

Hochwasserschutz

Lebensraum Dünnern Oensingen bis Olten
Hochwasserschutz und Aufwertung

Beilage 805: Geschiebepapier



Beurteilung der Vereinbarkeit der geplanten Hochwasserschutz- und Aufwertungsmassnahmen (Stufe Vorprojekt) mit der erforderlichen Sanierung des Geschiebehaushalts

A-1041-03

28.01.2022

Änderungsnachweis

Version	Datum	Bezeichnung der Änderungen	Verteiler
1	2022.01.28	Abgabe an BAFU	
2			
3			
4			

Genehmigt / geprüft

Adresse Auftraggeber

Amt für Umwelt des Kantons Solothurn
Werkhofstrasse 5
4509 Solothurn

Kontaktperson: Roger Dürrenmatt

Telefon: +41 (0)32 627 27 67
Mail: roger.duerrenmatt@bd.so.ch

Adresse Auftragnehmer

Hunziker, Zarn & Partner AG
Schachenallee 29
5000 Aarau

Kontaktperson: Andreas Niedermayr

Telefon: +41 (0)62 823 94 61
Mail: andreas.niedermayr@hzp.ch

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	5
1.1	HOCHWASSERSCHUTZPROJEKT DÜNNERN	5
1.2	AUFTRAG.....	6
1.3	METHODIK.....	7
1.3.1	Geschiebeverfügbarkeit	7
1.3.2	Abflussganglinien	7
1.3.3	Transportkapazität	8
2	GESCHIEBEHAUSHALT DER DÜNNERN IM IST-ZUSTAND.....	10
2.1	GESCHIEBEEINTRÄGE IM IST-ZUSTAND.....	10
2.2	TRANSPORTKAPAZITÄT IM IST-ZUSTAND	11
2.3	EFFEKTIVE GESCHIEBEFÜHRUNG	13
3	SANIERUNG GESCHIEBEHAUSHALT	14
3.1	AUSGANGSLAGE.....	14
3.2	BESCHREIBUNG DES REFERENZZUSTANDES.....	16
3.2.1	Morphologie der Dünnern im Referenzzustand.....	16
3.2.2	Geschiebeeintrag im Referenzzustand.....	19
3.2.3	Geschiebehaushalt im Referenzzustand	19
3.3	BESTIMMUNG DER ERFORDERLICHEN FRACHT	21
4	PROJEKTAUSWIRKUNGEN AUF DEN GESCHIEBEHAUSHALT	22
4.1	GEPLANTE MASSNAHMEN.....	22
4.1.1	Massnahmen am Gerinne	22
4.1.2	Im Hochwasserschutzprojekt vorgesehene Massnahmen «Geschiebehaushalt»	23
4.2	PRÜFUNG DES GESCHIEBEHAUSHALTS BEIM PROJEKTZUSTAND IM NORMALJAHR.....	24
4.2.1	Grossräumige Prozesse	24
4.2.2	Effekt der Aufweitung bei km 18.3.....	26
4.2.3	Beurteilung	26
4.3	PROZESSE BEI HOCHWASSER.....	27
4.3.1	Grossräumige Prozesse	27
4.3.2	Effekt der Aufweitung bei km 18.3.....	29
4.3.3	Beurteilung	30
5	FAZIT.....	31
5.1	KONFORMITÄT DES PROJEKTS MIT DER SANIERUNG GESCHIEBEHAUSHALT	31
5.1.1	Umgestaltung Geschiebesammler	31
5.1.2	Projektperimeter	31

5.1.3	Beurteilung	32
5.2	EMPFEHLUNGEN FÜR WEITERE ABKLÄRUNGEN IM RAHMEN DES BAUPROJEKTS.....	33
5.2.1	Detailabklärungen Hochwasser	33
5.2.2	Projektgeometrie	33
5.2.3	Interventionskonzept	33
LITERATURVERZEICHNIS.....		35

Anhang

Anhang A Hydraulische Kennwerte

1 Einleitung

1.1 Hochwasserschutzprojekt Dünnern

Motivation

Entlang der Dünnern zwischen Oensingen und der Mündung in die Aare in Olten besteht auf diversen Abschnitten ein Hochwasserschutzdefizit. Für die Sicherstellung der Hochwassersicherheit entlang der Dünnern zwischen der Gemeindegrenze Balsthal/ Oensingen und Olten wurden von der Emch + Berger AG auf Stufe Vorprojekt zwei Varianten («Ausbau und Aufwerten» sowie «Rückhalten und Aufwerten») ausgearbeitet [3].

Hochwasserschutz

Bei beiden Varianten wird die Abflusskapazität – wo möglich - mittels einer Gerinneverbreiterung vergrössert und zusätzlich ein Freibord sichergestellt. Neben dem Hochwasserschutz sieht das Projekt auch eine ökologische Aufwertung vor. Die gesetzlichen Vorgaben (Art. 4 WBG und Art. 37 GSchG) werden eingehalten. Abhängig von den Platzverhältnissen werden die Uferböschungen unterschiedlich stark abgeflacht, eine durchgehende Niederwasserrinne ausgebildet und Strukturierungen vorgesehen.

Bei der Variante «Ausbauen und Aufwerten» wird das Gerinne verbreitert, so dass auf der gesamten Länge ein HQ₁₀₀ mit Freibord abgeführt werden kann. Bei dieser Variante sind diverse Massnahmen an den bestehenden Brücken (Ersatzbau, Umbau, Abbruch) nötig.

Bei der Variante «Rückhalten und Aufwerten» wird ein Teil des Abflusses in der Dünnerngrube Oensingen südlich der Autobahn A1 zurückgehalten. Die Dünnern muss stromabwärts des Rückhaltebeckens nur mehr auf das gedrosselte HQ₁₀₀ mit Freibord ausgebaut werden, wodurch die Gerinneverbreiterung im Vergleich zur Variante «Ausbauen und Aufwerten» geringer ausfällt. Dies hilft insbesondere in dicht bebauten Siedlungsgebieten mit begrenzten Platzverhältnissen und reduziert den baulichen Aufwand an zahlreichen Brücken.

Bei beiden Hochwasserschutzvarianten ist vorgesehen, den bestehenden Geschiebesammler in Oensingen bei km 18.3 rückzubauen und stattdessen eine grosse Aufweitung umzusetzen. Innerhalb dieser Aufweitung ist ein V-förmiger Grobrechen geplant, der im Hochwasserfall allfällige grösserer Baumstämme und Wurzelstöcke zurückhält. Diese Aufweitung dient der ökologischen Aufwertung und soll grundsätzlich einen Durchtransport von Geschiebe ermöglichen. Bei starkem Geschiebeanfall wird die Aufweitung den Weitertransport ins Unterwasser dosieren.

Geschiebe

Im Rahmen der strategischen Planung zur Sanierung des Geschiebehaushalts wurde der bestehende Geschiebesammler bei km 18.3 als sanierungspflichtig [6] beurteilt.

1.2 Auftrag

Motivation

Die beiden von der Emch + Berger AG für die Dünnern im Abschnitt „Oensingen bis Olten“ erarbeiteten Vorprojekte wurden den kantonalen Fachstellen im Herbst 2021 zur Stellungnahme vorgelegt. Momentan (Stand Januar 2022) erfolgt die Stellungnahme durch den Bund. Es ist davon auszugehen, dass das BAFU beim Sichten der beiden Vorprojekte allgemeine Fragen zur Sanierung des Geschiebehaushalts stellen wird.

Auftrag

Das Ingenieurbüro Hunziker, Zarn & Partner erhielt am 10. November 2021 den Auftrag, das vorliegende Geschiebepapier zu erstellen, in dem

- die Ziele der Geschiebesanierung genannt werden,
- die Grundlagen und Abhängigkeiten (Breite, Gefälle, Transportkapazität) aufgezeigt werden,
- bei beiden Vorprojekten die grundsätzliche Vereinbarkeit von Hochwasserschutz und Geschiebesanierung nachgewiesen wird,
- die späteren Eingriffsmöglichkeiten im Bereich der Aufweitung bei km 18.3 (heutiger Geschiebesammler) im Sinne eines groben Unterhaltskonzepts erläutert werden,
- und die in der nächsten Projektphase (Stufe Bauprojekt) noch zu tätigen Abklärungen definiert sind.

Das Geschiebepapier soll somit dem BAFU ergänzende und für das Verständnis der Vorprojekte hilfreiche Erklärungen beinhalten.

Perimeter

Der Perimeter der vorliegenden Studie umfasst den Abschnitt des Hochwasserschutzprojekts (Abb. 1) und erstreckt sich von der Gemeindegrenze Balsthal/Oensingen bis zur Dünnernmündung in Olten.

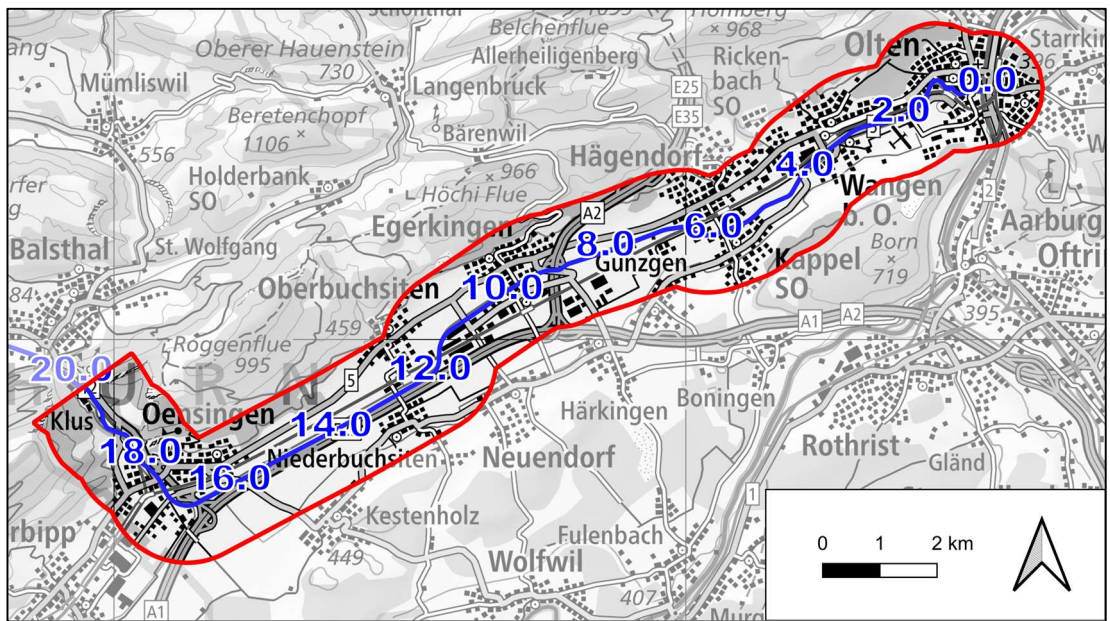


Abb. 1 Übersicht des Projektperimeters (rot) des HWS-Projekts Dünnern.

1.3 Methodik

Für die Beantwortung der Fragestellung wurde der Geschiebehaushalt der Dünnern für den IST-, den Natur- und den Referenzzustand sowie für die beiden Projektzustände untersucht. Im Wesentlichen müssen hierfür die Geschiebeverfügbarkeit und die Transportkapazität ermittelt werden.

1.3.1 Geschiebeverfügbarkeit

Zur Bestimmung der Geschiebeverfügbarkeit wurden die Angaben aus der Studie von Schälchli und Abegg (1998, [8]) sowie der im Rahmen der Strategischen Planung [6] aufgelisteten Entnahmemengen der Sammler im Einzugsgebiet zusammengestellt. Zusätzlich wurden ergänzende Transportkapazitätsberechnungen (siehe Kapitel 1.3.3) im Oberlauf der Dünnern und am Augstbach in Balsthal durchgeführt. Da gemäss der Strategischen Planung [6] Gewässerverbauungen keinen wesentlichen Einfluss auf den Geschiebehaushalt haben, wurde deren Einfluss in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt.

1.3.2 Abflussganglinien

Dauerkurve

Die im jährlichen Mittel transportierbaren Frachten hängen von den auftretenden Abflüssen ab. Aus den Abflussaufzeichnungen bei der Messstelle in Olten [16] wurde eine mittlere Dauerkurve bestimmt (vgl. Abb. 17 im Anhang A).

HQ₁₀₀

Für die Beurteilung der Transportkapazität im Hochwasserfall (HQ₁₀₀) ist die Kenntnis der Hochwasserganglinie (Abflussspitze, Form und Dauer) von Bedeutung. Von der Scherrer AG wurden entlang der Dünnern die Ganglinien hundertjähriger Hochwasserereignisse in Abhängigkeit der Niederschlagsdauer ermittelt [9]. Als

massgebend wird die Abflussganglinie mit der grössten Spitze definiert, welche sich bei einem 8h-Blockniederschlagsereignis (vgl. Abb. 18 im Anhang A) ergibt. Weitergehende Details zur Hydrologie können den Vorprojekten entnommen werden.

Interpolation der Abflüsse

Die an der Dünnern auftretenden Abflüsse nehmen bis Olten zu. Bis und mit kleiner Hochwasserabflüsse (\leq HQ5) wurde bei unseren Berechnungen eine lineare Abflusszunahme in Abhängigkeit der beitragenden Einzugsgebietsfläche angesetzt (bei den Vorprojekten wurde dies identisch gehandhabt). Bei einem HQ₁₀₀-Ereignis wurde vereinfacht eine einheitliche Hochwasserganglinie für den gesamten Perimeter verwendet; angesetzt wurde die durch die Scherrer AG für Oensingen ermittelte HQ100-Ganglinie (die Berechnungen sind somit für den Unterlauf der Dünnern konservativ). Bei der Variante «Rückhalten und Aufwerten» wird die Drosselung bei km 15.9 auf 90 m³/s berücksichtigt.

