

Abschlussbericht
zum Forschungsprojekt IF 18

KLIMAWANDEL UND KANALNETZBERECHNUNG (KUK)

Auswertung von Überflutungsereignissen in NRW und
Hinweise zur Bemessung von Entwässerungssystemen
vor dem Hintergrund des Klimawandels

2., bearbeitete Auflage

Landesamt für Natur,
Umwelt und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen



Inhaltsverzeichnis

1	Motivation und Ausgangssituation	4
2	Ziele und Aufgabenstellung	6
2.1	Ziele	6
2.2	Leistungsbeschreibung	6
2.2.1	Phase 1: Grundlagenermittlung und Auswertung von Starkregenereignissen	6
2.2.2	Phase 2: Diskussion der Bemessungsgrundlagen von Kanalnetzen	7
3	Zusammenfassung der Untersuchungsmethodik	7
3.1	Analyse von Pressemeldungen	7
3.2	Zeitreihenanalysen von Niederschlagsaufzeichnungen	9
3.3	Untersuchung von Starkregen- und Überflutungsereignissen	10
3.4	Diskussion der Bemessungsgrundlagen und Vorgehensweise	11
4	Ausgewählte Pressemeldungen zum Thema Überflutung und Klimawandel	13
4.1	Zusammenstellung ausgewählter Pressemeldungen	13
4.2	Motivation, Inhalte und Diskussion der Berichterstattung	13
5	Detailanalyse von Starkregen- und Überflutungsereignissen	16
5.1	Fallbeispiel 1: Bergisches Land	16
5.1.1	Einzugsgebiet und Kanalnetz	16
5.1.2	Starkregenereignis vom 26. Juli 2008	19
5.1.3	Analyse des Netzverhaltens	23
5.1.4	Maßnahmen im Rahmen der Überflutungsbetrachtung	25
5.2	Fallbeispiel 2: Niederrhein	27
5.2.1	Einzugsgebiet und Kanalnetz	27
5.2.2	Starkregenereignis vom 29. Mai 2008	30
5.2.3	Analyse des Netzverhaltens und Diskussion	38
6	Zeitreihenanalysen von Niederschlagsaufzeichnungen	41
6.1	Vorbemerkungen	41
6.2	Untersuchte Zeitreihen	41
6.3	Auswertung der gleitenden Mittelwerte	42
6.4	Zeitreihenanalyse – Sprunguntersuchungen	44
6.4.1	Station BU – Bergisches Land	44
6.4.2	Station DU – Niederrhein	47

6.5	Veränderungen der bemessungsrelevanten jährlichen Extremwerte	50
6.5.1	Station BU – Bergisches Land	50
6.5.2	Station DU – Niederrhein	53
6.6	Veränderungen der bemessungsrelevanten partiellen Serien	56
7	Diskussion der Bemessungsgrundlagen zur Kanalnetzdimensionierung	62
7.1	Überblick über die Bemessungsgrundlagen	62
7.2	Notwendigkeiten und Möglichkeiten zur Anpassung der Bemessungsgrundlagen	67
8	Anpassungsstrategien – Planungen unter Unsicherheit	74
8.1	Kurzfristige Maßnahmen und Untersuchungen	75
8.1.1	Gemeinschaftsaufgabe Überflutungsschutz	75
8.1.2	Überflutungsbetrachtungen und Risikoanalyse	76
8.1.3	Grundlagenermittlung, Datenqualität und Flexibilität	77
8.1.4	Betriebssicherheit und messtechnische Überwachung abwassertechnischer Anlagen	78
8.1.5	„Vorsorgende“ Entwässerungsplanung und Objektschutz	78
8.1.6	Finanzierungsaspekte	79
8.2	Mittel- und langfristige Maßnahmen und Untersuchungen	80
8.2.1	Anpassungen des Regelwerks	80
8.2.2	Überprüfung der Bemessungsgrundlagen	81
8.2.3	Flächenabkopplung, dezentrale Maßnahmen und Steuerung von Entwässerungssystemen	81
8.2.4	Monitoring, Stufenausbau und Erfolgskontrolle von Entwässerungssystemen	83
8.3	Forschungsbedarf	83
9	Zusammenfassung und Ausblick	85
10	Literatur	89

Das Projekt ist Teil der Anpassungspolitik des Landes Nordrhein-Westfalen und wurde mit Mitteln des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen finanziert. Weitere Informationen zum Thema Anpassung an den Klimawandel sowie die Anpassungsstrategie des Landes Nordrhein-Westfalen finden Sie im Internet unter: www.klimawandel.nrw.de

1 Motivation und Ausgangssituation

Der prognostizierte Klimawandel und seine Folgen für Mensch und Natur rückt immer mehr in das öffentliche Interesse. Neben vielen populärwissenschaftlichen Veröffentlichungen bietet der IPCC-Report (IPCC, 2007) eine anerkannte Grundlage zu möglichen Auswirkungen und Ursachen des Klimawandels. Hiernach wird sich das Weltklima und damit das Niederschlagsgeschehen zukünftig anthropogen verändern (Bild 1). Die Aussagen beschränken sich jedoch noch auf Jahresniederschlagssummen bzw. Quartalswerte und qualitative Aussagen zur Niederschlagscharakteristik.

Für Fragestellungen der Stadtentwässerung sind jedoch Aussagen für Zeitintervalle zwischen fünf Minuten und wenigen Stunden in einer hohen räumlichen Auflösung erforderlich. Die Aussagen und die zugrunde liegenden Klimamodelle lassen jedoch heute noch keine regionalen Prognosen in diesen zeitlichen und räumlichen Auflösungen zu, obwohl auch die Entwicklungen regionaler Klimamodelle (WETTREG, COSMO-CLM, STAR2, REMO) rasante Fortschritte gemacht haben (Borsuk und Tomassini, 2005; Ashley et al., 2005 u. 2007; Ashley, 2008; Cyffka, 2008).

Mit einer vermuteten Veränderung des Niederschlagsgeschehens als Folge eines weltweiten Temperaturanstiegs werden auch die Überflutungsereignisse im urbanen Bereich immer häufiger „als eine schon heute erkennbare Folge des Klimawandels“ bezeichnet (Bild 2).

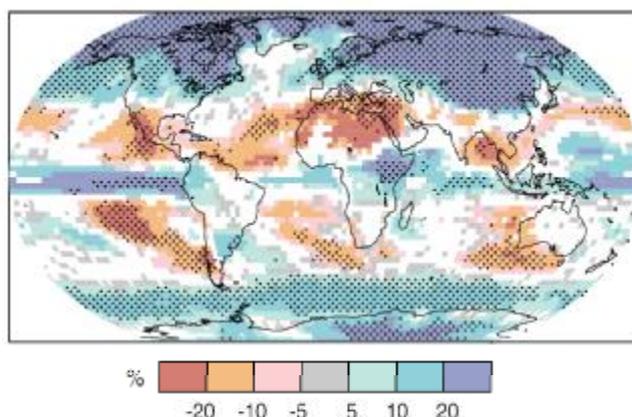


Bild 1 Relative Veränderungen des Niederschlags im Winterhalbjahr (Dez.-Feb.) für die Periode 2090-2099 (SRES A1B) im Vergleich zu 1980-1999 (aus IPCC, 2007)

Auch die Versicherungswirtschaft verweist darauf, dass Schäden aus Naturereignissen in den letzten Jahrzehnten überall dramatisch zugenommen haben. Die Hauptgründe hierfür sind „in der vermehrten Besiedlung exponierter Gebiete [...] sowie in der bereits signifikanten Änderung von Klima und Umwelt zu suchen“ (Kron und Ellenrieder, 2008)

Entwässerungssysteme werden für einen Planungshorizont von mehreren Jahrzehnten gebaut, so dass schon heute die Frage gestellt werden muss, ob die Entwässerungssysteme auch den Anforderungen in einem anderen Klima, das möglicherweise durch seltenere aber intensivere Starkregenereignisse geprägt ist, einen ausreichenden Überflutungsschutz bzw. Entwässerungskomfort sicherstellen können. Da Klimaprognosen mit einer räumliche Auflösung von wenigen Kilometern und einer zeitlichen Auflösung von weniger als einer Stunde derzeit nicht verfügbar sind, sind aufgrund von Modellaussagen auch keine unmittelbaren Hinweise zur Auslegung der Bauwerke ableitbar. Als Konsequenz darf der Planer jedoch nicht in eine abwartende Haltung verfallen, sondern muss Methoden entwickeln, um mit den unsicheren Vorhersagen zukunftsfähige Lösungen zu erarbeiten. Der vorliegende Bericht (weist in diese Richtung und) zeigt Handlungsfelder zur zukünftigen Planung urbaner Entwässerungssysteme auf.

Klimawandel überfordert Kanalnetz



Foto: Franziska Kraufmann



Stuttgart - Heftige Wolkenbrüche wie vergangenes Wochenende überfordern das Stuttgarter Kanalnetz.
Das schwere Gewitter am vergangenen Freitag überflutete Produktionshallen bei Porsche ...

Bild 2 Pressemeldung „Stuttgarter Nachrichten“ vom 09.07.2009 (Stuttgarter Nachrichten, 2009) "; Spiegel-Titel (1996 und 2002) sowie GEO-Titel (1982)

2 Ziele und Aufgabenstellung

2.1 Ziele

Im Rahmen des Forschungsprojektes waren ausgehend von der Auswertung ausgewählter Presseberichte einzelne Starkregen- und innerstädtische Überflutungsereignisse der Kanalisation zu beschreiben und auszuwerten.

Im Rahmen der Untersuchungen sollte geklärt werden, welche Ursachen der Überflutung zugrunde lagen. Durch Auswertung der Niederschlagsreihen sollte zudem ein möglicher Zusammenhang mit einem veränderten Niederschlagsgeschehen untersucht werden.

Da allein aus der Analyse zurückliegender Niederschläge, d. h. langjähriger Niederschlagsreihen, nicht auf das zukünftige Niederschlagsgeschehen geschlossen werden kann, waren ergänzend vorhandene Bemessungsansätze der Kanalisationen vor dem Hintergrund einer Anpassung an einen vermuteten Klimawandel zu diskutieren und Anpassungsstrategien aufzuzeigen.

2.2 Leistungsbeschreibung

2.2.1 Phase 1: Grundlagenermittlung und Auswertung von Starkregenereignissen

Die Bearbeitung gliederte sich in zwei Bearbeitungsphasen. In der ersten Bearbeitungsphase waren neben der Auswertung ausgewählter Presseberichte einzelne Starkregenereignisse, die zu Überflutungen geführt haben, auszuwerten.

Die in Presseberichten genannten Überflutungsereignisse waren durch Gespräche mit den Kanalnetzbetreibern zu verifizieren (Feuerwehreinsätze etc.) und Unterlagen zu den Kanalnetzen zusammenzustellen.

Im Rahmen einer Plausibilitätskontrolle war zu prüfen, ob die Überflutungsereignisse an den „Schwachpunkten“ im Kanalnetz auftraten. Die zugehörigen Starkregenereignisse waren hinsichtlich der räumlichen Verteilung durch Auswertung benachbarter Stationen zu bewerten und die Jährlichkeiten der Starkregenereignisse durch Vergleich mit den KOSTRA Starkregenauswertungen zu ermitteln.

Für die Überflutungsereignisse war auszuwerten, ob die beschriebenen Ereignisse durch „extreme“ oder durch „übliche“ Starkregen bedingt waren und ggf. eine Minderleistung des Kanalnetzes zugrunde lag.

Die statistische Auswertung ausgewählter langjähriger Regenreihen wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber im Umfang reduziert, da diese Leistungen im Rahmen des Projektes „ExUS“ des LANUV erbracht wurden. Stattdessen wurde die Aufgabenstellung zur Analyse der Einzelereignisse und Diskussion der Bemessungsgrundlagen erweitert (Phase 2).

2.2.2 Phase 2: Diskussion der Bemessungsgrundlagen von Kanalnetzen

Aufgrund vorliegender Untersuchungen ist zu vermuten, dass sich der Klimawandel regional und saisonal unterschiedlich auswirken wird (Cyffka, 2008; Schmitt, 2008).

Im Rahmen einer Diskussion der bestehenden Regelwerke zur Bemessung von Entwässerungssystemen waren im Rahmen des Projekts mögliche Anpassungen aufgrund der (vermuteten) geänderten klimatischen Verhältnisse zu diskutieren.

Hierbei wurde u. a. das Netzverhalten von sechs unterschiedlichen Einzugsgebieten bei Veränderung der Bemessungsniederschläge untersucht, um belastbare Empfehlungen für zukünftige Planungen geben zu können.

3 Zusammenfassung der Untersuchungsmethodik

3.1 Analyse von Pressemeldungen

Die Auswertung von Pressemeldungen in Nordrhein-Westfalen, in denen über Überflutungen aufgrund von Starkregen berichtet wurde, bildet die Grundlage zur Auswahl von zwei Einzelereignissen, die nachfolgend detaillierter untersucht wurden. Der Schwerpunkt der Auswertungen lag in den Jahren 2007 und 2008.

Hierzu wurden im Rahmen einer Online-Recherche die Archive großer überregionaler Tageszeitungen und Rundfunkstationen (Westdeutsche Allgemeine Zeitung, Rheinische Post, WDR) und lokaler Tageszeitungen durchsucht und die Artikel zusammengestellt. Die Ergebnisse und Bewertung der Inhalte sind in Kapitel 4 zusammengestellt. Ergänzend wurde die Datenbank zu Pressemeldungen, die im Rahmen des Projektes URBAS (www.urbanesturzfluten.de) (Bild 3) aufgebaut wurde, analysiert und ausgewertet.

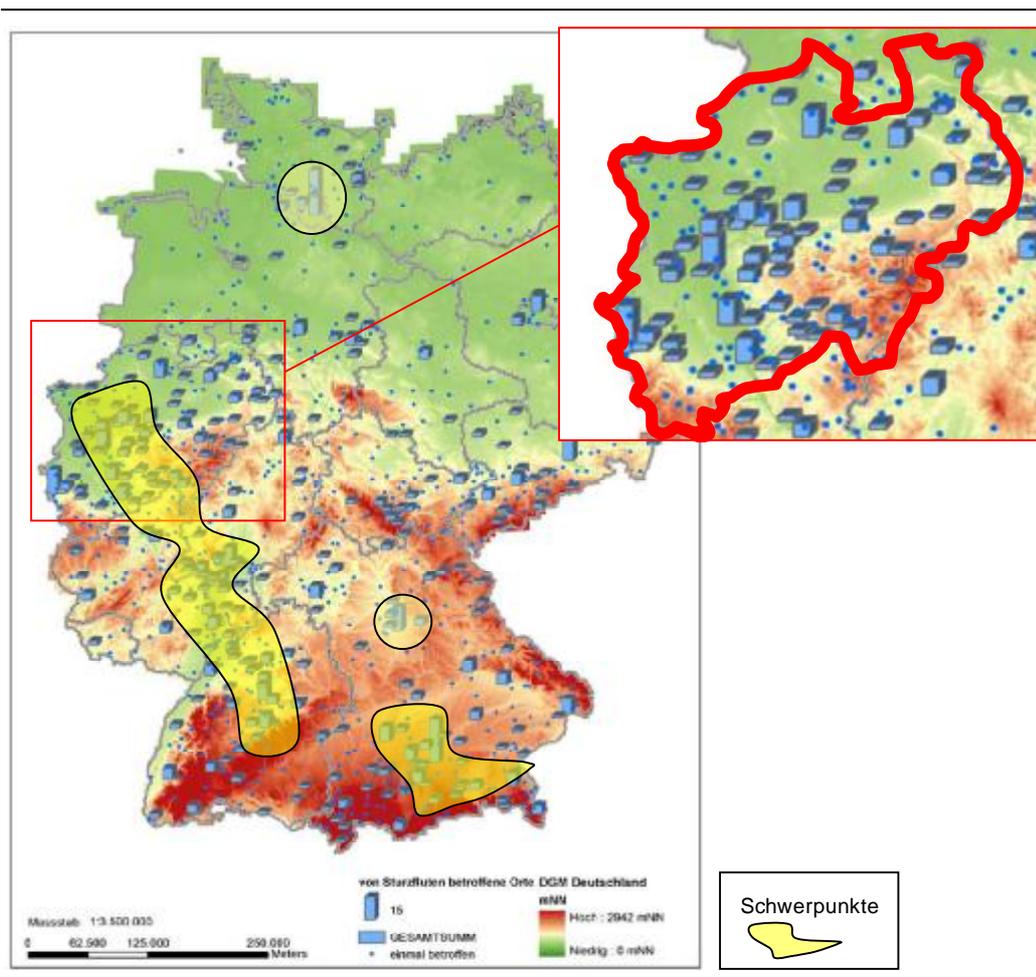


Bild 3 In der URBAS-Ereignisdatenbank erfasste Sturzflutereignisse (Stand 31.09.2007) Bildquelle: URBAS-Abschlussbericht (URBAS, 2008)

Die Zusammenstellung erhebt keine Anspruch auf Vollständigkeit. Durch die Auswertungen sollte geprüft werden, ob es sich bei der Art der Berichterstattung und dem Auftreten der Überflutungen, die mit Starkregen bzw. dem Klimawandel in Zusammenhang gebracht werden, um ein lokales bzw. vereinzelt oder eher ein landesweites Phänomen der letzten Jahre handelt.

3.2 Zeitreihenanalysen von Niederschlagsaufzeichnungen

Ausgehend von den Auswertungen der Presseberichte wurden zwei Beispielgebiete am Niederrhein und im Bergischen Land ausgewählt, in denen Starkregenereignisse zu Überflutungen geführt haben. Für diese Stationen wurden nahegelegene langjährige Niederschlagsreihen auf mögliche Veränderungen hinsichtlich der statistischen Charakteristika untersucht.

Dabei wurden folgende Auswertungen durchgeführt:

- Berechnung der gleitenden Mittelwerte für Jahreswerte, aufeinander folgende Monatswerte, Quartalswerte und Summen für das Winterhalbjahr und das Sommerhalbjahr inkl. Untersuchung eines linearen Trends;
- Sprunguntersuchungen nach Pettitt und Mann-Whitney-Wilcoxon zur Identifizierung von statistisch signifikanten Veränderungen der Niederschlagsreihen (Pettitt, 1979; Hoppe und Kiely, 1999, Sachs, 1996), Jahreswerte, aufeinander folgende Monatswerte, Quartalswerte und Summen für das Winterhalbjahr und das Sommerhalbjahr;
- Auswertung der jährlichen Serien und der partiellen Serien für Dauerstufen von 5 Minuten bis 2 Tage für die gesamte vorliegende Zeitreihe;
- Untersuchung der jährlichen Serien der Dauerstufen 5 Minuten bis 2 Tage hinsichtlich einer signifikanten Änderung (Sprunguntersuchungen);
- Auswertung der partiellen Serien hinsichtlich einer Veränderung der für die Stadtentwässerung maßgebenden Niederschläge (Dauerstufen 5 Minuten bis 2 Tage).

Die Berechnungen der partiellen und jährlichen Serien erfolgte gemäß den Vorgaben des ATV-A 121 (ATV, 1985) mit der Software AQUAZIS.

Im Rahmen des Projekts stand die Untersuchung der langjährigen Niederschlagsreihen durch Sprunguntersuchungen, die keine Annahme einer vorgegebenen Verteilungsfunktion voraussetzen, im Vordergrund. Für den Fall, dass Sprungstellen gefunden wurden, sind die Reihen in zwei neue Reihen aufgeteilt und diese beiden Reihen miteinander verglichen worden. Die Untersuchungen nach Pettitt liefern robuste Ergebnisse hinsichtlich der Veränderung der statistischen Charakteristika (Verteilungsfunktion) einer Zeitreihe, die u. a. durch den Mann-Whitney-Wilcoxon Test bestätigt wurden (vergl. Hoppe und Kiely, 1999).

Prinzipiell wird im Rahmen der Sprunguntersuchungen untersucht, ob alle Beobachtungen einer Zeitreihe x_1, \dots, x_t einer Grundgesamtheit entstammen oder ob ab einem zu

bestimmenden Zeitpunkt $m+1$ die nachfolgenden Beobachtungen einer anderen Grundgesamtheit entstammen.

Das heißt, die Nullhypothese, alle Beobachtungen werden durch die Verteilungsfunktion $F_G(x)$ beschrieben („kein Sprung“), wird gegen die Alternative, die Beobachtungen x_1, \dots, x_m werden durch die Verteilungsfunktion $F_{A1}(x)$ und die Beobachtungen x_{m+1}, \dots, x_t durch die Verteilungsfunktion $F_{A2}(x)$ beschrieben ($F_{A1}(x) \neq F_{A2}(x)$), getestet.

In Anlehnung an Pettitt (1979) wurden folgende Kenngrößen zur Auswertung der Zeitreihen berechnet und ausgewertet:

$$V_{t,T} = \sum_{j=1}^T \text{sgn}(x_t - x_j)$$

$$\text{für } t = 2, \dots, T \quad U_{t,T} = U_{t-1,T} + V_{t,T}$$

und zum Test der Hypothese: „kein Sprung“ (no change), Alternative: „Sprung“ (change-point):

$$K_T = \max_{1 \leq t < T} |U_{t,T}|$$

und für Änderungen in eine Richtung $K_{T+} = \max U_{t,T}$ bzw. $K_{T-} = -\min U_{t,T}$

wobei näherungsweise gilt :

$$p_{0A} = \exp\left(\frac{-6k_{+/-}^2}{T^3 + T^2}\right) (\text{einseitig}) \text{ bzw. } p_{0A} \approx 2 \cdot \exp\left(\frac{-6k^2}{T^3 + T^2}\right) (\text{zweiseitig})$$

Die möglichen Sprungstellen ergeben sich demnach für die Zeitpunkte, an denen die Werte $U_{t,T}$ die Extremwerte annehmen. Für negative Extremwerte von $U_{t,T}$ ergibt sich ein „positiver Trend“ (Zunahme) bzw. für positive Extremwerte von $U_{t,T}$ ein negativer Trend (Abnahme).

3.3 Untersuchung von Starkregen- und Überflutungsereignissen

Für ein Niederschlagsereignis im Bergischen-Land (26. Juli 2008) und ein Niederschlagsereignis am Niederrhein (29. Mai 2008) wurden die lokal gemessenen Niederschläge hinsichtlich der Wiederkehrhäufigkeit im Bezug auf die Auswertungen des KOSTRA-DWD-2000 (DWD, 2005a,b) und der lokal gemessenen langjährigen Niederschlagsreihen ausgewertet.

Um eine Bewertung der Niederschlagsverteilung durchführen zu können, wurden verfügbare benachbarte Stationen betrachtet und die Niederschlagsverteilung dargestellt (Isohyetendarstellung).

Nach Aufstellung und Prüfung der hydrodynamischen Kanalnetzmodelle für die Einzugsbereiche der Überflutungen, konnten Aussagen zum Netzverhalten getroffen werden. Die Berechnungen erfolgten mit dem Programmsystem SYSTEMS++ Vers. 9.0 mit den Modulen Kanal++ und DYNA.

3.4 Diskussion der Bemessungsgrundlagen und Vorgehensweise

Die im Detail untersuchten Niederschlagsereignisse weisen je nach Bezugszeitreihe eine Wiederkehrhäufigkeit zwischen etwa 10 Jahren und mehr als 100 Jahren auf. Diese Niederschlagsereignisse können mit den heute standardmäßig eingesetzten Kanalnetzmodellen nicht realitätsnah abgebildet werden. Darüber hinaus würden die erforderlichen Kanalabmessungen zur unterirdischen Ableitung dieser Volumenströme kaum finanzierbar sein.

Daher ist neben einer Diskussion der aktuellen Bemessungsgrundlagen auch das grundsätzliche Vorgehen zur Planung und dem Betrieb der Entwässerungssysteme zu diskutieren. Hierzu gehören insbesondere die Regelwerke:

- DIN EN 752 (04-2008) und DWA-A 118 (2006) und damit KOSTRA-DWD 2000 (2005)

[Ergänzend zu den im Rahmen dieses Projektes durchgeführten Untersuchungen, sind in zukünftigen Projekten](#) u. a. die DWA-Arbeitsblätter A 198 (2003), A 100 (2006) und A 128 (1992) sowie ergänzende länderspezifische Ergänzungen hinsichtlich des Anpassungsbedarfs zu untersuchen. Zudem gilt es immissionsorientierte Anforderungen (BWK M3, BWK M7) vor dem Hintergrund eines möglichen Klimawandels zu diskutieren (u. a. Veränderung von Zielgrößen, Leitbildern etc.). Da der Schwerpunkt des DWA-A 111 (1994 und Entwurf 2009) auf hydraulischen Betrachtungen liegt, wirken sich mögliche Änderungen der Niederschlagscharakteristika nur indirekt aus.

Zu den Anpassungserfordernissen des DWA-Regelwerks erarbeitet die Koordinierungsgruppe „Wasserwirtschaftliche Strategien zum Klimawandel“ aktuell ein Positionspapier, das im Mai 2010 veröffentlicht werden soll. Konkrete Änderungen der Eingangsgrößen stadthydrologischer Berechnungen (u. a. DWA-A 118) werden demnach aufgrund der unsicheren Prognosen kurzfristig nicht erfolgen.

Im Gegensatz hierzu hat das Land Bayern zur Bemessung von Hochwasserschutzanlagen einen „Klimaänderungsfaktor“ eingeführt, mit dem die bisher zugrunde gelegten Bemessungsniederschläge zu erhöhen sind (Bayrisches Staatsministerium, 2004). Neben den hier diskutierten Bemessungsgrundlagen vor dem Hintergrund zunehmender Starkregenereignisse ist bei zeitgleich zunehmenden Trockenperioden das Thema „Ablagerungen und Geruchsbelästigung“ näher zu untersuchen.

Im Rahmen der Bearbeitung wurden Projektergebnisse aus themenverwandten Forschungsprojekten (u. a. aus der BMBF-Fördermaßnahme „klimazwei“ (Mahammadzadeh et al., 2009)) und vorliegende Ergebnisse der Förderprojekte des Landes NRW (MUNLV, 2009) berücksichtigt. Dies gilt insbesondere für das vom LANUV NRW beauftragte Forschungsvorhaben „Extremwertstatistische Untersuchungen von Starkregen in Nordrhein-Westfalen (ExUS)“ (Langstädtler et al., 2010).

Hinweis: zum KOSTRA-DWD 2000: Entwicklungsstand: KOSTRA-DWD 2000 ist die vom Deutschen Wetterdienst autorisierte digitale Datenbank auf Datenbasis des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach. Die Datenbasis wurde gegenüber der Version 1.0 aktualisiert und vom DWD überarbeitet und umfasst in der vorliegenden Version den Beobachtungszeitraum 1951 bis 2000. [KOSTRA-DWD 2000 \(Versionsnummer 2.2\)](#) ist seit Dezember 2009 verfügbar.

4 Ausgewählte Pressemeldungen zum Thema Überflutung und Klimawandel

4.1 Zusammenstellung ausgewählter Pressemeldungen

Zur Beschreibung von Starkregenereignissen im Land Nordrhein-Westfalen wurden Berichte aus den Online-Ausgaben von Zeitungen, Internetseiten von Nachrichtensendern oder Rundfunkanstalten recherchiert und zusammengestellt. Onlinemedien geben in der Regel einen schnellen Überblick über die wesentlichen Fakten, stehen kostenlos zur Verfügung und sind in vielen Fällen noch lange nach der ersten Veröffentlichung abrufbar. Damit bieten sie für die gezielte Recherche in einem bestimmten Zeitintervall optimale Voraussetzungen.

4.2 Motivation, Inhalte und Diskussion der Berichterstattung

Die Berichterstattung in lokalen und überregionalen Medien gibt einen guten Eindruck über die (öffentliche) Wahrnehmung und Auswirkungen von extremen Niederschlagsereignissen. In der Regel werden unwetterartige Regenfälle, in deren Folge es zu Sachschäden, Unfällen, Verletzungen oder Todesfällen von Menschen kommt, Eingang in die lokale und/oder überregionale Berichterstattung finden.

Nur selten enthalten solche Berichte bereits belastbare und konkrete Angaben zur Niederschlagsmenge in einem definierten Zeitabschnitt. Sind diese Angaben enthalten fehlt die räumliche Differenzierung.

„Jahrhundert“-Niederschläge, die „ohne Folgen“ bleiben, z. B. weil diese in weniger dicht besiedelten Gebieten fallen, finden in der breiten Öffentlichkeit keine Beachtung.

Als Beispiele für Online-Beiträge und der daraufhin näher untersuchten Ereignisse sind in Bild 4 und Bild 5 Online Beiträge der WZ und rga aus dem Sommer 2008 zu Überflutungen am Niederrhein und im Bergischen Land dargestellt.

Alle weiteren Artikel sind in Anlage 1 zu diesem Bericht enthalten.

Stark-Regen: Plötzlich war es tiefe Nacht: Unwetter überflutet Straßen

von Tim In der Smitten

Tausende Notrufe, hunderte Keller unter Wasser: In Mönchengladbach und dem Kreis Viersen herrschte Entsetzen.



