

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Düser, Olaf

Hangbewegung infolge Seiten- und Tiefenerosion in einem Fließgewässer

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/20.500.11970/103397>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Düser, Olaf (2015): Hangbewegung infolge Seiten- und Tiefenerosion in einem Fließgewässer. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Messen und Überwachen im Wasserbau und am Gewässer. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 53. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 385-394.

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.



Hangbewegung infolge Seiten- und Tiefenerosion in einem Fließgewässer

Olaf Düser

Eine flach geneigte Hangböschung in einer Ortslage an dem Fließgewässer Schussen, Bodenseekreis, ist in Bewegung. Zunächst wurde vermutet, dass Kanalbau-maßnahmen, die vor einigen Jahren am Fuß der Hangböschung im Nahbereich zum Fließgewässer ausgeführt wurden, verantwortlich für die Böschungsbewegungen sind. Zur Feststellung der Schadensursache wurden Baugrunderkundungen ausgeführt. Im Hang wurden zwei Inklinometer-Messstellen eingerichtet, um Bewegungsvorgänge auch zur Tiefe hin im Untergrund erfassen zu können. Die Messmethode ist vergleichsweise präzise und kann Verformungen bereits im 1/10 Millimeterbereich feststellen.

Es zeigte sich letztlich, dass ein Zusammenspiel von artesisch gespannten Grundwasserverhältnissen, im Untergrund anstehenden Feinsanden/Beckenschluffen und des Fehlens einer filterstabil aufgebauten Sohlsicherung im Gewässerbett für die Hangbewegung verantwortlich ist. Der Kanalbau konnte als Ursache für die Hangbewegung ausgeschlossen werden.

1 Veranlassung

In einem Prallhangbereich des Fließgewässers Schussen werden seit vielen Jahren Hangbewegungen beobachtet. Durch Anschüttungen im oberen Hangbereich wurde versucht, das Geländeniveau möglichst konstant zu halten. Die Uferböschung zum Fließgewässer ist mit Wasserbausteinen gesichert. Besondere Maßnahmen zum filterstabilen Aufbau der Wasserbausteinsicherung gegen das Erdreich am Ufer wurden bislang nicht ergriffen.

Im ufernahen Hangbereich wurde vor einigen Jahren ein Abwasserkanal neu verlegt. Der alte Kanalbestand hatte Lageveränderungen in horizontaler und vertikaler Richtung erfahren und war nur noch mit erheblichem Unterhaltungsaufwand in Betrieb zu halten gewesen. Inzwischen zeigt der Kanalneubau bereits wieder Lageveränderungen.

Es sollte zunächst die Ursache für die anhaltenden Böschungsbewegungen ermittelt werden. Abbildung 1 zeigt den in Bewegung befindlichen Hangabschnitt.



Abbildung 1: Blick auf den in Bewegung befindlichen Hangabschnitt entgegen der Fließrichtung der Schussen. Die obere Abbruchkante ist mit Pfeilen markiert.

2 Baugrund

Im betreffenden Hangabschnitt wurden zunächst im Bereich der sichtbar größten Böschungsverformungen Baugrunduntersuchungen in Form von Schweren Rammsondierungen und Bohrungen ausgeführt. In Abbildung 2 ist die Lage der Aufschlüsse wiedergegeben. Abbildung 3 enthält das festgestellte Baugrundprofil in Böschungfallrichtung in einer Prinzipskizze.



