



# Auswirkungen des Klimawandels in Nordrhein-Westfalen

Klimafolgenmonitoring 2016

LANUV-Info 38







# **Auswirkungen des Klimawandels in Nordrhein-Westfalen**

Klimafolgenmonitoring 2016

LANUV-Info 38

# 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](mailto:poststelle@lanuv.nrw.de)  
[www.lanuv.nrw.de](http://www.lanuv.nrw.de)

## Text und Redaktion

Christina Seidenstücker (LANUV)

## Gestaltung

Claudia Brinkmann (LANUV)

## Stand

April 2017

## Informationsdienste

Informationen und Daten aus NRW zu Natur, Umwelt und Verbraucherschutz unter [www.lanuv.nrw.de](http://www.lanuv.nrw.de)  
Aktuelle Luftqualitätswerte zusätzlich im WDR-Videotext

## Bereitschaftsdienst

Nachrichtenbereitschaftszentrale des LANUV NRW  
(24-Std.-Dienst): Telefon 0201 7144 88

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

**Sehr geehrte Leserin, sehr geehrter Leser,**



der anthropogene Klimawandel ist in Nordrhein-Westfalen angekommen und seine Folgen sind in Natur und Umwelt deutlich zu spüren. Langjährige Messungen zeigen, dass die Temperaturen ansteigen, bei den Niederschlägen ändern sich die Intensität und die Verteilung. Das hat Folgen: So verschieben sich die Blühphasen heimischer Pflanzen, Gewässer- und Bodentemperaturen steigen und insbesondere in den Städten und Ballungsräumen kommt es im Sommer vermehrt zu Hitzebelastung für die Bevölkerung.

Nordrhein-Westfalen hat darum bereits 2011 als erstes Bundesland ein Klimafolgenmonitoring entwickelt. Seitdem dokumentiert das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) mithilfe von Indikatoren aus verschiedenen Umweltbereichen die Entwicklung des Klimas und seiner Folgen in Nordrhein-Westfalen. Denn nur wenn wir den Einfluss des Klimawandels auf Natur und Umwelt frühzeitig erkennen, können wir rechtzeitig und angemessen auf Veränderungen und Risiken reagieren. Die Indikatoren werden jährlich aktualisiert und sind im Internet unter [www.klimafolgenmonitoring.nrw.de](http://www.klimafolgenmonitoring.nrw.de) einsehbar.

Mit dieser Broschüre möchten wir den Bürgerinnen und Bürgern Nordrhein-Westfalens einen aktuellen Überblick über die Indikatoren des Klimafolgenmonitorings geben.

Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre.

Ihr



Dr. Thomas Delschen

Präsident des Landesamtes für Natur,  
Umwelt und Verbraucherschutz  
Nordrhein-Westfalen



# Inhalt

Das Klimafolgenmonitoring Nordrhein-Westfalen	4
Kategorie 1: Klima und Atmosphäre	6
Kategorie 2: Wasser	12
Kategorie 3: Ökosysteme und Biodiversität	16
Kategorie 4: Boden	18
Kategorie 5: Landwirtschaft	20
Kategorie 6: Forstwirtschaft	22
Kategorie 7: Menschliche Gesundheit	24
Zusammenfassung und Fazit	28
Weitere Informationen	29

## Das Klimafolgenmonitoring Nordrhein-Westfalen



Bereits in 2011 hat Nordrhein-Westfalen als erstes Bundesland ein Klimafolgenmonitoring veröffentlicht. Seitdem dokumentieren Indikatoren aus verschiedenen Umweltbereichen wie beispielsweise Boden, Biodiversität oder Landwirtschaft die Entwicklung des Klimas und seiner Folgen in Nordrhein-Westfalen. Sie werden jährlich fortgeschrieben und bei Bedarf um neue Indikatoren ergänzt. Aktuell sind aus sieben Umweltbereichen insgesamt 23 Indikatoren im Fachinformationssystem Klimafolgenmonitoring einsehbar ([www.klimafolgenmonitoring.nrw.de](http://www.klimafolgenmonitoring.nrw.de)). Die Indikatoren basieren auf Mess- und Beobachtungsprogrammen des LANUV und anderer Landesinstitutionen sowie auf Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD).

Diese Broschüre zeigt ausgewählte Ergebnisse aus dem Klimafolgenmonitoring NRW. Die Entwicklung jedes Indikators wird auf das Wesentliche zusammengefasst. Für ausführliche Hintergrundinformationen empfiehlt sich ein Blick in das Online-Angebot ([www.klimafolgenmonitoring.nrw.de](http://www.klimafolgenmonitoring.nrw.de)). Auch bietet der LANUV Fachbericht 74 „Klimawandel und Klimafolgen in Nordrhein-Westfalen – Ergebnisse aus den Monitoringprogrammen 2016“ tiefere Erkenntnisse zum Klima und seinen Folgen in Nordrhein-Westfalen.

## Darstellung der Indikatoren

Die Indikatoren werden jeweils mit Grafik und Text beschrieben. Wenn möglich werden in den Grafiken Werte dargestellt, die für die gesamte Fläche Nordrhein-Westfalens stehen, wie etwa die Mitteltemperatur oder die Hitzewarnungen. Wo dies nicht möglich ist, werden die Werte einer Station gezeigt, die für ganz NRW repräsentativ ist. Dies ist bei der Boden- oder Gewässertemperatur beispielsweise der Fall. Um eine Entwicklung ablesen zu können, wurden möglichst lange Zeitreihen ausgewählt und mit dem Mann-Kendall-Test auf ihre statistische Signifikanz geprüft. Die getesteten Zeiträume können dabei den gesamten Messzeitraum, oder bei langen Zeitreihen unterschiedliche 30-Jahr-Zeiträume (Klimanormalperioden) abdecken.

Der verteilungsfreie Mann-Kendall-Test gibt Aufschluss darüber, wie deutlich und sicher ein Trend gegenüber der Variabilität innerhalb der Zeitreihe hervortritt. Je höher das Signifikanzniveau ist, desto stärker gilt ein Trend als statistisch gesichert. Die Signifikanzniveaus sind Tabelle 1 zu entnehmen:

**Tabelle 1:** Bewertung der Signifikanzniveaus mit dem Mann-Kendall-Test

Signifikanzniveau	Bewertung
$S_i < 90 \%$	nicht signifikant
$90 \% \leq S_i < 95 \%$	signifikant
$95 \% \leq S_i < 99 \%$	sehr signifikant
$99 \% \leq S_i$	hochsignifikant

Ist ein Trend als signifikant getestet, ist er als Linie in der jeweiligen Grafik eingezeichnet und die Veränderung innerhalb verschiedener Zeitspannen ist im Text beschrieben – beispielsweise ein Anstieg der Bodentemperatur über den gesamten Messzeitraum oder über ein Jahrzehnt. Ist ein Trend nicht signifikant, so ist er in der Grafik auch nicht eingezeichnet; eine eventuell vorhandene Tendenz wird aber trotzdem im Text beschrieben.

## Kategorie 1: Klima und Atmosphäre



In der Kategorie „Klima und Atmosphäre“ werden sogenannte State-Indikatoren zum Klima selbst untersucht. Denn nur wenn die klimatischen Veränderungen bekannt sind, können ihre Folgen abgeleitet werden. Diese Kategorie ist demnach die Basis, um die Ergebnisse aller folgenden Kategorien interpretieren zu können.

### Indikator 1.1 – Temperatur

Die Temperatur ist die Leitgröße zur Beschreibung von Klimaveränderungen. Sie wird direkt durch den anthropogen bedingten Anstieg der Treibhausgasgehalte in unserer Atmosphäre beeinflusst.

