



Tiefbauamt  
**Stadt Bern**

Oberingenieurkreis II

Bau-, Verkehrs- und  
Energiedirektion  
des Kantons Bern  
Tiefbauamt

Wasserbauplan  
Beilage C.3.6

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 Altenberg im Bereich R4 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 Vorprüfung
Datei	J:\F_WNF_Fs07\BE.N.07120\300_ab_WBP\4_plan\43_baup\WBP-Dossier\Dossier_WBP_2017\Technische Berichte WBP\HWS_Aare_WBP_Beilage_C.3.6.docx
Seitenanzahl	34
Copyright	© <b>Generalplanerteam HWS Aarebogen</b> , p.A. Emch+Berger AG Bern

## INHALT

<b>TEIL II Projektbeschreibung / Massnahmen Abschnitt Altenberg</b>	<b>1</b>
<b>1 Ausgangslage / Projektannahmen</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Aufbau des Berichtes und Projektabschnitte</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Hydraulik</b>	<b>2</b>
1.2.1 Hydraulische Modellierung	2
1.2.2 Projektziele	2
1.2.3 Schutzkoten	3
<b>1.3 Geologischer Untergrund</b>	<b>3</b>
1.3.1 Geologischer Überblick	3
1.3.2 Hydrogeologie	4
<b>1.4 Siedlungsentwässerung</b>	<b>7</b>
<b>1.5 Regionaler Richtplan Aareschlaufen</b>	<b>8</b>
<b>2 Massnahmenkonzept</b>	<b>9</b>
<b>2.1 Raumplanerische Massnahmen</b>	<b>9</b>
<b>2.2 Gewässerunterhalt</b>	<b>9</b>
<b>2.3 Warnung, Alarmierung und Notfallplanung</b>	<b>9</b>
<b>2.4 Bauliche Schutzmassnahmen</b>	<b>9</b>
2.4.1 Erhöhung der Abflusskapazität	9
2.4.2 Grundsätzliches zur Abdichtung der durchlässigen Flusssufer und -sohle	10
2.4.3 Ableitung des Aare- und Hangwassers	11
2.4.4 Siedlungsentwässerung	12
<b>2.5 Gestaltung</b>	<b>12</b>
<b>3 Massnahmenplanung</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Massnahmen Gestaltung / Architektur</b>	<b>13</b>
3.1.1 Gestaltungsgrundsätze	13
3.1.2 Umsetzung Gestaltung	18
<b>3.2 Variantenstudien und Entscheide</b>	<b>19</b>
<b>3.3 Gewässerunterhalt und Notfallplanung</b>	<b>20</b>
<b>3.4 Massnahmen Wasserbau / Bautechnik</b>	<b>20</b>
3.4.1 Geologie und Geotechnik	20
3.4.2 Ufergestaltung	20
3.4.3 Ufererhöhungen	24
3.4.4 Dichtwände	24

<b>3.5</b>	<b>Massnahmen Siedlungsentwässerung und Drainage</b>	<b>25</b>
3.5.1	Ersatz RU Altenbergstrasse	25
3.5.2	Neubau Entlastungsleitung mit Spezialbauwerk	25
3.5.3	Umbau PW Altenberg	26
3.5.4	Seitenast Uferweg	27
3.5.5	Neubau Drainage	27
3.5.6	Betrieb / Unterhalt	27
<b>4</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>28</b>
4.1	Berichte und Studien	28
<b>Anhang A</b>	<b>Grundlagen zur Überarbeitung des Vorprojektes</b>	
<b>A.1</b>	<b>Unterschiedliche Pegelstände</b>	
<b>A.2</b>	<b>Schadenwerte Hochwasserereignisse, Risiko und Grenzkosten</b>	

## TEIL II Projektbeschreibung / Massnahmen Abschnitt Altenberg

### 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"> <li>- Abschnitt Marzili (L1 – L3)</li> <li>- Abschnitt Matte links (L4 – L6) und Matte rechts (R3)</li> <li>- Abschnitt Langmauer (L7 – L8)</li> <li>- Abschnitt Dalmazi (R1 – R2)</li> <li>- <b>Abschnitt Altenberg (R4)</b></li> </ul>
Teil III	Übergreifende Themen und Schlussfolgerungen

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

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

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

## 1.2 Hydraulik

### 1.2.1 Hydraulische Modellierung

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

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

### 1.2.2 Projektziele

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

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

Abschnitt [km]	Bereich	Massnahmenziele
29.750 – 30.670	R4 Altenberg (Teilabschnitt)	Vollständiger Schutz bis 600 m <sup>3</sup> /s ( <i>HQ<sub>100</sub></i> ) ohne Verklausung Altenbergsteg und begrenzter Schutz für höhere Abflüsse bis 700 m <sup>3</sup> /s *
30.605 – 30.800	R4 Altenberg (Teilabschnitt)	Begrenzter Schutz bis 600 m <sup>3</sup> /s (entspricht Szenario Stollen Thun mit reduziertem Freibord von 30 cm, maximaler Abfluss 550 m <sup>3</sup> /s zum Schutz der Unterlieger)
30.800 – 32.600	R4 Altenberg (Teilabschnitt)	Keine Massnahmen vorgesehen (v.a. kein Areal-schutz)

Das Massnahmenziel „begrenzter Schutz bis 600 m<sup>3</sup>/s“ auf dem Abschnitt R4 Altenberg km 30.605 bis 30.800 resultiert aus Überlegungen auf der Basis des Szenario Stollen Thun mit einem Abfluss von 550 m<sup>3</sup>/s. Mit diesem Massnahmenziel kann der maximale Abfluss zum Schutz der Unterlieger aus dem Betriebsreglement des Hochwasserschutzstollens in Thun unter Einhaltung eines reduzierten Freibordes von rund 30 cm weitgehend schadlos abgeleitet werden. Mit diesem reduzierten Freibord kann das erforderliche Freibord aufgrund von Unschärfen in der Bestimmung der Wasserspiegellage, nicht aber das erforderliche Freibord aufgrund von Wellenbildung und Rückstau an Hindernissen (vgl. Empfehlungen KOHS [9]) abgedeckt werden. Aus diesem Grund kann ein lokales Überschwappen durch Wellenbildung oder Rückstau an Hindernissen zwischen Altenbergsteg und botanischem Garten nicht ausgeschlossen werden. Der Verzicht auf einen Areal-schutz unterhalb der Lorrainebrücke bedeutet, dass bei 550 m<sup>3</sup>/s zwischen Lorraine und dem Wehr Engehalde Ausuferungen auftreten werden.

Auf das Anheben des Altenbergstegs 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 Altenberg Schutzkoten gemäss nachfolgender Tabelle 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 rechte Aareseite auf dem Abschnitt Altenberg. 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>
29.753	499.53	499.73	500.34	500.63	500.12
29.837	499.44	499.63	500.25	500.54	499.99
30.003	499.23	499.41	500.05	500.33	499.75
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	497.60	497.80	498.21	498.47	498.19
31.400	497.36	497.55	497.96	498.22	497.95
31.600	497.10	497.30	497.71	497.99	497.74
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 Altenberg (rechtes Ufer) fliesst die Aare in einem relativ schmalen Tal, dessen Flanken beidseitig durch vorwiegend siltige bis sandige Ablagerungen

glazigenen 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 Aare-Kilometer 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] abstützen.

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 sogenannte **Rückstausedimente** bezeichnet. Es ist davon auszugehen, dass es sich um Sedimente handelt, die bereits einem früheren Flusssystem zuzuordnen sind. Allerdings war die Strömungsenergie im Verhältnis zur Geschiebefracht relativ 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 beläuft sich im Durchschnitt auf 5 m.

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 wurden massgebende Geländemodellierungen vorgenommen. 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 und belastete Standorte

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 ein kleines Grundwasservorkommen, welches sich bis nördlich des Lorrainebads erstreckt und im Gewässerschutzbereich A<sub>u</sub> liegt. Der Aarelauf ist dem Bereich A<sub>o</sub> zugeordnet. Trinkwasserfassungen von öffentlichem Interesse mit entsprechenden Grundwasserschutzzonen sind keine vorhanden.

Belastete Standorte sind im Bereich der baulichen Massnahmen keine vorhanden [5].

