

Das neue Klimaportal Hessen: Öffentlichkeitswirksame Visualisierung hessischer Klimadaten aus Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft

11

ANDREAS HOY

Hintergrund und Übersicht

Weltweit ändert sich das Klima, und auch in Hessen machen sich diese Veränderungen zunehmend bemerkbar. Gerade Hitzewellen, Phasen längerer Trockenheit und kurzzeitige, intensive Starkniederschläge haben in den vergangenen Jahren für Aufmerksamkeit gesorgt. Auswirkungen dieser Extremereignisse sind sowohl im urbanen Raum, als auch in der Natur – gerade in den hessischen Wäldern – zu spüren. Zukünftige Generationen werden die Ausprägungen und Auswirkungen der fortschreitenden Klimaveränderungen noch deutlich stärker spüren.

Das HLNUG hat Mitte der 2010er Jahre als erstes Landesamt in Deutschland damit begonnen, die seit dem Juli 2014 frei zugänglichen Klimainformationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) über interaktive Webangebote bereitzustellen. Diese Aktivitäten wurden vom Fachzentrum Klimawandel und Anpassung (FZK) koordiniert. Im Laufe der Jahre wurden Datengrundlage und Informationsgehalt der Webangebote kontinuierlich erweitert. Im April 2022 wurde das neue „**Klimaportal Hessen**“ unter der Adresse <https://klimaportal.hlnug.de/> für die Öffentlichkeit freigeschaltet. Das Portal vereinigt die bestehenden Informationsangebote zu Klimavergangenheit und -gegenwart mit einer neuen, die zukünftigen Klimaprojektionen darstellenden Webanwendung. Es ist damit die zentrale Informationsquelle für aktuelle Klimainformationen in Hessen.

Durch das neue Angebot verbreitert sich das Spektrum der vom HLNUG veröffentlichten Klimainformationen für Hessen deutlich:

1. Der bisherige Fokus auf langjährige Klimazeitreihen wurde um Klimakarten erweitert. Damit schließt sich zum einen die durch Einstellung des Umweltatlas Hessen im Jahr 2021 entstandene Lücke, zum anderen stehen nun zur Verfügung:
 - a. Monatlich aktualisierte Klimakarten der Gegenwart
 - b. Historische Klimakarten für Hessen via eines bis 1881 zurückreichenden Kartenarchivs
 - c. Klimaprojektionsergebnisse als Ensemble-Mittelwert und Einzelkarten.
2. Der Umfang der bereits bestehenden Zeitreihen-Komponenten erweitert sich um
 - a. Vergleichsmöglichkeiten zwischen der Klimareferenzperiode 1961–1990 (als Standard) und der aktuellen Periode 1991–2020 (z. T. sind weitere Perioden darstellbar)
 - b. Zusätzliche Analysemöglichkeiten wie in nachfolgenden Kapiteln dargelegt
 - c. Die Einbeziehung stündlicher Niederschlagsdaten zur besseren Identifikation kurzzeitiger Starkregenereignisse für alle verfügbaren Klima- und Niederschlagsstationen.

Das neue Klimaportal besteht aus den folgenden drei eigenständigen Komponenten:

Der Bereich „**Wetterextreme in Hessen**“ stellt lokale Klimainformationen der Messstellen in Hessen und Umgebung als Kombination historischer

Messungen und aktueller Daten zur Verfügung. Diese Anwendung wurde zuerst im Januar 2017 veröffentlicht und enthielt die Daten von zunächst 23 langjährig verfügbaren Klimastationen, welche in ca. 25 Diagrammen verständlich visualisiert und erklärt wurden. Diese Anwendung wurde im HLNUG Jahresbericht 2016 vorgestellt (Hoy et al. 2017) und seitdem kontinuierlich weiterentwickelt. Im August 2018 erfolgte die Erweiterung um langjährige Niederschlagsstationen von DWD und HLNUG, so dass eine hohe regionale Dichte von Niederschlagsinformationen erreicht wurde (beschrieben im HLNUG Jahresbericht 2018; Hoy 2019). Inzwischen werden langjährige Klimaentwicklungen und extreme Wetterereignisse (z. B. Hitzewellen, Dürreperioden und Starkniederschläge) von ca. 80 Klima- und mehr als 300 Niederschlagsstationen in und um Hessen in 31 Grafiken visualisiert und analysiert. Die Anwendung ist damit speziell zur Einordnung aktueller Ereignisse auf lokaler Ebene, wie sich entfaltender Hitze- oder Kälteperioden oder intensiver Starkniederschläge von Nutzen.

