



Starkregen in Süddeutschland – Entwicklung in Vergangenheit und Zukunft

Stand: 11/2019

1 Vorbemerkung

Das folgende Dokument ist ein Beitrag des LfU zum Tagungsband der [15. Bayerischen Wassertage am 06./07. November 2019 in Augsburg](#). Die Bayerischen Wassertage werden vom KUMAS – Kompetenzzentrum Umwelt e. V. veranstaltet. Das LfU ist Kooperationspartner.

2 Was ist Starkregen?

Eine allgemeingültige Definition für den Begriff „Starkregen“ zu formulieren ist keine triviale Aufgabe. Dies beweist ein Blick in die Literatur, wo verschiedenste Definitionen existieren. Die Herangehensweisen reichen dabei von der Formulierung eines festen Schwellenwertes über die Betrachtung von Perzentilen, bis hin zur Berücksichtigung des Schadenspotentials eines (Stark-)niederschlagsereignisses.

Das Auftreten von erheblichen Niederschlagsmengen wird in Deutschland hauptsächlich durch zwei Niederschlagstypen bestimmt:

1. Großflächige und zum Teil lang andauernde (mehrere Stunden bis wenige Tage), aber vergleichsweise weniger intensive stratiforme Niederschläge
2. Kleinskalige (lokale) und zumeist kürzere (Minuten bis mehrere Stunden) hochintensive konvektive Niederschläge

Je nach Niederschlagstypus muss die betrachtete Dauerstufe angepasst werden. Unter dem Eindruck der Starkregenereignisse in jüngster Vergangenheit mit teils verheerenden Schäden rückt deren mögliche zukünftige Änderung hinsichtlich Häufigkeit und Intensität in den Fokus der Untersuchungen der Kooperation KLIWA (Klimaveränderung und Wasserwirtschaft). Da dieser Fokus vorrangig auf kleinskaligen und kurzen Niederschlägen liegen wird, orientiert sich KLIWA bei Untersuchungen und Auswertungen zukünftig an den Warnstufen des Deutschen Wetterdiensts (DWD) für „Markantes Wetter“ (Stufe 2) und „Unwetter“ (Stufe 3) (Klimaveränderung und Wasserwirtschaft (KLIWA) (2019).

- Markantes Wetter:
 - > 15 bis 25 mm in 1 Stunde
 - > 20 bis 35 mm in 6 Stunden
- Unwetter
 - > 25 mm in 1 Stunde
 - > 35 mm in 6 Stunden

Diese Schwellenwerte werden in der Praxis häufig als Starkregendefinition verwendet. In der Vergangenheit wurden sowohl in KLIWA, als auch in anderen Studien Niederschlagsereignisse der Dauerstufe 24 h als „Starkregenereignisse“ bezeichnet. Da dabei jedoch sowohl kurzzeitige, kleinskalige, als auch lang andauernde Niederschläge enthalten sein können und diese bei einer Dauerstufe von 24 h nicht mehr voneinander zu unterscheiden sind, sollen Ereignisse auf dieser Dauerstufe in KLIWA nicht mehr als „Starkregen“ bezeichnet werden. Stattdessen wird in diesem Kontext zukünftig von „(maximalen) eintägigen Niederschlägen“ gesprochen.

3 Temperaturabhängigkeit der Niederschlagsintensität und -menge

Aus der Clausius-Clapeyron-Gleichung lässt sich ableiten, dass die Niederschlagsintensität pro Grad Celsius atmosphärischer Temperaturzunahme um 7 % zunimmt. Diese Intensitätszunahme scheint sich jedoch nicht gleichmäßig über das Niederschlagsspektrum zu verteilen. Untersuchungen von Berg et al. (2013) und Berg & Haerter (2013) zeigen für eine Betrachtung des Zusammenhangs zwischen Temperatur und Niederschlag getrennt nach konvektiven und stratiformen Niederschlägen eine Zunahme der konvektiven Niederschlagsintensität von bis zu 14 % pro Grad Erwärmung. Dieser Effekt wird auch als Super-Clausius-Clapeyron-Beziehung bezeichnet.

