumme fasst alle fallenden Niederschläge sowohl in flüssiger als auch in fester Form (Schnee) zusammen. Sie wird als Niederschlagshöhe in Millimetern (mm) angegeben. Eine Niederschlagshöhe von 1 mm entspricht dabei einem Liter Wasser pro Quadratmeter Bodenfläche (l/m^2). 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 werden in monatlicher, jahreszeitlicher bzw. jährlicher Auflösung auf der Basis von den Stationsdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) berechnet. Der DWD interpoliert die Stationsdaten unter Berücksichtigung der Geländetopographie auf ein Raster von $1\text{ km} \times 1\text{ km}$, sodass sich Flächenkarten für NRW ergeben. Die Flächenkarten auf Jahres- bis Monatsbasis werden zu zeitlichen Mittelwerten für alle im Messzeitraum verfügbaren 30-Jahres-Perioden (Klimanormalperioden = KNP) aggregiert. Neuerdings werden auch für jedes Jahr, Jahreszeit und für jeden Monat Einzelkarten über den Zeitschieber in der Kartenanwendung verfügbar gemacht.

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 $5\text{ km} \times 5\text{ km}$ 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 CO_2 -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 dargestellt. Hier gibt zwei unterschiedliche Arten von Karten. Als direkte Fortsetzung der Karten mit beobachteten Werten gibt es die möglichen Zukunftsprojektionen als absolute Niederschlagskarten in der gleichen Einheit mm. Zusätzlich existieren Karten für die identischen Zeitabschnitte, die nur das Änderungssignal der Niederschlagssumme der Referenzperiode 1971 bis 2000 in % darstellen. Somit kann die aktuelle Klimanormalperiode 1991 bis 2020 direkt mit den möglichen zukünftigen Niederschlagsmengen verglichen werden, oder nur die prozentuale Änderung gegenüber der Referenzperiode 1971 bis 2000 anschaulich dargestellt werden. Sowohl die absoluten Karten als auch die Karten der Änderungssignale gibt es, analog zu den Beobachtungskarten, jeweils für das Jahr, Jahreszeit und Monat.

Kartenbeschreibung - Beobachtungsdaten

In Nordrhein-Westfalen fallen im Durchschnitt etwa 900 mm Niederschlag im Jahr. Dabei charakterisieren Niederschlagsjahressummen im Bereich von 600 bis 900 mm die Tieflagen der Westfälischen Bucht, der Niederrheinischen Bucht und des Niederrheinischen Tieflandes. Die Hochlagen des Bergischen Landes, des Sauer- und Siegerlandes und der Eifel sind mit jährlichen Niederschlagsmengen bis leicht über 1.500 mm die niederschlagsreichsten Regionen Nordrhein-Westfalens (Abbildung 1).

Die Niederschlagsmengen nehmen in allen Gebieten mit der Höhe des Geländes zu. Dabei treten jedoch deutliche Unterschiede zwischen den windzugewandten Mittelgebirgslagen (Luv) und den windabgewandten Seiten (Lee) auf. Das Wettergeschehen in Nordrhein-Westfalen ist vor allem durch Wetterlagen aus West bis Südwest geprägt, so dass sich die Luftmassen an den (Süd-)Westhängen der Mittelgebirge stauen und zum Aufstieg gezwungen werden. Dies führt an diesen Stellen zu einer stärkeren Bewölkung, wodurch hier mehr Niederschlag fällt. An den Ost- und Nordostseiten der Mittelgebirge sinkt die ohnehin schon trockenere Luft ab, weniger Bewölkung und Niederschlag sind die Folge.

Der Luv-Effekt tritt besonders stark im Bergischen Land auf. Hier macht sich die niederschlagserhöhende Wirkung luvseitig bis zum Rhein bemerkbar. So wird im Raum Wuppertal/Remscheid bei einer Geländehöhe von ca. 250 m über Normalhöhennull (NHN) bereits eine mittlere jährliche Niederschlagshöhe von mehr als 1.300 mm gemessen. In Bleche (Kreis Olpe, 460 m über NHN) fallen im vieljährigen Durchschnitt bereits 1.400 mm bis 1.500 mm Niederschlag, ähnlich viel wie auf dem 839 m

hohen Kahlen Asten. Das markanteste Leegebiet in Nordrhein-Westfalen ist die Zülpicher Börde, zwischen dem Nordostrand der Eifel und der Ville gelegen. Hier beträgt die mittlere jährliche Niederschlagshöhe zum Teil nur etwa 600 mm und weniger.

