Landesamt für Natur,
Umwelt und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen

Wald und Klima in Nordrhein-Westfalen

Ein Beitrag zum Landeswaldbericht

LANUV
Kompetenz für ein
lebenswertes Land

Wald und Klima in Nordrhein-Westfalen

Ein Beitrag zum Landeswaldbericht

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
Recklinghausen 2019

IMPRESSUM

Herausgeber	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) Leibnizstraße 10, 45659 Recklinghausen Telefon 02361 305-0, Telefax 02361 305-3215 E-Mail: poststelle@lanuv.nrw.de
Bearbeitung	Dr. Nicole Kauke, Christina Seidenstücker, Dr. Ingo Wolff (alle LANUV)
Titelbild	© fotolia / Jürgen Fälchle
Datengrundlage	DWD/CDC – Deutscher Wetterdienst/Climate Data Center (Hrsg.) (2019): Jahresmittel der Raster der monatlichen gemittelten Lufttemperatur (2 m) für Deutschland, Version v1.0 und Jahressumme der Raster der monatlichen Niederschlagshöhe für Deutschland, Version v1.0. ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/grids_germany/annual//
Kartengrundlage	Land NRW (2019) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0
Informationsdienste	Informationen und Daten aus NRW zu Natur, Umwelt und Verbraucherschutz unter • www.lanuv.nrw.de Aktuelle Luftqualitätswerte zusätzlich im • WDR-Videotext
Bereitschaftsdienst	Nachrichtenbereitschaftszentrale des LANUV (24-Std.-Dienst) Telefon 0201 714488

Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur unter Quellenangaben und Überlassung von Belegexemplaren nach vorheriger Zustimmung des Herausgebers gestattet. Die Verwendung für Werbezwecke ist grundsätzlich untersagt.

Aktuelles Klima und Klimawandel in Nordrhein-Westfalen

Aktuelles Klima der Klimanormalperiode 1981-2010

Die klimatischen Gegebenheiten und ihre Veränderungen durch den anthropogenen Klimawandel beeinflussen die derzeitige und zukünftige Struktur des Waldes und seine Bewirtschaftung. Das derzeitige Klima in Nordrhein-Westfalen kann für verschiedene Regionen – sogenannte Großlandschaften, die beispielsweise bedingt durch ihre Topographie ähnliche klimatische Gegebenheiten aufweisen – beschrieben werden.

Betrachtet man die aktuelle Klimanormalperiode (KNP = 30-Jahreszeitraum) von 1981 bis 2010, so herrscht in NRW eine Jahresmitteltemperatur von 9,6 Grad Celsius. Die höchsten Mitteltemperaturen von mehr als zehn Grad Celsius treten in den Niederungen entlang des Rheintals im Niederrheinischen Tiefland sowie der Niederrheinischen Bucht auf. Entsprechend kühler stellen sich die Mittelgebirge dar. Flächendeckend liegen die Werte im Sieger- und Sauerland sowie der Eifel unter neun Grad Celsius und können kleinräumig in den Höhenlagen auf bis zu sechs Grad Celsius sinken (siehe Abbildung 1).

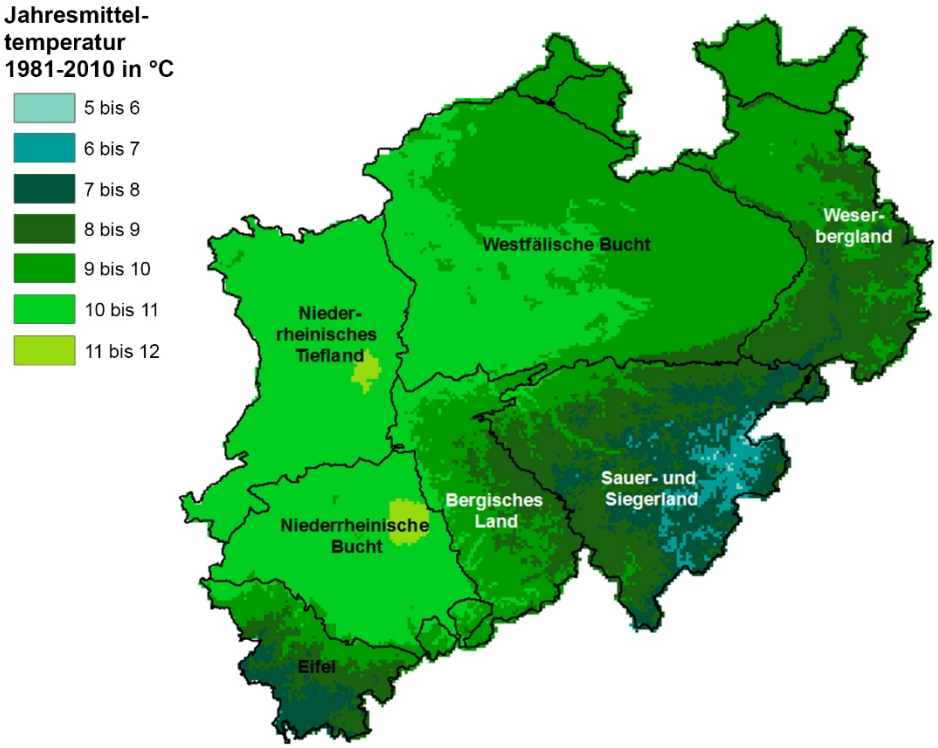

Abbildung 1: Mittlere Jahrestemperatur im Zeitraum 1981-2010 in Nordrhein-Westfalen

Entsprechendes gilt für den Niederschlag: Die mittlere Jahressumme für NRW beträgt im Zeitraum zwischen 1981 und 2010 918 Millimeter. Hierbei werden die höchsten Jahresniederschlagssummen von über 1.400 Millimeter in den Höhen- und Staulagen des Bergischen Landes sowie des Sauer- und Siegerlandes erreicht. Die niedrigsten Niederschlagssummen zwischen 500 und 800 Millimeter treten hingegen in Bereichen des Niederrheinischen Tieflandes und der Niederrheinischen Bucht auf (siehe Abbildung 2).

