



Renaturierung Kander Augand - Monitoring Flussmorphologie

Sylvia Durrer, Lukas Hunzinger

1 Das Renaturierungsprojekt

Die Kander floss seit den Korrektionsbauten der 1950er Jahre unterhalb des Zusammenflusses mit der Simme in einem stark verbauten Gerinne. Mit Buhnen war der Fluss in ein enges und kanalähnliches Gerinne gezwungen. Die Kander unterlag einer starken Erosionstendenz. Die auentypischen Lebensräume waren weitgehend verschwunden und die bestehenden Sperrenbauten oberstrom waren durch die tiefe Sohlenlage gefährdet. Lediglich im unteren etwas breiteren Abschnitt teilte sich der Abfluss bei Niederwasser in mehrere Arme auf und umfloss einzelne stationäre Kiesbänke.

In den Wintern 2004/2005 und 2005/2006 wurden auf rund 1300 m Länge die Ufersicherungen entfernt und das Gerinne von 30 m auf 60 m aufgeweitet (Abb. 1). Die Sohle wurde beim Zusammenfluss von Kander und Simme um rund 2 m angehoben und mit einer aufgelösten Blockrampe gesichert (Mueller & Wagner, 2005; Künzi et al., 2005). Mit dem Renaturierungsprojekt sollen die Sohle der Kander stabilisiert und die flussaufwärts liegenden Bauwerke gesichert werden. Damit wird der auentypische, dynamische Lebensraum im Augand erhalten bzw. gefördert.

Das Renaturierungsprojekt und die hier vorgestellte Erfolgskontrolle konnten im Auftrag des Fischereiinspektorates und des Renaturierungsfonds des Kantons Bern durchgeführt werden.

2 Ziele des Monitorings

Mit Hilfe eines flussmorphologischen Monitorings sollte der fortlaufende Renaturierungsprozess im Augand dokumentiert und die Wirkung des Projektes quantifiziert werden. Dazu wurde eine Methodik angewandt, welche erst kürzlich im Rahmen des Rhone-Thur-Projektes entwickelt worden war (Woolsey et al., 2005) Die Kander ist somit eines der ersten grösseren Gewässer, bei welchem die Methode angewandt wurde und das Monitoring diente auch dazu, die Methoden zu überprüfen.



Abb. 1: Die Kander im Augand nach den Renaturierungsmassnahmen.

3 Methodik

3.1 Handbuch

Verschiedene Indikatoren dienen als Werkzeuge zur qualitativen und quantitativen Charakterisierung der Ziele von Renaturierungen. Für die Erfolgskontrolle der Kander wurden Indikatoren herangezogen, welche den Geschiebehaushalt, die Überflutungsdynamik, die hydraulische Variabilität, die Sohlenstruktur, die Uferstruktur und -länge sowie die Stabilität der Blockrampe beschreiben. Sie werden jeweils im Zustand vor und nach Realisierung des Projektes untersucht und mit einem standardisierten Wert quantifiziert. Die Veränderung jedes Indikators wird anhand einer vorgegebenen Matrix bewertet. Für die Beurteilung der Projektziele werden jedem Projektziel ein oder mehrere Indikatoren zugeordnet und die Veränderung der je Projektziel gemittelten Indikatorwerte bewertet.

3.2 Projektziele

Für die Kander im Augand wurden im Rahmen des Renaturierungsprojektes aus flussmorphologischer Sicht sechs Hauptziele definiert:

1. In der Aufweitung soll sich ein morphologisch vielfältiges und verzweigtes Gerinne entwickeln.
2. Das Gerinne im Augand soll sich dynamisch entwickeln und sich durch Seitenerosion innerhalb vorgegebener Grenzen selbsttätig verbreitern.

3. Die Geschiebedynamik soll wieder gewährleistet werden.
4. Die auentypischen Lebensräume sollen durch die Aufweitung erhalten und gefördert werden.
5. In der Aufweitung soll sich eine gegenüber dem Ausgangszustand höhere Sohlenlage einstellen. Damit soll ein Teil der Sohlenerosion der letzten Jahrzehnte kompensiert werden.
6. Die Blockrampe soll die Sohle beim Zusammenfluss von Kander und Simme stabilisieren und damit die flussaufwärts liegenden Schutzbauten (Sperrtreppen) sichern.

