LANAT- Abteilung
Naturförderung

Gemeinde
Schwarzenburg

Vorprojekt

Beilage 2.1

Gemeinde	Schwarzenburg / Heitenried (FR)	Datum Dossier	Mai 2021
Erfüllungspflichtiger	Gemeinde Schwarzenburg	Revidiert	
Gewässernummer	269	Projekt-Nr.	R2019.04
Gewässer	Sense	Plandatum	31.05.2021
Plan-Nr.		Format	A4

Sense Sodbach
Revitalisierung und Parkplatzlenkung

Unterlage

Technischer Bericht

Projektverfassende

Flussbau AG SAH
Schwarztorstrasse 7
3007 Bern

Tel 031 370 05 80
sah.be@flussbau.ch

Rothpletz, Lienhard + Cie AG
Blumenbergstrasse 50
3000 Bern 22

Tel. 031 330 84 84
rlibern@rothpletz.ch

Flussbau AG SAH
dipl. Ing. ETH/SIA flussbau.ch
Schwarztorstr. 7, CH-3007 Bern, Tel. 031-376 11 05

Rothpletz | Lienhard

Genehmigungsvermerke:

Amt für Landwirtschaft und Natur
Abt. Naturförderung

Gemeinde Schwarzenburg

Revitalisierung Sense Sodbach – Vorprojekt

Bern, 31.05.2021

Flussbau AG SAH
dipl. Ing. ETH/SIA flussbau.ch
Schwarztorstr. 7, CH-3007 Bern Tel. 031 - 370 05 80

Impressum

Projekttitel	Revitalisierung Sense Sodbach – Vorprojekt
Projektnummer	R2019.04
Auftraggeber	Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern Abt. Naturförderung & Gemeinde Schwarzenburg
Projektbearbeitung	Flussbau AG SAH, Schwarztorstrasse 7, 3007 Bern, Tel. 031 370 05 80 – Lukas Hunzinger, Dr. sc. techn., dipl. Kulturing. ETH – Pascal Wild, MSc Umwelt-Ing. ETH – Simone Grindat, MSc Umwelt-Ing. ETH – Delia Reichenbach, BSc Geographie Rothpletz, Lienhard + Cie AG, Blumenbergstrasse 50, 3000 Bern 22, Tel. 031 330 84 84 – Philippe Hofer, BSc FH Bau-Ing. – Markus Iseli, Tiefbauzeichner
Dokumentendatum	31.05.2021
Version / Verteiler	v1.0 / Projektausschuss (10.11.2020) v2.0 / Mitwirkung
Zitiervorschlag	Revitalisierung Sense Sodbach – Vorprojekt. *Flussbau AG SAH*. Projekt-Nr. R2019.04, Bern, 31.05.2021

Inhalt

1 Zusammenfassung 5

2 Auftrag und Organisation 7

2.1 Ausgangslage und Auftrag 7

2.2 Perimeter und Projektabgrenzung 7

2.3 Akteuranalyse 8

2.4 Projektorganisation 8

2.5 Genehmigungsverfahren und Projektablauf 10

2.6 Partizipation und Information 10

3 Verwendete Grundlagen 11

3.1 Projektspezifische Grundlagen 11

3.2 Technische Grundlagen 11

4 Ausgangssituation/ Ist - Zustand 13

4.1 Historische Analyse 13

4.1.1 Verbauungsgeschichte 13

4.1.2 Ereignisse 14

4.2 Charakterisierung des Einzugsgebiets 15

4.3 Flussmorphologie und Geschiebehaushalt 15

4.3.1 Flussmorphologie seit 1946 15

4.3.2 Korngrössen 17

4.3.3 Geschiebehaushalt und Sohlenveränderung 18

4.4 Klima und Hydrologie 18

4.4.1 Abflussregime 18

4.4.2 Hochwasserabflüsse 18

4.4.3 Niedrigwasser 19

4.5 Beurteilung bestehender Uferschutzbauten 19

4.5.1 Verbauungsarten und Zustand der Verbauung 19

4.6 Potenzieller Entwicklungsraum ohne Uferschutzbauten 20

4.7 Gefährdung durch die Sense 21

4.7.1 Überflutungsgefahr 21

4.7.2 Erosionsgefahr 21

4.7.3 Gefahrengebiete Sturz 22

4.8 Natur und Umwelt 23

4.8.1 Grundwasser 23

4.8.2 Oberflächengewässer und aquatische Ökosysteme 23

4.8.3 Umweltgefährdende Stoffe und Organismen 24

4.8.4 Vegetation 24

4.8.5 Lebensräume, Flora und Fauna 24

4.9 Aktuelle Nutzungen 25

4.10 Ausfahrtsituation 25
4.11 Projekte Dritter 25

5 Projektziele und Einschränkungen 27
5.1 Referenzzustand an der Sense 27
5.1.1 Definition des Referenzzustands 27
5.1.2 Referenzzustand an der Sense 27
5.2 Einschränkungen 27
5.3 Projektziele 27
5.3.1 Ökologische Zielsetzung 27
5.3.2 Naherholung 27
5.3.3 Schutzziele Hochwasserschutz 27

6 Variantenstudium 29
6.1 Konzept zur Parkplatzlenkung 29
6.2 Varianten zur Parkplatzlenkung 29
6.2.1 Variante 1: Schwerpunkt Parkplätze am Standort 1 29
6.2.2 Variante 2: Schwerpunkt Parkplätze am Standort 3 30
6.2.3 Variante 3a: Schwerpunkt Parkplätze am Standort 1 mit Überlauf (1x50) 32
6.2.4 Variante 3b: Schwerpunkt Parkplätze am Standort 1 mit Überlauf (2x25) 33
6.3 Bewertungsmatrix 35
6.4 Variantenbewertung 36
6.5 Entscheid zur Parkplatzlenkung 36
6.6 Massnahmen zur Ufersicherung 36
6.7 Variantenvergleich und -entscheid 37

7 Projektgrundlagen 39
7.1 Bemessungsabfluss 39
7.2 Morphologische Randbedingungen 39
7.3 Bemessung Ufersicherungen 39
7.3.1 Buhnenabstand 39
7.3.2 Fundationstiefe Buhnen 39
7.3.3 Verankerungen 40
7.4 Interventionslinie 41
7.5 Steinschlagschutz 41

8 Projektbeschreibung 43
8.1 Revitalisierung 43
8.2 Neue Parkplatzordnung 43
8.2.1 Übersicht 43
8.2.2 Parkierungsanlage PP1 44
8.2.3 Parkierungsanlage PP2 45
8.2.4 Parkierungsanlage PP3 45

8.2.5 Zufahrt PP1 bis PP3 *46*
8.2.6 Parkierungsanlage Freiburg *46*
8.3 Ufersicherungen 46
8.3.1 Blockbuhnen *47*
8.3.2 Baumbuhnen mit Interventionslinie *47*
8.3.3 Wurzelstammkasten mit Interventionslinie *47*
8.4 Steinschlagschutzdamm 48
8.5 Materialbilanz 48
8.5.1 Kiesmaterial *48*
8.5.2 Blöcke *49*
8.5.3 Holz *49*
8.5.4 Waldfläche *49*
8.5.5 Materialbilanz Zusammenstellung *50*
8.6 Unterhalt 50
8.6.1 Ufersicherungen *50*
8.6.2 Parkplätze *50*
8.6.3 Steinschlagschutzdamm *51*
9 Kostenschätzung **53**
9.1 Kostenschätzung Varianten 53
9.1.1 Kostenschätzung Blockbuhnen *53*
9.1.2 Kostenschätzung Baumbuhnen *54*
9.1.3 Kostenschätzung Wurzelstammkasten *55*
9.2 Kostenschätzung Vergleich 56
10 Bauausführung **57**
11 Projektauswirkungen **59**
12 Termine **61**

Anhang

Anhang A Fotodokumentation
Anhang B Variantenbewertung
Anhang C Linienzahlanalyse

1 Zusammenfassung

Im Sensegraben zwischen Plaffeien und Thörishaus fliesst die Sense in einem verzweigten Gerinne. Nur wenige menschliche Nutzungen beeinträchtigen die Dynamik des Gewässers. Der Sensegraben ist einerseits ein wertvoller und geschützter Naturraum und andererseits ein beliebtes Naherholungsgebiet. Ein Brennpunkt dieser Naherholung liegt im Bereich der Sodbachbrücke, wo auf dem ehemaligen Areal der Armee Autos parkiert werden. Diese Situation ist unbefriedigend, da die grossen Flächen unkontrolliert genutzt werden. Zudem sind die Ufersicherungen im Bereich der Parkplätze teilweise ungenügend und schränken den Entwicklungsraum der Sense ein. In der Vergangenheit hat es verschiedene Bestrebungen gegeben, die Parkplatznutzung zu optimieren und/oder die Sense zu revitalisieren.

Im Laufe Projekts fand stets ein Austausch mit den verschiedenen Interessengruppen statt. In einem ersten Schritt wurden Morphologische Grundlagen erarbeitet, Gefahren beurteilt und der Zustand und die Wirkung von Schutzbauten überprüft. Anschliessend wurden verschiedene Varianten erarbeitet und an Sitzungen diskutiert und bewertet. Am «Runden Tisch» vom 15. Juni 2020 hat man sich auf eine Variante festgelegt, die als Vorprojekt weiter ausgearbeitet wurde.

Für die Naherholung sind 3 Parkplätze auf der rechten Uferseite vorgesehen (Gemeinde Schwarzenburg, Kt. BE) und 1 Parkplatz auf der linken Uferseite (Gemeinde Heitenried, Kt. FR). Verteilt auf diese Standorte an der Sense sollen zukünftig 178 Parkplätze zur Verfügung stehen. Zusätzlich sind 50 weitere Parkplätze für Spitzenzeiten vorgesehen. Für die Parkplätze soll eine Parkgebühr erhoben werden. Die Parkplatzinfrastruktur wird mit einer neuen, zurückversetzen Ufersicherung vor Erosion durch die Sense geschützt und die abgestellten Fahrzeuge werden mit einem Erddamm vor der Gefahr von Steinschlag geschützt.

Es werden 3 verschiedene Varianten von Ufersicherungen vorgestellt. Alle Varianten haben den grossen Vorteil gegenüber der heutigen Verbauung die Quervernetzung zu verbessern und die Strömung gut zu strukturieren. Alle Varianten bieten Lebensraum für Fische und Kleinlebewesen in den Buhnenfeldern oder Holzstrukturen.
Blockbuhnen weisen eine hohe Lebensdauer auf, sind aber eher teuer und fügen sich schlechter im Landschaftsbild ein, als die beiden Holzvarianten. Baumbuhnen sind kostengünstig und benötigen einen minimalen Eingriff in die Natur. Ein Nachteil dieser Variante ist die kurze Lebensdauer. Wurzelstammkasten sind sehr wertvolle Habitate für Fische und Kleinlebewesen, weisen eine mittlere Lebensdauer auf sind aber nicht ganz kostengünstig.

Zur Revitalisierung der Sense werden die bestehenden Ufersicherungen zurückgebaut und die nicht für Parkplätze benötigten Flächen der Natur zurückgegeben. So kann sich die natürliche Dynamik der Sense auf einer Fläche von 14'600 m^2 neu entfalten und auf 1'700 m^2 kann sich eine natürliche Sukzession entwickeln.

2 Auftrag und Organisation

2.1 Ausgangslage und Auftrag

Die Sense ist in ihrem Oberlauf eines der wenigen, grossen natürlichen Fliessgewässer der Voralpen. Das Schwarzenburgerland mit Sense- und Schwarzwasserschlucht gehört daher auch dem Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler an (BLN, Nr. 1320).

Im Bereich von Schwarzenburg befand sich bis vor wenigen Jahren ein Schiessplatz der Armee direkt an der Sense. Das rechte Ufer wurde durchgehend mit einem Längswerk als Ufersicherung verbaut, als Schutz vor seitlicher Erosion. Dies diente zur Sicherung der militärischen Infrastruktur und der Verkehrswege. Seit der Schliessung des Schiessplatzes wurden drei grössere Flächen als Parkplätze für Autos und Wohnmobile genutzt um das Erholungsgebiet an der Sense zu nutzen. Da es sich um Naturschutzgebiet handelt, müssen die Parkplätze rückgebaut werden. Die Bevölkerung ist an einer Zugangsmöglichkeit zur Sense für die Naherholung interessiert und benötigt daher Parkmöglichkeiten. Somit zielt das Vorprojekt auf die Renaturierung der Sense und auf die Parkplatzlenkung ab.

Die Flussbau AG SAH hat im Auftrag der Abteilung Naturförderung und der Gemeinde Schwarzenburg das Vorprojekt Revitalisierung und Parkplatzlenkung bei Sense Sodbach erarbeitet.

2.2 Perimeter und Projektabgrenzung

Der Projektperimeter erstreckt sich links und rechts der Sense von der alten Sodbachbrücke an rund 600 m flussabwärts bis unterhalb des Parkplatzes PP3 (Siehe Abbildung 1). Der Perimeter umfasst Gebiete der Gemeinde Schwarzenburg (Kanton Bern) und Heitenried (Kanton Freiburg).

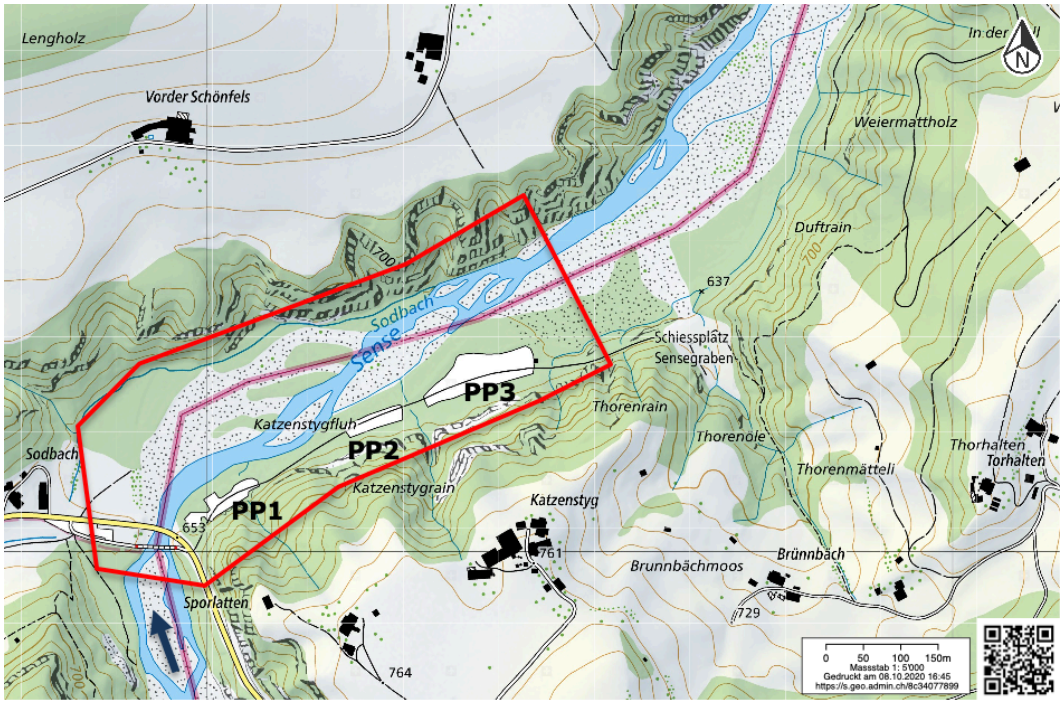


Abbildung 1: Projektperimeter in rot und frühere Parkplätze (PP1-PP3) [1].

2.3 Akteuranalyse

Nachfolgend sind alle projektrelevanten Akteure zusammengefasst (Siehe Tabelle 1). Für jede Akteursgruppe wird deren Bedeutung für das Projekt beurteilt sowie die Art festgelegt, wie sind in das Projekt eingebunden werden (Tabelle 1: Akteure, Projektrelevanz und Einbindung).

Tabelle 1: Akteure, Projektrelevanz und Einbindung

Akteursgruppe	Projektrelevanz			Einbindung über		
	Hoch	Mittel	Gering	Projektorganisation	Direkte Gespräche	Mitwirkung/ Vorprüfung
LANAT – Abteilung Naturförderung	x			Projektausschuss	x	x
Gemeinde Schwarzenburg	x			Projektausschuss	x	x
Gemeinde Heitenried	x			Projektausschuss	x	x
BE: TBA OIK II, Wasserbau		x		Projektausschuss	x	x
BE: LANAT Fischeiinspektorat	x			Projektausschuss	x	x
BE: KAWA Waldabteilung Voralpen	x			Projektausschuss	x	x
FR: AfU Sektion Gewässer	x			Projektausschuss	x	x
FR: WNA		x		Projektausschuss	x	x
weitere kantonale Fachstellen			x			x
IG: Sensegraben	x			Projektausschuss	x	x
Umweltorganisationen		x		Runder Tisch		x
Naturpark Gantrisch		x		Runder Tisch		x
Armasuisse		x		Runder Tisch	x	x

2.4 Projektorganisation

Für das Vorprojekt wurden verschiedene Fachbereiche miteinbezogen, um eine gute Qualität der Planung sicherzustellen. Für die einzelnen Fachbereiche wurden spezialisierte Fachbüros beauftragt. Die Beteiligten gehören dem Projektausschuss und/oder dem Planerteam und/oder dem «Runden Tisch» an. Dies kann im Organigramm entnommen werden (Abbildung 2). Alle beteiligten sind nachfolgend aufgelistet:

- Auftraggeber
  Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern
  LANAT – Abteilung Naturförderung
  Gemeinde Schwarzenburg
- Fachstellen
  BE: Tiefbauamt TBA, OIK II, Wasserbau
  BE: Amt für Landwirtschaft und Natur LANAT, Fischeiinspektorat
  BE: Amt für Wald und Naturgefahren, Waldabteilung Voralpen
  FR: Amt für Umwelt AfU, Sektion Gewässer
  FR: Amt für Wald und Natur WNA, Sektion Natur und Landschaft
- Interessenvertreter
  IG Sensegraben
  Umweltorganisationen
- Gemeinden
  BE: Schwarzenburg
  FR: Heitenried
- Auftragnehmer
  Flussbau AG SAH, Bern

im Unterakkord:
Rothpletz, Lienhard+Cie AG, Bern
IMPULS AG, Thun

Die Flussbau AG SAH war für die Fachbereiche Hydraulik und den Wasserbau zuständig. Zwei Unterakkordanten wurden zur Beantwortung von Teilfragen beigezogen. Dabei wurde die Planung der Parkplätze durch Rothpletz+Lienhard und die Gefahrenbeurteilung von Sturzprozessen durch die IMPULS AG durchgeführt.

Folgende Personen waren an der Erarbeitung des Projekts beteiligt:

Flussbau AG SAH	Dr. Lukas Hunzinger Pascal Wild Simone Grindat Delia Reichenbach
Rothpletz, Lienhard+Cie AG	Philippe Hofer Markus Iseli
IMPULS AG	Hans-Heini Utelli Stefanie Delfini

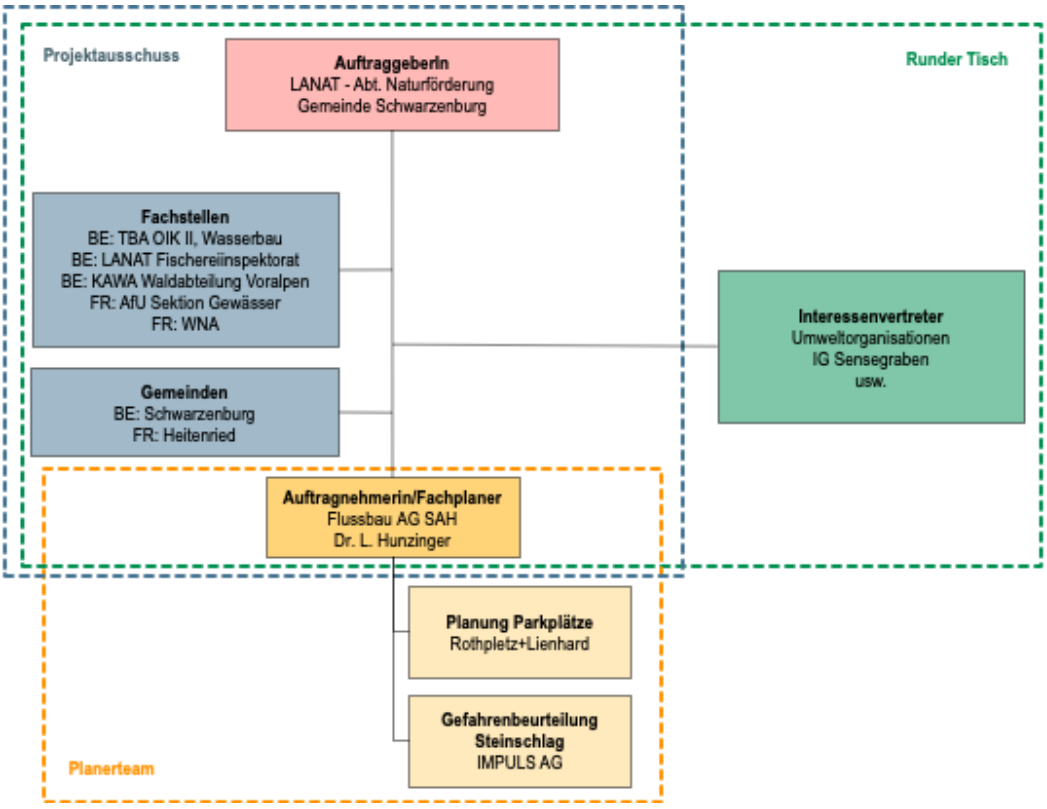


Abbildung 2: Organigramm für das VP Revitalisierung Sense Sodbach.

