

# EcologyMeetsIngenieur 2016



Versuchsanstalt Oberrach, 10. und 11. März 2016

**Abstracts**

## Inhaltsverzeichnis

BAUMGARTNER - Variantenuntersuchung für die optionale Restrukturierung des Gschlössbachs.....	3
BAUR - Ökologie und Entwicklung des Zwerg-Rohrkolben ( <i>Typha minima</i> Funck ex Hoppe) durch Wiederansiedlung im Europaschutzgebiet Obere Drau in Kärnten (Österreich).....	4
BÖTTCHER, ZEIRINGER - Ethohydraulische Untersuchungen zur Fischeschutz- und -leitwirkung am Seilrechen.....	5
BORGSMÜLLER et al. - Anwendung des hydromorphologischen Bewertungsverfahrens Valmorph zur Abschätzung der Veränderung der Schwebstoffverteilung im Ems Ästuar.....	6
EGGER, METZ - Succession processes of a dynamic riparian ecosystem: the lower Allier River (France).....	7
FLÖDL, HAUER - Entwicklung einer eigendynamischen Gewässerbreite kristalliner Fließgewässer unter Berücksichtigung anthropogener Veränderungen.....	8
THUMSER, HAAS - Fernerkundung von Fließgewässern mit Drohnen – 3 Jahre HyDroneS: Aktueller Stand, Forschung und Ausblick.....	9
KOPECKI et al. - Depth-dependent roughness in non-stationary 2D hydrodynamic modelling for hydropeaking assessment.....	10
MEIER - Fischtracking mit fluoreszierenden Markern.....	11
PISATURO, NOACK - Comparison of 2D- and 3D hydrodynamic modelling for simulation of fish habitat suitability.....	12
CUCHET, SCHWARZWÄLDER - Influence of pioneer vegetation on the morphodynamic evolution of a river bed.....	13

# Variantenuntersuchung für die optionale Restrukturierung des Gschlößbachs

KATHARINA BAUMGARTNER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Arbeitsbereich Wasserbau, Institut für Infrastruktur, Universität Innsbruck

Anthropogene Veränderungen der Hydromorphologie führen in verbauten Abschnitten zu direkten und flussab zu indirekten Beeinträchtigungen. Dies ruft in weiterer Folge Einschränkungen von Lebensräumen der Flora- und Faunawelt hervor. Durch die Begradigungs- und Verbauungsmaßnahmen wurde dem Gschlößbach seine Morphodynamik genommen, sie führte zu einer Verschlechterung des ökologischen Zustandes. Mit dieser Arbeit wurde eine Variantenuntersuchung durchgeführt, mit dem Ziel einen naturnahen Gewässerabschnitt mit seiner charakteristischen Dynamik wiederherzustellen. Durch die Maßnahmen sollen neue Lebensräume für Flora und Fauna geschaffen und eine Wiederansiedlung von Schotterpionierflugesellschaften, im Speziellen der Pflanze *Epilobium fleischeri* (Fleischers Weidenröschen), erreicht werden. Die einzelnen Varianten wurden mithilfe von 2D tiefengemittelten Strömungsmodellen (Hydro\_AS- 2d) und einer Habitatmodellierung (Habitat Evaluation Model HEM) nachgebildet. Es konnten Erkenntnisse über die abiotischen Veränderungen in der Restrukturierungsstrecke, wie z.B. Flussaufweitungen, Vorlandabsenkungen, Seitenarmanbindungen, Kolk-Furt-Sequenzen gewonnen werden. Der Feststoffhaushalt wurde mittels Hydro\_GS-2d modelliert. Mit der berechneten theoretischen Transportkapazität konnte anhand einer Szenarienanalyse aufgezeigt werden, wie Feststoffe transportiert werden und in welchen Bereichen sich Geschiebe anlandet. Die Ergebnisse der Modellierung zeigen, dass durch die Restrukturierungsmaßnahmen dynamische Prozesse zunehmen, die Breiten- und Tiefenvariabilität gesteigert wird, eine Verbesserung der Habitatqualität stattfindet und neue Lebensräume für die Bachforelle (*Salmo trutta fario*) entstehen. Die Ergebnisse der Geschiebmodellierung zeigen, dass dynamische Umlagerungen stattfinden und somit eine Wiederansiedlung von Pioniergesellschaften auf den Schotterflächen möglich ist. Eine Verbesserung des ökologischen Zustandes wäre bei Umsetzung zu erwarten.

