



KISSLING + ZBINDEN AG
INGENIEURE PLANER USIC

Bern | Spiez | Thun | Biel

ISP Aare Belp, Farhubel

TECHNISCHER BERICHT

Tiefbauamt des Kantons Bern OIK II

IMPRESSUM

Auftraggeber

Tiefbauamt des Kantons Bern Oberingenieurskreis II

Projekt

ISP Aare Belp, Farhubel

Projektnummer

220.20137

Erstellungsdatum

18. Juni 2018

Pfad- und Dateiname

J:\06 Wasserbau\6.383 ISP Aare Belp, Farhubel\10 Berichte\02_Auflage Sept. 2018\6.383_200_TB ISP Aare Farhubel
Belp_2018-09-28.docx

Dokumentnummer

6.383-200

Fassung vom

28. Sept. 2018

Bearbeitung

Luca Borri, Tobias Weiss

Q-Prüfung

Datum	28.09.2018
Unterschrift	

Verteiler

Tiefbauamt des Kantons Bern, Oberingenieurkreis II
Kantonale Fachstellen
Einwohnergemeinde Belp

INHALTSVERZEICHNIS

1	Anlass und Auftrag	1
1.1	Anlass	1
1.2	Projektperimeter	1
1.3	Auftrag	2
1.4	Projektorganisation	3
1.5	Partizipation und Information	4
2	Ausgangssituation	6
2.1	Bestehende Schutzbauten	6
2.2	Ökomorphologie	7
2.3	Schutzgebiete im Perimeter	8
2.4	Geschiebetrieb und Morphologie	8
2.5	Hydrologie	12
2.6	Angrenzende Wasserbauprojekte	12
2.7	Rechtliche Grundlagen für das ISP	12
3	Projektannahmen	15
3.1	Schutzziele	15
3.2	Dimensionierungsabfluss	15
3.3	Künftige Sohlenlage der Aare	15
4	Projektbeschreibung	16
4.1	Bedürfnisnachweis	16
4.2	Variantenstudium und Entscheide	16
4.3	Hydraulischer Nachweis (Wirkungsnachweis)	17
4.4	Nachweis Verhältnismässigkeit	23
4.5	Bauliche Massnahmen	25
4.6	Besucherlenkung	28
5	Kosten	29
5.1	Kostenvoranschlag	29
5.2	Kostenträger	29
6	Bauablauf	30
6.1	Baustelleninstallation und -erschliessung	30
6.2	Bauablauf	30
7	Projektauswirkungen	31
7.1	Nutzungen und Infrastrukturen	31
7.2	Lebensräume, Flora und Fauna	31
7.3	Grundwasser	31
7.4	Ökologie	32
7.5	Wald	32



7.6	Boden	32
7.7	Landschaft und Ortsbild	33
7.8	Unterhalt und Pflege	33
8	Termine	34
9	Grundlagenverzeichnis	35

ANHÄNGE

Anhang A: Kostenvoranschlag mit Risikokosten



1 ANLASS UND AUFTRAG

1.1 Anlass

- Vorgeschichte Der Hochwasserschutz, die Sicherung des Trinkwassers, der Naturschutz sowie die Erholung an der Aare zwischen Thun und Bern sollte in einem umfassenden Wasserbauplan unter dem Titel "aarewasser" geregelt werden. Der Wasserbauplan trat jedoch nie in Rechtskraft, die Projektziele sollen nach dem Willen des Regierungsrates (RRB 634/2017 vom 21.06.2017) [7] nun in kleineren Projekten umgesetzt werden. Das vorliegende Projekt "Farhubel" ist eines dieser Projekte, welches wegen dem ungenügenden Zustand der Uferverbauungen prioritär umgesetzt werden muss. Viele Vorarbeiten können aus dem Vorgängerprojekt "aarewasser" für das Projekt "Farhubel" übernommen werden.
- Zustand Am linken Aareufer unterhalb der Hunzigenbrücke besteht ein Uferverbau aus einem Damm zum Schutz vor Überflutungen und Betonbuhnen sowie Betonlängsverbau zum Schutz des Dammes vor Seitenerosion. Der Seitenerosionsschutz ist in einem ungenügenden Zustand (Zustandsnote SIA 3-4) und soll zeitgemäss erneuert werden.
- ISP Der Ersatz der alten Buhnen und Längswerke durch zeitgemässe Verbauungen, die nach dem selben Schutzkonzept funktionieren, soll im Rahmen eines Instandstellungsprojekts (ISP) bewilligt und ab Winter 2018/ 2019 realisiert werden.

1.2 Projektperimeter

- 850 m Der Projektperimeter des «ISP Aare Belp, Farhubel» umfasst einen rund 850 m langen Abschnitt des linken Aareufers unterhalb der Hunzigenbrücke bis ca. 100 m unterhalb der «Schwellihütte» (GEWISS Km 195.250 – 194.400).

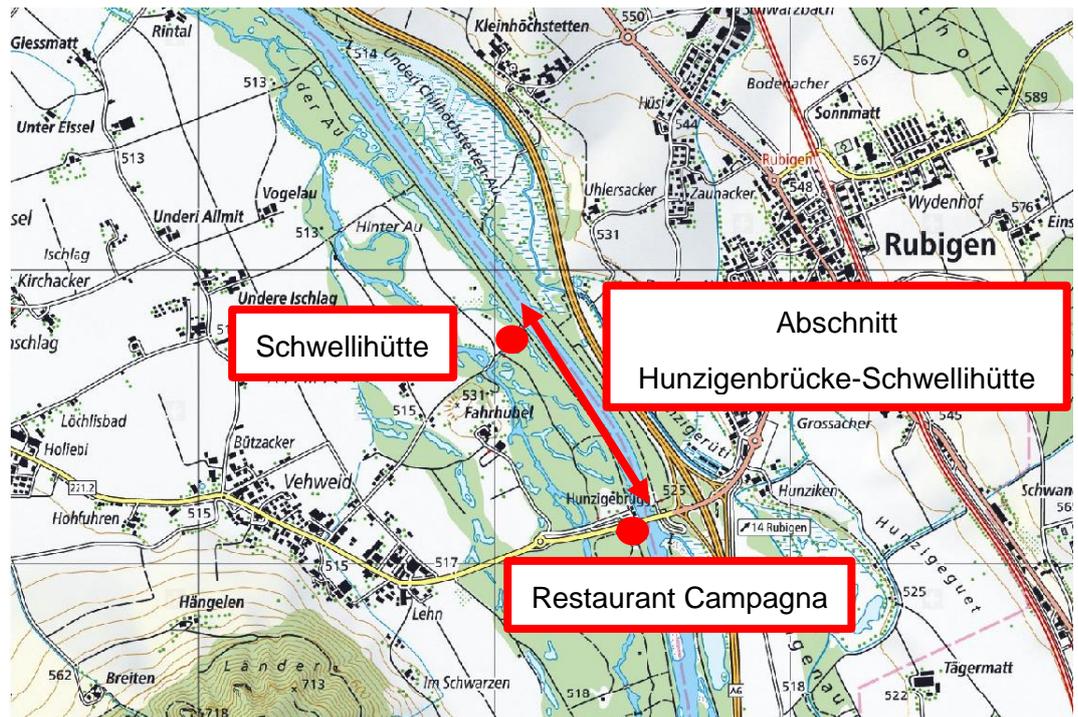


Abb. 1: Projektperimeter ISP Aare Belp Farhubel

1.3 Auftrag

Einzelprojekte

An der Aare zwischen Thun und Bern werden in den kommenden Jahren verschiedene Einzelprojekte umgesetzt. Grössere Projekte werden mittels Wasserbauplanverfahren umgesetzt, auf anderen Abschnitten sind Instandstellungsprojekte vorgesehen, die im Verfahren der Wasserbaubewilligung genehmigt werden.

Instandstellung Uferverbau

Im Projektperimeter unterhalb der Hunzigenbrücke soll auf der linken Uferseite (Gemeinde Belp) der Uferverbau in Stand gestellt werden. Der Verbau, bestehend aus Hochwasserschutzdamm und Erosionsschutz (Buhnen, Längswerke) ist nach Gewässerschutzgesetzgebung in seinem Bestand geschützt und darf zeitgemäss erneuert werden. Mit der Instandstellung des Erosionsschutzes wird verhindert, dass der Damm längerfristig erodiert wird und damit der Hochwasserschutz sichergestellt ist. Für den Erosionsschutz wird dabei das bestehende Schutzkonzept beibehalten, aber mit zeitgemässen, naturnahen Massnahmen umgesetzt.

1.4 Projektorganisation

Auftraggeber und Bauherrschaft

Tiefbauamt des Kantons Bern
Oberingenieurskreis II
Jürg Stückelberger
Schermenweg 11
3001 Bern

Auftraggeber Opt. Totholz Bühnen:
Fischereiinspektorat
Olivier Hartmann
Schwand 17
3110 Münsingen

Projektverfasser

Kissling + Zbinden AG
Brunnhofweg 37
3007 Bern

1.5 Partizipation und Information

Akteure

Verschiedene Akteure sind am vorliegenden Instandstellungsprojekt beteiligt. Einzelne Anforderungen dieser Akteure wurden aus dem Vorgängerprojekt "aarewasser" übernommen. Zusätzlich wurden gewissen Akteure über das direkte Gespräch oder im Rahmen von Fachberichten eingebunden.

Gruppe	Relevant für Projekt			Einbindung über			
	Ja	bedingt	Nein	Begleitgruppe	direkte Gespräche	Fachbericht	Übernahme aus Projekt «aarewasser»
Anwohner			X				X
Grundeigentümer	X				X		
Erholungssuchende		X			X		X
Fischerei	X				X	X	X
Forstbetrieb	X				X		
Landschaftsschutz		X				X	X
Ortsbildschutz			X				
Landwirtschaft/ Pächter			X				
Naturschutz	X				X	X	
Öffentlicher Verkehr			X				X
Trinkwasser		X					X
Verkehrsträger (Flughafen)	X						X
Wald, Forst	X				X	X	X
Werkleitungen			X				
Bundeschstellen	X						X

Tab. 1: Akteure ISP Aare Belp Farhubel

seit 2018 Seit Planungsbeginn im Frühling 2018 fanden folgende Sitzungen und Besprechungen statt:

- Besprechung Nr. 01, 12.04.18: G. Clavuot, Einwohnergemeinde Belp; T. Wüthrich, J. Stückelberger OIK II
- Besprechung Nr. 02, 17.04.18: J. Stückelberger OIK II, T. Weiss/ L. Borri K+Z)
- Besprechung Nr. 03, 20.04.18: F. v. Lerber, Abt. Naturförderung Kt. Bern; O. Hartmann, Fischereiinspektorat Kt. Bern; R. Bill, Waldabteilung Voralpen; T. Wüthrich / J. Stückelberger OIK II
- Besprechung Nr. 04 mit Gemeinde, 08.05.18: J. Stückelberger/ D. Blatter OIK II, G. Clavuot/ A. Bürki/ B. Mägert Belp, T. Weiss/ L. Borri K+Z
- Besprechung Nr. 05 mit der Burgergemeinde Belp, 29.05.18: K. Brönnimann/ A. Biland Burgergemeinde Belp; J. Stückelberger OIK II
- Besprechung Nr. 06, 28.06.18: J. Stückelberger OIK II, T. Weiss/ L. Borri K+Z
- Besprechung Nr. 07, 07.09.18: J. Stückelberger OIK II, O. Hartmann FI, T. Weiss K+Z
- Besprechung Nr. 08, 11.09.18: J. Stückelberger OIK II, T. Weiss/ L. Borri K+Z

Fachstellen Weitere Vorabklärungen bei den kantonalen Fachstellen und Betrieben (KAWA, ANF, FI, AWA, AGG, SFB) und den Fachstellen des Bundes (BAFU) erfolgten via die Bauherrschaft.

