Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 97 (2005)
Heft: 9-10

Artikel: Gesamtprojekt Augand : Umsetzung der flussbaulichen Massnahmen
Autor: Künzi, Rolf / Hunzinger, Lukas / Jahne, Dorit
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941770

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Gesamtprojekt Augand – Umsetzung der flussbaulichen Massnahmen

Rolf Künzi, Lukas Hunzinger, Dorit Jahne

Zusammenfassung

Wie bereits im Beitrag «Mehr Raum für die Kander» erläutert, hat man die Kander im letzten Jahrhundert durch Flussbegradigungen und Uferverbauungen mit Buhnen in ein kanalähnliches, enges Bett gezwungen und damit die seit dem Kanderdurchstich vor 300 Jahren anhaltende Sohleneintiefung verstärkt. Die Sohleneintiefung führte dazu, dass die auentypischen Lebensräume im Augand (Auengebiet von nationaler Bedeutung) weitgehend verschwunden und bestehende Sperrenbauwerke im Oberlauf von Simme und Kander gefährdet waren.

Die im Augand umgesetzten Massnahmen wurden dem Hochwasserschutz und dem Auenschutz gleichermassen gerecht. Aus Sicht des Auenschutzes brauchte die Kander in erster Linie wieder mehr Raum. Dazu wird die Kander auf einer Strecke von ca. 1300 m aufgeweitet. Zur Stabilisierung der Sohle wurde eine aufgelöste Blockrampe mit einem Gefälle von 2,5% angelegt. Mit der Blockrampe konnten die Strömungsverhältnisse einer natürlichen Steilstrecke sehr gut nachgebildet werden. Die Blockrampe und ein erster Teil der Aufweitung wurden mit der ersten Bauetappe im April dieses Jahres fertiggestellt.

Der folgende Beitrag gibt einen Überblick über die im Rahmen des Gesamtprojektes Augand umgesetzten Massnahmen. Das Augenmerk liegt dabei auf der Funktionsweise und Dimensionierung der Schutzbauwerke und deren Realisierung (1. Etappe). Beim letzten Hochwasser am 22. August 2005 wurde die bereits fertig gestellte Blockrampe ihrer ersten Belastungsprobe oberhalb der Dimensionierungswassermenge ausgesetzt.

Bild 1. Kander vor Baubeginn 2004; begradigter, durch viele Buhnen eingeengter Flusslauf mit Breiten um die 32 m; Sohle eingetieft, Auendynamik weitgehend verschwunden.

Bild 2. Abholzungen im Bereich der rechtsseitigen Aufweitungen.

Bild 3. Blick auf den bereits aufgeweiteten Teil unterhalb der Blockrampe.

Gesamtprojekt Augand – die Massnahmen im Überblick

Bild 4 zeigt schematisch den voraussichtlichen Endzustand und die Massnahmen des Gesamtprojektes Augand. Die umgesetzten Massnahmen wurden dem Hochwasserschutz und dem Auenschutz gleichermassen gerecht.

Aus Sicht des Auenschutzes war klar: Zur Wiederherstellung einer auentypischen Abfluss- und Geschiebedynamik brauchte die Kander in erster Linie wieder mehr Raum. Dazu wird die Kander auf einer Strecke von ca. 1300 m von den durchschnittlich vorhandenen 32 m Breite auf rund 60 m Breite aufgeweitet. Die Aufweitung wird durch einen Abtrag des rechtsseitigen Ufergeländes künstlich herbeigeführt. Das Material aus dem Abtrag wird teilweise in die Sohle eingeschoben, um die erwünschte Sohlenhebung vorauszunehmen. Die bestehenden Buhnen werden beidseitig auf der gesamten Länge entfernt und die von den Buhnen befreiten Ufer sich selbst überlassen.

