



Tiefbauamt
Stadt Bern

Oberingenieurkreis II

Bau-, Verkehrs- und
Energiedirektion
des Kantons Bern
Tiefbauamt

Wasserbauplan
Beilage C.3.4

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 Langmauer im Bereich L7 - L8 KM 29.750 - KM 32.600

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 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 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.3.4.docx
Seitenanzahl	30
Copyright	© Generalplanerteam HWS Aarebogen , p.A. Emch+Berger AG Bern

INHALT

TEIL II Projektbeschreibung / Massnahmen Abschnitt Langmauer	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	3
1.3.1 Geologischer Überblick	3
1.3.2 Hydrogeologie	4
1.4 Siedlungsentwässerung	7
2 Massnahmenkonzept	8
2.1 Raumplanerische Massnahmen	8
2.2 Gewässerunterhalt	8
2.3 Warnung, Alarmierung und Notfallplanung	8
2.4 Bauliche Schutzmassnahmen	8
2.4.1 Erhöhung der Abflusskapazität	8
2.4.2 Grundsätzliches zur Abdichtung der durchlässigen Flusssufer und -sohle	9
2.4.3 Ableitung des Aare- und Hangwassers	10
2.4.4 Siedlungsentwässerung	11
2.5 Gestaltung	11
3 Massnahmenplanung	12
3.1 Massnahmen Gestaltung / Architektur	12
3.1.1 Gestaltungsgrundsätze	12
3.1.2 Umsetzung Gestaltung	18
3.2 Variantenstudien und Entscheide	18
3.3 Gewässerunterhalt und Notfallplanung	18
3.4 Massnahmen Wasserbau / Bautechnik	19
3.4.1 Geologie und Geotechnik	19
3.4.2 Ufergestaltung	19
3.4.3 Ufererhöhungen	21
3.4.4 Dichtwände	21
3.4.5 Abdichtung von bestehenden Mauern und Fassaden	21
3.5 Massnahmen Siedlungsentwässerung und Drainage	23

3.5.1	Aufheben Regenüberlauf Langmauerweg (7378023)	23
3.5.2	Anpassung Entwässerungsnetz Langmauer	23
3.5.3	Regenüberlauf Schützenmatte (7401030)	24
3.5.4	Neubau Drainage	25
3.5.5	Betrieb / Unterhalt	25
4	Grundlagen	26
4.1	Berichte und Studien	26

TEIL II Projektbeschreibung / Massnahmen Abschnitt Langmauer

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 Langmauer** 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.

Linkes Ufer	Abschnitt	Bereich	Kürzel	Kilometrierung	
	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	
Rechtes Ufer		Schütte	L8	30.100 – 32.600	
	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
29.750 – 30.220	L7 Münsterbauhütte L8 Schütte (Teilabschnitt)	Vollständiger Schutz bis 600 m ³ /s (HQ_{100}) ohne Verklausung Altenbergsteg und begrenzter Schutz für höhere Abflüsse bis 700 m ³ /s *
30.220 – 32.600	L8 Schütte (Teilabschnitt)	Keine Massnahmen vorgesehen

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 Langmauer ab Münsterbauhütte (L7) bis Schütte (L8) Schutzkoten gemäss Tabelle 3 berechnet. Für Berechnungsdetails wird auf den Technischen Bericht Teil I sowie den Fachbericht Geschiebe und Hydraulik verwiesen.

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

km	550 bordvoll	600 bordvoll	600 Freibord	660 Freibord	700 bordvoll
	m ü. M.	m ü. M.	m ü. M.	m ü. M.	m ü. M.
29.753	499.38	499.58	499.92	500.19	499.97
29.837	499.29	499.48	499.82	500.08	499.84
30.003	499.08	499.26	499.61	499.86	499.60

km	550 bordvoll	600 bordvoll	600 Freibord	660 Freibord	700 bordvoll
30.208	498.74	498.94	499.37	499.61	499.31
30.405	498.54	498.72	499.13	499.38	499.08
30.550	498.36	498.55	498.96	499.21	498.91
30.605	498.30	498.48	498.90	499.14	498.84
30.800	498.08	498.26	498.67	498.92	498.63
31.000	497.86	498.06	498.45	498.71	498.44
31.200	497.65	497.85	498.29	498.55	498.24
31.400	497.41	497.60	498.04	498.31	498.00
31.600	497.15	497.35	497.79	498.07	497.79
31.800	496.82	496.99	497.44	497.72	497.44
32.000	496.52	496.71	497.15	497.44	497.18
32.200	496.21	496.41	496.85	497.16	496.93
32.400	495.90	496.13	496.53	496.87	496.73
32.570	495.64	495.90	496.28	496.66	496.58

1.3 Geologischer Untergrund

1.3.1 Geologischer Überblick

Im Abschnitt Langmauer (linkes Aareufer) fliesst die Aare in einem relativ schmalen Tal, dessen Flanken beidseitig durch vorwiegend siltige bis sandige Ablagerungen glazigen Ursprungs aufgebaut sind. Die Talsohle selbst ist durch die erdgeschichtlich jungen Alluvionen der Aare geprägt. Unterhalb der Nydeggbücke liegt die Erosionsbasis dieser Alluvionen unmittelbar auf dem Molassefels. Die Felsoberkante taucht aber ca. auf Höhe des Läuferplatzes steil ab, das heisst, unterhalb km ca. 29.830 wurde der Fels in keiner Bohrung mehr aufgeschlossen.

Wir beschränken uns in der Folge auf den Schichtaufbau der obersten rund 10 bis 15 m der genannten jungen Alluvionen, wobei wir uns im Wesentlichen auf die geologisch-geotechnischen Vorabklärungen von 2007 [6] stützen.

Die unterste Schicht des beschriebenen Sedimentstapels wird vor allem durch fein- bis mittelförnige 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 (Tone) und Schwemmsande zur Ablagerung kamen.

Überlagert sind die Rückstausedimente durch „klassische“ Flussablagerungen, welche als eigentliche **Aareschotter** bezeichnet werden. Es handelt sich um sandige Kiese mit geringem Siltgehalt, die Mächtigkeit beträgt im Durchschnitt 5 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.

Nach der Begradigung der Aare in ihr heutiges Bett wurden massgebende Geländemodellierungen durchgeführt. Somit erstaunt es nicht, dass an der Oberfläche **künstliche Auffüllungen und Schüttungen** bis in 2.5 m Tiefe vorkommen. Die Zusammensetzung dieser anthropogenen Schichten ist naturgemäss sehr heterogen.