2 AUSGANGSSITUATION

2.1 Bestehende Schutzbauten

7 Betonbuhnen

Der Abschnitt ist heute mit einem Damm und sieben Betonbuhnen (Baujahr 1952, 1972, etc.) und einem ursprünglich durchgehenden Längsverbau aus Beton gesichert. Die Buhnen haben durchschnittlich eine Länge von ca. 13 m und sind 8 m breit.

schlechter
Zustand

Der Erosionsschutz der bestehenden Ufersicherungen ist in einem schlechten baulichen Zustand oder komplett zerstört, siehe untenstehende Abbildungen.





Abb. 2-4: Betonbühnen im Projektperimeter (Auswahl)

2.2 Ökomorphologie

stark
beeinträchtigt

Gemäss Ökomorphologie Stufe F ist die Aare im Projektperimeter als stark beeinträchtigt klassiert.

Verbauungen

Die rechte Aareseite im Projektperimeter ist mit einem durchgehenden Betonlängsverbau stark verbaut, die linke Seite ist mit Bühnen und Ufersicherungen verbaut.

Quervernetzung

Die bestehenden Bühnen verbessern heute die Quervernetzung (z. B. Zugang zum Gewässer für Amphibien). Die Bühnen führen zu Kolk- und Kiesbankbildung und verbessern damit die monotone Struktur der Aare in diesem Abschnitt.



Abb. 5: Kolkbildung mit unterstrom angrenzender Kiesbank unterhalb einer Bühne

2.3 Schutzgebiete im Perimeter

- Moorlandschaft** Das Vorhaben befindet sich innerhalb des Perimeters der Moorlandschaften Nr. 280 "Aare/Giessen" von besonderer Schönheit und nationaler Bedeutung.
- Aarelandschaft** Die ganze Strecke der Aare zwischen Thun und Bern befindet sich im Naturschutzgebiet Nr. 48 „Aarelandschaft Thun-Bern“, welches dem BLN-Gebiet Nr. 1314 „Aarelandschaft Thun-Bern“ entspricht.
- Aue** Zusätzlich liegt der Projektperimeter in einem Auenschutzgebiet (Nr. 69, „Belper Giessen“), einem Amphibienlaichgebiet (Nr. BE968, „Aareaue bei Belp“), einer Moorlandschaft (Nr. 280, „Aare/ Giessen“) und einem Smaragd-Gebiet (Nr. 28, „Belpau“).
- Die Perimeter sind jeweils bis zur Gewässerlinie ausgedehnt, bzw. umfassen beim BLN-Gebiet den ganzen Aareraum.
- A_u** Der gesamte Perimeter liegt zudem im Gewässerschutzbereich A_u.

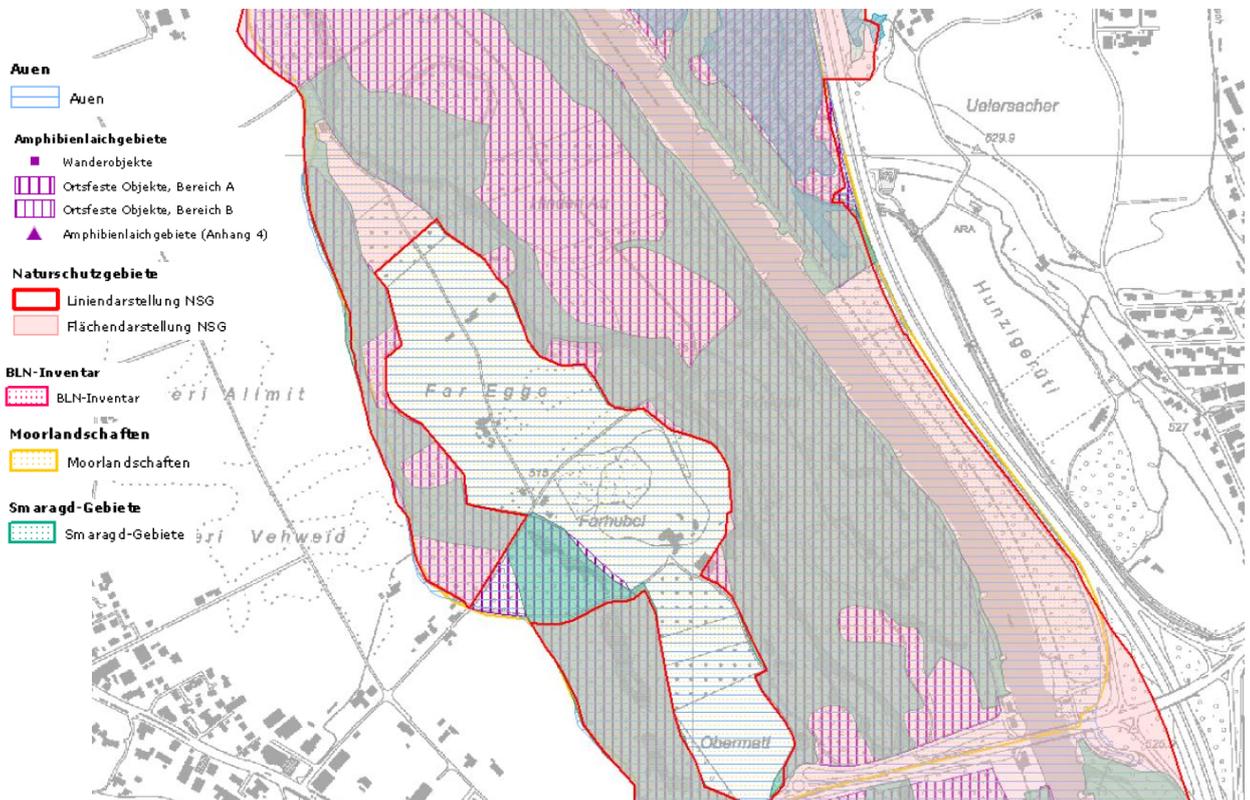


Abb. 6: Div. Schutzgebiete im Projektperimeter

2.4 Geschiebetrieb und Morphologie

2.4.1 Grundlagen

- BAFU-QP** Die Vermessungsdaten des BAFU von 2016 bilden die aktuellsten Daten zur Gerinnegeometrie der Aare. Zur Verfügung stehen auch die Daten der Jahren 1966,

1985, 1995, 1999 und 2005, welche die Sohlenlage- und Querprofiländerungen in den vergangenen Jahrzehnten aufzeigen.

Prognose 2018 wurde eine Aktualisierung des Geschiebetransportmodells Aare Thun bis Bern [4] erstellt, mit welcher die bisherigen Prognosedaten und die neuen Prognosesrechnungen verfügbar sind.

2.4.2 Sohlenmaterial

Korngrössen Gemäss aarewasser-Projekt [6] liegt der mittlere Korndurchmesser des Sohlenmaterials zwischen 3.4 und 6.2 cm. Das d_{90} liegt zwischen 8 und 15 cm. Im Projekt EXAR [2] ist ein Längenprofil mit Korngrössen zwischen Thun und Bern dargestellt. Daraus kann für den Projektperimeter ein mittlerer Korndurchmesser d_m von ca. 5 cm und ein d_{90} von rund 11 cm abgeleitet werden.

2.4.3 Sohlenlageänderungen

Linkskurve Im Abschnitt Hunzigenbrücke (km 17.86 / GEWISS Km 195.310) bis Schwellihütte (km 18.60 / GEWISS Km 194.510) ist die Aare zwischen 45 und 65 m breit. Nach der Hunzigenbrücke befindet sich bei km 18.2 eine Einengung (45 m) des Flusses, die örtlich mit einer leichten Linkskurve zusammentrifft.

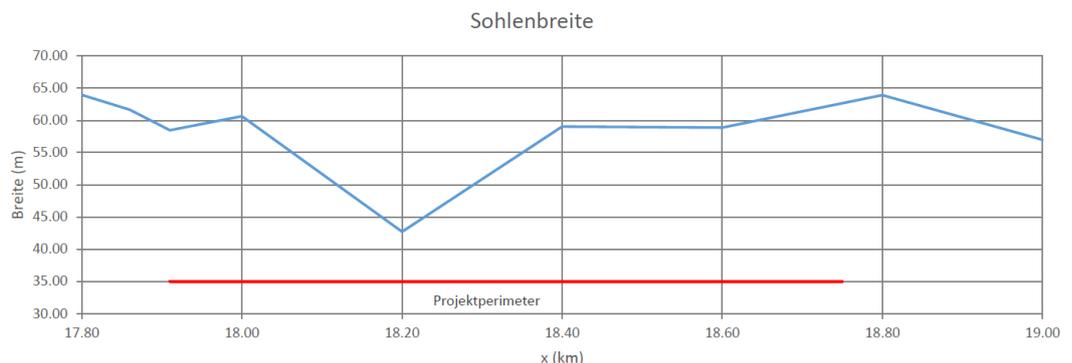


Abb. 7: Sohlenbreiten im Projektperimeter

Tendenz Die Erosionstendenz der vergangenen Jahre ist durch einen Vergleich der mittleren Sohlenlage von 1966 bis 2016 gut erkennbar. Im Abschnitt km 17.8 (vor Hunzigenbrücke) bis km 18.4 hat sich die Aaresohle in den letzten 10 Jahren (2005 vs. 2016) um bis zu 15 cm eingetieft.

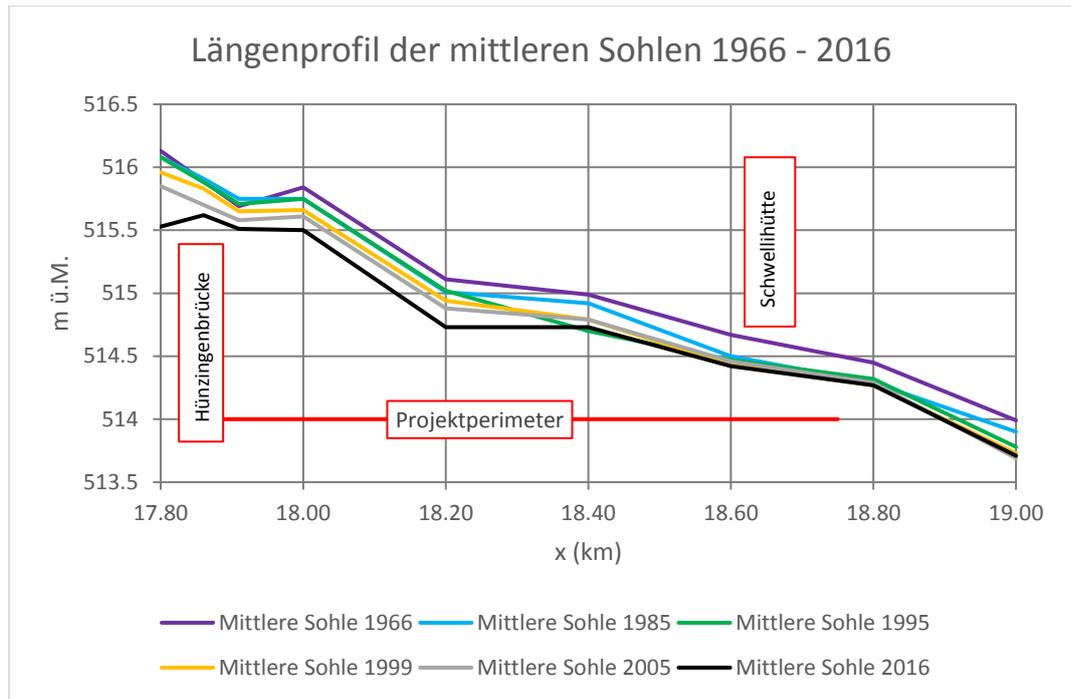
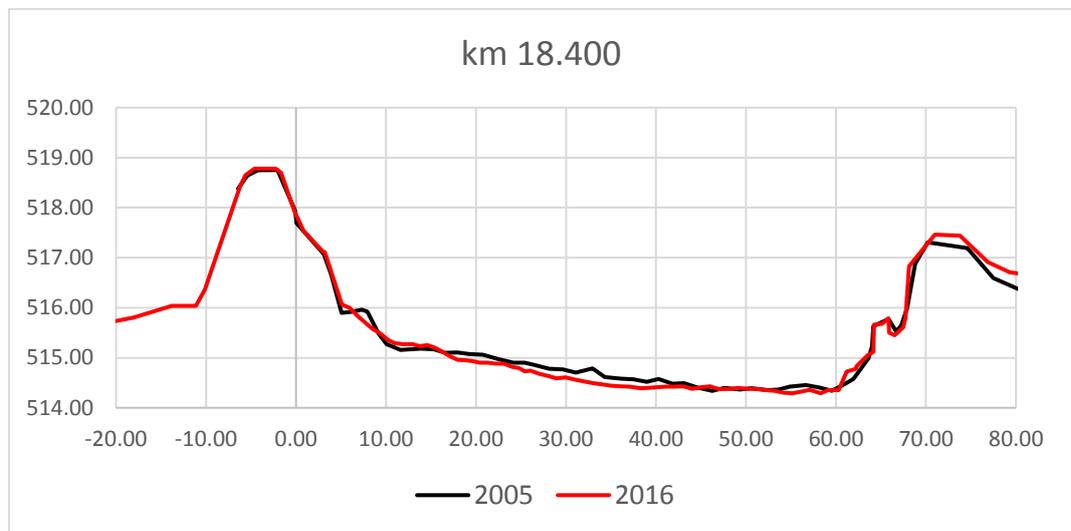


