



Kanton Bern
Canton de Berne

Oberingenieurkreis II

Tiefbauamt
des Kantons Bern

Ile arrondissement
d'Ingénieur en chef

Office des ponts et
chaussées
du canton de Berne

Wasserbauplan, Vorprüfung

Beilage 3.3

Gemeinden	Thun, Steffisburg, Uetendorf, Heimberg	Datum Dossier	Januar 2022
Erfüllungspflichtiger	Kanton Bern	Revidiert	
Gewässernummer	37	Auftrags-Nr.	UE 190051
Projekt-Nr.	WBP 220.201142		
Gewässer	Aare	Plandatum	17. März 2022

Wasserbauplan Aare Thun Nord Regiebrücke Schwäbis – Brücke ARA Uetendorf

Unterlage

Technischer Bericht

Projektverfassende



Per Adresse:
Emch+Berger AG Bern
Schlösslistrasse 23
Postfach
3001 Bern
Tel 058 451 61 11
bern@emchberger.ch



Flussbau AG SAH
dipl. Ing. ETH/SIA flussbau.ch

Wasserbauplangenehmigung:

Impressum

Auftragsnummer	UE190051
Auftraggeber	Tiefbauamt des Kantons Bern, Oberingenieurkreis II
Datum	17. März 2022
Version	1.0
Vorversionen	-
Autor(en)	Fabian Leimer (fabian.leimer@emchberger.ch), Alexandre Mérillat (alexandre.merillat@flussbau.ch), Dr. Matthias Zimmermann (matthias.zimmermann@emchberger.ch); Niels Werdenberg (niels.werdenberg@emchberger.ch)
Freigabe	Dr. Lukas Hunzinger (lukas.hunzinger@flussbau.ch)
Verteiler	
Datei	J:\F_WN\F_Fs19\UE190051_WBP_Aare_Thun_Nord\4_plan\42_vorp\Ing\01_bericht\3_3_TB_WBP_Aare_Thun_Nord_220412.docx
Seitenanzahl	61
Copyright	© Emch+Berger AG Bern, Niederlassung Spiez

Inhalt

Zusammenfassung	iii
1 Einleitung und Auftrag	1
1.1 Ausgangslage	1
1.2 Auftrag	1
1.3 Perimeter und Projektabgrenzung	1
1.4 Projektorganisation	2
1.5 Genehmigungsverfahren	2
1.6 Partizipation und Information	3
2 Ist - Zustand	5
2.1 Historische Entwicklung.....	5
2.2 Ereignischronik.....	5
2.3 Bisherige Projekte und Studien	6
2.4 Bestehende Schutzbauten.....	6
2.5 Charakterisierung der Einzugsgebiete	7
2.6 Geologie	7
2.7 Hydrologie	8
2.8 Geschiebeaufkommen	8
2.9 Flussmorphologie	9
2.10 Aktuelle Nutzungen und Planungen	11
2.10.1 Siedlung und Landschaft.....	11
2.10.2 Landwirtschaft	13
2.10.3 Wald.....	14
2.10.4 Langsamverkehr	14
2.10.5 Naherholung	15
2.10.6 Verkehr	16
2.10.7 Trinkwassernutzung.....	16
2.10.8 Werkleitungen	16
2.10.9 Wasserkraft	16
2.10.10 ESP Thun Nord	16
2.10.11 Drittprojekte.....	17
2.11 Natur und Umwelt	17
3 Defizitanalyse	18
3.1 Mögliche Gefahrenarten	18
3.2 Hochwassergefährdung	18
3.2.1 Schwemmholtzscenarioen	18
3.2.2 Gefahrenbeurteilung	19
3.2.3 Defizite Hochwasserschutz	19
3.3 Ökologische Defizite	20
4 Projektziele	21
4.1 Allgemeine Ziele	21
4.2 Projektspezifische Ziele	21
4.2.1 Wasserbauliche Ziele	21
4.2.2 Ökologische Ziele	21
4.2.3 Ziele für die Naherholung.....	21
5 Massnahmen und Projektkosten	22
5.1 Dimensionierungsgrundlagen	22

5.1.1	Abflussberechnung	22
5.1.2	Freibord	23
5.2	Variantenstudium Sohlenstrukturen	23
5.2.1	Variante A: Neue Struktureinbauten anstelle bestehendem Verbau	24
5.2.2	Variante B: Partieller Rückbau bestehender Verbau und Versenken neuer Strukturen ...	25
5.2.3	Variantenbewertung und Wahl Bestvariante	26
5.3	Massnahmen	27
5.3.1	Ufersicherung	27
5.3.2	Sohlenverbau/Gerinnestrukturierung	28
5.3.3	Aufweitung Aare	29
5.3.4	Ökologische Aufwertungen	31
5.3.5	Naherholung	34
5.4	Kosten	37
5.4.1	Kostenvoranschlag	37
5.4.2	Finanzierung	38
6	Projektauswirkungen	39
6.1	Auswirkungen auf die Sohlenlage und den Wasserspiegel	39
6.2	Verhalten bei Überlast	40
6.3	Gefahrensituation nach Massnahmen	41
6.4	Geschiebetransport	42
6.5	Ökologische Aufwertung	42
6.6	Bestehende Nutzungen	43
6.6.1	Siedlung und Landschaft	43
6.6.2	Landwirtschaft	43
6.6.3	Wald	43
6.6.4	Langsamverkehr	43
6.6.5	Naherholung	43
6.6.6	Verkehr	43
6.6.7	Trinkwassernutzung	43
6.6.8	Werkleitungen	43
6.6.9	Wasserkraft	44
6.6.10	Drittprojekte	44
6.7	Natur und Umwelt	44
6.8	Landerwerb/Erwerb von dinglichen Rechten	44
6.9	Verfahren	45
6.9.1	Spezialbewilligungen	45
7	Anmerkungen zur Bauausführung	47
7.1	Ausführungstermine	47
7.2	Erschliessung der Baustelle und Bauabläufe	47
7.3	Wasserhaltung	48
8	Organisatorische und raumplanerische Massnahmen	48
9	Terminplan	49
10	Grundlagen	50
Anhang A	Fotodokumentation	A-1
Anhang B	Auswertung Abflussmessstation Aare Thun	B-1

Zusammenfassung

Das Projekt Wasserbauplan (WBP) Aare Thun Nord ist im Kontext des Projektes «aarewasser» eingebettet. Das überregionale Projekt aarewasser wurde 2017 zu Gunsten der Ausarbeitung einzelner, lokaler Wasserbaupläne abgeschlossen. Im Rahmen des vorliegenden Wasserbauplans Aare Thun Nord sollen zwischen der Regiebrücke Schwäbis und der ARA-Brücke bei Uetendorf die vorhandenen Defizite des Hochwasserschutzes behoben und eine ökologische Aufwertung erreicht werden.

Unter Berücksichtigung der zahlreichen Rahmenbedingungen (Bebauung, Grundwasserschutzzonen, Altlasten, Werkleitungen) haben sich folgende Massnahmen herauskristallisiert:

- Ersatz der vorhandenen Uferverbauungen im ganzen Projektperimeter: Einbau eines neuen Blockverbaus im unteren Teil der Aareböschung. Sicherung der Böschung mit ingenieurb biologischen Massnahmen oberhalb des Blockverbaus. Die Böschung soll nur so wenig wie notwendig tangiert werden und die bestehende Ufervegetation so weit wie möglich stehen gelassen werden.
- Schaffung von Strukturzonen in der Aaresohle zur Erhöhung der Strömungsvielfalt und des Angebots an aquatischen Lebensräumen.
- Erstellung von Zugangsmöglichkeiten zum Wasser.
- Aufweitung der Aare bei der Zulgmündung zur ökologischen Aufwertung.

Das Projekt soll im Jahr 2024 genehmigt und ab 2026 bis ca. 2033 in mehreren Etappen realisiert werden. Für die Kosten für die Instandsetzung des Uferverbaus belaufen sich auf rund CHF 20 Mio und für die Aufweitung der Aare unterhalb der Zulgmündung wird mit Kosten von rund CHF 6 - 10 Mio. gerechnet.

Mit dem Projekt können die Defizite im Hochwasserschutz (schadhafte Uferverbauungen) beseitigt und der Abschnitt ökologisch aufgewertet werden.

1 Einleitung und Auftrag

1.1 Ausgangslage

Das Projekt Wasserbauplan (WBP) Aare Thun Nord ist im Kontext des Projektes «aarewasser» eingebettet. Das überregionale Projekt aarewasser wurde 2017 zu Gunsten der Ausarbeitung einzelner, lokaler Wasserbaupläne abgeschrieben. Im Rahmen des vorliegenden Wasserbauplans Aare Thun Nord sollen zwischen der Regiebrücke Schwäbis und der ARA-Brücke bei Uetendorf die vorhandenen Defizite des Hochwasserschutzes behoben und eine ökologische Aufwertung erreicht werden. Dabei gilt es im gesamten Perimeter starke räumliche Restriktionen aufgrund der anstehenden Nutzungen (Bebauung, Grundwasserschutzzonen, Altlasten, Werkleitungen) zu berücksichtigen.

1.2 Auftrag

Die Emch+Berger AG Bern wurde zusammen mit dem Subplaner Flussbau AG im Juli 2019 vom Tiefbauamt des Kantons Bern, Oberingenieurkreis II, mit der Erarbeitung des Wasserbauplanes Aare Thun Nord gemäss SIA 103 beauftragt.

1.3 Perimeter und Projektabgrenzung

Der Projektperimeter weist eine Länge von ca. 2.8 Km auf und erstreckt sich entlang der Aare von der Regiebrücke Schwäbis bis zur ARA-Brücke bei Uetendorf (vgl. Abbildung 1).

Obere Grenze: Lokale Km 1.305¹
GEWISS Km 211.925
Koordinaten CHLV95 2'613'790 / 1'178'980
Gemeinden L: Thun; R: Steffisburg
Lokalname: Regiebrücke Schwäbis

Untere Grenze: Lokale Km 4.143
GEWISS Km 209.050
Koordinaten CHLV95 2'612'250 / 1'181'160
Gemeinden L: Uetendorf; R: Heimberg
Lokalname Brücke Kantonsstrasse unterhalb ARA Thunersee (ARA-Brücke)

¹ Das Projekt wurde nicht auf Basis der Kilometrierung des Gewässerinformationssystems Schweiz (GEWISS), sondern basierend auf der lokalen Kilometrierung der Aare aufgebaut. Die lokale Kilometrierung ist übersichtlicher und vereinfacht die Orientierung im Projekt. Bei der GEWISS-Kilometrierung besteht die Möglichkeit, dass es zu einer Veränderung der Kilometrierung kommt, sollte die Gewässerachse angepasst werden, diese würde das Projektverständnis weiter erschweren.

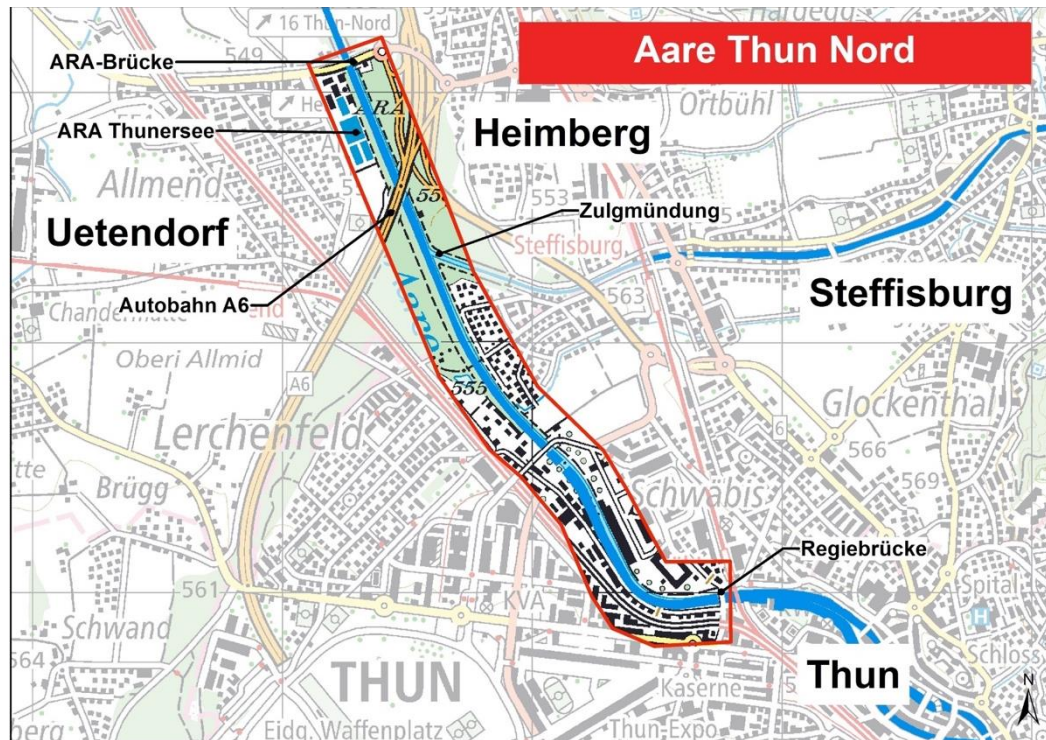


Abbildung 1: Übersicht Projektperimeter.

1.4 Projektorganisation

Bauherrschaft ist der Oberingenieurkreis II (Tiefbauamt des Kantons Bern) als Wasserbaupflichtiger. Der Wasserbauplan wurde in einem Projektteam mit Vertretern vom Oberingenieurkreis (OIK II), Fischereiinspektorat (FI) und Planern entwickelt (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Mitglieder Projektteam.

Funktion	Person	Firma/Dienststelle
Bauherr	Jürg Stüchelberger (Projektleiter)	Oberingenieurkreis II
Bauherr	Deborah Niggli (bis 30.09.2020)	Oberingenieurkreis II
Bauherr	Jana Spicher (bis 31.03.2021)	Oberingenieurkreis II
Bauherr	Anita Fuchs (ab 01.04.2021)	Oberingenieurkreis II
Fachstelle	Olivier Hartmann	Fischereiinspektorat
Kommunikation	Suzanne Michel	Michel Kommunikation
Projektverfasser	Lukas Hunzinger (Leiter Planung)	Flussbau AG
Projektverfasser	Warin Bertschi (bis 31.07.2020)	Emch+Berger AG Bern
Projektverfasser	Fabian Leimer	Emch+Berger AG Bern
Projektverfasser	Niels Werdenberg	Emch+Berger AG Bern
Projektverfasser	Matthias Zimmermann	Emch+Berger AG Bern

1.5 Genehmigungsverfahren

Das Projekt wird im Rahmen eines Wasserbauplanverfahrens genehmigt. Weil die Gesamtkosten die 5 Mio. Grenze übersteigen, wird das Vorhaben als Einzelprojekt beim Bund eingereicht. Die Fachstellen von Bund, Kanton und der Gemeinden wurden bereits bei der Projektierung eng in die Planung miteinbezogen. Im Rahmen von Fachausschusssitzungen (vgl. Tabelle 2) fand ein regelmässiger Austausch mit Vertretern der Fachstellen, der Gemeinden und der betroffenen Werke statt. Dadurch konnten deren Kenntnisse und Anforderungen frühzeitig in die Projektierung einfließen.

Tabelle 2: Übersicht Fachausschusssitzungen und Besprechungen mit Fachstellen.

Termin	Massnahme	Inhalt
14.04.2020	Fachausschusssitzung	Anliegen der Nachbarn erkennen, Koordination Drittprojekte sicherstellen, erste Ideen aus Sicht Wasserbau präsentieren.
22.06.2020	Fachausschusssitzung	Präsentation Planungsstand Wasserbauprojekt.
15.09.2020	Besprechung mit BAFU	Hochwasser, Revitalisierung, Altlast, Wald
13.04.2021	Besprechung mit AWA	Altlasten und Grundwasser
25.06.2021	Besprechung mit ANF und Waldabteilung	Koordination «grüne» Anliegen

1.6 Partizipation und Information

Verschiedene Zielgruppen wurden regelmässig über das Vorhaben und dessen Sinn und Zweck informiert. Die spezifischen Bedürfnisse verschiedener Interessengruppen wurden an Begleitgruppensitzungen formuliert. An diesen Sitzungen nahmen Vertreter von Gemeinden, Anwohnerleuten und Umweltverbänden teil. Die Bedürfnisse der Interessengruppen sind soweit als möglich in die Projektierung eingeflossen.

Im Weiteren war jedermann eingeladen, während der öffentlichen Mitwirkung schriftlich Anregungen, Hinweise, aber auch Kritik zum geplanten Wasserplan einzubringen. Die Eingaben sind im Mitwirkungsbericht dokumentiert und wurden wenn möglich im Projekt berücksichtigt.

Das Vorhaben war vom 22. Oktober bis zum 30. November 2020 zur Mitwirkung aufgelegt. Am 20. Oktober 2020 fand in Uetendorf und am 21. Oktober 2020 in Steffisburg eine Informationsveranstaltung statt.

Die wichtigsten Veranstaltungen, Begehungen und Besprechungen zu Partizipation und Miteinbezug der Akteure sind in Tabelle 3 aufgeführt. Alle Anlässe sind protokolliert.

Tabelle 3: Übersicht öffentliche Kommunikationsmassnahmen.

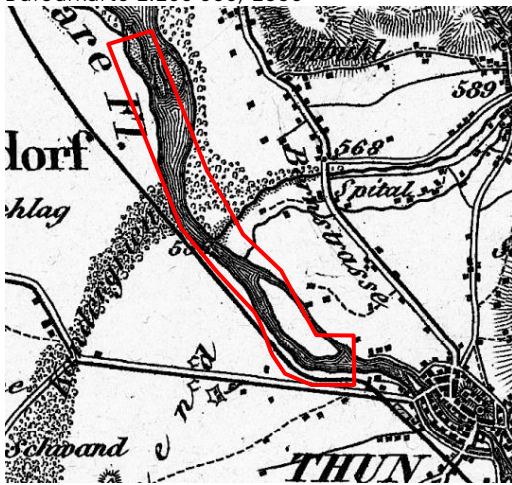
Termin	Massnahme	Inhalt
14.05.2020	Besprechung mit Stadt Thun	Besprechung bezüglich Koordination mit ESP Thun Nord
15.06.2020	Begleitgruppensitzung	Erwartungen an die Planung entgegennehmen, erste Ideen aus Sicht Wasserbau präsentieren.
05.08.2020	Besprechung mit Gde Steffisburg	Besprechung bezüglich Zugang zur Aare & begehbarer Uferschutz
20.08.2020	Besprechung mit Gde Heimberg	Besprechung bezüglich Koordination mit WBP Längsvernetzung Zulg, Altlastensanierung und Trampelpfade entlang Aare.
20.08.2020	Besprechung mit Stadt Thun	Besprechung Anordnung und Ausgestaltung Zugänge zu Aare, sowie Trampelpfade entlang Aare.
26.08.2020	Begleitgruppensitzung	Präsentation Planungsstand Wasserbauprojekt
20.10.2020	Mitwirkungsveranstaltung Uetendorf	Infoveranstaltung Mitwirkung in Uetendorf
21.10.2020	Mitwirkungsveranstaltung Steffisburg	Infoveranstaltung Mitwirkung in Steffisburg
23.04.2021	Besprechung mit ARA-Thunersee	Koordination Verlegung ARA-Hauptkanal
07.05.2021	Besprechung mit Bur- gergemeinde Heim- berg	Koordination Zulgmündung / Wald
03.11.2021	Delegiertenversamm- lung ARA-Thunersee	Diskussion ARA-spezifische Punkte Mitwirkungseingabe
02.03.2022	Besprechung mit Bur- gergemeinde Heim- berg	Koordination Zulgmündung / Wald
21.03.2022	Begleitgruppensitzung	Koordinierte Begleitgruppe der Wasserbauprojekte Aare Thun-Nord, HWS Zulg, Oberi Au

2 Ist - Zustand

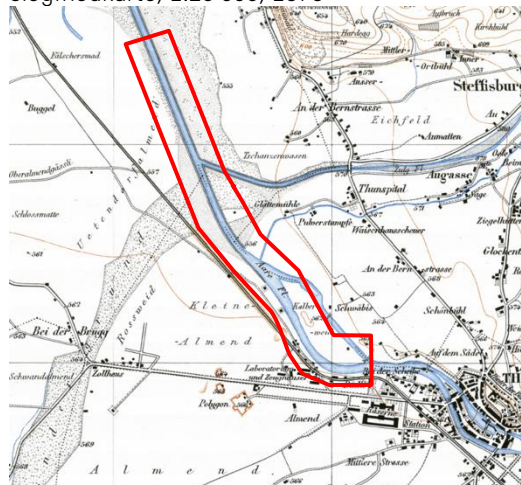
2.1 Historische Entwicklung

Die Betrachtung der historischen Karten zeigt, dass die Aare im Jahr 1860 unterhalb von Thun noch deutlich mehr Platz einnahm und einzelne Inseln aufwies (vgl. Abbildung 2). In den 1870er Jahren wurden die Aare zwischen Thun und Uttigen und die Zulg kanalisiert. Die Mündung der Zulg wurde in ihrer heutigen Lage fixiert. Durch die Kanalisierung floss das Wasser viel schneller als zuvor und es kam zu Sohlenerosion [3]. In der Folge wurde die Sohle in den 1930er Jahren verstärkt und es wurden in regelmässigen Abständen Querriegel aus Blocksteinen in die Sohle eingebaut. Nach der Aarekorrektur in den 1870er Jahren blieb der Verlauf der Aare unverändert. Bei Betrachtung der Kartenausschnitte ist ersichtlich, dass die Bebauung beidseitig der Aare stark zugenommen hat.

