

Auswertung von Smartphone-Aufzeichnungen zur Analyse von Hochwasserereignissen

Jens Brauneck, Robert Jüpner und Jörg Zimmermann (Kaiserslautern)

Zusammenfassung

Obwohl die meisten der klassischen Fernerkundungsverfahren als essentielle Instrumente für das Hochwasserrisikomanagement, als Grundlage für Frühwarnsysteme und die schnelle Kartierung großer Überschwemmungsgebiete etabliert sind, eignen sie sich weniger für die Überwachung hochdynamischer, aber eher kleinräumiger Überschwemmungen und Überflutungen. Stattdessen ist es häufig entscheidend, den Verlauf des Starkregen- bzw. Hochwasserereignisses in seiner kompletten Dynamik auszuwerten. Zu diesem Zweck können herkömmliche Smartphoneaufnahmen (Videos oder Fotos) verwendet werden, die in digitale Oberflächenmodelle eingebaut werden, um entlang einer spezifischen Zeitachse z. B. steigende Wasserstände an einzelnen Punkten im Gelände oder an Gebäuden zu erfassen und quantitativ abzubilden. Im Rahmen dieses Artikels wird die konkrete Anwendung der Methode anhand eines Projektbeispiels erläutert.

Schlagwörter: Hochwasser, Fernerkundung, Smartphone, Überschwemmung, Oberflächenmodelle, Hochwasseranalyse, Starkregen, Photogrammetrie

DOI: 10.3243/kwe2019.11.005

Abstract

Evaluating smartphone recordings to analyse flood events

Even though most traditional remote sensing methods have been established as essential instruments for flood risk management and serve as a basis for early warning systems and rapid mapping of large flooding areas, they are less suited for monitoring highly dynamic but more small-scale flooding and deluge events. Instead, evaluating how heavy rainfall and flooding events unfold as a whole is often key. Traditional smartphone recordings (videos and photos) can be used to this end and be built into digital surface models to map and show quantities along a specific time axis, e.g. rising water levels at individual points or buildings. This article explains the specific use of these methods using one project as an example.

Key words: flood, remote sensing, smartphone, flooding, surface model, flood analysis, heavy rainfall, photogrammetry

1 Einführung

Bei komplexen Hochwasserereignissen, wie sie beispielsweise bei starken Niederschlägen auftreten, reichen die daraus resultierenden maximalen Wasserstände in der Regel nicht aus, um den Entstehungsprozess und resultierende Schäden angemessen zu beschreiben. Hier kann mit Hilfe der Photogrammetrie die dynamische Situation aus digitalen Bildern rekonstruiert werden. Die digitale Bildverarbeitung wird zunehmend eingesetzt, um quantitative Informationen und geometrische Eigenschaften (z. B. Form, Position, Ausrichtung und Veränderung) von Geländeoberflächen und anthropogenen Strukturen abzuleiten. Im Bereich der Vermessung hat sich die digitale Photogrammetrie in den letzten Jahren dynamisch entwickelt und ist zu einer wichtigen Methode für die Modellierung, Analyse und Interpretation von Geodaten geworden. Abhängig von der Art

des Aufzeichnungssystems und der Plattform (luftgestützt oder terrestrisch) können die zu untersuchenden Objekte in ihrer Größe von mikroskopischen Objekten bis hin zu großen künstlichen Strukturen wie Gebäuden, Dämmen, Tunneln oder sogar Landschaften variieren [1]. Digitale Aufnahmen von Smartphones eignen sich grundsätzlich ebenfalls zur Erfassung von 3D-Informationen. Neben der weiten Verbreitung und allgemeinen Verfügbarkeit der Geräte sind das Vorhandensein von GPS-Daten zur Ortung und die meist hohe Auflösung der Kameras weitere Vorteile dieser potenziellen Datenquelle. In Einzelstudien wurde bereits die generelle Eignung der Daten für die Rekonstruktion von Wasserständen mit Hilfe digitaler photogrammetrischer Auswerteverfahren nachgewiesen [2]. Diese softwarebasierten Verfahren gründen allein auf digitalen Bild-

analysen und ermöglichen die Modellierung von dreidimensionalen Punktwolken sowie texturierten Oberflächenmodellen. Im englischen Sprachraum sind sie auch als „dense image matching“ oder „structure from motion“ bekannt [3].

