



pecher



hydro & meteo GmbH & Co. KG
Wetter + Wasser

KLIMAWANDEL IN STADTENTWÄSSERUNG UND STADTENTWICKLUNG

METHODEN UND KONZEPTE

KISS

Landesamt für Natur, Umwelt
und Verbraucherschutz NRW

PROJEKT DES KLIMA-INNOVATIONSFOND IF-37



Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	9
2	Ausgangssituation und Vorgehen	12
2.1	Klimawandel, Stadtentwässerung und Stadtentwicklung	12
2.2	Vorgehensweise und Projektablauf	12
3	Überflutungsgefahren	15
3.1	Kanalnetzüberlastungen	15
3.2	Urbane Sturzfluten	16
3.3	Gefahren in Poldergebieten	18
3.4	Betriebliche Aspekte	18
4	Analyse von Niederschlags- und Überflutungsereignissen in NRW	20
4.1	Niederschlagsmessungen zur Bewertung von Überflutungsereignissen	20
4.2	Auswahl von Niederschlagsstationen	21
4.3	Auswahl von Starkregenereignissen	22
4.4	Auswirkungen der Starkregenereignisse	26
4.5	Erforderliche Grundlagendaten zur Bewertung von Überflutungsereignissen	30
4.5.1	Art und Umfang der erforderlichen Grundlagen zur Bewertung von Überflutungsereignissen und zur Maßnahmenplanung	30
4.5.2	Grundlagendatenauswertung und Klassifizierung von Überflutungsereignissen	34
5	Anforderungen an den Überflutungsschutz im Regelwerk	41
5.1	Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen	41
5.1.1	Entwicklungen im Technischen Regelwerk in Deutschland	42
5.1.2	Die Europäische Norm DIN EN 752:2008: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden	45
5.1.3	Die Europäische Norm DIN EN 1986-100:2008: Entwässerung von Gebäuden und Grundstücken	47
5.1.4	Ansatz zur Niederschlagsbelastung	49
5.2	Überflutungsschutz als kommunale Gemeinschaftsaufgabe	50
5.3	Klimawandel als Faktor der Ungewissheit zukünftiger Planungen	51
5.4	Risikomanagement im kommunalen Überflutungsschutz	52
5.4.1	Risikobewertung statt Sicherheitsversprechen	52
5.4.2	Methodischer Ansatz „Gefährdungsanalyse“	53

6	Weiterführende Betrachtungen zur Überflutungsvorsorge	56
6.1	Sensitivitätsanalysen im Rahmen von Überstaunachweis und Überflutungsbetrachtung	56
6.2	Prüfung örtlicher Gegebenheiten	58
6.3	Messtechnische Bewertung hydraulischer Zwangspunkte	60
6.4	Modelltechniken für Überstaunachweise und Überflutungsbetrachtungen	61
6.5	Möglichkeiten zur Integration der Ergebnisse der Überflutungsbetrachtungen in Stadtplanung und Stadtentwicklung	65
7	Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge	67
7.1	Überblick	67
7.2	Technische Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge im Entwässerungssystem	72
7.2.1	Ausbau der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Kanalnetze	72
7.2.2	Aktivierung oder Neubau von Speichervolumen im Kanalnetz	73
7.2.3	Kanalnetzsteuerung zur Aktivierung und Verknüpfung von Speicher- und Behandlungsvolumen	74
7.2.4	Bauliche Sanierung von Durchlässen, Einlaufbauwerken und Rechenanlagen	75
7.2.5	Sanierung der Drosseleinrichtungen an Rückhalteräumen und sonstige hydraulische Zwangspunkte	76
7.3	Technische Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge im Einzugsgebiet	77
7.3.1	Gezielte Ableitung von Niederschlagswasser an der Oberfläche	77
7.3.2	Gezielte Retention von Niederschlagswasser an der Oberfläche	78
7.3.3	Maßnahmen an Straßeneinläufen	79
7.3.4	Maßnahmen an Grundstücksentwässerungsanlagen	80
7.3.5	Maßnahmen zum gezielten Objektschutz	81
7.3.6	Versickerung von Niederschlagswasser	82
7.3.7	Querbauwerke und Deichanlagen an urbanen Gewässern	83
7.4	Weitergehende Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge: Betrieb, Organisation und Kommunikation	84
7.4.1	Integrierte Maßnahmenplanungen, Informationsmanagement und Ergebnisvisualisierung	84
7.4.2	Bauwerksmonitoring und Messdatenmanagement zur Maßnahmenplanung	86
7.4.3	Hinweise zur wasserwirtschaftlichen Analyse von Maßnahmen im Rahmen der Stadtentwicklung	87
7.4.4	Nutzungseinschränkungen – Möglichkeiten und Grenzen	88

8	Hinweise zur technischen und wirtschaftlichen Bewertung von Maßnahmen	90
8.1	Hinweise zum Vorgehen und Ergebnisbewertung	90
8.2	Beispiel 1: Kombinierte Maßnahme auf der Oberfläche, im Kanalnetz und Objektschutz	92
8.3	Beispiel 2: Kombinierte Maßnahme zur Überflutungsvorsorge im Kanalnetz und Objektschutz	95
8.4	Maßnahmenplanung in der Praxis – Bewertung der Übertragbarkeit von Beispielmaßnahmen	99
9	Ausblick - Herausforderungen für die Zukunft	101
10	Literatur	103

Bildverzeichnis

Bild 1	Entwurf einer urbanen Gefahrenkarte – Thema: Wasserstände und Fließwege (geändert nach LANUV, 2011 und Hoppe et. al, 2012a)	16
Bild 2	Beispiel für einen hydraulischen Zwangspunkt, der aufgrund hoher lokaler Verluste zu einem Wasseraustritt führt, obwohl das Kanalnetz unterhalb nicht ausgelastet ist (Quelle: Dr. Pecher AG)	17
Bild 3	Verstopfter Straßeneinlauf (Bild: hydro&meteo GmbH & Co. KG)	19
Bild 4	Schematische Darstellung der Ergebnisse einer Niederschlagsmessung mit Radar bzw. durch Stationen (Einfalt, 1990)	20
Bild 5	Lage ausgewählter Stationen (rot markiert) bzw. Städte und Kreise in NRW zur weiteren Analyse hinsichtlich der Auswirkungen bei Überflutungen	22
Bild 6	Auswahl von Niederschlagsereignissen und Stationen als Grundlage der Recherche von Pressemeldungen zu Starkregenereignissen vom 03.07.2010	25
Bild 7	Beispiel zur Ermittlung der Niederschlags-Ereignisjährlichkeiten für einen abgegrenzten Zeitraum oder ein Einzelereignis zur Kategorisierung der Überflutungsursachen	35
Bild 8	Exemplarische Darstellung der Ereignisjährlichkeiten für die analysierten Überflutungsereignisse in NRW, über die in den Medien berichtet wurde (Teil 1)	36
Bild 9	Exemplarische Darstellung der Ereignisjährlichkeiten für die analysierten Überflutungsereignisse in NRW, über die in den Medien berichtet wurde (Teil 2)	37
Bild 10	Geltungsbereich DIN 1986-100 in Abgrenzung zu EN 752 und DWA-A 118 (in Anlehnung an DWA, 2008)	48
Bild 11	Elemente des Überflutungsschutzes kommunaler Entwässerungssysteme in unterschiedlichen Belastungsbereichen (in Anlehnung an DWA, 2008)	50
Bild 12	Bearbeitungsschritte zur Analyse und Bewertung der örtlichen Überflutungsgefährdung (nach Schmitt, 2011)	54
Bild 13	Konzeptionelles Vorgehen im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse zu Überstaunachweisen und Überflutungsbetrachtungen (aus Dr. Pecher AG, 2011)	57
Bild 14	Erstbewertung oberflächlicher Fließwege und der Nutzungen (tiefliegende Fenster, Garageneinfahrt) in einem überflutungsgefährdeten Bereich (Bilder: Dr. Pecher AG)	59
Bild 15	Möglichkeiten zur sinnvollen Kombination von Grob- und Detailanalyse mit Auswertungen in einem GIS und hydrodynamischen 1D-2D-Modellen (Hoppe et al., 2012a)	62

Bild 16	Eingedeichter Schwarzbach in Gelsenkirchen bei Trockenwetter (links) und nach einem Starkregenereignis (Bildmitte) sowie Dattelner Mühlenbach (noch Gewässer und offener Abwasserkanal) im Stadtgebiet Datteln (rechts)	83
Bild 17	Exemplarische Ergebnisdarstellung einer klassischen Kanalnetzberechnung (Modell DYNA) (links) und einer gekoppelten Berechnung von Kanalnetz und Oberfläche (Modell DYNA-GeoCPM der tandler.com und Pecher Software GmbH) (rechts)	85
Bild 18	Ergebnisdarstellungen zur Ermittlung überflutungsgefährdeter Gebiete (Fließwege) und zur Detailanalyse von Wasserständen (Kanalnetz-Oberflächenberechnung) als Grundlage einer urbanen Gefahrenkarte	86
Bild 19	Einbau von Abfluss- und Wasserstandsmessungen zur Bauwerksüberwachung im Rahmen von Überflutungsuntersuchungen (Ursachenanalyse/Maßnahmenplanungen; Bilder: Dr. Pecher AG)	87
Bild 20	Nutzungseinschränkung als „Maßnahme“ (Bilder: Dr. Pecher AG)	89
Bild 21	Integrierte Maßnahmenplanung: Berechnung der Wirkung von Maßnahmenkombinationen im Kanalnetz und auf der Oberfläche zur Nutzung von Brachflächen bei Extremereignissen im Rahmen der Überflutungsvorsorge (Quelle: Dr. Pecher AG, WSW Energie und Wasser AG; Berechnungen DYNA-GeoCPM)	93
Bild 22	Längsschnitt zu einer integrierten Maßnahmenplanung: Kombination von Maßnahmen im Kanalnetz und auf der Oberfläche zur Nutzung von Brachflächen bei Extremereignissen im Rahmen der Überflutungsvorsorge; oben: Ist-Zustand; unten: Planungszustand (Quelle: Dr. Pecher AG; WSW Energie und Wasser AG)	94
Bild 23	Detailansicht des Untersuchungsgebiets - Ausschnitt aus der Übersichtskarte der mit DYNA-GeoCPM berechneten Maximalwasserstände für das Extremereignis (Quelle: Dr. Pecher AG)	95
Bild 24	Provisorisch vor Überflutung „geschützte“ Kellerfenster (links) und kurzfristige „Abkopplung des Niederschlagswassers“ (rechts) im Untersuchungsgebiet (Bilder: Dr. Pecher AG)	97
Bild 25	Maßnahmenkombination im Einzugsgebiet „Stadtstraße“ – Maßnahmen im Kanalnetz und Objektschutz für Extremereignisse (Dr. Pecher AG)	98

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Ausgewählte Orte und Niederschlagsereignisse in NRW zur weiteren Analyse hinsichtlich der Auswirkungen bei Überflutungen	24
Tabelle 2	Beispiele zu Auswirkungen ausgewählter Starkregenereignisse in NRW aus den Jahren 2002 bis 2010	28
Tabelle 3	Unterscheidung der Auswirkungen detailliert untersuchter Überflutungsereignisse in Bezug auf die Wirkungsdauer (ereignisbezogen - nur während des Ereignisses); kurzfristig (Sanierung innerhalb von einem Monat möglich), mittelfristig (Sanierung innerhalb von 6 Monate möglich), langfristig (Sanierungsdauer > 6 Monate erforderlich) und Schadensumfang	30
Tabelle 4	Wichtige erforderliche Grundlagendaten zur Bewertung von Überflutungsereignissen und als Grundlage einer Maßnahmenplanung – Ursachenbewertung (G – grundsätzlich erforderlich; F – fallspezifisch erforderlich)	32
Tabelle 5	Erforderliche Grundlagendaten zur Bewertung von Überflutungsereignissen und als Grundlage einer Maßnahmenplanung – Handlungsfelder (G – grundsätzlich erforderlich; F – fallspezifisch erforderlich)	33
Tabelle 6	Vorschlag und Beispiele zur Klassifizierung der Ursachen von Kanalnetzüberlastungen bzw. Überflutungsereignissen	40
Tabelle 7	Empfohlene Häufigkeiten „Bemessungsregen“ und „Überflutung“ nach DIN EN 752 (2008a) und DWA-A 118 (2006)	42
Tabelle 8	Empfohlene Überstauhäufigkeiten „Neuplanung/Sanierung“ und „Bestand“ nach DWA-A 118 (2006) und ATV-DVWK (2004)	44
Tabelle 9	Veränderung der Anzahl überstauter Schächte aufgrund einer schrittweisen Erhöhung (um jeweils 5 %; bis insgesamt max. 45 %) des Bemessungsniederschlags Euler Typ II der entsprechenden Rasterzelle nach KOSTRA, n = 0,33; D = 60 min aus LANUV (2010b)	58
Tabelle 10	Modelleinsatz im Rahmen von Überstaunachweis und Überflutungsbetrachtung (nach Hoppe et al., 2012a)	62
Tabelle 11	Einsatzbereiche von Analysen der Oberflächenfließwege mittels GIS und gekoppelter hydrodynamischer Kanalnetz-Oberflächen-Modelle zur Grob- und Detailanalyse im Rahmen von Überflutungsbetrachtungen (nach Hoppe et al., 2012a)	64
Tabelle 12	Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge vor dem Hintergrund des Klimawandels lassen sich nach HANDLUNGSFELDERN und dem primären WIRKUNGSFELD gruppieren	67
Tabelle 13	Übersicht zur Maßnahmenzusammenstellung (Auswahl) aus der Literatur	69

Tabelle 14	Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge mit Angabe des Hauptanwendungsbereichs (H - dunkelblau) und des erweiterten Anwendungsbereichs in Kombination mit anderen Maßnahmen (E - hellblau)	71
Tabelle 15	Vorschlag einer Bewertungsmatrix zur Maßnahmenplanung – die Erfahrungswerte zur Kosteneffizienz der Maßnahmen müssen für jeden Anwendungsfall individuell überprüft werden – Bewertungskriterien sind jedoch übertragbar	91
Tabelle 16	Variantenübersicht „Stadtstraße“	97
Tabelle 17	Beispiele für untersuchte Maßnahmen; Wirkungen und Übertragbarkeit von Maßnahmen auf andere Einzugsgebiete	100

Verzeichnis der Anlagen

ANHANG 1: Ausgewählte analysierte Starkregenereignisse in NRW

ANHANG 2: Bewertung von Niederschlagsabflussmodellen zur Kanalnetzberechnung
und Simulation von Überflutungen urbaner Gebiete

1 Zusammenfassung

Starkregen in Städten können aufgrund unkontrolliert oberflächlich abfließenden Wassers oder überlasteter Kanalisation Gefahren für Bewohner und für materielle Güter bedeuten. Diese Erkenntnis trifft sowohl für große wie auch für kleine Städte zu, wie es u. a. aus dem BMBF-Projekt URBAS deutlich wurde. Der Klimawandel wird nach derzeitiger Bewertung (u. a. IPCC 2008) zu höheren Temperaturen in Deutschland führen, so dass grundsätzlich mehr Feuchtigkeit in der Atmosphäre gespeichert werden kann. Mit der damit einhergehenden steigenden Wahrscheinlichkeit für Starkregen wächst auch das Potential der Gefährdung und Schadensträchtigkeit in den kommenden Jahrzehnten.

Aus den historisch gemessenen Daten sind bislang keine einheitlichen Hinweise auf ein signifikantes Ansteigen von Starkregen im Sommer bzw. bei Gewittern erkennbar. Gleichwohl erlauben bisherige Untersuchungen (u. a. ExUS, LANUV 2010a) die qualitative Schlussfolgerung, dass beobachtete Starkregen in den vergangenen Jahrzehnten zwar nicht unbedingt noch intensiver, aber doch etwas häufiger geworden sind.

Allgemein erscheint die bisherige Betroffenheit durch den Klimawandel im Bereich der Siedlungswasserversorgung, vor allem der Stadthydrologie, ausgeprägter als im klassischen Hochwasserschutz zu sein. Eine abwartende Haltung der Akteure in Stadtentwässerung und Stadtentwicklung wäre daher unter den gegebenen Randbedingungen und Erkenntnissen nicht zielführend, um den vermehrten Gefahren durch Starkregen infolge des Klimawandels angemessen und effizient zu begegnen.

Signifikante Schäden durch Starkregen treten vor allem dort auf, wo wertvolle bzw. empfindliche Bauwerke oder Infrastruktur von Überflutungen betroffen sein können. Die Gefährdung durch Überflutungen infolge von Starkregen ist in der Fläche gegeben, da sowohl unkontrollierter Oberflächenabfluss als auch überlastete Kanalisation oder Gewässerläufe als Schadensursache zu nennen sind. Das Gefahrenpotential ist somit räumlich nicht allein auf hydrologischer Grundlage eingrenzbar.

Eine Reihe von Projekten hat sich sowohl bundesweit als auch regional mit dem Thema beschäftigt, wie im Rahmen der Anpassung an den Klimawandel Schäden durch Starkregen verhindert oder vermindert werden können. Hier sind in NRW Projekte zu nennen, die z. B. über den Klima-Innovationsfonds finanziert wurden: „Studie zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Kanalnetzberechnung“ (LANUV, 2010b), „Extremwertstatistische Untersuchungen von Starkniederschlägen in NRW“ (LANUV, 2010a), „Untersuchung starkregengefährdeter Gebiete“. Bundesweit gibt es Arbeiten bei der DWA, im Rahmen der BMBF Projektcluster RIMAX und KLIMZUG, sowie u. a. die Projekte KLIWA, KLIWAS und dynaklim.

Das hier vorliegende Projekt KISS (Klima-Innovationsfonds Projekt IF-37) fasst die Inhalte vorliegender Projekte zusammen, die sich mit dem Thema Starkregen im Hinblick auf Stadtentwässerung und Stadtentwicklung beschäftigen. Ein besonderes Augenmerk liegt auf praktischen Punkten wie der erforderlichen Datenbasis, Gefährdungsanalysen, Maßnahmen der Gestaltung bzw. des Schutzes, den hierfür einsetzbaren Modellen und den Richtlinien, die in diesem Zusammenhang gültig sind und inwieweit sie überarbeitet werden können bzw. werden.

Im Hinblick auf die Auswertung historischer Starkregeneignisse ist festzustellen, dass für kleinräumige Untersuchungen auch detaillierte Grundlagendaten vorliegen müssen. Hierzu gehören: Niederschlagsdaten, gemessen sowohl mit Radar als auch mit Regenschreibern, Abflussmessungen, Flächennutzungsdaten, Kanalnetzdaten, hochaufgelöste Daten zur Topografie (ggfs. Laserscan-Daten) und entsprechende Überprüfungen der Daten durch Ortstermine. Alle Daten müssen qualitätsgeprüft sein.

Ein systematisches Vorgehen zur Gefährdungsanalyse umfasst dabei die Betrachtung von Topografie und Geländemerkmale, Entwässerungsnetz einschließlich Kanalnetz, Bebauungsstruktur und Lage von Gebäuden und Infrastrukturanlagen. Angelehnt an das DWA-Regelwerk und an die örtlich anzuwendenden Bemessungsgrößen liegt dabei das Augenmerk vor allem auf den Auswirkungen von Niederschlägen deutlich oberhalb der Bemessungswerte. Modellgestützte Sensitivitätsanalysen schärfen dabei die Aussagen bezüglich der Gefährdung und ihrer Auswirkungen. Neben der Benennung von Fließwegen wird durch den Modelleinsatz auch eine Klassifizierung der Überflutungsgefährdung möglich.

Für die Handlungsfelder Kanalnetz, Gewässer, Stadtplanung, Objektschutz und Kommunikation werden ebenso Maßnahmen vorgestellt und bewertet wie für die Wirkungsfelder Retention, Erhöhung des Abflussvermögens, Überflutungsvorsorge, Entkopplung und sonstige Maßnahmen. Der Maßnahmenkatalog stellt dabei für jede Maßnahme vor, unter welchen Rahmenbedingungen sie besonders wirksam ist, wann sie nicht eingesetzt werden sollte, welche Richtlinien zu beachten sind und wo weitere Informationen zu finden sind.

Für die Detailanalyse von überflutungsgefährdeten Bereichen bzw. die Detailplanung von Maßnahmen kann es erforderlich sein, sowohl das Kanalnetz als auch den zeitgleichen Abfluss auf der Geländeoberfläche und den Austausch zwischen beiden Ebenen zu modellieren. Für diese speziellen Aufgaben sind nur wenige Modelle bzw. Modellkombinationen einsetzbar – diese werden benannt bzw. die Einschränkungen der anderen in NRW verbreiteten Modelle erläutert.

Die Richtlinien, die sich mit kleinräumigen Überflutungen direkt oder indirekt befassen, werden mit ihren Anwendungsbereichen und dem aktuellen Diskussionsstand zum

Thema Anpassung an den Klimawandel aufgelistet und kurz erläutert. Fachlich gebotene Anpassungsmöglichkeiten werden bei den jeweiligen Richtlinien benannt.

Auf dem aktuellen Wissensstand basierend stellen die Inhalte des Projektes KISS für die Praxis dar, welche Anforderungen aus dem Klimawandel und damit einhergehenden möglichen Überflutungen durch Starkregen an die Stadtentwässerung und Stadtentwicklung erwachsen, und wie damit in Planung und Sanierung darauf reagiert werden kann. Die Empfehlungen können dabei als Checkliste für künftige Umsetzungen und Überplanungen genutzt werden.

2 Ausgangssituation und Vorgehen

2.1 Klimawandel, Stadtentwässerung und Stadtentwicklung

Die Auswirkungen des Klimawandels im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft sind vor dem Hintergrund eventuell zu erwartender intensiverer Niederschläge ein Thema, das vermehrt zur Verunsicherung von Kanalnetzbetreibern und Planern führt. Die aktuellen Möglichkeiten der Klimamodellierung erlauben bislang keine eindeutige Prognose der Entwicklung der Niederschlagsbelastungen für Siedlungsgebiete (Städte, Verbandsgebiete). Untersuchungen zu Veränderungen des Klimas zeichnen ein divergierendes Bild (u. a. LANUV, 2010a; Hoppe und Pecher, 2008; Schmitt, 2011). Als wahrscheinlich gilt, dass von ausgeprägteren Trockenphasen bei gleichzeitiger Zunahme von Starkniederschlägen im Sommerhalbjahr auszugehen ist (DWA, 2010a).

Im Rahmen effizienter und zukunftsorientierter Planungen sollte gerade vor dem Hintergrund der nicht genau prognostizierbaren Entwicklungen und unsicheren Randbedingungen den erwarteten, aber in ihrer Ausprägung zur Zeit nicht quantifizierbaren Veränderungen (insbesondere Klimawandel, demographischer Wandel) Rechnung getragen werden. Die bereits zum heutigen Zeitpunkt feststellbaren Veränderungen unterstreichen den dringenden Handlungsbedarf, um Gefahren und Schäden, die sich aus Überflutungsereignissen ergeben, zukünftig auf ein möglichst geringes Maß zu reduzieren. Diese Aufgabe der Überflutungsvorsorge kann allerdings, gerade bei Extremereignissen, nicht von der Stadtentwässerung alleine geleistet werden. Vielmehr handelt es sich um eine kommunale Gemeinschaftsaufgabe, in der zukünftig auch Maßnahmen zur temporären Zwischenspeicherung und Ableitung auf der Oberfläche und der gezielte Objektschutz eine größere Rolle spielen werden.

2.2 Vorgehensweise und Projektablauf

Im Rahmen des vom LANUV NRW beauftragten Projekts „Klimawandel in Stadtentwässerung und Stadtentwicklung – Methoden und Konzepte“ (KISS) wurden Starkniederschlagsereignisse der letzten Jahre in NRW ausgewertet, über die auch in unterschiedlichen Medien berichtet wurde. Mittels Radarauswertungen wurde die räumliche Verteilung der Niederschlagshäufigkeiten dieser Ereignisse bestimmt und den beobachteten Schadensbildern gegenübergestellt.

Auf Grundlage der ausgewerteten Ereignisse wurden HANDLUNGSFELDER definiert, in denen Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge getroffen werden können. Dabei sind der Anwendungsbereich und *die Wirksamkeit* von Maßnahmen stets auch von der betrachteten Niederschlagshäufigkeit abhängig.

Aus den beobachteten Extremereignissen, aus Literaturrecherchen und auf Grundlage aktueller Planungen wurden Maßnahmen in den HANDLUNGSFELDERN

- KANALNETZ und EINZUGSGEBIET (klassische Entwässerungsplanung),
- GEWÄSSER und EINZUGSGEBIET,
- STADT- und RAUMPLANUNG,
- OBJEKTSCHUTZ und
- KOMMUNIKATION (bzw. ORGANISATION)

untersucht und zusammengestellt.

Vor Beginn jeder Planung sind die erforderlichen Grundlagendaten sorgsam zu erheben. Werden im Rahmen der Überflutungsvorsorge neben klassischen Maßnahmen der Entwässerungsplanung z. B. auch Maßnahmen zur Ableitung von Niederschlagswasser über Notwasserwege oder Maßnahmen zum Objektschutz betrachtet, ändern sich auch die Ansprüche an Umfang und Qualität der erforderlichen Grundlagendaten. Aus diesem Grund wurden Hinweise zu dem erforderlichen Umfang und den Anforderungen an die Datenqualität zusammengefasst.

Die erarbeiteten Anpassungsstrategien fassen Erkenntnisse zahlreicher Planungs- und Forschungsprojekte aus den letzten Jahren zusammen (AGG, 2011; DWA, 2010a; LANUV 2010a, b; Schmitt und Worreschk, 2011). Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Entwicklung und Darstellung methodischer Vorgehensweisen und zielführender Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge. Hierzu gehören insbesondere:

- methodische Ansätze für eine systematische Gefährdungsanalyse bestehender und geplanter Siedlungsgebiete,
- Entwicklung einer Vorsorgekonzeption mit Anpassungsstrategien zur langfristigen Reduzierung der Gefährdung von Siedlungs- und Baustrukturen bei lokalen Extremniederschlägen,
- Entwicklung und Zusammenstellung konkreter Empfehlungen für Konzepte und Maßnahmen des technischen Überflutungsschutzes mit Bewertung und Zuordnung von Anwendungsbereichen; u. a. dezentraler Rückhalt, temporärer Einstau von Freiflächen, temporäre oberirdische Ableitung bei Extremereignissen, Verbesserung unterirdischer Ableitungskapazitäten und Maßnahmen des baulichen Objektschutzes.

Auf eine grundsätzliche regionale Clusterung der Ergebnisse wurde bewusst verzichtet. Im Gegensatz zu Flusshochwasser mit genau festzulegenden Überflutungsgefährdeten Gebieten können sturzflutauslösende Ereignisse überall auftreten und somit auch überall Schäden verursachen. Die Auftrittshäufigkeit von Starkregen variiert dabei regional, die daraus resultierenden Schäden sind darüber hinaus auch von örtlichen Gegebenheiten, insbesondere der Topografie, abhängig.

Neben der Darstellung methodischer Vorgehensweisen zur Überflutungsvorsorge und der Zusammenstellung technischer Maßnahmen wurde eine Übersicht auf dem Markt verfügbarer Abflussmodelle zur Überflutungsberechnung erarbeitet. Modelle zur gekoppelten Berechnung der Abflüsse im Kanalnetz und auf der Oberfläche werden zukünftig neben der Grobanalyse eine entscheidende Rolle im Rahmen der Maßnahmenplanung und –bewertung spielen. Ihre Anwendung wird von der DWA explizit vorgeschlagen (DWA, 2010a).

3 Überflutungsgefahren

3.1 Kanalnetzüberlastungen

Als Folge starker Niederschläge, die über die Bemessungsansätze der Überstaunachweise nach DIN EN 752 (DIN EN 752, 2008a) und DWA-A 118 (DWA, 2006) hinausgehen, kann es in allen Regionen von NRW zu Überlastungen des Kanalnetzes kommen. Austretendes Wasser aus Misch-, Regen- oder fremdwasserbelasteten Schmutzwasser-netzen erzeugt dabei einen Abfluss auf der Oberfläche, der je nach Intensität des Niederschlags und Topographie des Einzugsgebiets zu Überflutungen führen kann. Neuralgische Punkte sind dabei nicht nur Geländesenken, sondern nahezu alle Gebiete mit dichter Bebauung oder Bereiche mit hoher Nachverdichtung. Gefahr droht auch durch schnell abfließendes Wasser mit mittleren Fließtiefen.

Abgesehen von einer allgemeinen Unwetterwarnung bestehen aufgrund der Charakteristik lokaler Starkregenereignisse praktisch keine Möglichkeiten zu einer ortsgenauen, mehrstündigen Vorwarnung, wie dies beispielsweise bei Hochwasserereignissen an großen Fließgewässern möglich ist.

Bei fehlenden oder nicht funktionierenden Rückstausicherungen kann es auch durch Wasserzutritt in Gebäuden unterhalb der Rückstauenebene zu erheblichen Schäden, z. B. überfluteten Kellern, kommen. Immer wieder sind auch Bereiche betroffen, die kein großes oberirdisches Einzugsgebiet haben, jedoch durch eine Verbindung mit dem Kanalnetz (oder einem Gewässer) infolge Rückstau überflutet werden (siehe auch Kapitel 3.3).

Analysierte Ereignisse der letzten Jahre zeigen, dass in den Medien insbesondere über Extremereignisse mit Wiederkehrzeiten von mehr als 50 Jahren und dadurch verursachte Überflutungsschäden berichtet wurde. Gefahren- und Risikokarten für diese Überflutungsereignisse sind bislang allerdings nur für vereinzelte Bereiche vorhanden.

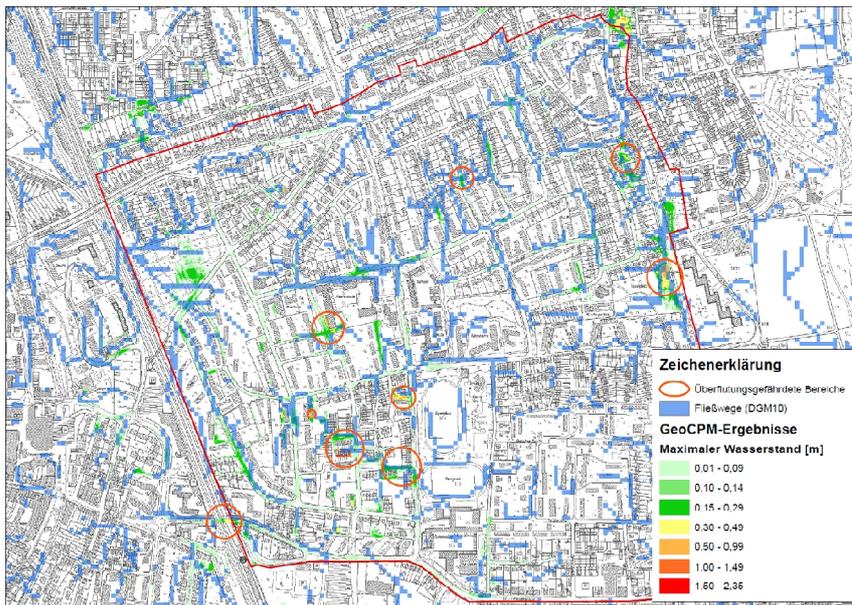


Bild 1 Entwurf einer urbanen Gefahrenkarte – Thema: Wasserstände und Fließwege (geändert nach LANUV, 2011 und Hoppe et. al, 2012a)

3.2 Urbane Sturzfluten

Unter „urbanen Sturzfluten“ werden i. d. R. oberflächliche Abflüsse im urbanen Raum verstanden, die aus kleinräumigen (konvektiven) Niederschlagsereignissen resultieren (URBAS, 2008; URBAS, 2012).

Treffen Abflüsse aus kleinräumigen natürlichen Einzugsgebieten und Abflüsse aufgrund von Kanalnetzüberlastungen bei extremen Niederschlägen zusammen, können diese sich überlagern und die Auswirkungen verstärken. Abflüsse aus dem oberirdischen Einzugsgebiet dominieren in diesem Fall das Abflussgeschehen, auch wenn in kanalisierten Gebieten die Abflussarten nicht mehr voneinander zu trennen sind. Anders als bei den Hochwassergefahren an großen Fließgewässern geht die Gefahr urbaner Sturzfluten von kleinräumigen Extremniederschlägen kurzer und mittlerer Dauer aus. Diese können in kleinen Einzugsgebieten bei ungünstigen topografischen Gegebenheiten jedoch maßgebliche Abflüsse liefern, so dass Straßen zu Gewässern werden oder die städtischen Gewässer über die Ufer treten.

Grundsätzlich sind steilere Einzugsgebiete, z. B. im Bergischen Land, im Sauerland und in der Eifel, aufgrund kürzerer Konzentrationszeiten von einer Gefahr durch urbane

Sturzfluten stärker betroffen. Im Jahr 2008 wurden jedoch auch Gebiete im Münsterland durch „urbane Sturzfluten“ stark geschädigt (s. Kapitel 4).

Ausgangspunkt von Schadensfällen urbaner Sturzfluten sind wie bei Kanalnetzüberlastungen vielfach hydraulische Zwangspunkte an Durchlässen, Einläufen in Verrohrungen oder vergleichbaren Engstellen der Gewässerläufe und sonstigen Entwässerungsstrukturen.

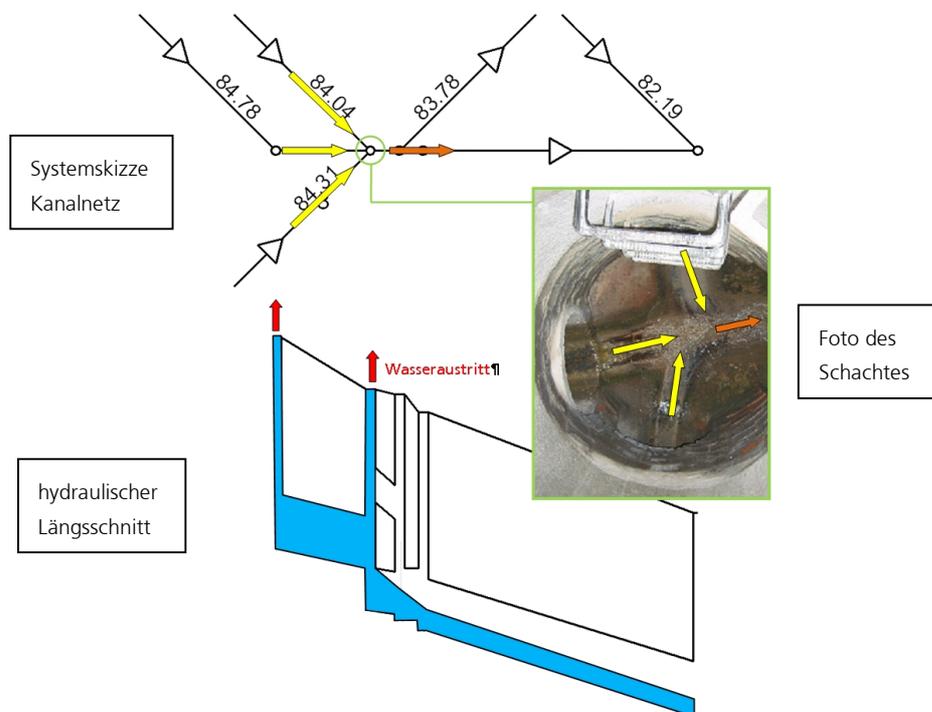


Bild 2 Beispiel für einen hydraulischen Zwangspunkt, der aufgrund hoher lokaler Verluste zu einem Wasseraustritt führt, obwohl das Kanalnetz unterhalb nicht ausgelastet ist (Quelle: Dr. Pecher AG)

3.3 Gefahren in Poldergebieten

Besondere Aufmerksamkeit im Rahmen der Entwässerungsplanung erfahren seit jeher Polderlagen. Aus entwässerungstechnischer Sicht spielt es dabei keine maßgebliche Rolle, ob es sich um eine natürliche „Senke“ oder eine Polderlage handelt, die aufgrund von Bergbausenkungen entstanden oder künstlich angelegt worden ist.

In Polderlagen, die nur mittels Hebeanlagen entwässert werden können, da diese keine natürliche Vorflut haben, kann Niederschlagswasser bei Extremereignissen nicht mehr abfließen. In der Regel kommt es in diesen Gebieten/Bereichen zu deutlich höheren Wasserständen als in Einzugsgebieten mit natürlicher Vorflut (Grünewald et. al, 2008).

Gefahr geht in Polderlagen sowohl von oberflächlichen Zuflüssen des natürlichen Einzugsgebietes als auch von Zuflüssen aus dem Kanalnetz aus.

Aufgrund dieser kritischen Randbedingungen sind die Anforderungen an den hochwassersicheren Betrieb der entwässerungstechnischen Anlagen, d. h. in der Regel an die Pumpwerke, sorgsam zu prüfen. Ein Ausfall der Anlagen kann neben sehr hohen Wasserständen im Einzugsgebiet auch dazu führen, dass Wasser teilweise über Tage nicht abfließen kann und damit ein höheres Schadenspotenzial besitzt.

Großräumige Polderlagen an Oberflächengewässern wurden in den letzten Jahren im Rahmen der Erstellung von Hochwasserrisikokarten dokumentiert und sind öffentlich zugänglich. Kleinräumige Senken im urbanen Bereich oder an kleineren Fließgewässern, die für die Bewohner bei einem lokalen Starkregenereignis vergleichbare Effekte haben, sind bisher nur in Einzelfällen stadtgebietsweit untersucht und dokumentiert worden (AGG, 2011).

3.4 Betriebliche Aspekte

Neben der Planung entwässerungstechnischer Anlagen rücken vor dem Hintergrund möglicher klimatischer Veränderungen insbesondere betriebliche Aspekte zur Sicherstellung eines störungsfreien Anlagenbetriebs immer mehr in den Fokus (Ten Veldhuis et al., 2010).

Eine unzureichende Überwachung bzw. Wartung vorhandener abwassertechnischer Anlagen kann schon bei weniger intensiven Niederschlägen dazu führen, dass es zu Überflutungen kommt.

Eine Vielzahl von Bauwerken hat im Versagensfall ein erhöhtes Gefährdungspotenzial, besonders Bauwerke, an denen Volumen aktiviert, Abflüsse gedrosselt oder gezielt gesteuert und geregelt werden. Hierzu gehören z. B.:

- Drosselanlagen an Regenbecken und in urbanen Gewässern,
- Bauwerke zur Niederschlagswasserbehandlung,
- Bauwerke zur Niederschlagswasserspeicherung,
- Versickerungsanlagen und Anlagen zur Regenwassernutzung,
- Einlauf- und Rechenbauwerke,
- Durchlässe und
- Straßeneinläufe.



Bild 3 Verstopfter Straßeneinlauf (Bild: hydro&meteo GmbH & Co. KG)

Bei zentralen Bauwerken der Regenwasserbehandlung ist durch die Größe der Anlagen bzw. des entsprechenden Einzugsgebiets das Schadensrisiko im Versagensfall in der Regel höher als bei einer einzelnen dezentralen Anlage. Auf der anderen Seite lassen sich zentrale Anlagen i. d. R. besser überwachen als eine Vielzahl dezentrale Anlagen. Auch für dezentrale Anlagen ist daher die Sicherstellung des Betriebs maßgeblich.

Viele Betreiber schenken diesen Bauwerken schon heute im Rahmen von Konzepten zur Betriebsführung und Selbstüberwachung eine erhöhte Aufmerksamkeit.

Wird die Ableitung über Grünflächen oder Straßenabschnitte gezielt mit in ein Entwässerungskonzept für Extremereignissen einbezogen, sind auch diese Objekte zur Sicherstellung ihrer Funktionsfähigkeit entsprechend zu unterhalten.

4 Analyse von Niederschlags- und Überflutungsereignissen in NRW

4.1 Niederschlagsmessungen zur Bewertung von Überflutungsereignissen

Für die Erfassung von Extremniederschlägen genügt es i. d. R. nicht, Stationsdaten zu analysieren. Da insbesondere konvektive Niederschläge sehr kleinräumig sein können (siehe Ereignisse in Anhang 1), besteht je nach Dichte der Regenschreiber-Stationen die Gefahr, dass Starkregenzellen mit Punktmessungen nicht zutreffend (oder gar nicht) erfasst werden. Hier können radargemessene Niederschlagsdaten Abhilfe schaffen. Sie zeigen die räumliche Niederschlagsverteilung.

Radarmessungen sind indirekte, momentane und flächenhafte Niederschlagsmessungen; im Gegensatz zur Stationsmessung, die direkt, kontinuierlich und punktförmig durchgeführt wird. Inwieweit diese quantitativ, d. h. mit Absolutwerten der Niederschlagshöhen verwendet werden können, muss in jedem Einzelfall anhand der Möglichkeit der Eichung anhand verfügbarer Messdaten örtlicher Niederschlagsschreiber bewertet werden. Schematisch können die Ergebnisse der beiden Verfahren vereinfacht wie in Bild 4 dargestellt werden.

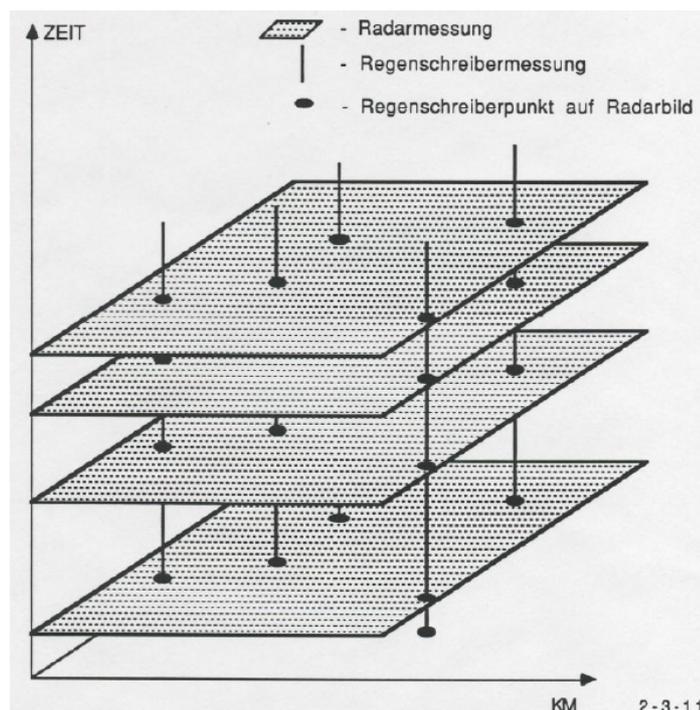


Bild 4 Schematische Darstellung der Ergebnisse einer Niederschlagsmessung mit Radar bzw. durch Stationen (Einfalt, 1990)

Mittels geprüfter und angeeichter Radardaten sowie geprüfter Stationsdaten lässt sich belastbar feststellen:

- wo der höchste Niederschlag aufgetreten ist; hierfür stellt man auf dem (summierten) Radarbild fest, wo die höchsten Werte registriert wurden;
- wie kleinräumig der extreme Kern des Niederschlagsfeldes gewesen ist; hierfür wird die Niederschlagssumme mit einer lokalen Starkregenstatistik oder KOSTRA verglichen und z. B. die Ausdehnung des Gebietes festgestellt, in dem der Niederschlag eine Wiederkehrhäufigkeit von 100 Jahren oder seltener hat.

4.2 Auswahl von Niederschlagsstationen

Für die Bewertung von Niederschlagsereignissen, die relevant für eine wassersensible Stadtentwicklung sind, ist es erforderlich, geprüfte und fehlerfreie Daten von kontinuierlich aufzeichnenden Stationen zur Verfügung zu haben. In dem Forschungsprojekt ExUS des LANUV NRW (LANUV, 2010a) wurden sämtliche in NRW messenden Stationen (kontinuierliche und Tageswertstationen) qualitätsgeprüft und auf Extremereignisse untersucht. Als Ergebnis wurden aus geprüften Daten Ereignisseries der partiellen Serien erstellt und auf langjährige Trends der Extremereignisse (1950 – 2008) untersucht.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen war es ein Ziel der im vorliegenden Projekt durchgeführten Untersuchungen, Überflutungsereignisse, über die in der regionalen und überregionalen Presse in NRW berichtet wurde, näher zu analysieren.

Die räumliche Auswahl wurde unter folgenden Kriterien getroffen:

- mindestens zwei Niederschlagsstationen (je nach Größe auch mehr) sollten im Gebiet der betroffenen Kommune verfügbar sein, um die räumliche Struktur und Variabilität der Niederschläge nachvollziehen zu können; alternativ konnten Radardaten verwendet werden.
- nach Möglichkeit sollten die unterschiedlichen Landschaftstypen Eifel und Bergisches Land, Emscher-Lippe-Region sowie Münsterland und Niederrhein vertreten sein,
- es wurden mindestens eine Großstadt (> 100 000 EW), eine Mittelstadt (> 10 000 EW) und eine kleinere Gemeinde untersucht sowie
- es sollten Kenntnisse über dokumentierte Starkregenereignisse an diesen Stationen aus den letzten fünf Jahren vorliegen.

Angezeichnete Radardaten standen für alle ausgewählten Ereignisse zur Verfügung und wurden in der Auswertung berücksichtigt, um die Ereignisse räumlich und zeitlich möglichst präzise abbilden zu können.

Beispiele der ausgewählten Stationen sind in Bild 5 dargestellt.

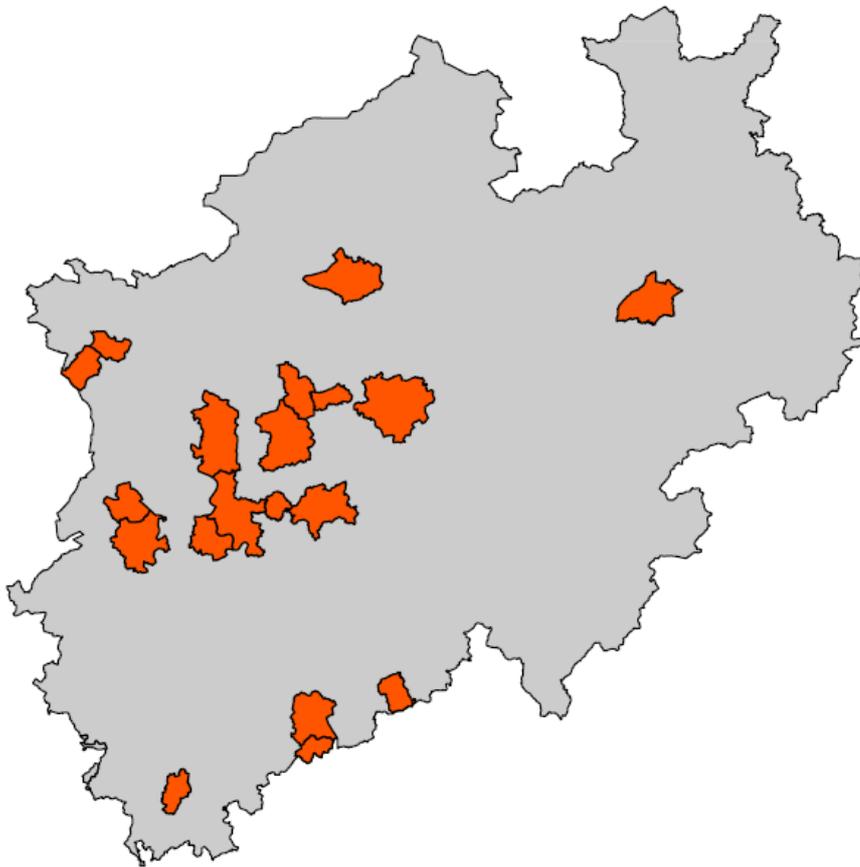


Bild 5 Lage ausgewählter Stationen (rot markiert) bzw. Städte und Kreise in NRW zur weiteren Analyse hinsichtlich der Auswirkungen bei Überflutungen

4.3 Auswahl von Starkregenereignissen

Die Auswahl der Ereignisse orientierte sich zunächst an aufgetretenen Schäden und an der Verteilung über NRW sowie der Kommunengrößen. Da die Ereignisse möglichst an mehreren Orten aufgetreten sein sollten, waren hier vorrangig große Multizellen-Strukturen gefragt, wie sie bei Starkregen in den letzten 10 Jahren auch mehrfach aufgetre-

ten sind. Für länger zurückliegende Ereignisse bis 2007 wurden die Datenbank aus URBAS (URBAS, 2012) und weitere Untersuchungen (z. B. Grünewald et al., 2008) miteinbezogen. Dies ermöglichte die Berücksichtigung weiterer geeigneter Ereignisse.

Den Schwerpunkt bilden jedoch Ereignisse ab dem Jahr 2008, da für diese Ereignisse Pressemeldungen zuverlässiger recherchiert werden konnten. Die in Tabelle 1 dargestellten Orte und beobachteten Ereignisse wurden im Rahmen der weiteren Bearbeitung miteinbezogen.

Tabelle 1 Ausgewählte Orte und Niederschlagsereignisse in NRW zur weiteren Analyse hinsichtlich der Auswirkungen bei Überflutungen

Ort	Anzahl Ereignisse	Datum
Rhein-Sieg-Kreis, Eitorf	1	28.08.2002
Delbrück	1	09.08.2007
Wuppertal	1	26.07.2008
Dortmund	2	22.06.2008, 26.07.2008
Essen	3	22.06.2008, 03.07.2009, 03.07.2010
Viersen	1	27.06.2009
Mettmann	2	26.07.2008, 03.07.2010
Mönchengladbach	3	29.05.2008, 22.06.2008, 27.06.2009
Uedem, Weeze	1	03.07.2009
Duisburg	1	03.07.2009
Herne	1	03.07.2009
Kreis Euskirchen, Kall	1	03.07.2009
Düsseldorf	1	03.07.2009
Gelsenkirchen	3	03.07.2009, 03.07.2010
Wachtberg	1	03.07.2010
Bonn	1	03.07.2010
Dülmen	1	03.07.2010
Münsterland, Ochtrup, Metelen, Wettringen, Nordwalde	1	26.08.-27.08.2010

Da Starkregen in der Regel lokal eng begrenzt sind, ist es nicht für alle Ereignisse zeitgleich an unterschiedlichen Stationen in NRW zu vergleichbaren Niederschlägen gekommen (vergleiche z. B. Datenbank URBAS oder Auswertungen KuK).

Die in die Recherche einzubeziehenden Stationen konnten ausgehend von einem bekannten Überflutungsereignis (z. B. 03.07.2010 in Gelsenkirchen; Bild 6) mit Hilfe der NRW-weit verfügbaren Radardaten hinsichtlich der räumlichen Ausdehnung ausgewer-

tet werden. Dadurch konnte die Recherche von Pressemeldungen gezielt nach den Ereignisdaten erfolgen. Für das Niederschlagsereignis vom 03.07.2010 wurden daraufhin exemplarisch u. a. Wachtberg, Bonn, Mettmann, Essen und Dülmen in die Auswertung miteinbezogen.

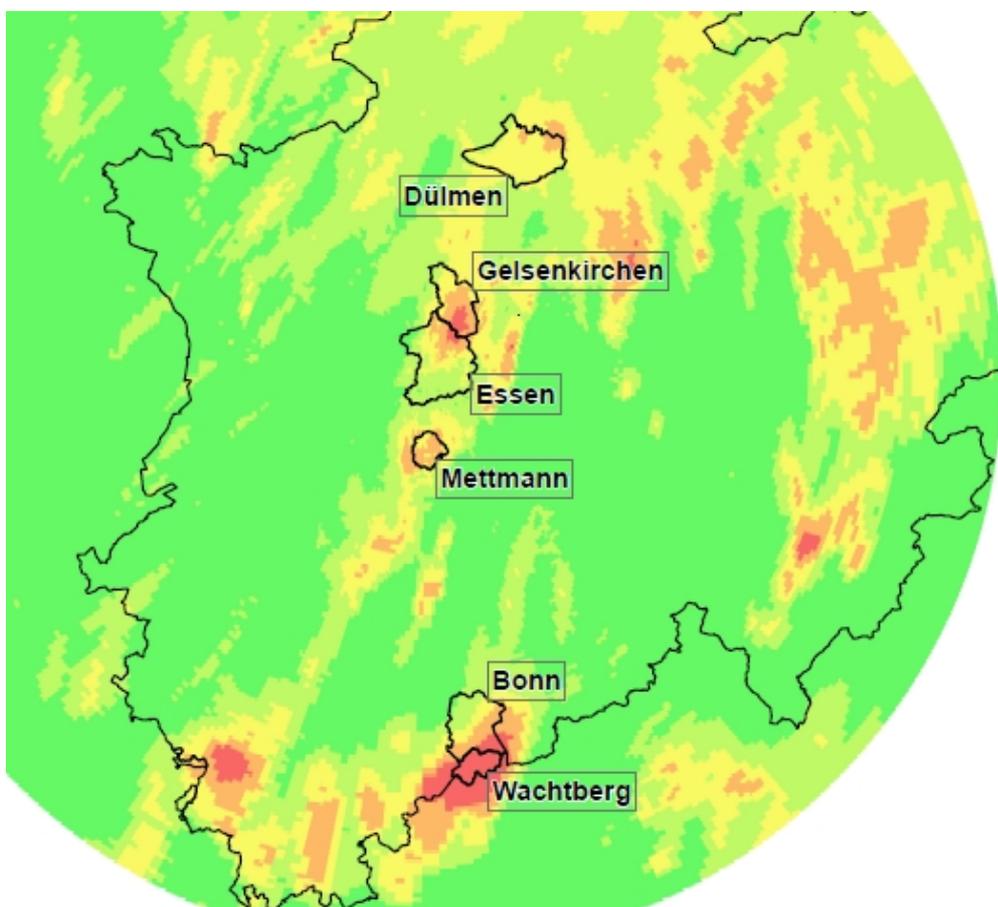


Bild 6 Auswahl von Niederschlagsereignissen und Stationen als Grundlage der Recherche von Pressemeldungen zu Starkregenereignissen vom 03.07.2010

4.4 Auswirkungen der Starkregenereignisse

Die Starkregenereignisse wurden hinsichtlich ihrer Auswirkung untersucht. Die Ergebnisse wurden nach den folgenden Kategorien geordnet übersichtlich dargestellt (s. Tabelle 2):

- Rückstau,
- Überstau im Netz,
- Überflutungen,
- Personenschäden bzw. akute Gefahrensituationen,
- Schäden an Infrastruktur bzw. Gebäuden und
- Hochwasser in Gewässern.

Aus den Kategorien zu den Auswirkungen ergeben sich entsprechende Maßnahmengruppen im Rahmen der Überflutungsvorsorge, um zukünftig Schäden zu vermeiden. Führt ein Niederschlagsereignis z. B. nur zu Rückstau im Kanalnetz, ist auf eine zuverlässige Rückstausicherung der Gebäude zu achten. Kommt es bei Niederschlagsereignissen zu Überflutungen, sind kombinierte Maßnahmen im Kanalnetz und Einzugsgebiet zu untersuchen. Entscheidend ist, dass die ermittelte Ereigniswahrscheinlichkeit berücksichtigt und mit den Anforderungen des Regelwerks abgeglichen wird.

Schon bei der Auswahl und Festlegung der Regenereignisse und der relevanten Stationen wurde geprüft, ob zu diesen Ereignissen Aufzeichnungen, Pressemeldungen, Feuerwehreinsätze oder im Idealfall Messdaten aus den Entwässerungssystemen vorlagen. Es wurde wie folgt vorgegangen:

- **Vorauswahl von Starkregenereignissen,**
- **Bewertung der Ausdehnung/Auswirkung** der Starkregenereignisse durch Ermittlung der Niederschlagssummen und Isoflächendarstellung auf Grundlage der Niederschlagsdaten und überregionaler Pressemeldungen, sowie der Radardaten,
- **Festlegung** der detailliert zu betrachtenden Niederschlagsereignisse,
- **gezielte Anfrage zu Auswirkungen** bei Betreibern, Wasserverbänden, Feuerwehr, Katastrophenschutz, ergänzt durch die Übernahme von Ergebnissen aus detaillierten Untersuchungen der Schadensfälle,

- gezielte **Recherche von lokalen Pressemeldungen**,
- Anfrage von **Informationen zu Messdaten in Entwässerungssystemen** und urbanen Gewässern **zur objektiven Bewertung der Auswirkungen** (Pegelstände, Wasserstände Bauwerke, Abflüsse Kanalisation) sowie
- **Kategorisierung der Auswirkungen** nach Schadensumfang und Wirkungsdauer.

Tabelle 2 Beispiele zu Auswirkungen ausgewählter Starkregenereignisse in NRW aus den Jahren 2002 bis 2010

Datum	Beschreibung Region/Ort Niederschlagssumme des Ereignis (gesamt), Wiederkehrzeit, zugehörige Dauerstufe ¹	Auswirkungen ²					
		Rückstau	Überstau	Überflutungen	Personen- schäden	Infrastruktur- schäden	Gewässer- hochwasser
28.08.2002	Rhein-Sieg-Kreis, Eitorf 102,6 mm, >100 Jahre, D = 5 min bis 24 h	nein	nein	nein	nein	ja	ja
09.08.2007	Delbrück 115,3 mm, >100 Jahre, D = 15 min bis 24 h	ja	ja	ja	ja	ja	ja
29.05.2008	Mönchengladbach 47,8 mm, > 100 Jahre, D = 30 min bis 2 h	ja	ja	ja	ja	ja	ja
22.06.2008	Dortmund 47,7 mm, > 100 Jahre, D = 5 min bis 15 min	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	Essen 32,4 mm, > 100 Jahre, D = 5 min	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	Mönchengladbach 66,4 mm, > 100 Jahre, D = 5 min bis 6 h	ja	ja	ja	ja	ja	ja
27.07.2008	Wuppertal 72,5 mm, 50 Jahre, D = 60 min, 2 h, 6 h	ja	ja	ja	nein	nein	nein
	Mettmann 33,2 mm, 10 Jahre, D = 5 min bis 15 min	ja	ja	ja	nein	nein	nein
	Dortmund 119,1 mm, > 100 Jahre, D = 30 min bis 24 h	ja	ja	ja	ja	ja	nein
27.06.2009	Mönchengladbach, Viersen 66,6 mm, > 100 Jahre, D = 15 min bis 6 h	ja	ja	ja	nein	ja	nein
03.07.2009	Uedem/Weeze 142,2 mm, > 100 Jahre, D = 5 min bis 24 h	ja	ja	ja	ja	ja	nein
	Essen 58,6 mm, > 100 Jahre, D = 30 min bis 2 h	ja	ja	ja	ja	ja	nein
	Duisburg 55,4 mm, > 100 Jahre, D = 5 min bis 2 h	ja	ja	ja	ja	ja	nein
	Herne 74 mm, > 100 Jahre, D = 5 min bis 6 h	ja	ja	ja	ja	ja	nein
	Kall (Kreis Euskirchen) 26,4 mm, 5 Jahre, D = 30 min	ja	ja	ja	ja	ja	nein
	Düsseldorf 98,8 mm, 100 Jahre, D = 5 min bis 24 h	ja	ja	ja	ja	ja	nein

Datum	Beschreibung	Auswirkungen ²					
		Rückstau	Überstau	Überflutungen	Personen- schäden	Infrastruktur- schäden	Gewässer- hochwasser
	Region/Ort Niederschlagssumme des Ereignis (gesamt) Wiederkehrzeit und zugehörige Dauerstufe ¹						
03.07.2010	Essen 95,2 mm, > 100 Jahre, D = 5 min bis 24 h	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	Wachtberg 82 mm, >100 Jahre, D = 30 min bis 6 h	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	Bonn 51,9 mm, 100 Jahre, D = 2 h	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	Mettmann 61,6 mm, >100 Jahre, D = 5 min bis 2 h	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	Dülmen 48,7 mm, >100 Jahre, D = 30 min	ja	ja	ja	ja	ja	ja
26./27.08.2010	Ochtrup 165 mm, >100 Jahre, D = 4 h bis 24 h	ja	ja	ja	ja	ja	ja

¹ Angaben aus Radardaten ermittelt ² Angaben zu Hochwasser in Gewässern aus Medienberichten

Tabelle 3 Unterscheidung der Auswirkungen detailliert untersuchter Überflutungsereignisse in Bezug auf die Wirkungsdauer (ereignisbezogen - nur während des Ereignisses); kurzfristig (Sanierung innerhalb von einem Monat möglich), mittelfristig (Sanierung innerhalb von 6 Monate möglich), langfristig (Sanierungsdauer > 6 Monate erforderlich) und Schadensumfang

Auswirkung	03.07.2010 Gelsenkirchen	29.05.2008 Mönchengladbach	09.08.2007 Delbrück
Gesamtniederschlag	95,2 mm	47,8 mm	115,3 mm
Wiederkehrzeit	> 100 Jahre	> 100 Jahre	> 100 Jahre
ereignisbezogen			
bis 1 Monat	X	X	X
bis 6 Monate	X	X	X
> 6 Monate	X	X	X
Rückstau	X	X	X
Überstau	X	X	X
Überflutung	X	X	X
öffentl. Versorgung	nein	ja	ja
öffentl. Transport	nein	ja	ja
Industrie	nein	ja	ja
Energieversorgung	nein	ja	ja
Personenschäden/Gefahr	nein	(ja)	(ja)
Hochwasser Gewässer	ja	ja	ja

4.5 Erforderliche Grundlagendaten zur Bewertung von Überflutungsereignissen

4.5.1 Art und Umfang der erforderlichen Grundlagen zur Bewertung von Überflutungseignissen und zur Maßnahmenplanung

Im Rahmen der Auswertungen der analysierten Starkregenereignisse wurde festgestellt, dass sowohl die Grundlagendaten zu Kanalnetzen als auch die entsprechenden rechenfähigen hydrodynamischen Kanalnetzmodelle weitgehend vorhanden sind bzw. vorliegen. Es wird empfohlen, die detaillierte Betrachtung der Ereignisse auf kalibrierten hy-

drodynamischen Kanalnetzmodellen aufzubauen, da sonst die Unsicherheiten der Modellierung die Wirkung von Maßnahmen übertreffen kann. Eine wirtschaftliche Maßnahmenplanung ist nur mit verlässlichen Grundlagendaten möglich.

Darüber hinaus empfiehlt sich eine Betrachtung der Grundlagendaten unter dem Aspekt, welche Unsicherheitsfaktoren generell im Rahmen der Niederschlag-Abfluss-Simulation und der Entwässerungsplanung maßgeblich sind. Hierbei gilt es insbesondere, die Auslastung der Entwässerungssysteme vor dem Hintergrund des Klimawandels zu berücksichtigen und zu bewerten. Wie Untersuchungen von Hoppe (2006) zeigen, können mögliche Zunahmen der Niederschlagsintensitäten von 20 % immer noch innerhalb sonstiger Unsicherheiten des Planungsprozesses liegen, wenn keine ausreichende Datenqualität vorliegt. Besondere Aufmerksamkeit erfordert:

- die Flächenerfassung,
- die Messung und Auswertung von Niederschlag und Abfluss und
- die Modellierung.

Aussagen zu Überflutungsursachen bzw. den Ursachen von Kanalnetzüberlastungen aufgrund nicht kalibrierter Modelle sind daher (insbesondere für Niederschlagsereignisse mit Wiederkehrzeiten < 10 Jahre) sehr kritisch zu hinterfragen. Bei Starkregen (Wiederkehrzeiten > 50 Jahre) spielen Prozesse auf der Oberfläche in der Regel eine immer größere Rolle, so dass der Einfluss der Güte des Kanalnetzmodells zwar abnimmt, aber nicht grundsätzlich vernachlässigt werden darf. Ungleich größer werden die Unsicherheiten für Extremereignisse mit der Berücksichtigung der Gegebenheiten und der Prozesse auf der Oberfläche. Diese sind ebenfalls kritisch und anwendungsbezogen zu bewerten.

Die **Art und Qualität der Grundlagendaten**, die für eine zutreffende „Identifikation der Überflutungsursachen“ erforderlich sind, hängt damit auch maßgeblich von der Ursache selbst ab. In Anlehnung an die durchzuführende Klassifizierung der Ursachen einer Überflutung sind daher in der nachfolgenden Tabelle Art und Umfang der erforderlichen Grundlagendaten zusammengestellt und hinsichtlich der Maßnahmenplanung bewertet worden.

Grundsätzlich sind die Daten nach DIN EN 752, wie sie zur Erstellung eines GEP (Überstaunachweis und Überflutungsbetrachtung) erhoben werden sollten, erforderlich, wenn eine umfassende Bewertung eines Überflutungsereignisses erfolgen soll. Es sind daher aktuelle Hinweise aus dem DWA-Regelwerk (insbesondere ATV-DVWK-M 165, 2004) zu berücksichtigen.

Tabelle 4 Wichtige erforderliche Grundlagendaten zur Bewertung von Überflutungsereignissen und als Grundlage einer Maßnahmenplanung – Ursachenbewertung (G – grundsätzlich erforderlich; F – fallspezifisch erforderlich)

vorliegende bzw. erforderliche Grundlagendaten (grundlegende und ereignisspezifische Bewertung erforderlich)	Ursachenbewertung								
	Niederschlagsstatistik	Überlastung Gewässer	Überlastung Kanalnetz	hydraulischer Engpass	Pumpwerküberlastung	Leistungsfähigk. Straßeneinläufe	tiefl. Gebäude	Objektschutz vorhanden	Notwasserwege vorhanden
N-Daten (für mehrere Stationen + KOSTRA-Daten)	G	G	G	G	G	G	G	G	G
Flächennutzung (digitale Kataster)		G	G	G	G	G	G	G	G
Luftbilder + Auswertung Ortstermin		G	G	F	F	G	G	G	G
aktueller GEP bzw. (kalibriertes) hydrodyn. Kanalnetzmodell		F	G	F	F	F	F	F	F
Messdaten Kanalnetz / Pegel		F	F	F	F	F	F	F	F
Berichte Kanalbetrieb o. Feuerwehr/THW		F	F	F	F	F	F	F	F
Bauwerksdaten (Schnitte etc.) Kanalnetz		F	G	G	G				
DGM 5/10		F	F	F	F	F	F	F	F
Daten Gewässer (Profile; Querbauwerke etc.)		G	F	F	F	F	F	F	F
Auswertung Ortstermin + neue Geodaten (z. B. Kamerafahrten)		G	G	G	G	G	G	G	G
Radardaten (allgemein)	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Radardaten zur Bewertung von (kleinräumigen) Extremereignissen	G	G	G	G	G	G	G	G	G
Laserscan-Daten DGM1/DGM1L oder min. lokale Vermessung		F	F	F	F	F	F	F	F
N-A-Modell Gewässer		F	F	F	F	F	F	F	F
Stadtmodelle (2D / 3D)									F

Tabelle 5 Erforderliche Grundlagendaten zur Bewertung von Überflutungsereignissen und als Grundlage einer Maßnahmenplanung – Handlungsfelder (G – grundsätzlich erforderlich; F – fallspezifisch erforderlich)

vorliegende bzw. erforderliche Grundlagendaten (grundlegende und ereignisspezifische Bewertung möglich)	Handlungsfelder			
	Maßnahmen KANALNETZ	Maßnahmen GEWÄSSER	Maßnahme STADTPLANUNG	Maßnahme OBJEKTSCHUTZ
N-Daten (für mehrere Stationen + KOSTRA)	G	G	G	G
Flächennutzung (digitale Kataster z. B. ATKIS)	G	G	G	G
Luftbilder + Auswertung Ortstermin	G	G	G	G
aktueller GEP bzw. (kalibriertes) hydrodyn. Kanalnetzmodell	G	G	F	F
Messdaten Kanalnetz / Pegel	F	F	F	F
Berichte Kanalbetrieb o. Feuerwehr/THW	F	F	F	F
Bauwerksdaten (Schnitte etc.) Kanalnetz	G	G	G	G
DGM 5/10	G	G	G	G
Daten Gewässer (Profile; Querbauwerke etc.)	F	G	F	F
Auswertung Ortstermin + neue Geodaten (z. B. Bilder Kamerafahrten)	G	G	G	G
Radardaten	F	F	F	F
Laserscan-Daten DGM1/DGM1L oder min. lokale Vermessung	F	F	F	F
N-A-Modell Gewässer	F	F	F	F
Stadtmodelle (2D / 3D)	F	F	F	F

4.5.2 Grundlagendatenauswertung und Klassifizierung von Überflutungsereignissen

Die vollzogene Ursachenforschung und Klassifizierung wurde nicht auf Ereignisse mit Kanalnetzüberlastungen im klassischen Sinne begrenzt. Vielmehr wurden z. B. auch die „Überlastungen urbaner Gewässer“, die Topographie und die Nutzung im Entwässerungsgebiet miteinbezogen („urbane Sturzfluten“). In den meisten Städten sind diese urbanen Gewässer eng mit den Kanalnetzen verknüpft, so dass eine gemeinsame Betrachtung erfolgen muss (s. auch DWA, 2010a und LANUV, 2010b). Als Beispiel seien die Überflutungen in Delbrück und Wachtberg genannt.

