

Extremwertuntersuchung Starkregen in Nordrhein-Westfalen

Klimawandel
in Nordrhein-Westfalen
Wir handeln!



Das Projekt „Extremwertuntersuchung Starkregen in Nordrhein-Westfalen (ExUS)“ wurde von November 2008 bis Dezember 2009 durchgeführt. Untersucht wurde dabei, ob sich aus den Messdaten der Niederschlagsstationen in Nordrhein-Westfalen eine Veränderung im Starkregenverhalten ableiten lässt und ob vorliegende Daten aus Klimamodellen eine Änderung für die Zukunft erkennen lassen.

Zusammenfassung

In die Untersuchung flossen die Niederschlagsdaten von 176 kontinuierlich aufzeichnenden Stationen und 412 Tageswertstationen sowie berechnete Daten von vier Läufen der regionalen Klimamodelle ein. Ein wesentliches Ergebnis der Untersuchung ist, dass ein 30-Jahreszeitraum lediglich eben für diesen Zeitraum repräsentativ ist und eine Extrapolation von Trends oder deren Übertragung auf andere Zeiträume unzulässig ist.

Die Analyse der Daten zeigte, dass von 1950 bis 2008 die mittleren Niederschlagssummen des hydrologischen Jahres, das jeweils von November bis Oktober geht, überwiegend zugenommen haben. Dabei haben die mittleren Niederschläge im hydrologischen Winterhalbjahr von November bis April zugenommen, die Sommerniederschläge landesweit zu gleichen Teilen räumlich eher inhomogen sowohl zu- als auch abgenommen.

Niederschlagsdaten von 1950 – 2008

Trenduntersuchungen

Klimaprojektionen

Die Region an der Grenze des Bergischen Landes zum Sauer- und Siegerland fällt durch besonders starke Zunahmen der Niederschlagssummen auf, das gilt auch für den Sommer. In den Mittelgebirgen können in unmittelbarer Nachbarschaft große Unterschiede auftreten. Die Anzahl der Tage mit hohen Niederschlägen von mehr als 10, 20 bzw. 30 mm, ist in den letzten 59 Jahren angestiegen, was insbesondere auf Niederschläge in den Winterhalbjahren zurückzuführen ist. Von 1950 bis 2008 hat die Anzahl der Ereignisse in den Starkregenserien mit kurzer Dauer in Nordrhein-Westfalen zugenommen. Bei den gemessenen Intensitäten der Starkregen ist ein Anstieg nicht erkennbar.

Auch die Klimaprojektionen zeigen einen Anstieg der Winterniederschläge sowie den weiteren Rückgang der Sommerniederschläge. Je nach Modell gibt es dabei geringe Abweichungen.

Anlass der Untersuchung

Aussagen zu Eigenschaften wie Dauer, Intensität und Eintretenswahrscheinlichkeit von Starkregenereignissen sind wichtige Grundlagen für verschiedene fachliche Fragen, z.B. in der Siedlungswasserwirtschaft und im Hochwasserschutz. Durch den beginnenden Klimawandel haben sich die Eigenschaften von Starkregenereignissen verändert und werden sich in Zukunft auch weiter verändern. Allerdings ist die in den Medien oft pauschal formulierte Aussage „Starkregenereignisse nehmen zu“ für diese fachlichen Fragen zu wenig differenziert – eine genauere Untersuchung war notwendig.

Je nach Bemessungs- bzw. Hochwasserschutzmaß und Größe eines überregneten Einzugsgebietes sind verschiedene Angaben zum Starkregen von Bedeutung. Bei Siedlungswasserwirtschaftlichen Bemessungen wie Kanalnetzen, Regenbecken, Abschlagsbauwerken sind eher die kürzeren, aber intensiven Starkregen/Gewitterregen maßgebend mit einer Dauer von etwa 15 – 60 Minuten und einer Intensität, wie sie im Durchschnitt alle 5 – 20 Jahre vorkommt (5-20-jährlich). Bei Hochwasserschutzanlagen an Gewässern oder Ermittlungen zu Überschwemmungsgebieten werden die selteneren Ereignisse (100-jährlich oder seltener) und längeren Dauern (Landregen 24 Std. – 3 Tage) zur Bemessung herangezogen.

Im Rahmen des Projektes ExuS wurden die Daten der Niederschlagsmessstellen in Nordrhein-Westfalen daher sowohl primärstatistisch, z.B. in Form von Niederschlagssummen und Kenngrößen, als auch extremwertstatistisch ausgewertet.