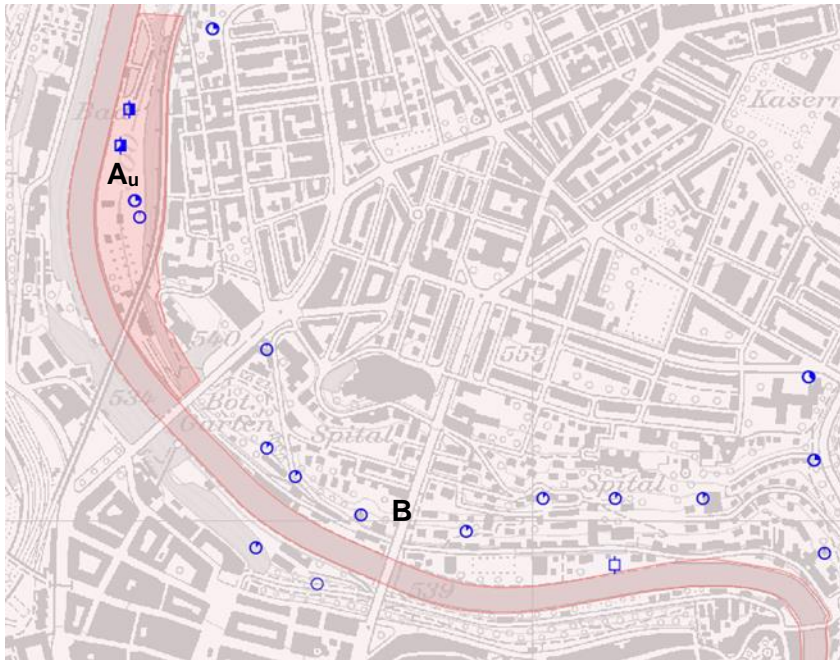


Abbildung 1: Auszug aus der kantonalen Gewässerschutzkarte. Quelle: [5].

### Grundwassernutzungen

Gemäss den Angaben des kantonalen Amtes für Wasser und Abfall AWA sind im Bereich Altenberg keine konzessionierten Fassungen vorhanden. Altrechtliche Grundwassernutzungen ohne Konzession sind nicht bekannt. Im Rahmen des Bauprojektes ist das Inventar zu verifizieren und bei Bedarf anzupassen.

### Strömungsverhältnisse des Aare-Grundwassers

Das rechtsufrige Grundwasservorkommen Altenberg weist einen typischen „Bypass-Charakter“ auf. Dies bedeutet, dass im oberen Teilabschnitt Aarewasser ins Grundwasser infiltriert und dadurch das Vorkommen speist. Im unteren Teilabschnitt exfiltriert sämtliches Grundwasser wieder zurück in die Aare. Hangseitig findet wiederum eine zusätzliche Speisung durch unterirdische Hang- und Schichtwasserzuflüsse statt.

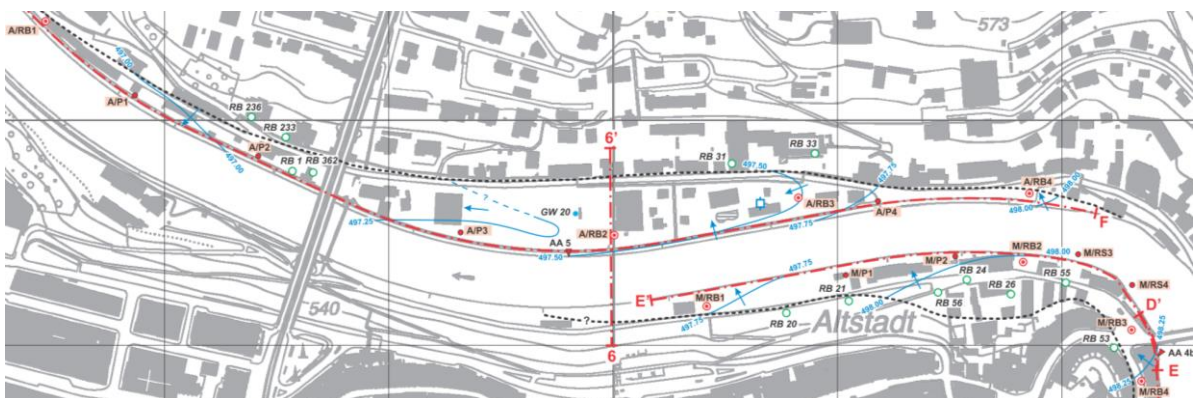


Abbildung 2: Isohypsenplan der Grundwasser-Stände vom 05.07.2007 mit Fließrichtung (Aareanstieg am 04.07.2007 von 190 auf 320 m<sup>3</sup>/s). Quelle: Kellerhals & Häfeli AG, [7].

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 2). Die regulären Hochwasserstände treten somit in den Sommermonaten Juni/Juli auf, die Niederwasserstände in den Wintermonaten Dezember bis März (Abbildung 3).

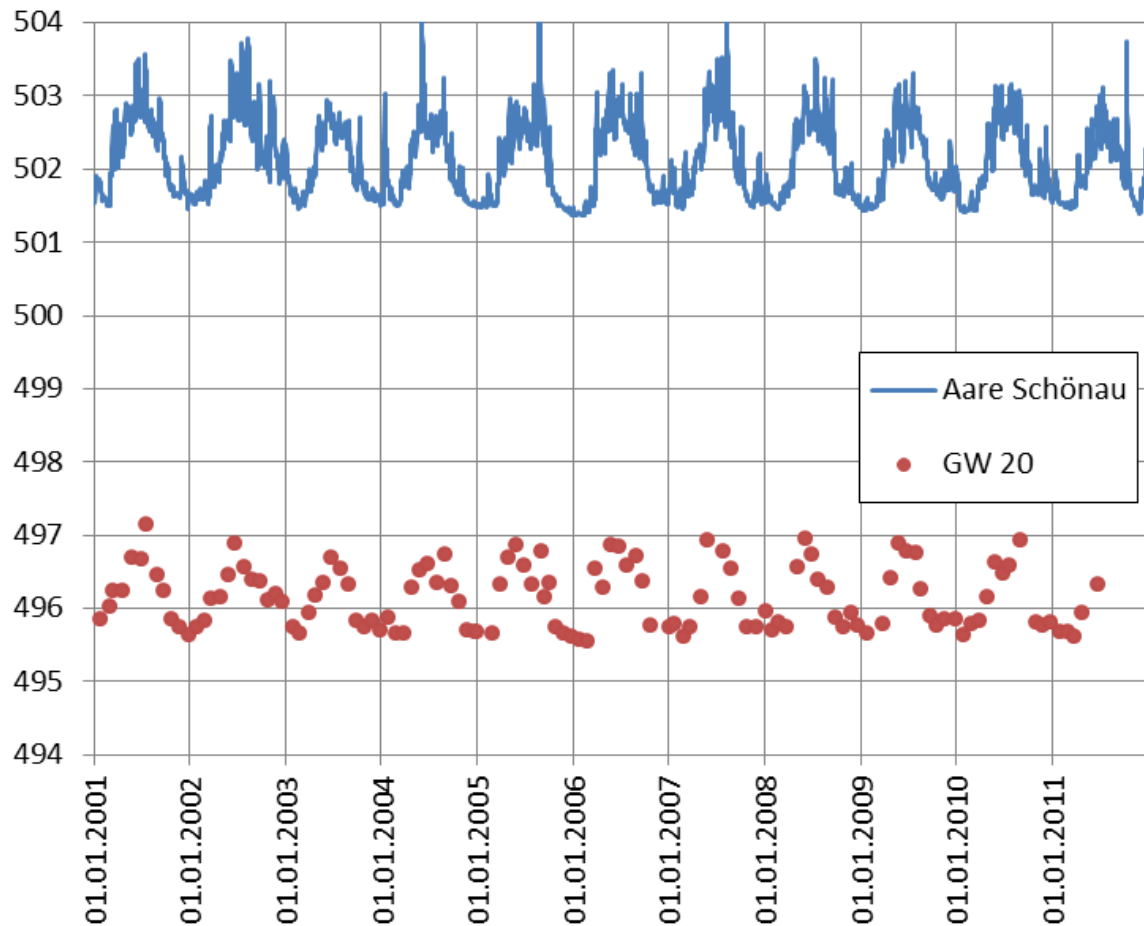


Abbildung 3: Schwankungsverhalten des Grundwassers (monatliche Einzelmessungen) im Vergleich zum Aarepegel.

## 1.4 Siedlungsentwässerung

Zentrales Element der Siedlungsentwässerung im Altenberg ist das Pumpwerk (PW) Altenberg. Hier wird das Abwasser mittels Schneckenpumpen gehoben und via Düker auf die linke Aareseite gegeben, wo es beim Bluturm in den ARA-Stollen eingeleitet wird. Das Einzugsgebiet des PW Altenberg umfasst nebst dem Altenberg selber auch Gebiete der Schosshalde und Obstberg.

Der Abfluss ab dem PW Altenberg ist über die Pumpleistungen geregelt. Die vorhandenen Pumpaggregate können maximal 825 l/s in Richtung ARA weiterleiten und 2'160 l/s in die Aare entlasten (via Entlastungspumpwerk). Die aktuelle Pumpensteuerung nützt die maximale Leistung nicht aus. Rückstauprobleme im Kanalnetz sind nicht bekannt.

