



Kanton St. Gallen

Gemeinde Mels
Gemeinde Flums
Gemeinde Walenstadt

Hochwasserschutzprojekt Seez, 3. Etappe

km 10.200 bis 5.850

Fachbericht Geschiebehaushalt und Wasserspiegel

Ausfertigung für		Projekt Nr.		Plan Nr.	Beilage Nr.
		49.001			1.5
Studie	Projektverfasser   Herzog Ingenieure AG Wasserbau Tiefbau Grundbau 	Entw.	Gez.	Gepr.	Datum
Vorprojekt			gm	.	03.03.2026
Auflageprojekt					
Ausführungsprojekt					
Abschlussakten					
		(Name der elektronischen Datei)			
	Format		A4		

Impressum

Auftraggeber Bau- und Umweltdepartement, Kt. St. Gallen
 Amt für Wasser und Energie AWE
 Lämmli Brunnenstrasse 54
 9001 St. Gallen

Auftragnehmerin **IG Seez Mitte**



Herzog Ingenieure AG
Wasserbau Tiefbau Grundbau

c/o Herzog Ingenieure AG
Promenade 75
7270 Davos Platz



Niederer + Pozzi Umwelt AG, 8730 Uznach



Büro für ökologische Optimierung GmbH, 8856 Tuggen

Berichtsverfasser Martin Schibli
 Mattia Petar

Auftrag USG2123_HWS_Seez_3.Etappe

Verzeichnis der Versionen und Änderungen

Version	Datum	Status/Änderungen
1.0	26.02.2026	Entwurf, Beilage Mitwirkungsossier

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis	I
1. Einleitung	1
1.1 Ausgangslage	1
1.2 Ziel des Nachweises	1
2. Grundlagen	2
2.1 Verzeichnis	2
3. Situationsanalyse	3
3.1 Gerinnegeometrie	3
3.1.1 Vermessungsgrundlagen	3
3.1.2 Mittlere Sohle und Gefälle	3
3.1.3 Sohlenbreite	4
3.1.4 Sohldifferenz	4
3.2 Hydrologie	5
3.2.1 Charakteristische Hochwasserabflüsse	5
3.2.2 Abflussganglinie für Langzeitprognose	6
3.2.3 Kornverteilung	7
3.2.4 Kiesentnahmen	8
4. Modellkalibrierung	9
4.1 Perimeter	9
4.2 Geometrien	9
4.3 Rauigkeit Sohle und Ufer	9
4.4 Geschiebeeinträge	9
4.5 Morphologische Kalibrierung	9
4.5.1 Allgemeines	9
4.5.2 Modelltechnische Annahme	10
4.5.3 Korngrößen	10
4.5.4 Geschiebetransportformel	10
4.5.5 Kalibrierung	11
4.5.6 Sensitivität der Modellparameter	12
5. Projekt	15
5.1 Erkenntnisse von bereits geprüften Projektvarianten	15
5.1.1 Geschiebestudie Flussbau AG, 2014	15
5.1.2 Geschiebegutachten Seez Mels Flussbau AG, 2019	16
5.1.3 Transportkapazität in Abhängigkeit der Sohlenbreite	16
5.2 Übersicht der berechneten Modellszenarien	17
5.3 Modellszenario Geo1a_Bew1a	18
5.3.1 Eingabegrößen	18
5.3.2 Resultate	18
5.4 Projekt Szenario Geo1a_Bew2a	20
5.4.1 Eingabegrößen	20
5.4.2 Resultate	20
5.5 Projekt Szenario Geo2a_Bew2a	22
5.5.1 Eingabegrößen	22
5.5.2 Resultate	22
5.6 Projekt Szenario Geo2b_Bew2a	24
5.6.1 Eingabegrößen	24
5.6.2 Resultate	24
5.7 Projekt Szenario Geo2c_Bew2a	26
5.7.1 Eingabegrößen	26
5.7.2 Resultate	26
5.8 Projekt Szenario Geo2c_Bew2b	28
5.8.1 Eingabegrößen	28
5.8.2 Resultate	28
5.9 Projekt Szenario Geo5a_Bew2e	30
5.9.1 Eingabegrößen	30

5.9.2	Resultate.....	30
5.10	Projekt Szenario Geo5a_Bew2e & HQ ₁₀₀ «lang».....	32
5.10.1	Eingabegrößen.....	32
5.10.2	Resultate.....	32
6.	Hochwasserspiegel	34
6.1	Projektgeometrie (Modellszenario Geo5a_Bew2e).....	34
7.	Geschiebebewirtschaftung	34
8.	Pendenzen für das Bauprojekt	34

1. EINLEITUNG

1.1 Ausgangslage

Im Rahmen des Hochwasserschutzprojekts Seez Mitte (3. Etappe) sind die Auswirkungen des geplanten Gerinneausbaus auf den Geschiebehaushalt zu untersuchen und die langfristige Sicherstellung der Hochwassersicherheit nachzuweisen.

Massgebende Grundlage für den vorliegenden Nachweis ist die Geschiebehaushaltsstudie Seez vom Jahre 2014, welche im Zusammenhang mit dem parallel bearbeiteten Hochwasserschutzprojekt Seez, 3. Etappe erstellt wurde. Die Geschiebehaushaltsstudie beinhaltet eine Analyse des Geschiebehaushalts der Seez zwischen Mels und Walensee und eine Wirkungsanalyse der Ausbaumassnahmen bezüglich Geschiebehaushalt, Sohlenverhalten, Geschiebebewirtschaftung und Hochwasserschutz im Allgemeinen und im Speziellen zwischen GAP Sax und GAP Valaschga (Massnahmenperimeter, 3. Etappe 2014).

Im Jahre 2019 wurde ein Geschiebegutachten für den Abschnitt Mels bis GAP Sax erstellt um die Wirkung der damals angedachten Hochwasserschutzmassnahmen innerhalb des Gemeindegebiets von Mels (Machbarkeitsstudie HWS Seez, Mels) zu untersuchen. Im Jahre 2022 wurde ein ergänzendes Gutachten auf Basis des weiterentwickelten Hochwasserschutzprojektes Seez, Mels (Vorprojekt) erstellt.

1.2 Ziel des Nachweises

Gemäss Pflichtenheft vom 27.09.2021 ist im Rahmen des Hochwasserschutzprojekts HWS Seez Mitte der Nachweis zu erbringen, dass sich die hydraulische Kapazität der Seez nach Ausbau - unter Berücksichtigung der Geschiebeentnahmen in den verschiedenen GAP - durch Auflandungen nicht unzulässig reduziert. Für diesen Nachweis ist eine Geschiebemodellierung notwendig.

Hauptfragestellungen für den Nachweis:

- Führen die vorgeschlagenen Massnahmen gemäss Hochwasserschutzprojekt zu Erosionen oder Auflandungen, welche aus Sicht des Hochwasserschutzes nicht toleriert werden können? Hierbei werden sowohl einzelne Hochwasserereignisse (Kurzzeitverhalten) als auch die langfristige Entwicklung der Sohlenlage (Langzeitverhalten) betrachtet.
- Führen die vorgeschlagenen Massnahmen gemäss Massnahmenplanung zu einer Veränderung des Geschiebehaushalts, die einen Einfluss auf die bestehenden Geschiebeablagerungsplätze (GAP) haben? Falls ja, welche Veränderungen sind zu erwarten, welche Auswirkungen haben sie und wie können allfällig negative Auswirkungen vermieden, abgemindert oder kompensiert werden?

2. GRUNDLAGEN

2.1 Verzeichnis

- [1] Hochwasserschutzprojekt Seez, 3. Etappe, km 6.110 bis km 8.450, Auflageprojekt, Bänziger Partner AG, Mels, 27.10.2014.
- [2] Hochwasserschutzprojekt Seez, 3. Etappe, Geschiebehaushalt und Hochwasserspiegel Technischer Bericht, Flussbau AG, 31.07.2014.
- [3] Seez Mels, km 13.0 – km 8.5 (Mels – GAP Sax), Geschiebegutachten, Flussbau AG, 5.04.2019.
- [4] Vorprojekt Seez, Mels. Situation, Quer- und Längenprofil, IG Seez: Brobag AG, Niederer + Pozzi Umwelt AG, wlv Bauingenieure AG, Vorabzug 6.02.2022.
- [5] Hochwasserschutz Seez Mels, km 13.0 – km 10.05 (Mels – Valeirisbrücke), Geschiebegutachten, Flussbau AG, 27.06.2022.

3. SITUATIONSANALYSE

Im Rahmen des Hochwasserschutzprojekts Seez, 3. Etappe, 2014 wurde der Geschiebehaushalt und die Gerinnehydraulik der Seez zwischen Mels und Walensee umfassend abgeklärt [2]. Nachfolgend sind die daraus entnommenen Modellparameter, Eingangsgrößen und Resultate aufgeführt.

3.1 Gerinnegeometrie

3.1.1 Vermessungsgrundlagen

Die Seez wurde 1990, 1992, 2001, 2002 und 2011 vermessen. Die Vermessungen in den Jahren 1990 und 1992 erfolgten ab Saxbrücke bis Walensee und in den Jahren 2001/2002 zwischen Mels und Walensee, mit einer Lücke bergseitig der Schilsmündung bis talseitig des Autobahnviadukts Walenstadt (km 3.3 – km 0.8). Im Jahre 2011 erfolgte eine Vermessung zwischen Mels und Walensee, mit einer Lücke zwischen GAP Sax und Flums (km 8.4 – km 5.3).

Die über die Jahre ausgeführten Messkampagnen wurden nicht systematisch durchgeführt. So unterscheiden sich die Vermessungsperimeter wie auch die Dichte und Lage der Profilaufnahmen. Entsprechend kann die Sohlenentwicklung nur abschnittsweise und in unterschiedlichen Zeitperioden miteinander verglichen werden.

3.1.2 Mittlere Sohle und Gefälle

Das Längenprofil zeigt ein abnehmendes Gefälle zwischen Mels und Walensee von ca. 1.5% auf 0.2 – 0.4%.

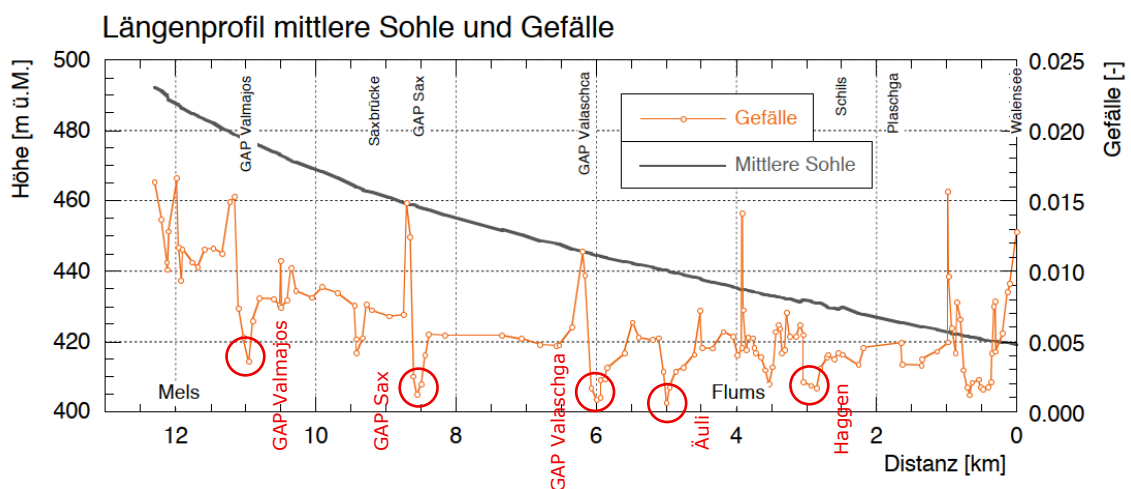


Abbildung 1: Längenprofil der mittleren Sohle und des Gefälles. Vermessung 2001/02 und technische Profile 2. Etappe (Quelle: [2])

3.1.3 Sohlenbreite

Die Sohlenbreite der korrigierten Seez variiert zwischen 10 und 15 Meter. Abweichungen bestehen beim kanalisierten Abschnitt in Flums mit 7 – 10 Meter, lokale Verbreiterungen in den Abschnitten der 1. und 2. Etappe, sowie bei den Geschiebeablagerungsplätzen GAP mit Sohlenbreiten zwischen 25 und 35 Meter.

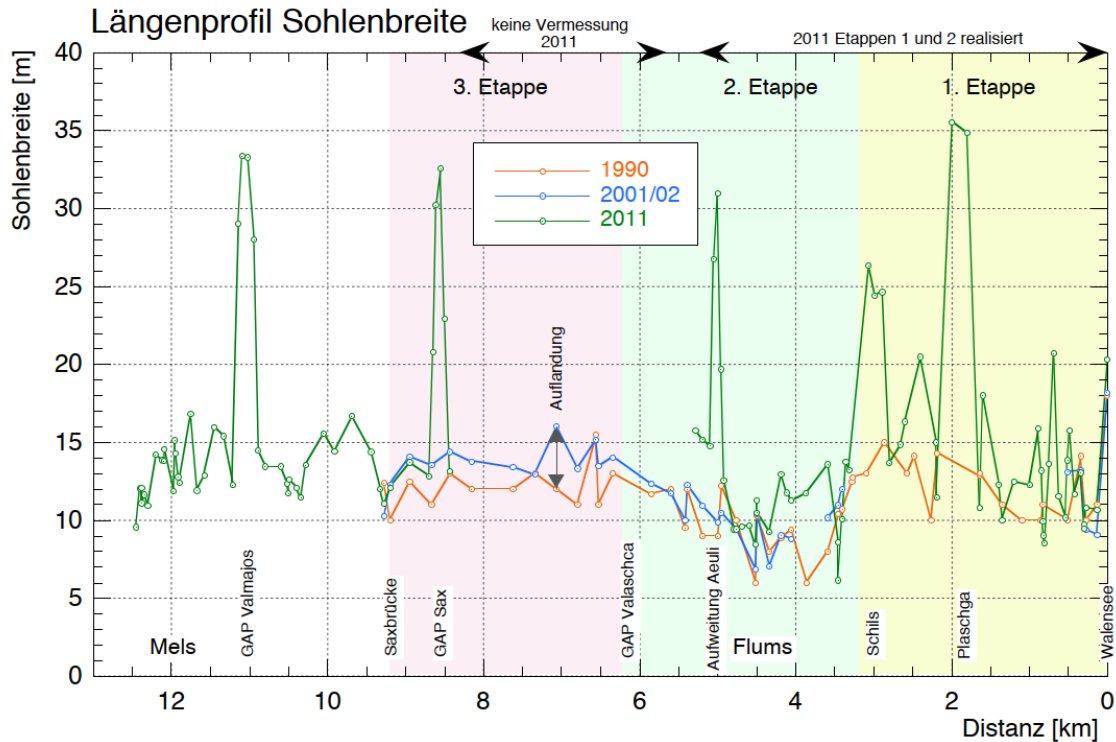


Abbildung 2: Längenprofil der Sohlenbreite der Vermessungen von 1990 bis 2011. (Quelle: [2])

3.1.4 Sohldifferenz

Zwischen Mels und dem GAP Sax hat sich die Sohle zwischen 1990 bis 2011 um 0.25 bis 0.50 Meter angehoben.

Zwischen Flums und Walensee waren die Veränderungen durch die 1. und 2. Ausbauetappen geprägt. Gegenüber der Vermessung von 1990 lag die Sohle 2011 tiefer mit Ausnahme in Flums. Die Abtiefung dürfte schwerpunktmässig zwischen 1990 und 2001 passiert sein, weil sich die Sohle zwischen 2001 und 2011 eher wieder erhöht hat, mit Ausnahme talseitig der Schilsmündung.