2 Rekonstruktion von Wasserständen anhand von Smartphoneaufnahmen

Das structure from motion-Verfahren basiert im Wesentlichen darauf, dass mit Hilfe einer Abfolge von Algorithmen die Aufnahmepositionen der digitalen Bilder im Raum zunächst relativ zueinander rekonstruiert werden, um daraus dreidimensionale Informationen der betrachteten Oberflächen und Objekte zu generieren. Einzelne, in den Bildaufnahmen registrierte Kontrollpunkte ermöglichen dabei die Erstellung verzerrungsfreier und hochgenauer 3d-Modelle mit Anbindung an übergeordnete Koordinatensysteme und die Weiterverarbeitung in GIS- oder CAD-Umgebungen.

Bei komplexen Überflutungen, wie sie beispielsweise bei Starkniederschlägen auftreten, reichen in der Regel die an Fassaden sichtbaren Maximalwasserstände nicht aus, um den Überflutungsprozess ausreichend präzise und in seinem zeitlichen Verlauf zu beschreiben. Stattdessen ist es häufig sehr hilfreich, den Ereignisverlauf in seiner kompletten Dynamik auszuwerten, da z. B. aus der Kenntnis der Dauer von Maximalwasserständen oder dem Ablaufverhalten des Hochwassers wichtige Informationen für die Risikobewertung und Maßnahmenplanung gewonnen werden können. Wenn während eines Hochwasserereignisses Aufnahmen mit den allgegenwärtigen Smartphones oder Überwachungskameras erstellt werden, kann mit Hilfe dieser Methode der Verlauf und gegebenenfalls die Dynamik des Ereignisses rekonstruiert werden. Das dazu benötigte digitale Oberflächenmodell der Umgebung kann sowohl vorher als auch nach dem Ereignis erstellt werden. Bedingung für eine nachträgliche Aufnahme ist allerdings, dass ausreichend relevante Objektstrukturen erhalten geblieben sind, um übereinstimmende Referenzpunkte auf beiden Zeitscheiben (vor und nach dem Ereignis) ableiten zu können [4]. Bei großflächigen Schäden an umgebenden Gebäudestrukturen wäre diese Methode nur bedingt einsetzbar, da sie stark von dauerhaften Bezugspunkten abhängig ist.

Zu diesem Zweck können herkömmliche Smartphoneaufnahmen in Form von Videos oder Fotos verwendet werden, die nachträglich in digitalen Oberflächenmodellen verortet werden. Dadurch lassen sich Wasseranschlaglinien oder spezifische einzelne Punkte dreidimensional kartieren (Abbildung 1). Wiederholt man diesen Vorgang für eine Vielzahl von Bildern aus unterschiedlichen Zeitintervallen, lässt sich entlang einer spezifischen Zeitachse der Verlauf der Wasserstände in der Fläche rekonstruieren.

Die Vorgehensweise wird nachfolgend an einem konkreten Beispiel erläutert: Das Gelände der Kläranlage Kaiserslautern wurde am 11.06.2018 gegen 15 Uhr durch Starkniederschläge überflutet. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter begannen (auch während der Gefahrenabwehr) selbstständig an verschiedenen Orten auf dem Gelände Fotos und Videos von dem Ereignis zu machen. Die im Nachgang durchgeführte vertiefende Ereignisanalyse ergab, dass die Entstehung der Hochwassersituation sehr komplex war und in mehreren Phasen stattfand. Zunächst wurde das Gebiet um einen Parkplatz in der Nähe des Gewässers überflutet, die Videoaufzeichnungen ermöglichten



Abb. 1: Ausgewertete Beispiele von Smartphoneaufnahmen

die Rekonstruktion der Strömungsrichtungen (s. Abbildung 1 a). Kurz darauf strömte Wasser ca. 100 m stromaufwärts auf das Gelände (Abbildung 1 b). Zusätzlich wurde zufließendes Wasser aus einer Unterführung beobachtet (Abbildung 1 c). Innerhalb kürzester Zeit wurde ein Teil des Geländes überflutet und in der Folge die Betriebsfähigkeit einiger technischer Anlagen, z. B. eines der Blockheizkraftwerke, gefährdet (Abbildung 1 d) [5].