Der Zufluss zum Altenberg wird primär über den Regenüberlauf Altenbergstrasse (7379024) auf maximal 650 l/s gedrosselt. Ein höherer Zufluss bei Starkgewittern wird im Normalfall in die Aare entlastet. Im Altenberg sind mehrere kleinere Regenabwassersysteme vorhanden, welches Regenabwasser und stetig anfallendes Sicker-/Hangwasser in die Aare einleiten.

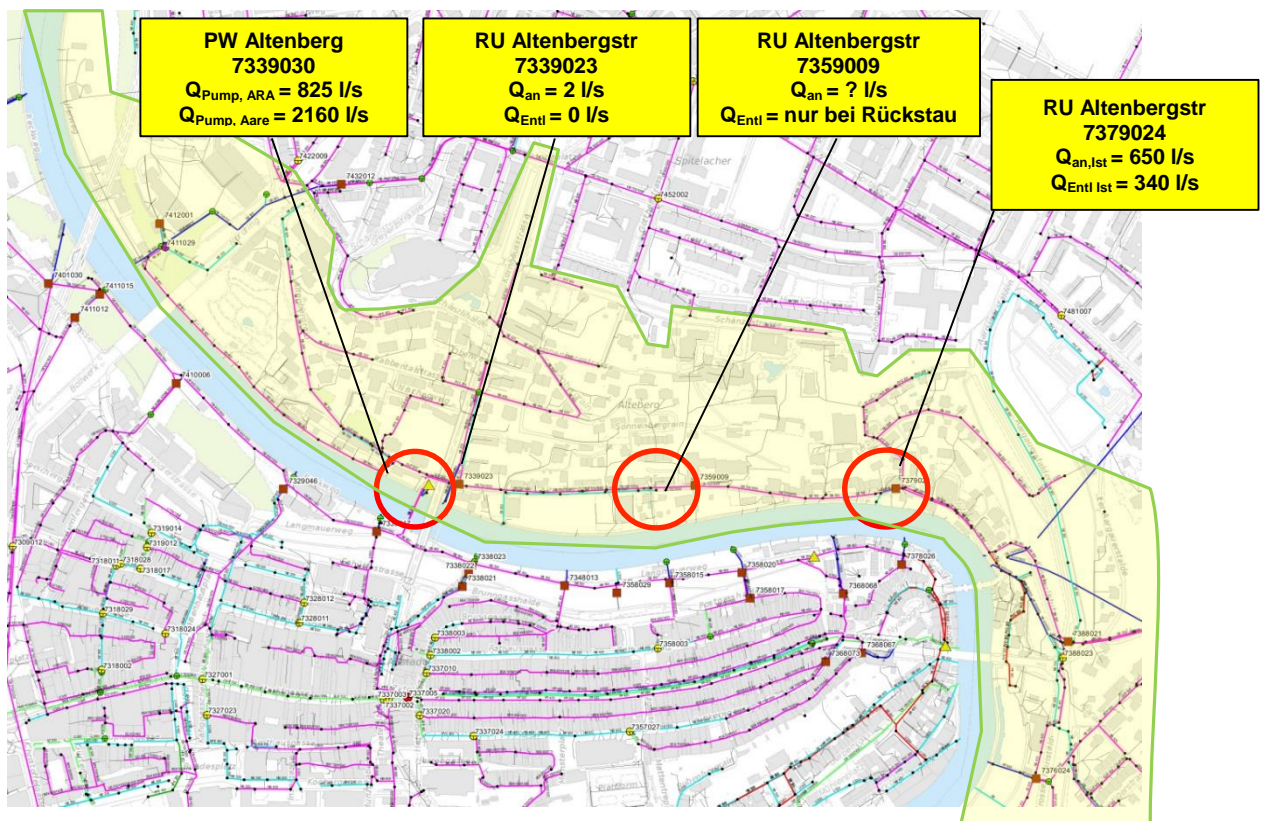


Abbildung 4: Kanalisationsnetz im Abschnitt Altenberg mit Sonderbauwerken

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**

Der regionale Richtplan sieht vor, in diesem Abschnitt den Biber zu fördern und daher das Ufer mit Weidenstecklingen zusätzlich zu bestocken. Dies ist im vorliegenden Projekt so vorgesehen, jedoch werden die bestehenden Weiden belassen. Weitere Massnahmen zur Förderung des Bibers werden im Ausführungsprojekt geplant.

## **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 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/s inklusive Freibord nach KOHS-Empfehlungen bzw. bis zum EHQ-Abfluss von 700 m<sup>3</sup>/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 5, 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 5, 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 5) in dieser Grösse kaum realisierbar ist und aus Gewässerschutzgründen nicht in Frage kommt, nutzt man bei der Variante V2 – Dichtwand (Abbildung 5) 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).

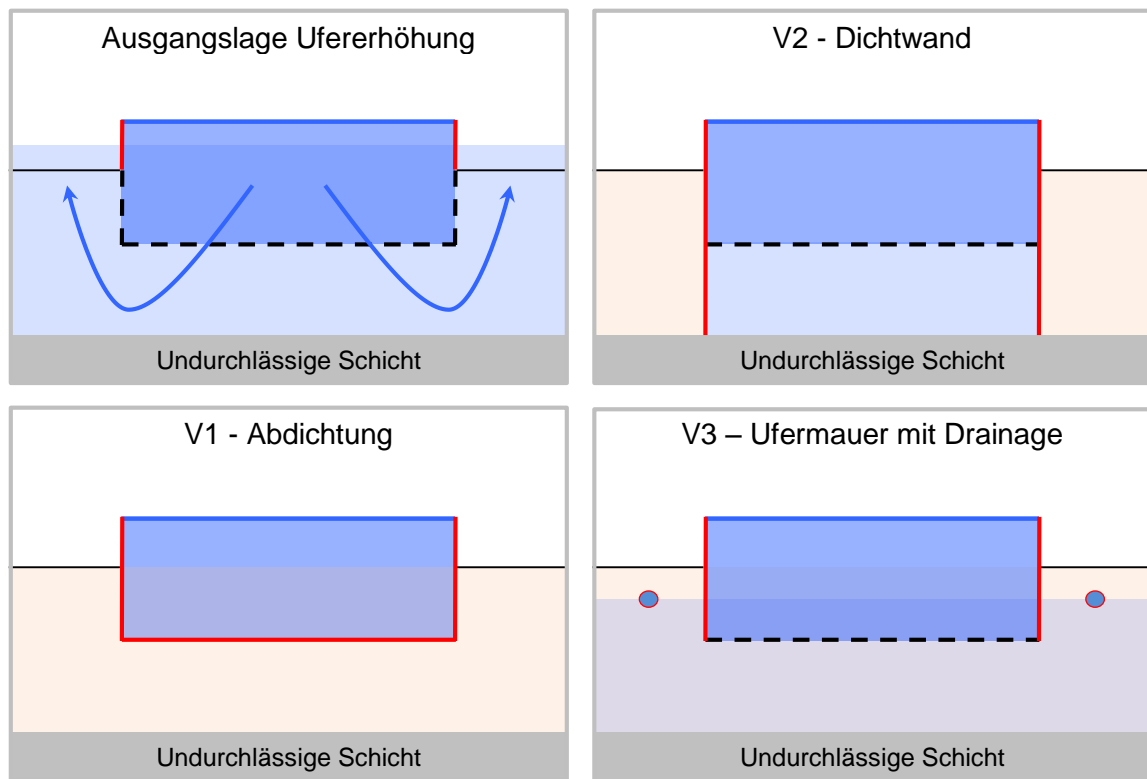


Abbildung 5: Prinzip der Abdichtung (rot: dichte Massnahme).

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 6 dargestellt.

