

Christian-Dietrich Schönwiese und Silke Trömel,
Frankfurt am Main

Mehr extreme Niederschläge in Deutschland?

Eine innovative statistische Analyse der Eintrittswahrscheinlichkeiten

Der globale beziehungsweise regionale Klimawandel ist nicht nur in der Wissenschaft, sondern auch in der Öffentlichkeit ein viel beachtetes Problem, weil er zu erheblichen ökologischen und sozioökonomischen Folgen führt. Das gilt ganz besonders für das Phänomen der Extremereignisse. Der Hitze- und Trockensommer 2003, aber auch die Überschwemmungen der letzten Jahre (u. a. Elberegion 2002, Alpenregion 2005) haben gezeigt, dass auch Deutschland von solchen Ereignissen nicht verschont bleibt. Wir haben anhand der monatlichen Niederschlags-Beobachtungsdaten 1901 bis 2000 untersucht, ob sich dabei Trends der Eintrittswahrscheinlichkeit feststellen lassen. Das ist tatsächlich der Fall, allerdings regional und jahreszeitlich in sehr unterschiedlicher Art. Dabei kam eine neuartige empirisch-statistische Analysemethodik zur Anwendung, die es zu berechnen erlaubt, wie sich die Eintrittswahrscheinlichkeiten extremer Witterungs- und damit Gefährdungsereignisse im Laufe der Zeit verändert haben.

Der globale Klimawandel der letzten 100 bis 150 Jahre (Industriezeitalter), der als überwiegend anthropogen interpretiert wird (anthropogener Treibhauseffekt [1, 2]), hat viele regionale Facetten. Er läuft somit weder regional noch jahreszeitlich einheitlich ab. Besondere Aufmerksamkeit finden und verdienen dabei *Extremereignisse* wie Stürme, Hitzewellen, Dürren und Überschwemmungen. Die Versicherungswirtschaft ist über das Ausmaß und insbesondere den Anstieg der Schäden durch solche Naturkatastrophen sehr besorgt. So hat die Münchener Rückversicherungsgesellschaft weltweit einen Anstieg der dadurch verursachten volkswirtschaftlichen Schäden von der Dekade 1960–1969 bis zur Dekade 1990–1999 um den Faktor 8,7 auf 660 Milliarden US-Dollar festgestellt [3], wobei der weitaus überwiegende Teil davon klimabedingt ist.

Der extreme Hitzesommer 2003, der bis in den Herbst hinein zugleich außergewöhnlich trocken gewesen ist [4, 5], sowie eine Reihe von katastrophalen Überschwemmungen haben gezeigt, dass auch Deutschland von solchen Ereignissen nicht verschont bleibt. Erwähnt seien hier exemplarisch einige große Überschwemmungskatastrophen in den folgenden Landesteilen [6]:

- Rheinregion, Dezember 1993
- wiederum Rheinregion, Januar 1995 (beide als „Jahrhunderthochwasser“ bezeichnet)
- Oderregion, Juli 1997

- Donau- und Bodenseeregion, Mai 1999 („Pfungsthochwasser“)
- Elbe und zuvor teilweise Donauregion, August 2002 („Elbeflut“)
- Nordalpenregion, August 2005 (vgl. dazu Abb. 1).

Angesichts solcher Ereignisse und der damit verbundenen Todesfälle, Verletzungen und Sachschäden stellt sich die Frage: Hängt dies mit dem globalen bzw. regionalen Klimawandel zusammen? Lässt sich anhand der Aufzeich-



Abb. 1. Überflutung im bayerischen Voralpenland, August 2005.
[Photo THW].

nungsdaten der Vergangenheit eine Zunahme der Eintrittswahrscheinlichkeit feststellen, die sich möglicherweise in der Zukunft fortsetzt?

Es gibt durchaus Hinweise darauf, dass der globale Klimawandel auch in Deutschland ausgeprägt ist. So ist für die Zeit von 1901 bis 2000 im Deutschland-Mittel nicht nur ein Erwärmungstrend um 1,0 °C belegt, der sich in den letzten Jahrzehnten insbesondere im Winter verstärkt hat, sondern auch eine Niederschlagszunahme um 9% [7], die wiederum im Winter mit 19% besonders ausgeprägt ist (1971–2000 sogar 34%, somit neuerdings ebenfalls erheblich verstärkt), während im Sommer eine geringe Abnahme (um 3%) eingetreten ist. In den Übergangsjahreszeiten ist der Niederschlag in dem Zeitraum 1901–2000 um 13% (Frühling) bzw. 9% (Herbst) angestiegen.