# **Ökologie und Entwicklung des Zwerg-Rohrkolben (*Typha minima* Funck ex Hoppe) durch Wiederansiedlung im Europaschutzgebiet Obere Drau in Kärnten (Österreich)**

PAMELA BAUR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>WWF-Auen-Institut, Institut für Geographie und Geoökologie, Karlsruher Institut für Technologie

Der Zwerg-Rohrkolben oder kleiner Rohrkolben (*Typha minima* Funck ex Hoppe), ist eine charakteristische Pionierpflanze alpiner Wildflusslandschaften. Großräumiger Habitatverlust infolge Flussregulierung und Kraftwerksbau in Kombination mit den sehr speziellen Standortsansprüchen führten dazu, dass diese Leitart mittlerweile in ganz Österreich nahezu ausgestorben ist. In Kärnten an der Oberen Drau konnte *Typha minima* nach ihrem Verschwinden durch eine Wiederansiedlung an mehreren Flussabschnitten wieder erfolgreich eingebürgert werden. Der Zwerg-Rohrkolben entwickelt sich dort in vier Phasen: Keimphase, Juvenilphase, Jungphase und Adultphase. Damit der Zwerg-Rohrkolben keimen und sich entwickeln kann, benötigt dieser optimale Rahmenbedingungen. Die Entwicklung kann durch kleinere oder mittlere Hochwässer, Übersandungen etc. gestoppt oder zum Stillstand gebracht werden. Doch langfristig betrachtet ist eine hohe Morphodynamik zur Neuschaffung von Standorten für *Typha minima* Voraussetzung, damit neue potentielle Keimungsorte entstehen können. Diese gegensätzlichen Ansprüche - hohe Morphodynamik zur Neubildung von offenen Siedlungsräumen bei gleichzeitiger extremer Empfindlichkeit der Pflanzen - in der Keimphase ist vermutlich neben den massiven Habitatverlust einer der wesentlichen Gründe, weshalb langfristig gesehen kaum neue Populationen sich zu etablieren vermögen. Die Geländeuntersuchungen ergaben, dass *Typha minima* im Untersuchungsjahr 2014 sich an sieben Flussabschnitten an der Oberen Drau etablieren konnte und in Summe eine deutliche Zunahme der Vorkommensflächen von 923 m<sup>2</sup> (2011) auf ca. 3787 m<sup>2</sup> (2014) zu verzeichnen hat. In Summe ist die Wiederansiedlung von *Typha minima* im Europaschutzgebiet Obere Drau als sehr erfolgreich einzustufen. Um die Pionierpflanze *Typha minima* als stabile Metapopulation langfristig im Europaschutzgebiet Obere Drau zu erhalten, werden auch in Zukunft Wiederansiedlungen in Kombination mit weiteren Renaturierungsmaßnahmen nötig sein.

# Ethohydraulische Untersuchungen zur Fischschutz- und -leitwirkung am Seilrechen

HEIDI BÖTTCHER<sup>1</sup>, BERNHARD ZEIRINGER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Arbeitsbereich Wasserbau, Institut für Infrastruktur, Universität Innsbruck

<sup>2</sup>Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement, Universität für Bodenkultur Wien

