

Wasserbauplan
Beilage C.3.5

Gemeinde	Bern	Dossier-Datum	22.05.2018	
Erfüllungspflichtige	Stadt Bern	Revidiert		
Gewässernummer	37	Projekt-Nr.		
Gewässer	Aare			
		Format	A4	
Datum	Rev.	22.05.2018	Freigabe	LAG

Hochwasserschutz Aare Bern Gebietsschutz Quartiere an der Aare

Unterlage

Technischer Bericht Teil II
Abschnitt Dalmazi im Bereich R1 - R2
KM 26.600 - KM 28.400

Projektverfassende

Generalplanerteam HWS Aarebogen:
p.A.

Emch+Berger AG Bern

Seestrasse 7
CH-3700 Spiez
Tel. +41 33 650 75 75
www.emchberger.ch



IUB Engineering

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

Rolf Mühlethaler
Architekt BSA SIA

w+s
Landschaftsarchitekten AG

Wasserbauplangenehmigung:

Impressum

Auftragsnummer	599070 (Projektnummer Stadt Bern)
Auftraggeber	Stadt Bern
Datum	21. Juli 2017
Version	1.0
Autoren nach Firma, alphabetisch	G. Lauber, HP Meier, A. Bucher (Emch+Berger AG) S. Geisser, R. Künzi, (Flussbau AG SAH) P. Billeter, J. Jenzer, M. Zahno (IUB Engineering AG) R. Mühlethaler (Rolf Mühlethaler, Architekt BSA SIA) T. Weber (w+s Landschaftsarchitekten AG) D. Biaggi, E. Wüthrich (Geotechnisches Institut AG)
Freigabe	G. Lauber
Verteiler	Dossier Vorprüfung
Datei	J:\F_WNF_Fs07\BE.N.07120\300_ab_WBP\4_plan\43_baup\WBP-Dossier\Dossier_WBP_2017\Technische Berichte WBP\HWS_Aare_WBP_Beilage_C.3.5.docx
Seitenanzahl	37
Copyright	© Generalplanerteam HWS Aarebogen , p.A. Emch+Berger AG Bern

INHALT

TEIL II Projektbeschreibung / Massnahmen Abschnitt Dalmazi	1
1 Ausgangslage / Projektannahmen	1
1.1 Aufbau des Berichtes und Projektabschnitte	1
1.2 Hydraulik	2
1.2.1 Hydraulische Modellierung	2
1.2.2 Projektziele	2
1.2.3 Schutzkoten	2
1.3 Geologischer Untergrund	5
1.3.1 Geologischer Überblick	5
1.3.2 Genereller Schichtaufbau der Jungen Alluvionen im Dalmazi	5
1.3.3 Hydrogeologie	6
1.4 Siedlungsentwässerung	8
2 Massnahmenkonzept	10
2.1 Raumplanerische Massnahmen	10
2.2 Gewässerunterhalt	10
2.3 Warnung, Alarmierung und Notfallplanung	10
2.4 Bauliche Schutzmassnahmen	10
2.4.1 Erhöhung der Abflusskapazität	10
2.4.2 Grundsätzliches zur Abdichtung der durchlässigen Flussufer und -sohle	11
2.4.3 Ableitung des Aare- und Hangwassers	12
2.4.4 Siedlungsentwässerung	13
2.5 Gestaltung	13
3 Massnahmenplanung	14
3.1 Massnahmen Gestaltung / Architektur	14
3.1.1 Gestaltungsgrundsätze	14
3.1.2 Umsetzung Gestaltung	20
3.2 Variantenstudien und Entscheide	20
3.3 Gewässerunterhalt und Notfallplanung	21
3.4 Massnahmen Wasserbau / Bautechnik	21
3.4.1 Geologie und Geotechnik	21
3.4.2 Ufergestaltung	21
3.4.3 Ufererhöhungen	22
3.4.4 Dichtwände	23
3.4.5 Dalmazibrücke	23

3.5	Massnahmen Siedlungsentwässerung und Drainage	24
3.5.1	Anpassung Düker-Einlauf	24
3.5.2	Anpassung Regenbecken Dalmazi	24
3.5.3	Ersatz Regenüberlauf Dalmazirain	24
3.5.4	Neubau Strassenentwässerung	24
3.5.5	Neubau Drainage	25
3.5.6	Hauptkanalisation Uferweg (Muri-Kehrsatz-Wabern-Bern)	25
3.5.7	Betrieb / Unterhalt	25
4	Grundlagen	26
4.1	Berichte und Studien	26
4.2	Digitale Grundlagen	27
Anhang A	Grundlagen zur Überarbeitung des Vorprojektes	
A.1	Unterschiedliche Pegelstände	
A.2	Überflutungsgebiete	
A.3	Schadenwerte Hochwasserereignisse, Risiko und Grenzkosten	
Anhang B	Variantenstudium Überarbeitung Vorprojekt	
B.1	Ufermauer bis 600 m ³ /s (HQ ₁₀₀)	
B.2	Auslegung auf 550 m ³ /s für verbesserte Regulierung Stollen Thun	
B.3	Keine Massnahmen	
B.4	Objektschutz	
B.5	Bodenwellen Dalmaziquai	

TEIL II Projektbeschreibung / Massnahmen Abschnitt Dalmazi

1 Ausgangslage / Projektannahmen

1.1 Aufbau des Berichtes und Projektabschnitte

Der Technische Bericht zum Dossier Wasserbauplan ist folgendermassen aufgeteilt:

Teil I	Angaben zum Projekt und Ausgangslage
Teil II	Projektbeschreibung / Massnahmen pro Quartier <ul style="list-style-type: none"> - Abschnitt Marzili (L1 – L3) - Abschnitt Matte links (L4 – L6) und Matte rechts (R3) - Abschnitt Langmauer (L7 – L8) - Abschnitt Dalmazi (R1 – R2) - Abschnitt Altenberg (R4)
Teil III	Übergreifende Themen und Schlussfolgerungen

Im vorliegenden Berichtsteil werden die Massnahmen im **Abschnitt Dalmazi inkl. Dalmazibrücke** behandelt. Das Kapitel 2 ist in allen Berichten zu den Quartieren (Teile II) identisch, ausser im Bereich Siedlungsentwässerung. Die Unterteilung des Projektperimeters ist in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 1: Einteilung Projektabschnitte und –bereiche am linken (L) und rechten (R) Aareufer.

	Abschnitt	Bereich	Kürzel	Kilometrierung	
Linkes Ufer	Marzili	Eichholz	L1	26.600 – 27.500	Inkl. Schönausteg
		Gaswerk	L2	27.500 – 28.025	
		Marzilibad	L3	28.025 – 28.400	
	Abschnittsgrenze Dalmazibrücke			28.400	
	Matte links	Aarstrasse	L4	28.400 – 29.000	
		Tych	L5	29.000 – 29.090	Inkl. Tychsteg
		Matte	L6	29.090 – 29.750	
	Abschnittsgrenze Untertorbrücke			29.750	
	Langmauer	Münsterbauhütte	L7	29.750 – 30.100	
		Schütte	L8	30.100 – 32.600	
Rechtes Ufer	Dalmazi	Dählhölzli	R1	26.600 – 27.570	
		Dalmaziquai	R2	27.570 – 28.400	Inkl. Dalmazibrücke
	Abschnittsgrenze Dalmazibrücke			28.400	
	Matte rechts	Matte rechts	R3	28.400 – 29.750	Inkl. Untertorbrücke
	Abschnittsgrenze Untertorbrücke			29.750	
	Altenberg	Altenberg	R4	29.750 – 32.600	Inkl. Altenbergsteg

1.2 Hydraulik

1.2.1 Hydraulische Modellierung

Für die Berechnung von Sohlenveränderungen, Wasserspiegellagen sowie für die Bestimmung von Schutzkoten entlang der Aare in Bern wurde ein eindimensionales Abfluss- und Geschiebetransportmodell mit dem Simulationsprogramm MORMO verwendet. Das Modell wurde im Rahmen der Erarbeitung des Vorprojekts erstellt und für das vorliegende Wasserbauprojekt überarbeitet und gemäss den aktuellen Massnahmen angepasst.

Das Modell wurde anhand von Hochwasserspuren, Sohlendifferenzen und Geschiebefrachten in der Periode von 1985 bis 2011 geeicht und anhand von Hochwasserspuren des Ereignisses vom Mai 2015 überprüft, um anschliessend die für die Projektierung des Hochwasserschutzprojekts Aare Bern relevanten Einzelereignisse zu simulieren. Die hydraulische Modellierung ist im Technischen Bericht Teil I sowie im Fachbericht Hydraulik und Geschiebe beschrieben.

1.2.2 Projektziele

Für das Hochwasserschutzprojekt wurden abschnittsbezogen unterschiedliche Massnahmenziele festgelegt. Dabei wird zwischen vollständigem Schutz (mit ausreichendem Freibord) und begrenztem Schutz (Abfluss bordvoll) unterschieden. Die Massnahmenziele werden abschnittsweise wie folgt definiert:

Tabelle 2: Massnahmenziele rechte Uferseite. * höhere Schutzkote massgebend.

Abschnitt [km]	Bereich	Massnahmenziele
26.600 – 27.570	R1 Dählhölzli	Keine Massnahmen vorgesehen
27.570 – 27.630	R2 Dalmaziquai (Teilabschnitt)	Vollständiger Schutz bis 600 m ³ /s (HQ_{100}) und begrenzter Schutz für höhere Abflüsse bis 700 m ³ /s *
27.630 – 27.800	R2 Dalmaziquai (Teilabschnitt)	Keine Massnahmen vorgesehen
27.800 – 28.400	R2 Dalmaziquai (Teilabschnitt)	Begrenzter Schutz bis 600 m ³ /s (HQ_{100})

Die Dalmazibrücke soll bei einem Abfluss von 600 m³/s (HQ_{100}) ein ausreichendes Freibord (gemäss Empfehlungen der KOHS [7]) aufweisen respektive so ausgestaltet werden, dass das Wasser schadenfrei unter der Brücke abfliessen kann und keine (Teil-)Verklauung der Brücke durch Schwemmholz zu erwarten ist.

Auf das Anheben des Schönaustegs wird aufgrund einer Interessenabwägung verzichtet. Für weitere Informationen verweisen wir auf den Fachbericht Hydraulik sowie das Faktenblatt im Anhang des Fachberichts (Beilage C.4.2, Kap. 9 und Anhang L).

1.2.3 Schutzkoten

Auf der Basis der hydraulischen Modellierung (vgl. Kap.1.2.1) und gemäss den in Kapitel 1.2.2 beschriebenen Massnahmenzielen werden für den Abschnitt Dalmazi ab Dählhölzli (R1) bis Dalmaziquai (R2) Schutzkoten gemäss nachfolgender berechnet. Für Berech-

nungsdetails wird auf den Technischen Bericht Teil I sowie den Fachbericht Hydraulik und Geschiebe (Beilage C.4.2) verwiesen.

Tabelle 3: Massgebende Schutzkoten für die rechte Aareseite auf dem Abschnitt Dalmazi. Die entsprechend den Massnahmenzielen festgelegten Projektkoten sind grün hinterlegt

km	550 bordvoll	600 bordvoll	600 Freibord	660 Freibord	700 bordvoll
	<i>m ü. M.</i>				
26.600	505.15	505.34	505.81	506.05	505.67
26.729	504.98	505.18	505.63	505.87	505.52
26.800	504.87	505.07	505.52	505.77	505.40
27.000	504.63	504.83	505.25	505.49	505.16
27.200	504.21	504.41	504.91	505.16	504.77
27.250	504.14	504.33	504.82	505.07	504.68
27.334	504.03	504.23	504.68	504.93	504.60
27.426	503.84	504.02	504.48	504.73	504.35
27.519	503.76	503.97	504.35	504.59	504.34
27.579	503.50	503.70	504.19	504.43	504.00
27.640	503.50	503.66	504.09	504.33	503.99
27.700	503.33	503.52	503.98	504.23	503.87
27.900	502.94	503.15	503.61	503.86	503.49
28.070	502.65	502.87	503.32	503.58	503.21
28.270	502.28	502.49	502.97	503.23	502.86

Für die Dalmazibrücke (km 28.400) wurde eine erforderliche Kote von 502.97 für die mittlere Brückenunterkante berechnet. Diese liegt unter der Kote der bestehenden Brücke von 503.10.

1.3 Geologischer Untergrund

1.3.1 Geologischer Überblick

Die bogenförmige Talebene mit Dalmazi rechts von der Aare und Marzili auf der linken Seite wurde durch Erosions- und Sedimentationsprozesse der – aus erdgeschichtlicher Perspektive betrachtet – jungen Aare gebildet. Die dadurch entstandene terrassenförmige Struktur wird am besten aus dem reliefschattierten Höhenmodell ersichtlich. Die Flanken der Terrassen bestehen aus Gletschermoränen. Überdeckt sind diese im östlich anliegenden Kirchenfeld und westlichen anliegenden Mattenhof von postglazialen Schottern und Sanden („Felderschotter“). In diese ursprünglich durchgehende Schichtarchitektur hat sich die Aare einerodiert, das ältere Material ausgeräumt und einen eigenen Ablagerungsraum geschaffen.

