"Inbetriebnahme" der Hochwasserausleitung am Nidlaubach SZ

Autor(en): **Herzog, Beatrice / Speerli, Jürg**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **108 (2016)**

Heft 3

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-939529

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

«Inbetriebnahme» der Hochwasserausleitung am Nidlaubach SZ

Beatrice Herzog, Jürg Speerli

Zusammenfassung

Im Hochwasserschutzprojekt Nidlaubach SZ wurde eine laterale Ausleitung von Hochwasserabflüssen in einem mit Sperren verbauten Wildbach realisiert. Das Bruttogefälle der Ausleitstrecke beträgt 7 %. Mit verschiedenen numerischen Modellen war eine erste Projektgeometrie definiert worden. Die Optimierung der Gerinnegeometrie sowie der finale Nachweis erfolgte mittels hydraulischen Modellversuchen im Wasserbaulabor der HSR, Hochschule für Technik Rapperswil.

In einem Beitrag im WEL vom Dezember 2015 wurden die Modellierungsergebnisse aus drei numerischen Ansätzen mit den Ergebnissen aus dem hydraulischen Modell verglichen [1]. Ausserdem wurde das Projekt an der BAFU-Wasserbautagung vom September 2015 in Einsiedeln Fachleuten aus kantonalen Verwaltungen und der Bundesverwaltung vorgestellt.

Nur wenige Tage nach der Fertigstellung der Ausleitungsstrecke folgte im Juni 2016 bereits ein Hochwasserereignis, welches praktisch genau dem Dimensionierungsereignis entsprach. Dieser «Glücksfall» ermöglicht es, den Projekterfolg zu kontrollieren. Im Artikel werden die Prozesse und das Verhalten der Schutzbauten analysiert.

1. Das Hochwasserschutzprojekt

1.1 Bauliche Massnahmen

Das Hochwasserschutzprojekt Nidlaubach beinhaltet im Siedlungsgebiet einen Gerinneausbau auf ein 100-jährliches Hochwasserereignis von 60 m^3/s, eine Vergrösserung des bestehenden Geschiebesammlers am Kegelhals auf die potenziellen Ereignisfrachten von 25 000 m^3 sowie einen Schwemmholzrechen. Für grössere Hochwasserereignisse wird oberhalb des Siedlungsgebiets eine laterale Ausleitstrecke angeordnet, über welche der überschüssige Teil des Abflusses in einem Entlastungskorridor kontrolliert am Siedlungsgebiet vorbeigeleitet werden kann [2].

1.2 Ausleitstrecke

Der Nidlaubach weist auf der Ausleitstrecke einen leicht gekrümmten Verlauf auf und ist mit total 15 Konsolidierungssperren voll verbaut. Das Bruttogefälle beträgt knapp 7 %, das Nettogefälle zwischen Vorsperre und Folgesperre liegt bei < 1 %, grösstenteils annähernd 0 %. Bei den Sperren bildet sich bei allen Abflüssen ein freier Überfall mit anschliessend voll ausgebildetem Wassersprung aus. Die Fliessgeschwindigkeiten sind hoch.

Im Rahmen der Projektierung mussten die hydraulischen Nachweise für die Ausleitung geführt werden. Ein erstes, approximatives Design der Ausleitstrecke im Vorprojekt wurde mithilfe ein- und zweidimensionaler numerischen Modellierungen ausgearbeitet. Trotz vielversprechender Resultate bestanden durchaus Zweifel daran, ob eine laterale Entlastung im Steilbereich und auf einer Sperrenstrecke überhaupt befriedigend genau funktionieren würde. Die Berechnungen zeigten die typischen hohen Fliessgeschwindigkeiten und Froudzahlen sowie häufige Fliesswechsel. Da die Kolklagen und -tiefen unterstrom von Wildbachsperren instationär und stark abflussabhängig sind, musste ausserdem eine Lösung gefunden werden, die hydraulischen Randbedingungen so weit zu definieren, dass eine zuverlässige Ausleitcharakteristik erreicht werden konnte.

Die Ausleitung wird durch eine Uferdifferenz initiiert. Mittels Leitspornen an den linksufrigen Sperrenflügeln wird der Wegfluss gesichert und die Ausleitmenge erhöht. Die Kolke sind mit festen Kolkwannen gesichert und durch eine Vorsperre in der Höhe fixiert, damit die Wasserspiegellagen in Bezug auf den Abfluss konstant sind. Die Ausleitstrecke ist ca. 170 m lang und liegt zwischen Sperre Nr. 32 und Sperre Nr. 20 *(Bild 2)*.