1.3.2 Hydrogeologie

Planerischer Gewässerschutz

Das Grundwasser in der Talsohle wie auch die Sickerwassergebiete in den umliegenden Hanglagen befinden sich im Gewässerschutzbereich B (Abbildung 1). Gemäss eidgenössischer Gewässerschutzgesetzgebung entspricht der Bereich B dem „übrigen Bereich üB“. Erst unterhalb der Lorrainebrücke beginnt rechtsufrig ein kleines Grundwasservorkommen, welches sich bis nördlich des Lorrainebads erstreckt und im Gewässerschutzbereich A_u liegt.

Der Aarelauf ist dem Bereich A₀ zugeordnet. Trinkwasserfassungen von öffentlichem Interesse mit entsprechenden Grundwasserschutzzonen sind keine vorhanden.

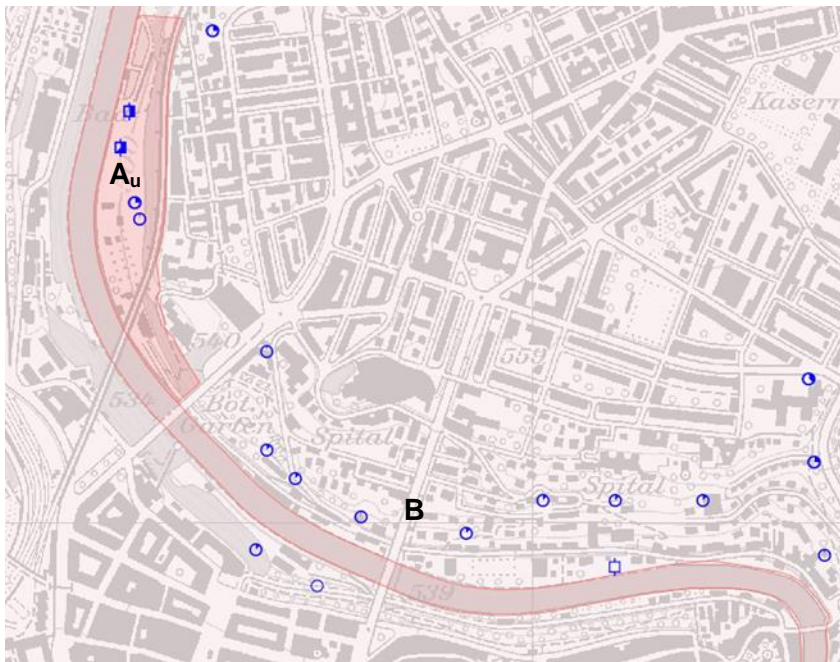


Abbildung 1: Auszug aus der kantonalen Gewässerschutzkarte. Quelle: [5].

Grundwassernutzungen

Das Grundwasser im Bereich Langmauer wird nicht genutzt. Gemäss dem kantonalen Amt für Wasser und Abfall AWA verfügt lediglich die Berner Münster-Stiftung über eine Konzession. Dabei handelt es sich jedoch um eine Entnahme von Aarewasser (300 l/min). Altrechtliche Grundwassernutzungen ohne Konzession sind nicht bekannt. Das Inventar der Grundwassernutzungen ist für das Bauprojekt zu verifizieren und allenfalls zu aktualisieren.

Kataster der belasteten Standorte

Im Bereich der baulichen Massnahmen des Abschnitts Langmauer ist ein belasteter Standort verzeichnet: der Betriebsstandort Henzi AG (Standort-Nr. 0351-0146, Abbildung 2). Er wurde bisher noch nicht untersucht und besitzt demzufolge keinen Status gem. Altlastenverordnung AltIV, Art. 8.

Um die Vorgaben gem. Art. 3 der AltIV zu erfüllen, sind bei der weiteren Planung des Wasserbauprojektes die vorhandenen Unterlagen zum Standort zu sichten und allenfalls projektbezogene Abklärungen vorzunehmen. Es gilt, falls der Standort saniert werden müsste, eine Sanierung 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 allfällige Aushubvorgänge eine Verschlechterung gegenüber dem Ist-Zustand herbeiführen könnten und falls ja, welche Gegenmassnahmen zu treffen sind.

Den Entscheid über das definitive Vorgehen fällt als Aufsichtsbehörde das Amt für Wasser und Abfall.

Belasteter Standort im Bereich der baulichen Massnahmen:

- ❶ Henzi AG:
Betriebsstandort
keine Untersuchungen vorhanden, Priorität für
Untersuchungen bei Bauvorhaben / Umnutzung

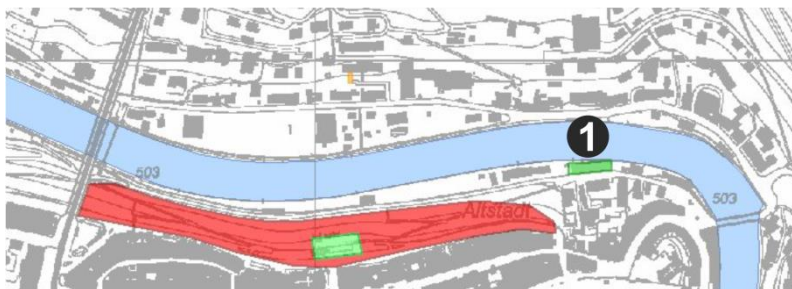


Abbildung 2: Auszug aus dem kantonalen Kataster der belasteten Standorte. Quelle: [5].

Strömungsverhältnisse des Aaregrundwassers

Das Grundwasservorkommen Langmauer hat seinen Ursprung im vorgelagerten Mattequartier. Im unteren Teil der Matte exfiltriert ein Teil des Grundwassers in die Aare, ein Teil strömt Aare-parallel weiter und ergiesst sich ins schmale Grundwasservorkommen Langmauer. Aus sandigen Schichten der glazigenen Ablagerungen, welche den geologischen Kern der unteren Altstadt bilden, fliessen unterirdische Hang- und Schichtwässer dem Vorkommen zu. Im unteren Teil des Vorkommens wird das Grundwasser seitlich abgelenkt und exfiltriert in die Aare.

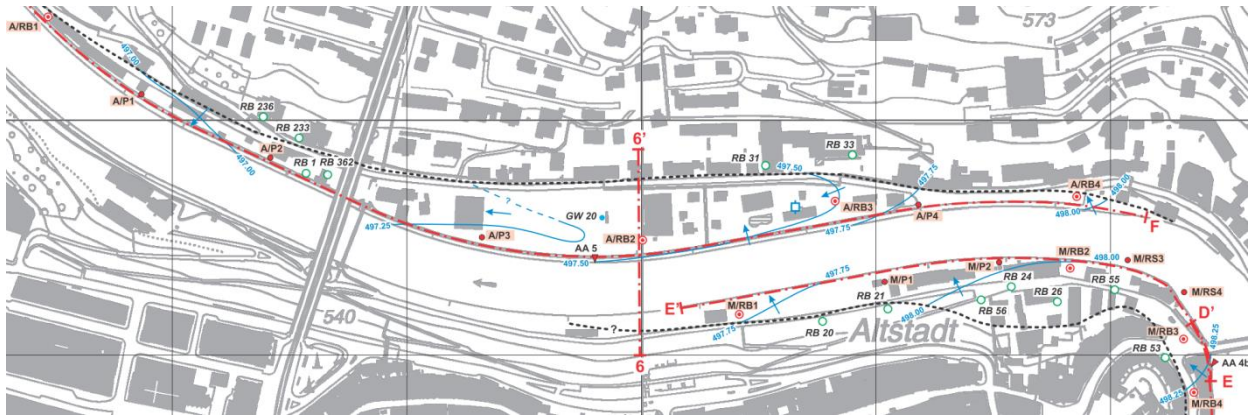


Abbildung 3: Isohypsenplan der Grundwasser-Stände vom 05.07.2007 mit Fliessrichtung (Aareanstieg am 04.07.2007 von 190 auf 320 m³/s). Quelle: Kellerhals & Häfeli AG, [7].