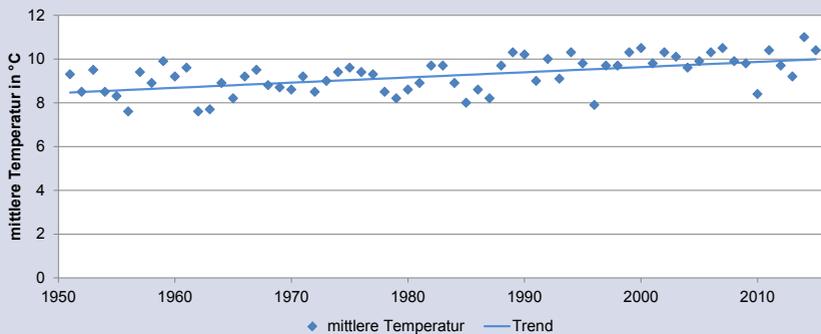
Die mittlere Jahrestemperatur beträgt im Zeitraum 1951 bis 2015 in Nordrhein-Westfalen 9,3 Grad Celsius. In diesem Zeitraum hat sie sich um 1,5 Grad erhöht. Der Trend ist statistisch hochsignifikant. In Nordrhein-Westfalen war das Jahr 2014 mit einer mittleren Jahrestemperatur von elf Grad Celsius das wärmste seit Beginn der Messungen in 1881 (Abbildung 1).

### Indikator 1.2 – Temperaturkenntage kalt

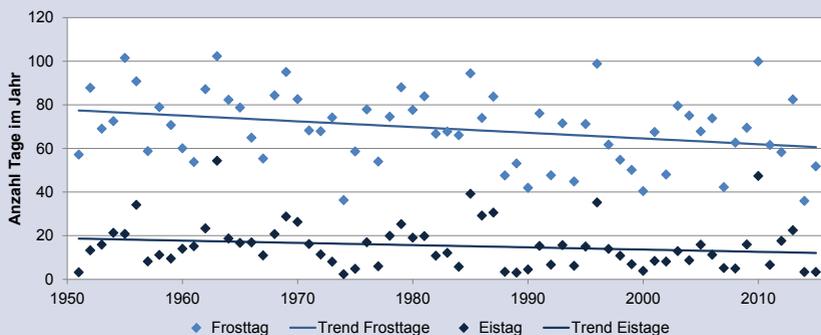
Kalte Temperaturkenntage wie die Frost- und Eistage charakterisieren – wenn sie gehäuft auftreten – besonders kalte Perioden eines Jahres und geben damit einen Eindruck von dem Kälterezin in einem Gebiet. An Frosttagen sinkt das

Tagesminimum unter null Grad Celsius, an den Eistagen bleibt das Tagesmaximum unter null Grad Celsius.

Im Zeitraum 1951 bis 2015 gab es im Gebiet rund 15 Eistage und 69 Frosttage pro Jahr. Seit 1951 ging die Anzahl der Frosttage im Mittel um 16 Tage, die der Eistage um etwa sechs Tage zurück. Der Trend der Frosttage ist statistisch hochsignifikant, der der Eistage signifikant (Abbildung 2).



**Abbildung 1:** Jahresmittel der Lufttemperatur in NRW im Zeitraum 1951 bis 2015 (Datenquelle: DWD)



**Abbildung 2:** Mittlere Anzahl der Frost- und Eistage pro Jahr in NRW im Zeitraum 1951 bis 2015 (Datenquelle: DWD)

### **Indikator 1.3 – Temperaturkenntage warm**

Warme Temperaturkenntage wie die Sommertage und die Heißen Tage charakterisieren – wenn sie gehäuft auftreten – besonders warme Perioden eines Jahres. Sie geben damit einen Eindruck von der Wärmebelastung in einem Gebiet. An Sommertagen steigt das Tagesmaximum über 25 Grad Celsius, an den Heißen Tagen sogar über 30 Grad Celsius.

Im Zeitraum 1951 bis 2015 gab es in Nordrhein-Westfalen durchschnittlich 27 Sommertage und fünf Heiße Tage pro Jahr. Seit 1951 stieg die Anzahl der Sommertage im Mittel um knapp 16, die der Heißen Tage um fast fünf Tage pro Jahr. Beide Trends sind statistisch hochsignifikant (Abbildung 3).

### **Indikator 1.4 – Niederschlag**

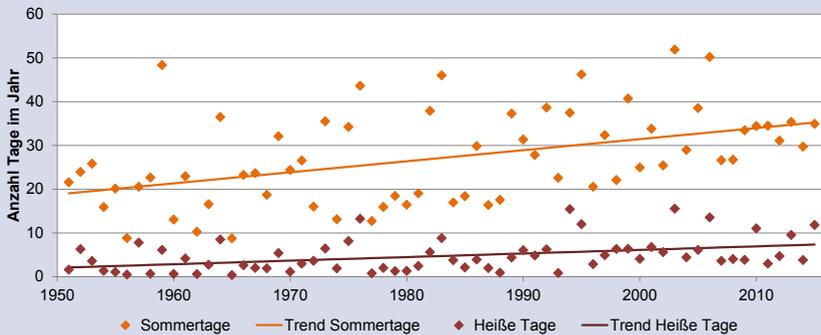
Die Temperaturänderung wirkt sich unter anderem auf den Wasserdampfgehalt der Luft und auf die Zirkulationssysteme der Erde aus, so dass sich die Niederschlagsmuster regional ändern können.

In Nordrhein-Westfalen fielen im Zeitraum 1951 bis 2015 im Mittel 880 Millimeter Niederschlag. Die Niederschlagssummen haben seit 1951 tendenziell zugenommen, jedoch ist die Zunahme statistisch nicht signifikant (Abbildung 4).

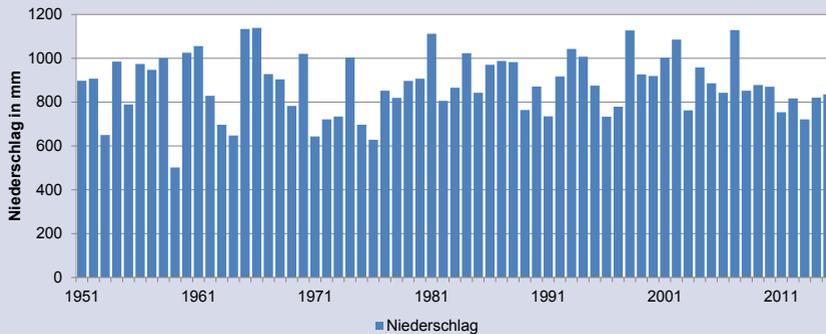
### **Indikator 1.5 – Starkniederschlagstage**

Mit der Temperatur und dem Niederschlag kann sich auch die jährliche Anzahl der Starkniederschlagstage verändern. Starkniederschlagstage sind Tage, an denen die Niederschlagssummen zehn, 20 oder 30 Millimeter überschreiten.

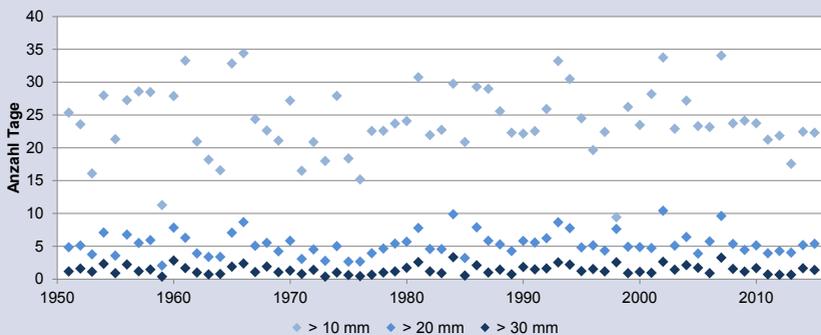
Im Zeitraum 1951 bis 2015 traten in Nordrhein-Westfalen im Mittel jährlich 24 Tage mit mehr als zehn, fünf Tage mit mehr als 20, sowie ein Tag mit mehr als 30 Millimeter Niederschlag auf. Seit 1951 weist keine der drei Starkniederschlagsklassen einen statistisch signifikanten Trend auf. Dennoch kann tendenziell von einer leichten Zunahme ausgegangen werden (Abbildung 5).