Der Bereich **„Witterungsbericht Hessen“** stellt Flächeninformationen basierend auf Rasterdaten für Hessen in Form von Zeitreihen sowie (neu) räumlich detaillierten Karten für die Parameter Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer bereit. Diese Anwendung wurde zuerst im September 2017 für

Zeitreihen der hessischen Gebietsmittelwerte veröffentlicht und im HLNUG Jahresbericht 2017 vorgestellt (Hoy 2018). Mit der aktuellen Erweiterung wurde der Vergleich hochaufgelöster Karten der langjährigen (30jährigen) Mittelwerte mit Absolutwerten und Abweichungen einzelner Perioden in die Anwendung aufgenommen. Der Witterungsbericht gibt damit eine kompakte Übersicht der aktuell und früher aufgetretenen Witterungsanomalien.

Der Bereich **„Klima der Zukunft in Hessen“** stellt Karten und Änderungssignale der zukünftigen Klimaentwicklung für zwei Szenarien mit niedrigen und hohen Treibhausgasemissionen von der Gegenwart bis ins Jahr 2100 bereit. Diese Komponente wurde neu erstellt und ermöglicht einen Blick auf das Klima von morgen. Sie ersetzt die bisher auf der Webseite des FZK sowie im Umweltatlas Hessen bereitgestellten Informationen, dessen Seiten bereits seit einiger Zeit abgeschaltet sind.

Dieser Beitrag stellt Datengrundlage und Inhalte des Klimaportals vor, mit Fokus auf den 2022 veröffentlichten inhaltlichen Erweiterungen. Anhand der Neuerungen werden außerdem beispielhaft klimatologische Besonderheiten des hessischen Klimaregimes gezeigt. Aktuelle Nutzungsanleitungen für die drei Einzelkomponenten sind direkt im Klimaportal zugänglich und werden hier nicht reproduziert.

Datengrundlage

Klimadaten der Vergangenheit werden für die Parameter Temperatur, Niederschlag, Schnee, Sonne, rel. Luftfeuchte und Wind analysiert. Sie werden vom Klimadatenzentrum des DWD (https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/) unmittelbar nach Ende einer Periode (Tages-, Monats-, Saison- und Jahresdaten) bereitgestellt und sind in den Komponenten „Wetterextreme in Hessen“ und „Witterungsbericht Hessen“ enthalten. Verwendet werden Stationsdaten (https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/), Rasterdaten (https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/grids_germany/) sowie die darauf basierenden hessischen Gebietsmittelwerte (https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/regional_averages_DE/). Raster-

daten für Temperatur (https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/grids_germany/monthly/air_temperature_mean/BESCHREIBUNG_gridsgermany_monthly_air_temperature_mean_de.pdf), Niederschlag (https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/grids_germany/monthly/precipitation/BESCHREIBUNG_gridsgermany_monthly_precipitation_de.pdf) und Sonnenscheindauer (https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/grids_germany/monthly/sunshine_duration/BESCHREIBUNG_grids_germany_monthly_sunshine_duration_de.pdf) als Basis der Kartenprodukte der Vergangenheit liegen in einer Auflösung von 1 x 1 km vor.

Die Daten drücken die beobachteten Variationen von Wetter und Klima aus und sollen so weit wie möglich frei von nicht-klimatologischen Einflüssen sein. Rasterdaten werden durch den DWD in homogenisierter (d. h. um Fehler nichtklimatischer Effekte bereinigter) Form bereitgestellt – gerade in frühen Dekaden (bis in die 1940er Jahre) sind hier dennoch regional Inhomogenitäten erkennbar. Stationsdaten werden durch den DWD qualitätskontrolliert, jedoch nicht homogenisiert. Stationen mit zweifelhaften Werten – z. B. solche mit häufigen Verlegungen – werden im Klimaportal nicht dargestellt. Einzelne der verbliebenen Stationen enthalten jedoch dennoch erkennbare Inhomogenitäten aufgrund von z. B. Stationsverlegungen, Änderungen des Stationsumfeldes (z. B. Baumwuchs, Verstädterung), veränderten Messinstrumenten oder Veränderungen der Beobachtungsregeln. Mögliche Einflüsse dieser sind für alle 80 Klimastationen individuell unter „Wichtige Infos zur Station“ beschrieben. Es sind nur aktuell noch betriebene Standorte mit Zeitreihen von mindestens 25 Jahren Länge enthalten. Die ältesten Daten reichen bis 1824 zurück, und an einem Viertel aller Stationen wird seit mindestens 100 Jahren gemessen.