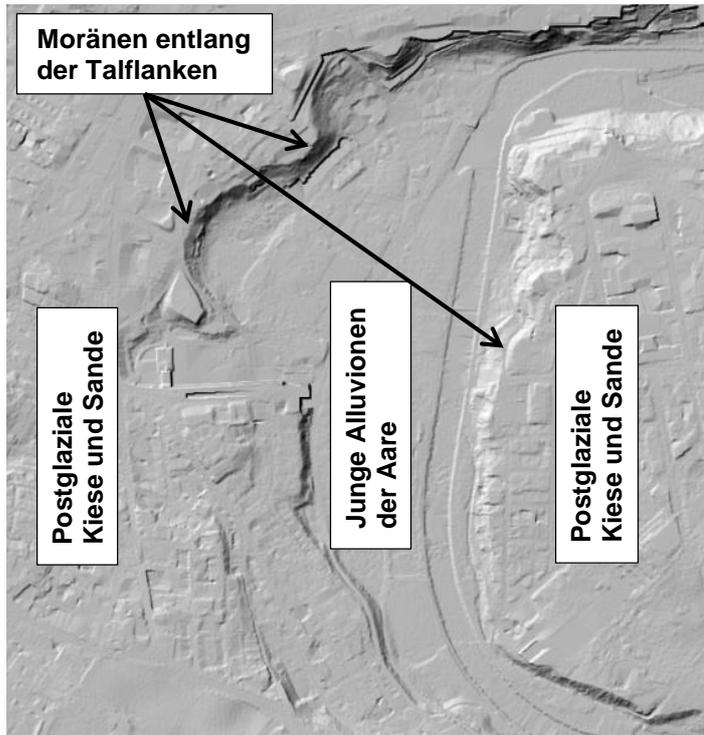


Abbildung 1: Reliefschattiertes Höhenmodell zur Visualisierung der oberflächennahen Geologie.
Quelle: Relief aus [15].

1.3.2 Genereller Schichtaufbau der Jungen Alluvionen im Dalmazi

Das geologische Baugrundmodell stützt sich im Wesentlichen auf die geologisch-geotechnischen Vorabklärungen von 2007 [6].

Die Erosionsbasis der Lockergesteine der Talebene bildet die **obere Meeresmolasse**, welche im Bereich der Dalmazibrücke aufgeschlossen ist, resp. nahe der Geländeoberfläche liegt. Die obere Meeresmolasse taucht gegen Süden steil ab und wurde mit Bohrungen nicht mehr aufgeschlossen (Bohrtiefen um 12 m u.T. bis max. 29.5 m u.T.).

Die untersten, mit Bohrungen erfassten Lockergesteine werden vor allem durch fein- bis mittelkörnige Ablagerungen geprägt. Diese werden in Berichten über die Geologie der Stadt Bern oft als sogenannte **Rückstausedimente** bezeichnet. Es ist davon auszugehen, dass es sich um Sedimente handelt, die bereits einem Flusssystem zuzuordnen

sind. Allerdings war die Strömungsenergie im Verhältnis zur Geschiebefracht relativ gering, so dass Feinmaterial, Schwemmsande und siltige Kiessande zur Ablagerung kamen. Aber auch in dieser Schichtabfolge können dezimetermächtige Schichten aus relativ sauberen Kiesen und Grobsanden auftreten. Die Tatsache, dass man unter rezenten Bedingungen solche vorwiegend fein- bis mittelkörnige Schichtabfolgen in rückgestauten Flüssen antrifft, erklärt die Verwendung des Begriffs „Rückstausedimente“.

Die Rückstausedimente sind überlagert durch „klassische“ Flussablagerungen, welche als eigentliche **Aareschotter** bezeichnet werden. Es handelt sich um sandige Kiese mit geringem Siltgehalt, die Mächtigkeit beläuft sich auf 3.5 bis 10 m.

Das jüngste natürliche Schichtglied besteht aus **Überschwemmungssedimenten und Verlandungsböden**. Trat die Aare bei Hochwasser über die damaligen Gerinne, kam es zur Ablagerung von tonigem bis feinsandigem Material, ansonsten bildeten sich organische Böden mit variierendem Torfgehalt.

An der Oberfläche bis in Tiefen von max. 2.5 m finden sich meist **künstliche Auffüllungen und Schüttungen**. Die Zusammensetzung dieser anthropogenen Schichten ist naturgemäss sehr heterogen.

1.3.3 Hydrogeologie

Planerischer Gewässerschutz

Das Dalmazi befindet sich im Gewässerschutzbereich B (Abbildung 2). Der Aarelauf ist dem Bereich A₀ zugeordnet. Trinkwasserfassungen von öffentlichem Interesse mit entsprechenden Grundwasserschutzzonen sind keine vorhanden.

Grundwassernutzungen

Das Grundwasser im Bereich Dalmazi wird gemäss dem kantonalen Amt für Wasser und Abfall AWA nicht genutzt. Altrechtliche Grundwassernutzungen ohne Konzession sind nicht bekannt. Im Rahmen des Bauprojektes ist das Inventar der Grundwassernutzungen zu verifizieren und bei Bedarf anzupassen.

Kataster der belasteten Standorte

Im Projektperimeter des Abschnitts Dalmazi ist ein belasteter Standort verzeichnet – der Ablagerungsstandort Dalmaziquai (Standort-Nr. 0351-0044, Abbildung 3). Er liegt allerdings nicht im Bereich der baulichen Massnahmen.

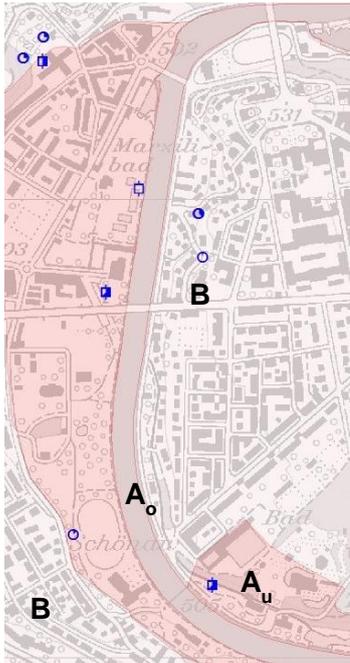


Abbildung 2: Auszug aus der kantonalen Gewässerschutzkarte. Quelle: [5].



Abbildung 3: Auszug aus dem kantonalen Kataster der belasteten Standorte. Quelle: [5].

Belasteter Standort:

- ① Dalmazi:
Ablagerungsstandort
keine Untersuchungen vorhanden,
Priorität für Untersuchungen bei
Bauvorhaben / Umnutzung

Generelle Strömungsverhältnisse des Aare-Grundwassers

Das Grundwasservorkommen Dalmazi weist einen typischen „Bypass-Charakter“ auf. Dies bedeutet, dass im oberen Teilabschnitt Aarewasser ins Grundwasser infiltriert und dadurch das Vorkommen speist. Im unteren Teilabschnitt exfiltriert Grundwasser zurück in die Aare. Weitere, mengenmässig geringe Zuflüsse stammen aus den glazialen Lockergesteinen, welche den östlichen Rand der oben beschriebenen Alluvialebene bilden (Hang- und Schichtwasser).

Grundwasserleiter und Grundwasserstauer

Im Dalmazi zirkuliert das Grundwasser in den gut durchlässigen Aareschottern. Die Kiessande bilden somit den eigentlichen Grundwasserleiter. Der Druckwasserspiegel liegt rund 1.5 m unter Terrain und kommt vielerorts in den Bereich der geringdurchlässigen Überschwemmungssedimente, Verlandungsböden oder Auffüllungen zu liegen. Es herrschen somit oft gespannte oder halb-gespannte Verhältnisse vor.

Als Grundwasserstauer fungieren die feinkörnigen Rückstausedimente. Die innerhalb dieser Rückstausedimente vereinzelt vorkommenden kiesigen Schichten sind ebenfalls Grundwasser-führend und können Druckpotenziale aufweisen, die bis zur Terrainoberfläche reichen.

Grundwasser-Schwankungsverhalten

Die Ganglinie des Grundwasserstandes verhält sich analog zum Pegelverlauf der Aare. Die regulären Hochwasserstände treten somit in den Sommermonaten Juni/Juli auf, die Niederwasserstände in den Wintermonaten Dezember bis März (Abbildung 4).

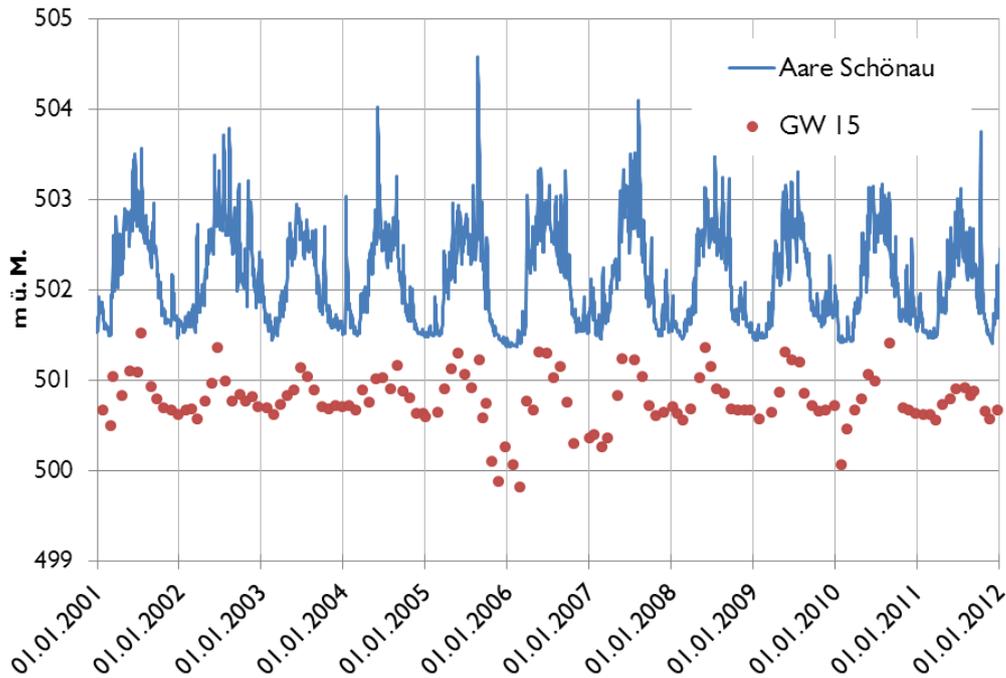


Abbildung 4: Schwankungsverhalten des Grundwassers (monatliche Einzelmessungen) im Vergleich zum Aarepegel.

1.4 Siedlungsentwässerung

Die Siedlungsentwässerung im Bereich Dalmazi ist durch folgende Hauptelemente gekennzeichnet:

- Düker Dalmazibrücke:
 - Abfluss des Abwassers vom rechten Aareufer zum linken Ufer in Richtung Sulgenbachstollen
 - Einzugsgebiet von ca. 31'000 Einwohnern (resp. ca. 15% der an die ara region bern ag angeschlossenen Einwohner)
 - Bauwerk mit Notüberläufen (wobei das Einlaufbauwerk nicht gegen Aare-Zufluss gesichert ist)
- Regenüberlaufbecken Dalmazi
 - Drosselung und Rückhalt vor Düker
 - Entlastung in Aare mittels Pumpwerk
 - Entlastungsbauwerk (Druck-, Be-/Entlüftungsleitung) nicht gegen Aare-Zufluss gesichert
- Regenüberlauf Dalmazirain
 - nicht vor Aare-Wasserzufluss gesichert
 - Lage ungünstig (Privatgelände, Hydraulik)
- Regenüberlauf Jubiläumsstrasse: über Aare-Hochwasserniveau
- Hauptleitung Muri-Elfenau-Dalmazi in Uferweg
- Strassenentwässerung Dalmaziquai und wenige Regenabwassernetze mit Stichleitungen in die Aare.