1.3.3 Transportkapazität

Die Methodik zur Bestimmung der Transportkapazität orientiert sich an dem in der Praxishilfe [2] beschriebenen Verfahren für flache Gewässer (< 1%). Die Dünnern wurde für die Berechnungen in Teilstrecken à 500 m Länge unterteilt und an jedem dieser Teilabschnitte wurde die anzusetzende Sohlenbreite und Gefälle ermittelt.

Hydraulik

In jeder dieser Teilstrecken wird die Transportkapazität ermittelt. Die Hydraulik wird auf Stufe Normalabfluss gelöst. Lokale Stau-/Senkungseffekte werden dabei nicht berücksichtigt. Aus geschiebetechnischer Sicht sind, neben dem zu transportierenden Material und den Abflüssen, v.a. die Sohlenbreite und das Gefälle entscheidend. Es wurde bei den Berechnungen vereinfachend eine einheitliche Böschungsneigung von 2:3 und eine Böschungsrauigkeit von $k_{St} = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ gewählt.

In den Vorprojekten wurden, je nach vorliegenden örtlichen Verhältnissen, variierende Böschungsneigungen definiert (von 1:1 bis 1:4). Aufgrund des prognostizierten Bewuchses und der gewählten ingenieurbioologischen Ufersicherung wurden in den Vorprojekten bei den hydraulischen Berechnungen tendenziell rauhe Böschungsverhältnisse angesetzt ($k_{St} = 18 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$). Bei unseren Berechnungen wurden also tendenziell steilere, dafür etwas glattere Uferböschungen angesetzt. Diese beiden Unterschiede sind gegenläufig und gleichen sich tendenziell aus.

Für die aktuelle Bearbeitungsstufe des vorliegenden Geschiebepapiers sind die gewählten hydraulischen Methoden ausreichend genau und die getroffenen Vereinfachungen angemessen. Sollte sich im Rahmen des Bauprojekts ein vertiefter Abklärungsbedarf zeigen, so empfehlen sich dann numerische Geschiebmodellierungen (1D oder 2D) und eine höhere Auflösung der Geometrie.

Geschiebetransportformel

Die Berechnung der Transportkapazität erfolgte mit der Formel von Meyer-Peter-Müller [15] mit der Modifikation nach Hunziker [14]. Als transportmassgebende Grösse wurde der hydraulische Radius eingesetzt.

Kornverteilung

Basierend auf den im Geschiebesammler Oensingen (km 18.3) von Schälchi und Abegg (1998) erhobenen Linienproben [8] wurden folgende charakteristischen Korngrössen angesetzt:

- d_m : 2.75 cm
- d_{90} : 7.5 cm

Abrieb

Auf der gesamten Strecke wurde, analog zur Strategischen Planung [6], ein Abriebkoeffizient von 0.01 km^{-1} angenommen. Der Abrieb wird mit dem Gesetz von Sternberg (1875) berechnet.

Zarn

Dort, wo die zukünftige Sohlenbreite 18 m überschreitet, wurde eine Abminderung der relevanten Breite nach Zarn [13] berücksichtigt.

2 Geschiebehaushalt der Dünnern im IST-Zustand

Definition

Die tatsächliche Geschiebeführung in einem Gewässer wird einerseits durch den Geschiebeeintrag und andererseits durch die Transportkapazität bestimmt.

2.1 Geschiebeeinträge im Ist-Zustand

Geschiebe- verfügbarkeit

Der Geschiebetransport der Dünnern ist heute bereits oberhalb des Projektperimeters durch Geschiebesammler unterbrochen, wodurch der Geschiebeeintrag in den Perimeter reduziert ist. Im heutigen Zustand stellt der Augstbach den Hauptgeschiebelieferant dar, wobei auch in dessen Einzugsgebiet der Grossteil des Geschiebes in verschiedenen Sammlern zurückgehalten und dem Gewässersystem entzogen wird. Nur das durchtransportierte Geschiebe wird in die Dünnern eingetragen und bis zum Sammler in Oensingen (km 18.3) verfrachtet. Solange der Sammler in Oensingen regelmässig geleert wird, ist die Dünnern flussabwärts praktisch geschiebelos. Im Jahr 2012 war die rechte Kammer des Sammlers weitgehend gefüllt und ein gewisser Geschiebeaustrag ins Unterwasser war feststellbar [5].

Geschiebeeintrag

Basierend auf den dokumentierten Entnahmemengen vor 2012 [6] von rund 160 – 170 m³/a Geschiebe (exkl. Feinmaterial und organischem Material) wird im **Ist-Zustand** ein mittlerer jährlicher Geschiebeeintrag von 160-170 m³/Jahr in den Perimeter als plausibel betrachtet.

2.2 Transportkapazität im Ist-Zustand

Die Transportkapazität wird durch den Abfluss, die Korngrösse des transportierten Materials, die Sohlen-, respektive Gerinnebreite sowie das Gefälle bestimmt.

Gerinnegeometrie

Die Dünnern wurde im Rahmen der Dünnernkorrektur von 1933 – 1944 praktisch durchgehend kanalisiert (Abb. 2) und die Sohle wurde mit zahlreichen Rundholzschwelen stabilisiert. Die Ufer der Dünnern sind hart verbaut und die Sohle ist gepflästert und kolmantiert [3].

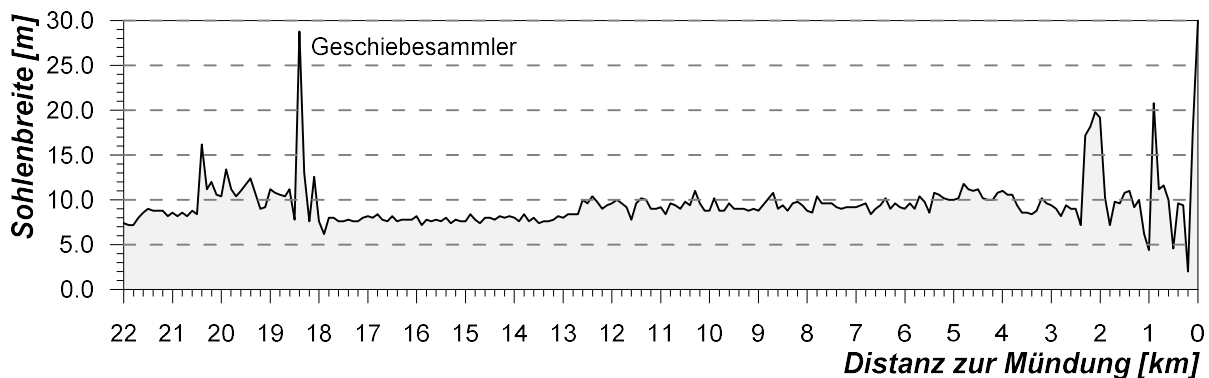


Abb. 2 Sohlenbreiten entlang der Dünnern zwischen der Klus und der Mündung in die Aare in Olten (Fließrichtung von links nach rechts), abgeleitet aus dem Höhenmodell des Kantons Solothurn.

Gerinnegeometrie

Die Gerinnegeometrie wurde für die vorliegende Berechnung aus dem digitalen Höhenmodell des Kantons Solothurn (2018, Auflösung 0.25 m) mittels Profilschnitten im Abstand von 100 m herausgelesen. Als Sohlenbreite wurde der Bereich des Querprofils, der max. 0.20 m oberhalb des Talwegs liegt, bestimmt. Die Böschungsneigung im IST-Zustand wurde zu einheitlich 2:3 angenommen. Das Sohlengefälle wurde jeweils über eine Distanz von 500 m gemittelt.

Längenprofil

Das Längenprofil der Dünnern (Abb. 3) wird durch zwei Steilstrecken (zwischen der Klus und Oensingen sowie zwischen Wangen b.O. und Olten) sowie eine rund 13 km lange, dazwischenliegende Flachstrecke charakterisiert. Der flachste Abschnitt befindet sich zwischen km 12.5 und km 7 und weist nur ein Gefälle von 0.2% auf.

Schlüsselstrecke

Entsprechend der Gefällsverhältnisse variiert die Transportkapazität (TP) der Dünnern innerhalb des Perimeters stark (Abb. 4), wobei der Abschnitt zwischen km 12.5 und 7 die niedrigste Transportkapazität aufweist.

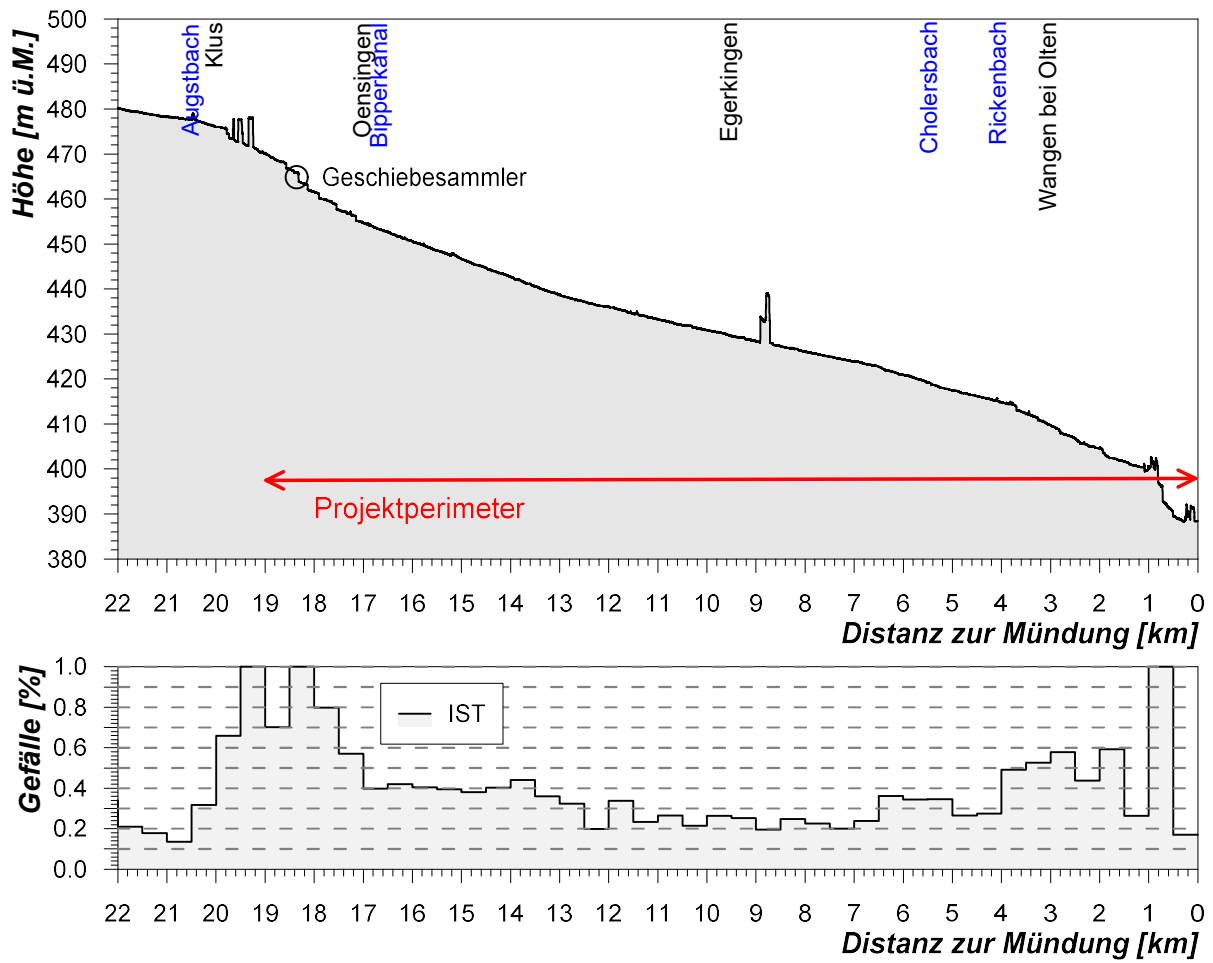


Abb. 3 Längenprofil und Gerinnegeometrie der Dünnern zwischen der Klus und der Mündung in Olten in die Aare, hergeleitet aus dem Höhenmodell des Kantons Solothurn.

