

# **Aufweitung Alpenrhein Schaan, Buchs & Eschen**

## **Konzeptstudie**

## Impressum

### Autoren

#### Firma

Hunziker, Zarn & Partner AG

#### Personen

Christian Jecklin, Dipl. Kult-Ing. ETH

Benno Zarn, Dr. sc. Tech. Dipl. Bau-Ing. ETH, ME

#### Dokument

Aufweitung Eschner Au.docx

#### Datum

#### Nr.

#### Status / Änderungen Bezeichnung

6. März 2020

1.0

Entwurf

1. April 2020

2.0

Schlussversion inkl. Rückmeldungen und Korreferat

### Auftraggeber

Amt für Wasser und Energie St. Gallen, Rheinunternehmen, Rheinbaustrasse 2, 9443 Widnau

Kontaktperson: Daniel Dietsche, daniel.dietsche@sg.ch

Amt für Bevölkerungsschutz, Emanuel Banzer, Zollstrasse 45, FL-9490 Vaduz

Kontaktperson: Emanuel Banzer, emanuel.banzer@llv.li

### Auftragnehmer

Hunziker, Zarn & Partner AG, Gassa Sutò 43a, CH-7013 Domat/Ems, UID CHE-324.988.824 HR

Kontaktperson: Benno Zarn, 081 630 36 18, benno.zarn@hzp.ch

### Verteiler

pdf

Papier

Daniel Dietsche, Rheinunternehmen St.Gallen

x

x

Emanuel Banzer, Amt für Bevölkerungsschutz

x

x

---

## Zusammenfassung

---

### *Ausgangslage*

Am Alpenrhein in der Eschner Au wird im Entwicklungskonzept Alpenrhein zwischen den Rheinkilometern 51 und 54.2 eine rechts- und linksufrige Aufweitung vorgeschlagen. Der vorgeschlagene Perimeter aus dem EK Alpenrhein liegt in den Gemeinden Buchs und Sennwald (SG) sowie in den Liechtensteiner Gemeinden Eschen, Schaan und Gamprin. Nun soll der Einfluss einer Aufweitung in einem Teilbereich des Aufweitungsperimeters aus dem Entwicklungskonzepts Alpenrhein auf den Geschiebehaushalt, Sohlenlage und das Grundwasser im Rahmen einer Konzeptstudie untersucht werden.

### *Defizite und Projektziele*

Die heutige Bettbreite von rund 95 m erlaubt zwar dem Alpenrhein das Formen von alternierenden Bänken. Die Vielfalt und Qualität von aquatischen und terrestrischen Lebensräumen, wie sie zum Beispiel noch in den Mastrilser Rheinauen vorkommen, ist jedoch stark eingeschränkt. So ist heute kein dynamischer Auenwald mehr vorhanden. Entsprechend reduziert ist die Artenvielfalt.

Mit der geplanten Aufweitung sollen diese Defizite unter Beibehaltung der aktuellen Hochwassersicherheit weitgehend behoben werden.

Die möglichen Projektziele für eine Aufweitung Alpenrhein Schaan, Buchs & Eschen wurden wie folgt festgelegt:

- Gewährleistung der Hochwassersicherheit
- Erhöhung der morphologischen Vielfalt, Schaffung von neuen aquatischen und terrestrischen Lebensräumen
- Stabilisierung Grundwasserspiegel und Sohlenlage unterhalb Aufweitung
- Ressourcennutzung (Kiesbewirtschaftung)

### *Randbedingungen und bestehende Nutzungen*

Verschiedene Randbedingungen setzen dem Vorhaben Grenzen. Dazu gehören die Grundeigentumsverhältnisse, landwirtschaftliche Nutzung, der Grundwasserspiegel generell, Verkehrsträger und Deponien. Weiter sind verschiedene Nutzungen innerhalb des Projektperimeters vorhanden, welche beachtet und in der Projektierung mitberücksichtigt werden müssen (z.B. Erdgasleitung, Langsamverkehr, Kompostieranlage).

### *Projektperimeter*

Die Ausdehnung der Projektierungsvariante wurde zusammen mit dem Auftraggeber festgelegt. Der Projektperimeter der Aufweitung Schaan, Buchs und Eschen liegt zwischen km 51 – 52.7 und die maximale Sohlenbreite beträgt ca. 225 m. Die Fläche des Aufweitungsperimeters inkl. bestehendes Gerinne beträgt ca. 41 ha.

### *Projektauswirkung auf Geschiebehaushalt und Wasserspiegel*

Die Aufweitung wurde mit Hilfe des Feststofftransportmodells auf deren Einfluss auf den Geschiebehaushalt und die Sohlenlage geprüft. Die Modellierungen zeigten, dass die Verbreiterung des Gerinnes den bereits vorhandenen Auflandungstrend in diesem

Abschnitt des Alpenrheins begünstigt. Insbesondere findet eine Rückwärtsauflandung bis über die Blockrampe Buchs hinaus statt. Um die Abflusskapazität des Alpenrheins nicht zu reduzieren und um einen übermässigen Anstieg des Grundwasserspiegels zu verhindern, ist oberhalb der Aufweitung eine Geschiebebewirtschaftungsstrecke vorgesehen. Die Entnahmekubaturen variieren je nach Jahr, Abflussverhältnisse und Geschiebeaufkommen im Alpenrhein. Im Mittel müssen je nach Geschiebeaufkommen 10 – 15'000 m<sup>3</sup> jährlich entnommen werden.

*Materialbilanz und  
Grobkosten-  
schätzung*

Für die Aufweitung Alpenrhein Schaan, Buchs & Eschen wurde eine Materialbilanz und Grobkostenschätzung durchgeführt. Die Aushubkubatur beträgt rund 785'000 m<sup>3</sup>. Bei einer komplett maschinell ausgeführten Realisierung resultiert ein Materialüberschuss von rund 144'000 m<sup>3</sup>. Die Kosten für eine rein maschinelle Realisierung werden auf rund 25 Mio. CHF (+/- 30 %) geschätzt.



---

# Inhaltsverzeichnis

---

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung .....</b>                             | <b>7</b>  |
| 1.1      | Projektadministration .....                         | 7         |
| 1.2      | Projektgrundlagen.....                              | 7         |
| 1.3      | Methodik .....                                      | 8         |
| <b>2</b> | <b>Ausgangslage .....</b>                           | <b>9</b>  |
| 2.1      | Projektperimeter.....                               | 9         |
| 2.2      | Hydrologie.....                                     | 10        |
| 2.3      | Morphologie & Geometrie .....                       | 10        |
| 2.4      | Hydraulikmodell .....                               | 11        |
| 2.5      | Feststofftransportmodell .....                      | 12        |
| 2.6      | Bestehende Nutzungen .....                          | 13        |
| 2.7      | Inventare.....                                      | 13        |
| 2.8      | Verbauungen und aktuelle Hochwassergefährdung ..... | 14        |
| <b>3</b> | <b>Aufweitung Schaan, Buchs &amp; Eschen .....</b>  | <b>15</b> |
| 3.1      | Defizite und Projektziele .....                     | 15        |
| 3.2      | Projektannahmen.....                                | 15        |
| 3.3      | Projektvariante .....                               | 15        |
| 3.4      | Projektelemente .....                               | 17        |
| <b>4</b> | <b>Auswirkungen der Massnahmen .....</b>            | <b>17</b> |
| 4.1      | Sohlenlage und Geschiebehaushalt .....              | 17        |
| 4.2      | Wasserspiegel und Abflusskapazität .....            | 19        |
| 4.3      | Grundwasser.....                                    | 19        |
| 4.4      | Natur- und Landschaft .....                         | 20        |
| 4.5      | Näherholung und Langsamverkehr.....                 | 20        |
| 4.6      | Landwirtschaft.....                                 | 20        |
| 4.7      | Wald.....   | 20        |
| <b>5</b> | <b>Diskussion.....</b>                              | <b>21</b> |
| 5.1      | Ausführung und Etappierung .....                    | 21        |
| 5.2      | Materialbilanz.....                                 | 21        |
| 5.3      | Grobkostenschätzung .....                           | 22        |
| 5.4      | Fazit und weiteres Vorgehen .....                   | 23        |

