



Rheinland-Pfalz

Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen

mit dem Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz



Themenheft Klimawandel – Entwicklungen bis heute

IMPRESSUM

Klimawandel in Rheinland-Pfalz

Themenheft Klimawandel – Entwicklungen bis heute

Herausgeber und Copyright:

Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen
bei der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft

Hauptstraße 16, D-67705 Trippstadt

Internet: www.kwis-rlp.de, www.klimawandel-rlp.de

In Zusammenarbeit mit:

Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz

Kaiser-Friedrich-Straße 7, D-55116 Mainz

Internet: www.lfu.rlp.de

Text:

Philipp Reiter, Tilmann Sauer (Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen)

Matthias Voigt, Matthias Zimmer (Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz)

Textsatz, Bildbearbeitung und Gestaltung:

Ditmar Huckschlag (Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen)

Druck:

LM Druck+Medien GmbH, Obere Hommeswiese 16, 57258 Freudenberg



Trippstadt, Juli 2021 (2., aktualisierte und erweiterte Auflage)

VORWORT

Liebe Leserin, lieber Leser,

der Klimawandel gehört zu den großen gesellschaftlichen Herausforderungen der Zukunft. In diesem Themenheft informieren wir Sie darüber, welche klimatischen Veränderungen von Beginn der Messungen bis heute in Rheinland-Pfalz feststellbar sind. Die Grundlage dafür sind Klimadaten. Bei bedeutenden klimatischen Kenngrößen wie Temperatur und Niederschlag reichen die Zeitreihen bis in das Jahr 1881 zurück. Das ermöglicht uns, langfristige Entwicklungen darzustellen, Zeiträume in der Vergangenheit mit der Gegenwart zu vergleichen und so die fachliche Basis für erforderliche Maßnahmen im Klimaschutz und in der Klimawandelanpassung aufzuzeigen.

Rheinland-Pfalz ist innerhalb Deutschlands besonders vom Klimawandel betroffen. Die Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 des Bundes für Deutschland zeigt: Insbesondere im Oberrheingraben und in Rheinhessen sind die Risiken durch Hitze und Trockenheit bereits heute sehr hoch. Innerhalb des Landes gibt es aufgrund der Topographie räumliche Muster und deutliche regionale Unterschiede in den Klimakennwerten. Interessant ist in diesem Zusammenhang die räumliche Lage von besonders warmen und gleichzeitig bevölkerungsreichen Regionen in Rheinland-Pfalz. In Extremjahren wie 2003 oder 2018 waren daher mehr als 40 % der Bevölkerung von starker Hitze betroffen. Aktuelle Informationen geben wir Ihnen auch zur Entwicklung von Starkregen, zur Veränderung der Vegetationsperiode sowie zu Blitz- und Gewitterereignissen. Überzeugen Sie sich anhand der Faktenlage vom bereits beobachtbaren Klimawandel in Rheinland-Pfalz.

Dr. Ulrich Matthes

Sabine Riewenherm

*Leiter Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum
für Klimawandelfolgen*

*Präsidentin Landesamt für Umwelt
Rheinland-Pfalz*

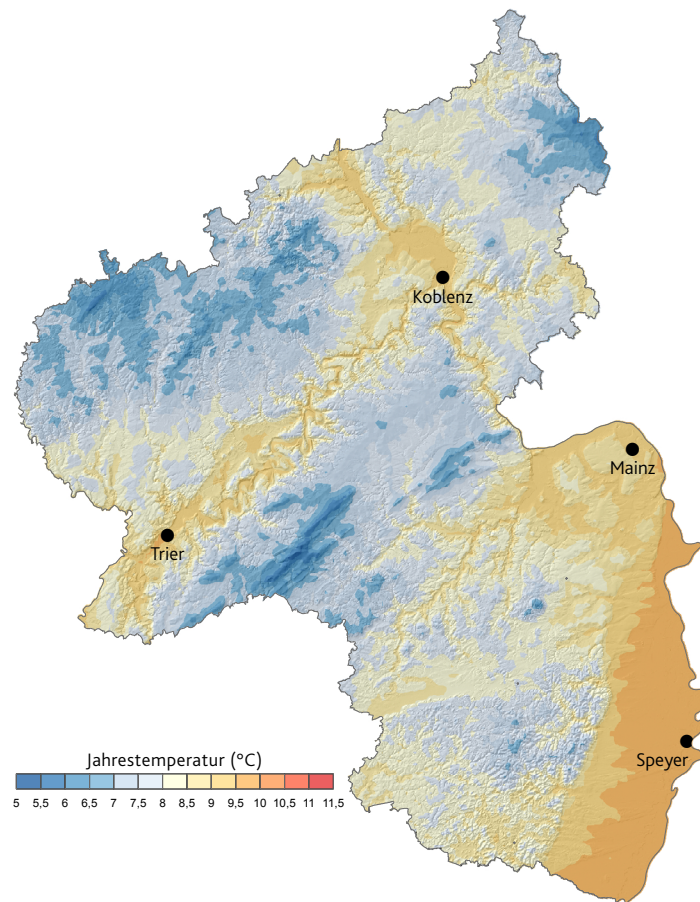
Mit der im Jahr 2015 gestarteten Reihe der Themenhefte informieren wir kurz und prägnant über ausgewählte Schwerpunktthemen. Das vorliegende Themenheft „Klimawandel – Entwicklungen bis heute“ ist die aktualisierte und erweiterte 2. Auflage des 2018 erstmals erschienenen Themenhefts.

KLIMA IN RHEINLAND-PFALZ

Rheinland-Pfalz ist durch ein westeuropäisch-atlantisches Klima geprägt, das sich durch milde Winter, gemäßigte Sommer und hohe jährliche Niederschlagsmengen kennzeichnet. Aufgrund der Topographie treten innerhalb des Landes jedoch starke räumliche Unterschiede auf.

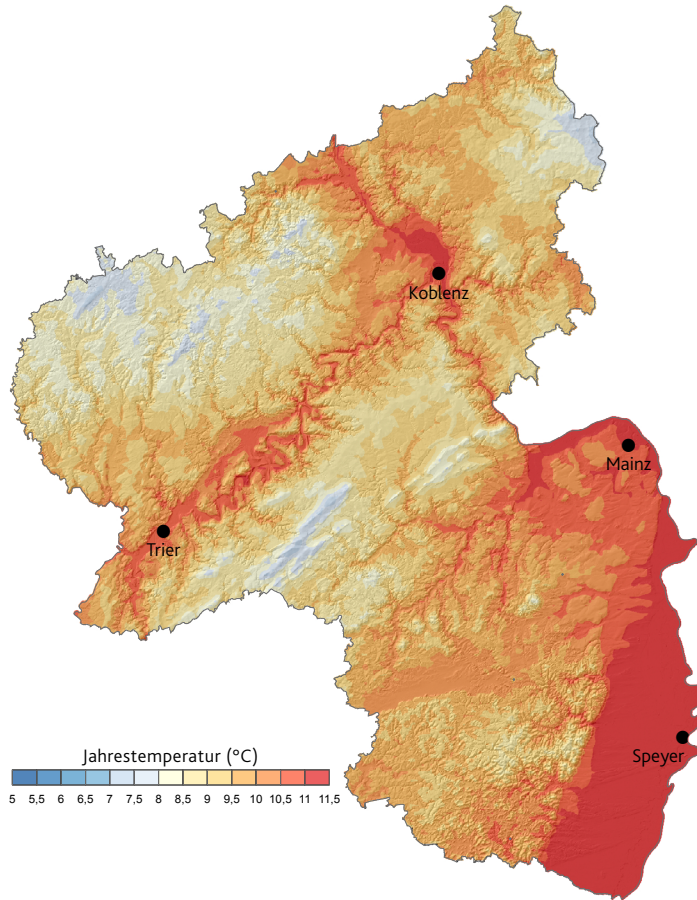
Die Mittelgebirgslandschaften haben einen großen Einfluss auf die Temperaturverhältnisse. Die Höhenlage über dem Meeresniveau wirkt sich auf die räumliche Verteilung der Lufttemperatur aus. Im Jahresmittel beträgt die Temperaturabnahme knapp $0,6\text{ °C}$ je 100 m Höhenzunahme.

Die wärmsten Regionen sind der Oberrheingraben sowie die großen Flusstäler und Becken von Rhein und Mosel. In den wärmsten Regionen ist es im Jahresmittel um mehr als 4 °C wärmer als in den kältesten Regionen, welche sich in den Höhenlagen von Eifel, Westerwald und Hunsrück befinden.



Mittlere Jahrestemperatur im Zeitraum 1881 bis 1910.
Daten: Deutscher Wetterdienst¹

TEMPERATUR



Mittlere Jahrestemperatur im Zeitraum 1991 bis 2020.

Daten: Deutscher Wetterdienst¹

Die beiden Karten zeigen die Temperaturverteilung in Rheinland-Pfalz in der ältesten 30-jährigen Periode der systematischen Messungen 1881 bis 1910* und im jüngsten 30-jährigen Zeitraum 1991 bis 2020.

Der Vergleich der beiden Karten zeigt einen deutlichen Anstieg der langjährigen Jahresmitteltemperaturen über die gesamte Landesfläche. Im Zeitraum von 1881 bis 1910 betrug die Jahresmitteltemperatur 8,1 °C, in den zurückliegenden 30 Jahren 9,7 °C. Damit ist die Temperatur in dem betrachteten Zeitraum um 1,6 °C angestiegen. Die Erwärmung ist in allen Naturräumen und Höhenlagen ähnlich stark.

Der Temperaturanstieg kann an einem Beispiel veranschaulicht werden: Gegenwärtig ist es in der Eifel so warm wie Ende des 19. Jahrhunderts im Moseltal.

* In der Klimatologie werden für eine robuste Mittelwertbildung stets Zeiträume von 30 Jahren betrachtet. In der offiziellen Referenzperiode der WMO (World Meteorological Organization), 1961 bis 1990, betrug die Jahresmitteltemperatur 8,6 °C.