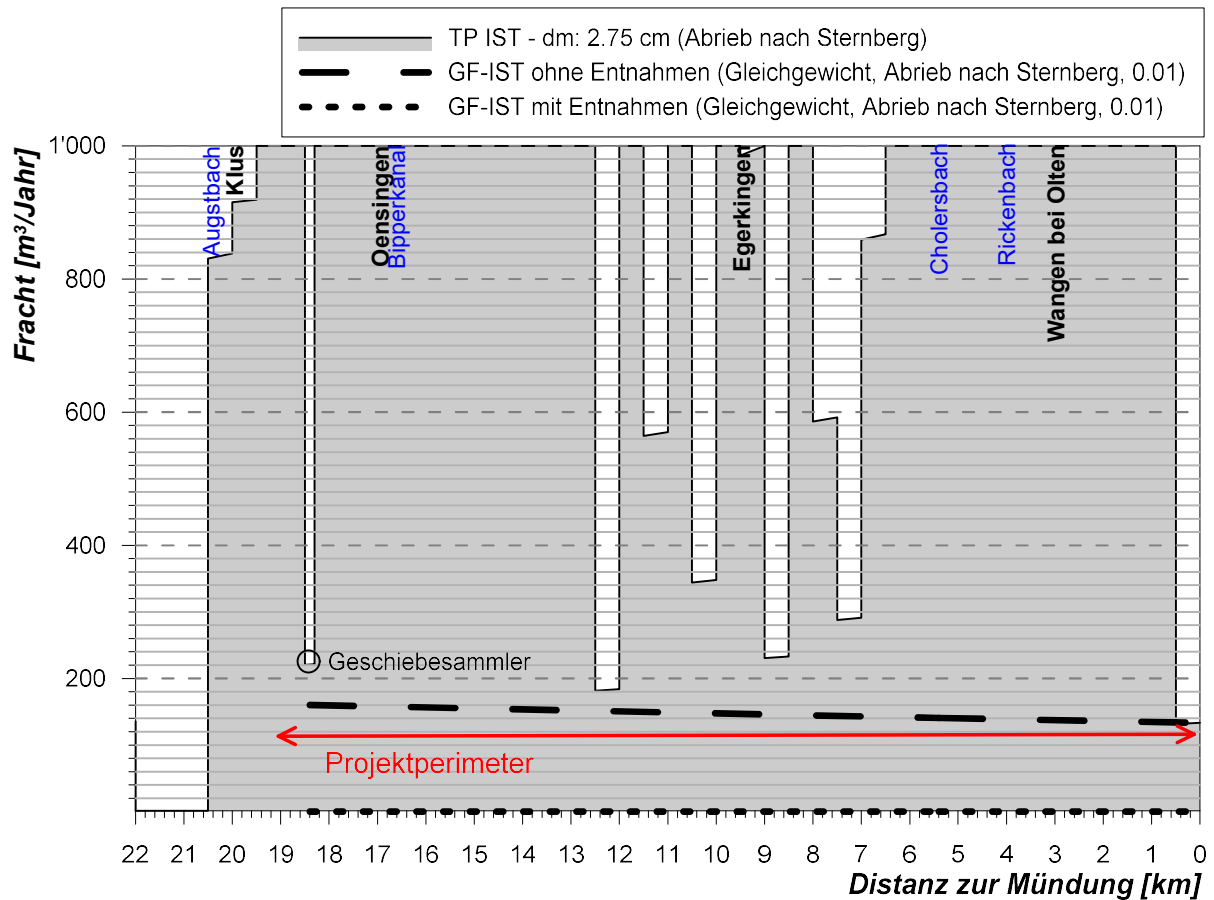


Abb. 4 Vergleich der Transportkapazität der Dünnern (TP) mit der Geschiebeführung (GF) bei unterschiedlicher Bewirtschaftung des Sammlers (bei km 18.3) im IST-Zustand.

2.3 Effektive Geschiebeführung

Normaljahr

Der Vergleich der Transportkapazität mit dem Geschiebeeintrag von ca. 170 m³/Jahr (Abb. 4) zeigt,

- dass auch ohne aktive Geschiebewirtschaftung des Sammlers bei km 18.3 (Annahme Durchtransport) grossräumig die Transportkapazität der Dünnern ausreichen wird, um das von oben eingetragene Geschiebe im Jahresmittel bis zur Aare zu transportieren.
- dass bei einer aktiven Bewirtschaftung des Sammlers Oensingen der Geschiebetransport vollständig unterbrochen ist und im gesamten Unterlauf ein Geschiebedefizit resultiert.
- Dass, unabhängig von einer Bewirtschaftung des Sammlers bei km 18.3, in den steileren Abschnitten (km 19 bis 13 sowie km 7 bis 0) die Transportkapazität den Geschiebeeintrag deutlich übertrifft.

3 Sanierung Geschiebehaushalt

3.1 Ausgangslage

Bundesgesetze

Gemäss Artikel 42 a Gewässerschutzgesetz (GSchG) dürfen Anlagen den Geschiebehaushalt in einem Gewässer nicht so verändern, dass die einheimischen Tiere und Pflanzen, deren Lebensräume, der Grundwasserhaushalt und der Hochwasserschutz wesentlich beeinträchtigt werden. Eine entsprechende Beeinträchtigung liegt vor, wenn Anlagen die morphologischen Strukturen oder die morphologische Dynamik des Gewässers sowie das Substrat nachteilig verändern. Als Anlagen nennt Artikel 42 a GSchV insbesondere Wasserkraftwerke, Kiesentnahmen, Geschiebesammler und Gewässerverbauungen.

Sanierungspflicht

Laut der strategischen Planung [6] weist die Dünnern flussaufwärts des Sammlers bei km 18.3 eine starke und flussabwärts des Sammlers eine sehr starke Beeinträchtigung des Geschiebehaushaltes auf [6]. Die Sanierungspflicht des Sammlers bei km 18.3 beinhaltet eine abgeschlossene Massnahmenplanung bis ins Jahr 2025 und eine Umsetzung der Massnahmen bis 2027.

*Konzept der
Vollzugshilfe [1]*

Gemäss dem Konzept der Vollzugshilfe [1] können die konkreten morphologischen Ziele mit einer erhöhten Geschiebefracht erreicht werden. Dafür wurde der Begriff der erforderlichen Fracht eingeführt. Wird die erforderliche Fracht im Gewässer erreicht oder überschritten, kann gemäss [1] davon ausgegangen werden, dass die Ziele erreicht werden.

*Bestimmung der
erforderlichen Fracht*

In der vorliegenden Studie wurde für die Bestimmung der erforderlichen Fracht die Methode «Gerinneform» gewählt. Bei dieser Methode wird die erforderliche Fracht, als prozentualer Anteil der Fracht des Referenzzustands bestimmt. Der prozentuale Anteil variiert in Abhängigkeit der Gerinneform. Es wird in der Vollzugshilfe zwischen sechs möglichen Gerinneformen unterschieden (vgl. Abb. 5).



Verzweigte Gerinne mit mehr als 2 Teilgerinnen. 80 %
Beispiel: Hinterrhein bei Rhäzüns.



Verzweigte Gerinne mit 2 Teilgerinnen. 75 %
Beispiel: Alpenrhein bei Kriessern.



Gewundene Gerinne mit Inseln und Bänken. 70 %
Beispiel: Limmat bei Dietikon.



Gewundene Gerinne mit Bänken. 65 %
Beispiel: Aare bei Wynau.



Mäandrierende Gerinne ohne Geschiebeführung. --
Beispiel: Aare bei Grenchen



Gestreckte und gewundene Gerinne. 65 %
Beispiel: Chirel im Diemtigtal.

Abb. 5 Die erforderliche Geschiebefracht wird, in Abhängigkeit der Gerinneform des Referenzzustands, anteilig zur Geschiebefracht im Referenzzustand ermittelt (übernommen aus [1]).

3.2 Beschreibung des Referenzzustandes

Da für die Bestimmung der erforderlichen Fracht der Referenzzustand definiert sein muss, wird im vorliegenden Kapitel dieser genauer beschrieben.

Definition gemäss [1]

«Der Referenzzustand ist der naturnahe Zustand bezüglich Morphologie und Breite, Abflussregime, Geschiebehaushalt. Der Referenzzustand unterscheidet sich vom Naturzustand nur durch grossräumige Waldrodungen, Trockenlegung von Feuchtgebieten und Gewässerumleitungen in einen See. Der Referenzzustand stellt nicht das Ziel der Geschiebesanierung dar. Ziel der Sanierung ist ein Zustand ohne wesentliche Beeinträchtigungen. Der Referenzzustand dient dazu, die naturnahe Morphologie und Dynamik als Leitbild zu erkennen und aufzuzeigen, wie sich das Gewässer ohne Nutzungen im und am Gewässer entwickeln könnte. Darüber hinaus bildet der Referenzzustand des Fliessgewässers die Basis für die Unterscheidung von wesentlichen und unwesentlichen Beeinträchtigungen und damit für die Bestimmung der erforderlichen Geschiebefracht.» [1]

3.2.1 Morphologie der Dünnern im Referenzzustand

Gewässersystem
Dünnern im
Naturzustand

Im ursprünglichen Zustand (vgl. Abb. 6) floss die Dünnern in gewundenem Lauf durch die Thal- und Gäuebene mit abschnittsweise weit auseinander liegende Teilgerinnen. Die südlichen Gerinne führten nicht mehr in die Dünnern, sondern in Richtung Boningen und mündeten in die Aare. Ein weiteres Gerinne leitete Wasser ab Kappel in Richtung Olten und mündete südlich der eigentlichen Dünnernmündung in die Aare.

Im Fachbericht Ökologie der Vorprojekte [4] wird die Gerinneform als gewunden bzw. mäandrierend beschrieben mit einer variablen natürlichen Gerinnebreite von 15 bis 30 m. Es werden im Fachbericht Ökologie folgende grossräumigen und irreversiblen Einflüsse/ Restriktionen genannt, welche den Unterschied zwischen Natur- und Referenzzustand an der Dünnern ausmachen:

- Abkopplung Seitengerinne (inkl. Abtiefung Dünnernkanal)
- Entwässerung und Urbanisierung Gäuebene
- Rechteckiges Kanalprofil im Abschnitt Olten

Gerinnegeometrie

Zur Bestimmung der für den Geschiebetransport resp. Gerinneform relevanten Breite wurde im vorliegenden Geschiebepapier der Ansatz nach Millar [12] angewendet. Als Eingangsgrössen gehen der Abfluss, das Gefälle¹ und die Korngrösse sowie der Einfluss des Böschungsmaterials und der Vegetation ein. Dieser Ansatz ergibt die Wasserspiegelbreite bei bettbildenden Abflüssen. Zur

¹ Es wird davon ausgegangen, dass die Gefällsverhältnisse von IST-Zustand und Referenzzustand gleich sind.

Umrechnung auf die Sohlenbreite wurde pauschal ein Abzug von 10 m (Annahme Gerinnetiefe: 3 m mit Böschungsneigung 2:3) durchgeführt. Die natürliche Sohlenbreite lässt sich damit rechnerisch zu 20 bis 30 m bestimmen (Abb. 7). Diese Werte liegen eher am oberen Rand der im Fachbericht Ökologie [4] definierten Gerinnebreite. In den steileren Abschnitten (vgl. Abb. 7 und Abb. 3) ergeben sich grössere Breiten als in den flacheren Abschnitten.

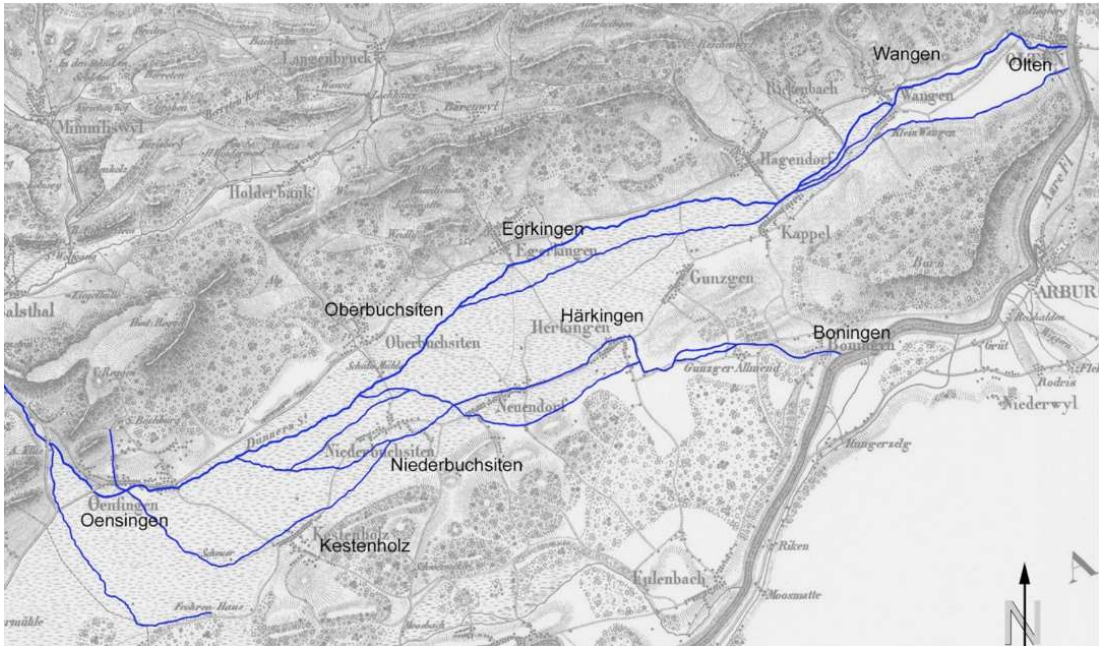


Abb. 6 Gewässerverlauf der Dünnern zwischen Balsthal und Olten um 1832, übernommen aus [5].