Durch den Temperaturanstieg steigt auch die Verdunstung und der globale Wasserkreislauf intensiviert sich. Dieser Anstieg ist aber geringer als der Anstieg im Wasserdampf. Die globale Niederschlagsmenge steigt unter Annahme plausibler Szenarien um 1-3 % pro Grad Celsius Erwärmung (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2013a). Da die Intensität der Niederschlagsereignisse stärker steigt als die Niederschlagsmenge, muss die globale Anzahl der Niederschlagsereignisse abnehmen. Zwischen 1880 und 2012 hat die globale Temperatur bereits um 0,85 °C zugenommen (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2013b).

4 Schwierigkeiten bei der Erfassung und Analyse von kleinräumigen konvektiven Niederschlagsereignissen

Für die regional differenzierte Quantifizierung dieser Änderungen, bedarf es einer genauen Erfassung von Starkniederschlagsereignissen. Dies ist aufgrund ihrer kurzen Andauer und oftmals kleinräumigen Ausdehnung aber nicht immer möglich. Mit Messstationen etwa können Ereignisse nur punktuell und somit nicht räumlich vollständig erfasst werden. Viele Niederschlagszeitreihen in Deutschland basieren zudem auf Tageswerten. Dies erschwert Aussagen hinsichtlich der Änderung der Intensität von konvektiven Starkniederschlägen in Raum und Zeit. Eine flächendeckende Erfassung von Niederschlägen mittels Radar ermöglicht eine räumlich und zeitlich hochaufgelöste Auflösung, befindet sich in Deutschland allerdings erst seit 2001 im operativen Betrieb. Eine klimatologische Auswertung dieser Daten ist daher besonders im Bereich extremer Niederschlagsereignisse noch nicht möglich. Sie können aber einen guten Überblick über das Starkniederschlagsverhalten der letzten Jahre in Deutschland bieten. Hierauf wird im folgenden Kapitel eingegangen.

5 Beobachtete Starkniederschläge in Süddeutschland

Starkniederschläge sind hierzulande kein neues bzw. unbekanntes Phänomen. Verschiedene historische Quellen berichten von teils verheerenden Starkniederschlagsereignissen. Durch die Häufung von Starkniederschlagsereignissen besonders in den Jahren 2016 und 2018 hat sich das Bewusstsein gegenüber diesen Ereignissen verstärkt. Abb. 1 zeigt einen Blick auf die seit 2001 vorliegenden flächendeckenden Radarauswertungen des DWD zu Überschreitungshäufigkeiten verschiedener Starkregenwarnstufen. Es zeigt sich, dass zwischen 2001 und 2016 die gesamte Bundesrepublik von Starkniederschlagsereignissen betroffen war. Zudem erkennt man, dass sich die Ereignisse der Warnstufe 2 (Abb. 1, linke Karte) an topographischen Erhebungen häufen. Mit ansteigender Warnstufe, nehmen die Ereignishäufigkeit und auch die Bindung an die Orographie immer weiter ab. Zudem gibt es bei höheren Warnstufen auch Gebiete in Deutschland, die im Zeitraum 2001-2016 nicht betroffen waren.

Die vorliegenden Radarauswertungen des DWD können aufgrund der vergleichsweise kurzen Zeitreihe von 15 Jahren nicht für Untersuchungen zu möglichen Trends bei Starkniederschlagsereignissen herangezogen werden. Hier muss trotz der bereits angesprochenen Schwächen auf Messdaten zurückgegriffen werden. Im Projekt MUNSTAR beabsichtigt der DWD jedoch die Datenbasis für künftige Auswertungen zu verbessern. Dazu gehört eine Konsolidierung der Daten des DWD mit Daten aus Partnermessnetzen, sowie der Aufarbeitung historischer Daten.