Abbildung 2: Lage der geotechnischen Aufschlusspunkte

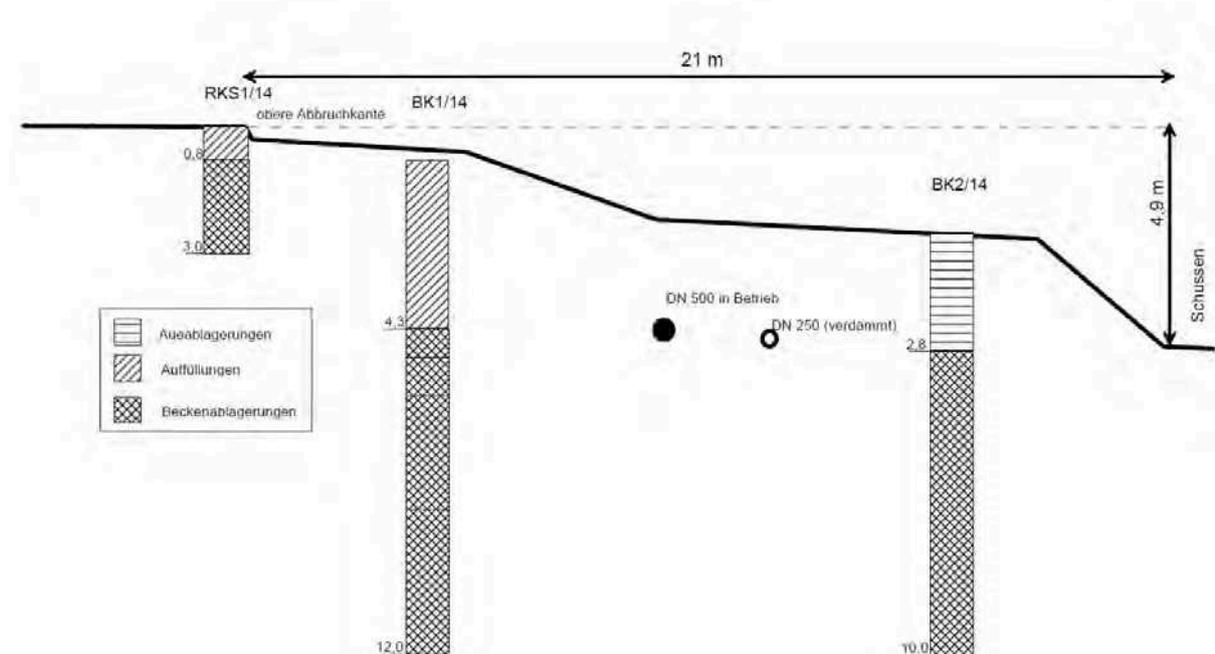


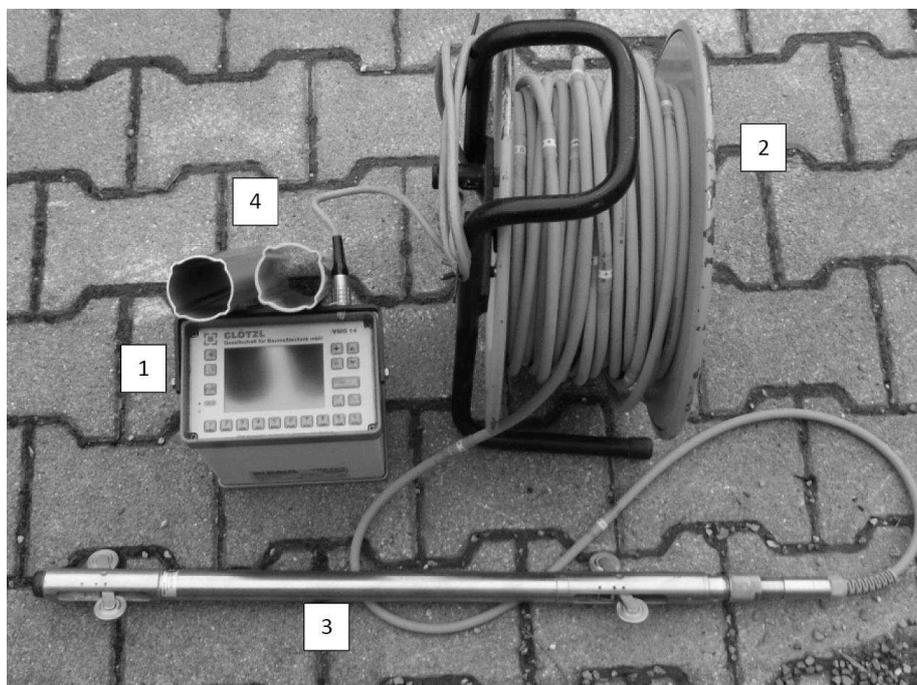
Abbildung 3: Vereinfachtes Baugrundprofil im Schnitt.

Die teilweise mächtigen Auffüllungen aus den früheren Geländemodellierungen wurden bis in Tiefen um 4 m festgestellt. Nahe der Schussen sind keine künstlichen Auffüllungen mehr vorhanden, sondern es stehen aus Hochwasserereignissen stammende Aueablagerungen an.

