

## Die Trockenperiode des Jahres 2003 in Deutschland im Kontext langzeitlicher Niederschlagsvariabilität

Christoph Beck, Jürgen Grieser, Silke Trömel

### Angaben zur Veröffentlichung / Publication details:

Beck, Christoph, Jürgen Grieser, and Silke Trömel. 2004. "Die Trockenperiode des Jahres 2003 in Deutschland im Kontext langzeitlicher Niederschlagsvariabilität." Klimastatusbericht 2003: 142-51. [https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimastatusbericht/publikationen/ksb2003\\_pdf/08\\_2003.html?nn=16102](https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimastatusbericht/publikationen/ksb2003_pdf/08_2003.html?nn=16102).

### Nutzungsbedingungen / Terms of use:

licgercopyright

Dieses Dokument wird unter folgenden Bedingungen zur Verfügung gestellt: / This document is made available under the following conditions:

**Deutsches Urheberrecht**

Weitere Informationen finden Sie unter: / For more information see:

<https://www.uni-augsburg.de/de/organisation/bibliothek/publizieren-zitieren-archivieren/publizieren>



## Die Trockenperiode des Jahres 2003 in Deutschland im Kontext langzeitlicher Niederschlagsvariabilität

Ch. Beck, J. Grieser, S. Trömel

- Historische Minima der Flusspegelstände in verschiedenen deutschen Flussgebieten (z.B. wird Ende September 2003 mit 50 cm der niedrigste Wasserstand des Rheins am Pegel Emmerich seit Beginn der Pegelmessungen 1804 erreicht),
- in Brandenburg wird aufgrund des akuten Waldbrandrisikos die Waldbrandstufe drei ausgerufen,
- für einige Gemeinden Thüringens kann die Trinkwasserversorgung nur noch mittels Tankwagen sichergestellt werden.



**Abb. 1** Das Dorf Asel, gegründet 1317, erbaute 1890 diese Brücke. Wegen des Baus der Edertalsperre wurde das Dorf umgesiedelt und 1914 geflutet. Durch den Jahrhundertsommer senkte sich der Wasserspiegel im Jahr 2003 soweit, dass neben vielen versunkenen Bauruinen auch diese gut erhaltene Brücke wieder ans Tageslicht trat. (Foto und Text von Matthias Heitwerth)

Dies sind nur drei Beispiele für jeden erkennbarer Folgen einer langanhaltenden Phase defizitären Niederschlagsaufkommens in 2003, die nicht nur klimatologisches Phänomen war sondern auch von ökonomischer Relevanz ist (Münchener Rückversicherungsgesellschaft).

Im vorliegenden Beitrag soll der Frage nachgegangen werden, wie die Trockenheit des Jahres 2003 bei vergleichender Betrachtung mit der Niederschlagsentwicklung in Deutschland im 20. Jahrhundert zu bewerten ist, inwieweit sie als Konsequenz systematischer Veränderungen des Niederschlagsgeschehens aufgefasst werden kann und welchen langzeitlichen Variationen ihre Eintrittswahrscheinlichkeit unterliegt. Nach einer kurzen Beschreibung und Einordnung der Trockenheit in den langzeitlichen Kontext erfolgt in den darauffolgenden Abschnitten zunächst eine Untersu-

chung der Änderungen im Auftreten von Trockentagen und in der Andauer von Trockenperioden. Abschließend wird anhand einer statistischen Modellierung monatlicher stationsbezogener Niederschlagsreihen die zeitliche Änderung der Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines solchen Ereignisses in räumlicher Differenzierung untersucht.

### *Charakterisierung der Trockenphase des Jahres 2003 in Deutschland*

Eine Übersicht der monatlichen Niederschlagssummen (Deutschlandmittel) während der ersten 10 Monate des Jahres 2003 (Tabelle 1, Quelle: Klimainformationssystem des Deutschen Wetterdienstes - <http://www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/index.htm>) verdeutlicht zum einen, dass bei monatspezifischer Betrachtungsweise die Niederschlagssumme jedes Einzelmonats des vergangenen Jahres innerhalb des Zeitraums von 1901 bis 2000 mehrmals unterschritten wurde. Selbst die Niederschlagssummen im Februar und August - den Monaten mit den deutlichsten Niederschlagsdefiziten im Vergleich zum vieljährigen Mittel des Bezugszeitraums (1961-1990) - wurden im letzten Jahrhundert noch in 9 bzw. in 2 Monaten unterboten. Der relativ gesehen feuchteste Einzelmonat Mai nimmt sogar nur den 49. Rangplatz ein. Zum anderen offenbart Tabelle 1 aber, dass aus den einzelnen, zum Teil nicht außergewöhnlich niedrigen Monatssummen insgesamt gesehen in Deutschland eine bemerkenswert langanhaltende Phase unterdurchschnittlicher Niederschläge von Februar bis September resultiert, die, in Verbindung mit zeitweise stark überdurchschnittlichen Temperaturen (siehe Schönwiese et al. in diesem Band), die eingangs erwähnten Auswirkungen auf natürliche und gesellschaftliche Systeme zeigte.