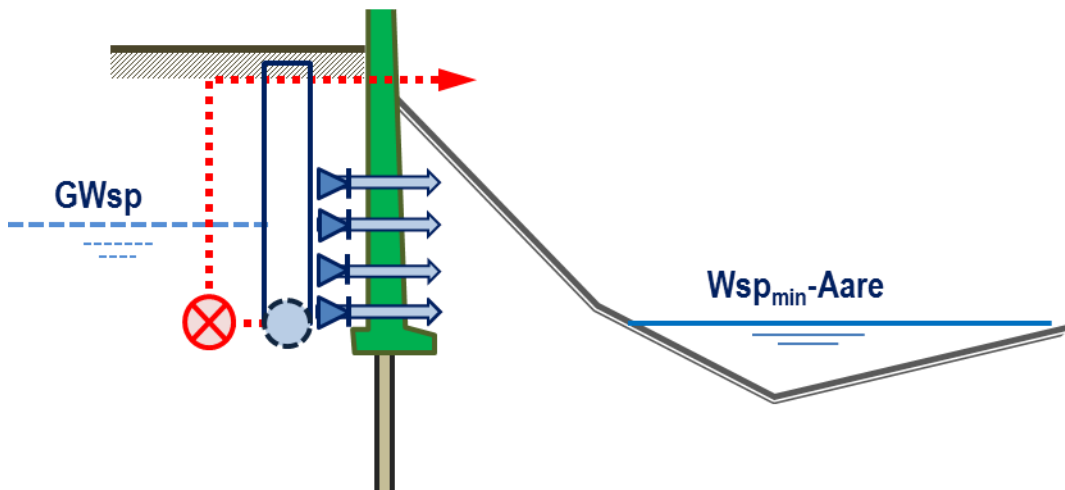


Abbildung 6: Prinzipskizze der Grundwasserdrainage. Blau = Normalsituation wenn Grundwas-  
serspiegel GWsp höher als Aare-Wasserspiegel (Exfiltration des Grundwasser-Trägers in die Aa-  
re). Rot = Hochwassersituation.

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 Entlastungsleitungen 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.

Um auch bei Hochwasser einen sicheren und störungsfreien Siedlungsentwässerungsbetrieb zu gewährleisten, wird vom RU Altenberg eine neue Entlastungsleitung in die Aare bis zum PW Altenberg gebaut. Diese Entlastungsleitung nimmt auch vom Mischsystem getrenntes Regenabwasser und Sickerwasser auf. Bei normalem Aare-Wasserstand erfolgt die temporäre Entlastung von Mischabwasser ab dem Regenüberlauf Altenberg in die Aare. Das stetig anfallende Sickerwasser wird über die neue Leitung in die Aare eingeleitet.

Bei Aare-Hochwasser ist die Einleitung in die Aare infolge der Druckverhältnisse nicht mehr möglich. Sämtliches Abwasser (Schmutz-, Regen-, Sickerwasser) wird dann über ein Spezialbauwerk in das PW Altenberg umgeleitet, wo es entweder in Richtung ARA geleitet oder teilweise in die Aare entlastet wird. Das Entlastungspumpwerk ist hochwassersicher umzubauen (Anbau mit Erhöhung der Entlastungsdruckleitungen bis über Aareniveau).

Das Drainagenetz ist so konzipiert, dass es nur im Aare-Hochwasserfall Grundwasser drainiert. Das Drainagenetz ist an die Entlastungsleitung angeschlossen, so dass allfällig im Normalfall anfallendes Drainagewasser in die Aare geleitet wird. Bei Hochwasser in der Aare erfolgt der Abfluss zum PW Altenberg.

### **2.5 Gestaltung**

#### **Entwurfsparadigmen**

Um das Projekt Hochwasserschutz zu verstehen, ist es zunächst erforderlich, die gestalterische Qualität der historischen Wasserbaumassnahmen zu erkennen und zu akzeptieren. Eindrückliche historische Referenzen sind beispielsweise im Bereich des Klösterlis und der Untertorbrücke vorhanden. Auch in den anderen Abschnitten der Hochwasserschutzbauten wird mit bereits vielfach vorhandenen, vertrauten Elementen gearbeitet: mit Böschungsmauern, Liegepitschen, 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 spendenden 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 prägten 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 Warenumsatz 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 ermöglichen 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 / 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 <b>nehmen Bezug</b> zur Stadt Bern, welche vorwiegend aus Sandstein gebaut ist. In <b>vergleichbaren Städten</b> wie z.B. in Hamburg wurden die Mauern für den Hochwasserschutz in für diese Stadt typischen Bricks erstellt. In Bern stehen in <b>unmittelbarer Nähe</b> der neuen Mauern bestehende Gebäude und Mauern aus Sandstein. An vielen Stellen befanden sich schon früher <b>Wehr-Mauern</b> aus Sandstein. Zeugen als Relikte sind noch vorhanden. Die neuen Sandsteinmauern werden im <b>städttebaulichen Kontext</b> nicht als Hochwasserschutzmassnahmen gelesen, sondern als <b>Quaimauern, Sitzelemente im Park, Gartenmauern</b> verstanden. Sie werden zu wohltuenden und nutzbaren <b>Gestaltungselementen im öffentlichen Raum</b> . Es entsteht für die Stadt über den Schutz hinaus ein überzeugender <b>Mehrwert</b> . 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 <b>funktionales Element</b> gelesen wie z.B. jenes einer Stützmauer. Bei einer <b>freistehenden Betonmauer</b> 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 <b>Bezug zur näheren Umgebung fehlt</b> . Im Endbereich des Tychs wird die heute bestehende Betonmauer als Hochwasserschutz gelesen. Doch als <b>Gestaltungselement</b> vermag sie nicht zu überzeugen. Zurzeit stehen vieler Orts einzelne Betonmauern, welche einst als Sofortmassnahmen gegen das Hochwasser erstellt wurden. Sie wirken störend und <b>abweisend</b> . Alleine die Länge der Matte und der Aarstrasse beträgt <b>über 1.4 km</b> . Dies alles in Beton? Vom gegenüberliegenden Ufer her betrachtet und je nach Wasserstand ist die Mauer über <b>3 m hoch sichtbar</b> . Es handelt sich also beim Hochwasserschutz <b>nicht um punktuelle Eingriffe</b> sondern um <b>zusammenhängende, weit ausgedehnte Massnahmen</b> , welche das gewohnte <b>Bild des Aareraumes und jenes der Stadt</b> 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. Auf weitere ökologische Aufwertungsmassnahmen im Gerinne unterhalb des Altenbergstegs wird verzichtet. **Ökologische Aufwertungen oberhalb des Wehrs Engehalde sind sicherlich wünschenswert, müssen aber in einem separaten Projekt erfolgen.**

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.

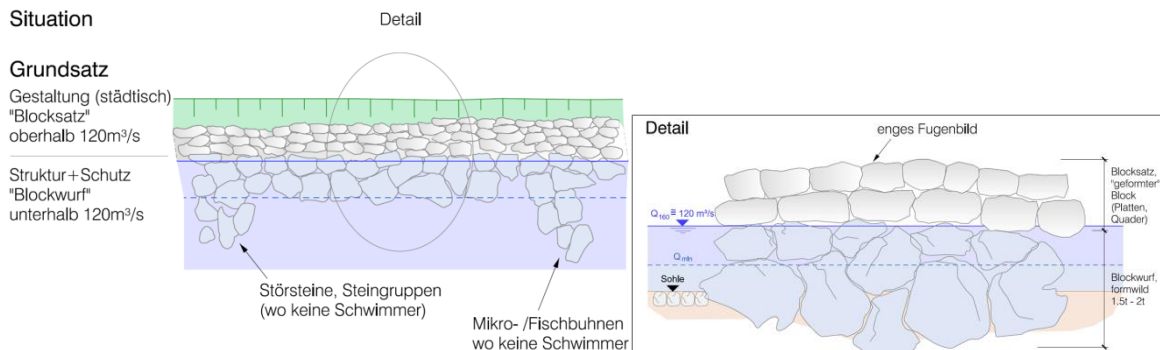


Abbildung 7: Prinzipskizze Aareufer Bern.

## 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 berntypische 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

#### **R4 - Altenberg inkl. Altenbergsteg**

Die bestehende Sandsteinmauer von der Untertorbrücke bis zum Gebäude Altenbergstrasse 1 (Feuerwehrdepot) wird saniert und partiell instand gestellt. Die flussabwärts nachfolgenden bestehenden Ufermauern werden erhöht, d.h. im Wasserbereich mit Kalkstein verkleidet, im oberen Bereich mit Sandsteinquader ergänzt. Der Hochwasserschutz verläuft an der Böschungskante bis zum Beginn des Uferweges auf der Höhe der Altenbergstrasse 19. So bilden ab der Felsenburg bestehende und neue Mauern ein durchgängiges Bild entlang dieser städtebaulich sensiblen Aussenseite der Flussschlaufe, im Sicht- und Einflussgebiet der Untertor- und Nydeggbücke.

Im weiteren Verlauf der Aare springt die Ufermauer von der Böschungskante auf die Hangseite des Weges. Der Hochwasserschutz verläuft an der Grundstücksgrenze, wobei die Mauer auf den Privatgrundstücken zu liegen kommt. Durch die Lage an der Grenze bzw. auf dem dahinterliegenden Grundstück werden umfangreiche Anpassungsarbeiten notwendig. Die zurzeit sehr unterschiedlichen Mauern, Hecken und Zäune werden durch eine ruhige, einheitlich gestaltete Sandsteinmauer ersetzt. Im weiteren Planungsverlauf muss die Lage der Zugänge mit mobilen HWS-Einrichtungen mit den Anwohnern abgestimmt werden.

