



Tiefbauamt
Stadt Bern

Oberingenieurkreis II

Bau-, Verkehrs- und
Energiedirektion
des Kantons Bern
Tiefbauamt

Wasserbauplan
Beilage C.3.2

Gemeinde	Bern		
Erfüllungspflichtige	Stadt Bern		
Gewässernummer	37		
Gewässer	Aare		
Datum	Rev.	22.05.2018	

Dossier-Datum	22.05.2018
Revidiert	
Projekt-Nr.	
Format	A4
Freigabe	LAG

Hochwasserschutz Aare Bern Gebietsschutz Quartiere an der Aare

Unterlage

Technischer Bericht Teil II
Abschnitt Marzili im Bereich L1, L2, L3
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



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 G. Lauber, HP Meier, A. Bucher (Emch+Berger AG)
nach Firma, S. Geisser, R. Künzi, (Flussbau AG SAH)
alphabetisch 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 Wasserbauplan

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.3.2.docx

Seitenanzahl 37

Copyright © **Generalplanerteam HWS Aarebogen**, p.A. Emch+Berger AG Bern

INHALT

TEIL II Projektbeschreibung / Massnahmen Abschnitt Marzili	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	3
1.3 Geologischer Untergrund	4
1.3.1 Geologischer Überblick	4
1.3.2 Genereller Schichtaufbau der Jungen Alluvionen im Marzili	4
1.3.3 Hydrogeologie	7
1.3.4 Modellierung	11
1.4 Siedlungsentwässerung	13
1.5 Regionaler Richtplan Aareschlaufen	14
2 Massnahmenkonzept	14
2.1 Raumplanerische Massnahmen	14
2.2 Gewässerunterhalt	15
2.3 Warnung, Alarmierung und Notfallplanung	15
2.4 Bauliche Schutzmassnahmen	15
2.4.1 Erhöhung der Abflusskapazität	15
2.4.2 Grundsätzliches zur Abdichtung der durchlässigen Flusssufer und -sohle	15
2.4.3 Ableitung des Aare- und Grundwassers	16
2.4.4 Siedlungsentwässerung	17
2.5 Gestaltung	18
3 Massnahmenplanung	19
3.1 Massnahmen Gestaltung / Architektur	19
3.1.1 Gestaltungsgrundsätze	19
3.1.2 Umsetzung Gestaltung	24
3.2 Variantenstudien und Entscheide	25
3.3 Gewässerunterhalt und Notfallplanung	26
3.4 Massnahmen Wasserbau / Bautechnik	26
3.4.1 Geologie, Grundwasserschutz und Geotechnik	26
3.4.2 Ufergestaltung	28
3.4.3 Ufererhöhungen	30

3.4.4	Schönausteg	Fehler! Textmarke nicht definiert.
3.5	Massnahmen Siedlungsentwässerung und Drainage	30
3.5.1	Anpassung Sulgenbach	30
3.5.2	Anpassung Regenüberlauf Sulgenrain	31
3.5.3	Neubau Drainage	32
3.5.4	Hauptkanalisation Uferweg (Belp-Kehrsatz-Wabern-Bern)	32
3.5.5	Betrieb / Unterhalt	32
4	Grundlagen	33
4.1	Berichte und Studien	33
4.2	Digitale Grundlagen	33

TEIL II Projektbeschreibung / Massnahmen Abschnitt Marzili

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 Marzili inkl. Schönausteg** 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 linke Uferseite. * höhere Schutzkote massgebend.

Abschnitt [km]	Bereich	Massnahmenziele
26.600 – 27.500	L1 Eichholz	Keine Massnahmen vorgesehen
27.500 – 28.400	L2 Gaswerk L3 Marzilibad	Vollständiger Schutz bis 600 m ³ /s (HQ_{100}) und begrenzter Schutz für höhere Abflüsse bis 700 m ³ /s *

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 Marzili ab Eichholz (L1) bis Marzilibad (L3) Schutzkoten gemäss Tabelle 3 berechnet. Für Berechnungsdetails wird auf den Technischen Bericht Teil I sowie den Fachbericht Hydraulik und Geschiebe (Beilage C.4.2) verwiesen.

Tabelle 3: Massgebende Schutzkoten für die linke Aareseite auf dem Abschnitt Marzili. 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>	<i>m ü. M.</i>	<i>m ü. M.</i>	<i>m ü. M.</i>	<i>m ü. M.</i>
26.600	505.15	505.34	505.81	506.05	505.67
26.729	505.03	505.23	505.76	506.01	505.57
26.800	504.92	505.12	505.65	505.91	505.45
27.000	504.68	504.88	505.37	505.62	505.21
27.200	504.26	504.46	505.05	505.30	504.82
27.250	504.19	504.38	504.96	505.21	504.73
27.334	504.08	504.28	504.81	505.07	504.65
27.426	503.89	504.07	504.63	504.88	504.40
27.519	503.81	504.02	504.46	504.71	504.39
27.579	503.55	503.75	504.34	504.59	504.05
27.640	503.55	503.71	504.22	504.46	504.04
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

1.3 Geologischer Untergrund

1.3.1 Geologischer Überblick

Die bogenförmige Talebene des Marzilis 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 westlichen anliegenden Mattenhof und östlich anliegenden Kirchenfeld 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.

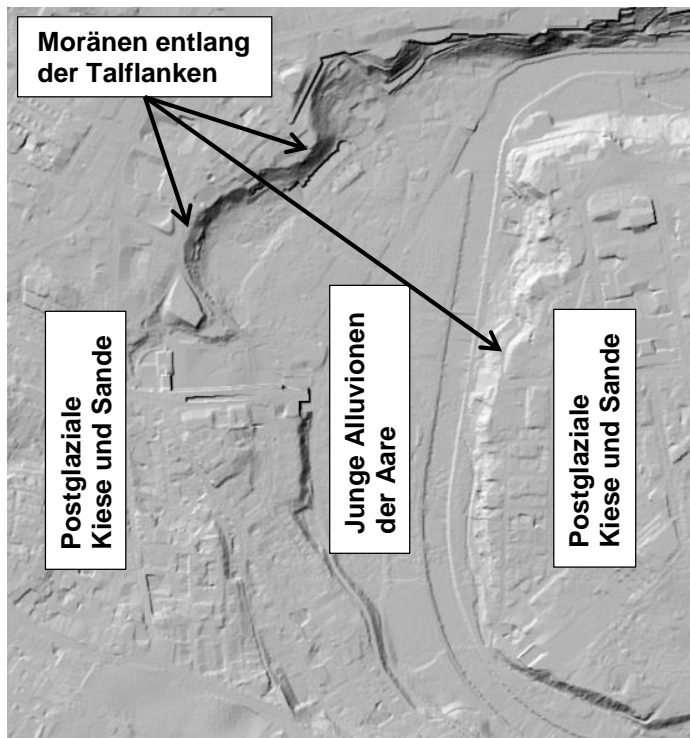


Abbildung 1: Reliefschattiertes Höhenmodell zur Visualisierung der oberflächennahen Geologie.
Quelle: Relief aus [13].

1.3.2 Genereller Schichtaufbau der Jungen Alluvionen im Marzili

Die Erosionsbasis der Alluvionen ist aufgrund der vorhandenen Bohrdaten nicht eindeutig eruierbar. Wir beschränken uns deshalb in der Folge auf den Schichtaufbau der obersten rund 15 bis 20 m. Im Wesentlichen stützt sich das geologische Baugrundmodell auf die geologische-geotechnischen Vorabklärungen von 2007 [6].

Die unterste Schicht des beschriebenen Sedimentstapels wird vor allem durch fein- bis mittelkörnige Ablagerungen geprägt. Diese werden in Berichten über die Geologie der Stadt Bern oft als so genannte **Rückstausedimente** bezeichnet. Es ist davon auszugehen, dass es sich um Sedimente handelt, die bereits einem Flusssystem zuzuordnen sind. Allerdings war die Strömungsenergie im Vergleich zur Geschiebefracht verhältnismässig 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 denn auch die Verwendung des Begriffs „Rückstausedimente“.

Überlagert sind die Rückstausedimente durch „klassische“ Flussablagerungen, welche als eigentliche **Aareschotter** bezeichnet werden. Es handelt sich um sandige Kiese mit geringem Siltgehalt, die Mächtigkeit beläuft sich im Durchschnitt auf 6.5 bis 7 m. Entlang der westliche Begrenzung des bogenförmigen Sedimentationsbeckens sind in den Bohrungen zum Teil nur noch Sandschichten mit wenig Kies zu beobachten, bzw. die Aareschotter keilen komplett aus (Verlandungsböden stehen direkt über den Rückstausedimenten an).

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

Nach der Begradigung der Aare in ihr heutiges Bett und der Stilllegung von Nebenarmen wurden alte Rinnen zugeschüttet und weitere Geländemodellierungen durchgeführt. Somit erstaunt es nicht, dass an der Oberfläche **künstliche Auffüllungen und Schüttungen** in Tiefen bis zu 2.5 m vorkommen. Die Zusammensetzung dieser anthropogenen Schichten ist naturgemäss sehr heterogen.

Das nachfolgend aufgeführte Sammelprofil Marzili wurde aus Einzelprofilen von 11 Bohrungen im Raum Gaswerkareal-Spitz-Dampfzentrale erstellt.

