

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Fachzentrum Klimawandel und Anpassung

HESSEN



Beobachteter Klimawandel

Klimawandel in Hessen



Impressum:

Reihe: Klimawandel in Hessen

Redaktion: Dr. H. Hübener (HLNUG), Prof. C.-D. Schönwiese (JWG-Univ. Frankfurt),
Mitarbeiter des DWD

Layout: Nadine Monika Fechner, Christine Zarda

Herausgeber, © und Vertrieb:
Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Fachzentrum Klimawandel und Anpassung
Rheingaustraße 186
65203 Wiesbaden

Telefon: 0611 6939-111
Telefax: 0611 6939-113
E-Mail: vertrieb@hlnug.hessen.de

www.hlnug.de

Nachdruck und Aktualisierung
Stand: September 2018

Nachdruck - auch auszugsweise - nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.



*Prof. Dr. Thomas Schmid
Präsident des
Hessischen Landesamtes
für Naturschutz, Umwelt
und Geologie*

Vorwort

Der Klimawandel ist eine Tatsache. Weltweit steigen die Temperaturen, erhöht sich der Meeresspiegel, der Niederschlag ändert sich, Gletscher schmelzen und in vielen Teilen der Welt häufen sich Dürren und Überschwemmungen. Auch hier in Hessen findet der Klimawandel schon statt. Wir können seine Auswirkungen bereits beobachten und dokumentieren.

Der Mensch hat kein Wahrnehmungsorgan für Klima. Wir nehmen das Wetter wahr, können uns noch an den letzten Winter erinnern, aber schon, wenn wir an unsere Kindheit zurückdenken, neigen wir dazu, uns meist an die schönen Dinge zu erinnern und die unschönen zu vergessen. In unserer Erinnerung sind wir als Kinder jeden Winter Schlitten gefahren und jeden Sommer ins Schwimmbad gegangen. Diese Erinnerungen sind schön, aber sie stimmen leider nicht mit den langfristigen Beobachtungsdaten überein.

Bereits seit dem 18. Jahrhundert gibt es Wetterbeobachtungen in Hessen. Wenn wir solche langen Zeitreihen auswerten, dann können wir zuverlässige Aussagen über die Veränderungen treffen, die das Klima in Hessen in diesem Zeitraum erfahren hat. Diese Broschüre gibt einen Einblick in die Klimaänderungen in Hessen, die bis heute beobachtet und gemessen wurden.

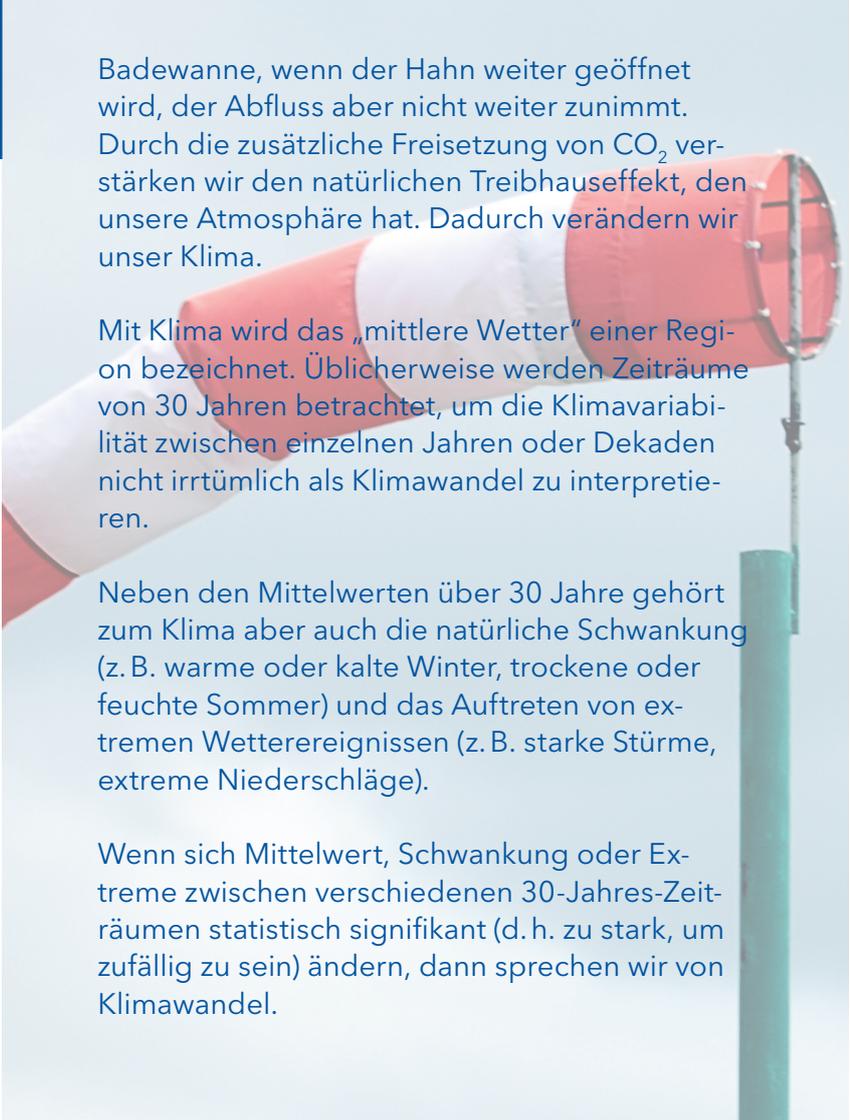
Weitergehende Informationen bietet das HLNUG über seine Internetseiten, über zusätzliche Informationsmaterialien und über persönliche Auskunft der Fachleute in der Dienststelle an.

Einleitung

Das Klima der Erde hat sich im Laufe der Jahr-millionen immer geändert, es gab Eiszeiten und Warmzeiten, die durch Änderungen der Laufbahn der Erde um die Sonne ausgelöst wurden.