Methodik der Datenauswertung

Um die vorhandenen Daten im Rahmen einer Ereignisanalyse/-nachbereitung auswerten zu können, wurde beschlossen, die vorliegenden Aufnahmen mit Hilfe der digitalen Photogrammetrie auszuwerten. Das dazu benötigte Oberflächenmodell musste in zwei Schritten angefertigt werden. Zuerst wurde eine Multikopter-Befliegung (engl. unmanned aerial vehicle, kurz: UAV) durchgeführt. Geflogen wurde mit einem DJI Phantom 4 professional Multikopter, da aufgrund bestehender Flugreglementierungen bezüglich des Abfluggewichts und der Flughöhe (maximal 30 m) kein größeres UAV eingesetzt werden konnte. Auf dem Betriebsgelände wurden vor der Befliegung Bodenkontrollpunkte eingemessen und markiert.

Aufgrund der eingeschränkten Manövrierbarkeit des UAV auf dem Betriebsgelände, wurden die Gebäudesockel zusätzlich mittels einer Spiegelreflexkamera erfasst. Einzelne Punkte wurden an zuvor ausgewählten Gebäuden markiert, tachymetrisch vermessen und mit digitalen Signaturen versehen, um die Erfassung dieser Punkte in der Software zu beschleunigen. Bei diesem Arbeitsschritt wurden ca. 1200 Einzelbilder erstellt, die später als Grundlage für die Detailmodelle dienen konnten.

Nach der Datenaufnahme wurde zunächst ein digitales Oberflächenmodell (20×20 cm Auflösung) des Betriebsgeländes erstellt. Um eine Rekonstruktion der Wasserstände anhand der Smartphoneaufnahmen im Punktwolkenmodell erstellen zu können, wurde der zugrundeliegende Modellbereich auf die relevanten, weil in den Smartphoneaufnahmen erfassten, Areale des Betriebsgeländes reduziert. Anschließend wurden die nur stellenweise vorhandenen, fehlerhaften Fassadenelemente aus dem UAV-basierten Modell entfernt.

Für die in den Smartphoneaufnahmen identifizierten Gebäudeteile wurden nun einzelne Detailmodelle der Fassaden auf Grundlage der terrestrischen Aufnahmen abgeleitet und referenziert. Im nächsten Schritt wurden zunächst alle Gebäudeteile in einem gemeinsamen Modell vereinigt und zugeschnitten. Das so entstandene detaillierte Gebäudemodell wurde an-

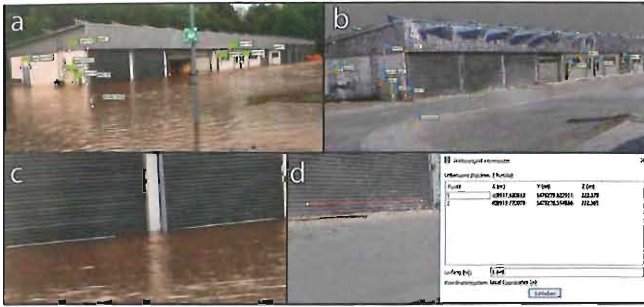


Abb. 2: Rekonstruktion der Szenengeometrie am Beispiel der Lagerhalle

schließlich in das UAV-basierte Modell integriert. Das zur Rekonstruktion der Szenengeometrie der Smartphoneaufnahmen benötigte Umgebungsmodell besteht aus ca. 214 Millionen Einzelpunkten, die insbesondere entlang der wichtigsten Gebäudefassaden eine wesentlich höhere Punktdichte und Lagegenauigkeit aufweisen, als das UAV-basierte Modell allein.

Nach einer Auswertung des vorliegenden Foto- und Videomaterials wurden 54 digitale Aufnahmen für die Rekonstruktion der jeweiligen Szenengeometrien ausgesucht. Die ausgewählten Bilder konnten durch Passpunkte, die sowohl im Modell als auch im Bild eindeutig sichtbar sind, nachträglich im Punktwolkenmodell verortet werden. Als Passpunkt kann jede eindeutige Information entlang von oder an Gebäuden dienen. So bieten sich besonders Tür- und Fensterrahmen, sichtbare Fugen oder kontrastreiche technische Bauteile als Passpunkte an (siehe Abbildungen 2 a und b).

