Robert Jüpner, Jens Brauneck und Reinhard Pohl

Einsatz von Drohnen im Hochwasserfall – Erfahrungen und Ideen

Bei großen Hochwasserereignissen sind die technischen Schutzanlagen einer besonderen Belastung ausgesetzt und können versagen. Die Einsatzkräfte benötigen daher umfassende und belastbare Informationen zum Schadensbild oder bereits eingetretenen Schaden, um angemessen reagieren zu können. Drohnen bzw. unbemannte Luftfahrzeuge sind mittlerweile durch eine beeindruckende technische Entwicklung in hohem Maße geeignet, auch in für Einsatzkräfte nicht zugänglichen Bereichen schnelle und präzise Informationen zu gewinnen sowie zu übertragen. Anhand des Deichbruchs bei Breitenhagen an der Saalemündung in die Elbe im Juni 2013 wird beispielhaft eine Vorgehensweise illustriert, mit der aufbereitete Informationen aus einer Multikopterbefliegung in ein hydrodynamisches Modell übertragen werden.

1 Hintergrund

Bei den vergangenen großen Hochwasserereignissen in Deutschland ist es mehrfach zu Deichbrüchen gekommen, die zu einer Gefahr für Leib und Leben der von der resultierenden Überflutung des Hinterlandes betroffenen Menschen geführt haben [1]. In einem solchen Katastrophenfall ist es für die Einsatzkräfte von entscheidender Bedeutung, schnelle und vor allem präzise Informationen zu den absehbaren Folgen und damit dem voraussichtlichen Schadensumfang zu erhalten. Effizienz und Effektivität von Katastrophenabwehrmaßnahmen sind daher unmittelbar abhängig von der Qualität der Informationen über die Schadensursache (z. B. Deichbruch) und die daraus resultierenden Folgen. Ein weiterer Aspekt der Arbeit der Katastrophenschutzkräfte besteht in der kontinuierlichen Beobachtung und Überwachung von Schadstellen an technischen Hochwasserschutzanlagen. Beispielhaft sei hierzu eine Rutschung der luftseitigen Böschung des rechten Elbe-Hauptdeiches ca. 5 km unterstrom von Fischbeck im Juni 2013 erwähnt (**Bild 1**). Diese große Böschungsrutschung kann die sichtbare Ankündigung eines versagenden Deiches sein – jedoch blieb der Zustand über mehrere Tage stabil und es kam hier nicht zum vollständigen Deichbruch.

Die o. g. Schäden bzw. Schadensbilder treten häufig an Stellen auf, die nur begrenzt zugänglich sind [2]. Daher müssen geeignete Instrumente gefunden und praktisch eingesetzt werden, um eine ausreichende Datengrundlage für eine Folgenabschätzung bzw. Modellierung zu gewinnen. Zudem ist eine permanente Beobachtung der Situation unverzichtbar, da z. B. ein Deichbruch üblicherweise temporär veränderlich ist. In der Praxis des Hochwasser-Katastropheneinsatzes kommen verschiedene Messsysteme für die o. g. Überwachungsaufgaben zum Einsatz: neben herkömmlichen terrestrischen Aufnahmesystemen werden zunehmend luftgestützte Technologien verwendet [3].

Im Hochwasserfall sind dabei zwei grundsätzliche Fälle zu unterscheiden:

- Die Überwachung von Schadstellen, bei denen Indizien für (negative) Zustandsänderungen erkannt werden müssen (Rutschungen, Wasseraustritte etc.).
- Die Dokumentation von dynamischen Schadensprozessen (z. B. Deichbrüchen), um daraus relevante Informationen für die Lagebeurteilung und Lageentwicklung ableiten zu können (Entwicklung der Breschenbreite, Fließgeschwindigkeit etc.).

In der Praxis des Katastrophenschutzes kommen bei großen Hochwasserereignissen vorrangig klassische Aufnahmesysteme, wie z. B. terrestrische Vermessungen

Bild 1: Böschungsrutschung bei Hohengöhren am rechten Elbdeich (Quelle: Jüpner, 2013)

bzw. bei schwer zugänglichen Bereichen oder großflächigen Schadenslagen Hubschrauber zum Einsatz. Unbemannte Systeme zur fluggestützten Fernerkundung (engl.: unmanned aerial vehicles, UAV, oder remotely piloted aircraft systems, RPAS) können hier eine wertvolle Ergänzung in Bezug auf Schnelligkeit und Qualität der Informationsbeschaffung sein [4].

