

Wirksamkeit von Flussaufweitungen : neue Erkenntnisse

Autor(en): **Requena, Patricia / Minor, Hans-Erwin**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **100 (2008)**

Heft 4

PDF erstellt am: **09.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-939721>

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.

Wirksamkeit von Flussaufweitungen – Neue Erkenntnisse

■ Patricia Requena, Hans-Erwin Minor

Zusammenfassung

Flussaufweitungen sollen drei verschiedenen Anforderungen genügen. Sie sollen einen Fluss ökologisch aufwerten, den Menschen mehr Erholungsraum bieten und zwei flussbauliche Ziele erreichen: Verbesserung des Hochwasserschutzes sowie Stabilisierung der Flusssohle. Die letzten beiden Ziele werden bei Aufweitungen häufig nicht erreicht. Auswertungen von Aufnahmen an 14 ausgeführten Aufweitungen in der Schweiz, numerische Simulationen und Modellversuche zeigen, dass Aufweitungen Schwellen in einem Fluss, die zur Sohlstabilisierung eingebaut wurden, nicht ersetzen können. Eine bestehende Erosionstendenz in einem Flussabschnitt kann durch Aufweitungen nicht gestoppt werden. Der Artikel ist eine leicht überarbeitete Version des Vortrages, der an der KOHS-Tagung in Biel am 18. Januar 2008 gehalten wurde.

Summary

River widening has to meet three different requirements. They should improve the ecological situation of the river, provide recreational areas for man and achieve two goals concerning river engineering: Improvement of flood protection and stabilization of river bed. The last two goals often are not met by river widening. Analyses of prototype data of 14 river widenings in Switzerland, numerical simulations, as well as model tests show that river widenings cannot replace sills that were constructed to stabilize the river bed. River widenings can not stop an existing tendency for erosion. This article is a slightly revised version of a presentation given at the KOHS-Conference in Biel on January 18th 2008.

1. Einleitung

Seit Anfang der Neunzigerjahre des letzten Jahrhunderts wurde in der Schweiz eine Reihe von Flussaufweitungen realisiert. Auch in anderen Ländern, z.B. in Österreich, wo Flüsse eine ähnliche Charakteristik wie in der Schweiz aufweisen, hat die Zahl solcher Massnahmen merklich zugenommen (Habersack et al. 2000). Mit dem Bau von Flussaufweitungen sollten verschiedene Ziele erreicht werden: Aus wasserbaulicher Sicht will man eine Stabilisierung der Flusssohle erzielen; Flussaufweitungen sollen eine Alternative zu Abstürzen sein (Hunzinger 2004), und man erwartet eine Verbesserung der Hochwassersituation. Darüber hinaus ist es immer ein Ziel, die ökologische Situation des betrachteten Flussabschnittes zu verbessern. Man möchte eine Erhöhung der Dynamik des Gewässers erreichen und mehr gewässertypische Lebensräume schaffen. Das dritte Ziel ist, Erholungsraum für Menschen bereitzustellen. Es stellt sich die Frage, ob diese Ziele immer erreicht werden können. Wer an einem Wochenende an einer Flussaufweitung vorbeikommt, oder auch nur Photos betrachtet (Bild 1), wird vorbehaltlos zustimmen, dass Flussaufweitungen als sehr attraktiver Erholungsraum empfunden werden. Auch die ökologischen Ziele wurden offensichtlich erreicht. «Flussaufweitungen lohnen sich!» schreibt Rohde (2005) als Quintessenz einer ökologischen Erfolgskontrolle. Sie stützt sich dabei unter anderem auf das Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fliessgewässerrnaturalisierungen, eine Publikation des interdisziplinären Forschungsprojektes Rhone-Thur (Woolsey et al. 2005). Als Revitalisierungsmassnahmen von Flussgebieten sind Aufweitungen unumstritten, obwohl neuere Berechnungen am Alpenrhein zeigen (TK Consult 2008), dass bei einer Aufweitung der Grundwasserspiegel absinken kann. Bleibt noch die Frage der wasserbaulichen Ziele.



Bild 1. Aufweitung an der Emme bei Utzenstorf (Dokumenta Natura, Bern Oktober 2004).

2. Wirkung einer Flussaufweitung bei Hochwasser

Ein verbreiteter Fluss weist, rein hydraulisch betrachtet, bei gleichem Durchfluss eine tiefere Wasserspiegellage auf als der schmalere Flusslauf. Allerdings lagert sich im aufgeweiteten Bereich Geschiebe ab. Die Flusssohle und damit der Wasserspiegel steigt wieder an. Habersack (2007) bestätigt diese Tatsache auch durch Untersuchungen an österreichischen Flüssen.

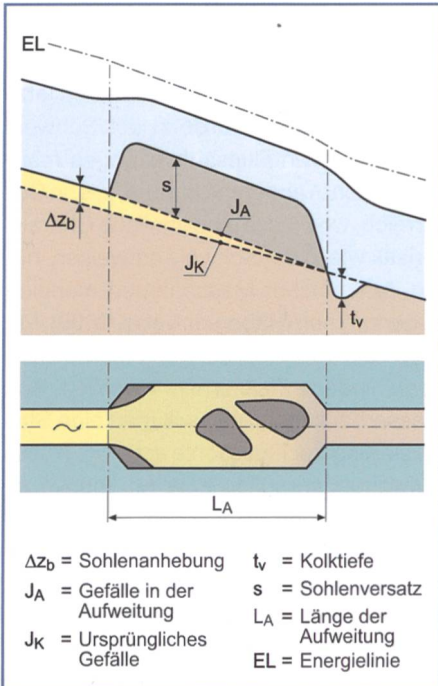


Bild 2. Vereinfachte Darstellung der morphologischen Veränderungen im Bereich einer Aufweitung bei einem Fluss im Geschiebegleichgewicht (1998).