Land unter in Mönchengladbach: Mehrere Straßen, hier die Neusser Straße, verwandelten sich in Flüsse. (Foto: In der Smitten)

Mönchengladbach/Viersen. Schwarzer Himmel über dem Niederrhein, gegen 11 Uhr geht die Straßenbeleuchtung an. In Mönchengladbach, Krefeld, Düsseldorf und den umliegenden Regionen schauen die Menschen fassungslos nach oben: „So etwas habe ich noch nie erlebt“, lautet der wohl meistgesprochene Satz.

Während die bedrohliche Wand über Düsseldorf und Wuppertal fast ohne einen Tropfen Regen hinwegzog, erlebten die Menschen links des Niederrheins einen apokalyptischen Wolkenbruch: Allein in Tönisvorst (Kreis Viersen) wurden 50 Liter Regen auf einem Quadratmeter gemessen – in einer halben Stunde!

Unwetter in Mönchengladbach, 29.05.2008 >



Soviel Niederschlag gibt's in einem Durchschnitts-Mai in drei Wochen. Durch den Stark-Regen liefen hunderte Keller voll Wasser. Besonders schlimm war es in Mönchengladbach und im Kreis Viersen: Hier waren etliche Straßenzüge komplett überspült.

Bis zu einem halben Meter hoch standen die Wassermassen. Unzählige Autos blieben in den Fluten liegen, weil die Motoren Wasser ansaugten. Gullydeckel wurden aus den Schächten gedrückt und blieben meterweit entfernt liegen.

Bild 4 Online Beitrag WZ vom 30.05.2008 zum Niederschlagsereignis am 29.05.2008 am Niederrhein

|||| Bergisches Land

Das Tal versinkt im Starkregen

Von Robert Maus



Wuppertal. Während die umliegenden Städte weitgehend verschont blieben, führte das Unwetter, das am Samstag über das Bergische Land zog, in Wuppertal zu chaotischen Zuständen. Die Feuerwehren rückten zu mehr als 100 Einsätzen aus, viele Retter wurden aus ihrer Freizeit geholt - jeder Mann und jede Frau zählte.

Die meisten Einsätze gab es in Elberfeld und Uellendahl/Katernberg, wie die Feuerwehreinheit gestern erklärte. Noch ist nicht abzuschätzen, wie groß der Schaden in der Stadt ist.

Der Robert-Daum-Platz war am Samstagnachmittag komplett überflutet, wurde weiträumig abgesperrt. Bis er wieder freigegeben werden kann, sollen noch Tage vergehen. Der angeschwollene Briller Bach hat die Fahrbahndecke auf zwölf Meter Länge zerstört. Chaos auch rund um die Briller Straße, dort versagte nach starken Regenfällen die Kanalisation komplett.

Mehr zum Thema

[☞ Unwetter-Chaos in Wuppertal](#)

Überall liefen Wohnungen und Keller voll, Anwohner im Luisenviertel versuchten gar, mit Schneeschippen gegen die Wassermassen anzukommen - es war ein vergebliches Unterfangen. Die Straße "In der Beek" wurde unterspült, der Bahnhof Ottenbruch und auch das Altenheim in der Nähe der Hardt mussten von der Feuerwehr leer gepumpt werden.

Besonders übel hat es das Freibad Mirke erwischt, nachdem der Mirker Bach über die Ufer getreten war. Lehm und Schlamm wurden in das Bad geschwemmt, das klare Wasser war gestern nur noch eine braune Brühe. Es dauert mindestens zehn Tage, bis das Freibad wieder geöffnet werden kann.

Glück im Unglück hatte eine Reisegruppe aus den Niederlanden, die ihre Zelte am Vereinsheim der christlichen jungen Männer aufbaute. Als das Unwetter begann, flüchtete die Gruppe unter das Partyzelt - und dort schlug der Blitz ein.

Die Verletzten konnten das Krankenhaus wieder verlassen 14 Personen, darunter eine schwangere Frau, wurden dabei leicht verletzt. "Es grenzt an ein Wunder, dass es nicht zu schlimmeren Folgen gekommen ist", erklärte einer der Camper geschockt. Die 14 Leichtverletzten kamen ins Krankenhaus, konnten die Klinik aber bereits wieder verlassen.

Bild 5 Online Beitrag Remscheider General Anzeiger (rga) vom 28.07.2008 zum Niederschlagsereignis am 26.07.2008 im Bergischen Land

5 Detailanalyse von Starkregen- und Überflutungsereignissen

5.1 Fallbeispiel 1: Bergisches Land

In dem ersten Fallbeispiel wurde das Starkregenereignis im Bergischen Land vom 26. Juli 2008 untersucht. Als Folge des Niederschlags kam es lokal zu Überflutungen, über die auch in der Presse berichtet wurde. Aufgrund historischer Entwicklungen wird in dem betrachteten Einzugsgebiet auch ein Bachlauf teilweise verrohrt geführt und ist mit dem Regenwassernetz des im Trennverfahren entwässerten Einzugsgebiets verknüpft. Die hier zusammengestellten Netzdaten und Ergebnisse der detaillierten Überflutungsbetrachtung wurden zur Auswertung im Forschungsprojekt von dem Netzbetreiber zur Verfügung gestellt.

5.1.1 Einzugsgebiet und Kanalnetz

Das Entwässerungsgebiet umfasst den Quellbereich des abschnittsweise verrohrten A-Bachs bis zum Auslauf. Die Höhendifferenz beträgt rund 76 m, bei einer geschätzten Fließlänge von 800 m. Daraus resultiert das mittlere Geländegefälle von 9,5 %. In dem Regenwassernetz werden Regenwasserabflüsse (Dachabflüsse und Straßenabflüsse) und das Wasser des verrohrten Bachs gemeinsam abgeleitet.

Das Entwässerungsgebiet erfasst bis zum Schadensschwerpunkt (bei Schacht 2003) eine Fläche von $A_{E,k} = 31$ ha. Von dieser Fläche sind rund $A_{E,b} = 13$ ha befestigt.

Bis zum Auslauf des A-Bachs wird eine Fläche von rund $A_{E,k} = 42$ ha erfasst. Von dieser Fläche sind etwa $A_{E,b} = 17$ ha befestigt.

Der A-Bach ist ein Nebengewässer der Wupper. Er beginnt zunächst als offener Abschnitt. Es folgt ein verrohrter Abschnitt DN 300 bis DN 500 von rund 130 m Länge unter privat genutzten Grundstücken. Anschließend verläuft der Bach 40 m parallel einer Straße als Straßenseitengraben bevor er durch ein Kastenprofil ($H = 1200$ mm, $B = 600$ mm, $L = 18$ m) geführt wird. Dieser Durchlass unterquert die Straße bis Schacht 2005. Anschließend verläuft der Bach ebenfalls verrohrt zunächst unter parkähnlichen Grünflächen bevor wieder ein offener Abschnitt folgt. Weiter unterhalb gelegene Abschnitte werden nicht betrachtet.

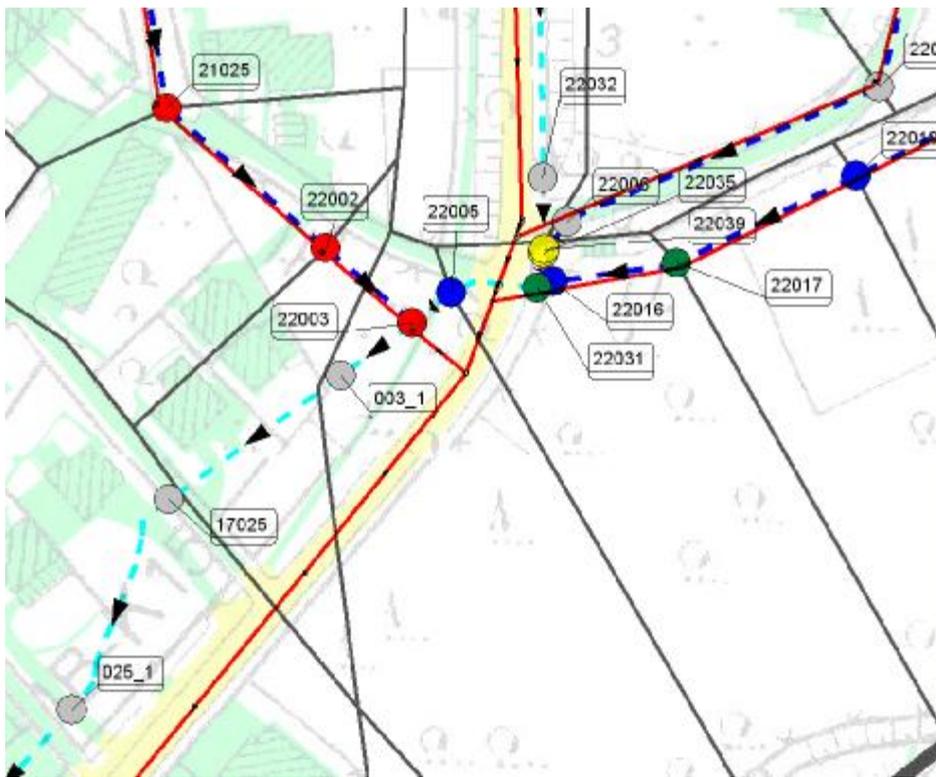


Bild 6 Lageplan des betrachteten Kanalnetzes mit Angabe der Schachtnummern
(Schächte mit Wasseraustritt für das Ereignis vom 26.07.08 sind rot markiert)



Bild 7 Durchlass zwischen Einlauf 2032 und Auslauf 2039 sowie den offenen Bereich zwischen Auslauf 2039 und Einlaufbauwerk 2031



Bild 8 Einlaufbauwerk in den verrohrten Bachabschnitt (2031)



Bild 9 Parkähnliche Grünfläche im Bereich des verrohrten A-Baches mit Schacht 2003

5.1.2 Starkregenereignis vom 26. Juli 2008

Zur Analyse des Starkregenereignisses vom 26. Juli 2008 standen die in Bild 10 und Bild 11 dargestellten Niederschlagsstationen zur Verfügung.

In Bild 12 ist der Verlauf des Niederschlagsereignisses der Stationen BR, WA und ZO aufgetragen. Die Station BR (34,1 mm) liegt in unmittelbarer Nähe des Einzugsgebiets in dem es zu Überflutungen kam.

Es wird deutlich, dass es sich bei dem Ereignis um einen sehr lokalen Niederschlag gehandelt hat. Die benachbarten Stationen weisen nur Niederschläge zwischen 1,9 mm und 5,3 mm auf.

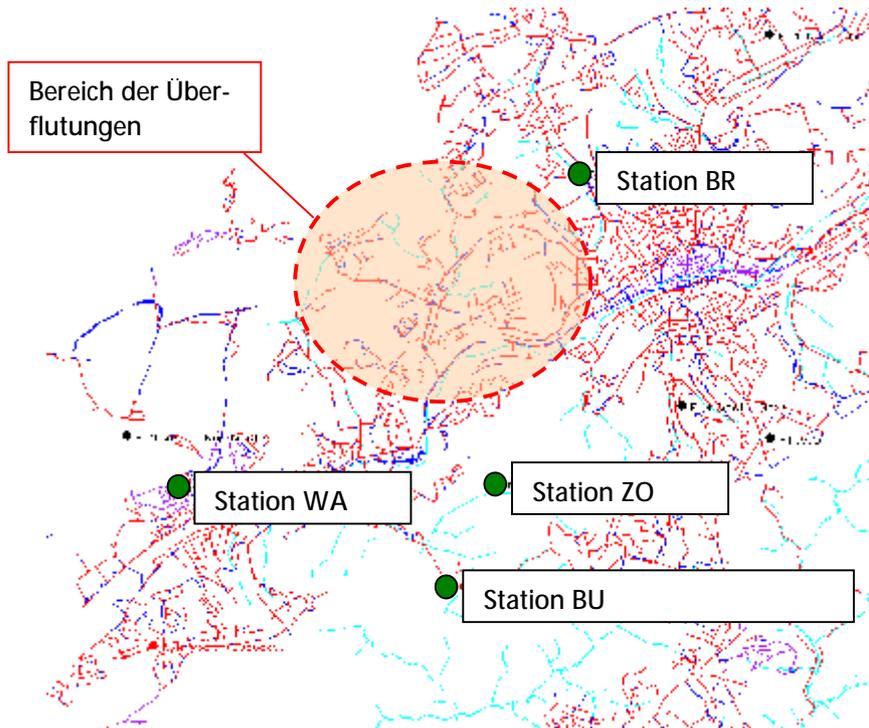


Bild 10 Lage der Niederschlagsstationen in der Nähe des Schadensschwerpunkts

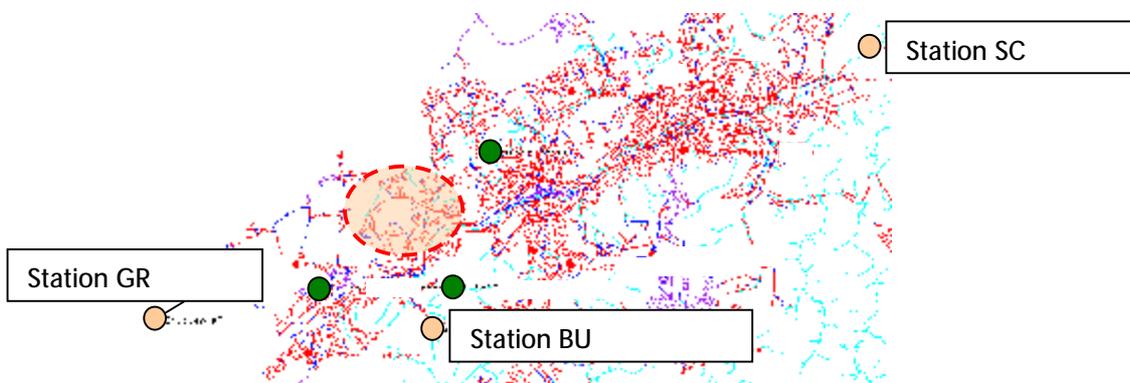


Bild 11 Lage der drei Niederschlagsstationen mit langjährigen Niederschlagsaufzeichnungen in der Nähe des Schadensschwerpunkts

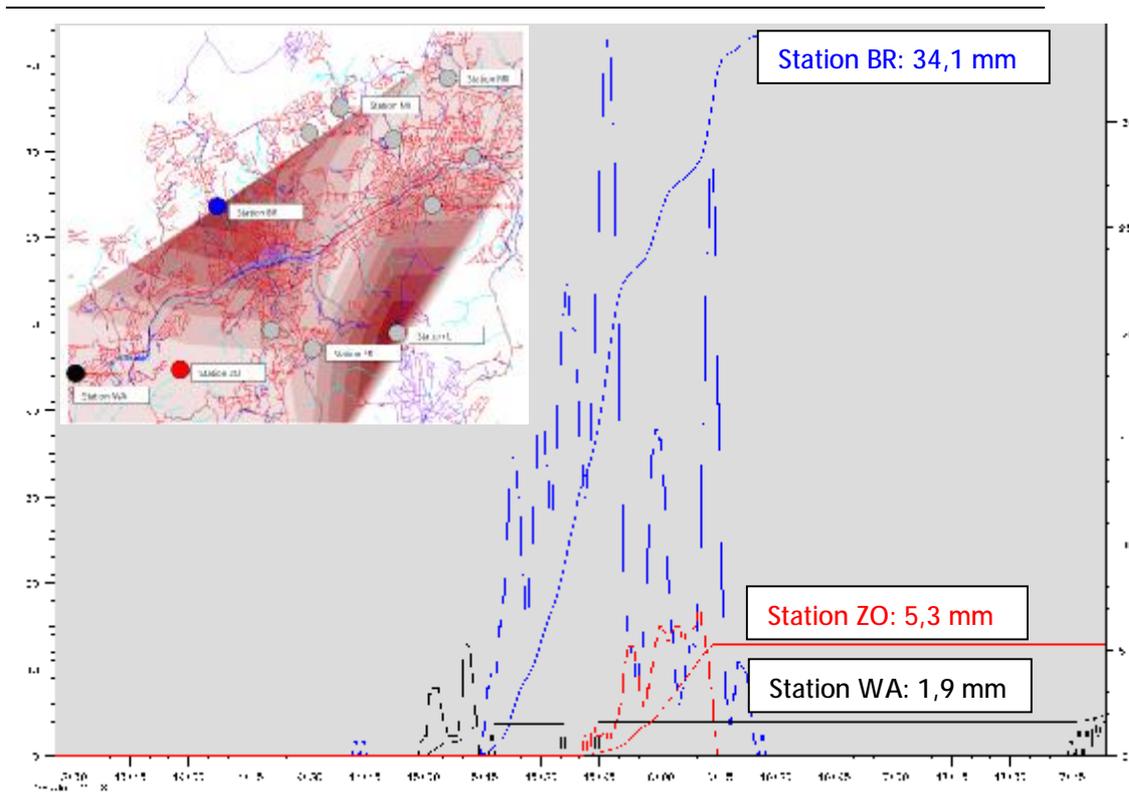


Bild 12 Verlauf des Niederschlagsereignisses vom 26.07.2008 und Darstellung der Niederschlagsgleichen

Zur statistischen Einordnung des Niederschlags wurde die langjährige Reihe der Station BU im Einzugsgebiet und die KOSTRA-Auswertungen des DWD genutzt. Hier nach ergeben sich für das Ereignis an der Station BR maximale Wiederkehrhäufigkeiten zwischen ca. 11 Jahren (KOSTRA) und 79 Jahren (langj. Reihe BU) für die Dauerstufe 1 h (Bild 13, Bild 14).

Für die Dauerstufe 30 min liegen die Wiederkehrhäufigkeiten zwischen 4,2 Jahren und 13,3 Jahren. Diese Auswertungen zeigen eindrucksvoll wie sehr die Bewertung der Niederschläge von den zugrundeliegenden Bezugszeitreihen und deren statistischer Auswertung (Anpassung der Verteilungsparameter) aber auch den betrachteten Dauerstufen abhängig ist. Die lokal verfügbare langjährige Niederschlagsreihe, die von den Aufsichtsbehörden anerkannt ist, liefert hier eine gänzlich unterschiedliche statistische Aussage (vergl. auch Hinweise in Kapitel 6).

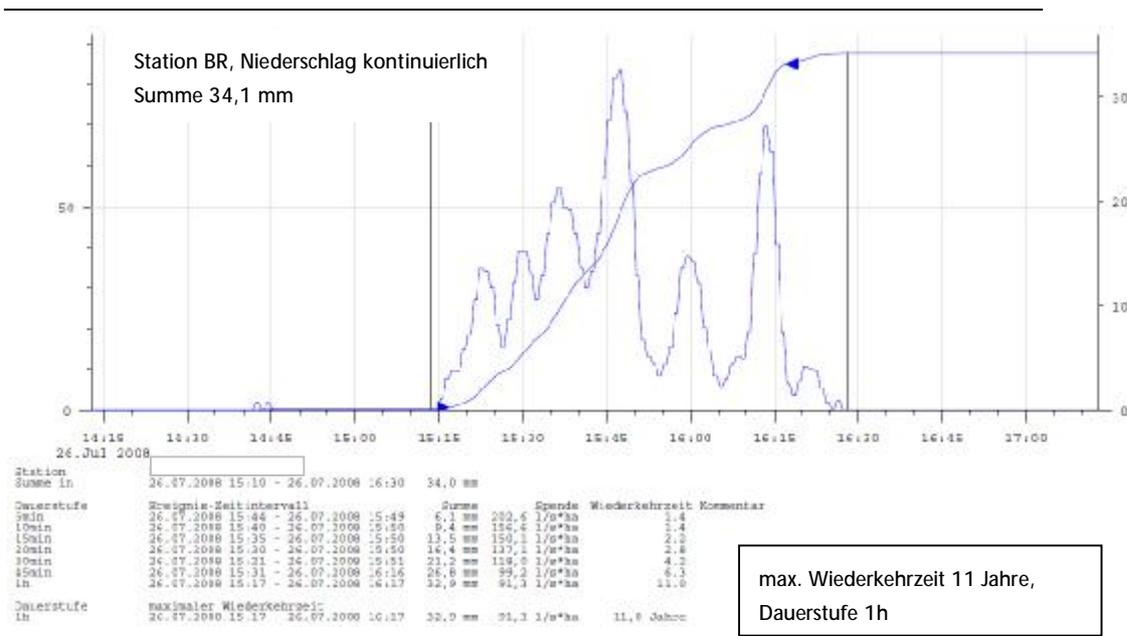


Bild 13 Statistische Einordnung des Niederschlagsereignisses vom 26.07.2008 mittels des KOSTRA-Atlas

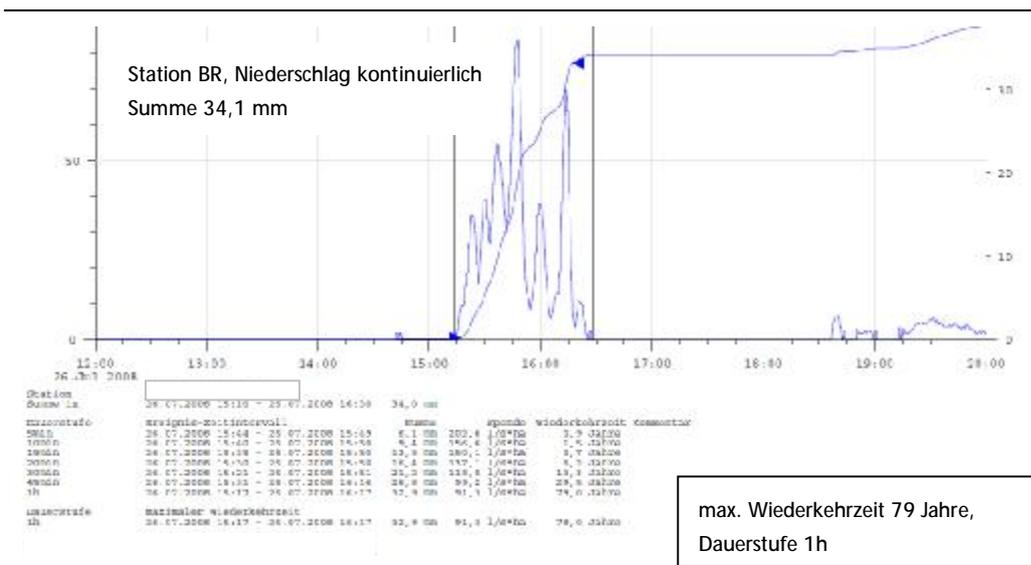


Bild 14 Statistische Einordnung des Niederschlagsereignisses vom 26.07.2008 (Statistik basierend auf der Reihe BU, 1960 bis 2008)

5.1.3 Analyse des Netzverhaltens

Ein Schadensschwerpunkt des Starkregenereignisses vom 26.07.2008 lag im Bereich des Schachts 2003. Auf eine detaillierte Aussage zu den Ursachen der Überflutung soll an dieser Stelle in Abstimmung mit dem Kanalnetzbetreiber und LANUV NRW verzichtet werden. Betriebliche Gründe können ausgeschlossen werden. Mit einer Wiederkehrhäufigkeit von etwa 80 Jahren liegt der Niederschlag oberhalb der in DIN EN 752 genannten Wiederkehrhäufigkeit des Bemessungsregens von 1 mal in 2 Jahren bis 1 mal in 5 Jahren und auch der Überflutungshäufigkeit von Wohngebieten von 1 mal in 20 Jahren (DIN EN 752, Tabellen 2 und 3).

Die Zulaufleitungen (RW-Kanäle und verrohrter Bach) haben in Summe eine Vollfüllungsleistung von $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ein Volumenstrom von $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ führt zwangsläufig zum Wasseraustritt aus den Schächten 2003 bzw. dem etwa 9 m oberhalb liegenden Schacht 2005 (Bild 15, Bild 16).



Bild 15 Blick auf Schacht 2005 des verrohrten A-Bachs

Es ist somit zu vermuten, dass bei dem Schadensereignis ein größerer Volumenstrom als $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ den maßgebenden verrohrten Gewässerabschnitt belastet hat.

Der Überstau erfolgte auch nach Aussage des Kanalnetzbetreibers vermutlich aus den Schächten 2005 und 2003. Das ausgetretene Wasser strömte über den Parkstreifen zwischen der höher gelegenen B-Straße (Geländehöhe: 218 mNN) auf die Grundstücke der Häuser 23 und 25 und verursachte dort Überflutungsschäden.

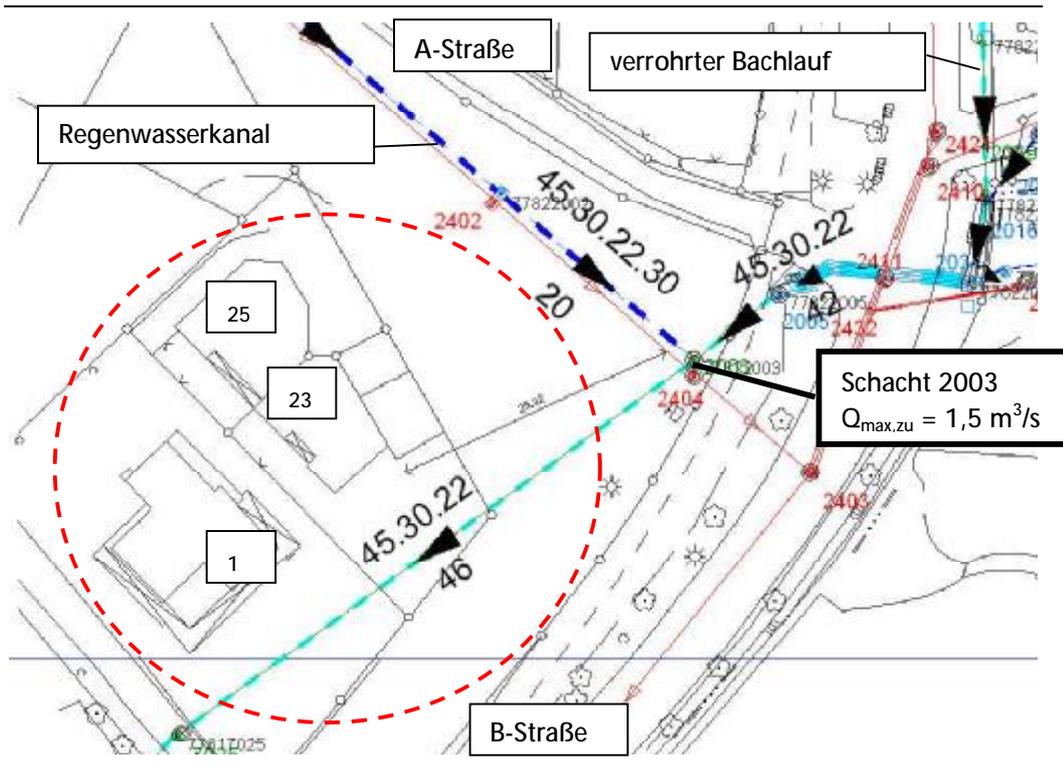


Bild 16 Lageplanausschnitt im Bereich eines Schadenswerpunkts

5.1.4 Maßnahmen im Rahmen der Überflutungsbetrachtung

Die Situation im Einzugsgebiet stellte die Planer und Betreiber vor besondere Herausforderungen. Mit der historisch gewachsenen Ableitung eines natürlichen Gewässers und des Niederschlagswassers der Trennkanalisation können sich je nach betrachtetem Wiederkehrintervall (> 20 Jahre) Abflüsse ergeben, für die eine unterirdische Ableitung wirtschaftlich nicht mehr möglich ist.

In dem hier diskutierten Fall wurde daher im Rahmen der Überflutungsbetrachtung eine Kombination kurzfristiger Maßnahmen (Schaffung von Flutmulden) und einer mittelfristigen Erhöhung der Abflusskapazität des Kanalnetzes untersucht und vorgeschlagen.

Sofortmaßnahme: Schaffung lokaler Retentionsräume

1. Bau eines Notüberlauf mit Verbindung zum unterhalb bestehenden Straßengraben,
2. Verlängerung, Vertiefung und Verbreiterung der Straßenseitengräben,
3. Anordnung einer Flutmulde im Bereich der städtischen Grünflächen.

Mittelfristig kommt u. a. eine Umlegung des verrohrten Bachabschnitts und teilweise Offenlegung bzw. Ableitung in Straßenseitengräben in Betracht (Weiterleitung des A-Bachs entlang der in blau bzw. rot markierten Trasse, Bild 17). Die Trasse verläuft in einem bestehenden Straßenseitengraben über den das Regenwasser aus der Straße heute versickert. Nach Umsetzung der Maßnahme dient der heutige Abschnitt des A-Bachs noch als Regenwasserkanal.

Das Fallbeispiel zeigt eindrucksvoll wie an hydraulisch kritischen Netzpunkten durch eine detaillierte Betrachtung der Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes und oberirdischer Abflusswege und Kombination von Ableitungen mittels Kanalnetzen und Nutzung oberirdischer Rückhalteräume bei Starkregenereignissen (Flutmulden) die Überflutungsgefahr deutlich reduziert werden kann.

