

Zukünftige Entwicklung von Starkregen

Auswertung eines konvektionserlaubenden Ensembles für Süddeutschland

Matthias Voigt (Mainz), Manuela Nied (Karlsruhe), Sirid Wintertal (Hof/Saale), Lukas Schefczyk (Mainz), Tilmann Sauer (Trippstadt), Thomas Junghänel, Harald Rybka (Offenbach am Main), Heike Hübener (Wiesbaden)

Zusammenfassung

Mit dem Klimawandel und der damit einhergehenden Erwärmung steigt die maximale mögliche Wasserdampfmenge in der Luft und damit auch das Potenzial für intensivere Niederschlagsereignisse. Die intensivsten Niederschlagsereignisse mit Regensmengen über 15 mm in einer Stunde sind in der Regel konvektiver Natur, also kleinräumige bzw. meist lokal begrenzte Schauer und Gewitter, und finden in Deutschland überwiegend in den Sommermonaten statt. Um bessere Aussagen über deren zukünftige Entwicklung zu treffen, können konvektionserlaubende Klimamodelle genutzt werden, die diese Ereignisse abbilden können. In dieser Studie hat die Kooperation Klimaveränderung und Wasserwirtschaft (KLIWA) ein Ensemble fünf konvektionserlaubender Projektionen über Süddeutschland für das Ende des 21. Jahrhunderts ausgewertet. Sie zeigen übereinstimmend einen zukünftigen Anstieg der Intensitäten sommerlicher Starkregenereignisse und Verkürzungen der Wiederkehrzeiten gegenüber der Vergangenheit.

Schlagwörter: Starkregen, Intensität, Klimawandel, Modell, Konvektion, Entwässerungssysteme, Hydrologie

DOI: 10.3242/kae2025.08.001

Abstract

Future trends in heavy rainfall

Analysis of a Convection-Permitting Ensemble for Southern Germany

As climate change progresses and temperatures rise, the atmosphere can hold more water vapour, which in turn increases the potential for more intense rainfall events. The most severe rainfall events, with more than 15 mm of rainfall in an hour, are generally convective, meaning that they are small-scale, mostly localised showers and thunderstorms. In Germany, they predominantly occur during the summer months. To better assess how such events may develop in the future, convection-permitting climate models can be used that map these events. In this study, the Climate Change and Water Management Cooperation (KLIWA) analysed an ensemble of five convection-permitting projections for southern Germany for the end of the 21st century. The results consistently indicate a future increase in the intensity of summer heavy rainfall events and a shortening of their recurrence intervals compared to the past.

Keywords: Drainage systems, hydrology, heavy rainfall, intensity, climate change, model, convection

1 Vorteile konvektionserlaubender Simulationen

Regionale Klimasimulationen der CMIP-5-Generation haben eine Gitterweite von ca. 12 km [1] und können daher einzelne Schauer und Gewitter, deren Ausdehnung kleiner sein kann, nicht auf dem Rechengitter auflösen. Konvektive Niederschläge müssen daher parametrisiert, das heißt aus auf dem Gitter aufgelösten Variablen wie Feuchte und Temperatur abgeleitet werden. Es handelt sich um sogenannte konvektionsparametrisierende regionale Klimaprojektionen. Unterhalb einer Gitterweite von 4 km kann die Parametrisierung der hochreichenden Konvektion hingegen ausgeschaltet werden, da die Auf- und Abwindbereiche dann räumlich und zeitlich auf dem Gitter aufgelöst werden können. Schauer und Gewitter können somit explizit simuliert werden. Es handelt sich um sogenannte konvektionserlaubende Projektionen. Eine Parametrisierung der mikrophysikalischen Prozesse wie beispielsweise Tröpfchenbildung ist jedoch weiterhin erforderlich. Konvektionserlaubende regionale Klimaprojektionen können neben den Starkniederschlägen an sich den Tagesgang [2] und die maxi-

male Intensität von Niederschlägen [3] besser abbilden als konvektionsparametrisierende regionale Klimaprojektionen.

2 Daten und Methodik

2.1 Klimamodelldaten

Um Aussagen über die zukünftige Entwicklung von Starkregen für Süddeutschland treffen zu können, wurden insbesondere Lufttemperatur- und Niederschlagsdaten aus fünf konvektionserlaubenden Projektionen (Tabelle 1) ausgewertet. Die Daten mit einer Gitterweite kleiner 4 km liegen in stündlicher Auflösung vor. Eine Bias-Adjustierung wurde nicht durchgeführt. Für den Projektionszeitraum 2071–2100 wurde das RCP8.5-Szenario, das hohe Treibhausgasemissionen vorgibt, betrachtet. Als Referenzzeitraum (historischer Zeitraum) wurden die letzten 30 Jahre des 20. Jahrhunderts von 1971–2000 festgelegt. Die Projektion der Goethe Universität Frankfurt (GUF) orientiert sich am

Ende des historischen Zeitraums des fünften Sachstandsbericht des IPCC und hat daher einen abweichenden Referenzzeitraum von 1972–2005. Angetrieben wurden die Regionalmodelle durch Globalmodelle der CMIP-5 Generation: EC-Earth, MPI-ESM und HadGEM2. Das EC-Earth Modell wurde dabei einmal

von der GUF genutzt [4] und einmal vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT), das auch die MPI-ESM und HadGEM2 getriebenen Simulationen durchgeführt hat [5]. Die mit MIROC5 angetriebene Simulation wurde vom Deutschen Wetterdienst (DWD) durchgeführt [6]. Alle Institutionen haben in einem dynamischen Downscaling COSMO-CLM als konvektionserlaubendes Modell genutzt, wobei sich in den verwendeten Versionen unter anderem die mikrophysikalischen Parametrisierungen der konvektionserlaubenden Regionalmodelle unterscheiden.