Seit einigen tausend Jahren ist das Klima der Erde relativ stabil, so dass sich hoch entwickelte Kulturen bilden konnten. Seit Beginn der Industrialisierung nutzt der Mensch nun vermehrt Kohle, Gas und Öl als Energiequellen. Diese Materialien sind vor vielen Millionen Jahren aus Wäldern und Sümpfen entstanden und in ihnen ist der Kohlenstoff dieser prähistorischen Pflanzen gespeichert.

Wenn wir Kohle, Gas und Öl verbrennen, setzen wir diesen Kohlenstoff in Form von CO_2 wieder in der Atmosphäre frei. So wird mehr CO_2 in die Atmosphäre eingebracht als Pflanzen, Ozeane und Boden auf natürlichem Weg wieder aufnehmen. Dadurch steigt der CO_2 -Gehalt in der Atmosphäre wie der Wasserspiegel in einer



Badewanne, wenn der Hahn weiter geöffnet wird, der Abfluss aber nicht weiter zunimmt. Durch die zusätzliche Freisetzung von CO_2 verstärken wir den natürlichen Treibhauseffekt, den unsere Atmosphäre hat. Dadurch verändern wir unser Klima.

Mit Klima wird das „mittlere Wetter“ einer Region bezeichnet. Üblicherweise werden Zeiträume von 30 Jahren betrachtet, um die Klimavariabilität zwischen einzelnen Jahren oder Dekaden nicht irrtümlich als Klimawandel zu interpretieren.

Neben den Mittelwerten über 30 Jahre gehört zum Klima aber auch die natürliche Schwankung (z. B. warme oder kalte Winter, trockene oder feuchte Sommer) und das Auftreten von extremen Wetterereignissen (z. B. starke Stürme, extreme Niederschläge).

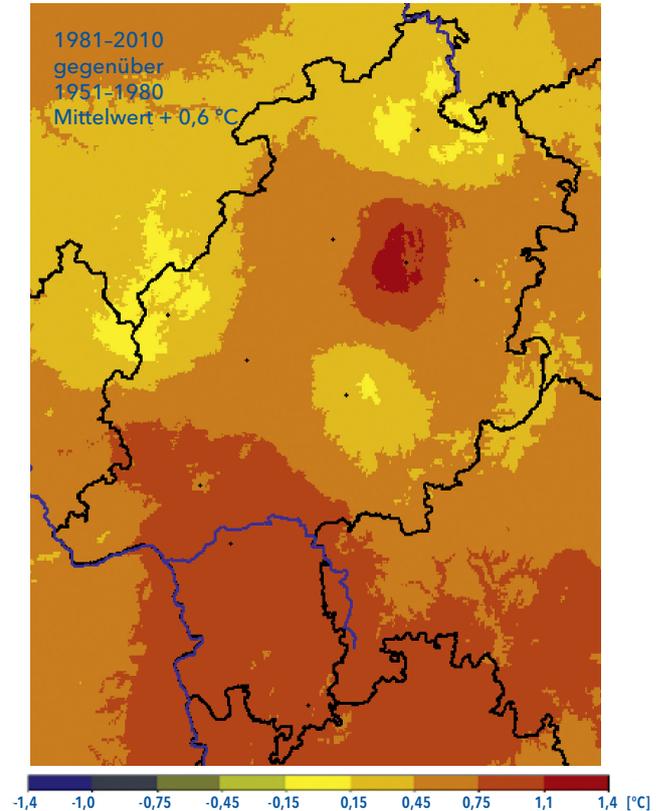
Wenn sich Mittelwert, Schwankung oder Extreme zwischen verschiedenen 30-Jahres-Zeiträumen statistisch signifikant (d. h. zu stark, um zufällig zu sein) ändern, dann sprechen wir von Klimawandel.