Der Vergleich verschiedener Zeiträume zeigt, dass in NRW die jährlichen Niederschlagssummen zugenommen haben. Dabei sind die höchsten Jahresniederschlagssummen in den Klimanormalperioden zwischen 1961-1990 und 1981-2010 aufgetreten. Entsprechend ihrer Topographie und Höhenlage weisen die Großlandschaften jedoch unterschiedliche Entwicklungen auf. Insbesondere in den niederschlagsreichen Mittelgebirgsregionen fand eine deutliche Zunahme der Niederschläge im Vergleich der KNP 1981-2010 und 1881-1910 statt (Abbildung 1).

Die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge in NRW entspricht dem warm-gemäßigten Regenklima (nach **KÖPPEN**) mit ausreichend Niederschlägen in allen Monaten und der größten Niederschlagsmenge im Sommer. Allerdings kann eine Angleichung der Niederschlagssumme in allen Jahreszeiten beobachtet werden (Tabelle 1). Lag der Sommerniederschlag im Zeitraum 1881-1910 noch mehr als 50 mm über den restlichen Jahreszeiten, fiel in der KNP 1981-2010 im Sommer, Herbst und Winter etwa gleich viel Niederschlag (um 240 mm), während im Frühjahr mit etwa 200 mm noch etwas geringere Niederschläge verzeichnet wurden; ähnliches gilt für die KNP 1991-2020. Diese jahreszeitliche Verschiebung der Niederschläge kann man gut durch den Vergleich der Niederschlagssummen zwischen der KNP 1881-1910 und 1981-2010 bzw. 1991-2020 aufzeigen. Die größten Veränderungen sind im Herbst und Winter zu sehen mit einer Niederschlagszunahme von ca. 20 mm bis über 50 mm im Mittel für NRW. Im Frühjahr haben die Niederschläge je nach KNP etwas geringer zugenommen, wohingegen im Sommer – entgegen der Entwicklung zur Niederschlagszunahme über das Gesamtjahr gesehen – eine Abnahme der Niederschlagssumme um etwa 10 mm im Mittel für NRW verzeichnet wurde (vgl. Tabelle 1).