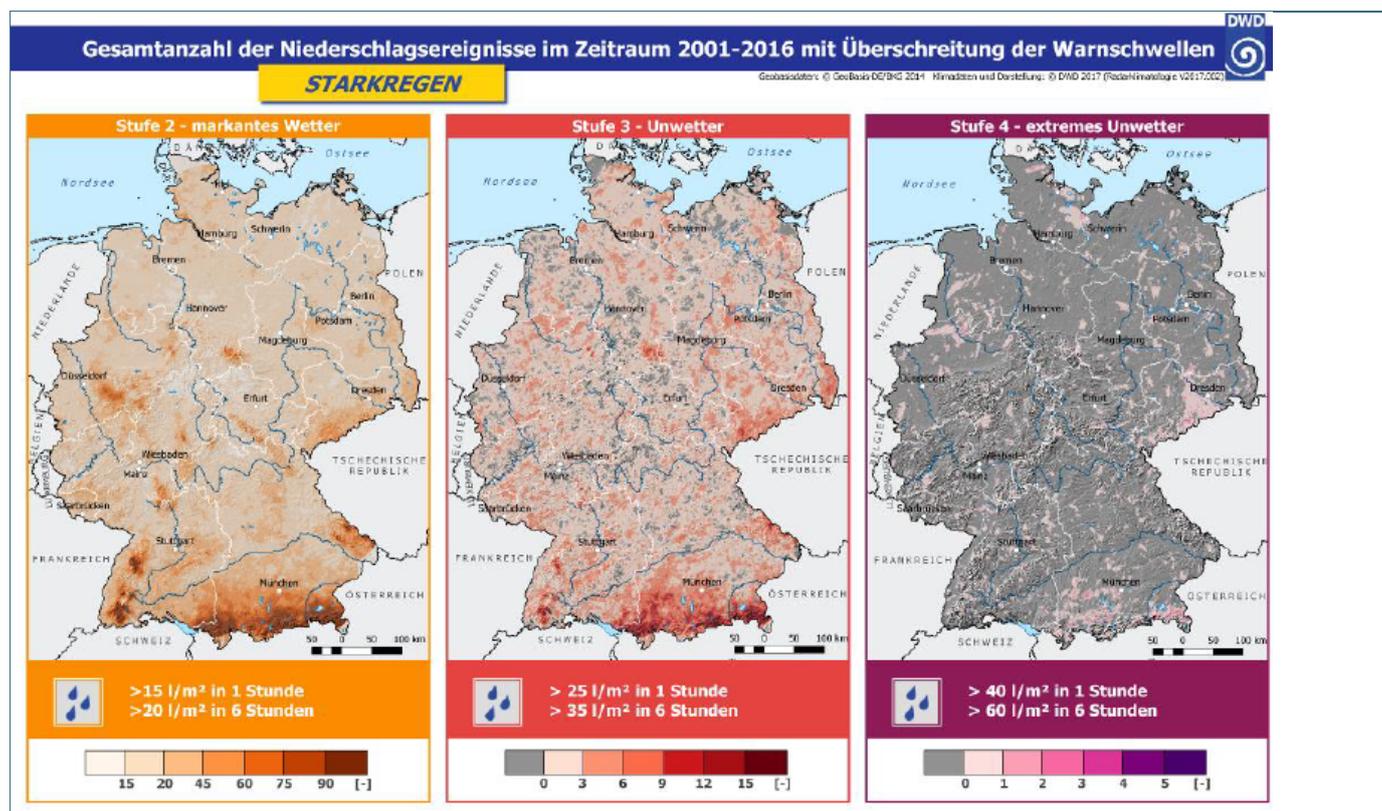


Abb. 1: Gesamtanzahl der Niederschlagsereignisse im Zeitraum 2001-2016 mit Überschreitung der Warnschwellen des DWD für Starkregen

6 Änderungen in Vergangenheit und Gegenwart

Für das europäische Festland konnte durch Fischer und Knutti (2016) anhand von Klimamodellsimulationen und Beobachtungen nachgewiesen werden, dass es im Vergleich der Zeiträume 1981-2013 und 1951-1980 zu einer Zunahme von Starkniederschlagshäufigkeiten und –intensitäten gekommen ist. Je intensiver und seltener die beobachteten Ereignisse sind, desto größer ist die jeweilige Zunahme. In einer weiteren Studie von Ye et al. (2017) wurde festgestellt, dass der Temperaturanstieg in der Vergangenheit über dem Gebiet der früheren Sowjetunion mit einer Abnahme stratiformer und einer Zunahme konvektiver Niederschlagsereignisse einhergegangen ist. Basierend auf den Ergebnissen von Fischer und Knutti (2016) ist eine ähnliche Schlussfolgerung auch für Europa zu vermuten.

Untersuchungen des Deutschen Wetterdienstes zeigen, dass die Intensität von täglichen Niederschlagssummen im Winter zwischen 1951 und 2006 um 25 % zugenommen hat. Für den Sommer lässt sich eine solche Aussage aufgrund der starken Jahr-zu-Jahr-Schwankungen nicht treffen. Subtägliche Niederschlagsmessungen liegen nicht flächendeckend vor. Daher lassen sich auf dieser Skala keine belastbaren Aussagen treffen, auch wenn sich eine Intensivierung der stärksten Stundenereignisse anzudeuten scheint.