Klimamodelldaten (Reanalyse & Projektionen) werden für die Parameter Temperatur (Mittelwerte und Kenntage) und Niederschlag dargestellt. Sie liegen für zehn verschiedene Regional Climate Models - General Circulation Models (RCM-GCM) Kombinationen basierend auf dem DWD Kernensemble für den Vergleich eines „Klimaschutz“-Szenarios (RCP2.6) und eines „kein Klimaschutz“-Szenarios (RCP8.5) vor. Als Datengrundlage werden ReKliEs-De (<https://reklies.hlnug.de/home>) Klimasimulationsdaten in einer Auflösung von 5 x 5 km verwendet, die für die

elf hessischen Naturräume (klimatisch ähnliche Regionen, z. B. Mittelrheingraben, Rhein-Main-Tiefland und hessisches Ried) in Form von arithmetischen Flächenmitteln aufbereitet wurden (https://hlnug-zukunft.meteotest.ch/app/docs/Bericht_zur_Erstellung_von_Klimasimulationsdaten_fuer_Hessische_Naturraeume.pdf). Die Werte innerhalb der (ausschließlich) einem Naturraum zugeordneten Gitterzellen sind dabei identisch. Werte an Rasterpunkten, die mehreren Naturräumen zuzuordnen sind, wurden flächenanteilig gemittelt.

Die Programmierung der drei Komponenten (basierend auf JavaScript-Bibliotheken und HTML5) erfolgte durch die Schweizer Firma Meteotest. Das Klimaportal wird bei Meteotest auch gehostet, jedoch per i-Frame in die vom HLNUG betriebene Webseite <https://klimaportal.hlnug.de> eingebunden. Die technische Funktionsweise der Anwendungen „Wetterextreme in Hessen“ und „Witterungsbericht Hessen“ – insbesondere bezogen auf periodisch (täglich, monatlich etc.) aktualisierte Abbildungen – wurde bereits in den Jahresberichten 2016 bis 2018 vorgestellt. Die dortigen Ausführungen bestehen für das erweiterte Klimaportal fort.

Die Daten der Klimaprojektionen liegen auf dem Meteotest-Webserver vor, während die Klimadaten der Vergangenheit in regelmäßigen Abständen neu vom Klimadatenzentrum abgerufen, in eine eigene Datenbank importiert und bei jedem Seitenaufruf dynamisch im Internetbrowser des Benutzers erzeugt werden. Die erläuternden Texte unter allen Abbildungen enthalten einige dynamische Textstellen, die ohne redaktionellen Eingriff bei jeder Aktualisierung mit den neuen Daten gespeist werden.

Wetterextreme in Hessen

Diese Komponente wurde um zusätzliche Analyse-möglichkeiten erweitert, vor allem zur Bewertung und Trendentwicklung extremer Wetterereignisse. Diese werden nachfolgend stichpunktartig dargestellt.

- **Referenzperioden:** bisher einheitlich 1981–2010; nun als Auswahl im Vergleich der Klimareferenzperiode 1961–1990 (Standard; zeigt

die mit dem Klimawandel bereits aufgetretenen großen Veränderungen v. a. bei der Temperatur) mit der aktuellen Periode 1991–2020 (stellt die Abweichungen von Wetter und Witterung in den Kontext des eigenen Erlebnishorizonts).

- **Aktuellere Daten:** sommerliche (winterliche) Extrema und Ereignistage werden nun bereits aktuell ab 1. Juli (1. Januar) als vorläufige Werte

dargestellt, um eine Ad-hoc-Einschätzung der aktuellen Saison im Vergleich zum langjährigen Kontext zu ermöglichen. Der erklärende Text weist das Datum, bis zu dem die Daten aktualisiert sind, aus und beschreibt den vorläufigen Charakter der Angaben.