Beobachtete Temperaturänderung in Hessen seit 1900

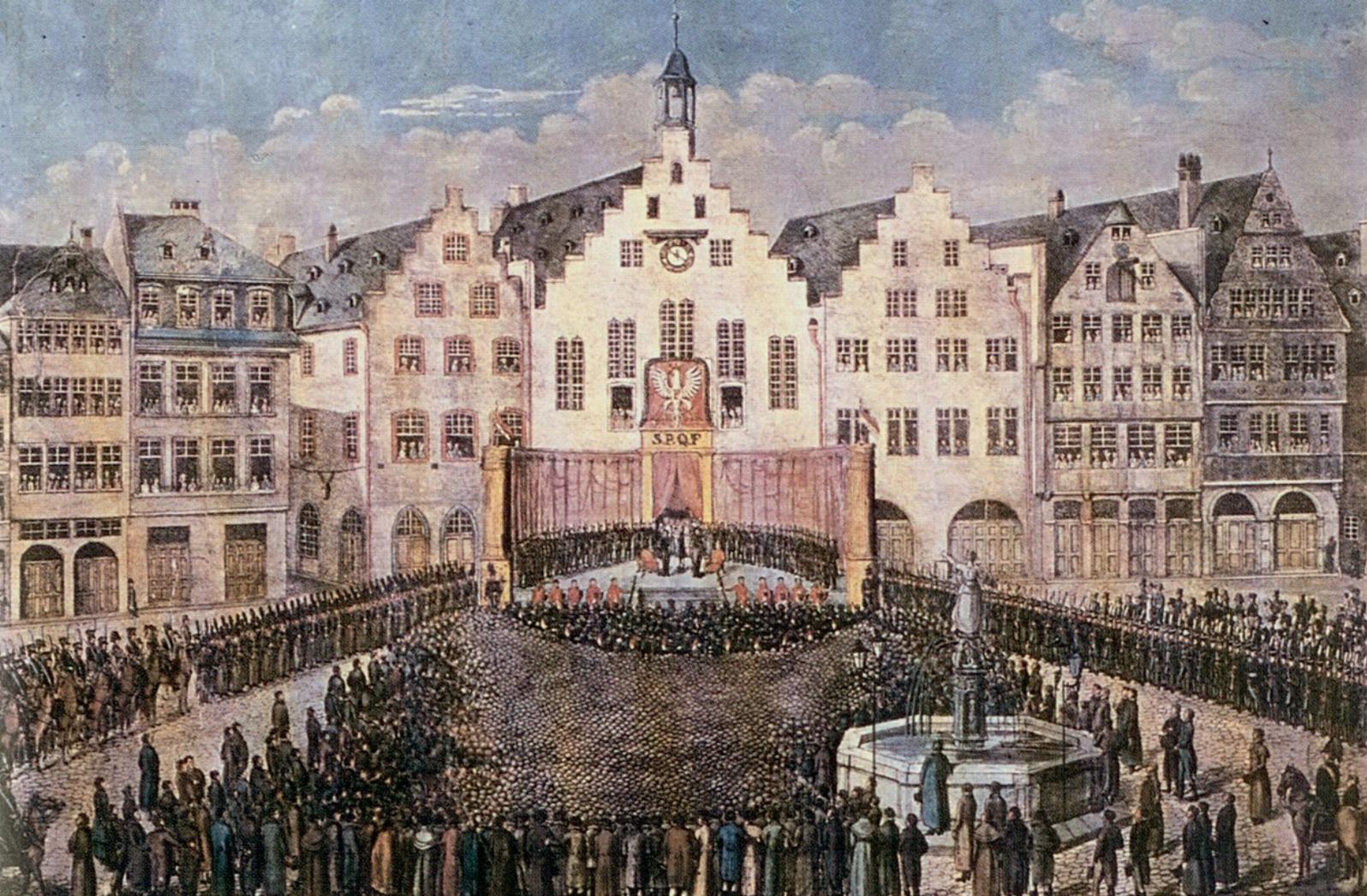
Im Mittel ist es in Hessen in den Flussniederungen – besonders in der Rhein-Main-Region – am wärmsten und auf den Höhen der Mittelgebirge am kältesten. Die kälteste Messstation in Hessen ist die Wasserkuppe, am wärmsten sind die Stationen Geisenheim, Wiesbaden und Frankfurt/Main.

Die Lufttemperatur ist in Hessen seit dem 19. Jahrhundert zunächst langsam angestiegen, im Zeitraum 1951-1980 lag sie im Flächenmittel bei 8,2 °C. Vor allem seit Ende der 1980er Jahre steigt die Temperatur deutlich an: im Zeitraum 1981-2010 lag sie bereits bei 8,8 °C und ist seitdem weiter gestiegen.

Die stärkste Erwärmung zwischen diesen beiden Zeiträumen war in Südhessen und im Gebiet des Knüllwaldes zu verzeichnen. Die geringste Erwärmung trat um den Vogelsberg, um Kassel und in den hessischen Ausläufern des Westerwalds auf.



Änderung Jahresmitteltemperatur Hessen 1981-2010 im Vergleich zu 1951-1980. Daten: DWD

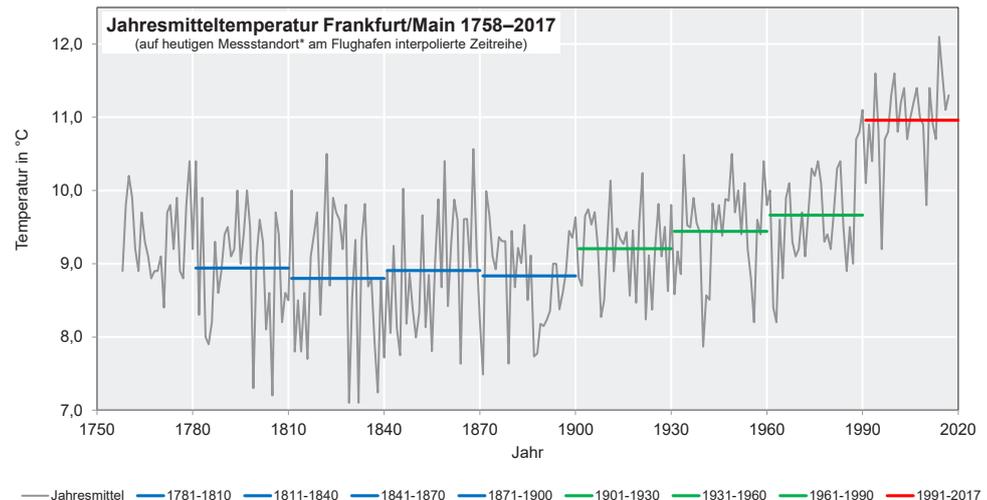


Lange Temperaturmessreihen am Beispiel Frankfurt /Main

Die Messreihe der **Jahresmitteltemperatur** an der **Station Frankfurt/Main** zeigt im Messzeitraum 1758–2017 deutliche Jahr-zu-Jahr-Schwankungen. Die 30-jährigen Mittelwerte lagen bis Ende des 19. Jahrhunderts bei ca. 9,0 °C und stiegen im Laufe des 20. Jahrhunderts langsam an. Der Mittelwert der Periode 1961–1990 lag bei 9,7 °C.

Die Jahre seit Ende der 1980er Jahre waren besonders warm: Der Mittelwert der Jahre 1991–2017 lag über dem Temperaturwert des bis 1987 wärmsten Einzeljahres. Selbst ein Jahr, das wir als kalt empfunden haben (z. B. 2010 mit 9,8 °C), wäre früher als vergleichsweise warm aufgefallen.

