

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Fachzentrum Klimawandel Hessen

Klimawandel und Wasser

HESSEN



Klimawandel in Hessen



Impressum

Reihe: Klimawandel in Hessen

Redaktion: Dr. M. Banning, Dr. G. Berthold, Dr. G. Brahmer,
M. Hergesell, Dr. H. Hübener, A. Gründel, W.-P. v. Pape

Layout: Nadine Monika Lockwald, Christine Zarda

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

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

www.hlug.de

Stand: Juni 2014

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

Titelfoto: Mainhochwasser in Frankfurt



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

Vorwort

Der Klimawandel wirkt sich auf vielfältige Art auf unser Leben aus. Die Veränderung insbesondere des Niederschlages hat weitreichende Konsequenzen für unterschiedliche Bereiche. Neben den Auswirkungen auf den Pflanzenwuchs und damit die Ernten haben diese Veränderungen auch großen Einfluss auf unsere Flüsse und das Grundwasser. Müssen wir in Zukunft häufiger mit Hochwasser rechnen? Oder mit Niedrigwasser? Oder mit beidem? Wird weiterhin überall genügend Grundwasser verfügbar sein? Wird sich die Wasserqualität verändern? Und wie reagieren Tiere und Pflanzen auf die Veränderungen?

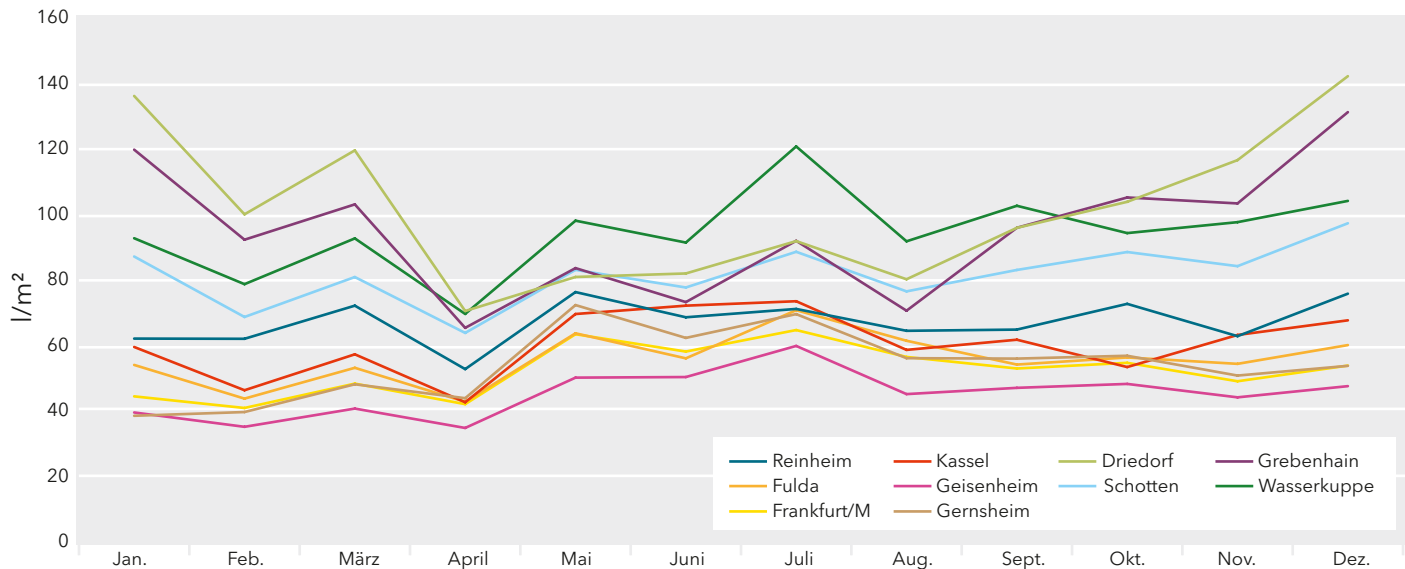
In dieser Broschüre beleuchten wir diese Fragen. Wir stellen bereits eingetretene Veränderungen dar und erläutern, welche weiteren Veränderungen der Klimawandel in Hessen für das Umweltmedium Wasser erwarten lässt.

Weitergehende Informationen finden Sie auf den Internetseiten des HLUG.

Niederschlag

Im Zeitraum 1981–2010 sind im Mittel über ganz Hessen 839 mm (d. h. l/m^2) Niederschlag gefallen. Dieser verteilt sich regional unterschiedlich: Die höchste Niederschlagssumme wurde in Driedorf gemessen, die niedrigste in Geisenheim.

In Geisenheim wurden in diesem Zeitraum im Mittel die wenigsten Regentage in ganz Hessen registriert (105 pro Jahr). Die meisten Regentage wurden an der Station Wasserkuppe gemessen (im Mittel 156 pro Jahr).

