

# Überflutungsvorsorge Urbane Starkregen für Leipzig

H. Milke<sup>1</sup>, T. Sahlbach<sup>1</sup>, U. Meyer<sup>2</sup>, M. Mucha<sup>2</sup>, Frf. A. v. Fritsch<sup>3</sup>, M. Jana<sup>4</sup>

<sup>1</sup>IWS/ HTWK Leipzig; <sup>2</sup>Leipziger Wasserwerke; <sup>3</sup>Amt für Umweltschutz Leipzig; <sup>4</sup>Verkehrs- und Tiefbauamt Leipzig

**Kurzfassung:** Im vorliegenden Aufsatz wurden die zugrunde liegenden Ansätze einer ganzheitlichen Betrachtung für die Überflutungsvorsorge der Stadt Leipzig und die Vorgehensweise bei der Analyse der Überflutungsgefährdung erörtert. Die gründliche Recherche von dokumentierten Schadensereignissen urbaner Sturzfluten in den letzten Jahren und deren Implementierung in ein GIS-Projekt wird dabei als unentbehrlich für die Plausibilitätsprüfung und Validierung der Simulationsergebnisse, aber auch als Notwendigkeit für die Argumentation bei der Öffentlichkeitsarbeit betrachtet. Für die Koordination eines solchen Projektes ist dabei das enge Zusammenwirken und die Abstimmung von Ämtern und Dezernaten der Stadt mit Entwässerungsbetrieb und Projektarbeitern, auch in unterschiedlichen Leitungsebenen erforderlich, um den Erfolg zu gewährleisten. Ein stufenweises Heranarbeiten mit einer stetigen Reduzierung der „Flughöhe“ und Fokussierung auf die Schwerpunkte sichert dabei die Vertrauenswürdigkeit der Ergebnisse.

**Key-Words:** Starkregen, Überflutungsvorsorge, Leipzig, Infrastruktur

## 1 Veranlassung

Die Stadt Leipzig ist mit derzeit knapp 600.000 Einwohnern eine stark wachsende Stadt. Bis 2030 werden über 720.000 Einwohner prognostiziert. Einher geht das Einwohnerwachstum mit einer starken baulichen Verdichtung der rund 300 km<sup>2</sup> großen Stadtgrundfläche, die von einem Auwaldareal der Weißen Elster von Süd nach Nord durchzogen wird.

In den letzten Jahren kam es, wie in vielen Städten Deutschlands, zu einer Reihe von, zum Teil lokal begrenzten Starkregenereignissen mit Niederschlagsintensitäten, die Wiederkehrzeiten zwischen 50 und >100a aufwiesen. Diese flachlandtypischen Sturzfluten setzten teilweise Hauptstraßen kniehoch unter Wasser und machten diese unpassierbar.

Die vielerorts anzutreffende Wohnbebauung aus der Gründerzeit, Leipzig erlebte nach dem Ende des 1. WK einen ähnlich boomenden Aufschwung auf über 700.000 EW, ist zumindest in überflutungsgefährdeten Bereichen durch Hochparterre und höherliegende Eingänge gekennzeichnet. Dadurch haben die früheren Baumeister, bewusst oder unbewusst, dem möglichen Schadenspotential bei Sturzfluten Rechnung getragen.



Abbildung 1: Überflutung der Georg Schumann Straße nach dem Starkregen am 27.07.2016 (Foto: LVZ)

Ohne auf die Hilfsmittel der Oberflächenabflusssimulation zurückgreifen zu können, waren sie sich der Gefahren bewusst und haben dementsprechend gebaut. Betrachtet man hingegen die insbesondere nach 1990 in Baulücken ergänzten neueren Gebäude, stellt man vielfach fest, dass diese ebenerdig, teilweise sogar mit direkter Zufahrt in die Tiefgarage gebaut wurden. Ein deutlicher Hinweis, wie notwendig es ist, das Bewusstsein für das mögliche Gefährdungspotential, sowohl in der Bevölkerung als auch bei Stadtplanern, Architekten und Ingenieuren in Zeiten zunehmender Starkregenereignisse zu schärfen.

## 2 Generelles Handlungskonzept

Die Stadt Leipzig beschloss im Jahr 2015, unter Federführung der Dezernate „Stadtentwicklung und Bau“ und „Umwelt/ Ordnung/ Sport“ und unter Koordinierung und Projektleitung der Leipziger Wasserwerke gemeinsam mit dem Institut für Wasserbau und Siedlungswasserwirtschaft ein Projekt mit dem Titel „KAWI-L – Kommunale Anpassungsstrategien für wassersensible Infrastrukturen in Leipzig“ aufzusetzen, welches durch drei Säulen gekennzeichnet ist.

Während die erste und zweite Säule, zumindest teilweise, aufeinander aufbauen, hat die dritte Säule einen projektbegleitenden Charakter. Sie hat zum Ziel, die interne und externe Kommunikation über ein Verständnis der Zusammenhänge sukzessive zu transferieren.

