

Hochschule für angewandte Wissenschaften

Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt

Fakultät Architektur und Bauingenieurwesen

Studiengang Bauingenieurwesen

DIPLOMARBEIT IM FACH WASSERBAU

Hochwasserschutz Hafenlohr

Konzept zum Schutz des Bereichs der Hauptstraße vor dem Hochwasser des Mains

Alexandra Goldhammer

Köhlereiweg 13

63875 Mespelbrunn

Betreuer:

Prof. Dr. Ing. Gerald Steinmann

Externer Betreuer:

Dipl. Ing. Thies Rixen (WWA Aschaffenburg)

Tag der Ausgabe: 01.08.2010

Tag der Abgabe: 28.12.2010

Ich bestätige, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und ausschließlich mit den angegebenen Quellen und Hilfsmitteln angefertigt habe.

Messelbrunn, den 28.12.2010

Vorwort

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wird ein Konzept zum Schutz des Bereichs der Hauptstraße der Gemeinde Hafenlohr vor dem Hochwasser des Mains erstellt. Die Diplomarbeit entstand in Zusammenarbeit mit dem Wasserwirtschaftsamt Aschaffenburg, von dem alle notwendigen Unterlagen zur Verfügung gestellt wurden. Ich möchte mich besonders bei Herrn Thies Rixen bedanken, der die Diplomarbeit fachlich betreut hat und für Fragen jederzeit zur Verfügung stand. Ein weiteres Dankeschön geht an Herrn Bürgermeister Thorsten Schwab für die gute Zusammenarbeit und die Bereitstellung von Unterlagen aus dem Gemeindearchiv, an Herrn Anton Weis für das ausführliche Gespräch zur bestehenden Kanalisation, sowie an den Gemeinderat von Hafenlohr für das rege Interesse. Ich danke zudem Herrn Prof. Dr. Ing. Steinmann, der die Diplomarbeit betreut und das notwendige Hintergrundwissen in den Vorlesungen Wasserbau und Siedlungswasserwirtschaft vermittelt hat.

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	3
2	Allgemeine Beschreibung	6
2.1	Gemeinde Hafenlohr.....	6
2.2	Bach Hafenlohr und Mühlbach.....	8
2.3	Gebäudebestand.....	9
2.4	Bahndamm.....	10
2.5	Kanalnetz.....	12
3	Aktuelle Hochwassersituation	16
3.1	Mainhochwasser.....	16
3.2	Hochwasser des Baches Hafenlohr.....	22
3.3	Kombination von Mainhochwasser und Hochwasser der Hafenlohr.....	24
4	Historische Hochwasserereignisse	29
4.1	Hochwasser im Januar 2003.....	29
4.2	Hochwasser im Januar 1995.....	32
4.3	Hochwasser im Februar 1970.....	32
4.4	Hochwasser im Jahr 1920.....	33
5	Grundlagen im Hochwasserschutz	34
5.1	Allgemeine Begriffe.....	34
5.2	Hochwasserschutzdeiche.....	37
5.3	Hochwasserschutzwände.....	46
5.4	Bewegliche und mobile Hochwasserschutzkonstruktionen.....	50
5.5	Dränage.....	56
5.6	Leitungsquerungen.....	57
5.7	Absperrbauwerke.....	59
5.8	Pumpwerke.....	65
6	Festlegungen zum Hochwasserschutz Hafenlohr	66
6.1	Bereichseinteilung.....	66
6.2	Straßenbau.....	66
6.3	Berechnungswasserstand.....	68
6.4	Bodenverhältnisse.....	70
6.5	Methode zur Variantenbewertung.....	71

7	Hochwasserschutz Bereich Bahndamm	74
7.1	Lösungsvarianten.....	74
7.1.1	Variante 1a (BD).....	74
7.1.2	Variante 1b (BD).....	78
7.1.3	Variante 2a (BD).....	80
7.1.4	Variante 2b (BD).....	83
7.2	Kostenschätzung.....	85
7.3	Variantenbewertung.....	86
8	Hochwasserschutz Bereich Innerorts	90
8.1	Lösungsvarianten.....	90
8.1.1	Variante 1 (IO).....	90
8.1.2	Variante 2 (IO).....	95
8.1.3	Variante 3 (IO).....	99
8.2	Kostenschätzung.....	103
8.3	Variantenbewertung.....	104
9	Zusammenfassung	107
10	Literaturverzeichnis	109

1 Aufgabenstellung

Die Gemeinde Hafenlohr ist regelmäßig vom Hochwasser des Mains betroffen, wodurch dort die Lebensqualität oft erheblich beeinträchtigt wird. Die allgegenwärtige Gefahr eines Hochwassers macht besonders den Altort entlang der Hauptstraße für junge Menschen und Familien unattraktiv, was längerfristig gesehen eine Bevölkerungsabnahme und somit den Leerstand vieler Gebäude zur Folge hat.

Da zur Entlastung der Hauptstraße von Hafenlohr bereits eine Umgehungsstraße entlang des Mains vorgesehen ist, liegt es nahe, im Zuge und in Kombination mit diesen Arbeiten einen Hochwasserschutz für die Gemeinde zu erstellen. Bei der Trassenführung kommt aus Platzgründen nur der bestehende Bahndamm in Frage, woher auch die Vorgabe des Wasserwirtschaftsamtes Aschaffenburg rührt, diesen in Verbindung mit den Straßenbauarbeiten zu ertüchtigen.

Wie in der Aufgabenstellung der Fachhochschule Würzburg gefordert (siehe Seite 4 und 5), wird zunächst die aktuelle Hochwassersituation der Gemeinde dargestellt und bewertet. Unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten wie der Binnenentwässerung oder des Baches Hafenlohr werden mehrere Varianten für Hochwasserschutzmaßnahmen erarbeitet. Um nun eine möglichst wirtschaftliche und funktionelle Lösung zu finden, die aber auch die Wünsche und Bedürfnisse der Gemeindebevölkerung berücksichtigt, werden die Varianten diskutiert, gegenübergestellt und bewertet.



Hochschule für angewandte Wissenschaften
Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt
Fakultät Architektur und Bauingenieurwesen
Wasserbau und Siedlungswasserwirtschaft

Prof. Dr.-Ing. Gerald Steinmann

Diplomarbeit im Fach Wasserbau

Diplomandin: Frau Alexandra Goldhammer
Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Gerald Steinmann

Thema: **Hochwasserschutz Hafenlohr – Konzept zum Schutz des
Bereichs der Hauptstraße vor dem Hochwasser des Mains**

Tag der Ausgabe: 01.08.2010

Tag der Abgabe: 31.12.2010

Das Gemeindegebiet von Hafenlohr liegt im Regierungsbezirk Unterfranken im südlichen Bereich des Landkreises Main-Spessart und grenzt im Osten mit dem Hauptort Hafenlohr an den Main. Von Nordwesten kommend mündet in diesem Bereich auch der Hafenlohrer Bach in den Main. Für den Main liegen eine vom Wasserwirtschaftsamt Aschaffenburg erstellte 1D-Modellierungen der Hochwasserabflüsse und Karten der Überschwemmungsgebiete mit Angabe der jeweiligen Wasserstände vor.

Im Rahmen der Diplomarbeit soll darauf aufbauend ein Konzept zum Schutz des überschwemmungsgefährdeten Bereich der Hauptstraße von Hafenlohr vor einem Hochwasser des Mains erstellt werden. Hierbei sind unter besonderer Berücksichtigung der Aufrechterhaltung von Verkehrswegen, der Betriebssicherheit eventueller mobiler Einrichtungen und der Wirtschaftlichkeit verschiedene Möglichkeiten aufzuzeigen und zu vergleichen. Maßgeblich ist der Schutz vor einem 100jährigen Hochwasser.

Im einzelnen sind folgende Punkte zu bearbeiten:

- Darstellung und Bewertung der aktuellen Hochwassersituation der Gemeinde Hafenlohr auf der Grundlage vorliegender Berechnungen und Karten.
- Erarbeiten verschiedener Varianten zum Schutz des Bereichs der Hauptstraße von Hafenlohr vor einem 100jährigen Hochwasser des Mains unter Berücksichtigung der Binnenentwässerung; der Einfluss des Hafenlohrer Bachs ist hierbei nur soweit notwendig in pauschaler Form zu berücksichtigen.
- Erarbeitung einer Methode zur Bewertung der Varianten.
- Vergleich der Varianten unter technischen, wirtschaftlichen und betrieblichen Gesichtspunkten.
- Auswahl einer Vorzugsvariante mit Begründung.
- Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse in einem Bericht mit planlichen Darstellungen.

Hinweis: Die Bearbeitung erfolgt unter ergänzender externer Betreuung durch Herrn Dipl.-Ing. Rixen, Wasserwirtschaftsamt Aschaffenburg.

Würzburg, den 01.08.2010



(Prof. Dr.-Ing. Steinmann)

2 Allgemeine Beschreibung

2.1 Gemeinde Hafenlohr

Die Gemeinde Hafenlohr liegt nahe der Stadt Marktheidenfeld im Regierungsbezirk Unterfranken im Landkreis Main-Spessart (Abb. 1).



Abb. 1: Lageplan, verändert aus [www.de.map24.com]

Bekannt ist der Ort Hafenlohr, dessen Besiedelung bis in die Jungsteinzeit nachgewiesen werden kann, nicht nur für sein Jahrhunderte altes Töpferhandwerk, sondern auch für die einzigartige Flora und Fauna im Naturschutzgebiet Hafenlohrtal.

Der Mittelgebirgsbach Hafenlohr, der den Ort Hafenlohr durchquert, mündet dort in den Main. Ihren Ursprung hat die Hafenlohr in zwei Quellbächen aus den Orten Weibersbrunn und Rothenbuch im Hochspessart (Abb. 1).

Durch Hafenlohr verläuft die Staatsstraße 2315, welche innerorts die Hauptstraße ist (Abb. 3). Die St 2315 wird zurzeit im Bauvorhaben „Aufstieg“ von Marktheidenfeld bis zum südlichen Ortseingang von Hafenlohr ausgebaut und größtenteils verlegt. Das Bauvorhaben soll bis zum Herbst 2011 fertiggestellt sein. Zur Verkehrsentlastung der Hauptstraße in Hafenlohr ist eine weitere Verlegung der St 2315 vorgesehen (Kap.6.1). [www.hafenlohr.de]

Die Gemeinde Hafenlohr besteht aus dem Ortsteils Hafenlohr und dem Ortsteil Windheim (Abb. 2). Dieser wurde 1974 eingemeindet. Gemeinsam haben die beiden Ortsteile ca. 2000 Einwohner. [www.hafenlohr.de]

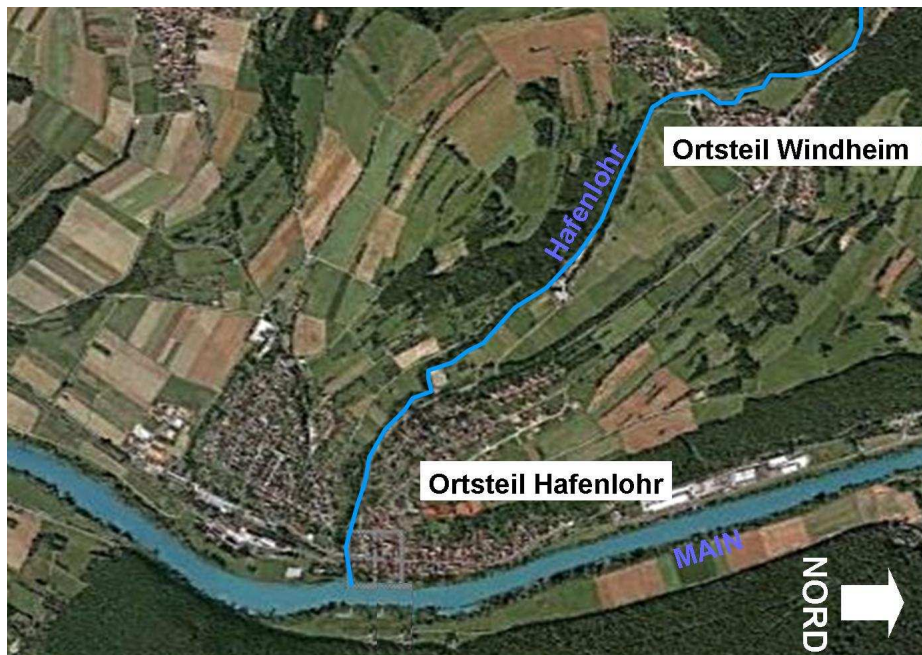


Abb. 2: Luftbild, verändert aus [www.maps.google.com]