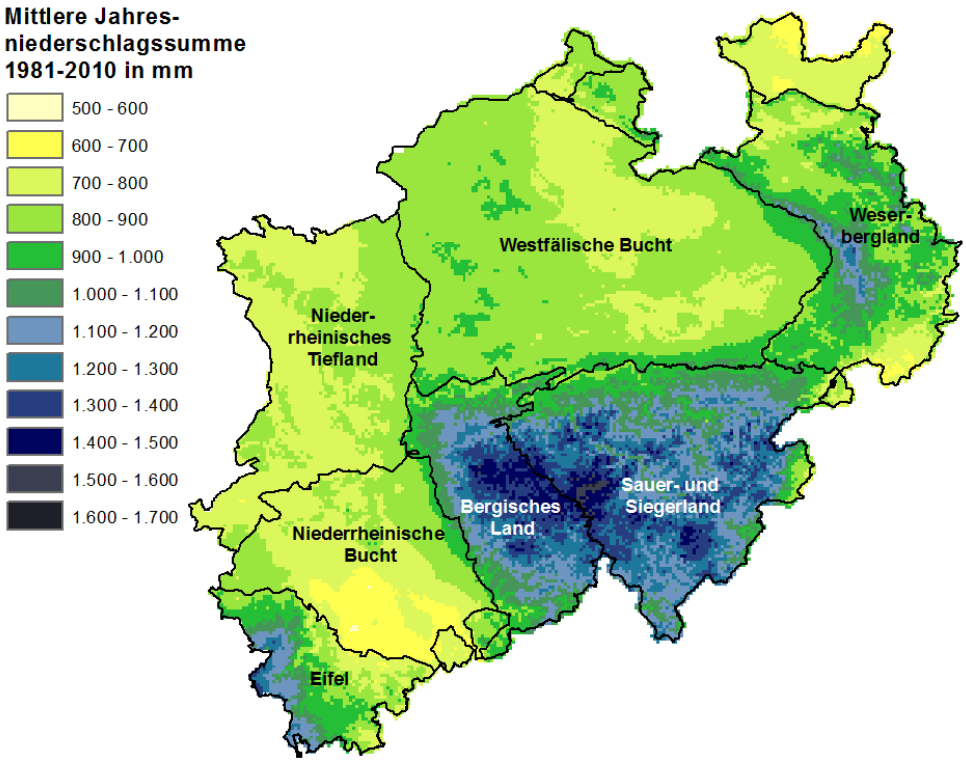

Abbildung 2: Mittlere Jahresniederschlagssumme im Zeitraum 1981-2010 in Nordrhein-Westfalen

Vegetationszeit 1981-2010

Die meteorologischen Bedingungen haben große Auswirkungen auf die Wuchsbedingungen des Waldes. Die Lufttemperatur ist dabei der ausschlaggebende Faktor, der den Zeitraum bestimmt, in welchem Waldwachstum stattfinden kann. Die Karte der tatsächlichen Vegetationszeitlänge (GAUER & KROIHER 2012) gibt die Dauer der Wachstumsperiode an. Definiert wird die Wachstumsperiode hier als Anzahl der Tage, deren mittlere Lufttemperatur über zehn Grad Celsius liegt. Bereiche mit hohen Werten und somit einer langen Vegetationsphase von über 180 Tagen treten entlang des Rheins (Niederrheinisches Tiefland und Niederrheinische Bucht) sowie in der Westfälischen Bucht auf; dort findet überwiegend landwirtschaftliche Nutzung statt. Die klassischen Waldbaugebiete in den Mittelgebirgen der Eifel und des Sieger- und Sauerlandes weisen eine Vegetationszeit von etwa 130 bis 170 Tagen auf (Abbildung 3). Somit spiegelt die tatsächliche Vegetationszeitlänge gut die forstliche Vegetationszeit wider, die pauschal von Mai bis Oktober (GAUER UND KROIHER 2012) definiert wird.

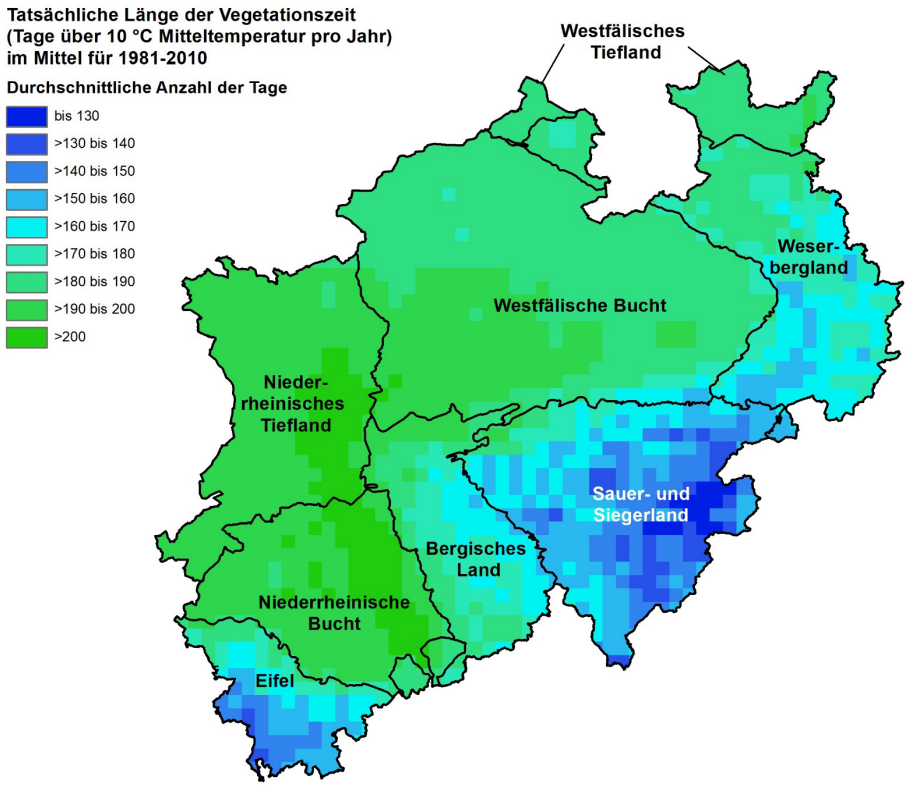

Abbildung 3: Mittlere Länge der tatsächlichen Vegetationszeit (Anzahl Tage mit Tagesmitteltemperatur > 10 °C) im Zeitraum 1981-2010

Darüber hinaus hat die Wasserversorgung während der Vegetationszeit, neben weiteren Faktoren, wie zum Beispiel die Nährstoffversorgung, einen entscheidenden Einfluss auf das Waldwachstum. In Abbildung 4 ist die Niederschlagssumme zwischen Mai und Oktober, also während der forstlichen Vegetationszeit, dargestellt. Hierbei zeigt sich eine ähnliche räumliche Verteilung wie beim Jahresniederschlag (Abbildung 2), nur auf einem deutlich geringeren Niveau. Die waldreichen Mittelgebirge, insbesondere Bergisches Land sowie Sauer- und Siegerland, weisen die höchsten Niederschläge während der Vegetationszeit auf. Ein einfaches Maß, dass die Wasserversorgung widerspiegelt, ist die sogenannte Klimatische Wasserbilanz: Sie stellt die Differenz zwischen der Niederschlagssumme und der Verdunstung dar. In Abbildung 5 ist die flächenhafte Verteilung der Klimatischen Wasserbilanz in Nordrhein-Westfalen aufgezeigt. In den wärmebegünstigten und niederschlagsarmen Bereichen der Westfälischen Bucht, des Niederrheinischen Tieflands und der Niederrheinischen Bucht kann die Klimatische Wasserbilanz während der Vegetationszeit negativ werden. In den anderen Großlandschaften zeigt die Klimatische Wasserbilanz hingegen weitestgehend positive Werte. So kann davon ausgegangen werden, dass das Waldwachstum im Mittel nicht durch eine unzureichende Wasserversorgung limitiert wird. Dies schließt einzelne Episoden, in welchen Trockenstress auftreten kann, jedoch nicht grundsätzlich aus.