Für alle untersuchten Ereignisse kann festgehalten werden, dass die maßgeblichen Schäden durch Wasser verursacht wurden, welches über die Oberfläche auf die Grundstücke und in Gebäude eingedrungen ist. Erfahrungen zeigen aber auch, dass diese häufig mit Kellerüberflutung über Hausanschlussleitungen zusammentreffen, da Rückstausicherungen unzureichend gewartet werden bzw. nicht vorhanden sind.

Zur Analyse der Überflutungsursachen wurde wenn möglich auf abgeschlossene **Generelle Entwässerungspläne** (hydrodynamische und hydrologische N-A-Modelle) zurückgegriffen. Ohne eine umfassende Kenntnis der Grundlagendaten und des Kanalnetzes sind Aussagen zu den **Ursachen von Kanalnetzüberflutungen** praktisch nicht möglich. Die komplette Neuerhebung war im vorgegebenen Zeitrahmen dieses Projektes nicht durchführbar, so dass weitestgehend auf die bereits vorliegenden Daten zurückgegriffen werden musste. In Gebieten, für die kein Kanalnetzmodell vorliegt, ist eine Kategorisierung der Kanalisation hinsichtlich der Leistungsfähigkeit nicht belastbar möglich.

Ebenso wichtig ist, dass für das untersuchte Ereignis Messdaten einer ausreichenden Zahl von Niederschlagsstationen oder Radardaten vorliegen. Detaillierte Angaben zum Niederschlagsverlauf im Einzugsgebiet ermöglichen es, die Ursachen aufgetretener Überflutungen zu ergründen und zielführende Maßnahmen zur Vermeidung oder Reduzierung zukünftiger Überflutungen bzw. dadurch verursachter Schäden zu entwickeln. Ohne belastbare Angaben zum jeweiligen Niederschlagsgeschehen im Einzugsgebiet besteht die Gefahr von Fehlinterpretationen der Überflutungsursachen und der Planung unangemessener oder unwirtschaftlicher Sanierungsmaßnahmen.

Neben der ingenieurtechnischen Bewertung der Überflutungsursachen sollte auch eine statistische Einordnung des Starkregenereignisses hinsichtlich der maßgebenden Dauerstufe mit Bezug auf KOSTRA-DWD (oder eine örtlich vorliegende langjährige Niederschlagsreihe) erfolgen (s. Bild 7). Sie erlaubt die Bewertung der Bemessungsrelevanz des Starkregenereignisses und somit auch der Auftretenswahrscheinlichkeit der Überflutung.

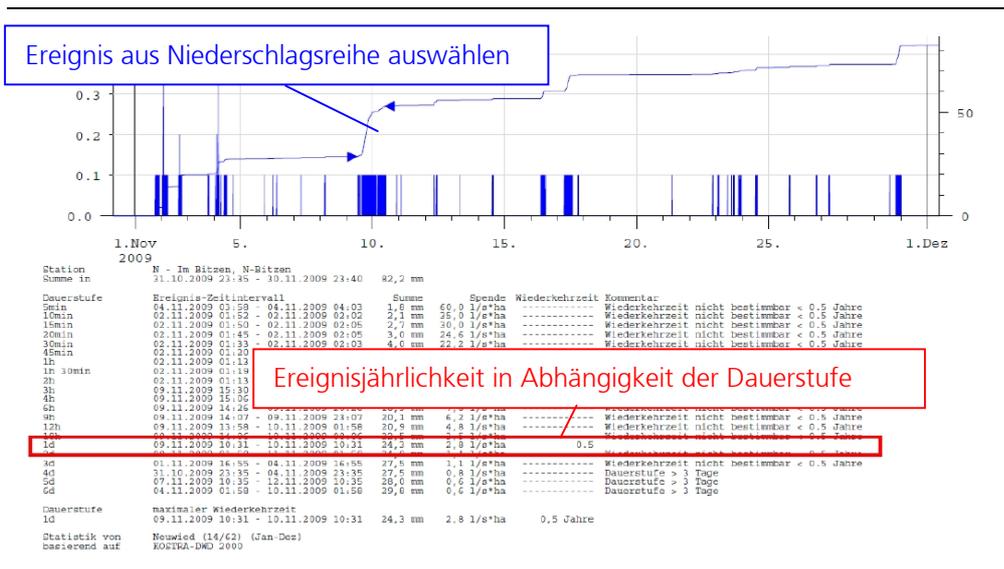


Bild 7 Beispiel zur Ermittlung der Niederschlags-Ereignisjährlichkeiten für einen abgegrenzten Zeitraum oder ein Einzelereignis zur Kategorisierung der Überflutungsursachen

Die Auswertungen der Pressemeldungen zeigen, dass in nahezu allen Fällen über Ereignisse berichtet wurde, deren Wiederkehrhäufigkeit für den Punkt des maximalen Niederschlags > 100 Jahre lag (Bild 8 und Bild 9). Die detaillierten hydraulischen Analysen der Leistungsfähigkeit der Kanalnetze für die Überflutungsereignisse in Wuppertal, Gelsenkirchen und Mönchengladbach zeigen, dass die Überflutungen in keinem Fall durch ein unzureichend dimensioniertes Kanalnetz oder betriebliche Ursachen ausgelöst wurden.

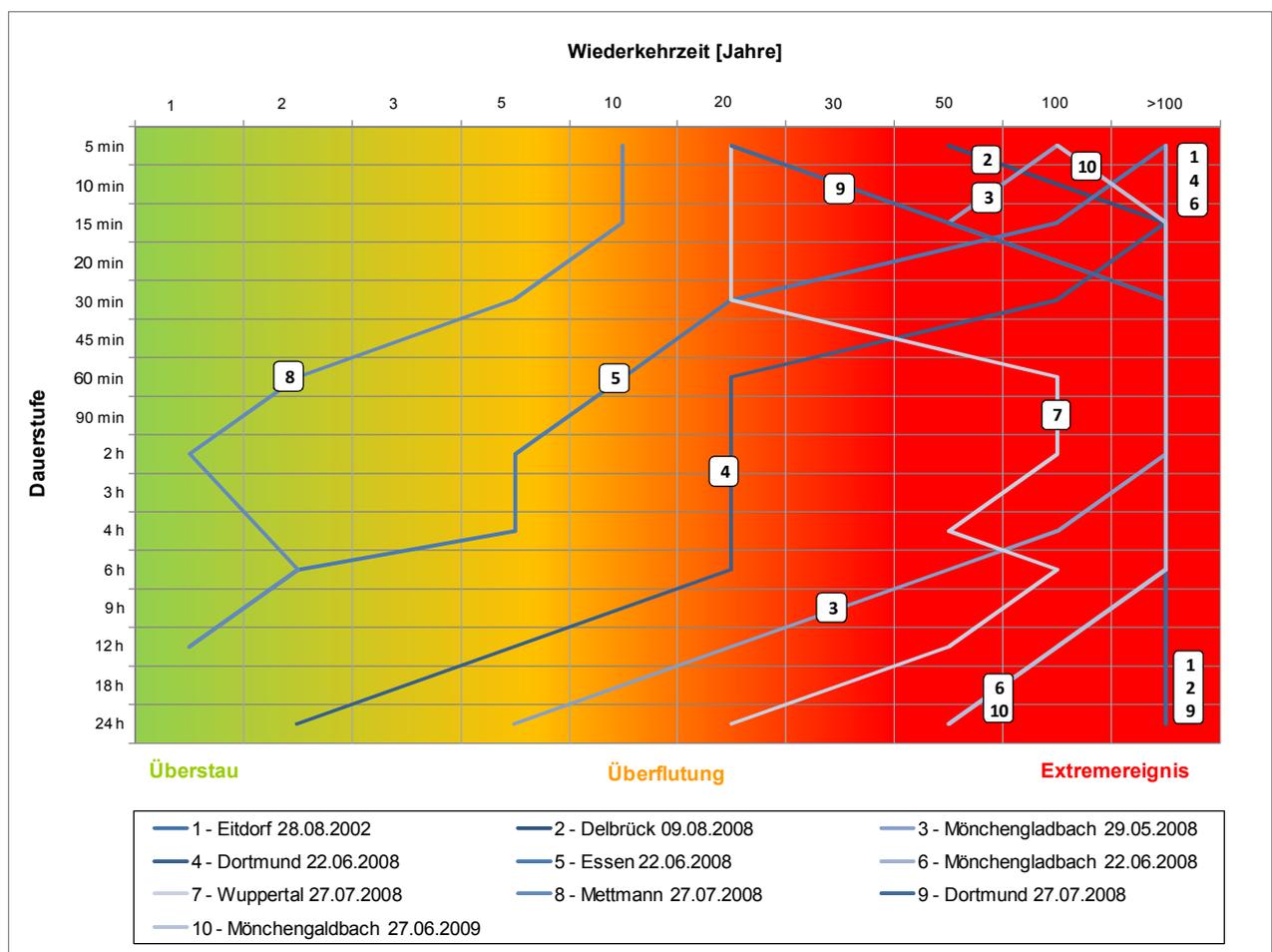


Bild 8 Exemplarische Darstellung der Ereignisjährlichkeiten für die analysierten Überflutungsereignisse in NRW, über die in den Medien berichtet wurde (Teil 1)

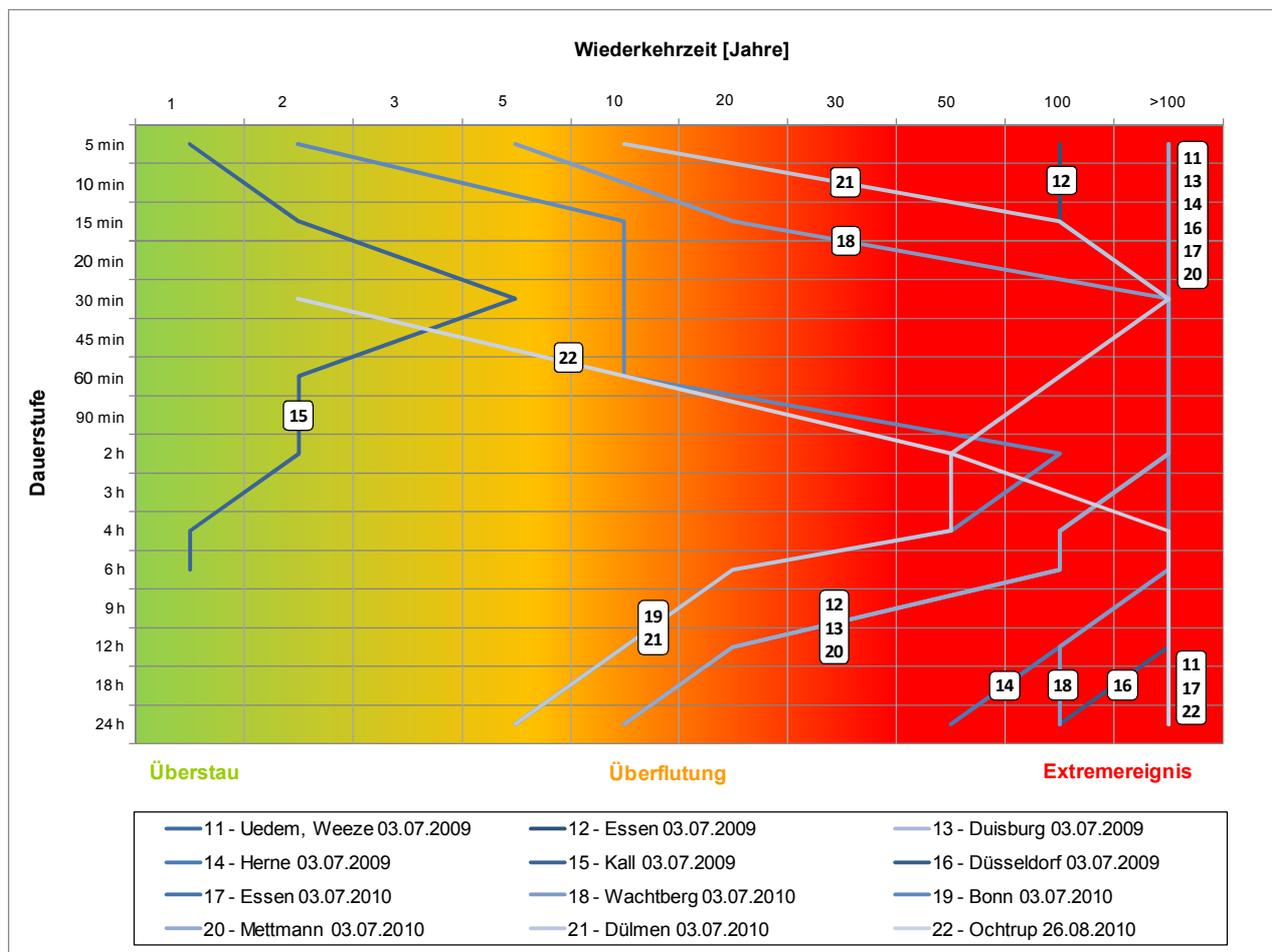


Bild 9 Exemplarische Darstellung der Ereignisjährlichkeiten für die analysierten Überflutungsereignisse in NRW, über die in den Medien berichtet wurde (Teil 2)

Aktuelle Untersuchungen aus den Niederlanden weisen jedoch darauf hin, dass dort bei einer Vielzahl aller in einer Studie untersuchten Überflutungsereignisse **betriebliche Probleme** im Kanalnetz die Ursache für eine Überflutung waren. Ohne diese betrieblichen Einflüsse hätte das Kanalnetz den Niederschlagsabfluss überstaufrei abgeführt. Auf die Bedeutung der messtechnischen Überwachung der Kanalnetze (Monitoring) weist u. a. auch die DWA hin. Hinweise zu diesem Thema wird zukünftig das Merkblatt M-151 enthalten. Betriebliche Einflüsse sind daher im Rahmen der Klassifizierung der Überflutungsereignisse in jedem Fall mit zu betrachten. In der Regel erfordert die Aufdeckung jedoch eine zeitnahe Untersuchung oder die Verfügbarkeit geprüfter Messdaten. Überflutungsergebnisse aufgrund betrieblicher Probleme sind aber in der Regel lokal sehr begrenzt, so dass über diese Ereignisse nicht überregional berichtet wird.

Ausgewertete Überflutungsbetrachtungen zeigen jedoch auch für die hohen Wiederkehrzeiten der Starkregenereignisse, dass **kritische hydraulische Zwangspunkte** die Ursache für lokale Überflutungen darstellen können. Diese Netzstrukturen (z. B. Vereinigungsschächte oder Knickpunkte im Netz) bewirken hohe lokale Verluste, die im Rahmen der generellen Entwässerungsplanung nicht immer mit ausreichender Genauigkeit berücksichtigt werden können. In den marktverfügbaren hydrodynamischen Modellen sind diese örtlichen Verluste nur mit grober Annäherung und manuellen Anpassungen abbildbar. Eine genaue Analyse der lokalen Situation ist z. T. nur durch eine messtechnische Überprüfung möglich.

Die Schadensschwerpunkte von Überflutungsereignissen liegen häufig in Geländetiefpunkten, in denen sich das Wasser sammelt. Die Identifikation dieser Tiefpunkte erfordert in den meisten Fällen die Analyse von Oberflächenfließwegen sowie der Kanalnetzdaten.

Eine weitere Problematik stellen **städtebauliche Entwicklungen mit enger Wohnbebauung** dar. Die intensive Flächennutzung in innerstädtischen Bereichen in Verbindung mit Gebäuden mit teilweise barrierefreien Zugängen und intensiv genutzten Kellerräumen führt zu erhöhten Überflutungsrisiken. Vor diesem Hintergrund sind in NRW insbesondere städtebauliche Sanierungsvorhaben von Bergbausiedlungen in Polderlagen sorgsam zu planen.

Eine Möglichkeit zur Entschärfung der Situation wäre bei ausreichender Freifläche die Ausweisung von Retentionsbereichen für Oberflächenabflüsse beispielsweise durch entsprechend gestaltete Grünanlagen. Der bislang überwiegend ökonomisch geprägten Entwicklung könnte dadurch eine Aufwertung der Stadtgebiete mit zusätzlicher Überflutungssicherheit entgegen gestellt werden. Vergleichbare Maßnahmen werden derzeit u. a. in England in den Projekten „UKWIR project WM/07“ und „Foresight: Future Flooding“ untersucht. Für Neuplanungen gibt es auch in Deutschland beispielhafte Vorgehensweisen, z. B. im Bebauungsplan ausgewiesene Notwasserwege im Hochschulstadtteil Lübeck (Einfalt et al., 2009).

In den meisten bisher untersuchten Fällen traten höhere Schäden bei Starkregen durch eine Überlagerung von mehreren der o. g. Ursachen auf. Weitere mögliche Ursachen für Überflutungen mit einem Vorschlag für eine Klassifizierung sind in Tabelle 6 dargestellt.

Bei der Klassifizierung bilden sich nach bisheriger Erfahrung für NRW aufgrund der Topographie und Landnutzung **regionale Schwerpunkte**. Für diese regionalen Cluster sind die maßgeblichen Ursachen der Überflutungsereignisse wie folgt zuzuordnen:

- **steile Einzugsgebiete** (z. B. Mittelgebirge, Bergisches Land und Teile Ostwestfalens)

insbesondere kurze intensive Niederschläge die zu Sturzfluten führen; Überlastung des Kanalnetzes und der Gewässer, Abfluss auf der Oberfläche mit geringer Fließgeschwindigkeit;

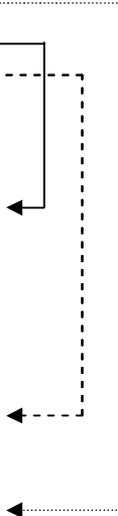
- **vorwiegend flache Einzugsgebiete** (Niederrhein und Münsterland)
insbesondere lang anhaltende Starkregen; Überlastung der Kanalnetze und kleinerer urbaner Gewässer, Abfluss auf der Oberfläche mit geringer Fließgeschwindigkeit;
- **Poldergebiete** (z. B. aufgrund von Bergsenkungen Ruhrgebiet)
überwiegend flache Einzugsgebiete; Überlastung oder Ausfall von Pumpwerken.

Tabelle 6 Vorschlag und Beispiele zur Klassifizierung der Ursachen von Kanalnetzüberlastungen bzw. Überflutungsereignissen

Datengrundlage bzw. Ursache (Klassifizierung)	03.07.2010 Stadt A	29.05.2008 Stadt B	27.07.2008 Stadt C
Einzugsgebiet $A_{E,k}$; $A_{E,b}$; $A_{E,o}$			
Neigungsklasse EZG (%); mittlere Fließzeit			
Speichervolumen (m^3 u. m^3/ha)			
GEP (hydrodyn. Modell) vorhanden?	ja	ja	ja
DGM vorhanden ?	DGM 1L	DGM 1L	DGM 1L
Niederschlag > Überstausicherheit	ja (> 100 Jahre)	ja (> 100 Jahre)	ja (> 100 Jahre)
Niederschlag > Überflutungsbetrachtung	ja (> 100 Jahre)	ja (> 100 Jahre)	ja (> 100 Jahre)
maßgebende Dauerstufe / Jährlichkeit	15 min (>100 Jahre)	30 min (> 100 Jahre)	60 min (> 100 Jahre)
N-Gesamt punktuell Bodenmessung	62 mm	47,8 mm	72,5 mm
Sturzflut (z. B. < 20 Min oder Gefälle > 5 %)	ja (< 20 min)	nein	ja (< 20 min)
langanhaltender Starkregen (z. B. > 60 Min mit Jährlichkeit >> 10)	nein	nein	nein
Überflutung (auch) aus Gewässer	nein	nein	nein
Überlastung Kanalnetz	ja	ja	ja
sonstige Überflutungsursache	Polderlage	lokale Tiefpunkte	keine Besonderheiten
Rückhaltung Netz zu klein (A117)	nein	nein	nein
Ableitung Netz zu gering (A118)	nein	nein	nein
Betriebliche Probleme (Kanal/Gewässer)	nein	nein	nein
lokaler hydraulischer konstr. Engpass	ja (Pumpwerk)	ja (Netz)	ja (Verrohrung)
Lage in Poldergebiet	ja	begrenzte Bereiche	nicht maßgebend
Pumpwerküberlastung	Leistungsgrenze	nicht zutreffend	nicht zutreffend
Pumpwerkausfall	nein	nicht zutreffend	nicht zutreffend
sonst. Energieausfall	nein	nein	nein
Rückstau aus einem Gewässer	nein	nein	nicht maßgebend
Leistungsfähigkeit bzw. Anzahl Straßeneinläufe zu gering	nicht maßgebend	nicht maßgebend	nicht maßgebend
Gebäude mit „barrierefreiem“ Eingang	nein	teilweise	nicht maßgebend
Gebäude mit tiefl. Eingängen/Keller etc.	ja	ja und Tiefgarage	ja
hydraulischer Engpass (Querbauwerk)	Eisenbahndamm	Netzverknüpfung	Einlaufbauwerk
Dammkrone (z. B. HRB) überflutet	nein	nein	nein
Betriebliche Probleme (Verlegung)	nein	nein	nein
Überflutungsgefahr war bereits bekannt	k.A.	k.A.	k.A.
gezielter Objektschutz schon vorhanden	nein	nein	nein
gezielte Notwasserwege vorhanden	nein	nein	nein

Grundlagendaten

Überflutungsursachen



5 Anforderungen an den Überflutungsschutz im Regelwerk

5.1 Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen

Die rechtlichen Anforderungen an den Schutz gegen Überflutungen infolge überlasteter Kanalisationen sind im Wesentlichen im Technischen Regelwerk niedergelegt. Die Vorgaben für eine angemessene hydraulische Leistungsfähigkeit der öffentlichen Kanalisation, d. h. der kommunalen Entwässerungssysteme, finden sich in Deutschland im Regelwerk der DWA. Die textlichen Ausführungen und Bewertungen zum Regelwerk basieren in Teilen auf vorangegangenen Arbeiten der Projektbeteiligten, insbesondere Schmitt (2011) sowie Schmitt und Worreschk (2011).

Die Bemessung und der Nachweis von Entwässerungssystemen werden in der Europäischen Norm DIN EN 752:2008 „Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden“ und im Arbeitsblatt DWA-A 118 „Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen“ (2006) geregelt. Das übergeordnete Ziel ist die Sicherstellung eines angemessenen Entwässerungskomforts. Dabei wird anerkannt, dass Entwässerungssysteme aus wirtschaftlichen Gründen nicht so konzipiert werden können, dass ein absoluter Schutz vor Überflutungen gesichert ist.

Das Arbeitsblatt DWA-A 118 wurde in der Vergangenheit mehrfach angepasst, insbesondere aufgrund ergangener Grundsatzurteile des Bundesgerichtshofes sowie zur Anpassung an die Europäische Norm EN 752, die seit 1996 die Auslegung von Entwässerungsanlagen außerhalb von Gebäuden regelt.

Die DIN EN 752 gilt für Entwässerungssysteme, „von dem Punkt an, wo das Abwasser das Gebäude bzw. die Dachentwässerung verlässt oder in einen Straßenablauf fließt, bis zu dem Punkt, wo das Abwasser in eine Kläranlage oder einen Vorfluter eingeleitet wird“ (DIN EN 752:2008). Als Maß für den Überflutungsschutz wird die Überflutungshäufigkeit vorgegeben, welche der Eintrittshäufigkeit von Überflutungen entspricht, bei denen „Schmutzwasser und/oder Niederschlagswasser aus einem Entwässerungssystem entweichen oder nicht in dieses eintreten können und entweder auf der Oberfläche verbleiben oder in Gebäude eindringen können“ (DIN EN 752:2008a).

Nach EN 752 – und so übernommen auch in Arbeitsblatt DWA-A 118 - sind die Anforderungen an den Überflutungsschutz in Abhängigkeit von der jeweiligen Örtlichkeit zu wählen. Dabei sind die Art der baulichen Nutzung sowie besonders zu entwässernde Einrichtungen zu beachten (Tabelle 7).

Beide Regelwerke werden in ihren wesentlichen Inhalten und ihrer Entwicklung nachstehend näher beschrieben.

In Deutschland finden für die Gebäude- und Grundstücksentwässerung DIN-Vorschriften Anwendung. In Bezug auf die hydraulische Bemessung ist dies DIN 1986-100, die zuletzt in 2008 eine Anpassung mit Regelungen zum Überflutungsschutz auf den Grundstücken erfahren hat (DIN EN 752, 2008b).

Tabelle 7 Empfohlene Häufigkeiten „Bemessungsregen“ und „Überflutung“ nach DIN EN 752 (2008a) und DWA-A 118 (2006)

Häufigkeit der Bemessungsregen ¹⁾ (1-mal in "n" Jahren)	Ort	Überflutungshäufigkeit (1-mal in "n" Jahren)
1 in 1	Ländliche Gebiete	1 in 10
1 in 2	Wohngebiete	1 in 20
	Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete:	
1 in 2	– mit Überflutungsprüfung	1 in 30
1 in 5	– ohne Überflutungsprüfung	–
1 in 10	Unterirdische Verkehrsanlagen, Unterführungen	1 in 50

¹⁾ Für Bemessungsregen dürfen keine Überlastungen auftreten

5.1.1 Entwicklungen im Technischen Regelwerk in Deutschland

In Deutschland gehen die technischen Regeln zur hydraulischen Berechnung von Kanalnetzen zurück auf die 1956 im damaligen ATV-Regelwerk erschienenen „Richtlinien für die Berechnung von Regen- und Mischwasserkanälen“, die 1977 durch das Arbeitsblatt ATV-A 118 fortgeschrieben wurden (ATV, 1977). Letztere enthielten gegenüber der ursprünglichen Fassung bereits eine Differenzierung der für Neuplanungen oder Sanierungen empfohlenen Bemessungshäufigkeiten mit Werten zwischen $n = 1,0$ und $0,2$ „in Abhängigkeit von der wirtschaftlichen Bedeutung des Entwässerungsgebietes“. Örtliche Gegebenheiten wurden über ortsbezogene Bezugsregenspenden $r_{15,n} = 1$ nach REINHOLD und Spitzenabflussbeiwerte in Abhängigkeit der vorliegenden Befestigungsgrade und zu wählender Bemessungsregenspende berücksichtigt. Weitergehende Überlegungen zum Abflussverhalten und möglichen Überflutungen bei seltenen Starkregenereignissen waren nicht enthalten.

Hier setzte die Rechtsprechung des Bundesgerichtshofes (BGH) mit richtungsweisenden Urteilen 1989 und 1991 an, in der die Beschränkung auf formale Abarbeitung von Be-

messungsvorschriften in der praktischen Anwendung ohne weitere Würdigung der örtlichen Überflutungsgefährdung kritisiert wurde. Für einen angemessenen Überflutungsschutz wurden „deutlich größere Wiederkehrzeiten als 1 mal pro Jahr“ angemahnt (Werp, 1992).

In der Neufassung des Arbeitsblattes DWA-A118 aus 1999 – mit zwischenzeitlichen, mehr redaktionellen Anpassungen – wird der Forderung der BGH-Rechtsprechung nach weitergehenden Betrachtungen Rechnung getragen (DWA, 2006). Zudem wurden die Kriterien und Häufigkeitswerte für Bemessungsregen und Überflutungssicherheit der 1996 veröffentlichten Europäischen Norm EN 752 (DIN EN 752, 1996) übernommen. Die Inhalte der EN 752 werden in Kapitel 5.1.2 näher beleuchtet.

Für den rechnerischen Nachweis der hydraulischen Leistungsfähigkeit wird in DWA-A 118 als zusätzliches Kriterium die Überstauhäufigkeit eingeführt und – weitergehend – die Würdigung der örtlichen Gegebenheiten bei Überlastungen der Kanalisation mit einer Überflutungsprüfung vor Ort gefordert. Erwähnenswert erscheint die Präzisierung bzw. Eingrenzung des Überflutungsbegriffs in DWA-A 118, indem „Überflutung“ mit auftretenden Schädigungen bzw. einer Funktionsstörung (z. B. bei Unterführungen) aufgrund des Wasseraustrittes oder des nicht möglichen Wassereintrittes in das Entwässerungssystem infolge Überlastung in Verbindung gebracht wird. Der Austritt von Wasser auf die Straße allein erfüllt demnach nicht den Tatbestand der Überflutung, solange das Abfließen des Wassers im Straßenquerschnitt keinen Übertritt auf die Grundstücke und keine nicht hinnehmbare Beeinträchtigung der Nutzbarkeit der Verkehrsfläche bewirkt.

Zur Umsetzung der Vorgaben in der Praxis hat die zuständige DWA-Arbeitsgruppe ES-2.5 in zwei Arbeitsberichten umfangreiche Erläuterungen insbesondere zur Anwendung für bestehende Entwässerungssysteme und die Bewertung ihrer hydraulischen Leistungsfähigkeit veröffentlicht. Neben Hinweisen zur Durchführung der hydraulischen Nachweisrechnung wird die Mindestleistungsfähigkeit mit abgestuften Überstauhäufigkeiten als Kriterium für ein Sanierungserfordernis entsprechend Tabelle 8 etabliert (ATV-DVWK, 2004).

Tabelle 8 Empfohlene Überstauhäufigkeiten „Neuplanung/Sanierung“ und „Bestand“
nach DWA-A 118 (2006) und ATV-DVWK (2004)

Örtlichkeit / Nutzung	Überstauhäufigkeiten (1-mal in "n" Jahren)	
	Entwurf / Neuplanung	bestehende Systeme ¹⁾
ländliche Gebiete	1 in 2	-
Wohngebiete	1 in 3	1 in 2
Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete	seltener als 1 in 5	1 in 3
Unterirdische Verkehrsanlagen, Unterführungen	seltener als 1 in 10 ^{*)}	1 in 5

^{*)} Bei Unterführungen ist zu beachten, dass bei Überstau über Gelände i. d. R. unmittelbar eine Überflutung einhergeht, sofern nicht besondere örtliche Sicherungsmaßnahmen bestehen. Hier entsprechen sich Überstau- und Überflutungshäufigkeit mit dem in Tabelle 7 genannten Wert „1 in 50“!

¹⁾ Werte als „Mindestleistungsfähigkeit“ bestehender Systeme nach ATV-DVWK (2004)

Als Bezugsniveau für den Überstaunachweis wird die Geländeoberkante empfohlen, da detaillierte, hydrodynamische Abflussmodelle methodisch bedingt bis zu diesem Niveau Wasserstände zutreffend berechnen können. Bei darüber hinausgehenden Wasserständen kann dann – je nach örtlichen Gegebenheiten an der Geländeoberfläche – eine Überflutung auftreten. Das Ausmaß und die daraus resultierenden Wasserstände sind in hohem Maße von den örtlichen Gegebenheiten auf der Oberfläche abhängig.

Die Überstauhäufigkeiten sind deutlich höher als die in Tabelle 7 vorgegebenen Überflutungshäufigkeiten. Dieser Unterschied trägt der Tatsache Rechnung, dass je nach örtlichen Gegebenheiten bei Überstau bis Geländeniveau noch keine Überflutung auftritt. Dies ist z. B. dann der Fall, wenn durch ausreichende Bordsteinhöhe das Wasser im Straßenquerschnitt gehalten und ein Übertritt auf angrenzende Privatgrundstücke und die Schädigung von Gebäuden verhindert wird. Allerdings kann bei Unterführungen ein Überstau unmittelbar eine Funktionsbeeinträchtigung durch sich im Tiefpunkt ansammelndes Wasser bewirken, das ein Passieren unmöglich macht. Hier würde die Überstauhäufigkeit der Überflutungshäufigkeit entsprechen.

Weiterhin werden in den Arbeitsberichten die methodische Umsetzung der örtlichen Überflutungsprüfung und – auch im Kontext des Klimawandels – eine Risikobetrach-

zung zu möglichen Folgen außergewöhnlicher Starkregeneignisse erörtert (DWA, 2008).

Richtungsweisend erscheint die dort vorgenommene Charakterisierung des Überflutungsschutzes als Gemeinschaftsaufgabe der kommunalen Akteure Entwässerungsbetrieb, Tiefbauamt, Straßenbaulastträger und Stadtplanungsamt sowie der Grundstückseigentümer. Dabei wird verdeutlicht, dass die vorgegebenen Häufigkeitswerte bzw. Wiederkehrzeiten zum Überflutungsschutz in der Mehrzahl der Fälle allein durch die unterirdische Kanalisation nicht gewährleistet werden kann (DWA, 2008). Die Grundzüge dieses neuen Verständnisses „Überflutungsschutz als kommunale Gemeinschaftsaufgabe“ werden in Schmitt (2011) und Hoppe et al. (2012b) detailliert beschrieben.

5.1.2 Die Europäische Norm DIN EN 752:2008: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden

Die europäische Norm DIN EN 752 ist als Normenreihe des CEN in den Jahren 1994 bis 1996 erstmals veröffentlicht worden und wurde zwischenzeitlich in der einteiligen Fassung von 2008 zusammengeführt (DIN EN 752, 2008a). Sie weist den gebotenen Überflutungsschutz als maßgebendes Kriterium für die Bewertung der hydraulischen Leistungsfähigkeit kommunaler Entwässerungssysteme aus. Dazu werden Bemessungsregenhäufigkeiten und Überflutungshäufigkeiten empfohlen. Sie gelten für Neuplanungen und vorgesehene Sanierungen, sofern von der national zuständigen Stelle hierzu keine Anforderungen vorliegen. Die Überflutungshäufigkeiten zwischen 1 mal in 10 Jahren für ländliche Gebiete und 1 mal in 30 Jahren für Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete bzw. 1 mal in 50 Jahren für unterirdische Verkehrsanlagen zeigen eine Differenzierung des anzustrebenden Schutzgrades nach wirtschaftlicher Bedeutung und Schadenspotenzial der Einzugsgebiete sowie nach besonderer Gefährdung im Falle unterirdischer Verkehrsanlagen (s. Tabelle 7).

In der **Fassung 1996** unterscheidet EN 752-2 (DIN EN 752, 1996) zwei Anwendungsfälle:

(1) Bemessung von Entwässerungsnetzen ohne Nachweisführung (Neuplanung)

Hierfür werden Häufigkeiten von Bemessungsregen für die Anwendung von Fließzeitverfahren empfohlen. Dabei dürfen die ermittelten Maximalabflüsse das jeweilige Abflussvermögen bei Vollfüllung nicht überschreiten. Diesen Anwendungsbereich begrenzt EN 752-2 auf „kleine Einzugsgebiete“ (bis 200 ha bzw. Fließzeiten < 15 min).

(2) Anwendung von Simulationsmodellen

Zur Vermeidung unwirtschaftlicher Bemessungen, aber auch zu geringer Sicherheit gegen Überflutung, wird bei größeren Einzugsgebieten (> 200 ha) oder komplizierten Systemgegebenheiten sowie bei vorliegenden besonderen Gefährdungs- und Schadenspotentialen im Entwässerungsgebiet empfohlen, den Überflutungsschutz durch die direkte Verwendung der Werte zur Überflutungshäufigkeit nachzuweisen. Im Falle der Neuplanung wäre der Nachweis im Anschluss an die Bemessung (Festlegung der Querschnitte, Sohlneigung und Tiefenlage der Kanäle) zu führen. Offen bleibt, inwieweit der Vorgang der Überflutung, der in hohem Maße von den lokalen Verhältnissen abhängig ist, tatsächlich simulationstechnisch mit Hilfe von Abflussmodellen nachgebildet werden kann. Vor diesem Hintergrund wurde im Arbeitsblatt DWA-A 118 die Überstauhäufigkeit als rechnerische Zielgröße für den Nachweis mittels Abflussmodellen eingeführt.

In beiden Fällen wird betont, dass die Häufigkeitswerte für den „Entwurf“ gelten und empfohlen werden, wenn die national zuständige Stelle keine anderen Werte vorgibt. Die Häufigkeitswerte sollten auch für die Auslegung anstehender Sanierungen Anwendung finden. Schwellwerte zur Sanierungsbedürftigkeit bei bestehenden Systemen werden nicht genannt. Die empfohlenen Häufigkeitswerte wurden in DWA-A 118 unverändert übernommen.

In der **Fassung 2008** der EN 752 (DIN EN 752, 2008a) werden die Abgrenzungskriterien zur Anwendbarkeit vereinfachter Bemessungsansätze über Regenhäufigkeiten und Fließzeitverfahren beibehalten. Allerdings ist nicht mehr die Rede davon, dass die empfohlenen Überflutungshäufigkeiten direkt mit Simulationsmodellen nachgewiesen werden sollten. Vielmehr wird für größere Einzugsgebiete (> 200 ha bzw. Fließzeit > 15 min) allgemein die Anwendung „computergestützter Modelle zur Abflusssimulation“ mit „zeitveränderlichen Bemessungsregen“ empfohlen. Nähere Angaben zur methodischen Umsetzung der Überflutungshäufigkeiten werden nicht getroffen.

Gleichzeitig wird in den textlichen Ausführungen der Fassung 2008 der EN 752 die Notwendigkeit der stärkeren Differenzierung unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten deutlich hervorgehoben. In den Grundsätzen wird unter anderem ausgeführt (DIN EN 752, 2008a):

- Die Überflutung bei sehr starken Regenfällen ist üblicherweise kaum zu vermeiden. Daher müssen die Kosten und die politische Entscheidung der damit erzielbaren Überflutungssicherheit in einem ausgewogenen Verhältnis stehen;
- Der Schutzgrad sollte auf einer Risikoabschätzung der Auswirkungen von Überflutungen auf Personen und Sachgüter beruhen;

- Der Schutzgrad sollte in Leistungskriterien für Überflutungshäufigkeiten oder Bemessungsregenereignisse für die Berechnung festgelegt werden. Die Bemessungskriterien müssen auf den Leistungskriterien beruhen;
- Regenwasserleitungen und –kanäle sind so zu bemessen, dass die Auswirkungen von Überflutungen bei Regenereignissen, die die national und lokal festgelegten Überflutungshäufigkeiten übersteigen, einen möglichst geringen Einfluss auf Personen und Sachgüter haben;
- Bei der Auswahl der hydraulischen Bemessungskriterien für Regenwasserkanäle sind die gängigen Berechnungsverfahren zu berücksichtigen. In jedem Fall sollten die möglichen Auswirkungen einer Überflutung in Betracht gezogen werden;
- Bemessungskriterien müssen zu erwartende Durchflussänderungen über die Nutzungsdauer eines Entwässerungssystems berücksichtigen, wenn diese nicht anderweitig in der Bemessung berücksichtigt sind. Die möglichen Auswirkungen des Klimawandels sollten in Betracht gezogen werden. Damit wird sichergestellt, dass der Abwasserkanal auch weiterhin die Leistungskriterien über die Nutzungsdauer des Systems erfüllt;
- Bei Ereignissen, bei denen die Bemessungsüberflutungshäufigkeit überschritten wird, muss der Planer unter Berücksichtigung der Überflutungshäufigen und möglichen Überflutungsfolgen das Überflutungsrisiko beurteilen. Die Fließwege bei Überflutung sollten untersucht werden, um die Auswirkungen zu ermitteln.

Die Ausführungen bieten Anknüpfungspunkte für die Durchführung einer Gefährdungsanalyse und Risikobewertung. Auch die Betrachtung möglicher Auswirkungen des Klimawandels auf die Leistungsfähigkeit der Kanäle und den resultierenden Überflutungsschutz wird eingefordert.

5.1.3 Die Europäische Norm DIN EN 1986-100:2008: Entwässerung von Gebäuden und Grundstücken

Die Norm DIN 1986, Teil 100 „Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke“, wurde mit entsprechenden Bestimmungen zur Ableitung von Abwasser in Gebäuden und auf Grundstücken im Mai 2008 in einer überarbeiteten Fassung vorgelegt (DIN EN 752, 2008b). Sie enthält neben allgemeinen Regelungen zur Gebäude- und Grundstücksentwässerung neuerdings auch weitreichende Regelungen zur Überflutungssicherheit von Gebäuden und Grundstücken. Der Geltungsbereich der DIN 1986-100 als Besonderheit in Deutschland gegenüber der Abgrenzung nach Europäischer Normung zeigt Bild 10.

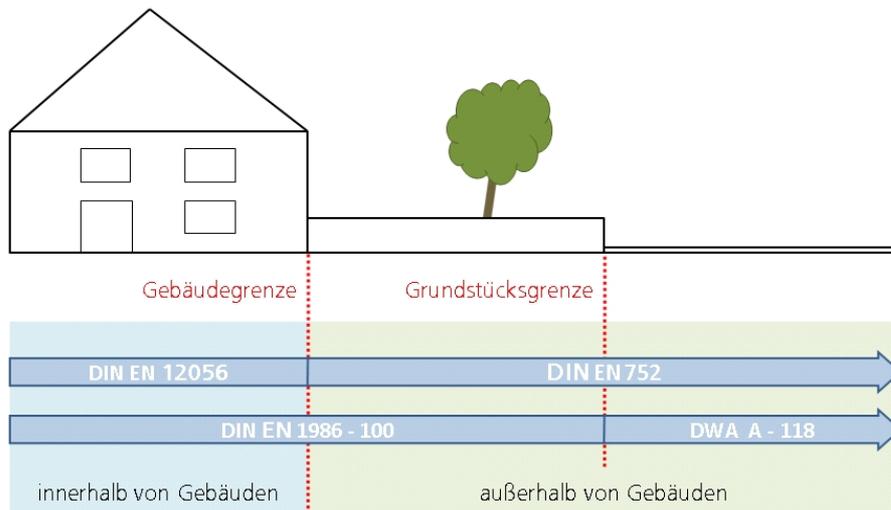


Bild 10 Geltungsbereich DIN 1986-100 in Abgrenzung zu EN 752 und DWA-A 118 (in Anlehnung an DWA, 2008)

DIN 1986 enthält – unter Bezugnahme auf EN 752 – Vorgaben zum Schutz gegen Überflutung und nennt unter anderem den Wasseraustritt im Gebäude, Einwirkungen „von außen“ aufgrund ungünstiger Einbindung des Gebäudes in das Gelände sowie nicht ausreichend bemessene Anlagen der Grundstücksentwässerung als mögliche Ursachen einer Überflutung, denen in geeigneter Weise entgegenzuwirken ist. In diesem Zusammenhang wird gefordert, die Sicherheit gegen Überflutung bzw. einer kontrollierten schadlosen Überflutung des Grundstücks rechnerisch nachzuweisen. Für „große Grundstücke“ (befestigte Fläche > 800 m²) wird dieser Nachweis hinsichtlich Methodik und zu wählender Niederschlagsbelastung präzisiert (DIN, 2008b).

Bewertung:

Die Thematisierung des Überflutungsschutzes für Gebäude und Grundstück und die Einforderung der fachlichen Bewertung der Überflutungsgefährdung im Rahmen der Grundstücksentwässerung gemäß DIN 1986-100 ist eindeutig positiv zu bewerten, da nach den weiteren Ausführungen dem lokalen Objektschutz auch in übergeordneter Sichtweise zukünftig größere Bedeutung zukommen wird und die Grundstückseigentümer in die Gesamtverantwortung für den kommunalen Überflutungsschutz einzu beziehen sind. Zu kritisieren sind allenfalls die verwendete Begrifflichkeit „Überflutungssicherheit“ (statt der Benennung verbleibender Risiken; siehe unten) einerseits und die Diskrepanzen in den Vorgaben zum rechnerischen Nachweis gegenüber dem Regelwerk für die öffentliche Kanalisation. Mögliche Auswirkungen und die Handha-

zung des Überflutungsnachweises in Verbindung mit dezentralen Versickerungs- und Rückhaltemaßnahmen auf den Grundstücken werden in (DWA, 2011) erörtert.

Klärungs- und Regelungsbedarf besteht zur Vereinheitlichung von Annahmen zum Verbleib des Regenwassers von Grundstücken mit dezentralem Rückhalt oder Versickerung bei der Betrachtung von Starkregen oberhalb der Bemessungsansätze dieser Anlagen. Dies gilt insbesondere für Risikobetrachtungen in Verbindung mit außergewöhnlichen Starkregen. Hier stellt sich u. a. die Frage, ob der in DIN 1986 geforderte Überflutungsnachweis bedeutet, dass das auf dem Grundstück anfallende Regenwasser vor Ort schadlos zu verbleiben hat oder in Richtung Straße und öffentliches Entwässerungssystem abgeleitet werden darf, wenn dieses unter Berücksichtigung erfolgter Abkopplung bemessen bzw. nachgewiesen wurde.

5.1.4 Ansatz zur Niederschlagsbelastung

Bislang dominiert bei Bemessungsansätzen der Bezug auf statistisch ausgewertete Niederschlagsreihen aus Punktmessungen an Regenschreiberstationen. In gleicher Weise werden der Durchführung von Langzeitseriensimulationen an Niederschlagsstationen punktuell gemessene Regendaten zugrunde gelegt. Diese werden in den Modellrechnungen als gleichmäßige Überregnung für das gesamte Einzugsgebiet oder – bei Verfügbarkeit der Daten mehrerer Stationen in einem Einzugsgebiet – in geeigneter räumlicher Zuordnung zu den einzelnen Abflussflächen angesetzt. Die tatsächliche zeitlich-räumliche Niederschlagsverteilung wird dadurch in der Abflussberechnung mehr oder weniger stark verändert.

Die Annahme einer räumlich gleichmäßigen Verteilung von Starkniederschlägen bedeutet mit zunehmender Flächengröße de facto eine Erhöhung der Niederschlagsbelastung bzw. eine Verringerung der Auftretenswahrscheinlichkeit des Ereignisses mit entsprechenden Auswirkungen auf das Berechnungsergebnis und seine Bewertung.

Die Verwendung von Radarniederschlagsdaten, die die räumlich ungleiche Verteilung über die Auflösung im 1 km – 1 Grad Raster (ausgehend vom Radarstandort) abbilden, führt entsprechend zu einem veränderten Berechnungsergebnis bzw. – bei Mittelung über das Einzugsgebiet - zu einer veränderten Bewertung der Auftretenshäufigkeit. Dieser Effekt ist bei der Analyse beobachteter Überflutungsereignisse und Ausweisung von Starkregenhöhen, die über das Einzugsgebiet gemittelt werden, zu berücksichtigen. Hierbei können deutliche Unterschiede zu den statistischen Kennwerten der Punktmessung(en) an der/den Niederschlagsstation(en) auftreten.

Hier bedarf es auch für die zukünftige Verwendung von Radardaten als mehrjährige Regenreihe entsprechender Vorgaben und Regelungen, um die Vergleichbarkeit mit der Bemessung mittels Punktmessungen sicherzustellen.

5.2 Überflutungsschutz als kommunale Gemeinschaftsaufgabe

Nach Einschätzung der DWA-AG ES-2.5 (DWA, 2008) wird die Sicherstellung des Überflutungsschutzes mit den Zahlenwerten zur Überflutungshäufigkeit in vielen Fällen durch die unterirdische Kanalisation allein nicht zu bewerkstelligen sein. Sie definiert den Überflutungsschutz als Gemeinschaftsaufgabe der beteiligten kommunalen Akteure Entwässerungsbetrieb, Tiefbauamt, Straßenbaulastträger und Stadtplanungsamt sowie der betroffenen Anlieger und Grundstückseigentümer. Bild 11 veranschaulicht die funktionale Zuordnung der Elemente des Überflutungsschutzes in kommunalen Entwässerungssystemen in unterschiedlichen Belastungsbereichen:

- der überstaufreie Betrieb wird durch das unterirdische Kanalisationsnetz - im Zusammenwirken mit Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung und Rückstausicherungen der Grundstücksentwässerung - sichergestellt (DIN EN 752, 2008a, b);
- die darüberhinausgehende Überflutungssicherheit wird unter Einbeziehung der Ableitungs- und Speicherkapazitäten von Verkehrs- und Freiflächen erreicht, soweit erforderlich ergänzt durch lokale Maßnahmen zum Objektschutz;
- zur Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Ereignissen kommt vorrangig der gezielte Objektschutz im öffentlichen und privaten Bereich zur Anwendung.

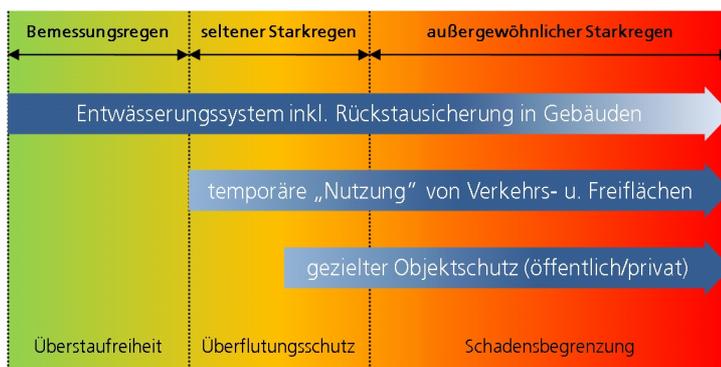


Bild 11 Elemente des Überflutungsschutzes kommunaler Entwässerungssysteme in unterschiedlichen Belastungsbereichen (in Anlehnung an DWA, 2008)

In der DWA Arbeitsgruppe ES-2.5 wurde eine Methodik zu Bewertung und Nachweis des Überflutungsschutzes erarbeitet. Zur Analyse der Überflutungssicherheit kommunaler Entwässerungssysteme sind drei Bearbeitungsstufen notwendig (DWA, 2008):

- Stufe 1: Rechnerischer Nachweis der Überstauhäufigkeit

- Stufe 2: Örtliche Überflutungsprüfung
- Stufe 3: Risikobetrachtung

Eine Überflutungsprüfung vor Ort wird im DWA-A 118 zusätzlich zum rechnerischen Überstaunachweis empfohlen. Die örtlichen Gegebenheiten sollen hinsichtlich ihres Gefährdungspotenzials von Überflutungen durch Starkregenereignisse analysiert werden. Eine Risikobetrachtung soll das zu erwartende Überflutungsverhalten bei Starkregen, also bei Ereignissen mit einer deutlich höheren Jährlichkeit als der des Bemessungsregens analysieren. Bei der Gefährdung von Menschen sowie von wichtigen Infrastrukturanlagen und Bauwerken sollten geeignete Schutzmaßnahmen entwickelt werden. Die Aspekte örtliche Überflutungsprüfung und Risikobetrachtung werden in den weiterführenden Betrachtungen nachfolgend nochmals aufgegriffen.

5.3 Klimawandel als Faktor der Ungewissheit zukünftiger Planungen

Der Erkenntnisstand zu Klimawandel und möglichen Auswirkungen auf Starkregen und Überflutungen in Siedlungsgebieten lässt sich nach Schmitt (2011) wie folgt zusammenfassen:

1. Eine Zunahme von Starkregen in Häufigkeit und Intensität infolge Klimawandel im Zeitraum bis 2050 bzw. 2100 gilt „als sehr wahrscheinlich ... in den meisten Gebieten“ (IPCC, 2008);
2. Für die Überflutung kommunaler Entwässerungssysteme und urbane Sturzfluten sind lokal begrenzte Starkregenzellen und kurze Regendauern unter 1 bis max. 4 Stunden maßgebend (u. a. DWA, 2010a; LANUV, 2010b; URBAS, 2008). Für derartige Regenereignisse sind auch mit regionalen Klimamodellen keine zuverlässigen Projektionen zur langfristigen Entwicklung von Starkregen mit Ableitung von Klimafaktoren möglich, wie dies z. B. für Dänemark in Arnbjerg-Nielsen (2008) vorgeschlagen wird;
3. Bei diesen kleinräumigen Konvektivniederschlägen und Gewitterzellen kurzer Regendauern lässt sich bislang kein statistisch signifikanter Trend feststellen (GFZ, 2009; LANUV, 2010a). Die beobachtete Häufung extremer Starkregen weist ganz offensichtlich einen stark lokalen Charakter auf (Schmitt et al., 2006). So wurden an einem Regenschreiber einer norddeutschen Großstadt im Fünfjahres-Zeitraum 1999 bis 2004 in der Dauerstufe 15 min allein 4 mal Regenhöhen mit statistischen Wiederkehrzeiten über 100 a registriert, während andere Niederschlagsstationen im Stadtgebiet bei diesen Ereignissen keine „Auffälligkeiten“ aufweisen (eigene Recherche);

4. Die bei extremwertstatistischen Untersuchungen von Starkniederschlägen (ExUS) in Nordrhein-Westfalen festgestellte Zunahme von Starkregen kurzer Dauerstufen < 1 h seit den 1990er Jahren wird neben einem möglichen Klimaeffekt vor allem einer verbesserten Messtechnik der Niederschlagserfassung bei sehr kurzen, hohen Intensitäten zugeschrieben. Das vermehrte Auftreten lokaler Starkregen in den 2000er Jahren in NRW wird statistisch mit dem Hinweis auf eine ähnliche Häufung in den 1950er und der zweiten Hälfte der 1960er Jahre relativiert (LANUV, 2010a).

Insgesamt verbleibt, verstärkt durch die ohnehin große Schwankungsbreite hydrologischer Kenngrößen, eine erhebliche Ungewissheit hinsichtlich der zukünftigen Ausprägung von Starkregenereignissen und kanalisationsbedingten Überflutungen.

5.4 Risikomanagement im kommunalen Überflutungsschutz

5.4.1 Risikobewertung statt Sicherheitsversprechen

Aus diesen Sachverhalten leitet sich zum einen ab, dass mit dem derzeitigen Kenntnisstand die Einführung pauschaler Bemessungszuschläge („Klimafaktoren“) nicht zielführend wäre. Zum anderen können als zentrale Forderungen zur Weiterentwicklung und Anpassung des Technischen Regelwerkes abgeleitet werden:

1. Ortsbezogene Analyse der – in der Regel im Einzugsgebiet uneinheitlichen - Überflutungsgefährdung mit Identifikation besonderer Gefährdungsbereiche;
2. Betrachtung der örtlichen Überflutungsrisiken durch Bewertung von Wahrscheinlichkeit des Eintretens und des möglichen Schadensausmaßes von Überflutungsereignissen anhand der örtlichen Gegebenheiten;
3. Verbesserung der Anpassungsfähigkeit kommunaler Entwässerungssysteme; bei notwendiger Verbesserung des Überflutungsschutzes weisen dezentrale Maßnahmen (Versickerung, Rückhalt, getrennte Ableitung, lokaler Objektschutz) gegenüber Elementen des zentralen Ableitungssystems in der Regel größere Flexibilität auf.

Die Nutzung von radargemessenen Niederschlagsdaten wird gerade für die Analyse von Extremereignissen zunehmen. Um aus Radardaten gewonnene Statistiken bewerten zu können, wird empfohlen, die Extremwertstatistiken aus Radarmessungen und aus Stationsmessungen vor diesem Hintergrund der unterschiedlichen Messverfahren zu untersuchen.

Vor diesem Hintergrund plädiert Schmitt (2011) für eine methodische Neuorientierung in der Siedlungsentwässerung in Anlehnung an die Zielvorgaben und methodischen Ansätze der Europäischen Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (EG-HWRM-RL, 2007). Dabei sollte anstelle der bisher vom Sicherheitsdenken geprägten Bemessungs-

und Nachweiskonzepte ein am Risiko orientiertes Handeln gefördert werden. Zentraler Bestandteil einer Risiko bezogenen Konzeption der kommunalen Überflutungsvorsorge ist dabei die Kommunikation verbleibender Überflutungsrisiken, d. h. Aufklärung über die technisch und wirtschaftlich begründete Begrenztheit der Wirkung von Schutzmaßnahmen durch die kommunalpolitisch Verantwortlichen und ihre Fachberater. Ergänzend wird von Schmitt (2011) angeregt, die Weiterentwicklung bisheriger Bemessungs- und Nachweiskonzepte hin zu einer angemessenen Berücksichtigung des stochastischen Charakters der Belastungsgröße Niederschlag und weitergehend auch der „Unsicherheiten“ in der Quantifizierung der sonstigen Eingangsgrößen zu betreiben (u. a. Neumann, 2007; Richardsen, 2002).

5.4.2 Methodischer Ansatz „Gefährdungsanalyse“

Als zentrales Element eines vorsorgenden Überflutungsschutzes für Siedlungsgebiete wird eine systematische, ortsbezogene Analyse der Überflutungsgefährdung gesehen, die über eine schematische Abarbeitung rechnerischer Überstaunachweise deutlich hinausgeht. Das vorgeschlagene Stufenkonzept mit zunehmender Detaillierung und Bearbeitungstiefe beinhaltet die Betrachtungsebenen:

- Topografie und Geländemerkmale,
- Entwässerungsstrukturen und Kanalnetz,
- Bebauungsstruktur sowie
- Gebäude und Infrastrukturanlagen.

Eine inhaltliche Anknüpfung an das Technische Regelwerk ist über DIN EN 752 und den o. g. Arbeitsbericht der DWA-AG ES-2.5 gegeben, wo die Würdigung der Überflutungsgefährdung für Starkregen außerhalb üblicher Bemessungshäufigkeiten nachdrücklich empfohlen wird (DIN EN 752, 2008a; DWA, 2008). Die einzelnen Bearbeitungsschritte in ihrer Abfolge bei zunehmender Bearbeitungstiefe zeigt Bild 12. Eine detaillierte Beschreibung und weitere Erläuterungen hierzu finden sich u. a. in (Schmitt und Worreschk, 2011; Hoppe et al., 2012a).



Bild 12 Bearbeitungsschritte zur Analyse und Bewertung der örtlichen Überflutungsgefährdung (nach Schmitt, 2011)

Die konkrete Eingrenzung örtlicher „Risikobereiche“ in Schritt 5 (Bild 12) wird als besondere Herausforderung gesehen und eher im Sinne einer Kategorisierung denn als Aufstellung verbindlicher Risiko- und Gefahrenkarten zu interpretieren sein. Sie sollte (zunächst) nur intern genutzt und die gegebenen Überflutungsrisiken mehr allgemein kommuniziert werden.

Verschiedene Beiträge auf Fachtagungen zeigen, dass die systematische Gefährdungsanalyse bereits Bestandteil der Projektbearbeitung mit entsprechender Fragestellung geworden ist (u. a. Nichler et al., 2010; Pecher und Hoppe, 2011, Hoppe et al., 2012b).

Derzeit laufen seitens der Fachverbände BWK und DWA Bemühungen, die Thematik Starkregen und urbane Sturzfluten im Hinblick auf eine angemessene Integration ins Regelwerk systematisch aufzuarbeiten (Kissel und Pieroth, 2011; DWA, 2012). Entsprechende Arbeitsgruppen haben 2012 ihre Arbeit aufgenommen.

6 Weiterführende Betrachtungen zur Überflutungsvorsorge

6.1 Sensitivitätsanalysen im Rahmen von Überstaunachweis und Überflutungsbetrachtung

Im Rahmen von Überstaunachweis und Überflutungsbetrachtung sind Schwachpunkte und Leistungsreserven des Kanalnetzes darzustellen. Hierzu gehört u. a. die begründete Variation der Eingangsgrößen und die Analyse der entsprechenden Auswirkungen auf die Berechnungsergebnisse. Maßgeblich sind insbesondere die Betrachtung des Niederschlags, Starkregenauswertungen für unterschiedliche Abschnitte der zugrundeliegenden langjährigen Niederschlagsreihe als Eingangsgröße und Variationen der Starkregenserien und Modellregen sowie z. B. die individuelle Beachtung von Konzentrationszeiten in Teileinzugsgebieten.

Die Variation der Eingangsparameter kann im einfachsten Fall über eine Multiplikation mit festen Faktoren erfolgen, mit denen z. B. die Niederschlagsbelastung (Modellregen, Starkregenserie) verändert wird.

Liegen Klimaprognosen vor, kann der Variationsbereich an die Schwankungsbereiche der Prognosen angepasst werden. Alternativ können neue synthetische Niederschlagsreihen erstellt werden. Weitere Hinweise zu Unsicherheitsbereichen und Möglichkeiten der Sensitivitätsanalyse auch für andere Grundlagendaten sind u. a. in Hoppe (2006) zusammengefasst.

Um die Wirkung der Variation der Bemessungsniederschläge in stadthydrologischen Planungen zu diskutieren, wurde in dem hier dargestellten Beispiel exemplarisch für fünf sehr unterschiedliche Kanalnetze eine Variation des in den aktuellen Planungen jeweils angesetzten Bemessungsniederschlags untersucht (schrittweise Erhöhung um jeweils 5 %; insgesamt um bis zu 45 %). Hierbei wurde jeweils die Zahl der überstauten Schächte ausgewertet (LANUV, 2010b).

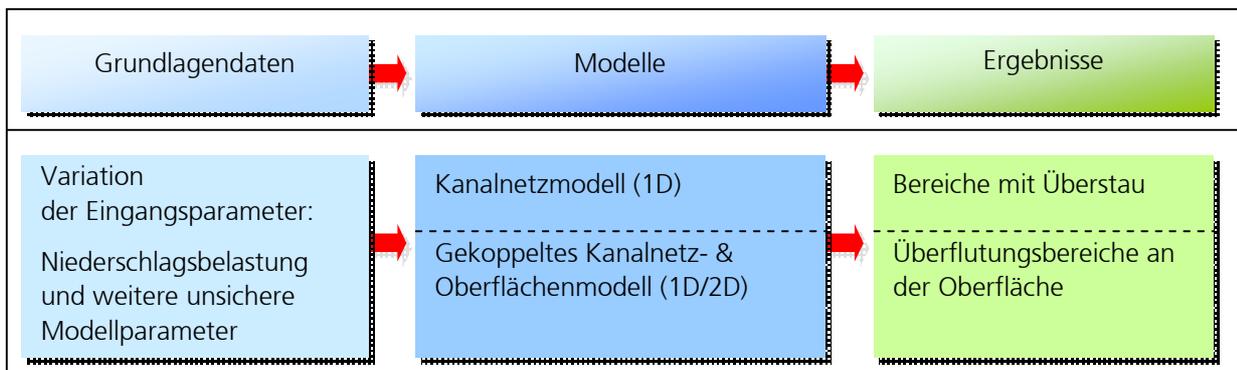


Bild 13 Konzeptionelles Vorgehen im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse zu Überstaunachweisen und Überflutungsbetrachtungen (aus Dr. Pecher AG, 2011)

In Tabelle 9 sind 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 auf Netzüberlastungen (1 % bis 16 %), während für das Netz Bergisches Land Süd eine Erhöhung des Niederschlags um 5 % eine Zunahme der überstauten Schächte von bis zu 32 % bewirkt.

Die Auswertungen zeigen deutlich, dass die Auswirkungen je nach Topologie des Netzes und der aktuellen Auslastung stark variieren, und dass eine Erhöhung des Bemessungsniederschlags hinsichtlich der überstauten Schächte auch ohne gravierende Auswirkungen bleiben kann, wenn ausreichende Leistungsreserven vorhanden sind.

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. Diese Bereiche sollten in einer Übersichtskarte gemeinsam mit den Nutzungen (insbesondere Darstellung der kritischen Infrastruktur wie Krankenhäusern, Unterführungen etc.) dargestellt werden.

Extremwertstatistische Untersuchungen vor dem Hintergrund des Klimawandels für Niederschlagsreihen in Dänemark zeigen ebenfalls positive 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). Im Rahmen des For-

schungsprojektes SUDPLAN entwickelt das SMHI derzeit ein Tool zur Variation lokaler Regenreihen vor dem Hintergrund des Klimawandels (Olsson et al., 2012).

Tabelle 9 Veränderung der Anzahl überstauer Schächte aufgrund einer schrittweisen Erhöhung (um jeweils 5 %; bis insgesamt max. 45 %) des Bemessungsniederschlags Euler Typ II der entsprechenden Rasterzelle nach KOSTRA, $n = 0,33$; $D = 60$ min aus LANUV (2010b)

Netz	Netzart (Gefälle)	minimale und maximale Zunahme überstauer Schächte
Bergisches Land Süd	steil bis 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 %

6.2 Prüfung örtlicher Gegebenheiten

Die Auswirkungen von Starkregenniederschlägen auf die Abflussvorgänge im Kanalnetz und auf der Oberfläche sowie die möglichen Vorsorgemaßnahmen sind in hohem Maße von lokalen Verhältnissen abhängig und erfordern daher in jedem Fall eine Bewertung der Situation in der Örtlichkeit. Hierbei sollte eine Ortsbegehung im Vorfeld sorgfältig vorbereitet werden. Insbesondere die stereoskopische (räumliche) Auswertung von geeigneten Luftbildern vermittelt dem Experten wesentliche Erkenntnisse über die topographische Situation sowie die Bebauungsstrukturen und sonstigen Flächennutzungen.

Auf dieser Grundlage können in Verbindung mit den hydraulischen Randbedingungen im Rahmen einer Ortsbegehung durch erfahrene Experten das Gefährdungs- und Schadenspotential abgeschätzt, die möglichen Auswirkungen von Starkniederschlägen bewertet und Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge geplant werden (Bild 14). In die Bewertungen müssen Informationen zum bisherigen Systemverhalten einfließen (Messdaten, Aufzeichnungen des Kanalbetriebs, Feuerwehreinsätze etc.). Die Modellrechnungen sollten hierzu für alle Netzpunkte mit Überstau über Gelände wenigstens das Volumen des „ausgetretenen“ Misch- oder Regenwassers sowie die Dauer des rechnerischen Überstaus ausweisen.