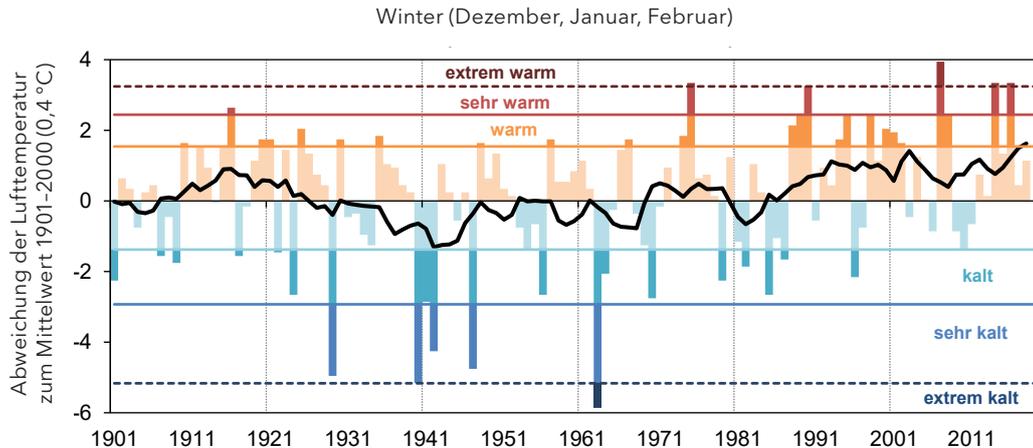
* Der heutige Standort der Klimastation Frankfurt/Main liegt am Flughafen Frankfurt, damit der Einfluss der sich zusehends erwärmenden Stadt nicht in die Temperaturzeitreihe einfließt. Da bis Mitte des 20. Jahrhunderts noch in der heutigen Stadtmitte gemessen wurde, wurden diese Daten mittels räumlicher Interpolation auf den heutigen Standort umgerechnet.



Saisonale Temperaturänderung in Hessen

In Hessen hat die mittlere Jahrestemperatur von 8,1 °C im Zeitraum 1901-1930 (30 Jahre) auf 9,2 °C im Zeitraum 1991-2017 (27 Jahre) zugenommen. Dabei hat sich die Temperatur in allen Jahreszeiten deutlich erhöht, vor allem in den letzten Jahrzehnten. Der Vergleich des Zeitraums 1961-1990 mit der Periode 1991-2017 zeigt dies sehr deutlich (siehe Tabelle):

Saison	Dauer	Änderung	1961-1990 → 1991-2017
Winter	Dez.-Feb.	+1,0 °C	0,3 → 1,3 °C
Frühling	März-Mai	+1,2 °C	7,8 → 9,0 °C
Sommer	Juni-Aug.	+1,1 °C	16,2 → 17,3 °C
Herbst	Sept.-Nov.	+0,5 °C	8,6 → 9,1 °C



Abweichungen der **Wintertemperatur** im Mittel über ganz Hessen 1901 bis 2018 in °C (farbige Balken: Abweichungen der Einzeljahre; schwarze Linie: 11-jährig gleitender Mittelwert)

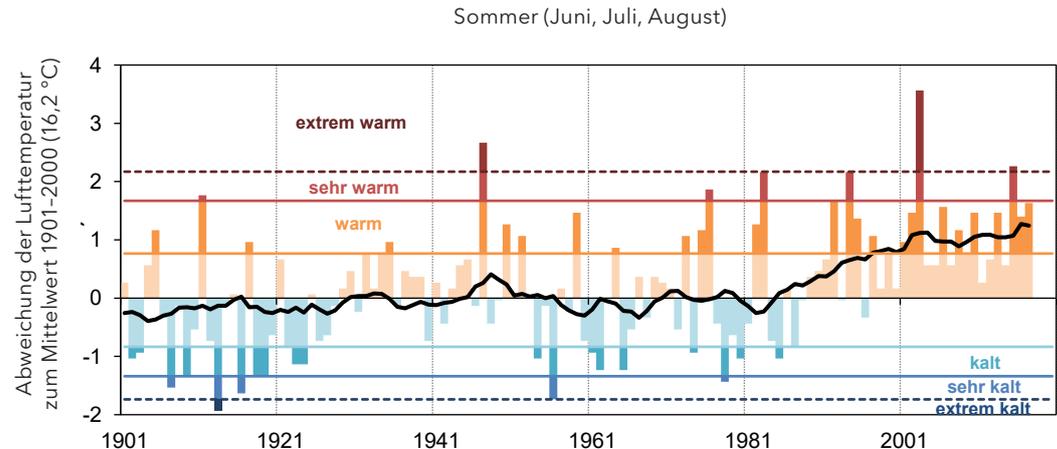
Die Abbildungen zeigen die Abweichungen der mittleren Winter- und Sommertemperaturen in Hessen (farbige Balken) gegenüber dem Mittelwert des 20. Jahrhunderts sowie den 11-jährig gleitenden Mittelwert (schwarze Linie).

Der Zeitraum 1941–1970 war durch recht kalte Winter geprägt. Die mit Abstand kältesten fünf Winter wurden zwischen 1929 und 1963 registriert (kältester Winter: 1962/63). Die fünf wärmsten Winter traten seit den 1970er Jahren auf (wärmster Winter 2006/07).

Kühlere Sommer wurden vor allem vor 1930 und zwischen 1954 und 1987 beobachtet. Danach waren die meisten Sommer überdurchschnittlich warm, was sich auch im Anstieg des 11-jährigen gleitenden Mittelwertes (schwarze Linie) zeigt.

Der Hitzesommer 2003 war der mit Abstand wärmste Sommer seit Messbeginn in Hessen. Er war 3,6 °C wärmer als der Mittelwert des Zeitraums 1901–2000.