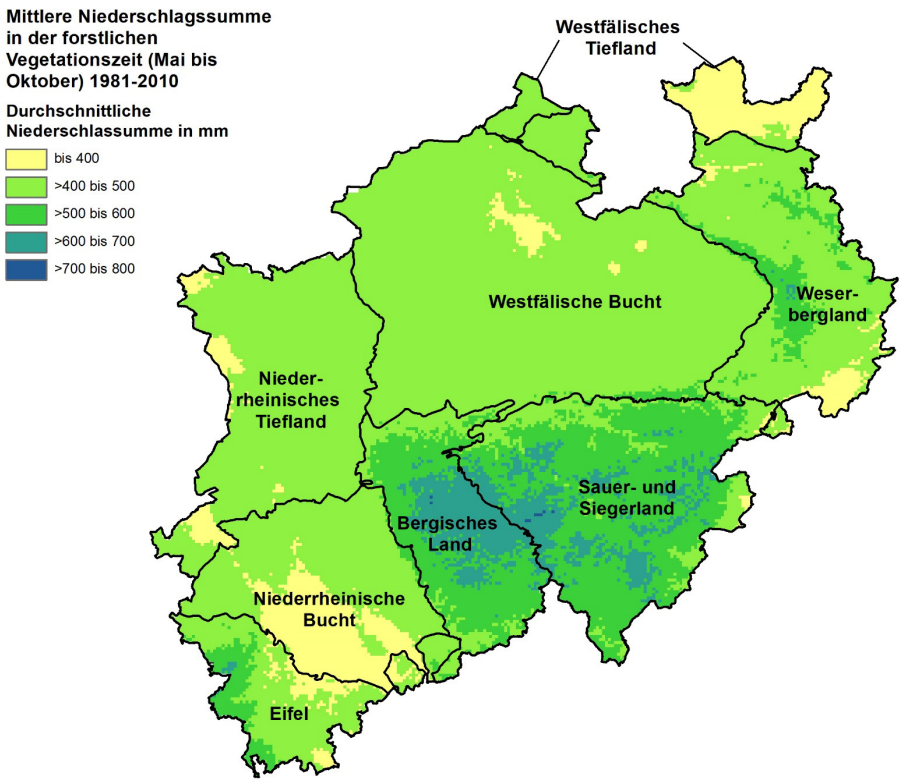

Abbildung 4: Mittlere Niederschlagssumme in der forstlichen Vegetationszeit (Mai bis Oktober) im Zeitraum 1981-2010

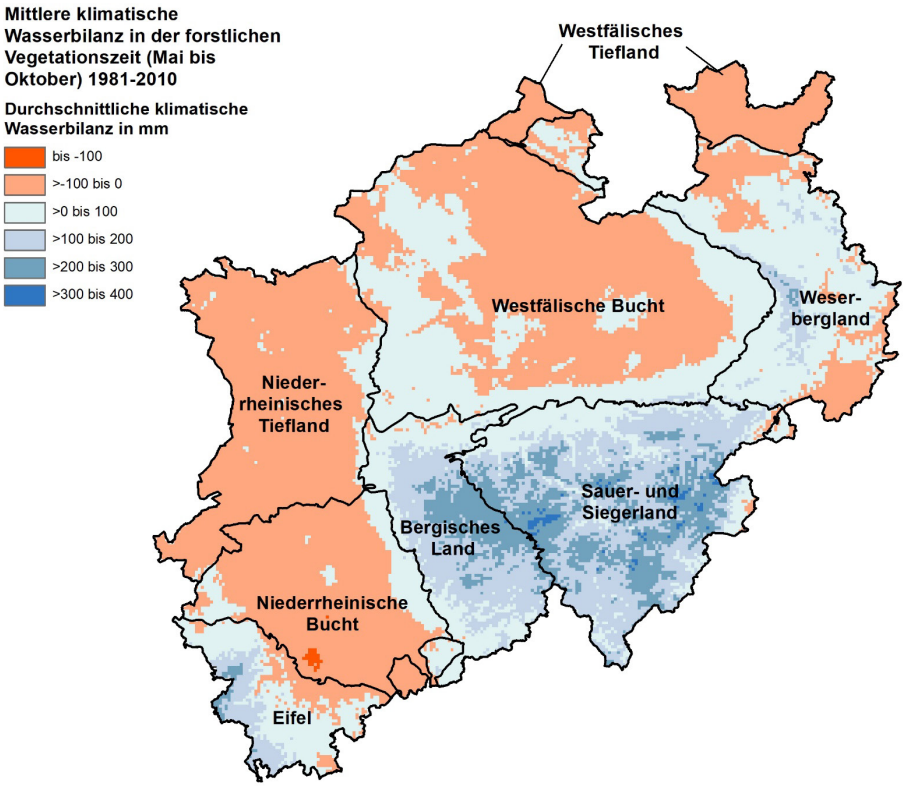

Abbildung 5: Mittlere Klimatische Wasserbilanz in der forstlichen Vegetationszeit (Mai bis Oktober) im Zeitraum 1981-2010

Beobachteter Klimawandel

Die Auswirkungen des Klimawandels zeigen sich auch in Nordrhein-Westfalen. Als Ursache gilt mit äußerst hoher Wahrscheinlichkeit der Mensch (IPCC 2014), der seit Beginn der Industrialisierung in kürzester Zeit eine in geologischen Zeiträumen nahezu beilspiellose Menge (ZEEBE et al. 2016) an Treibhausgasen in die Atmosphäre ausgestoßen hat (zum Beispiel Kohlenstoffdioxid aus Verbrennungsprozessen). Seit Beginn der Messungen 1881 hat sich in Nordrhein-Westfalen die Jahresmitteltemperatur um knapp 1,6 Grad Celsius erhöht (siehe Abbildung 6). Die Veränderung der Temperatur hat landesweit annähernd gleichförmig stattgefunden. Die mittlere jährliche Niederschlagssumme ist im selben Zeitraum um etwa 90 Millimeter beziehungsweise 11 Prozent angestiegen (siehe Abbildung 7). Seit 2017 liegen die Jahresniederschlagssummen unter dem langjährigen Mittelwert der Periode 1981-2010 von 918 mm. Es bleibt abzuwarten, ob sich diese Tendenz fortsetzen wird. Beispielsweise könnte es sich um eine Episode, wie in den 1970er Jahren handeln, in der verstärkt Jahre mit unterdurchschnittlichen Niederschlägen auftraten.