Im Rahmen der Ortsbesichtigung ist dann der Verbleib des rechnerisch „ausgetretenen“ Misch- oder Regenwassers und mögliche Oberflächenfließwege zu bewerten und

die Nutzungen zu berücksichtigen. Je nach Örtlichkeit kann es erforderlich sein, die Ortsbesichtigung bei Niederschlag durchzuführen. Besondere Bedeutung haben hierbei:

- Muldenlagen und Übergänge von Steil- zu Flachstrecken,
- Gebiete mit abgesenkten Bordsteinen,
- Art, Anzahl und Lage der Schächte und Straßeneinläufe,
- tiefliegende Nutzungen (Unterführungen, Tiefgaragen, Souterrainwohnungen etc.),
- „barrierefreie“ Zugänge zu privaten und öffentlichen Gebäuden,
- Anzahl, Lage und Funktion von zentralen und dezentralen Regenwasserbehandlungs- und Versickerungsanlagen sowie deren Notüberläufe,
- mögliche Oberflächenfließwege zu Freiflächen (Notrückhalt) und
- Lage und Verlauf (auch temporär trockener) Gewässer und Straßenseitengräben.



Bild 14 Erstbewertung oberflächlicher Fließwege und der Nutzungen (tiefliegende Fenster, Garageneinfahrt) in einem überflutunggefährdeten Bereich (Bilder: Dr. Pecher AG)

6.3 Messtechnische Bewertung hydraulischer Zwangspunkte

Nicht immer treten Überflutungen erst bei Starkregenereignissen auf, die Wiederkehrlhäufigkeiten nach DIN EN 752 erreichen oder überschreiten. Häufig werden lokal auch Überflutungen beobachtet, obwohl in einer aktuellen Nachrechnung mit einem Kanalnetzmodell keine kritischen Netzbereiche ausgewiesen wurden.

Die Erfahrungen zeigen, dass in diesen Fällen die Überflutungen insbesondere an kritischen hydraulischen Zwangspunkten auftreten, die in 1D-Kanalnetzmodellen ggf. nur unzureichend abgebildet wurden oder aufgrund der komplexen Abflussvorgänge nicht zutreffend abgebildet werden können.

Hierzu gehören z. B. Kanalabschnitte und Schächte, an denen das Abflussvermögen aufgrund höherer Einzelverluste und insbesondere aufgrund hydraulisch ungünstiger Ausbildungen reduziert wird. In der Regel wird an diesen Punkten ein „Zuschlagen“ des Kanals vor Erreichen des Abflussvermögens bei Vollfüllung begünstigt. Teilweise weichen in diesen Fällen auch die ausgeführten Bauwerke von den Planvorgaben ab, so dass in jedem Fall Bestandspläne zu sichten und im Rahmen eines Ortstermins zu überprüfen sind (auch Auswertung Kanalinspektion). Ergänzend sind die Erfahrungen des Kanalbetriebs und Auswertungen zum Systemverhalten zu berücksichtigen (Verlegungen, Überstau, Prüfberichte Drosselkalibrierung etc.).

Bauwerke, an denen die o. g. Randbedingungen vorliegen können, sind insbesondere:

- Verzweigungen im Netz,
- Vereinigungsbauwerke,
- sprunghafte Querschnittsveränderungen,
- Drosselbauwerke,
- Bauwerke zur Misch-/Regenwasserbehandlung oder -versickerung,
- Entlastungsbauwerke,
- „Kurvenbauwerke“ (Schächte mit starkem Richtungswechsel) sowie
- Übergangsbereiche „Steilstrecke – Flachstrecke“.

Ist ein derartiger hydraulischer Zwangspunkt identifiziert und lässt sich eine Abbildung der realen hydraulischen Verhältnisse in einem 1D-Kanalnetzmodell nicht umsetzen, sollten – bei übergeordneter Bedeutung des Zwangspunktes für das Abflussgeschehen

im Netz - das hydraulische Verhalten und die Abflusskapazität im Rahmen einer Messkampagne bewertet werden. Hierzu sind an dem hydraulischen Zwangspunkt selbst sowie unterhalb und oberhalb im Kanalnetz Wasserstands- und ggf. Abflussmessungen zu installieren. Ergänzend ist zu prüfen, ob eine unmittelbare Gefahr von dem zu untersuchenden Netzabschnitt ausgeht und Sofortmaßnahmen ergriffen werden müssen.

Die Auswertungen der Messdaten ermöglichen eine Aussage zu den tatsächlichen hydraulischen Zwangspunkten und bilden die Grundlage der Maßnahmenwahl.

Oftmals lässt sich mittels der Messungen nachweisen, dass unterhalb im Netz noch Kapazitäten verfügbar sind, an dem untersuchten Zwangspunkt jedoch schon ein Wasseraustritt auf die Oberfläche beobachtet wird. In diesen Fällen sind die entsprechenden Kanalabschnitte hydraulisch zu überplanen oder z. B. Rückhaltungen oberhalb im Kanalnetz vorzusehen.

Alternativ zu den Messungen in der Örtlichkeit ist die Untersuchung der Leistungsfähigkeit im Rahmen von Modellversuchen oder durch 3D-Strömungsberechnungen (CFD-Berechnungen) möglich. Auch hier sollte der erforderliche Untersuchungsaufwand im Lichte der Bedeutung des Zwangspunktes bewertet werden.

6.4 Modelltechniken für Überstaunachweise und Überflutungsbetrachtungen

Zur Bewertung der hydraulischen Leistungsfähigkeit bestehender Entwässerungssysteme ist – vor allem für größere Einzugsgebiete und Netze eine hydraulische Nachweisrechnung angeraten. Dies gilt insbesondere, wenn Systemüberlastungen beobachtet wurden oder abflussbeeinflussende Veränderungen im Einzugsgebiet der Kanalisation geplant sind. Nach DWA-A 118 (2006) wird hierzu der Einsatz hydrodynamischer Kanalnetzmodelle empfohlen (Tabelle 10). Die hydraulische Nachrechnung sollte durch Auswertungen des Systemverhaltens bei aufgetretenen Starkregenereignissen und evtl. vorliegenden Messungen ergänzt respektive verifiziert werden. Neben einem hydrodynamischen Kanalnetzmodell (1D), das zur Nachweisrechnung im Rahmen des Überstaunachweises eingesetzt wird, sind im Rahmen detaillierter Überflutungsbetrachtungen für identifizierte Bereiche mit hervorgehobener Überflutungsgefährdung auch die Wasserstände und Abflussvorgänge auf der Oberfläche abzubilden und zu bewerten.

Im Vorfeld zu Detailbetrachtungen mit gekoppelten 1D-2D-Modellen können im Rahmen einer Grobanalyse für größere Einzugsgebiete Fließwege auf der Grundlage digitaler Geländemodelle (DGM) abgeschätzt werden. Je nach gewünschter Modellaussage und Einzugsgebietscharakteristik ist eine Kombination aus Grob- und Detailanalyse festzulegen (Tabelle 10 und Bild 15).

Tabelle 10 Modelleinsatz im Rahmen von Überstaunachweis und Überflutungsbetrachtung (nach Hoppe et al., 2012a)

Aufgabestellung	hydrodynamisches Kanalnetzmodell (1D)	hydrodyn. Kanalnetz-Oberflächenmodell (1D/2D)	DGM-Auswertungen (hydrologisches Modell & GIS)
Überstaunachweis (Kanalnetzberechnung & Modellkalibrierung)			
Überstaunachweis	empfohlen	möglich	nicht möglich
Maßnahmenplanung	empfohlen	möglich	nicht möglich
Überflutungsbetrachtungen (Kanalnetz und Einzugsgebiet)			
Grobanalyse (große Einzugsgebiete)	empfohlen (Überstauvolumen ermitteln)	beschränkt möglich	empfohlen
Detailanalyse (Überflutungsbereiche)	beschränkt möglich (Überstauvolumen ermitteln)	empfohlen	stark begrenzte Aussage
Maßnahmenplanung	empfohlen (Überstauvolumen ermitteln)	empfohlen	stark begrenzte Aussage

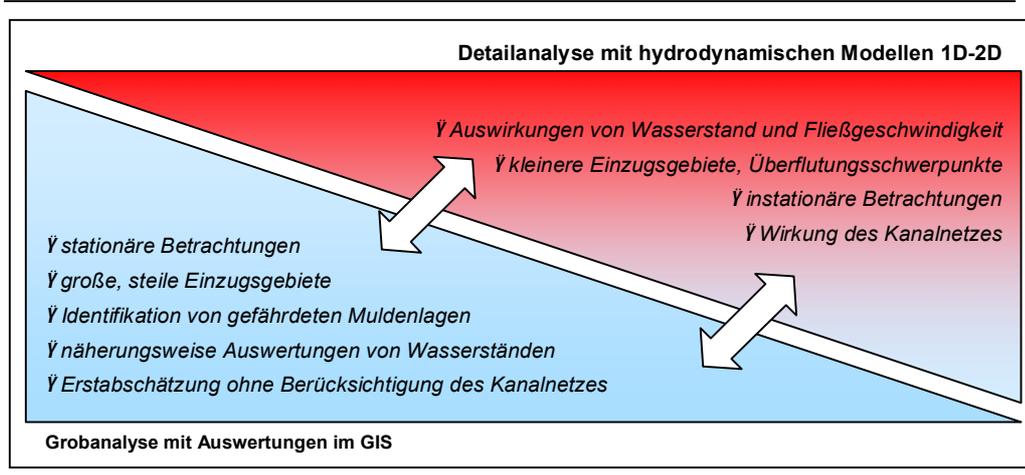


Bild 15 Möglichkeiten zur sinnvollen Kombination von Grob- und Detailanalyse mit Auswertungen in einem GIS und hydrodynamischen 1D-2D-Modellen (Hoppe et al., 2012a)

Hierzu eignen sich neben hydrodynamischen 2D-Oberflächenmodellen insbesondere für größere Gebiete auch Auswertungen der Fließwege auf der Grundlage geographischer Informationssysteme mit digitalen Geländemodellen und vereinfachten Abfluss-Volumen-Bilanzen (z. B. D8-Algorithmus; D8-infinity-Algorithmus; s. u. a. Traboton, 1997; Hösl, 2009).

Neben dem Einfluss von Fließhindernissen, z. B. über Informationen aus dem allgemeinen Liegenschaftskataster (ALK) oder Auswertungen von Luftbildern, sind Einflüsse von Oberflächengewässern und mögliche Überleitungen des Kanalnetzes bei nicht gekoppelten Modellen und Auswertungen zu prüfen. Anwendungsbereiche der Grob- und Detailanalyse sind in Tabelle 11 zusammengestellt. Aufwand und Nutzen sind bei der Vorgehenswahl sorgsam abzuwägen. Hierbei gilt es insbesondere folgende Randbedingungen zu berücksichtigen:

- Größe, Gefälle und Nutzung (befestigt/unbefestigt) des Einzugsgebietes,
- Einfluss und Abbildung von Polderlagen,
- Gebiete ohne Zufluss von der Oberfläche, aber mit Verbindung zum Kanalnetz,
- Einfluss von kleineren Gewässern (Rückstau, Überschwemmung),
- Nutzungen in Bereichen mit hohen Fließgeschwindigkeiten auf der Geländeoberfläche,
- Unsicherheiten der Auswertungen bei flachen Einzugsgebieten,
- Wasserstände, Fließgeschwindigkeiten und Überflutungsgefahren im Bereich der ermittelten Hauptfließwege.

Tabelle 11 Einsatzbereiche von Analysen der Oberflächenfließwege mittels GIS und gekoppelter hydrodynamischer Kanalnetz-Oberflächen-Modelle zur Grob- und Detailanalyse im Rahmen von Überflutungsbetrachtungen (nach Hoppe et al., 2012a)

Aufgabestellung	Grobanalyse von Fließwegen und stationären Wasserständen im GIS	Detailanalyse mit hydrodynamischen 1D-2D-Modellen
Einzugsgebiete und Modellaufbau		
Einzugsgebiete	Bearbeitung größerer Einzugsgebiete stadtgebietsweit möglich	derzeit auf kleinere Einzugsgebiete (Quartiere) beschränkt
Grundlagendaten	Modellaufbau auf Basis aktueller Höhendaten (DGM1/5) und Flächennutzungen	Modellaufbau auf Basis eines hydrodynamischen Kanalnetzmodells, aktueller Höhendaten (DGM1) und Flächennutzungen
Modellaussagen und Anwendungsbereiche		
Fließwege	Analyse der Fließwege (ohne Wasserstände)	Analyse der Fließwege (inkl. Wasser- stände und Fließgeschwindigkeit)
Wasserstände	vereinfachte Berechnung stationärer Wasserstände in Muldenlagen	instationäre Berechnung für die gesamte Oberfläche
Fließ- geschwindigkeit	keine Aussagen/Abschätzung	instationäre Berechnung für die gesamte Oberfläche
Wirkung Kanalnetz	keine Aussagen/Abschätzung	bidirektionale Kopplung
Wirkung Gewässer	keine Aussagen/Abschätzung	Berücksichtigung möglich

6.5 Möglichkeiten zur Integration der Ergebnisse der Überflutungsbetrachtungen in Stadtplanung und Stadtentwicklung

Ergebnisse zu Überflutungsrisiken aus Kanalnetzen und urbanen Gewässern, die in urbanen Gefahrenkarten dargestellt werden sollten, stellen auch wichtige Informationen für Aufgaben der Stadtplanung und der Stadtentwicklung dar.

Die gesetzliche Grundlage der Stadtplanung bildet das Baugesetzbuch (BauGB, 2011). Die Bauleitplanung mit den Instrumenten des Flächennutzungsplans (FNP) und des Bebauungsplans nimmt dabei eine zentrale Rolle ein.

Da die Flächennutzungspläne das gesamte Stadt-/Gemeindegebiet umfassen und die Bebauungspläne für Teilbereiche aufgestellt werden, eignen sich diese beiden Planwerke auch ideal, um Informationen aus der Überflutungs- und Gefährdungsanalyse in unterschiedlichem Detaillierungsgrad aufzunehmen.

Flächennutzungspläne, die aus dem Regionalplan entwickelt werden, decken mit einem Planungshorizont von rund 15 Jahren einen Zeitraum ab, in dem auch Konzepte zur Generellen Entwässerungsplanung grundlegend überarbeitet werden. Gefährdungsanalysen auf Grundlage von Fließweganalysen weisen eine vergleichbare räumliche Detaillierung auf.

Bebauungspläne sind dagegen parzellenscharf und werden ggf. vorhabensbezogen aufgestellt (Vorhabens- und Erschließungspläne). Ergebnisse von gekoppelten 1D-2D-Kanalnetz- und Oberflächenmodellen lassen sich damit problemlos mit Vorgaben aus den Bebauungsplänen abgleichen bzw. in diesen berücksichtigen.

Der Leitfaden „Hochwassergefahrenkarten Baden-Württemberg“ (Umweltministerium BW, 2005) enthält Vorschläge zur Integration der Hochwassergefahrenkarten in die Prozesse der Raumordnung und des Baurechts, die sich auf die urbanen Gefahrenkarten übertragen lassen.

Informationen zur Überflutungssituation können grundsätzlich unter das Umweltinformationsgesetz fallen (UIG 2004, UIG NRW 2007), denn „unabhängig davon, ob man das Niederschlagswasser als Umweltbestandteil nach § 2 Abs. 3 Nr. 1 UIG und das Abwasser als Emission oder Ableitung nach § 2 Abs. 3 Nr. 2 UIG betrachtet, geht es hier letztendlich um Informationen über den Zustand und die Auswirkungen auf den Boden der von der Überflutung bedrohten Grundstücke“ (LANUV, 2012).

Durch die Übermittlung urbaner Gefahrenkarten können personenbezogene Daten der Eigentümer der sich auf der Karte befindlichen privaten Grundstücke offenbart werden; dadurch werden auch die Interessen der privaten Grundstückseigentümers möglicher-

weise (erheblich) beeinträchtigt, soweit es sich um von der Überflutung gefährdete Grundstücke handelt.

Die insoweit betroffenen privaten Grundstückseigentümer wären ggf. durch die Gemeinde vor der Entscheidung über die Offenlegung der Karte anzuhören.

Fehlt eine Einverständniserklärung, ist eine Abwägung zwischen öffentlichem Interesse an der Bekanntgabe der personenbezogenen Daten (Aussage über die Überflutungsgefahr eines Grundstücks) und den privaten Interessen des Grundstückseigentümers vorzunehmen. Eine aktive Unterrichtungspflicht der Gemeinden in Hinblick auf die Überflutung besteht nach UIG derzeit nicht.

Enge fachliche und inhaltliche Verknüpfungen der urbanen Gefahrenkarten mit Informationen zur Überflutungsgefahr bzw. zur Vorsorge bestehen darüber hinaus mit den Hochwasserrisikomanagementkarten und -plänen.

Mit der Umsetzung der Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (EG-HWRM-RL2007) wurde den Aktivitäten zum Hochwasserschutz ein neuer Rahmen gegeben, der aktuell zur Erarbeitung von Hochwassergefahren und Hochwasserrisikokarten umgesetzt wird (MKULNV, 2010). Bis Ende 2015 werden hierzu entsprechende Hochwasserrisikomanagementpläne erstellt und veröffentlicht.

Gefährdungen gehen jedoch nicht nur von den natürlichen Gewässern aus, sondern auch von urbanen Sturzfluten und Überflutungen aus dem Kanalnetz. Letztere werden in die Darstellungen der Hochwasserrisikokarten jedoch bisher explizit nicht aufgenommen, da sie durch „andere Normen“ abgedeckt sind (MKULNV, 2010).

In urbanen Räumen sind kleinere Gewässer und das Kanalnetz häufig eng miteinander verknüpft. Überlaufschwelen von Regenentlastungsbauwerken schützen, wenn überhaupt, i. d. R. nur gegen 10-jährliche Hochwasser. Starkregenereignisse, die zu Hochwässern in den urban geprägten Gewässern führen, rufen in vielen Fällen auch Überlastungen des Kanalnetzes hervor. Abwassertechnische Einrichtungen, insbesondere Bauwerke der Kanalisation, sind derzeit in vielen Hochwasserrisikomanagementkarten nicht dargestellt und in den Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten (LAWA, 2010) auch nicht explizit genannt. Schäden an diesen Anlagen können jedoch weitreichende Auswirkungen haben.

Vor diesem Hintergrund sollten Methoden und Ergebnisdarstellungen der Hochwasserrisikokarten und Managementpläne zukünftig auf Fragestellungen im urbanen Raum mit Berücksichtigung des Kanalnetzes übertragen werden.

7 Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge

7.1 Überblick

Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge vor dem Hintergrund des Klimawandels lassen sich nach **HANDLUNGSFELDERN** und dem primären **WIRKUNGSFELDERN** gruppieren, wie sie in der nachfolgenden Tabelle dargestellt sind.

Für Planer und Betreiber entsteht aus diesen Kategorien eine übersichtliche Zusammenstellung und letztendlich lassen sich nahezu alle in der Literatur beschriebenen Maßnahmen diesen Kategorien zuordnen.

Tabelle 12 Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge vor dem Hintergrund des Klimawandels lassen sich nach **HANDLUNGSFELDERN** und dem primären **WIRKUNGSFELD** gruppieren

Handlungsfeld	Abkürzung	Betätigungsfeld
KANALNETZ und EINZUGSGEBIET	KA	klassische Entwässerungsplanung
GEWÄSSER und EINZUGSGEBIET	GE	klassischer Wasserbau
STADTPLANUNG	ST	Oberflächengestaltung, Flächennutzung
OBJEKTSCHUTZ-/PLANUNG	OB	Bau-/Maßnahmen am Objekt/ privates Handeln
KOMMUNIKATION / ORGANISATION	KO	Vorsorge, Betrieb, Warnung
Wirkungsfeld		
RETENTION	R	Rückhalt; Abflussverzögerung
ERHÖHUNG ABFLUSSVERMÖGEN	A	beschleunigte, gesicherte Ableitung
ÜBERFLUTUNGSVORSORGE	Ü	Objekt- bzw. Personenschutz
ENTKOPPLUNG/ABKOPPLUNG	E	Niederschlagswasser ortsnah versickern
BEHANDLUNG	B	kein primäres Handlungsfeld zur Überflutungsvorsorge
SONSTIGE WIRKUNG	S	im jeweiligen Handlungsfeld

Werden die Ursachen und Auswirkungen von Überflutungsereignissen wie in Kapitel 4 beschrieben untersucht, lassen sich adäquate Maßnahmen aus den oben genannten Kategorien zur Überflutungsvorsorge identifizieren. Die Einzelmaßnahmen sind in Kapitel 7.2 und Kapitel 7.3 in Steckbriefform zusammengestellt worden.

In den letzten Jahren ist eine Vielzahl von Maßnahmen zur wassersensiblen Stadtentwässerung detailliert beschrieben worden. Ziel dieses Berichts ist daher eine übersichtliche Zusammenstellung und aktuelle Bewertung von Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge. Im Rahmen von Detailplanungen können daher u. a. folgende Literaturstellen beachten werden:

- Handbuch Stadtklima (MUNLV, 2011),
- Abschlussbericht Wassersensible Stadtentwicklung (Pinnekamp et al., 2008),
- Abschlussbericht Klimawandel und Kanalnetzberechnung KuK (LANUV, 2010b),
- Abschlussbericht „Urbane Sturzfluten“ (URBAS, 2008),
- Climate Cookbook (Paludan et al., 2010),
- Abschlussbericht KRisMa „Kommunales Risikomanagement Überflutungsschutz“ (Schmitt und Worreschk, 2011),
- Abschlussbericht – Leitfaden dynaklim (DYNACLIM, 2012),
- Broschüre UBA „Das Klima ändert sich, was können wir tun – Beispiele der Anpassung vor Ort“ und Kompass Tatenbank (UBA, 2011 und 2012).

Eine umfassende Zusammenstellung von Projektbeispielen zum Thema „Klimaanpassung“ hat das Umweltbundesamt seit 2011 in einer Datenbank zusammengefasst (UBA, 2012).

„Die KomPass Tatenbank dokumentiert Projekte und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel. Sie bietet für alle Interessierten ein Forum, um eigene Anpassungsprojekte eigenständig einzutragen und vorzustellen. Zudem können sie hier Anregungen aus den Maßnahmen anderer gewinnen. Der Schwerpunkt der „Tatenbank“ liegt auf lokalen und regionalen Maßnahmen, die in Deutschland durchgeführt wurden oder sich noch in der Umsetzung befinden. Zusätzlich zu inländischen Maßnahmen werden auch ausgewählte Beispiele aus dem Ausland dokumentiert.“

In dieser Datenbank finden sich auch zahlreiche Beispiele aus dem Bereich Stadtentwässerung (u. a. beschrieben in Arnold, 2011).

Tabelle 13 Übersicht zur Maßnahmenzusammenstellung (Auswahl) aus der Literatur

Literaturquelle/Maßnahme	Primäres Handlungsfeld	Primäres Wirkungsfeld	Referenz
„Wassersensible Stadtentwicklung“ (Abschlussbericht)			
Einbindung/Nutzung von Industriebrachen und Transformationsflächen (z. B. unter den Aspekten Retention, Separierung behandlungsbedürftiger Abflüsse Abkopplung; s. u.)	ST/KA	R/E	S. 33 – 35
Einbindung/Nutzung Grünflächen (Grünzüge, Parks, ...) als Überflutungsflächen	ST	R	S. 39 – 41
Flachdächer begrünen	ST/OB	R	S. 48
Öffentliche Freiflächen als „Versickerungseinrichtungen“	ST	R/E	S. 42 – 43
Zeitweiser Einstau von Niederschlagswasser auf Garagenhöfen (Tiefpunkt des umliegenden Gelände und die Straßeneinläufe im EZG sollten eine vergleichsweise geringe Wasseraufnahmekapazität aufweisen,) bewusste Erhöhung der einzelnen Garagen	OB/ST	R	S. 43- 45
Maßnahmen im Straßenraum	ST/KA	A, E, R, Ü	S. 46
Versickerungsmulden, Mulden-Rigolen-Systeme, Rohr-Rigolen-Systeme	KA/ST	E	Anhang 1
Retentionsteiche	KA/ST	R	Anhang 1
Wasserplätze	ST/KA	R	Anhang 1
Handbuch Stadtklima (Kurzbericht)			
Rückbau versiegelter Flächen	ST	E	S. 47
Flächennutzung an Hängen, abfluss- und erosionsmindernde Maßnahmen	ST	R/S	S. 47
Verbesserung bzw. Ermöglichung der Versickerung von Niederschlagswasser vor Ort	KA/ST	E	S.48 - 49
Schaffung von Niederschlagszwischenspeichern und Notwasserwegen	ST/KA	A, R	S. 49 - 50
Maßnahmen der Informations- und Verhaltensvorsorge	KO	Ü	S. 51
Maßnahmen des Objektschutzes	OB	Ü	S. 52
Schutzmaßnahmen beim Eintreten eines Extremereignisses	OB/KO	B, S	S 53

Literaturquelle/Maßnahme	Primäres Handlungsfeld	Primäres Wirkungsfeld	Referenz
Klimawandel und Kanalnetzberechnung (Abschlussbericht)			
Erweiterung von Straßenseitengräben	KA/ST	A, E, R	S. 25
gezielte Ableitung bei Starkregen auf der Oberfläche	ST/KA	A	S. 25
Rückhaltungen auf Freiflächen (Flutmulden)	ST/KA	R	S. 25
Abstimmung Stadt-/Raumplanung/Stadtentwässerungsplanung u. -betrieb	KO	B, S	S. 75
Rückhaltung im Kanalnetz	KA	R	S. 76
Monitoring Bauwerke / Betriebssicherheit / Messtechnische Überwachung (insbesondere dezentraler Anlagen)	KA	A	S. 78
Bürgerinformationen	KO	Ü	S. 79
gezielter Objektschutz	OB	Ü	S. 79
Aktivierung von Bauwerksvolumen (Steuerung)	KA	A, R	S. 81
Flächenabkopplung	KA	E	S. 81
Dezentrale Regenwasserbehandlung und -rückhaltung	KA	E, B, R	S. 82

Vergleichbar zur Kategorisierung der Niederschlagsereignisse lassen sich die nachfolgend zusammengestellten Maßnahmen einem Anwendungsbereich bezogen auf die Auftretenswahrscheinlichkeit der Niederschlagsereignisse zuordnen.

Maßnahmen im Kanalnetz zum Ausbau der hydraulischen Leistungsfähigkeit kommen insbesondere in Betracht, wenn bereits bei Ereignissen geringerer Wiederkehrzeiten (z. B. < 20 Jahre) oder mit aufgetretenen Überflutungsprobleme auftreten.

Maßnahmen zur oberflächlichen Ableitung von Niederschlagswasser und Maßnahmen zum Objektschutz werden vorrangig im Rahmen der Vorsorge gegen Niederschläge mit sehr geringer Auftrittswahrscheinlichkeit (Wiederkehrzeit $T_n > 20$ Jahre) zur Anwendung kommen. In Mischsystemen sind Ableitungen auf der Oberfläche sorgsam abzuwägen.

Letztendlich ist in allen Fällen eine sinnvolle Maßnahmenkombination aus (dezentralem) Rückhalt vor Ort, Ableitung im Kanalnetz, Ableitung auf der Oberfläche und lokalen Maßnahmen zum Objektschutz zu erarbeiten.

Tabelle 14 Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge mit Angabe des Hauptanwendungsbereichs (H - dunkelblau) und des erweiterten Anwendungsbereichs in Kombination mit anderen Maßnahmen (E - hellblau)

Maßnahmen im Entwässerungssystem	Anhaltswerte T=				
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="background-color: #90EE90; padding: 2px;">Überstau</div> <div style="background-color: #FFD700; padding: 2px;">Überflutung</div> <div style="background-color: #FF0000; padding: 2px;">Extremereignis</div> </div>				
	5	10	30	50	100
Ausbau der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Kanalnetze (Kap. 7.2.1)	H	H	H	E	E
Aktivierung oder Neubau von Speichervolumen im Kanalnetz (Kap.7.2.2)	H	H	H	E	E
Kanalnetzsteuerung (Kap. 7.2.3)	H	E	E		
bauliche Sanierung von Durchlässen, Einlaufbauwerken und Rechenanlagen (Kap.7.2.4)	H	H	H	H	H
Sanierung der Drosseleinrichtungen an Rückhalteräumen und sonstige hydraulische Zwangspunkte (Kap. 7.2.5)	H	H	E	E	E
Maßnahmen im Einzugsgebiet					
Gezielte Ableitung von Niederschlagswasser auf der Oberfläche (Kap. 7.3.1)		E	E	H	H
Gezielte Retention von Niederschlagswasser auf der Oberfläche (Kap. 7.3.2)		E	E	H	H
Maßnahmen an Straßeneinläufen (Kap. 7.3.3)	H	H	H	H	H
Maßnahmen an Grundstücksentwässerungsanlagen (Kap. 7.3.4)	H	H	H	H	H
Maßnahmen zum gezielten Objektschutz (Kap. 7.3.5)		E	E	H	H
Versickerung von Niederschlagswasser (Kap. 7.3.6)	H	H	E	E	E
Querbauwerke und Deichanlagen an urbanen Gewässern (Kap. 7.3.7)	E	E	E	H	H

7.2 Technische Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge im Entwässerungssystem

7.2.1 Ausbau der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Kanalnetze

Maßnahme	Ausbau der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes
Handlungsfeld	KANALNETZ und EINZUGSGEBIET (KA)
Wirkungsfeld	ERHÖHUNG ABFLUSSVERMÖGEN (A)
Beispiele	Vergrößerung der vorhandenen Durchmesser, Neubau von Entlastungskanälen, Anpassung des Gefälles, Bau von offenen Entlastungsgräben mit Verbindung zum Kanalnetz
wichtige Richtlinien	DWA-A 118, DWA-A 111, DIN EN 752
Hinweise zur Umsetzung	Besondere Aufmerksamkeit muss dem Schutz der Unterlieger bei der Planung zukommen, Polderlagen sind bei Bedarf gegen „Flutung“ über das Kanalnetz besonders zu schützen
Günstige Randbedingungen	Niedrige Tiefenlage des vorhandenen Kanalnetzes, freie Bauflächen, Anwendung insbesondere im Mischsystem mit Maßnahmen zur Ableitung auf der Oberfläche abzuwägen
Ungünstige Randbedingungen	Beengte Platzverhältnisse im Innenstadtbereich; guter baulicher Zustand des vorhandenen Netzes
Vorteile	Keine Nutzungseinschränkungen und keine Unfallgefahren im öffentlichen Raum; Synergien bei erforderlicher baulicher Sanierung; langjährige Erfahrungen in Planung, Genehmigung, Bau und Betrieb der Anlagen, Kosten-Nutzen-Betrachtung sehr gut möglich; auch im Innenstadtbereich häufig technisch i. d. R. umsetzbar, dann jedoch hohe Kosten, Stufenausbau meistens abschnittsweise sinnvoll möglich
Nachteile	Ableitungsvermögen aus Kostengründen i. d. R. auf mittlere Starkregen begrenzt, wenn keine Maßnahmen auf der Oberfläche oder zur Retention flankierend durchgeführt werden
Erfahrungen	Langjährige Erfahrungen in Planung, Genehmigung, Bau und Betrieb der Anlagen
Vorrangiger Einsatzbereich	Berücksichtigung bei der Sicherstellung der Anforderungen nach DWA-A 118 zur Vermeidung von Überstau/Überflutungen bis zu Niederschlägen mit Wiederkehrzeiten von bis ca. zu T = 50 Jahre; i. d. R. gute Ergänzung in Verbindung mit der Planung von Notwasserwegen bei Extremereignissen
Literaturbeispiele	DWA-Regelwerk

7.2.2 Aktivierung oder Neubau von Speichervolumen im Kanalnetz

Maßnahme	Aktivierung oder Neubau von Speichervolumen im Kanalnetz
Handlungsfeld	KANALNETZ und EINZUGSGEBIET (KA)
Wirkungsfeld	RETENTION (R)
Beispiele	Bau von Regenrückhalteräumen (z. B. RRR, RRB, RÜB, SK) oder zentralen Regenwasserbehandlungsanlagen mit Speicherkapazität, z. B. Regenklärbecken ohne Dauerstau (RKB oD)
wichtige Richtlinien	DWA-A 118, DWA-A 117, DWA-A 166, DWA-M 176, DIN EN 752
Hinweise zur Umsetzung	Häufig ist ein Stufenausbau sinnvoll, so dass eine entsprechende Flächenvorsorge berücksichtigt werden sollte
Günstige Randbedingungen	Geringe Tiefenlage des vorhandenen Kanalnetzes, freie Bauflächen, Anwendung im Trenn- und Mischsystem, insbesondere im Mischsystem mit Maßnahmen zur Ableitung auf der Oberfläche abzuwägen (Hygiene)
Ungünstige Randbedingungen	Beengte Platzverhältnisse im Innenstadtbereich
Vorteile	Keine Nutzungseinschränkungen und keine Unfallgefahren im öffentlichen Raum; Synergien bei erforderlicher baulicher Sanierung; langjährige Erfahrungen in Planung, Genehmigung, Bau und Betrieb der Anlagen; Kosten-Nutzen-Betrachtung sehr gut möglich; auch im Innenstadtbereich technisch umsetzbar, dann jedoch ggf. hohe Kosten,
Nachteile	Retentionsvermögen bei geschlossenen Bauwerken aus Kostengründen i. d. R. auf mittlere Starkregen begrenzt, wenn keine Maßnahmen auf der Oberfläche flankierend durchgeführt werden; Stufenausbau häufig möglich, daher sehr flexibel
Erfahrungen	Langjährige Erfahrungen in Planung, Genehmigung, Bau und Betrieb der Anlagen
Vorrangiger Einsatzbereich	Berücksichtigung bei der Sicherstellung der Anforderungen nach DWA-A 118 zur Vermeidung von Überstau/Überflutungen bis zu Niederschlägen mittlerer Wiederkehrzeiten (bis ca. T = 50 Jahre) i. d. R. gute Ergänzung in Verbindung mit der Planung von Notwasserwegen bei Extremereignissen (Notüberlauf konstruktiv vorsehen)
Literaturbeispiele	DWA-Regelwerk

7.2.3 Kanalnetzsteuerung zur Aktivierung und Verknüpfung von Speicher- und Behandlungsvolumen

Maßnahme	Kanalnetzsteuerung zur Aktivierung/Verknüpfung von Speicher- und Behandlungsvolumen
Handlungsfeld	KANALNETZ und EINZUGSGEBIET (KA)
Wirkungsfeld	RETENTION (R) und/oder ERHÖHUNG ABFLUSSVERMÖGEN (A)
Beispiele	Gezielte Aktivierung von Speichervolumen beim Neubau oder Nachrüstung von Regenrückhalteräumen (z. B. RRR, RRB, RÜB, SK) oder zentralen Regenwasserbehandlungsanlagen mit Speicherkapazität, z. B. Regenklärbecken ohne Dauerstau (RKB oD)
wichtige Richtlinien	DWA-A 118, DWA-M 180, DIN EN 752
Hinweise zur Umsetzung	Die Steuerungsalgorithmen sind in der Praxis möglichst einfach zu halten und regelmäßig zu überprüfen, so dass ein dauerhafter Betrieb sichergestellt ist; Betriebsanleitungen sind zu erstellen (Checkliste der DWA zur Kanalnetzsteuerung beachten)
Günstige Randbedingungen	(Ungenutztes) Speichervolumen in flachen Kanalnetzen, unterschiedliche Bauwerksausnutzungen, Anwendung im Trenn- und Mischsystem
Ungünstige Randbedingungen	Geringe Anzahl von Speicherbauwerken, sehr hohes Gefälle im Einzugsgebiet
Vorteile	Keine Nutzungseinschränkungen und keine Unfallgefahren im öffentlichen Raum; Synergien bei erforderlicher baulicher Sanierung der Maschinenteknik; Kosten-Nutzen-Betrachtung sehr gut möglich; auch im Bestand technisch meist einfach umsetzbar; Synergien bei der Verbindung mit parameterabhängigen Steuerungskonzepten
Nachteile	Höhere Ansprüche an den Kanalbetrieb
Erfahrungen	Erste Erfahrungen in Planung, Genehmigung, Bau und Betrieb der Anlagen liegen vor
Vorrangiger Einsatzbereich	Berücksichtigung bei der Sicherstellung der Anforderungen nach DWA-A 118 zur Vermeidung von Überstau/Überflutungen insbesondere bis zu Niederschlägen geringer bis mittlerer Wiederkehrzeiten (ca. T = 10 Jahre); ggf. auch in Kombination mit Maßnahmen zur Reduzierung von Mischwasserüberläufen; i. d. R. gute Ergänzung in Verbindung mit der Planung von neuen Retentionsräumen
Literaturbeispiele	Checkliste der DWA zur Kanalnetzsteuerung (DWA-M 180) beachten; Erbe, 2002; Heusch, 2011; Einfalt und Simon (2001); Hoppe et al., 2011

7.2.4 Bauliche Sanierung von Durchlässen, Einlaufbauwerken und Rechenanlagen

Maßnahme	Bauliche Sanierung von Durchlässen, Einlaufbauwerken und Rechenanlagen
Handlungsfeld	KANALNETZ und EINZUGSGEBIET (KA)
Wirkungsfeld	ERHÖHUNG ABFLUSSVERMÖGEN (A)
Beispiele	Vergrößerung von Durchlässen und Einlaufbauwerken, Bau von räumlich wirkenden Rechenanlagen zur Vermeidung einer Verlegung, Einbau und Betrieb von Messtechnik zum Anlagenmonitoring
wichtige Richtlinien	DWA-A 118, DWA-A 110, DIN EN 752, DWA-M 103
Hinweise zur Umsetzung	Bauwerke stellen kritische Entwässerungselemente dar und bedürfen einer sorgsamten Planung mit ausreichenden Sicherheiten; Schutz der Unterlieger bei Erhöhung des Abflussvermögens beachten, regelmäßige Überprüfungen, ggf. Planung unter Berücksichtigung von N-A-Modellen durchführen; ökologische Aspekte beachten
Günstige Randbedingungen	Grundsätzlich sind alle Durchlässe, Einlaufbauwerke und Rechenanlagen im Netz kritisch zu prüfen, insbesondere bei Gewässerverrohrungen/Einlaufbauwerken ist sicherzustellen, dass der maßgebende Bemessungsabfluss im Kanalnetz zuverlässig abgeleitet werden kann
Ungünstige Randbedingungen	Geringe Abflusskapazität im unterhalb liegenden Netz; in diesem Fall ggf. Abwägung mit Retentionsmaßnahmen durchführen (Schutz der Unterlieger sicherstellen)
Vorteile	I. d. R. kostengünstige Sanierungen im Vergleich zur Wirkung und dem Risiko bei einer Verlegung der Bauwerke
Nachteile	Ggf. Abflusserhöhung unterhalb kritisch
Erfahrungen	Erfahrungen in Planung, Genehmigung, Bau und Betrieb der Anlagen liegen vor
Vorrangiger Einsatzbereich	Berücksichtigung bei der Sicherstellung der Anforderungen zur Vermeidung von Überstau/Überflutungen auch für Niederschlägen mit hohen Wiederkehrzeiten (ca. T = 100 Jahre) sicherstellen
Literaturbeispiele	DWA-M 103 und M-551; MUNLV, 2010; LUBW, 2008; Kasper, 1997; Oswald, 2001

7.2.5 Sanierung der Drosseleinrichtungen an Rückhalteräumen und sonstige hydraulische Zwangspunkte

Maßnahme	Sanierung der Drosseleinrichtungen an Rückhalteräumen
Handlungsfeld	KANALNETZ und EINZUGSGEBIET (KA)
Wirkungsfeld	ERHÖHUNG ABFLUSSVERMÖGEN (A)
Beispiele	Vergleichsmessungen gemäß der Selbstüberwachungsverordnung inkl. Betrachtung der Notüberläufe für Extremereignisse
wichtige Richtlinien	DWA-A 118, DWA-A 110, DIN EN 752, Fachberichte des LUA NRW 06/2003 – Technische Informationen zur Drosselkalibrierung Teil 1 und 2 bzw. vergleichbare Landesregelungen u. a. in Hessen
Hinweise zur Umsetzung	Hydraulische Zwangspunkte (Drosselbauwerke, dezentrale Regenwasserbehandlungsbauwerke etc.) beeinflussen das Abflussverhalten maßgeblich; durch konstruktive oder steuerungstechnische Eingriffe bzw. Fernüberwachung ist Verlegungen vorzubeugen und ein robuster Betrieb auch bei Extremereignissen sicherzustellen
Günstige Randbedingungen	Grundsätzlich sind alle Drosselbauwerke zu berücksichtigen bzw. zu bewerten
Ungünstige Randbedingungen	Geringe Abflusskapazität im unterhalb liegenden Netz; in diesem Fall ggf. Abwägung mit Retentionsmaßnahmen durchführen (Schutz der Unterlieger sicherstellen)
Vorteile	I. d. R. kostengünstige Sanierungen im Vergleich zur Wirkung und dem Risiko bei einer Verlegung bzw. Versagen der Bauwerke
Nachteile	
Erfahrungen	Umfangreiche Erfahrungen in Planung, Genehmigung, Bau und Betrieb der Anlagen liegen vor
Vorrangiger Einsatzbereich	Anwendungsbereich wird im Rahmen der Kanalnetzberechnung festgelegt. Sicherstellung des Betriebs/Notfallbetriebs ist auch für Extremereignisse erforderlich
Literaturbeispiele	LUA, 2003; Günther, 2005; Hoppe et al., 2012c

7.3 Technische Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge im Einzugsgebiet

7.3.1 Gezielte Ableitung von Niederschlagswasser an der Oberfläche

Maßnahme	Gezielte Ableitung von Niederschlagswasser an der Oberfläche
Handlungsfeld	STADTPLANUNG (ST)
Wirkungsfeld	ERHÖHUNG ABFLUSSVERMÖGEN (A)
Beispiele	Durch Anlegen von „Notwasserwegen“ kann aus dem Kanalnetz austretendes Abwasser gezielt und schadlos durch angrenzende Grün- oder Verkehrsflächen z. B. in einen Vorfluter abgeleitet werden.
wichtige Richtlinien	Keine konkreten Bemessungsrichtlinien verfügbar
Hinweise zur Umsetzung	Zugänglichkeit der Gebäude/Bebauung für Feuerwehr und Rettungsfahrzeuge muss jeder Zeit gewährleistet sein/darf nicht eingeschränkt werden; im Mischsystem sind hygienische Aspekte zur berücksichtigen, Verkehrssicherheit beachten, Unfallvermeidung
Günstige Randbedingungen	Großzügige Platzverhältnisse im Straßenraum (Gestaltungsmöglichkeiten), angrenzende Freiflächen/Grünanlagen bzw. Nähe zu einem Vorfluter, Neuplanung
Ungünstige Randbedingungen	Beengte Platzverhältnisse im Innenstadtbereich; kein Bereich in der Nähe, in dem das Wasser schadlos abgeleitet werden kann wie z. B. ein Vorfluter oder eine große Grünanlage/Freifläche
Vorteile	In der Regel kostengünstige Alternative zu unterirdischen Ableitung
Nachteile	Nutzung des öffentlichen Raums, Nutzungseinschränkungen, Verschmutzungen der Oberflächen, Unfallgefahr, Maßnahmen zur Verkehrssicherung
Erfahrungen	Bisher liegen keine Langzeiterfahrungen zum „Betrieb“ der Anlagen vor
Vorrangiger Einsatzbereich	Ableitung von Abflüssen bei extremen Niederschlägen (i. d. R. oberhalb der Bemessungsgrenzen des Kanalnetzes)
Literatur	Pinnekamp et al., 2008; Vallée und Benden, 2010; URBAS, 2008

7.3.2 Gezielte Retention von Niederschlagswasser an der Oberfläche

Maßnahme	Gezielte Retention von Niederschlagswasser an der Oberfläche
Handlungsfeld	STADTPLANUNG (ST)
Wirkungsfeld	RETENTION (R)
Beispiele	Wasserplätze zur Retention bei Extremereignissen, sie sind so angelegt, dass im Trockenwetterfall (und damit auch nach Regenereignissen und gezielter Flutung mit Niederschlagswasser) die Möglichkeit der (öffentlichen) Nutzung besteht. Ist das Ereignis abgeklungen, wird das gespeicherte Niederschlagswasser i. d. R. wieder dem Kanalnetz zugeführt. Retention auf Freiflächen bzw. Brachen.
wichtige Richtlinien	Keine konkreten Bemessungsrichtlinien verfügbar
Hinweise zur Umsetzung	Auslegung mittels hydrodyn. Modellen und Langzeitsimulation in Anlehnung an DWA-A 117 und DWA-A 118 möglich; ggf. gekoppelte 1D-2D-Modelle ansetzen
Günstige Randbedingungen	Große Freiflächen mit geeigneter Nutzung, die entwässert werden müssen. Es sollte grundsätzlich die Möglichkeit der Umgestaltung des Bereiches gegeben sein; Trennsystem
Ungünstige Randbedingungen	Angrenzende Verkehrs- oder Parkflächen, hier besteht die Gefahr einer Verschmutzung des einzuleitenden Niederschlagswassers; Mischsystem (Hygiene beachten)
Vorteile	Retentionsraum, der sich i. d. R. „harmonisch“ in das Gesamtbild einfügt
Nachteile	Begrenzte Kapazität, Gefahr des Einleitens von verschmutztem Niederschlagswasser, Verschmutzung von Flächen, Unfallgefahr, Maßnahmen zur Verkehrssicherung, in Mischsystemen kritisch
Erfahrungen	Bisher liegen keine Langzeiterfahrungen zum „Betrieb“ der Anlagen vor, erste Anlagen befinden sich in der Umsetzung
Vorrangiger Einsatzbereich	Retention von Abflüssen bei extremen Niederschlägen (i. d. R. oberhalb der Bemessungsgrenzen des Kanalnetzes)
Literatur	Pinnekamp et al., 2008; Vallée und Benden, 2010; Hoppe et al., 2012a

7.3.3 Maßnahmen an Straßeneinläufen

Maßnahme	Sicherstellung bzw. Anpassung der Kapazität von Straßeneinläufen
Handlungsfeld	STADTPLANUNG (ST)
Wirkungsfeld	ERHÖHUNG ABFLUSSVERMÖGEN (A)
Beispiele	Einbau von zusätzlichen Straßeneinläufen bzw. Einläufen mit größerer Kapazität
wichtige Richtlinien	RAS-Ew, Bemessungssicherheiten kritisch Prüfen
Hinweise zur Umsetzung	Die Leistungsfähigkeit ist neben dem Betriebszustand von Längs- und Quergefälle der Straßen abhängig. Zudem sind die Straßenbordhöhen zu berücksichtigen.
Günstige Randbedingungen	Ausreichendes Quergefälle, geringes Längsgefälle der Straßen
Ungünstige Randbedingungen	Erforderliche Querrinnen bei starkem Längsgefälle, stark befahrene Straßen
Vorteile	Sanierung von Straßeneinläufen eignen sich i. d. R. zur Vermeidung von lokalen Überflutungen und ausreichender Kapazität im Kanalnetz
Nachteile	Bei Extremereignissen sind die Maßnahmen nur flankierend zur Vermeidung lokaler Überflutungen einsetzbar; zusätzliche hydraulische Belastung überlasteter Kanalstrecken
Erfahrungen	Versuche und dokumentierte Messungen zur tatsächlichen Leistungsfähigkeit im Betrieb liegen nur vereinzelt vor
Vorrangiger Einsatzbereich	Die ausreichende Kapazität von Straßeneinläufen ist grundsätzlich sicher zu stellen, um lokale Überflutungen zu vermeiden.
Literatur	RAS-Ew (FGSV, 2005); Ten Veldhuis et al., 2010

7.3.4 Maßnahmen an Grundstücksentwässerungsanlagen

Maßnahme	Bauliche Veränderung an Grundstücksentwässerungsanlagen
Handlungsfeld	OBJEKTSCHUTZ/-PLANUNG (OB)
Wirkungsfeld	ÜBERFLUTUNGSVORSORGE (Ü)
Beispiele	Entkopplung der Schmutz- und Regenwasserableitung, Sicherstellung der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Grundstücksentwässerungsanlagen
wichtige Richtlinien	DIN 1986, DIN 18195, DIN 4095, DIN EN 12056, DIN EN 13564; DIN 1986-100 mit Überflutungsnachweis für Grundstücke > 800 m ² ; ansonsten keine konkreten Bemessungsregeln zur Überflutungsvorsorge bei Extremregen
Hinweise zur Umsetzung	Maßnahmen ergänzen/erleichtern ggf. Maßnahmen im öffentlichen Raum und Objektschutzmaßnahmen gegen „Gewässer-Hochwasser“ und weitergehende Objektschutzmaßnahmen
Günstige Randbedingungen	Ausreichende Platzverhältnisse, Vorflut im Freigefälle, ausreichendes Gefälle auf den Grundstücken
Ungünstige Randbedingungen	Lage in Poldergebieten mit hohen Wasserständen bei Extremereignissen (etwa > 50 cm), hohe Versiegelung, geringe Platzverhältnisse
Vorteile	Umsetzung erleichtert Maßnahmen zur Rückstausicherung
Nachteile	Sicherstellung des Betriebs in privater Verantwortung
Erfahrungen	Es liegen keine dokumentierten langjährigen Betriebserfahrungen für den Schutz im urbanen Raum gegen Extremereignisse vor. Vergleichbare Objektschutzmaßnahmen aus dem Hochwasserschutz an Gewässern zeigen jedoch, dass Maßnahmen zuverlässig und wirksam umsetzbar sind
Vorrangiger Einsatzbereich	Ergänzende Maßnahme zur Rückstausicherung
Literaturhinweise	U. a. Leitfäden für Bauherren und Broschüren von Städten und Gemeinden (z. B. Stadt Wuppertal, 2012; BSU Hamburg, 2007)

7.3.5 Maßnahmen zum gezielten Objektschutz

Maßnahme	Gezielter Objektschutz
Handlungsfeld	OBJEKTSCHUTZ/-PLANUNG (OB)
Wirkungsfeld	ÜBERFLUTUNGSVORSORGE (Ü)
Beispiele	Einbau druckdichter Kellerfenster, Türen, Schutzmauern, mobiler Wände, Verwendung wasserbeständiger Baumaterialien, Folienabdichtungssysteme, druckwassersichere Wanddurchführungen, Auftriebssicherungen, Rückstausicherungen (auch in Fallrohren)
wichtige Richtlinien	DIN 1986, DIN 18195, DIN 4095, DIN EN 12056, DIN EN 13564
Hinweise zur Umsetzung	„Kostengünstige“ Ergänzung von Maßnahmen im öffentlichen Raum. Maßnahmen sind ergänzend zu einer ohnehin erforderlichen obligatorischen Sicherung gegen Rückstau zu verstehen
Günstige Randbedingungen	Ausreichende Platzverhältnisse, Vorflut im Freigefälle, ausreichendes Gefälle auf den Grundstücken; effiziente Umsetzung, wenn Kellerfenster bzw. Kellertür die einzige gefährdete Stelle unterhalb der Rückstaebene des Gebäudes darstellen
Ungünstige Randbedingungen	Lage in Poldergebieten mit hohen Wasserständen bei Extremereignissen (etwa > 50 cm), hohe Versiegelung, geringe Platzverhältnisse
Vorteile	Kostengünstige Ergänzung von Maßnahmen im öffentlichen Raum
Nachteile	Sicherstellung des Betriebs in privater Verantwortung, kurzfristiger Aufbau im Ereignisfall aufgrund geringer Vorwarnzeiten i. d. R. nicht möglich
Erfahrungen	Es liegen keine dokumentierten langjährigen Betriebserfahrungen für den Schutz im urbanen Raum gegen Extremereignisse vor. Vergleichbare Objektschutzmaßnahmen aus dem Hochwasserschutz an Gewässern zeigen jedoch, dass Maßnahmen zuverlässig und wirksam umsetzbar sind, allerdings können hier i. d. R. entsprechende Frühwarnsysteme installiert werden
Vorrangiger Einsatzbereich	Schutz gegen Wasserstände bis etwa 50 cm oberhalb der Rückstaebene
Literaturhinweise	U. a. Leitfäden für Bauherren und Broschüren von Städten und Gemeinden (z. B. Stadt Wuppertal, 2012; BSU Hamburg, 2007); Wojciech, 2010; BMVBS, 2010

7.3.6 Versickerung von Niederschlagswasser

Maßnahme	Versickerung von Niederschlagswasser
Handlungsfeld	KANALNETZ u. EINZUGSGEBIETE (KA)
Wirkungsfeld	ERHÖHUNG ABFLUSSVERMÖGEN (A), RETENSION (R)
Beispiele	Nutzung einer Muldenversickerung, Rigolenversickerung, Schachtversickerung oder Flächenversickerung um z. B. Niederschlagswasser von Dachflächen ortsnah zu versickern
wichtige Richtlinien	DWA-A 138, DWA-M 153, Landeswassergesetze und entsprechende Erlasse
Hinweise zur Umsetzung	Auslegung nach Regelwerk, i. d. R. wasserrechtliche Genehmigung erforderlich
Günstige Randbedingungen	Ausreichende Freiflächen, geringe Versiegelungsgrade, versickerungsfähige Bodenschichten (Sande, Kies), großer Abstand der Geländeoberfläche zum Grundwasser
Ungünstige Randbedingungen	Beengte Platzverhältnisse, dichte Bebauung, schlecht wasserdurchlässige Bodenschichten (Gestein, Lehm), hoher Grundwasserstand
Vorteile	I. d. R. geringe Unterhaltskosten für Versickerungseinrichtungen, wartungsarmer Betrieb, „robustes“ System
Nachteile	Sicherstellung des dauerhaften Betriebs; Betrieb liegt bei dezentralen Anlagen i. d. R. in privater Hand; Wirkung bei Extremereignissen sehr begrenzt
Erfahrungen	Es liegen bereits langjährige Erfahrungen vor. Diese zeigen, dass trotz eines wartungsarmen Betriebs eine regelmäßige Kontrolle zwingend erforderlich ist
Vorrangiger Einsatzbereich	Versickerung von Dach- und Verkehrsflächenabflüssen ggf. nach Behandlung in dezentralen RW-Behandlungsanlagen gem. Regelwerk
Literaturbeispiele	DWA-Regelwerk; Emschergenossenschaft, 2012; Harms, 2011; Londong, 2011

7.3.7 Querbauwerke und Deichanlagen an urbanen Gewässern

Im Rahmen der zwingend notwendigen Betrachtung des Gesamtsystems „Kanalnetz und urbane Gewässer“ (DWA, 2010a) sind zukünftig die Tragsicherheitsnachweise und Nachweise bzw. Maßnahmen zur Sicherstellung und Erhalt der Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit von Dämmen und Deichen bei veränderten Niederschlagsbelastungen (Dauer, Häufigkeit und Intensität) zu diskutieren bzw. zu entwickeln.

Dieses Themenfeld wurde bisher im Zusammenspiel mit dem Klimawandel und Überflutungsrisiken kaum betrachtet.

Insbesondere Deich und Dammanlagen, die in (ehemaligen) Bergbaugebieten in NRW (Bild 16) z. T. aus „Waschbergen“ gebaut wurden, bergen aufgrund der veränderten Belastungen (größere Häufigkeit und Dauer von Einstauereignissen) im Zuge des Klimawandels möglicherweise ein erhöhtes Versagensrisiko (ohne Vorankündigung), das in der Maßnahmenplanung der betroffenen Städte und Gemeinden zu berücksichtigen ist.

Eine veränderte Belastungssituation sollte aber grundsätzlich zur Prüfung der Standsicherheit (DIN 19700) führen.

Vor dem Hintergrund veränderter Belastungsmuster ist ggf. auch zu prüfen, ob z. B. auf Grund des Dammmaterials und des Einbauverfahrens mit einer deutlichen Anisotropie (Richtungsabhängigkeit) der Durchlässigkeit zu rechnen ist z. B. bei lagenweise verdichtetem Waschbergematerial (BAW, 2011 und Odenwald, 2011).

Waschbergedeiche neigen außerdem infolge von z. B. Bergsenkungen zu Rissen, die sich nicht mehr schließen und damit zu einem erhöhten Versagensrisiko führen können.



Bild 16 Eingedeichter Schwarzbach in Gelsenkirchen bei Trockenwetter (links) und nach einem Starkregenereignis (Bildmitte) sowie Dattelner Mühlenbach (noch Gewässer und offener Abwasserkanal) im Stadtgebiet Datteln (rechts)

7.4 Weitergehende Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge: Betrieb, Organisation und Kommunikation

7.4.1 Integrierte Maßnahmenplanungen, Informationsmanagement und Ergebnisvisualisierung

Im Rahmen der Entwicklung von Anpassungsstrategien an den Klimawandel werden dem Informationsmanagement und der Visualisierung u. a. von Planungsergebnissen zukünftig eine immer größere Bedeutung zukommen (DWA, 2010a).

Nur wenn Informationen zu Klima- und Grundlagendaten, Modellen und Planungsvarianten ressort- und damit fachübergreifend zur Verfügung stehen, lassen sich auch integrierte Anpassungsmaßnahmen entwickeln.

Insbesondere im Rahmen der Überflutungsvorsorge werden effiziente Anpassungsmaßnahmen nur möglich, wenn diese als „kommunale Gemeinschaftsaufgabe“ verstanden und umgesetzt werden.

Derzeit wird z. B. im EU FP7 Projekt SUDPLAN ein Decision-Support System (Entscheidungshilfesystem) entwickelt, das alle Beteiligten im Umgang mit möglichen Einflüssen des prognostizierten Klimawandels auf die städtische Infrastruktur unterstützen soll. Informationen aus Expertenbewertungen werden web-basiert aufbereitet und zur Verfügung gestellt. Die Pilotanwendungen im Bereich Stadtentwässerung werden für Linz und Wuppertal erarbeitet. In Linz werden Veränderungen der Entlastungsfrachten aus dem Mischsystem analysiert. In Wuppertal werden gekoppelte Berechnungsmodelle von Kanalnetz und Oberfläche eingesetzt, um Anpassungsmaßnahmen an Starkregeneignisse zu entwickeln (Hoppe et al., 2012b).

Im Rahmen der integrierten Maßnahmenplanung sind zukünftig u. a. folgende Bereiche enger miteinander zu verknüpfen:

- Abwasserableitung,
- Fremdwassersanierung/ Drainagewasserableitung,
- Niederschlagswasserbehandlung (gemäß Trennerlass) und –rückhalt,
- bauliche Sanierungserfordernisse sowie
- Anforderungen aus der Stadtentwicklung / Bebauungsplan.

Die nachfolgende Darstellung zeigt exemplarisch die Ergebnisse einer klassischen Überstauberechnung (links) und einer Überflutungsbetrachtung mit dem 1D-2D-Modell DYNA-GeoCPM (rechts). Der direkte Vergleich verdeutlicht, dass mögliche Überflutungsbereiche aufgrund des Abflusses auf der Oberfläche nicht notwendigerweise unmittelbar an den Schächten mit Wasseraustritt aus dem Kanalnetz liegen.

Auf Basis der berechneten Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten im Überflutungsbereich lassen sich zielführende Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge planen.

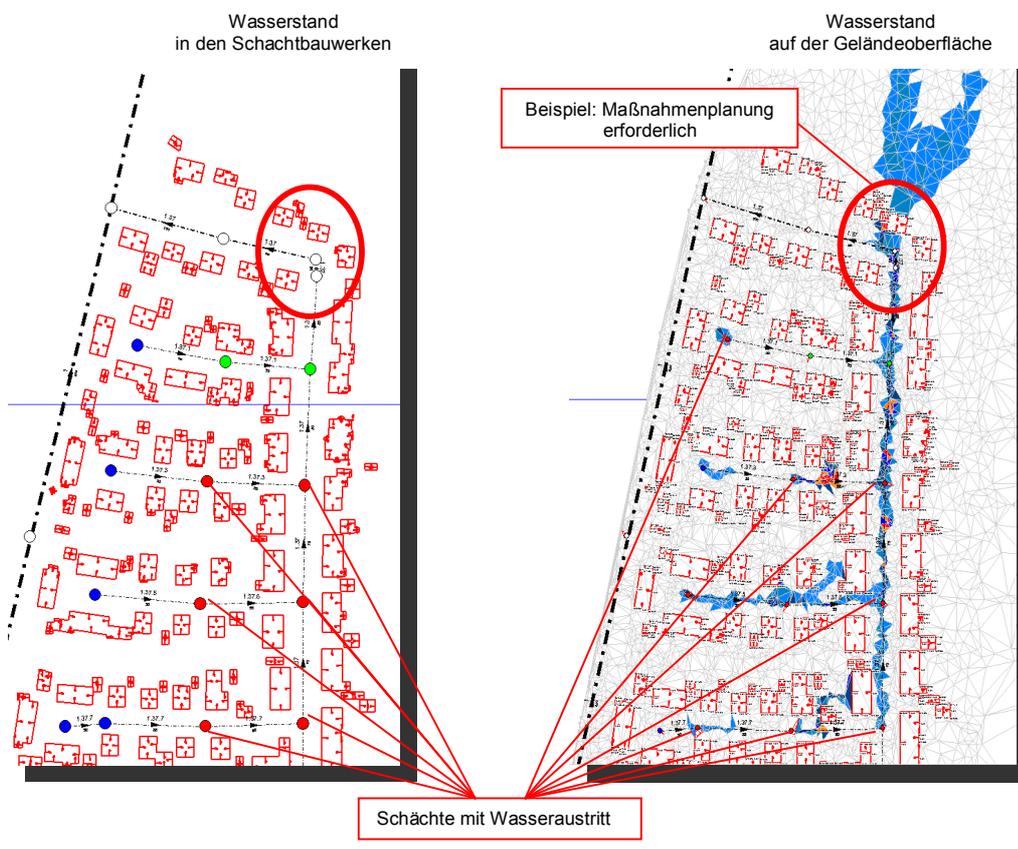


Bild 17 Exemplarische Ergebnisdarstellung einer klassischen Kanalnetzberechnung (Modell DYNA) (links) und einer gekoppelten Berechnung von Kanalnetz und Oberfläche (Modell DYNA-GeoCPM der tandler.com und Pecher Software GmbH) (rechts)

Beispiele der im Rahmen des LANUV-Forschungsprojektes „Klimawandelgerechte Metropole Köln – Strategien zur Anpassung an den Klimawandel“ berechneten Ergebnisse einer Grob- und Detailanalyse für einen Stadtteil von Köln sind nachfolgend dargestellt.

Berechnungsergebnisse dieser Art können die Grundlage zukünftiger urbaner Gefahrenkarten bilden.

Aus der Grobanalyse konnten, unter Berücksichtigung aktueller Ergebnisse einer hydrodynamischen Kanalnetzberechnung, stadtgebietsweit überflutungsgefährdete Bereiche ermittelt werden.

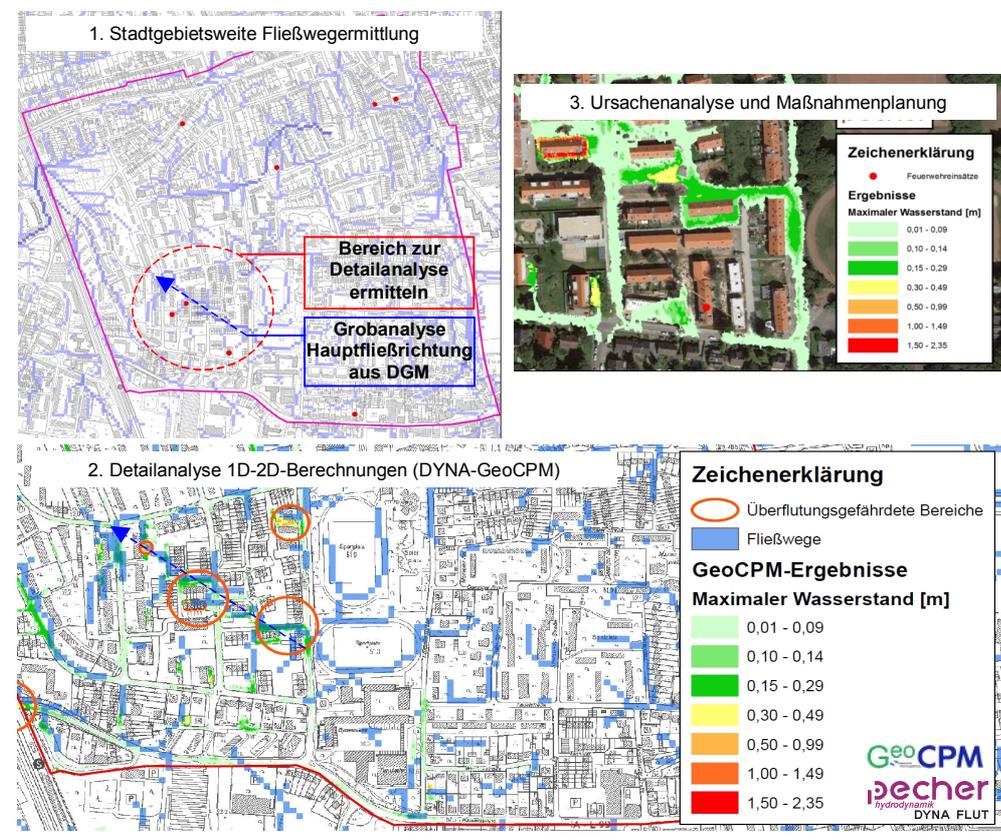


Bild 18 Ergebnisdarstellungen zur Ermittlung überflutungsgefährdeter Gebiete (Fließwege) und zur Detailanalyse von Wasserständen (Kanalnetz-Oberflächenberechnung) als Grundlage einer urbanen Gefahrenkarte

7.4.2 Bauwerksmonitoring und Messdatenmanagement zur Maßnahmenplanung

Eine maßgebliche Ursache für Überflutungen können betriebliche Probleme im Netz und eine eingeschränkte Leistungsfähigkeit der „Zulaufelemente“ sein (Ten Veldhuis

und Clemens, 2010). Hierzu gehören neben Straßeneinläufen auch private Grundstücksentwässerungsleitungen (von der Dachrinne bis zur Grundleitung).

Bei Starkregen kann immer wieder beobachtet werden, dass diese Netzelemente das Niederschlagswasser nicht mehr in das Kanalnetz ableiten. Im Kanalnetz sind daher noch Kapazitäten frei, während sich schon ein maßgeblicher Abfluss auf der Oberfläche bildet. Diese Prozesse sind rechnerisch in Modellen nur näherungsweise abbildbar. Messtechnisch sind diese Bedingungen vergleichbar zur Bewertung lokaler hydraulischer Zwangspunkte, bei entsprechender Erfahrung in der Konzeption und Ausführung von Messkampagnen in Entwässerungssystemen jedoch zu erfassen.