Abweichungen in der **Sommertemperatur** im Mittel über ganz Hessen 1901 bis 2017 in °C (farbige Balken: Abweichungen der Einzeljahre; schwarze Linie: 11-jährig gleitender Mittelwert)



Besonders heiÙe oder kalte Tage (Kenntage)

Kenntage sind Tage, die durch Über- oder Unterschreitung eines bestimmten Schwellenwertes charakterisiert sind.

Kassel Löwenburg.

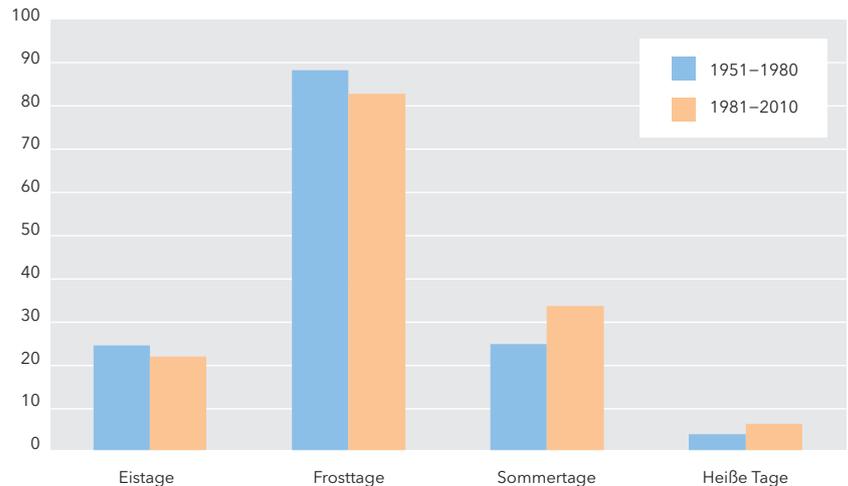
Die Anzahlen der **Frosttage** (Tiefsttemperatur unter 0 °C) sowie der **Eistage** (Höchsttemperatur unter 0 °C) haben sich im Mittel über ganz Hessen zwischen den beiden Zeiträumen 1951-1980 und 1981-2010 reduziert (siehe Graphik rechte Seite).





Dagegen hat sich die Zahl der **Sommertage** (Höchsttemperatur über 25 °C) und der **heißen Tage** (Höchsttemperatur über 30 °C) zwischen den beiden Zeiträumen im Mittel über das Gebiet von Hessen deutlich erhöht.

Änderung der Kenntage in Hessen 1981-2010 im Vergleich zu 1951-1980. Daten: DWD



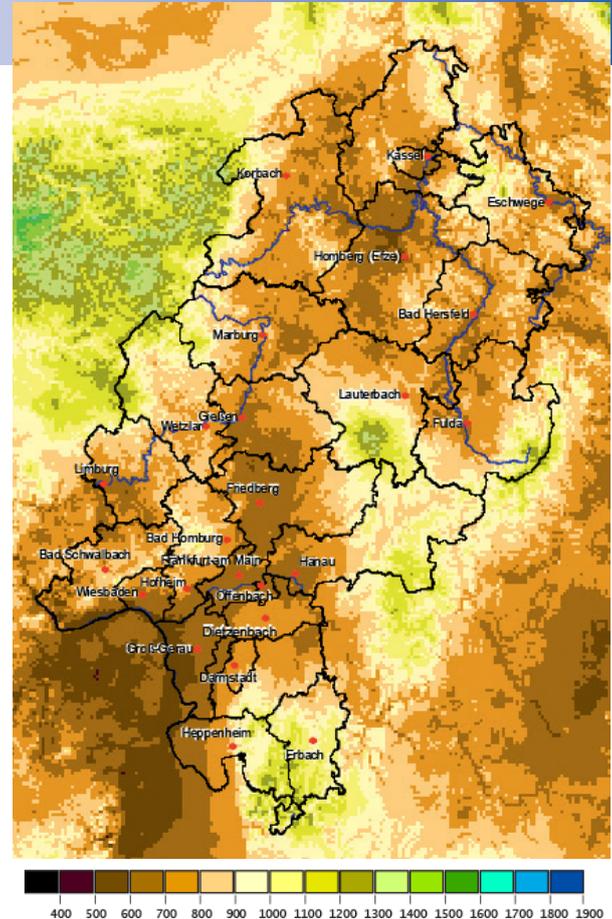
Beobachtete Niederschlagsänderung

Der Niederschlag ist räumlich und zeitlich sehr variabel. In Hessen finden sich im Mittel die höchsten Niederschlagswerte auf dem Vogelsberg, in der Rhön und im Odenwald. Die Flussniederungen erhalten deutlich weniger Niederschlag, die niedrigsten Werte finden sich entlang des Rheins.

Der Niederschlag ist von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich und zeigt auch Schwankungen zwischen den Jahrzehnten. Es ist daher große Vorsicht geboten bei der Bestimmung von Trends im Niederschlag.

Seit Beginn der Niederschlagsmessungen (häufig Ende des 19. Jahrhunderts) hat der mittlere Jahresniederschlag in Hessen leicht zugenommen. Während es bis Mitte des letzten Jahrhunderts relativ trocken war (1901-1930: 735 mm/Jahr und 1931-1960: 748 mm/Jahr), waren die nachfolgenden Zeiträume zusehends feuchter (1961-1990: 793 mm/Jahr und 1981-2010: 807 mm/Jahr).