## Anhang

---

|          |   |    |
|----------|---|----|
| Anhang 1 | Übersicht Projektperimeter                        | 25 |
| Anhang 2 | Nutzungen innerhalb Projektperimeter              | 26 |
| Anhang 3 | Nutzungsplan                                      | 27 |
| Anhang 4 | Projektelemente Aufweitung Schaan, Buchs & Eschen | 28 |

# 1 Einleitung

## 1.1 Projektadministration

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <i>Ausgangslage</i>        | Am Alpenrhein in der Eschner Au wird im Entwicklungskonzept Alpenrhein zwischen den Rheinkilometern 51 und 54.2 eine rechts- und linksufrige Aufweitung vorgeschlagen. Der vorgeschlagene Perimeter aus dem EK Alpenrhein liegt in den Gemeinden Buchs und Sennwald (SG) sowie in den Liechtensteiner Gemeinden Eschen, Schaan und Gamprin. In einer früheren Untersuchung wurden bereits die Auswirkungen einer solchen Aufweitung auf die Gewässermorphologie untersucht /4/. Nun soll der Einfluss der Aufweitung Schaan, Buchs & Eschen auf den Geschiebehaushalt, Sohlenlage und das Grundwasser im Rahmen einer Konzeptstudie untersucht werden. |
| <i>Auftrag</i>             | Das Rheinunternehmen und das Amt für Bevölkerungsschutz beauftragte am 26. Feb. 2019 die Hunziker, Zarn & Partner AG mit den entsprechenden Untersuchungen.  |
| <i>Projektorganisation</i> | Gleichzeitig zu den morphologischen und hydraulischen Abklärungen von einer möglichen Revitalisierung am Alpenrhein in erfolgten die Abklärungen der möglichen Auswirkungen auf das Grundwasser durch die TKConsult AG in Zürich.  |
| <i>Projektablauf</i>       | <p>Es fanden folgende Besprechungen statt:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 23.04.2019: Besprechung erste Zwischenresultate mit Auftraggeber in Domat/Ems</li><li>• 04.06. 2109: Besprechung Zwischenresultate mit Auftraggeber in Vaduz</li><li>• 26.03.2020: Besprechung Schlussresultate mit Auftraggeber in Vaduz</li></ul>   |

## 1.2 Projektgrundlagen

|                               |     |   |
|-------------------------------|-----|---|
| <i>Berichte und Dokumente</i> | /1/ | Feststofftransportmodell Alpenrhein, Erfolgskontrolle bestehendes Zweikornmodell sowie Entwicklung eines Mehrkornmodells, Hunziker, Zarn & Partner AG, Projekt Nr. A-814, Entwurf Nov. 2016.                                  |
|                               | /2/ | Heierli AG, Tergeso AG, Hunziker, Zarn & Partner AG (2000): Hydrologie Alpenrhein, Hauptstudie; im Auftrag der internationalen Regierungskommission Alpenrhein.   |
|                               | /3/ | Entwicklungskonzept Alpenrhein, Internationale Regierungskommission Alpenrhein und Internationale Rheinregulierung, Dezember 2005.  |
|                               | /4/ | Aufweitung Eschner Au, Auswirkungen auf die Gewässermorphologie, Hunziker, Zarn & Partner AG im Auftrag des Amtes für Bevölkerungsschutz Fürstentum Liechtenstein und des Rheinunternehmens Kanton St. Gallen, November 2015. |
|                               | /5/ | Geschiebebewirtschaftung Alpenrhein, Entwicklung eines Bewirtschaftungskonzepts für die Stabilisierung der Rheinsohle, Hunziker, Zarn & Partner AG  |

im Auftrag des Amts für Bevölkerungsschutz Fürstentum Liechtenstein und des Rheinunternehmens Kanton St. Gallen, in Bearbeitung.

- /6/ Aufweitung Alpenrhein Maienfeld / Bad Ragaz, Vertiefte Abklärung Grundwasser, Morphologische Abklärungen und Geschiebemodellierungen, Hunziker, Zarn & Partner AG & TK Consult AG, März 2017.
- /7/ Sanierung Schwelle Ellhorn, Auflage- und Ausführungsprojekt, Hunziker, Zarn & Partner AG, Projekt Nr. A-814.2, Aug. 2017.
- /8/ Wasserspiegellagen Alpenrhein St. Gallen und Fürstentum Liechtenstein, Hunziker, Zarn & Partner AG im Auftrag des Rheinunternehmens St. Gallen und des Amts für Bevölkerungsschutz der Liechtensteinischen Landesverwaltung, Projekt Nr. A-683, 25. Juli 2014.
- /9/ Aufweitung Alpenrhein Eschen, Grundwassermodellierungen, TK Consult AG Zürich, 21. Jan. 2020.
- /10/ Querprofilaufnahmen Alpenrhein Vermessung Markowski Straka ZT GmbH, Frühling 2011.
- /11/ Sohlenaufnahmen Alpenrhein, km 23.6 – 65, verschiedene Jahrgänge, Rheinunternehmen St. Gallen.
- /12/ Höhenmodell Liechtenstein, Fluggestützte Laserscanmessung, Fludaten 08.04 & 26.08.2018, TopScan GmbH, 2016.

### 1.3 Methodik

#### *Methodik und Instrumente*

Durch eine Verbreiterung des Flussbetts nimmt die Geschiebetransportkapazität des Alpenrheins ab, was durch eine Anpassung des Längenprofils kompensiert wird. Mit Hilfe des neuen fraktionierten 1d-Feststofftransportmodells des Alpenrheins wird die zu erwartende Sohlpassung bestimmt. Dazu wird die maximal mögliche Sohlenbreite der Aufweitung Eschner Au in das Geschiebemodell integriert. Mit verschiedenen Szenarien (Berechnungsperioden bzw. Abflussganglinien) werden die Auswirkungen auf die Sohlenlage und den Geschiebehaushalt in der Aufweitung und in den angrenzenden Rheinabschnitten überprüft und mit dem Referenzzustand (= heutige Geometrie) verglichen.

Die massgebenden Sohlenlagen aus dem Feststofftransportmodell werden anschliessend verwendet, um die entsprechenden Wasserspiegel für das Grundwassermodell zu berechnen bzw. um die möglichen Auswirkungen der Massnahmen auf die Grundwasserstände zu ermitteln.

## 2 Ausgangslage

### 2.1 Projektperimeter

Der Projektperimeter für die Konzeptstudie der Aufweitung Schaan, Buchs & Eschen entspricht dem Perimeter E aus /4/ mit einer Ergänzung nach Süden und Teile von Perimeter F. Der Projektperimeter (rote Linie in Bild 1) weist eine Fläche von rund 42 ha auf und reicht von Rhein-km 51 – 52.7.