Glossar

CMIP-5

Coupled Model Intercomparison Project 5, standardisierte Anforderungen an Klimamodelle der 5. Phase (2010–2014), deren Projektionen als Basis für den 5. Sachstandsbericht zum Klimawandel der Vereinten Nationen dienen

CORDEX

Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment, Vereinbarung zum Bereitstellen hochaufgelöster Klimainformationen nach gemeinsamen Standards

COSMO-CLM

Consortium for Small Scale Modelling – Climate Mode, regionales Klimamodell, das durch ein internationales Netzwerk von Wissenschaftlern entwickelt und betrieben wird

EC-Earth

European Community Earth system model, globales Klimamodell, das durch mehrere europäische Wetterdienste und Forschungseinrichtungen entwickelt und betrieben wird

HadGEM2

Hadley Centre Global Environment Model version 2, globales Klimamodell, das durch den englischen Wetterdienst (Met Office) entwickelt und betrieben wird

IPCC

Intergovernmental Panel on Climate Change, Weltklimarat, zwischenstaatliche Institution, die den Stand der Klimaforschung für Entscheidungsträger zusammenfasst

KOSTRA

Koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung und Auswertung, Rasterdaten von Niederschlagshöhen in Abhängigkeit von Dauer und Wiederkehrintervall

MIROC5

Model for Interdisciplinary Research on Climate 5, globales Klimamodell, das durch mehrere japanische Forschungseinrichtungen entwickelt und betrieben wird

MPI-ESM

Max-Planck-Institut – Erdsystem Modell, globales Klimamodell, das durch das Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg entwickelt und betrieben wird

RCP8.5

Representative Concentration Pathway 8.5, pessimistisches Treibhausgasszenario für den fünften Sachstandsbericht des IPCC, das einen zusätzlichen Strahlungsantrieb von 8,5 Watt/m² zum Ende des Jahrhunderts annimmt

2.2 Beobachtungsdaten

Im Referenzzeitraum können Starkniederschläge aus den konvektionserlaubenden Klimaprojektionen mit Beobachtungen verglichen werden. Als Beobachtungsdatensatz wurde RADKLIM [7], die an Bodenstationen angeeichte Radarklimatologie des DWD, verwendet. Der Datensatz liegt in stündlicher Auflösung auf einem 1 × 1 km Raster von 2001 bis 2020 vor.

2.3 Statistische Beschreibung von Starkniederschlägen

Starkniederschläge können durch die Angabe von Perzentilen beschrieben werden. Perzentile von Niederschlagsstundenwerten geben an, welcher Stundenwert der Niederschlagsmenge zu einem bestimmten Prozentsatz der Jahresstunden nicht überschritten wird. Wenn es in 90 Prozent der Jahresstunden überhaupt nicht regnet, so ist das 90. Perzentil (P90) der Stundensummen beispielsweise Null. Das 99,99-Perzentil entspricht in etwa der Stunde mit dem intensivsten Niederschlag eines Jahres. In der Radarklimatologie [8] liegt der Wert des 99,99-Perzentils gemittelt über Deutschland bei ca. 13 mm/h.

Eine weitere Möglichkeit, Starkniederschläge zu beschreiben, kann durch eine Einteilung in Wiederkehrzeiten für unterschiedliche Dauerstufen (Regendauern) erfolgen, zum Beispiel analog dem KOSTRA-DWD-Datensatz [10]. Wiederkehrzeiten beschreiben das Auftreten einer Niederschlagssumme für eine bestimmte Dauerstufe im statistischen Mittel und sind regional unterschiedlich. In den bayrischen Alpen ist die Niederschlagsintensität für ein jährlich auftretendes Ereignis beispielsweise höher als in der Rheinebene [8]. Der Zusammenhang zwischen der Wiederkehrzeit und der Niederschlagsintensität basiert auf extremwertstatistischen Analysen von langjährigen Niederschlagszeitreihen [6]. Für die einzelnen Analysen wird Stationarität, also keine Veränderung mit der Zeit innerhalb eines betrachteten Zeitraums, angenommen. Dadurch können die Änderungen zwischen zwei Zeiträumen (zum Beispiel historischer Zeitraum und Zukunft) verglichen werden.

3 Ergebnisse

3.1 Lufttemperatur und Niederschlagsintensität steigen

Mit dem Klimawandel und der damit einhergehenden Erwärmung steigt die maximale mögliche Wasserdampfmenge in der Luft und damit auch das Potenzial für intensivere Niederschlagsereignisse [1]. Der ganzjährige Lufttemperaturanstieg zum Ende des Jahrhunderts im KLIWA-Gebiet (Baden-Württemberg, Bayern, Hessen und Rheinland-Pfalz) liegt je nach Projektion zwischen 3 und 6 °C im Vergleich der Zeiträume 2071–2100 zu 1971–2000 bzw. 1972–2005 (GUF) (Abbil-

Institution	Globalmodell	Regionalmodell	Gitterweite	Szenario	historischer Zeitraum	Projektions-Zeitraum
DWD	MIROC5	COSMO-CLM	3 km	RCP 8.5	1971–2000	2071–2100
GUF	EC-Earth	COSMO-CLM	2,8 km	RCP 8.5	1972–2005	2071–2100
KIT	EC-Earth	COSMO-CLM	2,8 km	RCP 8.5	1971–2000	2071–2100
KIT	MPI-ESM	COSMO-CLM	2,8 km	RCP 8.5	1971–2000	2071–2100
KIT	HadGEM2	COSMO-CLM	2,8 km	RCP 8.5	1971–2000	2071–2099