Die Nachrechnung des Niederschlagsereignisses vom 26. Juli ergab für den betrachteten Bereich bei Anordnung der Flutmulde keine überstauten Schächte mehr (kein Wasseraustritt ins Gelände).

Im Rahmen einer weiterführenden Planung sind grundsätzlich auch Abflusszustände unterhalb zu betrachten, um sicherzustellen, dass die erhöhte Abflusskapazität nicht zu Überflutungen bei Unterliegern führt.

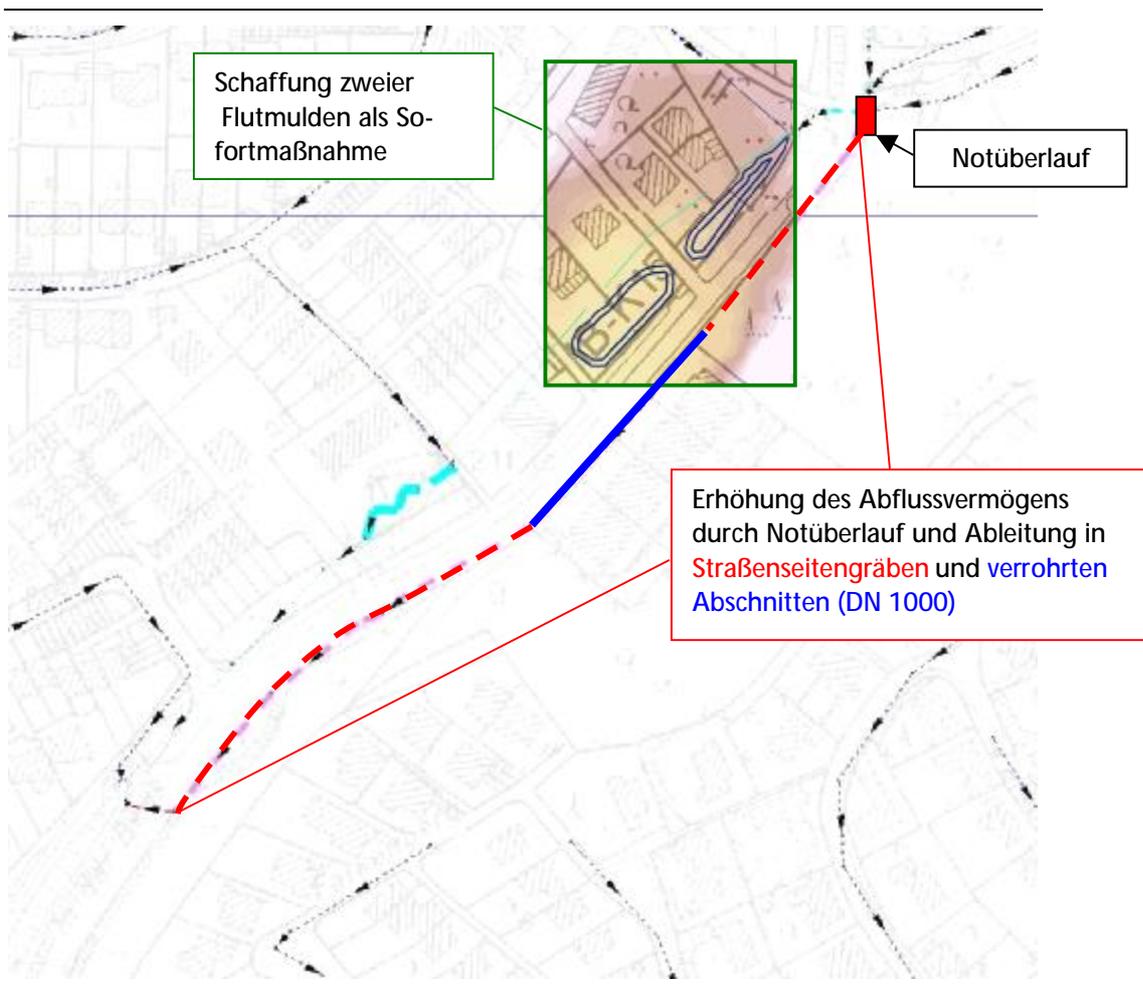


Bild 17 Lösungsvariante (blau = geplanter verrohrter Verlauf des A-Bachs, rot = geplanter offener Verlauf der Varresbeck im heutigen Straßenseitengraben) und Schaffung zweier Flutmulden zum Überflutungsschutz

5.2 Fallbeispiel 2: Niederrhein

In dem zweiten Fallbeispiel wurde das Starkregenereignis am Niederrhein vom 29. Mai 2008 untersucht. Als Folge des Niederschlags kam es in vielen Städten des Niederrheins zu erheblichen Überflutungen, über die auch in der Presse berichtet wurde. Das in diesem Fallbeispiel betrachtete Einzugsgebiet wird im Mischsystem entwässert. Die von dem Netzbetreiber zur Verfügung gestellten Netzdaten wurden zur Berechnung mit dem Programmsystem SYSTEMS++ aufbereitet und die Niederschläge vom 29.05.2008 berechnet und überprüft.

5.2.1 Einzugsgebiet und Kanalnetz

Das Entwässerungsgebiet umfasst ein ca. 94 ha großes innerstädtisches Einzugsgebiet, das im Mischverfahren entwässert wird. Die Haltungslänge beträgt insgesamt 16,8 km.

Der Befestigungsgrad beträgt ca. 44 % und die mittlere Geländeneigung 0,5 %. Die Nennweite der Hauptsammler beträgt DN 1100.

Im Gegensatz zum vorgestellten steilen Kanalnetz des Fallbeispiel 1 handelt es sich bei diesem Fallbeispiel um eine typische Netztopologie für flache Einzugsgebiete. Der hier untersuchte Schadensschwerpunkt – einer von vielen für dieses Niederschlagsereignis am Niederrhein – lag an einer Verzweigung in einem Geländetiefpunkt.

Die Zulaufkanäle haben an dieser Stelle einen Durchmesser DN 500. Im Geländetiefpunkt am Schacht 519 verzweigt sich das Netz (abgehende Kanäle DN 300/DN 500). Die mittlere Tiefenlage der Kanäle beträgt ca. 3 m.

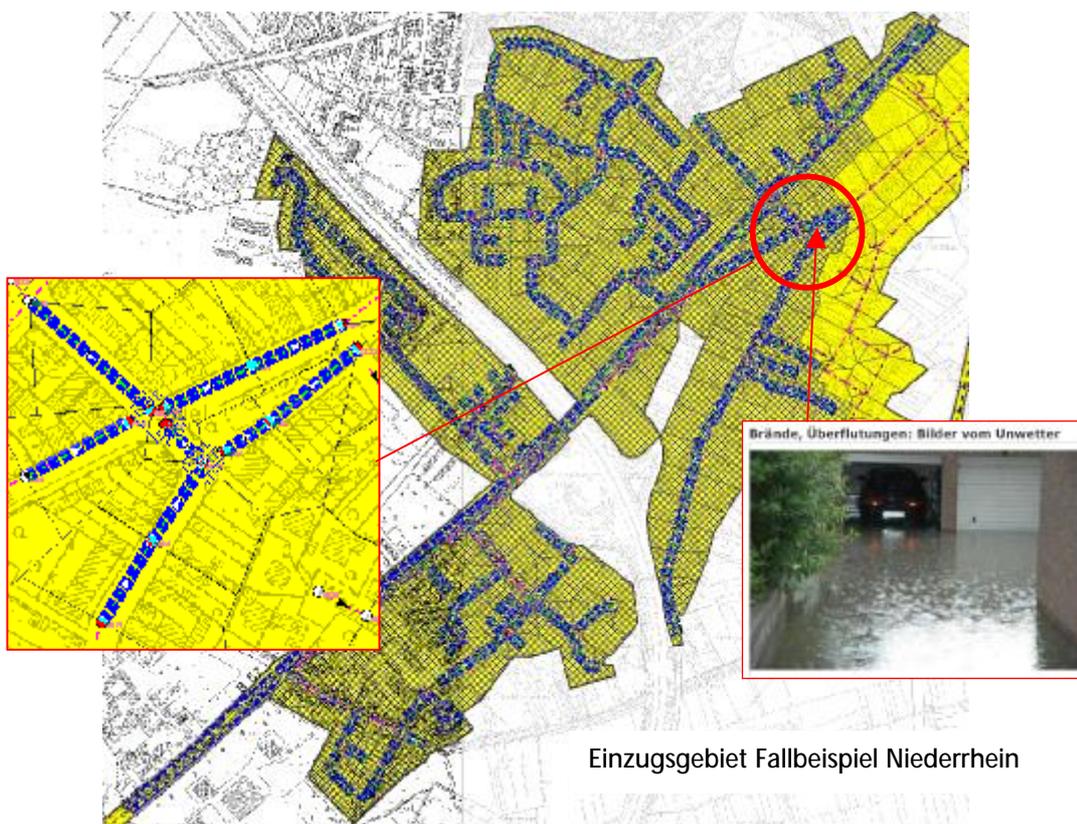


Bild 18 Einzugsgebiet des betrachteten Kanalnetzes des Fallbeispiels Niederrhein mit Kennzeichnung eines Schadenswerpunkts vom 29.05.2008

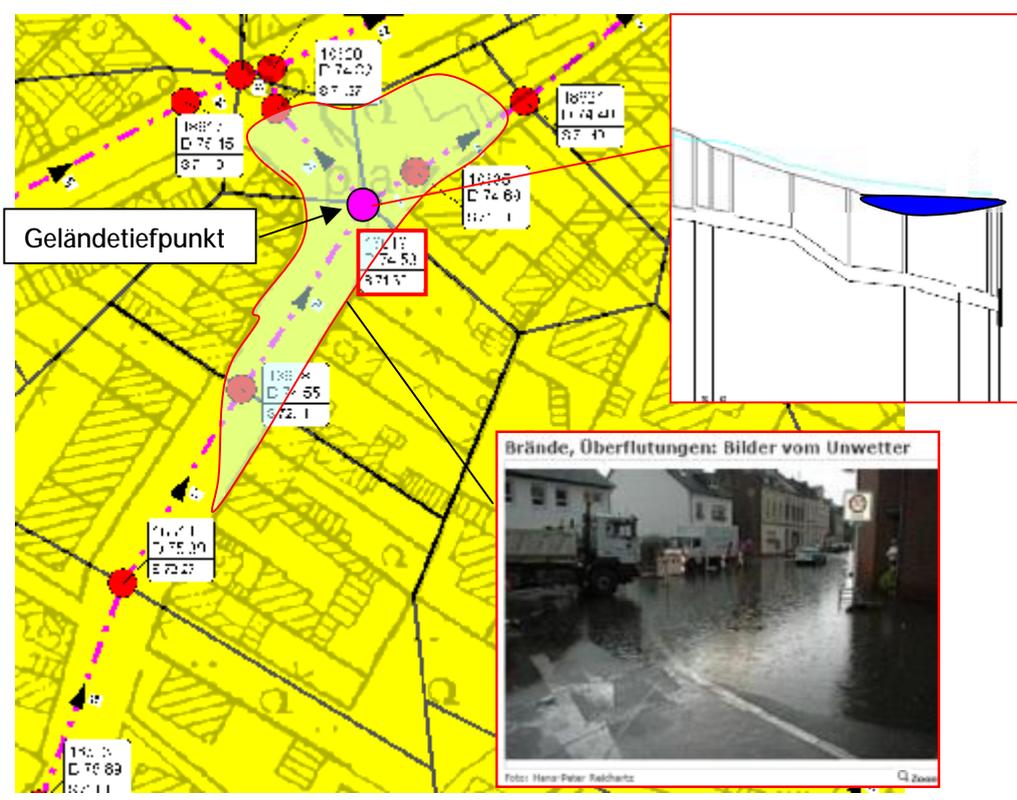


Bild 19 Ansicht eines Schadenswerpunkts des Niederschlagsereignisses vom 29.05.2008; Geländetiefpunkt

5.2.2 Starkregenereignis vom 29. Mai 2008

Zur Analyse des Starkregenereignisses vom 29. Mai 2008 standen die in Bild 20 und Bild 21 dargestellten Niederschlagsstationen zur Verfügung. Zudem sind die Niederschlagssummen des Niederschlagsereignisses vom 29. Mai 2008 (10:00 Uhr bis 12:00 Uhr) eingetragen. Die geringsten Niederschläge (max. 22 mm) fielen im Westen des Untersuchungsgebiets, während im Zentrum und Osten bis zu 54 mm gemessen wurden. Der hier näher betrachtete Teil des Kanalnetzes liegt am westlichen Rand des Niederschlagszentrums.

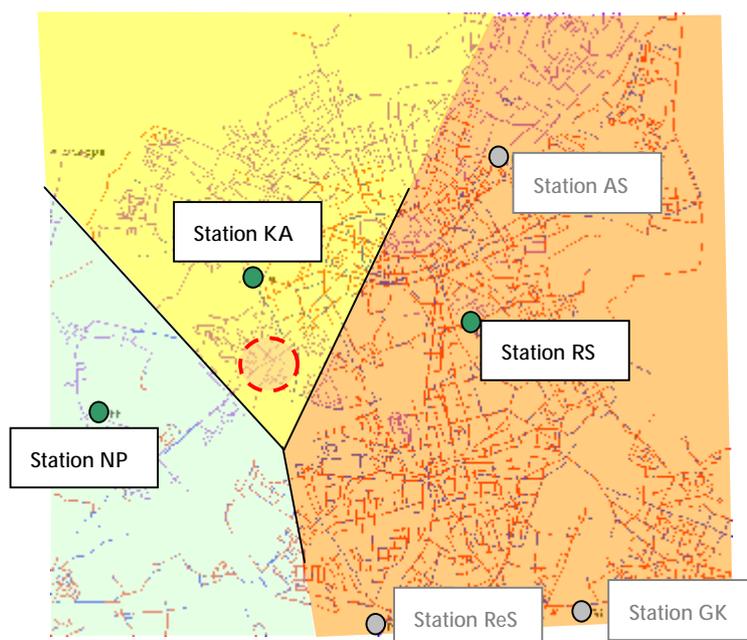


Bild 20 Lage und Einzugsgebiete der drei untersuchten (NP , KA und RS) sowie weiterer benachbarter Niederschlagsstationen für das Fallbeispiel Niederrhein am 29.05.2008

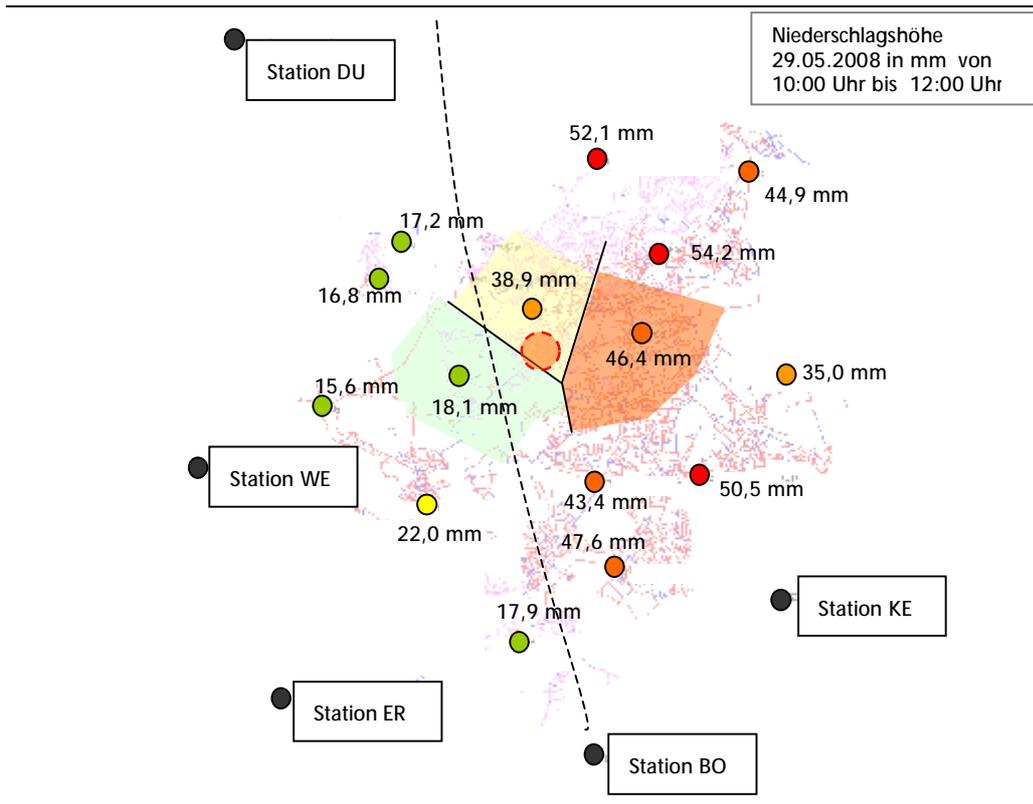


Bild 21 Lage von fünf Niederschlagsstationen (schwarz) mit langjährigen Niederschlagsaufzeichnungen und der Niederschlagsstationen in der Nähe des untersuchten Schadensschwerpunkts mit Angabe der Niederschlagssumme am 29.05.2008 (10:00 Uhr bis 12:00 Uhr)

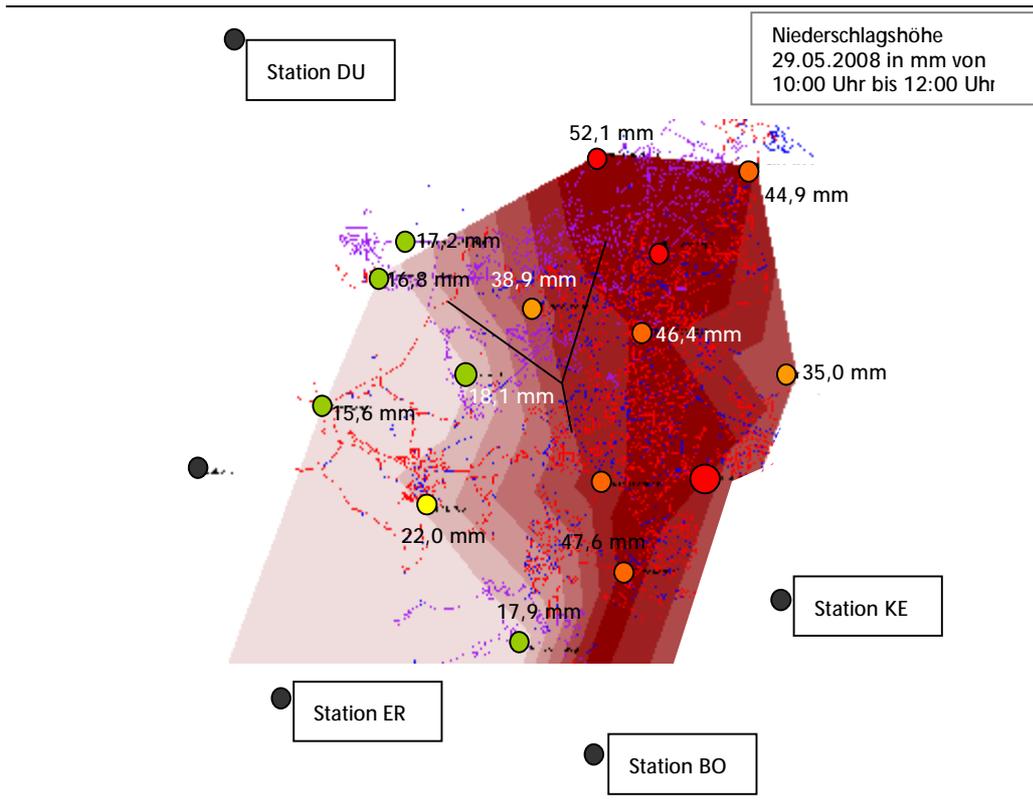


Bild 22 Niederschlagsgleichen der Niederschlagsaufzeichnungen in der Nähe des untersuchten Schadenswerpunkts mit Angabe der Niederschlagssumme am 29.05.2008 (10:00 Uhr bis 12:00 Uhr)

In Bild 23 ist der zeitliche Verlauf des Niederschlagsereignisses der Stationen NP, KA und RS aufgetragen. Die Station KA (38,9 mm) liegt in unmittelbarer Nähe des Einzugsgebiets, in dem es zu Überflutungen kam. In der Spitze wurden an nahe gelegenen Stationen über 50 mm Niederschlag gemessen.

Es wird deutlich, dass es sich bei dem Ereignis um einen lokal begrenzten Niederschlag handelt, der jedoch auch in den Randlagen noch nennenswerte Niederschlagssummen lieferte. Die benachbarten Stationen NP und RS weisen Niederschläge zwischen 18,1 mm und 46,4 mm auf.

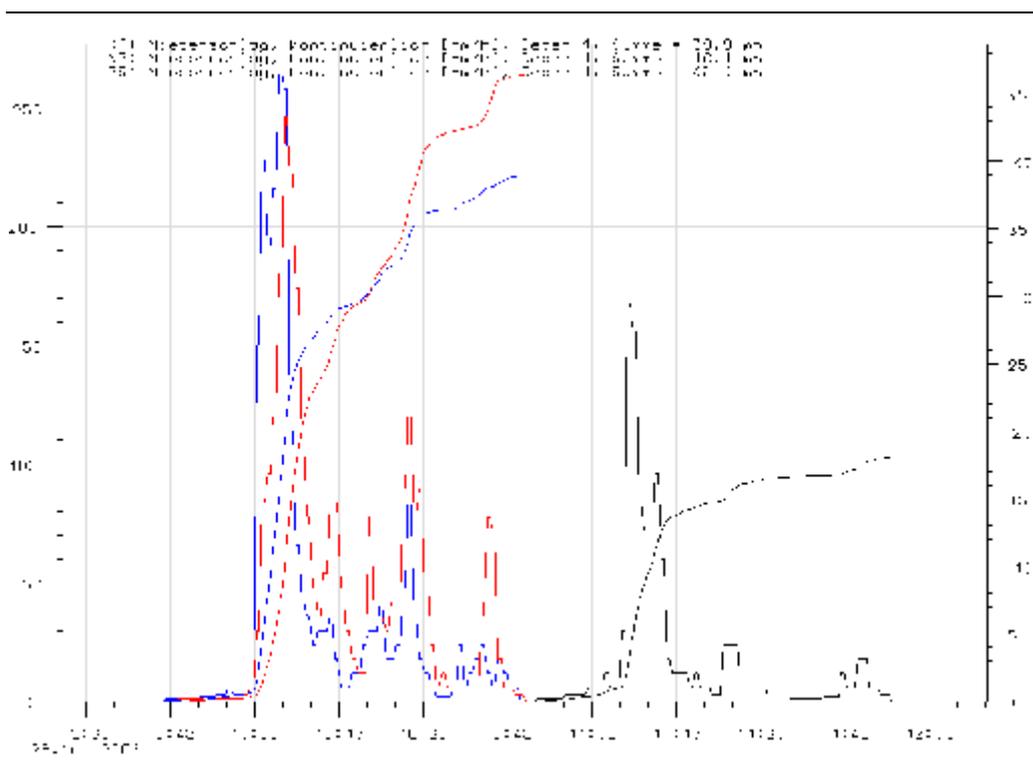


Bild 23 Niederschlagsaufzeichnungen der drei maßgebenden Stationen vom 29.05.2008 (KA und RS in MEZ; NP MEZ+1h)

Zur statistischen Einordnung des Niederschlags wurden die langjährige Reihe der Station DU (Länge 38 Jahre) im Einzugsgebiet und die KOSTRA-Auswertungen des DWD genutzt.

Die Auswertungen wurden für die drei Stationen KA, NP und RS durchgeführt.

Die maximalen Wiederkehrhäufigkeiten ergeben sich erwartungsgemäß für die Station RS. Hier ergeben sich für alle Dauerstufen und beide Bezugsreihen (KOSTRA und langj. Reihe DU) Werte weit größer als 100 Jahre.

Für die Station KA ergeben sich für geringe Dauerstufen < 15 min Wiederkehrhäufigkeiten von mehr als 100 Jahren (bezogen auf KOSTRA und langj. Reihe DU:). Für die Dauerstufe 1 h liefert die Auswertung bezogen auf KOSTRA auch eine Wiederkehrzeit von > 100 Jahre, bezogen auf die Reihe DU ergeben sich ca. 79 Jahre.

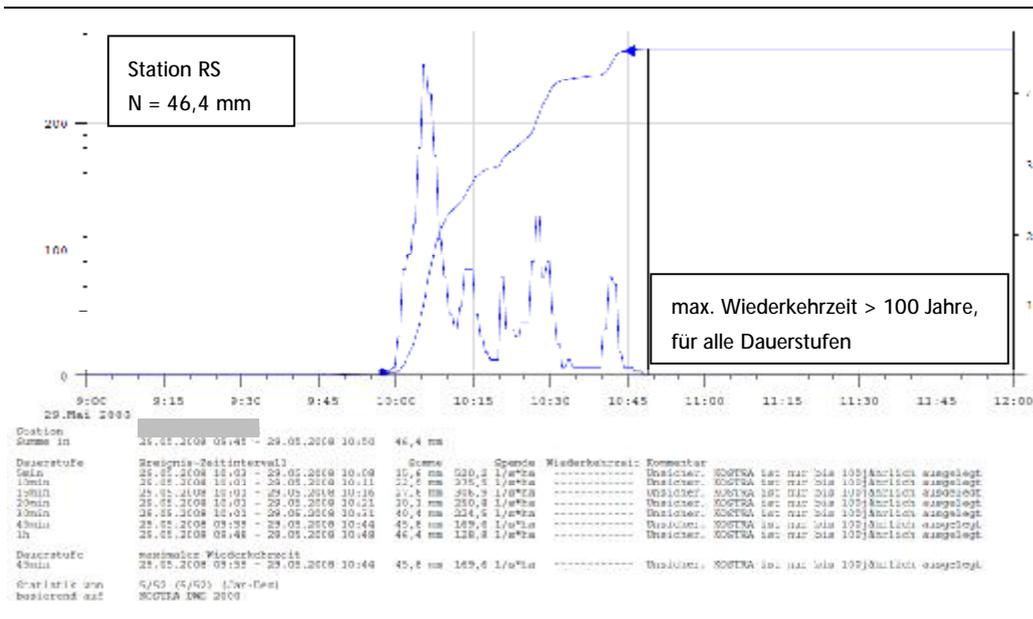


Bild 24 Niederschlagsstatistik für Station RS bezogen auf KOSTRA-DWD 2000

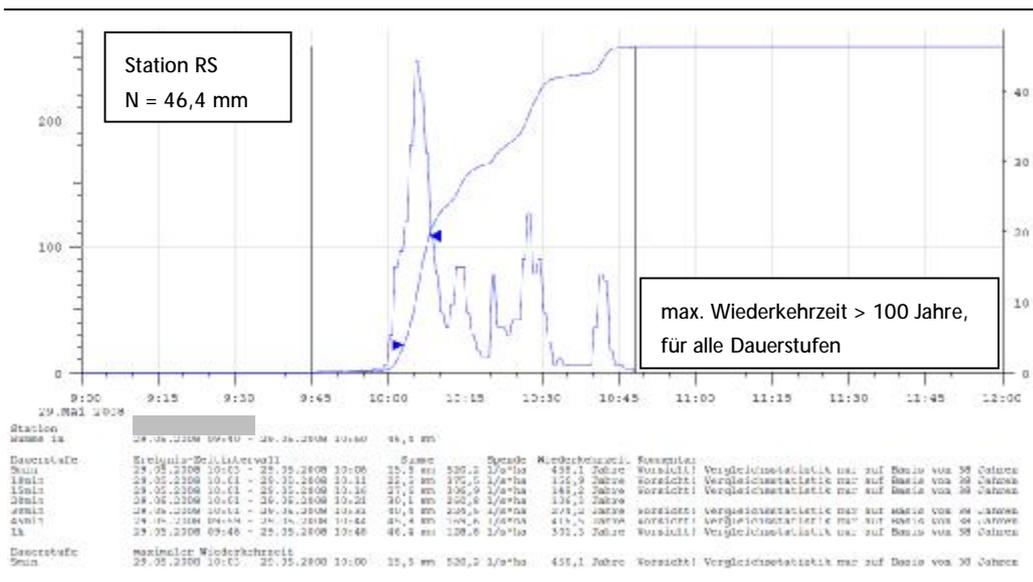


Bild 25 Niederschlagsstatistik für Station RS bezogen auf langj. Reihe DU

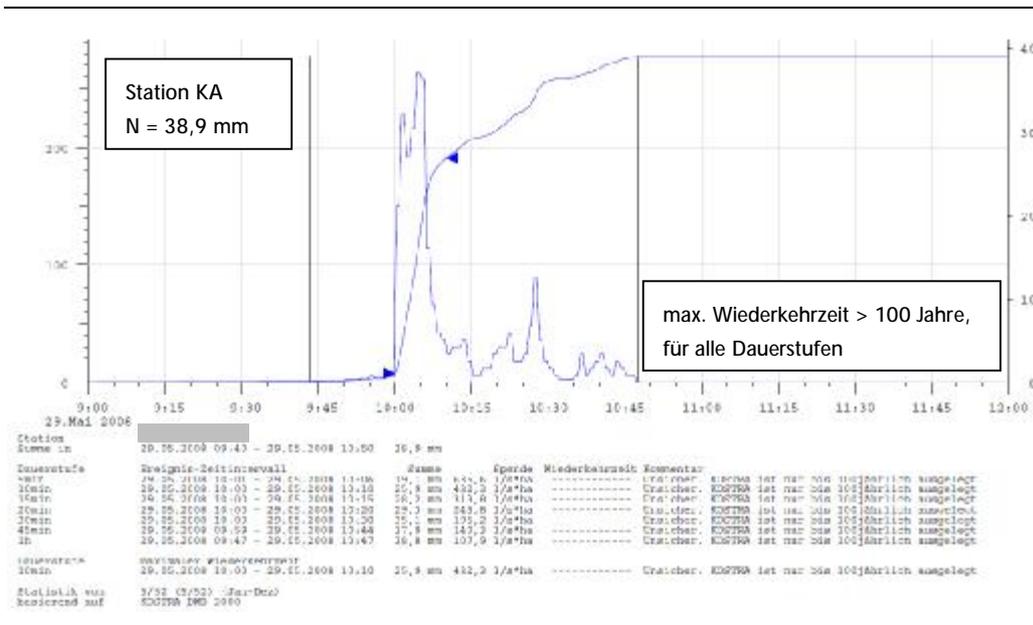


Bild 26 Niederschlagsstatistik für Station KA bezogen auf KOSTRA-DWD 2000

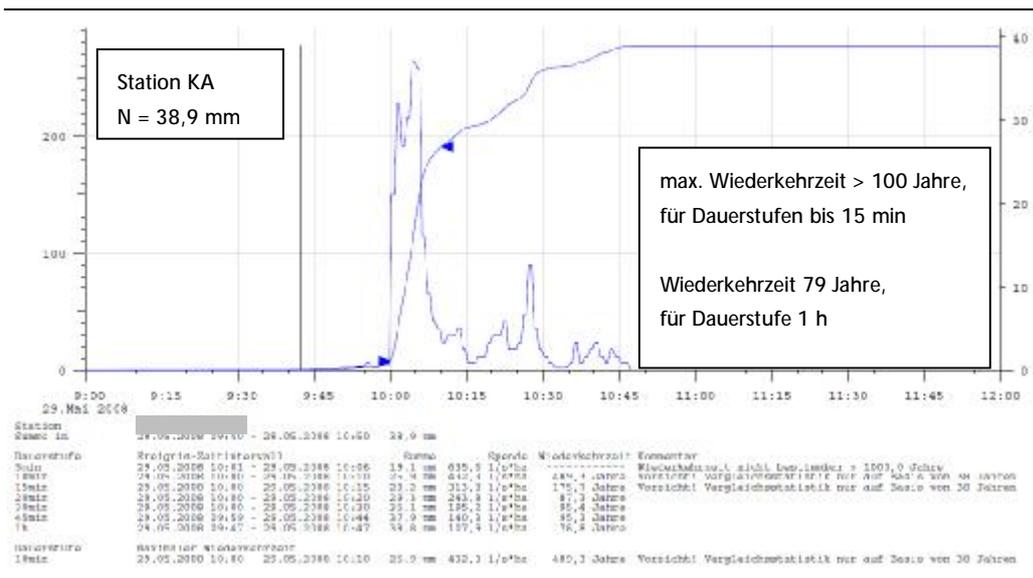


Bild 27 Niederschlagsstatistik für Station KA bezogen auf die langjährige Reihe DU.