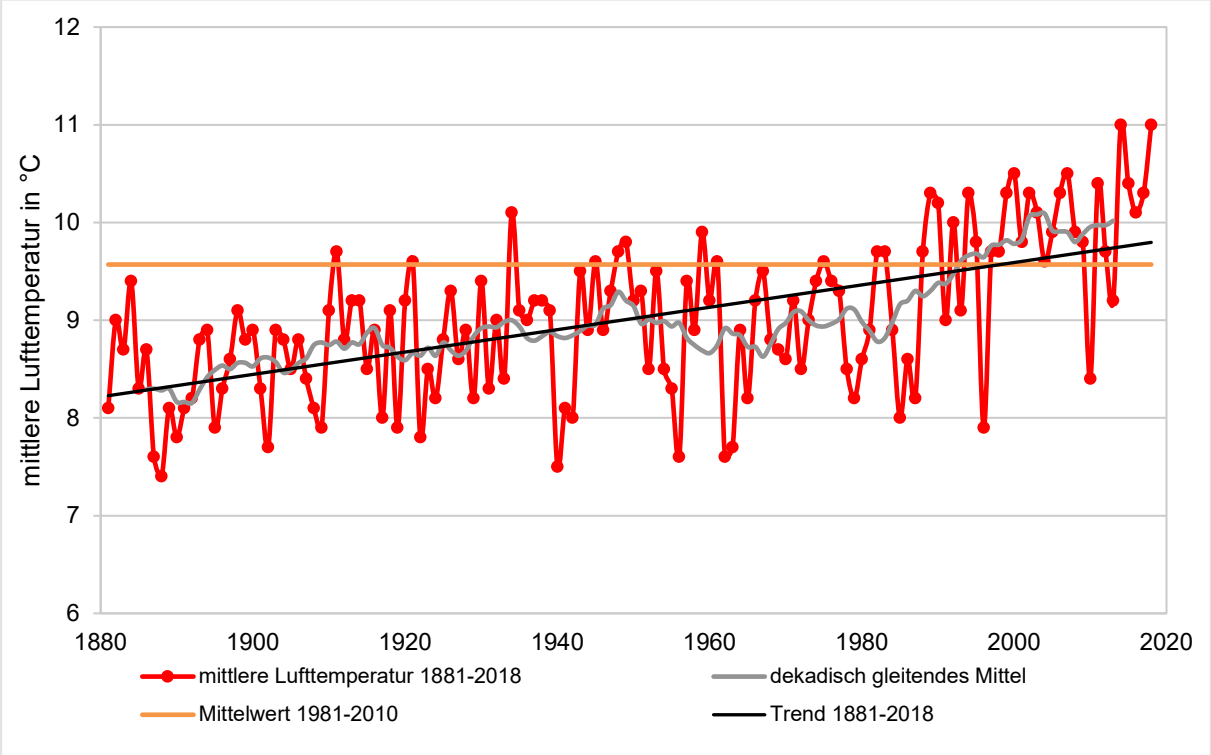

Abbildung 6: Jahresmitteltemperatur in Nordrhein-Westfalen im Zeitraum 1881-2018, dekadisch gleitendes Mittel, Mittelwert 1981-2010 sowie linearer Trend über den Gesamtzeitraum 1881-2018: Der lineare Trend zeigt einen Anstieg um 1,6 Grad Celsius an.

Betrachtet man die Veränderung von Temperatur und Niederschlag in den vier Jahreszeiten, so ist zu sehen, dass die Temperaturen im Winter (Dezember, Januar, Februar) und Frühjahr (März, April, Mai) vor allem in der letzten Klimanormalperiode stärker angestiegen sind als im Sommer (Juni, Juli, August) und Herbst (September, Oktober, November) (siehe Abbildung 8).

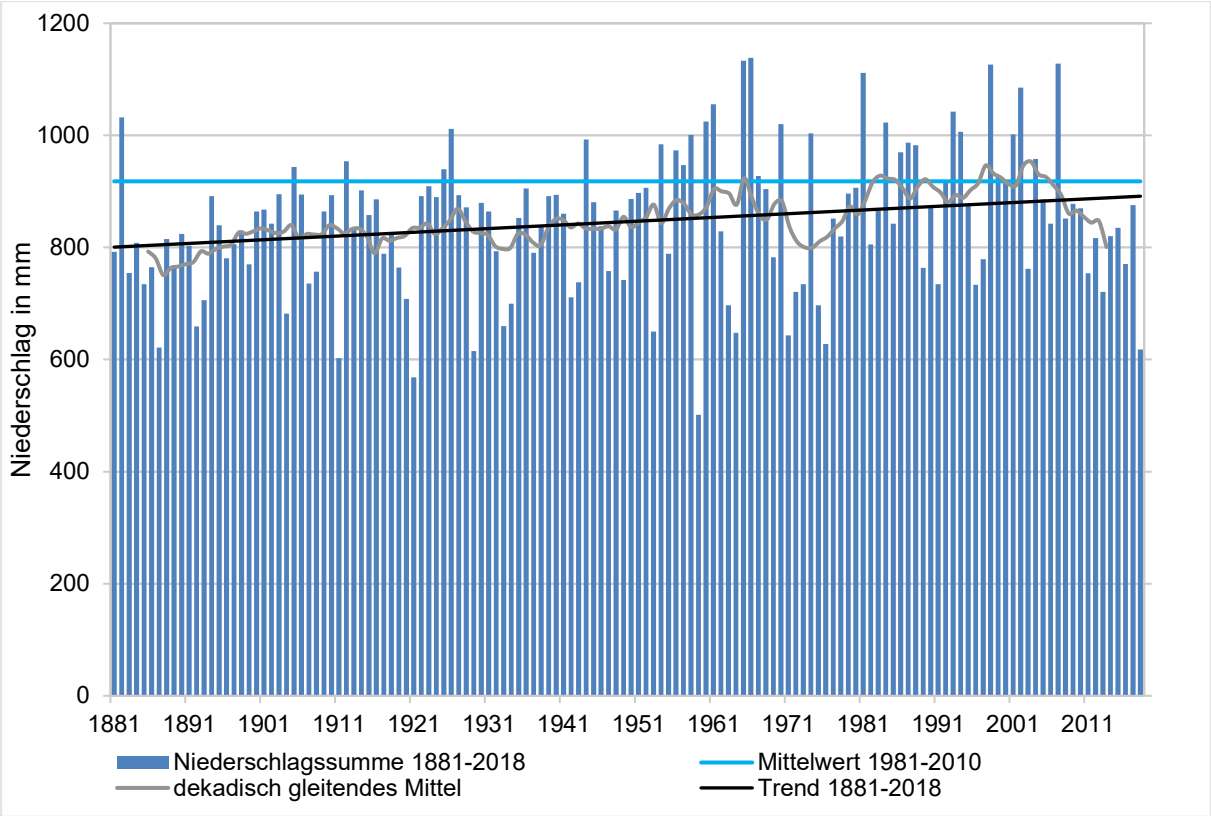

Abbildung 7: Mittlere Jahresniederschlagssumme in Nordrhein-Westfalen im Zeitraum 1881-2018, dekadisch gleitendes Mittel, Mittelwert 1981-2010 sowie linearer Trend über den Gesamtzeitraum 1881-2018: Der lineare Trend zeigt einen Anstieg um 90 Millimeter an.

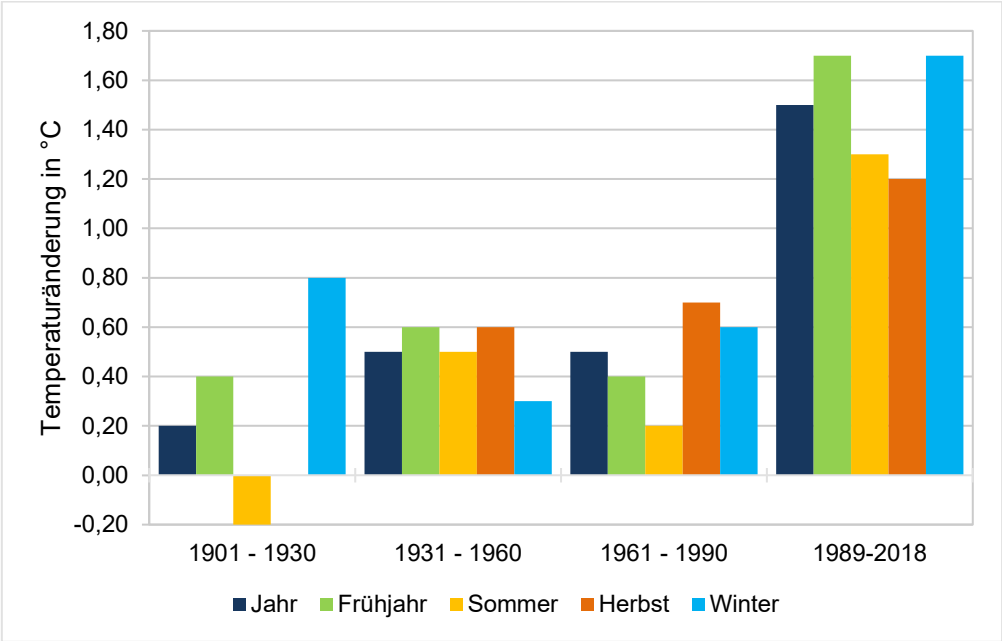

Abbildung 8: Jahreszeitliche Temperaturänderungen in Nordrhein-Westfalen in nahezu überschneidungsfreien Klimanormalperioden zwischen 1901 und 2018 bezogen auf 1881-1910