Datengrundlagen und -prüfung

In der Datenhaltung AquaZIS des LANUV NRW sind rund 380 Stationen mit Niederschlagsdaten hochauflösend verfügbar. Diese Daten reichen für eine flächenhafte Beschreibung und Auswertung 30 Jahre und weiter zurück. Die räumliche Dichte, insbesondere hochauflösend aufzeichnender Niederschlagsstationen in Nordrhein-Westfalen ist in Deutschland einzigartig und daher eine wichtige Basis für belastbare Aussagen zu Starkregenereignissen. Ergänzend wurden Tagessummendaten des deutschen Wetterdienstes (DWD) sowie Ergebnisdaten der Klimaregionalmodelle zum Starkregenverhalten für die Dauerstufen größer gleich 1 Tag untersucht.

Zu Projektbeginn standen 531 kontinuierliche Zeitreihen und 774 Tagessummen-Zeitreihen zur Verfügung, die zunächst einer Datenprüfung unterzogen wurden. Diese beinhaltete folgende Schritte: Die Reihen mussten eine zusammenhängende Mindestlänge von 20 Jahren innerhalb des Zeitfensters von 1950 bis Ende 2008 aufweisen.



Niederschlagsmessgerät

Sie wurden anschließend mit dem Prüfprogramm NIKLAS auf Besonderheiten wie Zeitlücken, unterschiedliche zeitliche Auflösungen, hohe und gleichmäßige Intensitäten, Nullwerte und ähnliches getestet. Nach dieser Prüfung konnten für die eigentliche Auswertung 176 kontinuierliche Zeitreihen und 412 Tagessummenzeitreihen genutzt werden (s. Abb. 1).



Abb. 1: Lage der in ExuS untersuchten Messstationen nach Datenprüfung

Vorgehensweise

Die Niederschlagsdaten wurden zum einen primärstatistisch ausgewertet: Es erfolgten Trenduntersuchungen der Jahres-, Halbjahres-, Quartals- und Monats-Niederschlagssummen sowie der Kenngrößen „Anzahl trockener Tage“ und „Anzahl Starkregentage“. Zum anderen wurden die Niederschlagsdaten extremwertstatistisch untersucht, d.h. es wurden Starkregenanalysen durchgeführt.

Die Auswertungen erfolgten sowohl für den Gesamtzeitraum 1950 – 2008 als auch in den vier Zeitfenstern 1950 – 1979, 1961 – 1990, 1971 – 2000 und 1979 – 2008. Ergänzend wurden im Einzelfall wachsende Zeitfenster hinzugezogen.

Für die Trendbetrachtungen wurden der Mann-Kendall-Test und die lineare Regression mit t-Test gewählt. Der Mann-Kendall-Test ist ein verteilungsunabhängiger Trendtest, der keine bestimmte Häufigkeitsverteilung voraussetzt. Er liefert ein Signifikanzmaß für einen eventuell vorhandenen linearen oder auch nicht linearen Trend. Als Ergebnis erhält man eine Aussage über die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Trend in den Daten enthalten ist. Auch bei der linearen Regression mit dem t-Test wird getestet, ob ein linearer Zusammenhang vorliegt. Voraussetzung ist hier, dass die Stichprobe normalverteilt ist. Für die Jahres- und Halbjahressummen ergab die Prüfung, dass Normalverteilungen hinreichend vorliegen, für Monatssummen waren die Voraussetzungen für die Anwendung der linearen Regression im Regelfall nicht gegeben.

Die beiden Verfahren zur Bewertung des Trendverhaltens kamen grundsätzlich zu sehr vergleichbaren Aussagen bezüglich der ausgewerteten Parameter.

Für die eigentliche Starkregenauswertung (Extremwertstatistik) werden die Niederschläge für verschiedene Regendauern nach einem normierten Verfahren bzgl. Intensität und Wiederkehrzeit untersucht. Es ergibt berechnete Intensitäten je Regendauer und Jährlichkeit. Grundlage sind dabei die „Hitlisten“ der größten Ereignisse je Regendauer, die sogenannten partiellen Serien. Entwicklungen bzw. Trends werden für diese Größen hergeleitet, indem die Auswertungen für unterschiedliche Zeitfenster durchgeführt werden.