Geht man von der Annahme aus, dass das Niederschlagsgeschehen in Deutschland keinen langfristigen Änderungen unterliegt, setzt man also Stationarität voraus, so lassen sich die auf 100 Beobachtungsjahre bezogenen Anzahlen von Unterschreitungen der für verschiedene Zeiträume aggregierten Niederschläge (Tabelle 1) als Wahr-

**Tab. 1** Monatsniederschläge des Jahres 2003 (Januar bis Oktober) in Deutschland, relative Abweichungen vom vieljährigen Mittel (Bezugswert 1961-1990), Anzahl der Unterschreitungen bzgl. der Periode 1901 bis 2000 und daraus abgeleitete Wiederkehrzeit.

Monat	Niederschlag [mm]	Abweichung vom Bezugswert in %	Anzahl der Unterschreitungen	Wiederkehrzeit [Jahre]
Januar	79.3	+30.4	823	1.2
Februar	19.6	-60.2	9	11.1
März	26.8	-52.6	14	7.1
April	37.1	-36.3	21	4.8
Mai	63.8	-10	48	2.0
Juni	52	-38	9	11.1
Juli	66.5	-14.2	21	4.5
August	33.2	-57	2	50
September	50.2	-17.9	30	3.3
Oktober	72.6	+30.1	691	1.4
Frühling	127.8	-31.8	10	9.1
Sommer	151.8	-36.6	4	25
Feb. – Aug.	299.2	-39	1	100
Feb. - Sep.	349.2	-35.78	4	25

scheinlichkeiten für das Auftreten entsprechender Trockenphasen interpretieren. Der Kehrwert dieser Wahrscheinlichkeit kann dann als Schätzwert für die Wiederkehrzeit des jeweiligen Ereignisses aufgefasst werden. Für die Einzelmonate des Zeitraums Februar bis September ergeben sich so Wiederkehrzeiten zwischen etwa zwei (Mai) und 50 Jahren (August) und bei saisonaler Zusammenfassung Wiederkehrzeiten von neun (Frühling) bzw. 25 Jahren (Sommer). Betrachtet man aber den Zeitraum von Februar bis August, so erhält man eine geschätzte Wiederkehrzeit von 100 Jahren. Während also die unterdurchschnittlichen Niederschläge der Einzelmonate mehrheitlich nicht als extrem seltene Ereignisse bezeichnet werden können, trifft dies für die übergreifende Periode von Februar bis August umso mehr zu. Bei dieser Abschätzung von Wiederkehrzeiten aus relativen Häufigkeiten ist jedoch große Vorsicht geboten, insbesondere wenn der Berechnung sehr wenige Ereignisse zugrundeliegen. So suggeriert ein einmal in hundert Jahren aufgetretenes Ereignis ein Hundertjahreereignis, ein zweimal beobachtetes schon ein Fünfzigjahreereignis. Bei Betrachtung eines vom letzten Jahrhundert abweichenden hundertjährigen Bezugszeitraums, hätten wir demnach auch deutlich divergierende Ergebnisse erhalten können.

Detailliertere Aussagen zur Wiederkehrzeit der Trockenheit des Jahres 2003 werden wir im weiteren auf der Grundlage der Ergebnisse einer statistischen Modellierung der Niederschlagsreihen formulieren. Zuvor soll aber die Frage beantwortet werden, wie das Auftreten der oben kurz charakterisierten außergewöhnlich langanhaltenden Trockenperiode des Jahres 2003 in den Kontext langzeitlicher Variabilität der Häufigkeit und Persistenz von Trockentagen in Deutschland einzuordnen ist.

#### *Langzeitliche Veränderungen der Auftrittshäufigkeit von Trockentagen sowie der Andauer und des Beginns von Trockenperioden*

Zur Analyse langzeitlicher Veränderungen von Trockenheiten in Deutschland für den Bezugszeitraum von Februar bis August (182 Tage) werden stationsbezogene Tagesdaten des Niederschlags von 83 deutschen Stationen für den Zeitraum von 1901 bis 2000 analysiert (zur räumlichen Verteilung der Stationen siehe Abb. 1). Als Trockentage werden dabei solche Tage aufgefasst, an denen bis zu 1 mm Niederschlag gefallen ist. Um weitergehende Aussagen zu Variationen der Dauer und des Eintrittsdatums von Trockenperioden zu ermöglichen, wird darüber hinaus für jedes Jahr die längste Periode bestimmt innerhalb derer an allen aufeinanderfolgenden Tagen nicht mehr als jeweils 2 mm Niederschlag gemessen wurde (maximum number of consecutive dry days, entsprechend der Definition des UK Met Office im Rahmen des UK Climate Impact Programme).

In einem ersten Untersuchungsschritt wird zunächst für jede der 83 Stationen und jeweils alle drei Untersuchungsvariablen (Anzahl Trockentage, Dauer und Eintrittsdatum der längsten Trockenperiode) ein Mann-Kendall Trendtest durchgeführt, der Aufschluss über Vorzeichen und Signifikanz langzeitlicher Änderungstendenzen gibt.

Die in Tabelle 2 zusammengefassten Ergebnisse verdeutlichen, dass bezüglich der Anzahl der Trockentage und der Länge der längsten Trockenperiode nur an wenigen Stationen signifikante Trends ausgeprägt sind. Zwar überwiegen zahlenmäßig in beiden Fällen die Stationen mit signifikant negativem Trend, diese Häufungen erreichen

aber keine statistische Signifikanz.

