

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Hansen, Issa; Engstle, Thomas; Carrel, Maxence; Peña-Haro, Salvador; Lüthi, Beat

Bildbasierte Verfahren als ergänzende Technologien für das Monitoring von Wasserextremen

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/107546>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Hansen, Issa; Engstle, Thomas; Carrel, Maxence; Peña-Haro, Salvador; Lüthi, Beat (2021): Bildbasierte Verfahren als ergänzende Technologien für das Monitoring von Wasserextremen. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Wasserbau zwischen Hochwasser und Wassermangel. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 65. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 205-214.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Bildbasierte Verfahren als ergänzende Technologien für das Monitoring von Wasserextremen

Issa Hansen
Thomas Engstle
Maxence Carrel
Salvador Peña-Haro
Beat Lüthi

Als Folge des Klimawandels treten Wasserextreme immer häufiger auf. Die Konsequenzen dieser Hochwasserereignisse oder Dürren auf die Land-/ Wasserwirtschaft, Schifffahrt oder Ökosysteme können verheerend sein. Ein Verständnis dieser Ereignisse das auf robusten Datengrundlagen beruht, ist absolut notwendig, um das Ausmaß der Schäden, die dieser Ereignisse der Zivilgesellschaft zufügen, in Grenzen zu halten.

Genauere Informationen über maximale Wasserstände und/ oder Durchflüsse während eines Hochwasserereignisses sind essentiell, um Hochwasserschutzbauten dimensionieren oder Vorhersagemodelle kalibrieren zu können. Ein genaues Monitoring dieser Ereignisse und deren Eigenschaften bleibt eine schwierige Aufgabe, weil bestehende Mess- und Monitoring-Systeme nicht immer für Extremfälle ausgelegt sind. Hier können innovative Ansätze eine Rolle spielen und mit etablierten Technologien kombiniert werden, um zum Beispiel Durchflussdaten während Extremereignisse zu messen. Bildbasierte Technologien wurden in den letzten Jahren in verschiedenen Fachbereichen immer mehr eingesetzt und können auch in der Hydrometrie nützlich sein, um quantitative Informationen zu gewinnen. So ist es heute möglich, mit Hilfe einer Überwachungskamera, einer Drohne oder eines Smartphones Wasserpegel-, Oberflächengeschwindigkeit- und Durchflussmessungen durchzuführen. Diese bisher noch wenig genutzten Möglichkeiten können auch während der Hochwasserereignisse zum Einsatz kommen. Ein großer Vorteil ist deren Flexibilität, Einfachheit und Schnelligkeit gegenüber herkömmlichen Messverfahren.

ren. Auch das Post-Processing spielt künftig eine immer wichtigere Rolle. So können kurze Videosequenzen, die während eines Ereignisses mit einem Smartphone aufgenommen werden, nachträglich ausgewertet werden, um Wasserstand, Fließgeschwindigkeit und Durchfluss präzise zu liefern. Dazu sind Informationen über das Gelände notwendig, die auch sehr gut nach dem Ereignis einzuholen bzw. zu vermessen sind. In diesem Beitrag werden sowohl die für solche Messungen eingesetzte Technologie als auch die Ergebnisse aus verschiedenen Forschungs- und Anwendungsfällen vorgestellt.

1 Einleitung

Für die Erfassung des Durchflusses werden verschiedene Methoden wie Schlüsselkurve, Messflügel, Ultraschall, Radar und kamerabasierte Systeme eingesetzt. Die kontinuierliche Messung von Fließgeschwindigkeit und Durchfluss bei Hochwasserereignissen stellt eine Herausforderung dar, weil die installierten Messsysteme meistens nicht für Extremfälle ausgelegt sind. Darüber hinaus können die im Fließquerschnitt installierten Sensoren durch Geschiebe und Überflutung während des Hochwasserereignisses beschädigt werden. Der Einsatz von Bildverarbeitungsverfahren in der Hydrometrie bietet demgegenüber einen entscheidenden Vorteil.

Der vorliegende Beitrag stellt ein innovatives, zuverlässiges kamerabasiertes Messverfahren für die kontinuierliche Erfassung des Wasserstands, der Fließgeschwindigkeit und des Durchflusses vor. Die entwickelte Methode funktioniert unabhängig von sichtbaren Partikeln auf der Wasseroberfläche, und das nicht-intrusive Messsystem „DischargeKeeper“ ist auch unter kritischen Bedingungen wie z.B. Überschwemmungen einsetzbar. Die Bildverarbeitung und damit die Durchflussberechnung erfolgt vor Ort. Darüber hinaus kann die entwickelte Messmethode nachträglich für die Auswertung von Videomaterial, das mit Smartphones, Kameras oder Drohnen „Post-Processing“ oder für mobile Durchflussmessung als Smartphone-App verwendet werden.