Ergebnisse

Die flächendeckend „trockene“ 1970er Dekade in Nordrhein-Westfalen beeinflusst die Trends in vielen statistischen Betrachtungen und fachlichen Auswertungen, insbesondere bei den Jahres- und Halbjahressummen (Abb. 2a). Noch deutlicher wird dies bei einer gleitenden 11-Jahres-Mittelwertbildung (Abb. 2b), bei der die 1970er-Dekade eindeutig identifizierbar wird. Auch wenn diese Dekade bei der Auswertung der Starkregenserien bzw. der Extremwertstatistik weniger stark ins Gewicht fällt als bei den summarischen Betrachtungen, bleibt die Schlussfolgerung, dass kleine Zeitfenster von 30 Jahren, wie sie häufig für klimatologische Betrachtungen herangezogen werden, grundsätzlich nur den Trend für das jeweils untersuchte Zeitfenster wiedergeben. Da auch gegenläufige Trends einzelner gleitender Fenster im Gesamtzeitraum 1950 – 2008 auftreten, sind Zeitfenster über nur 30 Jahre nicht repräsentativ für den Gesamtzeitraum und auch für Extrapolationen in die Zukunft oder Vergangenheit nicht belastbar.

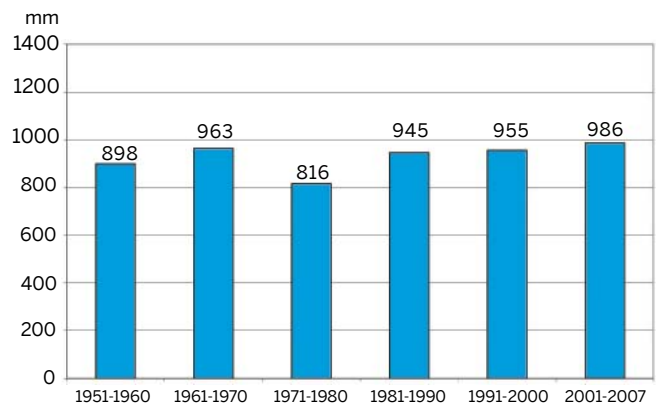


Abb. 2a: Mittlere Jahresniederschlagssummen in NRW nach Dekaden

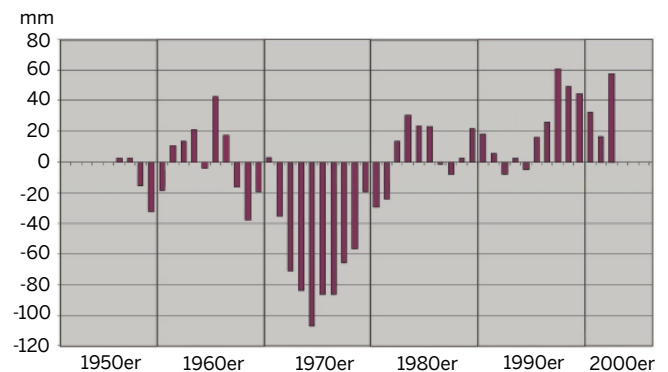


Abb. 2b: Gleitendes 11-Jahresmittel der Jahresniederschlagssummen, Abweichung vom Mittelwert (1951 – 2008: 927 mm in NRW)

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse zu den verschiedenen fachlichen Auswertungen vorgestellt.

Entwicklung der Niederschlagssummen

Veränderungen in der **Jahressumme** des Niederschlags ergeben sich durch moderate flächendeckende Zunahmen über den Gesamtzeitraum 1950 – 2008 (Abb. 3). Für mehr als die Hälfte der Stationen beträgt die Signifikanz dabei mehr als 80 %. Etwa 85 % der Stationen verzeichnen für die Trendgerade einen mittleren Anstieg von 0 – 4 mm pro Jahr. Für die Zeiträume 1950 – 1979 bzw. 1971 – 2000 zeigt sich jeweils eine für den Gesamtzeitraum nicht repräsentative Abnahme bzw. Zunahme der Jahresniederschlagssumme.