Die Idee war, der Kander mehr Raum innerhalb vorgegebener Grenzen zu geben. In Absprache mit den betroffenen Grundeigentümern wurden Diskussions- und Interventionslinien festgelegt: Stellt sich durch seitliche Erosionen an den nun ungeschützten Ufern die Böschungskante an der Diskussionslinie ein, werden weitere Massnahmen mit den betroffenen Grundeigentümern, den Wasserbaupflichtigen

Bild 4. Gesamtprojekt Augand, Massnahmen und Endzustand.

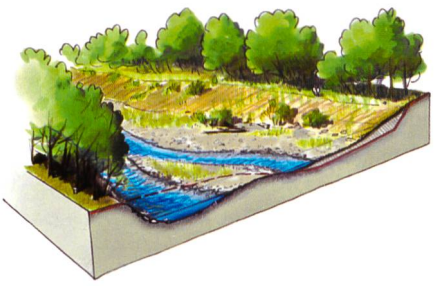

Bild 5. typisches Querprofil im aufgeweiteten Bereich (projektierter Endzustand).

sowie den kantonalen Fachstellen diskutiert. Bei Erreichen der Interventionslinie werden durch den Wasserbaupflichtigen in jedem Fall geeignete Schutzmassnahmen eingeleitet. Erosionsschäden, die über die Interventionslinie hinausgehen, werden entschädigt. Langfristig entsteht innerhalb dieser Grenzen ein verzweigtes Flusssystem mit auentypischer Morphologie mit Bänken, Furten und Kolken (Bild 5).

Aus Sicht des Hochwasserschutzes galt es, die fortschreitende Sohlenerosion zu bremsen. Zur Sicherung der flussaufwärts gelegenen Sperrenbauwerke musste die stark eingetiefte Kandersohle unterhalb des Zusammenflusses von Simme und Kander um ca. 2 m angehoben werden. Die Überbrückung dieser Höhendifferenz zum Unterwasser erfolgte über eine aufgelöste Blockrampe (Bild 6). Mit der aufgelösten Bauweise werden die Strömungsverhältnisse einer natürlichen Steilstrecke sehr gut nachgebildet (Bild 22).

Im Bereich der Aufweitung unterhalb der Blockrampe soll ein langfristig stabiler Geschiebehaushalt sichergestellt werden (dynamisches Gleichgewicht). Das Längenprofil passt sich selbständig an die veränderten Breitenverhältnisse an. In diesem Bereich wird aufgrund der geringeren Abflusstiefen bei Hochwasser die Belastung auf die Sohle und damit die Sohlenerosion reduziert.

Dimensionierung der Bauwerke

Prinzip der Blockrampe

Die Blockrampe besteht aus einem Blockrampenkörper aus Flusskies und aus einzeln auf der Oberfläche platzierten Blöcken (Bild 6). Die Blöcke erhöhen die Rauheit des Gerinnes und absorbieren einen Teil der Schleppkraft. Damit wird die Schleppspannung, die zwischen den Blöcken auf die Sohle wirkt, vermindert. An dieser Stelle bildet sich durch Auswaschen der Feinanteile eine grobe Deckschicht. Der Materialverlust während der Deckschichtbildung wird kompensiert, indem die Blockrampe höher als die projektierte Endsohle geschüttet wird (Bild 8).

Die Blockrampe umfasst eine Vorrampe (Länge 35 m) mit dem Gefälle der freien Fliessstrecke und die eigentliche Blockrampe mit einer Neigung von 2,5% und einer Länge von 100 m. Die Vorrampe erfüllt die Funktion einer Pufferstrecke. Wenn die Strömungsbelastung grösser ist als die Grenzbelastung der Blockrampe, erodiert diese mit einer Rotationsbewegung um den Fusspunkt. Die Pufferstrecke ermöglicht eine Abflachung der Blockrampe auf 2%, ohne dass die Sohle im Oberwasser davon betroffen wäre.