Neben der inhaltlichen Struktur spielt für den Erfolg des Projektes das Zusammenwirken und die Abstimmung der Partner eine wesentliche Rolle. Dafür wurden neben der mit allen Beteiligten durchgeführten Kick-off und Zwischenpräsentation, einer sich monatlich, bzw. bei Bedarf treffenden Arbeitsebene, noch ein Lenkungsausschuss mit den Amtsleitern der beteiligten Ämter der Stadt, bzw. Geschäftsführern im vierteljährlichen Rhythmus eingeführt. Diese Struktur hat sich bewährt, um anstehende Fragestellungen, z.B. die Beschaffung oder Bereitstellung von Datengrundlagen, unbürokratisch und schnell zu klären.



Abbildung 2: Projektstruktur mit den drei Projektsäulen „KAWI-L – Kommunale Anpassungsstrategien für wassersensible Infrastrukturen in Leipzig“

Die vorgesehene Bearbeitung des Projektes orientiert sich in erster Linie an dem DWA-M 119: Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen [B] sowie der BWK-Fachinformation 1/2013 Starkregen und urbane Sturzfluten – Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge [A].

Die Säule 1 – Risikomanagement - wurde in fünf Bausteine (BS) aufgeteilt, die sich zum Teil parallel, zum Teil nacheinander abarbeiten lassen. Für die Ermittlung der Überflutungsgefährdung (BS 1) lassen sich wiederum 5 Arbeitspakete ableiten.

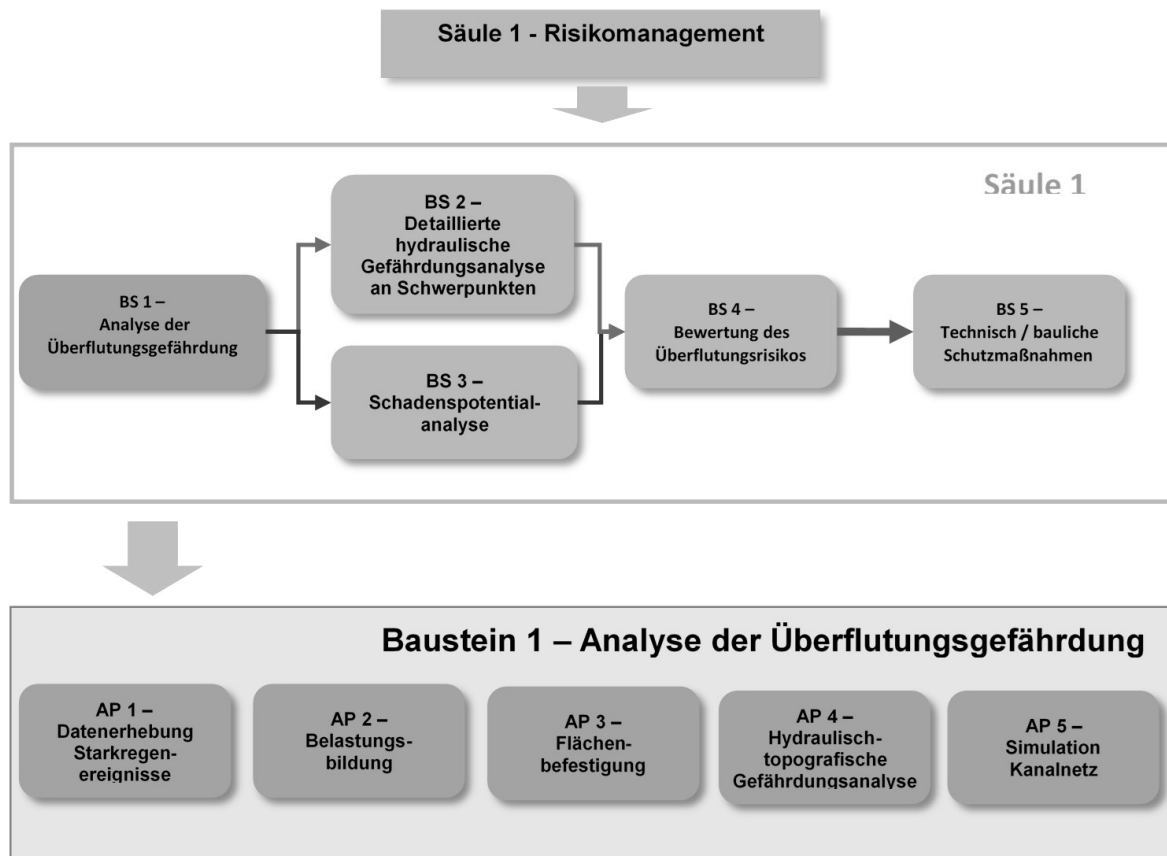


Abbildung 3: Projektstruktur innerhalb der Säule 1 - Risikomanagement

Die wichtigsten Ergebnisse und Erfahrungen aus der Bearbeitung des Bausteins 1 sollen im Folgenden weiter erörtert werden.