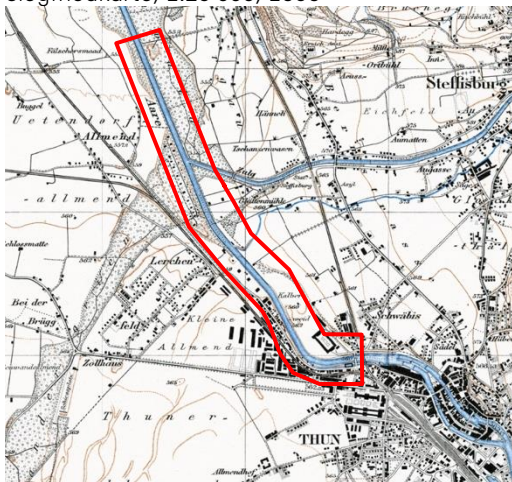
Dufourkarte 1:100'000, 1860



Siegfriedkarte, 1:25'000, 1876



Siegfriedkarte, 1:25'000, 1939



Landeskarte der Schweiz, 1:50'000, 2016

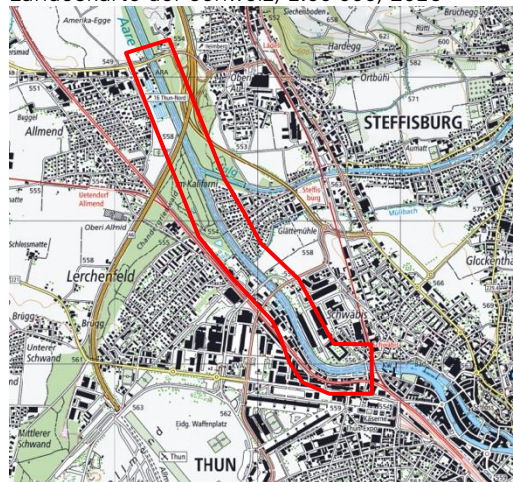


Abbildung 2: Kartenausschnitte Dufourkarte [1860], Siegfriedkarte [1876, 1939] bzw. Landeskarte der Schweiz [2016]. Der Projektperimeter ist rot umrandet. Quelle der Kartenausschnitte: www.map.geo.admin.ch.

2.2 Ereignischronik

Im Ereigniskataster ist ein Hochwasserereignis von 1897 in der Aare innerhalb des Projektperimeters eingetragen [42]. Weitere grosse Hochwasserereignisse sind 1999 und 2005 aufgetreten. Diese haben keine direkten Schäden im Projektperimeter verursacht und sind deshalb im Ereigniskataster nicht aufgeführt.

Tabelle 4: Ereigniskataster der wichtigsten Hochwasserereignisse im Projektperimeter gemäss Ereigniskataster der Naturgefahren [42].

Datum	Hochwasserereignisse
25.08.1897	Überschwemmung bei Regiebrücke (keine Schäden dokumentiert)

2.3 Bisherige Projekte und Studien

In der Vergangenheit wurden bereits verschiedene Studien und Projekte in Bezug auf die Aare im Projektperimeter verfasst bzw. realisiert (vgl. Tabelle 5 und Tabelle 6).

Tabelle 5: Jüngere Studien zur Aare.

Jahr	Titel	Verfasser	Inhalt
2004	Längsvernetzung Zulg, hydrologische und geschiebetechnische Grundlagen	Schälchli, Abegg + Hunzinger (heute Flussbau AG SAH)	Definition von Szenarien für den Geschiebeeintrag aus der Zulg [12].
2009	Gefahrenkarte Steffisburg	Flussbau AG SAH, geo 7 AG	Gefahrenkarte [14], Definition von Szenarien für den Geschiebeeintrag aus der Zulg bei Hochwasser.
2011	Gefahrenkarte Heimberg	Flussbau AG SAH, geo 7 AG	Gefahrenkarte [13]
2014	Nachhaltiger Hochwasserschutz Aare Thun-Bern	aarewasser	Kantonaler Wasserbauplan Hochwasserschutz Aare von Thun nach Bern [1]
2015	Geschiebetransportmodell	Hunziker, Zarn & Partner	Aktualisierung Geschiebetransportmodell Aare Thun bis Bern anhand Vermessung 2015. [16]
2018	Stadt Thun, Revision Naturgefahrenkarte	IGG Kissling+Zbinden AG, Kellerhals+Haefeli AG	Revision der Naturgefahrenkarte der Stadt Thun [24]

Tabelle 6: Ausgeführte Projekte an der Aare.

Jahr	Ausgeführte Projekte
1870er Jahre	Kanalisation der Aare [3]
1930er Jahre	Verstärkung der Sohle mit Blocksteinen [10]
2016	Sanierung Uferanriss Heimberg [28]

2.4 Bestehende Schutzbauten

Die beiden Ufer der Aare sind im Projektperimeter durchgehend verbaut (vgl. Anhang A). Diese Verbauungen sind teilweise in einem schlechten Zustand (vgl. Kapitel 3.2.3). Zudem bestehen im ganzen Projektperimeter in regelmässigen Abständen Rippen aus geschütteten Blocksteinen in der Sohle bzw. Abschnitte mit aufgelöster Blockschüttung (vgl. Abbildung 3) [10].

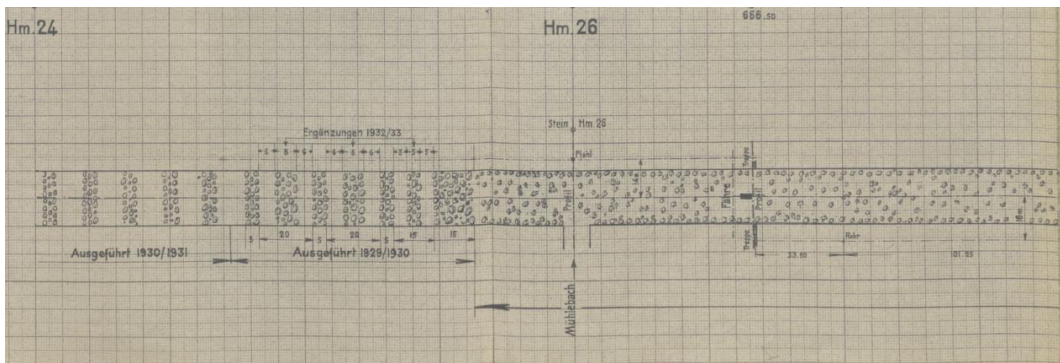


Abbildung 3: Planausschnitt Sohlenverbau Aare im Bereich Mündung Mühlebach [10]. Fliessrichtung von links nach rechts.

2.5 Charakterisierung der Einzugsgebiete

Die Aare in Thun entwässert ein Einzugsgebiet von 2'459 km² (bei Abflussmessstation Aare Thun, LH 2030, vgl. Abbildung 4). Rund 3 % des Einzugsgebiets sind mit Siedlungsflächen, 30 % mit Landwirtschaftsflächen und 26 % mit bestockten Flächen belegt [50]. Die restlichen 41 % entspricht unproduktiven Flächen (Gewässer, Gletscher, vegetationslose Flächen und unproduktive Vegetation). Rund 7 % der Fläche des Einzugsgebiets sind vergletschert [6] und 3 % wird durch den Thuner und den Brienzersee gebildet.

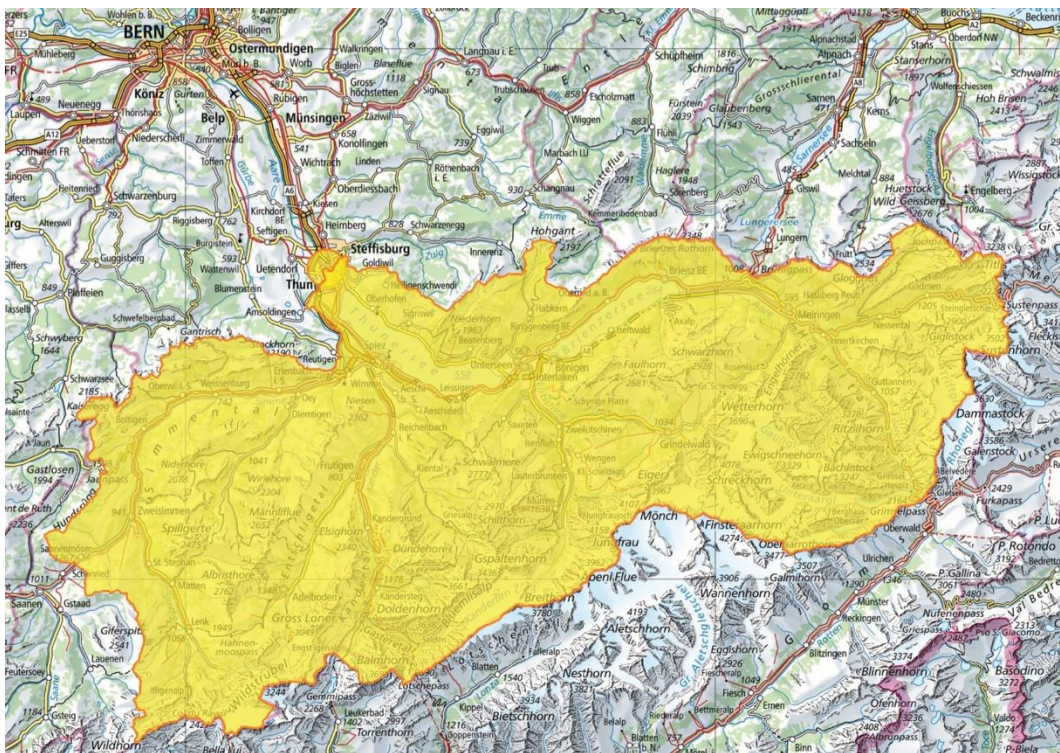


Abbildung 4: Einzugsgebiet der Aare in Thun [50].

2.6 Geologie

Der Untergrund im Projektperimeter besteht aus postglazialen Aareschotter, überlagert von einer Deckschicht variabler Mächtigkeit. Diese wurde aus alluvialen Ablagerungen der Kander – aus der Zeit vor dem Kanderdurchstich – und aus der Zulg gebildet. Im Aareschotter sind Seetone vorhanden [1] [50].

2.7 Hydrologie

Der Abfluss der Aare unterhalb des Thunersees ist durch Gletscherausflüsse und Niederschläge geprägt. Im Frühling kommt Wasser aus der Schneeschmelz dazu. Die Zuflüsse aus der Hasliaare, der Lütchine, der Kander und der Simme werden durch Thuner- und Brienersee gedämpft. Der Thunersee kann seit dem 18. Jahrhundert reguliert werden. Die Seeregulierung wurde seither laufend verbessert und mit der Inbetriebnahme des Hochwasserschutzstollens in Thun 2009 bieten sich neue Möglichkeiten. Bei vorhergesehenen Grossniederschlagsereignissen wird der Thunersee zur Dämpfung des Hochwassers künstlich abgesenkt. Der Abfluss der Aare unterhalb des Stollens wird massgeblich durch diese Regulierung beeinflusst.

Bei Km 1.600 (GEWISS-Adr. 211'606) mündet das Triebwasser des eidgenössischen Kraftwerks mit $6 \text{ m}^3/\text{s}$ in die Aare. Ansonsten ist die Zulg der einzige relevante Seitenzufluss auf dem Projektabschnitt. Im Gegensatz zur Aare weist sie ein Wildbachcharakter auf und ist unreguliert. Hochwasser an der Zulg werden meistens durch Gewitter ausgelöst und treten selten gleichzeitig mit Hochwassern an der Aare auf. Unterhalb ihrer Einmündung kann die Zulg bei Hochwasser einen wesentlichen Anteil zum Aareabfluss beitragen. Der Einfluss der Zulg auf Niedrigwasserabflüsse und sommerliche Mittelwasserabflüsse ist hingegen unwesentlich.

Die Niedrig- und Mittelwasserabflüsse wurden aus Daten der Messstation BAFU ([54], Km 2.031) herausgelesen. Sie sind in der Tabelle 7 angegeben.

Tabelle 7: Niederwasser- und Mittelwasserabflüsse der Aare im Projektperimeter. Quelle: [54].

Szenario	Abfluss bis eidgenössisches Kraftwerk	Abfluss eidg. Kraftwerk bis Perimeterende
Niederwasserabfluss	$39 \text{ m}^3/\text{s}$	$45 \text{ m}^3/\text{s}$
Sommerlicher Mittelwasserabfluss	$194 \text{ m}^3/\text{s}$	$200 \text{ m}^3/\text{s}$

Die Hochwasserabflussszenarien wurden aus den Gefahrenkarten der Gemeinden Thun [24] und Heimberg [13] übernommen. Der Abfluss HQ_{30} der Gefahrenkarte Heimberg ist kleiner als derjenige der Gefahrenkarte Thun. Daher wurde auch unterhalb der Zulgmündung der Abfluss der Gefahrenkarte Thun angenommen. Das Szenario EHQ wurde in der Gefahrenkarte Heimberg nicht untersucht und wurde deshalb aus der Gefahrenkarte Thun übernommen. Die Abflüsse sind in der Tabelle 8 angegeben.

Tabelle 8: Hochwasserabflussszenarien der Aare im Projektperimeter.

Szenario	Abfluss oberhalb Zulgmündung	Abfluss unterhalb Zulgmündung	Quelle (oberhalb, unterhalb)
HQ_{30}	$475 \text{ m}^3/\text{s}$	$475 \text{ m}^3/\text{s}$	[24], [24]
HQ_{100}	$535 \text{ m}^3/\text{s}$	$550 \text{ m}^3/\text{s}$	[24], [13]
HQ_{300}	$595 \text{ m}^3/\text{s}$	$605 \text{ m}^3/\text{s}$	[24], [13]
EHQ	$730 \text{ m}^3/\text{s}$	$730 \text{ m}^3/\text{s}$	[24], [24]

2.8 Geschiebeaufkommen

Oberhalb der Zulg fliesst die Aare aus dem Thunersee geschiebefrei. Der durchschnittliche jährliche Eintrag aus der Zulg in die Aare beträgt $2'400 \text{ m}^3/\text{a}$ [12]. In anderen Studien wird der jährliche Geschiebeeintrag aus der Zulg auf $3'000$ bis $7'000 \text{ m}^3/\text{a}$ geschätzt [29]. Während der Realisierung des Wasserbauplan Hochwasserschutz Steffisburg Zulg Steffisburg [15] können einmalig zusätzliche $8'000 \text{ m}^3$ anfallen.

Für die Zulg wurden im Rahmen der Gefahrenkartierung Steffisburg [14] das Geschiebeaufkommen bei kurzen Gewitterereignissen und bei langen Ereignissen untersucht. Ein grosser Teil des aus dem Einzugsgebiet der Zulg herangeführte Geschiebe wird im Gerinne auf dem langen, flachen Schwemmkegel zwischengespeichert und erreicht die Aare erst mit Verzögerung. Der Geschiebe-eintrag aus der Zulg in die Aare ist in der Tabelle 9 angegeben.

Tabelle 9: Geschiebeszenarien Aare unterhalb der Zulgmündung. Quelle:[14]

Szenario	Gewitterereignis	Langes Ereignis
G_{30}	700 m ³	(nicht untersucht)
G_{100}	1'200 m ³	5'000 m ³
G_{300}	1'800 m ³	12'000 m ³
EHG^2	(nicht untersucht)	12'000 m ³

2.9 Flussmorphologie

Die Sohlenbreite der Aare im Projektperimeter beträgt durchschnittlich 21.4 m (max. 35 m, min 15.5 m, Quelle: [51]). Die Sohlenbreite nimmt tendenziell in Fliessrichtung bis zur Zulgmündung ab. Nach der Zulgmündung gibt es ein Sprung von 15 auf 24 m. Anschliessend nimmt die Sohlenbreite wieder ab. Das durchschnittliche Gefälle im Perimeter beträgt 2.5 ‰ (min. 0.6 ‰, max. 4.1 ‰, Quelle: [51]). Ab der Zulgmündung wird das Gefälle tendenziell steiler.

Die Morphologie der Aare im Projektperimeter ist durch Verbauungen stark beeinträchtigt bis naturfremd. Seit der Realisierung des Kanderdurchstichs im 19. Jahrhundert befindet sich der Perimeter im Zustand latenter Erosion.

Die Sohlenlage und -breite im Projektperimeter sind in der Abbildung 5 ersichtlich.

² In der Gefahrenkarte der Gemeinde Steffisburg wurde als EHQ -Szenario ein langandauerndes Ereignis HQ_{300} betrachtet, welches von einer durch den Bruch einer Verklausung ausgelösten Flutwelle überlagert wird. Wegen Ablagerungen entlang der Fließstrecke ist der Eintrag in die Aare nicht grösser als beim langen Szenario HQ_{300} .

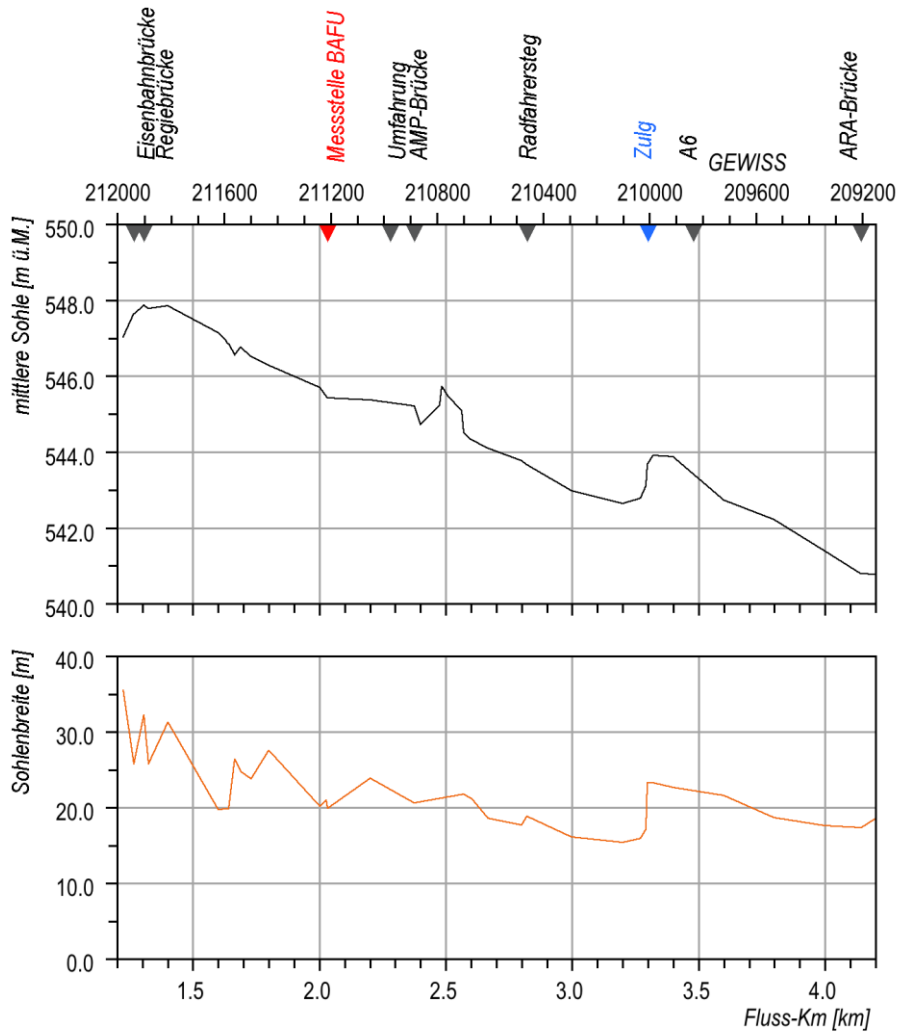


Abbildung 5: Sohlenlage (schwarz) und -breite (rot) der Aare im Projektperimeter.

Die Korngrößen des Sohlenmaterial wurden im Rahmen der Erarbeitung des übergeordneten Geschiebemodells [16] untersucht und sind in der Abbildung 6 angegeben. Auf dem Projektabschnitt betragen die charakteristischen Durchmesser der Unterschicht d_{90} zwischen 9 cm und 16 cm (D_m Austauschschicht Modell 2018) und d_m zwischen 8 cm und 10 cm. Das Geschiebe aus der Zulg ist feiner als das Unterschichtmaterial in der Aare. Sein mittlerer Korndurchmesser beträgt 4.5 cm [15].

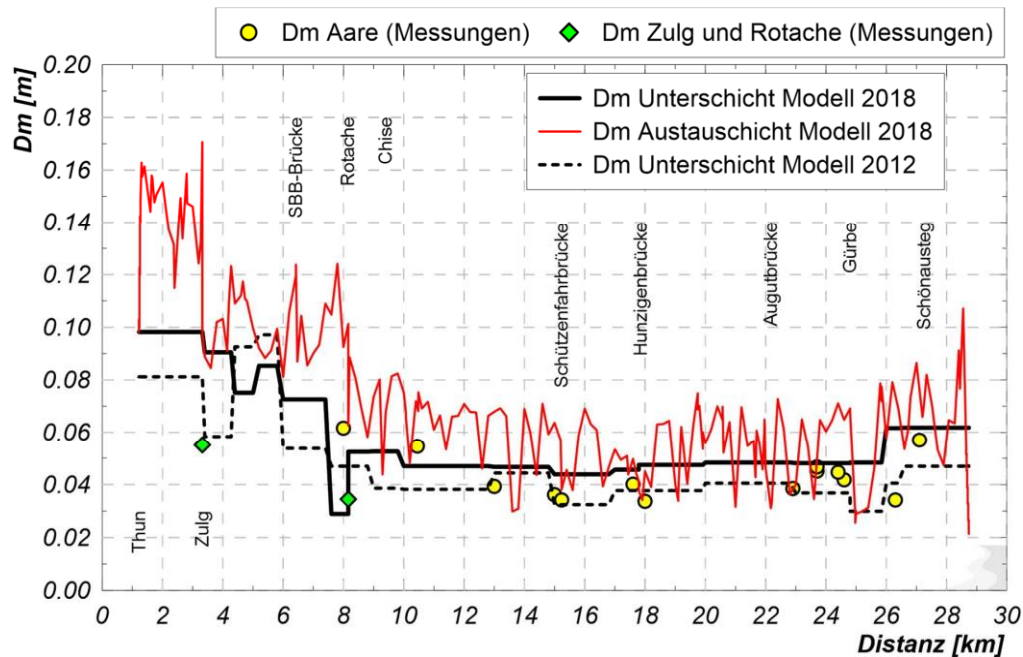


Abbildung 6: Korngrößen der Sohlenmaterial und Geschiebe der Aare zwischen Thun und Bern. Quelle: [16].

Für ein bettbildendes Hochwasser HQ_2 von $310 \text{ m}^3/\text{s}$ [54] weist die Aare im Projektperimeter folgende Abflussverhältnisse:

- $h = 3.0 \text{ m}$ bis 4.8 m
- $B_W = 32 \text{ m}$ bis 44 m

daraus resultieren relative Wasserspiegelbreiten und relative Fliesstiefen von

- $B_W/h = 6.3$ bis 15.1
- $h/d_m = 27.4$ bis 82.1

Laut dem modifizierten Diagramm von Ahmari & da-Silva (Abbildung 26) sind im vorherrschenden Zustand für diese Verhältnisse keine Kiesbänke oder sonstige morphologische Strukturen zu erwarten, was sich durch Beobachtung bestätigen lässt.

2.10 Aktuelle Nutzungen und Planungen

2.10.1 Siedlung und Landschaft

Entlang der Aare sind im Projektperimeter Arbeitszonen (Areal entlang Uttigenstrasse in Thun), Zonen für öffentliche Nutzungen (Bereich ARA in Uetendorf, resp. ARA-Pumpwerk in Heimberg), sowie Grünzonen (Im Kaliforni) ausgeschieden [33]. Beidseitig der Aare befinden sich Gebäude und Strassen in unmittelbarer Nähe zur Böschungsoberkante der Aare. Im Bereich Uttigenstrasse in Thun wurden stellenweise Gebäude in die Böschung der Aare gebaut.