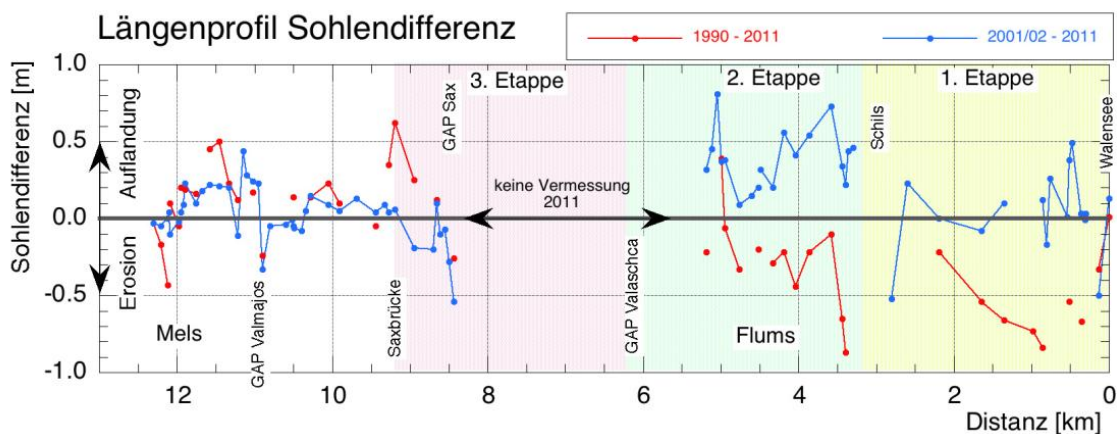


Abbildung 3: Längenprofil der Sohldifferenz der Vermessungen von 1990 bis 2011. (Quelle: [2])

Aus der oberen Abbildung ist ersichtlich, dass im Jahre 2011 zwischen GAP Sax und GAP Valaschga keine Vermessung durchgeführt wurde und deshalb bezüglich Sohlenverhalten eine Wissenslücke bestand. In der nachfolgenden Abbildung wurde die Sohlenlabre zwischen 2001 und 2023 verglichen. Der Höhenvergleich zeigt eine leichte Auflandungstendenz. Die mittlere Sohle ist im Jahre 2023 ca. 0.2 Meter höher als im Jahre 2001. Damit dürfte sich die Sohle in diesem Abschnitt ähnlich verhalten wie im bergseitigen Abschnitt bis Mels (vgl. Abbildung 3).

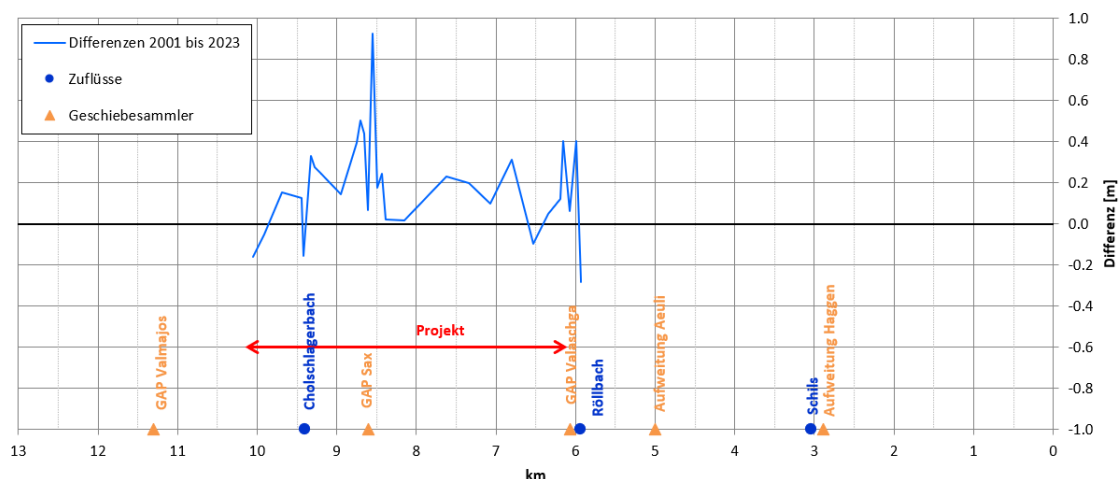


Abbildung 4: Längenprofil der Sohlendifferenz im Projektabschnitt, Vermessungen 2001, 2023.

3.2 Hydrologie

3.2.1 Charakteristische Hochwasserabflüsse

Im Rahmen der Geschiebestudie 2014 [2] wurden für die Modellierung mehrjährige Abflussganglinien (Langzeitverhalten) und Hochwasserganglinien (Kurzzeitverhalten) hergeleitet.

Die Herleitung der charakteristischen Hochwasserspitzen der Seez erfolgte aufgrund von statistischen Auswertungen der Abflussmessungen an der Station Mels und Werten von bereits vorliegenden hydrologischen Studien u.a. der Naturgefahrenanalyse.

Tabelle 1: Hochwasserabflüsse HQDim/HQ100

Abschnitt	HQDim (HQ100) [2]	HQ100 (Naturgefahren SG)
Mels	130 m ³ /s	130 m ³ /s
Brücke Valeiris – GAP Sax	130 m ³ /s	134 m ³ /s
GAP Sax – Röllbach	130 m ³ /s	144 m ³ /s
Röllbach – Schils	150 m ³ /s	150 m ³ /s
Schils - Autobahn	180 m ³ /s	
Autobahn - Walensee	210 m ³ /s	

Die Herleitung der Modellganglinie erfolgte aufgrund einer Auswertung der grössten Abflussspitzen zwischen 1997 und 2010, inkl. Hochwasser 1987. Dabei wurden die Ganglinien nach Kurz- und Langzeitereignissen aufgeteilt, zwei typische Abflussganglinienformen abgeleitet und auf eine Abflussspitze von 130 m³/s normiert bzw. gestreckt.

Weil die «lange» Hochwasserganglinie aufgrund des höheren Abflussvolumens zu höheren Geschiebeumlagerungen und Sohlenveränderungen gegenüber der kurzen Hochwasserganglinie führt, ist die lange Hochwasserganglinie massgebend für die Dimensionierung.

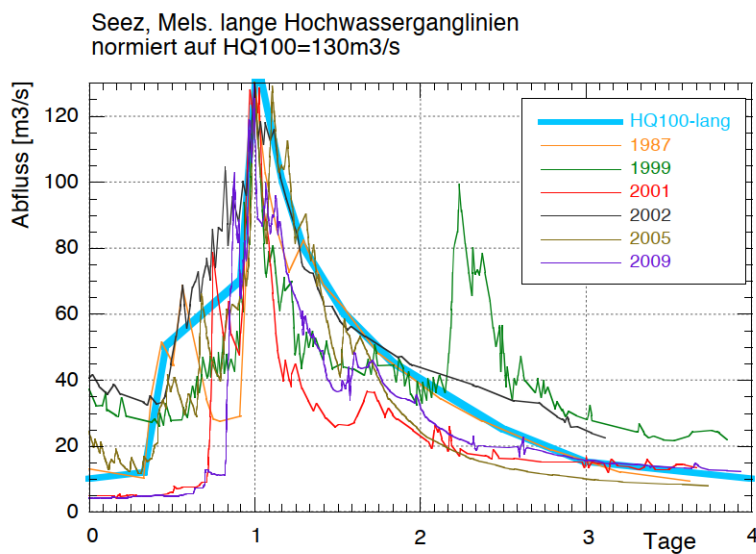


Abbildung 5: Modellganglinie HQ_{100} abgeleitet aus der Ganglinienform der grössten Hochwasserereignissen zwischen 1987 und 2009 und Normierung auf $HQ_{100}=130\text{m}^3/\text{s}$. (Quelle: [2])

Bettbildende Abflüsse gemäss statistischer Auswertung Abflussmessstation Mels:

Jährlichkeit	Abfluss
HQ_2	$38 \text{ m}^3/\text{s}$
HQ_5	$48 \text{ m}^3/\text{s}$
HQ_{10}	$57 \text{ m}^3/\text{s}$

3.2.2 Abflussganglinie für Langzeitprognose

Die Abflussganglinien für die Langzeitprognosen wurden aus den Messwerten der Abflussmessstation Seez, Mels erstellt. Es wurden nur Abflüsse $> 8 \text{ m}^3/\text{s}$ berücksichtigt, weil tiefere Werte keinen Einfluss auf den Geschiebetransport haben.

Folgende Abflussszenarien wurden/werden für Langzeitprognosen und Modellkalibrierung verwendet [2]:

Szenario 1	Langzeitprognose 20 Jahre	1991 - 2010
Szenario 2	Langzeitprognose 40 Jahre inkl. Hochwasser $Q_{\max} = 100 \text{ m}^3/\text{s}$	2 x 1991 - 2010
Szenario 3	HQ_{100} kurz ($HQ_{\max} 130 \text{ m}^3/\text{s}$)	
Szenario 4	HQ_{100} lang	
Szenario 5	Langzeitprognose 60 Jahre	3 x 1991 - 2010

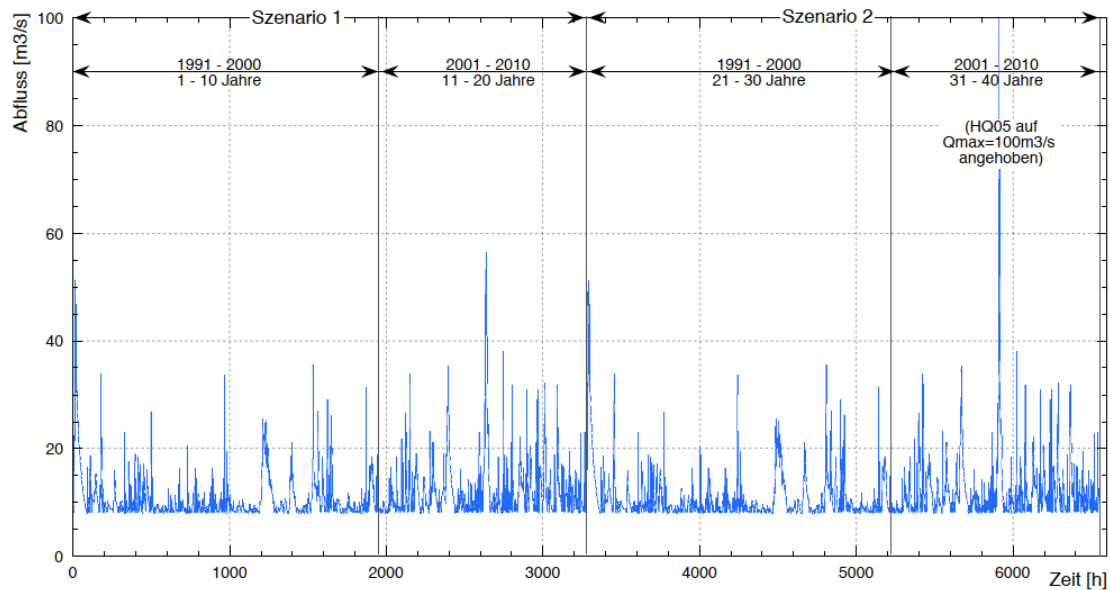


Abbildung 6: Abflussganglinie 1991 bis 2001, $Q > 8 \text{ m}^3/\text{s}$ (Quelle: [2]).

3.2.3 Kornverteilung

Im Rahmen der Geschiebestudie aus dem Jahre 2014 [2] hat die Flussbau AG an 10 Standorten die Kornverteilung des Geschiebes mittels Linienproben aufgenommen. Die Auswertung in einem Längenprofil zeigt, dass der mittlere Korndurchmesser und das d_{90} des Geschiebes zwischen Mels und GAP Valmaios von 5.0 cm auf 3.5 cm bzw. von 18.0 cm auf 8.0 cm abnehmen und danach bis zum Walensee +/- konstant bleiben.

Die Resultate zeigen, dass sich der Abrieb und eine gewisse Sortierung in Fließrichtung v.a. auf den steileren Seezabschnitt in Mels konzentriert.

Beim Sohlenmaterial ist zwar auch eine stärkere Abnahme des mittleren Korndurchmessers und d_{90} ab Hangfuss bis GAP Valmaios zu erkennen. Die Abnahme des Korndurchmessers setzt sich gegenüber den Geschiebe-Korndurchmesser jedoch in Fließrichtung weiter bis zum GAP Sax fort. Nach dem GAP Sax verkleinert sich die charakteristischen Korndurchmesser des Sohlenmaterials d_m SM und d_{90} SM nur noch geringfügig. Der Verlauf der Korndurchmesserabnahme des Sohlenmaterials verläuft ähnlich dem Sohlengefälle, was plausibel ist.

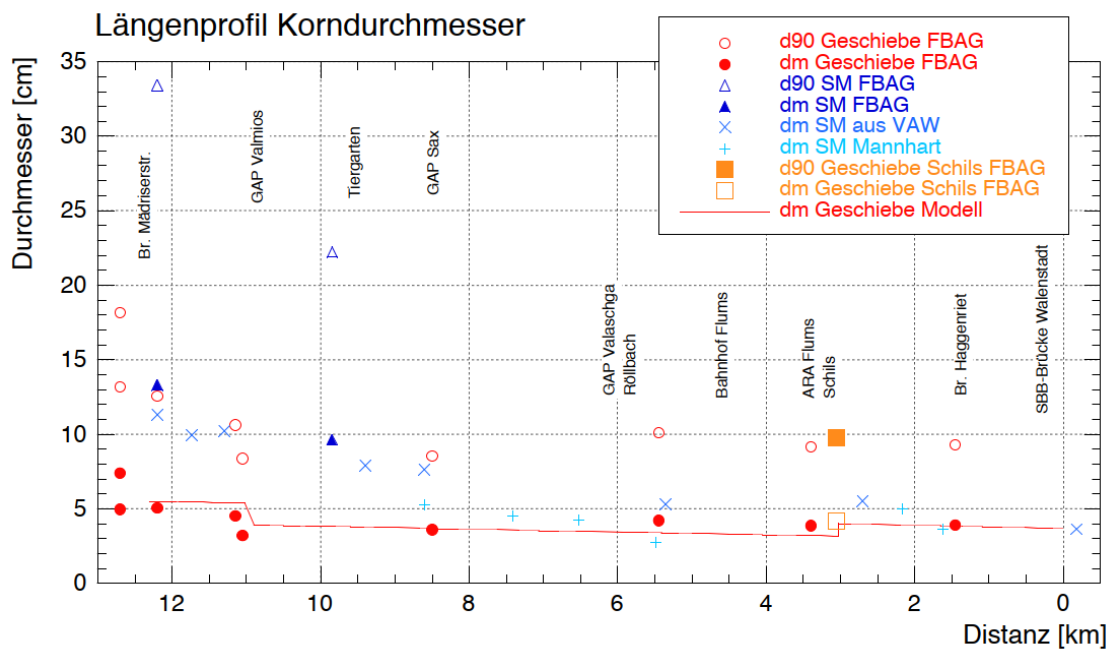


Abbildung 7: Längenprofil der charakteristischen Korndurchmesser d_m und d_{90} von Geschiebe und Sohlenmaterial (SM) aus verschiedenen Quellen sowie Geschiebe im Modell Flussbau 2014 (Quelle: [2]).

3.2.4 Kiesentnahmen

Eine Auswertung der Geschiebeentnahmen zwischen 2003 und 2012 und 2012 bis 2023 sind nachfolgend mit den jeweiligen mittleren Entnahmemengen aufgelistet. Die Entnahmemengen unterscheiden sich signifikant ab dem GAP Sax, wo zusätzlich beim GAP Valaschga und im Raum Paschga 6'000 m³ Geschiebe entnommen werden. Beim Seedelta wird gemäss aktueller Aufstellung des AWE seit 2003 kein Geschiebe mehr entnommen.

Ort	Phasen (2003 – 2012)	Durchschnittliche Entnahme
GAP Valmajos	2008 – 2012	2'940 m ³ /a
GAP Sax	2004 – 2012	2'000 m ³ /a
GAP Aufweitung Haggen	Alle 4 – 5 Jahre 2'000 m ³	400 – 500 m ³ /a
Seedelta	2004 – 2012	0 m ³ /a
Ort	Phasen (2012 – 2023)	Durchschnittliche Entnahme
GAP Valmajos	2012 - 2023	3'000 m ³ /a
GAP Sax	2012 - 2023	1'430 m ³ /a
GAP Valaschga	2015 - 2023	3'230 m ³ /s
Aufweitung Haggen	Alle 4 – 5 Jahre 2'000 m ³	640 m ³ /a
Raum Paschga	2012 - 2023	3'920 m ³ /a
Seedelta	2012 – 2023	0 m ³ /a

In der Aufweitung Haggen sind seit 2021 keine oder nur noch kleine Entnahmen notwendig, da im Dorf Flums der bestehende GAP an der Schils optimiert wurde und nun aktiv bewirtschaftet wird. Die Entnahmen im Raum Paschga sind weiterhin notwendig, damit keine Meliorationsleitungen eingestaut werden.

4. MODELLKALIBRIERUNG

4.1 Perimeter

Der Modellperimeter für die Kalibrierung reicht von Mels bis zur Schilsmündung (km 13.0 – km 3.0). Der Projektperimeter reicht von der Valeirisbrücke bis zum GAP Valaschga (km 10.05 – km 6.11).