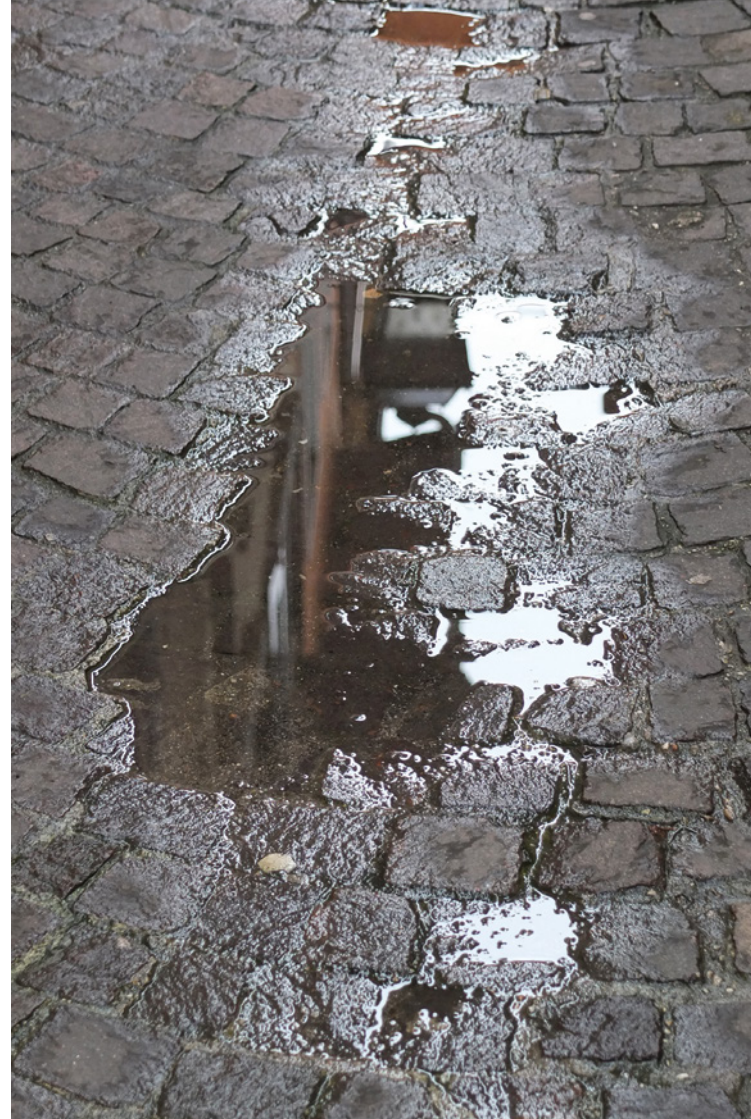


Klimaprojektionen für die Zukunft bei einem mittleren Anstieg der Treibhausgas-Konzentrationen (sog. „Szenario A1B“) lassen im Jahresmittel keine Niederschlagsänderung erwarten. Jedoch zeigt sich eine Verlagerung des Niederschlages vom Sommer in den Winter. Bis zur Mitte des Jahrhunderts sind diese Trends im Vergleich zur Jahr-zu-Jahr-Schwankung im Niederschlag vergleichsweise gering. Mit fortschreitendem Klimawandel bildet sich immer deutlicher die Verschiebung im Jahresgang heraus.

Mittlerer Niederschlag in Hessen aus Beobachtungen und Zukunftsprojektionen für die hydrologischen Halbjahre (Winter: Nov.-April; Sommer: Mai-Okt.) und das Jahr

Zeitraum	Winter	Sommer	Jahr
1961-1990	384 l/m ²	409 l/m ²	793 l/m ²
1971-2000	375 l/m ²	402 l/m ²	777 l/m ²
1981-2010	387 l/m ²	418 l/m ²	805 l/m ²
2021-2050 (rel. zu 1971-2000)	+3 % * (-4 % bis +14 %)	-5 % * (-13 % bis +5 %)	-1 % * (-7 % bis +9 %)
2071-2100 (rel. zu 1971-2000)	+8 % * (-5 % bis +26 %)	-16 % * (-24 % bis -2 %)	-4 % * (-13 % bis +12 %)

* Bandbreite aus Simulationen mit 21 regionalen Klimamodellen



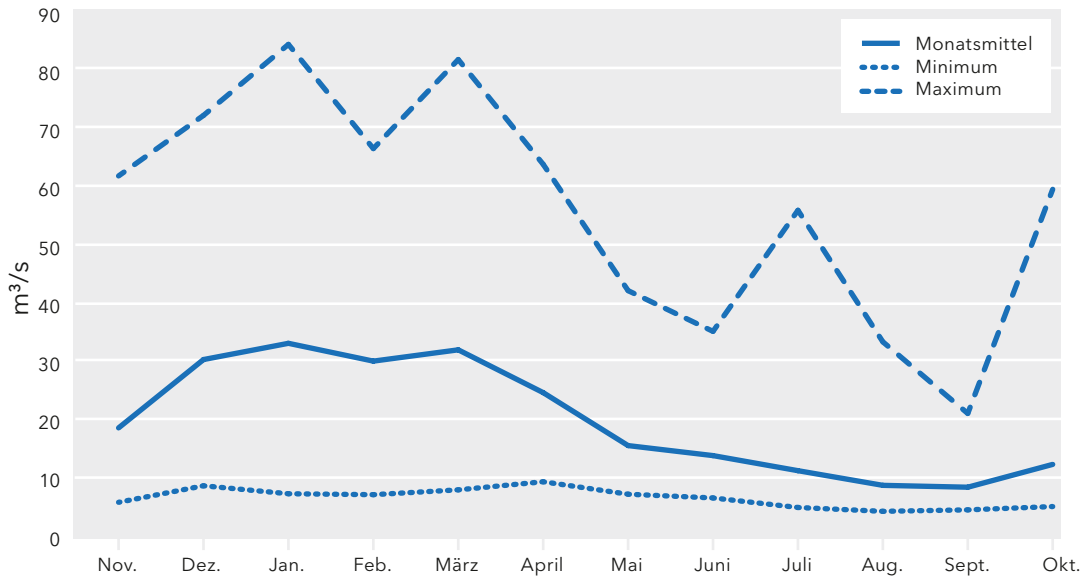
Änderungen des Gewässerabflusses

Das Land Hessen betreibt zur Messung der Wasserstände und Durchflüsse 108 Pegel. Hessische Gewässer haben das Abfluss-Maximum im Winterhalbjahr und das Minimum wegen der größeren Verdunstung im Sommer. Je nach Niederschlagsmenge pro Jahr und Verteilung

auf die Monate können die Abflüsse von Jahr zu Jahr in einer breiten Spanne variieren.

