Kanton Bern
Canton de Berne

Oberingenieurkreis II
Tiefbauamt
des Kantons Bern

IIe arrondissement
d'Ingénieur en chef
Office des ponts et
chaussées
du canton de Berne

Instandstellungsprojekt
Beilage 2.2

Gemeinde	Heimberg	Datum Dossier	26.02.2019
Erfüllungspflichtiger	Kanton Bern	Revidiert	
Gewässernummer	370'000	Projektnummer	**20658**
Gewässer	Aare	Berichtdatum	27.08.2019
Plan-Nr.	**20658.33_901a**	Format	A4

Instandstellungsprojekt Aare N06, 3627 Heimberg
km 206'885 - 207'640

Unterlage **Technischer Bericht**

Auflage

Projektverfassende

Basler & Hofmann
Ingenieure, Planer und Berater
Industriestrasse 1, CH-3052 Zollikofen
T +41 31 544 24 24
www.baslerhofmann.ch

Genehmigung Instandstellungsprojekt :

Revisionen		Datum	Gez.	Gep.	Visiert
-	Bauprojekt	26.02.2019	chm	daz	hom
A	Anpassungen KV	27.08.2019	chm	daz	rst
B					
C					

Impressum

Datum
27. August 2019

Bericht-Nr.
20658.31_901a

Verfasst von
chm, daz

Basler & Hofmann West AG
Ingenieure, Planer und Berater

Industriestrasse 1
CH-3052 Zollikofen
T +41 31 544 24 24

Avenue de Tivoli 3
CH-1700 Fribourg
T +41 26 672 99 77

Verteiler

Tiefbauamt Kanton Bern OIK II
Bundesamt für Strassen ASTRA

Inhaltsverzeichnis

1.	**Zusammenfassung**	**1**
2.	**Anlass und Auftrag**	**2**
2.1	Auftrag / Projektziele	2
2.2	Projektperimeter und Projektabgrenzung	2
2.3	Projektorganisation	2
2.4	Partizipation	3
2.4.1	Akteuranalyse	3
2.4.2	Laufende Partizipation	3
3.	**Ausgangssituation / Ist-Zustand**	**4**
3.1	Historische Ereignisse	4
3.2	Genereller Erosionstrend Sohle und Ufer	5
3.3	Bestehende / zukünftige Nutzung und Schutzgebiete	6
3.4	Hydrologie / Hydraulik	7
3.4.1	Hochwasserabflüsse	7
3.4.2	Mittelwasserabflüsse	7
3.4.3	Niedrigwasserabflüsse	8
3.4.4	Hydraulische Berechnungen	8
3.5	Geschiebehaushalt	8
3.6	Schwemmholz	8
3.7	Geologie / Geotechnik	8
3.8	Gefahrenkarte vor Massnahmen	9
3.9	Ist Zustand Ökologie	9
3.9.1	Ökomorphologischer Gewässerzustand	9
3.9.2	Natur- und Landschaftsschutz	10
3.10	Projekte Dritter	10
3.11	Werkleitungen rechtsufrig	10
4.	**Projektziele**	**11**
4.1	Uferschutz	11
4.2	Gewählte Schutzziele	11
5.	**Massnahmenplanung / Projektbeschreibung**	**11**
5.1	Raumplanerische Massnahmen	11
5.2	Bauliche Massnahmen	11
5.2.1	Hydraulische Nachweise	12
5.3	Massnahmen temporäre Rodung	13
5.4	Massnahmen Werkleitungen	15
5.5	Betrieb und Unterhalt	17
6.	**Kosten**	**18**

6.1	Kostenvoranschlag	18
6.2	Risiko	18
6.3	Kostenteiler	19
7.	**Bauablauf**	**20**
7.1	Etappierung	20
7.2	Installationsplatz, Baupiste und Wasserhaltung	20
7.3	Notfallkonzept während Bau	21
7.4	Baurisiken / Gefährdungen beim Bau	21
7.5	Auswirkungen auf Umwelt während des Baus	21
8.	**Auswirkungen Projekt / Massnahmen**	**23**
8.1	Auswirkungen auf Nutzung	23
8.2	Auswirkungen auf Landwirtschaft	23
8.3	Auswirkungen auf Natur und Landschaft	23
8.3.1	Wald	23
8.3.2	Flora und Fauna	23
8.4	Auswirkungen auf Gewässerökologie und Fischerei	23
8.4.1	Geschiebehaushalt	23
8.5	Auswirkungen auf Grundwasser	23
9.	**Termine**	**24**
10.	**Literaturverzeichnis**	**25**

Anhang 1 Bericht Beurteilung der Gefahr von Ufererosion

Anhang 2 Aktennotiz Beurteilung Seitenerosion

Anhang 3 Bodenuntersuchungen

1. Zusammenfassung

Ausgangslage

Der Zustand vom Uferverbau unterhalb der Brücke Heimberg - Uetendorf wurde bei einer Inspektion vom Tiefbauamt des Kantons Bern (OIK II) im Winter 2016/17 als kritisch beurteilt. Durch die generelle Erosionstendenz der Flusssohle ist der Verbau unterspült. Im Projektabschnitt besteht das Risiko, dass bei einem Versagen des bestehenden Uferverbaus die Seitenerosion die Autobahn A6 gefährdet.

Ziele

Der „Objektschutz“ der Autobahn A6 und Autobahnüberführung Räbli Thungschneit sowie die Erhaltung des Uferwegs muss mit einem strukturierten Blockverbau inkl. bepflanzten Holzgrünschwellen sichergestellt werden.

Die weiteren Projektziele lauten wie folgt:
_ Sicherstellung des Hochwasserschutzes (Seitenerosion)
_ Ökologische Aufwertung des Gerinnes
_ Gewährleistung des Grundwasserschutzes

Geplante Massnahmen

Folgende Massnahmen sind im vorliegenden Projekt geplant:
_ Strukturierter Blockverbau
_ Strukturierter Blockverbau inkl. bepflanzter Holzgrünschwellen rechtsufrig

Termine

Das Projekt kann in folgende Phasen unterteilt werden:

Projektphase	**Termine**
Planauflageverfahren Amts- und Fachberichte kantonale Fachstellen	März – April 2019
Planauflageverfahren Stellungnahme BAFU (Wald)	Mai – Juni 2019
Öffentliche Auflage	Juli 2019
Submission inkl. Vergabe (unter Vorbehalt Genehmigung)	Juli – September 2019
Realisierung	Herbst / Winter 2019 / 2020

Tab. 1 Terminprogramm

2. Anlass und Auftrag

2.1 Auftrag / Projektziele

Auftrag

Der Uferverbau unterhalb der Brücke Heimberg - Uetendorf ist weitgehend unterspült und nicht ausreichend dimensioniert. Im Projektabschnitt besteht das Risiko, dass bei einem Versagen des bestehenden Uferverbaus die Seitenerosion die Autobahn A6 gefährdet. Deshalb soll ein „Objektschutz“ der Autobahn erfolgen. Zu diesem Zweck wurde von Seiten des Bauherrn die Bauweise mit einem strukturierten Längsverbau und abschnittsweise in Kombination mit einer bepflanzten Holzgrünschwelle vorgegeben. Die Basler & Hofmann AG hat den Auftrag erhalten das Projekt für die SIA Phasen 31 bis 53 zu bearbeiten.

Projektziele

Folgende übergeordneten Projektziele sollen durch das vorliegende Instandstellungsprojekt erreicht werden müssen:

_ Schutz der Ufer vor Erosion
_ Keine Verschlechterung des Hochwasserschutzes
_ Ökologische Aufwertung des Gerinnes
_ Gewährleistung des Grundwasserschutzes

2.2 Projektperimeter und Projektabgrenzung

Lokalisation Projektperimeter

Der Projektperimeter befindet sich direkt neben der Autobahn A6 auf dem Gemeindegebiet von Heimberg. Die obere Projektgrenze befindet sich bei der Einmündung vom Chrebsbach. Bei der Gemeindegrenze zu Kiesen oberhalb der Eisenbahnbrücke endet der Projektperimeter.

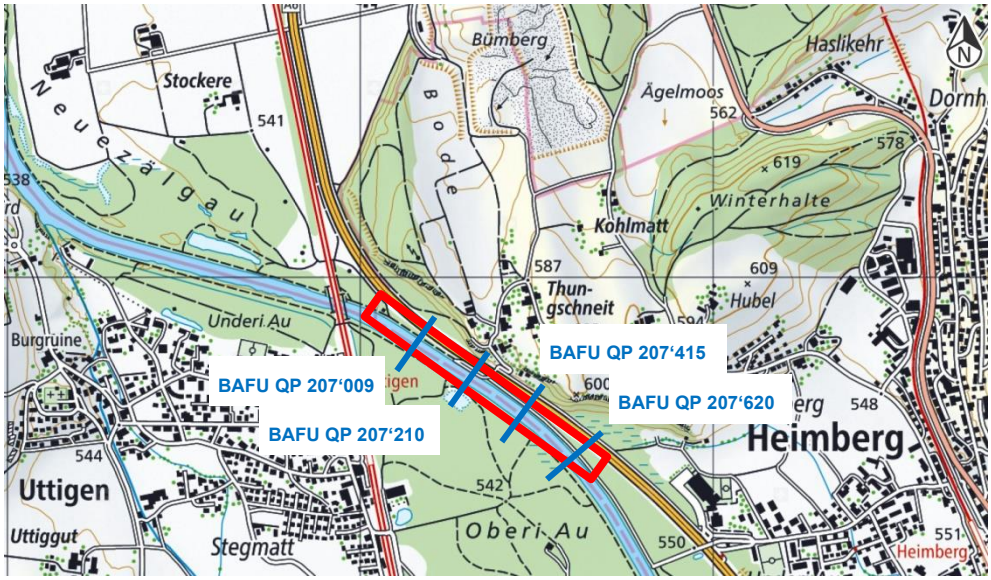


Abb. 1 Übersichtskarte mit Projektperimeter [1]

2.3 Projektorganisation

Projektbeteiligte

Die Projektorganisation sieht wie folgt aus:

_ Auftraggeber, Bauherrschaft und Leitbehörde: TBA Kanton Bern, OIK II
_ Planer: Basler & Hofmann West AG
_ Hydrogeologe: Kellerhals + Häfeli AG

2.4 Partizipation

2.4.1 Akteuranalyse

Akteuranalyse

Nachfolgende Tabelle stellt alle projektrelevanten Akteure zusammen. Für jede Akteursgruppe wird deren Bedeutung für das Projekt sowie deren Grad und die Art der Einbindung ins Projekt festgelegt.

Akteursgruppe	**Projektrelevanz**			**Einbindung über**		
	Hoch	Mittel	Gering	Projekt-organisation	Direkte Gespräche	Mitberichte
Tiefbauamt Kanton Bern, OIK II	x			x		x
Bundesamt für Strassen ASTRA	x				x	x
Bundesamt für Umwelt BAFU	x				x	x
Fischereiinspektorat des Kt. Bern	x				x	x
Amt für Wasser und Abfall		x				x
Abteilung für Naturförderung		x				x
Gemeinde Heimberg	x				x	
Wasserverbund Region Bern AG	x				x	
BKW AG		x			x	
Grundeigentümer		x			x	

Tab. 2 Akteursanalyse

2.4.2 Laufende Partizipation

Partizipation und Information

Die Vertreter der oben aufgeführten Akteursgruppen werden periodisch in die Projektierung eingebunden. Kommunikationswege sind direkte Gespräche, Sitzungen, Informationsveranstaltungen und Informationsschreiben.

Öffentliche Auflage, Mitberichte

Die Partizipation im weiteren Projektverlauf erfolgt hauptsächlich mit dem Einholen der Mitberichte der Amts- und Fachstellen sowie vom BAFU (Wald) und im Rahmen der öffentlichen Auflage.

3. Ausgangssituation / Ist-Zustand

3.1 Historische Ereignisse

Historische Ereignisse

Die Abb. 2 und Abb. 3 zeigen die Jahreshochwasser der Aare von 1906 bzw. 1918 bis 2015 in Thun und Bern, Schönau:

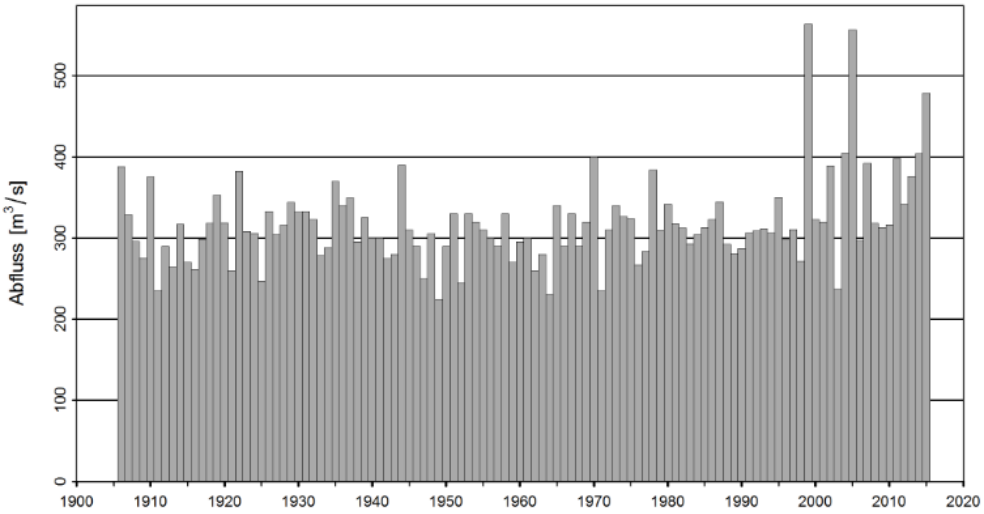


Abb. 2 Jahreshochwasser der Aare in Thun 1906 bis 2015 [2]

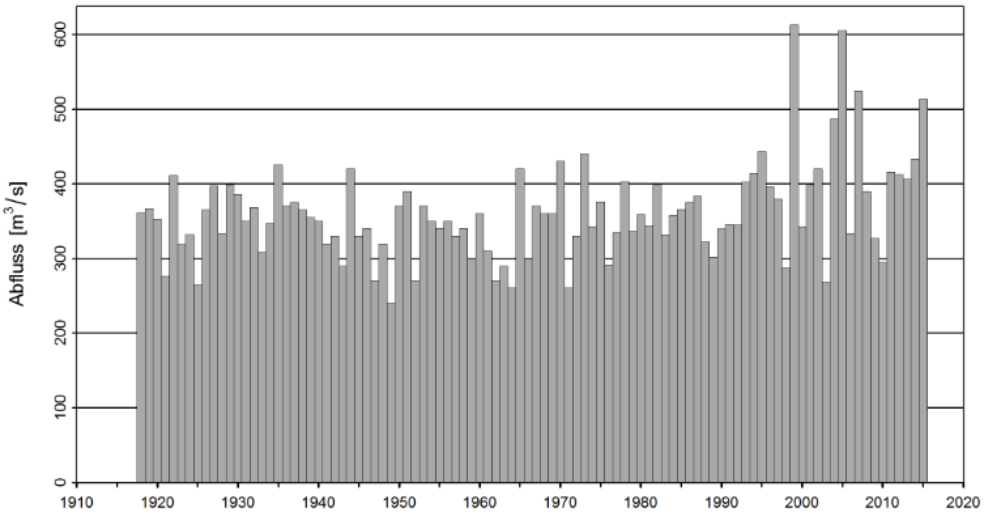


Abb. 3 Jahreshochwasser der Aare in Bern, Schönau 1918 bis 2015 [2]

Bis in die 90er-Jahre traten an der Aare selten Hochwasser mit Abflüssen über 400 m^3/s auf. In den vergangenen 20 Jahren wurde jedoch eine starke Häufung von grossen Hochwassern verzeichnet, fast jährlich kam es zu Abflüssen grösser 400 m^3/s. Besonders in Erinnerung geblieben sind dabei die beiden Jahrhunderthochwasser 1999 und 2005. Das Frühjahrshochwasser 1999 und das Sommerhochwasser 2005 waren die grössten Hochwasser an der Aare in der gesamten Betrachtungsperiode.

Frühjahrshochwasser 1999

Aussergewöhnliche Schneefälle im Winter 1999 und eine ausgeprägte Wärmeperiode im Mai verursachten eine starke Schneeschmelze. Kombiniert mit zwei

Starkniederschlagsereignissen führte dies im Mai 1999 zu einem raschen Anstieg von Brienzer- und Thunersee und zu grossen Hochwasserabflüssen in der Aare und deren Seitengewässern. Die Aare erreichte Spitzenabflüsse von 564 m^3/s in Thun und von 613 m^3/s in Bern [2]. Entlang der Aare zwischen Thun und Bern kam es zu grossen Überschwemmungen. Oberhalb der Hunzigebrücke riss das Hochwasser zwei tiefe Lücken in den Aaredamm und überschwemmte den Weiler Vehweid und das Belpmoos mit erheblichen Schäden an Liegenschaften und dem Flugplatz Bern - Belp [3].

Sommerhochwasser 2005

Ausserordentlich heftige und langanhaltende Niederschläge auf bereits wassergesättigte Böden führten im August 2005 zu erneut grossen Hochwasserabflüssen in der Aare und deren Seitengewässern. Die Aare erreichte in Thun einen Spitzenabfluss von 557 m^3/s und in Bern 605 m^3/s [2]. Im Aaretal kam es zu Überschwemmungen, wiederum war das Belpmoos stark betroffen [4].

3.2 Genereller Erosionstrend Sohle und Ufer

Vorgehen

Die Beurteilung für die Gefahr der Ufererosion an Fliessgewässern wurde nach der Empfehlung der Fachleute Naturgefahren Schweiz FAN und dem Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband SWV [5] durch Basler & Hofmann im Dezember 2018 durchgeführt. Zusätzlich werden auch Erkenntnisse von Ereignissen und Berechnungen oberhalb bzw. unterhalb des Projektperimeters herangezogen. Die Erkenntnisse und Resultate sind im separat verfassten Bericht Beurteilung der Gefahr von Ufererosion [6] (s. Anhang 1) ersichtlich.

Erosion am Böschungsfuss

Das Gefährdungsbild der Erosion am Böschungsfuss wird nachfolgend als massgebend betrachtet. Bei der Begehung vor Ort [7] am 29. Juni 2018 durch Basler & Hofmann und auf Abb. 4 ist im gesamten Abschnitt eine Erosion am rechten Böschungsfuss zu erkennen. Die Absenkung von 1957 bis 2015 beträgt im BAFU Querprofil 207620 ca. 1.34 m. Durch die Sohlenerosion und die Erosion des Böschungsfusses wird die Böschung destabilisiert, so dass die bestehende Uferverbauung nachrutscht. Aufgrund der zu erwartenden Sohlenerosion von bis zu 1.90 m erfüllt der bestehende Blocksteinverbau mit keiner vorhandenen Fundationstiefe die Anforderungen **deutlich nicht.**

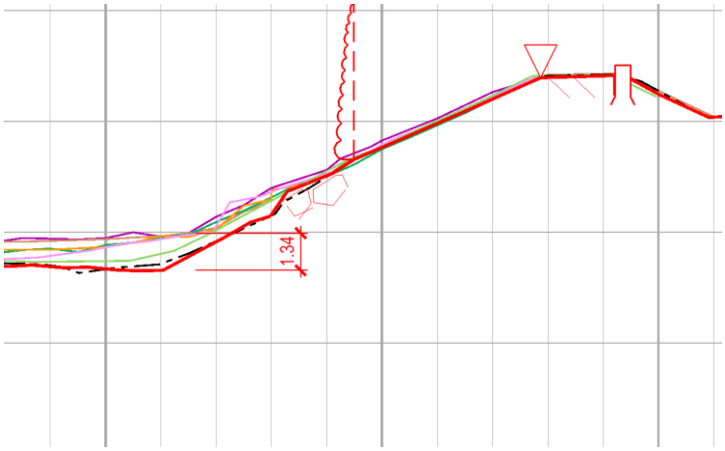


Abb. 4 BAFU-Querprofil GEWISS-Adresse 207620

3.3 Bestehende / zukünftige Nutzung und Schutzgebiete

Grundwasserschutzzone Ist-Zustand

Das Projekt befindet sich im Gewässerschutzbereich Au und in der Grundwasserschutzzone S2. Im Projektperimeter befindet sich ausserdem eine Oberflächenfassung. Die Baustellenzufahrt Richtung Heimberg tangiert zudem das Grundwasserschutzareal SA2 „Oberi Au“ (s. Abb. 5).

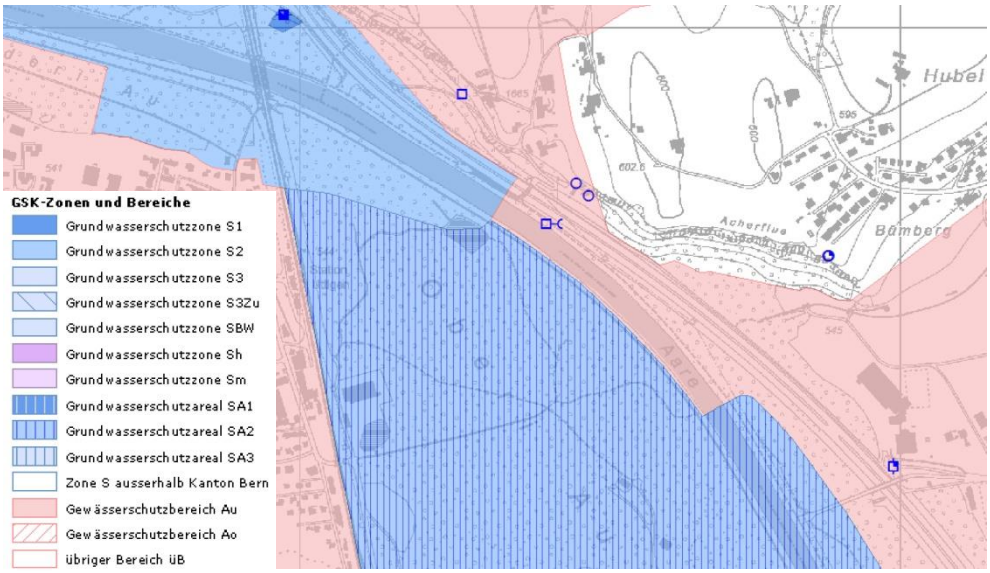


Abb. 5 Gewässerschutzkarte [8]

Zukünftige Nutzung Grundwasserschutzzone

Der Wasserverbund Region Bern AG (WVRB) wird im Bereich vom Grundwasserschutzareal SA2 „Oberi Au“ Uttigen eine neue Fassung realisieren. Bei der Fassung Kiesen wurde der Brunnen 1 ausser Betrieb genommen (Verbindungsleitung Fassung Amerikaegge). Mit der Konzession „Oberi Au“ und der Neukonzessionierung „Kiesen“ wird das Grundwasserschutzareal SA2 durch die Schutzzone S1 – S3 abgelöst und die Schutzzone S2 Kiesen angepasst. Der Projektperimeter wird künftig wohl in der Schutzzone S3 liegen.

Waldareal

Der Wald im Einflussbereich der Aare gehört standortkundlich zu den ehemaligen Auenwäldern. Am häufigsten kommen die Waldstandorte der ehemaligen Hartholzaue vor: Vor allem Eschenmischwälder und weniger häufig Ulmen-Eschenwälder.
Die Hauptwaldfunktionen sind:

_ Naturschutz / Biodiversität (der Grossteil des aarewasser-Perimeters befindet sich im kantonalen Naturschutzgebiet „Aarelandschaft Thun – Bern“)
_ Trinkwasserschutz (die Trinkwasserversorgung der Stadt und Agglomeration Bern liegt hauptsächlich in diesem Raum)
_ Erholung (attraktive Lage zwischen den Agglomerationen Thun und Bern)

Die Holzproduktion ist den genannten Funktionen untergeordnet, hat aber trotzdem eine ökonomische Bedeutung für die jeweiligen Waldeigentümer.
An der Waldfunktion wird nichts verändert.