3.3 Indikatoren

Für die flussmorphologische Erfolgskontrolle wurden 11 Indikatoren aus dem Handbuch des Rhone-Thur-Projektes (Woolsey et al., 2005) zu den Themen Geschiebe, Hydraulik, Sohle und Ufer herangezogen und den oben genannten Projektzielen zugeordnet (Tab. 1). Zwei zusätzliche Indikatoren zur Stabilität der Blockrampe wurden neu definiert.

Thema	Indikator	Zuordnung Projektziele
Geschiebe	Geschiebehaushalt (12)	1, 3, 5
Hydraulik	Überflutungsdynamik: Dauer, Häufigkeit & Ausmass von Überflutungen (13)	4
	Quantitative Ausprägung der Wasserspiegelbreitenvariabilität (15)	1
	Variabilität der Fliessgeschwindigkeit (16)	1
	Variabilität der maximalen Abflusstiefe (17)	1
Sohle	Dynamik der Sohlenstruktur (33)	2, 3
	Qualität und Korngrössenverteilung des Substrats (35)	1, 3
	Sohlenstruktur (36)	1, 3, 5
Ufer	Dynamik der Uferstruktur (43)	2
	Länge der Grenzlinie zwischen Wasser und Land (44)	1, 4
	Uferstruktur (45)	1, 4
Stabilität	Stabilität der Blockrampe (neu)	6
	Stabilität der Sohle im Oberwasser (neu)	6

Tab. 1 Im Monitoring beurteilte Indikatoren aus Woolsey et al. (2005) und ihre Zuordnung zu den Projektzielen. In Klammer steht die Nummer des Indikators gemäss Handbuch.

3.4 Erhebungen des Ausgangszustands

Der Zustand des Projektabschnittes vor der Renaturierung wurde nicht systematisch erhoben. Einige Indikatoren liessen sich jedoch aus Querprofilaufnahmen und Korngrössenanalysen vor der Realisierung sowie - für den unteren

Teil der untersuchten Strecke - aus einem Bildflug zwischen den zwei Bauetappen (Dezember 2005) herleiten. Hydraulische Grössen wurden mit einer Staukurvenberechnung auf den Sohlen von 1944 und 1999 ermittelt. Der Zustand von 1944 bildet den Referenzzustand für den natürlichen Zustand vor den Flusskorrekturen ab, und wurde aus Längenprofilen und alten Karten bestmöglich rekonstruiert. Die Überflutungsflächen wurden mit einem Verschnitt der berechneten Wasserspiegel mit dem Terrainmodell von 1999 bestimmt.

3.5 Erste Erhebung nach der Realisierung

Die Auswertung der Indikatoren des Zustandes nach der Realisierung basiert auf Feldaufnahmen, 2d-Berechnungen des Abflusses und dem Luftbild vom Dezember 2006. Grundlagen für die Abflussrechnungen sind die im Oktober 2006 und im März 2007 aufgenommenen Querprofile im Abstand von 10 bis 60 m. Aus diesen Querprofilen wurde ein Terrainmodell des Flussbettes abgeleitet. Dieses wurde mit den Terrinaufnahmen von 1999 ergänzt, da das umliegende Terrain durch das Projekt nicht massgeblich verändert wurde. Das 2d-Abfluss-Modell wurde anhand der benetzten Flächen bei Niederwasser geeicht.

4 Ergebnisse

4.1 Veränderung der Indikatoren

Der *Geschiebehaushalt* hat sich durch die Renaturierung sehr positiv verändert. In der Projektstrecke wird er nicht mehr durch eine starke Erosionstendenz bestimmt. Die Kander kann durch Seitenerosion und Gerinneverlagerung Geschiebe mobilisieren und sich selbsttätig verbreitern (Abb. 2). Das Einzugsgebiet ist jedoch unverändert anthropogen beeinflusst.