Um sich dem Problem der Extremereignisse zu nähern, reichen solche Trendanalysen nicht aus. Vielmehr müssen die Häufigkeitsverteilungen und deren Veränderungen betrachtet werden.

Konventionelle und innovative Extremwertanalyse

Üblicherweise werden Extremereignisse bzw. Extremwerte meteorologischer Messgrößen, die zum Auftreten von Extremereignissen führen – bei Hochwasser ist dies, trotz weiterer Einflüsse wie Veränderungen im Bereich und Umfeld der Flüsse (Begradigung, Bodenversiegelung usw.), vor allem der Niederschlag – so definiert, dass bestimmte relativ hohe bzw. niedrige Schwellen festgelegt werden. Das kann zunächst willkürlich, unabhängig vom damit verbundenen Schaden und der Andauer des Ereignisses geschehen. Sinnvoller ist die Orientierung an der Häufigkeit. Beispielsweise können die Schwellenwerte die unteren und oberen 10% der Daten erfassen. In diesem Fall spricht man vom 10%- und 90%-Perzentil (oder unteren und oberen 10%-Perzentil) und entsprechend bei den unteren und oberen 5% vom 5%- und 95%-Perzentil. Daten, die solche Schwellen über- bzw. unterschreiten, gelten als extrem. Weitergehende Risikobetrachtungen, bei denen zusätzlich die Schäden einbezogen werden, sollen hier ausgeklammert sein, weil dabei auch nicht-meteorologische Gegebenheiten wie die regional unterschiedliche Konzentration volkswirtschaftlicher Werte eine Rolle spielen.

Bei der Frage, ob sich nun die Häufigkeit bzw. Intensität bzw. beides verändert, tritt das Problem auf, dass Extremereignisse relativ selten, die Datenbasis somit mager und statistische Aussagen darüber meist wenig aussagekräftig sind. Führt man zudem zeitlich gleitende Analysen durch, um die zeitlichen Änderungen zu erfassen, verschärft sich dieses Problem noch. Gerade beim Niederschlag sehen Zeitreihen der Messwerte wegen der enormen Variabilität auf den ersten Blick ziemlich chaotisch aus, wie das Zeitreihen-Beispiel in Abbildung 2 zeigt, trotz eines darin enthaltenen Trends um 10,7 mm, der einem Anstieg um immerhin 16,9% entspricht.

Wir haben daher eine Methode der Zeitreihenmodellierung entwickelt, in die grundsätzlich alle Beobachtungs-

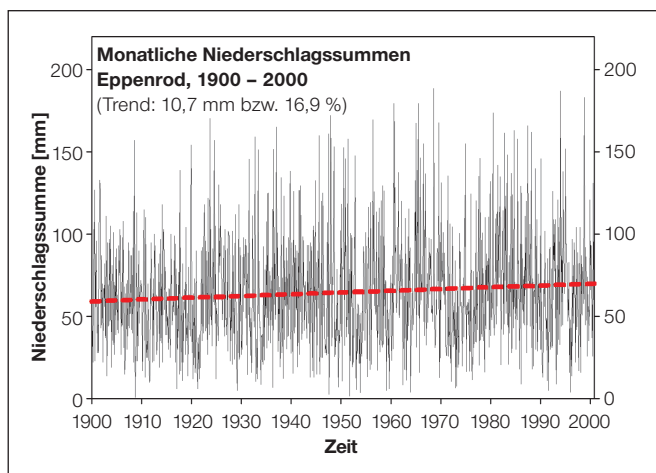


Abb. 2. Zeitreihe der monatlichen Niederschlagssummen 1900–2000 an der Station Eppenrod (Lahn- und somit Rhein-Einzugsgebiet, 50,4° N 8,0° O) mit linearem Trend (gestrichelt).

daten in der gewählten zeitlichen Auflösung und für die jeweils betrachtete Jahreszeit bzw. den betrachteten Monat eingehen [8, 9]. In Abbildung 2 ist die zeitliche Auflösung 1 Monat, das heißt, die täglich gemessenen Niederschlagssummen werden zu Monatssummen aufaddiert. Interessiert man sich beispielsweise speziell für das Niederschlagsverhalten im Januar (und somit nicht für die in Abb. 2 auch enthaltenen weiteren Monate), wie das im Folgenden zunächst der Fall ist, dann liegen der Analyse alle Januar-Niederschlagssummen der Jahre 1901–2000 zugrunde.