2 Informationsbeschaffung mittels Drohnen und Datenauswertung

Jüngste Entwicklungen sowohl im Bereich der digitalen Bildverarbeitung als auch in der Multikoptertechnologie bieten neue Möglichkeiten für die luftgestützte Erfassung von Objekt- und Geländeinformationen. Gerade für Untersuchungen im Katastrophenfall eignen sich Multikopter im besonderen Maße, die, je nach Fragestellung, mit unterschiedlichen Aufnahmesystemen bestückt werden können. Neben den herkömmlichen Möglichkeiten der Auswertung von Luftbildern und der Anfertigung von Orthofotos existiert das Verfahren der digitalen Photogrammmetrie, das sich mit der lagegetreuen Erfassung und Vermessung von Oberflächen sowie Objekten auf Grundlage konventioneller Bildaufnahmen beschäftigt. Während die klassische Vermessung nur einzelne markante Punkte registriert und damit Strukturen vereinfacht sowie statisch abbildet, bietet die digitale Photogrammetrie analog zum Laserscanning die Möglichkeit, nahezu beliebig viele Lagepunkte pro Objekt zu erfassen. Dieses Verfahren ermöglicht die Modellierung von 3-D-Punktwolken und texturierten Oberflächenmodellen und ist im Englischen als „structure from motion“ oder auch als „dense image matching“ bekannt. Dabei werden sich in der Perspektive unterscheidende Bildsequenzen in einer Softwareumgebung analysiert und zueinander passende Bilder zugeordnet. Daraus kann sowohl die Kameraposition im Raum abgeleitet als auch die relative Orientierung korrespondierender Merkmalspunkte im Raum errechnet werden. Durch in den Aufnahmen aufgezeichnete Kontroll- oder Passpunkte können diese Modelle georeferenziert werden und erlangen so ihre absolute Orientierung. Der Ablauf der Prozessierung ähnelt sich bei den verfügbaren Softwareprogrammen und unterscheidet sich im Wesentlichen nur dadurch, wie stark der Anwender in die Parameter selbst eingreifen kann [5].

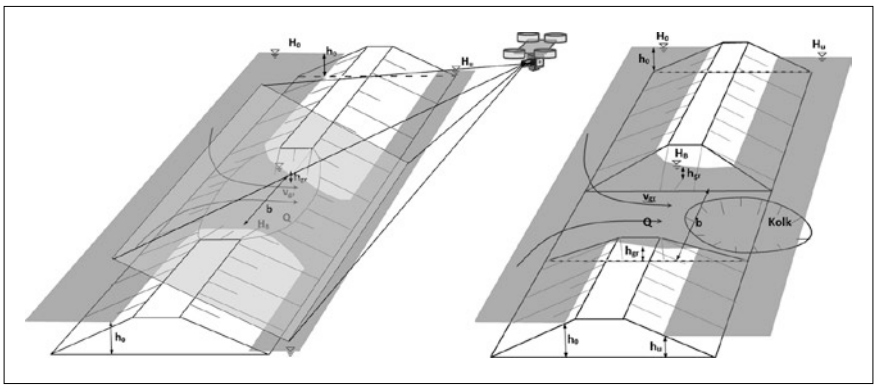

Bild 2: Deichüberströmung: links: kleinere Bresche zu Beginn des Vorganges; rechts: mit großer Bresche und Kolk sowie höherem Binnenwasserstand nach längerer Durchströmung (Quelle: Pohl)

Die Vorteile der UAV-gestützten photogrammetrischen Verfahren insbesondere gegenüber flugzeuggestützten Luftbildaufnahmen und klassischen Vermessungsmethoden liegen in der kosteneffizienten sowie flexiblen Durchführung der Befliegung, die keiner Vorbereitung bedarf und somit auch einen sehr effektiven Einsatz im Katastrophenfall ermöglicht. Den Vorteilen stehen Einschränkungen bei schlechter Beleuchtung und bei schlechter Witterung (vor allem bei hohen Windstärken) gegenüber. Für photogrammetrische Aufnahmen spielt es zunächst keine Rolle, welches Flugsystem eingesetzt wird. Allerdings sind Kameraobjektive mit Festbrennweite zu bevorzugen und extreme Weitwinkel und Fischaugenobjektive zu vermeiden.