**Abbildung 3:** Mittlere Anzahl der Sommertage und Heißen Tage pro Jahr in NRW im Zeitraum 1951 bis 2015 (Datenquelle: DWD)



**Abbildung 4:** Mittlere Jahresniederschlagssummen in NRW im Zeitraum 1951 bis 2015 (Datenquelle: DWD)



**Abbildung 5:** Anzahl der Tage mit Starkniederschlag (> 10 mm, > 20 mm und > 30 mm) pro Jahr als Mittel über NRW im Zeitraum 1951 bis 2015 (Datenquelle: DWD)

### Indikator 1.6 – Niederschlagsextreme

Starkregenereignisse beschreiben extreme Niederschläge über eine Dauer von 60 Minuten. Dargestellt wird ihre Anzahl pro Jahr. Da die angewandte Berechnungsmethodik sehr aufwändig ist, werden die Niederschlagsextreme nur alle zehn Jahre aktualisiert.

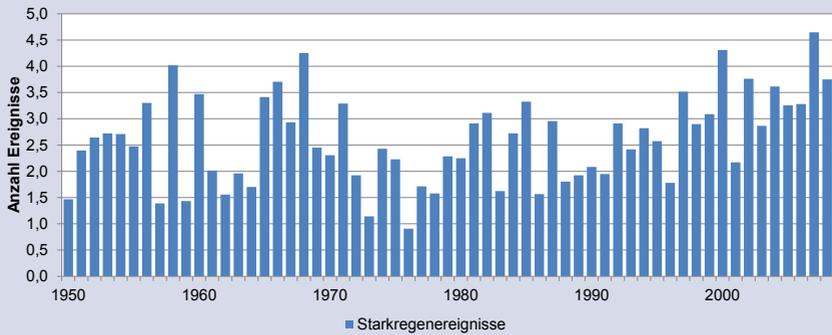
Im Zeitraum 1950 bis 2008 stieg in Nordrhein-Westfalen die mittlere Anzahl der Starkregenereignisse pro Jahr leicht an. In den 2000er-Jahren traten vermehrt lokale Starkregenereignisse auf, die in Siedlungen häufig zu Schäden geführt haben. Die Grafik zeigt weitere Spitzen Ende der 1950er-Jahre und Mitte der 1960er-Jahre (Abbildung 6).

### Indikator 1.7 – Schneetage

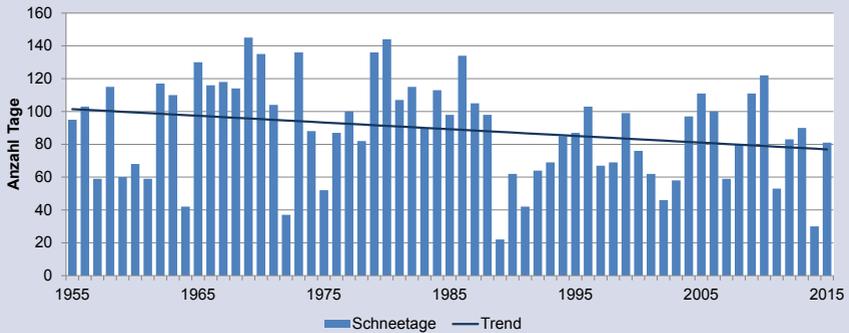
Schneetage sind Tage mit einer geschlossenen Schneedecke über zehn Zentimetern. Wärmere Temperaturen können zu einem Rückgang der Schneehöhe und der Schneetage führen. Gleichzeitig können steigende Niederschläge im Winterhalbjahr dieser Entwicklung entgegen wirken.

Im langjährigen Mittel (1955 bis 2015) liegt die Anzahl der Schneetage an der Station Kahler Asten bei etwa 90 pro Jahr. In den letzten 30 Jahren (1986 bis 2015) wurden im Mittel noch knapp 80 Schneetage registriert. Die Schneetage haben sich von 1955 bis 2015 um insgesamt 25 Tage reduziert. Diese Abnahme ist statistisch sehr signifikant (Abbildung 7).





**Abbildung 6:** Anzahl der Starkregeneignisse pro Jahr in NRW im Zeitraum 1950 bis 2008



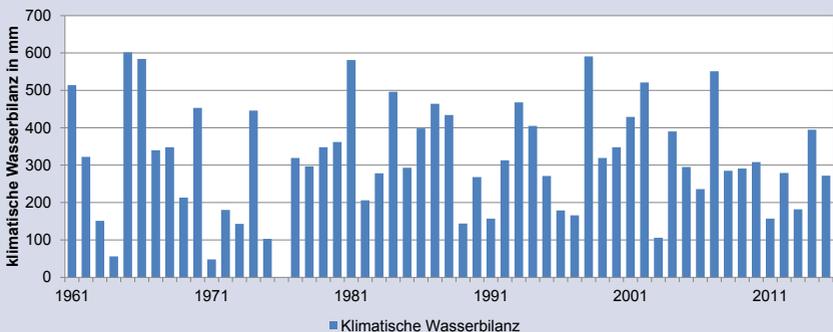
**Abbildung 7:** Anzahl der Schneetage pro Jahr an der Station Kahle Asten im Zeitraum 1955 bis 2015 (Datenquelle: DWD)



## Kategorie 2: Wasser



Die klimatischen Veränderungen beeinflussen direkt und indirekt den Wasserkreislauf. Häufiger auftretende Starkniederschläge können zu Überschwemmungen führen und Kanalsysteme überlasten. Wenn Hitzeperioden zunehmen und länger anhalten, kann im Gegenzug die Wasserversorgung im Sommer beeinträchtigt werden. Zusätzlich wirken andere menschliche Einflüsse – wie beispielsweise die Landnutzung oder Wasserentnahmen – auf den Wasserhaushalt ein.



**Abbildung 8:** Klimatische Wasserbilanz im Flächenmittel für NRW im Zeitraum 1961 bis 2015 (Datenquelle: DWD)

## Indikator 2.1 – Klimatische Wasserbilanz

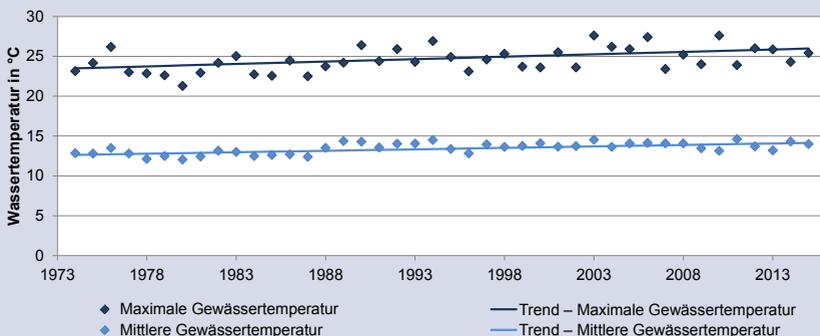
Die klimatische Wasserbilanz berechnet sich aus der Differenz von Niederschlag und Verdunstung. Niederschlagsmuster können sich aufgrund der anthropogen verursachten Temperaturerhöhung regional ändern. Auch die Verdunstung ist direkt von der Temperatur abhängig.

Im Jahresmittel ist die klimatische Wasserbilanz in Nordrhein-Westfalen positiv. Das bedeutet, dass die Niederschläge höher sind als die Verdunstung. Im Zeitraum 1961 bis 2015 betrug das Gebietsmittel 315 Millimeter, im letzten 30-Jahr-Zeitraum von 1985 bis 2015 321 Millimeter. Für die Zeitreihe ab 1961 ist bisher kein Trend nachzuweisen (Abbildung 8).

## Indikator 2.2 – Gewässertemperatur

Die Wassertemperatur von Fließgewässern wird von der Lufttemperatur beeinflusst.