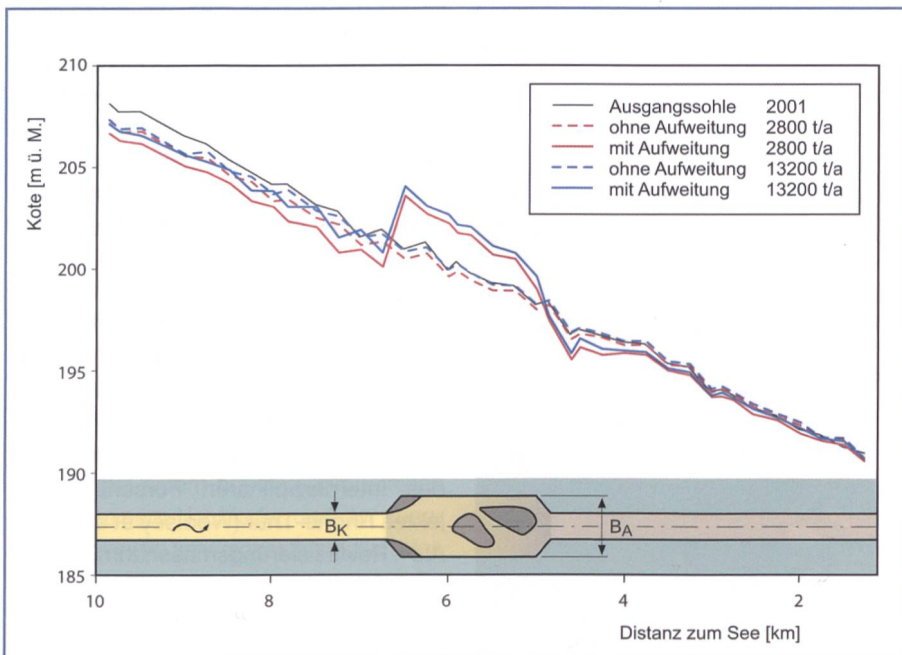


Bild 3. Ticino zwischen Bellinzona und der Mündung in den Lago Maggiore. Prognostizierte Sohlenlagen in einer Aufweitung im Vergleich zum Referenzfall ohne Massnahmen. Simulationsergebnisse für Geschiebezufuhren von 2800 und 13000 t/a (VAW, 2004).

Im Rahmen der Hochwasseranalyse vom August 2005 ergab die Auswertung der Hochwasserspüren, dass es in den untersuchten Aufweitungen zu keiner Erhöhung der Wasserspiegellagen im Vergleich zur angrenzenden Flussstrecke gekommen ist (Promny et al. 2008).

Im Allgemeinen kann mit einer dauerhaften Absenkung des Wasserspiegels, und somit mit einer Steigerung der Abflusskapazität in einer Aufweitung bei Hochwasserereignissen nicht sicher gerechnet werden. Dazu sind für jeden einzelnen Fall detaillierte Berechnungen vorzunehmen, die alle Aspekte des Flussbaus berücksichtigen müssen. Unter Umständen können Baggerungen im Rahmen von Unterhaltmassnahmen notwendig sein, um die gewünschte Abflusskapazität sicherzustellen (VAW 2008).

Ein häufig geäussertes Argument ist, dass durch Aufweitungen Hochwasserspitzen gedämpft werden. Leider ist dies nicht der Fall. Fäh und Kühne (1978) haben mit numerischen Simulationen schon vor 30 Jahren für die Thur nachgewiesen, dass bei grossen Hochwasserereignissen die Spitze auch mit grossen bereitgestellten Volumen von ca. 2.35 Mio. m³ nur minimal reduziert werden kann. Beim Bemessungshochwasser der Thur konnte die Abflussspitze von 1300 m³/s nur um ca. 10% gesenkt werden. Die gross scheinenden Überflutungsflächen sind im Fall einer Aufweitung oder Ausleitung beim Eintreffen der Hochwasserspitze zum grössten Teil schon gefüllt und können keine Wirkung

mehrentfalten. Abhilfe würden nur gesteuerte Flutpolder schaffen, wie sie zurzeit in Bayern und am Oberrhein (Baden-Württemberg) gebaut werden (stMUGV 2005). Diese Lösung kommt aber für Flussaufweitungen, die vor allem eine ökologische Aufwertung zum Ziel haben, nicht in Frage.