Abbildung 7: Übersichtszonenplan vom Projektperimeter [33]. Der Projektperimeter ist schwarz umrandet.

Die Stadt Thun inkl. des gesamten Aareraums bis auf Höhe des Kalifornis ist Teil des Bundesinventar der geschützten Ortsbilder ISOS [5].

Mit der Fussgänger- und Velobrücke beim Kaliforni befindet sich ein Bauwerk innerhalb des Projektperimeters, welches im kantonalen Bauinventar [35] aufgeführt ist. Die Brücke wurde als erhaltenswert eingestuft. Entlang des Projektperimeters befinden sich zudem diverse weitere Objekte im kantonalen Bauinventar.

Im Areal entlang der Uttigenstrasse sind mehrere Gebäude als erhaltenswert oder schützenswert klassiert. Zudem befindet sich in diesem Bereich die Baugruppe «Zeughäuser/Munitionsfabrik». Diese Objekte werden in der Planung des Projekts ESP Thun Nord beplant (vgl. Kapitel 2.10.10).

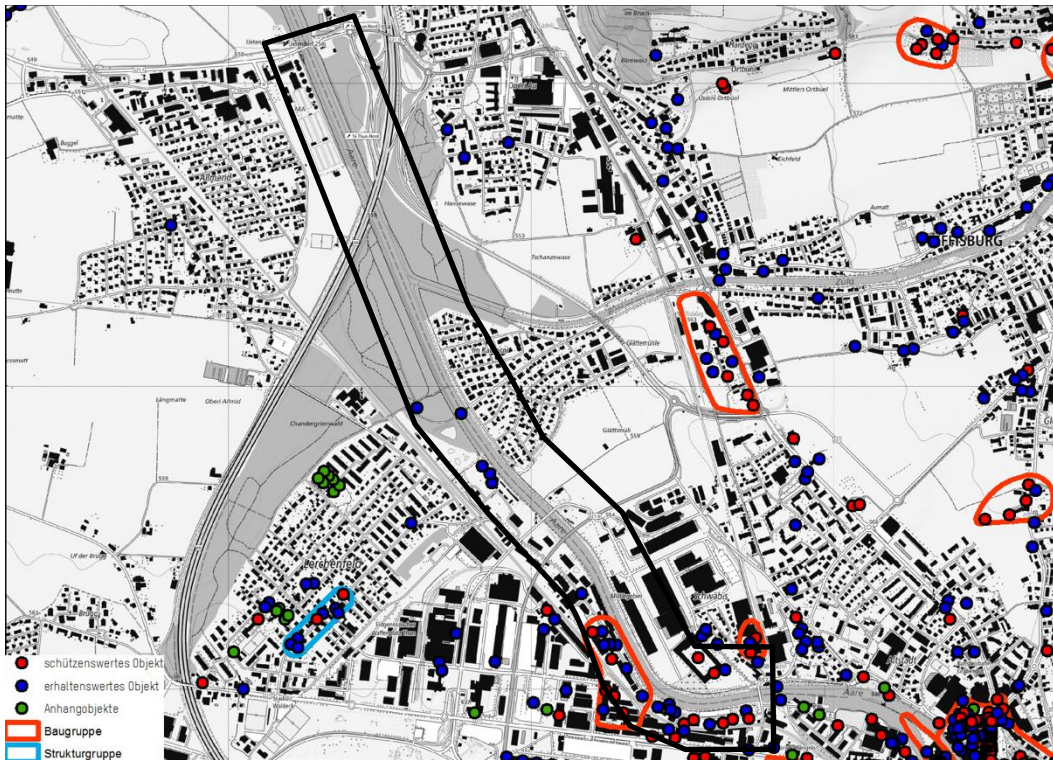


Abbildung 8: Bauinventar des Kantons Bern. Schützenswerte Objekte sind rot und erhaltenswerte Objekte blau markiert. Die Baugruppe «Zeughäuser/Munitionsfabrik» ist rot umkreist. Der Projektperimeter ist schwarz umrandet. Quelle: [35].

2.10.2 Landwirtschaft

Angrenzend an den Projektperimeter sind einzig zwischen dem Bypass Thun Nord und dem Kaliforni landwirtschaftliche Nutzflächen vorhanden. Diese sind als Fruchtfolgeflächen ausgeschieden (vgl. Abbildung 9) [36].



Abbildung 9: Fruchtfolgeflächen und Projektperimeter (schwarz) Quelle: [36].

2.10.3 Wald

Innerhalb des Projektperimeters bestehen Teile der Uferbereiche aus Wald im rechtlichen Sinn (vgl. Rodungsplan, Dokument 2.5.2). Der Wald im Mündungsbereich der Zulg und entlang des «Uferweg» und «Aareweg» gilt zudem als Gerinneschutzwald.

2.10.4 Langsamverkehr

Entlang der Aare ist auf der rechten Seite auf der ganzen Länge eine Hauptwanderoute festgesetzt. Auf der linken Seite ist flussabwärts der Fussgänger- und Velobrücke im Kaliforni ebenfalls eine Hauptwanderoute festgesetzt. Oberhalb der Fussgänger- und Velobrücke ist im Sachplan Wanderrounennetz zur Vororientierung eine geplante Ergänzungsrouten auf der linken Seite der Aare eingezeichnet (vgl. Abbildung 10).

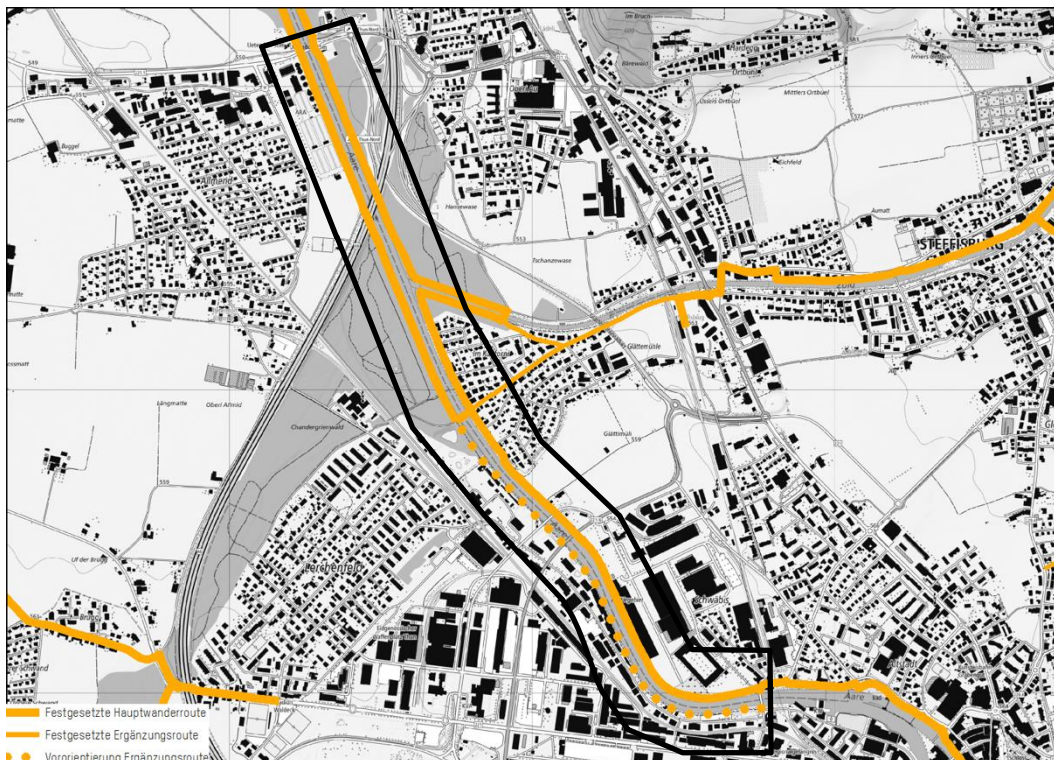


Abbildung 10: Wanderrounennetz und Projektperimeter (schwarz), Quelle: [49].

Entlang der Uttigenstrasse besteht eine Alltagsroute mit kantonaler Netzfunktion für Velofahrer. Zudem ist gemäss dem Sachplan Veloverkehr eine Velolandroute entlang den Uferwegen der Aare geplant (vgl. Abbildung 11) [44].

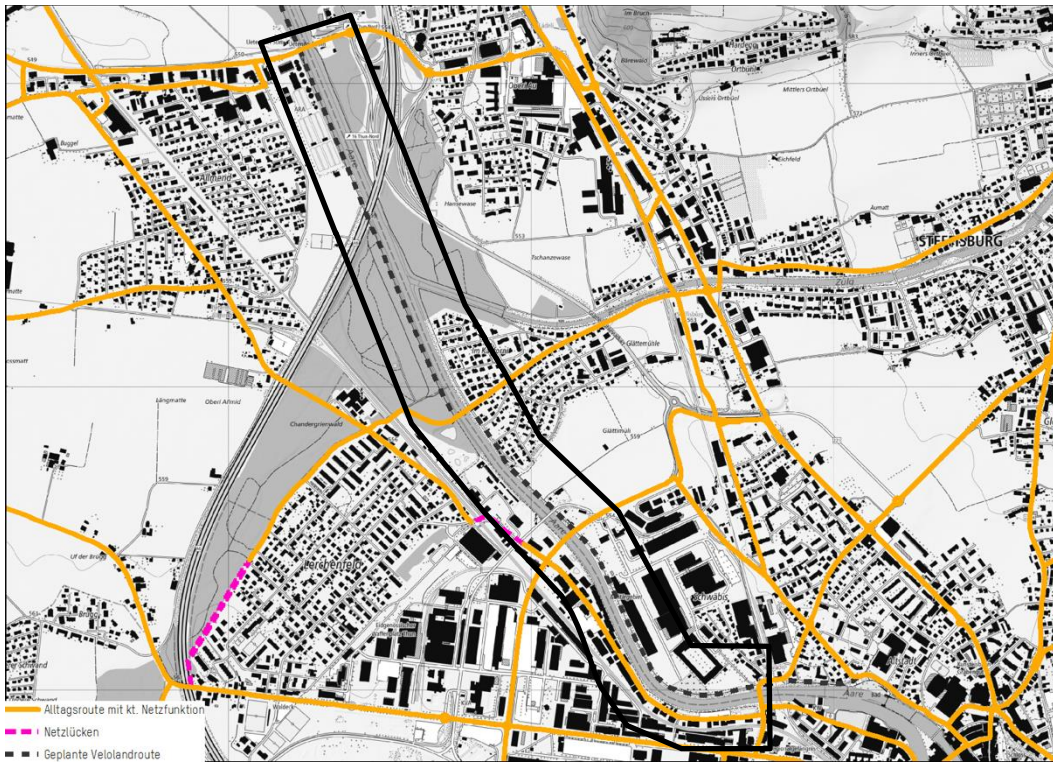


Abbildung 11: Veloroutennetz und Projektperimeter [schwarz], Quelle: [44].

2.10.5 Naherholung

Im Projektperimeter befinden sich mit dem Vita-Parcours Uetendorf und dem Helsana-Trail Steffisburg zwei beliebte Freizeiteinrichtungen zur Naherholung (vgl. Abbildung 12). Zudem wurden entlang der Uferwege diverse Sitzbänke aufgestellt. Im Bereich des Zulgspitzes besteht eine grosse Brätlistelle. Bei der Brücke Schwäbis bestehen zudem beidseitig Einwässerungsstellen für Boote (vgl. Anhang A). Weiter wurde für Personen, welche beim Hundespaziergang sind, stellenweise Robidogs aufgestellt.



Abbildung 12: Helsana-Trail, Vitaparcours sowie vorhandene Sitzbänke und Brätlistelle im Projektperimeter [schwarz], Quelle: [44].

2.10.6 Verkehr

Die Strassen und Wege entlang der Aare im Projektperimeter sind verkehrstechnisch von untergeordneter Bedeutung. Mit der Brücke des Bypass Thun Nord und der ARA- Brücke queren zwei Kantonsstrassen den Projektperimeter. Ebenso quert die Nationalstrasse N6 den Projektperimeter.

2.10.7 Trinkwassernutzung

Gegenüber der Zulgmündung befinden Grundwasserschutzareale S1, S2 und S3 im oder angrenzend an den Projektperimeter (Abbildung 13). Die dortigen Fassungen Lerchenfeld der Energie Thun AG haben gemäss Wasserstrategie des Kantons Bern [2] eine überregionale Bedeutung.

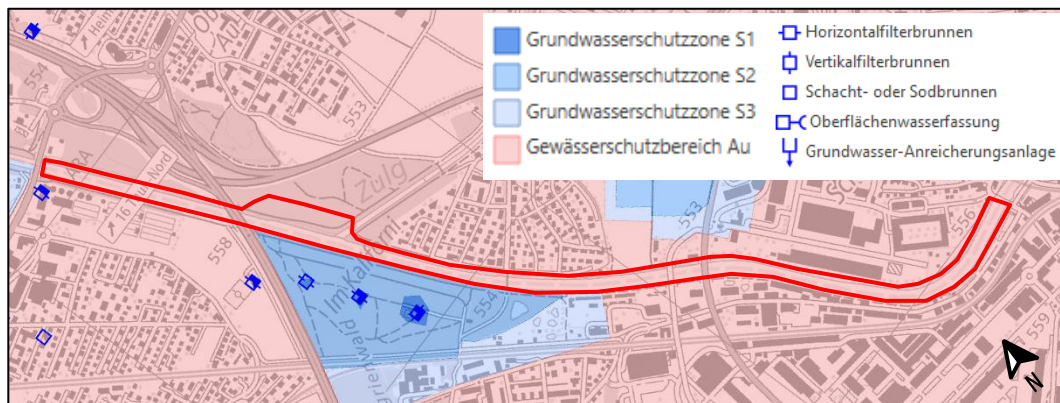


Abbildung 13: Karte Gewässerschutzkarte des Kantons Bern [38] mit Projektperimeter (rot).

2.10.8 Werkleitungen

Im Projektperimeter sind folgende Werkleitungen vorhanden:

- Abwasser
- Trinkwasser
- Elektro
- Telefon
- Kabelfernsehen
- Gas
- Diverse Leitungen armasuisse

Die Lage der Werkleitungen ist auf den Projektplänen dargestellt. Weitere Werkleitungen sind nicht bekannt.

Entlang des rechten Aareufers führt eine ARA-Sammelleitung. Diese ARA-Sammelleitung ist ein zentrales Element im System der ARA Thunersee, deren Funktionstüchtigkeit zu garantieren ist. Im Rahmen des Projekts WBP Längsvernetzung soll diese ARA-Leitung bei der Mündung der Zulg in die Aare in einen Düker verlegt werden.

2.10.9 Wasserkraft

Am oberen Rand des Projektperimeters im Bereich der Brücke Schwäbis befindet sich das Kraftwerk Thun. Änderungen an den Wasserpegeln der Aare haben in diesem Bereich einen direkten Einfluss auf die Energieproduktion des Kraftwerks.

2.10.10 ESP Thun Nord

Im Bereich der kleinen Allmend in Thun inkl. dem Gebiet rund um die Uttigenstrasse befindet sich der kantonale Entwicklungsschwerpunkt (ESP) Thun Nord (vgl. Abbildung 14) [32]. Das Areal wird heute hauptsächlich militärisch genutzt und soll in Zukunft geöffnet und diversifiziert werden. Als Grundlage hierfür dient der kommunale Richtplan ESP Thun Nord [25]. Die Planung der Arealentwicklung soll im Jahr 2021 starten. Mit der Arealentwicklung sollen die Zugänglichkeit der Aare aus dem Areal und die Längsvernetzung für Freizeitlangsamverkehr entlang der Aare verbessert werden.

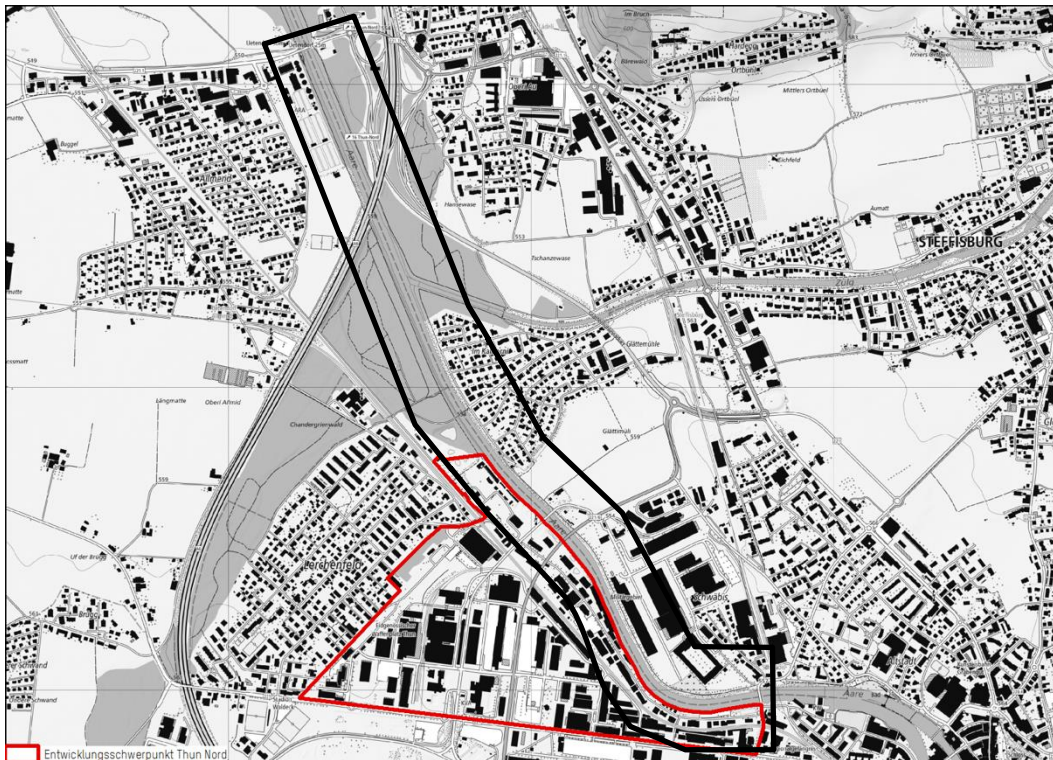


Abbildung 14: Perimeter ESP Thun Nord (rot) und Projektperimeter (schwarz). Quelle [32].

2.10.11 Drittprojekte

Folgende Drittprojekte im oder in unmittelbarer Nähe zum Projektperimeter sind bekannt:

- WBP Längsvernetzung Zulg
- WBP Aare Oberer Au
- S-Bahn Haltestelle Thun Nord

Im Bereich der Zulgmündung besteht eine wichtige Schnittstelle zum Projekt «WBP Längsvernetzung Zulg». Die Projekte werden eng aufeinander abgestimmt.

2.11 Natur und Umwelt

Die nachfolgende Relevanzmatrix gibt eine Beurteilung der voraussichtlichen Auswirkungen des Projektes (Bau- und Betriebsphase) auf die verschiedenen Umweltbereiche wieder:

- Die Nutzungszustände (Kolonnen) sind den Umweltbereichen, die durch das Projekt tangiert werden können (Zeilen), gegenübergestellt.
- In den Kreuzungspunkten wird jeweils angegeben, in welchem Ausmass die verschiedenen Projektphasen auf die Umweltbereiche Einfluss nehmen.
- Ist keine oder eine kaum bedeutende Umweltbelastung zu erwarten, kann auf eine vertiefte Bearbeitung im Rahmen der Hauptuntersuchung verzichtet werden.

Die Grundlage für die Relevanzmatrix bilden die Darlegungen im Umweltverträglichkeitsbericht (vgl. Beilage).

Legende Bau- / Betriebsphase

- keine oder nicht relevante Auswirkungen; keine Massnahmen erforderlich
- o Auswirkungen zu erwarten; Standardmassnahmen erforderlich
- relevante Auswirkungen zu erwarten; spezifische Massnahmen erforderlich
- x weitere Abklärungen in HU, resp. Umweltbaubegleitung sind erforderlich

Fachbereich	Bauphase	Betriebsphase	Weitere Abklärungen in HU	Umweltbaubegleitung	Bemerkungen
Luft	0	-	x	x	Bautransport-Emissionen, Baurichtlinie Luft, Definition Massnahmenstufe
Lärm	0	-	x	x	Baulärmkonzept, Baurichtlinie Lärm, Definition Massnahmenstufe
Erschütterungen	0	-	x	x	Pfähle
Nichtionisierenden Strahlung	-	-	-	-	
Grundwasser	■	-	x	x	Baustelle, Entwässerung nach SIA 431
Oberflächengewässer	■	-	x	x	Wasserhaltung während der Bauphase
Entwässerung	■	-	x	x	Baustellenentwässerung nach SIA 431
Boden	0	-	x	x	Bodenkartierung und ggf. Schadstoffbeprobung
Altlasten	■	-	x	x	Sanierung von belasteten Standorten im Zulspitz und entlang des Aareufer
Abfälle und Materialbewirtschaftung	0	-	x	x	Mehrmuldenkonzept des SBV, Materialbewirtschaftungskonzept
Umweltgefährdende Organismen	■	0	x	x	Neophytenkonzept und -monitoring Bau- und Betriebsphase
Störfallvorsorge	-	-	-	-	
Wald	■	-	x	x	Rodungsgesuch und angemessene Ersatzmassnahmen
Flora, Fauna, Lebensräume	■	-	x	x	Prüfen von Ersatz- und Wiederherstellungsmassnahmen (insbes. für Wasserramseln und Eisvögel)
Landschaft und Ortsbild	0	-	-	-	Temporär während Bauphase
Denkmalpflege und Archäologie	0	-	x	x	Denkmal J. Zürcher am linken Flusssufer
Langsamverkehr, hist. Verkehrswege	■	-	x	x	Umleitung der Wanderwegen während der Bauphase

3 Defizitanalyse

3.1 Mögliche Gefahrenarten

Im Projektperimeter stellen Wassergefahren ausgelöst durch die Aare die Hauptgefährdung dar. Weitere Gefahrenprozesse sind im Projektperimeter nicht bekannt.

3.2 Hochwassergefährdung

3.2.1 Schwemmholtsszenarien

Die Wehre an der Aare in der Stadt Thun halten auf dem Thunersee treibendes Schwemmholtz gegebenenfalls zurück, so dass kein Schwemmholtzteppich in den oberen Teil des Perimeters auftreten kann. Aus der Uferbestockung können jedoch einzelne Stämme oder Wurzelstöcke ins Gerinne gelangen.

