

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Conference Paper, Published Version

**Wiesemann, Jens-Uwe; Priebe, Lukas; Schill, Florian**

## **Zum Einsatzpotenzial des terrestrischen Laserscanning (TLS) in der wasserbaulichen Praxis**

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/20.500.11970/107061>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Wiesemann, Jens-Uwe; Priebe, Lukas; Schill, Florian (2020): Zum Einsatzpotenzial des terrestrischen Laserscanning (TLS) in der wasserbaulichen Praxis. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Interdisziplinärer Wasserbau im digitalen Wandel. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 63. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 179-190.

### **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.



# Zum Einsatzpotenzial des terrestrischen Laserscanning (TLS) in der wasserbaulichen Praxis

Jens-Uwe Wiesemann  
Lukas Priebe  
Florian Schill

Im Rahmen der Planung, der modelltechnischen Überprüfung und der Überwachung wasserbaulicher Fragestellungen und Projektvorhaben gewinnt die Aufnahme von Bauwerkskonturen, Geometrien, Sohllagen sowie Rauigkeiten mittels terrestrischem Laserscanning (TLS) zunehmend an Bedeutung.

In diesem Beitrag wird zunächst auf die Grundlagen der 3D-Vermessung mittels TLS eingegangen und dabei insbesondere die Anforderungen im Wasserbau thematisiert.

An zwei ausgewählten wasserbaulichen Beispielen soll darauf aufbauend das Anwendungspotenzial von TLS aufgezeigt werden. Dabei liegt der Schwerpunkt auf einer physikalischen Modelluntersuchung zu Erosionsprozessen bzw. der Kolkentwicklung einer Hochwasserentlastungsanlage und darüber hinaus auf der Bauteilverformung eines Wasserbehälters infolge der Belastung durch dessen Füllstand.

Stichworte: terrestrisches Laserscanning (TLS), Bauüberwachung, Bauwerksgeometrie, Geländetopographie, Bathymetrie, Morphologie, Kolkung

## 1 Einleitung

In der wasserbaulichen Praxis treten häufig Fragestellungen auf, bei denen u. a. flächenhafte Geometrieinformationen von Interesse sind. Dies trifft in diesem Zusammenhang sowohl auf die Erfassung von absoluten Geometrien, aber auch von Geometrieänderungen zu. Beispiele dafür sind u. a. morphologische Veränderungen infolge von Erosions- und Auflandungsprozessen durch lokale Strömungserscheinungen z. B. bei Hochwasserentlastungsanlagen (HWEA).

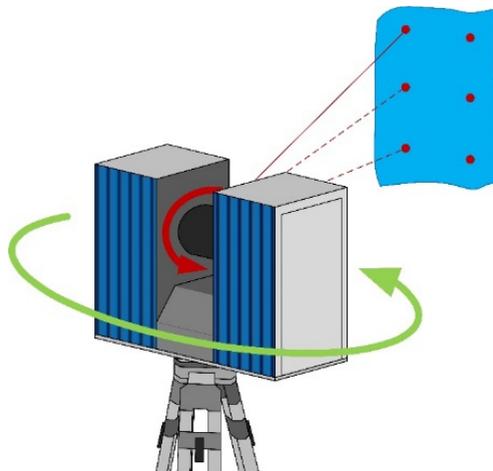
Konventionelle Vermessungsmethoden liefern im Allgemeinen lediglich punktuelle Information und/oder sind sehr aufwendig. Durch die Entwicklung im Bereich des terrestrischen Laserscannings (TLS) eröffnen sich neue Möglichkeiten zur effizienten Erfassung von flächenhaften Messdaten (Punktwolken) bei begrenztem Aufwand.