Abb. 8: Mittlere Sohlenlagen 1966 bis 2016 im Projektperimeter

Im Abschnitt km 18.2 bis 18.6 ist eine Erosionstendenz auf der ganzen Sohlenbreite erkennbar, bei km 18.00 nur im Talweg (siehe nachfolgende Abbildungen).



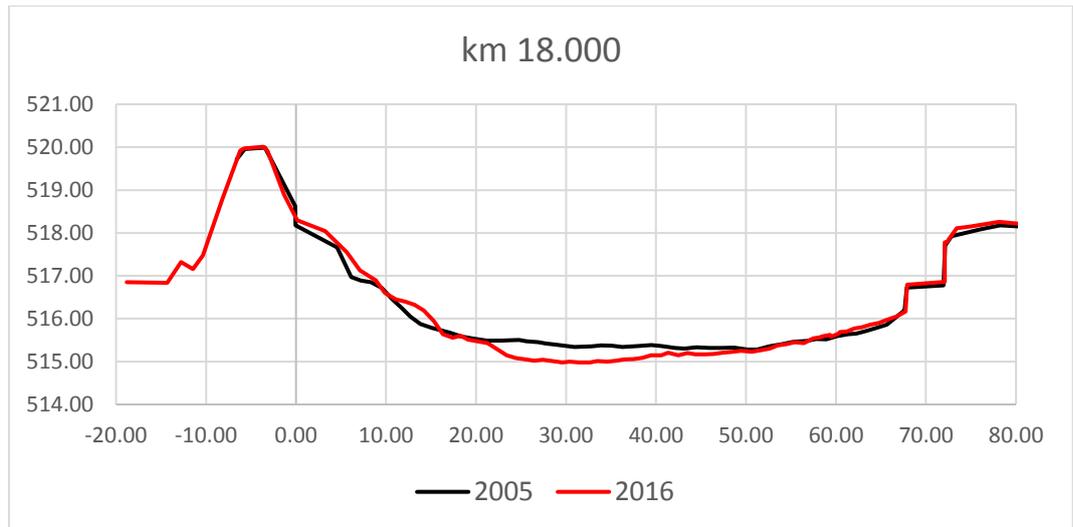


Abb. 9-10: Sohlenlage in ausgewählten Querprofilen, Vergleich 2005 vs. 2016

2.4.4 Prognose Sohlenlagenänderungen

- 10...40 cm

Die Aktualisierung des Geschiebetransportmodells Aare Thun bis Bern zeigt für den Projektperimeter je nach Anzahl der berücksichtigten Perioden (à 42 Jahre) eine Eintiefung von 10 bis 40 cm.

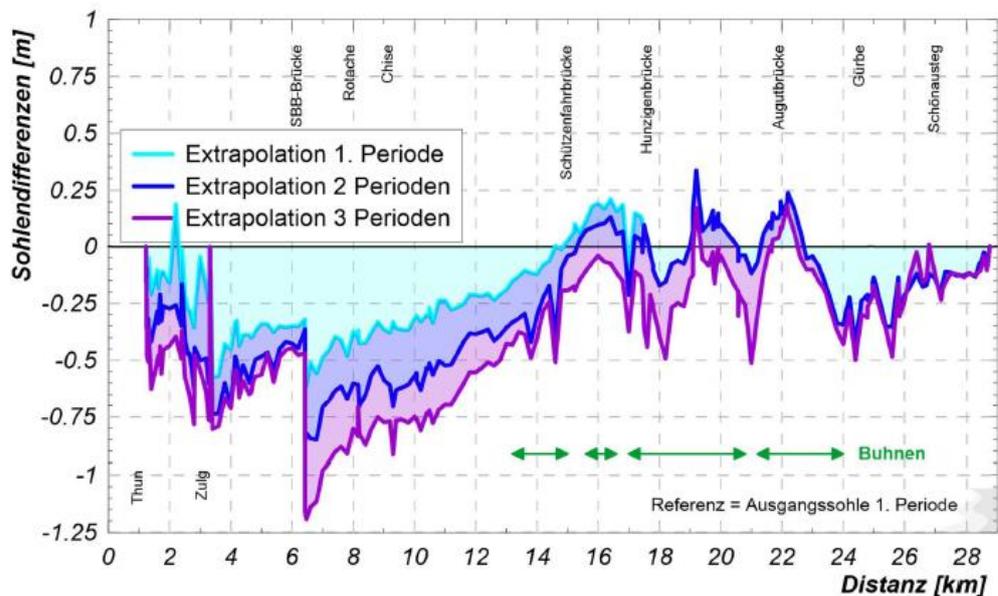


Abbildung 14 Berechnete kummulierte Sohlveränderungen (Extrapolation) 2016 – 2058 – 2100 – 2142 (3 Perioden)

Abb. 11: Prognose mittlere Sohlenlage [4]

2.5 Hydrologie

Thunersee Für die Abflussmengen in der Aare zwischen Thun und Bern sind einerseits der Ausfluss aus dem Thunersee (Schleuse, Stollen) und andererseits der Zufluss aus den Seitengewässern massgebend.

Bern, Schönau Der Projektperimeter befindet sich ca. 7 km oberhalb der Gürbemündung und ca. 9 km oberhalb der Messstation „Aare – Bern Schönau“. Zur Abschätzung der Hochwasserabflussmengen im Abschnitt Hunzigenbrücke – Schwellihütte werden deshalb die Abflussdaten und Hochwasserstatistiken der BAFU-Messstationen „Aare – Bern Schönau“ und „Gürbe – Belp“, Mülimatt berücksichtigt.

Die verwendeten Abflüsse sind in der untenstehenden Tabelle ersichtlich.

Bezeichnung	Abfluss Bern Schönau Daten 1935 - 2015	Abfluss Gürbe Mülimatt Daten 1923 - 2015	Abfluss Pro- jektperimeter
MW _{Winter}	63 m ³ /s*	2.5 m ³ /s*	60 m ³ /s
MW _{Jahr}	122 m ³ /s**	2.6 m ³ /s**	120 m ³ /s
HQ ₁₀₀	550 m ³ /s***		550 m ³ /s

* Monatliche Mittelwerte Januar-März

** Monatliche Mittelwerte des ganzen Jahrs

*** Abflussmenge aus übergeordneten Projekt aarewasser

Tab. 3: Abflussmengen im Projektperimeter

2.6 Angrenzende Wasserbauprojekte

Obere Belpau Am oberen Rand, bei der Hunzigenbrücke (km 17.9), grenzt der Perimeter das des Wasserbauplans „Obere Belpau“ an den Projektperimeter. Für diesen Abschnitt wurde mit den Planungsarbeiten im September 2017 gestartet.

Belp Hinterau Unterhalb des Projektperimeters schliesst der Perimeter des ISP „Belp Hinterau“ an. Der Beginn der Planungsarbeiten hierfür ist noch unklar.

2.7 Rechtliche Grundlagen für das ISP

Schutzgebiete Das Instandstellungsprojekt (ISP) Farhubel befindet sich in mehreren Schutzgebieten (vgl. *Kapitel 2.3*), unter anderem im Perimeter der Moorlandschaft "Aare/Giesse" von besonderer Schönheit und nationaler Bedeutung und im Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung "Aarelandschaft zwischen Thun und Bern", sowie im Bundesinventar der Auengebiete von nationaler Bedeutung "Belper Giessen" sowie im kantonalen Naturschutzgebiet "Aarelandschaft Thun-Bern".

Wald Vom Projekt ist Waldfläche betroffen, für welche ein parallellaufendes Rodungsverfahren eingeleitet wurde.

Bundesrecht

- Moorlandschaft Auf Bundesebene ist der Schutz der Moorlandschaft am stärksten zu berücksichtigen, da dieser direkt aus der Bundesverfassung abgeleitet werden kann (Art. 7. Abs. 5 BV (SR 101)). Gemäss Art. 23d Abs. 1 Bst. b ist die Erneuerung rechtmässig erstellter Bauten und Anlagen erlaubt. Art. 23d Abs. 1 Bst. c NHG hält zudem fest, dass Massnahmen zum Schutz von Menschen vor Naturereignissen zulässig sind.
- Auenverordnung Massgebend ist zudem die Auenverordnung vom 28. Oktober 1992 (SR 451.31). Art. 4, Abs. 1, Bst. b hält fest, dass *soweit es sinnvoll und machbar ist, die Wiederherstellung der natürlichen Dynamik des Gewässer- und Geschiebehaushalts umzusetzen* ist. Art. 4, Abs. 2 hält fest, dass Abweichen vom Schutzziel nur zulässig ist, *für unmittelbar standortgebundene Vorhaben, die dem Schutz des Menschen vor schädlichen Auswirkungen des Wassers [...] dient*.
- GSchV Die Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV, SR 814.201) hält in Art. 41c Abs. 2 fest, dass *Anlagen [...] im Gewässerraum grundsätzlich in ihrem Bestand geschützt sind, sofern sie rechtmässig erstellt wurden und bestimmungsgemäss nutzbar sind*.
- WaG Das Waldgesetz vom 4. Oktober 1991 (WaG, SR 921.0) verbietet in Art. 5 Abs. 1 Rodungen, sieht jedoch in Abs. 2 die Ausnahmen vor. Art. 5, Abs. 2 WaG hält fest, dass wichtige Gründe, die der Walderhaltung überwiegen, nachgewiesen werden müssen. Art. 5 Abs. 2, Bst. a verlangt die Standortgebundenheit, Bst. b die raumplanerischen Voraussetzungen und Bst. c den Ausschluss einer erheblichen Gefährdung für die Umwelt, damit ein Vorhaben bewilligungsfähig ist. Da mehr als 5'000 m² Rodungsfläche betroffen sind, ist nach Art. 6, Abs. 2, Bst. a WaG das Bundesamt für Umwelt anzuhören.

Kantonales Recht

- Kanton Kantonal sind vor allem die Schutzbestimmungen des RRB vom 30. März 1977 sowie ergänzende Bestimmungen im RRB vom 11. März 1992 massgebend. Ziff. 5, Bst. e des RRB vom 30.03.1977 hält fest, dass *Massnahmen zur nötigen Ufersicherungen unter möglichster Anwendung naturnaher Verbauungsarten* erlaubt sind.
- BauG Das Baugesetz vom 9. Juni 1985 (BSG 721.0, BauG) hält in Art. 3, Abs. 1 fest, dass *Aufgrund bisherigen Rechts bewilligte oder bewilligungsfreie Bauten und Anlagen in ihrem Bestand durch neue Vorschriften und Pläne nicht berührt* werden. Art. 3, Abs. 2 BauG hält fest, dass *[die Anlagen] unterhalten, zeitgemäss erneuert werden dürfen*.