Des Weiteren muss auch der Wechsel hin zu modernen Messgeräten ab Anfang der 1990er Jahre bei der Interpretation der Messdaten berücksichtigt werden. Die in zahlreichen Studien identifizierten Zunahmen sind vermutlich zumindest teilweise auf die Verbesserung der Erfassungsmethodik zurückzuführen. Welchen Anteil klimatologische Veränderungen daran haben, ist in weiterführenden Analysen zu untersuchen (z.B. im Projekt MUNSTAR).

7 Änderungen in der Zukunft

Berücksichtigt man die Clausius-Clapeyron-Gleichung, ist bei der projizierten zukünftigen Temperaturzunahme weiterhin mit einer Intensivierung der Starkniederschlagsereignisse zu rechnen. Eine Studie, die die Ergebnisse von 22 globalen Klimamodellen miteinander vergleicht, stützt diese Annahme: die thermodynamische Komponente bewirkt weltweit eine Erhöhung des Starkniederschlagspotenzials (Pfahl et al. 2017). Allerdings wird dieses

Potenzial durch Effekte atmosphärischer Zirkulation (Wetterlagen) beeinflusst, so dass dieser Effekt in einigen Regionen gedämpft oder sogar ins Gegenteil umgekehrt werden kann (Pfahl et al. 2017).

Für den (süd-)deutschen Raum gibt es zu diesem Thema ebenfalls bereits Auswertungen. Eine Ensemble-Auswertung basierend auf dem regionalen Klimamodell COSMO-CLM zeigt keine signifikanten Änderungen im mittleren Sommerniederschlag (Feldmann et al. 2012). Die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Niederschlags lässt jedoch künftig auf eine Zunahme der Starkniederschlagsereignisse bei gleichzeitiger Abnahme der schwachen und mittleren Niederschläge schließen (Boberg et al. 2009, 2010; Feldmann et al. 2013; Wagner et al. 2013).

Im Projekt ReKliEs-De (<http://reklies.hnug.de/>; Hübener et al. 2017) wurde ein Ensemble aus 37 regionalen Klimasimulationen für Deutschland und die Einzugsgebiete der nach Deutschland entwässernden Flüsse für das Emissionsszenario RCP8.5 analysiert. In der Zwischenzeit sind allerdings einige dieser Projektionen wieder aufgrund von Unstimmigkeiten oder Fehlern zurückgezogen worden (Deutscher Wetterdienst (DWD) 2019). Die verbleibenden Projektionen zeigen allesamt eine Zunahme der Anzahl der Tage mit Niederschlägen von mindestens 20 mm. Gleiches gilt für die Niederschlagsmenge oberhalb des 95. Perzentils.

Diese Projektionen basieren auf Tageswerten mit einer räumlichen Auflösung von ca. 12 x 12 km. Weitere Ergebnisse in gleicher räumlicher Auflösung, aber teilweise zeitlich höherer Auflösung von bis zu 1 Stunde liefert das Projekt ClimEx (Klimawandel und Extremereignisse – Risiken und Perspektiven für die bayerische Wasserwirtschaft).

Im Rahmen von ClimEx (www.climex-project.org) wurde in den vergangenen Jahren ein Single Model Initial-conditions Large Ensemble (SMILE) erzeugt und ausgewertet. Dieser Ansatz schafft eine breite Datenbasis woraus sich statistisch robuste Aussagen zu Extremereignissen und deren Veränderungen ableiten lassen. Ein Teil der Auswertungen im Rahmen von ClimEx war den Vb-Wetterlagen gewidmet. Dieser Zugbahntyp gilt als Auslöser mehrerer extremer historischer Niederschlagsereignisse. Mithilfe des ClimEx-Ensembles wurde untersucht, wie sich die saisonale und monatliche Auftrittshäufigkeit solcher Ereignisse in der Zukunft verändert. Die Detektion erfolgte mithilfe von künstlichen neuronalen Netzen, einer Machine Learning-Technik, die vor allem bei der Klassifikation von räumlichen Mustern angewandt wird. Anschließend wird mit einer Tracking-Methode die Zugbahn der Tiefdruckgebiete verfolgt und mit typischen Vb-Zugbahnen abgeglichen. Gegenüber einer Referenzperiode (1980-2009) wurde eine Abnahme der Vb-Zugbahnen im Sommer und eine Zunahme im Frühjahr festgestellt (Abb. 2a). Beide Entwicklungen verstärken sich im Lauf des 21. Jahrhunderts. Im unteren Teil der Abbildung (Abb. 2b) ist die Entwicklung für die einzelnen Monate aufgetragen. Es zeigt sich, dass alle Monate im Frühjahr eine Zunahme zeigen (v.a. März, April) und alle Sommermonate eine Abnahme der Vb-Wetterlagen.