In der jeweiligen Zeitreihe wird dann nach Strukturen gesucht, die sich als Variationen der Parameter der zugehörigen Häufigkeitsverteilung auffassen lassen: Lageparameter (entspricht bei der Normalverteilung dem Mittelwert, bei anderen Verteilungen dem Modus, das ist der häufigste Wert), Streuparameter (beschreibt anschaulich die „Breite“ der Verteilung) und bei komplizierteren Verteilungen auch Formparameter. Besonders wichtig ist nun, dass mit Hilfe dieser neuen Methode die Verteilungsparameter im zeitlichen Verlauf und somit für jeden beliebigen Zeitpunkt der Verteilung angegeben werden können.

In Abbildung 3 ist dies für das Beispiel der Januar-Summen 1901–2000 des Niederschlags in Eppenrod (vgl. Abb. 2) demonstriert, wobei in diesem Fall eine Gumbelverteilung an die Daten angepasst worden ist. Diese in der Hydrologie häufig verwendete Verteilung ist im Gegensatz zur Normalverteilung asymmetrisch, und zwar so, dass sie im Bereich niedriger Werte relativ steil bis zum Maximum (Modus) ansteigt und dort in Richtung höherer Werte flacher abfällt. Als Folge davon ist der Mittelwert (M, in Abb. 3. grün angegeben) größer als der Modus. Wird nun eine solche theoretische Verteilung, gleich welcher Form, normiert, so heißt sie „Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion“. Die Normierung erfolgt, indem das Integral der jeweiligen Verteilungskurve – in diesem Fall des Januar-Niederschlags 1901–2000 in Eppenrod – gleich 1 (entsprechend 100%) gesetzt wird. Man spricht von einer Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion, weil die Ordinatenwerte ein Maß dafür sind, welche Wahr-

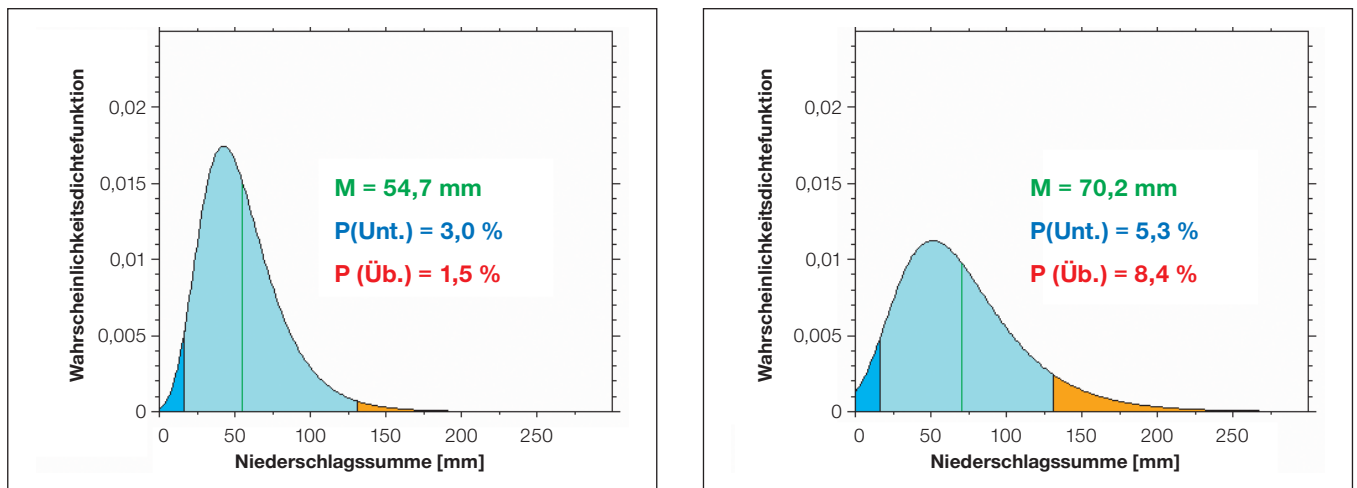


Abb. 3. Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der Januar-Summen des Niederschlags in Eppenrod (vgl. Abb. 2, dort jedoch alle Monate erfasst), wie sie sich in der Zeit von 1901, links, bis 2000, rechts, verändert hat, mit Angabe des Mittelwertes M und der zugehörigen Änderung der Eintrittswahrscheinlichkeit $P(\text{Üb.})$ relativ hoher bzw. $P(\text{Unt.})$ relativ geringer Werte (5%- und 95%-Perzentile, vgl. Text, hier entsprechend 20 bzw. 130 mm).

lichkeit den Abszissenwerten zuzuordnen ist (somit ist das Maximum der wahrscheinlichste Wert, genannt Modus), und weil für jedes beliebige Werteintervall, insbesondere auch unter bzw. über festgelegten Schwellenwerten, das betreffende Integral (anschaulich die Fläche unter der Kurve in diesem Wertebereich) ein Maß für die Wahrscheinlichkeit ist, dass dort Daten eintreten.