Um den schmalen, sehr stark frequentierten Uferweg auf diesem Abschnitt zu verbreitern, wird der Weg auf der Strecke bis zur alten Turnhalle Altenberg um ca. 80 cm abgesenkt. Durch diese Massnahme wird der Weg bei normalem Wasserstand besser begehbar. Zudem sind in diesem Bereich Sitzstufen vorgesehen, welche auch einen angenehmen Ein- und Ausstieg ermöglichen. Es bedingt jedoch auch, dass bei sehr hohem Wasserstand der Aare der Uferweg gesperrt wird und die Fussgänger auf die Altenbergstrasse ausweichen müssen.

Auf der Höhe der alten Turnhalle wird die HWS Mauer nach hinten ans bestehende Gelände geführt. Beim Sportplatz verläuft die Mauer an der Altenbergstrasse und schliesst vor der neuen Turnhalle wieder an den Uferweg. Dies bedeutet, dass die Rasenfläche bei einem Hochwasserereignis überflutet werden kann.

Ab der neuen Turnhalle bis zu den Pumpwerken nach dem Altenbergsteg verläuft die Mauer wieder als hinterer Wegabschluss. In diesem Bereich muss dem Übergang vom neuen HWS zur Treppenanlage beim Altenbergsteg und der Gestaltung der Anschlussflächen besondere Beachtung geschenkt werden. Das Ende der Hochwasserschutzmassnahmen erfolgt bei der Bocciabahn.

Im Bereich des rechten Widerlagers verlangt der Anschluss des Hochwasserschutzes oberstrom des Stegs bauliche und gestalterische Anpassungen.

Ab der Boccia-Bahn ist ein reduzierter Hochwasserschutz in Form von ca. 50 cm hohen Sandsteinquadern vorgesehen. Das tiefe Mäuerchen dient als Sitzmöglichkeit und verläuft in gerader Linie. Bei den notwendigen Durchgängen für Fussgänger und Anlieferungen werden mobile Massnahmen eingesetzt. Es handelt sich explizit nicht um einen vollständigen Hochwasserschutz.

Der intensiven Nutzung im Sommer für das Aareschwimmen wird durch die Zugänglichkeit bei den traditionellen Stellen mittels grosszügigen Treppenanlagen Rechnung getragen.

### 3.2 Variantenstudien und Entscheide

Im Vorprojekt [3] ist im Abschnitt Altenberg (R4) auf der ganzen Länge zwischen Untertorbrücke und botanischem Garten ein Linienschutz durch eine HWS Mauer vorgesehen. Der Sportplatz wird im Hochwasserfall überflutet. Für Gebäude unterhalb der Lorrainebrücke sind Objektschutzmassnahmen vorgesehen.

Gleich wie im Vorprojekt [3] wird der Verlauf der HWS Mauer ab Untertorbrücke bis zum Altenbergsteg beibehalten. Der Sportplatz wird in den Hochwasserkorridor einbezogen. Unterhalb des Altenbergsteges verläuft die HWS Mauer auf der Landseite des Uferweges und quert neu unterhalb des neuen Pumpwerkes zum Altenberggrain. Entlang des Altenberggrains verläuft der HWS-Schutz zwischen Strasse und Bocciabahn, ein mobiler Schutz quert die Abzweigung Altenberggrain – Uferweg.

Im Rahmen der Überarbeitung des Vorprojektes wurden im Bereich Sportplatz - botanischer Garten reduzierte Massnahmenvarianten geprüft, da die Gefährdung mässig und das Schadenpotential sowie Risiko gering sind. Die Grundlagen zu den Abklärungen (betroffene Überflutungsgebiete, Schadenwerte) sowie die geprüften Varianten sind im Anhang dieses Berichtes sowie in [11] dokumentiert.

Damit der Hochwasser-Stollen in Thun optimal eingesetzt werden kann, dabei aber die Einsätze der Berufsfeuerwehr der Stadt Bern reduziert und Zugänge sichergestellt werden, sollen die Hochwasserschutz-Massnahmen zwischen Altenbergsteg und botanischem Garten auf einen begrenzten Schutz bis 600 m<sup>3</sup>/s ausgelegt werden. Mit diesem Massnahmenziel kann der Abfluss von 550 m<sup>3</sup>/s (Szenario Stollen Thun) unter Gewährleistung eines reduzierten Freibordes von 30 cm weitgehend schadenfrei durchgeleitet werden (Ausnahme Ausuferungen durch Wellenschlag oder Rücktau an Hindernissen). Entlang des Uferwegs wird daher eine Sitzmauer aus Sandsteinblöcken angebracht.

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 auch die Objektschutzmassnahmen im Bereich Lorrainebrücke – Wehr Engehalde / Projektgrenze. Für das geplante Entwicklungsgebiet sind im Rahmen der Bauordnung Auflagen zum Hochwasserschutz zu formulieren.

Aufgrund der Eingaben aus der Mitwirkung (vgl. Mitwirkungsbericht, Beilage C.6.1) wurden die Zugänge an die Aare verbessert. Weiter entschied die Bauherrschaft, die Be-

kämpfung der Neophyten nicht in das vorliegende Projekt zu integrieren. Hierfür wird ein separates Bekämpfungs-Konzept erarbeitet.

### **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 mit 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 Sicherheits- und ökologischen Anforderungen auch Ansprüche des Stadtbilds geltend gemacht. Im Weiteren wird dieser Abschnitt durch Schwimmer rege genutzt, wobei der Einstieg praktisch immer rechtsufrig erfolgt. Die Uferböschung wird deshalb abschnittsweise mit Sitzstufen zugänglich gemacht.

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

- Rechtsufrig (Altenberg): teilweise Absenkung des Uferwegs, Sanierung des bestehenden Plattenverbaus und Ergänzung mit Sitzstufen. Erneuerung der Vorgrundsicherung wo nötig.

- Linksufrig (Langmauer): Sanierung des bestehenden Plattenverbaus, zusätzliche Vorgrundsicherung wo nötig und Ergänzung mit Strömungsstrukturierungsmassnahmen (Blockgruppen, Fisch- und Mikrobuhnen etc.), die jedoch bei einem Abfluss von  $120 \text{ m}^3/\text{s}$  überströmt werden.

Durch die Absenkung des Wegs wird die bestehende Uferbestockung reduziert. Da diese im Moment v.a. von invasiven Neophyten geprägt ist, bedeutet dies kein Verlust an wertvollem Ufergehölz.

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

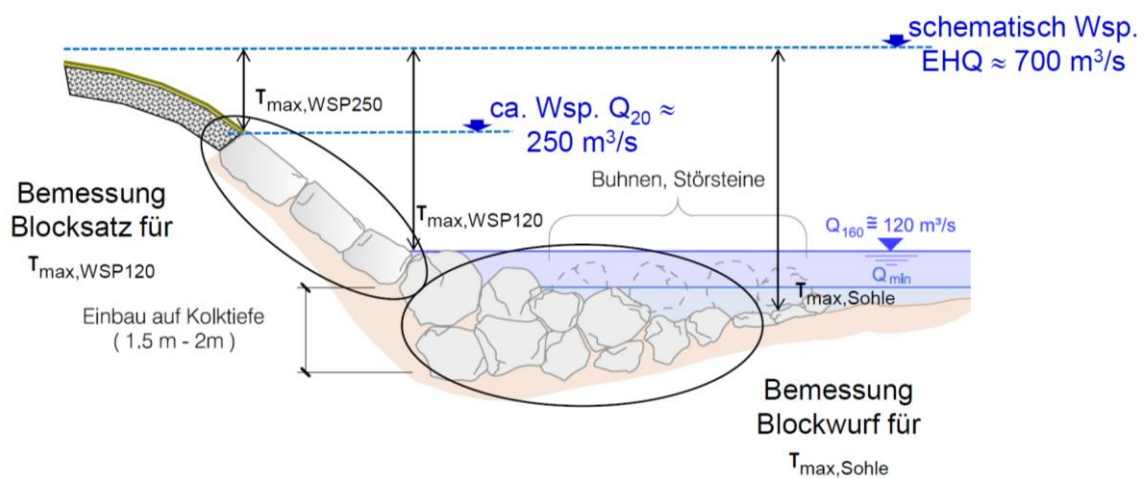


Abbildung 8: Lagen mit unterschiedlichen Schleppspannungen, Strömungsgeschwindigkeiten im selben Uferbereich. Böschungsneigungen variieren zusätzlich je nach Abschnitt.

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.