Grundsätzlich können die unbemannten Flugsysteme in Multikopter und Flächenflieger (Modellflugzeuge) unterteilt werden. Die längeren Flugzeiten und damit verbundene größere Flächenaufnahmen werden bei den Flächenfliegern erreicht, allerdings benötigen diese auch immer eine Landezone. Multikopter können punktuell starten sowie landen und bieten

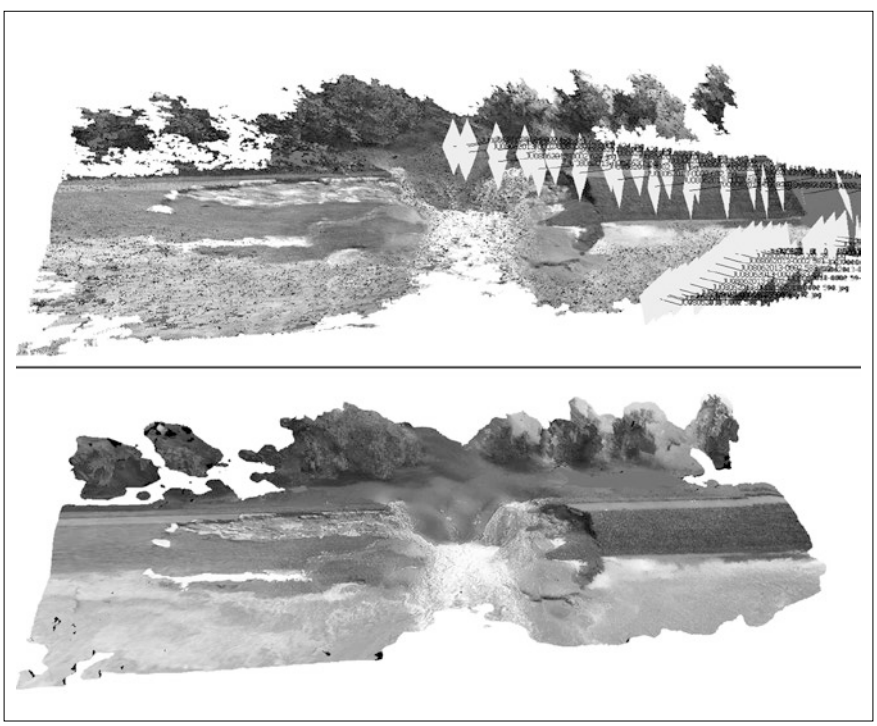

Bild 3: oben: Punktwolkenmodell mit berechneten Kamerapositionsangaben (blaue Flächen), unten: texturiertes Oberflächenmodell (Quelle der Videoaufnahme: LAW Sachsen-Anhalt)

sich für die Stationierung über einem zu beobachtenden Areal an (als sogenannte Luftnagel). Zurzeit liegen die Flugzeiten bei etwa 15 bis 25 Minuten pro Akkuladung.

In Deutschland ist der Einsatz von unbemannten Luftfahrtsystemen über die Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO) geregelt. Nach § 16 Abs. 1 Nummer 7 LuftVO bedarf jeder Aufstieg von unbemannten Luftfahrtsystemen einer Erlaubnis. Allerdings kann unter Beachtung der jeweiligen Auflagen für jedes Bundesland eine allgemeine Aufstiegserlaubnis eingeholt werden. Die Vergabe der Erlaubnis ist für kommerzielle und private Flüge mit dem Abschluss einer speziellen Luftfahrt-Haftpflichtversicherung verbunden. Aufgrund des vorgeschriebenen Betriebs auf Sicht gelten Beschränkungen für den erlaubten Betriebsradius von 400 m um den Steuerer herum.

3 Erforderliche Daten und hydromechanische Überlegungen

Für die nachträgliche Auswertung und Bewertung von Deichbrüchen sowie für die operativen Maßnahmen im Hinterland während des Deichbruches ist die Kenntnis der Fließgeschwindigkeit und des Durchflusses von entscheidender Bedeutung. Mit diesen Werten können bei bekannter Morphologie des Polders bzw. Hinterlandes und bei bekannten Entlastungsmöglichkeiten die Ausbreitung des Wassers und der Wasserspiegelanstieg abgeschätzt werden. Um die dafür notwendige Durchflussberechnung durch die Deichbresche vornehmen zu können, müssen die sich während des Ereignisses instationär ändernden Abmessungen der Bresche und die Abflussverhältnisse im Oberwasser (Fluss, See, Meer) sowie im Unterwasser (Polder, Hinterland, ggf. mit Entlastungsmöglichkeiten, Siel, Schöpfwerk) bekannt sein. Für Nachrechnungen können aus den Beobachtungswerten und Abmessungen der Bresche die hydraulischen Vorgänge meist einigermaßen rekonstruiert werden, zumal dann Vergleichswerte aus dem gesamten Flussgebiet zur Verfügung stehen.