Dies ist zwar eine ganz übliche statistische Interpretation. Der innovative Aspekt der Abbildung 3 liegt aber darin, dass sie anzeigt, wie sich die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion verändert hat. In diesem Fall ist ihr zu entnehmen, wie sich der Januar-Niederschlagswert Eppenrod in der Zeit von 1901 (linkes Teilbild) bis 2000 (rechtes Teilbild) geändert hat. Man sieht deutlich, dass sie in dieser Zeit „breiter“ geworden ist und daher die Varianz (Streuung) zugenommen hat.

Für die Extremwertanalyse sind als unterer bzw. oberer Schwellenwert die unteren bzw. oberen 5% der Daten der Gesamtverteilung gewählt worden, das 5%- und 95%-Perzentil, was in diesem Fall rund 20 bzw. 130 mm monatlicher Niederschlagssumme entspricht. Man erkennt, dass die Niederschläge an dieser Station sich so verändert haben, dass die Überschreitungswahrscheinlichkeit $P(\text{Üb.})$ extrem hoher Werte (95%-Perzentil) von 1,5% auf 8,4% zugenommen hat (in Abb. 3 rot markierte Flächen und Zahlen), also um den Faktor 5,6. Gleichzeitig hat die Unterschreitungswahrscheinlichkeit $P(\text{Unt.})$ für extrem niedrige Werte (5%-Perzentil) ebenfalls zugenommen (dunkelblau markierte Flächen und Zahlen), und zwar von 3,0% auf 5,3% (Faktor 1,8). Der Niederschlagsprozess ist offenbar insgesamt extremer geworden: Die Häufigkeit sowohl extrem hoher als auch extrem geringer Werte ist auf Kosten mittlerer Werte angestiegen. Zugleich ist der Mittelwert angestiegen (grüne Linien und Zahlen), und zwar von rund 55 mm auf rund 70 mm, also um rund 27%.

Abbildung 3 lässt somit nicht nur einen Trend zu größeren Niederschlagsmengen (Trend des Mittelwertes), sondern auch zu häufigerem Auftreten von Extremereignissen für Januar erkennen, und zwar sowohl was extrem nieder-

schlagsarme als auch was extrem niederschlagsreiche Monate betrifft. Derartige Veränderungen sollen nun genauer studiert und für verschiedene Monate untersucht werden. Im Folgenden werden daher mit Hilfe dieser Methode auch die zeitlichen Verläufe der Wahrscheinlichkeitsänderungen vorgestellt. Um dies überschaubar zu halten, erfolgt eine Auswahl der Ergebnisse. In Form von Karten werden dann anschließend die regionalen Unterschiede zusammenfassend beschrieben.

Ergebnisse im Überblick

Ein weiteres Mal soll das Beispiel Eppenrod aufgegriffen werden. In Abbildung 4 ist dargestellt, wie sich in einzelnen ausgewählten Monaten die Überschreitungswahrscheinlichkeit des 95%-Perzentils (entsprechend 130 mm) verändert hat: im Sommer (hier Juli und August) fast gar nicht, im Winter (hier Januar) und in den Übergangsjahreszeiten (hier März und November) ist sie dagegen stark angestiegen. Insbesondere hat sich das früher im Sommer zu beobachtende Maximum extrem hoher Niederschläge in den Spätherbst und Winter verlagert. Die Wahrscheinlichkeitswerte lassen sich auch in so genannte Jährlichkeiten umrechnen, das heißt in die statistische Erwartung, in welchem Abstand im Mittel die betreffenden Monats-Extremereignisse zu erwarten sind. So entspricht beispielsweise die zuletzt (2000) dem Januar zugeordnete Wahrscheinlichkeit (0,085 oder 8,5%) einer Jährlichkeit von rund 12 Jahren ($1/0,085$), gegenüber etwa 60 bis 70 Jahren um 1900. Im November ist der Anstieg nicht ganz so brisant, erreicht jahreszeitlich gesehen zuletzt aber mit einer Jährlichkeit von rund 11 Jahren einen Maximalwert. Bemerkenswert ist auch, dass der zeitliche Verlauf der Wahrscheinlichkeitsänderung sehr „glatt“ und somit systematisch, ohne Fluktuationen, verläuft.