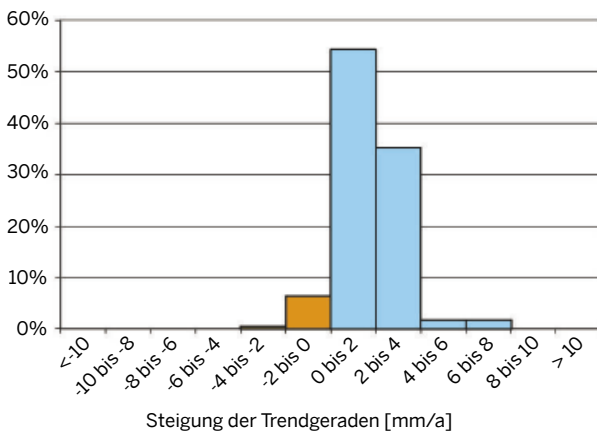


Abb. 3: Trend der Jahresniederschlagssumme in NRW für den Zeitraum 1950 – 2008

Für die hydrologischen **Halbjahressummen** des Niederschlags ergeben sich folgende Veränderungen. Für die Wintersumme des Niederschlags (November-April) ist ein Anstieg zu verzeichnen: Mehr als 70 % der Stationen mit ≥ 90 % Signifikanz, der Betrag des Anstiegs ist wie in der Jahressumme. Für die Sommerhalbjahressumme zeigt sich ein sehr indifferentes Bild mit geringer Signifikanz und geringen Änderungsbeträgen: Weniger als 6 % der Stationen haben mehr als 80 % Signifikanz, 95 % der Stationen verzeichnen eine Änderung ± 2 mm/a. Auffällig ist aber für das Sommerhalbjahr eine räumliche Struktur. Während sich die Südhälfte Nordrhein-Westfalens eher unverändert bis gering trockener zeigt, ist die Hälfte ab etwa nördlich des Haarstrangs unverändert bis eher gering feuchter. Diese Tendenzen im Sommer sind bemerkenswert, weil auf Basis bisheriger Auswertungen eher die Annahme herrschte, dass die Niederschlagssumme des Sommerhalbjahres in der Vergangenheit messbar abgenommen habe.

Die Veränderung bei den **Quartals- und Monatssummen** ist zufällig bedingt durch die Zeitfenster der Wetterlagen über Monatsgrenzen. Gleichwohl lassen sich einige Dinge ableiten: Mit geringen absoluten Veränderungsbeträgen zeigt sich eine Verschiebung des Monatsmaximums vom Juli in den Dezember. Der Monat mit der höchsten signifikanten Steigerung ist der März, der mit der höchsten signifikanten Abnahme ist der August.

Kenngößen

Untersucht wurden die „Anzahl trockener Tage“, d.h. Niederschlagsschwellwerte kleiner oder gleich 0,1 mm Niederschlag pro Tag, und die „Anzahl der Starkregentage“, d.h. Niederschlagsschwellwerte größer 10, 20, 30 mm Niederschlag pro Tag.

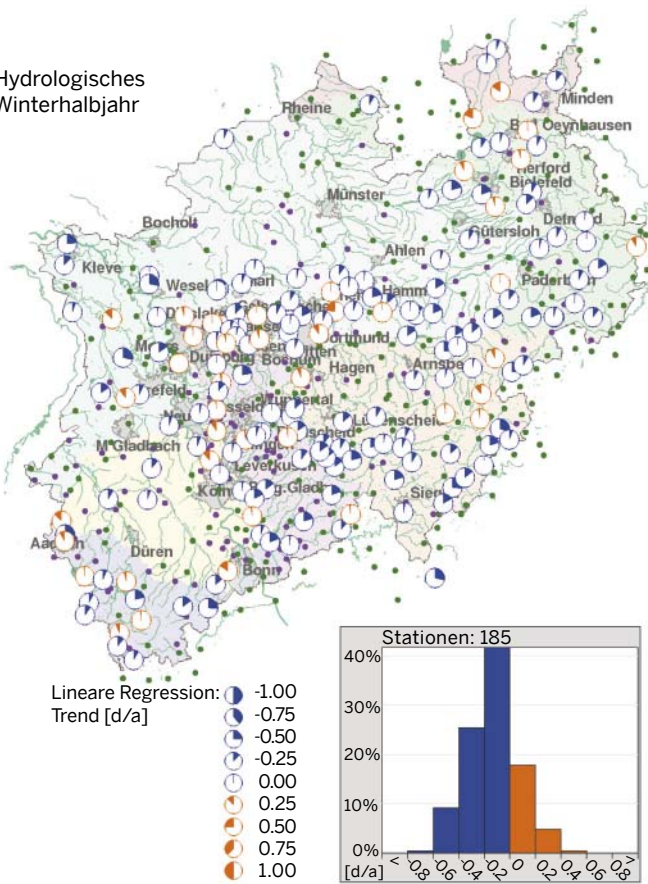
Als maßgebender Indikator für Starkregentage wird der Schwellwert „Tag mit > 20 mm Niederschlag“ betrachtet, da die Anzahl Tage mit mehr als 10 bzw. mehr als 30 mm Niederschlag pro Tag sich in Signifikanz und Trend jeweils ähnlich verhalten, teilweise jedoch mit geringerer Signifikanz, schwächeren Trends und geringerer Anzahl von Ereignissen.