Ufersicherung

Die Ufersicherung entlang der Blockrampe und unmittelbar oberhalb derselben soll sicherstellen, dass Hochwasser auf und nicht neben der Blockrampe abfliessen. Die Ufer sind durch einen einlagigen Blockwurf gesichert, dessen Fundation auf eine potenzielle Sohlenbewegung (Abflachung der Blockrampe) ausgerichtet ist. Drei Querbauwerke auf der linken Seite (zwei überströmbare Buhnen und ein nicht überströmtes Leitwerk) beschränken die Seitenerosion im Unterwasser. Damit wird verhindert, dass sich das Gerinne unmittelbar am Fuss der Blockrampe aufweitet und die Blockrampe wegen der Beschleunigung des Abflusses bei Hochwasser zusätzlich belastet wird.

Für die hydraulische Bemessung der Blockrampe werden drei Bemessungsansätze miteinander kombiniert:

- Mit dem Ansatz von Whittaker et al. (1988) wird die Rauheit der einzeln auf der Blockrampe platzierten Blöcke und damit die hydraulische Belastung der Sohlenoberfläche beschrieben. Anzahl und Grösse der Blöcke definieren die hydraulischen Bedingungen (Bild 9).

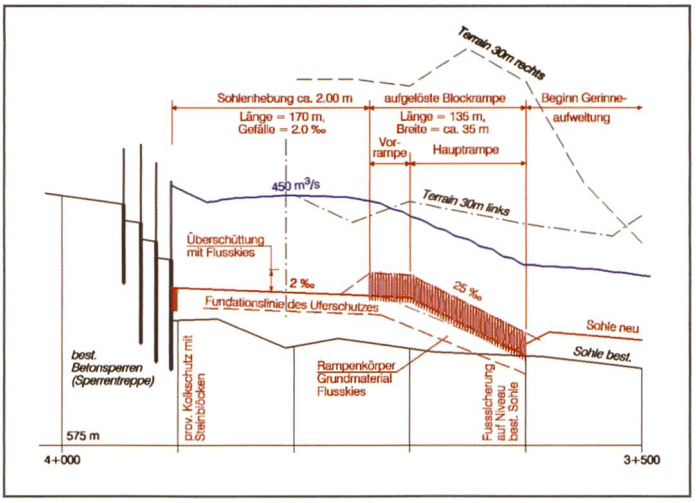

Bild 6. Längenprofil oberer Projektperimeter; Sohlenanhebung und Blockrampe (20fach überhöht).

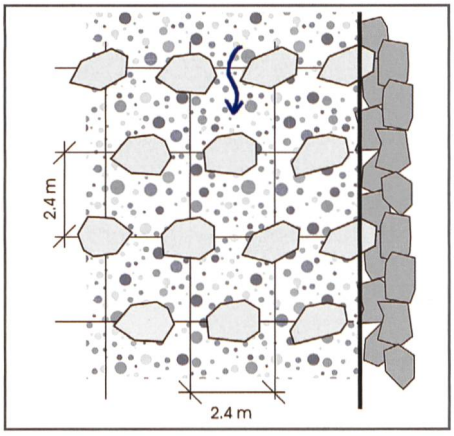

Bild 7. Blockanordnung aufgelöste Blockrampe gemäss Dimensionierung.

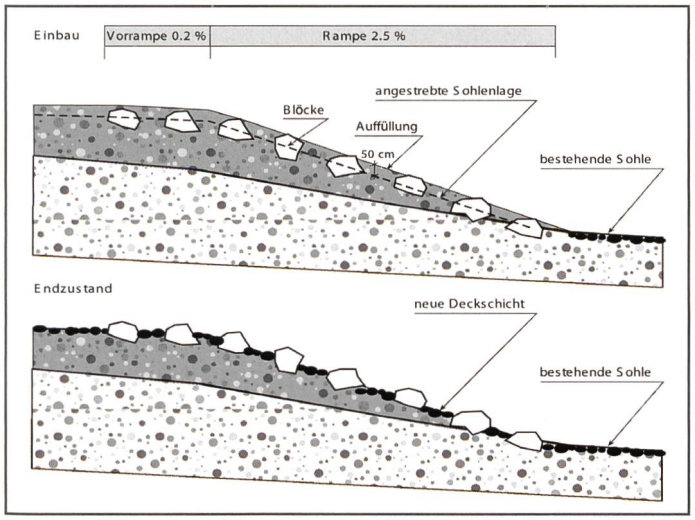

Bild 8. Prinzip der aufgelösten Blockrampe.