Die Niederschläge zeigen ein indifferenteres Bild für die Jahreszeiten. Die sich im Jahresmittel ergebende Zunahme der Niederschlagssumme wird dominiert durch eine sehr deutliche Zunahme im Winter und Herbst, wohingegen im Frühling und Sommer im Schnitt nur leichte Veränderungen stattgefunden haben, teilweise auch Niederschlagsabnahmen zu sehen sind (siehe Abbildung 9).

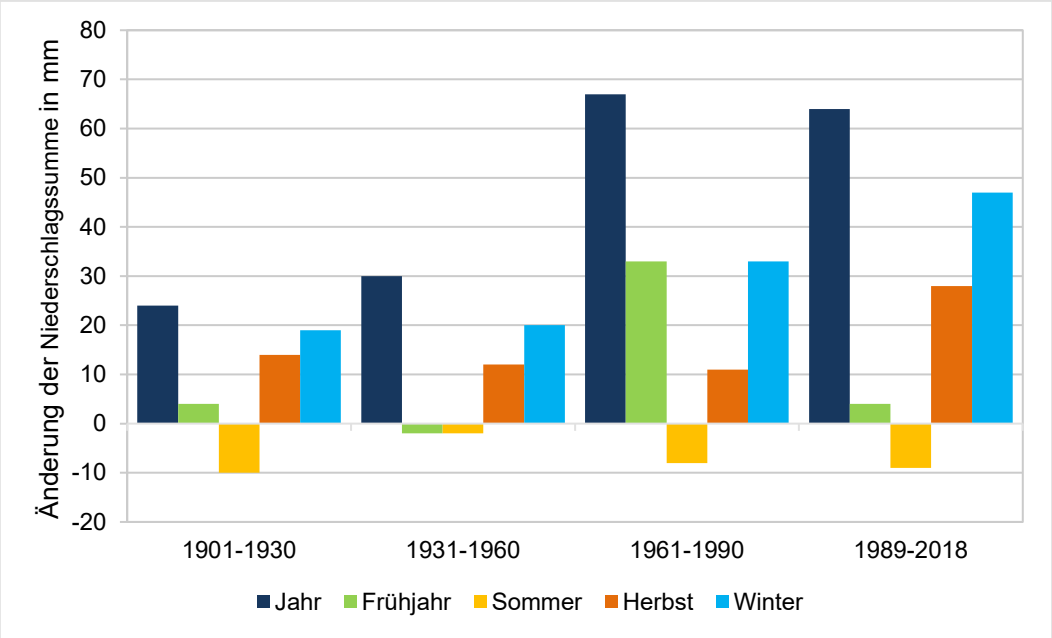

Abbildung 9: Jahreszeitliche Veränderungen der Niederschlagssummen in Nordrhein-Westfalen in nahezu überschneidungsfreien Klimanormalperioden zwischen 1901 und 2018 bezogen auf 1881-1910

Witterung und besondere Wetterereignisse der letzten fünf Jahre

In Nordrhein-Westfalen wurde im Jahr 2018 der bisherige Temperaturrekord von 2014 erreicht. Mit jeweils elf Grad Celsius Jahresmitteltemperatur waren die Jahre 2014 und 2018 die wärmsten seit Beginn der Temperaturaufzeichnung im Jahr 1881. Auch 2015, 2017 (je 10,3 Grad Celsius) und 2016 (10,1 Grad Celsius) liegen deutlich über 9,6 Grad Celsius, dem Mittelwert der aktuellen Klimanormalperiode (siehe Abbildung 6). Die hohe Jahresmitteltemperatur 2014 wurde insbesondere durch das warme Winterhalbjahr geprägt.

In der Folge ist eine sehr unterdurchschnittliche Anzahl an Frost- und Eistagen (Kenntage, an welchen die Temperatur unter null Grad Celsius sinkt bzw. nicht über null Grad Celsius steigt) aufgetreten. Bei den Frosttagen wurde sogar mit 36 Tagen die wenigsten Frosttage seit Messbeginn verzeichnet. 2018 wurde vor allem durch hohe Temperaturen im Sommerhalbjahr geprägt. So war der Sommer der zweitwärmste seit Messbeginn, nach dem Sommer von 2003. Dies spiegelt sich auch in den Kenntagen wider, die überdurchschnittlich hoch ausfielen. So wurde mit 75 Sommertagen der bisherige Rekord von 1947 um fast zwei Wochen überboten. Auch 2019 wurde ein außergewöhnlicher Sommer verzeichnet, der sich mit 19,1 Grad Celsius Durchschnittstemperatur auf Platz 3 der wärmsten Sommer in NRW einordnet.

Die Niederschläge variieren stärker von Jahr zu Jahr als die Lufttemperatur. Die letzten fünf Jahre weisen Werte unter dem Durchschnitt der aktuellen Klimanormalperiode von 918 Millimeter pro Jahr auf: Sie schwanken um den Betrag von etwa 850 Millimeter pro Jahr herum und damit um das Mittel der Gesamtmesszeitreihe zwischen 1881 und 2018. Die Jahre 2013 und 2016 waren dabei mit Werten von unter 800 Millimeter für Nordrhein-Westfalen noch trockener (siehe Abbildung 7). Das Jahr 2018 stellt mit nur 618 mm Niederschlag das fünft niederschlagsärmste Jahr seit Messbeginn dar. Dabei fielen die Monate April bis November deutlich unterdurchschnittlich aus. Zusammen mit den hohen Temperaturen, die auch die Verdunstung steigerten, führte dies dazu, dass 2018 das erste Jahr seit Beginn der Messungen 1961 mit einer negativen klimatischen Wasserbilanz im Mittel für NRW war. Auch für das Jahr 2019 zeigt sich für den Zeitraum April bis September, dass die Niederschläge nur geringfügig höher sind als im letzten Jahr, sodass wiederum Trockenheit vorherrschte.

In den letzten Jahren sind außerdem einige Starkniederschlagsereignisse aufgetreten, beispielsweise 2014 in Münster, 2016 am Niederrhein oder 2018 im Ruhrgebiet, in Soest oder Wuppertal. Dennoch kann statistisch gesehen kein ansteigender Trend der Starkniederschlagstage nachgewiesen werden. Dies liegt teilweise auch in der Definition der Niederschlagskenntage begründet, die die Anzahl der Tage mit einer Niederschlagssumme größer 10, 20 oder 30 Millimeter erfassen. Hier ist nicht nachvollziehbar, ob diese Niederschlagssummen durch einen Dauerregen oder durch einen Starkniederschlag mit teilweise 100 Millimeter Niederschlag in wenigen Stunden verursacht werden. Abbildung 10 zeigt den Zeitverlauf der jeweiligen Starkniederschlagstage zwischen 1951 und 2018. Darüber hinaus reichen flächendeckende Auswertungen, die auch kleinräumige Regenereignisse erfassen, beispielsweise basierend auf Radarniederschlagsdaten, zeitlich noch nicht weit genug zurück, um verlässliche Aussagen zu machen.