Im Gegensatz zu bisherigen Arbeiten im Themenfeld Wasserbau und TLS siehe u. a. *Rupprecht et al. (2009)*, *Czerny et al. (2010)* und *Tschirschwitz et al. (2016)*, befasst sich dieser Beitrag nicht mit der Erfassung der Situation vor Ort /im Gelände, sondern mit Laboruntersuchungen im wasserbaulichen Forschungslabor der TU Darmstadt bzw. in deren Umfeld. Dazu wird neben den Grundlagen des TLS, die Anwendung an zwei Beispielen veranschaulicht:

- ◀ Physikalische Modelluntersuchung zu Erosionsprozessen und der Kolkentwicklung (bei einer Hochwasserentlastungsanlage)
- ◀ Bauteilverformungen an einem Wassertank infolge sich ändernder Belastung

## 2 Grundlagen des terrestrischen Laserscanning (TLS)

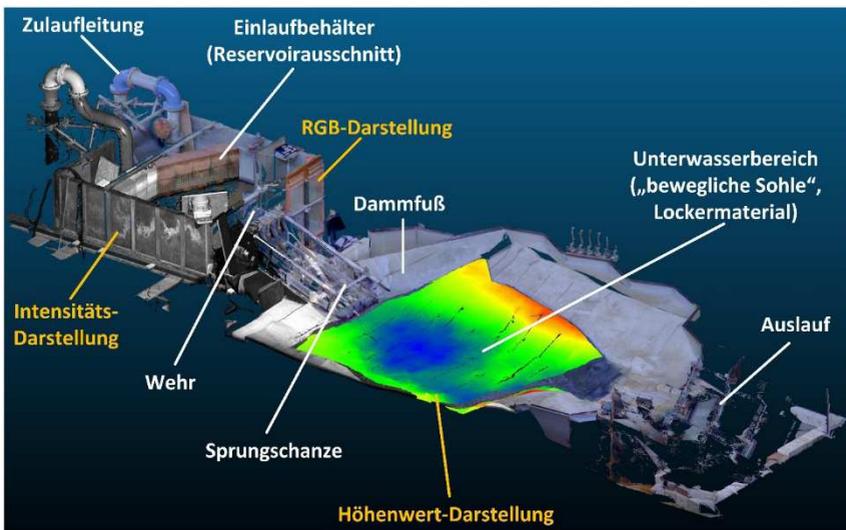
Terrestrische Laserscanner (TLS, siehe Abbildung 1) ermöglichen eine berührungslöse Erfassung der gesamten Umgebung in einem 360°-Panorama



**Abbildung 1:** Prinzip der sequentiellen Abtastung mit einem TLS.

Dazu emittiert der TLS einen Laserstrahl, welcher an den Objektoberflächen im Raum reflektiert wird. Der reflektierte Laserstrahl wird vom TLS ausgewertet und in eine dreidimensionale Koordinate umgerechnet. Zusätzlich zu den 3D-Koordinaten liegt für jeden erfassten Messpunkt ein Intensitätswert der Lasermessung vor, eine Art Falschfarbendarstellung, die auf dem Verhältnis der ausgesendeten zur empfangenen Laserstärke basiert.

Während des Scanvorgangs wird der Laserstrahl über einen rotierenden Spiegel abgelenkt (siehe Abbildung 1 in rot) und zusätzlich dreht sich der Laserscanner um seine Stehachse, siehe Abbildung 1 in grün. Durch diese sequentielle Erfassungsmethode entsteht eine hochaufgelöste digitale Punktwolke im Bereich eines 360°-Panoramas um den TLS.



**Abbildung 2:** 3D-Punktwolke eines physikalischen Modells zur Untersuchung von Erosionsprozessen. Zur Veranschaulichung wurden bereichsweise unterschiedliche Einfärbungen verwendet: Intensitäts-, RGB- und Höhen-Werte (Regenbogen).