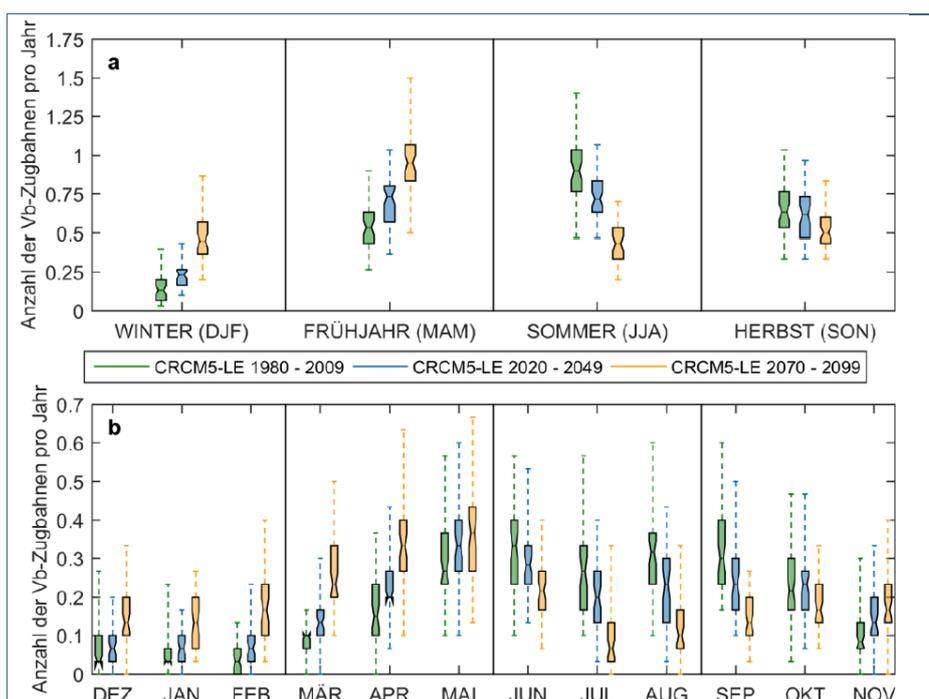


Abb. 2: Absolute Häufigkeit und Saisonalität von detektierten Vb-Zugbahnen in drei 30-Jahresperioden (grün: Referenz, blau: nahe Zukunft, orange: ferne Zukunft) im CRCM5-LE. Die Boxplots illustrieren die Streuung der 50 Member des CRCM5-LE. Die Box stellt dabei den Interquartilsabstand dar, während die Whisker sich bis zu den minimalen und maximalen Werten erstrecken. a) Darstellung der Anzahl der Vb-Zugbahnen pro Jahr und Saison. b) Darstellung der Anzahl von Vb-Zugbahnen pro Jahr und Monat.

Das Projekt WETRAX hatte das Ziel den Einfluss des Klimawandels auf das Starkniederschlagsrisiko in Süddeutschland und Österreich zu quantifizieren, wobei hier auch eine Untersuchung der Wetterlagen, die Starkregenereignisse begünstigen durchgeführt wurde. Zwar wurde auch hier ein Datensatz in täglicher Auflösung und auf einer räumlichen Skala von 12 x 12 km verwendet, allerdings deuten auch die Ergebnisse dieses Projekts eine Intensivierung der höchsten Niederschlagsmengen an. Auch wurde bei diesen Auswertungen eine Intensivierung der Niederschlagsmengen bei Vb-Wetterlagen festgestellt. Die Untersuchungen in WETRAX werden aktuell in einem Folgeprojekt WETRAX+ weitergeführt.