- **Temperaturanomalien:** zusätzlich zu der bereits für die täglichen Minimum- und Maximumtemperaturen vorliegenden Abbildung des Jahresgangs werden nun tagesaktuell in einer weiteren Grafik die täglichen Abweichungen der Temperatur vom langjährigen Mittelwert (auswählbar wie überall 1961–1990 vs. 1991–2020) dargestellt, um Kalt- und Warmperioden einfacher identifizieren zu können.
- **Hitzewellen:** neue Analyse; Darstellung als sog. Heatmap, welche die saisonale Position der Welle, ihre Länge und ihre Intensität in einer Abbildung zeigt. Basis sind die in Mitteleuropa gebräuchlichen „Kyselytage“, also Hitzewellen mit mindestens 3 Tagen Andauer über 30 Grad.
- **Ereignistage:** diese sind zusätzlich zur ganzjährigen Ansicht nun auch auf den Winter- oder Sommerzeitraum angepasst verfügbar inkl. statistischer Angaben zu Trend- und gleitenden Mittelwerten.
- **Starkregenanalysen:** für Klima- und Niederschlagsstationen, an denen solche Informationen verfügbar sind, sind nun zusätzlich zu Tagesdaten auch Angaben zu ein- und sechstündigen Niederschlagssummen im verfügbaren historischen Kontext enthalten.
- **Dürreindizes:** zur Einschätzung der Entwicklung der stationsspezifischen Wasserverfügbarkeit (Trocken- und Nassphasen) kann nun ein rein niederschlagsbasierter (SPI) mit einem verdunstungsabhängigen Index (SPEI) verglichen werden. Zur Berücksichtigung langzeitlicher Feuchte- und v. a. Dürreverhältnisse können auch mehrjährig aggregierte Informationen (24 und 48 Monate) abgerufen werden.
- **Sonnenscheindauer:** der Jahresgang der Sonnenscheindauer ist über ein neues Diagramm nun im Vergleich zur

astronomisch möglichen Sonnenscheindauer dargestellt.

- **Thermopluviogramme:** diese zeigen kombinierte Temperatur-Niederschlagsinformationen. Die gezeigten Punktwerte sind nun komplett mit Daten hinterlegt, wodurch v. a. die Extreme nun leicht zuordenbar sind.
- **Datenzuordnung:** kombinierte Anzeige von Wert und zusätzlich Datum (neu) für verschiedene Extremwertdarstellungen (minimale/maximale Jahrestemperatur, höchste Niederschlags- und Schneehöhen).

Drei aktuelle Beispiele sollen die Relevanz der neu hinzugekommenen Informationen belegen:

Alle Stationen in Hessen zeigen eine deutliche Zunahme langer und intensiver Hitzewellen seit der Jahrtausendwende. Abbildung 1 zeigt diese Entwicklung anhand der neuen Hitzewellenanalyse für die Innenstadt von Frankfurt am Main, für die Daten seit über 150 Jahren vorliegen. Die Hitzewelle des

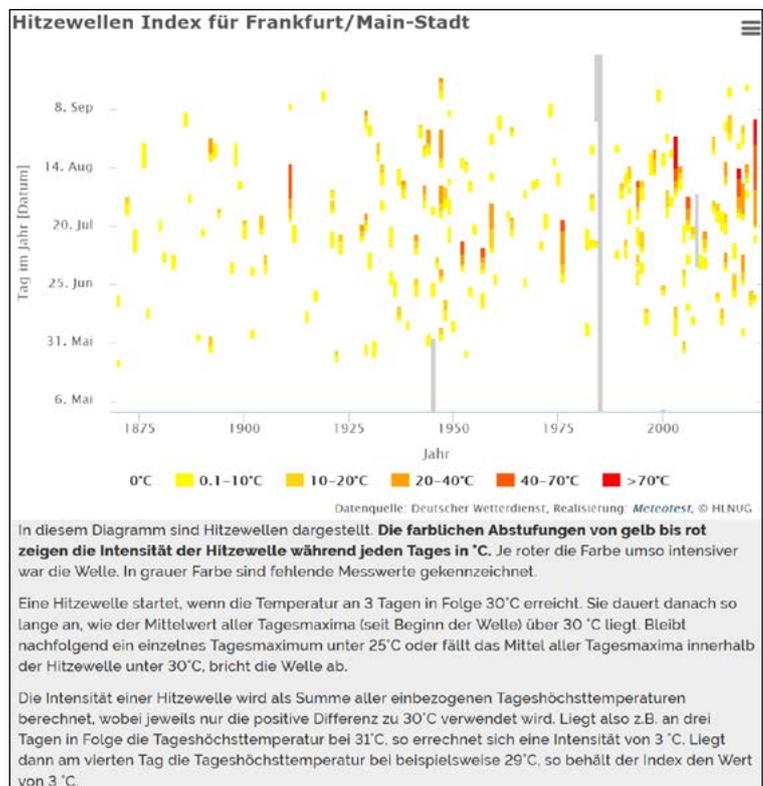


Abb. 1: Zeitliche Entwicklung von Hitzewellen am Beispiel Frankfurt am Main (Stadt), Daten 1871–2022. Das Jahr 2022 brach (nicht nur) hier alle Rekorde.