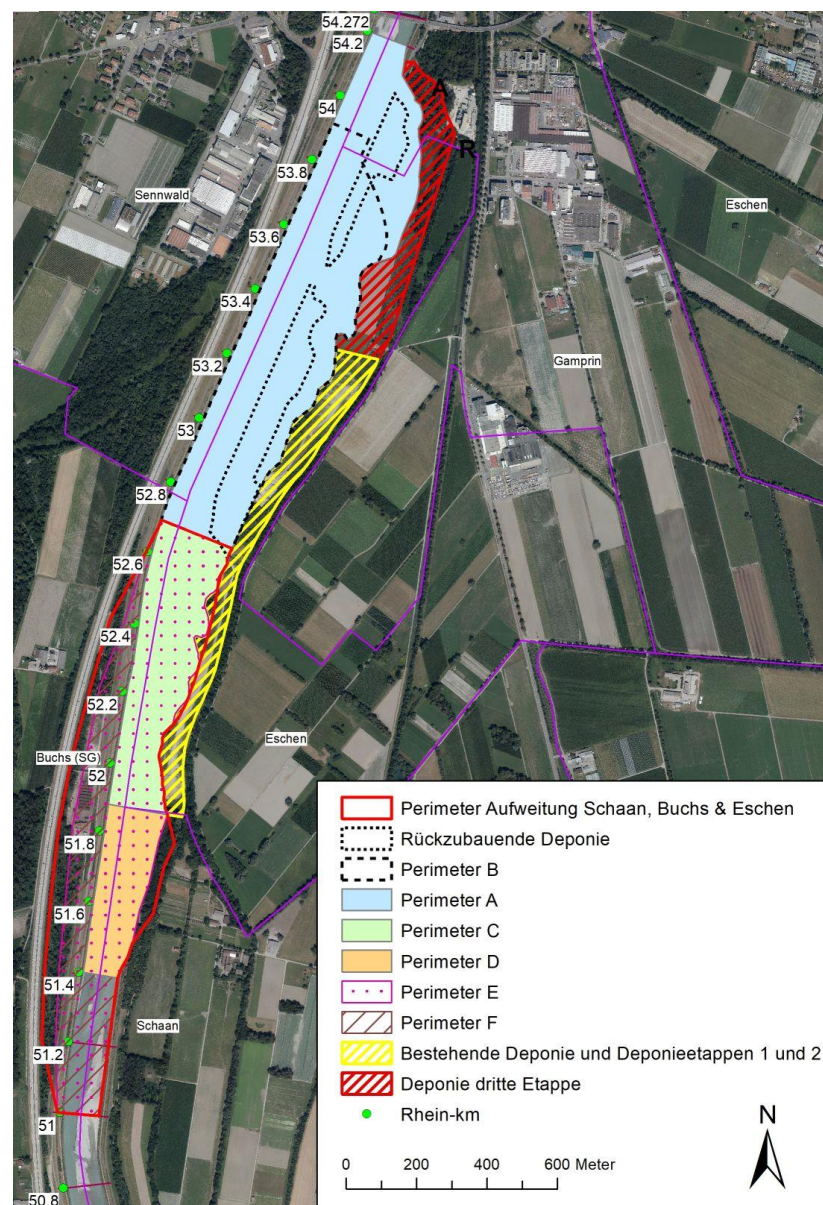


Bild 1: Projektperimeter (rote Linie) Aufweitung Schaan, Buchs & Eschen überlagert mit Perimeterflächen aus /4/ (vergrösserte Darstellung in Anhang 1).

## 2.2 Hydrologie

### Hochwasserabflüsse

Die Hochwasserabflüsse im Alpenrhein sind aus früheren Untersuchungen bekannt und sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

| Ereignis          | Abfluss                |
|-------------------|------------------------|
| HQ <sub>30</sub>  | 1950 m <sup>3</sup> /s |
| HQ <sub>100</sub> | 2550 m <sup>3</sup> /s |
| HQ <sub>300</sub> | 3350 m <sup>3</sup> /s |
| EHQ <sub>a</sub>  | 4400 m <sup>3</sup> /s |

Tabelle 1: Hochwasserabflüsse Alpenrhein zwischen Landquart- und der Illmündung (aus [2]).

### Abflussganglinien

Für die Geschiebemodellierungen werden die effektiv beobachteten Abflussganglinien an verschiedenen Messstationen am Alpenrhein (z.B. Domat/Ems) der Periode 1995 – 2016 verwendet (siehe auch Kap. 2.5)

## 2.3 Morphologie & Geometrie

### Morphologie und Sohlenbreite

Der Alpenrhein innerhalb des Projektperimeters fließt im Abschnitt mit alternierenden Kiesbänken. Diese Sohlenform führt zu beachtlichen Kolkiefen in den Uferbereichen von bis zu 4 m. Die mittlere Sohlenbreite im Projektperimeter beträgt aktuell ca. 95 m (Bild 2).

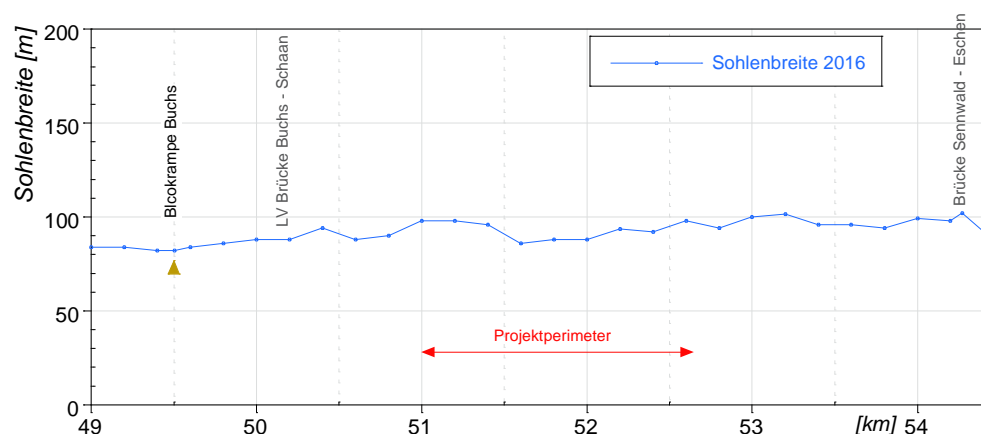


Bild 2: Sohlenbreiten Alpenrhein aus den Querprofilaufnahmen 2011 [10].

### Längenprofil Alpenrhein

In Bild 3 sind die mittleren Sohlenlagen von ausgewählten Profilaufnahmen zwischen 1974 und 2016 ober- und unterhalb des Projektperimeters dargestellt.

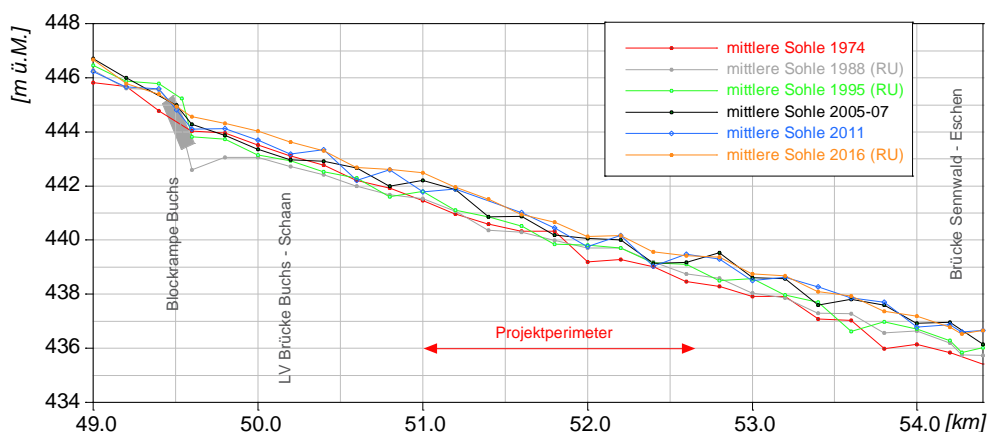


Bild 3: Längsenprofil Alpenrhein mit verschiedenen Sohlenlagen.