Grundwasserleiter und Grundwasserstauer: Das Grundwasser zirkuliert in den gut durchlässigen Aareschottern. Die basalen Rückstausedimente bilden den Stauer.

Schwankungsverhalten: Die Ganglinie des Grundwasserstandes verhält sich analog zum Pegelverlauf der Aare. Dies unabhängig davon, ob infiltrierende oder exfiltrierende Verhältnisse vorherrschen (vgl. Abbildung 3). Die regulären Hochwasserstände treten somit in den Sommermonaten Juni/Juli auf, die Niederwasserstände in den Wintermonaten Dezember bis März (Abbildung 4).

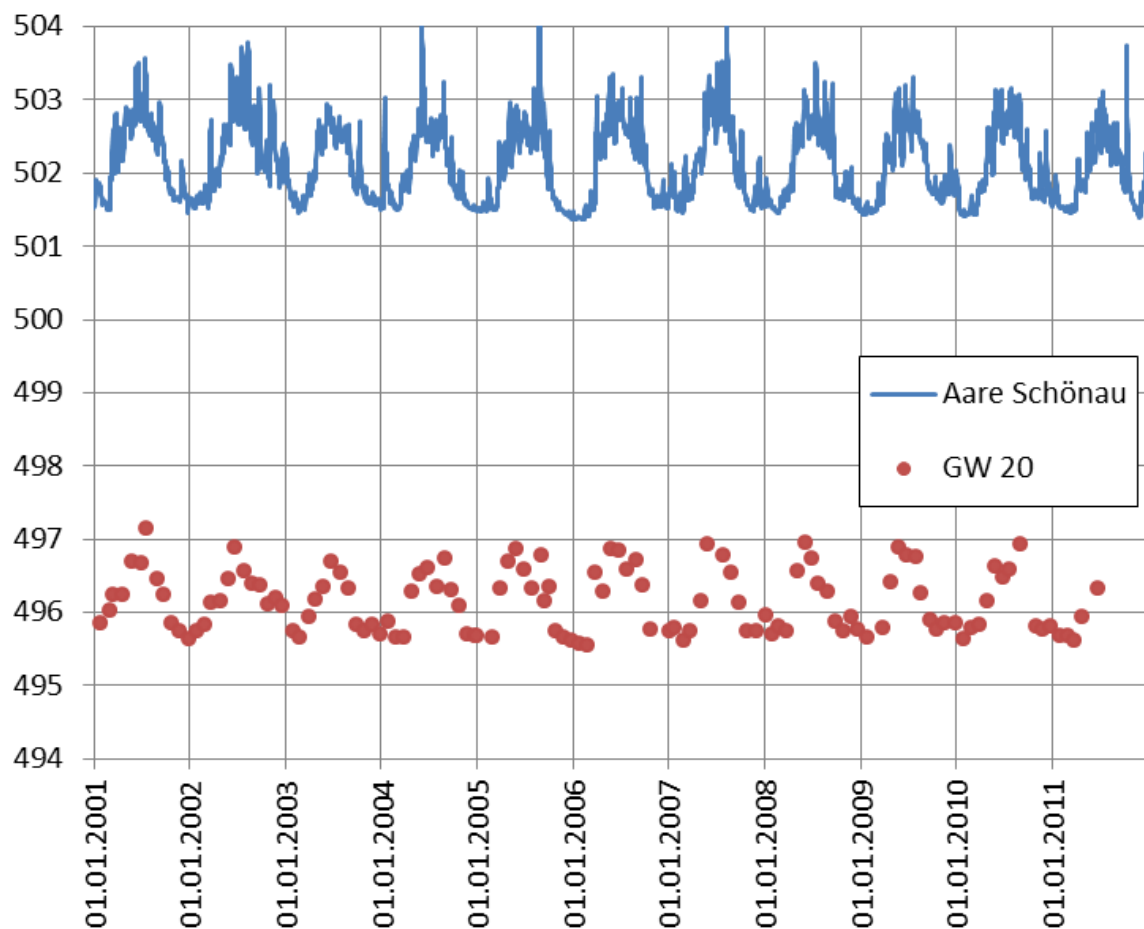


Abbildung 4: Schwankungsverhalten des Grundwassers (monatliche Einzelmessungen) im Vergleich zum Aarepegel.

1.4 Siedlungsentwässerung

Der Abschnitt Langmauer ist durch folgende Siedlungsentwässerungselemente gekennzeichnet:

- Zufluss von Mischabwasser vom Pumpwerk Mattenenge (Zufluss vom Einzugsgebiet Matte)
- Zusammenführen des Abwassers im Pumpwerk Langmauer und Weiterleitung in die Aare-Hangleitung
- über Regenüberläufe regulierte Zuflüsse zur Aare-Hangleitung von der Altstadt
- Regenüberlauf Schützenmatt als eine der Hauptentlastungen vom Sulgenbach-/ARA-Stollen
- mehrere kleinere Regenabwassersysteme, welche Regenabwasser in die Aare einleiten