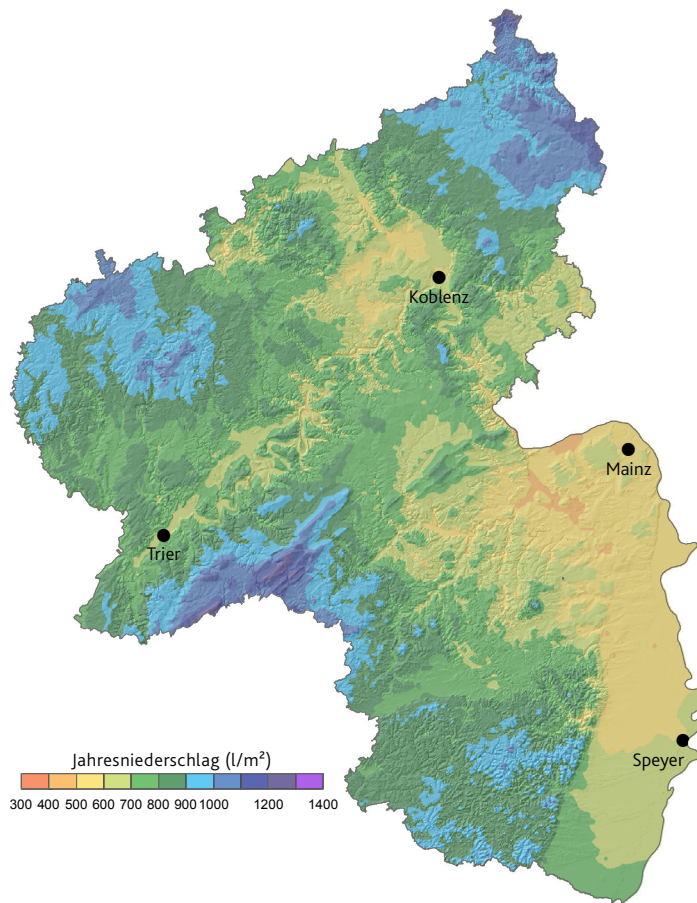
KLIMA IN RHEINLAND-PFALZ

Die Südwest-Nordost-orientierten Gebirgszüge von Eifel und Hunsrück stellen großräumige Hindernisse für Luftmassen aus der Hauptwindrichtung Südwest dar. In der Abbildung ist zu erkennen, dass dies zu höheren Niederschlägen auf der West-(Luv-)Seite der Mittelgebirge führt.

Die Niederschlagsereignisse sind vor allem an Tiefdruckgebiete (zyklonale Wetterlagen) gebunden. Der Jahresgang des Niederschlags hat gegenwärtig zwei Maxima (Sommer und Winter) sowie zwei Minima in den Übergangsjahreszeiten (Frühjahr und Herbst).

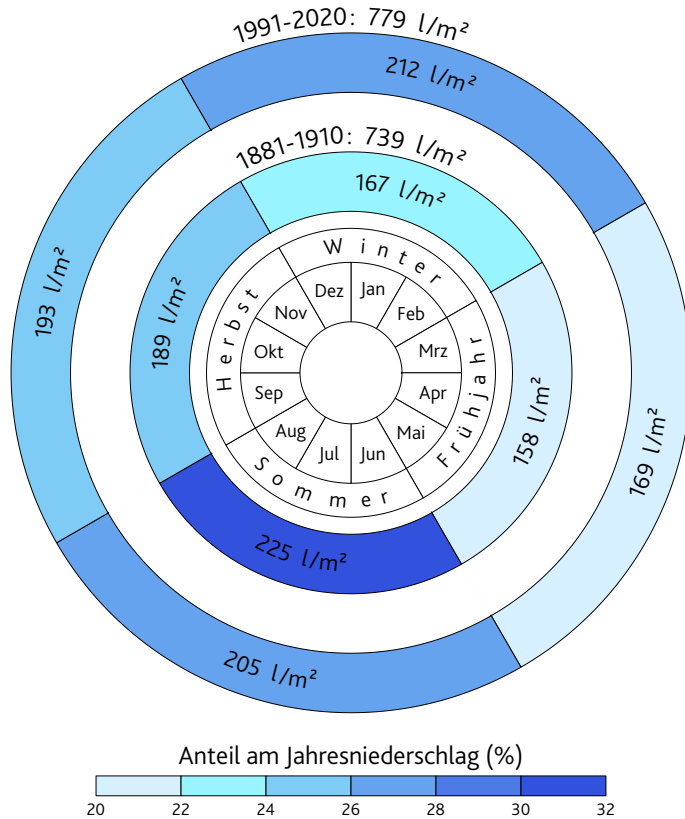
Die Höhenlagen von Eifel, Hunsrück, Westerwald und Pfälzerwald verzeichnen Niederschlagsmengen von über 1000 l/m² pro Jahr; Rheinhessen sowie das Mosel- und Rheintal dagegen weniger als 600 l/m².

In den Mittelgebirgsregionen mit hohen Jahressummen fällt ein Großteil des Niederschlags aufgrund von Staulagen am Gebirge in den Wintermonaten. In den Flusstälern und der Rheinebene fällt mehr Niederschlag im Sommer, der oftmals im Zusammenhang mit Schauer- und Gewitterereignissen steht.



Mittlerer Jahresniederschlag im Zeitraum 1991 bis 2020.
Daten: Deutscher Wetterdienst¹

NIEDERSCHLAG



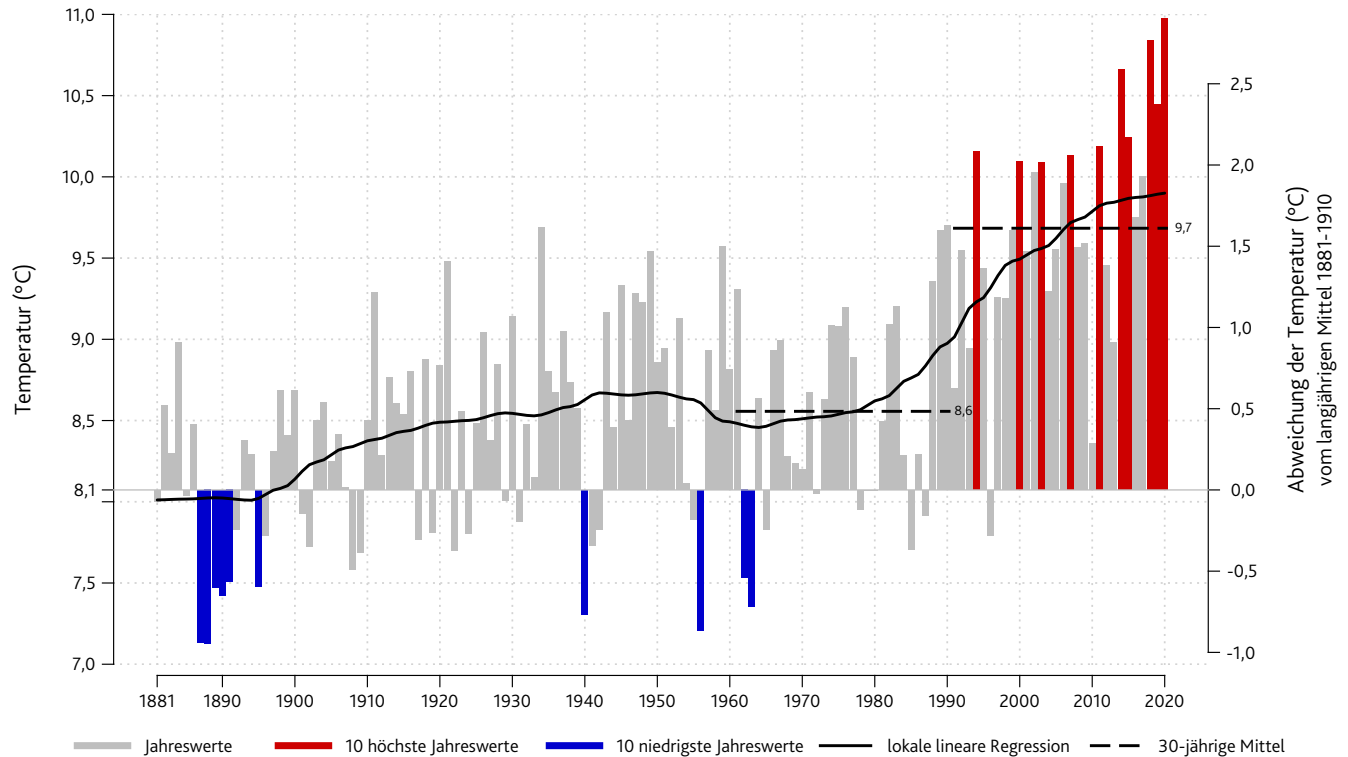
Seit Beginn der Messungen hat der Jahresniederschlag in Rheinland-Pfalz nur leicht zugenommen, von 739 l/m² in der Periode 1881 bis 1910 auf 779 l/m² in der Periode 1991 bis 2020.

Größere Veränderungen zeigen sich in der jahreszeitlichen Verteilung der Niederschläge. Das doppelte Ringdiagramm vergleicht die Niederschläge der beiden 30-jährigen Zeiträume 1881 bis 1910 und 1991 bis 2020 nach Jahreszeiten.

Es zeigt sich eine deutliche Abnahme der Sommerniederschläge und eine deutliche Zunahme der Winterniederschläge. Die Niederschläge in Herbst und Frühjahr nehmen leicht zu, ihr Anteil am Gesamtjahresniederschlag bleibt aber nahezu unverändert.

Veränderung der mittleren jahreszeitlichen Niederschläge zwischen den Perioden 1881 bis 1910 und 1991 bis 2020. Daten: Deutscher Wetterdienst¹

TEMPERATURENTWICKLUNG: DEUTLICHER ANSTIEG



Zeitreihe der Jahresmitteltemperaturen in Rheinland-Pfalz für den Zeitraum 1881 bis 2020.

Daten: Deutscher Wetterdienst¹

Der Klimawandel hat in Rheinland-Pfalz bereits zu messbaren Veränderungen geführt. Die mittlere Jahrestemperatur ist seit Beginn der systematischen Aufzeichnungen im Jahr 1881 um 1,6 °C angestiegen. Speziell in den letzten Jahrzehnten ist dieser Anstieg stark ausgefallen. Dies zeigt sich beispielsweise darin, dass die zehn wärmsten je gemessenen Jahre im Zeitraum seit 1994 auftraten. Die fünf wärmsten Jahre traten sogar alle seit 2014 auf. Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass das langjährige Mittel von 1991 bis 2020 mit 9,7 °C gegenüber jenem von 1961 bis 1990 (8,6 °C) besonders deutlich angestiegen ist.

Analog haben auch die mittleren Temperaturen in den einzelnen Jahreszeiten zugenommen. Dabei zeigen sich nur geringfügige Unterschiede zwischen der Entwicklung in den Jahreszeiten und der Entwicklung für das gesamte Jahr.

