

## Extremniederschläge in Deutschland seit 1900

Christoph Beck & Jürgen Grieser

Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie (WZN), Deutscher Wetterdienst,  
Kaiserleistraße 42, 63067 Offenbach

### Abstract

Long-term variability of daily extreme precipitation in 20<sup>th</sup> century Germany is investigated on the basis of long time series of daily observations. On the basis of the definition of extreme precipitation events as daily precipitation totals exceeding the 99 % percentile several indices describing frequency and intensity of extreme precipitation events are determined (e.g. number of days with extreme precipitation, percentage of annual/semiannual precipitation totals fallen on days with extreme precipitation, mean precipitation on days with extreme precipitation). These variables enter into linear trend analyses that have been performed for varying periods and for the whole year as well as for the hydrological half-years. First results give evidence of increased frequency and intensity of extreme precipitation events in the 20<sup>th</sup> century at the majority of the stations investigated. Positive trends are most pronounced during the hydrological winter season and in the last 40 years of the last century. For the whole year as well as for the hydrological half-years it can be stated that long-term variations of extreme precipitation evidence a high degree of spatial variability.

### Zusammenfassung

Unter Verwendung langer täglicher Niederschlagsreihen werden die langzeitlichen Veränderungen von Extremniederschlägen in Deutschland im 20. Jahrhundert untersucht. Dabei werden verschiedene Indizes, die Häufigkeit und Intensität extremer

Niederschlagsereignisse - definiert als Überschreitungen des 99 %-Perzentils - beschrieben, in ihrer zeitlichen Variabilität betrachtet (u. a. Anteil von Starkniederschlagstagen an Beobachtungstagen, Anteil der Starkniederschläge an der jährlichen/halbjährlichen Niederschlagssumme sowie die mittlere Niederschlagssumme an Starkniederschlagstagen). Für die genannten Variablen werden lineare Trendanalysen unter Zugrundelegung variierender Bezugszeiträume für das Gesamtjahr sowie für die hydrologischen Halbjahre durchgeführt. Erste Ergebnisse belegen eine Häufigkeits- und Intensitätszunahme extremer Niederschlagsereignisse im 20. Jahrhundert an der Mehrheit der untersuchten Stationen. Besonders deutlich ausgeprägte positive Trends sind dabei im hydrologischen Winterhalbjahr und in den letzten 40 Jahren des vorigen Jahrhunderts festzustellen. Sowohl für das Gesamtjahr als auch in den beiden Halbjahren sind jeweils ausgeprägte räumliche Differenzierungen der langzeitlichen Variationen der Starkniederschläge zu beobachten.

### Einleitung

Seit Anfang der 1990er Jahre wurden in verschiedenen deutschen Flusseinzugsgebieten gehäuft Hochwasserereignisse beobachtet, die im Sinne der klassischen Extremwertstatistik als Jahrhunderthochwasser bezeichnet werden konnten. Es steht außer Frage, dass diese Ereignisse in erster Linie die Folge von Starkniederschlagsereignissen waren. Ungeklärt ist allerdings ob diese Ereignishäufung zufällig oder

durch langzeitliche Veränderungen der statistischen Eigenschaften von Starkniederschlägen bedingt ist. Vor diesem Hintergrund werden im vorliegenden Beitrag die langzeitlichen Häufigkeits- und Intensitätsvariationen von Starkniederschlägen in Deutschland im 20. Jahrhundert untersucht.

### Daten

Zur Untersuchung der langzeitlichen Variabilität von Häufigkeit und Intensität von Starkniederschlägen in Deutschland im 20. Jahrhundert stehen beim Deutschen Wetterdienst Zeitreihen der täglichen Niederschläge von 11 Stationen für den Zeitraum von

1901 bis 2000 bzw. 54 Stationen für den Zeitraum von 1941 bis 2000 zur Verfügung. Die räumliche Verteilung der Stationen ist in Fig. 1. wiedergegeben.

### Untersuchungsschritte

*Definition von Starkniederschlagstagen*  
Starkniederschlagstage können auf unterschiedliche Weise definiert werden. Verschiedene Ansätze ziehen absolute oder auf der Grundlage stationsspezifischer Häufigkeitsverteilungen ermittelte Schwellenwerte zur Bestimmung von Starkniederschlagstagen heran (Frich et al., 2002). Erstgenannte



Fig. 1: Räumliche Verteilung täglicher Niederschlagsreihen für die Zeiträume 1901 - 2000 und 1941 - 2000.