Die Zielgrössen des Modellversuches ergaben sich aus der gewünschten Ausleitcharakteristik. Die Ausleitung soll bei einem 100-jährlichen Abfluss von 60 m^3/s anspringen. Für die Sicherheit des Dorfes muss ausserdem nachgewiesen werden, dass auch bei einem Zufluss eines EHQ von rund 100 m^3/s an der Kantonstrassenbrücke mitten im Dorf keine unzulässigen Zustände entstehen.

Bild 1. Ausleitstrecke mit klassischen Betonsperren vor dem Umbau (links) und nach der Fertigstellung mit erhöhten Flügeln, verengten Überfallsektionen und Ausleitspornen (rechts).

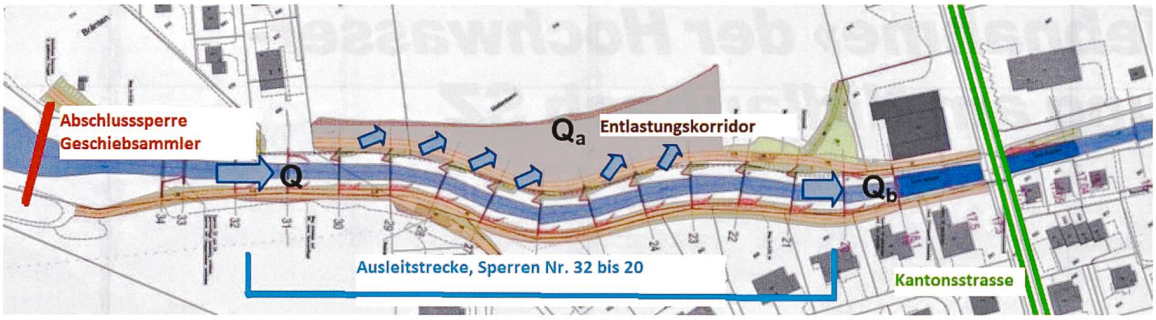

Bild 2. Ausleitstrecke gemäss Hochwasserschutzprojekt. Q = Abfluss oberhalb der Ausleitstrecke, Qa = Ausleitwassermenge und Qb = Abfluss unterhalb der Ausleitstrecke.

Abfluss	HQ_{30} [m³/s]	HQ_{100} [m³/s]	HQ_{300} [m³/s]	EHQ [m³/s]
Oberhalb Ausleitstrecke [Q]	41	60	85	103
Ausleitwassermenge [Q_a]	0	1 – 2	12	25
Unterhalb Ausleitstrecke [Q_b]	41	58	73	78

Tabelle 1. Massgebende Abflüsse.

Bild 3. Abfluss bei der Kantonsstrassenbrücke am 24.6.16 (Video: Wuhrkorporation Nidlaubach).

Mit der im Modellversuch getesteten und optimierten Geometrie konnten diese Vorgaben erreicht werden.

1.3 Stand des Projekts

Das Projekt ist seit 2013 im Bau. Der Geschiebesammler (Los 1) und die Ausleitstrecke (Los 2) sind erstellt. Die Ausleitstrecke wurde im Juni 2016 abgenommen, wobei die Uferhöhe noch nicht überall definitiv ist (Baupiste auf Ufer, eine örtliche Lücke für die Zufahrt ins Gerinne). Im Herbst 2016 folgt das dritte Los.

2. Das Ereignis vom 24. Juni 2016

2.1 Niederschlag

Ähnlich wie bereits beim projektauslösenden Ereignis von 2007 sorgte ein lokales Gewitter für Hochwasserabflüsse im Gebiet Unteriberg–Sihlsee, namentlich in den Gewässern Minster, Nidlaubach, Steinbach und Grossbach. Bisher liegt eine erste grobe Einstufung des Ereignisses des Amtes für Wald und Naturgefahren SZ vor, welche auf Basis des Niederschlagsradars der MeteoSchweiz gemacht wurde [4]. Der Nidlaubach wird darin nicht explizit erwähnt. Das Niederschlagsereignis in den benachbarten Bächen Minster und Grossbach wird als ca. 30–100-jährlich eingestuft, die Abflussereignisse in den genannten Einzugsgebieten gelten zum heutigen Zeitpunkt als ca. 50 bis 80-jährlich. Für die Abflussbildung ist der intensive Vorregen der Monate Mai und Juni zu beachten.