In Görlitz, als Beispiel einer Station im Osten von Deutschland (der 95%-Perzentilwert entspricht hier 120 mm), ist die Situation ganz anders (Abb. 5): Im Winter und Frühjahr (Beispielmonate wiederum Januar und März) ist dort die Wahrscheinlichkeit extrem hoher Niederschläge unverän-

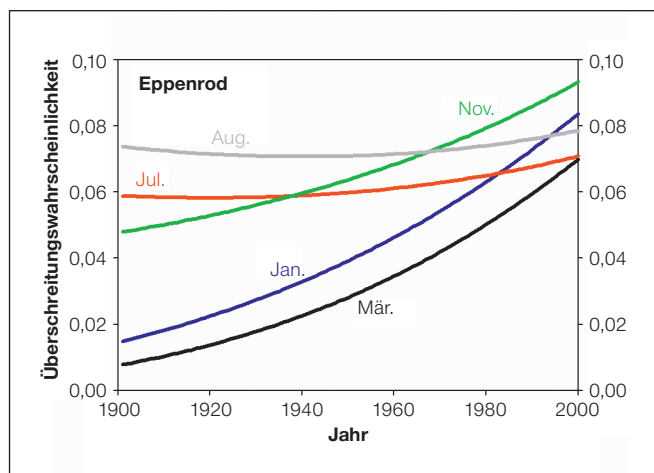


Abb. 4. Zeitlicher Verlauf der Änderung der Überschreitungswahrscheinlichkeit des 95%-Perzentils, entsprechend extrem hoher Niederschläge von mehr als 130 mm, an der Station Eppenrod in ausgewählten Monaten (vgl. dazu auch Abb. 2 und 3).

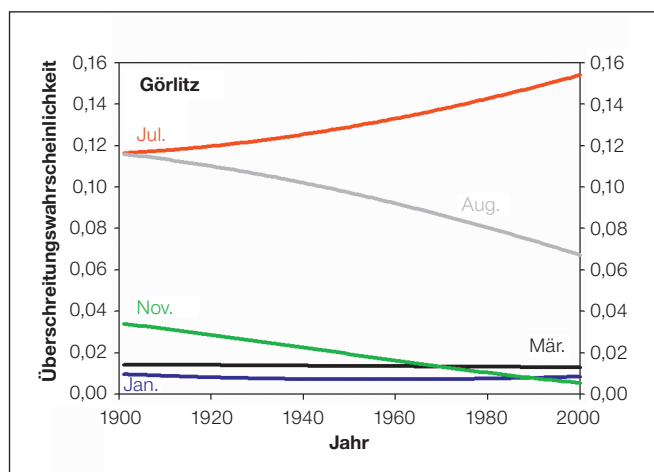


Abb. 5. Zeitlicher Verlauf der Änderung der Überschreitungswahrscheinlichkeit des 95%-Perzentils, entsprechend extrem hoher Niederschläge von mehr als 120 mm, an der Station Görlitz (51,2° N 15,0° O) in ausgewählten Monaten.

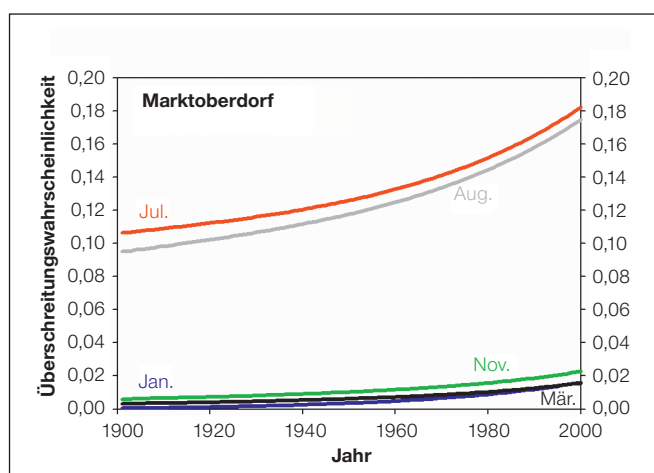


Abb. 6. Zeitlicher Verlauf der Änderung der Überschreitungswahrscheinlichkeit des 95%-Perzentils, entsprechend extrem hoher Niederschläge von mehr als 209 mm, an der Station Marktoberdorf (Oberallgäu, 48,8° N 10,6° O) in ausgewählten Monaten.