In Abbildung 2 ist zunächst das Endergebnis einer 3D-Erfassung mittels TLS dargestellt. Die Abbildung soll einerseits einen Auszug der Darstellungsmöglichkeiten für eine Punktwolke aufzeigen (gelbe Beschriftung) und andererseits das physikalische Modell, auf das in Kapitel 3 näher eingegangen wird, charakterisieren (weiße Beschriftung). Gegenüber konventionellen Messmethoden führt der Einsatz von TLS zu einer deutlich umfangreicheren Datengrundlage bei dennoch überschaubarem Zeitaufwand. Die Mes-

sung eines 360°-Panoramas mit einem Punktabstand von 3,1 mm in einer Objektentfernung von 10 m benötigt in etwa 7 Minuten, siehe *Zoller+Fröhlich (2020)*. Für eine feinere Diskretisierung (geringerer Messpunkt-  
abstand) erhöht sich die Messdauer entsprechend. Zusätzlich besteht die Möglichkeit die vom TLS aufgenommene Punktwolke mit RGB-Farbinformationen zu überlagern (siehe Abbildung 2 RGB-Darstellung), dafür sind aktuelle TLS-Modelle in der Regel mit einer internen Kamera ausgestattet.

Werden mehrere Punktwolken von unterschiedlichen Standpunkten oder für Vergleichszwecke erfasst, so müssen diese zunächst in ein gemeinsames Koordinatensystem transformiert werden, dies wird in Kapitel 3 weiter thematisiert.

### **3 Anwendungsbeispiel: Erfassung von Kolkgeometrien bzw. morphologischen Veränderungen (Erosion & Auf- landung)**

In Abbildung 3 ist der Unterwasserbereich des zuvor thematisierten physikalischen Modells einer HWEA abgebildet. Dabei handelt es sich um eine HWEA mit Sprungschanze. Dieser Anlagentyp wird häufig in engen Tälern und bei großen Stauhöhen eingesetzt und ist eine Variante, die den Hochwasserabfluss mithilfe eines Schanzenbauwerks in einen Freistrahl umwandelt, der in möglichst großer Entfernung zu schützenswerten Strukturen auf das Unterwasser auftrifft. Da der Großteil der kinetischen Energie des Freistrahls erst im Unterwasser dissipiert, kommt es dabei häufig zu einer ausgeprägten Erosion der Flusssohle, die die Bildung eines Kolks zur Folge hat.

Um eine Gefährdung von schützenswerten Strukturen durch Erosion zu vermeiden, ist eine fundierte Aussage über das Ausmaß sowie die zu erwartende Lage der Auskolkungen notwendig. Hierfür eignen sich insbesondere hydraulische Modelle mit beweglicher Sohle. Für die Beurteilung von Kolkungsprozessen ist die Aufnahme des Urzustandes des betreffenden Gewässerbereichs und der Zustand eines entwickelten Kolks grundlegend. Im Zuge von Optimierungen lassen sich beispielsweise verschiedene Sprungschanzenentwürfe untersuchen, die durch zusätzliche Einbauten unterschiedliche Auswirkungen auf die Kolkung haben. Insbesondere für die Beurteilung dieser Auswirkungen auf den Kolkungsprozess bieten TLS eine äußerst umfangreiche (digitale) Datenbasis.



**Abbildung 3:** Modellbereich mit beweglicher Sohle -Unterstromseitige Ansicht- (Schussrinne, Sprungschanze, Dammfuß und „Plunge Pool“-Bereich).

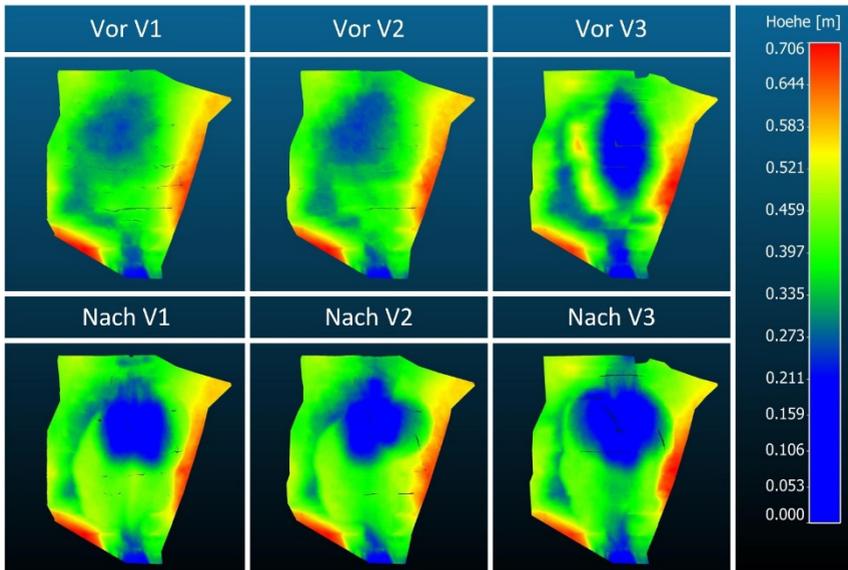
Mit dem TLS wurde jeweils vor und nach den einzelnen Versuchen eine komplette Erfassung des Modells durchgeführt. Für eine weiterführende Analyse unterschiedlicher Kolkgeometrien müssen jedoch alle Punktwolken des aufgenommenen Modells in einem identischen Koordinatensystem vorliegen.