4.2 Geometrien

Die geschiebemechanischen Kalibrierungsberechnungen wurden auf Basis folgender Modelle erstellt:

Kalibrierungsmodell Geometrie 2001/02, ergänzt mit Projektprofilen der 1. und 2. Ausbauetappe (GAP Valaschga bis Walensee, km 6.100 – km 0.000)
Modell 3 [2]

4.3 Rauigkeit Sohle und Ufer

Ufer

Blockwurf $27\text{m}^{1/3}/\text{s}$

Mauern $40\text{--}50\text{m}^{1/3}/\text{s}$

Sohle (hergeleitet aus $21/d_{90}$)

km 12.3 $26\text{m}^{1/3}/\text{s}$

km 0.0 $31\text{m}^{1/3}/\text{s}$

4.4 Geschiebeeinträge

Die Geschiebeeinträge wurden von der Flussbau AG im Rahmen der Modellkalibrierung für die Periode 1991 – 2001 ermittelt [2]. Diese Eingabegrößen werden unverändert übernommen. Im numerischen Modell werden die Einträge in Funktion des Abflusses beigegeben.

Seez Mels $3'100\text{ m}^3/\text{a}$

Cholschlagerbach $320\text{ m}^3/\text{a}$

Röllbach $200\text{ m}^3/\text{a}$

Schils $1'700\text{ m}^3/\text{a}$

Bei einem HQ_{100} «lang» wurde folgende Geschiebeeinträge eingesetzt:

Seez Mels $35'000\text{ m}^3$

Cholschlagerbach $3'000\text{ m}^3$

Röllbach 800 m^3

Schils $26'000\text{ m}^3$

4.5 Morphologische Kalibrierung

4.5.1 Allgemeines

Die Flussbau AG verwendete im Rahmen des Wasserbauprojekts Seez 3. Etappe 2014 für die 1-dimensionale Modellberechnungen das Programm MORMO [2].

Für das vorliegende Projekt wird der Geschiebehaushalt bzw. die Hydraulik mit dem Programm BASEChain von BASEMENT bzw. mit HECRAS berechnet. Die beiden numerischen Geschiebemodelle sind unterschiedlich aufgebaut und unterscheiden sich primär darin, dass MORMO den Abrieb und eine gewisse Sortierung der Kornverteilung in Fließrichtung berücksichtigt. BASEMENT rechnet mit einer konstanten Kornverteilung.

Für die morphologische Kalibrierung des Modells werden zwei Szenarien der Flussbau AG mit identischen Modellganglinien, Gerinnegeometrien und Geschiebeeinträgen nachgerechnet und die Formelparameter so lange variiert, bis eine ausreichende Übereinstimmung resultiert.

Die Nachmodellierung erfolgt auf Basis der Gerinnegeometrie Modell 3 (Geometrie 2002, inkl. ausgebauter Seez ab Flums bis Walensee, 1. u. 2. Etappe). Für die morphologische Kalibrierung wird das Szenario 1 (Langzeitverhalten 20 Jahre) und das Szenario 3 (HQ₁₀₀, kurz) verwendet (vgl. Kap. 3.2.2 und Kap. 4.4).

4.5.2 Modelltechnische Annahme

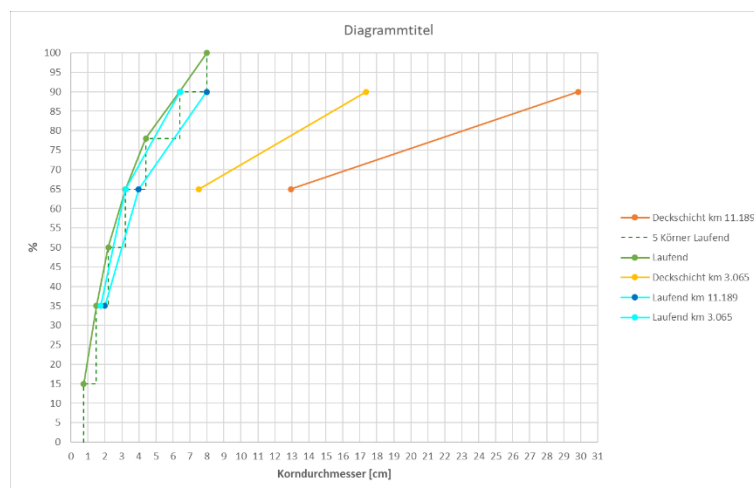
Oberhalb der Valeirisbrücke ist die Sohle mit Schwellen stabilisiert. Entsprechend wurde bei der Modellierung eine nicht erodierbare Sohle vorausgesetzt (ausser im Geschiebesammler Valmajos). Das bedeutet, dass die Kote der Sohle oberhalb von km 10.2 nicht unter die Startgeometrie erodiert werden kann.

4.5.3 Korngrößen

Wie oben erwähnt erlaubt BASEMENT modelltechnisch keine Reduktion der Korngrößen in Fließrichtung. Modellbedingt musste deswegen eine massgebende Korngröße bestimmt werden (vgl. Abbildung unten).

Gemäss Abbildung 7 kann bezüglich Geschiebe jedoch auch von einer nur geringfügig sich verändernden Korngrösse ab GAP Valmaios bis Walensee ausgegangen werden.

Kornverteilungen



Kennwerte

Geschiebe Modell

%	Durchmesser
d15	0.75
d35	1.5
d50	2.2
d65	3.2
d78	4.4
d90	6.4
100	8

Abbildung 8: Verwendete Kornverteilung für die Geschiebeberechnungen.

4.5.4 Geschiebetransportformel

Die Berechnungen wurden mit der Geschiebetransportformel von Meyer-Peter und Müller (mpm) durchgeführt.

Geschiebetransportformel nach Meyer-Peter-Müller: $qB_g = \alpha \sqrt{(s-1) * g * d_g^3 * (\theta_g - \theta_{cr})^m}$

4.5.5 Kalibrierung

In der nachfolgenden Abbildung sind die Modellresultate der Flussbau AG zur langfristigen Sohlenveränderungen der Seez ab Mels bis Walensee mit ausgezogenen Linien dargestellt. Die Resultate von der Kalibrierungsberechnung mit BASEMENT sind gestrichelt dargestellt. Wichtig zu erwähnen ist, dass bei beiden Modellierungen zu Beginn von leeren Ablagerungsplätzen ausgegangen wurde und keine Entnahmen stattgefunden haben.

- Langzeitganglinie 20 Jahre
- Gerinnezustand 2002, inkl. Ausbau 1. u. 2. Etappe Seez
- keine Geschiebeentnahme

Die Resultate zeigen grundsätzlich eine gute Übereinstimmung, ausser zwischen GAP Valmajos und GAP Sax, wo das Modell BASEMENT deutlich höhere Auflandungen ausweist.

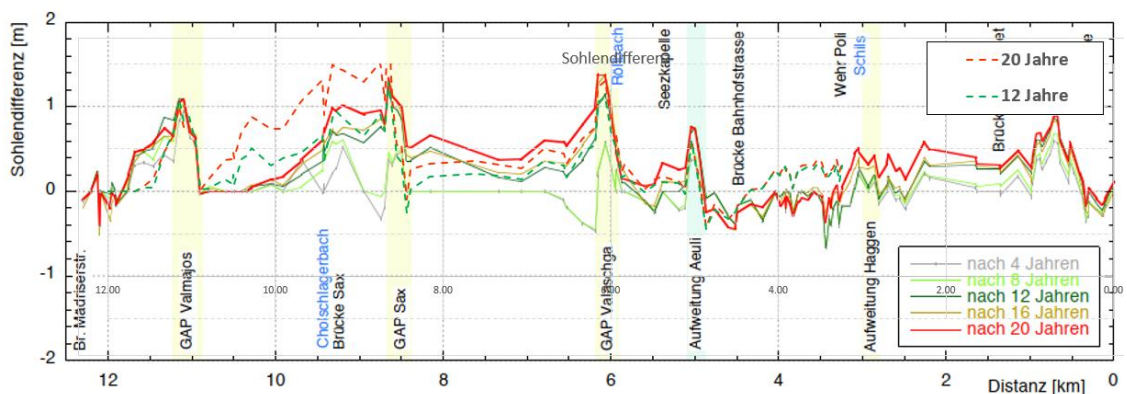


Abbildung 9: Längenprofil zum Sohlenverhalten (Ganglinie 20 Jahre), ausgezogene Linien: Szenario 1 aus dem Bericht von Flussbau [2] gestrichelte Linie Kalibrierungsberechnung mit BASEMENT (km12 - km3.5).

Die grösseren modellspezifischen Höhendifferenzen im Abschnitt GAP Valmajos bis GAP Sax können relativiert werden, weil die Berechnungen der Flussbau AG auch zeigen, dass die Auflandungen bei einer Weiterführung der Berechnung bis nach 40 Jahren noch nicht abgeschlossen sind (vgl. Abbildung 10).

Somit kann festgehalten werden, dass die beiden Modelle vergleichbare Tendenzen zeigen. Im Abschnitt GAP Valmajos bis GAP Sax zeigt die Kalibrierungsberechnung mit BASEMENT jedoch einen schnelleren Auflandungsprozess.

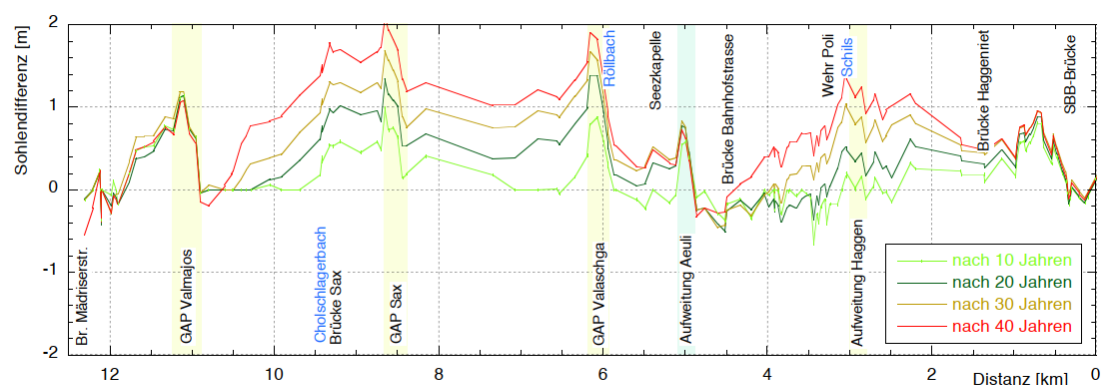


Abbildung 10: Längenprofil zum Sohlenverhalten (Ganglinie 40 Jahre) berechnet mit MORMO [2].

Nachfolgend werden die Modellresultate des Szenarios HQ₁₀₀ «lang» einander gegenübergestellt. Zwischen GAP Valmajos und Cholschlagerbach zeigen die BASEMENT-Resultate (gestrichelte Linie) leicht höhere Auflandungstendenzen als die MORMO-Resultate (ausgezogene Li-

nie) und eine entsprechend geringere Geschiebefracht. Ab GAP Sax bis Flums ist das berechnete Sohlenverhalten und die Geschiebefracht praktisch identisch.

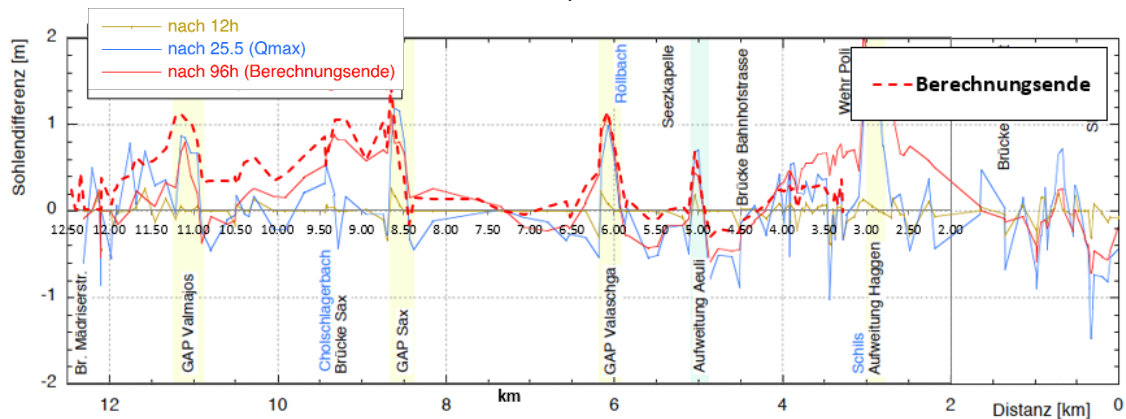


Abbildung 11: Längenprofil zum Sohlenverhalten (Ganglinie HQ100 «lang»),
ausgezogene Linien: Szenario 4 aus dem Bericht von Flussbau [1] Hochwasserschutzprojekt Seez, 3. Etappe, km 6.110 bis km 8.450, Auflageprojekt, Bänziger Partner AG, Mels, 27.10.2014.

[2]

gestrichelte Linie: Kalibrierungsberechnung mit BASEMENT (km12-3.5).

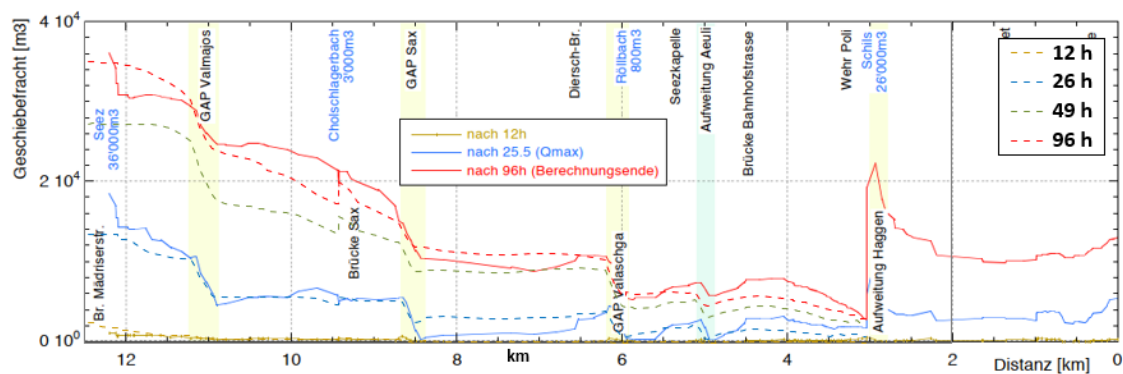


Abbildung 12: Längenprofil zur Geschiebefracht (Ganglinie HQ100 «lang»),
ausgezogene Linien: Szenario 4 aus dem Bericht von Flussbau [1] Hochwasserschutzprojekt Seez, 3. Etappe, km 6.110 bis km 8.450, Auflageprojekt, Bänziger Partner AG, Mels, 27.10.2014.

[2]

gestrichelte Linie: Kalibrierungsberechnung mit BASEMENT (km12-3.5).

Der Vergleich der Modellresultate zeigt grundsätzlich eine gute Übereinstimmung. Die Modellrechnungen mit BASEMENT zeigen eine abschnittsweise eher höhere Auflandungstendenz. Die Differenzen bewegen sich unseres Erachtens im Bereich der modelltechnischen Genauigkeitsbereichen.

4.5.6 Sensitivität der Modellparameter

Ergänzend wurden bei drei Modellparameter eine Parametervariation durchgeführt, um deren Sensitivität auszuweisen und den festgelegten Wert zu plausibilisieren.

Theta kritisch

Theta kritisch definiert ab welcher Schubspannung das Geschiebe in Transport geht. Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse wurde die Wirkung folgende Werte geprüft: 0.03, 0.04, 0.047 und die Approximationsmethode nach Yalin.

Talseitig des GAP Sax ergeben alle Theta-Werte ein vergleichbares Sohlenverhalten. Oberhalb GAP Valmajos ergeben Theta kritisch von 0.047 und die Approximation nach Yalin unrealistisch hohe Ablagerungen.

Theta 0.03 ergibt eine zu hohe Transportleistung, wodurch im GAP Valmajos nur wenig Geschiebe abgelagert wird. Die Berechnungen mit einem Theta von 0.04 zeigen die besten Übereinstimmungen.