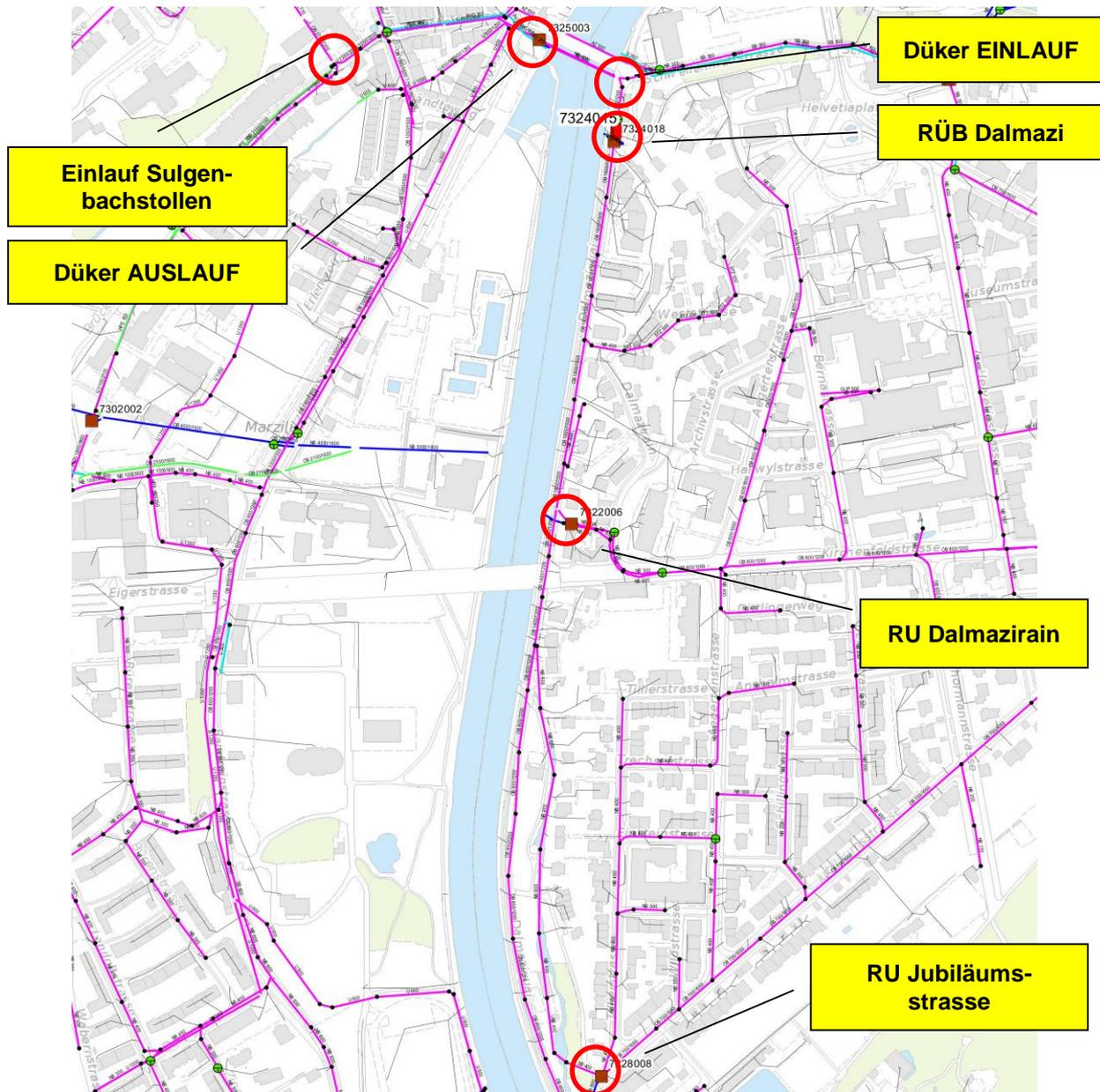


Abbildung 5: Kanalisationsnetz im Abschnitt Dalmazi mit Sonderbauwerken

Durch Entlastungsleitungen und Regenabwassersysteme kann Aarewasser in das Kanalisationsnetz zufließen. Diese zusätzliche Belastung des Kanalisationsnetzes erhöht (je nach Fliessverhältnissen von Aare und Kanalisation) das Risiko, dass Abwasser in die Umgebung entweicht und Liegenschaften geflutet werden.

1.5 Regionaler Richtplan Aareschlaufen

Die empfohlenen Massnahmen des Richtplans beschränken sich auf einen strukturierten Blockwurf mit Schwemm- und Totholzstrukturen, um den Fischen einen verbesserten Unterschlupf zu bieten. Da dies eine stark frequentierte Schwimmstrecke ist, können diese Elemente nur im untersten Abschnitt und v.a. rechtsufrig verwendet werden.

2 Massnahmenkonzept

2.1 Raumplanerische Massnahmen

Als Grundlage für die raumplanerischen Massnahmen bei Naturgefahren dienen Gefahrenzonenpläne, welche auf dem Gefahrenkataster und der Gefahrenkarte beruhen. Raumplanerische Massnahmen folgen dem Grundsatz, dass Gefahrengebiete wenn möglich gemieden werden und das Schadenpotential nicht weiter ansteigt. Das Ausmass der Gefährdung hat dabei Auswirkung auf die Nutzungen im betroffenen Gebiet (z.B. Bauverbot im roten Gefahrenbereich / erhebliche Gefährdung). Weiter können sowohl in roten als auch in blauen Gefahrenbereichen (erhebliche bis mittlere Gefährdung) Bauvorschriften für gefährdete Objekte erlassen werden (z.B. erhöhte Zugänge oder dichte Türen, mobile Massnahmen wie Dammbalken).

Die Raumplanung schafft zudem die Grundvoraussetzung, um Gewässern in Zukunft mehr Freiräume zu schaffen, bzw. diese zu erhalten und zu schützen. Anhand der Gewässerräume werden diese Freiräume definiert und sollen Flussaufweitungen und Flussrevitalisierungen in Zukunft ermöglichen.

2.2 Gewässerunterhalt

Gemäss dem Wasserbaugesetz WBG umfasst der Gewässerunterhalt alle Massnahmen, um das Gewässer, die zugehörige Umgebung und die Wasserbauwerke in gutem Zustand zu erhalten. Der Gewässerunterhalt beinhaltet dabei Räumungs- und Reinigungsarbeiten, Erneuerungsarbeiten geringen Ausmasses an Wasserbauwerken, die Pflege und das Ersetzen von standortgerechten Bestockungen und die Pflege von Böschungen und Uferunterhaltswegen.

2.3 Warnung, Alarmierung und Notfallplanung

Im Rahmen des integralen Risikomanagements kommen in den Bereichen Vorsorge, Vorbereitung und Einsatz Notfallplanungen zum Zuge. Darin werden mögliche Ereignisabläufe im Voraus durchgespielt, Erfahrungen dokumentiert und Notfallkonzepte erarbeitet. Durch die Warnung und Alarmierung wird der eigentliche Einsatz mit Rettung, Schadenwehr und Notmassnahmen ausgelöst.

2.4 Bauliche Schutzmassnahmen

2.4.1 Erhöhung der Abflusskapazität

Bei Hochwasserabflüssen der Aare über rund 440 m³/s steigt der Wasserspiegel im Projektperimeter über die Ufer. Weil die innerstädtischen und topographischen Randbedingungen der Aare in Bern keine Alternative bieten, kann der Abflussquerschnitt an den meisten Stellen lediglich nach oben mittels Ufererhöhung vergrössert werden. Alternative Massnahmen wie Sohlenabsenkungen (Fischökologie) oder Aufweitungen (Platzverhältnisse) sind nicht möglich, da damit die Stabilität der angrenzenden Bauten und der Flusssohle beeinträchtigt wäre. Die Hochwassersicherheit bis zum Bemessungsabfluss von 600 m³/s inklusive Freibord nach KOHS-Empfehlungen bzw. bis zum EHQ-Abfluss von 700 m³/s wird folglich durch Ufererhöhungen mittels Ufermauern und Dämmen erreicht.

2.4.2 Grundsätzliches zur Abdichtung der durchlässigen Flussufer und -sohle

Die durchlässigen Aareufer führten in der Vergangenheit schon mehrfach zu Schäden an ufernahen Gebäuden. Im Hochwasserfall kommt der Wasserspiegel der Aare höher als das umliegende Terrain zu liegen. Eine Schadensbegrenzung/-vermeidung bedingt deshalb einen ausreichenden Abflussquerschnitt, eine möglichst dichte Gerinneberandung (Abbildung 6, V1 – Abdichtung) oder eine Drainage, die den Grundwasserspiegel hinter den Schutzmauern und -dämmen genügend absenkt. Aufgrund des hydrostatischen Wasserdrucks werden ansonsten die Ufer durch- und unterströmt (Abbildung 6, Ausgangslage Ufererhöhung). Die Untergrundbeschaffenheit im Projektgebiet ist sehr inhomogen und reicht von dichten bis sehr durchlässigen, kiesig, sandigen Schichten zu künstlichen Auffüllungen.

Da eine Abdichtung der natürlichen Flusssohle (Variante V1 – Abdichtung, Abbildung 6) in dieser Grösse kaum realisierbar ist und aus Gewässerschutzgründen nicht in Frage kommt, nutzt man bei der Variante V2 – Dichtwand (Abbildung 6) die nächst tieferliegende, natürliche, dichte Schicht (Fels, falls vorhanden oder weniger durchlässige Schichten wie z.B. sog. Rückstausedimente) und bindet die „dichten“ Uferwände darin ein. Die Variante V2 kann bzw. muss durch seitliche Drainagen ergänzt werden. Damit kann Grundwasser abgeführt werden, welches durch die Dichtwand an der Exfiltration in die Aare gehindert wird. In gewissen Abschnitten reicht aber bereits eine Drainage alleine aus, um den Grundwasserspiegel genügend tief zu halten (Variante V3).

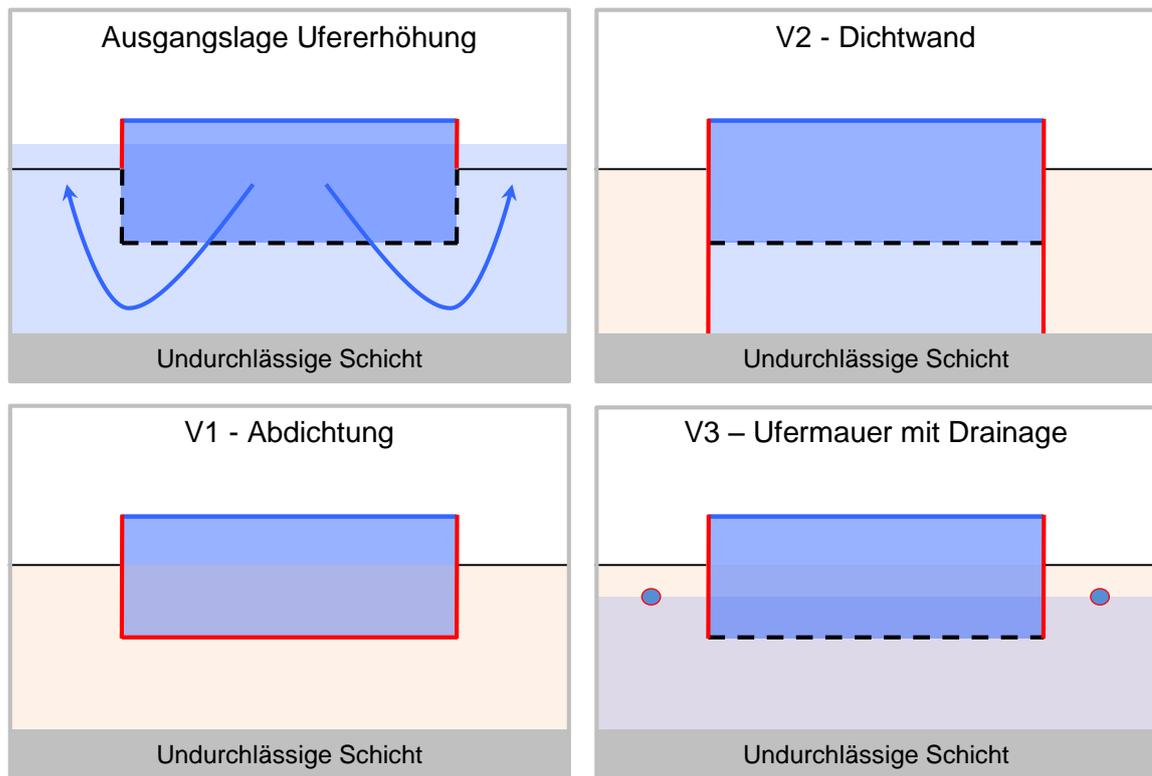


Abbildung 6: Prinzip der Abdichtung (rot: dichte Massnahme).

Die durch grosse Uferdurchlässigkeit bedingten hohen Grundwasserstände während einem Hochwasser können zu einer Gefährdung der Standsicherheit umliegender Bauwerke (Auftrieb und hydraulischer Grundbruch) führen. Mit den obigen Massnahmenvariante V2 und V3 lässt sich diese Beeinträchtigung reduzieren.

Abdichtungsmassnahmen werden nur dort vorgesehen, wo dies der Aufbau des Bau-
grunds erlaubt und wo die Wirkung der Massnahme in guter Relation zu den Kosten
steht. Dies ist nur in der Matte im Abschnitt zwischen dem Grundablass der Schwelle
und der Nydeggbrücke der Fall. In allen übrigen Abschnitten wird auf eine Dichtwand
verzichtet und die Absenkung des Grundwasserspiegels landseitig der Hochwasser-
schutzdämme und -wände geschieht wie erwähnt über eine parallel zur Schutzbaute ver-
laufende Drainage (Variante 3).

2.4.3 Ableitung des Aare- und Hangwassers

In den Abschnitten mit genügend Abstand zwischen Gebäuden und Aare, genügend
dichtem Aarebett (z.B. im Tych), vorherrschender Exfiltration oder lediglich geringer Infil-
tration kann auf eine Dichtwand verzichtet werden. Einerseits sinken dadurch die Kosten
und andererseits kann, bei Normalwasserstand der Aare, das allfällige Hangwasser frei
in den Vorfluter abfliessen. In diesen Fällen reicht die Anordnung einer landseitigen
Drainage (siehe oben). Diese Drainagen in den Abschnitten Gaswerk, Dalmazi, Aar-
strasse / Tych, Altenberg und Langmauer werden oberhalb der Mittelwasserspiegel der
Aare und damit auch oberhalb des mittleren Grundwasserspiegels angeordnet.

Die Anordnung einer Dichtwand unterbindet die hydraulische Beziehung zwischen Aare
und Grundwasser. Damit Grundwasser hinter einer Dichtwand nicht aufgestaut wird und
zu Schäden führt, muss dieses durch eine entsprechend dimensionierte Drainage abge-
leitet werden. Deshalb wird im vorliegenden Projekt hinter der Dichtwand eine Drainage
angeordnet. Das Drainagewasser muss bei einem Hochwasserereignis in die Aare ge-
pumpt werden. Hierzu sind bestehende Pumpwerke anzupassen und zusätzlich neue
Pumpwerke zu erstellen. Bei Niederwasser erfolgt die Ableitung im freien Gefälle, wozu
Entlastungsöffnungen mit Rückschlagklappen auf verschiedenen Höhenknoten vorgese-
hen werden. Das Prinzip ist in Abbildung 7 dargestellt.