Tabelle 1: Die Tabelle zeigt die Modellkette, die Gitterweite, das Szenario und die simulierten Zeiträume des konvektionserlaubenden Ensembles.

dung 1). Damit einher geht ein Anstieg des 99,99-Perzentils des Niederschlags von 10 bis 30 %, das heißt eine Intensivierung des Niederschlags. Die KIT-HadGEM2-Projektion zeigt den stärksten absoluten Anstieg der Temperatur. Die Simulationen DWD-MIROC, KIT-HadGEM2 und KIT-EC-EARTH zeigen die stärksten relativen Anstiege der Niederschlagsintensität. Die EC-EARTH getriebene Simulation der GUF zeigt ein geringes Temperaturänderungssignal von knapp über 3 °C und den geringsten relativen Intensitätsanstieg des Niederschlags.

3.2 Trockenere Sommer mit mehr Starkniederschlag

Der Klimawandel beeinflusst dabei nicht nur die Intensität der Starkniederschläge (Abbildung 1), sondern auch die Niederschlagsmenge insgesamt. Die Summe der sommerlichen Niederschläge (Juni bis August) nimmt in vier der fünf Projektionen ab (Abbildung 2). Dabei liegt die relative Änderung zwischen 15 % und 25 %. Lediglich die MIROC5 angetriebene Projektion des DWD zeigt eine nahezu gleichbleibende sommerliche Niederschlagsmenge.

Der Anteil des sommerlichen Niederschlags, der als Starkregen oberhalb des 99,99-Perzentils fällt, steigt in allen Projektionen an. Die relative Änderung des Anteils liegt dabei zwischen 20 % in der MIROC5 angetriebenen DWD-Projektion und 60 % in der MPI-ESM-angetriebenen Projektion des KIT. Das bedeutet, dass die Sommer tendenziell trockener werden und der sommerliche Niederschlag vermehrt als Starkregen, das heißt in wenigen Ereignissen hoher Intensität fällt.

3.3 Absoluter Anstieg der Intensität bei seltenen Ereignissen höher

Die vorangegangenen Auswertungen beziehen sich beispielhaft auf das 99,99-Perzentil des Niederschlags. Abbildung 3 zeigt ergänzend die Intensität verschiedener Perzentile des Niederschlags in Beobachtung und Simulation für das KLIWA-Gebiet. Das 99. Perzentil der Niederschläge ist bei stündlichen Daten unter Berücksichtigung niederschlagsfreier Tage noch nicht als Starkniederschlag zu werten. Das 99,9-Perzentil des Niederschlags wird in einigen Publikationen [3] schon als Starkniederschlag bezeichnet. Nach Definition der DWD-Warnschwellen wird Niederschlag erst ab Werten von 15 mm/h als Starkniederschlag bezeichnet. Das 99,99-Perzentil liegt in diesem Bereich. Es gibt bei einer 30-jährigen Zeitreihe in etwa die im Mittel höchste einstündige Niederschlagssumme eines Jahres an.

Die schwarzen Dreiecke in Abbildung 3 symbolisieren den Beobachtungsdatensatz RADKLIM, der lediglich 20 Jahre Daten beinhaltet, während die anderen Symbole für Zeiträume von 30 Jahren, im Fall der historischen GUF-Simulation sogar 34 Jahren, stehen. Die Simulationen für den Zeitraum Ende des 20. Jahrhunderts sind blau und die Projektionen (RCP8.5) für Ende des 21. Jahrhunderts rot gekennzeichnet. Die Simulationen zeigen für das 99,99- und 99,999-Perzentil in allen Projektionen einen Anstieg der Niederschlagsintensität gegenüber dem Ende des 20. Jahrhunderts. Das absolute Niveau der Perzentile ist je nach Projektion unterschiedlich. Der absolute Anstieg fällt zudem umso größer aus, je höher das Ausgangsniveau ist. Das DWD-Modell bildet immer den oberen Rand der

23. KÖLNER KANAL UND KLÄRANLAGEN KOLLOQUIUM

08. und 09. September 2025
im Maternushaus, Köln

SCHWERPUNKTTHEMEN UND FACHAUSSTELLUNG

Montag, 08.09.2025

- Blau-Grüne Infrastruktur
- Starkregen-/Urbane Hochwasser-/Überflutungsvorsorge
- Kanalplanung und -betrieb
- Klimaschutz und Nachhaltigkeit

Dienstag, 09.09.2025

- Dezentrales Niederschlagswassermanagement
- Klimafolgenanpassung
- Wassersensible Stadtentwicklung
- Wasser und Energie
- Klärschlamm
- Innovation Abwasserreinigung

www.kanalkolloquium.de
info@kanalkolloquium.de

ISA
Stadtentwässerungsbetriebe Köln, AöR
Technology Arts Sciences TH Köln
In Abstimmung mit dem
Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen

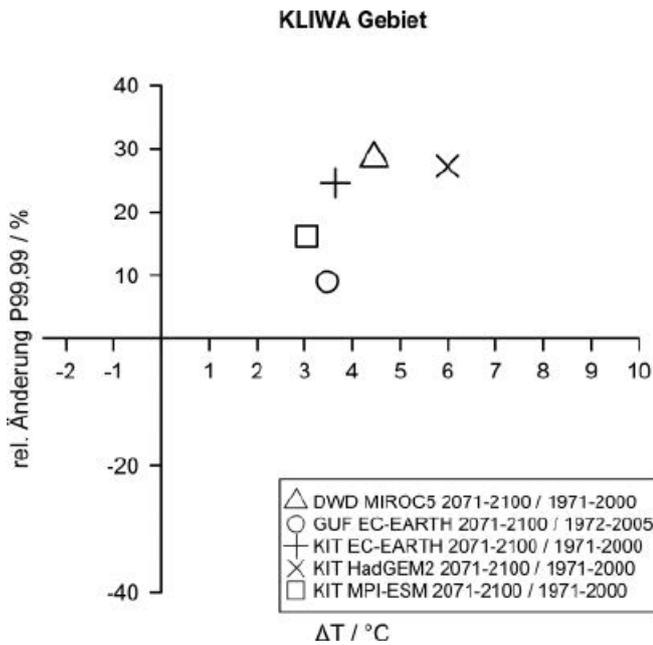


Abb. 1: Absolute Änderung der Temperatur und relative Änderung des 99,99-Perzentils des einständigen Niederschlags im KLIWA-Gebiet im Vergleich des Projektionszeitraums mit dem historischen Zeitraum.

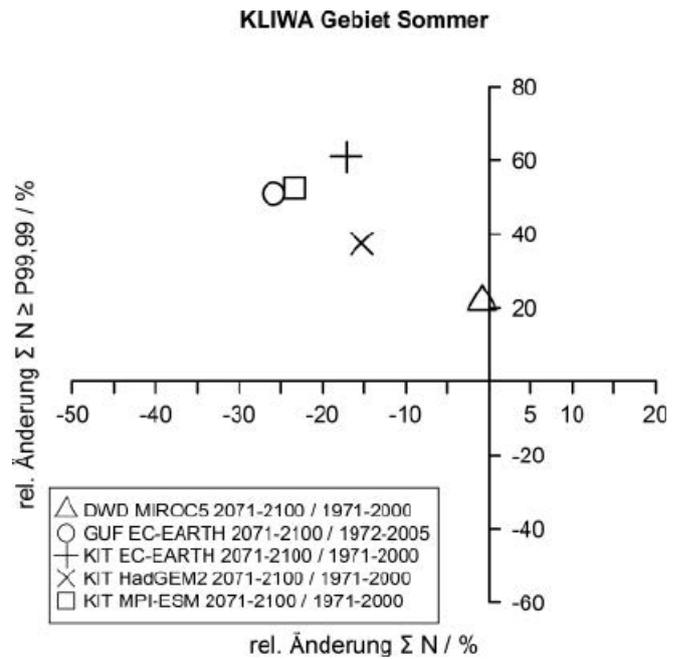


Abb. 2: Entwicklung der sommerlichen Niederschläge (Juni bis August) im KLIWA-Gebiet. Auf der waagrechten Achse ist die relative Änderung der sommerlichen Niederschläge aufgetragen. Auf der senkrechten Achse ist die relative Änderung der Niederschlagssumme oberhalb des 99,99-Perzentils aufgetragen, also der Anteil des Niederschlags der als Starkregen fällt.

Intensitäten und das GUF-Modell den unteren Rand, während die drei KIT-Projektionen dazwischen liegen.

3.4 Deutlicher Anstieg der Regenintensität in den Nachtstunden

Sommerliche Starkregenereignisse treten in Süddeutschland häufig am späten Nachmittag auf. Der Tagesgang des 99,99-Perzentils der sommerlichen Niederschläge im KLIWA-Gebiet zeigt in den RADKLIM-Daten nachmittags gegen 17:00 Uhr (MESZ) ein ausgeprägtes Maximum (Abbildung 4). Dieses Maximum in der zweiten Tageshälfte zeigen auch alle Projektionen im Referenzzeitraum (nicht gezeigt). Der Anstieg der Intensität am Ende des 21. Jahrhunderts erfolgt jedoch in starker Abhängig-

keit von der Tageszeit. Der relativ stärkste Anstieg der Niederschlagsintensität gegenüber dem Ende des 20. Jahrhunderts tritt in allen Projektionen in den Nacht- und Morgenstunden auf (Abbildung 5). Am frühen Nachmittag ist der Anstieg am schwächsten ausgeprägt. In der relativen Stärke des Anstiegs unterscheiden sich die Projektionen deutlich untereinander. Während die DWD-Projektion einen nächtlichen Anstieg um bis zu 50 % erwartet, ist der Anstieg in der GUF-Projektion nachts nur etwa 20 % und tagsüber nahe Null.

3.5 Wiederkehrzeiten verkürzen sich

Bisher erfolgte die statistische Beschreibung von Starkniederschlägen und deren klimawandelbedingter Änderung unter An-

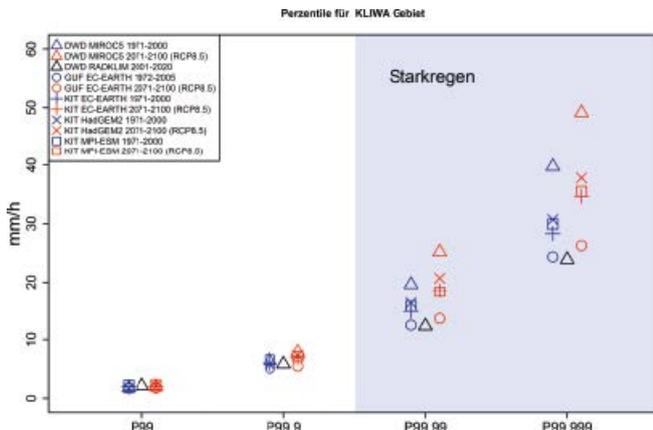


Abb. 3: Perzentile der einständigen Niederschlagsintensität im KLIWA-Gebiet. Blau dargestellt sind Simulationen im Referenzzeitraum Ende des 20. Jahrhunderts. Rot dargestellt sind Simulationen im Projektionszeitraum Ende des 21. Jahrhunderts. Die schwarzen Dreiecke zeigen die Lage der Perzentile im RADKLIM-Datensatz 2001–2020.