Anders ist es während des Ereignisses, wenn direkte Messungen der Wasserstände, Geschwindigkeiten und Geländepunkte im Nahbereich der Bresche nicht möglich sind. Dann muss versucht werden, aus den z. B. mit Hilfe von Luftbildern photogrammetrisch ermittelten Daten die benötigten Eingangswerte für die Durchflussberechnung abzuleiten. Die Schwierigkeit dabei ist, dass die Höhenlage der Breschensohle sowie deren Flankenneigung unterhalb des Wasserspiegels nicht zugänglich und daher im Moment des Ereignisses unbekannt sind. Auch wenn die Breschenbreite in Höhe des Wasserspiegels, der Ober- und Unterwasserstand sowie die Fließgeschwindigkeit an der Oberfläche aus Luftbildern bestimmt werden können, bedarf es einiger Zusatzannahmen, um die Berechnung durchführen zu können. So kann wegen der großen Fließfläche auf der Oberwasserseite (Vorland) und auf der Polderseite dort jeweils eine sehr geringe Fließgeschwindigkeit in genügend großer Entfernung zur Bresche angenommen werden. Die Umlenkung der Fließrichtung ähnlich wie bei einem Streichwehr kann dann meist vernachlässigt werden. Zumindest in der Anfangszeit des Breschenausflusses kann das hydraulische System in Analogie zu einem breitkronigen Überfall oder einem Venturigerinne mit der Grenztiefe und der Grenzgeschwindigkeit in der Engstelle (Bresche) ausgegangen werden. Wenn das Unterwasser auf mehr als ungefähr drei Viertel der Oberwassertiefe ansteigt, wird der Überfall rückgestaut und damit bei gleicher Fließfläche reduziert. Wenn die unterwasserseitige Energiehöhe die minimale Energiehöhe in der Engstelle übersteigt, kommt es nicht mehr zum Fließwechsel und falls noch ein Restdeich in der Bresche vorhanden ist, wirkt dieser eher wie eine (positive) Sohlschwelle. Die Gerinnegeometrie im Bereich der Bresche kann näherungsweise als Trapez berücksichtigt werden. Bei den mitunter beobachteten sehr steilen Bruchrändern scheint dessen Vereinfachung zum Rechteck durchaus akzeptabel zu sein, wodurch sich wesentliche Erleichterungen bei der Berechnung ergeben. Die möglicherweise durch Auskolkung vertiefte und nicht horizontale Sohle ist während des Hochwassers nicht einzusehen und demzufolge nur näherungsweise anzunehmen.

Der Durchfluss berechnet sich mit den Angaben aus **Bild 2** zu:

$$Q = v \cdot A \tag{1}$$

(s. a. Bollrich [6]) und ergibt mit der Grenztiefe sowie der Grenzgeschwindigkeit wegen $Fr = v / \sqrt{g \cdot h_{gr}} = 1$ für eine (nahezu) rechteckige Bresche mit der Fließfläche $A = h_{gr} \cdot b$:

$$Q = \sqrt{g} \cdot b \cdot h_{gr}^{3/2} \tag{2}$$

Weil für die Mindestenergiehöhe im Rechteckquerschnitt $h_{E\,min} = 1{,}5 \cdot h_{gr} = h_{gr} + v_{gr}^2/2g$ gilt, kann der Durchfluss bei vernachlässigbarer Anströmgeschwindigkeit allein aus dem Wasserspiegelunterschied zwischen Oberwasser (H_O) und Bresche (H_B):

$$\Delta h = H_O - H_B = \frac{h_{gr}}{2} + \zeta \cdot \frac{v_{gr}^2}{2g} = \frac{h_{gr}}{2} + \zeta \cdot \frac{h_{gr}}{2} = (1 + \zeta) \cdot \frac{h_{gr}}{2} \tag{3}$$

mit

$$h_{gr} = \frac{2 \cdot \Delta h}{(1 + \zeta)} \tag{4}$$

zu

$$Q = \left(\frac{1}{1 + \zeta}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{g} \cdot b\,(2 \cdot \Delta h)^{\frac{3}{2}} = C \cdot \sqrt{g} \cdot b\,(2 \cdot \Delta h)^{\frac{3}{2}} \tag{5}$$

abgeschätzt werden, wobei $C < 1$ einen Abminderungsbeiwert infolge Reibung und lokaler Verluste darstellt oder durch den Einlaufverlust ζ ausgedrückt werden kann, welcher im ungünstigen Fall des scharfkantigen Brescheneinlaufes den Wert 0,5 annehmen kann. Hier werden einschließlich der Reibung auf der kurzen Fließstrecke kleinere Werte erwartet. Die während des Ausflusses unbekannte Breschensohle liegt auf folgender Höhe:

$$H_S = H_B - h_{gr} = H_B - \frac{2 \cdot \Delta h}{(1 + \zeta)} \tag{6}$$

Bei Annahme einer trapezförmigen Bresche (Index T) der Überfallbreite b mit den Flankenneigungen $1 : m_1$ und $1 : m_2$ als breitkroniger Überfall können die nachfolgenden Gleichungen Anwendung finden:

$$Q_{gr} = v_{grT} \cdot A_{grT} = v_{gr} \cdot \left(b \cdot h_{grT} + \frac{1}{2}(m_1 + m_2) \cdot h_{grT}^2\right) \tag{7}$$