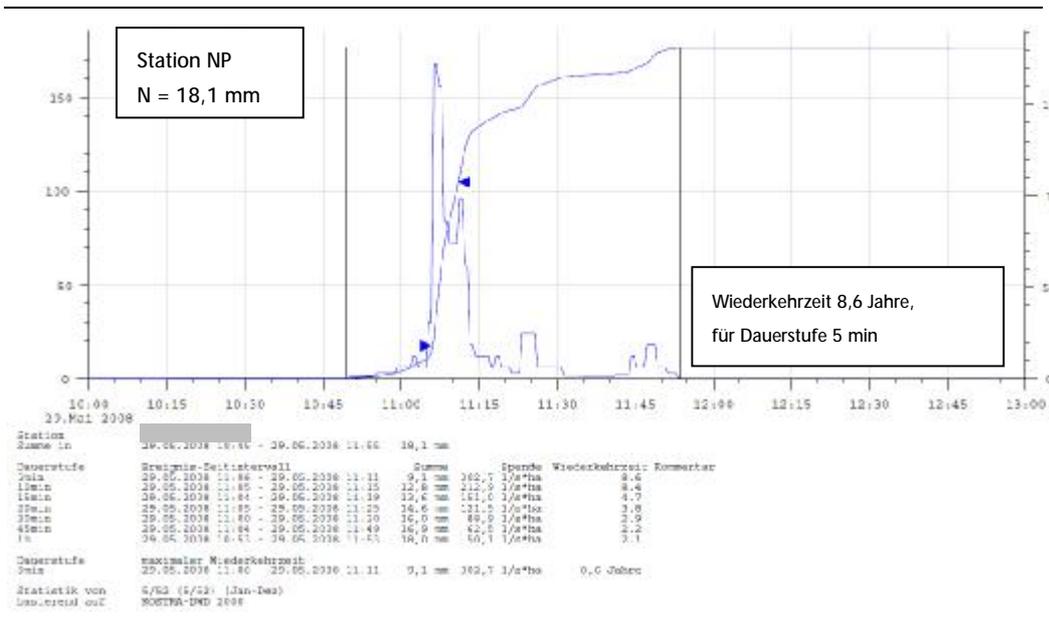


Bild 28 Niederschlagsstatistik für Station NP bezogen auf KOSTRA-DWD 2000

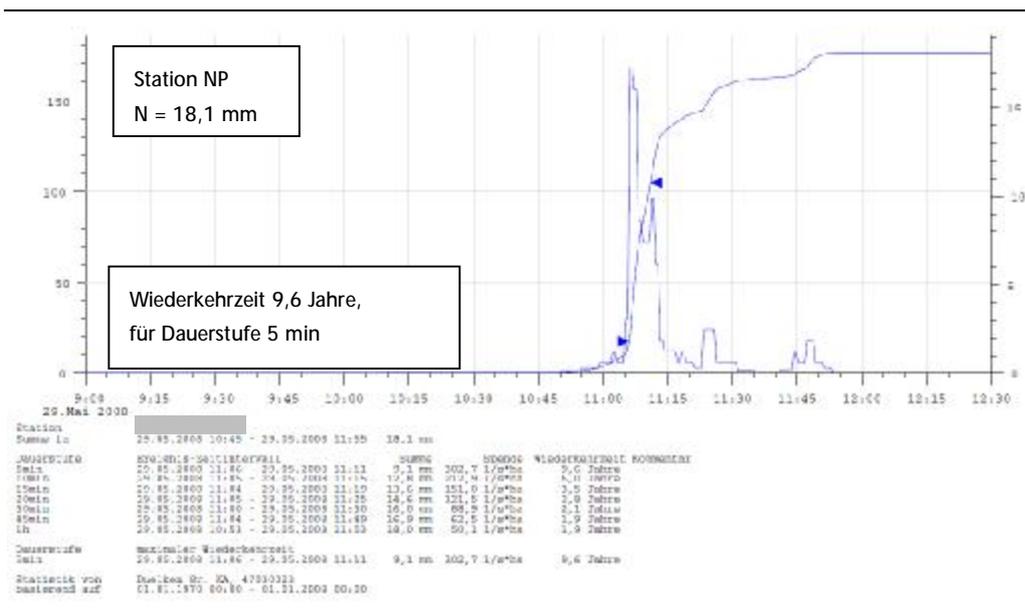


Bild 29 Niederschlagsstatistik für Station KA bezogen auf langj. Reihe DU

5.2.3 Analyse des Netzverhaltens und Diskussion

Der Schadensschwerpunkt des Starkregenereignisses vom 29.05.2008 lag im Bereich des Schachts 619. Auf detaillierte Aussage zu den Ursachen der Überflutung soll an dieser Stelle in Abstimmung mit dem Kanalnetzbetreiber und dem LANUV NRW verzichtet werden. Betriebliche Gründe können ausgeschlossen werden. Mit einer Wiederkehrhäufigkeit von mehr als 100 Jahren liegt der Niederschlag deutlich oberhalb der in DIN EN 752 genannten Wiederkehrhäufigkeit des Bemessungsregens von 1 mal in 2 Jahren bis 1 mal in 5 Jahren und auch der Überflutungshäufigkeit von Wohngebieten von 1 mal in 20 Jahren bzw. Stadtzentren von 1 mal in 30 Jahren (DIN EN 752, Tabellen 2 und 3).

Die Zulaufleitungen (Mischwasserkanäle DN 500) haben eine Vollfüllungsleistung von ca. 430 l/s. Die Nachrechnung der maßgebenden Niederschläge der drei benachbarten Stationen ergab Abflüsse zwischen 540 l/s und 624 l/s. Auch die Vollfüllungsleistungen des weiterführenden Kanalnetzes (Ei 1200/800: 1250 l/s und DN 300: 63 l/s) werden für alle drei betrachteten Niederschläge überschritten.

Der rechnerische Nachweis führt an den überstauten Schächten im Bereich des Geländetiefpunkts zu einem Wasseraustritt zwischen 50 m³ und 350 m³ je Schacht (Bild 19 und Bild 30, Bild 31).

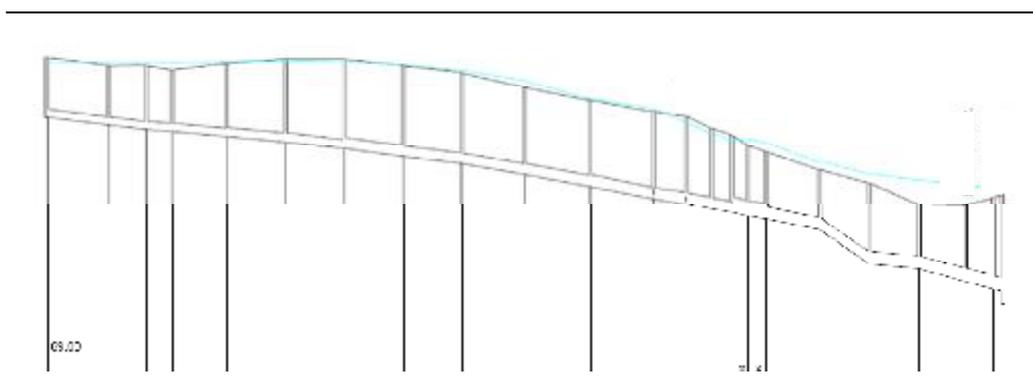


Bild 30 Wasserspiegellage im Zulaufkanal DN 500 zum untersuchten Geländetiefpunkt für das Ereignis vom 29.05.2008, Regenreihe NP: 18,1 mm

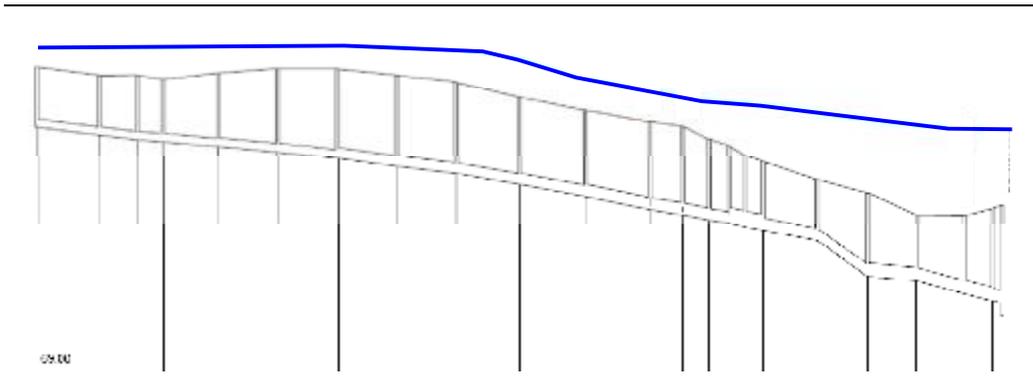


Bild 31 Wasserspiegellage im Zulaufkanal DN 500 zum untersuchten Geländetiefpunkt für das Ereignis vom 29.05.2008, Regenreihe RS: 46,4 mm

Aufgrund der Topographie des Geländes kam es damit am 29.05.2008 zu erhöhten Wasserständen auf den Straßen. Liegen in diesen entwässerungstechnisch kritischen Bereichen tiefgelegene Garageneinfahrten, Hauseingänge oder ähnliches kommt es hier zu Überschwemmungen, da das Wasser nicht ungehindert oberflächlich abfließen kann (Bild 32; Bild 33). In dem vorliegenden Beispiel liegen die Garagen, Keller und Hauseingänge teilweise deutlich unter der Rückstauenebene!



Bild 32 Ansichten der Häuserzugänge im Bereich des Geländetiefpunkts und Fließwege bei Wasseraustritt aus der Kanalisation bzw. Überlastung der Straßeneinläufe (Ortstermin April 2009)

Das Beispiel ist typisch für eine Verkettung entwässerungstechnisch ungünstiger Randbedingungen, die letztendlich bei Starkregen zu Überflutungen und Schäden führen können:

- extreme Niederschläge (29.05.2008)
- Geländetiefpunkt
- Hauszugang und Garageneinfahrt unterhalb der Fahrbahn (bzw. Rückstauenebene)
- kein freier Abfluss von Oberflächenwasser vom Privatgrundstück (Garage)
- geringe Überdeckung der Kanalisation
- flaches Kanalnetz mit begrenzter hydraulischer Leistungsfähigkeit
- keine natürlichen Retentionsräume, Flutmulden etc..

Niederschlagsmengen, wie am 29.05.2008 am Niederrhein beobachtet, können nicht allein durch eine Kapazitätserhöhung des Kanalnetzes schadlos abgeleitet werden. Auch für dieses Beispiel wird eine Kombination von lokalen Maßnahmen (oberflächliche schadlose Ableitung und Rückhaltung, Objektschutz) und einer Kapazitätserhöhung des Kanalnetzes untersucht werden müssen.



Bild 33 Garageneinfahrt und Kellerzugang ohne freien Abfluss für zufließendes Oberflächenwasser (Ortstermin April 2009)

6 Zeitreihenanalysen von Niederschlagsaufzeichnungen

6.1 Vorbemerkungen

Statistische Auswertungen langjähriger Niederschlagsreihen können einen Hinweis zu Veränderungen des Niederschlagsgeschehens geben (Trends). Belastbare Aussagen zur zukünftigen Entwicklung sind jedoch nicht möglich. Zudem erreichen nur wenige Reihen Aufzeichnungslängen, die Aussagen zu Trends über mehrere Jahrzehnte ermöglichen.

Hinsichtlich der Bemessung von Entwässerungssystemen geben Analysen der relevanten Dauerstufen von 5 Minuten bis 2 Tagen jedoch entscheidende Hinweise zur Variabilität der statistischen Kenngrößen und deren Unsicherheiten.

6.2 Untersuchte Zeitreihen

Im Rahmen der vorgestellten Untersuchungen wurden zwei langjährige Zeitreihen untersucht:

Station DU – Niederrhein – Länge der Datenreihe: 48 Jahre	Beginn: 1960	Ende: 2007
--	--------------	------------

Station BU – Bergisches Land – Länge der Datenreihe: 38 Jahre	Beginn: 1970	Ende: 2007
--	--------------	------------

Beide Datenreihen bzw. die entsprechenden Starkregenserien der Stationen wurden im Rahmen des Projekts ExUS des LANUV NRW geprüft (Einfalt und Podlasly, 2009).

6.3 Auswertung der gleitenden Mittelwerte

Zur Einordnung der Niederschlagsreihen wurden für folgende Zeitreihen die gleitenden Mittelwerte (10 Jahre) bestimmt. Beide Niederschlagsreihen weisen im Untersuchungszeitraum eine Zunahme des gleitenden Mittels auf. An der Station im Bergischen Land liegt das zehnjährige Mittel zu Beginn des Untersuchungszeitraums bei 1147 mm/a und erreicht das Maximum zum Ende des Untersuchungszeitraums mit 1255 mm/a (+9,4 %). Auch an der Station am Niederrhein liegt das Minimum des zehnjährigen Mittels zu Beginn des Untersuchungszeitraums (632 mm/a) und erreicht das Maximum am Ende mit 826 mm/a (+32 %).

Während diese Zunahme an der Station am Niederrhein auch für das Winter- und Sommerhalbjahr erkennbar ist (Oktober-März bzw. April-September), zeigt die Station im Bergischen Land eine Zunahme der Niederschlagssummen nur in den Wintermonaten.

Die weiteren statistischen Untersuchungen hinsichtlich einer Veränderung innerhalb der Zeitreihen (Sprunguntersuchungen) enthält sind in Kapitel 6.4 beschrieben.

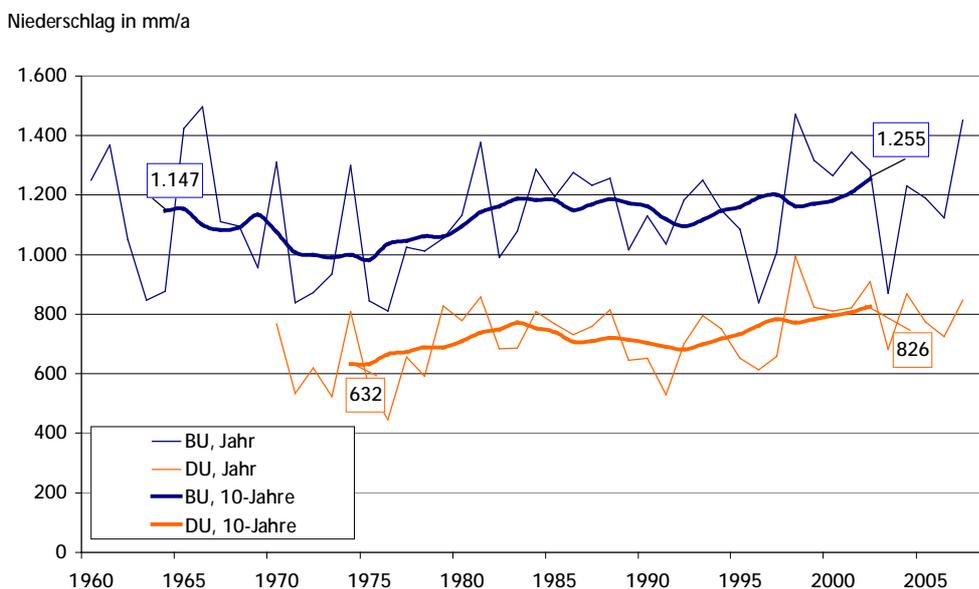


Bild 34 Jahresniederschläge der Stationen BU (Bergisches Land) und DU (Niederrhein) mit Angaben des gleitenden Mittelwertes über 10 Jahre

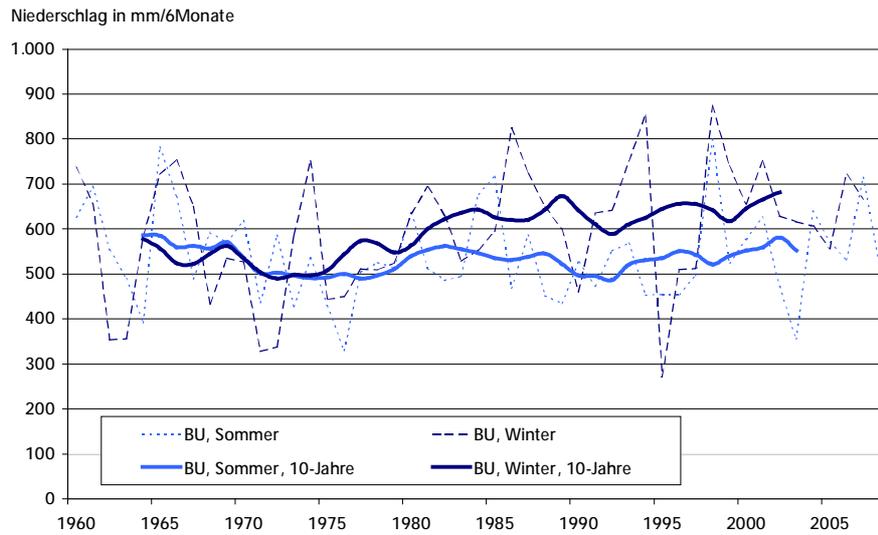


Bild 35 Niederschlagssummen im Winter- und Sommerhalbjahr an der Station BU (Bergisches Land) und gleitendes Mittel über 10 Jahre

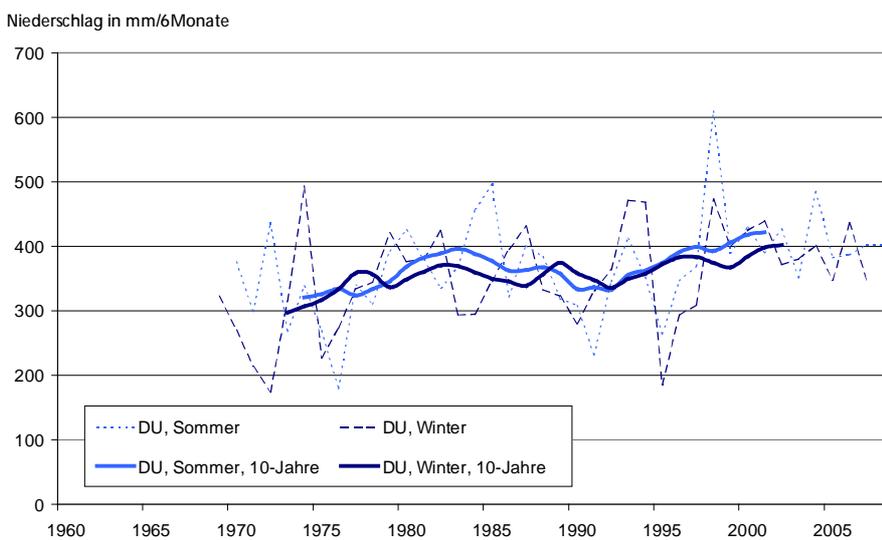


Bild 36 Niederschlagssummen im Winter- und Sommerhalbjahr an der Station DU (Niederrhein) und gleitendes Mittel über 10 Jahre

6.4 Zeitreihenanalyse – Sprunguntersuchungen

6.4.1 Station BU – Bergisches Land

Im nachfolgenden sind die Ergebnisse der Sprunguntersuchungen hinsichtlich einer Veränderung der statistischen Charakteristika der Jahres-, Halbjahres-, Quartals- und Monatswerte der Station BU zusammengefasst.

Die Untersuchungen der Zeitreihen der Jahres, Halbjahres, Quartals- und Monatswerte lassen signifikante Änderungen (Zunahmen) der Niederschlagssummen nur für das Winterhalbjahr (Okt.-Nov.) mit dem Schwerpunkt in den Monaten Februar und März, d. h. im ersten Quartal des Jahres, erkennen.

Bild 37 zeigt exemplarisch die Ergebnisse der Zeitreihenanalyse nach Pettitt mit Angabe des ermittelten Sprungpunktes und der statistischen Kenngrößen $U_{T,T}$ für den Jahresniederschlag und den Niederschlag in den Monaten Januar bis März an der Station BU (Bergisches Land). Der Sprungpunkt ergibt sich für die Jahre 1979 bzw. 1980. Die in den Abbildungen gelb markierten Zeitabschnitte weisen ergänzend auf einen „Bereich“ mit einer hohen Wahrscheinlichkeit zur Lage des Sprungpunktes hin.

Die Einzelauswertung der Sommermonate liefert ein uneinheitliches Ergebnis (Zunahmen, Abnahmen), die jedoch – bis auf einen rückläufigen Trend im Mai – nicht belastbar belegbar sind.

Die Übersicht über die Einzelauswertungen sind in Tabelle 1 dargestellt.

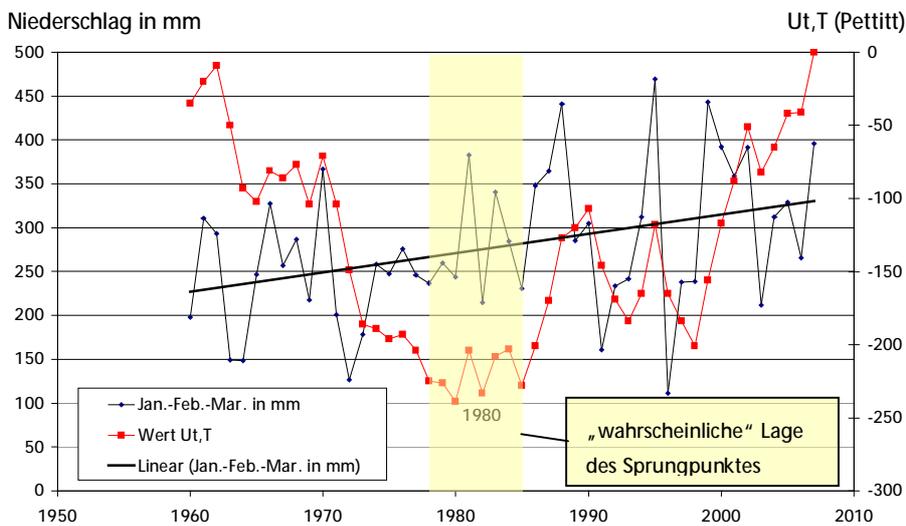
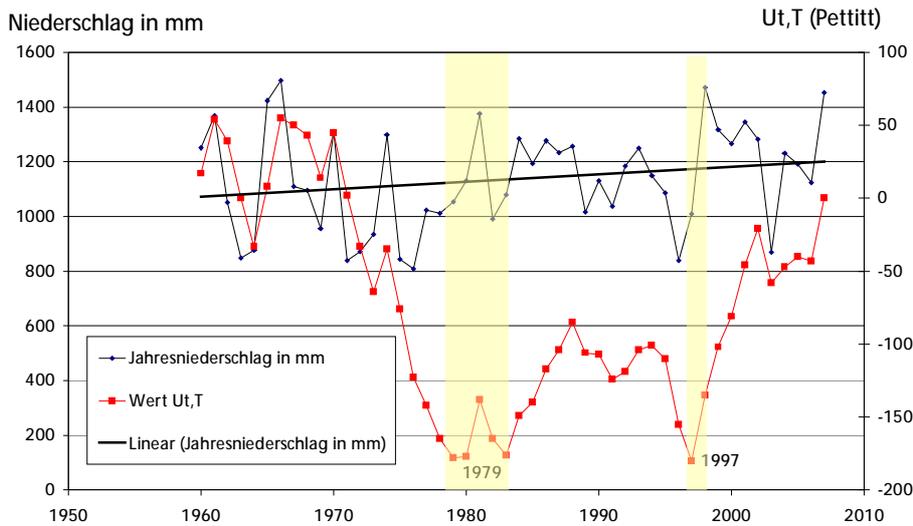


Bild 37 Ergebnisse der Zeitreihenanalyse nach Pettitt mit Angabe des ermittelten Sprungpunktes und der statistischen Kenngrößen $U_{t,T}$ für den Jahresniederschlag (oben) und den Niederschlag in den Monaten Jan. bis Mrz. (unten) an der Station BU – Bergisches Land (gelb markierte Bereiche weisen auf einen „Bereich“ mit einer hohen Wahrscheinlichkeit zur Lage des Sprungpunktes hin)

Tabelle 1 Ergebnisse der Zeitreihenanalyse nach Pettitt mit Angabe des ermittelten Sprungpunktes und der statistischen Kenngrößen p_{0A} und $U_{t,T}$ für den Sprungpunkt sowie des Trends (Kapitel 3.2) der Zeitreihen der Station BU (Bergisches Land)

Zeitreihe	Sprungpunkt(e)	P_{0A} (zweiseitig)	$U_{t,T}$	Trend
Jahresniederschlag	1997 (1979)	0,36 (0,37)	-180 (-178)	↑
Sommerhalbjahr	1970	0,67	143	↓
Winterhalbjahr	1979	0,12	-230	↑
Jan./Feb./Mär. (Q1)	1980	0,10	-239	↑
Apr./Mai/Jun. (Q2)	1987	0,66	144	↓
Jul./Aug./Sept. (Q3)	1970	0,76	135	↓
Okt./Nov./Dez. (Q4)	1985	0,36	-180	↑
Januar	1980	0,21	-205	↑
Februar	1994	0,13	-227	↑
März	1977	0,19	-210	↑
April	1973	0,71	140	↓
Mai	1987	0,21	206	↓
Juni	1976	0,80	-131	↑
Juli	1980	>0,90	105	↓
August	1995	0,43	-170	↑
September	1987	>0,90	-100	↑
Oktober	1980	0,54	-157	↑
November	1999	>0,90	-112	↑
Dezember	1984	0,45	-167	↑

6.4.2 Station DU – Niederrhein

Die Ergebnisse der Sprunguntersuchungen hinsichtlich einer Veränderung der statistischen Charakteristika der Jahres-, Halbjahres-, Quartals- und Monatswerte der Station DU sind in Tabelle 2 dargestellt.