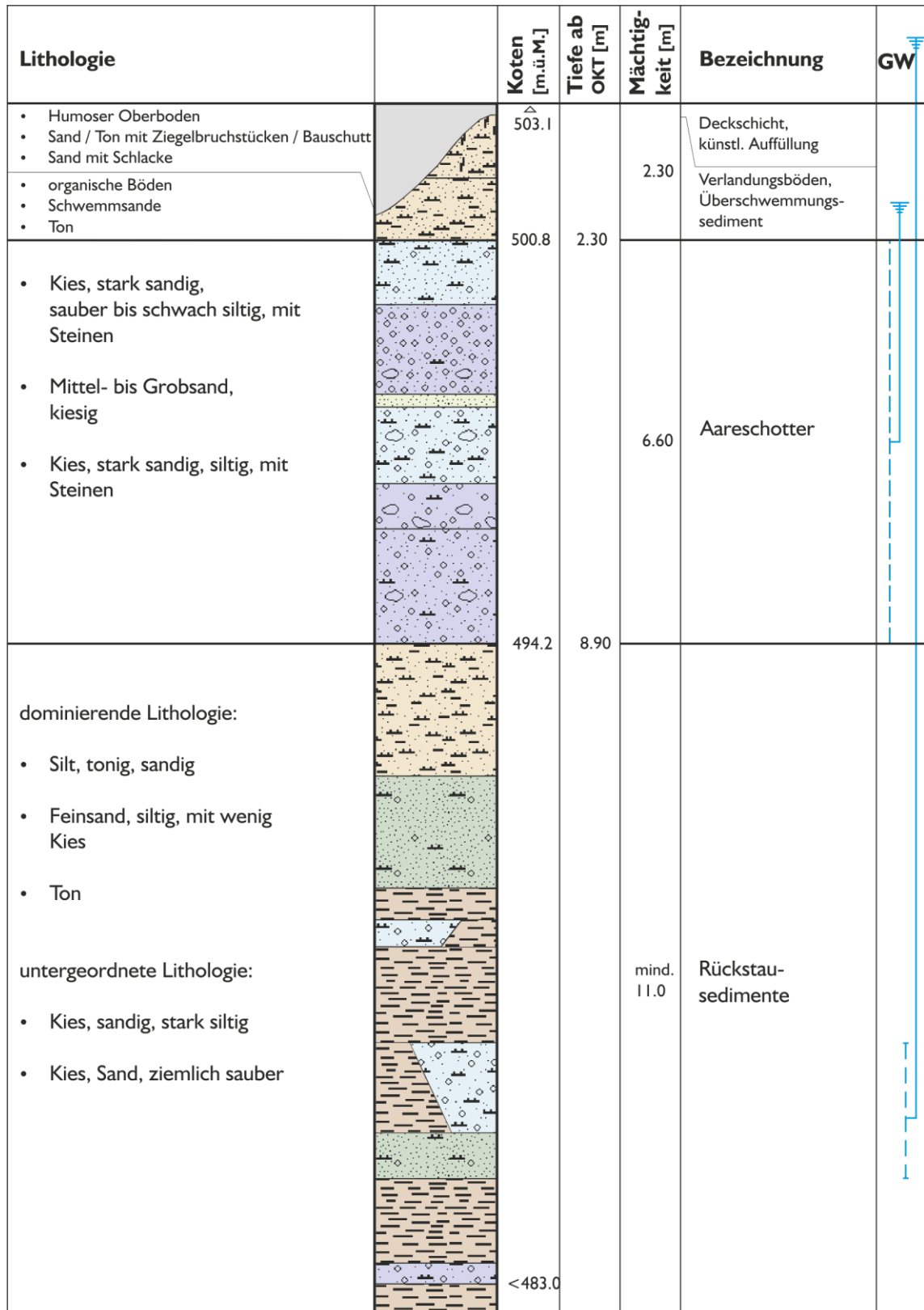


Abbildung 2: Sammelprofil Marzili (Gebiet Gaswerkareal, Spitz, Dampfzentrale).

1.3.3 Hydrogeologie

Planerischer Gewässerschutz

Das Marzili befindet sich im Gewässerschutzbereich A_u (Abbildung 3). Der Aarelauf ist dem Bereich A_o zugeordnet und das Dalmaziquartier dem Gewässerschutzbereich B. Trinkwasserfassungen von öffentlichem Interesse mit entsprechenden Grundwasserschutzzonen sind keine vorhanden.

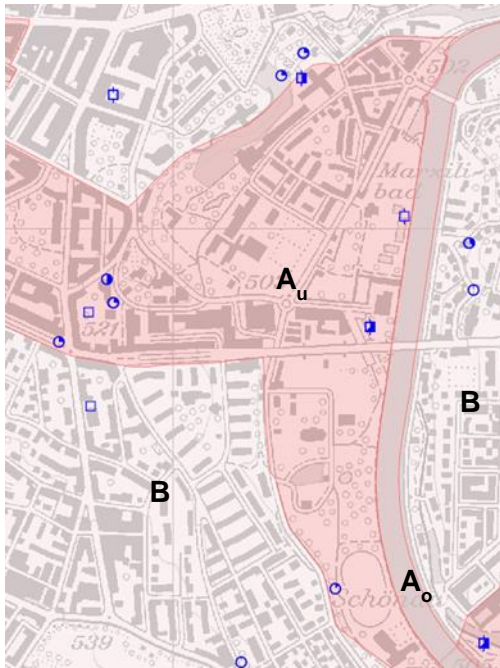


Abbildung 3: Auszug aus der kantonalen Gewässerschutzkarte. Quelle: [5].

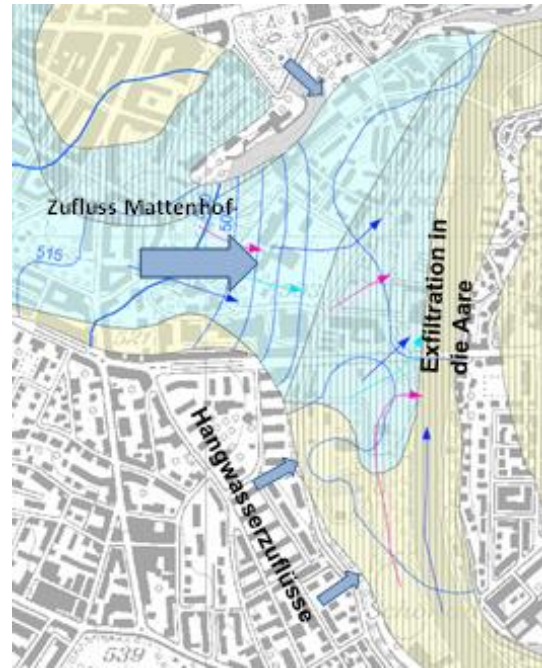


Abbildung 4: Auszug aus der kantonalen Grundwasserkarte. Quelle: [5].

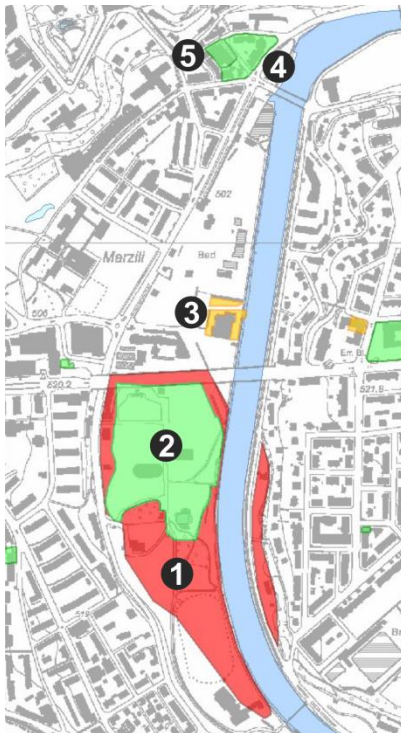


Abbildung 5: Auszug aus dem kantonalen Kataster der belasteten Standorte. Quelle: [5].

Belastete Standorte:

- ❶ Sandrain:
Ablagerungsstandort
keine Untersuchungen vorhanden,
Priorität für Untersuchungen bei
Bauvorhaben / Umnutzung
- ❷ ehem. Gaswerk Bern:
Betriebsstandort
sanierungsbedürftig
- ❸ Dampfzentrale:
Unfallstandort
weder überwachungs-
noch sanierungsbedürftig
- ❹ Oktogon, ehem. Gaswerk:
Betriebsstandort
weder überwachungs-
noch sanierungsbedürftig
- ❺ chem. Reinigung Papritz AG:
Betriebsstandort
sanierungsbedürftig

Grundwassernutzungen

Gemäss der Zusammenstellung des kantonalen Amtes für Wasser und Abfall AWA verfügen im Bereich Marzili die nachfolgend aufgeführten Fassungen über eine Konzession. Dieses Inventar ist für das Bauprojekt zu aktualisieren.

Tabelle 4: Grundwassernutzungen im Marzili.

Lauf-Nr.	Standort	Koordinaten	Kategorie	Gewässer	l/min
1931	Marzili	600'400 / 198'800	Heizen	Grundwasser	1'170
1389	Bundesrain	600'262 / 199'304	Zierweiher	Grundwasser	800
3906	Brückenstrasse 69, 71, 73	600'112 / 199'013	Kühlwasser	Aare	330

Kataster der belasteten Standorte

Im Bereich der baulichen Massnahmen des Abschnitts Marzili sind 5 belastete Standorte verzeichnet (Abbildung 5): der Standort Sandrain (Standort-Nr. 0351-0035), das ehemalige Gaswerk Bern (Standort-Nr. 0351-0125), die Dampfzentrale (Standort-Nr. 0351-0550), das Oktogon des ehemaligen Gaswerks (Standort-Nr. 0351-0130) und die chemische Reinigung Papritz AG (Standort-Nr. 0351-0128). Zu den Standorten Gaswerk, Dampfzentrale, Oktogon und chem. Reinigung Papritz AG sind bereits Untersuchungen vorhanden und wurden im Winter 2016/17 im Gaswerk noch zusätzlich durchgeführt. Das Gaswerk und die chem. Reinigung Papritz AG wurden aufgrund dessen gem. Altlastenverordnung AltIV, Art. 8, als „sanierungsbedürftig“, die Dampfzentrale und das Oktogon als „weder überwachungs- noch sanierungsbedürftig“ eingestuft. Der Standort Sandrain wurde bisher noch nicht untersucht.