Klassischerweise werden zur Transformation der Punktwolken externe künstliche Zielzeichen (Passkugeln oder Zielmarken) verwendet. Neuere Ansätze ermöglichen jedoch auch die Transformationsparameter basierend auf bereits in den Scandaten vorhandenen geometrischen Primitiven (z. B. Ebenen) zu bestimmen, siehe *Scantra (2020)*. Der entscheidende Vorteil ist, dass so keine Zielzeichen ins Modell eingebracht werden müssen. Somit sind auch Messungen zu unterschiedlichen Projektphasen miteinander vergleichbar, da die Transformation über vorhandene identische Ebenen an Wänden oder der Decke erfolgen kann, d. h. der TLS muss auch zwischenzeitlich nicht an Ort und Stelle verbleiben.

Um einen effizienten und flexiblen Einsatz des TLS in der wasserbaulichen Versuchshalle zu gewährleisten, wurde für alle Auswertungen der auf natürlichen geometrischen Primitiven basierende Ansatz verwendet. Die anschließende Auswertung und Darstellung der transformierten Punktwolken wurde mit der Open-Source-Software *CloudCompare (2020)* durchgeführt, siehe *CloudCompare (2020)*.

### 3.1 Erfassung der absoluten Geometrie

In Abbildung 4 ist zunächst der veränderliche Modellbereich, die aufgenommene Kolkgeometrie, für 3 Modellversuche (V1, V2 und V3) dargestellt, vgl. auch Abbildung 3. Die Punktwolke ist anhand ihrer z-Koordinate (Höhe) eingefärbt.



**Abbildung 4:** Höhendarstellung des veränderlichen Modellbereichs für drei Versuche (jeweils vor und nach der Versuchsdurchführung). Der Zufluss über die Sprungschanze fand jeweils von oben statt, vgl. Abbildung 2 bzw. Abbildung 3.

Im Zuge der Auswertung der TLS-Messdaten können dabei sowohl die Ausgangszustände als auch die Endzustände miteinander verglichen werden. In den Versuchen V1 und V2 wurde ein für den Versuchsstart grob eingebener Ursprungszustand eingemessen und für den Versuch V3 ein definierter Voraushub, um dem Kolkprozess ein Initialvolumen vorzugeben, siehe Abbildung 4 in der oberen Zeile.

Die Versuche V1 und V2 zeigen eine sich nach stromabwärts ausbreitende Verlandung des Senkenbereichs (ehemaliges Flussbett), wohingegen bei Versuch V3 durch den Voraushub weniger Material nach stromabwärts ausgetragen wird und die Auflandung geringer ausfällt, siehe Abbildung 4 in der unteren Zeile. Auffallend ist beim Versuch V3 die Annäherung der Kolkform an die auch durch die Versuche V1 und V2 erzeugten Kolkgeo-

metrien. Bei Versuch V3 wächst der Kolk in die Breite, allerdings verbleibt im Gegensatz zu den Versuchen V1 und V2 eine Vertiefung am unteren Kolkende, welche durch den Voraushub schon gegeben war und nicht durch den Kolkungsprozess verstärkt wurde.