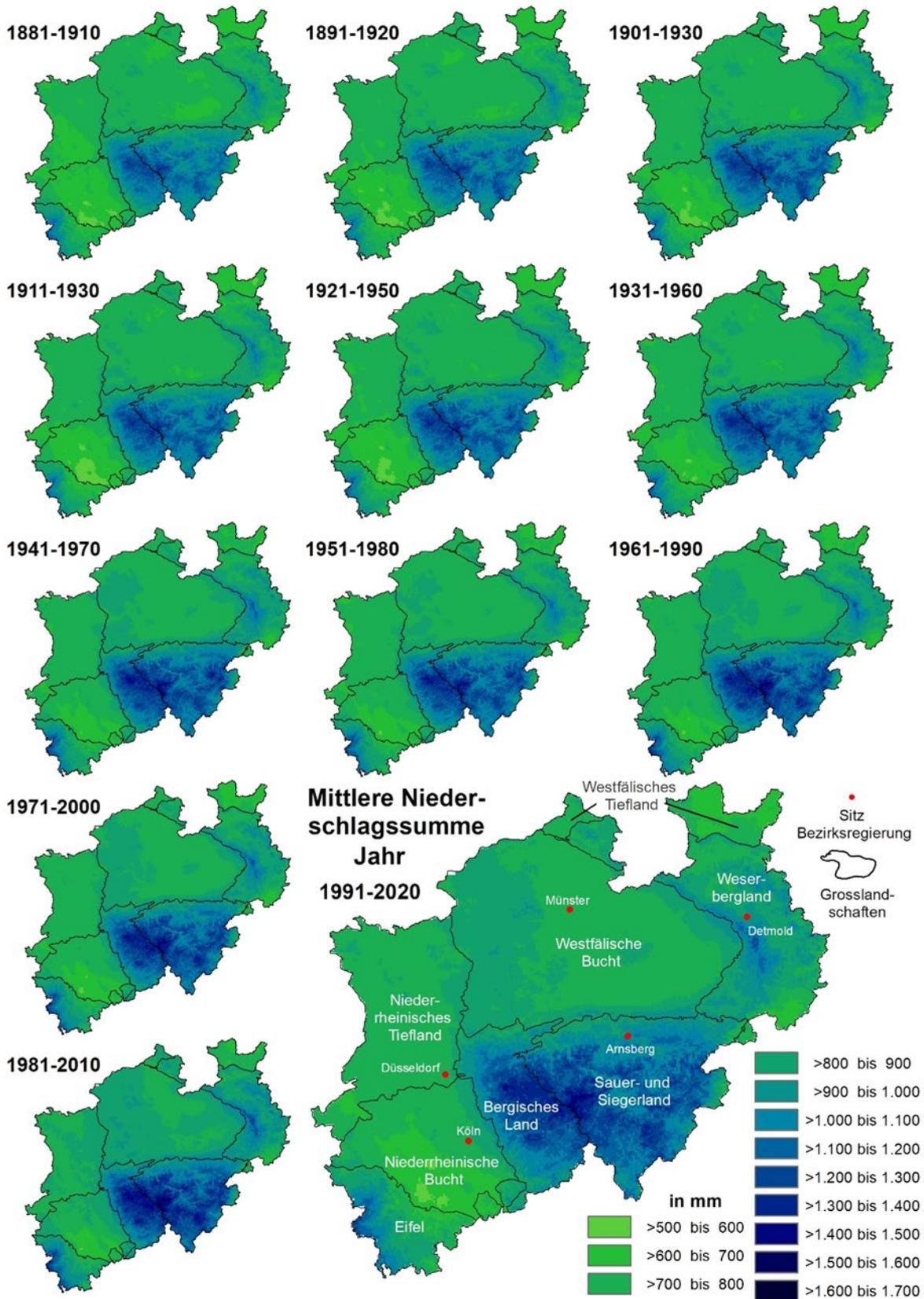


Abbildung 1: Mittlere Jahresniederschlagssumme in Nordrhein-Westfalen in den Klimanormalperioden des Zeitraumes 1881-2020 (Datengrundlage: DWD).

Tabelle 1: Mittlere Jahresniederschlagssumme und der Jahreszeiten ausgewählter Klimanormalperioden in Millimetern (mm) in NRW in verschiedenen Klimanormalperioden (Datengrundlage: DWD). Abweichungen in der Summe der Jahreszeiten im Vergleich zur Jahresniederschlagssumme sind auf Rundungsdifferenzen zurückzuführen.

Zeitraum	Jahr	Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter
1881 – 1910	808	172	249	196	190
1951 – 1980	857	186	258	201	212
1961 – 1990	875	205	241	208	223
1981 – 2010	918	203	238	235	242
1991 – 2020	870	177	238	219	237

Kartenbeschreibung - Klimaprojektionen

Die zukünftige Niederschlagsentwicklung zeigt sowohl regional als auch über die Perzentile, Zeiträume und Szenarien hinweg ein sehr variables Bild (Abbildung 2). Betrachtet man den Jahresniederschlag im Zeitraum 2031-2060 in NRW, schwankt die Änderung für alle Szenarien zwischen keiner Änderung (-3 bis -1 %, 15. Perzentil) und einer Zunahme zwischen 6 und 8 % (85. Perzentil). Für die ferne Zukunft erhöht sich die Schwankungsbreite für alle Szenarien und reicht von einer leichten Abnahme zwischen -6 und 0 % (15. Perzentil) bis zu einer leichten Zunahme zwischen 5 bis 13 % (85. Perzentil).