Erwägung

bewilligungsfähig

Nach kantonalem Recht und eidgenössischer Gewässerschutzgesetzgebung ist das Vorhaben bewilligungsfähig.

Im vorliegenden Fall bilden Erosionsschutz und Damm ein Gesamtsystem Hochwasserschutz, das zeitgemäss erneuert wird. Im Sinne der Besitzstandsgarantie ist die unmittelbare Standortgebundenheit gegeben. Der Hochwasserschutzdamm dient dem Schutz des Menschen vor schädlichen Auswirkungen des Wassers. Folglich ist das vorliegende Vorhaben auch nach Auenverordnung bewilligungsfähig.

Rodung

Betreffend Ausnahmegewilligung für eine Rodung kann die Standortgebundenheit (Erosionsschutz muss gewässerseitig am bestehenden Dammfuss erstellt werden) sowie das überwiegende Interesse (Hochwasserschutz) bejaht und die erhebliche Gefährdung für die Umwelt verneint werden.

Das komplette Rodungsdossier inkl. Zustimmung der Eigentümer liegt dem Projektdossier bei.

Das Instandstellungsprojekt ist somit unter Berücksichtigung aller gesetzlichen Normen bewilligungsfähig.

3 PROJEKTANNAHMEN

3.1 Schutzziele

Schutzdamm Die heutigen Uferverbauungen schützen den Damm vor einer Erosion durch die Aare. Der Damm dient dem Hochwasserschutz der dahinterliegenden bewohnten Gebiete im Bereich Farhubel und weiter flussabwärts liegende Infrastrukturen wie z.B. der Flughafen Belp.

HQ₁₀₀ Diese Objekte weisen nach Schutzzielmatrix des Kantons Bern ein Schutzziel von mindestens HQ₁₀₀ auf.

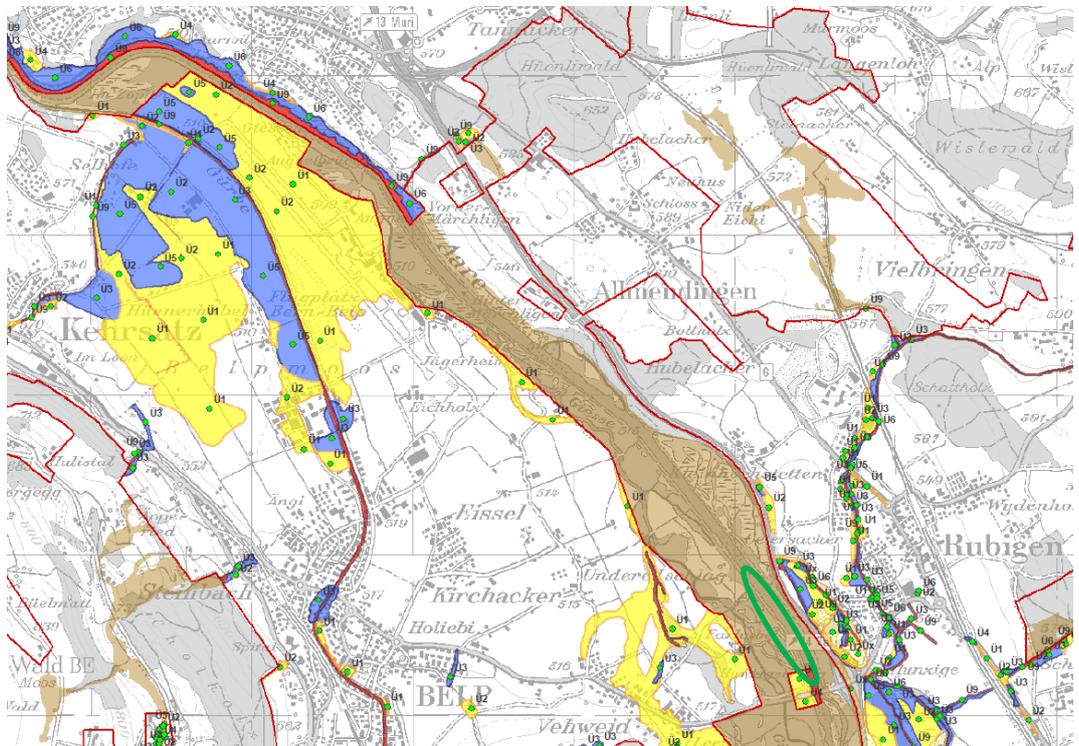


Abb. 12: Ausschnitt Naturgefahrenkarte Wassergefahren (Quelle: Geoportal)
grün: Projektperimeter

3.2 Dimensionierungsabfluss

550 m³/s Als Dimensionierungsabfluss Q_{Dim} für die Bemessung der Bühnen wird ein HQ₁₀₀ = 550 m³/s gewählt. Dies ist im RRB 634/2017, Art. 4.1 behördenverbindlich festgesetzt.

3.3 Künftige Sohlenlage der Aare

- 30 cm Als Prognosesohle, welche für die Fundationstiefe der Bühnen relevant ist, wird eine gegenüber 2016 um 30 cm tiefere Sohlenlage angenommen.

4 PROJEKTBE SCHREIBUNG

Richtlinie ISP Der nachfolgende Projektbeschrieb orientiert sich an den gemäss der kantonalen Richtlinie für Instandstellungsprojekte im Wasserbau (ISP) zu erbringenden Nachweisen.

4.1 Bedürfnisnachweis

Buhnen zerstört Die Buhnen am linken Aareufer sind beschädigt oder komplett zerstört, der Längsverbau teilweise unterspült. Die heutigen Buhnen konzentrieren den Abfluss der Aare in Gerinnemitte und vermindern die Strömungsbelastung an den Uferböschungen.

Uferanrisse Ohne Sanierung der Ufersicherungen drohen bei sehr grossen Hochwasserereignissen oder mittleren Hochwasserereignissen mit ausgeprägter Querströmung Uferanrisse, welche bei langandauernder hoher hydraulischer Belastung zu einer Schwächung des 3.5 - 4.0 m hohen Damms (z.B. km 18.80: 3.8 m, ab dahinterliegendem Terrain) führen können.

Gefährdungsbilder Als Folge einer solchen Schwächung des Damms durch hydromechanische Erosion am Dammfuss sind folgende Gefährdungsbilder möglich:

- Innere Erosion des Damms
- Aufschwimmen des Damms (Grundbruch)

Wiederherstellung Mit dem vorliegenden Projekt wird Schutz des bestehenden Aaredamms wiederhergestellt. Eine Verstärkung des Damms (z. B. Erhöhung, Abdichtung etc.) ist nicht vorgesehen.

4.2 Variantenstudium und Entscheide

Varianten Für die Sanierung der Uferverbauungen an der Aare zwischen Thun und Bern wurden im aarewasser-Projekt verschiedene Varianten geprüft. Für den Projektperimeter wird eine Sicherung mit Blockbuhnen vorgeschlagen.

Im vorliegenden Projekt erfolgte ein Detail-Variantenstudium. Dabei wurden folgende Varianten geprüft:

- Var. 1: „Lange“ Buhnen mit einem grossen Buhnenabstand von rund 40-45 m
- Var. 2: „Kurze“ Buhnen mit einem Buhnenabstand von rund 30 m
- Var. 3: "Kurze" Buhnen mit einem Buhnenabstand von rund 40-45 m, kombiniert mit Holzstrukturen und ingenieurbioologischen Massnahmen

Variante 3 Auf Empfehlung des kantonalen Fischereiinspektorats wurde der Entscheid zugunsten Var. 3 gefällt, dies aus folgenden Gründen:

- Eine grössere Anzahl Buhnen erhöht generell die Strukturvielfalt des Ufers.

- Eine Kombination von Hartverbau (d.h. Steinbuhnen) und "weichen" Massnahmen (d.h. Holzstrukturen, ingenieurbioologischen Massnahmen) fördert zusätzlich die Strukturvielfalt.
- Weit ins Gerinne der Aare ragende Buhnen führen bei der Bauausführung zu Problemen (Wasserhaltung, Baupiste etc.)
- Je länger die Buhne, desto grösser der Strömungskonzentration und damit die Kolkbildung am Buhnenkopf
- Die bauliche Ausführung von Blockbuhnen mit einem Buhnenabstand von ca. 40 m erwies sich im Abschnitt Auguetbrücke – Giessenhof im Rahmen des Projekts „Hochwasserschutz und Auenrevitalisierung Aare/ Gürbemündung“ als relativ unproblematisch.
Die totalen Kosten der drei Varianten unterscheiden sich kaum.

Beschluss Durch die Bauherrschaft wurden zudem folgende Entscheide gefällt (Mail J. Stückelberger vom 28.06.18):

- Einbindetiefe mind. 2.0 m unter prognostizierter Sohle
- Buhnenkörper mind. zweilagig mit Blöcken, restlicher Buhnenkörper mit Schroppen ausfüllen

Totholzbuhnen Nach Vorliegen des Amtsberichts Fischerei vom 24.08.18 wurde durch die Bauherrschaft das direkte Gespräch mit dem Fischereinspektorat (Olivier Hartmann) gesucht und an der Sitzung vom 07.09.18 beschlossen, für den Abschnitt unterhalb der Schwellihütte als Option eine Sicherung mit Totholzbuhnen vorzusehen, siehe hierzu Kap. 4.5.4.

4.3 Hydraulischer Nachweis (Wirkungsnachweis)

4.3.1 Buhnenlänge und -abstand

Literatur Die Festlegung von Buhnenlänge L und Buhnenabstand a erfolgt auf Basis von Literaturangaben gem. untenstehender Abbildung.

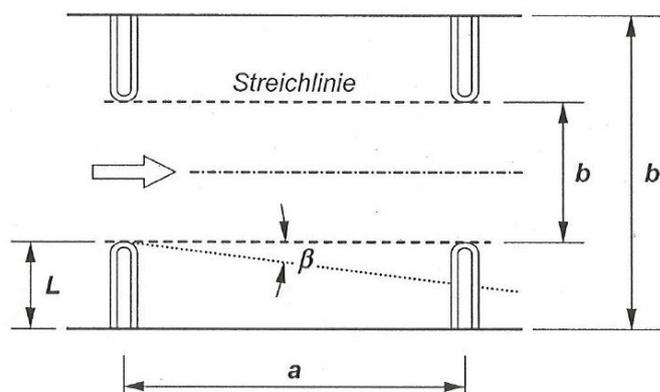


Abb. 13: Dimensionierung Buhnen

7°	Für β (Anströmungswinkel) wurde ein Wert von 7° angenommen.
theor. Abstand	Die Anordnung von Bühnen bei einer durchgehenden Ufersicherung erfolgt grundsätzlich so, dass die Anströmung nicht hinter die Mitte der nachfolgenden Bühne auftritt. Mit der vorgesehenen Anzahl Bühnen (19 Stk.) und einer praktikablen Länge der Bühnen von 9 m kann auf eine Sicherung der Bühnenfelder jeweils oberhalb der Bühnen nicht verzichtet werden (der theoretisch notwendige Bühnenabstand bei einer Bühnenlänge von 9 m beträgt 36 m).
BMU	Im Projekt vorgesehen sind deshalb jeweils 10 m lange Abschnitte mit einer ingenieurbiologischen Sicherung oberhalb der Blockbühnen.