### 3 Analyse der Überflutungsgefährdung

#### 3.1 Grundsätzliche Vorgehensweise

Ausgehend von einer, das gesamte Stadtgebiet betreffenden groben Analyse der Überflutungsgefährdung sollten zunächst die potentiellen Schwerpunkte von Überflutungen eruiert werden, bevor an diesen Schwerpunkten mit einer detaillierten hydraulischen Gefährdungsanalyse im Rahmen einer gekoppelten 1D/2D Simulation die konkrete Situation untersucht und letztendlich technisch-bauliche Schutzmaßnahmen zur möglichen Reduzierung des Schadenspotentials abgeleitet werden können. Um die Simulationsergebnisse zu validieren, aber auch im Kontext der zu erwartenden Diskussionen in der Öffentlichkeit spielt die Analyse der bisher stattgefundenen Ereignisse eine nicht zu unterschätzende Rolle. Ziel war es deshalb von Anfang an, alle Ergebnisse der Recherche im GIS aufzubereiten, um Zusammenstellungen leicht ge-

nerieren zu können und Plausibilitäten mit den erzielten Simulationsergebnissen abzufragen. Dazu wurden vorhandene analoge und digital aufbereitete Messwerte, Protokolle, Bilder und Videos von Starkregen bei Überflutungen ausgewertet und aufbereitet.

Tabelle 1: Erhebungsquellen

Lfd. Nr.	Erhebungsquelle	Ereignisdaten	Zeitraum
1	Branddirektion	Aufzeichnungen/ Protokolle von Einsätzen mit Wasserschäden	2007 - 2015
2	Amt für Umweltschutz	Abfragen Ämter der Stadt Leipzig zu aufgetretenen Schäden an öffentlichen Einrichtungen (Krankenhäuser, Schulen, Städtische Altersheime, Kindergärten, Turnhallen, etc.) während Starkregenereignissen	2013 - 2016
3	Verkehrs- und Tiefbauamt	Aufzeichnungen zu (zeitunabhängigen) Problemen bei der Straßenentwässerung	
4	Leipziger Wasserwerke	Bilder, Aufzeichnungen/ Protokolle zu Haftpflichtschäden im Zusammenhang mit Überflutungen, Abfragen Großkunden, Stadtwerke Leipzig, Leipziger Verkehrsbetriebe	2012 - 2016
5	HTWK Leipzig	Aufzeichnungen/ Auswertungen/ Bilder/ Videos im Zusammenhang mit Starkregenereignissen	2002 - 2016

### 3.2 Starkregenanalyse

Da seltene ( $T=10-30a$ ) und außergewöhnliche ( $T>50a$ ) Starkregen i.d.R. hinsichtlich ihrer Ausdehnung örtlich sehr begrenzt sind, ist deren Identifizierung und Abgrenzung nur mit Hilfe von angeeichten Radarmessungen oder einem dichten Meßnetz von Punktniederschlagsschreibern möglich. Für das Stadtgebiet von Leipzig standen für die Auswertung 18 Punktniederschlagsschreiber der Wasserwerke, der Hochschulen und weiterer Institutionen zur Verfügung, die allerdings eine unterschiedliche Datenqualität und Aufzeichnungszeiträume aufwiesen. Die ausgewerteten Niederschlagsereignisse wurden dabei entsprechend der jeweiligen Dauerstufe hinsichtlich ihrer Wiederkehrzeit in den Kontext des zugehörigen Rasterfeldes aus dem KOSTRA-Atlas gesetzt.