3. Auswirkungen einer Flussaufweitung auf die Sohlenlage

3.1 Aufweitungen in Flussstrecken im Geschiebegleichgewicht

Nach der Realisierung einer Aufweitung wird der Fluss, als dynamisches System, ein neues Gleichgewicht anstreben, welches den neuen Randbedingungen entspricht. Die morphologischen Entwicklungen, die in einer Aufweitung stattfinden, sind von Hunzinger (1998) grundlegend untersucht worden. Diese Untersuchungen gelten primär für maschinelle Aufweitungen in Flussstrecken im Gleichgewichtszustand. Nachfolgend werden die wichtigsten Auswirkungen, die er in seinen Versuchen beobachtete, zusammengefasst. Für eine ausführliche Beschreibung der beobachteten Prozesse wird auf Hunzinger (1998) verwiesen.

Aufgrund der grösseren Breite sind die Abflusstiefen bei gleichem Abfluss in der aufgeweiteten Strecke kleiner als im ursprünglichen Gerinne. Dadurch wird die Transportkapazität reduziert. Dies führt in der Aufweitung zur Ablagerung von Geschiebe. Auf den Ablagerungen bildet sich ein im Vergleich zur Ausgangssohle steileres Gefälle J_A (Bild 2). Unmittelbar oberhalb der Aufweitung wird der Abfluss zunächst infolge der tieferen Wasserspiegellage in der Aufweitung beschleunigt. Dies führt zu einer Sohlerosion im Fluss unmittelbar oberhalb der Aufweitung. Infolge der wachsenden Höhe der Ablagerungen in der Aufweitung wird die Sohle im Oberwasser später um die Grösse $\Delta z_b = (J_A - J_K) L$ angehoben (Bild 2). Aufgrund der Ablagerungen in der Aufweitung resultiert für die unterhalb liegende Strecke ein Geschiebedefizit und die Sohle tiefte sich flussabwärts der Aufweitung ein. Diese Erosion wird teilweise wieder rückgängig gemacht, wenn der Sohlenversatz in der Aufweitung nicht mehr wächst und somit Geschiebe durch die Aufweitung hindurch transportiert wird. Zusätzlich bildet sich im Bereich der Verengung ein tiefer Kolk (Bild 2) über die gesamte Gerinnebreite (Hunzinger 1998).

Aus den Untersuchungen von Hunzinger lässt sich schliessen, dass durch Aufweitungen die Flusssohle angehoben

wird, vorausgesetzt es sind die Randbedingungen gegeben, unter denen Hunzinger seine Untersuchungen durchführte. Die wichtigste dieser Voraussetzungen ist, dass sich der betrachtete Flussabschnitt im Geschiebegleichgewicht befindet.

Wird die Aufweitung in einem erodierenden Fluss ausgeführt, zeigen sich bei den morphologischen Auswirkungen jedoch einige Unterschiede zu den Ergebnissen von Hunzinger.

3.2 Flussaufweitungen in erodierenden Flussstrecken

Im Rahmen eines Projektes wurden an der VAW die Auswirkungen einer Aufweitung am Fluss Ticino untersucht (VAW 2004). Dabei wurde die Flussstrecke zwischen Bellinzona und der Mündung in den Lago Maggiore betrachtet, in welcher der Ticino eine markante Erosionstendenz aufweist. Mit Hilfe eines numerischen Modells wurden die morphologischen Auswirkungen einer 1.9 km langen maschinell realisierten Aufweitung simuliert. Die Resultate aus den Berechnungen sind in Bild 3 dargestellt. In der untersuchten Aufweitung wird die mittlere Sohlenlage markant angehoben. Flussabwärts verursacht das Geschiebedefizit aufgrund des Rückhalts in der Aufweitung Sohleneintiefungen über eine beträchtliche Strecke. Aufgrund der auf der ganzen Flussstrecke vorhandenen Erosionstendenz wird die Sohle im Unterwasser nicht wieder auf das Ausgangsniveau angehoben. Im Oberwasser kann die Aufweitung die übergeordnete Sohlenerosion nicht verhindern. Im betrachteten Fall tieft sich die Sohle – vor allem bei niedriger Geschiebezufuhr – sogar noch etwas stärker ein, als im Fall ohne Aufweitung (Bild 3). Für eine detaillierte Beschreibung dieser Resultate wird auf Requena et al. (2005) verwiesen.

Die Resultate der Simulationen am Ticino zeigen, dass die Auswirkungen in erodierenden Flüssen anders sein können als die von Aufweitungen in Flussstrecken, die sich im Gleichgewicht befinden. Zwar bildet sich auch im Erosionsfall ein Sohlenversatz in der aufgeweiteten Flussstrecke, aber die Auswirkungen im übergeordneten Flusssystem weisen Unterschiede auf. Die Beobachtungen von Hunzinger, wonach die Sohle auch im Oberwasser der Aufweitung angehoben wird, bestätigen sich mit den Simulationen für den Ticino nicht. Diese zeigen, dass in einem erodierenden Fluss die generelle Erosionstendenz durch eine Aufweitung nicht gestoppt werden kann. Trotz der Bildung eines Sohlenversatzes in der Aufweitung führt die überge-