Mit

$$v_{grT} = \sqrt{g \cdot h_{grT} \cdot \frac{1 + \frac{h_{grT}}{b'}}{1 + \frac{2 \cdot h_{grT}}{b'}}} \quad \text{und}$$

$$b' = \frac{2 \cdot b}{m_1 + m_2} \tag{8}$$

Wenn ein hoher Unterwasserstand den Ausflussquerschnitt (die Bresche) teilweise einstaut und kein Fließwechsel auftritt, wird zusätzlich zum Oberwasserstand und den Verlusten noch der Unterwasserstand als Eingangsgröße benötigt, um mit Hilfe des Energieerhaltungssatzes den Durchfluss zu berechnen. Auch numerische Berechnungen gestatten je nach Handhabbarkeit des Programmes eine schnelle Durchflussberechnung mit wenigen Eingangsinformationen, zu denen allerdings die Querschnittsgeometrie gehört, wofür mit Hilfe der o. g. Vorbemessung Annahmen getroffen werden müssten.

4 Auswertung am Beispiel Breitenhagen

Während des Deichbruches an der Saale-Mündung bei Breitenhagen wurde am 8. Juni 2013 ein UAV im Auftrag des Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW) zur Lagebeurteilung eingesetzt. Die Auswertung der Befliegungen wurde im Rahmen der Ereignisanalyse als Studienarbeit durchgeführt [7]. Die Auflösung des Systems beträgt 1 280 * 720 Pixel mit 50 fps (Einzelbilder pro Sekunde, frames per second). Pro Sekunde wurde ein Frame entnommen und mit Hilfe der Software Agisoft Photoscan weiterverarbeitet. Dort erfolgte zunächst eine Reduktion sämtlicher Bildausschnitte auf die unmittelbare Umgebung des Untersuchungsgebiets. Nach einer ersten Orientierung der Aufnahmen zueinander wurden manuell Passpunkte in die einzelnen Aufnahmen integriert, um die Georeferenzierung zu ermöglichen. Anschließend können die Objektdaten als Punktwolke sowie als digitales Oberflächenmodell berechnet werden (**Bild 3**). Das ausgewertete Beispiel stammt aus dem zweiten Video (Bild 3) unter Verwendung der Frames von Sekunde 556 bis 640.

Bei der Auswertung der Aufnahmen musste im vorliegenden Fall mit folgenden Randbedingungen umgegangen werden:

- geringe Auflösung der Aufnahmen,
- Brennweite war nicht bekannt (keine EXIF-Datei),
- größtenteils einseitige Befliegung,
- nur wenige identifizierbare Passpunkte.

Daraus ergaben sich Unschärfen und Verzerrungen im Randbereich der Modelle (Bild 3). Die Wasseroberfläche selbst wird durch Spiegelungen, Bewegungen und Schattenwurf nicht in allen Punkten korrekt dargestellt. Trotz dieser Voraussetzungen konnten Oberflächenmodelle erstellt werden, deren leichte Verkippung durch eine lineare Anpassung der in ArcGIS extrahierten Höhenprofile an die bekannten Höhen des Deiches korrigiert werden konnte. Zusätzlich zu den Profilen der wasser- und luftseitigen Deichschulter wurden die Wasserspiegel für OW und UW anhand der Anschlaglinien ermittelt. Dazu wurden die Anschlaglinien kartiert und deren Höhen außerhalb der Strahlabsenkung gemittelt. Die so gefundenen Werte wurden als Grundlage der hydraulischen Modellierung benutzt (Bild 2 und **Bild 4**).

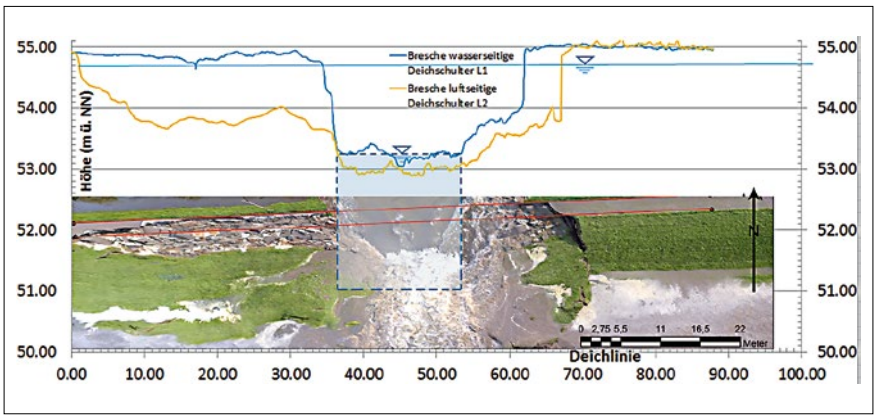

Bild 4: Profile (in m ü. NHN) entlang der wasser- und luftseitigen Deichschulter aus der photogrammetrischen Auswertung der Luftbilder; der in der stark überhöhten Darstellung schraffierte Bereich wurde als Fließfläche bei der überschläglichen Durchflussberechnung berücksichtigt (Quelle der Videoaufnahme: LAW Sachsen-Anhalt)