3.4 Hydrologie / Hydraulik

3.4.1 Hochwasserabflüsse

Hochwasserabflüsse

Die Hochwasserstatistik des Bundesamtes für Umwelt BAFU [2] geht von folgenden Hochwasserabflüssen aus:

Standort	EZG [km^2]	HQ_{30} [m^3/s]	HQ_{100} [m^3/s]	HQ_{300} [m^3/s]
Thun	2‘466	432	482	527
Bern, Schönau	2‘945	498	552	599

Tab. 3 Hochwasserabflüsse gemäss Hochwasserstatistik des Bundesamtes für Umwelt BAFU [2]

Die Hochwasserabflüsse vom BAFU weisen einen statistischen, informativen Charakter auf. Verbindlich sind die Hochwasserabflüsse nach dem Regierungsratsbeschluss Nr. 634/2017 [9]. Dort wird für den Abfluss der Aare bei einem HQ_{100} oberhalb der Gürbemündung eine Wassermenge von 550 m^3/s und unterhalb der Gürbemündung von 600 m^3/s vorgegeben. Im Projektperimeter ist demnach von einem Abfluss von 550 m^3/s auszugehen.

Extremhochwasser

Im Rahmen der Katastrophenvorsorge wurden in einer Studie die Entstehung und die Auswirkungen eines Extremhochwassers der Aare untersucht. Ein Extremhochwasser liegt deutlich über einem hundertjährlichen Hochwasser und basiert auf extremen hydrometeorologischen Szenarien. An der Aare zwischen Thun und Bern können sowohl bei 2- bis 3-tägigen Starkregen als auch bei 14- bis 30-tägigen Niederschlagsereignissen grosse Abflussmengen (zwischen 700 und 780 m^3/s) auftreten [10].

3.4.2 Mittelwasserabflüsse

Mittelwasserabflüsse

Die Mittelwasserstatistik des Bundesamtes für Umwelt BAFU [11] geht über die Periode von 1935 bis 2016 gesehen von folgenden Mittelwasserabflüssen aus:

Standort	Grösstes Jahresmittel [m^3/s]	Mittlerer Abfluss [m^3/s]	Kleinstes Jahresmittel [m^3/s]
Thun	141 (1999)	111	80.7 (1976)
Bern, Schönau	157 (1999)	122	90.4 (1976)

Tab. 4 Mittelwasserabflüsse gemäss des Bundesamtes für Umwelt BAFU [11]

3.4.3 Niedrigwasserabflüsse

Niedrigwasserabflüsse

Die Niedrigwasserstatistik des Bundesamtes für Umwelt BAFU [12] geht von folgenden Niedrigwasserabflüssen aus:

Standort	$NM7Q_2$ [m^3/s]	$NM7Q_{10}$ [m^3/s]	$NM7Q_{30}$ [m^3/s]	$NM7Q_{100}$ [m^3/s]	$NM7Q_{300}$ [m^3/s]
Thun	33.2	29.7	28.3	27.2	26.5
Bern, Schönau	41.8	33.5	30.4	28.0	26.5

Tab. 5 Niedrigwasserabflüsse gemäss Niedrigwasserstatistik des Bundesamtes für Umwelt BAFU [12] (NM7Q = kleinster, über 7 Tage gemittelter Abfluss innerhalb eines Niedrigwasserjahres)

3.4.4 Hydraulische Berechnungen

Hydraulische Berechnungen

Die hydraulischen Berechnungen [13] des Ist-Zustandes an der Aare sind im Rahmen vom Projekt aarewasser über den ganzen Abschnitt Thun - Bern durch die Hunziker, Zarn & Partner AG erstellt worden.

3.5 Geschiebehaushalt

Geschiebe

Die Aare zwischen Thun und Bern ist aufgrund des kanalisierten Gewässerlaufs einer stetigen Sohlenerosion ausgesetzt. Durch die Verbauungen der Seitenbäche und der Ufer reduziert sich die Geschiebemenge, die natürlicherweise in die Aare gelangen würde [14]. Gemäss Geschiebehaushaltsstudie der Aare [15] muss die Aare durchgehend um etwa 20 m verbreitert werden, damit die Sohlenerosion gestoppt und eine Trendumkehr zu höheren Sohlenlagen eingeleitet werden kann. Eine generelle Verbreiterung in diesem Ausmass ist aufgrund verschiedener Zwangspunkte nicht möglich, z.B. Brückenwiderlager. Im Abschnitt Heimberg liegt die heutige Sohlenbreite bei ca. 30 m [14].

3.6 Schwemmholz

Schwemmholz

Aus dem Thunersee gelangt wegen den Schleusen und dem Laufwasserkraftwerk AAREwerk Thun kaum Schwemmholz in die Aare. Im Hochwasserfall tragen jedoch die Seitenbäche, insbesondere die Zulg, viel Schwemmholz ein. Im Wasserbauplan Hochwasserschutz Zulg [16] wird die Schwemmholzfracht der Zulg bei einem 100-jährlichen Hochwasserereignis auf 800 - 2‘000 m^3 geschätzt.

3.7 Geologie / Geotechnik

Im Projektperimeter liegen zurzeit keine Baugrunduntersuchungen vor. Die nächst verfügbaren sind zum einen ein Bohrprofil RB6/13 von Kellerhals+Häfeli oberhalb der SBB-Brücke Uttigen [17]. Dort ist zu sehen, dass bis auf ca. 4 m Tiefe Kies mit wenig Sand und Silt, anschliessend bis ca. 14 m leicht toniger, siltiger Kies (Aareschotter) vorhanden ist. Die andere geologische Information ist das geologische Längenprofil entlang der Autobahnachse A6 [18] (Anhang 1, Abb. 5). Dort sieht man, dass bis zu einer Tiefe von ca. 15 m Schotterablagerungen zu verzeichnen sind. Die genannten Sondierungen liegen nicht unmittelbar im Projektperimeter. Darum müssen im Ausführungsprojekt, für die Ermittlung des Bodentyps und die Tragfähigkeit unter dem Uferverbau, zusätzliche Baugrunduntersuchungen durchgeführt werden.

3.8 Gefahrenkarte vor Massnahmen

Gefahrenkarte Wasser

Abb. 6 zeigt die Gefahrenkarte Wasser vor Massnahmen. Für die Autobahn A6 besteht aufgrund von Überschwemmungen der Aare eine geringe Gefährdung.

Bestehende Hochwassersicherheit

Gemäss hydraulischem Modell von Hunziker, Zarn & Partner [13] verfügt das bestehende Gerinne bei einem Bemessungshochwasser HQ_{100} über genügend Abflusskapazität.

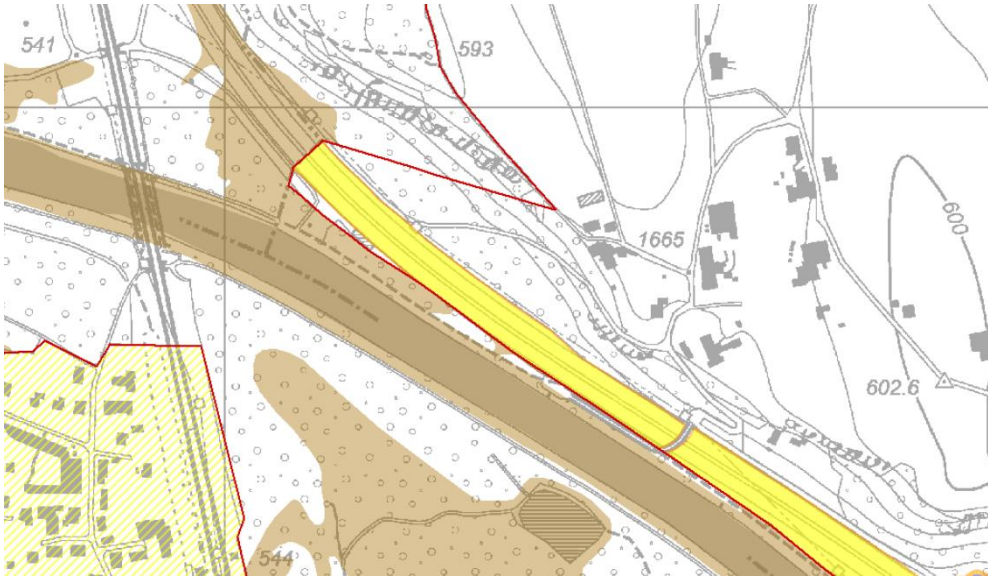


Abb. 6 Gefahrenkarte Wasser vor Massnahmen [19]

3.9 Ist Zustand Ökologie

3.9.1 Ökomorphologischer Gewässerzustand

Gerinne- und ökomorphologischer Zustand

Das rechte Aareufer gilt im Projektperimeter als stark beeinträchtigt sowie naturfremd / künstlich [20] (Abb. 7, Tab. 6).

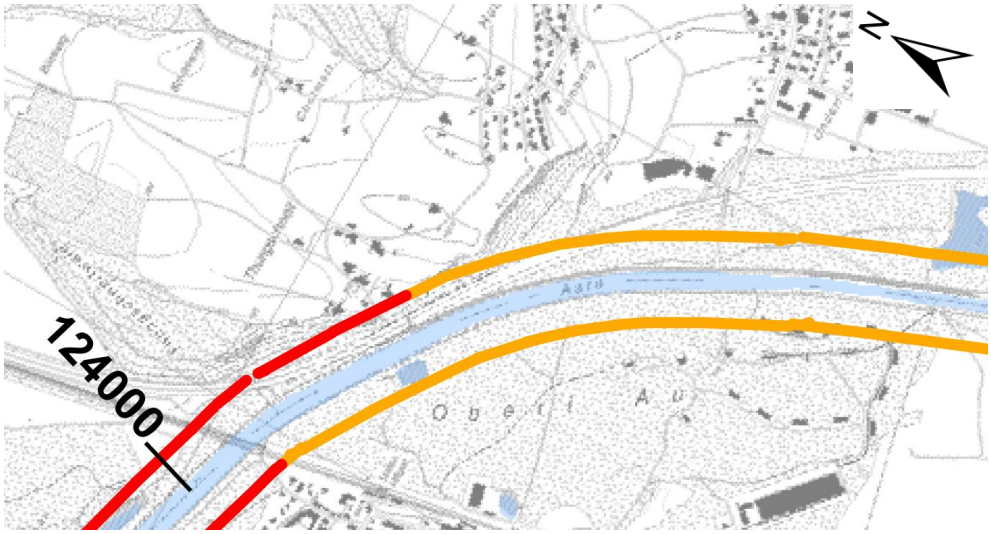


Abb. 7 Ökomorphologischer Zustand der Aare [20]

Zustand	Natürlichkeitsgrad	Signatur
Gut	natürlich, naturnah	
	wenig beeinträchtigt	
Schlecht	deutlich beeinträchtigt	
	stark beeinträchtigt	
	naturfremd, künstlich	

Tab. 6 Ökomorphologische Klassifizierung der Aare im Perimeter [20]

3.9.2 Natur- und Landschaftsschutz

BLN-Inventar und kantonales Naturschutzgebiet

Der Projektperimeter liegt im Gebiet vom Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler (BLN) Nr. 1314 Aarelandschaft zwischen Thun und Bern sowie im kantonalen Naturschutzgebiet Aarelandschaft Thun-Bern. Die Zielsetzungen der Inventare und Naturschutzgebiete werden durch den Eingriff nicht geschmälert.

3.10 Projekte Dritter

RUTS N06

Ein Drittprojekt ist das Sanierungsprojekt RUTS N06 der Autobahn vom Bundesamt für Strassen ASTRA.

Wasserbauplan Chrebsbach

Die Gemeinde Heimberg lässt zurzeit einen Wasserbauplan für den Chrebsbach [21] ausarbeiten.

3.11 Werkleitungen rechtsufrig

Querung Werkleitungen

Am oberen Rand des Projektperimeters mündet die Chrebsbachleitung in die Aare und die Elektro-Freileitung überquert die Autobahn A6. Im Mittelteil befinden sich eine Elektroleitung, eine Oberflächenwasserfassung sowie Regenabwassereinläufe, die in die Aare fliessen.

4. Projektziele

4.1 Uferschutz

Uferschutz

Das Hauptziel ist die Sicherstellung vom Uferschutz, damit die Fahrbahn der Autobahn A6 und die Autobahnüberführung Räbli Thungschneit ausreichend geschützt sind. Dies soll nach Vorgaben vom Bauherrn mit einem strukturierten Längsverbau und abschnittsweise in Kombination mit einer bepflanzten Holzgrünschwelle erreicht werden.

4.2 Gewählte Schutzziele

Schutzziele für bestimmte Nutzungen

Nachfolgend die Übersicht der Schutzziele:

Fläche/Objekt	Schutzziel	Erklärung
Autobahn A6	HQ_{100}	Nationale Infrastrukturanlage

Tab. 7 Definition Schutzziele

Dimensionierung Massnahmen auf HQ_{100}

Für die Dimensionierung der baulichen Massnahmen ist der HQ_{100} Abfluss massgebend (Schutzziel nationale Infrastrukturanlage).

5. Massnahmenplanung / Projektbeschreibung

5.1 Raumplanerische Massnahmen

Gewässerraum

Gemäss dem Regierungsratsbeschluss [9] beträgt der Gewässerraum im Projektperimeter insgesamt 375 m. Davon liegen 75 m auf der rechten und 300 m auf der linken Aareseite. Das vorliegende Projekt sieht ausschliesslich Massnahmen im bestehenden Gerinne und Gewässerraum vor.

5.2 Bauliche Massnahmen

Projektierung neuer Uferschutz

Im Mittelteil vom Projektperimeter soll ein strukturierter Längsverbau mit Blockgrössen von ca. 2 bis 3 t (D = 1.1 – 1.3 m) erstellt werden (L = ca. 415 m). Am Anfang und Ende des Perimeters wird der Längsverbau aus Blöcken mit einer bepflanzten Holzgrünschwelle ergänzt (L = ca. 350 m).

Holzgrünschwelle

Da die Holzelemente nach einer gewissen Zeit zerfallen, müssen die Pflanzen die Böschung stabilisieren. Weil sich lebende Materialien bei lang andauernden Überflutungen nicht halten, beginnt die Holzgrünschwelle ab der Höhe des zweifachen Mittelwasserspiegels (220 m^3/s). Die Grenzwerte der Schleppspannung für Weiden und Erlen (100 – 140 N/m^2) sowie die Holzgrünschwelle (200 – 300 N/m^2) sind mit auftretenden Spannungen von ca. 60 N/m^2 eingehalten.

Kolk- bzw. Fundationstiefen

Nach Angaben von Hunziker, Zarn & Partner AG kann die zukünftige Sohlenerosion im Projektperimeter zwischen 0.1 bis 0.9 m betragen. Sofern die Projektanpassung optimiert (+15 m) realisiert wird, muss nach dem zugehörigen Bericht [22] mit Kolktiefen

von etwa 1 m gerechnet werden. Werden die beiden Szenarien übereinandergelegt, erhält man langfristig Sohleneintiefungen von 1.0 bis 1.9 m (über 100 Jahre). Aufgrund von diesen Erkenntnissen wurde die Fundationstiefe des neuen strukturierten Längsverbaus auf diese Kolktiefen ausgelegt.

Filterkriterien

Damit die Filterkriterien nach SN 670125a [23] eingehalten sind, muss die Filterschicht für die Blöcke (D = 1.1 – 1.3 m) ein d_{85} von 20 cm aufweisen. Bei feinkörnigem oder schlecht tragfähigem Baugrund muss allenfalls ein Geogitter unter der Filterschicht vorgesehen werden.

Auswirkung auf Hochwasserschutz

Die genannten Massnahmen zum Uferschutz führen gegenüber dem heutigen Stand zu keinen Sohlenanhebungen und damit keinem erhöhten Hochwasserspiegel, so dass daraus kein Hochwasserschutzdefizit resultiert.

Baupisten

Der Uferweg wird von 2.0 – 2.5 m auf 4.0 m verbreitert und ausgebaut, damit er auf der ganzen Projektlänge als Baupiste benutzt werden kann. Der Uferweg wird nach Bauende wieder auf die ursprüngliche Breite zurückgebaut. Innerhalb des Gerinnes wird eine 4 m breite Baupiste auf dem Blockdepot erstellt.

5.2.1 Hydraulische Nachweise

Für die Bestimmung ab welcher Höhe der Übergang zwischen dem Blockverbau und der Holzgrünschwelle ist, wurden hydraulische Berechnungen mit der zweifachen Mittelwassermenge (220 m^3/s) von Basler & Hofmann durchgeführt. Für die Baupistenhöhe wurde zudem eine Wasserspiegellage für die Abflussmenge von 80 m^3/s unter Berücksichtigung der Baupiste in der Aare berechnet. Dieser Abfluss entspricht ungefähr der maximalen Wassermenge, die laut den Abflussstatistiken vom BAFU von Oktober bis März anfällt. Die Baupiste in der Aare sowie die verschiedenen Wasserspiegellagen sind auf dem Normalprofil in Abb. 8 ersichtlich.

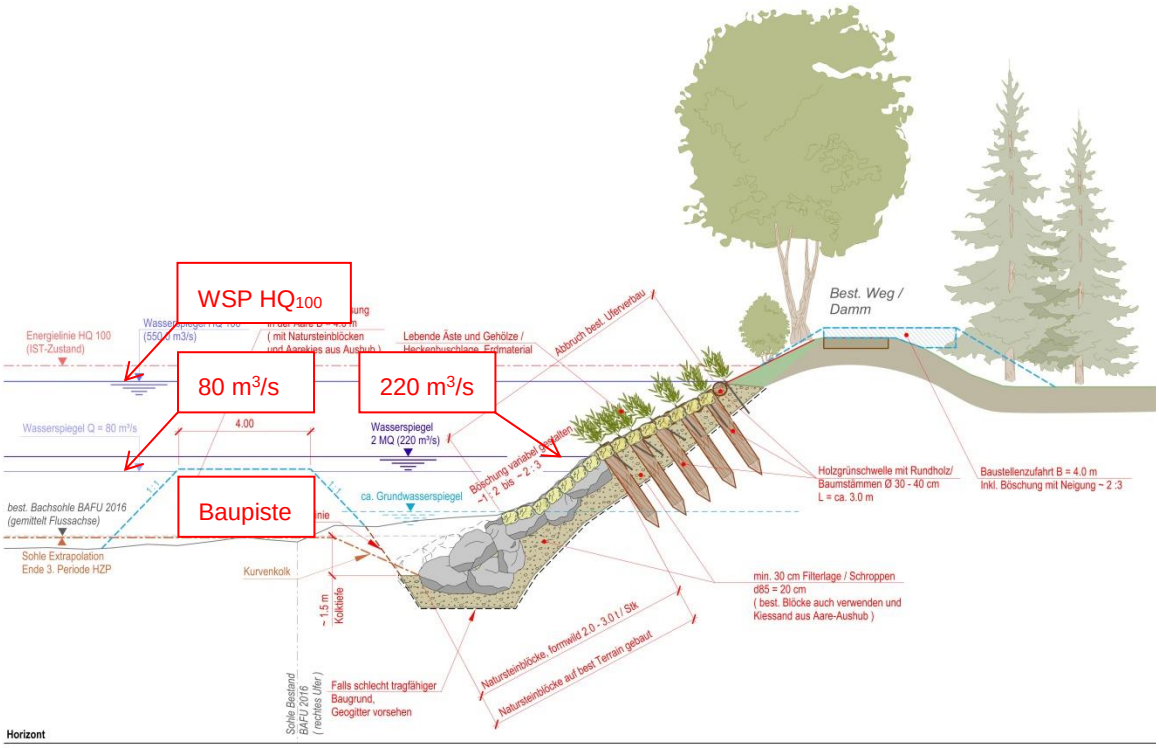


Abb. 8 Normalprofil neuer Uferverbau

Staukurvenberechnung mittels HEC-RAS

Die Staukurvenberechnung zur Bestimmung der Lage der Wasserlinie *h*, der Energielinie *H* und der kritischen Höhe h_{kr} erfolgt mit Hilfe der Software HEC-RAS [24] unter stationären Abflussbedingungen und ohne Geschiebetrieb. Die Software ist im Bereich Staukurvenberechnungen weit verbreitet.
Die Berechnungsmethode ist die sogenannte „Standard Step Method“, welche auf der Energiegleichung, in der Hydraulik auch „Bernoulli-Gleichung“ genannt, basiert.
Die Berechnung der Wasserspiegellagen und der Abflusskapazität des Gewässers erfordert die Gewässergeometrie als Grundlage (Längenprofil, Querprofile). Diese sind aufgrund der Grundlagen vom BAFU und ergänzenden Aufnahmen vorhanden. Die Kalibrierung des HEC-RAS Modells wurde mit den berechneten Wasserspiegelhöhen von der Hunziker, Zarn & Partner AG durchgeführt.

5.3 Massnahmen temporäre Rodung

Temporäre Rodung

Für die Erstellung des neuen Uferverbaus und der Baustellenerschliessung inkl. Wende- sowie Installationsplatz ist eine temporäre Waldrodung von insgesamt 13‘420 m^2 nötig. Die temporären Rodungsflächen sind im Landbedarfs- und Rodungsplan (Beilage 1.4) wie auch im Rodungsgesuch ersichtlich.

Abwägung Installationsplatz

Da ein Installationsplatz im Wald generell nicht zu priorisieren ist, wird nachfolgend aufgezeigt, warum es im vorliegenden Fall trotzdem die beste und einzige Möglichkeit ist:

_ Die Baustellenerschliessung via Kiesen, Bümberg ist aufgrund des zu tiefen Lichtraumprofils unter der SBB Unterführung grundsätzlich nicht möglich. Der mögliche Standort vom Installationsplatz würde nordwestlich auf der Parzelle Nr. 561

der Gemeinde Kiesen liegen (s. Abb. 9). Er befindet sich in der Schutzzone S2. Dies hat zur Folge, dass ein aufwändiger Aufbau des Installationsplatzes mit entsprechendem dichten Belag und separater Entwässerung gemacht werden muss. Ein weiterer negativer Punkt dieses Standortes ist, dass die Erschliessung vom Platz über die angrenzende Grundwasserschutzzone S1 und durch die Grundwasserschutzzone S2 der Trinkwasserfassung Kiesen erfolgen würde (s. Abb. 9).

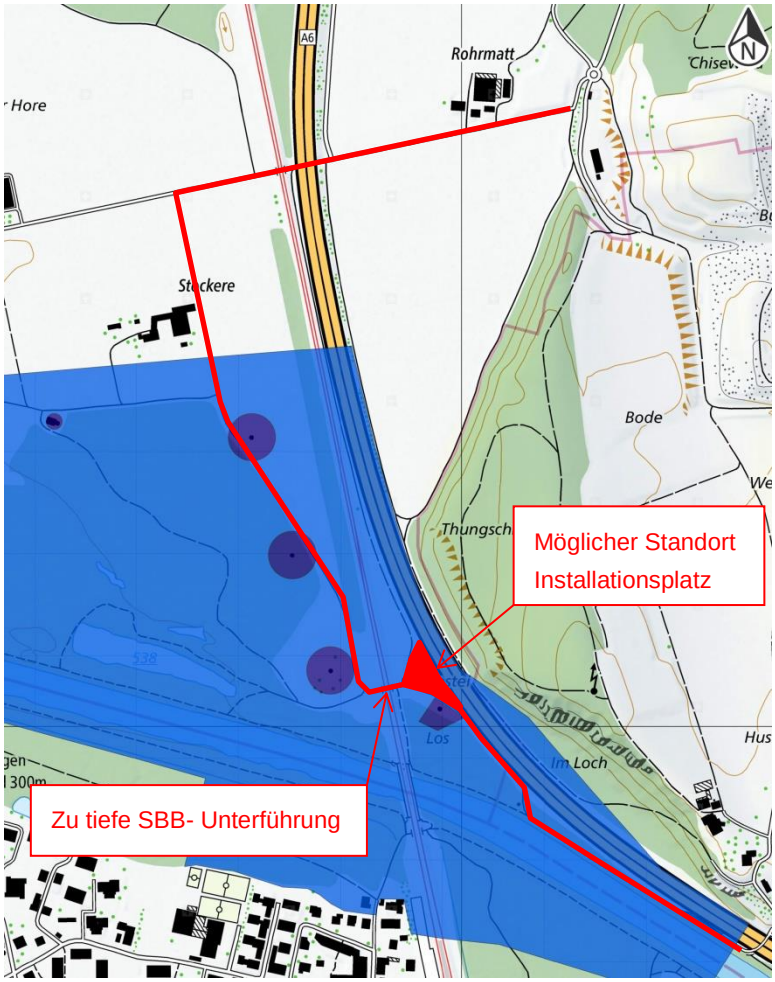


Abb. 9 Variante Installationsplatz auf Parzelle Nr. 561 inkl. Erschliessung (rot) [1]

_ Der andere mögliche Standort befindet sich südöstlich auf dem Parkplatz vom Sportzentrum Heimberg. Die Distanz zwischen dem Installationsplatz und der Baustelle beträgt im Minimum ca. 700 m. Das ist unseres Erachtens zu aufwändig, da die Baumaschinen jeden Tag aus der Aare auf dem Platz abgestellt werden müssen.