2.5 Genehmigungsverfahren und Projektablauf

Der Projektperimeter liegt auf der bern-freiburgischen Kantonsgrenze. Somit muss das Projekt gemäss den jeweiligen kantonalen Verfahren planrechtlich sichergestellt werden. Im Kanton Bern soll das Projekt in einem Wasserbauplanverfahren genehmigt werden, im Kanton Freiburg in einem Baubewilligungsverfahren.

2.6 Partizipation und Information

Eine gut geplante, transparente und aktive Kommunikation ist wichtig um eine Umsetzung dieses Projekts zu realisieren. Sitzungen dienen dem Wissensaustausch zwischen den verschiedenen Interessengruppen. Beim «Runden Tisch» nahmen rund 20 Personen aus Anstössergemeinden, der IG Sense, interessierten Verbänden und Vereinen sowie kantonalen Ämtern und Bundesämtern teil. Dabei einigte man sich auf eine Lösung, die als Vorprojekt weiter ausgearbeitet werden soll. Nachfolgend sind alle Termine aufgelistet bei denen öffentliche Information, Sitzungen oder der «Runde Tisch» stattfand.

Tabelle 2: Termine der Information und Partizipation

Termin	Massnahme	Ausführungen
02. April 2019	1. Runder Tisch	Charta: Ziele der Parkplatznutzung, Revitalisierung
08. April 2019	Öffentliche Information	«Einigkeit statt Grabenkämpfe» (srf.ch)
18. Juni 2020	Öffentliche Information	«Sodbach-Projekt konkretisiert sich» (freiburger-nachrichten.ch)
23. August 2019	Projektausschuss	Definition des Auftrags
15. November 2019	Projektausschuss	Projektziele, Verwendete Grundlagen, Lösungsmöglichkeiten, Fragen
13. Januar 2020	Projektausschuss	Präsentation der Varianten und Bewertungsmatrix, Varianten zur Ufersicherung, Baukosten und Pro und Contra
15. Juni 2020	2. Runder Tisch	Entscheid der Projektvariante
19. November 2020	Projektausschuss	Ergänzung von 2 weiteren Ufersicherungsvarianten aus Holz
17. Februar 2021	Auftraggeberin, Fachplaner und LANAT	Entscheid zu drei Varianten von Ufersicherungen. Zwei Varianten von Ufersicherungen sind mit Holz darzustellen.

3 Verwendete Grundlagen

3.1 Projektspezifische Grundlagen

[1] Swisstopo (2018): Orthophoto von: 1946, 1981, 1993, 2004, 2011, 2018; Siegfriedkarte.
[2] Swisstopo (2014): LIDAR Terrainmodell des Kantons Bern.
[3] Kanton Bern und Freiburg (2007): Gefahrenkarte Sense-Saane. *Flussbau AG SAH, geo7 AG.*
[4] Flussbau AG SAH (2019): Gefahrenbeurteilung bezüglich Sturzprozessen, Kurzbericht, *IMPULS AG.*
[5] Rothpletz+Lienhard (2019): Übersicht Parkieranlage, Situation 1:500, Arbeitsplan vom 13.11.19
[6] Armasuisse Immobilien und Abteilung Naturförderung (2016): Revitalisierung Spl Torenöli – Sensegraben. *SIGMAPLAN AG*.
[7] Gemeinde Neuenegg (2019): Flussaufweitung and der Sense in Oberflamatt, Technischer Bericht. *Emch+Berger und Flussbau AG SAH*.
[8] GEKOBE (2014): Strategische Planung 2011-2014 nach GSchG/GSchV. Sanierung des Geschiebehaushaltes im Kanton Bern. Schlussbericht Gewässersystem Sense-Saane-Aare. *Flussbau AG SAH*, im Auftrag des Tiefbauamtes. 30.11.2014.
[9] Swisstopo (2020): Kataster der belasteten Standorte des VBS.
[10] Gewässer und Bodenschutzlabor Bern (2010): Biologische Untersuchungen von Kalter Sense, Sense, Schwarzwasser, Saane und Lyssbach. *AquaPlus.*
[11] BAFU (2013): Jahrestabelle Abfluss LH 2179, Sense - Thörishaus, Sensematt.
[12] Gemeinde Schwarzenburg (2021): Bergsturzereigniss von Mitte Februar 2021, Mail vom 22. Februar 2021 an die Gemeinde Schwarzenburg, Jürg Häberle, Abt. Naturgefahren des AWN.

3.2 Technische Grundlagen

[13] KOHS (2013): Freibord bei Hochwasserschutzprojekten und Gefahrenbeurteilungen. Empfehlungen der Kommission für Hochwasserschutz (KOHS). *Wasser Energie Luft,* 105, 43-50.
[14] BAFU (2006): Ökomorphologie Stufe S (systembezogen). Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer gemäss dem Modul-Stufen-Konzept.
[15] BAFU (2017): Kartierung der Auengebiete von nationaler Bedeutung.
[16] BAFU (2001): Kartierung der Ökomorphologie der Stufe F.
[17] Kanton Bern (2016): Sense – Grundlagen zur Fischereibewirtschaftung. *PRONAT*.
[18] Melville (1997): Melville, B. W., Pier and Abutment Scour: Integrated Approach. Proc. ASCE, J. of Hydr. Eng. 123(2), 125-136.
[19] Hunzinger (1998): Hunzinger, L. M., Flussaufweitungen - Morphologie, Geschiebehaushalt und Grundsätze zur Bemessung. VAW-Mitteilung 159.
[20] Fischereiinspektorat BE (2015): Totholzstrukturen in der Aare Hunzigenau. *Kästli Bau AG*.
[21] Renaturierungsfonds Kt. Bern (2020): Bauleiterbericht – ELJ Sense, Ruchmühle, *Emch+Berger*.

4 Ausgangssituation/ Ist - Zustand

4.1 Historische Analyse

4.1.1 Verbauungsgeschichte



Abbildung 3: Siegfriedkarte von 1873 mit der Sodbachbrügg rot markiert. [1]

Die Siegfriedkarte von 1873 zeigt den ursprünglichen Verlauf der Sense im Projektperimeter (Abbildung 3). Die Sodbachbrügg existierte schon vor über 150 Jahren und zwang in diesem Bereich zusammen mit den steilen Talflanken die Sense zu einer geringeren Gerinnebreite. Durch die Topographie wird die Sense in diesem Bereich zu einer starken Rechtskurve gezwungen. Ansonsten liegen die steilen Talflanken weiter auseinander und geben der Sense viel Raum für die Entwicklung eines verzweigten Gerinnes. Die Situation um 1873 zeigt zwischen Brücke und Torenöli lediglich 1-2 Teilgerinne und eine bewachsene Insel in Flussmitte.

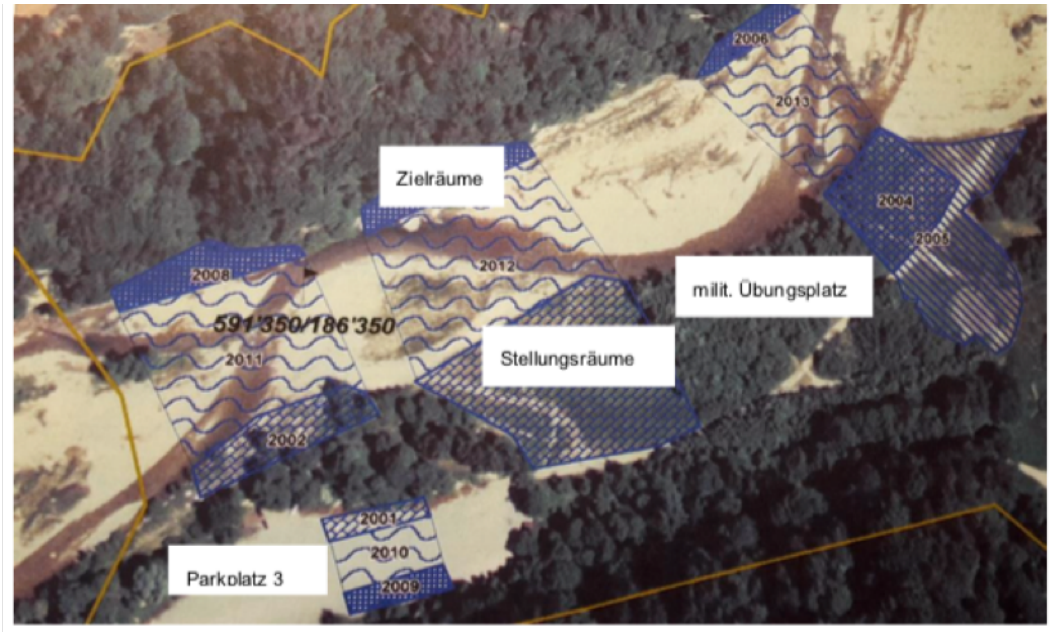


Abbildung 4: Frühere militärische Raumnutzung [3]

Gemäss dem Bericht von Armasuisse Immobilien aus dem Jahre 2009, umfasste der Schiessplatz Torenöli drei Übungs- und Stellungsräume auf der rechten Flussseite [6]. Die Zielräume lagen auf der gegenüberliegenden linken Flussseite (Abbildung 4).

Weder bei der Armasuisse noch der Bauunternehmung Binggeli AG liegen Unterlagen zu den Parkplätzen vor. Diese wurden seinerzeit ohne ordentliches Baubewilligungsverfahren befestigt. Für die bestehende WC-Anlage sind Unterlagen vorhanden. Laut Zeitzeugen wurde hangseitig bei den Befestigungsarbeiten eine Entwässerungsleitung aus Betonröhren eingebaut. Anfangs PP3 befindet sich ein Schacht. Der Drainage Ausfluss befindet sich im Bereich der bestehenden WC-Anlage.

Im Bereich der Sodbachbrücke besteht linksufrig ein Uferschutz, der die Widerlager der Brücke schützt. Die Widerlager der Sodbachbrücke auf der rechten Uferseite ragen in den Flussraum. Uferverbauungen entlang der Parkplätze PP1-PP3 (Abbildung 1) schützen die Parkplätze.

4.1.2 Ereignisse

An der nahegelegensten Messstation bei Thörishaus (rund 10 km flussabwärts) wird seit über 90 Jahren der Abfluss gemessen[1]. Das bisher grösste Hochwasser an dieser BAFU-Messstation wurde am 29.07.1990 mit einem Abfluss von rund 480 m^3/s dokumentiert. Dies entspricht einer Wiederkehrperiode von über 150 Jahren. Ausgelöst wurde dieses Hochwasser durch ein heftiges Gewitter, das über einen längeren Zeitraum über dem Gurnigelgebiet stationär war [7]. Hochwasser mit einer Wiederkehrperiode von über 30 Jahren wurden im Messzeitraum nur zwei weitere Mal dokumentiert (1996 und 2007) [11].

Mitte Februar 2021 erfolgte ein Blocksturzereignis an der Sense auf Höhe des PP3. Dieses steht im Zusammenhang mit den anhaltenden Regenfällen von Ende Januar und gleichzeitiger Schneeschmelze. Ein Sandsteinblock gelangte bis an den Rand des Parkplatz PP3. Das meiste Gesteinsmaterial, darunter auch ein Felsblock von bis zu 10 m^3, lagerte sich mit entwurzelten Bäumen im Waldstreifen zwischen Felswandfuss und Parkplatz ab [12].



Abbildung 5: Blocksturzereignis bei PP3. Links: Foto Blocksturz [12], rechts: Situationsauschnitt [1].

[1] Das Einzugsgebiet der Messstation schliesst dasjenige des Schwarzwassers mit ein, welches rund 5 km unterhalb der Sodbachbrücke einmündet.

4.2 Charakterisierung des Einzugsgebiets

Die Sense entspringt im Gurnigelgebiet und entwässert bis Schwarzenburg ein Einzugsgebiet (EZG) von rund 160 km^2. Das EZG weist eine mittlere Höhe von 1'287 m ü.M. auf. Laut der Arealstatistik CH weist das EZG einen Landwirtschaftsanteil von rund 50 %, 38 % bestockte Flächen, 9 % unproduktive Flächen und nur 3 % Siedlungsfläche auf. Die Kalte Sense entspringt auf rund 1'500 m ü. M. in der Gantrischkette und fliesst in Zollhaus mit der Warmen Sense zusammen. Die Sense fliesst anschliessend über mehrere Kilometer oft in einem tief eingeschnittenen Tal. Der Untergrund und die steilen Talflanken bestehen vorwiegend aus Sandstein und Mergel. Die Talflanken entlang der Sense sind fast ausnahmelos bewaldet.

4.3 Flussmorphologie und Geschiebehaushalt

4.3.1 Flussmorphologie seit 1946

Um Veränderungen der Sense im Projektperimeter zu verstehen, wurden Orthofotos verschiedener Jahre untersucht. Der Zustand der Jahre 1946, 1981, 1993, 2004, 2011 sowie 2018 wurde grossräumig kartiert (Abbildung 6). Die nachfolgende Abbildung zeigen die zeitliche Entwicklung der Sense im Projektperimeter. Folgende Kategorien werden verwendet:

- entwickelte Vegetation (z.B. grössere Bäume, schon längere Zeit nicht durch den Fluss umgestaltet)
- junge Vegetation (z.B. Erlen und Weiden)
- gesichertes unbewaldetes Terrain
- Kies+Wasser (aktives Flussbett)

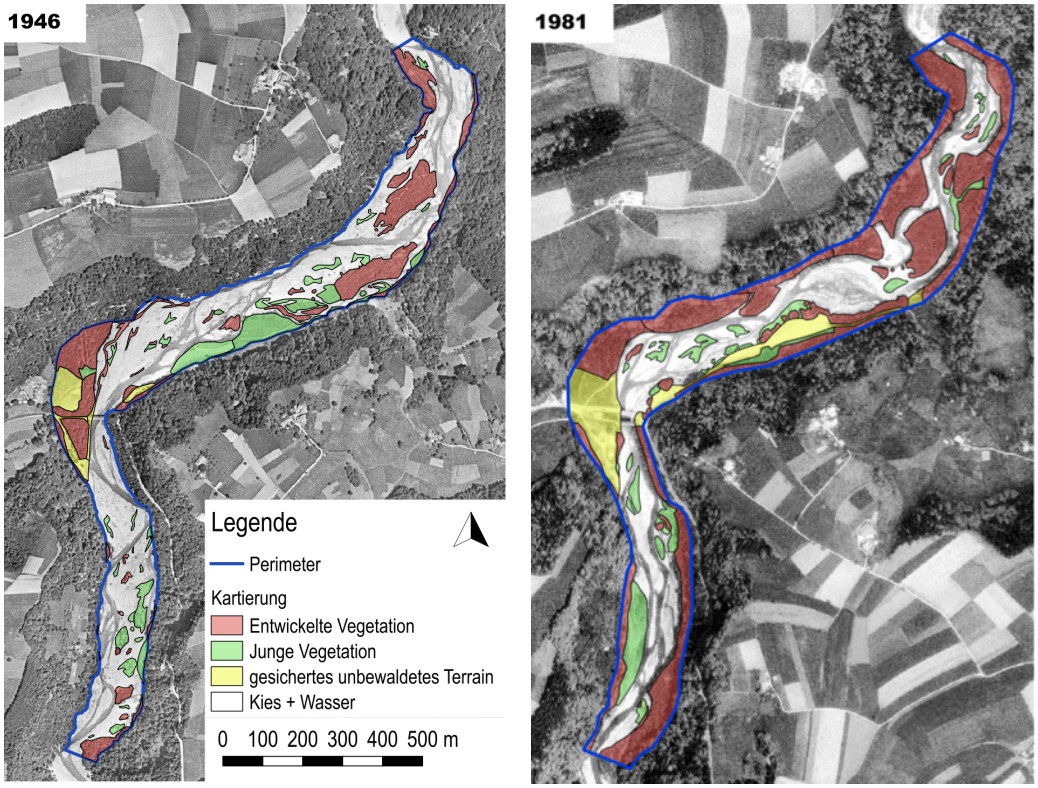
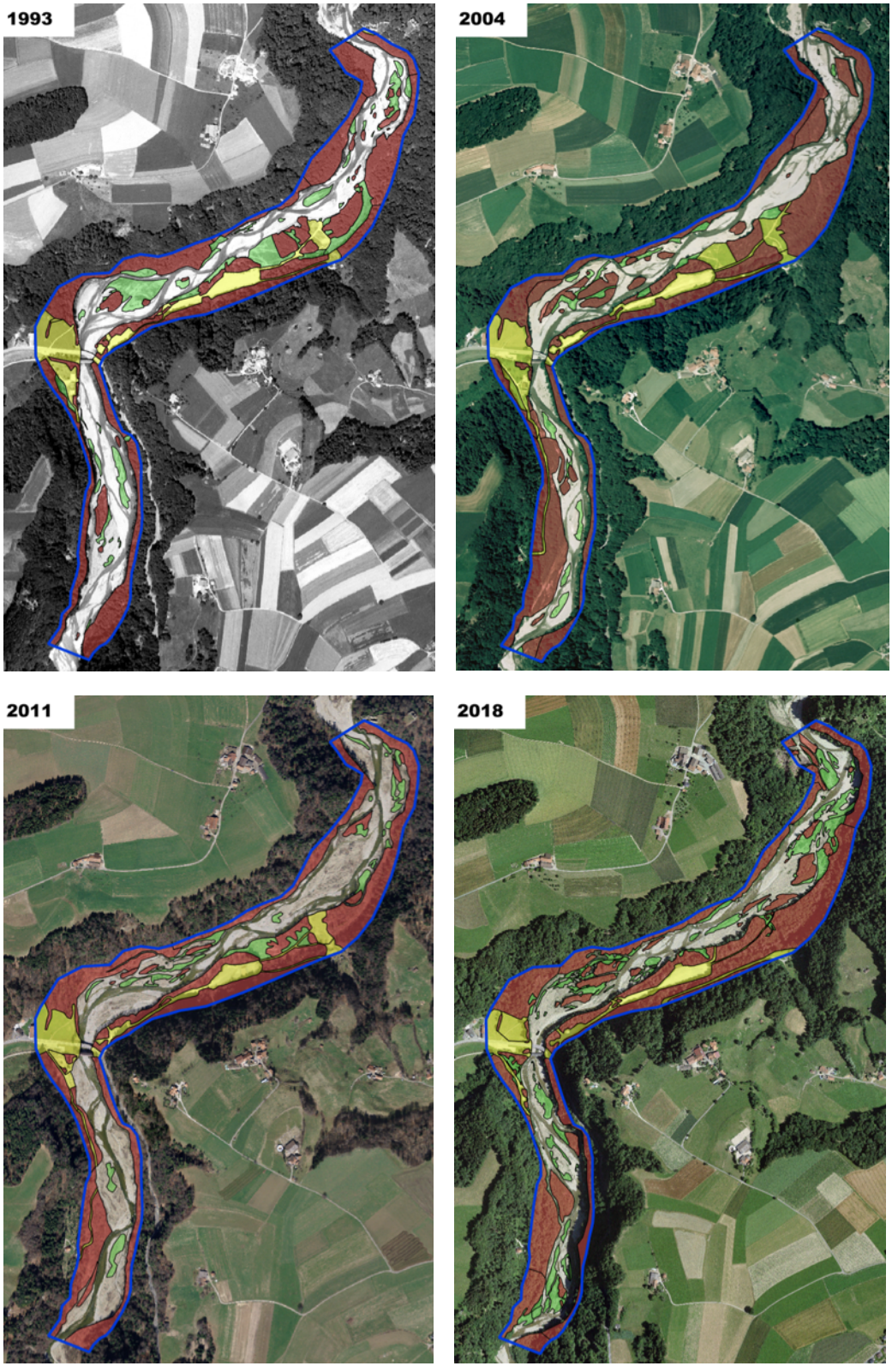


Abbildung 6: Zeitliche Entwicklung der Morphologie im Projektabschnitt für die Jahre 1946, 1981, 1993, 2004, 2011, 2018. [1]



Anhand der Orthofotos konnte festgestellt werden, dass im Projektbereich in den letzten Jahrzehnten, wie auch im letzten Jahrhundert (Siehe Abbildung 3) ein verzweigtes Gerinne vorherrschend ist. Dies konnte auch im Ahmari-DaSilva-Diagramm (Abbildung 7) bestätigt werden. In diesem Diagramm werden die relative Abflusstiefe (= Abflusstiefe

im Verhältnis zum Korndurchmesser) und die relative Breite (= Breite im Verhältnis zur Abflusstiefe) einander gegenübergestellt. Je nach Kombination der beiden Parameter werden unterschiedliche Gerinneformen erwartet. Bei der Sense ist das ein Verzweigtes Gerinne mit mehr als zwei Gerinnen.