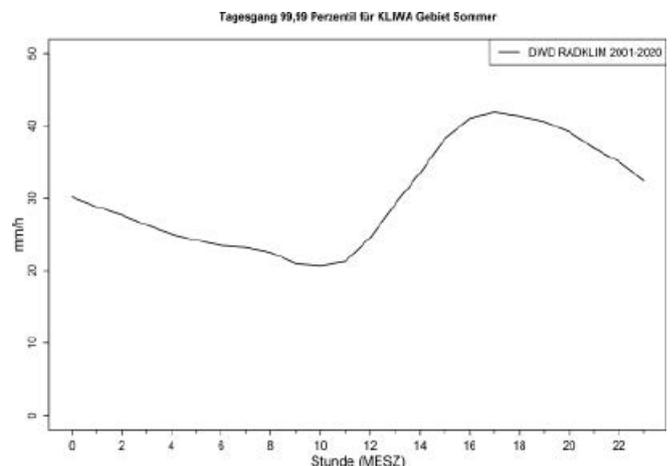


Abb. 4: Tagesgang des 99,99-Perzentils der beobachteten sommerlichen RADKLIM-Niederschläge im KLIWA Gebiet.

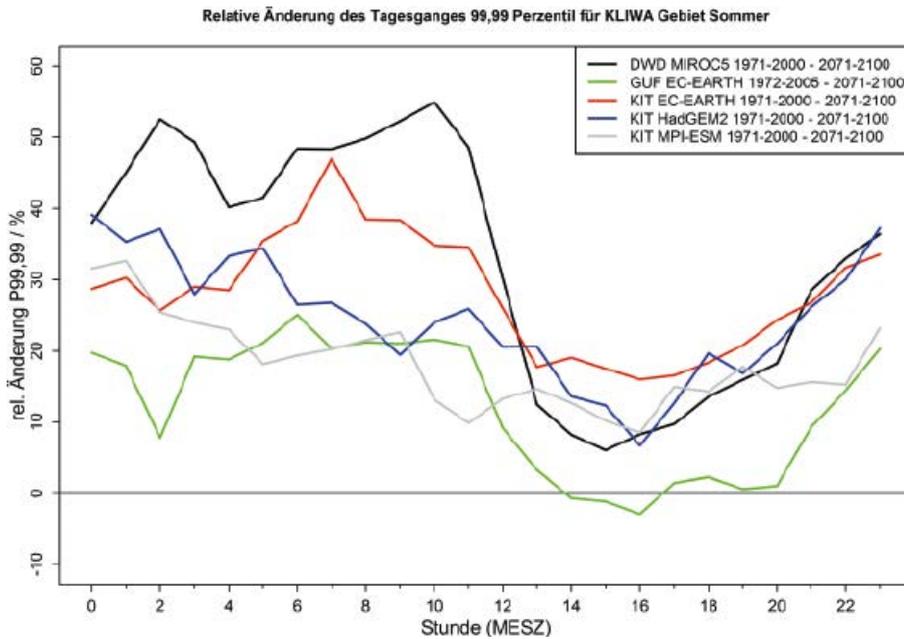


Abb. 5: Relative Änderung des 99,99-Perzentils der sommerlichen Niederschläge in den Projektionen Ende des 21. Jahrhunderts gegenüber dem Ende des 20. Jahrhunderts, aufgetragen gegen die Tageszeit.

gabe von Perzentilen. In der Bemessung wird Starkregen jedoch häufig in Form von Wiederkehrzeiten für unterschiedliche Regendauern betrachtet (Abschnitt 2.3). Die Analyse der Veränderung der Wiederkehrzeiten in Abhängigkeit von der Dauerstufe (D) erfolgt anhand der Definitionen des Arbeitsblatts DWA-A 531 [9]. Die ursprünglich zur Auswertung von Stationsdaten entwickelte Methodik [10] wurde auf die Modelldaten der konvektionserlaubenden Projektionen übertragen. Die Ergebnisse zeigen, im Einklang mit der Intensivierung der stündlichen Starkniederschläge (Abbildung 3), eine Verringerung der Wiederkehrzeit zum Ende des 21. Jahrhunderts. Aus Abbildung 6 wird ersichtlich, dass ein Starkniederschlag, der im historischen Zeitraum im statistischen Mittel alle 10 Jahre gefallen ist, je nach Modell und Region am Ende des 21. Jahrhunderts alle 3 bis 8 Jahre auftreten kann. Die Unterschiede zwischen den Bundesländern sind dabei kleiner