Der Versuch, durch Bildung von Zeitfenstern über 30 Jahre den Einfluss der 70er Jahre zu bewerten oder auszuklammern, ergab Auswertungen mit geringer Signifikanz, so dass auch für diese Auswertung der Gesamtzeitraum zugrunde gelegt wird.

Nimmt man das gesamte Wasserwirtschaftsjahr, zeigt die Kenngröße **Anzahl trockener Tage** eine uneinheitliche Tendenz; schaut man jedoch auf die hydrologischen Halbjahre, zeichnen sich Tendenzen wie in Abbildung 4 dargestellt ab. Im Winterhalbjahr nehmen bei mehr als der Hälfte der 185 ausgewerteten Stationen die Tage mit Niederschlag kleiner oder gleich 0,1 mm ab, und zwar bei 93 Stationen mit mehr als 80% Signifikanz. In den Sommerhalbjahren zeigt sich bei vergleichbarer Signifikanz eine Zunahme dieser Tage. Dies bedeutet vereinfacht, dass es im Winter eher häufiger und im Sommer etwas seltener regnet.

Für die **Anzahl Starkregentage** (Niederschlag > 20 mm/Tag) ergibt sich sowohl im gesamten Wasserwirtschaftsjahr als auch im Winter- und Sommerhalbjahr eine Tendenz zur Zunahme dieser Tage, im Winterhalbjahr ist dies ausgeprägt signifikant (Abb. 5).

Hydrologisches Winterhalbjahr



Hydrologisches Sommerhalbjahr

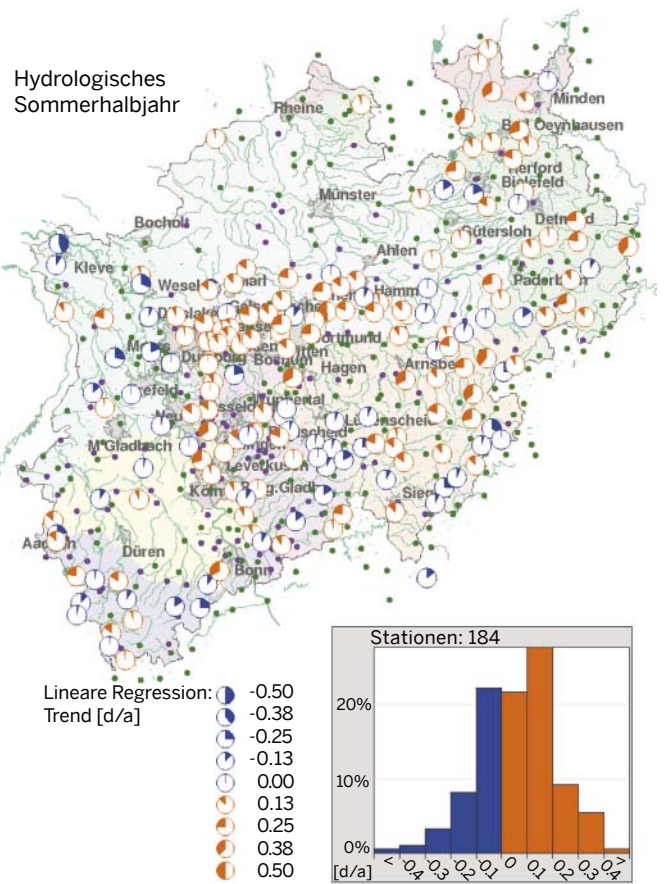
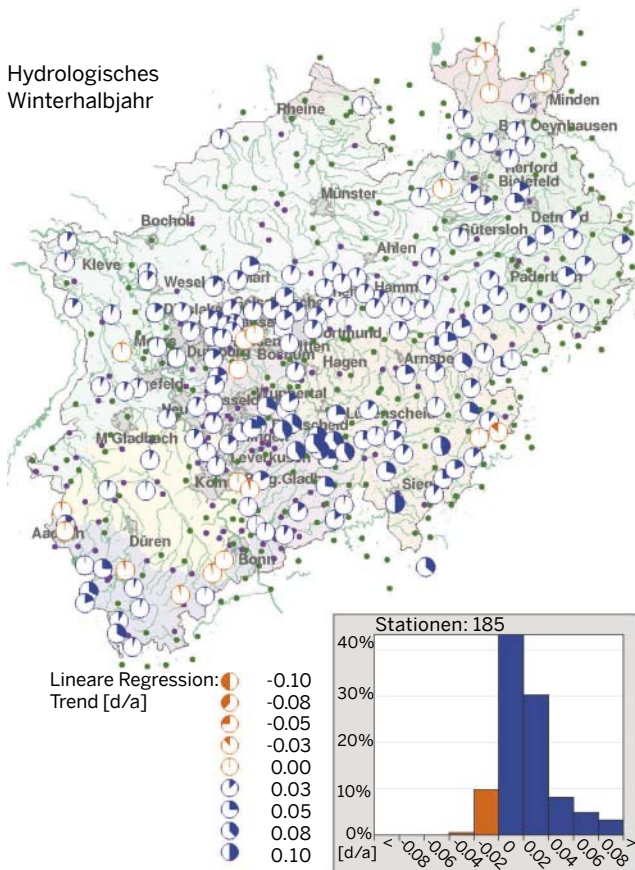