#### R4 - Sanierung Vorgrundsicherung / Kolkschutz

Die Ufersicherung im Bereich Altenberg bis zur Lorrainebrücke weist einzelne defekte Stellen im Plattenverbau auf [8]. Als Uferverbau im Abschnitt Altenberg wird der für die Aare in städtischen Abschnitten innerhalb der Stadt Bern entwickelte Standardtyp angewendet (vgl. Abbildung 9, Abbildung 10). Dieser sieht eine naturnahe, raue durchlässige Ufersicherung unterhalb  $Q_{160} = 120 \text{ m}^3/\text{s}$  vor. Oberhalb dieses Abflusses darf der Uferverbau urban gestaltet erscheinen; er besteht aus einem plattigen Verbau mit eng gefügten Natursteinplatten bzw. -quadern.

Aus Rücksicht auf die Schwimmer wird die raue, schwere Ufersicherung unterhalb der Wasserlinie von  $Q_{160} = 120 \text{ m}^3/\text{s}$  möglichst tief einbracht und nur soweit ausgedehnt, als dies aus Gründen der Sicherheit nötig ist (Kolkschutz, Vorgrundsicherung).

Im betrachteten Abschnitt sind Neophyten vorhanden. Im Bauprojekt wird jedoch auf eine komplette Entfernung, welche über die Absenkung des Uferwegs hinausgeht, verzichtet. Beim Neubau des Uferverbaus sowie im nachfolgenden Unterhalt ist darauf zu achten, dass der bestehende Neophyten-Bestand sowie dessen Ausbreitung konsequent bekämpft werden.

#### Situation

#### Detail

#### Grundsatz

Gestaltung (städtisch)  
"Blocksatz"  
oberhalb  $120 \text{ m}^3/\text{s}$

Struktur + Schutz  
"Blockwurf"  
unterhalb  $120 \text{ m}^3/\text{s}$

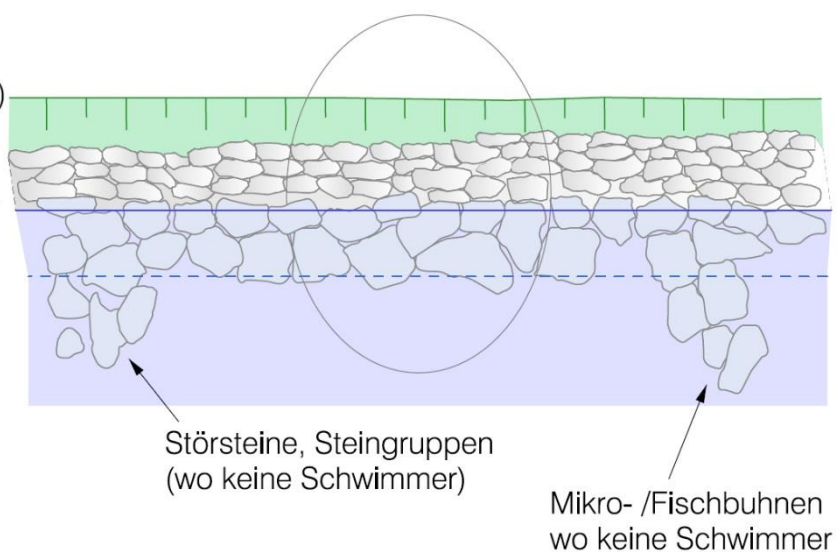


Abbildung 9: Basistyp Gestaltung Aareufer in städtischen Abschnitten, Situation.

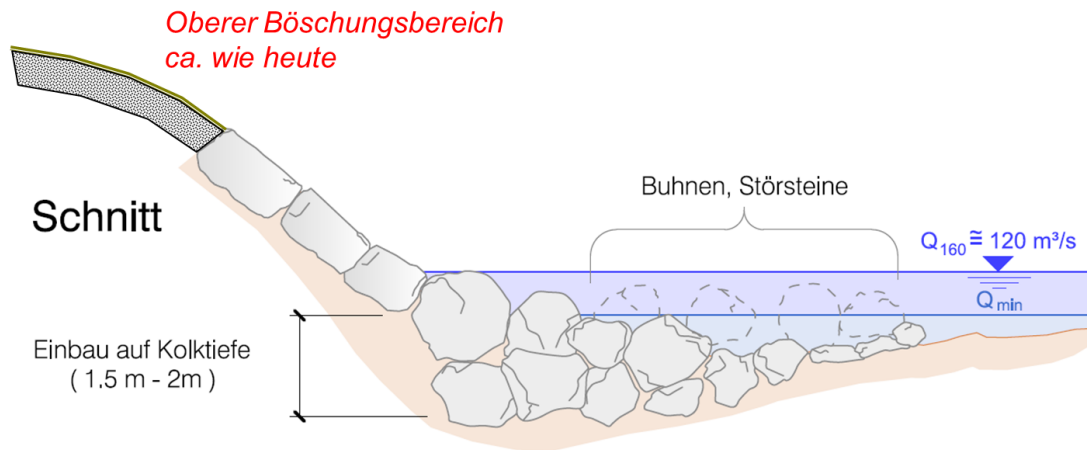


Abbildung 10: Basistyp Gestaltung Aareufer in städtischen Abschnitten, Schnitt.

### 3.4.3 Ufererhöhungen

Im Abschnitt unterhalb der Untertorbrücke bis zum Altenbergsteg wird rechtsufrig der Hochwasserschutz bis auf die Projektkote mit baulichen Massnahmen sichergestellt. Dies bedingt abschnittsweise folgende baulichen Massnahmen:

- Untertorbrücke bis Altenbergstrasse 13B: Erhöhung und Sanierung der bestehenden Ufermauer.
- Altenbergstrasse 44 - 60: Neue Ufermauer mit lokalen Einstiegen.
- Altenbergstrasse 19 - 39: Die Ufermauer wird landseitig des abgesenkten Uferwegs entlang der Parzellengrenze geführt. Das Aareufer ist ohne Behinderung direkt zugänglich. Unterstrom der Liegenschaft Altenbergstrasse 37 wird die Ufermauer an das erhöhte Terrain der Turnhalle, Altenbergstrasse 39, angeschlossen.
- Altenbergstrasse 90 bis Altenbergsteg: Der Hochwasserschutz wird vorerst zwischen Sportplatz und Altenbergstrasse als Mäuerchen am Ort der Sportplatzumzäunung geführt und erst auf Höhe des Schulhauses Altenbergstrasse 51 wieder nach vorne in Flussnähe aber landseits des Uferwegs genommen. Von dort aus führt der als Mauer gestaltete Hochwasserschutz bis unterhalb des Brückenkopfs des Altenbergstegs. Die Schutzmauer reicht bis zum Pumpwerk unterhalb des Altenbergstegs und schliesst dann an die Mauer der Bocciabahn gegen die Altenbergstrasse hin an.
- Unterhalb des Pumpwerks Altenberg wird ein reduzierter Hochwasserschutz für die Bauten linksseitig des Uferwegs mit einer Mauer sichergestellt, so dass ein Aareabfluss von 550 m³/s mit einem reduzierten Freibord von 30 cm abgeführt werden kann (Schutzkote wie 600 m³/s bordvoll). Die Mauer schliesst an die bestehende Mauer bei der Bocciabahn an. Sie verläuft landseitig des bestehenden Uferwegs, der in diesem Bereich in der Höhenlage unverändert bleibt.

### 3.4.4 Dichtwände

In diesem Abschnitt werden keine Dichtwände erstellt. Landseitig der Ufermauern wird eine Drainageleitung eingebracht, die abschnittsweise in die erneuerte Drainage- und Entwässerungsleitung in der Altenbergstrasse geführt und dann via Pumpwerk Altenberg in die Aare geleitet wird.

### 3.5 Massnahmen Siedlungsentwässerung und Drainage

#### 3.5.1 Ersatz RU Altenbergstrasse

Der Regenüberlauf Altenbergstrasse 7394024 wird mit dem Zulaufkanal neu erstellt, da dieser nur bis ca.  $Q_{Aare} = 450 \text{ m}^3/\text{s}$  vor Aare-Zufluss sicher ist. Die Weiterleitmenge in Richtung ARA bleibt wie im Ist-Zustand ( $Q_{an} = 650 \text{ l/s}$ ).

Der Überlauf wird als einseitiges Streichwehr realisiert. Der primäre Entlastungskanal in die Aare wird mittels Rückschlagklappe gegen Zufluss von Aarewasser gesichert. Kann das entlastete Mischabwasser nicht mehr in die Aare eingeleitet werden, so fliesst es über eine neue Entlastungsleitung (Auslauf 70cm höher als Primärablauf) in Richtung Pumpwerk Altenberg.