Flusskraftwerke verzögern bzw. verhindern stromabwärts gerichtete Wanderungen von Fischen, ohne entsprechende Maßnahmen zum Fischschutz und Fischabstieg. Im Gegensatz zum Fischaufstieg bestehen über funktionsfähige Maßnahmen zum Fischschutz und -abstieg für heimische, potamodrome Arten noch größere Wissensdefizite. Im Rahmen eines von der FFG geförderten Forschungsprojektes wird derzeit ein neues Konzept zum Fischschutz, der sogenannte Seilrechen, hinsichtlich seiner fischbiologischen Wirksamkeit sowie seiner hydraulischen und technischen Eigenschaften im Wasserkraftbetrieb untersucht. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement (IHG) der BOKU Wien werden dazu Verhaltensuntersuchungen zur Fischschutz- und -leiteffizienz an einem ethohydraulischen Ausschnittmodell im Maßstab 1:1 an der HyTEC-Versuchsanlage in Lunz am See durchgeführt. Ziel ist es, nähere Erkenntnisse über den Einfluss der Geometrie (Rechenneigung und Stababstand) und der Anströmgeschwindigkeit auf die Leit- und Schutzeffizienz der Barriere zu erhalten. Bisher wurden zwei Neigungen und Seilabstände unter Variation der Anströmgeschwindigkeit für die potamodromen Arten Bachforelle und Aitel untersucht. Die Erfassung der Bypass- und Rechenpassagen erfolgte dabei durch „passive integrated transponders“ (PIT-Tags). Darüber hinaus wurde das Verhalten an der Barriere und im Bereich des Bypass durch Videoaufnahmen dokumentiert. Durch die natürlichen Rahmenbedingungen an der HyTEC-Versuchsanlage konnten die Versuche in „situativer Ähnlichkeit“ durchgeführt werden. Weiterführende Versuche mit der Fischart Äsche sowie ergänzende Versuche mit Bachforelle und Aitel sind im Frühjahr 2016 geplant. Nach den bisherigen Erkenntnissen wirkt sich der Parameter Seilabstand entscheidend auf die Fischschutzfunktion des Seilrechens aus. Wider Erwarten ist die verhaltensbeeinflussende Wirkung der, in der Strömung schwingenden, Seile verhältnismäßig gering. Mit dem geringsten Seilabstand wurde ein nahezu vollständiger Schutz der 1+ Juvenilen beobachtet. Darüber hinaus wurden artspezifische Unterschiede im Hinblick auf die Rechenpassage und Leitwirkung festgestellt. Die umfangreichen Daten werden anhand einer statistischen Analyse untersucht, um sowohl grundlegende Erkenntnisse zum Wander- bzw. Fischverhalten an der Barriere als auch hinsichtlich der Fischschutz- und -leiteffizienz des Seilrechens zu gewinnen. Im Anschluss an die Basisversuche, sind weitere Untersuchungen in Kombination mit einer elektrischen Scheuchwirkung geplant.

# **Anwendung des hydromorphologischen Bewertungsverfahrens Valmorph zur Abschätzung der Veränderung der Schwebstoffverteilung im Ems Ästuar**

CHRISTINE BORGSMÜLLER<sup>1</sup>, INA QUICK<sup>1</sup>, STEFAN VOLLMER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bundesanstalt für Gewässerkunde, Referat Grundwasser, Geologie, Gewässermorphologie, Koblenz

Auf der Basis des UVU Bewertungsrahmens Hydromorphologie, der in der BfG im Rahmen der Aktualisierung der Arbeitshilfe“ Umweltverträglichkeitsuntersuchungen an Bundeswasserstraßen“ neu konzipiert wurde, wurde eine Methode entwickelt, um hydromorphologische Veränderungen in natürlichen, erheblich veränderten und künstlichen Bundeswasserstraßen zu erfassen (Quick 2010). Mit Hilfe des Moduls Valmorph (=eVALuation of MORPHology) des integrierten Flussauenmodells INFORM erfährt der qualitative UVU Bewertungsrahmen eine Unterstützung durch repräsentative, quantitativ ermittelte und validierte hydromorphologische Indikatorparameter (Rosenzweig et al. 2012). In der vorliegenden Untersuchung wurde das quantitative Verfahren Valmorph exemplarisch für den erheblich veränderten Fluss der Marschen und das erheblich veränderte Übergangsgewässer Tideems getestet. Dabei wurde die Abweichung des Ist-Zustandes des Indikatorparameters „Schwebstoffhaushalt“ von einem definierten Referenzzustand untersucht. Die Tideems zeichnet sich aus durch signifikante anthropogene Veränderungen der Gewässermorphologie und resultierend daraus durch hohe und aktuell weiter ansteigende Schwebstoffgehalte insbesondere im limnischen Abschnitt des Tideästuars stromauf der Trübungszone. In diesem Bereich ist die Gewässersohle heute temporär von Fluid Mud Schichten mehrerer Meter Mächtigkeit überdeckt. Um Veränderungen im Schwebstoffhaushalt zu bewerten, müssen diese besonderen Eigenschaften des Ästuars berücksichtigt werden. Eine große Herausforderung stellt hier die Wahl der entsprechenden vergleichbaren historischen und aktuellen Datensätze dar, um diese standortspezifischen Charakteristika und die veränderte vertikale Schwebstoffverteilung zu erfassen. Die Ergebnisse der Bewertung mittels der Valmorph Methodik können zum einen dazu verwendet werden, langfristige Veränderungen im Schwebstoffhaushalt einzelner Gewässerabschnitte sowie des gesamten Wasserkörpers quantitativ zu erfassen und zu bewerten und davon ausgehend Handlungsempfehlungen auf fachwissenschaftlicher Basis abzuleiten. Des Weiteren können mit Hilfe der Methodik im Vorfeld von Ausbau- und Unterhaltungsmaßnahmen Aussagen über zu erwartende Veränderungen getroffen werden.