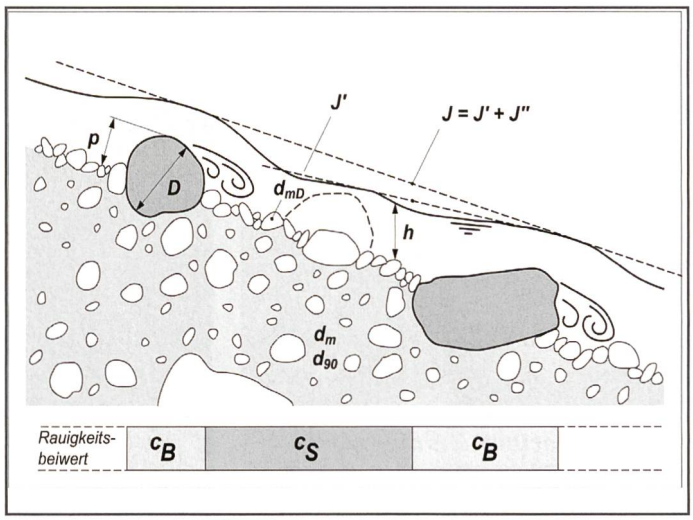

Bild 9. Wirkung von einzelnen Blöcken auf die Strömungsverhältnisse (Bezzola, 2004).

- Das Verfahren von Günter (1971) wird angewandt, um die Stabilität der Deckschicht auf der Oberfläche der Blockrampe zu bestimmen. Die Stabilität ist eine Funktion der Durchmesser d_m und d_{90} des Sohlenmaterials.
- Die Stabilität des einzelnen Blockes wird durch ein Kriterium von Raudkivi & Ettema (1982) ermittelt. Es bestimmt, ob bei einer gegebenen Strömungsbelastung ein Block über den Untergrund abrollt oder gegebenenfalls im feinen Untergrund sinkt.

Das Resultat der Berechnung liefert für jede Kombination von Sohlenmaterial, Blockgrösse und Belegungsdichte ein maximal mögliches Gefälle (Grenzgefälle) in Funktion der hydraulischen Belastung [ausgedrückt im spezifischen Abfluss $m^3/(s*m)$]. Im Fall der Kander waren die Kornverteilung des Blockrampenkörpers, welcher aus örtlichem Material geschüttet wurde, und die Blockgrössen (Abbruch alter Buhnen) gegeben. Als variable Grössen blieben die Gerinnebreite und die Belegungsdichte der Blöcke.

	Simme	Kander	Kander nach Zusammenfluss
HQ_{100}	250 m^3/s	200 m^3/s	400 m^3/s
$EHQ\ (1.5 \cdot HQ_{100})$	375 m^3/s	300 m^3/s	600 m^3/s
HQ_{1999}	215 m^3/s	170-200 m^3/s	385-415 m^3/s
HQ_{2005}	260-280 m^3/s	260-270 m^3/s	520-550 m^3/s

Tabelle 1. Hochwasserabflüsse in Kander und Simme. Bei der Zuordnung der Jährlichkeit ist das Ereignis von 2005 noch nicht berücksichtigt.

Um zu vermeiden, dass sich auf der Blockrampe morphologische Strukturen bilden, welche zu einer ungleichförmigen Strömungsbelastung führen, wurde die Gerinnebreite auf 35 m begrenzt.

Whittaker hatte seinen Ansatz 1988 aus Modellversuchen mit Belegungsdichten $a = n\,D^2 \leq 0{,}15$ hergeleitet. Dementsprechend war die Anwendung des Bemessungsansatzes bisher auf diesen Bereich begrenzt. Neue Modellversuche an der Versuchsanstalt für Wasserbau der ETH Zürich im Jahr 2004 haben gezeigt, dass der Bemessungsansatz von Whittaker auch für Blockrampen mit einer Belegungsdichte mit $a = 0{,}3$ angewandt werden kann. Für die Blockrampe an der Kander bedeutet das, dass sie mit bis zu 0,18 Blöcken à 3 t pro m^2 belegt werden konnte.