Abb. 4: Trend für die Kenngröße Anzahl trockener Tage (1950 – 2008)
blau: Abnahme der Anzahl trockener Tage, d.h. Zunahme der Anzahl Regentage

Hydrologisches Winterhalbjahr



Hydrologisches Sommerhalbjahr

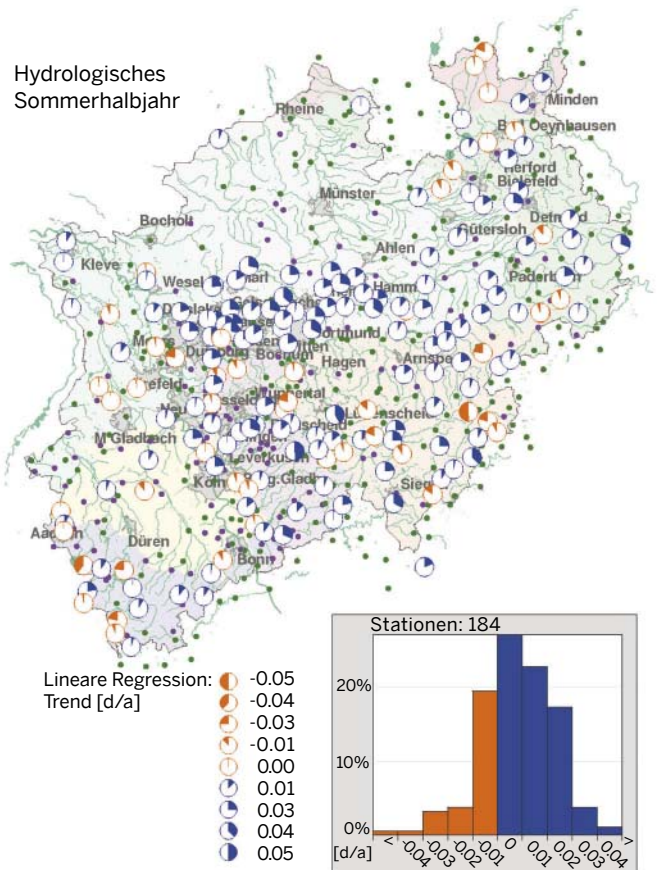


Abb. 5: Trend für die Kenngröße Anzahl Starkregentage (1950 – 2008)
blau: Zunahme der Anzahl



Auswertung partieller Serien

(Serien der Einzelereignisse je Dauerstufe)

Die partiellen Serien der kontinuierlichen Stationen wurden auf die Häufigkeiten des Auftretens von Extremwerten in einzelnen Jahren und auf die mittleren Extremwerte in diesen Jahren überprüft.

Von 1950 bis 2008 hat die Anzahl der Ereignisse in den Starkregenserien der Dauerstufen < 12 Std. in Nordrhein-Westfalen eher zugenommen. Ein Anstieg der gemessenen Intensitäten der Starkregen ist hingegen nicht erkennbar. Für Dauerstufen < 60 Minuten liegt eine Überlagerung aus der Modernisierung der Messtechnik und aus Klimaeffekten vor, gleichwohl ist auch hier eine – nicht signifikante – Zunahme der Ereigniszahlen zu erkennen.

Extremwertstatistik

Bei der eigentlichen Extremwertstatistik wird auf Basis der Auflistung der größten Ereignisse (partielle Serie, siehe obiger Absatz) eine Auswertung zur statistischen Wiederkehr durchgeführt. Infolge der häufigeren Nennungen der Ereignisse jüngerer Zeit in den partiellen Ereignisserien sind die berechneten statistischen Werte je Wiederkehrzeit in den jüngeren Zeitfenstern etwas höher. Somit zeigt sich bei der Extremwertstatistik ein leichter Anstieg der statistischen Intensitäten in den Dauerstufen 1 und 4 Stunden und den Jährlichkeiten 1- bis 10-jährlich.