dert sehr gering, im Herbst auf ebenfalls niedrigem Niveau sogar etwas rückläufig, im Sommer dagegen deutlich höher, wobei sich die Monate August bzw. Juli mit Rückgang bzw. Anstieg gegensätzlich verhalten. Dem in 2000 erreichten Juli-Maximalwert entspricht eine Jährlichkeit von rund 7 Jahren.

Als drittes Beispiel soll mit Marktoberdorf im Allgäu der Süden von Deutschland (Alpennähe) vertreten sein (Abb. 6). Auch hier ist die Wahrscheinlichkeit extrem hoher Niederschläge (das 95%-Perzentil entspricht hier 209 mm) im Sommer viel höher als in den anderen Jahreszeiten, allerdings mit dem Unterschied, dass diese Wahrscheinlichkeit in den beiden Sommermonaten Juli und August fast identisch angestiegen ist und zuletzt (2000) eine Jährlichkeit von ca. 5,5 Jahren erreicht hat. Übrigens: Obwohl das Nordalpen-Hochwasser vom August 2005 durch die hier analysierten Niederschlagsdaten (1901–2000) noch gar nicht erfasst ist, lässt sich darin offenbar schon vorweg ein erhebliches Risiko dafür erkennen.

Im Anschluss an diese drei Stationsbeispiele stellt sich die Frage, wie die Änderungen der Eintrittswahrscheinlichkeit extremer Niederschläge an anderen Stationen in Deutschland aussehen. Diese Frage soll anhand von Kartendarstellungen beantwortet werden, wobei wir uns hier auf die Monate Januar und August beschränken. Zusätzlich sollen aber sowohl die Über- als auch Unterschreitungswahrscheinlichkeit betrachtet werden. Die betreffenden Trends sind für den Januar in Abbildung 7 verglichen. Auf der rechten Karte erkennt man verbreitet eine Zunahme der Wahrscheinlichkeit für extrem hohe Niederschläge, außer in den südlichen neuen Bundesländern (Brandenburg, Thüringen, Sachsen). Wie beim Beispiel Eppenrod nimmt verbreitet auch die Wahrscheinlichkeit extrem niedriger Niederschläge zu (linke Karte), ausgenommen Thüringen und (sehr markant) Bayern; uneinheitlich sind die Trends entlang des Mains und Mittel- bis Unterrheins.

Im Sommer, hier anhand des Beispiels August betrachtet (Abb. 8), sind die Tendenzen noch wesentlich uneinheitlicher. Die Wahrscheinlichkeit extrem geringer Niederschläge nimmt in diesem Monat überwiegend ab (linke Karte), jedoch nicht bzw. leicht zu unter anderem im äußersten Norden und teilweise entlang von Main, Donau und Rhein. Die Wahrscheinlichkeit für extrem hohe Niederschläge (rechts) nimmt im August in Bayern ganz markant und verbreitet zu (nicht jedoch im äußersten Südosten und im Bayerischen Wald), weiterhin entlang des Rheins, in Schleswig-Holstein und im äußersten Südwesten von Niedersachsen. Weitere Details, und zwar sowohl methodisch als auch hinsichtlich der Ergebnisse (insbesondere auch entsprechende Karten für die weiteren Monate), sind in einem soeben veröffentlichten ausführlichen Bericht zu finden [8].

Folgerungen

Welche Folgerungen lassen sich aus diesen Ergebnissen ableiten? Da Klimamodellrechnungen hinsichtlich des Niederschlags, der mit den dabei nur sehr grob erfassbaren