Zwischen 1974 und 1988 waren oberhalb der Blockrampe Auflandungen und unterhalb Erosionen zu verzeichnen. Die Ursache für diese beiden Prozesse ist der Bau der Blockrampe Buchs. Der Geschieberückhalt oberhalb der Blockrampe führte zu einer Eintiefung unterhalb der Blockrampe. Seit 1995 dominieren unterhalb der Blockrampe Auflandungsprozesse. Zwischen 1995 und 2016 landete das Rheinbett dort um rund 90 cm an. In der Periode 2011 – 2016 fand unterhalb der Blockrampe Buchs nochmals eine deutliche Auflandung statt und die Blockrampe weist nur noch einen Höhenunterschied von rund 30 cm auf. Oberhalb der Blockrampe ist der Trend weniger eindeutig.

*Mutmassliche  
weitere Entwicklung  
Sohlenlage*

Aufgrund der Resultate von Abklärungen über den Geschiebehaushalt des Alpenrheins muss bei gleichbleibenden Verhältnissen mit weiteren Anlandungen unterhalb der Blockrampe Buchs gerechnet werden.

## 2.4 Hydraulikmodell

### *1d-Staukurvenmodell*

Die Bestimmung der Auswirkungen der Aufweitung Schaan, Buchs & Eschen auf die Hochwasserspiegel erfolgen mit einem Hydraulikmodell, welches auf den Querprofil-aufnahmen 2011 mit der Sohlenlage 2016 basiert. Die Berechnungen erfolgen mit einem 1d-Staukurvenmodell auf Basis HecRas des US Army Corps of Engineers. Mit ihm können Wasserspiegellagen in Flüssen und Bächen bei stationären und instationären Abflüssen für strömende und schiessende Verhältnisse berechnet werden.

### *Rauheiten*

Die hydraulischen Berechnungen basieren auf den Rauheitsbeiwerten der Tabelle 2.

| Objekt                                       | Rauheitsbeiwert [ $m^{1/3}/s$ ] |
|--|---------------------------------|
| Flusssohle                                   | 36                              |
| Böschungen / Vorgrund (Blockwurf)            | 25                              |
| Böschungen (Blockwurf / Blocksatz überdeckt) | 32.5                            |
| Damm mit Grasbewuchs                         | 32.5                            |
| Bewachsene Kiesbänke                         | 10                              |

Tabelle 2: Zusammenstellung Rauheiten für die hydraulischen Modellierungen /6/.

## 2.5 Feststofftransportmodell

### Mehrkornmodell

Vom Alpenrhein, zwischen Domat/Ems und dem Bodensee, wurde im Jahr 2016 ein neues Feststofftransportmodell entwickelt /1/. Das eingesetzte Modell wird als Mehrkornmodell betrieben. Mit diesem Mehrkornmodell sollen zukünftige Fragestellungen bearbeitet werden, welche sich auf den Geschiebehaushalt des Alpenrheins auswirken. Dazu gehört z.B. die Prüfung von Aufweitungen, wie sie im Entwicklungskonzept Alpenrhein /3/ vorgeschlagen werden, oder die Koordination von Massnahmen im Zusammenhang mit dem neuen Schweizerischen Gewässerschutzgesetz wie die Abstimmung der Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehaushalts auf die Revitalisierungsplanung.

### Kalibrierung und Verifikation

Das Mehrkornmodell wurde mit den Beobachtungen der Periode von 1996 bis 2010 kalibriert. Als Verifikationsperiode wurde der Zeitraum von 1974 bis 1995 gewählt. Bei einer Kalibrierung eines Feststofftransportmodells wird mit dem Modell versucht, die beobachteten Sohlenveränderungen mit dem Modell möglichst genau nachzurechnen. In Bild 4 sind für die Kalibrierungsperiode beobachteten und berechneten Sohlenveränderungen mit dem Feststofftransportmodell dargestellt.

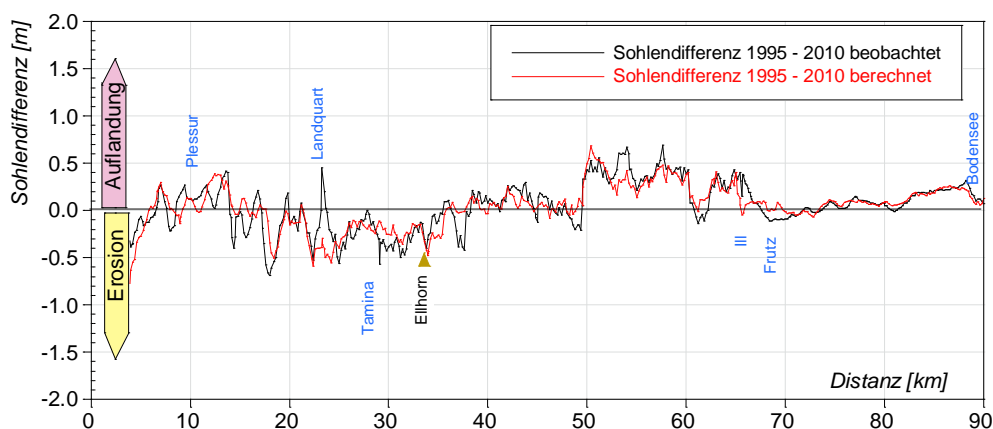


Bild 4: Berechnete und beobachteten Sohlenveränderungen (gleitendes Mittel über 5 Querprofile) für die Kalibrierungsperiode von 1996 bis 2010.



Wie der Vergleich der berechneten und beobachteten Sohlenveränderungen zeigt, können die grossräumigen Trends gut simuliert werden. Auch innerhalb des Projektperimeters können die Sohlenveränderungen gut wiedergegeben werden.

## 2.6 Bestehende Nutzungen

---

|  |   |
|--|---|
| <i>Grundnutzung</i>                      | Rechtsufrig, auf Gemeindegebiet Eschen liegt der Projektperimeter in der forstwirtschaftlichen Zone, welche von einer Deponiezone überlagert ist. In der Gemeinde Schaan befindet sich der Projektperimeter im Waldgebiet und das Gerinne des Alpenrheins in der Zone für öffentliche Gewässer. Linksufrig, in der Gemeinde Buchs, liegt der grösste Teil des Projektperimeters im Wald. Das Areal der Kompostieranlage Ceres liegt in einer Verkehrsfläche. In Anhang 3 sind die entsprechenden Nutzungspläne dargestellt. |
| <i>Grundeigentümer</i>                   | Linksufrig, auf Gemeindegebiet Buchs, ist innerhalb des Projektperimeters das Rheinunternehmen Grundeigentümer. Rechtsufrig, auf Gemeindegebiet Schaan und Eschen, sind die Grundeigentümerverhältnisse noch abzuklären.  |
| <i>Naherholung &amp; Freizeitnutzung</i> | Innerhalb des Projektperimeters findet vor allem Naherholung und Freizeitnutzung statt. Die Rheindämme werden vor allem zum Fahrradfahren und die Kiesbänke gerne auch zum Grillieren benutzt.  |
| <i>Langsamverkehr</i>                    | Im Projektperimeter verläuft linksufrig auf dem Damm die nationale Skatingroute Nr. 25. Auf dem rechtsufrigen Dammweg verlaufen der hindernisfreie Wanderweg Benden – Schaan sowie Bikerouten (siehe Anhang 2).   |
| <i>Erdgasleitung</i>                     | Im linksufrigen, luftseitigen Dammfuss befindet sich auf der ganzen Länge des Projektperimeters die Erdgasleitung der Erdgas Ostschweiz (siehe Anhang 2).   |