Das an Vielzahl von Messstellen und unter unterschiedlichen Messbedingungen eingesetzte Messverfahren hat sich als zuverlässige Methode zur Erfassung von Fließgeschwindigkeitsprofilen, Wasserständen und Durchflüssen sowie zum bildgestützten Nachweis der Messwerte bewährt.

2 Methoden

Das Messsystem „DischargeKeeper“ wurde von SEBA Hydrometrie GmbH & Co. KG und Photrack AG zur kontinuierlichen Erfassung und Speicherung von Fließgeschwindigkeitsprofilen, Wasserständen und Durchflüssen in Flüssen und Kanälen entwickelt. Das System, in seiner stationären Variante, besteht aus einer IP-Kamera, einem Infrarotstrahler und einer Zentraleinheit mit Datenfernübertragung (s. Abb. 1). Optional kann ein externer Wasserstandsensoren an das Messsystem angeschlossen werden. Der Algorithmus läuft in Echtzeit in der Verarbeitungseinheit, um vor Ort Messungen und Auswertungen in kürzester Zeit durchzuführen (Leitão et al, 2018). Der Messvorgang einschließlich der Aufzeichnung eines Streams benötigt weniger als eine Minute und ermöglicht sehr kurze Messintervalle. Zusätzlich zu den digitalisierten Messwerten werden Beweisbilder gespeichert, die per GPRS an einen FTP-Server übertragen werden können.

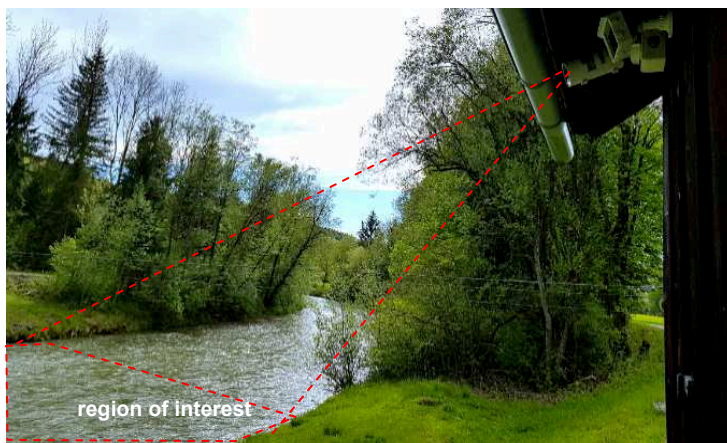


Abbildung 1: Hardware Komponenten des „DischargeKeeper“ (eine Kamera und ein Infrarotstrahler am Pegelhaus)

Das Oberflächengeschwindigkeitsprofil wird basierend auf der innovativen, optischen Methode SSIV (Surface Structure Imaging Velocimetry) gemessen. Die Wasserstandenerfassung erfolgt gleichzeitig über eine Bildverarbeitungs-

B5b

methode. Das vertikale Geschwindigkeitsprofil wird nach DIN EN ISO 748:2007 ermittelt. Anschließend wird der Durchfluss direkt vor Ort berechnet (Hansen et al., 2017). Über verschiedene analoge und digitale Schnittstellen können Durchfluss, Wasserstand und Fließgeschwindigkeit auch an externe Prozessleit- und Datenfernübertragungssysteme übergeben werden.

3 Ergebnisse

Das entwickelte Messsystem „DischargeKeeper“ wurde stationär an mehreren hydrologischen Messstellen sowie im Abwasserbereich getestet. Die Validierung der DischargeKeeper-Ergebnisse erfolgte durch den Vergleich mit den Daten eines mobilen ADCP-Systems (Acoustic Doppler Current Profiler).

Ein gutes Beispiel ist der „DischargeKeeper“ am Pegel Peißenberg, der vom Wasserwirtschaftsamt Weilheim betrieben wird. Aufgrund der Höhenlage treten am Pegel Peißenberg größere Hochwasserereignisse üblicherweise zur Schneeschmelze und im Sommerhalbjahr auf.