Die *Überflutungsdynamik* im Augand hat sich verstärkt. Die Fläche, die bei einem 2-jährlichen Hochwasser überflutet wird, hat sich durch die Renaturierung um den Faktor 1.7 vergrössert. Diese Vergrösserung ist hauptsächlich auf die Verbreiterung des Flussbettes zurückzuführen. Ausserdem wird der links-ufrige Auenwald durch die Hebung der Sohlenlage häufiger überflutet als früher. Im Frühsommer 2007 konnten entsprechende Spuren beobachtet werden (Abb. 2).

Änderungen der *Wasserspiegelbreitenvariabilität* und der *Variabilität der Fliessgeschwindigkeit* können nicht nachgewiesen werden. Einerseits stellt die Staukurvenrechnung, wie sie für die Beschreibung des Ausgangszustandes verwendet wurde, eine ungenügende Grundlage dar, um die Indikatoren plausibel zu beurteilen, andererseits haben die Bankstrukturen im unteren Projektabschnitt schon vor der Renaturierung zur Variabilität der Fliessgeschwindigkeiten beigetragen. Neue Furt-Kolk-Sequenzen lassen jedoch den Schluss zu, dass

die Strömung nach der Renaturierung tatsächlich vielfältiger ist als im Zustand vor den Renaturierungsmassnahmen.

Der Indikator *maximale Abflusstiefe* hat sich durch die Renaturierung positiv verändert. Die Verbesserung ist vor allem auf die stärkere Verzweigung des Flusses und die Verlängerung des verzweigten Abschnittes zurückzuführen.

Auch die *Qualität und Korngrössenverteilung des Substrates* hat sich durch die Aufweitung der Kander verbessert. Die Bewertung dieses Indikators ist allerdings mit Unsicherheiten behaftet, weil die Korngrössenverteilung im Ausgangszustand nicht direkt erhoben wurde und anhand der damaligen Sohlenstrukturen rekonstruiert werden musste.

Die *Sohlenstruktur* ist gegenüber dem Ausgangszustand wesentlich vielfältiger. Zwar hatten sich im unteren Abschnitt der Projektstrecke schon vor der Renaturierung stationären Kiesbänke gebildet. Durch die Verbreiterung des Flussbettes sind die Sohlenstrukturen aber ausgeprägter geworden. Es haben sich vor allem mehr Rinnen und Schnellen gebildet. Es kommen nun alle morphologischen Strukturen einer Furt-Kolk-Sequenz vor (Abb. 3). Zudem wurde durch die Massnahmen der Abschnitt, in dem sich ein verzweigtes Gerinne entwickelt, länger und breiter.

Die *Länge der Grenzlinie zwischen Wasser und Land* beim Mittelwasserabfluss hat sich mit der Renaturierung um einen Faktor 1.5 vergrößert. Früher floss die



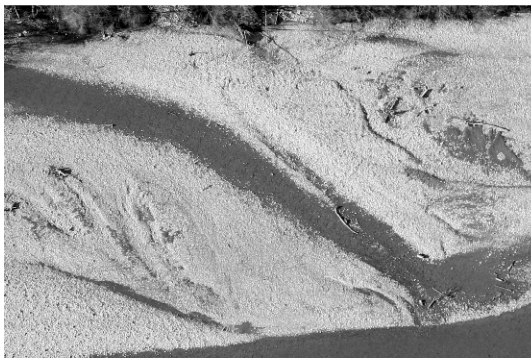
Abb. 2: Ufer vor und nach der Renaturierung. Links: auf grossen Strecken mit Bühnen verbauter Ufer. Das Flussbett liegt weit unterhalb des Vorlandes (2003). Rechts: Ufererosion im Frühsommer 2007, frische Sandablagerungen weisen auf eine Überflutung der Aue hin.



Kolk



Rinne



Flachwasser



Hinterwasser



Bank und Schnelle



Furt

Abb. 3: Sohlenstrukturen im Augand nach der Renaturierung

Kander kanalisiert oder um einzelne Kiesbänke durch die Augand, heute teilt sich der Abfluss in mehrere Arme auf.