2.2 Abfluss

Der Spitzenabfluss kann anhand von Fotos, Videos und eingemessenen Spuren an der Kantonsstrassenbrücke auf rund 60 m³/s abgeschätzt werden. Die Nachrechnung bei der Brücke wie auch bei der Abschlusssperre des Sammlers stimmen dabei gut überein. Bei der Brücke wurde angenommen, dass die Spritzspuren an den Widerlagern ein Mittel zwischen mittlerer Druckhöhe und Energielinie zeigen. Dies entspricht recht gut dem «mittleren Wasserspiegel» auf dem Videomaterial. Bei der Brücke herrschte immer ein minimales Freibord, sie könnte bei Extremereignissen auch unter Druck gesetzt werden (Staukragen, Statik).

Die Ausleitung ist während kurzer Zeit leicht angesprungen. Im Entlastungskorridor wurde eine Abflusstiefe von ca. 20 cm erreicht. Dies deutet gemäss der numerischen Modellierung und dem hydraulischen Modellversuch auf einen Abfluss von ca. 60 m³/s und einen Wasseraustritt von ca. 1–2 m³/s, was genau dem Dimensionierungsereignis entspricht (vgl. *Tabelle 1*).

2.3 Geschiebe

Im Ereignis 2016 wurde weniger Geschiebe verlagert als im Ereignis 2007. Dies dürfte einerseits am etwas kleineren Abfluss liegen, andererseits daran, dass ein Teil des Einzugsgebietes im Jungschutt liegt.

Im Geschiebesammler wurden 2016 total ca. 7500 m³ abgelagert. Die Auflandung erfolgte wie geplant von der Stauwurzel zur Abschlusssperre hin. Das Auflandungsgefälle betrug ca. 6 %. Dies entspricht der unteren Grenze des Auflandungsgefälles gemäss den Projektannahmen (Projekt: J = 6 bis 8.5 %). Der Sammler wurde aber auch nur etwa zu einem Drittel gefüllt.

2.4 Holz

Es lagerte sich eine erhebliche Menge Schwemmholz im Holzrechen ab. Der Rechen funktionierte sehr gut. Es wurde kein Holz ausgetragen, und das Holz wurde wie angestrebt vom Geschiebe separiert. Die Holzmenge wird auf 300 m³ «locker» geschätzt, was erfahrungsgemäss ca. 60 bis 80 m³ Festholz entspricht.

2.5 Ausleitung und Entlastungskorridor

Die Ausleitung in den Entlastungskorridor sprang auf der geplanten Strecke und in geplanter Weise an.

Der Wasserspiegel bei der Kantonsstrassenbrücke lag tendenziell höher als im Projekt. Beim obersten Sporn (Sperre Nr. 28) trat entgegen dem Modellversuch kein Wasser aus. Bei einem Sporn (Sperre Nr. 27) floss etwas Wasser über die Böschung zurück. Diese Beobachtungen weisen darauf hin, dass das linke Ufer evtl. noch nicht auf der definitiven Projekthöhe ist (noch zu hoch). Die hier verlaufende Baupiste wird für das Los 3 noch gebraucht, und das Ufer wird erst zum Projektende im Winter 2016/17 fertiggestellt. Diese Mutmassung wird mit Vermessungsaufnahmen noch überprüft. Andernfalls müsste erwogen werden, die Uferhöhe leicht zu korrigieren.

Beim ausgeleiteten Wasser handelt es sich nicht um ein kontinuierliches Ausfliessen, sondern um ein periodisches Ausfliessen infolge des Auflaufens von Wellen über die Uferkante. Dies ist ein weiterer Grund dafür, dass die Verhältnisse in diesem Grenzzustand im Modell und in der Natur nicht exakt die gleichen sind.

Das ausgeleitete Wasser floss oberhalb der Kantonsstrasse wie geplant innerhalb der Dämme des Entlastungskorridors. Da der mobile Teil des Entlastungskorridors über die Kantonsstrasse (Beaver-Schläuche) nicht installiert war, floss ein Teil des Wassers einerseits auf der Strasse Richtung

Bild 4. Holzablagerungen im Rechen (Fotos: R. Holdener).

Norden, andererseits über den Vorplatz in die Garage des dortigen Carunternehmens.