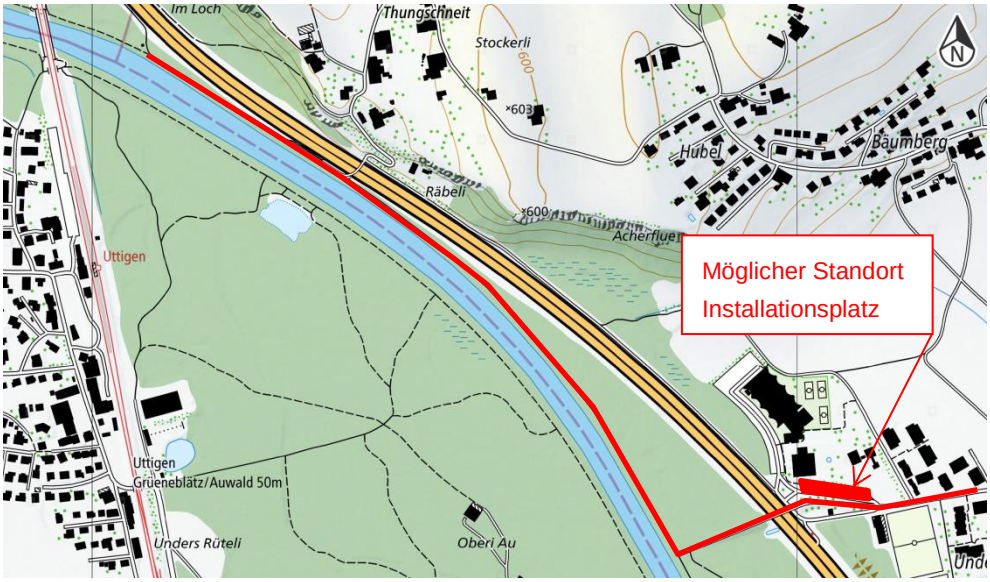


Abb. 10 Variante Installationsplatz Parkplatz Sportzentrum Heimberg inkl. Erschliessung (rot) [1]

Sicherheitsholzerei Autobahn A6

30 m ab Normalfahrspur der Autobahn A6 wird vom Nationalstrassenbetrieb eine Sicherheitsholzerei gemacht. Die Linie ist informativ im Landbedarfs- und Rodungsplan (Beilage 1.4) dargestellt.

5.4 Massnahmen Werkleitungen

Entlastung Chrebsbach

Die Gemeinde Heimberg erarbeitet zurzeit den Wasserbauplan Revitalisierung Chrebsbach [21], auf der Basis des Hochwasserschutzkonzeptes der Gemeinde (s. Abb. 11, Abb. 12). Auf dieser Basis ist vorgesehen, dass die Entlastungsleitung im Zuge der Sanierungsarbeiten an der Autobahn A6 ebenfalls unter dem Trassee der Autobahn verlegt wird. Der Wasserbauplan Revitalisierung Chrebsbach ist in Arbeit. Im Sinne der Synergienutzung, ist geplant die Entlastungsleitung im Bereich des Perimeters des vorliegenden ISP-Perimeters gemeinsam mit den Sanierungsarbeiten am Aare-Ufer zu realisieren. Die Arbeiten können innerhalb des geplanten Installationsplatzes ausgeführt werden. Die neue Entlastungsleitung wird im vorgesehenen Kontrollschacht im Hochwasserschutz gegen den Rückstau aus der Aare provisorisch abgedichtet.

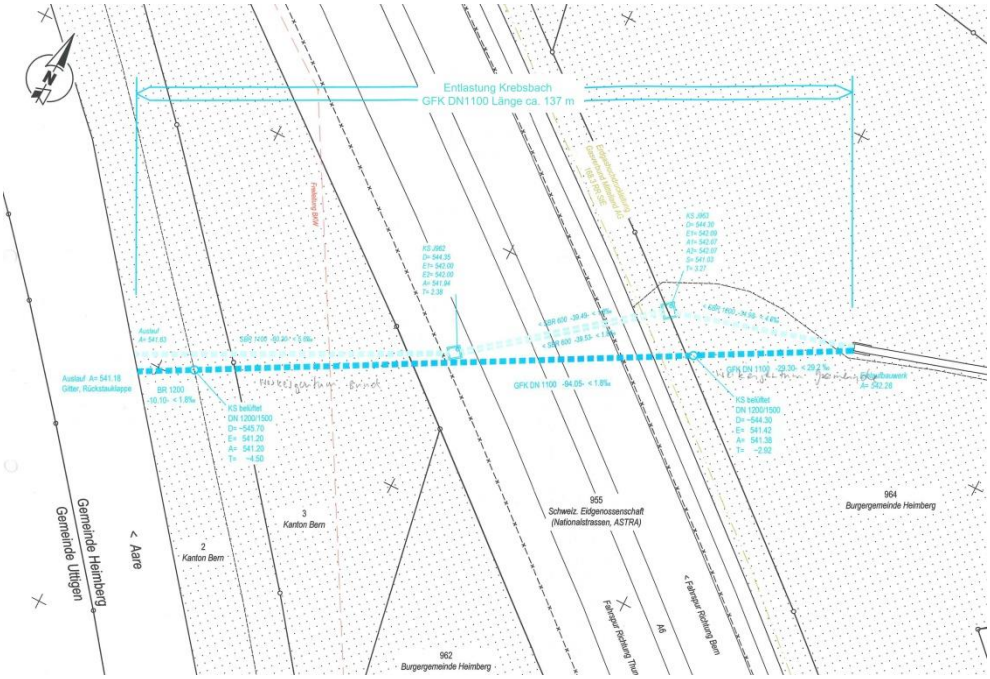


Abb. 11 Situation Entlastungsleitung Chrebsbach [21]

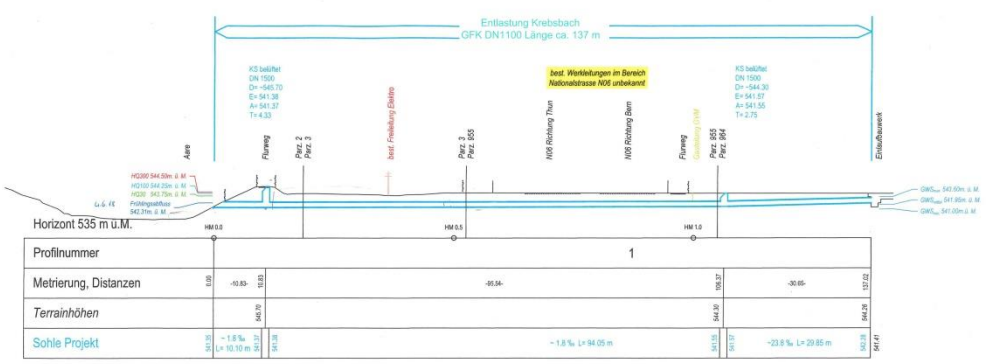


Abb. 12 Längenprofil Entlastungsleitung Chrebsbach [21]

Werkleitungen

Es sind keine Massnahmen an den bestehenden Werkleitungen vorgesehen. Sämtliche Werkleitungen inkl. Regenabwassereinläufe sowie die Oberflächenwasserfassung müssen während dem Bau des strukturierten Längsverbaus geschützt werden.

5.5 Betrieb und Unterhalt

Massnahmen Gewässerunterhalt

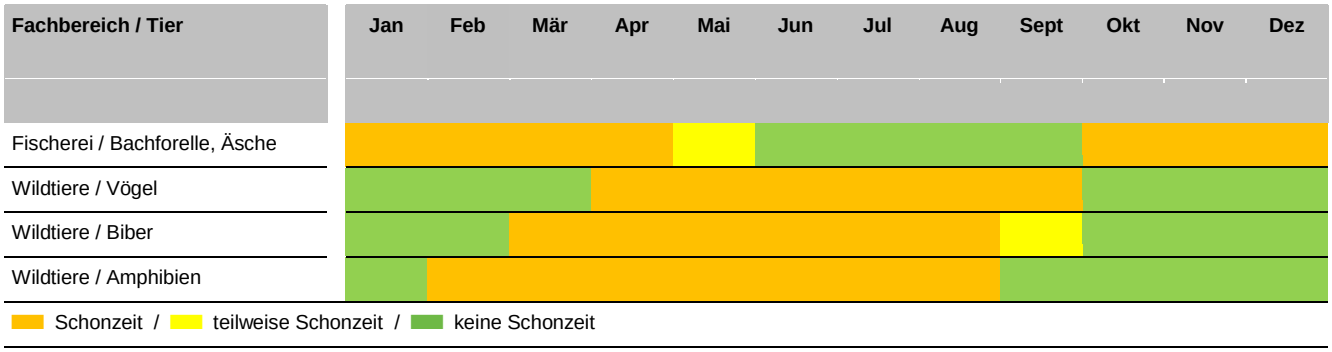
Der neue Uferverbau ist im Rahmen des regelmässigen Unterhalts zu beobachten und zu unterhalten.

Grundsätze Naturverträglichkeit

Bei Unterhalts- und Pflegeeingriffen sind die Grundsätze der Naturverträglichkeit (Schonzeiten, Arbeitsmethodik) zwingend einzuhalten.

Schonzeiten

Für den Gewässerunterhalt an Aare sind folgende Schonzeiten zu beachten:



Tab. 8 Schonzeiten

6. Kosten

6.1 Kostenvoranschlag

Kostenvoranschlag ± 10 %

In Tab. 9 ist der Kostenvoranschlag (± 10 %) inkl. MwSt. ersichtlich. Die Preise basieren auf einer Konkurrenzsubmission von einem offenen Verfahren 2018.

A | Baukosten nach NPK				
Pos.		Beschrieb		Total
111		Regiearbeiten		100'000
112		Prüfungen Bauwerke		5'000
113		Baustelleneinrichtung		120'000
116		Holzen und Roden		30'000
117		Abbrüche		52'300
151		Bauarbeiten für Werkleitungen Entlastungsleitung Chrebsbach (nicht Bestandteil Wasserbaubewilligung)		-
213		Wasserbau		1'773'315
	200	*Wasserhaltung / Pumpen*	*20'000*	
	300	*Erdarbeiten*	*592'615*	
	500	*Hartverbauungen*	*1'021'500*	
	600	*Ingenieurbiologische Bauweise*	*139'200*	
241		Ortbetonbau		20'000
Total Baukosten				**2'100'615**

B | Inkonvenienzen	
Kosten Inkonvenienzen	10'000
Total Inkonvenienzen	**10'000**

C | Grundlagen und Planung		
Phase I	Projektierung, Verfahren WBB	50'000
Phase II	Ausschreibung, Ausführungsprojektierung, Bauleitung, Inbetriebnahme, Untersuchungen (Hydrogeologische Begleitung), usw.	100'000
Total Grundlagen und Projektierung		**150'000**

D | Risikokosten	
Risiko (gemäss separater Aufstellung)	
Total Risikokosten	**340'000**

Total Erstellungskosten exkl. MwSt.	**2'600'615**
Mehrwertsteuer (7.7 %)	200'247
Total Erstellungskosten inkl. MwSt. (gerundet)	**2'800'000**
Abzüglich Objektschutz Nationalstrasse N 06 ASTRA siehe Kap. 6.3 voraussichtlich 75% von Fr. 2'800'000	-2'100'000
Total Wasserbau inkl. MwSt. (gerundet)	**700'000**

Tab. 9 Kostenvoranschlag inkl. MwSt.

6.2 Risiko

Risiko

Folgende Risiken können zu höheren Kosten führen und sind im Rahmen des Ausführungsprojekts genauer zu untersuchen:

_ Baugrund: Bei schlechtem Baugrund sind zusätzliche Massnahmen zur Bauwerkstabilisierung nötig (Geogitter unter Filterschicht).
_ Altlasten: Im Projektperimeter befindet sich kein verzeichneter Ablagerungsstandort von Bauschutt, unbekannte Ablagerungsstandorte sind nicht auszuschliessen. Sanierungskosten werden teilweise dem Projekt angelastet.
_ Werkleitungen: Anpassung von in Plangrundlagen nicht verzeichneten Leitungen.
_ Hochwasser: Während der Bauausführung können Hochwasser eintreten.
_ Materiallieferung: Höhere Preise für die Lieferung der Blöcke.
_ Honorar für zusätzlichen Projektierungs- und Bauleitungsaufwand: Die erwähnten Risiken verursachen bei ihrem Eintreten Mehrkosten / Zusätze bei den Ingenieurleistungen.

Die Risikokosten sind in Tab. 10 aufgeführt.

Risiko	**Kosten**	**Eintretens-wahrschein-lichkeit**
	[CHF]	%
1 Baugrundrisiken	250‘000	40
2 Altlasten	70‘000	10
3 Werkleitungen	50‘000	50
4 Hochwasser	250‘000	30
5 Materiallieferung (Blöcke)	700‘000	15
6 Honorar für zusätzlichen Projektierungs- und Bauleitungsaufwand	80‘000	30
Total Risikokosten (exkl. MwSt.)	**1‘400‘000**	
Eintretenswahrscheinlichkeit der vollen Risikokosten (gewichtet)		24
Risikokosten nach Eintretenswahrscheinlichkeit (exkl. MwSt.)	**340‘000**	

Tab. 10 Risiken

6.3 Kostenteiler

Kostenteiler

Aus dem Bericht Beurteilung der Gefahr von Ufererosion [6] geht hervor, dass das Interesse des ASTRA am Uferverbau als Objektschutz für die Autobahn mit Abstand am höchsten ist. Aufgrund von dieser Tatsache und den bereits erfolgten Besprechungen mit allen Beteiligten übernimmt das ASTRA den grössten Teil der Kosten. Der genaue Kostenteiler wird in einer Vereinbarung zwischen dem ASTRA und dem Kanton geregelt. Die Restkosten werden gemäss kantonalen Vorgaben für ein Instandstellungsprojekt aufgeteilt (60 % Bund und Kanton, 40 % Gemeinde).

7. Bauablauf

7.1 Etappierung

Keine Etappierung

Das Projekt wird nicht etappiert realisiert. Folgende Arbeiten sind auszuführen:

_ Temporäre Rodung für Uferverbau, Baustellenzufahrt und Installationsplatz
_ Erstellung Baustellenzufahrt im Wald inkl. Installationsplatz
_ Erstellung Baupiste in der Aare mit Natursteinblöcken (Blockdepot) für Längsverbau, best. Uferverbau (Blocksteine) und Aarekies aus Aushub
_ Einbau strukturierter Längsverbau mit Filterschicht und Blocksteinen aus Baupiste abschnittsweise kombiniert mit Holzgrünschwelle
_ Rückbau Uferweg auf ursprüngliche Breite
_ Standortgerechte und vollumfängliche Wiederaufforstung der temporär gerodeten Flächen nach Angaben SFB.

7.2 Installationsplatz, Baupiste und Wasserhaltung

Installationsplatz

Der Installationsplatz ist auf der Parzelle Nr. 3, die dem Kanton Bern gehört, vorgesehen (s. Situationsplan). Da der Installationsplatz im Wald liegt, ist eine temporäre Rodung notwendig. Die Abwägung dazu ist in Abschnitt 5.3 ersichtlich.

Baupisten

Die Baustellenerschliessung erfolgt von Heimberg her über die Schützenstrasse (s. Situationsplan). Der Uferweg wird von 2.0 – 2.5 m auf 4.0 m verbreitert und ausgebaut, damit er auf der ganzen Projektlänge als Baupiste benutzt werden kann. Der Uferweg wird nach Bauende wieder auf die ursprüngliche Breite zurückgebaut. Innerhalb des Gerinnes wird eine 4 m breite Baupiste erstellt. Der Bau des Längsverbaus erfolgt gegen die Fliessrichtung mit parallelem Rückbau der Piste. Sie wird aus den gelieferten Natursteinblöcken für den strukturierten Längsverbau (da kein Depotstandort zur Verfügung steht), den Blocksteinen aus dem best. Uferverbau und einer Rohplanie aus Aarekies erstellt. Die Oberkante der Baupiste ist auf einen Abfluss von 80 m^3/s ausgelegt. Es wurde dieser Abfluss gewählt, da dieser etwa den Wassermengen in den vergangenen Jahren während Oktober bis März entspricht. Weiter würde eine Erhöhung der Piste eine zusätzliche Materiallieferung zu den gelieferten Blocksteinen bedeuten. Ausserdem verringert sich durch Erhöhung der Abflussquerschnitt, was wieder eine zusätzliche Erhöhung zur Folge hat. Bei einem allfälligen geringen Überströmen der Baupiste sind keine grösseren Schäden zu erwarten, da das anfallende Wasser ungehindert flussabwärts abfliessen kann. Damit die Lastwagen wenden können wird am unteren Rand vom Projektperimeter ein Wendeplatz vorgesehen.

Wasserhaltung

Der Bau erfolgt bei Niederwasserverhältnissen. Die Wasserhaltung wird mit der Baupiste in der Aare bis zu einem Abfluss von 80 m^3/s bewerkstelligt. Durch den Bau von unten nach oben kann kein Wasser von der Aare direkt in den Bereich strömen, wo gerade gebaut wird. Falls nötig, werden lokale Wasserhaltungen erstellt.

7.3 Notfallkonzept während Bau

Die Hochwasserwarnungen und der Wetteralarm muss während dem Bau berücksichtigt werden. Die Baumaschinen müssen bei einem Hochwasser und wenn nicht gebaut wird aus dem Gerinne herausgefahren auf dem Installationsplatz abgestellt werden.

7.4 Baurisiken / Gefährdungen beim Bau

Baugrund

Bei schlecht tragfähigem Baugrund können Geogitter verwendet werden, um die Lasten auszugleichen (im Ausführungsprojekt abzuklären).

7.5 Auswirkungen auf Umwelt während des Baus

Vorsorgeprinzip

Die Auswirkungen des Bauprozesses auf die Umwelt sind grundsätzlich auf ein Minimum zu beschränken (Minimieren und Vermeiden von Umweltschäden und -beeinträchtigungen). Die umweltrelevanten Gesetze, Verordnungen und Richtlinien sind zu berücksichtigen. Die zu treffenden Massnahmen sind bereits in der Phase Ausschreibung zu definieren und beim Bauprozess umzusetzen und zu kontrollieren. Die gesetzes- und auflagekonforme Umsetzung ist ggf. mit einer Umweltbaubegleitung sicherzustellen.

Gewässerschutz

Der Schutz der Oberflächengewässer ist beim Bauprozess jederzeit zu gewährleisten. In Bezug auf Behandlung und Verwendungszweck bzw. Entsorgungsort der anfallenden Abwässer sind die kantonalen und kommunalen Gesetze und Richtlinien einzuhalten. Vor Baustart ist ein Entwässerungskonzept vorzulegen. Wassertrübungen sind zu vermeiden.

Grundwasser

Das Bauvorhaben liegt im Gewässerschutzbereich Au und der Grundwasserschutzzone S2. Der Schutz des Grundwassers ist beim Bauprozess jederzeit zu gewährleisten. Eingriffe im Grundwasserhorizont benötigen eine Spezialbewilligung. Gespräche mit dem WVRB haben seitens OIK und Planer bereits stattgefunden.

Wald

Für die Erstellung des neuen Uferverbaus, der Baustellenzufahrt und des Installationsplatzes ist eine temporäre Waldrodung von insgesamt 13‘420 m^2 nötig.

Fauna & Flora

Vor Beginn der Arbeiten an bestehenden Gerinnen ist der zuständige Fischereiinspektor beizuziehen (fischereiliche Vorgaben). Wassertrübungen sind zu vermeiden.
Bei Eingriffen in bestehende Uferbestockungen ist die Schonzeit der wildlebenden Säugetiere und Vögel einzuhalten.

Bauabfälle

In Bezug auf Behandlung und Verwendungszweck bzw. Entsorgungsort der anfallenden Bauabfälle sind die kantonalen und kommunalen Gesetze und Richtlinien einzuhalten.

Bodenschutz (Baupisten, Installationsplatz und Oberbodenabtrag Wald)

Die total beanspruchten Waldbodenflächen für den Installationsplatz, die Baupisten sowie die Böschung oberhalb des bestehenden Uferverbaus betragen rund 5450 m^2 (2650 m^2 rechts und 2800 m^2 links vom Uferweg). Für den Wendehammer die Baupiste im Bereich der Autobahnüberführung, werden zusätzlich ca. 170 m^2 Boden ausserhalb des Waldes beansprucht. In Fliessrichtung der Aare, rechtsseitig des Uferwegs, wird die Baupiste, der Installationsplatz und Wendehammer ohne Abtrag des Oberbodens direkt auf dem Waldboden bzw. best. Weg erstellt (s. Quer- und Normalprofilpläne). Die beanspruchte Fläche beträgt dafür 2820 m^2.

Links des Uferwegs bis zur Oberkante des bestehenden Uferverbaus wird für die Erstellung des neuen Uferverbaus der Oberboden abgetragen und ohne Zwischentransport im Böschungsbereich zwischengelagert. Die dafür beanspruchte Fläche beträgt 2800 m^2. Für die Erhebung der Bodeneigenschaften wurden in regelmässigen Abständen rechts und links vom Uferweg sowie beim Installationsplatz Untersuchungsbohrungen durchgeführt. Die Resultate der Bodenuntersuchungen [25] sind im Anhang 3 zu sehen. Aufgrund der Untersuchungen [25] beträgt die Abtragsmächtigkeit des Oberbodens zwischen 20 bis 25 cm, Unterboden ist keiner vorhanden. Dadurch werden im Böschungsbereich rund 630 m^3 Oberboden ab- und wieder aufgetragen. Rechts vom Uferweg wird wie bereits erwähnt kein Oberboden abgetragen. In der Bauausführungsphase ist der Bodenschutz jederzeit zu gewährleisten.

Luftreinhaltung / Abgase

In Bezug auf die Luftreinhaltung (Ausrüstung Maschinen mit Partikelfilter, Abgasnorm Transportfahrzeuge) sind die geltenden Gesetze und Richtlinien einzuhalten.

Erschütterungen

Beim Bau des strukturierten Längsverbaus ist mit geringen Erschütterungen zu rechnen. Damit die Auswirkungen von Erschütterungen auf umliegende Objekte (Autobahnüberführung Räbli Thungschneit, Grundwasserfassungen, Freileitung BKW) festgestellt werden können, ist vor dem Bau das Erstellen von Rissprotokollen zu prüfen.

8. Auswirkungen Projekt / Massnahmen

8.1 Auswirkungen auf Nutzung

Auswirkung auf Nutzung

Die geplanten Massnahmen beschränken sich auf das Flussbett der Aare und die angrenzenden Bereiche. Die angrenzenden Nutzungen (Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Verkehrswege) bleiben nach Bauende unverändert. Während der Bauphase kann es sein, dass der Uferweg temporär geschlossen werden muss. Sperrungen werden in enger Zusammenarbeit mit der Gemeinde Heimberg vollzogen.