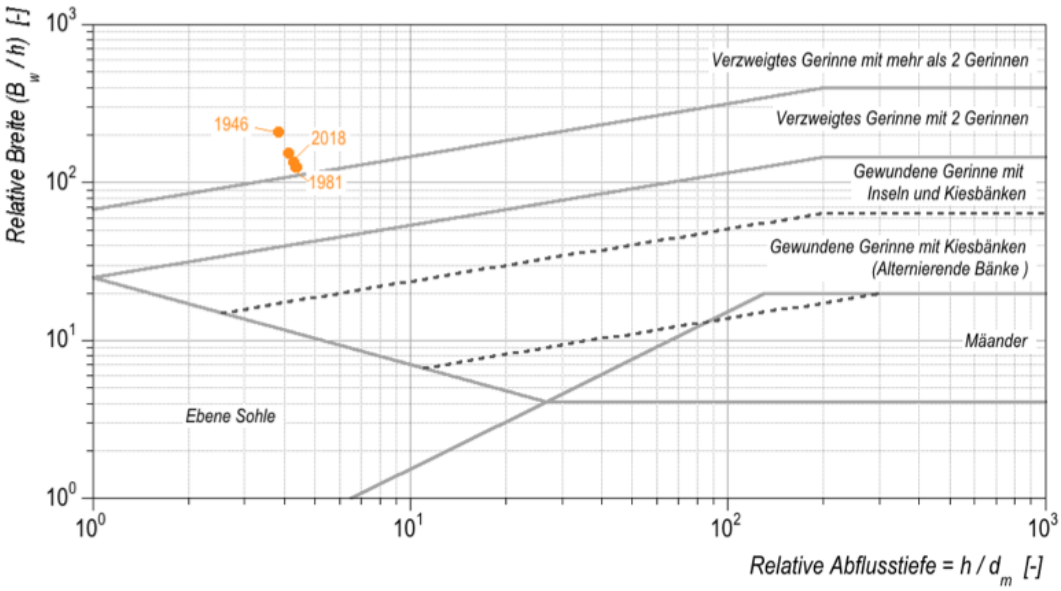


Abbildung 7: Gerinneform der Sense bei Sodbach (Abschnitt unterhalb der Sodbachbrücke) im modifizierten Ahmari-daSilva-Diagramm (2011).

Die Analyse der Morphologie über die letzten 80 Jahre hat gezeigt, dass die aktive Flussbettbreite nach 1946 abgenommen hat, sich jedoch in den letzten Jahrzehnten wieder auf rund 90 Meter stabilisiert hat. Die Abnahme in der Mitte des 20. Jahrhunderts ist höchstwahrscheinlich durch Kiesentnahmen im Oberlauf der Sense verursacht.

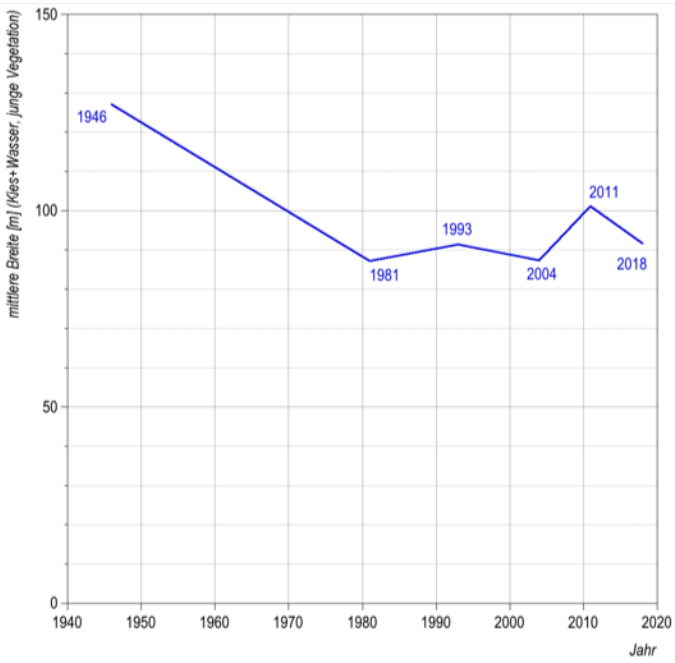


Abbildung 8: Entwicklung der aktiven Flussbettbreite (Kies+Wasser und junge Vegetation) im Abschnitt unterhalb der Sodbachbrücke.

4.3.2 Korngrössen

Anhand von Linienzahlanalysen die bei der Begehung am 24. September 2019 aufgenommen wurden, konnten die Korngrössen der Sense ermittelt werden. Dabei wurde

drei Linienzahlanalyse auf Kiesbänken im Projektperimeter durchgeführt. Es resultieren die charakteristischen Korndurchmesser von Tabelle 2. Die Kornverteilungskurven sind in Anhang C dargestellt.

Tabelle 2: Charakteristische Korndurchmesser in der Sense.

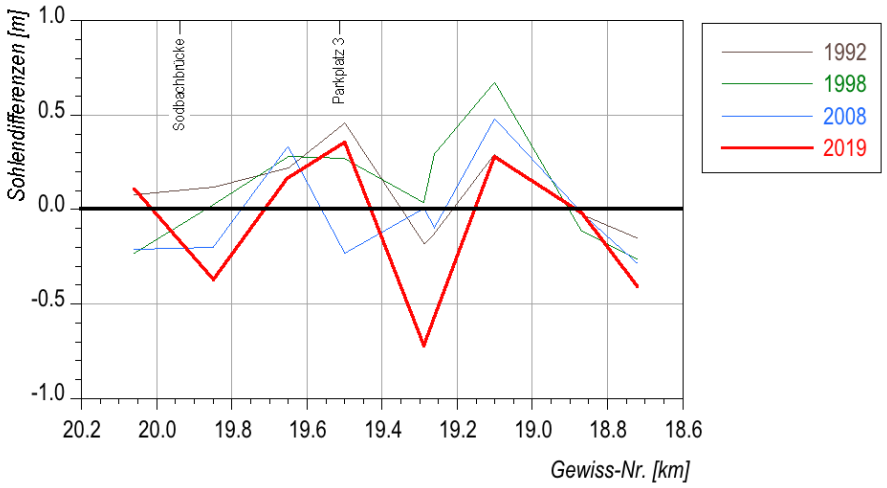
d_{90}	15.9 cm
d_m	7.3 cm

4.3.3 Geschiebehaushalt und Sohlenveränderung

Der Geschiebehaushalt der Sense ist in ihrem Oberlauf beinahe unbeeinflusst. Das Geschiebe in der Sense stammt grösstenteils aus der Kalten Sense. Die Warme Sense bringt im Ist-Zustand rund 1/3 des Geschiebeaufkommens der Kalten Sense. Durch das vorhandene verzweigte Gerinne werden Geschiebeeinträge gedämpft [8].

Das Längenprofil der Sense im Projektperimeter weist kaum Veränderungen in der mittleren Sohlenlage auf. Bei km 19.3 kam es in den letzten 10 Jahren zu einer leichten Sohlerosion. Sohlenveränderungen sind grösstenteils auf die Jahre zwischen 1985 und 1992 zurückzuführen. Ansonsten scheint die mittlere Sohle der Sense im Projektperimeter stabil zu sein.

Abbildung 9: Veränderung der mittleren Sohle gegenüber dem Jahre 1985 im Projektperimeter.



4.4 Klima und Hydrologie

4.4.1 Abflussregime

Die Sense hat während der Schneeschmelze in den Monaten April und Mai ein ausgeprägtes Maximum in den mittleren Monatsabflüssen. Die Abflussregion wird deshalb als «nivo-pluvial» bezeichnet. Mit der prognostizierten Temperaturzunahme wird die Schneefallgrenze künftig ansteigen und Niederschläge werden im Winter weniger oft als Schnee oder Eis gespeichert. Daher kann die Häufigkeit und/oder Intensität von Hochwassern sowohl im Winter als auch im Sommer zunehmen.

4.4.2 Hochwasserabflüsse

Bei Törishaus zeichnet eine BAFU-Messstation seit dem Jahre 1928 Abflussdaten auf. Die Abflussspitzen für den Standort Sense Sodbach wurden von den Abflussspitzen am Standort Sense-Thörishaus extrapoliert [7]. Die Hochwasserabflüsse für den Projektperimeter sind in Tabelle 3 ersichtlich.

HQ-Abfluss	Abflussspitzen [m³/s]
HQ_2	100
HQ_{30}	215
HQ_{100}	275
HQ_{300}	335

Tabelle 3: Abflussspitzen verschiedener Ereignisse der Sense bei Sodbach.

4.4.3 Niedrigwasser

Der Wasserstand an der Sense wird nicht durch Wasserkraftanlagen beeinflusst, jedoch durch Trinkwasserfassungen und aufgrund von Entnahmen durch die Landwirtschaft. In Thörishaus wurde über die gesamte Periode von 1928 bis 2013 ein Q347 von 2.1 m^3/s beobachtet [11].

4.5 Beurteilung bestehender Uferschutzbauten

4.5.1 Verbauungsarten und Zustand der Verbauung

Im Rahmen dieses Vorprojekts wurde der Zustand von Schutzbauten entlang des rechten Ufers aufgenommen. Dabei wurde bei einer Begehung am 17. Dezember 2019 entlang des Projektperimeters die Verbauungsart und der Zustand im Feld klassifiziert. Grösstenteils ist ein Blocksatz verbaut. Dieser weist auf der betrachteten Strecke unterschiedlichste Zustände auf (gut bis «am Zerfallen»). Kleinere Abschnitte mit Betonelementen oder Blocksatz in Kombination mit Holzpfählen als Uferschutz wurde vorgefunden. Die Art der Schutzbauten und der Zustand kann den nächsten zwei Abbildungen entnommen werden.

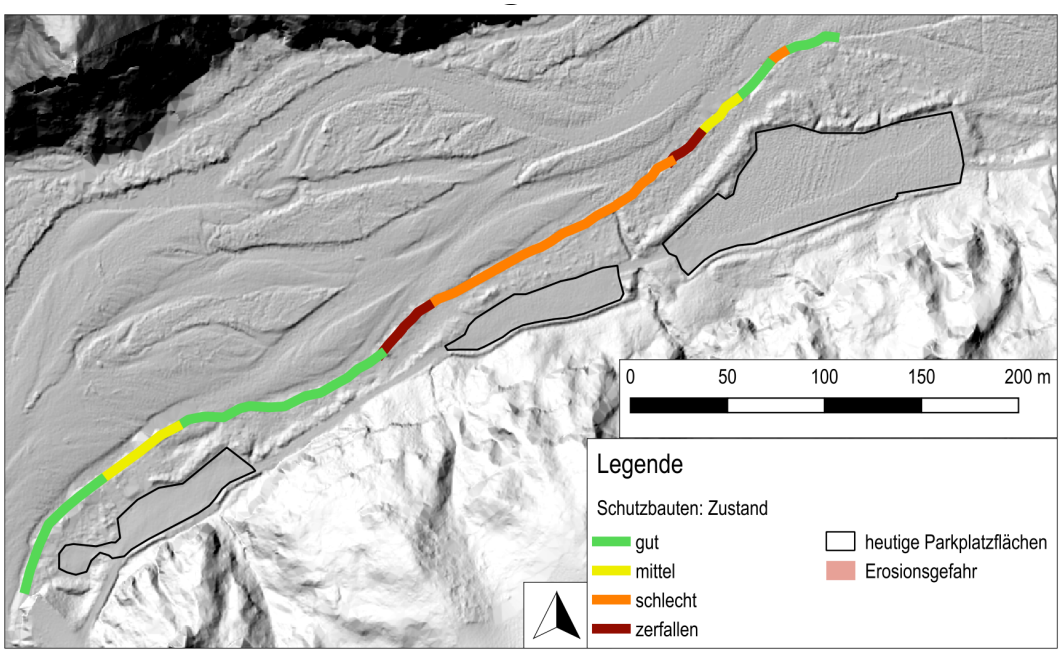


Abbildung 10: Art der bestehenden Uferschutzbauten am rechten Ufer.

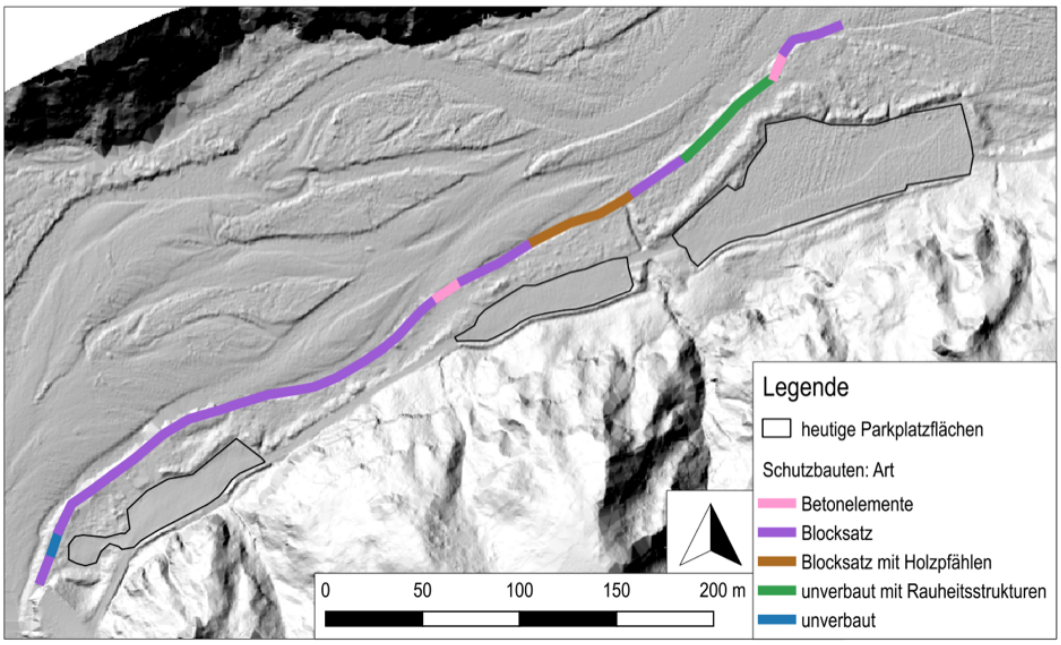


Abbildung 11: Zustand der bestehenden Uferschutzbauten am rechten Ufer.

4.6 Potenzieller Entwicklungsraum ohne Uferschutzbauten

Unter der Annahme, dass die Uferschutzbauten entfernt werden, was einem früheren Zustand entsprechen würde, wird ein potenzieller Entwicklungsraum der Sense aufgezeigt. Aufgrund des Strömungschattens besteht direkt nach der Sodbachbrücke am rechten Ufer kein Potential zur Entwicklung. Von Parkplatz 1 (PP1) an flussabwärts könnte sich das Flussbett der Sense jedoch bis zur rechten Talflanke ausdehnen. Der Bereich flussabwärts von PP2 weist einen breiteren potenziellen Entwicklungsraum auf. Bei Parkplatz PP3 würde möglicherweise nicht der ganze Talboden ausgenützt werden.

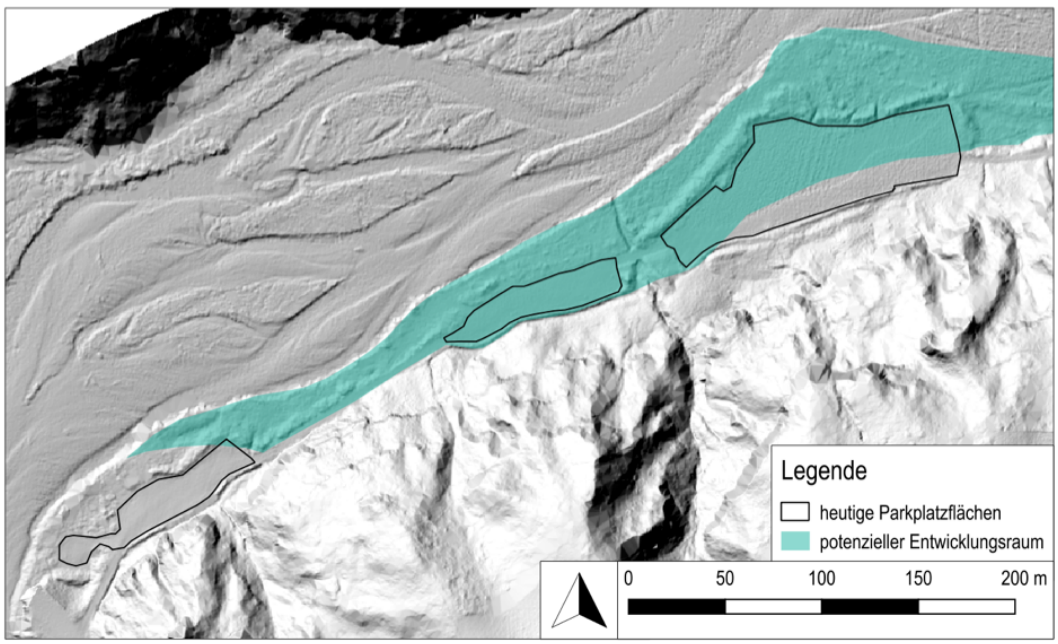


Abbildung 12: Potenzieller Raum für eine dynamische Entwicklung der Sense.

4.7 Gefährdung durch die Sense

4.7.1 Überflutungsgefahr

Der Wasserspiegel bei einem 30-jährlichen und einem 300-jährlichen Hochwasser wurden mit einer Staukurve auf der Topographie vom Jahre 2014 berechnet. Es zeigen sich kaum Überschwemmungsflächen bei den aktuellen Parkplätzen und Zufahrtswegen. Ein Abfluss HQ_{300} kann im obersten Bereich von Parkplatz 1 zu möglichen Überschwemmungen führen, was jedoch aufgrund des Schutzziels zugelassen werden kann.

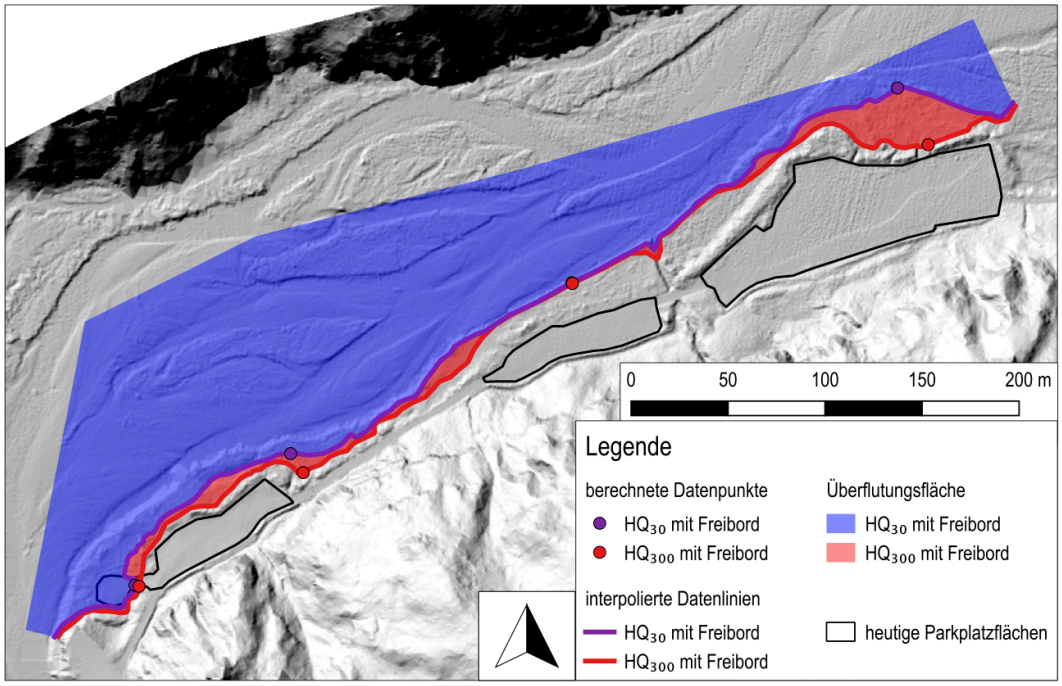


Abbildung 13: Potenzielle Überflutungsflächen bei Abflüssen HQ_{30} und HQ_{300}.

4.7.2 Erosionsgefahr

In einem verzweigten Gerinne muss mit Querströmungen gerechnet werden, die Uferangriffe auf der gesamten Länge ermöglichen, wenn die Uferverbauungen ungenügend sind. Direkt nach der Sodbachbrücke macht die Sense eine starke Rechtskurve. Das Widerlager der Sodbachbrücke verursacht einen Strömungsschatten und der Zustand des bestehenden Blocksatzes ist mittel bis gut. Daher besteht im Bereich von PP1 kaum Erosionsgefahr. Flussabwärts auf Höhe von PP2 und PP3 sind die Ufer erosionsgefährdet. Im untersten Bereich sind die Uferverbauungen wieder in einem besseren Zustand, dadurch muss mit keiner Erosion gerechnet werden.

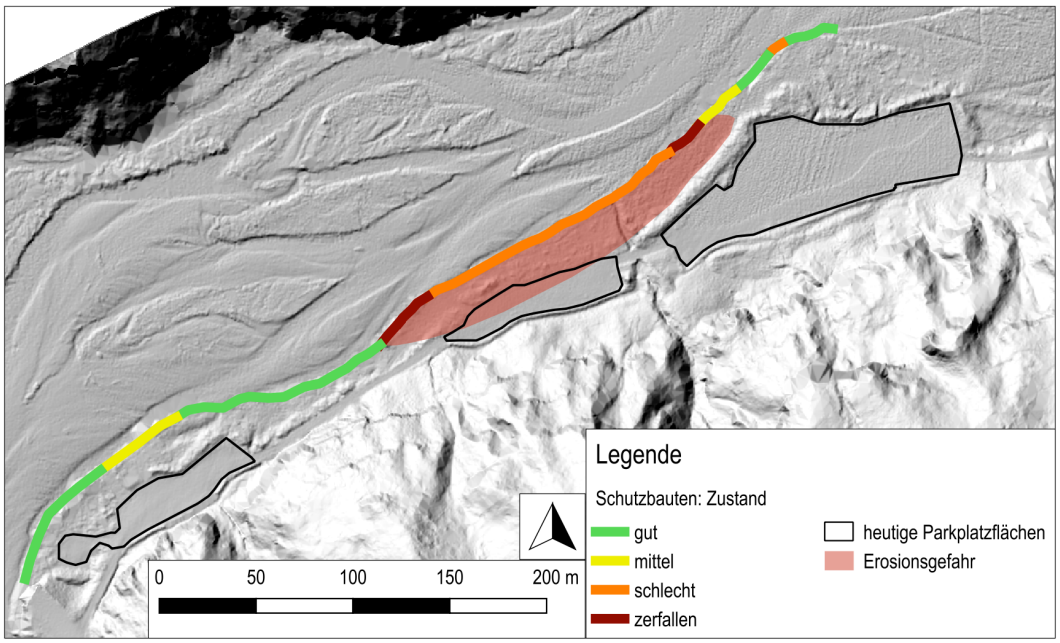


Abbildung 14: Durch Ufererosion gefährdete Fläche.