2-D-Simulation der Fliessgeschwindigkeiten

Die spezielle Situation unterhalb des Zusammenflusses von Kander und Simme

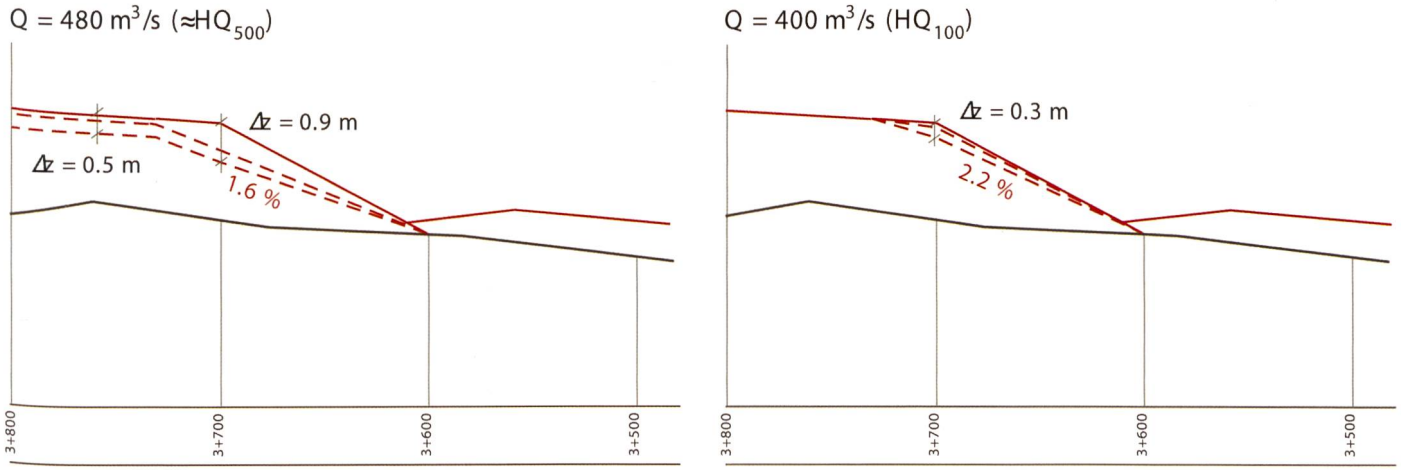

Bild 10. Veränderung des Längsgefälles der Blockrampe bei einer Belastung mit Q = 400 m^3/s und mit Q = 480 m^3/s.

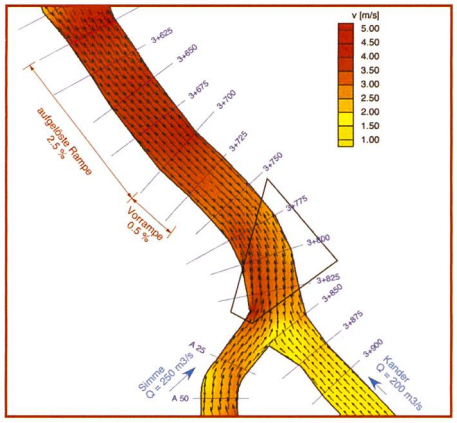

Bild 11. Ausschnitt aus dem numerischen Modell zur Berechnung der Anströmbedingungen auf der Blockrampe. Das schwarze Trapez zeigt den Ausschnitt, der in Bild 22 zu sehen ist.

Bild 12. Durch Abholzen freigelegte Buhne.

Bild 13. Erstellen Uferschutz im Vorlauf zum Versetzen der Einzelblöcke der Blockrampe.

Bild 14. Überschütten der Blöcke, Abschluss erste Phase beim Bau der Blockrampe.