Um die Vorgaben gem. Art. 3 der AltIV zu erfüllen, sind bei der weiteren Planung des Wasserbauprojektes die vorhandenen Untersuchungen beizuziehen und allenfalls zusätzliche, projektbezogene Abklärungen vorzunehmen. Es gilt, eine spätere Sanierung des ehem. Gaswerks, der chem. Reinigung Papritz AG und bei Bedarf des Standortes Sandrain durch das Projekt nicht wesentlich zu erschweren. Falls im Zuge der baulichen Massnahmen belastetes Material zu Tage tritt, ist dieses gemäss Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA) zu entsorgen. Es ist in den genannten Untersuchungen darzulegen, ob Aushubarbeiten eine Verschlechterung gegenüber dem Ist-Zustand herbeiführen könnten und falls ja, welches die Gegenmassnahmen wären.

Die Entscheidung über das definitive Vorgehen fällt als Aufsichtsbehörde das Amt für Wasser und Abfall.

Generelle Grundwasser-Strömungsverhältnisse

Der im Gurtentäli entspringende, vorwiegend eingedolte Sulgenbach mündet ins Marzili. Diesem ursprünglichen Bachlauf folgt auch das Grundwasser, welches vom Mattenhof her kommend, sich entlang der Sulgeneckstrasse in die Alluvialebene des Marzilis ergiesst und sich dort „fächerförmig“ ausbreitet (Abbildung 4). Gemäss Modellberechnungen (vgl. 1.3.4) beläuft sich dieser Zufluss im Mittel auf rund 40 l/s.

Weitere Zuflüsse – wenn auch mengenmässig von geringerer Bedeutung – stammen aus den glazialen Lockergesteinen, welche die oben beschriebene Alluvialebene flankieren. Die Aare bildet den natürlichen Vorfluter des Grundwasservorkommens, d.h. das Grundwasser exfiltriert ins Fliessgewässer (bei Mittelwasserständen ca. 55 l/s). Ein Teil des Grundwassers fliesst ausserdem in den künstlich angelegten Drainageleitungen ab.

Grundwasserleiter und Grundwasserstauer

Im Marzili zirkuliert das Grundwasser in den gut durchlässigen Aareschottern (der k-Wert variiert von $8E-04$ bis $9E-03$ m/s). Die im Mittel 6.5 bis 7 m mächtigen Kiessande bilden somit den eigentlichen Grundwasserleiter. Der Druckwasserspiegel liegt rund 1.5 m unter Terrain und kommt somit vielerorts in den Bereich der geringdurchlässigen Überschwemmungssedimente, Verlandungsböden oder Auffüllungen zu liegen. Deshalb herrschen meist gespannte oder halb-gespannte Verhältnisse vor.

Als Grundwasserstauer fungieren die feinkörnigen Rückstausedimente. Wie aus dem Sammelprofil in Abbildung 2 hervorgeht, treten auch innerhalb dieser Rückstausedimente vereinzelt kiesige Schichten auf. Solche Zwischenlagen sind ebenfalls Grundwasserführend und können Druckpotenziale aufweisen, die bis über die Terrainkote reichen. So wird für eine Brunnenbohrung von 1920 auf der Parzelle der ehemaligen Herren Ryff AG berichtet, dass bei rund 45 m Tiefe ein artesisches Grundwasservorkommen angebohrt wurde, das einen Wasserauftrieb von 400 l/min zur Folge hatte.

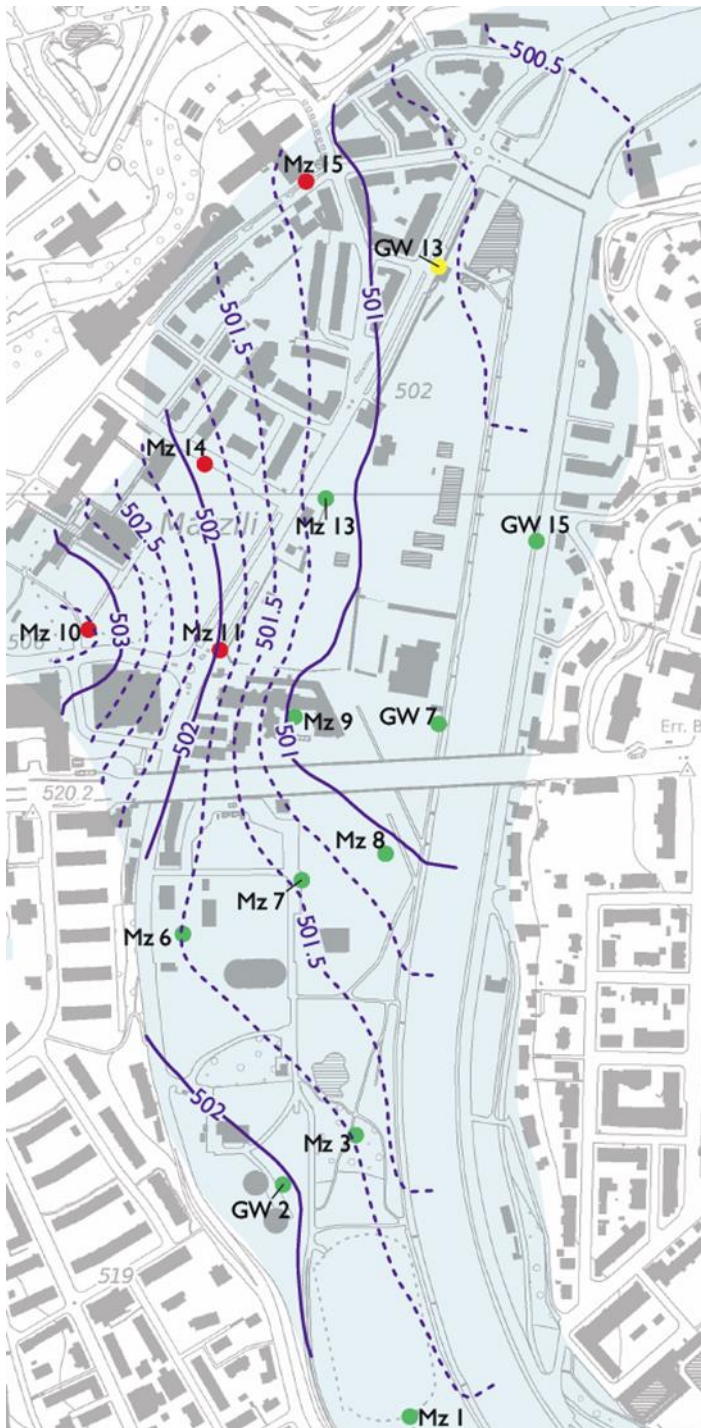


Abbildung 6: Isohypsen des mittleren Grundwasserspiegels im Marzili.

Einfluss des Aarepegels auf das Grundwasser-Schwankungsverhalten

Obwohl das Grundwasser in die Aare exfiltriert, diktiert der Pegelstand des Fliessgewässers das Schwankungsverhalten des Grundwasservorkommens im Marzili. Steigt der Aarepegel an, pendelt sich das Exfiltrationsniveau auf einer höheren Kote ein und der landseitige Grundwasserspiegel wird entsprechend angehoben. Das Grundwasser strömt nach wie vor von West nach Ost und ergiesst sich in die Aare.

Nur bei Hochwassersituationen kann es zu einem kurzzeitigen Kippen der Strömungsverhältnisse kommen. Aarewasser infiltriert während einer beschränkten Dauer in den Grundwasserleiter und drängt das Grundwasser nach Nordwesten. Das praktisch ab-

flusslose Becken füllt sich so lange, bis der Pegelstand der Aare wieder zurückgeht und sich ein neues Gleichgewicht einstellt, bei dem das Fliessgewässer wieder seine reguläre „Funktion als Vorfluter“ wahrnehmen kann.

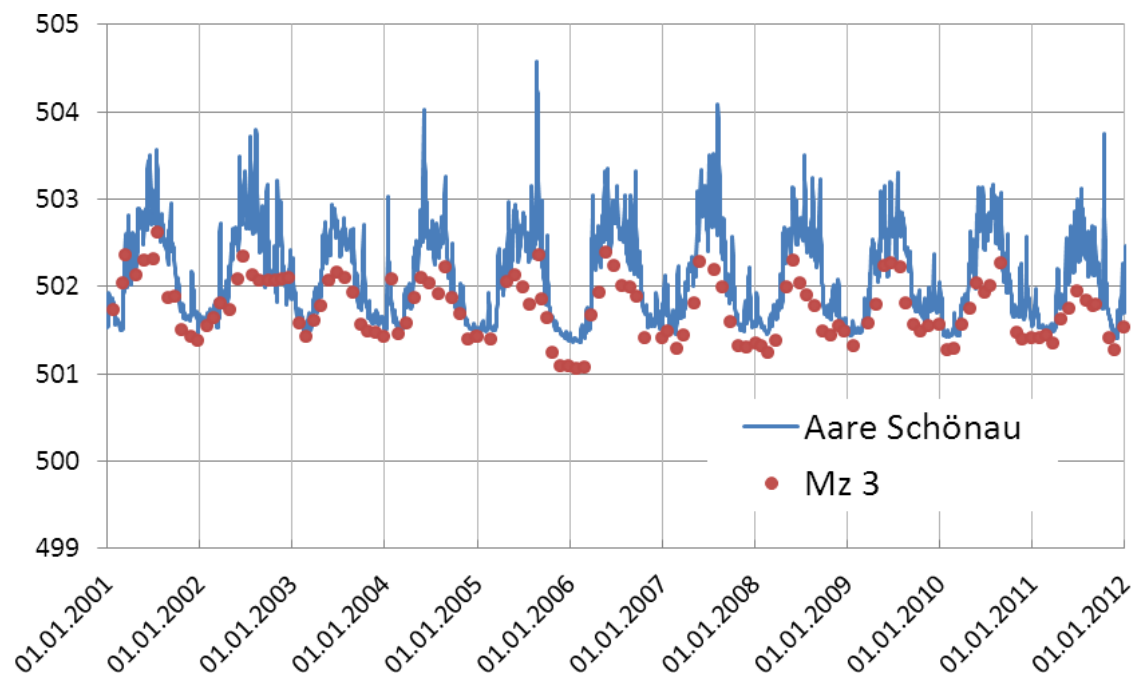


Abbildung 7: Schwankungsverhalten des Grundwassers (monatliche Einzelmessungen) im Vergleich zum Aarepegel.