In der Zulg ist ein Schwemmholtzrückhalt oberhalb von Steffisburg geplant [15]. Dieser ist auf ein Ereignis HQ_{100} in der Zulg dimensioniert. Wird der Schwemmholtzrückhalt überlastet, kann durch die Zulg ein Schwemmholtzteppich in der Aare eingetragen werden. Ein solches Ereignis hat eine Überschreitungswahrscheinlichkeit $p < 1/100$.

3.2.2 Gefahrenbeurteilung

In der Gefahrenkarte [40] ist ersichtlich, dass sich im Bereich entlang der Uttigenstrasse in Thun mehrere Gebäude teilweise an das rote Gefahrengebiet (erhebliche Gefährdung) grenzen (vgl. Abbildung 15). Dies betrifft die Gebäude welche zum Teil in die Aareböschung gebaut wurden. Deren Fassaden wurden teilweise wasserdicht ausgestaltet oder mit Objektschutzmassnahmen zusätzlich geschützt (z.B. Dammbalkensysteme, vgl. Anhang A). Weiter befindet sich im Bereich der Mündung des Mühlebachs ein Gebäude im gelben Gefahrengebiet (geringe Gefährdung). Ausserhalb des eigentlichen Gerinnequerschnitts werden keine Objekte durch Überflutungen der Aare tangiert. Entlang der Zulg im Kaliforni befinden sich zudem mehrere Gebäude in einem gelben Gefahrengebiet. Diese Gefährdung wird nicht durch die Aare, sondern durch die Zulg verursacht.

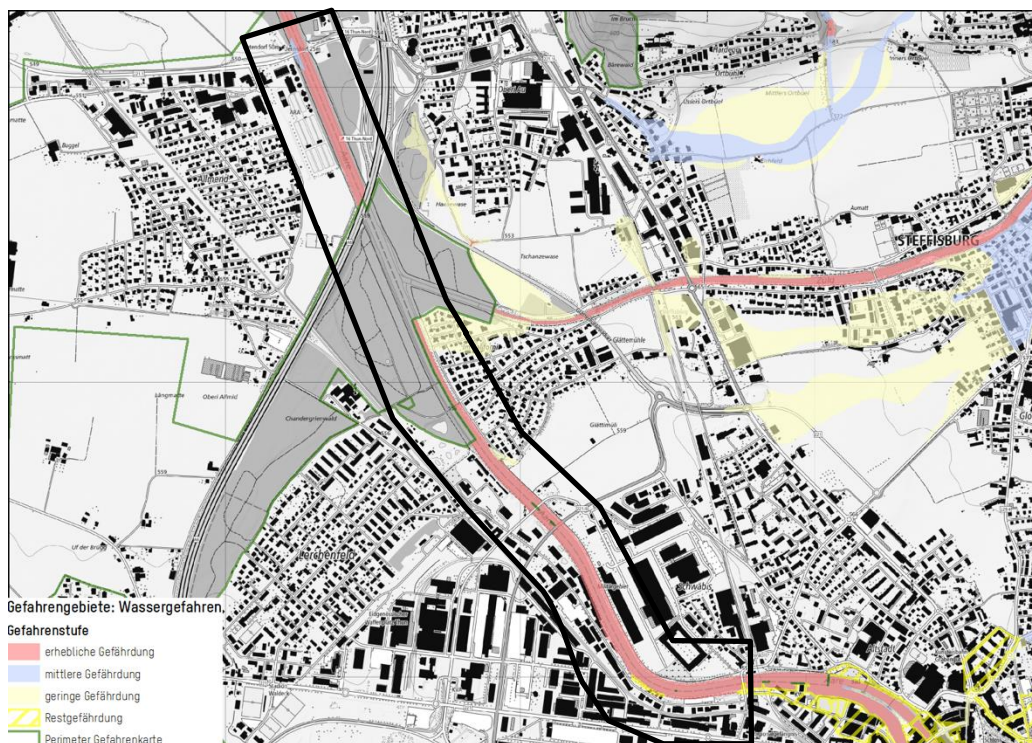


Abbildung 15: Ausschnitt der Gefahrenkarte Wassergefahren. [40] im Projektperimeter (schwarz).

3.2.3 Defizite Hochwasserschutz

Die vorhandenen Uferverbauungen der Aare im Projektperimeter sind in einem schadhaften Zustand. Im Bereich des Waffenplatzes auf Seite Schwäbis (vgl. Abbildung 16) weisen die zur Ufersicherung eingesetzten Betonplatten Abplatzungen und Bewuchs auf. In Bereich Kaliforni sind die zur Fundationssicherung eingesetzten Längshölzer teilweise freigelegt und der Witterung ausgesetzt (vgl. Abbildung 17). Andernorts wurden die Ufer mit einem vermörtelten Mauerwerk geschützt. Die Fugen dieses Mauerwerks sind heute häufig ausgespült. Stellenweise fehlen einzelne Mauersteine (vgl. Abbildung 18). Grundsätzlich hat der Uferverbau seine Lebensdauer erreicht. Im Hochwasserfall kann die Sicherheit der Böschung nicht mehr gewährleistet werden und es ist mit Erosion zu rechnen. So musste erst kürzlich das Ufer der Aare auf der Seite der Gemeinde Heimberg aufgrund eines Uferanrisses (vgl. Abbildung 19) im Frühjahr 2017 neu gesichert werden.

Bei der Erosion des rechten Ufers unterhalb der Zulgmündung droht die Freisetzung von belastetem Material aus der Deponie Auwald.



Abbildung 16: Abplatzungen und Bewuchs an Betonplatten im Bereich Waffenplatz, Schwäbis.



Abbildung 17: Freigelegte Längshölzer der Fundationsicherung oberhalb der Fussgänger- und Velobrücke beim Kaliforni.



Abbildung 18: Fehlender Mauerstein in Uferverbau.



Abbildung 19: Uferanriss Heimberg im November 2016 [4].

3.3 Ökologische Defizite

Die Aare ist im Projektperimeter stark verbaut und kanalisiert. Sie bietet nur geringe Strömungs- und Breitenvariabilität und kaum Tiefenvariabilität. Deckungsstrukturen fehlen gänzlich. Das Habitatangebot des monotonen Gerinnes ist entsprechend stark eingeschränkt. Den aquatischen Fokus-Arten (prioritär Äsche, sekundär auch Bachforelle, beides Kieslaicher) mangelt es – neben geeigneten Laichhabitaten – somit vor allem an strömungsberuhigten Zonen und Verstecken, bzw. Jungfischhabitaten. Zusätzlich zur generellen Strukturarmut besteht insbesondere auch ein sehr starkes Totholzdefizit.

Die ökologischen Defizite werden im Umweltverträglichkeitsbericht gemäss Modulstufenkonzept klassiert und genauer erläutert.

4 Projektziele

4.1 Allgemeine Ziele

Der Regierungsrat des Kantons Bern hat in einem Grundsatzbeschluss (RRB Nr.: 634/2017 [23]) die Projektziele aus dem Projekt aarewasser [1] verbindlich vorgegeben. Die vier Hauptziele sind:

1. Menschen und Sachwerte sind angemessen vor Hochwasser geschützt.
2. Die bestehenden Trinkwasserreserven sind gesichert.
3. Die Naturlandschaft ist aufgewertet.
4. Der Aareraum ist ein attraktives Naherholungsgebiet.

4.2 Projektspezifische Ziele

4.2.1 Wasserbauliche Ziele

- Der Hochwasserschutz ist bis zu einem Abfluss von $Q_{\text{dim}}=550 \text{ m}^3/\text{s}$ gewährleistet.
- Ein nachhaltiger Geschiebetransport ist sichergestellt und auf die aktuellen und geplanten Massnahmen der Zulug abgestimmt.
- Die Ufer und Böschungen sind langfristig stabil. Ufersicherungen berücksichtigen die Anforderungen der angrenzenden Bauten, Anlagen und Werke.
- In den bestehenden Wasserkraftanlagen kann die Wasserkraft bei Mittelwasser wie heute ungeschmälert genutzt werden.
- Die Funktionsfähigkeit der Wasserausläufe in die Aare bleibt erhalten.
- Die Funktionsfähigkeit der Grundwasserwärmepumpen bleibt erhalten.
- Die Funktionsfähigkeit der ARA-Leitung bleibt erhalten.
- Kontaminierung Auwald kann ausgeschlossen werden
- Ein Absenken des Grundwasserspiegels wird durch die Sohlenstabilisierung der Aare verhindert.

4.2.2 Ökologische Ziele

- Es bestehen möglichst vielfältige aquatische Lebensräume, insbesondere für die Fokus-Arten Äsche und Bachforelle jeder Altersklasse.
- Die Uferböschungen bieten vielfältige terrestrische Lebensräume. Es bestehen neue Lebensräume für Vögel und Fledermäuse.
- Die Lebensräume in und am Gewässer sind bestmöglich miteinander vernetzt.
- Eine Kontaminierung von Oberflächenwasser und Grundwasser durch belastete Standorte (insbesondere durch die Deponie Auwald) kann ausgeschlossen werden.

4.2.3 Ziele für die Naherholung

- Die beidseitigen Aareuferwege bleiben erhalten.
- Boote können weiterhin unterhalb der Regiebrücke eingewassert werden.

5 Massnahmen und Projektkosten

5.1 Dimensionierungsgrundlagen

5.1.1 Abflussberechnung

Abflüsse und Geschiebebetrieb wurden mit dem Modell MORMO berechnet. Das Modell erstreckt sich über die Projektstrecke vom Kraftwerk AAREwerk62 (Km 1.225) bis zur Mündung Glütschbach (Km 7.200). Die Ausdehnung bis zum Glütschbach garantiert, dass die Randbedingung keinen Einfluss auf die Modellergebnisse im Projektperimeter haben. Das Modell verfügt über folgende Eigenschaften:

- Geometrie: BAFU-Querprofile 2015 [51]. Querprofile, welche offensichtlich auf grossen Strukturen (z.B. Sohlenriegel) liegen, wurden nicht berücksichtigt.
- Rauheiten: Die Uferbeschaffenheit wurden kategorisiert und jeder Kategorie wurde ein Rauheitsbeiwert zugewiesen. Die Rauheitsbeiwerte wurden mit der Pegel-Abfluss-Beziehung der Messstation Thun BAFU (2030, Km 2.031) geeicht. Die Sohlenrauheit wird pro Querprofil aus der massgebenden Korngrösse bestimmt. Es resultieren die Rauheiten von Tabelle 10.
- Korngrössen: Die Korngrössen wurden aus dem überarbeiteten Geschiebetransportmodell aarewasser [16] übernommen. In Abschnitten mit gröberen Sohlenstrukturen wurde die Erhöhung der Rauigkeit durch ein grösseres Rauheitselement in der Sohle modelliert.
- Hydraulischer Bezugshorizont: In Abschnitten mit groben Sohlenstrukturen wurde ein Bezugshorizont für die Abflussrechnung berücksichtigt, welcher höher liegt als die Sohle zwischen den Strukturelementen.

Tabelle 10: Verwendete Rauheiten im Abflussmodell.

Uferbeschaffenheit	Rauheitsbeiwert nach Strickler
Blockwurf	29 m ^{1/3} /s
Blocksatz	31 m ^{1/3} /s
Gras	36 m ^{1/3} /s
Gebüsch	38 m ^{1/3} /s
Wald	18 m ^{1/3} /s
Fahrweg	43 m ^{1/3} /s
Strasse, Beton	60 m ^{1/3} /s

Mit den oben genannten Rauheitsbeiwerten kann, die vom BAFU verwendete Pegelrelation der Messstelle Thun sehr gut nachgebildet werden (Abbildung 20).

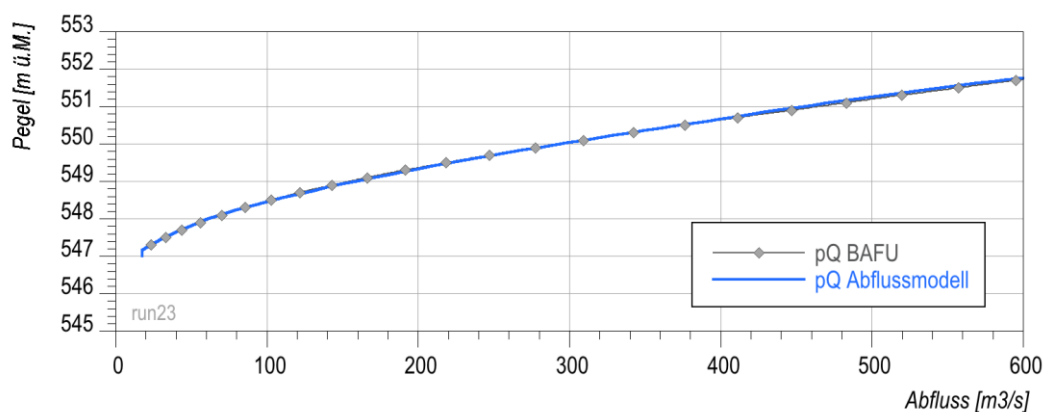


Abbildung 20: Vergleich der mit dem Abflussmodell berechneten pQ-Beziehung und der vom BAFU verwendeten pQ-Beziehung an der Messstelle Thun.

Für den hydraulischen Nachweis wurden die Abflüsse und die langfristigen Sohlenveränderungen in der Aufweitung bei der Zulgmündung modelliert. Die Sohlenlage in der Aufweitung wurde mit Geschiebeeinträgen aus der Zulg zwischen 2'400 m³/a und 10'000 m³/a modelliert. Damit wird die gesamte Bandbreite möglicher Geschiebefrachten aus der Zulg (s. Kap. 2.8) berücksichtigt.

5.1.2 Freibord

Die Freiborde (Differenz zwischen berechnetem Wasserspiegel und der Böschungsoberkante und den Brückenunterkanten) werden mit dem erforderlichen Freibord nach der Empfehlung der KOHS [20] verglichen. Das erforderliche Freibord f_e bezeichnet das Freibord, welches eingehalten werden muss, damit eine rechnerisch bestimmte Abflusskapazität des Gerinnes gewährleistet ist. Es beschreibt einerseits die Unschärfen in der Berechnung einer Wasserspiegellage bei gegebenem Gerinnequerschnitt und andererseits berücksichtigt es Prozesse wie Wellenbildung und Staudruck an Hindernissen sowie den Transport von Treibgut. Die erforderliche Schutzkote ist die Summe der Wasserspiegellage und des erforderlichen Freibords. Ist die erforderliche Schutzkote für ein bestimmtes Szenario eingehalten wird keine Gefährdung für das Szenario angenommen. Es gilt:

$$f_{min} \leq f_e = \sqrt{f_w^2 + f_v^2 + f_t^2} \leq f_{max} \quad [1]$$

mit f_e = erforderliches Freibord

f_{min} = minimal erforderliches Freibord (0.3 m)

f_{max} = maximal erforderliches Freibord (1.5 m)

f_w = Teilfreibord aufgrund von Unschärfen in der Bestimmung der Wasserspiegellage, wobei

$$f_w = \sigma_w = \sqrt{\sigma_{wz}^2 + \sigma_{wh}^2} \quad [2]$$

$$\sigma_{wz} = 0 \text{ m (oberhalb Zulgmündung) bzw. } 0.2 \text{ m (unterhalb Zulg)} \quad [3]$$

$$\sigma_{wh} = 0.06 + 0.06 h \quad [4]$$

f_v = Teilfreibord aufgrund von Wellenbildung und Rückstau an Hindernissen, mit

$$f_v = \frac{v^2}{2g} \quad [5]$$

f_t = Teilfreibord aufgrund von zusätzlich benötigtem Abflussquerschnitt für Treibgut unter Brücken.

An der Aare: Untersicht der Brücken ist rau und es werden einzeln angeschwemmte Stämme oder Wurzelstöcke bzw. Schwemmholtzteppich angenommen (unterhalb Zulgmündung ab HQ₁₀₀)

$$f_t = 1.0 \text{ m} \quad [6]$$

Die Aare wird durch das gewachsene Terrain begrenzt. Das Teilfreibord aufgrund von Wellenbildung f_v wird deshalb im offenen Gerinne nicht berücksichtigt. Das erforderliche Freibord beträgt dort je nach Szenario und Ort zwischen 0.3 m und 0.5 m. Bei den Brücken werden alle Teilfreiborde berücksichtigt. Das erforderliche Freibord bei den Brücken beträgt zwischen 1.10 m und 1.30 m.

5.2 Variantenstudium Sohlenstrukturen

Im Rahmen des Variantenstudiums wurden verschiedene Massnahmen zur ökologischen Aufwertung der monotone Gerinnesohle untersucht. Ziel der Massnahmen ist, die Strömungsvariabilität deutlich zu erhöhen, wobei der bestehende Sohlenverbau (rippenartige und aufgelöste Blockschüttungen, vgl. Kap.2.4) ebenfalls zu berücksichtigen ist. Die Sohlenstabilität ist zu garantieren und der Hochwasserschutz darf nicht verschlechtert werden (kein unzulässiger Anstieg des Hochwasserspiegels).

5.2.1 Variante A: Neue Struktureinbauten anstelle bestehendem Verbau

Diese Variante sieht den Rückbau des bestehenden Sohlenverbau vor. Anstelle des Sohlenverbau werden in gewissen Abständen neue, strömungs- und bettdiversifizierende Strukturen eingebaut, die auch die Aufgabe der Sohlensicherung übernehmen. Als Struktureinbauten eignen sich hierfür insbesondere Lenkbuhnen, die trotz relativ geringer Einbauhöhe eine ausgeprägte, prognostizierbare Veränderung der Strömung und der Bettmorphologie hervorrufen. Mit den Instream Strukturen werden Spiralströmungen induziert, welche die Variabilität der Fliessgeschwindigkeiten erhöhen. Ihr Einbau dient insbesondere zur Bildung lokaler Kolke und zur Sortierung des Substats und damit der Entwicklung vielfältiger Mesohabitate. Die daraus resultierende positive Wirkung auf die Fischfauna wurde nachgewiesen [22].

Es wurden drei Untervarianten geprüft:

- Neue Strukturen mit geringer Dichte
 - Sohlenstrukturen in Abständen von 100 – 200 m
- Neue Strukturen mit mittlerer Dichte
 - Sohlenstrukturen in Abständen von 25 – 50 m
- Neue Strukturen mit hoher Dichte
 - Sohlenstrukturen in Abständen von 10 – 20 m: gleiche Dichte wie heutiger Sohlenverbau (vgl. Kapitel 2.4)

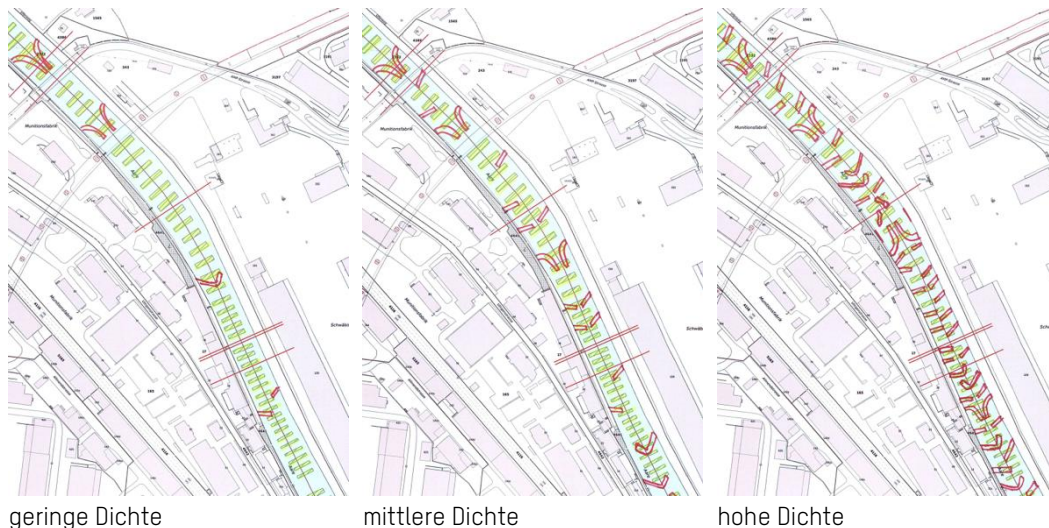


Abbildung 21: Rückbau bestehender Sohlenverbau und Einbau von Lenkbuhnen in unterschiedlicher Belegungsdichte. Die neuen Strukturen sind rot eingezeichnet, die bestehenden Sohlenrippen gelb.

Wirkung auf Sohlenstabilität und Hochwasserschutz:

Die Belegungsdichte der Strukturen hat einen Einfluss auf die Sohlenrauheit (vgl. Kapitel 5.1.1) und somit einen direkten Einfluss auf die Wasserspiegellage. Bei neuen Strukturen mit geringer Dichte ist mit einer Wasserspiegelabsenkung zu rechnen, da der heutige Sohlenverbau rauer ist. Bei Ersatz mit gleich grosser Strukturdichte wie heute gibt es keine Änderung des Wasserspiegels. Aus Sicht der Fischerei erzielen Sohlenstrukturen im Abstand von rund 100 – 120 m die grösste Strömungsvielfalt und das grösste morphologische Diversifizierungspotenzial. Werden die Strukturen dichter gebaut, so können die einzelnen Einbauten ihre Wirkung nicht mehr ganz entfalten. Weisen sie einen grösseren Abstand als 100 – 120 m auf, so verbleiben zwischen den Strukturen strömungsarme, von den Strukturen unbeeinflusste (monotone) Abschnitte. Je geringer die Dichte der Strukturen ist, desto tiefer müssen diese fundiert werden, um die Rotationserosion zu begrenzen. Die Fundamentstiefen der drei Untervarianten unterscheiden sich dabei im Dezimeterbereich. Grundsätzlich können Sohlenstrukturen aus Lenkbuhnen so ausgeführt werden, dass diese als Fixpunkte in der Sohle wirken und die Rotationserosion begrenzen. Im direkten Vergleich schneidet die Untervariante «Neue Strukturen mit hoher Dichte» schlechter ab, da die einzelnen Strukturen ihre Wirkung kaum entfalten können und diese Variante die höchsten Baukosten (viele neue Strukturen) aufweisen würde.