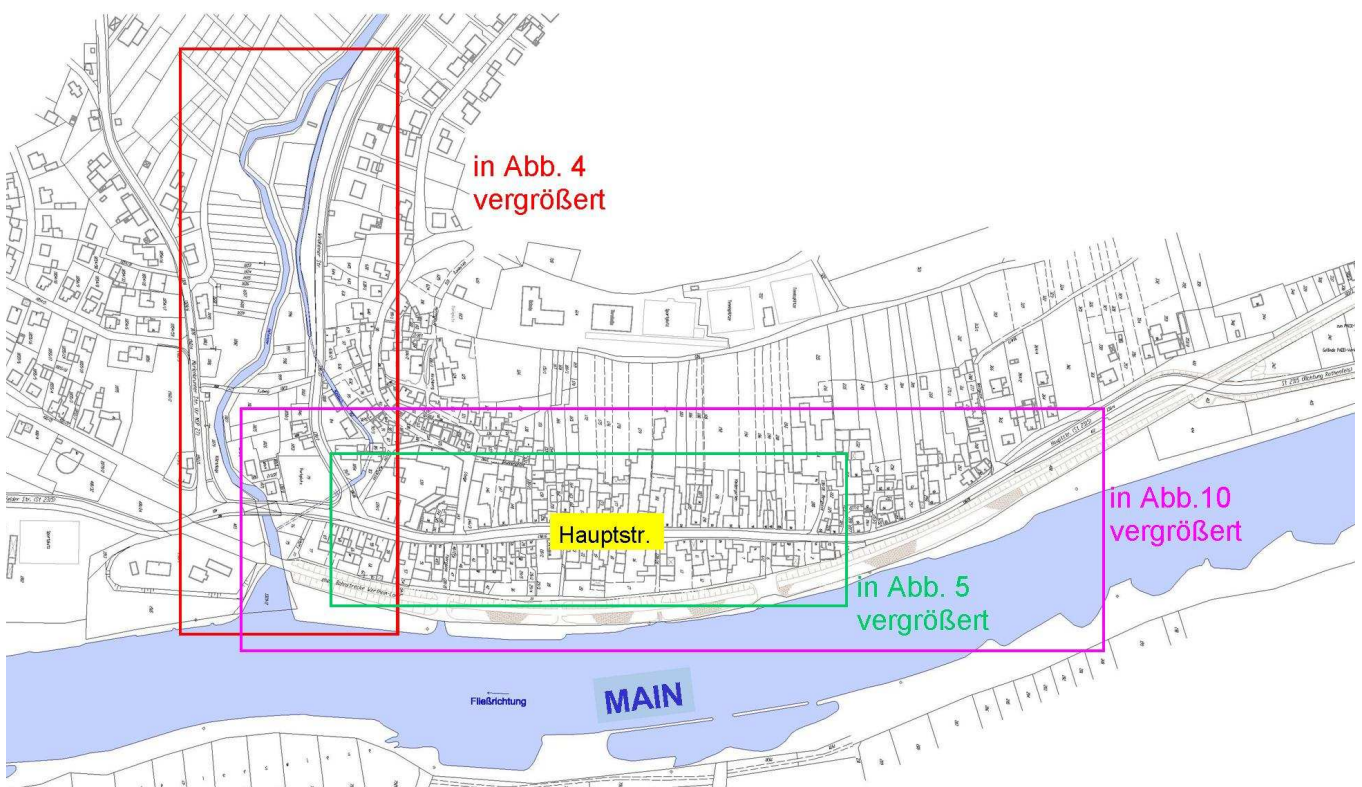


Abb. 3: Übersichtsplan Ortsmitte Hafenlohr, verändert aus [Unterlagen WWA AB]

2.2 Bach Hafenlohr und Mühlbach

Im Ort Hafenlohr zweigt von der Hafenlohr in Fließrichtung nach links der kleinere Mühlbach ab. Das Flussbett der Hafenlohr fällt nach der Abzweigung stärker ab als das des Mühlbachs, wodurch sich zunächst eine Höhendifferenz zwischen den Bächen ergibt. Nachdem der Mühlbach unter der Windheimer Straße, dem Parkplatz (Flurnr. 79) sowie der Hauptstraße hindurch verläuft, mündet er beim Grundstück Flurnr. 76 wieder in die Hafenlohr (Abb. 4).

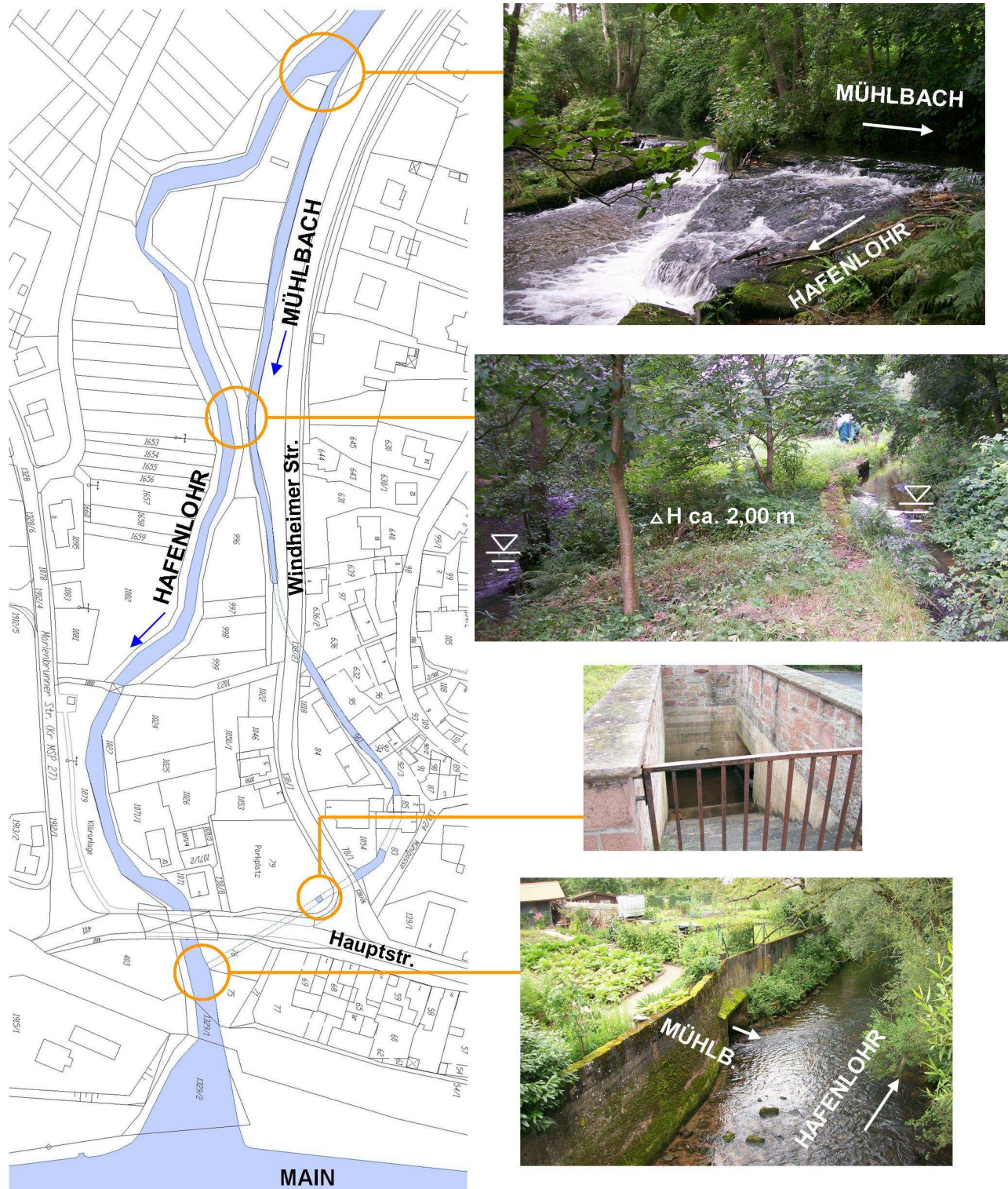


Abb. 4: Übersicht Bäche

2.3 Gebäudebestand

Der alte Ortskern der Gemeinde erstreckt sich entlang der Hauptstraße (Abb.5) und befindet sich komplett im überschwemmungsgefährdeten Gebiet (Kap. 3). Hier sind neben einer Vielzahl von historischen Gebäuden auch die meisten Gewerbetreibenden von Hafenlohr zu finden.

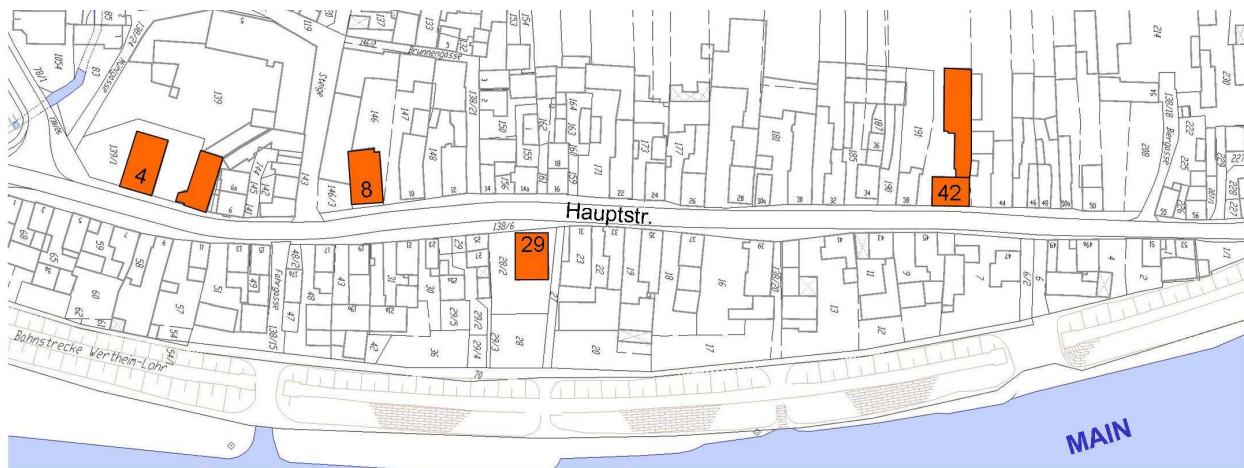


Abb. 5: Lageplan Gebäude Hauptstraße,
verändert aus [Unterlagen WWA AB]

Die in der Abbildung 5 markierten Gebäude sind hier näher beschrieben:

Rathaus, Hauptstr. 29:

Das Rathaus der Gemeinde wurde 1951 erbaut und 2003 umfassend saniert. [www.hafenlohr.de]



Abb. 6: Rathaus

Kindergarten, Hauptstr. 42:

Der Kindergarten wird zur Zeit erweitert, im neuen Anbau soll eine Kinder-Krippe eingerichtet werden.



Abb. 7: Kindergarten



Abb. 8: Ehemaliger Klosterhof

Ehemaliger Klosterhof, Hauptstr. 4:

Die Gebäude des unter Denkmalschutz stehenden Klosterhofs wurden um 1625 errichtet, ab 1917 wurden sie von einer Holzwarenfabrik genutzt. Nachdem der Klosterhof seit 1980 leer stand, soll er nun saniert werden. [Archiv Gem. Hafenlohr]

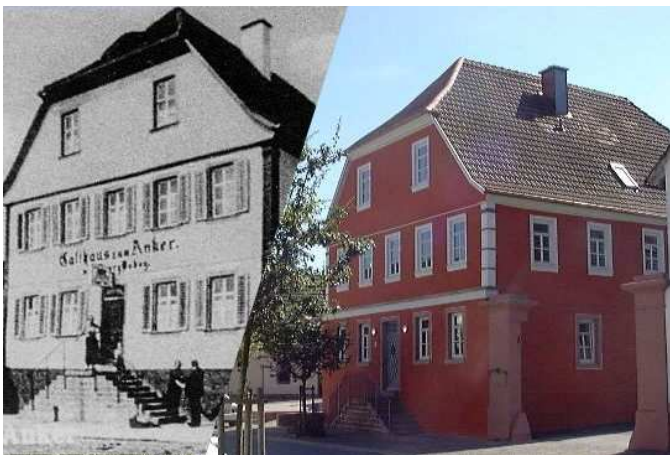


Abb. 9: Vereins- und Bürgerhaus 1930 und heute, verändert aus [www.hafenlohr.de]

Vereins- und Bürgerhaus, Hauptstr. 8:

Das Gebäude des ehemaligen „Gasthaus zum Anker“ wurde Mitte des 19. Jahrhunderts errichtet und 1987 von der Gemeinde Hafenlohr aufgekauft. Ab 1998 wurde es saniert und im Jahr 2000 als Vereins- und Bürgerhaus eingeweiht. [www.hafenlohr.de]

2.4 Bahndamm

Das Ortsbild von Hafenlohr wird - besonders von der gegenüberliegenden Mainseite betrachtet - vom bestehenden Bahndamm geprägt. Dieser verläuft im Altortbereich zwischen dem Main und der bestehenden Bebauung (Abb. 10).