Mit einem angepassten Bauwerksmonitoring lassen sich Fehlfunktionen zeitnah erkennen und Überflutungen aus betrieblichen Gründen vorbeugen (Bild 19). Vielfach lässt sich in Entwässerungssystemen Messtechnik, die schon heute im Rahmen der Anforderungen der Eigenkontrolle- und Selbstüberwachung eingebaut wurde, für diese Fragestellungen nutzen bzw. anpassen

Entscheidend ist, dass die Daten über die Betreiber nicht nur erhoben, sondern auch ausgewertet werden. Das DWA-Regelwerk wird aktuell um ein Merkblatt zum Thema „Messdatenmanagement“ ergänzt (DWA-M 151).



Bild 19 Einbau von Abfluss- und Wasserstandsmessungen zur Bauwerksüberwachung im Rahmen von Überflutungsuntersuchungen (Ursachenanalyse/Maßnahmenplanungen; Bilder: Dr. Pecher AG)

7.4.3 Hinweise zur wasserwirtschaftlichen Analyse von Maßnahmen im Rahmen der Stadtentwicklung

Das Leben am und mit dem Wasser wird immer beliebter. Dies gilt auch für Städte und Gemeinden in NRW. Auch vor diesem Hintergrund sind Konzepte zur Überflutungsvorsorge und Stadtentwicklung miteinander zu kombinieren.

Entscheidend ist dabei, dass „Wohnen am Bachlauf“ nicht zum „Wohnen im Bachlauf“ oder das Leben in der „Wasserstadt“ nicht zum „Leben im Wasser“ wird. Die Verknüpfung von Zielvorstellungen der Stadtentwicklung mit denen der Überflutungsvorsorge vor dem Hintergrund des Klimawandels und notwendiger Klimaanpassung sind bisher nahezu ausschließlich auf Forschungs- und „Leuchtturmprojekte“ beschränkt. Eine Effizienz- und Risikoprüfung entsprechender Maßnahmen kann u. a. mit den in diesem Bericht beschriebenen gekoppelten Kanalnetz- und Oberflächenmodellen erfolgen, die neben dem Abfluss im Kanalnetz auch Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten auf der Oberfläche berechnen.

Für die Zielerreichung sind auch planerische und gestalterische Maßnahmen zu berücksichtigen, die es erlauben, Wasser an der Oberfläche „weitgehend schadlos“ abzuleiten, falls die in der Bemessung vorgesehenen Wege im Gewässer oder Kanal nicht ausreichend sind (z. B. Notwasserwege).

7.4.4 Nutzungseinschränkungen – Möglichkeiten und Grenzen

Starkregenereignisse, die zu Überstau im Kanalnetz und Abfluss auf der Oberfläche führen, sind auf wenige Stunden im Jahr (oder seltener) begrenzt. Eine Abschätzung der daraus möglicherweise resultierenden, temporären Nutzungseinschränkungen kann über die errechneten Wasserstände der gekoppelten Kanalnetz-Oberflächenabflussmodellen erfolgen. Wichtig ist auch hygienische Maßnahmen bzw. Auswirkungen zu beachten. Dies gilt für verschmutztes Niederschlagswasser aber insbesondere für Mischwasser.

Für diese Gebiete sind zukünftig als „Maßnahme“ gezielte, zeitbeschränkte Nutzungseinschränkungen zu diskutieren, bevor kostenintensive Maßnahmen geplant werden. Bildet jedoch z. B. eine Unterführung (Bild 20) die maßgebliche Verbindung eines Ortsteils zu dem nahegelegenen Krankenhaus, ist eine Nutzungseinschränkung nicht tolerierbar.



Bild 20 Nutzungseinschränkung als „Maßnahme“ (Bilder: Dr. Pecher AG)

8 Hinweise zur technischen und wirtschaftlichen Bewertung von Maßnahmen

8.1 Hinweise zum Vorgehen und Ergebnisbewertung

In die technisch-wirtschaftlichen Bewertungen von Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge sind maßnahmenspezifisch **ökologische und ökonomische Aspekte** genauso einzubeziehen wie eine Risikobetrachtung.

Integrierte Planungen erfordern dabei die Berücksichtigung von Aspekten, die in der klassischen Entwässerungsplanung eine untergeordnete Rolle gespielt haben oder nur in Einzelprojekten von Bedeutung waren. Hierzu gehören z. B.:

- Altlastenproblematik bei der Nutzung (Einstau) von Brachflächen (Abdichtungen),
- Flächenverfügbarkeit bei der Schaffung von Retentionsräumen,
- Verkehrssicherheit bei temporärem Einstau und/oder gezielter Ableitung im Straßenraum oder im offenen Gelände,
- Betriebskosten.

Vor dem Hintergrund begrenzter finanzieller Mittel in den Städten und Gemeinden in NRW und mit dem Ziel Entwässerungsgebühren in angemessenen Größenordnungen zu halten, kommt der wirtschaftlichen Bewertung der Maßnahmen in Relation zur erzielten Verbesserung (Kosteneffizienz) eine herausragende Bedeutung zu.

Gehören die Durchführung und Auswertung von Kostenvergleichsrechnung zu jeder Planung, ergibt sich bei der Bewertung innovativer Maßnahmen (Ableitung/Retention auf der Oberfläche) insbesondere die Schwierigkeit, Betriebskosten abzuschätzen, da langjährige Erfahrungen noch fehlen.

Die Wirkungen einer Maßnahme hängen immer auch von den Randbedingungen im Einzugsgebiet ab (Geländeneigung, Flächenverfügbarkeit, Versickerungsfähigkeit des Untergrunds, Verkehrsdichte ...), so dass eine technische und wirtschaftliche Bewertung für jeden Einzelfall erfolgen muss und keine pauschale Einordnung erfolgen kann.

Ein Vorschlag für eine Bewertungsmatrix in Abhängigkeit von den lokalen Randbedingungen ist in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Die Planungspraxis zeigt, dass die Finanzierung der alternativen Maßnahmen aus Entwässerungsgebühren bzw. die Unsicherheiten bei den Städten und Kommunen zu diesem Thema heute eines der maßgebenden Hemmnisse bei der Umsetzung dieser Maßnahmen darstellt.

Tabelle 15 Vorschlag einer Bewertungsmatrix zur Maßnahmenplanung – die Erfahrungswerte zur Kosteneffizienz der Maßnahmen müssen für jeden Anwendungsfall individuell überprüft werden – Bewertungskriterien sind jedoch übertragbar

Maßnahme	Bewertungskriterien					
	Investitionskosten	Betriebskosten	Kosten / Nutzen bezogen auf primäre Wirkung	Komplexität Planung / Umsetzung	Referenzprojekte vorhanden Erfahrungswerte bei guter Planung	Risikopotential (Umsetzung / Betrieb)
Rückhaltung im Kanalnetz (Bauwerk offen / geschlossen)	H	N	++(+)	N	+++	N
Aktivierung von Volumen „Kanalnetzsteuerung“	N	M	++	H	++	N
Erhöhung der Abflusskapazität im Netz (z. B. Querschnittsvergrößerung)	H	N	++	N	+++	N
Erhöhung Pumpwerkskapazität	H	H	+(++)	M	+++	M
geführte Ableitung von Niederschlagswasser im Straßenraum	M	N	+++	M	+	M
Gewässeraufweitung / Retention im Gewässer	M	N	+++	M	++	H
Nutzung von Industriebrachen	M	N	+++	M	+	N
Objektschutz (Einfamilienhaus)	N	N	+++	N	+++	N
Informationsbroschüre Bürger	N	-	-	N	+	-

Bewertungen nach Klassen (Niedrig, Mittel, Hoch)

bzw. sehr gut/viele +++; gut/einige ++, + vertretbar/wenige) – Abweichungen im Einzelfall immer möglich

Die in den folgenden Kapiteln beschriebenen Projektbeispiele zeigen, dass sich je nach Randbedingungen mit einer Maßnahmenkombination die optimalen Ergebnisse erzielen lassen.

Neben den monetären Kosten sollten bei der Bewertung insbesondere auch die Betriebssicherheit und vorliegende Erfahrungen mit berücksichtigt werden.

8.2 Beispiel 1: Kombinierte Maßnahme auf der Oberfläche, im Kanalnetz und Objektschutz

Das untersuchte Beispieleinzugsgebiet „Gewerbefläche“ liegt im Außenbereich einer Großstadt in Nordrhein-Westfalen. Das Gebiet wird im Trennsystem entwässert. Im Zuge von Planungen zu einer optimalen Ausnutzung eines bestehenden Regenbeckens inkl. eines Nachweises nach DIN 19700 wurden auch Überflutungsbetrachtungen für ein unterhalb liegendes Gewerbegebiet durchgeführt.

In dem Gewerbegebiet haben Überflutungen in der Vergangenheit zu Schäden geführt (Bild 21). In dem Regenwasserkanal wird Niederschlagswasser und Bachwasser gemeinsam abgeführt. Eine Bachentflechtung ist kurzfristig nicht umsetzbar.

Ziel der hier beschriebenen Maßnahme zur Überflutungsvorsorge ist die Aktivierung einer Retentionsfläche auf einer Brachfläche zwischen einer ehemaligen Deponie und einer stillgelegten Bahnlinie oberhalb des Gewerbegebietes bei Extremereignissen. Aufgrund der engen Verknüpfung von Niederschlagswassernetz und Bachverrohrung wurden auch Extremereignisse bei der Analyse berücksichtigt.

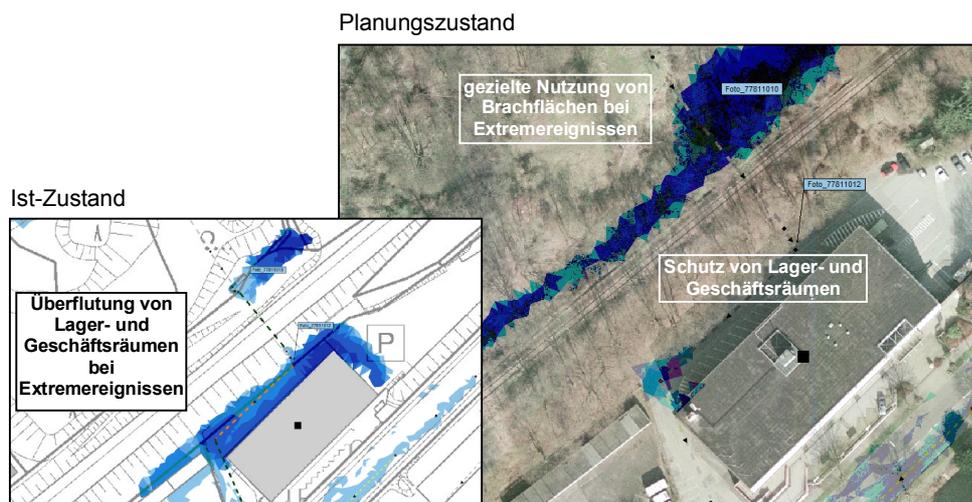


Bild 21 Integrierte Maßnahmenplanung: Berechnung der Wirkung von Maßnahmenkombinationen im Kanalnetz und auf der Oberfläche zur Nutzung von Brachflächen bei Extremereignissen im Rahmen der Überflutungsvorsorge (Quelle: Dr. Pecher AG, WSW Energie und Wasser AG; Berechnungen DYNA-GeoCPM)

Zur Prüfung der Umsetzbarkeit wurde im Vorfeld der weitergehenden Planungen ein Bodengutachten für die Brachflächen und Dämme erstellt.

Die Maßnahmen im öffentlichen Raum, im Kanalnetz und auf der Oberfläche umfassen den Einbau einer Drosselblende und eines Ein- und Auslaufbauwerks im Bereich der Brachfläche (Schacht 1). Im Bereich der Brachfläche und des Damms sind Sickerscheiben und Abdichtungen geplant, um die Standsicherheit bei Einstau der Fläche sicherzustellen.

Ergänzend zu den Maßnahmen im öffentlichen Raum plant der Eigentümer des Lagerhauses Maßnahmen zum Objektschutz. Diese reichen von einer Bestandsaufnahme der Grundstücksentwässerungsanlagen über die Sanierung von Rückstausicherungen bis hin zu Maßnahmen zur Sicherung von Fensterschächten etc.

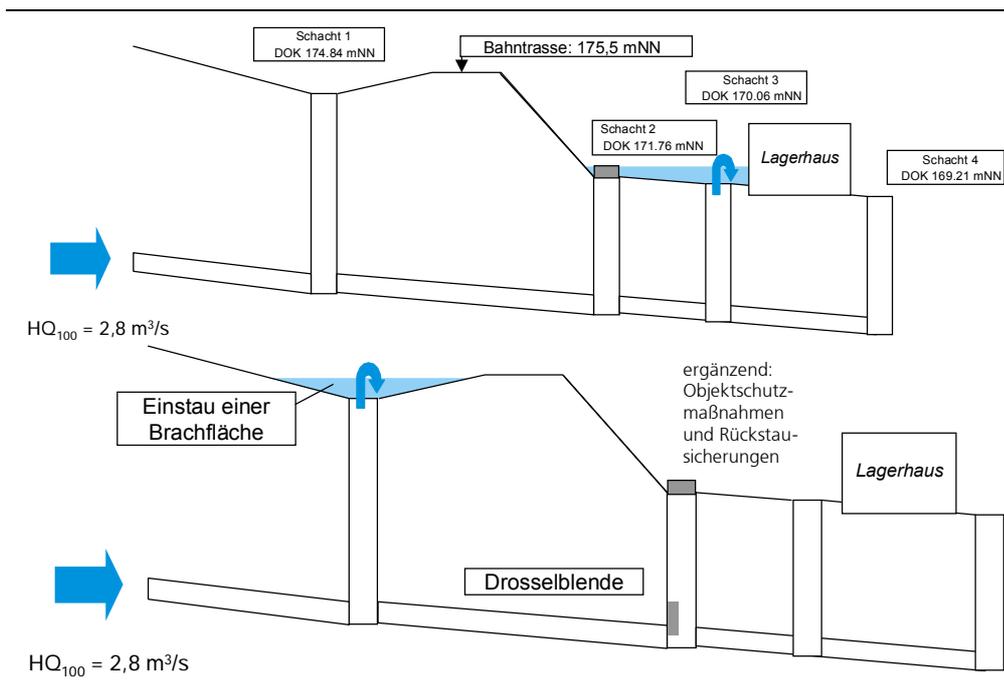


Bild 22 Längsschnitt zu einer integrierten Maßnahmenplanung: Kombination von Maßnahmen im Kanalnetz und auf der Oberfläche zur Nutzung von Brachflächen bei Extremereignissen im Rahmen der Überflutungsvorsorge; oben: Ist-Zustand; unten: Planungszustand (Quelle: Dr. Pecher AG; WSW Energie und Wasser AG)

8.3 Beispiel 2: Kombinierte Maßnahme zur Überflutungsvorsorge im Kanalnetz und Objektschutz

Das untersuchte Beispieleinzugsgebiet „Stadtstraße“ liegt in einer Großstadt im nördlichen Ruhrgebiet und wird im Mischsystem entwässert. Wie an vielen Stellen in Nordrhein-Westfalen kam es infolge eines extremen Niederschlagsereignisses (Wiederkehrzeit > 100 a) zu Überflutungen mit einhergehenden Schadensfällen.

Das Einzugsgebiet entwässert zu einem zentralen Pumpwerk, welches das Mischwasser mit einer Höhendifferenz von über 6 m in den Vorfluter fördert. Neben dem betrachteten Einzugsgebiet sind daher alle an das Pumpwerk angeschlossenen Einzugsgebiete im Rahmen der Planung zu berücksichtigen gewesen. Das Pumpwerk besitzt in der Summe eine maximale Förderleistung von ca. 18 m³/s.

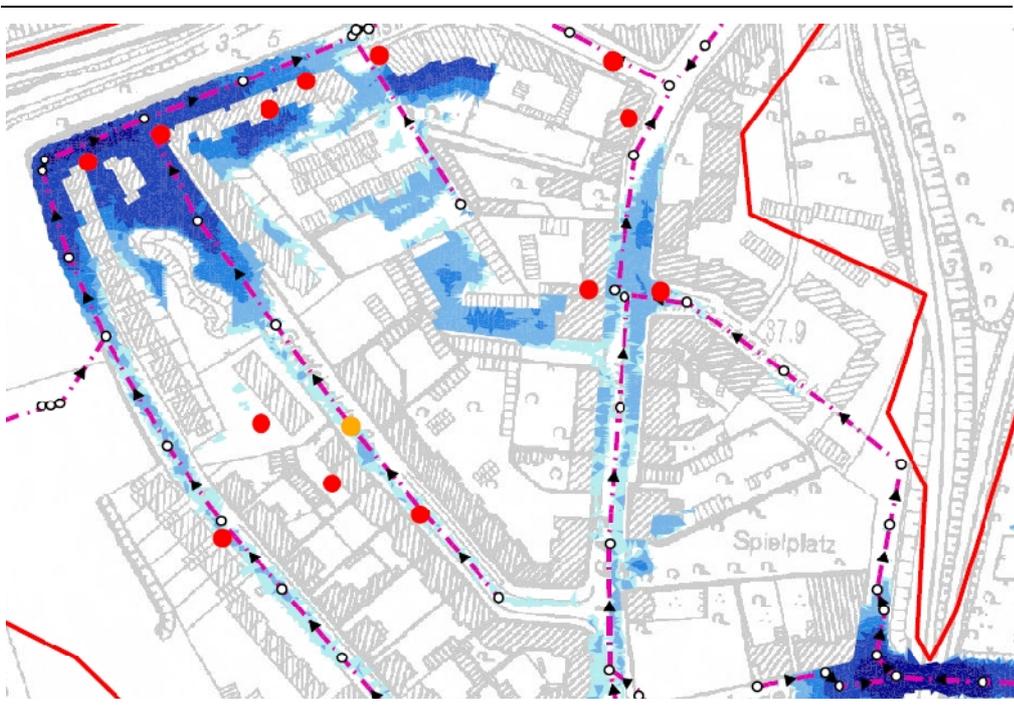


Bild 23 Detailansicht des Untersuchungsgebiets - Ausschnitt aus der Übersichtskarte der mit DYNA-GeoCPM berechneten Maximalwasserstände für das Extremereignis (Quelle: Dr. Pecher AG)

Für die Koppelung des Kanalnetzmodells mit der Geländeoberfläche wurde im ersten Schritt ein lauffähiges hydrodynamisches Kanalnetzmodell mit dem Programm DYNA aufgebaut. Von besonderer Bedeutung war hier die genaue Abbildung des Pumpwer-

kes. Die neben dem Einzugsgebiet „Stadtstraße“ an das Pumpwerk angeschlossenen Einzugsgebiete mussten miterfasst werden, da deren Zuflüsse maßgeblich für die Auslastung des Pumpwerkes verantwortlich sind.

Um eine möglichst genaue Abbildung der Geländeoberfläche zu erhalten, wurde auf ein digitales Geländemodell mit einem unregelmäßigen Punktabstand von im Mittel weniger als 1 m (DGM1L) zurückgegriffen. Dieses konnte über die GEObasis.NRW (Bezirksregierung Köln) bezogen werden.

Die Simulation des maßgebenden Niederschlagsereignisses zeigte, dass sich zeitweise ein Rückstau in dem Zuleitungssystem des Pumpwerks einstellte, der schließlich dazu führte, dass es u. a. in den Schächten im Tiefpunkt der „Stadtstraße“ zu einem Überstau kam. Das Starkregenereignis weist eine Wiederkehrzeit von > 100 a auf, die jenseits der technischen und rechtlichen Anforderungen an ein Entwässerungssystem liegt. Eine Betrachtung von Extremereignissen im Planungsprozess wird aber empfohlen (DWA AG ES 2.5, 2008).

Die Berechnungen weisen neben dem Bereich „Stadtstraße“ weitere Bereiche auf, an denen Wasser an der Oberfläche abfließt.

Im Rahmen eines Ortstermins zur Plausibilisierung der Ergebnisse wurden in verschiedenen anderen Bereichen des Einzugsgebietes, für die Abflüsse auf der Oberfläche ermittelt wurden, zahlreiche abgedichtete Kellerfenster und „abgekoppelte“ Fallrohre beobachtet. Diese Maßnahmen zum „Objektschutz in Selbsthilfe“ bestätigen indirekt die Berechnungsergebnisse. In diesem Bereich haben die Eigentümer, vermutlich aufgrund von Überflutungen in der Vergangenheit, in Eigeninitiative wirkungsvoll Abhilfe geschaffen.

Nach dem Arbeitsblatt DWA-A 118 (2006) soll bei der Neuplanung bzw. Sanierung von Entwässerungsnetzen in Wohngebieten der Nachweis der Überstaufreiheit für eine empfohlene Auftretshäufigkeit 1-mal in 3 Jahren geführt werden. Für den Bereich „Stadtstraße“ konnte dieser Nachweis erbracht werden. Infolge der topographischen Lage des Tiefpunkts an der „Stadtstraße“ kommt es jedoch bei selteneren Extremereignissen zu Überflutungen.

Ein Abfließen des aus der Kanalisation austretenden Wassers in andere Bereiche, wie z. B. Grünflächen, in denen das Wasser schadlos verbleiben kann, ist aufgrund der Topographie und der vorliegenden Flächennutzung nicht möglich. Die Senke in der „Stadtstraße“ entleert sich erst wieder, wenn die Kapazitäten im Kanalnetz dies zulassen. Die nach den a. a. R. d. T. anzuwendende Überstauberechnung konnte den Überflutungsschwerpunkt „Stadtstraße“ nicht unmittelbar identifizieren. Erst die Überflutungsanalyse mit einem Extremereignis konnte den Problembereich lokalisieren.

Im Rahmen einer Studie wurden die in der nachfolgenden Tabelle dargestellten Sanierungsvarianten untersucht.

Tabelle 16 Variantenübersicht „Stadtstraße“

Variante	Investitionskosten
Neues Pumpwerk für das Teileinzugsgebiet	3,0 Mio. EUR
Erhöhung der Leistung des zentralen Pumpwerkes	3,0 Mio. EUR
Durchlass durch den Bahndamm zur Ableitung aus der Senke	1,8 Mio. EUR
Dezentrale Pumpstation für die „Stadtstraße“	0,8 Mio. EUR
Retention auf dem Grundstück längs der Bahnlinie bzw. Stützmauer	1,5 Mio. EUR
Notüberlauf „Stadtgarten“	1,5 Mio. EUR
Notpumpwerk „Stadtstraße“ inkl. Netztrennung	0,4 Mio. EUR
Maßnahmenkombination mit Objektschutz für 8 Gebäude	50.000 EUR



Bild 24 Provisorisch vor Überflutung „geschützte“ Kellerfenster (links) und kurzfristige „Abkopplung des Niederschlagswassers“ (rechts) im Untersuchungsgebiet (Bilder: Dr. Pecher AG)

Die Sanierungsvariante zur Netztrennung und Bau eines Notpumpwerks inkl. der Anpassung eines vorhandenen Retentionsbauwerks wird derzeit vom Kanalnetzbetreiber umgesetzt.

Um die Überflutungsbereiche der „Stadtstraße“ bei Starkregen vom zentralen Pumpwerk zu entkoppeln, wird ein Notpumpwerk geplant, welches deren Abwässer im Falle eines Rückstaus in den Zuleitungskanal des Pumpensumpfs des zentralen vorhandenen Pumpwerks drückt. Durch den Einsatz intelligenter Bau- und MSR-Technik könnte hier bei Trockenwetter das Abwasser im freien Gefälle abfließen. Über eine Wasserstandsmessung im unterhalb liegenden Kanal kann dann im Falle eines zu hohen Wasserstandes ein Schieber geschlossen und das Pumpwerk aktiviert werden. Alternativ wird eine mechanische Rückstausicherung geprüft.

Um möglichst wenig Abwasser des Tiefpunktes über das Notpumpwerk zu leiten, wurde für diese Variante der Abfluss des Einzugsgebietes oberhalb über einen neu herzustellenden Kanal (DN600) „umgeleitet“.

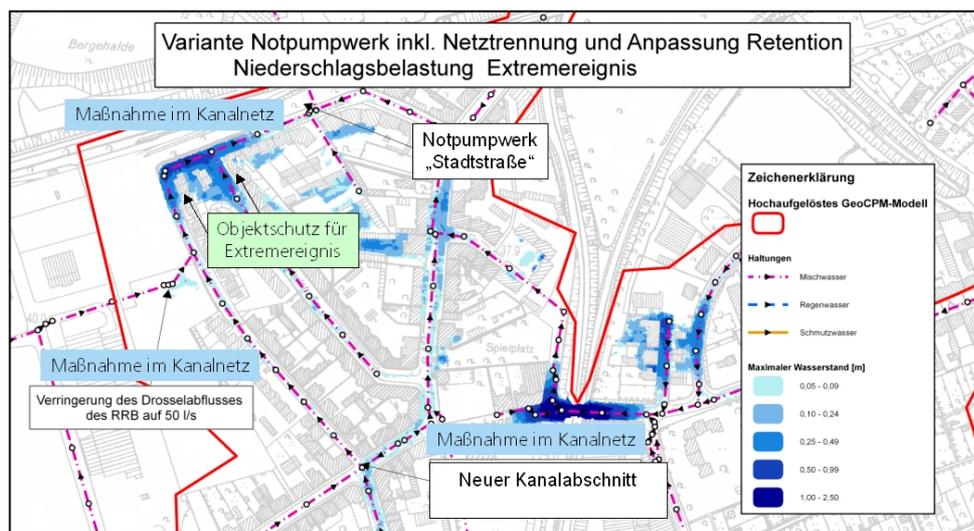


Bild 25 Maßnahmenkombination im Einzugsgebiet „Stadtstraße“ – Maßnahmen im Kanalnetz und Objektschutz für Extremereignisse (Quelle: Dr. Pecher AG)

Der Drosselabfluss eines im Gebiet liegenden Retentionsraums wird auf Basis von Langzeitbetrachtungen optimiert.

Durch das hier geplante Notpumpwerk konnten für das 30-jährliche Niederschlagsereignis die Wasserstände auf der Geländeoberfläche soweit gesenkt werden, dass sich keine Überflutungen im Bereich der Häuser einstellen. Auch bei dem simulierten Extremereignis wurden die Wasserstände signifikant vermindert.

Auf lokale Objektschutzmaßnahmen kann in einer derart kritischen topographischen Lage jedoch nicht verzichtet werden.

Durch die hier vorgeschlagene Maßnahme lässt sich der Überflutungsbereich vom zentralen Pumpwerk entkoppeln. Gleichzeitig fallen durch den Betrieb des Notpumpwerks nur bei größeren Niederschlagsereignissen die Betriebskosten verhältnismäßig moderat aus.

8.4 Maßnahmenplanung in der Praxis – Bewertung der Übertragbarkeit von Beispielmaßnahmen

In der Regel lassen sich insbesondere Maßnahmen, für die bereits langjährige Erfahrungen vorliegen, gut auf andere Einzugsgebiete übertragen bzw. an die lokalen Randbedingungen anpassen.

Integrierte Planungen im Rahmen der Überflutungsvorsorge, die z. B. Maßnahmen im Kanalnetz und auf der Oberfläche kombinieren, rückten aber erst in jüngster Vergangenheit in den Blickpunkt. Erfahrungen aus ersten realisierten Projekten zeigen jedoch analog zu den Hinweisen zur wirtschaftlichen Bewertung möglicher Maßnahmen, dass in allen Projekten kombinierte Lösungen umgesetzt werden.

Tabelle 17 Beispiele für untersuchte Maßnahmen; Wirkungen und Übertragbarkeit von
Maßnahmen auf andere Einzugsgebiete

untersuchte Beispielmaßnahme	primäre Wirkung (-sfeld)	KANALNETZ	GEWÄSSER	STADTPLANUNG	OBJEKTSCHUTZ	KOMMUNIKATION	Beispiel 1 umgesetzt	Beispiel 2 umgesetzt	grundsätzliche Eignung bzw. Übertragbarkeit auf andere Gebiete
Rückhaltung im Kanalnetz (Bauwerk offen / geschlossen)	R	X							hoch
Aktivierung von Volumen „Kanalnetzsteuerung“	R	X					ja	ja	mittel
Erhöhung der Abflusskapazität im Netz (Durchmesser vergrößerung)	A	X					(ja)		hoch
Erhöhung Pumpwerkskapazität	A	X						ja	hoch
geführte Ableitung/Retention von Niederschlagswasser auf der Oberfläche	R			X			ja	(ja)	hoch
Gewässeraufweitung / Retention im Gewässer	R		X						mittel
Nutzung von (Industrie)Brachen (ohne Altlastenverdachtsflächen)	R			X			ja		niedrig
Objektschutz	Ü				X		ja	ja	hoch
Informationsbroschüre Bürger	(Ü)					X	ja	(ja)	hoch

9 Ausblick - Herausforderungen für die Zukunft

In der Fachwelt wird immer wieder auf die mögliche Zunahme von Starkregenereignissen als Folge des Klimawandels hingewiesen. Vor diesem Hintergrund beschäftigen sich zahlreiche Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen in NRW derzeit mit verschiedenen Anpassungsmaßnahmen der Stadtentwässerung und Stadtentwicklung an erwartete oder mögliche Folgen des Klimawandels.

In diesem Zusammenhang hat die DWA im Themenband „Klimawandel“ (DWA, 2010a) explizit die vernetzte Betrachtung von Kanalnetz-, Gewässer- und Oberflächenabfluss empfohlen sowie Maßnahmen im Kanalnetz und auf der Oberfläche angesprochen. In diesen Kontext gehören auch die Betrachtungen von Auswirkungen von extremen Niederschlagsereignissen. Gemäß Merkblatt DWA-M 551 „Audit Hochwasser“ ist die Ausweisung von Überflutungsbereichen infolge Hochwasser und damit auch Überflutungsgefahren und die Berücksichtigung in den Festsetzungen der Bauleitplänen ein besonders wirksames Element der Flächenvorsorge (DWA, 2010b).

Darüber hinaus wird in der aktuellen Novelle des Baugesetzbuchs (BauGB, 2011) explizit gefordert, die Anpassung an den Klimawandel in den Planungen zu berücksichtigen. Zudem können nach §5 BauGB im Flächennutzungsplan FNP neben „für die Wasserwirtschaft vorgesehenen Flächen sowie die Flächen, die im Interesse des Hochwasserschutzes und der Regelung des Wasserabflusses freizuhalten sind“ auch „Anlagen, Einrichtungen und sonstigen Maßnahmen, die der Anpassung an den Klimawandel dienen“, dargestellt werden.

Entsprechende Inhalte lassen sich auch in den Bebauungsplan, der aus dem FNP zu entwickeln ist (§8,9 BauGB), darstellen. Explizit sind nach §9 Flächen für die Wasserwirtschaft, für Hochwasserschutzanlagen und für die Regelung des Wasserabflusses genannt. Darüber hinaus sollen im Bebauungsplan Flächen, bei deren Bebauung besondere bauliche Vorkehrungen gegen äußere Einwirkungen oder bei denen besondere bauliche Sicherungsmaßnahmen gegen Naturgewalten erforderlich sind, gekennzeichnet werden.

Urbane Gefahrenkarten können die o. g. Informationen zur Aufnahme in den FNP und Bebauungsplan zukünftig zur Verfügung stellen und liefern damit eine maßgebliche Arbeits- und Entscheidungsgrundlage zur Planung kombinierter Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge im Kanalnetz und auf der Oberfläche. Sie bilden, ggf. mit abgestuftem Detaillierungsgrad, eine Informationsgrundlage für alle Akteure und Betroffenen, vom Bürger und Bauherren bis zum Fachplaner. Entscheidend ist, dass entsprechende Karten fortgeschrieben werden.

In mehreren Studien zur Überflutungsanalyse mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad, vorrangig mit kombinierten 1D-2D-Kanalnetz-Oberflächenmodellen, konnten belastba-

re Berechnungsergebnisse erzielt werden. Auf Grundlage dieser Berechnungen werden aktuell bereits erste kosteneffiziente kombinierte Maßnahmen im Kanalnetz und/oder auf der Oberfläche umgesetzt.

Betroffene Bürger können durch anschauliche Visualisierungen der Berechnungsergebnisse über mögliche Risiken informiert werden, um entsprechende Maßnahmen zum Objektschutz zu veranlassen.

Auf Grundlage einer stadtgebietsweiten urbanen Gefahrenkarte und Risikoanalyse, die Überflutungsgefahren aus dem Kanalnetz und den Gewässern verbindet, sollten künftig detaillierte Überflutungsanalysen routinemäßig im Planungs- und Bauprozess veranlasst werden.

Die Herausforderung besteht zukünftig darin, alle an der Planung Beteiligten in die Prozesse einzubinden und die Ergebnisse ressortübergreifend verfügbar zu machen. Hierzu sind u. a. die Bereiche Stadtentwässerung, Stadtplanung & Stadtentwicklung, Straßen- und Hochbau enger zu verzahnen und die Ergebnisse der Überflutungsanalysen in die Instrumente der Bauleitplanung aufzunehmen.

Erkrath, 22. Juni 2012

Dr.-Ing. Holger Hoppe

Prof. Dr.-Ing. Theo Schmitt

Dr. Thomas Einfalt

10 Literatur

- AGG (2011).** Entwicklung eines Konzeptes zur "Integralen Siedlungsentwässerung in Gelsenkirchen" – am Beispiel des Entwässerungsgebietes Rotthausen. Abwassergesellschaft Gelsenkirchen mbH (AGG) bearbeitet durch die Dr. Pecher AG (unveröffentlicht).
- 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.
- Arnold B. (2011).** Preisträger Stadt Wuppertal: Sich gegen Wetterextreme wappnen – Anpassungsstrategie der Wuppertaler Stadtentwässerung an die Folgen des Klimawandels. Veröffentlicht in der Broschüre: Das Klima ändert sich - was können wir tun? Beispiele der Anpassung vor Ort. Umweltbundesamt, August 2011.
- ATV-A 118 (1977).** Richtlinien für die hydraulische Bemessung von Regen-, Schmutz- und Mischwasserkanälen. ATV-Regelwerk, Arbeitsblatt ATV-A 18, St. Augustin.
- ATV-DVWK (2004).** „Bewertung der hydraulischen Leistungsfähigkeit bestehender Entwässerungssysteme“, Arbeitsbericht DWA-AG ES-2.1, In: KA-Abwasser, Abfall (51), Heft 1, Januar 2004, S. 69-76.
- ATV-DVWK-M 165 (2004).** Anforderungen an Niederschlag-Abfluss-Berechnungen in der Siedlungsentwässerung. DWA Hennef, Januar 2004. ISBN 978-3-939057-15-4.
- BauGB (2011).** Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004, BGBl. I S. 2414, zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 22. Juli 2011, BGBl. I, S. 1509.
- BAW (2011).** Merkblatt Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen (MSD). Bundesanstalt für Wasserbau (BAW). Beuth Verlag.

- BMVBS (2010).** Hochwasserschutzfibel. Bauliche Schutz- und Vorsorgemaßnahmen in hochwassergefährdeten Gebieten. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS-, Berlin (Herausgeber), 3. Auflage 2010, Download: <http://www.bbsr.bund.de>.
- BSU Hamburg (2007).** Wie schütze ich mein Haus vor Starkregenfolgen? Ein Leitfaden für Hauseigentümer, Bauherren und Planer. Herausgeber: HAMBURG WASSER, Freie und Hansestadt Hamburg Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer, 2007.
- DIN EN 752 (1996).** DIN EN 752-2/-4. Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden; Teil 2: Anforderungen, Teil 4: Hydraulische Berechnung und Umweltschutzaspekte. Beuth Verlag, Berlin.
- DIN EN 752 (2008a).** DIN EN 752:2008-04. Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden; Deutsche Fassung EN 752:2008. Beuth Verlag, Berlin
(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).
- DIN EN 752 (2008b).** DIN EN 752. Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden – Bestimmungen in Verbindung mit DIN 752 und DIN EN 12056, DIN 1986, Teil 100, Mai 2008, Beuth Verlag, Berlin.
- Dr. Pecher AG (2011).** Klimawandel und Kanalnetzberechnung – Hinweise zur Durchführung. Gutachten für das LANUV NRW, unveröffentlicht.
- DWA (2006).** Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen, DWA-Regelwerk, Arbeitsblatt A 118, Hennef, März 2006.
- DWA (2008).** Prüfung der Überflutungssicherheit von Entwässerungssystemen, Arbeitsbericht DWA-AG ES-2.5, KA – Abwasser, Abfall (55), Heft 9, S. 972 – 976.
- DWA (2010a).** Klimawandel - Herausforderungen und Lösungsansätze für die deutsche Wasserwirtschaft. Erarbeitet durch die Koordinierungsgruppe Klimawandel der DWA. Schriftreihe DWA-Themen, Hennef. ISBN 978-3-941897-19-9.
- DWA (2010b).** DWA-M 551 Audit "Hochwasser - wie gut sind wir vorbereitet". DWA, Hennef. ISBN 978-3-941897-63-2.
- DWA (2011).** Erkenntnisse und Erfahrungen bei der Anwendung des Arbeitsblattes DWA-A 138 – Teil 2: Quantitative Hinweise. Arbeitsberichte der DWA-AG ES-3.1, In: KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 2011 (58), Nr. 5, S. 442-450.

- DWA (2012).** Gefährdungsanalyse zur Überflutungsvorsorge kommunaler Entwässerungssysteme, Vorhabensbeschreibung für das Merkblatt DWA-M 119, KA – Korrespondenz Abwasser, Abfall, Heft 2, 2011.
- DWA-A 118 (2006).** DWA-A 118. Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen. DWA, Hennef. ISBN 978-3-939057-15-4.
- DYNAKLIM (2012).** <http://www.dynaklim.de/dynaklim/index/service/publikationen.html> (Stand 04.1.2012).
- EG-HWRM-RL (2007).** Richtlinie 2007/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken.
- Einfalt T. (1990).** Nutzen von Niederschlagsinformationen. IN: Abflusssteuerung und Kanalnetzbewirtschaftung, 3. Internationaler Intensivkurs, Arnsberg, 15.-19.10.1990, Schulungsunterlagen.
- Einfalt T., Hatzfeld F., Wagner A., Seltmann J., Castro D. und Frerichs, S. (2009).** URBAS: forecasting and management of flash floods in urban areas. Urban Water Journal, 6:5, S. 369 - 374.
- Einfalt T. und Simon M. (2001).** Systematischer Aufbau von Simulationen zur Abflusssteuerung im Hinblick auf eine Genehmigungsfähigkeit. VDI-Berichte Nr. 1619, p. 215 – 224.
- Erbe V. (2002).** Kanalnetzsteuerung - Überblick über umgesetzte Projekte und Erfahrungen aus der Praxis. Tagungsband Wasserbauliche Mitteilungen: Heft 21: Innovationen in der Abwasserableitung und Abwassersteuerung (2002), ISBN 3-86005-229-7.
- Emschergenossenschaft (2012).** Umgang mit Regenwasser. Emschergenossenschaft/Lippeverband. Informationsmaterialien. <http://www.eglv.de/wasserportal/umgang-mit-regenwasser.html>.
- FGSV (2005).** Richtlinie für die Anlage von Straßen (RAS), Teil: Entwässerung (RAS-Ew); Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln.
- GFZ (2009).** RIMAX – Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse, Ergebnisse aus der Hochwasserforschung, Deutsches GeoForschungszentrum, Helmholtz-Zentrum Potsdam.

- Grünwald U., Wöllecke B. und Schümberg S. (2008).** Fachgutachten „Zu Entstehung und Verlauf des extremen Niederschlag-Abfluss-Ereignisses am 26.07.2008 im Stadtgebiet von Dortmund - einschließlich der Untersuchung der Funktionsfähigkeit von wasserwirtschaftlichen Anlagen und Einrichtungen der Stadt, Emschergenossenschaft und Dritter in den Gebieten Dortmund-Marten, -Dorstfeld und -Schönau“ im Auftrag der Stadt Dortmund und Emschergenossenschaft/Lippeverband.
- Günther O. (2005).** Erfahrungen bei der Überprüfung von Mess- und Drosseleinrichtungen in Hessen. Unterlagen zum BEW Seminar "Durchflussmessungen" in Essen. Download unter: http://www.ihwb.tu-darmstadt.de/media/fachgebiet_ihwb/fhmusp/pruefstelle/guenther2005.pdf (22.06.2012).
- Harms R.W. (2011).** Überflutungsbetrachtung bei der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung. Tagungsunterlagen DWA Regenwassertage 2011 in Bad Soden, DWA Hennef.
- Heusch S. (2011).** Modellprädiktive Abflusssteuerung mit hydrodynamischen Kanalnetzmodellen. Dissertation TU Darmstadt. URL: <http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/2559>.
- 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. 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).
- Hoppe H., Messmann S., Giga A. und Grüning H. (2011).** A real-time control strategy for separation of highly polluted storm water based on UV-Vis online measurements - from theory to operation. Water Science & Technology, Vol 63 No 10, S. 2287-2293.
- Hoppe H., Graf-van Riesenbeck G., Rost F., Kirschner N., Massing C., Arnold B. und Sander S. (2012a).** Von der Hochwasserrisikokarte zur urbanen Gefährdungsanalyse - Methodik und Projekterfahrungen. DWA-Tagungsunterlagen GIS & GDI in der Wasserwirtschaft, 25.-26.01.2012 in Kassel, 17 Seiten.
- Hoppe H., Sander S., Gruber G., Gamerith V., Camhy D. und Hochedlinger M. (2012b).** Überflutungsvorsorge und integrierte Stadtentwässerung im Zeichen des Klimawandels: Informationsmanagement und -visualisierung am Beispiel des EU-FP7 Projekts SUDPLAN. Aqua Urbanica und IFAT 2012. Veranstaltung der TU Kaiserslautern und des DACH. Download unter: <http://www.aqua-urbanica.org> (05/2012) (angenommen).

- Hoppe H., Giga A., Laschet U. und Schilperoort R. (2012c).** Innovative Konzepte und Messtechniken zur Betriebsüberwachung und -optimierung von zentralen und dezentralen Regenwasserbehandlungsanlagen. Tagungsunterlagen zu den 11. DWA Regenwassertagen in Berlin. DWA, Hennef, 13 Seiten.
- Hösl R. (2009).** Analyse von linearen Abflusswegen und ihr Einfluss auf die Effektivität von Gewässerrandstreifen. Diplomarbeit an der Universität Wien. Fachbereich Theoretische und Angewandte Geographie.
- hydro&meteo GmbH & Co. KG (2008).** Auswertung der Radarniederschläge für das Ereignis am 26. Juli 2008, Bericht an den Wupperverband, 8 Seiten.
- IPCC (2008).** „Climate Change and Water“, Technical Paper VI of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Sekretariat, Geneva 2008.
- Kasper H. (1997).** Gewässerdurchlässe – Natur- und landschaftsverträgliche Gewässerdurchlässe. – In: Schriftenreihe Umwelt 280. Natur und Landschaft. Einzelideen für Natur und Landschaft. 1. Serie. Zusammenfassungen. XI: 23. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ), 3000 Bern, Bestellnummer: 310.130 d, Bern.
- Kissel M. und Pieroth K. (2011).** Starkregen und Überflutungsvorsorge, Vorhabensbeschreibung für eine verbandsübergreifende Initiative, KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 2011 (58), Nr. 6, S.581-582.
- LANUV (2010a).** „Extremwertstatistische Untersuchung von Starkniederschlägen in NRW (ExUS), Veränderung in Dauer, Intensität und Raum auf Basis beobachteter Ereignisse und Auswirkungen auf die Eintretenswahrscheinlichkeit“, Abschlussbericht, erstellt für das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW), März 2010, erarbeitet durch aqua_plan GmbH, hydro & meteo GmbH & Co. KG, dr. papadakis GmbH.
- LANUV (2010b).** 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 im Auftrag des Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen erarbeitet durch die Dr. Pecher AG (Erkrath).
- LANUV (2011).** Klimawandel und Überflutungsrisikobetrachtungen mit Einsatz neuer N-A-Modellen im Rahmen des Projektes Köln_21. Gutachten der Dr. Pecher AG für das LANUV NRW (unveröffentlicht).

- LANUV (2012).** Persönliche Korrespondenz Frau Aengenvoort, Fachbereich 15, LANUV NRW (unveröffentlicht).
- LAWA (2010).** Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser, Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten, beschlossen auf der 139. LAWA-VV am 25./26.03.2010 in Dresden.
- Londong J. (2011).** Grundstücksnahe Niederschlagswasserbewirtschaftung – Langzeitbeobachtungen (1998-2011) an Projekten im Gebiet der Internationalen Bauausstellung Emscher Park (IBA). TU Graz. Aqua Urbanica 2011. Band 62, ISBN 978-3-85125-137-1. Download unter: <http://www.aqua-urbanica.org>.
- LUA (2003).** Technische Informationen zur Drosselkalibrierung. Teil 1: Hydraulische Kalibrierung von Drosseleinrichtungen – Abschlussbericht. Fachberichte des Landesumweltamtes NRW 6/2003.
- LUBW (2008).** Durchgängigkeit für Tiere in Fließgewässern Leitfaden Teil 4 – Durchlässe, Verrohrungen, sowie Anschluss Seitengewässer und Aue Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Referat 41 – Fließgewässer, Integrierter Gewässerschutz, ISBN 978-3-88251-334-9.
- MKULNV (2010).** Bericht zur vorläufigen Bewertung nach der EG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (EG-HWRM-RL) in NRW, Juli 2011, Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.
- MUNLV (2010).** Richtlinie für die Entwicklung naturnaher Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen Ausbau und Unterhaltung. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV), April 2010.
- MUNLV (2011).** Handbuch Stadtklima – Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt Landschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV), Düsseldorf, http://www.umwelt.nrw.de/klima/pdf/handbuch_stadt-klima.pdf (22.06.2012).
- Neumann M.B. (2007).** Uncertainty analysis performance evaluation and design of urban water infrastructure. Ph.D. Thesis, ETH Zürich.
- Nichler T., Niemann A. und Illgen M. (2010).** Risikobewertung von Starkregenereignissen – Vorgehensweise und Lösungsansätze, in: 9. DWA-Regenwassertage 2010, Bremen.

- Odenwald B. (2011).** Neuerungen im Merkblatt Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen (MSD), Ausgabe 2011. Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau; 94 aus: Geohydraulische Aspekte bei Bauwerken der WSV. Karlsruhe November 2011. Hrsg.: Bundesanstalt für Wasserbau -BAW-, Karlsruhe Selbstverlag 2011, S. 35-45.
- Olsson J., Gidhagen L., Gämmerl V., Gruber G., Hoppe H. und Kutschera P. (2012).** Downscaling of Short- Term Precipitation from Regional Climate Models for Sustainable Urban Planning. *Open Access Sustainability* 2012, 4, 866-887; doi:10.3390/su4050866, ISSN 2071-1050, <http://www.mdpi.com/2071-1050/4/5/866> (22.06.2012).
- Oswald A. (2001).** Ökologische Anforderungen für Brücken und Durchlässe an Fließgewässern – Planungsleitfaden. Land Steiermark. Download unter: <http://www.verwaltung.steiermark.at>.
- Paludan B., Brink-Kjær A., Høegh Nielsen N., Linde J., Jensen L. und Mark O. (2010).** Climate change management in drainage systems – A “Climate Cookbook” for adapting to climate changes. NOVATECH 2010 – Konferenzband.
- Pinnekamp J., Doktor S., Haußmann R., Roder S., Siekmann M. und Staufer P. (2008).** Wassersensible Stadtentwicklung, Netzwerk für eine nachhaltige Anpassung der regionalen Siedlungswasserwirtschaft an Klimatrends und Extremwetter, Abschlussbericht Phase I, Förderkennzeichen BMBF 01 LS 05017, TIB-Hannover, Signatur F 08 B 2071, <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb09/594034418.pdf>. Hannover 2008.
- Pecher K.H. und Hoppe H. (2011).** Künftige Bemessung von Kanalisationen. In: KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 2011 (58), Nr. 2, S. 121-127.
- Richardson D. (2002).** Flood risk – the impact of climate change, *Proceedings of the ICE, Journal Civil Engineering* 150, May 2002, S. 22-24.
- Schmitt T.G. (2006).** Klimaveränderung – Konsequenzen für die Siedlungsentwässerung? In: *gwf Wasser und Abwasser* (2006), Nr. 3, S. 210-213.
- Schmitt T.G. (2011).** Risikomanagement statt Sicherheitsversprechen: Paradigmenwechsel auch im kommunalen Überflutungsschutz?, In: KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 2011 (58), Nr. 1, S. 40-49.
- Schmitt T.G. und Worreschk S. (2011).** KRisMA – Kommunales Risikomanagement Überflutungsschutz, Untersuchung im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz, Schlussbericht, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft, TU Kaiserslautern (unveröffentlicht).

- Stadt Wuppertal (2012).** „Nasse Füße“ in Wuppertal? Eine Bürgerinformation zur Vorsorge bei Starkregen und Hochwasser. Stadt Wuppertal, Wupperverband und WSW Energie und Wasser AG, 2012.
- Tarboton D. G. (1997).** A new method for the determination of flow directions and upslopes areas in grid digital elevation models. *Water resources Research* 33(2), 309-319.
- Ten Veldhuis J.A.E. und Clemens F.H.L.R. (2010).** How citizens respond to urban pluvial flooding in lowland areas. Konferenzbeitrag NOVATECH 2010. 7th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management (NOVATECH).
- UBA (2011).** Das Klima ändert sich – was können wir tun. Broschüre des Umweltbundesamtes. Umweltbundesamt Dessau-Roßlau, August 2011. Als Download unter <http://www.tatenbank.anpassung.net/Tatenbank> verfügbar (09.03.2012).
- UBA (2012).** Kompass Tatenbank. Datenbank zur Anpassung an den Klimawandel. <http://www.tatenbank.anpassung.net/Tatenbank> (09.03.2012).
- URBAS (2008).** Urbane Sturzfluten, Abschlussbericht des BMBF-Projektes. Als Download über <http://www.urbanesturzfluten.de> verfügbar (04.03.2012)
- URBAS (2012).** Ereignis-Datenbank. URL: <http://www.urbanesturzfluten.de/ereignisdb> (04.01.2012).
- UIG (2004).** UIG - Umweltinformationsgesetz - Fassung vom 22. Dezember 2004, BGBl. I Nr. 73 vom 28.12.2004, S. 3704.
- UIG NRW (2007).** UIG NRW - Umweltinformationsgesetz Nordrhein-Westfalen - Nordrhein-Westfalen - Vom 29. März 2007 (GVBl. Nr. 10 vom 17.04.2007 S. 142) Gl.-Nr.: 2129.
- Umweltministerium BW (2005).** Leitfaden des Umweltministeriums Baden-Württemberg, Hochwassergefahrenkarten in Baden-Württemberg. Download unter: http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/975/HWGK_Leitfaden_DEU.pdf (10.03.2012).
- Valée D. und Benden J. (2010).** Städtebauliche Anpassung an Starkregenereignisse durch multifunktionale Flächennutzung – Beispiele aus den Niederlanden. Schriftenreihe Gewässerschutz – Wasser – Abwasser der RWTH Aachen, Band 220, S. 6-1 bis 6-15. ISSN 0342-6068.

Werp M. (1992). Dimensionierung von Kanalnetzen in der Rechtsprechung des Bundesgerichtshofs. Korrespondenz Abwasser, Heft 9.

Wojciech S. (2010). Hochwasserschutz - Vermeidung von Schäden durch mobile Schutzsysteme. Eine techno-ökonomische Analyse. ISBN 978-3-8366-8412-5.



pecher



hydro & meteo GmbH & Co. KG
Wetter + Wasser

KLIMAWANDEL IN STADTENTWÄSSERUNG UND STADTENTWICKLUNG

ANHANG 1

Ausgewählte analysierte Starkregenereignisse in NRW

Landesamt für Natur, Umwelt
und Verbraucherschutz NRW

PROJEKT DES KLIMA-INNOVATIONSFOND IF-37



Anhang 1

1	Ereignis am 28.08.2002 Rhein-Sieg-Kreis, Eitorf	3
2	Ereignis am 09.08.2007 Delbrück	6
3	Ereignis am 29.05.2008 in Mönchengladbach	9
4	Ereignis am 22.06.2008	13
4.1	Wetterlage	13
4.2	Dortmund	13
4.3	Essen	16
4.4	Mönchengladbach	19
5	Ereignis am 26.07.2008	22
5.1	Wetterlage	22
5.2	Wuppertal, Mettmann	22
5.3	Dortmund	26
6	Ereignis am 27.06.2009 Mönchengladbach, Viersen	29
7	Ereignis am 03.07.2009	33
7.1	Wetterlage	33
7.2	Uedem, Weeze	33
7.3	Essen	37
7.4	Gelsenkirchen	41
7.6	Duisburg	44
7.7	Herne	47
7.8	Kreis Euskirchen, Kall	50
7.9	Düsseldorf	53
8	Ereignis am 03.07.2010	57
8.1	Wetterlage	57
8.2	Essen	57
8.3	Wachtberg	60
8.4	Bonn	65
8.5	Gelsenkirchen	68
8.7	Mettmann	70
8.8	Dülmen	73

9	Ereignis am 26./27.08.2010 Ochtrup	76
10	Weitere Pressemeldungen	79

1 Ereignis am 28.08.2002 Rhein-Sieg-Kreis, Eitorf

Am 28.8.2002 zogen Starkregenfelder von Ost nach West das Siegtal hinab. Wenige Kilometer südlich des Ortes Eitorf bildete sich gegen 14 Uhr UTC eine intensive Niederschlagszelle, die anscheinend durch von Osten herankommende Niederschlagsfelder „genährt“ wurde und damit örtlich weitgehend stabil bis 16 Uhr UTC sehr intensive Niederschläge produzierte.

Das Radarbild der Niederschlagssummen ist auf der Basis der Messungen am Radar Essen erstellt worden. Es zeigt, dass der maximale Niederschlag mit etwa 104 mm Gesamtmenge im Bereich Bach gefallen ist (Bild 1).

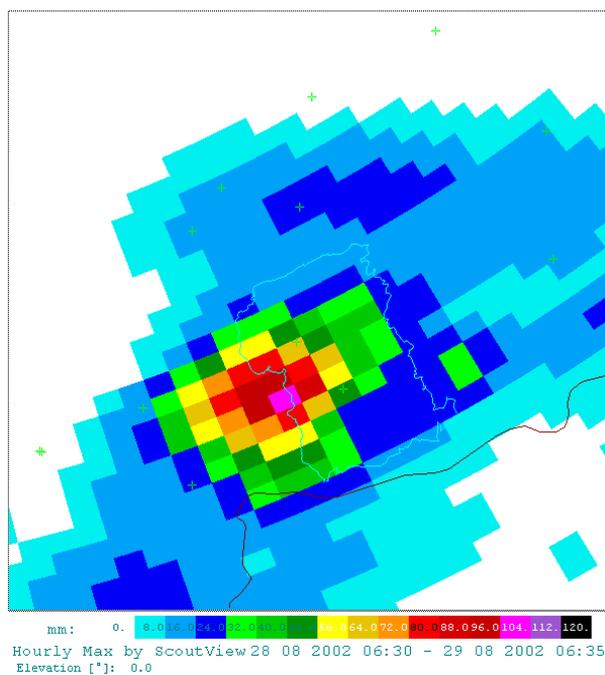


Bild 1 Ereignissumme auf Basis der angeeichteten Radarmessungen Eitorf 28.08.2002



Bild 2 Wiederkehrhäufigkeit des Ereignisses Eitorf am 28.08.2002

Bild 2 zeigt deutlich, dass es sich am Punkt des maximalen Niederschlages um ein Ereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von seltener als einmal in 100 Jahren handelt.

Rhein-Sieg-Kreis: Artikel vom 28.08.2002, General Anzeiger Bonn

Schweres Gewitter sorgt für Chaos an der Sieg

Von Jost Neßhöver

Sintflutartiger Regen löst Erdrutsche aus und setzt Straßen und Keller unter Wasser - Blitz schlägt in eine Scheune ein - Dammbrech droht am Fischteich - Stein wird evakuiert

Bild 1 von 2



Foto: Holger Arndt

Rhein-Sieg-Kreis. Eine halbe Stunde heftigster Regen hat am Mittwoch für ein mittelschweres Chaos im Siegtal und auf den Höhen umher gesorgt. Teile der L 333 sackten ab, Erdrutsche versperrten die Wege, in Stein unterhalb von Blankenberg wurden Häuser evakuiert, als gegen 18 Uhr das Gewitter vom Westerwald her über die Region zog.

Polizei und Feuerwehren aus allen Teilen des Rhein-Sieg-Kreises sowie THW-Leute hatten alle Hände voll zu tun, Schlamm und Wassermassen Herr zu werden. Am härtesten traf es die Menschen in Eitorf und im Siegtal. Keller liefen voll, das Wasser hob die Kanaldeckel aus den Fassungen und in Stein ließ die Einsatzleitung gegen 19.30 Uhr die Häuser evakuieren. Grund: Die Fischteiche im Dorf waren übergelaufen, ein reißender, breiter brauner Strom überspülte die Siegtalstraße. Die Fluten durchweichten den Deich um die Teiche binnen kurzem.

An einigen Stellen sackte die Siegtalstraße ab. Leute vom Hennefer Bauhof rückten aus, die abgerutschten Erdmassen zu beseitigen. Ein außergewöhnliches Bild bot das Krabachtal auf der Gemeindegrenze zwischen Hennef und Eitorf. Wo sonst der Bach recht beschaulich fließt, wälzte sich am Mittwoch eine talbreite braune Masse. Auf dem Weg von und nach Eitorf ging bald gar nichts mehr. Im Nu war die B 8 in Richtung Uckerath dicht. Einsatzkräfte, die aus Sankt Augustin zu Hilfe eilten, mussten durchs Bröltal und über Schönenberg fahren. Weil in Eitorf das Wasser die Gleise überschwemmt hatte, blieb die Strecke nach Au gesperrt.

Dramatisch wurde es, als ein Angler als vermisst gemeldet wurde. Sein Auto stand bis zu den Fensterrahmen in der Brühe. Der Mann tauchte aber wieder auf, sein Auto wurde geborgen. Dann brannte auch noch eine Scheune in Darscheid zwischen Uckerath und der Sieg. Große Mengen Stroh waren in Brand geraten.

Möglicherweise ist dort der Blitz eingeschlagen. Rund 70 Wehrleute aus Hennef, Uckerath und Söven sowie Kameraden von der Wehr Oelberg mit einem Tankwagen waren angerückt. Ein Bewohner galt erst als vermisst, war aber wohlbehalten, eine ältere Frau erlitt einen Schock und kam ins Krankenhaus. Das Vieh wurde gerettet. Am Feuer vermochten auch die enormen Regenmengen nichts zu ändern, die binnen kurzer Zeit niedergingen.

Artikel vom 28.08.2002

Quelle: <http://www.general-anzeiger-bonn.de/index.php?k=loka&itemid=10001&detailid=49022>
(Stand 10.01.2012)

2 Ereignis am 09.08.2007 Delbrück

Ab dem 8. August 2007 stellte sich eine Luftmassengrenze zwischen kühlerer Luft im Westen und wärmerer im Osten ein. Die Luftdruckgradienten waren schwach ausgeprägt und die Luft war relativ labil bei gleichzeitiger Zufuhr feuchter Luftmassen aus südlicher Richtung. Im Laufe des Tages bildeten sich über NRW großräumige konvektive Niederschlagsfelder, die sich im Laufe des 9. August in kleinere Zellen mit hohen Niederschlagsintensitäten weiterentwickelten und mehr aus östlicher Richtung kamen. Diese verursachten am Abend vielerorts Überschwemmungen.

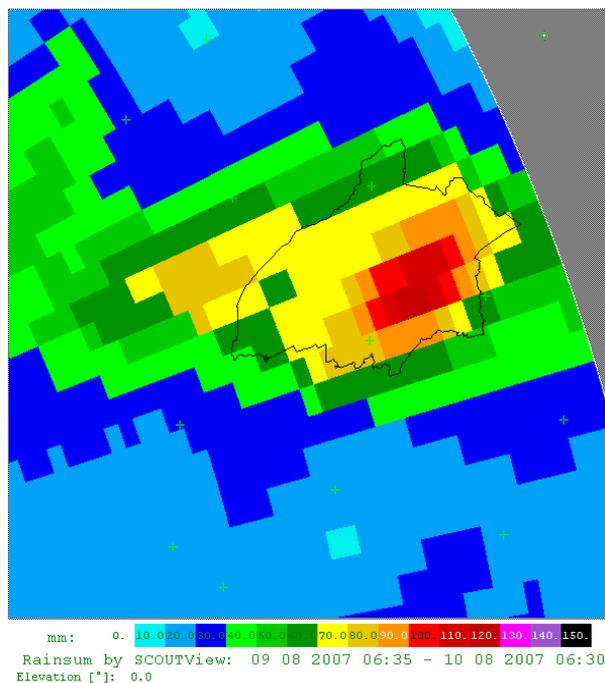


Bild 3 Ereignissumme auf Basis der angeeichten Radarmessungen Delbrück
09.08.2007

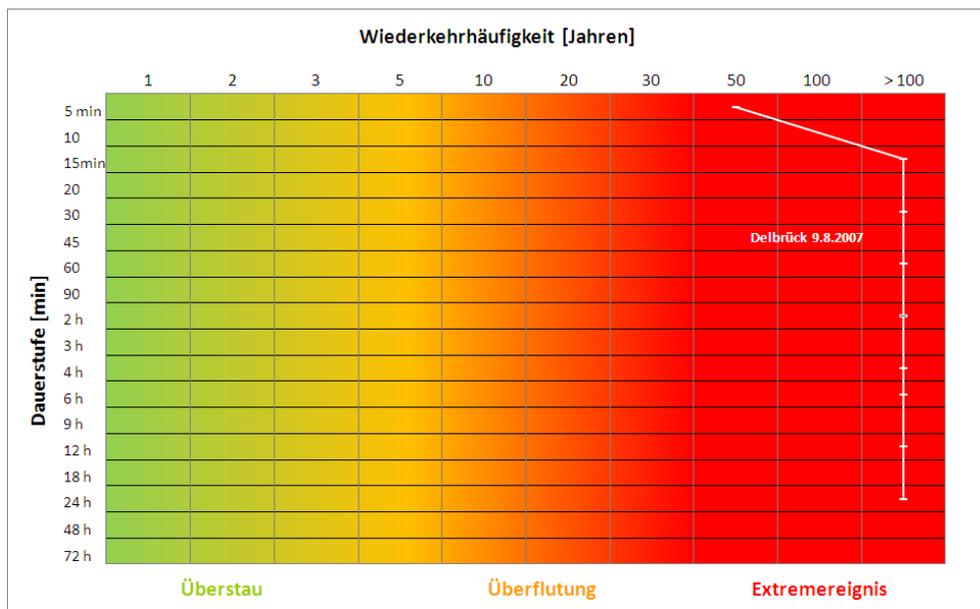


Bild 4 Wiederkehrhäufigkeit des Ereignisses Delbrück am 09.08.2007

Bild 4 zeigt, dass es sich am Punkt des maximalen Niederschlages um ein Ereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von seltener als einmal in 100 Jahren handelt.

Delbrück: Artikel vom 09.08.2007, Feuerwehr Mastholte

Home :: Einsätze :: alte Einsätze :: Einsätze 2007 :: Hilfeleistung, WAS, Delbrück / E056-2007

Einsätze 2007

Hilfeleistung, WAS, Delbrück / E056-2007

- | | | |
|---------------------|--------------------|----------------|
| ▶ Datum: | ▶ Alarmierung: | ▶ Einsatzende: |
| 09.08.2007 | 19:50 Uhr | 04:450 Uhr |
| ▶ Alarmierung über: | ▶ Stichwort: | ▶ Einsatzort: |
| Melder | Hilfeleistung, WAS | Delbrück |

▶ Einsatzbericht:

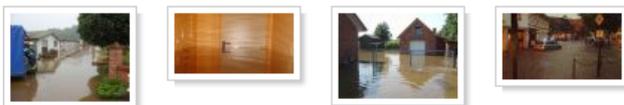
Der Löschzug Mastholte wurde an diesen Tag in den Nachbarkreis Paderborn gerufen! Dort hatte ein schweres Unwetter die Stadt Delbrück schwer getroffen. Alleine auf der Einsatzfahrt mit dem LF 16/TS ahnten wir das dieses ein sehr langer Einsatz wird. Es dauerte eine ganze Weile bis wir überhaupt in der Stadt Delbrück eintrafen. Unser erster Einsatzort war eine Tiefgarage am Rathaus / Gemeindehaus. Danach folgten zahlreiche Einsätze. Der längste an einen Objekt zog sich über 5 Stunden an einen Wohnhaus was vollkommen mit Wasser eingeschlossen war dort waren 2 Pumpen fast die ganze Nacht im Einsatz. Danach ging es zum Geflügelhof nach Nordhagen. Dort war das gesammte Anwesen vom Wasser eingeschlossen zahlreiche Junghennen starben dort. Wir standen im Bereitschaft mit weiteren Löschzügen unteranderen mit den Kameraden aus Neuenkirchen. Das THW war dort schon mit schwerem Gerät angerückt. Die Manschaft konnte den Einsatzort Delbrück um 04.45 Uhr erschöpft verlassen.

▶ Einsatzkräfte:

LF 16 TS

▶ zusätzliche Kräfte:

▶ Einsatzfotos:



Quelle: <http://www.feuerwehr-mastholte.de/index.php/einsaetze/alte-einsaetze/einsaetze2007/234-e056-2007> (Stand 10.01.2012)

3 Ereignis am 29.05.2008 Mönchengladbach

Am Vormittag des 29. Mai 2008 zieht ein Verbund von intensiven Gewitterzellen linksrheinisch von Süd nach Nord. Obwohl die Zellstruktur nur einige Dutzend km misst, produziert sie entlang ihrer Zugbahn im Bereich der Städte Düren, Jülich, Erkelenz und Mönchengladbach sehr hohe Niederschläge, teilweise auch mit Hagel vermischt.