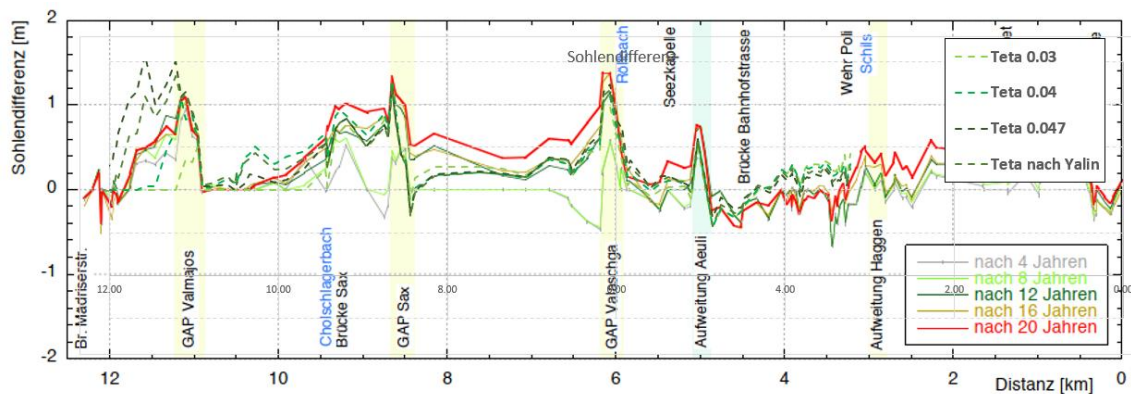


Abbildung 13: Vergleich der Sohlendifferenzen nach 12 Jahren:
ausgezogene Linien d. grün: Szenario 1 der Flussbau AG [1] Hochwasser-
schutzprojekt Seez, 3. Etappe, km 6.110 bis km 8.450, Auflageprojekt, Bän-
ziger Partner AG, Mels, 27.10.2014.

[2]
gestrichelte Linien: Kalibrierungsberechnungen BASEMENT nach 12 Jahren
mit Variation Theta.

Bedload factor

Der 'Bedload factor' ist ein Korrekturfaktor, welcher auf den berechneten Geschiebetransport angewendet wird. Gemäss BASEMENT, kann der Faktor zwischen 0.6 und 1.8 variiert werden. Kleinere Werte führen zu grösseren Ablagerungen, vor allem oberhalb GAP Valmajos. Höhere Werte führen zu Erosion sogar im GAP Valmajos, was wiederum zu einer grösseren Auflandung zwischen GAP Valmajos und GAP Sax führt. Unterhalb GAP Sax gibt es praktisch keine Unterschiede. Ein Wert von 1 für den 'Bedload factor' wurde als optimal behalten.

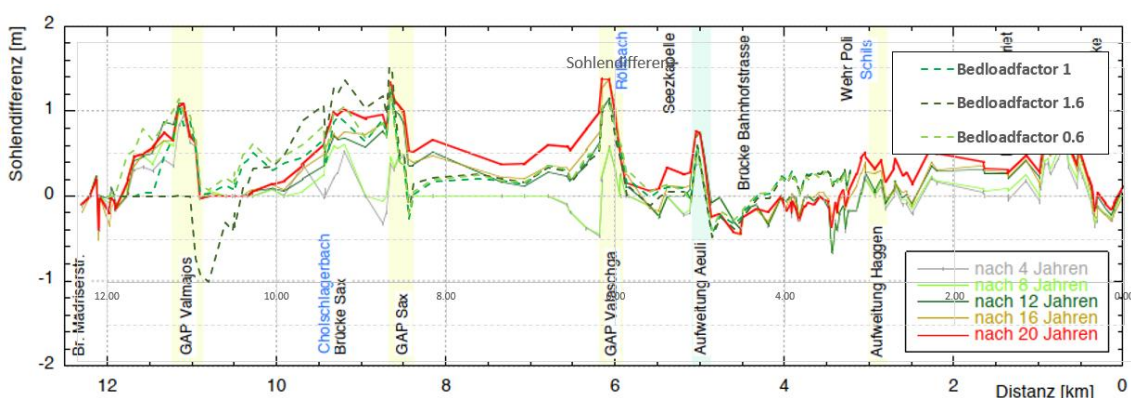


Abbildung 14: Vergleich der Sohlendifferenzen nach 12 Jahren:
ausgezogene Linien d. grün: Szenario 1 der Flussbau AG [1] Hochwasser-
schutzprojekt Seez, 3. Etappe, km 6.110 bis km 8.450, Auflageprojekt, Bän-
ziger Partner AG, Mels, 27.10.2014.

[2]
gestrichelte Linien: Kalibrierungsberechnungen BASEMENT nach 12 Jahren
mit Variation des «Bedload factor».

Exponent der Meyer-Peter-Müller Formel

Basement schlägt 2 mögliche Werte für den Exponent m in der Formel von Meyer-Peter-Müller vor. Die Berechnungen mit dem Exponent 1.5 zeigen übermäßige Erosionen unterhalb des GAP Valmajos. Entsprechend wird der ursprünglich eingesetzte Exponent von 1.6 weiterverwendet.

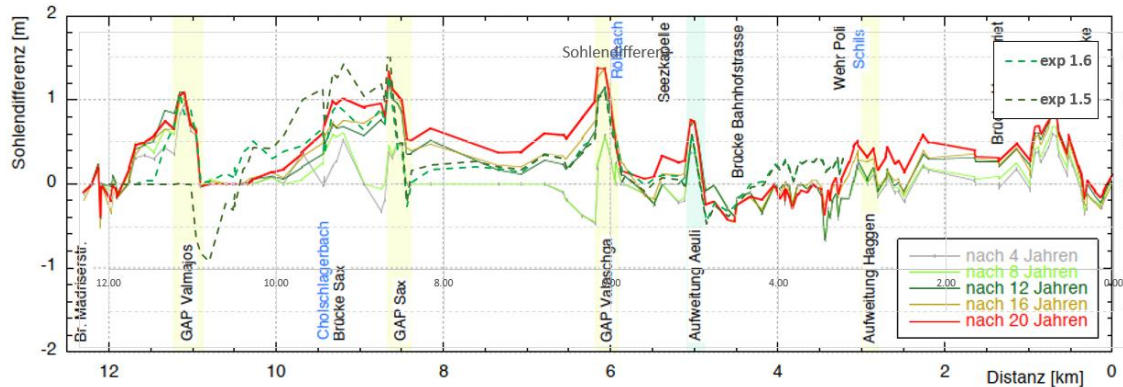


Abbildung 15: Vergleich der Sohlendifferenzen nach 12 Jahren:
ausgezogene Linien d. grün: Szenario 1 der Flussbau AG [1] Hochwasser-
schutzprojekt Seez, 3. Etappe, km 6.110 bis km 8.450, Auflageprojekt, Bän-
ziger Partner AG, Mels, 27.10.2014.

[2]

gestrichelte Linien: Kalibrierungsberechnungen BASEMENT nach 12 Jahren
mit Variation des Exponenten MPM.

Die Sensitivitätsanalyse durch Variation von drei Modellparametern hat gezeigt, dass die ursprünglich gewählten Modellparameter plausible Resultate liefern. Weiter hat die Analyse gezeigt, dass sich die Parameterwahl mindestens lokal signifikant auf die Resultate auswirken kann.

5. PROJEKT

5.1 Erkenntnisse von bereits geprüften Projektvarianten

5.1.1 Geschiebestudie Flussbau AG, 2014

Die Flussbau AG hat die Wirkung des Wasserbauprojekts HWS Seez, 3. Etappe der Bänziger AG auf den Geschiebehaushalt untersucht und die Resultate in einem Begleitbericht zum Hochwasserschutzprojekt beschrieben.

Bei den Berechnungen des Projektzustandes wurde bei allen Szenarien von einer «Dosierstrecke» mit seitlicher Entlastung talseitig des GAP Sax ausgegangen ($HQ_{Dim} = 110\text{m}^3/\text{s}$, $J=0.47\%$, $B_s = 10$ Meter) und einer Ausbaustrecke talseitig der Dosierstrecke mit einer mittleren Sohlenbreite von 25 Meter.

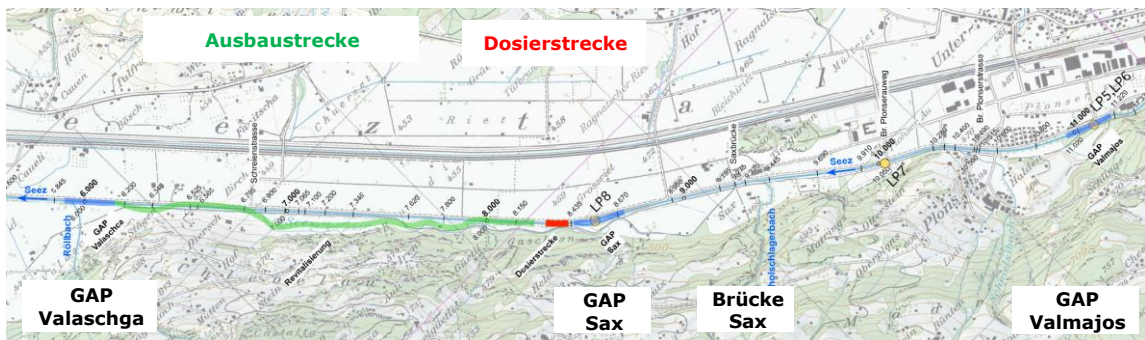


Abbildung 16: Projektübersicht HWS Seez, 3. Etappe (Quelle:)

Resultate:

- Gemäss Modellrechnungen verursachen zu hohe Geschiebeentnahmen (Valmajos 1'230 m^3/a , GAP Sax 940 m^3/a) Erosionen in der Ausweitungsstrecke talseitig der Dosierstrecke und weiter flussabwärts.
- Bei einem Verzicht auf Geschiebeentnahme beim GAP Sax und einer erhöhten Entnahme beim GAP Valmajos 1'420 m^3/a würde sich gemäss Modellresultaten eine stabile Sohlenlage in der Ausbaustrecke einstellen.
- Wenn die Seesohle auch bergseitig des GAP Sax bis zur Brücke Sax auf 20 Meter verbreitert und beim GAP Sax kein Geschiebe entnommen wird, erfolgt eine Sohlenauflandung zwischen GAP Sax und Brücke Sax.
- Wenn die Geschiebeentnahme im GAP Valmajos auf 770 m^3/s reduziert und im GAP Sax auf 1'195 m^3/a erhöht wird, ergeben sich deutliche Auflandungen bergseitig des GAP Valmajos, dafür bleibt die Sohlenlage bis zum GAP Sax trotz Aufweitung konstant. In der Ausbaustrecke ist mit einer leichten Sohlenanhebung zu rechnen.
- Mit der damals geplanten Aufweitung auf 20 Meter (oberhalb GAP Sax) und 25 Meter (talseitig GAP Sax bis GAP Valmajos) könnte gemäss Berechnungsergebnisse bis 40 Jahre nach Ausbau auf eine Bewirtschaftung des GAP Valaschga verzichtet werden. Mit Geschiebeentnahmen im GAP Valmajos und GAP Sax kann mehr oder weniger ein Gleichgewichtszustand erreicht werden.
- Die Berechnungen zeigten, dass die GAP's nicht geleert sein müssen, um ein HQ_{100} bewältigen zu können.
- Um den prognostizierten Auflandungen gerecht zu werden, sollen ausreichend hohe Uferlinien projektiert werden, damit Sohlenauflandungen bis zu einem gewissen Grad toleriert werden können.

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass sich die Geschiebeentnahmemengen beim GAP Valmajos und GAP Sax entscheidend auf das Sohlenverhalten in der Projektstrecke auswirken. Bei zu geringen Entnahmen bzw. bei gefüllten GAP's ist mit kontinuierlichen Sohlenaufhebung flussaufwärts von 0.5 bis 1.0 Meter zu rechnen.

Aufgrund der aufgezeichneten Entnahmemengen in den letzten 10 Jahren (vgl. Kap. 3.2.4), welche deutlich höher sind als bei den Modellrechnungen angenommen, dürften die berechneten Auflandungshöhen eher als unterdurchschnittlich interpretiert werden, zumal auch im heutigen Zustand trotz deutlich höheren Entnahmemengen keine übermässigen Sohlenerosionen erkennbar sind.

5.1.2 Geschiebegutachten Seez Mels Flussbau AG, 2019

Die Geschiebestudie 2019 von Flussbau AG zeigt ein Lösungsvorschlag für den hochwassersicheren Ausbau der Seez von Mels bis zur Valeirisbrücke. Dazu wurden verschiedene Ausbauvarianten geprüft. Die Modellberechnungen zeigten, dass bei einer maximal möglichen Verbreiterung der Seez in Mels mit unzulässigen Auflandungen zu rechnen ist, selbst bei einer reduzierten Verbreiterung auf 16m landet die Sohle noch leicht auf. Aufgrund dieser Resultate wurde am Hangfuss oberhalb des Dorfes Mels ein neuer Geschiebeablagerungsplatz ins Projekt aufgenommen. Damit könnte die Geschiebezufuhr reduziert und die Gerinnegeometrie so weit optimiert werden, dass eine stabile Sohlenlage und eine Absenkung des Hochwasserspiegels erreicht werden kann.

Weiter wurde in dieser Studie, ausgehend von historischen Karten und empirischen Berechnungsansätzen, eine für die Seez optimale Sohlenbreite hergeleitet. Diese variiert zwischen 15 und 20 Meter.

Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde mit dem Geschiebemodell eine optimierte Gerinnegeometrie gerechnet, welche wie folgt definiert wurde:

Mels bis GAP Valmajos	durchschnittlich 16 Meter
GAP Valmajos bis Valeirisbrücke	20 Meter
Valeirisbrücke bis Saxbrücke	16 Meter, beidseits Buhnen
Saxbrücke bis GAP Sax	12 Meter, beidseits Buhnen

Die Berechnungen zeigen flussabwärts der Valeirisbrücke, dass die Sohle nach 40 Jahren noch nicht im Gleichgewicht ist. Diese fortschreitende Auflandung ist im Wesentlichen auf die hohe Sohlenlage im Unterwasser des GAP Sax zurückzuführen. Nur mit einer deutlichen höheren Geschiebeentnahme im GAP Sax kann die Sohle stabilisiert werden, dadurch würde jedoch der Geschiebehaushalt in der unten folgenden aufgeweiteten Strecke wesentlich beeinträchtigt und es könnten sich keine lockeren Kiesbänke bilden, welche für eine Aufwertung des Gewässers zwingend notwendig sind. Die Flussbau AG empfiehlt deshalb, die Strecke ab Valeirisbrücke bis GAP Valaschga zusammenhängend weiter zu optimieren.

5.1.3 Transportkapazität in Abhängigkeit der Sohlenbreite

Ergänzend zu den oben erwähnten Erkenntnissen haben wir die Transportkapazität relativ zur Sohlenbreite und den charakteristischen Hochwasserabflüsse berechnet und grafisch dargestellt. Das nachfolgende Diagramm zeigt, dass bei sehr häufigen Hochwasserereignissen HQ_2/HQ_5 die grösste Transportkapazität bei Sohlenbreiten zwischen 12 und 14 Meter und bei 30-jährlichen Ereignissen ab ca. 18 Meter erreicht wird. Beim HQ_{100} wird die maximale Transportkapazität ab 25 Meter erreicht, wobei bereits ab 18 Meter keine signifikante Zunahme mehr stattfindet.

Diese Resultate decken sich gut mit den Resultaten aus dem Geschiebegutachten der Flussbau AG, welche von einer für die Seez idealen Sohlenbreite zwischen 15 und 20 Meter ausgeht.

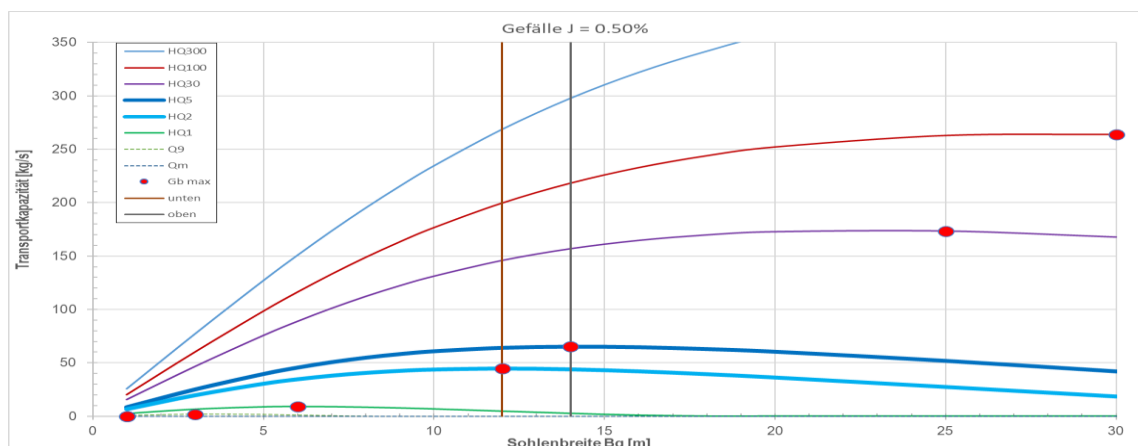


Abbildung 17: Geschiebe-Transportkapazität der Seez in Abhängigkeit der Sohlenbreite und dem charakteristischen Hochwasserereignis.