Mittlerer
Jahresnieder-
schlag in mm
1981-2010.
Daten: DWD

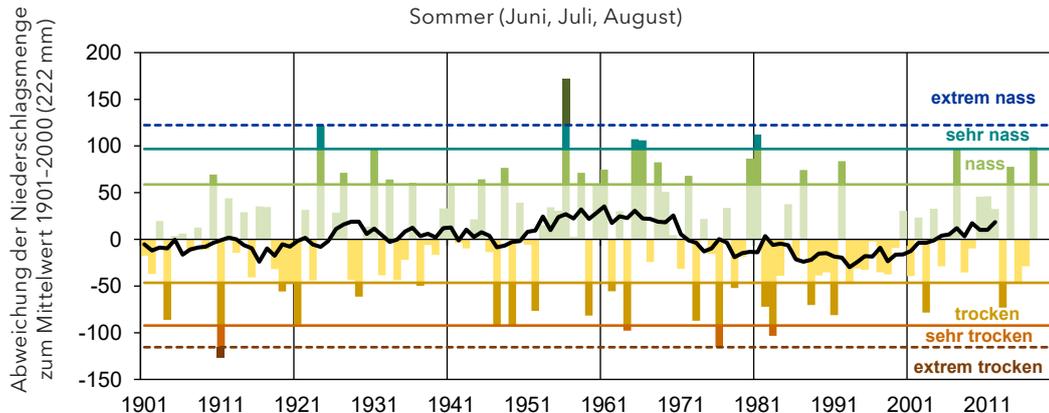




Saisonale Niederschlagsänderung

Der Niederschlag schwankt sowohl langjährig als auch im Jahresverlauf sehr stark. Im Allgemeinen fällt in Hessen im Sommer am meisten Niederschlag (222 mm im Mittel der Periode 1901-2000), gefolgt vom Niederschlag im Herbst (187 mm) und im Winter (184 mm). Der Frühling ist in Hessen weniger regenreich (169 mm).

Die Graphiken zeigen die große Jahr-zu-Jahr-Variabilität im Sommer und Winter in Hessen. Die **Sommer** im Zeitraum 1941 bis 1970 waren eher nass (240 mm im Mittel über ganz Hessen). In der Periode 1971-2000 waren die Sommer dagegen meist trockener (208 mm Mittelwert). Seit der Jahrtausendwende treten wieder vermehrt nasse Sommer auf.

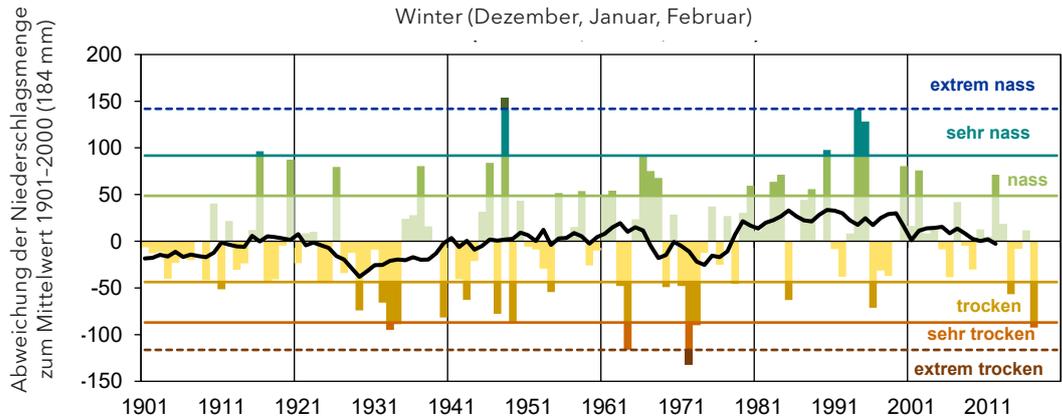


Abweichungen im **Sommerniederschlag** im Mittel über ganz Hessen 1901 bis 2017 in mm
(farbige Balken: Abweichungen der Einzeljahre; schwarze Linie: 11-jährig gleitender Mittelwert).

Besonders in den 1970er Jahren trat eine größere Häufung trockener Winter auf. In manchen Wintern fielen weniger als 100 mm Niederschlag (z.B. 1971/72 und 2016/17). In den 1980er und 1990er Jahren traten dagegen recht viele nasse Winter auf. Zum Teil kamen mehr als 300 mm Niederschlag vom Himmel - zuletzt in den Hochwasserwintern 1993/94 und 1994/95.

Seit 1901 hat die Niederschlagsmenge in Hessen in allen Jahreszeiten bis auf den Sommer etwas zugenommen. Alle hier diskutierten Entwicklungen der saisonalen Niederschlagsmengen sind aber aufgrund der sehr großen Variabilität des Niederschlages - sowohl zwischen einzelnen Jahren als auch zwischen Dekaden oder sogar noch längeren Zeiträumen - nicht signifikant. Es lässt sich also nicht ausschließen, dass die Trends durch Zufall entstanden sind.

Abweichungen im **Winterniederschlag** im Mittel über ganz Hessen 1901 bis 2017 in mm
 (farbige Balken: Abweichungen der Einzeljahre; schwarze Linie: 11-jährig gleitender Mittelwert).



Kombinierte Auswirkung von Temperatur und Niederschlag

Oft verstärken sich die Wirkungen von verschiedenen Wetterelementen noch gegenseitig. In den letzten Jahren häuften sich gerade im Frühjahr und Sommer besonders trockene und heiße Monate. Der Hitzesommer 2003 hat europaweit für traurige Schlagzeilen gesorgt, da durch die außergewöhnliche Hitzebelastung vor allem viele ältere Menschen gestorben sind. Untersuchungen haben gezeigt, dass das trockene Frühjahr 2003 maßgeblich dazu beigetragen

hat, dass der Sommer so heiß wurde. Der ausgetrocknete Boden hat sich viel stärker erwärmt, als dies bei vergleichbarer Sonneneinstrahlung nach einem feuchteren Frühjahr geschehen wäre.

Auch viele andere Jahre seit den späten 1980er Jahren waren nicht nur besonders warm, sondern gerade im Sommer auch noch besonders trocken.



Edersee, September 2009: Der niedrige Wasserstand (mangelnder Regen; Abfluss durch die Staumauer) ermöglicht einen Blick auf Ruinen, die sonst im Wasser verborgen liegen.