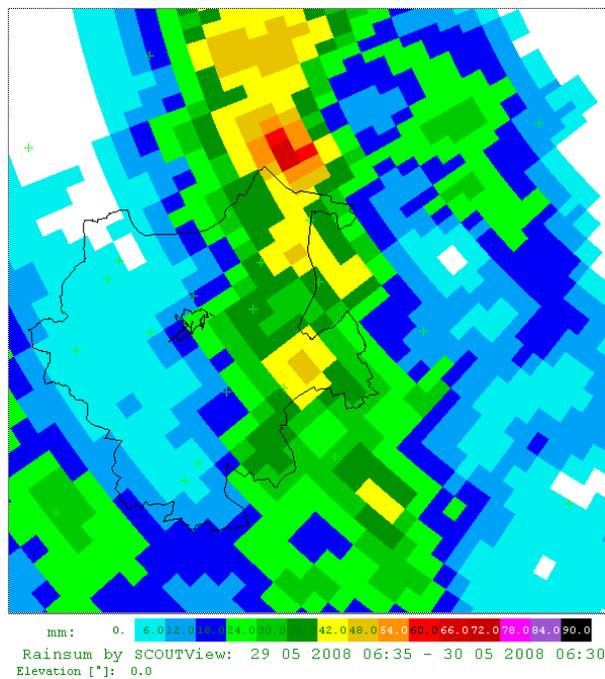


Bild 5 Ereignissumme auf Basis der angeeichten Radarmessungen Mönchengladbach 29.05.2008

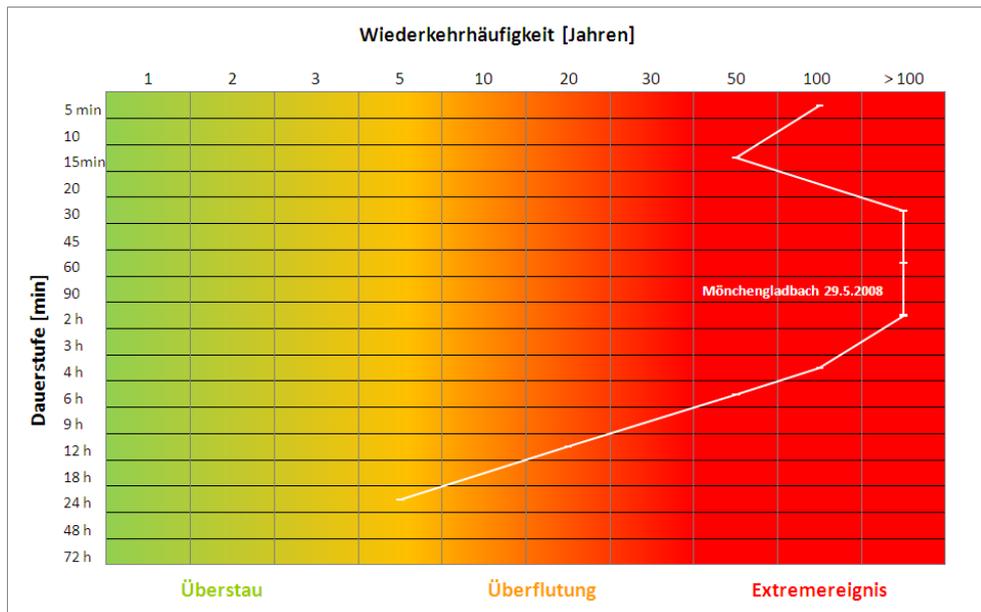


Bild 6 Wiederkehrhäufigkeit des Ereignisses Mönchengladbach am 29.05.2008

Aus Bild 6 wird ersichtlich, dass es sich am Punkt des maximalen Niederschlages um ein Ereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von seltener als einmal in 100 Jahren handelt.

Mönchengladbach: Artikel vom 29.05.2008, Rheinische Post

Mönchengladbach

Schweres Unwetter: Stadt überflutet

zuletzt aktualisiert: 29.05.2008 - 13:36

Das schwere Unwetter in NRW hat am Mittwochvormittag auch Mönchengladbach heimgesucht. Von 10.45 Uhr bis 11.30 Uhr wurde der Himmel über der Stadt pechschwarz - es kam zu heftigen Hagelschauern. Die Feuerwehr war im Dauereinsatz.

Die Wassermassen überforderten die Kanalisation, zahlreiche Gullys liefen über. Viele Einwohner mussten ihre Keller leerschöpfen. In einem Untergeschoss explodierte ein Öltank, die genaue Ursache für den Vorfall ist allerdings noch unklar.

Etliche Straßenzüge waren komplett überspült. Das Wasser stand in manchen Straßen über einen halben Meter hoch. Unzählige Autos blieben liegen, weil Wasser die Elektrik ausschaltete. Gullydeckel wurden aus den Schächten gedrückt und blieben meterweit entfernt liegen. Gelbe Säcke dümpelten über geschlossene Wasserflächen in etlichen Stadtteilen. Wenig später setzte eine Flut von Notrufen auf der Leitstelle der Polizei ein. Die Einsatzleitung mobilisierte alle verfügbaren Kräfte. Alle Möglichkeiten wurden ausgeschöpft, um zusätzliche Streifenwagen zu besetzen.

FOTOS



Mai 08: Tiefschwarzer Himmel über Düsseldorf →

Obwohl an allen verfügbaren Plätzen die Notrufe pausenlos entgegen genommen wurden, war die Leitstelle kaum in der Lage, die Masse der Anrufe über die Notrufnummer 110 zeitgerecht bearbeiten. Die allermeisten Anrufer berichteten über eindringendes Wasser in Kellerräumen und beschwerten sich, dass der Notruf der Feuerwehr 112 pausenlos besetzt sei. Nur wenige Anrufer hatten Verständnis, dass ihnen nicht sofort geholfen werden konnte, sondern sie auf absehbare Zeit auf Eigeninitiative angewiesen bleiben würden. So forderte ein Anrufer: "Sperren Sie die Straße vor meinem Haus, die Autos spritzen mir das Wasser gegen die Fassade."

Quelle: <http://www.rp-online.de/niederrhein-sued/moenchengladbach/nachrichten/schweres-unwetter-stadt-ueberflutet-1.669866> (Stand 10.01.2012)

Rheinland: Artikel vom 29.05.2008, N24

Land unter

Rheinland von Unwetter heimgesucht

Polizei und Feuerwehren im Ausnahmezustand:
Sinfurartige Regenfälle machten das Eingreifen der
Hilfskräfte in Nordrhein-Westfalen notwendig. Keller
liefen voll, der Verkehr war gestört.

Heftiger Regen und Gewitter haben am Donnerstag im Rheinland für zahlreiche Einsätze von Feuerwehr und Polizei gesorgt. Besonders betroffen waren von dem Unwetter der Niederrhein und der Raum Aachen. Zwei Menschen wurden verletzt.

Zug gegen Baum gefahren

In Mönchengladbach krachte ein Regionalexpress gegen einen Baum, der auf die Gleise gestürzt war und die Oberleitung heruntergerissen hatte. Die 75 Passagiere mussten etwa anderthalb Stunden im Zug sitzen bleiben. Erst als die Stromleitung geerdet war, durften sie die Bahn verlassen, teilte die Bundespolizei mit. Die Zugstrecke zwischen Aachen und Mönchengladbach bleibt vermutlich bis Freitag gesperrt. Der Lokführer erlitt bei dem Unfall einen Schock.

In einem Haus in Mönchengladbach wurde eine Frau durch einen Stromschlag verletzt, als sie mit nackten Füßen in den Keller ging, um dort ein Elektrogerät auszuschalten. Dutzende Autofahrer blieben auf überfluteten Straßen liegen und mussten hilflos zusehen, wie das Wasser in ihren Fahrzeugen immer weiter stieg. Etliche Straßen waren komplett überspült. "Das Wasser stand an manchen Straßen über einen halben Meter hoch", teilte die Polizei weiter mit. Durch den heftigen Regen liefen hunderte von Keller voll. Im Stadtgebiet fielen zudem für mehrere Stunden zehn Ampelanlagen aus, teilte die Kommune mit.

Stromausfall in Kleve

Bei starkem Regen und Hagel fiel in einem Stadtteil von Kleve für kurze Zeit der Strom aus. "Wir sind glimpflich davon gekommen", sagte ein Polizeisprecher. Im benachbarten Kreis Wesel war das Unwetter nach etwa zehn Minuten schon wieder vorbei. Dennoch stürzte ein Ast auf ein langsam fahrendes Auto. Die Fahrerin und ihre zwölf Jahre alte Tochter blieben aber unverletzt, sagte eine Polizeisprecherin. Am Wagen entstand Sachschaden.

Von "Land unter" berichtete auch ein Polizeisprecher in Neuss. In Teilen des Kreisgebietes drückten die Wassermassen Gullydeckel heraus. In Unterführungen sammelte sich das Regenwasser. Bei starkem Wind stürzte in Grevenbroich ein Baum auf ein Haus. Verletzt wurde jedoch niemand.

Selbst bei der Polizei liefen Keller voll

Im Kreis Viersen zählte die Polizei während des Unwetters 500 Notrufe. Straßen und Kreuzungen standen unter Wasser und waren nicht mehr passierbar. In zahlreichen Kellern stand das Wasser bis zu einem Meter hoch. Nicht verschont blieb auch die Polizei. In Keller der Wachen in Viersen und Kempen griffen die Beamten zu Abzieher und Aufnehmer, um größere Schäden zu verhindern.

Im Kreis Düren wurden zahlreiche Straßen überschwemmt, darunter auch die A 44, die zwischen Titz und Jülich vorübergehend gesperrt wurde. Insgesamt meldete die Kreisfeuerwehr 700 Einsätze mit mehr als 1.500 Kräften. "In zweieinhalb Stunden hatten wir 1.800 Notrufe, das habe ich in den letzten 30 Jahren noch nicht erlebt", sagte der Einsatzleiter.

Dabei wurde auch ein durch die Wassermassen in seinem Heizungskeller eingesperrter Mann befreit. In Euskirchen fiel der Zugverkehr nach Kall für eine Stunde aus, da die Gleise komplett überschwemmt waren.

(dpa, N24)

29.05.2008 17:29 Uhr

Quelle: http://www.n24.de/news/newsitem_942436.html (Stand 10.01.2012)

4 Ereignis am 22.06.2008

4.1 Wetterlage

Am Nachmittag des 22. Juni 2008 ziehen von Südwesten intensive Gewitterzellen heran. Diese bewegen sich wiederholt auf einer Achse von Aachen über Essen und Dortmund bis Ostwestfalen. Durch die Aufeinanderfolge mehrerer Zellen bis in den Abend gab es in mehreren Kommunen in NRW sehr hohe Niederschläge zu beobachten.

4.2 Dortmund

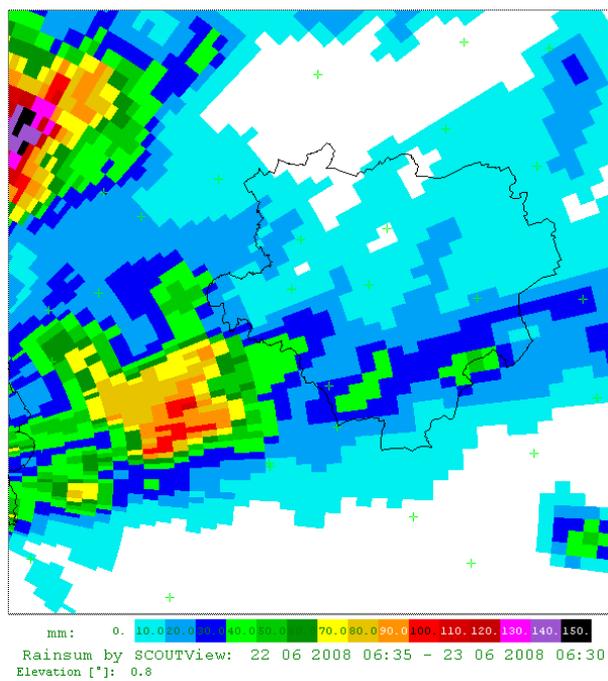


Bild 7 Ereignissumme auf Basis der angeeichten Radarmessungen Dortmund
22.06.2008



Bild 8 Wiederkehrhäufigkeit des Ereignisses Dortmund am 22.06.2008

Bild 8 zeigt, dass es sich am Punkt des maximalen Niederschlages um ein Ereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von seltener als einmal in 100 Jahren handelt.

Dortmund: Artikel vom 22.06.2008, Der Westen (WAZ)

IM SÜDEN STÜRZTEN BÄUME...



Über 130 Einsätze nach Unwetter - keine Verletzten

22.06.2008 | 22:06 Uhr



Schwere Unwetter haben am Sonntag erhebliche Schäden angerichtet. Die Feuerwehr musste über 130 Mal ausrücken. Menschen kamen nicht zu Schaden.

Bis spät in die Nacht hatten die Rettungskräfte zu tun. Eine erste Gewitterfront mit starken Regenfällen, Hagel und Sturmböen hatte gegen 18 Uhr Dortmund erreicht und vor allem in den südlichen Stadtteilen erhebliche Schäden angerichtet. Innerhalb von zehn Minuten gingen in der Leitstelle der Feuerwehr fast 170 Notrufe ein. In mehreren Stadtteilen wurden Bäume

entwurzelt und waren auf Straßen, Autos und Stromleitungen gestürzt. Vier Autos waren unter Bäumen begraben worden. Allein auf der Wittbräucker Straße waren auf 150 Meter Länge Bäume und Äste auf die Straße gefallen.

Eine zweite Unwetterfront traf gegen 19.40 Uhr den Westen der Stadt. Binnen weniger Minuten gingen erneut unzählige Notrufe ein. Hier waren es vor allem voll gelaufene Keller, die die Rettungskräfte beschäftigten. Neben der Berufsfeuerwehr befanden sich auch 15 Löschzüge der Freiwilligen Feuerwehr im Einsatz. Die Wetterdienste registrierten Sturmböen mit Geschwindigkeiten von bis zu 115 Stundenkilometern. Örtlich fielen 25 Liter Regen pro Quadratmeter.

Glimpflich kam der Band-Contest und das Fußball-Fanfest auf dem Friedensplatz beim Unwetter weg: War nachmittags noch überlegt worden, die große Leinwand abzumontieren, mussten die bereitsstehenden Kletterer doch nicht Hand anlegen. Lediglich die Bands beim Halbfinale „Dortmund sucht die Superband“ mussten ihre Auftritte verkürzen - jede der vier Band spielte jeweils nur drei Lieder. Somit war Zeit genug für eine ausgedehnte Regenpause. Auch ein Blitzeinschlag tangierte die Fans nicht: Der Blitz schlug ins Stadthaus ein - richtete aber wegen der Blitzableiter keinen Schaden an.

Alexander Voelkel

Quelle: <http://www.derwesten.de/staedte/dortmund/Ueber-130-Einsaeetze-nach-Unwetter-keine-Verletzten-id914651.html> (Stand 10.01.2012)

4.3 Essen

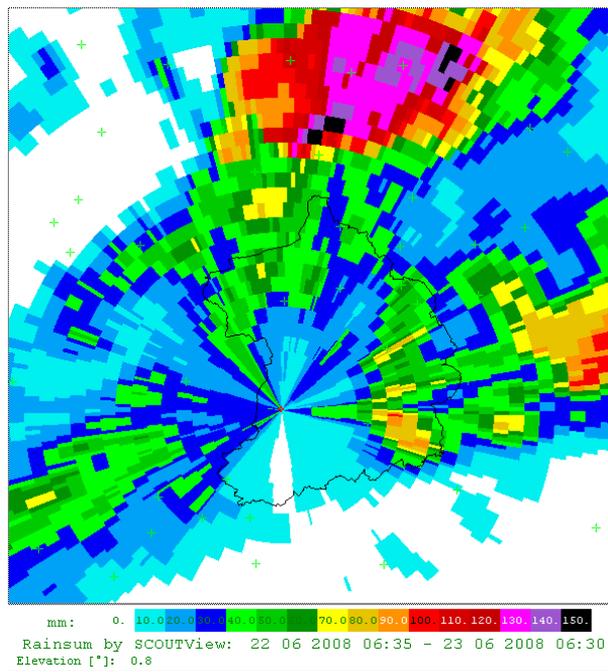


Bild 9 Ereignissumme auf Basis der angeeichten Radarmessungen Essen 22.06.2008

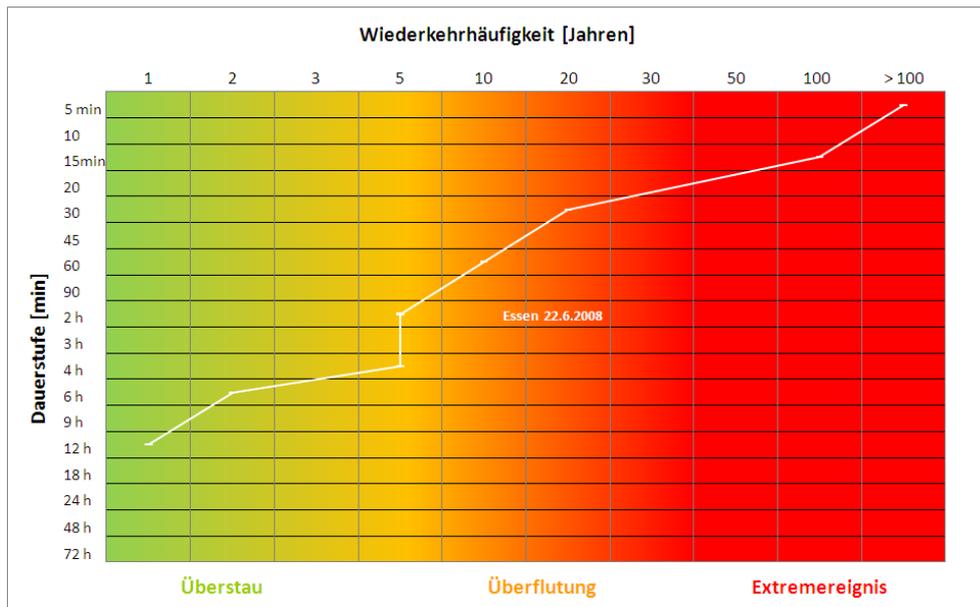


Bild 10 Wiederkehrhäufigkeit des Ereignisses Essen am 22.06.2008

Bild 10 zeigt, dass es sich am Punkt des maximalen Niederschlages um ein Ereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von seltener als einmal in 100 Jahren handelt.

Essen: Artikel vom 22.06.2008, Der Westen (WAZ)

ESSEN

Über 100 Unwetter-Einsätze

22.06.2008 | 22:09 Uhr

WETTER. Böen knickten Bäume um, Straßen und Bahngleise waren blockiert, Keller liefen voll.

Anzeige

Die Unwetterfront, die am gestrigen Abend über Essen hinweggezogen ist, hat der Feuerwehr viel Arbeit beschert. Über 100 Einsätze meldete die Leitstelle, zeitweilig mussten sämtliche Freiwillige Feuerwehren raus: Bäume oder Äste blockierten Straßen, so die Alfredstraße und den Werdener Berg - hier lief zeitweise nichts mehr. An der Stinnesstraße in Karnap stürzte ein Baum auf ein Haus, beschädigte das Dach. Ebenfalls betroffen war die Bahnstrecke nach Kettwig, S 6 und S 9 mussten den Verkehr einstellen und auf die Feuerwehr warten: Bäume und Äste hingen - an einer Stelle brennend - in den Oberleitungen oder lagen auf den Gleisen. Der Regen ließ die Keller volllaufen, vor allem im Süden Essens. (hkr)

Quelle: <http://www.derwesten.de/staedte/essen/Ueber-100-Unwetter-Einsaetze-id906928.html>
(Stand 10.01.2012)

4.4 Mönchengladbach

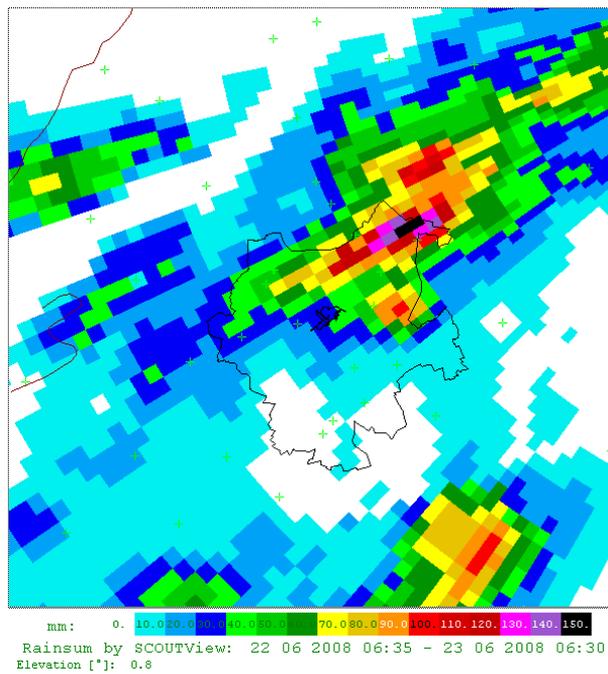


Bild 11 Ereignissumme auf Basis der angeeichten Radarmessungen Mönchengladbach
22.06.2008

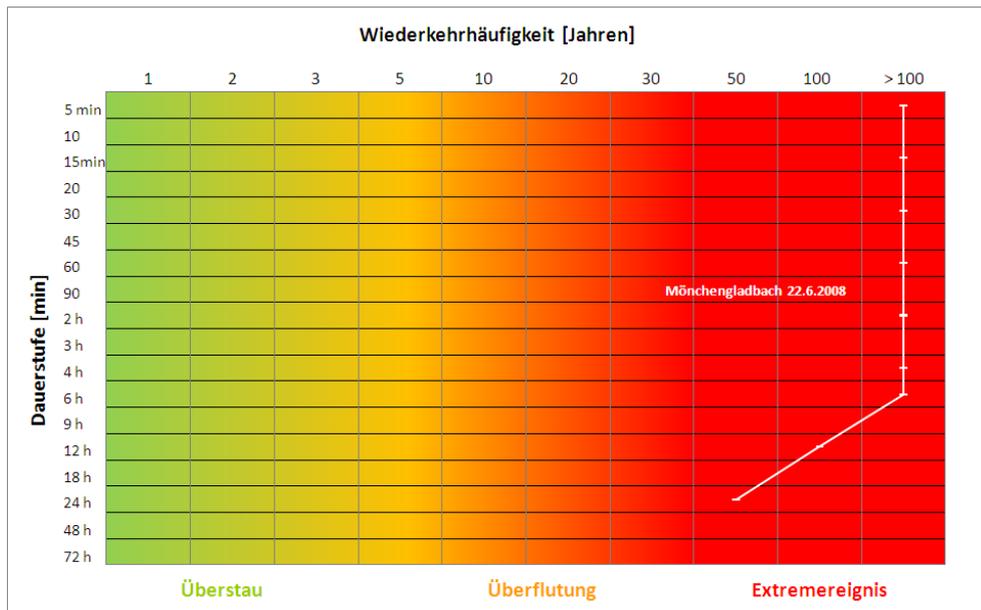


Bild 12 Wiederkehrhäufigkeit des Ereignisses Mönchengladbach am 22.06.2008

Bild 12 zeigt deutlich, dass es sich am Punkt des maximalen Niederschlages um ein Ereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von seltener als einmal in 100 Jahren handelt.

Mönchengladbach: Artikel vom 24.06.2008, Rheinische Post

Mönchengladbach

Kommentare (0) »

Unwetter: Rund 100 Einsätze für Polizei und Feuerwehr

zuletzt aktualisiert: 24.06.2008

Mönchengladbach (RPO). Die Unwetterfront, die am Sonntag gegen 19.15 Uhr das Stadtgebiet erreichte, hat Feuerwehr und Polizei zahlreiche Einsätze beschert. Rund 100-mal rückten sie aus, weil Keller oder ganze Straßenzüge überflutet wurden. „Innerhalb von Minuten war das Abwassersystem überfordert“, teilte die Feuerwehr mit.

In Folge des Unwetters füllten sich nicht nur Kellerräume, sondern auch Erdgeschosswohnungen mit Wasser. Wegen Überflutungen mussten die Waldnieler Straße, die L 390 und die Ausfahrt Neuwerk der A 52 gesperrt werden, so Polizeisprecher Jürgen Lützen. Die Autobahnausfahrt konnte erst gestern Morgen freigegeben werden, weil sie so stark vom weggeschwemmten Erdreich verschmutzt worden war. Es gab vier witterungsbedingte Autounfälle. Bei allen blieb es beim Sachschaden. Außerdem wurden diverse Brandmeldeanlagen durch technische Defekte ausgelöst.

Quelle: <http://www.rp-online.de/niederrhein-sued/moenchengladbach/nachrichten/unwetter-rund-100-ein-saetze-fuer-polizei-und-feuerwehr-1.671290> (Stand 10.01.2012)

5 Ereignis am 26.07.2008

5.1 Wetterlage

Ende Juli 2008 bildete sich über Deutschland eine Wetterlage aus, die zu äußerst kräftigen Regenfällen und Gewittern in Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg führte. Über Westdeutschland befand sich ungewöhnlich feuchte Warmluft. Das östliche Ruhrgebiet lag am Nachmittag des 26. Juli 2008 genau in dem Bereich, in dem warme Luftmassen aus Südosten auf feuchte Luftmassen aus Frankreich trafen. Es entwickelten sich in kurzer Zeit starke Gewittersysteme, die an mehreren Orten zu extremen Niederschlägen, Sturmböen und Hagel führten. Aufgrund der geringen großräumigen Luftdruckunterschiede (gradientenschwache Wetterlage) blieben die Gewitterzellen nahezu ortsfest. Zugrichtung der Zellen war von Südost nach Nordwest, wobei sich ab 14 Uhr die Zellen verstärkt zu Zellverbänden zusammenschlossen, die aus Südosten genährt wurden.

5.2 Wuppertal, Mettmann

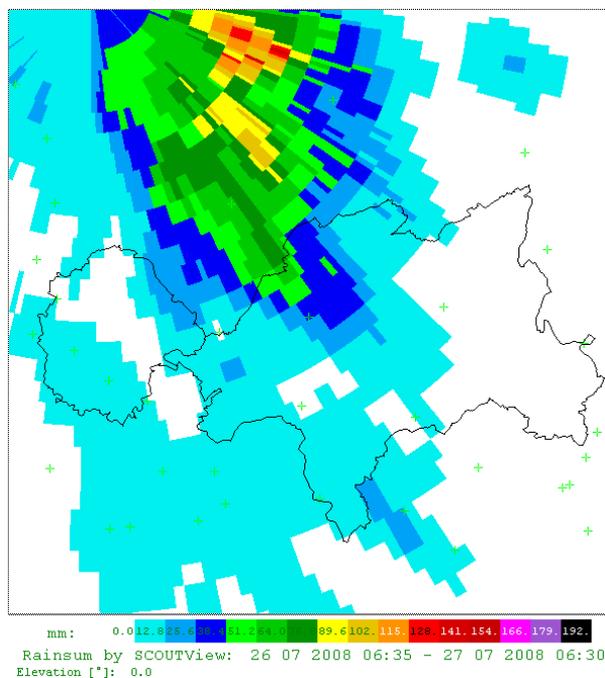


Bild 13 Ereignissumme auf Basis der angeeichten Radarmessungen Wuppertal, Mettmann 26.07.2008

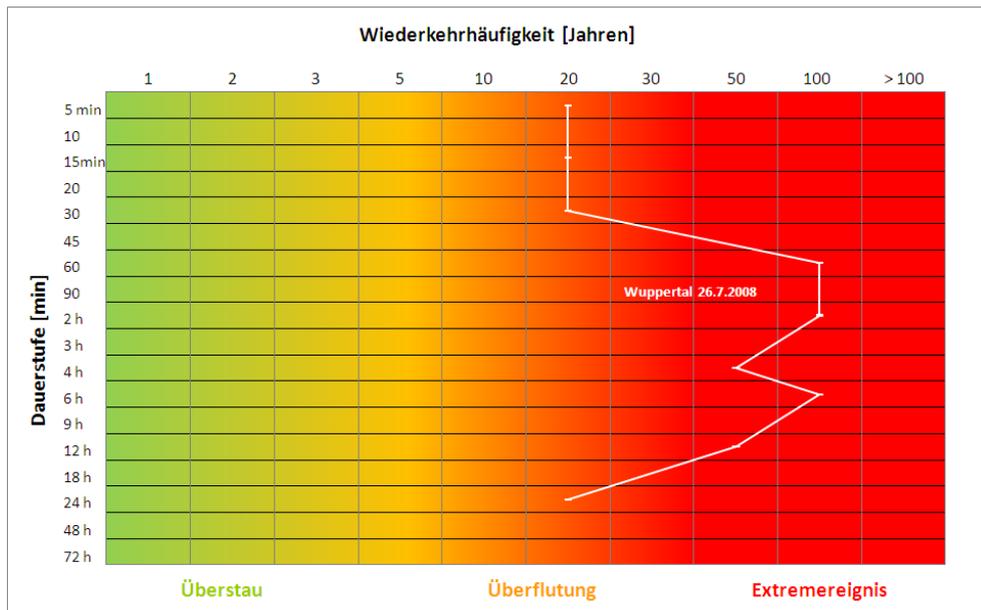


Bild 14 Wiederkehrhäufigkeit des Ereignisses Wuppertal am 26.07.2008

Bild 14 zeigt, dass es sich am Punkt des maximalen Niederschlages um ein Ereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von etwa einmal in 100 Jahren handelt.

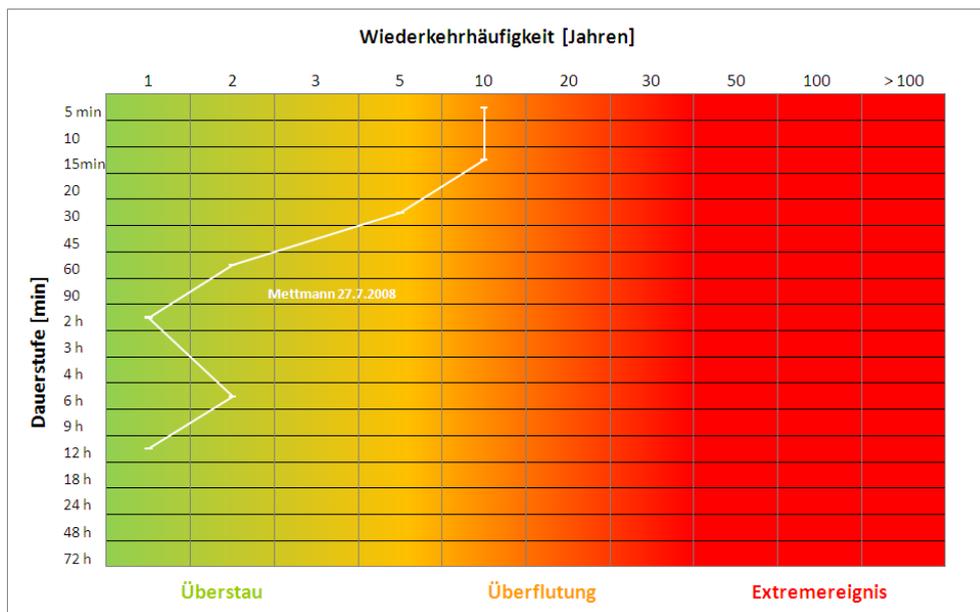


Bild 15 Wiederkehrhäufigkeit des Ereignisses Mettmann am 27.07.2008

Bild 15 zeigt, dass es sich am Punkt des maximalen Niederschlages um ein Ereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von etwa einmal in 10 Jahren handelt.

Wuppertal/Dortmund/Wülfrath: Artikel vom 27.07.2008, Westdeutsche Zeitung

27. Juli 2008 - 00:00 Uhr

Drucken Versenden Empfehlen

Unwetter: Am Tag, als der Regen kam

Wasserfluten, verwüstete Zeltlager und Blitzeinschläge: Verletzte und hohe Schäden durch heftige Gewitter.

dpa, Bild 1 von 6

Auch am Sonntag waren noch viele Straßen in Dortmund überflutet. Eine gehbehinderte Frau wird mit einem Schlauchboot in Sicherheit gebracht.

Wuppertal/Dortmund/Wülfrath. Schwere Gewitter mit sintflutartigen Regenfälle haben am Samstag in Nordrhein-Westfalen schwere Schäden verursacht. Glück hatten in **Wuppertal** 14 niederländische Camper, die beim Aufbauen eines Zeltes vom Gewitter überrascht wurden. Als sie sich unter ein Zeltdach flüchteten, schlug der Blitz in ihrer Nähe ein. Sie wurden vorsorglich in ein Krankenhaus gebracht. Dort wurden aber keine Anzeichen für Verletzungen festgestellt.

In **Kerpen** wurde ein 37-jähriger Mann beim Spazieren gehen vom Blitz getroffen. Der Blitz schlug in die Metallspitze seines Regenschirms ein, berichtete die Polizei. Der Mann wurde auf die Intensivstation eines Krankenhauses gebracht. Im sauerländischen **Schmallenberg** verwüstete der Sturm ein Zeltlager, in dem 100 Kinder und Jugendliche ihre Ferien verbrachten. Fünf Kinder und eine Betreuerin wurden verletzt.

Besonders in **Dortmund**, wo die Emscher über die Ufer trat, hieß es "Land unter". Der Rasen des Westfalenstadions verwandelte sich in einen See. Das Freundschaftsspiel zwischen Borussia und Juventus Turin musste verschoben werden. Tiefgaragen liefen voll Wasser, zahlreiche Autos waren am nächsten Morgen komplett mit Schlamm bedeckt. In den Ortsteilen Dorstfeld und Marten standen ganze Wohnsiedlungen unter Wasser.

Angeschwollener Bach zerstört in Wuppertal eine Straße

Auch in weiten Teilen **Wuppertals** führten die Wassermassen zu Chaos und Verwüstung. Die Feuerwehr rückte zu mehr als 100 Einsätzen aus. Mehr als 160 Retter waren im Einsatz. Besonders in Elberfeld, in Uellendahl und Katernberg liefen Keller und auch Wohnungen voll.

Der zentrale Robert-Daum-Platz in Elberfeld muss noch eine Woche gesperrt bleiben, weil der angeschwollene Briller Bach die Fahrbahndecke auf einer Länge von zwölf Metern komplett zerstört hat. Einige Freibäder sind mit Schmutzwasser zugelaufen, nachdem weitere Bäche über die Ufer getreten waren. Ihre Reinigung dauert an. Der Busverkehr wird in den nächsten Tagen zumindest teilweise umgeleitet, bis alle Straßen wieder komplett befahrbar sind.

Millionenschäden meldet die Polizei im Kreis Mettmann: Bis Sonntagmorgen waren Einsatzkräfte in **Velbert** und **Wülfrath** unterwegs. "Das ist die Hölle", sagte in Wülfrath Einsatzleiter René Rahne. Ein Stadtteil an der über die Ufer getretenen Düssel war besonders betroffen. Auf einer Strecke von rund einem Kilometer blieb kein Keller trocken. Der zur Schlammansammlung leer gepumpte Aprather Teich lief wieder voll. Zwei Bagger konnten erst in letzter Minute gesichert werden.

Rund 400 Einsätze zählte die Feuerwehr in **Velbert**. Dort musste auch die Kreispolizeibehörde einen Einsatzwagen aufgeben - das Auto drohte samt Insassen fortgespült zu werden. Ein Seniorenzentrum musste evakuiert werden. Im Stadtteil **Langenberg** gab das Dach eines Supermarktes unter dem Druck der Wassermassen nach und stürzte ein.

Quelle: <http://www.wz-newsline.de/home/panorama/unwetter-am-tag-als-der-regen-kam-1.235223>
(Stand 10.01.2012)

5.3 Dortmund

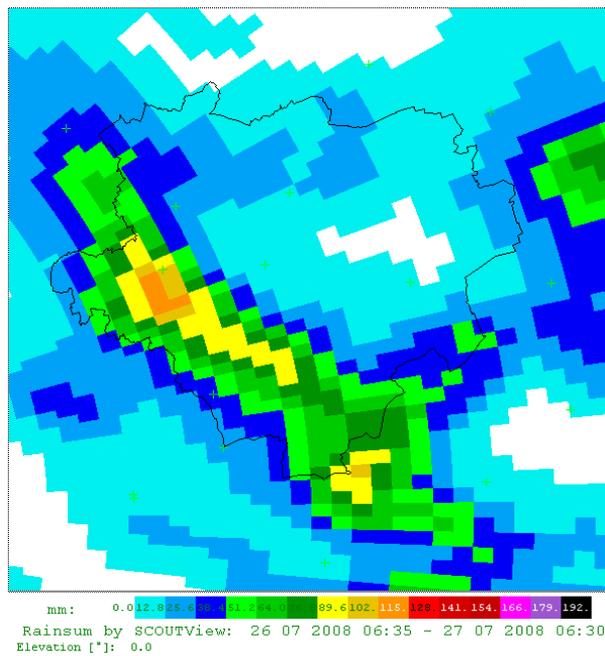


Bild 16 Ereignissumme auf Basis der angeeichten Radarmessungen Dortmund
26.07.2008

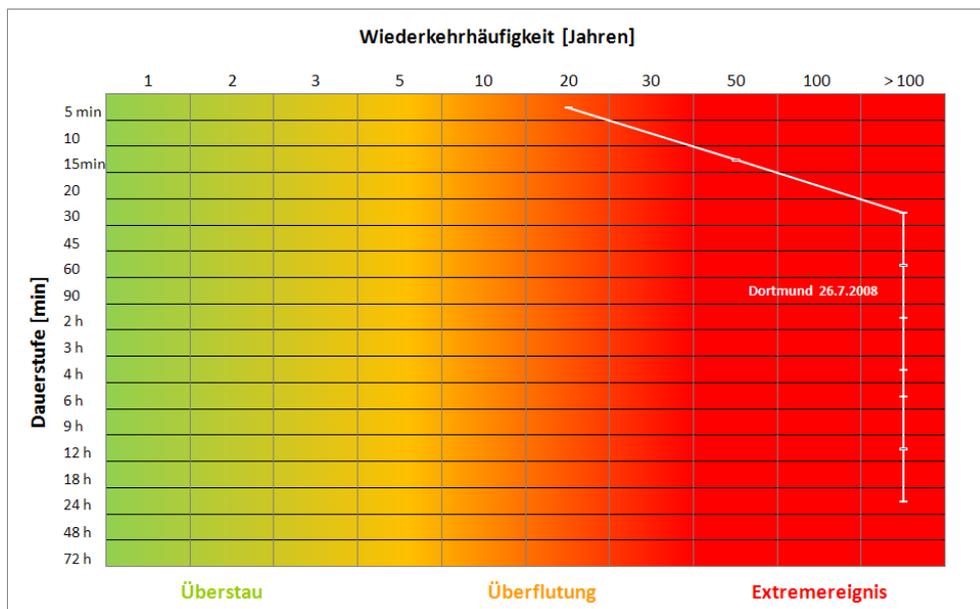


Bild 17 Wiederkehrhäufigkeit des Ereignisses Dortmund am 26.07.2008

Bild 17 zeigt deutlich, dass es sich am Punkt des maximalen Niederschlages um ein Ereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von seltener als einmal in 100 Jahren handelt.

Dortmund: Artikel vom 27.07.2008, Ruhr Nachrichten

27.07.2008 10:03 Uhr | Schriftgröße: A A A

Heftige Unwetter: Feuerwehr im Dauereinsatz

DORTMUND Nach dem heftigen Unwetter, das am Samstag weite Teile des Dortmunder Stadtgebietes unter Wasser gesetzt hatte, musste die Feuerwehr am Sonntagmorgen noch die Anwohner von Altenrathstraße in Marten und Wiesengrund in Dorstfeld betreuen. Einige Häuser waren nur mit dem Schlauchboot zu erreichen.

Von Britta Linnhoff und Andreas Schröter

Artikel



1/2 Hagelkörner, groß wie Taubeneier, fielen beispielsweise in Derne (Foto: Oliver Schaper)

Der Verkehr am Samstagnachmittag war teilweise zusammengebrochen, selbst die Feuerwehr hatte nach eigenen Angaben große Probleme zu den Einsatzorten durchzukommen. In einigen Stadtteilen fielen Hagelkörner, die so groß waren wie Taubeneier. Betroffen waren vor allem der Dortmunder Westen und Südwesten und der gesamte Süden der Stadt: unpassierbare Straße, Wiesen verwandelten sich in wahre Seenlandschaften. Einsatzschwerpunkte am Sonntagmorgen waren die Altenrathstraße in Marten und Wiesengrund in Dorstfeld, wo Anwohner teilweise nur in Schlauchbooten zu erreichen waren. Das Deutsche Rote Kreuz und die Johanniter betreuten die Anwohner.

Die Feuerwehr hatte bis gegen 9.30 Uhr 759 Einsätze abgearbeitet, 49 standen noch aus. Am Samstagabend hatten die Einsatzkräfte das Pumpwerk Marten, das Max-Planck-Institut und das Gebäude auf dem Campus Nord der TU, in dem die Fachbereiche Wirtschaft und Informatik untergebracht sind, mit Sandsäcken und Pumpen vor Millionenschäden bewahrt. Hier wie dort bestand die Gefahr, dass Wasser in Serverräume eindrang. Gleiches galt für die Uni-Bibliothek.

Das THW kümmerte sich um die unterirdische S-Bahn-Haltestelle Vogelbottsweg, die ebenfalls mit Wasser vollgelaufen war. Insgesamt waren 145 Kräfte der Berufsfeuerwehr, 250 Mitglieder der Freiwilligen Feuerwehren und 40 Helfer des Technischen Hilfswerkes im Einsatz. Für den Dienst in der Leitstelle wurden eigens Kräfte geordert, die eigentlich dienstfrei hatten.

BVB - Juve musste abgesagt und verlegt werden

Auch das Freundschaftsspiel zwischen Borussia Dortmund und Juventus Turin fiel dem Wetter zum Opfer. Der Rasen des Signal Iduna Parks war zum See geworden. Zudem stürzten Äste auf die Strobelleue und gefährdeten die Zuschauer, die sich auf dem Weg zum Spiel befanden. Auch wurden ein Bühnendach sowie Teile von mobilen Verkaufständen, die bereits für die geplante Saisonöffnungsparty am Sonntag aufgebaut waren, auf die Straße am Rabenloh geweht. Das Spiel wird am Sonntag um 14.30 Uhr nachgeholt, die Saisonöffnungsfeier findet erst am 10. August statt.

Quelle: http://www.ruhrnachrichten.de/lokales/dortmund/lokalnachrichten_dortmund/Heftige-Unwetter-Feuerwehr-im-Dauereinsatz;art930,316970 (Stand 10.01.2012)

6 Ereignis am 27.06.2009 Mönchengladbach, Viersen

Am späten Vormittag des 27. Juni 2009 entwickeln sich plötzlich entlang einer Linie von Siegen über Essen bis Bocholt einzelne Gewitterzellen, die sich schnell zu einem Linienverbund zusammenschließen. Diese konvektive Linie bewegt sich langsam von Ost nach West, bis sie am späten Nachmittag im westlichen Rheinland in sich zusammenfällt.

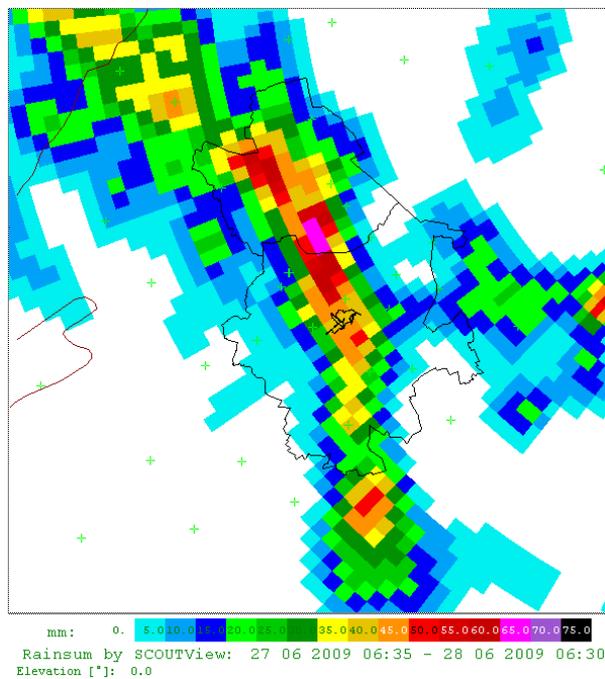


Bild 18 Ereignissumme auf Basis der angeeichten Radarmessungen Mönchengladbach, Viersen 27.06.2009

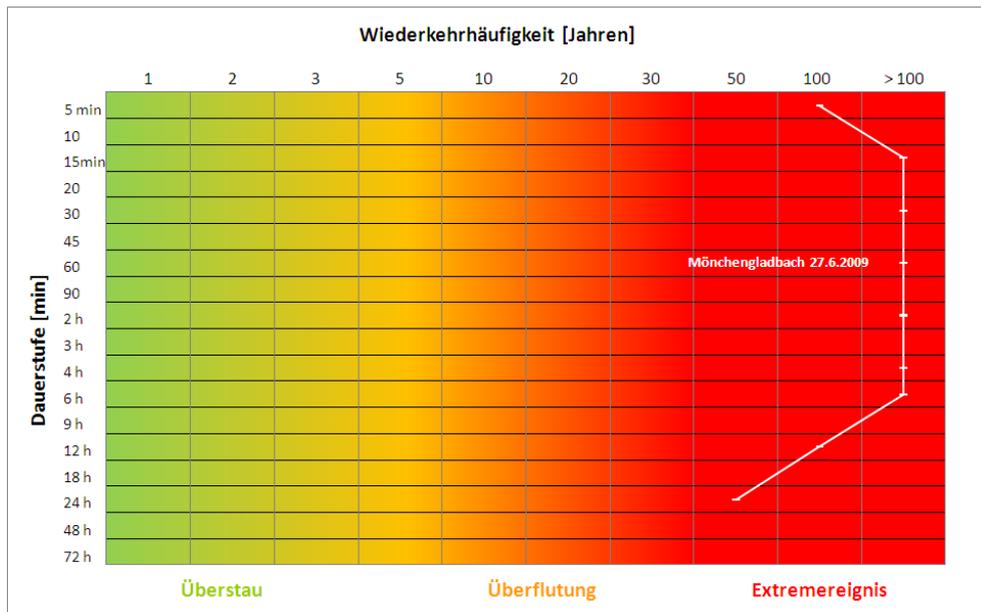


Bild 19 Wiederkehrhäufigkeit des Ereignisses Mönchengladbach am 27.06.2009

Bild 19 zeigt deutlich, dass es sich am Punkt des maximalen Niederschlages um ein Ereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von seltener als einmal in 100 Jahren handelt.

Viersen/Mönchengladbach: Artikel vom 27.06.2009, Rheinische Post

Viersen/Mönchengladbach

Kommentare (0) ►►

Wetterchaos in der Stadt

zuletzt aktualisiert: 27.06.2009 - 17:52

Ein großes Unwetter hat am Samstag die Notruf-Stellen von Polizei und Feuerwehr heißlaufen lassen. "Ungefähr 80 bis 100 Einsätze hat es gegeben. Viele Keller sind mit Wasser vollgelaufen", sagte ein Viersener Polizeisprecher auf Anfrage unserer Redaktion.

Der Regen setzte die Straßen Viersens stark unter Wasser. Autos sorgten für große Fontänen, wenn sie durch die großen Pfützen fuhren. Sie sehen [hier](#) die Bilder.

Auch in Mönchengladbach hat es ordentlich geregnet. Betroffen waren zum Beispiel die Stadtteile Holt und Pongs. Sehen Sie [hier](#) die Fotos von den Wasserfluten in Gladbachs Straßen.

Bei der Veranstaltung "Schwerter, Brot und Spiele" im "Archäologischen Park Xanten" ist ein Blitz in eine Baumgruppe eingeschlagen. Dabei verletzten sich 13 Menschen, drei von ihnen schwer. Die Veranstaltung wurde abgesagt. [mehr](#)

FOTOS



Juni 09: Wetterchaos in Viersen ►►

Quelle: http://www.rp-online.de/niederrheinsued/viersen/nachrichten/Wetterchaos-in-der-stadt_aid_725304.html (Stand 10.01.2012)

Kreis Viersen: Artikel vom 27.06.2009, Westdeutsche Zeitung

27. Juni 2009 - 19:53 Uhr

[Drucken](#) [Versenden](#) [Empfehlen](#)

Viersen: Zahlreiche Notrufe nach Unwetter

[Empfehlen](#)[Tweet](#)[+1](#)[i](#)Günter Jungmann [i](#)

Die Pferde scheint das unfreiwillige Fußbad nicht weiter zu stören.

Kreis Viersen. Heftige Unwetter am Niederrhein haben am Samstag zahlreiche Keller unter Wasser gesetzt und zu Straßensperrungen geführt. In Viersen seien am Nachmittag binnen eineinhalb Stunden mehr als 170 Notrufe in der Einsatzstelle eingegangen, teilte die Polizei mit. Bäume stürzten auf Fahrbahnen, einzelne Straßen mussten wegen der Wassermassen kurzfristig gesperrt werden.

Mülltonnen schwammen durch die Straßen. Die Kanalisation war überlastet. Der Wasserdruck hob an vielen Stellen die Gullydeckel aus ihrer Verankerung. Am

frühen Abend habe sich die Lage beruhigt.

Die Intensivstation des Venloer Krankenhauses geräumt werden, nachdem ein Wassereintrich für erhebliche Probleme sorgte. Die neun Intensivpatienten wurden im Haus andersweitig untergebracht. Die Entbindungsabteilung wurde geschlossen.

Abendbesucher kamen nicht ins Gebäude. Neupatienten wurden an umliegende Krankenhäuser weitergeleitet. Vorsichtshalber wurde eine Kompletterlegung der über 200 Patienten erwogen.

Nachdem die Feuerwehr die Leckagen abgedichtet hatte, nahm das Krankenhaus in der Nacht seinen Normalbetrieb wieder auf. In der Innenstadt kam es aufgrund von Überschwemmungen zu Verkehrsproblemen.

Quelle: <http://www.wz-newsline.de/lokales/kreis-viersen/viersen/viersen-zahlreiche-notrufe-nach-unwetter-1.131106> (Stand 10.01.2012)

7 Ereignis am 03.07.2009

7.1 Wetterlage

Am 3. Juli 2009 entwickeln sich zunächst am Morgen im Südwesten von NRW, später flächendeckend im ganzen Land lokale Gewitter in kleinen Zellen, mit einer Entwicklung von Südwest nach Nordost. Während es lokal sehr intensive Niederschläge gegeben hat, können in direkter Nachbarschaft Orte vollständig ohne Niederschlag geblieben sein. Am frühen Abend ist das Niederschlagsgeschehen beendet.

7.2 Uedem, Weeze

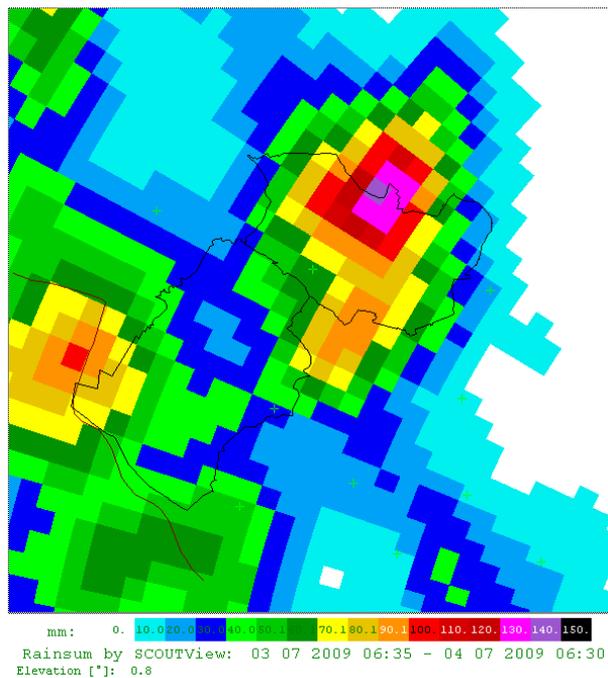


Bild 20 Ereignissumme auf Basis der angeeichten Radarmessungen Uedem, Weeze
03.07.2009

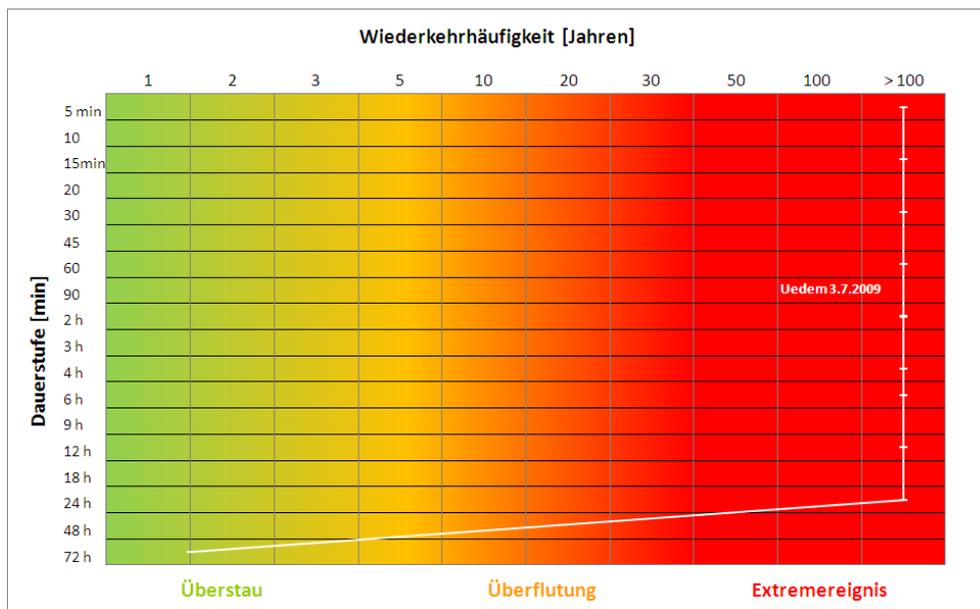


Bild 21 Wiederkehrhäufigkeit des Ereignisses Uedem am 03.07.2009

Bild 21 zeigt deutlich, dass es sich am Punkt des maximalen Niederschlages um ein Ereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von seltener als einmal in 100 Jahren handelt.

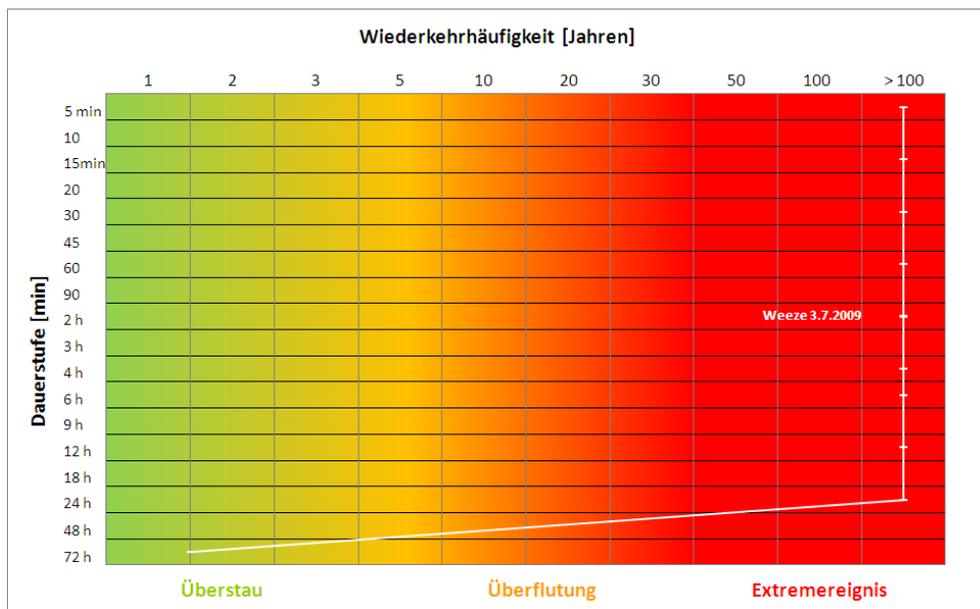


Bild 22 Wiederkehrhäufigkeit des Ereignisses Weeze am 03.07.2009

Bild 22 zeigt deutlich, dass es sich am Punkt des maximalen Niederschlages um ein Ereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von seltener als einmal in 100 Jahren handelt.

Kreis Kleve: Artikel vom 03.07.2009, Der Westen (WAZ)

UNWETTER

Airport lahm gelegt - Uedem unter Wasser

03.07.2009 | 18:55 Uhr

Das Unwetter heute Nachmittag hielt Feuerwehren des Kreises Kleve in Atem

Kreis Kleve. Das starke Unwetter heute Nachmittag hatte Teile des Niederrheins lahm gelegt. Insbesondere die Regionen Uedem und Weeze waren von den Regen- und teilweise Hagelmassen regelrecht verschluckt worden. Die Start- und Landebahnen des Airports Weeze standen unter Wasser. Rund zwei Stunden lang

herrschte dort der Ausnahmezustand. Ein Stromausfall, drei Verspätungen und zwei umgeleitete Maschinen sorgten im Unwetter-Chaos rund um Weeze für etwa 500 betroffene Passagiere. Gegen 18 Uhr lief der Betrieb wieder.

Hunderte Notrufe hatten heute Nachmittag die Kreis-Leitstelle erreicht: Etliche vollgelaufene Keller, Hausüberschwemmungen und Blitzeinschläge, jedoch ohne Verletzte, waren Folgen des heftigen Sommergewitters. „Land unter“, hieß es insbesondere auch in Uedem. Nach dem letzten Starkregen vor wenigen Tagen, blieb die Gemeinde auch diesmal nicht vom Gewitter verschont. Diesmal hat es sogar das Rathaus erwischt. Dort legte Bürgermeister Rainer Weber selbst Hand an die Wassereimer an: Unter anderem die Heizung dort stand unter Wasser. Trotz aller Chaos-Meldungen des Tages bleibt Kreisbrandmeister Paul-Heinz Böhmer zu sagen: „Uns hat es bei Weitem nicht so hart erwischt wie andere Regionen.“
Katrin Reinders/ Wolfgang Remy

Quelle: <http://www.derwesten.de/staedte/weeze/Airport-lahm-gelegt-Uedem-unter-Wasser-id458767.html>
(Stand 10.01.2012)

7.3 Essen

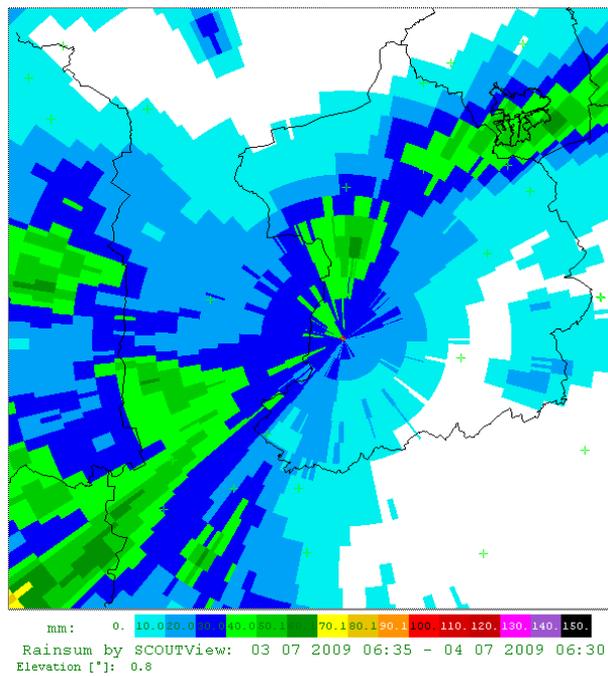


Bild 23 Ereignissumme auf Basis der angeeichten Radarmessungen Essen 03.07.2009



Bild 24 Wiederkehrhäufigkeit des Ereignisses Essen am 03.07.2009

Bild 24 zeigt, dass es sich am Punkt des maximalen Niederschlages um ein Ereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von seltener als einmal in 100 Jahren handelt.

Essen: Artikel vom 04.07.2009, BILD

Eine Million Euro Unwetter- Schäden in Essen

SAMSTAG, 04. JULI 2009, 13:23 UHR



Die Unwetter in Nordrhein-Westfalen ließen den Verkehr vielerorts ins Stocken kommen.

Foto: dpa

Essen (dpa/lnw) - Schwere Unwetter über Nordrhein-Westfalen haben allein in Essen einen Gesamtschaden von etwa einer Million Euro verursacht. Das teilte die Polizei am Samstag mit. Starke Regenfälle hatten am Freitagabend in Essen zu Überflutungen in mehr als 200 Kellern und Wohnungen geführt. 400 Einsatzkräfte reichten nicht aus, um die Wasserschäden einzudämmen. Der Emscherdeich drohte an einer Stelle zu brechen. Mit Sandsäcken kämpfte die Feuerwehr dagegen an.

Quelle: <http://www.bild.de/regional/duesseldorf/duesseldorf-regional/eine-million-euro-unwetterschaeden-in-essen-8912620.bild.html> (Stand 10.01.2012)

Essen: Artikel vom 03.07.2009, Der Westen (WAZ)

[DerWesten](#) » [Städte](#) » [Essen](#) » Unwetter: Feuerwehr fährt 500 Einsätze

UNWETTER

Feuerwehr fährt 500 Einsätze

03.07.2009 | 20:58 Uhr

Alle Hände voll zu tun hatten die Feuerwehr und die Polizei, als am Freitagabend ab 18.45 Uhr kräftige Gewitterschauer über Essen nieder gingen.

Anzeige Teilweise brach der
Verkehr zusammen, da die Kanalisation die Wassermassen nicht mehr aufnehmen konnte. So mussten unter anderem die A 40 in Höhe der Abfahrt Holsterhausen, die Altenessener Straße im Bereich Hölteberg, die Schönscheidtstraße und einige Straßen in Katernberg gesperrt werden. Teilweise blieben Fahrzeuge in den Wassermassen stecken, die aus den Gullis drangen. Auch die U-Bahn-Haltestelle Hobeisenbrücke wurde geflutet und musste gesperrt werden.

Der Starkwind fällte an der Moltkestraße und an der Goldschmidtstraße Bäume, die auf Autos stürzten. Am Helgolandring musste die Feuerwehr einen Dachstuhlbrand löschen, der durch einen Blitzschlag verursacht wurde. Es wurde niemand verletzt. Wegen Feualarms musste auch das WAZ-Redaktionsgebäude an der Friedrichstraße zeitweise geräumt werden.

In einer ersten Bilanz sprach die Feuerwehr von rund 500 Einsätzen an denen auch die Freiwilligen Feuerwehren beteiligt waren.

FEUERWEHR FÄHRT 500 EINSÄTZE

Redaktion Essen

Quelle: <http://www.derwesten.de/staedte/essen/feuerwehr-faehrt-500-einsaetze-id459882.html> (Stand 10.01.2012)

7.4 Gelsenkirchen

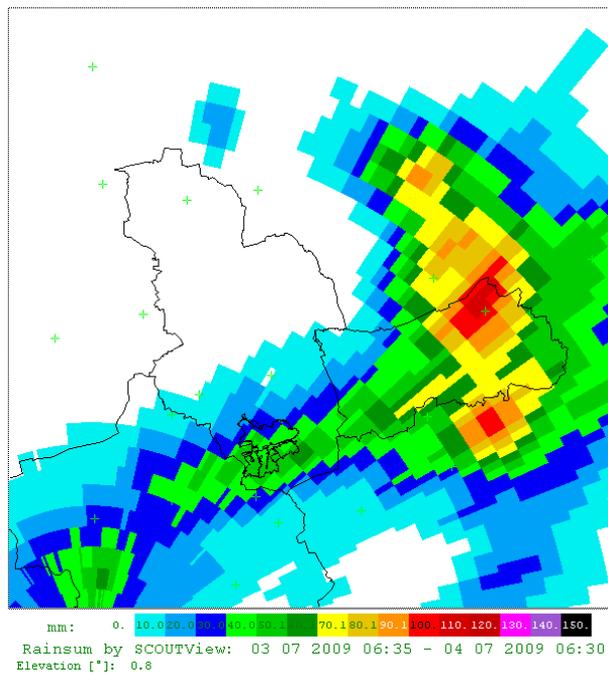


Bild 25 Ereignissumme auf Basis der angeeichten Radarmessungen

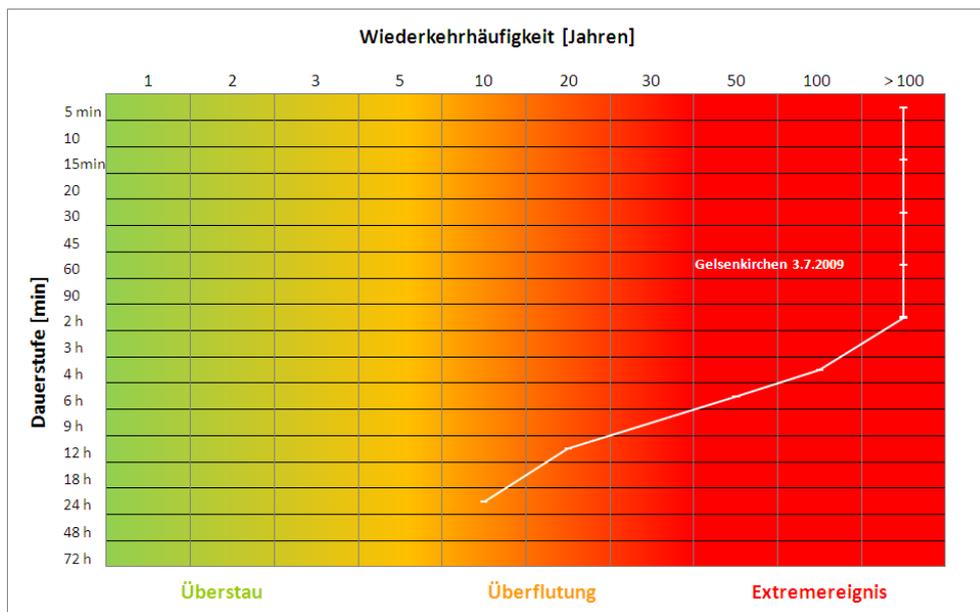


Bild 26 Wiederkehrhäufigkeit des Ereignisses Gelsenkirchen am 3.7.2009

Bild 8 zeigt deutlich, dass es sich am Punkt des maximalen Niederschlages um ein Ereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von seltener als einmal in 100 Jahren handelt.

Gelsenkirchen: Artikel vom 23.07.2009, Der Westen (WAZ)

GELSENKIRCHEN A A

Kanalisation nicht für Starkregen ausgelegt

23.07.2009 | 18:52 Uhr
Überflutungen nach Unwettern sind trotz regelmäßiger Reinigung durch Gelsendienstleister nicht immer zu vermeiden

Anzeige



„Warum läuft immer wieder in bestimmten Straßenläufen in der Stadt das Wasser an den am Straßenrand positionierten Abflüssen nicht mehr ab?“ Gleich mehrere Leser stellten nach der aktuellen Berichterstattung über Unwetterfolgen diese Frage. Überflutete Straßen, gleich mehrmals in einem Monat, hatten bei Ihnen den Eindruck hervorgerufen, die Stadt komme ihrer Straßenreinigungspflicht nicht in vollem Maße nach.

Turnusmäßig werden die Auffangnetze in den Steigrohren, die ins Kanalsystem führen, einmal jährlich gereinigt, erklärt Gelsendienstleister-Sprecherin Stefanie Genthe. So schreibt es die Straßenreinigungssatzung der Stadt vor. „Faktisch kennen wir die Schwerpunkte“, fügt sie hinzu. So würden Abläufe an Straßen mit großem Baumbestand häufiger kontrolliert, genau wie solche in Senken, denn Täler laufen eben schneller voll. „Deshalb sind die Probleme im Süden auch häufiger“, sagt Stefanie Genthe. Buer liege höher.

Wie es trotz Gulli zu Straßenüberflutungen kommen könne? „Das kann man sich vorstellen wie bei einer Badewanne. Wasser kommt von oben in großen Mengen – und das drückt auf den Gulli.“ Mit dem Wasser wird auch Laub und Dreck in den Ablauf gedrückt. So werden die Körbe verstopft, die weiterführende Leitungen schützen sollen.