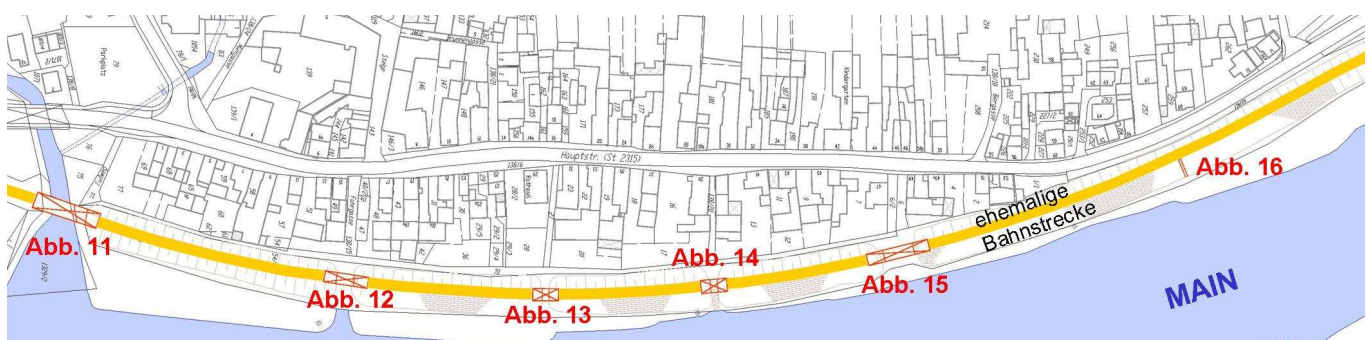


Abb. 10: Lageplan Bahndamm, verändert aus [Unterlagen WWA AB]

Die ehemalige Bahnstrecke Lohr-Wertheim war von 1881 bis 1976 in Betrieb und wurde im Jahr 1979 endgültig stillgelegt [Archiv Gem. Hafenlohr]. Die Schienen der Strecke wurden danach komplett entfernt. Der Bahndamm selbst sowie die Durchgänge im Bahndamm und die Brücken sind vollständig erhalten (Abb. 10 bis 16).

Heute sind die Böschungen des Damms teilweise sehr stark bewachsen. Die Dammkrone kann jedoch zu Fuß durchgehend begangen werden.

Bahnbrücke über die Hafenlohr:

Der Stahloberbau der Brücke ist in sichtbar marodem Zustand, ein Mittelpfeiler trennt die Hafenlohr und den Durchgang.



Abb. 11: Brücke über die Hafenlohr

Durchgang Fahrgasse:

Durch diesen Durchgang konnte früher die alte Mainfähre erreicht werden, diese wurde 1966 stillgelegt.

[Dokumentation, Schüll 2009]



Abb. 12: Durchgang Fahrgasse

Durchgang Rathaus, Hauptstraße 29:

Der Durchgang hat etwa eine Breite von 3 m und ist vom Ort her weniger gut einzusehen.



Abb. 13: Durchgang Rathaus

Durchgang Hauptstraße 39:

Ebenso wie der Durchgang beim Rathaus ist dieser auch kleiner, schlecht einzusehen und stark bewachsen.



Abb. 14: Durchgang Hauptstr. 39

Bahnbrücke Hauptstraße 47/49:

Der Oberbau der Brücke ist ebenso wie bei der Brücke über die Hafenlohr aus Stahl. Zu beiden Seiten der Brücke gibt es kleinere, rundliche Durchgänge.



Abb. 15: Brücke Hauptstr. 47/49



Abb. 16: Ehemalige Fußgänger-Unterführung

Ehemalige Fußgängerunterführung

Die kleine Öffnung auf der Mainseite des Bahndamms liegt fast auf Höhe des Ortsausgangs von Hafenlohr in Richtung Rothenfels (Abb.10). Sie ist nur etwa 1,50 m hoch und endet nach einigen Metern Länge. Mit der Erhöhung der Hauptstraße, die direkt auf der anderen Seite des Bahndamms verläuft, musste die Fußgängerunterführung, deren Geländenniveau nun zu niedrig war, auf der Ortsseite verschlossen werden.

2.5 Kanalnetz

Die gesamte Abwasseranlage in Hafenlohr ist im Mischsystem ausgeführt und wurde im Jahr 1990 umgehend saniert. [Unterlagen WWA WÜ] Abbildung 17 zeigt eine Systemskizze der kompletten Anlage.

Das Abwasser der Gebiete 1 bis 7 wird vom Pumpwerk PW 2 beim Regenüberlaufbecken RÜB 2 über eine Druckleitung mit DN 200 zur Kläranlage Markt-Heidenfeld gepumpt.

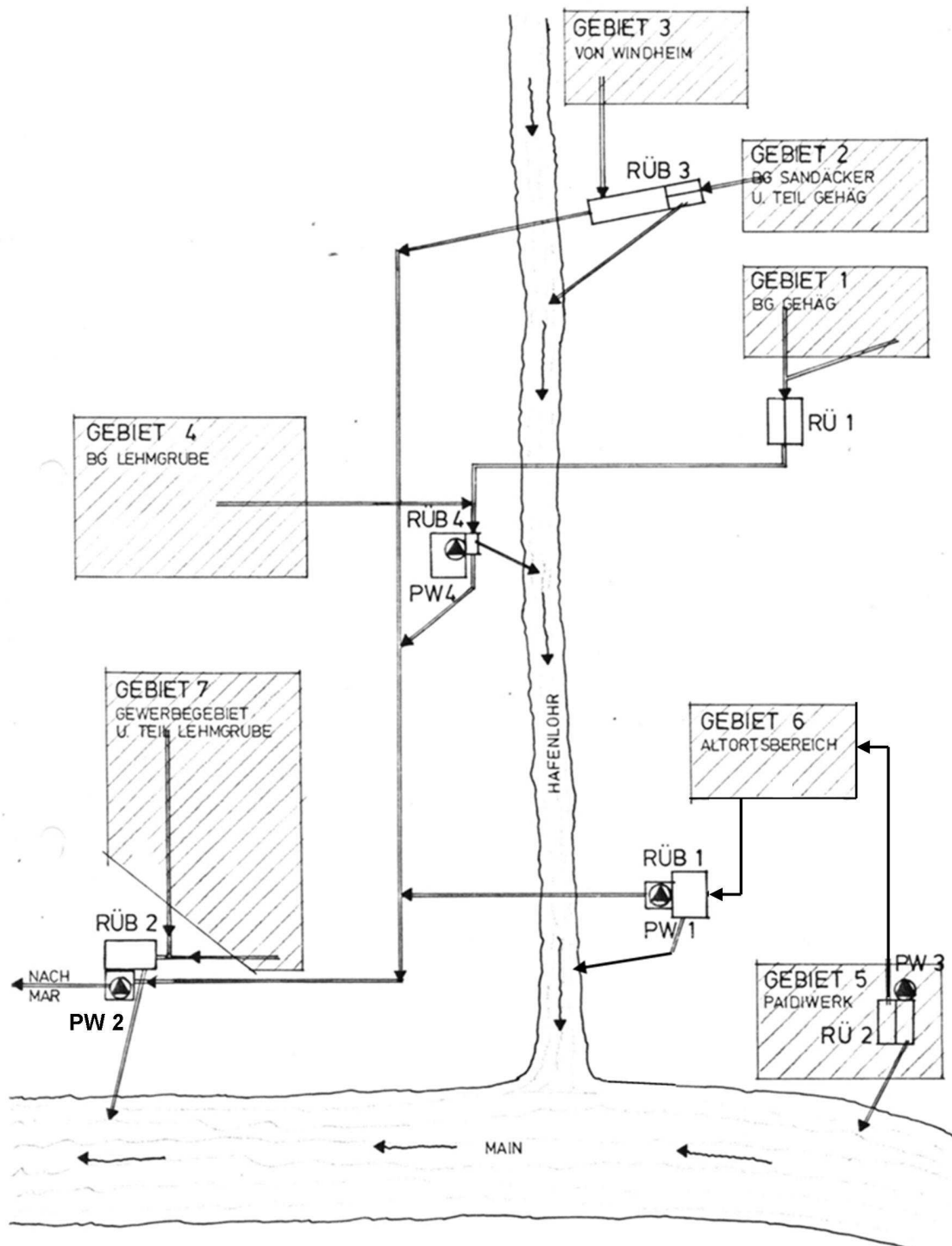


Abb. 17: Systemskizze Abwasseranlage Hafenlohr, verändert aus [Unterlagen WWA WÜ]

Das vorhandene Kanalnetz im hochwassergefährdeten Altortsbereich (Gebiet 6) entlang der Hauptstraße wird im Folgenden näher beschrieben (Abb. 17 und 18):

Über das Pumpwerk PW 3 gelangt das Abwasser des „Paidiwerts“ in den Sammler der Hauptstraße, dessen Durchmesser sich mit zunehmender Abwassermenge von 600 mm (am Ortsausgang Richtung Rothenfels) auf 1000 mm (auf Höhe der Mühl-

gasse) vergrößert. Die Mischwasserkanäle der Nebenstraßen und -gassen, wie der Mühlgasse oder der Holzgasse, die in den Sammler münden, haben Durchmesser zwischen 200 und 300 mm. Ein Regenwasserkanal mit DN 300, der getrennt vom Mischwasserkanal von der Biergasse über die Hauptstraße zwischen den Anwesen Hauptstr. Nr. 47 und 49 zum Main führt, hat beim Auslass am Main eine Sohlhöhe von 142,49 m ü NN. Dies ist die einzige Stelle, an der der bestehende Bahndamm von einem Kanal durchquert wird. [Unterlagen WWA WÜ]

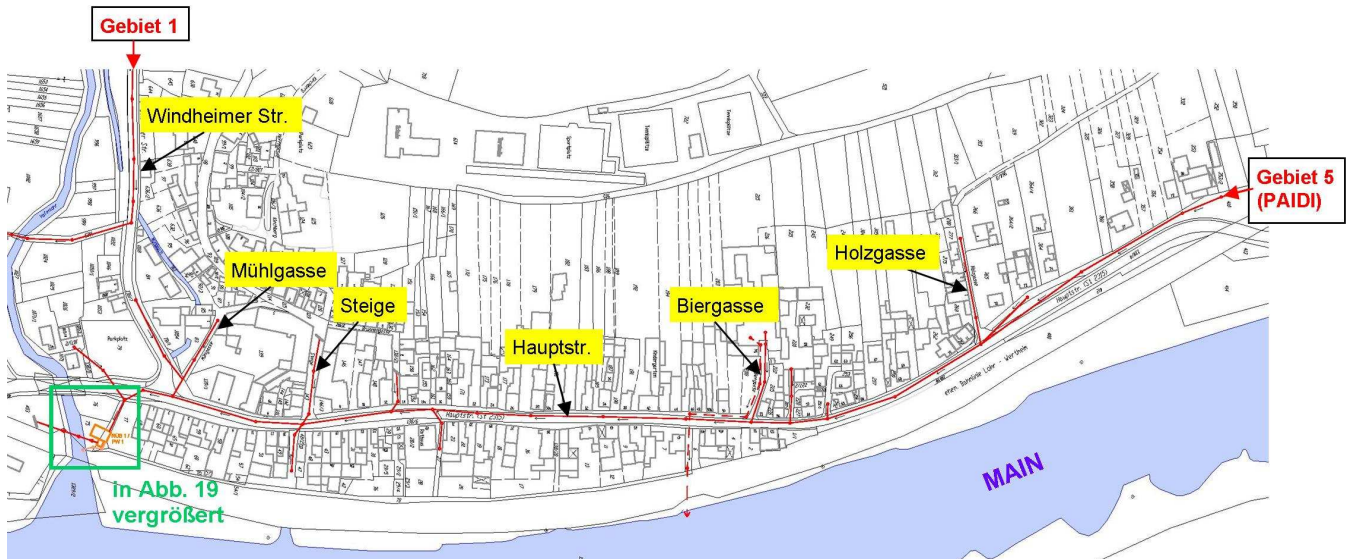


Abb. 18: Abwasseranlage Altort (Gebiet 6)

Zudem wird der Sammler unter der Windheimer Straße hier noch aufgeführt (Abb.18): Dieser führt das Abwasser des Gebietes 1 zum Regenüberlaufbecken 4, wozu er die Hafenlohr und den Mühlbach unterqueren muss. Auf dem letzten Stück seines Verlaufes zweigt der Kanal von der Windheimer Straße ab und folgt dem Fußgängerüberweg zur Marienbrunner Straße. [Unterlagen WWA WÜ]

Der Sammler der Hauptstraße endet beim Regenüberlaufbecken RÜB 1 (Abb. 19). Hierbei handelt es sich um ein Fangbecken im Nebenfluss. Das Abwasser wird von dort mit dem Pumpwerk PW 1 weiter zum PW 2 gepumpt. Die Funktionsweise des RÜB 1 kann wie folgt erläutert werden: Bei einem geringen Abwasseranfall gelangt das Abwasser auf direktem Weg in den Pumpensumpf und wird von dort von den trocken aufgestellten Pumpen in die Druckleitung gepumpt. In diesem Fall ist meist nur eine der beiden Pumpen in Betrieb. Erhöht sich

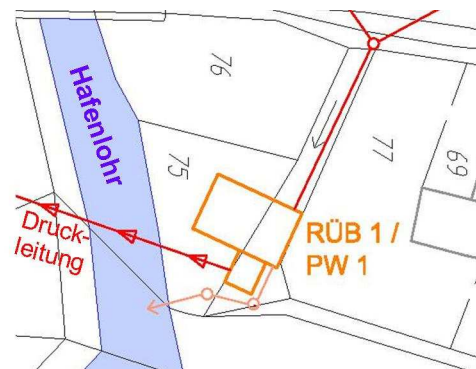


Abb. 19: RÜB 1 und PW 1

die Abwassermenge und staut sich vor dem Durchlass zum Pumpensumpf an, so läuft das Abwasser ab einer aufgestauten Wasserhöhe von 144,10 m ü NN über die Schwelle in das Becken. Dort wird es gespeichert und kontinuierlich über den Pumpensumpf abgepumpt. Bei einer Überlastung des RÜBs, das heißt, wenn so viel Abwasser anfällt, dass das Becken dieses nicht mehr speichern kann, gelangt das Abwasser über den Beckenüberlauf mit einer Schwellenhöhe von 144,43 m ü NN direkt in die Hafenlohr. Solche Ereignisse treten oft bei sehr starken Regenfällen ein.