Weitere Auswirkungen von baulichen Maßnahmen sind aus dem Vergleich der Endzustände der Versuche V1 und V2 zu erkennen. Die Sprungschance wurde bei Versuch V2 durch eine Zahnschwelle verändert, was sich in einer etwas länglicheren Kolkform zeigt. Zusätzlich wurde bei Versuch V2 einseitig ein Deflektor angebracht, welcher sich durch eine reduzierte Auskolkung im Bereich des steileren Böschungsbereichs auswirkt und durch die eine Verzerrung am unteren Kolkbereich zu erkennen ist.

### 3.2 Geometrieveränderung

Aus den TLS-Aufnahmen der einzelnen Versuche (vgl. Abbildung 4) kann neben der absoluten Geometrie auch die Geometrieveränderung im Modellbereich berechnet werden, siehe Abbildung 5. Dazu wird jeweils die Differenz der z-Koordinatenwerte gebildet.

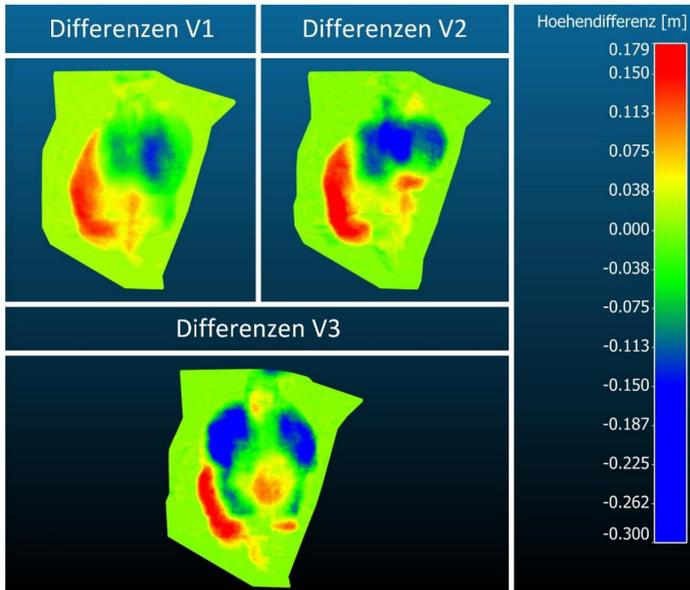
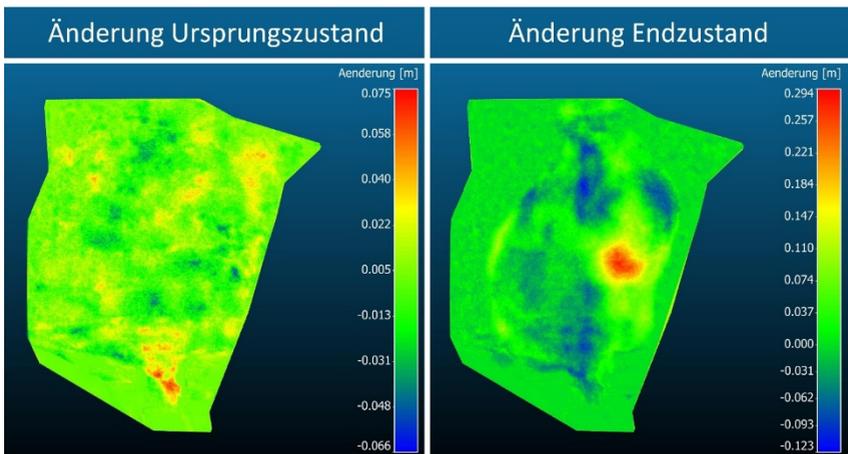


Abbildung 5: Höhenänderungen (Differenzen) „Vorher-Nachher“ für die drei Modellversuche aus Abbildung 4.