# **Succession processes of a dynamic riparian ecosystem: the lower Allier River (France)**

GREGORY EGGER<sup>1</sup>, MEIKE METZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>WWF-Auen-Institut, Institut für Geographie und Geoökologie, Karlsruher Institut für Technologie

Riparian ecosystems are highly dynamic and are subject to hydrogeomorphological processes. In Europe, the lower Allier River (France) is one of the last remaining meandering rivers with laterally dynamic sections. For this study, we developed an original method to analyse the vegetation assemblages and succession processes. The analysis includes both spatial and temporal evolution in order to evaluate the shifting paradigm of habitat mosaic at the study site over a 60-year period. Whereas the ecotope balance remains stable over the long term, habitats shift spatially within the active tract during short periods of 5-10 years. The lack of major hydrogeomorphological disturbance observed during the last two decades, however, led to a higher stability of floodplain ecotopes. On the long-term, floods with low recurrence intervals tend to be important for small scale habitat changes, whereas major flood events lead to major habitat changes. Flood events did not change the overall habitat composition of the active tract but their spatial distribution. The lack of major hydrogeomorphological disturbance observed during the last two decades, however, led to a higher stability of floodplain ecotopes.

# **Entwicklung einer eigendynamischen Gewässerbreite kristalliner Fließgewässer unter Berücksichtigung anthropogener Veränderungen**

PETER FLÖDL<sup>1</sup>, CHRISTOPH HAUER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau, Universität für Bodenkultur Wien

Die Versandung der Fließgewässer der Böhmisches Masse stellt nicht nur schutzwasserwirtschaftliche Probleme dar, sondern führt zur Degradierung der aquatischen Fauna. Durch Ablagerung der Feinsedimente können einerseits Verengungen des Abflussquerschnitts festgestellt werden, die eine Aufspiegelung bei Hochwasserabfluss bewirken, andererseits führt die Kolmatierung der Sohle durch den eingetragenen Granitgrus (Korngrößen 1 mm bis 10 mm) beispielsweise zum Verlust von Laichhabitaten. Ausgewählte Fließgewässerabschnitte werden deshalb im Mühlviertel (Land Oberösterreich, nördlich der Donau) in regelmäßigen Abständen geräumt um eine schadlose Abführung des Hochwasserabflusses gewährleisten zu können. Im Zuge des Forschungsprojekts „Feststoffmanagement im Mühlviertel und im Bayerischen Wald“ zeigte sich, dass die künstlich verursachte Gewässerüberbreite eine Störung des natürlichen Gleichgewichts verursacht und bei niedrigen Abflüssen (NQ, MQ) eine Sedimentation von Feinmaterial begünstigt. Mittels 1D-hydrodynamisch-numerischen Modellen wurde deshalb die Anwendbarkeit bekannter Regimeformeln überprüft und unter Anwendung von Regressionsanalysen ein möglicher Einfluss von Nieder- und Mittelwasser untersucht. Präsentiert wird der aktuelle Forschungsstand in Bezug auf die eigendynamische Entwicklung der Gewässerbreite kristalliner Fließgewässer sowie eine durch den Klimawandel verursachte Veränderung der Hydrologie im Mühlviertel (OÖ).