## 2.7 Inventare

---

|  |   |
|--|---|
| <i>Amphibienlaichgebiet / Lebensraum bedrohter Arten</i> | Linksufrig, am unteren Ende des Projektperimeters, befindet sich ein Amphibienlaichgebiet (SG205, Retentionsbecken Ceres Rhein-Au). Der linksseitige Projektperimeter befindet sich ausserdem in einem Schongebiet von Lebensräumen bedrohter Arten (Werdenberger Rheinauen). |
| <i>Magerstandorte</i>                                    | Die Böschungen des Rheindamms rechtsufrig sind abschnittsweise als Magerstandorte ausgewiesen.  |

---

## 2.8 Verbauungen und aktuelle Hochwassergefährdung

---

### *Korrektion Alpenrhein ab 1850*

Ab 1850 begannen am Alpenrhein die Arbeiten für die systematische Korrektur zwischen Reichenau und dem Bodensee. Während mehrerer Jahrzehnte wurde der Alpenrhein begradigt und kanalisiert.

### *Sohlabsenkung durch Kiesent- nahmen zwischen ca. 1950 und 1972 und Bau der Schwellen Ellhorn & Buchs*

Ab 1950 wurde die Sohle des Alpenrheins zur Erhöhung bzw. Sicherstellung der Abflusskapazität durch kommerzielle Kiesentnahmen abgetieft. Die Abtiefung der Sohle führte zur Erstellung des sogenannten Vorgrunds im Perimeter des Kantons St.Gallens und des Fürstentum Liechtensteins. Es handelt sich dabei um einen Unterhaltungsweg, welcher auf der Wasserseite der Rheindämme etwa auf dem Niveau der Talebene verläuft und mit Blocksteinen gegen Erosion gesichert ist. Nach dem Einsturz der Brücke Buchs – Schaan im Jahr 1972 wurden die Kiesentnahmen unterhalb der Landquartmündung eingestellt und zur Stabilisierung der Sohle die beiden Schwellen bei Buchs und beim Ellhorn gebaut.

### *Uferverbauungen*

Die Ufer sind durchgehend mit einem Damm und mit einem entsprechenden Erosionsschutz auf dem Vorgrund verbaut. Der Damm weist kaum Vegetation auf.

### *Hochwasser- gefährdung*

Der Abschnitt innerhalb des Projektperimeters weist eine sehr grosse Abflusskapazität auf, welche deutlich über dem EHQA liegt. Beidseitig besteht bis zum EHQA keine Hochwassergefährdung durch den Alpenrhein

## 3 Aufweitung Schaan, Buchs & Eschen

### 3.1 Defizite und Projektziele

---

#### *Defizite*

Die heutige Bettbreite von rund 95 m erlaubt zwar dem Alpenrhein das Formen von alternierenden Bänken. Die Vielfalt und Qualität von aquatischen und terrestrischen Lebensräumen, wie sie zum Beispiel noch in den Mastrilser Rheinauen vorkommen, ist jedoch stark eingeschränkt. So ist heute kein dynamischer Auenwald mehr vorhanden. Entsprechend reduziert ist die Artenvielfalt. Weiter ist durch die fortschreitenden Auflandungen unterhalb Buchs eine Reduktion der Abflusskapazität und eine Erhöhung des Grundwasserspiegels zu beobachten, welche in Ruggell bereits zu Problemen führt.

Mit der geplanten Aufweitung sollen diese Defizite unter Beibehaltung der aktuellen Hochwassersicherheit möglichst behoben werden.

#### *Projektziele*

Die möglichen Projektziele für eine Aufweitung Alpenrhein Schaan, Buchs & Eschen wurden wie folgt festgelegt:

- Gewährleistung der Hochwassersicherheit
- Erhöhung der morphologischen Vielfalt, Schaffung von neuen aquatischen und terrestrischen Lebensräumen
- Stabilisierung Grundwasserspiegel und Sohlenlage unterhalb Aufweitung
- Ressourcennutzung (Kiesbewirtschaftung)

### 3.2 Projektannahmen

---

#### *Schutzziele, Dimensionierungs- grössen*

Bei einer Realisierung der Aufweitung Schaan, Buchs und Eschen ist abschnittsweise bei Dammbrückungen ein neuer Hochwasserschutzdamm nötig. Da das Schutzziel im Rahmen des vorliegenden Berichts noch nicht festgelegt wurde, wird für die hydraulischen Berechnungen der Projektvarianten angenommen, dass der Hochwasserschutzdamm auf das gleiche Niveau wie heute ausgelegt wird, was einem deutlich höheren Schutzziel als HQ<sub>100</sub> entspricht, welches für geschlossene Siedlungsstrukturen oder für grosse Verkehrsträger üblich ist.

### 3.3 Projektvariante

---

Die Ausdehnung der Projektierungsvariante wurde zusammen mit dem Auftraggeber festgelegt. Der Projektperimeter weist folgende Kenndaten auf:

- Aufweitung Schaan, Buchs und Eschen zwischen km 51 – 52.7
- maximale Sohlenbreite ca. 225 m, mittlere Breite 155 m
- Fläche Aufweitung inkl. bestehendes Gerinne ca. 41 ha, Fläche ohne bestehendes Gerinne 24 ha, benetzte Fläche Aufweitung ca. 32 ha.

Der Projektperimeter der Aufweitung Schaan, Buchs & Eschen ist kleiner als die Aufweitung Eschen aus dem Entwicklungskonzept Alpenrhein. Der Perimeter wurde aufgrund von bestehenden Nutzungen und Deponieflächen reduziert. Der Vergleich mit der Fläche der Aufweitung Alpenrhein Maienfeld / Bad Ragaz aus dem Vorprojekt /6/ von ca. 70 ha zeigt, dass die Aufweitung Schaan, Buchs und Eschen kleiner ist.

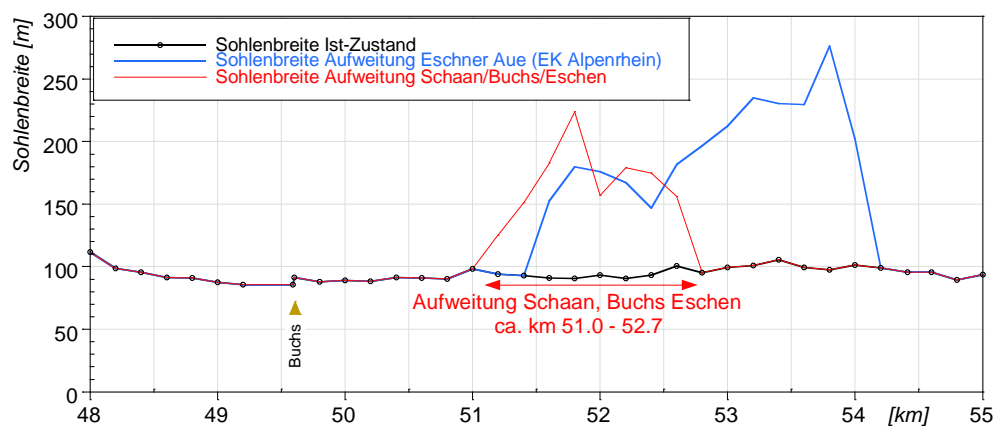


Bild 5: Sohlenbreiten Alpenrhein mit Aufweitung Schaan, Buchs und Eschen im Vergleich mit Aufweitung Eschner Aue aus /3/.