In Abbildung 5 sind die Höhenänderungen (Differenzen „vorher zu nachher“) für die drei Modellversuche dargestellt. In den Differenzen von Versuch V2 ist deutlich die ausgeprägte positive Höhendifferenz im unteren rechten Bildbereich (Böschungsbereich) zu erkennen. Hier wird durch die angepasste Sprungschanzengeometrie der HWEA eine Reduzierung der böschungsnahen Erosion erwirkt. Ebenso erkennbar ist die im Vergleich zu Versuch V1 verstärkte Kolkung im oberen Bereich, die durch die strahlaufreißende Wirkung der Schanzenanpassung verursacht wird, da so der Freistrahlschub verstärkt im oberen Bereich auf das Flussbett trifft.

Bei den Differenzen von Versuch V3 ist dagegen die Aufweitung des Kolks klar zu erkennen. Eine deutliche Vertiefung ist nur in den seitlichen Zonen zu verzeichnen, im mittleren Bereich sind die Differenzen aufgrund des Voraushubs gering und nach unten landet sich das ausgetragene Bettmaterial innerhalb des Voraushubbereichs zum Teil wieder an.



**Abbildung 6:** Versuchsübergreifende Auswertung der Geometrieveränderung.

Neben dem Vergleich der Höhenänderungen innerhalb eines Versuches, wird durch die effiziente Transformation aller Messungen in ein einheitliches Koordinatensystem (ohne Abhängigkeit von externen Zielzeichen) auch eine versuchsübergreifende Quantifizierung ermöglicht. Damit bieten sich neue Möglichkeiten der Versuchsbewertung, z. B. lassen sich die Ursprungszustände von Versuchen miteinander vergleichen, siehe Abbildung 6 linke Seite. So kann gezeigt werden wie gut ein definierter Ausgangszustand wiederhergestellt wurde, wie z. B. das „Einebnen“ vor Versuchsbeginn. Somit lassen sich die eigentlichen Ergebnisse (Geometrieänderung)

unterschiedlicher Versuche besser beurteilen, insbesondere im Kontext der Messunsicherheit.

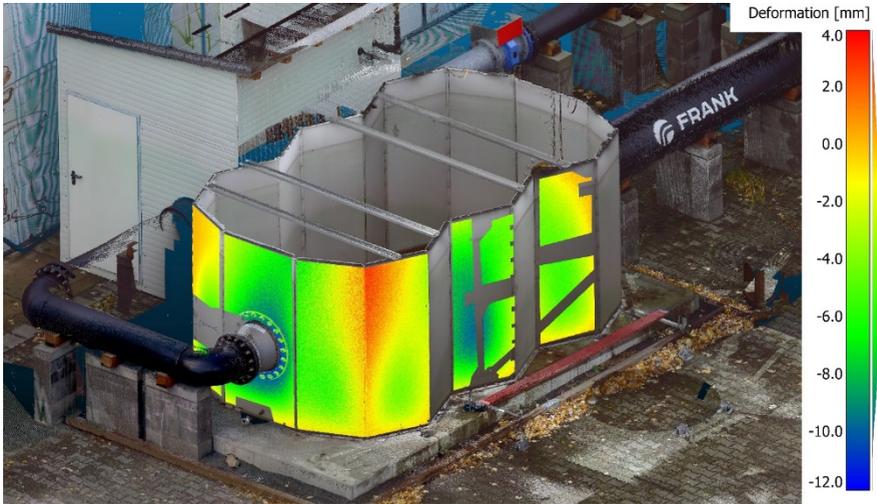
Es zeigen sich bei der Änderung des Ursprungszustands im eigentlichen Kolkbereich Höhendifferenzen, die bei der Beurteilung der Kolkgeometrie von eher untergeordneter Bedeutung sind. In den Randbereichen spielen die Änderungen im Zuge der Beurteilung von Auflandungsprozessen durchaus eine etwas gewichtigere Rolle, weshalb für eine umfängliche Analyse zukünftig der Fokus durchaus auch auf einen Vergleich von Ursprungszuständen gelegt werden sollte.