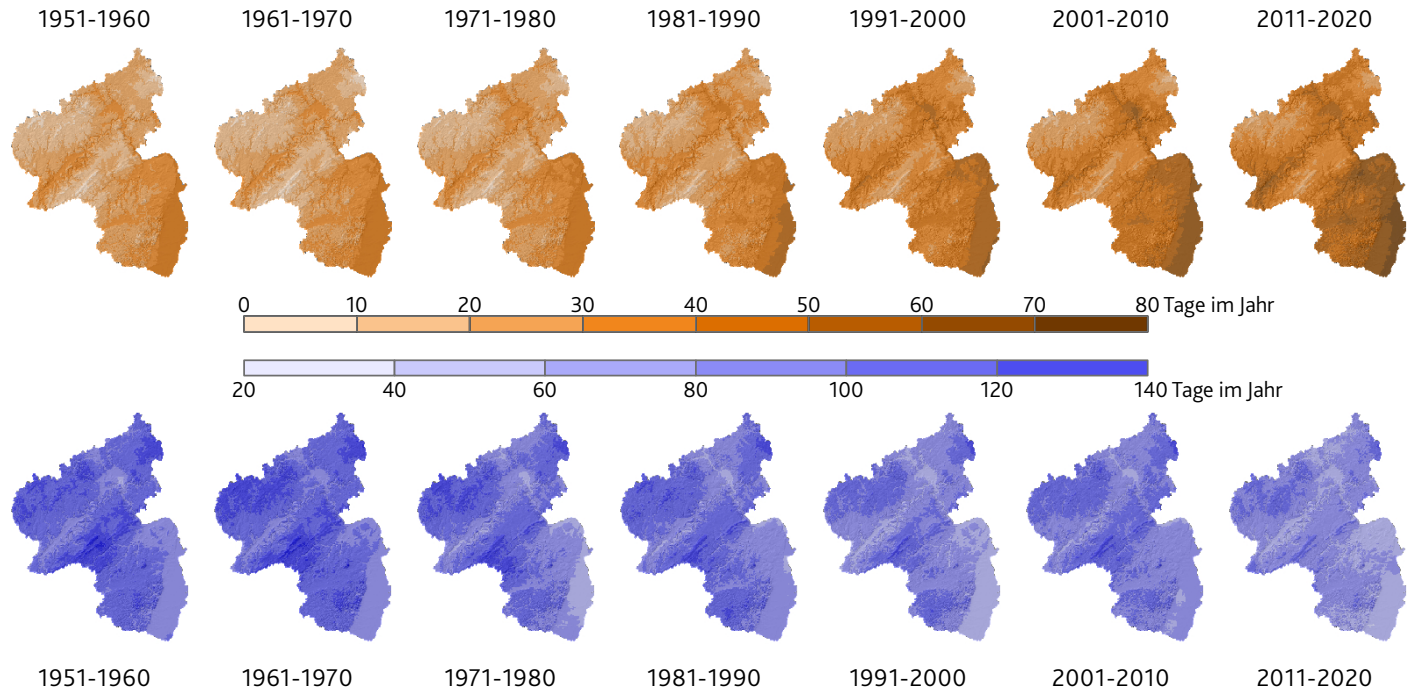
In Rheinland-Pfalz ist der bisherige Anstieg der mittleren Temperaturen im Vergleich der Bundesländer überdurchschnittlich. Dieser Anstieg wirkt sich besonders in Regionen wie dem Oberrheingraben aus, der schon immer zu den wärmsten Regionen Deutschlands gehört hat.

Tabelle 1: Entwicklung der mittleren Temperaturen in Rheinland-Pfalz und Deutschland (Mittelwert 1991 bis 2020 gegenüber Mittelwert 1881 bis 1910, alle Änderungen sind statistisch signifikant).

Daten: Deutscher Wetterdienst¹

Zeitraum	Rheinland-Pfalz	Deutschland
Kalenderjahr	+ 1,6 °C	+ 1,5 °C
Frühjahr	+ 1,7 °C	+ 1,6 °C
Sommer	+ 1,6 °C	+ 1,4 °C
Herbst	+ 1,3 °C	+ 1,2 °C
Winter	+ 1,8 °C	+ 1,6 °C
Vegetationszeit (April - Okt)	+ 1,5 °C	+ 1,3 °C

ANSTIEG SOMMERTAGE UND RÜCKGANG FROSTTAGE



Mittlere Anzahl an Sommertagen (Tagesmaximumtemperatur ≥ 25 °C, oben) und Frosttagen (Tagesminimumtemperatur < 0 °C, unten) pro Jahr.
Daten: Deutscher Wetterdienst²

Sommer- und Frosttage gehören zu den sogenannten Kenntagen. Ein Kenntag ist ein Tag, an dem ein festgelegter Schwellenwert eines klimatischen Parameters erreicht, beziehungsweise über- oder unterschritten wird.

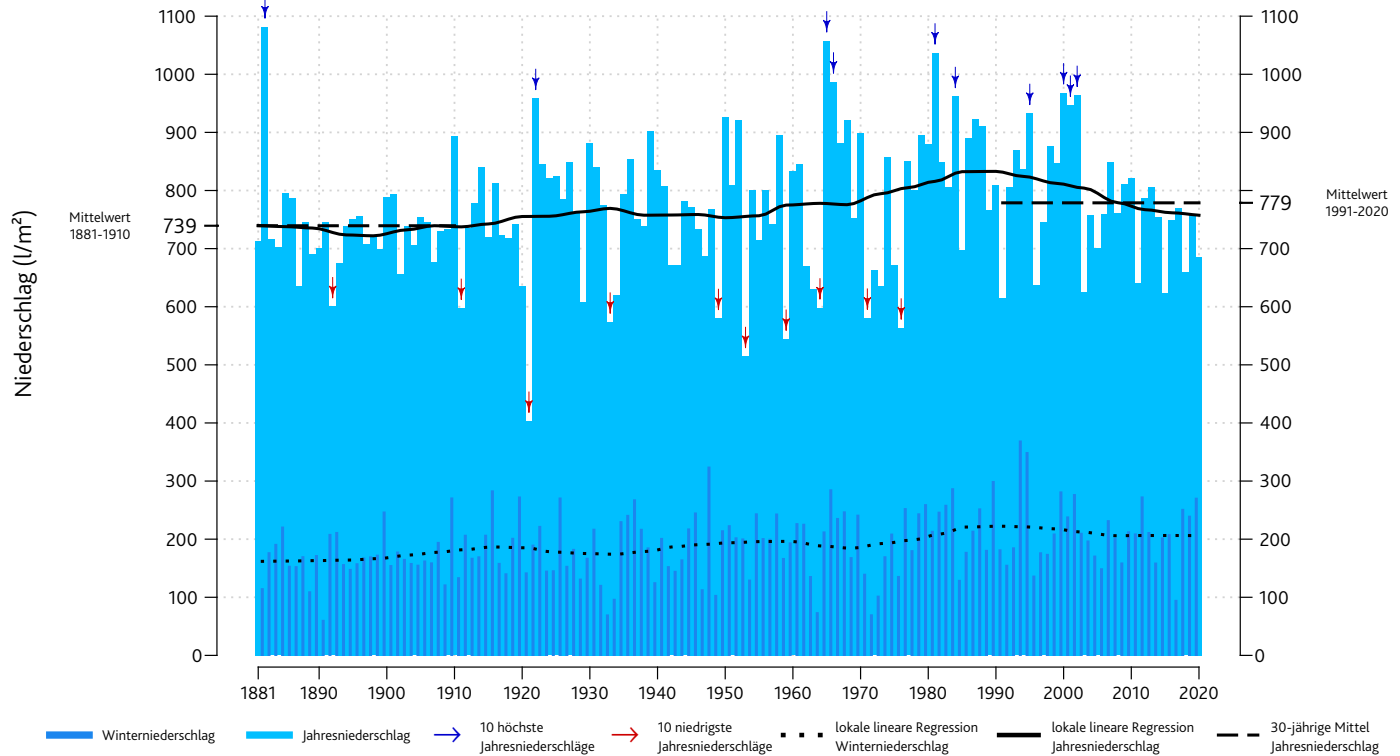
Als Sommertage gelten Tage mit einer maximalen Temperatur von 25 °C oder mehr. Die Anzahl an Sommertagen pro Jahr ist im Landesmittel seit Mitte des 20. Jahrhunderts um circa 15 Tage angestiegen. Die Abbildung zeigt die Zunahme der Sommertage als 10-jährige Mittel von 1951 bis heute. Im Oberrheingraben werden heute bereits in großen Teilen über 60, teilweise sogar über 70 Sommertage im Jahr gezählt. Weniger als 20 Sommertage kommen heute nur noch in den Hochlagen von Hunsrück, Eifel und Westerwald vor.

Frosttage sind Tage, an denen die Minimumtemperatur unter 0 °C fällt. Hier verläuft die Entwicklung entgegengesetzt zu den Sommertagen. Die Anzahl an Frosttagen pro Jahr ist im Landesmittel seit Mitte des 20. Jahrhunderts um circa 15 Tage zurückgegangen. In den höheren Lagen von Rheinland-Pfalz hat die Anzahl der Frosttage besonders stark abgenommen. Mehr als 100 Frosttage werden heute nur noch an wenigen exponierten Orten erreicht. In tieferen Lagen sind es verbreitet im Mittel weniger als 60 Frosttage pro Jahr, vereinzelt sogar weniger als 40 Frosttage pro Jahr.

Entwicklungen bis heute



NIEDERSCHLAGSENTWICKLUNG: ZUNAHME VOR ALLEM IM WINTER



Zeitreihe der Jahres- und Winterniederschläge in Rheinland-Pfalz für den Zeitraum 1881 bis 2020.

Daten: Deutscher Wetterdienst¹

Auch beim Niederschlag hat der Klimawandel bereits zu teilweise deutlichen Veränderungen seit Beginn der systematischen Messungen im Jahr 1881 geführt. Die mittlere jährliche Niederschlagsmenge ist von 739 l/m² auf über 800 l/m² Ende des 20. Jahrhunderts deutlich angestiegen. Seither ist die mittlere jährliche Niederschlagsmenge jedoch wieder gesunken und beträgt gegenwärtig 779 l/m². Bei Betrachtung der Gesamtzeitreihe ergibt sich ein Anstieg der mittleren jährlichen Niederschlagsmenge um 5 %.

Die Entwicklungen in den einzelnen Jahreszeiten sind – im Gegensatz zu den Entwicklungen bei der Temperatur – nicht einheitlich. Dabei zeigen einzig die Niederschläge im Winter eine statistisch signifikante Veränderung, nämlich einen deutlichen Anstieg der Niederschläge um 27 %.