Jahres 2022 war hier die bei weitem längste seit 1871. Sie dauerte vom 18. Juli bis 2. September über insgesamt 57 Tage an – fast zwei Monate! An zweiter Stelle stehen weit abgeschlagen die Hitzewellen des Jahres 1976 und 2003 mit 26 Tagen. Auch hinsichtlich der Intensität der Hitzewelle liegt das Jahr 2022 vorn, wenngleich dicht gefolgt von 2003.

Insbesondere seit dem Jahr 2018 herrscht in Hessen ein deutliches Niederschlagsdefizit vor, welches aufgrund einer durch hohe Temperaturen verstärkten Verdunstung noch deutlich verschärft wird. Dieses Defizit ist bei Betrachtung des verdunstungsabhängigen Niederschlagsindizes SPEI an den meisten Stationen sichtbar, mehr oder weniger ausgeprägt auf verschiedenen Zeitskalen (3 bis 48 Monate). Insbesondere längere Aggregierungsschritte zeigen z. T. drastische Signale und geben eine Erklärung für die besonders in den hessischen Wäldern sichtbaren Dürreschäden. Abbildung 2 zeigt diese Entwicklung für Geisenheim für einen auf 4 Jahre aggregierten SPEI.

Intensive Schauer und Gewitter treten auch in an sich trockenen Jahren auf und bringen lokal große Regenmengen. Abbildung 3 zeigt das Beispiel eines kleinräumigen Ereignisses im an sich sehr trockenen Jahr 2018 an einer Station in Mittelhessen. Hier fielen am 7. August 118,5 mm Tagesniederschlag und damit fast 2/3 der Niederschlagsmenge des gesamten Sommers. Die nun zusätzlich verfügbaren Stundeninformationen zeigen an, dass es sich hier um kurzzeitigen Starkregen handelte, denn mehr als die Hälfte dieser Tagesmenge fielen in einer Stunde (68,8 mm) und die komplette Summe in einem 6-Stunden- oder kürzeren Zeitraum.

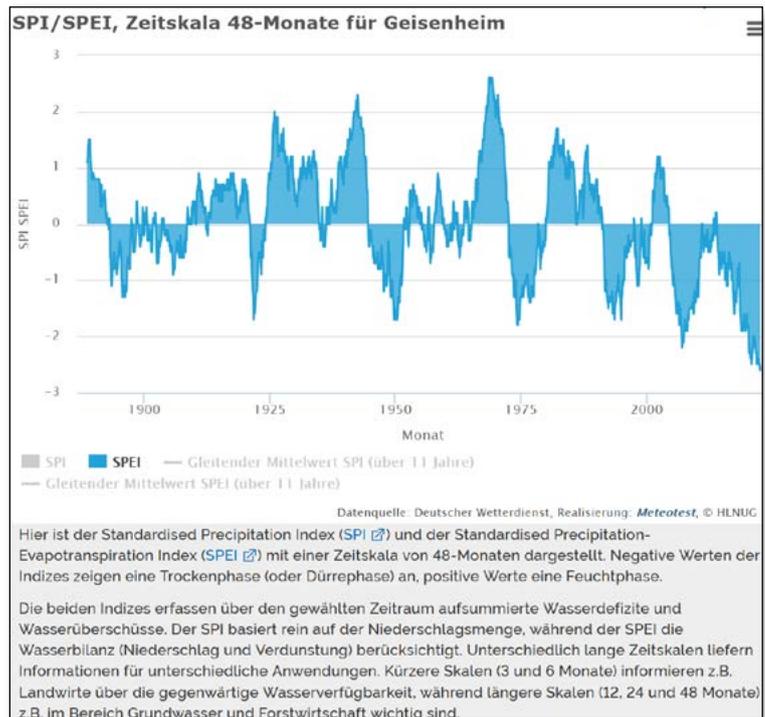


Abb. 2: Auf 4 Jahre aggregierte zeitliche Entwicklung von Nass- und Trockenperioden – unter Berücksichtigung von Niederschlag und Verdunstung (SPEI) – am Beispiel Geisenheim, Daten 1885–2022