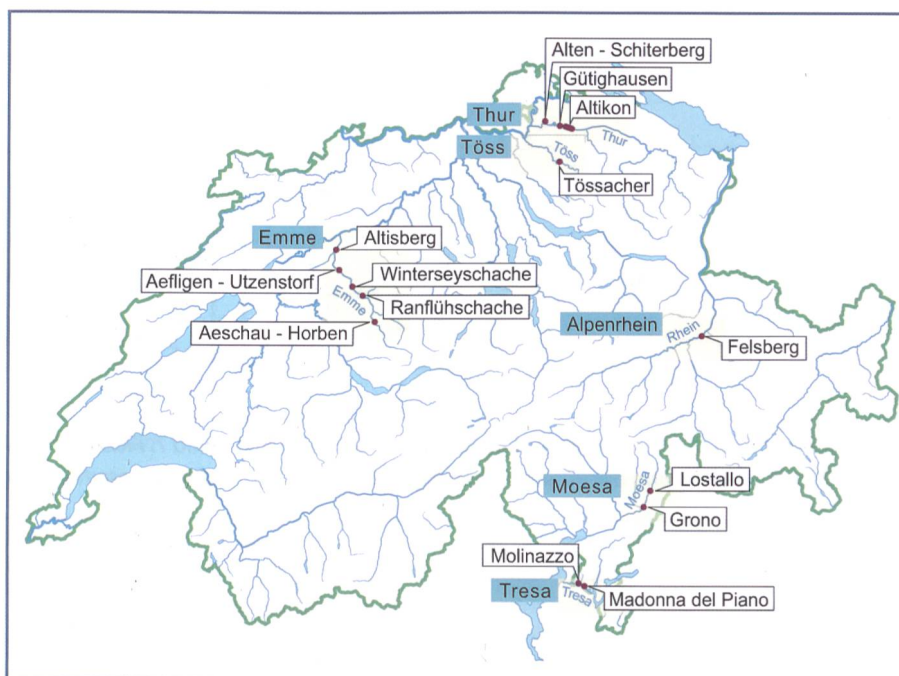


Bild 4. Analyse von Naturdaten. Übersicht über die betrachteten Flussaufweitungen (VAW, 2007).

ordnete Erosionstendenz dazu, dass die morphologischen Prozesse auf einem tieferen Niveau stattfinden als in einer Flussstrecke im Gleichgewichtszustand.

Im Rahmen einer Diplomarbeit an der VAW (Berchtold 2005) wurden hydraulische Modellversuche durchgeführt, um weitere Erkenntnisse über den Einfluss der Geschiebezufuhr auf die Sohlenentwicklung in einer Aufweitung zu gewinnen. Die Resultate aus diesen Versuchen bestätigen die Aussagen der numerischen Simulationen am Ticino hinsichtlich der Auswirkungen von Flussaufweitungen in erodierenden Strecken (Requena et al. 2005).

An dieser Stelle ist zu bemerken, dass die Art der Realisierung einer Aufweitung das Ausmass ihrer Auswirkungen stark beeinflusst. Bei den bisher präsentierten Untersuchungen wurde von einer maschinellen Aufweitung ausgegangen, bei der die Flussstrecke durch Abtrag des Vorlands verbreitert wird. Bei maschinellen Aufweitungen findet somit in einem kurzen Zeitraum eine plötzliche Veränderung des Querschnitts statt, welche zu einer erheblichen Änderung der Abflussbedingungen führt. Dem Fluss wird keine Zeit für eine langsame Anpassung gegeben, und somit können die flussbaulichen Auswirkungen relativ ausgeprägt sein. Je grösser das Breitenverhältnis zwischen dem Kanal und der Aufweitung ist, desto stärker wird sich die Flusssohle im Bereich der Aufweitung anheben. Bei erodierenden Flussstrecken kann dies zu starker Sohlenerosion oberhalb der Aufweitung führen.

Diese morphologischen Auswir-

kungen können bei eigendynamischen Aufweitungen Unterschiede aufweisen. Bei eigendynamischen Aufweitungen erfolgt die Gerinneverbreiterung nach Entfernung des Uferschutzes auf natürliche Art durch Seitenerosion. Da sich in diesem Fall die signifikanten morphologischen Veränderungen auf grössere, bettbildende Hochwasserereignisse beschränken, benötigen eigendynamische Aufweitungen für Breiten- und Sohlenveränderungen länger als maschinelle Aufweitungen. Somit bleibt dem Fluss aufgrund der schrittweisen Verbreiterungen mehr Zeit, sich den jeweils neuen Breitenverhältnissen anzupassen. Zudem bieten eigendynamische Aufweitungen die Möglichkeit, mehr Geschiebe ins Flusssystem einzubringen. Das durch Seitenerosion abgetragene Material gelangt in den Fluss und steht dem unterliegenden Flussabschnitt zur Verfügung. Durch die seitlichen Geschiebequellen kann somit ein vorhandenes Geschiebedefizit teilweise reduziert werden (Requena, 2009). Aus diesen Gründen sind bei eigendynamischen Aufweitungen die morphologischen Auswirkungen oberhalb und unterhalb der Aufweitung weniger ausgeprägt. In diesem Zusammenhang weisen eigendynamische Aufweitungen wesentliche Vorteile gegenüber maschinellen Aufweitungen auf.