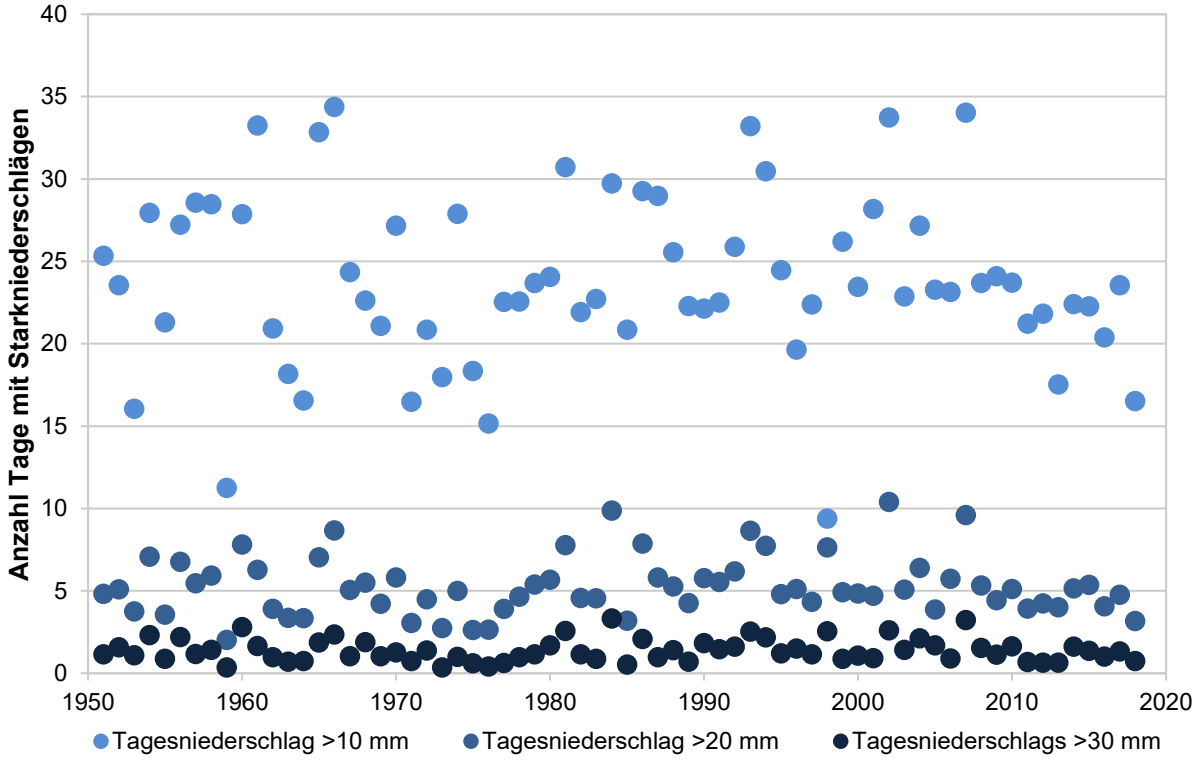

Abbildung 10: Entwicklung der Starkniederschlagstage in NRW zwischen 1951 und 2018

Klimafolgen

Die Veränderungen der meteorologischen Parameter Lufttemperatur und Niederschlagssumme wirken sich beispielsweise auf die Phänologie aus. Der Vorfrühling, der durch den Blühbeginn der Hasel markiert wird, hat sich seit 1951 bereits um 25 Tage nach vorn verschoben. Der Winteranfang hingegen, der durch den Blattfall der Stieleiche eingeläutet wird, tritt seit 1951 rund sieben Tage später ein. Somit hat sich die Vegetationszeit insgesamt verlängert. Insbesondere die Frühlingsphasen hängen dabei hauptsächlich von der Temperatur ab. Bei weiteren Phasen spielt auch der Wasserhaushalt eine Rolle.

Der Einfluss der Niederschlagsveränderungen kann beispielsweise durch Messungen des Bodenwasservorrats im Waldboden nachgewiesen werden. So wurde zum Beispiel in der Haardt festgestellt, dass Bäume in besonders heißen Sommern, wie sie in den Jahren 2003, 2006, 2013 und 2015 aufgetreten sind, vor allem bei gleichzeitig unterdurchschnittlichen Niederschlägen bereits unter Trockenstress leiden (LANUV 2016). Im Sommer 2018 wurde die bisher stärkste Austrocknung der Böden seit Beginn der Messungen beobachtet. Auch 2019 reiht sich in die Jahre mit Trockenstress für die Wälder ein. Durch die zwei trockenen und heißen Jahre in Folge sind einige Wälder sehr geschwächt und überaus anfällig für weitere Stressfaktoren, wie Schädlinge und Krankheiten.

In anderen Bereichen zeigt die hohe Temperatur und die Trockenheit des Sommers 2018 ebenfalls Auswirkungen. So lagen die Gewässertemperaturen auf sehr hohem Niveau, sodass in einigen urbanen Gewässern ohne ausreichende Sauerstoffzufuhr Fischsterben drohten oder gar auftraten. Die Pegel und auch einige Talsperren zeigten teilweise Rekordniedrigstände. Der eine Teil der Bevölkerung freute sich über das schöne Wetter, der andere litt unter der sommerlichen Hitze. Diese Witterungsfolgen eines Einzeljahres können zwar nicht eindeutig dem Klimawandel zugeordnet werden, geben aber dennoch einen Einblick, welche Folgen durch den Klimawandel mit hoher Wahrscheinlichkeit noch zu erwarten sind.

Zukünftiger Klimawandel

Grundlagen

Während das Klima der jüngeren Vergangenheit (in Deutschland ab 1881) 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. Die Klimaprojektionen basieren auf sogenannten Klimaszenarien. Diese spiegeln Grundannahmen zu möglichen zukünftigen Entwicklungen (beispielsweise technischer Fortschritt, Globalisierung, Bevölkerungswachstum etc.) wider, die sich auf die Treibhausgasemissionen und somit das Klimasystem auswirken. Um aus den weltweit hergeleiteten Ergebnissen der globalen Klimamodelle höher aufgelöste Ergebnisse für

kleinere Regionen, wie zum Beispiel Nordrhein-Westfalen, zu bekommen, werden mit Hilfe von regionalen Klimamodellen weitere Simulationen vorgenommen.