4.7.3 Gefahrengebiete Sturz

Die Impuls AG hat am 07. November 2019 die Gefahren von Sturzprozessen qualitativ beurteilt und in einem Kurzbericht zusammengefasst [3]. Die Auswertungen erfolgten mit der Annahme von einem Pauschalgefälle. Zudem wurden historische Ereignisse in die Beurteilung miteinbezogen.

Im Bereich der Parkplätze muss mit Felsabbrüchen als Folge von Eisbildung gerechnet werden, dies betrifft insbesondere PP1. Entlang des rechten Ufers muss aber auf der gesamten Länge mit Steinschlaggefahr gerechnet werden.
Das anstehende Material ist Sandstein, dieser ist relativ bröckelig, daher muss nicht mit besonders grossen Blöcken gerechnet werden, da diese bei einem Aufschlag zerbrechen. Die Steinschlaggefahr ist im Frühjahr erhöht durch den Prozess des Auftauens und Gefrierens, jedoch auch in den anderen Jahreszeiten nicht auszuschliessen.

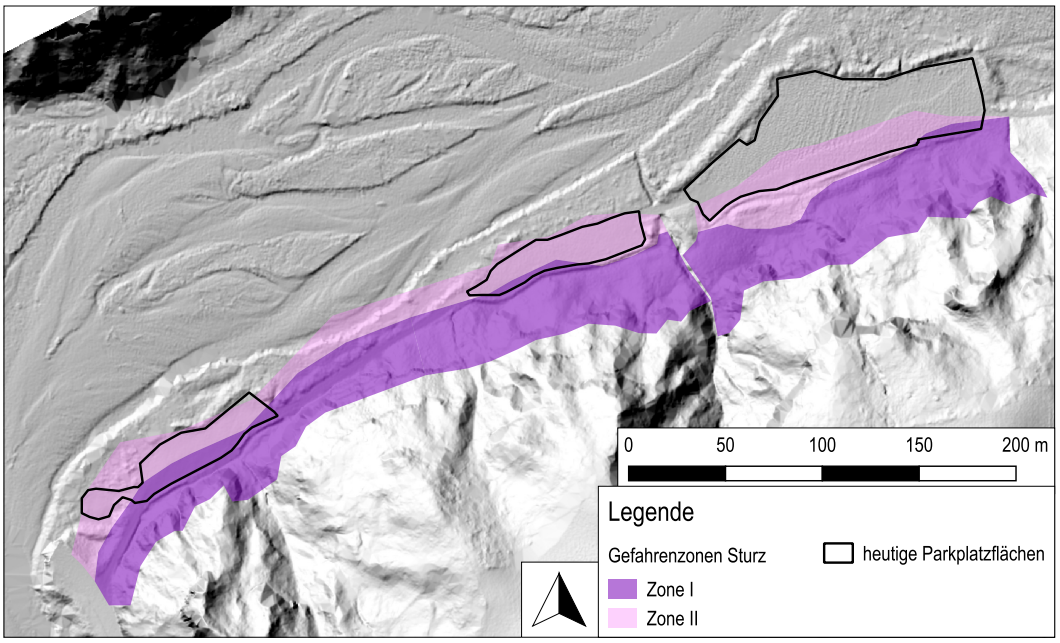


Abbildung 15: Durch Steinschlag gefährdete Gebiete.

4.8 Natur und Umwelt

4.8.1 Grundwasser

Im Bereich des Projektperimeters, wie auch im gesamten Sensetal befindet sich ein beachtliches Grundwasservorkommen. Dieses wurde aber bis heute weder güte- noch mengenmässig massiv beeinträchtigt [7]. Im Bereich der Sodbachbrücke und dem Torenöli gehört der Bereich links der Gerinnemitte einem Gewässerschutzbereich Au des Kanton Freiburgs an. Rund 200m südöstlich der Sodbachbrücke ist eine Grundwasserschutzzone S1-S3, dieser Bereich wird jedoch durch das Projekt nicht beeinflusst.

4.8.2 Oberflächengewässer und aquatische Ökosysteme

Ökomorphologie: Im Abschnitt von der Sodbachbrücke bis zum Torenöli ist die Ökomorphologie natürlich und naturnah. Dies trifft für beinahe die gesamte Strecke des Sensegrabens zu. Im Projektabschnitt beträgt mittlere Sohlenbreite der Sense über 80 m. Die Wasserspiegelbreite variiert stark. Auf Höhe von PP1 und zwischen PP2 und PP3 fliesst ein kleiner Bach mit einer Länge von 200-300 m in die Sense.

Fische: Laut dem Schweizerischen Zentrum für die Kartografie der Fauna (SZKF) wurden im betrachteten Abschnitt der Sense folgende Arten letztmals im aufgeführten Jahr dokumentiert (Tabelle 3).

Name	Familie	Kartierungsjahr
Bachschmerle *(Barbatula barbatula)*	Cobitidae	2014
Barbe *(Barbus barbus)*	Cyprinidae	2014
Groppe *(Cottus gobio)*	Cottidae	2014
Elritze *(Phoxinus phoxinus)*	Cyprinidae	2014
Bachforelle *(Salmo trutta s.l.)*	Salmonidae	2017
Döbel oder Alet *(Squalius cephlus)*	Cyprinidae	2014

Tabelle 4: Liste der dokumentierten Fische im Projektperimeter.

Eine Elektrobefischung der Sense im Jahre 2014 (Siehe Abbildung 16) zeigte für den Standort Sodbach, anzahlmässig die meisten Fische. Dies im Vergleich mit den Standorten: Zumholz (flussaufwärts), Riederen und Flamatt (flussabwärts) an der Sense [17].

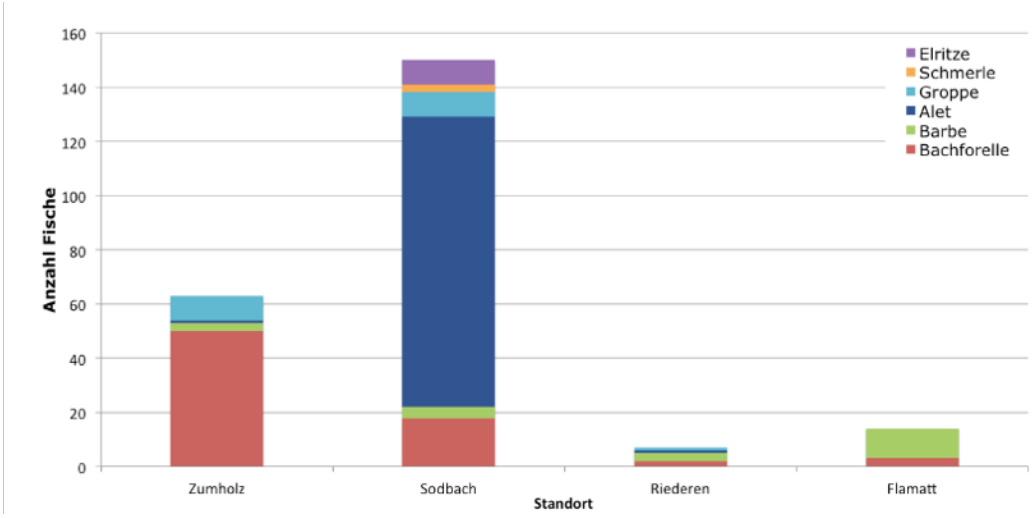


Abbildung 16: Zusammenfassende Ergebnisse der Elektroabfischung an der Sense vom 02.09.2014 [17].

Makrozoobenthos: Im Rahmen der Grundlagenerhebung im Jahre 2014 wurde auch die biologische Gewässergüte mit Hilfe des Indikators IBGN untersucht. Dieser konnte im gesamten Sensegebiet mit Werten zwischen 13 und 16 als «gut» eingestuft werden. Zudem war an jedem untersuchten Standort ein Vertreter mit Bezug zur empfindlichsten Indikatorgruppe (z.B. Steinfliegen, Eintagsfliegen) nachgewiesen [17].

Gewässerqualität: Einige Kilometer im Oberlauf des Projektperimeters herrscht eine gute Wasserqualität. Dies zeigte eine biologisch-ökologische Untersuchung im März 2010 [10]. Äussere Aspekte (Bsp. Trübung, Verfärbung, Geruch, Schaum,..) erfüllen alle Anforderungen im gesamten Untersuchungsbereich der Sense. Die biologische Gewässergüte (Kieselalgen und Wasserwirbellose) wird als gut bis sehr gut ausgewiesen [10].

4.8.3 Umweltgefährdende Stoffe und Organismen

Im Bereich des Projektperimeters existierte der Schiessplatz Torenöli und die Häuserkampfanlage Sensegraben. Diese sind stillgelegt, jedoch sind die 3 Schiessplätze im Zielraum belastet und sanierungsbedürftig (Art. 8 Abs.2 Bst. b AltlV). Die Technische Untersuchung ist bereits abgeschlossen (Stand: 09.10.2020) [9]. Der erste Zielhang befindet sich am linken Ufer auf Höhe von PP3. Die weiteren Zielhänge sind weiter flussabwärts vorzufinden (Siehe Abbildung 4). Die Häuserkampfanlage befindet sich ausserhalb des Projektperimeters und wird daher nicht weiter erwähnt, gilt aber ebenfalls als belastet und sanierungsbedürftig.

Im Bereich der Sense kommen viele invasive Neophyten vor, dies wurde in mehreren Öffentlichen Artikeln kund gemacht. (Bsp. «Im Kampf gegen das Goldrutenkraut», 10.06.2017, Freiburger Nachrichten; «Sense und Schwarzwasser», 2016, Naturpark Gantrisch). Dabei werden Schulklassen oder auch Naherholungsbesucher dazu bewegt im Sensegebiet Neophyten zu bekämpfen. Drüsiges Springkraut, Riesen-Bärenklau, Einjähriges Berufkraut, Sommerflieder und Kanadische Goldruten wurden dabei beobachtet. Im Rahmen der Erhebung der PRONAT 2013 wurden viele invasive Neophyten der Schwarzen Liste und Watchlist dokumentiert. Im Projektabschnitt wurde bisher keine Erhebung durchgeführt, daher sind weitere Abklärungen als Grundlage für eine allfällige Neophytenbekämpfung notwendig.

4.8.4 Vegetation

Beidseitig der Sense sind Gehölzstreifen mit Hart- und Weichholzauen vorhanden. Der Uferbereich wird von standortgerechten, einheimischen Vegetationstypen besiedelt und nimmt eine wichtige Pufferfunktion ein. Die **Senseauen sind von nationaler Bedeutung**. Daher wurde im Jahre 1998 eine Kartierung vorgenommen. Folgende Vegetationstypen wurden dokumentiert [15]:

- Alpenschwarzweiden-Mantel *(Salicetum alpicolae)*
- Montaner Grauerlen-Auenwald *(Calamagrostio-Alnetum incanae)*
- Lavendelweiden-Sanddorn-Auengebüsch *(Salicetum elaeagno-daphnoidis)*
- Nitrophile Hochstaudenfluren *(Artemisietea vulgaris)*

4.8.5 Lebensräume, Flora und Fauna

Das gesamte Gebiet des Sense- und Schwarzwassergrabens gehört zum Inventar der **Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung**. Eine Fläche von 394 ha gehört in den Bereich A (Fortpflanzung der Amphibien) und eine Fläche von 980 ha gehören dem Bereich B (Nährstoffpufferzone und engerer Landlebensraum) an. Dabei wurden die Amphibienbestände im Jahre 2017 durch das BAFU aufgenommen (Tabelle 5) [12]. Weitere Lebewesen wie Reptilien, Vögel, Biber, Fledermäuse, Schnecken oder Insekten werden hier nicht weiter erläutert, können aber im Online-Kataster der SZKF eingesehen werden.

Name	Bestand der Population
Feuersalamander *(Salamandra salamandra)*	Klein oder nicht bekannt
Bergmolch *(Ichthyosaura alpestris)*	Klein oder nicht bekannt
Fadenmolch *(Lissotriton helveticus)*	Sehr gross
Gelbauchunke *(Bombina variegata)*	Sehr gross
Erdkröte *(Bufo bufo)*	Klein oder nicht bekannt
Grasfrosch *(Rana temporaria)*	Gross

Tabelle 5: Liste der Amphibien mit Bestand im Jahre 2017.

4.9 Aktuelle Nutzungen

Der Bereich um die Sense insbesondere um die Sodbachbrücke wurden in den letzten Jahren für die Naherholung rege genutzt. Der gesamte Gewässerraum wurde genutzt zum Wandern, Baden, Picknicken, Bräteln und Fischen. Viele inoffizielle Feuerstellen sind im Projektperimeter auf der rechten Uferseite vorzufinden und weisen auf eine lebhafte Erholung hin.

Im Projektperimeter befindet sich eine Wanderroute (Nr. 4.13), diese führt von Freiburg nach Schwarzenburg via Sodbachbrücke entlang des rechten Ufers über die 3 bereits bestehenden Parkplätze. Ein historischer Weg mit hohem Schutzziel, liegt ausserhalb des Einflussbereichs der Sense. Lediglich der Verbindungsweg dorthin ist potenziell durch Ufererosion gefährdet.

4.10 Ausfahrtsituation

Der Kantonsstrassenabschnitt im Projektperimeter weist eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h auf. Jedoch begünstigen die topografischen Verhältnisse das Fahren mit höheren Geschwindigkeiten.
Dieser Umstand, gepaart mit dem starken Bewuchs und der Steilheit der Parkplatzzufahrt bewirken, dass die vorgeschriebenen Sichtweiten nach VSS 640 273a bei der Einmündung der Zufahrt in die Kantonsstrasse nicht eingehalten werden.
Eine Verbesserung der Umstände mittels baulicher Massnahmen würde ein erhebliches Mass an Mehrkosten nach sich ziehen. Daher wird empfohlen, die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf 50 km/h zu reduzieren. Aus Sicht des Projektverfassers ist die Einhaltung der Sichtweiten im Ausfahrtsbereich zwingend einzuhalten.

Weiter dient die alte Holzbrücke den parkierenden Gästen als Fussgängerquerung der Sense. Somit ist im Bereich der Ausfahrt zukünftig, besonders zu Stosszeiten, mit einem erhöhten Andrang an Fussgängern zu rechnen. Dementsprechend muss ein sicheres Queren der Kantonsstrasse ermöglicht werden. Das Markieren einer Fussgängerquerung ist daher zu prüfen.

4.11 Projekte Dritter

Die Gemeinde Heitenried plant die Offenlegung des Sodbachs. Dieser fliesst heute in einem langen und engen Durchlass unter der als Parkplatz genutzten Fläche. Im Rahmen einer Revitalisierung soll der Sodbach offengelegt und eventuell sein ursprünglicher Lauf – von der Strassenquerung auf direktem Weg in die Sense – wiederhergestellt werden.

5 Projektziele und Einschränkungen

5.1 Referenzzustand an der Sense

5.1.1 Definition des Referenzzustands

Der Referenzzustand stellt ein naturnaher Zustand dar, schliesst aber grossräumige irreversible Landschaftsveränderungen mit ein. Mit Massnahmen können die anthropogenen Einflüsse reduziert werden, dadurch wird der Ist-Zustand naturnäher und kann sein Entwicklungsziel erreichen [14].

5.1.2 Referenzzustand an der Sense

Die Sense ist im Projektperimeter wie auch im Oberlauf, weitgehend in einem natürlichen Zustand. Orthofotos früherer Jahre (zurück bis Jahr 1946) und die Siegfried Karte von 1873 zeigen ein ähnliches Erscheinungsbild der Flussläufe wie im heutigen Zustand. Dies zeigt, dass sich die Sense auf der gesamten Gerinnebreite von rund 80 m selbst entwickeln kann. Daher sind nach grösseren Hochwassern, die Anzahl, der Verlauf und der Talweg von Teilgerinnen oft neu angeordnet (Siehe Abbildung 6). Dadurch entsteht in der Sense eine Dynamik, die in der Schweiz einzigartig ist.

5.2 Einschränkungen

Einschränkungen verhindern oder erschweren, dass der Referenzzustand erreicht werden kann. Dabei gibt es Einschränkungen durch bestehende Nutzungen (Siedlung, Infrastruktur, Bewirtschaftung) oder auch rechtliche Einschränkungen (bestehende Schutzbeschlüsse, Bewilligungen). In diesem Projekt gibt es im Projektperimeter lediglich die Uferschutzmassnahmen auf der rechten Seite und die Sodbachbrücke als Einschränkungen.

5.3 Projektziele

5.3.1 Ökologische Zielsetzung

Die Sense soll sich auf einer möglichst grossen Fläche eigendynamisch entwickeln können.

5.3.2 Naherholung

Für die Naherholung sollen 180 bis 200 Parkplätze zur Verfügung stehen. 50 weitere Parkplätze sollen bei ausserordentlich hohem Andrang bereitgestellt werden können.

5.3.3 Schutzziele Hochwasserschutz

Die Parkplätze PP1-PP3 und der Wanderweg sollen bei Hochwasser bis zu einem Abfluss HQ_{10} nicht überflutet werden. Die Parkplätze solle bei Hochwasser bis zu einem Abfluss HQ_{100} nicht durch Erosion zerstört werden.

6 Variantenstudium

6.1 Konzept zur Parkplatzlenkung

Im Rahmen des Variantenstudiums wurden sämtliche Varianten auf Stufe Konzept untersucht, welche innerhalb des Projektperimeters in Frage kommen. Der Ist-Zustand wurde als keine zulässige Variante definiert (Beschluss Runder Tisch) und wird somit nicht weiter ausgeführt. Die Variante 2 wurde besprochen und an der Sitzung vom 13. November 2019 verworfen. Alle Varianten sind in Tabelle 6 aufgelistet.

Nr. und Titel	Bemerkung
1 – Schwerpunkt Parkplätze am Standort 1	
2 – Schwerpunkt Parkplätze am Standort 3	an der Sitzung vom 13. November 2019 verworfen, nicht mehr ausgeführt.
3a – Schwerpunkt Parkplätze am Standort 1 mit Überlauf (1x50)	
3b – Schwerpunkt Parkplätze am Standort 1 mit Überlauf (2x25)	

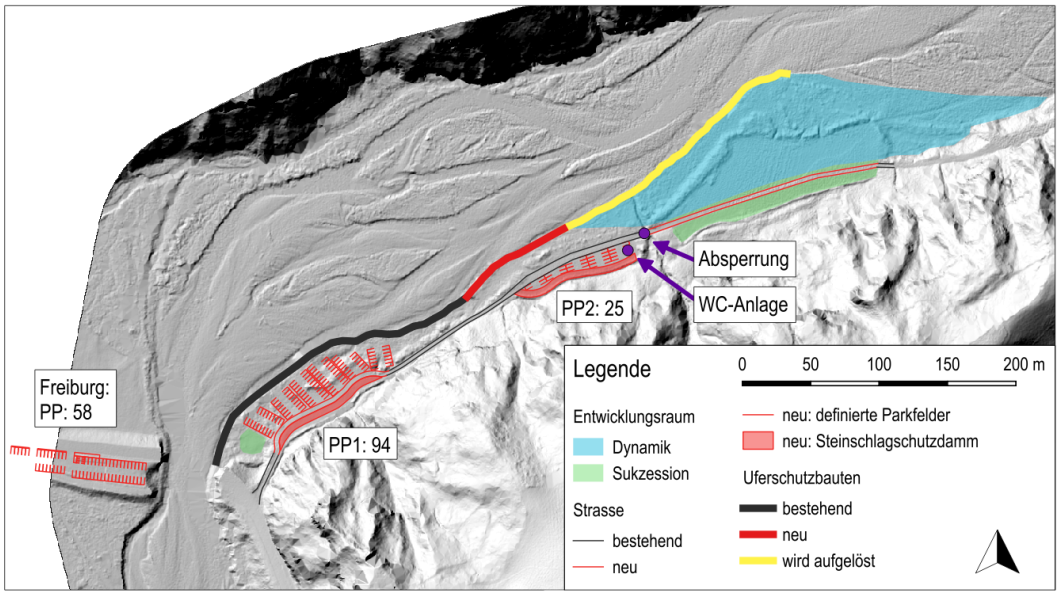
Tabelle 6: Übersicht über die Varianten.

6.2 Varianten zur Parkplatzlenkung

6.2.1 Variante 1: Schwerpunkt Parkplätze am Standort 1

Massnahmen

- Standort 1 wird erweitert und maximal mit Parkplätzen belegt.
- Standort 2 wird maximal mit Parkplätzen belegt.
- Standort FR wird maximal mit Parkplätzen belegt.
- Die Parkflächen werden an beiden Standorten mit einem Schutzdamm vor Steinschlag geschützt (Länge total 190 m)
- Die WC-Anlage wird am Standort 2 platziert.
- Ab Standort 2 wird die Durchfahrt mit einer Schranke gesperrt.
- Bei Standort 2 wird der Uferschutz auf einer Länge von 88 m erneuert.
- Weiter flussabwärts werden die Uferschutzbauten entfernt.
- Der Mergelbelag bei Standort 3 wird entfernt.
- Standort 3 wird der dynamischen Entwicklung und der Sukzession überlassen.