Im Mittel betrug die jährliche Gewässertemperatur im Rhein über den Zeitraum 1974 bis 2015 an der Station Kleve-Bimmen 13,5 Grad Celsius. Zwischen 1974 und 2015 hat sie um 1,5 Grad zugenommen. Die maximalen Wassertemperaturen sind im gleichen Zeitraum um 2,5 Grad gestiegen. Beide Trends sind hochsignifikant. Seit 1998 wurden zudem häufiger maximale Wassertemperaturen über 25 Grad Celsius registriert (Abbildung 9). Gleichzeitig haben nach Angaben der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) die anthropogenen Wärmeeinleitungen in den Rhein beispielsweise aus Kraftwerken abgenommen (IKSR 2006).



**Abbildung 9:** Mittlere und maximale jährliche Wassertemperatur an der Station Kleve-Bimmen im Zeitraum 1974 bis 2015

### **Indikator 2.3 – mittlerer Abfluss**

Das natürliche Abflussgeschehen in Flüssen und Bächen wird vor allem von der Menge und der jahreszeitlichen Verteilung der Niederschläge in den Einzugsgebieten bestimmt. Diese können sich als Folge der anthropogenen Klimaerwärmung ändern. Darüber hinaus spielen die Art der Niederschläge (Regen oder Schnee), sowie die Morphologie der Einzugsgebiete eine Rolle.

Im Mittel betrug der jährliche Abfluss am Pegel Feudingingen in der Lahn (Bad Laasphe, Kreis Siegen-Wittgenstein) über den Zeitraum 1951 bis 2015 rund 0,65 Kubikmeter pro Sekunde. Seit Beginn der Messungen ist hier der mittlere Abfluss um etwa 16 Prozent gesunken. Der Trend ist statistisch signifikant (Abbildung 10).

### **Indikator 2.4 – Grundwasserstand**

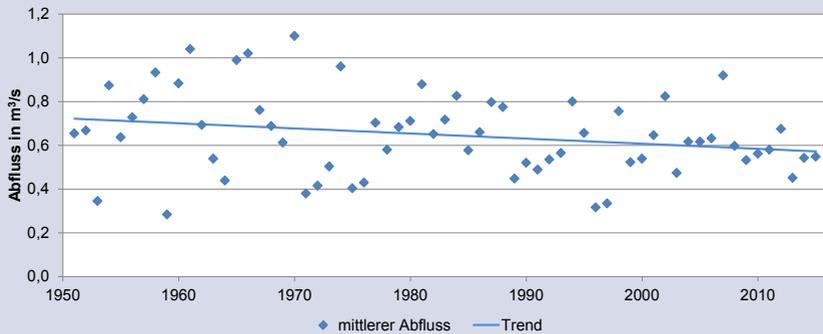
Die klimatischen Veränderungen können sich auch auf den Grundwasserstand auswirken. Die Grundwasserstände spiegeln also die langfristigen Änderungen der klimatischen Bedingungen wider. Der Mensch beeinflusst dies aber zusätzlich beispielsweise durch Grundwasserentnahmen oder die Art der Landnutzung.

An der Station Hamminkeln lag der Grundwasserstand über den Zeitraum 1951 bis 2015 bei 19 Metern über Normalhöhennull. Er ist seit Beginn der Messungen statistisch hochsignifikant um 0,8 Meter gesunken. Die 1970er-Jahre waren besonders niederschlagsarm. In dieser Dekade sank auch der Grundwasserstand besonders deutlich (Abbildung 11).

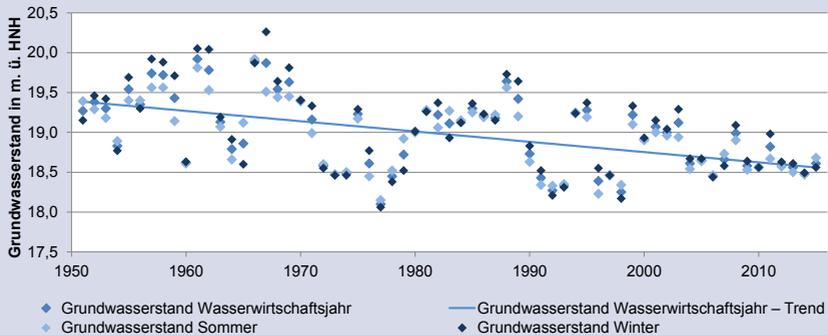
### **Indikator 2.5 – Grundwasserneubildung**

Die Grundwasserneubildung in einem Gebiet wird vor allem durch den Niederschlag sowie den oberirdischen Abfluss und das Verdunstungsgeschehen bestimmt. Ändern sich die klimatischen Rahmenbedingungen, sind damit auch Auswirkungen auf diese Faktoren verbunden.

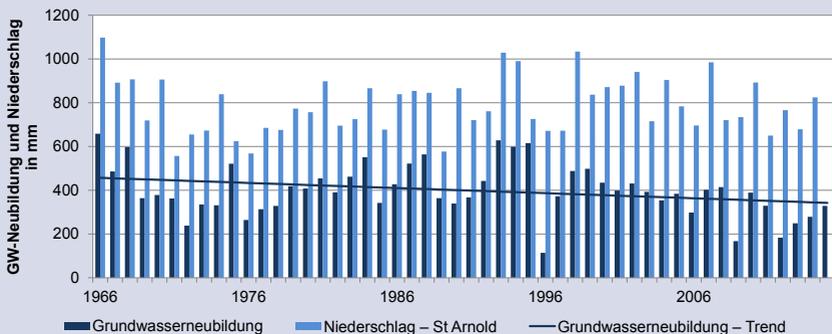
An der Lysimeterstation St. Arnold lag die jährliche Grundwasserneubildung im hydrologischen Wasserwirtschaftsjahr (November bis Oktober) im Zeitraum 1966 bis 2015 im Mittel bei knapp 400 Millimetern. Die Grundwasserneubildung ist seit 1966 um etwa 115 Millimeter zurückgegangen. Diese Abnahme ist statistisch signifikant (Abbildung 12).



**Abbildung 10:** Mittlerer jährlicher Abfluss (Kalenderjahr) am Pegel Feudingen/Lahn (Kreis Siegen-Wittgenstein) im Zeitraum 1951 bis 2014



**Abbildung 11:** Jährlicher Grundwasserstand an der Station Hamminkeln im Zeitraum 1951 bis 2015 für das hydrologische Wasserwirtschaftsjahr sowie für das Winter- und Sommerhalbjahr



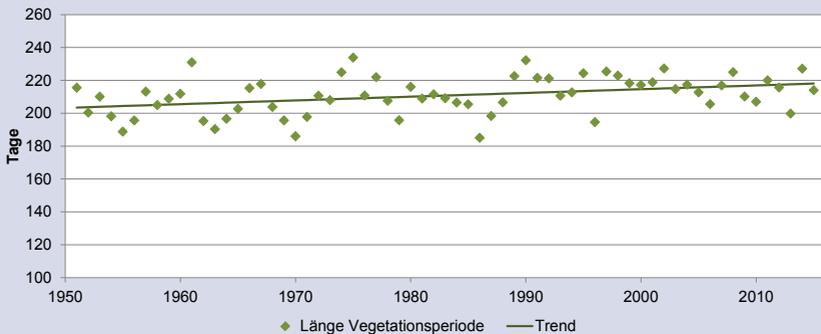
**Abbildung 12:** Mittlerer Sickerwasserstand der Lysimeterstation St. Arnold im Zeitraum 1966 bis 2015 für das hydrologische Wasserwirtschaftsjahr

## Kategorie 3: Ökosysteme und Biodiversität



Das Klima bestimmt auch die Entwicklung und Verbreitung von Lebensräumen sowie die in ihnen vorkommenden Pflanzen- und Tierarten. Die Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse sowie extreme Wetterereignisse wie etwa Trockenperioden üben einen direkten Einfluss auf sie aus.

Das Klima beeinflusst darüber hinaus auch das Verhalten von Pflanzen und Tieren. Beispielsweise kann sich das Zugverhalten von Zugvögeln oder die phänologische Entwicklung der Pflanzen verändern. Anders als direkte Temperaturmessungen spiegelt die Phänologie eine Reaktion der Natur auf ihre Veränderung wider. Daher ist sie ein wichtiger und besonders sensibler Bioindikator für den Klimawandel.