4.3.2 Abflusstiefen und Fließgeschwindigkeiten

HEC-RAS	Für den Projektabschnitt (GEWISS Km 195.258 – 193.523) wurde ein hydraulisches 1D-Modell mit HEC-RAS erarbeitet. Die Querprofilgeometrien wurde den BAFU-Daten 2016 entnommen, die Rauigkeitswerte aufgrund Literaturangaben gewählt. Die Wasserspiegellagen HQ_{100} , MW_{Winter} (60 m ³ /s) und MW_{Jahr} (120 m ³ /s) sind in den Plänen dargestellt.
---------	---

4.3.3 Kolk- und Einbindungstiefe

Theorie	Der maximale Kolk am Bühnenkopf kann mit verschiedenen theoretischen Ansätzen grob abgeschätzt werden. Die Resultate variieren je nach getroffenen Annahmen für das im Kolkbereich vorhandene Sohlensubstrat und Abschätzformel sehr stark. Die resultierenden theoretischen Kolkstiefen liegen erfahrungsgemäss bei 2.5 bis 3.0 m und damit weit tiefer als eine praktikable Foundationstiefe der Bühnenblöcke.
Blockvorlage	Aufgrund der hohen hydraulischen Belastung und der Kolkbildung am Bühnenkopf ist eine Blockvorlage vorgesehen, welche flexibel reagiert und für den Bühnenkörper keine tragende Wirkung hat.
- 2.0 m	Aufgrund von Erfahrungswerten an der Aare wurde am 28.06.18 beschlossen (siehe auch <i>Kap. 4.2</i>), die Fussblöcke inkl. der Blockvorlage 2.0 m unter die prognostizierte Sohle zu fundieren.

4.3.4 Freibord

F = 50 cm	Als erforderliches Freibord nach KOHS für die Dämme wird in Abstimmung mit anderen Wasserbauprojekten an der Aare zwischen Thun und Bern F = 50 cm gewählt. Da die Dämme im vorliegenden Fall nur instandgestellt werden, ist dieser theoretische Wert im vorliegenden Fall nicht relevant.
-----------	--

4.3.5 Stabilität ingenieurbio-logische Sicherungen (BMU)

(Hinweis: Nachfolgende Textpassagen wurden der Stellungnahme des OIK II vom 19.09.18 zum Fachbericht Wald vom 29.08.18 entnommen)

Vergleich Hunzigenau

In der Stellungnahme KAWA wurde darauf hingewiesen, dass sich die ingenieurbio-logischen Massnahmen in der Hunzigenau wegen den Querströmungen und Erosion bei Niederwasser nicht bewährt hätten. Die beiden Abschnitte und Projekte weisen grosse Unterschiede auf, die kaum einen direkten Vergleich erlauben. Diese Unterschiede sowie eine Begründung für den Einsatz von ingenieurbio-logischen Massnahmen werden nachfolgend dargelegt.

Morphologie

Die hydromorphologischen Verhältnisse oberhalb und unterhalb der Hunzigenbrücke lassen sich nicht vergleichen. Oberhalb ist die Aare verbreitert, unterhalb ist und bleibt die Aare im kanalisiertem Flussbett. Gemäss Einteilung nach Yalin / Da Silva treten in der Hunzigenau alternierende Bänke auf, beim Projekt Farhubel ist dies nicht zu erwarten (siehe untenstehende Abbildung). Daher ist auch bei Niederwasser mit nur kleinen Querströmungen zu rechnen.

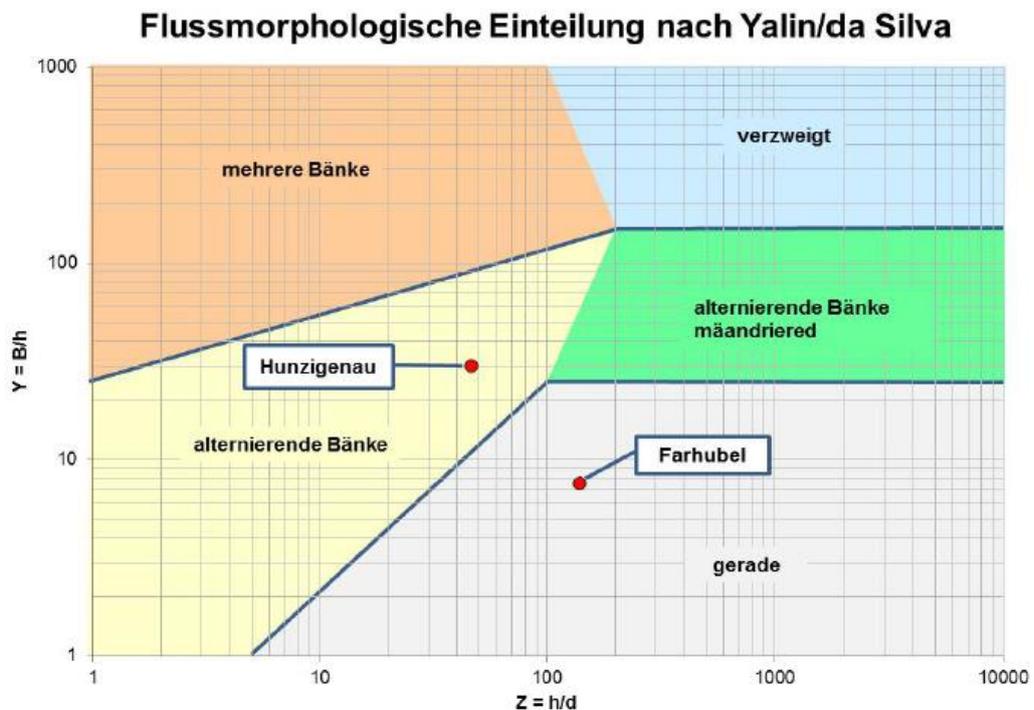


Abb. 14: Positionierung der hydromorphologischen Verhältnisse der Strecke oberhalb Hunzigenau und Farhubel nach Yalin, M.S. da Silva, A.M.F. (2001): *Fluvial Processes*. IAHR Monograph, Delft, The Netherlands
 B : Gerinnebreite; h : Gerinnehöhe; d : mittlerer Korndurchmesser; $Y = B/h$; $Z = h/d$

keine Querströmungen

Vor der Hunzigenbrücke ist die Aare aufgeweitet, was zu einer erhöhten Geschiebeablagerung führt. Die Hunzigenbrücke ist ein Engnis, nach der Brücke tritt ein Verengungskolk auf (siehe Abb. unten). Die Bildung von Geschiebebänken ist daher nicht möglich. Die Gefahr von Querströmungen, wie diese bei der Hunzigenau auftreten, ist nicht zu erwarten, so sind auch keine grossen Erosionskräfte auf das Ufer zu erwarten.

Sicherungen von
Anfang an

In der Hunzigenau wurde das Ufer anfänglich nicht oder nur kaum verbaut. Ziel war es, die Verbauungen erst bei Bedarf zu erstellen (Prinzip Beurteilungslinie / Interventionslinie). Dass im Fall Hunzigenau die Beurteilungslinie sehr rasch erreicht wurde und interveniert werden musste, ist nicht von der Hand zu weisen.

Im Projekt Farhubel wird nicht mit einer Beurteilungs- und Interventionslinie gearbeitet, der Ufererosionsschutz wird jetzt vollständig wiederhergestellt.

Kombination mit
Buhnen

Bei der Hunzigenau zielten die ingenieurbioologischen Massnahmen darauf ab, die Erosion zu verzögern. Diese Erwartungen wurden nicht erfüllt und es musste früher als erwartet interveniert werden. Beim Projekt Farhubel werden nicht nur ingenieurbioologische Massnahmen eingesetzt, sondern eine Kombination von kurzen Buhnen und ingenieurbioologischen Massnahmen.

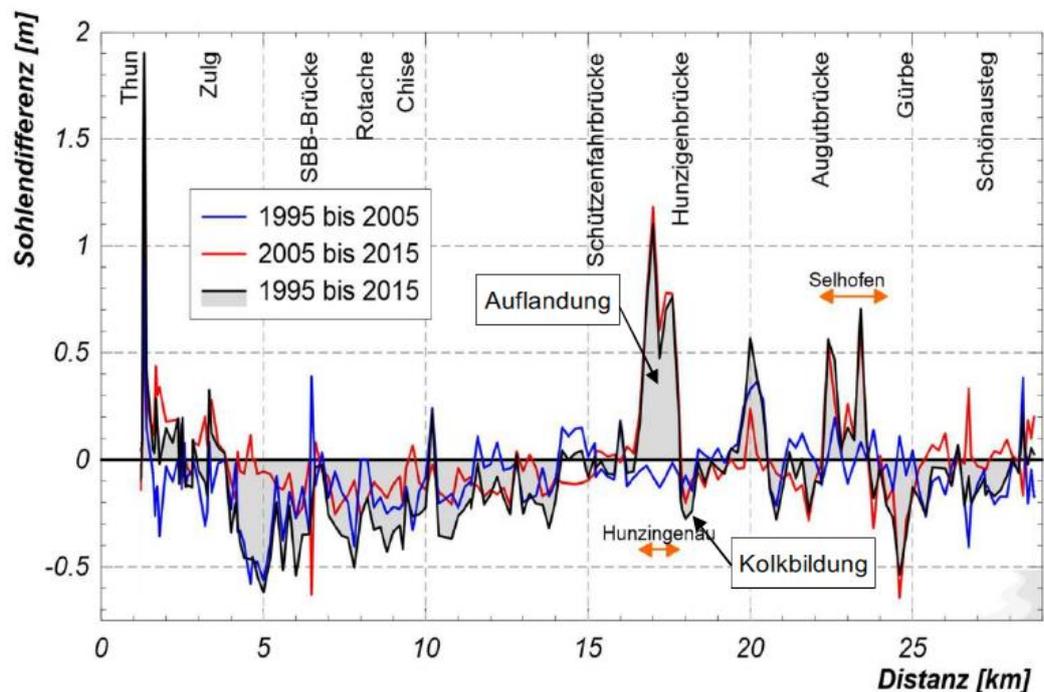


Abb. 15: Sohldifferenz Aare Thun – Bern [4]

Sicherheits-
nachweis

Die maximale Schubspannung in einem Gerinnequerschnitt tritt nach Krüger & Frank (1988: Fliessgesetze in offenen Gerinnen) stets an der Sohle in Gerinnemitte auf und berechnet sich folgendermassen:

$$\tau_0 = \rho_W \cdot g \cdot r_{hy} \cdot I_{So} \quad [\text{N/m}^2]$$

Schubspannung

Wobei r_{hy} bei einem breiten Gerinne wie es die Aare ist, mit der Wassertiefe [h] gleichgesetzt werden kann. Mit den aus untenstehender Tabelle entnommenen Werten der Neigung und der Wassertiefe ergibt sich für den betreffenden Abschnitt eine maximale Schubspannung von 54.4 N/m².

Abschnitt	GEWISS-M [m]	Hochwasserlinie HQ ₁₀₀ [m.ü.M]	Sohlenhöhe [m.ü.M]	Fließhöhe [m]
Start	195258	518.92	515.51	3.41
Ende	194334	517.38	514.27	3.11
Differenz	924	1.54	1.24	
Neigung		0.17%	0.14%	
mittlere Fließhöhe				3.26

Tab. 4: Berechnungsgrundlagen maximale Schubspannung

Grenzwerte

Die Wandschubspannung, also die Schubkraft an den Böschungen, strebt nach Krüger bei breiten Trapezgerinnen und flach geneigten Böschungen, was bei der Aare zutrifft, folgende Grenzwerte an:

$$\begin{aligned} \text{maximale Sohlenschubspannung: } \max \tau_0 &= \rho_W \cdot g \cdot r_{ly} \cdot I_{So} \\ \text{maximale Wandschubspannung: } \max \tau_W &= 0,741 \cdot \rho_W \cdot g \cdot r_{ly} \cdot I_{So} \\ \text{mittlere Wandschubspannung: } \tau_{Wm} &= 0,543 \cdot \rho_W \cdot g \cdot r_{ly} \cdot I_{So} \end{aligned}$$

Aus dem oben berechneten Wert ergeben sich für die Böschung maximale Schubspannungen von 40.3 N/m² und mittlere Wandschubspannungen von knapp 30 N/m². Das Verhältnis der Schubspannungen entlang eines natürlichen Gerinnes soll Abbildung 12 verdeutlichen. Klar zu erkennen ist die Abnahme der Schubspannung an der Böschung. Auch beim Projekt Schützenfahr in Münsingen ging man von ähnlichen Werten aus (Technischer Bericht Schützenfahr).