Gelsenkirchen verfügt über 30 000 sogenannte Straßenabläufe. Die beiden Absaugfahrzeuge der Gelsendienstleister sind also mehr als gut ausgelastet. „Da kann man sich dranhalten“, sagt Genthe. Lange blieben die Netze nie sauber. „Innerhalb kürzester Zeit setzt sich das wieder zu.“ Blätter, Borke, Müll – ruckzuck füllen sich die Siebe wieder.

Das sei ein grundsätzliches Problem, sagt Genthe, das mit dem Kanalsystem zusammen hänge. Denn die Siebe werden gebraucht, damit es in Steigrohren und Abwasserkanälen nicht zu Verstopfungen komme. Erschwerend hinzu komme, dass die Kanalisation nicht wirklich für Starkregen ausgelegt sei. Und so komme es eben gelegentlich zu Überschwemmungen an bestimmten Straßen.

Den Vorwurf, der Dreck aus den Netzen würde am Straßenrand ausgekippt und Sorge so nur für noch mehr Verschmutzung, entkräftet Genthe: „Die Körbe werden ausgesaugt.“ Und zwar mit einem der beiden Saugfahrzeuge.

Nina Estermann

Quelle: <http://www.derwesten.de/staedte/gelsenkirchen/kanalisation-nicht-fuer-starkregen-ausgelegt-id509125.html> (Stand 10.01.2012)

7.5 Duisburg

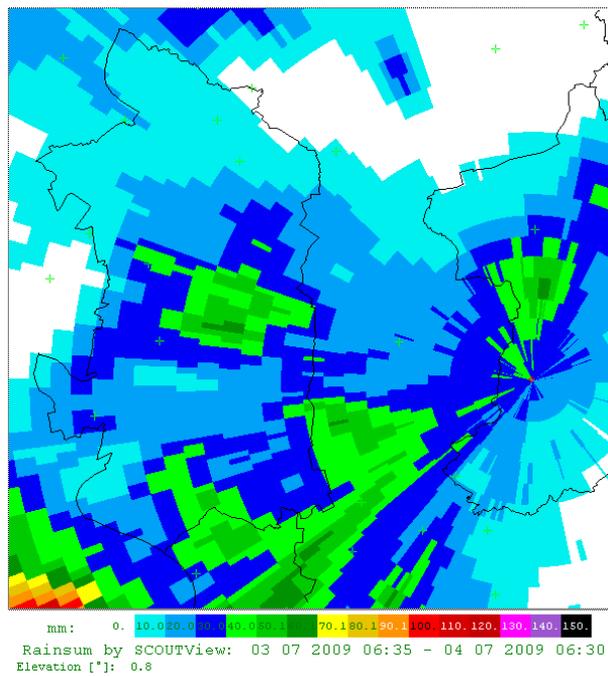


Bild 27 Ereignissumme auf Basis der angeeichten Radarmessungen Duisburg
03.07.2009

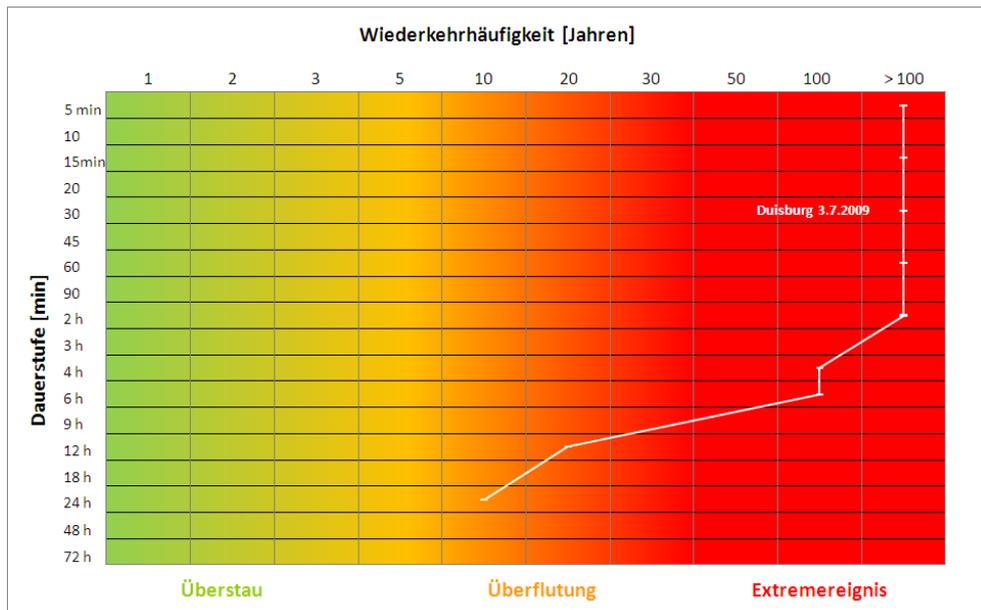


Bild 28 Wiederkehrhäufigkeit des Ereignisses Duisburg am 03.07.2009

Bild 28 zeigt deutlich, dass es sich am Punkt des maximalen Niederschlages um ein Ereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von seltener als einmal in 100 Jahren handelt.

Duisburg: Artikel vom 03.07.2009, Polizei Duisburg

Unwetter über Duisburg Polizei und Feuerwehr von Notrufen überrannt

03.07.2009, 20:18 | Duisburg

Hundert Notrufe halten Polizei und Feuerwehr in Atem

Von 18:07 – 19:47 Uhr tobte ein schweres Gewitter über Duisburg. Die Leitstelle der Polizei nahm in dieser Zeit rund 400 Anrufe entgegen. Über hundert Einsätze führen die Beamten des Streifendienstes unterstützt von 50 Polizisten der Hundertschaft in weniger als zwei Stunden. Dabei gab es glücklicherweise keine Vorfälle mit Verletzten.

Herausgehobene Gullydeckel, überflutete Straßen und Unterführungen sowie voll gelaufene Keller, von 10 cm bis unter die Kellerdecke waren Folge des Unwetters. Schwerpunkt war von Rheinhausen über den Rhein in Richtung Meiderich und der Duisburger Süden. Der über die Ufer getretene Angerbach versetzte ein Auto und etliche Autos blieben im Wasser stecken und mussten abgeschleppt werden.

Randnotiz: In Ruhrort stürzt ein Radfahrer auf der überfluteten Straße und steht blutend am Straßenrand. Während ein LKW-Fahrer anhält, die Gefahrenstelle mit seinem Warndreieck absichert, hält ein Geländewagen, lädt den verletzten Radfahrer samt Fahrrad ein und nimmt ihn mit. Auch der LKW-Fahrer setzt seine Fahrt fort und lässt sein Warndreieck stehen, damit die anderen Verkehrsteilnehmer gewarnt sind. Die Bürger helfen sich also auch noch selber und das ist gut so, denn die Notrufeleitungen von Polizei und Feuerwehr konnten diesen Ansturm kaum bewältigen und sicher blieben viele Anrufe unbeantwortet.

Ramon van der Maat
Leiter Pressestelle PP Duisburg
Polizeipräsidium Duisburg
Düsseldorfer Straße 161-163
47053 Duisburg
Tel.: 0203/280-1040
Fax: 0203/280-1049
email: pressestelle.duisburg@polizei.nrw.de
Internet: <http://www.polizei-duisburg.de>

Quelle: <http://www.polizei.nrw.de/presse/portal/duisburg/090703-201721-41-869/unwetter-ueber-duisburg-polizei-und-feuerwehr-von-notrufen-ueberrannt> (Stand 10.01.2012)

7.6 Herne

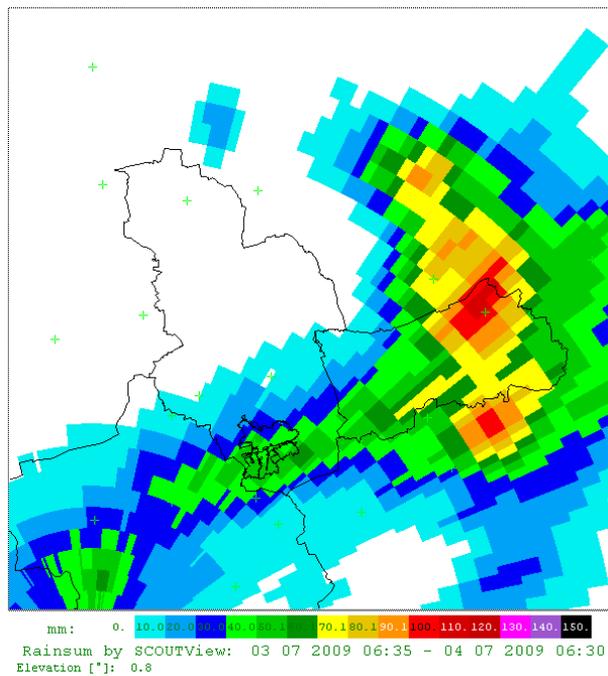


Bild 29 Ereignissumme auf Basis der angeeichten Radarmessungen Herne 03.07.2009

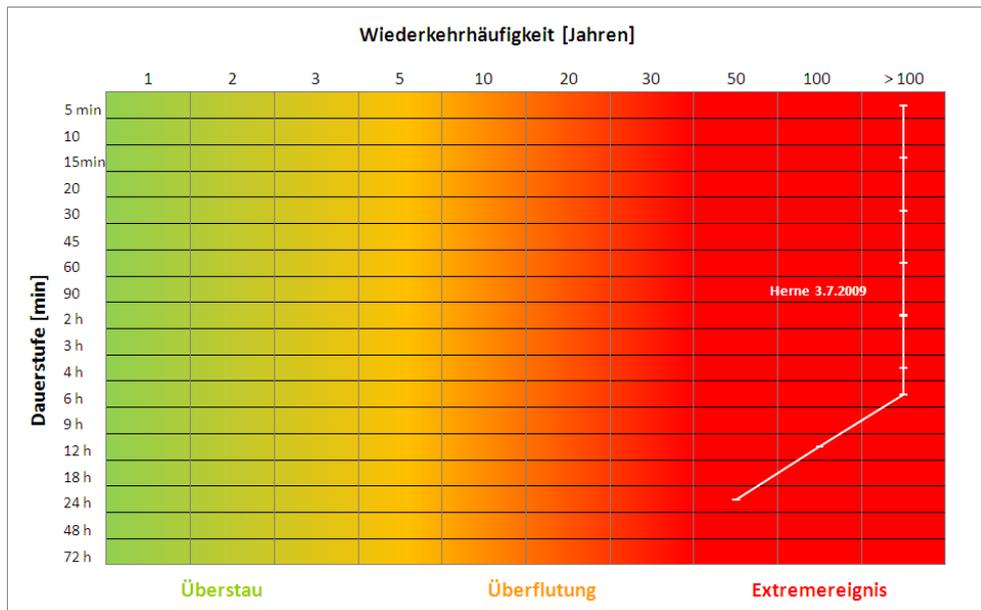


Bild 30 Wiederkehrhäufigkeit des Ereignisses Herne am 03.07.2009

Bild 30 zeigt deutlich, dass es sich am Punkt des maximalen Niederschlages um ein Ereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von seltener als einmal in 100 Jahren handelt.

Herne: Artikel vom 05.07.2009, Der Westen (WAZ)

UNWETTER

Gerade noch mal gutgegangen

05.07.2009 | 17:31 Uhr



Bilanz nach dem Unwetter: Allein am Freitag gingen bis 22 Uhr bei der Feuerwehr 4000 Notrufe ein. Zu Schaden kam offenbar niemand.

Auch am Tag nach der Flut konnten die Einsatzkräfte nicht durchatmen. Meldungen über vollgelaufene Keller, über umgestürzte Bäume, die gingen noch Samstag bei der Feuerwehr in Massen ein. Erst gestern konnte in Ruhe Bilanz gezogen werden.

Und die liest sich so: Das Unwetter vom Freitag, das mit Regensalven, Blitz, Donner, Hagel und orkanartigen Böen die Stadt gleich zweimal in den Griff nahm und kräftig durchschüttelte, war in Herne so schlimm wie nirgendwo anders im Regierungsbezirk Arnsberg. Und für die Feuerwehr sogar arbeitsintensiver als der Jahrhundertsturm Kyrill vor gut zwei Jahren: Allein am Freitag von 16 bis 22 Uhr gingen in der Leitstelle der Feuerwehr 4000 Notrufe ein, viele Menschen kamen nicht durch oder mussten lange in der Leitung warten. Über 400 Mal, bilanzierte Feuerwehr-Chef Michael Wenninghoff, rückten am Freitag und Samstag die Einsatzkräfte von Feuerwehr und Technischem Hilfswerk aus. Glück im Unglück: Zu Schaden kam offensichtlich niemand. „Das Ganze ist gerade noch mal gut gegangen“, sagte OB Horst Schiereck, der am Nachmittag in die Hauptwache an der Södinger Straße gekommen war, um sich bei den Hilfskräften für ihren Einsatz zu bedanken.

Die erste Welle ab 15.30 Uhr traf am Freitag vor allem Alt-Herne, berichtet die Feuerwehr. Und als sich viele schon ans Aufräumen machten, schlug das Unwetter wieder gnadenlos zu: Ab 18.30 Uhr stürmte es in der ganzen Stadt, vor allem in Wanne-Eickel mit aller Macht. Straßen waren schnell überflutet, Keller vollgelaufen, Bäume wurden entwurzelt oder kippten um, Fahrzeuge und Gebäude beschädigt. 250 Einsatzkräfte, darunter auch Mitarbeiter der Stadtwerke und des Tiefbauamts, arbeiteten bis zur Erschöpfung, berichtete der Oberbürgermeister.

Am Samstag dann begann in der Stadt das große Aufräumen. Übrigens auch bei der Feuerwehr: Unter anderem ein Gerätehaus und ein Lager waren vollgelaufen.

Michael Muscheid

Quelle: <http://www.derwesten.de/staedte/herne/Gerade-noch-mal-gutgegangen-id467635.html>
(Stand 10.01.2012)

7.7 Kreis Euskirchen, Kall

Im Bereich Kall gab es wegen des sehr lokalen Charakters des Niederschlages keine geeigneten Stationen, die nennenswerten Niederschlag für eine Aneichung gemessen haben. Hier sind die Unsicherheiten der nachfolgenden Auswertung größer als in den anderen zu diesem Ereignis untersuchten Fällen. Die Schadensmeldungen legen dabei nahe, dass das Radar die Niederschlagsmengen unterschätzt hat.

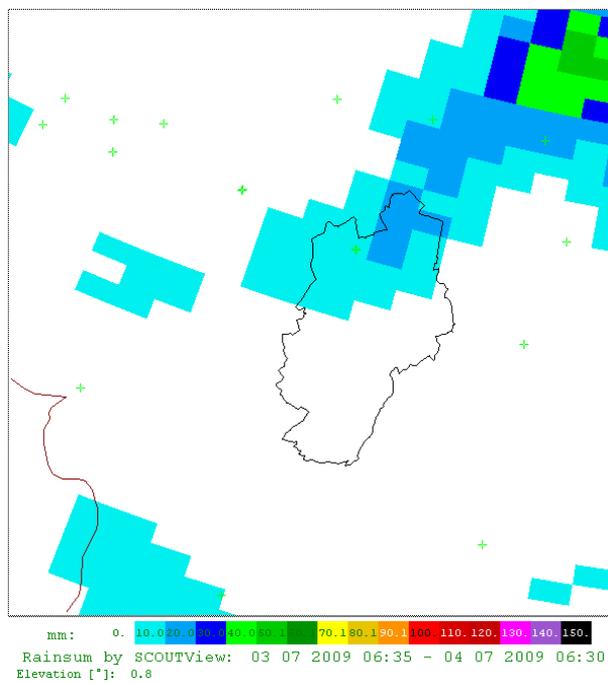


Bild 31 Ereignissumme auf Basis der angeeichten Radarmessungen Kall 03.07.2009

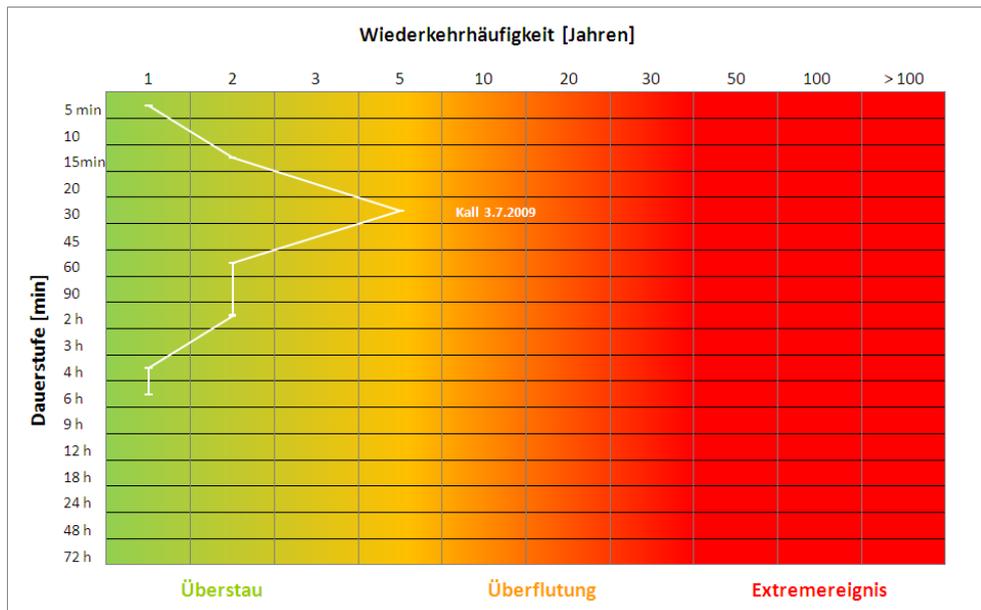


Bild 32 Wiederkehrhäufigkeit des Ereignisses Kall am 03.07.2009

Bild 32 zeigt, dass es sich am Punkt des maximalen Niederschlages laut Radar um ein Ereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von etwa einmal in 5 Jahren handelt.

Kreis Euskirchen: Artikel vom 03.07.2009, Rundschau online

Unwetter in NRW

Unwetter sucht die Eifel heim

Von Bernd Zimmermann, 03.07.09, 13:46h, aktualisiert 06.07.09, 11:58h

Ein heftiges Unwetter hat kurz vor der Mittagszeit den Kreis Euskirchen erreicht und dabei zahlreiche Straßen überflutet. Auch die Stadt Düsseldorf hatte mit dem Unwetter zu kämpfen: Kurzzeitig musste der Flugbetrieb eingestellt werden.



Bei dem Unwetter im Kreis Euskirchen wurden zahlreiche Straßen überflutet. Hier in Kall war die Bahnunterführung betroffen. (Bild: M. Hilgers)

KREIS EUSKIRCHEN - Eine heftige Unwetterfront hat gestern Teile des Kreises Euskirchen überflutet. In Kall stand die Bahnunterführung „so voll, wie ich sie noch nie voll gesehen habe“, sagte Kalls Gemeindebrandinspektor Harald Heinen. In Rheder war die L 178 überflutet und unpassierbar, allerorten liefen Keller voll, Kanaldeckel wurden aus völlig überlasteten Rohrsystemen nach oben gedrückt. In Kall musste auch die Bahnlinie gesperrt werden.

Gegen 12.30 Uhr hatte das Unwetter begonnen und sich zunächst über Kall entladen. Im Neubaugebiet an der Hüttenstraße liefen die Keller in gut einem halben

Dutzend Häuser voll. In einem der Häuser brachten Bewohner ihren Hund auf einem Schrank in Sicherheit, während sie versuchten, mit einer Eimerkette das Wasser aus dem Keller zu befördern. Besonders stark betroffen war der Stürzerhof. „Wir sind hier das Wasser-Sammelbecken fürs Industriegebiet“, schilderte die 38-jährige Susanne Mey-Baum. „Wir saufen hier ja regelmäßig ab.“

Fotoline: Heftige Unwetter im Kreis Euskirchen (13 Bilder)



Hoher Schaden bei Möbel Brucker

Dieses Schicksal teilte Nachbarin Petra Lehmann. Der Garten der 45-Jährigen ähnelte einem See, die Garage stand unter Wasser. Dutzende Feuerwehrmänner versuchten, der Lage Herr zu werden. „Ohne die schnelle Hilfe unserer Nachbarschaft wären wir wohl total abgesoffen. Seit 2001 können wir fast jährlich Waschmaschine und Trockner neu kaufen. Das ganze Haus stinkt auch nach Wochen noch. Die Kosten der Reinigungsarbeiten steigen in die Höhe“, so Lehmann.

Derzeit werden in der Hüttenstraße Baumaßnahmen für eine Verbesserung der Kanalisation durchgeführt. „Wir fühlen uns von der Gemeinde im Stich gelassen. Niemand fühlt sich verantwortlich“, ärgern sich die Anwohner des Stürzerhofs.

Weil sich in Kall immer mehr Einsatzstellen aufbauten, entsandte die Euskirchener Rettungsleitstelle zwei komplette Löschzüge aus Nettarsheim und Schleiden nach Kall, um die Kollegen zu unterstützen. Das DRK aus Kall richtete eine Verpflegungsstelle für die Wehrmänner ein.

Einen großen Schaden hat auch das Möbelhaus Brucker zu verzeichnen. Am früheren Eingang des „Hauses 1“ sammelte sich das Wasser. Parkende Autos füllten sich bis unter die Motorhaube. Sämtliche Brucker-Mitarbeiter waren damit beschäftigt, das Wasser aus dem Gebäude zu kehren. Der Strom fiel aus.

Unter der Leitung von Manfred Frontzek kämpften Wehrleute aus Wahlen, Sisting und Pesch gegen die Wassermassen. Betroffen: Die komplette Schlafabteilung im Erd- und weitere Bereiche im Kellergeschoss. Auch in Keldenich waren Dutzende Häuser betroffen. Heinen: „Und das, obwohl es in Keldenich meistens glimpflich ausgeht.“

Communio-Küche überflutet

Unterdessen hatte das Unwetter Mechernich erreicht. Hier wurden sofort alle Löschzüge alarmiert, eine Koordinierungsstelle im Feuerwehrgerätehaus eingerichtet. Zahlreiche Keller mussten ausgepumpt werden, vereinzelt wurden Straßen kurzfristig überflutet. Gruppenführer Steffen Hausner war mit vier Fahrzeugen in der Weierstraße, Kreuzung Emil-Kreuser-Straße mit Tauchpumpen und Wassersaugern im Einsatz.

Erst vor einem Jahr hatte Dirk Helmes ein kleines Geschäft eröffnet. „Das Wasser kam blitzschnell“, schilderte er. Mitarbeiterinnen versuchten, die Ware zu retten. Der Keller lief voll. 13 000 Haarreifen, Schuhe, Weihnachtsdekoration und 1500 Kinderjeans schwammen durch die Räume. Ebenfalls erwischte es die Zentralküche der „Communio in Christo“. Durch die Ventilatoren der Kühlräume lief das Wasser, so Mitarbeiter Helmut Kirch. Dort, wo ansonsten strengste Hygiene herrscht, schrubbten Anja Weiß und Cornelia Pörschke den Dreck aus den Fluren.

Das zehnte Eifel-Triker-Treffen am Mühlenpark fiel im wahrsten Sinne des Wortes ins Wasser: Die gestern aufgebauten Zelte der Teilnehmer standen zum Jubiläum knietief in den braunen, matschigen Fluten, die sich in der Anlage rund um die Sommerdelbahn verteilten.

Die Bad Münstererfeiler kamen vergleichsweise glimpflich davon: In drei Straßen drückte die Flut in der Kanalisation die Gullydeckel hoch, ein Baum hielt den heftigen Windböen nicht stand, einige Keller wurden überflutet. Unter Einsatzleitung von Stadtbrandinspektor Horst Griesenbrock waren Feuerwehrleute in der Kernstadt, in Iversheim und in Arloff tätig, hatten die Lage aber schnell unter Kontrolle.

Derweil spitzte sich die Situation in Euskirchen zu: Die Straße zwischen Rheder und Billig war stellenweise überflutet, in Kreuzweingarten, Kirchheim, Kuchenheim, Stotzheim und Rheder liefen Keller voll. Auch an der Steinbachtalsperre mussten die Helfer ihre Saugpumpen einsetzen, um Keller trocken zu legen.

VON FRANZ KÜPPER, MANFRED HILGERS, FRANZ-JOSEF VÖGT und BERND ZIMMERMANN

Quelle: <http://www.rundschau-online.de/html/artikel/1246480502958.shtml> (Stand 10.01.2012)

7.8 Düsseldorf

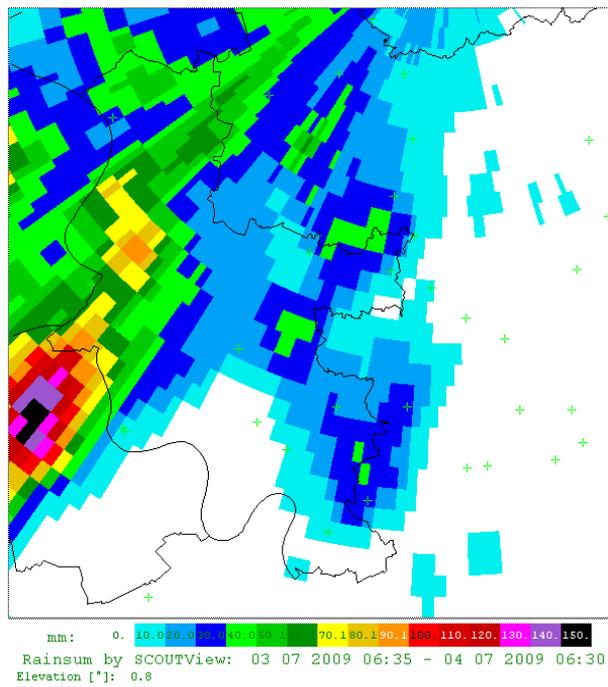


Bild 33 Ereignissumme auf Basis der angeeichteten Radarmessungen Düsseldorf
03.07.2009

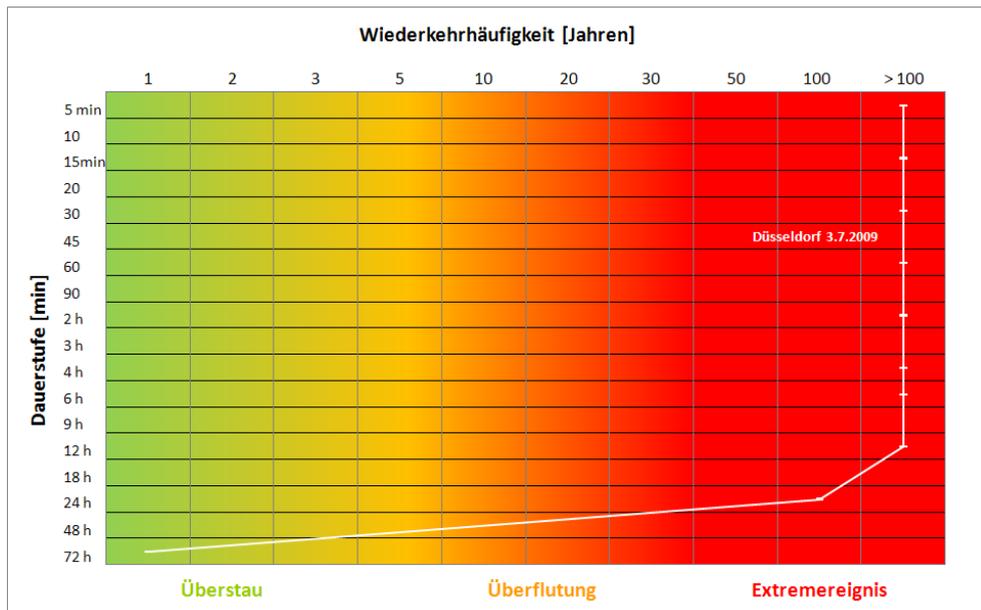


Bild 34 Wiederkehrhäufigkeit des Ereignisses Düsseldorf am 03.07.2009

Bild 34 zeigt deutlich, dass es sich am Punkt des maximalen Niederschlages um ein Ereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von seltener als einmal in 100 Jahren handelt.

Düsseldorf: Artikel vom 03.07.2009, Focus

Die schweren Unwetter haben am Freitag Nordrhein-Westfalen besonders schwer getroffen. Das schwere Gewitter sorgte für Überschwemmungen in der ganzen Region. Der Flughafen Düsseldorf wurde teilweise überflutet und musste den Flugverkehr kurzzeitig einstellen.

Schwere Unwetter haben am Freitagabend in vielen Teilen Nordrhein-Westfalen Chaos ausgelöst. Mehrere Personen wurden verletzt, wie Polizei und Feuerwehr mitteilten. Der Flugverkehr am Düsseldorfer Flughafen musste für mehr als eine Stunde eingestellt werden.

Bei einem schweren Gewitter fielen dort bis zu 57 Liter Regen pro Quadratmeter. Von 18.00 Uhr bis 19:20 Uhr wurde der Flugverkehr ausgesetzt, zwei Maschinen aus Frankfurt und Birmingham mussten zum Flughafen Köln/Bonn umgeleitet werden, wie der Betreiber mitteilte. Es kam zu Verspätungen bis zu 120 Minuten. Die Flughafenfeuerwehr musste auf dem Airportgelände mehrere Gebäude auspumpen – unter anderem auch im Ankunftsbereich. Der Flugbetrieb normalisierte sich nur langsam wieder.

Ebenfalls in Düsseldorf schlug der Blitz in ein Wohnhaus ein und verletzte einen Mann. In einem Krankenhaus fiel wegen Überschwemmung der Strom aus. In den Kellern stand das Wasser bis zu 1,5 Meter hoch. Der S-Bahnhaltepunkt am Flughafen wurde von den Wassermassen überflutet. Brücken waren nicht mehr passierbar, auf den Straßen stand das Wasser bis zu 50 Zentimeter hoch. Laut Feuerwehr gab es rund 200 Einsätze.

Bei Ratingen kam es auf der Autobahn A 52 vermutlich durch Aquaplaning zu einem schweren Verkehrsunfall, bei dem ein Person leicht und eine weitere schwer verletzt wurden. Bis zum Abend wurden in Ratingen dort 85 Einsätze gezählt.

Starker Hagel, Starkregen und Sturm führten auch im Kreisgebiet Neuss flächendeckend zu Überflutungen. Fahrbahnsenken und Unterführungen wurden überflutet, Kanaldeckel weggespült, Bäume stürzten um. Hunderte von Notrufen gingen bei Polizei und Feuerwehr ein.

gxb/AP

Quelle: http://www.focus.de/panorama/vermishtes/unwetter-gewitter-verursacht-chaos-in-nordrhein-westfalen_aid_413980.html (Stand 10.01.2012)

Düsseldorf: Artikel vom 03.07.2009, Rheinische Post

Starke Unwetter

Kommentare (2) »

150 Unwettereinsätze in Düsseldorf

zuletzt aktualisiert: 03.07.2009 - 20:41

Wasserschäden, Blitzschläge, Kellerflutungen - die Feuerwehr in Düsseldorf ist momentan stark gefordert. Bis 19 Uhr war die Feuerwehr zu 150 Einsätzen ausgerufen worden. Dazu zählt auch das Dominikus Krankenhaus in Heerd.

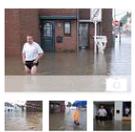
Vom Unwetter war auch das Dominikus Krankenhaus. Hier wurden durch die starken Regenfälle die Kellerräume geflutet, sodass es keinen Strom gab. Die Patienten waren von dem Ausfall jedoch nicht betroffen.

In vielen Stadtteilen stehen Keller und Tiefgaragen unter Wasser, sodass die Feuerwehr permanent ausrücken muss. Zu einem Dachstuhlbrand in Wittlaer wurde die Feuerwehr in den frühen Abendstunden gerufen. Dort war ein Blitz eingeschlagen.

Auch die **Autobahn 44** ist laut autobahn.nrw.de, der Internetseite des NRW-Ministeriums für Bauen und Verkehr, zwischen Meerbusch und Flughafen in beiden Richtungen gesperrt.

Der **Flughafen in Düsseldorf** musste wegen des schweren Gewitters seinen Flugbetrieb zwischen 18 und 19.20 Uhr einstellen, weil die Start- und Landebahn und die Rollwege unter Wasser standen. Seit 19.50 Uhr wurde der Betrieb auf beiden Bahnen wieder aufgenommen und die über Düsseldorf Warteschleifen fliegenden Maschinen nach und nach heruntergeholt. [Weitere Informationen zu Start- und Landezeiten finden Sie auf der Internet-Seite des Flughafens.](#)

Ein Flieger der Billig-Fluggesellschaft Fly Be wurde nach Bonn umgeleitet. Der Flughafen erhielt Ausnahmegenehmigungen, damit Starts bis 23.30 Uhr und Landungen bis 0.30 Uhr erfolgen durften. Bis in den späteren Abend hinein musste die Feuerwehr Wasser aus den Tiefgaragen und aus der Ankunftsebene und der S-Bahnstation abpumpen.

FOTOS

Juni 09: Unwetter in Mönchengladbach »

Keller in Stockum und Lohausen unter Wasser

Bereits am Nachmittag hatte starker Regenfall eingesetzt und sorgte in Stockum und Lohausen dafür, dass Wasser in Kellerbereiche eindringen konnte. Hier rückte die Feuerwehr insgesamt fünfmal aus, um das Regenwasser abzupumpen. In Gerresheim wurde die Feuerwache Gräulingerstraße zu einem vermuteten Dachstuhlbrand alarmiert. Hier hatte ein Blitz unterhalb des Firstes eingeschlagen und einige Dachziegel vom Dach geschlagen. Zu einem Brand kam es nicht und so konnte die Feuerwehr nach Kontrollarbeiten mittels Wärmebildkamera schnell wieder einrücken.

Zu einem weiteren Einsatz kam es in Gerresheim an der Torbruchstraße / Dreherstraße. Vermutlich stürzte durch einen Blitzschlag ein zwei-zügiger Kamin um, zerstörte einige Dachziegel. Eine Dachgaube fiel dabei auf die Torbruchstraße. Zum Glück wurde hier niemand verletzt.

Die Feuerwehr entfernte die losen, defekten Ziegel und sperrte kurzfristig die Straße. Hierbei kam es zu leichten Verkehrsbehinderungen. Bei zwei weiteren kleineren Einsätzen mussten lose Äste entfernt werden.

Quelle: http://www.rp-online.de/duesseldorf/duesseldorf-stadt/nachrichten/150-Unwettereinsatze-in-Duesseldorf_aid_727967.html (Stand 10.01.2010)

8 Ereignis am 03.07.2010

8.1 Wetterlage

Am 3. Juli 2010 zogen ab dem Vormittag sehr intensive, große Gewitterzellstrukturen von Süden aus nach NRW. Diese breiteten sich langsam über das gesamte Bundesland aus und verursachten örtlich sehr hohe Niederschläge in kurzer Zeit. Am frühen Abend verließ das Schauergebiet dann NRW im Norden.

8.2 Essen

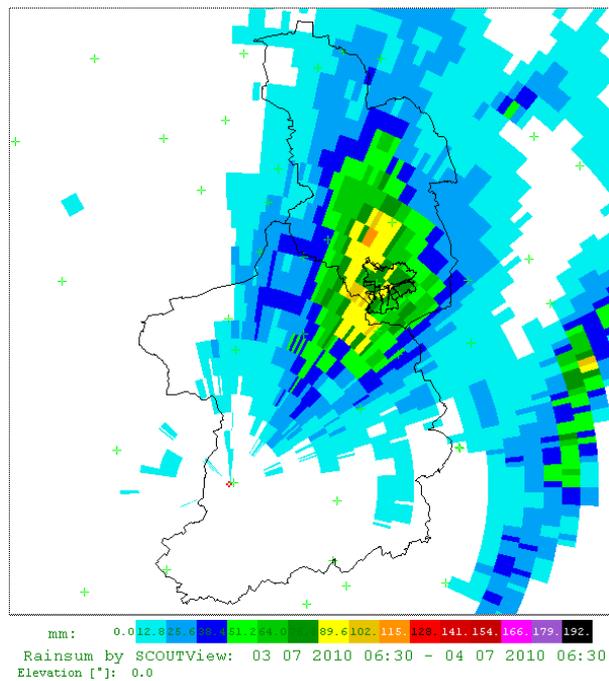


Bild 35 Ereignissumme auf Basis der angeeichten Radarmessungen Essen 03.07.2010

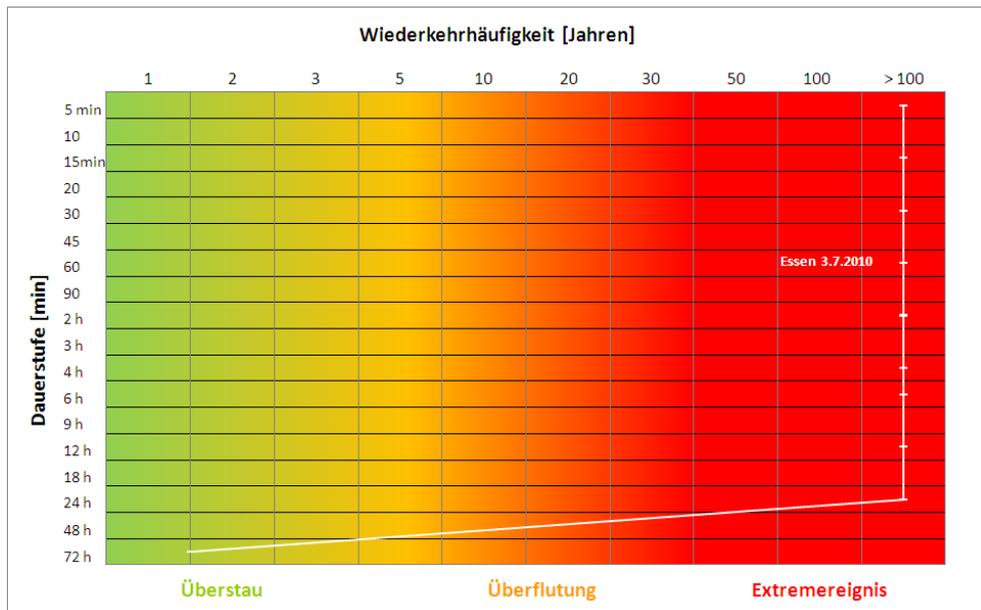


Bild 36 Ereignissumme Wiederkehrhäufigkeit des Ereignisses Essen am 03.07.2010

Bild 36 zeigt deutlich, dass es sich am Punkt des maximalen Niederschlages um ein Ereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von seltener als einmal in 100 Jahren handelt.

Essen: Artikel vom 03.07.2010, Der Westen (WAZ)

WETTER A A

Heftiges Unwetter schlug Fußballfans in die Flucht

03.07.2010 | 14:31 Uhr



Fußballfans fluchten in Köln vor dem Unwetter. Foto: oop

Frankfurt. Hagel und Regen - über dem Rheinland tobte am Samstag ein heftiges Unwetter. Der Kölner Dom wurde vom Blitz getroffen. Die Unwetter zogen auch über das Ruhrgebiet. Die A 40 stand bei Essen-Kray unter Wasser.

Arbeitsge Ein heftiges Unwetter mit Gewitter, Hagel und Regen ist am Samstagnachmittag über dem Rheinland niedergegangen. Nach Angaben eines Polizeisprechers wurde unter anderem der Kölner Dom von mehreren Blitzen getroffen. Die Domplatte wurde aus Sicherheitsgründen zeitweise gesperrt. Der Blitzschlag habe einen Kurzschluss in der Elektrik verursacht, teilte die Polizei dem WDR mit. Anders als zunächst gemeldet, sei kein Feuer ausgebrochen.

Polizei und Ordnungsamt räumten die Freifläche vor der Kölner Lanxess-Arena, wo sich mehrere Tausend Menschen zum Public Viewing des WM-Spiels Deutschland gegen Argentinien versammelt hatten. Die Besucher wurden in den Katakomben der Arena in Sicherheit gebracht, hieß es. Statt der erwarteten etwa 35 000 Zuschauer hatten sich rund eine Stunde vor Spielbeginn nur etwa 17 000 Menschen eingefunden. Sie konnten die Live-Übertragung des Spiels später in der Halle verfolgen. Polizei und Feuerwehr waren aufgrund herabgefallener Äste, ausgelöster Alarmanlagen und teilweise überfluteter Straßen im Dauereinsatz. Unter anderem fielen mehrere Ampeln durch Blitzschläge aus.

A 40 bei Essen-Kray stand unter Wasser

Nach dem Unwetter stand die Autobahn 40 zwischen Essen-Kray und Gelsenkirchen unter Wasser, teilt die Autobahnpolizei mit. Zwischenzeitlich staute sich der Verkehr auf drei Kilometern. Inzwischen hat sich die Lage aber wieder beruhigt. Nach Angaben des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in Essen zogen die Unwetter am frühen Abend über das Ruhrgebiet und das Münsterland ab. Auch hier mussten Public-Viewing-Veranstaltungen wie der Sundance am Essener Baldeneisse abgebrochen werden.



Durchströmte Fußballfans in Köln. Foto: oop

Viel Arbeit hatten auch Polizei und Feuerwehr in Bonn und dem benachbarten Rhein-Sieg-Kreis. Nach heftigen Regenfällen waren Kanäle und Bäche den rasch steigenden Wassermassen nicht gewachsen. Etlliche Keller wurden überflutet und mussten leer gepumpt werden.

Auch die Eifelregion und der Westen von NRW waren stark betroffen. So ging in Düren Hagel nieder, an einer Messstelle in der Eifel wurde innerhalb kurzer Zeit 27 Liter Regen pro Quadratmeter festgestellt. Es gab zunächst keine Angaben darüber, ob bei dem Unwetter Menschen verletzt wurden.

Sonntag kann der Westen aufatmen

Am Sonntag steigen die Temperaturen im Süden und Osten erneut auf schwülwarme 30 Grad. Im Westen hingegen ist Aufatmen angesagt, denn die Temperaturen werden im Vergleich zum Samstag um etwa 10 Grad niedriger liegen. Zu Wochenbeginn wird es dann auch im Osten deutlich kühler, es bleibt zunächst leicht unbeständig, aber durchaus mit sonnigen Abschnitten.

Wenn die deutsche Nationalmannschaft am Mittwoch zum Halbfinale antritt, wird es sehr wahrscheinlich wieder so heiß wie am Samstag. (ap/ddp)

DerWesten

Quelle: <http://www.derwesten.de/sport/fussball/heftiges-unwetter-schlug-fussballfans-in-die-flucht-id3365601.html> (Stand 10.01.2012)

8.3 Wachtberg

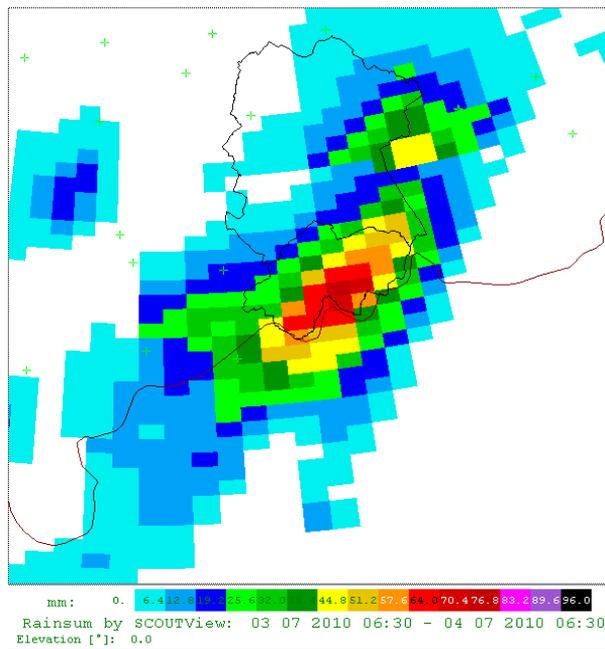


Bild 37 Ereignissumme auf Basis der angeeichten Radarmessungen Wachtberg
03.07.2010

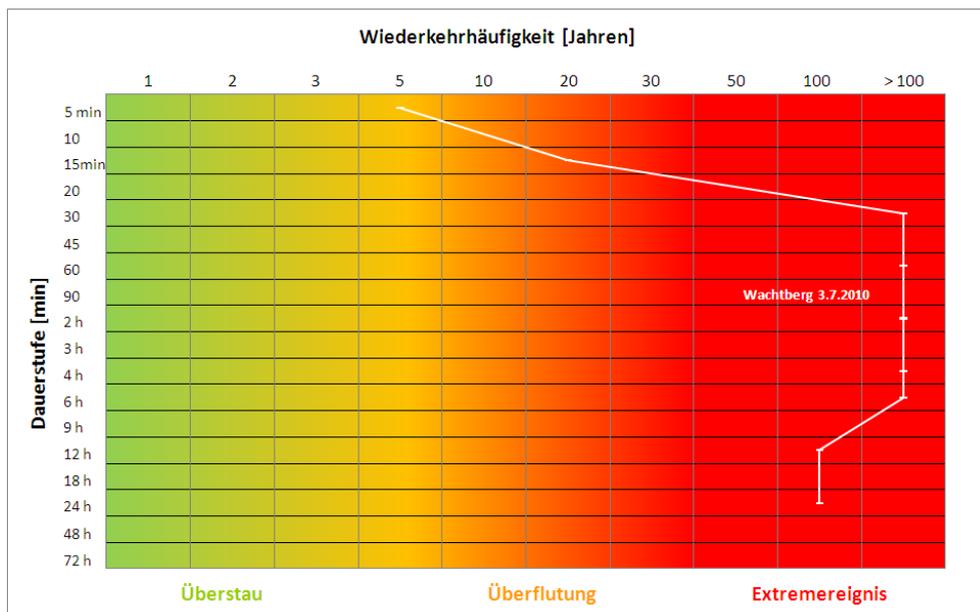


Bild 38 Wiederkehrhäufigkeit des Ereignisses Wachtberg am 03.07.2010

Bild 38 zeigt deutlich, dass es sich am Punkt des maximalen Niederschlages um ein Ereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von seltener als einmal in 100 Jahren handelt.

Wachtberg: Artikel vom 04.07.2010, General Anzeiger

Niederbachem versinkt in den Fluten

Von Jochen Wagner

Einem Probealarm folgte am Samstag ein Marathon-Einsatz der Wachtberger Feuerwehren. Stundenlanger Dauerregen, Blitz, Donner und Hagel sowie sturmartige Böen versetzten zeitweise ganze Ortsteile in Wachtberg in Angst und Schrecken.

Bild 1 von 2



Seitenlage: Zwei Autos brechen am Langenbergweg in Niederbachem in einen ausgespülten Leitungsgraben mit Gasrohren ein. Foto: Jochen Wagner

Wachtberg. Einem Probealarm folgte am Samstag ein Marathon-Einsatz der Wachtberger Feuerwehren. Stundenlanger Dauerregen, Blitz, Donner und Hagel sowie sturmartige Böen versetzten zeitweise ganze Ortsteile in Wachtberg in Angst und Schrecken.

Der Sturzregen setzte Felder, Wiesen, Straßen und Keller unter Wasser - verwandelte ableitende Bäche wie den Mehlemer Bach in Niederbachem in einem reißenden Fluss, der entwurzelte Bäume mit sich riss.

Wachtbergs Gemeindebrandinspektor Markus Zettelmeyer löste beim Unwetter gegen 14 Uhr Vollalarm für alle Wachtberger Löschgruppen aus. Auch aus Meckenheim und Rheinbach eilten die Einsatzkräfte zu Hilfe. "Insgesamt waren rund 220 Feuerwehr-Kräfte mit über 40 Fahrzeugen an mehr als 250 Einsatzstellen aktiv. Hinzu kommen eine Hundertschaft der Polizei und zahlreiche Rettungskräfte", zählte der Wachtberger Wehrleiter auf. Auch Einsatzkräfte der Energieversorger (Gas, Strom, Wasser) waren im Dauereinsatz.

Fotostrecke

Schwere Unwetter
in der Region

Große Wassermassen spülten in Niederbachem mehrere Brückenfundamente sowie Gas- und Stromleitungen an der oberen Mühle (Urschen) frei. Keller, Garagen und Häuser wurden ebenso wie Autos unter Wasser gesetzt. Umgeknickte Bäume verursachten Schäden an Fahrzeugen.

Am Langenbergweg wurde der Kies aus den frisch angelegten Leitungsgräben für Gas, Strom, Wasser regelrecht herausgespült. Darüber abgestellte Autos brachen in die offenen Schächte ein. Es herrschte Explosionsgefahr. Die Keller im Evangelischen Gemeindezentrum liefen voll, der Parkplatz davor glich einer Teichlandschaft.

An der Bondorfer Straße stapelten sich aufgeweichte Möbel und andere Gerätschaften auf der verschlammten Straße. Im unteren Verlauf der Mehlemer Straße hatten sich Gastanks los gerissen. Hier mussten Anwohner im Umfeld von 500 Metern ihre Häuser verlassen - das Gas drohte zu explodieren. Vor dem Eingangsbereich der Grundschule lag ein großer Baum flach. Mit einem Radlader mussten Schlamm und Geröll an der Kreuzung Gereonstraße/Austraße abtransportiert werden. Die tiefer gelegene Brücke wurde überflutet, Keller liefen voll.

Selbst die L 123 (Konrad-Adenauer-Straße) stand von der früheren chinesischen Botschaft bis nach Mehlem hinein unter Wasser. Von Berkum und Oberbachem strömte mit braunem Lehmboden gemischtes Regenwasser nach. Kanäle konnten die Schlammfluten nicht mehr aufnehmen. Polizei und Feuerwehr sperrten an den Kreuzungen in Oberbachem sowie am Ortseingang von Niederbachem die Straßen für den Normalverkehr ab.

Auch in Fritzdorf und Werthhoven liefen Keller und Garagen voll und mussten leer gepumpt werden. In Berkum schossen die Lehmfluten am Bollwerk in Richtung Alte Kirche. Im Altenstift Limbach sickerte Wasser in Keller und Dächer durch. Zwischen Ließem und Oberbachem rutschte eine Hangböschung auf die steile und kurvenreiche Fahrbahn des Ließemer Kirchwegs unterhalb des Rheinhöfenfriedhofs. Der Schlamm musste von Einsatzkräften weggeräumt werden.

Anwohner Wolfgang Neusüß: "Wir wohnen seit 30 Jahren am Bruchbach. Ein solches Hochwasser haben wir noch nicht erlebt. Unsere Nachbarn mussten noch den Sonntag die Schäden halbwegs beseitigen. Der Bach war etwa vier Meter angestiegen."

An der Brücke zum Neubaugebiet Bruchbach hatte sich ein abgetriebenes Gartenhaus verklemmt, der Übergang wurde zeitweise von den Wassermassen überflutet. Überall liegen mitgerissene Bäume in Bachnähe, auch am Bachbett sind laut Neusüß schwere Schäden zu beheben.

Wachtbergs Gemeindebrandinspektor Markus Zettelmeyer würdigte den disziplinierten Ablauf der Einsätze und lobte die Hilfsbereitschaft unter den Nachbarn. "Man kann in Niederbachem von einer Jahrhundertflut sprechen. Die Schäden gehen in die Millionen. Aber durch das umsichtige Verhalten der Betroffenen konnte das ganz große Chaos mit Personenschäden vermieden werden. Wachtberg hatte noch Glück im Unglück", fügte der Wehrleiter hinzu.

Auch in den Höhenlagen oberhalb von Niederbachem wurden Bäume und abgebrochene Äste später von den Fahrbahnen geräumt. Besonders betroffen war Werthhoven, wo zahlreiche Straßen überflutet wurden und Keller und Garagen von Wasser und Schlamm befreit werden mussten. Von dem WM-Spiel der Nationalmannschaft bekamen die Einsatzkräfte im Schwerpunkteinsatzort Niederbachem lediglich den Torstand durch Passanten mit.

Die letzten Einsatzkräfte rückten am Sonntagmorgen gegen 3.30 Uhr in die Standorte ihrer Löschgruppen ab. Gestern wurden die Unglücksschwerpunkte bei Tageslicht untersucht, Schäden aufgenommen und Maßnahmen geplant. Dabei stellte sich heraus, dass in Wachtberg erhebliche Ernteschäden zu verkraften sind.

Artikel vom 04.07.2010

Quelle: <http://www.general-anzeiger-bonn.de/lokales/region/Niederbachem-versinkt-in-den-Fluten-article-277910.html> (Stand 10.01.2012)

Wachtberg: Artikel Feuerwehr Wachtberg

Unwetter mit Starkregen, Hagel und anschließendem Hochwasser in der Gemeinde Wachtberg



Am Samstag, 03.07.2010, heulten die Sirenen mehrfach in den Wachtberger Ortschaften. Hierbei handelte es sich zunächst zwischen 11:00 und 11:30 Uhr um den monatlichen Probealarm der Freiwilligen Feuerwehr Wachtberg.

Kurz nach 12 Uhr wurde es wieder laut, aber auch hier handelte es sich um die neuerdings vierteljährlich stattfindende Sirenenprobe in den Kommunen des Regierungsbezirkes Köln.

Kurz darauf verdunkelte sich der Himmel das erste Mal und es fielen die ersten Regentropfen. Diese Vorboten endeten jedoch bereits nach wenigen Minuten und wahrscheinlich niemand in unserer Gemeinde rechnete mit dem, was da noch kommen sollte.

Als es dann kurz vor 14 Uhr erneut stürmisch wurde und sich der Himmel stark verdunkelte, setzte der erste Starkregen mit Hagel ein.

So kam es um 14:10 Uhr zu einer ersten Alarmierung der Feuerwehr Wachtberg in die Ortschaft Werthhoven. Hier sollte ein Keller unter Wasser stehen.

Da zu diesem recht frühen Zeitpunkt noch niemand die weiteren Folgen des nicht endenden Regens absehen konnte, wurde zunächst lediglich die Löschruppe Berkum alarmiert.

Zwischenzeitlich vervielfachten sich die eingehenden Notrufe auf der Feuer- und Rettungsleitstelle des Rhein-Sieg-Kreises in Siegburg und man entschied sich seitens der Wachtberger Wehrführung gegen 15:00 Uhr für eine Vollalarmierung der Freiwilligen Feuerwehr Wachtberg.

Auf Grund der Vielzahl der Einsatzstellen wurde die Funkzentrale im Feuerwehrgerätehaus in Berkum besetzt und in Betrieb genommen. Somit hatte die Einsatzleitstelle in Siegburg einen "festen" Ansprechpartner für die Einsatzlage in der Gemeinde Wachtberg. Im weiteren Verlauf wurde jeder eingehende Notruf in Siegburg entgegengenommen, in den Einsatzleitrechner eingegeben und anschließend per Fax in das Feuerwehrhaus Berkum gesandt.

Auf Grund dieser Organisationsstruktur war es der Feuerwehr Wachtberg möglich einen "eigenen" Funkkanal zu belegen und hier eine eigenständige Einsatzvergabe und -abarbeitung durchzuführen.

Der Einsatzschwerpunkt lag zu diesem Zeitpunkt noch im Bereich der Ortschaft Werthhoven und man zog hier eine Vielzahl an Einsatzkräften zusammen, um den Bewohnern zeitnah Hilfe leisten zu können.

Nachdem die Gräben und Bachläufe die Wassermassen aufnahmen und in die talwärts gelegenen Dörfer führten, stiegen auch die Notrufe aus den Ortschaften Oberbachem und Niederbachem.

In beiden Ortschaften waren die Straßenzüge, welche sich in unmittelbarer Umgebung des Mehler Baches befanden am stärksten betroffen.

Auf Grund der Brisanz der eingehenden Notrufe wurden Einheiten der Feuerwehr Wachtberg unmittelbar nach Niederbachem verlegt, um sich auch hier ein Bild von der Situation vor Ort machen zu können. Hierbei wurde ein Schadensausmaß angetroffen, welches einem nur aus den Medien bekannt sein dürfte.

Ein Bach, der normalerweise nur einen Wasserstand von ein paar Dezimetern hat, schwillt auf einen Pegel zwischen drei und vier Metern an, besitzt nun eine reißende Strömung und tritt über die Ufer.

Brücken werden überspült und teilweise weggerissen. Straßenränder werden weggespült, darunter liegende Wasser- und Gasleitungen liegen frei. Darüber geparkte Pkw liegen seitlich auf den Leitungen.

Container, Pkw und Carports werden von den Wassermassen mitgerissen.

Flüssiggastanks lösen sich aus ihren Befestigungen und werden ebenfalls abgetrieben.

Wohnhäuser, Wohnungen, Keller, Garagen und weitere Gebäude laufen voll und sind für längere Zeit unbewohnbar bzw. nicht nutzbar.

Auf Grund der Wassermassen ist es zu diesem Zeitpunkt selbst den Rettungskräften nur bedingt möglich Hilfe zu leisten, zu groß wäre die Gefahr für die eingesetzten Kräfte.

In ihre Wohnungen eingeschlossene Bewohner werden durch Kräfte der Feuerwehr aus ihren Wohnungen gerettet.

Ein waghalsiger Passant, welcher trotz des enormen Hochwassers eine, etwa einen Meter überspülte, Brücke überqueren musste, wurde durch Feuerwehrleute aus dem Wasser gezogen.

Auf Grund der katastrophenhähnlichen Zustände entscheidet sich die Wehrführung der Feuerwehr Wachtberg zur Anforderung von überörtlichen Feuerwehreinheiten.

Daraufhin werden durch die Leitstelle des Rhein-Sieg-Kreises Einheiten der Feuerwehren Meckenheim und Rheinbach alarmiert und in Marsch gesetzt. Nachdem diese Kameraden ihren Sammelpunkt am Gerätehaus Berkum erreicht hatten, fanden eine kurze Lageeinweisung und sofort anschließend die ersten Einsatzvergaben statt.

Da sich bereits zu diesem, noch recht frühen, Einsatzzeitpunkt eine sehr lange Einsatzdauer prognostizieren ließ, wurden Einheiten zur Versorgung und Verpflegung der Einsatzkräfte alarmiert. Dies wurde durch ehrenamtliche Helfer des Malteser Hilfsdienstes durchgeführt. Diese Einsatzkräfte sorgten für eine Zubereitung von warmen/kalten Speisen und Getränken und richteten die Fahrzeughalle des Gerätehauses Berkum kurzer Hand als Speisesaal ein.

In Zusammenarbeit mit Beamten der Polizei Bonn wurden in Niederbachem etwa 100 Personen, wegen der losgerissenen Flüssiggastanks und einer damit verbundenen möglichen Gefährdung, aus ihren Häusern evakuiert.

Zur Bergung eines Pkw, welcher durch die Fluten mitgerissen wurde und nun im Bachbett liegend gesichert werden konnte, wurde auch die Berufsfeuerwehr Bonn zur überörtlichen Hilfeleistung mit ihrem Kranwagen angefordert.

Ortsansässige Tiefbauunternehmer stellten schnell und unbürokratisch ihre Fuhrparks zur Verfügung, damit Treibgut, was den Ablauf des Wasser behinderte unmittelbar aus dem Bachbett entfernt werden konnte.

Insgesamt waren etwa 220 ehrenamtliche Helfer bis etwa 03:30 Uhr am frühen Sonntag Morgen im Einsatz gebunden. Zeitweise wurde die Wachtberger Wehrführung durch den Kreisbrandmeister des Rhein-Sieg-Kreises, Herr Walter Jonas, sowie einen seiner beiden Stellvertreter, Herr Hans-Georg Gennrich, unterstützt.

Anschließend erfolgte noch ein provisorisches Herstellen der weiteren Einsatzbereitschaft, damit im Falle weiterer Notfälle eine schnelle Hilfe gewährleistet gewesen wäre.

Dass sich die meisten der eingesetzten Kräfte auf einen gemütlichen "Fußballnachmittag" gefreut hatten, muss hier nicht näher erwähnt werden.

Die Einsatzanzahl befindet sich in dem Bereich von 200 - 250 Einsatzstellen. Eine genauere Eingrenzung kann hier nicht mehr stattfinden, da einige Einsatzstellen mehrfach gemeldet wurden oder sich bereits vor dem Eintreffen der Feuerwehr erledigt hatten.

Auch der Sonntag stand wieder im Zeichen des schweren Unwetters. Auch an diesem Tage rückten verschiedene Einheiten der Feuerwehr Wachtberg erneut aus, um vollgelaufene Keller leer zu pumpen oder umgestürzte Bäume zu beseitigen.

Und auch am Montag mussten Kameraden der Feuerwehr Wachtberg sich mit den Folgen des Samstags beschäftigen. In einem Neubaugebiet in der Ortschaft Niederbachem befindet sich eine größere Fläche auf der in den vergangenen Tagen archäologische Funde entdeckt wurden. Innerhalb dieses Gebietes ist durch den extremen Niederschlag eine größere Wasseransammlung entstanden. Bewohner der tieferliegenden Bebauung befürchteten ein "Brechen" der Erdaufschüttungen und eine damit verbundene Überflutung ihrer Grundstücke. Hier wurden über die Dauer von etwa drei Stunden mehrere hundert Kubikmeter Wasser abgepumpt und in die Kanalisation eingeleitet.

Im Anschluss mussten noch zahlreiche verschmutzte Schläuche an den Wachtberger Feuerwehrhäusern eingesammelt und in die Schlauchpflegerei nach Siegburg gefahren werden.

Abschließend und rückblickend kann gesagt werden, dass es sich um einen der längsten, personalintensivsten und folgenschwersten Einsätze der Feuerwehr Wachtberg in den letzten Jahrzehnten gehandelt haben dürfte.



Unwetter in Wachtberg

Quelle: http://www.feuerwehr-wachtberg.de/index.php?option=com_content&view=article&id=386:-unwetter-mit-starkregen-hagel-und-anschliessendem-hochwasser-in-der-gemeinde-wachtberg&catid=36:berichte-wachtberg&Itemid=58 (Stand 10.01.2012)

8.4 Bonn

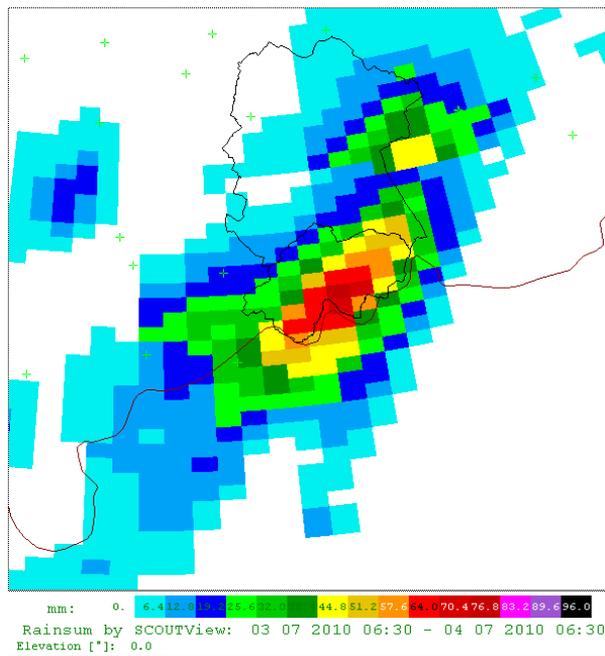


Bild 39 Ereignissumme auf Basis der angeeichten Radarmessungen Bonn 03.07.2010

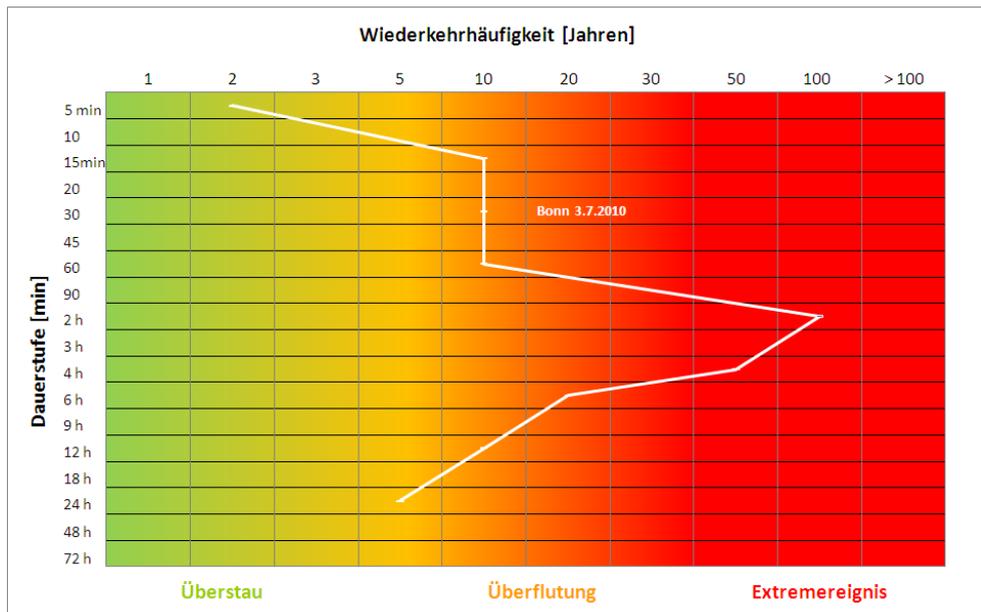


Bild 40 Wiederkehrhäufigkeit des Ereignisses Bonn am 03.07.2010

Bild 40 zeigt, dass es sich am Punkt des maximalen Niederschlages um ein Ereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von etwa einmal in 100 Jahren handelt.

Bonn: Artikel vom 05.07.2010, General Anzeiger

[Drucken](#) [Versenden](#)

Unwetter

Wetter-Chaos in der Region: Verletzte und volle Keller

Wolkenbruchartige Regenfälle haben den Mehlemer Bach in Bad Godesberg am Samstag zu einem reißenden Fluss gemacht. Die schmutzigen Fluten trieben Unrat und sogar ein Gartenhäuschen vor sich her. Das Wasser stand fast einen halben Meter hoch in den Straßen, Keller und Wohnzimmer liefen voll.

Bild 1 von 1



Nach starken Regenfällen schwimmt ein Auto in der überfluteten Mainzer Straße in Mehlem. Foto: dpa

Bonn-Region. (ga) Wolkenbruchartige Regenfälle haben den Mehlemer Bach in Bad Godesberg am Samstag zu einem reißenden Fluss gemacht. Die schmutzigen Fluten trieben Unrat und sogar ein Gartenhäuschen vor sich her. Das Wasser stand fast einen halben Meter hoch in den Straßen, Keller und Wohnzimmer liefen voll.

Dort, wo der Bach in den Rhein läuft, verursachten die Wassermassen einen Erdbeben. Radweg und Ufermauer stürzten ein. Unterhalb zweier Villen tat sich ein 30 mal 50 Meter großer und sieben Meter tiefer Krater auf. Feuerwehr und Polizei evakuierten die betroffenen Häuser und sperrten das John-J.-McCloy-Ufer.

Das heftige Unwetter forderte in Remagen drei Verletzte. Ein Feuerwehrmann erlitt in einem unter Wasser stehenden Keller einen schweren Stromschlag und wurde lebensgefährlich verletzt. Besonders stark hatte das Unwetter in Nierendorf, Marienthal und Gimmigen gewütet. Mit Raupen musste der Schlamm von der Straße geräumt werden. Zuvor hatten sich unzählige Straßen in reißende Bäche verwandelt.