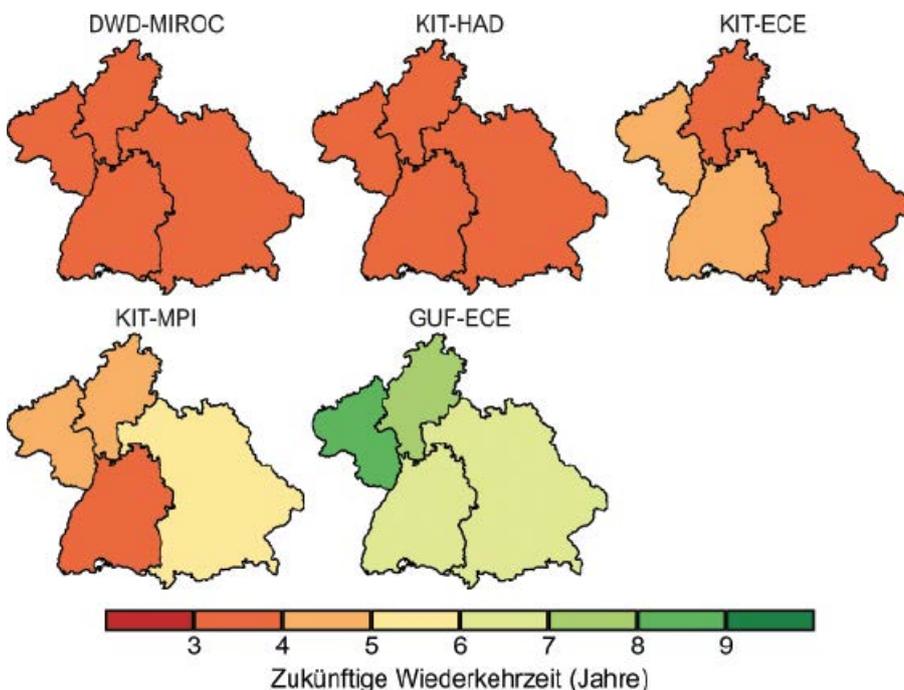


Abb. 6: Wiederkehrzeiten nach Bundesländern für ein dreistündiges Ereignis Ende des 21. Jahrhunderts, das Ende des 20. Jahrhunderts alle 10 Jahre stattgefunden hat.

SCHWANZ PRÄMIE



Um die Rattenpopulation zu reduzieren, wurde früher für jede erlegte Ratte eine sogenannte Schwanzprämie ausgezahlt.



Mit uns können Sie sich diese Prämie sparen. Gegen unsere vernetzten Köderschutzboxen und PestControl-Dienstleistungen haben Ratten keine Chance – und Sie volle Transparenz und Kostenkontrolle.

Rattenbekämpfung kann so einfach sein. **Vernetzt. Sicher. Digital.**

WIR FREUEN UNS AUF IHREN ANRUF!



www.ball-b.de
0911/131312-0

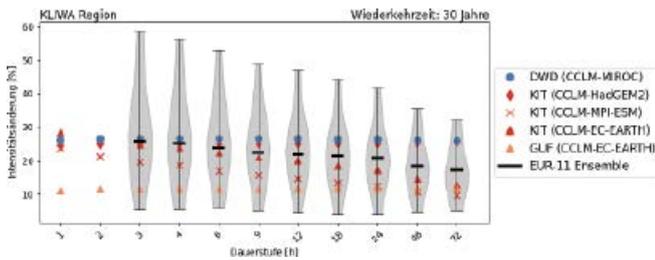


Abb. 7: Änderung der Intensität von Ereignissen mit einer Wiederkehrzeit von 30 Jahren im Projektionszeitraum gegenüber dem historischen Zeitraum für verschiedene Dauerstufen. Die Violinplots in Grau zeigen die Bandbreite eines konvektionsparametrisierenden EURO-CORDEX-Ensembles mit dem Median als schwarzem Balken.

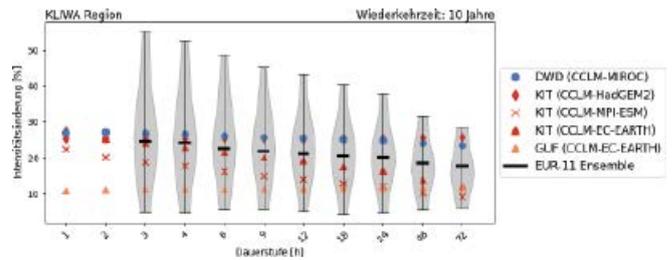


Abb. 8: Änderung der Intensität von Ereignissen mit einer Wiederkehrzeit von 10 Jahren im Projektionszeitraum gegenüber dem historischen Zeitraum für verschiedene Dauerstufen. Die Violinplots in Grau zeigen die Bandbreite eines konvektionsparametrisierenden EURO-CORDEX-Ensembles mit dem Median als schwarzem Balken.

als die Unterschiede zwischen den Modellen. Die moderatere Veränderung der Wiederkehrzeiten zeigt das GUF-Modell, mit einer Verkürzung von 10 Jahren auf 6 bis 8 Jahre. In den anderen Modellen fällt diese Verkürzung stärker aus, und die zukünftige Wiederkehrzeit liegt zum Teil zwischen 3 und 4 Jahren, was eine Verdreifachung der Auftrittshäufigkeit bedeuten würde.

3.6 Die Intensitäten steigen in allen Dauerstufenbereichen

In Ergänzung zur Perzentilbetrachtung für die Niederschlagsdauer von einer Stunde (Abschnitt 3.3), kann eine Änderung der Intensität für Ereignisse verschiedener Dauerstufen vom Starkregenbereich (Dauer ≤ 6 h) bis in den Dauerregenbereich (Dauer > 6h) angegeben werden. Abbildung 7 zeigt diese Intensitätsänderung für Niederschlagssummen mit einer Wiederkehrzeit von 30 Jahren für verschiedene Dauerstufen. Das Änderungssignal im konvektionserlaubenden Ensemble weist eine Bandbreite zwischen 10 % und knapp 30 % auf.