Grundwasser wurde im Zeitraum der Erkundungen nur in vereinzelt Aufschlüssen festgestellt. Die Bohrungen BK1/14 und BK2/14 wurden komplett bis in den Tiefenbereich um 10÷12 m zu Verformungsmessstellen ausgebaut. In der im Uferbereich der Schussen gelegenen Messstelle BK2/14 wurden über den Beobachtungszeitraum von Februar bis August 2014 Wasserstände über Geländeneiveau festgestellt. Damit ist ein Hinweis auf artesisch gespannte Grundwasserhältnisse gegeben.

3 Eingesetztes Messsystem

Zur Beobachtung vorwiegend horizontaler Deformationen von Hangböschungen mit Feststellung des Gleithorizonts im Untergrund werden unter anderem mobile Vertikalinklinometer eingesetzt. Das System besteht aus einem mobilen Neigungsmessgerät (Neigungsmesssonde, Datenerfassung, Messkabel) und einem im Baugrund installierten Messkanal. In Abbildung 4 ist als Beispiel eine Messeinheit zu sehen. Angaben zur Installation und Bedienung der Messeinrichtung, zur Messunsicherheit und zur Auswertung können z.B. *Blümel et al. 1991*, *Düser et al. 1994* sowie *DIN 4107-3* entnommen werden. Die Messunsicherheit je Messschritt liegt im Bereich von 0,1÷0,15 mm.



1: Messwerterfassung 2: Kabel mit Markierungen 3: Inklinometersonde 4: Messrohre mit Nuten

Abbildung 4: Inklinometer-Messeinrichtung.

Der Messkanal ist mit um 90° versetzt angeordneten Führungsnuten versehen, in denen die Richtungsführung der Inklinometersonde erfolgt. Der Messkanal wird so ausgerichtet, dass eine Nutachse in der zu erwartenden Hauptverschiebungsrichtung liegt. Diese Achse wird häufig mit A-A bezeichnet. Senkrecht dazu befindet sich ein weiteres Nutenpaar, welches als Messachse B-B bezeichnet wird. Die Tiefenpositionierung der Sonde erfolgt über Markierungen am Messkabel. Im Sondenkörper ist ein Neigungsaufnehmer in Richtung A-A und ggf. ein weiterer Aufnehmer in der Achsenrichtung B-B positioniert. Bei zwei installierten Neigungsaufnehmern können je Tiefenposition beide Messrichtungen A-A und B-B erfasst werden.

Legende

- ^a vergrößert dargestellt
- 1 Messbrücke, Messcomputer
- 2 Messkabel
- 3 Inklinometersonde
- 4 Muffe
- 5 Bohrloch
- 6 Inklinometer-Nutrohr
- 7 Ringspaltverfüllung
- 8 Endkappe
- 9 Laufräder der Sonde
- 10 aktueller Verlauf des Inklinometerrohres
- 11 Lotrechte

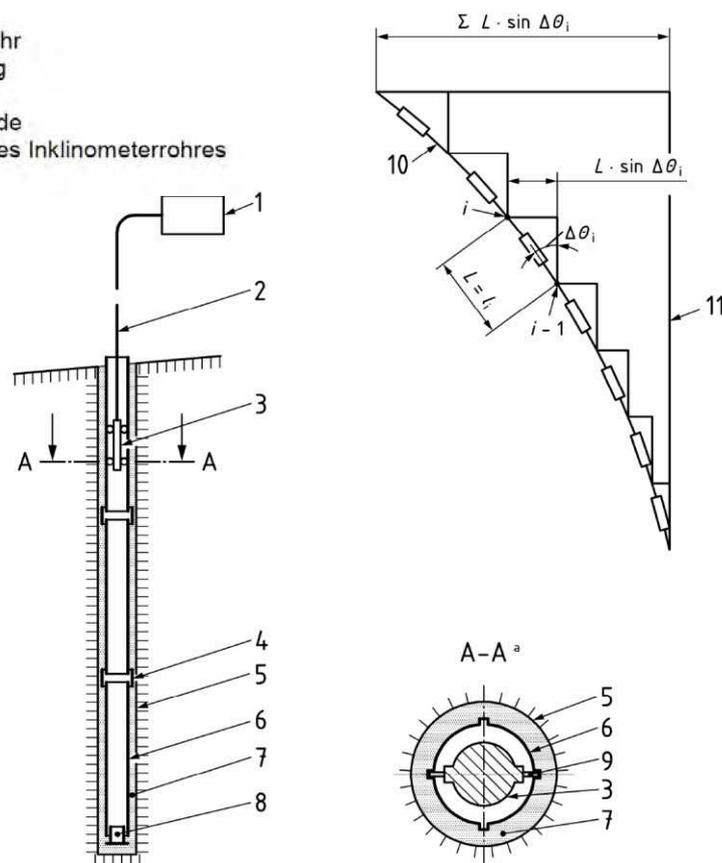


Abbildung 5: Messsystem und Auswerteprinzip, DIN 4107-2.