Beim Dorf Asel kann trockenen Fußes eine Brücke überquert werden, die sonst einige Meter unter Wasser liegt. Hessens größter See fasst nahezu 200 Mio. m³ Wasser, am 10.10.2009 waren es nur noch 35 Mio m³.

<http://www.op-marburg.de/Nachrichten/Panorama/Hessen/Edersee-gibt-Schaetze-preis>

Als Beispiel für besonders heiße und trockene Frühlingsmonate ist in der Abbildung für den Monat April für jedes Jahr die Abweichung der Temperatur (horizontale Achse) und des Niederschlags (vertikale Achse) vom April-Mittelwert über den Zeitraum 1961-1990 für Hessen dargestellt. Der Aprilwert eines jeden Jahres wird durch einen Pfeil dargestellt, der die Abweichung dieses Monats vom langjährigen Mittel anzeigt.

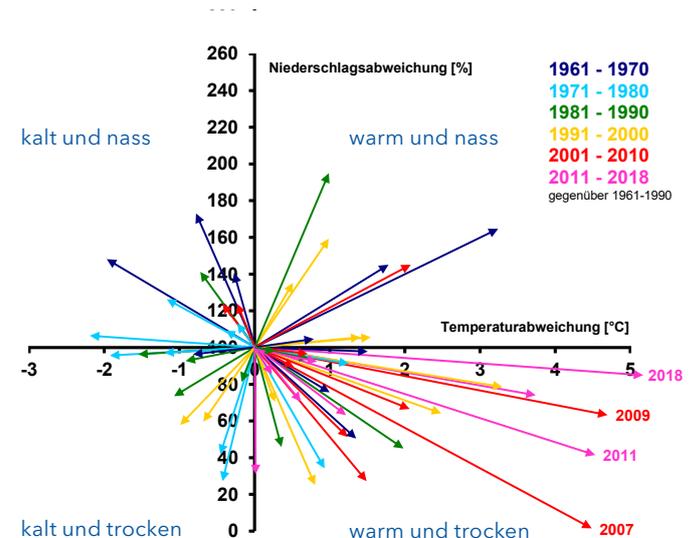
Es ist deutlich zu erkennen, dass gerade in den letzten Jahren mehrere April-Monate aufgetreten sind, die wesentlich heißer und trockener waren als alle vorherigen.

Besonders auffällig waren die Jahre 2007, 2009, 2011 und 2018. Die mittlere Temperatur in Hessen lag in all diesen drei Monaten 4,5 bis 5,0 °C

Temperatur und Niederschlag in Hessen im April 1961-2018 als Abweichung vom Mittelwert 1961-1990. Der Mittelwert 1961-1990 liegt im Schnittpunkt der Achsen.

über dem Durchschnitt der Referenzperiode 1961-1990.

Hinzu kam, dass 2009 und 2011 im April nur ca. die Hälfte der normalen Niederschlagsmenge fiel. 2007 wurde hessenweit fast gar kein Niederschlag beobachtet.



Veränderung der Schneebedeckung

Höhere Temperaturen führen insbesondere im Flachland dazu, dass im Winter statt Schnee häufiger Regen fällt. Während Schnee in den milden hessischen Flusstälern schon immer eine Rarität war, stellt die abnehmende Schneebedeckung in den hessischen Mittelgebirgen den Wintertourismus vor große Herausforderungen.

Insbesondere größere Skigebiete setzen zunehmend auf künstliche Beschneigung. Diese verbraucht jedoch Wasser und Energie und ist daher wenig nachhaltig. Zudem müssen die Temperaturen für künstliche Beschneigung unter dem Gefrierpunkt liegen. Steigende Wintertemperaturen setzen hier also Grenzen.

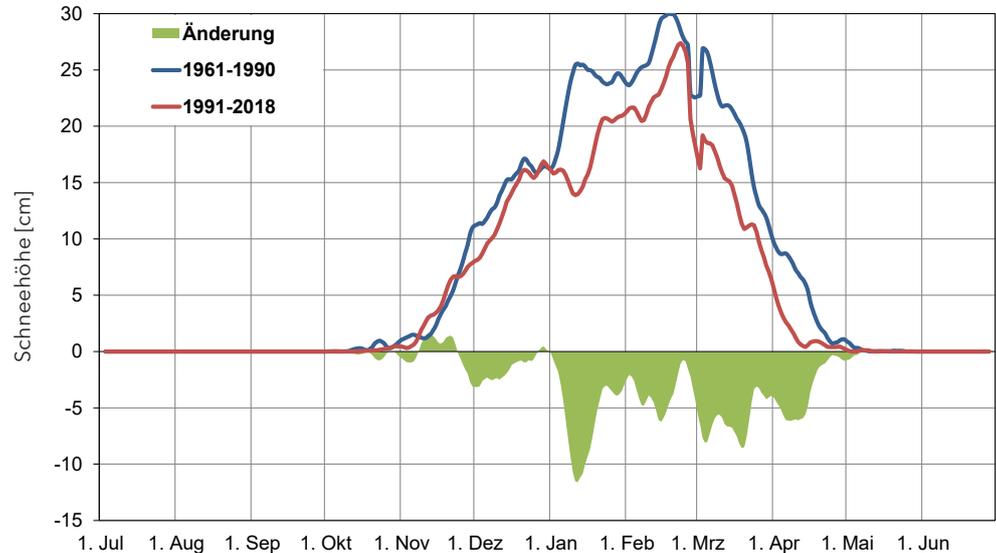


Schnee auf der Wasserkuppe.

Veränderung der Schneebedeckung

Die Anzahl der Tage mit Schneebedeckung schwankt stark zwischen den Wintern. Die Winter 2006/07 und 2013/14 blieben im hessischen Flachland vielfach schneefrei. Demgegenüber lag in den Wintern 2009/10 und 2010/11 am Frankfurter Flughafen an 41 Tagen Schnee – genau so häufig wie 2006/07 auf der Wasserkuppe.