In KLIWA sind jedoch, wie bereits erwähnt, insbesondere kleinskalige (lokale) und zumeist kürzere (Minuten bis hin zu 6 Stunden) Niederschlagsereignisse von Interesse. Hierfür sind zeitlich und räumlich hochaufgelöste Klimasimulationen erforderlich, welche sich momentan noch in der Entwicklung befinden.

Eine erste Auswertung einer regionalen Klimaprojektion in 2,8 x 2,8 km Auflösung mit dem Modell COSMO-CLM zeigt, dass konvektive Starkregenereignisse je nach Region zukünftig heftiger ausfallen könnten (Laube et al. 2017). Zu beachten ist, dass dies bisher lediglich Auswertungen auf Basis einer Klimaprojektion sind. Dies macht die Ergebnisse nur eingeschränkt interpretierbar. Für diese Projektion, angetrieben mit MPI-M-MPI-ESM-LR/RCP8.5 Lauf 1, wurden unter anderem die 1-, 10-, und 100-jährlichen Wiederkehrwerte des 1-, 12-, und 24-stündigen Niederschlags im Sommer- und Winterhalbjahr ausgewertet. Beispielhafte Ergebnisse des 10-jährlichen Niederschlags für die Dauerstufe 1 Stunde sind in Abb. 3 dargestellt. Zu deutlichen Änderungen kommt es im Sommerhalbjahr in der fernen Zukunft (2071-2100) in höheren Lagen und im Nordosten des KLIWA-Untersuchungsgebietes mit lokalen Erhöhungen der Niederschlagsmengen um bis zu 20 mm, stellenweise auch zu leichten Abnahmen (Abb. 3f). Im Sommerhalbjahr der nahen Zukunft (2021-2050) treten sowohl leichte Abnahmen als auch leichte Zunahmen auf (Abb. 3e). Sowohl in der nahen und fernen Zukunft gibt es im Winter keine Änderungen der Niederschlagsmengen.