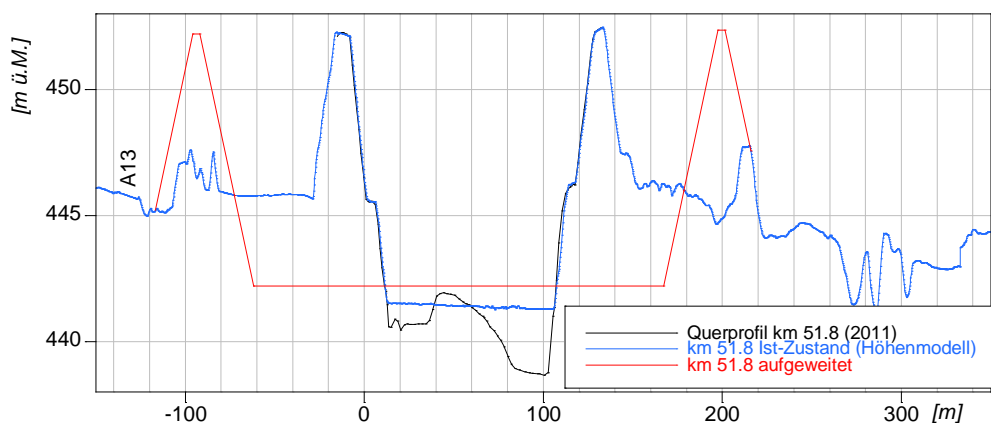


Bild 6: Querschnitt km 51.8 Vergleich Ist-Zustand (Höhenmodell /12/ und terrestrische Vermessung /10/) und mit Aufweitung Alpenrhein.

### 3.4 Projektelemente

---

Für eine Realisierung einer Aufweitung Schaan, Buchs & Eschen sind verschiedene Projektelemente notwendig:

- Hochwasserschutzdamm mit Erosions- und Kolkschutz links- und rechtsufrig
- Rückbau bestehendes Wuhr links- und rechtsufrig
- Verlegung Erdgasleitung Erdgas Ostschweiz in neuen Damm linksufrig

Im Anhang 4 sind die einzelnen Projektelemente für die Aufweitung dargestellt.

## 4 Auswirkungen der Massnahmen

### 4.1 Sohlenlage und Geschiebehaushalt

---

#### *Projektgeometrie in Feststofftransport- modell*

Durch eine Verbreiterung des Alpenrheins mit der Realisierung der Aufweitung Schaan, Buchs & Eschen entsteht durch die Abnahme der Geschiebetransportkapazität eine Anpassung des Gefälles der Sohle bzw. des Längenprofils. Es entsteht innerhalb der Aufweitung ein sogenannter Versatz und eine Gefällszunahme in der Sohle. Diese Anpassung der Sohle an die neuen Breitenverhältnisse wurde mit dem Feststofftransportmodell untersucht. Die Projektvariante wurde mit einem Trapezprofil mit ebener Sohle und einer Böschungsneigung von 1 : 3 ins Modell integriert (siehe Bild 6).

#### *Entwicklung massgebende Sohlenlage in Aufweitung*

Die Berechnung erfolgte mit dem kalibrierten Feststofftransportmodell für die Periode 1996 – 2016. Um das Verhalten der Sohle an die neuen Breitenverhältnisse langfristig zu analysieren, wurde für alle Varianten die Periode 1996 – 2016 dreimal hintereinander simuliert was einer Modellierungszeit von 63 Jahren entspricht. Dieselbe Periode wurde auch für den Ist-Zustand berechnet, welche als Referenzperiode bezeichnet wird.

In Bild 7 ist die Entwicklung der Sohlenlage innerhalb der Aufweitung mit insgesamt drei Berechnungsperioden hintereinander dargestellt. Wie das Längenprofil zeigt, erfolgt die Anpassung des Gefälles an die geänderten Breitenverhältnisse vor allem in der ersten Berechnungsperiode. In den folgenden 2 Berechnungsperioden sind die Anpassungen des Längenprofils innerhalb der Aufweitung nur noch geringfügig. Hingegen findet eine deutliche Rückwärtsauflandung weit über die Blockrampe Buchs statt. Unmittelbar unterhalb der Aufweitung ist aufgrund der Auflandungen in und vor allem oberhalb der Aufweitung eine Eintiefung zu beobachten. Der Vergleich mit dem Referenzzustand, welcher auch eine auflandende Tendenz aufweist, zeigt, dass die Auflandungen oberhalb des Aufweitungssperimeters weniger stark ausgeprägt sind. Die Auflandungen im Referenzzustand reichen bis zur Blockrampe Buchs.

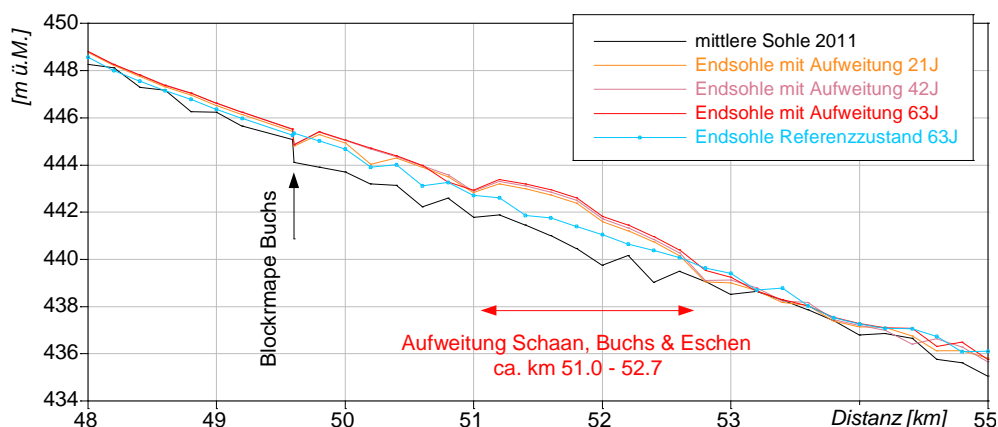


Bild 7: Entwicklung Sohlenlage mit Aufweitung Schaan, Buchs & Eschen für drei Berechnungsperioden mit den Abflussverhältnissen 1996 – 2016.

*Entwicklung  
massgebende  
Sohlenlage  
Aufweitung mit  
Geschiebe-  
bewirtschaftung*

Da sich die Aufweitung Schaan, Buchs & Eschen in einem auflandenden Abschnitt des Alpenrheins befindet, wird durch die Verbreiterung des Gerinnes und der dadurch verbundenen Reduktion der Geschiebetransportkapazität der Auflandungstrend noch verstärkt. Insbesondere die Rückwärtsauflandung wird dadurch begünstigt (siehe Bild 7). Dies hat längerfristig zur Folge, dass die Abflussskapazität des Gerinnes abnimmt und die Grundwasserspiegel unerwünscht stark ansteigen werden. Deshalb wurde eine weitere Sohlenlage mit einer Geschiebebewirtschaftungsstrecke entwickelt. Sie erfolgt zwischen der Blockrampe Buchs bis zum oberen Ende der Aufweitung. Im Geschiebebewirtschaftungskonzept Alpenrhein ist an dieser Stelle auch eine Entnahmestelle vorgesehen /5/. Die Entnahme erfolgt nach Bedarf, so dass eine bestimmte Zielsohle nicht überschritten wird. Die Geschiebebewirtschaftung wurde im Geschiebemodell so definiert, dass die Rückwärtsauflandung bis max. zur Blockrampe Buchs reichen darf. Die Entnahmekubaturen variieren je nach Jahr, Abflussverhältnisse und Geschiebeaufkommen im Alpenrhein. Im Mittel müssen 10 – 15'000 m<sup>3</sup> jährlich entnommen werden, damit die Sohle unterhalb der Zielsohle gehalten werden kann.