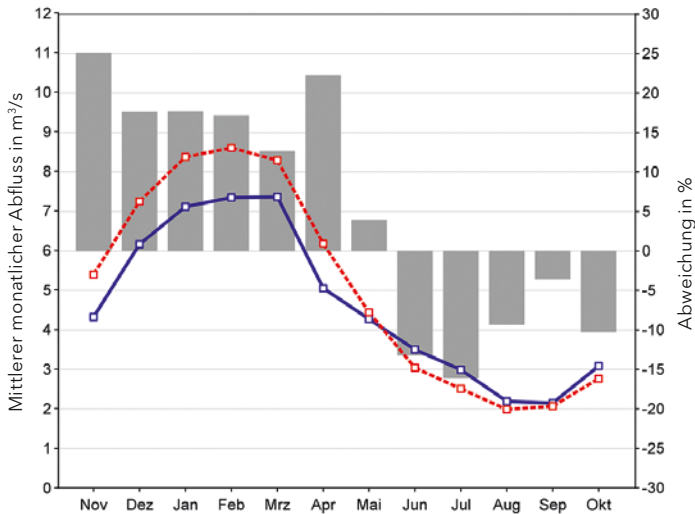
Die an den Pegeln gewonnenen Daten dienen auch als Basis für Untersuchungen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf das zukünftige

Abflussgeschehen. Hierzu werden regionale Klimasimulationen für Hessen in ein Wasserhaushaltsmodell eingelesen und damit die Veränderung des Abflussgeschehens simuliert.



Beobachtete Abflusswerte am Pegel Bad Hersfeld (Fulda): Monatsmittel, Minimum und Maximum für den Zeitraum 1971-2000.

Bei fortschreitendem Klimawandel ist eine Veränderung im Abflussverhalten hessischer Gewässer zu erwarten: Eine Umverteilung hin zu Mehrabflüssen im Winterhalbjahr und zu geringeren Abflüssen im Sommerhalbjahr. Der Wasserstand bei Niedrigwasser wird dabei noch geringer.



Simulierter Abfluss am Pegel Harreshausen, ein Klimamodell, Szenario A1B.



Pegel Harreshausen (Gersprenz).

- Linke Achse:**
- simulierter Abfluss für die Referenzperiode 1971-2000,
 - - - ■ - - - für die Zukunftsperiode 2021-2050
- Rechte Achse:**
- Änderung von der Referenzperiode zur Zukunftsperiode in %

Hochwasser

Hochwasser entsteht durch unterschiedliche Prozesse. Winterhochwasser entstehen meist durch lang anhaltenden Niederschlag in einem großen Gebiet. Sie treffen oft größere Flüsse, besonders dann, wenn auch in den Zuflüssen Hochwasser herrscht. Im Winter wird Hochwasser begünstigt, wenn der Boden gefroren ist, so dass kein Wasser versickern kann. Im Frühjahr können starke Hochwasser entstehen, wenn die Schneeschmelze mit lang anhaltendem Regen zusammentrifft.

Sommerhochwasser entstehen oft durch besonders starke Niederschläge, z. B. bei Gewittern. Sie treten oft in relativ kleinen Gebieten, an kleineren Flüssen auf. Wenn nur wenig Wasser im Boden versickern kann, z. B. weil die Oberfläche entweder asphaltiert oder durch Trockenheit verkrustet ist oder wenn der Boden bereits mit Wasser gesättigt ist, dann fließt der Niederschlag oberflächlich ab und kann zu Erosion und Hochwasser führen.

Andererseits gehören Hochwasserereignisse zu den essentiellen, gestaltenden Faktoren von Fließgewässern. Deren Lebensgemeinschaften sind grundsätzlich an solche Ereignisse angepasst. Nach Möglichkeit sollten daher Veränderungen im Flusslauf in Folge von Hochwasser belassen oder sogar weiterentwickelt werden. Die Wiederherstellung eines „hydromorphologischen Gleichgewichts“ der Fließgewässer ist eine der vordringlichsten Aufgaben der heutigen Wasserwirtschaft.



Eberbach Odenwald: nach einem Starkniederschlag haben sich kleine Inseln und Gerinneaufweitungen gebildet. © Ecolo-Gis 2012

Der Klimawandel führt zu mehr Niederschlag im Winter, der zudem häufiger als Regen fällt und nicht als Schnee. Dadurch können in Zukunft Winterhochwasser häufiger werden. Wenn weniger Schnee liegt, reduziert sich hingegen die Gefahr der Schneeschmelze-Hochwasser.

Zwar wird im Sommer weniger Niederschlag fallen, aber einzelne besonders starke Niederschlagsereignisse können immer noch eintreten oder sogar noch stärker werden (wenn auch vielleicht seltener). Somit wird auch die Gefahr für Sommerhochwasser nicht geringer.