5.2 Übersicht der berechneten Modellszenarien

Zwecks Übersichtlichkeit sind die berechneten Szenarien nachfolgend tabellarisch zusammengefasst. Die Szenarienbezeichnungen enthalten Information zur Geometrie «Geo1x» und zur Bewirtschaftung «Bew1x».

Modellszenario	Abflussganglinie	Beschrieb
Geo1a_Bew1a	60 Jahre	Sohlengefälle analog zum Umgebungsgelände (ähnlich dem heutigen Zustand). Kiesentnahmen in Anlehnung an Wirkungskontrolle Seez 3. Etappe 2014.
Geo1a_Bew2a	60 Jahre	Erhöhung der jährlichen Kiesentnahmen im GAP Valmajos und GAP Sax.
Geo2a_Bew2a	60 Jahre	Lineares Sohlengefälle zwischen Brücke Valeiris und GAP Sax (Gefällsknick im Bereich Mündung Cholschlagerbach wird ausgeglichen).
Geo2b_Bew2a	60 Jahre	Zwischen Brücke Valeiris und GAP Sax wird die mittlere Sohlenbreite von 18 Meter auf 16 Meter reduziert.
Geo2c_Bew2a	60 Jahre	Reduktion der mittleren Sohlenbreite von 18 auf 16 Meter nur zwischen Mündung Cholschlagerbach und GAP Sax.
Geo2c_Bew2b	60 Jahre	Kiesentnahme auch aus dem GAP Valaschga mit 500 m ³ /a.
<u>Vorprojekt</u>		
Geo5a_Bew2d	60 Jahre	Verschiebung des GAP Sax nach oben (km 9.25) zum Gefällsknick (oberhalb J=0.75%, unterhalb J=0.50%). Kiesentnahme im GAP Sax reduzieren.
Geo5a_Bew2d	+ HQ₁₀₀ «lang»	Modellierung eines 100-jährlichen Hochwasserereignisses ohne Geschiebeentnahme, über der stabilisierten Sohlenlage Modellzenario Geo5a_Bew2d.

5.3 Modellszenario Geo1a_Bew1a

5.3.1 Eingabegrößen

Gerinnegeometrie Geo1a

Projektabschnitt

Generalisierter Flussschlauch mit einer mittleren Sohlenbreite von 18 Meter und beidseitig 1:2 Böschung

Sohlengefälle analog zum Umgebungsgelände

⇒ Gefällsknick bei km 9.45 oberhalb Einmündung Cholschlagerbach), Gefälle bergseitig 0.9% talseitig 0.5%

Wegen der Verlegung der Seez ab Brücke Sax an den Hangfuss ändert die Kilometrierung, maximale Verschiebung bei km 10 um 150 Meter.

Berg- und Talseitig des Projektabschnitts

Vermessung 2011 zuzüglich Projektgeometrie Ausbauetappe 1 u. 2

Abflussganglinie

60 Jahre

20 Jahre Ganglinie 1991 – 2010

+ 20 Jahre Ganglinie 1991 – 2010 (inkl. HW 100 m³/s)

+ 20 Jahre Ganglinie 1991 – 2010

Geschiebezufuhr

Seez 3'100 m³/a

Cholschlagerbach 320m³/a

Röllbach 200 m³/a

Schils 1'700 m³/a

Kiesentnahmen

0 – 20 Jahre

20 – 40 Jahre

40 – 60 Jahre

Bew1a

Valmajos

810 m³/a

1120 m³/a

810 m³/a

Sax

520 m³/a

1040 m³/s

520 m³/a

Valaschga

0 m³/a

0 m³/a

0 m³/a

5.3.2 Resultate

Sohlenänderungen

GAP Valmajos

Auflandung im GAP Valmajos, welche sich stabilisiert (mit Bewirtschaftung)

GAP Valmajos – km 10.2

Geringe Sohlenveränderung (Sohle im Modell gegen Erosion gesichert)

km 10.2 (Valeirisbrücke) – GAP Sax

Erosionstendenz in den ersten 10 Jahren ab Valeirisbrücke danach kontinuierliche Auflandung mit Spitze oberhalb Einmündung Cholschlagerbach, die auch nach 40 Jahren nicht abgeschlossen ist.

GAP Sax – km 7.0

Leichte Erosionstendenz talseitig GAP Sax, leichte Auflandung in der Verlegungsstrecke, Sohlenlage stabilisiert sich

Km 7.0 – GAP Valaschga

Auflandung ausgehend vom GAP Valaschga, welche sich flussaufwärts bis km 7.0 auswirkt. Auflandungstendenz nimmt über die Jahre ab und scheint sich zu stabilisieren.

GAP Valaschga – Flums

Leichte Auflandungstendenz nach dem GAP Valaschga, danach zeigt sich eine leichte Erosionstendenz, welche schon nach 10 Jahren abgeschlossen ist.

Fazit

Das Sohlengefälle wurde vom Umgebungsgelände übernommen. Dies entspricht in etwa auch dem heutigen Sohlengefälle mit einem Gefällsknick oberhalb der Einmündung Cholschlagerbach.

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass die Seez mit einer durchgehenden Sohlenbreite von 18 Meter auflandet und zwischen km 10.2 (Valeirisbrücke) und GAP Sax den Gefällsknick auffüllt und ein nahezu einheitliches Auflandungsgefälle ausbildet.

Die Auflandung zwischen Valeirisbrücke und GAP Sax ist auch nach 40 Jahren nicht abgeschlossen.

Talseitig des GAP Sax scheint sich eine stabile Sohlenlage einzustellen.

Ohne Bewirtschaftung des GAP Valaschga ist mit einer Auflandungstendenz flussaufwärts in die Verlegungsstrecke zu rechnen.

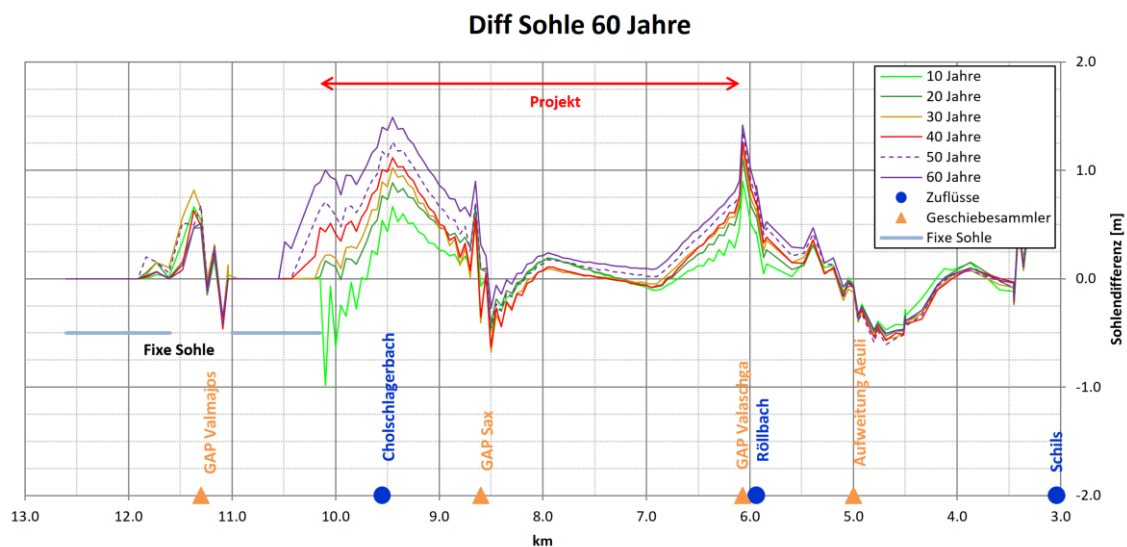


Abbildung 18: Längenprofil der Sohldifferenz zu verschiedenen Zeitpunkten, Szenario Geo1a_Bew1a.

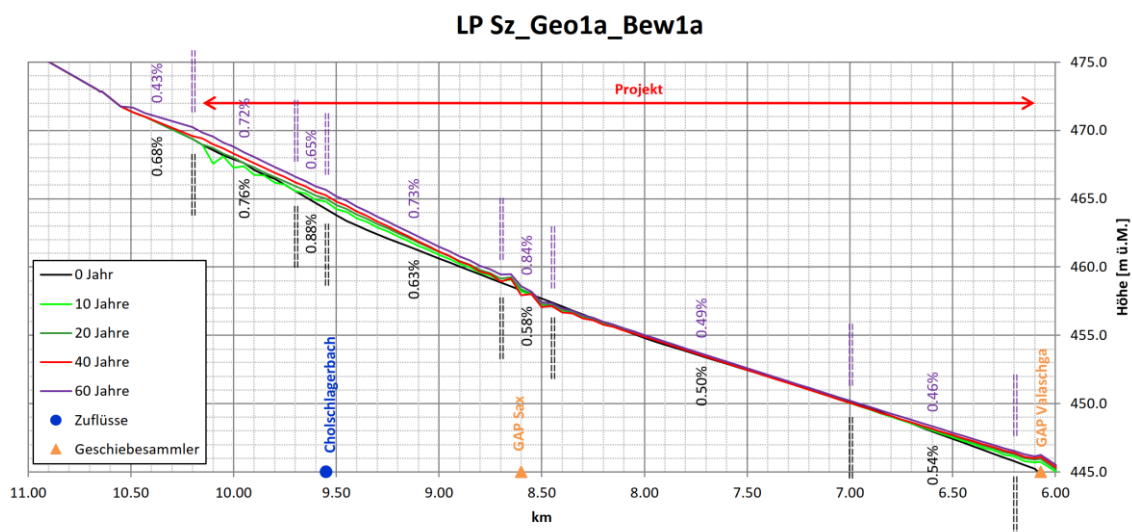


Abbildung 19: Längenprofil der Sohlenlage zu verschiedenen Zeitpunkten, Szenario Geo1a_Bew1a.

5.4 Projekt Szenario Geo1a_Bew2a

5.4.1 Eingabegrössen

<i>Gerinnegeometrie</i> Geo1a	Analog Szenario Geo1a_Bew2a Sohlengefälle analog zum Umgebungsgelände		
<i>Abflussganglinie</i>	Analog Szenario Geo1a		
<i>Geschiebezufuhr</i>	Analog Szenario Geo1a		
<i>Kiesentnahmen</i> Bew2a	Erhöhte Kiesentnahme gegenüber Szenario Geo1a_Bew1a (erhöhte Mengen sind grau hinterlegt)		
	0 – 20 Jahre	20 – 40 Jahre	40 – 60 Jahre
Valmajos	810 m ³ /a	1300 m ³ /a	1300 m ³ /a
Sax	520 m ³ /a	1040 m ³ /s	1040 m ³ /a
Valaschga	0 m ³ /a	0 m ³ /a	0 m ³ /a

5.4.2 Resultate

Sohlenänderungen	GAP Valmajos Auflandung im GAP Valmajos, welche sich stabilisiert (mit Bewirtschaftung) GAP Valmajos – km 10.2 Geringe Sohlenveränderung (Sohle im Modell gegen Erosion gesichert) km 10.2 (Valeirisbrücke) – GAP Sax Erosionstendenz in den ersten 10 Jahren ab Valeirisbrücke danach kontinuierliche Auflandung mit Spitze oberhalb Einmündung Cholschlagerbach, die nach 40 Jahren abgeschlossen ist. GAP Sax – km 7.0 Leichte Erosionstendenz talseitig GAP Sax, leichte Auflandung in der Verlegungsstrecke, Sohlenlage stabilisiert sich. Km 7.0 – GAP Valaschga Auflandung ausgehend vom GAP Valaschga, welche sich flussaufwärts bis km 7.0 auswirkt. Auflandungstendenz nimmt über die Jahre ab und scheint sich zu stabilisieren. GAP Valaschga – Flums Leichte Auflandungstendenz nach dem GAP Valaschga, danach zeigt sich eine leichte Erosionstendenz, welche schon nach 10 Jahren abgeschlossen ist.
Fazit	Analog zum Szenario Geo1a_Bew1a zeigen die Berechnungen zwischen Valeirisbrücke und GAP Sax deutliche Sohlenuflandungen mit maximalwerten im Bereich des heutigen Gefällsknicks. Durch die erhöhte Geschiebeentnahme beim GAP Valmajos und GAP Sax kommt es gemäss Berechnungen jedoch zu einer Stabilisierung bzw. zu einem Abschluss der Auflandung. Talseitig des GAP Sax wird mit der erhöhten Geschiebeentnahmen ebenfalls eine frühere Stabilisierung der Sohlenlage erreicht. Die Erosion talseitig der Aufweitung Aeuli ist ähnlich ausgeprägt wie beim Szenario Geo1a_Bew1a und stabilisiert sich bereits nach 10 Jahren.

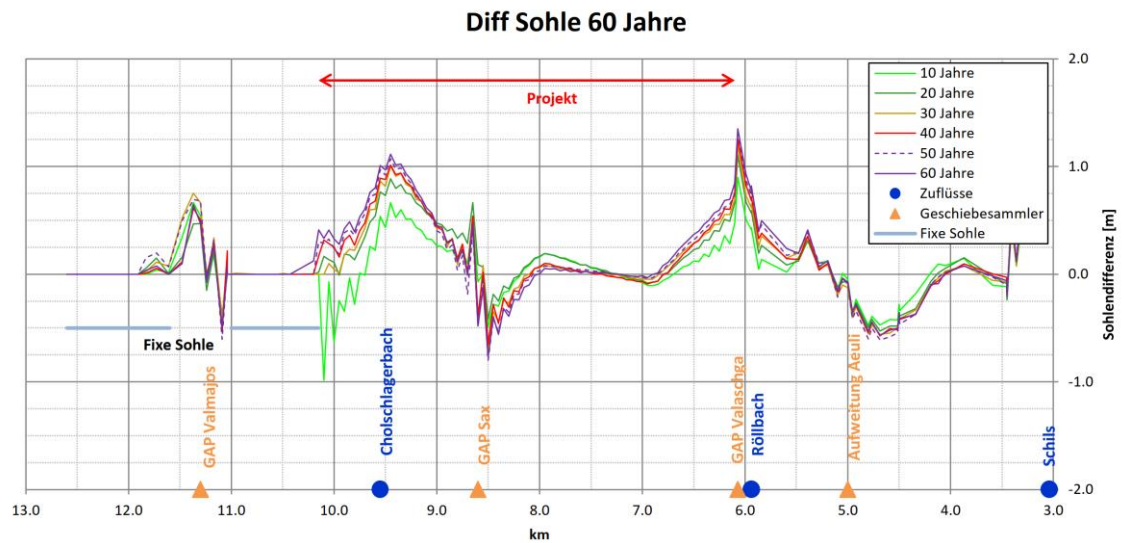


Abbildung 20: Längenprofil der Sohldifferenz zu verschiedenen Zeitpunkten, Szenario Geo1a_Bew2a.

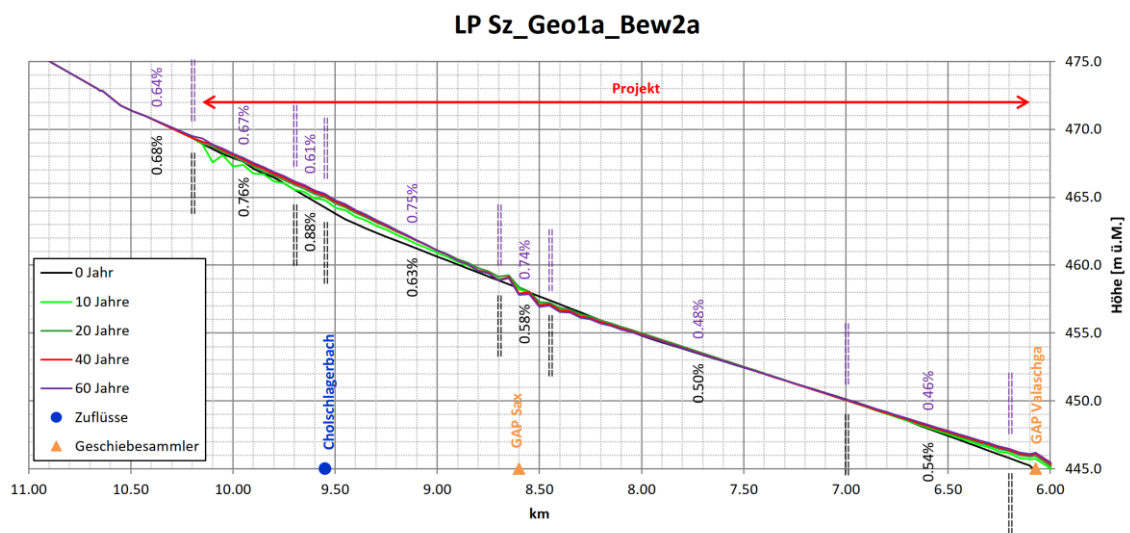


Abbildung 21: Längenprofil der Sohlenlage zu verschiedenen Zeitpunkten, Szenario Geo1a_Bew2a.