# **Fernerkundung von Fließgewässern mit Drohnen – 3 Jahre HyDroneS: Aktueller Stand, Forschung und Ausblick**

PHILIPP THUMSER<sup>1</sup>, CHRISTIAN HAAS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>I AM HYDRO GmbH

Die zivile Nutzung von unbemannten Flugobjekten (UAV) nimmt seit Jahren stark zu. Eine Reihe von Anwendungen dieser Technik wurde bereits in den Fachbereichen Archäologie, Geographie, Bergbau und Bauingenieurwesen getestet und ist dort zum Teil bereits Stand der Technik. Der Einsatz von ferngesteuerten Drohnen an Gewässern ermöglicht die Aufnahme großer Datenmengen bei höchstmöglicher Sicherheit, durch sehr kurze Einsatzdauer. Im Rahmen des HyDroneS – Hydrosystem Drone Surveying Projekts wird anhand der Ergebnisse verschiedener Fallstudien aus Deutschland, Österreich, Schweiz, Slowenien, Thailand und Bhutan der aktuelle Stand der Technik sowie verschiedene Forschungsschwerpunkte vorgestellt.

## **Depth-dependent roughness in non-stationary 2D hydrodynamic modelling for hydropeaking assessment**

IANINA KOPECKI<sup>1</sup>, MATTHIAS SCHNEIDER<sup>1</sup>, JEFFREY A. TUHTAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>sje - Ecohydraulic Engineering GmbH

Ecohydraulic investigations studying the effects of hydropeaking on fish are gaining in importance. In this work, a semi-empirical formula for the depth-dependent roughness coefficient based on the advanced formulation of the log-law for flows with low relative submergence is derived. The new approach allows accounting for the dynamic changes of roughness along shallow river banks during hydropeaking events. Hydraulic modeling is performed using the SRH 2D model implementing a linear look-up function for the depth-dependent Manning's coefficient in each model element at each time step. The new approach reduces the model calibration efforts by replacing fixed roughness values with physically based depth-dependent relations. We show how this new approach allows for a more precise prognosis of water surface elevation evolution with time. The approach is tested on a 7 km long river reach of the river Lech (southern Germany) to assess the hydropeaking effects on juvenile fish.

# Fischtracking mit fluoreszierenden Markern

PIA CARINA MEIER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Lehrstuhl für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität München

Fischtracking wird im Rahmen diverser Untersuchungen, wie Umweltverträglichkeitsprüfungen an Wasserkraftwerken, durchgeführt und gewinnt in diesem Zusammenhang an Bedeutung. Adäquate Verhaltensstudien sind jedoch oft schwierig zu erstellen, da mehrere Faktoren einfaches, optisches Fischtracking beeinträchtigen oder gar gänzlich verhindern. Wassertrübung und Dunkelheit erschweren eine eindeutige Rekonstruktion der Bewegungsmuster, da Fische unter diesen Bedingungen oft nicht zweifelsfrei detektierbar sind. In Einlaufbereichen von Wasserkraftwerken wäre es jedoch wichtig, die Wirkung von herrschenden Strömungsgeschwindigkeiten und die ggf. entstehende Sogwirkung auf die vor Ort befindlichen Fische beurteilen zu können. Ohne derartige Kenntnis können Aussagen über die tatsächliche Gefährdungslage an Wasserkraftwerken nur schwerlich getroffen werden. In der vorliegenden Untersuchung wurden fluoreszierend Marker als Hilfsmittel für optisches Fischtracking getestet. Diese Marker können minimal invasiv an den Fischen angebracht werden, sind dabei einfach zu handhaben, vergleichsweise kostengünstig und beeinflussen das Fischverhalten nicht. Im Rahmen dieser Studie wurden, anstatt lebender Fische, spezielle Angelköder aus Silikon verwendet, die optisch einer Bachforelle entsprechen. Die Wellenlänge fluoreszierenden Lichtes weist zwei entscheidende Vorteile auf: Es wird, verglichen zu anderen Farben des Spektrums, von Wasser weniger stark absorbiert. Dadurch ist der fluoreszierende Marker auch dann noch erkennbar, wenn der Fisch an sich nicht mehr auszumachen ist. Zudem tritt Fluoreszenz in diesem Maß nicht natürlich auf, wodurch eine eindeutige Zuordnung des Markers möglich ist. Die erzielten Resultate bestätigten dies: Sowohl bei Dunkelheit, als auch bei starker Wassertrübung waren markierte Fische erheblich besser zu detektieren als vergleichende Fische ohne fluoreszierenden Marker. Die eindeutige Zuordnung des fluoreszierenden Markers ermöglicht überdies ein einfach umzusetzendes, automatisches Tracking. Dieses wurde mit zwei unterschiedlichen Softwares realisiert. Die Open Source Software Fiji und die Trackingsoftware Noldus liefern jeweils Position und Geschwindigkeit des Fisches und schaffen damit die nötige Voraussetzung für weiterführende Untersuchungen mit lebenden Fischen.