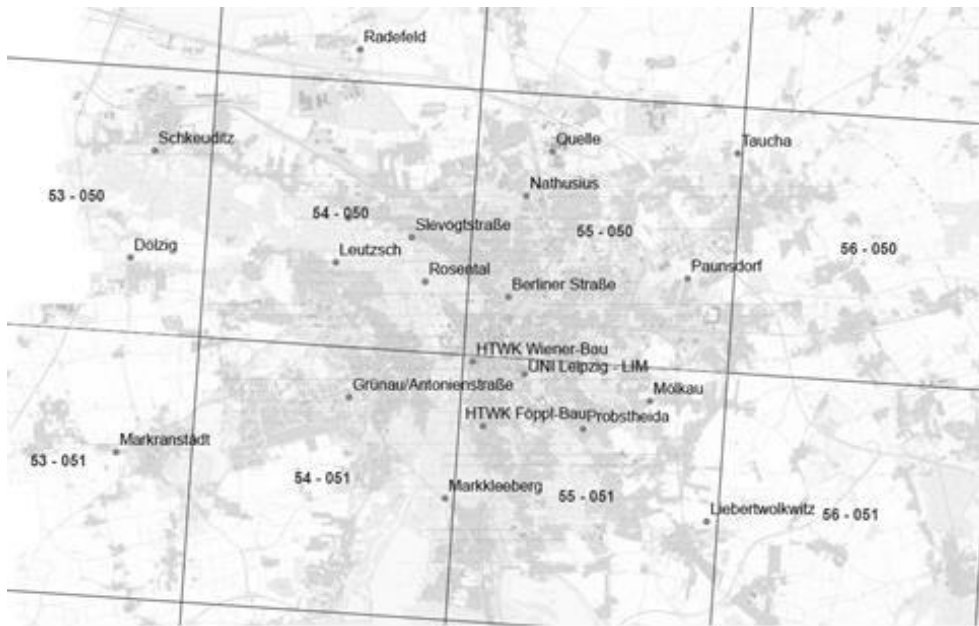


Abbildung 4: Regenschreiber im Kontext zu den KOSTRA-Rasterfeldern

An 10 Regenschreibern konnten 7 Ereignisse ausgewertet werden, bei denen in mindestens einer Dauerstufe die Wiederkehrzeit  $>100$  a betrug.

Tabelle 2: Ausgewertete Starkregenereignisse, bei der mindestens eine ausgewertete Dauerstufe eine Wiederkehrzeit von  $T \geq 100$  a aufwies

	Anz. der RS, die in mindestens einer Dauerstufe ein Ereignis $T \geq 100$ a registriert hatten	max. N in mm	Bei $T \geq 100$ a N in mm/ D in min
08.08.2005	1		25,8mm/ 10min
17.07.2009	2	29,6	28,7mm/10min 26,9mm/5min
22.09.2009	1	25,6	25,6mm/10min
14.08.2011	1	33,1	30,3mm/15min 26,8mm/10min 19,8mm/5min
20.06.2013	3	88,6	88,4mm/6h 87,6mm/4h 82,1mm/1h 74,4mm/45min 56,6mm/30min 40,4mm/20min 32,9mm/15min
29.07.2014	1	58,7	36,8mm/20min
23.07.2015	1	53,5	41,1mm/25min

Ein weiteres Starkregenereignis am 27.7.2016, bei dem große Überflutungsschäden im NW Leipzig entstanden sind, konnte von keinem der Punktniederschlagsschreiber als Niederschlag mit  $T > 100$  a registriert werden. Auswertungen der RADOLAN-Daten ergaben jedoch Niederschlagshöhen bis zu 59 mm/h, was ebenfalls einer Wiederkehrzeit von  $T \geq 100$  a entspricht.

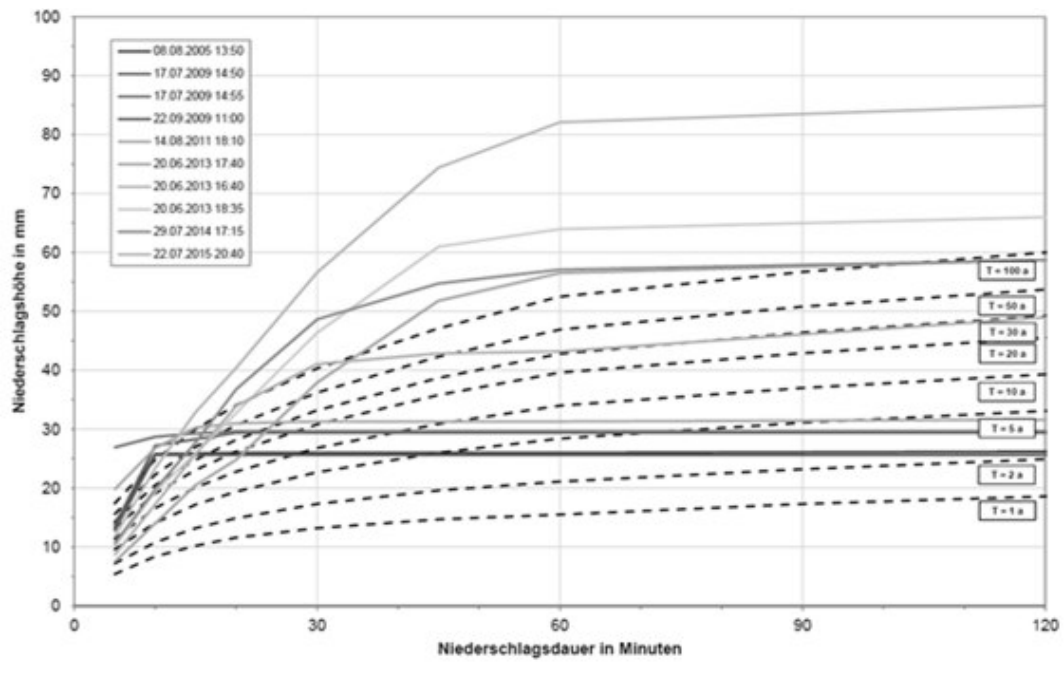


Abbildung 5: Statistische Einordnung ausgewählter Niederschläge  $T \geq 100$  a

Vier Ereignisse lagen weit über der 100-jährigen Darstellung nach KOSTRA-DWD 2010, so dass zusätzlich die Einordnung nach PEN-LAWA 2010 [D] erfolgte. PEN-LAWA (PEN „Praxisrelevante Extremwerte des Niederschlags“) umfasst die Wiederkehrzeiten  $T = 1.000$  a bis  $T = 10.000$  a und die Dauerstufen 15 min bis 75 h.