3. Erkenntnisse

3.1 Allgemeines

Dass anlässlich der Fertigstellung eines Bauwerkes dessen Funktionsweise überprüft wird, ist z. B. im Kraftwerksbau eine normale «Inbetriebnahme», im Schutzwasserbau ist es ein ausserordentlicher Glücksfall. Nicht nur weil Bauherrschaft, Öffentlichkeit und Ingenieure damit ein direktes Feedback bekommen, sondern auch weil noch letzte Optimierungen angebracht werden können, was ja mit ein Zweck einer «Inbetriebnahme» ist. Zusätzlich können wir unser Wissen und unsere Erfahrung selbstkritisch überprüfen und erweitern.

3.2 Geschiebe- und Holzrückhalt

Geschiebesammler und Holzrechen funktionierten einwandfrei, was aufgrund der zahlreichen Annahmen in der Bemessung und der vielen unterschiedlichen zur Anwendung kommenden Sperrensysteme weniger selbstverständlich ist, als es klingt. Wegen der Konstruktionsart der Abschlusssperre (Dolensperre, kompletter Verschluss in Rückhaltefall) sind im Sammler auch viele Feinanteile zur Ablagerung gekommen, die sich aber vom Kies gut getrennt haben. Im eher bindigen Material am Nidlaubach ist die Wahl «Dolensperre» als richtig zu beurteilen, da sonst die Gefahr von unerwünschten Spülungsvorgängen bestünde. Selbst das rechnerisch a priori schwierig zu bestimmende Auflandungsgefälle scheint a posteriori der Wirklichkeit nahezukommen.

3.3 Ausleitung

Die Ausleitung hat gut und plangemäss funktioniert. Die Uferhöhe muss im Dezimeterbereich noch kontrolliert werden. Die Sporne haben sich bewährt und wurden auch nicht beschädigt. Auch der Gerinneverbau auf der Ausleitungsstrecke hat das Ereignis schadlos überstanden.

Obwohl dies bereits in den numerischen Simulationen und im hydraulischen Modell gezeigt wurde [1], ist durch dieses Ereignis nun auch in natura nachgewiesen worden, dass eine laterale Ausleitung mit den geeigneten Geometrien und konstruktiven Massnahmen auch in einer Sperrentreppe funktioniert und sogar sehr gut eingestellt werden kann.

3.4 Kolke / Tosbecken

Der Kolkschutz aus Blöcken bei der Abschlusssperre des Sammlers (vgl. *Bild 2*) wurde beim Ereignis vollständig ausgeräumt. Da es sich um eine Kastensperre handelt, sind keine Folgeschäden aufgetreten, die Sperre ist intakt. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der nachfolgenden Sperre Nr. 34/33 (Doppelsperre) und bei der Sperre Nr. 19 unmittelbar oberstrom der Kantonsstrasse. Die Kolkwannen auf der eigentlichen Ausleitstrecke zwischen Sperre Nr. 32 und Sperre Nr. 20 (vgl. *Bild 2*) waren trotz dem deutlich höheren spezifischen Abfluss von ca. 10–12 $m^3/s*m$ stabil. Es handelt sich bei allen Sperren um trocken vermauerte Kolkschutzblöcke auf einer Filterschicht ohne Hinterbeton. Modellversuche für andere Projekte haben früher schon gezeigt, dass ohne eine Vorsperre die Kolkwanne vom Unterwasser her aufgrund von Erosion zerstört werden kann. Am Nidlaubach sind alle Kolkwannen von unten her mit einem Betonriegel gehalten, dies kann nicht der Grund für die Schäden gewesen sein. Alle Tosbecken sind ca. 10 m lang, das Blockgewicht ist abgestuft und beträgt 1.0–2.0 to

Tabelle 2 zeigt die hydraulische Belastung und die unterschiedlichen Geometrien der Sperren, resp. Kolkwannen im Perimeter.

Die spezifischen Abflüsse sind in der Ausleitstrecke sogar höher als ober- und unterstrom davon. Hingegen sind die Absturzhöhen und das Zwischengefälle kleiner. Während bei den obersten beiden Sperren die Kolkwannen eher flach ausgebildet sind, sind sie ab Sperre 32 bis zur Kantonsstrassenbrücke tief und rund.