Variante sollte nur für die Untersuchung von Einzelstationen Verwendung finden während die vergleichende Analyse mehrerer Stationen auf der Basis stationsspezifisch definierter Schwellenwerte durchgeführt werden sollte, um eine allzu starke Ergebnisabhängigkeit von sehr niederschlagsreichen Einzelstationen zu vermeiden. Im Rahmen des vorliegenden Beitrags gelten solche Tage als Starkniederschlagstage, an denen Niederschlagssummen gemessen wurden, die im langjährigen Mittel (für den Bezugszeitraum 1941 – 2000) der jeweiligen Station nur einmal in 100 Tagen überschritten werden. Solche Überschreitungen des stationsspezifischen 99 %-Perzentils sollten, bei ganzjähriger Betrachtungsweise, im Schnitt an 365 Tagen jedes Jahres eintreten. Auf der Grundlage dieses Selektionskriteriums liegen somit genügend Fälle (365 bei hundertjährigen Reihen) vor, um statistische Analysen durchführen und Aussagen zur statistischen Signifikanz der Ergebnisse formulieren zu können. Die Bestimmung der stationsspezifischen Schwellenwerte erfolgt einmal für das Gesamtjahr und zusätzlich, um dem saisonal unterschiedlichen Niederschlagsverhalten Rechnung zu tragen, getrennt für die beiden hydrologischen Halbjahre (November bis April bzw. Mai bis Oktober). Berücksichtigt werden generell nur solche Jahre in denen für mindestens 360 Tage Beobachtungswerte vorliegen.

### **Ableitung weiterer Variablen**

Neben der Anzahl der Starkniederschlagstage werden weitere Variablen bestimmt (unter anderem Niederschlagssumme an Starkniederschlagstagen, Mittlerer Tagesniederschlag an Starkniederschlagstagen, Anteil der

Starkniederschläge am Jahresniederschlag), die einen erweiterten Einblick in die langzeitliche Variabilität von Starkniederschlägen geben.

### **Lineare Trendanalysen**

Für die verschiedenen Variablen werden bei jährlicher bzw. halbjährlicher Betrachtung lineare Trends an den jeweils innerhalb der verschiedenen betrachteten Zeiträume (1901 - 2000, 1921 - 2000, 1941 - 2000, 1961 - 2000) verfügbaren Stationen berechnet. Die Trends aller Stationen werden anschließend zu einem mittleren variablen-spezifischen Trend zusammengefasst, der einen Eindruck der über ganz Deutschland integrierten Veränderungen vermittelt. Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse für die verschiedenen Untersuchungszeiträume zu gewähren, werden die Trendwerte jeweils auf eine Dekade bezogen.

### **Signifikanzaussagen**

Auf der Grundlage der stationsspezifischen Trendwerte wird schließlich mittels eines einfachen Testverfahrens untersucht, ob eine signifikante Häufung positiver oder negativer Trends vorliegt. Hierbei wird die Wahrscheinlichkeit dafür berechnet, dass aufgrund der beobachteten Häufung positiver oder negativer Trends die Nullhypothese, dass alle beobachteten Trends zufällig sind (es müssten demnach jeweils gleich viele positive und negative Trends auftreten) abgelehnt werden muss.

### **Ergebnisse**

Die Ergebnisse der durchgeführten Trendanalysen und Signifikanzabschätzungen sind in komprimierter Form in Table 1 wiedergegeben.

Table 1: Relative Trends (% vom Anfangswert) der Anzahl der Starkniederschlagstage pro Jahr (V1), der an diesen Tagen fallenden Niederschlagsmenge (V2), sowie der Intensität (V3). Jeweils erste Spalte: Gesamtjahr (G), zweite und dritte Spalte: hydrologischer Sommer (S) und Winter (W). Fälle mit signifikant mehr Stationen mit positivem Trend sind fett gedruckt.