8.2 Auswirkungen auf Landwirtschaft

Auswirkungen auf Landwirtschaft

Es sind keine Landwirtschaftsflächen im Perimeter betroffen.

8.3 Auswirkungen auf Natur und Landschaft

8.3.1 Wald

Temporäre Rodung

Für die Erstellung des neuen Uferverbaus, der Baustellenzufahrt und des Installationsplatzes ist eine temporäre Waldrodung von insgesamt 13‘420 m^2 nötig. Die temporären Rodungsflächen sind im Landbedarfs- und Rodungsplan (Beilage 1.4) wie auch im Rodungsgesuch ersichtlich. Bei den waldbaulichen Eingriffen handelt es sich um temporäre Rodungen. Nach Bauende werden die gerodeten Flächen standortgerecht und vollumfänglich wieder aufgeforstet. Die Abwägung weshalb der Installationsplatz im Wald erstellt wird, ist im Abschnitt 5.3 abgehandelt.

8.3.2 Flora und Fauna

Keine geschützten Lebensräume tangiert

Vom vorliegenden Projekt sind keine geschützten terrestrischen Lebensräume betroffen.

8.4 Auswirkungen auf Gewässerökologie und Fischerei

Auswirkungen auf Gewässerökologie und Fischerei

Während dem Bau kann es temporäre negative Auswirkungen auf Gewässerökologie und Fischerei geben. Das Projekt wird während der Ausführungsphase vom Fischereiaufseher begleitet.

8.4.1 Geschiebehaushalt

Geschiebehaushalt

Der Geschiebehaushalt wird durch die Massnahme nicht verändert.

8.5 Auswirkungen auf Grundwasser

Grundwasser

Der geplante Eingriff aufgrund der Ufersanierung ist moderat. Die geplanten Massnahmen tangieren den Gewässerschutzbereich Au und die Grundwasserschutzzone S2. Die Schutzzonen von dieser Wasserfassung werden zu einem späteren Zeitpunkt verkleinert. Auswirkungen auf das Grundwasser sind keine zu erwarten. Das Grundwasser ist vor und während der Bauphase zu überwachen. Die Überwachungen sind mit WVRB, AWA und Kellerhals + Häfeli zu koordinieren.

9. Termine

Terminprogramm

Das Projekt kann in folgende Phasen unterteilt werden:

Projektphase	Termine
Planauflageverfahren Amts- und Fachberichte kantonale Fachstellen	März – April 2019
Planauflageverfahren Stellungnahme BAFU (Wald)	Mai – Juni 2019
Öffentliche Auflage	Juli 2019
Submission inkl. Vergabe (unter Vorbehalt Genehmigung)	Juli – September 2019
Realisierung	Herbst / Winter 2019 / 2020

Tab. 11 Terminprogramm

10. Literaturverzeichnis

Der vorliegende Auftrag basiert auf folgenden Grundlagen:

[1] Schweizerische Eidgenossenschaft, *Karten der Schweiz, https://map.geo.admin.ch,* 2018.

[2] Bundesamt für Umwelt BAFU, *Hochwasserstatistiken Aare Thun und Bern, Schönau,* 2017.

[3] Bundesamt für Umwelt BAFU (ehemals Bundesamt für Wasser und Geologie BWG), *Hochwasser 1999, Analyse der Ereignisse,* 2000.

[4] Amt für Wasser und Abfall AWA des Kantons Bern (ehemals Wasser- und Energiewirtschaftsamt WEA), *Sommerhochwasser 2005,* 2005.

[5] Fachleute Naturgefahren Schweiz FAN und Kommission für Hochwasserschutz KOHS des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, *Empfehlungen zur Beurteilung der Gefahr von Ufererosion an Fliessgewässern,* 2015.

[6] Basler & Hofmann AG, *ISP Uferschutz Aare Autobahn A6 Heimberg - Beurteilung der Gefahr von Ufererosion,* 2018.

[7] Basler & Hofmann AG, *Begehung vor Ort vom 29.06,* 2018.

[8] Kanton Bern, *Geoportal des Kantons Bern, https://www.geo.apps.be.ch,* 2018.

[9] Regierungsrat des Kantons Bern, *Regierungsratsbeschluss: Grundsatzbeschluss zu den Zielsetzungen für die Nachfolgeprojekte zum abgeschriebenen Verfahren betr. Kantonaler Wasserbauplan nachhaltiger Hochwasserschutz Aare Thun - Bern (aarewasser),* 2017.

[10] geo7, IUB Ingenieurunternehmung Bern AG, Hunziker, Zarn & Partner, Emch + Berger AG, *Extremhochwasser im Einzugsgebiet der Aare,* Bau-, Verkehr und Energiedirektion des Kantons Bern, 2007.

[11] Bundesamt für Umwelt BAFU, *Mittelwasserstatistiken Aare Thun und Bern, Schönau,* 2016.

[12] Bundesamt für Umwelt BAFU, *Niedrigwasserstatistiken Aare Thun und Bern, Schönau,* 2017.

[13] Hunziker, Zarn & Partner, *Hydraulische Berechungen aarewasser,* 2012.

[14] aarewasser, *Nachhaltiger Hochwasserschutz Aare Thun - Bern,* 2009.

[15] Jäggi und Hunziker, Zarn und Partner, *Geschiebehaushalt der Aare zwischen Thun und Bern,* 2001.

[16] Herzog Ingenieure AG, *Wasserbauplan Hochwasserschutz Zulg Steffisburg (in Vorprüfung),* 2018.

[17] Kellerhals+Haefeli AG, «Heberleitung Kiesen - Uttigen Au: sondierbohrungen 2013, Sondierbohrung RB6/13,» 2013.

[18] Sieber Cassina + Partner AG, *Gesamtbericht Bauherren-Geologe – Los 1 „Aaretal“,* 2013.

[19] Kanton Bern, *Geoportal des Kantons Bern, https://www.geo.apps.be.ch,* 2019.

[20] Sigmaplan, *Ökomorphologie der Aare in den Kantonen Bern und Solothurn,* 2006.

[21] Bührer + Dällenbach Ingenieure AG, *Wasserbauplan Chrebsbach,* 2019.

[22] Hunziker, Zarn & Partner, *Projektanpassung optimiert (+15m) - Morphologische 2D Untersuchungen von Varianten im Bereich der SBB Brücke Uttigen,* 2016.

[23] Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute VSS, *Filtermaterialien - Qualitätsvorschriften,* 1983.

[24] US Army Corps of Engineers, *Hydrologic Engineering Center River Analysis System HEC-RAS,* 2018.

[25] Basler & Hofmann AG, *Bodenuntersuchungen vom 20.02,* 2019.

Anhang 1

Bericht Beurteilung der Gefahr von Ufererosion

ISP Uferschutz Aare Autobahn A6 Heimberg

Beurteilung der Gefahr von Ufererosion

Kunde
Tiefbauamt des Kantons Bern
Oberingenieurkreis II
Schermenweg 11
3001 Bern

—

Datum
3. Dezember 2018

Basler & Hofmann

Impressum

Datum
3. Dezember 2018

Bericht-Nr.
20658.31_902

Verfasst von
chm, daz

Basler & Hofmann West AG
Ingenieure, Planer und Berater

Industriestrasse 1
CH-3052 Zollikofen
T +41 31 544 24 24

Avenue de Tivoli 3
CH-1700 Fribourg
T +41 26 672 99 77

Verteiler

Tiefbauamt Kanton Bern OIK II
Bundesamt für Strassen ASTRA
Bundesamt für Umwelt BAFU

Inhaltsverzeichnis

1.	**Ausgangslage / Ist-Zustand**	**1**
2.	**Beurteilung der Ufererosion**	**3**
2.1	Grundszenarien	3
2.1.1	Hochwasserabflüsse	3
2.1.2	Mittelwasserabflüsse	3
2.1.3	Niedrigwasserabflüsse	4
2.1.4	Geschiebezufuhr	4
2.1.5	Holzzufuhr	4
2.2	Schwachstellenanalyse	4
2.2.1	Bekannte Erosionsstellen	4
2.2.2	Morphologie	5
2.2.3	Gefährdungsbilder	7
2.2.4	Belastungsgrössen	8
2.2.5	Erosionswiderstand	8
2.2.6	Fazit der Schwachstellenanalyse	9
2.3	Wirkungsanalyse	10
2.3.1	Prozessablauf Ufererosion	10
2.3.2	Intensität	11
2.3.3	Ausdehnung	11
2.3.4	Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit	15
2.4	Vergleich der Beurteilung mit der Beurteilung des ASTRA 2015	15
3.	**Interessenabwägung**	**17**
3.1	Vorgehen	17
3.2	Zu schützende Bauten	17
4.	**Literaturverzeichnis**	**19**
	Anhang 1	
	Anhang 2	

1. Ausgangslage / Ist-Zustand

Anlass

Im Frühjahr 2016 ist 2.5 km oberhalb des Projektperimeters eine Böschungserosion von ca. 10 m Länge aufgetreten, welche sich bis im Herbst 2016 bis auf rund 60 m vergrösserte. Die Erosionstiefe ab Böschungsoberkante betrug ca. 1.5 m und in der Böschungsmitte ca. 3 m (Abb. 1). Der Uferanriss musste kurzerhand saniert werden. Das Tiefbauamt des Kantons Bern (OIK II) hat im darauffolgenden Winter eine Inspektion der Ufer bei Niedrigwasser vom Boot aus durchgeführt, um ähnlichen Ereignissen in Zukunft vorbeugen zu können.

Abb. 1 Böschungserosion oberhalb des Projektperimeters: links März 2016 (Erosionslänge L_{UE} = ca. 10 m), rechts November 2016 (Erosionslänge L_{UE} = ca. 60 m) [1]

Ausgangslage

Der Zustand vom Uferverbau unterhalb der Brücke Heimberg - Uetendorf wurde bei der oben erwähnten Inspektion als kritisch beurteilt. Durch die generelle Erosionstendenz der Flusssohle ist der Verbau unterspült. Im Projektabschnitt besteht das Risiko, dass bei einem Versagen des bestehenden Uferverbaus die Seitenerosion die Autobahn A6 gefährdet. Das Tiefbauamt hat Basler & Hofmann mit der Beurteilung der Seitenerosion und der Planung der notwendigen Schutzmassnahmen beauftragt.

Lokalisation Projektperimeter

Der Projektperimeter befindet sich direkt neben der Autobahn A6 auf dem Gemeindegebiet von Heimberg. Die obere Projektgrenze bildet die Einmündung vom Chrebsbach. Bei der Gemeindegrenze zu Kiesen oberhalb der Eisenbahnbrücke endet der Projektperimeter.

Beurteilung ASTRA

Im August 2015 at die ARGE GEOTEST und Hunziker, Zarn & Partner im Auftrag des Bundesamts für Strassen ASTRA die Gefährdung vor Naturgefahren auf Nationalstrassen unter anderem auf diesem Abschnitt untersucht [2]. Der Bericht [2] hat aufgrund der damals vorhandenen Grundlagen in diesem Bereich keine Gefährdung durch Ufererosion ausgewiesen.

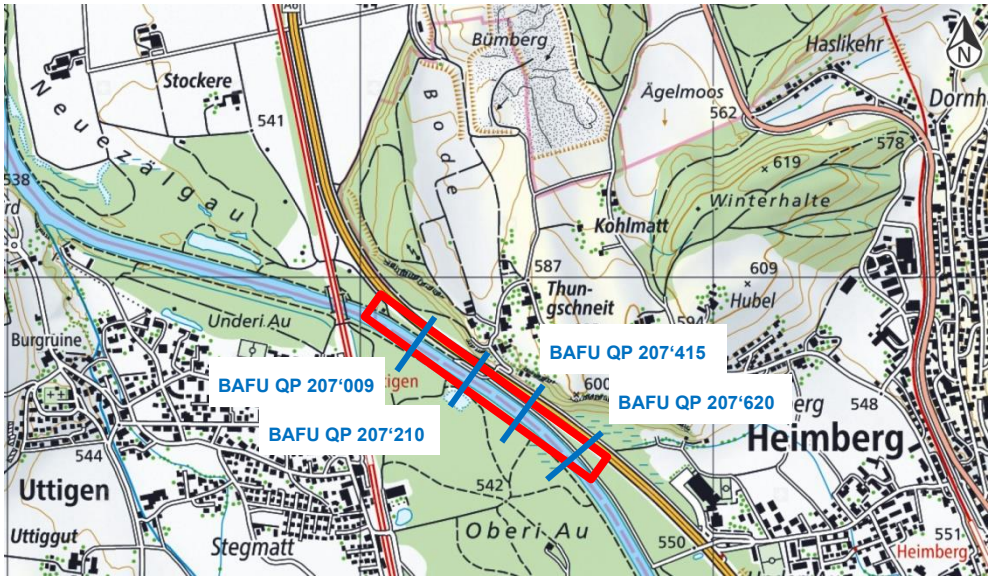


Abb. 2 Übersichtskarte mit Projektperimeter [3]

Ziele

Der vorliegende Bericht verfolgt folgende Ziele:

- Bestimmung der kritischen Stellen bezüglich Ufererosion und Versagensmechanismen
- Beurteilung der möglichen Seitenerosion (Ausmass und Häufigkeit)
- Interessenabwägung und Schadensabschätzung

Geplantes Vorgehen

Das Vorgehen für die Beurteilung der der Gefahr der Ufererosion an Fliessgewässern wird nach der Empfehlung der Fachleute Naturgefahren Schweiz FAN und dem Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband SWV [4] durchgeführt. Zusätzlich werden auch Erkenntnisse von Ereignissen und Berechnungen oberhalb bzw. unterhalb des Projektperimeters herangezogen.

2. Beurteilung der Ufererosion

2.1 Grundszenarien

2.1.1 Hochwasserabflüsse

Hochwasserabflüsse

Die Hochwasserstatistik des Bundesamtes für Umwelt BAFU [5] geht von folgenden Hochwasserabflüssen aus:

Standort	EZG [km^2]	HQ_{30} [m^3/s]	HQ_{100} [m^3/s]	HQ_{300} [m^3/s]
Thun	2‘466	432	482	527
Bern, Schönau	2‘945	498	552	599

Tab. 1 Hochwasserabflüsse gemäss Hochwasserstatistik des Bundesamtes für Umwelt BAFU [5]

Die Hochwasserabflüsse vom BAFU weisen einen statistischen, informativen Charakter auf. Verbindlich sind die Hochwasserabflüsse nach dem Regierungsratsbeschluss Nr. 634/2017 [6]. Dort wird für den Abfluss der Aare bei einem HQ_{100} oberhalb der Gürbemündung eine Wassermenge von 550 m^3/s und unterhalb der Gürbemündung von 600 m^3/s vorgegeben. Im Projektperimeter ist demnach von einem Abfluss von 550 m^3/s auszugehen.

Extremhochwasser

Im Rahmen der Katastrophenvorsorge wurden in einer Studie die Entstehung und die Auswirkungen eines Extremhochwassers der Aare untersucht. Ein Extremhochwasser liegt deutlich über einem hundertjährlichen Hochwasser und basiert auf extremen hydrometeorologischen Szenarien. An der Aare zwischen Thun und Bern können sowohl bei 2- bis 3-tägigen Starkregen als auch bei 14- bis 30-tägigen Niederschlagsereignissen grosse Abflussmengen (zwischen 700 und 780 m^3/s) auftreten [7].

2.1.2 Mittelwasserabflüsse

Mittelwasserabflüsse

Die Mittelwasserstatistik des Bundesamtes für Umwelt BAFU [8] geht über die Periode von 1935 bis 2016 gesehen von folgenden Mittelwasserabflüssen aus:

Standort	Grösstes Jahresmittel [m^3/s]	Mittlerer Abfluss [m^3/s]	Kleinstes Jahresmittel [m^3/s]
Thun	141 (1999)	111	80.7 (1976)
Bern, Schönau	157 (1999)	122	90.4 (1976)

Tab. 2 Mittelwasserabflüsse gemäss Bundesamtes für Umwelt BAFU [8]

2.1.3 Niedrigwasserabflüsse

Niedrigwasserabflüsse

Die Niedrigwasserstatistik des Bundesamtes für Umwelt BAFU [9] geht von folgenden Niedrigwasserabflüssen aus:

Standort	$NM7Q_2$ [m^3/s]	$NM7Q_{10}$ [m^3/s]	$NM7Q_{30}$ [m^3/s]	$NM7Q_{100}$ [m^3/s]	$NM7Q_{300}$ [m^3/s]
Thun	33.2	29.7	28.3	27.2	26.5
Bern, Schönau	41.8	33.5	30.4	28.0	26.5

Tab. 3 Niedrigwasserabflüsse gemäss Niedrigwasserstatistik des Bundesamtes für Umwelt BAFU [9] (NM7Q = kleinster, über 7 Tage gemittelter Abfluss innerhalb eines Niedrigwasserjahres)

2.1.4 Geschiebezufuhr

Geschiebe

Nach dem technischen Bericht der Aktualisierung des Geschiebetransportmodells [10] ist zwischen Thun und der Schützenfahrbrücke eine Erosionstendenz zu beobachten. Durch die Verbauungen der Seitenbäche und der Ufer reduziert sich die Geschiebemenge, die natürlicherweise in die Aare gelangen würde [11]. Gemäss Geschiebehaushaltsstudie der Aare [12] muss die Aare durchgehend um etwa 20 m verbreitert werden, damit die Sohlenerosion gestoppt und eine Trendumkehr zu höheren Sohlenlagen eingeleitet werden kann. Eine generelle Verbreiterung in diesem Ausmass ist aufgrund verschiedener Zwangspunkte nicht möglich, z.B. Brückenwiderlager. Im Abschnitt Heimberg liegt die heutige Sohlenbreite bei ca. 30 m [11].

2.1.5 Holzzufuhr

Schwemmholz

Aus dem Thunersee gelangt wegen den Schleusen und dem Laufwasserkraftwerk AAREwerk Thun kaum Schwemmholz in die Aare. Im Hochwasserfall tragen jedoch die Seitenbäche, insbesondere die Zulg, viel Schwemmholz ein. Im Wasserbauplan Hochwasserschutz Zulg [13] wird die Schwemmholzfracht der Zulg bei einem 100-jährlichen Hochwasserereignis auf 800 - 2‘000 m^3 geschätzt.

Keine Verklausungen

Da sich im Projektperimeter keine Hindernisse im Gewässerquerschnitt befinden, muss mit keinen Verklausungen und dadurch resultierenden Strömungsablenkungen an das Ufer gerechnet werden. Somit ist das Schwemmholz nicht der massgebende Faktor, der die Ufererosion bestimmt.

2.2 Schwachstellenanalyse

2.2.1 Bekannte Erosionsstellen

Sohlenerosion

Bei der Begehung vor Ort [14] und auf Abb. 7 ist im gesamten Abschnitt eine Erosion am rechten Böschungsfuss zu erkennen. Durch die Sohlenerosion und die Erosion des Böschungsfusses wird die Böschung destabilisiert, dass die bestehende Uferverbauung nachrutscht (siehe Abb. 8). Die in regelmässigen Zeitabständen vermessenen BAFU-Querprofile bestätigen die Sohlenerosion in der Vergangenheit.

In der Zukunft ist mit weiteren Sohlenerosionen zu rechnen. Nach Angaben von Hunziker, Zarn & Partner kann die zukünftige Sohlenerosion im Projektperimeter zwischen 0.1 bis 0.9 m betragen. Sofern die Projektanpassung optimiert (+15 m)

realisiert wird, muss nach dem zugehörigen Bericht [15] mit Kolktiefen von etwa 1 m gerechnet werden. Werden die beiden Szenarien übereinandergelegt, erhält man langfristig Sohleneintiefungen von 1.0 bis 1.9 m (über 100 Jahre).

Naturgefahrenkarte

Der Naturgefahrenkarte sind wie auf Abb. 3 ersichtlich mehrere Gefahrenhinweise (braun eingefärbt) zu entnehmen. Bei der Begehung vor Ort waren keine Rutschungen und Erosionsstellen im oberen Böschungsbereich zu vermerken, jedoch ist die Böschung steiler als im oberen Abschnitt des Projektperimeters. Im gesamten Abschnitt ist eine Erosion am Böschungsfuss vorhanden.

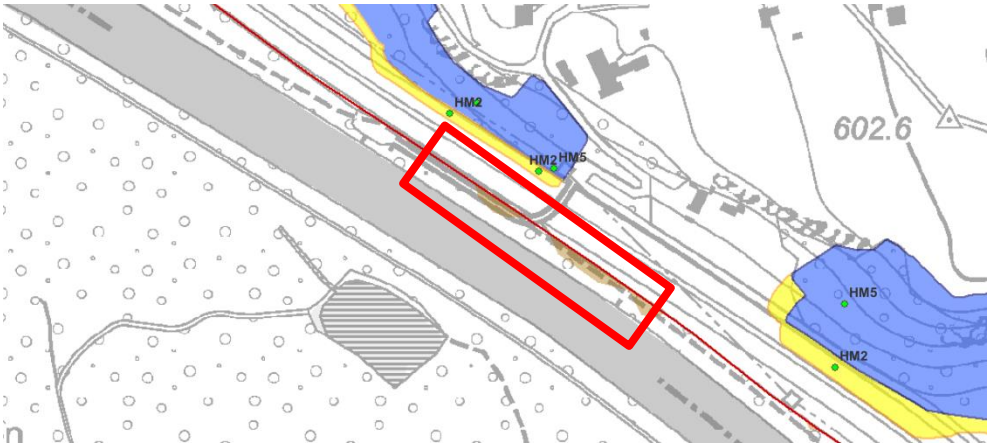


Abb. 3 Naturgefahrenkarte Rutschungen [16]

2.2.2 Morphologie

Frühere Gerinneform

Auf Abb. 4 ist zu sehen, dass die Aare bei Heimberg im Jahr 1860 ursprünglich eine verzweigte Form aufgewiesen hat. Auf der rechten Seite bildete die Talflanke die Begrenzung des Flussbetts der Aare. Auf dem geologischen Längenprofil entlang der Autobahnachse A6 [17] ist zu sehen (Abb. 5), dass bis zu einer Tiefe von ca. 15 m Schotterablagerungen zu verzeichnen sind. Dies weist auf einen früheren Verlauf der Aare in diesem Bereich hin.

Abb. 4 Karte von 1860 – Verzweigtes Gerinne [3]

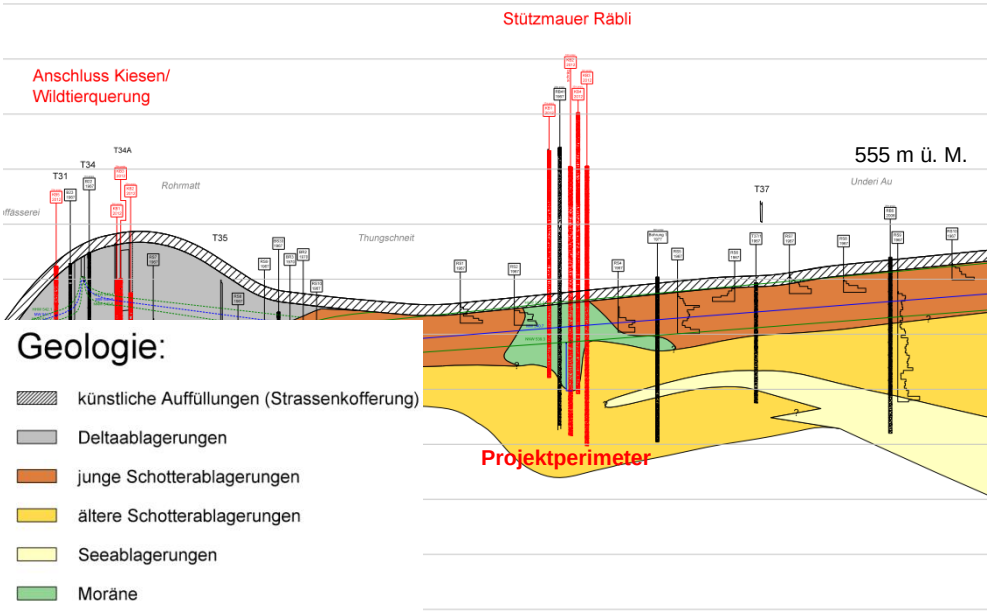


Abb. 5 Geologisches Längenprofil entlang Achse Autobahn A6 [17]

Gerinneform, Linienführung

Die Aare ist im betrachteten Abschnitt, mit einer Sohlenbreite von ca. 30 m, eben und weist eine mehrheitlich gerade Linienführung auf (siehe Abb. 6). Nach dem Bericht Projektanpassung optimiert (+15m) [15] sind aufgrund der geringen Flussbiegung im oberen Bereich des Perimeters kaum Kurvenkolke zu beobachten. Auf Abb. 7 ist das BAFU-Querprofil im Bereich dieser Kurve zu sehen. An der rechten Böschungsunterkante ist eine Erosion ersichtlich. Diese steht grösstenteils im Zusammenhang mit der generellen Sohlenerosion.