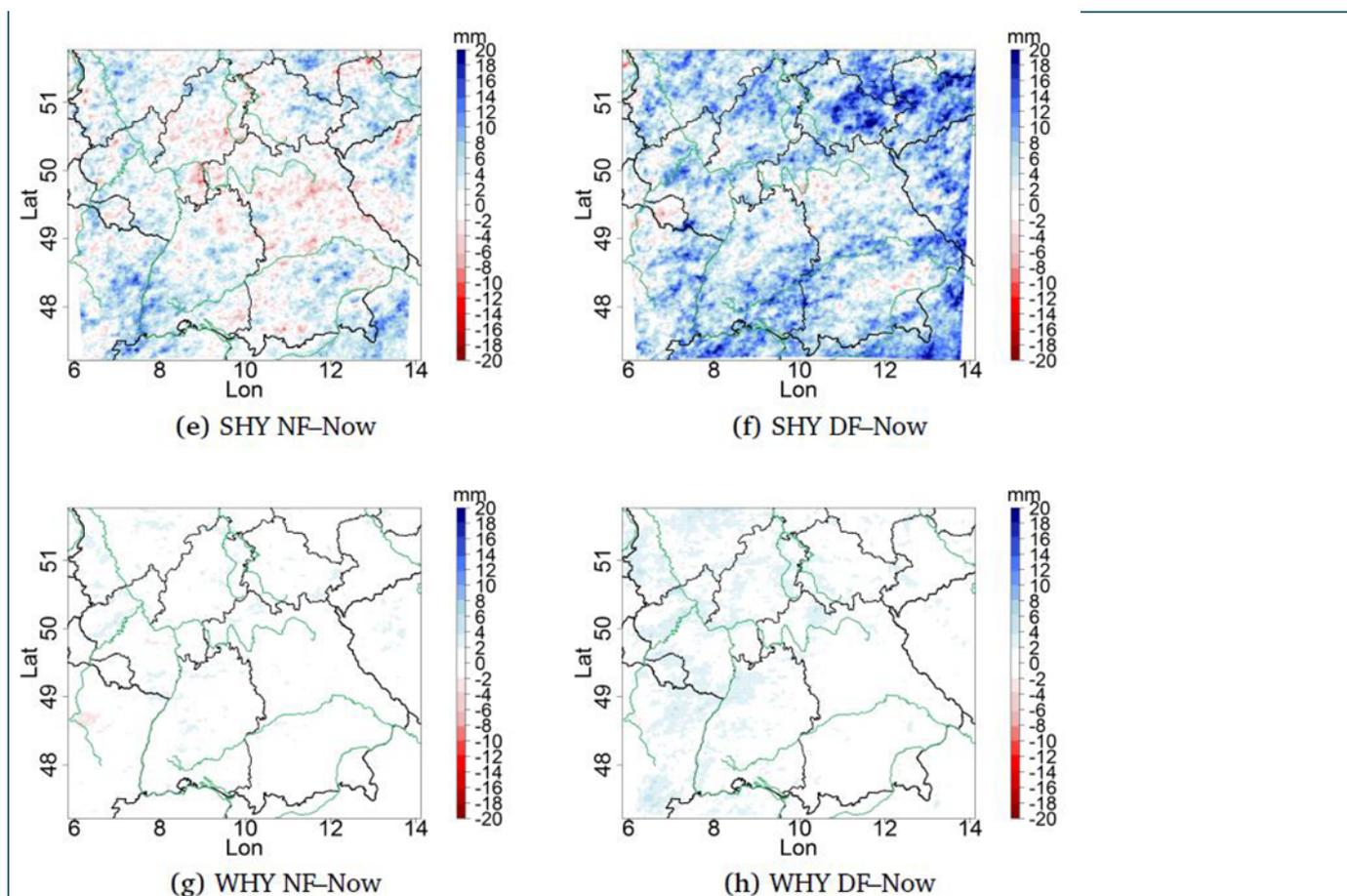


Abb. 3: Beispiel für eine Klimaprojektion CCLM5.0/MPI-M-MPI-ESM-LR/r1/RCP8.5 mit der Änderung der Niederschlagssumme für Dauerstufe 1 Stunde und einer Jährlichkeit 10 Jahre für die nahe Zukunft (NF 2021-2050) für das Sommerhalbjahr (SHY) (e) und Winterhalbjahr (WHY) (g), sowie analog für die ferne Zukunft (DF 2071-2100) (f) & (h) (Laube et al. 2017).

Ergebnisse einer weiteren Simulation auf einem 2,8 x 2,8 km-Gitter mit COSMO-CLM (Purr et al. 2018) basieren auf der Analyse der Daten mit einem Zellverfolgungsalgorithmus (Brendel et al. 2014). Diese Auswertung zeigt für Bayern in Zukunft hinsichtlich der Anzahl konvektiver Zellen sowohl Zu- als auch Abnahmen. Die Intensität dieser Zellen nimmt jedoch – wenn auch unterschiedlich stark – in ganz Bayern zu.

8 Ausblick

Das Thema „Starkregen“ hat in KLIWA seit dem vergangenen Jahr ein stärkeres Gewicht erhalten. Ziel ist es die Auswirkungen des Klimawandels auf das Starkregenverhalten in Süddeutschland zu quantifizieren. Mit dem im Juli 2019 erschienenen Kurzbericht (Klimaveränderung und Wasserwirtschaft (KLIWA) 2019) wurde der derzeitige Kenntnisstand zu diesem Thema zusammengetragen. Hinsichtlich der Veränderungen in Vergangenheit und Gegenwart kann dabei voraussichtlich auf Ergebnisse von Projekten wie MUNSTAR zurückgegriffen werden.

Für die Abschätzung der zukünftigen Entwicklung von Starkniederschlägen ist die Zusammenstellung eines zeitlich und räumlich hochaufgelösten Klimaprojektionsensembles geplant.