Für die Zukunft ist derzeit kein eindeutiger Trend im Extrem-Hochwasser festzustellen, aber eine Zunahme der mittleren Hochwasserereignisse.



Hochwasser an der Werra in Eschwege. © A. Müller-Brandl, Stadt Eschwege

Niedrigwasser

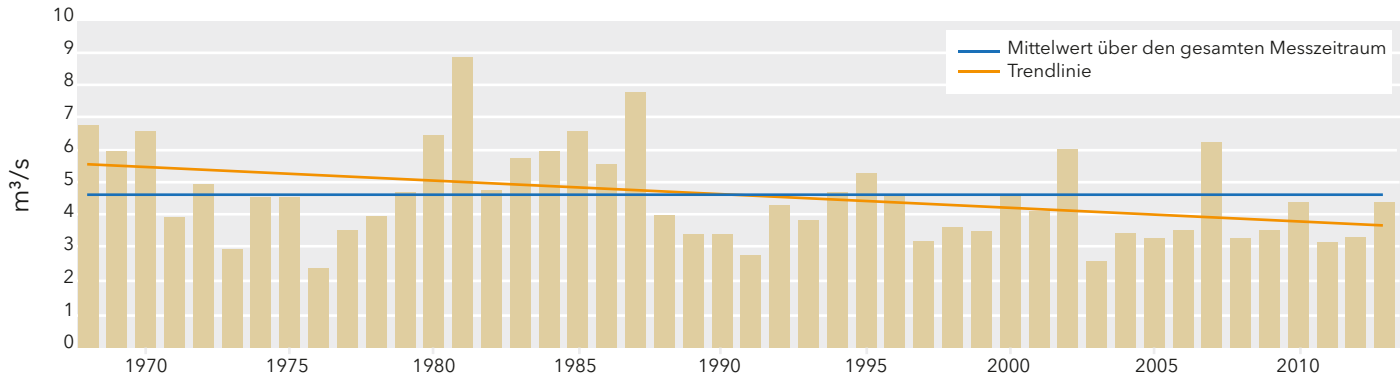
Lang anhaltende Trockenheit kann zu Niedrigwasser in Flüssen und z. B. zur Einstellung der Schifffahrt führen. Zusätzlich kann die Wasserentnahme für Bewässerung oder für die Kühlung an Kraftwerken oder Industrieanlagen eingeschränkt oder ganz untersagt werden.

Niedrigwasserereignisse treten in Hessen meist in den Monaten August und September auf. 64 der 108 hessischen Pegel zeigen für die letzten 30 Jahre einen Trend, dass die Niedrigwasser-Ereignisse ca. 2 Wochen früher im Jahr eintreten.

Insgesamt zeigen die hessischen Pegel für die letzten 30 Jahre folgende Änderungen im Niedrigwasser-Abfluss, also der Wassermenge, die bei Niedrigwasser noch fließt:

- an 24 Pegeln signifikante Abnahmen,
- an 4 Pegeln signifikante Zunahmen.
- Für 80 Pegel ist kein signifikanter Trend vorhanden

Bei fortschreitendem Klimawandel wird der Niederschlagsrückgang im Sommer die Niedrigwasserproblematik verschärfen.



Geringster Niedrigwasserabfluss pro Jahr am Pegel Bad Hersfeld (Fulda), 1968–2013, mit signifikanter Abnahme.

Der Frühling 2011 war der zweittrockenste Frühling in Deutschland seit Messbeginn im Jahr 1881. Im März 2011 fiel in Hessen nur 21 % des mittleren Niederschlages vom Zeitraum 1961-1990.

Der November 2011 war der trockenste November seit Messbeginn. In Hessen fielen nur 2,8 % des mittleren Novemberriederschlages. An einigen Messstationen wurde gar kein Niederschlag registriert.

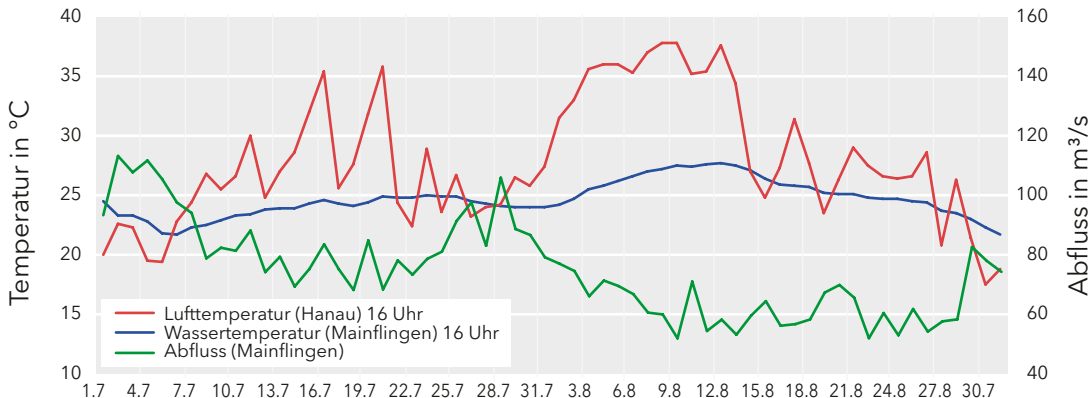


Rhein bei Rudesheim/Bingen, November 2011.