Hingegen zeigt sich bezüglich des Eintrittsdatums der längsten Trockenperiode ein ausgeprägtes hochsignifikantes Übergewicht von Stationen, an denen eine signifikante Verschiebung des Beginns der Trockenphase, und zwar auf ein späteres Datum, festgestellt werden kann.

**Tab. 2** Zusammenfassung der Ergebnisse der Mann-Kendall Trendtests der Untersuchungsvariablen: Anzahl der Stationen mit signifikant positivem/negativem Trend und Signifikanz der Häufung von Sta-

Variable	Anzahl der Stationen mit sign. negativem Trend	Anzahl der Stationen mit sign. positivem Trend	Signifikanz der Anzahl der Trends
Anzahl Trockentage	7	4	Unsign.
Länge Trockenperiode	6	1	Unsign.
Beginn Trockenperiode	0	16	99.99%

tionen mit signifikantem Trend des dominierenden Vorzeichens.

Zur Abschätzung der Größenordnung dieser Veränderungen erfolgte in einer weiteren Untersuchung der Vergleich der variablenspezifischen Mittelwerte der ersten und der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts, wobei für die Ergebnisdarstellung in Tab. 3 die Mittelwerte und die Differenzen (zweite Hälfte minus erste Hälfte) jeweils über alle Stationen gemittelt wurden.

An einer deutlich überwiegenen Anzahl von Stationen ist in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts (1951-2000) sowohl die Anzahl der Trockentage im Zeitraum Februar bis August als auch die Andauer der längsten Trockenperiode im entsprechenden Zeitraum gegenüber der ersten Hälfte des Jahrhunderts (1901-1950) reduziert. Gemittelt über alle Stationen ergibt sich eine Abnahme der Häufigkeit von Trockentagen um etwa einen Tag und eine Verkürzung der längsten Trockenphase um etwas mehr als einen halben Tag. In beiden Fällen ist die Häufung von Stationen mit Veränderungen negativen Vorzeichens statistisch signifikant.

Betrachtet man die stationsspezifischen Ergebnisse, so zeigt sich eine ausgeprägte Schwankungsbreite der Unterschiede zwischen den beiden Vergleichszeiträumen von zwölf Tagen Abnahme bis zu 7 Tagen Zunahme bezüglich der Anzahl von Trockentagen und von 4 Tagen Reduzierung bis zu etwa 2 Tagen Verlängerung hinsichtlich der Dauer der längsten Trockenperiode.

Erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Stationen bestehen auch in Hinblick auf den Beginn der längsten Trockenphase, der im Mittel über alle Stationen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts auf den 13. April fällt und damit gegenüber dem Zeitraum 1901-1950 etwa sechs Tage später registriert wird. Bei stationsspezifischen Veränderungen im Bereich von -18 bis zu +32 Tagen überwiegen insgesamt aber deutlich und statistisch hochsignifikant diejenigen Stationen für die in der zweiten Jahreshälfte ein späterer Eintrittstermin festgestellt werden kann (61 von 83 Stationen).

Angesichts der sehr heterogenen räumlichen Verteilung der zur Verfügung stehenden Stationen (siehe Abb. 1) sind Aussagen zu regionalen Differenzierungen der Untersu-

chungsergebnisse nur eingeschränkt möglich. Dennoch lässt sich für die Veränderungen hinsichtlich Persistenz und Beginn der längsten Trockenphasen feststellen, dass sich die ausgeprägtesten Andauerreduzierungen und die deutlichsten Verschiebungen des Eintrittstermins auf ein späteres Datum in Süddeutschland und dort, bezüglich der letztgenannten Untersuchungsvariable vor allem im Voralpenraum und im Bayerischen Wald manifestieren.

**Tab. 3** Mittelwerte der Untersuchungsvariablen in erster und zweiter Hälfte des 20. Jahrhunderts und Differenzen (zweite Hälfte minus erste Hälfte), sowie Anzahl negativer und positiver Differenzen

Variable	1. Hälfte	2. Hälfte	Differenz	Anzahl neg. Differenzen	Anzahl pos. Differenzen	Signifikanz
<b>Trockentage</b>	135.75	134.63	-1.12	54	29	99.1
<b>Länge Trockenperiode</b>	19.96	19.39	-.58	52	31	97.2
<b>Beginn Trockenperiode</b>	103.25	109.20	5.95	22	61	99.99

Eine in vergleichbarer Weise nachvollziehbare räumliche Strukturierung der Ergebnisse ist aber bezüglich der langzeitlichen Veränderungen der Auftrittshäufigkeiten von Trockentagen nicht erkennbar.

Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse erscheint die Trockenheit des Jahres 2003 nicht als konsequente Folge der langzeitlichen Entwicklungen von Anzahl und Persistenz von Trockentagen in Deutschland seit 1901 sondern vielmehr als von den Langfristtendenzen unabhängiges Einzelereignis.