5.5 Projekt Szenario Geo2a_Bew2a

5.5.1 Eingabegrössen

Mit diesem Szenario wird untersucht, ob mit einem ausgeglichen Sohlengefälle zwischen der Valeirisbrücke und GAP Sax eine schnellere Sohlenstabilisierung erreicht werden kann.

Gerinnegeometrie
Geo2a

Projektabschnitt

Generalisierter Flussschlauch mit einer mittleren Sohlenbreite von 18 Meter und beidseitig 1:2 Böschung

Lineares Sohlengefälle zwischen Brücke Valeiris und GAP Sax

⇒ mittleres Gefälle 0.7%

Wegen der Verlegung der Seez ab Brücke Sax an den Hangfuss ändert die Kilometrierung, maximale Verschiebung bei km 10 um 150 Meter.

Berg- und Talseitig des Projektabschnitts

Vermessung 2011 zuzüglich Projektgeometrie Ausbauetappe 1 u. 2

Abflussganglinie

Analog Szenario Geo1a

Geschiebezufuhr

Analog Szenario Geo1a

Kiesentnahmen
Bew2a

analog Szenario Geo1a_Bew2a

	0 – 20 Jahre	20 – 40 Jahre	40 – 60 Jahre
Valmajos	810 m3/a	1300 m3/a	1300 m3/a
Sax	520 m3/a	1040 m3/s	1040 m3/a
Valaschga	0 m3/a	0 m3/a	0 m3/a

5.5.2 Resultate

Sohlenänderungen

GAP Valmajos

Auflandung im GAP Valmajos, welche sich stabilisiert (mit Bewirtschaftung)

GAP Valmajos – km 10.2

Geringe Sohlenveränderung (Sohle im Modell gegen Erosion gesichert)

km 10.2 (Valeirisbrücke) – GAP Sax

Erosionstendenz in den ersten 10 Jahren ab Valeirisbrücke danach folgt eine fast einheitliche Auflandung bis zum GAP Sax, **die nach 40 Jahren abgeschlossen ist.**

GAP Sax – km 7.0

Erosionstendenz talseitig GAP Sax, leichte Auflandung in der Verlegungsstrecke, Sohlenlage stabilisiert sich.

Km 7.0 – GAP Valaschga

Auflandung ausgehend vom GAP Valaschga, welche sich flussaufwärts bis km 7.0 auswirkt. Auflandungstendenz nimmt über die Jahre ab und scheint sich zu stabilisieren.

GAP Valaschga – Flums

Leichte Auflandungstendenz nach dem GAP Valaschga, danach zeigt sich eine leichte Erosionstendenz, welche schon nach 10 Jahren abgeschlossen ist.

Fazit

Mit Vorliegen einem praktisch konstanten Sohlengefälle zwischen Valeirisbrücke und GAP Sax, sowie einer konstanten Gerinnegeometrie erfolgt ebenfalls eine Sohlenuflandung, die jedoch ausgeglichener erfolgt. Zudem scheint sich die Sohle schneller zu stabilisieren.

Durch die erhöhte Geschiebeentnahme beim GAP Valmajos und GAP Sax kommt es gemäss Berechnungen jedoch zu einer Stabilisierung

bzw. zu einem Abschluss der Auflandung.

Aufgrund der Berechnungsergebnisse wirkt sich die veränderte Sohlengometrie nur unwesentlich auf den Geschiebehaushalt im Abschnitt talseitig des GAP Sax aus. Die Sohlenveränderungen sind praktisch identisch mit dem Szenario Geo1a_Bew2a.

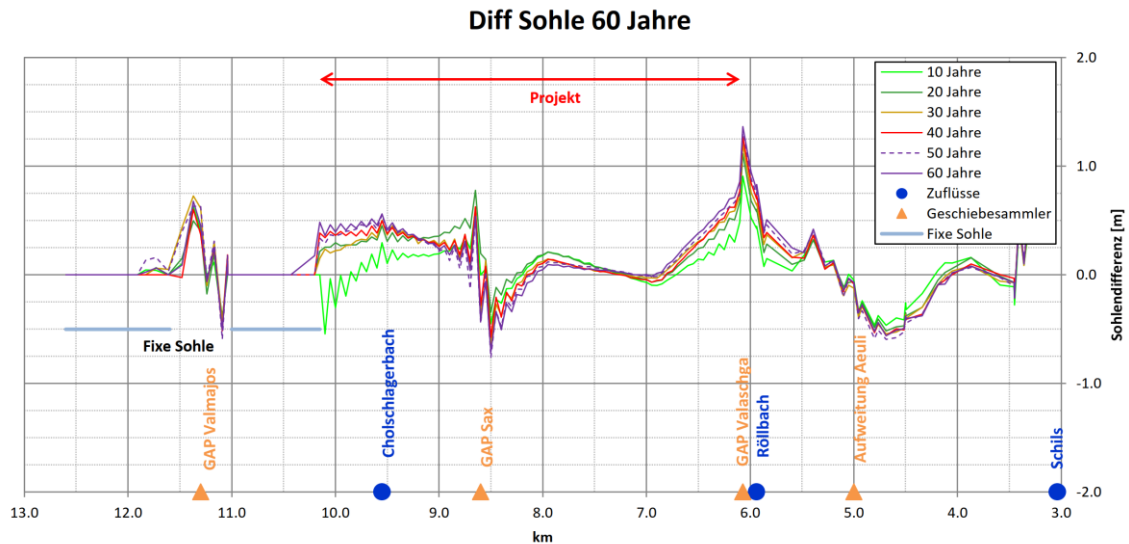


Abbildung 22: Längenprofil der Sohldifferenz zu verschiedenen Zeitpunkten, Szenario Geo2a_Bew2a.

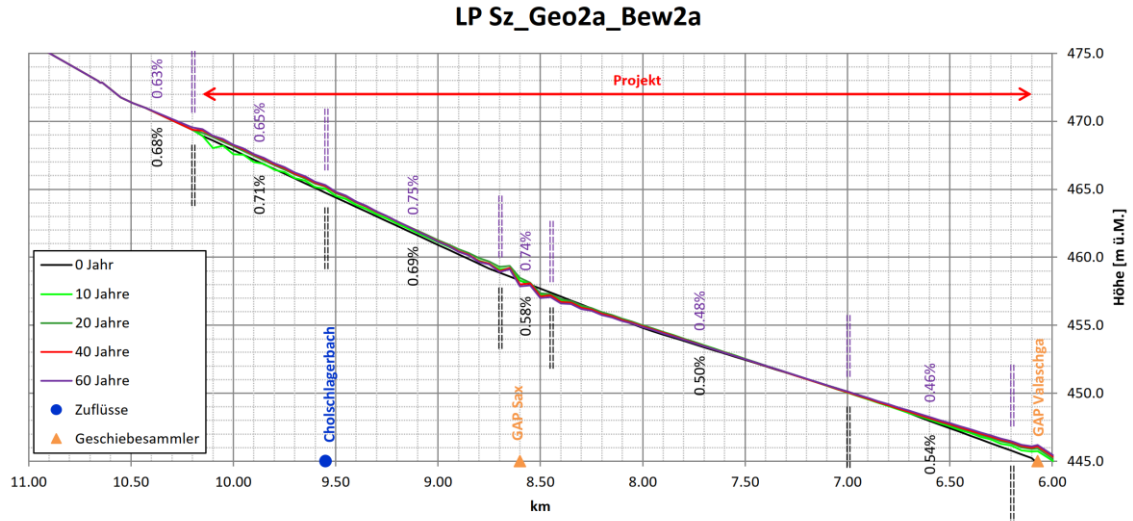


Abbildung 23: Längenprofil der Sohlenlage zu verschiedenen Zeitpunkten, Szenario Geo2a_Bew2a.

5.6 Projekt Szenario Geo2b_Bew2a

5.6.1 Eingabegrößen

Mit diesem Szenario wird untersucht, wie sensitiv sich eine leicht reduzierte Sohlenbreite von 18m auf 16m auf das Sohlenverhalten auswirkt.

Gerinnegeometrie
Geo2b

Projektabschnitt

Generalisierter Flussschlauch mit einer **mittleren Sohlenbreite von 16 Meter** und beidseitig 1:2 Böschung

Lineares Sohlengefälle zwischen Brücke Valeiris und GAP Sax

⇒ mittleres Gefälle 0.7%

Wegen der Verlegung der Seez ab Brücke Sax an den Hangfuss ändert die Kilometrierung, maximale Verschiebung bei km 10 um 150 Meter.

Berg- und Talseitig des Projektabschnitts

Vermessung 2011 zuzüglich Projektgeometrie Ausbauetappe 1 u. 2

Abflussganglinie

Analog Szenario Geo1a

Geschiebezufuhr

Analog Szenario Geo1a

Kiesentnahmen
Bew2a

analog Szenario Geo1a_Bew2a

	0 – 20 Jahre	20 – 40 Jahre	40 – 60 Jahre
Valmajos	810 m ³ /a	1300 m ³ /a	1300 m ³ /a
Sax	520 m ³ /a	1040 m ³ /s	1040 m ³ /a
Valaschga	0 m ³ /a	0 m ³ /a	0 m ³ /a

5.6.2 Resultate

Sohlenänderungen bergseitig km 10.2 gegenüber dem Szenario Geo2a_Bew2a sind keine Veränderung zu erkennen.

km 10.2 (Valeirisbrücke) – GAP Sax

Gegenüber dem Szenario Geo2a mit einer mittleren Sohlenbreite von 18 Meter, landet die Sohle mit einer mittleren Sohlenbreite von 16 Meter weniger stark auf, mindestens bis zum Geschiebeeintrag durch den Cholschlagerbach. Die Auflandung bis zum GAP Sax ist ca. **nach 40 Jahren ebenfalls abgeschlossen.**

Talseitig des GAP Sax wirkt sich die reduzierte Sohlenbreite zwischen Valeirisbrücke und GAP Sax nur unwesentlich auf das Sohlenverhalten aus.

Fazit

Die Modellresultate zeigen bei einer um 2 Meter reduzierten Sohlenbreite zwischen Valeirisbrücke und GAP Sax eine leicht reduzierte Sohlenauflandung bis zur Einmündung des Cholschlagerbachs. Die reduzierte Sohlenbreite dürfte sich jedoch nachteilig auf die Abflusskapazität auswirken.

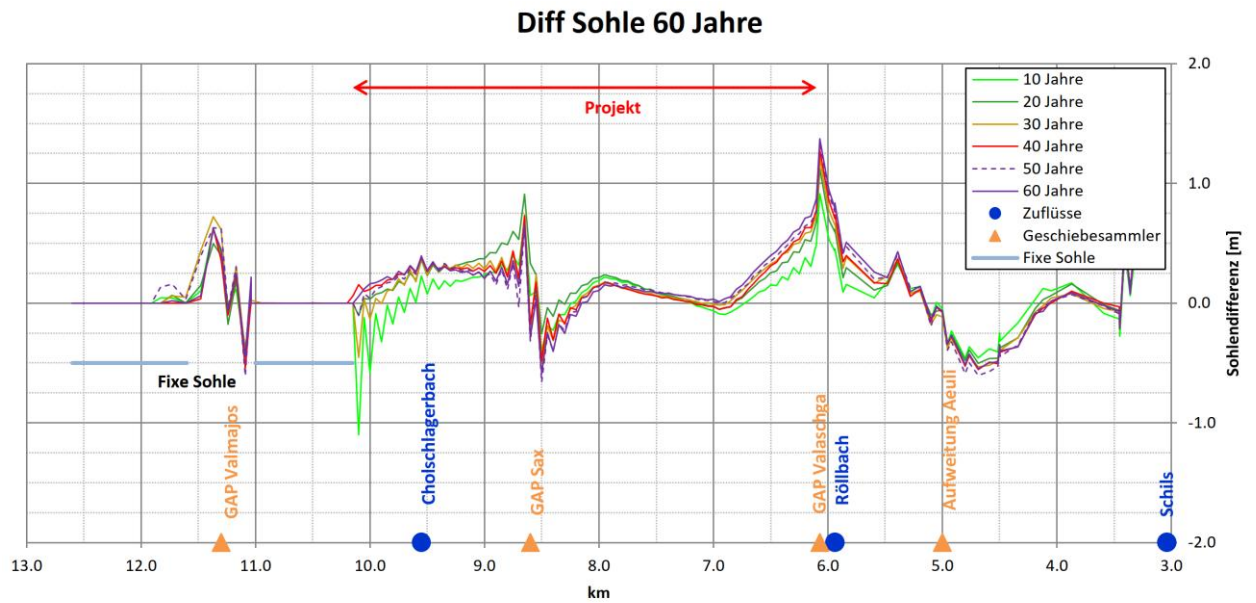


Abbildung 24: Längenprofil der Sohldifferenz zu verschiedenen Zeitpunkten, Szenario Geo2b_Bew2a.

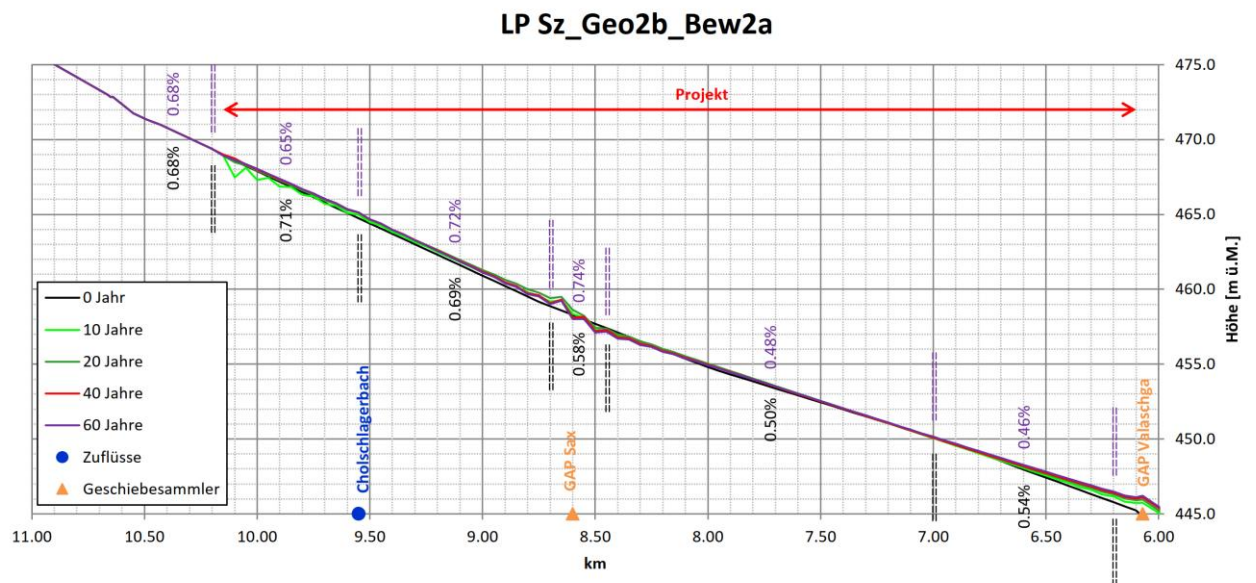


Abbildung 25: Längenprofil der Sohlenlage zu verschiedenen Zeitpunkten, Szenario Geo2b_Bew2a.

5.7 Projekt Szenario Geo2c_Bew2a

5.7.1 Eingabegrössen

Mit diesem Szenario wird untersucht, wie sensitiv sich eine leicht reduzierte Sohlenbreite von 18m auf 16m auf das Sohlenverhalten auswirkt.