Als Auslöser für die Verlagerung respektive Nichtverlagerung der Kolkschutzblöcke können verschiedene Gründe vermutet werden, konstruktive und hydraulische:

- Durch eine runde und tiefe Form der Kolkwanne (grüne und blaue Linie in *Bild 7*) wird eine erhöhte innere Abstützung aufgrund der Bogenform (umge-

Bild 5. Ausleitung im Höchststand bei den Sperren Nr. 22 und Nr. 23. Blick vom rechten Ufer bachaufwärts (Foto: R. Holdener).

Bild 6. Beginn der Ausleitung bei den Sperren Nr. 22 und Nr. 23 (Vordergrund) sowie Nr. 27 und Nr. 28 (Hintergrund) im hydraulischen Modellversuch beim Dimensionierungsabfluss von 60 m^3/s. Blick bachaufwärts.

Sperre	Verhalten	Absturz-höhe h	Spezifischer Abfluss	Ausrundung (R_v)	Gefälle J_S Folgestrecke
Abschlusssperre Sammler	Kolkschutzblöcke verlagert	3.5 m	5.5 m²/s	16 m	1.6 %
Sperre 34/33	Kolkschutzblöcke verlagert	3.4 m	7.5 m²/s	16 m	freier Überfall
Sperren 32 bis 20	Kolkschutz stabil	1.6-2.0 m	10-12 m²/s	28 m / 5 m	-0.5 bis +1.0 %
Sperre 19	Kolkschutzblöcke verlagert	3.0	7.5 m²/s	28 m / 5 m	1.2 %

Tabelle 2. Abmessungen und hydraulische Belastung der Kolke.

kehrter Druckbogen) erreicht und der Verbund ist stabiler .

- In den tiefer ausgerundeten Wannen kann sich der Wassersprung besser ausbilden, was die Belastung auf die Sohle verringert. Der Wassersprung wird ausserdem in der Lage besser fixiert.
- Bei den Sperren mit grosser Absturzhöhe wurde der Wassersprung zeitweilig beinahe über die Vorsperren herausgedrückt. Dies könnte darauf hinweisen, dass die Tosbecken zu kurz sind.
- Die Unterwasserhöhe – und damit die untere Stützkraft – ist in der Ausleitstrecke mit geringerem Nettogefälle auf der jeweiligen Folgestrecke der Wassersprungbereiche deutlich höher als in den anderen Abschnitten. Dadurch werden die Wassersprungwalzen besser am Ort gehalten und dürften zu einer verminderten Einwirkung auf die Blöcke geführt haben.
- Die Kolkwannen der Ausleitstrecke, welche stabil geblieben sind, wurden im hydraulischen Modellversuch geprüft und optimiert.

Die gemeinsamen technischen Merkmale der Sperren mit instabilen Kolkschutzblöcken sind die grössere Absturzhöhe und die geringere unterstromseitige Stützkraft.

Sehr bewährt haben sich die Kastensperren mit kraftschlüssig verbundenen Scheiben in Fliessrichtung und ebenso fest verbundener Vorsperre. Das Tragverhalten dieser Konstruktion ist ausserordentlich robust und es waren trotz dem fehlenden Kolkschutz an drei Sperren nirgendwo Verschiebungen, Verformungen oder Risse festzustellen. Trotz höheren Baukosten sollten Kastensperren in jedem Fall einfachen Scheiben vorgezogen werden, mindestens überall dort, wo es sich nicht um sohlenbündige Riegel handelt.