Bild 15. Umleitung Kander über bereits fertig gestellten Teil der Blockrampe und Bau der zweiten Hälfte.

liess die Vermutung aufkommen, dass Hochwasserabflüsse nicht gleichmässig über den Querschnitt verteilt sein werden. Die Anströmbedingungen wurden deshalb mit einer zweidimensionalen Strömungssimulation untersucht. Unter der Annahme verschiedener Abflusskombinationen in Kander und Simme wurden Fliessgeschwindigkeiten und spezifische Abflüsse über der Blockrampe berechnet. Abflüsse über 400 m^3/s kommen nur zustande, wenn sowohl Kander als auch Simme Hochwasser führen. Dabei wird der Abfluss der Simme durch das Wasserpolster der Kander daran gehindert, das rechte Ufer zu erreichen. Die Blockrampe wird deshalb sehr gleichmässig angeströmt. Die maximalen spezifischen Abflüsse liegen nur 5% über dem Mittelwert.

Bemessungsabfluss und Verhalten bei Überlast

Die Blockrampe wurde für einen Abfluss zwischen Q = 400 m^3/s und 480 m^3/s bemessen. Die untere Grenze der Bandbreite entspricht dem grössten bis zum Zeitpunkt der Projektierung beobachteten Abfluss (Hochwasser 1999). Ihm ist eine 100-jährliche Wiederkehrdauer zugeordnet worden (Tabelle 1). Die obere Grenze entspricht dem Bemessungsabfluss anderer Bauwerke entlang der Kander.

Für die untere Grenze des Bemessungsabflusses (400 m^3/s) resultiert aus der hydraulischen Bemessung ein theoretisches Grenzgefälle von 2,4%. Bei der Projektierung hat man Unsicherheiten in den empirischen Ansätzen berücksichtigt und damit gerechnet, dass sich die Blockrampe auf ein Gefälle zwischen 2,2% und 2,4% abflachen könnte. Dies würde durch die Vorrampe vollumfänglich aufgefangen.

Für die obere Grenze des Bemessungsabflusses (480 m^3/s) wurde eine Abflachung auf 1,6 bis 1,9% prognostiziert. In diesem Fall würde der Puffer der Vorrampe nicht ausreichen und die Sohle im Oberwasser würde um einen halben Meter absinken (Bild 10).

Die tatsächliche Dimension wird sichtbar – Realisierung 1. Etappe

Der Bau wird in 2 Etappen ausgeführt. Die erste Etappe wurde im April dieses Jahres abgeschlossen. In dieser ersten Etappe wurden:

- die Sohle oberhalb der Blockrampe auf das projektierte Niveau angehoben,
- die Blockrampe mit zugehörigem Uferschutz und anschliessenden Buhnen zum Schutz des Blockrampenfusses erstellt,
- ein Grossteil der bestehenden Buhnen entfernt und
- ein erster Teil der Aufweitung von ca. 150 m unterhalb der Blockrampe realisiert.

Insgesamt wurden ca. folgende Massen bewegt:

- Roden Wurzelstöcke 1 500 Stk
- Abtrag Oberboden 4 000 m^3
- Abbruch Betonbuhnen 600 m^3
- Abbruch Blockbuhnen 4 000 m^3
- Gerinneaushub 33 000 m^3
- Materialeinbau in Sohle 23 000 m^3
- Deponie/Zwischendeponie 10 000 m^3
- Steinblöcke Blockrampe 2 500 t
- Steinblöcke Ufersicherungen 5 000 t
- Liefern Steinblöcke (Zukauf) 3 500 t

Bild 16. Bauüberwachung und Qualitätssicherung, Siebung zur Volumenzahlanalyse des Aushubmaterials der Aufweitung.

Bild 17. Bauüberwachung und Qualitätssicherung, Wiegen der Einzelblöcke.

Bild 18. Bauüberwachung und Qualitätssicherung, angeschriebene Massen auf Einzelblöcken.

Erster Belastungstest bestanden – Wie geht es weiter?

Bild 19. Abfluss von ca. 460 m³/s auf der Blockrampe am Vormittag des 22.8.05.