Die aktuellen Auswertungen der Klimaprojektionen für Nordrhein-Westfalen beruhen auf Auswertungen der Projekte „EURO-CORDEX“ und „ReKliEs-DE“ zum Stand Juni 2018 durch den DWD. Aufgrund der Datenverfügbarkeit wurden drei Klimaszenarien der sogenannten RCP-Szenarien[1], die seit dem letzten Sachstandsbericht des Weltklimarats von 2013 gebräuchlich sind, verwendet. Das RCP8.5-Szenario geht dabei von einer weiteren starken Zunahme der Treibhausgasemissionen aus („business-as-usual-Szenario“). Das RCP4.5-Szenario bildet demgegenüber eine eher moderatere Entwicklung ab, die zum Beispiel infolge einer verstärkten Nutzung von Technologien zur Beschränkung von Treibhausgas-Emissionen erreicht werden könnte (IPCC 2014). Das RCP2.6 Szenario wird auch als „Klimaschutz-Szenario“ bezeichnet, das der Einhaltung der Klimaschutzvereinbarungen des Parisabkommens nahekommt. Für die vorliegenden Szenarien RCP2.6 und RCP4.5 wurde ein sogenanntes Modellensemble aus zehn globalen und regionalen Klimamodellkombinationen ausgewertet, für das RCP8.5 bestand das Modellensemble aus 20 Modellläufen. Die Ergebnisse für die mögliche Entwicklung der Lufttemperatur und der Niederschlagssumme werden als Änderungswerte in der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) jeweils bezogen auf den Referenzzeitraum 1971-2000 dargestellt. Die Auswertung bezieht sich dabei nicht auf Einzelergebnisse der Modellkombinationen, sondern zeigt den Median sowie die Spannweite der Modellsimulationen auf (dargestellt werden 70 Prozent der Ergebnisse = Bereich zwischen 15. Perzentil und 85. Perzentil des Modellensembles).

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Klimaprojektionen zeigen für Nordrhein-Westfalen einen Anstieg der Lufttemperaturen. Für die nahe Zukunft (2021-2050) treten dabei nur sehr geringe Unterschiede zwischen den Klimaszenarien auf. Für die mittlere Jahrestemperatur liegen die Ergebnisse der Klimaprojektionen zwischen einer Zunahme von +0,6 und +1,8 Grad Celsius. Für die ferne Zukunft (2071-2100) tritt der Einfluss der Grundannahmen und somit Unterschiede der Klimaszenarien deutlicher hervor. So reicht hier die Spannweite vom Szenario RCP2.6 bei einer Zunahme der mittleren Jahrestemperatur zwischen +0,8 und +1,5 Grad Celsius bis zum Szenario RCP8.5 mit einem projizierten mittleren Temperaturanstieg zwischen +2,8 und +4,4 Grad Celsius.

Betrachtet man die einzelnen Jahreszeiten (siehe hierzu Tabelle 1), werden größere Unterschiede zwischen den Klimaszenarien und den Jahreszeiten ebenfalls in der fernen Zukunft deutlicher. Dabei wird die stärkste Lufttemperaturzunahme für den meteorologischen Herbst (September, Oktober, November) projiziert.

[1] RCP steht für Representative Concentration Pathways, zu Deutsch repräsentative Konzentrationspfade, diese spiegeln mögliche Entwicklungen der Treibhausgaskonzentrationen basierend auf verschiedenen Annahmen zu den Treibhausgasemissionen bis 2100 wider (Moss et al. 2010).

Tabelle 1: Ergebnisse der regionalen Klimaprojektionen für NRW für die nahe Zukunft (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100) als Änderung bezogen auf den Zeitraum 1971-2000 auf Basis eines Modellensembles (Datengrundlage: Euro-CORDEX und ReKlies-DE, Bearbeitung: DWD 2019, LANUV 2019)

			Temperatur in K		Niederschlag in %	
	Klima-szenario	**Mittelwert und Spannweite***	**2021-2050**	**2071-2100**	**2021-2050**	**2071-2100**
Jahr	RCP2.6	Median	+1,0	+1,0	+3,1	+1,7
		Spannweite	+0,7 bis +1,4	+0,8 bis +1,5	-2,4 bis +7,3	-5,9 bis +4,9
	RCP4.5	Median	+1,2	+2,0	+2,9	+3,6
		Spannweite	+0,6 bis +1,6	+1,3 bis 2,7	0 bis +7,8	+0,4 bis +11,4
	RCP8.5	Median	+1,4	+3,6	+3,0	+4,6
		Spannweite	+0,9 bis +1,8	+2,8 bis +4,4	-1,7 bis +7,3	-3,2 bis 13,3
Frühjahr	RCP2.6	Median	+0,6	+0,9	+9,0	+4,6
		Spannweite	+0,5 bis +1,2	+0,6 bis +1,2	-0,4 bis +14,3	-4,8 bis +13,7
	RCP4.5	Median	+0,8	+1,8	+8,1	+13,1
		Spannweite	+0,2 bis +1,4	+0,9 bis +2,1	+3,6 bis +13,9	+7,8 bis +20,0
	RCP8.5	Median	+1,0	+2,9	+5,9	+12,6
		Spannweite	+0,7 bis 1,3	+2,1 bis +3,2	+0,4 bis +12,1	+0,1 bis +21,8
Sommer	RCP2.6	Median	+1,0	+1,1	-1,4	-2,8
		Spannweite	+0,6 bis +1,5	+0,9 bis +1,6	-12,0 bis +6,4	-11,2 bis +8,3
	RCP4.5	Median	+1,2	+1,9	-0,4	-5,8
		Spannweite	+0,8 bis +1,4	+1,4 bis +2,5	-8,7 bis +9,1	-13,8 bis +8,8
	RCP8.5	Median	+1,3	+3,6	-2,4	-8,1
		Spannweite	+0,9 bis +1,9	+2,9 bis +4,7	-11,9 bis +4,8	-20,5 bis +2,6
Herbst	RCP2.6	Median	+1,1	+1,3	-0,1	-2,3
		Spannweite	+0,8 bis +1,8	+0,6 bis +1,9	-5,6 bis +8,3	-8,4 bis +4,6
	RCP4.5	Median	+1,2	+2,3	+0,7	-0,2
		Spannweite	+0,8 bis +1,9	+1,7 bis +3,3	-5,7 bis +6,2	-8,2 bis +8,6
	RCP8.5	Median	+1,6	+4,0	+2,7	+1,4
		Spannweite	+1,1 bis +2,2	+3,0 bis +5,4	-5,5 bis +9,4	-11,2 bis +12,7
Winter	RCP2.6	Median	+1,0	+1,1	+6,9	+1,8
		Spannweite	+0,9 bis +1,2	+0,9 bis +1,4	-1,8 bis +13,0	-6,5 bis +11,7
	RCP4.5	Median	+1,1	+2,0	+5,0	+8,7
		Spannweite	+0,7 bis +1,8	+1,4 bis +2,6	+0,7 bis +13,3	-0,7 bis +15,0
	RCP8.5	Median	+1,5	+3,5	+7,4	+14,4
		Spannweite	+0,6 bis +1,8	+3,0 bis +4,3	-5,9 bis +17,6	+5,2 bis +27
*Spannweite: die Spannweite deckt 70% der Ergebnisse des Modellensembles ab.						

Für die Niederschlagsentwicklung sind die Ergebnisse der Klimamodellrechnungen nicht so eindeutig wie für die Lufttemperatur. Dies bezieht sich zum einen auf die Richtung (Zu- oder Abnahmen), zum anderen auf die größere Spannweite zwischen den einzelnen Ergebnissen der Modellkombinationen. Für die mittlere Jahresniederschlagssumme in Nordrhein-Westfalen variieren die Projektionen in der nahen Zukunft über alle Klimaszenarien hinweg zwischen einer Abnahme um zwei Prozent und einer Zunahme um acht Prozent. In der fernen Zukunft wird die Spannweite mit einer Abnahme von sechs Prozent bis zu einer Zunahme um fünf Prozent im Szenario RCP2.6 und einer Abnahme um drei Prozent bis zu einer Zunahme um 13 Prozent im Szenario RCP8.5 deutlich größer. In den einzelnen Jahreszeiten treten teilweise noch höhere Spannweiten auf und können auch eine deutliche Abnahme der Niederschlagssumme zeigen, wie man anhand Tabelle 1 sehen kann.