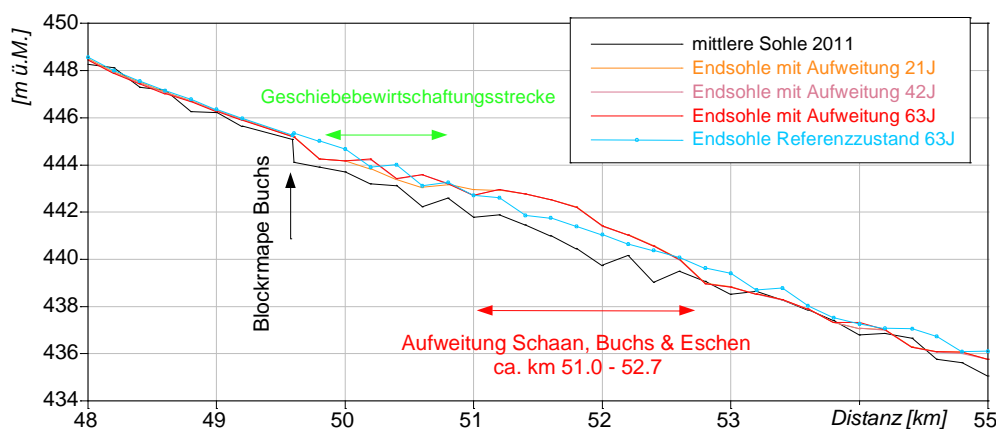


Bild 8: Entwicklung Sohlenlage mit Aufweitung Schaan, Buchs & Eschen für drei Berechnungsperioden mit den Abflussverhältnissen 1996 – 2016 inkl. Geschiebebewirtschaftung.

## 4.2 Wasserspiegel und Abflusskapazität

### Staukurvenmodell Aufweitung mit Geschiebe- bewirtschaftung

Um den Einfluss der neuen Breitenverhältnisse und Sohlenlage auf den Hochwasserspiegel bestimmen zu können, wurde die Aufweitung mit der Endsohlenlage aus den Geschiebemodellierungen in das 1d-Hydraulikmodell integriert (siehe 2.4) und die Wasserspiegel für ein Hochwasser HQ<sub>100</sub> (Abfluss 2550 m<sup>3</sup>/s) mit dem entsprechenden Hochwasserspiegel für den Ist-Zustand verglichen. Die hydraulischen Berechnungen wurden für die Aufweitungsvariante mit Geschiebebewirtschaftung durchgeführt. Es ist zu erwarten, dass ein beachtlicher Teil der Aufweitung nach der Realisierung wieder einwächst und dementsprechend ist auch ein Einfluss auf den Wasserspiegel zu erwarten. Die Abschätzung des Einflusses der Vegetation auf den Hochwasserspiegel ist auf dieser Projektstufe nicht Gegenstand der Abklärungen.

### Hochwasserspiegel mit Aufweitung

Trotz deutlich höherer Sohlenlage mit der Aufweitung ist aufgrund der grösseren Sohlenbreite eine leichte Absenkung des Hochwasserspiegels zu erwarten (Bild 9). Am unteren Ende Aufweitung kann beim Übergang in den kanalisiertem Abschnitt ein leichter Aufstau des Wasserspiegels auftreten.

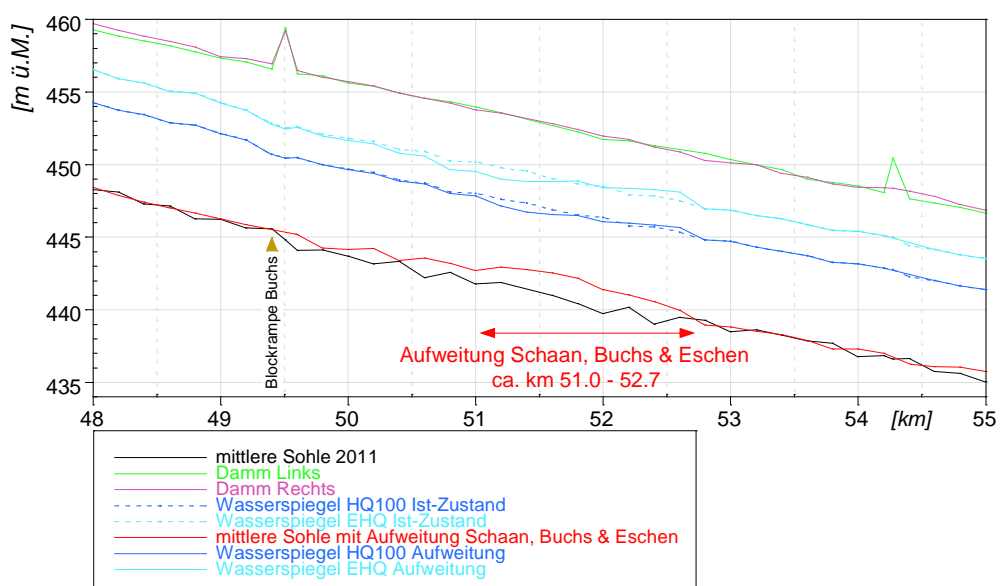


Bild 9: Wasserspiegel HQ<sub>100</sub> und EHQA mit Aufweitung im Vergleich zum Wasserspiegel Ist-Zustand.

## 4.3 Grundwasser

Der Einfluss der geänderten Breitenverhältnisse und Sohlenlagen auf den Wasserspiegel bzw. Grundwasser wurde mit Hilfe eines verfeinerten Grundwassermodells von der TKConsult AG untersucht. Die Resultate dieser Untersuchungen sind in einem separaten Bericht dokumentiert /9/.

---

#### **4.4 Natur- und Landschaft**

---

Je nach Art der Realisierung der Aufweitung Schaan, Buchs & Eschen (maschinell, eigendynamisch oder eine Kombination von beidem) kann sich unmittelbar nach Fertigstellung der Massnahme das Landschaftsbild stark ändern. Mittel- bis langfristig wird sich aber eine dynamische Flusslandschaft mit Auenvegetation ähnlich wie in den Mastrilser Rheinauen etablieren, aber vermutlich weniger ausgeprägt.

---

#### **4.5 Naherholung und Langsamverkehr**

---

Für die Rad, Bike und Skatingrouten muss innerhalb eines Projektes eine entsprechende neue Linienführung definiert werden (z.B. auf dem neuen Hochwasserschutzdamm). Die Wanderwege müssen auch entsprechend neu angelegt werden.

---

#### **4.6 Landwirtschaft**

---

Es sind keine Projektauswirkungen auf die Landwirtschaft zu erwarten.

---

#### **4.7 Wald**

---

Bei einer Realisierung der Aufweitung Schaan, Buchs & Eschen muss eine temporäre Rodung durchgeführt werden mit Ersatz an Ort und Stelle. Es kann davon ausgegangen werden, dass wieder auf einer vergleichbaren Fläche Auenwald aufkommt.