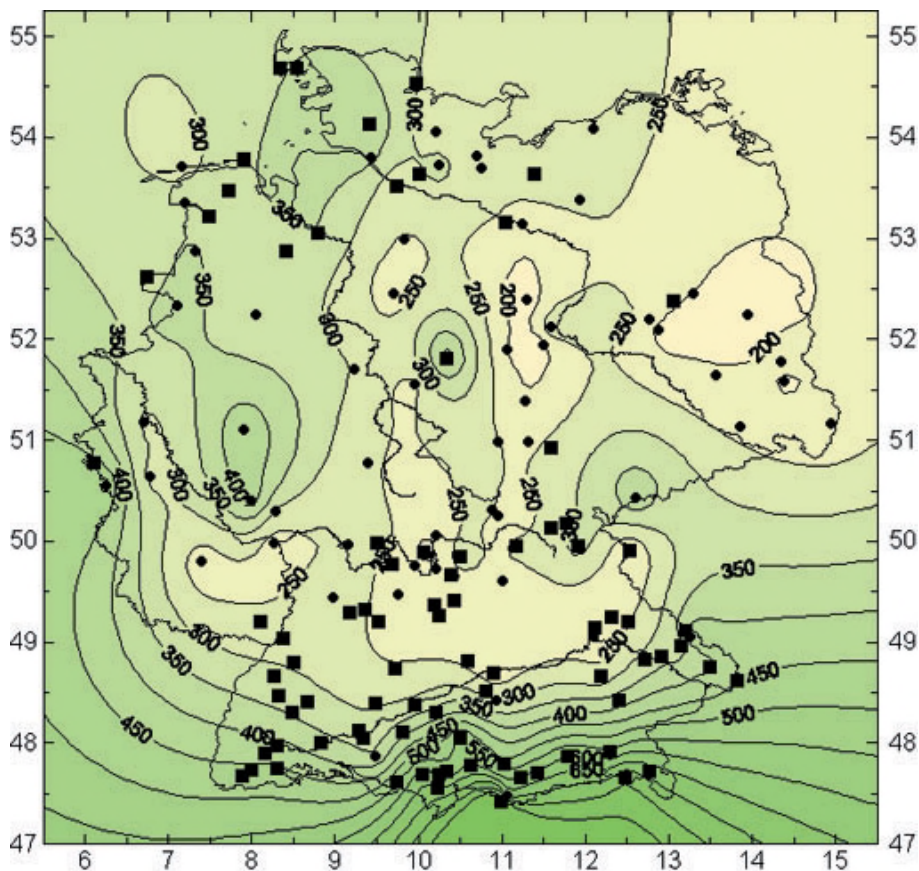
Um zu einer weiter differenzierten Bewertung und Einordnung dieses Ereignisses zu gelangen, werden im weiteren die zeitlichen Variationen der Wahrscheinlichkeit seines Auftretens im 20. Jahrhundert untersucht.

#### *Änderungen der Eintrittswahrscheinlichkeit der aggregierten Niederschlagssummen Februar bis August 2003 im 20. Jahrhundert*

Um Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten der Trockenperiode 2003 sowie deren Änderungen im 20. Jahrhundert abzuschätzen, werden 110 aggregierte Niederschlagsreihen deutscher Stationen für den Zeitraum 1901 bis 2000 statistisch modelliert. Der Wert eines Jahres einer jeden Station beinhaltet hier also die Niederschlagssummen der Monate Februar bis August. Die statistische Modellierung gelingt mittels einer verallgemeinerten Zeitreihenzerlegung (Trömel et al.), welche in der Weiterentwicklung aus einer sukzessiven Strategie (Grieser et al.) zur Berücksichtigung verschiedener Zeitreihenkomponenten hervorgegangen ist. Die Methodik der verallgemeinerten Zeitreihenzerlegung beinhaltet die Möglichkeit auf Basis einer wählbaren Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion Zeitreihen zu beschreiben, indem für zwei der gewöhnlich konstanten Verteilungsparameter Zeitabhängigkeit zugelassen wird. Das bedeutet, für jeden Zeitpunkt der analysierten Reihe, hier z.B. das Niederschlagsaggregat eines Jahres, kann die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion angegeben werden. Da hier Niederschläge mehrerer Monate aufsummiert werden, erscheint bereits die Gaußverteilung statt einer linkssteilen Dichtefunktion wie z. B. der Gumbel- oder der Weibullverteilung adäquat. Das Ergebnis sind 110 zeitabhängige Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen der Gaußverteilung zur Beschreibung der Reihen. Im Gegen-