Neben dem konvektionserlaubenden Ensemble zeigt Abbildung 7 auch die Ergebnisse aus einem konvektionsparametrisierenden EURO-CORDEX-Ensemble mit 12 km Gitterweite, das aus insgesamt neun Modellkombinationen besteht, die im DWD Referenzensemble¹⁾ enthalten sind. Die konvektionserlaubenden Modelle liegen immer innerhalb der Bandbreite des EURO-CORDEX Ensembles. Für Dauerstufen größer 24 Stunden weisen die konvektionserlaubenden Läufe und das EURO-CORDEX-Ensemble eine vergleichbare Bandbreite auf. Hin zu kürzeren Dauerstufen liegen die konvektionserlaubenden Modelle zunehmend in der unteren Hälfte der Bandbreite des EURO-CORDEX-Ensembles.

Unterhalb von 3 Stunden sind aus den EURO-CORDEX Läufen keine Daten verfügbar. Hier erweitert das konvektionserlaubende Ensemble den Bereich über den Aussagen getroffen werden können. Demnach setzt sich der Anstieg der Intensität auch zu kürzeren Dauerstufen hin fort, steigt aber nicht über 30 %.

Für eine Wiederkehrzeit von 10 Jahren (Abbildung 8) sind die Ergebnisse vergleichbar zur Wiederkehrzeit von 30 Jahren. Für häufigere Ereignisse mit einer Wiederkehrzeit von nur einem Jahr verändert sich das Muster (Abbildung 9). Nun sind die Ergebnisse der konvektionserlaubenden Projektionen auch bei den Dauerstufen im Starkregenbereich (6 Stunden oder kürzer) auf beiden Seiten des Medians der konvektionsparametrisierenden Simulationen zu finden.

1) https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimaprojektionen/referenz-ensemble_tabelle.html

3.7 Geringe regionale Unterschiede in der Starkregenänderung bei großer Bandbreite der Modelle

Als Beispiel für die regionale Veränderung von Starkregeneignissen ist in Abbildung 10 die Veränderung der Intensität des 99,99-Perzentils des Niederschlags nach Bundesländern dargestellt. In allen untersuchten Bundesländern und in jedem Modell ist ein Anstieg zu verzeichnen. Die Stärke des Anstiegs fällt je nach Bundesland und Modell unterschiedlich aus.

Für das gesamte KLIWA-Gebiet beträgt der Anstieg zwischen 10 % im GUF-Lauf und 30 % im DWD-Lauf. Die KIT-Läufe ordnen sich dazwischen ein. Diese Reihung ist in allen Bundesländern vorhanden, wobei die Abstände zwischen den Modellen von Bundesland zu Bundesland variieren. In Hessen ist die Spanne zwischen dem stärksten und niedrigsten Anstieg am größten, während in Baden-Württemberg alle Modelle bis auf das GUF-Modell in einem Bereich um 20 % relativ nahe beieinander liegen. Insgesamt sind die Unterschiede zwischen den Modellen größer als zwischen den Regionen, sodass Aussagen über regionale Unterschiede im Änderungssignal nur eingeschränkt getroffen werden können.

3.8 Kernbotschaften

- Konvektionserlaubende regionale Klimaprojektionen bilden den Tagesgang und die Intensität von Niederschlägen besser ab als konvektionsparametrisierende regionale Klimaprojektion.
- Starkniederschläge werden im Klima der Zukunft über alle Dauerstufen häufiger auftreten bzw. intensiver werden.
- Für das KLIWA-Gebiet ergibt sich bei Wiederkehrzeiten von 1 bis 30 Jahren eine projizierte Erhöhung der Starkregen-

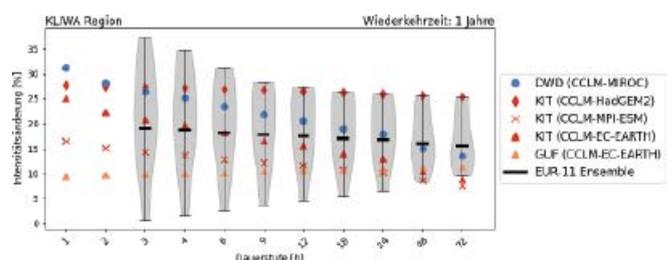


Abb. 9: Änderung der Intensität von Ereignissen mit einer Wiederkehrzeit von 1 Jahr im Projektionszeitraum gegenüber dem historischen Zeitraum für verschiedene Dauerstufen. Die Violinplots in Grau zeigen die Bandbreite eines konvektionsparametrisierenden EURO-CORDEX-Ensembles mit dem Median als schwarzem Balken.

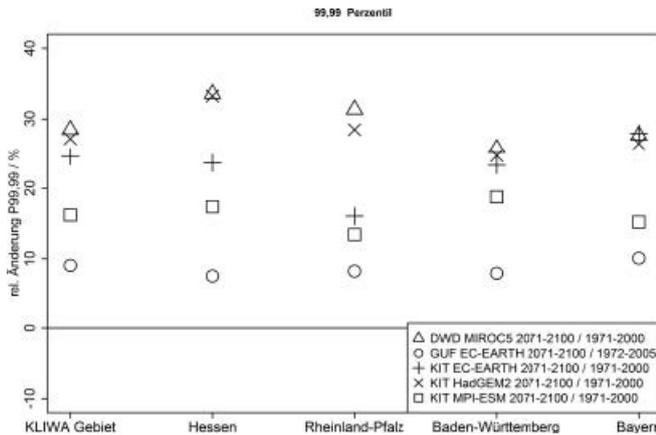


Abb. 10: Relative Änderung der Intensität des 99,99-Perzentils des Niederschlags im gesamten KLIWA-Gebiet und in den einzelnen Bundesländern Hessen, Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg und Bayern.

intensitäten von im Mittel 10 % bis 30 % zum Ende des Jahrhunderts.