# Comparison of 2D- and 3D hydrodynamic modelling for simulation of fish habitat suitability

GIUSEPPE PISATURO<sup>1</sup>, MARKUS NOACK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Civil, Environmental and Mechanical Engineering, University of Trento

<sup>2</sup>Institut für Wasser- und Umweltsystemmodellierung, Universität Stuttgart

In order to quantify and predict ecological impacts, aquatic habitat suitability models have been used for decades in water resources management as physical habitat is a key factor in evaluating the ecological status of rivers. The most common index to describe the biological response to abiotic attributes is the habitat suitability index (HSI), which ranges from 0.0 (unsuitable) to 1.0 (most suitable) and represents the suitability of a habitat for a target species or life stage. Usually, the HSI is calculated using the traditional habitat parameters for fish: water depth, flow velocity and dominant substrate. Because the simulated HSI-values also depend on the quality of input variables, we investigate in this study the differences in habitat suitability output using a hydrodynamic 2D- and 3D- CFD-model as input for the habitat model CASiMiR. The case study is Valsura River located in the province of Bolzano, Italy and we conduct habitat simulation for the brown trout because in different life stages, brown trout occupy different position in the water column. However, most often they tend to use positions close to the river bottom. First results show that the habitat suitability index (HSI) using 2D or 3D hydrodynamic models can be significantly different. These differences can be ascribed to different reasons, such as a higher capability to depict the features of the flow field with highly variable and heterogeneous boundary conditions and the possibility to simulate the near bed hydrodynamic parameters, which are relevant for certain target species. In particular, the HSI-values using 3D hydraulics lead to larger areas of highly suitable habitats compared to 2D simulations.

# **Einfluß von Vegetation auf die morphologische Entwicklung eines Gewässers – eine Vorstudie**

KORDULA SCHWARZWÄLDER, MATHILDE CUCHET<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Lehrstuhl für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität München

In einem natürlichen Gewässer sind die Morphologie und die Entwicklung ausgesprochen stark von der Vegetation in und an diesem Gewässer beeinflusst. Um die auftretenden Effekte quantifizieren und bewerten zu können haben wir an der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität München eine Vorstudie durchgeführt. Diese folgte in ihrem grundsätzlichen Aufbau der Studie von Tal und Paola (2010). Die Versuchsrinne befand sich im Außenbereich wo die Versuche im August durchgeführt wurden. Der Einfluss von natürlichem Sonnenlicht sowie Luft- und Wassertemperatur war also, im Unterschied zu Paola und Tal, gegeben. Zu Beginn der Versuche wurde kein Flusslauf vorgegeben, das Sandbett war plan ausgebracht und die Morphologie stellte sich erst im Laufe der Durchführung in Folge einer festgelegten und regelmäßigen Abfolge von Hoch- und Normalwasserperioden ein. Ab dem ersten Hochwasser wurden Alfalfa Samen dem Wasser zugegeben, die sich mit dem Hochwasser auf der Fläche verteilten. Für eine realitätsnahe Anfangsverteilung wurden zusätzlich Samen per Hand gleichmäßig über die Fläche verteilt. Die Änderungen der Morphologie wurden mit Photogrammetrie und Kinect dokumentiert und ausgewertet. Die erzeugten 3D Modelle sollen als Basis für eine numerische Simulation mit verschiedenen Anfangsstadien dienen. Hierbei zeigten sich allerdings einige Probleme in der Anwendung der Systeme, gerade auch im Außenbereich mit dem hier zwangsläufig auftretenden Einfluss des Sonnenlichtes.

Tal and Paola 2010: EARTH SURFACE PROCESSES AND LANDFORMS; Earth Surf. Process. Landforms 35, 1014–1028 (2010); Copyright © 2010 John Wiley & Sons, Ltd.; Published online 9 February 2010 in Wiley InterScience; ([www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com)) DOI: 10.1002/esp.1908