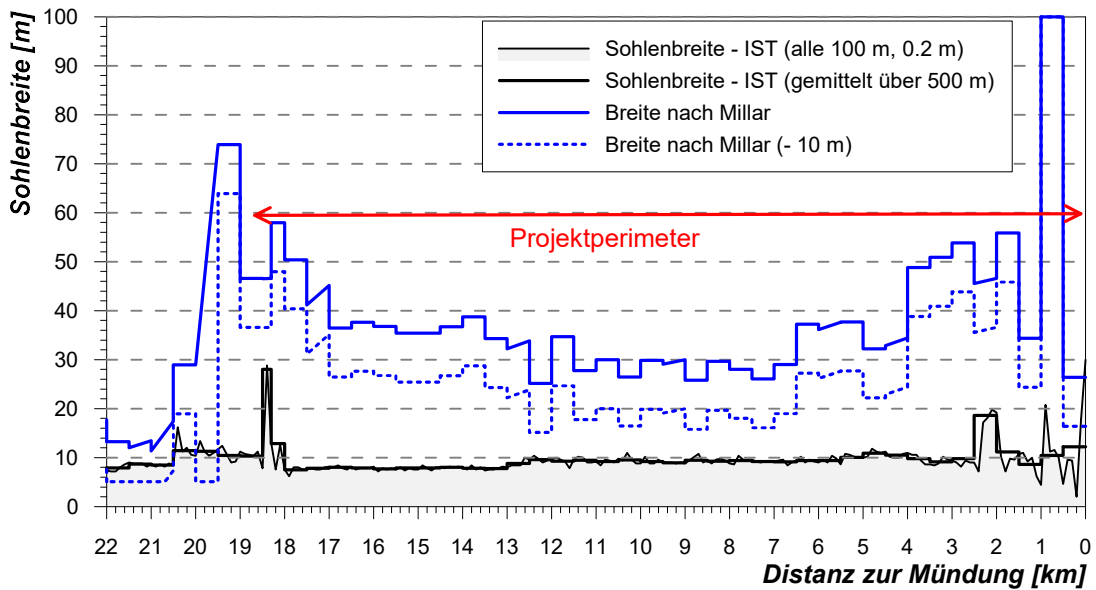


Abb. 7 Breitenverhältnisse entlang der Dünnern (Fließrichtung von links nach rechts, Breite nach Millar = Wasserspiegelbreite).

Bestimmung
 Gerinneform

Für den Referenzzustand resultiert gemäss dem Diagramm von Ahmari und Da Silva 2011 [11] (vgl. Abb. 8), basierend auf den heutigen Gefällsverhältnissen und mit den Breiten nach Millar, die Gerinneform «Gewundene Gerinneformen mit Bänken». Inhaltlich deckt sich diese Zuordnung mit dem Fachbericht Ökologie [4].

Der Faktor zur Herleitung der erforderlichen Fracht (vgl. Abb. 5) aus dem Referenzzustand beträgt somit gemäss der Methode «Gerinneform» **0.65**.

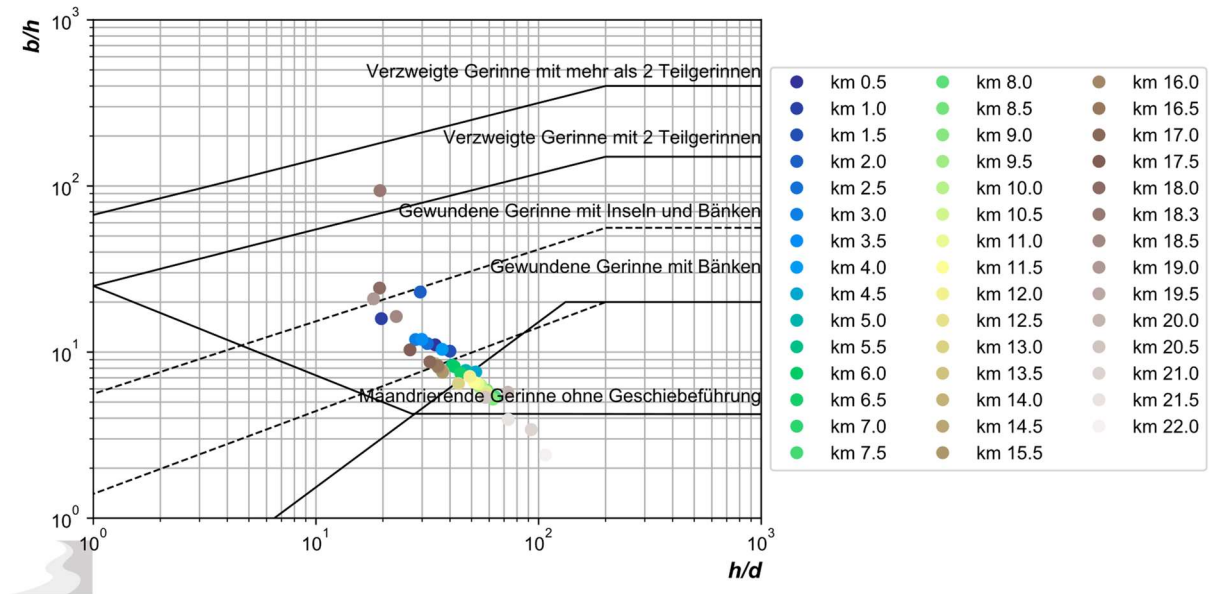


Abb. 8 Einordnung der Gerinneform der Dünnern im Referenzzustand nach Ahmari und da Silva, 2011 [11], (Sohlenbreite nach Millar, Abb. 7).

3.2.2 Geschiebeeintrag im Referenzzustand

Konzept gemäss [1]

«Die Geschiebefracht im Referenzzustand $GF_{Referenz}$ entspricht der Geschiebefracht im IST-Zustand GF_{IST} plus/minus der Änderung der Geschiebefracht durch Anlagen. Daraus folgt, dass die Geschiebefracht im Referenzzustand hinsichtlich des Klimas, der Bewaldung, der Geschiebeherde, etc. auf dem heutigen Zustand des Einzugsgebietes basiert.» [1]

Geschiebeeintrag der
Dünnern

Für die Bestimmung des Geschiebeeintrags resp. der im Referenzzustand an der Dünnern² mittleren jährlich transportierten Fracht wurden folgende Angaben berücksichtigt:

Entnahmen im EZG der Dünnern vor dem Augstbach [6]:	60 m ³ /Jahr
Entnahmen im EZG des Augstbachs [6]:	415 m ³ /Jahr
Entnahmen im Sammler Oensingen [6]:	160 – 190 m ³ /Jahr
Geschiebefracht ab Sammler Oensingen (IST, [6],[5]):	0 – 20 m ³ /Jahr
<hr/>	
Fracht im Referenzzustand am oberen Rand des Perimeters:	600 – 700 m ³ /Jahr

Die mittlere Fracht wurde durch uns zu 600 – 700 m³/Jahr definiert. Diese Grössenordnung lässt sich im Vergleich zu den früheren Studien, bei welchen die Fracht zu 900 m³/Jahr [8] respektive 380 m³/Jahr [6] ermittelt wurde, gut einordnen.

3.2.3 Geschiebehaushalt im Referenzzustand

Für den Referenzzustand wurde die Transportkapazität berechnet. Der Vergleich der Transportkapazität mit dem Geschiebeeintrag (Abb. 9) zeigt, dass

- im Referenzzustand das aus dem Oberlauf eingetragene Geschiebe bis Oensingen (km 17) transportiert werden kann.
- sich im Referenzzustand die Dünnern zwischen km 17 und 13 in einem leichten Auflandungszustand befindet.
- die Transportkapazität in der Flachstrecke zwischen km 12.5 und 6 massiv kleiner als der Eintrag ist und sich dort jährlich mehrere 100 m³ Geschiebe ablagern würden.

² Unterhalb der Einmündung des Augstbachs

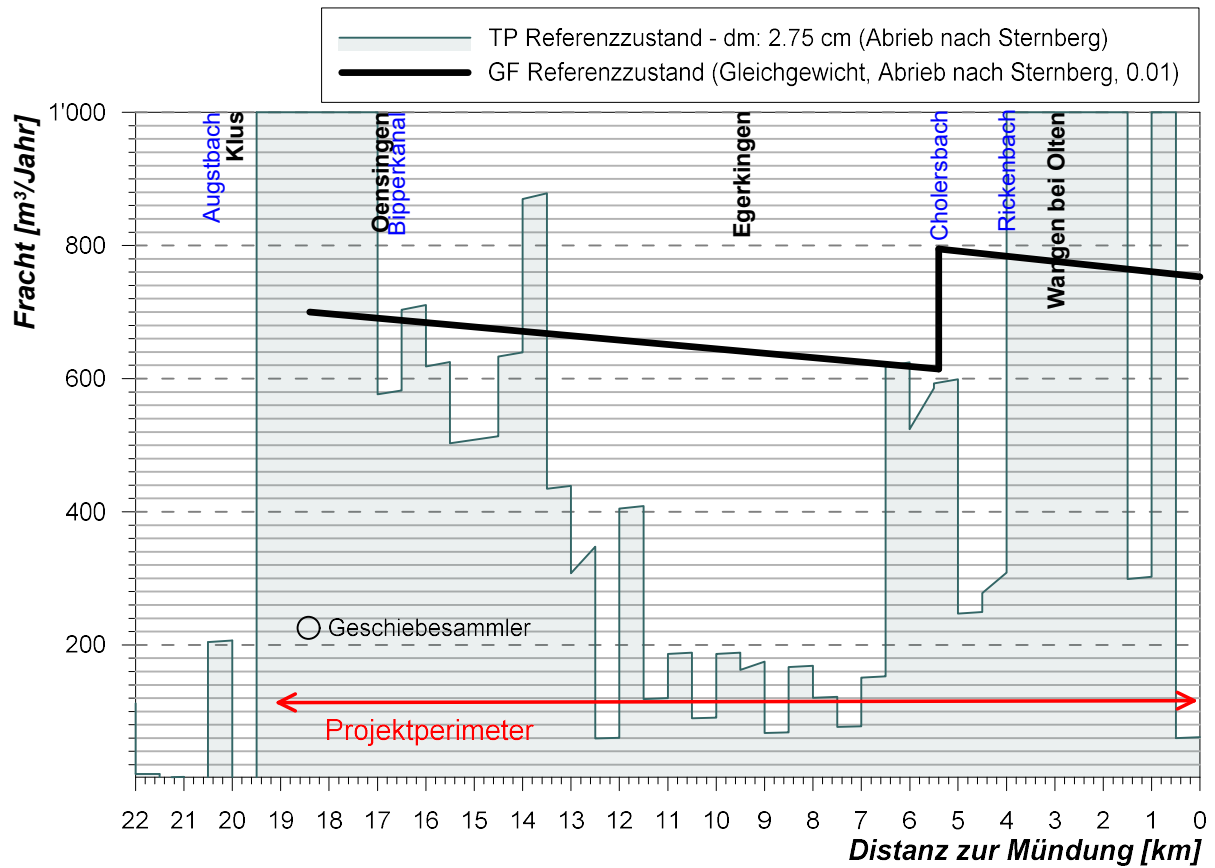


Abb. 9 Vergleich der Transportkapazität der Dünnern (TP) im Referenzzustand mit der Geschiebeführung (GF, Annahme Gleichgewicht) im Referenzzustand. Die Transportkapazität im IST-Zustand beim Geschiebesammler bei km 18.3 ist mit dem Punkt dargestellt.³

³ Die Geschiebeeintrag des Cholersbach (km 5.4) wurde aus [8] übernommen und wird zu 180 m³/Jahr beziffert.

3.3 Bestimmung der erforderlichen Fracht

Mit einem mittleren jährlichen Geschiebeeintrag von bis zu 700 m³/Jahr und einem Faktor von 0.65 resultiert eine erforderliche Fracht, welche am oberen Perimeter-
 rand **455 m³/Jahr** erreicht.

Bemerkung

Die rechnerische Transportkapazität des Referenzzustands beträgt in der Schlüssel-
 strecke zwischen km 12.5 bis km 7 maximal 200 m³/Jahr (vgl. Abb. 10). Dies ist tiefer
 als die erforderliche Fracht. Somit würden in diesem Abschnitt, falls die erforderliche
 Fracht eingetragen wird, Auflandungen resultieren.