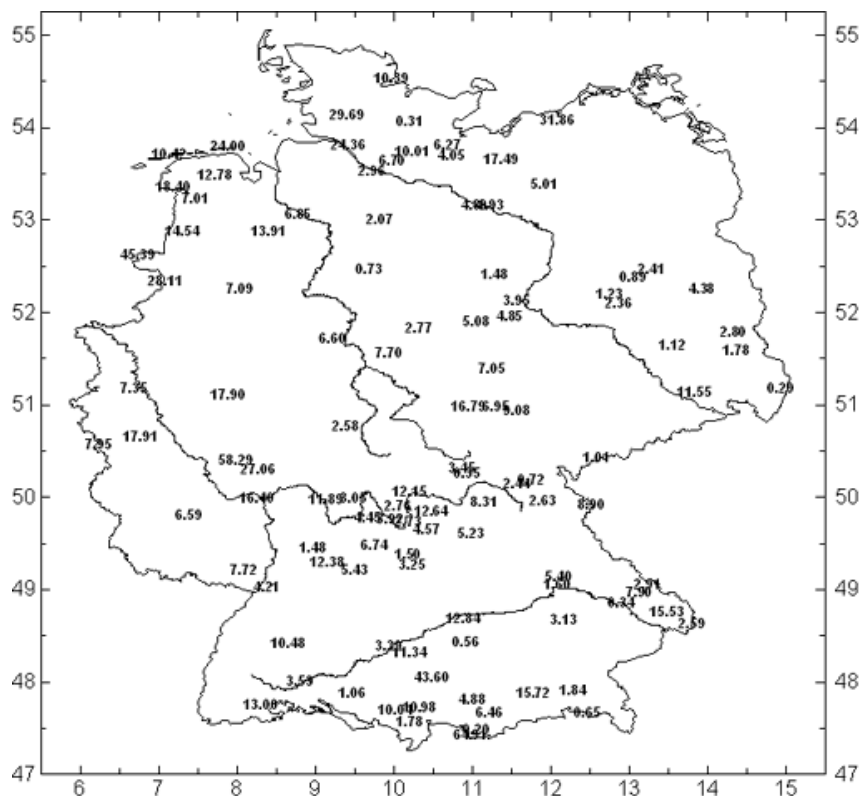
satz zum stationären Fall, also Anpassung einer konstanten Dichtefunktion für den gesamten Beobachtungszeitraum oder der Anpassung mehrerer Dichtefunktionen für innerhalb des Beobachtungszeitraums gleitende Datenfenster, treten an die Stelle konstanten Mittelwerts und Varianz analytische Zeitfunktionen. Zur Beschreibung des Mittelwerts in seinem zeitlichen Verlauf stehen dem Modell Funktionen in Form von Trends bis zur Ordnung 5 sowie niederfrequente Schwankungen, welche durch Polynome der maximalen Ordnung 5 beschrieben werden, zur Verfügung. Für die Varianz können aus einem etwas eingeschränkteren Pool, welcher die starre Basisschwingung des Jahresgangs sowie die Trends der verschiedenen Ordnungen enthält, signifikante Funktionen ausgewählt werden. Welche Funktionen jeweils aus dem entsprechenden Pool zur Beschreibung der beiden Parameter verwendet werden, wird in einem Modellselektionskriterium entschieden, welches an die Stepwise Regression (von Storch und Zwiers) angelehnt ist und zur simultanen Bestimmung zweier Verteilungsparameter einer beliebigen Verteilung statt, wie ursprünglich, des Mittelwerts der Gaußverteilung modifiziert wurde. Wie bereits erwähnt, ist hier zwar keine alternative Verteilung nötig, jedoch die mögliche zusätzliche Variabilität der Varianz.

Zur Beurteilung der Änderungen der Wahrscheinlichkeit für das betrachtete Trockenereignis 2003 im 20. Jahrhundert werden als Schwellenwerte die an der jeweiligen Station beobachteten aggregierten Niederschlagssummen der Monate Februar bis August des Jahres 2003 verwendet. Abbildung 1 veranschaulicht, dass die niedrigsten Werte in Ostdeutschland beobachtet wurden.

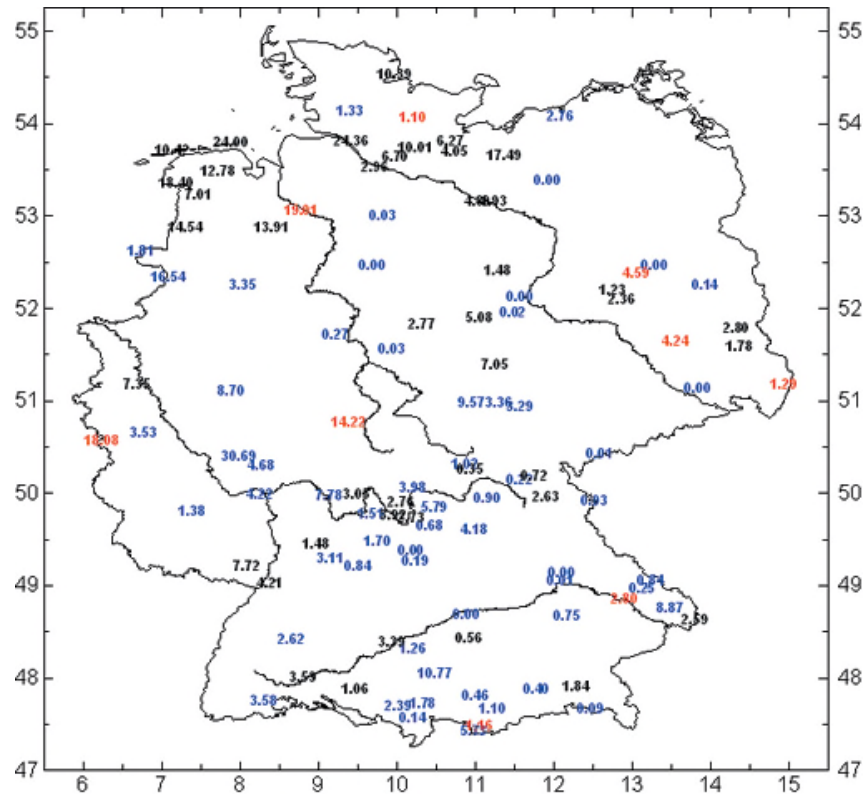


**Abb. 1** Niederschlagsaggregate [mm] der Monate Februar bis August im Jahr 2003. Die schwarzen Kreise und Quadrate zusammen markieren die Stationen der 110 verwendeten Niederschlagsreihen monatlicher Auflösung, die Quadrate alleine die 83 Stationen der verwendeten Tagesdaten.