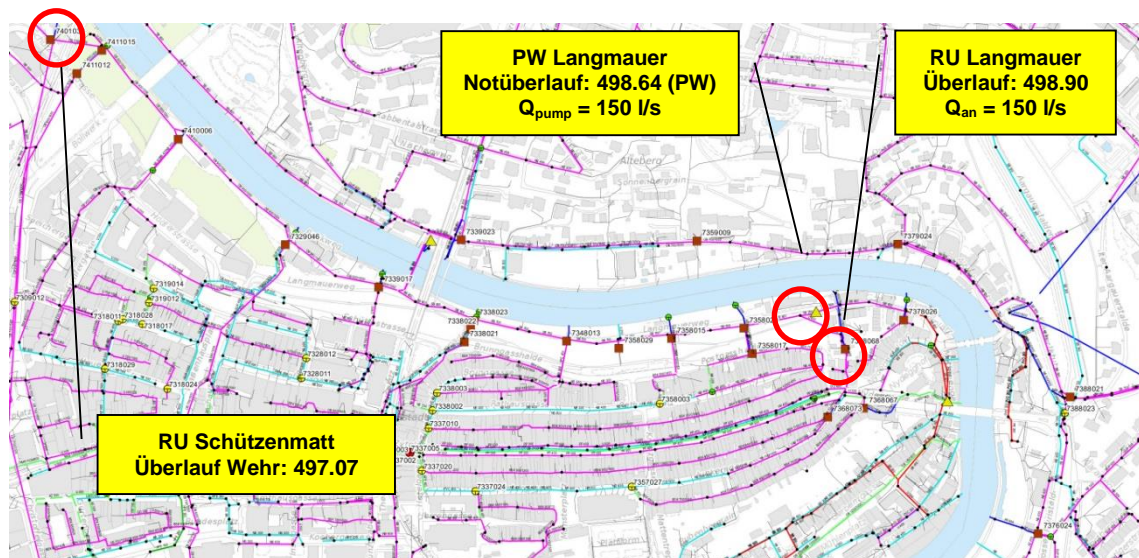


Abbildung 5: Kanalisationsnetz im Abschnitt Langmauer mit kritischen Sonderbauwerken

Durch Entlastungsleitungen und Regenabwassersysteme kann Aarewasser in das Kanalisationsnetz zufließen. Die kritischen Bauwerke, durch welche Aare-Wasser über die Entlastungsleitung „rückwärts“ in das Kanalisationsnetz fließen kann, sind in Abbildung 5 dargestellt. 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, das Ufer an der Längmauer mit einem strukturierten Blockwurf zu gestalten. Wo die Vorgrundsicherung erneuert wird, wird dies unterhalb der Wasserlinie mit Abfluss $Q = 120 \text{ m}^3/\text{s}$ befolgt. Hingegen wird auf den empfohlenen Besatz mit Weidenstecklingen in der Böschung verzichtet.

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 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 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).

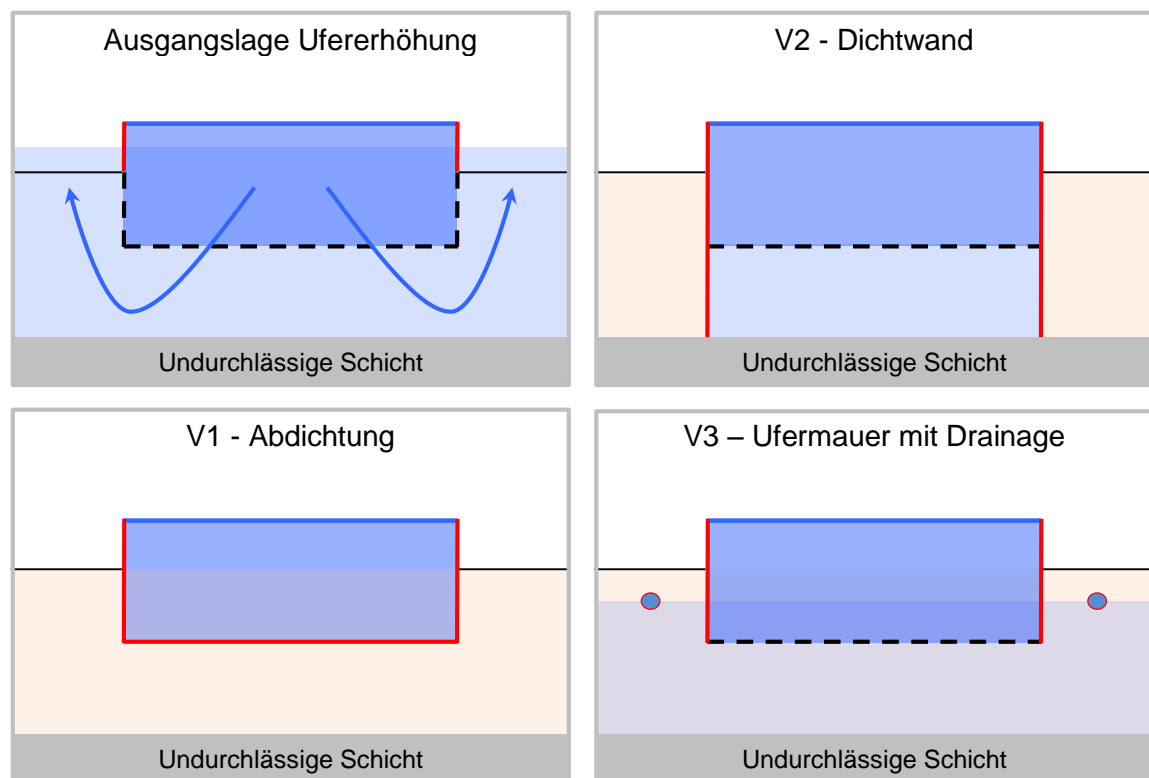


Abbildung 6: Prinzip der Abdichtung (rot: dichte Massnahme).

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 Nydeggbücke 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 Mittelwasserspiegels 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 Höhenkoten vorgese-
hen werden. Das Prinzip ist in Abbildung 7 dargestellt.

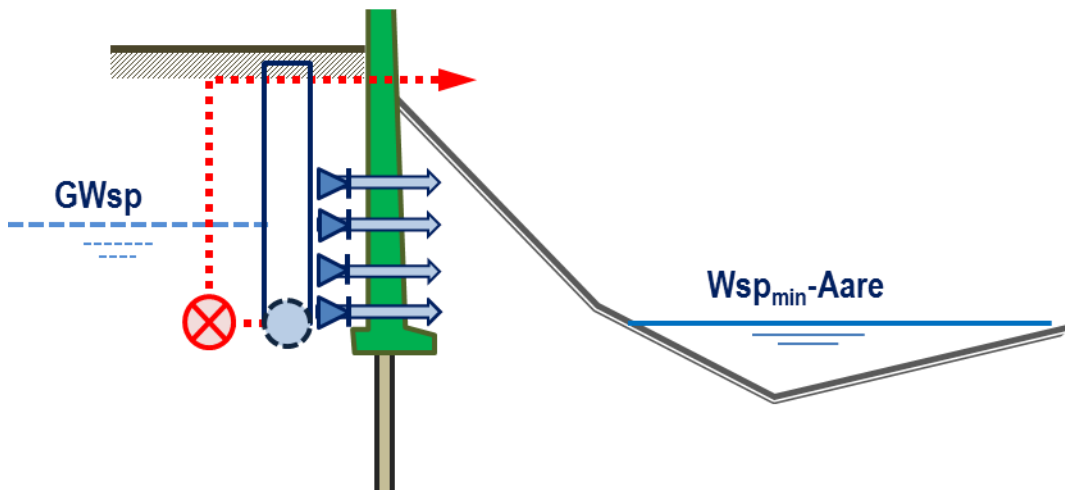


Abbildung 7: Prinzipskizze der Grundwasserdrainage. Blau = Normalsituation wenn Grundwas-
serspiegel GWsp höher als Aare-Wasserspiegel (Exfiltration des Grundwasser-Trägers in die Aa-
re). Rot = Hochwassersituation.