Revitalisierung

Fläche, welche der Gewässerdynamik zusätzlich zur Verfügung steht.

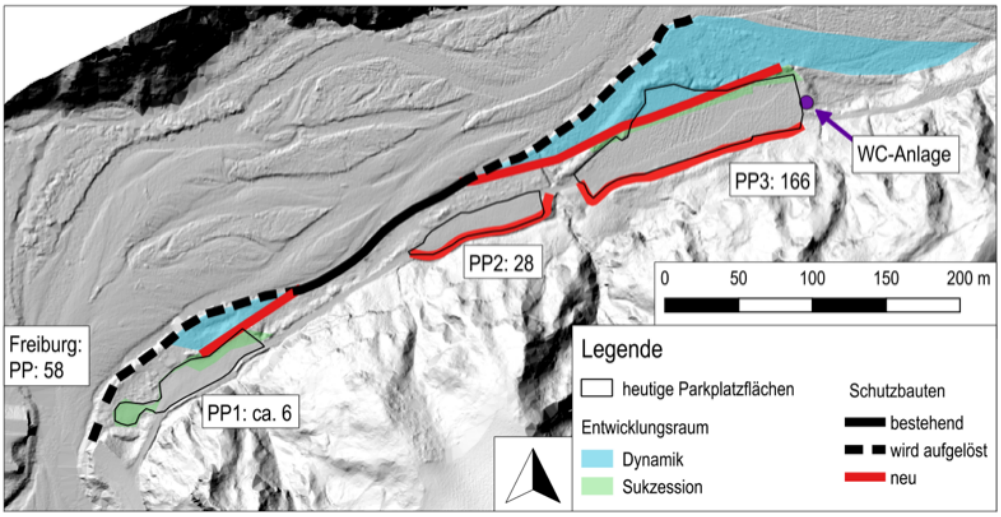
Zusätzliche Fläche am Standort 3: 15'100 m².

Fläche, auf welcher eine Sukzession entstehen kann.	Zusätzliche Flächen an den Standorten 1 und 3: 2'100 m^2
Landschaftsbild	Die grosse freie, unwirtliche Fläche bei PP3 wird zu einer natürlichen Landschaft.
Naherholung	
Anzahl Parkplätze	PP1: 94 PP2: 25 PP3: keine PP_FR: 58 (plus 10 Motos, plus Veloabstellplatz) **Total: 177**
Erreichbarkeit WC-Anlage	Die Anlage wird am Standort 2 hinter dem Schutzdamm errichtet. Die Erreichbarkeit für die Benutzenden ist unter Berücksichtigung der Tatsache, dass insbesondere der Bereich nach Standort 3 für die Naherholung genutzt wird, weniger gut als beim Ist-Zustand.
Naturgefahren	
Gefährdung der Benutzer	Durch einen Steinschlagschutz werden die Parkplätze geschützt.
Wirtschaftlichkeit	
Erstellungskosten	relativ gering
Kosten für Betrieb und Unterhalt	Betrieb WC-Anlage: wie bisher Unterhalt Ufersicherungen: gering Unterhalt Steinschlagschutzdamm: Blöcke periodisch entfernen: mittel
Bemerkung / offene Punkte	Am Standort 1 muss Wald gerodet werden. Ersatzaufforstungen sind am Standort 3 möglich.

6.2.2 Variante 2: Schwerpunkt Parkplätze am Standort 3

Massnahmen

- Standort 1 wird reduziert auf eine kleine Fläche für ungeregeltes Parkieren.
- Standort 2 wird maximal mit Parkplätzen belegt.
- Die übrigen Parkplätze werden an Standort 3 geschaffen.
- Die WC-Anlage wird am Standort 3 platziert.
- Ab Standort 3 wird die Durchfahrt mit einer Schranke gesperrt.
- Ab Standort 2 werden die Uferschutzbauten entfernt.
- Der Mergelbelag bei Standort 3 wird entfernt.
- Die Ufersicherungen werden teils zurück gebaut und näher an den Parkplätzen neu errichtet.

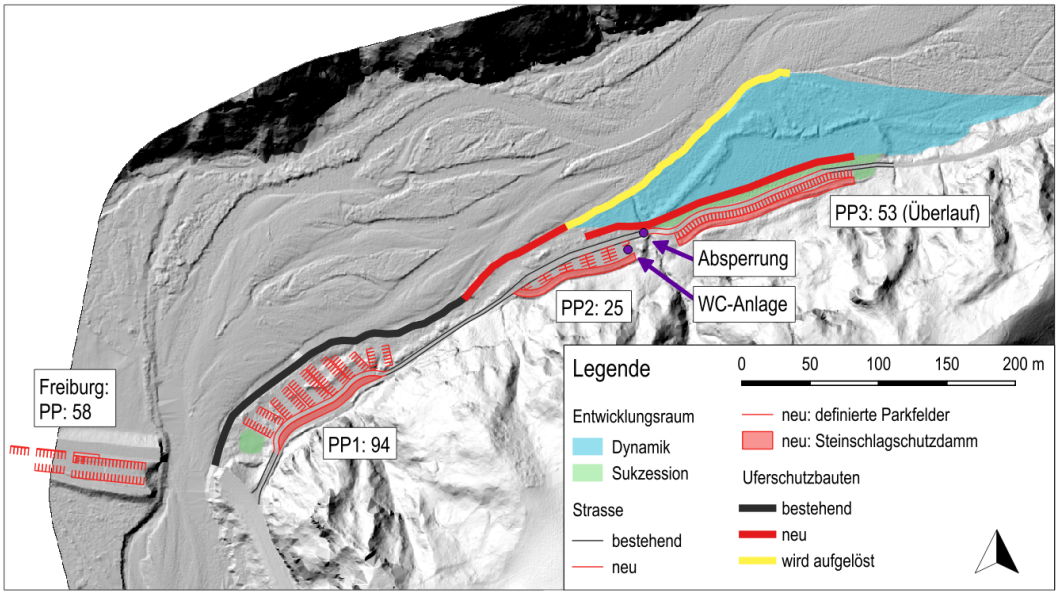


Revitalisierung	
Fläche, welche der Gewässerdynamik zusätzlich zur Verfügung steht.	Zusätzliche Flächen an den Standorten 1 und 3: 10'500 m^2.
Fläche, auf welcher eine Sukzession entstehen kann.	Zusätzliche Flächen an den Standorten 1 und 3: 2'000 m^2.
Landschaftsbild	keine wesentliche Veränderung zum Ist-Zustand
Naherholung	
Anzahl Parkplätze	PP1: freies Parkieren; ca. 6 PP2: 28 PP3: 166 PP_FR: 58 **Total: 258**
Erreichbarkeit WC-Anlage	Die Anlage bleibt am selben Standort bestehen; die Erreichbarkeit ist somit für die Naherholung optimal.
Naturgefahren	
Gefährdung der Benutzer	Durch einen Steinschlagschutz werden die Parkplätze und die Benutzer geschützt.
Wirtschaftlichkeit	
Erstellungskosten	mittel
Kosten für Betrieb und Unterhalt	Betrieb WC-Anlage: wie bisher Unterhalt Ufersicherungen: gering Unterhalt Steinschlagschutzdamm: Blöcke periodisch entfernen: mittel
Bemerkung / offene Punkte	Es wird keine Barriere errichtet. PP3 muss genügend Platz zum Wenden des Reinigungswagens der WC-Anlage aufweisen.

6.2.3 Variante 3a: Schwerpunkt Parkplätze am Standort 1 mit Überlauf (1x50)

Massnahmen

- Standort 1 wird erweitert und maximal mit Parkplätzen belegt.
- Standort 2 wird maximal mit Parkplätzen belegt.
- Standort FR wird maximal mit Parkplätzen belegt.
- Ab Standort 2 wird die Durchfahrt mit einer Schranke gesperrt.
- Standort 3 gilt als Überlauf für die Hochsaison und bleibt während der Nebensaison geschlossen.
- Die Parkflächen werden an allen drei Standorten mit einem Schutzdamm vor Steinschlag geschützt (Länge total 330 m)
- Die WC-Anlage wird am Standort 2 platziert.
- Bei Standort 2 wird der Uferschutz auf einer Länge von 88 m erneuert.
- Weiter flussabwärts werden die Uferschutzbauten entfernt und durch einen neuen Uferschutz nahe den Parkplätzen ersetzt (Länge 200 m)
- Der Mergelbelag bei Standort 3 wird, ausser am Standort der Parkfelder und der Strasse, entfernt
- Die nicht durch Parkfelder und Ufersicherungen beanspruchte Fläche bei Standort 3 wird der dynamischen Entwicklung überlassen.



Revitalisierung

Fläche, welche der Gewässerdynamik zusätzlich zur Verfügung steht.	Zusätzliche Fläche am Standort 3: 14'600 m^2.
Fläche, auf welcher eine Sukzession entstehen kann.	Zusätzliche Flächen den Standorten 1 und 3: 1'500 m^2
Landschaftsbild	Ein Teil der grossen freien, unwirtlichen Fläche bei PP3 wird zu einer natürlichen Landschaft.

Naherholung

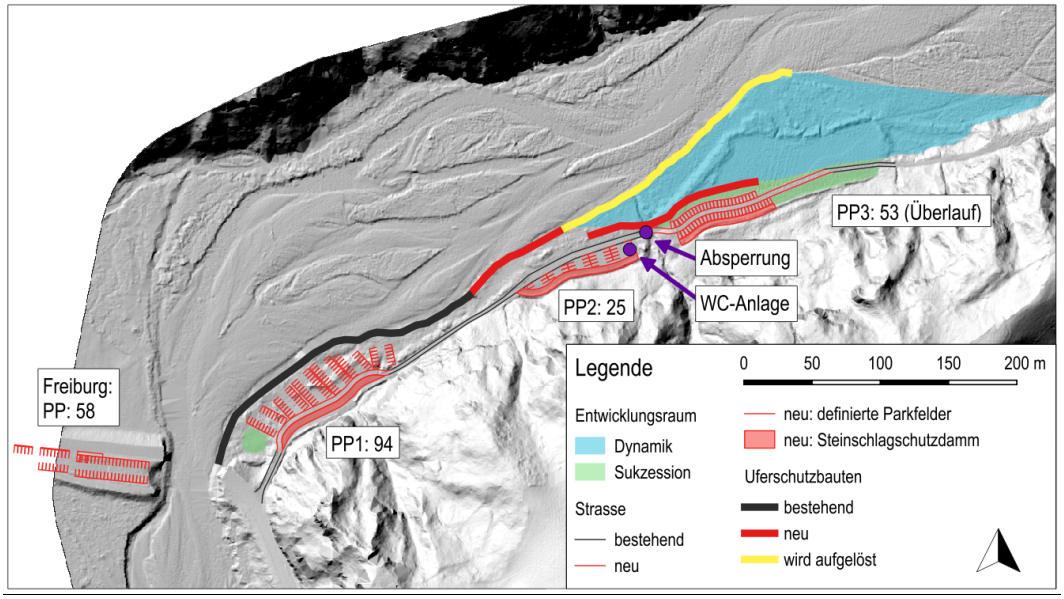
Anzahl Parkplätze	PP1: 94 PP2: 25 PP3: 53 (Überlauf) PP_FR: 58 (plus 10 Motos, plus Veloabstellplatz) **Total: 177, mit Überlauf 230**
Erreichbarkeit WC-Anlage	Die Anlage wird am Standort 2 hinter dem Schutzdamm errichtet. Die Erreichbarkeit für die Benutzenden ist unter Berücksichtigung der Tatsache, dass insbesondere der Bereich nach Standort 3 für die Naherholung genutzt wird, weniger gut als beim Ist-Zustand.

Naturgefahren	
Gefährdung der Benutzer	Durch Dämme werden die Parkplätze geschützt.
Wirtschaftlichkeit	
Erstellungskosten	hoch
Kosten für Betrieb und Unterhalt	Betrieb WC-Anlage: wie bisher Unterhalt Ufersicherungen: gering Unterhalt Steinschlagschutzdamm: Blöcke periodisch entfernen: mittel
Bemerkung / offene Punkte	Am Standort 1 muss Wald gerodet werden. Ersatzaufforstungen sind am Standort 3 möglich. Es muss geregelt werden, in wessen Zuständigkeitsbereich das Öffnen und Schliessen der Schranke liegt. Zusätzlich muss geklärt werden, wer die Kompetenz dazu besitzen soll (Gemeinde, Forstwirtschaft, Ambulanz etc.).

6.2.4 Variante 3b: Schwerpunkt Parkplätze am Standort 1 mit Überlauf (2x25)

Massnahmen

- Standort 1 wird erweitert und maximal mit Parkplätzen belegt.
- Standort 2 wird maximal mit Parkplätzen belegt.
- Standort FR wird maximal mit Parkplätzen belegt.
- Ab Standort 2 wird die Durchfahrt mit einer Schranke gesperrt.
- Standort 3 gilt als Überlauf für die Hochsaison und bleibt während der Nebensaison geschlossen.
- Die Parkflächen werden an allen drei Standorten mit einem Schutzdamm vor Steinschlag geschützt (Länge total 265 m)
- Die WC-Anlage wird am Standort 2 platziert.
- Bei Standort 2 wird der Uferschutz auf einer Länge von 88 m erneuert.
- Weiter flussabwärts werden die Uferschutzbauten entfernt und durch einen neuen Uferschutz nahe der Parkplätze ersetzt (Länge 125 m)
- Der Mergelbelag bei Standort 3 wird, ausser am Standort der Parkfelder und der Strasse, entfernt
- Die nicht durch Parkfelder und Ufersicherungen beanspruchte Fläche bei Standort 3 wird der dynamischen Entwicklung überlassen.



Revitalisierung	
Fläche, welche der Gewässerdynamik zusätzlich zur Verfügung steht.	Zusätzliche Fläche am Standort 3: 14'600 m^2.
Fläche, auf welcher eine Sukzession entstehen kann.	Zusätzliche Flächen an den Standorten 1 und 3: 1'700 m^2
Landschaftsbild	Ein Teil der grossen freien, unwirtlichen Fläche bei PP3 wird zu einer natürlichen Landschaft.
Naherholung	
Anzahl Parkplätze	PP1: 94 PP2: 25 PP3: 53 (Überlauf) PP_FR: 58 (plus 10 Motos, plus Veloabstellplatz) **Total: 177, mit Überlauf 230**
Erreichbarkeit WC-Anlage	Die Anlage wird am Standort 2 hinter dem Schutzdamm errichtet. Die Erreichbarkeit für die Benutzenden ist unter Berücksichtigung der Tatsache, dass insbesondere der Bereich nach Standort 3 für die Naherholung genutzt wird, weniger gut als beim Ist-Zustand.
Naturgefahren	
Gefährdung der Benutzer	Durch Dämme werden die Parkplätze geschützt.
Wirtschaftlichkeit	
Erstellungskosten	relativ hoch
Kosten für Betrieb und Unterhalt	Betrieb WC-Anlage: wie bisher Unterhalt Ufersicherungen: gering Unterhalt Steinschlagschutzdamm: Blöcke periodisch entfernen: mittel
Bemerkung / offene Punkte	Am Standort 1 muss Wald gerodet werden. Ersatzaufforstungen sind am Standort 3 möglich. Es muss geregelt werden, in wessen Zuständigkeitsbereich das Öffnen und Schliessen der Schranke liegt. Zusätzlich muss geklärt werden, wer die Kompetenz dazu besitzen soll (Gemeinde, Forstwirtschaft, Ambulanz etc.).

6.3 Bewertungsmatrix

Die Bewertungsskala wurde so gewählt, dass der Ist-Zustand in der Summe mit null Punkten bewertet wird. Positive Veränderungen gegenüber heute erhalten eine Note größer null, negative Veränderungen eine solche kleiner null.

Tabelle 7: Bewertungskriterien und Bewertungsskala für den Variantenvergleich.

Hauptziel	Bewertungskriterium	Gewichtung	Bewertungsskala
A: Revitalisierung	A1: Fläche, welche der Gewässerdynamik zusätzlich zur Verfügung steht.	2.50	2 = Zusätzliche Fläche ist groß 1 = Zusätzliche Fläche ist klein 0 = keine zusätzliche Fläche -1 = Fläche ist geringer als heute
	A2: Fläche, auf welcher sich eine Sukzession entwickeln kann	1.00	2 = Zusätzliche Fläche ist groß 1 = Zusätzliche Fläche ist klein 0 = keine zusätzliche Fläche -1 = Fläche ist geringer als heute
	A3: Landschaftsbild	0.50	1 = PP nicht sichtbar und Ausdehnung Infrastruktur kleiner als heute 0 = Parkplätze rechts der Sense sind von der Brücke oder vom gegenüberliegenden Ufer nicht sichtbar und Ausdehnung Infrastruktur gleich wie heute -1 = Parkplätze rechts der Sense sind sichtbar oder die Flächen Infrastruktur grösser als heute
	A4: Potential Revitalisierung Sodbach (im Mündungsbereich zur Sense)	0.50	1 = Der Sodbach kann ohne Einschränkungen revitalisiert werden. 0 = Der Sodbach kann mit den heutigen Einschränkungen revitalisiert werden. - 1 = Der Sodbach kann mit Einschränkungen revitalisiert werden.
B: Naherholung	B1: Anzahl Parkplätze	2.50	2 = insgesamt 180-250 PP, geordnet gemäss Beschluss Runder Tisch 1 = insgesamt weniger als 180 PP, geordnet 0 = ungeordnetes Parkieren wie bisher
	B2: Erreichbarkeit WC-Anlage	0.50	0 = WC-Anlage nahe an den Badeplätzen/Parkplätzen -1 = keine WC-Anlage vorhanden
C: Naturgefahren und Wald	C1: Risiko für Schäden durch Steinschlag	0.75	1 = Risiko gegenüber heute geringer 0 = Risiko gegenüber heute unverändert -1 = Risiko gegenüber heute größer
	C2: Rodungsfläche	0.25	0 = Es wird keine Waldfläche gerodet. -1 = Rodung erforderlich, viel Fläche für Revitalisierung -2 = Rodung erforderlich, viel Fläche für Parkplätze
D: Wirtschaftlichkeit	D1: Erstellungskosten	1.00	0 = keine Erstellungskosten -1 = geringe Erstellungskosten -2 = hohe Erstellungskosten
	D2: Kosten für Betrieb und Unterhalt (inkl. Instandstellung Wanderweg nach Hochwasser)	1.50	1 = Unterhaltskosten geringer als heute 0 = Unterhaltskosten gleich wie heute -1 = höhere Unterhaltskosten als heute -2 = bedeutend höhere Unterhaltskosten als heute
Total		11.0	

6.4 Variantenbewertung

Um die Sensitivität zu testen wurden vorgängig alle Varianten mit 4 verschiedenen Szenarien bewertet (Siehe Tabelle 7). Die Sensitivitätsanalyse und die Variantenbewertung können im Anhang B eingesehen werden.

Tabelle 8: Bewertungstypen

Bewertungstyp	Gewichtung der Bewertungskriterien
Naturschützer	Revitalisierung (A)
Hobby	Naherholung (B)
Sicherheitsbewusst	Naturgefahren (C)
Preisbewusst	Wirtschaftlichkeit (D)

6.5 Entscheid zur Parkplatzlenkung

Beim «Runden Tisch» am 15. Juni 2020 wurden die verschiedenen Varianten bewertet und ein definitiver Entscheid zu Gunsten der Variante 3b getroffen.

6.6 Massnahmen zur Ufersicherung

Verschiedene Ufersicherungsmassnahmen für PP2 und PP3 wurden aufgezeigt und verglichen. Diese sind mit Pro und Contra in der folgenden Tabelle 9 aufgelistet.
Aus der Projektausschuss Sitzung vom 13. Januar 2020 wurde eine Ufersicherung mit Blockbuhnen als bevorzugte Variante gewählt und dieser Entscheid am Runden Tisch vom 15. Juni 2020 bestätigt. An der Sitzung vom November 19. November 2020 ist der Projektausschuss auf diesen Entscheid zurück gekommen und hat beschlossen, zwei weitere Varianten von Ufersicherungen mit Holz ausarbeiten zu lassen.
Die Holzvarianten wurden an der Sitzung vom 17. Februar 2021 mit den Fachstellen des Kantons besprochen und gutgeheissen.

Tabelle 9: Pro und Contra der Massnahmen für Ufersicherungen.

Massnahmen	Pro	Contra
Blocksatz	(Kostengünstig) Platzsparend	Geringe Strömungsvielfalt Schlechte Quervernetzung
Blockbuhnen	Strömung gut strukturiert Gute Quervernetzung Lange Lebensdauer (ca. 80 Jahre)	Hohe Kosten Landschaftsbild (massives Bauwerk)
Baumbuhnen	Strömung gut strukturiert Gute Quervernetzung Kostengünstig Minimaler Eingriff Lokales Baumaterial Passt sich in Landschaftsbild ein	Kurze Lebensdauer (ca. 10 Jahre) Konflikt mit Naherholung (z.B. Holzdiebstahl für Feuerstellen) Fremdmaterial bei Zerfall (Jochseile)
Wurzelstammkasten	Lokales Baumaterial Lokale Unterstände für Fische Passt sich in Landschaftsbild ein	Mittlere Lebensdauer (ca. 20 Jahre) Teuer
Interventionslinie	Kein Bauen auf Vorrat	Finanzierung langfristig nicht gesichert Risiko von zu später Intervention

6.7 Variantenvergleich und -entscheid

Es wurden 3 verschiedene Ufersicherungsvarianten ausgearbeitet.