Die Untersuchungen der Zeitreihen der Jahres, Halbjahres, Quartals- und Monatswerte lassen – im Gegensatz zur Station BU – signifikante Änderungen (Zunahmen) der Niederschlagssummen sowohl für die Jahresniederschlagssumme, als auch getrennt für das Sommer- und Winterhalbjahr mit dem Schwerpunkt in dem dritten und vierten Quartal des Jahres erkennen.

In Tabelle 2 sind exemplarisch die Ergebnisse der Zeitreihenanalyse nach Pettitt mit Angabe des ermittelten Sprungpunktes und der statistischen Kenngrößen $U_{i,T}$ für den Jahresniederschlag und den Niederschlag in den Monaten August bis September an der Station DU (Niederrhein) dargestellt.

Die Mehrzahl der ermittelten Sprungpunkte liegt an dieser Station im Bereich der 90er Jahre.

Auch an dieser Station lässt sich eine Zunahme der Niederschläge im Februar erkennen. Zudem weisen die Niederschläge im Oktober und Dezember eine zunehmende Tendenz auf.

Die Einzelauswertung der Sommermonate liefert wie an der Station BU ein uneinheitliches Ergebnis (Zunahmen, Abnahmen), die jedoch – bis auf einen ansteigenden Trend im August – nicht belastbar zu belegen sind.

Es ist zu erwarten, dass Trenduntersuchungen für Starkregenereignisse basierend auf Niederschlagszeitreihen, die in dem Zeitraum 1960 bis etwa 1975 beginnen, aufgrund der geringen Anzahl von Starkregenereignissen bzw. vieler vergleichsweise niederschlagsarmer Jahre in diesem Zeitraum, tendenziell stärkere Trends aufweisen, als Niederschlagsreihen, die einen Zeitraum ab etwa 1950 beinhalten.

Im Rahmen der Entwicklung einer Anpassungsstrategie an die (zukünftigen) Auswirkungen des Klimawandels liefern Auswertungen langjähriger Niederschlagsreihen jedoch ohnehin nur eine eingeschränkte Aussage zu bereits heute feststellbaren Entwicklungen. Über das zukünftige Niederschlagsgeschehen können auf diese Weise keine belastbaren Aussagen getroffen werden.

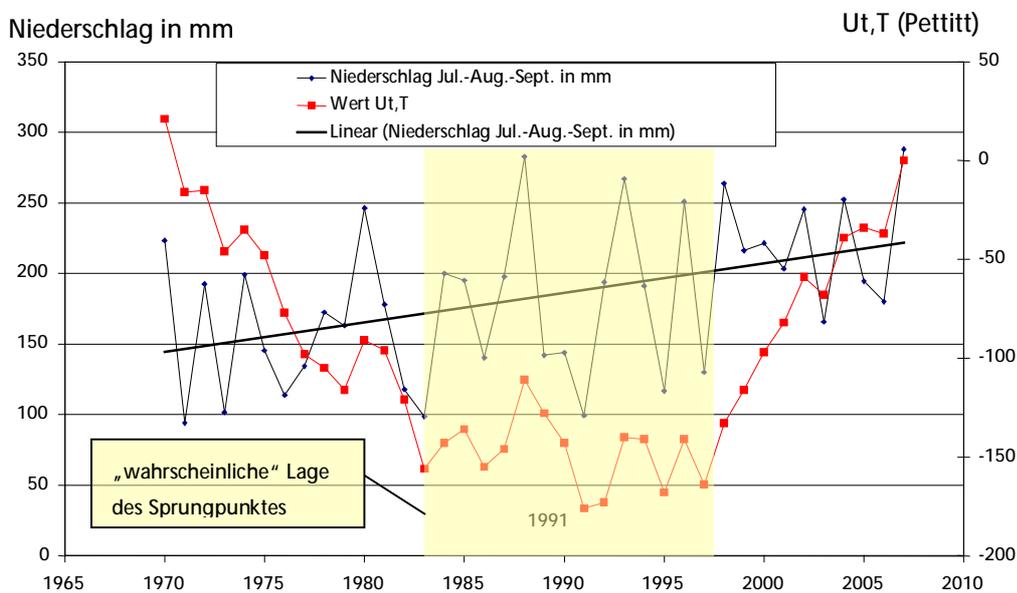
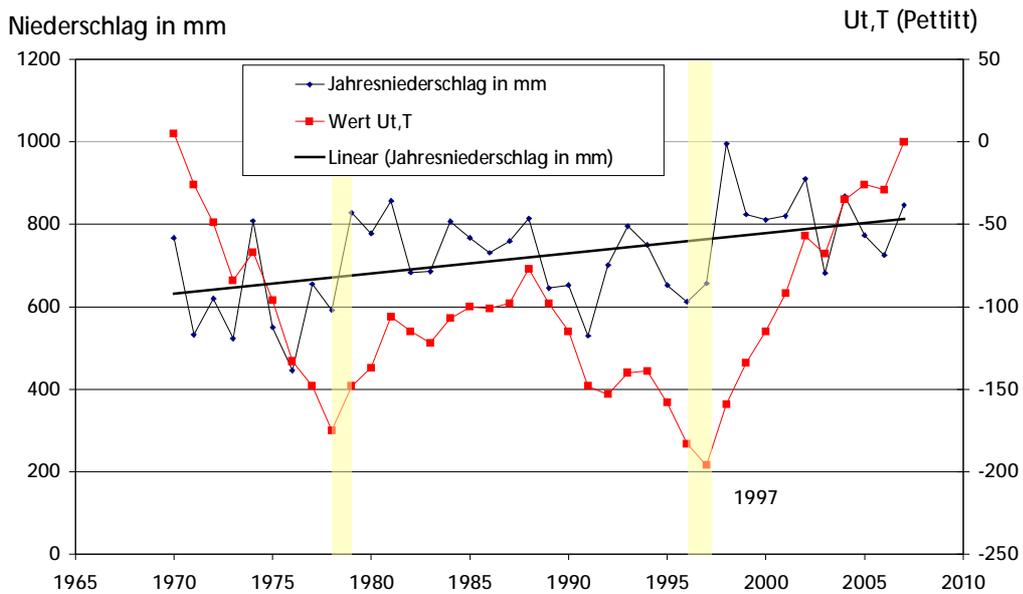


Bild 38 Ergebnisse der Zeitreihenanalyse nach Pettitt mit Angabe des ermittelten Sprungpunktes und der statistischen Kenngröße $U_{t,T}$ für den Jahresniederschlag und den Niederschlag in den Monaten Aug. bis Sept. an der Station DU – Niederrhein

Tabelle 2 Ergebnisse der Zeitreihenanalyse nach Pettitt mit Angabe des ermittelten Sprungpunktes und der statistischen Kenngrößen p_{0A} , $U_{t,T}$ für den Sprungpunkt sowie des Trends (Kapitel 3.2) der Zeitreihen der Station DU (Niederrhein)

Zeitreihe	Sprungpunkt(e)	P_{0A} (zweiseitig)	$U_{t,T}$	Trend
Jahresniederschlag	1997	0,03	-196	↑
Sommerhalbjahr	1997	0,08	-174	↑
Winterhalbjahr	1997	0,12	-162	↑
Jan./Feb./Mär. (Q1)	1998	0,54	-111	↑
Apr./Mai/Jun. (Q2)	1996	0,34	-129	↑
Jul./Aug./Sept. (Q3)	1991	0,07	-176	↑
Okt./Nov./Dez. (Q4)	1978	0,17	-153	↑
Januar	1980	0,96	-83	↑
Februar	1994	0,07	-179	↑
März	1989	0,60	106	↓
April	1996	0,32	-131	↑
Mai	1980 (1988)	>0,90	-75 (75)	↑ (↓)
Juni	1976	>0,90	-73	↑
Juli	1995	0,43	-120	↑
August	1995	0,08	-174	↑
September	1983	0,48	-116	↑
Oktober	1979	0,11	-166	↑
November	1977	>0,90	76	↓
Dezember	1977	0,25	-140	↑

6.5 Veränderungen der bemessungsrelevanten jährlichen Extremwerte

Neben einer Veränderung der Jahresniederschlagssumme bzw. der Niederschlagssumme in Quartalen oder Monaten sind hinsichtlich der Bemessung von Entwässerungssystemen Dauerstufen von wenigen Minuten bis zu etwa 2 Tagen von deutlich größerer Bedeutung.

Daher wurden die Zeitreihen der jährlichen Extremwerte der Dauerstufen 5 Minuten bis 2 Tage gebildet (jährliche Serie) und hinsichtlich möglicher Veränderungen untersucht.

6.5.1 Station BU – Bergisches Land

Für die jährlichen Serien der Dauerstufen 5 Minuten bis 2 Tage sind die Veränderungen innerhalb der Zeitreihe deutlich stärker ausgeprägt, als für die Jahres- oder Monatssummen der Niederschläge. Statistisch signifikant sind die Zunahmen insbesondere für die kurzen Dauerstufen < 30 Minuten und den Bereich zwischen 6 Stunden und 2 Tagen.

Die Sprungpunkte liegen in einem Bereich zwischen den späten 70er Jahren bis hin zum Ende der 80er. Dabei ist zu beachten, dass Einzelereignisse die Niederschlagssummen mehrerer Dauerstufen bestimmen und damit das „einheitliche Verhalten“ verstärken.

Die Ergebnisse für die Station BU sind in der Tabelle 3 zusammengefasst.

In Bild 39 sind exemplarisch für die Dauerstufen 2 Stunden und 2 Tage die jährlichen Serien und der statistische Parameter $U_{t,T}$ aufgetragen. Der Sprungpunkt ergibt sich für den Zeitpunkt an dem $U_{t,T}$ sein Extremwert (hier Minimum) erreicht.

Tabelle 3 Ergebnisse der Zeitreihenanalyse nach Pettitt (1979) mit Angabe des ermittelten Sprungpunktes und der statistischen Kenngrößen p_{0A} und $U_{t,T}$ sowie des Trends für den Sprungpunkt der jährlichen Serien der Station BU (Bergisches Land)

Jährlicher Serie Dauerstufe	Sprungpunkt(e)	P_{0A} (zweiseitig)	$U_{t,T}$	Trend
5 Minuten	1989	<0,01	-433	↑
10 Minuten	1989	<0,01	-411	↑
15 Minuten	1989	0,01	-322	↑
20 Minuten	1976	0,03	-278	↑
30 Minuten	1989	0,09	-242	↑
45 Minuten	1974	0,36	-179	↑
60 Minuten	1977	0,35	-181	↑
90 Minuten	1976	0,16	-217	↑
2 Stunden	1983	<0,01	576	↓
3 Stunden	1977	0,48	-164	↑
4 Stunden	1977	0,18	-214	↑
6 Stunden	1979	0,05	-263	↑
9 Stunden	1979	0,02	-302	↑
12 Stunden	1979	0,01	-323	↑
18 Stunden	1979	<0,01	-358	↑
1 Tag	1980	<0,01	-364	↑
2 Tage	1982	<0,01	-361	↑

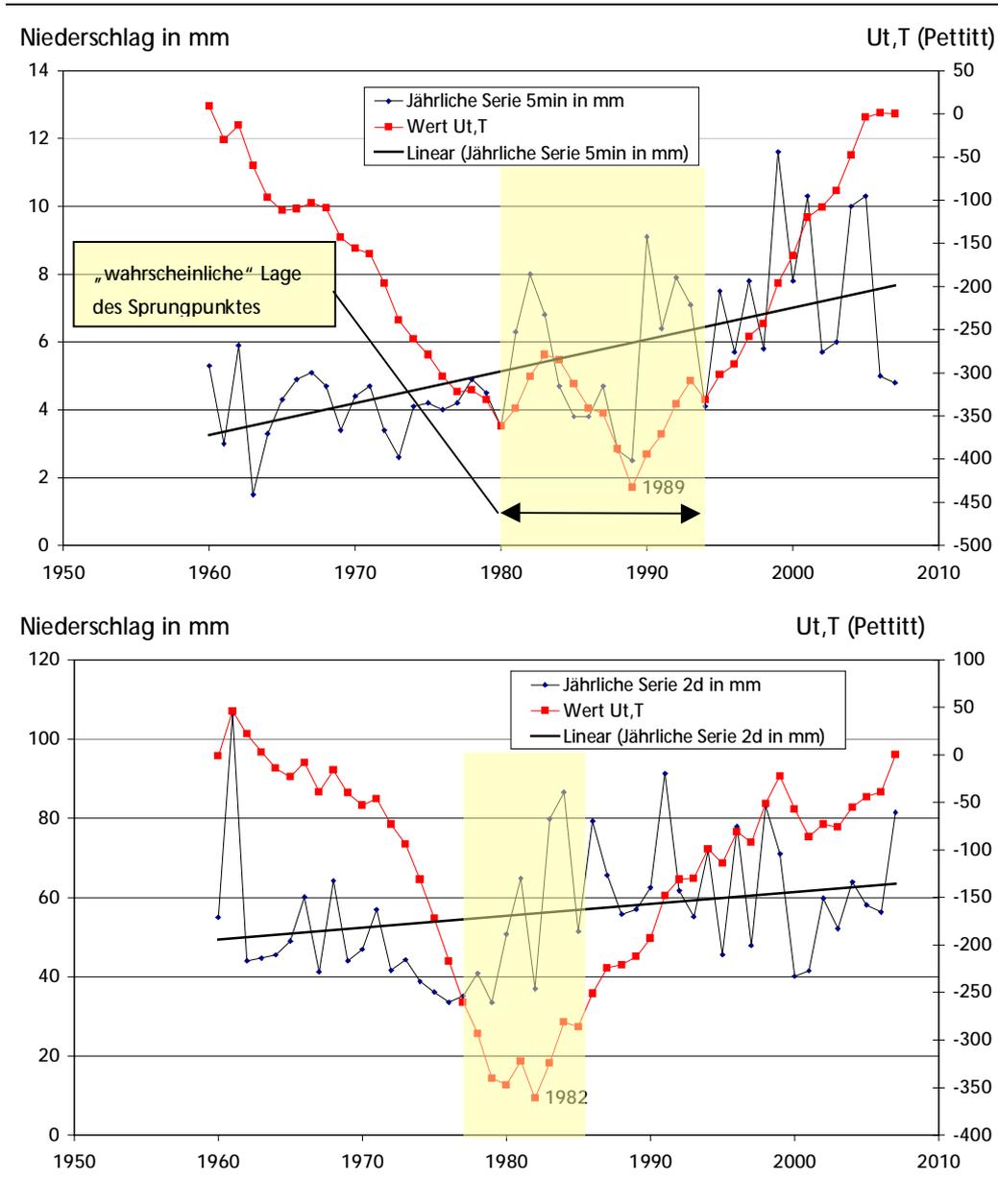


Bild 39 Ergebnisse der Zeitreihenanalyse nach Pettitt (1979) mit Angabe des ermittelten Sprungpunktes und der statistischen Kenngröße $U_{t,T}$ für die jährliche Serie der Dauerstufe 5 Minuten und 2 Stunden an der Station BU

6.5.2 Station DU – Niederrhein

Wie für die Station „Bergisches Land“ gilt auch für die Station „Niederrhein“, dass die Veränderungen der jährlichen Serien der Dauerstufen 5 Minuten bis 2 Tage deutlich stärker ausgeprägt sind, als für die Jahres- oder Monatssummen der Niederschläge.

Statistisch signifikant sind die Zunahmen hier für alle untersuchten Dauerstufen, die für die Bemessung von Entwässerungssystemen besonders wichtig sind.

Die Sprungpunkte liegen in einem Bereich von Anfang bis Mitte der 90er Jahre und schließen sich dabei an den Zeitraum an der Station „Bergisches Land“ an. Dabei ist zu beachten, dass Einzelereignisse (das jeweilige Extremereignis eines Jahres) die Niederschlagssummen mehrerer Dauerstufen der jährlichen Serie bestimmen und damit das „einheitliche Verhalten“ verstärken.

Die Ergebnisse für die Station DU sind in der Tabelle 4 zusammengefasst.

In Bild 39 sind exemplarisch für die Dauerstufen 2 Stunden und 2 Tage die jährlichen Serien und der statistische Parameter $U_{t,T}$ aufgetragen. Der Sprungpunkt ergibt sich für den Zeitpunkt an dem $U_{t,T}$ seinen Extremwert (hier Minimum) erreicht.

Tabelle 4 Ergebnisse der Zeitreihenanalyse nach Pettitt (1979) mit Angabe des ermittelten Sprungpunktes und der statistischen Kenngrößen p_{0A} , $U_{t,T}$ und dem Trend für den Sprungpunkt der jährlichen Serien der Station DU (Niederrhein)

Jährlicher Serie Dauerstufe	Sprungpunkt(e)	P_{0A} (zweiseitig)	$U_{t,T}$	Trend
5 Minuten	1995	0,03	-202	↑
10 Minuten	1995	0,01	-232	↑
15 Minuten	1995	0,01	-227	↑
20 Minuten	1995	0,01	-227	↑
30 Minuten	1995	0,01	-230	↑
45 Minuten	1996	<0,01	-249	↑
60 Minuten	1996	0,01	-239	↑
90 Minuten	1996	0,01	-221	↑
2 Stunden	1996	0,01	-227	↑
3 Stunden	1996	0,01	-223	↑
4 Stunden	1996	0,01	-223	↑
6 Stunden	1991	0,02	-210	↑
9 Stunden	1991	<0,01	-245	↑
12 Stunden	1991	0,01	-227	↑
18 Stunden	1991	0,02	-213	↑
1 Tag	1991	0,05	-186	↑
2 Tage	1995	0,01	-216	↑

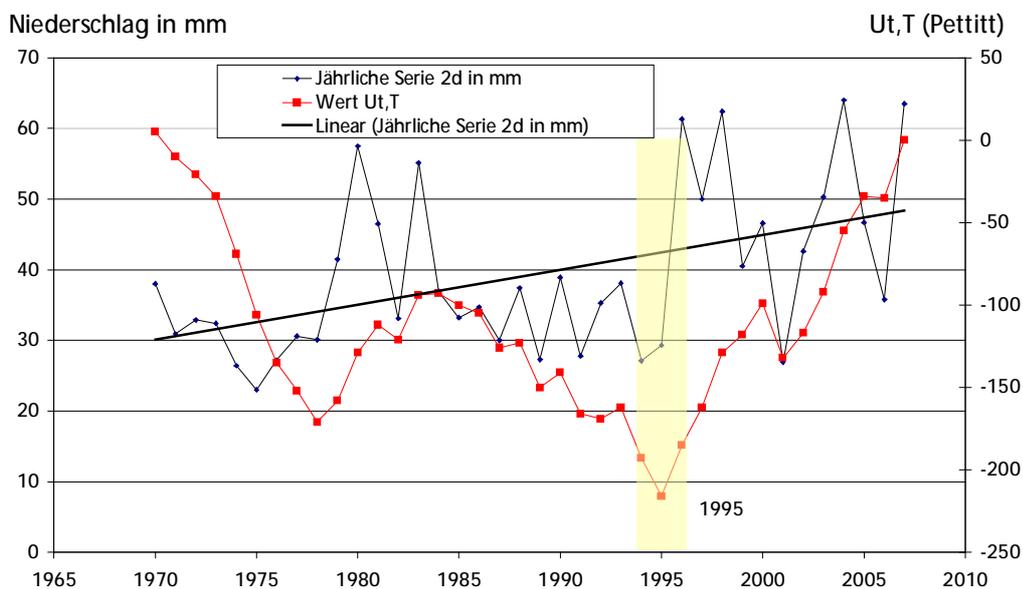
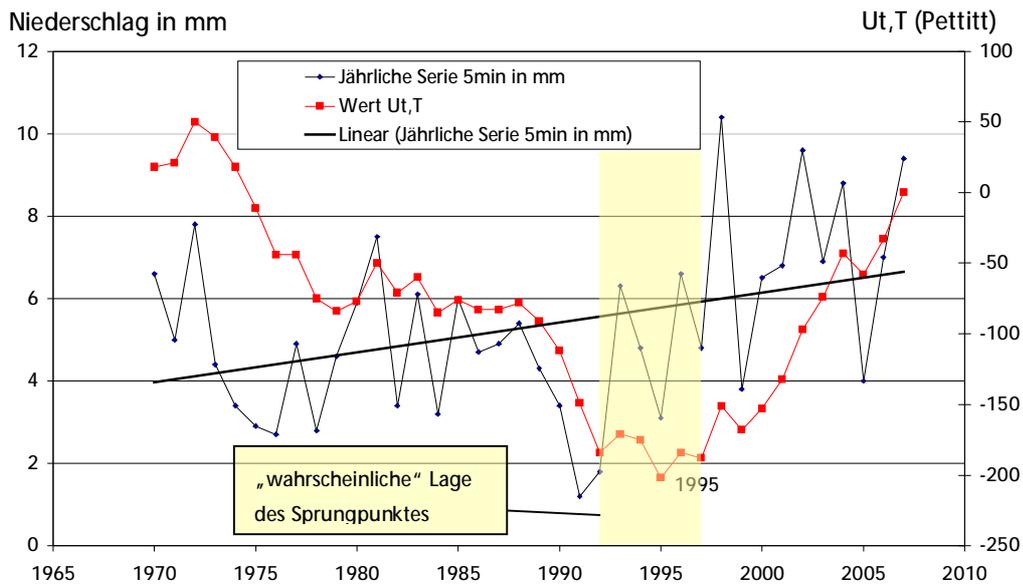


Bild 40 Ergebnisse der Zeitreihenanalyse nach Pettitt (1979) mit Angabe des ermittelten Sprungpunktes und der statistischen Kenngröße $U_{t,T}$ für die jährliche Serie der Dauerstufe 5 Minuten und 2 Stunden an der Station DU

6.6 Veränderungen der bemessungsrelevanten partiellen Serien

Neben den jährlichen Serien wurden auch Veränderungen der partiellen Serien untersucht. Hierzu wurden die 50 bzw. 40 stärksten Niederschlagsereignisse der gesamten Zeitreihe ausgewertet. Dabei wurden in einem ersten Schritt die Zeitreihen in zwei Abschnitte - basierend auf den Ergebnissen der Sprunguntersuchungen aus den Kapiteln 6.4 und 6.5 – aufgeteilt. Anschließend wurde die Anzahl und mittlere Niederschlagshöhe der Ereignisse der partiellen Serie vor und nach dem „Sprungpunkt“ ausgewertet.

Ergänzend wurde der „Schwerpunkt“ der partiellen Serie als „gewichtetes Mittel aus Zeitpunkt und Niederschlagshöhe“ bestimmt. Die Lage des „Schwerpunkts“ gibt einen Hinweis, ob die (Stark-) Niederschläge hinsichtlich Intensität und zeitlicher Verteilung „gleichverteilt“ sind oder eine Verschiebung zum Anfang oder Ende der Zeitreihe auftritt.

Für die Station „Bergisches Land“ wurde die Reihe in die Abschnitte 1960 bis 1980 und 1981 bis 2007 aufgeteilt.

Für die Station „Niederrhein“ wurde die Reihe in die Abschnitte 1970 bis 1995 und 1996 bis 2007 aufgeteilt.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 und Tabelle 6 zusammengefasst. In Bild 41 und Bild 42 ist die Auswertung exemplarisch für jeweils zwei Dauerstufen dargestellt. Zum einen ist eine Zunahme der durchschnittlichen Niederschlagsmenge in allen Dauerstufen der Station DU und in fast allen Dauerstufen der Station BU nach dem Sprungpunkt messbar. Zum anderen tritt eine deutliche Häufung der Ereignisse nach dem Sprungpunkt auf. Dies gilt für alle Dauerstufen an beiden Stationen.

An der Station BU ist dabei eine Häufung der Ereignisse bei den sehr kurzen Dauerstufen (5 min und 10 min) sowie den langen Dauerstufen (zwischen 4 h und 3 d) besonders deutlich, diese treten nach dem Sprungpunkt mindestens zweimal häufiger pro Jahr auf als vor dem Sprungpunkt. An der Station DU treten alle Dauerstufen mindestens zweimal häufiger nach als vor dem Sprungpunkt auf.

Der „Schwerpunkt der partiellen Serie“ (schwarze Rauten in Bild 41 und Bild 42) ergibt sich als der über die Niederschlagsmengen gewichtete durchschnittliche Zeitpunkt aller Ereignisse einer partiellen Serie. An der Station BU ist zu beobachten, dass der Schwerpunkt, je nach Dauerstufe, zwischen den Jahren 1985 und 1990 auftritt, d. h. sich stark in die zweite Hälfte der gesamten Zeitreihe (1960 - 2007) verschiebt. Auch an der Station DU ist eine solche Verschiebung feststellbar, hier liegen die Schwerpunkte zwischen 1993 und 1996, ebenfalls also in die zweite Hälfte der Zeitreihe (1970 – 2007)

Die Auswertung der Mittelwerte gibt aufgrund der „schiefen“ Verteilung der partiellen Serien – im Gegensatz zu den Mittelwerten der jährlichen Serien – erwartungsgemäß keinen belastbaren Hinweis zu langjährigen Veränderungen. Liegen einige wenige Extremereignisse vor dem Sprungpunkt, kann der Mittelwert vor dem Sprungpunkt höher liegen als nach dem Sprungpunkt (z. B. Dauerstufe 5 Minuten, Station BU).

Tabelle 5 Ergebnisse der Analyse der Verteilung der partiellen Serie (50 niederschlagsstärkste Ereignisse) der Station BU (Bergisches Land 1960 bis 2007); Anzahl der Ereignisse vor und nach dem Sprungpunkt 1980 sowie Lage des „Schwerpunkts“ der partiellen Serie

Partielle Serie Dauerstufe	1960 bis 1980		1981 bis 2007		Mittelwert (mm)		Schwerpunkt (Jahr)
	Anzahl Ereignisse	Ereign. pro Jahr	Anzahl Ereignisse	Ereign. pro Jahr	1960 - 1980	1981 - 2007	
5 Minuten	11	0,52	39	1,44	6,8	6,2	1989
10 Minuten	13	0,62	37	1,37	8,4	10,4	1990
15 Minuten	16	0,76	34	1,26	10,3	12,5	1988
20 Minuten	16	0,76	34	1,26	11,9	14,5	1987
30 Minuten	16	0,76	34	1,26	14,2	16,5	1988
45 Minuten	20	0,95	30	1,11	16,0	17,9	1985
60 Minuten	18	0,86	32	1,19	17,5	19,8	1987
90 Minuten	18	0,86	32	1,19	19,2	21,4	1986
2 Stunden	16	0,76	34	1,26	20,4	22,1	1986
3 Stunden	17	0,81	33	1,22	22,5	24,9	1986
4 Stunden	14	0,67	36	1,33	24,9	27,1	1988
6 Stunden	12	0,57	38	1,41	30,3	31,0	1988
9 Stunden	14	0,67	36	1,33	33,7	36,3	1986
12 Stunden	11	0,52	39	1,44	39,7	40,3	1987
18 Stunden	9	0,43	41	1,52	47,9	47,2	1987
1 Tag	10	0,48	40	1,48	46,7	45,7	1987
2 Tage	8	0,38	42	1,56	61,9	62,4	1989
3 Tage	11	0,52	39	1,44	68,9	74,0	1988

Tabelle 6 Ergebnisse der Analyse der Verteilung der partiellen Serie (40 niederschlagsstärkste Ereignisse) der Station DU (Niederrhein 1970 bis 2007); Anzahl der Ereignisse vor und nach dem Sprungpunkt 1995 sowie die Lage des „Schwerpunkts“ der partiellen Serie

Partielle Serie Dauerstufe	1970-1995		1996 - 2007		Mittelwert (mm)		Schwerpunkt (Jahr)
	Anzahl Ereignisse	Ereign. pro Jahr	Anzahl Ereignisse	Ereign. pro Jahr	1970 - 1995	1996 - 2007	
5 Minuten	20	0,77	20	1,67	5,6	6,8	1993
10 Minuten	19	0,73	21	1,75	8,5	10,8	1993
15 Minuten	20	0,77	20	1,67	10,4	13,6	1993
20 Minuten	17	0,65	23	1,92	12,2	14,9	1994
30 Minuten	17	0,65	23	1,92	14,1	17,6	1995
45 Minuten	17	0,65	23	1,92	15,9	20,3	1995
60 Minuten	16	0,62	24	2,00	17,6	21,3	1995
90 Minuten	18	0,69	22	1,83	19,2	22,8	1994
2 Stunden	17	0,65	23	1,92	19,7	23,1	1994
3 Stunden	17	0,65	23	1,92	21,2	24,8	1995
4 Stunden	16	0,62	24	2,00	22,2	25,8	1995
6 Stunden	18	0,69	22	1,83	24,2	28,9	1995
9 Stunden	15	0,58	25	2,08	27,6	30,9	1996
12 Stunden	16	0,62	24	2,00	30,0	33,4	1995
18 Stunden	17	0,65	23	1,92	32,5	37,5	1994
1 Tag	18	0,69	22	1,83	31,1	34,8	1994
2 Tage	19	0,73	21	1,75	39,0	45,0	1994
3 Tage	18	0,69	22	1,83	45,6	52,6	1995

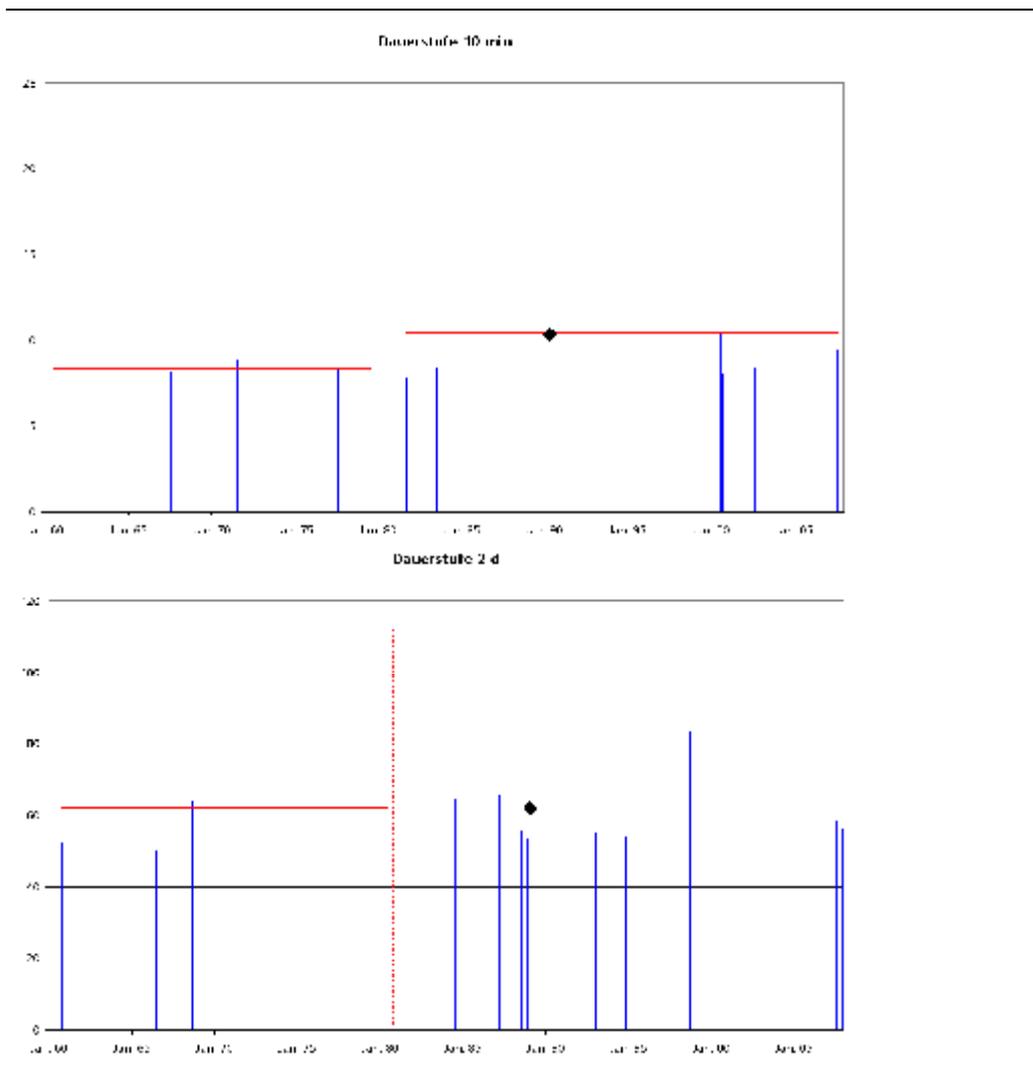


Bild 41 Die 50 niederschlagsreichsten Ereignisse der Dauerstufen 10 Minuten (oben) und 2 Tage (unten) an der Station BU (Bergisches Land) mit Sprungpunkt (senkrechte, rote Linie), den gemittelten Niederschlagswerten vor und nach dem Sprungpunkt (waagerechte, rote Linien) sowie dem Schwerpunkt (schwarze Raute).