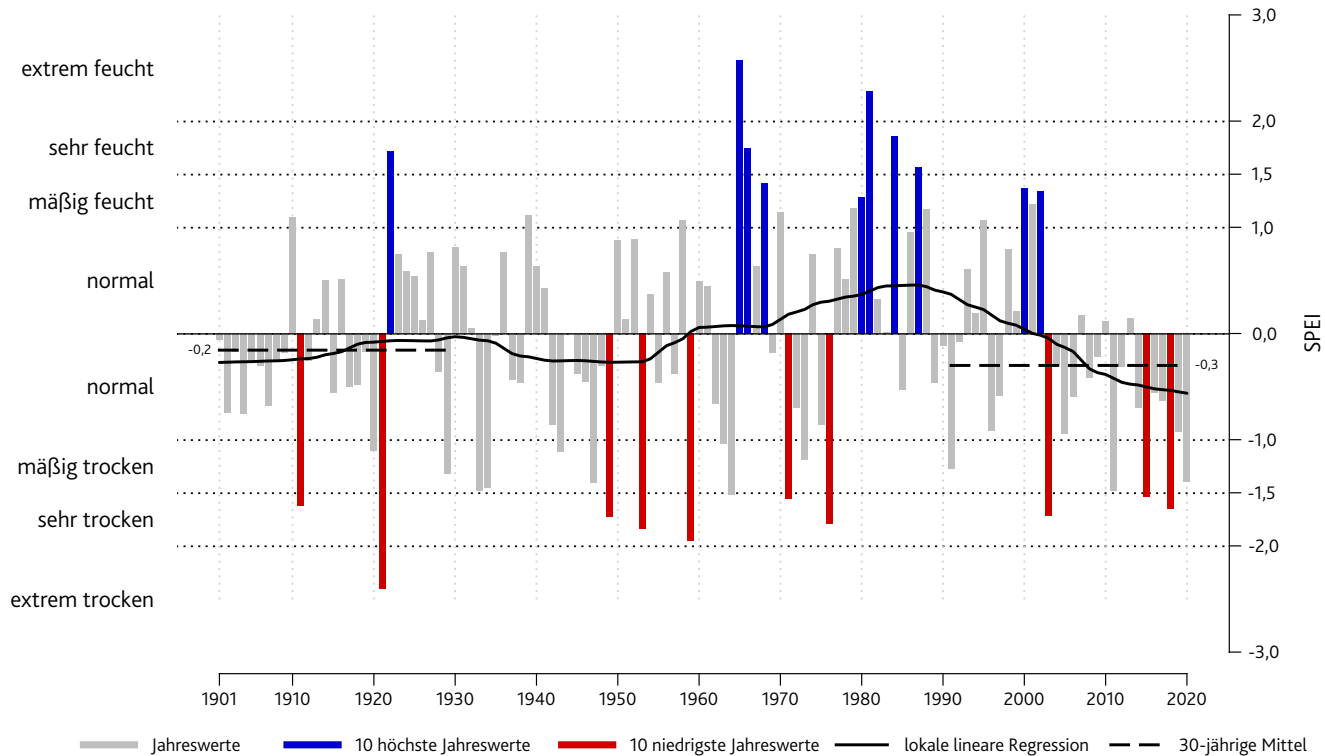
Während die Sommerniederschläge zu Beginn der Beobachtungen die Winterniederschläge noch überwogen, hat die deutliche Zunahme der Winterniederschläge dazu geführt, dass die Sommer- und Winterniederschläge heutzutage in etwa auf einem Niveau liegen.

Im Vergleich zu den entsprechenden Veränderungen in Deutschland zeigen sich keine großen Unterschiede.

*Tabelle 2: Entwicklung der Niederschlagsmengen in Rheinland-Pfalz und Deutschland (Mittelwert 1991 bis 2020 gegenüber Mittelwert 1881 bis 1910; signifikante Änderungen sind mit * gekennzeichnet). Daten: Deutscher Wetterdienst¹*

Zeitraum	Rheinland-Pfalz	Deutschland
Jahr	+ 5 % *	+ 7 % *
Frühjahr	+ 7 %	+ 4 %
Sommer	- 9 %	- 3 %
Herbst	+ 2 %	+ 7 %
Winter	+ 27 % *	+ 26 % *
hydrologischer Sommer (Mai - Okt)	- 4 %	± 0 %
hydrologischer Winter (Nov - Apr)	+ 17 % *	+ 17 % *
Vegetationszeit (Apr - Okt)	- 3 %	- 1 %

TROCKENHEIT



Trockenheit ist durch zwei Einflussgrößen bedingt: Niederschlag und Verdunstung. Dabei ist Trockenheit immer vom ortsüblichen Verhältnis der beiden Größen abhängig. Verdunstet in einer Region regelmäßig mehr Wasser als Regen fällt, so ist das für diese Region keine außergewöhnliche Situation.

Während sich der Niederschlag relativ gut messen lässt, ist das für die Verdunstung sehr viel schwieriger. Eine Möglichkeit sich zu behelfen sind Modelle, welche die Verdunstung näherungsweise über die Temperatur berechnen. Das in dieser Auswertung verwendete Modell berücksichtigt neben der Temperatur auch den Sonnenstand. Dieses Modell hat sich für das in Rheinland-Pfalz vorherrschende Klima als sehr gut geeignet erwiesen.

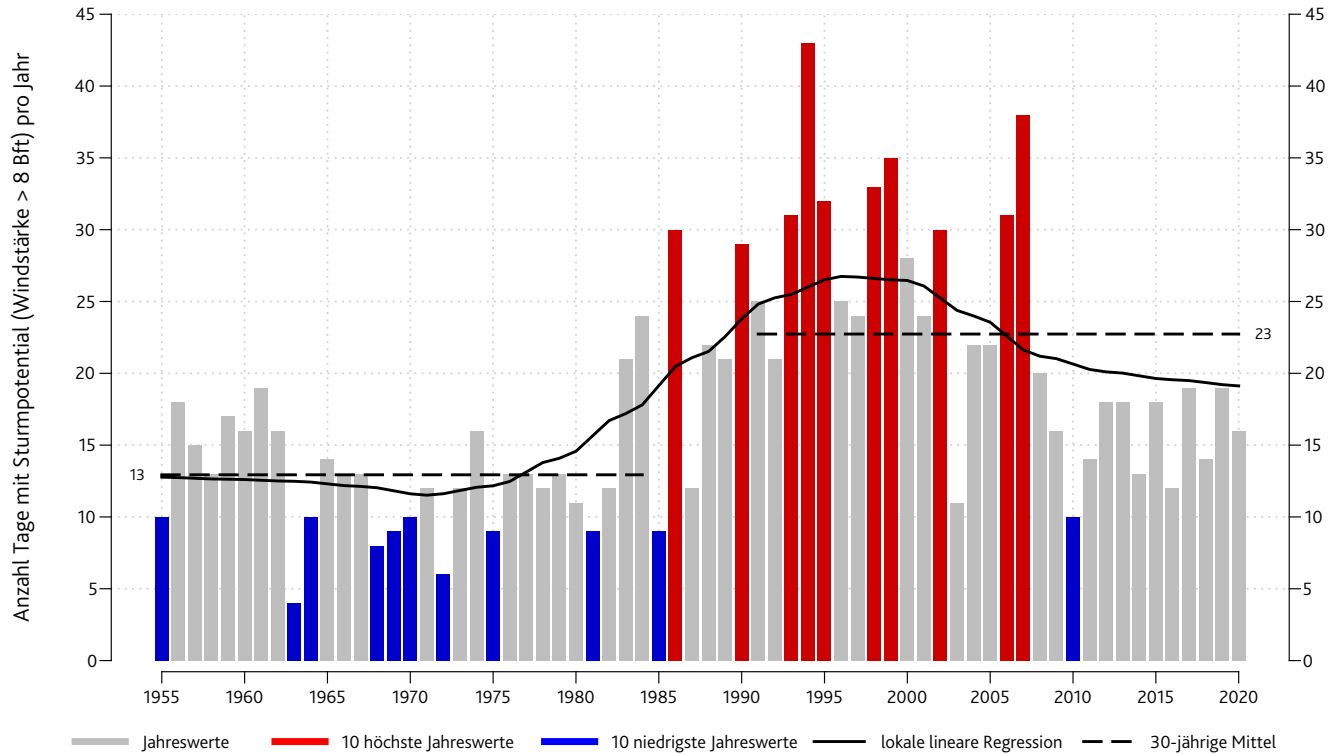
Um die Trockenheit einzelner Jahre und Regionen miteinander vergleichen zu können, wird der Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) verwendet. Dabei wird die im Zeitraum 1901 bis 2000 für Rheinland-Pfalz mittlere jährliche Differenz zwischen Niederschlag und Verdunstung als Null definiert. Abweichungen des SPEI im Bereich zwischen plus und minus 1 sind normale Schwankungen. Jahre mit einem Indexwert von über 1 sind außergewöhnlich

feucht, solche mit Werten von unter -1 außergewöhnlich trocken.

Wird die Zeitreihe dieses Index über die letzten 120 Jahre betrachtet, so fällt auf, dass die Variabilität groß ist, sich also trockene und feuchte Jahre immer wieder abwechseln. Zwei Perioden innerhalb der Zeitreihe fallen jedoch auf. Das sind zum einen die 1980er Jahre, die deutlich feuchter waren, was auf überdurchschnittlich hohe Niederschläge zurückzuführen ist. Zum anderen sind die Jahre seit 2003 fast durchgehend zu trocken. Die Trockenheit dieser Periode ist hauptsächlich durch die temperaturbedingt gestiegene Verdunstung zu erklären.