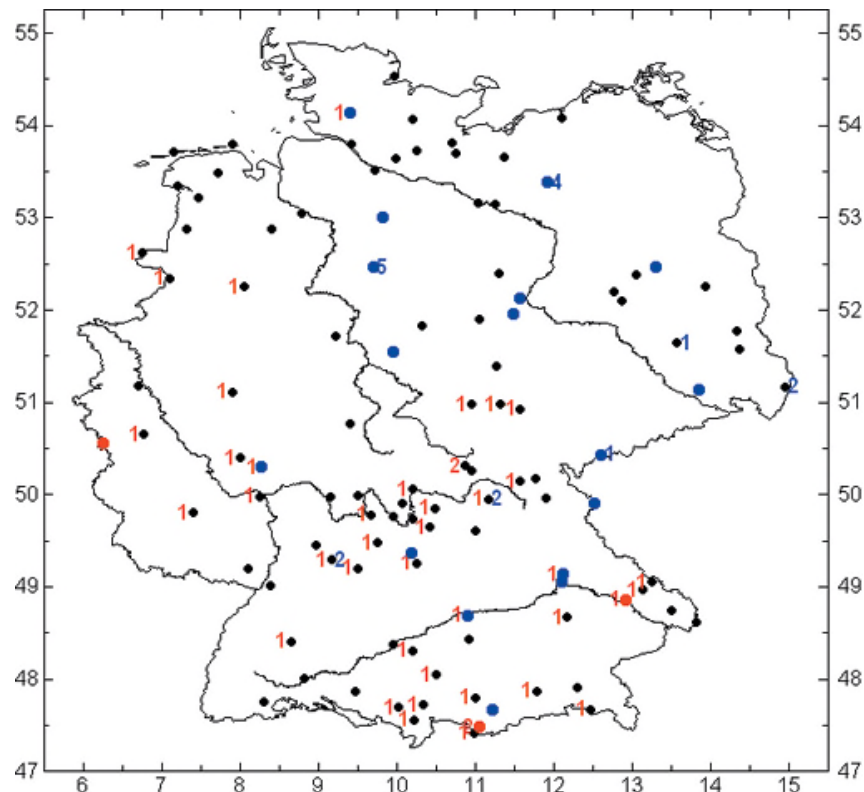
Da das Verfahren die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion für jeden Zeitschritt einer Reihe liefert, können für jede Station die Unterschreitungswahrscheinlichkeiten für den angenommenen Schwellenwert, den aggregierten Niederschlag der Trockenperiode 2003, in den Jahren 1901 und 2000 gegenübergestellt werden. Abbildung 2 zeigt die Unterschreitungswahrscheinlichkeiten für das Jahr 1901. In den unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten spiegeln sich sowohl die unterschiedlichen Schwellenwerte als auch die verschiedenen statistischen Charakteristika der Zeitreihen wider. An den meisten Stationen war die Eintrittswahrscheinlichkeit für die im Jahr 2003 eingetretene Trockenperiode recht gering. Insbesondere im Osten Deutschlands liegen sehr geringe Wahrscheinlichkeiten vor. Der Vergleich der Abbildungen 2 und 3 bzw. das Überwiegen der blauen Zahlen in Abbildung 3 zeigt nun, dass an einem Großteil der Stationen im Laufe des 20. Jahrhunderts die Wahrscheinlichkeit für die Trockenperiode 2003 noch weiter gesunken ist. In 81 der 110 Fälle liegt die Wahrscheinlichkeit im Jahr 2000 für die Trockenperiode unter 5% und in 62 Fällen sogar unter 3%. In 31 Fällen liegt die Wahrscheinlichkeit unter 1% und entspricht somit einem Ereignis, das höchstens alle 100 Jahre erwartet wird. An 24 Stationen wird es höchstens alle 200 Jahre erwartet. Die Änderungen in den Wahrscheinlichkeiten spiegeln detektierte langfristige Änderungen in den Parametern der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen, also Trends und tieffrequente Änderungen im Mittelwert oder Trends in der Varianz, wider. In den Parametern detektierte Trends sind in Abbildung 4 veranschaulicht. Es zeigt sich, dass die Abnahmen in den Unterschreitungswahrscheinlichkeiten im Süden und Westen Deutschlands vor allem durch positive lineare Trends im Mittel verursacht werden. Die systematische Verschiebung zu höheren Niederschlagsaggregaten der betrachteten Periode Februar bis August bewirkt eine Abnahme in der Eintrittswahrscheinlichkeit geringer Werte.