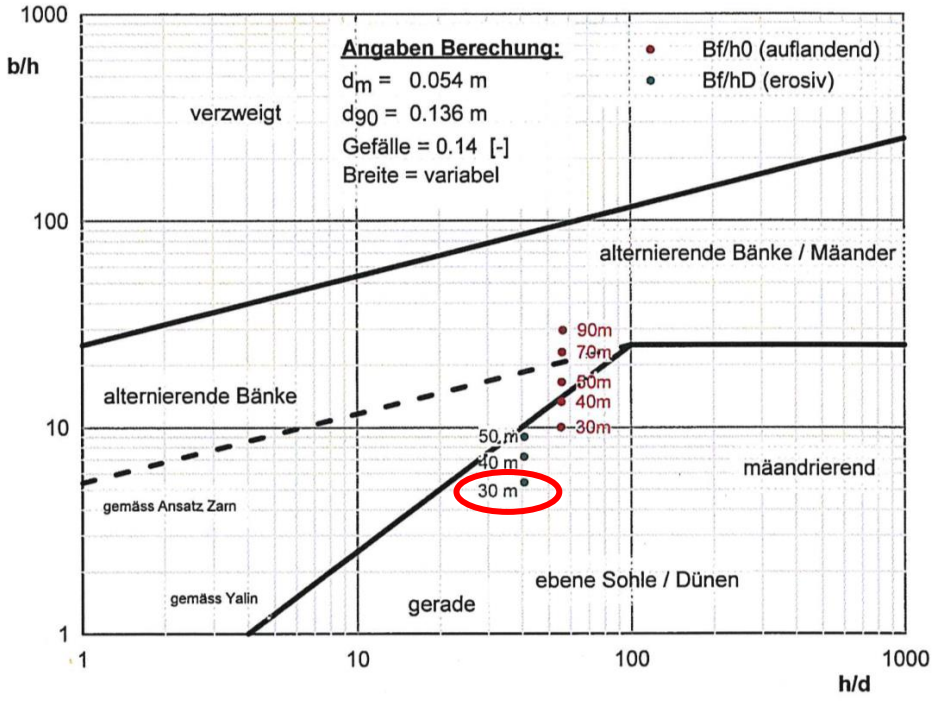


Abb. 6 Morphologie Bereich SBB Brücke Uttigen (Da Silva-Diagramm) [15]

Unregelmässigkeiten

Im Aare-Querschnitt sind keine Unregelmässigkeiten (abrupte Änderungen Rauheit Sohle und Ufer, Abstürze usw.) ersichtlich, die Erosionsprozesse initiieren könnten. Die einzige Unregelmässigkeit ist das etwas steilere Gefälle (ca. 0.6 %) im Längenprofil zwischen BAFU-Querprofil 207‘415 und BAFU-Querprofil 207‘210.

2.2.3 Gefährdungsbilder

Erosion am Böschungsfuss

Bei der Begehung vor Ort [14] und auf Abb. 7 ist im gesamten Abschnitt eine Erosion am rechten Böschungsfuss zu erkennen. Durch die Sohlenerosion und die Erosion des Böschungsfusses wird die Böschung destabilisiert, dass die bestehende Uferverbauung nachrutscht (siehe Abb. 8). Das Gefährdungsbild wird nachfolgend als massgebend betrachtet.

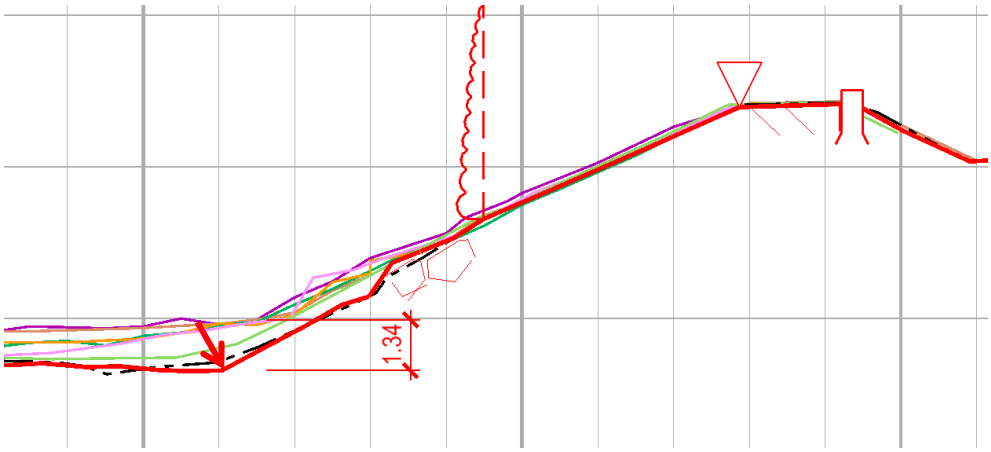


Abb. 7 BAFU-Querprofil GEWISS-Adresse 207620

Abb. 8 Erosion am Böschungsfuss mit nachgerutschtem Uferverbau

Direkter Strömungsangriff

Seitenerosion durch direkten Strömungsangriff ist vor Ort dank des bestehenden, aber nicht fundierten Längsverbaus (noch) nicht ersichtlich. Ohne diesen Verbau wären die Schleppkräfte zu hoch und die Böschung würde erodieren.

Erosion an der Böschungsoberkante

Die Oberkante des bestehenden Längsverbaus weist eine genügende Höhe auf, damit eine Erosion an der Böschungsoberkante verhindert werden kann.

2.2.4 Belastungsgrössen

Gefahrenhinweis

Bei der vorliegenden Situation liegt wie bereits erwähnt ein Gefahrenhinweis vor. Da dieser Hinweis lediglich qualitativen Charakter aufweist, soll mit der Ermittlung der Belastungsgrössen eine detaillierte Aussage über die bestehende Erosionssituation gemacht werden können.

Erosion am Böschungsfuss

Gemäss den Angaben von Hunziker, Zarn & Partner in [10] und [15] (vgl. Beschrieb in Kap. 2.2.1) ist langfristig (Zeithorizont 100 Jahre) von Sohleneintiefungen von 1.0 bis 1.9 m auszugehen.

Direkter Strömungsangriff

Die Schleppspannung auf die Böschung bei einem HQ_{100} (550 m^3/s) beträgt auf dem Abschnitt zwischen 100 und 175 N/m^2. Von einer Erhöhung der Schleppspannung durch den Kurveneffekt nach Simons und Li wird aufgrund des hohen Verhältnisses $r_m/b = 42$ abgesehen.

Erosion an der Böschungsoberkante

Die Schleppspannung auf die an der Oberkante des bestehenden Längsverbaus bei einem HQ_{100} (550 m^3/s) beträgt im Projektperimeter zwischen 36 und 88 N/m^2.Auch hier wird der Kurveneffekt vernachlässigt.

2.2.5 Erosionswiderstand

Erosion am Böschungsfuss

Der bestehende Uferverbau weist nach Abschätzungen aufgrund der Begehung vor Ort keine Fundationstiefe auf. Die Steine des Längsverbaus sind durch die vorhandene Erosion unterspült worden und z. T. ab-, bzw. nachgerutscht.

Direkter Strömungsangriff

Die Blocksteine des bestehenden Uferverbaus weisen einen mittleren Durchmesser von ca. 0.5 m auf.

Erosion an der Böschungsoberkante

Nach [18] wird der Grenzwert für ingenieurbiologische Bauweisen (Weiden, Erlen) wie folgt angenommen:

Beschaffenheit	Grenzwert Schleppspannung [N/m^2]
Weiden, Erlen	100 – 140

Tab. 4 Grenzwert der Schleppspannung für ingenieurbiologische Bauweisen [18]

2.2.6 Fazit der Schwachstellenanalyse

Erosion am Böschungsfuss

Aufgrund der zu erwartenden Sohlenerosion von bis zu 1.90 m erfüllt der bestehende Blocksteinverbau mit keiner vorhandenen Fundationstiefe die Anforderungen **deutlich nicht**.

Direkter Strömungsangriff

Der Nachweis nach Stevens und Simons wird für den bestehenden Uferverbau im ganzen Abschnitt mit einem Sicherheitsfaktor von 1.18 – 1.45 erfüllt. Ohne den bestehenden Verbau würde die Böschung aufgrund der zu hohen Schleppkräfte erodieren. Das Gefährdungsbild des direkten Strömungsangriffs ist somit am Böschungsfuss und an der Oberkante des bestehenden Blockverbaus möglich.

Erosion an der Böschungsoberkante

Die Schleppspannungen sind mit einem Maximum von 88 N/m^2 im Vergleich zum Grenzwert für Weiden und Erlen (100 – 140 N/m^2) eingehalten. Dies bedeutet, dass im ganzen Abschnitt keine Erosion an der Böschungsoberkante auftreten kann.

Zustandsanalyse bestehende Uferverbauung

Am 29. Juni 2018 fand eine Begehung [14] statt, an welcher der Zustand der bestehenden Uferverbauung (Blockverbau aus Natursteinen) der Aare im Projektperimeter erfasst wurde. Die Beurteilung erfolgte auf Grundlage der visuellen Zustandserfassung.

Das Bauwerk kann in Anlehnung an die Richtlinie „Überwachung und Unterhalt der Kunstbauten“ vom ASTRA [19] in folgende Zustandsklassen eingeteilt werden:

1 _guter Zustand
2 _akzeptabler Zustand
3 _beschädigter Zustand
4 _schlechter Zustand
5 _alarmierender Zustand

Kategorie	Beschrieb / Zustand	Schäden / Mängel	Beurteilung	
Alter	Ca. 150 Jahre			
Material	Natursteine	Steine in Flusssohle abgerutscht	3	beschädigt
Oberfläche	Natursteine	Bewuchs in Fugen, Beschädigung aufgrund Abrutschung	5	alarmierend
Schiefstellung	Neigung 1:2 bis 2:3		2	akzeptabel
Fundation	Aufgrund vorhandener Erosion am Böschungsfuss nicht fundiert	Unterspülung	5	alarmierend
Gesamtzustand			**5**	**alarmierend**

Tab. 5 Zustandsanalyse bestehender Uferverbau

Auf Tab. 5 ist ersichtlich, dass die bestehende Uferverbauung insgesamt einen alarmierenden Zustand aufweist. Dies ist insbesondere der Tatsache geschuldet, dass die Fundation nicht vorhanden ist und der Uferverbau an einigen Stellen in die Aare rutschen kann.

2.3 Wirkungsanalyse

2.3.1 Prozessablauf Ufererosion

Prozessablauf Ufererosion

Der Prozessablauf der Ufererosion kann anhand der Erkenntnisse aus dem Uferanriss [1], der ca. 2.5 km oberhalb des vorliegenden Projektperimeters 2016 bei einer geraden Linienführung eine starke Intensität aufwies (s. Abb. 9) beschrieben werden:
Durch die Sohlenerosion ist der bestehende Uferverbau in die Aare nachgerutscht. Im März 2016 betrug die Erosionslänge L_{UE} ca. 10 m. Nach dem Versagen des bestehenden Uferverbaus vergrösserte sich die Erosionslänge im November 2016 um das Sechsfache auf ca. 60 m. Der Prozess ereignete sich innerhalb von kurzer Zeit während einem normalen Abflussjahr ohne aussergewöhnliche Abflussereignisse.

Abb. 9 Böschungserosion oberhalb des Projektperimeters.

Das Versagen des Uferverbaus ist ein plötzliches Ereignis, welches sich innerhalb kurzer Zeit stark ausbreiten kann. Bei schützenswerten Objekten in der Nähe kann ein Einzelereignis aufgrund des hohen Schadenpotenzials grosse Schäden verursachen.

2.3.2 Intensität

Intensität

Die Kriterien für die Intensitäten nach den Naturgefahren Empfehlungen 1997 [20] sind in Tab. 6 nachfolgend abgebildet. Dabei entspricht d der mittleren Mächtigkeit der Abtragung oder der Einsturztiefe.

Prozess	Schwache Intensität	Mittlere Intensität	Starke Intensität
Ufererosion	d < 0.5 m	2 m >d > 0.5 m	d > 2 m

Tab. 6 Handhabung der Intensitäten [20]

Nach der Empfehlung FAN / KOHS [4] wird die die Mächtigkeit der Abtragung oder der Einsturztiefe d mit der durchschnittlichen Erosionshöhe h_{UE} ersetzt. Die Erosionshöhe h_{UE} wird nach [4] als Mass für die Intensität verwendet, weil mit diesem Wert die Einwirkung der Ufererosion auf ein Gebäude oder eine Strasse charakterisiert werden kann. Beispielsweise stürzt ein Gebäude bei einer Erosionshöhe von < 0.5 m nicht ein, bei h_{UE} > 2 m dagegen schon. Bei einer durchschnittlichen Erosionshöhe h_{UE} von 6 m im Projektperimeter ist die Intensität der Ufererosion nach [4], [20] als stark (h_{UE} > 2 m) einzustufen.

2.3.3 Ausdehnung

Versagen Uferverbauung, Seitenerosion

Aufgrund des alarmierenden Zustands von der bestehenden Uferverbauung (Kap. 2.2.6) muss mit einer geschätzten jährlichen Eintrittswahrscheinlichkeit eines Versagens gerechnet werden. Es wird empfohlen den Blockverbau regelmässig zu beobachten.

Annahmen Ausdehnung

Bei Annahme eines Versagens des bestehenden Uferverbaus muss aus gutachterlicher Sicht von folgenden beiden Szenarien für die Seitenerosion (direkter Strömungsangriff) ausgegangen werden:

- Häufiges Hochwasserereignis (30 Jahre), max. Erosionsbreite B_{UE} = 10 m - 25 m
- Seltenes Hochwasserereignis (100 bis 300 Jahre), max. Erosionsbreite B_{UE} = 25 m - 40 m

Die Erosionsbreiten werden von Mitte Böschung bestehend bis zur neuen Böschungsoberkante durch die Seitenerosion gemessen (siehe Abb. 10). Nachfolgend werden diese plausibilisiert.

Ufererosion oberhalb Projektperimeter

Beim Uferanriss [1] oberhalb des vorliegenden Projektperimeters 2016 (Abb. 9) betrug die Erosionsbreite B_{UE} in der Böschungsmitte ca. 3 m. Diese Erosionsbreite hat sich ohne Hochwasserereignis entwickelt.

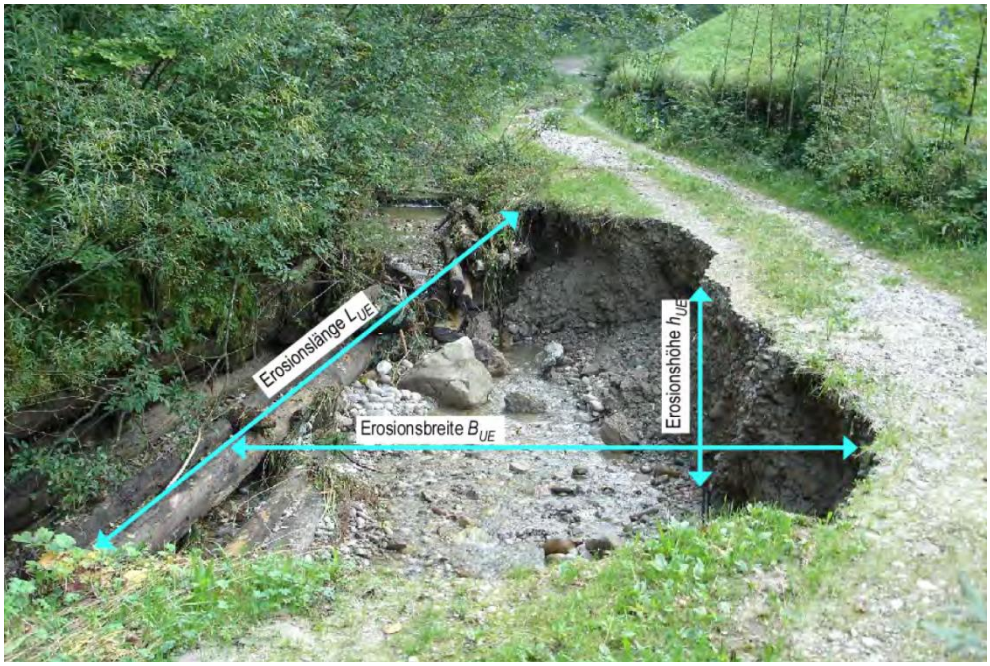


Abb. 10 Bezeichnungen für das Ausmass der Erosion [4]

Morphologische 2D-Modellierungen Wasserbaupläne obere Belpau und Chesselau

Die Annahmen der Erosionsbreiten stützen sich ebenfalls auf die morphologischen 2D-Modellrechnungen für die eigendynamischen Aufweitungen bei den Wasserbauplänen Thalgut-Chesselau [21] und obere Belpau [22]. Auf Abb. 11 sieht man links die Veränderung der Sohlenlage nach 5 Jahren mit häufigen Hochwasserereignissen. In diesem Fall beträgt die Erosionsbreite B_{UE} = ca. 25 m. Bei der rechten Grafik auf Abb. 11 ist die Veränderung der Sohlenlage nach 5 Jahren mit seltenen Hochwasserereignissen zu sehen. Hier beträgt die Erosionsbreite B_{UE} = ca. 40 m. Die Initialisierungsmassnahmen können bei den Betrachtungen mit dem Versagen des bestehenden Uferverbaus gleichgesetzt werden. Im 2D-Modell kann der Uferbewuchs nicht dargestellt werden, weshalb der Erosionswiderstand voraussichtlich deutlich geringer ist, als er dies in der Realität ist – deshalb sind die Erosionsbreiten auch als maximale Breiten zu verstehen.

Bei den Wasserbauplänen Thalgut-Chesselau und obere Belpau ist gemäss geologischen Bohrprofilen von Sieber Cassina + Partner [23] und Geotest [24] Kies bis auf eine Tiefe von rund 6 m zu erwarten. Darunter sind tonig-siltige Seeablagerungen. Das Bohrprofil RB6/13 von Kellerhals+Häfeli oberhalb der SBB-Brücke Uttigen [25] zeigt bis auf ca. 4 m Tiefe Kies mit wenig Sand und Silt, anschliessend bis ca. 14 m leicht toniger, siltiger Kies (Aareschotter). Der Untergrund in der Chesselau und in der Belpau ist entsprechend eher erosionsgefährdet als jener in Heimberg.

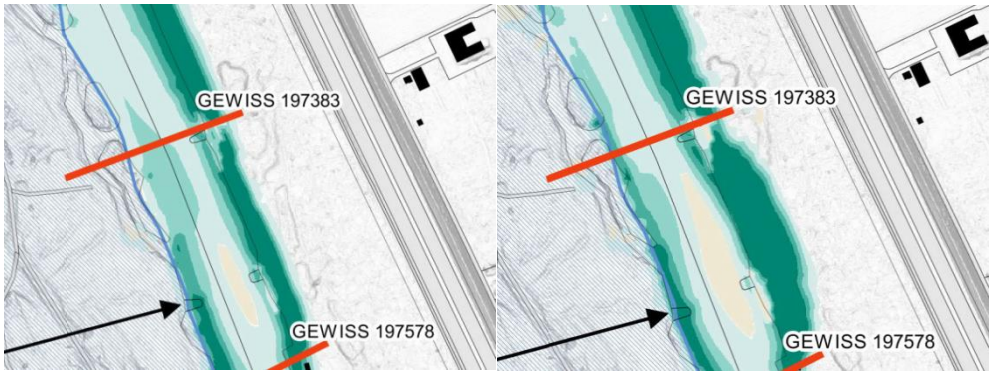


Abb. 11 Morphologische 2D- Modellierung: Initialisierungsmassnahme beim *Wasserbauplan obere Belpau*: links Erosionsbreite B_{UE} = ca. 25 m (Veränderung der Sohlenlage nach 5 Jahren mit häufigen Hochwasserereignissen), rechts Erosionsbreite B_{UE} = ca. 40 m (Veränderung der Sohlenlage nach 5 Jahren mit seltenen Hochwasserereignissen) [22]. Legende: grün = relative Absenkung, braun = relative Erhebung

Plausible Erosionsbreiten

Aufgrund der Erkenntnisse aus dem Uferanriss oberhalb und den Simulationen bei den beiden Wasserbauplänen [21], [22] können die oben getroffenen Erosionsbreiten als plausibel erachtet werden. Es werden jeweils eher die unteren angegebenen Werte als realistisch betrachtet.

Geologische Verhältnisse

Wie in Abschnitt 2.2.2 beschrieben verlief die Aare entlang der anstehenden Talflanke, was das geologische Längenprofil [17] bestätigt. Die maximale Ausdehnung orientiert sich an dieser natürlichen Gerinneführung. Die Ausdehnung und Intensität für einmalige häufige und seltene Ereignisse sowie die maximale Ausdehnung für mehrere Hochwasserereignisse über eine lange Zeitspanne sind dem Anhang 1 - Intensitätskarte zu entnehmen.

Einsturzgefahr Autobahnüberführung Räbli Thungschneit

Schon bei häufigen Ereignissen erreicht die Seitenerosion die Fahrbahn der Autobahn A6. Darin eingeschlossen sind das untere Widerlager sowie beide Brückenpfeiler der *Autobahnüberführung Räbli Thungschneit*. Bei diesem Szenario besteht eine Wahrscheinlichkeit eines **Einsturzes** der Brücke, sogar **über der Autobahn A6**, da einer der beiden Pfeiler - wegen dem bogenförmigen Grundriss der Brücke - als „Widerlager“ über die Autobahnstrecke dient. Auf dem Längsschnitt der Überführung (Abb. 13) ist die Fundation der Pfeiler und Wiederlager ersichtlich. Die beiden Pfeiler sind mittels Einzelfundamenten im Boden verankert, was bei fortschreitender Seitenerosion und Unterspülung der im Vergleich zur Aaresohle hochliegenden Fundamente die Stabilität des Bauwerks massiv beeinträchtigt und wie erwähnt zum Einsturz führen kann.