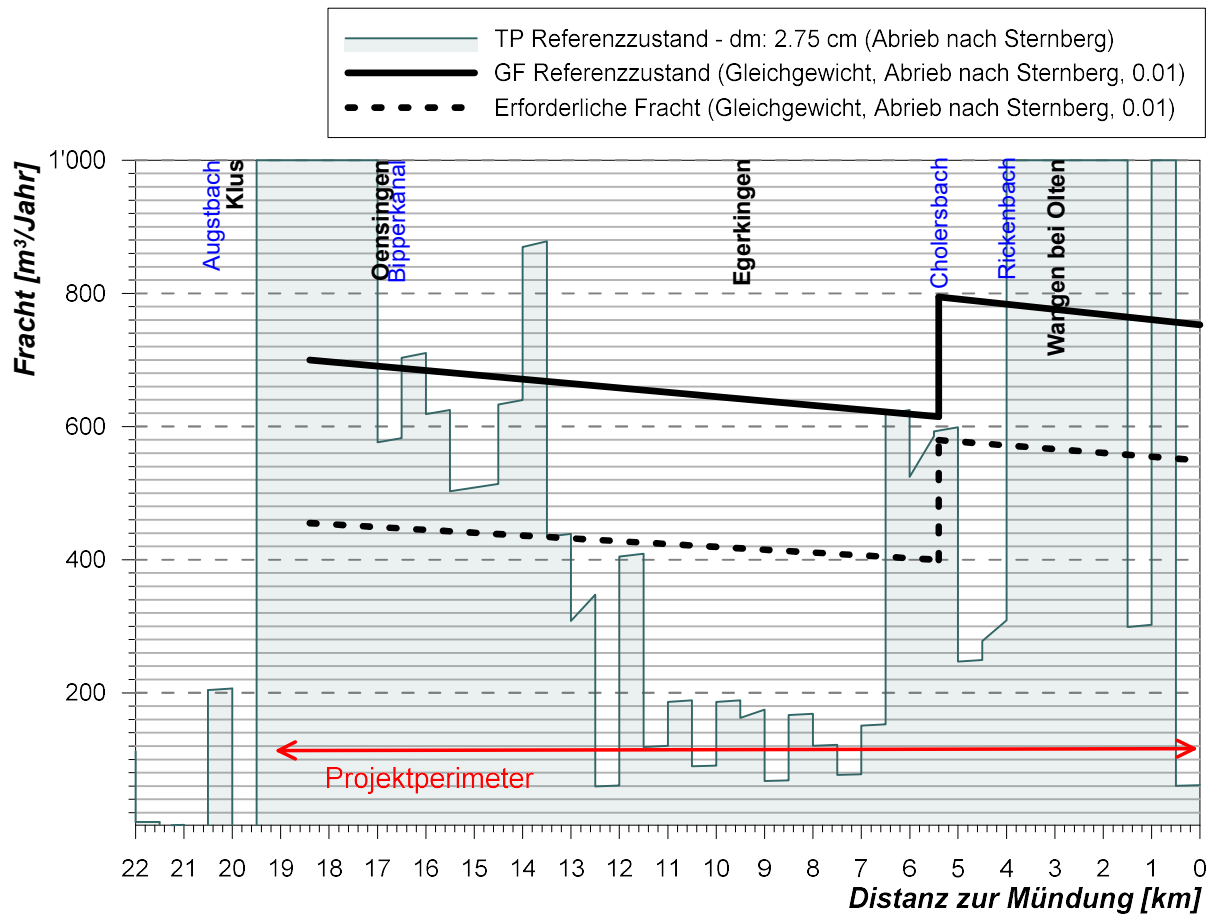


Abb. 10 Vergleich der Transportkapazität der Dünnern (TP) im Referenzzustand mit der Geschiebeführung (GF, Annahme Gleichgewicht) im Referenzzustand, sowie mit der erforderlichen Fracht.

4 Projektauswirkungen auf den Geschiebehaushalt

4.1 Geplante Massnahmen

4.1.1 Massnahmen am Gerinne

Gerinnegeometrie

Für die Sicherstellung der Hochwassersicherheit entlang der Dünnern zwischen der Gemeindegrenze Balsthal/Oensingen und Olten wurden von der Emch + Berger AG zwei Varianten ausgearbeitet (AA: Aufweiten und Aufwerten und RA: Rückhalt und Aufwerten), wobei grundsätzlich bei beiden Varianten der Hochwasserschutz mittels Gerinneverbreiterungen (Abb. 11) sichergestellt wird. Abhängig von den Platzverhältnissen werden die Uferböschungen abschnittsweise variierend abgeflacht und so neben der Sohlenverbreiterung zusätzlich eine ökologische Aufwertung des Gewässerraums erreicht.

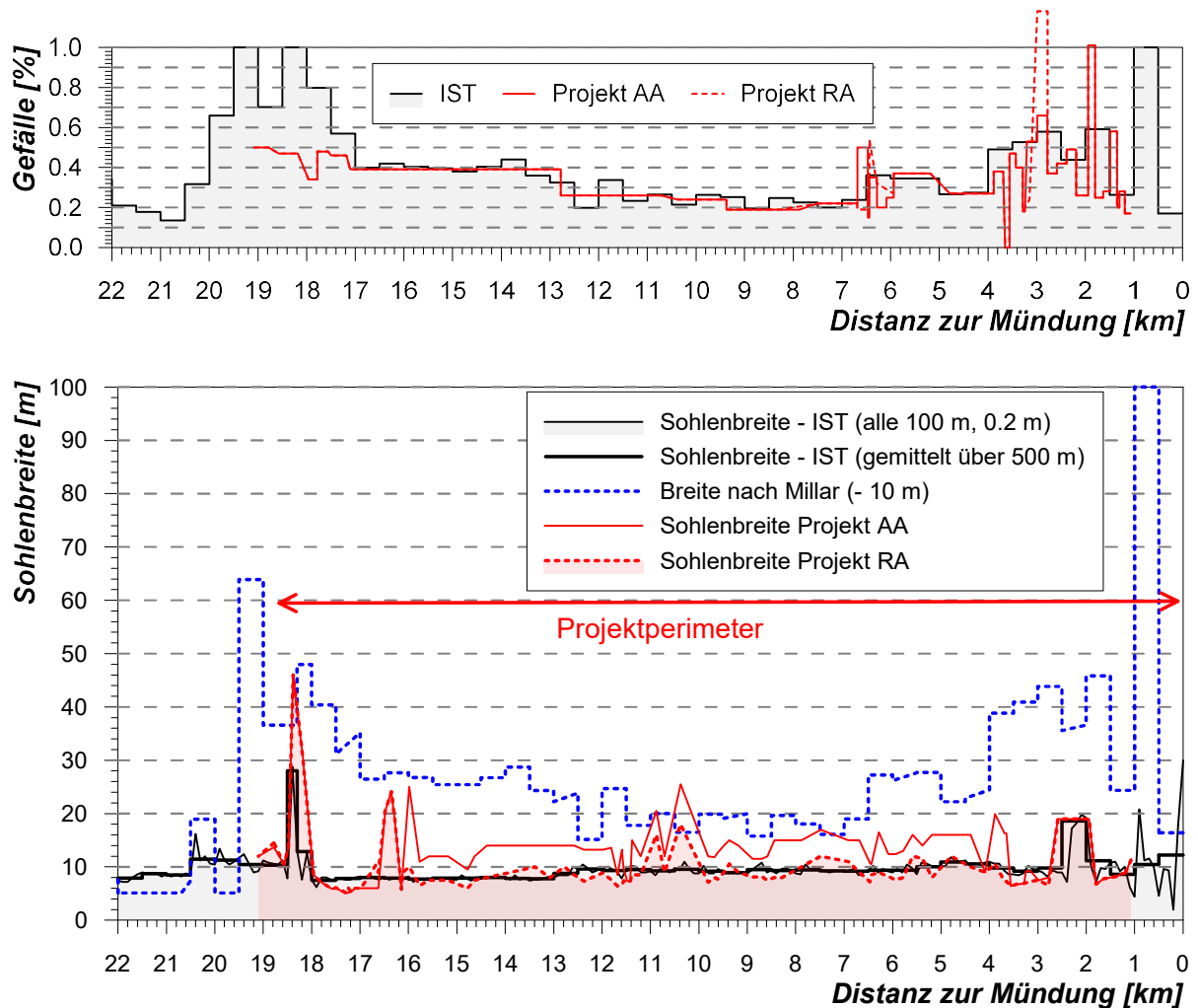


Abb. 11 Gefälls- (oben) und Breitenverhältnisse(unten) entlang der Dünnern (Fließrichtung von links nach rechts mit dem Hochwasserschutzprojekt. AA: Variante Aufweiten und Aufwerten, RA: Variante Rückhalt und Aufwerten).

4.1.2 Im Hochwasserschutzprojekt vorgesehene Massnahmen «Geschiebehaushalt»

Entwicklungsziele

Gemäss der Projektunterlagen werden [4] werden folgende Ziele verfolgt:

- «Der Feststoffeintrag aus dem Oberlauf wird ermöglicht (Rückbau Geschiebesammler Oensingen)...»
- «Die Feststoffdynamik ist ausgeglichen. Es wird so viel Geschiebe zugeführt, wie das neue Gerinne maximal transportieren kann.»

Sanierung Geschiebesammler (km 18.3)

Im Hochwasserschutzprojekt ist der Rückbau des Geschiebesammlers Oensingen (km 18.3) vorgesehen. An seiner Stelle wird eine rund 500 m lange, grossräumige Aufweitung (Hot-Spot Naherholung «Äussere Klus») umgesetzt (Abb. 12). Durch die Aufweitung soll einerseits dem Gewässer mehr Raum für morphologische Eigendynamik gegeben und eine natürliche Dosierung des transportierten Geschiebes erzielt werden (Reduktion der Transportkapazität infolge der Aufweitung und latenter Auflandungszustand). Es wird im Projekt davon ausgegangen, dass es mit der Aufweitung zukünftig kaum zu Problemen mit Geschiebeablagerungen unterhalb des heutigen Geschiebesammlers und zu keiner Beeinträchtigung der Hochwassersicherheit kommen wird.

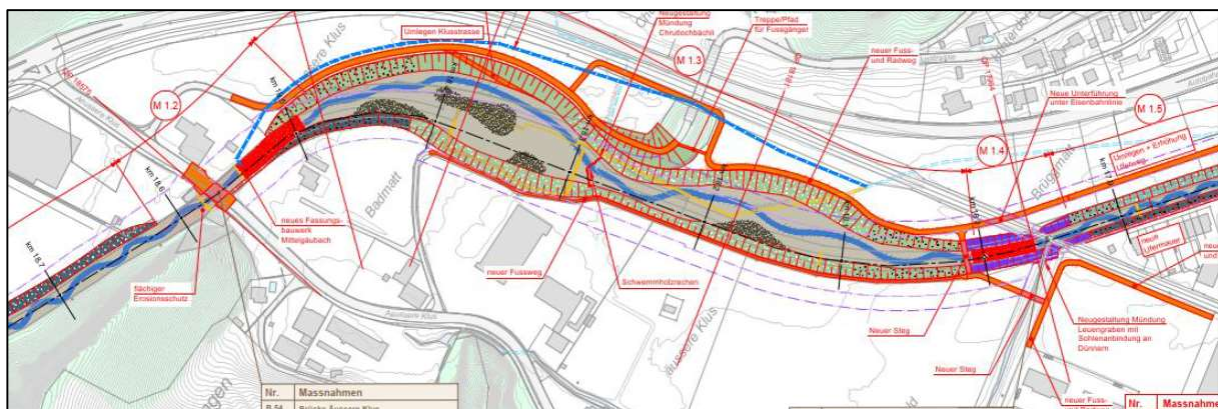


Abb. 12 Ersatz des Geschiebesammlers in Oensingen mit einer grossräumigen Aufweitung (Hot-Spot «Äussere Klus»), übernommen aus [3].

4.2 Prüfung des Geschiebehaushalts beim Projektzustand im Normaljahr

4.2.1 Grossräumige Prozesse

Bei der Untersuchung der grossräumigen Prozesse im Projektzustand wurden die rechnerischen Transportkapazitäten im Normaljahr mit den Geschiebeeinträgen verglichen. Aufgrund der in Fliessrichtung unterschiedlichen Querprofilgeometrie und lokal unterschiedlichen Längsgefälle variiert auch die rechnerische Transportkapazität im Projektzustand (Abb. 13). Bei nur lokal geringen Transportkapazitäten wird sich räumlich begrenzt Geschiebe ablagern, das Gefälle anpassen und dadurch das Transportvermögen erhöhen.

Vergleich der Varianten

Bei der Variante RA ist die Transportkapazität im Normaljahr höher, was auf die kleineren Sohlenbreiten zurückzuführen ist. Im Normaljahr findet keine Entlastung in die Dünnergrube statt.

Schlüsselstrecke

Bei beiden Varianten ist eine mehrere Kilometer lange Schlüsselstrecke unterstrom km 10.5 erkennbar, welche den Transport limitiert.

Eintrag IST

Unter der Annahme, dass das **heute** in der Dünnern transportierte Geschiebe von **160 bis 170 m³/Jahr** zukünftig Oensing erreicht, wird bei beiden Varianten das Geschiebe bis km 9 transportiert. Zwischen km 9 und 6 sowie in lokalen flachen Abschnitten können kleinere Auflandungen nicht ausgeschlossen werden. Die sich ablagernden Mengen sind aber sehr gering.

Eintrag Referenz (sanierter Zustand)

Unter der Annahme, dass das im **sanieren Zustand** im Einzugsgebiet der Dünnern theoretisch zur Verfügung stehende Geschiebe in den Projektperimeter eingetragen wird, werden im Projektzustand Ablagerungen in der Aufweitung bei km 18.3 auftreten. Im Zuge dieser Ablagerungen wird mit der Zeit der Durchtransport und Eintrag in den Unterlauf zunehmen.

Die Transportkapazität ist bei der Variante AA zwischen km 13 und 12 sowie bei beiden Varianten zwischen km 10.5 und 7 ungenügend. Wenn die sanierte Fracht durch die Aufweitung in den Unterlauf gelangt, ist in den Schlüsselstrecken mit Auflandungen zu rechnen. Grundsätzlich ist aber von einem eher langsamen, tendenziell gutmütigen Auflandungsverhalten auszugehen. Im Zuge der Auflandung wird sich das lokale Gefälle leicht erhöhen und der Weitertransport zum Teil erhöht. Zusätzlich wird das Geschiebe sortiert und es werden bevorzugt feinere Anteile weitertransportiert. Die Auflandung wird also nicht lokal begrenzt, sondern über eine längere Strecke erfolgen. Es ist bei der Variante AA mit wenigen Zentimetern

Auflandungshöhe pro Jahr zu rechnen⁴. Bei der Variante RA wird die Auflandung tendenziell geringer ausfallen, da das Ablagerungsvolumen (Differenz zwischen Eintrag und Transportkapazität) kleiner ist.