Das größte, dabei erfasste Niederschlagsereignis fand in Leipzig am 20.06.2013 mit einer Niederschlagshöhe von 88,6 mm über 6h statt.

### 3.3 Schadensanalyse

Für die Erfassung von Schäden aus Überflutungen wurden...

- Feuerwehreinsätze der Branddirektion bei Hilfeleistungen durch Wasserschäden
- Gemeldete Haftpflichtschadensfälle der Wasserwerke
- Gesammeltes Bild-/ Videomaterial der Wasserwerke bei Überflutungen
- Meldungen über Schäden an öffentlichen Einrichtungen bei den Ämtern der Stadt Leipzig
- Bild- /Videomaterial (Youtube) aus dem Internet

... recherchiert und im GIS dargestellt und verlinkt.

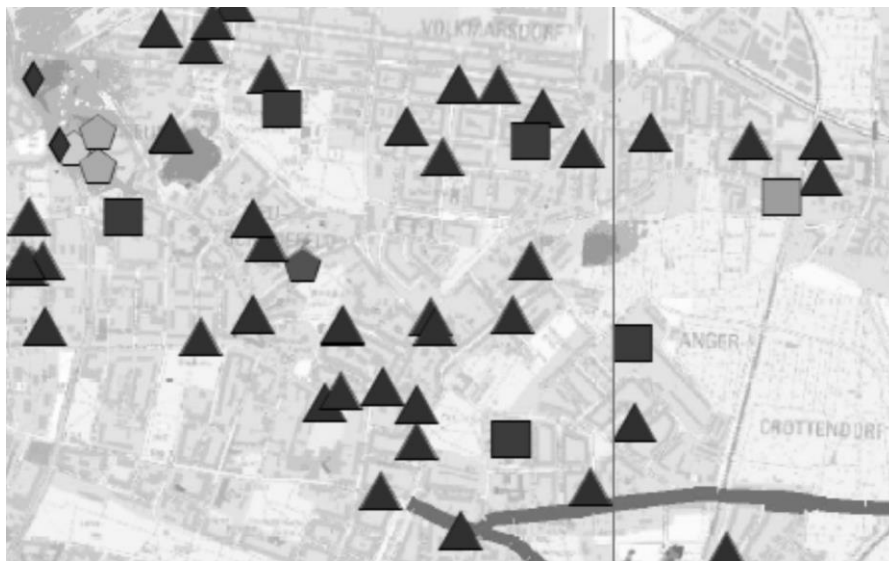


Abbildung 6: Beispiel aus dem GIS – Schadenslayer mit Darstellung von Feuerwehreinsätzen, lokalen Überflutungen des Kanalnetzes, Überflutungsschäden an öffentlichen Einrichtungen etc.

Zur Plausibilitätsprüfung wurden dabei die Schadensmeldungen mit den gemessenen Starkregenereignissen verschnitten. Dabei konnten Korrelationen zwischen den Schadensmeldungen und der zugehörigen Regensumme dargestellt werden. Besonders deutlich wurde dies während des Niederschlagsereignisses am 20.06.2013, sowohl mit den gemeldeten Schadensereignissen, als auch den Feuerwehreinsätzen.