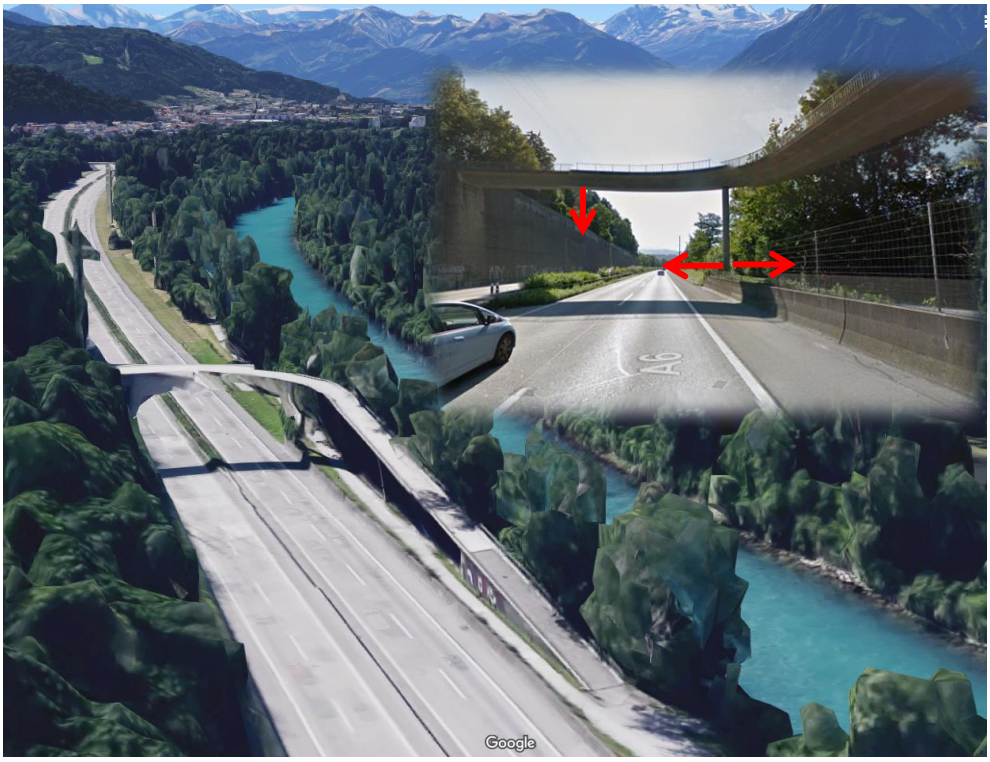


Abb. 12 Einsturzgefahr Autobahnüberführung Räbli Thungschneit [26]

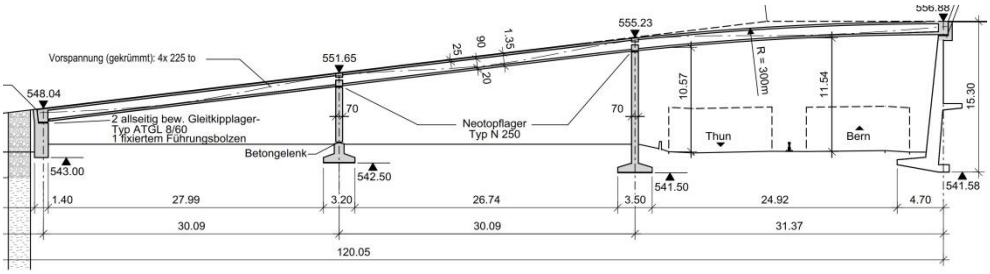


Abb. 13 Längsschnitt Autobahnüberführung Räbli Thungschneit [27]

2.3.4 Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit

Die Auftretenswahrscheinlichkeit wird in EconoMe 4.0 [28] wie folgt definiert:

> *«Die räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit p_{RA} bezeichnet den Flächenanteil des Prozesses bezüglich des potenziell möglichen Prozessraumes für eine bestimmte Jährlichkeit».*

Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit

Für die Ufererosion entlang der der geraden Aare mit leichtem Prallhang wird nach Tab. 7 eine räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit p_{RA} von 0.50 gewählt. Dies bedeutet, dass bei einem Ereignis 50 % der Länge des Projektperimeters von Ufererosion betroffen sein können. Dieser Wert ist bei der Ermittlung des Schadenpotenzials pro Ereignis wichtig. In diesem Fall sind die schützenswerten Objekte mehr oder weniger linear auf der ganzen Länge vorhanden, weshalb die Auftretenswahrscheinlichkeit nicht weiter berücksichtigt wird (schadenbasierte Betrachtung).

Gerinneform und Linienführung	Auftretenswahrscheinlichkeit p_{RA}
Prallhang	0.50 - 1.00
Gerades Gerinne	0.10 – 0.50
Prallhang im Mäander	0.50 - 1.00
Verzweigung	0.25 - 0.75

Tab. 7 Mögliche Werte für die räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit p_{RA} von Ufererosion [4]

2.4 Vergleich der Beurteilung mit der Beurteilung des ASTRA 2015

ASTRA: Gefährdung durch Naturgefahren

Wie eingangs in Kap. 1 erwähnt hat das Bundesamt für Strassen ASTRA 2015 eine Untersuchung zur Gefährdung durch Naturgefahren auf Nationalstrassen in Auftrag gegeben [2].

Fehlende Fundation 2015 nicht ersichtlich

Die Gefährdung durch Seitenerosion wurde aufgrund der unzureichenden Kenntnisse der Fundation lange Zeit nicht als solche wahrgenommen. Eine Sohlenerosion ist schon länger bekannt, allerdings wusste man nicht, dass diese bereits unter die Fundation reicht, weshalb der Zustand des Uferverbaus nicht als kritisch beurteilt wurde. Der heutige Uferverbau als Fläche ist mehrheitlich intakt. Die fehlende Fundation konnte 2015 wegen der höheren Wasserstände nicht erkannt werden, weshalb die Untersuchungen von keiner akuten Gefahr, bzw. erst bei sehr grossen Ereignissen ausgegangen sind.

Uferuntersuchungen bei Niederwasser 2016

Der Kanton hat als Folge des Ereignisses in Heimberg im Jahr 2016 die Untersuchungen des Uferverbaus vertieft vorangetrieben. Erst die Uferuntersuchungen bei Niederwasser haben gezeigt, dass die Fundation mehrheitlich nicht vorhanden ist.

Besprechung der Untersuchungen 2015 / 2018

Die Untersuchungen aus dem Jahr 2015 und der vorliegende Bericht wurden am 6. November 2018 an einer Sitzung mit Adrian Fahrni (Oberingenieurkreis II, Tiefbauamt des Kantons Bern), Michael Auchli (Hunziker, Zarn & Partner, Mitverfasser der

Untersuchung 2015 [2]) und David Zumofen (Basler & Hofmann, Mitverfasser des vorliegenden Berichts) besprochen und in einer Aktennotiz festgehalten. Die Aktennotiz wurde am 20. November 2018 allen Projektbeteiligten und den Verantwortlichen des ASTRA zugestellt. Zusammenfassend kann festgehalten werden:

- Aufgrund der heute verfügbaren Grundlagen und den detaillierten Untersuchungen von Basler & Hofmann im Rahmen des vorliegenden Berichts kann die Gefährdung vor Seitenerosion auf dem betroffenen Abschnitt als stark angenommen werden. Basierend auf den aktuellen Unterlagen kann Hunziker, Zarn & Partner die Untersuchungen von Basler & Hofmann nachvollziehen und würde diese ähnlich beurteilen.
- Der Uferverbau hat die letzten Hochwasser überstanden und kann noch weitere Jahre intakt bleiben. Die fehlende Fundation des Verbaus stellt eine exponierte Schwachstelle dar, wo lokale Schäden auftreten können. Diese können eine rasche Erosion begünstigen, welche zu einem fortschreitenden Versagen des Uferverbaus führen kann.

3. Interessenabwägung

3.1 Vorgehen

EconoMe kennt keine Ufererosion

Das Bundesamt für Umwelt stellt für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Projekten zum Schutz vor Naturgefahren die Software EconoMe (Version 4) [28] zur Verfügung. Die Schadenpotenziale in EconoMe beruhen auf Erfahrungswerten aus der ganzen Schweiz und können entweder als Basiswerte oder als angepasste Werte übernommen werden. EconoMe kennt zahlreiche Naturgefahrenprozesse und weist diesen Schadenswerte zu, die Ufererosion gehört aber nicht dazu.

Schadensumme in EconoMe

Die Schadensumme wird in EconoMe jeweils durch die Multiplikation des Basiswerts mit der Schadenempfindlichkeit dargestellt. Die Schadenempfindlichkeit bei einer statischen Überflutung ist beispielsweise 0.10, bei einer permanenten Rutschung 1.00. Entsprechend beträgt die Schadensumme bei einer statischen Überflutung nur 10% von jener bei einer permanenten Rutschung, was sich durch die Natur der Ereignisse (oberflächliche Schäden bei einer Überflutung, Schäden bis in die Fundation von Strassen bei einer Rutschung) erklären lässt.

Ansatz Schadensumme Ufererosion

Im vorliegenden Fall wird davon ausgegangen, dass bei der Ufererosion vergleichbar mit einer permanenten Rutschung von einer Schadenempfindlichkeit von 1.00 auszugehen ist.

Bestimmung der Schadensumme

Auf eine Berücksichtigung der Auftretenswahrscheinlichkeit sowohl zeitlich (häufig – selten – sehr selten) als auch räumlich (wie in Kap. 2.3.4 beschrieben) wird bei der Bestimmung der Schadenswerte verzichtet, da diese Werte für alle Infrastrukturanlagen dieselben sind und somit nicht ins Gewicht fallen.

3.2 Zu schützende Bauten

Schadenswerte für Bauwerke

Die Tab. 8 fasst die Schadenausmasse pro Fläche / Länge / Stück für die einzelnen Bauwerke zusammen. Sie basieren, wo nicht anders erwähnt, auf den Basiswerten von EconoMe multipliziert mit einer Schadenempfindlichkeit von 1.00.

Interessenträger	Bauwerk	EconoMe [28]			Schadenausmass pro A / L / Stk
		Schadenswert	Obj.-ID	Bemerkung	
Bundesamt für Strassen ASTRA	Autobahntrasse A6	9'500 CHF/m	34	25 m Breite	38'000 CHF/a
	Autobahnüberführung Räbli	16'000 CHF/m	31	Brücke Einzelfahrzeuge, Annahme: 50 m Länge	800'000 CHF/Stk
Gemeinde Heimberg / Berner Wanderwege	Uferweg	500 CHF/m	55	Feldweg mit Kiesbelag, Annahme: 3 m Breite	16'700 CHF/a
Wasserverbund Region Bern AG	Quellfassung / Messstelle	280 CHF/m^3	6	Gewerbe-/Industriegebäude, Annahme 75 m^3	21'000 CHF/Stk
	Grundwasserschutzzone	1'600 CHF/a	41	Intensive Flächen	1'600 CHF/a
BKW	Elektroleitungen	1’500 CHF/m	81	Telekommunikation unter Terrain	1’500 CHF/m

Tab. 8 Schadenausmass pro Einheit gemäss Basiswerten EconoMe [28].

Zu schützende Infrastrukturanlagen

In Tab. 9 sind nachfolgend die gefährdeten, zu schützenden Infrastrukturanlagen zusammengestellt. Für die Ermittlung der Schadensummen wird von einer räumlichen Ausdehnung der Seitenerosion von 25 - 40 m (30 m) entsprechend einem seltenen Hochwasserereignis ausgegangen. Die Flächen aus der Tabelle sind im Plan im Anhang 2 ausgewiesen.

Interessenträger	**Bauwerk**	**Schadenaus-mass pro A / L / Stk**	**Fläche / Länge / Stück**	**Schaden-summe**	**Anteil**
		[CHF/Einheit]	[a] / [m] / [Stk]	[CHF]	
Bundesamt für Strassen ASTRA	Autobahntrasse A6	38'000 CHF/a	67 a	3'346’000	75%
	Autobahnüber-führung Räbli	800'000 CHF/Stk	1 Stk		
Gemeinde Heimberg / Berner Wanderwege	Uferweg	16’700 CHF/a	18 a	300’600	6%
Wasserverbund Region Bern AG	Quellfassung / Messstelle	21'000 CHF/Stk	1 Stk	206’000	5%
	Grundwasser-schutzzone	1'600 CHF/a	116 a		
BKW	Elektroleitungen	1’500 CHF/m	420 m	630’000	14%

Zusammenstellung Infrastrukturanlagen, Interessen. *Fläche bzw. Objekt die/das von einem seltenen Hochwasserereignis (100 bis 300 Jahre) mit einer Erosionsbreite B_{UE} = 30 m betroffen ist.

Fazit

Die Zusammenstellung der Schadensummen zeigt, dass das Interesse des ASTRA am Uferverbau als Objektschutz für die Autobahn mit Abstand am höchsten ist. Die restlichen Interessen sind zu berücksichtigen, können aber deutlich tiefer gewichtet werden.

4. Literaturverzeichnis

Der vorliegende Auftrag basiert auf folgenden Grundlagen:

[1] Bührer + Dällenbach Ingenieure AG, *Sanierung Uferanriss Aare Heimberg - Bauleiterbericht,* 2017.

[2] ARGE GEOTEST und Hunziker, Zarn & Partner, *Gefahrenbeurteilung und Risiko betreffend Naturgefahren auf Nationalstrassen; Los 18: Yverdon - Biel / Bern - Wimmis (N5/N6),* Bundesamt für Strassen ASTAR, 2015.

[3] Schweizerische Eidgenossenschaft, *Karten der Schweiz, https://map.geo.admin.ch,* 2018.

[4] Fachleute Naturgefahren Schweiz FAN und Kommission für Hochwasserschutz KOHS des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, *Empfehlungen zur Beurteilung der Gefahr von Ufererosion an Fliessgewässern,* 2015.

[5] Bundesamt für Umwelt BAFU, *Hochwasserstatistiken Aare Thun und Bern, Schönau,* 2017.

[6] Regierungsrat des Kantons Bern, *Regierungsratsbeschluss: Grundsatzbeschluss zu den Zielsetzungen für die Nachfolgeprojekte zum abgeschriebenen Verfahren betr. Kantonaler Wasserbauplan nachhaltiger Hochwasserschutz Aare Thun - Bern (aarewasser),* 2017.

[7] geo7, IUB Ingenieurunternehmung Bern AG, Hunziker, Zarn & Partner, Emch + Berger AG, *Extremhochwasser im Einzugsgebiet der Aare,* Bau-, Verkehr und Energiedirektion des Kantons Bern, 2007.

[8] Bundesamt für Umwelt BAFU, *Mittelwasserstatistiken Aare Thun und Bern, Schönau,* 2016.

[9] Bundesamt für Umwelt BAFU, *Niedrigwasserstatistiken Aare Thun und Bern, Schönau,* 2017.

[10] Hunziker, Zarn & Partner, *Aare Thun bis Bern - Technischer Bericht Aktualisierung Geschiebetransportmodell anhand Vermessung 2015,* 2018.

[11] aarewasser, *Nachhaltiger Hochwasserschutz Aare Thun - Bern,* 2009.

[12] Jäggi und Hunziker, Zarn und Partner, *Geschiebehaushalt der Aare zwischen Thun und Bern,* 2001.

[13] Herzog Ingenieure AG, *Wasserbauplan Hochwasserschutz Zulg Steffisburg (in Vorprüfung),* 2018.

[14] Basler & Hofmann AG, *Begehung vor Ort vom 29.06,* 2018.

[15] Hunziker, Zarn & Partner, *Projektanpassung optimiert (+15m) - Morphologische 2D Untersuchungen von Varianten im Bereich der SBB Brücke Uttigen,* 2016.

[16] Kanton Bern, *Geoportal des Kantons Bern, https://www.geo.apps.be.ch,* 2018.

[17] Sieber Cassina + Partner AG, *Gesamtbericht Bauherren-Geologe – Los 1 „Aaretal“,* 2013.

[18] E. Pasche, *Skript zur Vorlesung Wasserbau,* 2000.

[19] Bundesamt für Strassen ASTRA, *Richtlinie - Überwachung und Unterhalt der Kunstbauten,* 2005.

[20] R. Loat und A. Petrascheck, *Naturgefahren Empfehlungen 1997 - Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten,* 1997.

[21] Basler & Hofmann AG, *Wasserbauplan Thalgut - Chesselau,* 2018.

[22] Basler & Hofmann AG, *Wasserbauplan Obere Belpau,* 2018.

[23] Sieber Cassina + Partner AG, *RUTS N06 Los 1 Aaretal - MK Massnahmenkonzept Baugrunduntersuchung WM T24B - Sondierprotokoll KB2,* 2012.

[24] Geotest AG, *Auftrag Nr. 77 022 E Münsingen - Sondierbohrung A2,* 1986.

[25] Kellerhals+Haefeli AG, «Heberleitung Kiesen - Uttigen Au: sondierbohrungen 2013, Sondierbohrung RB6/13,» 2013.

[26] Google, *Google Maps, https://www.google.ch/maps,* 2018.

[27] Ingenieurgemeinschaft Vier (IGP2) c/o Basler & Hofmann AG, *Detailplan T36A UEF Räbli Thungschneit,* 2013.

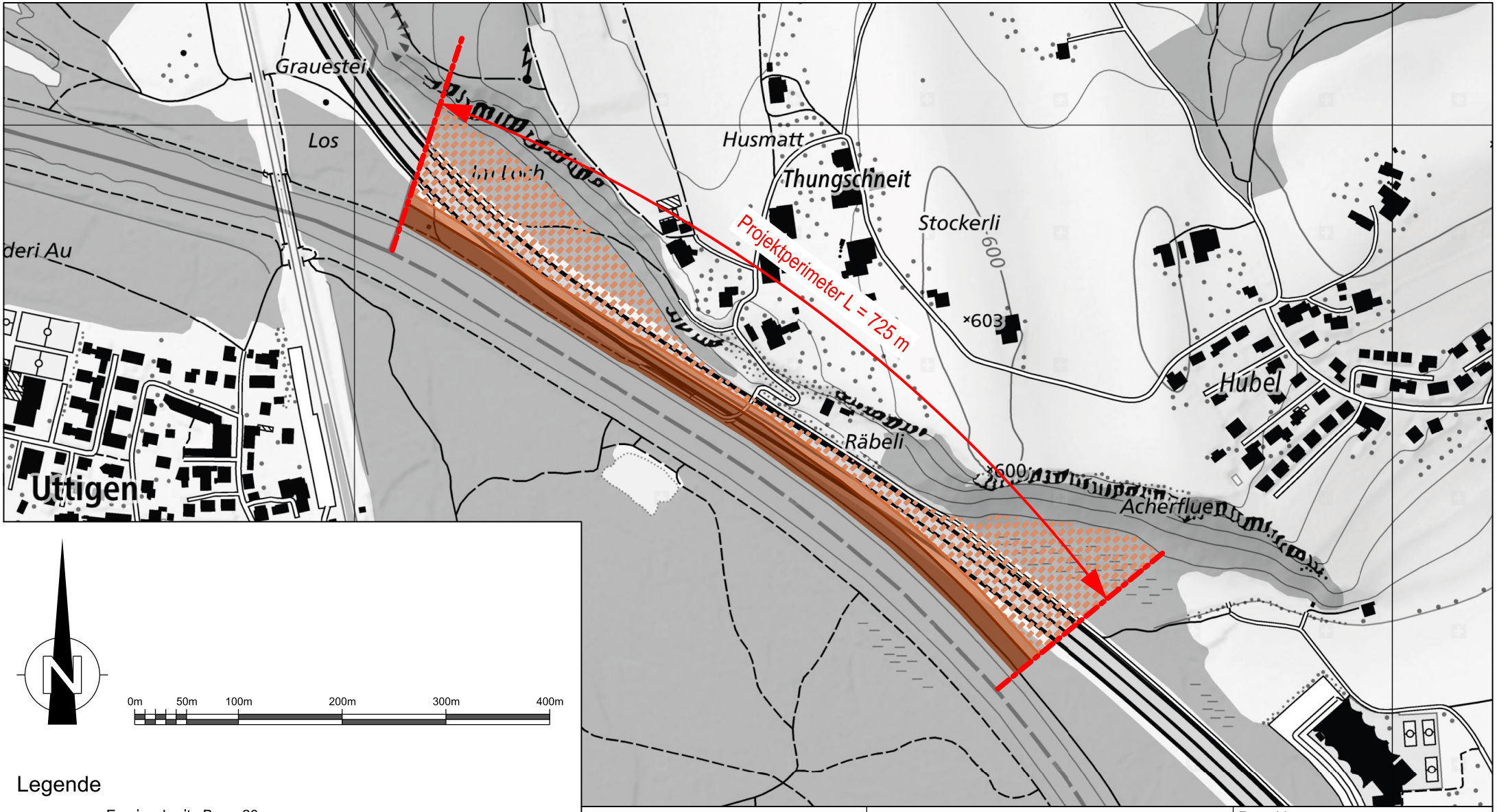
[28] Bundesamt für Umwelt, «EconoMe 4: Wirtschaftlichkeit von Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren, econome.ch».

[29] Kanton St. Gallen, *Wegleitung zur Naturgefahrenanalyse,* 2015.

[30] Sieber Cassina + Partner AG, *RUTS N06 Los 1 Aaretal - MK Massnahmenkonzept Baugrunduntersuchung Stützmauer Räbli - Kernbohrung KB1,* 2011.

Anhang 1

Intensitätskarte Ufererosion 1:5‘000



Legende

- Erosionsbreite B_{UE} = 20 m
  häufiges HW-Ereignis
  stake Intensität
- Erosionsbreite B_{UE} = 30 m
  seltenes HW-Ereignis
  starke Intensität
- max. Ausdehnung Ufererosion

Basler & Hofmann
Ingenieure, Planer und Berater
Industriestrasse 1, CH-3052 Zollikofen
T +41 31 544 24 24
www.baslerhofmann.ch

Intensitätskarte Ufererosion

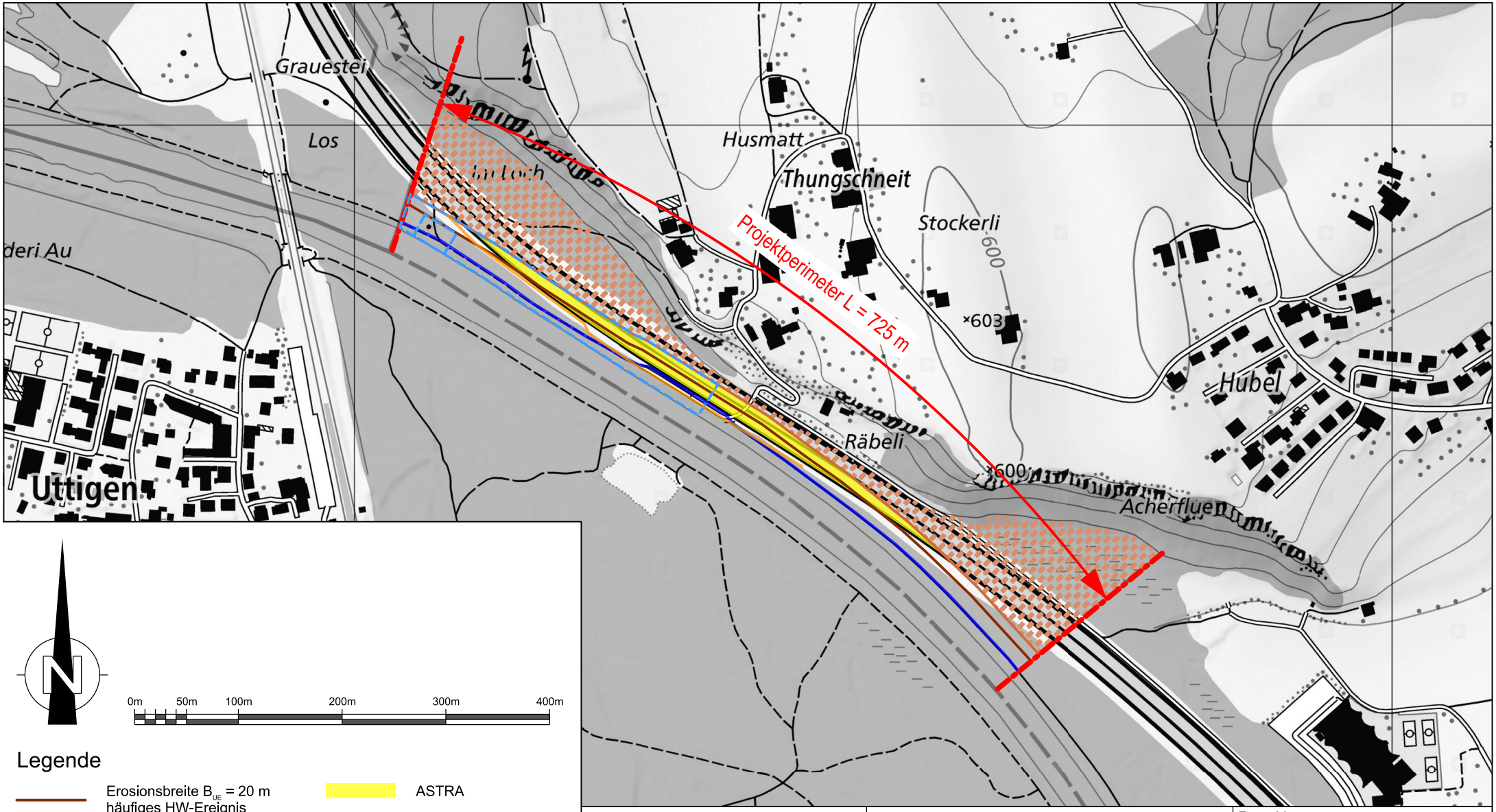
1:5'000

Plan Nr.: **20658.33_911**

Datum	Gez.	Visiert
16.10.2018	chm	daz

Anhang 2

Flächenplan Kostenteiler 1:5‘000



Legende

- Erosionsbreite B_{UE} = 20 m
  häufiges HW-Ereignis
  stake Intensität
- Erosionsbreite B_{UE} = 30 m
  seltenes HW-Ereignis
  starke Intensität
- max. Ausdehnung
  Ufererosion
- ASTRA
- Uferweg
- WVRB
- BKW

Basler & Hofmann
Ingenieure, Planer und Berater
Industriestrasse 1, CH-3052 Zollikofen
T +41 31 544 24 24
www.baslerhofmann.ch

Interessenabwägung
Flächenplan

1:5'000

Plan Nr.:
20658.33_912

Datum	Gez.	Visiert
03.12.2018	chm	daz

Anhang 2

Aktennotiz Beurteilung Seitenerosion

Basler & Hofmann

Datum	6. November 2018
Dokument Nr.	20658.25.04
Erstellt von	David Zumofen, Basler & Hofmann
Sitzungsteilnehmer / Verteiler:	_ Adrian Fahrni, Projektleiter Wasserbau, OIK II _ Michael Auchli, Hunziker, Zarn & Partner (HZP) _ David Zumofen, Basler & Hofmann (B&H)

Basler & Hofmann West AG
Ingenieure, Planer und Berater
—
Industriestrasse 1
CH-3052 Zollikofen
T +41 31 544 24 24
—
www.baslerhofmann.ch

ISP Uferschutz Aare A6 Heimberg: Beurteilung der Seitenerosion

1. Einleitung

_ An der Sitzung mit ASTRA, BAFU, OIK und Basler & Hofmann vom 29.10.18 wurde der Bericht zur Ufererosion von Basler & Hofmann im Bereich oberhalb der SBB-Brücke Uttigen in der Nähe der Autobahn diskutiert.