Der Indikator *Uferstruktur* hat mit der Renaturierung sowohl eine positive als auch eine negative Veränderung erfahren. Zum Schutz der Blockrampe wurden die Ufer beidseits der Rampe auf einer Länge von 120 m mit einem Blocksatz verbaut. Im Ausgangszustand waren die Ufer nicht mit einem Längsverbau sondern mit Bühnen geschützt. Durch die Bühnen und die dazwischen liegenden Buchten waren auch im Ausgangszustand einige Uferstrukturen vorhanden. Nach der Renaturierung trat als neue Uferstruktur das Wurzelwerk hinzu und es können je Einheits-Gewässerlänge mehr Strukturelemente beobachtet werden. Die beobachtete qualitative Verbesserung der Uferstrukturen im Au-

gand wird mit dem Indikator jedoch ungenügend abgebildet. Durch die Messgrösse Anzahl Strukturtypen pro Einheitslänge wird die neue Vielfältigkeit des Ufers im Augand zu wenig gut beschrieben.

Die *Blockrampe* im oberen Abschnitt des Projektperimeters hat sich als stabil erwiesen. Sie wurde kurz nach der Fertigstellung mit dem ausserordentlichen und lang andauernden Hochwasser vom August 2005 belastet. Durch die veränderten Anströmbedingungen aufgrund einer Gerinneverlagerung in der Simme hat sich die Rampe zwar in Form eines Kolkes deformiert, das Bauwerk hat aber insgesamt elastisch reagiert und der Belastung standgehalten (Hunzinger, 2007). Die *Sohle im Oberwasser* der Rampe ist auf hohem Niveau stabil.

Die *Dynamik der Sohlenstruktur* bzw. die *Dynamik der Uferstruktur* im Zustand nach der Renaturierung können erst nach einer weiteren Erhebung ermittelt und beurteilt werden.

4.2 Bewertung

Der Erfolg des Renaturierungsprojektes wird qualitativ als sehr gross beurteilt. Die Kander im Augand zeigt heute ein morphologisch vielfältiges und verzweigtes Gerinne. Bei einer Begehung im Frühsommer 2007 konnten frische Ablagerungen von Überflutungen im Auenwald beobachtet werden. Der Fluss verbreitert sich zudem bei Hochwasser selbsttätig durch Seitenerosion (im Sommer 2007 um rund 10 m). Auch die aufgelöste Blockrampe kann als erfolgreiches Bauwerk bezeichnet werden. Die Rampe hat beim Hochwasser 2005 elastisch reagiert und trotz der hohen Belastung nicht versagt.

Die quantitative Bewertung des Renaturierungsprojektes nach der Methode von Woolsey et al. (2005) ist strenger. Das Ergebnis ist in der Abb. 4 zusammengefasst. Bei allen Projektzielen wird die mittlere von drei Verbesserungskategorien (kleiner, mittlerer und grosser Erfolg) erreicht.

5 Diskussion der Methode und Schlussfolgerung

Bei einzelnen Indikatoren sind die Indikatorwerte vom Abfluss abhängig. Die Arbeiten mit dem Handbuch haben gezeigt, dass je nach betrachtetem Abfluss ein Indikator eine unterschiedlich starke Änderung erfährt und der Erfolg unterschiedlich bewertet wird. Eine genauere Definition der zu untersuchenden Abflüsse könnte diese Unsicherheiten vermindern und die Vergleichbarkeit verschiedener Erfolgskontrollen gewährleisten. Jede Erfolgskontrolle sollte deshalb plausibilisiert und nachvollziehbar dokumentiert werden.

Die Bewertungen der Indikatoren sind teilweise sehr streng. Besonders die hydraulischen Indikatoren (Variabilität der Fliessgeschwindigkeit, der maximalen

Abflusstiefe und der Wasserspiegelbreiten) werden auch für den Zustand nach der Renaturierung mit 0.5 bzw. 0.4 relativ schlecht bewertet. Eine grössere hydraulische Variabilität als im heutigen Gerinne ist jedoch auch in einem sehr natürlichen Gerinne dieses Gewässertyps nicht zu erwarten.