Die im Modell markierten Punkte müssen ebenfalls im einzelnen Bild markiert werden. Sobald mindestens vier Passpunkte aktiv sind, also korrekt zugeordnet werden konnten, kann das Bild innerhalb des Modells korrekt ausgerichtet werden. Um die Lagegenauigkeit des Bildes zu erhöhen, hat sich eine Mindestanzahl von sechs Passpunkten pro Bild als zielführend erwiesen. Da das nachträglich eingepasste Bild nicht hin-

sichtlich übereinstimmender (homologer) Punkte untersucht wurde, wird zunächst keinerlei Punktinformation in das Modell übertragen (s. Abbildung 2 a). Allerdings kann im ausgerichteten Bild die dreidimensionale Information des hinterlegten Modells durch die rekonstruierte Blickrichtung abgefragt werden, da eine räumliche Kongruenz – also eine Deckungsgleichheit – von Bildpunkten und Gebäudemodell vorliegt.

Markiert man nun im Bild einen Punkt, der ebenfalls im Modell vorhanden ist, wird dessen Lage- und Höheninformation aus dem Punktwolkenmodell abgerufen. Kartiert man mittels einer 2-Punkt-Vektorzeichnung auf der Bildgrundlage beispielsweise Wasseranschlagslinien, werden diese ebenfalls auf Modellpunkte abgebildet und bekommen deren xyz-Information als Lageinformation übertragen (s. Abbildungen 2 c und d). Zusätzlich können Attribute vergeben werden, z. B. ein Zeitintervall oder eine Gebäudebezeichnung.

Ergebnisse der Auswertung

Die Smartphoneaufnahmen wurden anhand ihres Aufnahmezeitpunkts einem von insgesamt 14 Zeitintervallen zugeordnet (s. Tabelle 1). Mit der Übernahme von Passpunkten aus dem digitalen Umgebungsmodell in Bilder und Videos war es somit für jedes Intervall möglich, durch den Vektorcharakter der Wasserstandslinien sowohl eine Höhe über NN als auch die Lage in Form von Koordinaten auszugeben. Dies ermöglicht somit durch Interpolation für beliebige Punkte innerhalb des Modells eine gemittelte Überflutungshöhe zu jedem Zeitpunkt des Ereignisses zu generieren.

Die erstellten Koordinaten der Vektordaten wurden in einem nächsten Schritt pro Liniensegment gemittelt und pro Intervall wurde ebenfalls ein gemittelter Höhenwert abgeleitet und dessen Standardabweichung berechnet (Tabelle 1). Die Anzahl der kartierten Segmente bezeichnet die Anzahl an Anschlagslinien, die pro Intervall kartiert werden konnten. Delta t gibt an, wieviel Zeit seit Beginn des ersten Intervalls vergangen ist.

Name	Gem.Uhrzeit	m ü. NN	Dauer_min	delta_t	Segmente
Int 01	15:15	221,95	3	0	1
Int 02	15:21	222,18	1	0:06	6
Int 03	15:27	222,38	2	0:12	11
Int 04	15:34	222,48	1	0:19	9
Int 05	15:55	222,62	3	0:40	15
Int 06	15:59	222,64	4	0:44	25
Int 07	16:04	222,65	3	0:49	14
Int 08	16:08	222,64	4	0:53	31
Int 09	16:20	222,5	8	1:05	17
Int 10	16:37	222,41	1	1:22	13
Int 11	16:42	222,39	1	1:27	6
Int 12	17:51	221,87	1	2:36	9
Int 13	18:03	221,85	1	2:48	10
Int 14	18:14	221,84	2	2:59	12

Tabelle 1: Zeitliche Wasserstandsbeziehungen im Überflutungszeitraum für einen ausgewählten Fassadenpunkt