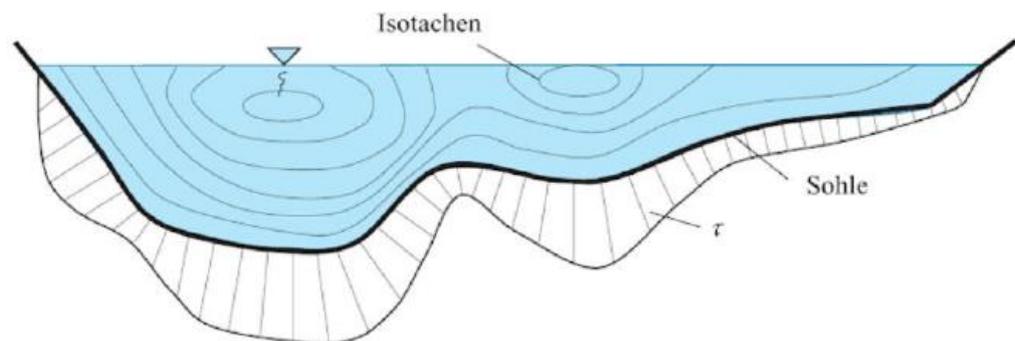


Abb. 16: Verteilung der Wandschubspannung für ein natürliches Gerinne

Literaturwerte

Da die Ufer im betreffenden Projekt mit ingenieurbioologischen Massnahmen gefestigt werden, soll die absorbierbare Schleppkraft eines lebenden Uferwerks zusätzlich belegt werden. Die Wirkung von ingenieurbioologischen Massnahmen wird in der Literatur unterschiedlich beschrieben und liegt im Bereich von 50 N/m² bis 480 N/m² (vgl. M. Oplatka 1998; Stabilität von Weidenverbauungen an Flussuferrn). Nach R. Johannsen (1980, Zur Wirkung ingenieurbioologischer Bauweisen am Beispiel lebender Uferdeckwerke im Flussbau) setzt sich diese Schleppkraft zusammen aus der Schleppkraft, die rein vom Bauwerk direkt nach Fertigstellung aufgenommen werden kann (ohne Vegetation) und der vegetationsabhängigen Schleppkraft, die über Wurzeln und Triebe der Pflanzen aufgenommen wird. Diese zweite Schleppkraft ist zeitabhängig und nimmt mit dem Wachstum der Vegetation zu. Nach spätestens 3-4 Vegetationsperioden übernimmt die Vegetation die komplette Schleppkraftdeckung.

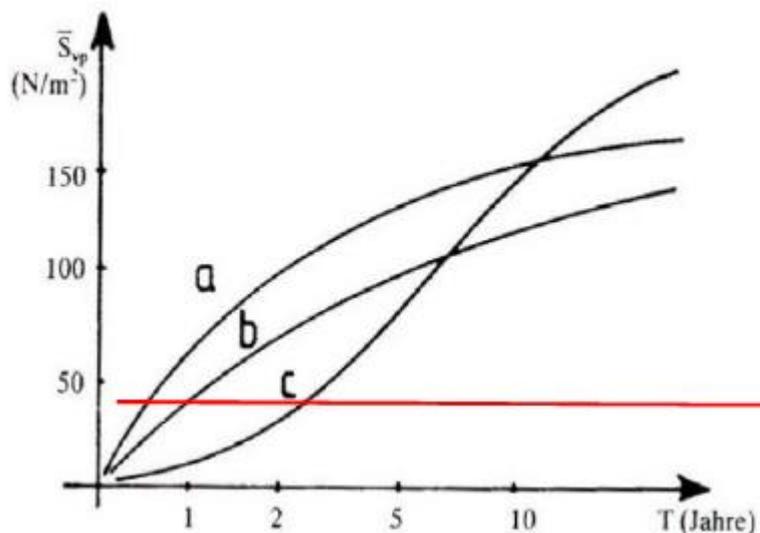


Abb. 17: Darstellung des vegetationsabhängigen Schleppkraftdeckungswertes in Abhängigkeit der Zeit (Johannsen, 1980).

a: Weidenspreitlage, b: Weidenkämme, c: Schwarzerle, Esche, Wasserschneeball.

Rote Linie: Zu erwartende Schleppkraft an der Böschung.

Anmerkung: „Schleppkraft“ müsste physikalisch korrekt als Schleppspannung bezeichnet werden.

nach 1 Jahr

Die Vegetation kann mehrheitlich schon nach einem Jahr die zu erwartende Schleppspannung an der Böschung von 40 N/m^2 aufnehmen (Abb. oben). Unter Anbetracht der Tatsache, dass das Ufer zusätzlich mit Wurzelstöcken und Rundholz verbaut und damit stabilisiert wird, ist mit einer Erosion des Ufers nicht zu rechnen, da der Holzverbau bis zur Stabilisierung der Böschung durch die Vegetation genügend Schubkraft aufnehmen kann. In der Literatur (Johannsen, 1980) werden für Holzverbauungen Schubwiderstände von 150 N/m^2 angegeben. Da davon auszugehen ist, dass der Verbau seine Wirkung durch den natürlichen biologischen Abbau deutlich später als nach einem Jahr verliert, ist ein durchgehender Erosionsschutz gewährleistet. Zusätzlich verringern die Buhnen die Schubkraft an den Ufern weiter.

$R > S$

Den Sicherheitsnachweis mit $R = \text{ca. } 150 \text{ N/m}^2 > S = \text{ca. } 40 \text{ N/m}^2$ kann somit erbracht werden.

Schutzbautenmanagement

Trotz diesem mathematischen Sicherheitsnachweis ist gemäss unserer Erfahrung nicht auszuschliessen, dass bei einem HQ_{100} sowohl bei den Steinbuhnen wie auch bei den ingenieurb biologischen Verbauungen Schäden auftreten werden. Es wird jedoch sicher nicht der vollständige Kollaps eintreten, welche den gesamten Hochwasserschutz gefährden würde. Nach einem Ereignis müssen die Werke inspiziert und gegebenenfalls gemäss Schutzbautenmanagement Massnahmen eingeleitet werden.

4.4 Nachweis Verhältnismässigkeit

Dammbruch

Der Nachweis der Verhältnismässigkeit wird im Rahmen eines Instandstellungsprojekts nur pauschal beurteilt. Das Szenario, welches es zu verhindern gilt, ist der Dammbruch. Dem Projektverfasser liegen keine Angaben zu möglichen Überflutungen nach einem Dammbruch im Projektperimeter vor. Insbesondere ist in der aktuell gültigen Gefahrenkarte der Gemeinde Belp kein entsprechendes Szenario berücksichtigt, da davon ausgegangen wird, dass der Damm seine Funktion gewährleistet.

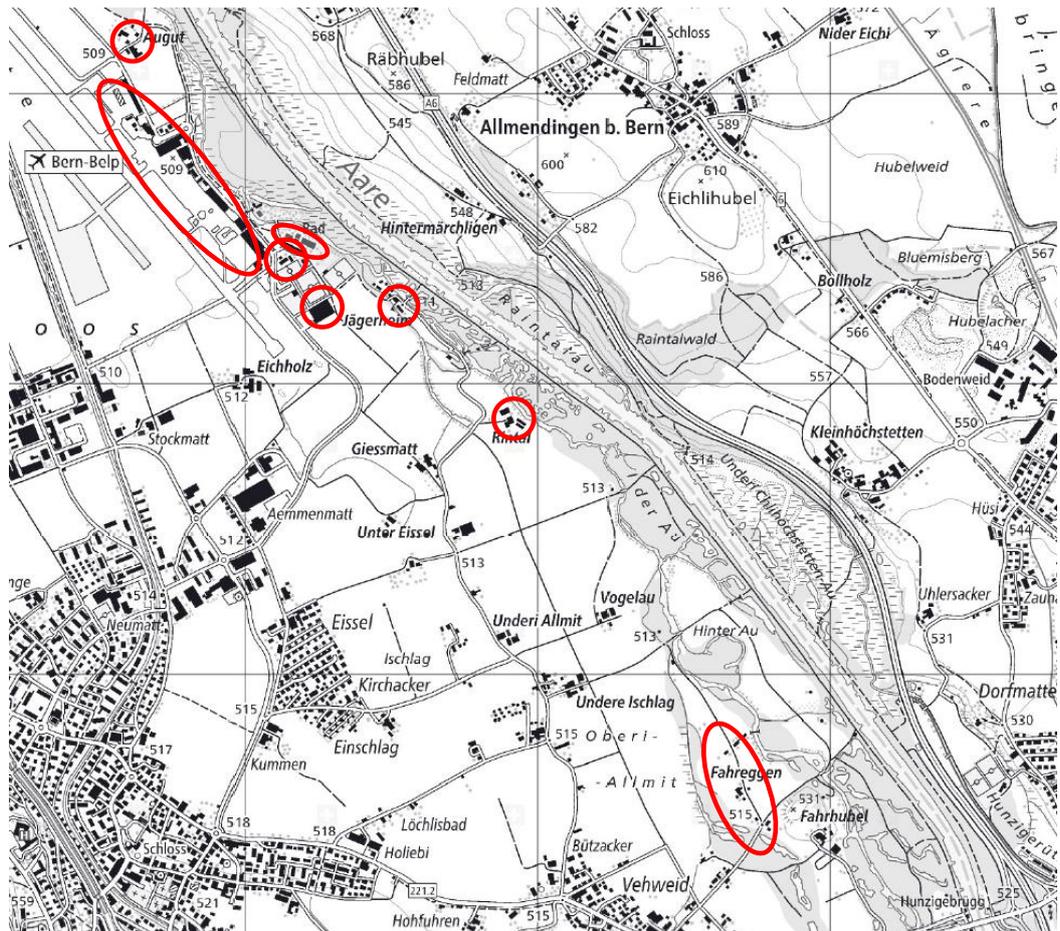


Abb. 18: Bei einem Dammbruch im Projektperimeter potentiell gefährdete Objekte

- Objekte** Aufgrund der aktuellen Gefahrenkarte (dargestellt in Kap. 3.2) können die gefährdeten Infrastrukturen lokalisiert werden, siehe obenstehende Abbildung.
- Annahme** Es wird angenommen, dass ohne Instandstellungsprojekt bei einem 100-jährlichen Ereignis durch Ufererosion bzw. die komplette Zerstörung einer Betonbuhne ein Dammbruch durch innere Erosion und/ oder Grundbruch stattfindet und die potentiell gefährdeten Objekte (nur Gebäude) jeweils mit schwacher (Flughafenareal) und mittlerer Intensität (übrige Objekte) und überschwemmt werden.