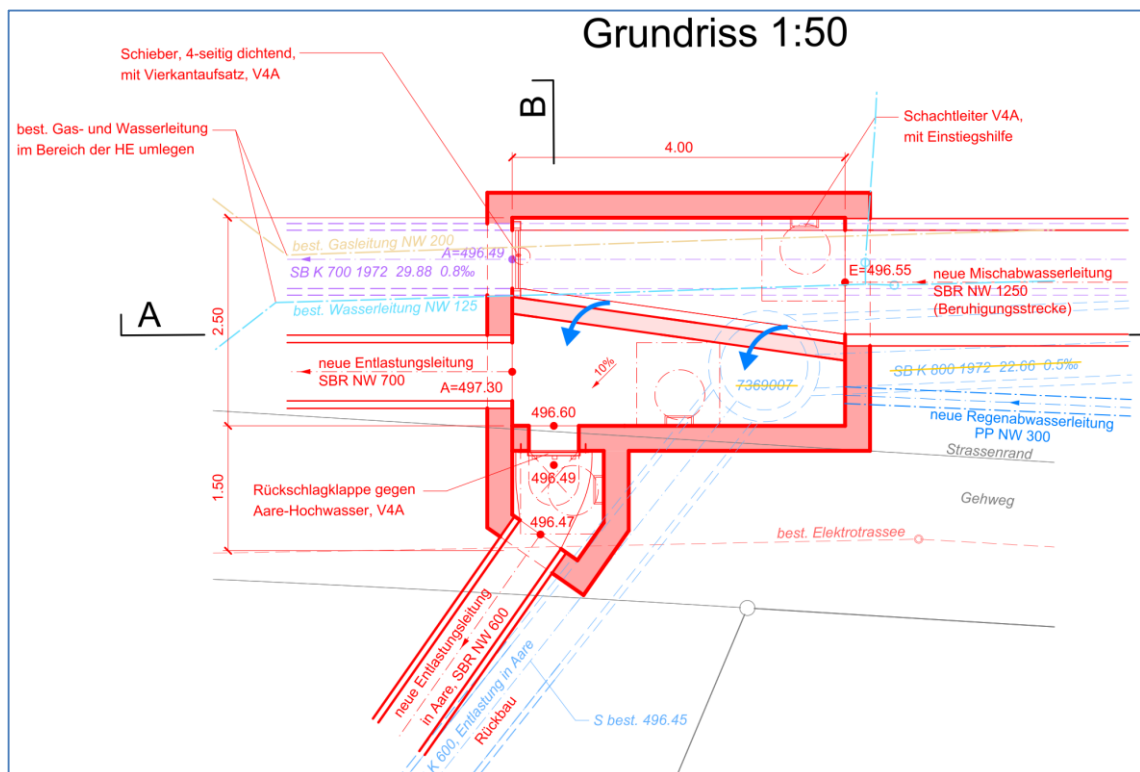


Abbildung 11: Neuer RU Altenbergstrasse

#### 3.5.2 Neubau Entlastungsleitung mit Spezialbauwerk

Die Entlastungsleitung hat grundsätzlich zwei Funktionen:

- In Normalfall dient sie zur Ableitung von Regenabwasser von bestehenden Trennsystemgebieten im Altenberg sowie zur Ableitung von stetig anfallendem Hang-, Sicker- und Brunnenwasser. Die neue Entlastungsleitung übernimmt die Funktion der diversen kleineren Regenabwassernetze mit Direkteinleitung in die Aare.
- Im Aare-Hochwasserfall dient die neue Entlastungsleitung dazu, dass das beim RU Altenberg entlastete Mischabwasser in Richtung Pumpwerk Altenberg geleitet und von diesem entweder weiter in Richtung ARA oder via Entlastungspumpwerk in die Aare gepumpt wird.

Die Entlastungsleitung wird mittels Rückstauklappe gegen Zufluss von Aarewasser geschützt. Im Hochwasserfall wird das Entlastungsleitung teilweise eingestaut bis das Abwasser über eine Überfallkante in die tiefer liegende Mischabwasserleitung fällt und dann zum PW Altenberg fließen kann.

### 3.5.3 Umbau PW Altenberg

Das bestehende Mischabwasser- und Entlastungspumpwerk verfügt über die notwendigen Kapazitäten, um selbst bei Aare-Hochwasser Starkgewitterereignisse zu verarbeiten, ohne dass für Liegenschaften kritische Rückstauhöhen überschritten werden.

Die aktuelle Steuerung des PW Altenberg nutzt die vorhandene Kapazität der Pumpen nicht aus. Offenbar reicht diese Steuerung für das heutige System. Im Aarehochwasserfall muss jedoch mehr Abwasser abgeleitet werden, da dieses nicht mehr in die Aare entlastet werden kann. Um diese Mehrmenge zu verarbeiten, muss die Steuerung die vorhandene Pumpleistung ausnützen können und entsprechend aufgerüstet werden.

Die Druckleitungen des Entlastungspumpwerkes enden auf 497.70 m ü. M., was ca. 30 cm unter dem Niveau vom Hochwasser 2005 war, wodurch sich ein Zufluss von Aarewasser ergab. Die Druckleitungen werden in einem Anbau bis über den Aare-Hochwasserpegel angehoben.

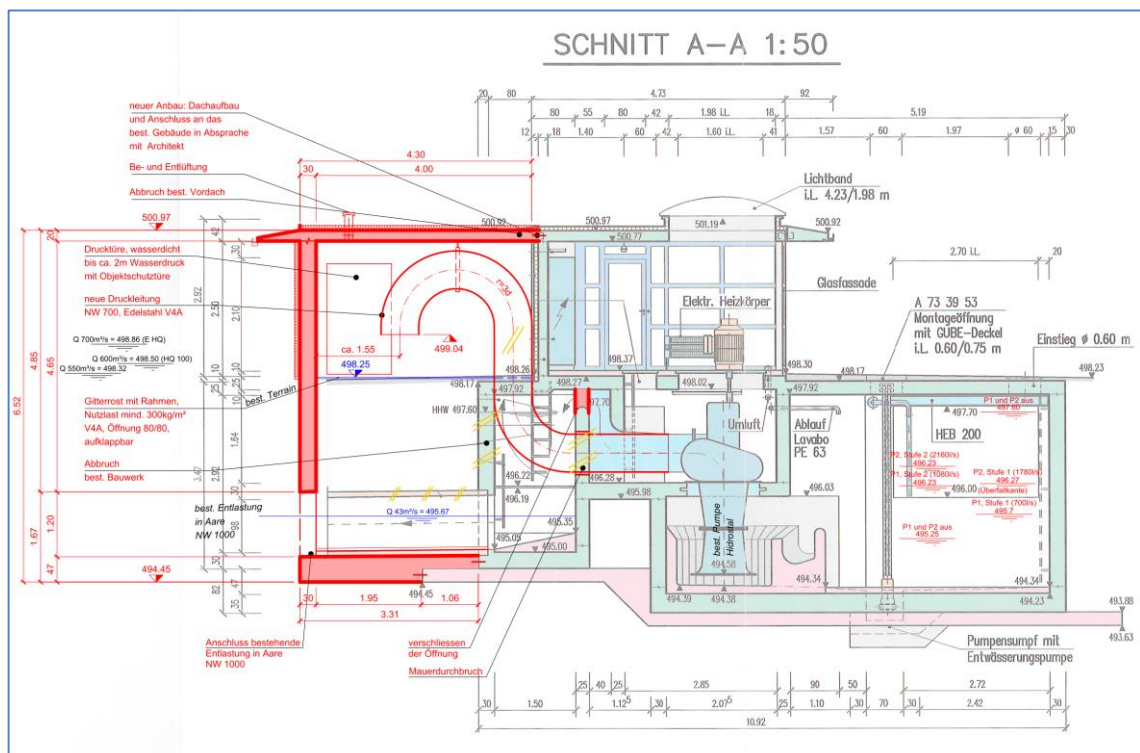


Abbildung 12: Anbau an bestehendes Pumpwerk Altenberg

#### **3.5.4 Seitenast Uferweg**

Das Abwasser der Gewerbeschule und der wenigen Liegenschaften am Altenberggrain wird in einer Kanalisationsleitung im Uferweg gesammelt und flussaufwärts zum Pumpwerk Altenberg geleitet.

Der Uferwegkanal wird ab ca. 450 m<sup>3</sup>/s überflutet, so dass Aarewasser via Lüftungslöcher in die Kanalisation eindringt. Um den Zufluss von Aarewasser zu regulieren, werden die Schachtabdeckungen ausgetauscht (verschraubte, wasserdichte Deckel mit Pickelloch anstelle der Deckel mit Lüftungslöchern). Bei zwei Kontrollschächten ist vorgesehen, ein Lüftungsrohr an die Stützmauer „Botanischer Garten“ zu montieren.