1.3.4 Modellierung

Das Grundwasservorkommen Marzili wurde 2008 mittels eines numerischen Grundwassermodells nachgebildet. Der Modellaufbau ist im Bericht zum Vorprojekt [3] ausführlich beschrieben. Es handelt sich um ein dreidimensionales, instationäres Modell. Instationär bedeutet, dass zeitliche Variationen der Randbedingungen wie beispielsweise der Anstieg und Rückgang des Aarepegels implementiert werden können. Dieser Modelltyp erlaubt auch, natürliche Speicheränderungen im Sinne eines „Auffüllens“ bzw. einer „Entleerung“ des Grundwasserbeckens rechnerisch zu ermitteln.

Von Interesse war die Simulation des Fliessgeschehens während eines Hochwasserereignisses. Zu diesem Zweck wurde der Datensatz des Ereignisses vom August 2005 als Grundlage beigezogen. Das fertig kalibrierte Modell diente anschliessend der Simulation von Auswirkungen baulicher Veränderungen, die im Rahmen des Hochwasserschutzprojektes zur Diskussion standen. Letztlich bildet das Modell ein Werkzeug, das im Zuge der Planung immer wieder verwendet werden kann. So wurden im Frühjahr 2014 die Auswirkungen einer modifizierten Gesamtlänge der geplanten Drainageleitung berechnet. Abbildung 8 zeigt den Vergleich der neuen zur ursprünglichen Berechnung. Angegeben sind die maximal zu erwartenden Sickerwassermengen, die in der geplanten Drainageleitung gefasst werden.

Tabelle 5: Angaben zu den Grundwasser-Modellierungen.

Aquifer-Typ	Modell 2008 (Länge ca. 600 m)	Modell 2014 (Länge ca. 550 m)
Anisotrop, gespannt	123 l/s	107 l/s
Isotrop, gespannt	131 l/s	117 l/s
Isotrop, freispiegelnd	142 l/s	119 l/s

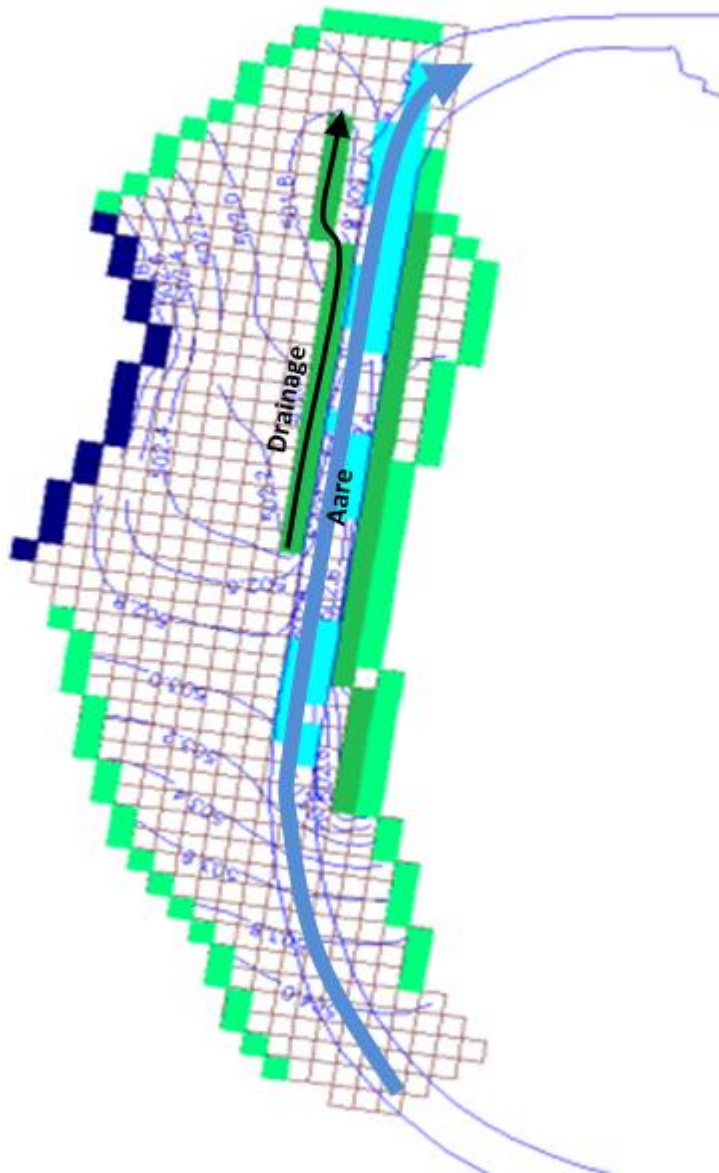


Abbildung 8: Sickerwasseranfall in der Drainageleitung (zwei Varianten) mit entsprechender Modellstruktur für Berechnungsvariante 2014.

1.4 Siedlungsentwässerung

Die Siedlungsentwässerung im Bereich Marzili ist durch folgende Hauptelemente gekennzeichnet:

- Sulgenbach:
 - Zufluss von Bachwasser und allenfalls entlastetem Mischabwasser von obenliegenden Regenüberläufen aus der Mischabwasserkanalisation
- Regenüberläufe Sulgeneck/Sulgenrain
 - Entlastung von bis zu $26 \text{ m}^3/\text{s}$ in den Sulgenbach
 - Zufluss von Aarewasser bei RU Sulgenrain (7302002) möglich (erst ab HQ_{100})
- Notüberlauf von Mischabwassernetz in den Sulgenbach (7312038)
- Liegenschaftsentwässerung Marzilbad und Dampfzentrale:
 - Einleitung über diverse Regenabwasserleitungen in die Aare

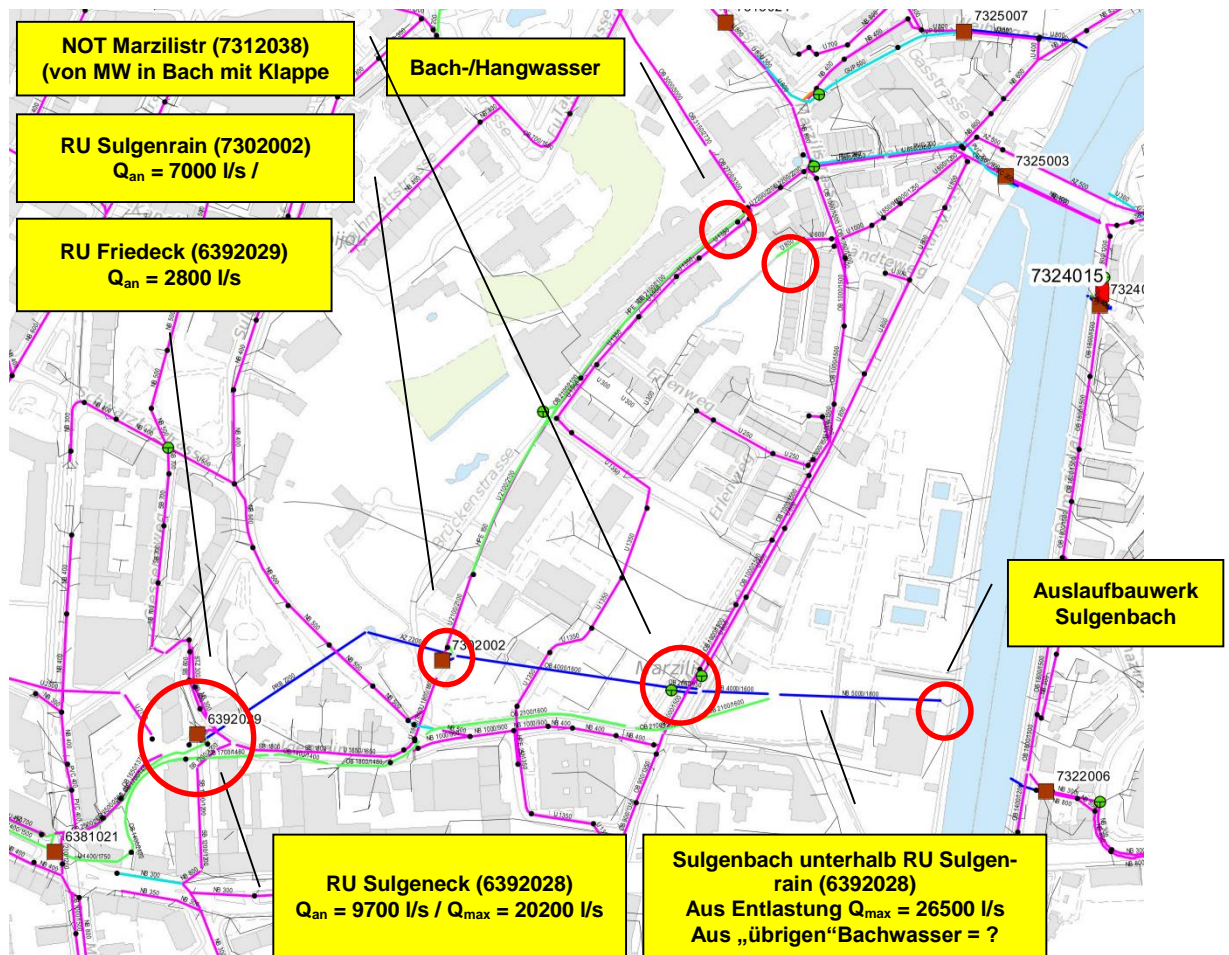


Abbildung 9: Kanalisationsnetz im Abschnitt Marzili mit Sonderbauwerken

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

Im regionalen Richtplan Aareschlaufen wird empfohlen, die Hotspots Marzili, Gaswerkareal und Eichholz in 1. Priorität zu entwickeln.

Im Marzili wird unter anderem eine Neugestaltung der Schifflanlegestelle gefordert, welche im Rahmen des HWS Aare Bern geplant, jedoch im Rahmen des Drittprojekts Sanierung Bueber vorgezogen realisiert wird. Die anderen vorgeschlagenen Massnahmen liegen ausserhalb des Perimeters und sind daher nicht Teil des Projektes HWS Aare Bern.