_ Gemäss Untersuchungen vom August 2015 der ARGE GEOTEST und Hunziker, Zarn & Partner (im Folgenden HZP) im Auftrag des Bundesamts für Strassen ASTRA besteht in diesem Bereich keine Gefährdung durch Seitenerosion (Bundesamt für Strassen ASTRA: Gefahrenbeurteilung und Risiko betreffend Naturgefahren auf Nationalstrassen; Los 18: Yverdon-Biel / Bern Wimmis (N5/N6); ARGE GEOTEST und Hunzikern, Zarn & Partner; August 2015).

_ Basler & Hofmann hat im Bericht 2018 die Gefährdung durch Seitenerosion als stark beurteilt.

_ Die Ergebnisse werden an der Sitzung von Adrian Fahrni (OIK II), Michael Auchli (HZP) und David Zumofen (B&H) diskutiert.

2. Ziele der Sitzung

_ Diskussion der Ergebnisse aus den beiden Studien und Begründung der Resultate

_ Konsensfindung und gemeinsame Beurteilung z.Hd. des ASTRA

3. Diskussion

_ Die Gefahren- und Risikobeurteilung von HZP beinhaltet in diesem Abschnitt die Aare zwischen Thun und Bern. Die Untersuchungen von B&H im Rahmen des Bauprojekts «Instandstellungsprojekt Aare Autobahn A6» sind spezifisch auf den Aareabschnitt oberhalb der SBB-Brücke Uttigen ausgerichtet und sind entsprechend detaillierter.

_ Die Gefährdung durch Seitenerosion wurde aufgrund der unzureichenden Kenntnisse der Fundation lange Zeit nicht als solche wahrgenommen. Eine Sohlenerosion ist schon länger bekannt, allerdings wusste man nicht, dass diese bereits unter die Fundation reicht, weshalb der Zustand des Uferverbaus nicht als kritisch beurteilt wurde. Das Ereignis in Heimberg im Jahr 2016 war für den Kanton und die Gemeinde in Geschwindigkeit und Ausdehnung unerwartet. Aus diesem Grund hat der Kanton die Untersuchungen vorangetrieben.

_ Die Beurteilung von B&H kann auf Grundlagen zurückgreifen, welche so im Jahr 2015 für die Gefahren- und Risikobeurteilung von HZP noch nicht vorhanden waren:
  _ Erfahrungen aus dem Uferanriss 2016
  _ Betrachtungen und Zustandsaufnahmen bei Niederwasser (Fotos OIK)

_ Der heutige Uferverbau als Fläche ist mehrheitlich intakt. Die fehlende Fundation konnte 2015 wegen der höheren Wasserstände nicht erkannt werden (seither neue Grundlagen, s. oben), weshalb HZP von keiner akuten Gefahr, bzw. erst bei sehr grossen Ereignissen ausgegangen ist.

_ Die Uferuntersuchungen vom Kanton bei Niederwasser haben gezeigt, dass die Fundation mehrheitlich nicht vorhanden ist. Aufgrund dieser Tatsache ist B&H zum Schluss gekommen, dass der Zustand des bestehenden Verbaus sehr kritisch ist.

4. Fazit

_ Die Sitzungsteilnehmer sind sich einig, dass aufgrund der heute verfügbaren Grundlagen und den detaillierten Untersuchungen von B&H die Gefährdung vor Seitenerosion als stark angenommen werden kann. Basierend auf den aktuellen Unterlagen kann HZP die Untersuchungen von B&H nachvollziehen und würde diese ähnlich beurteilen.

_ Der Uferverbau hat die letzten Hochwasser überstanden und kann noch weitere Jahre intakt bleiben. Die fehlende Fundation des Verbaus stellt eine exponierte Schwachstelle dar, wo lokale Schäden auftreten können. Diese können eine rasche Erosion begünstigen, welche zu einem fortschreitenden Versagen des Uferverbaus führen kann.

Aktennotiz verfasst:

Ort, Datum: Zollikofen, 19.11.18

David Zumofen
Basler & Hofmann West AG

Gegengelesen und einverstanden:

Ort, Datum: Bern, 20.11.18

Adrian Fahrni
Oberingenieurkreis II
Tiefbauamt des Kantons Bern

Ort, Datum: Aarau, 19.11.18

Michael Auchli
Hunziker, Zarn & Partner

Anhang 3

Bodenuntersuchungen

Aktennotiz

Basler & Hofmann

Datum	26. Februar 2019
Dokument Nr.	05884.015 - 01
Erstellt von:	Jessica Abt, Basler & Hofmann AG Daniela Oriet, Basler & Hofmann AG
Verteiler	Tiefbauamt Kanton Bern Oberingenieurkreis II Schermenweg 11 / Postfach 3001 Bern

Basler & Hofmann AG
Ingenieure, Planer und Berater

Bachweg 1
Postfach
CH-8133 Esslingen
T +41 44 387 15 22
F +41 44 387 15 00

www.baslerhofmann.ch

Instandstellungsprojekt Aare N06, 3627 Heimberg

Bodenuntersuchungen

1. Erhebungen

Zur Erhebung der Bodeneigenschaften wurden am 20.02.2019 16 Handbohrungen mit einem Flügelbohrer ausgeführt und die Bodeneigenschaften nach Datenschlüssel 6.2 (Anhang 2b) aufgenommen. Die Lage der Bohrungen findet sich im Plan in Anhang 1, die Beschreibung der Bohrungen in Anhang 2a.

2. Bodeneigenschaften

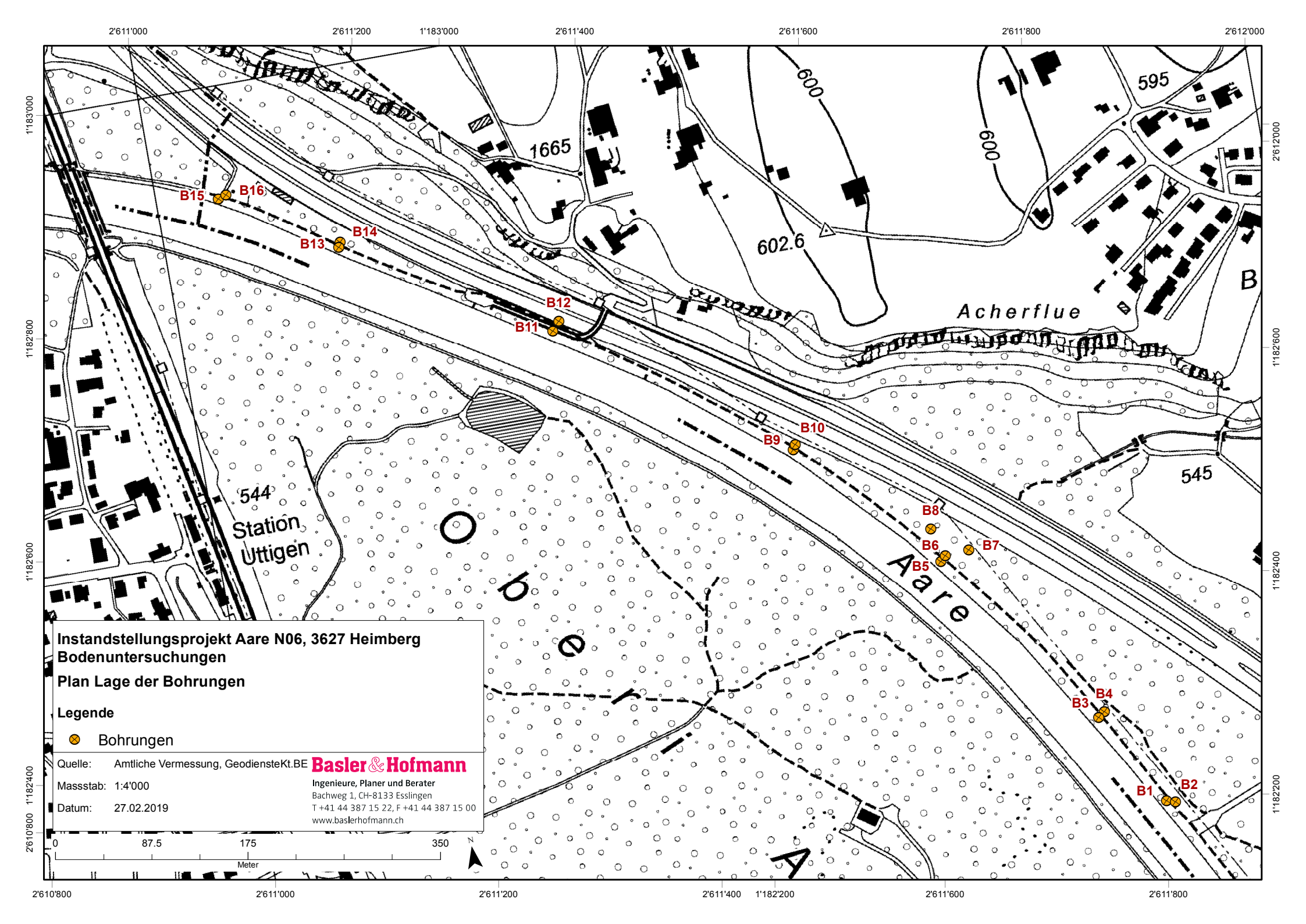
In untenstehender Tabelle sind die Bodeneigenschaften zusammengefasst.

Mächtigkeit Oberboden (OB)	[cm]	5 - 60; Ø 22
Pflanzennutzbare Gründigkeit (pnG)	[cm]	5 – 35; Ø 18
Ton OB	[%]	8 – 27; Ø 16
Schluff OB	[%]	5 – 25; Ø 17
Sand OB	[%]	42 – 68; Ø 55
Org. Substanz OB	[%]	6 – 19; Ø 13

3. Interpretation der Bodeneigenschaften

Die Böden im Projektperimeter sind wenig entwickelte, flachgründige Waldböden mit einem hohen Gehalt an Sand und Kies. Die Böden weisen keine Verdichtungs- oder Vernässungsmerkmale auf und haben einen hohen Humusgehalt von durchschnittlich 13 %. Die Böden bestehen ausschliesslich aus Oberboden, Unterboden ist keiner vorhanden. Die Abtragsmächtigkeit der Böden beträgt 20 bis 25 cm.

Anhang 1: Plan Lage der Bohrungen
Anhang 2: Protokolle Bohrungen (inkl. Datenschlüssel 6.2)
Anhang 3: Fotos



Instandstellungsprojekt Aare N06, 3627 Heimberg
Bodenuntersuchungen

Plan Lage der Bohrungen

Legende

⊗ Bohrungen

Quelle: Amtliche Vermessung, GeodiensteKt.BE

Massstab: 1:4'000

Datum: 27.02.2019

Basler & Hofmann
Ingenieure, Planer und Berater
Bachweg 1, CH-8133 Esslingen
T +41 44 387 15 22, F +41 44 387 15 00
www.baslerhofmann.ch

Gefüge: Gr1 → Granulat

Projekt: Heimberg

Basler & Hofmann

Standort	Geländeform	WHG	Typ	Untertypen	Nutzungseignung	Horizont	von Tiefe	bis Tiefe	Gefüge	organische Substanz %	Kies %	Steine %	Ton %	Schluff %	Karbonat	pH	Wurzeln	Bodenschicht	Verdichtung	Farbe	Pflanzennutzbare Gründigkeit	Bemerkungen
B1	f	d		kE		O	0	2													35	Koordinaten 1182207.6/2611811.4
Art der Sondierung: H/U						Aa	0	60	Kr	13	31	8	8	11	++		+	OB	-	dbr-schw	35	
Bohrtiefe: 60cm (Aufgestanden)						C	60		Ek													
Grundwasserstand:																						
Vegetation: WA																						
Neophyten:																						
Wurzeln bis: 60																						
Foto Nr:																						

* → Mit Hdl (meissel kommt nur tiefe, mostly fällt aber raus... sehr sandig
→ Mit Flügelbohr → Purer Stein/Kies

Standort	Geländeform	WHG	Typ	Untertypen	Nutzungseignung	Horizont	von Tiefe	bis Tiefe	Gefüge	organische Substanz %	Kies %	Steine %	Ton %	Schluff %	Karbonat	pH	Wurzeln	Bodenschicht	Verdichtung	Farbe	Pflanzennutzbare Gründigkeit	Bemerkungen
B2	Bj	e		kE		O	0	3													23	Koordinaten 1182208.5/2611818.2
Art der Sondierung: H/U/S						Aa	3	20	kr	13	6	1	3	11	(+)		+	OB	-	dbr	16	
Bohrtiefe: 45 (Aufgestanden)						AC	20	45	kr/Ek	3	25	18	7	14	++		+			gr/dbr	7	Mischung sandig org mat.
Grundwasserstand:																						
Vegetation: WA																						
Neophyten:																						
Wurzeln bis: 45																						
Foto Nr:																						

* → Ähnlich wie B1 aber 2 Horizonte sehr sandig Loch begrenzt: ca 50cm steine flach & beige sand

Standort	Geländeform	WHG	Typ	Untertypen	Nutzungseignung	Horizont	von Tiefe	bis Tiefe	Gefüge	organische Substanz %	Kies %	Steine %	Ton %	Schluff %	Karbonat	pH	Wurzeln	Bodenschicht	Verdichtung	Farbe	Pflanzennutzbare Gründigkeit	Bemerkungen
B3	J	e		kE																	18	Koordinaten 1182293.5/2611762.9
Art der Sondierung: H/U						Aa	0	19	kr	19	8	3	17	21	(+)		+	OB	-	schw	17	
Bohrtiefe: 20 (Aufgestanden)						(A)C	19	20	Ek	6	18	41	17	25	++		+				1	
Grundwasserstand:																						
Vegetation: WA																						
Neophyten:																						
Wurzeln bis: 20																						
Foto Nr:																						

wenige Sand als 1,2

→ Mehrmals eingestochen, nicht weiter als 20 gekommen

Aufnahmedatum: 20.02.19

Kürzel: ABJ

(Fluvisol)

Projekt: Heimberg

Basler & Hofmann

B 4 | j | e | kH | Pflanzennutzbare Gründigkeit: 18 | Koordinaten 1182299.3/2611768.9

Art der Sondierung: H
Bohrtiefe: 45 (Aufgestanden)
Grundwasserstand:
Vegetation: WA
Neophyten:
Wurzeln bis:
Foto Nr:

Horizont	von Tiefe	bis Tiefe	Gefüge	organische Substanz %	Kies %	Steine %	Ton %	Schluff %	Karbonat	pH	Wurzeln	Bodenschicht	Verdichtung	Farbe	Pflanzennutzbare Gründigkeit	Bemerkungen
Aa	0	15	kr	15	25	10	9	15	(+)		+	OB	–	dkl/schw	10	
BC	15	35	kr/Ek	9	25	20	8	15	++		+		–	gr/schw	6	
(B)C	35	42	Ek	3	50	25	8	10	+++		+		–	gr/schw	2	

B 5 | j | e | kH | Pflanzennutzbare Gründigkeit: 17 | Koordinaten 1182458.1/2611645.9

Art der Sondierung: H
Bohrtiefe: 25 (Aufgestanden)
Grundwasserstand:
Vegetation: WA
Neophyten:
Wurzeln bis:
Foto Nr:

Horizont	von Tiefe	bis Tiefe	Gefüge	organische Substanz %	Kies %	Steine %	Ton %	Schluff %	Karbonat	pH	Wurzeln	Bodenschicht	Verdichtung	Farbe	Pflanzennutzbare Gründigkeit	Bemerkungen
Aa	0	24	kr	19	31	2	16	20	(+)++		+	OB	–	SW/dkl	16	
(A)C	24	25	Ek	8	29	18			+++		+		–	gr/sw	1	

B 6 | j | e | kE | 0 | 0 | 5 | Pflanzennutzbare Gründigkeit: 10 | Koordinaten 1182470.9/2611651.2

Art der Sondierung: H
Bohrtiefe: 19 cm
Grundwasserstand:
Vegetation: WA
Neophyten:
Wurzeln bis:
Foto Nr:

Horizont	von Tiefe	bis Tiefe	Gefüge	organische Substanz %	Kies %	Steine %	Ton %	Schluff %	Karbonat	pH	Wurzeln	Bodenschicht	Verdichtung	Farbe	Pflanzennutzbare Gründigkeit	Bemerkungen
Aa	5	19	kr	16	18	11	11	15	(+)		+	(OB)	–	SW/dkl	10	

viel Streu drüber

Aufnahmedatum: 20.02.19

Kürzel: ABJ

Projekt: Heimberg

Basler & Hofmann

Standort	Geländeform	WHG	Typ	Untertypen	Nutzungseignung	Horizont	von Tiefe	bis Tiefe	Gefüge	organische Substanz %	Kies %	Steine %	Ton %	Schluff %	Karbonat	pH	Wurzeln	Bodenschicht	Verdichtung	Farbe	Pflanzennutzbare Gründigkeit	Bemerkungen
B 7	a	e		kR		0	0	8													12	Koordinaten 1182492 1/2611643.0
Art der Sondierung: H						Aa	8	20	Kr(-Sp)	18	8	2	21	15	+++		+	OB	–	dbr(sw) (rötlich)	11	
Bohrtiefe: 25						(A)C	20	25	Kr/Ek	5	28	20	21	20	+++		+		–	dbr	1	
Grundwasserstand: –																						
Vegetation: WA																						
Neophyten:																						
Wurzeln bis: 25																						
Foto Nr:																						

→ Etwas Bodenartiger

B 8	a	e		kE																	20	Koordinaten 1182466.5/2611672.6
Art der Sondierung: H						Aa	0	20	Kr	16	7	1	15	15	(+)		+	OB	–	sw	18	
Bohrtiefe: 42						C	20	42	Ek	1	60	7	6	7	+++		+		–	gr	2	sehr sandig/kiesig
Grundwasserstand: —																						
Vegetation: WA																						
Neophyten:																						
Wurzeln bis: 42																						
Foto Nr:																						

klare Schichtgrenze

B 9	h-f	e		kR																	20	Koordinaten 1182579.3/2611533.4
Art der Sondierung: H						Aa	0	22	Kr	13	8	2	16	15	+++		+	OB	–	sw	20	
Bohrtiefe: 22 (Aufgestanden)																						
Grundwasserstand:																						
Vegetation:																						
Neophyten:																						
Wurzeln bis:																						
Foto Nr:																						

Aufnahmedatum: 20.02.19

Kürzel: ABJ

Projekt: Heimberg

Aa > 10% OS
Ah ← 2-9% OS
A < 2% OS

Basler & Hofmann

Standort	Geländeform	WHG	Typ	Untertypen	Nutzungseignung	Horizont	von Tiefe	bis Tiefe	Gefüge	organische Substanz %	Kies %	Steine %	Ton %	Schluff %	Karbonat	pH	Wurzeln	Bodenschicht	Verdichtung	Farbe	Pflanzennutzbare Gründigkeit	Bemerkungen
B 10	b	2																			24	Koordinaten 1182587.7/2611532.9
Art der Sondierung: H						Aa	0	25	Kr	11	6	15	15	15	+++		+	OB	–	sw	20	
Bohrtiefe: 37 (Aufgestanden)						AC	25	37	Kr/Ek	7	12	17	12	15	+++		+	–	–	sw/gr	4	
Grundwasserstand:																						
Vegetation:																						
Neophyten:																						
Wurzeln bis:																						
Foto Nr:																						

* B 11 f (nicht als Boden definiert)

																	Koordinaten 1182725.6/2611333.3
Art der Sondierung: H						Of	0	8	Kr	1?	–	–	5	5			+	–	–	dbr		
Bohrtiefe: 15 (Aufgestanden)						Oh/Ah	8	15	Kr	?	–	–	7	5			+	–	–	hbr		
Grundwasserstand:																						
Vegetation:																						
Neophyten:																						
Wurzeln bis:																						
Foto Nr:																						

→ Nur Streuschicht, dann Aufgestanden

B 12	2															9	Koordinaten 1182732.9/2611338.9
Art der Sondierung: H						Aa	0	10	Kr	9	11	19	11	15	++(+)		+	OB	–	dbr/sw	7	
Bohrtiefe: 20 (Aufgestanden)						C	10	20	Ek	0	15	30	6	10	+++		+		–	be	2	
Grundwasserstand:																						
Vegetation: Kiese																						kein Auflagehorizont
Neophyten:																						
Wurzeln bis:																						
Foto Nr:																						

→ Konnte nicht zur Mast & best. Weg aufgenommen werden da durchgängig Kies → siehe Foto (stattdessen an Rand von best. Weg)

Aufnahmedatum: 20.02.19

Kürzel: ABJ

Projekt: Heimberg

Basler & Hofmann

Standort	Geländeform	WHG	Typ	Untertypen	Nutzungseignung	Horizont	von Tiefe	bis Tiefe	Gefüge	organische Substanz %	Kies %	Steine %	Ton %	Schluff %	Karbonat	pH	Wurzeln	Bodenschicht	Verdichtung	Farbe	Pflanzennutzbare Gründigkeit	Bemerkungen
B13	f-j	e		kH																	15	Koordinaten 1182835.4/2611155.2
Art der Sondierung: H						Aa	0	25	Kr	11	35	10	15	20	++(+)		+	(OB)	–	sw-(gr)	14	viele viele Kieselsteine
Bohrtiefe: 33						AC	25	33	Ek(Kr)	2	45	10	15	20	+++		+		–	sw-(gr)	1	noch mehr Kieselsteine
Grundwasserstand:																						
Vegetation: WA/Bö																						
Neophyten:																						
Wurzeln bis:																						
Foto Nr:																						

B14	b-f	e		kH																	14	Koordinaten 1182839.9/2611160.3
Art der Sondierung: H						Aa	0	35	Kr-Sp	8	16	10	27	25	++(+)		+	OB	–	dbr	12	
Bohrtiefe: 58 (Aufgestanden)						Cg(g)	35	57	Ko	0	14	2	42	35	+++		+	–	(+)	gr	2	
Grundwasserstand:						C	57	58	Ek	0	20	30	42	35	?		+	–	?	gr		Steine
Vegetation: WA																						
Neophyten: <																						
Wurzeln bis: 58																						
Foto Nr:																						

B15	f-j	e		kR																	23	Koordinaten 1182897.0/2611055.7
Art der Sondierung: H						Aa	0	25	Kr-Sp	9	12	1	24	25	+++		+	OB	–	sw/dbr	22	
Bohrtiefe: 27 (Aufgestanden)						AC	25	27	Ek	2	30	30	24	25	+++		+	–	–	//	1	
Grundwasserstand:																						
Vegetation: WA																						
Neophyten:																						
Wurzeln bis: 27																						
Foto Nr:																						

- Etwas weiter unten (Richtung Fluss) beginnt Steinbank

Aufnahmedatum: 20.02.19

Kürzel: ABJ.