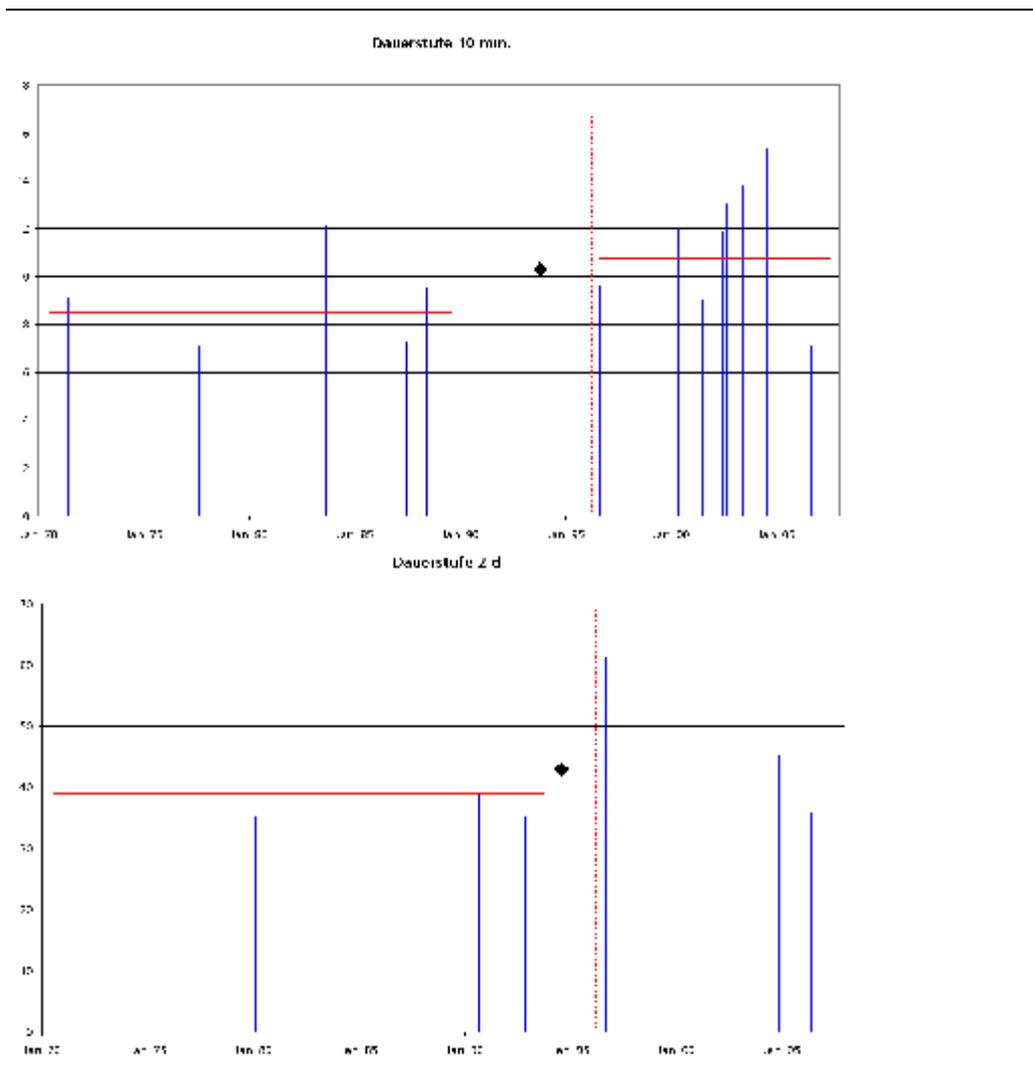


Bild 42 Die 40 niederschlagsreichsten Ereignisse der Dauerstufe 10 Minuten (oben) und 2-Tage (unten) an der Station DU (Niederrhein) mit Sprungpunkt (senkrechte, rote Linie), den gemittelten Niederschlagswerten vor und nach dem Sprungpunkt (waagerechte, rote Linien) sowie dem Schwerpunkt (schwarze Raute).

7 Diskussion der Bemessungsgrundlagen zur Kanalnetzdimensionierung

7.1 Überblick über die Bemessungsgrundlagen

Im Rahmen des Forschungsprojektes werden die Anforderungen der DIN EN 752:2008 und des DWA-A 118 (2006) vor dem Hintergrund einer möglichen Veränderung des Niederschlags diskutiert (zu System IIIa, Bild 43). Wie Bild 43 zeigt, sind im „Planungsraum Siedlungsentwässerung“ neben den „Entwässerungssystemen“ zukünftig zahlreiche weitere Systemelemente und damit Regelwerke vor dem Hintergrund „Klimawandel“ zu betrachten.

Hierzu gehören insbesondere die Emissions- und Immissionsanforderungen des Arbeitsblatts ATV-A 128 (1992) und die Merkblätter BWK-M 3 und BWK-M 7 und das A 117.

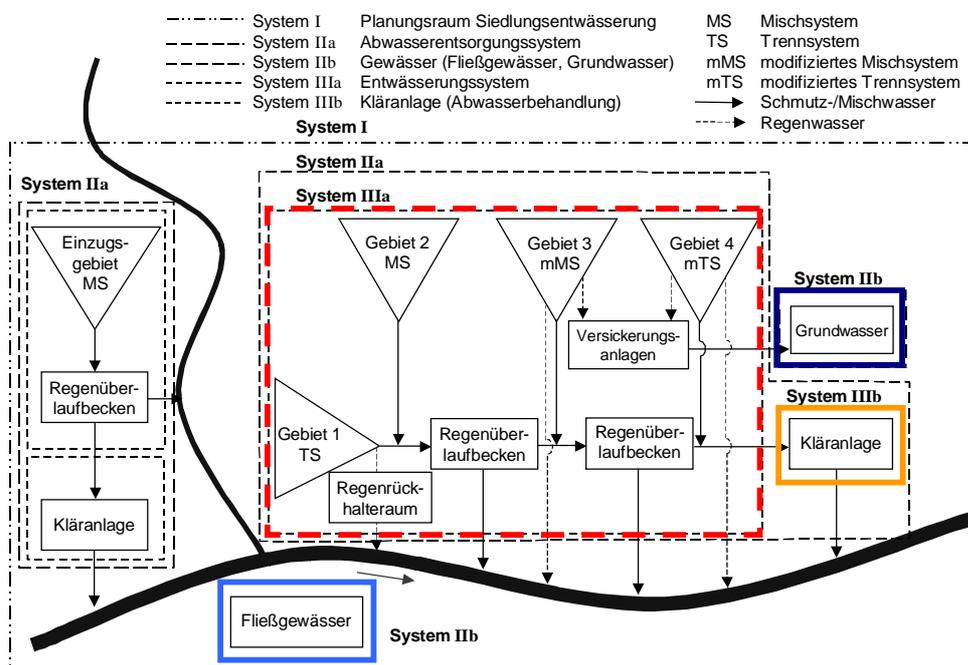


Bild 43 Systemgliederung im Planungsraum Siedlungsentwässerung; Quelle. DWA-A 100 (2006)

Die DIN EN 752:2008 „Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden“ beschreibt Entwässerungssysteme als „ein Teil des übergeordneten Abwasserentsorgungssystems, das einen Dienst für die Gesellschaft leistet. Dieser Dienst kann wie folgt kurz beschrieben werden:

- Entfernung des Abwassers von Grundstücken aus Gründen der öffentlichen Gesundheit und der Hygiene
- Vermeidung von Überflutungen in Siedlungsgebieten
- Schutz der Umwelt.“

Zur Vermeidung von Überflutungen in Siedlungsgebieten werden die in Bild 44 genannten „zulässigen“ Überflutungshäufigkeiten in Abhängigkeit der städtebaulichen Randbedingungen für den Entwurf von Neuanlagen sowie bei anstehender Verbesserung bestehender Systeme empfohlen. Diese Zahlenwerte „definieren das Niveau der Entsorgungssicherheit bzw. des Entwässerungskomforts als gesellschaftlichen Konsens“ (DWA ES-2.5, 2008).

Tabelle 2 — Empfohlene Bemessungshäufigkeiten bei einfachen Bemessungsverfahren

Ort	Bemessungsregenhäufigkeiten*	
	Jährlichkeit (1-mal in „n“ Jahren)	Wahrscheinlichkeit für eine Überschreitung in 1 Jahr
Ländliche Gebiete	1 in 1	100 %
Wohngebiete	1 in 2	50 %
Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete	1 in 5	20 %
Unterirdische Verkehrsanlagen, Unterführungen	1 in 10	10 %

* Für diese Bemessungsregen dürfen keine Überlastungen auftreten.

Tabelle 3 — Empfohlene Häufigkeiten bei komplexen Bemessungsverfahren

Ort	Überflutungshäufigkeiten	
	Jährlichkeit (1-mal in „n“ Jahren)	Wahrscheinlichkeit für eine Überschreitung in 1 Jahr
Ländliche Gebiete	1 in 10	10 %
Wohngebiete	1 in 20	5 %
Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete	1 in 30	3 %
Unterirdische Bahnanlagen, Unterführungen	1 in 50	2 %

Bild 44 Empfohlene Bemessungshäufigkeiten bei einfachen und komplexen Bemessungsverfahren nach DIN EN 752:2008

Zur hydraulischen Bemessung von Entwässerungssystemen empfiehlt das Arbeitsblatt DWA-A 118 ergänzend zum rechnerischen Überstaunachweis eine Überflutungsprüfung vor Ort. Die empfohlenen Überstauhäufigkeiten korrespondieren dabei mit den zugehörigen Überflutungshäufigkeiten.

Eine rechnerische Überflutungsprüfung, d. h. eine modelltechnische Nachbildung der Überflutung, ist nach gegenwärtigem Stand nicht möglich, so dass nach A 118 für den rechnerischen Nachweis von Entwässerungsnetzen die Überstauhäufigkeit eingeführt wurde.

„Als Überstau ist das Überschreiten eines bestimmten Bezugsniveaus durch den rechnerischen Maximalwasserstand zu verstehen. Vielfach wird die Geländeoberkante als Bezugsniveau des rechnerischen Maximalwasserstandes gewählt, da es bei Überschreiten dieses Wertes zu einem Austritt von Wasser auf die Geländeoberfläche kommt und die Möglichkeit einer Überflutung besteht. Diese Höhe entspricht in vielen Fällen der in der kommunalen Entwässerungssatzung festgelegten Rückstauenebene, unterhalb der innerhalb der Grundstücksentwässerung besondere Maßnahmen gegen Rückstau zu treffen sind“ (DWA-A 118).

Hinweise zur Durchführung der Überflutungsprüfung enthält der aktuelle Arbeitsbericht der DWA-AG ES-2.5 (2008). Kommen im Rahmen der Überflutungsprüfung Abflussmodelle zum Einsatz, sind die Ergebnisse kritisch zu hinterfragen, da die heute allgemein verfügbaren Modelle für Starkregen entsprechend höhere Unsicherheiten aufweisen (Wiederkehrhäufigkeiten der Niederschläge im Rahmen der Überflutungsbetrachtung zwischen $n = 0,1$ und $n = 0,05$ bei einer maßgebenden Überflutungshäufigkeit einmal in 20 Jahren).

Die Leistungsfähigkeit bestehender Entwässerungssysteme sollte nach DWA-A 118 in erster Linie an ihrem tatsächlichen Abflussverhalten beurteilt werden. Anlass für eine systematische Überprüfung der Leistungsfähigkeit durch eine hydraulische Nachrechnung, können in der Vergangenheit (häufiger) aufgetretene Überflutungen oder sonstige offensichtliche Systemüberlastungen sein.

Bild 45 fasst die Vorgehensweise und Kombination aus Überstaunachweis und Überflutungsbetrachtung gemäß DIN EN 752 und DWA-A 118 zusammen. Die Verantwortung für die Sicherstellung des Entwässerungskomforts liegt bei der Kommune. Während die Einhaltung der Anforderungen des Überstaunachweises durch entsprechende Kapazitäten des Entwässerungssystems gewährleistet wird (werden muss), stellt die nachhaltige Sicherstellung des Überflutungsschutzes Anforderungen u. a. auch an Stadt- und Sta-Benplaner, Architekten und Bauherren. Letztendlich ist der ordnungsgemäße Betrieb und dessen Überwachung für den Erfolg entscheidend.

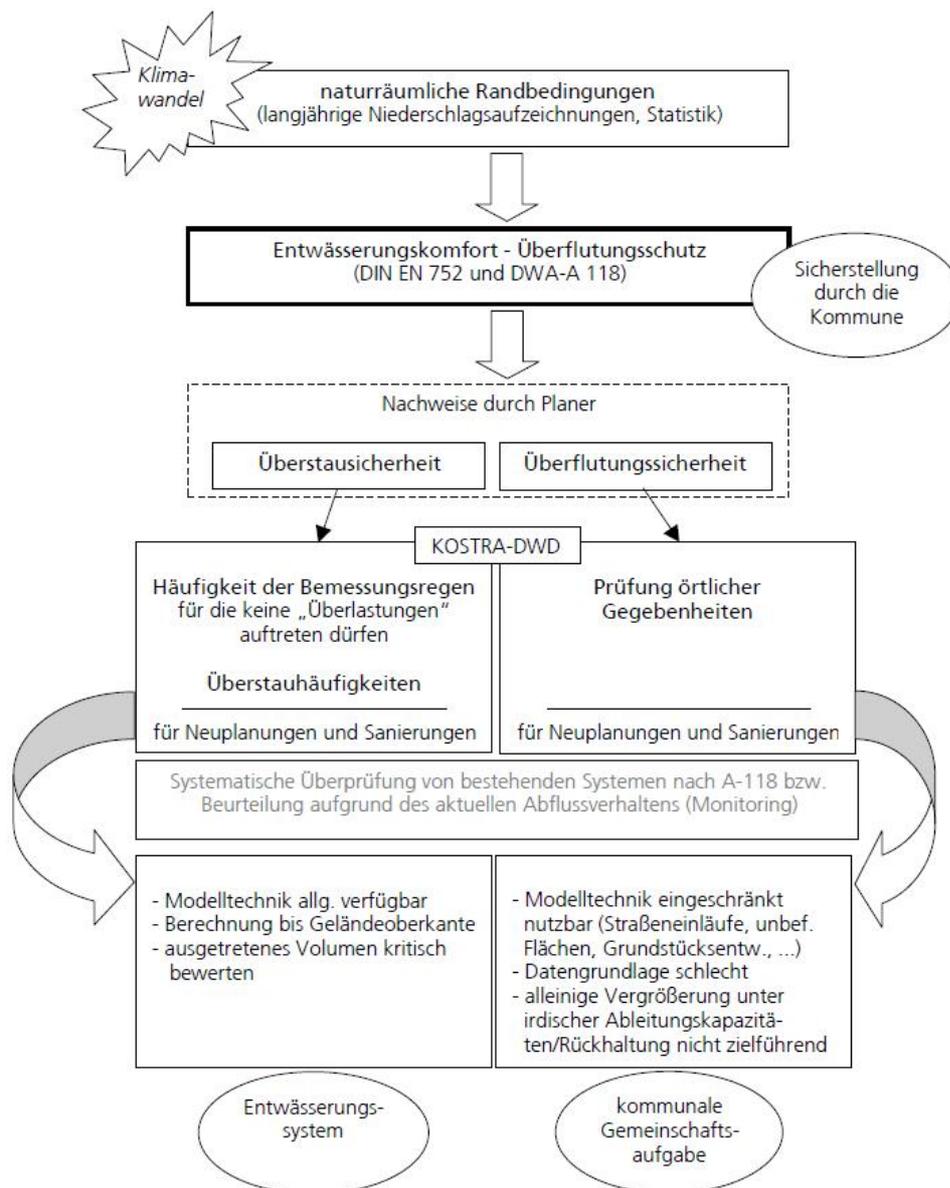


Bild 45 Sicherstellung des Entwässerungskomforts durch Kombination aus rechnerischem Überstauachweis und Überflutungsprüfung in Anlehnung an DWA-A 118 (2006) und DWA-AG ES 2.5 (2008)

Mit KOSTRA-DWD-2000 (Basiszeitraum 1951 - 2000) wurden die extremwertstatistisch ermittelten Starkniederschlagshöhen aus dem KOSTRA-Atlas 1997 (Basiszeitraum 1951 bis 1980) aktualisiert und ersetzt. Die Ergebnisse schreiben in Abhängigkeit von Niederschlagsdauer und Jährlichkeit (0,5 a bis 100 a) die Aussagen des KOSTRA-Atlas 1997 fort (DWD, 2005b).

Die bisherige Methodik wurde dabei in den Grundzügen beibehalten (DWD, 2005a). Als Fazit zahlreicher Detailuntersuchungen wurden die Starkniederschlagshöhen für die Dauerstufen $D = 15$ min und $D = 60$ min unverändert übernommen. Der neue hyperbolische Ansatz im Kurzzeitbereich liefert etwas geringere Starkniederschlagshöhen für $D < 15$ min als bisher (DWD, 2010).

Der Fortschreibungsbericht zum KOSTRA-DWD-2000 (DWD, 2005b) enthält zudem vergleichende Untersuchungen 30-jähriger Teilzeiträume mit dem Basiszeitraum 1951 – 2000. Einen einheitlichen, eindeutigen Trend ergeben die dargestellten Untersuchungen nicht. Zusammenfassend werden in dem Fortschreibungsbericht u. a. folgende Feststellungen getroffen:

- Im hydrologischen Sommerhalbjahr ist ein Anstieg des bevorzugten Auftretens von Starkniederschlägen zu verzeichnen, was sich allerdings nicht in diesem Ausmaße in einer Zunahme der Starkniederschlagshöhen wiederfinden lässt.
- Die zeitliche und räumliche Variabilität des Niederschlagsgeschehens der kurzen Dauerstufen verdeckt eventuelle (schwächere) Trends.
- Eine räumlich abgesicherte extremwertstatistische Auswertung der Kurzzeitniederschläge bleibt dem zukünftigen Einsatz von radargestützten Bodenniederschlagsverteilungen vorbehalten.
- Bei den langen Dauerstufen lassen sich - räumlich eingegrenzt - Trends feststellen, die zu einer signifikanten Änderung der Starkniederschlagshöhen und damit auch der Bemessungsgrundlagen führen.
- Die Auswirkungen auf die Starkniederschlagshöhen werden besonders deutlich bei den langen Dauerstufen und großen Jährlichkeiten.

7.2 Notwendigkeiten und Möglichkeiten zur Anpassung der Bemessungsgrundlagen

Die Untersuchungen der langjährigen Niederschlagsreihen und insbesondere der Extremereignisse der jährlichen und partiellen Serien für die bemessungsrelevanten Dauerstufen zeigen die hohe Variabilität und eine Zunahme der Niederschlagshöhen für Dauerstufen von 5 Minuten bis 2 Tagen, beginnend mit Ende der 70er bzw. Anfang der 80er Jahre des letzten Jahrhunderts (Kapitel 6).

Um die Auswirkungen dieser Veränderungen in den Kontext der Eingangsgrößen zur Bemessung von Entwässerungssystemen zu stellen, wurden die Mittelwerte der jährlichen Serien der Niederschlagsreihen der Stationen „Niederrhein“ vor und nach dem „Sprungpunkt“ 1995 ausgewertet (Tabelle 7) und den KOSTRA-Auswertungen, die derzeit die Datengrundlage zur Ableitung von Bemessungsregen zur Nachweisführung gemäß DIN EN 752 bzw. DWA-A 118 bilden, gegenübergestellt (Bild 46 und Bild 47).

Die Auswertungen für die Station DU „Niederrhein“ zeigen, dass die Mehrzahl der Mittelwerte für den Zeitraum vor 1995 eine Wiederkehrhäufigkeit < 1 Jahr aufweisen, während die Mittelwerte seit 1996 Wiederkehrhäufigkeiten zwischen 2 und > 10 Jahren erreichen. Je nach Dauerstufe werden Bemessungsniederschläge mit Wiederkehrhäufigkeiten von n = 2 bis n = 10 (vergl. DIN EN 752) seit 1995 im Mittel jedes Jahr erreicht, wobei einzelne Extremereignisse das Ergebnis maßgeblich beeinflussen können.

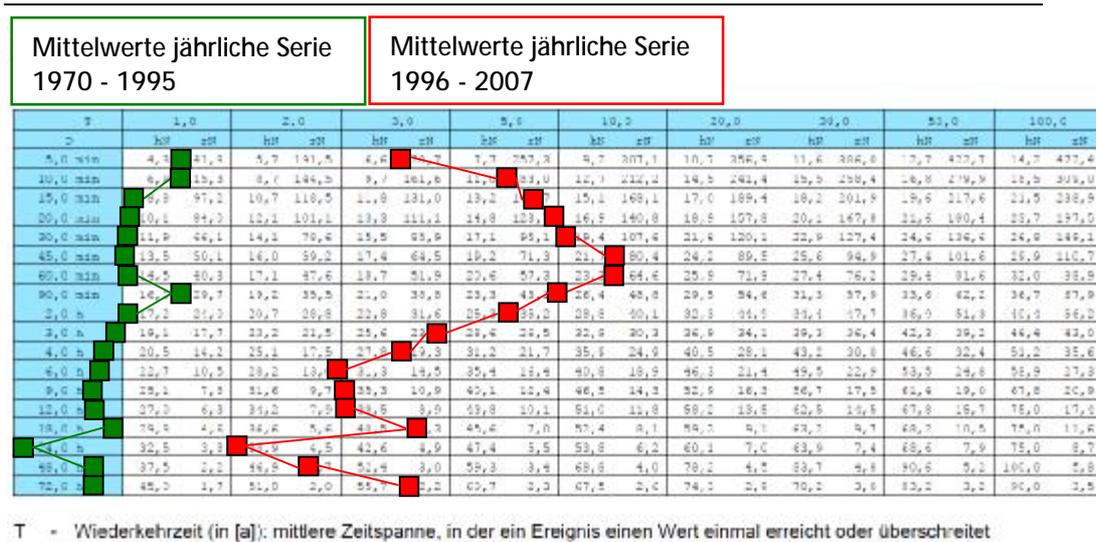


Tabelle 7 Mittelwerte der jährlichen Serien des Niederschlags für die Station DU „Niederrhein“ (1970-2007) für die Zeiträume vor und nach 1995 mit Angabe der jeweiligen Standardabweichung und der Veränderung in %

Jährliche Serie Dauerstufe	Mittelwert (mm)		Standardabw. (mm)		Zunahme Mittelwert (%)
	1970 - 1995	1996 - 2007	1970 - 1995	1996 - 2007	
5 Minuten	4,5	7,1	1,6	2,1	56,5
10 Minuten	7,0	11,6	2,3	3,0	66,8
15 Minuten	8,7	14,4	3,0	3,9	64,6
20 Minuten	10,0	16,6	3,4	4,7	66,8
30 Minuten	11,7	19,4	3,8	5,6	66,4
45 Minuten	13,3	22,9	4,0	7,1	72,4
60 Minuten	14,6	24,6	4,4	8,9	69,1
90 Minuten	16,3	26,1	4,7	10,8	60,7
2 Stunden	16,6	26,4	4,6	11,0	58,9
3 Stunden	18,1	27,7	4,5	11,0	52,7
4 Stunden	19,0	28,5	4,2	11,0	50,1
6 Stunden	21,4	30,8	4,6	10,5	44,4
9 Stunden	23,8	35,0	5,6	10,6	46,8
12 Stunden	25,8	38,2	6,9	11,1	48,0
18 Stunden	28,1	42,8	8,1	12,1	52,3
1 Tag	27,5	39,0	6,9	12,9	41,7
2 Tage	34,7	49,2	8,1	11,4	42,0
3 Tage	40,2	57,5	9,5	13,1	43,0

Für die Station „Bergisches Land“ ergibt sich ein vergleichbares Ergebnis (s. Bild 47).

Auch hier gilt, dass die Mehrzahl der Mittelwerte für den Zeitraum vor dem Sprungpunkt 1980 eine Wiederkehrhäufigkeit < 1 Jahr aufweisen, während die Mittelwerte seit 1981 Wiederkehrhäufigkeiten zwischen 2 und > 3 Jahren erreichen.

Je nach Dauerstufe werden Bemessungsniederschläge mit Wiederkehrhäufigkeiten $n = 1 \text{ a}^{-1}$ bzw. $n = 0,33 \text{ a}^{-1}$ (vergl. DIN EN 752) seit 1981 „im Mittel“ jedes Jahr erreicht, wobei einzelne Extremereignisse das Ergebnis maßgeblich beeinflussen können.