WINDENTWICKLUNG: EIN AUF UND AB

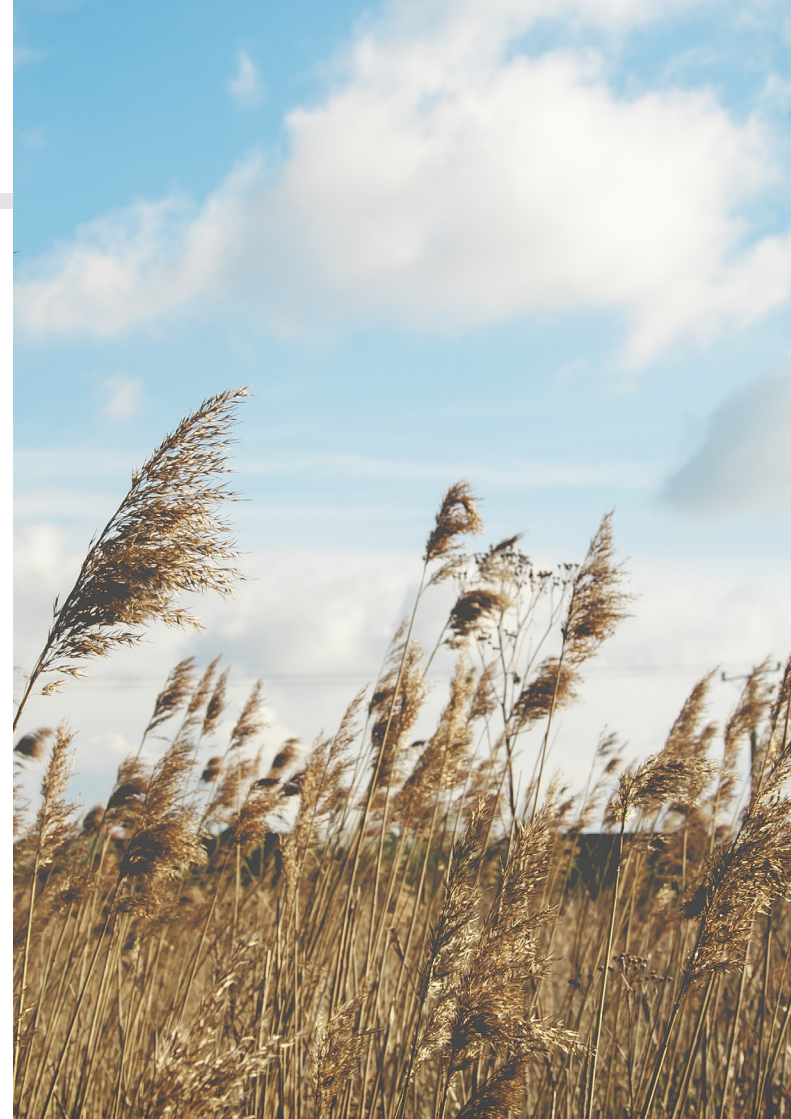


Wind beschreibt eine gerichtete, stärkere Luftbewegung, die in 10 m Höhe über Grund gemessen wird. Trotzdem reagiert der gemessene Wind, insbesondere die Windgeschwindigkeit, empfindlich auf Veränderungen im Umfeld der Messstation (z. B. wachsende Bäume, veränderte Bebauung). Daher ist es schwierig, auf dieser Basis Aussagen über die Entwicklung der Windgeschwindigkeit über einen längeren Zeitraum zu treffen. Eine Möglichkeit ist aber die Betrachtung des geostrophischen Windes. Dieser beruht auf Luftdruckdifferenzen, die maßgeblich sind für die Windgeschwindigkeiten oberhalb der durch Reibung beeinflussten bodennahen Schicht. Er dient damit als Abschätzung der maximal möglichen Windgeschwindigkeiten am Boden.

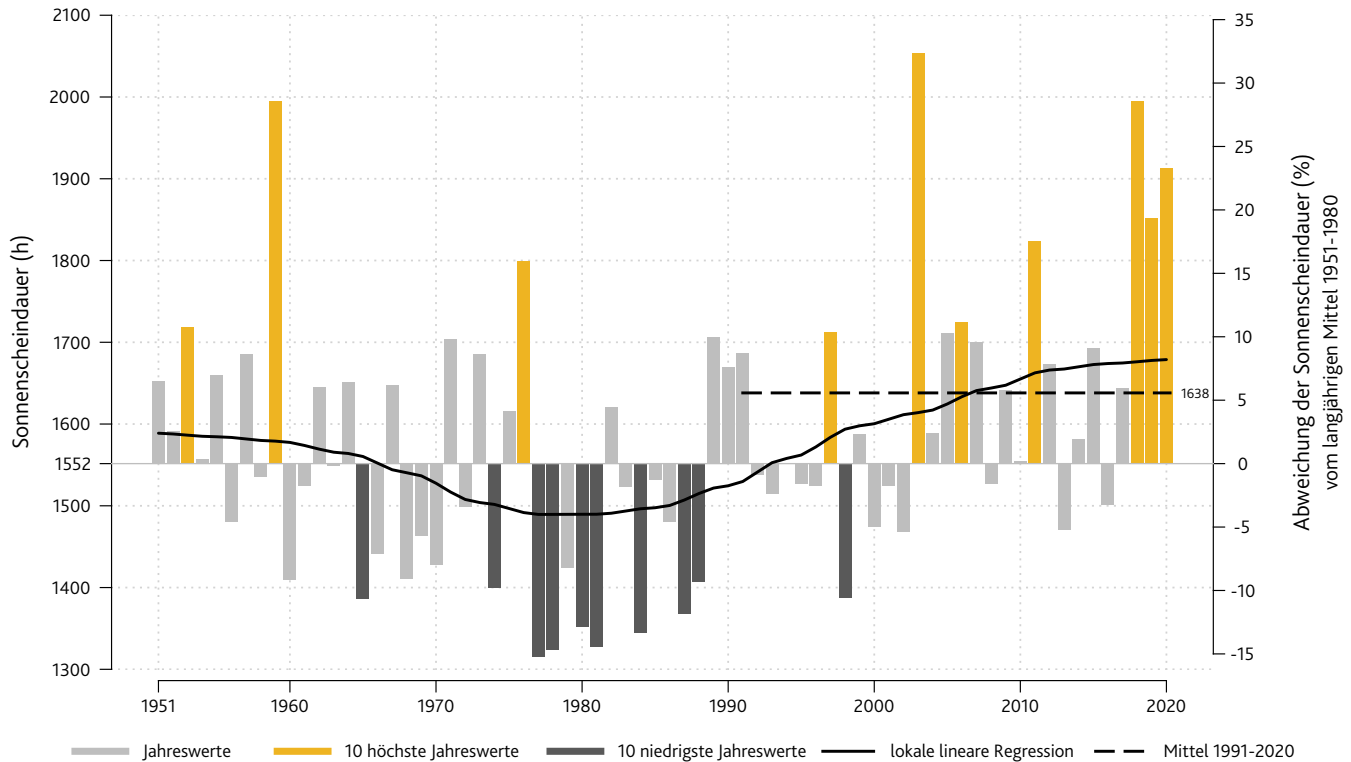
Die auf diese Weise bestimmte zeitliche Entwicklung ist in der Abbildung dargestellt. Es zeigen sich Abschnitte von mehreren Jahren bis wenigen Jahrzehnten mit höherer oder niedrigerer Anzahl von Tagen mit Sturmpotential.

Deutlich erkennbar ist die sturmreiche Zeit der 1990er und 2000er Jahre, in die beispielsweise die Stürme Vivian und Wiebke (1990), Lothar und Anatol (1999), Kyrill (2007) sowie Emma (2008) fielen.

Entwicklungen bis heute



SONNENSCHENDAUER: AUSWIRKUNGEN DER LUFTREINHALTUNG

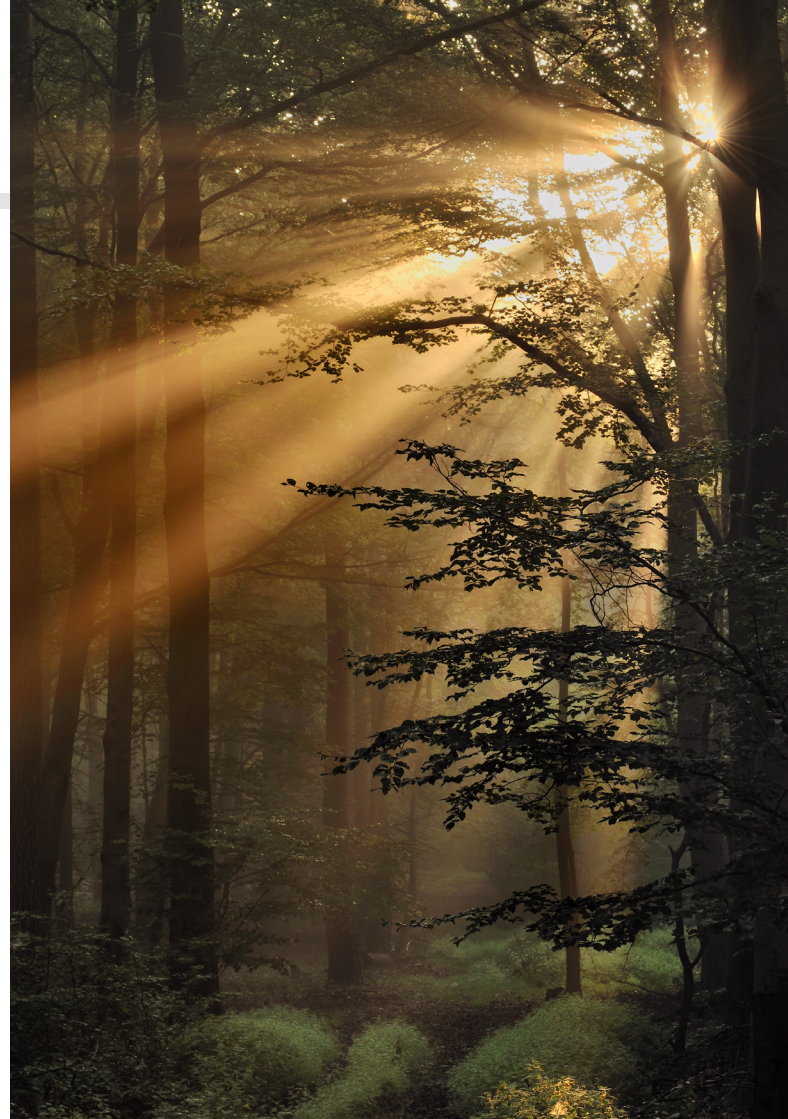


Zeitreihe der jährlichen Sonnenscheindauer in Rheinland-Pfalz für den Zeitraum 1951 bis 2020.

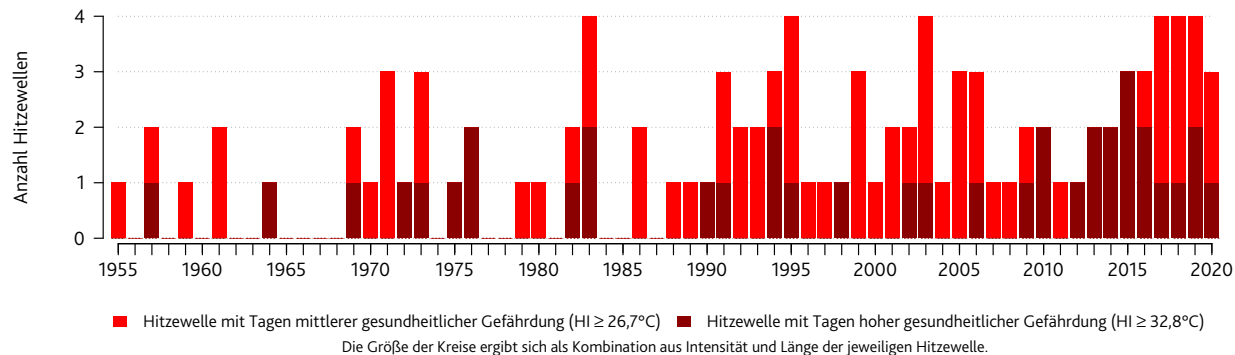
Daten: Deutscher Wetterdienst¹

Die Sonnenscheindauer wird durch viele Faktoren wie Bewölkung und Luftqualität beeinflusst. Für Rheinland-Pfalz liegen für die Sonnenscheindauer erst ab 1951 Messwerte vor. Aus den Daten zeigt sich bisher keine eindeutige Entwicklung, es lassen sich aber drei Zeitabschnitte unterschiedlicher Sonnenscheindauer identifizieren: Von 1951 bis 1976 eine Phase höherer Jahreswerte, anschließend bis etwa zum Ende der 1980er-Jahre vermehrt geringere Jahressummen und dann wieder zunehmende. Zwischen etwa 1950 und 1980 gab es weltweit eine Phase zurückgehender Sonneneinstrahlung, die u. a. einer verstärkten Luftverschmutzung zugeschrieben wird. Verbunden mit den Erfolgen der Maßnahmen zur Reinhaltung der Luft nahm danach die den Boden erreichende Sonneneinstrahlung wieder zu.