4. Analyse von Naturdaten

Im Rahmen eines weiteren Projektes wertete die VAW die Naturdaten aus 14 Flussaufweitungen in der Schweiz aus (VAW, 2007). Die betrachteten Aufweitungen befinden

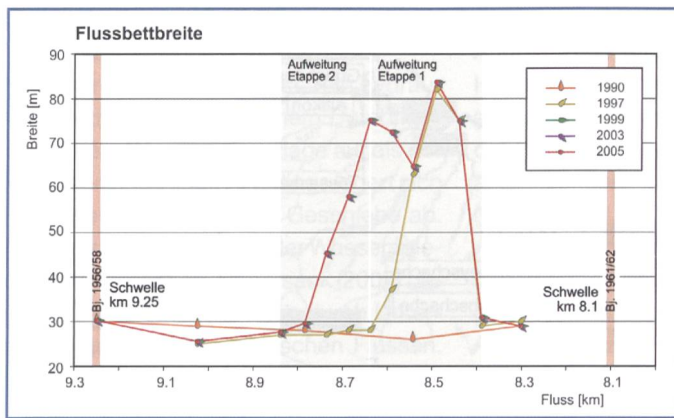


Bild 5. Mittlere Flussbettbreite an der Emme bei Aefligen-Utzenstorf nach Realisierung der Flussaufweitung (VAW, 2007).

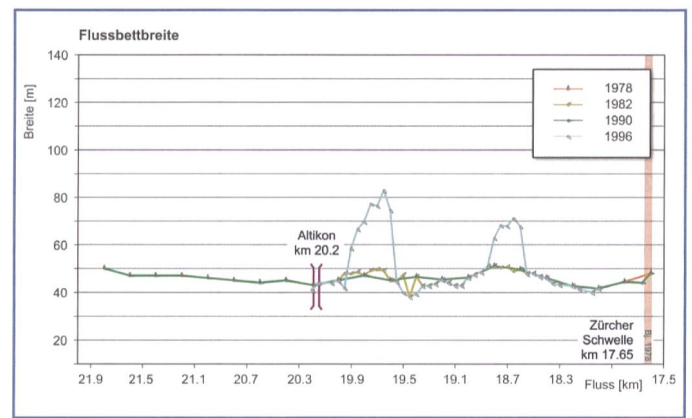


Bild 7. Flussbettbreite an der Thur bei Altikon vor Realisierung der Flussaufweitung (VAW, 2007).

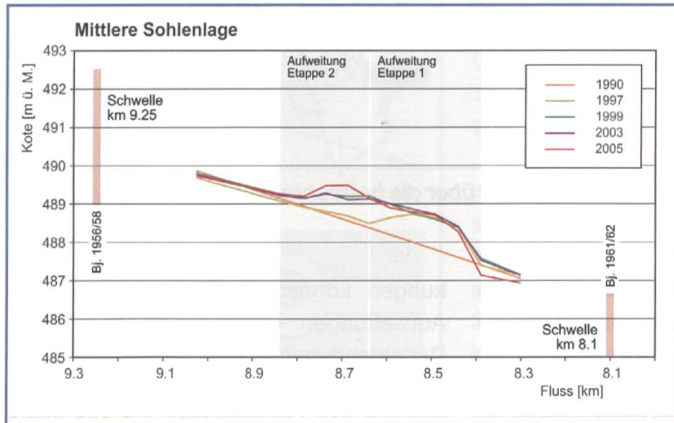


Bild 6. Entwicklung der mittleren Sohlenlage an der Emme bei Aefligen-Utzenstorf nach Realisierung der Flussaufweitung (VAW, 2007).

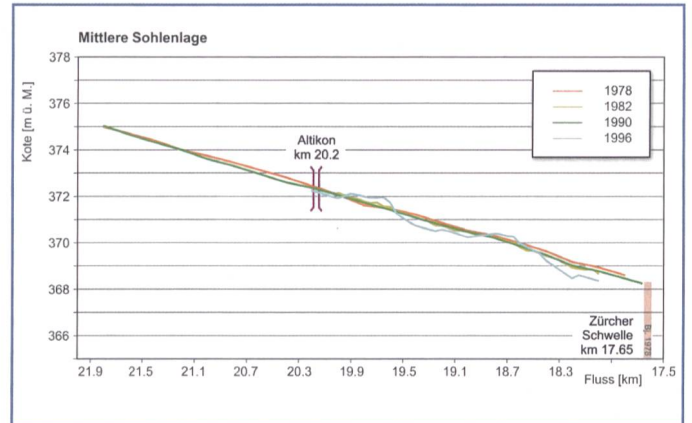


Bild 8. Entwicklung der mittleren Sohlenlage an der Thur bei Altikon vor Realisierung der Flussaufweitung (VAW, 2007).

sich an den Flüssen Alpenrhein, Emme, Moesa, Thur, Töss und Tresa (Bild 4). Sie umfassen Aufweitungen in Flussstrecken mit Auflandungstendenz, stabile Strecken und solche mit Erosionstendenz.

Die Resultate aus dieser Analyse haben die Erkenntnisse, die in den vorherigen Abschnitten präsentiert wurden, bestätigt. Nachfolgend werden die Resultate aus der Auswertung von zwei Aufweitungen gezeigt.