Baulegistik und Kosten:

Der Einbau der neuen Lenkbuhnen wie auch die Entfaltung deren morphologischen Wirkung bedingt bei allen Untervarianten den nahezu kompletten Rückbau des dicht angelegten bestehenden Sohlenverbaus aus geschütteten Blocksteinen. Im Herbst 2021 wurden die Baulegistik und die Sohlensicherungen aus den 1930er Jahren vertieft untersucht. Dabei zeigte sich, dass der Rückbau derselben zwar grundsätzlich zu bewerkstelligen ist, jedoch durch folgende Faktoren stark erschwert wird:

- Der Eingriffshorizont liegt mindestens 2.0 m unter dem Niederwasserspiegel
 - stark eingeschränkte bzw. keine Sicht in 2.0 m unter Wasser (Strömung/Turbulenz, Wassertrübungen) → hohe Wahrscheinlichkeit, dass Blöcke «übersehen» werden (Massnahme ggf. «wirkungslos»)
- eingeschränkte Reichweite vom Ufer her, auch für Langarm-Bagger → zusätzlich Pontonbagger notwendig für Rückbau in Gerinnemitte
- Sehr umfangreiche bestehende Blockschüttungen (vgl. Situationspläne, Verbau auf über 80% des Perimeters, mehrere Tausend Kubikmeter Blöcke) → immenser Zeitbedarf für kompletten Rückbau

Ähnliche Erschwernisse sind unter diesen Bedingungen für den Einbau der Lenkbuhnen (Materialisierung aus Blocksteinen oder Holzpfählen) zu erwarten:

- Einbauhorizont inkl. Kolkstutztiefe liegt >> 2.0 m unter Wasser
 - Pontonbagger oder Stichpisten für Erstellung langer Lenkbuhnen notwendig (alternativ: Erstellung ausschliesslich kurzer Stummelbuhnen)
 - stark eingeschränkte bzw. keine Sicht, erschwertes Manövrieren in Strömung → Hohe Ungenauigkeit beim Setzen der Blocksteine bzw. Pfähle im Widerspruch zu relativ hoher Anforderung an Einbaugenauigkeit

Die genannten Erschwernisse führen voraussichtlich zu sehr hohen Baukosten.

5.2.2 Variante B: Partieller Rückbau bestehender Verbau und Versenken neuer Strukturen

Diese Variante beschränkt den Rückbau des bestehenden Sohlenverbaus auf eine Abfolge von kleinräumigen und vom Ufer aus gut erreichbaren Zonen. Während der bestehende Sohlenverbau also überwiegend erhalten bleibt kann sich in diesen «Lücken» die anstehende Kiessohle wieder dynamischer verhalten. Um die Strömung weiter zu diversifizieren, werden simple, versenkbare Strukturbausteine wie Wurzelsteine eingebracht (vgl. Abbildung 22). Am Ufer gegenüber der Lücken sollen die Strukturbausteine eine möglichst strömungsberuhigte Zone mit Versteckmöglichkeiten schaffen, während sie nahe der Lücken nach Möglichkeit die Kolkbildung anregen. Insgesamt soll durch eine wechselseitige Anordnung der genannten Elemente bzw. Strukturzonen eine Art pendelnder Strömungsverlauf entstehen.

Es wurden zwei Untervarianten geprüft:

- Strukturzonen kurz gehalten und eng gesetzt
 - Pendel- bzw. Wellenlänge ca. 4 x Sohlenbreite
- Strukturzonen ausgedehnt und weit auseinanderliegend (dazwischen längere Abschnitte ohne Massnahmen)
 - Pendel- bzw. Wellenlänge 10 bis 12 x Sohlenbreite

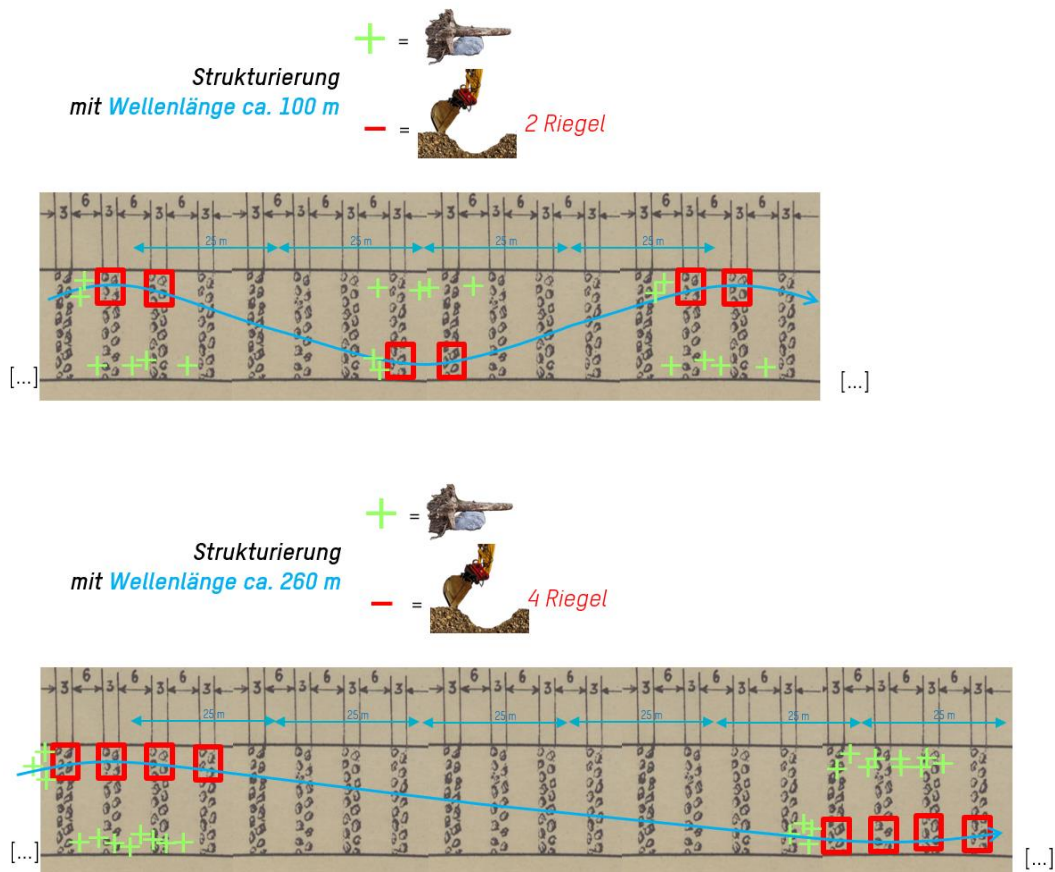


Abbildung 22: Schema für partiellen Rückbau (rot) der best. Blockrippen und Einbau bzw. Versenken (grün) von an Ankersteinen verschraubten Wurzelstöcken. Strukturzonen mit kurzer (oben) und langer Wellenlänge (unten).

Wirkung auf Sohlenstabilität und Hochwasserschutz:

Die Wirkung der vorgesehenen Lücken auf den bestehenden Sohlenverbau wurde untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass sich die einstellenden Kolke sehr gering sind und dass eine destabilisierende Wirkung auf flussauf- und/oder flussabwärts liegende Elemente des Sohlenverbau (»Domino«-Effekt) wenig wahrscheinlich ist. Somit bleibt die Sohlenstabilisierung trotz der punktuellen Lücken weiterhin gewährleistet. Die Auswirkung der stellenweise eingebrachten Strukturbausteine (Wurzelsteine o.ä.) auf den Hochwasserspiegel ist vernachlässigbar. Aus fischereilicher Sicht werden ausgedehnte, weit auseinanderliegende Strukturzonen (Wellenlänge 10 bis 12 x Sohlenbreite) gegenüber der engen Belegung bevorzugt, da sich alternierende Bänke in ähnlichen Abständen einstellen würden.

Bauleistungen und Kosten:

Die vorgesehenen Rückbaubereiche können komplett vom Ufer aus bearbeitet werden. Die schlechte Sicht in 2 m Tiefe stellt zwar weiterhin eine Herausforderung dar, möglichst alle Blöcke zu entfernen, aber auf den relativ kleinen Flächen ist auch ein mehrmaliges Nachkontrollieren nicht unverhältnismässig aufwändig. Das Einsetzen bzw. Versenken der landseits erstellten Wurzelsteine ist unproblematisch: Die Einbaubereiche können ebenfalls vom Ufer aus erreicht werden, und da die Struktur-Zonen ohnehin möglichst »wild« und divers sein sollen bestehen kaum Anforderungen an die Setzgenauigkeit der Wurzelsteine. Es handelt sich daher grundsätzlich um kostengünstige Massnahmen.

5.2.3 Variantenbewertung und Wahl Bestvariante

Variante A

Variante A wird aus ökologischer Sicht zwar besser bewertet (starke Diversifizierung der Strömung, Redynamisierung der Sohle). Aufgrund der genannten bauleistungs-herausforderungen sowie der damit einhergehenden Kostenfolge handelt es sich um eine sehr aufwändige und teure Variante. Zudem bleiben auch nach Umsetzung weiterhin starke ökomorphologische Defizite bestehen

(insb. aufgrund unverändert eingeschränkter Flussbreite). Variante A wird daher als unverhältnismässig beurteilt.

Variante B

Variante B schneidet aus ökologischer Sicht schlechter ab (morphologische Dynamik beschränkt sich auf kleine Lücken-Bereiche, wo Kolkbildung zudem nur sehr eingeschränkt möglich ist). Unter den gegebenen Rahmenbedingungen schafft die Variante aber lokal aber eine deutliche Diversifizierung der Strömung und erhöht auch das Angebot an Deckungsstrukturen. Trotz des Holz-Anteils erreichen die relativ kostengünstigen Massnahmen eine hohe Lebensdauer (aufgrund des hohen Niederwasserspiegels ist Holz stets vollständig überströmt).

Wahl Bestvariante

Die Bauherrschaft (Oberingenieurkreis II) hat in Rücksprache mit Fischereiinspektorat im Oktober 2021 entschieden, die vormals aus ökologischen Gründen favorisierte Variante A zu verwerfen und Variante B weiterzuverfolgen (vgl. Kapitel 5.3.2).

5.3 Massnahmen

5.3.1 Ufersicherung

Auf der ganzen Länge des Projektperimeters sollen die vorhandenen Uferverbauungen ersetzt werden. Dabei wird das Ufer im unteren Bereich mit einem Blocksatz gesichert (vgl. Abbildung 23). Der Blockverbau wird bis auf die Höhe des mittleren Wasserspiegels im Sommer gezogen. Dies entspricht dem Wasserspiegel bei einem Abfluss von $200 \text{ m}^3/\text{s}$.

Oberhalb des Blockverbaus ist geplant, die Böschung ingenieurbologisch zu sichern. Hierfür werden die tangierten Böschungsfächen mit austriebfähigen Steckhölzern (ca. $1 \text{ St.}/\text{m}^2$) versehen und angesät. Um Böschungserosion kurz nach der Fertigstellung der Massnahmen zu verhindern, kann die Böschung in diesem Bereich zusätzlich mit einer Erosionsschutzmatte gesichert werden. Grundsätzlich soll die Böschung nur so wenig wie notwendig tangiert werden und die bestehende Ufervegetation so weit wie möglich stehen gelassen werden.

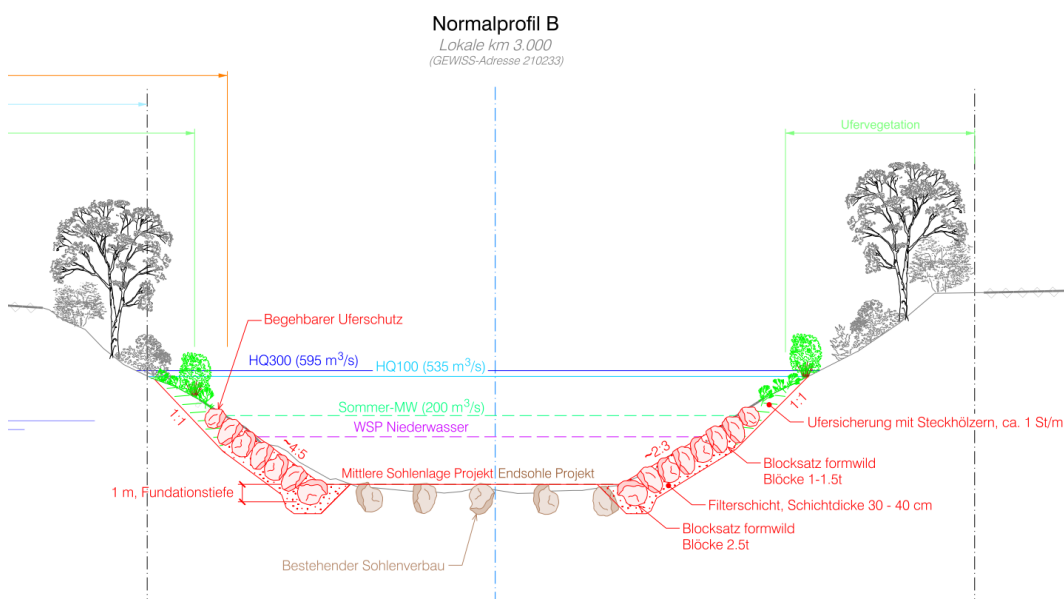


Abbildung 23: Normalprofil der geplanten Massnahmen zur Sicherung der Ufer.

Um die langfristige Stabilität des Uferverbaus zu garantieren, werden die Blöcke mindestens 1 m unter die projektierte Sohlenlage fundiert. In Abschnitten, wo eine Kolkbildung möglich ist, entspricht die Einbindetiefe des Uferverbaus der Kolkentiefe + einer Fundationstiefe von 1 m. Die Tabelle 11 gibt eine Übersicht über die erwarteten Kolkiefen der verschiedenen Elemente im Projektperimeter.

Tabelle 11: Kolkiefen der verschiedenen Elemente / Strukturen im Perimeter.

Bereich	Kolktiefe	Bemerkung
Bestehende Sohlensicherung (Blockrippen, aufgelöste Blockschüttung)	0 m	
Bereiche mit lokalem Rückbau der bestehenden Blockverbauungen (vgl. Kapitel 5.3.2)	2 m	Schwellenkolk
Aufweitung rechtsseitig oberer Abschnitt (vgl. Kapitel 5.3.3)	2 m	Morphologischer Kolk (Annahme Kolk noch nicht voll ausgebildet am Anfang der Aufweitung)
Aufweitung rechtsseitig unterer Abschnitt (vgl. Kapitel 5.3.3)	3.5 m	Morphologischer Kolk
Verengung Aufweitung rechtsseitig (vgl. Kapitel 5.3.3)	3.5 - 4 m	Verengungskolk

5.3.2 Sohlenverbau/Gerinnestrukturierung

Der bestehende Sohlenverbau (rippenartige und aufgelöste Blockschüttungen) bleibt grundsätzlich erhalten und gewährleistet weiterhin die Sohlenstabilität. Zur Diversifizierung von Strömung und Gerinnesohle werden entlang dem monotonen Aaregerinne im Abstand von rund 140 m **Strukturzonen** angelegt. In diesen Zonen werden wechselseitig ufernahe Strukturmassnahmen realisiert:

Schaffen lokale «Lücken» im Sohlenverbau durch partiellen Rückbau

- Länge je ca. 35 m (bzw. drei bis vier aufeinanderfolgende Blockrippen)
- Breite je ca. 7–10 m (bzw. max. Reichweite des Baggers)

Setzen/Versenken von vorgefertigten Wurzelsteinen

- Wurzelstämme (dm 0.25 – 0.5 m, Stammlänge 1–2 m, dm Wurzelteller mind. 1.5 m) verschraubt mit Felsanker, Gewindestab, Unterlagsplatte und Mutter auf Ankerstein (Block je 0,5–1.0t)
 - 3– 4 Wurzelsteine direkt flussaufwärts der Lücke, enge Anordnung
 - 6–12 Wurzelsteine entlang Ufer gegenüber der Lücke, Anordnung «wild»



Abbildung 24: Beispiel eines Wurzelsteins bestehend aus Wurzelstamm, Ankerstein und Stahlverschraubung (Quelle: Emch+Berger AG Bern).

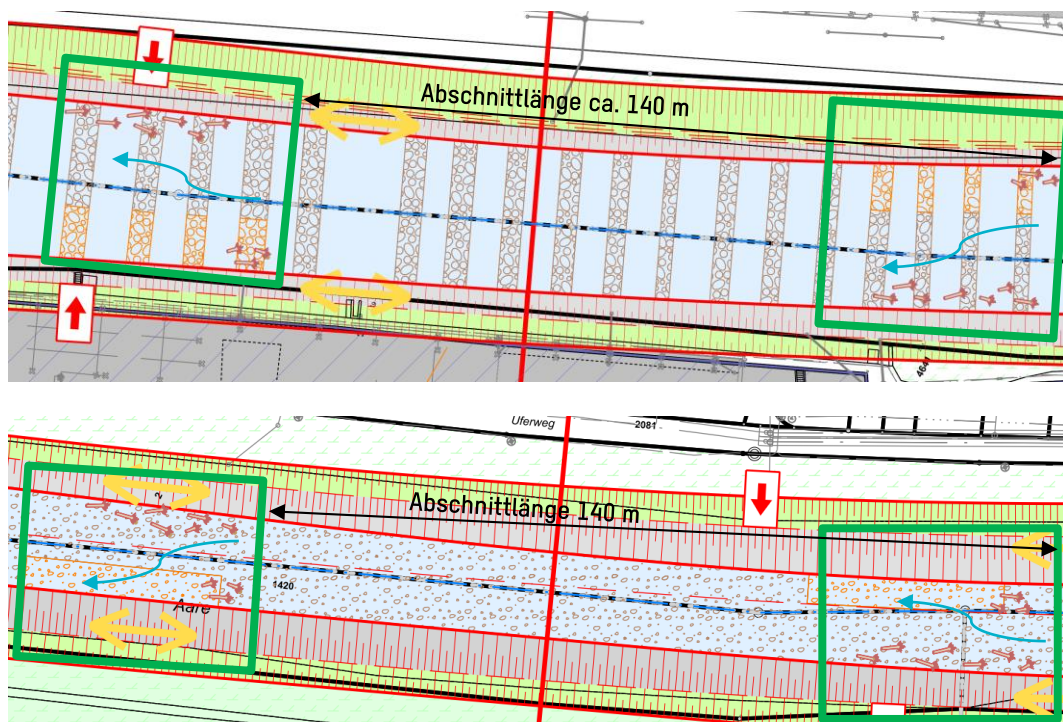


Abbildung 25: Ausschnitt aus Situationsplan mit wechselseitig ausgestalteten Strukturzonen (grün markiert). Die Strukturmassnahmen umfassen den lokalen Rückbau der Blockschüttungen (orange Sohlenbereiche = Lücken) und das Einsetzen von Wurzelsteinen (braun). Die obere Abbildung zeigt die Massnahmen im Bereich von bestehenden Blockrippen, die untere im Bereich der aufgelösten Blockschüttung, Fliessrichtung jeweils von rechts nach links.

5.3.3 Aufweitung Aare

Flussaufweitung

Zwischen der Zulgmündung und der Autobahnbrücke ist eine Aufweitung der Aare vorgesehen. Das Gerinne der Aare wird von heute ca. 20 m Sohlenbreite nach rechts auf ca. 80 m verbreitert. Die Aufweitung ist insgesamt ca. 340 m lang. Um die Strömung der Aare in die einseitige Aufweitung zu lenken, wird in der linken Flusshälfte eine überströmte, flussaufwärts gerichtete Halbschwelle erstellt. Zusammen mit der im WBP Längsnetzwerk Zulg geplanten Aufweitung der Zulg ergibt sich eine neue Flusslandschaft mit vielfältiger Morphologie: Kiesbänke, Flachwasserzonen und tiefe Rinnen bilden ein Muster von unterschiedlichen Lebensräumen für Tiere und Pflanzen sowie Erholungsräume für die Menschen. Aufgrund der Breiten- und Abflussverhältnisse kann in der Aufweitung eine Gerinneform an der Grenze zwischen gewundenem Gerinne mit und ohne Inseln und mit Bänken erwartet werden (Abbildung 26).

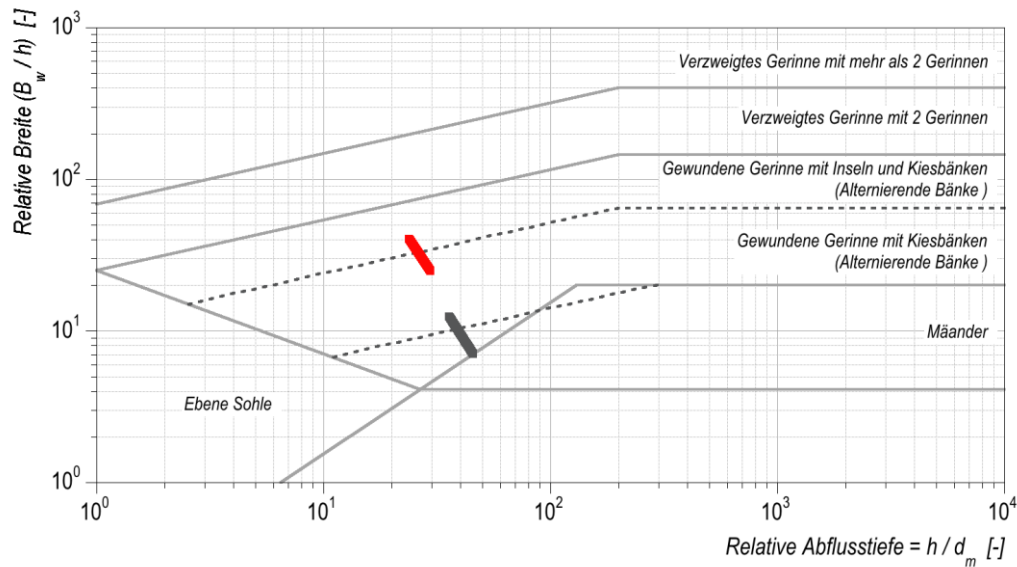


Abbildung 26: Erwartete Gerinneform im modifizierten Ahmari-daSilva-Diagramm. Schwarz: Istzustand, rot: Aufweitung.

Die Aufweitung wird durch Geschiebe aus der Zulg gespiesen. Bei grossen Hochwassern in der Zulg wird Geschiebe in der Aufweitung zwischengelagert und sukzessive aareabwärts verfrachtet.

In Abbildung 27 ist eine Visualisierung der möglichen Flusslandschaft zwischen Zulgmündung und der Autobahnbrücke ersichtlich.

Vor der Realisierung der Aufweitung müssen zuerst die Altlasten in diesem Bereich saniert und die ARA-Leitung verlegt werden. Nach Abschluss der Sanierung soll die Aufweitung eigendynamisch erfolgen. Die Aare soll sich somit in diesem Abschnitt fortlaufend selbständig verbreitern. Wobei die Ufersicherungen, welche die maximale Gewässerbreite begrenzen, bereits zu Beginn eingebaut werden. Dadurch kann sichergestellt werden, dass die Infrastrukturen in Ufernähe (ARA-Leitung, Hochdruckgasleitung, Uferweg, Autobahn) geschützt sind.