Tabelle 8 Mittelwerte der jährlichen Serien des Niederschlags für die Station BU (Bergisches Land), für die Zeiträume vor und nach 1995 mit Angabe der jeweiligen Standardabweichung und der Veränderung in %

Jährliche Serie Dauerstufe	Mittelwert (mm)		Standardabw. (mm)		Zunahme Mittelwert (%)
	1960 - 1980	1981 - 2007	1960 - 1980	1981 - 2007	
5 Minuten	4,1	6,5	1,0	2,3	59,6
10 Minuten	7,0	10,3	1,6	3,8	47,2
15 Minuten	8,7	12,2	2,1	4,5	41,0
20 Minuten	10,0	14,0	2,6	5,5	39,5
30 Minuten	12,4	15,9	3,0	6,4	28,2
45 Minuten	14,5	17,5	3,6	7,0	21,1
60 Minuten	15,6	18,8	3,6	7,4	20,1
90 Minuten	17,3	20,7	3,9	7,7	19,3
2 Stunden	18,0	21,3	4,1	7,6	18,8
3 Stunden	20,3	23,7	4,6	7,6	17,0
4 Stunden	21,5	26,2	4,7	7,3	21,6
6 Stunden	24,8	29,9	5,2	7,1	20,6
9 Stunden	28,4	34,3	6,1	6,8	20,7
12 Stunden	32,1	38,9	7,4	7,5	21,3
18 Stunden	38,0	46,8	11,3	10,2	23,0
1 Tag	36,3	45,9	14,8	9,6	26,4
2 Tage	48,2	62,9	15,4	14,5	30,5
3 Tage	57,6	73,8	15,3	16,7	28,1

Mittelwerte jährliche Serie
1960 - 1980

Mittelwerte jährliche Serie
1981 - 2007

T	1,0		2,0		3,0		5,0		10,0		20,0		30,0		50,0		100,0	
	h _N	x _N																
5,0 min	5,1	170	7,5	260,2	8,9	297,1	10,7	356,3	13,1	436,6	15,5	516,7	16,5	563,6	18,7	622,8	21,1	703,0
10,0 min	8,2	136	11,2	186,5	12,9	215,8	15,2	252,7	18,2	302,6	21,2	353,0	22,9	382,3	25,2	419,2	28,2	469,3
15,0 min	10,3	110	13,7	151,9	15,7	174,2	18,2	202,2	21,6	240,3	25,0	278,3	27,1	300,6	29,6	328,6	33,0	366,7
20,0 min	11,7	97	15,5	129,1	17,7	147,4	20,5	170,4	24,2	201,7	28,0	233,0	30,2	251,3	32,9	274,4	36,7	305,7
30,0 min	13,7	82	18,0	99,9	20,5	113,8	23,6	131,4	27,9	155,1	32,2	178,9	34,7	192,8	37,9	210,3	42,1	234,1
45,0 min	15,5	70	20,3	79,3	23,2	85,8	26,8	99,1	31,6	117,2	36,5	135,2	39,4	145,8	42,9	159,1	47,8	177,1
60,0 min	16,5	60	21,8	60,7	25,0	69,4	28,9	80,3	34,3	95,1	39,6	110,0	42,7	118,7	46,7	129,6	52,0	144,4
90,0 min	18,4	50	23,9	49,3	27,1	50,2	31,2	57,7	36,7	68,0	42,2	78,2	45,4	84,1	49,5	91,7	59,0	101,9
2,0 h	19,9	40	25,5	35,4	28,8	40,0	32,9	45,7	38,6	53,4	44,2	61,4	47,5	66,0	51,7	71,8	57,9	79,6
3,0 h	22,1	30	27,9	25,9	31,3	29,0	35,6	33,0	41,4	38,4	47,2	43,9	50,7	46,8	54,9	50,9	60,8	56,3
4,0 h	23,9	20	29,8	20,7	33,3	23,1	37,7	26,2	43,6	30,3	49,6	34,4	51,1	36,8	57,4	39,9	63,4	44,0
6,0 h	26,6	10	32,7	15,2	36,3	16,8	40,8	18,9	47,0	21,8	53,1	24,6	56,7	26,3	61,2	28,3	67,4	31,2
9,0 h	29,6	9	36,0	11,1	39,7	12,2	44,3	13,7	50,7	15,6	57,0	17,6	62,7	18,7	65,4	20,2	71,7	22,1
12,0 h	35,0	7	38,5	8,8	42,3	8,8	47,0	10,5	53,5	12,4	60,0	13,8	63,8	14,8	68,5	15,9	75,0	17,4
18,0 h	34,8	6	41,8	6,5	44,7	7,1	51,4	7,9	58,6	9,0	65,8	10,2	70,0	10,8	75,3	11,6	82,5	13,7
24,0 h	37,3	4,3	45,4	4,3	50,0	5,8	55,8	6,5	63,8	7,4	71,7	8,3	76,3	8,8	82,1	9,5	90,0	10,4
48,0 h	45,0	1,4	53,3	3,1	58,1	2,8	64,2	3,7	72,5	4,2	80,8	4,7	85,6	5,0	91,7	5,9	100,0	5,8
72,0 h	55,0	2,1	63,3	2,4	69,1	2,4	74,2	2,9	82,5	3,2	90,8	3,5	95,6	3,7	101,7	3,9	110,0	4,2

T - Wiederkehrzeit (in [a]); mittlere Zeitspanne, in der ein Ereignis einen Wert einmal erreicht oder überschreitet

Bild 47 Niederschlagsstatistik nach KOSTRA-DWD 2000 für das Rasterfeld der Station BU (Auswertung Jan.-Dez.) und Kennzeichnung der Mittelwerte der jährlichen Serie für die Zeiträume 1960-1980 (grün) und 1981-2007 (rot); (h_N in mm)

Die DWA-Arbeitsgruppe ES-2.5 sieht aufgrund der „fehlenden allgemeingültigen Tendenzen“ hinsichtlich einer Veränderung der Niederschlagscharakteristik derzeit keine „quantifizierbare“ Grundlage zur Einführung eines pauschalen Zuschlages für den Klimawandel, wie dies für die Bemessung neuer Maßnahmen des Hochwasserschutzes empfohlen wird (Schmitt et al., 2006; DWA-AG ES 2.5 2008).

Um die Wirkung der Einführung von „Klimafaktoren“ (vergl. u. a. Bock und Patt, 2009) zur Erhöhung der Bemessungsniederschläge stadthydrologischer Planungen zu diskutieren, wurde in Anlehnung an die Auswertungen von Hoppe (2008a) für sechs sehr unterschiedliche Kanalnetze eine Variation des in den aktuellen Planungen jeweils angesetzten Bemessungsniederschlags untersucht (schrittweise Erhöhung um jeweils 5 %). Hierbei wurde jeweils die Zahl der überstauten Schächte ausgewertet.

Die Auswertungen zeigen, dass je nach Topologie des Netzes und der aktuellen Auslastung eine Erhöhung des Bemessungsniederschlags praktisch keine gravierenden Auswirkungen haben kann (Bild 48 und Tabelle 9).

Zahl der überstauten Schächte

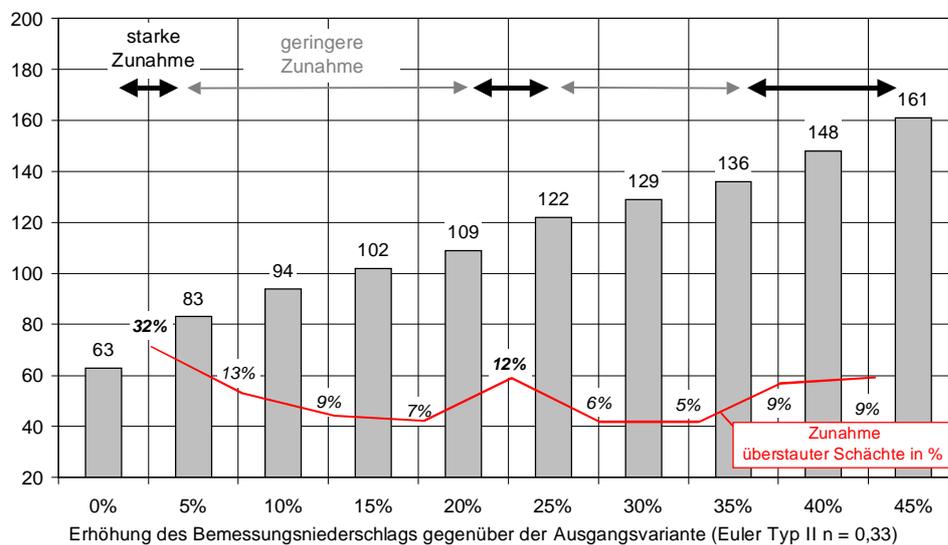


Bild 48 Anzahl der überstauten Schächte in einem Kanalnetz (Lage Bergisches Land, 12.000 EW, Kanalnetz 95 km) in Abhängigkeit des „Bemessungsregens“ (geändert nach Hoppe, 2008a), Netz „Bergisches Land Süd“

In Tabelle 9 sind analog zu Bild 48 die Ergebnisse der Überstaubetrachtungen für fünf Kanalnetze dargestellt. Für das flache Netz, nördliches Ruhrgebiet, ergeben sich aufgrund der Netztopologie und ausreichender Kapazitäten nur sehr geringe Auswirkungen der Veränderung der Bemessungsniederschläge (1 % bis 16 %), während für das Netz Bergisches Land Süd eine Erhöhung des Niederschlags um 5 % eine Zunahme der überstauten Schächte von 32 % bewirkt.

Grundsätzlich zeigt sich jedoch bei nahezu allen Netzen, dass es immer wieder zu sprunghaften Veränderungen der Anzahl überstauter Schächte kommt. Das heißt, je nach Zunahme des Niederschlags kommen sprunghaft neue Bereiche (Straßenzüge) mit mehreren

Schächten hinzu, eine weitere Erhöhung des Niederschlags führt dann zunächst „nur“ zu einem erhöhten Wasseraustritt an diesen bereits überstauten Schächten, bis der Wasserspiegel im Netz soweit gestiegen ist, dass neue Bereiche überstaut werden.

Aufgrund der zuvor aufgezeigten Variabilität der Niederschläge und der möglichen Änderungen der Starkregencharakteristika mit dem Klimawandel, kann neben den Überstau nachweisen auf eine sorgsame Überflutungs- und Risikobetrachtung im Rahmen der Entwässerungsplanung zukünftig nicht verzichtet werden. Wie von der DWA-AG ES 2.5 beschrieben, wird eine verbindliche Vorgabe pauschaler „Klimafaktoren“ hierbei nicht zielführend sein. Hilfestellungen zur belastbaren Durchführung der Überflutungs- und Risikobetrachtung sind jedoch – auch vor dem Hintergrund von Haftungsfragen (Queitsch, 2009) - dringend erforderlich (Kapitel 8).

Im Rahmen der Risikobetrachtungen sollte - neben einer Variation vorhandener Bemessungsniederschläge über feste Faktoren – auch die kritische Betrachtung der zugrundeliegenden Basiszeiträume der langjährigen Niederschlagsreihen erfolgen. Exemplarisch extremwertstatistisch ermittelten Starkniederschlagshöhen für Stationen in Irland für Zeiträume von 1940 – 1990 und 1973 – 1990 ergaben je nach Dauerstufe Abweichungen von rund 10 % bis 20 % (Hoppe, 1998). Extremwertstatistische Untersuchungen vor dem Hintergrund des Klimawandels für Niederschlagsreihen in Dänemark zeigen ebenfalls Trends. Als Konsequenz wird eine Anpassung der Bemessungsgrundlagen (Regenspendelinien) vorgeschlagen. Die empfohlenen Anpassungsfaktoren liegen je nach Dauerstufe und Wiederkehrzeit zwischen 1,06 und 1,39 (Arnbjerg-Nielsen, 2005 und 2008).

Tabelle 9 Veränderung der Anzahl überstauter Schächte aufgrund einer schrittweisen Erhöhung (um jeweils 5 %; bis insgesamt max. 45 %) des Bemessungsniederschlags (Euler Typ II der entsprechende Rasterzelle nach KOSTRA, $n = 0,33$, $D = 60$ min), vergl. Bild 48

Netz	Netzart	minimale und maximale Zunahme überstauter Schächte
Bergisches Land Süd	steil-flach	5 % bis 32 %
Bergisches Land Nord	steil	5 % bis 20 %
Niederrheinische Bucht	flach	5 % bis 16 %
Niederrhein (West)	flach	6 % bis 24 %
Nördliches Ruhrgebiet	flach	1% bis 16 %

8 Anpassungsstrategien – Planungen unter Unsicherheit

Der Klimawandel und damit auch die Veränderung des Niederschlags sind ein globales Anliegen geworden und stehen zunehmend im Fokus der Öffentlichkeit. Belastbare (regionale) Vorhersagen sind mit den heutigen Klimamodellen jedoch nicht möglich (s. Kapitel 1). Von den Planern abwassertechnischer Anlagen wird heute vielfach erwartet, neben demographischen Veränderungen mögliche Auswirkungen des Klimawandels „zu berücksichtigen“ (Hoppe und Pecher, 2008).

Wie können Planer diesen Erwartungen und Herausforderungen an zukunftsfähigen Konzepten gerecht werden?

Um diese Frage beantworten zu können, muss (im Einzelfall) zunächst geklärt werden, wie sich diese „unsicheren Einflussfaktoren“ – z. B. der Klimawandel – auf die Zielgrößen von wasserwirtschaftlichen Planungen auswirken (Harremoës, 2003).

Dabei ist u. a. auch zu hinterfragen, ob es neben dem Niederschlag, der sich mit dem Klima ändern wird, weitere „unsichere Planungsgrundlagen“ gibt, die zukünftig berücksichtigt werden müssen?

Die in diesem Bericht diskutierten Auswirkungen und die nachfolgenden Maßnahmen umfassen die Planungen von Entwässerungssystemen nach den Vorgaben der DIN EN 752:2008 und DWA-A 118. Die im Rahmen des Projekts durchgeführte und weitere in der Literatur beschriebene Untersuchungen zur Berücksichtigung von möglichen Auswirkungen der Klimaänderung auf das Niederschlagsgeschehen zeigen:

- Die derzeit vorhergesagten Veränderungen der Niederschlagscharakteristik werden einen signifikanten – derzeit nicht exakt quantifizierbaren – Einfluss auf stadthydrologische Planungen haben
- Der Einfluss hängt maßgeblich von den betrachteten Zielgrößen (Einleitungsabfluss, überstaute Schächte etc.), der aktuellen hydraulischen Auslastung des Netzes und der Topographie ab
- Wenn ernsthaft über die Berücksichtigung von Klimaänderungen diskutiert wird, muss gleichzeitig über die grundsätzliche Wirkung der Unsicherheiten der übrigen Eingangsparameter/Grundlagendaten nachgedacht werden
- Belastbare Aussagen im Rahmen von Planungen sind nur mit Niederschlag-Abfluss-Modellen möglich, die – soweit möglich – für den aktuellen Zustand mit Messdaten kalibriert wurden
- Untersuchungen zur Auswirkung der Klimaänderungen sollten niemals pauschal und isoliert, sondern nur im Rahmen von Sensitivitäts- und Risikoanalysen erfolgen.

8.1.2 Überflutungsbetrachtungen und Risikoanalyse

Sowohl für bestehenden Entwässerungssysteme als auch im Rahmen der Neu- und Sanierungsplanungen ist eine sorgfältige Analyse der Leistungsfähigkeit bestehender Kanalnetze vor dem Hintergrund des Einflusses des Klimawandels dringend zu empfehlen (Kapitel 7.2) und eine Überflutungsbetrachtung und Risikoanalyse für entwässerungstechnisch kritische Gebiete durchzuführen. Schwachpunkte und Leistungsreserven des Kanalnetzes sind darzustellen. **Hierzu gehört u. a. die Variation der Eingangsgrößen und die Analyse der entsprechenden Auswirkungen auf die Berechnungsergebnisse (insbesondere Niederschlag; ggf. individuelle Beachtung von Konzentrationszeiten in Teileinzugsgebieten, Starkregenauswertungen für unterschiedliche Abschnitte der zugrundeliegenden langjährigen Niederschlagsreihe als Eingangsgröße, Berechnungen mit Starkregenserien und Modellregen etc.).**

Hierbei gilt es neben, einer Prüfung der Qualität der Datengrundlage und Auswertung von Betriebs- und Messdaten, die Abflusswirksamkeit befestigter und nicht befestigter Flächen bei Starkniederschlag realitätsgerecht zu bestimmen (s. Kapitel 8.1.3).

Sind die überflutungsgefährdeten Gebiete identifiziert, ist der Verbleib des überstauenden Wassers örtlich im Detail zu klären und ggf. die Berechnung oberflächiger Abflussvorgänge und Fließwege durchzuführen (vergl. Kapitel 8.3).

Zur Information der Planer (und Bürger) sind die Ergebnisse – vergleichbar zu den bereits vorliegenden Einstufungen des elektronischen „Zonierungssystem für Überschwemmung, Rückstau und Starkregen“ (ZÜRS) der Versicherungswirtschaft bzw. den Hochwasseraktionsplänen – ggf. graphisch darzustellen (Bild 50).



Bild 50 Zonierung des Überschwemmungsrisikos – Deutsches Eck/Koblenz - Quelle: GDV (2009)

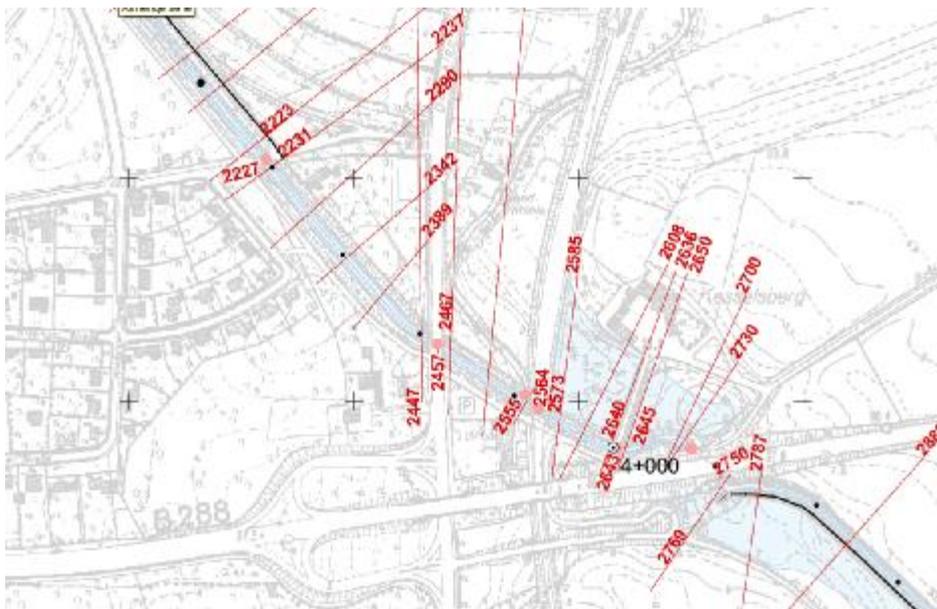


Bild 51 Auszug Hochwasseraktionsplan „Angerbach“ (Quelle: BezReg Düsseldorf, 2009)

Um Synergieeffekte zu nutzen und Maßnahmen zur Rückhaltung und Ableitung zu optimieren, ist das Überflutungsrisiko durch Sturzfluten kleinerer Fließgewässer gemeinsam mit dem des Kanalnetzes zu analysieren (ggf. Kopplung urban- und gewässerhydrologischer Modelle).

8.1.3 Grundlagenermittlung, Datenqualität und Flexibilität

Grundlagendaten, die heute die Basis stadthydrologischer Planungen bilden, können mit Unsicherheiten verbunden sein, deren Auswirkungen – je nach Region – denen der prognostizierten Änderungen des Niederschlags aufgrund des Klimawechsels in den nächsten 50 bis 100 Jahren entsprechen (Hoppe, 2006 und 2008a,b). Ziel muss es daher zukünftig sein, im Rahmen von Mess- und Monitoringkonzepten, die aktuelle Funktion der Abwasserableitungssysteme besser zu erfassen, um zunächst Abweichungen zwischen Planung (Modell) und Realität zu reduzieren (s. auch Kapitel 8.1.4). Auf einer soliden Datenbasis lassen sich zukünftige Klimaänderungen im Rahmen von Sensitivitäts- und Risikoanalysen berücksichtigen und Investitionsentscheidungen fällen.

Werden alle diese Randbedingungen von Planern berücksichtigt, müssen zukunftsfähige Planungen heute bereits so flexibel gestaltet sein, um auf diese Veränderungen reagieren zu können. Die „Reaktionen“ – mit Vorsorgecharakter – werden neben gestuften Maßnahmen- und Ausbauprogrammen maßgeblich auch den Betrieb der Netze betreffen. Über Stufenpläne und flexible Lösungen kann zudem auch auf Veränderungen der gesetzlichen Anforderungen reagiert werden. Planungen aufgrund starrer Bemessungsansätze – z. B. Maßnahmen unter ausschließlicher Berücksichtigung hydraulischer Aspekte – entsprechen damit nicht den heute gestellten Anforderungen (vergl. Schmitt et al., 2006).

Mit entscheidend zur Durchführung und Umsetzung zukunftsweisender und zukunftsfähiger Planungen, die den beschriebenen Ansprüchen gerecht werden, wird sein, dass den Planern der finanzielle Rahmen erlaubt, mehr als nur „Standard“-Planungen zu liefern. Hoher Kostendruck in der Planungsphase oder falsch verstandene „Sparsamkeit“ werden letztendlich den Anforderungen nicht gerecht und in vielen Fällen mittelfristig zu höheren Gesamtkosten führen.

Mit der Kombination von Emissions- und Immissionsanforderungen und zunehmenden Komplexität der Planungen werden die oben genannten Erfordernisse noch unterstrichen (Hoppe und Grüning, 2007).

8.1.4 Betriebssicherheit und messtechnische Überwachung abwassertechnischer Anlagen

Entscheidend für eine erfolgreiche Umsetzung der Maßnahmen zum Überflutungsschutz ist auch der ordnungsgemäße Betrieb der Anlagen. Eine (messtechnische) Überwachung der Funktion der maßgebenden Bauwerke zum Transport, Speicherung und Reinigung des Abwassers ist daher unerlässlich. Eine sorgsame Auswertung dieser (Überwachungs-) Daten ermöglicht zudem die Kontrolle von Planungsgrundlagen, die Identifikation von Schwachpunkten und Reserven im Entwässerungssystem. Hier sind ggf. Hinweise in die Eigenkontrollverordnungen bzw. Selbstüberwachungsverordnungen aufzunehmen.

8.1.5 „Vorsorgende“ Entwässerungsplanung und Objektschutz

Im Rahmen der Entwässerungsplanung (insbesondere auch bei Privatgrundstücken) sind zur Vermeidung von Überflutungsschäden u. a. folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Anordnung, Sicherung und Nutzung(seinschränkungen) von tiefergelegenen Gebäuden (Tiefgaragen, Rechenzentren, Unterführungen)

- Vereinbarkeit der Anforderungen des „Barrierefreien Bauens“ und des Überflutungsschutzes
- Anordnung, bauliche Ausbildung und Wartung von Straßeneinläufen (Anzahl, Standort; Schlitzweite, Gefälle der Straße)
- kritische Prüfung der hydraulischen Leistungsfähigkeit und erforderlichen Wartungsintervalle von dezentralen Maßnahmen zur Niederschlagswasserbehandlung („Nass“-Gullis, Filtersysteme etc.) und ggf. Überwachung der Funktion dieser Bauwerke
- kritische Prüfung der hydraulischen Leistungsfähigkeit (Langzeitverhalten) von dezentralen Maßnahmen zur Niederschlagswasserversickerung und ggf. Überwachung der Funktion
- Information der Bürger und Umsetzungen von Maßnahmen zum Objektschutz.

8.1.6 Finanzierungsaspekte

Die oben genannten Maßnahmen zur Umsetzung und Sicherstellung des Überflutungsschutzes erfordern ein verzahntes Zusammenarbeiten u. a. von Stadtplanern, privaten Bauherren sowie Betreibern und Planern von Entwässerungssystemen.

Werden Nutzungsmöglichkeiten öffentlicher Flächen und Räume, z. B. Straßen und Grünflächen, in die Planung des "Entwässerungssystems" einbezogen, sind damit von der Umsetzung und Finanzierung unterschiedliche Maßnahmenträger betroffen. Während Entwässerungssysteme über Gebührenhaushalte finanziert werden, sind Maßnahmen im öffentlichen (Straßen-)Raum in der Regel aus den öffentlichen Haushalten zu bestreiten.

Zukünftig müssen daher sowohl bei den Entscheidungsträgern vor Ort (Lokalpolitik, Räte, Bürgermeister) als auch im Land (Landespolitik, Abwasserabgabe und Förderprogramme) integrierte, ressortübergreifenden Maßnahmen zum Überflutungsschutz mit entsprechender Priorität behandelt werden.

8.2 Mittel- und langfristige Maßnahmen und Untersuchungen

8.2.1 Anpassungen des Regelwerks

Die DWA-Koordinierungsgruppe „Wasserwirtschaftliche Strategien zum Klimawandel“ erarbeitet derzeit ein Positionspapier zum Stand des Wissens und möglichen Aufgabenstellungen zu Anpassungen des DWA-Regelwerks. Die Ergebnisse sollen in **Mai 2010** veröffentlicht werden. Die Anpassung des Regelwerks wird dann schrittweise erfolgen (Bock und Patt, 2009).

Im Hinblick auf die hydraulische Leistungsfähigkeit von Kanalnetzen sind insbesondere die Vorgaben des DWA-A 118 und die Datengrundlagen zur Niederschlagsbelastung (DWD-KOSTRA 2000) betroffen. Mit der Kombination aus Überstaunachweis und Überflutungsbetrachtung ermöglicht das aktuelle Regelwerk den Herausforderungen der unsicheren Auswirkungen des Klimawandels im Rahmen der Bemessung von Entwässerungssystemen grundsätzlich Rechnung zu tragen.

Die in diesem Forschungsprojekt vorgestellten Auswertungen zeigen, dass die belastbare Vorgabe von **(pauschalen)** überregionalen Klimafaktoren für Fragestellungen der Stadtentwässerung derzeit nicht belastbar möglich sind. Dennoch fehlen konkrete Hinweise wie mit den vorhandenen Unsicherheiten und „vermuteten“ Trends im Rahmen der Planungen umzugehen ist.

Daher sollte das Regelwerk um konkrete Hilfestellung zur Durchführung von Überflutungs- und Risikobetrachtungen, in Anlehnung an die in Kapitel 5 vorgestellten Untersuchungen, ergänzt werden. **Hierzu gehört ergänzend auch eine Diskussion der Länge und der zu berücksichtigenden Zeiträume der jeweils zugrundeliegenden langjährigen Niederschlagszeitreihen. Dies gilt sowohl für mögliche Fortschreibungen des DWD-KOSTRA 2000, als auch für Starkregenauswertungen (Regenspendelinien) lokaler Niederschlagszeitreihen. Weitere Hinweise zu diesem Thema sind auch in Langstädtler et al. (2010) zusammengefasst.**

Die DWA plant, die Folgen einer möglicherweise zunehmenden Häufigkeit von Mischwasserentlastungen zu bewerten und ggf. in die derzeit beginnende Überarbeitung des Regelwerkes zur Niederschlagswasserbehandlung (u. a. ATV-A 128, M-153) zu berücksichtigen.

Hinweise zur Überwachung und Datenauswertung hinsichtlich des Betriebs der Entwässerungssysteme sind ebenfalls zu konkretisieren und **sollen** im geplanten DWA-M 151 „Messdaten in Entwässerungssystemen“ aufgenommen werden

Da der Klimawandel und seine möglichen Auswirkungen auf den Niederschlag nur eine von vielen unsicheren Eingangsgrößen siedlungswasserwirtschaftlicher Planungen darstellen, ist den Planern und Betreibern eine konzeptionelle Hilfestellung zur Berücksichtigung von Unsicherheiten der Grundlagendaten zu geben. Das entsprechende Arbeitsblatt der DWA steht ebenfalls vor der Überarbeitung (DWA-A 198).

Anforderungen an die Betriebsüberwachung und Datenauswertungen sind in die Eigenkontrollverordnungen bzw. Selbstüberwachungsverordnungen aufzunehmen. Ziel sollte hier eine bundesweit einheitliche Vorgehensweise sein.

8.2.2 Überprüfung der Bemessungsgrundlagen

Analysen langjähriger Niederschlagsreihen liefern nur eingeschränkt Hinweise zur zukünftigen Entwicklung des Niederschlags. Daher sind im Rahmen der routinemäßigen Überprüfung der Gültigkeit der Bemessungsansätze die Auswirkungen des Klimawandels zu untersuchen.

Mit zunehmender Qualität regionaler Klimamodelle ist zu erwarten, dass die statistischen Auswertungen langjähriger Niederschlagsreihen mittel- bis langfristig um belastbare Informationen ergänzt werden können.

8.2.3 Flächenabkopplung, dezentrale Maßnahmen und Steuerung von Entwässerungssystemen

Im Nachfolgenden sind exemplarisch drei Planungsbeispiele dargestellt, die es ermöglichen auf zukünftige Veränderungen im Einzugsgebiet flexibel zu reagieren (vergl. auch Hoppe, 2008b):

Kanalnetzsteuerung auf Basis von Abfluss- und Parametermessungen

Die Stadt Wuppertal setzt zeitgleich mit dem Bau des Entlastungssammlers Wupper ein Steuerungskonzept um, das es ermöglicht, Kanalvolumina gezielt zu aktivieren. Durch den Einsatz von Online-Parametermessungen an Verzweigungsbauwerken zwischen Regenwasser- und Misch- bzw. Schmutzwassernetz kann gezielt (ausschließlich) behandlungspflichtiges, verschmutztes Regenwasser behandelt werden. Durch den Einsatz von innovativen Messverfahren wird damit derzeit in Wuppertal ein modernes, innovatives und flexibles Entwässerungskonzept geschaffen.