- Blockbuhnen
- Baumbuhnen mit Interventionslinie
- Wurzelstammkasten mit Interventionslinie

Zur Ufersicherung in einem verzweigten Gerinne sind Holz- und Blockbuhnen sowie Wurzelstammkasten geeignet. Die beiden Buhnenvarianten erlauben die Schaffung einer «aufgelösten Uferlinie», welche die Strömung strukturiert. Die Varianten mit dem Wurzelstammkasten werden Fischunterstände geschaffen, wenn die Verbauung angeströmt wird. Die verschiedenen Vor- und Nachteile sind in Tabelle 10 aufgelistet.

Bei den Verbauungen aus Holz wird vorerst nur ein Teil der gesamten Ufersicherung erstellt, nämlich dort, wo die «aktive Uferlinie» in etwa der geplanten Uferlinie entspricht. Weiter flussabwärts wird eine Interventionslinie definiert. Die Ufersicherung wird dort erst errichtet, wenn die Interventionslinie erreicht wird.
Die Ufersicherung aus Blockbuhnen wird bereits vollständig erstellt.

	Pro	Contra
Blockbuhnen	Strömung gut strukturiert Gute Quervernetzung Lange Lebensdauer (ca. 80 Jahre)	Hohe Kosten Landschaftsbild (massives Bauwerk)
Baumbuhnen mit Interventionslinie	*Bauwerk:* Strömung gut strukturiert Gute Quervernetzung Kostengünstig Minimaler Eingriff Lokales Baumaterial Passt sich in Landschaftsbild ein	Kurze Lebensdauer (ca. 10 Jahre) Konflikt mit Naherholung (z.B. Holzdiebstahl für Feuerstellen) Fremdmaterial bei Zerfall (z.B. Jochseile)
	Interventionslinie: Kein Bauen auf Vorrat	Finanzierung langfristig nicht gesichert Risiko von zu später Intervention
Wurzelstammkasten mit Interventionslinie	*Bauwerk:* Lokales Baumaterial Lokale Unterstände für Fische Passt sich in Landschaftsbild ein	Mittlere Lebensdauer (ca. 20 Jahre) Hohe Kosten
	Interventionslinie: Kein Bauen auf Vorrat	Finanzierung langfristig nicht gesichert Risiko von zu später Intervention

7 Projektgrundlagen

7.1 Bemessungsabfluss

Überflutung
Die Uferwege, wie auch die Parkplätze werden auf ein HQ_{10} geschützt. Aufgrund der Abflussmenge von rund 100 m^3/s bei einem HQ_{10} sind keine Hochwasserschutzmassnahmen notwendig.

Ufererosion
Für die Dimensionierung des Uferschutzes wurde ein HQ_{100} verwendet, was einem Abfluss von 275 m^3/s entspricht.

7.2 Morphologische Randbedingungen

Die Regimebreite und die Gerinneform wurde bereits in einem früheren Kapitel besprochen.
Die Sohlenlage wurde ebenfalls untersucht, scheint aber im Projektperimeter seit einigen Jahrzehnten keinen starken Änderungen zu unterliegen. Die Sohle wird sich im Verlauf der dynamischen Entwicklung, bei einer Verbreiterung leicht anheben, jedoch wird diese Veränderung nicht besonders gross sein.
Die Verbeiterung der Sense erfolgt dynamisch und kann Jahre bis Jahrzehnte in Anspruch nehmen. Daher ist keine starke Veränderung des Gleichgewichtgefälles zu erwarten.
Aufgrund von Querströmungen in einem verzweigten Gerinne können sich ausgeprägte morphologische Kolke ausbilden. Daher wurde der Morphologischen Kolk nach Zarn berechnet. Eine Gerinnebreite von rund 140 m, wie sie im Bereich des Projekts vorzufinden ist, wurde angenommen. Bei einem Abfluss von 110 m^3/s (rund HQ_2) muss mit einer Kolktiefe von rund 2.3 m (95 %-Quantil) gerechnet werden. Bei grösseren Abflüssen sind Querströmungen weniger ausgeprägt, wodurch sich geringere Kolktiefen ausbilden. Die Kolktiefe bezieht sich auf die mittlere Sohlenlage der Sense.

7.3 Bemessung Ufersicherungen

7.3.1 Buhnenabstand

In einem verzweigten Gerinne hängt die angeströmte Länge der Buhnen von der lokalen Gerinneform ab. Der Abstand zwischen den Buhnen wurde nach Hunzinger [19] berechnet.

- Blockbuhnen: Der Buhnenabstand wurde auf 15 m festgesetzt für die Blockbuhnen.

- Baumbuhnen: Für Baumbuhnen wurde ein kürzerer Abstand von 10 m gewählt, da diese eine schwächere Buhnenwirkung haben als Blockbuhnen.

- Wurzelstammkasten: Die Wurzelstammkasten werden nicht als durchgehenden Längsverbau erstellt. Es werden einzelne Elemente mit einer Länge von 6 – 8 m und mit einem Abstand von 6 m erstellt.

7.3.2 Fundationstiefe Buhnen

Buhnenkolkabschätzungen wurden nach dem Ansatz von Melville [18] berechnet. Dies Kolkabschätzungen stimmen in einem verzweigten Gerinne oft nicht. Daher kann für verzweigte Gerinne nach Hunzinger [19] die angeströmte Länge einer Buhne berechnet werden und miteinbezogen werden. Mit der so bestimmten charakteristischen Länge

kann mithilfe von Melville die Kolktiefe der Buhne besser bestimmt werden.

Für die vorherrschende Breite bei PP2 von rund 140 m wurden die Fundationstiefen ermittelt. Die Berechnung der Fundationstiefen ergab für die lange Buhne (L= 22 m) eine Tiefe von max. -3.5 m und für die kurze Buhne (L = 17 m) eine Tiefe von max. -3.1 m gegenüber der mittleren End-Sohlenlage bei kleineren und grösseren Hochwassern (bis HQ_{100}). Diese Abschätzung rechnet mit einer grosszügigen Gerinnebreite, die eine Fundationstiefe eher überschätzt. Dadurch wird ein ausreichender Schutz gewährleistet.

- Blockbuhnen: Weil die Fundationstiefe von mehr als 3 m unverhältnismässig wäre, wird die Fundationstiefe der Buhnen auf 1.5 m festgesetzt in Kombination mit einem Kolkschutz.

- Baumbuhnen: Baumbuhnen benötigen keine Fundation, da nicht mit einem Kolk in der Grössenordnung von Metern zu rechnen ist. Dies beruht auf der Wirkung von Baumbuhnen. Dies sind bewegliche Bauwerke, bei denen die Baumwipfel (vordersten Meter) nicht als starres Bauwerk wirkt. Dieser Wirkung wird reduziert durch Abrasion, Verwitterung, Vermorschung, etc. des Holzes.

- Wurzelstammkasten: Wurzelstammkasten benötigen eine Fundation, da diese ein starres Bauwerk darstellen. Dabei werden die untersten Holzstämme auf Blöcke gesetzt um ausreichend Stabilität zu gewährleisten. Eine Fundation auf die Kolktiefe von ca. 2.5 m ist erforderlich.

7.3.3 Verankerungen

Für die 3 Varianten sind unterschiedliche Verankerungen notwendig.

- Blockbuhnen: Für die Blockbuhnen sind keine Verankerungen notwendig. Jedoch sind für die ökologische Aufwertung mit Wurzelstämmen Verankerungen notwendig. Damit die Wurzelstämme nicht weggeschwemmt werden, müssen die Einwirkenden Kräften wie Hydrostatischen und Hydrodynamischen Kräfte mit einer Verankerung kompensiert werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass in einem Gewässer mit max. Fliessgeschwindigkeiten von rund 3 m/s (HQ_{100} im Projektabschnitt) ein Block mit einem Eigengewicht von ca. 2 t benötigt wird. Diese Abschätzung beruht auf einem Stamm mit einem Durchmesser von rund 0.3 m [20].

- Holzbuhnen: Für Holzbuhnen und Wurzelstammkasten sind die gleichen Überlegungen erforderlich. Um eine Holzbuhne mit 8 Stämmen zu sichern sind 4 Blöcke à 1.5 t vorgesehen. Zudem werden Pfähle gerammt. Die Bäume werden mit Jochseilen an den gerammten Pfählen abgespannt.

- Wurzelstammkasten: Für Wurzelstammkasten sind 2 Blöcke à 2.5 t und eine Überschüttung durch vorhandenes Flussmaterial vorgesehen um diese gegen Aufrieb zu schützen. Zudem werden die Wurzelstämme, Längs- und Querhölzer miteinander verbunden. Dies Verbindungen können mit Akazienhölzern anstatt Armierungseisen gemacht werden, was zwar mehr Zeitaufwand bedarf, aber ein natürliches, abbaubares Material ist, was im Sensegebiet von Bedeutung ist.

7.4 Interventionslinie

Für die Variante Baumbuhne und Wurzelstammkasten ist eine Interventionslinie vorgesehen. Die Interventionslinie befindet sich 4 m vorgelagert vor der zukünftigen Uferlinie (Siehe Situationsplan 1.1b und 1.1c). Wird die Interventionslinie zu einem zukünftigen Zeitpunkt (z.B. in einigen Jahren) in einem Abschnitt erreicht, ist die Erstellung der Ufersicherungen notwendig. Bei diesen Varianten ist nach mittleren Hochwasserganglinien, aber mindestens 1x jährlich zu prüfen, ob die Ufererosion die Interventionslinie in einem Bereich erreicht hat. Damit frühzeitig die Planung für die zu erstellenden Uferschutzverbauungen eingeleitet werden kann.

7.5 Steinschlagschutz

Zum Schutz der Parkplätze vor Steinschlag wird ein Schüttdamm projektiert. Um ausreichend Schutz zu gewährleisten muss der Steinschlagschutz entlang der drei Parkplätze gewisse Anforderung erfüllen. Bergseitig unterstützt ein hohes Gefälle des Steinschlagschutzes eine Reduktion der Aufprallweiten von Steinen. Es hat sich gezeigt, dass die Steine vorwiegend aus brüchigem Sandstein sind und bei einem Aufprall mit grosser Wahrscheinlichkeit zerteilt werden (Siehe Sturzprozessbeurteilung durch die IMPULS AG [4]).

8 Projektbeschreibung

8.1 Revitalisierung

Der bestehende Uferschutz wird zurückversetzt, um der Sense mehr Raum für Entwicklung bereitzustellen. Durch die nähere Uferlinienführung wird dem Gewässer eine zusätzliche Fläche von rund 14'600 m^2 für die Flussdynamik zur Verfügung gestellt. Zudem wird eine Fläche von rund 1'700 m^2 für das Entstehen einer Sukzessionsfläche bereitgestellt. Durch den Abbruch der alten und die Erstellung der neuen Ufersicherung wird die Quervernetzung stark verbessert. Zwischen den Buhnen / Wurzelstammkasten können die Uferbereiche regelmässig erodieren, wodurch sich naturnahe Habitate ausbilden.
Wurzelstämme dienen als Strukturelement im Gewässerbett und Lebensraum für viele Tierarten und Kleinlebewesen. Sie werden im Bereich der Buhnen eingebaut.

Zudem wird sich im Bereich ab PP2, ohne den früheren Parkplatz 3, Vegetation entwickeln. Dies kann aber Jahre bis Jahrzehnte in Anspruch nehmen. Für eine Rückeroberung der Lebensräume durch Pionierpflanzen, ist der Abtrag des Mergelbelags von PP3 und eine Auflockerung notwendig. Eine Bestockung der Fläche würde den Verlauf beschleunigen. Weiter dient die Fläche von PP3 zur Ersatzaufforstung.

Als weitere Massnahme wird der rund 185 m Damm aus Blöcken, welche die Fläche von PP3 zur Sense hin begrenzt, entfernt. Damit wird das künstliche Hindernis zur Ausbreitung des Flussbetts beseitigt. Die im Damm enthaltenen Blöcke werden für die Schutzbauten (Buhnen und / oder Steinschlagschutzdamm) wiederverwendet.

8.2 Neue Parkplatzordnung

8.2.1 Übersicht

Es werden Parkplätze an vier verschiedenen Standorten errichtet. Damit können insgesamt 178 (mit Überlauf 228) Parkplätze zur Verfügung gestellt werden. Die Parkplätze werden von der Gemeinde bewirtschaftet. Für die Benutzung wird eine Gebühr erhoben. Eine Verkehrsschranke trennt die Überlauf-Parkplätze von denjenigen im Normalbetrieb ab.

Standort	Anzahl Parkplätze
PP1	97
PP2	24
PP Freiburg	57
Total	**178**
PP3 (Überlauf)	50
Total mit Überlauf	**228**

Tabelle 11: Übersicht über die Parkplätze.

8.2.2 Parkierungsanlage PP1

Situation
Standort PP1 weist 97 Parkplätze auf, davon 2 Behindertenparkplätze[2]. Die Parkierungsanlage besteht aus 6 Teilflächen. Die Zufahrt zu diesen Teilflächen erfolgt aus dem teils bestehenden Zufahrtsweg, der südlich der Parkierungsanlage teilerneuert wird. Es werden Senkrechtparkierfelder (Parkfeldwinkel 90°) erstellt, welche nach VSS 40 291a folgende Abmessungen aufweisen: Breite 2.50 m, Länge 5.00 m. Die Fahrgasse weist eine Breite von 6.50 m auf.
Teilweise kommt die Parkierungsanlage im heute bewaldeten Bereich zu liegen. In diesem Bereich wird nach dem Roden des Waldes und dem Entfernen der Wurzelstöcke das heutige Terrain auf eine Tiefe von ca. 50 cm ausgehoben, damit eine 40 cm starke Fundationsschicht eingebaut werden kann. Diese Schichtstärke wurde unter der Annahme einer mittleren Tragfähigkeit des Untergrundes nach VSS 40 744, gewählt (Tragfähigkeitsstufe B). Für die gerodete Waldfläche ist auf dem Gelände des PP3 eine Ersatzaufforstung vorgesehen.
Im restlichen Parkplatzbereich und im Bereich des Zufahrtsweges, in Bereichen des heutigen Kiesplatzes, wird angenommen, dass der Unterbau ausreichend tragfähig ist. Daher wird in diesen Bereichen ein Geländeabtrag von lediglich 10 cm ausgeführt. Sämtliches Aushubmaterial wird abgeführt.

Entwässerung
Entlang der Parkplatzränder wird eine Sickerpackung (Breite und Tiefe 50 cm) aus Sickergeröll erstellt, über welche das Oberflächenwasser der Parkplätze und des Erschliessungsweges zur Versickerung gebracht wird.
Zur besseren Abgrenzung zwischen Park-/ Fahrflächen und der Versickerung soll die Sickerpackung ca. 10 cm tiefer liegen.

Normalprofil
Die neue Oberfläche der Parkierungsanlage folgt ungefähr dem Verlauf des heutigen Terrains. Das Oberflächengefälle beträgt min. 3 %.
Die Fundationsschicht weisst eine Schichtstärke von 40 cm auf und besteht aus einem Kiesgemisch 0/45. Darüber liegend wird im Parkplatzbereich sowie im Bereich der Zufahrten eine 7 cm starke Deckschicht, bestehend aus gebrochenem Kalkmergel, eingebaut (Ausbildung nach VSS 40 744). Aus Gründen des Landschaftsbildes fiel die Wahl auf diesen Aufbau in ungebundener Bauweise. Er fügt sich bestens in die natürliche Umgebung ein.

Ausrüstung und Markierung
Es werden zwei Stück solarbetriebene Ticketautomaten aufgestellt.
Die einzelnen Parkfelder werden auf der Seite Fahrgasse mit einem rechteckigen, einbetonierten Betonstein markiert. Auf der gegenüberliegenden Seite werden die Begrenzungen der Parkfelder mittels eingeschlagenen, ca. 50 cm langen, Holzpflöcken signalisiert. Bei den Behindertenparkplätzen wird zusätzlich je ein Parkplatzschild «Behindertenparkplatz» aufgestellt.

---

2 Nach VSS 40 482 muss bei jeder Art von Bewirtschaftung einer Parkierungsanlage, Verfügbarkeit und Benutzbarkeit von Parkmöglichkeiten für Fahrzeuglenker mit Behinderung gewährleistet sein.

8.2.3 Parkierungsanlage PP2

Situation
Die Parkierungsanlage weist 24 Parkplätze auf, davon 1 Behindertenparkplatz und wird zwischen dem neu zu erstellenden Steinschlagschutz und dem bestehenden Zufahrtweg platziert. An ihrem Ostende werden die WC-Anlage sowie eine Abfallentsorgungsstelle realisiert.
Die Abmessungen der Parkierfelder sind gleich wie bei PP1, mit zusätzlich einer Breite des Behindertenparkplatz von 3.50 m. Der bestehende Zufahrtsweg kann beibehalten werden. Im Bereich der Zufahrt und der Parkierungsanlage werden rund 10 cm des bestehenden Terrains abgetragen und ersetzt. Dies geschieht unter der Annahme, dass der Untergrund in diesem Bereich über eine ausrechende Tragfähigkeit verfügt (Tragfähigkeitsstufe B, mittel).

Entwässerung
Entlang der Nordseite des Zufahrtsweges wird eine Sickerpackung erstellt, über welche das anfallende Oberflächenwasser versickert wird. Die Sickerpackung wird mittels Sickergeröll ausgebildet.

Normalprofil
Der Aufbau entspricht jenem von Parkierungsanlage PP1.

Ausrüstung
Es wird 1 solarbetriebener Ticketautomat aufgestellt. Die einzelnen Parkfelder werden analog zu PP1 markiert. Die bestehende WC-Anlage (Holzhaus), die sich heute östlich des PP3 befindet, wird demontiert und zum PP2 verschoben. Der Unterhalt der WC-Anlage erfolgt wie im Bestand durch regelmässiges Entleeren des Fäkaltanks. WC-Anlage und Abfallentsorgungsanlage werden auf eine 20 cm starke bewehrte Betonplatte gestellt.

8.2.4 Parkierungsanlage PP3

Situation
Die Parkierungsanlage weist 50 Parkplätze auf. Davon sind 2 Behindertenparkplätze.
PP3 wird als Überlauf und somit nur zu Spitzenzeiten geöffnet. Dazu wird die Parkierungsanlage mittels einer von Hand zu bedienenden Schranke abgesperrt. Die Fahrgasse hat in diesem Bereich eine Breite von 5.75 m. Befahren wird die Fahrgasse im Einbahnregime.
Als Wendeanlage wird am hinteren Ende der Parkierungsanlage ein Wendeplatz erstellt, dessen Ränder zur besseren Kennzeichnung mittels Versteinung abgeschlossen werden. Analog den vorherigen Standorten wird angenommen, dass der Standort PP3 über eine mittlere Tragfähigkeit verfügt. Somit werden lediglich die obersten 10 cm des Bodenaufbaus ersetzt.

Entwässerung
Analog den Parkierungsanlagen PP1 und PP2, erfolgt die Entwässerung mittels eines Oberflächengefälles von 3 %. Das anfallende Meteorwasser wird mittels Sickergräben versickert.

Normalprofil
Der Aufbau entspricht jenem von Parkierungsanlage PP1 und PP2.

Ausrüstung
Es wird 1 solarbetriebener Ticketautomat aufgestellt. Die Markierung der Parkplätze erfolgt analog der vorgängig beschriebenen Anlagen.

8.2.5 Zufahrt PP1 bis PP3

Die bestehende Zufahrt wird auf eine Länge von 40 m asphaltiert. So wird die Befahrbarkeit verbessert und die Erosion durch Witterung und Anfahrkräfte von Fahrzeugen verhindert.
Folgender Belagsaufbau wird realisiert: 9 cm ACT 22N, Deckschicht 4 cm AC 11N. Es wird angenommen, dass die bestehende Fundationsschicht über eine ausreichende Tragfähigkeit verfügt und somit nicht ausgetauscht werden muss. Optional kann der Führungsstein der Kantonsstrasse im Bereich der Zufahrt, über eine Länge von ca. 20 m erneuert werden. Die Büsche und Hecken im Einfahrtsbereich müssen regelmässig zurückgeschnitten werden um die Sichtweiten einzuhalten.

8.2.6 Parkierungsanlage Freiburg

Situation
Die Parkierungsanlage Freiburg befindet sich im Kantonsgebiet des Kantons Freiburg, nordwestlich der Sodbachbrücke. Diese weist 57 Parkplätze auf, davon 2 Behindertenparkplätze. Zudem befinden sich hier Abstellmöglichkeiten für Motorräder und Velos. Erschlossen ist die Anlage über die Kantonsstrasse. Ein- und Ausfahrt sind durch die örtliche Bushaltestelle räumlich getrennt. Die neue Anlage kommt stellenweise im Kulturland zu liegen, wodurch hier ein Erdabtrag von rund 50 cm ausgeführt wird. Der Aufbau erfolgt Analog PP1. In Bereichen der bestehenden Kiesfläche erfolgt die Ausführung analog zu den Anlagen auf der Seite des Kanton Bern.

Bei der Erstellung der Parkplätze ist darauf zu achten, dass die Parkplätze die Einfahrten für die 2 wegführenden Wege in westlicher (gleichzeitig ein Wanderweg) und südöstlicher Richtung nicht behindern.