4.1 Aufweitung der Emme bei Aefligen-Utzenstorf

Im Jahr 1990 wurde an der Emme bei Aefligen-Utzenstorf eine beidseitige Aufweitung projektiert, die aufgrund ihrer Grundrissform «Emme-Birne» genannt wird. Sie wurde in zwei Etappen umgesetzt. Im Rahmen der 1. Etappe (1991/1992) wurde die Emme auf einer 150 m langen Strecke von ca. 30 m auf maximal 85 m beidseitig maschinell verbreitert (Bild 5). Im Jahre 1998/1999 folgte dann die 2. Etappe der Flussverbreiterung, ebenfalls maschinell. Dabei wurde die Emme oberhalb der damals bestehenden Aufweitung auf einer Länge von 250 m auf ca. 75 m verbreitert. In der betrachteten Strecke befinden sich

zwei Schwellen, die die Aufweitung eingrenzen. Die Schwellen wurden 1962 gebaut, um der damals starken Erosionstendenz entgegenzuwirken. Damit konnte diese Tendenz gemildert werden.

Die Entwicklung der mittleren Sohlenlage ab 1990 ist in Bild 6 veranschaulicht. Die Auswirkungen in der Aufweitung sind deutlich erkennbar. Die Sohle wurde um ca. 1 m in der aufgeweiteten Strecke angehoben, zuerst im unteren Bereich (1. Etappe der Realisierung) und danach im oberen Bereich (2. Etappe). Durch die Ablagerungen in der aufgeweiteten Strecke bildeten sich neue Gerinnemorphologien (Bild 1). Die hohe Anzahl grosser Abflüsse trug wesentlich dazu bei, dass diese Entwicklungen schnell stattfanden.

Oberhalb der Aufweitung unterlag die Flusssohle am Übergang der Emme in die Aufweitung zwischen 1990 und 2005 keinen grossen Veränderungen. Auffällig ist allerdings für diesen Zeitraum, dass die Sohle bei Fluss-km 9.025 geringfügig erodierte, während bei Fluss-km 8.839 nach 15 Jahren eine ähnlich geringfügige Anhebung der Sohle zu beobachten war (Bild 6). Aber grundsätzlich sind bis heute

die Auswirkungen oberhalb und unterhalb der Aufweitung als gering einzustufen. Der Einfluss der Aufweitung auf das übergeordnete System wird aber auch durch die vorhandenen Schwellen, vor allem die unterhalb liegenden, wesentlich beeinflusst.

4.2 Aufweitung der Thur bei Altikon

Die Aufweitung Altikon liegt zwischen der Brücke Altikon und der Zürcher Schwelle, die 1978 erstellt wurde. Bereits 1995/1996 wurden Änderungen an der Flussbreite im Bereich der heutigen Aufweitung vorgenommen (Bild 7).

In den Jahren 2001/2002 wurde dann die heutige Aufweitung realisiert (Bild 9). Das Flussbett wurde im oberen (km 20.000 bis km 19.000) und unteren Bereich (km 19.000 bis km 18.300) auf rund 105 m verbreitert. Die Breite dieser Aufweitung ist sehr variabel, da die Aufweitung den örtlichen Gegebenheiten anzupassen war. Die maximale Breite beträgt 110 m; bei km 19.000, dort wo die Ufersicherung wegen einer Strasse und der Einmündung eines Binnenkanals nicht rückgebaut werden konnte, beträgt die Breite nur etwa 55 m (Bild 9). Zusätzlich zu den zwei eigentlichen Aufweitungsbereichen

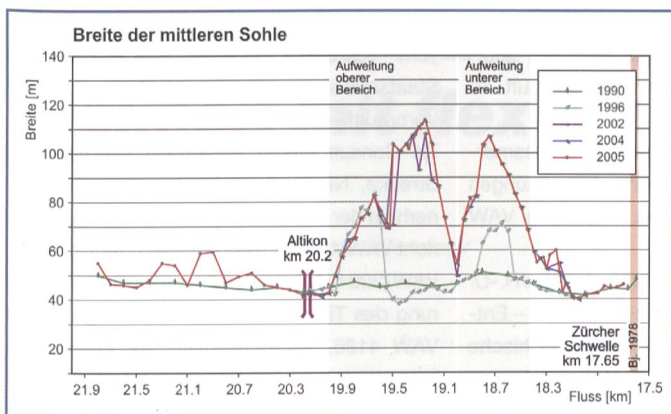


Bild 9. Mittlere Flussbettbreite an der Thur bei Altikon nach Realisierung der Aufweitung (VAW, 2007).

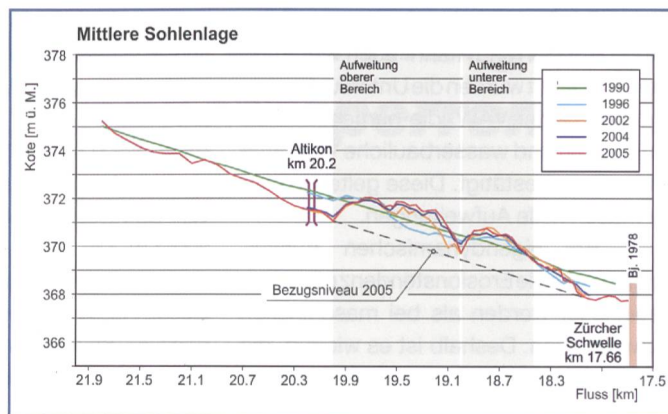


Bild 10. Entwicklung der mittleren Sohlenlage an der Thur bei Altikon nach Realisierung der Flussaufweitung (VAW, 2007).

wurden 2005 oberhalb der Brücke Altikon noch kleinere wechselseitige Verbreiterungen vorgenommen.