Wassertemperatur

Die hohen sommerlichen Lufttemperaturen in den Jahren 2003 und 2006 haben auch zu erhöhten Wassertemperaturen geführt. Durch die gleichzeitig geringen Abflüsse wurde z. B. im Main der Orientierungswert von 25 °C für die sog. „Barbenregion“, zu der der hessische Main gehört, überschritten (Graphik diese Seite). Wird dieser Grenzwert häufig oder lange überschritten, sind Schädigungen in der Flora und Fauna des Gewässers zu erwarten.

Der simulierte Temperaturverlauf entlang der hessischen Mainstrecke für den 13. August, den Tag mit den höchsten Wassertemperaturen im Jahr 2003 (Graphik nächste Seite), zeigt von der hessisch-bayerischen Landesgrenze bis zur Mündung in den Rhein eine Zunahme der Wassertemperaturen. Die Zuflüsse aus der Kinzig und der Nidda sowie die Einleitung aus der Kläranlage (KA) Niederrad führten zu Abkühlungen. Die Abwärme-Einleitungen aus den Industrieanlagen Mainova und Industriepark (IP) Höchst erhöhten die Wassertemperatur.

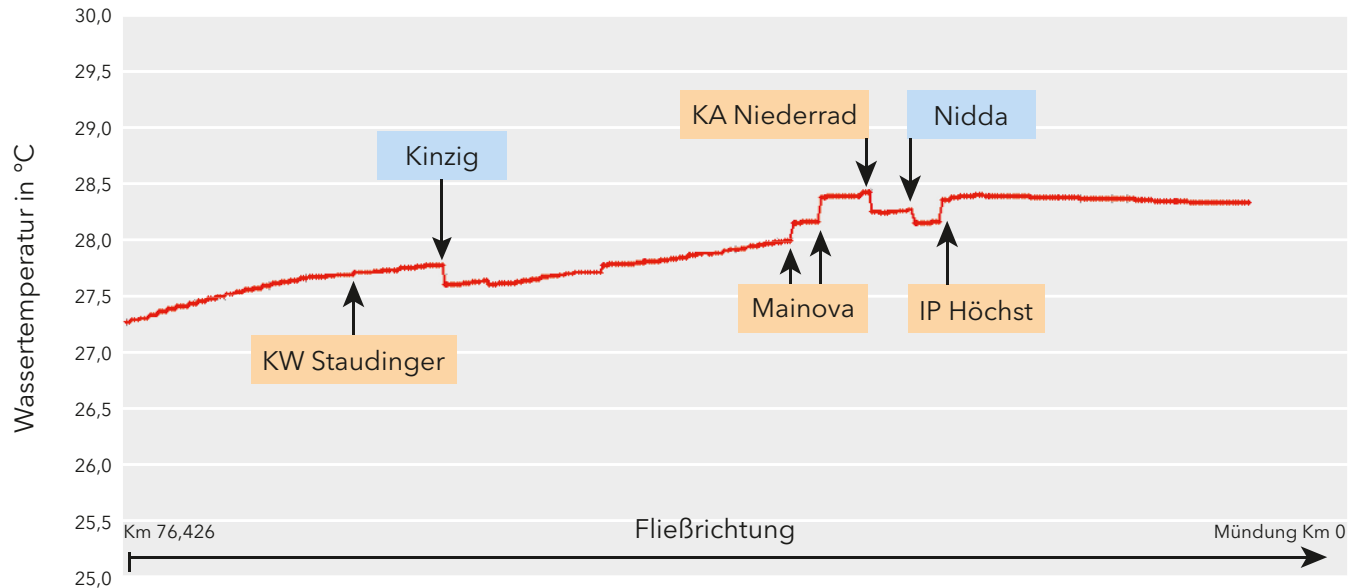


Abflüsse sowie nachmittägliche (16 Uhr) Luft- und Wassertemperaturen am Pegel Mainflingen (Main) im Hochsommer 2003.

Das Kraftwerk (KW) Staudinger, das sonst der größte Wärmeeinleiter am hessischen Main ist, musste bereits am 09.08.2003 den Betrieb einstellen, da kein Kühlwasser mehr entnommen werden durfte.

Der Klimawandel wird in hessischen Flüssen und Bächen zu höheren Wassertemperaturen führen.

Die Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) hat in einer umfangreichen Studie herausgefunden, dass der Sommer 2003 für den Rhein einen Vorgeschmack auf die Wassertemperaturen gegeben hat, die gegen Ende des Jahrhunderts (2071-2100) normal sein werden.



Tagesmittel der Wassertemperaturen im Main von der hessischen Grenze bis zur Mündung am 13.8.2003.

Grundwasser

In Hessen werden 95 % des Trinkwassers aus Grundwasser gewonnen. Grundwasser entsteht überwiegend aus Niederschlag, der in den Untergrund versickert, und zu einem kleinen Teil aus der Versickerung von Flüssen, Bächen und Seen. In Hessen wird Grundwasser überwiegend im Winterhalbjahr neu gebildet, wenn viel Niederschlag versickert. Derzeit wird in Hessen jährlich ca. fünfmal mehr Grundwasser gebildet als verbraucht. Der Grundwasserstand schwankt im Jahresverlauf und von Jahr zu Jahr. Sehr hohes oder sehr niedriges Grundwasser können zu Schäden an Gebäuden und Infrastruktur führen.



Extrem hoher ...



... und extrem niedriger Grundwasserstand.