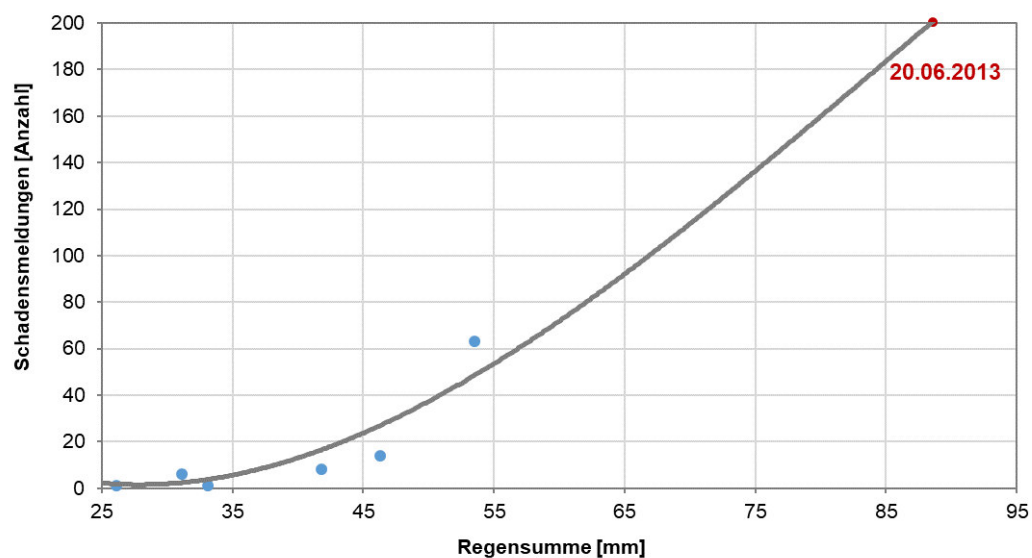


Abbildung 7: Beziehung der Schadensmeldungen zur Regensumme



### 3.4 Überstauanalyse Kanalnetz

Zur Ermittlung potentiell überstaugefährdeter Kanalnetzabschnitte wurde eine Simulation mit Modellregen seltener Häufigkeit ( $T=3$  bis  $T=100a$ ) durchgeführt, um Schwerpunkte von Überstauerscheinungen analysieren zu können. Aus dem Abgleich mit beobachteten Überstauungen und aufgetretenen Schäden aus Überflutungen konnte eine Validierung erfolgen.

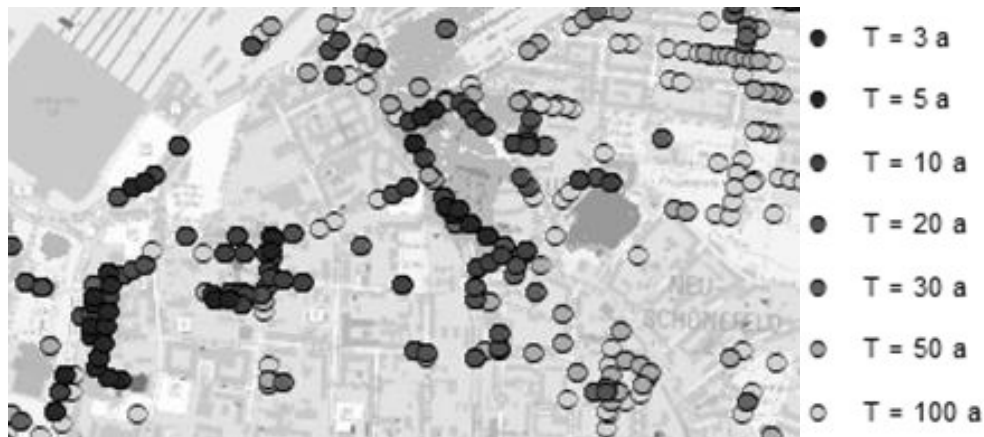


Abbildung 8: Überstaute Schächte bei der Kanalnetzsimulation mit seltenen Starkregen

### 3.5 Aufbau GIS-Projekt

Zur Erfassung und Analyse wurde ein GIS-Projekt mit Hilfe von ARC-GIS aufgesetzt, welches gezielte Auswertungen zulässt und perspektivisch fortgeschrieben werden kann. Eine Erweiterung und Integration der künftigen Simulationsergebnisse, wie auch der Fortschreibung von Schadensfällen ist somit möglich.

Tabelle 3: Layerstruktur des ARC-GIS Projektes

Layer	Inhalt
Regenschreiber	Die Datenbank enthält 14 Regenschreiber mit Lagebezug (x-y-Koordinaten) und Regenschreiberbezeichnung.
Regenschreiber – Wiederkehrzeit $T_{\max}$	Die Verschneidung der Regenschreiber mit den Starkregendaten ermöglicht die Darstellung der größten aufgetretenen Regenereignisse an der jeweiligen Messstelle einschließlich Wiederkehrzeit nach KOSTRA-DWD2010 bzw. PEN-LAWA 2010. Regenschreiber deren Ereignisse die Wiederkehrzeit von 5 Jahren unterschreiten, werden nicht dargestellt.
Aufgetretene Schäden – Schäden durch Starkregen	Dieser Layer enthält die Schadensmeldungen mit den Adressdaten, Objekt-klassse (Schulen, Kindergärten, etc.), dem Datum des Starkregenereignisses sowie weiteren Bemerkungen über die Schadensart.
Aufgetretene Schäden – Feuerwehreinsätze	Das Dataset enthält alle Feuerwehreinsätze in Verbindung mit Starkregen. Es enthält die genaue Adresse sowie das Datum des Einsatzes.
Aufgetretene Schäden – Probleme Straßenentwässerung	Dieser Layer enthält <u>zeitunabhängige</u> Daten. Da keine zeitlichen und detaillierten Angaben zu den Schäden vorliegen, erfolgt die Anzeige über gesamte Straßenzüge bzw. flächig.
Aufgetretene Schäden – Überstaute Schächte	Der Layer enthält das Überstaudatum, die Adresse sowie die Schachtnummer. Bei fehlenden Schachtbezeichnungen erfolgte die Verortung nach den Adressangaben.
Aufgetretene Schäden – Haftpflichtschäden	Der Layer enthält das Datum des Schadenstages sowie Adressdaten.
Überstaute Schächte nach Modell	Enthalten sind die Schachtangaben (Name des Schachtes, Deckel-, Sohl- und Geländehöhen, Kanalart, etc.), Koordinaten der Schächte sowie die überstauten Schächte mit Überstauvolumen und –dauer.
Filme	In diesem Layer sind Links zu recherchierten Videoaufzeichnungen von Starkregenereignissen enthalten.
Fotos	In diesem Layer sind Fotos zu recherchierten von Starkregenereignissen enthalten.
Tiefe der aus dem dgm2 ermittelten Senken	Das Ergebnis der Senkenauswertung wird in diesem Layer dargestellt.
Dichte der Schadenereignisse	Der Layer Punktdichte enthält die Dichteverteilung von Schadensmeldungen, bezogen auf einen Radius von 500 m.
Neigungsklasse gemäß dgm2	Der Layer enthält das Gefälle der Oberfläche, unterteilt in 5 Kategorien.