In Bild 8 ist die Entwicklung der mittleren Sohlenlage vor Realisierung der Aufweitung – von 1978 bis 1990 – dargestellt. Wie aus der Abbildung ersichtlich, blieb die Sohlenlage der Thur zwischen den Jahren 1978 und 1990 nahezu konstant. Im Zeitraum von 1978 bis 1982 ist lokal eine leichte Erosion der Sohle zwischen Fluss km 17.900 und km 21.100 zu erkennen, aber danach blieb die Sohle zwischen 1982 und 1990 über die gesamte betrachtete Flussstrecke stabil (Bild 8). Die ersten Eingriffe in die Gerinnebreite 1995/1996 (Bild 7) sind beim Längensprofil der mittleren Sohlenlagen gut zu erkennen. Sie führen zu einer leichten Sohlenhebung in den beiden verbreiterten Zonen, aber zu Eintiefungen der Sohle unterhalb und zwischen den beiden Verbreiterungen. Auch oberhalb an der Brücke Altikon ist eine leichte Tendenz zur Eintiefung zu erkennen (Bild 8).

Die Veränderungen der mittleren Sohlenlage nach Realisierung der eigentlichen Aufweitung können aus Bild 10 entnommen werden. Da direkt vor dem Bau der Aufweitung 2001/2002 keine Vermessung zur Verfügung steht, kann nur mit dem Jahr 1996 verglichen werden. Im Zentrum der beiden Aufweitungsbereiche (oberer und unterer Bereich) hat sich die Sohle zwar über das Ausgangsniveau angehoben, oberhalb der Aufweitung tiefte sich die Sohle aber um 90 cm ein. Diese Eintiefung reicht, wie die Messung von 2005 zeigt, bis weit ins Oberwasser. Etwas überraschend ist, dass auch unterhalb der Aufweitung, direkt oberhalb der Schwelle, eine starke Eintiefung der Sohle von 1 m eingetreten ist. Die ebenfalls ausgeprägte Eintiefung zwischen Fluss-km 18.900 und km 19.200 ist auf die baulich bedingte Engstelle zurückzuführen. Bild 10 zeigt auch,

dass der Versatz, so wie er von Hunzinger definiert wurde, von einem tiefen Bezugshorizont aus definiert werden muss. Die Auswertungen der Messergebnisse für die Aufweitung Altikon lassen erkennen, dass sich mit der Aufweitung die Erosion der Sohle im Oberwasser wie im Unterwasser verstärkt hat.

4.3 Erkenntnisse aus der Analyse der Naturdaten

Insgesamt wurden 14 Aufweitungen an sechs Flüssen untersucht. Ein Teilaspekt der Studie, die Entwicklungen der mittleren Sohlenlage, ist zusammenfassend in Bild 11 dargestellt. Sie zeigt die Differenz der mittleren Sohlenlage zwischen der jüngsten durchgeführten Vermessung und der letzten Vermessung vor Realisierung der Aufweitung. Dabei wurde zwischen der Aufweitung selbst und der Flussstrecke oberhalb sowie der Flussstrecke unterhalb der Aufweitung unterschieden.

In den meisten Fällen (10 von 14) kam es zu Ablagerungen in den Aufweitungen, d.h. zu Sohlenanhebungen. Dage-

gen weisen die Flussstrecken in sechs Fällen oberhalb und in sieben Fällen unterhalb Eintiefungen auf. Nur in jeweils vier Fällen kam es zu einer Anhebung im Oberwasser und im Unterwasser. Sonst erkennt man in diesen Bereichen Eintiefungen und in einigen wenigen Fällen stabile Verhältnisse. In diesen Fällen konnten die Aufweitungen den übergeordneten Erosionszustand in den betrachteten Flussabschnitten nicht stoppen.

Dieses Ergebnis wird hinsichtlich der festgestellten Erosionstendenz noch zu günstig dargestellt, da in den meisten untersuchten Flussstrecken unterhalb der Aufweitung noch Schwellen bzw. Blockrampen vorhanden sind, die die Erosion reduzieren sollten.

Die Analyse der Naturdaten bestätigen damit die Ergebnisse, die in den oben beschriebenen Untersuchungen gewonnen wurden.

5. Schlussfolgerungen

Die Auswertung der Naturdaten hat gezeigt, dass Aufweitungen einen vorhan-

		Alpenrhein		Emme			Moesa		Thur		Töss	Tresa			
		Felsberg	Aeschau-Horben	Ranflüschache	Wintersylschache	Aeffligen-Utzenstorf	Allisberg	Losallo	Grono	Altikon	Güllighausen	Allen-Schlierberg	Tössacher	Madonna del Piano	Molinazzo
Bisherige Veränderung der Sohle seit Realisierung der Aufweitung	oberhalb														
	in Aufweitung														
	unterhalb														
Vorhandene Sohlenfixpunkte: Schwellen, Blockrampen, etc.	unten														
	oben														

Bild 11. Analyse von Naturdaten. Übersicht über die ausgewerteten Sohlenlagen hinsichtlich der Veränderung der Sohle seit der Realisierung der Aufweitung. Es wurden die Flussstrecken oberhalb und unterhalb sowie die Aufweitung selbst getrennt betrachtet. Das Vorhandensein von Sohlenfixpunkten wird ebenfalls angegeben (VAW, 2007).

denen Erosionstrend nicht stoppen können. Dieser Trend kann auch verstärkt werden. Damit wurden die Untersuchungsergebnisse der VAW, die numerische Simulationen und wasserbauliche Versuche umfassten, bestätigt. Diese gelten primär für maschinelle Aufweitungen.