Abschließend wird so auch eine detaillierte Beurteilung der Auswirkungen, die durch Anpassungen am Modell induziert werden, ermöglicht (siehe Abbildung 6 rechte Seite). Es kann exakt festgestellt werden welche Auswirkung eine Änderung der Sprungschanzengeometrie einer HWEA auf die Kolkbildung im Unterwasserbereich hat, d. h. welche Änderungen beim Auf- bzw. Abtrag von beweglichem Sohlmaterial entstehen. Die im rechten Bild zu erkennende Änderung der Endzustände von Versuch V1 und V2 verdeutlicht eindrucksvoll die Wirkung der geänderten Sprungschanzengeometrie mit der eingebauten Zahnschwelle und der seitlichen Deflektorwand.

## 4 Anwendungsbeispiel: Bauwerksvermessung eines Wasserbehälters

Zur Nutzung der hydrothermischen Energie von Fließgewässern wurde ein Prüfstand für die Untersuchung von Wärmetauschern aufgebaut, siehe Abbildung 7. Im Betrieb übergibt dabei eine Wärmequellenanlage einen Teil der hydrothermischen Energie aus dem Fließgewässer an den Kältekreislauf einer Wärmepumpe, simuliert durch einen Tauchstrahl in einem Wasserbehälter.

Ein wesentlicher Bestandteil des Versuchsaufbaus ist der offene Wasserbehälter, der durch mobile Hochwasserschutzzelemente gebildet wird. Im Zuge des Betriebs des Prüfstands und der Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit der verwendeten Systemkomponenten stand auch eine mögliche Bauteilverformung im Fokus, da insbesondere die Anforderungen bezüglich der Dichtigkeit bei sich ändernden Belastungen zu beachten waren.



**Abbildung 7:** Wasserbehälter (Prüfbecken) mit farbcodierter Deformation aufgrund des Füllstandes.

Mit dem TLS war es möglich, den Wassertank im leeren sowie im komplett mit Wasser gefüllten Zustand zu scannen. Diese beiden Aufnahmen erlauben eine Auswertung der Deformation der Tankaußenwände. Da in diesem Fall die Deformation senkrecht zur jeweiligen Tankaußenfläche von Interesse war wurde die Punktwolke des leeren Zustandes zunächst trianguliert, so dass darauf basierend die Deformation in Normalenrichtung der triangulierten Ebenen berechnet werden konnte (Cloud-to-Mesh Distanz).

Das Endergebnis ist in Abbildung 7 zu sehen. Hierbei zeigen positive Deformationen (rot) ins Innere des Tanks, negative Deformationen (grün-blau) nach außen und gelb-orangene Bereiche nahezu keine Deformation. Die erkennbaren Lücken in der Farbcodierung wurden durch ein Baugerüst verursacht, das aus Übersichtlichkeitsgründen aus Abbildung 7 entfernt wurde.

Die Auswertung der TLS-Punktwolken ermöglicht eine äußerst anschauliche Darstellung des Deformationsverhaltens des Wassertanks. Aufgrund des Füllstands beult sich die Tankhülle im unteren Bereich nach außen aus, wohingegen sich die Tankhülle in der Umgebung der an der Tankoberseite angebrachten Verstrebungen nach innen schiebt.

Die maximalen Deformationen liegen im Bereich des Rohrauslasses am Ende des Wasserbehälters (linke Bildseite) und an der mittleren Seitenwand. Die Deformationen betragen bis zu 12 Millimetern:

- ◁ Die maximale Deformation im Bereich des Rohranschlusses wird durch die abgehende Rohrleitung, welche bei Befüllung als zusätzliche Last wirkt, verursacht.
- ◁ An der mittleren Seitenwand ist zu erkennen, dass im oberen Bereich keine Verstrebung mit der entgegengesetzten Seite vorhanden ist, dementsprechend entstehen hier auch größere Deformationen als an vergleichbaren Wandteilen.

## 5 Ausblick

Mit dem vorliegenden Beitrag konnte gezeigt werden, dass bei ausgewählten wasserbaulichen Anwendungen ein deutliches Potenzial für den Einsatz von TLS-Messungen existiert und diese mit Fokus auf potenzielle Analysen ein wertvolles Werkzeug bei der Planung, Ausführung und der Überwachung darstellen.