**Abbildung 13:** Länge der Vegetationsperiode pro Jahr in NRW für den Zeitraum 1951 bis 2015 (Datenquelle DWD)

### Indikator 3.1 – Länge der Vegetationsperiode

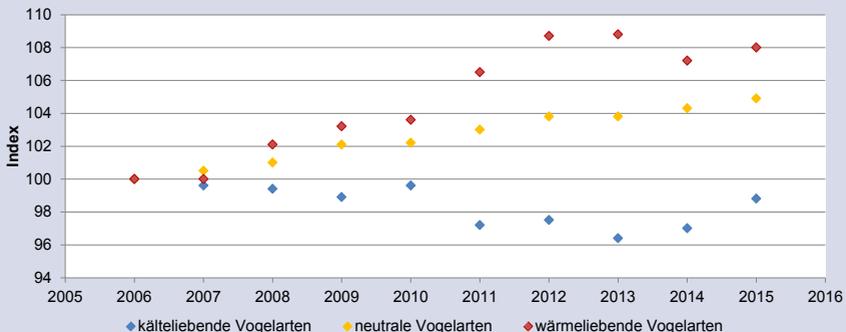
Die Temperatur beeinflusst den Beginn bestimmter Phasen in der Pflanzenentwicklung wie etwa den Blühbeginn der Salweide oder den Blattfall der Stieleiche. Diese beiden Ereignisse markieren Anfang und Ende der Vegetationsperiode.

Im Mittel betrug die Länge der phänologischen Vegetationsperiode im Zeitraum 1951 bis 2015 in Nordrhein-Westfalen 211 Tage. Sie hat sich um insgesamt etwa 15 Tage verlängert. Dieser Trend ist statistisch hoch signifikant (Abbildung 13).

### Indikator 3.2 – klimasensitive Vogelarten

Unsere Brutvögel ziehen zum Teil über Tausende Kilometer zu ihren Überwinterungsgebieten und wieder zurück. Der Klimawandel hat einen mehr oder weniger großen Einfluss auf dieses Verhalten. Stärker wird die Verbreitung (Areal) und die Populationsgröße von Brutvogelarten aber durch die Intensität der Landnutzung beeinflusst.

Die untersuchten Zeitreihen zeigen, dass sich die wärmeliebenden Arten im Mittel in Nordrhein–Westfalen ausbreiten, während die eher kälteliebenden Arten zurückgehen (Abbildung 14). Dieser Befund deutet darauf hin, dass sich möglicherweise auch in Nordrhein-Westfalen die Brutareale beziehungsweise Verbreitungsbilder wärmeliebender Brutvogelarten nach Norden beziehungsweise Nordosten verschieben.

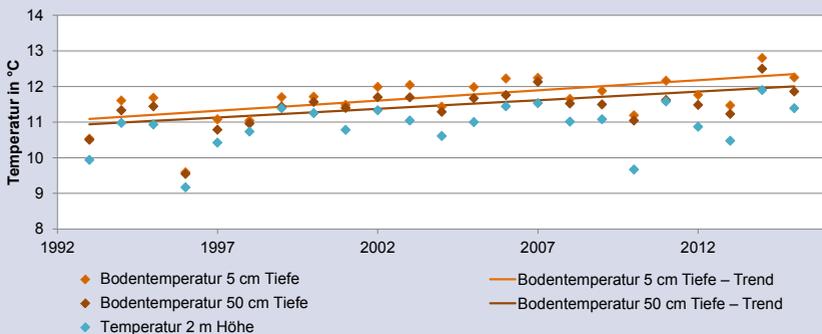


**Abbildung 14:** Jährliche Bestandsentwicklungen von Brutvogelarten in NRW im Zeitraum 2006 bis 2015 (Daten: Ökologische Flächenstichprobe)

## Kategorie 4: Boden



Klimaveränderungen können langfristig die bodenbildenden Vorgänge verändern und damit die Bodenfunktionen beeinflussen. Außerdem beeinträchtigen menschliche Eingriffe die Funktion des Bodens als Kohlenstoffspeicher und haben damit auch Einfluss auf das Klima. Wird beispielsweise Grünland umgebrochen, verstärkt sich der Humusabbau und  $\text{CO}_2$  wird freigesetzt. Das wiederum kann sich auf das Wachstum der Pflanzen und damit auf die land- und forstwirtschaftliche Produktion auswirken.



**Abbildung 15:** Jahresmittel der Lufttemperatur in zwei Metern Höhe und der Bodentemperaturen unter Grünland in fünf sowie in 50 Zentimetern Tiefe im Zeitraum 1993 bis 2015 an der Station Waldfeucht

### Indikator 4.1 – Bodentemperatur

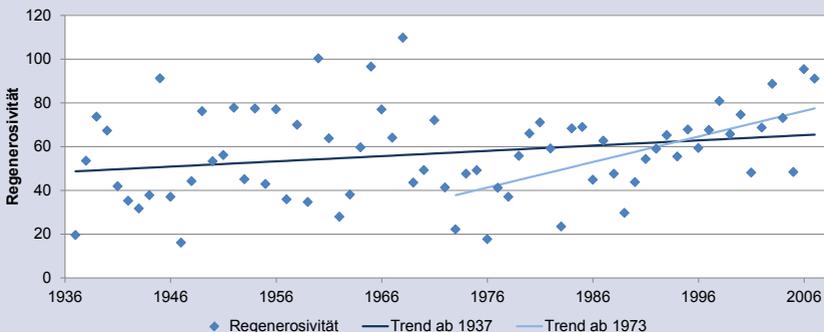
Die Bodentemperatur wird von der Lufttemperatur beeinflusst. Sie unterliegt wie diese natürlichen Schwankungen im Laufe eines Tages und eines Jahres.

Im Mittel betrug die Bodentemperatur an der Station Waldfeucht im Zeitraum 1993 bis 2015 in fünf Zentimetern Tiefe 11,6 Grad Celsius, in 50 Zentimetern 11,4 Grad Celsius. Im Vergleich dazu lag das Mittel der Lufttemperatur in zwei Metern Höhe bei 10,9 Grad Celsius. Seit 1993 sind die Bodentemperaturen angestiegen: in fünf Zentimetern Tiefe um 1,3 Grad, in 50 Zentimetern um 1,1 Grad. Die Trends sind statistisch sehr signifikant (Abbildung 15).

### Indikator 4.2 – Regenerosivität

Erosion beschreibt den Abtrag von Boden. Sie wird vor allem durch intensive Starkregen bei unzureichender Bodenbedeckung und entsprechender Hangneigung ausgelöst. Die Regenerosivität beschreibt diese Wirkung des Regens auf die Oberfläche. Da die angewandte Berechnungsmethodik sehr aufwändig ist, wird sie nur alle zehn Jahre aktualisiert.

Im Zeitraum von 1973 bis 2007 hat die Regenerosivität von April bis November um etwa 20 Prozent pro Dekade hochsignifikant zugenommen. Hierfür wurden zehn Messstationen im Ruhrgebiet ausgewertet. Auswertungen von 53 weiteren Stationen bestätigten die Ergebnisse. Im Zeitraum 1937 bis 2007 nahm die Regenerosivität signifikant um etwa vier Prozent pro Dekade zu. Diese Zunahme erfolgte jedoch nicht stetig, sondern in mindestens zwei Perioden und mit einem Rückgang in den 1970er-Jahren (Abbildung 16).