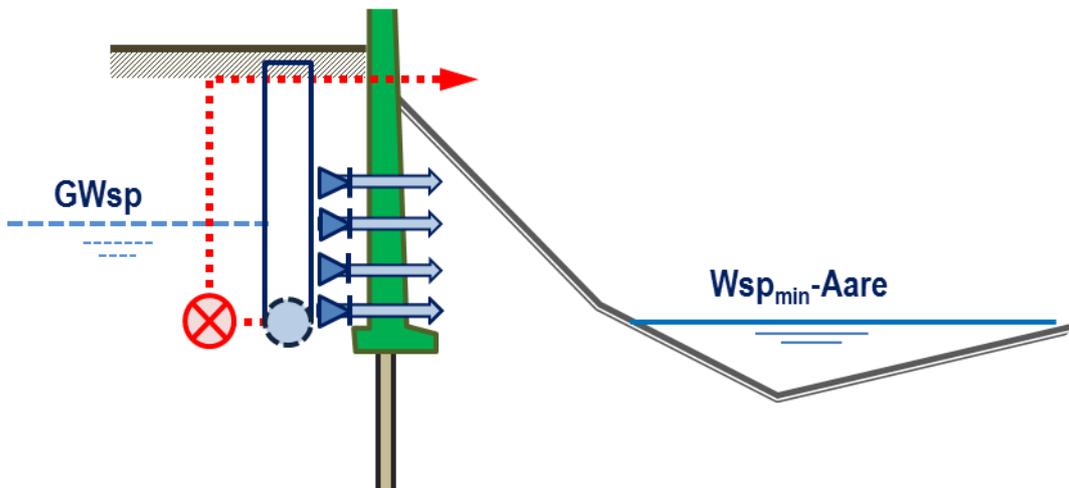


Abbildung 7: Prinzipskizze der Grundwasserdrainage. Blau = Normalsituation wenn Grundwas-
serspiegel GWsp höher als Aare-Wasserspiegel (Exfiltration des Grundwasser-Trägers in die Aa-
re). Rot = Hochwassersituation.

Die vorgeschlagene Lösung des Grundwasserproblems wurde mit dem Amt für Gewäs-
serschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern (GSA, heute AWA) an mehreren Sit-
zungen in den Jahren 2008 und 2014 besprochen. Sie wird aus heutiger Sicht als mach-
bar beurteilt.

Bis anhin sind keine projektverbindlichen Isohypsenpläne des Grundwassers (für Mittel-, Hoch- und Niedrigwasserstände) erstellt worden. Spätestens angesichts des Bauprojekts müssen solche Pläne, für die genaue Planung von Drainageleitungen oder Einbauten ins Grundwasser (A_u) vorliegen. Deren Erstellung ist somit im Rahmen der folgenden Projektschritte zwingend vorzusehen.

2.4.4 Siedlungsentwässerung

Durch die Entlastungsleitungen und die Regenabwassersysteme kann Aarewasser in das Kanalisationsnetz zufließen. Durch den Zufluss von Aarewasser werden das Kanalisationsnetz und die ARA zusätzlich belastet. Je nach Fließverhältnissen von Aare und Kanalisationsnetz besteht das Risiko, dass Abwasser aus Kanalnetz in die Umgebung entweicht und Liegenschaften geflutet werden können.

Um auch bei Hochwasser einen sicheren und störungsfreien Siedlungsentwässerungsbetrieb zu gewährleisten, werden der Düker-Einlauf und das Regenbecken Dalmazi geringfügig angepasst, so dass kein Aarewasser in das Kanalisationsnetz gelangen kann. Diese Massnahmen sind aus Sicht des Gewässerschutzes wichtig, da im Dalmazi die Abwasserfracht von ca. 30'000 Einwohnern durchfließt und auf diese Weise ein Betriebszusammenbruch wie beim Hochwasser 2005 verhindert werden kann.

Der Regenüberlauf Dalmazirain wird in der Höhenlage nach oben verschoben und neu in den Dalmazirain verlegt. Damit werden die hydraulischen Randbedingungen sowie die Zugänglichkeit verbessert. Die Strassenentwässerung im Dalmaziquai wird erneuert. Die vielen direkten Einleitungen werden aufgehoben und in einer Sammelleitung zusammengefasst, welche bei der Dalmazibrücke in die Aare mündet.

Das Drainagenetz ist so konzipiert, dass es nur im Aare-Hochwasserfall Grundwasser drainiert. Das Drainagenetz ist bei der Dalmazibrücke an die Strassenentwässerung angeschlossen, welches im Normalfall in Freispiegel in die Aare fließt. Bei Aare-Hochwasser findet ein Systemwechsel vom Trenn- in das Mischsystem statt und das Strassenabwasser mit Drainagewasser wird temporär in die Mischabwasserhauptleitung (in Richtung Regenbecken/Düker) abgegeben.

Die Kanalisations-Hauptleitung von der Gemeindegrenze Muri/Bern bis zur Mündung Dalmazibach ist bei einem Aareabfluss von ca. $500 \text{ m}^3/\text{s}$ überflutet, oberhalb bereits ab $400 - 450 \text{ m}^3/\text{s}$. Aarewasser fließt via Lüftungslöcher der Schachtabdeckungen in den Hauptkanal und belastet diesen. Im ungünstigsten Fall ist die Druckhöhe durch zufließendes Aarewasser im Hauptkanal so gross, als dass im „geschützten Bereich von Dalmazibachmündung bis Dalmazibrücke“ Abwasser aus den Schachtdeckeln in die Umgebung abgegeben werden kann und evtl. Liegenschaften geflutet werden. Der Aare-Wasserzufluss in die Hauptleitung ist einzugrenzen. Die konkreten Massnahmen sind noch in Arbeit.

2.5 Gestaltung

Entwurfsparadigmen

Um das Projekt Hochwasserschutz zu verstehen, ist es zunächst erforderlich, die gestalterische Qualität der historischen Wasserbaumassnahmen zu erkennen und zu akzeptieren. Eindrückliche historische Referenzen sind beispielsweise im Bereich des Klösterlis und der Untertorbrücke vorhanden. Auch in den anderen Abschnitten der Hochwasser-

schutzbauten wird mit bereits vielfach vorhandenen, vertrauten Elementen gearbeitet: mit Böschungsmauern, Liegepritschen, Uferwegen etc. Dadurch wird durchwegs eine Verselbständigung der gestalterischen Elemente vermieden.

Die baulichen Eingriffe sind in keinem Fall reine Wasserbaumassnahmen, sondern setzen ausnahmslos Synergien frei. Insgesamt wird über weite Abschnitte des Uferbereichs die Aufenthaltsqualität und Attraktivität des Flussraums gesteigert.

Die Hochwasserschutzbauten sind, obwohl sie gestalterisch auf unterschiedliche Art in Erscheinung treten, ja teilweise "unsichtbar" sein werden, nach einem Gesamtsystem konzipiert. Dieses System bietet zahlreiche Möglichkeiten zur Variation und Anpassung an kleinräumige Kontexte. Die Idee, die Hochwasserschutzmassnahmen im gesamten Gemeindegebiet nach einem einheitlichen Grundgedanken auszurichten, soll zur ästhetischen Qualität des Projekts beitragen.

Gestalterisches Weiterentwicklungspotential

Die "harten" gestalterischen Elemente des Hochwasserschutzes sind die Lage der Schutzbauten, ihre ingenieurtechnischen Anforderungen und ihre Dimensionen, konkret die Brüstungshöhe. Die Materialentscheide, die Standorte von Abgängen, Fragen der Detailgestaltung und Bepflanzung können innerhalb eines beträchtlichen gestalterischen Spielraums verfeinert werden; sie sind "weich", modifizierbar, kontextualisierbar. Mit diesen Elementen können nach Bedarf spezifische, kleinteilige Situationen geschaffen werden. Die Modifikationsmöglichkeiten an der Schutzmauer ermöglichen somit eine Vertiefung des Ausdrucks und von Massstabsfragen nach Bedarf.

Bewusstsein schaffen

Aus technischer Sicht bewirken sämtliche Baumassnahmen des Projekts Hochwasserschutz eine verstärkte Trennung zwischen Fluss und Uferbereichen. In der räumlichen Wahrnehmung hingegen wird die Beziehung zwischen Stadt und Fluss intensiviert, indem neue Aufenthalts-, Bewegungs- und Erholungsmöglichkeiten unmittelbar am Wasser geschaffen werden. Dies gilt für die verstärkten Abschnitte der Uferwege und für die Aarstrasse, die als Promenade ausgebaut wird.

Insgesamt wird der Fluss durch seine Präsenz stärker ins Bewusstsein der Bevölkerung gerückt. Das Bewusstsein für seine Qualitäten, aber auch für sein Schadenspotential wird gefördert. Die sinnliche Konfrontation mit den Elementen trägt zur Bewusstwerdung der Klimaproblematik und ihrer Auswirkungen bei. Im Unterschied zu einer Stollenlösung, welche das Problem ausblendet, bietet das Projekt Hochwasserschutz einen baulichen Beitrag zur emotionalen und intellektuellen Bewältigung unserer Gegenwartsprobleme.

3 Massnahmenplanung

3.1 Massnahmen Gestaltung / Architektur

3.1.1 Gestaltungsgrundsätze

Die Stadt Bern ist unter anderem wegen ihrer gewundenen Aare einzigartig. Das Herumführen der Aare um die Stadt Bern, auch im Hochwasserfall, gehört zum Selbstverständnis dieser, dem UNESCO-Weltkulturerbe angehörenden Stadt. Damit dies in Zukunft für

Mensch und Gebäude schadenfrei in voller Dimension erfolgen kann (kein Restwasser wie bei der Stollenlösung), bedarf es einer nachhaltigen Idee, welche die Entwicklungsgrundsätze der Stadt Bern, den differenzierten Schutz der zum Teil erhaltenswerten resp. schützenswerten Gebäudesubstanz, die Personensicherheit, die baurechtlichen Belange, die Gefahrenkarte, die ökologischen Auflagen, die versicherungstechnischen Anforderungen mit dem Natur-, Heimat- und Denkmalschutz in Einklang bringt. Die komplexe Aufgabenstellung wird als Chance verstanden, funktionale, technische und städtebauliche Werte in gewinnbringende Verbindung zu setzen. Im Gegensatz zum Vorprojekt bleibt im vorliegenden Bauprojekt die Zugänglichkeit zur Aare wie heute beschränkt auf wenige Stellen. Die konsequente Zugänglichkeit zum Wasser im Bereich der Matte (Oberer und Unterer Quai) liess sich nicht halten und einer breiten Akzeptanz zuführen. Ausgehend vom heutigen Erscheinungsbild mit einem leicht vor den Gebäuden angeetzten schrägen Blocksatz, beschränkt sich der Hochwasserschutz auf die Erfüllung der funktionalen und technischen Anforderungen, ohne Mehrwert für die Gesellschaft im Sinn einer wieder gewonnenen Zugänglichkeit zum Wasser.

Zwischen dem Marzili und der Matte wird mit der hochwasserschützenden Kalk- und Sandsteinmauer der äusserst attraktive Spazierweg (Quaipromenade) unter Schattenspendenden Bäumen wieder hergestellt. Die Hochwasserschutzmassnahmen wurden abschnittsgerecht bezüglich Quartier- und Stadtbild, Technik und Wirtschaftlichkeit sorgfältig abgewogen. In der Folge wird im Bauprojekt im Dalmaziquartier nur ein reduzierter Hochwasserschutz vorgesehen. Das Gleiche gilt im Altenberg ab dem Altenbergsteg flussabwärts.

Technische und städtebauliche Interventionen stehen grundsätzlich immer in direktem Zusammenhang mit den Hochwasserschutzmassnahmen. Ob bei der Felsenburg, beim Läuferplatz, entlang der Aarstrasse oder der Langmauer; historische Mauern prägten und prägen den Flussraum in der Stadt Bern. Zahlreiche gestalterisch unkontrollierte, der Not gehorchende Betonmauern säumen zusätzlich den Aarelauf zwischen dem Dalmazi/Marzili-Quartier, der Matte und dem Altenberg. Mit dem Hochwasserschutzprojekt entsteht die Chance, diese unschönen Mauern berntypisch und hochwasserschutzwirksam gestalterisch in das Konzept einzubinden.

Mit den vorgeschlagenen Natursteinen, wie Sandstein, Tuffstein, Kalkstein und Granit, wird die selbstverständliche Verschmelzung mit der der Stadt Bern eigenen und spezifischen Materialisierung angestrebt. Der Steinbearbeitung wird je nach städtebaulicher Wertung im Sinn einer differenzierten Oberflächenbehandlung grosse Beachtung geschenkt. Im Vordergrund stehen stadträumliche, technische, funktionale und nutzungsspezifische Zusammenhänge, welche den augenfälligen architektonischen Kontrast und Effekt ablehnen. Vielmehr wird eine Analogie zu den prägenden, historischen wie aktuellen stadtbestimmenden Elementen von Bern angestrebt.