Durch den Klimawandel wird sich der Niederschlag im Jahresverlauf vom Sommer in den Winter verlagern. Nach heutigem Kenntnisstand wird der Klimawandel die Grundwasserneubildung in Hessen nicht reduzieren. Die jahreszeitliche Schwankung der Grundwasserstände wird sich aber vergrößern. Die Trinkwasserversorgung wird trotz steigendem Spitzenbedarf in wärmeren und trockeneren Sommern voraussichtlich nicht gefährdet, da sich der mittlere Bedarf durch den Bevölkerungsrückgang reduziert.

Quellen

In den hessischen Mittelgebirgsregionen wird das Trinkwasser lokal aus Quellen gewonnen. Hier können in Zukunft Probleme durch die nachlassende Quellschüttung im Sommer und Herbst auftreten. Im Winter können durch mehr Starkniederschlag Wassertrübungen eintreten.

An 48 hessischen Quellen wird regelmäßig – meistens einmal pro Woche – die Wassertemperatur gemessen. In den letzten Jahrzehnten hat die Temperatur von vielen Quellwässern zugenommen, was mit dem beobachteten Temperaturanstieg der bodennahen Luft übereinstimmt. Von den 48 Quellen zeigt nur eine Quelle eine leichte Temperaturabnahme, 10 Quellen haben keinen Trend, an 22 Quellen hat die Temperatur gering (bis 0,5 °C) zugenommen und an 15 Quellen hat sich die Temperatur stark erhöht (bis zu 1,9 °C).

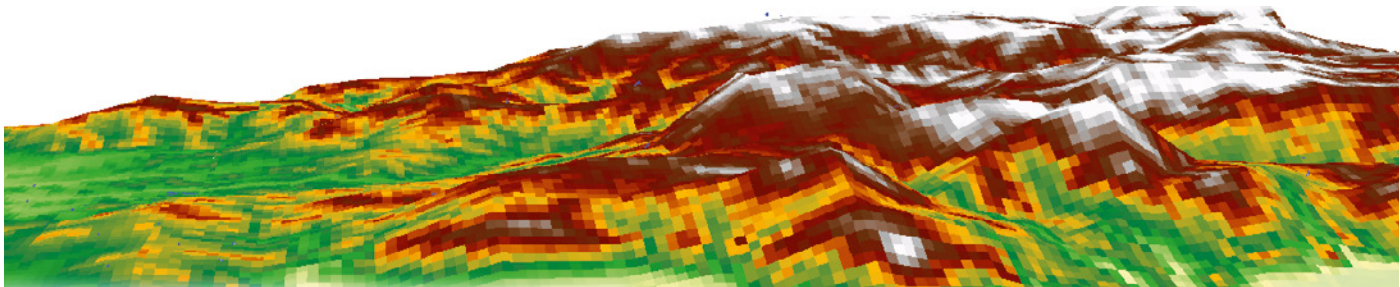
Mit fortschreitendem Klimawandel könnten in langen sommerlichen Trockenperioden die Grundwasserstände sinken und Brunnen tro-

ckenfallen oder Quellen versiegen. Die Erwärmung im Grundwasser und damit auch im Quell- und Brunnenwasser wird sich fortsetzen.



Quelle Breitenborn, nördlich von Gelnhausen.

Bewässerung



Odenwald:

- Bis zu 1 300 mm Jahresniederschlag
- Nur 40 % des Gesamtabflusses gehen ins Grundwasser
- Wassergewinnung aus Quellen und Flachbrunnen
- Dezentrale Wasserversorgung
- Landwirtschaft „typisch“ für Mittelgebirgslagen

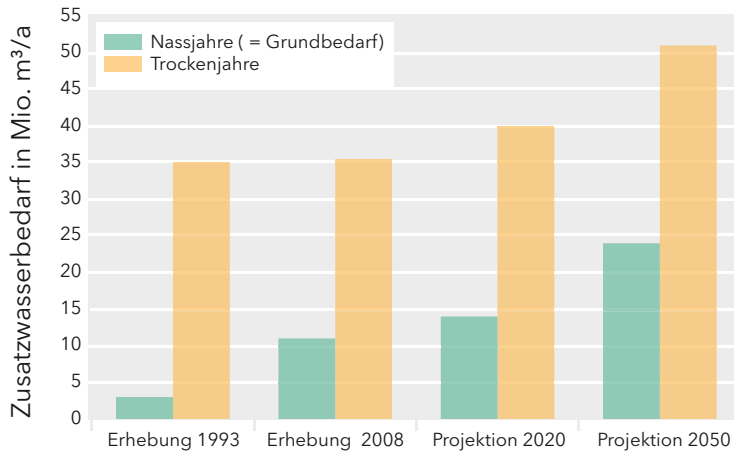


Hessisches Ried:

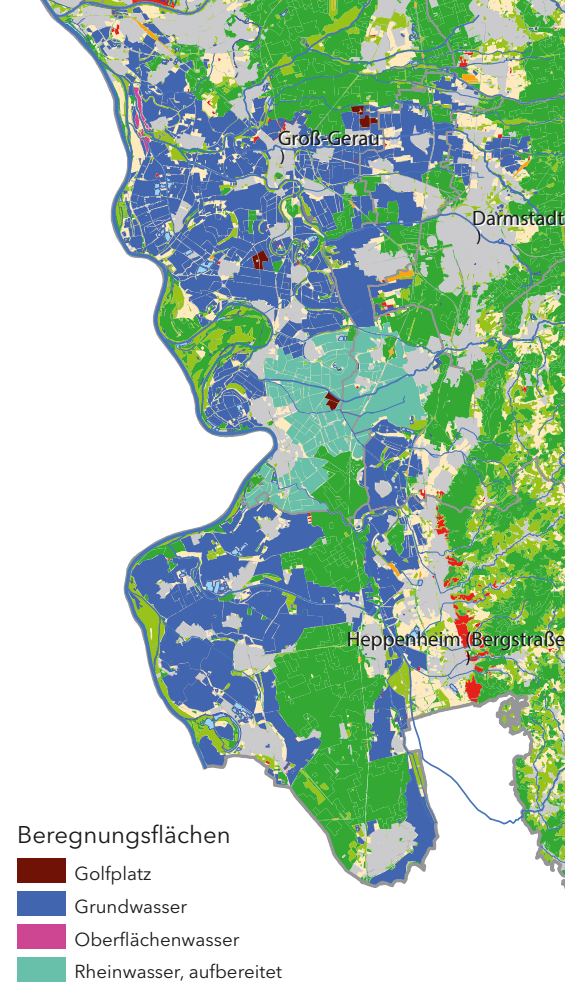
- 600 bis 700 mm Jahresniederschlag
- Bis zu 100 % des Gesamtabflusses gehen ins Grundwasser
- 5 % der Landesfläche liefern 25 % des Trinkwassers von Hessen
- Wassergewinnung aus Brunnen
- Zentrale Wasserversorgung
- Intensive Landbewirtschaftung mit Bewässerung, hoher Marktfrüchteanteil (Spargel, Zwiebeln, Erdbeeren u. a.)

Sommerliche Trockenheit führt insbesondere in der Landwirtschaft häufig zu Ernteausfällen, da viele landwirtschaftliche Kulturen auf Regen angewiesen sind. Im Hessischen Ried hingegen werden schon heute ca. 96 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche bewässert. Während in Nassjahren zwischen 5 und 10 Mio. m³ Wasser für Bewässerung im Hessischen Ried genutzt werden, steigt dieser Wert in Trockenjahren auf rund 35 Mio. m³ an.

Durch den Klimawandel wird der Niederschlag im Sommer weniger werden. Dadurch werden in Zukunft häufiger Trockenperioden auftreten. Zukünftig wird auch in Nassjahren mehr Bewässerung nötig sein. Dies gilt insbesondere für Gemüsekulturen.



Zusatzwasserbedarf pro Jahr für Bewässerung im Hessischen Ried
(Ergebnisse aus Befragungen sowie hochgerechnet aus Klimaprojektionen).



Seen in Hessen

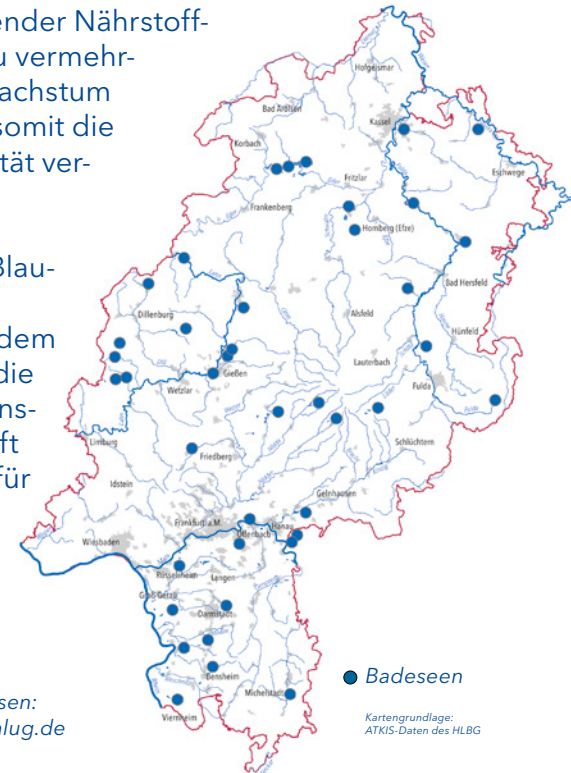
In Hessen gibt es insgesamt 773 Seen und Talsperren mit einer Fläche von mehr als einem Hektar. 63 Seen sind offizielle Badeseen, deren Badewasserqualität überwacht wird.

Die Seen sind nicht natürlichen Ursprungs, sondern künstlich geschaffen oder es handelt sich um aufgestaute Fließgewässer. Künstliche Seen sind durch Abgrabungen von Kies (Baggerseen) oder durch Abbau von Kohle (Tagebauseen) entstanden. Bei Talsperren handelt es sich um Fließgewässer, die für Hochwasserschutz oder Niedrigwassererhöhung aufgestaut werden. Auch wenn es sich bei den hessischen Seen um künstliche oder erheblich veränderte Gewässer handelt, so bilden sie heute gleichwohl wertvolle Lebensräume mit vielfältigen Lebensgemeinschaften.

Durch den Klimawandel werden sich die Wassertemperaturen in den Seen erhöhen. Zudem wird das aufgestaute Volumen in den Talsperren infolge des geringeren sommerlichen Nieder-

schlages sinken. In Seen und Talsperren kann der Klimawandel im Falle gleichbleibender Nährstoffbelastung zu vermehrtem Algenwachstum führen und somit die Wasserqualität verschlechtern.