**Abbildung 16:** Entwicklung der Regenerosivität von April bis November im Mittel für zehn Stationen im Ruhrgebiet im Zeitraum 1937 bis 2007

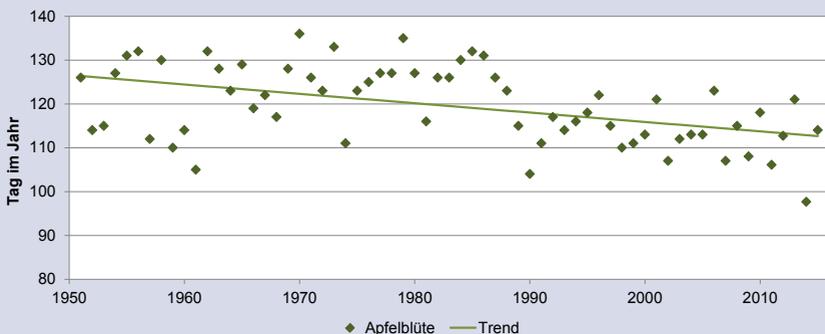
## Kategorie 5: Landwirtschaft



Die Landwirtschaft hängt direkt vom Witterungsverlauf ab und wird daher besonders vom Klimawandel beeinflusst. Ändern sich Temperatur, Niederschlag oder auch der CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Atmosphäre, hat dies einen direkten Einfluss auf das Pflanzenwachstum und den landwirtschaftlichen Ertrag. Die Landwirtschaft ist aber auch in besonderem Maße von zunehmenden Extremwetterereignissen wie Hagel, Sturm, Hitze, Dürre oder Starkregen betroffen.

### Indikator 5.1 – Beginn der Apfelblüte

Das Eintrittsdatum bestimmter Phasen in der Pflanzenentwicklung, in diesem Fall der Apfelblüte, ist insbesondere von der Temperatur abhängig.



**Abbildung 17:** Beginn der Apfelblüte pro Jahr in NRW für den Zeitraum 1951 bis 2015 (Datenquelle DWD)

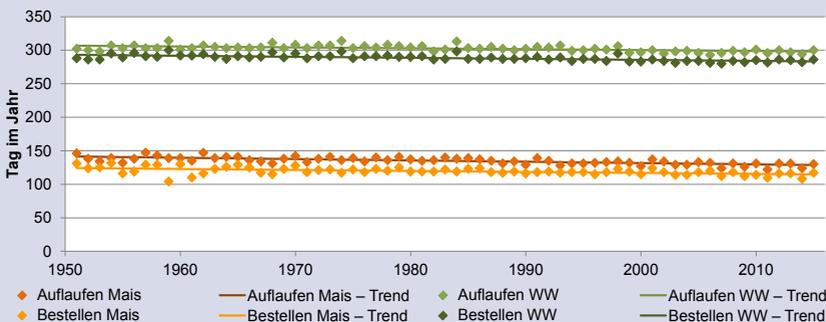
Über den Zeitraum 1951 bis 2015 begann die Apfelblüte in Nordrhein–Westfalen im Mittel am 120. Tag im Jahr (30. April). Die Trendanalyse des Zeitraums zeigt, dass Apfelbäume heute im Vergleich zu den 1950er-Jahren um fast 14 Tage früher blühen. Der Trend ist statistisch hochsignifikant (Abbildung 17).

### Indikator 5.2 – Aussaat und Auflaufen von Mais und Winterweizen

Die Phänologie landwirtschaftlicher Kulturen wird nicht allein von Wetter und Klima, sondern auch von menschlichen Einflüssen bestimmt. Möglicherweise wurde das Saatgut durch Züchtung verändert oder die Anbaupraxis und die Art der Bodenbearbeitung verbessert.

Mais wurde im Zeitraum 1951 bis 2015 im Mittel am 119. Tag des Jahres (29. April) ausgesät. Der Keimling durchstieß am 135. Tag (15. Mai) die Bodenoberfläche (das so genannte Auflaufen). Die Aussaat verfrühte sich seit 1951 um knapp zehn Tage, der Beginn des Auflaufens um 13 Tage. Damit verringerte sich der Abstand zwischen den beiden Ereignissen um etwa drei Tage. Die fallenden Trends sind statistisch hochsignifikant.

Winterweizen wurde im Mittel über den Gesamtzeitraum 1951 bis 2015 am 288. Tag im Jahr (15. Oktober) ausgesät und lief am 302. Tag (29. Oktober) auf. Die Aussaat findet heute im Vergleich zu 1951 im Mittel um zehn Tage früher statt, der Beginn des Auflaufens um neun Tage. Der Abstand zwischen den beiden Ereignissen verringerte sich demnach um etwa einen Tag. Auch die fallenden Trends des Winterweizens sind statistisch hochsignifikant (Abbildung 18).

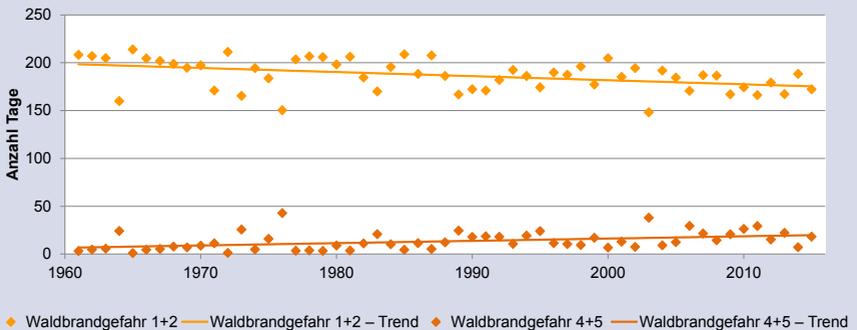


**Abbildung 18:** Aussaat und Auflaufen von Mais und Winterweizen (WW) pro Jahr in NRW im Zeitraum 1951 bis 2015 (Datenquelle: DWD)

## Kategorie 6: Forstwirtschaft



Wie die Landwirtschaft wird auch die Forstwirtschaft stark von Klima und Wetter beeinflusst. Steigende Temperaturen, zunehmende Trockenheit, Wetterextreme, der Anstieg der CO<sub>2</sub>- oder Ozon-Konzentration und auch die Änderung der Sonneneinstrahlung wirken direkt und indirekt auf den Wald. Betroffen ist der einzelne Baum, der jeweilige Baumbestand oder auch die Waldlandschaft einer ganzen Region.



**Abbildung 19:** Waldbrandgefahr (Kanadischer Waldbrandindex) für NRW im Zeitraum 1961 bis 2015 (Datenquelle: DWD)

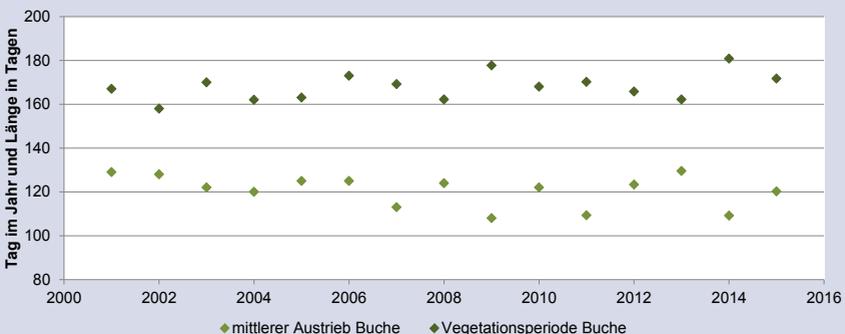
### Indikator 6.1 – Waldbrandgefahr

Erhöhte Temperaturen und rückläufige Niederschläge können zu Trockenheit führen und damit die Waldbrandgefahr erhöhen. Im langjährigen Mittel (1961 bis 2015) lag die Anzahl der Tage mit den Waldbrand-Gefahrenstufen eins und zwei (sehr geringe bis geringe Gefahr) in Nordrhein-Westfalen bei 187 Tagen im Jahr; bei den Gefahrenstufen vier und fünf (hohe bis sehr hohe Gefahr) lag sie bei 13 Tagen. Während die Tage mit Waldbrandwarnstufen eins und zwei von 1961 bis 2015 um etwa 23 Tage abgenommen haben, ist die Anzahl der Tage mit den Warnstufen vier und fünf im selben Zeitraum um etwa 21 Tage gestiegen. Beide Trends sind statistisch hochsignifikant (Abbildung 19).

### Indikator 6.2 – Phänologie der Buche

Der Beginn bestimmter Phasen in der Pflanzenentwicklung verschiebt sich über die Jahre auch durch Temperaturveränderungen.