Bei eigendynamischen Aufweitungen kann die Erosionstendenz günstiger beeinflusst werden als bei maschinellen Aufweitungen. Deshalb ist es wichtig, die für den speziellen Fall richtige Methode der Realisierung zu wählen.

Aufweitungen können Schwellen nicht ersetzen.

Von einer Erhöhung der Abflusskapazität in einer Aufweitung kann nicht im Allgemeinen gesprochen werden. Die gewollten Auflandungen können mit der Zeit auch die ursprüngliche Abflusskapazität reduzieren. Dann sind Unterhaltsbaggerungen nötig.

Aufweitungen beeinflussen das Grundwasser. Unter bestimmten Umständen kann es zur Absenkung des Grundwasserspiegels kommen.

Werden Aufweitungen aus ökologischen Gründen geplant, sind sorgfältige Abklärungen zur Entwicklung der mittleren Sohlenlage und des Grundwasserspiegels im betroffenen Flussabschnitt vorzunehmen. Die daran folgenden Begleitmassnahmen sind mit einzuplanen.

Literatur

- Berchtold T. (2005): Übergeordnete Auswirkungen von Flussaufweitungen – Experimentelle Untersuchungen. Diplomarbeit WS04/05, Professur für Wasserbau, ETH, Zürich (unveröffentlicht).
- Fäh R., Kühne A. (1979): Numerische Simulation automatischer Stauregelungen bei Laufwasserkraftwerken. *Wasser Energie Luft* 79 (5/6): 93–98.
- Habersack H.M. (2007) Hydraulische, flussmorphologische und ökologische Auswirkungen von Gewässeraufweitungen, Mitteilung VAW 200: 119–130.
- Habersack H.M., Koch M. und Nachtnebel H.-O. (2000): Flussaufweitungen in Österreich – Entwicklung, Stand und Ausblick, Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, Heft Juli/August 2000, S. 143–153.
- Hunzinger L. (1998): Flussaufweitungen – Morphologie, Geschiebehaushalt und Grundsätze zur Bemessung. Mitteilung Nr. 159 der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH, Zürich, 206 p.
- Hunzinger L. (2004): Flussaufweitungen: Möglichkeiten und Grenzen. *Wasser Energie Luft* (9/10): 243–249.
- Promny M., Nusle D., Fäh R., Putzar B. (2008). Flussaufweitungen. Bei Bezzola G.R., Hegg C. (Ed.) Ereignisanalyse Hochwasser 2005, Teil 2 – Analyse von Prozessen, Massnahmen und Gefährdungsanalysen. Bundesamt für Umwelt BAFU, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. Umweltwissen Nr. 0825.
- Requena P. (2009): Seitenerosion in kiesführenden Flüssen, Prozessverständnis und quantitative Beschreibung. Mitteilung Nr. 210 der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH, Zürich.
- Requena P., Bezzola G.R. und Minor H.-E. (2005): Aufweitungen in erodierenden Flüssen. *Wasser Energie Luft* (7/8): 183–189.
- Rohde S. (2005) Flussaufweitungen lohnen sich! Ergebnisse einer Erfolgskontrolle aus ökologischer Sicht, *Wasser Energie Luft* (3/4) 2005, S. 105–111.
- stMUGV (2005): Schutz vor Hochwasser in Bayern – Strategie und Beispiele. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, München.
- TK Consult (2008) Alpenrhein Internationale Strecke, Nachhaltiger Hochwasserschutz innerhalb der Dämme, Kapitel Grundwasser, Bericht VAW 4262-3, Zürich (unveröffentlicht).
- VAW (2004): Machbarkeitsstudie zur Renaturierung des Ticino und seiner Mündung. Bericht VAW 4186, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH, Zürich (unveröffentlicht).
- VAW (2007): Morphologische Entwicklungen in Flussaufweitungen. Bericht VAW 4234, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH, Zürich (unveröffentlicht).
- VAW (2008): Alpenrhein Internationale Strecke, Nachhaltiger Hochwasserschutz innerhalb der Dämme, Kapitel Strömung und Sedimenttransport, Bericht VAW 4262-3, Zürich (unveröffentlicht)
- Woolsey S., Weber C., Gonser T., Hoehn E., Hostmann M., Junker B., Roulier C., Schweizer S., Tiegls S., Tockner K. und Peter A. (2005): Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fließgewässerrevitalisierungen. Publikation des Rhone-Thur Projektes. Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ. 112 pp.

Anschrift der Verfasser

Dipl. Bauing. Patricia Requena-Méndez
requena@vaw.baug.ethz.ch
Prof. Dr. Hans-Erwin Minor
minor@vaw.baug.ethz.ch, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zentrum, Gloriastrasse 37–39
CH-8092 Zürich