Jedes Quartier, jeder Flussabschnitt bedarf einer sorgfältigen historischen und technischen Analyse. Darauf aufbauend, wurden abschnittsweise die gestalterischen und technischen Massnahmen für einen nachhaltigen Hochwasserschutz erarbeitet. Im Dalmaziquartier und im Altenberg (ab dem Altenbergsteg) zeigte sich aufgrund vertiefter Betrachtungen, dass ein integraler Hochwasserschutz einem vertretbaren Kosten-/Nutzenverhältnis nicht standhält, jedoch der Faktor Hochwasserstollen Thun zu berücksichtigen ist. Dieser offene Projektierungsprozess, unter Mitwirkung aller Instanzen wie

auch der direkt betroffenen Bevölkerung, prägte diese Entwicklungsarbeit, welche auch im weiteren Verlauf verfeinert und präzisiert werden wird.

Bern ist eine Stadt an der Aare

Die wirtschaftliche Entwicklung von Bern ist bis ca. 1860 (Inbetriebnahme der Eisenbahn) untrennbar mit der Aare verbunden. Grosse Anlegestellen und Werkplätze an der Schifflaube und unterhalb der Marmorsäge waren eindruckliche Warenumschnlagplätze für die bedeutende Schifffahrt.

Während in den Quartieren Marzili, Dalmazi, Altenberg und Langmauer der direkte Zugang zum Wasser noch heute für alle möglich ist und entsprechend genutzt wird, haben in der Matte erst ab ca. 1890 direkt an die Uferkante der Blocksatzverbauungen gebaute Gewerbehäuser diese Tradition verbaut. Wo noch bis in das 20. Jahrhundert grosszügige Umschnlagplätze für den Warenumschnlag direkt am Wasser lagen, wo auf dem "Inseli" parkähnliche Gärten direkt am Wasser der Öffentlichkeit zugänglich waren, verwehren heute private Gewerbe- und Wohnbauten mit privatisierten Aussenräumen dieses öffentliche Interesse des allgemeinen Zugangs zur Aare. Auch entlang der Aarstrasse ermöglichten Maueröffnungen den direkten Zugang zum Wasser.

Die aus technisch-pragmatischen Folgerungen geborene Idee des Hochwasserschutzes "direkt am Wasser", generiert das Potential, das Wasser, die Aare, auch in der Matte und bei der Aarstrasse der Bevölkerung wieder zugänglich zu machen und verstärkt in die Wahrnehmung zu rücken. Damit verbunden war eine Stufung der Hochwasserschutzmassnahme in räumlich differenziert wahrnehmbare Schichten.

Häuser am Wasser

Diverse ausgewählte Häuser stehen in Bern im Wasser. Der Pulverturm, das Pelikanhaus, die Gebäude in der Mattenenge und die Felsenburg sind die wichtigsten Beispiele dafür. Die Konzeption des Hochwasserschutzes respektiert und integriert diese Sonderstellungen als bereichernde Differenzierungen innerhalb des Flussraumes. Diese Gebäude verfügen ihrer Exponierung entsprechend über die notwendige Robustheit zur Aufnahme der Abdichtungsmassnahmen an und in ihrer Bausubstanz.

Sandstein - Kalkstein - Tuffstein - Granit

Ein differenzierter Blick in die Stadtmauern legt offen, dass Bern von einer Vielzahl verschiedener Natursteine geprägt ist. Tuffstein, Granit, Kalkstein und Sandstein in verschiedensten Varianten kamen aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften, aber auch wegen den zeitabhängigen Transportmöglichkeiten zum Einsatz.

Vorgesehen ist die Anwendung der bernotypischen Natursteine entsprechend ihrer Eigenschaften. Im Vordergrund stehen Berner Sandstein, Solothurner Kalkstein, Oberländer Kalkstein, aber auch Granit und Tuffstein. Die genaue Spezifikation der Steinsorten und welche Steinbrüche zum Einsatz kommen, wird Gegenstand genauerer Abklärung in den nächsten Projektphasen sein. Je nach städtebaulicher Exposition erfahren die Natursteinmauern eine differenzierte Oberflächenbeschaffenheit. Insbesondere in der Matte wird eine raue, uneinheitliche Struktur des Sandsteins angestrebt. Toni P. Labhart konnte als Berater und Begleiter für den Evaluationsprozess der Natursteine gewonnen werden.

Im Rahmen des Vorprojektes wurde die durchgängige, quartierübergreifende Materialisierung in den berntypischen Natursteinen in Frage gestellt. Bei der Dampfzentrale, im Marzili und bei der Felsenburg sind im Bauprojekt die Schutzmauern in Beton vorgesehen. Im Bereich Schwellenmätteli sind die Schutzmassnahmen in Beton bereits erfolgt.

Obwohl in Bezug auf die präferierte Materialisierung der Hochwasserschutzmauern immer auf den städtebaulichen Kontext hingewiesen wird, wird dennoch in Diskussionen immer wieder die Frage aufgeworfen, ob dennoch Mauern in hochwertigem Beton anstelle von Sandstein möglich wären. In der Folge wurden daher die beiden Mauertypen einander gegenübergestellt (vgl. Tabelle 4) und nebst den städtebaulichen und ästhetischen Aspekten auch noch mit weiteren Kriterien wie z.B. Lebensdauer, Unterhalt etc. verglichen. In der Gesamtbetrachtung kann festgestellt werden, dass auch in der vertieften Prüfung die Vorteile des Sandsteins gegenüber dem Beton mehrheitlich überwiegen.

Tabelle 4: Argumentation Materialisierung der Mauern. Farbcodierung: grün = positiv, gelb = negativ.

Beschrieb	Sandstein / Sandsteinmauer	Hochwertiger Beton
Herkunft / Produktion	Ostermundigen	Agglomeration Bern
Kapazität / Vorrat	Unbeschränkt	Unbeschränkt
Liefersicherheit	Frühzeitige Bestellung und Vorlaufzeit für Produktion nötig, danach Lieferung auf Abruf.	Keine Vorlaufzeit, Lieferung auf Abruf.
Transporte	Die Quadersteine können als volle Ladung antransportiert und im Umschlagplatz zwischengelagert werden. Das gibt je nach Örtlichkeiten Zwischentransporte mit Dumper oder Pneulader.	Unter dem Strich ist der Transportaufwand bei Beton oder Quadersteine etwa Vergleichbar, evtl. bei Betonmauer eher grösser, da Armierung und Schalung zusätzlich zum Beton auch Transporte verursachen.
Erstellungsdauer vor Ort	Ab Foundation = zügiger Fortschritt (in ca. 20 Tagen 100 m Mauer bei 1 m Höhe und guter Zugänglichkeit). Der Fortschritt kann durch mehrere Baugruppen beliebig erhöht werden.	Längere Vorbereitungszeit (Schalung, Bewehrung, Ausschalung, etc.) und je nach Bauablauf eventuell leicht längere Erstellungsdauer als mit Sandsteinblöcken.
Lebensdauer	Weit über 100 Jahre	60 – 80 Jahre
Unterhalt	Erfahrungsgemäss keinen Unterhalt, nach ca. 20 Jahren Kontrolle der Fugen und eventuell ausbessern. Bei mechanischer Beschädigung sanierbar und danach kaum sichtbar, schöner Alterungsprozess.	Kein Unterhalt (Abplatzungen durch Frosteinwirkung möglich). Bei mechanischer Beschädigung sanierbar, Reparatur bleibt jedoch sichtbar. Alterungsprozess aus ästhetischer Sicht eher problematisch.
Life-Cycle	Ressourcenschonend, wiederverwendbar, anpassungsfähig. Ergänzungen allgemein und insbesondere in der Höhe ohne grosse Aufwendungen und Zusatzkosten möglich. Korrekturen und Ergänzungen innert kürzester Zeit nicht mehr sichtbar.	Recycling teilweise wiederverwendbar. Anpassungen und Ergänzungen unter grossen Aufwendungen und Zusatzkosten möglich. Meist stehen Abriss und Neubau im Vordergrund. Korrekturen und Ergänzungen bleiben sichtbar und sind somit ästhetisch unbefriedigend.
Frostsicherheit	frostsicherer Sandstein (hoher Quarzitgehalt)	frost-tausalzbeständiger Beton
Konstruktion und Statik	Gut	Sehr gut
Graffitienschutz	Ja	Ja
Wettbewerbssituation Anbieter	Wettbewerb leicht eingeschränkt (wenig Steinbrüche)	Keine Wettbewerbseinschränkung
Kosten (Bereich Matte und Aarstrasse, exkl. Fundamente)	Total Fr. 18'530'000.--	Total Fr. 15'250'000.--
Gestaltung / Städtebau	Die Sandsteinmauern nehmen Bezug zur Stadt Bern, welche vorwiegend aus Sandstein gebaut ist. In vergleichbaren Städten wie z.B. in Hamburg wurden die Mauern für den Hochwasserschutz in für diese Stadt typischen Bricks erstellt. In Bern stehen in unmittelbarer Nähe der neuen Mauern bestehende Gebäude und Mauern aus Sandstein. An vielen Stellen befanden sich schon früher Wehr-Mauern aus Sandstein. Zeugen als Relikte sind noch vorhanden. Die neuen Sandsteinmauern werden im städttebaulichen Kontext nicht als Hochwasserschutzmassnahmen gelesen, sondern als Quaimauern, Sitzelemente im Park, Gartenmauern verstanden. Sie werden zu wohltuenden und nutzbaren Gestaltungselementen im öffentlichen Raum . Es entsteht für die Stadt über den Schutz hinaus ein überzeugender Mehrwert . Die Schutzmassnahmen sind einem „ Jahrhundert-Bauwerk “ gleichzusetzen. Sie müssen auch nach 50 und mehr Jahren in gestalterischer Hinsicht überzeugen und ein selbstverständlicher Teil der Stadt Bern sein.	Betonmauern werden hauptsächlich als ein funktionales Element gelesen wie z.B. jenes einer Stützmauer. Bei einer freistehenden Betonmauer stellt sich die Frage der Funktion und Gestaltung sofern kein Hochwasser besteht. Als ein gestalterisches Element, im schönsten Kleid, kann sie nicht erklärt werden, da der Bezug zur näheren Umgebung fehlt . Im Endbereich des Tychs wird die heute bestehende Betonmauer als Hochwasserschutz gelesen. Doch als Gestaltungselement vermag sie nicht zu überzeugen. Zurzeit stehen vieler Orts einzelne Betonmauern, welche einst als Sofortmassnahmen gegen das Hochwasser erstellt wurden. Sie wirken störend und abweisend . Alleine die Länge der Matte und der Aarstrasse beträgt über 1.4 km . Dies alles in Beton? Vom gegenüberliegenden Ufer her betrachtet und je nach Wasserstand ist die Mauer über 3 m hoch sichtbar . Es handelt sich also beim Hochwasserschutz nicht um punktuelle Eingriffe sondern um zusammenhängende, weit ausgedehnte Massnahmen , welche das gewohnte Bild des Aareraumes und jenes der Stadt massgeblich beeinflussen werden. Ob das Jahrhundertbauwerk in Beton nach 10, 50 Jahren endlich Teil der Stadt werden kann wird stark bezweifelt.

Ökologie

Innerhalb der begrenzten Möglichkeiten im urbanen Raum wird den ökologischen Aspekten grosse Beachtung geschenkt. Im Besonderen im Gaswerkareal wird die Möglichkeit zu grösseren ökologischen Ausgleichsmassnahmen genutzt. Die begradigten Ufer werden aufgebrochen, um der Aare wieder mehr Raum zu gewähren. Im Bereich der Englischen Anlagen kann in beschränkter Masse durch die Abflachung der Ufer eine ökologische Aufwertung erzielt werden.

Den Kiesbänken in der Matte, beim Inseli und im Bereich Wasserwerkergasse wird grosse Beachtung geschenkt. Insbesondere der wichtige Äschenlaichplatz wird in gleicher Dimension aufrechterhalten. Auch die Kiesbänke im Altenberg bleiben erhalten. Im Bereich Aarstrasse werden neue Baumreihen vorgeschlagen. Die bewachsenen Uferpartien in den Bereichen Dalmazi, Marzili, Altenberg und Englische Anlagen bleiben wo immer möglich erhalten.

Dort wo der Uferverbau und die Ufersicherung erneuert werden müssen, kommt eine bernspezifische Kombination aus Blocksatz (Trockenmauer mit offenen Fugen) und Blockwurf mit Nischenverbauungen in Holz für den Rückzug der Fische zur Anwendung. In einer engagierten Auseinandersetzung mit den städtebaulichen (UNESCO-Weltkulturerbe) und ökologischen Anforderungen konnte eine ortsspezifische Lösung erarbeitet werden.

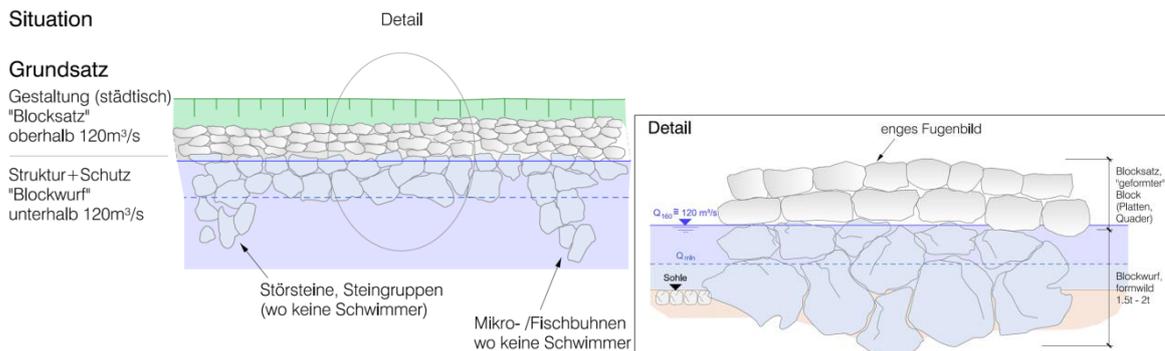


Abbildung 8: Prinzipskizze Aareufer Bern.