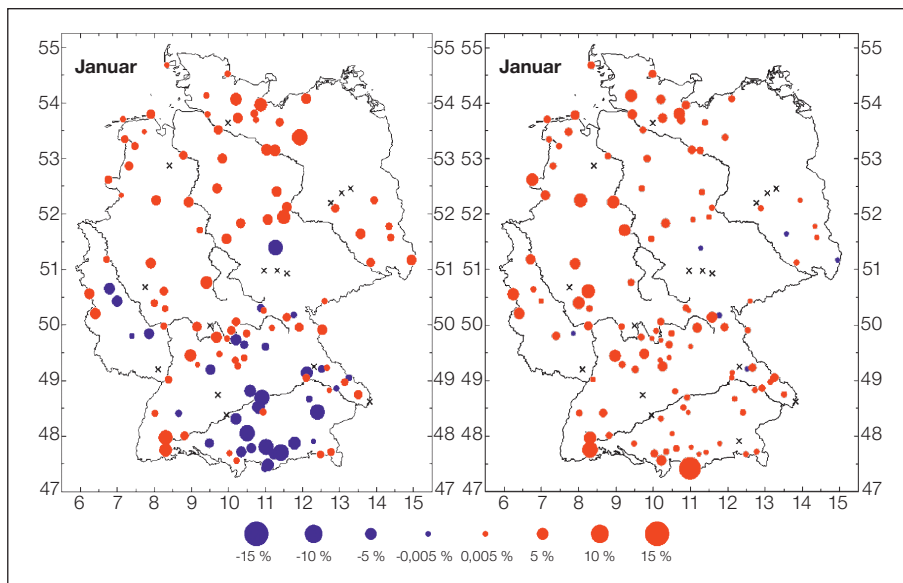


Abb. 7. Trends der Unterschreitungswahrscheinlichkeiten extrem geringer (5%-Perzentil), links, und Überschreitungswahrscheinlichkeiten extrem hoher Niederschläge (95%-Perzentil), rechts, im Januar; rot bedeutet Zunahme, blau Abnahme und x keine signifikante Änderung.

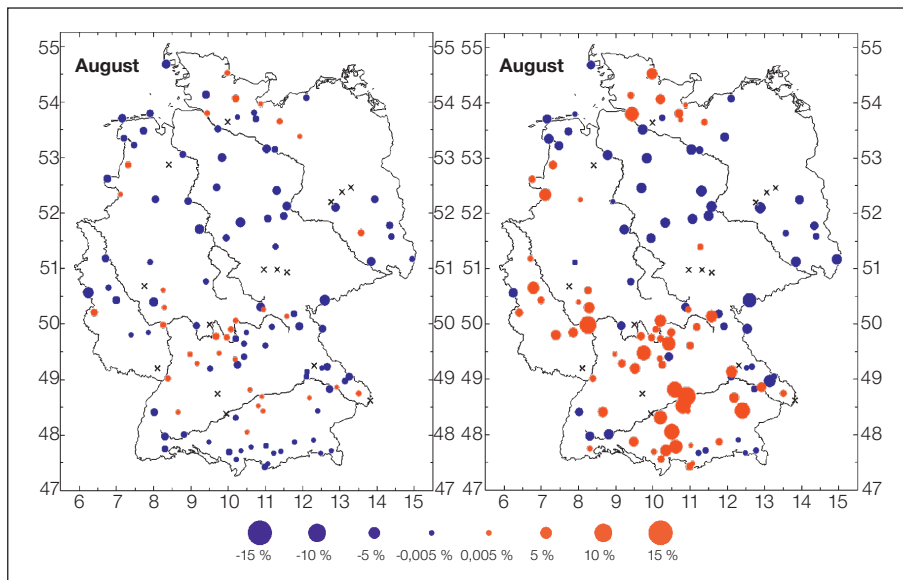


Abb. 8. Ähnlich Abb. 7 jedoch für August.

Wolkenstrukturen zusammenhängt, sehr unzuverlässig und ungenau sind, können statistische Analysen von Beobachtungsdaten helfen, dennoch zu greifbaren und belastbaren Abschätzungen zu kommen. Das betrifft sowohl die beobachteten Trends, genauer gesagt die Trends der Mittelwerte [7], aber eben auch die hier betrachteten Veränderungen des Extremwertverhaltens. Obwohl hier nur auf Starkniederschläge und Niederschlagsarmut eingegangen wird, sind damit doch zwei wichtige Gefahren, nämlich Überschwemmungen und Dürren, erfasst, die auch in Ländern mit gemäßigttem Klima wie Deutschland sehr gravierend sein können. Solche Tendenzen möglichst frühzeitig und genau zu erkennen, kann helfen, rechtzeitig Vorsorge- und Schutzmaßnahmen einzuleiten.