Im Gaswerkareal wird unter anderem empfohlen, die Zugänglichkeit zur Aare und die Besucherlenkung zur Erhaltung der ökologischen Werte zu verbessern. Wie in der vorgängigen Planung vorgesehen, wird im Bericht Hotspots ein Flachufer empfohlen. Die neue Gestaltung des Ufers ermöglicht die Realisierung der oben empfohlenen Punkte. Weitere Empfehlungen wie Amphibientümpel und Standorte für Eiablage der Reptilien beziehen sich eher auf den hinteren Bereich. Im aktuellsten Projektbericht der Renaturierung (Dezember 2012) wird die Ausdolung des Sulgenbachs im Rahmen des HWS Aare Bern empfohlen, um die Rückzugsmöglichkeiten für Fische während Hochwasser in der Aare und die Laichgebiete zu erweitern. Zur Zeit der Berichterstellung hat das Grundkonzept des HWS Bern bereits bestanden, wobei eine Ausdolung nicht berücksichtigt war. Der Mündungsbereich wurde damals wie heute so konzipiert, dass der Bach auch bei Hochwasser in der Aare in die Aare entwässern kann und auch aufgrund Rückstaus keine Überschwemmungen im Quartier verursacht. Eine Ausdolung würde hohe Dämme entlang des Sulgenbachs bis in die Marzilistrasse nach sich ziehen.

Im Eichholz werden keine Massnahmen erwähnt, welche durch das vorliegende Projekt realisiert werden könnten. Die Verbindung Schönausteg-Eichholz, welche gemäss Richtplan (Bericht Velo und Fussgänger, Dezember 2012) mit getrenntem Fuss- und Veloweg geführt werden soll, ist unabhängig und nicht Bestandteil des HWS Bern.

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 Gefahrenggebiete 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 Flusssufer 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 10, 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 10, 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 10) in dieser Grösse kaum realisierbar ist und aus Gewässerschutzgründen nicht in Frage kommt, nutzt man bei der Variante V2 – Dichtwand (Abbildung 10) 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).

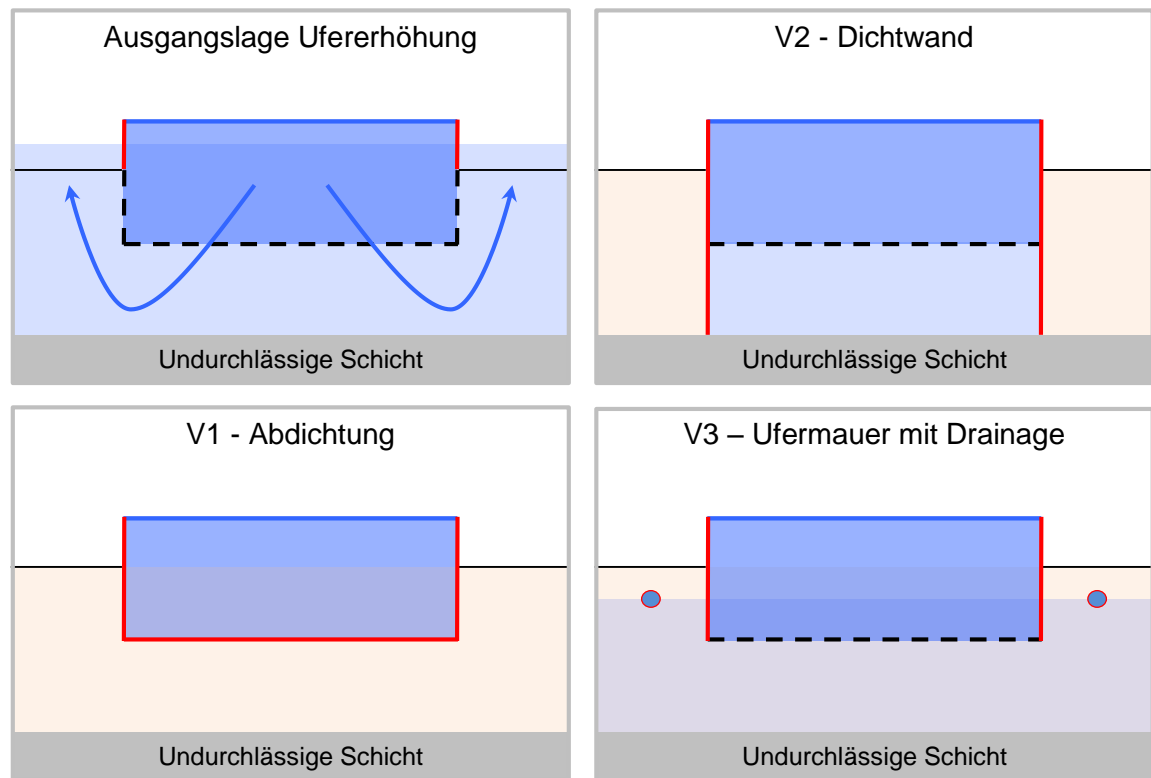


Abbildung 10: Prinzip der Abdichtung (rot: dichte Massnahme).

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 Bauwerks 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 Nydeggbücke der Fall. In allen übrigen Abschnitten wird auf eine Dichtwand verzichtet und die Absenkung des Grundwasserspiegels landseitig der Hochwasserschutzdämme und -wände geschieht wie erwähnt über eine parallel zur Schutzbaute verlaufende Drainage (Variante 3).

2.4.3 Ableitung des Aare- und Grundwassers

In den Abschnitten mit genügend Abstand zwischen Gebäuden und Aare, genügend dichtem Aarebett (z.B. im Tych), vorherrschender Exfiltration oder lediglich geringer Infiltration 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, Aarstrasse / 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 abgeleitet werden. Deshalb wird im vorliegenden Projekt hinter der Dichtwand eine Drainage angeordnet. Das Drainagewasser muss bei einem Hochwasserereignis in die Aare gepumpt 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 Höhenkoten vorgesehen werden. Das Prinzip ist in Abbildung 11 dargestellt.

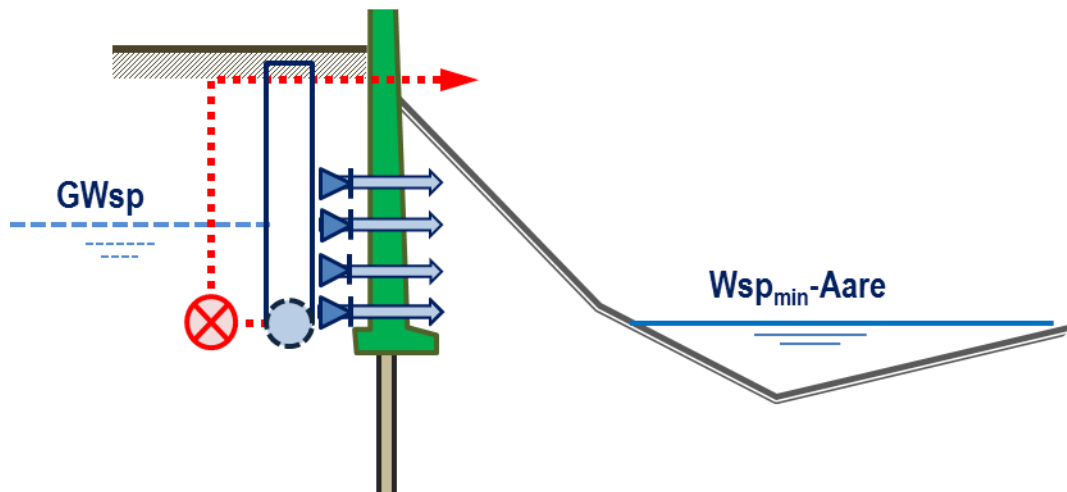


Abbildung 11: Prinzipskizze der Grundwasserdrainage. Blau = Normalsituation wenn Grundwasserspiegel GWsp höher als Aare-Wasserspiegel (Exfiltration des Grundwasser-Trägers in die Aare). Rot = Hochwassersituation.

Die vorgeschlagene Lösung des Grundwasserproblems wurde mit dem Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern (GSA, heute AWA) an mehreren Sitzungen in den Jahren 2008 und 2014 besprochen. Sie wird aus heutiger Sicht als machbar 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 Entlastungsleitungen und Regenabwassersysteme kann Aarewasser in das Kanalisationsnetz zufließen und Kanalisation und ARA werden zusätzlich belastet. 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.

Um auch bei Hochwasser einen sicheren und störungsfreien Siedlungsentwässerungsbetrieb zu gewährleisten, sind keine Anpassungen an den Entlastungsbauwerken erforderlich. Der Sulgenbach mit der zuführenden Entlastungsleitung ist heute als Druckleitung gestaltet. Der Bach führt bei Starkgewitterereignissen kurzzeitig Spitzenabflussmengen von bis zu 25 – 30 m³/s ab. Die Leitung mit Belüftungsöffnungen wird so ange-

passt, dass eine höhere Druckhöhe aufgebaut werden kann und das Bachwasser mit all-fälligem Entlastungswasser unter Druck in die Aare geleitet werden kann. Der Bau eines Pumpwerks für diese Menge scheint nicht zweckmässig.

Das Drainagenetz ist so konzipiert, dass es nur im Aare-Hochwasserfall Grundwasser drainiert. Das Drainagenetz ist bei der Dalmazibrücke an ein Pumpwerk angeschlossen, welches das Drainagewasser in die Aare pumpt. Die Entwässerung vom Marzilbad und von der Dampfzentrale wird zusammengefasst und mittels Rückstauklappe gegen Aare-Wasserzufluss gesichert.

2.5 Gestaltung

Entwurfsparadigmen

Um das Projekt Hochwasserschutz (HWS) 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 Hochwasserschutzbauten 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 angesetzten 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 Warenumsschlagplätze 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 Umschlagplätze für den Warenumsschlag 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 berntypischen 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 6) 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 6: 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 Quarzitegehalt)	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 Wasserwerkgrasse 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.