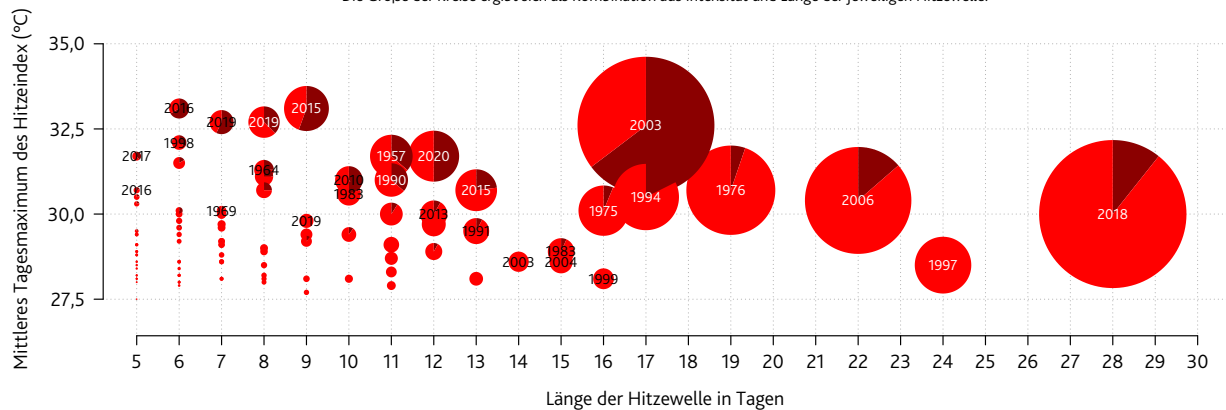
Im langjährigen Mittel von 1991 bis 2020 schien die Sonne an 1638 Stunden im Jahr; das entspricht circa 68 Tagen mit 24 Stunden ununterbrochenem Sonnenschein. Die längste Sonnenscheindauer wurde bisher im Jahr 2003 mit 2050 Stunden gemessen, was in etwa 86 Tagen ununterbrochenem Sonnenschein entspricht.



ZUNAHME VON HITZEWELLEN



Die Größe der Kreise ergibt sich als Kombination aus Intensität und Länge der jeweiligen Hitzewelle.



Hitze stellt eine starke Belastung für den menschlichen Organismus dar. Sehr junge und alte Menschen sind besonders betroffen, da ihr Organismus noch nicht bzw. nicht mehr ausreichend auf die Belastung reagieren kann. Diese Personengruppen sind somit in hohem Maße auf Hilfe zur Anpassung an die Belastung angewiesen.

Dabei ist nicht nur die Temperatur ausschlaggebend für die Belastung des Menschen. Auch die Luftfeuchtigkeit spielt eine entscheidende Rolle. Bei hohen Luftfeuchtigkeiten erhöht sich die Belastung. Ein Maß, das diese beiden Faktoren zusammenführt, ist ein Hitzeindex. So beträgt der hier verwendete Hitzeindex bei einer Temperatur von 33 °C und einer Luftfeuchtigkeit von 45 % beispielsweise 35 °C, bei gleicher Temperatur und einer Luftfeuchtigkeit von 60 % aber bereits 40 °C und liegt damit 7 Grad höher als die gemessene Temperatur.

Beim Thema Hitze denkt man auch in Rheinland-Pfalz an den „Jahrhundertsummer“ im Jahr 2003. Im Zuge des Klimawandels ist die Hitzebelastung in Rheinland-Pfalz deutlich angestiegen. Die nebenstehende Abbildung zeigt diese Entwicklung beispielhaft für Trier.

Seit Ende der 1980er Jahre kommt es zu einem gehäuftem Auftreten von Hitzewellen. Diese sind hier definiert als Perioden, an denen der Hitzeindex an mindestens 5 aufeinanderfolgenden Tagen einen Wert von 27 °C überschritten hat. Eine Unterbrechung von einem Tag wurde ignoriert.

Dabei fällt auf, dass es in den jüngsten Jahren vermehrt zum Auftreten von Hitzewellen mit starker Belastung kam, bei denen an mindestens einem Tag der Hitzeindex einen Wert von circa 33 °C erreicht hat. Speziell bei diesen starken Hitzewellen zeigt sich eine Veränderung: Während der Hitzeindex früher innerhalb einer Hitzewelle typischerweise nur an wenigen Tagen einen Wert von 33 °C erreicht hat, findet man in der jüngeren Vergangenheit vermehrt Hitzewellen (beispielsweise in 2003, 2015, 2016, 2018, 2019 und 2020), bei denen dies an mehreren Tagen der Fall war.

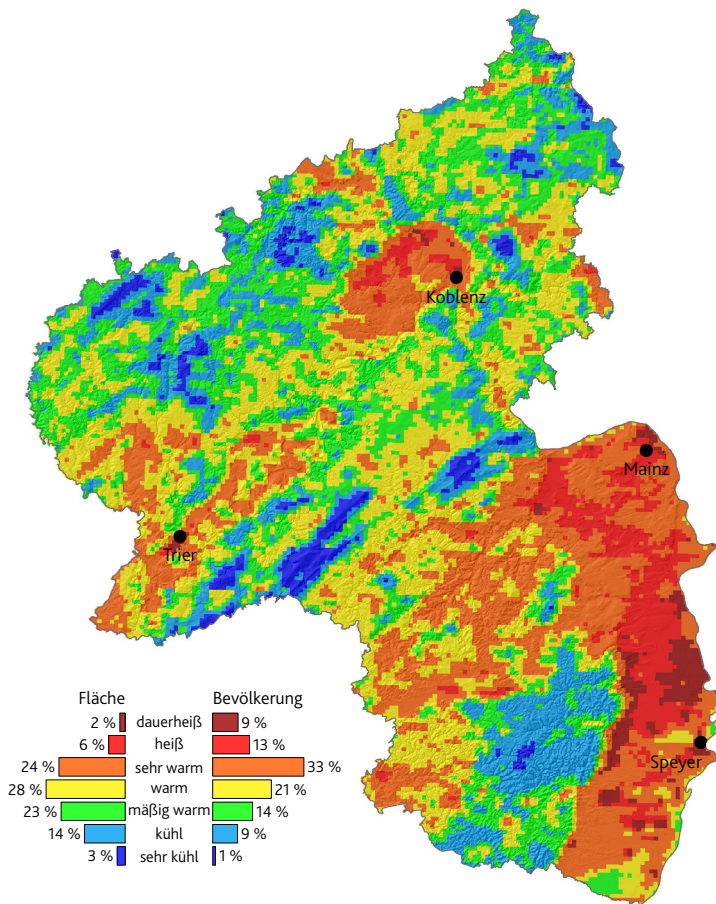
Die bisher längste Hitzewelle in Trier wurde mit 28 Tagen im Jahr 2018 verzeichnet. Im Vergleich zu anderen Hitzewellen wurden zwar keine so hohen maximalen Werte des Hitzeindex erreicht, aber aufgrund ihrer Länge stellte diese Hitzewelle dennoch eine starke Belastung für Menschen und Tiere dar.

THERMISCHE SITUATION

Die Temperatur der Landoberfläche lässt sich mit Hilfe von Satelliten flächendeckend erfassen. Damit ist diese Größe für flächenhafte Betrachtungen besser geeignet als die an nur wenigen Stationen erfasste Lufttemperatur. Für eine Kartierung der thermischen Situation wurden alle wolkenfreien Überflüge des NASA-Satelliten Aqua in den Sommermonaten Juni bis August seit 2003 betrachtet. Anhand der zur Mittagszeit gemessenen Temperaturen wurde jedem Ort eine der sechs Klassen von „sehr kühl“ bis „heiß“ zugewiesen. Die verbliebene Klasse „dauerheiß“ wurde vergeben, falls der Ort auch bei den nächtlichen Temperaturen zu den wärmsten Orten gehörte.

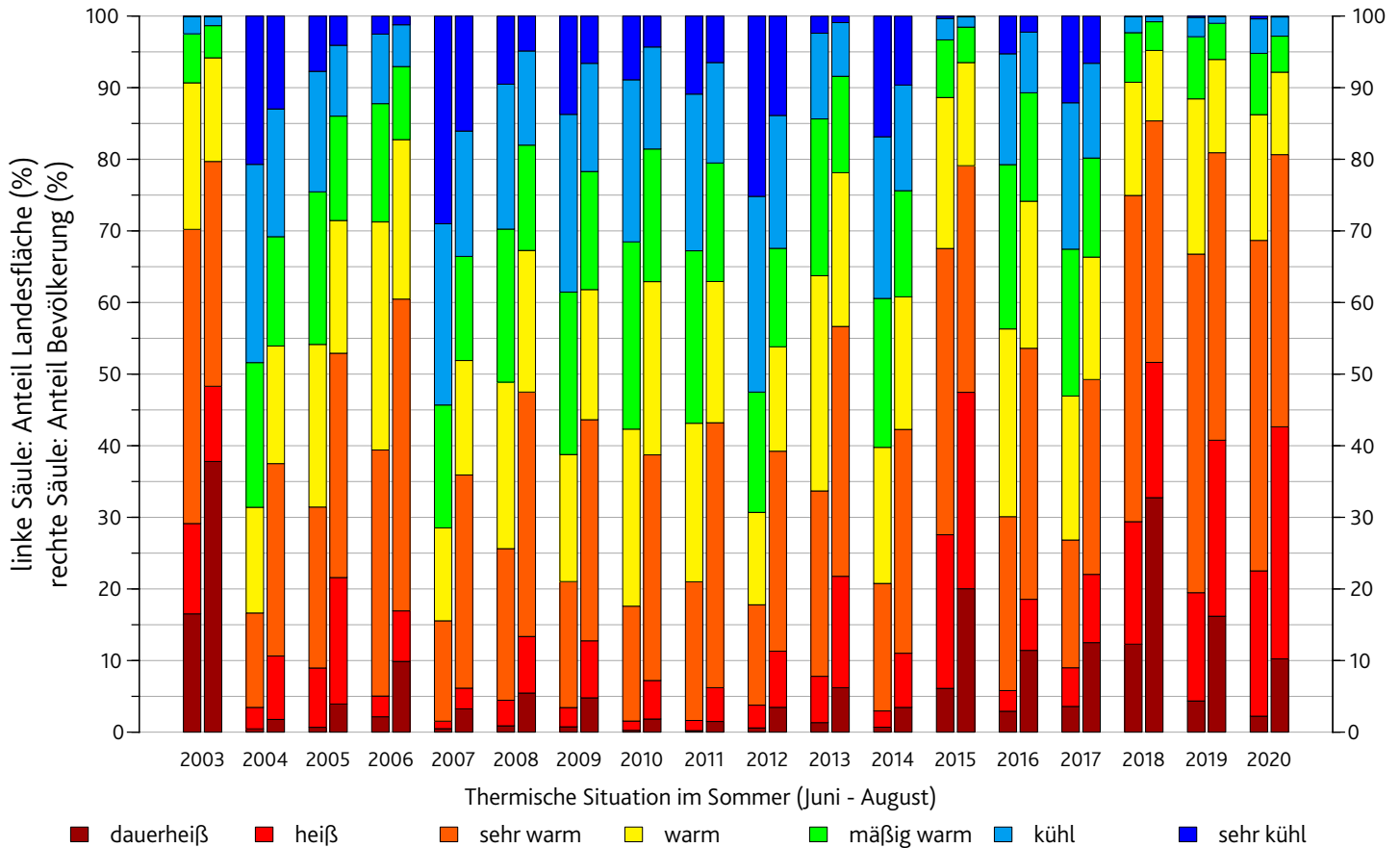
Die räumliche Verteilung zeigt, dass die heißen Gebiete oftmals mit der Lage der großen Städte entlang von Rhein und Mosel übereinstimmen. Noch deutlicher wird dies bei den dauerheißen Gebieten, die in den Siedlungskernen liegen. Andererseits heben sich bewaldete Gebiete als deutlich kühler von der Umgebung ab.