Zu annähernd 200 Einsätzen gerufen wurden die Feuerwehren in Bad Honnef, Rheinbreitbach und Unkel. Im Bad Honnefer Krankenhaus lief der komplette Keller voll, alleine dort mussten Feuerwehr, THW und die Mitarbeiter sechs Stunden gegen die Wassermassen vorgehen. Die B 42 sowie die links- und rechtsrheinischen Bundesbahnstrecken mussten zudem wegen umgestürzter Bäume und eines Erdbebens gesperrt werden. In Köln schlug ein Blitz in den Dom ein.

Artikel vom 05.07.2010

Quelle: <http://www.general-anzeiger-bonn.de/lokales/bonn/Wetter-Chaos-in-der-Region-Verletzte-und-volle-Keller-article24336.html> (Stand 10.01.2012)

8.5 Gelsenkirchen

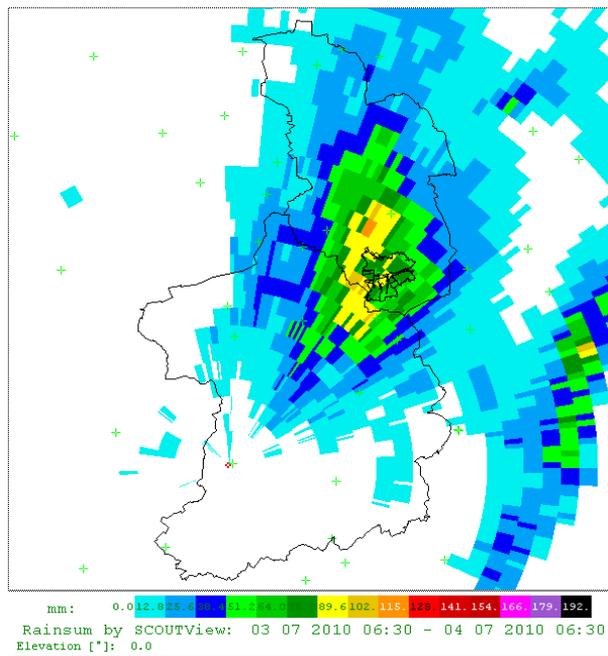


Bild 41 Ereignissumme auf Basis der angeeichten Radarmessungen

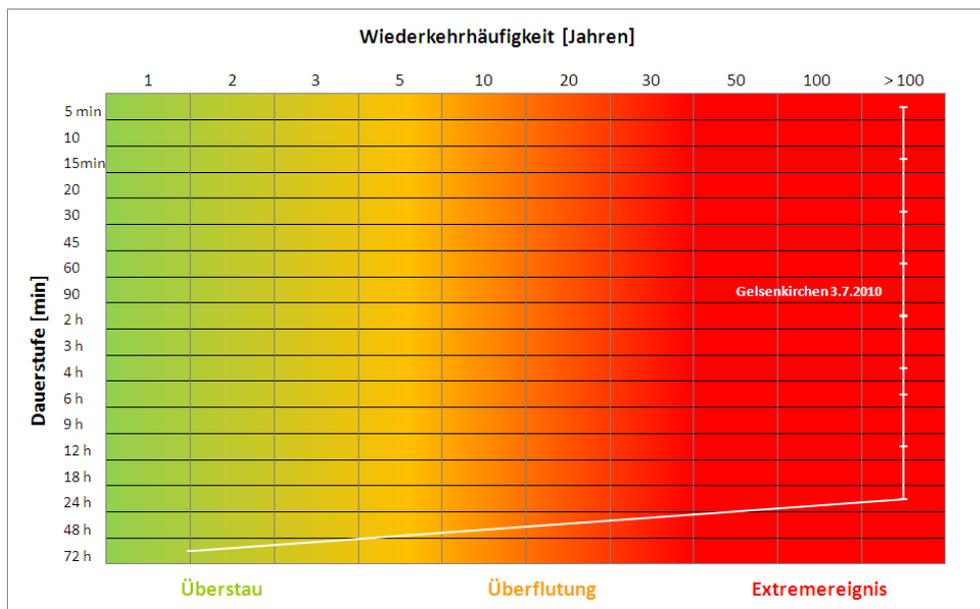


Bild 42 Wiederkehrhäufigkeit des Ereignisses Gelsenkirchen am 3.7.2010

Bild 42 zeigt deutlich, dass es sich am Punkt des maximalen Niederschlages um ein Ereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von seltener als einmal in 100 Jahren handelt.

8.6 Mettmann

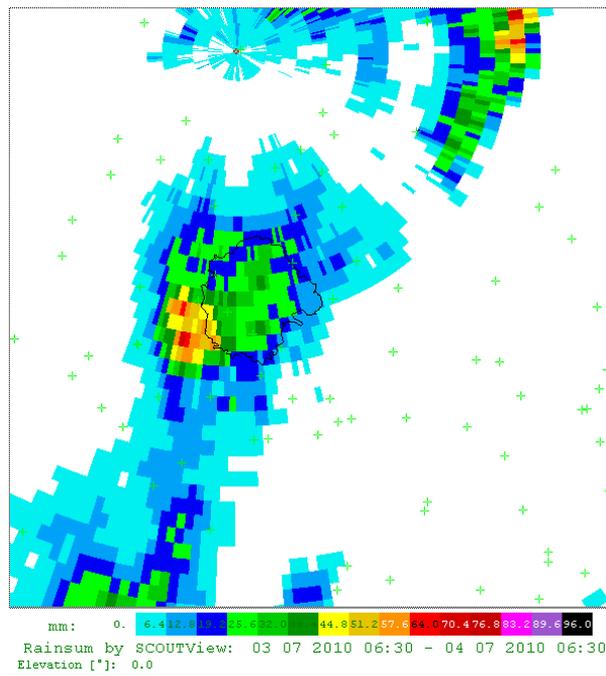


Bild 43 Ereignissumme auf Basis der angeeichten Radarmessungen Mettmann
03.07.2010

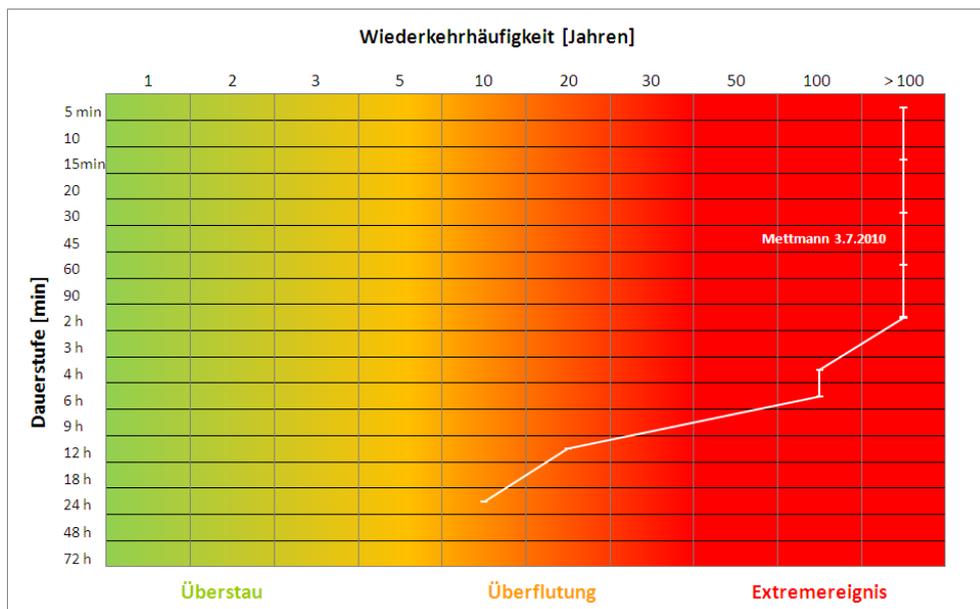


Bild 44 Wiederkehrhäufigkeit des Ereignisses Mettmann am 03.07.2010

Bild 44 zeigt deutlich, dass es sich am Punkt des maximalen Niederschlages um ein Ereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von seltener als einmal in 100 Jahren handelt.

Mettmann: Artikel vom 04.07.2010, RP online



[+7](#) [Twittern](#) [Empfehlen](#) [Senden](#) Foto: AFP, AFP

Kreis Mettmann Kommentare (0) [»](#)

Wasserfluten, Blitz und Donner beim Deutschlandspiel

zuletzt aktualisiert: 04.07.2010 - 09:35
Düsseldorf (RP). Der 4:0-Sieg der Deutschen Fußballnationalmannschaft im Viertelfinale der Fußball-Weltmeisterschaft 2010 in Südafrika schlug am frühen Samstagabend im Kreis Mettmann gleich aus mehreren Gründen nachhaltig ein.

Denn auf die Minute genau zeitgleich mit dem Beginn der Fernsehübertragung zogen schwere Sommergewitter über das Kreisgebiet hinweg, die insbesondere im Süden sehr starke Regenschauer, Sturmböen, Blitz und Donner mit sich brachten.

Die Folgen davon waren nicht nur abgesagte bzw. abgebrochene Public-Viewing-Veranstaltungen. Auch Fernsehzuschauer an heimischen Geräten, in Gaststätten oder in anderen geschlossenen Veranstaltungen mussten zeitweise hinnehmen, dass der Fernsehempfang mehrfach durch Blitzschläge gestört wurde.

Unabhängig vom Fernsehempfang hatten die Gewitter aber auch weitere Folgen. Mehrere Blitzschläge und überflutete Keller in Langenfeld und Monheim, ausgefallene Ampelanlagen in Hilden sowie von Wasserfluten hoch gedrückte Gullydeckel und umgestürzte Bäume in Mettmann, ließen Feuerwehren, Polizei und vielen Bürgern nicht die Zeit, den Deutschlandsieg in Ruhe zu genießen. So melden die Feuerwehren des Kreises Mettmann aktuell rund 100 wetterbedingte Einsätze am heutigen Samstagnachmittag.

Aber mit dem Spielabbruch der Unparteiischen im südafrikanischen Kapstadt waren nicht nur die Weltmeisterschaftsträume für Argentinien zu Ende. Auch Regen, Sturm, Blitz und Donner im Kreis Mettmann setzten ihrem Spiel ein schnelles Ende - gerade rechtzeitig genug, damit feiernde Fußball-Fans zu Autokorsos und Feierlichkeiten aufbrechen konnten.

Vorübergehend kam es auf Fahrbahnen innerstädtischer Straßen wieder zu hinnehmbaren Behinderungen des Straßenverkehrs. Den größten Zulauf zeigte dabei auch heute wieder der Velberter Bereich Kostenberg / Heidestraße.

Zeitweise wurden hier erneut über 2.000 Personen gezählt, welche die mehrspurigen Fahrbahnen der Bundesstraße 227 mit ihren Fahrzeugen oder auch als jubelnde und tanzende Fußgänger blockierten.

Insgesamt ging es aber auch hier, wie kreisweit in allen Städten, wetterbedingt deutlich ruhiger zu, als an vorhergehenden WM-Tagen und die Polizei hatte keine großen Probleme mit den überwiegend friedlich verlaufenden Aktionen bei Autokorsos und Jubelfeiern.

Nur wenige Platzverweise waren kreisweit erforderlich, wenn die Polizei in besonderen Einzelfällen ordnend eingreifen musste. Sechs mal mussten allerdings wieder einmal zumeist deutlich alkoholisierte Störer in Gewahrsam genommen werden, weil Platzverweisen nicht nachgekommen oder gegen polizeiliche Maßnahmen Widerstand geleistet wurde und um Straftaten und Ausschreitungen schon im Vorfeld zu verhindern.

FOTOS



Langenfeld im WM-Fieber»

Quelle: <http://www.rp-online.de/region-duesseldorf/mettmann/nachrichten/wasserfluten-blitz-und-donner-beim-deutschlandspiel-1.923017> (Stand 10.01.2012)

8.7 Dülmen

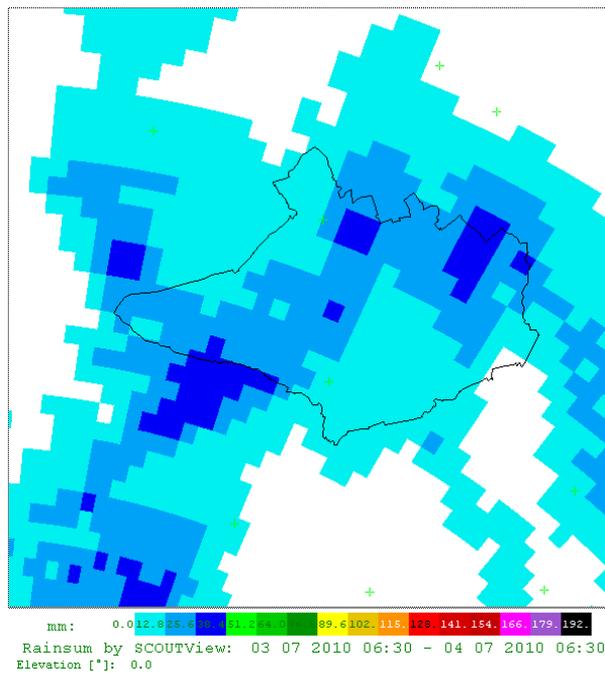


Bild 45 Ereignissumme auf Basis der angeeichten Radarmessungen Dülmen
03.07.2010

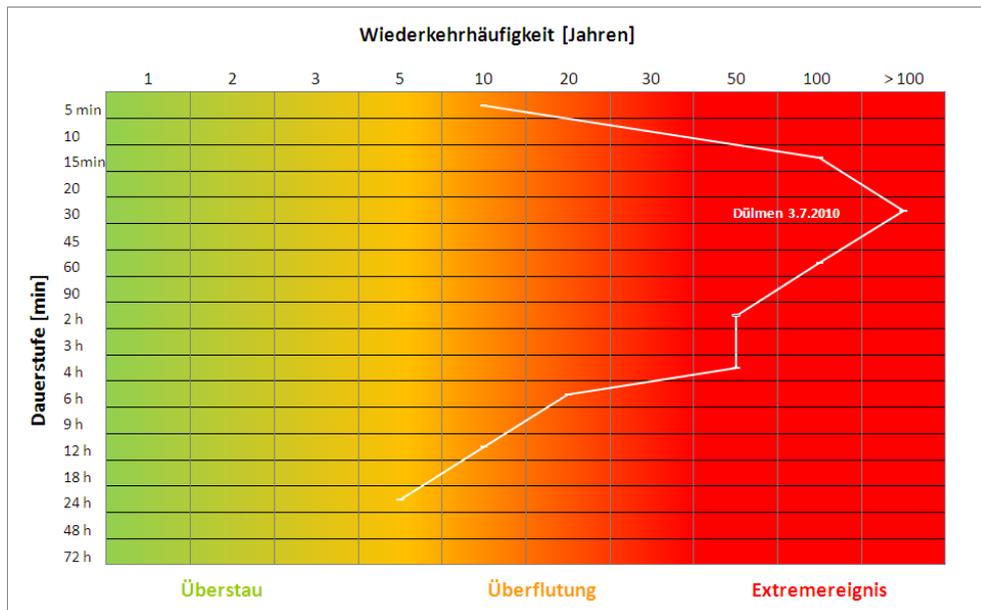


Bild 46 Wiederkehrhäufigkeit des Ereignisses Dülmen am 03.07.2010

Bild 46 zeigt, dass es sich am Punkt des maximalen Niederschlages um ein Ereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von seltener als einmal in 100 Jahren handelt.

Dülmen: Artikel vom 03.07.2010, Münsterländische Volkszeitung

Unwetter über Dülmen: Feuerwehr zählt 50 Einsätze



Deutliche Spuren hinterließen Regen und Sturmböen beim Public Viewing auf dem Marktplatz.
(Sandra Peter)

Dülmen. Das Unwettertief sorgte am späten Samstagnachmittag und am Abend für Ausnahmezustand in Dülmen: Sintflutartige Regenfälle sorgten für überflutete Keller, Straßen standen vielerorts unter Wasser. Die Feuerwehr zählte zwischen 40 und 50 Einsätze, die sich größtenteils auf Dülmen-Mitte konzentrierten. In einigen Kellern stand das Wasser bis zu einem Meter hoch. Ruhiger war es in den Ortsteilen.

Die Sturmböen sorgten ebenfalls für einige umgekippte beziehungsweise entwurzelte Bäume - so zum Beispiel an der Tiberstraße bei San Remo, an der Hülstener Straße und an der Straße Peppermühl, so die Feuerwehr. Rund zwei Stunden lang waren die Feuerwehrleute durchgehend im Einsatz, bevor sich die Lage am Abend entspannte.

FOTOSTRECKE



rund 50 Einsätzen musste die Feuerwehr am...



rund 50 Einsätzen musste die Feuerwehr am...



rund 50 Einsätzen musste die Feuerwehr am...

Quelle: http://www.mv_online.de/lokales/kreis_coesfeld/duelmen/1347304_Unwetter_ueber_Duelmen_Feuerwehr_zaeht_50_Einsaetze.html (Stand 10.01.2012)

9 Ereignis am 26./27.08.2010 Ochtrup

Am 26.08. traf im nördlichen Münsterland und nördlich des Wiehengebirges eine subtropische Warmfront aus dem Süden auf die von Norden heranziehende Kaltluftfront des Tiefs "Cathleen" (LANUV 2010). Diese Luftmassengrenze bewegte sich kaum und zog erst am 27.08. sehr langsam nach Süden ab. Deshalb gingen extreme Niederschläge im nördlichen Münsterland (Kreise Steinfurt und Borken), im Kreis Minden-Lübbecke und im nördlich in NS angrenzenden Kreis Osnabrück nieder. Insbesondere die großräumige Ausdehnung sowie die anhaltend hohe Niederschlagsintensität müssen als extrem betrachtet werden. Die Niederschlagsfelder waren sehr großräumig, zeitweise mit konvektiven eingelagerten Zellen, und zogen von West nach Ost.

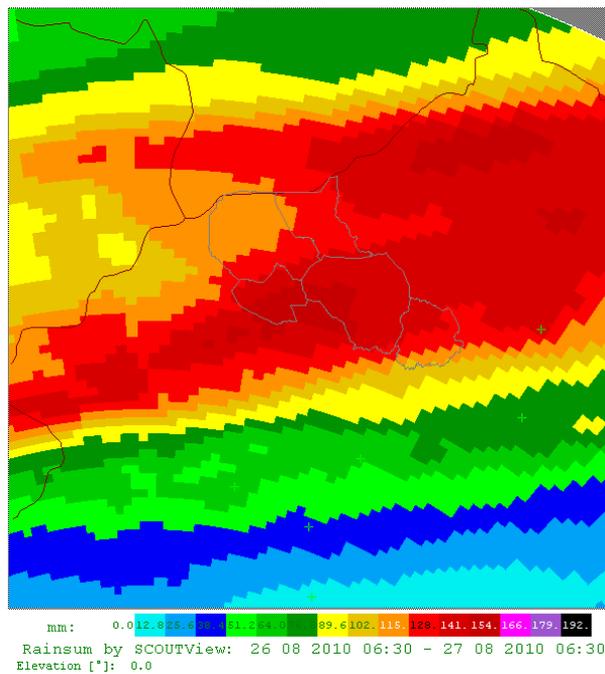


Bild 47 Ereignissumme auf Basis der angeeichten Radarmessungen Ochtrup
26./27.08.2010

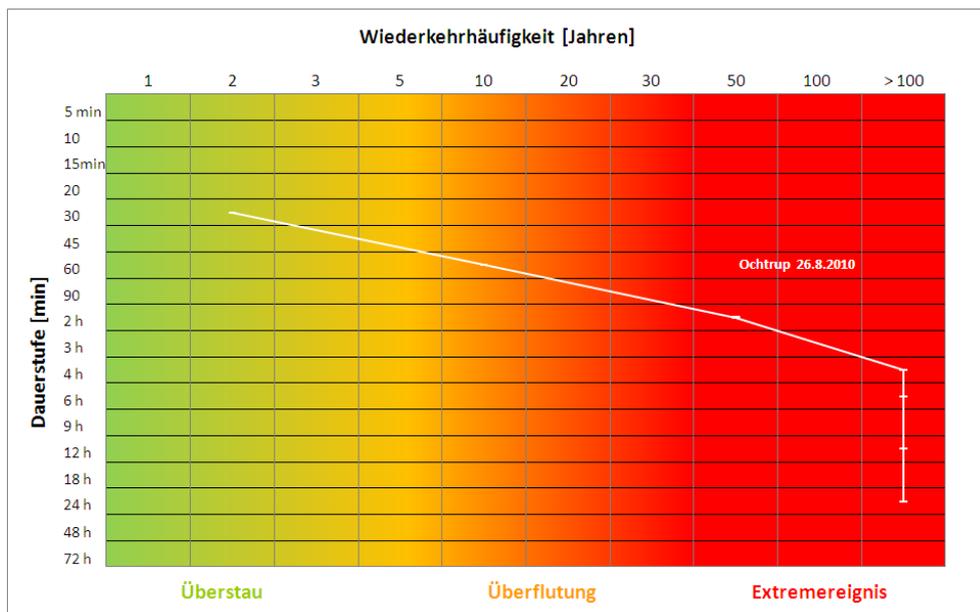


Bild 48 Wiederkehrhäufigkeit des Ereignisses Ochtrup am 26.08.2010

Bild 48 zeigt deutlich, dass es sich am Punkt des maximalen Niederschlages um ein Ereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von seltener als einmal in 100 Jahren handelt.

Kreis Steinfurt: Artikel vom 27.08.2010, Münstersche Zeitung

27.08.2010 09:43 Uhr | Schriftgröße: A A A |

Katastrophenalarm aufgehoben

Extremer Regen sorgt für Chaos: 2500 Helfer im Einsatz

KREIS STEINFURT Regentief „Cathleen“ hat in der Nacht zum Freitag mit extremen Schauern und einem Tornado in Teilen von NRW für Chaos gesorgt. Im Kreis Steinfurt wurde in der Nacht der Katastrophenalarm ausgerufen. 2500 Rettungskräfte sind im Einsatz und am Ende ihrer Kräfte.

Von Ulrich Breulmann und dpa

Artikel



1/3 Zwei Feuerwehrleute waten im Landkreis Osnabrück durch eine überschwemmte Straße.

Der Katastrophenalarm für den Kreis Steinfurt ist jetzt aufgehoben, aktuell gilt er nur noch für Metelen. „Wir gehen davon aus, dass jetzt alle Schäden bekannt sind und die jetzt nach und nach abgearbeitet werden“, hieß es aus der Bezirksregierung. Dort ist seit kurz nach Mitternacht eine Koordinierungsgruppe am Werk, um den Krisenstab in Steinfurt bei der Einsatzleitung zu unterstützen. Man hoffe, dass nicht neue Regenfälle die Lage wieder erschwere.

- Ticker Kreis Steinfurt kämpft gegen Regenmassen
- Hintergrund Krisenstab vor Bewährungsprobe

Alle 24 Städte und Gemeinden im Kreis Steinfurt sind von den extremen Regengüssen betroffen. Es wurden bis zu 190 Liter Regenwasser pro Quadratmeter gemessen - das ist das Dreifache der normalen Monatsmenge. Zum ersten Mal seit dem Schneechaos im Münsterland hat die Bezirksregierung den Krisenstab eingesetzt.

Der Kreis Steinfurt hat eine Telefon-Hotline eingerichtet: (02251) 692888.

Straßensperrungen im Kreis Steinfurt

Besonders hart hat es Nordwalde, Metelen und Ochtrup getroffen. Hier stehen zurzeit ganze Straßenzüge unter Wasser. Die Keller sind unter Wasser und können nicht leer gepumpt werden, weil zunächst die Straßen von den Wassermassen befreit werden müssen. „Viele haben die schlimme Überraschung noch vor sich“, berichtete Dr. Martin Sommer, der Chef des Krisenstabes.

Katastrophenalarm wieder aufgehoben

Der Krisenstab hat sich in der Leitstelle der Feuerwehr in Rheine eingerichtet, nachdem der Landrat um 0.15 Uhr Katastrophenalarm ausgerufen hatte. Er wurde am Morgen wieder aufgehoben. Seither sind rund 2500 Rettungskräfte im Einsatz. Kritisch ist die Lage in Metelen. Dort ist der Katastrophenalarm noch nicht aufgehoben, droht die Vechte über die Ufer zu treten und den Ort zu überspülen. Die Feuerwehr ist aktuell damit beschäftigt, das Ufer mit Sandsäcken zu sichern. Gefährdet sind auch der Ortskern-Bereich „Am Vitustor“. Menschen wurden nach ersten Erkenntnissen nicht verletzt.

„Feuerwehren sind am Ende ihrer Kräfte“

Bis zum Morgen gab es mehr als 1600 Einsätze. Wegen des Katastrophenalarms waren etwa 400 Kräfte aus anderen Kreisen zu Hilfe gerufen worden. „Die Feuerwehren sind am Ende ihrer Kräfte“, sagte Gerda Kaumanns, Leiterin des Kreis-Ordnungsamtes. Ein Regenrückhaltebecken in Rheine drohte zu bersten und damit ein Industriegebiet zu überfluten. Das Becken konnte jedoch noch mit 8000 Sandsäcken von Feuerwehren aus Rheine, dem Umland und dem Technischen Hilfswerk gesichert werden. Bei einem Deichbruch wäre auch die Firma apetito überflutet worden. Am Morgen gaben sich die Verantwortlichen aber zuversichtlich, dass der Deich jetzt hält.

In Emsdetten spitzte sich die Lage dramatisch zu. Der Mühlbach, der mitten durch die Stadt fließt, droht über die Ufer zu treten. Im Bereich Westum und im Wohngebiet Biekmersch stehen zahlreiche Keller unter Wasser. In Ahaus tritt aktuell ein Krisenstab zusammen. In Steinfurt-Burgsteinfurt ist die historische Niedermühle vollgelaufen. Das Wasser der Aa bedrohlich hoch.

In Legden muss zum ersten Mal seit Menschengedenken der Dustermühlenmarkt, eines der größten und ältesten Volksfeste im Münsterland, abgesagt werden. Das Veranstaltungsgelände ist überschwemmt. In Bad Salzuffen (Kreis Lippe) richtete ein Tornado erheblichen Schaden an und deckte zwei Häuser teilweise ab. Zudem wurden meterdicke Bäume entwurzelt.

Bahnverkehr kam zum Erliegen

Der Bahnverkehr im Münsterland kam zum Erliegen. Drei Bahnstrecken wurden in der Nacht wegen Überschwemmungen gesperrt. Nach Angaben eines Bahnsprechers war ein Rückhaltebecken am Donnerstagabend gebrochen und hatte die Strecke Münster-Osnabrück überflutet. Auch die Strecken Münster-Gronau, Münster-Rheine und Gronau-Coesfeld wurden in der Nacht wegen Überschwemmungen gesperrt. Am frühen Morgen war noch nicht absehbar, wann wieder Züge rollen. Der Fernverkehr zwischen Münster und Osnabrück wird nach Bahnangaben umgeleitet, es kommt zu Verspätungen.

Mobile Toiletten für die Anwohner

Eine Kläranlage in Steinfurt sei ausgefallen, sagte Kreis-Ordnungsamtsleiterin Gerda Kaumanns. Für die Anwohner wurden mobile Toiletten aufgestellt. „Die Lage hat sich insgesamt aber entspannt.“ Ein Haus am Hang stand in Horstmar zunächst in Gefahr, unterspült zu werden und wurde deshalb gesichert. Bei einem Fahrradgroßhandel in Rheine waren vermutlich wegen der Wassermassen Teile des Dachs eingestürzt. Auf einer Weide bei Steinfurt wurden mehrere Kühe auf Bohlen gestellt und so vor dem Ertrinken gerettet.

Überflutungen auch in Ostwestfalen

Im Kreis Herford überschwemmte der Starkregen Unterführungen und Straßen, auch im Kreis Minden-Lübbecke liefen Keller voll. „Ich kann mich nicht erinnern, wann es das letzte Mal so geregnet hat“, sagte ein Polizeisprecher. „Cathleen“ zog am Donnerstag über den Norden Deutschlands. Für einen Streifen vom Münsterland zum südlichen Niedersachsen warnte der Deutsche Wetterdienst (DWD) in Offenbach vor ergiebigen Dauerregen.

Bis zum Mittag weiterer Regen

Bis 22.30 Uhr fielen bis zu 110 Liter Regen pro Quadratmeter. Deshalb war in einigen Gebieten im Norden Westfalens am späten Donnerstagabend die höchste Warnstufe ausgerufen, die auch am Freitagmorgen noch regional aufrechterhalten wurde. Bis zum Mittag werden örtlich weitere Regenmengen von bis zu 80 Liter pro Quadratmeter erwartet. „An vielen Orten hatten wir heute so viel Regen wie sonst in einem Monat fällt“, sagte ein DWD-Sprecher am Donnerstag in Essen.

Die Wassermassen im Detail

Nach Angaben des WDR-Wetterstudios fielen zwischen Donnerstagmorgen um 0 Uhr und Freitagmorgen um 5 Uhr folgenden Regenmengen (Liter):

187,5 Steinfurt
167,0 Burgsteinfurt
158,1 Ahaus
154,4 Emsdetten
144,6 Lübbecke
142,8 Flughafen Münster/Osnabrück
132,7 Ibbenbüren
123,3 St. Arnold
118,2 Lienen-Kattenvene
116,3 Werther
115,3 Porta-Westfalica
114,3 Gronau
112,4 Espelkamp-Isenstedt
111,9 Enger
110,6 Legden
108,5 Horstel

Quelle: <http://www.muensterschezeitung.de/nachrichten/region/hierundheute/art1544,1011894> (10.01.2012)

10 Weitere Pressemeldungen

Deutschland: Artikel vom 27.07.2008, Spiegel

27.07.2008

Drucken | Senden | Feedback | Merken

Gewitter, Hagel, Fluten

Meteorologen geben Unwetterwarnung heraus

Blitzeinschläge, verwüstete Zeltlager und Rekordfluten - heftige Gewitter haben schwere Schäden in Deutschland angerichtet. Vor allem Nordrhein-Westfalen ist betroffen, Teile Dortmunds sind noch immer nur per Boot erreichbar. Meteorologen warnen vor weiteren Unwettern.

Hamburg - Heftige Gewitter haben am Wochenende im Westen und Südwesten Deutschlands mehrere Menschen verletzt und schwere Schäden angerichtet. Besonders stark traf es Nordrhein-Westfalen. In der Region Dortmund standen ganze Wohnsiedlungen unter Wasser und konnten noch am Sonntag nur mit Schlauchbooten erreicht werden, berichtete die Feuerwehr.

Im niederrheinischen Kerpen wurde ein 37-Jähriger schwer verletzt, als ein Blitz in die Spitze seines Regenschirms einschlug. Auch in Rheinland-Pfalz, Hessen und Baden-Württemberg ließen sintflutartige Regenfälle Keller volllaufen und unterspülten Straßen.

Verletzte gab es auch in Hessen. Auf den Autobahnen rund um Gießen kam es während des Gewitters am Samstagnachmittag gleich zu vier Unfällen. Dabei wurden zwei Menschen schwer, zwei leicht verletzt. In der Nacht zum Sonntag waren die Feuerwehren in Südhessen im Dauereinsatz. Dort lag nach Angaben von Meteorologen das Zentrum der Unwetter. Am stärksten traf es den Kreis Bergstraße, wie die Polizei Darmstadt mitteilte. Es sei jedoch niemand zu Schaden gekommen. In Frankfurt blockierten umgestürzte Bäume Straßen.

Weniger heftig trafen die Hitzegewitter das angrenzende Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz. Dort blieb es überwiegend bei Stromausfällen, umgestürzten Bäumen und vollgelaufenen Kellern. In der Region um Koblenz schlugen drei Blitze ein. Die Feuerwehr musste jedoch nur einen Brand in einem leerstehenden Haus löschen. In Mannheim waren mehrere Straßen nicht mehr zu befahren, weil sie unter Wasser standen und Gullydeckel hochgedrückt wurden.

Dagegen genossen die Menschen im Norden der Republik fast durchgehend Hochsommer pur: An den Stränden von Nord- und Ostsee tummelten sich Urlauber und Ausflügler. Schon um neun Uhr sei es auf den Straßen zu den Stränden "ziemlich eng" gewesen, sagte ein Polizeisprecher in Cuxhaven.

Etliche Tote nach Stürmen in Rumänien und der Ukraine

Heftige Stürme und Überschwemmungen haben in Rumänien und der Ukraine 18 Menschen das Leben gekostet. Besonders schwer betroffen war die Ukraine, wo 13 Menschen umkamen. In den Karpaten regnet es seit fünf Tagen. In der Umgebung der Flüsse Prut und Dnjestr beschädigte das Hochwasser mehr als 21.000 Häuser, wie das ukrainische Katastrophenschutzministerium erklärte. Mehr als 8000 Menschen wurden aus ihren Häusern in Sicherheit gebracht.

Das Ministerium erklärte weiter, in mehr als 300 Ortschaften gebe es keinen Strom. Mindestens zwei Menschen würden vermisst. Die Regierung schätze den Schaden auf umgerechnet mehr als 190 Millionen Euro. Präsident Viktor Juschtschenko erklärte die Region zum Katastrophengebiet und flog in die besonders betroffene Region Iwano-Frankiwsk. "Die Ukraine hat so etwas seit 100 Jahren nicht gesehen", sagte der stellvertretende Ministerpräsident Oleksandr Turtschinow.

Meteorologen rechneten für weitere 24 Stunden mit Unwettern, während die Pegel weiter ansteigen könnten. Ministerpräsidentin Julia Timoschenko hat die betroffene Region bereits besucht und forderte eine Sitzung des Parlaments, um über Hilfen zu beraten.

In Rumänien kamen im Grenzgebiet zur Ukraine fünf Menschen ums Leben. 20.000 Menschen waren nach Angaben der Behörden von der Stromversorgung abgeschnitten.

ffr/dpa/ddp/AP

Quelle: <http://www.spiegel.de/panorama/0,1518,568376,00.html> (Stand 10.01.2012)

Deutschland: Artikel vom 08.06.2003, Rheinische Post

Notrufe im Sekundentakt

Kommentare (0) »

Unwetter: Tote und Verwüstung

zuletzt aktualisiert: 08.06.2003 - 22:05

Hamburg/Düsseldorf/Mühlhausen (rpo). Schwere Unwetter in Deutschland: Dabei kamen am Sonntag drei Menschen zu Tode. In NRW starb ein Kind unter tragischen Umständen.

In Mönchengladbach wurde ein Kind in einem Fesselballon getötet. In Rheinland-Pfalz wurde bei einem Schlossfest nahe Bernkastel ein ungarischer Musiker von einem Ast erschlagen. Ein weitere Mann wurde im thüringischen Mühlhausen am Steuer seines Wagens von einem Ast erschlagen. Besonders stark wüteten die Stürme in Mitteldeutschland. "Die Notrufe kommen im Sekundentakt: voll gelaufene Keller, umgestürzte Bäume", sagte ein Sprecher der Polizei in Halle. "Es reißt hier nicht ab." Mehrere Menschen wurden verletzt.

Ballon mit hilflosem Kind wurde viele Kilometer getrieben

Das etwa sechsjährige Mädchen verunglückte bei einem Fest in Mönchengladbach. Es saß nach Polizeiangaben auf dem Sitz eines Fesselballons, als Sturmböen das Sicherungsseil aus der Verankerung rissen. Der Ballon mit dem hilflosen Kind wurde vom Sturm rund 50 Kilometer weit getrieben und schlug auf dem Boden auf. Anwohner fanden auf dem Hof ihres Hauses die Ballonhülle. Kurz danach wurde auf einer Wiese etwa 200 Meter entfernt die Leiche des Mädchens entdeckt. Das plötzliche Unwetter mit Sturmböen und einer Windstärke an die 100 Stundenkilometer riss bei dem Fest in Mönchengladbach mehrere Zelte nieder und verwüstete das Gelände. Umgestürzte Bäume beschädigten in Ostwestfalen die Oberleitung der Deutschen Bahn und legten den Zugverkehr auf der Strecke Dortmund - Hannover lahm. In Duisburg standen nach heftigen Regengüssen Teile der Stadtautobahn unter Wasser. Nach Blitzeinschlägen ins Überleitungsnetz kam es zu Bahn-Verspätungen im Rheinland. Im Münsterland setzten Blitze drei Dachstühle in Brand. In Duisburg waren Straßen und Keller in der Innenstadt überflutet. Auch im Raum Hannover wurden überflutete Straßenabschnitte zeitweise gesperrt. In Schwerin, in Wernigerode, Halberstadt und Magdeburg liefen Keller voll Wasser. Bäume und Äste blockierten die Straßen.

Windgeschwindigkeiten bis 133 Stundenkilometer

Über Hamburg und Schleswig-Holstein zog bereits am Nachmittag eine Gewitterfront. Der Wind erreichte Orkanstärke mit Spitzengeschwindigkeiten bis 133 Stundenkilometern auf Amrum, teilte der Wetterdienst Meteomedia mit. Auf der Elbe vor Brokdorf kenterte eine Segelyacht. Die Insassen, ein 68 Jahre alter Mann und seine 50-jährige Frau, wurden leicht verletzt gerettet. Der Deutsche Wetterdienst warnte vor schweren Gewittern und orkanartigen Böen in Norddeutschland sowie Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen. Hagelkörner könnten die Größe von Walnüssen erreichen. Jörg Kachelmann von Meteomedia hatte eine Orkanfront über Schleswig-Holstein und Hamburg bis nach Mecklenburg-Vorpommern angekündigt.

Quelle: http://www.rp-online.de/panorama/Unwetter-Tote-und-Verwuestung_aid_10432.html
(Stand 10.01.2012)



pecher



hydro & meteo GmbH & Co. KG
Wetter + Wasser

KLIMAWANDEL IN STADTENTWÄSSERUNG UND STADTENTWICKLUNG

ANHANG 2

Bewertung von Niederschlagsabflussmodellen zur
Kanalnetzberechnung und Simulation von Überflutungen
urbaner Gebiete

Landesamt für Natur, Umwelt
und Verbraucherschutz NRW

PROJEKT DES KLIMA-INNOVATIONSFOND IF-37



Inhaltsverzeichnis

1	Fachliche Eingrenzung der betrachteten Modelle	3
2	Grundlagen der Modellcharakterisierung (Literaturauswertung)	4
2.1	Abflussformen und Berechnungsansätze nach DWA-A 110	5
2.2	Hydraulische Grundlagen und Berechnungsansätze in DIN EN 752	5
2.3	Systematisierung der Niederschlagsabflussmodelle nach DWA-M 165	6
2.4	Bewertung von Niederschlagsabflussmodellen nach DWA-A 118	6
2.5	Modellanwendung zur örtlichen Überflutungsprüfung	7
3	Charakterisierung der Abflussmodelle und Softwarepakete	8
3.1	Vorbemerkungen	8
3.2	DYNA - GeoCPM: Kanalnetz- und Überflutungsberechnung	8
3.2.1	Abflussbildung und Abflusskonzentration - DYNA	9
3.2.2	Transport im Kanalnetz („Kanalabfluss“) - DYNA	10
3.2.3	Modelltechnische Beschreibung des Überstauvorganges - DYNA	11
3.2.4	Hydrodynamisches Oberflächenabflussmodell GeoCPM	12
3.2.5	Aktuelle Version und bisherige Anwendungen GeoCPM	13
3.3	HYKAS	14
3.3.1	Abflussbildung und Abflusskonzentration	14
3.3.2	Kanalabfluss („hydrodynamisches Transportmodell“)	15
3.3.3	Modelltechnische Beschreibung des Überstauvorganges	15
3.3.4	Nachbildung von oberirdischem Abfluss und Überflutung	16
3.4	HYSTEM-EXTRAN	16
3.4.1	Abflussbildung und Abflusskonzentration	16
3.4.2	Kanalabfluss („hydrodynamisches Transportmodell“)	17
3.4.3	Modelltechnische Beschreibung des Überstauvorganges	17
3.4.4	Nachbildung von oberirdischem Abfluss und Überflutung	18
3.4.5	Aktuelle Version und bisherige Anwendungen mit Überflutungsberechnung	19
3.5	MIKE URBAN – Kanalnetz- und Überflutungsberechnung	19
3.5.1	Abflussbildung und Abflusskonzentration	20
3.5.2	Kanalabflussberechnung MOUSE (CS pipe flow)	21
3.5.3	Modelltechnische Beschreibung des Überstauvorganges	22
3.5.4	Überflutungsberechnung nach MIKE FLOOD	23
3.5.5	Aktuelle Version und bisherige Anwendungen MIKE FLOOD	24
3.6	Geografisches Informationssystem Modell ArcGIS mit Arc Hydro	24
3.7	Programmpaket NASIM / Hydro_AS-2D	25
3.7.1	Gebietsniederschlag-Abflussmodell NASIM	26

3.7.2	Zweidimensionales Strömungsmodell HYDRO_AS-2D	27
3.7.3	Aktuelle Version und bisherige Anwendungen HYDRO_AS-2D	28
3.8	Storm Water Management Model SWMM 5	28
3.8.1	Allgemeines	28
3.8.2	Hydrodynamische Abfluss- und Überstauberechnung	29
3.9	Programmpaket InfoWorks	30
3.9.1	Allgemeines	30
3.9.2	Hydrodynamische Abfluss- und Überstauberechnung	30
4	Zusammenfassende Bewertung zur Modellierung von Kanalüberflutungen	31
4.1	Modellansätze zum Abfluss bei Oberflächenüberflutung	31
4.2	Besondere Aspekte der Abflussmodellierung extremer Niederschläge	32
4.2.1	Räumliche ungleiche Überregnung	33
4.2.2	Abflusskapazität der Entwässerungselemente	33
4.2.3	Abflussverhalten dezentraler Anlagen bei Extremniederschlägen	34
4.2.4	Abflussverhalten nicht befestigter / unbebauter Flächen	34
5	Literatur – hier zu Abschnitt „Modellcharakterisierung“	35

1 Fachliche Eingrenzung der betrachteten Modelle

In diesem Anhang zum Bericht „Klimawandel in Stadtentwässerung und Stadtentwicklung – KISS“ wird eine Übersicht über die in Wissenschaft und Anwendungspraxis eingesetzten Niederschlagsabflussmodelle mit dem Anwendungsbezug „kommunale Entwässerungssysteme“ und „kommunaler Überflutungsschutz“ gegeben. Hintergrund ist die nach derzeitigem Stand der Untersuchungen zum Klimawandel zu erwartende Ausprägung von Starkregen kürzerer Dauern, die insbesondere in urbanen Bereichen zu Schäden führen können. Mit entsprechenden Modellinstrumenten besteht grundsätzlich die Möglichkeit, die Auswirkungen von Starkregen in urbanen Bereichen zu ermitteln und so den Einsatz von Maßnahmen gezielter vornehmen zu können.

An dieser Stelle erfolgt eine Eingrenzung auf Simulationsmodelle, die eine Überprüfung und Bewertung der hydraulischen Leistungsfähigkeit bestehender Kanalnetze und Entwässerungssysteme erlauben. Diese Bewertung erfolgt in Deutschland vorrangig anhand des Beurteilungskriteriums „Überstauhäufigkeit“ und ggf. darauf aufbauend auf unterstützenden Berechnungen zur Überflutungsprüfung, bei der das Auftreten von Wasserständen über Gelände und oberirdische Fließvorgänge betrachtet werden. Für diese Fragestellungen kommen ausschließlich Abflussmodelle mit hydrodynamischer Berechnungsweise des Kanalabflusses in Betracht. Besonderes Augenmerk gilt den jeweils implementierten Ansätzen zur Nachbildung des oberflächigen Abfluss- und Überflutungsgeschehens.

Mit dieser inhaltlichen Eingrenzung und Fokussierung auf die in Deutschland eingesetzten Abflussmodelle werden die nachstehenden Modelle bzw. Softwareprodukte näher betrachtet:

- (1) DYNA / ++Systems
hydrodynamisches Niederschlagsabflussmodell der Pecher Software GmbH und tandler.com GmbH
- (2) GeoCPM / ++Systems
3D-Oberflächenabflussmodell der Pecher Software GmbH und tandler.com GmbH
- (3) HYKAS
hydrodynamisches Niederschlagsabflussmodell der Rehm Software GmbH
- (4) HYSTEM-EXTRAN
hydrodynamisches Niederschlagsabflussmodell des Instituts für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH, Hannover

- (5) MIKE URBAN mit den Programm-Modulen MOUSE und MIKE21
hydrodynamisches (3D) Niederschlagsabflussmodell des Danish Hydraulic Institute, Dänemark / DHI-WASY GmbH, Berlin

Bei der Projektfragestellung sollen ausdrücklich urbane Sturzfluten aus unbebauten Bereichen einbezogen werden, die ihre Ursache in lokalen Starkregen im Zusammenhang mit großen Hangabflüssen, dem Anschwellen von Flutgräben und der Überlastung von Bachläufen in Siedlungsgebieten haben. Deshalb werden mit diesem Anwendungsbezug die nachfolgenden Abflussmodelle mit einbezogen.

- (6) ArcGIS / Arc Hydro
Werkzeugerweiterung zur hydrologischen Analyse von Einzugsgebieten unter ArcGIS der ESRI Inc., Redlands U.S.A.
- (7) NASIM / HYDRO_AS-2D
Hydrologisches Niederschlagsabflussmodell für natürliche Einzugsgebiete und 2D-Gewässersimulationsmodell der Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Aachen

Ergänzend werden die international hervorgehoben eingesetzten Niederschlagsabflussmodelle mit gleichem Anwendungsbezug betrachtet:

- (8) EPA-SWMM 5
Hydrodynamisches Niederschlagsabflussmodell der Environmental Protection Agency, USA
- (9) InfoWorks
Hydrodynamisches Niederschlagsabflussmodell der MWH, USA / UK

2 Grundlagen der Modellcharakterisierung (Literaturlauswertung)

Eine umfassende Darstellung der Grundlagen, des Aufbaus und der Anwendung von Abflussmodellen in der Planung kommunaler Entwässerungssysteme findet sich bei Verworn (1999). In Bezug auf die vorliegende Fragestellung enthält das DWA-Regelwerk allgemeine Charakterisierungen von Niederschlagsabflussmodellen zur Kanalnetzrechnung; u. a. im Arbeitsblatt DWA-A 118 (DWA, 2006a) sowie im Merkblatt DWA-M 165 (ATV-DVWK, 2004a). Die relevanten Abflussformen und Berechnungsansätze als Gegenstand der Abflussmodellierung werden in der Europäischen Norm DIN EN 752 (DIN, 2008a) und im Arbeitsblatt DWA-A 110 (DWA, 2006b) systematisiert und für den deutschen Sprachraum begrifflich definiert. Eine grobe Übersicht von Berechnungsansätzen zur Beschrei-

bung und Bewertung des Überstau- und Überflutungsverhaltens überlasteter Kanalnetze findet sich in einem Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe ES-2.5 (ATV-DVWK, 2004b). Darüber hinaus werden in einschlägigen Fachveröffentlichungen einzelne Abflussmodelle, zumeist in Verbindung mit einer Fallstudie oder sonstigem unmittelbarem Anwendungsbezug, in ihren Modellansätzen beschrieben. Auf eine weitergehende Auswertung dieser Quellen wird hier zugunsten der jeweiligen Originalquellen verzichtet.

Die in Kapitel 3 vorgenommene Modellcharakterisierung basiert unmittelbar auf den von den Modellbetreibern zur Verfügung gestellten Unterlagen zur Modellbeschreibung. Die Modellbetreiber waren dazu in einem Standardschreiben mit Erläuterung des Projektanliegens und der beabsichtigten Ausrichtung der Modellcharakterisierung um Übersendung entsprechender Informationsmaterialien gebeten worden. Die im vorliegenden Projekt erstellten Beschreibungen und Charakterisierungen der ausgewählten Modelle und ihrer Berechnungsansätze waren den Modellbetreibern zur „Freigabe“ vorgelegt worden.

Vorab erfolgt eine Kurzdarstellung der hydraulischen Grundlagen zur Charakterisierung der Berechnungsansätze zur Abflussmodellierung sowie der im vorgenannten Regelwerk vorgenommenen Systematisierung von Niederschlagsabflussmodellen.

2.1 Abflussformen und Berechnungsansätze nach DWA-A 110

Das Arbeitsblatt DWA-A110 (DWA, 2006b) definiert die grundlegenden Begriffe zur Beschreibung der für Kanalnetzberechnungen relevanten Abflussformen. Im Hinblick auf die verwandten Berechnungsansätze sind dies vorrangig die Differenzierungen „instationär – stationär“ und „ungleichförmig – gleichförmig“. Die Liste der zugehörigen eindimensionalen Berechnungsansätze reicht dann vom umfassendsten instationär-ungleichförmigen Berechnungsansatz – mit oder ohne seitliche Zuflüsse (diskontinuierlich / kontinuierlich) – bis zur weitest möglichen Vereinfachung der Fließgleichungen beim stationär-gleichförmigen Normalabfluss. Auf die hier verwandten Begriffe wird in der nachfolgenden Systematisierung im DWA-Regelwerk Bezug genommen.

2.2 Hydraulische Grundlagen und Berechnungsansätze in DIN EN 752

Die Europäische Norm DIN EN 752 (DIN, 2008a) enthält in Anhang E der deutschen Fassung die vorstehende Liste unterschiedlicher Berechnungsansätze auf Grundlage der Saint-Venant-Gleichungen. Daneben werden die Attribute „hydrologisch“ und „hydrodynamisch“ zur Charakterisierung der Verfahren zur Abflusssimulation in allerdings nicht ganz eindeutiger Form (siehe Kap. 2.3 und 2.4) eingeführt und Anwendungsbereiche zugeordnet. Danach kommen für die Überprüfung der Überflutungshäufigkeit allein hydrodynamische Verfahren infrage.

2.3 Systematisierung der Niederschlagsabflussmodelle nach DWA-M 165

Das Merkblatt DWA-M 165 (ATV-DVWK, 2004a) enthält in knapper Form die Grundlagen der Abflussmodellierung und bezeichnet die üblicherweise modelltechnisch getrennt nachgebildeten Abflussprozesse „Abflussbildung“, „Abflusskonzentration“ und „Abflusstransport“ (Kanalabfluss). Die begriffliche Differenzierung „hydrologisch“ – „hydrodynamisch“ wird hier allein auf den Berechnungsansatz für den Abflusstransport bezogen.

Hydrologische Ansätze verwenden für die Berechnung der Fortpflanzung und Verformung von Abflussswellen (Translation und Retention) einfache, von den hydraulischen Fließgleichungen losgelöste Gleichungen. Sie ersetzen die Bewegungsgleichung des instationär-ungleichförmigen Abflussvorgangs durch eine empirische Beziehung, die den Abfluss als Funktion des Wasserstandes bzw. der Füllung eines Gerinnequerschnittes beschreibt. Dies sind vorrangig mathematische Darstellungen einer Einheitsganglinie oder der Systemgleichung von Speichermodellen (Einzelspeicher, Speicherkaskade, linear oder nichtlinear). Hydrologische Berechnungsansätze kommen vorrangig für die Beschreibung der Abflusskonzentration als Komponente des Oberflächenabflusses zur Anwendung.

Hydrodynamische Berechnungsansätze bauen als Wesensmerkmal unmittelbar auf den Saint-Venant-Gleichungen des eindimensionalen, instationär-ungleichförmigen Abflussvorganges auf und können diese in vollständiger oder unterschiedlich vereinfachter Form enthalten. Die Berücksichtigung der wechselseitigen Abhängigkeit der Abflussgrößen Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe bzw. Abflussquerschnitt in der Kontinuitäts- und Bewegungsgleichung macht mathematisch bedingt numerische Näherungslösungen erforderlich. Dies sind in der Kanalnetzrechnung vorrangig implizite und explizite Differenzenverfahren, die wegen der feingliedrigen Darstellung des Entwässerungsnetzes (Schächte als Knoten, Kanalhaltungen als Berechnungsstrecke) und hoher zeitlicher Auflösung des Abflussvorganges – zumindest in Minutenschritten – einen erheblichen Rechenaufwand erfordern.

Uneingeschränkte Gültigkeit für komplexe Abflussverhältnisse bei überlasteten Kanalnetzen, wie z. B. Druckabfluss, Rückstau und Fließumkehr, besitzen hydrodynamische Modelle nur bei Beibehaltung der vollständigen Saint-Venant-Gleichungen. Dies kann zwischenzeitlich als Standard bei hydrodynamischen Abflussmodellen zur hydraulischen Berechnung und Nachweis der Überstauhäufigkeit in Deutschland bezeichnet werden.

2.4 Bewertung von Niederschlagsabflussmodellen nach DWA-A 118

In DWA-A 118 (DWA, 2006a) werden Abflussmodelle zur Kanalnetzrechnung entsprechend den Kriterien in DWA-M 165 als hydrologisch oder hydrodynamisch kategorisiert. Dabei wird allein hydrodynamischen Abflussmodellen die Aussagefähigkeit zur zutreffen-

den Berechnung von Wasserständen oberhalb des Kanalscheitels („Einstau“) zuerkannt. Entsprechend werden für die Nachrechnung bestehender Systeme und für den rechnerischen Nachweis der Überstauhäufigkeit nur hydrodynamische Modelle empfohlen. Dabei ist zu unterstellen, dass sich die Anwendungsempfehlungen auf hydrodynamische Berechnungsansätze mit Lösung der vollständigen Saint-Venant-Gleichungen bezieht, da auf die Einschränkung der Gültigkeit bei vereinfachter Bewegungsgleichung gesondert hingewiesen wird.

2.5 Modellanwendung zur örtlichen Überflutungsprüfung

Im Jahr 2004 hat die mit dem Arbeitsblatt DWA-A 118 befasste Arbeitsgruppe, damals als AG ES-2.1 „Berechnungsverfahren“, einen Arbeitsbericht zur „Bewertung der hydraulischen Leistungsfähigkeit bestehender Entwässerungssysteme“ veröffentlicht (ATV-DVWK, 2004b). Darin werden hydrodynamische Berechnungsansätze bezüglich der Nachbildung des Überstauverhaltens auch hinsichtlich der modelltechnischen Behandlung des austretenden Wasservolumens bewertet. Als methodische Ansätze werden aufgeführt:

- a) rechnerische Ausweisung des Überstauvolumens an Schächten mit ausgewählten Extremniederschlägen (deutlich) außerhalb der Bemessungs- und Überstauhäufigkeit. Die räumliche Verteilung und Größe der Überstauvolumina ist Grundlage der ingenieurtechnischen Bewertung der Überflutungsgefährdung als örtliche Überflutungsprüfung.
- b) vereinfachte Berechnung der Überflutungsvorgänge durch vereinfachte Nachbildung relevanter oberflächiger Ableitungswege als offene Gerinne. Dabei kann das resultierende Überstauvolumen entsprechend den örtlichen Gegebenheiten (Straßengefälle, Bebauungsstrukturen) weitergeleitet und ggf. an anderer Stelle ins Kanalnetz zurückgeführt werden. Diese Ansätze erfordern eine umfangreiche Datenerhebung der oberflächigen Gegebenheiten, zumindest in den von Überstau und Überflutung betroffenen Bereichen.
- c) detaillierte Berechnung des oberflächigen Abflussgeschehens auf der Grundlage eines detaillierten digitalen Höhen- oder Geländemodells. Für die hydraulisch zutreffende Nachbildung des Überflutungsgeschehens werden i. d. R. 2-dimensionale Fließgleichungen erforderlich. Sie sind sehr rechenzeitintensiv, erfordern eine deutlich umfassendere Datengrundlage und werden (zum damaligen Zeitpunkt) als beschränkt auf Sonderfragestellungen charakterisiert.

Bei Abflussberechnungen zum Überflutungsgeschehen werden die erheblichen Einflüsse der örtlichen, kleinräumigen Gegebenheiten an der Oberfläche betont, die in der Datengrundlagen herkömmlicher Kanalnetzrechnungen nicht ausreichend abgebildet sind. Darüber hinaus wird auf methodisch bedingte Ungenauigkeiten der Abflussmodellierung

im Übergangsbereich der Überlastungszustände „Einstau - Überstau – Überflutung“ hingewiesen.

In einem zweiten Arbeitsbericht der Arbeitsgruppe (jetzt DWA-AG ES-2.5; DWA, 2008a) zur „Prüfung der Überflutungssicherheit von Entwässerungssystemen“ wird die Notwendigkeit einer umfassenderen Gefährdungsabschätzung örtlicher Überflutungen aufgrund lokaler Starkregen in Verbindung mit einer Risikobewertung für außergewöhnliche Starkniederschläge betont. Dabei wird auf den Einsatz weitergehender Ansätze der Abflussmodellierung mit hydraulischer Berechnung der oberflächigen Abflussvorgänge auf der Grundlage hoch aufgelöster digitaler Geländemodelle hingewiesen.

3 Charakterisierung der Abflussmodelle und Softwarepakete

3.1 Vorbemerkungen

Bei der Charakterisierung der ausgewählten Abflussmodelle steht entsprechend der vorliegenden Fragestellung die methodische Nachbildung der relevanten Abflussvorgänge bei Starkregen im Vordergrund. Die Betrachtung fokussiert entsprechend auf die methodische Fähigkeit der Modelle, Überlastungszustände der unterirdischen Kanalisation mit eingestauten Kanälen, Druckabfluss, Rückstau und Fließumkehr, überstaute Schächte mit Wasseraustritt aus der Kanalisation an der Oberfläche sowie die mit der Ansammlung von Wasser an der Oberfläche verbundenen Abflussvorgänge und den Verbleib des Wassers (hydraulisch) zutreffend zu beschreiben. Der Vollständigkeit halber werden die – überwiegend hydrologischen - Modellansätze zur Abflussbildung und Abflusskonzentration kurz mit angeführt.

3.2 DYNA - GeoCPM: Kanalnetz- und Überflutungsberechnung

Das hydrodynamische Abflussmodell zur Kanalnetzberechnung DYNA wurde von tandler.com GmbH im Auftrag der Dr. Pecher AG entwickelt. Mit der modelltechnischen Erweiterung GeoCPM zur hydrodynamischen Oberflächenabflussberechnung ist es zwischenzeitlich Bestandteil des Programmpaketes ++SYSTEMS HYDRAULIK (DYNA - GeoCPM), das vom Programmentwickler als kommerzielles Softwarepaket seit dem ersten Quartal 2010 mit GeoCPM vertrieben wird. Das Modell GeoCPM ermöglicht den Einsatz der hydrodynamischen Berechnung von Oberflächenabflüssen in Wechselwirkung mit dem Kanalabfluss. Es ergänzt das Modell DYNA um das hydrodynamische Oberflächenabflussmodell, so dass das Programmsystem DYNA - GeoCPM für den Anwender eine Einheit darstellt, die Modelle jedoch jeweils auch einzeln genutzt werden können.

Unter Bezugnahme auf die besondere Art und Programmierung des Lösungsalgorithmus für die Saint-Venant-Gleichungen wird für den Programmteil DYNA vom Entwickler die Bezeichnung „Komplexes Parallelschrittverfahren“ verwendet. Die Lösung erfolgt direkt im komplexen Zahlenraum und kann daher sehr einfach und beliebig parallelisiert werden.

Das hydrodynamische Oberflächenabflussmodell GeoCPM basiert wie DYNA auf dem komplexen Parallelschrittverfahren und wurde von tandler.com GmbH im Rahmen des Forschungsprojektes „Geowissenschaftliche Simulation städtischer Abflussvorgänge“ mit Förderung der Bayerischen Forschungstiftung München entwickelt und in verschiedenen Referenzprojekten getestet. Projektbeteiligte neben tandler.com GmbH waren die Dr. Pecher & Partner GmbH München, die Universität der Bundeswehr München, die Stadtwerke Landshut sowie die Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg.

Grundlage der Modellcharakterisierung des Programmpaketes DYNA - GeoCPM bilden

- (1) Verfahrensbeschreibung „DYNA – Komplexes Parallelschrittverfahren“, Version 9 der Pecher Software-/tandler.com GmbH. Sie wurde im März 2011 auf Anforderung für das vorliegende Projekt überlassen (Tandler, R.: Persönliche Kommunikation, 2011)
- (2) Abschlussbericht des Forschungsprojektes „GeoCPM - Geowissenschaftliche Simulation städtischer Abflussvorgänge“ vom 25.03.2010 (Zeitraum 02/2007-01/2010).

Ergänzende Informationen finden sich unter dem Internetauftritt der tandler.com GmbH

http://www.tandler.com/kommunale_gis/siedlungswasser/abwasser/kanalhydraulik_dynauflut.htm

(zuletzt besucht: 23.08.2011)

http://www.tandler.com/kommunale_gis/siedlungswasser/ueberflutungsnachweis/ueberflutungsnachweis.htm

(zuletzt besucht: 23.08.2011)

3.2.1 Abflussbildung und Abflusskonzentration - DYNA

DYNA berechnet den Oberflächenabfluss – d. h. die Transformation des zur Berechnung vorgegebenen Niederschlages in abflusswirksamen Niederschlag und nachfolgend als Zufluss zur unterirdischen Kanalisation über eigenständige Berechnungsansätze für die Abflussbildung und die Abflusskonzentration. Die Rechenschritte erfolgen getrennt für undurchlässige/befestigte und durchlässige/unbefestigte Flächenteile.

Der Modellansatz zur **Abflussbildung** bringt zur Ermittlung des abflusswirksamen Niederschlags mehrere Einzelverluste zum Ansatz. Dabei wird die Benetzung als Anfangsverlust in vorgegebener Höhe bilanziert, während Verdunstung oder sonstige dauerhaft konstant wirkende Abzüge als sogenannter Dauerverlust angesetzt werden.

Die momentane Versickerung wird zeitabhängig über den Ansatz eines definierbaren Bodenspeichers ermittelt. Sie errechnet sich über einen Proportionalitätsfaktor (HORTON-Rückgangskonstante) aus der momentan verfügbaren Restspeicherkapazität des angesetzten Bodenspeichers, der sich mit der Endversickerungsrate entleert.

Der gleiche Ansatz kommt für die Berechnung des zu jedem Zeitpunkt entweder leeren, teilgefüllten oder voll gefüllten Muldenspeichers zum Tragen, der sich jedoch lediglich mit dem (konstanten) Dauerverlust entleert.

Die jeweiligen Verlusthöhen können individuell für jede Einzelfläche, u. a. typisiert nach Geländeeigenschaften, vorgegeben werden.

Die **Abflusskonzentration** wird mit dem hydrologischen Ansatz des Einzelinearspeichers nachgebildet, der Translations- und Retentionseffekte beinhaltet. Die Speicherkonstante als einziger Modellparameter dieses Berechnungsansatzes wird modellintern aus der „charakteristischen Fließlänge“, dem Geländegefälle der betrachteten Teilfläche sowie über einen rechnerischen Rauheitsbeiwert ermittelt. Dieser repräsentiert den Strömungswiderstand an der Oberfläche und wird als Manning-Strickler-Beiwert individuell für jedes Gebiet, aber auch unterschiedlich für befestigte und nicht befestigte Flächen, vorgegeben. Darüber hinaus beinhaltet die Speicherkonstante auch einen Term für die jeweils aktuelle Regen- bzw. Abflussintensität. Die Abflusskonzentration wird mit dem gleichen variablen Zeitschritt berechnet wie die Berechnung des Abflusstransportes in den Kanälen. Die Zeitschrittwahl erfolgt dort belastungsabhängig nach mathematisch-hydraulischen Kriterien.

Eine Besonderheit ist die Möglichkeit, die beiden oben geschilderten Prozesse zu vertauschen, so dass bei entsprechend reduzierten Dauerverlusten die Verluste während des gesamten Abflussprozesses zum Tragen kommen. Dies entspricht auch mehr der Realität, und verhindert, im Gegensatz zu anderen Ansätzen, dass Gebiete nach Regenende immer nass sind.

3.2.2 Transport im Kanalnetz („Kanalabfluss“) - DYNA

Die Berechnung des Kanalabflusses erfolgt in den einzelnen Haltungen auf der Grundlage des vollständigen Saint-Venant-Gleichungssystems, das die Kontinuitäts- und Bewegungsgleichung des eindimensionalen instationär-ungleichförmigen Abflussvorganges mit diskontinuierlichem seitlichem Zufluss beinhaltet. Zur Lösung der Saint-Venant-Gleichungen

kommt ein von tandler.com entwickelter mathematischer Algorithmus zur Anwendung, der eine direkte algebraische Lösung der Bewegungsgleichung in quadratischer Form ermöglicht und sich damit von den sonst üblichen numerischen Näherungslösungen mittels expliziter oder impliziter Differenzenverfahren unterscheidet. Dabei wird das Kanalnetz in zwei kongruente Systeme von Volumenelementen zerlegt, die zum einen aus den Knotenelementen (Schächte mit hälftigem Volumen der angeschlossenen Haltungen) und zum anderen aus den Streckenelementen (Haltungen) gebildet werden. Die Ansätze der Knotenpunktberechnung, insbesondere die des unelastischen Stoßes, beinhalten die 3-dimensionalen Geschwindigkeitsvektoren aus der Streckenberechnung, sodass für die Knotenelemente von einer 3D-Simulation gesprochen werden kann. Der Berechnungsschritt wird bei der Lösung der Bewegungsgleichung der Streckenelemente (Haltungen) nach einer streckenspezifischen Zeitschrittformel modellintern dynamisch ermittelt und der momentanen Systembelastung angepasst. Hierin enthalten ist der bei Schwingungsvorgängen relevante Imaginärteil der in solchen Fällen typischerweise konjugiert komplexen Lösung. Hierdurch ist das System besser als bisher verwendete Lösungsverfahren in der Lage, auch Schwingungsvorgänge in realer Frequenz abzubilden. Eine weitere Besonderheit ist der dreidimensionale Ansatz des unelastischen Stoßes für die Energieverteilung am Knoten zur Generierung der Randbedingungen des Anfangs-Randwertproblems, welches durch die obengenannte Differentialgleichung beschrieben wird.

Nähere Informationen zum Algorithmus mit alternierender Volumenbilanzierung dieser Systeme finden sich in o. g. Quelle (tandler.com 2011, Seite 5).

Im vorstehend beschriebenen Lösungsalgorithmus werden die **Sonderbauwerke** des Kanalnetzes entsprechend dem jeweiligen Bauwerkstyp (Regenüberläufe, Regenüberlaufbecken, Regenrückhaltebecken, Pumpstationen) als Sonderfall der Knotenberechnung behandelt. Dabei werden vorhandene Abflussbegrenzungen über Kennlinien der Drosseleinrichtungen bzw. Abflussregulierungen über Pumpenkennlinien beschrieben und führen in der Volumenbilanzierung der Knotenelemente zu einem Anstieg bzw. beschleunigten Rückgang des Wasserstandes am betrachteten Schacht/Knoten. Sie bewirken damit eine Rückstausituation bzw. auch durch Energiezufuhr – im Falle von Pumpen – eine beschleunigte Abnahme des Wasserspiegels. Als Besonderheit ist zu erwähnen, dass der Abfluss über Wehre nicht über die übliche, quasi-stationäre Berechnung nach POLENI ermittelt wird, sondern über den dynamisch berechneten Abfluss einer eingefügten Fiktivhaltung, deren Abmessungen und Rauigkeit an die spezifischen Bauwerksgegebenheiten angepasst wird. Die Rauigkeit nach POLENI (Überfallbeiwert μ) wird vom Benutzer eingegeben.