Die Dynamik der Sohlenstruktur im Ausgangszustand wurde hingegen unrealistisch gut bewertet. Bei diesem Indikator wird der Prozentsatz der veränderten

Indikator	Standardisiert		Bewertung Indikator	Standardisiert		Bewertung Ziel
	vor	nach		vor	nach	
Morphologisch und hydraulisch vielfältiges Gerinne						
(12) Geschiebehalt	0.2	0.8	++	0.4	0.7	++
(15) quantitative Ausprägung der Wasserspiegelbreitenvariabilität	0.4	0.4	0			
(16) Variabilität der Fliessgeschwindigkeit	0.5	0.5	0			
(17) Variabilität der maximalen Abflusstiefe	0.3	0.4	+			
(35) Qualität und Korngrößenverteilung des Substrates	0.3	0.6	+			
(36) Sohlenstruktur	0.5	0.8	++			
(44) Länge der Grenzlinie zwischen Wasser und Land	0.6	1.0	+++			
(45) Uferstruktur	0.6	0.8	+			
Dynamisches Gerinne						
(33) Dynamik der Sohlenstruktur	0.8	n.b.	n.b.	0.4	n.b.	n.b.
(43) Dynamik der Uferstruktur	0.0	n.b.	n.b.			
Geschiebedynamik						
(12) Geschiebehalt	0.2	0.8	++	0.3	0.7	++
(33) Dynamik der Sohlenstruktur	0.8	n.b.	n.b.			
(35) Qualität und Korngrößenverteilung des Substrates	0.3	0.6	+			
(36) Sohlenstruktur	0.5	0.8	++			
Auentypische Lebensräume/Ufer						
(13) Überflutungsdynamik: Dauer, Häufigkeit und Ausmass von Überflutungen	0.6	0.9	++	0.6	0.9	++
(44) Länge der Grenzlinie zwischen Wasser und Land	0.6	1.0	+++			
(45) Uferstruktur	0.6	0.8	+			
Sohlenlage						
(12) Geschiebehalt	0.2	0.8	++	0.4	0.8	++
(36) Sohlenstruktur	0.5	0.8	++			
Blockrampe						
Stabilität bei Belastung	-	-	+	-	-	++
Stabilität Sohle oberstrom	-	-	+++	-	-	++

Abb. 4: Erfolgskontrolle anhand der projektspezifischen Ziele. n.b. = nicht bewertet.

Fläche bestimmt, nicht aber die Art der Veränderung. Im Augand hat sich zwischen den 1970er und 1990er-Jahren im oberen Abschnitt eine tiefe Rinne gebildet. Insgesamt haben sich 43 % der Sohlenfläche verändert, was mit einem Indikatorwert von 0.8 bewertet wird. Dass die Veränderung von Bänken und Flachwasserzonen zu einer Rinne eine negative Veränderung darstellt wurde nicht berücksichtigt.

Um die Sensitivität der Erfolgskontrolle aufzuzeigen, wurden einzelne Indikatoren mit alternativen Auswertungsmethoden beurteilt oder aufgrund der Unsicherheiten in der Auswertung nicht berücksichtigt. Zudem wurde das starke Gewicht der hydraulischen Parameter (15 und 17) reduziert, indem sie zu einem Indikator zusammengefasst wurden. Auf die Bewertung der Projektziele hat diese alternative Auswertung keinen Einfluss. Die Erfolgskontrolle ist durch die Mittelbildung der Indikatorwerte wenig sensitiv auf die Beurteilung einzelner Indikatoren.

Für eine aussagekräftige Erfolgskontrolle ist eine ausführliche Erhebung im Ausgangszustand ebenso wichtig wie die Erhebungen nach Realisierung der Massnahmen. Mit den in dieser Studie angewendeten Methoden konnten nicht alle Indikatoren zufrieden stellend rekonstruiert werden und die entsprechenden Indikatorwerte sind mit Unsicherheiten behaftet.