Obwohl die heißen Gebiete im Mittel nur 8 % der Landesfläche umfassen, leben darin mehr als 20 % der Bevölkerung. In extremen Jahren wie 2003, 2015, 2018, 2019 oder 2020 waren mehr als 40 % der Bevölkerung von Rheinland-Pfalz betroffen.



Mittlere thermische Situation im Zeitraum 2003 bis 2020.

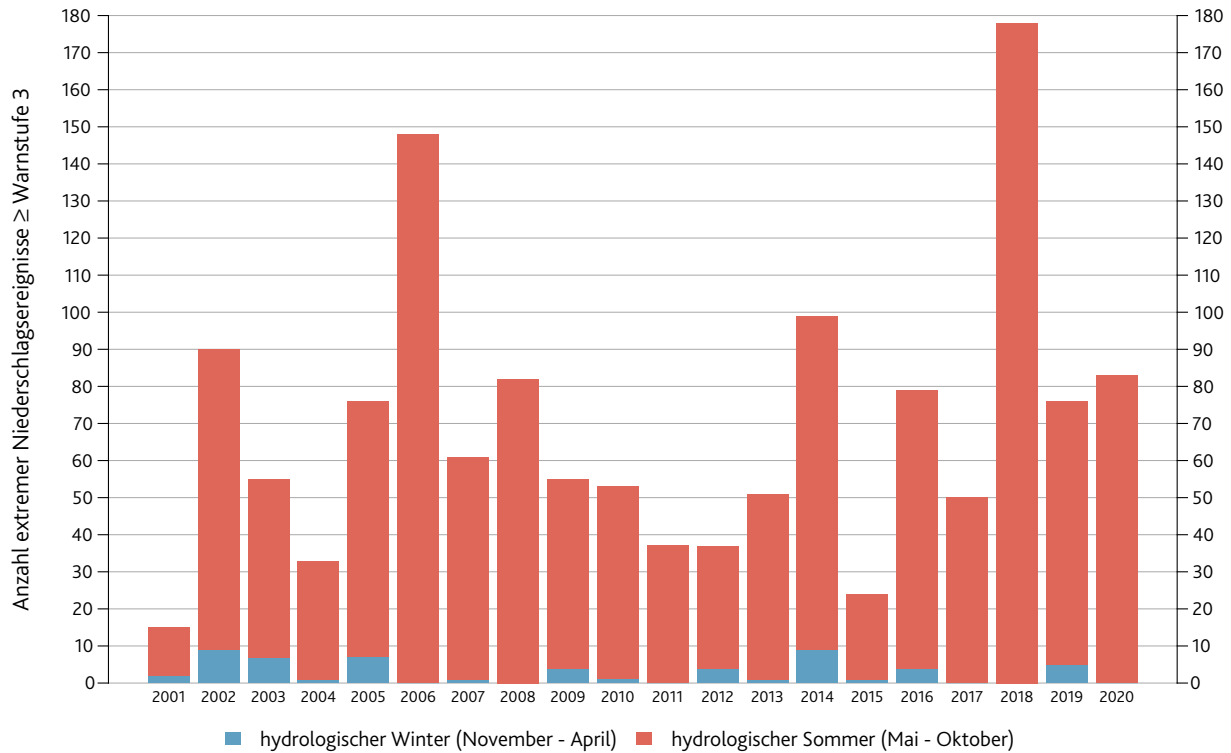
Daten: NASA⁵, LVermGeo RLP⁶, StLa RLP⁷



Zeitreihe der thermischen Situation für den Zeitraum 2003 bis 2020, aufgeschlüsselt nach Bevölkerungs- und Flächenanteilen in Rheinland-Pfalz.

Daten: NASA⁵, LVermGeo RLP⁶, StLa RLP⁷

STARKNIEDERSCHLÄGE: GROSSE UNTERSCHIEDE VON JAHR ZU JAHR



In den vergangenen Jahren haben lokale Starkniederschläge in Rheinland-Pfalz zu großen Schäden geführt. Bei Starkniederschlägen fallen innerhalb kurzer Zeiträume sehr hohe Niederschlagsmengen, die kleinere Bäche über die Ufer treten lassen und Abwasser- und Regenrückhaltesysteme überfordern können. Die Folgen sind oftmals Sturzfluten, die sich ihren Weg durch Ortschaften bahnen und dann teilweise zu großen Schäden in den betroffenen Gemeinden führen.

Da wärmere Luft mehr Wasserdampf aufnehmen kann, ist eine Intensivierung von Starkregenereignissen durch den Klimawandel zu erwarten. Die flächendeckende Erfassung solcher oftmals kleinräumigen Ereignisse ist erst seit der Einführung der Radarmessung am Anfang des 21. Jahrhunderts möglich. Für eine klimatologische Interpretation ist eine solche Zeitreihe noch zu kurz, aber einige Aussagen lassen sich bereits ableiten.

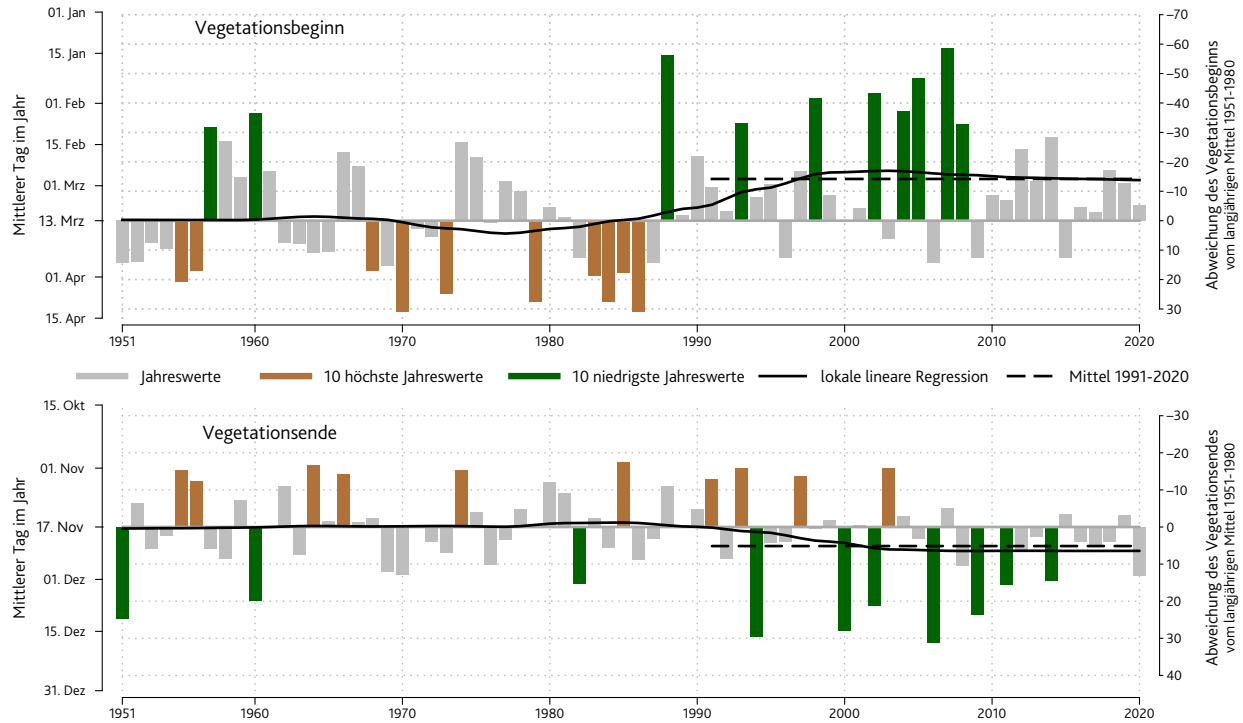
Die Abbildung zeigt alle in Rheinland-Pfalz aufgetretenen Starkregenereignisse der Warnstufe 3 des Deutschen Wetterdienstes seit 2001. Ein Ereignis dieser Warnstufe entspricht mehr als 25 Liter pro Quadratmeter Niederschlag in einer Stunde oder mehr als 35 Liter pro Quadratmeter

in sechs Stunden. Um verschiedene Ereignisse voneinander zu trennen, müssen diese eine ausreichende räumliche und zeitliche Distanz zueinander aufweisen.

Augenscheinlichstes Merkmal ist die große zeitliche Variabilität der Zeitreihe. Es gab Jahre mit weniger als 20 und Jahre mit mehr als 170 Ereignissen in Rheinland-Pfalz. Der bei weitem überwiegende Teil der Ereignisse fällt in die Monate Mai bis Oktober, während zwischen November und April in einigen Jahren überhaupt keine Starkregenereignisse aufgetreten sind.



VERLÄNGERUNG UND VERFRÜHUNG DER VEGETATIONSPERIODE



Zeitreihe des berechneten Vegetationsbeginns und Vegetationsendes in den Jahren 1951 bis 2020.