Bestimmte Blaualgenarten scheiden zudem Toxine aus, die für die Lebensgemeinschaft im See und für Badende schädlich sind.





Blualgenblüte im Werratalsee, 2012.

Biologische Qualität von Flüssen und Bächen

Der Klimawandel stellt an das Anpassungsvermögen von Tieren und Pflanzen hohe Anforderungen. In Bächen und Flüssen ändern sich neben der Wassertemperatur auch die Abflusssdynamik (Hoch- oder Niedrigwasser) im Jahresverlauf sowie die chemische Qualität (bei Niedrigwasser sind Schadstoffe weniger verdünnt). Die Erwärmung führt zu einer Belastung oder Verdrängung von kälteliebenden Arten und einer Ausweitung der Lebensräume für frostempfindliche oder wärmeliebende Arten. Zusätzlich können auch gebietsfremde Arten neu einwandern.

Beim Einfluss des Klimawandels auf die biologische Qualität von Gewässern ist zu beachten, dass die Klimafaktoren im Allgemeinen auch von anderen Faktoren (z. B. Wasserentnahme, Wärmeeinleitung, Einleitung von Schadstoffen) überlagert werden.

Da die einzelnen Tier- oder Pflanzenarten unterschiedlich anpassungsfähig sind, kommt

es zu einer Entmischung bisher bestehender Artengemeinschaften. Zu rasche oder zu starke klimatische Veränderungen führen somit zu Belastungen für die Ökosysteme - bis hin zu deren Zerstörung.



Der Anstieg der Wassertemperaturen in Flüssen und Bächen könnte z. B. in der Forellenregion (Oberlauf) einiger Bäche dazu führen, dass kälteliebende Fischarten wie die Bachforelle oder die Groppe dort nicht mehr leben können. Weitere Belastungen resultieren aus der Verringerung des Niedrigwasserabflusses während lang anhaltender sommerlicher Trockenperioden. Zusätzlich sind die Pflanzen und Tiere weiteren Stressfaktoren ausgesetzt, wie z. B. der Einleitung von Nährstoffen (z. B. Phosphor, Nitrat) oder der Entnahme von Wasser zu Kühlzwecken oder für die Bewässerung.



Die Groppe ist durch den Klimawandel bedroht. © Hecker

Die Körbchenmuschel stammt aus Südostasien und ist vermutlich im Ballastwasser von Schiffen nach Europa gekommen. Ihre Ausbreitung in Deutschland erfolgte über das Schifffahrtsstraßennetz. Erstmals wurde die Muschel im Jahr 1987 am Niederrhein gefunden. Heute ist sie in größeren Flüssen weit verbreitet. Da die Körbchenmuschel keine Kälte verträgt, findet sich die Art in Hessen besonders häufig unterhalb von den Wärmeeinleitungen der Kraftwerke. Daher wird diese Muschel vom Klimawandel eher profitieren. Nicht geklärt ist, ob sie dem Ökosystem Schaden zufügt.



Die Körbchenmuschel profitiert vom Klimawandel. © Eiseler 21

Klimawandel und Wasser: Fazit

Die gute Nachricht zuerst: In Hessen wird auch in Zukunft genug Trinkwasser zur Verfügung stehen. Der Grundwasserstand bleibt zwar voraussichtlich auch in Zukunft im Jahresmittel ungefähr gleich, jedoch wird durch die mit dem Klimawandel zu erwartende Verschiebung des Niederschlages vom Sommer in den Winter eine stärkere Schwankung zwischen hohem Grundwasserstand im Winter und tiefem im Sommer eintreten. Mittelgebirgsregionen, die sich aus lokalen Quellen mit Wasser versorgen, könnten künftig in den Sommermonaten eine zusätzliche Versorgung benötigen, wenn die Quellen im Sommer weniger Wasser liefern.

Durch die Veränderung im Jahresgang des Niederschlages werden Winterhochwasser-Ereignisse zunehmen. Sommerliche Hochwasserereignisse in kleineren Flüssen könnten trotz der Niederschlagsabnahme weiterhin auftreten. Niedrigwasser wird besonders im Sommer und Herbst häufiger werden.

Durch den Niederschlagsrückgang im Sommer wird in Zukunft der landwirtschaftliche Bewässerungsbedarf weiter steigen.

Mit der Erwärmung der Luft geht auch ein Anstieg der Wassertemperatur einher. Werden hierbei bestimmte Werte überschritten, so ist mit Schädigungen der biologischen Lebensgemeinschaft im Gewässer zu rechnen. Neue, bisher hier nicht heimische Arten, könnten einwandern. Nicht immer ist klar, ob diese Arten dem existierenden Ökosystem Schaden zufügen oder nicht. Nicht zuletzt verschlechtert die Erwärmung auch die Qualität der hessischen Badegewässer, indem sie – bei gleichbleibendem Eintrag von Nährstoffen ins Gewässer – das Algenwachstum verstärkt. Blaualgen sondern zudem giftige Stoffe ab, so dass bei der Blaualgenblüte vom Baden abgeraten wird.

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

<http://klimawandel.hlug.de>

<http://atlas.umwelt.hessen.de>



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

- Beobachteter Klimawandel
- Klimawandel in der Zukunft
- Extreme Wetterereignisse in Hessen
- Klimawandel und Wasser

In Vorbereitung:

- Klimawandel und Gesundheit



Hessisches Landesamt
für Umwelt und Geologie

Für eine lebenswerte Zukunft