Wesentliche Aspekte einer physikalischen Modelluntersuchung zu Erosionsprozessen und der Kolkentwicklung einer HWEA werden durch den Einsatz eines TLS besser darstellbar und in ihrer Tiefe verstärkt analysierbar. Neben der umfangreichen digitalen Datenbasis ist insbesondere auch die Möglichkeit versuchsübergreifender Vergleiche, ohne Abhängigkeit von externer Infrastruktur hervorzuheben. D. h. es kann explizit festgestellt werden, wie sich Änderung an den Versuchsparametern auf die Kolkung bzw. die Kolkgeometrie auswirken.

Im Kontext von Bauteilverformungen lassen sich mittels TLS-Messungen Rückschlüsse auf die tatsächliche Gebrauchstauglichkeit der Systemkomponenten ziehen, hier am Beispiel eines Wassertanks. Erst der Einsatz eines TLS ermöglicht die Erfassung von räumlich aufgelösten Deformationen mit vertretbarem Aufwand und bietet so das Potenzial das Verformungsverhalten der einzelnen Bauteile detailliert zu untersuchen.

Ein Anknüpfungspunkt für zukünftige Anwendungen könnte der Einsatz von TLS zur Erfassung von Sohllagen durch Wasseroberflächen hindurch sein. Diese Methodik soll als Forschungs- und Entwicklungsziel aufgegriffen werden. Hierbei ist die Brechung des Lichtstrahls beim Auftreffen auf die Grenzfläche Luft/Wasser bei der Datenauswertung zu berücksichtigen. So

könnten sich neben der Vermessung eines Endzustands auch dynamisch-morphologische Entwicklungen während der laufenden Versuchsdurchführung erfassen lassen.

## 6 Literatur

- CloudCompare (Version 2.10.2) [GPL-Software], (2020), bezogen von <http://www.cloudcompare.org/> (zuletzt aufgerufen 13.01.2020)
- Czerny R., König F., Oberle P., Lehmann B., Nestmann F. (2010): Werkzeuge zur Bewertung urbaner Fließgewässer. 33. Dresdner Wasserbaukolloquium „Wasserbau und Umwelt: Anforderungen, Methoden, Lösungen“, 17. und 18. März 2010, Dresden, Germany, S. 485-494
- Rupprecht R., Zippelt K., Oberle P. (2009): Terrestrisches Laserscanning als Grundlage für die hydraulische Gewässermodellierung. WasserWirtschaft 05/2009, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden/Germany, S. 14-19
- Scantra (Version 2.3), technet GmbH, (2020), <https://www.technet-gmbh.com/produkte/scantra/> (zuletzt aufgerufen 13.01.2020)
- Tschirschwitz F., Mechelke K., Jansch H., Uliczka K., Kersten T. (2016): Ein automatisches Monitoringsystem für Bühnen an der Elbe durch terrestrisches Laserscanning, In: ZfV – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement 141,5, S. 297–305
- Zoller+Fröhlich (2020): Z+F Imager 5016 Datenblatt, <https://www.zf-laser.com/Z-F-IMAGER-R-5016.184.0.html> (zuletzt aufgerufen 13.01.2020)

Autoren:

Dr.-Ing. Jens-Uwe Wiesemann

Lukas Priebe, M Sc.

Dr.-Ing. Florian Schill

FG Wasserbau und Hydraulik  
Technische Universität Darmstadt  
Franziska-Braun-Str. 7  
64287 Darmstadt

FG Geodätische Messsysteme und Sensorik  
Technische Universität Darmstadt  
Franziska-Braun-Str. 7  
64287 Darmstadt

Tel.: +49 6151 16 21169

Tel.: +49 6151 16 21827

+49 6151 16 21915

E-Mail:  
wiesemann@wb.tu-darmstadt.de

E-Mail:  
priebe@geod.tu-darmstadt.de  
schill@geod.tu-darmstadt.de