Die Schwankungsbreite der jährlichen Niederschlagsentwicklung wird auch von den jahreszeitlichen Niederschlagsverschiebungen beeinflusst, die bereits in der Vergangenheit beobachtet werden konnten und sich voraussichtlich zukünftig fortsetzen werden. Zur Übersicht sind in Tabelle 2 die Änderung der mittleren Niederschläge in den vier Jahreszeiten für die nahe und ferne Zukunft gegenübergestellt. Es lässt sich ableiten, dass die Niederschläge im Frühjahr und Winter sowohl in der Mitte des Jahrhunderts als auch der fernen Zukunft eher zunehmen und im Sommer hingegen eher abnehmen werden. In allen Jahreszeiten erhöht sich die Spannweite der Projektionsergebnisse in der fernen Zukunft gegenüber der der Mitte des Jahrhunderts, sodass die Interpretation der Entwicklung schwieriger wird. Regionale Unterschiede lassen sich auch in den Jahreszeiten nicht ableiten (nicht dargestellt).

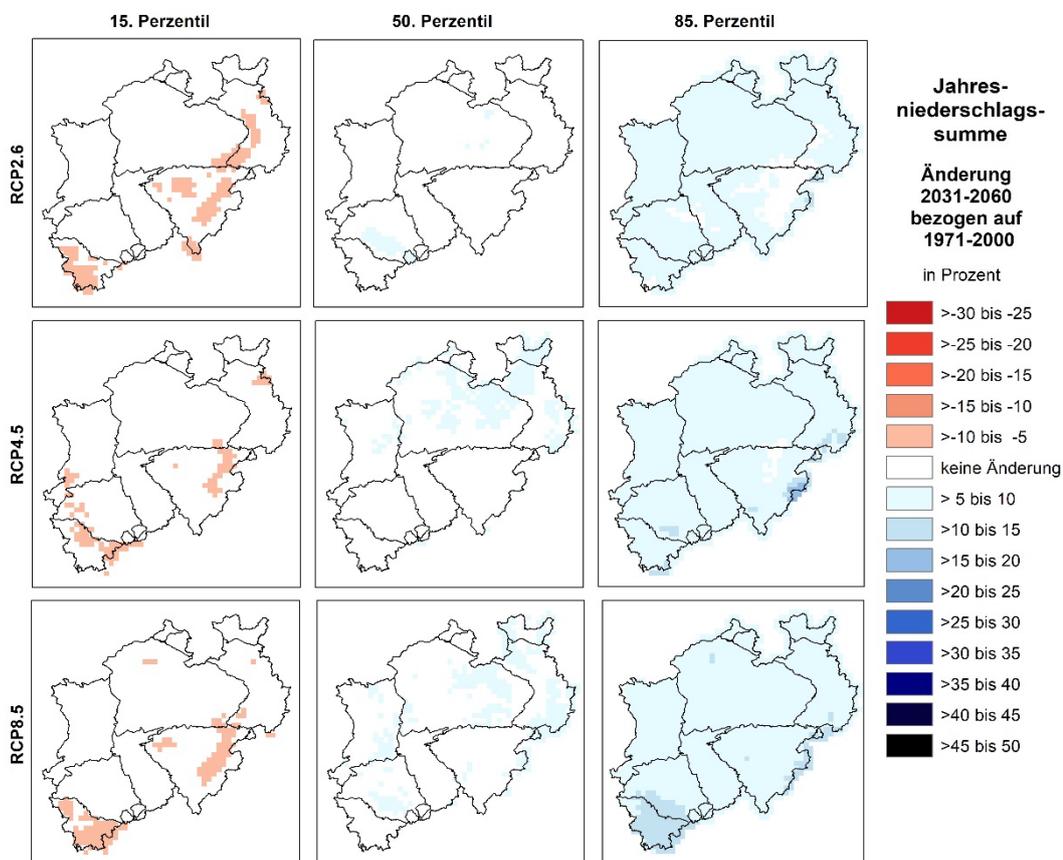


Abbildung 2: Projizierte Änderung der mittleren Jahresniederschlagssumme in Nordrhein-Westfalen für die Mitte des Jahrhunderts (2031-2060), bezogen auf 1971-2000. Die Basis bildet das DWD-Referenzensemble v2018, zum Stand Juni 2018 der Szenarien RCP2.6, RCP4.5 und RCP8.5 (Datengrundlage: Brien et al.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