Zeitraum	1901 bis 2000			1921 bis 2000			1941 bis 2000			1961 bis 2000		
Stationsanzahl	11			11			54			54		
Jahreszeit	G	S	W	G	S	W	G	S	W	G	S	W
V1	<b>25</b>	17	<b>46</b>	24	13	<b>40</b>	13	9	<b>31</b>	<b>13</b>	<b>19</b>	<b>25</b>
V2	<b>41</b>	26	<b>74</b>	37	17	<b>72</b>	14	11	<b>26</b>	<b>16</b>	20	<b>26</b>
V3	14	<b>16</b>	35	7	10	<b>43</b>	2	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>6</b>	10	<b>7</b>

In allen Untersuchungszeiträumen und sowohl für das Gesamtjahr als auch für die beiden hydrologischen Halbjahre ergeben sich Zunahmen der Anzahl der Starkniederschlagstage. Die deutlichsten Trends zeigen sich hierbei im Winterhalbjahr und bei Betrachtung des Zeitraums von 1901 bis 2000.

Ebenfalls ausschließlich positive Trends kennzeichnen auch die zeitliche Entwicklung der Niederschlagssummen, die an Starkniederschlagstagen fallen. Auch bezüglich dieses Parameters fallen die Veränderungen im Winter deutlicher aus als im Sommer.

Aus der Häufigkeitszunahme von Starkniederschlagstagen und des demgegenüber ausgeprägteren Anstiegs der Starkniederschlagsmenge ergibt sich eine für alle Untersuchungszeiträume und alle Jahresabschnitte festzustellende Intensitätssteigerung der Starkniederschläge, die ihre deutlichste Ausprägung wiederum im Winterhalbjahr findet.

Innerhalb der betrachteten Zeiträume weist auch die Gesamtniederschlagsmenge einen überwiegend positiven Trend auf. Diese ganzjährig zu beobachtende, im Winterhalbjahr am stärksten ausgeprägte Entwicklungstendenz stimmt überein mit Ergebnissen früherer Arbeiten (Grieser et al., 2000).

Da der generelle Niederschlagstrend aber bedeutend schwächer ausfällt als die korrespondierende Zunahme der

Starkniederschläge resultiert insgesamt eine Bedeutungssteigerung des Starkniederschlagsgeschehens für die Gesamtniederschlagsmenge.

Betrachtet man abschließend die Ergebnisse der Signifikanzprüfung der Häufung positiver Trendwerte bezüglich der verschiedenen Untersuchungsvariablen und unter Zugrundelegung der verschiedenen Analysezeiträume so zeigt sich, dass für das hydrologische Winterhalbjahr die überwiegende Anzahl an Häufungen positiver Trends für alle Teilzeiträume signifikant ist. Weniger deutliche Ergebnisse sind hingegen für das Gesamtjahr und das Sommerhalbjahr in den ersten drei Untersuchungszeiträumen zu konstatieren, während für die letzten 40 Jahre des 20. Jahrhunderts auch hier bezüglich fast aller Variablen eine signifikante Häufung positiver Trends festgestellt werden kann.

### Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass im 20. Jahrhundert sowohl eine Häufigkeits- als auch eine Intensitätssteigerung von Starkniederschlagsereignissen stattgefunden hat. Insgesamt resultiert daraus eine Bedeutungszunahme des Starkniederschlagsgeschehens für die generelle Niederschlagscharakteristik in Deutschland.

Zwar erlaubt das Ergebnis vermehrt auftretender und intensivierter Stark-

niederschlagsereignisse noch nicht die Formulierung eines kausalen Zusammenhangs mit den eingangs erwähnten Häufigkeitszunahmen stark ausgeprägter Hochwasserereignisse, zumal die Untersuchungsergebnisse keine klar interpretierbaren räumlichen Strukturen aufzeigen und keine Schlüsse über die hochwasserrelevante zeitliche Abfolge von Starkniederschlagsereignissen ermöglichen, jedoch liefern die präsentierten Ergebnisse einen möglichen Erklärungsansatz für seit den 1990er Jahren gesteigerte Hochwasserhäufigkeiten.

### **Literatur**

- Frich, P., Alexander, L. V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Klein Tank, A. M. G., Peterson, T. (2002). Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. - *ClimateResearch* **19**, 193 - 212.
- Grieser, J., Staeger, T., Schönwiese, C.-D. (2000). Statistische Analyse zur Früherkennung globaler und regionaler Klimaänderungen aufgrund des anthropogenen Treibhauseffektes. - Berichte des Instituts für Meteorologie und Geophysik der Universität Frankfurt/Main. Eigenverlag des Instituts, Frankfurt/Main.