Eintrag erforderliche
 Fracht

Die Ausführungen für die sanierte Fracht lassen sich auch auf die **erforderliche Fracht** (455 m³/Jahr) übertragen. Die erforderliche Fracht kann bei beiden Varianten bis km 10.5 km transportiert werden. An dieser Stelle wird daran erinnert, dass auch im Referenzzustand zwischen km 10.5 und 7 Auflandungen auftreten würden.

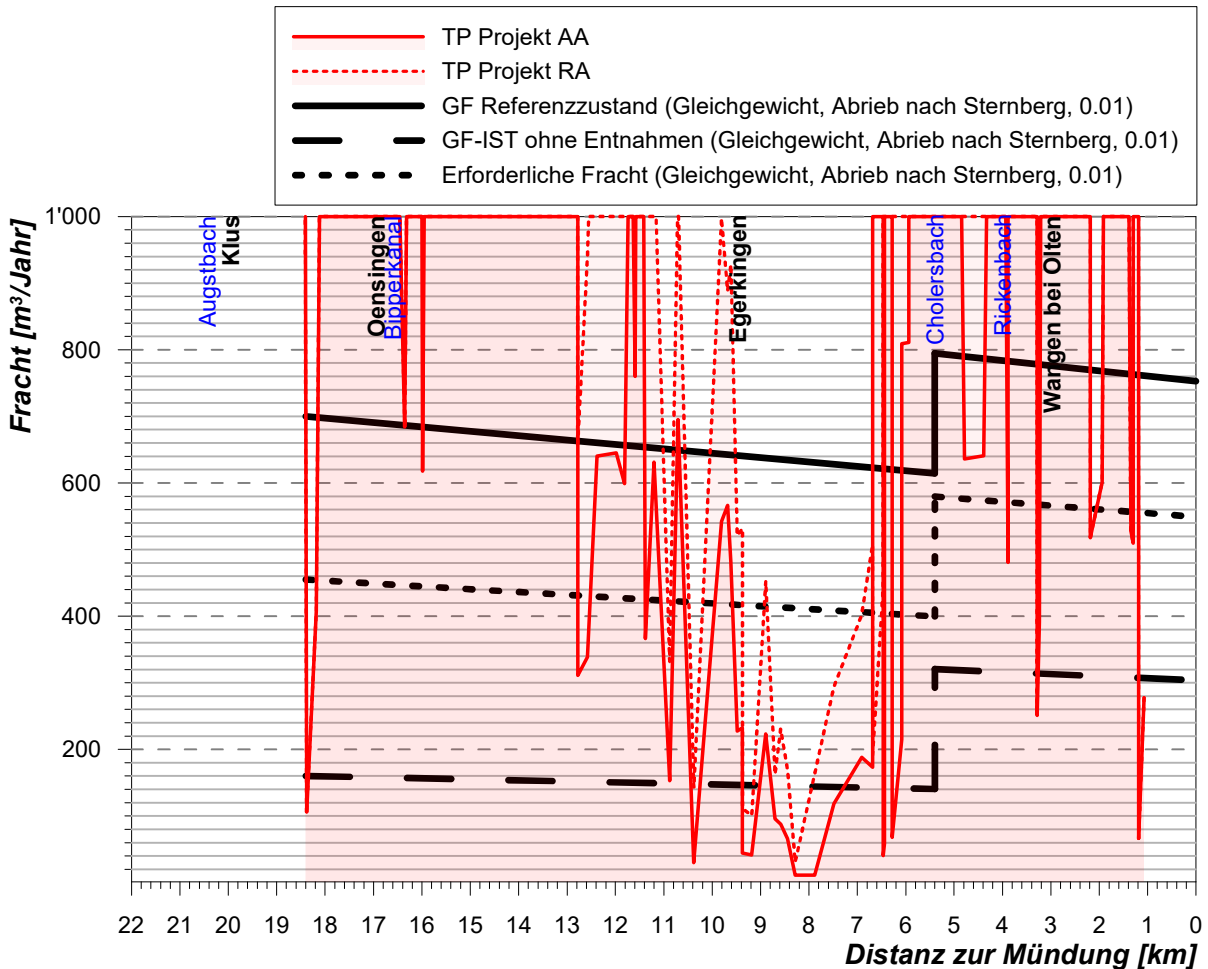


Abb. 13 Vergleich der Transportkapazität der Dünnern (TP) im Projektzustand mit der erforderlichen Fracht.

⁴ Bei einem rechnerischen Ablagerungsvolumen von bis zu 400 m³/Jahr auf einer angenommenen Strecke von total 2 km und einer Sohlenbreite von 10 bis 15 m wäre im Mittel mit einer jährlichen Sohlenanhebung von ca. 1.5 bis 2.0 cm zu rechnen.

4.2.2 Effekt der Aufweitung bei km 18.3

Transportkapazität

Gemäss den Berechnungsergebnissen (vgl. Abb. 13) erreicht die Transportkapazität in der Hot-Spot-Aufweitung (km 18.3) bei dem derzeit projektierten Gefälle 100 bis 400 m³/Jahr. Dies bedeutet, dass bei dem **aktuellen Geschiebeeintrag** die Aufweitung im Normaljahr **geschiebedurchgängig** ist.

Erforderliches Gefälle

Sollte die erforderliche Fracht (455 m³/Jahr) von oben tatsächlich eingetragen werden, so müsste das Gefälle in der Aufweitung etwas steiler gewählt werden, um den Durchtransport in den Unterlauf zu ermöglichen. Bei einer Sohlenbreite von 31 m wäre z.B. ein Gefälle von 0.48% und bei 46 m ein Gefälle von 0.57% notwendig (Abb. 14). Dies würde im Vergleich zur aktuellen Projektierung am Beginn der Aufweitung zu einer um 10 bis 50 cm höheren Sohlenlage führen.

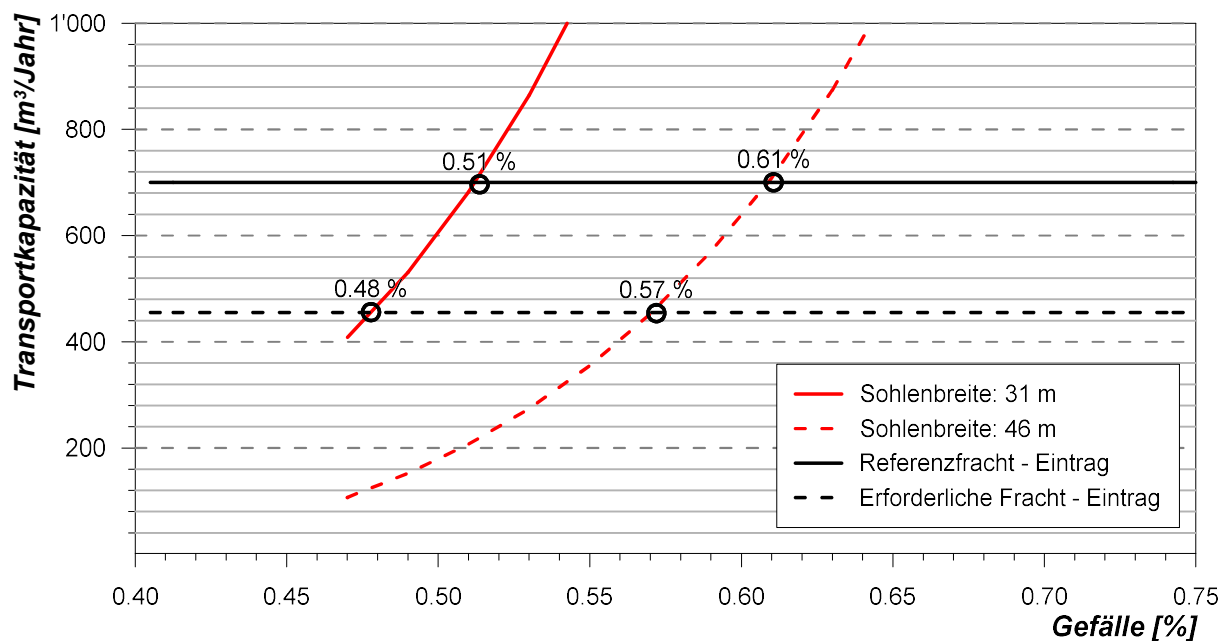


Abb. 14 Effekt des Gefälles auf die Transportkapazität in der Aufweitung bei km 18.3 bei unterschiedlichen Sohlenbreitenverhältnissen

4.2.3 Beurteilung

Auflandungs-strecken

Aufgrund der natürlichen Gefällsverhältnisse weist der Abschnitt bei Egerkingen die niedrigste Transportkapazität entlang der Dünnern auf. Wegen den absolut verhältnismässig kleinen Jahresfrachten (sowohl aktuell wie auch die erforderliche Fracht) und der eher grossen Fläche, auf welcher sich Geschiebe ablagern kann, wird eine Ablagerung langsam und gutmütig ablaufen. Der Ablagerungsprozess, sofern er eintritt, kann also über eine längere Zeit überwacht werden, ohne dass kurzfristige und häufig wiederkehrende Eingriffe nötig sind.

Im Vorprojekt wurde bei der Freiborddefinition eine Unsicherheit der Sohlenlage berücksichtigt [3].

Aufweitung km 18.3

Gemäss den Berechnungsergebnissen kann das aktuell in den Perimeter eingetragene Geschiebe durch die geplante Aufweitung bei km 18.3 durchtransportiert werden. Die projektierte Aufweitung kann somit als geschiebedurchgängig beurteilt werden und verursacht keine Beeinträchtigung im Unterlauf. Für den Durchtransport der erforderlichen Fracht wäre aber ein steileres Gefälle notwendig (im Maximum müsste die Sohlenhöhe um 50 cm höher liegen). Bei der Aufweitung km 18.3 gibt es ausreichend Spielraum, um dieses Detail im Rahmen des Bauprojekts noch anzupassen.

4.3 Prozesse bei Hochwasser

4.3.1 Grossräumige Prozesse

Geschiebeeintrag

Der Geschiebeeintrag bei einem Hochwasser in die Dünnern unterhalb Balsthal wurde in [8] zu 500 m^3 (damals wurde ein Spitzenabfluss von $180 \text{ m}^3/\text{s}$ angesetzt) definiert. Gemäss der Beurteilung von [7] beträgt das Geschiebetransportpotential des Augstbachs oberhalb dessen Mündung in die Dünnern $500 - 2'000 \text{ m}^3/\text{Jahr}$. Basierend auf diesen Angaben wird durch uns ein Geschiebeeintrag bei einem 100-jährlichen Ereignis von $1'000 - 2'000 \text{ m}^3$ als realistisch beurteilt.

Transportkapazität

Unabhängig der Variante nimmt die Transportkapazität während des HQ_{100} -Ereignisses von $1'000 - 1'400 \text{ m}^3$ am oberen Perimeterrand auf unter 200 m^3 bei km 8 ab (Abb. 15). Flussabwärts davon nimmt die Transportkapazität wieder deutlich zu.

Vergleich der Varianten

Im Gegensatz zum Normaljahr ist die Transportkapazität der Variante RA ab km 15.9 kleiner als bei der Variante AA. Dies ist auf die Drosselung der Abflussspitze auf $90 \text{ m}^3/\text{s}$ zurückzuführen (vgl. Abb. 18 im Anhang). Im Ereignisfall muss bei der Variante RA mit Ablagerungen in der Grössenordnung von bis zu 300 m^3 unterhalb des Ausleitbauwerks gerechnet werden. Bei der Variante AA kann die Transportkapazität zwischen km 18 und 13 auf einem relativ konstanten Niveau gehalten werden. Ab km 13 nimmt die Transportkapazität bei beiden Varianten aufgrund des Gefällsknicks um 600 m^3 ab. Diese Abnahme setzt sich infolge der Gerinneverbreiterung stromabwärts fort.

Abgrenzung

Bei den in Abb. 15 dargestellten Transportkapazitäten sind folgende Prozesse nicht berücksichtigt:

- Vereinfachte Abflussbetrachtung, d.h. keine Zunahme des Hochwasserabflusses in Fließrichtung berücksichtigt. Die Berechnungsergebnisse im Unterlauf sind deshalb konservativ.
- Lokale Strömungs- und Rückstauwirkungen sind aufgrund der Normalabflussbetrachtungen nicht berücksichtigt. Insbesondere ist die Wechselwirkung mit dem Schwemmholtzrückhalt nicht berücksichtigt.

Bei einem grossen Hochwasser kann Schwemmholz am Rechen verhängen und dort zu einem Aufstau führen. Dieser Aufstau führt zu einer verstärkten Geschiebeablagerung vor dem Schwemmholzrechen. In diesem Fall wäre mit einem erhöhten Geschieberückhalt in der Aufweitung zu rechnen. Des Weiteren wurde nicht abgeklärt, wieviel Geschiebe bei der Variante RA im Hochwasserfall das Drosselbauwerk bei km 15.9 passieren kann.

- Gefälleanpassungen infolge von Ablagerungen (und damit eine Anhebung der Transportkapazität) wurden nicht berücksichtigt.
- Ausbreitungsgeschwindigkeit des Geschiebes im Ereignisfall⁵.

Aus diesem Grund erlauben die durchgeführten Berechnungen nur Aussagen über die grossräumigen Prozesse. Kritische Abschnitte sind im Einzelfall im Rahmen des Bauprojekts detaillierter zu betrachten.