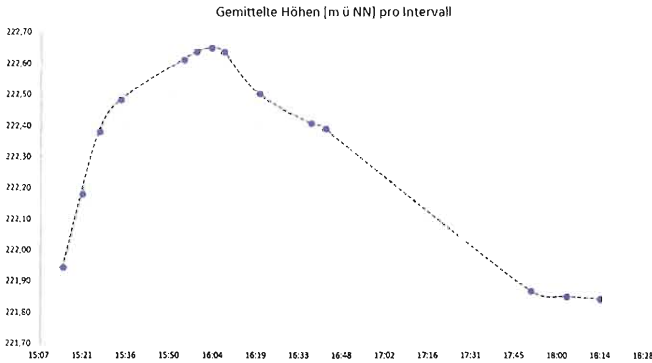


Abb. 3: Wasserstandsverlaufslinie über gemittelte Höhen und Uhrzeit

Intervall 07 gibt mit gemittelten Werten den höchsten Wasserstand von 222,65 m ü. NN aus (Tabelle 1). Allerdings ist der angegebene Wasserstand pro Zeitintervall nicht konstant über die gesamte Überflutungsfläche anzunehmen. Abgesehen von dem Rückstau, der sich infolge der Verkläuerung einer Fußgängerbrücke ergeben hat, kann von einem ungehinderten Abfluss der Wassermassen vom Betriebsgelände ausgegangen werden. Der Verlauf der Überflutung im Stil einer Ganglinie auf Grundlage von Tabelle 1 wird in Abbildung 3 dargestellt. Sie kann vom Verlauf her als Anhaltswert für die Hochwasserganglinie auf dem Betriebsgelände betrachtet werden. Eine Darstellung von Verlaufslinien an verschiedenen Stellen (z. B. an den beschriebenen markanten Punkten) ermöglicht die Bewertung der Dynamik und somit der Verdichtung der Informationen für repräsentative Bereiche. Im konkreten Fall ergaben sich sehr ähnliche bzw. gleiche Werte für den am stärksten betroffenen südlichen Teilbereich der Kläranlage, daher ist Abbildung 3 repräsentativ für die untersuchte Fläche.

Die blauen Punkte beschreiben die insgesamt 14 Zeitintervalle, also feste Größen der Überflutung in Form von ermittelten Wasserständen. Der Beginn des ersten Intervalls um 15:15 Uhr wird durch die ersten Smartphoneaufnahmen definiert. Innerhalb von 19 Minuten steigt der Wasserstand um 53 cm, der maximale Wasserstand wird um 16:04 Uhr erreicht. In Verbindung mit der geringen Vorwarnzeit eines Starkregenereignisses birgt das plötzliche Eintreten der Überflutung hohe potenzielle Risiken. Die Vorbereitungszeit auf eine solche Überflutung ist generell sehr gering und das Ergreifen entsprechender Maßnahmen, bevor Schäden auftreten, ist dementsprechend schwierig. Diese Situation war auch auf dem betroffenen Gelände der Kläranlage zu erkennen. Ein weiteres charakteristisches Merkmal der Wasserstandsverlaufslinie stellt der langsamere Rückgang des Wasserstandes nach 16:10 Uhr dar. Die Ausbildung der Kurve beschreibt besonders im Zeitraum von 16:20–17:50 Uhr einen kontinuierlichen Abfluss in das nahe-

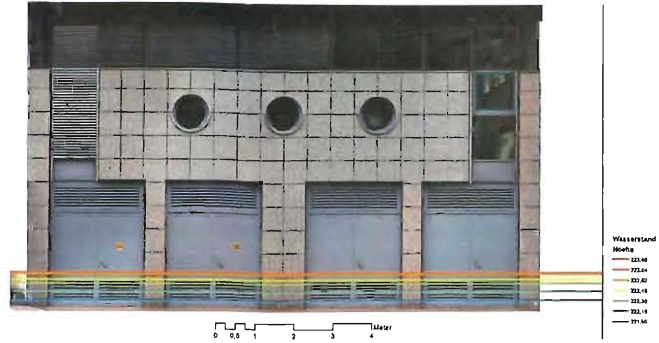


Abb. 4: Detailliertes Orthophoto einer Gebäudefassade mit gemittelten Wasserstandshöhen

gelegene Fließgewässer. Von da an blieben etwa 300 m³ Wasservolumen über einen längeren, nicht identifizierbaren Zeitraum auf der Bezugsfläche erhalten. Diese sind nicht wieder direkt über die Oberfläche in das Gewässer abgefließen, sondern nach und nach über die Entwässerungssysteme der Kläranlage. Es handelt sich dabei um Ansammlungen von Fluss- und Niederschlagswasser in größeren Senken hinter der vorhandenen Uferlinie.