Die einwandfreie Funktion der Anlage ist nur bis zu einer Wasserspiegelhöhe des Mains von 144,43 m ü NN gewährleistet. Durch den Entlastungsauslass in die Hafenlohr, in die der Main an dieser Stelle im Hochwasserfall rückstaut, kann das Mainwasser über den BÜ in das RÜB und von dort in das Kanalnetz der Hauptstraße gelangen. Obwohl die Pumpen auch im Hochwasserfall funktionsfähig sind, müssen sie abgeschaltet werden, da sonst hauptsächlich das anstehende Mainwasser gepumpt wird.

Eine Wasserspiegelhöhe des Mains von 144,43 m ü NN wird ca. einmal jährlich erreicht oder überschritten (Kap. 3.1), womit ein kompletter Ausfall der Anlage eintritt. Dieser Zustand kann nicht als optimal bezeichnet werden, da eine unmittelbare Entlastung der Abwasseranlage in den Main vor allem aus ökologischen Gründen soweit wie möglich verhindert werden sollte. [WHG 2010]

Ebenso wie das PW 1 wird auch das PW 3 im Hochwasserfall abgeschaltet. Somit gelangt bei Hochwasser kein Pumpwasser des „Paidiwerks“ in die Kanalisation der Hauptstraße.

Der Bestandsplan RÜB 1 / PW 1 ist der Anlage 1 beigelegt.

3 Aktuelle Hochwassersituation

3.1 Mainhochwasser

Mainhochwasser treten vermehrt in den Wintermonaten auf, sie entstehen überwiegend durch Regenfälle und Schneeschmelze. Besonders große Hochwasserereignisse werden durch plötzliches Tauwetter und gleichzeitige Regenfälle auf gefrorenem Boden ausgelöst. [LfW, Infobroschüre, 2004]

Der Wasserstand des Mains bei der Ortschaft Hafenlohr wird einerseits durch den Abfluss des Mains mit seinem Einzugsgebiet von ca. 18.000 km² und andererseits durch die Nebenflüsse Sinn und die Fränkische Saale beeinflusst (Abb. 20). [www.hnd.bayern.de]



Abb. 20: Übersicht Main, verändert aus [LfW, Infobroschüre 2004]

Im Hochwasserfall hat der Main durch die Größe seines Einzugsgebietes lange Vorwarnzeiten. So kann beispielsweise davon ausgegangen werden, dass der Hochwasserscheitel in Trunstadt den Ort Hafenlohr innerhalb von 50 Stunden erreicht (Abb. 21). [www.hnd.bayern.de] Damit bleibt genug Zeit um Schutzmaßnahmen durchführen zu können.

Haben jedoch Sinn und Fränkische Saale mit kleineren Einzugsgebieten Hochwasser, so führt dies zu einer Hochwasserwelle des Mains deren Pegelstand erst in Steinbach erfasst wird. Von dort ist sie innerhalb von zwei Stunden in Hafenlohr. [www.hnd.bayern.de]

Da beide Fälle meist parallel auftreten, gibt es bei einem Hochwasserereignis in Hafenlohr oft zwei Hochwasserspitzen, wobei die Welle der Nebenflüsse voraus-eilend ist (Abb. 21).

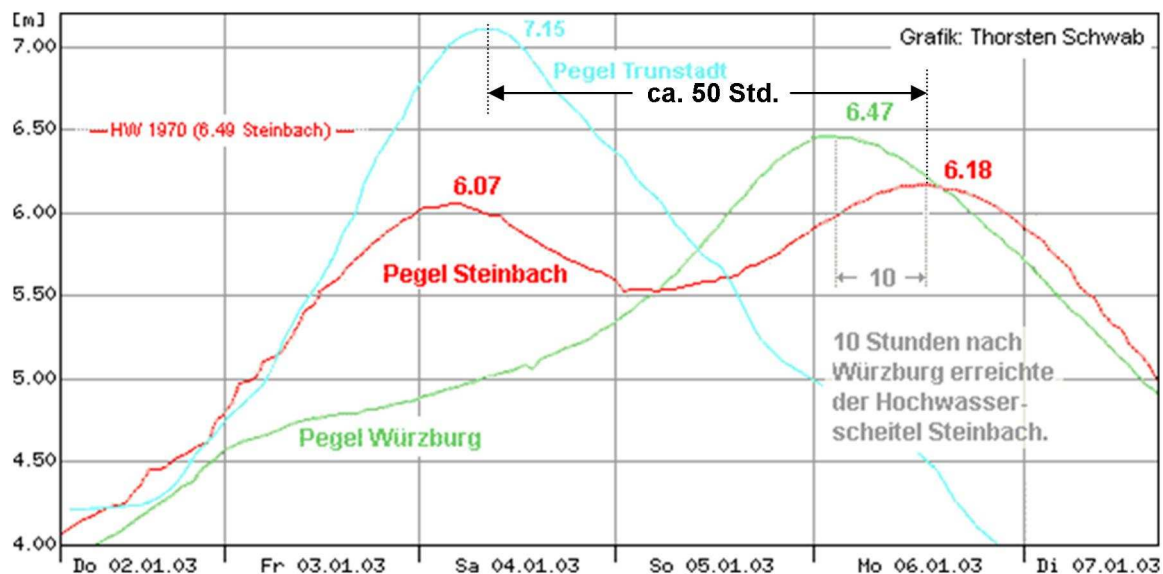


Abb. 21: Pegelstände vom Hochwasser 2003, verändert aus [Archiv Gem. Hafenlohr]

Der Main hatte im Zeitraum von 1974 bis 2007 im Mittel einen Abfluss von 137 m³/s (Tab. 1). Daraus kann geschlossen werden, dass sich der mittlere Abfluss des Mains im Bereich zwischen 130 und 150 m³/s befindet.

Abflüsse (Jahresreihe 1974 - 2007)

	Winter	Sommer	Jahr	
NQ	29,4	11,8	11,8	m ³ /s
MNQ	62,9	46,4	44,8	m ³ /s
MQ	187	88,7	137	m ³ /s
MHQ	754	298	769	m ³ /s
HQ (1974-2007)	1.510	859	1.510	m ³ /s

Tab. 1: Abflüsse des Mains bei Steinbach
[www.hnd.bayern.de]

Bei einem hundertjährlichen Hochwasserereignis, das heißt, bei einem Hochwasserabfluss, der im Mittel alle 100 Jahre einmal auftritt oder überschritten wird, steigt die Abflussmenge nach Tabelle 2 auf 2.200 m³/s. Hier wurden die Jährlichkeiten der Hochwasserabflüsse anhand der Beobachtung über einen längeren Zeitraum (1941 bis 1998) ermittelt und festgelegt.

Jährlichkeiten der Hochwasserabflüsse (HQ) Beobachteter Zeitraum: 1941 – 1998

	HQ 1	HQ 2	HQ 5	HQ 10	HQ 20	HQ 50	HQ 100	HQ 1000	
Abfluss:	630	820	1.050	1.300	1.600	1.900	2.200	3.200	m ³ /s

Tab. 2: Hochwasserabflüsse des Mains bei Steinbach, verändert aus [www.hnd.bayern.de]

Anhand der Abflusskurve (Abb. 22) kann der Wasserstand des Mains bei einer bestimmten Abflussmenge überschlägig ermittelt werden. Somit ergibt sich bei einem hundertjährigen Abfluss ein Wasserstand von etwa 790 cm, bei einem HQ20 mit 1.600 m³/s (Tab. 2) werden etwa 680 cm erreicht.

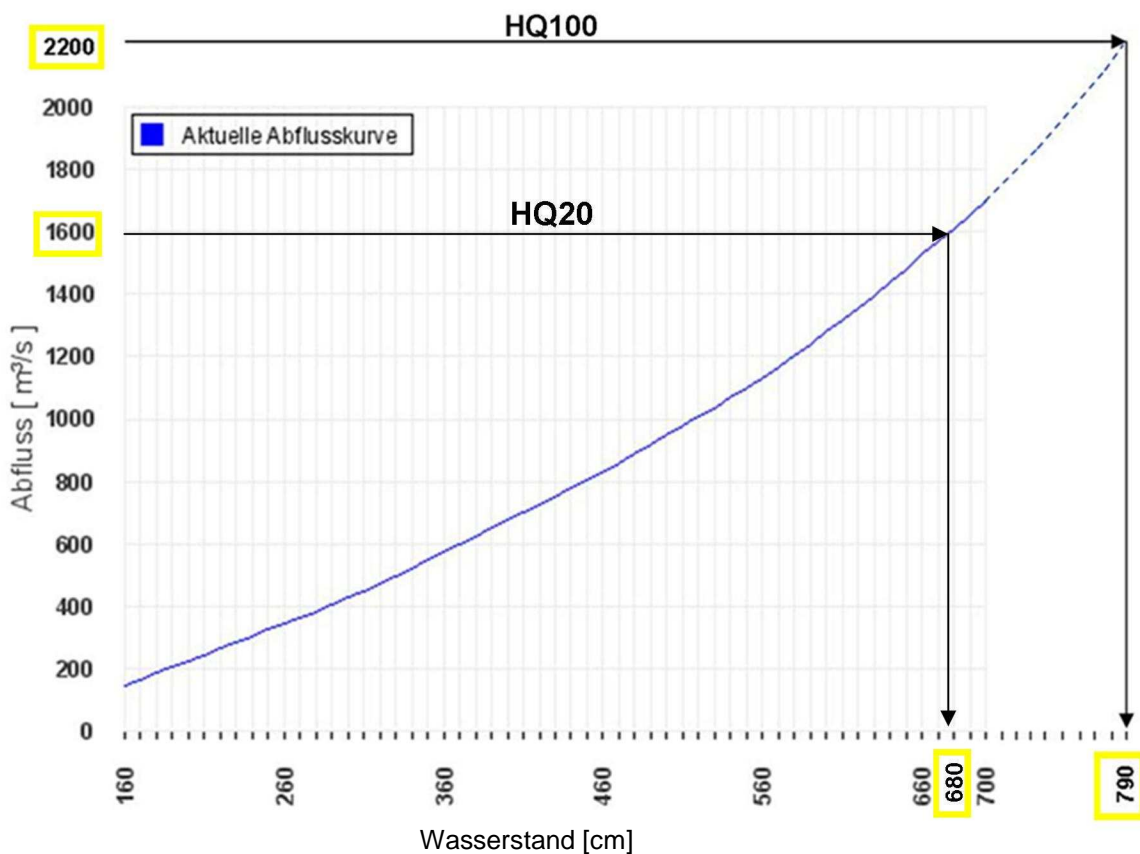


Abb. 22: Abflusskurve des Mains bei Steinbach, verändert aus [www.hnd.bayern.de]

Nach der aktuellen hydraulischen Berechnung des Wasserwirtschaftsamtes, die 2010 durchgeführt wurde, liegt die Höhe des Mainwasserspiegels bei einem HQ100 zwischen 148,57 m ü. NN (auf Höhe des Anfangs der Hauptstr.) und 148,80 m ü. NN (auf Höhe des Ortsausgangs Richtung Rothenfels) (Abb.23). [Unterlagen WWA Aschaffenburg]