Abbildung 27: Visualisierung der Aufweitung der Aare.

Leitwerk:

Zur Initialisierung und Beschleunigung der eigendynamischen Verbreiterung wird linksufrig am Beginn der Aufweitung ein überströmtes Leitwerk aus Blöcken erstellt, welches die Aare nach rechts lenkt.

5.3.4 Ökologische Aufwertungen

Aquatische Massnahmen

Für die Aufwertung aquatischer Lebensräume wurde ein spezifisches Massnahmenpaket geplant:

- Schaffung Strukturzonen in der Aaresohle entlang kanalisiertem Abschnitt (vgl. Kap. 5.3.2)
- Einbau von ca. 7 Engineered Log Jams in der Aareaufweitung für morphologische Aufwertung (vgl. Abbildung 28)

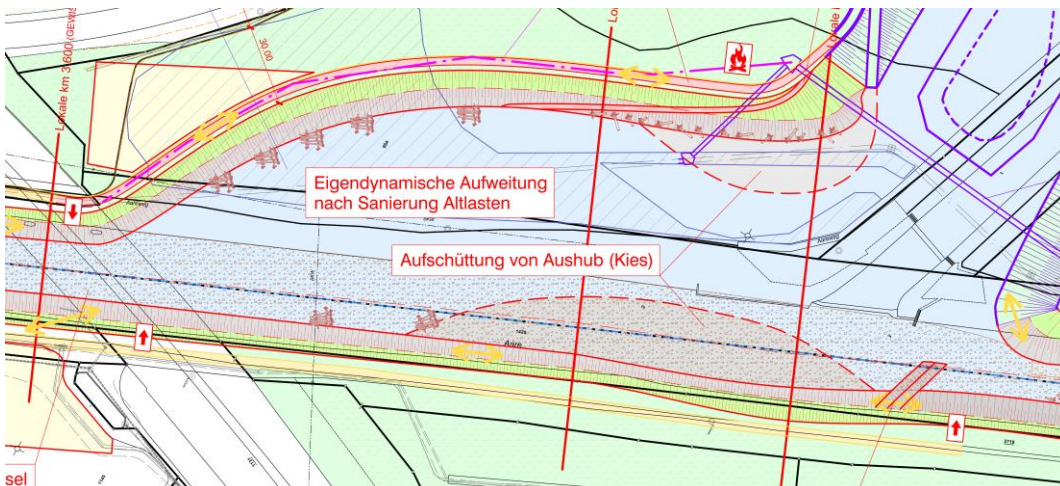


Abbildung 28: Aareaufweitung unterhalb Zulgmündung mit ELJ-Strukturen.

Engineered Log Jams (ELJ) im Bereich der Aareaufweitung:

- In der Aufweitung werden ca. 7 ELJ-Strukturen dem geschlossenen Uferlängsverbau direkt vorgelagert. Die Strukturen werden konstruktiv unabhängig vom Uferlängsverbau gebaut. Der Zwischenabstand Uferlängsverbau zu ELJ-Struktur beträgt maximal 1 m.
- Sie werden als Deflektor-Bautypen [30] aus jeweils einem Element der ELJ Grundstruktur [30] erstellt (lagenweiser Aufbau möglich), mit Flussskies überschüttet und bepflanzt. Da die Strukturen nicht zusätzlich im Ufer verankert werden, erfolgt die statische Bemessung analog eines Inselkopf-ELJs [30].
- Dimension pro Stück: Höhe: Rund 4.5 m über Projektsohle; Breite: 6-8 m; Länge: 6-8 m.
- ELJs wirken sich äusserst positiv auf die Fischfauna aus [30]. Im Zuge der eigendynamischen Verbreiterung durch die Aare werden die ELJs aufgrund der gewählten Positionierung mit der Zeit gut angeströmt. Damit die neuen aquatischen Lebensräume für Fische aus der Aare aber möglichst rasch verfügbar sind, wird die Baugrube des neuen Uferlängsverbaus im Bereich der ELJs nicht vollständig verfüllt, wodurch ein wasserführender Graben die ELJs bereits mit der Aare verbinden kann.
- ELJs imitieren die in natürlichen Flusssystemen auftretenden, lagestabilen Totholzansammlungen, die Morphologie und Habitatangebot wesentlich prägen, aber aufgrund diverser Faktoren in unseren Gewässern nicht mehr eigendynamisch entstehen können [30]. Sie stellen Initialmassnahmen bzw. morphologische Entwicklungshelfer dar, welche eine grosse Bandbreite naturnaher aquatischer und terrestrischer Lebensräume schaffen und dem Totholzangel der Aare nachhaltig entgegenwirken.
- Durch die Anlagerung von weiterem Schwemmholz und die Durchwurzelung mit aufwachsenden Gehölzen erreichen die Strukturen eine sehr lange Lebensdauer. Mit ihrer Wirkung als Schwemmholzfänger können ELJs das Schwemmholzaufkommen in den Flussabschnitt unterhalb reduzieren helfen.
- Die ELJ-Deflektoren bewirken bei Anströmung eine Umlenkung der ufernahen Strömung und schaffen eine Vielfalt an Habitaten:
 - Die komplexen Holz-Strukturen selbst (unmittelbare Habitatfunktion) bieten eine hohe Strömungsdiversität, optimale Deckung/Verstecke für Fische sowie Lebensraum für Makrozoobenthos
 - Sie halten organisches Material zurück (Förderung aquatische Nahrungskette)
 - Im Nahbereich der Strukturen (morphodynamische Aufwertung) werden mit Kolken und Kiesbänken zudem weitere wertvolle Lebensräume geschaffen, und im Strömungsschatten können Auengehölze aufwachsen, wodurch die Lebensraumvielfalt noch einmal erhöht wird.
- Sicherheit von Schwimmenden und Kleinbooten: Gemäss Planungshilfe ELJ [30] sind an Gewässern mit starker Freizeitnutzung ELJs in Gerinnemitte bzw. mittig in der Aufweitung nicht empfohlen. Dieser Empfehlung wird entsprochen, indem die ELJs ausschliesslich am Rand der Aufweitung geplant sind. Weiter ist empfohlen, die Rauheit der Strukturen oberhalb des Sommer-Mittelwassers zu reduzieren. Entsprechend werden in diesem Bereich keine in die Strömung ragenden Wurzelteller realisiert, analog zu den bisher in der Aare umgesetzten ELJ-Bautypen (Fahrhubel, Löchligut).

Für den Bau der ELJ-Strukturen werden Synergien bei Materialbeschaffung und Einbau gezielt genutzt:

- Das für die Massnahmen benötigte Totholz stammt aus der für die Realisierung der Aufweitung notwendigen Rodung (Abtrag der belasteten Bodenschichten bedingt Rodung)
- Die für die Erstellung des neuen Uferlängsverbaus notwendige Baugrube vereinfacht den Einbau von vorgelagerten Totholzstrukturen (keine zusätzliche Baugrube notwendig)



Abbildung 29: Aufbauschema eines Deflektor-ELJs und Beispielbild von zwei ELJ-Deflektoren aus der Sense.

Schlüsselholz-Depot im Bereich der Aareaufweitung:

- Am südöstlichen Rand der Aufweitung werden dem Uferlängsverbau diverse Wurzelstämme vorgelagert. Die Wurzelstämme stammen aus dem Überschuss der Rodung, der für die Umsetzung der übrigen Massnahmen (Totholz für Strukturzonen, Leitwerk und ELJs) nicht verwendet wurde.
- Die Wurzelstämme werden ca. 2 m unter dem bestehenden Terrain in die Baugrube des Uferlängsverbaus eingebracht und vollständig überschüttet. Dadurch werden sie im anstehenden Grundwasser so lange konserviert, bis sie im Zuge der eigendynamischen Verbreiterung durch die Aare aktiviert bzw. angeströmt werden. Bis dahin sind die Wurzelstämme entsprechend wassergesättigt und schwer, wodurch sie auch bei Hochwasser als lagestabile, ineinander verkeilte Schlüsselhölzer [30] wirken, und sich weiteres Schwemmholtz / Geschwemmsel daran anlagern kann.
- Die Schlüsselhölzer helfen das Totholzdefizit der Aare zu verringern und sind von hohem ökologischem Wert:
 - Unmittelbare Habitatfunktion = Deckungsstruktur und Strömungsdiversität für Fische, Lebensraum für Makrozoobenthos, Geschwemmsel fänger (Förderung der aquatischen Nahrungskette, organisches Material wie Blätter etc. sind Nahrung für Fischnährtiere)
 - Morphodynamische Aufwertung = Bildung von Kolk- und Auflandungszonen im Nahbereich der Struktur (Lebensraumvielfalt, Laichhabitat)



Abbildung 30: Dem Uferblocksatz vorgelagerte Wurzelstämme (Beispielbild aus[31]).

Terrestrische Massnahmen

Für Erhalt und Aufwertung von terrestrischen Lebensräumen sind folgende Massnahmen geplant:

Massnahmen im Böschungsbereich

- Weitgehender Erhalt der Uferbestockung (Baulogistik zur Neuerstellung des Uferverbaus berücksichtigt Ufervegetation).
- Durchgehend ingenieurbologische Ufersicherung oberhalb der Mittelwasserlinie. Böschungen in diesem Bereich neu strukturreich und begrünt durch Aufwuchs von einheimischen, standortgerechten Sträuchern.

Ornithologische Massnahmen³

- An der Regiebrücke, der AMP-Brücke, der Autobahnbrücke und der ARA-Brücke sollen Nistkästen für Wasseramseln montiert werden.
- Zwischen der Autobahnbrücke und der ARA-Brücke sollen linksseitig in der Böschung an zwei Standorten Stampflehm-mauern gebaut, welche als Brutgelegenheit für den Eisvogel dienen.

Weitere Massnahmen³

- Die Montage von Tagesquartieren für Fledermäuse an der Regiebrücke, der AMP-Brücke, der Autobahnbrücke und der ARA-Brücke soll geprüft werden.

5.3.5 Naherholung

Entlang der Aare sollen an verschiedenen Stellen Zugangsmöglichkeiten zum Wasser entstehen. An diesen Stellen sollen die Blöcke der Ufersicherung treppenförmig angeordnet werden und so eine «wilde» Sitzgelegenheit, resp. Einstiegsmöglichkeit ins Wasser (vgl. Abbildung 31) geschaffen werden. Die Umsetzung erfolgt in enger Koordination mit den jeweiligen Standortgemeinden. Im Bereich der Aufweitung soll deshalb eine rollstuhlfreundliche Rampe gebaut werden. Der Standort der Rampe wird mit dem Projekt WBP Längsvernetzung Zulg koordiniert werden. Bei den Zugängen wird jeweils Abfallkübel und Robidogs platziert, um das Littering dieser Bereiche zu minimieren.

³ Diese Massnahmen können im Wasserbauplan nur orientierend vermerkt werden. Es ist die Zustimmung der Grundeigentümer erforderlich.

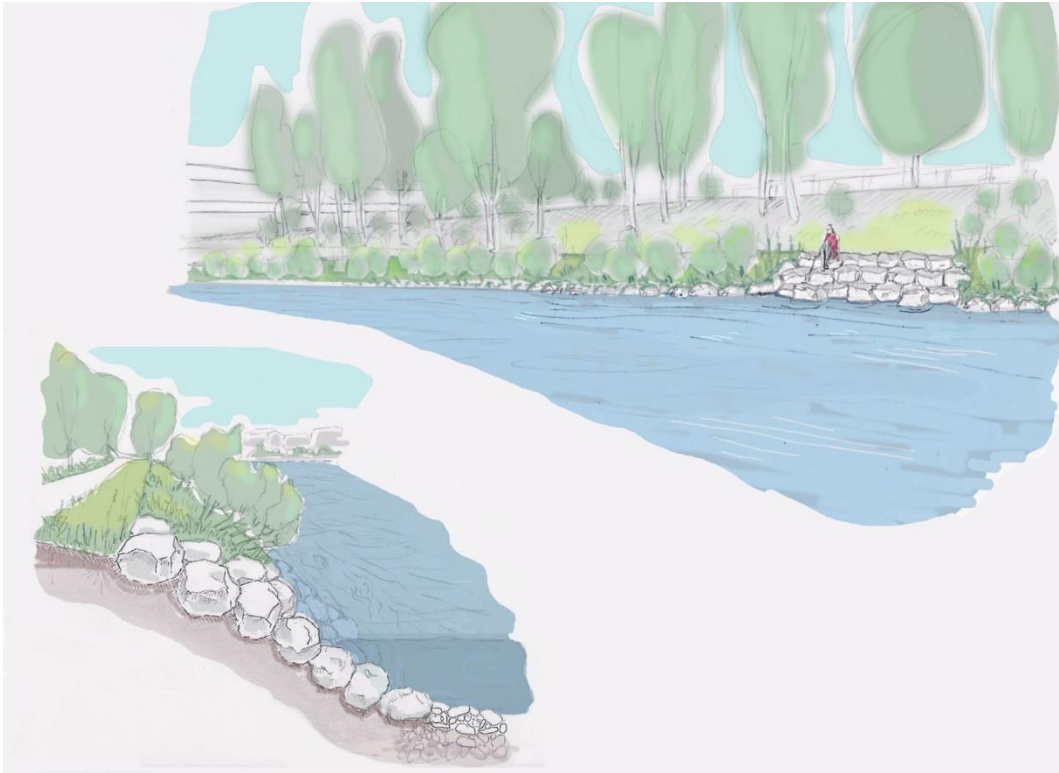


Abbildung 31: Visualisierung Zugang zu Aare mit treppenförmig angeordneten Blocksteinen.

Zusätzlich soll der Blockverbau abschnittsweise so gestaltet werden, dass dieser einfach begehbar ist. Mit dem Projekt werden keine neuen Uferwege gebaut.

Die bestehende Brätlistelle im Zulgspitz wird aufgrund der Aufweitung versetzt werden. Zusätzliche neue Brätlistellen sind im Projektperimeter nicht geplant. Die Realisierung kann koordiniert mit den wasserbaulichen Massnahmen erfolgen.

Von Seiten der Gemeinden Steffisburg und Thun bestehen zudem Absichten, zusätzliche Bootseinwässerungsstellen im Schwäbis und im Bereich der Alpenbrücke des Bypass Thun Nord zu bauen. Die Lage der Naherholungsmassnahmen ist in Abbildung 32 ersichtlich. Die Einwässerungsstellen werden als Drittprojekte geplant und bewilligt.

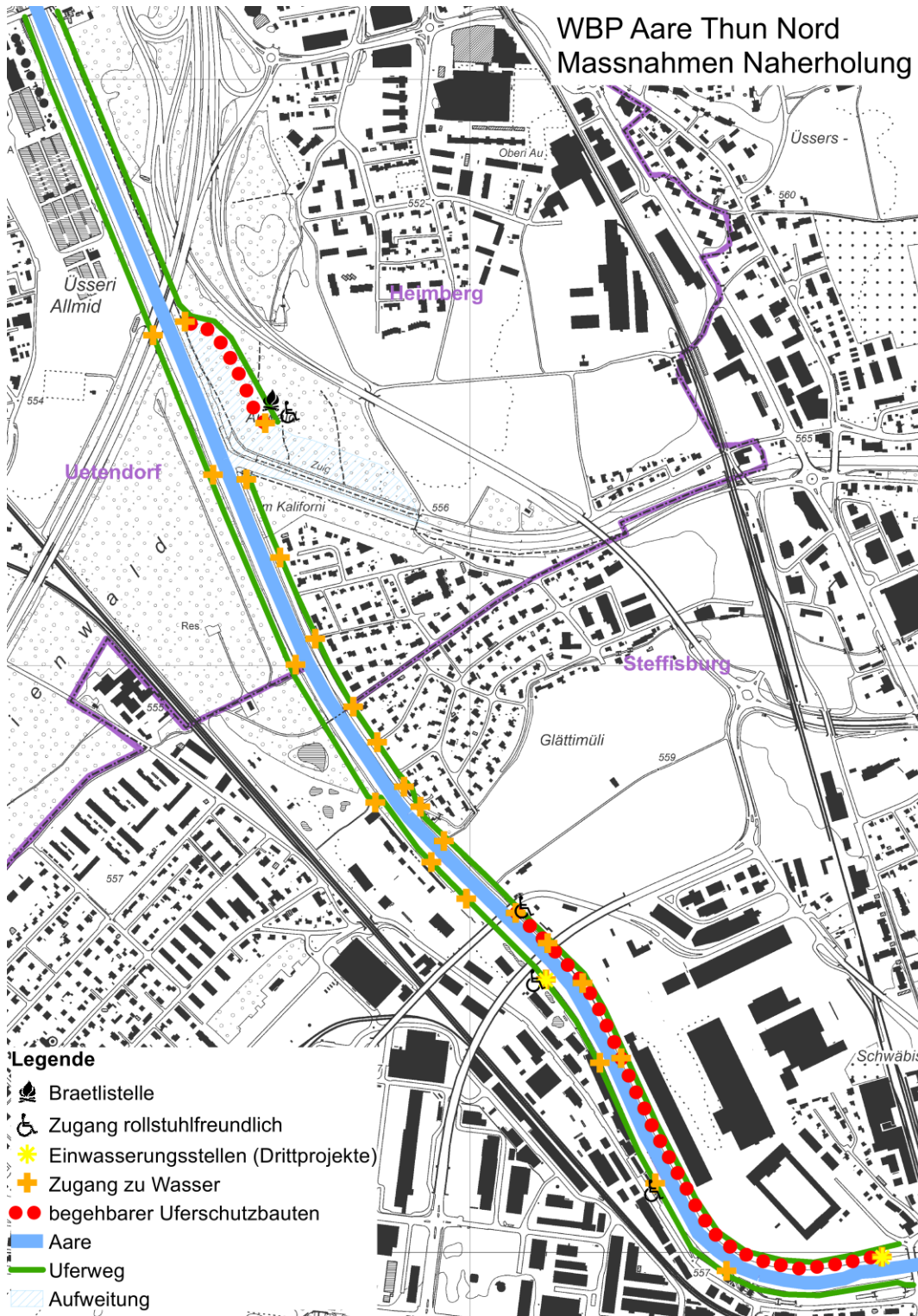


Abbildung 32: Massnahmen Naherholung: geplante Einstiege und begehbare Uferschutzbauten.

5.4 Kosten

5.4.1 Kostenvoranschlag

Für die Kostenermittlung wurden Richtwerte aufgrund von Erfahrungswerten aus vergleichbaren Projekten herangezogen. Der Mengenauszug erfolgte auf Basis der Projektpläne.

Für die Kostenschätzung gilt eine Kostengenauigkeit von $\pm 20\%$. Der Kostenvoranschlag basiert auf einer Preisbasis vom Sommer 2021.

Die Kosten wurden dabei auf zwei separate Projekte aufgeteilt:

- Die Kosten WBP Aare Thun Nord berücksichtigen die Kosten zur Instandsetzung der vorhandenen Uferverbauungen sowie der Sohlenstrukturierungen im Projektperimeter.
- Die Kosten Aufweitung Aare berücksichtigen die zusätzlichen Kosten für die Realisierung der Aare-Aufweitung unterhalb der Zulgmündung.

Im Standbericht "Nachhaltiger Hochwasserschutz Aare Thun Bern" wurde für das Instandsetzungsprojekt Thun - Nord (ohne Aufweitung nach Zulgmündung) CHF 20 Mio. ausgewiesen. Der Kostenvoranschlag zeigt einen leicht höheren Wert. Aufgrund der Ungenauigkeit $\pm 20\%$ halten wir vorläufig bei den angekündigten CHF 20 Mio. fest.

Für die Realisierung der Aare-Aufweitung unterhalb der Zulgmündung wurde im Standbericht keine Zahl angesagt, da im Jahr 2017 davon ausgegangen wurde, dass diese Massnahme im Rahmen des kommunalen Wasserbauplans Hochwasserschutz und Längsvernetzung Zulg realisiert würde. Aufgrund der unbekannten Mächtigkeit der Altlast Auwald sind die Kosten auf Stufe Bauprojekt mit grossen Unsicherheiten behaftet. Wir gehen heute von Gesamtkosten von CHF 6 - 10 Mio. aus.

5.4.2 Finanzierung

Massnahmen im Bereich von wasserbaulichen Schutzbauten und Revitalisierungen werden durch Bund und Kanton subventioniert. Die Subventionsvariante des Projekts ist noch offen und wird im Rahmen der weiteren Projektierung abgeklärt. Möglich Subventionsvarianten sind:

- Hochwasserschutzprojekt
- Kombiprojekt (Hochwasserschutz und Revitalisierung)
- Instandstellungsprojekt

Je nach Subventionsvariante und allfällig zusätzlich erbrachter Mehrleistungen beläuft sich der Beitrag von Bund und Kanton auf 60 % – 80 % der Gesamtkosten. Die Restkosten sind durch die tangierten Gemeinden zu übernehmen.

Abbildung 33: Wasserspiegel für Niedrigwasser, sommerliches Mittelwasser und HQ₁₀₀ im Ist- und im Projektzustand.