Die Renaturierung der Kander im Augand zeigt in der quantitativen Bewertung der Projektziele mittlere Erfolge. Einige Indikatoren wurden auch im Zustand vor der Renaturierung positiv beurteilt, weil die Bankstrukturen im unteren Abschnitt schon im Ausgangszustand lokal zu einer hohen Strömungsvielfalt geführt haben. Die umströmten Bänke waren aber stationär und der angrenzende Auenwald wurde durch das eingetieftete Flussbett nicht mehr überflutet.

Die Erfolgskontrolle des Ausgangszustandes und der Erhebung 1 nach der Realisierung ist eine erste flussmorphologische Beurteilung. Einige wichtige Indikatoren, welche die Dynamik von Sohlenstrukturen und Uferstrukturen beschreiben, können erst mit einer zweiten Erhebung beurteilt werden. Zudem ist der Renaturierungsprozess im Augand noch nicht abgeschlossen. Die Uferlinie und Sohlenstrukturen verändern sich bei jedem Hochwasser und das Flussbett wird sich durch Seitenerosion noch weiter verbreitern. Mit weiteren Erhebungen kann der fortlaufende Renaturierungsprozess dokumentiert und analysiert werden.

6 Zusammenfassung

Die Flusslandschaft an der Kander hat sich besonders im oberen Projektabschnitt sehr positiv verändert. Heute zeigt sich ein vielfältiges, verzweigtes Ge-

rinne mit lebendigen, sich selbsttätig verbreiternden Ufern und einem angrenzenden Auenwald, der gelegentlich überflutet wird. Die Blockrampe hat auch bei Abflussspitzen weit über dem Bemessungsabfluss nicht vollständig versagt, sondern elastisch reagiert. Die hohe Sohlenlage ist stabil und damit ist die Stabilität der flussaufwärts liegenden Betonsperren gewährleistet.

In der quantitativen Erfolgskontrolle wird das Renaturierungsprojekt mit einem mittleren Erfolg bewertet. Das Resultat der Erfolgskontrolle hängt von den verwendeten Eingangsgrössen, der Wahl der Indikatoren sowie von deren Auswertungsmethode ab. Die Gesamtbewertung der Projektziele ist dank Mittelbildung weniger sensitiv auf die Eingangsgrössen. Eine Plausibilitätskontrolle der Indikatorbewertung und eine nachvollziehbare Dokumentation der Erfolgskontrolle sind deshalb unerlässlich.

Der Renaturierungsprozess der Kander im Augand steht immer noch am Anfang. Die Ufer- und Sohlenstrukturen unterstehen einer starken Dynamik und das Flussbett wird sich durch Seitenerosion noch weiter verbreitern. Mit weiteren Erhebungen soll der Renaturierungsprozess dokumentiert und untersucht werden.

Referenzen

Hunzinger L. (2007): Belastungstest Hochwasser 2005: Wie haben die Blockrampen standgehalten? in: Minor H.-E. (Ed.): Blockrampen: Anforderungen und Bauweisen. Workshop der VAW vom 05.10.06, Mitteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH, 201, Zürich.

Künzi R., Hunzinger L. & Jahne D. (2005): Gesamtprojekt Augand - Umsetzung der flussbaulichen Massnahmen. wasser energie luft, 97 (9/10), 279-84.

Mueller W., Wagner T. (2005): Raum für die Kander. wasser energie luft, 97 (9/10), 285-88.

Woolsey, S., Weber, C., Gonser, T., Hoehn, E., Hostmann, M., Junker, B., Roulier, C., Schweizer, S., Tiegs, S., Tockner, K., Peter, A. (2005): Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fliessgewässerrevitalisierungen. Publikation des Rhone-Thur Projektes. Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ. 112 pp.

Adressen der Autoren

Sylvia Durrer
Dipl. Umwelt-Ing. ETH
Flussbau AG SAH
Schwarztorstrasse 7
3007 Bern
E-mail: sylvia.durrer@flussbau.ch



Lukas Hunzinger
Dr. sc. techn., dipl. Kultur-Ing. ETH
Flussbau AG SAH
Schwarztorstrasse 7
3007 Bern
E-mail: lukas.hunzinger@flussbau.ch