Projekt: Heimberg

Basler & Hofmann

Standort	Geländeform	WHG	Typ	Untertypen	Nutzungseignung	Horizont	von Tiefe	bis Tiefe	Gefüge	organische Substanz %	Kies %	Steine %	Ton %	Schluff % (knapp ausrollbar)	Karbonat	pH	Wurzeln	Bodenschicht	Verdichtung	Farbe	Pflanzennutzbare Gründigkeit	Bemerkungen
B16	a	e		kR																	5	Koordinaten 1182902.2/2611063.9
Art der Sondierung: H						Aa	0	5	Sp/kr	6	12	2	22	25	+++		+		-	br	4	
Bohrtiefe: 15						C	5	15	EK	0	35	20	16	21	+++		+		-	gr-br	1	
Grundwasserstand: -																						
Vegetation: Wiese																						ohne Auflagehorizont
Neophyten:																						
Wurzeln bis:																						
Foto Nr:																						

→ B11.2f		e		kR																	29	Koordinaten 1182727.43/2611334.47
Art der Sondierung: H						Aa	0	18	kr	9	6	10	14	15	+++		+		-	dbr/sw	15	
Bohrtiefe: 40 (aufgestanden)						(A)C	18	21	kr	1			8	10	+++		+		-	be	3	
Grundwasserstand:						AC	21	40	kr	10	20	20	16	15	++		+		-	dbr/sw	11	
Vegetation: WA/Bö																						Mächtiger Auflage-horizont
Neophyten:																						
Wurzeln bis:																						
Foto Nr:																						

B																					Koordinaten
Art der Sondierung:																					
Bohrtiefe:																					
Grundwasserstand:																					
Vegetation:																					
Neophyten:																					
Wurzeln bis:																					
Foto Nr:																					

Aufnahmedatum: 20.2.19

Kürzel: ABJ

Datenschlüssel 6.2 für Profilblatt *(mit Ergänzungen Bodenkartierung Kanton Solothurn, März 2015 ■)*

3 Profilart
P Profil
B Böschung, Kiesgrube
C Bohrung Bohrfahrzeug
H Bohrung Holländer
U Pürckhauer
X andere

16 Bodentypen (Auswahl)		**17**
O	Regosol	1322
F	Fluvisol	1322
R	Rendzina	1333
K	Kalkbraunerde	1353
B	Braunerde	1352
T	Parabraunerde	1355
E	Saure Braunerde	1351
Q	Braunpodsol	1361
P	Eisenpodsol	1368
Z	Phänozem	2342
Y	Braunerde-Pseudogley	4356
I	Pseudogley	4376
V	Braunerde-Gley	6352
W	Buntgley	6376
G	Fahlgley	6386
N	Halbmoor	6582
M	Moor	6592
A	Aueboden	8322
X	*Auffüllung* ■	-

18 Untertypen
P Profilschichtung/-umlagerung
PE erodiert
PK kolluvial
PM anthropogen
PA alluvial
PU überschüttet
PS auf Seekreide
PP polygenetisch
PL aeolisch
PT mit Torfzwischenschicht(en)
PD stark durchlässiger Untergrund
PB terrassiert ■
V Vermittlungsart/extr. Körnung
VL lithosolisch (< 10 cm u.T.)
VF auf Fels (10 – 60 cm u.T.)
VU kluftig
VA karstig
VB blockig
VK psephitisch (extr. kiesig)
VS psammitisch (extr. sandig)
VT pelitisch (extr. feinkörnig)
E Säuregrad (pH $CaCl_2$)

E0	alkalisch	> 6,7
E1	neutral	6,2 - 6,7
E2	schwach sauer	5,1 - 6,1
E3	sauer	4,3 - 5,0
E4	stark sauer	3,3 - 4,2
E5	sehr stark sauer	< 3,3

K Karbonatgehalt
KE teilw. entkarbonatet
KH karbonathaltig
KR karbonatreich
KF kalkflaumig
KT kalktuffig
KA natriumhaltig
F Verteilung des Fe-Oxids
FB verbraunt
FP podsolig
FE eisenhüllig
FQ quarzkörnig
FM marmoriert
FK konkretionär
FG graufleckig
FG graufleckig marmoriert ■
FN nassgebleicht ■
FR rubefiziert
Z Gefüge, Zustand
ZS krümelig, bröcklig (stabil)
ZK klumpig
ZT tonhüllig
ZV vertisolisch
ZL labilaggregiert
ZP pelosolisch
L Lagerungsdichte
L1 locker
L2 verdichtet
L3 kompakt
L4 verhärtet
LM mechanisch verdichtet ■
I Staunässe
I1 schwach pseudogleyig
I2 pseudogleyig
I3 stark pseudogleyig
I4 sehr stark pseudogleyig
G Fremdnässe wechselnd
G1 grundfeucht
G2 schwach gleyig
G3 gleyig
G4 stark gleyig
G5 sehr stark gleyig
G6 extrem gleyig
R Fremdnässe dauernd
R1 schwach grundnass
R2 grundnass
R3 stark grundnass
R4 sehr stark grundnass
R5 sumpfig
D Drainage
DD drainiert
M org. Substanz aerob
ML rohhumos
MF modrighumos
MA humusarm
MM mullhumos
MH huminstoffreich
O org. Substanz hydromorph
OM anmoorig
OS sapro-organisch
OA antorfig
OF flachtorfig
OT tieftorfig
T Typenausprägung
T1 schwach ausgeprägt
T2 ausgeprägt
T3 degradiert
H Horizontierung
HD diffus
HA abrupt horizontiert
HU unregelmässig horizontiert
HB biologisch durchmischt
HT tiefgepflügt, rigolt

Skelettgehalt (Vol.-%)

19 OB Schätzung / 20 UB Schätzung ■		
0	skelettfrei, skelettarm	< 5 %
1	schwach skeletthaltig	5 - 10 %
2	kieshaltig *	10 - 20 %
3	steinhaltig	10 - 20 %
4	stark kieshaltig *	20 - 30 %
5	stark steinhaltig	20 - 30 %
6	kiesreich *	30 - 50 %
7	steinreich	30 - 50 %
8	Kies *	> 50 %
9	Geröll. Geschiebe	> 50 %

* höchstens 1/3 Grobskelett (● > 5 cm)

Skelettgehalt Waldböden (Vol.-%) ■		
0	*skelettfrei, skelettarm*	*0 - 5 %*
1	*schwach skeletthaltig*	*5 - 10 %*
2	*skeletthaltig*	*10 - 20 %*
4	*stark skeletthaltig*	*20 - 30 %*
6	*skelettreich*	*30 - 50 %*
8	*Kies, Geröll, Geschiebe*	*> 50 %*

Feinerdekörnung

	21 OB Labor/ 22 UB Labor ■	Ton %	Schluff %
1	Sand S	0 - 5	0 - 15
2	schluffiger Sand uS	0 - 5	15 - 50
3	lehmiger Sand lS	5 - 10	0 - 50
4	lehmreicher Sand lrS	10 - 15	0 - 50
5	sandiger Lehm sL	15 - 20	0 - 50
6	Lehm L	20 - 30	0 - 50
7	toniger Lehm tL	30 - 40	0 - 50
8	lehmiger Ton lT	40 - 50	0 - 50
9	Ton T	50 - 100	0 - 50
10	sandiger Schluff sU	0 - 10	50 - 70
11	Schluff U	0 - 10	70 - 100
12	lehmiger Schluff lU	10 - 30	50 - 90
13	toniger Schluff tU	30 - 50	50 - 70

23 Wasserhaushaltsgruppen
Senkrecht durchwaschene Böden
Normal durchlässig
a sehr tiefgründig
b tiefgründig
c mässig tiefgründig
d ziemlich flachgründig
e flachgründig und sehr flachgründig
Stauwasserbeeinflusst
f tiefgründig
g mässig tiefgründig
h ziemlich flachgründig
i flachgründig und sehr flachgründig
Grund- oder hangwasserbeeinflusst
k tiefgründig
l mässig tiefgründig
m ziemlich flachgründig
n flachgründig und sehr flachgründig
Stauwassergeprägte Böden
Selten bis zur Oberfläche porengesättigt
o mässig tiefgründig und tiefgründig
p ziemlich flachgründig und flachgründig
Häufig bis zur Oberfläche porengesättigt
q ziemlich flachgründig
r flachgründig und sehr flachgründig
Grund- oder hangwassergeprägte Böden
Selten bis zur Oberfläche porengesättigt
s tiefgründig
t mässig tiefgründig
u ziemlich flachgründig und flachgründig
Häufig bis zur Oberfläche porengesättigt
v mässig tiefgründig
w ziemlich flachgründig und flachgründig
meist bis zur Oberfläche porengesättigt
x ziemlich flachgründig
y flachgründig und sehr flachgründig
dauernd bis zur Oberfläche porengesättigt
z sehr flachgründig

24 Pflanzennutzbare Gründigkeit		
0	extrem tiefgründig	> 150 cm
1	sehr tiefgründig	100 - 150 cm
2	tiefgründig	70 - 100 cm
3	mässig tiefgründig	50 - 70 cm
4	ziemlich flachgründig	30 - 50 cm
5	flachgründig	10 - 30 cm
6	sehr flachgründig	< 10 cm

26 Geländeform		
a	eben	0 - 5 %
b	gleichmässig geneigt	5 - 10 %
c	konvex	- 10 %
d	konkav	- 10 %
e	ungleichmässig	0 - 10 %
f	gleichmässig geneigt	10 - 15 %
g	konvex	- 15 %
h	konkav	- 15 %
i	ungleichmässig	0 - 15 %
j	gleichmässig geneigt	15 - 20 %
k	gleichmässig geneigt	20 - 25 %
l	konvex	- 25 %
m	konkav	- 25 %
n	ungleichmässig	0 - 25 %
o	gleichmässig geneigt	25 - 35 %
p	konvex	- 35 %
q	konkav	- 35 %
r	ungleichmässig	0 - 35 %
s	gleichmässig	35 - 50 %
t	konvex	- 50 %
u	konkav	- 50 %
v	ungleichmässig	0 - 50 %
w	gleichmässig	50 - 75 %
x	ungleichmässig	0 - 75 %
y	gleichmässig	> 75 %
z	ungleichmässig	0 - > 75 %

Horizontbezeichnung
29 Hauptrolle
A Organo-mineral. Oberboden (< 30 % OS)
B Unterbodenhorizont
C Untergrund (Ausgangsmaterial)
E Eluvial – oder Auswaschungshorizont
I Illuvial – oder Einwaschungshorizont
O Organischer Auflagehorizont (> 30 % OS)
R Felsunterlage
T Torf / hydromorpher organischer Horizont
AB Übergangshorizont
B/C Komplexhorizont
II, III Gesteinswechsel

30 Unterteilung der Haupthorizonte
a anmoorig (> 10 % OS)
b begraben
ch chem. verwittert
cn mit Konkretionen
f Fermentationszone
fe Fe- Anreicherung
fo fossil
g rostfleckig
gg bunt (hydromorph)
h Humusstoffzone
hh oberste, schwarze Humusstoffzone ■ *(Wald)*
k kalkflaumig, -tuffig
l Streuezone (Litter)
m massiv, zementiert
na Na-Anreicherung
ox Fe/Al-Oxid-Anreicherung
p Pflugschicht
q quarzkörnig
r reduziert
sa Salzanreicherung
st gut strukturiert
t Tonanreicherung
vt vertisolisch, schwundrissig
w Verwitterung d. Ausgangsmaterials
x kompakt
y aufgefüllter Horizont ■
z Zersatz des Muttergesteins
( ) schwach ausgeprägt
[ ] nur stellenweise vorhanden

31 Gefüge: Form
Gr Granulate ■
Kr Krümelgefüge
Sp Subpolyedergefüge
Po Polyedergefüge
Pr Prismengefüge
Pl Plattengefüge
Ko Kohärentgefüge
Ek Einzelkorngefüge
osm schwammig, ofi filzig, obl blättrig } organisch
anthropogene Gefüge ■
Br Bröckel
Klr Klumpen rundlich
Klk Klumpen kantig
Fr Fragmente

32 Grössenklasse (●)

1	<	2 mm
2	2 -	5 mm
3	*5 -*	*10 mm* ■
4	*10 -*	*20 mm* ■
5	*20 -*	*50 mm* ■
6	*50 -*	*100 mm* ■
7	*>*	*100 mm* ■

44 Kalk ($CaCo_3$)
0 kein $CaCO_3$
1 nur im Skelett $CaCO_3$
2 $CaCO_3$ ± vorhanden, gel. Aufbrausen
3 schwaches Aufbrausen (+)
4 mittleres Aufbrausen (++)
5 starkes Aufbrausen (+++)

59 Exposition
N, NE, E, SE, S, SW, W, NW (● = keine Exp.)

61 Vegetation (aktuell)
AK Acker offen
KW Kunstwiese
WI Dauerwiese
WE Dauerweide
BG Baumgarten
SO Intensivobstanlagen
SG Gemüse, Garten
SB Beeren
SR Reben
BK Krautvegetation
BS Strauchvegetation
WA Wald
SL Streueland
RI Riedland
MO Moor
UW Grasland (Urwiese)
OL anthropogenes Ödland
XX andere

62 Ausgangsmaterial
TO Torf
TU Tuff
SK Seekreide
SA Sand
LO Löss
HS Hangschutt (Bergsturz)
AL Alluvionen
KO Kolluvionen
HL Hanglehm
SL Seebodenlehm
SC Schotter *
MS schottrige Moräne *
MO Moräne *
MG Grundmoräne *
ME Mergel
TN Ton
TS Tonschiefer
SS Sandstein
KG Konglomerat
KS Kalkstein
DO Dolomitgestein
RW Rauwacke
GR Granit
GN Gneis
SF Schiefer

63 *
..1: Günz
..2: Mindel
..3: Riss
..4: Würm
..5: nacheiszeitlich

64 Landschaftselement	
EE Ebene	- 5 %
TM Talmulde	- 10 %
TS Talsohle	- 15 %
TC Tälchen	- 15 %
SF Schwemmfächer	- 15 %
SK Schuttkegel	- 25 %
TW Talwall	- 25 %
TT Talterrasse	- 15 %
HT Hangterrasse	- 15 %
PF Plateau	- 15 %
KR Kuppe, Rücken	- 25 %
HF Hangfuss	- 25 %
HH Flachhang	- 25 %
HX Steilhang	- 50 %
HY Steilhang	- 75 %
HZ extr. Steilhang	> 75 %
HR Rutschhang	
HM Hangmulde	
ER Erosionsrinne	
HP Hangrippe	

65 Kleinrelief
1 Konvex- (Verlust) lage
2 Konkav- (Gewinn) lage
0 ausgeglichen

66 Krumenzustand
1 gut
2 mässig gestört
3 stark gestört

67 Limitierende Eigenschaften
des Bodens
A Bodenart
C Chemismus
D Durchlässigkeit
F Fremdnässe
G nutzbarer Wurzelraum
I Staunässe
S Bodenskelett
U Untergrund extrem durchlässig
Z Zustand Gefüge
der Topographie
L Lage im Relief
N Hangneigung
O Oberflächengestalt
des Klimas
K Klimatische Lage
H Höhenstufen
X Exposition
Y Niederschläge

68 Nutzungsbeschränkungen
B maschinelle Bearbeitung/Bewirtschaftung
E Erosion
G Gründigkeit
M Mikroklima (Frost, Wind etc.)
P Überschüttung
Q Querflutung
R Rutschung
T Tragfähigkeit
V Vegetationsdauer
W Wasser-/Lufthaushalt

69/70 Meliorationen
Verbesserung Wasser-/Lufthaushalt
WR Röhrenentwässerung
WM Maulwurfdrainage
WU Untergrundlockerung
WQ Quellfassung
WG Grabenentwässerung
WV Vorflutregulierung
WB Bewässerung
Oberflächenanpassung
OE Einebnung
OS Säuberung
OT Terrassierung
OR Rekultivierung
Bodenerhaltende Massnahmen
EU Übersandung
EH Humusierung
ET Tiefpflügen
EB Dauerbegrünung
EF Aufforstung
EW Windschutz
EG Gefügestabilisierung
Korrektur Bodenchemismus
CK Aufkalkung
CD Ergänzungs-/Ausgleichsdüngung
CS Salzauswaschung
CA Einbringung von Absorptionsträgern

71 Einsatz feste Dünger
1 normal
2 Vorsicht
3 erhöhte Vorsicht
4 keine Anwendung

72 Einsatz flüssige Dünger / Risikostufen
1 geringes Risiko
2 mittleres Risiko
3 hohes Risiko
4 sehr hohes Risiko

73 Fruchtbarkeitsstufen	**74 Punkte**
1 Fruchtbarkeitsstufe 1	90 - 100
2 Fruchtbarkeitsstufe 2	80 - 89
3 Fruchtbarkeitsstufe 3	70 - 79
4 Fruchtbarkeitsstufe 4	50 - 69
5 Fruchtbarkeitsstufe 5	35 - 49
6 Fruchtbarkeitsstufe 6	20 - 34
7 Fruchtbarkeitsstufe 7	10 - 19
8 Fruchtbarkeitsstufe 8	0 - 9

75 Nutzungseignung (Ergänzung)
FO Uneingeschränkte Mähweidenutzung
FE Mähweidenutzung mit Einschränkungen
FW Mähweide-/Weidenutzung bevorzugt
FM Mähweide-/Mähnutzung bevorzugt
MM Mähwiese
WG Grossviehweide
WJ Jungviehweide
WK Kleinviehweide
SG Gemüse, SO Obst, SR Reben, SB Beeren, SZ Gewürze, SM Medizinalpflanzen } Spezialkulturen
OT Trockenstandort, ON Nassstandort } ökologische Bereicherungsflächen

76 Eignungsklasse
1 Uneingeschränkte Fruchtfolge 1. Güte
2 Uneingeschränkte Fruchtfolge 2. Güte
3 Getreidebetonte Fruchtfolge 1. Güte
4 Getreidebetonte Fruchtfolge 2. Güte
5 Futterbaubetonte Fruchtfolge
6 Futterbau bevorzugt; Ackerbau stark eingeschränkt
7 Gutes - mässig gutes Wies- und Weideland
8 Wiesland; nass, nur zum Mähen geeignet
9 Extensives Wies- und Weideland
10 Streueland

WALD

100 Humusformen
M Mull
Mt Mull, typisch
Mf Mull, moderartig
MHt Feucht-Mull, typisch
MHf Feucht-Mull, moderartig
F Moder
Fm Moder, mullartig
Fa Moder, typisch, feinhumusarm
Fr Moder, typisch, feinhumusreich
Fl Moder, rohhumusartig
FHm Feucht-Moder, mullartig
FHa Feucht-Moder, typisch, feinhumusarm
FHr Feucht-Moder, typisch, feinhumusreich
FHl Feucht-Moder, rohhumusartig
L Rohhumus
La Rohhumus, typisch, feinhumusarm
Lr Rohhumus, typisch, feinhumusreich
Lha Feucht-Rohhumus, typisch, feinhumusarm
LHr Feucht-Rohhumus, typisch, feinhumusreich
A Anmoor
T Torf

101 Bestand
a) Bestandestyp
Waldformen, Bestandesstruktur
100 schlagweiser Hochwald; 1-schichtig
200 schlagweiser Hochwald; mehrschichtig
300 Plenterwald oder andere stufige Bestände
400 (ehemaliger) Niederwald
500 (ehemaliger) Mittelwald
600 spez. Waldtypen: Gebüschwald, aufgelöste Bestockungen, Kleingehölz

Entwicklungsstufen
.10 Jungwuchs/Dickung (d_{dom} bis 10 cm)
.20 Stangenholz (d_{dom} 10 - 30 cm)
.30 schwaches und mittleres Baumholz (d_{dom} 30 - 50 cm)
.40 starkes Baumholz (d_{dom} > 50 cm)
.50 gemischt

Mischungsgrad
..1 91 – 100 % Nadelholz = Nadelholz rein
..2 51 – 90 % Nadelholz = Nadelholz gem.
..3 11 – 50 % Nadelholz = Laubholz gemischt
..4 0 – 10 % Nadelholz = Laubholz rein

b) Schlussgrad
1 gedrängt
2 normal - locker
3 räumig - aufgelöst
4 gedrängt/normal gruppiert
5 Stufenschluss

Baumhöhe
102 gemessene Höhe der (100) stärksten Bäume in m (Stichprobe)
103 geschätzte Höhe in m

Vorrat
104 gemessener Vorrat in m^3/ha
105 geschätzter Vorrat in m^3/ha

Alter J
106 "gemessenes" Alter in Jahren
107 geschätztes Alter in Jahren

108 Waldgesellschaft
1 – 71 (Nummer nach Ellenberg u. Klötzli)

109 Geeignete Baumarten
Aufzählung geeigneter BA-Kombinationen mittels offizieller Abkürzungen z.B. Es, Bah, Fi, Ta, Bu

110 Produktionsfähigkeitsstufe	**111 Punkte**
1 ausgezeichnet	92 - 100
2 sehr gut	80 - 91
3 gut	60 - 79
4 mässig	30 - 59
5 gering	10 - 29
6 sehr gering/kein Wald	0 - 9

Profilskizze Signaturen (Auszug)

Horizontgrenzen
diffus
deutlich
scharf
Klüfte
Taschen
Profilschluss

Org. Substanz Aerober Auflagehumus
lose Streu
lagige Streue
verfilzte Streue
fasrige OS
körnige od. flockige OS
Huminstoffe

Bodenskelett
f frisch, unverwittert
V verwittert
\+ karbonathaltig
– karbonatfrei
H Holz
K Kohle

Organo-min. Substanz
neutral
sauer

Hydromorphe Humusauflagen
wenig zersetzter Torf
ziemlich zersetzter Torf
stark zersetzter Torf
/h Humushüllen

Karbonate
Kalkflaum
Kalktuff (Kindel)
Karbonatgrenze

Hydromorphie
Konkretionen
Rostflecken
Marmorierung
Sesquioxidringe
r Reduziert
10.2.94 Wasserstand (Dat.)
w Wasseraustritt

Illuviale
Humine
/t Tonhüllen
Wurmtätigkeit
Schnecken
Wurzeln
Lockerung
Verdichtung

Fotos

Bohrung 1

Bohrung 2

Bohrung 3

Bohrung 4

Bohrung 5

Bohrung 6

Bohrung 7

Bohrung 8

Bohrung 9

Bohrung 10

Bohrung 11

Bohrung 12

Bohrung 13

Bohrung 14

Bohrung 15

Bohrung 16