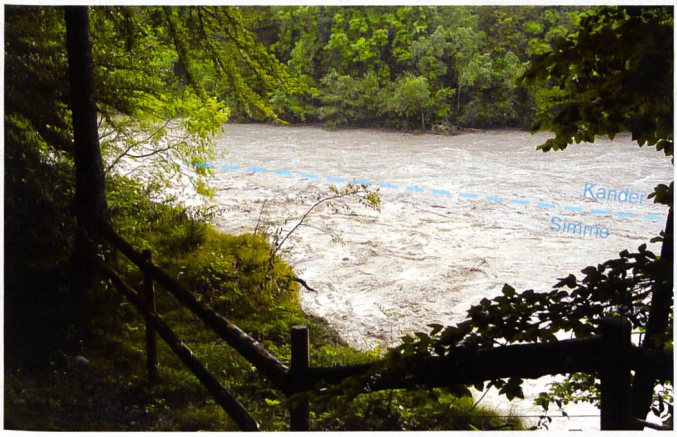

Bild 20. Zusammenfluss von Kander und Simme während des Hochwassers vom 22.8.05. Die Abflussanteile lassen sich anhand der unterschiedlichen Färbung erkennen.

Das Hochwasser vom 22. August 2005

Beim Hochwasser am 22. August flossen nach ersten Schätzungen 520 – 550 m³/s über die Blockrampe (Tabelle 1). An der Messstelle der Kander in Hondrich wurde eine Spitze von 270 m³/s registriert (provisorische Daten des BWG). Der maximale Abfluss in der Simme wurde aus Hochwasserspuren zurückgerechnet und betrug zwischen 260 und 280 m³/s. Während des Ereignisses konnten die folgenden Prozesse beobachtet werden:

Bei einem gesamten Abfluss von 460 m³/s am Vormittag des 22. August war die Blockrampe gleichmässig überströmt (Bild 19). Die Anströmungsbedingungen, wie sie mit der 2-D-Strömungsberechnung simuliert worden sind konnten auch in der Natur beobachtet werden (Bild 20 und Bild 11). Die Blockrampe war vollumfänglich wirksam. Die hohe Strömungsbelastung am Nachmittag des 22. August (520 – 550 m³/s) hat vermutlich zu einer Abflachung der Blockrampe geführt. Das Ausmass der Abflachung muss durch Querprofilaufnahmen noch bestimmt werden.

Mit zunehmendem Abfluss hat sich das Flussbett der Simme unmittelbar vor dem Zusammenfluss mit der Kander durch Seitenerosion verlagert. Dabei wurden auch stark verfestigte glaziale Schotter abgetragen. Der Uferschutz, welcher darin eingebunden war wurde hinterspült und auf einer Länge von rund 40 m erodiert.

Unterhalb der Blockrampe, im Bereich der Aufweitung, zeigt sich ein auentypisches Bild: Im breiten Bett der Kander hat sich ein verzweigtes Gerinne mit natürlichen Kiesbänken gebildet. (vgl. Bild 9, Beitrag «Raum für die Kander»). Mit der begonnenen Aufweitung ist der erste Schritt zur Wiederbelebung der Auendynamik im Augand getan.

Die zweite Bauetappe startet im Februar 2006. Mit der Aufweitung im restlichen Projektperimeter und der Beseitigung der Hochwasserschäden wird das Projekt im Frühjahr 2006 abgeschlossen sein. Es ist ein Folgeartikel geplant.

Bild 21. Blick flussaufwärts auf die fertige Blockrampe.

Bild 22. Naturnahe Sohlenstruktur auf der Blockrampe nach Auswaschen der Feinanteile aus der Überschüttung.

Im Dezember 2004 begann man mit den Vorbereitungsarbeiten. Nach dem Abholzen der 60 000 m^2 Wald wurden die Grösse des Projektes und das Ausmass der früheren Verbauungen sichtbar (Bild 2 und Bild 12).