Vor dem Hintergrund der großen Spannweiten zwischen den Modellen und Klimaszenarien sind sowohl bei der Temperatur- als auch bei der Niederschlagsentwicklung regionale Differenzierungen, insbesondere im Vergleich zu den Modellunsicherheiten, vernachlässigbar gering.

Aussagen zur Veränderung der Intensität und Häufigkeit von Extremereignissen, wie Starkregen oder Stürmen, sind ebenfalls nur schwer zu treffen. Tendenziell wird davon ausgegangen, dass sich die Anzahl dieser Ereignisse erhöhen wird (DWD 2016, IPCC 2013).

Aussagen über die zukünftige Entwicklung von Starkregenereignissen in Nordrhein-Westfalen müssen auf Basis der derzeit vorliegenden Datengrundlage und den damit verbundenen Unsicherheiten sehr vorsichtig interpretiert werden. Dennoch wurde auf der genannten Datengrundlage basierend eine Auswertung für zwei Niederschlagskenntage vorgenommen: Tage mit einer Niederschlagssumme von mehr als zehn Millimeter sowie Tage mit einer Niederschlagssumme von mehr als 20 Millimeter. Dabei ist zu beachten, dass eine Abgrenzung zwischen Extremereignissen und Dauerregentagen, genau wie bei den beobachteten Klimadaten (beispielsweise in per se niederschlagsreichen Regionen wie den Mittelgebirgen), praktisch nicht möglich ist. Darüber hinaus ist es aufgrund des seltenen Eintretens solcher Niederschlagsereignisse schwer, Veränderungen zu detektieren beziehungsweise in den Auswertungen der Klimamodellkombinationen nachzuweisen.

So zeigen die Modelle für die Kenntage mit einem Tagesniederschlag von mehr als 20 Millimeter bei den drei Klimaszenarien für die nahe Zukunft keine Änderungen (im Bereich der Variabilität). Für die ferne Zukunft werden Änderungen mit einer Zunahme um maximal drei Tage im Szenario RCP8.5 projiziert. Für die etwas häufiger auftretenden Kenntage mit einer Tagesniederschlagssumme von mehr als zehn Millimeter schwanken die Projektionen für die nahe Zukunft in allen drei Klimaszenarien zwischen keinen Änderungen und einer Zunahme von bis zu drei Tagen. Für die ferne Zukunft wird im Szenario RCP2.6 keine Änderung bis zu einer Zunahme um zwei Tage projiziert, im Szenario RCP8.5 keine Änderung bis zu einer Zunahme um fünf Tage.

Fazit

Die Veränderungen des Klimas lassen sich seit Messbeginn in Nordrhein-Westfalen beobachten. Die klimatischen Veränderungen wirken sich unterschiedlich auf verschiedene Umweltbereiche aus. Durch den anthropogenen Klimawandel werden sich zukünftig die bereits zu beobachtenden Trends und Auswirkungen noch weiter verstärken. Diese können teilweise positiv sein, meist überwiegen jedoch negative Folgen oder es kann zu Wechselwirkungen kommen, deren Ausmaß und Wirkung noch nicht vollständig abgeschätzt werden kann.

Die Projektionen der Klimamodelle zeigen für Nordrhein-Westfalen zukünftig einen weiteren Anstieg der Temperaturen, der insbesondere in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts sehr deutlich ausfallen wird. Dementsprechend wird auch eine Zunahme von Sommertagen, Heißen Tagen oder Tropennächten (Tagesminimumtemperatur sinkt nicht unter 20 Grad Celsius) sowie ein Rückgang von Frost- und Eistagen erwartet. Aussagen über die zukünftige Niederschlagsentwicklung sind deutlich schwieriger, da beispielsweise auch saisonale Unterschiede auftreten. Insgesamt werden die Änderungssignale und die Spannweite der Ergebnisse bei allen Parametern in der fernen Zukunft größer als in der nahen Zukunft. Zudem zeigt sich der Einfluss der verschiedenen Klimaszenarien in der fernen Zukunft deutlicher. Die bereits zu beobachtenden Trends setzen sich dabei voraussichtlich fort.

Der Anstieg der Temperaturen und die Veränderung der Niederschlagsverhältnisse werden starke Auswirkungen auf den Menschen, die Natur und die Umwelt haben (z. B. phänologische Verschiebungen, Einfluss des Wasserhaushalts auf die Vegetation), wie man am Vergleich der verschiedenen Klimaszenarien ablesen kann. Der Wald beziehungsweise die Forstwirtschaft muss sich durch die langen Wachstums- und Wirtschaftszeiträume frühzeitig an sich verändernde klimatische Verhältnisse anpassen und sich auf sie einstellen.

Literatur

DWD – DEUTSCHER WETTERDIENST (2016): Starkniederschläge in Deutschland. Deutscher Wetterdienst, Offenbach.

GAUER, JÜRGEN & Kroiher, Frank (Hrsg.) (2012): Waldökologische Naturräume Deutschlands – Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke – Digitale Topographische Grundlagen – Neubearbeitung Stand 2011. Braunschweig (Landbauforschung, Sonderheft 359).

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge and New York.IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2014): Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Hauptautoren, R.K. Pachauri und L.A. Meyer (Hrsg.)]. IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2016.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2014): Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC). Unter Mitarbeit von R. K. Pachauri und L. A. (Hrsg) Meyer. Hg. v. IPCC. IPCC Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle. Bonn. Online verfügbar unter http://www.de-ipcc.de/media/content/IPCC-AR5_SYR_barrierefrei.pdf.

EURO-CORDEX (o. J.): Coordinated Downscaling Experiment – European Domain. http://www.euro-cordex.net/index.php.en

MOSS, RICHARD H.; EDMONDS, JAE A.; HIBBARD, KATHY A.; MANNING, MARTIN R.; ROSE, STEVEN K.; VAN VUUREN, DETLEF P. et al. (2010): The next generation of scenarios for climate change research and assessment. In: Nature 463 (7282), S. 747–756. DOI: 10.1038/nature08823

LANUV – LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN (Hrsg.) (2016): Klimawandel und Klimafolgen in Nordrhein-Westfalen – Ergebnisse aus den Monitoringprogrammen 2016. LANUV-Fachbericht 74, Recklinghausen.

LANUV – LANDESAMT FÜR NATUR. UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WWESTFALEN (Hrsg.) (2018): Klimaatlas NRW.

ZEEBE, R. E.; RIDGWELL, A.; ZACHOS, J. C. (2016): Anthropogenic carbon release rate unprecedented during the past 66 million years. In: Nature Geoscience 9 (4), S. 325–329. DOI: 10.1038/ngeo2681.

Landesamt für Natur, Umwelt und
Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Leibnizstraße 10
45659 Recklinghausen
Telefon 02361 305-0
poststelle@lanuv.nrw.de

www.lanuv.nrw.de