Die Wasserspiegelbreite wurde zum Zeitpunkt der Aufnahme zu $b_w = 17$ m bestimmt. Die Wasserspiegeldifferenz zwischen der Bresche und weiter oberhalb beträgt $\Delta h = H_O - H_U = 54{,}80 - 53{,}25 = 1{,}55$ m. Aus den o. g. Ansätzen kann für die Grenztiefe im näherungsweise rechteckigen Fließquerschnitt bei steilen Abbruchkanten berechnet werden:

$$h_{gr} = \frac{2 \cdot 1{,}55}{(1 + 0 \ldots 0{,}5)} = 3{,}10 \text{ m} \ldots 2{,}07 \text{ m} \qquad (9)$$

Der Durchfluss ergibt sich wie folgt:

$$Q = \left(\frac{1}{1 + 0 \ldots 0{,}5}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{g} \cdot 17 \text{ m} \cdot (2 \cdot 1{,}55 \text{ m})^{\frac{3}{2}}$$

$$= 290 \ldots 158 \ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \qquad (10)$$

Die Sohle im Bereich der Bresche liegt danach auf einer Höhe von:

$$H_S = 53{,}25 \text{ m} - \frac{2 \cdot 1{,}55 \text{ m}}{(1 + 0 \ldots 0{,}5)}$$

$$= 50{,}15 \text{ m} \ldots 51{,}18 \text{ m} \qquad (11)$$

Diese Werte passen zu der nach dem Ende des Breschendurchflusses, eingetretenen Situation, wonach sich kein wesentlicher Kolk gebildet hatte.

Die Berechnung des Breschendurchflusses wurde mit einem hydronumerischen 1-D-Modell (HEC-RAS) überprüft. Die vereinfachten Querschnitte werden auf Grund der verfügbaren Daten außerhalb des Deiches, im Bereich der Böschungen sowie jeweils an der Deichschulter

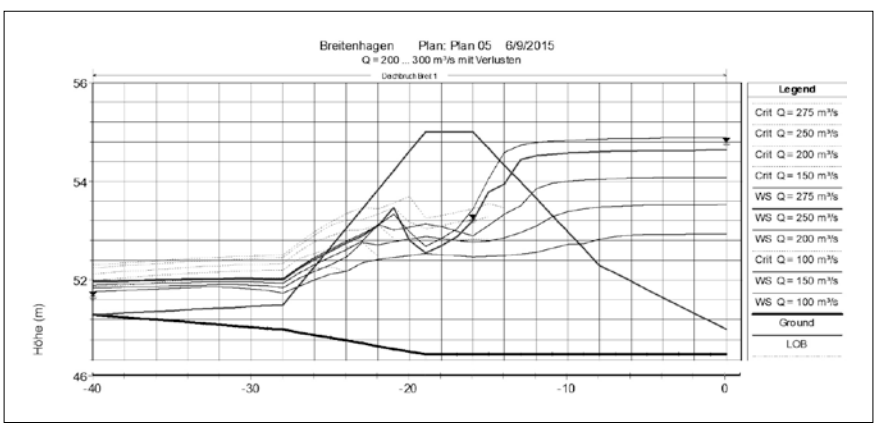

Bild 5: Hydraulischer 1-D-Längsschnitt der Deichbreschendurchströmung (Quelle: Pohl)

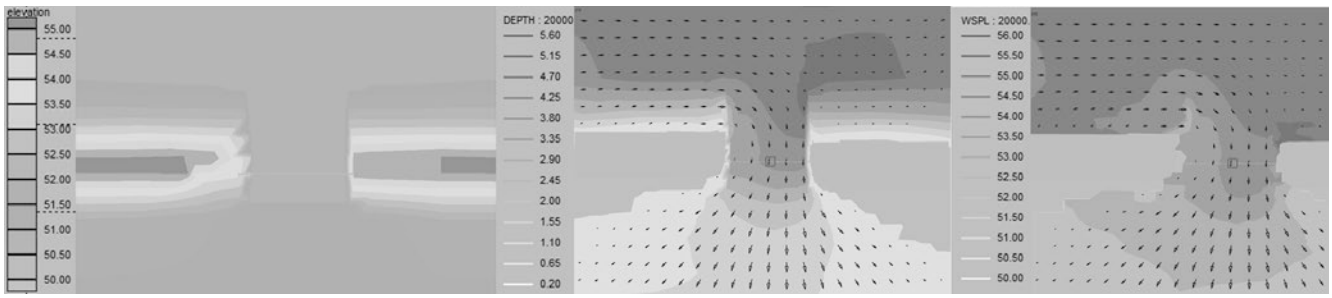

Bild 6: 2-D-Wasserspiegellagen während der in Bild 4 dargestellten Deichbreschendurchströmung, v. l. n. r.: Gelände, Wassertiefe, Wasserspiegel (Quelle: Pohl)