Generell sind alle Daten in dreidimensionalen Umgebungs- und Oberflächenmodellen mit aufgenommenen Überflutungscharakteristika als auch der berechneten Hochwasserganglinien in Gänze konsistent. Der höchste Wasserstand auf referenzierten Fassadenaufnahmen wurde mit einer Überflutungskarte und die durch den Betreiber der Kläranlage punktuell kartierten Wasserständen abgeglichen. Sie zeigen im zentralen Bereich, in dem viele Aufnahmen im Nahbereich entstanden sind, nahezu keine Abweichung (0–10 cm). Je weiter entfernt das Gebäude zum Zeitpunkt der Aufnahme war und je geringer die resultierende Auflösung, desto ungenauer ist folglich auch die Verortung der Anschlaglinie erfolgt. Im Bereich der Zulaufhalle, die im Abstand von ca. 80 m aufgenommen wurde, entstehen Abweichungen zwischen 11 und 15 cm. Die maximale Abweichung zwischen modellierten Höhen und kartierten Höhen finden sich in den nicht durch digitale Aufnahmen erfassten Bereichen und liegen bei ca. 20 cm. Die Plausibilität der Ergebnisse ist unter Berücksichtigung der Fließdynamik als gegeben einzuschätzen.

Potenzial der vorgestellten Methodik für die wasserwirtschaftliche Praxis

Die Detailaufnahmen der Fassaden und Gebäudesockel können als ein weiteres Ergebnis der Untersuchungen verwendet werden. Da es mit Hilfe der Photogrammetriesoftware möglich ist, referenzierte Orthophotos für sämtliche Gebäudeansichten zu

Wasser - Verkehr - Umwelt

Ihr Partner bei Hochwasservorsorge und Starkregenmanagement

Beratung - Studien - Planung - Bauüberwachung

FICHTNER

WATER & TRANSPORTATION

Stuttgart - Freiburg - München
Essen - Leipzig - Berlin - Hamburg

www.fwt.fichtner.de

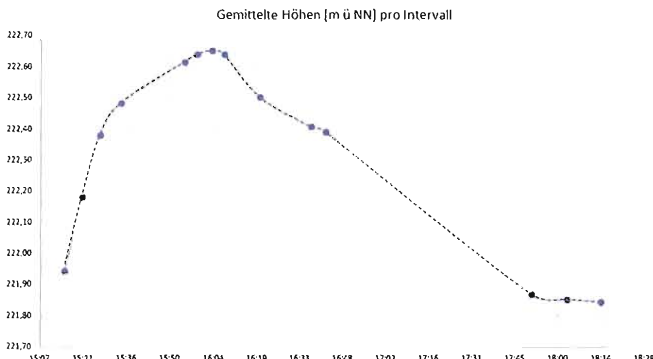


Abb. 3: Wasserstandsverlaufslinie über gemittelte Höhen und Uhrzeit

Intervall 07 gibt mit gemittelten Werten den höchsten Wasserstand von 222,65 m ü. NN aus (Tabelle 1). Allerdings ist der angegebene Wasserstand pro Zeitintervall nicht konstant über die gesamte Überflutungsfläche anzunehmen. Abgesehen von dem Rückstau, der sich infolge der Verkläuserung einer Fußgängerbrücke ergeben hat, kann von einem ungehinderten Abfluss der Wassermassen vom Betriebsgelände ausgegangen werden. Der Verlauf der Überflutung im Stil einer Ganglinie auf Grundlage von Tabelle 1 wird in Abbildung 3 dargestellt. Sie kann vom Verlauf her als Anhaltswert für die Hochwasserganglinie auf dem Betriebsgelände betrachtet werden. Eine Darstellung von Verlaufslinien an verschiedenen Stellen (z. B. an den beschriebenen markanten Punkten) ermöglicht die Bewertung der Dynamik und somit der Verdichtung der Informationen für repräsentative Bereiche. Im konkreten Fall ergaben sich sehr ähnliche bzw. gleiche Werte für den am stärksten betroffenen südlichen Teilbereich der Kläranlage, daher ist Abbildung 3 repräsentativ für die untersuchte Fläche.