Entwässerung
Die Entwässerung erfolgt via Oberflächengefälle in die angrenzende Grünfläche.

Normalprofil
Der Aufbau der Parkierungsanlage entspricht jener auf der Seite Kanton Bern.

Ausrüstung
Es wird 1 solarbetriebenen Ticketautomat aufgestellt. Die Markierung der Parkplätze erfolgt analog der Seite Kanton Bern. Zusätzliche werden die Parkplätze an der Kantonsstrasse mittels Radabweisern aus Beton (Betonbalken) von der Fahrbahn abgegrenzt. So können die Sichtbermen im Bereich der Ein- und Ausfahrt stets gewährleistet werden.

Zufahrtsbereich und Bushaltestelle
Abgrenzung Kantonsstrasse/ Parkplatzanlage erfolgt mit einer Stellplatte. Im Ein- und Ausfahrtsbereich wird ein zweireihiger Pflasterstein versetzt. Der Gehweg im Bereich der Bushaltestelle wird mit einem neuen Asphaltbelag versehen.

8.3 Ufersicherungen

Die bestehende Ufersicherung entlang des PP1 wird beibehalten. Anfangs PP2 bis Ende PP3 wird eine neue Ufersicherung erstellt. Die 3 verschiedenen Varianten zur Ufersicherung werden im Folgenden beschrieben.

8.3.1 Blockbuhnen

Die Buhnen haben Abstände von rund 15 m (Situationsplan in Beilage 1.1a). Diese Blockbuhnen werden mit zwei unterschiedlichen Längen senkrecht zur neuen Uferlinie angeordnet. Dabei werden abwechselnd eine lange Buhne (22 m) und zwei kurze Buhnen (17 m) angeordnet um eine variable Uferlinie zu schaffen. Die Buhnenfelder sind nicht befestigt. Zwischen den Buhnen wird sich eine girlandenförmige Uferlinie ausbilden. Die Buhnen bei PP2 sind ausreichend weit ins bestehende Ufer eingebunden, so dass sie nicht umflossen und hinterspült werden. Bei PP3 werden sie weit entfernt von der aktuellen Uferlinie «im Trockenen» errichtet. Sie entfalten ihre Wirkung erst, wenn die Sense nach einer Abfolge von Hochwasserereignissen ihren Lauf verlagert hat.
Die Buhnen werden 1.5 m tief unter die mittlere Sohle der Sense fundiert. Um den Fuss der Buhnen werden Blöcke verlegt um einen ausreichenden Kolkschutz zu gewährleisten. Es werden Blöcke von rund 1.5 - 2 t Gewicht verwendet. Aufgrund der Quer- und Rückströmungen muss sowohl die unterstromseitige, wie auch die oberstromseitige Neigung 2:3 ausgebildet werden.

Normalien der Buhnen können in der Beilage 1.4a eingesehen werden. Um die Buhnen einzupassen wird die Waldfläche temporär gerodet werden müssen. Dieser Bereich wird nach Erstellung der Blockbuhnen wieder aufgeforstet.

8.3.2 Baumbuhnen mit Interventionslinie

Die Baumbuhnen werden mit Abständen von rund 10 m erstellt (Siehe Situationsplan in Beilage 1.1b). Dabei werden diese senkrecht zur «aktiven Uferlinie» angeordnet. Es werden dabei nur die ersten 9 von 22 Buhnen erstellt (80 m der Uferlinie), weil weiter flussabwärts die Buhnen komplett in bestehendes Terrain eingebaut werden müssten. Nach diesen rund 80 m wird mit einer Interventionslinie gearbeitet (Siehe Kapitel 7.4).

Eine Baumbuhne besteht aus 8 Tannen mit Ästen, die mit der Spitze in die Sense platziert werden. Anschliessend werden diese zusammengebunden und mit Jochpfählen- und seilen auf die mittlere Sohlenlage gesetzt. Es werden 2 Blöcke a 1.5 t mit einem Jochseil verbunden und über die Buhne gelegt als Schutz gegeben ein Wegschwemmen. Die Baumbuhnen können mit unterschiedlichen Baumlängen eingebunden werden, um eine Variabilität zu schaffen.

Normalien der Buhnen können in Beilage 1.4b eingesehen werden. Der Bau dieser Buhnen benötigt keine Wasserhaltung. Um die Buhnen einzupassen wird die Waldfläche temporär gerodet werden müssen. Dieser Bereich wird nach Erstellung der Baumbuhnen wieder aufgeforstet. Es handelt sich dabei lediglich um eine sehr kleine Fläche.

8.3.3 Wurzelstammkasten mit Interventionslinie

Die Wurzelstammkasten werden in Abständen von rund 6 m erstellt (Siehe Situationsplan in Beilage 1.1c). Diese werden parallel zur «aktiven Uferlinie» angeordnet. Es werden dabei nur die ersten 5 von 17 Wurzelstammkästen erstellt (ca. 60 m der Uferlinie).

Der Wurzelstammkasten ist eine Holzstruktur, welche von einem klassischen Holzkasten («Krainerwand») abgeleitet wurde. Der Wurzelstammkasten hat 3 Lagen von Stämmen (1. und 2. Lage: 5 Wurzelstämme, 3. Lage: 5 Querhölzer) die eingebaut werden. Dabei werden diese mit unterschiedlichen Längen eingebunden um eine Variabilität zu schaffen. Es werden Wurzelstämme mit einer Länge von 6 – 8 m verwendet. Längshölzer und Jochpfähle mit einer Länge von ca. 8 respektive 6 m. Diese werden miteinander verbunden und bilden so ein Holzkasten. Die Verbindungen zwischen Holzstämmen werden mit Akazienholz erstellt anstatt wie üblich mit Armierungseisen (Siehe Abbildung 17).

Die Wurzelstammkasten werden mit einer Neigung zur Gewässermitte eingebaut, um bei Überströmung eine Strömungskonzentration an der Böschungsoberkante zu verhindern. Eine Kolksicherung mit Blöcken à 1.5 t wird bis auf eine Kolktiefe von 2.5 - 3.0 m unter die mittlere Sohlenlage benötigt. Für jeden Wurzelstammkasten werden Blöcke à 2.5 t als Fusssteine gesetzt. Die Wurzelstammkästen werden mit Schüttmaterial aufgefüllt und mit Weidenstecklingen ergänzt.

Normalien der Wurzelstammkasten können in Beilage 1.4c eingesehen werden. Um die Wurzelstammkasten einzupassen wird die Waldfläche temporär gerodet werden müssen. Dieser Bereich wird nach Erstellung wieder aufgeforstet.



Abbildung 17: Verbindung von Jochpfahl mit Querholz mit Akazienpfosten [21].

8.4 Steinschlagschutzdamm

Aufgrund der steilen Talflanken muss im Bereich der Parkplätze PP1-PP3 mit Steinschlag gerechnet werden. Für den Schutz der Parkplätze wird ein Steinschlagschutz entlang der rechten Uferseite zwischen Talflanke und Parkplätze erstellt.
Der Damm hat eine Höhe von 2.3 m. Die bergseitige Böschung ist mit einem Blocksatz mit Neigung 3:1 aufgebaut. Das verhindert das Überrollen der Steine. Die talseitige Böschung ist mit 2:3 geneigt und wird mit standortgerechter Strauch- und Krautvegetation bestockt.

8.5 Materialbilanz

8.5.1 Kiesmaterial

Für den Bau der Blockbuhnen wird Aushub getätigt, welcher ausreicht um den Steinschlagschutzdamm mit einem Volumen von rund 1'500 m^3 zu erstellen. Für den Bau der Variante mit der Ufersicherung des Wurzelstammkastens wird zusätzliches Material von rund 650 m^3 Kiesmaterial für den Steinschlagschutzdamm benötigt. Weiteres Zusätzliches Material für den Steinschlagschutz kann von der Revitalisierung des PP3 beigeführt werden, dieses verfügt über eine ausreichende Qualität.
Für die Parkplätze wurde die Kostenschätzung ohne die Erstellung einer Fundationsschicht gemacht (nur wo notwendig).
Da es im Bereich von PP1 - PP3 bereits genügend sauberen Sand mit reichlich Kies gibt (Baggerschlitze von 2016, [6]), kann beim Benötigen einer Fundationsschicht der Parkplätze, Material wiederverwendet werden. Dabei würde für die Parkplätze rund 2'500 m^3 Kiesmaterial benötigt.

8.5.2 Blöcke

Alle vorhandenen Blöcke aus dem rückgebauten Uferschutz und aus dem Blockdamm bei PP3 werden für die Erstellung der Buhnen oder des Steinschlagschutzes verwendet (1'500 t).

- Blockbuhnen: Die Menge reicht jedoch nicht aus und es werden rund 3'500 t zusätzliche Blöcke benötigt, die geliefert werden müssen.

8.5.3 Holz

Ein Sturm kann Tannen oder Wurzelstämme, für eine sofortige Verwendung bereitstellen. Da dies aber nicht quantifizierbar ist, wird davon ausgegangen, dass Wurzelstämme und Tannen nicht direkt vor Ort vorgefunden werden und herbeigeführt werden müssen.

- Blockbuhnen: Für die ökologische Aufwertung werden rund 10 Wurzelsteine kurz vor den Buhnenköpfen angebracht. Diese bestehen aus jeweils einem kurzen Wurzelstamm.

- Baumbuhnen: Für die Baumbuhnen werden pro Buhne 8 Tannen à 15 – 20 m benötigt. Zudem braucht es für Verankerung pro Buhne 6 Jochpfähle und 2 Anschlagpfähle.

- Wurzelstammkasten: Für die Wurzelstammkasten werden 5 Pfähle für den Längsverbau benötigt und 6 für den Querverbau. Zudem werden rund 16 Jochpfähle für die Verankerung benötigt. Jeweils 5 Wurzelstämme werden für die 1. Lage und 2. Lage benötigt. Rund 20 Akazienpfähle dienen als Verbindungsstück.

8.5.4 Waldfläche

Für alle Varianten wird eine definitive Rodung von einer Waldfläche benötigt. Diese beträgt bei allen Varianten zwischen 500 - 1'000 m^2. Bei Baumbuhnen ist die definitive Rodungsfläche beinahe vernachlässigbar klein. Diese Fläche wird entweder für die Ufersicherungsbauwerke selbst benötigt oder kommt dem Gewässerraum zu gute. Für die Erstellung von PP1 wird eine definitive Rodungsfläche von rund 1'900 m^2 benötigt. Für die Erstellung der Blockbuhnen / Wurzelstammkasten wird eine grössere temporäre Rodung notwendig.
Für die definitive Rodungsfläche kann mit einem Realersatz im Bereich von PP3 die Fläche mehr als kompensiert werden. Für alle 3 Varianten wird durch die Revitalisierung und Aufforstung von PP3 zusätzliche Waldfläche gewonnen.

8.5.5 Materialbilanz Zusammenstellung

Die Materialbilanz zeigt für die verschiedenen Varianten und Materialien die benötigten Mengen. Dabei sind zusätzliche 10 % als Reserve einbezogen.

Tabelle 12: Materialbilanz für die drei Varianten.

Verwendung	Blöcke [t]	Kies-material [m³]	Tannen (min. 15 m) [Stk.]	Wurzel-stämme [Stk.]	Bäume (6-8 m) [Stk.]	Rund-hölzer** [m]	Rodung Waldfläche [m²]
PP1	-	(1'020)	-	-	-	-	1'890
PP2	-	(250)	-	-	-	-	-
PP3	-	(600)	-	-	-	-	- 4'530*
PP Freiburg	-	(650)	-	-	-	-	250
Uferschutz Blockbuhnen	4'260	-1'840	-	10	-	-	1'410
Uferschutz Baumbuhnen	150	-	198	-	-	1'190	470
Uferschutz Wurzelstamm-kasten	650	-920	-	187	206	2'340	960
Steinschlagschutz	1'670	1'500	-	-	-	-	920
Rückbau (Damm & Ufer-schutz)	- 1'140	-	-	-	-	-	-
Variante Blockbuhnen	**4'790**	**-340**	**-**	**10**	**-**	**-**	**-60**
Variante Baumbuhnen	**680**	**1'500**	**198**	**-**	**-**	**1'190**	**-1'000**
Variante Wurzelstamm-kasten	**1'180**	**580**	**-**	**187**	**206**	**2'340**	**-510**

* Die Fläche östlich von PP3 wird rückgebaut wodurch eine Fläche von rund 4500 m² zur Rekultivierung von Wald zur Verfügung steht.

** Rundhölzer oder Akazienpfosten rechteckig (Durchesser ca. 20 - 30 cm, Länge 1 m)

8.6 Unterhalt

8.6.1 Ufersicherungen

Der Zustand des bestehenden Uferschutzes entlang von PP1 soll in regelmässigen Abständen kontrolliert werden. Wo nötig muss er ausgebessert werden.

- Blockbuhnen: Buhnen aus Blöcken benötigen voraussichtlich wenig oder gar keinen Unterhalt. Es ist denkbar, dass einzelne Blöcke am Buhnenkopf in den Kolk rutschen. Erst wenn dadurch die Struktur der Buhne als Ganzes zerfällt, sollten die abgerutschten Blöcke durch neue ersetzt werden.

- Baumbuhnen: Baumbuhnen zerfallen durch die Beanspruchung der Sense und ihrem Geschiebetrieb oder durch z.B. Naherholung, Zersetzungsprozesse im Verlauf von einigen Jahren. Diese sind kontinuierlich zu kontrollieren. Die Buhne ist nur zu ersetzen, wenn die Buhnenwirkung nicht mehr gegeben ist oder die Buhne vollständig zerfallen ist.

- Wurzelstammkasten: Wurzelstammkasten zerfallen durch die Beanspruchung der Sense und ihrem Geschiebetrieb oder durch z.B. Naherholung, Zersetzungsprozesse im Verlauf von Jahren. Die Wurzelstammkasten sind kontinuierlich zu kontrollieren. Ein Wurzelstammkasten ist nur zu ersetzen, wenn dieser komplett umspült wird oder vollständig zerfallen ist.

8.6.2 Parkplätze

Nach einigen Jahren wird an stark frequentierten Parkplätzen der Mergelbelag ausgebessert werden müssen.

8.6.3 Steinschlagschutzdamm

Blöcke oder grössere Mengen an Holzmaterial, welche sich hinter dem Damm angesammelt haben, müssen periodisch geräumt werden.

9 Kostenschätzung

Die Kostenschätzung wurde auf Stufe Vorprojekt erstellt und hat eine Genauigkeit von +/- 30 %. Sie dient damit als erster Richtwert. Alle wasserbaulichen Massnahmen, die Erstellung des Schutzes der Parkplätze und der Parkplätze selbst ist aufgelistet. Zusätzlich zu den Baukosten kommen für die Projektierung und Bauleitung 20 % und für ein allfälliges Risiko (Bsp. Deponiekosten für die Entsorgung von belastetem Untergrund oder Neophyten) 15 % hinzu. Die Mehrwertsteuer schliesslich beträgt 7.7 %.

9.1 Kostenschätzung Varianten

9.1.1 Kostenschätzung Blockbuhnen

Für die Variante Blockbuhnen resultieren Gesamtkosten von rund 1.85 Mio. CHF.

		Menge	Einheit	Einheitspreis		[CHF]
0	**Vorbereitungsarbeiten**					**55'000.00**
0.01	Installation Wasserbau	1	-	5'000.00	5'000.00	
0.02	Installation und Regie Parkplätze	1	-	38'000.00	38'000.00	
0.03	Installation Steinschlagschutz	1	-	12'000.00	12'000.00	
1	**Revitalisierung und Uferschutz**					**655'380.00**
1.01	Wasserhaltung erstellen	1	-	2'380.00	2'380.00	
1.02	Waldarbeiten für Buhnenerstellung	1	-	28'200.00	28'200.00	
1.03	Rückbau bestehende Verbauungen	1	-	16'700.00	16'700.00	
1.04	Erstellung Buhne kurz	10	Stk	29'300.00	293'000.00	
1.05	Erstellung Buhne lang	6	Stk	36'500.00	219'000.00	
1.06	Bestockung, liefern und setzen	2'800	m^2	8.00	22'400.00	
1.07	Wurzelsteine inkl. Einbau	10	Stk	700.00	7'000.00	
1.08	Revitalisierung PP3	1	Stk	66'700.00	66'700.00	
2	**Parkplatzordnung**					**425'100.00**
2.01	Sanierung Zufahrt	1	-	12'500.00	12'500.00	
2.02	Baumeisterarbeiten PP1	1	-	191'700.00	191'700.00	
2.03	Baumeisterarbeiten PP2	1	-	54'500.00	54'500.00	
2.04	Baumeisterarbeiten PP3	1	-	57'900.00	57'900.00	
2.05	Baumeisterarbeiten PP Freiburg	1	-	108'500.00	108'500.00	
3	**Steinschlagschutz**					**236'460.00**
3.01	Steinschlagschutz	278	m	820.00	227'960.00	
3.02	Bestockung Steinschlagschutz, liefern und setzen	1'060	m^2	8.00	8'500.00	
4	**Wiederverwendung von Material**					**-126'200.00**
4.01	Blöcke	1'140	t	-50.00	-57'000.00	
4.02	Schüttmaterial vom Uferschutz	1'730	m^3	-40.00	-69'200.00	
	Baukosten					**1'245'740.00**
	Projektierung und Bauleitung	20%				249'148.00
	Zwischensumme 1					**1'494'888.00**
	Risikokosten	15%				224'233.20
	Zwischensumme 2					**1'719'121.20**
	MWST	7.7%				132'372.35
	Rundungsbetrag					6.45
	Total					**1'851'500.00**

9.1.2 Kostenschätzung Baumbuhnen

Für die Variante Baumbuhnen resultieren Gesamtkosten von rund 1.41 Mio. CHF.

		Menge	Einheit	Einheitspreis		[CHF]
0	**Vorbereitungsarbeiten**					**55'000.00**
0.01	Installation Wasserbau	1	-	5'000.00	5'000.00	
0.02	Installation und Regie Parkplätze	1	-	38'000.00	38'000.00	
0.03	Installation Steinschlagschutz	1	-	12'000.00	12'000.00	
1	**Revitalisierung und Uferschutz**					**353'040.00**
1.01	Waldarbeiten für Buhnenerstellung	1	-	6'200.00	6'200.00	
1.02	Rückbau bestehende Verbauungen	1	-	16'700.00	16'700.00	
1.03	Erstellung Baumbuhnen	24	Stk	10'800.00	259'200.00	
1.04	Bestockung, liefern und setzen	530	m^2	8.00	4'240.00	
1.05	Revitalisierung PP3	1	Stk	66'700.00	66'700.00	
2	**Parkplatzordnung**					**425'100.00**
2.01	Sanierung Zufahrt	1	-	12'500.00	12'500.00	
2.02	Baumeisterarbeiten PP1	1	-	191'700.00	191'700.00	
2.03	Baumeisterarbeiten PP2	1	-	54'500.00	54'500.00	
2.04	Baumeisterarbeiten PP3	1	-	57'900.00	57'900.00	
2.05	Baumeisterarbeiten PP Freiburg	1	-	108'500.00	108'500.00	
3	**Steinschlagschutz**					**236'460.00**
3.01	Steinschlagschutz	278	m	820.00	227'960.00	
3.02	Bestockung Steinschlagschutz, liefern und setzen	1'060	m^2	8.00	8'500.00	
4	**Wiederverwendung von Material**					**-117'800.00**
4.01	Blöcke	1'140	t	-50.00	-57'000.00	
4.02	Schüttmaterial vom Uferschutz	100	m^3	-40.00	-4'000.00	
4.03	Schüttmaterial von PP3	1'420	m^3	-40.00	-56'800.00	
	Baukosten					**951'800.00**
	Projektierung und Bauleitung	20%				190'360.00
	Zwischensumme 1					**1'142'160.00**
	Risikokosten	15%				171'324.00
	Zwischensumme 2					**1'313'484.00**
	MWST	7.7%				101'138.25
	Rundungsbetrag					377.75
	Total					**1'415'000.00**

9.1.3 Kostenschätzung Wurzelstammkasten

Für die Variante Wurzelstammkasten resultieren Gesamtkosten von rund 1.79 Mio. CHF.

		Menge	Einheit	Einheitspreis		[CHF]
0	**Vorbereitungsarbeiten**					**55'000.00**
0.01	Installation Wasserbau	1	-	5'000.00	5'000.00	
0.02	Installation und Regie Parkplätze	1	-	38'000.00	38'000.00	
0.03	Installation Steinschlagschutz	1	-	12'000.00	12'000.00	
1	**Revitalisierung und Uferschutz**					**614'720.00**
1.01	Wasserhaltung erstellen	1	-	2'380.00	2'380.00	
1.02	Waldarbeiten für Buhnenerstellung	1	-	21'600.00	21'600.00	
1.03	Rückbau bestehende Verbauungen	1	-	16'700.00	16'700.00	
1.04	Erstellung Wurzelstammkasten	17	Stk	28'300.00	481'100.00	
1.05	Bestockung, liefern und setzen	3'280	m^2	8.00	26'240.00	
1.06	Revitalisierung PP3	1	Stk	66'700.00	66'700.00	
2	**Parkplatzordnung**					**425'100.00**
2.01	Sanierung Zufahrt	1	-	12'500.00	12'500.00	
2.02	Baumeisterarbeiten PP1	1	-	191'700.00	191'700.00	
2.03	Baumeisterarbeiten PP2	1	-	54'500.00	54'500.00	
2.04	Baumeisterarbeiten PP3	1	-	57'900.00	57'900.00	
2.05	Baumeisterarbeiten PP Freiburg	1	-	108'500.00	108'500.00	
3	**Steinschlagschutz**					**236'460.00**
3.01	Steinschlagschutz	278	m	820.00	227'960.00	
3.02	Bestockung Steinschlagschutz, liefern und setzen	1'060	m^2	8.00	8'500.00	
4	**Wiederverwendung von Material**					**-126'200.00**
4.01	Blöcke	1'140	t	-50.00	-57'000.00	
4.02	Schüttmaterial vom Uferschutz	1'060	m^3	-40.00	-42'400.00	
4.03	Schüttmaterial von PP3	670	m^3	-40.00	-26'800.00	
	Baukosten					**1'205'080.00**
	Projektierung und Bauleitung	20%				241'016.00
	Zwischensumme 1					**1'446'096.00**
	Risikokosten	15%				216'914.40
	Zwischensumme 2					**1'663'010.40**
	MWST	7.7%				128'051.80
	Rundungsbetrag					437.80
	Total					**1'791'500.00**

9.2 Kostenschätzung Vergleich

Da für die Holzvarianten eine Interventionslinie definiert wurde, sind lediglich ein Teil der Holzbuhnen zu erstellen und somit fallen auch nur ein Teil der Kosten zum Zeitpunkt der Erstellung des Projekts an. Dementsprechend werden für die Holzvarianten zukünftige Kosten anfallen. Eine Zusammenstellung ist in der nachfolgenden Tabelle zu finden.