Insgesamt ist die Anzahl der Tage mit einer Schneebedeckung in Hessen seit den späten 1980er Jahren deutlich zurückgegangen. Gleichzeitig ist auch die maximale Schneehöhe in allen Höhenlagen gesunken. Die Abbildung zeigt die Veränderung der mittleren Schneehöhe auf der Wasserkuppe im Vergleich der Perioden 1991–2018 mit



Schneebedeckung auf der Wasserkuppe

1961–1990. Während die Veränderungen am Beginn des Winters recht gering sind, liegt in der Wintersportsaison von Januar bis März inzwischen im Mittel deutlich weniger Schnee, und er schmilzt im Frühjahr zeitiger ab.

Extremereignisse

Extremereignisse treten – ihrer Definition nach – so selten auf, dass eine statistisch sichere Aussage über Veränderungen in der Häufigkeit und Intensität von Extremereignissen selbst anhand

sehr langen Messreihen häufig nicht möglich ist. Trotzdem lassen sich grundlegende physikalische Überlegungen zum Auftreten bestimmter Extremereignisse anstellen.

Die Wahrscheinlichkeit für intensivere Starkregenereignisse steigt durch den Klimawandel. Durch die Erwärmung der Luft kann diese mehr Wasserdampf aufnehmen als kältere Luft. Ist die Luft mit Wasserdampf gesättigt, so bilden sich Wolkentropfen, die zu Regentropfen anwachsen und ausregnen können. Damit enthält eine Wolke in wärmerer Luft mehr oder größere Wolkentropfen als eine Wolke in kälterer Luft.

Das Projekt KLIMPRAX-Starkregen des HLNUG beschäftigt sich mit den Auswirkungen von Starkregenereignissen auf hessische Kommunen (<https://www.hlnug.de/?id=11199>).



Kanalnetzüberlastung nach Starkregen in Wiesbaden (27. Mai 2016).

Besonders seit den 1990er Jahren erleben wir auch in Hessen vermehrt **sommerliche Dürreperioden**. Tendaussagen dazu sind derzeit noch nicht statistisch signifikant, da die Ereignisse zu selten auftreten, um Zufälle mit Sicherheit ausschließen zu können.

Die globale Erwärmung führt aber nach dem derzeitigen Wissensstand zu einer Intensivierung der globalen Windzirkulation und dadurch – unter anderem – zu einer Verstärkung der subtropischen Hochdruckgebiete. Solche Hochdruckgebiete verursachen das trockene Sommerklima im Mittelmeergebiet. Wenn diese Hochdruckgebiete stärker werden, erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass sie weiter nach Norden reichen und auch in Hessen zu langanhaltender sommerlicher Trockenheit führen.

Starke **Winterstürme** verursachen in Mitteleuropa die größten Schäden, die durch Wetterereignisse ausgelöst werden. Momentan lassen sich jedoch für Hessen noch keine gesicherten Aussagen über die Entwicklung der zukünftigen Sturmaktivität treffen.



Folgen sommerlicher Trockenheit.

Beobachteter Klimawandel in Hessen: Fazit

Der Klimawandel findet bereits statt, und auch in Hessen können wir bereits Änderungen im Klima beobachten.

In Hessen hat die mittlere Jahrestemperatur zwischen den Zeiträumen 1901-1930 und 1991-2017 um 1,1 °C zugenommen, am stärksten in den letzten Jahrzehnten.

Die Anzahl kalter Tage (Eis- und Frosttage) ist seit den 1960er Jahren deutlich zurückgegangen, während die Anzahl warmer Tage (Sommer- und heiße Tage) stark zugenommen hat.

Der Niederschlag zeigt sehr große Schwankungen von Jahr zu Jahr und auch auf längeren Zeitskalen.

Im Jahresmittel ist der Niederschlag in Hessen seit dem Anfang des 20. Jahrhunderts etwas angestiegen. Winter, Frühling und Herbst sind dabei etwas nasser geworden, im Sommer

zeigen sich kaum Veränderungen. Diese Veränderungen sind aufgrund der sehr großen Variabilität des Niederschlages – sowohl zwischen einzelnen Jahren als auch zwischen Dekaden oder sogar noch längeren Zeiträumen – nicht signifikant.

Für Extremereignisse wie Starkniederschläge, starke Winterstürme oder sommerliche Dürreperioden lässt sich anhand der Beobachtungsdaten derzeit noch kein gesicherter statistischer Trend nachweisen. Grundlegende physikalische Überlegungen zeigen jedoch, dass der Klimawandel zukünftig sowohl zu mehr Starkniederschlag als auch mehr Dürre führen kann.

Weitere Informationen zum Klima in Hessen finden Sie auf unseren Internetseiten:

- <http://klimawandel.hlnug.de>
- <http://atlas.umwelt.hessen.de>

Aktuelle Messdaten finden Sie auch unter:

- „Witterungsbericht Hessen“ <https://www.hlnug.de/?id=12741>
- „Wetterextreme in Hessen“ <https://www.hlnug.de/?id=11522>

In der Reihe Klimawandel in Hessen sind bisher folgende Infobroschüren erschienen:

- Beobachteter Klimawandel
- Klimawandel in der Zukunft
- Extreme Wetterereignisse in Hessen
- Klimawandel und Wasser
- Folgen des Klimawandels für die menschliche Gesundheit
- Land- und Forstwirtschaft im Klimawandel
- Auswirkungen des Klimawandels beobachten - Klimafolgenmonitoring
- Wusstest Du schon ...? Das Klima ändert sich!
- Die hessischen Böden im Klimawandel

In Vorbereitung:

- Natur und Landschaft im Klimawandel



Hessisches Landesamt für
Naturschutz, Umwelt und Geologie
Für eine lebenswerte Zukunft