Nach Installation des Messkanals wird zunächst seine Ausgangslage bestimmt (sogenannte Nullmessung). Folgemessungen werden im zeitlichen Abstand zur Nullmessung ausgeführt. Die Zeitintervalle können je nach Verformungscharakteristik sehr stark variieren. Für jede Messebene werden die Neigungsdifferenzen zwischen Null- und Folgemessung berechnet. Die Differenzen werden in Polygonzügen aufsummiert und stellen die Verformungslinien dar. In Abbildung 5 sind das Messsystem und das Auswerteprinzip skizziert.

Parallelverschiebungen des Messsystems sind entweder über geodätische Einmessung des Kanalkopfs oder über die Positionierung des Fußpunkts des Messkanals in einem unverschieblichen Tiefenbereich zu erfassen. Über Differenzbildung einer Folge- und der Nullmessung werden die zwischenzeitlich entstandenen Verformungen bestimmt.

4 Messergebnisse

In den Abbildungen 6 und 7 sind die Horizontalverformungen in Böschungfallrichtung der Messkanäle BK1/14 und BK2/14 im Zeitraum von 02.2014 bis 08.2014 zusammengestellt. Sehr deutlich ist der Gleithorizont der Hangbewegung zu sehen.

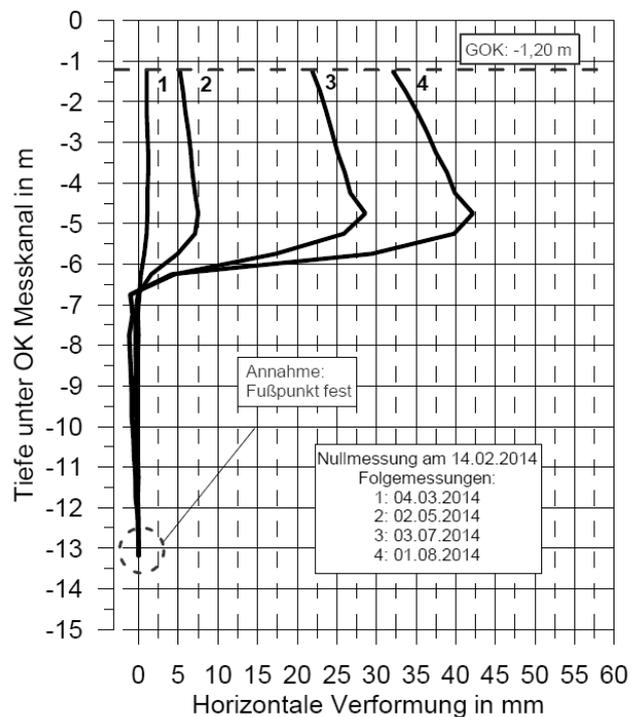


Abbildung 6: Verformungen im Bereich von Messstelle BK1/14.

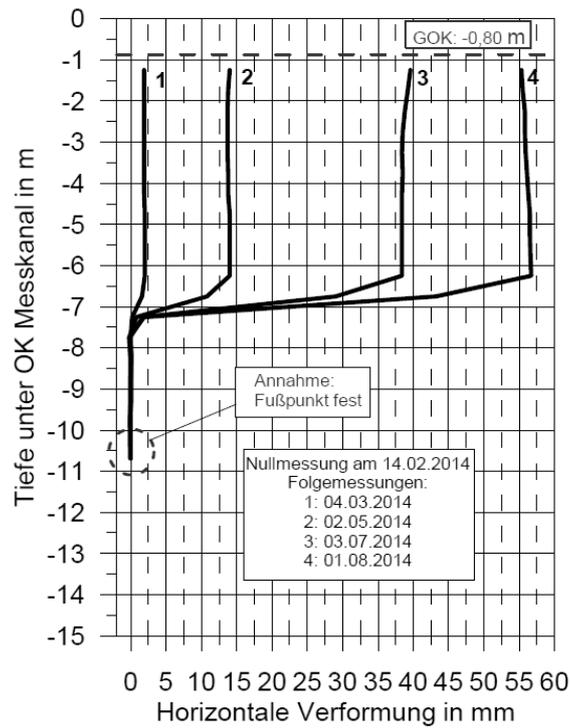


Abbildung 7: Verformungen im Bereich von Messstelle BK2/14.