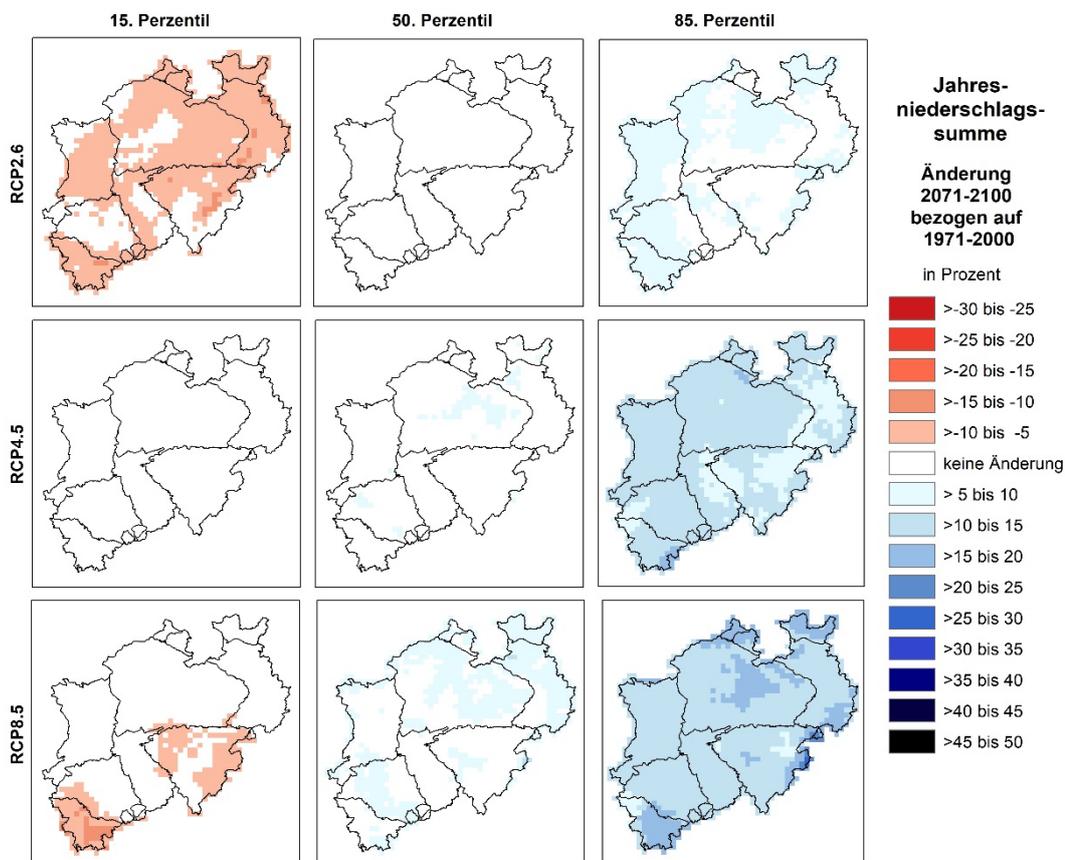


Abbildung 3: Projizierte Änderung der mittleren Jahresniederschlagssumme in Nordrhein-Westfalen für die ferne Zukunft (2071-2100), bezogen auf 1971-2000. Die Basis bildet das DWD-Referenzensemble v2018, zum Stand Juni 2018 der Szenarien RCP2.6, RCP4.5 und RCP8.5 (Datengrundlage: Brienens et al. 2020).

Tabelle 2: Projizierte mittlere jährliche Niederschlagssumme für die Mitte des Jahrhunderts und ferne Zukunft, bezogen auf 1971-2000 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: Brienens et al. 2020).

Jahr	Perzentil	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
2031-2060	15. Perzentil	866	874	870
	50. Perzentil	879	881	882
	85. Perzentil	914	926	931
2071-2100	15. Perzentil	864	876	863
	50. Perzentil	877	883	884
	85. Perzentil	901	929	958

Tabelle 3: Projizierte mittlere Niederschlagssumme in den Jahreszeiten für die Mitte des Jahrhunderts und ferne Zukunft, bezogen auf 1971-2000 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: Brienen et al. 2020).