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 Entlastungsleitung und 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 dem Kanalnetz in die Umgebung entweicht und Liegenschaften geflutet werden können.

Um auch bei Hochwasser einen sicheren und störungsfreien Siedlungsentwässerungsbetrieb zu gewährleisten, werden in der Langmauer folgende Massnahmen vorgeschlagen:

- die kritischen Regenabwassersysteme werden zusammengefasst und an einer Stelle mit Rückstauklappe in die Aare eingeleitet.
- ab dem Regenüberlauf 7378026 wird der Überlauf verschlossen (Zufluss von Aarewasser wird so verunmöglicht).
- ab dem Regenüberlauf 7368068 wird die Entlastungsleitung mit druckdichten Deckeln versehen (Zufluss von Aare-Wasser möglich, aber kein Ausfluss in Umgebung).
- der Notüberlauf vom PW Langmauer in die Entlastungsleitung wird mit einer Rückstauklappe gesichert (Zufluss von Aarewasser wird so verunmöglicht).

Im Normalfall fliesst Regenabwasser sowie durch das neue Drainagenetz anfallende Drainagewasser über die neue Regenabwasserleitung in die Aare.

Bei Aare-Hochwasser werden das Regenabwasser des kleinen Einzugsgebietes sowie das im HW-Fall anfallende Drainagewasser von einem Kontrollschacht im Langmauerweg in die Aare gepumpt (Einsatz einer mobilen Pumpe, wenn der Aarepegel die Terrainkote des Langmauerwegs übersteigt).

Im Regenüberlauf Schützenmatte (im Sulgenbach-/ARA-Stollen) ist das fixierte Klappwehr zu erneuern, sodass im HW-Fall die Überfallkante entsprechend justiert werden kann. Das heutige, fixierte Klappwehr war ursprünglich dafür vorgesehen, die Entlastungen zusammen mit dem Regenüberlauf Stauwehr zu regulieren, und zwar in Abhängigkeit der Jahreszeit.

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 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 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.

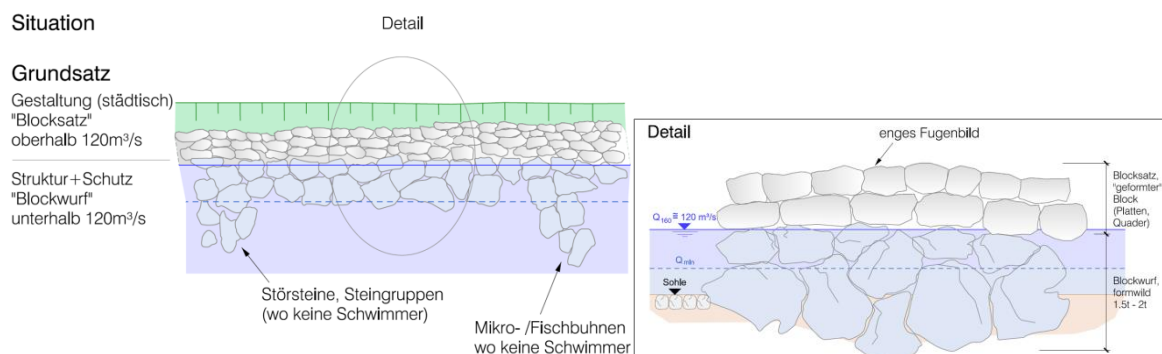


Abbildung 8: Prinzipskizze Aareufer Bern.

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

L7 - Münsterbauhütte

Der Pulverturm (Läuferplatz 6 und 8) und das Pelikanhaus werden durch eine Abdichtung der Fassade vor Wassereintritt geschützt. Zwischen Pulverturm und Pelikanhaus sind bis auf die mobile Massnahme bei der Kiesentnahmestelle keine zusätzlichen Hochwasserschutzmassnahmen geplant. Ab dem Pelikanhaus bis zu Spielplatz Längmuur ist entlang der Böschung eine Sandsteinmauer vorgesehen, welche nach dem Spielplatz in eine Aufschüttung übergeht.

L8 - Schütte

Im Bereich Schütte sind örtliche Sanierungsarbeiten an Böschungen vorgesehen, welche im Vergleich zur heutigen Situation keine gestalterischen Veränderungen zur Folge haben.

3.2 Variantenstudien und Entscheide

Im Vorprojekt [3] war im Abschnitt Münsterbauhütte (L7) unterhalb der Untertorbrücke bis ans untere Ende der Münsterbauhütte ein Linienschutz vorgesehen. Zwischen den Gebäuden schloss eine HWS Mauer die Lücken, die Gebäude wurden gegen Wassereintritt abgesichert. Der Kinderspielplatz Längmuur unterhalb der Münsterbauhütte sowie weitere Liegenschaften im Bereich Schütte sollten gemäss Vorprojekt [3] durch Objektschutzmassnahmen gesichert werden.

Im Rahmen der Überarbeitung des Vorprojektes sowie Ausarbeitung des Wasserbauplanes wurden der Verlauf der HWS Mauer bis zur Münsterbauhütte optimiert und die Massnahmen zur Sicherung des Pelikanhauses definiert. Zur Sicherung des Kinderspielplatzes Längmuur wird der Linienschutz verlängert: im Bereich des Spielplatz-Gebäudes durch eine HWS Mauer, unterhalb quert eine sanfte Geländeanpassung das Areal des Spielplatzes.

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 die Objektschutzmassnahmen im Bereich Schütte.

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 HWS Mauern und zu den Drainageleitungen folgende Bemerkungen.

Hinweise zur Stützmauer:

- Der Fuss ist aus Tragfähigkeitsüberlegungen in den Aareschottern zu gründen.
- Einbauten in den Grundwasserleiter sind im Gewässerschutzbereich B zugelassen, erfordern aber eine gewässerschutzrechtliche Bewilligung. Um gerade in den unteren Teilabschnitten bei exfiltrativen Verhältnissen keinen unnötigen Rückstau zu erzeugen, ist die Einbindung der Stützmauer in die Aareschotter auf das erforderliche Minimum zu beschränken.