Das Überschwemmungsgebiet des Mains bei einem HQ 100 erstreckt sich im Bereich des Baches Hafenlohr bis zu 750 m weit in Richtung Windheim, im Bereich der Hauptstraße reicht es bis zu 140 m weit. Von Flußkilometer 0 bis ca. 0,8 der Hafenlohr wird diese, ebenso wie der Mühlbach, komplett überflutet. (Abb. 23)

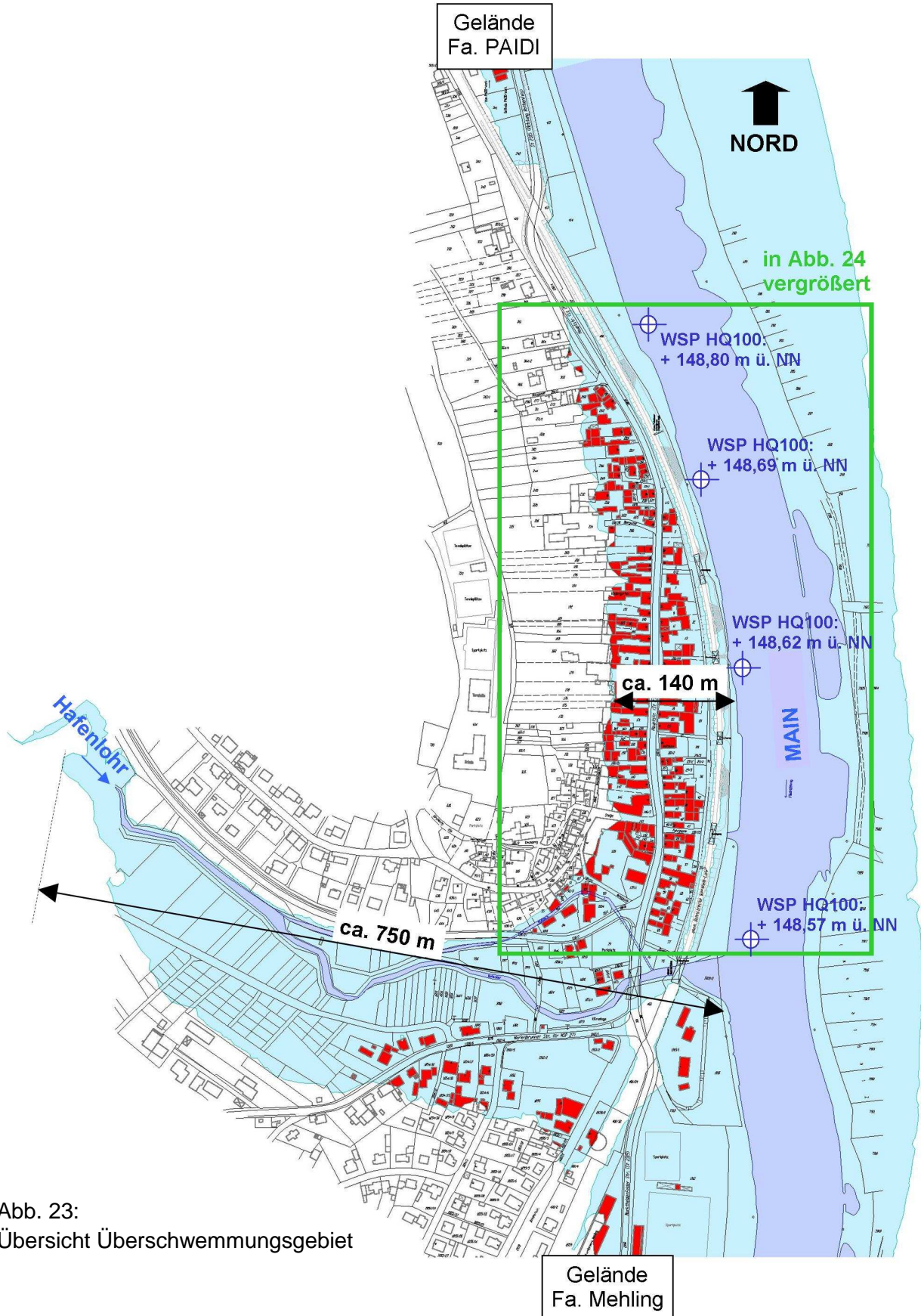
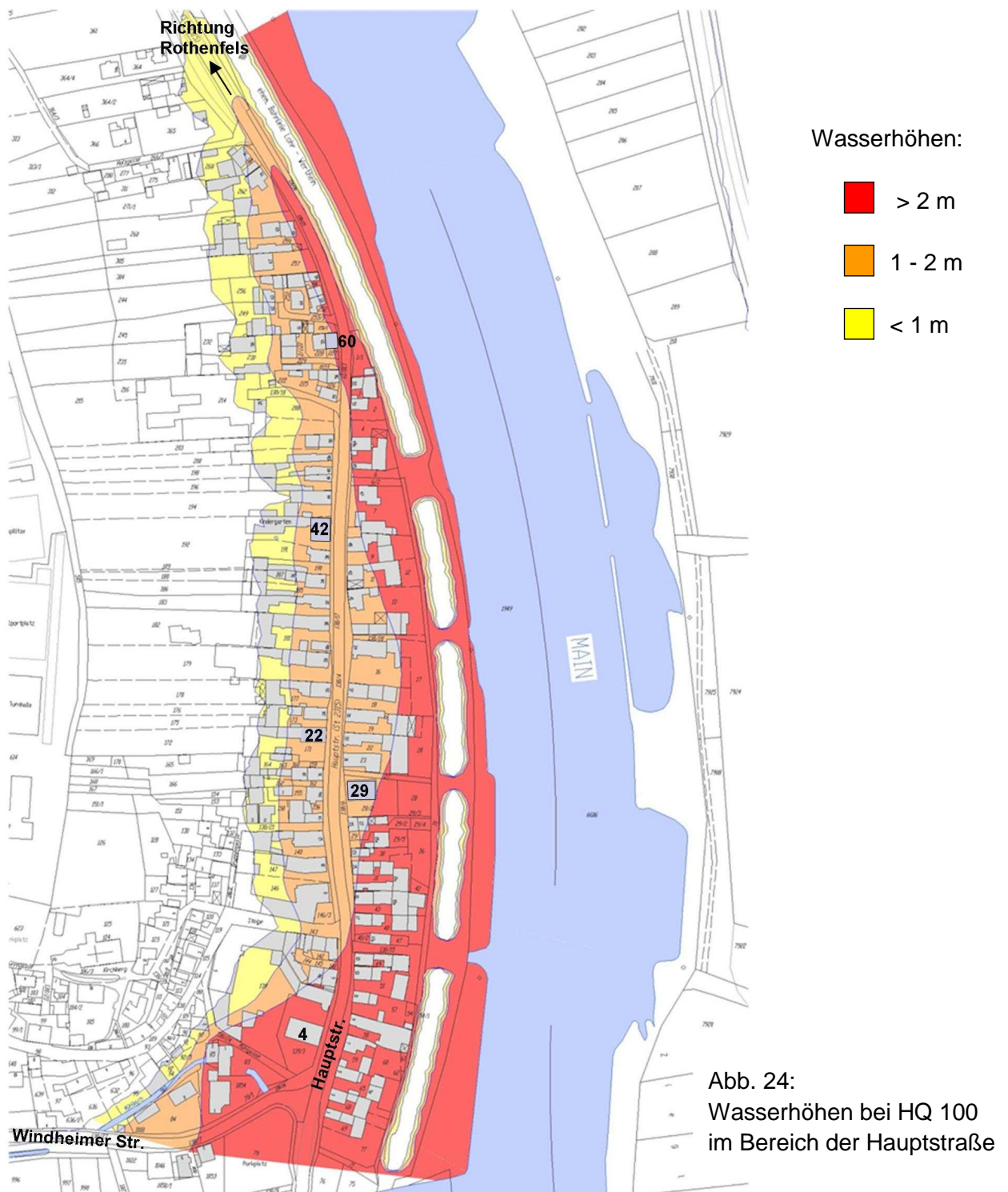


Abb. 23:
Übersicht Überschwemmungsgebiet

Es liegen 129 Anwesen ungeschützt im Hochwasserbereich, wobei 104 der Anwesen Wohngebäude sind. 23 der betroffenen Gebäude sind kleinere Betriebe mit bis zu 10 Arbeitsplätzen, die beiden größeren Betriebe sind PAIDI, mit ca. 50 Arbeitsplätzen und das Furnierwerk Mehling mit ca. 20 Arbeitsplätzen. (Abb. 23) [Unterlagen WWA Aschaffenburg]

Durch die dichte Bebauung und die großen Wasserhöhen ist der Bereich der Hauptstraße besonders stark betroffen. Hier befinden sich ca. 85 Wohngebäude und etwa 15 Gebäude, die kleinere Betriebe beherbergen. (Abb. 24)



Der vordere Bereich der Hauptstraße liegt am tiefsten, bei der Abzweigung der Windheimer Straße beträgt die Höhe der Hauptstraße ca. 145,60 m ü NN und steht somit bei einem HQ 100 etwa 3,0 m unter Wasser. Bis zum Rathaus (Hauptstr. 29) steigt die Hauptstraße um etwa einen Meter an. Auf Höhe des Kindergartens (Hauptstr. 42) fällt sie erneut bis zur Hausnummer 60 um ca. 0,50 m. Von dort steigt sie bis zum Ortsausgang in Richtung Rothenfels stetig an. [Unterlagen WWA Aschaffenburg]

Nahezu alle Gebäude, die direkt an der Hauptstraße grenzen, stehen bei einem Hundertjährigen Hochwasser über 1,50 m unter Wasser (Abb. 24 bis 28).

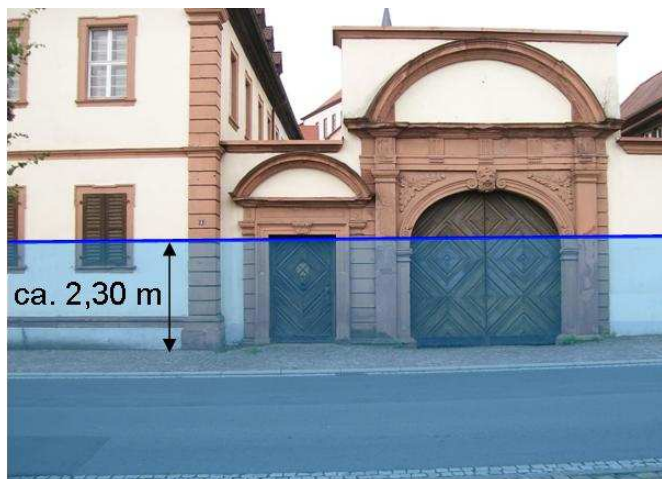


Abb. 25: Hauptstr. 4 (ehem. Klosterhof) bei HQ 100



Abb. 26: Eingang Hauptstr. 22 bei HQ 100



Abb. 27: Hauptstr. 29 (Rathaus) bei HQ 100



Abb. 28: Hauptstr. 60 bei HQ 100

Weitere besonders stark vom Hochwasser des Mains betroffene Gebäude, die sich nicht im Altort direkt entlang der Hauptstraße befinden, sind die Anwesen Mühlgasse 1 und 2, Windheimer Str. 1, 3 und 5, Hauptstr. 2 und 2a und Marienbrunner Str. 1. Auch hier muss bei einem HQ 100 mit einer Wasserhöhe von über 2,0 m gerechnet werden. Die Gebäude der Marktheidenfelder Str. 1 stehen ca. 1,0 m unter Wasser. (Abb. 29)

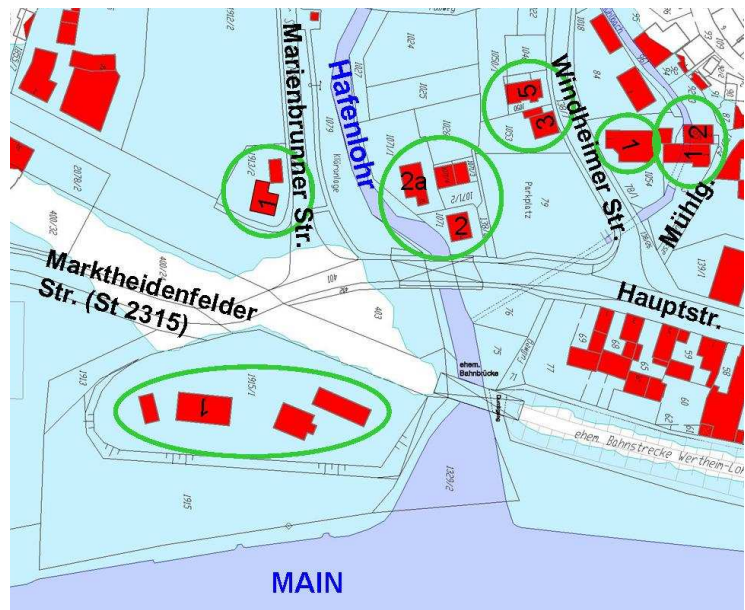


Abb. 29: Überschwemmungsgebiet, verändert aus [Unterlagen WWA Aschaffenburg]

3.2 Hochwasser des Baches Hafenlohr

Bei einem Hochwasserereignis der Hafenlohr sind die Vorwarnzeiten aufgrund ihres kleinen Einzugsgebietes von ca. 150 km² sehr kurz. Hinzu kommt, dass eine Hochwasserwelle erst zuverlässig beim Pegelhäuschen gemessen werden kann. Da sich dieses aber schon im Ort Hafenlohr auf Flusskilometer 0,6 des Baches befindet, bleibt nach der Messung nicht mehr genug Zeit, um entsprechende Schutzmaßnahmen zu ergreifen (Abb. 30).