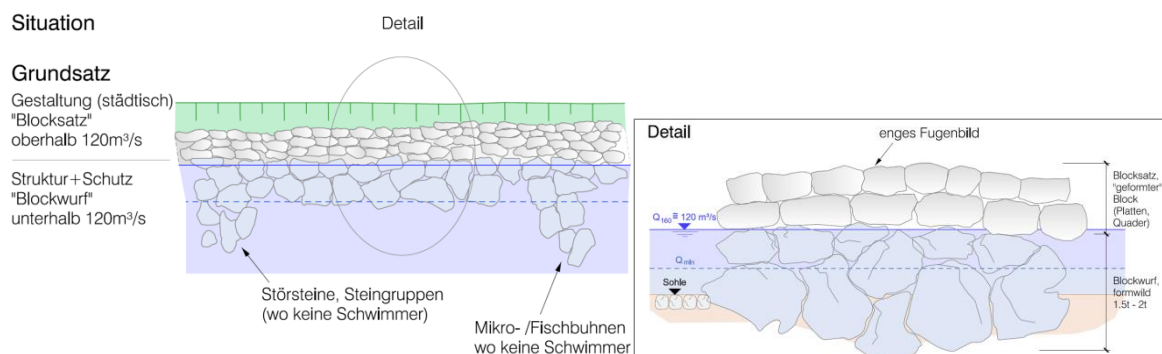


Abbildung 12: Prinzipskizze Aareufer Bern.

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

L1 - Eichholz

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

L2 – Gaswerk

Ähnlich der heutigen Situation wird der Hochwasserschutz (HWS) weitgehend mit landschaftlichen Elementen hergestellt. Insbesondere im Bereich des ewb-Gebäudes wird durch eine geringfügige Erhöhung des Terrains, in Kombination mit den bestehenden Hügeln, der Objektschutz erreicht. Der restliche Teil der parkartigen Fläche darf bei Hochwasser bis hin zum westlich gelegenen Fussweg, wo das Wasser durch einen niedrigen Damm zurückgehalten wird, überschwemmt werden. Dank örtlicher Abflachungen des Ufers sowie teilweiser Aufweitungen des Flussraumes, können sich in diesen Bereichen ökologisch wertvolle Nischen entwickeln. Im Abschnitt Gaswerk sind ökologische Aufwertungen möglich und werden entsprechend konsequent geplant. Alle Ausführungen der Weganpassungen nehmen auch Rücksicht auf die Bedürfnisse von Menschen mit Behinderungen.

L3 - Marzilibad

Mit der Anordnung der HWS-Mauer hinter dem Weg bleibt die freie Zugänglichkeit zum Wasser mit allen Ein- und Ausstiegen ebenso erhalten wie das heute vorhandene Aarebord mit allen Bepflanzungen. Die neue HWS Mauer und die Liegepritschen vereinen sich auf diese Weise zu einem gestalterischen Element, welches die Gunst der Gebrauchstauglichkeit ausnutzt und zu einem Mehrwert steigert. Die Liegewiese des Marzilis ist als schiefe Ebene ausgestaltet und schliesst an die Pritschenmauer an. Damit die Pritschenmauer als Sitzgelegenheit dienen kann, wird der Uferweg etwas angehoben. Alle sichtbaren Teile der HWS Mauer sind in Elementbeton vorgesehen.

Am unteren Ende des Marzilibads im Abschnitt der heutigen Bueberbads wird der Hochwasserschutz in Synergie mit der Wiederinstandstellung und Aufwertung des Bueberbads realisiert. Das Projekt "Sanierung Bueberbad" wird von den Hochbauten Stadt Bern (HSB) geleitet und voraussichtlich vorgezogen zum Hochwasserschutzprojekt Quartiere an der Aare realisiert. Das Projekt sieht eine Durchströmung der Buebers vor, die zu geringeren Verlandungen führt, und einen Zulauf umfasst, der auch bis ins Becken hinein von Schwimbern genutzt werden kann. Die Umfassung des Buebers ist mit einer neuen Spundwand und einer neuen Steganlage so gestaltet, dass auch für die Potoniere und den Bootsausstieg günstigere Verhältnisse herrschen.

Der Hochwasserschutz verläuft wie bisher zuerst landseitig des Wegs mit einer Brücke und einem Stemmtor im Bereich des Zulaufs und anschliessenden mobilen Massnahmen. Unterwasserseitig der heutigen Duschen wird der Schutz wieder durch die erneuerte Spundwand und die Stegkonstruktion hergestellt. Auf Basis der Synergien zwischen Hochwasserschutz (TAB) und Bueberbad (HSB) wurde auch ein Kostenteiler ermittelt, der den kombinierten Nutzen objektspezifisch auf die beiden Nutzniesser aufteilt.

Im weiteren Verlauf schliesst der HWS an die Dalmazibrücke an. Der Zugang zu den bestehenden Parkplätzen und der Einwasserungsstelle bleibt erhalten, kann jedoch bei Hochwasser mit mobilen Elementen verschlossen werden.

3.2 Variantenstudien und Entscheide

L1 - Eichholz

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 Objektschutzmassnahmen.

L2 - Gaswerk

Im Vorprojekt [3] ist ab km 27.500 auf einer Länge von 225 m eine Auflösung des Uferschutzes vorgesehen. Der Querschnitt wird dadurch vergrössert, eine grosszügigere Ausgestaltung des Uferbereichs ist möglich und im Hochwasserfall kann ein grösserer Bereich überschwemmt werden.

Seitlich wird die Überflutungszone zwischen km 27.500 und oberhalb km 27.700 im Vorprojekt [3] durch eine Mauer abgegrenzt. Im Bereich des Lagerhauses EWB zwischen km 27.700 und km 27.850 erfolgt der seitliche Schutz durch Geländeanpassungen. Zwischen km 27.850 und der Bereichsgrenze bei km 28.025 / Dampfzentrale wird zur Abgrenzung die bestehende Mauer verwendet.

Die Anpassungen im Rahmen der Überarbeitung des Vorprojektes sowie der Ausarbeitung des Wasserbauplanes sind im Bereich L2 gering. Zwischen km 27.500 und 27.700 wurde die Mauer durch Geländeanpassungen ersetzt. HWS Mauern beschränken sich somit im Bereich L2 auf die Strecke zwischen km 27.850 und der Bereichsgrenze bei 28.025, d.h. im Bereich um die Dampfzentrale. Die Ausbildung und Gestaltung dieser Mauer wurde dann auch vertieft studiert. Als Bestlösung, die zusammen mit den Verantwortlichen der Stadt und der Dampfzentrale entwickelt worden ist, erwies sich eine Backsteinmauer entlang des Uferwegs. Gestalterisch lehnt sich diese Mauer an die Gestaltung der Fassade der Dampfzentrale an. Das Terrain luftseitig der Mauer bis zum Gebäude der Dampfzentrale selbst wird so angepasst, dass die Aussicht von der Terrasse auf die Aare erhalten bleibt (Höhenanpassungen im Bereich von 0 - ca. 20 cm).

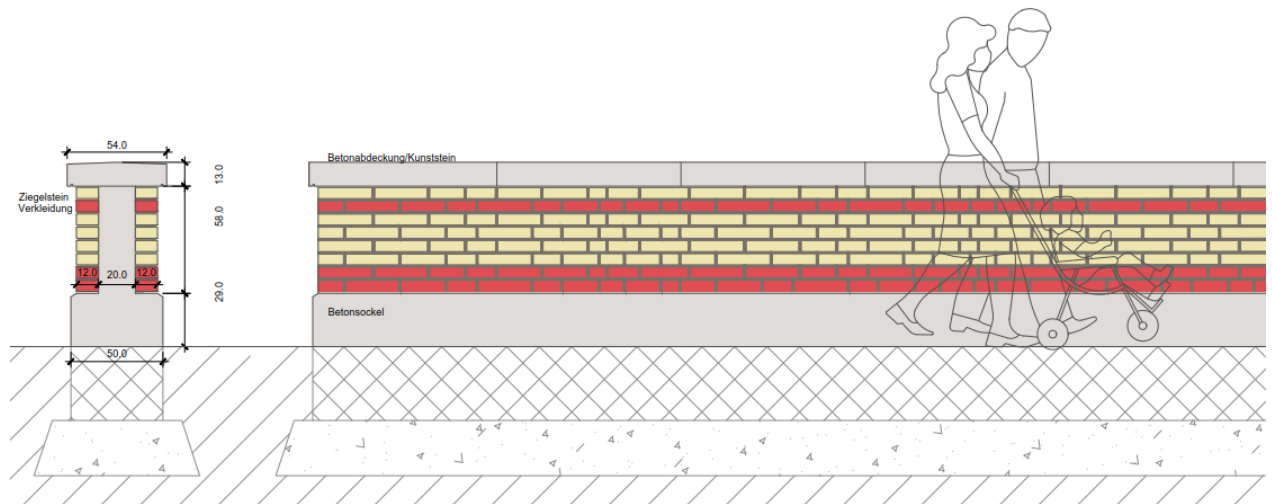


Abbildung 13: Gestaltung HWS-Mauer auf Höhe der Dampfzentrale.

L3 - Marzilibad

Im Vorprojekt [3] wird die HWS Mauer hinter dem Weg angeordnet und die Pritschen in den Hochwasserschutz integriert. Die Liegewiese des Marzilis ist als flache Böschung ausgestaltet und schliesst an die Pritschenmauer an. Damit die Pritschenmauer als Sitzgelegenheit dienen kann, wird der Uferweg etwas angehoben. Alle sichtbaren Teile der HWS Mauer sind in Sandstein vorgesehen. Für den Abschnitt Bueberbad wurde wie obenstehend beschrieben eine Synergie zwischen dem Hochwasserschutzprojekt und der Sanierung des Bueberbads genutzt. Dieser Abschnitt wird für das Hochwasserschutzprojekt als Drittprojekt der Hochbauten Stadt Bern (HSB) betrachtet (vorgezogene Realisierung von Sanierung und Hochwasserschutz unter der Federführung HSB).