Mit dieser Massnahme kann der Zufluss von Aarewasser zum Pumpwerk Altenberg gegenüber heute stark reduziert werden. Ist der Zufluss zum Pumpwerk Altenberg im Hochwasserfall aus Betriebsgründen nicht mehr tragbar, so kann der Seitenast mittels Schieber vom Netz genommen werden. In diesem Fall wird das Abwasser des kleinen Einzugsgebietes unkontrolliert in die Aare fliessen. Da es sich nur um ein kleines Einzugsgebiet mit geringer Abwasserfracht handelt, ist dies in der Gesamtschau bzgl. Gewässerschutz vertretbar<sup>1</sup>.

#### **3.5.5 Neubau Drainage**

Die Drainage im Altenberg wird als sogenannte Mauerfussdrainage erstellt. Damit fällt nur im Aare-Hochwasserfall Drainagewasser an oder wenn der Boden um die Drainageleitung durch starke Niederschläge gesättigt ist.

Die Drainageleitung wird an die neue Entlastungsleitung angeschlossen. Im Normalfall kann das Drainagewasser so im Freispiegelabfluss in die Aare abgeleitet werden. Im Hochwasserfall fliesst das Drainagewasser zum PW Altenberg und wird von diesem weitergeleitet.

#### **3.5.6 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.

---

<sup>1</sup> Besprechung mit AWA, Juli 2014

## 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, L21 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.

## Anhang A Grundlagen zur Überarbeitung des Vorprojektes

### A.1 Unterschiedliche Pegelstände

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

Die Schwachstellenanalyse auf dem Abschnitt Altenberg basiert auf dem Vergleich der Uferkoten gemäss terrestrisch vermessenen Terrainkoten des Uferwegs und den berechneten Wasserspiegeln inklusive der berücksichtigten Unschärfe in der Wasserspiegellage aufgrund der Unsicherheit in der Sohlenlage. Ein Freibord gemäss Empfehlungen der KOHS [9] wurde nicht berücksichtigt.

Abbildung 13 zeigt die relative Höhe der Wasserspiegellagen für die untersuchten Abflussmengen zur Uferkote des rechten Ufers. Oberhalb von km 30.61 ist das Ufer durch die Mauer beim Altenbergsteg vor Überflutungen geschützt. Auf dem restlichen Abschnitt Altenberg kommt es bereits ab einem Abfluss von 450 m<sup>3</sup>/s zu einem Ausbruch auf der rechten Uferseite. Bei einer Abflussmenge von 550 m<sup>3</sup>/s<sup>2</sup> wäre eine Schutzhöhe von 0.7 bis 0.8 m über dem Uferweg notwendig.

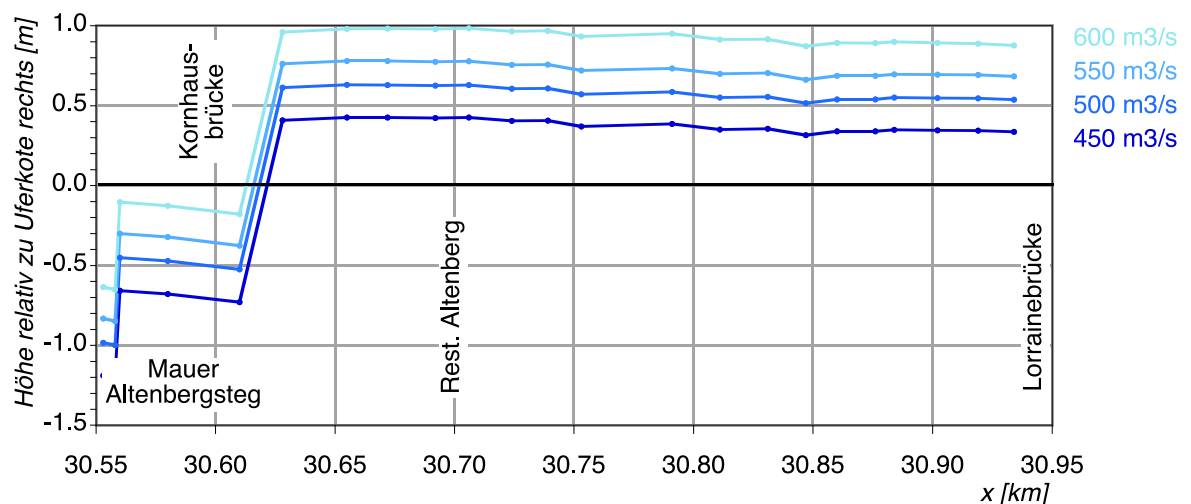


Abbildung 13: Schwachstellenanalyse Altenberg, rechtes Ufer, Uferweg = rel. Nullpunkt.

In Abbildung 14 sind die Überflutungsflächen bei einem Abfluss von 450 und 550 m<sup>3</sup>/s dargestellt (Schnitt Wasserspiegel inkl. Unschärfe in der Sohlenlage mit Terrainmodell). Bereiche hinter der Mauer beim Altenbergsteg sind durch die Mauer geschützt und werden nicht überflutet. Die geschützten Bereiche sind in der Abbildung schematisch mit einer orangen Linie abgetrennt.

<sup>2</sup> Abfluss gemäss Wunsch AWA für neues Betriebsreglement Hochwasserentlastungsstollen Thun nach Realisierung der Hochwasserschutzmassnahmen in Bern

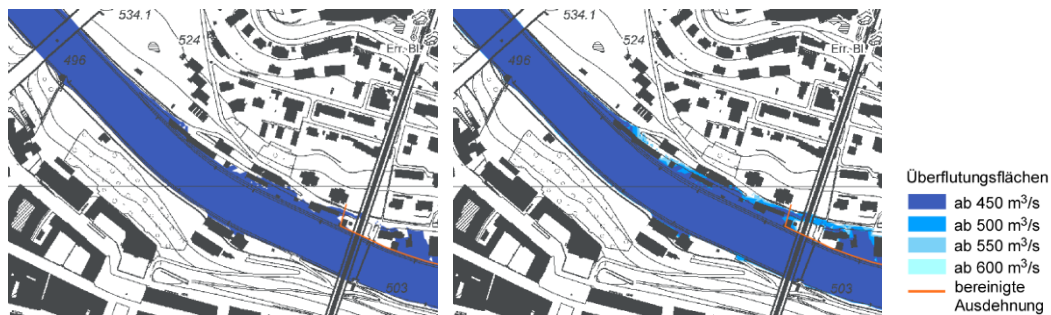


Abbildung 14: Überflutungsflächen Altenberg bei 450 m<sup>3</sup>/s (links) und 550 m<sup>3</sup>/s (rechts) im Ist-Zustand. Effektive Überflutungsfläche pragmatisch durch orange Linie abgegrenzt.

## A.2 Schadenwerte Hochwasserereignisse, Risiko und Grenzkosten

Zur Bestimmung des Risikos wurden die Schadenwerte der GVB verwendet. Der Wert für das Hochwasser 2004 (460 m<sup>3</sup>/s) wurde mit einem 30-jährlichen Hochwasser gleichgesetzt und die diejenigen aus dem Hochwasser 2005 (605 m<sup>3</sup>/s) mit einem 100-jährlichen Ereignis. Für die beiden Ereignisse konnten für den Abschnitt vom Altenbergsteg bis zum Lorrainebad aus den Zahlen der GVB Schadenssummen von 46'500.- respektive 345'000.- berechnet werden, wobei der Abschnitt Altenbergsteg bis Lorrainebrücke 60 (Ereignis 2005) bis 70 % (Ereignis 2004) der Schadenssumme ausmacht.

Die Schadenwerte der GVB wurden für die Risikoberechnung verdoppelt (Erfahrungswert). Dadurch werden nebst den Schäden an der Gebäudehülle, welche durch diesen Wert abgedeckt sind, auch zusätzlich die Schäden am Hausrat berücksichtigt.

Für den gesamten Abschnitt vom Altenbergsteg bis zum Lorrainebad wird ein Risiko von 2'200.-/a (HQ<sub>30</sub>) respektive 4'600.-/a (HQ<sub>100</sub>) berechnet. Mit den Inputgrössen gemäss Tabelle 5 wurden in Abhängigkeit der Risikoreduktion die maximalen Investitionskosten für eine Kostenwirksamkeit > 1 berechnet.

Grenzkosten (max. Investitionskosten) Altenbergsteg bis Lorrainebad

- Bei vollständiger Risikoreduktion bis HQ<sub>30</sub> : 80'000.-
- Bei vollständiger Risikoreduktion bis HQ<sub>100</sub> : 250'000.-

Tabelle 5: Grundlagen der Kostenwirksamkeitsrechnung.

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

Die Resultate aus der Risikorechnung wurden im Rahmen einer GPT-Sitzung präsentiert und diskutiert. Da die Verhältnismässigkeit von Hochwasserschutzmassnahmen unterhalb des Altenbergstegs nicht gegeben ist, wurde beschlossen, auf diesem Abschnitt keine zusätzlichen Massnahmen vorzusehen.