Daten: C3S⁹

Die Vegetationsentwicklung mit ihren charakteristischen Entwicklungsstadien wie Blühtentfaltung, Blüte oder Blattfall steht in enger Beziehung zur Witterung und zum Klima eines Ortes. Somit kann mit Hilfe von Witterungsdaten das Einsetzen verschiedener Entwicklungsstadien gut berechnet werden. Insbesondere die Temperaturverhältnisse spielen hier eine wesentliche Rolle. Für die Bestimmung von Beginn und Ende der Vegetationsperiode gibt es mehrere temperaturbasierte Ansätze, die gute Ergebnisse für Rheinland-Pfalz liefern.

Zur Bestimmung des Beginns der Vegetationsperiode wird der Tag im Jahr definiert, an dem erstmalig sechs aufeinanderfolgende Tage mit einer Tagesmitteltemperatur von mindestens 5 °C verzeichnet werden. Die Abbildung der zeitlichen Entwicklung zeigt, dass der Beginn der Vegetationsperiode in Rheinland-Pfalz im langjährigen Mittel 1991-2020 etwa zwei Wochen früher auftritt als im Vergleichszeitraum 1951 bis 1980.

Analog wird zur Bestimmung des Endes der Vegetationsperiode der Tag im Jahr definiert, an dem die Tagesmitteltemperatur in der zweiten Jahreshälfte erstmalig an sechs aufeinanderfolgenden Tagen unterhalb von 5 °C lag. Auch

hier zeigt sich für das Flächenmittel von Rheinland-Pfalz eine Veränderung: So wird dieser Zeitpunkt im langjährigen Mittel 1991 bis 2020 ungefähr eine Woche später erreicht als im Vergleichszeitraum 1951 bis 1980.

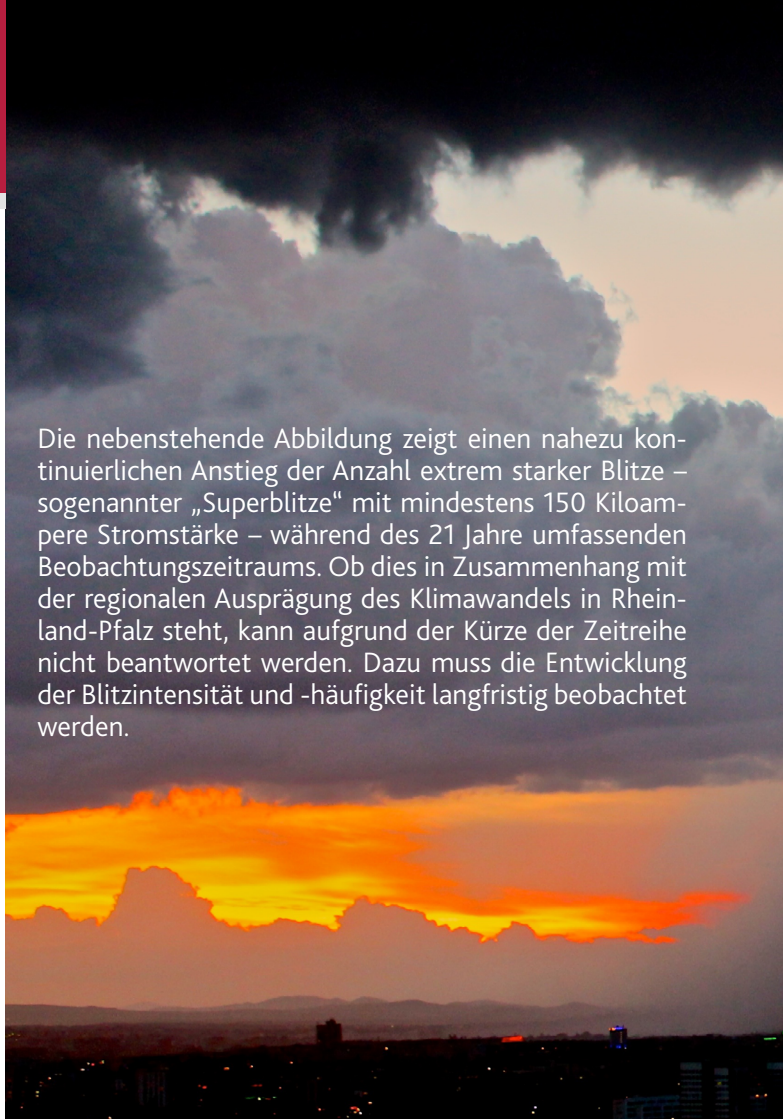


BLITZ- UND GEWITTEREREIGNISSE

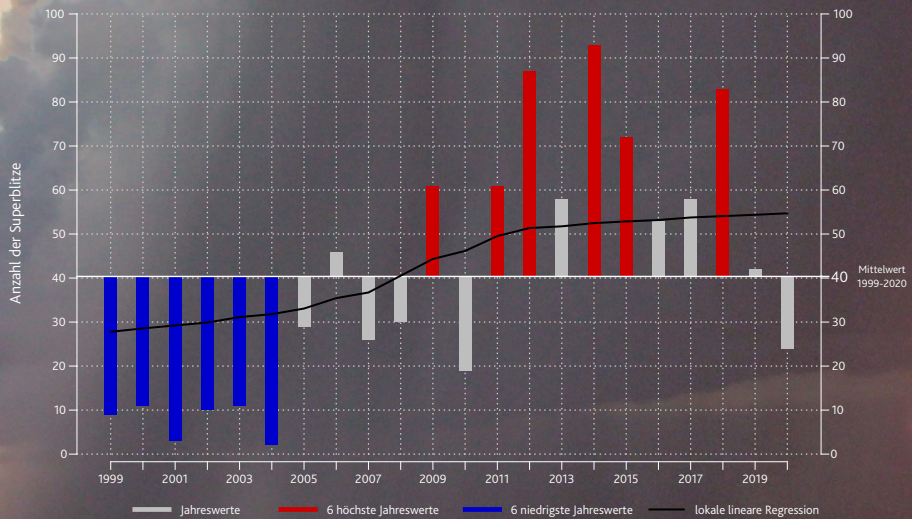
Gewitter und damit einhergehende Blitze sind ein faszinierendes Naturschauspiel, das entstehen kann, wenn feuchtwarme Luft vom Boden über mehrere Kilometer bis in Höhen aufsteigt, in denen sich aufgrund der niedrigen Temperaturen erst Wasser und dann Eis bildet.

Temperatur, Feuchte und Stabilität der Atmosphäre sind wichtige Faktoren für die Bildung von Gewittern und ändern sich im Zuge des Klimawandels. Die Atmosphäre kann pro Grad Celsius Temperaturanstieg sechs bis acht Prozent mehr Wasserdampf aufnehmen, wodurch die Gewitterbildung wahrscheinlicher wird.

In Rheinland-Pfalz werden im Vergleich zu anderen Regionen Deutschlands überdurchschnittlich viele Blitzereignisse registriert. Diese stehen hauptsächlich im Zusammenhang mit sommerlichen Gewittern. Bestimmte Gebiete in Rheinland-Pfalz wie zum Beispiel die Westpfalz oder das Rheintal sind besonders häufig von Gewittern betroffen. Die Anzahl der Blitze schwankt dabei stark von Jahr zu Jahr. Eine langfristige Zu- oder Abnahme ist bisher weder für Rheinland-Pfalz noch global zu beobachten.



Die nebenstehende Abbildung zeigt einen nahezu kontinuierlichen Anstieg der Anzahl extrem starker Blitze – sogenannter „Superblitze“ mit mindestens 150 Kiloampere Stromstärke – während des 21 Jahre umfassenden Beobachtungszeitraums. Ob dies in Zusammenhang mit der regionalen Ausprägung des Klimawandels in Rheinland-Pfalz steht, kann aufgrund der Kürze der Zeitreihe nicht beantwortet werden. Dazu muss die Entwicklung der Blitzintensität und -häufigkeit langfristig beobachtet werden.



Zeitreihe der „Superblitze“ in Rheinland-Pfalz (Stromstärke ≥ 150 kA) für den Zeitraum 1999 bis 2020.
 Daten: Siemens¹⁰

BILDNACHWEIS UND WEITERE INFORMATIONEN

Bildnachweis

Titelbild: Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen / Dr. Ulrich Matthes

Seite 11, Landesforsten RLP / Ernst-Christian Driedger

Seite 19, Landesforsten RLP / Hansen/Lamour

Seiten 15, 17, 25, 27, 28, 29 Pixabay

Abbildungsnachweis

Alle Abbildungen erzeugt durch das Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen unter Verwendung externer Daten (siehe Quellenangaben).

Quellenangaben

¹: Monatsraster des Deutschen Wetterdienstes, abrufbar über: https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/grids_germany/monthly/

²: Jahresraster des Deutschen Wetterdienstes, abrufbar über: https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/grids_germany/annual/

³: Tagesdaten von Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes (Aachen, Gießen und Saarbrücken-Ensheim), abrufbar über: https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/daily/kl

⁴: Stundendaten der Klimastation Trier-Petrisberg des Deutschen Wetterdienstes, abrufbar über: https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/hourly/air_temperature/

⁵: MODIS/Aqua-Satellitendaten zur Oberflächentemperatur, DOI: 10.5067/MODIS/MYD11A2.006, abrufbar über: <https://lpdaac.usgs.gov/products/myd11a2v006/>

⁶: administrative Grenzen (Gemeinden) von Rheinland-Pfalz

⁷: Bevölkerungszahlen für die Gemeinden von Rheinland-Pfalz

⁸: Daten aus dem KlamEx-Projekt, abrufbar über:

https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/help/landing_pages/doi_landingpage_CatRaRE_V2021.01-de.html

⁹: E-OBS-Datensatz, v22.0e, 0.1°-Auflösung, abrufbar über: https://surfobs.climate.copernicus.eu/dataaccess/access_eobs.php

¹⁰: BLIDS-Datensatz

Aktualisierung

Die Online-Version des Themenhefts „Klimawandel – Entwicklungen bis heute“ wird fortlaufend aktualisiert, um den neuesten Datenstand zu präsentieren. Die jeweils aktuelle Version des Themenhefts finden Sie unter www.klimawandel-rlp.de.

Informationsangebot

Die in diesem Themenheft dargestellten Informationen und viele weiterführende Abbildungen, Daten und Fakten zum Thema Klimawandel in Rheinland-Pfalz finden Sie im Klimawandelinformationssystem Rheinland-Pfalz unter www.kwis-rlp.de.

Bisher erschienene Themenhefte

Themenheft Boden (2015), mit dem Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz

Themenheft Beifuß-Ambrosie (2016)

Themenheft Invasive Stechmücken (2016)

Themenheft Krautige Neophyten (2017)

Themenheft Zecken (2018)

Themenheft Klimawandel – Entwicklungen bis heute (2018, 2. Auflage 2021), mit dem Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz

Themenheft Klimawandel – Entwicklungen in der Zukunft (2020), mit dem Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Landesregierung Rheinland-Pfalz herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch Wahlbewerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR
KLIMASCHUTZ, UMWELT,
ENERGIE UND MOBILITÄT