Gestaltungsregeln

- Die einzelne Gebäudesubstanz wie auch das Gebäudeensemble (Matte) wird integral als Ganzes geschützt.
- Der Hochwasserschutz wird direkt bei der "Quelle" gewährleistet.
- Abdichtungsmassnahmen an Gebäuden kommen in der Mattenenge, in den Bereichen Langmauer (Pelikanhaus) und Felsenburg zur Anwendung.
- Von der Stadtseite sind Brüstungsmauern nie höher als 1 Meter erlebbar.
- Die direkte öffentliche Zugänglichkeit zum Wasser wird mittels temporär verschliessbarer Öffnungen gewährleistet.
- Mit dem politischen Entscheid (SRB 2012-611) wurde beschlossen, in der Matte die Mauer um die Freibordhöhe zu reduzieren.
- Als sichtbare Materialien kommen bernstypische Natursteine (Sandsteinquader, Tuffstein, Kalkstein, Granit) sowie Beton im Marzili und bei der Felsenburg zum Einsatz.

- Neue Uferverbauungen werden im oberen Teil in Blocksatz (schräge, offenfugige Trockenmauer in Naturstein), im unteren Teil in kleinmassstäblichem Blockwurf mit integrierten Holzverbauungen ausgeführt.

3.1.2 Umsetzung Gestaltung

R1 - Dählhölzli

Die Instandsetzung des Schönaustegs wird ausserhalb des Bauprojektes Hochwasserschutz Bern, Gebietsschutz Quartiere an der Aare, durch die Brückeningenieure bearbeitet.

R2 – Dalmaziquai

Im Abschnitt Dalmaziquai bleiben das stark begrünte Aarebord und die markante Baumreihe erhalten. Im Gegensatz zum Vorprojekt wird die Hochwasserschutzmassnahme nur auf 600 m³/s bordvoll angesetzt. Die HWS Mauer in Sandstein, mit einer durchschnittlichen Höhe von ca. 60 cm wird aareseitig auf der Böschungskante erstellt.

Mit einer mobilen Einrichtung wird die Strasse beim Dalmazibach gequert und der HWS folgt dem Hangfuss. Während in diesem Bereich die Hauszufahrten mittels mobiler Einrichtungen geschützt werden, sind die vorhandenen Mauern partiell zu ergänzen. Flussabwärts folgt die HWS Mauer der Böschungskante und schliesst bei der Dalmazibrücke an die bestehende Brüstung (Kalkstein) der Brücke an.

Anmerkung:

Die Idee, die Mauer direkt an die Strasse, bzw. in den Wurzelbereich der Bäume zu stellen, wurde verworfen, da diese Lösung die Fällung der Baumreihe zur Folge hätte. Die Baumreihe längs der Strasse ist jedoch ein wichtiges städtebauliches Element und für den Dalmaziquai seit Jahrzehnten prägend.

3.2 Variantenstudien und Entscheide

Im Vorprojekt [3] waren im Abschnitt R1 für die Liegenschaften Kindergarten und Ristorante Grottino / Klubhaus Boccia-Club Bern im Überflutungsbereich zwischen dem Dalmazibach und der Aare Objektschutzmassnahmen vorgesehen. Beim Tierpark Dählhölzli handelt es sich um ein Drittprojekt. Im Abschnitt Dalmaziquai (R2) bei Liegenschaft Dalmaziquai 101 und ab Liegenschaft Dalmaziquai 87 bis zur Dalmazibrücke war im Vorprojekt eine HWS Mauer geplant.

Im Rahmen der Überarbeitung des Vorprojektes basierend auf den Ideen der „nachhaltigen Variante“ [9] wurden im Bereich Dalmaziquai reduzierte Massnahmenvarianten geprüft, da die Gefährdung mässig und das Schadenpotential sowie Risiko gering sind. Die Grundlagen zu den Abklärungen (betroffene Überflutungsgebiete, Schadenwerte) sowie die geprüften Varianten sind im Anhang dieses Berichtes sowie in [9] dokumentiert.

Damit der Hochwasser-Stollen in Thun optimal eingesetzt werden kann, sollen die Hochwasserschutz-Massnahmen im Dalmazi auf einen reduzierten Schutz von 600 m³/s bordvoll ausgelegt werden. Aus diesem Grund schliesst eine HWS Mauer die Lücke zwischen der Hangkante / bei Liegenschaft Dalmaziquai 83 und Brüstungsmauer der Brücke über den Dalmazibach. Zwischen den beiden Brüstungsmauern der Brücke folgt ein mobiler Schutz. Ab der aareseitigen Brüstungsmauer der Brücke über den Dalmazibach

folgt entlang der Böschungskante eine HWS Mauer bis Dalmaziquai 39 und geht dort in das bestehende Terrain über.

Im Rahmen der Überarbeitung des Wasserbauplanes wurde durch die Projektleitung in Rücksprache mit Bund und Kanton festgelegt, dass im ganzen Perimeter keine Objektschutzmassnahmen vorgesehen werden. Der Schutz dieser Liegenschaften liegt in der Verantwortung der Eigentümer. Somit entfallen im Vergleich zum Vorprojekt die Objektschutzmassnahmen für die Liegenschaften im Überflutungsbereich zwischen Dalmazibach und Aare.

3.3 Gewässerunterhalt und Notfallplanung

Im Technischen Bericht Teil III sind die Aspekte Betrieb und Unterhalt sowie Notfallplanung quartierübergreifend beschrieben.

3.4 Massnahmen Wasserbau / Bautechnik

3.4.1 Geologie und Geotechnik

Die geplanten baulichen Massnahmen stellen keinen wesentlichen Eingriff in den Haushalt des Aare-Grundwassers dar. Zu den Drainageleitungen folgende Bemerkung:

- Die Drainageleitung verläuft landseitig der HWS Mauer. Die Leitung wird so hoch angelegt, dass sie nur bei Hochwasser „anspringt“. Die Drainage soll sicherstellen, dass der Druckwasserspiegel in deren Einflussbereich nicht über die Terrainhöhe ansteigt. Eine dauerhafte Absenkung des Grundwassers findet somit nicht statt.

3.4.2 Ufergestaltung

Die Befestigung der Ufer ist teilweise in die Jahre gekommen und bedarf aus Stabilitätsgründen teilweise einer Sanierung oder Erneuerung der Vorgrundsicherung. Des Weiteren erfolgt rechtsufrig eine ökologische Aufwertung mit lokalen Strömungsstrukturierungsmassnahmen (Blockgruppen, Steingruppen mit Wurzelstöcken, Fisch- und Mikrobuhnen etc.).

Die Dimensionierung des Uferschutzes erfolgt in Abhängigkeit der verschiedenen Lagen am Ufer resp. Beaufschlagungen (unterschiedliche Schleppspannungen, Strömungsgeschwindigkeiten und Böschungsneigungen):

- Sohle
- Blocksatz ($W_{sp} Q_{160} = 120 \text{ m}^3/\text{s}$ bis $W_{sp} Q_{20} = 250 \text{ m}^3/\text{s}$)
- Kolkschutz Prallufer

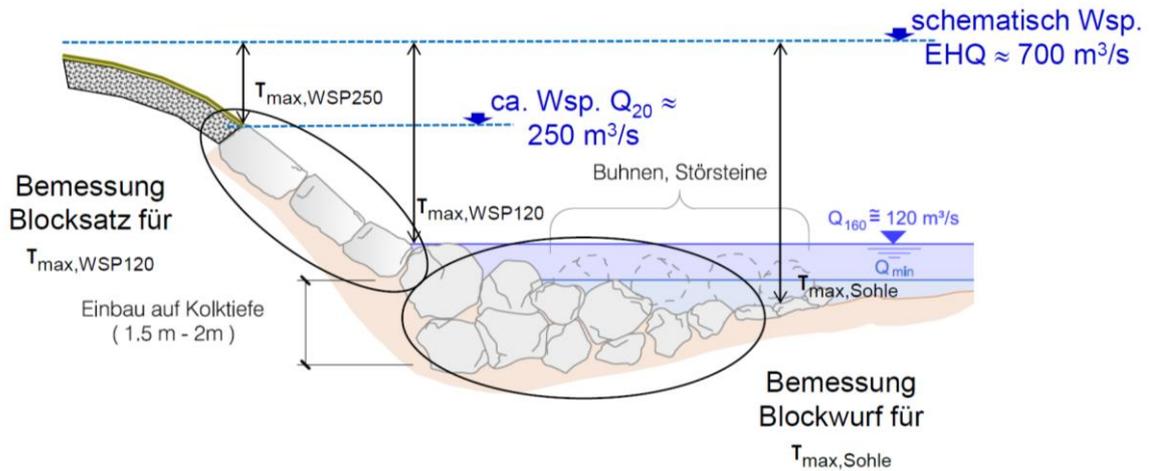


Abbildung 9: Lagen mit unterschiedlichen Schleppspannungen, Strömungsgeschwindigkeiten im selben Uferbereich. Böschungsneigungen variieren zusätzlich je nach Abschnitt.

Die Massnahmenbeurteilung erfolgt nach "PROTECT" [8] bzw. nach [1] in Bezug auf Gefährdungsbilder:

1. U1, Erosion
Schleppspannung, Bemessung Blockwurf und -satz
2. U2, Instabilität durch Kolkbildung oder Sohlenerosion
Bemessung Vorgrundsicherung
3. U3, Hinterspülung
Bauliche Massnahmen zur Stabilisierung der Übergänge>

Die Blockgrösse wurde anhand der Gefährdungsbilder U1 und U2 nach den folgenden zwei Verfahren dimensioniert:

- Überprüfung der Blockgrösse nach Isbash (vgl. Belvins [1] oder USACE [14]):
Die Formel nach ISBASH beschreibt, welchen Durchmesser d_S ein loser, kugelförmiger Block mindestens aufweisen muss, damit er, wenn er ins Gerinne fallen gelassen wird, nicht von der Strömung mit der Fließgeschwindigkeit v mittransportiert wird. Mit diesem Ansatz wird die erforderliche Blockgrösse eher überschätzt, da die Blöcke bei Ufersicherungen häufig ineinander verzahnt versetzt werden. Dieser Wert gibt also eine obere Grenze der Steingrösse an.
- Bemessung der Ufersicherung nach Stevens & Simons [13]:
Der Blockdurchmesser d_S der Ufersicherung, die einem bestimmten Abfluss und damit bestimmten Schleppspannungen stand halten soll, kann zudem nach Stevens & Simons bemessen werden.

Dem Gefährdungsbild U3 wird wie folgt entgegengewirkt:

- In den Übergängen von Blockwurf zu Blocksatz: Filterschicht bestehend aus einer Grobkiesschüttung.
- In den Übergängen von Blocksatz zur Vegetation wird ein Geotextil eingelegt.

3.4.3 Ufererhöhungen

Auf der Höhe von ca. km 27.550 bei den Liegenschaften Dalmaziquai 101 bis 105 wird landseitig des Dalmazibachs eine Ufermauer erstellt bzw. die bestehende Ufermauer

entlang des Dalmazibachs erhöht. Der Dalmaziwai wie auch die beiden Personenzugänge zur Liegenschaft Dalmaziwai 101 und 30a werden mit mobilen Massnahmen verschlossen.

Im Abschnitt zwischen Einmündung Dalmazibach bis zur Dalmazibrücke wird rechtsufrig der Hochwasserschutz mit baulichen Massnahmen sichergestellt. Ziel ist, dass ein Aareabfluss von $600 \text{ m}^3/\text{s}$ (bordvoll) abgeführt werden kann. Dies bedingt folgende bauliche Massnahmen:

- Die Lücke zwischen der bestehenden Brüstungsmauer des Dalmazibachs und der bestehenden Mauer bei der Liegenschaft Dalmaziwai 83 wird mit einer Mauer geschlossen.
- Im Bereich der Einmündung Dalmazibach wird der Dalmaziwai mit einem mobilen Hochwasserschutz (zwischen den beiden Brüstungsmauern) abgesperrt.
- Ab Einmündung Dalmazibach bis ca. km 28.08 schliesst die Ufermauer an die bestehende Brüstungsmauer an und führt wasserseitig entlang des bestehenden Uferwegs. Bei ca. km 28.080 wird die Ufermauer ans bestehende Terrain angeschlossen.

3.4.4 Dichtwände

In diesem Abschnitt werden keine Dichtwände erstellt. Landseitig der Ufermauern wird eine Mauerfussdrainage eingebracht, die im Bereich der Dalmazibrücke in die bestehende Siedlungsentwässerung führt.

3.4.5 Dalmazibrücke

Gemäss den hydraulischen Modellierungen (Kapitel 1.2.1) liegt die erforderliche Kote der mittleren Brückenunterkante auf 502.97 m ü. M. Die Brückenunterkante liegt im Ist-Zustand auf 503.1 m ü. M. Die Kapazität reicht daher knapp aus. Ein Aufstau mit oder ohne Verklausung kann aber nicht ausgeschlossen werden. Die Brücke wird deshalb dahingehend hochwassertauglich gemacht, als dass (a) die Untersicht mit einem Verschluss der Mittelöffnung strömungsgünstig gestaltet wird (vgl. Abbildung 10) und (b) die Brücke gegen ein Abschieben durch Horizontalkräfte bei oberwasserseitigem Einstau mittels demontierbarem Verschalungsblech gesichert wird.