Der Blattaustrieb der Buche fand im Mittel über den Zeitraum 2001 bis 2015 am 121. Tag im Jahr (01. Mai) statt. Die Vegetationsperiode der Buche dauerte im Mittel über diesen Zeitraum 168 Tage. Der Austrieb hat sich tendenziell verfrüht, die Vegetationsperiode tendenziell verlängert. Die Trends sind nicht signifikant. Es muss dabei beachtet werden, dass die untersuchten Zeitreihen noch sehr kurz sind (Abbildung 20).



**Abbildung 20:** Mittlere phänologische Ereignisse der Buche der sechs Dauerbeobachtungsflächen pro Jahr in NRW im Zeitraum 2001 bis 2015

## Kategorie 7: Menschliche Gesundheit



Nordrhein-Westfalen ist mit etwa 18 Millionen Einwohnern das bevölkerungsreichste und am dichtesten besiedelte Bundesland. Viele Menschen leben in großen Metropolen und Ballungsräumen. Hier ist die Bevölkerung durch Hitzeperioden und Überwärmung stärker betroffen als im weniger bebauten Umland. Außerdem können Extremereignisse wie Starkregen oder Stürme in Siedlungen zu besonders hohen Schäden führen.

### Indikator 7.1 – Wärmebelastung

Höhere Lufttemperaturen wirken sich auf die menschliche Gesundheit aus. Von einem Tag mit Wärmebelastung wird gesprochen, wenn um zwölf Uhr die gefühlte Temperatur über 32 Grad Celsius steigt.

Im Mittel traten über den Gesamtmeszeitraum 1971 bis 2015 in Köln-Bonn elf Tage und in Düsseldorf neun Tage pro Jahr mit Wärmebelastung auf. Jahre mit sehr warmen Sommern wie zum Beispiel 1982, 1994 oder 2003 treten an beiden Stationen besonders hervor. Tendenziell nehmen im Messzeitraum die Tage mit Wärmebelastung zu. Diese Zunahme ist jedoch statistisch nicht signifikant (Abbildung 21).

### Indikator 7.2 – Hitzewarnungen

Als Reaktion auf den Hitzesommer 2003 hat der Deutsche Wetterdienst (DWD) im Jahr 2005 einen Hitzewarndienst eingerichtet. Über den Zeitraum 2005 bis 2015 traten in Nordrhein-Westfalen im Mittel acht Tage mit Hitzewarnungen (gefühlte Temperatur liegt an zwei aufeinanderfolgenden Tagen über 32 Grad Celsius) sowie ein Tag mit „Warnung vor extremer Hitze“ (gefühlte Temperatur steigt auf über 38 Grad Celsius) auf. Es ist bisher kein signifikanter Trend feststellbar, die Zeitreihen sind jedoch noch sehr kurz (Abbildung 22).

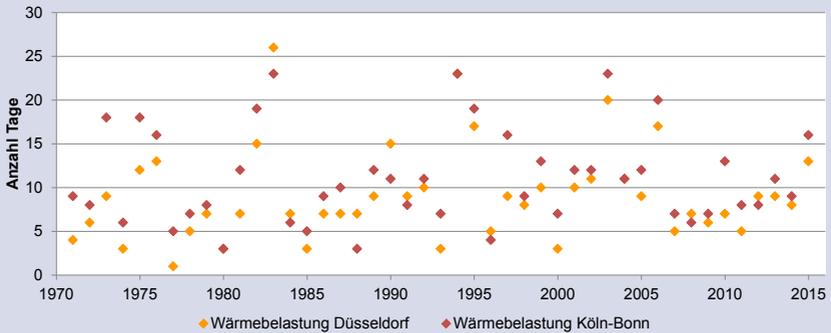
### Indikator 7.3 – Wärmeinselintensität

Städte sind in der Regel wärmer als das unbebaute Umland. Sie bilden sogenannte städtische Wärmeinseln aus. Deshalb werden Städte durch Hitze und hohe Temperaturen stärker belastet als das Umland. Für Köln, Bonn und Bochum wurde ausgewertet, wie stark diese Wärmeinseln ausgeprägt sind.

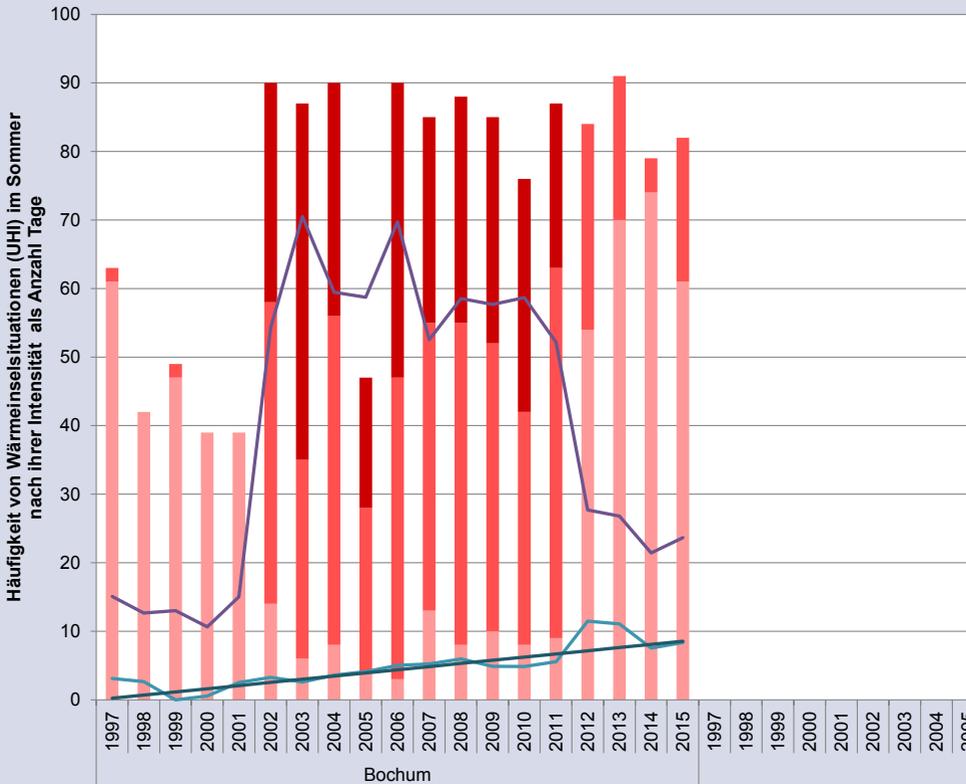
In den direkt vergleichbaren Jahren seit 2010 weist Köln im Vergleich zu Bochum und Bonn insgesamt den größten Anteil an hohen Wärmeinsel-Intensitätsklassen auf. Dies ist mit der höheren Einwohnerzahl Kölns beziehungsweise einer damit einhergehenden dichteren Bebauung zu erklären.

Köln weist auch bei der Zeitreihe der maximalen sommerlichen Wärmeinselintensität mit Werten um vier Kelvin durchgängig hohe Werte auf. Bei den Reihen von Bonn und Bochum wird der Einfluss einzelner „heißer“ Sommer deutlich. Darüber hinaus zeigt die längste Zeitreihe in Bochum als einzige einen statistisch hochsignifikanten Trend. Hier nimmt die mittlere sommerliche Wärmeinselintensität seit 1997 um 0,8 Kelvin zu (Abbildung 23).