Der „DischargeKeeper“ ist seit Mitte Mai 2019 installiert und hat sich als zuverlässige Messmethode auch bei einem Hochwasser 2019 bewährt. Der mit dem „DischargeKeeper“ gemessene Hochwasser-Scheitelabfluss betrug ca. 176 m³/s, zum Vergleich lag der Messwert einer mobilen Radarmessung bei 175 m³/s. Somit kann man die Übereinstimmung zwischen dem DischargeKeeper- und den Referenzmessdaten als sehr gut bezeichnen (Hansen et al, 2020).

Abbildung 2 zeigt die Ergebnisbilder zu gleichen Uhrzeiten an drei aufeinanderfolgenden Tagen (vor, während und nach dem Hochwasserscheitel). Die grünen Pfeile stellen die optisch erfassten Geschwindigkeitsvektoren auf der Wasserspiegeloberfläche dar. Die rote Linie entspricht dem erfassten Wasserstand.



Abbildung 2: DischargeKeeper-Ergebnisbilder Peißenberg an 20./21./22.05.2019 jeweils um 06:10 Uhr

Die Ganglinien der Wasserstand-, Fließgeschwindigkeit- und Durchflusswerte, die mit dem „DischargeKeeper“ erfasst wurden sind in der Abbildung 3 ca. einen Monat um das Hochwasserereignis dargestellt.

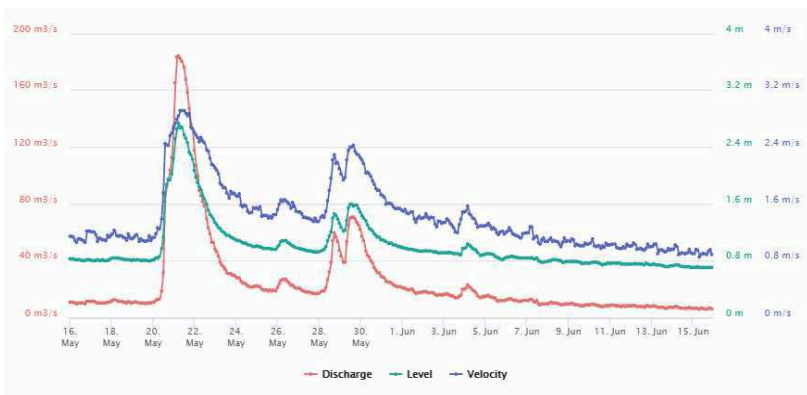


Abbildung 3: Ganglinien der DischargeKeeper-Messwerte (Pegel Peißenberg)

Viele Flussabschnitte sind nicht mit einem stationären Durchflussmesssystem ausgestattet. Gerade bei der Analyse von Hochwasserereignissen, deren

B5b

Ergebnisse auch u.a. bei der Planung von zukünftigen Hochwasserschutzmaßnahmen berücksichtigt werden, wäre es von großem Vorteil nachträglich den Durchfluss abzuschätzen. Die in diesem Beitrag vorgestellte SSIV Bildverarbeitungsmethode kann auch für ein Post-Processing verwendet werden. Durchflüsse während Hochwasserereignissen können nachträglich anhand des Videomaterials von Smartphones, Überwachungskameras oder Drohnen berechnet werden. Spezifische hydrodynamische Fragestellungen für die Wasserstände oder Oberflächengeschwindigkeit eine wichtige Rolle spielen, können auch mit dieser Technologie erforscht werden.

Die erforderlichen Eingabedaten sind die Ground Control Points und hochauflösende Videoaufnahmen, die die Oberfläche des Gewässers abdecken. Die Videos sollten 5 Sekunden lang sein, mit mindestens 25 Bildern pro Sekunde, ohne Kamerabewegung.

Abbildung 4 zeigt ein Beispiel von der Anwendung des Postprocessings eines von einer Überwachungskamera aufgezeichneten Hochwasserereignisses. Bei diesem Beispiel geht es um die Auswertung von Videomaterial, das mit einer Überwachungskamera aufgezeichnet wurde, die in der Nähe einer Brücke auf einem Mast montiert ist. Der Wasserstand wird optisch an einer der Brückensäule erfasst. Die Oberflächengeschwindigkeit wird stromaufwärts von der Brücke gemessen. Diese Informationen werden kombiniert, um den Durchfluss im Nachgang berechnen zu können.