Wir gehen davon aus, dass im Hochwasserfall Geschiebe vor dem Schwemmholzrechen (km 18.3) und vor dem Drosselbauwerk (km 15.9) abgelagert wird. Infolge der im Hochwasserfall absolut eher geringen Geschiebeeinträge sollte dies u.E. zu keinen Problemen am Drosselbauwerk führen. Im Nachgang eines solchen Ereignisses müssten allfällige Ablagerungen beim Drosselbauwerk wieder entfernt werden.

⁵ Geschiebe wird nicht mit derselben Geschwindigkeit wie Wasser transportiert. Es ist deshalb nicht davon auszugehen, dass während eines Hochwassers von total 20 h Dauer das gesamte Geschiebevolumen bis km 8 transportiert und dort abgelagert wird.

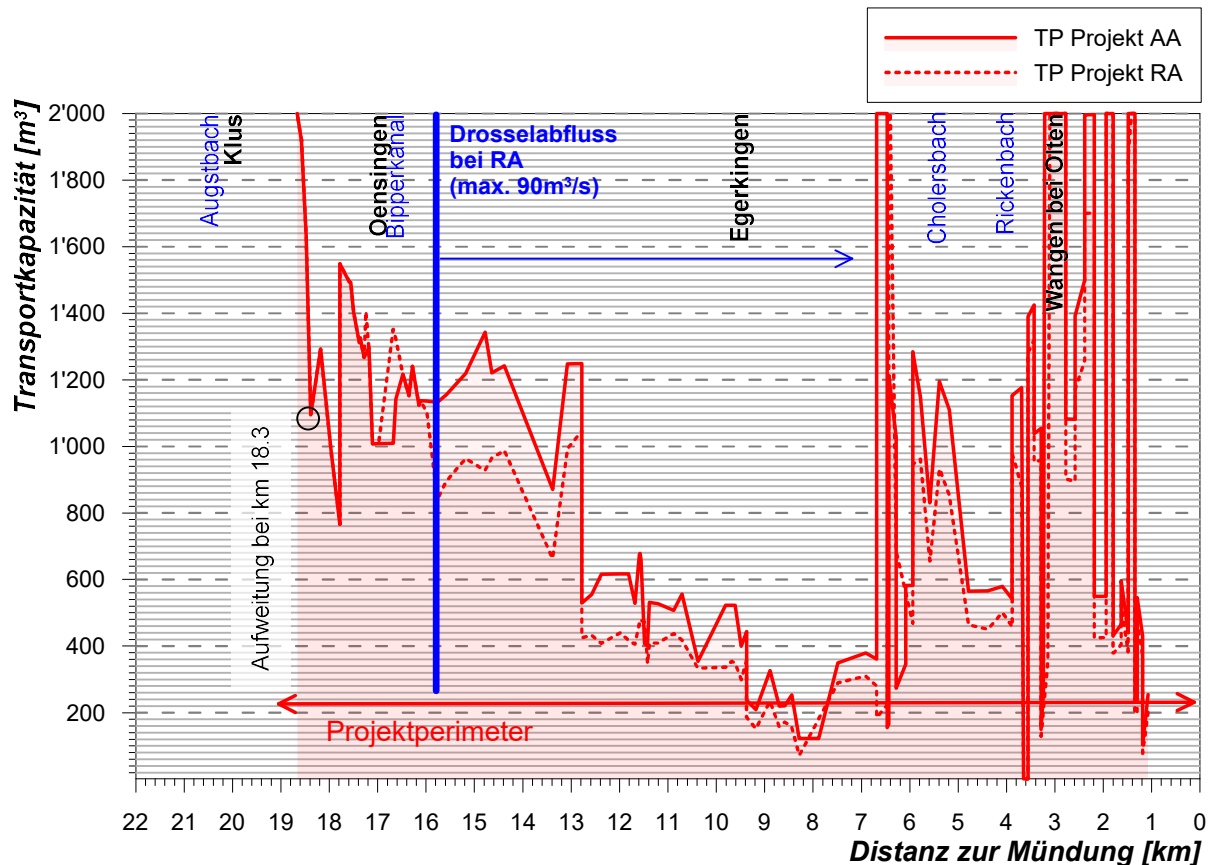


Abb. 15 Vergleich der Transportkapazität der Dünnern (TP) im Projektzustand bei einem Hochwasser HQ₁₀₀.

4.3.2 Effekt der Aufweitung bei km 18.3

Transportkapazität

Gemäss den Berechnungsergebnissen (vgl. Abb. 15) beträgt die Transportkapazität in der Aufweitung bei km 18.3 bei einem 100-jährlichen Hochwasser ca. 1'000 bis 1'300 m³. Unter Berücksichtigung des erwarteten Eintrags von bis zu 2'000 m³ darf somit rein rechnerisch von einem Rückhalt von bis zu 1'000 m³ ausgegangen werden (die entspricht einer mittleren Ablagerungshöhe von ca. 0.1 m). Die berechnete Transportkapazität der Aufweitung bei km 18.3 ist um rund 600 m³ grösser als die der Flachstrecke in Egerkingen. Aufgrund folgender Gründe ist aber von einer verstärkten Ablagerung in der Aufweitung auszugehen:

- Lokaler Rückstau bei der Verengung am unteren Ende der Aufweitung
- Verklausung und Rückstau beim geplanten Schwemmholzrechen

Sensitivität Gefälle

Es wurde im Kap. 0 gezeigt, dass in der Aufweitung bei km 18.3 das Gefälle etwas erhöht werden sollte, um im Normaljahr die im Rahmen der Sanierung Geschiebepapier geforderte erforderliche Fracht durch die Aufweitung transportieren zu können (vgl. Abb. 14).

Im Fall eines Hochwasserereignisses führt diese Gefälleanpassung dazu, dass in der Aufweitung (km 18.3) weniger Geschiebe abgelagert wird und sich die in den Unterlauf transportierte Ereignisfracht erhöht. Dadurch kann sich dann bei einem Hochwasser in den flachen Abschnitten im Unterlauf tendenziell mehr Geschiebe ablagern (Abb. 16).

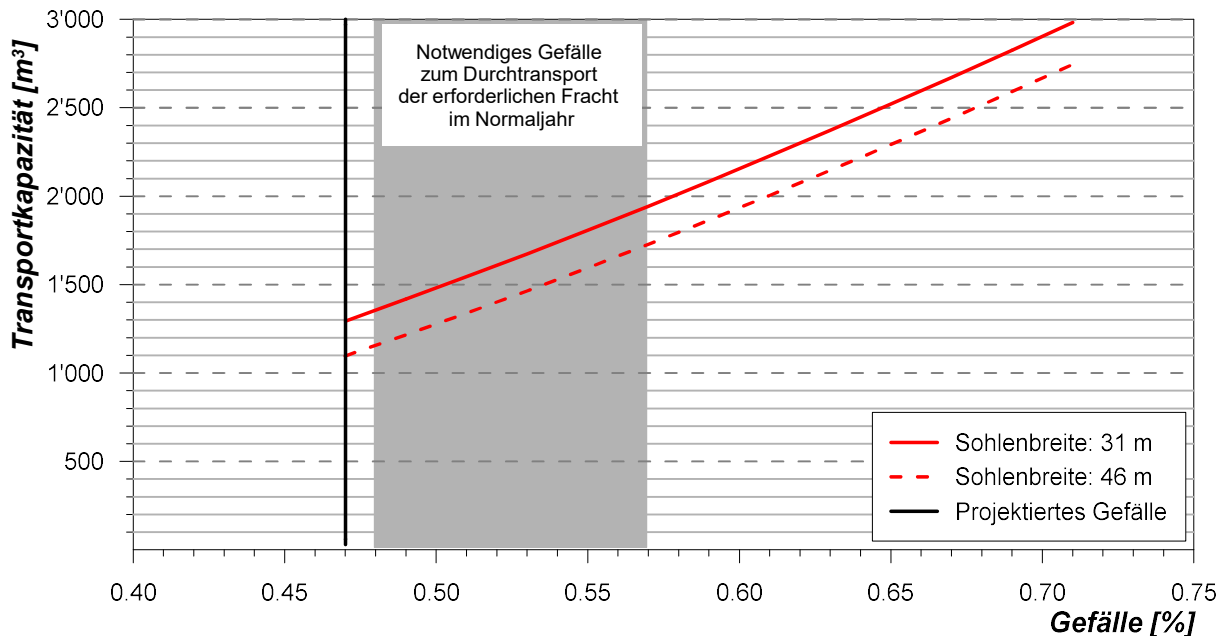


Abb. 16 Effekt des Gefälles auf die Transportkapazität in der Aufweitung bei km 18.3 bei einem 100-jährlichen Ereignis.

4.3.3 Beurteilung

Grossräumige Prozesse

Gemäss den Berechnungsergebnissen wird ein Teil des bei einem HQ₁₀₀ in den Perimeter eingetragenen Geschiebes durch die Aufweitung (km 18.3) durchtransportiert und lagert sich bis ca. km 8 bis auf wenige 100 m³ ab. Aufgrund der im Vergleich zur langen Ablagerungsstrecke relativ geringen Ereignisfracht werden aber die zu erwartenden Geschiebeablagerungen höchstens im Dezimeterbereich liegen. Eine entsprechende Unsicherheit der Sohlenlage wurde im Vorprojekt bei der Definition des Freibordes bereits berücksichtigt [3].

Aufweitung km 18.3

Der Rückstau bei einer Verklausung des Schwemmholzrechens wurde rechnerisch nicht berücksichtigt. Grundsätzlich sind deshalb die in der Aufweitung angegebenen Transportraten im Hochwasserfall zu hoch. Ein für den Unterlauf relevanter Durchtransport kann aber im Ereignisfall nicht ausgeschlossen werden.

5 Fazit

5.1 Konformität des Projekts mit der Sanierung Geschiebehauhalt

5.1.1 Umgestaltung Geschiebesammler

<i>Massnahme</i>	Der als sanierungspflichtig eingestufte Geschiebesammler bei km 18.3 [6] soll im Rahmen des Hochwasserschutzprojekts rückgebaut und durch eine rund 500 m langen Aufweitung ersetzt werden. Im Bereich der Aufweitung ist auch ein Schwemmholzrechen vorgesehen.
<i>Eintrag IST</i>	Beim heutigen Geschiebeeintrag (160 bis 170 m ³ /Jahr) ist die geplante Aufweitung gemäss den Berechnungsergebnissen geschiebedurchgängig und bewirkt im Unterlauf keine zusätzliche Beeinträchtigung.
<i>Eintrag sanierter Zustand</i>	Der heutige Geschiebeeintrag in den Perimeter ist durch den Rückhalt von Geschiebe bei den Geschiebesammlern flussaufwärts reduziert. Die erforderliche Fracht im sanierten Zustand der oberliegenden Sammler wurde im Rahmen der vorliegenden Untersuchung auf 455 m ³ /Jahr bestimmt. Damit diese Fracht durch die Aufweitung durchtransportiert werden kann, ist eine leichte Erhöhung des Gefälles notwendig.
<i>Bewirtschaftung</i>	<p>Allfällige Entnahmen in der Aufweitung bei km 18.3 würden bis zu ca. km 11.0 zu einem verstärkten Geschiebedefizit, respektive Unterschreiten der erforderlichen Fracht führen. Aus diesem Grund sind regelmässige Entnahmen bei km 18.3 zur Erhaltung der Projektsohle und des -gefälles nicht mit dem Ziel der Sanierung des Geschiebehauhalts vereinbar.</p> <p>Es wird empfohlen, allfällige Interventionen (sofern sie denn nötig wären) in oder direkt oberhalb der Flachstrecke ab km 10.5 zu planen.</p>

5.1.2 Projektperimeter

<i>Massnahme</i>	Mit den geplanten Massnahmen des Hochwasserschutzprojekts (insbesondere bei der Variante AA) wird das Gerinne bezüglich Breite dem Natur-, respektive Referenzzustand angenähert. Infolge der grösseren Breite nimmt dabei die Transportkapazität der Dünnern ab und die Strukturvielfalt sowie die morphologische Dynamik hingegen zu.
<i>Durchtransport Eintrag IST</i>	Gemäss den Berechnungsergebnissen (Abb. 13) darf beim heutigen Geschiebeeintrag, mit Ausnahme einzelner lokaler und geringer Ablagerungen, mit einem Durchtransport des Geschiebes in die Aare gerechnet werden. Aufgrund des geringen Eintrags wird sich eine schleichende Anpassung der Gefällsverhältnisse in den Auflandungsstrecken einstellen, welche gut zu überwachen ist.

*Durchtransport
sanierter Zustand*

Im sanierten Zustand sollen bis zu 455 m³/Jahr (= erforderliche Fracht) in den Perimeter eingetragen werden. Diese Fracht ist grösser als die Transportkapazität in der Flachstrecke in Egerkingen, weshalb dort Geschiebeablagerungen zu erwarten sind. Flussabwärts der Flachstrecke nimmt das Gefälle und die Transportkapazität wieder zu, sodass ein dortiges Geschiebedefizit nicht auszuschliessen ist. Dies entspricht dem Verhalten der Dünnern im Natur- und Referenzzustand.

Aufgrund des Längenprofils ist der Durchtransport des Geschiebes nicht möglich und das Geschiebedefizit flussabwärts von Egerkingen ist natürlichen Ursprungs. Aus diesem Grund bewirkt das Projekt keine zusätzliche Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts.