Abb. 30: Lage des Pegels der Hafenlohr [www.hnd.bayern.de]

Bei der Hafenlohr wurde im Zeitraum zwischen 1971 und 2006 ein mittlerer Abfluss von 1,73 m³/s gemessen [www.hnd.bayern.de]. Da die Messung über einen langen Zeitraum (35 Jahre) erfolgte, kann davon ausgegangen werden, dass sich der Abfluss im Mittel in diesem Bereich - also zwischen 1,70 und 1,80 m³/s - befindet.

Bei einem hundertjährlichen Hochwasserereignis der Hafenlohr steigt der Abfluss auf $45 \text{ m}^3/\text{s}$. [www.hnd.bayern.de] Trägt man diesen Wert in die Abflusskurve der Hafenlohr ein, so ergibt ein Wasserstand von etwa 340 cm bei einem HQ100 (Abb. 31).

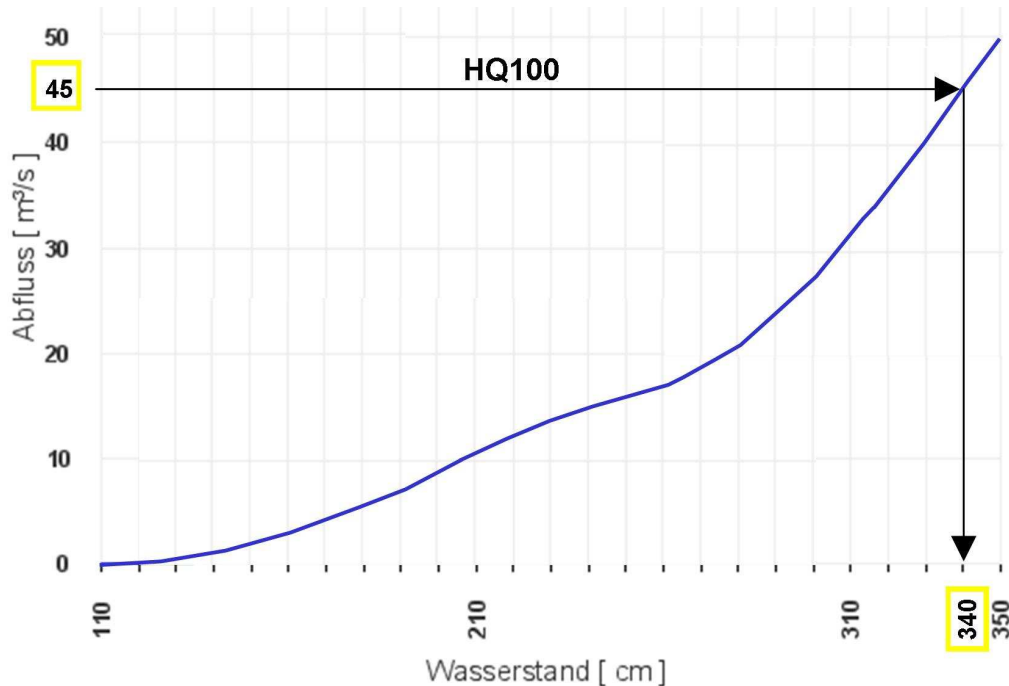


Abb. 31: Abflusskurve der Hafenlohr, verändert aus [www.hnd.bayern.de]

Der Wasserstand der Hafenlohr am Pegelmesspunkt bezieht sich auf eine Pegelnullpunktshöhe von 145,17 m ü. NN [www.hnd.bayern.de]. Demnach ergibt sich bei einem HQ100 der Hafenlohr eine Wasserspiegelhöhe von 148,57 m ü. NN.

Zum Überschwemmungsgebiet der Hafenlohr und der betroffenen Bebauung im Hochwasserfall liegen keine genauen Berechnungen vor. Aufgrund örtlicher Gegebenheiten und vorheriger Hochwasserereignisse kann angenommen werden:

- Die „kleine Au“, die das Gebiet entlang der leicht mäandrierenden Hafenlohr mit dichtem Bewuchs und spärlicher Bebauung im Ort Hafenlohr bezeichnet, bietet im Hochwasserfall genügend Rückhalteraum, um größere Schäden an Gebäuden zu vermeiden (Abb. 32).
- Bei Hochwasserereignissen der Hafenlohr im Ort Hafenlohr spielt der Einfluss des Mains eine erhebliche Rolle, da er weit in den Abflussbereich der Hafenlohr rückstaut (Abb. 33) (Kap. 3.3).



Abb. 32: „Kleine Au“ beim Hochwasser 2003
[www.hafenlohr.de]



Abb. 33: Bach Hafenlohr (von rechts kommend) fließt in den Main

3.3 Kombination von Mainhochwasser und Hochwasser der Hafenlohr

Genauer betrachtet werden muss nun der Fall, bei dem der Main und die Hafenlohr Hochwasser führen. Hier stellt sich zum einen die Frage, ob der Mainwasserspiegel nennenswert durch das zusätzliche Wasser der Hafenlohr erhöht wird und zum anderen, wie hoch sich das Wasser im Bereich des Zuflusses der Hafenlohr aufstaut.

Eine Abschätzung der Größenordnung der Erhöhung des Mainwasserspiegels durch das zusätzliche Wasser der Hafenlohr kann mit Hilfe der Absenkkurve des Mains durchgeführt werden (Abb. 34) (vgl. Kap. 3.1):

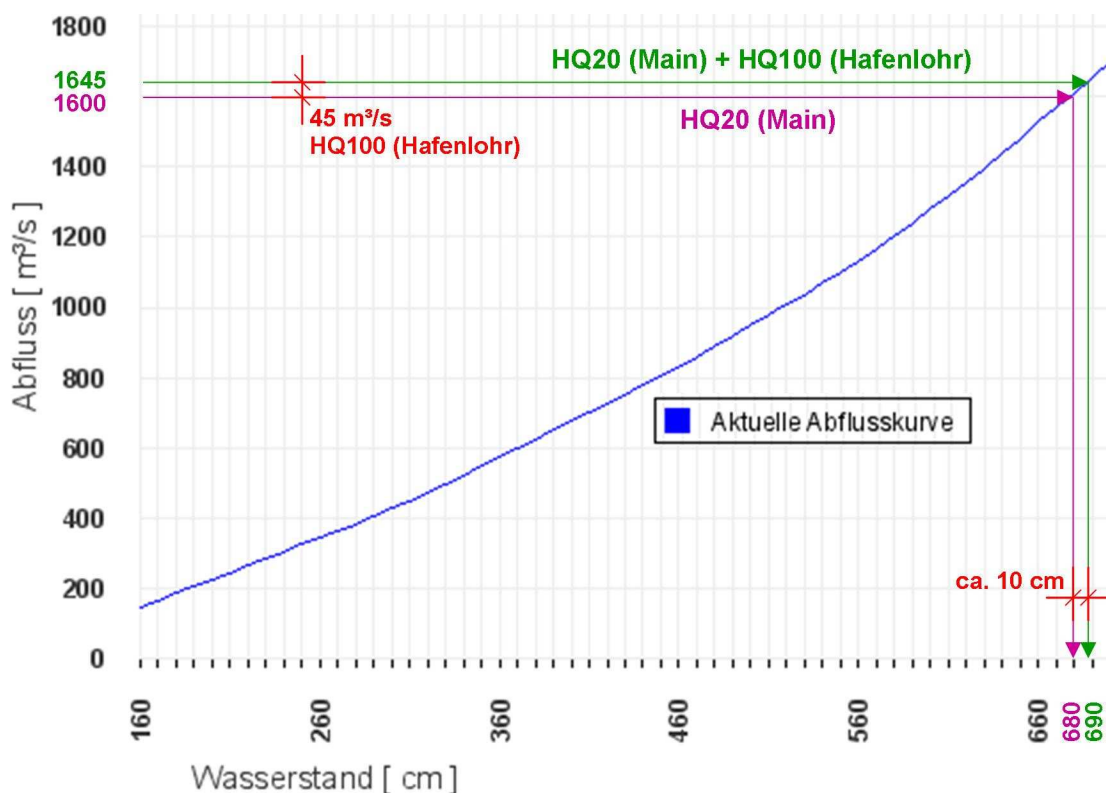


Abb. 34: Abflusskurve des Mains bei Steinbach, verändert aus [www.hnd.bayern.de]

Aus der Abflusskurve ergibt sich, dass sich der Mainwasserspiegel bei einem HQ20 des Mains ($1.600 \text{ m}^3/\text{s}$) durch ein HQ100 der Hafenlohr ($45 \text{ m}^3/\text{s}$) um ca. 10 cm erhöht (Abb. 34).

Um dieses Ergebnis auf Plausibilität zu überprüfen, wird nun eine pauschale Berechnung durchgeführt. Für diese wird angenommen:

- Die Abflussverhältnisse sind stationär, d. h. die Abflussmenge und die Geschwindigkeit ändern sich über die Zeit nicht.
- Zur Ermittlung der Fließgeschwindigkeit werden vereinfachte Rechteckquerschnitte für den Main im entsprechenden Hochwasserfall gewählt.
- Die Fließgeschwindigkeit wird als konstant über den gesamten Querschnitt angenommen.

Berechnung der Höhendifferenz des Wasserspiegels durch Zufluss der Hafenlohr

Ebenso wie bei der Abschätzung mit Hilfe der Abflusskurve (siehe vorherige Seite) wird die Kombination bei einem HQ 20 des Mains und einem HQ 100 des Baches Hafenlohr betrachtet. Die Hochwasserscheitel beider Ereignisse kommen zur gleichen Zeit im Ort Hafenlohr an.

Formeln: $v = Q / A$ $A = b \cdot h$ [Heinemann, 2003]

Ermittlung der Fließgeschwindigkeit $v(\text{Main})$:

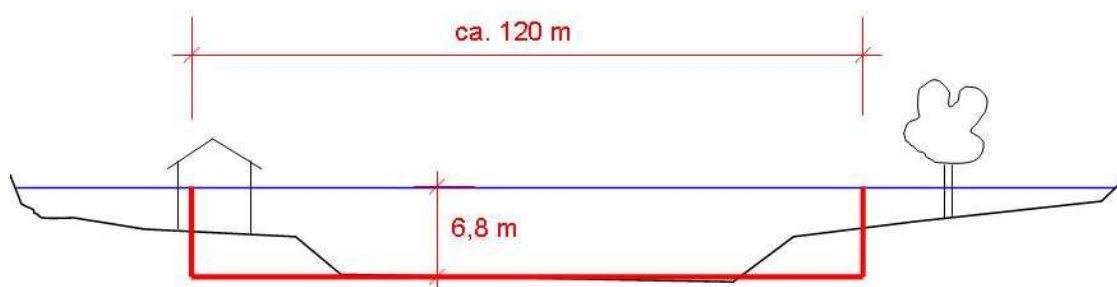


Abb. 35: vereinfachter Abflussquerschnitt bei HQ20

Abflussmenge bei HQ20 = $1.600 \text{ m}^3/\text{s}$ (Kap. 3.1)

gemittelte Breite im Hochwasserfall (Abb. 35): $b = 120 \text{ m}$

Wasserhöhe $h = 6,8 \text{ m}$ (Abb. 34 und Abb. 35)

$$\Rightarrow A = b \cdot h = 120 \text{ m} \cdot 6,8 \text{ m} = 816 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow v(\text{Main}) = 1600 / 816 = \underline{1,96 \text{ m/s}}$$

Die Hafenlohr führt dem Main im Falle eines HQ100 45 m³/s Wasser zu (Kap. 3.2). Bei einem HQ20 hat der Main mit Überschwemmungsbereich in Hafenlohr etwa eine Breite von 230 m (Abb. 36).