Abbildung 10: Visualisierung Verschalung Dalmazibrücke mit Konzeptskizze.

3.5 Massnahmen Siedlungsentwässerung und Drainage

3.5.1 Anpassung Düker-Einlauf

Damit der Dükereinlauf vor Aare-Wasserzufluss geschützt werden kann, wird die Düker-Einlaufkammer mit einer dichten Metalleinbaute gegenüber der Aare geschützt. Notüberlauf und Luftzirkulation sind nach wie vor möglich.

3.5.2 Anpassung Regenbecken Dalmazi

Durch die Druckleitungen sowie die Be-/Entlüftungsleitung kann Aarewasser in das Becken zufließen. Je nach Pumpensteuerung stellt sich so im Entlastungspumpwerk ein Wechselspiel „Zufluss Aarewasser“ und „Abpumpen Mischabwasser mit Aarewasser“ ein. Beim Hochwasser 2005 wurden die Pumpen in Dauerbetrieb gesetzt, um möglichst viel Abwasser aus dem Hauptkanal abzuleiten und die Rückstaupegel möglichst tief zu halten.

Um das Regenbecken vor Aare-Wasserzufluss zu schützen, werden im Einleitbauwerk Rückstauklappen auf die Druckleitungen eingebaut. Das Einleitbauwerk muss geringfügig angepasst werden oder es wird ein neuer Schacht für den Einbau der Klappe erstellt (im Bereich Grünstreifen). Die Be-/Entlüftungsleitung wird vom Einleitbauwerk abgekoppelt und in einen neuen Be-/Entlüftungskasten geführt.

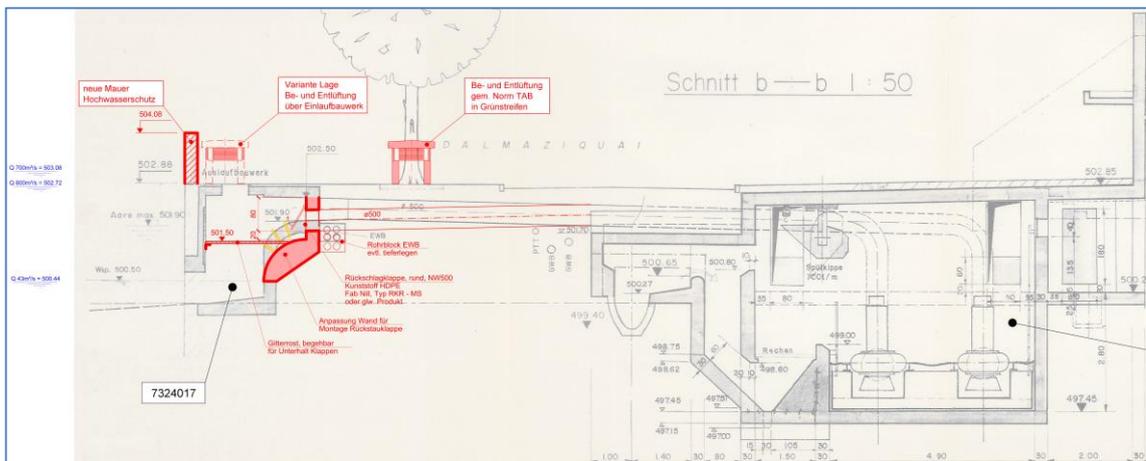


Abbildung 11: Anpassung am Regenbecken Dalmazi.

3.5.3 Ersatz Regenüberlauf Dalmazirain

Der Regenüberlauf Dalmazi ist vor Aare-Wasserzufluss nicht gesichert, weshalb ein Ersatz in höherer Lage vorgesehen ist. Rein aus Sicht Hochwasserschutz würde eine geringfügige Verschiebung ausreichen. Da der Regenüberlauf jedoch hydraulisch ungünstig ist, in Privatgelände liegt und die Zuleitungen in einem schlechten Zustand sind, wird der Regenüberlauf mit Zu-/Ableitungen in den Dalmazirain verschoben. Damit werden die heutigen Probleme gelöst.

3.5.4 Neubau Strassenentwässerung

Der Dalmaziquai entwässert heute über diverse Stichleitungen direkt in die Aare. Die Strassenentwässerung wird neu erstellt. Das Strassenabwasser von der Mündung Dalmazibach bis zur Dalmazibrücke wird in einer neuen Strassenentwässerungsleitung gesammelt und bei der Brücke in die Aare eingeleitet.

Vor der Einleitstelle wird ein Spezienschacht erstellt. In diesem Spezienschacht wird einerseits der Zufluss von Aarewasser mittels Rückstauklappe verhindert. Andererseits kann das Strassenabwasser in die Mischabwasserkanalisation fliessen (Überfall mit Klappe), wenn der Aarepegel den Abfluss des Strassenabwassers in die Aare verunmöglicht. Somit ergibt sich temporär während einem Aare-Hochwasser ein Wechsel des Entwässerungssystems vom Trenn- zum Mischsystem.

3.5.5 Neubau Drainage

Die Drainage im Dalmazi wird hochliegend erstellt, so dass sie nur bei Hochwasserspitzen zum Einsatz kommt. Das anfallende Drainagewasser wird bei der Dalmazibrücke in die Strassenentwässerung eingespiesen, welche hier im Normalfall im Freispiegel in die Aare abgeleitet wird.

Im Hochwasserfall wird das Drainagewasser mit dem Strassenabwasser über einen Spezienschacht in das Mischabwassersystem geleitet. Es gibt somit temporär im Hochwasserfall eine Änderung des Entwässerungssystems, vom Trenn- ins Mischsystem.

3.5.6 Hauptkanalisation Uferweg (Muri-Kehrsatz-Wabern-Bern)

Die Aare-Uferleitung (Mischabwasser) von Muri in Richtung Dalmazi wird von Aare-Kilometer 24.7 bis km 25.9 im Rahmen des Projekts *aarewasser* hochwassersicher verlegt. Von km 25.9 bis km 27.0 (Tierpark) wird der Uferweg (und damit auch die Uferleitung) ab ca. 400-450m³/s geflutet. Eine Verlegung im Projekt *aarewasser* ist nicht vorgesehen. Via Lüftungslöcher erfolgt ein Zufluss von Aarewasser in die Uferleitung.

Zur Reduktion des Zuflusses von Aarewasser via Lüftungslöcher werden die Schachtabdeckungen ersetzt (neu: dicht/ verschraubt oder nur mit 1 Pickelloch oder seitliche, höherliegende Be-/Entlüftungskasten).

3.5.7 Betrieb / Unterhalt

Die Zuständigkeiten für Betrieb / Unterhalt und Kosten sind derzeit in Abklärung. Ein konkretes Pflichtenheft zur Regelung der Zuständigkeiten, Kostenregelung und Definition der Unterhaltsarbeiten mit Intervallen ist noch zu erstellen.

4 Grundlagen

4.1 Berichte und Studien

- [1] Belvins, R.D: Applied Fluid Dynamics Handbook. Krieger. Malabar, FL, 1992.
- [2] FAN (Fachleute Naturgefahren): Empfehlung zur Beurteilung der Gefahr von Ufererosion an Fließgewässern, V1.0, 27.04.2014.
- [3] Generalplanerteam HWS Aarebogen: Hochwasserschutz Aare, Bern. L21 Objektschutz Quartiere an der Aare. Dossier Vorprojekt. Bern, Oktober 2008.
- [4] Generalplanerteam HWS Aarebogen: Hochwasserschutz Aare, Bern. Gebietschutz Quartiere an der Aare. Dossier Mitwirkung Wasserbauplan, Dezember 2014.
- [5] Geodatenportal des Kantons Bern: Kantonale Grundwasser- und Gewässerschutzkarte und kantonaler Kataster der belasteten Standorte. Stand Oktober 2014.
- [6] Kellerhals+Haefeli AG: Geologisch-geotechnische Vorabklärungen. Hochwasserschutz Aare Bern, Objektschutz Quartiere an der Aare. Bern, 7. September 2007.
- [7] KOHS: Freibord bei Hochwasserschutzprojekten und Gefahrenbeurteilungen. Empfehlungen der Kommission Hochwasserschutz (KOHS). Wasser Energie Luft, Jahrgang 105, Heft 1: 43 - 53. 2013.
- [8] PLANAT: Strategie Naturgefahren Schweiz, Beurteilung der Wirkung von Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren als Grundlage für ihre Berücksichtigung in der Raumplanung. Bern, 2007.
- [9] TBF + Partner AG, Ad!Vocate, Egli Engineering AG: Hochwasserschutz Aare, Bern. Projektstudie „Nachhaltige Variante“, Schlussbericht. Juni 2011.
- [10] TBF + Partner AG: Variantenvergleich Dalmazi, Altenberg und Langmauer, Entscheidungsgrundlage. Hochwasserschutz Aare Bern, Gebietsschutz Quartiere an der Aare. Zürich, Entwurf 04.03.2014.
- [11] Kissling + Zbinden: Hochwasserschutz Aare Bern, Teilprojekt L21 Objektschutz Quartiere an der Aare, Bestimmung Schadenpotenzial vor Massnahmen, Zwischenbericht, Bern, Mai 2009.
- [12] Stadt Bern, Stadtrat: Stadtratsentscheid, Sitzung vom 6. Dezember 2012, SKNSC (2004.SR.000007), SRB Nr. 201-611.
- [13] Stevens, M.A. and D.B. Simons: Stability Analysis for Coarse Granular Material on Slopes. Ch. 17, River Hydraulics. Volume 1 (edited and published by H.W. Shen). Fort Collins, Colorado, 1971.
- [14] USACE: Corps of Engineers Hydraulic Design Criteria. Waterways Experimental Station. Vicksburg USA, 1952.

4.2 Digitale Grundlagen

[15] Digitales Terrainmodell DTM AV, © swisstopo. Bern, 2005

Anhang A Grundlagen zur Überarbeitung des Vorprojektes

A.1 Unterschiedliche Pegelstände

Auf dem Abschnitt Dalmazi wurden mit Hilfe des bestehenden Geschiebetransportmodells aus dem Vorprojekt für Abflüsse von 450 bis 600 m³/s Wasserspiegellagen berechnet, um entsprechende Überflutungsflächen bestimmen zu können. Als Grundlage diente die Abflussganglinie eines Einzelereignisses mit einer Abflussspitze von 600 m³/s (vgl. Bemessungsereignis Vorprojekt [3]), wobei die Wasserspiegellagen jeweils in Schritten von 50 m³/s aus dem ansteigenden Ast der Hochwasserganglinie abgegriffen wurden. Eine Unsicherheit der Sohlenlage σ_{zw} von 10 cm auf diesem Abschnitt (Wert aus Vorprojekt übernommen) wurde berücksichtigt und zu den berechneten Wasserspiegeln addiert.

Die Schwachstellenanalyse basiert auf dem Vergleich der Uferkoten (terrestrisch vermessene Terrainkoten des Grünstreifens zwischen Aare und Dalmaziquai) mit den berechneten Wasserspiegellagen inklusive der berücksichtigten Unschärfe in der Wasserspiegellage aufgrund der Unsicherheit in der Sohlenlage. Ein Freibord gemäss Empfehlungen der KOHS [7] wurde nicht berücksichtigt.

Abbildung 12 zeigt die relative Höhe der Wasserspiegellagen für die untersuchten Abflussmengen zur Uferkote des rechten Ufers (Grünstreifen). Bei einem Abfluss von 450 m³/s kommt es rechtsseitig zu lokalen Ausuferungen. Bei einer Abflussmenge von 550 m³/s¹ muss oberhalb von km 28.07 (Dalmaziquai 35) mit Ausuferungen gerechnet werden.

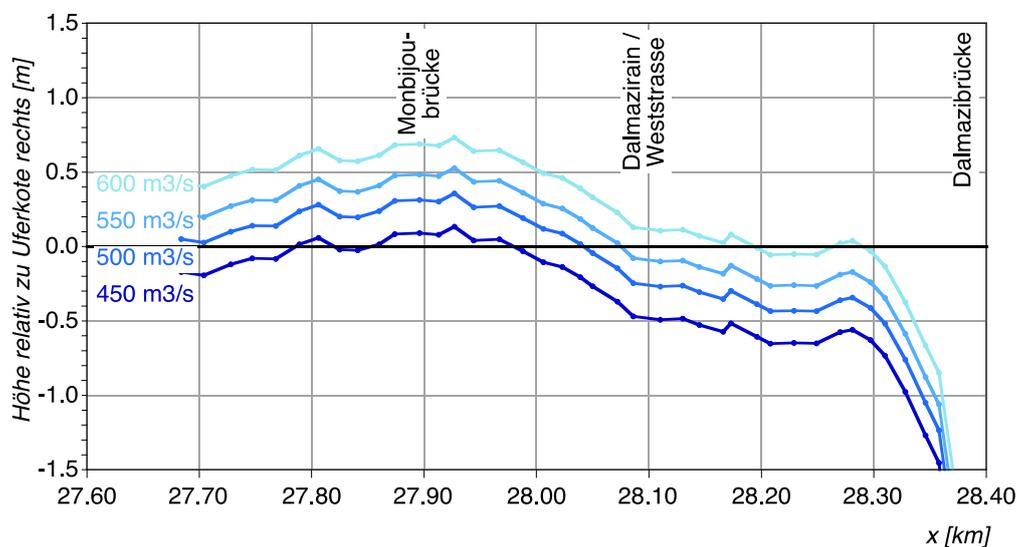


Abbildung 12: Schwachstellenanalyse Dalmazi, rechtes Ufer, Grünstreifen = rel. Nullpunkt.