Gerinnegeometrie
Geo2c

Projektabschnitt

Generalisierter Flussschlauch mit einer **mittleren Sohlenbreite von 16 Meter ab Cholschlagerbach bis GAP Sax**

Mittlere Sohlenbreite von 18 Meter zwischen Valeirisbrücke und Cholschlagerbach, sowie ab GAP Sax bis GAP Valaschga.

Lineares Sohlengefälle zwischen Brücke Valeiris und GAP Sax

⇒ mittleres Gefälle 0.7%

Berg- und Talseitig des Projektabschnitts

Vermessung 2011 zuzüglich Projektgeometrie Ausbauetappe 1 u. 2

Abflussganglinie

Analog Szenario Geo1a

Geschiebezufuhr

Analog Szenario Geo1a

Kiesentnahmen
Bew2a

analog Szenario Geo1a_Bew2a

	0 – 20 Jahre	20 – 40 Jahre	40 – 60 Jahre
Valmajos	810 m3/a	1300 m3/a	1300 m3/a
Sax	520 m3/a	1040 m3/s	1040 m3/a
Valaschga	0 m3/a	0 m3/a	0 m3/a

5.7.2 Resultate

Sohlenänderungen

bergseitig km 10.2

gegenüber dem Szenario Geo2a_Bew2a sind keine Veränderung zu erkennen.

km 10.2 (Valeirisbrücke) – GAP Sax

Gegenüber dem Szenario Geo2a mit einer mittleren Sohlenbreite von 18 Meter, landet die Sohle mit einer reduzierten Sohlenbreite zwischen Cholschlagerbach und GAP Sax ähnlich dem Szenario Geo2b weniger stark auf. Die Auflandung bis zum GAP Sax ist ebenfalls **nach 40 Jahren abgeschlossen**.

Gegenüber dem Szenario 2b sind die Auswirkungen auf das Sohlenverhalten nicht mehr so gross.

Talseitig des GAP Sax wirkt sich die reduzierte Sohlenbreite zwischen Valeirisbrücke und GAP Sax nur unwesentlich auf das Sohlenverhalten aus.

Fazit

Die Modellresultate zeigen bei einer leichten Sohlenverengung zwischen dem Cholschlagerbach und GAP Sax aus Sicht Hochwasserschutz eine positive Wirkung, indem von einer reduzierten Auflandung ausgegangen werden kann. Gegenüber dem Szenario Geo2b, wird die Bachsohle erst nach dem Cholschlagerbach verengt, wodurch im Abschnitt von der Valeirisbrücke bis zum Cholschlagerbach der Abflussquerschnitt von 18 Meter Sohlenbreite beibehalten werden kann, was sich günstig auf die Dammhöhe auswirken dürfte. Talseitig des Cholschlagerbachs wird das Gerinne bald an den Hangfuss verschoben. Einerseits stellt sich die Frage zur Höhe der Dämme nur einseitig, zudem ist gewünscht, dass es vor dem GAP Sax zu keiner übermässigen Auflandungstendenz kommt, entsprechend dürfte eine leichte Sohlenverengung zwischen Cholschlagerbach und GAP Sax eine zweckmässige Lösungsvariante sein.

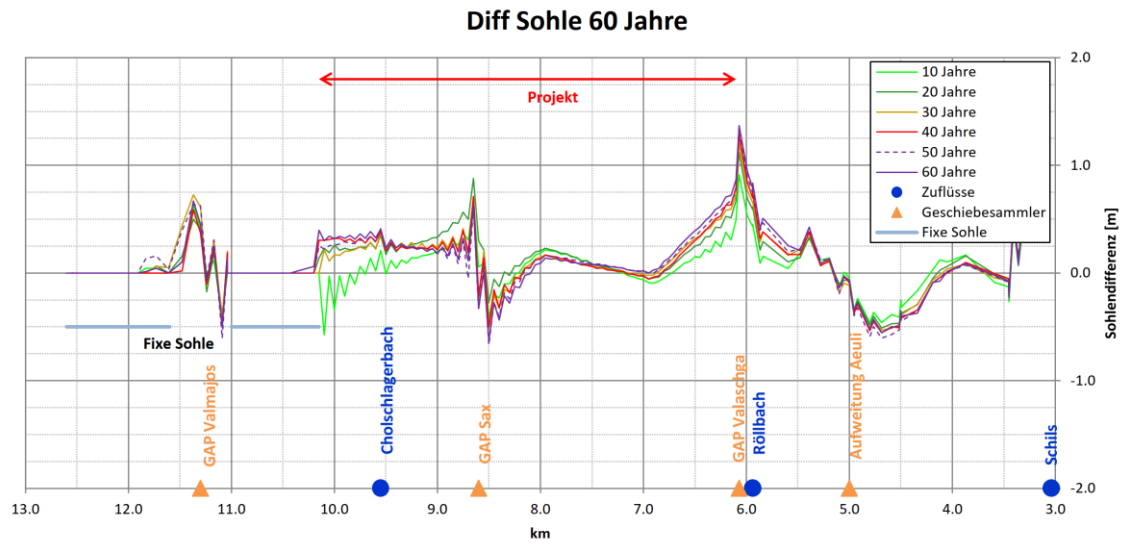


Abbildung 26: Längenprofil der Sohndifferenz zu verschiedenen Zeitpunkten, Szenario Geo2c_Bew2a.

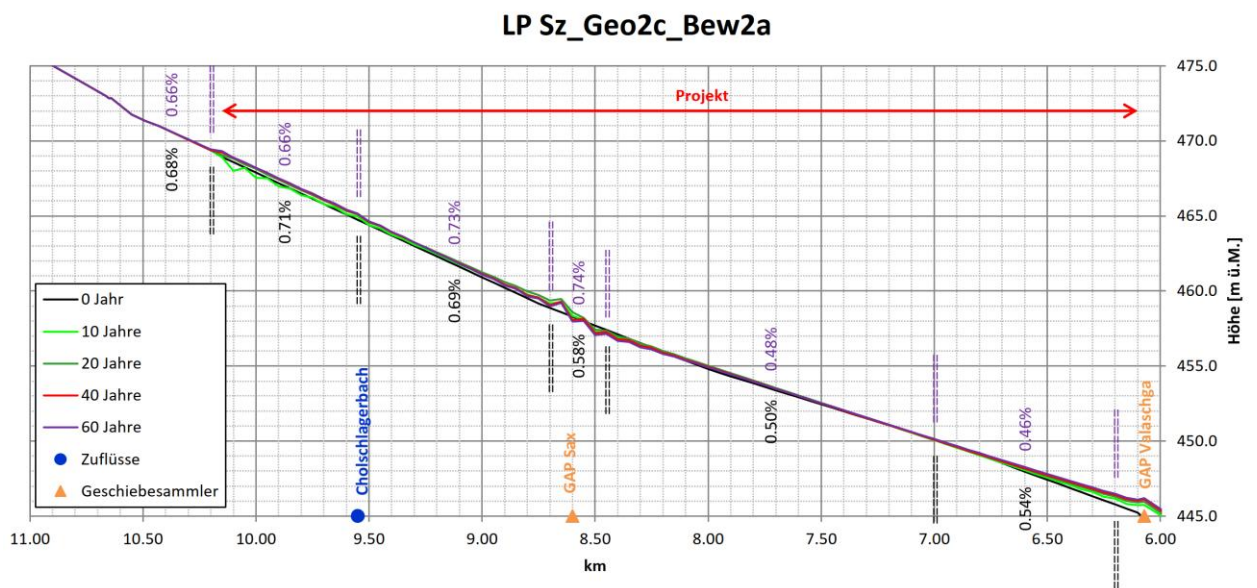


Abbildung 27: Längenprofil der Sohlenlage zu verschiedenen Zeitpunkten, Szenario Geo2c_Bew2a.

5.8 Projekt Szenario Geo2c_Bew2b

5.8.1 Eingabegrößen

Mit diesem Szenario wird untersucht, wie sich eine jährliche Geschiebeentnahme aus dem GAP Valaschga von 500 m³ auf die mittlere Sohlenlage auswirkt.

Gerinnegeometrie Geometrie analog Szenario Geo2c_Bew2a
Geo2c

Abflussganglinie Analog Szenario Geo1a

Geschiebezufuhr Analog Szenario Geo1a

Kiesentnahmen analog Szenario Geo2c_Bew2a bei GAP Valmajos und GAP Sax
Bew2b **Ergänzende Geschiebeentnahme aus dem GAP Valaschga**

	0 – 20 Jahre	20 – 40 Jahre	40 – 60 Jahre
Valmajos	810 m ³ /a	1300 m ³ /a	1300 m ³ /a
Sax	520 m ³ /a	1040 m ³ /s	1040 m ³ /a
Valaschga	500 m ³ /a	500 m ³ /a	500 m ³ /a

5.8.2 Resultate

Sohlenänderungen GAP Valmajos – GAP Sax

Die Gschiebeentnahme GAP Valaschga hat keine Auswirkungen auf die Sohlenlage bergseitig des GAP Sax.

GAP Sax - GAP Valaschga

Im Vergleich zum Szenario Geo2c_Bew2a nimmt die Erosionstendenz unmittelbar nach dem GAP Sax zu. Vor dem GAP Valaschga, kommt es nur noch zu geringfügigen Auflandung. Es scheint sich sogar eine leichte Erosionstendenz auszubilden, welche aber relativ schnell zum Stillstand kommt.

Zwischen GAP Valaschga und er Ausweitung Äuli stellt sich relativ schnell eine stabile Sohlenlage ein.

In der Kanalstrecke Flums, talseitig der Ausweitung Äuli, nimmt die Belastung auf die Flusssohle zu.

Fazit Die Modellresultate zeigen, dass sich die Kiesentnahmen sehr sensitiv auf die Sohlenentwicklung auswirken. Mit einer verhältnismässig geringe zusätzliche Entnahmemenge von 500 m³/a beim GAP Valaschga kann die Auflandungstendenz bergseitig des GAP Valaschga deutlich reduziert werden.

Auf der anderen Seite nehmen jedoch auch die Erosionstendenzen talseitig des GAP Sax wie auch in der Kanalstrecke Flums zu.

Diese Feststellungen geben Hinweise, wie und wo sich die Kiesentnahmen tendenziell auf die Sohlenlage auswirkt und wo die Flusssohle ergänzend stabilisiert werden muss.

Auch können daraus geeignete Standorte für Kontrollquerschnitte definiert werden, bei welchen das Sohlenverhalten periodisch beobachtet und eine Wirkungskontrolle durchgeführt werden kann. Diese Kontrolle ermöglicht einen situationsbezogene und zweckmässige Kiesentnahme.

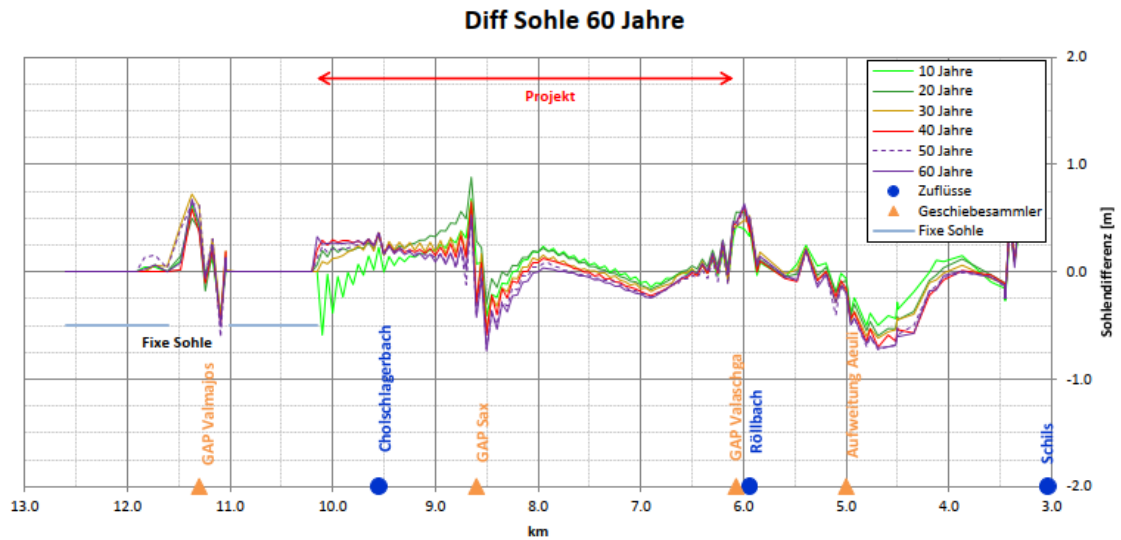


Abbildung 28: Längenprofil der Sohldifferenz zu verschiedenen Zeitpunkten, Szenario Geo2c_Bew2b.

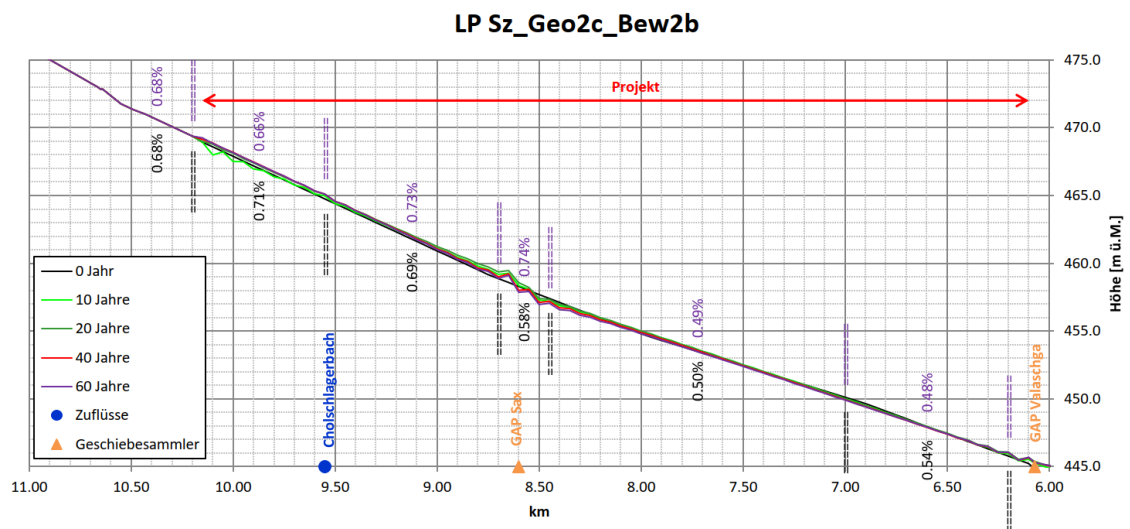


Abbildung 29: Längenprofil der Sohlenlage zu verschiedenen Zeitpunkten, Szenario Geo2c_Bew2b.

5.9 Projekt Szenario Geo5a_Bew2e

5.9.1 Eingabegrössen

Mit diesem Szenario wird untersucht, ob mit einer Verschiebung des GAP Sax flussaufwärts, auf die Sohlenverengung verzichtet werden kann. Der Standort GAP Sax befindet sich im Bereich eines natürlichen Gefällsknicks, wo rein aufgrund der Topographie eine Auflandungstendenz besteht. Das Sohlengefälle wechselt beim neuen Standort von ca. 0.75% auf ca. 0.50%.

Gerinnegeometrie Geo5a

Projektabschnitt

Generalisierter Flussschlauch mit einer mittleren Sohlenbreite von 18 Meter und beidseitig 1:2 Böschung

Verschiebung des GAP Sax um ca. 600 Meter flussaufwärts, Mittleres Sohlengefälle zwischen Brücke Valeiris und neuem Standort GAP Sax (km 9.25): 0.7%

Mittleres Sohlengefälle zwischen neuem Standort GAP Sax bis GAP Valaschga: 0.5%

Berg- und Talseitig des Projektabschnitts

Vermessung 2011 zuzüglich Projektgeometrie Ausbauetappe 1 u. 2

Abflussganglinie

Analog Szenario Geo1a

Geschiebezufuhr

Analog Szenario Geo1a

Kiesentnahmen Bew2e

analog Szenario Geo2c_Bew2b bei GAP Valmajos und GAP Valaschga
reduzierte Geschiebeentnahme aus dem GAP Sax

	0 – 20 Jahre	20 – 40 Jahre	40 – 60 Jahre
Valmajos	810 m ³ /a	1300 m ³ /a	1300 m ³ /a
Sax	520 m ³ /a	700 m ³ /s	700 m ³ /a
Valaschga	500 m ³ /a	500 m ³ /a	500 m ³ /a

5.9.2 Resultate

Sohlenänderungen

GAP Valmajos – GAP Sax

Ab der Brücke Valeiris bis zum neuen Geschiebesammler erfolgt eine kontinuierlich zunehmende Auflandung in Richtung neuem GAP Sax, welche bereits nach 20 Jahren stabil ist. Im Längenprofil der Sohlenlage ist erkennbar, dass sich damit eine ausgeglichene Sohlengefälle von 0.7% einstellt.