**Abb. 2** Wahrscheinlichkeit in % für die beobachtete Trockenperiode 2003 im Jahr 1901 an den betrachteten Stationen.

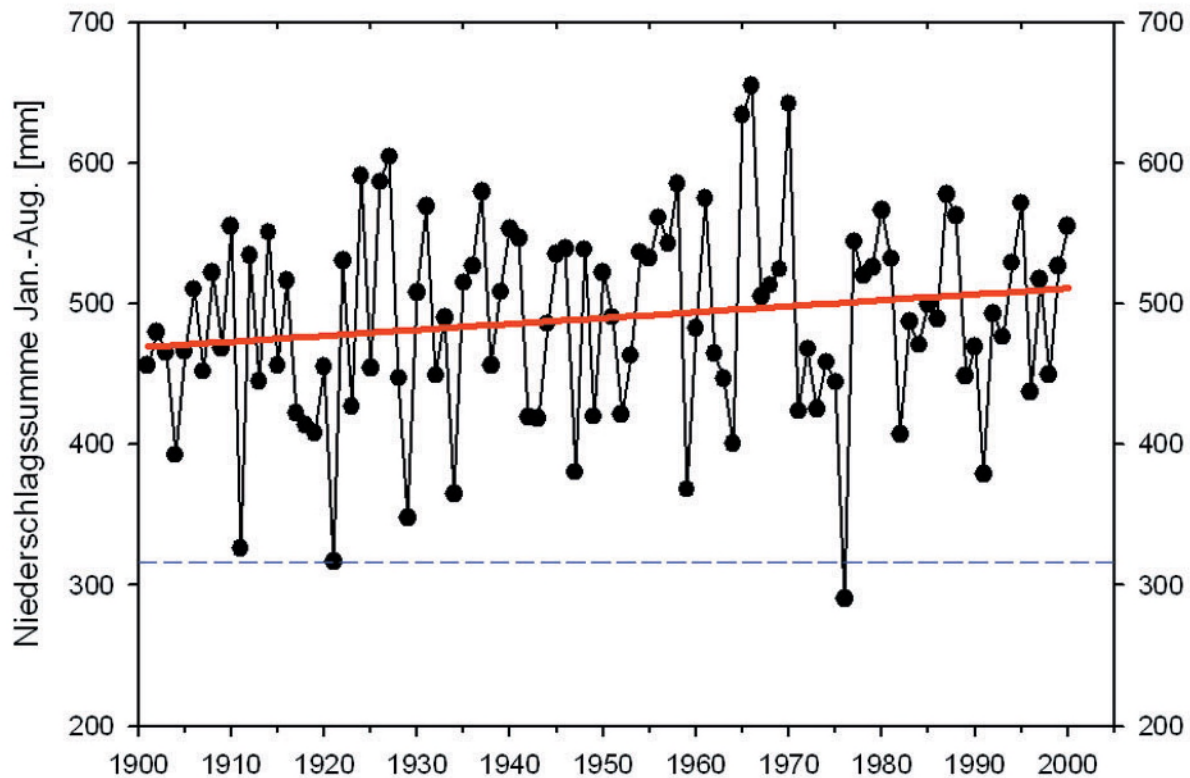


**Abb. 3** Wahrscheinlichkeiten in % für die beobachtete Trockenperiode 2003 im Jahr 2000 an den betrachteten Stationen. Blaue Zahlen markieren eine Abnahme der Wahrscheinlichkeit gegenüber 1901, rote Zahlen eine Zunahme und schwarze Zahlen eine unveränderte Wahrscheinlichkeit. Innerhalb der verwendeten Genauigkeit bedeuten die angegebenen Werte von 0,00% Wahrscheinlichkeiten kleiner 0,005%.



**Abb. 4** Rote Zahlen geben die Ordnung signifikanter positiver und blaue Zahlen die Ordnung signifikanter negativer Trends im Mittel wieder. Stationen mit positivem Trend in der Varianz sind durch einen roten und solche mit negativem Trend in der Varianz mit einem blauen Punkt markiert.

Im Osten Deutschlands werden an einzelnen Stationen negative, teilweise progressive Trends im Mittel beobachtet. Überwiegend sind in Ostdeutschland jedoch negative Trends, zumeist 5. Ordnung, in der Varianz zu beobachten. Die Folge sind ebenfalls eine Abnahme der Eintrittswahrscheinlichkeit geringer Niederschlagsaggregate, insbesondere gegen Ende des Beobachtungszeitraums.



**Abb. 5** Zeitreihe aggregierter Niederschlagssummen von Februar bis August gemittelt über 110 Niederschlagsreihen Deutschlands. Die rote Linie markiert den im Mittel detektierten positiven Trend. Das Niederschlagsaggregat von 1976 wird als Extremereignis detektiert. Die gestrichelte blaue Linie kennzeichnet den im Jahr 2003 beobachteten Wert von 316.1mm.