Die blauen Punkte beschreiben die insgesamt 14 Zeitintervalle, also feste Größen der Überflutung in Form von ermittelten Wasserständen. Der Beginn des ersten Intervalls um 15:15 Uhr wird durch die ersten Smartphoneaufnahmen definiert. Innerhalb von 19 Minuten steigt der Wasserstand um 53 cm, der maximale Wasserstand wird um 16:04 Uhr erreicht. In Verbindung mit der geringen Vorwarnzeit eines Starkregenereignisses birgt das plötzliche Eintreten der Überflutung hohe potenzielle Risiken. Die Vorbereitungszeit auf eine solche Überflutung ist generell sehr gering und das Ergreifen entsprechender Maßnahmen, bevor Schäden auftreten, ist dementsprechend schwierig. Diese Situation war auch auf dem betroffenen Gelände der Kläranlage zu erkennen. Ein weiteres charakteristisches Merkmal der Wasserstandsverlaufslinie stellt der langsamere Rückgang des Wasserstandes nach 16:10 Uhr dar. Die Ausbildung der Kurve beschreibt besonders im Zeitraum von 16:20–17:50 Uhr einen kontinuierlichen Abfluss in das nahe-

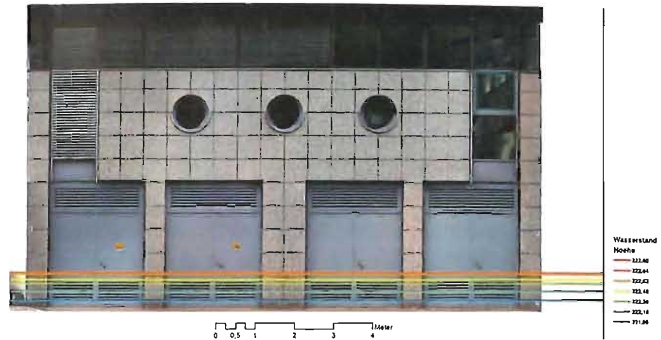


Abb. 4: Detailliertes Orthophoto einer Gebäudefassade mit gemittelten Wasserstandshöhen

gelegene Fließgewässer. Von da an blieben etwa 300 m³ Wasservolumen über einen längeren, nicht identifizierbaren Zeitraum auf der Bezugsfläche erhalten. Diese sind nicht wieder direkt über die Oberfläche in das Gewässer abgefließen, sondern nach und nach über die Entwässerungssysteme der Kläranlage. Es handelt sich dabei um Ansammlungen von Fluss- und Niederschlagswasser in größeren Senken hinter der vorhandenen Uferlinie.

Generell sind alle Daten in dreidimensionalen Umgebungs- und Oberflächenmodellen mit aufgenommenen Überflutungscharakteristika als auch der berechneten Hochwasserganglinien in Gänze konsistent. Der höchste Wasserstand auf referenzierten Fassadenaufnahmen wurde mit einer Überflutungskarte und die durch den Betreiber der Kläranlage punktuell kartierten Wasserständen abgeglichen. Sie zeigen im zentralen Bereich, in dem viele Aufnahmen im Nahbereich entstanden sind, nahezu keine Abweichung (0–10 cm). Je weiter entfernt das Gebäude zum Zeitpunkt der Aufnahme war und je geringer die resultierende Auflösung, desto ungenauer ist folglich auch die Verortung der Anschlaglinie erfolgt. Im Bereich der Zulaufhalle, die im Abstand von ca. 80 m aufgenommen wurde, entstehen Abweichungen zwischen 11 und 15 cm. Die maximale Abweichung zwischen modellierten Höhen und kartierten Höhen finden sich in den nicht durch digitale Aufnahmen erfassten Bereichen und liegen bei ca. 20 cm. Die Plausibilität der Ergebnisse ist unter Berücksichtigung der Fließdynamik als gegeben einzuschätzen.

Potenzial der vorgestellten Methodik für die wasserwirtschaftliche Praxis

Die Detailaufnahmen der Fassaden und Gebäudesockel können als ein weiteres Ergebnis der Untersuchungen verwendet werden. Da es mit Hilfe der Photogrammetriesoftware möglich ist, referenzierte Orthophotos für sämtliche Gebäudeansichten zu

Wasser - Verkehr - Umwelt

Ihr Partner bei Hochwasservorsorge und Starkregenmanagement

Beratung - Studien - Planung - Bauüberwachung

FICHTNER

WATER & TRANSPORTATION

Stuttgart - Freiburg - München
Essen - Leipzig - Berlin - Hamburg
www.fwt.fichtner.de

generieren, können diese z. B. in GIS- oder CAD-Anwendungen mit den ermittelten Wasserstandshöhen verknüpft werden (s. Abbildung 4). Änderungen an Gebäudeöffnungen oder technische Installationen können in diesem Rahmen auf Hochwassersicherheit überprüft werden, ohne ein komplexes 3d-Modell bedienen zu müssen.