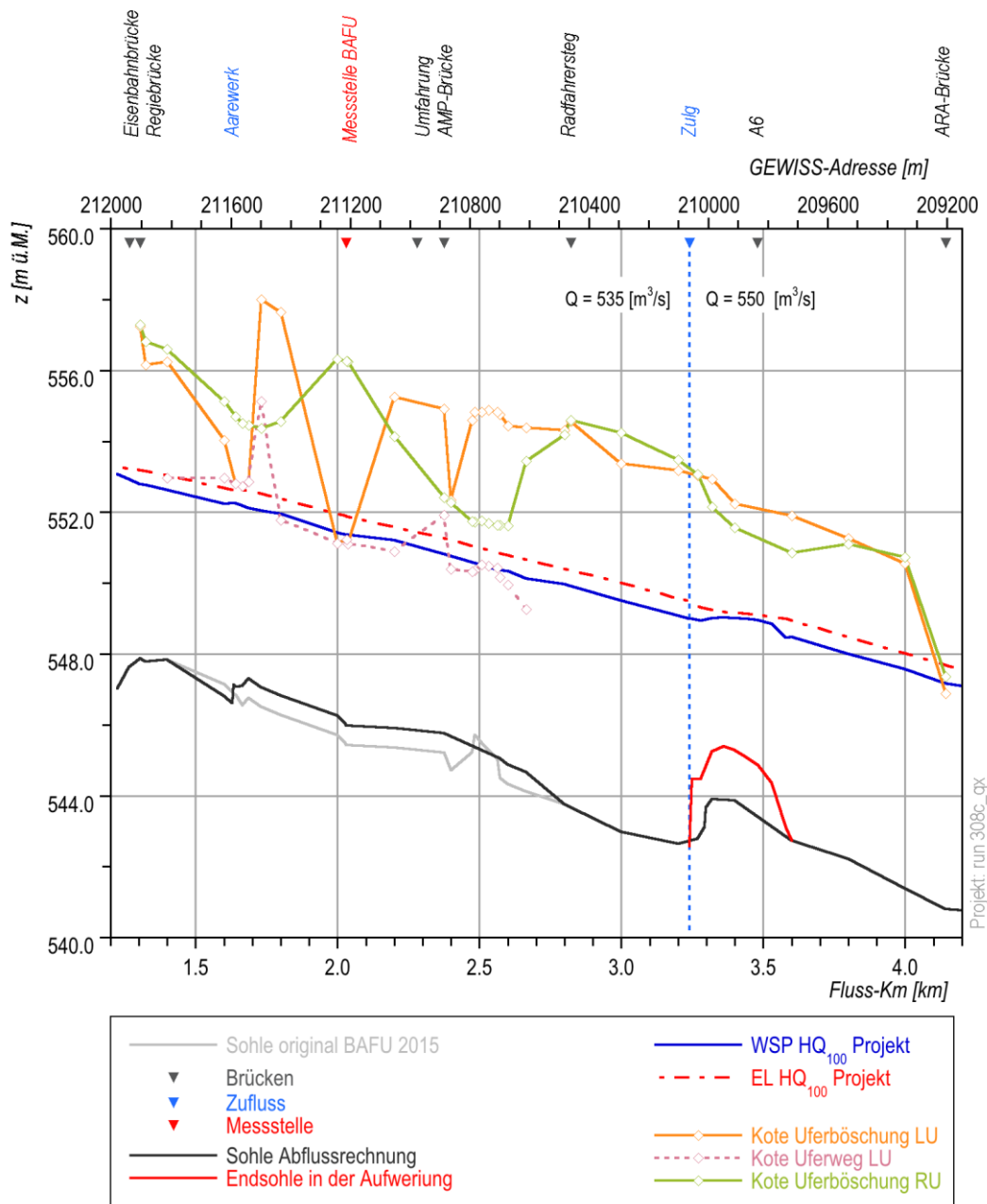


Abbildung 34: Hydraulisches Längsprofil für einen Abfluss HQ_{100} (Bei km 2.0 wurden Gebäude in die Aareböschung gebaut, Die Kote Uferböschung LU wurde entsprechend reduziert. Es besteht jedoch kein übergeordnetes Schutzdefizit an dieser Stelle.)

6.2 Verhalten bei Überlast

Die folgenden Überlastszenarien werden betrachtet:

- *Abfluss grösser als Bemessungsabfluss HQ_{100} :*
Die Abflusskapazität ist auch für einen Abfluss HQ_{300} ausreichend. Überflutungen sind nur örtlich zu erwarten und haben ein Ausmass gleich wie in der heutigen Gefahrensituation. Die Schleppspannungen an der Sohle und an der Böschung könnten zu gross werden, und die Ufer könnten lokal erodieren.
- *Geschiebeeintrag aus der Zulug grösser als G_{100} :*
Der Geschiebeeintrag aus der Zulug wird durch die Transportkapazität der Zulug auf ihrem

Schwemmkegel limitiert. In der Aufweitung der Aare steht eine Sohlenfläche von ca. 24'000 m² zur Verfügung, auf welcher grössere Geschiebemengen aus der Zulg temporär zwischengespeichert werden können. Mit einem hohem Geschiebeeintrag wird der latenten Erosion der Sohle unterhalb der Zulgmündung entgegengewirkt.

6.3 Gefahrensituation nach Massnahmen

Mit der Erneuerung der Ufer wird die Gefahr von Ufererosion eliminiert. Die Abflusskapazität wird nicht verändert. Der linke Uferweg wird bei HQ_{100} stellenweise überflutet. Es tritt aber kein Wasser über die Böschungsoberkante.

Bei zwei Brücken ist die erforderliche Schutzkote wie heute nicht eingehalten:

- Regiebrücke (Km 1.305, Abbildung 35): Die erforderliche Schutzkote liegt auf 553.80 m ü.M. und die mittlere Höhe der Brückenunterkante auf 553.69 m ü.M. In der Freibordberechnung wird ein Teilfreibord von 1.00 m für einzeln angeschwemmte Bäume oder Wurzelstöcke berücksichtigt. Eine Verkläusung mit Schwemmholz ist jedoch sehr wenig wahrscheinlich, weil nur ganz vereinzelt Bäume auf der 80 m langen Strecke zwischen dem Wehr des AAREwerk62 und der Regiebrücke mobilisiert werden dürften. Sollte sich dennoch ein Baum an der Brückenunterkante verkeilen, ist der verbleibende Abflussquerschnitt genügend gross, um den Abfluss ohne nennenswerten Rückstau abzuführen.



Abbildung 35: Regiebrücke Schwäbis (Blick flussaufwärts).

- AMP Brücke (Km 2.375): Unter der AMP-Brücke befindet sich eine Leitung (Abbildung 36). Die Unterseite dieser Leitung liegt innerhalb des Freibords. Aufgrund des geringeren Schwemmholzaufkommen auf der Strecke von der Regiebrücke bis zur AMP Brücke ist eine bedeutende Verkläusung mit einem Aufstau über der Leitung wenig wahrscheinlich. Hingegen kann das Aufschlagen einzelner Holzstücke auf die Leitung mit entsprechenden Schäden auf der Leitung nicht ausgeschlossen werden.



Abbildung 36: AMP Brücke mit Leitung (Blick flussabwärts).

6.4 Geschiebetransport

Der Geschiebetransport in der Aare unterhalb der Zulgmündung ist auch nach Massnahmen gewährleistet: Die Transportkapazität der Aare reicht aus, um sämtliches Geschiebe der Zulg zu transportieren.

Mit den geplanten Aufweitungsvarianten der Zulg ändert der Eintrag an Geschiebe in die Aare im Mittel nicht. Allenfalls wird die Spitze des Geschiebetransports etwas gedämpft.

Mit einer Aufweitung der Zulg (WBP Längsvernetzung Zulg) könnte ein zusätzliches Geschiebevolumen von 45'000 - 70'000 m³ (Volumen der Aufweitung) verfügbar werden. Dieses Material kann etappenweise der Aare zugeführt werden. Damit könnte das Geschiebedefizit zwischen Zulgmündung und Münsingen für mehrere Jahre ausgeglichen werden. Die Auswirkungen des zusätzlichen Geschiebeeintrags werden im übergeordneten Geschiebetransportmodell untersucht.

6.5 Ökologische Aufwertung

- Durch die geplante Flussaufweitung (Kap. 5.3.3) entsteht eine neue, sich eigendynamisch entwickelnde Flusslandschaft mit vielfältiger, naturnaher Morphologie (Kiesbänke, Flachwasserzonen, tiefe Rinnen, etc.), welche aquatisch wie auch terrestrisch wertvolle dynamische Lebensräume für Tiere und Pflanzen bietet. In der Aufweitung entsteht potenzielles Laichhabitat für Kieslaicher wie Äschen und Bachforellen. Die Aufweitung schafft günstige Voraussetzungen für eine fischgängige Anbindung der Zulg. Die in der Aufweitung geplanten, naturnahen Totholzstrukturen erhöhen die Lebensraumvielfalt zusätzlich:
 - Die Engineered Log-Jams (ELJs) und Schlüsselhölzer bieten eine hohe Strömungsdiversität, optimale Deckung/Verstecke für Fische sowie Lebensraum für Makrozoobenthos. Sie halten organisches Material zurück (Förderung aquatische Nahrungskette). Im Nahbereich der Strukturen Kolke und Kiesbänke geschaffen, und im Strömungsschatten der ELJs können Auengehölze aufwachsen.
- Im weiterhin monotonen Kanalgerinne kann die Strömungsvielfalt durch die geplante Instream-Sohlenstrukturierung aufgewertet werden, insbesondere durch die Schaffung von strömungsberuhigten Zonen, welche zugleich Deckung- und Versteckmöglichkeiten bieten und so auch als Jungfischhabitat dienen können. In geringerem Masse können die Strukturierungsmassnahmen auch die Sohlenmorphologie beeinflussen, indem sich lokale Vertiefungen bilden oder Kie-sanlandungen halten können.
- Ingenieurbiologische Ufersicherung schafft im terrestrischen Uferbereich beidseitig zusätzliche Lebensräume.

- Die ornithologischen Massnahmen schaffen zusätzliche Nistmöglichkeiten für Eisvögel und Wasserramseln.
- Das Projekt ermöglicht insgesamt eine deutliche ökologische Aufwertung gegenüber dem heute stark defizitären Ist-Zustand

6.6 Bestehende Nutzungen

6.6.1 Siedlung und Landschaft

Das Projekt tangiert im Endzustand keine Siedlungsflächen. Allfällige temporäre Auswirkungen während der Bauphase werden im Rahmen der weiteren Projektierung genauer untersucht. Mit der Umsetzung des Projekts entsteht mit der Aareaufweitung unterhalb der Zulgmündung ein neues Landschaftsbild (vgl. Abbildung 27).

6.6.2 Landwirtschaft

Das Projekt hat im Endzustand keine Auswirkungen auf die Landwirtschaft. Während der Bauphase ist ein Installationsplatz (ca. 3000 m² Fläche) auf der Parzelle 1312 in Steffisburg vorgesehen. Der Installationsplatz ist auf einem Kieskoffer ohne Bodenabtrag vorgesehen. Im Rahmen der UVB Hauptuntersuchungen werden die geeigneten Massnahmen zum Schutz der Bodenfläche definiert.

6.6.3 Wald

Das Projekt tangiert voraussichtlich mehrere Waldstandorte (vgl. Rodungsplan, Dokument 2.5.2). Rechts der Zulgmündung soll die Aare aufgeweitet und permanent Wald gerodet werden. Die übrigen Waldstandorte entlang der Aare werden für Installationsplätze und für die neue Böschung nur temporär tangiert. Die Installationsplätze sind aufgrund der Zugänglichkeit zur Aare an ihren Standort gebunden. Im Umweltverträglichkeitsbericht, resp. im Rodungsgesuch werden die Auswirkungen auf den Wald genauer erörtert.

6.6.4 Langsamverkehr

Mit der Umsetzung des Projekts wird im Bereich der geplanten Aareaufweitung der heutige Uferweg nach aussen versetzt. Der neue Weg wird wie heute als Verbindung für Fussgänger und Wanderer dienen.

Allfällige temporären Umleitungen für den Langsamverkehr während der Bauphase werden im Rahmen der UVB Hauptuntersuchung geplant.

6.6.5 Naherholung

Mit der Aareaufweitung unterhalb der Zulgmündung wird das bestehende Naherholungsgebiet in diesem Bereich aufgewertet. Zudem wird durch die geplanten Einstiegsmöglichkeiten der Zugang zum Wasser über den gesamten Projektperimeter verbessert.

6.6.6 Verkehr

Das Projekt hat im Endzustand keine Auswirkungen auf die Verkehrssituation. Während der Bauphase ist aufgrund von Bautransporten mit einem Mehrverkehr auf dem an den Projektperimeter angrenzenden Strassennetz zu rechnen. Grundsätzlich sollen die Bautransporte möglichst über das übergeordnete Strassennetz (National- und Kantonsstrassen) geführt werden.

In der UVB Hauptuntersuchung werden allfällige Massnahmen mit dem Baulärmkonzept präzisiert. Dabei werden zudem Etappierungen der Bauarbeiten und die Art der Baustelle (Linienbaustelle) berücksichtigt.

6.6.7 Trinkwassernutzung

Die geplanten Massnahmen haben keinen relevanten Einfluss auf den Grundwasserspiegel, da durch die Erneuerung des Uferverbau und der Sohle der Austausch mit dem Grundwasser voraussichtlich nicht verändert wird. Es wird mit keinen Änderungen der Bedingungen für die Trinkwassernutzung und der Grundwasserwärmenutzung gerechnet.

6.6.8 Werkleitungen

ARA-Hauptleitung

Für die Aufweitung der Aare unterhalb der Zulgmündung ist die bestehende ARA-Leitung ab dem neuen Düker (vgl. Kapitel 2.10.7) zu versetzen. Als zentrales Element des Systems der ARA Thunersee hat die Bauherrschaft einen separaten Auftrag zur Planung der Leitungsversetzung an die Firma Holinger erteilt.

Weitere Siedlungsentwässerungsleitungen

Im Projektperimeter sind diverse Ausläufe und Überläufe der Siedlungsentwässerung in die Aare vorhanden. Bei grösseren Hochwasserereignissen können diese Ausläufe durch die Aare eingestaut werden. Durch die Umsetzung des vorliegenden Projekts ist einzig im Einflussbereich der Aufweitung mit einer Veränderung der Wasserspiegel zu rechnen. Diese nehmen bei Niedrigwasser etwas zu. Bei Mittel- oder Hochwasser etwas ab. Bei gewissen Ausläufen ist zukünftig erst bei etwas grösseren Hochwasserjährlichkeiten als heute mit einem Einstau durch die Aare zu rechnen.

Andere Werkleitungen

Nebst den Leitungen der Siedlungsentwässerung befinden sich diverse weitere Werkleitungen im Projektperimeter (u. a. Elektroleitung, Telekommunikation, Trinkwasser). Diese Leitungen werden im Betrieb und Bestand geschützt. Lokal sind allenfalls Anpassungen notwendig. Die Massnahmen werden in der weiteren Projektplanung mit den Werkeigentümern koordiniert.

6.6.9 Wasserkraft

Die geplanten Massnahmen haben keinen relevanten Einfluss auf die Wasserspiegel im Bereich der Kraftwerke. Es wird mit keinen Änderungen der Bedingungen für die Energieproduktion gerechnet.

6.6.10 Drittprojekte

Der WBP Thun Nord berücksichtigt die geplante S-Bahn Haltestelle Thun Nord, resp. das Projekt Entwicklungsschwerpunkt Thun Nord insofern, als dass die Ufergestaltung später einfach an deren Planung angepasst werden kann.

Der WBP Thun Nord wird eng mit dem WBP Längsnetzwerk Zulg abgestimmt. Die Aufweitung der Aare nach der Zulgmündung wird zeitgleich mit der Aufweitung der Zulgmündung realisiert.

6.7 Natur und Umwelt

Das vorliegende Hochwasserschutzprojekt weist Baukosten grösser als 10 Mio. CHF auf. Entsprechend der Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfungen des Bundes (Art. 1 und Anhang 30.2 UVPV) ist das Projekt UVP-pflichtig, das heisst es ist der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) unterstellt.

Die Auswirkungen auf die umweltrelevanten Aspekte werden im separaten Umweltverträglichkeitsbericht im Detail untersucht und zusammengestellt. Darin werden die konkreten Massnahmen festgelegt, damit der Wasserbauplan mit der Umweltschutzgesetzgebung konform ist.

6.8 Landerwerb/Erwerb von dinglichen Rechten

Das Wasserbauprojekt tangiert private Parzellen. Im Landerwerb (vgl. Planbeilage) wird zwischen folgenden Kategorien unterschieden:

- **Eigentumserwerb:** Wasserbauträger kauft die ausgewiesene Fläche.
Im Rahmen des Projekts soll die Fläche der Aareaufweitung unterhalb der Zulg erworben werden.
- **Dauernde Dienstbarkeit (Nutzungsrechte/ Nutzungsbeschränkungen):** Keine Änderung des Grundeigentümers jedoch dauernde Nutzungseinschränkungen auf der betroffenen Fläche.
Der Landeigentümer hat sämtliche Massnahmen in der Lage, Höhe und in der Dimension wie erstellt zu dulden. Die Zugänglichkeit für Unterhaltsarbeiten, Kontrollen und Wiederherstellung dieser Massnahmen ist zu gewährleisten (Wegrecht).

- **Vorübergehende Beanspruchung:** Land, welches temporär beansprucht wird. Das Land bleibt im Besitz des heutigen Eigentümers. Nach Ende der Bauarbeiten werden alle Anlagen und Installationen zurückgebaut und der Ursprungszustand bestmöglich wiederhergestellt. Dies gilt zum Beispiel für Installations- und Lagerplätze, Baupisten, Verkehrsumleitungen.

Die drei Landerwerbskategorien werden unter Angabe der Fläche auf dem Landerwerbsplan nach Parzelle aufgeschlüsselt eingetragen. Der Landerwerbsplan wird im Rahmen der weiteren Projektierung erarbeitet.

6.9 Verfahren

Für das Bauvorhaben massgebliche Verfahren ist der Wasserbauplan. Es sind jedoch die in Kapitel 6.9.1 genannten Bewilligungen einzuholen.

6.9.1 Spezialbewilligungen

Tabelle 12: Spezialbewilligungen.

Bewilligung	Referenz	Bemerkung
Ausnahmebewilligung für die Unterschreitung des gesetzlichen Mindestabstandes zum vorherrschenden Waldrand bis auf 0 m	Art. 17 WaG Art. 25-27 KWaG	Das Vorhaben sieht an mehreren Standorten Massnahmen am oder im Wald vor (Siehe Rodungsgesuch).
Ausnahmebewilligung für nachteilige Nutzung und nichtforstliche Kleinbauten und -anlagen im Wald	Art. 24 WaG Art. 14 Abs. 2 WaV Art. 35 KWaG	Das Vorhaben sieht an mehreren Standorten Massnahmen am oder im Wald vor (Siehe Rodungsgesuch).
Rodung und Ersatzaufforstung	Art. 5-7, Art. 11 WaG Art 5ff WaV Art. 19 KWaG	Das Vorhaben sieht an mehreren Standorten Massnahmen am oder im Wald vor (Siehe Rodungsgesuch).
Ausnahmebewilligung für Eingriffe in Vorkommen geschützter Pflanzen	Art. 20 NHG Art 20 NHV Art. 15 kantonales Naturschutzgesetzes Art. 19 und 20 NSchV.	Gemäss Datenbankabfrage bei Info Species kommen im Projektperimeter mehrere geschützte Arten vor. Das Vorhaben ist an den geplanten Standort gebunden. Das Vorhaben sieht die bestmöglichen Schutz-, Wiederherstellungs- oder ansonsten zu ökologisch gleichwertigen Ersatzmassnahmen vor.
Ausnahmebewilligung für Eingriffe in die Ufervegetation	Art. 18 Abs. 1bis und 1ter NHG Art. 21 und 22 Abs. 2 NHG Art. 12, Art. 13 Abs. 3 und Art. 17 NSchV	Die vorgesehenen Massnahmen bedingen einen Eingriff in die Ufervegetation. Das Vorhaben ist an den geplanten Standort gebunden. Das Vorhaben sieht die bestmöglichen Schutz-, Wiederherstellungs- oder ansonsten zu ökologisch gleichwertigen Ersatzmassnahmen vor.

Bewilligung	Referenz	Bemerkung
Ausnahmebewilligung für Beseitigung der Ufervegetation	Art. 22 NHG Art. 12, Art.13, Abs. 3, Art.17, Art. 19, Art. 20 NSchV	Die vorgesehenen Massnahmen bedingen einen Eingriff in die Ufervegetation. Das Vorhaben ist an den geplanten Standort gebunden. Das Vorhaben sieht die bestmöglichen Schutz-, Wiederherstellungs- oder ansonsten zu ökologisch gleichwertigen Ersatzmassnahmen vor.
Ausnahmebewilligung für Eingriffe in Hecken und Feldgehölze	Art, 18 Abs. 1bis, 1ter NHG Art. 27 NSchG	Die vorgesehenen Massnahmen bedingen einen Eingriff in Hecken und Feldgehölzen. Das Vorhaben ist an den geplanten Standort gebunden. Das Vorhaben sieht die bestmöglichen Schutz-, Wiederherstellungs- oder ansonsten zu ökologisch gleichwertigen Ersatzmassnahmen vor.
Ausnahmebewilligung für Eingriffe in Lebensräume geschützter Tiere	Art. 20 NHG Art. 20 NHV Art. 15 kantonales Naturschutzgesetzes Art. 25, 26 und 27 NSchV	Gemäss Datenbankabfrage bei Info Species kommen im Projektperimeter mehrere geschützte Arten vor. Das Vorhaben ist an den geplanten Standort gebunden. Das Vorhaben sieht die bestmöglichen Schutz-, Wiederherstellungs- oder ansonsten zu ökologisch gleichwertigen Ersatzmassnahmen vor.
Ausnahmegesuch für das Bauen ausserhalb des Baugebiets.	Art. 24 ff RPG Art. 5, Art. 30 Abs. 3 WBG Art. 81ff Baugesetz des Kantons Bern	Die Bauwerke sind an die geplanten Standorte gebunden.
Fischereirechtliche Bewilligung für technische Eingriffe in Gewässer	Art. 8 -10 BGF	Die vorgesehenen Massnahmen bedingen einen technischen Eingriff ins Gewässer.
Bauen innerhalb des Gewässerraums	Art. 41c GSchV	Die vorgesehenen Massnahmen liegen zum Teil innerhalb des Gewässerraums.
Bauen innerhalb des gesetzlichen Strassenabstand (Bauverbotsstreifen, 5.00 m ab Kantonsstrassenrand).	Art. 81 SG	Bei den die Aare querenden Brücken sind Massnahmen unterhalb der Brücken vorgesehen. Diese Massnahmen dienen u.a. auch zur Verbesserung des Schutzes der tangierten Brücken.
Gewässerschutzbewilligung für Bauten unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels	Art. 26 KGV	Der geplante Uferverbau liegt teilweise unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels. Der Uferverbau wird durchlässig.

Bewilligung	Referenz	Bemerkung
		sig ausgestaltet, so dass die Grundwasserströme nicht beeinflusst werden.
Gewässerschutzbewilligung für das Freilegen des Grundwassers, Grundwasserabsenkungen	Art. 26 KGV	Zum Bau der Ufersicherungen werden temporäre Absenkungen des Grundwasserspiegels notwendig sein.

Im Rahmen der weiteren Projektierung wird abgeklärt, ob allenfalls zusätzliche Spezialbewilligungen für die Umsetzung des Vorhabens eingeholt werden müssen.

7 Anmerkungen zur Bauausführung

7.1 Ausführungstermine

Die Umsetzung der geplanten Massnahmen wird voraussichtlich mehrere Jahre dauern. In der weiteren Planung ist eine detaillierte Terminplanung zu erstellen, welche unter anderem allfällige Schonzeiten berücksichtigt. Aufgrund der Grösse des Perimeters und der Bausumme soll das Projekt etappiert ausgeführt werden.

Aus hydrologischer Sicht ist es sinnvoll die Arbeiten im Gerinne im Winterhalbjahr auszuführen, da die mittleren Abflüsse im Winter deutlich kleiner sind als im Sommer (vgl. Anhang B).