Aufgrund der abnehmenden Variabilität wird hier aber auch ein selteneres Auftreten relativ hoher Niederschlagsaggregate erwartet, was hier jedoch nicht näher betrachtet wird. Kritisch anzumerken ist, dass beobachtete negative Trends 5. Ordnung in der Varianz die Unterschreitungswahrscheinlichkeiten im Jahr 2000 teilweise sehr gering werden lassen. Dies ist letztlich aber nur Ausdruck reduzierter Variabilität innerhalb weniger Jahre am Ende des 20. Jahrhunderts und darf nicht in die Zukunft extrapoliert werden. Lediglich an 9, unstrukturiert über Deutschland verteilten Stationen ist eine Zunahme der Wahrscheinlichkeit niedriger Niederschlagsaggregate zu beobachten. Grund für die Zunahme sind einzelne positive Trends in der Varianz, aber auch glatte tieffrequente Schwankungen im Mittel. In nur zwei Fällen ist die Zunahme durch einen negativen Trend im Mittel verursacht.

Bildet man eine für Deutschland repräsentative Zeitreihe der Niederschlagsaggregate von Februar bis August durch Mittelung über die betrachteten 110 Reihen, ergibt sich die in Abbildung 5 dargestellte Zeitreihe. Im Mittel sind in Deutschland in den Monaten Februar bis August im Jahr 2003 lediglich 316.1mm Niederschlag gefallen. Aufgrund des im Deutschlandmittel ebenfalls detektierten positiven linearen Trends (rote Linie) sinkt die Wahrscheinlichkeit für ein so niedriges Niederschlagsaggregat von

1901 bis 2000 von 1.03% auf 0.16%. Dies entspricht formal einem Anstieg der Wiederkehrzeit von 97 auf 625 Jahre. Das Niederschlagsaggregat von 316.1mm ist in der Zeit von 1901 bis 2000 lediglich einmal und zwar im Jahr 1976 unterschritten worden. Bemerkenswert ist, dass das Jahr 1976 aus der Analyse als Extremereignis hervorgeht, sowohl im Deutschlandmittel als auch in einigen Stationszeitreihen. Das bedeutet gemäß der hier verwendeten Definition, dass das Niederschlagsaggregat von 1976 mit sehr großer Wahrscheinlichkeit aufgrund des ansonsten angepassten statistischen Modells nicht in der betrachteten Zeitreihe erwartet wird.

### *Zusammenfassung*

Ausgehend von den monatlichen Gebietsniederschlägen in Deutschland im Jahr 2003 im Vergleich zu den Gebietsmitteln des letzten Jahrhunderts konnte festgestellt werden, dass jeder einzelne Monat der Trockenperiode des Jahres 2003 bzgl. des Niederschlags keine Rekorde aufgestellt hat. Erst die lange Andauer der Trockenheit suggeriert ein Jahrhundertereignis.

Ein Blick auf die Veränderungen der Niederschlagscharakteristik auf der Basis von stationsbezogenen Tagesdaten verdeutlicht, dass die Anzahl der Trockentage sowie die Länge der längsten Trockenperiode im Zeitraum von Februar bis August im Verlauf des letzten Jahrhunderts abgenommen hat. Der Beginn der längsten Trockenperiode hat sich hingegen deutlich auf ein späteres Datum verschoben.

Eine statistische Zeitreihenmodellierung der Stationsbeobachtungen führt zu weiteren Erkenntnissen. Zusammenfassend ergibt sich, dass die im 20. Jahrhundert beobachteten langfristigen Änderungen in den Zeitreihen der Niederschlagsaggregate der Monate Februar bis August größtenteils mit einer Abnahme der Eintrittswahrscheinlichkeit für die im Jahr 2003 beobachtete Trockenperiode einhergehen. Im Süden und Westen Deutschlands wird die Abnahme überwiegend durch positive lineare Trends im Mittel und im Osten Deutschlands durch negative progressive Trends in der Varianz hervorgerufen. In etwa einem Fünftel der Fälle wird im Jahr 2000 die Wiederkehrzeit für das jeweilige beobachtete Niederschlagsaggregat 2003 größer als 200 Jahre abgeschätzt. Im Deutschlandmittel ist die Wiederkehrzeit im 20. Jahrhundert von 97 auf 625 Jahre angestiegen. Die Trockenperiode 2003 steht entsprechend beobachteter Niederschlagsreihen des 20. Jahrhunderts also nicht im Einklang mit langfristigen Tendenzen sondern ist als zunehmend unwahrscheinlicheres Ereignis einzustufen. Eine noch markantere Trockenperiode wurde 1976 beobachtet.

### *Danksagung*

Die Autoren danken Herrn Peter Stender für die Hilfe bei der Bereitstellung und Aufarbeitung der Beobachtungsdaten. Ganz besonderer Dank geht an Martin Jonas, Dr. Tim Staeger und Prof. Christian-D. Schönwiese für die anregenden Diskussionen.

### *Literatur*

- Grieser, J., Trömel, S., Schönwiese, C.-D.: Statistical time series decomposition into significant components and application to European temperature. *Theor. Appl. Climatol.*, 71, 171-183 (2002).
- Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft: TOPICS geo-AnnualReview: Natural catastrophes 2003. Munich Re 2004
- Storch, H.v., Zwiers, F. W.: Statistical analysis in climate research. Cambridge University Press (1999).
- Trömel, S., Schönwiese C.-D.: A generalized method of time series decomposition into significant components including probability assessments of extreme events and application to observational German precipitation data. Eingereicht bei *Met. Z.* (2003).