Aus Betreibersicht eröffnet dieses Verfahren neue Möglichkeiten der Ereignisanalyse und Schutzmaßnahmenbewertung, die bislang nicht verfügbar waren. Die in der heutigen Zeit nach Schadensereignissen häufig verfügbaren Foto- und Videodokumentationen werden in die Erarbeitung der ingenieurtechnischen Lösungen eingebunden. Es lassen sich durch die neuartigen Verknüpfungen von dreidimensionalen Informationen und Gebäudeaufnahmen (s. Abbildung 4) unterschiedliche Darstellungsmöglichkeiten ableiten, die einerseits selbstständig der Gefährdungseinschätzung, der Bewertung von Lösungsoptionen sowie zunächst auch der Verifizierung von hydraulischen Berechnungen dienen können, da häufig keine geeigneten Pegelmessungen vorliegen.

3 Fazit

Die aktuellen Fortschritte in der Multikopter-Technologie und Bildverarbeitung sowie der breite Einsatz von Smartphones schaffen neue Datenbestände und langfristig neue Anwendungsmöglichkeiten, die die Erfassung von Oberflächeninformationen in Form von hochpräzisen dreidimensionalen digitalen Modellen beschleunigen und vereinfachen. Einzelne Bilder, auch von unterschiedlichen Aufnahmesystemen, können durch Rekonstruktion der Szenengeometrie in ein solches Modell integriert werden, auch wenn sie nicht gleichzeitig erstellt wurden. So können beispielsweise Veränderungsanalysen erstellt werden, die Prozesse oder spezifische Entwicklungen entlang einer Zeitachse erfassen und abbilden. Bei der Analyse des hier ausgewerteten Hochwasserereignisses in Kaiserslautern wird deutlich, dass der systematische Einsatz von Smartphoneaufzeichnungen und den daraus resultierenden 3D-Informationen zur Überwachung und Aufzeichnung einzelner Gefahren- und Schadensbereiche ein großes Potenzial zur Datenerfassung von Schadensereignissen, insbesondere bei Überflutungen im urbanen Bereich, hat. Darüber hinaus ermöglicht diese Methode die

gezielte Dokumentation der räumlich-zeitlichen Dynamik von Hochwasserereignissen und deren Vergleich mit bestehenden Modellierungsansätzen für weiterführende Forschungsvorhaben.

Literatur

- [1] I. Colomina, P. Molina: *Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review*, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 92, 2014, S. 79–97
- [2] M. Kohv, E. Sepp, L. Vammus: *Assessing multitemporal water-level changes with uav-based photogrammetry*, Photogram Rec., 32-2019: 424–442. doi:10.1111/phor.12214
- [3] J. Brauneck, R. Pohl, R. Jüpner: *Experiences of using UAVs for monitoring levee breaches*, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 46, 2019-1
- [4] L. Griesbaum, S. Marx, B. Höfle: *Direct local building inundation depth determination in 3-D point clouds generated from user-generated flood images*, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 17-2017, 1191–1201
- [5] J. Zimmermann, Y. Ackermann: *Überflutungsvorsorge für die Zentralkläranlage Kaiserslautern*. WasserWirtschaft, 12-2019, Springer Professional

Autoren

Dr. Jens Brauneck
 Prof. Dr. Robert Jüpner
 Technische Universität Kaiserslautern
 Fachbereich Bauingenieurwesen
 Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft
 Paul-Ehrlich-Straße 14
 67663 Kaiserslautern

E-Mail: jens.brauneck@bauing.uni-kl.de

Dipl.-Ing. Jörg Zimmermann
 Stadtentwässerung Kaiserslautern
 Anstalt des öffentlichen Rechts der Stadt Kaiserslautern
 (STE AöR)
 Blechhammerweg 50
 67659 Kaiserslautern



Beilagenhinweis



Bitte beachten Sie die Beilage in dieser Ausgabe

- Leibniz Universität Hannover, 30167 Hannover
- Studiengangsflyer