Auswertung der Klimaprojektionen bzgl. Niederschlagsverhalten

Untersucht man die Klimaprojektionen der verschiedenen Modelle, so erhält man bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts unterschiedliche Trends für die Jahres- und Halbjahressummen. Während WETTREG/CLM1 überwiegend keine signifikanten Trends und Änderungen enthalten, sind bei STAR2/CLM2 überwiegend signifikant positive Trends erkennbar.

Bis zum Ende des Jahrhunderts sind insgesamt einheitlichere und ausgeprägtere Trends für die Jahres- und Halbjahressummen zu erkennen:

- CLM1 / CLM2: geringe, nicht signifikante Zunahme der Jahressummen
- WETTREG: überwiegend signifikante Zunahme der Jahressummen
- alle Modelle: signifikante Abnahmen der sommerlichen und signifikante Zunahmen der winterlichen Niederschläge

Die Änderungen in den Halbjahressummen konzentrieren sich im Wesentlichen auf die Quartale Sommer und Winter. Die Änderungen in den Quartalen Frühling und Herbst sind weniger stark ausgeprägt.

Die Änderungen der statistischen 24h-Intensitäten liegen bei allen Modellen in der nahen und fernen Zukunft zwischen -10 % und +40 % als 5-jährliches Ereignis. Die Änderungen der 3-Tagesniederschlagssummen sind grundsätzlich vergleichbar mit denen der Tagesniederschlagssummen, ihre Spanne ist aber kleiner. Die Änderungen der Tagesniederschlagssummen sind über alle Wiederkehrzeiten vergleichbar, die Spanne nimmt von jährlich bis 20-jährlich zu.

Grundsätzlich erlaubt diese Auswertung den Schluss, dass von einem „katastrophalen“ Anstieg der Intensitäten von Starkregen im Vergleich zur vergangenen Dekade eher nicht auszugehen ist. Gleichwohl lassen die Zunahmen der statistisch ermittelten Tagesniederschlagssummen vor allem in den CLM-Läufen und die damit einhergehende Zunahme der Anzahl der Tage mit hohen 24h-Intensitäten bis hin zu mehr als 70 mm Niederschlag pro Tag für die Zukunft eine eher höhere Anzahl von Starkregenereignissen vermuten, wie sie auch bereits in der 1950er, 1960er-Jahren und seit 2000 aufgetreten ist.

Insgesamt enthalten die Ergebnisse der Klimamodelle große Spannen und Unterschiede bei den Auswertungen der Tagessummen; die Eignung der Klimamodelle zur Beschreibung von Wetterphänomenen und Ereigniswahrscheinlichkeiten ist weitergehend zu untersuchen, insbesondere für kleinräumige bzw. Gewitterereignisse.

Schlussfolgerungen

Retrospektive Bewertung

Die Verwendung von Zeitreihen mit einer Länge von 30 Jahren oder weniger lässt keine zuverlässige Aussage zu Trends außerhalb dieses 30-Jahres-Zeitraumes zu.

Über die untersuchten 59 Jahre ist erkennbar, dass die mittlere Niederschlagssumme in den hydrologischen Winterhalbjahren zugenommen hat, hingegen landesweit keine signifikante Änderung der mittleren Niederschlagssumme im Sommerhalbjahr auftrat. Eine Verschiebung der Niederschläge im Jahresgang äußerte sich vor allem darin, dass die mittleren Monatssummen im März anstiegen und im August abnahmen.

Diese bisherigen Veränderungen gingen weitgehend unmerkelt vonstatten und zogen keine unlösbaren Probleme in der Wasserwirtschaft nach sich, auch wenn die Sommer in den 1970er Jahren als besonders trocken in Erinnerung sind.



Trockener Sommer: Rheinniedrigwasser bei Düsseldorf

Bei der Zunahme der Anzahl von Extremereignissen bei den Messungen kurzer Dauerstufen < 1 Stunde, die für die Siedlungsentwässerung eine große Rolle spielen, überlagern sich der Klimateffekt und die Veränderung der Messtechnik. Die gemessenen Niederschlagsmengen der Extremereignisse zeigen keine signifikante Änderung auf. In den 2000er Jahren sind vermehrt lokale Starkregenerereignisse aufgetreten, die in Siedlungsgebieten häufig zu Schäden geführt haben. Eine derartige Häufung besonders starker Ereignisse hat es aber bereits auch schon zu Beginn der 1950er- und in der zweiten Hälfte der 1960er-Jahre gegeben. Es wird durch entsprechendes Monitoring nachzuhalten sein, ob in Zukunft die Häufigkeit und Intensität der Starkregen wieder abnimmt oder auf einem hohen Niveau verbleibt.