### 3.6 Beispiele für GIS-Analysen und Auswertungen

Im Folgenden sollen Beispiele für mögliche GIS-Analysen für Plausibilitätsprüfungen und die Auswertung von Schwerpunkten der Überflutungen gezeigt werden. Mit Hilfe einer GIS-Auswertung wird die Dichteverteilung der Schadensmeldungen in ihrer Umgebung bestimmt. Die Anzahl der Punkte, die in der Nachbarschaft liegen werden addiert und durch die Fläche der Nachbarschaft dividiert.

Da es sich bei den Schadensmeldungen um Stichproben handelt, würde sich dementsprechend auch die Dichteverteilung verändern, wenn weitere Meldungen über Schäden hinzugefügt werden.

In Abbildung 9 wird die Punktdichteverteilung für einen Radius von 500 m, ab einer Anzahl von 10 Schadensmeldungen dargestellt. Bei einer Häufung von Problemstellen innerhalb des vorgegebenen Radius von 500 m erfolgt eine intensivere Darstellung der Punktwolke.

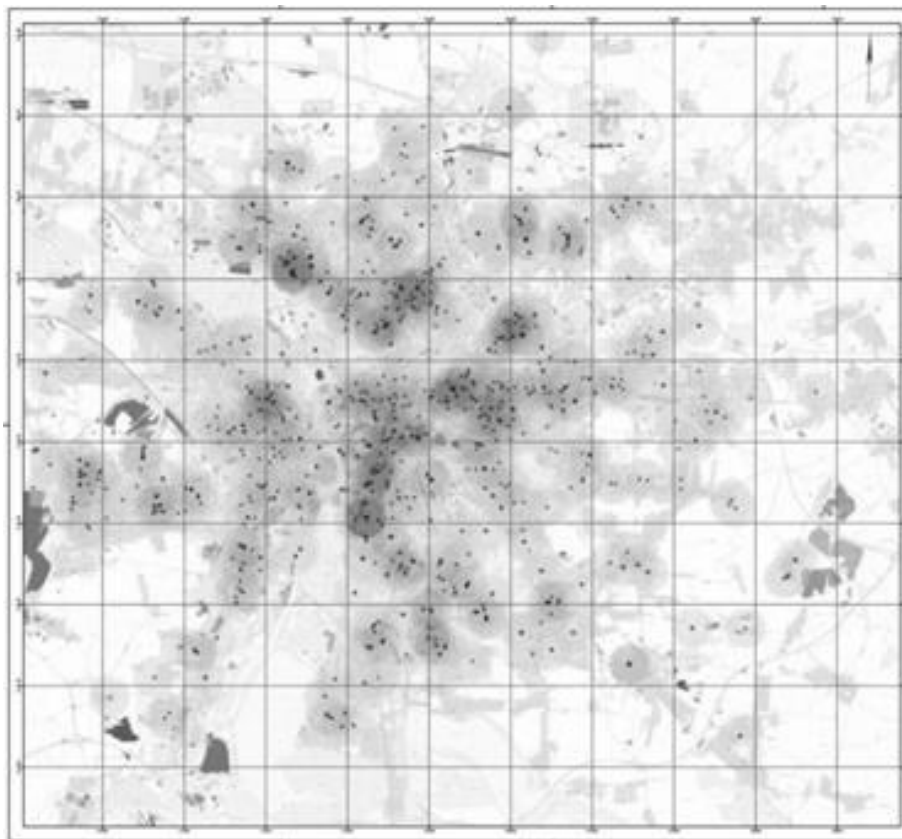


Abbildung 9: Punktdichteverteilung der Schadensmeldungen in einem Radius von 500m im Stadtgebiet von Leipzig

Eine weitere Möglichkeit stellt die GIS-Auswertung hinsichtlich vorhandener Senken dar. Zunächst wird dabei ein Raster mit der Fließrichtung von jeder Zelle zur jeweiligen Nachbarzelle mit der steilsten Neigung erstellt. Anschließend wurden die Senken

in einem Oberflächen-Raster aufgefüllt. Eine Senke ist eine Zelle, deren Fließrichtung keiner der umliegenden Fließrichtungs-Rasterzellen zugewiesen werden kann. Typischerweise sind dies z.B. Bahnunterführungen. Ein gleichzeitiges anschalten der Layer Schadensmeldungen und Bilder/ Video, macht dabei die Plausibilität deutlich.