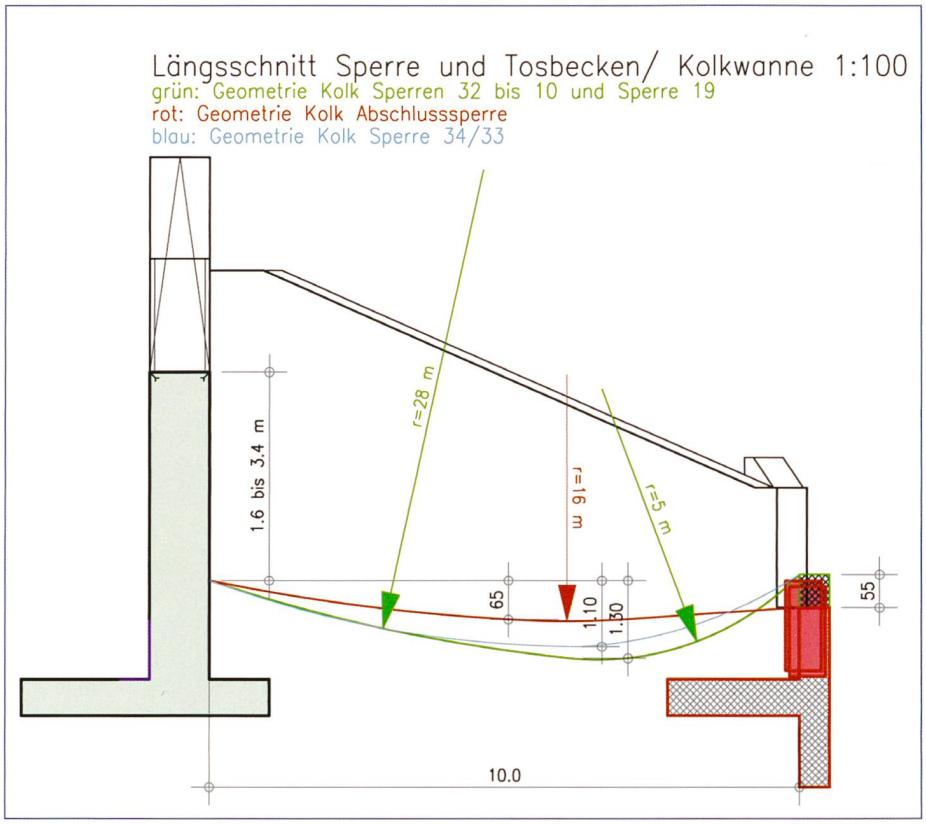

Bild 7. Vergleich der Kolkbecken-Geometrien, grüne Linie: OK Blöcke Kolkwannen Ausleitstrecke und Sperre 19, teilweise stabil; rot: OK Blöcke Kolkwanne Abschlusssperre, nicht stabil; blau: OK Blöcke Kolkwanne Sperre 34, nicht stabil.

3.5 Entlastungskorridor und Interventionsplanung

Rein technisch funktionierte der Entlastungskorridor gut. Hingegen war die Feuerwehr auf die Intervention (noch) nicht genügend vorbereitet und die mit dem Projekt angeschafften Beaver-Schläuche wurden nicht installiert. Dadurch kam es zu kleineren Schäden im Bereich der Strassenquerung, die aber bei Weitem nicht vergleichbar mit den Schadensbildern von 2007 waren. Auch wurden die Ufer auf der Ausleitstrecke nicht abgesperrt, sondern waren frei zugänglich. Es zeigte sich einmal mehr, dass die Anlaufzeiten bei so kleinen und steilen Einzugsgebieten sehr kurz sind. Es wird zurzeit diskutiert, ob ein minimaler fester Abflusskorridor über die Strasse – z. B. mittels einer (verkehrsberuhigenden) Belagsschwelle – erstellt werden sollte. Die vertikale Strassenaxe lässt hier nur sehr wenig zu. Dennoch könnten die Wehrdienste auch durch eine nur kleine Massnahme mehr Zeit zum Aufbau der mobilen Massnahmen und der Strassensperrung gewinnen. Auch würden geringe Ausleitmengen – wie die vom 24. Juni 2016 – praktisch ohne Einbau der mobilen Massnahmen schadlos abgeleitet werden. Die Idee muss mit der Gemeinde und dem Strasseneigentümer (Kanton) noch einmal aufgegriffen werden.

Literatur

Bettler, M., Herzog, B., Speerli, J., Stucki, A., Semler, F. Vergleich von hydraulischen und numerischen Modellierungen an einer lateralen Hochwasserausleitung im Steilbereich, «Wasser Energie Luft» 4-2015.

Herzog Ingenieure AG/Meier + Partner AG / Dr. von Moos AG: «Hochwasserschutz Nidlaubach, Auflageprojekt». Davos Platz/Lachen/Zürich, März 2010.

Herzog Ingenieure AG/P. Meier + Partner AG: Hochwasserschutz Nidlaubach, Ausführungsprojekt Los 1 und Los 2, 2013–2016.

Unwetterereignis 24. Juni 2016, Auswertung, Amt für Wald und Naturgefahren Schwyz, Entwurf vom 7. Juli 2016.

Anschrift der Verfasser

Beatrice Herzog, Dipl. Ing. ETH
Herzog Ingenieure AG, CH-7270 Davos Platz
herzog@herzog-ingenieure.ch

Prof. Dr. *Jürg Speerli*
HSR Hochschule für Technik Rapperswil
CH-8640 Rapperswil, juerg.speerli@hsr.ch