Im Rahmen des Klimafolgenmonitoring ist es daher fachlich unentbehrlich, die Messwerte des Niederschlages hochauflösend und flächendeckend für Nordrhein-Westfalen kontinuierlich weiter zu erfassen und in regelmäßigen Abständen auf die hier dargestellten statistischen Parameter zu untersuchen. Ergänzende, möglichst langjährige Abflussmessungen zur Beurteilung von Änderungen im Abflussregime sind wichtig, ebenso im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft (Niederschlagswasserbe-seitigung).

Allgemein erscheint die bisherige Betroffenheit durch den Klimawandel im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft, vor allem der Stadthydrologie, ausgeprägter als im klassischen Hochwasserschutz zu sein.

Konsequenzen aus den Klimaprojektionen

Grundsätzlich haben die Ergebnisse der Klimaprojektionen über die verschiedenen Regionalmodelle und Szenarien mit Blick auf den Parameter Niederschlag große Bandbreiten. Zudem können weder die statistischen noch die dynamischen Regionalmodelle die für sommerliche Starkregen typische meteorologische Situation der Konvektion physikalisch nachbilden. Deshalb sind derzeit abschließende, gar numerische Angaben zur zukünftigen Entwicklung von Starkregen nicht seriös möglich.

Grundsätzlich lässt sich aber qualitativ folgern: Bei den jährlichen Niederschlagssummen ist im Mittel nicht mit großen Änderungen bzw. nicht mit großen negativen Auswirkungen auf die Wasserbilanz zu rechnen. Allerdings sind Herausforderungen denkbar bei wasserwirtschaftlichen Systemen, die sensibel auf Änderungen in kürzeren Zeiträumen reagieren, insbesondere dann, wenn sich Effekte aus hier nicht betrachteten Parametern wie z.B. der Temperatur überlagern. Durch weitere Rückgänge der Niederschläge im Sommerquartal könnten bei gleichzeitig zunehmenden Temperaturen Konflikte zwischen verschie-

denen Nutzungen entstehen, z.B. bei Trinkwasser, Bewässerung, Kühlwasser. Die Zunahme des Niederschlags im Winterquartal könnte sich verschärfend auf Hochwassersituationen auswirken.

Bei den Starkregenereignissen sind zwar landesweit keine größeren Intensitätszunahmen zu erwarten, es ist aber damit zu rechnen, dass die Anzahl der Ereignisse zunehmen wird. Auch werden in Zukunft wie auch in der Vergangenheit lokal besonders hohe Tagessummen und somit Schadensfälle als Einzelereignisse auftreten. Die hydrometeorologischen Bedingungen hierzu sind nicht klimawandelbedingt, allenfalls verändert sich die Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens. Es ist zielführend, dies bei Schadenspotenzialen in Zukunft stärker zu berücksichtigen.



Grundsätzlich erscheint nach derzeitiger fachlicher Betrachtung auch zukünftig die Siedlungswasserwirtschaft vorrangiger Adressat von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel zu sein, noch vor dem klassischen Hochwasserschutz an Fließgewässern.

Für die Bemessungspraxis sind folgende Aspekte von fachlicher Bedeutung:

An Stelle von starren Bemessungsregeln für siedlungswasserwirtschaftliche Anlagen sind Sensitivitätsanalysen hinsichtlich der Verwundbarkeit eines Systems (z. B. Kanalnetz) zielführend. Dies erfordert analog zu den Hochwasseraktionsplänen und –gefahrenkarten für ein System mehrere hydrologische Berechnungsvarianten, bei denen das Systemverhalten auf unterschiedlich starke Niederschläge untersucht wird. Ein starrer bzw. pauschaler Zuschlag zu heutigen Bemessungswerten erscheint nicht weiterführend, da die Bandbreiten und Unsicherheiten der derzeitigen Klimamodelle keine numerischen Schlussfolgerungen mit zudem durchaus weitreichenden monetären Folgen zulassen. Für Umsetzungsplanungen sind flexible Entwürfe vorteilhaft, die in der Lage sind, für die Nutzungsdauer geplanter Bauwerke mit vertretbarem Aufwand Planänderungen oder –ergänzungen zuzulassen. Insbesondere Folgebetrachtungen hinsichtlich Überlastungssituationen bzw. Ereignissen oberhalb der Bemessungsgrößen tragen dazu bei, durch abgestimmte flankierende Maßnahmen Schäden zu vermindern.

Bernd Mehlig, Kirsten Oermann