9 Literaturverzeichnis

- Berg, P.; Haerter, J. O. (2013): Unexpected increase in precipitation intensity with temperature — A result of mixing of precipitation types? In: Atmospheric Research 119, S. 56–61. DOI: 10.1016/j.atmosres.2011.05.012.
- Berg, Peter; Moseley, Christopher; Haerter, Jan O. (2013): Strong increase in convective precipitation in response to higher temperatures. In: Nature Geosci 6 (3), S. 181–185. DOI: 10.1038/ngeo1731.
- Boberg, Fredrik; Berg, Peter; Thejll, Peter; Gutowski, William J.; Christensen, Jens H. (2009): Improved confidence in climate change projections of precipitation evaluated using daily statistics from the PRUDENCE ensemble. In: Clim Dyn 32 (7-8), S. 1097–1106. DOI: 10.1007/s00382-008-0446-y.
- Boberg, Fredrik; Berg, Peter; Thejll, Peter; Gutowski, William J.; Christensen, Jens H. (2010): Improved confidence in climate change projections of precipitation further evaluated using daily statistics from ENSEMBLES models. In: Clim Dyn 35 (7-8), S. 1509–1520. DOI: 10.1007/s00382-009-0683-8.
- Brendel, C.; Brisson, E.; Heyner, F.; Weigl, E.; Ahrens, B. (2014): Bestimmung des atmosphärischen Konvektionspotentials über Thüringen. Berichte des Deutschen Wetterdienstes (244).
- Deutscher Wetterdienst (DWD) (Hg.) (2019): Informationen zu den verfügbaren regionalen Klimaprojektionen. Datensätze RCP-Szenarien. Online verfügbar unter https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/klimaprojektionen/fuer_deutschland/liste-klimaprojektionen.html?nn=541460, zuletzt geprüft am 19.02.2019.
- Feldmann, Hendrik; Schädler, Gerd; Panitz, Hans-Jürgen; Kottmeier, Christoph (2013): Near future changes of extreme precipitation over complex terrain in Central Europe derived from high resolution RCM ensemble simulations. In: Int. J. Climatol. 33 (8), S. 1964–1977. DOI: 10.1002/joc.3564.
- Fischer, E. M.; Knutti, R. (2016): Observed heavy precipitation increase confirms theory and early models. In: Nature Clim Change 6 (11), S. 986–991. DOI: 10.1038/nclimate3110.
- Hübener, Heike Dr.; Bülow, Katharina Dr.; Fooker, Cornelia Dr.; Früh, Barbara Dr.; Hoffmann, Peter Dr.; Höpp, Simona et al. (2017): ReKliEs-De Ergebnisbericht. Hg. v. Regionale Klimaprojektionen Ensemble für Deutschland (ReKliEs-De).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Hg.) (2013a): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Unter Mitarbeit von Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, Melinda M.B. Tignor, Allen, Simon

K., Boschung, Judith, Alexander Nauels et al. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom, New York, NY, USA.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Hg.) (2013b): Summary for Policymakers. In Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Unter Mitarbeit von Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, M.B. Tignor, Allen, Simon K., Boschung, Judith, Alexander Nauels, et al. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom, New York, NY, USA.

Klimaveränderung und Wasserwirtschaft (KLIWA) (Hg.) (2019): Starkniederschläge. Entwicklungen in Vergangenheit und Zukunft. Kurzbericht. Online verfügbar unter https://www.kliwa.de/download/KLIWA-Kurzbericht_Starkregen.pdf (zuletzt geprüft am 17.09.2019).

Laube, N.; Panitz, H. J.; Schädler, G. (2017): Auswertung regionaler COSMO-CLM-Klimasimulationen mit 2.8 km Auflösung für das KLIWA-Gebiet und die Klimazeiträume 1971-2000, 2021-2050 und 2071-2100. Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

Ludwig, R.; Wood, R.R.; Willkofer, F.; von Trentini, F; Mittermeier, M; Böhnisch, A; Poschlod, B; (2019): Klimawandel und Extremereignisse. Risiken und Perspektiven für die bayerische Wasserwirtschaft. Abschlussbericht.

Pfahl, S.; O’Gorman, P. A.; Fischer, E. M. (2017): Understanding the regional pattern of projected future changes in extreme precipitation. In: Nature Clim Change 7 (6), S. 423–427. DOI: 10.1038/nclimate3287.

Purr, Christopher; Brisson, Erwan; Ahrens, Bodo (2018): Abschlussbericht zum Projekt: Konvektive Gefährdung über Hessen und Rheinland-Pfalz. Institut für Atmosphäre und Umwelt der J.W. Goethe-Universität Frankfurt/Main. Frankfurt/Main.

Wagner, Sven; Berg, Peter; Schädler, Gerd; Kunstmann, Harald (2013): High resolution regional climate model simulations for Germany. Part II — projected climate changes. In: Clim Dyn 40 (1-2), S. 415–427. DOI: 10.1007/s00382-012-1510-1.

Ye, Hengchun; Fetzer, Eric J.; Wong, Sun; Lambrigtsen, Bjorn H. (2017): Rapid decadal convective precipitation increase over Eurasia during the last three decades of the 20th century. In: Science advances 3 (1), e1600944. DOI: 10.1126/sciadv.1600944.