Objekt	Sachwert [kFr.]	Schaden- empfind- lichkeit	Schaden- potential pro 100 Jahre [kFr.]	Schadenpotential pro Jahr [kFr.]
Fahreggen	4'550 (7 EFH)	0.5	2'250	22.5
Rintal	1'300 (2 EFH)	0.5	650	6.5
Jägerheim	840 (280.-/m ³)	0.4	336	3.4
Sporthalle	14'800 (370.-/m ³)	0.3	4'440	44.4
Bad	1'400 (280.-/m ³)	0.4	560	5.6
Flugplatzstrasse 6	2'750 (5 WE)	0.4	1'100	11
Flughafen (ganzes Areal *)	28'000 (280.-/ m ³)	0.03	840	8.4
Augut	2'750 (5 WE)	0.4	1'100	11
Total				112.8

Tab. 5: Schadenpotential bei Annahme einer Eintretenshäufigkeit 1x pro 100 Jahre

(*) Werte aus Studie zum Schadenpotential EconoMe 1.0 (2008), ca. 100'000 m³

Standardwerte	Die Sachwerte und die Schadenempfindlichkeit je Objekt wurden anhand von verfügbaren Standardwerten aus EconoMe übernommen oder geschätzt.
Flugplatz	Für den Flugplatz Belp wurden Kosten, welche durch die Einstellung des Flugbetriebs entstehen, nicht berücksichtigt. Die geschätzten Gesamtkosten für das ISP betragen knapp 2.0 Mio. CHF (Kap. 5). Mit Annahme einer mittleren Lebensdauer der Ufersicherungen von 40 Jahren ergeben sich jährliche Kosten von 50 kCHF/ Jahr.
N/K = 2.2	Eine Gegenüberstellung des totalen Schadenpotentials von 112.8 CHF/ Jahr und den jährlichen Kosten von 50 kCHF/ Jahr ergibt sich eine Kostenwirksamkeit von 2.2.
wirtschaftlich	Die Wirtschaftlichkeit des Projekts ist somit gegeben.

4.5 Bauliche Massnahmen

4.5.1 Bühnen und Ufersicherungen

Pläne Das ISP umfasst folgende bauliche Massnahmen (siehe Pläne):

- Rückbau von 7 alten Betonbühnen
- Kompletter Rückbau des verbliebenen Betonlängsverbaus (ca. 190 m)
- Bau von insgesamt 19 neuen Blockbühnen (wirksame Länge 9 m/ 13 m, Abstand i.d.R. 45 m) gem. Normalprofilplänen
- Sicherung der durch die Bühnen nicht geschützten Uferbereiche jeweils oberhalb der Bühnen mit ingenieurbiotischen Massnahmen (BMU, biogene maschinelle Ufersicherung)

4.5.2 Damminstandsetzung

T-Kreuzung Eine Instandsetzung des Dammes ist vor allem bei der T-Kreuzung bei der Schwellihütte nötig. Der Dammweg hat sich gesenkt, da vorwiegend forstliche Fahrzeuge an dieser Stelle wenden bzw. abbiegen und über die Jahre hinweg Material abgetragen haben.

Instandsetzung Im Sinne einer Instandsetzung wird der ursprüngliche Zustand wieder hergestellt. Die Instandsetzung des Weges (Ausrundung, Kurvenradien) wurde mit dem Forstbetrieb Bürgergemeinde Belp abgesprochen. Die neue Strassengeometrie genügt auch den Fahrzeugen für den Gewässerunterhalt.

umgekippte Wurzelstöcke Auf der übrigen Dammstrecke werden punktuell ebenfalls kleine Instandsetzungen durchgeführt. "Punktuell" bezieht sich v.a. auf den Bereich mit umgekippten Wurzelstöcken, die den Damm beschädigt haben. Diese Instandsetzung hat den Charakter eines periodischen Unterhalts von Wald- und Güterstrassen.

4.5.3 Ökologische Massnahmen

Folgende ökologische Massnahmen ergänzen das Projekt:

- Wurzelstöcke und -stämme in den Bühnenfeldern
- Steinmulden als terrestrische Strukturen
- Ingenieurbiotische Ufersicherungen (Fischunterstände etc.)

4.5.4 Totholzbuhnen

4.5.4.1 Konzept und Ziele

neuartig	Die Ufersicherung unterhalb der Schwellihütte soll als Option zu konventionellen Blocksteinbuhnen mit drei Totholzbuhnen erfolgen. In den Bereichen zwischen den Buhnen (Buhnenfelder) werden als Strukturelemente sog. „Mini-ELJ“ eingebaut.
anerkannt	Bei den vorgesehene Totholzbuhnen handelt es sich um eine neuartige, biogene Bauweise, welche sich an einer in Nordamerika anerkannten Uferverbauungsart („Engineered Log Jam (ELJ), zu Deutsch „konstruierter Totholzhaufen“) orientiert.
Löchligut	Der Einsatz von ELJ schweizweit erstmalig erfolgte im Rahmen der Ufersanierung an der Aare im Löchligut, Stadt Bern, im Frühjahr 2018. Grosse Teile des Beschriebs im vorliegenden Kapitel 4.5.4 wurden der ausführlichen Schlusssdokumentation zum Bau im Löchligut [8] entnommen.
ökol. Mehrwert	Bei einem ELJ wird durch den Einbau von Totholz, Kies und Blocksteinen sowie Pflanzungen diverser Baumarten ein natürlicher Erosionsschutz gebildet. Zusätzlich zum Erosionsschutz bietet ein ELJ durch seine vielfältigen Strukturen im Niederwasserbereich wertvolle Fischunterstände und aquatische Habitate. Mit dem ELJ kann eine gewässernahe Beschattung mit standortheimischen Gehölzen erreicht werden, deren Wurzeln mittelfristig die Funktionalität des Totholzgerüsts ersetzen und den Erosionsschutz des Ufers sicherstellen. Ziel ist, dass eine naturnahe und selbsterhaltende Konstruktion erschaffen wird.
Durchwurzelung	Mit dem ELJ können sich im Uferbereich gewässernahe und vielfältige Vegetationsstrukturen entwickeln. Im Laufe der Sukzession wird sich der Uferbereich vom Ruderalstandort (nach Bau) zu einer Gehölzfläche mit Auenwaldcharakter entwickeln. Mit dem ELJ werden Nischen und Mikrohabitate sowohl für terrestrische als auch für litorale Flora/ Fauna geschaffen. Die gewässernahen Ufergehölze und deren Durchwurzelung fördern die Vernetzung und Verzahnung aquatischer und terrestrischer Lebensräume. Längerfristig betrachtet entwickeln sich im Gegensatz z.B. zu einem Blocksteinverbau durchwurzelbare Böschungsstrukturen.

4.5.4.2 Baumaterial

Totholz	Im Löchligut [8] bestand das eingebaute Totholz aus Föhren, Fichten, Tannen, Weymouthkiefern, Buchen und Eichen. Benötigt wurden Wurzelstämme, Langhölzer, Giebelholz und Giebelholzreste.
Pfähle	Die Holzpfähle, welche für das Vibrieren zur Fixierung der Struktur verwendet wurden, konnten aus Fichten gefertigt werden. Im Löchligut wurden die Pfähle mit einer Stahlspitze versehen, um das Eindringen in den Molassefels zu ermöglichen.
Blocksteine	Blocksteine wurden verwendet, um den ELJ während der Bauphase gegen Auftrieb zu beschweren. Weiter wurden sie eingesetzt um die Einbindestellen der Struktur zusätzlich vor dem Hinterspülen zu sichern. Um den ELJ vor Unterkolkung

zu schützen, wurden Schroppen am Uferfuss platziert (Depotschüttungen). Für die Verfüllung/ Hinterfüllung des ELJ wurde Flusskies verwendet.

Pflanzungen

Die verwendeten Pflanzen wurden als Forstware bezogen. Um den ELJ langfristig zu sichern wurde ein Gemisch aus verschiedenen Bäumen und Sträuchern gepflanzt. Für die langfristige innere Stabilisierung des ELJ müssen Gehölze verwendet werden, welche in der Lage sind in stehendes Wasser Wurzeln auszubilden. Weidensteckhölzer wurden in sehr grosser Anzahl bis tief in die ELJ eingebaut (Wasserkontakt bei Niederwasser). Die restlichen Gehölze wurden in mit Humus angereicherten Pflanzgruben gepflanzt.

4.6 Besucherlenkung

- Bauphase** Während der Bauphase wird der Wanderweg landeinwärts durch das Sidegöl und Hinter Au umgeleitet. Die Bevölkerung wird über das Gemeindeblatt "Der Belper" betreffend Bauprogramm und Umleitung orientiert. Hinweistafeln werden an den Abzweigepunkten sowie auf Höhe Jägerheim und Campagna aufgestellt. Der Wanderweg wird pro Bauphase nur soweit wie nötig umgeleitet (siehe Abb. unten).
- Endzustand** Für den Zustand nach Projektende wird durch die Gemeinde explizit gewünscht, dass nur wie bisher die Bädelibühne (die heutige Betonbühne bei der Schwellihütte) für Erholungssuchende attraktiv gestaltet werden soll. Vor allem in der Nähe des Parkplatz Campagna sollen die Bühnen nicht zum Verweilen einladen. Dieser Forderung wird nachgekommen, indem die Blocksteinbühnen nicht wie z.B. beim Instandstellungsprojekt Schützenfahr breit und flach ausgestaltet werden.
- Sichtschutz** Heute wird das durch das Projekt betroffene Ufer wenig von Badenden und verweilenden Erholungssuchenden genutzt, da der Wanderweg sehr nahe beim Ufer verläuft, viele Wanderer und Hundebesitzer den Weg benutzen und das Ufer sehr schattig ist. Nach der Ausführung des Projekts ist das Ufer in einer 1. Phase sonniger, jedoch ohne Sichtschutz zwischen Bühnen und Wanderweg.

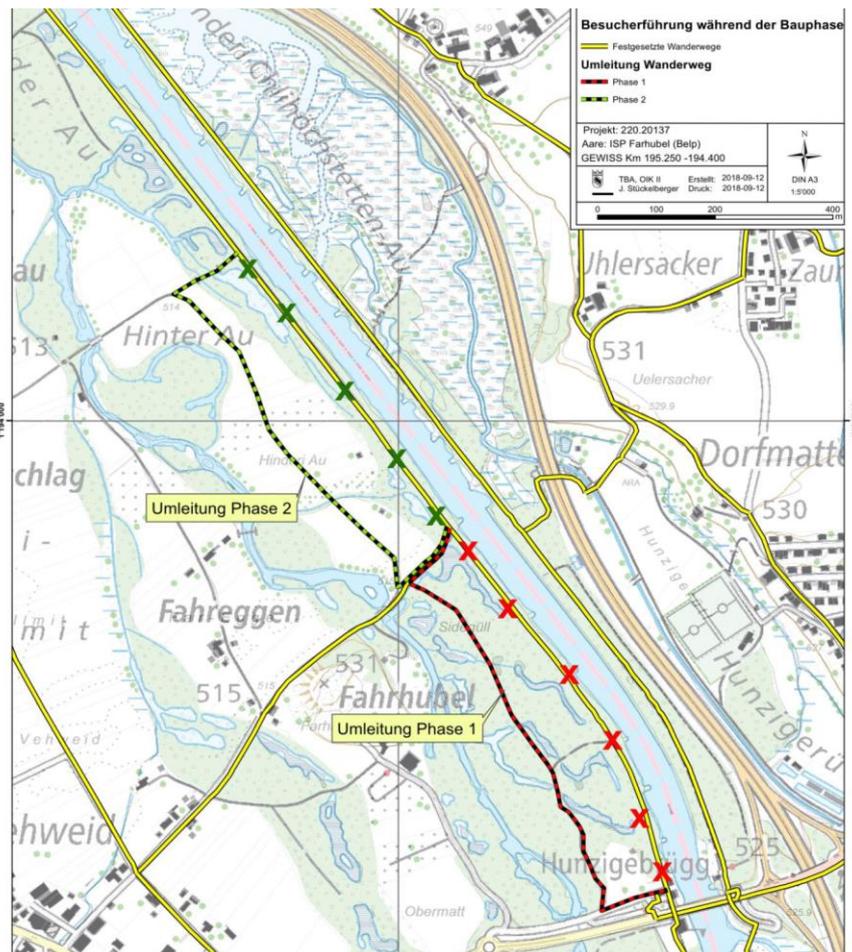


Abb. 19: Farhubel: Umleitung Wanderweg während den Bauphasen

5 KOSTEN

5.1 Kostenvoranschlag

- 2.0 Mio. CHF Die Gesamtprojektkosten inkl. MwSt. betragen rund 2.0 Mio. CHF (s. *Anhang A*).
- Der Kostenvoranschlag der Bauarbeiten beruht auf Einheitspreisen realisierter und vergleichbarer Objekte. Die Genauigkeit der Kostenschätzung beträgt +/- 10%. Preisbasis ist Juni 2018.
- Risikokosten In den Gesamtprojektkosten sind Risikokosten eingerechnet. Diese sind im *Anhang A* separat ausgewiesen.