erstellt und dazwischen automatisch interpoliert. Die lokalen Verluste infolge Querschnittsänderungen wurden für eine mittlere Ausrundung und der Manningwert zu $n = 0{,}033\ s/m^{1/3}$ gewählt. Das Berechnungsergebnis als hydraulischer Längsschnitt in **Bild 5** zeigt einen Durchfluss von etwa 260 m^3/s, bei dem die Wasserspiegellinie durch die Beobachtungspunkte verläuft.

Die Ergebnisse der hydronumerischen 1-D-Berechnung liegen in der gleichen Größenordnung bzw. im Intervall der Handrechnung und sind für eine Momentaufnahme der sich entwickelnden Deichbresche ermittelt worden. Wenn die Werte der Handrechnung an $Q = 260\ m^3/s$ angepasst werden würden, ergäben sich $\zeta = 0{,}075$, $h_{gr} = 2{,}88$ m und $H_S = 50{,}36$ m. **Bild 6** zeigt die entsprechende Untersuchung in einem 2-D-Modell. Mit $Q = 244\ m^3/s$ liegt der (Momentan-) Durchfluss im erwarteten Bereich.

Um den instationären Ablauf des Vorganges darzustellen, müsste die Berechnung auf Grund weiterer Luftbilder zu anderen Zeiten und deren Auswertung mit veränderten Wasserständen und Breschenbreiten wiederholt werden.

5 Ausblick

Das Beispiel Breitenhagen zeigt deutlich die grundsätzliche Eignung von Luftbildaufnahmen mittels UAV für die Analyse von Deichbrüchen, auch wenn die hier ausgewertete Befliegung ursprünglich nicht dafür vorgesehen war. Insbesondere für die ereignisbezogene Detailaufnahme und Datenerhebung sowie die Erstbewertung von Gefahrensituationen im Hochwasser-Katastrophenfall sind UAV-Einsätze hervorragend geeignet. Aus den Erfahrungen der vergangenen Hochwas-

ANZEIGE

Springer Vieweg

springer-vieweg.de

100 Jahre Dubbel – und er ist so gut wie nie zuvor

Karl-Heinrich Grote, Jörg Feldhusen (Hrsg.)

Dubbel

Taschenbuch für den Maschinenbau

24. Aufl. 2014, LIII, 2083 S. 612 Abb. Geb.
€ (D) 79,99 | € (A) 82,23 | sFr 100,00
ISBN 978-3-642-38890-3

- DAS unverzichtbare Nachschlagewerk für Studium und Beruf
- Umfasst den gesamten Maschinenbau und seine Randgebiete
- Neu in der 24. Auflage: Medizintechnik, MDesign Formelsammlung

€ (D) sind gebundene Ladenpreise in Deutschland und enthalten 7% MwSt. € (A) sind gebundene Ladenpreise in Österreich und enthalten 10% MwSt. Die mit * gekennzeichneten Preise sind unverbindliche Preisempfehlungen und enthalten die landesübliche MwSt. Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten.

Bestellen Sie jetzt: springer-vieweg.de

A08779

serereignisse in Deutschland lässt sich ableiten, dass bisher insbesondere die präzise und schnelle Datenerfassung nach Deichbrüchen als unzureichend eingeschätzt wird, so dass hier der Einsatz neuer luftgestützter Technologie einen erheblichen Erkenntnisgewinn erwarten lässt.

Bild 7: Stationierungsmarken auf dem Deich an der kleinen Rhone (PRD = Petit Rhone Digue) bei Arles, Frankreich (Quelle: Pohl)

Der Einsatz der UAV ist grundsätzlich ohne großen Aufwand durchführbar. Eine Reihe technischer Neuerungen, insbesondere die Integration von elektronischen Kamerastabilisatoren („Gimbals"), die direkte Bildübertragung auf Bildschirme oder Tablets, hochauflösende Aufnahmesysteme sowie die GPS-gestützte Waypointnavigation ermöglicht es auch Anfängern diese Systeme schnell und effektiv für die Luftbildaufnahmen einsetzen zu können. Darüber hinaus existieren deutschlandweit kommerzielle Anbieter für UAV-Befliegungen.