Abbildung 4: Gemessenes Oberflächengeschwindigkeitsfeld während eines Hochwasserereignisses

Eine weitere Quelle für das Videomaterial kann auch die Aufnahme einer Drohne sein (Abb. 5).

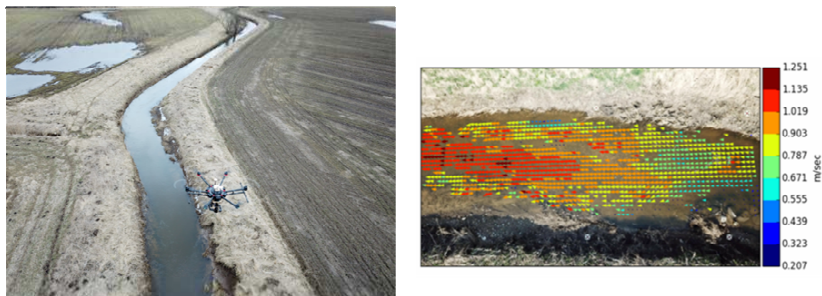


Abbildung 5: Eine Drohne während der Videoaufzeichnung (links) und das daraus resultierende Oberflächengeschwindigkeitsfeld mithilfe des Post-Processing

Als mobile Anwendung der Bildverarbeitung in der Hydrometrie bietet sich die „Discharge App“ als Smartphone-basierte, optische Durchflussmessung für Flüsse, Bäche und Kanäle (Peña-Haro et al., 2015, Carrel et al. 2019) an. An Kleingewässern, die jedoch eine signifikante Rolle bei Hochwasserereignissen spielen könnten, sind meistens keine stationären Durchflussmesssysteme vorhanden. Die „Discharge App“ ist hier eine praktikable und wirtschaftliche Alternative zur stationären Messtechnik sein, um temporäre Durchflussmessungen durchzuführen. Benötigt werden einmalig eingemessene Markierungen, zwei an jedem Ufer, sowie das, ebenfalls einmalig, eingemessene Querschnittsprofil des Gewässers. (Abb. 6). Abhängig von der Größe und Komplexität des Kanals kann die einmalige Einrichtung der Messstelle zwischen 15 Minuten und einer Stunde betragen.

Die Durchflussmessung mit der „Discharge App“ an einer eingerichteten Messstelle dauert weniger als eine Minute. Die Berechnung findet direkt auf dem Smartphone statt, daher kann die „Discharge App“ zur Messung in Regionen ohne Netzabdeckung verwendet werden. Die Datenübertragung kann entweder unmittelbar nach der Messung erfolgen oder erst wenn das Internet wieder via WLAN verfügbar ist. Auf die Messdaten kann der User bequem über das integrierte „DischargeWeb“ Portal zugreifen. Auf dieser Plattform können Messdaten, Standorte, Benutzer und Benutzerrechte

verwaltet werden. Der Zugang zu diesen Daten ist sicher (<https>) und passwortgeschützt (www.discharge.ch).

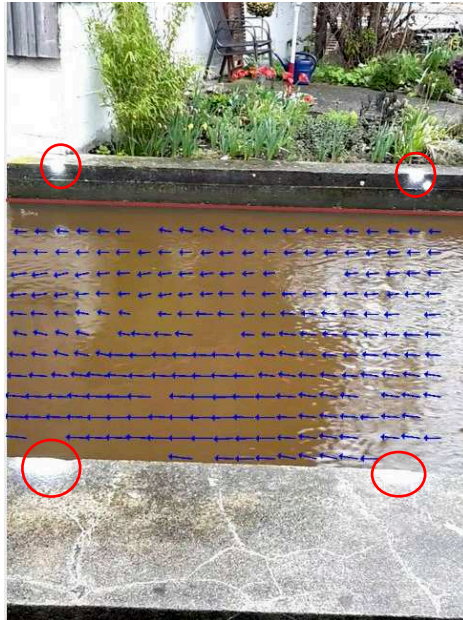


Abbildung 6: Ergebnisbild einer DischargeApp-Messstelle in Bayern

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Das innovative, bildbasierte Messverfahren hat sich als zuverlässige Methode zur Erfassung von Fließgeschwindigkeitsprofilen, Wasserständen und Durchflüssen sowie zum bildgestützten Nachweis der Messwerte bewährt. Die vorgestellte Messmethode ist sowohl mobil als auch stationär einsetzbar. Darüber hinaus können Bildinformationen (Streams) von Hochwasserereignissen auch zu einem späteren Zeitpunkt ausgewertet werden (Stichwort PostProcessing). Mit Hilfe des kamerabasierten, stationären Durchflussmesssystems „DischargeKeeper“ ist die Erfassung der Fließgeschwindigkeit und des Durchflusses auch während der Hochwasserereignisse unbeeinträchtigt möglich. Durch das Bildverarbeitungsverfahren