5.2 Kostenträger

- Subventionen Bauherr des Vorhabens ist das Tiefbauamt des Kantons Bern. Das Projekt wird als Instandstellungsprojekt subventioniert. Dabei übernimmt der Kanton Bern 25% und der Bund 35% der beitragsberechtigten Kosten. Die restlichen Kosten (40%) werden durch die Gemeinde Belp getragen.
- Zum jetzigen Zeitpunkt werden sämtliche Kosten als beitragsberechtigt beurteilt.
- Totholzbuhnen An den Kosten der Option Totholzbuhnen sowie ökologische Aufwertungen im Gewässer und Uferbereich wird sich der Renaturierungsfonds des Kantons Bern voraussichtlich namhaft beteiligen.

6 BAUABLAUF

6.1 Baustelleninstallation und -erschliessung

Uferweg Die Erschliessung der Baustelle erfolgt via den bestehenden Uferweg ab Brügglstrasse (Zufahrtsstrasse ab Kreisel Viehweidstrasse zum Rest. Campagna). Der Uferweg auf dem bestehenden Aaredamm wird als Baupiste genutzt und muss lokal entsprechend verstärkt werden.

Installations-
flächen Durch die Gemeinde kann eine ca. 350 m² Installationsfläche im Bereich der öffentlichen Parkplätze zur Verfügung gestellt werden. Weiter Flächen z.B. für Blockdepots sind innerhalb des Massnahmenperimeters (zwischen Dammkrone und Aareufer) vorgesehen.

6.2 Bauablauf

Der Bauablauf ist wie folgt vorgesehen:

- Holzarbeiten in den erforderlichen Bereichen (Buhnen, Ufersicherungen, Zufahrtsrampen) durch Forstunternehmung
- Baustelleninstallation
- Abschnittsweise von oben nach unten (Grund: Buhnen können im Schutz der jeweils oberliegenden, bereits erstellten Buhne gebaut werden): Rückbau Ufersicherungen/ Betonbuhnen, Bau der neuen Buhnen, ingenieurbio-logische Ufersicherung
- Terrestrische Strukturelemente
- Rückbau Baupiste, Rekultivierung, Wiederaufforstung gemäss Weisungen Forstdienst
- Rückbau Baustelleninstallation, Instandstellungen

Dokumentation Der Bau der Totholz-buhnen ist unabhängig vom Bau der Blocksteinbuhnen. Ein möglicher Bauvorgang wird z.B. in der Schlussdokumentation zur Ufersanierung an der Aare im Löchligut, Stadt Bern [8] beschrieben.

90 m³/s Die Risikowassermenge für die Baupiste in der Aare beträgt 90 m³/s (Abfluss Aare Thun).

7 PROJEKTAUSWIRKUNGEN

7.1 Nutzungen und Infrastrukturen

Hochwasserspiegel	Die neuen Buhnen beeinflussen den Geschiebetrieb nicht, so dass keine Auswirkungen auf die Sohlen- bzw. Hochwasserspiegellagen und damit die Hochwassersicherheit oberstrom zu erwarten sind.
Brücke	Die Hunzigenbrücke liegt im Perimeter zum Wasserbauplan Obere Belpau und wird durch das vorliegende Projekt nicht beeinflusst.
Werkleitungen	Im Abschnitt Hunzigenbrücke – Schwellihütte befinden sich gemäss den vorliegenden Planunterlagen keine Werkleitungen.
Rest. Campagna	Das Restaurant Campagna am linken Aareufer oberhalb der Hunzigenbrücke ist durch das Projekt nicht direkt betroffen. Durch die Beanspruchung eines Teils der öffentlichen Parkflächen (auf einem Grundstück der Gemeinde Belp) als Installationsfläche ist das beliebte Ausflugsziel jedoch indirekt betroffen.
Wanderweg	Auf dem Aaredamm verläuft ein Wanderweg, welcher während der Ausführung umgelegt werden muss.
Bädelibühne	Die Buhnen werden als Zugangsort zum Wasser von genutzt. Die Betonbühne bei der Schwellihütte – die sog. „Bädelibühne“ – wird aufgrund der Grösse und der angrenzenden Grillstelle (bei der Schwellihütte) bevorzugt genutzt. Im Projekt ist vorgesehen, die neue Bühne an dieser Stelle wiederum als „Bädelibühne“ auszugestalten.

7.2 Lebensräume, Flora und Fauna

Damm bis Aare	Durch das Projekt wird der bestehende Aaredamm als Transportpiste benutzt. Sämtliche baulichen Massnahmen finden jedoch im Bereich zwischen wasserseitiger Dammkrone und der Aare – und somit ausserhalb der heutigen Aue, welche sich hinter dem Damm befindet, statt.
---------------	---

7.3 Grundwasser

	Die Sanierung des Uferverbau befindet sich im Gewässerschutzbereich Au.
Au	Gemäss Anhang 4 Ziffer 211 Abs. 2 GSchV dürfen im Gewässerschutzbereich Au keine Anlagen erstellt werden, die unter dem mittleren Grundwasserspiegel liegen. Die Behörde (AWA) kann Ausnahmen bewilligen, soweit die Durchflusskapazität des Grundwassers gegenüber dem unbeeinflussten Zustand um höchstens 10 Prozent vermindert wird.
GSchV	

Aufgrund der Tatsache, dass im vorliegenden Abschnitt bereits ein Uferverbau inkl. Bühnen vorhanden sind, wird von einer Beeinflussung von weniger als 10% ausgegangen.

7.4 Ökologie

- mehr Bühnen Mit dem Projekt werden 7 alte Betonbühnen sowie der noch bestehende Uferverbau aus Beton auf einer Gesamtlänge von ca. 190 m entfernt und durch 19 neue Blockbühnen ersetzt. Durch die grössere Anzahl Bühnen und die Entfernung des Uferverbaus wird die Quervernetzung im Projektperimeter gegenüber des früheren Zustands mit einem vollständigen Uferverbau mit Betonlängsverbauungen und Betonbühnen verbessert.
- Strukturen Der Einbau von Wurzelstöcken im Kolkbereich der Blockbühnen hat einen positiven Einfluss auf die Fischökologie. Mit terrestrischen Strukturelementen (Totholz- und Steinhäufen) werden zusätzliche Lebensräume geschaffen.

7.5 Wald

Es wird auf das separate Rodungsdossier verwiesen.

- 1.4 ha Inklusive der beanspruchten Forstwege, welche im Waldareal liegen, ist eine Gesamtfläche von 13'672 m² als temporäre Rodung betroffen.
- Blockbühnen Alle Bühnenwurzeln werden überdeckt. Die Erfahrung zeigt, dass auf nackten Betonflächen Sträucher und sogar Bäume Fuss fassen können. Die Blockbühnen bieten, aufgrund der deutlich höheren Oberflächenstruktur und Zwischenräume, für Waldbäume bessere Verhältnisse als Betonbühnen. Der Kronenschluss wird - nachdem die Aufforstung die Entwicklungsstufe Stangenholz 2 erreicht hat - wieder erreicht werden.

7.6 Boden

- Bodenschutz Der physikalische Bodenschutz hat zum Ziel, unerwünschte Folgen durch mechanische Einflüsse auf den Boden zu verhindern. Bei Bauvorhaben ausserhalb der Bauzone ab 2'000 m² ist mit dem Bewilligungsverfahren ein Bodenschutzkonzept einzureichen und eine bodenkundliche Baubegleitung (BBB) beizuziehen, sofern das Vorhaben eine erhebliche Auswirkung auf den Boden hat.
- 1'800 m² Durch das vorliegende Projekt sind rund 1'800 m² Waldboden betroffen (Abschätzung: 18 Bühnen à 100 m²). Zudem handelt es sich um alluvialen Boden, der vorwiegend aus Sand und Kies besteht und kaum Ober- und Unterboden aufweist. Ein formales Bodenschutzkonzept muss daher nicht erstellt werden.
- Baubegleitung Ein sorgfältiger Umgang mit der Ressource Boden wird mit einer fachgerechten Bauausführung sichergestellt. Die bodenrelevanten Bauarbeiten werden in den kritischen Bauphasen durch ausgewiesenen Fachpersonen von Kissling + Zbinden

AG (Christian Wüthrich und Christian Meier, zertifizierte bodenkundliche Baubegleiter) begleitet.

7.7 Landschaft und Ortsbild

keine
Auswirkungen

Das Landschaftsbild wird während der Bauausführung aufgrund der temporären Rodungen verändert. Nach mehreren Vegetationsperioden, bzw. nach dem Aufwuchs der natürlichen Ufervegetation wird keine dauernde Veränderung des Landschaftsbilds verbleiben.

7.8 Unterhalt und Pflege

keine Änderung

Die Blockbuhnen erfordern keinen speziellen Unterhalt. Die Grundsätze des Gewässerunterhalts an der Aare gemäss Schutzbautenmanagement bleiben unverändert.

Aufwuchspflege

In den ersten Jahren nach Bau ist die Aufwuchspflege der gepflanzten Bäume und Sträucher die wichtigste Unterhaltsmassnahme.

Totholzbuhnen

Die Lebensdauer des Holzes der Totholzbuhnen wird auf rund 20 Jahre geschätzt. Bis dahin sollten sich die gepflanzten Bäume etabliert haben und die Durchwurzelung übernimmt die statische Funktion des Totholzes.

8 TERMINE

Meilensteine Der vorgesehene Terminplan beinhaltet folgende Meilensteine:

- öffentliche Auflage: Okt./ Nov. 2018
- Baumeistersubmissionen: Okt. - Dez. 2018
- Baubeginn Holzerarbeiten: Winter 2019
- Baubeginn Wasserbau: ab Febr. 2019, während 2 Winter

9 GRUNDLAGENVERZEICHNIS

- [1] Bundesamt für Umwelt BAFU. Flussvermessung Aare, Querprofile, Schwellenmatte – Thun, Messkampagnen aus den Jahren 1999, 2005, 2011 und 2016, Bern (2016)
- [2] Bundesamt für Umwelt BAFU. EXAR Grundlagen Extremhochwasser Aare Thunersee – Rhein, Morphologische und gerinnespezifische Grundlagen. Flussbau AG, (2016)
- [3] Bundesamt für Umwelt BAFU. Abflussdaten Aare – Bern, Schönau (EDV:2135), Bern (2015)
- [4] Bundesamt für Umwelt BAFU. Abflussdaten Gürbe – Belp Mülimatt (EDV:2159), Bern (2015).
- [5] Aktualisierung Geschiebetransportmodell anhand Vermessung 2015, Hunziker, Zarn & Partner (2018)
- [6] Kantonaler Wasserbauplan „Nachhaltiger Hochwasserschutz Aare, Thun-Bern“ (Projekt aarewasser, (2009)
- [7] Grundsatzbeschluss zu den Zielsetzungen für die Nachfolgeprojekte zum abbeschriebenen Verfahren betr. Kantonaler Wasserbauplan nachhaltiger Hochwasserschutz Aare Thun - Bern (*aarewasser*). RRB Nr. 634/2017 vom 21. Juni 2017
- [8] Schlussdokumentation Ufersanierung Aare, Löchligut, Stadt Bern, Emch + Berger AG im Auftrag des Renaturierungsfonds Kanton Bern, Juni 2018