Abbildung 10: Senkenausbildung und beobachtete Überflutung und gemeldete Schäden am 20.06.2013

### 3.7 Oberflächenabflusssimulation zur Ermittlung der Schwerpunkte von Überflutungen

Nach der Bestandsaufnahme galt es im nächsten Schritt die Schwerpunkte von potentiellen Überflutungen im Rahmen einer Oberflächenabflusssimulation zu ermitteln. Die zu betrachtende Berechnungsgrenze wurde zum Teil über die eigentliche Stadtgrenze hinaus, bis zu den topografisch relevanten Wasserscheiden auf eine Fläche von rund 380km<sup>2</sup> erweitert. Grundlage für die Abflusssimulation auf der Oberfläche bildete das Digitale Geländemodell im 2m-Raster (DGM2). Da eine derartige Datendichte derzeit nicht in einem Paket zu bearbeiten ist, musste zum einen eine Auslichtung der Datenpunkte, z.B. auf ebenen Flächen erfolgen, zum anderen das Gesamteinzugsgebiet in 25 abflussrelevante Teilgebiete untergliedert werden, die im Mittel

eine Fläche von 1500 ha aufweisen. Des Weiteren erfordern Tunnel, Unterführungen etc. eine entsprechende Aufarbeitung des DGM2, um oberflächliche Abflusswege darstellen zu können.

Als Eingangswerte der Niederschlagsbelastung dienten dafür Modellregen mit  $T=100$  a bei einer Stunde Dauer, welche in einen Effektivniederschlag zur Abflussbildung in Abhängigkeit des jeweiligen Befestigungsgrades der Oberfläche umgerechnet wurden. Bis zu 20 unterschiedliche Effektivniederschlags-Modellregen können so als Quelltopfelemente auf der Geländeoberfläche für die differenzierte Abflussbildung dienen.

Die Berücksichtigung der Abflusskonzentration und die Ermittlung der Abflusswege auf der Oberfläche mit den Schwerpunktsflächen der Überflutungen erfolgt mit Hilfe des 2D-Modells HYDRO-AS\_2D, welches eigentlich für den Einsatz zur Abflusssimulation von Fließgewässern entwickelt wurde, aber durch die Implementierung der Flachwassergleichung sich auch für den Einsatz bei der Untersuchung Urbaner Sturzfluten eignet. Damit war es möglich, Schwerpunkte der Überflutung aus der Simulation in den Teileinzugsgebieten (auch animiert) darzustellen.



Abbildung 11: Darstellung der Überflutungssituation bei der Simulation des Oberflächenabflusses während der Grobanalyse

## 4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Durch die in den letzten Jahren stattgefundenen Starkregenereignisse in vielen Orten der Bundesrepublik und die damit verbundenen Schadensereignisse sind die Sensibilität und das Bewusstsein der Bevölkerung dafür gestiegen und damit auch der Handlungsdruck in den Kommunen. Nachhaltige Maßnahmen lassen sich jedoch nur über den Weg einer gründlichen Recherche und Analyse der bisherigen Situation in Kombination mit Simulationsmodellen ableiten und begründen. Die „Flughöhe“ sollte stufenweise verringert und damit der Detaillierungsgrad erhöht werden. Nach der abgeschlossenen Analyse der Überflutungsgefährdung wird deshalb in Leipzig die detaillierte hydraulische Untersuchung von Schwerpunkten unter Berücksichtigung der Wechselwirkung Kanalnetz – Oberflächenabfluss als gekoppeltes Modell erfolgen.

## 5 Literatur

- [A] BWK-Fachinformation 1/2013: Starkregen und urbane Sturzfluten – Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge; 7/2013
- [B] DWA-M 119: Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 2016
- [C] Röder F.-O. (2016): GIS-basierte Analyse von Niederschlagsdaten der Region Leipzig, Masterarbeit Franz-Otto Röder, Mai 2016
- [D] PEN-LAWA 2010: Praxisrelevante Extremwerte des Niederschlags in Deutschland, itwh GmbH, Hannover

## Korrespondenz an:

Prof. Dr.-Ing. Hubertus Milke  
c/o HTWK Leipzig, Karl-Liebknecht-Str. 132, 04277 Leipzig  
Tel.: +49 341 30766230  
Fax: +49 341 30766201  
E-Mail: milke@iws.htwk-leipzig.de