- Der absolute Anstieg der einstündigen Niederschlagsintensität ist bei selteneren Ereignissen am größten.
- Die Sommer der Zukunft werden dabei trockener und der Anteil der Starkniederschläge am sommerlichen Niederschlag steigt.
- Der relative Anstieg in der Intensität der sommerlichen Starkniederschläge ist in den Nachtstunden am größten.
- Die Bandbreite der Änderungssignale ist groß und ermöglicht keine Identifikation von regionalen Unterschieden.
- Diese ersten Auswertungen basieren auf einer kleinen Auswahl konvektionserlaubender Simulationen. Eine Konkretisierung wird sich aus laufenden und weiteren Untersuchungen zu dem Thema ergeben.

Literatur

[1] D. Jacob, J. Petersen, B. Eggert, A. Alias, O. B. Christensen, L. M. Bouwer, A. Braun, A. Colette, M. Déqué, G. Georgievski, E. Georgopoulou, A. Gobiet, L. Menut, G. Nikulin, A. Haensler, N. Hempelmann, C. Jones, K. Keuler, S. Kovats, N. Kröner, S. Kotlarski, A. Kriegsman, E. Martin, E. van Meijgaard, C. Moseley, S. Pfeifer, S. Preuschmann, C. Radermacher, K. Radtke, D. Rechid, M. Rounsevell, P. Samuelsson, S. Somot, J.-F. Soussana, C. Teichmann, R. Valentini, R. Vautard, B. Weber, P. Yiou: EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research, *Regional Environmental Change* 2013, 14, 563–578

[2] E. P. Meredith, U. Ulbrich, H. W. Rust, H. Truhetz: Present and future diurnal hourly precipitation in 0.11°textdegree EURO-CORDEX models and at convection-permitting resolution, *Environmental Research Communications* 2021, 3, 055002

[3] M. Adinolfi, M. Raffa, A. Reder, P. Mercogliano: Evaluation and Expected Changes of Summer Precipitation at Convection Permitting Scale with COSMO-CLM over Alpine Space, *Atmosphere* 2020, 12, 54

[4] C. Purr, E. Brisson, B. Ahrens: Convective rain cell characteristics and scaling in climate projections for Germany, *International Journal of Climatology* 2021, 41, 3174–3185

[5] M. Hundhausen, H. Feldmann, N. Laube, J. G. Pinto: Future heat extremes and impacts in a convection-permitting climate ensemble over Germany, *Natural Hazards and Earth System Sciences* 2023, 23, 2873–2893

[6] H. Rybka, M. Haller, S. Brienen, J. Brauch, B. Früh, T. Junghänel, K. Lengfeld, A. Walter, T. Winterrath: Convection-permitting climate simulations with COSMO-CLM for Germany: Analysis of present and

future daily and sub-daily extreme precipitation, *Meteorologische Zeitschrift* 2023, 32 (2), 91–111

[7] T. Winterrath, C. Brendel, M. Hafer, T. Junghänel, A. Klameth, K. Lengfeld, E. Walawender, E. Weigl, A. Becker: *Radar climatology (RADKLIM) version 2017.002; gridded precipitation data for Germany*, Deutscher Wetterdienst (DWD), 2018

[8] *Starkniederschläge – Entwicklungen in Vergangenheit und Zukunft*, Kurzbericht im Rahmen des Kooperationsvorhabens KLIWA, Karlsruhe, 2019

[9] Arbeitsblatt DWA-A 531: *Starkregen in Abhängigkeit von Wiederkehrzeit und Dauer*, Hennef, 2012

[10] T. Junghänel, H. Ertel, T. Deutschländer: *KOSTRA-DWD2010R: Bericht zur Revision der koordinierten Starkregenregionalisierung und -auswertung des Deutschen Wetterdienstes in der Version 2010*, Offenbach a. M., 2017

[11] K. E. Trenberth, A. Dai, R. M. Rasmussen, D. B. Parsons: The Changing Character of Precipitation, *Bulletin of the American Meteorological Society* 2003, 84, 1205–1218

[12] P. Lucas-Picher, D. Argüeso, E. Brisson, Y. Trambly, P. Berg, A. Lemonsu, S. Kotlarski, C. Caillaud: Convection-permitting modeling with regional climate models: Latest developments and next steps, *WIREs Climate Change*, Bd. 12, 2021

[13] E. Brisson, N. Leps, B. Ahrens: Konvektionserlaubende Klimamodellierung, *promet* 2017, 99, 41-48

Autoren

Dr. Manuela Nied
LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
Griesbachstraße 1, 76185 Karlsruhe

E-Mail: manuela.nied@lubw.bwl.de

Sirid Wintertal, M. Sc.
Bayerisches Landesamt für Umwelt
Hans-Högn-Straße 12, 95030 Hof/Saale

E-Mail: klimazentrum@lfu.bayern.de

Dipl.-Met. Matthias Voigt, Lukas Schefczyk
Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz
Kaiser-Friedrich-Straße 7, 55116 Mainz

E-Mail: matthias.voigt@lfu.rlp.de
lukas.schefczyk@lfu.rlp.de

Dr. Tilmann Sauer
Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen
Hauptstraße 16, 67705 Trippstadt

E-Mail: tilmann.sauer@klimawandel-rlp.de

Thomas Junghänel, M. Sc., Dr. Harald Rybka
Deutscher Wetterdienst
Frankfurter Straße 135, 63067 Offenbach am Main

E-Mail: thomas.junghaenel@dwd.de
harald.rybka@dwd.de

PD Dr. Heike Hübener
Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Rheingaustraße 186, 65203 Wiesbaden

E-Mail: heike.huebener@hlnug.hessen.de