Die Anpassungen im Rahmen der Überarbeitung des Vorprojektes sowie der Ausarbeitung des Wasserbauplanes sind im Bereich L2 gering. Die Mauern werden neu in Beton ausgebildet und bei der Ufergestaltung erfolgt die Unterteilung in einen ökologischen unteren und städtebaulichen oberen Bereich. Da abschnittsweise die Pritschen die Schutzwirkung übernehmen, werden geringere Terrainanpassungen vorgenommen.

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, Grundwasserschutz und Geotechnik

Massnahmen wie oberflächliche Geländeanpassungen und neue Pritschen sind aus geologisch-hydrogeologischer Sicht nicht relevant. Der Fokus in diesem Abschnitt richtet sich auf zwei bauliche Elemente, welche einen Eingriff in den Untergrund darstellen. Es sind dies die neue Drainageleitung und die Stützmauer bzw. Dammbauten mit vergleichbarer Wirkung (Abbildung 9).

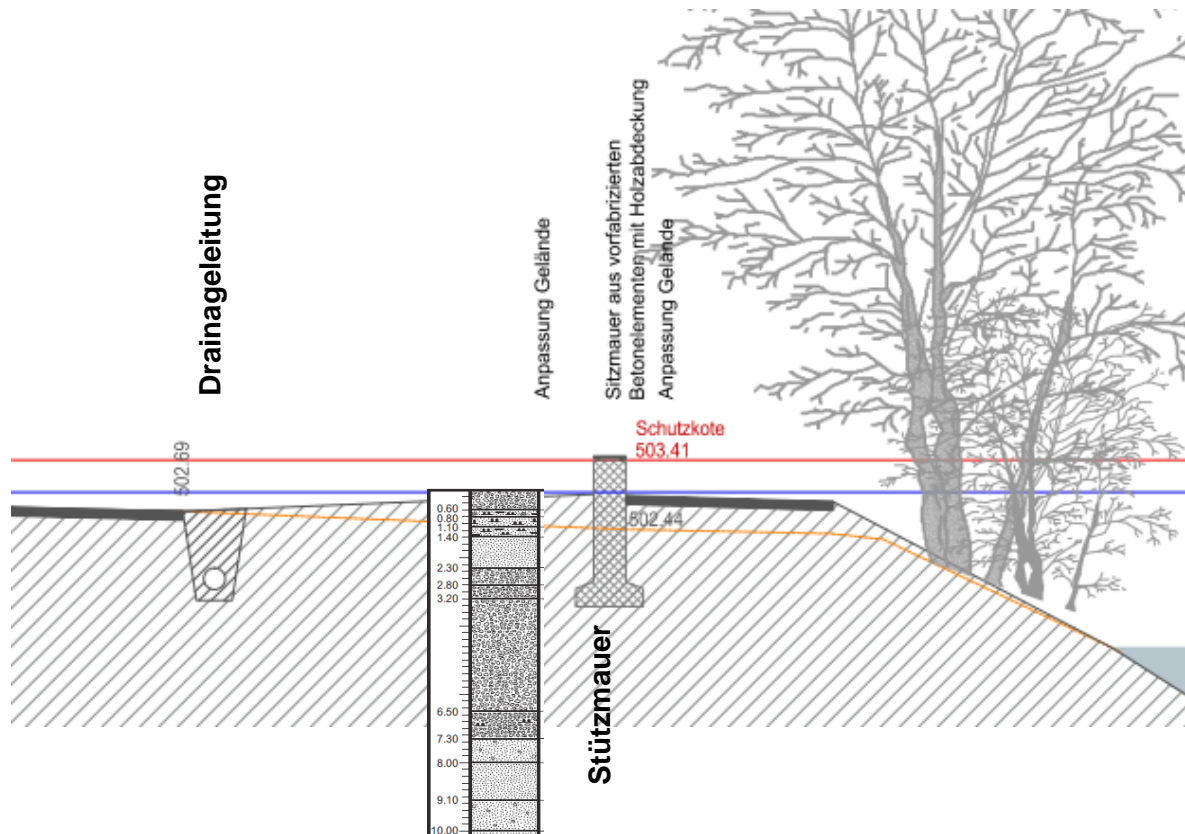


Abbildung 14: Bezüglich Untergrund relevante bauliche Massnahmen: Drainage und Stützmauer.

Hinweise zur Stützmauer:

- Der Fuss ist aus Tragfähigkeitsüberlegungen in den Aareschottern zu gründen.
- Die Aareschotter weisen eine mittlere Mächtigkeit von 6.6 m auf. Da sich das Marzili im Gewässerschutzbereich A_u befindet, sind Einbauten ins Grundwasser nur dann zulässig, wenn die Verminderung der Durchflusskapazität nicht mehr als 10% beträgt. Die Einbindung der Stützmauer in die Aareschotter darf somit nicht mehr als rund 60 cm betragen.

Hinweise zur Drainageleitung luftseitig der Stützmauern oder von Dämmen:

- Die Drainageleitung soll verhindern, dass bei Hochwasserereignissen zu viel Aarewasser ins landseitige Grundwassergebiet strömt bzw. sie soll gewährleisten, dass der Druckwasserspiegel in der unmittelbaren Umgebung der Drainage eine vorgegebene Kote nicht übersteigt.
- Erhöhte landseitige Zuflüsse aus dem Sulgenbachtal werden durch diese Leitung nicht oder nur unwesentlich drainiert.
- Weil die Drainage einzig dem „Brechen von Aare-HW-Spitzen“ dient, wird das Rohr so hoch angelegt, dass es nur bei Hochwasser anspringt. Eine dauerhafte Absenkung des Grundwassers findet somit nicht statt.
- Die Unterkante der Kiesbettung muss bis in die Aareschotter reichen, damit der Druckwasserspiegel bei Hochwasserverhältnissen wirkungsvoll abgebaut werden kann. Um bei regulären Grundwasserständen eine permanente Längsdrainage innerhalb des Filterkieses zu verhindern, sind in regelmässigen Abständen von 30 bis 40 m Abschottungen vorzusehen (ca. 2 m Vollrohr mit Ton hinterfüllt).

3.4.2 Ufergestaltung

Die Befestigung der Ufer ist teilweise in die Jahre gekommen und bedarf einer Sanierung oder Erneuerung [7]. Um die fischökologischen Bedingungen zu verbessern, wird grundsätzlich darauf geachtet, dass die Ufer rauer gestaltet werden. Wo möglich und nötig, soll ein gut strukturierter Blockwurf die bestehende Verbauung (z. T. Betonplatten) ersetzen. Die Blockgrößen müssen je nach Schleppspannung dimensioniert werden. Am Böschungsfuss sind Blöcke in der Größenordnung von 1.0 bis 1.5 t und in der Böschung Blöcke von 0.2 bis 0.5 t vorgesehen. Die Böschungsneigung ist variabel zu gestalten und wo möglich sind Nischen mit flachem Ufer und Kiesgrund einzubauen. Ohne zusätzliche Sicherung aus Hinterbeton beträgt die Böschungsneigung maximal 2:3. Des Weiteren werden Strukturelemente in Form von Fischbuhnen und Störsteinen zur Erhöhung der Strömungsvariabilität im Uferbereich eingebracht. Die Strukturelemente sind unterschiedlich hoch ausgestaltet, werden jedoch bei einem Abfluss von 120 m³/s überströmt. Der Aufbau von Blockwurf von der Uferseite her erfordert ein Abholzen der bestehenden Ufervegetation. Um den Eingriff für die Umwelt schonender zu gestalten, ist eine Realisierung in Etappen vorzusehen.

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

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

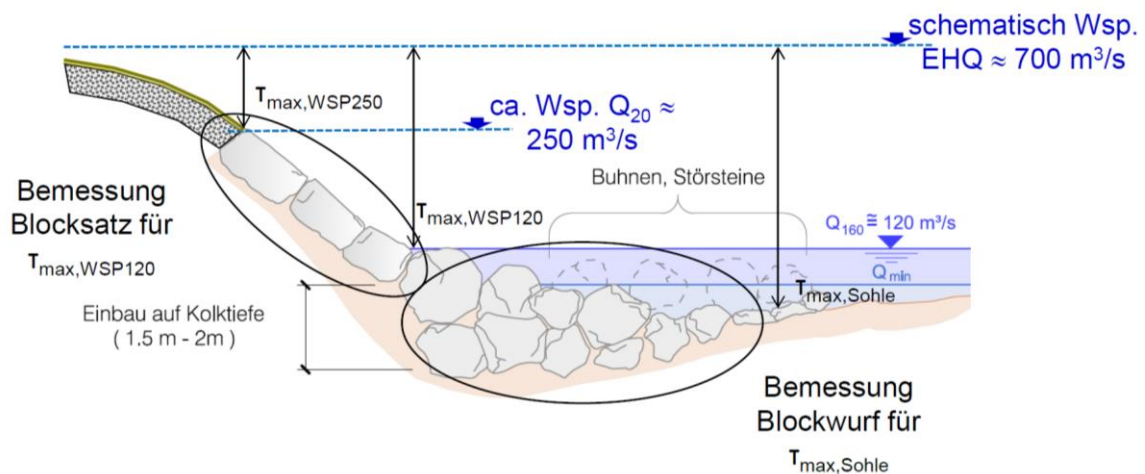


Abbildung 15: Lagen mit unterschiedlichen Schleppspannungen, Strömungsgeschwindigkeiten im selben Uferbereich. Böschungsneigungen variieren zusätzlich je nach Abschnitt.

Die Massnahmenbeurteilung erfolgt nach "PROTECT" [9] 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 [12]):
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 [11]:
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.

L1

Auf einer Länge von 180 m werden die Vorgrundsicherung und einer Länge von 350 m der Böschungsschutz erneuert.