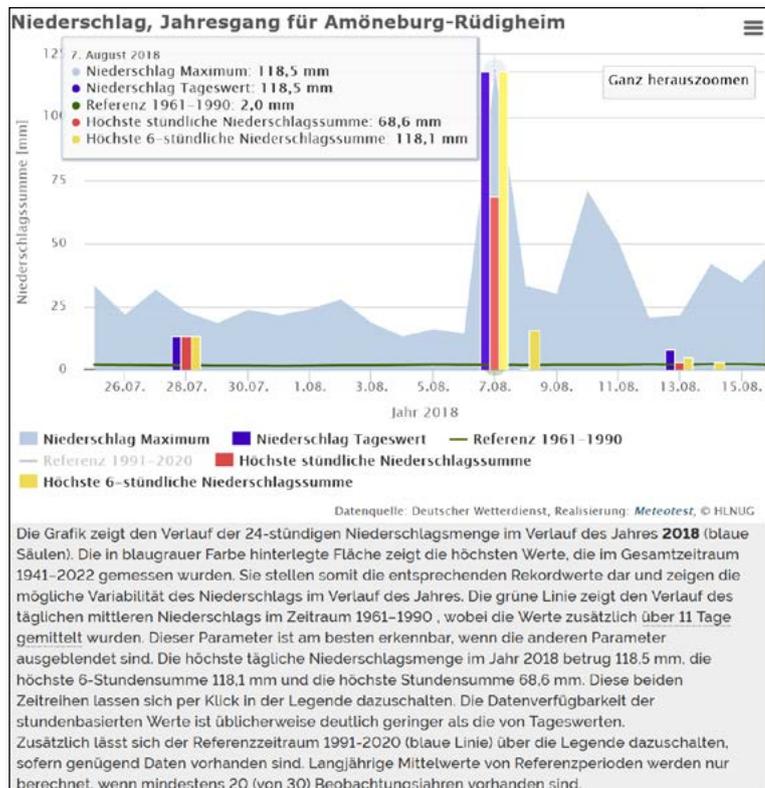


Abb. 3: Jahrgang des Niederschlags am Beispiel Amöneburg-Rüdigheim für 2018, Zoom auf das Starkniederschlagsereignis am 7. August

Witterungsbericht Hessen

Die zentrale Erweiterung dieser Komponente umfasst die räumlichen Darstellungen der aktuellen und vergangenen Klimavariabilität für Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer in Kartenform. Abbildung 4 zeigt die neu aufgenommenen Informationen am Beispiel der Niederschlagskarten für den extrem trockenen Sommer 2022.

Auf der linken Seite der Abbildung wird eine Auswahl 30-jähriger Mittelwerte (Standard 1961–1990) gezeigt, welche im Zeitraum der Datenverfügbarkeit in 10-Jahres-Schritten angepasst werden können. Damit werden auch die zwischen den Zeiträumen oder im langjährigen Trend sichtbaren Veränderungen gezeigt. Auf der rechten Seite wird immer das aktuellste Jahr abgebildet (auswählbar zwischen Absolutwert und Anomalie), mit einer Archivfunktion seit Datenverfügbarkeit. Damit lassen sich sowohl neuere Extrempereoden gut darstellen, als auch vergangene Extreme (oder auch durchschnittliche Jahre) zeigen. Zur besseren Einordnung der Karten ist der hessenweite Mittelwert der gewählten Referenzperiode und der hessenweite Absolut- bzw. Anomaliewert des gewählten Jahres im Text angegeben.

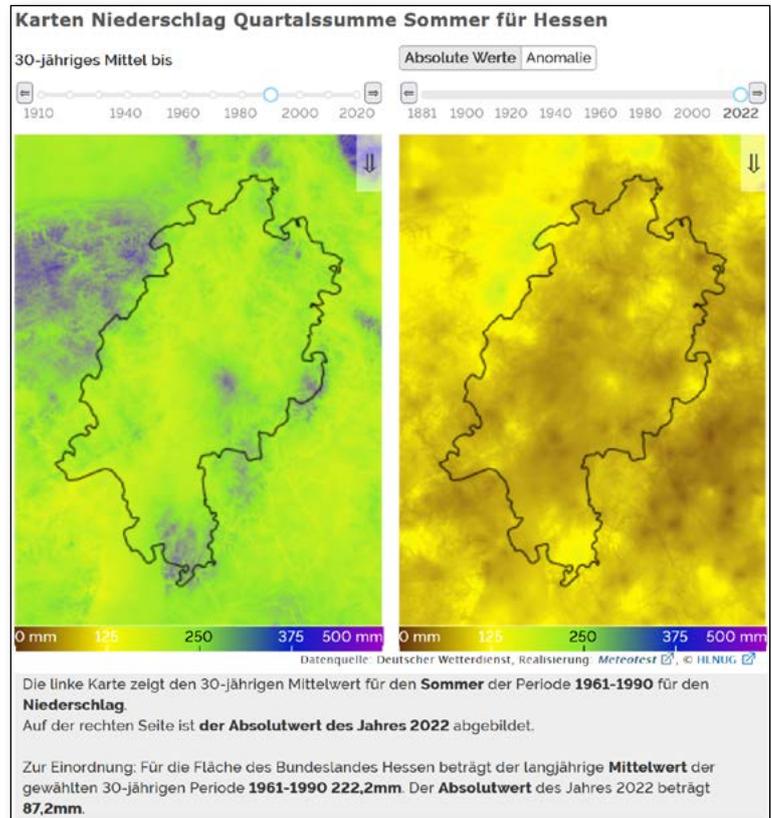


Abb. 4: Quartalssumme des Niederschlags für Hessen im Sommer 2022 im Vergleich zum langjährigen Mittel 1961–1990