Frühling	Perzentil	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
2031-2060	15. Perzentil	198	204	200
	50. Perzentil	209	210	208
	85. Perzentil	220	220	218
2071-2100	15. Perzentil	193	208	198
	50. Perzentil	203	215	214
	85. Perzentil	215	230	232
Sommer	Perzentil	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
2031-2060	15. Perzentil	211	208	205
	50. Perzentil	225	226	225
	85. Perzentil	236	238	239
2071-2100	15. Perzentil	210	204	190
	50. Perzentil	224	221	217
	85. Perzentil	240	242	233
Herbst	Perzentil	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
2031-2060	15. Perzentil	209	213	208
	50. Perzentil	220	224	222
	85. Perzentil	228	239	236
2071-2100	15. Perzentil	211	212	207
	50. Perzentil	220	224	225
	85. Perzentil	230	236	244
Winter	Perzentil	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
2031-2060	15. Perzentil	227	230	227
	50. Perzentil	232	236	240
	85. Perzentil	245	246	264
2071-2100	15. Perzentil	219	228	234
	50. Perzentil	230	239	247
	85. Perzentil	243	254	276

Fazit

Die Jahresniederschlagssummen haben im Beobachtungszeitraum (1881 bis 2020) zugenommen. Insbesondere in den sowieso schon niederschlagsreichen Mittelgebirgsregionen ist dieser Trend zu beobachten. Dabei sind die höchsten Jahresniederschlagssummen in den Klimanormalperioden zwischen 1961-1990 und 1981-2010 aufgetreten. Die größten Zunahmen sind im Herbst und Winter zu sehen. Im Frühjahr haben die Niederschläge je nach KNP etwas geringer zugenommen, wohingegen im Sommer – entgegen der Entwicklung zur Niederschlagszunahme über das Gesamtjahr gesehen – eine Abnahme der Niederschlagssumme um etwa 10 mm im Mittel für NRW verzeichnet wurde.

Vergleicht man die Änderung der Jahresniederschlagssumme mit bereits beobachteten Werten, so würde eine Abnahme um bis zu 3 %, wie sie für die Mitte des Jahrhunderts für alle Szenarien im 15. Perzentil projiziert wird, in etwa den Verhältnissen von 1951-1980 entsprechen. Eine deutlichere Niederschlagsabnahme, wie sie mit -6 % in der fernen Zukunft für das Szenario RCP2.6 im 15. Perzentil projiziert wird, würde in etwa den Verhältnissen von 1891-1920 entsprechen. Eine Zunahme zwischen 7 und 9 %, wie sie für die Mitte des Jahrhunderts für alle Szenarien im 85. Perzentil erwartet wird, würde in etwa der Niederschlagszunahme von 1981-2010 bezogen auf 1971-2000 entsprechen. Eine Niederschlagszunahme um mehr als 10 %, wie sie für die ferne Zukunft, für die Szenarien RCP4.5 und 8.5 im 85. Perzentil erwartet wird, geht über den bisherigen Erfahrungshorizont hinaus. Hier lagen nur einzelne Jahre in diesem Bereich. Die Änderung der Jahresniederschlagssumme mag daher (noch) nicht gravierend erscheinen. Betrachtet man die Änderungen in den einzelnen Jahreszeiten, können diese aber sehr viel deutlicher ausfallen, wie nachfolgend am Beispiel des Sommers aufgezeigt wird.

Im Sommer wird in der Mitte des Jahrhunderts für alle Szenarien im 15. Perzentil sowie in der fernen Zukunft im 15. Perzentil der Szenarien RCP2.6 und 4.5 eine Abnahme der Niederschläge um ca. 12 bis 14 % projiziert. Damit würden Niederschlagsverhältnisse eintreten, wie wir sie nur für die KNP 1881-1910 und 1891-1920 kennen. Allerdings muss hierbei berücksichtigt werden, dass während dieser Vergangenheits-Zeiträume das Temperaturniveau im Sommer noch erheblich niedriger war, sodass die Auswirkungen auf Flora und Fauna also ganz anders zu bewerten sind. Eine Abnahme des Niederschlags im Sommer um 20 %, wie es für die ferne Zukunft im Szenario RCP8.5 im 15. Perzentil projiziert wird, geht über bisherige Erfahrungen hinaus. Hier könnten die letzten Sommer 2017-2019 einen Eindruck für zukünftige Verhältnisse liefern.

Literatur

Brienen, 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-Expertennetzwerks. 157 Seiten.](#)

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

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

Klimafolgen-Anpassungsmonitoring: [Handlungsfeld Niederschlag.](#)

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.](#)