benötigt das Messsystem keinen Kontakt mit dem Messmedium, wodurch Verschlammungen oder Treibgut den Betrieb des „DischargeKeeper“ nicht beeinflussen. Lediglich die Kameralinsen und das Glas der Beleuchtungseinheit müssen schmutzfrei sein. Somit ist der „DischargeKeeper“ nahezu wartungsfrei und verursacht kaum Betriebskosten.

Der „DischargeKeeper“ bietet eine hohe Flexibilität bei der Installation, da die Kamera im Gegensatz zu einem Radar sowohl quer zur Strömung als auch seitlich am Ufer installiert werden kann. Darüber hinaus es ist möglich entweder eine Kamera mit einer Bildansicht, mehrere Kameras mit jeweils einer Bildansicht oder eine PTZ-Kamera mit mehreren Bildansichten zu installieren. Dadurch ist der „DischargeKeeper“ für Flüsse bzw. Kanäle mit einer Breite von wenigen Metern bis zu mehreren hundert Metern einsetzbar. Die Infrarot-Beleuchtung des Messsystems ermöglicht den Betrieb bei unterschiedlichsten Wetter- und Lichtverhältnissen.

Eine Besonderheit der Technologie ist, dass zur Erfassung der Fließgeschwindigkeit keine detektierbaren Tracer oder schwimmende Objekte vorhanden sein müssen. Ausreichende Rauheit an der Wasseroberfläche und eine sichtbare Uferstruktur von Flüssen und Kanälen sind gute Voraussetzungen für präzise Messungen mit Hilfe des „DischargeKeeper“. Standorte mit starkem Windeinfluss oder glatter Wasserspiegeloberfläche haben sich dagegen für das Messsystem als ungeeignet erwiesen.

Literatur

- Carrel Maxence, Detert Martin, Peña-Haro Salvador, Luethi Beat, Evaluation of the DischargeApp: a smartpohone application for discharge measurements. HydroSenSorft, International Symposium and Exhibition on Hydro-Environment Sensors and Software. 26 Feb - 1 Mar 2019, Madrid, Spain., 2019.
- Hansen, I., Warriar, R., Satzger, C., Sattler, M., Luethi, B., Peña-Haro, S., Duester, R., (2017). An Innovative Image Processing Method for Flow Measurement in Open Channels and Rivers, GLOBAL CONFERENCE & EXHIBITION - 2017“Innovative Solutions in Flow Measurement and Control - Oil, Water and Gas”, Palakkad, Kerala, India.

Hansen, I., Peña-Haro, S., Daamen, K., (2020) Fachbericht " Kamerabasiertes Durchflussmess-verfahren an Fließgewässern – Fallstudie Peißenberg-Hochwasser Mai 2019". Fachzeitschrift Wasserwirtschaft, 6/Juni-Ausgabe, 2020.

Leitão, João P., Salvador Peña-Haro, Beat Lüthi, Andreas Scheidegger, and Matthew Moy de Vitry. "Urban Overland Runoff Velocity Measurement with Consumer-Grade Surveillance Cameras and Surface Structure Image Velocimetry." *Journal of Hydrology* 565 (2018): 791–804. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.09.001>.

Peña-Haro, S., Lüthi, B., and Philippe, Th., (2015). "Smartphone for Measuring River Discharge" Vol. Vol. 17, EGU2015-1847, 2015. Vienna, Austria, 2015.

<http://www.discharge.ch>

Autoren:

Dr.-Ing. Issa Hansen
Thomas Engstle

Dr. Maxence Carrel
Dr. Salvador Peña-Haro
Dr. Beat Lüthi

SEBA Hydrometrie GmbH & Co. KG
Gewerbestr. 61 A
D-87600 Kaufbeuren

Photrack AG
Ankerstrasse 16A
CH-8004 Zürich

Tel.: +49 (0) 834196480
E-Mail: hansen@seba.de
engstle@seba.de

Tel.: +41 44 240 19 13
E-Mail: carrel@photrack.ch
pena@photrack.ch
luethi@photrack.ch