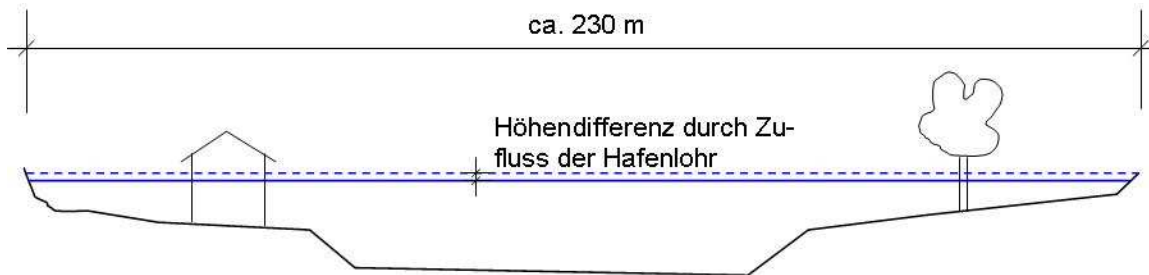


Abb. 36: Abflussquerschnitt bei HQ20

Ermittlung der Höhendifferenz im Abflussbereich des Mains:

zugeführte Wassermenge durch die Hafenlohr: $Q = 45 \text{ m}^3/\text{s}$

Fließgeschwindigkeit $v = 1,96 \text{ m/s}$

Breite $b = 230 \text{ m}$ (Abb. 36)

⇒ $A = Q / v = 45 / 1,96 = 22,96 \text{ m}^2$

⇒ Höhendifferenz $h = A / b = 22,96 / 230 = \underline{0,10 \text{ m}}$

Ergebnis der überschlägigen Berechnung:

Die Erhöhung des Mainwasserspiegels um ca. 10 cm ist plausibel.

Eine Erhöhung des Wasserspiegels im Bereich des Zuflusses der Hafenlohr in den Main (Abb. 37) soll mit Hilfe der Staulinienfunktion nach Rühlmann abgeschätzt werden [Schneider, 2006]. Hierbei wird wieder ein HQ100 der Hafenlohr und ein HQ20 des Mains betrachtet.

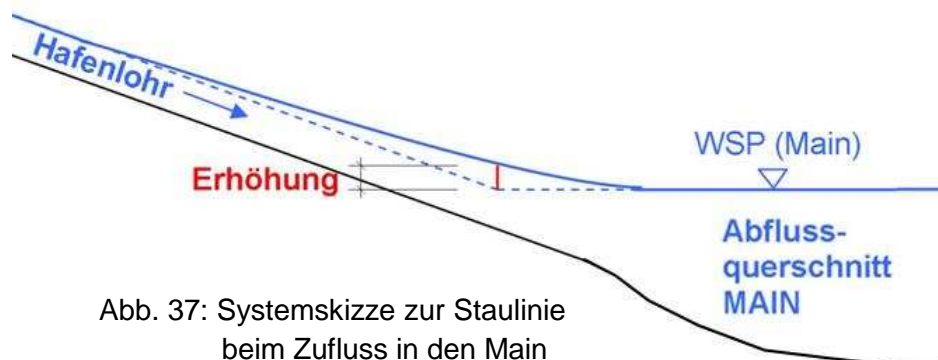


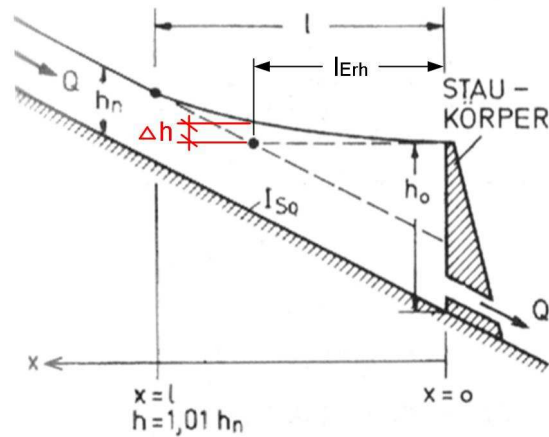
Abb. 37: Systemskizze zur Staulinie beim Zufluss in den Main

Funktion der Stau- und Senkungslinie im prismatischen Rechteckgerinne (nach Rühlmann) [Schneider, 2006]:



Für die überschlägige Berechnung wird angenommen:

- I_{so} (Hafenlohr) = 0,005, $\alpha = 0,286^\circ$
- h_n (Hafenlohr bei HQ100) = 2,0 m
- h_0 (Main bei HQ20 im Bereich des Zuflusses der Hafenlohr) = 4,0 m
- HQ100 (Hafenlohr) = 45 m³/s
- b (Hafenlohr) = 12 m



verändert aus [Schneider, 2006]

$$h = 1,01 h_n = 1,01 \cdot 2,0 = 2,02$$

$$h/h_n = 2,02 / 2,0 = 1,01 \quad \Rightarrow \quad \text{aus Tab. 3: } \varphi = 2,3261$$

$$h_0/h_n = 4,0 / 2,0 = 2,0 \quad \Rightarrow \quad \text{aus Tab. 3: } \varphi_0 = 1,0387$$

$$h_{gr} = \frac{\varphi - \varphi_0}{\varphi_0} [Schneider, 2006] \quad \Rightarrow \quad h_{gr} = \frac{2,3261 - 1,0387}{1,0387} = 1,13 \text{ m}$$

$$l_{Erh} = (h_0 - h_n) / \tan \alpha = (4,0 - 2,0) / \tan 0,286 = 400,67 \text{ m}$$

Fließtiefe h bei $x=l_{Erh}$: (in Funktion eingesetzt)

$$\Rightarrow h_{Erh} = 4,11 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \Delta h = h_{Erh} - h_0 = 4,11 - 4,0 = \underline{0,11 \text{ m}}$$

Ergebnis der überschlägigen Berechnung:

Der Wasserspiegel im Bereich des Zuflusses der Hafenlohr in den Main erhöht sich um etwa 0,11 m.

Funktionswerte φ zur Staulinienermittlung (nach [13.7])

$\frac{h}{h_n}$	bzw. $\frac{h_0}{h_n}$	φ bzw. φ_0		$\frac{h}{h_n}$	bzw. $\frac{h_0}{h_n}$	φ bzw. φ_0	
		Rechteck- gerinne	Parabel- gerinne			Rechteck- gerinne	Parabel- gerinne
10,0		0,9116	0,7857	1,38		1,2228	0,9305
9,0		0,9131	0,7859	1,37		1,2291	0,9344
8,0		0,9147	0,7861	1,36		1,2355	0,9385
7,0		0,9171	0,7864	1,35		1,2422	0,9427
6,0		0,9206	0,7869	1,34		1,2491	0,9471
5,0		0,9270	0,7881	1,33		1,2564	0,9517
4,5		0,9317	0,7891	1,32		1,2639	0,9565
4,0		0,9384	0,7906	1,31		1,2718	0,9615
3,5		0,9481	0,7932	1,30		1,2800	0,9668
3,0		0,9633	0,7978	1,29		1,2885	0,9723
2,9		0,9674	0,7991	1,28		1,2974	0,9781
2,8		0,9719	0,8007	1,27		1,3067	0,9842
2,7		0,9769	0,8025	1,26		1,3165	0,9906
2,6		0,9826	0,8045	1,25		1,3267	0,9973
2,5		0,9890	0,8070	1,24		1,3375	1,0045
2,4		0,9963	0,8098	1,23		1,3488	1,0121
2,3		1,0047	0,8132	1,22		1,3607	1,0200
2,2		1,0143	0,8173	1,21		1,3733	1,0285
2,1		1,0255	0,8222	1,20		1,3867	1,0375
2,0		1,0387	0,8282	1,19		1,4009	1,0471
1,95		1,0462	0,8317	1,18		1,4159	1,0574
1,90		1,0543	0,8357	1,17		1,4320	1,0685
1,85		1,0634	0,8401	1,16		1,4492	1,0803
1,80		1,0731	0,8450	1,15		0,4677	1,0932
1,75		1,0840	0,8506	1,14		1,4877	1,1071
1,70		1,0961	0,8570	1,13		1,5093	1,1223
1,65		1,1096	0,8643	1,12		1,5329	1,1389
1,60		1,1248	0,8727	1,11		1,5589	1,1571
1,55		1,1421	0,8824	1,10		1,5875	1,1776
1,50		1,1617	0,8938	1,09		1,6195	1,2005
1,49		1,1660	0,8963	1,08		1,6555	1,2264
1,48		1,1704	0,8988	1,07		1,6969	1,2563
1,47		1,1749	0,9015	1,06		1,7451	1,2913
1,46		1,1796	0,9043	1,05		1,8027	1,3333
1,45		1,1844	0,9072	1,045			1,3578
1,44		1,1893	0,9101	1,040		1,8738	1,3855
1,43		1,1944	0,9132	1,035		1,9167	1,4170
1,42		1,1997	0,9164	1,030		1,9665	1,4537
1,41		1,2052	0,9198	1,025			1,4975
1,40		1,2108	0,9232	1,020		2,0983	1,5514
1,39		1,2166	0,9268	1,015			1,6215
				1,010		2,3261	1,7210

Tab. 3: Funktionswerte zur Staulinienermittlung
[Schneider, 2006]

4 Historische Hochwasserereignisse

4.1 Hochwasser im Januar 2003

Im Januar 2003 wurde Hafenlohr von zwei Hochwasserwellen überflutet. Die kleinere vorrauseilende Hochwasserwelle, die durch die Abflüsse von Sinn und Fränkischer Saale bedingt war, erreichte im Scheitel in Steinbach einen Pegelstand von 6,07 m. Die eigentliche Hochwasserwelle des Mains folgte etwa zwei Tage später mit einem Pegelstand von 6,18 m (Abb. 39, Pegel Steinbach). Die Hochwasserwellen in Steinbach erreichten innerhalb von zwei Stunden den Ort Hafenlohr. [Archiv Gem. Hafenlohr]

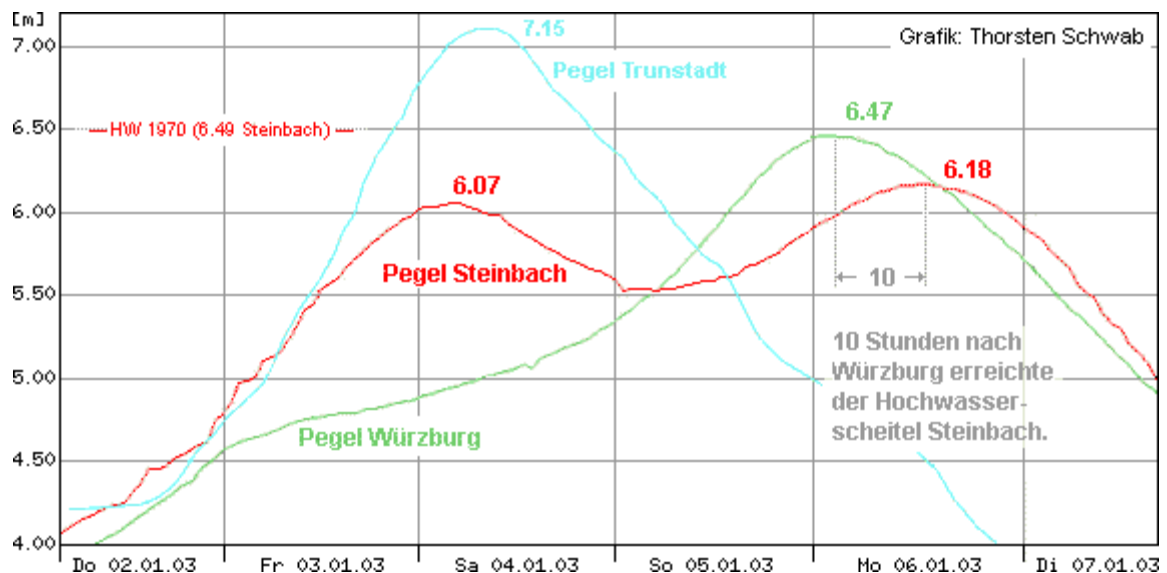


Abb. 39: Pegelstände vom Hochwasser 2003 [Archiv Gem. Hafenlohr]

Mit den erreichten Pegelständen kann das Mainhochwasser zwischen einem HQ10 und einem HQ15 eingestuft werden (Kap. 3.1).

Eine weitaus größere Jährlichkeit erreichte das Hochwasser des Baches Hafenlohr am 03. Januar 2003. Hier wurde ein Pegelstand von 304 cm mit einem Abfluss von 29,2 m³/s gemessen. Zwar gibt es zu den Jährlichkeiten der Hafenlohr keine genauen Angaben, jedoch liegt der Pegelstand eines HQ100 in diesem Fall nur etwa 35 cm höher (Kap. 3.2).

Der Einfluss der Hafenlohr auf den Wasserpegel des Mains ist Abb. 39 nicht zu entnehmen, da der Pegel im Ort Steinbach gemessen wurde, also bevor die Hafenlohr in den Main fließt.