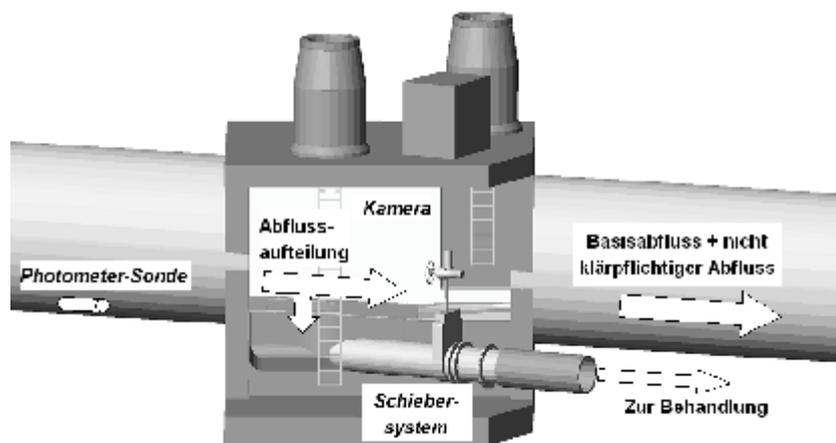


Bild 52 Prinzip der Abflussaufteilung in den Verzweigungsbauwerken in kanalisiertem Bächen in Wuppertal (Quelle: Grüning und Koll, 2009)

Angepasste, hydraulisch leistungsfähige dezentrale Regenwasserbehandlungsmaßnahmen

Vor dem Hintergrund des „Trennerlasses“ überarbeiten derzeit viele Städte und Gemeinden in Nordrhein-Westfalen die Regenwasserbehandlungskonzepte. Dabei steht vielfach noch die konventionelle zentrale Behandlung über Regenklärbecken im Vordergrund. Um aber flexibel auf Veränderungen im Einzugsgebiet reagieren zu können, bietet sich eine gestufte Planung und Kombination von zentralen und dezentralen Maßnahmen, z. B. der Bau von hydraulisch leistungsfähigen Filterschachtsystemen an.

Regenwasserrückhalt und Versickerung in der Fläche

Unter den Aspekten „Regenwasserrückhalt“ und „Hochwasserschutz“ werden heute wie bei der Regenwasserbehandlung zentrale, semizentrale und dezentrale Maßnahmen kombiniert. Hierzu gehört u. a. die Berücksichtigung wasserdurchlässiger Flächenbefestigungen. Gegenüber den weit verbreiteten Mulden-Rigolen-Systemen bieten wasser-durchlässige Flächenbeläge auch in innerstädtischen Bereichen mit geringerem Freiflächenangebot die Möglichkeit einen Teil des Niederschlagswasserabflusses zu versickern

(Fach und Stubbe, 2008). Hierbei sind jedoch mögliche Veränderungen der Grundwasserspiegel im Vorfeld sorgsam zu untersuchen, um Bauschäden zu vermeiden.

8.2.4 Monitoring, Stufenausbau und Erfolgskontrolle von Entwässerungssystemen

Kurzfristig umgesetzte Messprogramme zur Überwachung der Funktion der Entwässerungssysteme und gestufte Ausbauprogramme sind regelmäßig zu überprüfen und im Rahmen einer Erfolgskontrolle unter dem Aspekt „Überflutungsschutz“ zu bewerten und fortzuschreiben.

Hierdurch werden wertvolle Informationen des Betriebs von Entwässerungssystemen mit der Planung verknüpft. Hierzu gehören alle Maßnahmen, die zur Sicherstellung des Überflutungsschutzes getroffen werden: von der Erhöhung der Ableitungskapazität, der Schaffung von Rückhalteräumen genauso wie Maßnahmen zum Objektschutz oder der Abkopplung von Flächen.

8.3 Forschungsbedarf

Neben der Weiterentwicklung regionaler und globaler Klimamodelle besteht in der (Weiter-) Entwicklung und Anwendung von detaillierten Oberflächen-Abflussmodellen zur Abbildung der Starkregenereignisse im urbanen Raum noch erheblicher Forschungsbedarf.

Kommerzielle Berechnungsprogramme, die Abflussvorgänge im Kanalnetz und auf der Oberfläche abbilden, sind bereits verfügbar. Diese stellen jedoch eine hohe Herausforderung an die korrekte Abbildung der Topographie im Einzugsgebiet. Hilfestellungen, z. B. Fachberichte oder Merkblätter, zur Modellerstellung, Kalibrierung und Bewertung der Ergebnisse sind derzeit nicht allgemein verfügbar.

Mit der Berücksichtigung der Oberflächenabflüsse in "neuen" Modellen wird die realitätsnahe Abbildung der Modellelemente weiter an Bedeutung gewinnen. Entscheidend für eine belastbare Planung ist eine zuverlässige Systemkenntnis. Hierzu gehört neben der Selbstüberwachung insbesondere die Auswertung von Beckenfüllständen.

Folgende Fragestellungen sind zur Unterstützung der stadthydrologischen Planungen sinnvoll detailliert zu untersuchen:

- Mit welchen Modellwerkzeugen können stadthydrologische Planungen zukünftig unterstützt werden, welche Grundlagendaten sind hierfür in welcher Qualität erforderlich und wie können Modellergebnisse plausibilisiert werden (Kalibrierung)?
- Welche Maßnahmen zur schadlosen Ableitung extremer Niederschläge sind kosteneffektiv plan- und umsetzbar (Stichwort: Straße als Gerinne)?
- Welche Maßnahmen stellen einen zuverlässigen Betrieb der bestehenden Bauwerke der Kanalisation sicher?

Wird die Ableitung von extremen Niederschlägen auf der Oberfläche betrachtet und in Planungen berücksichtigt, sind insbesondere folgende Fragestellungen zu berücksichtigen:

Wie leistungsfähig und betriebssicher im Hinblick auf die Ableitung von Starkregenereignissen sind:

- Grundstücksentwässerungsanlagen
- Straßeneinläufe (Schlitzweite, Straßengefälle, ...)
- Dezentrale Maßnahmen der Regenwasserbehandlung
- Dezentrale Maßnahmen zur Rückhaltung.

Eine pauschale Vorgabe von Bemessungszuschlägen (Klimafaktoren, vergl. u. a. Bock und Patt, 2009) scheint derzeit für die Planung von Entwässerungssystemen nicht zielführend möglich und würde eine „falsche“ Sicherheit vortäuschen, daher sind den Planern konkrete Hilfestellungen zur Durchführung von Risikoanalysen zur Verfügung zu stellen. Diese könnten z. B. die o. g. Ergebnisse in einem Leitfaden zusammenfassen.

Die genannten Aufgabenstellungen sollten exemplarisch an Beispielgebieten, in denen es zu Überflutungen gekommen ist, getestet werden und die Übertragbarkeit bewertet bzw. aufgezeigt werden.

9 Zusammenfassung und Ausblick

Starkregenereignisse und Überflutungen: Klimawandel im Fokus

Der prognostizierte Klimawandel und seine Folgen für Mensch und Natur rückt immer mehr in das öffentliche Interesse. Wie die durchgeführten Recherchen von Pressemeldungen zeigen, werden Starkregenereignisse und dadurch hervorgerufene Überflutungen im urbanen Raum immer häufiger pauschal dem Klimawandel zugeschrieben. Auslöser für die Berichterstattung sind in der Regel Schadenfälle mit (hohen) Sach- oder Personenschäden. Durch die öffentliche Diskussion verstärkt sich damit der „Eindruck“, dass Starkregenereignisse und Überflutungen immer häufiger auftreten. Wissenschaftliche Aussagen zum Klimawandel beschränken sich jedoch derzeit in der Regel noch auf Jahresniederschlagssummen bzw. Quartalswerte und qualitative Aussagen zur Niederschlagscharakteristik (z. B. die Zunahme von Starkregenereignissen im Sommer). Für Fragestellungen der Dimensionierung von Anlagen der Stadtentwässerung sind jedoch konkretere Aussagen für Zeitintervalle zwischen fünf Minuten und wenigen Stunden in einer hohen räumlichen Auflösung erforderlich. Diese fehlen bislang.

Da Entwässerungssysteme für einen Planungshorizont von mehreren Jahrzehnten dimensioniert und gebaut werden, müssen die Planer schon heute die Frage beantworten, ob die Entwässerungssysteme auch zukünftig unter veränderten Klimabedingungen einen ausreichenden Überflutungsschutz bzw. Entwässerungskomfort sicherstellen können. Hierbei wird derzeit für die meisten Regionen Deutschlands von selteneren aber intensiveren Starkregenereignisse ausgegangen.

Ergebnisse der Analyse langjähriger Niederschlagsaufzeichnungen und einzelner Starkregenereignisse in NRW

Die im Rahmen des Forschungsprojekts analysierten langjährigen Niederschlagsreihen aus dem Bergischen Land und dem Niederrhein zeigen übereinstimmend eine signifikante Zunahme der Starkregenereignisse für nahezu alle untersuchten Dauerstufen zwischen fünf Minuten und zwei Tagen in den letzten 15 bis 20 Jahren. Auch wenn die Analyse der Niederschlagsreihen keinen zwingenden Rückschluss auf die bereits eingetretenen Auswirkungen des Klimawandels und (noch weniger) auf eine zukünftige Entwicklung erlaubt, unterstreichen die Auswertungen damit die hohe Variabilität des Niederschlagsgeschehens und die mögliche Bandbreite statistischer Auswertungen.

Da Klimaprognosen mit einer räumlichen Auflösung von wenigen Kilometern und einer zeitlichen Auflösung von weniger als einer Stunde derzeit nicht verfügbar sind, sind aufgrund von Modellaussagen auch keine unmittelbaren Hinweise zur zukünftigen Auslegung der Bauwerke ableitbar. Als Konsequenz darf der Planer jedoch nicht in eine abwartende Haltung verfallen, sondern muss Methoden entwickeln, um mit unsicheren „Vor-

hersagen“ und daraus resultierenden unsicheren Grundlagendaten zukunftsfähige Lösungen zu erarbeiten.

Die ausgewerteten Starkregen- und Überflutungsereignisse aus dem Jahr 2008 aus dem Bergischen Land und dem Niederrhein belegen eindrucksvoll, dass ein Überstaunachweis des bestehenden Netzes zukünftig nicht ausreichend ist, um alle Schwachstellen im Netz aufzuzeigen. Das DWA Regelwerk schreibt im Arbeitsblatt DWA-A 118 daher mit Bezug auf die DIN EN 752:2008 schon heute eine Kombination aus Überstau- und Überflutungsbetrachtung vor.

Konsequenzen für die Planung von Entwässerungssystemen

Die DWA Arbeitsgruppe ES 2.5 beschreibt den „Überflutungsschutz“ treffend als „kommunale Gemeinschaftsaufgabe“. Neben den Planern von Entwässerungssystemen ist es entscheidend auch Stadt- und Straßenplaner, Bauherren und Architekten in die Planungen einzubeziehen sowie je nach Randbedingungen Feuerwehr und ggf. die Versicherungswirtschaft. Die Bürgerinformation und fachlich solide Bewertung von Niederschlags- und Überflutungsereignissen wird vor diesem Hintergrund weiter an Bedeutung gewinnen.

In einem ersten Schritt sind daher konsequenter als bisher sowohl für bestehende Entwässerungssysteme als auch im Rahmen der Neu- und Sanierungsplanungen eine sorgfältige Analyse der Leistungsfähigkeit bestehender Kanalnetze vor dem Hintergrund des Einflusses des Klimawandels durchzuführen. Bestandteil muss eine Überflutungsbetrachtung und Risikoanalyse für entwässerungstechnisch kritische Gebiete sein, um Schwachpunkte und Leistungsreserven des Kanalnetzes darzustellen. Der Prüfung der Qualität der Grundlagendaten kommt hierbei eine maßgebliche Bedeutung zu, da diese die Basis der Dimensionierung bilden.

Neben der Maßnahmenplanung zum Schutz vor Überflutungen, die aus einem Kompromiss zwischen Ableitungen und Rückhalt im Kanalnetz, oberflächiger Ableitung und Objektschutz bestehen muss, wird die messtechnische (Selbst-)Überwachung und Sicherstellung der Funktion der Entwässerungssysteme an Bedeutung deutlich hinzugewinnen. Die Planungen müssen durch flexible Lösungen, die sich an wandelnde Randbedingungen anpassen lassen, geprägt sein. Hierzu gehören neben städtebaulichen Maßnahmen und Überprüfungen der Bemessungskriterien z. B. die Steuerung und der Stufenausbau von Entwässerungssystemen, die dezentrale Niederschlagswasserbehandlung sowie die Flächenabkopplung.

Klimafaktoren und Regelwerksanpassungen

In Hinblick auf die hydraulische Leistungsfähigkeit von Kanalnetzen sind insbesondere die Vorgaben des DWA-A 118 und die Datengrundlagen zur Niederschlagsbelastung betrof-

fen. Mit der Kombination aus Überstaunachweis und Überflutungsbetrachtung ermöglicht das aktuelle Regelwerk den Herausforderungen der unsicheren Auswirkungen des Klimawandels im Rahmen der Bemessung von Entwässerungssystemen grundsätzlich Rechnung zu tragen. Die in diesem Forschungsprojekt vorgestellten Auswertungen zeigen, dass die belastbare Vorgabe von überregionalen für Fragestellungen der Stadtentwässerung derzeit nicht belastbar möglich sind. Dennoch fehlen konkrete Hinweise wie mit den vorhandenen Unsicherheiten und „vermuteten“ Trends im Rahmen der Planungen umzugehen ist.

Daher sollte das Regelwerk um konkrete Hilfestellung zur Durchführung von Überflutungs- und Risikobetrachtungen vor dem Hintergrund des Klimawandels ergänzt werden.

Zudem sind im Rahmen der aktuell geplanten Überarbeitung der nachfolgenden Merk- und Arbeitsblätter Hinweise zum Umgang mit möglichen Auswirkungen des Klimawandels (u. a. ATV-A 128, M-153), zur Überwachung und Datenauswertung der Entwässerungssysteme (DWA-M 151) bzw. dem grundsätzlichen Umgang mit Unsicherheiten von Grundlagendaten (ATV-DVWK-A 198) zu konkretisieren.

Ausblick - Planungen unter Unsicherheit

Die im Rahmen des Projekts durchgeführte und weitere in der Literatur beschriebene Untersuchungen zur Berücksichtigung von möglichen Auswirkungen der Klimaänderung auf das Niederschlagsgeschehen zeigen:

- Die derzeit vorhergesagten Veränderungen der Niederschlagscharakteristik werden einen signifikanten – derzeit nicht exakt quantifizierbaren – Einfluss auf stadthydrologische Planungen haben
- Der Einfluss hängt maßgeblich von den betrachteten Zielgrößen, der aktuellen hydraulischen Auslastung des Netzes und der Topographie ab
- Wenn ernsthaft über die Berücksichtigung von Klimaänderungen diskutiert wird, muss gleichzeitig über die grundsätzliche Wirkung der Unsicherheiten der übrigen Eingangsparameter/Grundlagendaten nachgedacht werden
- Belastbare Aussagen im Rahmen von Planungen sind nur mit Niederschlag-Abfluss-Modellen möglich, die – soweit möglich – für den aktuellen Zustand mit Messdaten kalibriert wurden
- Untersuchungen zur Auswirkung der Klimaänderungen sollten niemals pauschal und isoliert, sondern nur im Rahmen von Sensitivitäts- und Risikoanalysen erfolgen.

Eine pauschale Vorgabe von Bemessungszuschlägen (Klimafaktoren) scheint derzeit nicht zielführend möglich und würde Planern, Betreibern und der Bevölkerung in erster Linie eine „falsche“ Sicherheit vortäuschen. Daher sind den Planern konkrete Hilfestellungen

zur Durchführung von Überflutungs- und Risikoanalysen zur Verfügung zu stellen. Diese könnten die in diesem Projekt erarbeiteten Ergebnisse vertiefen, an Beispielprojekten demonstrieren und in einem Leitfaden zusammenfassen.

Neben der Weiterentwicklung regionaler und globaler Klimamodelle besteht in der (Weiter-)Entwicklung und Anwendung von detaillierten Oberflächen-Abflussmodellen zur Abbildung der Starkregenereignisse im urbanen Raum noch erheblicher Forschungsbedarf. Die Berechnung von Wasserständen, Abflüssen und Abflusswegen auf der Geländeoberfläche ist mit der derzeit verfügbaren Modelltechnik nur sehr eingeschränkt möglich.

Mit der Berücksichtigung der Oberflächenabflüsse in "neuen" Modellen wird die realitätsnahe Abbildung der Modellelemente weiter an Bedeutung gewinnen. Entscheidend für eine belastbare Planung ist eine zuverlässige Systemkenntnis. Hierzu gehört z. B die Auswertung von Beckenfüllständen und Abflussmessungen im Rahmen der Selbstüberwachung von Entwässerungssystemen.

Die DWA-Koordinierungsgruppe „Wasserwirtschaftliche Strategien zum Klimawandel“ erarbeitet derzeit ein Positionspapier zum Stand des Wissens und möglichen Aufgabenstellungen zu Anpassungen des DWA-Regelwerks. Die Ergebnisse sollen im Herbst 2009 veröffentlicht werden. Die Anpassung des Regelwerks wird dann schrittweise erfolgen. In den Bundesländern sind Vorgaben der Selbstüberwachungsverordnungen hinsichtlich des Monitorings der Entwässerungssysteme zu überprüfen.

Eine verzahnte Maßnahmenplanung unter Berücksichtigung städtebaulicher Aspekte (Stadtplanung und Straßenbau, Entwässerungssystem, Objektschutz etc.) erfordert eine abgestimmte und abgesicherte Finanzierung durch (bisher) unterschiedliche Maßnahmenträger. Dies gilt sowohl für die "Bearbeitungsebene" in Städten und Gemeinden als auch bei der Bereitstellung und Ausgestaltung von Förderprogrammen und Zahlungen aus der Abwasserabgabe (bzw. der Verrechnung von Maßnahmen) auf Landesebene. Hier sind daher sowohl Lokal- als auch Landespolitik gefragt und der Finanzmitteleinsatz vor dem Hintergrund möglicher Haftungsfragen für Folgen aus Starkregenereignissen abzustimmen.

Erkrath, 19. Februar 2010

DR. PECHER AG

Dr. Holger Hoppe

10 Literatur

Arnbjerg-Nielsen, K. (2005). Significant climate change of extreme rainfall in Denmark. Konferenzbeitrag zur 10th International Conference on Urban Drainage, Copenhagen, Denmark, 2005.

Arnbjerg-Nielsen, K. (2008). Quantification of climate change impacts on extreme precipitation used for design of sewer systems. Konferenzbeitrag zur 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK, 2008.

Ashley R.M. (2008). Active learning: Building the capacity to adapt urban drainage to climate change. Konferenzbeitrag zur 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK, 2008.

Ashley R.M., Balmforth D.J., Saul A.J. und Blanksby J.D. (2005). Flooding in the future – predicting climate change, risks and responses in urban areas. *Water Science and Technology*, 52(5), S. 265–273.

Ashley R.M., Tait S.J., Styan E., Cashman A., Luck B., Blanksby J., Saul A. und L. Sandlands (2007). Sewer system design moving into the 21st century – a UK perspective. *Water Science and Technology*, 55(4), S. 273–281.

ATV-A 111 (1994). Richtlinien für die hydraulische Dimensionierung und den Leistungsnachweis von Regenwasser-Entlastungsanlagen in Abwasserkanälen und –leitungen. DWA, Hennef. ISBN 978-3-933693-03-7. (vergl. DWA-A 111, 2009)

ATV-A 121 (1985). Niederschlag - Starkregenauswertung nach Wiederkehrzeit und Dauer. DWA; Hennef. ISBN 978-3-933693-10-5.

ATV-A 128 (1992). Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen. DWA, Hennef. ISBN 978-3-933693-16-7.

ATV-DVWK-A 198 (2003). Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen. DWA, Hennef. ISBN 978-3-924063-48-1.

BezReg. Düsseldorf (2009). Hochwasseraktionsplan Anger. Bezirksregierung Düsseldorf. Internet http://www.brd.nrw.de/BezRegDdort/hierarchie/aufgaben/Abteilung_5/Dezer-nat_54/Hochwasserschutz_und_Deichverb__nde/Hochwasseraktionsplan_Anger1.php

Bock A. und Patt H. (2009). Klimawandel: Folgerungen für das wasserwirtschaftliche Handeln. Beitrag im Rahmen des 27. Bochumer Workshops am 01.09.2007. Schriftenreihe Siedlungswasserwirtschaft, Band 57, S. 13-25.

Borsuk M. E. and Tomassini L. (2005). Uncertainty, imprecision, and the precautionary principle in climate change assessment. *Water Science and Technology*, 52(6), 213-225.

Cyffka B. (2008). Klimawandel – Was kann die Wasserwirtschaft tun? *KW Korrespondenz Wasserwirtschaft* 2008 (1), Nr. 11, S. 602-602.

DIN EN 752 (2008). DIN EN 752:2008-04: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden; Deutsche Fassung EN 752:2008. Beuth Verlag. (Ersatz für: DIN EN 752 Beiblatt 1:1999-10, 752-1:1996-01, 752-2:1996-09, 752-3:1996-09, 752-4:1997-11, 752-5:1997-11, 752-6:1998-06, 752-7:1998-06)

DWA ES-2.5 (2008). Prüfung der Überflutungssicherheit von Entwässerungssystemen. Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe ES-2.5, *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall* 2008 (55), Nr. 9, S.972-976.

DWA-A 100 (2006). Leitlinien der integralen Siedlungsentwässerung (ISiE). DWA, Hennef. ISBN 978-3-939057-70-3.

DWA-A 111 (2009). Hydraulische Dimensionierung und betrieblicher Leistungsnachweis von Anlagen zur Abfluss- und Wasserstandsbegrenzung in Entwässerungssystemen – ENTWURF. DWA, Hennef. (unveröffentlicht).

DWA-A 118 (2006). DWA-A 118. Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen. DWA, Hennef. ISBN 978-3-939057-15-4.

DWD (2005a). [KOSTRA-DWD-2000 Starkniederschlagshöhen für Deutschland \(1951 – 2000\) - Grundlagenbericht](#). Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main.

DWD (2005b). [KOSTRA-DWD-2000 Starkniederschlagshöhen für Deutschland \(1951 – 2000\) – Fortschreibungsbericht](#). Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main.

DWD (2010). [Koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung - Auswertung DWD \(1951 - 2000\)](#). DWD-Homepage. <http://www.dwd.de/kostra> (19.02.2010)

Einfalt Th. und Podlasly Ch. (2009). ExUS - Automatisch unterstützte Datenprüfung. Vortragsunterlagen im Rahmen des Arbeitstreffens am 18.05.2009 im LANUV NRW (unveröffentlicht).

Fach S. und Stubbe H. (2008). Wasserdurchlässige befestigte Verkehrsflächen als Beitrag für ein ganzheitliches Entwässerungskonzept in urbanen Gebieten. *GWF Wasser- Abwasser*, Nr. 4, 149(2008), S. 338-347.

GDV (2009). Geo-Informationssystem „ZÜRS Geo“: Zonierungssystem für Überschwemmungsrisiko und Einschätzung von Umweltrisiken, Online-Beitrag vom 07.08.2008 (<http://www.gdv.de/Themen/Schadensverhuetung/NaturgewaltenElementarschaeden/inhaltsseite22828.html>), (7. August 2009).

Grüning H. und Koll R. (2009). Abfluss steuern – Fracht bewirtschaften – Geld sparen: Anspruch oder Widerspruch? Beitrag 10. Kölner Kanal und Kläranlagen Kolloquium 23. und 24. September 2009 in Köln.

Harremoës P. (2003). The role of uncertainty in application of integrated urban water modelling – Keynote Lecture. In: Proc. IMUG Conference Tilburg, Netherlands, 23-25. May 2003.

Hoppe H. (1998). Untersuchungen von Zeitreihen des Niederschlags in Irland hinsichtlich etwaiger Veränderungen der statistischen Charakteristika. Diplomarbeit am University College Cork und der Ruhr-Universität Bochum. Lehrstuhl für Hydrologie, Wasserwirtschaft und Umwelttechnik.

Hoppe H. (2006). Unsicherheiten von Grundlagendaten im Rahmen integrierter Planungen urbaner Abwasserentsorgungssysteme. Dissertation. Ruhr-Universität Bochum, Schriftenreihe Siedlungswasserwirtschaft Bochum, Band 51. ISBN 3-9810255-1-2

Hoppe H. (2008a). Impact of input data uncertainties on urban drainage models: climate change a crucial issue? Konferenzbeitrag zur 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK, 2008.

Hoppe H. (2008b). Strategische Entwässerungsplanung vor dem Hintergrund demographischer und klimatischer Veränderungen. Ruhr-Universität Bochum, Schriftenreihe Siedlungswasserwirtschaft Bochum. ISSN 0178-0980.

Hoppe H. und Kiely G. (1999). Precipitation over Ireland - Observed Change since 1940. Physics and Chemistry of the Earth, Journal of the European Geophysical Union, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere. Volume 24, Issues 1-2. European Water Resources and Climate Changes Processes, S. 91-96.

Hoppe H. und Grüning H. (2007). Neue Herausforderungen an integrierte Planungen von Misch- und Niederschlagswasserbehandlungsanlagen. Vom Emissions- zum Immissionsansatz - Theorie und Planungspraxis. GWF Wasser- Abwasser, Nr. 7-8, 148(2007), S. 548-555.

Hoppe H. und Pecher K. H. (2008). Planungen unter Unsicherheit - Anforderungen an strategische Entwässerungsplanungen vor dem Hintergrund klimatischer Veränderungen.

Beitrag DWA-Expertengespräch "Folgen des Klimawandels und Handlungsoptionen der deutschen Wasserwirtschaft" am 30. Oktober 2008 in Siegburg (unveröffentlicht).

IPCC (2007). Fourth Assessment Report Climate Change 2007: Synthesis Report. Topic 3 „Climate change and its impacts in the near and long term under different scenarios“. Intergovernmental Panel on Climate Change website, http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm (6. August 2009).

Kron W. und Ellenrieder Th. (2008). Zunehmende Wetterschäden: Was kostet das die Versicherungswirtschaft? Teil 1: Wetterkatastrophen – Ursachen und Schäden. Korrespondenz Wasserwirtschaft 2008 (1), Nr. 12, S. 691-696.

Langstädtler G., Einfalt Th. und Quirnbach M. (2010). Extremwertstatistische Untersuchungen von Starkregen in Nordrhein-Westfalen (ExUS) – Abschlussbericht zum Forschungsprojekt im Auftrag des LANUV NRW.

MUNLV (2009). Anpassung an den Klimawandel. Eine Strategie für Nordrhein-Westfalen. Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Düsseldorf.

Mahammadzadeh M., Biebeler H. und Bardt H. (2009). Klimaschutz und Anpassung an die Klimafolgen - Strategien, Maßnahmen und Anwendungsbeispiele. Institut der deutschen Wirtschaft Köln Medien GmbH. ISBN 978-3-602-14847-9.

NVV AG (2009). „Starkregen-Ereignisse! Kellerüberflutung. Wie kann ich mich schützen?“. Niederrheinische Versorgung und Verkehr AG, Mönchengladbach.

Pettitt A. N. (1979). A non-parametric approach to the change-point problem. Applied Statistics, Vol. 28, No. 2 (1979), S. 126-135.

Queitsch P. (2009). Haftung für Starkregen und Katastrophenregen. Abwasserreport 1.09. Abwasserberatung NRW, S. 21-26.

Sachs L. (1996). Angewandte Statistik. Springer Verlag, 8. Auflage. ISBN 3-540-60494-4

Schmitt T. G. (2008). Kanalüberflutungen durch Starkregen – Empfehlungen zu möglichen Auswirkungen des Klimawandels. Reihe der Berichte des Fachgebietes Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU Kaiserslautern, Bericht 19, S. 125 - 136.

Schmitt T. G., Illgen M. und Kaufmann I. (2006). Klimawandel – Konsequenzen für die Siedlungsentwässerung. DWA-Expertengespräch. KA – Abwasser, Abfall (53), Nr. 8, S. 756-759.

Stuttgarter Nachrichten (2009). Pressemeldung „Klimawandel überfordert Kanalnetz“, Stuttgarter Nachrichten – Online. http://www.stuttgarter-nachrichten.de/stn/page/2119749_0_9223_-zisternen-gegen-regenflut-klimawandel-ueberfordert-kanalnetz.html (6. August 2009).

URBAS (2008). Vorhersage und Management von Sturzfluten in urbanen Gebieten (URBAS) Abschlussbericht 12.2008. Projekthomepage: http://www.urbanesturzfluten.de/ereignisdb/ereignisse/ereignisse_view (6. August 2009).

ANLAGE 1:

STARKREGENEREIGNISSE NRW 2007/2008

PRESSESPIEGEL (AUSWAHL)