GAP Sax - GAP Valaschga

Unmittelbar am Ende des GAP Sax entsteht ein Versatz und ein kurzer Abschnitt mit Erosionstendenz. Beide Prozesse sind bei GAP's plausibel. In der verlegten Flussstrecke mit einem mittleren Gefälle von 0.5 % verhält sich die Flusssohle stabil. Gegen den GAP Valaschga ist wiederum mit einer kontinuierliche Zunahme der Sohlenauflandung zu rechnen. Nach 20 bis 30 Jahren wird eine stabile Sohlenlage erreicht.

GAP Valaschga talwärts

Zwischen GAP Valaschga und er Ausweitung Äuli stellt sich relativ schnell eine stabile Sohlenlage ein.

In der Kanalstrecke Flums, talseitig der Ausweitung Äuli, nimmt die Belastung auf die Flusssohle analog der vorhergehenden Szenarien zu.

Fazit

Die Modellresultate zeigen, dass sich mit einer Verschiebung des GAP Sax der Gefällswechsel stabilisiert bzw. dass sich bergseitig ein stabiles Gefälle von 0.7% und talseitig ein Gefälle von 0.5 % einstellt. Zudem zeigt die Modellierung, dass zwischen der Brücke Valeiris und dem neuen GAP Sax keine Sohlenverengung notwendig ist. Die Sohlenlage stabilisiert sich bereits nach ca. 20 bis 30 Jahren.

Wegen der raschen Stabilisierung sowohl der Sohlenlage wie auch des Gefällswechsel erachten wir die Verschiebung des GAP Sax nach oben als zweckmässig. Die Verschiebung des GAP Sax wird damit in das Hochwasserschutzprojekt 3. Etappe als fester Bestandteil aufgenommen. Die geringen Auflandungen innerhalb der Projektstrecke werden durch ausreichend hohe Ufer/Dämme berücksichtigt.

Wie bei den vorangehend untersuchten Szenarien bleibt die Erosionstendenzen talseitig des GAP Sax wie auch in der Kanalstrecke Flums bestehen. Talseitig des GAP Sax soll der zu erwartende Kolk gegen unten und gegen den Hochwasserschutzdamm mit baulichen Massnahmen begrenzt werden, z.B. mittels eines überdeckten Blockteppich und einem Uferblocksatz.

Im Abschnitt Flums soll im Rahmen der nächsten Projektphase die Kornverteilung des Sohlenmaterials und die Einbindetiefe der Uferverbauung überprüft werden. Damit kann die zu erwartende Sohlenabtiefung genauer vorhergesagt und gleichzeitig die kritische Tiefe des Uferverbauung überprüft werden.

Wie bereits beim vorangehenden Szenario festgestellt, wirken sich die Kiesentnahmen sensitiv auf die Sohlenentwicklung aus. Dies zeigt nochmals, dass die Anzahl und Anordnung der GAP's zweckmässig ist und dass mit der Bewirtschaftung der GAP's auf die Sohlenlage einfluss genommen werden kann.

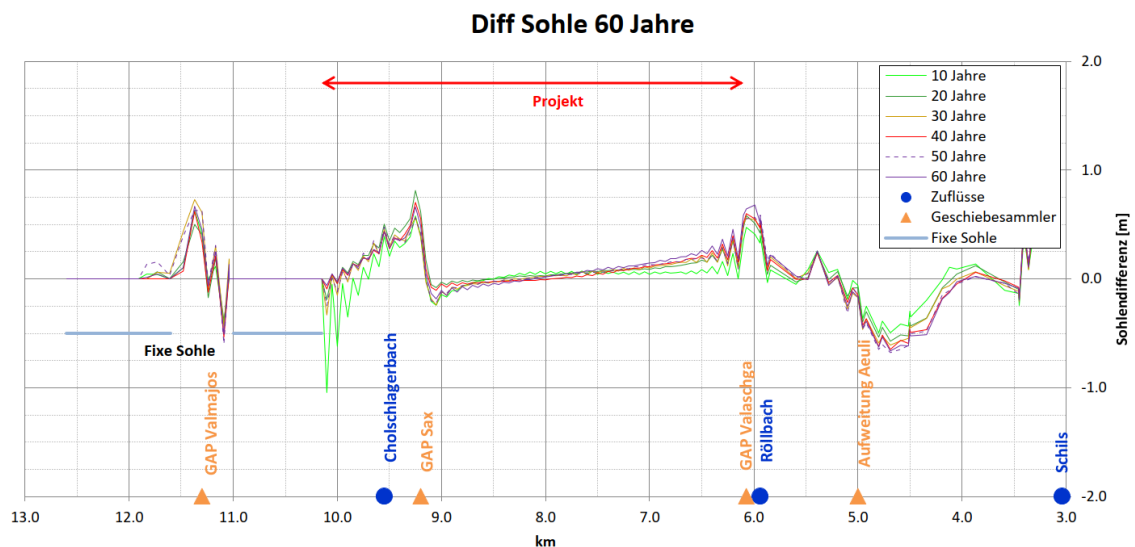


Abbildung 30: Längsprofil der Sohlendifferenz zu verschiedenen Zeitpunkten, Szenario Geo5c_Bew2e.

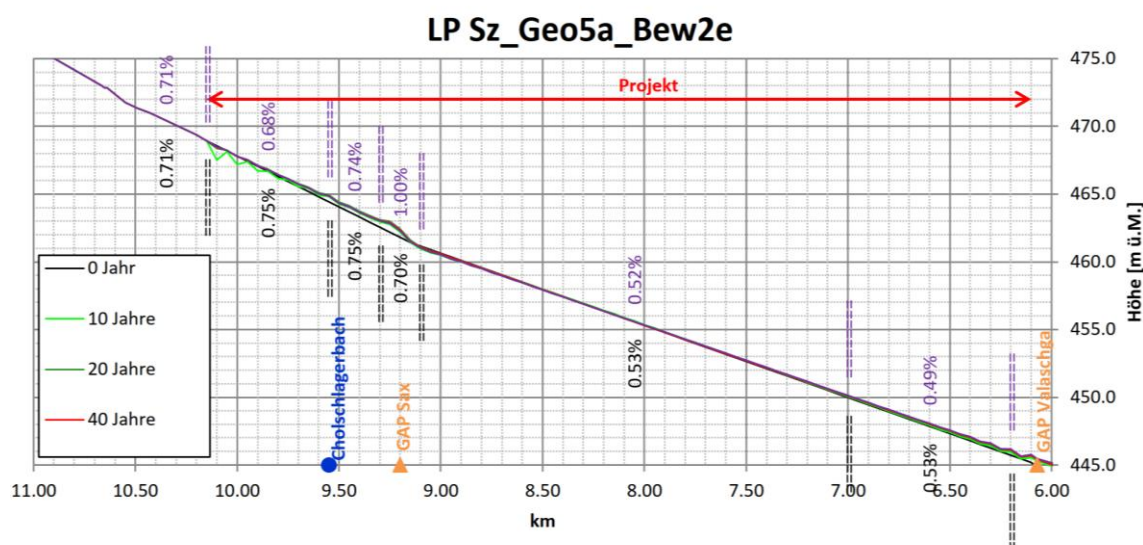


Abbildung 31: Längsprofil der Sohlenlage zu verschiedenen Zeitpunkten, Szenario Geo5a_Bew2e.

5.10 Projekt Szenario Geo5a_Bew2e & HQ₁₀₀ «lang»

5.10.1 Eingabegrößen

Mit diesem Szenario wird untersucht, wie sich ein Geschiebeereignis HQ₁₀₀ auf die bereits stabilisierte Projektsohle auswirkt.

Gerinnegeometrie Geo5a

Projektabschnitt

Generalisierter Flussschlauch mit einer mittleren Sohlenbreite von 18 Meter und beidseitig 1:2 Böschung

Geometrie basierend auf den Modellresultaten des Szenarios **Geo5a_Bew2e nach 60 Jahren** bzw. nach dem Erreichen einer stabilen Sohlenlage.

Berg- und Talseitig des Projektabschnitts

Vermessung 2011 zuzüglich Projektgeometrie Ausbaustufe 1 u. 2

Abflussganglinie vgl. Abbildung 5

Geschiebezufuhr vgl. Kap. 4.4

Kiesentnahmen keine

5.10.2 Resultate

Sohlenänderungen GAP Valmajos – GAP Sax

Zum Zeitpunkt des maximalen Abflusses bzw. nach 26h steigt die Sohlenlage noch nicht massgeblich an, d.h. dass die Abflusskapazität bei maximalem Abfluss noch nicht eingeschränkt ist und es zu keinen Ausuferungen kommen kann.

Die Sohlenuflandung erfolgt bei abklingendem Hochwasser und erreicht zwischen dem GAP Valmajos und GAP Sax eine mittlere Auflandungshöhe von ca. 60 - 70 cm. Das Auflandungsgefälle bleibt gegenüber dem Ausgangsgefälle praktisch gleich. Daraus kann abgeleitet

werden, dass mindestens ein Teil der Auflandung durch den Gefällswechsel und dem erhöhten Ablagerungshorizont im GAP Sax verursacht wird.

GAP Sax - GAP Valaschga

Nach dem GAP Sax erhöht sich das Auflandungsgefälle bzw. der Gefällswechsel von 0.7% auf 0.5% dehnt sich über eine Länge von ca. 700 Meter talseitig des GAP Sax aus. Der Geschiebestoss HQ₁₀₀ wirkt sich somit nur bis ca. 700 Meter talseitig des GAP Sax aus, danach bleibt die Sohle unverändert. Erst kurz vor dem GAP Valaschga ist wiederum mit einer reduzierten Sohlenauflandung zu rechnen, jedoch auch wieder erst bei abklingendem Abfluss.

GAP Valaschga talwärts

Keine Veränderungen in der mittleren Sohlenlage.

Fazit

Die für das Vorprojekt gewählte Projektgeometrie Geo5a vermag einen Geschiebestoss HQ₁₀₀ «lang» aufnehmen. Weil der maximale Abfluss vor der beginnenden Sohlenauflandung erreicht wird, kommt es voraussichtlich zu keinen Ausuferungen innerhalb der Projektstrecke. Nach dem Ereignis ist jedoch mit einer gleichmässigen Sohlenauflandung zwischen GAP Valmajos und GAP Sax zu rechnen.

Aufgrund der gleichmässigen Anhebung der Sohlenlage zwischen dem GAP Valmajos und dem GAP Sax sowie dem offensichtlichen Rückstau durch den erhöhten Auflandungshorizont im GAP Sax kann davon ausgegangen werden, dass sich die Sohle mit gezielter Bewirtschaftung im GAP Valmajos und GAP Sax selbsttätig wieder auf das ursprüngliche Niveau absenken lässt. Im Rahmen der nächsten Projektphase soll diese Annahme mit Geschiebeberechnungen plausibilisiert werden.

Es ist davon auszugehen, dass sich zwischen dem GAP Valmajos bis GAP Sax auch bei häufigeren Hochwasserereignissen leichte Auflandungen einstellen könnten, entsprechend ist zum Schutz des Siedlungsgebietes ein entsprechendes Freibord zu berücksichtigen, welches die Unsicherheiten in der Wasserspiegellage abfängt.

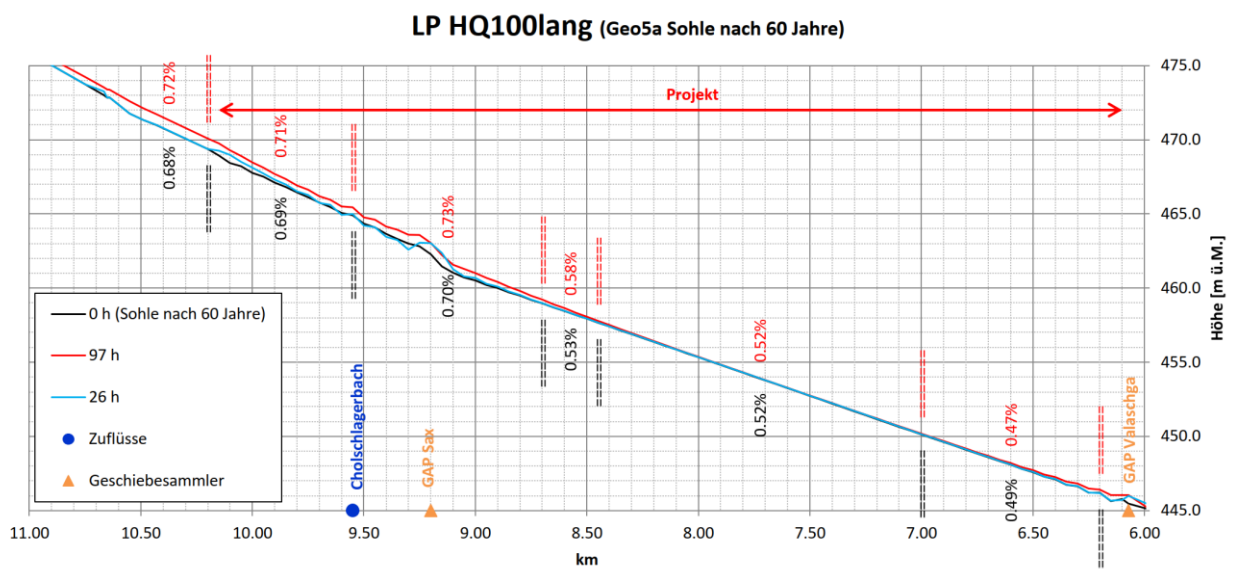


Abbildung 32: Längenprofil der Sohlenlage zu verschiedenen Zeitpunkten, während eines 100-jährlichen Hochwasserereignisses mit einer Gangliniendauer von drei Tagen (Hochwasserspitze nach 26h).

6. HOCHWASSERSPIEGEL

6.1 Projektgeometrie (Modellszenario Geo5a_Bew2e)

Die hydraulische Kapazitätsberechnung der neuen Projektgeometrie wurden auf Basis der Projektsohle Geo5a nach 0 Jahren und nach 60 Jahren mit einem 1d-Staukurvenmodell durchgeführt.

Im Längenprofilplan, Beilage 3.1 sind die Wasserspiegellagen des Dimensionierungsereignis HQ₁₀₀ sowohl im Projektzustand nach 0 Jahren und nach 60 Jahren (mit stabilisierter Sohlenlage) eingetragen.

Die berechneten Wasserspiegellagen im Zustand nach 60 Jahren bzw. mit leicht aufgelandeter Sohle wurden für die Dimensionierung der Ufer- und Dammhöhen verwendet.

Detailbeschreibung erfolgt in der nächsten Projektphase

7. GESCHIEBEBEWIRTSCHAFTUNG

Pendent, wird in der nächsten Projektphase behandelt

8. PENDENZEN FÜR DAS BAUPROJEKT

nicht abschliessend

Im Rahmen des Bauprojekts werden die Gerinnegeometrien noch detaillierter ausgearbeitet. Darauf abgestützt werden die Ufer- und Dammhöhen, sowie das Überströmen der rechten Dämme bei Abflüssen > HQ₁₀₀ zwischen GAP Sax und GAP Valaschga nochmals im Detail nachgerechnet.

Die Wirkung der Hochwasserschutzmassnahmen soll anschliessend mittels 2d-Modellierung überprüft und die Uferhöhen gegebenenfalls angepasst werden.

Im weiteren wird der Geschiebehaushalt ergänzend mit zusätzlichen Szenarien bzw. Zuständen untersucht, um die Sensitivität der Geschiebepflege noch besser abschätzen zu können. Daraus sollen praktikable Vorschläge für die Bewirtschaftung abgeleitet werden können.

Angestrebtes Ziel ist, dass für die Zukunft in den Geschiebeablagerungsplätzen (GAP) sogenannte Eingriffshorizonte und Handlungen definiert werden, wie z.B.:

- beim Überschreiten des Eingriffshorizonts muss Geschiebe bis auf die ursprüngliche Sohle entnommen werden
- Eingriffshorizonte sind optisch zu markieren und die Aushubkoten (= ursprüngliche Sohle) ist ebenfalls verbindlich festzulegen (z.B. mittels eines Geländemodells zHd. einer GPS-Baggersteuerung).