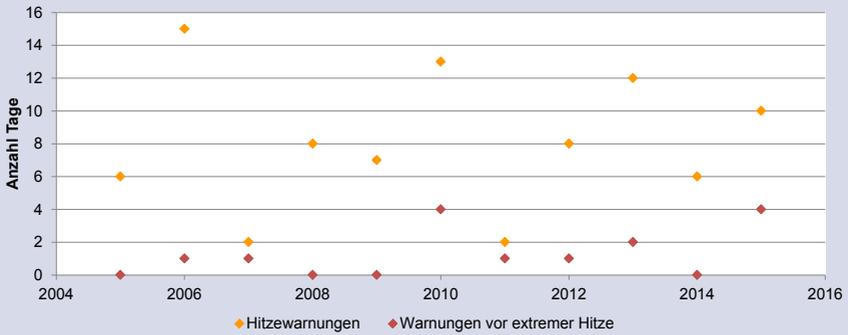




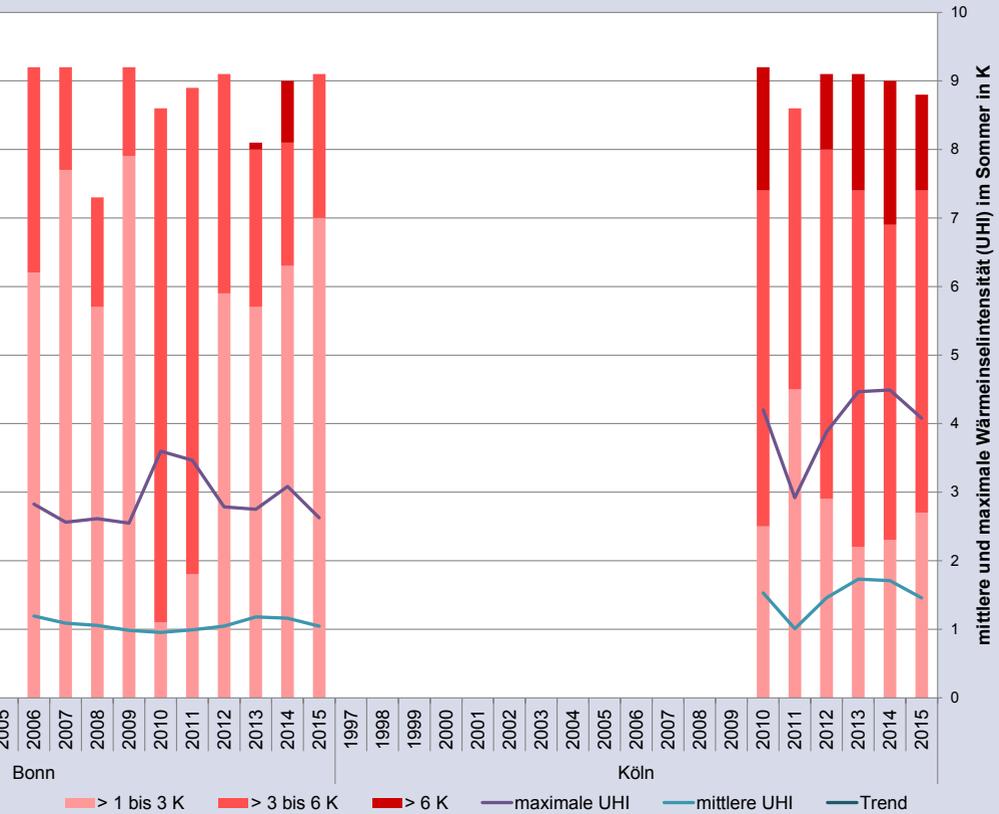
**Abbildung 21:** Tage mit Wärmebelastung pro Jahr an den beiden Flughafenstationen Düsseldorf und Köln-Bonn im Zeitraum 1971 bis 2015 (Datengrundlage: DWD)



**Abbildung 23:** Häufigkeit der sommerlichen Wärmeinselintensität im Zeitraum 1997 bis 2015 in Bochum, Bonn und Köln (Datenquellen: GIUB/Bonn, LANUV/Köln, RUB/Bochum)



**Abbildung 22:** Anzahl der Tage mit Warnungen vor Hitze und extremer Hitze pro Jahr im Zeitraum 2005 bis 2015 (Datenquelle: DWD)



## Zusammenfassung und Fazit

Der Klimawandel ist in Nordrhein-Westfalen angekommen. Die Jahresmitteltemperaturen sind seit Beginn der Messungen angestiegen und es werden mehr heiße Tage und weniger Frost- und Schneetage gemessen. Durch die steigenden Temperaturen haben sich die Niederschlagsmuster verändert: Sowohl die jährlichen Niederschlagssummen als auch die Tage mit Starkniederschlägen haben tendenziell zugenommen.

Der Klimawandel hat sich bereits auf die Natur und die Umwelt in Nordrhein-Westfalen ausgewirkt. Hierzu zählen der Anstieg der Boden- und Gewssertemperaturen oder die Veränderung von phänologischen Phasen: So hat sich die Apfelblüte nach vorne verlagert oder die Vegetationsperiode verlängert. Wärme liebende Arten haben ihre Verbreitungsgebiete erweitert, Kälte liebende hingegen verkleinert.

Die Folgen der meteorologischen Veränderungen sind für die Menschen in Nordrhein-Westfalen vor allem in den Städten und Ballungsräumen spürbar: Hier kommt es im Sommer durch stadtklimatische Effekte verstärkt zu Hitzebelastung. Dies kann besonders bei alten Menschen, kleinen Kindern oder Menschen mit Vorerkrankungen zu gesundheitlichen Einschränkungen führen.

Nordrhein-Westfalen ist als das am dichtesten besiedelte Bundesland Deutschlands in besonderem Maße vom Klimawandel betroffen – aber gleichzeitig auch in besonderem Maße dafür verantwortlich. Hier wird ein Drittel aller in Deutschland entstehenden Treibhausgase emittiert. Daher hat Nordrhein-Westfalen als erstes Bundesland 2013 ein eigenes Klimaschutzgesetz mit verbindlichen Emissionsminderungszielen verabschiedet. Neben der Minderung der Treibhausgasemissionen ist die Anpassung an die Folgen des Klimawandels die zweite wichtige Säule einer erfolgreichen Klimapolitik.

Um den Erfolg der Maßnahmen zu messen, wird in den nächsten Jahren ein umfassendes Monitoring zum Klimaschutzplan in NRW etabliert. In diesem Zusammenhang soll auch das Klimafolgenmonitoring ausgebaut und um weitere Handlungsfelder ergänzt werden. Es lohnt sich also, auf [www.klimafolgenmonitoring.nrw.de](http://www.klimafolgenmonitoring.nrw.de) regelmäßig nach dem aktuellen Stand zu schauen.

## Weitere Informationen

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV),  
Recklinghausen,  
[www.lanuv.nrw.de](http://www.lanuv.nrw.de)

Ministerium für Klima, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz  
NRW (MKULNV), Düsseldorf,  
[www.umwelt.nrw.de](http://www.umwelt.nrw.de)

Fachinformationssystem Klimafolgenmonitoring NRW,  
[www.klimafolgenmonitoring.nrw.de](http://www.klimafolgenmonitoring.nrw.de);  
[www.kfm.nrw.de](http://www.kfm.nrw.de)

Fachinformationssystem Klimaatlas NRW,  
[www.klimaatlas.nrw.de](http://www.klimaatlas.nrw.de)

Fachinformationssystem Klimaanpassung NRW,  
[www.lanuv.nrw.de/klimaanpassung/](http://www.lanuv.nrw.de/klimaanpassung/)

NRW-Klimaportal des Ministeriums für Klima, Umwelt, Landwirtschaft, Natur-  
und Verbraucherschutz NRW (MKULNV),  
[www.klima.nrw.de](http://www.klima.nrw.de)

### **Bildnachweis**

Fotolia: K.-U. Häbler (Titel, Umschlagsrückseite), Christian Müller (Innenseite), spuno.(4), Jürgen Fälchle (10), ErnstPieber (11), lucag\_g (18), Igor Strukov (20), JensHN (24), A\_Bruno (Umschlagsrück-Innenseite)

Panthermedia: Japaner (12), Cebas1 (25)

LANUV: Claudia Brinkmann (6, 16, 22)



Landesamt für Natur, Umwelt  
und Verbraucherschutz  
Nordrhein-Westfalen  
Leibnizstraße 10  
45659 Recklinghausen  
Telefon 02361 305-0  
poststelle@lanuv.nrw.de

[www.lanuv.nrw.de](http://www.lanuv.nrw.de)