Hinweise zur Drainageleitung:

- Die Drainageleitung verläuft landseitig der HWS Mauer. Die Leitung wird so hoch angelegt, dass sie nur bei Hochwasser „anspringt“. Die Drainage soll somit sicherstellen, dass der Druckwasserspiegel in deren Einflussbereich nicht über die Terrainhöhe ansteigt. 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 [8]. Der Flussabschnitt unterhalb der Untertorbrücke liegt innerhalb städtischer Quartiere. An die Ufergestaltung werden deshalb nebst Sicherheit und Ökologie auch Ansprüche bezüglich des Stadtbilds geltend gemacht. Im Weiteren wird dieser Abschnitt durch Schwimmer rege genutzt, hierbei erfolgt der Einstieg praktisch immer rechtsufrig, weshalb eine ökologische Aufwertung mit lokalen Strukturierungsmassnahmen primär am linken Ufer erfolgt.

Für die Ufergestaltung in diesem Abschnitt wurde deshalb das nachfolgende Konzept entwickelt:

- Linksufrig (Langmauer): Sanierung des bestehenden Plattenverbaus, zusätzliche Vorgrundsicherung wo nötig und Ergänzung mit Strömungsstrukturierungsmassnahmen (Blockgruppen, Fisch- und Mikrobuhnen etc.), siehe unten.
- Rechtsufrig (Altenberg): teilweise Absenkung des Uferwegs, Sanierung des bestehenden Plattenverbaus und Ergänzung mit Sitzstufen. Erneuerung der Vorgrundsicherung wo nötig. Lokale Strukturierung v.a. oberstrom Altenbergstrasse 13.

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 $Q_{20} = 250 \text{ m}^3/\text{s}$)
- Kolkchutz Prallufer

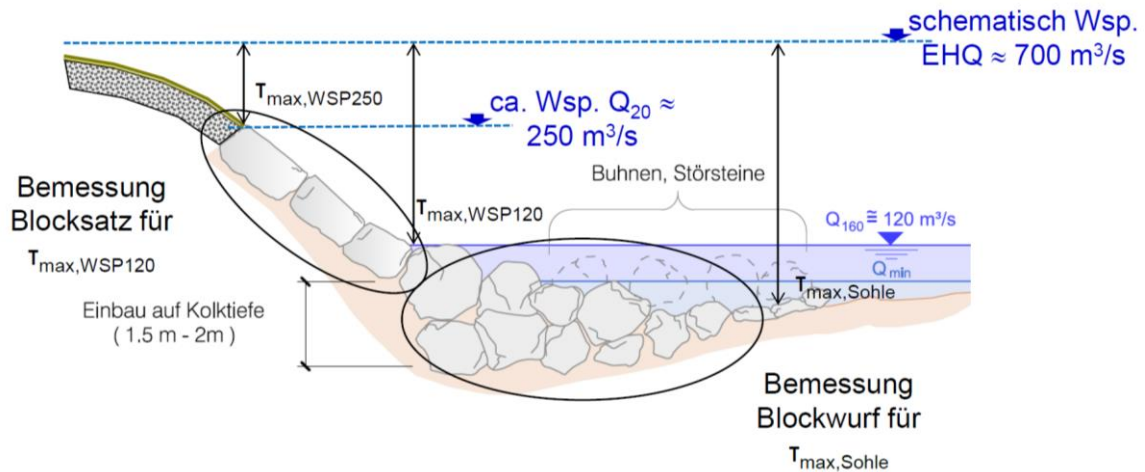


Abbildung 9: Lagen mit unterschiedlichen Schleppspannungen, Strömungsgeschwindigkeiten im selben Uferbereich. Böschungsneigungen variieren zusätzlich je nach Abschnitt.

Die Massnahmenbeurteilung erfolgt nach "PROTECT" [10] 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.

L7 - Sanierung Uferschutz, Vorgrundsicherung und Strukturierung

Je nach Wasserstand ragt unterhalb der Untertorbrücke in der Innenkurve eine Kiesbank aus dem Wasser. Diese Kiesbank sollte möglichst erhalten bzw. ergänzt werden. Unterhalb des Pelikanhauses bleibt der heutige plattenartige Uferschutz erhalten, wo nötig wird er saniert bzw. bei Stabilitätsproblemen mit einer Vorgrundsicherung ergänzt.

L8 – Schütte

Unterhalb vom Pelikanhaus folgt eine Ufermauer mit Oberkante auf Schutzkote und angrenzendem Aare-seitigem Fussweg. Die Mauer sowie die flussabwärts anschliessende Geländeanpassung schützen den Spielplatz Längmur und den Spazierweg Langmauerweg. Der bestehende Trampelpfad wird nach den Arbeiten wieder hergestellt.

3.4.3 Ufererhöhungen

Für den Abschnitt Münsterbauhütte sind die nachfolgend aufgeführten Massnahmen vorgesehen:

- Vom Läuferplatz bis zur Liegenschaft Langmauerweg 6 senkt sich das Terrain hinter der vordersten Bebauungslinie ab. Es liegt aber erst unterhalb des Hauses Langmauerweg 6 unter der Projektkote. Vom Läuferplatz bis zu dieser Liegenschaft sind deshalb entweder Abdichtungsmassnahmen im Bereich der Fundamentmauern (Läuferplatz 6 und 8) oder aber Objektschutzmassnahmen notwendig.
- Die Öffnung zwischen dem Langmauerweg 6 und dem Pelikanhaus (Langmauerweg 12) wird mit einer Mauer mit im Normalfall eingesetzter mobiler Massnahme (Damm-balken) verschlossen, um an diesem Ort den Uferzugang für Intervention und Unterhalt zu erhalten.
- Das Pelikanhaus selbst wird abgedichtet (siehe unten), womit der Objektschutz auch gleich die Funktion des Arealschutzes übernehmen kann.
- Unterhalb des Pelikanhauses schliesst eine Ufermauer mit landseitigem Uferweg an, die wasserseitig der Münsterbauhütte bis zum Spielplatz geführt wird. Dort schliesst die Ufermauer an das Terrain an, das leicht angehoben wird und so den Schutz gegen ein Rückfliessen der Aare Richtung Langmauerweg gewährleistet.

3.4.4 Dichtwände

In diesem Abschnitt sind keine Dichtwände vorgesehen. Der Schutz vor landseitig des Hochwasserschutzes aufsteigendem Grundwasser erfolgt über einen für mobile Pumpen eingerichteten Brunnen im Raum des Tiefpunktes beim Pelikanhaus und durch eine Drainageleitung, die landseitig im Mauerfuss der Ufermauer unterhalb des Pelikanhauses geführt wird.

3.4.5 Abdichtung von bestehenden Mauern und Fassaden

Mauerabdichtungen (Abdichtung der bis ins Wasser reichenden Fundamentmauern) sind bei den Liegenschaften Läuferplatz 6 und 8 vorgesehen.

Eine besondere Massnahme ist am Pelikanhaus (Langmauerweg 12) notwendig, da dieses auf der Höhe des Tiefpunktes im Abschnitt Langmauer liegt. Das Gebäude selbst bildet praktisch eine Schutzwand entlang der Aare. Dessen Abdichtung und "Hochwas-sertauglichkeit" bietet dann sowohl den Objekt- als auch den Arealschutz.