¹ Abfluss gemäss Wunsch AWA für neues Betriebsreglement Hochwasserentlastungsstollen Thun nach Realisierung der Hochwasserschutzmassnahmen in Bern

A.2 Überflutungsgebiete

In Abbildung 13 sind die Überflutungsflächen für die Abflüsse von 450 bis 600 m³/s dargestellt (Schnitt Wasserspiegel inkl. Unschärfe in der Sohlenlage mit Terrainmodell). Linksseitig der Aare im Bereich Marzili wird die Überflutung im Projektzustand mittels linearen Hochwasserschutzmassnahmen begrenzt (vgl. rote Line). Die geschützten und somit nicht vor Überflutung betroffenen Flächen sind in der Abbildung schematisch mit einer grünen Linie abgetrennt (Rand der Überflutungsfläche). Die Bereinigung der Überflutungsflächen erfolgte pragmatisch und ohne detaillierte Feldbegehung. Daher sind einzelne Bordsteinmauern oder Zufahrtsbereiche nicht abgebildet. In der Abbildung sind somit die Hauptfliesswege dargestellt. Kleinere Fliesswege durch das Quartier sind auf der Überflutungskarte nicht zu erkennen (Auflösung des Terrainmodells zu gering), können jedoch nicht ausgeschlossen werden. Bis zu einem Abfluss von 500 m³/s fliesst das Wasser vorwiegend entlang des Dalmaziquais und kann in den angrenzenden Liegenschaften zu Überflutungen führen. Bei einem Abfluss von 600 m³/s (HQ₁₀₀) sind grössere Flächen von Überflutungen betroffen.

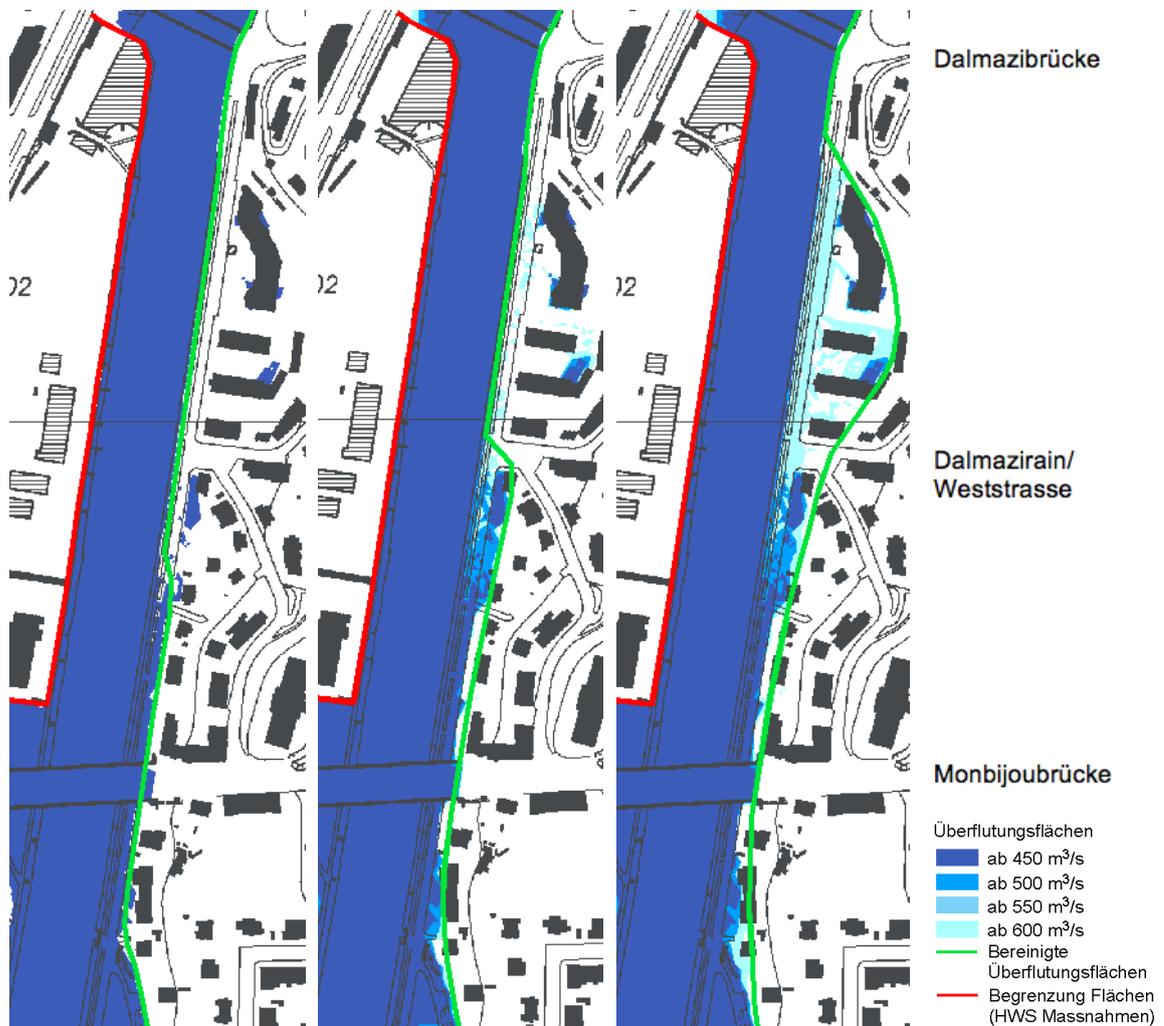


Abbildung 13: Überflutungsflächen Dalmazi bei 450 m³/s (links), 550 m³/s (Mitte) und 600 m³/s (rechts) nach Massnahmen. Überflutung linksseitig durch HWS-Massnahmen begrenzt (Projekt). Effektive Überflutungsflächen rechtsseitig pragmatisch durch grüne Linie abgegrenzt (keine Massnahmen).

A.3 Schadenwerte Hochwasserereignisse, Risiko und Grenzkosten

Zur Bestimmung des Risikos wurden die Schadenwerte der GVB verwendet (vgl. Tabelle 4). Der Wert für das Hochwasser 2004 (460 m³/s) wurde mit einem 30-jährlichen Hochwasser gleichgesetzt und diejenigen aus dem Hochwasser 2005 (605 m³/s) mit einem 100-jährlichen Ereignis. Die Schadenwerte der GVB wurden für die Risikoberechnung verdoppelt (Erfahrungswert). Dadurch werden nebst den Schäden an der Gebäudehülle, welche durch diesen Wert abgedeckt sind, auch zusätzlich die Schäden am Hausrat berücksichtigt.

Tabelle 5: Schadenwerte und Risiken Perimeter Dalmazi.

Szenario	Abschnitt	Schadenwert GVB	Quelle	Risiko
HQ ₃₀	Perimeter total	0.-	HW 2004 (460 m ³ /s)	0.-/a
HQ ₁₀₀	Schönausteg - Monbijoubrücke	95'000.-	HW 2005 (605 m ³ /s)	700.-/a
HQ ₁₀₀	Monbijoubrücke - Dalmazibrücke	50'000.-	HW 2005 (605 m ³ /s)	1'300.-/a
HQ ₁₀₀	Perimeter total	145'000.-	HW 2005 (605 m ³ /s)	2'000.-/a

Mit den Inputgrössen gemäss Tabelle 6 wurden in Abhängigkeit der Risikoreduktion die maximalen Investitionskosten für eine Kostenwirksamkeit > 1 berechnet.

Grenzkosten (max. Investitionskosten) bei vollständiger Risikoreduktion bis HQ₁₀₀

- Schönausteg bis Monbijoubrücke : 46'000.-
- Monbijoubrücke bis Dalmazibrücke : 24'000.-
- Schönausteg bis Dalmazibrücke : 70'000.-

Tabelle 6: Grundlagen der Kostenwirksamkeitsrechnung.

Grundlage	Annahme
Lebensdauer	80 Jahre
Zinssatz	2%
Restwert	0.-
Betriebskosten	0%
Unterhaltskosten	0.5%

Zum Vergleich können die Schadenerwartungswerte und das Risiko gemäss EconoMe beigezogen werden. Diese Werte wurden dem Zwischenbericht zur Bestimmung des Schadenpotenzials entlang der Aare in Bern entnommen [11]. Das Risiko wurde nach EconoMe 1.0 auf der Grundlage der Intensitätskarten im Ist-Zustand berechnet. Für den Perimeter Dalmazi inkl. Tierpark (km 26.6 bis 28.403) resultieren folgende Schadenerwartungswerte und Risiken:

Tabelle 7: Schadenwerte und Risiken Perimeter Dalmazi gemäss Zwischenbericht Schadenpotenzial vor Massnahmen [11] (Werte gerundet).

Szenario	Schadenerwartungswert [11]	Risiko
HQ ₃₀	1'938'000.-	45'200.-/a
HQ ₁₀₀	6'720'000.-	44'800.-/a
HQ ₃₀₀	13'449'000.-	44'800.-/a
Total		134'800.-/a

In den Schadenerwartungswerten sind Gebäude, Strassen, Leitungen sowie Personenschäden enthalten. Es handelt sich somit um das Gesamtrisiko für alle Szenarien aus der Gefahrenkarte. Die Intensitäts- und Gefahrenkarte entspricht der Umhüllenden aller denkbaren Ausbruchsszenarien und deckt somit tendenziell eine grössere Fläche ab als ein konkretes Einzelereignis wie beispielsweise das Hochwasser 2005.

Anhang B Variantenstudium Überarbeitung Vorprojekt

B.1 Ufermauer bis 600 m³/s (HQ₁₀₀)

Durch die Realisierung einer Ufermauer zum Schutz vor einem HQ₁₀₀ (Höhe Oberkante der Mauer rund 0.7 m über Grünstreifen, ohne Freibord), könnten die jährlichen Risiken im Bereich Monbijou- bis Dalmazibrücke um rund 1'300.- gesenkt werden, wobei die maximalen Investitionskosten für eine Kostenwirksamkeit > 1 bei 24'000.- liegen (Schutz HQ₁₀₀). Die erwarteten Massnahmekosten liegen jedoch über diesem Wert und sind daher nicht verhältnismässig. Durch den Gebietsschutz würde die Gefährdung nach Massnahmen in der Gefahrenkarte reduziert.

B.2 Auslegung auf 550 m³/s für verbesserte Regulierung Stollen Thun

Soll der Schutz auf einen Abfluss von 550 m³/s inkl. Freibord oder 600 m³/s bordvoll (Abflussmenge für künftige optimale Regulierung des Hochwasserstollens Thun) ausgelegt werden, dann liegt die Schutzkote ohne Freibord rund 0.5 m über dem bestehenden Grünstreifen. Mit einer HWS Mauer könnte die Schutzkote erreicht werden.

Werden die Risiken nur für den Abschnitt Monbijou- bis Dalmazibrücke betrachtet, so resultiert eine Risikoreduktion von max. 1'300.- / Jahr (Wert für HQ₁₀₀ oder 600 m³/s). Die maximalen Investitionskosten für eine Kostenwirksamkeit > 1 müssten dabei bei weniger als 24'000.- betragen (Wert für HQ₁₀₀ oder 600 m³/s). Die erwarteten Kosten übersteigen jedoch diesen Wert und die Massnahmen sind nicht verhältnismässig, wenn nur der Abschnitt Dalmaziquai für die Risikobetrachtung hinzugezogen und ein Mehrnutzen in Bezug auf die Regulierung des Stollen Thuns nicht berücksichtigt wird.

B.3 Keine Massnahmen

Aufgrund der geringen Gefährdung, des geringen Schadenpotentials und des entsprechend geringen Risikos gegenüber den verhältnismässig hohen Kosten für den aktiven baulichen Hochwasserschutz sind im Weiteren keine Massnahmen vorgesehen.

B.4 Objektschutz

Alle Objekte werden mit Objektschutzmassnahmen gegen ein HQ₁₀₀ geschützt. Die erwarteten Massnahmekosten liegen jedoch für den Bereich Monbijou- bis Dalmazibrücke über dem Wert von 24'000.- und sind daher nicht verhältnismässig. In Bezug auf die Gefahrenkarte nach Massnahmen würde keine Veränderung resultieren.

B.5 Bodenwellen Dalmaziquai

Während des Hochwasserereignisses von 2005 war der Dalmazibach für die Überflutungen im Bereich Dalmazi mitverantwortlich. Heute kann der Dalmazibach im Bereich des Tierparks abgeseibert werden, wodurch die durch den Bach verursachten Überflutungen deutlich reduziert werden. Im Mündungsbereich des Dalmazibachs kann jedoch ein Rückstau durch die Aare nicht ausgeschlossen werden.

Mit zwei Bodenwellen beim Dalmaziquai im Bereich oberhalb Monbijoubrücke und Weststrasse könnte das Einfließen des Wassers in das Quartier reduziert werden. Die maximal mögliche Höhe der Bodenwellen liegt dabei bei rund 0.3 m (maximale Überdeckung

der Baumwurzeln, Ästhetik). Wegen dem Rückstau in der Kanalisation, der reduzierten Gefährdung, welche vom Dalmazibach heute ausgeht, sowie der erwarteten Kosten ist der Nutzen einer solchen Strassenanpassung jedoch begrenzt und es wird darauf verzichtet.