Im Januar dieses Jahres erfolgte dann der Spatenstich für die Realisierung der ersten Etappe. Die Blockrampe wurde im Trockenen in zwei Phasen erstellt. In der ersten Phase wurde die Kander links geführt und die rechte Hälfte der Blockrampe gebaut (Bild 14). In der zweiten Phase leitete man die Kander über den bereits fertig gestellten Teil der Blockrampe und baute die linke Hälfte (Bild 15).

Zuerst wurde der Blockrampenkörper (Unterbau der Blockrampe) geschüttet. Das erforderliche Material wurde aus der Gerinneaufweitung gewonnen. Die Eignung des Materials entsprechend der Dimensionierungsvorgaben der Blockrampe wurde vor dem Einbau durch Volumenzahlanalysen geprüft und dokumentiert (Bild 16).

Danach wurden der seitliche Uferschutz aus Steinblöcken erstellt und im Anschluss die Einzelblöcke der Blockrampe versetzt (Bild 13). Blockrampe und Uferschutz bilden eigenständige Bauwerke, damit mögliche Bewegungen der Blockrampe ohne Beschädigungen des Gesamtsystems Blockrampe und Uferschutz zugelassen werden können. Ein Teil der Blöcke für den Uferschutz und die Blockrampe wurde aus alten Buhnen gewonnen.

Die Blöcke der Blockrampe wurden nach dem durch die Dimensionierung der Blockrampe vorgegebenen Muster einzeln versetzt (Bild 7). Für die Stabilität und Funktionstüchtigkeit der Blockrampe ist die präzise Blockanordnung entsprechend diesem vorgegebenen Muster sowie das richtige Blockgewicht entscheidend. Sowohl die Blockanordnung als auch das Blockgewicht wurden während des Bauablaufes ständig überwacht und dokumentiert (Bild 17 und Bild 18). Vor dem Einbau wurden die einzelnen Blöcke gewogen und die Masse an jedem Block angeschrieben. Die genaue Lage jedes Blockes wurde in einem Positionsraster dokumentiert und entsprechend der Dimensionierunsvorgaben kontrolliert. Zuletzt wurden die Blöcke mit Flusskies überschüttet. Dazu wurde Aushubmaterial aus der Aufweitung verwendet. Den «Rest» übernahm der Fluss. Bereits nach einigen Tagen wurden aus der Überschüttung die Feinanteile ausgewaschen und die überschütteten Blöcke, wie erwartet, zum Teil wieder sichtbar. Es bildete sich eine naturnahe Sohlenstruktur aus (Bild 22). Bild 21 zeigt die gesamte Blockrampe.

Literatur

Bezzola G. R. (2004): Flussbau. Vorlesungsmanuskript ETH, Stand März 2004, Zürich.

Günter A. (1971): Die kritische mittlere Sohlenschubspannung bei Geschiebemischungen unter Berücksichtigung der Deckschichtbildung und der turbulenzbedingten Sohlenschubspannungsschwankungen. Mitteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH, 3, Zürich, 69 p.

Raudkivi A. J. & Ettema R. (1982): Stability of Armour Layers in Rivers. Proc. ASCE, J. of Hydr. Div, 108(HY9), 1047-57. Zitiert in Whitakker et al. (1988).

Whittaker J.G., Hickman W.E. und Croad R.N. (1988): Riverbed stabilisation with placed blocks. Central Laboratories, 3-88/3, Lower Hutt New Zealand.

Anschrift der Verfasser

Rolf Künzi, Dipl. Kult. Ing. ETH, Emch+Berger AG, Seestrasse 7, 3700 Spiez
rolf.kuenzi@emchberger.ch

Dr. *Lukas Hunzinger,* Schälchli, Abegg + Hunzinger, dipl. Ing. ETH/SIA, Fluss- und Wasserbau, Schwarztorstrasse 7, 3007 Bern
sah.be@flussbau.ch

Dorit Jahne, Dipl. Bauing. TU Berlin, Emch+Berger AG, Seestrasse 7, 3700 Spiez
dorit.jahne@emchberger.ch