7.2 Erschliessung der Baustelle und Bauabläufe

Für die Umsetzung sind sieben Installationsplätze angedacht (Tabelle 13 sowie Abbildung 1).

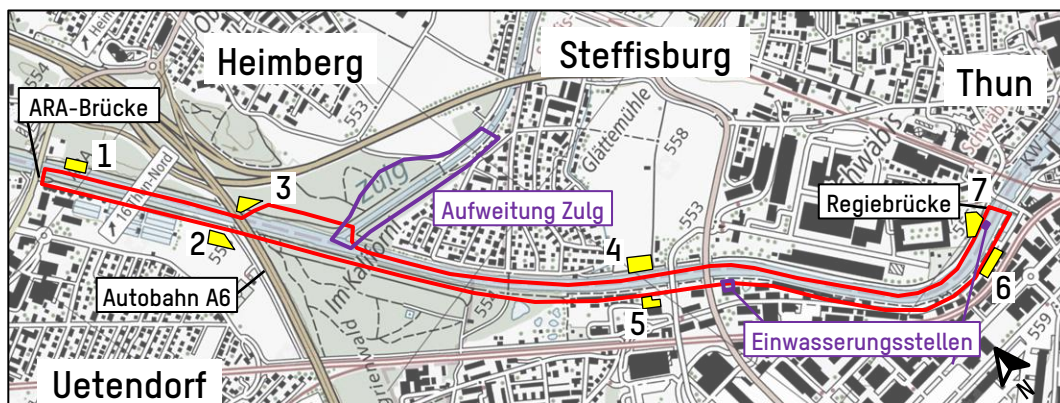


Abbildung 37: Übersicht mit Projektperimeter (rot), Installationsflächen (gelb + Nummerierung) und Drittprojekten (violett).

Tabelle 13: Angedachte Installationsplätze für die Umsetzung der geplanten Massnahmen. Die Nummerierung bezieht sich auf die Nummerierung in Abbildung 37.

Nr.	Fläche in m ²	Eigentümer
1	2'100	Burgergemeinde Heimberg
2	2'200	Gemeindeverband ARA Thunersee
3	1'100	Burgergemeinde Heimberg
4	2'700	Burgergemeinde Thun
5	1'100	Bundesamt für Bevölkerungsschutz Fachbereich Personal
6	1'000	Schweiz. Eidgenossenschaft

Nr.	Fläche in m ²	Eigentümer
7	2'800	Bundesamt für Bevölkerungsschutz, Fachbereich Personal

Die Installationsplätze 1- 3 werden entlang der bestehenden Uferwege von der ARA-Brücke her erschlossen. Die Installationsplätze 4 und 5 werden von der AMP-Brücke her erschlossen und die Installationsplätze 6 und 7 von der Regiebrücke her.

Für den Bau der ELJ-Strukturen und des Leitwerks, sowie der Ufersicherung im Aufweitungsbereich erfolgt die Erschliessung der Installationsplätze über die bestehenden Uferwege.

Für den Längsverbau und die Sohlenstrukturierungen wird von den Installationsplätzen jeweils ein Zugang über die Aare-Böschung in den Gerinnebereich erstellt. Innerhalb des Gerinnes wird eine Baupiste erstellt, welche zudem auch die Funktion der Wasserhaltung übernimmt. Bei der Erstellung der Baupiste werden vor Kopf die Fusssteine des Uferverbaus versetzt (1. Etappe). Der Bau des restlichen Längsverbaus, sowie der Gerinnestrukturierung erfolgt gegen die Fliessrichtung mit parallelem Rückbau der Piste (2. Etappe, vgl. Abbildung 38).

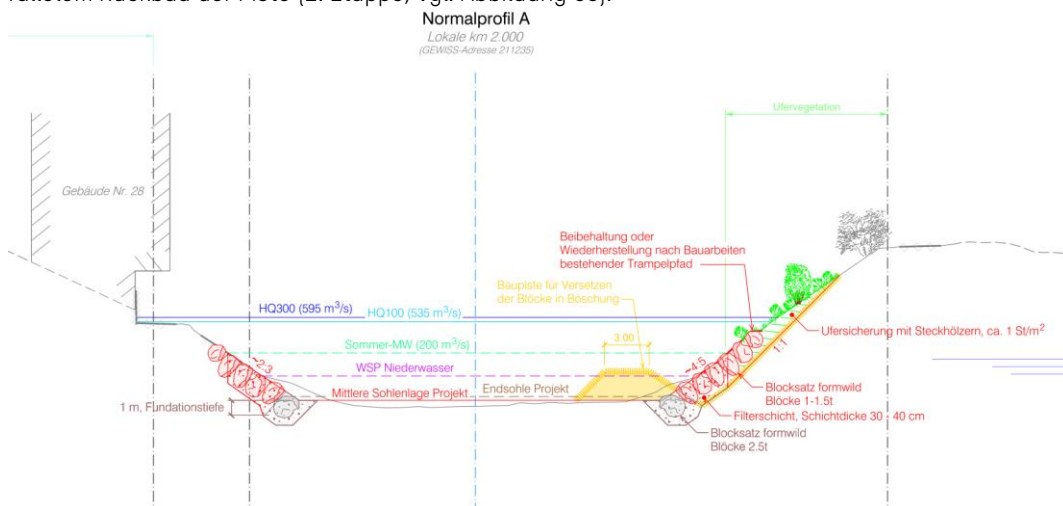


Abbildung 38: Bauvorgang 2. Etappe zur Erstellung des Längsverbaus.

Die Baupiste im Gerinne wird aus den gelieferten Natursteinblöcken für den strukturierten Längsverbau, resp. Blöcken aus dem bestehenden Uferverbau erstellt und mit einer Rohplanie aus Kies ergänzt.

Die Oberkante der Baupiste ist auf den Niedrigwasserabfluss ausgelegt. Bei einem geringen Überströmen der Baupiste sind keine grösseren Schäden zu erwarten, da das anfallende Wasser ungehindert flussabwärts abfliessen kann.

7.3 Wasserhaltung

Die Massnahmen sollen im Winterhalbjahr bei Niedrigwasserverhältnissen realisiert werden.

Die Wasserhaltung wird mit einer Baupiste in der Aare bewerkstelligt. Falls nötig, werden zusätzliche lokale Wasserhaltungen erstellt. Das Versetzen der Blöcke am Fuss des Uferverbaus erfolgt ohne Wasserhaltung direkt im Wasser.

8 Organisatorische und raumplanerische Massnahmen

Durch raumplanerische Massnahmen wird einerseits sichergestellt, dass das Schadenpotential im gewässernahen Bereich nicht weiter erhöht wird. Andererseits wird dem Gewässer aus ökologischer Sicht der minimal notwendige Raum zur Verfügung gestellt. Hierzu zählt u. a. die Ausscheidung des Gewässerraums. Dieser ist gemäss der revidierten Wasserbaugesetzgebung (gültig seit 01.09.2009) rechtlich gesichert.

Mit organisatorischen Massnahmen können die vorgeschlagenen baulichen Massnahmen ergänzt werden. Diese dienen, dazu das Hochwasserrisiko zusätzlich zu reduzieren. Nach Umsetzung der Massnahmen sind die vorhandenen Notfallplanungen der Gemeinden anzupassen.

9 Terminplan

Vorprüfung	2023
Ausarbeitung Bauprojekt	2024
Genehmigung	2025
Finanzierungsbeschluss	2024
Realisierung	ab 2026 bis ca. 2033 in mehreren Etappen

10 Grundlagen

- [1] Aarewasser, Nachhaltiger Hochwasserschutz Aare Thun-Bern, Dossier Wasserbauplan, Juli 2014.
- [2] Amt für Wasser und Abfall (AWA), Wasserstrategie, Grundlagenbericht zum Massnahmenprogramm 2017 – 2022, Teilbereich Wasserversorgung, Bern, Version 2 vom 08.06.2017.
- [3] Bähler, A.: Gebändigt und genutzt, Die Stadt Thun und das Wasser in den letzten 300 Jahren, aufgerufen am 25.09.2020 von https://www.bezg.ch/img/publikation/07_3/baehler.pdf
- [4] Bühler+Dällenbach Ingenieure AG, Uferanriss Heimberg, Fotodokumentation, Beilage zur Unterhaltsanzeige, 2017.
- [5] Bundesamt für Kultur, Sektion Heimatschutz und Denkmalpflege, ISOS – Bundesinventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz von nationaler Bedeutung, 2. Fassung 07.2006.
- [6] Bundesamt für Umwelt BAFU, Abflussmessstation Aare Thun LH 2030, Jahrestabellen der Abflüsse 1992 – 2019.
- [7] Bundesamt für Umwelt BAFU, Ökologische Anforderungen an Wasserbauprojekte gemäss Art. 4 Wasserbaugesetz (WBG) bzw. Art. 37 Gewässerschutzgesetz (GschG), Bern, 2020.
- [8] Bundesamt für Umwelt BAFU, Ökomorphologie Stufe S (systembezogen), Bern, 2006.
- [9] Bundesamt für Umwelt BAFU, UVP-Handbuch, Bern, 2009
- [10] Eidg. Oberbauinspektorat, Pläne Aare-Korrektion Thun-Uttigen, Bern, Dezember 1934
- [11] ETH Zürich, Bezzola, Flussbau, Vorlesungsmanuskript, Herbstsemester 2015.
- [12] Fischereiinspektorat des Kantons Bern & Tiefbauamt des Kantons Bern, *Längsvernetzung Zulg, hydrologische und geschiebetechnische Grundlagen – Geschiebetransportmodell*, Schälchli, Abegg + Hunzinger (heute Flussbau AG SAH), 2004.
- [13] Gemeinde Heimberg, *Naturgefahrenkarte*, ARGE Flussbau AG SAH & Geo7 AG, 2011.
- [14] Gemeinde Steffisburg, *Naturgefahrenkarte*, ARGE Flussbau AG SAH & Geo7 AG, 2009.
- [15] Gemeinde Heimberg, *Wasserbauplan Längsvernetzung Zulg*, 15.01.2020 (Herzog Ingenieure AG)
- [16] Hunziker, Zarn & Partner, Aare Thun bis Bern, Aktualisierung Geschiebetransportmodell anhand Vermessung 2015, Technischer Bericht, Februar 2018.
- [17] Infoflora, 2014: Liste der gebietsfremden invasiven Pflanzen der Schweiz, Schwarze Liste & Watch Liste, August 2014.
- [18] Kellerhals+Haefli AG, Nachhaltiger Hochwasserschutz Aare Bern – Thun, Technische Untersuchung belastete Standorte Heimberg, 9. August 2016.
- [19] Kellerhals+Haefli AG, Uferweg entlang des RUAG-Areals, Thun, Entsorgungsspezifische Untersuchungen, 20. Dezember 2013.
- [20] KOHS (2013): Freibord bei Hochwasserschutzprojekten und Gefahrenbeurteilungen, Empfehlungen der Kommission für Hochwasserschutz, *Wasser Energie Luft*, 105 (1), S. 43–50.
- [21] naturaqua PBK, Raumbedarf der Aare zwischen Thun und Bern, 2012.
- [22] Pinter, K., et al. 2009: Fischbestandserhebung der Mur im Bereich St. Michael. Studie im Auftrag der Steiermärkischen Landesregierung. BOKU Wien, IHG 2009
- [23] Regierungsrat des Kantons Bern, Regierungsratsbeschluss: Grundsatzbeschluss zu den Zielsetzungen für die Nachfolgeprojekte zum abgeschriebenen Verfahren betr. Kantonaler Wasserbauplan nachhaltiger Hochwasserschutz Aare Thun – Bern (aarewasser), RRB Nr.:634/2017, 2017.

- [24] Stadt Thun, IGG Ingenieur- und Geologengemeinschaft Kissling+Zbinden AG, Kellerhals+Haefeli AG, Dossier Revision Naturgefahrenkarte 2018, Bern, 31. Mai 2018.
- [25] Stadt Thun, Kommunalen Richtplan ESP Thun Nord, Genehmigungsexemplar, Thun, August 2014.
- [26] Tiefbauamt des Kantons Bern, Fachordner Wasserbau, 2009.
- [27] Tiefbauamt des Kantons Bern, Amt für Gemeinden und Raumordnung, Arbeitshilfe Gewässerraum Kanton Bern, 2015 (AHOP GR).
- [28] Tiefbauamt des Kantons Bern, Baulicher Unterhalt 2016/17, Sanierung Uferanriss Heimberg, aufgerufen am 06.10.2020 von https://www.aare.bve.be.ch/aare_bve/de/index/gewaesserunterhalt/gewaesserunterhalt/baulicher-unterhalt-2016-17.html#
- [29] Tiefbauamt des Kantons Bern. WBP Aare Thun Nord und WBP Aare Oberer Aa. Schnittstellen Geschiebemodellierung. Protokoll der Sitzung vom 29.10.21 und vom 09.12.21.
- [30] Widmer, A., Werdenberg, N., Haupt, S. 2019. Planungshilfe Engineered Log Jam (ELJ). Renaturierungsfonds des Kantons Bern (Hrsg.), 60 S.
- [31] Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft: Totholz bringt Leben in Flüsse und Bäche, 2005.

Digitale Grundlagen

- [32] Amt für Gemeinden und Raumordnung des Kantons Bern: ESP: Entwicklungsschwerpunkte des Kantons Bern, Stand 6.11.2018.
- [33] Amt für Gemeinden und Raumordnung des Kantons Bern: Übersichtszonenplan 1:25'000, Stand 1.6.2020.
- [34] Amt für Geoinformation des Kt. Bern: LDTM50CM, Digitales Geländemodell 0.5 m. 2015.
- [35] Amt für Geoinformation des Kt. Bern: Bauinventar des Kantons Bern, Erziehungsdirektion des Kantons Bern, Denkmalpflege: <http://www.be.ch/geoportal>.
- [36] Amt für Geoinformation des Kt. Bern: Fruchtfolgeflächen des Kantons Bern, Amt für Gemeinden und Raumordnung des Kantons Bern: <http://www.be.ch/geoportal>.
- [37] Amt für Geoinformation des Kt. Bern: Kataster der belasteten Standorte, Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern: <http://www.be.ch/geoportal>.
- [38] Amt für Geoinformation des Kt. Bern: Gewässerschutzkarte, Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern: <http://www.be.ch/geoportal>.
- [39] Amt für Geoinformation des Kt. Bern: Grundwasserkarte, Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern: <http://www.be.ch/geoportal>.
- [40] Amt für Geoinformation des Kt. Bern: Naturgefahrenkarte 1:5'000, Amt für Wald und Naturgefahren des Kantons Bern: <http://www.be.ch/geoportal>.
- [41] Amt für Geoinformation des Kt. Bern: Naturschutzkarte, Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern: <http://www.be.ch/geoportal>.
- [42] Amt für Geoinformation des Kt. Bern: Ereigniskataster der Naturgefahren, Amt für Wald des Kantons Bern: <http://www.be.ch/geoportal>.
- [43] Amt für Geoinformation des Kt. Bern: Ökomorphologie der Fliessgewässer, Kantonales Gewässer- und Bodenschutzlabor: <http://www.be.ch/geoportal>.
- [44] Amt für Geoinformation des Kt. Bern: Sachplan Veloverkehr: <http://www.be.ch/geoportal>.
- [45] Amt für Geoinformation des Kt. Bern: Schutzwaldhinweiskarte 2016: <http://www.be.ch/geoportal>.
- [46] Amt für Geoinformation des Kt. Bern: UP5, Digitaler Übersichtsplan des Kantons Bern 1:5'000.
- [47] Amt für Geoinformation des Kt. Bern: Übergeordnetes Strassennetz, Amt für Gemeinden und Raumordnung des Kantons Bern: <http://www.be.ch/geoportal>.
- [48] Amt für Geoinformation des Kt. Bern: Übersichtszonenplan, Amt für Gemeinden und Raumordnung des Kantons Bern: <http://www.be.ch/geoportal>.
- [49] Amt für Geoinformation des Kt. Bern: Wanderroutennetz, Amt für Gemeinden und Raumordnung des Kantons Bern: <http://www.be.ch/geoportal>.
- [50] Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Geoportal des Bundes: map.geo.admin.ch
- [51] Bundesamt für Umwelt BAFU: Flussvermessung Aare, Abschnitt Bern Schwellenmatte – Thun Schwäbis, Messkampagne 022016
- [52] Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport, Kbs VBS: <https://www.kbs-vbs.ch>
- [53] Info Flora: <https://obs.infoflora.ch/app/neophytes/de/index.html>
- [54] Bundesamt für Umwelt BAFU, Landeshydrologie: Abflussmessungen Aare – Thun, Station 2030

Anhang A Fotodokumentation



Foto 1: bestehende Einwasserungsstelle Schwäbis.



Foto 2: Aare mit gepflastertem Uferverbau im Bereich des Waffenzentrums.



Foto 3: Gebäudeeingang mit Objektschutz (Dammbalken).

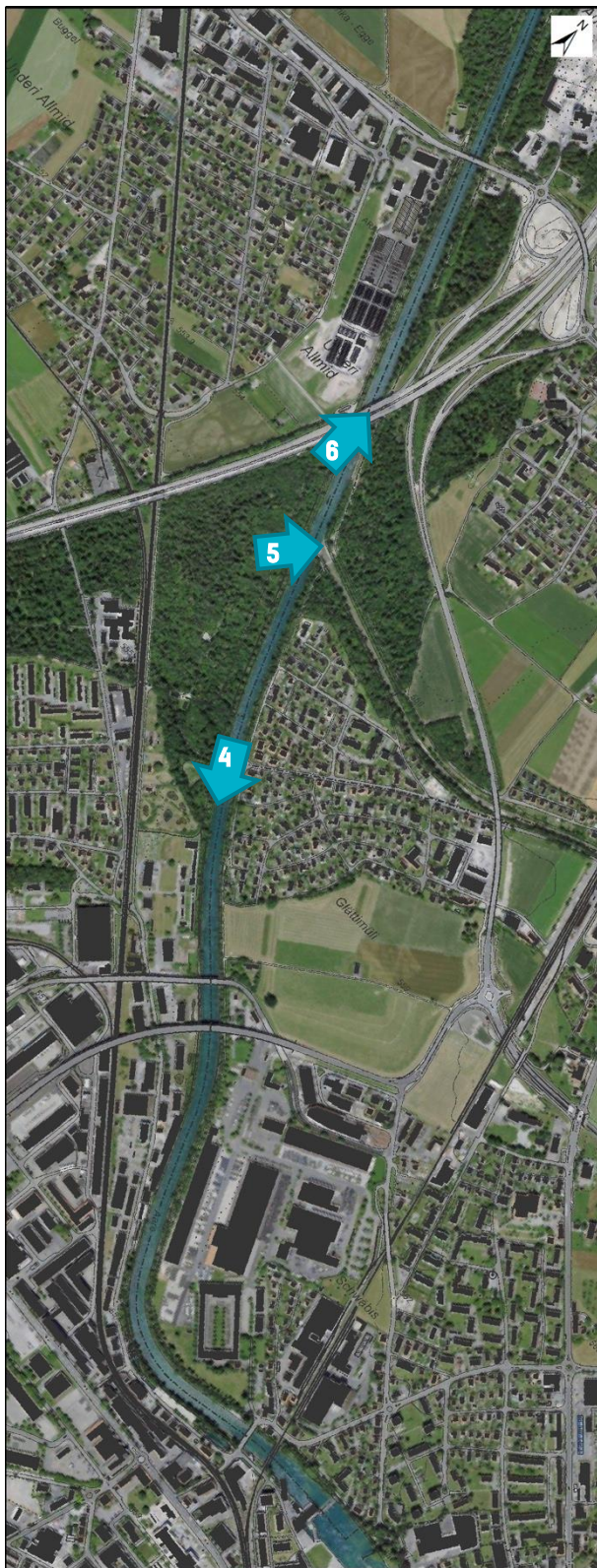


Foto 4: Aare oberhalb Fussgänger- und Velobrücke beim Kaliforni.



Foto 5: Mündung Zulg in Aare.



Foto 6: Aare bei Autobahnbrücke.

Anhang B Auswertung Abflussmessstation Aare Thun

Statistik der Monatsmaxima 1992 - 2020 (29 Jahre)
Messstation LH 2030 Aare - Thun

30.03.2021 / lefa

Anzahl Überschreitungen ($Q_{\max} > Q_{\text{Risiko}}$)

Q_{Risiko} [m ³ /s]	Anzahl Überschreitungen ($Q_{\max} > Q_{\text{Risiko}}$)											
	Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
650	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
550	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
500	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
450	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0
400	0	0	0	0	2	1	1	2	0	0	0	0
350	0	0	0	0	2	5	2	4	0	1	0	0
300	0	0	0	0	6	11	11	5	0	2	1	0
250	0	0	0	1	16	21	21	15	7	3	3	0
200	2	0	3	8	23	27	26	25	19	6	3	0
150	3	0	6	17	27	27	27	27	24	15	4	5
100	8	5	14	27	27	27	27	27	27	24	11	15
50	23	18	26	27	27	27	27	27	27	27	26	25

Legende	
0 - 2 Ereignisse	
> 2 Ereignisse	

Lesebeispiel: In den Jahren 1993 - 2020 wurden im Monat Juni 5 Monatsmaxima grösser als 350 m³/s aufgezeichnet.

Statistik der Monatsmaxima 1992 - 2020 (29 Jahre)
Messstation LH 2030 Aare - Thun

30.03.2021 / lefa

Wahrscheinlichkeit der Überschreitung pro Monat

Q_{Risiko} [m ³ /s]	Wahrscheinlichkeit der Überschreitung pro Monat											
	Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
750	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
700	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
650	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
600	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
550	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%
500	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%
450	0%	0%	0%	0%	7%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%
400	0%	0%	0%	0%	7%	3%	3%	7%	0%	0%	0%	0%
350	0%	0%	0%	0%	7%	17%	7%	14%	0%	3%	0%	0%
300	0%	0%	0%	0%	21%	38%	38%	17%	0%	7%	3%	0%
250	0%	0%	0%	3%	55%	72%	72%	52%	24%	10%	10%	0%
200	7%	0%	10%	28%	79%	93%	90%	86%	66%	21%	10%	0%
150	10%	0%	21%	59%	93%	93%	93%	93%	83%	52%	14%	17%
100	28%	17%	48%	93%	93%	93%	93%	93%	93%	83%	38%	52%
50	79%	62%	90%	93%	93%	93%	93%	93%	93%	93%	90%	86%

Legende	
< 25%	
25% und mehr	

Lesebeispiel: Bei einer Risikowassermenge von 150 m³/s beträgt die Wahrscheinlichkeit einer Überschreitung im Monat Januar ca. 10% (2 Ereignisse / 29 Jahren)