Die neue statistische Analyseverfahren, von der hier einige Ergebnisse vorgestellt worden sind, überwindet einige der gravierenden Probleme und Einschränkungen der bisher üblichen statistischen Extremwertanalyse. Für beliebige Stationen, Schwellenwerte und Zeitpunkte, soweit dafür

Daten vorliegen, ist nun exakt angebbbar, mit welcher Wahrscheinlichkeit extrem hohe bzw. extrem geringe Niederschläge zu erwarten sind und wie sich diese Wahrscheinlichkeit im Laufe der Beobachtungszeit, hier der letzten 100 Jahre, entwickelt hat. In einem weiteren Projekt sind diese Analysen auch auf Tagesdaten ausgedehnt worden [10].

Geht man davon aus, dass der globale Klimawandel neben natürlichen Ursachen in zunehmendem Maße auch anthropogene Ursachen hat und dass dies auch mit Veränderungen der Extremwerte einhergeht, so könnten Fortschreibungen der hier beschriebenen Tendenzen als eines der möglichen Zukunftsszenarien angesehen werden. Jedoch ist dieser Zukunftsaspekt nicht nur aus Sicht der Klimamodellrechnungen, sondern auch vom empirisch-statistischen Aspekt aus besonders problematisch.

Literatur

[1] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), J. T. Houghton et al. (Hrsg.): Climate Change 2001. The Scientific Basis. University Press. Cambridge 2001. – [2] C.-D. Schönwiese: Klimatologie. 2. Aufl. Ulmer (UTB). Stuttgart 2003. – [3] MüRück (Münchener Rückversicherungsgesellschaft, Hrsg.): Große Naturkatastrophen. Topics 2002, 12–15 (2003). – [4] C.-D. Schönwiese et al., Meteorol. Z. **13**, 323 (2004); s. auch Deut. Wetterdienst: Klimastatusbericht 2003, 123 (2004). – [5] C. Beck et al.: Die Trockenperiode des Jahres 2003 in Deutschland im Kontext langzeitlicher Niederschlagsvariabilität. Deut. Wetterdienst, Klimastatusbericht 2003, 142–151 (2004). – [6] B. Rudolf, J. Rapp: Das Jahrhunderthochwasser der Elbe: Synoptische Wetterentwicklung und klimatologische Aspekte. Deut. Wetterdienst, Klimastatusbericht 2002, 173–188 (2003). – [7] C.-D. Schönwiese, R. Janoschitz: Klimatrendatlas Deutschland 1901-2000. Bericht Nr. 4, Inst. f. Atmosphäre u. Umwelt, Univ. Frankfurt/M. 2005. – [8] S. Trömel: Statistische Modellierung von Klimazeitreihen (Dissertation). Bericht Nr. 2, Inst. f. Atmosphäre u. Umwelt, Univ. Frankfurt/M. 2005. – [9] S. Trömel, C.-D. Schönwiese, Meteorol. Z. **14**, 417 (2005). – [10] M. Jonas et al.: Berechnung der Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten von Extremereignissen durch Klimaänderungen – Schwerpunkt Deutschland. Bericht Nr. 1, Inst. f. Atmosphäre u. Umwelt, Univ. Frankfurt/M. 2005.

Prof. Dr. **Christian-Dietrich Schönwiese** (geb. 7. Oktober 1940) ist Leiter der Arbeitsgruppe Klimaforschung am Institut für Atmosphäre und Umwelt der Universität Frankfurt a. M. und zugleich stellvertretender Institutsdirektor. Seine Forschungsschwerpunkte sind die statistische Analyse der Klimaänderungen der letzten ca. 100–200 Jahre, insbesondere hinsichtlich Trends und Extremereignissen, sowie die Abgrenzung anthropogener von natürlichen Ursachen. Autor der Standardlehrbücher Klimatologie (Ulmer, Stuttgart, 2. Aufl. 2003) und Praktische Statistik (Borntraeger, Stuttgart, 3. Aufl. 2003).

Dr. **Silke Trömel** (geb. 31. Oktober 1972) ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Atmosphäre und Umwelt der Universität Frankfurt a. M. In ihrer Dissertation hat sie die hier vorgestellte Methode der Extremwertanalyse entwickelt und nicht nur auf Beobachtungsdaten des Niederschlags in Deutschland, sondern weltweit angewandt. Diese Arbeit ist als Institutsbericht (neue Serie) Nr. 2 erschienen und von der Homepage der Arbeitsgruppe herunterzuladen.

*Institut für Atmosphäre und Umwelt der Universität, Arbeitsgruppe Klimaforschung, Postfach 11 19 32, 60054 Frankfurt a. M.
Homepage: <http://www.geo.uni-frankfurt.de/iau/klima/>*