Entnahmen

Wie die Berechnungsergebnisse zeigen, muss (zumindest bei saniertem Geschiebeeintrag) mit Ablagerungen in der Flachstrecke bei Egerkingen gerechnet werden. Die Berechnungen weisen eine gewisse Unschärfe auf; ob und wie schnell sich in der Realität Auflandungen einstellen, hängt von den dann tatsächlich herrschenden Verhältnissen ab.

Da aufgrund des natürlichen Talgefälles ein Durchtransport grösserer Geschiebemengen nicht realistisch ist, wird ein Monitoring der Sohlenhöhe nötig sein. Aufgrund der geringen Frachten und der langen Strecke wird von einem schleichenden, gut zu überwachenden Prozess ausgegangen, welcher punktuelle Interventionen erfordert aber nicht zu einem regelmässigen Entnahmeregime führt. Aufbauend auf das Monitoring kann dann situativ und nach einer Abwägung der Interessen entschieden werden, ob und wo allfällige Entnahmen nötig sind.

5.1.3 Beurteilung

Gemäss vorliegender Untersuchung erfüllt das Projekt die Anforderungen der Sanierung Geschiebehaushalt, sofern nötige Entnahmen erst im Bereich der Flachstrecke in Egerkingen durchgeführt werden.

Zur Sanierung des Geschiebehaushalts empfiehlt sich bei beiden Varianten der frühzeitige Rückbau des heutigen Geschiebesammlers bei km 18.3. Die weitere Etappierung der Hochwasserschutzmassnahmen kann anschliessend unabhängig vom Geschiebehaushalt geplant werden.

5.2 Empfehlungen für weitere Abklärungen im Rahmen des Bauprojekts

Basierend auf der vorliegenden, geschiebetechnischen Untersuchung werden die nachfolgenden Detailabklärungen für die Phase des Bauprojekts empfohlen.

5.2.1 Detailabklärungen Hochwasser

Aufweitung km 18.3

Die Anforderungen an die Wirkung der Aufweitung bei km 18.3 sind im Normaljahr und bei einem Hochwasserereignis unterschiedlich. Während im Normaljahr ein Durchtransport des Geschiebes anzustreben ist, welcher eine gewisse Vergrösserung des Gefälles bedingt, sollte bei einem Hochwasserereignis Geschiebe eher zurückgehalten werden. Aufgrund des vereinfachten Berechnungsverfahrens konnten im Rahmen des vorliegenden Geschiebepapiers die bei einem Hochwasser stattfindenden Prozesse in der Aufweitung (Rückstau und Gefällsveränderungen während dem Hochwasser) nicht detaillierter abgebildet werden. Für die Ausarbeitung in der nächsten Projektphase bietet sich der Einsatz eines 2D-Geschiebemodells an.

Ausleitbauwerk

Bei der Variante RA wird ein Teil des Hochwasserabflusses mittels eines Drossel-/Entlastungsbauwerks, in die Dünnerngrube entlastet. Die Transportkapazität nimmt sowohl bei der Entlastung als auch stromabwärts ab und es muss mit Geschiebeablagerungen bei einem Hochwasserereignis gerechnet werden.

Es empfiehlt sich, das Entlastungsbauwerk numerisch oder physikalisch zu modellieren und, bei allfällig erkennbaren Problemen, das Entlastungsbauwerk sowie die Aufweitung bei km 18.3 zu optimieren.

5.2.2 Projektgeometrie

Aufweitung km 18.3

Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen an die Wirkung der Aufweitung bei km 18.3 im Normaljahr und bei einem Hochwasserereignis, sollte die Ausgestaltung der Aufweitung bei km 18.3 im Detail weiterentwickelt werden (z.B. Gefälle).

*Optimierung
Transportkapazität*

Bei der Analyse der Projektgeometrie (Gefälls- und Breitenverhältnisse Abb. 11) sowie der damit berechneten Transportkapazitäten (Abb. 13) fallen einzelne, (sehr) kurze Abschnitte mit rechnerisch vergleichsweise tiefer Transportkapazität auf. In diesen Abschnitten wird die projektierte Sohlenlage nicht stabil bleiben. Im Bauprojekt sollten diese lokalen Abschnitte vertieft betrachtet und optimiert werden.

5.2.3 Interventionskonzept

Im aktuellen Projekt wird davon ausgegangen, dass mit Hilfe der Bewirtschaftung der Aufweitung bei km 18.3 der Geschiebeeintrag in den Unterlauf so dosiert werden kann, dass das durch die Aufweitung durchtransportierte Geschiebe bis in die Aare weitertransportiert werden kann. Eine vorbeugende Bewirtschaftung bei der

Aufweitung km 18.3 führt dazu, dass eine mehrere Kilometer lange Strecke, bei welcher die Transportkapazität ausreichen würde, beeinflusst wird. Dies ist mit der Sanierung Geschiebehaushalt nicht vereinbar.

Gemäss der vorliegenden Berechnungsergebnisse wird davon ausgegangen, dass die Transportkapazität der Flachstrecke in Egerkingen limitierend ist und Ablagerungen auftreten können (deren Umfang vom tatsächlichen Geschiebeeintrag abhängt). Da es sich aufgrund der geringen jährlichen Frachten um eine langsame Entwicklung handelt, können die Prozesse gut überwacht werden. Aus diesem Grund wird die Ausarbeitung eines Interventionskonzepts empfohlen, im Rahmen dessen die nachfolgenden Punkte zu definieren sind:

Überwachungsstandorte: Basierend auf den berechneten Transportkapazitäten (Abb. 13) können Abschnitte, bei welchen Ablagerungen zu erwarten sind, identifiziert werden. Bei diesen wird eine regelmässige Überwachung der Sohlenlage empfohlen.

Interventionshöhen: Bei den zu überwachenden Standorten ist eine Interventionshöhe zu definieren, bei deren Überschreitung Geschiebe vor Ort oder stromaufwärts entfernt werden soll. Im Vorprojekt sind u.E. ausreichend Reserven eingeplant (Teilfreibord Sohlenunsicherheit + Berücksichtigung Biberdämme), so dass es sich um ein gutmütiges System handelt.

Entnahmestandorte: Im Rahmen des Bauprojekts sind Entnahmestandorte (im Bereich der Flachstrecken auszuscheiden, bei welchen der Zugang zum Gewässer gewährleistet ist.

Aarau, 28. Januar 2022

Hunziker, Zarn & Partner AG
Ingenieurbüro für Fluss- und Wasserbau



Andrea Irniger, MSc ETH Umweltingenieur



Andreas Niedermayr, Dr.-Ing. TU

Literaturverzeichnis

Wegleitungen / Praxishilfen

- [1] BAFU (2020): Hunzinger L., Schälchli U., Nitsche M., Kirchofer A., Roulier C., Rüesch, Sanierung Geschiebehaushalt – Massnahmen, Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer. Version 20, Bern, 24.07.2020.
- [2] BAFU (2014): Abschätzung der mittleren jährlichen Geschiebefrachten, Praxishilfe, BAFU, Bern, 2014.

Studien / Projekte

- [3] Emch+Berger (2021): Vorprojekte Lebensraum Dünnern Oensingen bis Olten. Varianten: «Ausbauen und Aufwerten» sowie «Rückhalten und Aufwerten». Technischer Bericht. Im Auftrag des Amtes für Umwelt des Kantons Solothurn.
- [4] Emch+Berger (2021): Vorprojekt Lebensraum Dünnern Oensingen bis Olten, Fachbericht Ökologie. Im Auftrag des Amtes für Umwelt des Kantons Solothurn.
- [5] Flussbau AG (2012). Dünnern, Hochwasserschutz und Revitalisierung - Konzept. Im Auftrag des Amtes für Umwelt des Kantons Solothurn.
- [6] Geotest (2014). Strategische Planung Sanierung Geschiebehaushalt. Schlussbericht Nr. 141307.1b. Im Auftrag des Amtes für Umwelt des Kantons Solothurn.
- [7] Hunziker, Zarn und Partner (2004): Augstbach Balsthal. Im Auftrag des Amtes für Umwelt des Kantons Solothurn.
- [8] Schälchli & Abegg (1998): Dünnern Balsthal – Olten. Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekt. Im Auftrag des Amtes für Wasserwirtschaft des Kantons Solothurn.
- [9] Scherrer AG Hydrologie und Hochwasserschutz (2015): Massgebende Hochwasserabflüsse an der Dünnern und an verschiedenen Seitenbächen, Optimierung des Hochwasserrückhaltebeckens bei Oensingen.

Forschung / Literatur

- [10] Bezzola, G. R. 2014. Vorlesungsskript Flussbau. In E. Zürich (Ed.). Zürich.
- [11] Ahmari H. & da Silva A.M.F. (2011): Regions of bars, meandering and braiding in da Silva and Yalin's plan. *Journal of Hydraulic Research*, 49:6, 718-727.
- [12] Millar, R.G. (2005): Theoretical regime equations for mobile gravel-bed rivers with stable banks. *Geomorphology*, 64, 207-220.
- [13] Zarn, B. (1997): Einfluss der Flussbettbreite auf die Wechselwirkung zwischen Abfluss, Morphologie und Geschiebetransportkapazität, Mitteilung Nr. 154 der Versuchs-anstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich

Daten

- [14] Hunziker, R. (1995): Fraktionsweiser Geschiebetransport, Mitteilung Nr. 138 der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich
- [15] Meyer-Peter, E., Müller, R. (1948): Formulas for Bed-Load Transport, Second Meeting IAHR, Stockholm, 1948
- [16] Bundesamt für Umwelt BAFU (2020). Messstation Dünnern – Olten, Hammermühle, Messperiode: 1977-10-13 bis 2020-12-02.

Anhang A Hydraulische Kennwerte

Hydraulische
Kennwerte

Die aus den gemessenen Abflussdaten hergeleitete Dauerkurve (Abb. 17) weist ein $Q_{10\text{min}}$ von $93 \text{ m}^3/\text{s}$ und $Q_{1\text{h}}$ von $65 \text{ m}^3/\text{s}$ auf (Maximum: $115 \text{ m}^3/\text{s}$, 21.03.1978). Als bettbildender Abfluss wurde der in [2] resp. [3] angegebene HQ5-Wert für Olten von $75 \text{ m}^3/\text{s}$ übernommen.

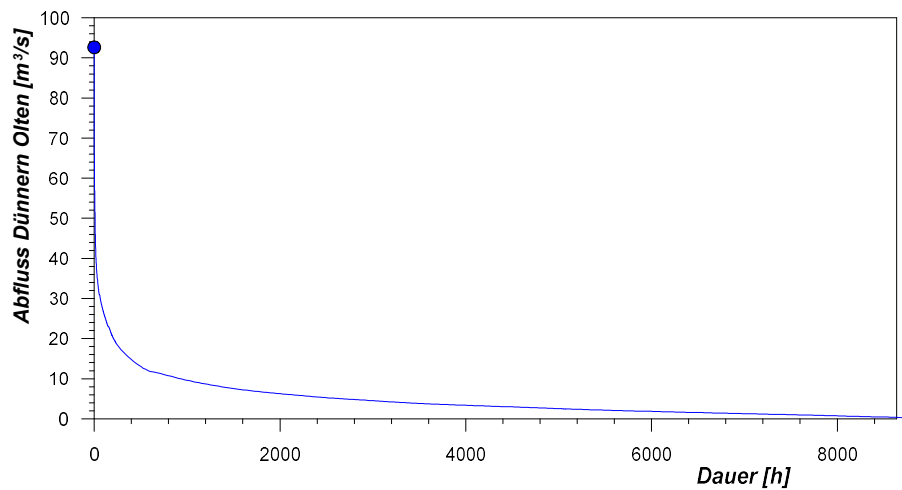


Abb. 17 Dauerkurve der Dünnern in Olten (Messdaten 1977- 2020)

HQ100

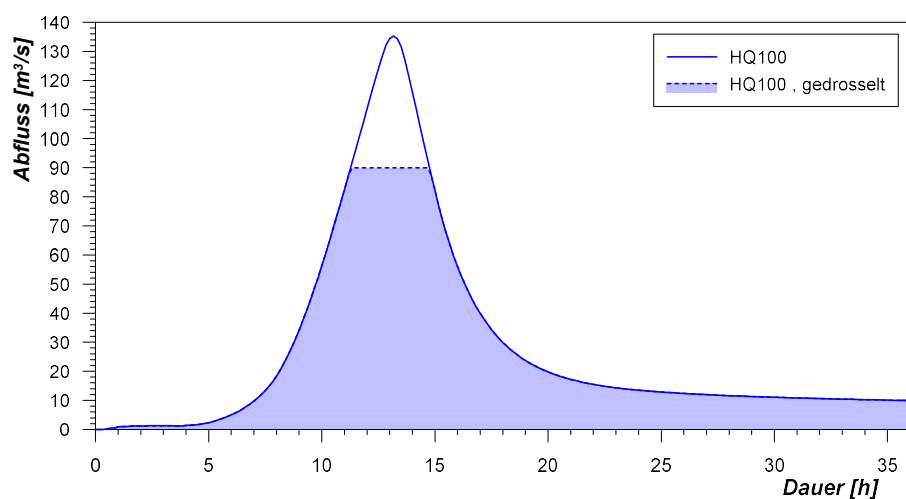


Abb. 18 Hochwasserganglinie beim Bemessungspunkt 17, für einen Blockregen von 8 h Dauer [3] sowie die gedrosselte Hochwasserganglinie (Annahme Scheitelkappung) für die Variante Rückhalt und Aufwerten