Das Schutzkonzept ist in Abbildung 10 dargestellt. Da die wasserseitige Fassade des Pelikanhauses durch den Scheibenraster unterhalb der Terrasse auf Niveau EG geprägt ist, ist diese Struktur zu erhalten. Die wasserseitige Abdichtung unterhalb der Terrasse erfolgt durch Vorsatzschalen aus Beton mit speziellem Schalungsbild, die vor das bestehende Mauerwerk und zwischen die Stützenscheiben eingebracht werden. Bestehende Öffnungen, durch die bisher das Wasser eingetreten ist, werden damit verschlossen. Die Vorsatzschalen werden möglichst tief an den Fundamentriegel des Gebäudes angeschlossen. Der wasserseitige visuelle Eindruck des Fundamentgeschosses bleibt so erhalten.

Oberhalb der Terrasse werden die Fenster- und Türöffnungen bis auf Höhe Projektkote abgedichtet und mit wasserdichten Fenstern und Türen versehen. Im Untergeschoss des Pelikanhauses werden zwei Brunnen bzw. Pumpensümpfe ausgebildet, ab denen mit mobilen Pumpen zutretendes Grundwasser aus dem Fundamentbereich in die Aare gepumpt werden kann.

Technische Lösung

- 1) OW-seitig: Ufermauer und mobile Elemente zwischen den Gebäuden
- 2) Objektschutz Pelikanhaus:
 - a) UG: Abdichtung mit Vorsatzschale zwischen Terrassenstützen (Spritz- oder Ortsbeton)
 - b) EG: Wasserdichte Fenster / Türen bis auf Projektkote
- 3) Drainagebrunnen und –pumpen im UG



Abbildung 10: Konzept Objekt- und Arealschutz am und entlang des Pelikanhauses.

3.5 Massnahmen Siedlungsentwässerung und Drainage

3.5.1 Aufheben Regenüberlauf Langmauerweg (7378023)

Weil über die Entlastungsleitung Aarewasser in das Kanalisationsnetz gelangen kann und das Einzugsgebiet des RU Langmauerweg (7378023) sehr klein (0.16 ha_{berf}) ist, wird dieser Regenüberlauf aus betrieblichen Gründen aufgehoben. Hierzu wird der Überlauf verschlossen.



Abbildung 11: RU Langmauerweg (7378026).

3.5.2 Anpassung Entwässerungsnetz Langmauer

Die nachfolgende Abbildung zeigt schematisch die wichtigsten Anpassungen am Entwässerungsnetz:

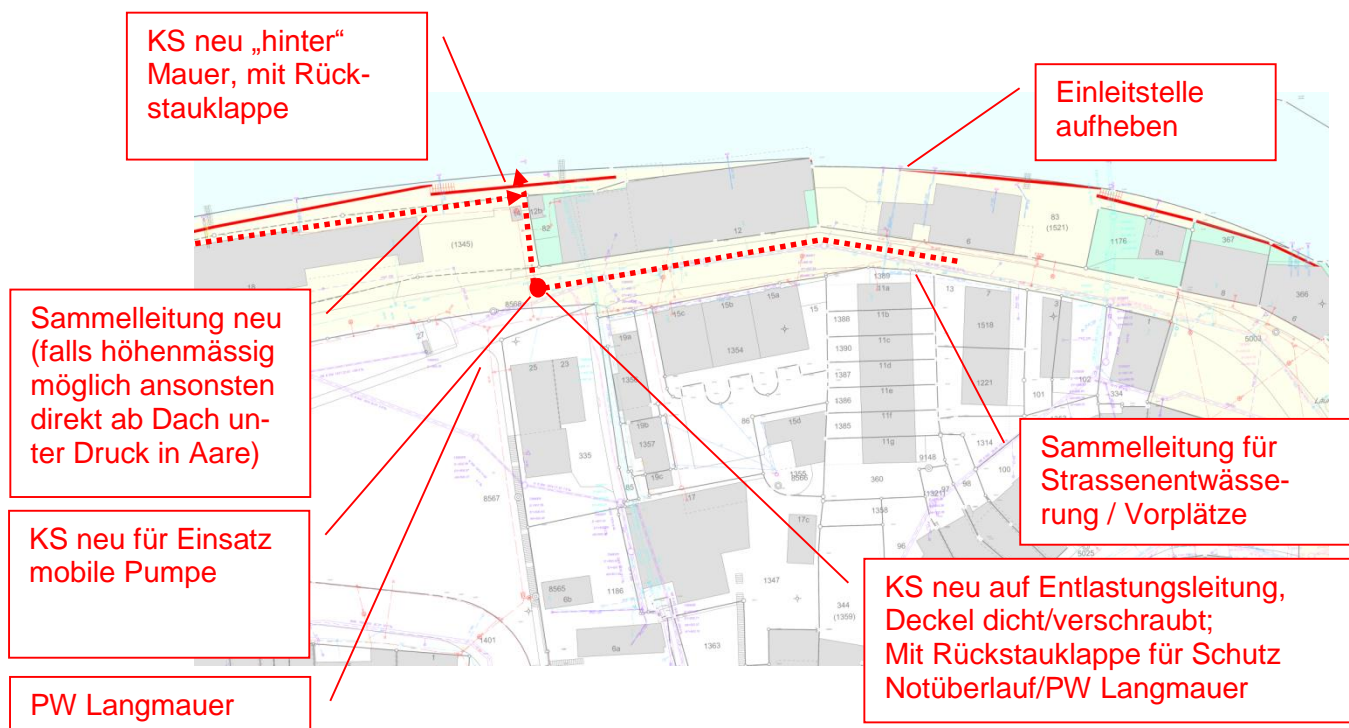


Abbildung 12: Anpassung Entwässerungsnetz Langmauer.

3.5.3 Regenüberlauf Schützenmatte (7401030)

Der Regenüberlauf Schützenmatte markiert den Übergang vom Sulgenbach- zum ARA-Stollen und ist eines der Hauptentlastungsbauwerke in der ara region bern ag. Der Regenüberlauf ist mit einem Klappwehr ausgestattet, welches in Kombination mit dem Regenüberlauf Stauwehr das Speicher- und Entlastungsvolumen des Stollens und somit die Zuflussmenge zur ARA Bern reguliert. Ursprünglich wurde das Klappwehr mittels Hydraulikantrieb gemäss jahreszeitlich unterschiedlichen Gewässerschutzanforderungen reguliert. Das Klappwehr wurde aber später fixiert. Via Überfallkante des fixierten Klappwehrs kann Aarewasser in den Stollen zufließen. Aus Sicht „HWS Aare Bern“ ist das Klappwehr mit Hydraulikantrieb und Steuerung zu erneuern, so dass im Hochwasserfall die Überfallkante angehoben werden kann.