L2 - Abflachung der Böschung / Verbreiterung Gewässerraum Gaswerk

Ab km 27.500 ist auf einer Länge von 200 m eine Auflösung des Uferschutzes vorgesehen. Die linksseitig gelegene Parkanlage erlaubt eine Querschnittsvergrößerung und eine grosszügige Ausgestaltung des Uferbereichs. Die bestehende Böschung wird flacher gestaltet und das gerade Ufer wird durch ein strukturiertes, undulierendes Ufer mit Strömungsschatten und Flachwasserzonen ersetzt und Inseln ausgebildet. Im Bereich der verbleibenden Inseln wird oberhalb der bestehenden Ufersicherung das belastete Material abgetragen und die Inseln neu aufgeschüttet und bepflanzt. Bei den Inseln bleibt die bestehende Ufersicherung bestehen. Zusätzliche vorgelegte Störsteine erhöhen die Strömungsvariabilität. Durch die Neugestaltung des Ufers werden Bereiche mit unterschiedlichen Wassertiefen geschaffen. Je nach Wasserstand werden durch die wasser-nahe Ufervegetation Sonderstrukturen geschaffen, die sich positiv auf den Lebensraum von Fischen und Wirbellosen auswirken. Ebenfalls erfährt der Abschnitt eine Attraktivitätssteigerung für die Erholungssuchenden.

Auf einem Abschnitt von 60 m (ab km 27.700) wurde die Uferunterspülung bereits saniert (vgl. Abbildung 16) und die Wegführung angepasst. Anschliessend an die sanierte Stelle wird der Weg ebenfalls weiter zurückverlegt und das dort unterspülte Ufer belassen.



Abbildung 16: Saniertes und unterspültes Ufer beim Gaswerkareal, März 2008.

L3 - Lokale Sanierung Böschung / Schüttung von einzelnen Fischbuhnen

Im Teilbereich Marzilibad wird das Ufer wo nötig saniert und verstärkt, wobei die ergänzten Uferverbauungen den Ein- und Ausstieg von Schwimmern nicht beeinträchtigen dürfen. Es wird ein Erhalt des heutigen Ufertyps angestrebt.

L3 - Massnahmen Bueber

Die Sanierung des Buebers sowie die gestalterischen Massnahmen sind nicht Bestandteil des vorliegenden Projekts. Wasserbaulich ist sicherzustellen, dass kein Hochwasser ins Marzilibad zurückdrücken kann und dass die Verlandung des Bueber vermindert wird. Wird der Zustand heute erhalten, so sind aus wasserbaulicher Sicht zumindest die beweglichen Tafelschützen zu sanieren und zu automatisieren und es mittels einer Speisleitung eine bessere Durchströmung des Bueberbeckens herzustellen.

3.4.3 Ufererhöhungen

Die Ufererhöhungen zum Hochwasserschutz bestehen aus zurückgelagerten Terrainanpassungen im Abschnitt oberhalb der Dampfzentrale und aus Ufermauern, die im Abschnitt Marzilibad in die Anlagengestaltung integriert werden (Liegepritschen und Sitzmauern, siehe oben). Luftseitig der zurückverlagerten Terrainanpassungen verläuft eine Drainageleitung mit Pumpenschächten für mobile Pumpen. Allfällige dammdurchdringende alte Prozessleitungen sind vor der Realisierung abzuklären.

Auf der Parzelle mit dem Grundbuchblatt-Nummer 3929, Gemeinde Bern (351.3), wird eine Fläche von 604 m² gerodet und nach den Weisungen der Waldabteilung Mittelland bis 31.12.2023 (Anwuchserfolg gesichert) mit standortgerechten Baum- und Straucharten aufgeforstet. Bäume mit einem Stammdurchmesser ab 50 cm werden durch die Pflanzung von 2 Bäumen ersetzt, die in ihrer Art und potentiellen Grösse gleichwertig sind. Dies um den langen Zeitraum zu kompensieren, der vergeht, bis der Baum diese Grösse wieder erreicht.

3.5 Massnahmen Siedlungsentwässerung und Drainage

3.5.1 Anpassung Sulgenbach

Damit das Sulgenbachwasser und allfälliges Entlastungswasser auch bei Aare-Hochwasser in die Aare abgeleitet werden kann, sind am kanalisierten Bachlauf Anpassungen an Be-/Entlüftungsbauwerken und am Einleitbauwerk erforderlich. Mit diesen Massnahmen kann am Sulgenbach ein höherer Druck als an der Aare erzeugt werden, womit das Bachwasser unter Druck in die Aare geleitet werden kann.

Das Einleitbauwerk wird derart angepasst, als dass allfällig senkrecht ansteigendes Wasser über die Schutzmauer in die Aare fließt. Dafür wird „landseitig“ auf drei Seiten die Mauerkrone erhöht.

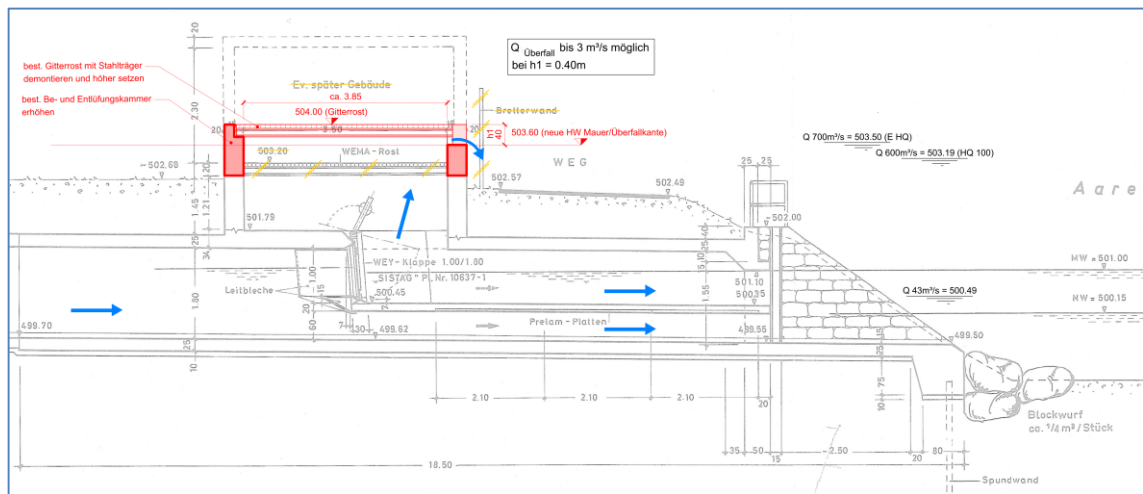


Abbildung 17: Anpassung Einleitbauwerk Sulgenbach

Um einen ausreichenden Druck aufbauen zu können, wird die unten folgende Be-/Entlüftung angepasst (Verschluss der seitlichen Lammellenöffnung, Gitterrostabdeckung oben).



Abbildung 18: Anzupassende Be-/Entlüftung am Sulgenbach (Kreisel Dampfzentrale).

3.5.2 Anpassung Regenüberlauf Sulgenrain

Der Regenüberlauf ist nicht anzupassen. Gemäss Aarepegelberechnung entspricht die Überfallkante des RU dem Aarepegel bei 600 m³/s Abfluss. Das Schutzziel für bestehende Bauwerke der Siedlungsentwässerung ist somit erreicht. Es sind keine Massnahmen notwendig.

3.5.3 Neubau Drainage

Die Drainage im Marzili wird hochliegend erstellt, so dass sie nur bei Hochwasserspitzen anspringt. Das anfallende Drainagewasser wird beim Kreisel Dalmazibrücke in ein Pumpwerk geleitet und von hier in die Aare gepumpt. An das Pumpwerk wird auch eine Bachwasserleitung aus dem Marzilimoos angeschlossen. Das Bachwasser fliesst nur dann in das Pumpwerk, wenn der Pegel der Aare gegenüber der Bachleitung zu hoch ist. Das Pumpwerk ist damit nur bei Aare-Hochwasser in Betrieb. Entsprechend wird das Pumpwerk nur mit minimalem Standard und unterflur erstellt.

3.5.4 Hauptkanalisation Uferweg (Belp-Kehrsatz-Wabern-Bern)

Die Hauptkanalisation von Belp-Kehrsatz-Wabern ist im Aare-Uferweg eingebaut.

Die Hauptleitung liegt ab km 27.5 landseitig des neuen Schutzdammes und somit durch den Damm vor Überflutung geschützt.

Nicht geschützt und bei Aareabfluss ab ca. 450 bis 500 m³/s überflutet ist der Abschnitt zwischen Schönausteg und km 27.5. Die Schachtabdeckungen von 8 Schächten werden durch verschraubbare, dichte Deckel ersetzt. Damit fliesst kein Aarewasser durch die Lüftungslöcher in die Kanalisation.

Erst bei einem Abfluss von 700 m³/s werden weitere Schächte im Bereich Eichholz überflutet. Dies wird als tragbar betrachtet. Es sind keine Massnahmen vorgesehen. Zudem liegt dieser Abschnitt auf Gebiet der Gemeinde Köniz und somit im Projektperimeter „Aarewasser“.

3.5.5 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, Gebietsschutz Quartiere an der Aare. Dossier Wasserbauplan, Phase Mitwirkung (mit Plänen und Berichten). Bern, 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] Kissling+Zbinden AG: Visuelle Zustandsbeurteilung Aareufer - Tierpark bis Engehalde. Hochwasserschutz Aare Bern. Bern, Entwurf 13.02.2008.
- [8] KOHS: Freibord bei Hochwasserschutzprojekten und Gefahrenbeurteilungen. Empfehlungen der Kommission Hochwasserschutz (KOHS). Wasser Energie Luft, Jahrgang 105, Heft 1: 43 - 53. 2013.
- [9] PLANAT: Strategie Naturgefahren Schweiz, Beurteilung der Wirkung von Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren als Grundlage für ihre Berücksichtigung in der Raumplanung. Bern, 2007.
- [10] Stadt Bern, Stadtrat: Stadtratsentscheid, Sitzung vom 6. Dezember 2012, SKNSC (2004.SR.000007), SRB Nr. 201-611.
- [11] 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.
- [12] USACE: Corps of Engineers Hydraulic Design Criteria. Waterways Experimental Station. Vicksburg USA, 1952.

4.2 Digitale Grundlagen

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