3.2.3 Modelltechnische Beschreibung des Überstauvorganges - DYNA

Bei ausschließlicher Verwendung des Programmmoduls DYNA steht das Oberflächenabflussmodell GeoCPM nicht zur Verfügung. D. h., die hydrodynamische Kanalnetzberech-

nung DYNA muss das ausgetretene Überstauvolumen selbst vorhalten und die resultierenden Wasserstände und Energieniveaus ermitteln. Im Prinzip wird hierfür ein virtueller „Straßen“-Zylinder auf jeden Austrittspunkt (Schacht) gesetzt, der das überstauende Volumen aufnimmt. Die Grundfläche des Zylinders wird durch das Attribut „Straßenfläche“ angegeben. Dieser ist in DYNA auf einen Standardwert (z. B. 100 m²) gesetzt, kann aber vom Benutzer schachtbezogen separat editiert werden. Das Straßenbecken kann standardmäßig prismatisch angesetzt werden oder sich optional füllstandsabhängig parabolisch oder exponentiell vergrößern. Aus der Geometrie des Straßenzylinders und dem ausgetretenen Überstauvolumen ergibt sich der Wasserspiegel über Geländeoberkante. Das Wasser kann somit aber auch nur an dem Schacht wieder einlaufen, an dem es auch ausgetreten ist.

Eine detaillierte Beschreibung ist in der DYNA-Verfahrensbeschreibung in Kapitel 4.3 *Alternierende Volumenbetrachtung* (Seite 32) enthalten.

3.2.4 Hydrodynamisches Oberflächenabflussmodell GeoCPM

Kern des Programmpakets GeoCPM bildet die detaillierte Modellierung des Überflutungsgeschehens durch eine hydrodynamische Berechnung des Oberflächenabflusses bei gleichzeitiger bi-direktionaler Kopplung der Abflusssysteme „Oberfläche“ und „Kanalisation“. In den Modellansätzen für die bi-direktionale Kopplung werden Verlustansätze beim Austritt von Wasser aus dem Kanalsystem auf die Oberfläche und von der Oberfläche zurück in das Kanalsystem berücksichtigt. Die Verluste können für jedes Austauschelement (Schacht oder Straßeneinlauf) separat oder gruppiert angegeben werden. Die Verbindung von Kanalsystem und Oberflächenmodell erfolgt durch die Verknüpfung von Schächten und beliebigen Oberflächenelementen, die Wasser untereinander austauschen können.

Aufgrund der zugehörigen Modellstruktur kann bei der Charakterisierung des Modellansatzes GeoCPM – abweichend von der ansonsten gewählten Untergliederung – auf eine Differenzierung in „Überstau“ und „Überflutung“ verzichtet werden.

GeoCPM beinhaltet zwei in der Detaillierung abgestufte Ansätze zur verzahnten Berechnung von Oberflächen- und Kanalabfluss, wobei die bi-direktionale Kopplung der Modellansätze mit DYNA die belastungsabhängige Nachbildung des Wasseraustausches gewährleistet.

Beim Ansatz der sog. „Straßenprofilmethode“ wird das Oberflächenabflusssystem über geeignete Gerinnepprofile, insbesondere für die Straßenquerschnitte, in seinen Hauptfließwegen „vereinfacht“ als sogenannte „1D/1D-Modellierung“ abgebildet. Die Gerinnepprofile können aus vorhandenen Straßen- oder Grundkarten manuell oder automatisiert generiert werden. Die „Straßenprofilmethode“ wird als Zwischenstufe in der Unter-

suchung der Überflutungsgefährdung gesehen, mit der überstaugefährdete Gebiete für eine nachfolgende Detaillierung weiter eingegrenzt werden können (Abschlussbericht, S. 5).

Als höchste Detaillierungsstufe ist die „Gitternetzmethode“ implementiert, bei der die Oberfläche im eingegrenzten Gebiet durch ein digitales Geländemodell mit einer Auflösung von z. B. 4 Punkten pro m² abgebildet und für die mathematische Beschreibung des Abflussvorganges durch Triangulierung in hochauflösende Dreiecksflächen dargestellt wird (1D/2D-Modellierung). Grundlage für dieses Datenmodell bilden üblicherweise die Höhendaten aus einer Laserscan-Befliegung mit nachgeschalteten Prozessen der anwendungsbezogenen Datenbearbeitung. GeoCPM stellt darüber hinaus eine Reihe von Optimierungs- und Ausdünnungsalgorithmen zur Verfügung. Besondere Bedeutung kommt hierbei der in GeoCPM implementierten realitätsgerechten Nachbildung von hydraulisch relevanten Bruchkanten zu, z. B. Bordsteinkanten zwischen Gehweg und Fahrbahn oder sonstige bauliche Strukturen im Abflussbereich. Diese Strukturen können von den Laserscandaten verfahrensbedingt nicht aufgenommen werden, stellen aber für die Qualität der Oberflächenabflussberechnung den entscheidenden Faktor dar.

Die 2-dimensionale hydrodynamische Berechnung des Oberflächenabflusses erfolgt – wie bei der hydrodynamischen Kanalabflussberechnung nach DYNA – nach dem komplexen Parallelschrittverfahren: Die englische Bezeichnung **Complex Parallelstep Method** erklärt in Verbindung mit der Verwendung detaillierter „**Geodaten**“ den Namen des Programmpakets GeoCPM. Dieser spezielle Lösungsalgorithmus erlaubt eine Aufteilung der Berechnungselemente auf mehrere Prozessoren und damit eine deutliche Reduzierung der Rechenzeiten gegenüber einer konventionellen Berechnung mit Einzelprozessoren. Für weitergehende Informationen zum Berechnungskonzept und den mathematischen Grundlagen wird auf den Abschlussbericht sowie die dort angegebene Primärliteratur verwiesen.

Die beschriebene Methodik ist der Methode c) der in Kap. 2.5 beschriebenen Ansätze zuzuordnen. Der Berechnungsansatz ist in der Lage, die mit oberflächiger Wasseransammlung und Überflutung einhergehenden Abflussvorgänge und Wasserstände an der Oberfläche zutreffend zu beschreiben. Entscheidend für die erreichbare Qualität und Genauigkeit errechneter Fließvorgänge und Wasserstände ist die Genauigkeit und Güte des für die Verwendung problemgerecht aufbereiteten digitalen Geländemodells.

3.2.5 Aktuelle Version und bisherige Anwendungen GeoCPM

Das Programmpaket GeoCPM wurde mit der Versionsnummer 9.04.52 zuletzt am 16.11.2011 aktualisiert. Bisherige Modellanwendungen mit detaillierter Überflutungsbeurteilung an der Oberfläche erfolgten – in für die Fragestellung räumlich eingegrenzten Bereichen – in den Städten Hagen, Wuppertal, Köln, Gelsenkirchen, Dortmund, Zwiesel, Stuttgart, Lünen, Nürnberg und Landshut. Die Durchführung erfolgte u. a. durch: Inge-

nieurbüro Beck (Wuppertal), Dahlem (Essen/Darmstadt), Dr. Pecher AG (Erkrath), Dr. Pecher & Partner GmbH (München).

Quelle: Angermair, G. (2011): persönliche Mitteilung

3.3 HYKAS

Das hydrodynamische Niederschlagsabflussmodell HYKAS 12.0 ist Bestandteil des Programmpaketes SEWERPAC der Rehm Software GmbH in Ravensburg. Grundlage der nachstehenden Charakterisierung ist die Modellbeschreibung und Programmdokumentation „Dimensionierung und Nachweis von Kanalnetzen HYKAS 12.0“, Stand 2011 in Verbindung mit dem aktuellen Internetauftritt der Rehm Software GmbH

<http://www.rehm.de/produkte/sewerpac/hykas/default.aspx>
(zuletzt besucht: 26.08.2011)

Das Programmpaket beinhaltet auch die stationäre Berechnung nach Fließzeitverfahren. Auf diese wird hier nicht näher eingegangen.

3.3.1 Abflussbildung und Abflusskonzentration

HYKAS berechnet den Oberflächenabfluss getrennt nach den Teilprozessen Abflussbildung und Abflusskonzentration.

Die **Abflussbildung** als „Überführung des Bruttoniederschlags in Effektivniederschlag“ (Zitat, Bedienungsanleitung HYKAS 12, S. 15) kann wahlweise nach der Grenzwertmethode oder mit dem Ansatz von KESER berechnet werden. Im Modellansatz nach KESER, anwendbar bei Befestigungsgraden > 20 %, wird bei befestigten Flächen zusätzlich zu Benetzungs- und Muldenverlusten ein zeitabhängiger Abflussbeiwert angesetzt. Dieser errechnet sich abhängig vom Befestigungsgrad und dem Geländegefälle der Einzelflächen sowie von der momentanen Niederschlagssumme. Die alternativ anwendbare Grenzwertmethode unterscheidet die Einzelverluste Benetzung (Anfangsverlust), Muldenauffüllung und Verdunstung (Dauerverluste) für befestigte (undurchlässige) Teilflächen. Ein gesonderter Modellansatz für durchlässige (nicht befestigte) Teilflächen ist in der Beschreibung nicht enthalten.

Die **Abflusskonzentration** wird mit dem Ansatz der linearen Speicherkaskade vollzogen, mit dem Translations- und Retentionseffekte an der Oberfläche nachgebildet und Zuflüsse von den Teileinzugsgebieten zum Kanalnetz generiert werden. Sie werden im Kanalnetz im Falle von Mischwasserkanälen mit dem Trockenwetterabfluss überlagert.

3.3.2 Kanalabfluss („hydrodynamisches Transportmodell“)

Die Berechnung des Kanalabflusses erfolgt auf der Grundlage des vollständigen Saint-Venant-Gleichungssystems, das die Kontinuitäts- und Bewegungsgleichung des eindimensionalen instationär-ungleichförmigen Abflussvorganges beinhaltet. Für die numerische Näherungslösung des hyperbolischen Gleichungssystems beinhaltet das Programmpaket HYKAS wahlweise ein explizites und ein implizites Differenzenverfahren sowie einen implizit dynamischen Lösungsansatz. Der Kern dieses Lösungsansatzes basiert auf dem Storm Water Management Model (SWMM), Version 5 der U.S.-EPA (siehe Kap. 3.8) mit Modifikationen zur Anpassung an die Anforderungen des DWA-Regelwerkes (A 110 und A 118).

Nach den in der Programmbeschreibung aufgeführten Vor- und Nachteilen der expliziten und impliziten Differenzenverfahren erscheint der implizit dynamische Ansatz als Methode der Wahl, zumal hier die Gefahr numerischer Instabilitäten der expliziten Methode und gleichzeitig der hohe Rechenaufwand der impliziten Methode deutlich reduziert werden.

Im hydrodynamischen Berechnungsverfahren können die Rohrreibungsverluste als Einzelverluste nach dem Individualkonzept in DWA-A 110 berücksichtigt werden.

Die instationär-ungleichförmige Berechnungsweise erlaubt auch eine wirklichkeitsnahe rechnerische Nachbildung der wasserstandsabhängigen Funktionsweise von **Sonderbauwerken** (Speicher mit Abflussbegrenzung, Überläufe, Pumpstationen etc.). Sie werden in die Berechnung integriert und entsprechend den hydraulischen Randbedingungen berücksichtigt. So werden z. B. Wehre bzw. Regenüberläufe (vollkommener Überfall) über die POLENI-Formel berücksichtigt. Davon abweichende Betriebszustände (unvollkommener Überfall, Streichwehr etc.) werden über Korrekturverfahren mit in die Berechnung einbezogen. Im Netz vorhandene Pumpen können durch die Eingabe der Fördermenge berücksichtigt werden. Fang-, Durchlauf- und Regenrückhaltebecken können entweder als zusätzliches Schachtvolumen berücksichtigt werden, oder sie werden als Sonderprofile in die hydraulische Berechnung eingebracht. Mit der Formulierung von Regeln kann die Steuerung von Bauwerken abhängig von hydraulischen Kenngrößen (Wasserstände, Durchflüsse usw.) erfolgen.

3.3.3 Modelltechnische Beschreibung des Überstauvorganges

Mit dem Auftreten von rechnerischen Wasserständen oberhalb der jeweiligen Geländehöhe am Betrachtungspunkt (hier: der Schächte) erfolgt ein rechnerischer Wasseraustritt. Das austretende Wasser kann optional am Schacht zwischengespeichert und bei Rückgang des Wasserstandes im Netz an diesem wieder zurückgeführt werden. Diese Option kann für jeden Schacht des Kanalnetzes gewählt werden.

3.3.4 Nachbildung von oberirdischem Abfluss und Überflutung

In der überlassenen Modellbeschreibung zu HYKAS sind keine Ausführungen zu methodischen Erweiterungen und Besonderheiten zur modelltechnischen Behandlung des oberirdischen Abflusses bei Überflutungen enthalten.

3.4 HYSTEM-EXTRAN

Das in Deutschland zur Anwendung kommende hydrodynamische Abflussmodell HYSTEM-EXTRAN wird von itwh – Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH vertrieben. Es liegt zwischenzeitlich in Version 7.1 (September 2010) als „Hydrodynamisches Niederschlag-Abfluss- und Schmutzfrachtmodell HYSTEM-EXTRAN“ vor. Grundlage der nachstehenden Charakterisierung ist der aktuelle Internet-Auftritt der itwh GmbH

http://www.itwh.de/S_extinfo.htm

(zuletzt besucht: 20.08.2011)

sowie die überlassene Modellbeschreibung „Das hydrodynamische Transportmodell EXTRAN (ITWH) (Fuchs, L.: persönliche Kommunikation, 2011).

3.4.1 Abflussbildung und Abflusskonzentration

HYSTEM-EXTRAN berechnet den Oberflächenabfluss – d. h. die Transformation des zur Berechnung vorgegebenen Niederschlages in abflusswirksamen Niederschlag und ggf. Zufluss zur unterirdischen Kanalisation – über die hydrologische Modellkomponente HYSTEM.

Für die Berechnung des abflusswirksamen Niederschlages („Abflussbildung“) kommt für befestigte (undurchlässige) Flächen die Grenzwertmethode zur Anwendung, bei der die Benetzung als Anfangsverlust und die Muldenauffüllung zeitlich verteilt den Niederschlag zum Effektivniederschlag reduziert. Für durchlässige Flächen ist dieser Ansatz um das Infiltrationsmodell nach HORTON erweitert. Damit ist festzuhalten, dass sowohl befestigte („undurchlässige“) als auch nicht befestigte („durchlässige“) Teilflächen in die Abflussberechnung einbezogen werden (können).

Eine Berücksichtigung der Geländeneigung ist implementiert. Zusätzlich kann ein Jahresgang der Verdunstung hinterlegt werden und für natürliche Flächen ein jahreszeitlich variabler Interzeptionsverlust berücksichtigt werden.

Die Abflusskonzentration wird mittels linearer und alternativ nicht-linearer Speicherkaskaden nachgebildet. Die benötigte Anzahl der Speicher sowie die Speicherkonstanten und

Aufteilungsfaktoren können direkt oder über Angabe von Fließzeiten (Anschlusskanal und Oberfläche) bzw. der Schwerpunktlaufzeiten ermittelt werden. Zur Vereinfachung können diese Werte auch aus den Gebietscharakteristika ermittelt werden (Angabe von Gebietsgröße und Geländeneigung). Beim nicht-linearen Ansatz werden während der Simulation die Speicherkonstanten in Abhängigkeit der aktuellen Niederschlagsabflussspende variiert.

3.4.2 Kanalabfluss („hydrodynamisches Transportmodell“)

Die Berechnung des Kanalabflusses erfolgt auf der Grundlage des vollständigen Saint-Venant-Gleichungssystems, das die Kontinuitäts- und Bewegungsgleichung des eindimensionalen instationär-ungleichförmigen Abflussvorganges beinhaltet. Für die numerische Näherungslösung des hyperbolischen Gleichungssystems kommt ein modifizierter Lösungsalgorithmus nach dem expliziten-impliziten Differenzenverfahren unter Anwendung einer Picard-Iteration zur Anwendung. Der Übergang zwischen Freispiegelabfluss und Schachteinstau (Wasserstände oberhalb des höchsten Kanalscheitels am Schacht) wird alternativ durch Umformung der Wasserbilanzgleichung am Schacht oder über den implementierten Ansatz des „Preissmann-Slot“ beschrieben.

Die skizzierte Berechnungsweise wird nach den o. g. Kategorisierungen im DWA-Regelwerk (DWA-A 110, DWA-A 118 sowie DWA-M 165) als hydrodynamisch bezeichnet. Nach übereinstimmenden Aussagen der Fachliteratur behält der für den Freispiegelabfluss in unterirdischen Kanälen entwickelte Berechnungsansatz über die Saint-Venant-Gleichungen seine Gültigkeit auch für eingestaute Kanäle mit auftretendem Druckabfluss und Rückstau bis hin zur Fließumkehr. Durch die immanente Verknüpfung von Abfluss- bzw. Geschwindigkeitsgrößen sowie von Wasserständen und damit verbundenen Fließquerschnitten liefert der Berechnungsansatz im geometrisch sehr genau beschriebenen unterirdischen Kanalsystem wirklichkeitsnahe Wasserstände bis zum Erreichen der Geländehöhe.

Diese Wasserstände erlauben auch eine wirklichkeitsnahe rechnerische Nachbildung der wasserstandsabhängigen Funktionsweise von **Sonderbauwerken** mit ihren hydraulischen Elementen (Drosselorgane, Wehre, Schieber, Pumpen usw.). Alle hydraulischen Elemente können während der Simulation über einen implementierten Regelinterpreter geregelt bzw. gesteuert werden. Darüber hinaus ist eine externe Modifizierung der Stellgrößen möglich.

3.4.3 Modelltechnische Beschreibung des Überstauvorganges

Mit dem Auftreten von rechnerischen Wasserständen oberhalb der jeweiligen Geländehöhe am Betrachtungspunkt (hier: der Schächte) muss der Betrachtungsraum über die Grenze des geometrisch eindeutig definierten Systems „unterirdische Kanalisation“ hinaus ausgedehnt werden. Hierzu werden im Modell HYSTEM-EXTRAN Wasserstände über

Gelände als Wasseraustritt interpretiert und bilanziert. Die Berechnung des ausgetretenen Volumens erfolgt über die dem Schacht zugeordnete Überstaufläche und die Differenz zwischen rechnerischem Wasserstand und Geländehöhe. Optional wird das ausgetretene Wasser in einem fiktiven Speicher am Schacht zwischengespeichert und bei Wasserständen unterhalb der Geländehöhe am gleichen Schacht wieder zurückgeführt. Der Zustand bzw. die Füllung fiktiver Speicher hat keinen Einfluss auf die rechnerisch angesetzten Druckhöhen.

3.4.4 Nachbildung von oberirdischem Abfluss und Überflutung

Die aktuelle Modellversion 7 ermöglicht eine Berücksichtigung von Abflussvorgängen auf der Oberfläche durch Erweiterung des auf den Saint-Venant-Gleichungen basierenden, eindimensionalen Rechenkerns mit einem 2-dimensionalen Oberflächenabflussmodell. Dieses beinhaltet eine vereinfachte Darstellung der 2-dimensionalen Flachwassergleichungen, die auf ein rechentechnisch erstelltes Gittermodell der Oberfläche, z. B. auf der Grundlage eines detaillierten digitalen Geländemodells, angewendet werden. Über eine Triangulation der Höhendaten werden die abflussrelevanten Oberflächenstrukturen detailliert nachgebildet.

Zusammen mit Angaben zur Rauheit werden aus den Momentanwasserständen jedes Rasters eine Fließbewegung und damit ein 2-dimensionaler Volumentransfer über die Elemente (Dreiecke) des Gittermodells vollzogen. In die Wasserstandsberechnung gehen der Effektivniederschlag auf die Fläche sowie der Wasseraustausch mit der unterirdischen Kanalisation ein. Die Kopplung der Rechenmodule erfolgt über den Schächten – und ggf. ergänzend Straßeneinläufen – zugeordnete fiktive Austauschspeicher, die Wasser bei Kanalüberstau aufnehmen und für die hydraulische Abflussberechnung an der Oberfläche zur Verfügung stellen. Umgekehrt wird mit sinkendem Kanalwasserstand das Wasser in die Kanalisation zurückgeführt. Bei dieser Methodik ist ein Transfer des bei Überstau ausgetretenen Wassers zwischen den angesetzten Austauschspeichern möglich, dessen Richtung und Umfang aus der hydraulischen Berechnung entsprechend der Geländehöhen und Wassertiefen auf jedem Oberflächenrasterelement resultiert. Die fiktiven Austauschspeicher fungieren somit bi-direktional als Quelle oder Senke für die beiden hydraulischen Teilsysteme. Der skizzierte methodische Ansatz zur Überflutungsberechnung wurde in vergleichbarer Form für das Simulationsmodell RisUrSim von Schmitt et al. (2005) beschrieben.

Die beschriebene Methodik ist der Methode c) der in Kap. 2.5 beschriebenen Ansätze zuzuordnen. Der Berechnungsansatz ist in der Lage, die mit oberflächiger Wassersammlung und Überflutung einhergehenden Abflussvorgänge und Wasserstände an der Oberfläche zutreffend zu beschreiben. Entscheidend für die erreichbare Qualität und Genauigkeit errechneter Fließvorgänge und Wasserstände ist die Genauigkeit und Güte des für die Verwendung problemgerecht aufbereiteten digitalen Geländemodells.

3.4.5 Aktuelle Version und bisherige Anwendungen mit Überflutungsberechnung

HYSTEM-EXTRAN ab Version 7.1 kann mit dem 2-D Oberflächenabflussmodell des Fraunhofer Instituts für Techno- und Wirtschaftsmathematik gekoppelt werden. Die jeweiligen Systemvoraussetzungen werden hier nicht gesondert aufgeführt. In diesem Ansatz kann das aus dem Kanalnetz ausgetretene Wasser mit Hilfe der Flachwassergleichungen auf der Oberfläche weiter verfolgt und über die Einläufe des Kanalnetzes wieder in dieses zurückgeführt werden. Eine Berücksichtigung sonstiger Abflüsse oberflächlich abfließender Abflüsse ist ebenfalls möglich. Die variable Diskretisierung der Berechnungselemente ermöglicht räumlich sowohl detailliert als auch grob aufgelöste Modelle sowie deren Kombination.

HYSTEM-EXTRAN als eigenständiges Paket wird seit mehr als 25 Jahren nicht nur vom itwh sondern von über 1000 Anwendern im Rahmen unzähliger Projekte eingesetzt.

Das 2-D Oberflächenmodell wurde vom Fraunhofer Institut für Wirtschafts- und Technomathematik in zahlreichen Projekten eingesetzt. Entsprechende Literatur ist vorhanden.

Derzeit findet eine weitere Verbesserung der Bedienbarkeit beider Modelle statt. Ein Vertrieb ist für dieses Jahr vorgesehen.

Gekoppelte Berechnungen mit HYSTEM-EXTRAN wurden im Rahmen des REGKLAM Projekts für das Kanalnetz der Stadt Dresden durchgeführt. Aktuelle Projekte sind entsprechende Untersuchungen für die Städte Bochum und Düsseldorf.

Quelle: Fuchs, L. (2012): persönliche Mitteilung

3.5 MIKE URBAN – Kanalnetz- und Überflutungsberechnung

Das hydrodynamische Abflussmodell zur Kanalnetzberechnung MOUSE ist eine frühe Entwicklung des Dänischen Softwareanbieters DHI (Danish Hydraulic Institute) und zeitlich als „CS – Pipeflow“ modularer Bestandteil des Programmpaketes MIKE URBAN „Modelling Water in the City“. Für das vorliegende Projekt relevante Programmmodule von MIKE URBAN sind

- MM – Modellmanager: Basismodul, Datenbank und grafische Benutzeroberfläche
- CS – Rainfall-Runoff: Hydrologisches Oberflächenabflussmodell
- CS – Pipeflow: Hydrodynamisches Kanalnetzrechnungsmodell (MOUSE)
- CS – Control: Simulationstools für Sonderbauwerke
- 2D Overland Flow: Hydraulische 1D/2D-Oberflächenabflusssimulation (MIKE FLOOD)

Daneben beinhaltet MIKE URBAN als alternatives Simulationsprogramm das Storm Water Management Modell SWMM der U.S.-EPA, das in Kap. 3.8 kurz charakterisiert wird.

MIKE URBAN wird in Deutschland von DHI-WASY GmbH, u. a. in 28857 Syke, vertrieben. Stammhaus der DHI Softwareprodukte ist DHI in DK-2970 Horsholm, Dänemark.

Die nachstehende Charakterisierung basiert auf dem aktuellen Internet-Auftritt von DHI Software und MIKE URBAN 2011

http://releasenotes.dhigroup.com/2011/MIKEURBANrelinf.htm#New_Features

(zuletzt besucht: 30.08.2011)

sowie die überlassenen Modellbeschreibungen und Programmdokumentationen

- MIKE URBAN Collection System (MIKE by DHI 2011)
- MOUSE Pipe Flow Reference Manual (MIKE by DHI 2011)
- MIKE FLOOD 1D-2D Modelling User Manual (MIKE by DHI 2011)
- MIKE FLOOD Modelling of Urban Flooding, Step-by-step training guide (MIKE by DHI 2011)

3.5.1 Abflussbildung und Abflusskonzentration

Das Programm-Modul „CS – Rainfall Runoff“ beinhaltet zur hydrologischen Berechnung des Oberflächenabflusses optional ein Spektrum unterschiedlich detaillierter Modellsätze zur Anwendung an:

a) *Zeit-Flächen-Methode ('time-area method')*

Dieser Ansatz ist nach deutschem Sprachgebrauch den Fließzeitverfahren zuzuordnen. Er beinhaltet einen pauschalen Verlustansatz und verwendet für die Abflusskonzentration sogenannte „Zeit-Flächen-Funktionen“, die Anlauflinien bzw. Flutkurven unterschiedlicher Ausprägung entsprechen.

b) *Kinematische Welle*

Der Ansatz der kinematischen Welle resultiert aus der vollständigen Vernachlässigung sämtlicher Beschleunigungsglieder in der Bewegungsgleichung der Saint-Venant-Gleichungen und entspricht im Ergebnis einer hydrologischen Berechnung der Abflusskonzentration. Die Abflussbildung wird über die Einzelverlustarten Benetzung, Mul-

denauffüllung und Infiltration (HORTON-Ansatz für durchlässige Teilflächen) berechnet.

c) *Linearspeicherkonzept*

Die Abflussbildung wird - wie bei der Option „Kinematische Welle“ - über die Einzelverlustarten Benetzung, Muldenauffüllung und Infiltration (HORTON-Ansatz für durchlässige Teilflächen) berechnet. Die Prozesse der Abflusskonzentration – Translation und Retention an der Oberfläche – werden über die Systemfunktion des Linearspeicheransatzes ermittelt, wobei die Kennwerte der betrachteten Teilfläche die Größe der Speicherkonstante bestimmen.

d) *Einheitsganglinienverfahren*

Die Abflussbildung wird – wie bei den Ansätzen b) und c) - über die Einzelverlustarten Benetzung, Muldenauffüllung und Infiltration berechnet, wobei für nicht befestigte Teilflächen alternativ der SCS-Ansatz aus der Hydrologie natürlicher Einzugsgebiete zur Anwendung kommt. Die Prozesse der Abflusskonzentration – Translation und Retention an der Oberfläche – werden über den linearen Ansatz der Einheitsganglinie simuliert, deren Form sich aus den Kennwerten der betrachteten Teilfläche bestimmt.

e) *Niederschlagsabhängiger Abfluss und Infiltration (RDI)*

Die in a) – d) beschriebenen Modelle können um ein kontinuierliches hydrologisches Modell (RDI) erweitert werden. RDI stellt eine detaillierte, kontinuierliche Modellierung der vollständigen Landphase des hydrologischen Kreislaufes bereit und unterstützt so die Analysen von urbanen, ländlichen und gemischten Einzugsgebieten. Der Niederschlag wird durch vier unterschiedliche Speicher geführt: Schnee, Oberfläche, ungesättigte Zone (Wurzelzone) und gesättigte Zone (Grundwasser). Das ermöglicht eine kontinuierliche Modellierung und erlaubt die Analyse langfristiger Effekte von hydraulischen Belastungen und Schmutzfrachten inklusive hydrologischem Gedächtnis.

3.5.2 Kanalabflussberechnung MOUSE (CS pipe flow)

Die Berechnung des Kanalabflusses erfolgt mit dem in das Programmmodul „CS pipe flow“ integrierten Rechenkern MOUSE als 1-dimensionale hydrodynamische Abflussberechnung, die für Überflutungsvorgänge mit dem Modul MIKE FLOOD kombiniert werden kann (siehe Kap. 3.5.4). Grundlage der hydrodynamischen Abflussberechnung bildet das vollständige Saint-Venant-Gleichungssystem, das die Kontinuitäts- und Bewegungsgleichung des eindimensionalen instationär-ungleichförmigen Abflussvorganges umfasst. Für

die numerische Näherungslösung des hyperbolischen Gleichungssystems kommt ein implizites Differenzenverfahren zur Anwendung.

Der implementierte Lösungsalgorithmus erlaubt eine zutreffende Berechnung der Abflusszustände Freispiegelabfluss (schießende und strömende Abflussbedingungen), Druckabfluss, Rückstau sowie Fließumkehr. Zur mathematischen Beschreibung des Überganges zwischen Freispiegel- und Druckabfluss kommt die Methode des „Preissman-Slot“ zur Anwendung. Zutreffende Wasserstände können so bis zum Erreichen der Geländehöhe berechnet werden. Eine detaillierte Betrachtung von Schachtüberstau und Überflutungen an der Oberfläche kann über das Modul MIKE FLOOD vollzogen werden (s. u.).

Durch die immanente Verknüpfung von Abfluss- bzw. Geschwindigkeitsgrößen sowie von Wasserständen und damit verbundenen Fließquerschnitten liefert der Berechnungsansatz im geometrisch sehr genau beschriebenen unterirdischen Kanalsystem wirklichkeitsnahe Wasserstände bis zum Erreichen der Geländehöhe, die auch eine wirklichkeitsnahe rechnerische Nachbildung der wasserstandsabhängigen Funktionsweise unterschiedlicher **Sonderbauwerke** erlauben. Explizit genannt werden bauwerksspezifische Berechnungsroutinen für die Sonderbauwerke Überfallwehr, Speicherbecken, Pumpen, Abflussdrosselung mit unterschiedlichen Drosselorganen.

3.5.3 Modelltechnische Beschreibung des Überstauvorganges

Mit dem Auftreten von rechnerischen Wasserständen oberhalb der jeweiligen Geländehöhe am Betrachtungspunkt (hier: der Schächte) muss der Betrachtungsraum über die Grenze des geometrisch eindeutig definierten Systems „unterirdische Kanalisation“ hinaus ausgedehnt werden. Hierzu bietet das Modell MOUSE für jeden Schacht unterschiedliche Berechnungsoptionen an:

a) *Fiktiver Schachtspeicher*

Wasserstände über Gelände werden als Wasseraustritt interpretiert und bilanziert. Das ausgetretene Wasservolumen wird in einem fiktiven Speicher am Schacht zwischengespeichert und bei Wasserständen unterhalb der Geländehöhe am gleichen Schacht wieder zurückgeführt. Dem fiktiven Speicher wird eine mit zunehmender Füllung überproportional ansteigende Oberfläche zugeordnet. Daraus wird ein „fiktiver Wasserstand über Gelände“ abgeleitet, der in den Ansatz der wirksamen Druckhöhe der am Schacht angeschlossenen Schächte eingeht. In der 1D-Berechnung nach MOUSE erfolgt kein oberflächiger Transfer von ausgetretenem Wasser.

b) *Druckdicht verschlossene Schächte*

Als druckdicht verschlossen definierte Schächte erlauben einen Anstieg der rechnerischen Druckhöhe am Berechnungspunkt über die Geländehöhe hinaus, während der rechnerische Wasserstand auf die Geländehöhe begrenzt bleibt. An diesen Schächten kommt es definitionsgemäß zu keinem Wasseraustritt oder -eintritt.

c) *Überlaufschacht ('spilling node')*

An derart markierten Schächten wird mit Anstieg des Wasserstandes über Gelände hinaus der Wasseraustritt nach der Wehrformel nach POLENI berechnet. Das ausgetretene Wasservolumen wird nicht zurückgeführt und als „Wasserverlust“ bilanziert.

3.5.4 Überflutungsberechnung nach MIKE FLOOD

Die Modellvariante MIKE FLOOD ermöglicht die Kombination und modelltechnische Kopplung der oben beschriebenen Modellkomponente MOUSE (hydrodynamische Kanalabflussberechnung) mit dynamischer Abflussberechnung für offene Gerinne (Bach- und Flussläufe) über das Modul MIKE11 und/oder mit hydraulischer 2D-Berechnung des Oberflächenabflusses über das Modul MIKE21.

Von den in den Modellbeschreibungen aufgeführten „Kopplungsmöglichkeiten“ ist für die vorliegende Betrachtung der „Urban Link“ von Interesse, bei dem einzelne Kanalnetz-elemente (Schächte, Überläufe, Becken) mit Zellen im digitalen Geländemodell verknüpft werden können. Der „Urban Link“ ermöglicht die bi-direktionale Kopplung der Berechnung des unterirdischen Kanalabflusses mit der Berechnung des Oberflächenabflusses mit permanentem Wasseraustausch zwischen den Berechnungssystemen „Oberfläche“ und „Kanalnetz“ über die zugehörigen Programmmodule.

Die hydrodynamische Berechnungsweise für den Oberflächenabfluss in MIKE21 entspricht der 2-dimensionalen Flachwassergleichung. Die numerische Lösung des Gleichungssystems basiert auf der 'Alternating Direction Implicit (ADI) technique' bei der Kontinuitäts- und Bewegungsgleichung in einer Raum-Zeit-Darstellung zusammengeführt werden. Auf die modellintern gebildete Rasterdarstellung wird ein Double-Sweep-Lösungsalgorithmus angewandt. Nähere Details zu den mathematischen Grundlagen der 2D-Berechnung sind den oben angeführten Modellbeschreibungen zu entnehmen.

Datengrundlage für die 2D-Abflussberechnung bildet ein rechentechnisch erstelltes Gittermodell der Oberfläche, z. B. auf der Grundlage eines detaillierten digitalen Geländemodells. Das Gittermodell der Oberfläche wird innerhalb des Programmmoduls MIKE21 gebildet, das Optionen für eine Rechteck-Rasterung oder eine Triangulation enthält.

Die beschriebene Methodik ist der Methode c) der in Kap. 2.5 beschriebenen Ansätze zuzuordnen. Der Berechnungsansatz ist in der Lage, die mit oberflächiger Wasseransammlung und Überflutung einhergehenden Abflussvorgänge und Wasserstände an der Oberfläche zutreffend zu beschreiben. Entscheidend für die erreichbare Qualität und Genauigkeit errechneter Fließvorgänge und Wasserstände ist die Genauigkeit und Güte des für die Verwendung problemgerecht aufbereiteten digitalen Geländemodells.

3.5.5 Aktuelle Version und bisherige Anwendungen MIKE FLOOD

Das Programmpaket MIKE URBAN mit der aktuellen Bezeichnung MIKE URBAN 2011 SP6 wurde mit Erscheinungsdatum 04.02.2011 vorgelegt. Das zugehörige Service Pack 6 ist am 06.10.2011 neu aufgelegt worden.

In Deutschland erfolgten Modellanwendungen mit detaillierter Überflutungsberechnung an der Oberfläche in Bezug auf Kanalnetzüberlastungen laut Internet-Referenzliste bislang in den Städten Herford, Dinslaken und Warendorf in für die Fragestellung räumlich eingegrenzten Bereichen. Die Durchführung erfolgte demnach durch Ing.-Büro Steinbrecher & Gohlke (Porta Westfalica) und Emschergenossenschaft / Lippeverband (Essen).

Quelle (zuletzt besucht: 23.11.2011):

http://www.dhi-wasy.de/Anwendungsbeispiele/Staedtisches_Wasser/ueberflutungsschutz.aspx

3.6 Geografisches Informationssystem Modell ArcGIS mit Arc Hydro

Die Geografischen Informationssystem-Software ArcGIS bietet mit Arc Hydro eine Werkzeugenerweiterung ('toolbox extension') mit spezifischer Ausrichtung auf hydraulische und hydrologische Analysen auf der Grundlage digitaler Geländedaten. In Bezug auf die Überflutungsproblematik in Siedlungsgebieten erlaubt die Programmenerweiterung die Verarbeitung von Niederschlags- oder Abflussdaten zur Eingrenzung von Wasserflächen aufgrund der topografischen Gegebenheiten.

Die nachstehende Kurzcharakterisierung basiert auf dem (weit verzweigenden) Internetauftritt der ESRI

http://www.esri.com/industries/water_resources/index.html

(zuletzt besucht: 01.09.2011)

in Verbindung mit der Programmdokumentation

Arc Hydro Tools Tutorial, Version 1.4 Final, February 2011, ESRI New York

Arc Hydro besteht aus dem Datenmodell und einem umfangreichen Satz hydrologischer Werkzeuge, u. a. zur Einzugsgebietsgenerierung und -analyse und darauf aufbauend zur vereinfachten hydrologischen Analyse von Abflussvorgängen, die in die Programmumgebung des Geografischen Informationssystems ArcGIS bzw. ArcMap eingebunden sind.

Mit diesen Programmmodulen kann unter anderem aus geeigneten rasterbasierten Grunddaten, z. B. Laserscan-Daten, ein Digitales Höhenmodell oder weitergehend ein anwendungsbezogenes digitales Geländemodell erstellt werden. Ein so erzeugtes Geländemodell kann dann die digitale Datengrundlage einer nachfolgenden hydrologischen Analyse bilden, z. B. zur Ermittlung von Einzugsgebietsgrenzen von Bach- oder Gewässerbächen, zur Generierung eines Musters von Abflusspfaden ('Flow Path Tracing') oder zur räumlichen Abgrenzung lokaler Tiefpunkte und Geländesenken ('Sink Prescreening & Evaluation').

In der Anwendung auf Siedlungsgebiete ermöglicht das Programm die Ermittlung von Haupt-Fließwegen in der Topografie des Einzugsgebietes und der Bildung von Überflutungsflächen aus vorgegebenen Niederschlagsdaten auf der Grundlage einer vereinfachten Wasserbilanz.

Eine Berücksichtigung kleinräumiger Strukturen, wie z. B. Straßenquerschnitte mit Bürgersteig und Bordsteinkante oder Gegebenheiten der Bebauung, sowie eine detaillierte hydraulische Analyse sind mit dem Programm Arc Hydro aufgrund der rasterbasierten Datenbasis nicht möglich. Die Programmanwendung kann jedoch als Vorstufe zur Eingrenzung der detailliert zu analysierenden Bereiche aufgrund erkannter besonderer Überflutungsgefährdung dienen.

3.7 Programmpaket NASIM / Hydro_AS-2D

Das Programmpaket NASIM / Hydro_AS-2D nimmt in der Reihe der in die Charakterisierung einbezogenen Modelle eine Sonderstellung ein, da die Modellansätze originär nicht für die Anwendung auf Kanalnetze und die Bewertung ihrer hydraulischen Leistungsfähigkeit entwickelt wurden. Bei diesen Modellansätzen steht die Abflussberechnung aus nicht bebauten Gebieten im Vordergrund. Wegen der notwendigen Einbeziehung urbaner Sturzfluten über Flutgräben und Bachläufe sowie sonstiger Zuflüsse aus nicht bebauten Außengebieten bei der Analyse und Bewertung der Überflutungsgefährdung von Siedlungsgebieten werden die Modelle NASIM und Hydro_AS-2D einbezogen, zumal sie gerade in Nordrhein-Westfalen verbreitete Anwendung finden.

Das Programmpaket NASIM / Hydro_AS-2D wird von Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH Aachen kommerziell betrieben. Grundlage der nachstehenden Charakterisierung bilden die überlassenen Programmdokumentationen

NASIM 3.8.1 Benutzerdokumentation, Hydrotec, Oktober 2010

HYDRO_AS-2D – ein zweidimensionales Strömungsmodell für die wasserwirtschaftliche Praxis, Benutzerhandbuch, Dr. Marinko Nujic, Rosenheim

sowie der Internetauftritt der Hydrotec GmbH

<http://www2.hydrotec.de/vertrieb>

(zuletzt besucht: 01.09.2011)

3.7.1 Gebietsniederschlag-Abflussmodell NASIM

Das Abflussmodell NASIM wurde als hydrologisches Gebietsniederschlagsmodell für den Abfluss von natürlichen Einzugsgebieten im Hinblick auf die Ermittlung und statistische Bewertung von Gewässerabflüssen an der RWTH Aachen entwickelt und wird zwischenzeitlich von Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH Aachen kommerziell weiterentwickelt. Aktuell liegt es in der Version 3.8.1 vor.

Seit Version 3.6 ist NASIM auch für die Ermittlung von Niederschlags- und Mischwasserabflüssen kommunaler Entwässerungsnetze geeignet, wobei hier die Abflussberechnung auf die Bemessung und den Nachweis von Mischwasserüberlaufbauwerken (insbesondere Regenüberläufe, Regenüberlaufbecken, Stauraumkanäle) abzielt. Damit ist es auch für die gemeinsame Betrachtung natürlicher und kanalisierter Einzugsgebiete geeignet. Diese ist angezeigt, um einerseits die Siedlungsabflüsse als hydraulische Belastung der Gewässer zu ermitteln. Sie dient andererseits auch zur Berechnung der Belastung der Kanalisation durch Zuflüsse aus nicht bebauten Bereichen oder zur Berücksichtigung von Gewässerwasserständen als hydraulische Randbedingung bei Regenauslässen und Mischwasserüberläufen der Kanalisation. Die hydraulisch-detaillierte Abflussberechnung für Kanalhaltungen und die Überstauberechnung zur Bewertung der Überflutungsgefährdung von Kanalnetzen sind nicht Ziel und vorrangiger Gegenstand der NASIM-Anwendungen.

Die Hauptkomponenten des Modells NASIM beziehen sich auf die wesentlichen Elemente des natürlichen Wasserkreislaufs und beinhalten die Belastungsbildung (Regen oder Schneeschmelze), die Berechnung von Gebietsniederschlägen, die Belastungsaufteilung (Versickerung, Verdunstung, Abfluss), die Abflusskonzentration und den Wellentransport bzw. die Abflussverformung.

Im Hinblick auf die Anwendung auf Siedlungsgebiete und ihre Kanalnetze ist festzustellen, dass Wellentransport und –verformung nach hydrologischen Ansätzen, für Gerinne und Kanäle nach dem Kalinin-Miljukov-Verfahren berechnet werden. Damit können Überlastungszustände der Kanalisation mit eingestauten Kanälen und Rückstau einfluss nicht zutreffend beschrieben werden. Entsprechend ist damit weder eine Ermittlung des Über-

stauverhaltens bzw. von Überstauhäufigkeiten noch eine detaillierte Betrachtung von Überflutungsvorgängen an der Oberfläche aufgrund von Wasseraustritt aus der Kanalisation möglich.

Für derartige Betrachtungen, allerdings mit vorrangig anderem Anwendungsbereich, wurde der Modellansatz HYDRO_AS-2D entwickelt.

3.7.2 Zweidimensionales Strömungsmodell HYDRO_AS-2D

Auch das Strömungsmodell HYDRO_AS-2D zielt – wie NASIM – vorrangig nicht auf Anwendungen im Bereich der Siedlungsentwässerung. Laut Benutzerhandbuch wurde es *„schwerpunktmäßig für die Berechnung von Dammbbruch- und Flutwellenausbreitung entwickelt, kann jedoch genauso erfolgreich für die allgemeine zweidimensionale Strömungssimulation eingesetzt werden“* (Benutzerhandbuch, S. 2).

Mathematisch-hydraulische Grundlage des Strömungsmodells HYDRO_AS-2D bilden die zweidimensionalen Flachwassergleichungen. Als numerische Näherungslösung kommt die Finite-Volumen-Methode mit zeitlich-räumlicher Diskretisierung des Strömungskontinuums zur Anwendung. Der Lösungsalgorithmus wird auf ein aus Vierecks- und Dreieckselementen zusammengesetztes Berechnungsnetz angewandt, das die wirklichkeitsnahe Abbildung der topografischen Gegebenheiten, z. B. auf der Grundlage eines digitalen Geländemodells, und der hydrodynamischen Gegebenheiten und Randbedingungen (Gerinnestrukturen, Kontrollbauwerke etc.) ermöglicht.

Die Programmbeschreibung erwähnt in diesem Zusammenhang die grundsätzliche Möglichkeit einer direkten, voll automatisierten Bildung des Berechnungsnetzes aus Laserscan-Daten durch Triangulierung unter Berücksichtigung vorhandener Bruchkanten (Ufer, Straßen, Dämme etc.). Sie wird allerdings nur in Verbindung mit speziellen Programmen, hier LASER_AS-2D, empfohlen.

Im Betrachtungsraum vorhandene, hydraulisch relevante Kontrollbauwerke, werden über die bekannten Fließgleichungen (z. B. Wehrüberfall nach POLENI, Öffnungsdurchfluss nach TORICELLI) für jeden Zeitschritt des instationären Berechnungsablaufs berechnet.

Mit den beschriebenen Merkmalen der Modellbildung und Simulation erscheint das Modell HYDRO_AS-2D grundsätzlich auch geeignet, den Oberflächenabfluss bei auftretenden Überflutungen in Siedlungsgebieten in 2-dimensionaler Berechnungsweise zu beschreiben. Allerdings bedarf es dazu der geeigneten Spezifizierung der Zuflüsse in den Betrachtungsraum, zum einen über Randbedingungen über Zu- und Abflüssen an Zulauf- und Auslaufrändern, zum anderen als Quellen und Senken an den Schnittstellen zur unterirdischen Kanalisation. Letzteres wiederum erfordert eine bi-direktionale Kopplung mit

einem hydrodynamischen Kanalnetzrechnungsmodell. Das Modell NASIM ist hierfür nicht geeignet.

Die vorliegende Modellbeschreibung enthält keine Aussagen zu Anwendungsmöglichkeiten auf die Fragestellung von Überflutungsvorgängen in Siedlungsgebieten aufgrund überlasteter Kanalnetze. Auch Hinweise auf mögliche Kopplungen der Strömungsmodellierung nach HYDRO_AS-2D mit hydrodynamischen Abflussmodellen der Kanalnetzrechnung sind nicht enthalten.

3.7.3 Aktuelle Version und bisherige Anwendungen HYDRO-_AS-2D

Das Programm HYDRO_AS-2D liegt aktuell in der Version 2.1 vor (Stand 11/2011). Modellanwendungen mit detaillierter Überflutungsberechnung erfolgten nach Internet-Referenzliste (in „Hydrothemen“) bislang im Wesentlichen für urbane Sturzfluten aus nicht bebauten bzw. nicht kanalisierten Bereichen. Hier stand die 2-dimensionale Abflussberechnung für Gerinneabflüsse kleiner Gewässer und wild abfließendes Hangwasser im Vordergrund. Dabei erfolgte keine direkte Verknüpfung mit der Simulation überlasteter Kanäle des städtischen Entwässerungssystems. Modellanwendungen erfolgten u. a. im Auftrag des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), der Stadt Hechingen und der Stadt Dillenburg.

Quelle (zuletzt besucht: 23.11.2011):

<http://www2.hydrotec.de/unternehmen/hydrothemen>

3.8 Storm Water Management Model SWMM 5

Im Unterschied zu Deutschland findet im internationalen Umfeld das hydrodynamische Abflussmodell EPA-SWMM 5 verbreitete Anwendung für die vorliegende Fragestellung und wird deshalb nachstehend in Bezug auf die Nachbildung von Überstau- und Überflutungsvorgängen bei überlasteten Kanalnetzen kurz charakterisiert.

3.8.1 Allgemeines

Das Storm Water Management Model (SWMM) wurde durch die US-amerikanische EPA (Environmental Protection Agency) bereits 1971 veröffentlicht und zur Anwendung zur Verfügung gestellt. Das Programmmodul EXTRAN stellte mit den ersten Ansatz zur hydrodynamischen Abflussberechnung für Kanalnetze dar. Die freie Verfügbarkeit und die umfangreiche Dokumentation der mathematischen und modelltechnischen Grundlagen einschließlich des Programmcodes haben dazu geführt, dass die Modellansätze weltweit Eingang in bzw. nachhaltigen Einfluss auf andere Modellentwicklungen genommen haben.

Das Storm Water Management Modell kommt zwischenzeitlich in der Version 5.0.022 als SWMM 5 mit freiem Download zur Anwendung. Es beinhaltet neben den EXTRAN-Modellansätzen zur hydrologischen Berechnung des Oberflächenabflusses und instationär-ungleichförmigen Berechnung des Kanalabflusses sowie der Option für ein Spektrum von Kontrollbauwerken auch Modellansätze zur Berücksichtigung dezentraler Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung sowie zur Schmutzfrachtberechnung.

Die vorliegende Charakterisierung basiert auf folgenden Quellen:

L.A. Rossman: Storm Water Management Model, User's Manual, Version 5.0, US-EPA, July 2010, Cincinnati Ohio

In Verbindung mit dem SWMM-Internetauftritt der US-EPA

<http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/wq/models/swmm/>
(zuletzt besucht: 02.09.2011)

3.8.2 Hydrodynamische Abfluss- und Überstauberechnung

Der optional wählbare instationär-ungleichförmige Berechnungsansatz für den Abflusstransport in Kanälen mit Lösung der vollständigen Saint-Venant-Gleichungen erlaubt zutreffend eine Berechnung der Abflusszustände bei überlasteten Kanalnetzen mit eingestauten Schächten (Druckabfluss, Rückstau, Fließumkehr) bis zum Wasseraustritt auf die Oberfläche ('Surface Ponding'). Für die modelltechnische Behandlung des Wasseraustritts infolge Schachtüberstau weist SWMM 5 drei Optionen auf:

- a) Schächten mit (potentiellem) Überstau kann über die Vorgabe einer Einstaufläche ein fiktiver Speicher zugeordnet werden, der mit beginnendem Überstau über Gelände aktiviert wird. Mit zurückgehendem Schachtwasserstand fließt das gespeicherte Volumen dem gleichen Schacht wieder zu.
- b) In Ergänzung zu Option a) besteht die Möglichkeit, durch Verknüpfung der vorgegebenen Einstauflächen über offene Gerinne, z. B. entsprechend dem Abflussquerschnitt der Straße, mit benachbarten Einläufen (Straßeneinlauf, Schacht), „real“ verfügbaren Einstauflächen oder sonstigen Vorflutmöglichkeiten an der Oberfläche (Flutmulden, Gräben, Oberflächengewässer) eine oberflächige Überflutung näherungsweise abzubilden.
- c) Ist einem Schacht keine Einstaufläche als Fiktivspeicher angeordnet, wird das bei Überstau ausgetretene Wasser als „verloren“ bilanziert.

Die beschriebene Methodik nach Option b) ist der Methode b) der in Kap. 2.5 beschriebenen Ansätze zuzuordnen. Der Berechnungsansatz ist in der Lage, die mit oberflächiger

Wasseransammlung und Überflutung einhergehenden Abflussvorgänge näherungsweise zu beschreiben. Die dabei resultierenden rechnerischen Wasserstände dürften nur orientierenden Charakter haben. Die erreichbare Genauigkeit errechneter Fließvorgänge wird wesentlich durch die Detaillierung der Vorgabe von Einstauflächen und verbindender Abflussprofile bestimmt.

3.9 Programmpaket InfoWorks

Auch das Programmpaket InfoWorks findet – wiederum im Unterschied zu Deutschland – mit den relevanten Programmmodulen zur hydrodynamischen Kanalnetzberechnung im internationalen Umfeld verbreitete Anwendung für die vorliegende Fragestellung. Das Programm wird deshalb nachstehend in Bezug auf die Nachbildung von Überstau- und Überflutungsvorgängen bei überlasteten Kanalnetzen kurz charakterisiert.

3.9.1 Allgemeines

Das Programmpaket InfoWorks wurde ursprünglich von der Britischen Softwarefirma Wallingford entwickelt und ist zwischenzeitlich Bestandteil der MWH Soft Workgroup Management Software der Firma Innovoyze (Broomfield, Colorado USA). In Bezug auf die vorliegende Fragestellung der instationären Kanalnetzberechnung mit Betrachtung von Überstau- und Überflutungsvorgängen sind die Programmmodule InfoWorks CS, InfoWorks SD und InfoWorks 2D von Belang.

Die vorliegende Charakterisierung basiert auf den im Internet zugänglichen Kurzbeschreibungen der relevanten Modellansätze:

<http://www.innovoyze.com/>

(zuletzt besucht: 02.09.2011)

3.9.2 Hydrodynamische Abfluss- und Überstauberechnung

Die Programmmodule InfoWorks CS (für Schmutz- und Mischkanalisation) und InfoWorks SD (Regenwasserkanalisation) enthält die typischen Modellansätze einer hydrodynamischen Kanalnetzberechnung mit hydrologischen Ansätzen der Abflussbildung und der Abflusskonzentration (Oberflächenabfluss) sowie instationär-ungleichförmiger Berechnungsweise des Kanalabflusses (Abflusstransport). Damit können für überlastete Kanalnetze zutreffende Abflüsse und Wasserstände bis zu beginnendem Schachtüberstau berechnet werden.

Für ausgeprägte Schachtüberflutungen können beide Module InfoWorks CS und SD mit dem Programmmodul InfoWorks 2D zur 2-dimensionalen Strömungsberechnung an der Oberfläche kombiniert werden. Dies erlaubt eine Kopplung der dynamischen eindimensi-

onalen Abflussberechnung der unterirdischen Kanäle mit der zweidimensionalen Abflussberechnung an der Oberfläche mit permanentem bi-direktionalem Austausch je nach Auslastung und Wasserständen in den Schächten und an der Oberfläche. Die hydraulische Berechnung des Oberflächenabflusses basiert auf der Datengrundlage eines digitalen Geländemodells mit dreiecksförmiger oder rechteckiger Rasterung des Berechnungsnetzes. Nach den ausgewerteten Informationen entspricht der Berechnungsansatz mit gekoppelter 1D/2D-Abflussberechnung methodisch den Ansätzen von DYNA - GeoCPM/ (siehe Kap. 3.2) und MIKE URBAN (siehe Kap. 3.5).

4 Zusammenfassende Bewertung zur Modellierung von Kanalüberflutungen

4.1 Modellansätze zum Abfluss bei Oberflächenüberflutung

Die in den Kapiteln 3.2 bis 3.9 vorgestellten Abflussmodelle repräsentieren mit Ausnahme des Programmes ArcGIS Arc Hydro die in Deutschland und im internationalen Umfeld überwiegend zur Anwendung kommenden Computerprogramme für die Aufgabenstellungen „hydraulische Kanalnetzberechnung“ und „Überstaunachweis“. Entsprechend den modelltechnischen und mathematischen Grundlagen besitzen die implementierten hydrodynamischen Berechnungsweisen grundsätzliche Gültigkeit für die relevanten Fließzustände bestehender und ggf. hydraulisch überlasteter Kanalnetze. Das Programm Arc-GIS Arc Hydro nimmt eine Sonderstellung ein, da hier Abflussvorgänge und Wasserstände an der Oberfläche allein auf der Basis topografischen Informationen im digitalen Geländemodell über eine vereinfachte Abfluss-Volumenbilanz ermittelt werden.

Methodisch bedingte Gültigkeitsgrenze der hydrodynamischen Berechnungsweise des Kanalabflusses stellt der Übergang vom Überstau zur Überflutung mit Wasseraustritt an die Oberfläche bzw. Verbleib von Wasser an der Oberfläche und der Ausbildung oberflächiger Abflussvorgänge dar. Für diese Abflussvorgänge, die maßgeblich von oberflächigen Strukturen und Gegebenheiten (Straßenquerschnitt, Bebauung, Geländeverlauf) bestimmt werden, bedarf es einer Erweiterung der Datengrundlage „konventioneller“ Kanalnetzrechnungen, in der Regel auf der Grundlage eines digitalen Geländemodells, und der Berechnungsmethoden durch einen hydraulischen Modellansatz zum Oberflächenabfluss.

Von den vorstehend charakterisierten Modellen weisen die Programmpakete

- DYNA - GeoCPM
- HYSTEM-EXTRAN
- InfoWorks CS/SD mit InfoWorks 2D und
- MIKE URBAN

methodische und programmtechnische Erweiterungen auf, um die erforderliche Datenbasis für die hydraulische Oberflächenabflussberechnung bereitzustellen und die Abfluss- und Überflutungsvorgänge hydraulisch zutreffend nachzubilden. Die in diesen Programmen implementierten Berechnungsansätze sind der Methode c) der in Kap. 2.5 beschriebenen methodischen Ansätze zuzuordnen. Diese Berechnungsansätze sind in der Lage, die mit oberflächiger Wasseransammlung und Überflutung einhergehenden Abflussvorgänge und Wasserstände an der Oberfläche zutreffend zu beschreiben. Mit entscheidend für die erreichbare Qualität und Genauigkeit errechneter Fließvorgänge und Wasserstände ist die Genauigkeit und Güte des für die Verwendung problemgerecht aufbereiteten digitalen Geländemodells.

Das Storm Water Management Modell 5 ermöglicht eine näherungsweise Nachbildung des oberflächigen „Transfers“ von Wasservolumen bei überstauten Schächten und Überflutungen an der Oberfläche durch „manuell“ eingefügte Verknüpfungen überstauter Bereiche mittels „fiktiver“ Abflussprofile. Dieser Ansatz ist der Methode b) der in Kapitel 2.5 beschriebenen methodischen Ansätze zuzuordnen.

Diese Zuordnung trifft bezüglich der oberflächigen Abflussphänomene auch für das Programm ArcGIS Arc Hydro zu, das allerdings keine Verknüpfung mit einem (hydrodynamischen) Abflussmodell für die unterirdische Kanalisation aufweist und auch die Transformation von Niederschlag in Oberflächenabfluss stark vereinfacht nachbildet. Die Modellanwendung bezieht sich entsprechend vorrangig auf eine grobe Analyse oberflächiger Abfluss- und Überflutungsverhältnisse bei unterstelltem oder vorab anderweitig festgestelltem Versagen der unterirdischen Kanalisation mit Vorgabe von Volumenwerten des örtlichen Wasseraustritts beziehungsweise des Verbleibs des Abflussvolumens an der Oberfläche.

4.2 Besondere Aspekte der Abflussmodellierung extremer Niederschläge

Bei Modellanwendungen zur Analyse des Überstau- und Überflutungsverhaltens kommunaler Entwässerungssysteme werden naturgemäß Niederschlagsbelastungen mit entsprechend geringer Auftretenshäufigkeit bzw. großer statistischer Wiederkehrzeiten betrachtet. Beim rechnerischen Überstaunachweis liegen diese im Bereich bis $n = 0,2$ bzw. $T_n = 5$ a. Bei Betrachtungen zur Überflutungsfähigkeit („örtliche Überflutungsprüfung“ nach DWA-A 118) werden seltene Starkregen mit Wiederkehrzeiten bis zu 20 Jahren (und darüber) relevant. Bei der Durchführung der Berechnungen als Starkregenserien- oder Kontinuumsimulation werden „zwangsläufig“ alle in den verwandten Niederschlagsreihen enthaltenen Extremereignisse in die Abflussberechnung mit einbezogen.

Bei derartigen Starkregen ergeben sich besondere Aspekte für die Abflussmodellierung, die nachstehend angesprochen werden, da die Entwicklung der Modellansätze zur hyd-

rodynamischen Kanalnetzrechnung Niederschlagsbelastungen im Bereich der (damals) üblichen Bemessungshäufigkeiten „im Blick“ hatte.

4.2.1 Räumliche ungleiche Überregnung

Schon Starkregen im Bereich der für die hydraulische Leistungsfähigkeit der Kanalnetze maßgebenden Bemessungs- und Überstauhäufigkeiten weisen überwiegend eine geringe räumliche Ausdehnung von wenigen Kilometern auf. Sie führen entsprechend bei größeren, hydraulisch zusammenhängenden Kanalnetzen nicht zu einer gleichmäßigen Überregnung des Einzugsgebietes. Damit ist auch die hydraulische Belastung des Kanalnetzes gegenüber einer gleichmäßigen Überregnung vermindert. Dieses Phänomen tritt mit zunehmender Intensität der Starkregen – ggf. in unterschiedlichen zeitlichen Abschnitten – verstärkt auf.

Die originären Modellansätze waren auf einen einheitlichen Gebietsniederschlag, durch Übertragung einer Punktmessung am Regenschreiber oder Ansatz gleichmäßiger Überregnung bei Modellregen – ausgerichtet. Zwischenzeitlich sind verschiedene Abflussmodelle in der Lage, bei der Verwendung von Regenreihen zur Seriensimulation die Daten mehrerer Niederschlagsstationen zu berücksichtigen und diese differenziert für die Teileinzugsgebiete als Niederschlagsbelastung anzusetzen. Bislang liegen für Langzeitbetrachtungen allerdings die mehrfachen Regenschreiberdaten oftmals nicht in ausreichender Länge vor.

Bei der Analyse aufgetretener extremer Starkregen der jüngeren Vergangenheit kann in vielen Fällen auf die Daten mehrerer Niederschlagsstationen oder auf Radarmessungen des Niederschlages zurückgegriffen werden, die eine hohe zeitliche und räumliche Auflösung des Starkniederschlagsgeschehens erlauben. Für diese Fragestellung kommt der Fähigkeit der Abflussmodelle große Bedeutung zu, räumlich differenzierte Niederschlagsdaten zu verwenden, um die ungleiche Überregnung angemessen zu berücksichtigen.

4.2.2 Abflusskapazität der Entwässerungselemente

Die Modellansätze der vorstehend charakterisierten Abflussmodelle beinhalten – zumal bei hydrologischer Berechnungsweise – in der Regel keinerlei Begrenzung zur Abflusskapazität der Entwässerungselemente, die den Niederschlag bzw. den Oberflächenabfluss der unterirdischen Kanalisation zuführen. Bei Extremniederschlägen bedarf es deshalb zumindest einer allgemeinen Bewertung, inwieweit die fehlende Berücksichtigung einer begrenzten Zulaufkapazität zu einer nennenswerten Überschätzung der Belastung der Kanalisation führen kann. Dies betrifft in erster Linie sehr kurzzeitige Intensitätsspitzen des Niederschlages, die mit zunehmender Größe des Einzugsgebietes am Betrachtungspunkt weniger bemessungsrelevant werden. Zudem sieht DIN 1986-100 in der Fassung 2008 ohnehin eine „großzügige“ Bemessung der Grundstücksentwässerung vor (DIN,

2008b). Bei älteren Entwässerungseinrichtungen und – je nach tatsächlicher Entwässerungsfläche – bei Straßeneinläufen kann das begrenzte Aufnahmevermögen dagegen durchaus relevant werden.

Hier sollte über eine Anpassung der Modellansätze im Lichte der sonstigen Genauigkeitsansprüche an die Abfluss- und Überflutungsmodellierung nachgedacht werden.

4.2.3 Abflussverhalten dezentraler Anlagen bei Extremniederschlägen

Mit der Propagierung und auch zunehmenden Verbreitung dezentraler Maßnahmen und Anlagen der Regenwasserbewirtschaftung – vorrangig Versickerungs- und Speicheranlagen – muss deren tatsächliches Abflussverhalten bei Extremniederschlägen in der Modellierung zutreffend nachgebildet werden. Die Bemessung dieser Elemente erfolgt typischerweise für Wiederkehrzeiten bis zu 5 Jahren. Für größere Niederschlagshöhen ist deshalb der Verbleib des Wassers zu prüfen und ggf. als dann wirksame Belastung der Kanalisation von Abflussflächen zu berücksichtigen, die bis zur Bemessungshäufigkeit der Anlagen modelltechnisch als vollständig abgekoppelt werden.

4.2.4 Abflussverhalten nicht befestigter / unbebauter Flächen

Die in Kap. 3 charakterisierten Abflussmodelle weisen durchweg Modellansätze für Abflussbeiträge von nicht befestigten Flächen auf, die auch auf nicht bebaute Außengebiete Anwendung finden, die zur Kanalisation hin entwässern. Diese Modellansätze wurden mit Blick auf das bemessungsrelevante Niederschlagsspektrum entwickelt. Auch hier gilt es, die Modellansätze im Lichte der heutigen Niederschlagsbelastungen und Genauigkeitsansprüche zu überprüfen und ggf. zu erweitern. Hierzu wird auf einen Arbeitsbericht der DWA-AG ES-2.6 verwiesen, der Hinweise zum aktuellen Kenntnisstand bezüglich dieser Fragestellung enthält (DWA, 2008b).

5 Literatur – hier zu Abschnitt „Modellcharakterisierung“

- ATV-DVWK (2004a).** Anforderungen an Niederschlag-Abfluss-Berechnungen in der Siedlungsentwässerung. ATV-DVWK-Regelwerk, Merkblatt M 165, Hennef, Januar 2004.
- ATV-DVWK (2004b).** Bewertung der hydraulischen Leistungsfähigkeit bestehender Entwässerungssysteme. Arbeitsbericht DWA-AG ES-2.1, KA-Abwasser, Abfall (51), Heft 1, Januar 2004, S. 69-76.
- DIN (2008a).** Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, DIN EN 752, April 2008.
- DIN (2008b).** DIN 1986-100: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke - Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056, Mai 2008, Beuth Verlag, Berlin.
- DWA (2006a).** Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen, DWA-Regelwerk, Arbeitsblatt A 118, Hennef, März 2006.
- DWA (2006b).** Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserleitungen und -kanälen“, DWA-Regelwerk, Arbeitsblatt A 110, Hennef, August 2006.
- DWA (2008a).** Prüfung der Überflutungssicherheit von Entwässerungssystemen, Arbeitsbericht DWA-AG ES-2.5, KA – Abwasser, Abfall (55), Heft 9, S. 972 – 976.
- DWA (2008b).** Abflüsse aus Außengebieten der Kanalisation. Arbeitsbericht DWA-AG ES-2.6, DWA-Ausschüsse online <http://www.dwa.de/dwadirekt> (besucht am 05.09.11).
- Verworn H.R. (1999).** Die Anwendung von Kanalnetzmodellen in der Stadthydrologie. Schriftenreihe für Stadtentwässerung und Gewässerschutz, Heft 18, SuG-Verlags-gesellschaft Hannover.
- Schmitt T.G., Thomas M. und Ettich N. (2005).** Assessment of Urban Flooding by Dual Drainage Simulation Model RisUrSim. Water Science and Technology (52), No. 5, pp. S. 257-264.

Hinweis:

Die Quellenangaben zu den betrachteten Modellen sind im Text vermerkt!