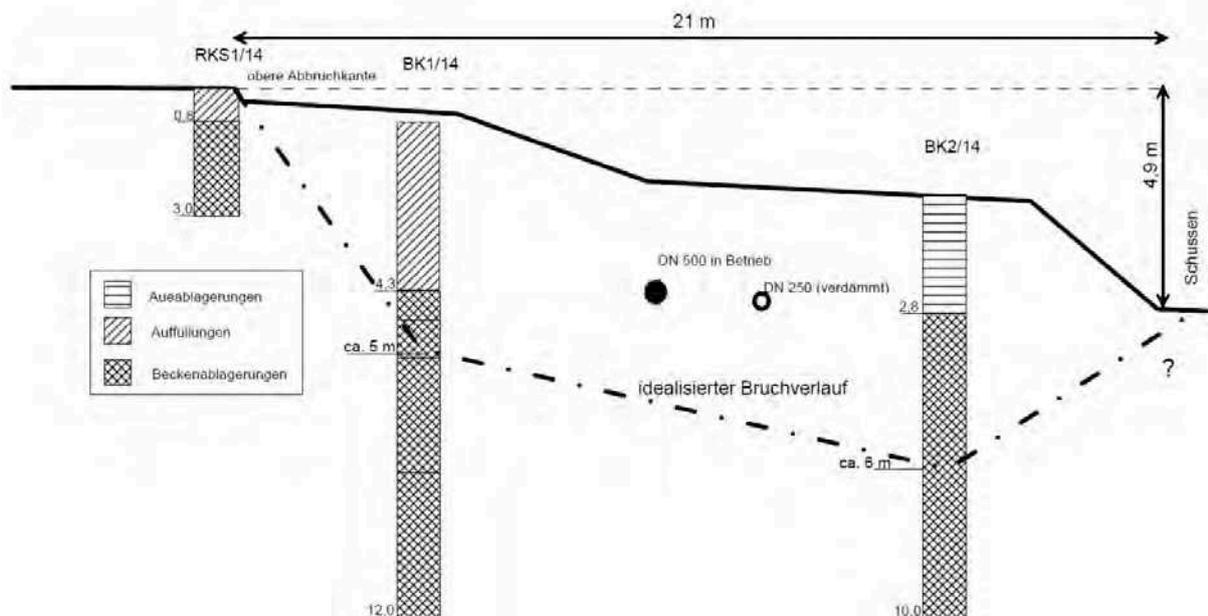


Abbildung 8: Baugrundprofil mit idealisiertem Bruchverlauf.

Die zeitabhängige Entwicklung der Verformungen im Bereich der Bruchebenen ist in Abbildung 9 wiedergegeben. Eine einfache statistische Auswertung mit linearem Regressionsansatz zeigt Verformungsgeschwindigkeiten im Bereich von $0,25 \div 0,35$ mm/d.