Wichtiger Hinweis: Aus dem Projekt „Genereller Entwässerungsplan Stadt Bern“ resultieren evtl. zusätzliche und/oder unterschiedliche Anforderungen an den Regenüberlauf Schützenmatte, da das Bauwerk für Betrieb/Unterhalt einerseits sehr schlecht zugänglich und andererseits im Entwässerungssystem der ara region bern sehr wichtig ist.

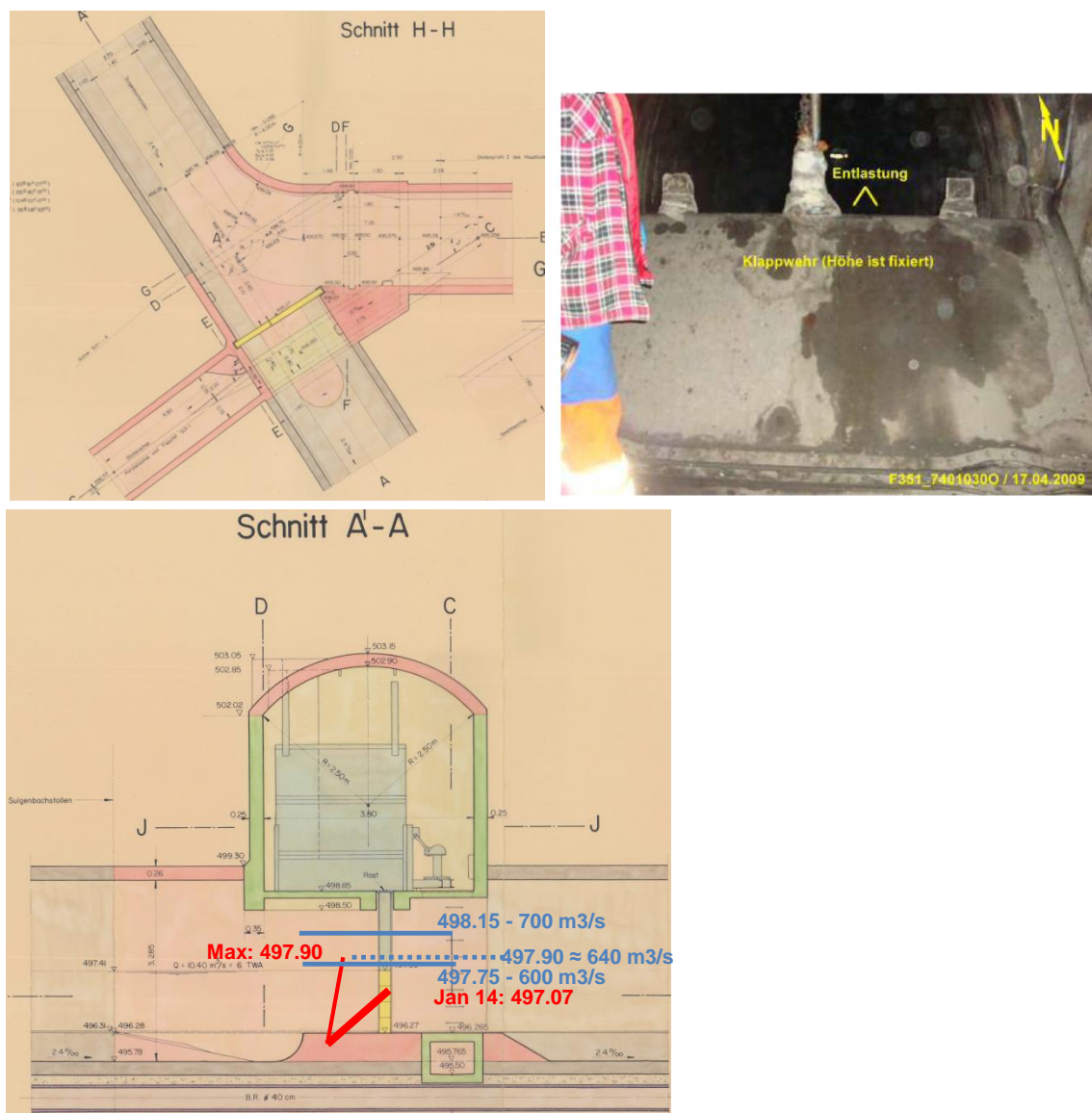


Abbildung 13: Regenüberlauf Schützenmatte: Erneuerung Klappwehr.

Gem. den vorhandenen Grundlagen konnte das bestehende Klappwehr vor der Fixierung auf eine maximale Kote von $H = 497.90$ eingestellt werden. Dies entspricht einem Aareabfluss von ca. $640 \text{ m}^3/\text{s}$. Diese Kote soll auch mit dem erneuerten Klappwehr erreicht werden¹.

3.5.4 Neubau Drainage

Aus Platzgründen wird die neue Drainageleitung im Langmauerweg erstellt und zwar hochliegend. Somit fällt nur Drainagewasser an, wenn entweder die Aare Hochwasser führt oder der Boden durch starke Niederschläge gesättigt ist.

Die Drainageleitung wird an die neue Regenabwasserleitung angeschlossen. Im Normalfall kann so das Drainagewasser in die Aare abgeleitet werden. Im Hochwasserfall wird das Drainagewasser zusammen mit dem Regenabwasser mittels mobiler Pumpe in die Aare gepumpt.

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.

¹ Die absoluten Koten im Bauwerk sind mittels Nivellement zu kontrollieren.

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] Kellerhals+Haefeli AG: Geologisch-geotechnische Vorabklärungen. Hochwasserschutz Aare Bern, L21 Objektschutz Quartiere an der Aare. L 21.1 Objektschutz Matte, L21.2 Uferschutz Altenberg, Situation 1:2'000. Bern, August 2007.
- [8] Kissling+Zbinden AG: Visuelle Zustandsbeurteilung Aareufer - Tierpark bis Engehalde. Hochwasserschutz Aare Bern. Bern, Entwurf 13.02.2008.
- [9] KOHS: Freibord bei Hochwasserschutzprojekten und Gefahrenbeurteilungen. Empfehlungen der Kommission Hochwasserschutz (KOHS). Wasser Energie Luft, Jahrgang 105, Heft 1: 43 - 53. 2013.
- [10] PLANAT: Strategie Naturgefahren Schweiz, Beurteilung der Wirkung von Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren als Grundlage für ihre Berücksichtigung in der Raumplanung. Bern, 2007.
- [11] TBF + Partner AG: Variantenvergleich Dalmazi, Altenberg und Langmauer, Entscheidungsgrundlage. Hochwasserschutz Aare Bern, Gebietsschutz Quartiere an der Aare. Zürich, Entwurf 04.03.2014.
- [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.