Klima der Zukunft in Hessen

Der neue Themenkomplex „Klima der Zukunft Hessen“ kombiniert Klimamodelldaten der höchsten gegenwärtig verfügbaren räumlichen Auflösung mit einer interaktiven, den Nutzern bereits über die vorhandenen beiden Komponenten bekannten Darstellungsform. Im Gegensatz zu den bisher im Umweltatlas gezeigten Daten fließen hier die im vom HLNUG geleiteten Projekt ReKliEs-De gewonnenen Erkenntnisse ein. Die auf die elf hessischen Naturräume optimierten Daten zeigen eine realistische räumliche Variabilität der projizierten Veränderungen.

Die Einstiegsseite der Komponente ist an die Startseite der „Wetterextreme in Hessen“ angelehnt. Sie zeigt eine kombinierte Karte des Klimamodellensembles des „kein-Klimaschutz“-Szenarios RCP 8.5 mit Stationsmessungen der Jahresmitteltemperatur. Sie ermöglicht damit einen Überblick über die zeitliche Entwicklung des möglichen Temperaturanstiegs in Hessen vom Ende des 20. bis zum Ende des 21. Jahrhunderts in 10-Jahresschritten.

Für Temperatur und Niederschlag wird der Jahresgang ihrer Änderungssignale für 30-Jahres-Perioden innerhalb des Zeitraums 1971–2100 (in 10-Jahres-

Schritten) dargestellt. Der Aufbau dieser Seiten ist optisch an den im „Witterungsbericht Hessen“ gezeigten Jahresgang angelehnt. Gezeigt werden Anomalien zur Modellreferenz 1971–2000 als Mittelwert der Modelle für beide Szenarien. Die schattierten Bereiche um den Mittelwert decken die Bandbreite der Modelle ab.

Der Kern der Anwendung besteht aus Karten, die die klimatischen Entwicklungen für das „Klimaschutz“-Szenario (RCP 2.6) sowie das „kein-Klimaschutz“-Szenario (RCP 8.5) vergleichen. Enthalten sind Analysen zu Temperatur, Niederschlag und Temperatur-Kenntagen – Eistage, Frosttage, Sommertage, Heiße Tage und Tropennächte. Es werden sowohl Mittelwerte über alle enthaltenen Modelle als auch die Karten aller einzelnen Modelle dargestellt. Alle Karten sind zeitlich für 30-Jahres-Perioden innerhalb des Zeitraums 1971–2100 verschiebbar. Abb.5 zeigt beispielhaft die Veränderung der Anzahl der Tropennächte für die Periode 2071–2100.