---

## 5 Diskussion

---

### 5.1 Ausführung und Etappierung

---

#### *Eigendynamische oder maschinelle Realisierung*

Bei Flussaufweitungen stellt sich in der Regel die Frage, ob sie der Eigendynamik des Flusses überlassen oder mit Baumaschinen erstellt werden soll. Die wesentlichen Unterschiede bei den beiden Varianten sind die Entwicklungsdauer und der Materialumsatz. Bei der eigendynamischen Aufweitung muss weniger Material umgesetzt werden als bei der maschinell erstellten Aufweitung, dafür kann es deutlich länger dauern, bis sich die angestrebte Morphologie einstellt.

#### *Etappierung*

Der Perimeter der Aufweitung Schaan, Buchs & Eschen ist mit einer Fläche von 41 ha und einer Länge von rund 1700 m im Vergleich zur Gewässergrösse als eine mittelgrosse Aufweitung anzusehen. Die Aufweitung kann deshalb auch in Etappen realisiert werden, wobei dies nicht zwingend in aufeinanderfolgenden Jahren erfolgen muss. Der Realisierungszeitraum hängt auch stark von den Finanzierungsmöglichkeiten und der Realisierungsart ab. Auch aus technischer Sicht muss die Umsetzung nicht in aufeinanderfolgenden Jahren erfolgen.

### 5.2 Materialbilanz

---

#### *Grundlagen Geländemodell*

Für die Materialbilanz und die Kostenschätzung für die Realisierung der Aufweitung Schaan, Buchs & Eschen werden die Resultate der Geschiebemodellierungen (Sohlenlage) und das Laserscan Geländemodell des Fürstentum Liechtenstein /12/ verwendet. Die Ermittlung der verschiedenen Kubaturen (Aushub, Dammschüttung und Sohlversatz) erfolgte mit Hilfe der Querprofile (Beispiel siehe Bild 6) und dem Geländemodell im GIS. Die verschiedenen Projektelemente der Aufweitung sind in Anhang 4 dargestellt.

#### *Materialbilanz Aufweitung*

Bei der Ermittlung der Materialbilanz wird davon ausgegangen, dass die Aufweitung komplett maschinell realisiert wird, d.h. das Umland wird auf die Projektsohle abgetragen, ein Damm mit Böschungsneigung 1: 3 und Sohlversatz geschüttet und Erosionsschutz erstellt. Die Dämme werden auf das gleiche Niveau wie heute geschüttet. Ziel ist es, möglichst viel Material vor Ort zu verwenden, um den Materialüberschuss möglichst klein zu halten. In Tabelle 3 sind die Materialbilanzen zusammengestellt. Die totale Aushubkubatur beträgt 785'000 m<sup>3</sup>. Nach Verwendung des Kieses für die Dammschüttung und Einbau des Sohlversatz resultiert ein Kies- bzw. Materialüberschuss von 144'000 m<sup>3</sup>.

| Ausmass  | Aufweitung Schaan,<br>Buchs & Eschen |
|--|--------------------------------------|
| Aushub total [1000 m <sup>3</sup> ]                                    | 785                                  |
| davon Kies [1000 m <sup>3</sup> ]                                      | 675                                  |
| davon Humus/Sand <sup>1</sup> [1000 m <sup>3</sup> ]                   | 110                                  |
| Sohlversatz [1000 m <sup>3</sup> ]                                     | 218                                  |
| Dammschüttung [1000 m <sup>3</sup> ], Kiesfraktionen<br>und Feinanteil | 313                                  |
| vermuteter Kiesüberschuss [1000 m <sup>3</sup> ]                       | 144                                  |
| Erosionsschutz [1000 t]  | 44                                   |

Tabelle 3: Materialbilanz für die Aufweitung Schaan, Buchs & Eschen

### 5.3 Grobkostenschätzung

#### Annahmen

In Anhang 4 sind die Projektelemente für die Aufweitung dargestellt. Aufgrund der Ausmasse der verschiedenen Projektelemente wurde eine Grobkostenschätzung erstellt. Die Grobkostenschätzung basiert auf den Einheitspreisen mit welchen bereits die Kostenschätzung im Vorprojekt Aufweitung Maienfeld / Bad Ragaz /6/ erstellt wurde sowie auf den Erfahrungswerten, welche bei der Sanierung Schwelle Ellhorn /7/ gesammelt werden konnten.

Die Grobkostenschätzung basiert auf folgenden Annahmen:

- Vollständige maschinelle Aufweitung gemäss Anhang 4 mit Einbau Sohlversatz gemäss Projektsohle
- Neuer Hochwasserschutzdamm mit Böschungsneigung 1 : 3 links und teilweise rechts auf dem gleichen Niveau wie Damm heute
- Erosionsschutz links und rechts bis auf Niveau Vorgrund heute
- Kolkschutz fundiert auf 3 m unterhalb mittlere Projektsohle
- Sandanteil am Aushub auf 14 % geschätzt
- Rückbau Wuhr links und rechts
- Temporäre Rodung und fräsen der Wurzelstöcke
- Verlegung Erdgasleitung in neuem Damm
- Projektierung und Bauleitung

#### Grobkosten- schätzung

Es wird insgesamt mit Kosten von rund 25 Mio CHF (+/- 30 %) gerechnet.

<sup>1</sup> Sand- und Humusanteil analog zu Aufweitung Maienfeld / Bad Ragaz auf 14 % geschätzt

*Vergütung  
überschüssiger Kies*

Es muss bei einer vollständig maschinellen Realisierung mit bis zu 144'000 m<sup>3</sup> überschüssiger Kies (fest) gerechnet werden. In der Kostenschätzung wurde davon ausgegangen, dass keine Vergütung angeboten wird. Bei einer Vergütung für das überschüssige Kies (mit einem Auflockerungsfaktor von 1.25) von z.B. rund CHF 5 pro Kubikmeter könnten sich die Kosten um rund CHF 0.9 Mio. reduzieren.

## 5.4 Fazit und weiteres Vorgehen

---

Wie das Entwicklungskonzept der IRKA und vor allem die daran beteiligten Institutionen zeigen (Kanton Graubünden, Land Vorarlberg, Kanton St. Gallen, Fürstentum Liechtenstein, Republik Österreich, Schweizerische Eidgenossenschaft, IRR), hat der Alpenrhein eine überregionale bis internationale Bedeutung. Innerhalb des Entwicklungskonzepts Alpenrhein ist die Aufweitung Schaan, Buchs & Eschen eine von fünf Aufweitungen zwischen Landquart und Illmündung und somit ein wichtiger Bestandteil des Trittsteinkonzepts der verschiedenen Aufweitungen. Durch die breite Aufweitung kann sich ein gewässertypisches verzweigtes Flussbett mit strukturreichen Haupt-/Seitenarmen sowie grossflächigen, teilweise bewachsenen Kiesbänke ausbilden. Dadurch finden praktisch alle strömungsliebenden, teilweise auch indifferenten Lebensgemeinschaften des Hauptflusssystems einen geeigneten Lebensraum.

*Weiteres Vorgehen*

In einer nächsten Projektphase sind in erster Linie die Finanzierungs- und Realisierungsmöglichkeiten sowie eine mögliche Etappierung der Aufweitung zu prüfen und dementsprechend die einzelnen Projektelemente zu projektieren.

# Anhang

## Übersicht

---

|          |   |    |
|----------|---|----|
| Anhang 1 | Übersicht Projektperimeter                        | 25 |
| Anhang 2 | Nutzungen innerhalb Projektperimeter              | 26 |
| Anhang 3 | Nutzungsplan                                      | 27 |
| Anhang 4 | Projektelemente Aufweitung Schaan, Buchs & Eschen | 28 |