Um diese Daten für eine schnelle Auswertung und Bewertung von Deichbrüchen anhand hydraulischer Modelle einsetzen zu können, ist allerdings eine fundierte Expertise im Bereich Geoinformationssysteme und Geodäsie nötig, da die Verarbeitung zahlreiche Fehlerquellen birgt. Zusätzlich verhindert häufig der Mangel an verwertbaren und nachvollziehbaren Passpunkten eine ausführlichere Auswertung von Luftbildern. Da nur wenige, sehr teure UAV-Systeme über präzise On-Board-Systeme zur Positionserfassung verfügen, wären deutliche Markierungen im Schadensfall, beispielsweise anhand der Kilometrierung (wie beim Deich an der kleinen Rhone bei Arles in **Bild 7**), eine sinnvolle Maßnahme, die eine Verortung der Aufnahmen vereinfachen und die geometrische Genauigkeit der Modelle und damit der gesamten Datengrundlage deutlich erhöhen würden.

Robert Jüpner, Jens Brauneck and Reinhard Pohl

Use of UAV during Floods – Experiences and Outlook

During floods technical protection works are subjected to high loads and might fail. Therefore the task force personnel needs comprehensive and reliable information about the hazard and the damages occurred to react in an adequate way. After an impressive progress meanwhile unmanned aerial vehicles/ remotely piloted aircraft systems are highly capable to collect and transmit precise information from not accessible areas to the task force very quickly. Using the example of the Breitenhagen levee failure near the Saale-Elbe junction in June 2013 the steps are explained that are needed to come from the visual UAV-flight information to a hydronumeric model.

Роберт Юпнер, Йенс Браунекк и Рейнхард Поль

Использование беспилотных самолетов в паводковых ситуациях – опыт и идеи

При крупных наводнениях технические защитные сооружения подвергаются экстремальной нагрузке и могут выйти из строя. Поэтому сотрудникам оперативных групп необходима полная и надежная информация о типах повреждений или уже возникшем ущербе для того, чтобы отреагировать соответствующим образом. Дроны или беспилотные летательные аппараты – благодаря впечатляющему техническому развитию – способны в настоящее время быстро получить и передать точную информацию даже в труднодоступных для аварийно-спасательных служб местах. В качестве примера показан прорыв дамбы в Брайтенхагене (Breitenhagen), расположенном в устье реки Заале при впадении ее в Эльбу, в июне 2013 года; тогда первичная информация, собранная мультикоптером при облете территории, была перенесена на гидродинамическую модель.

Autoren

Prof. Dr. Robert Jüpner
Dr. Jens Brauneck
TU Kaiserslautern
Paul-Ehrlich-Straße 14
67663 Kaiserslautern
robert.juepner@bauing.uni-kl.de
jens.brauneck@bauing.uni-kl.de

Prof. Dr.-Ing. habil. Reinhard Pohl
TU Dresden
01062 Dresden
Reinhard.Pohl@TU-Dresden.de

Literatur

[1] Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (Hrsg.): Bericht über das Hochwasser im Juni 2013 in Sachsen-Anhalt, Entstehung, Ablauf, Management und statistische Einordnung. Magdeburg, 2014.

[2] Jüpner, R.: Erfahrungen aus dem Hochwasser - Katastropheneinsatz im Juni 2013 an der Elbe. In: Verband Region Rhein-Neckar (Hrsg.): Das Junihochwasser 2013 - Erfahrungen und Konsequenzen. Schriftenreihe des Verbandes Region Rhein-Neckar (2014), Heft 13, S. 1-5.

[3] Jüpner, R.; Assmann, A.; Weichel, T.; Ettmer, B.; Müller, S. (2014): Abschätzung von Überflutungssituationen infolge von großen Deichbrüchen unter Berücksichtigung der Erfahrungen im Juni-Hochwasser 2013 an der Elbe. In: Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen (2014), Heft 50.

[4] Jüpner, R.: Juni-Hochwasser 2013 an der Elbe – neue Fragestellungen. In: WasserWirtschaft 105 (2015), Heft 3, S. 38-41.

[5] Kersten, T.; Lindstaedt, M.: Automatic 3D Object Reconstruction from Multiple Images for Architectural, Cultural Heritage and Archaeological Applications Using Open-Source Software and Web Services. In: Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation, (2012), Heft 6, S. 727-740.

[6] Bollrich, G.: Technische Hydromechanik. 7. A. Berlin: Beuth-Verlag, 2013.

[7] Weber, C.: Photogrammetrische Modellierung des Deichbruches bei Breitenhagen. Studie an der TU Kaiserslautern, 2015 (unveröffentlicht).