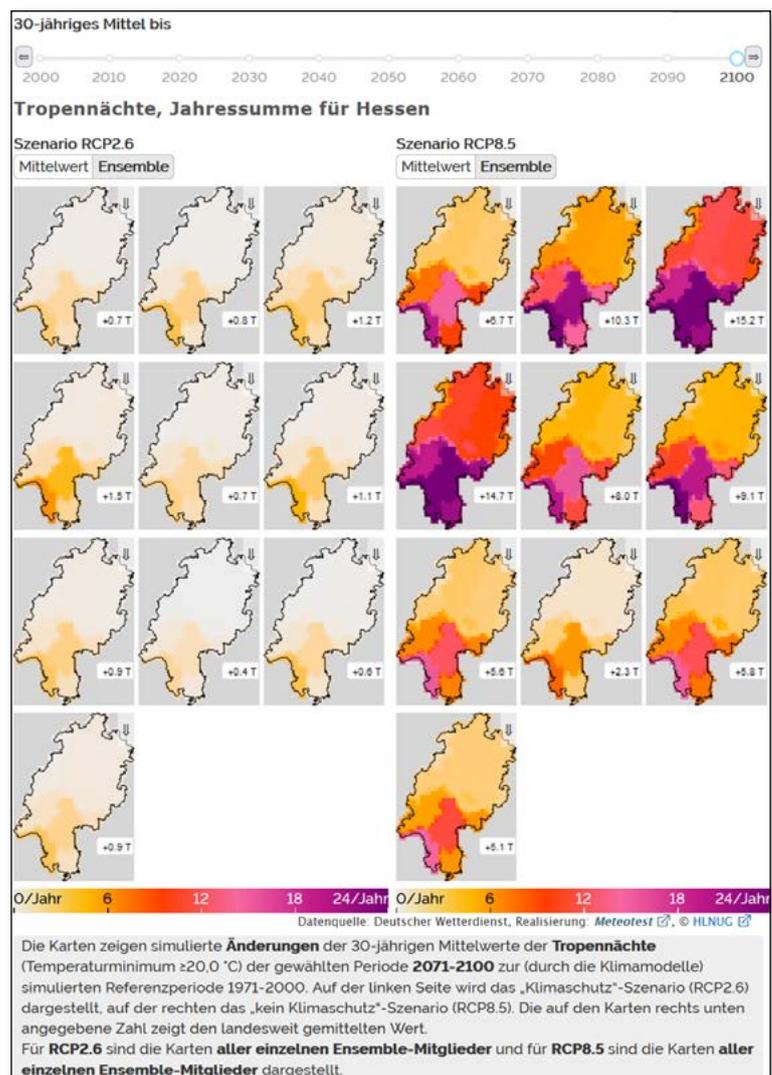


Abb. 5: Kartendarstellung der Ereignistage am Beispiel der projizierten Anomalien der Tropennächte in der Periode 2071–2100 im Vergleich zu 1971–2000 für die enthaltenen 10 Klimamodelle

Zusammenfassung und Schlussbemerkungen

Im April 2022 wurde das Klimaportal Hessen freigeschaltet. Unter einem Dach sind darin für Hessen detaillierte und regional spezifische Klimainformationen aus Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft in moderner grafisch didaktischer Form für eine breite Öffentlichkeit zugänglich. Die Komponenten „Wetterextreme in Hessen“ und „Witterungsbericht Hessen“ zielen darauf ab, aktuell gemessene meteorologische Daten in einen historischen Zeitrahmen zu integrieren, um eine schnelle und einfache Bewertung ihrer Extremität und der langfristigen Veränderungen von Mittel- und Extremwerten zu ermöglichen. Die

neue Komponente „Klima der Zukunft in Hessen“ stellt Klimamodelldaten der höchsten gegenwärtig verfügbaren räumlichen Auflösung für die hessischen Naturräume bis ins Jahr 2100 bereit. Über die Gegenüberstellung zweier Szenarien mit und ohne Klimaschutz ist der Nutzen ambitionierter Klimaschutzanstrengungen anhand der dargestellten Parameter deutlich erkennbar.

Das Klimaportal Hessen kombiniert eine hohe Informationsdichte mit einer auf Benutzerfreundlichkeit ausgerichteten Anwendung. Interaktive Funktionen

und raumzeitliche Auswahlmöglichkeiten ermöglichen einen nutzerspezifischen Informationszuechnitt. Alle enthaltenen Grafiken lassen sich in einen Vollbildmodus schalten, sie können gedruckt und in verschiedenen Formaten gespeichert werden. Außerdem können die zugrundeliegenden Daten als Excel oder GIS-taugliche Dateien heruntergeladen werden. Die Abbildungen werden von erklärenden

Texten begleitet, die aus dynamischen, sich automatisch (täglich oder periodisch) an neue Daten anpassenden Textelementen bestehen. Anwender profitieren somit von einer aktuellen und stetig wachsenden Datenbasis. Das Fachzentrum Klimawandel und Anpassung lädt nun zum Entdecken der Klimadaten aus Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft im Klimaportal Hessen ein.

Literatur

HOY, A., HÜBENER, H., SCHWARZLOH, D. & POMPEJUS R. (2017): Öffentlichkeitswirksame Präsentation von Klimadaten – das Webportal „Wetterextreme in Hessen“, in: Jahresbericht 2016 des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (Hrsg.); Wiesbaden.

HOY, A. (2018): Aktuelle Witterung und beobachteter Klimawandel – der „Witterungsbericht Hessen“, in: Jahresbericht 2017 des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (Hrsg.); Wiesbaden.

HOY, A. (2019): Öffentlichkeitswirksame Präsentation von Niederschlagsdaten – Erweiterung der Webanwendung „Wetterextreme in Hessen“, in: Jahresbericht 2018 des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (Hrsg.); Wiesbaden.