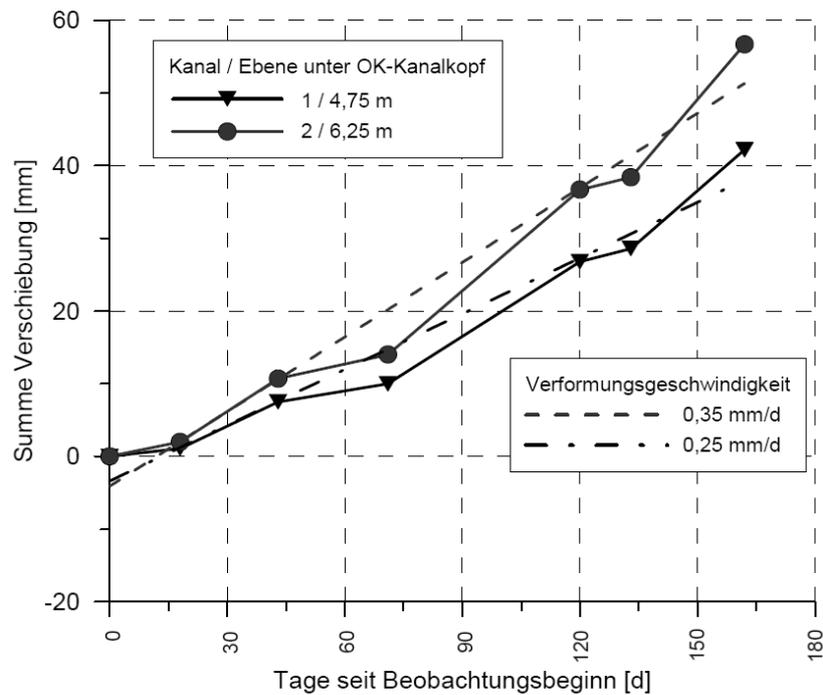


Abbildung 9: Verformungsgeschwindigkeiten in den beobachteten Bruchebenen.

5 Weitere Vorgehensweise

Es ist festzustellen, dass die Verformungen sowohl im oberen Hangabschnitt als auch nahe der Uferböschung sehr ähnlich verlaufen. Die zwischen den beiden Messstellen befindlichen Abwasserkanäle liegen deutlich oberhalb der festgestellten Bruchzone, s. Abbildung 8. Ursächlich für die Hangbewegungen können diese Kanäle somit nicht sein.

Infolge der seit Jahren stattfindenden Hangbewegungen in Richtung Gewässer hätten im Ufer- und Sohlbereich markante Verformungen (Ausbauchung der Ufersicherung, Anhebung der Gewässersohle etc.) zu erkennen sein müssen. Derartige Beobachtungen waren bislang nicht gegeben. Die Uferlinie verläuft weiterhin sehr regelmäßig, s. Abbildung 10.



Abbildung 10: Blick in Fließrichtung auf die Uferböschung mit dem in Bewegung befindlichen Hanganschnitt.

Die im Untergrund festgestellten Beckenablagerungen sind als stark erosiv gegenüber Gewässerströmungen einzustufen. Bei den im Gewässer herrschenden Fließgeschwindigkeiten um 1 m/s können die Beckenablagerungen erodiert werden. Es wird davon ausgegangen, dass diese erosiven Erdstoffe im Sohlbereich des Gewässers abtransportiert und in der Folge aus dem Hangbereich permanent nachgeliefert werden. Der Verformungsprozess wird damit aufrecht erhalten, ein neues Gleichgewicht kann sich nicht einstellen. Die festgestellten artesischen Grundwasserverhältnisse begünstigen diesen Verformungsprozess.

Zur Bestätigung dieser Annahme werden weitere geotechnische Untersuchungen erforderlich. Erst dann kann ein wirtschaftliches Sanierungskonzept z.B. in Form einer Kombination aus Sohlsicherung im Gewässer, ggf. Reduktion des artesisch gespannten Grundwasserdrucks (negative räumliche Auswirkungen müssen ausgeschlossen sein), Verringerung der Erdauflast im oberen Böschungsbereich entwickelt werden.

Eine massive Sicherung des Ufers z.B. mit einer rückverankerten Wandkonstruktion kommt bei den gering tragfähigen Baugrundverhältnissen nicht in Betracht.

6 Literatur

- BLÜMEL, W., DÜSER, O, CELIS, E. (1991): Auswertung von Inklinometermessungen zur Böschungüberwachung. Tiefbau – Ingenieurbau – Straßenbau, 07/1991
- DÜSER, O., BLÜMEL, W. (1994): Zur Anwendung und zur Messunsicherheit von Inklinometern im Grundbau, Symposium Messen in der Geotechnik, TU-Braunschweig, 05.1994
- DIN 4107-3 (03.2011): Geotechnische Messungen, Teil 3, Inklinometer- und Deflektormessungen, Beuth-Verlag, Berlin

Autor:

Dr.-Ing. Olaf Düser

Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Wasserwirtschaft mbH
St.-Ulrich-Straße 21
88410 Bad Wurzach

Tel.: +49 7564 9489710

Fax: +49 7564 9489799

E-Mail: dueser@geotechnik-ebel.de