	[CHF]		Variante Blockbuhnen	Variante Baumbuhne	Variante Wurzelstammkasten
0	Vorbereitungsarbeiten		55'000.00	55'000.00	55'000.00
1	Revitalisierung und Uferschutz		655'380.00	191'040.00	227'890.00
2	Parkplatzordnung		425'100.00	425'100.00	425'100.00
3	Steinschlagschutz		236'460.00	236'460.00	236'460.00
4	Wiederverwendung von Material		-126'200.00	-117'800.00	-126'200.00
	Baukosten		**1'245'740.00**	**789'800.00**	**818'250.00**
	Projektierung und Bauleitung	20%	249'148.00	157'960.00	163'650.00
	Zwischensumme 1		**1'494'888.00**	**947'760.00**	**981'900.00**
	Risikokosten	15%	224'233.20	142'164.00	147'285.00
	Zwischensumme 2		**1'719'121.20**	**1'089'924.00**	**1'129'185.00**
	MWST	7.7%	132'372.35	83'924.15	86'947.25
	Rundungsbetrag		6.45	151.85	367.75
	Total aktuell		**1'851'500.00**	**1'174'000.00**	**1'216'500.00**
Zukünftig anfallende Kosten					
1	Revitalisierung		0	162'000.00	386'830.00
	Projektierung und Bauleitung	20%	0.00	32'400.00	77'366.00
	Zwischensumme 1		**0.00**	**194'400.00**	**464'196.00**
	Risikokosten	15%	0.00	29'160.00	69'629.40
	Zwischensumme 2		**0.00**	**223'560.00**	**533'825.40**
	MWST	7.7%	0.00	17'214.10	41'104.55
	Rundungsbetrag		0.00	225.90	70.05
	Total zukünftig		**0.00**	**241'000.00**	**575'000.00**
	Total		**1'851'500.00**	**1'415'000.00**	**1'791'500.00**

10 Bauausführung

Im Rahmen einer späteren Projektphase kann ein Bauprojekt die Umsetzung des Vorprojekts darstellen. Dabei werden die Baustelleninstallation und der Bauablauf detailliert erläutert. Die bestehenden freien Flächen können als Installationsplatz genutzt werden.

Für die Bauten am Wasser ist eine Bauausführung in der Winterjahreshälfte angezeigt. Bei der Terminierung der Bauarbeiten sollen die Laichzeit von Fischen und die Brutzeit von Vögeln beachtet werden.

11 Projektauswirkungen

Natur und Landschaft: Durch das Projekt und die Erweiterung der dynamischen Flusslandschaft wird das Natur- und Landschaftsbild verbessert. Die Ufer gestalten sich in Zukunft selber. Das Projekt wird im Auengebiet nationaler Bedeutung realisiert. Mit den Massnahmen zur Revitalisierung wird der Wert der Aue gegenüber heute vergrössert.

Wald und Ufervegetation: Für die Erstellung der Blockbuhnen muss mit einer definitiven Rodung im Bereich der Blockbuhnen / Wurzelstammkasten gerechnet werden. Das umgebende Gelände wird bestmöglich wiederhergestellt. Für Zufahrten und Installationsplätze kann PP3 verwendet werden und es müssen keine weiteren Rodungsarbeiten getätigt werden. Ersatzaufforstung können im Bereich von PP3 getätigt werden, welche ein Mehrfaches der gerodeten Fläche entspricht.

Landwirtschaft: Das Projekt hat keine Auswirkungen auf landwirtschaftlich genutzte Flächen.

Parksituation: Nach Abschluss des Projekts, gibt es eine besser geregelte Parksituation. Die vorhandenen Flächen werden durch das Markieren der Parkfelder effizient genutzt und wildes Parkieren wird stark reduziert. Zudem sind die Parkplätze durch die Schüttdämme und Uferverbauungen besser vor Naturgefahren geschützt.
Der Neubau der Entsorgungsstelle auf dem Parkplatz 2, trägt dazu bei, die Vermüllung des ufernahen Gebiets zu reduzieren.

Morphologie und Geschiebe: Die Morphologie und der Geschiebehaushalt werden durch das Projekt positiv beeinflusst. Durch das Projekt wird die Dynamik in der Sense verbessert. Das Gewässer kann sich auf Höhe des entfernten Blocksatzes besser ausbreiten und frei entwickeln.

Gewässerökologie: Die Uferschutzmassnahmen haben positive Auswirkungen auf die Variabilität von Wassertiefe, Fliessgeschwindigkeit und Substrat. Dadurch werden neue Habitate am Ufer geschaffen. Die erhöhte Quervernetzung zwischen Gewässer und Ufer ist ein Vorteil der projektierten Buhnen. Wurzelstämme, Baumbuhnen oder Wurzelstammkasten generieren viele Deckungsmöglichkeiten für Lebewesen, erhöhen das Nahrungsangebot von Wirbellosen (Holz als organisches Material) und bieten Lebensraum. Durch die grössere zu Verfügung stehende Breite für die Sense unterhalb von PP2, ist eine grössere Variabilität vorhanden.

Hochwassersicherheit: Die Hochwassersicherheit wird durch das Projekt kaum beeinflusst. Das Schutzziel der Parkplätze ist auf ein HQ_{10} ausgelegt. Auch bei einem grossen Hochwasser (HQ_{300}) ist nur mit kleinen Überschwemmungen zu rechnen.
Der bestehende harte Uferschutz (teilweise in schlechtem Zustand) wird abgebrochen und durch einen ökologischeren nicht durchgehenden Uferschutz ersetzt. Dieser wird auf HQ_{100} dimensioniert und sichert die Ufer entlang der Parkplätze gegen Erosion. Girlandenförmige Erosion in den Buhnenfeldern wird zugelassen.

12 Termine

Das Projekt wird im Kanton Bern im Wasserbauplanverfahren genehmigt. Die notwendigen Etappen sind im Wasserbaugesetz des Kantons Bern aufgeführt. Ein Terminplan dazu ist in Abbildung 18 ersichtlich:

Planungsetappe	Dauer
Vorprojekt	liegt vor
Mitwirkung	3 Monate
Vorprüfung bei Fachstellen	3 Monate
Erarbeiten Bauprojekt	4 Monate
Vernehmlassung bei Fachstellen	3 Monate
Überarbeiten Bauprojekt	2 Monate
Publkation und Auflage	1 Monat
Einspracheverhandlungen	6 Monate
Genehmigung	3 Monate
Bekanntgabe Plangenehmigung	1 Monat

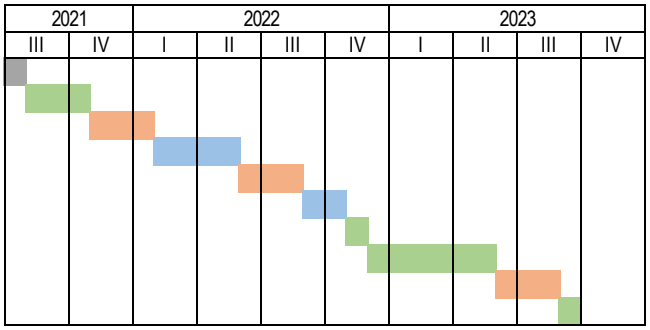


Abbildung 18: Termine für die weiteren Etappen im Projekt.

Im Kanton Freiburg wird das Vorhaben als Bauprojekt genehmigt. Eine Voranfrage an die freiburgischen Fachstellen kann gleichzeitig mit der Vorprüfung bei den bernischen Fachstellen durchgeführt werden. Verbindlich äussern sich die Fachstellen erst nach der Publikation und Auflage.

Anhang A: Fotodokumentation

Begehung vom 24.09.19






Begehung vom 17.12.19






Anhang B: Variantenbewertung

Variantenbewertung

Abkürzungen:
PP = Parkplätze
Var = Variante

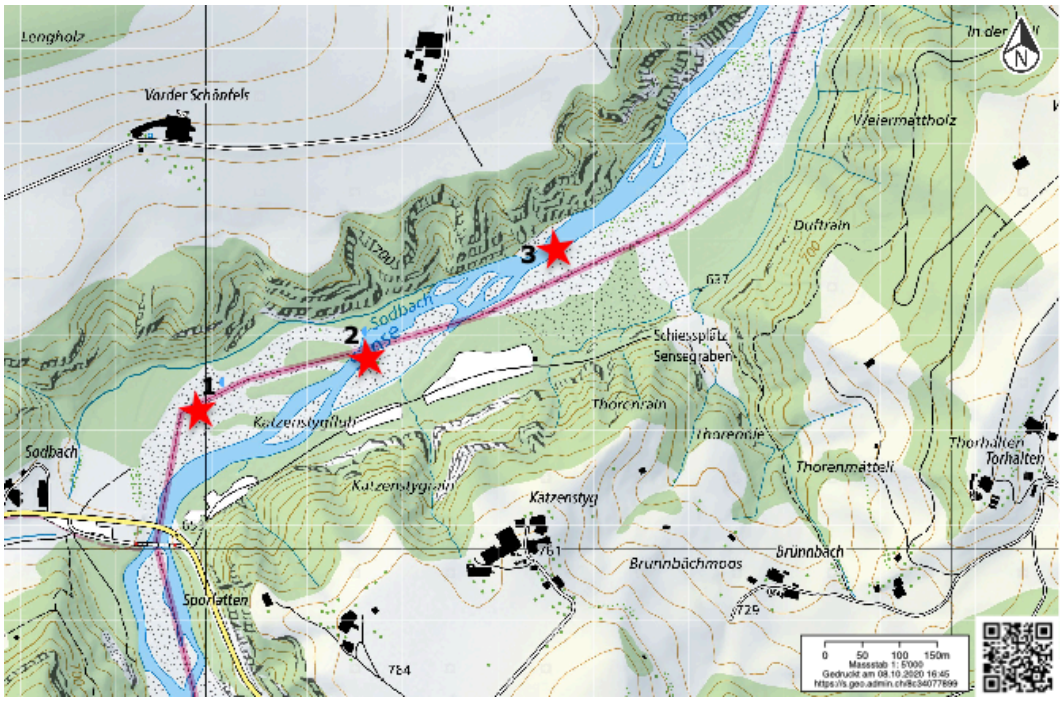
		Gewichtung	Bewertungsskala	**Variante 1** *Schwerpunkt Parkplätze am Standort 1; Revitalisierung bei PP3*		**Variante 3a** *Schwerpunkt Parkplätze am Standort 1, mit Überlauf (1x50)*		**Variante 3b** *Schwerpunkt Parkplätze am Standort 1, mit Überlauf (2x25)*	
A: Revitalisierung	A1: Fläche, welche der Gewässerdynamik zusätzlich zur Verfügung steht	2.50	2 = Zusätzliche Fläche ist groß 1 = Zusätzliche Fläche ist klein 0 = keine zusätzliche Fläche -1 = Fläche ist geringer als heute	Bereich des PP3, Fläche: 15'100 m^2	1.5	Bereich des PP3, etwas weniger als Variante 1, Fläche: 14'600 m^2	1	Bereich des PP3, etwas weniger als Variante 1, Fläche: 14'600 m^2	1
	A2: Fläche, auf welcher sich eine Sukzession entwickeln kann	1.00	2 = Zusätzliche Fläche ist groß 1 = Zusätzliche Fläche ist klein 0 = keine zusätzliche Fläche -1 = Fläche ist geringer als heute	Im Bereich des PP3 und eine kleine Fläche beim PP1, total: 2'100 m^2	1	Im Bereich des PP3 und beim PP1 je eine kleine Fläche, total: 1'500 m^2	0.5	Im Bereich des PP3 und beim PP1 je eine kleine Fläche, total: 1'700 m^2	0.75
	A3: Landschaftsbild	0.50	1 = PP nicht sichtbar und Ausdehnung Infrastrkutur kleiner als heute 0 = Parkplätze rechts der Sense sind von der Brücke oder vom gegenüberliegenden Ufer nicht sichtbar und Ausdehnung Infrstruktur gleich wie heute -1 = Parkplätze rechts der Sense sind sichtbar oder die Flächen Infrastruktur grösser als heute	Konzentration der Infrastruktur auf PP1 und PP2. Parkplätze nicht sichtbar (Bäume).	1	Infrastuktur verteilt sich über den ganzen Perimeter. Parkplätze nicht sichtbar (Bäume).	0	Perimeter Infrastuktur gegenüber heute kleiner. Parkplätze nicht sichtbar (Bäume).	0.5
	A4: Potential Revitalisierung Sodbach (im Mündungsbereich zur Sense)	0.50	1 = Der Sodbach kann ohne Einschränkungen revitalisiert werden. 0 = Der Sodbach kann mit den heutigen Einschränkungen revitalisiert werden. - 1 = Der Sodbach kann mit Einschränkungen revitalisiert werden.	Trotz Erhöhung PP Seite Kanton Freiburg nicht mehr Einschränkungen für Revitalisierung Sodbach als heute.	0	Trotz Erhöhung PP Seite Kanton Freiburg nicht mehr Einschränkungen für Revitalisierung Sodbach als heute.	0	Trotz Erhöhung PP Seite Kanton Freiburg nicht mehr Einschränkungen für Revitalisierung Sodbach als heute.	0
B: Naherholung	B1: Anzahl Parkplätze	2.50	2 = insgesamt 180-250 PP, geordnet gemäss Beschluss Runder Tisch 1 = insgesamt weniger als 180 PP, geordnet 0 = ungeordnetes Parkieren wie bisher	PP1, PP2 und PP_FR, total: 177	1	PP1, PP2, PP3 und PP_FR, total: 230	2	PP1, PP2, PP3 und PP_FR, total: 230	2
	B2: Erreichbarkeit WC-Anlage	0.50	0 = WC-Anlage nahe an den Badeplät-zen/Parkplätzen -1 = keine WC-Anlage vorhanden	Die WC-Anlage wird bei PP2 erstellt, Erreichbarkeit weniger gut.	-0.5	Die WC-Anlage wird bei PP2 erstellt, Erreichbarkeit weniger gut.	-0.5	Die WC-Anlage wird bei PP2 erstellt, Erreichbarkeit weniger gut.	-0.5
C: Naturgefahren und Wald	C1: Risiko für Schäden durch Steinschlag	0.75	1 = Risiko gegenüber heute geringer 0 = Risiko gegenüber heute unverändert -1 = Risiko gegenüber heute größer	Das Risiko für Schäden wird verringert mit einem Schutzdamm gegen Steinschlag.	1	Das Risiko für Schäden wird verringert mit einem Schutzdamm gegen Steinschlag.	1	Das Risiko für Schäden wird verringert mit einem Schutzdamm gegen Steinschlag.	1
	C2: Rodungsfläche	0.25	0 = Es wird keine Waldfläche gerodet. -1 = Rodung erforderlich	Waldflächen beim Standort PP1 betroffen, Ersatz bei Standort PP3 möglich.	-1	Waldflächen beim Standort PP1, PP3 betroffen, Ersatz bei Standort PP3 möglich.	-1	Waldflächen beim Standort PP1, PP3 betroffen, Ersatz bei Standort PP3 möglich.	-1
D: Wirtschaftlichkeit	D1: Erstellungskosten	1.00	0 = keine Erstellungskosten -1 = geringe Erstellungskosten -2 = hohe Erstellungskosten	Geringe Erstellungskosten (Schutzdamm, Uferschutz PP2, Rodung, Parkplätze, Rückbau)	-1	Hohe Erstellungskosten (Wie Var 1 plus Uferschutz und Schutzdamm bei PP3)	-2	Mittlere Erstellungskosten (Wie Var 1 plus Uferschutz und Schutzdamm bei PP3, je kürzer als Var 3a)	-1.5
	D2: Kosten für Betrieb und Unterhalt (inkl. Instandstellung Wanderweg nach Hochwasser)	1.50	1 = Unterhaltskosten geringer als heute 0 = Unterhaltskosten gleich wie heute -1 = höhere Unterhaltskosten als heute -2 = bedeutend höhere Unterhaltskosten als heute	Unterhaltskosten Ufersicherung geringer, Unterhaltskosten Wanderweg höher.	-1	Unterhaltskosten Ufersicherung geringer, Unterhaltskosten Wanderweg vergleichbar.	0	Unterhaltskosten Ufersicherung geringer, Unterhaltskosten Wanderweg vergleichbar.	0
	Total (mit Gewichtung)	**11.00**		**5.50**		**6.25**		**7.25**	

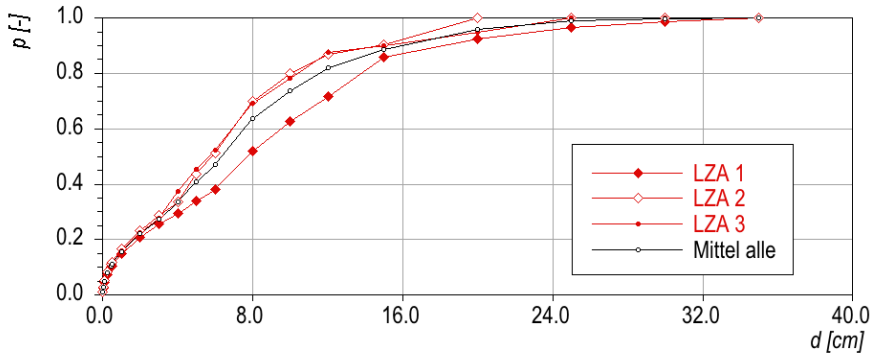
Variantenbewertung - Sensitivitätsanalyse

(Bewertung im Vergleich zum IST-Zustand)

							Variante 1		Variante 3a		Variante 3b	
Anpassung			0.99	0.99	0.99	0.98						
	Bewertungskriterien	**Gewichtung**	**Gewichtung Kosten: preisbewusst**	**Gewichtung Naturgefahren: sicherheitsbewusst**	**Gewichtung Naherholung: Hobby Sense**	**Gewichtung Revitalisierung: Naturschützer**						
A: Revitalisierung	A1: Fläche, welche der Gewässerdynamik zusätzlich zur Verfügung steht	2.5	2.46	2.48	2.47	2.58		1.5		1.0		1.0
	A2: Fläche, auf welcher sich eine Sukzession entwickeln kann	1	0.99	0.99	0.99	1.03		1.0		0.5		0.5
	A3: Landschaftsbild	0.5	0.49	0.50	0.49	0.52		1.0		-0.5		0.5
	A4: Potential Revitalisierung Sodbach (im Mündungsbereich zur Sense)	0.5	0.49	0.50	0.49	0.52		0.0		0.0		0.0
B: Naherholung	B1: Anzahl Parkplätze	2	1.97	1.98	2.07	1.96		1.0		2.0		2.0
	B2: Erreichbarkeit WC-Anlage	1	0.99	0.99	1.03	0.98		-0.5		-0.5		-0.5
C: Naturgefahren un	C1: Risiko für Schäden durch Steinschlag	1	0.99	1.07	0.99	0.98		1.0		1.0		1.0
	C2: Rodungsfläche	0.5	0.49	0.53	0.49	0.49		-1.0		-1.0		-1.0
D: Wirtschaftlichkeit	D1: Erstellungskosten	1	1.07	0.99	0.99	0.98		-1.0		-2.0		-1.5
	D2: Kosten für Betrieb und Unterhalt (inkl. Instandstellung Wanderweg nach Hochwasser)	1.5	1.56	1.49	1.48	1.47		-1.0		0.0		-0.5
	Total, Gewichtung gemäss Sitzung	**11.50**					**4.75**		**4.75**		**5.00**	
	Sparfuchs (Kosten + 15%)		11.50				4.52		4.52		4.77	
	sicherheitsbewusst (Naturgefahren + 15%)			11.50			4.74		4.74		4.99	
	Hobby Sense (Naherholung + 15%)				11.50		4.76		4.85		5.10	
	Naturschützer (Revitalisierung + 15%)					11.50	4.94		4.80		5.07	

Anhang C: Linienzahlanalyse


Langholz
Vorder Schänfels
Weiermattholz
Duftrain
Sodbach
Schiessplatz
Sensegraben
Thorenrain
Thorenmätteli
Torhalten
Katzenstyg
Brunnbächmoos
Brunnbach
Sporlatten
1
2
3


p [-]
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0.0
8.0
16.0
24.0
32.0
40.0
d [cm]
LZA 1
LZA 2
LZA 3
Mittel alle