Folgende Bilder des Hochwassers von 2003 sollen das Ausmaß und den Verlauf des damaligen Hochwasserereignisses verdeutlichen:



Abb. 40: Fußgängerbrücke über die Hafenlohr
[www.hafenlohr.de]

02. Januar 2003, 16:00 Uhr

Das Hochwasser des Mains hat Hafenlohr noch nicht erreicht, doch die Hafenlohr ist schon weit über die Ufer getreten. Ihren Höchststand erreicht sie am darauffolgenden Tag.
[www.hnd.bayern.de]



Abb. 41: Hauptstraße Hafenlohr [www.hafenlohr.de]

04. Januar 2003, 13:00 Uhr

Die erste Mainhochwasserwelle ist in Hafenlohr angekommen, Anwohner können nur noch per Boot ihre Häuser verlassen.



Abb. 42: Abzweigung zur Windheimer Straße
[www.hafenlohr.de]

06. Januar 2003, 15:00 Uhr

Der Höchststand des Mainwassers ist erreicht, der Scheitel der zweiten Hochwasserwelle legt das normale Leben in Hafenlohr endgültig lahm.

07. Januar 2003

Das Wasser geht endlich zurück. Die dadurch entstandenen Schäden kommen nun zum Vorschein und die Aufräumarbeiten können beginnen.



Foto: Thorsten Schwab

Hafenlohr
hr.de]



Foto: Thorsten Schwab

brücke über die Hafenlohr
lohr.de]

Der folgende Zeitungsartikel mit dem Titel „130.000 Euro Schaden durch Wasser in Hafenlohr“, der am 18. Januar 2003 in der „Mainpost“ erschien, gibt einen Eindruck über die entstandenen Schäden, Kosten und Arbeitseinsätze beim Hochwasser.

Bürgermeister Ritter zieht Bilanz über Hochwassereinsatz

HAFENLOHR (KAW) Bürgermeister Alfred Ritter zog in der ersten Gemeinderatssitzung des Jahres eine Bilanz über das Hochwasser vom 2. bis 7. Januar, die Einsätze der Hilfskräfte und die Schäden.

Nachdem die Hafenlohr in Windheim über die Ufer getreten war, rückte die Feuerwehr Windheim am 2. Januar um 13 Uhr aus. Ungewöhnlich schnell stieg dann auch der Main, und so waren die Feuerwehr Hafenlohr und das THW ab diesem Tag um 23 Uhr rund um die Uhr im Einsatz.

Viel Arbeit zum Jahresbeginn

Die Feuerwehr Windheim beendete ihren Einsatz am 5. Januar; das THW und die Feuerwehr Hafenlohr halfen bis zum 7. Januar um 22 Uhr bei den Aufräumarbeiten mit. Der letzte Keller wurde am 9. Januar um 16 Uhr ausgepumpt.

Insgesamt halten sich die Schäden in Wald und Flur durch die ständige Kontrolle der Gemeindearbeiter und aufmerksamer Bürger in Grenzen, in den Hochwasserabflussbereichen mussten aber wieder Schäden festgestellt werden, räumte Ritter ein.

Diese Schäden können aber größtenteils in Eigenleistung gemeinsam behoben werden. Die Sicherungsmaßnahmen nach dem letzten Hochwasser hätten sich bewährt und sollten ergänzt werden.

Gute Zusammenarbeit

Ritter lobte vor allem die gute Zusammenarbeit zwischen den Bürgern und den ehrenamtlichen Mitgliedern von THW und Feuerwehr bei der Verhinderung von Sachschäden, der Verteilung von Sandsäcken, der Errichtung eines Fußgängersteiges, beim Bootsverkehr, der Nachtwache und bei der notwendigen Verkehrsregelung. Die letztere Maßnahme war dringend erforderlich, wurde aber von einigen uneinsichtigen Verkehrsteilnehmern nicht verstanden.

Die vom Hochwasser betroffenen Bürger hätten mit viel Wachsamkeit die schwierige Situation erkannt und sich darauf eingestellt. Sie hätten Eigenverantwortung gezeigt und sich gegenseitig informiert, öffneten die Hof Tore für vom Hochwasser betroffene Nachbarn oder Bekannte, damit diese dort Gegenstände einlagern konnten. „Das Gefühl der Zu-

sammenghörigkeit wurde wieder einmal sichtbar“, so der Bürgermeister.

Schnell, unbürokratisch und mit aktuellen Bildern waren die neuesten Hochwassernachrichten auch über die Homepage abrufbar (*wir berichteten*).

In den fünf Einsatztagen sind bei den Hilfskräften Geräte und Ausrüstungsgegenstände kaputt gegangen und müssen ersetzt oder repariert werden. Die Bevölkerung soll deshalb um Spenden gebeten werden. Auch bei den Haushaltsberatungen müsse darauf geachtet werden, dass Mittel zur Verfügung gestellt werden.

Dank für die „großartige Hilfe“

Die geschätzte Schadenssumme wurde der Regierung von Unterfranken am 8. Januar mit rund 130 000 Euro gemeldet.

Bürgermeister Alfred Ritter sprach allen freiwilligen Helfern der Hilfsorganisationen und auch den gemeindlichen Mitarbeitern seinen Dank für diese „großartige Hilfe“ aus.

Hafenlohr]

4.2 Hochwasser im Januar 1995

Am 29. Januar 1995 wurde in Steinbach ein Höchststand des Mainwasserpegels von 6,54 m mit einem Abfluss von 1.510 m³/s gemessen. Dies entspricht fast einem 20jährigen Hochwasserereignis (Kap. 3.1). Drei Tage zuvor, am 26. Januar, führte



Abb. 46: Hauptstraße in Hafenlohr beim Hochwasser 1995 [www.hafenlohr.de]

die Hafenlohr einen Abfluss von 38,6 m³/s, womit sie einen noch größeren Abflussspitzenwert als 2003 erreichte. Mit einem Wasserstand von etwa 3,30 m lag dieser nur 10 cm unter dem eines hundertjährigen Hochwasserereignisses (Kap. 3.2). [www.hnd.bayern.de]

4.3 Hochwasser im Februar 1970

Beim Hochwasser am 26. Februar 1970 führte der Main in Steinbach 1.640 m³/s Wasser, was einem HQ20 entspricht (Kap. 3.1). Dies ist der größte Abfluss, der im Beobachtungszeitraum des Hochwassernachrichtendienstes (beginnend 1941) gemessen wurde. [www.hnd.bayern.de]



Abb. 47: Hafenlohr beim Hochwasser 1970 [www.hafenlohr.de]

Zum Wasserstand der Hafenlohr beim Hochwasser 1970 sind keine Aufzeichnungen vorhanden. Mit Hilfe der aktuellen Abflusskurve (Abb. 22) ergibt sich ein Wasserstand von ca. 6,80 m.

4.4 Hochwasser im Jahr 1920

An einigen Gebäuden in der Hauptstraße von Hafenlohr sind Hochwassermarken zu finden. So kann, auch wenn aus dieser Zeit keine Abflusswerte oder Pegelstände vorliegen, auf die Jährlichkeit des Mainhochwassers von 1920 geschlossen werden:

Die Hochwassermarke von 1920 liegt ca. 40 cm höher als die von 1970 (Abb. 48). Es ergibt sich somit ein Wasserstand von etwa 7,20 m (Kap. 4.3). Mit Hilfe der aktuellen Abflusskurve des Mains erhält man einen Abfluss von ca. 1.750 m³/s (Abb. 22).



Abb. 48: Hochwassermarken am Eingang Hauptstr. 22

Daraus kann geschlossen werden, dass es sich bei dem Hochwasser von 1920 um ein etwa 30jähriges Hochwasserereignis gehandelt haben könnte (Kap. 3.1). Da sich im Laufe der letzten 90 Jahre der Abflussquerschnitt des Mains verändert hat, ist die Anwendung der aktuellen Abflusskurve in diesem Fall nicht absolut korrekt, wodurch das Ergebnis schwanken kann.



Abb. 49: Hafenlohr beim Hochwasser 1920
[www.hafenlohr.de]

5 Grundlagen im Hochwasserschutz

5.1 Allgemeine Begriffe

Technischer Hochwasserschutz

Der technische Hochwasserschutz umfasst alle bautechnischen Maßnahmen im Hochwasserschutz. Hierzu gehören Hochwasserschutzdeiche (Kap. 5.2), Hochwasserschutzwände (Kap. 5.3), mobile Schutzsysteme (Kap. 5.4) und Hochwasserrückhaltebecken. [www.wwa-ab.bayern.de] [Lfw, Infobroschüre, 2004] [Patt, 2001]

Hochwasserschutzlinie

Die Hochwasserschutzlinie gibt den Verlauf der Hochwasserschutzmaßnahme im Lageplan an und trennt somit den ungeschützten oder weniger geschützten von dem vor Hochwasser geschützten Bereich (Abb. 50). Die der Schutzlinie zugehörige Hochwasserschutzmaßnahme ist nur bis zum entsprechenden Ausbauwasserstand wirksam. [Patt, 2001]

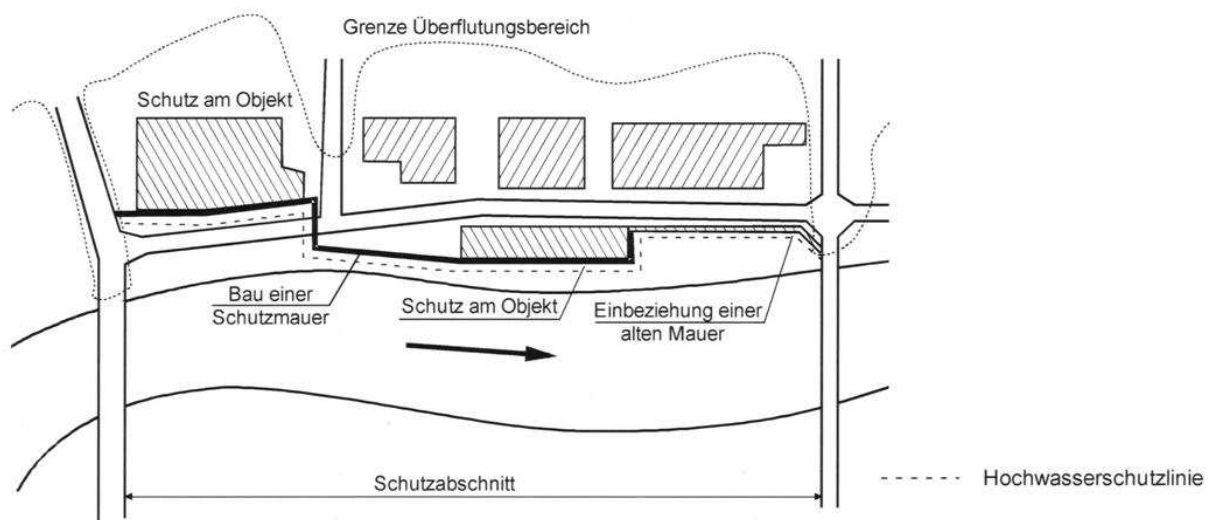


Abb. 50: Beispiel zum Verlauf einer Hochwasserschutzlinie [Patt, 2001]

Bemessungshochwasserstand BHW (Ausbauwasserstand)

Der BHW ist der Wasserstand, bis zu dem der Hochwasserschutz auf der Hochwasserschutzlinie gewährleistet ist. Der Freistaat Bayern fördert Schutzmaßnahmen, die mindestens für ein HQ100 bemessen sind, d.h. dass der BHW dem Wasserstand

eines Hochwassers entspricht, dessen Abfluss im Mittel alle 100 Jahre einmal auftritt oder überschritten wird.

Mittlerer Wasserstand MW

Der MW ist der mittlere Wasserstand eines Flusses. Er gibt den Mittelwert aus den Jahreswerten der Flusspegelmessungen an. [LfW, Infobroschüre, 2004]

Freibord

Das Freibord ist der vertikale Abstand zwischen dem Bemessungshochwasserstand und der Deichkrone bzw. der Oberkante der Schutzwand (Abb. 51 und 52).

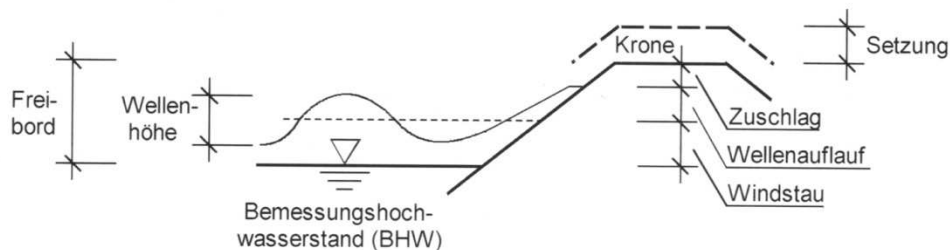


Abb. 51: Freibord Hochwasserschutzdeich [Patt, 2001]

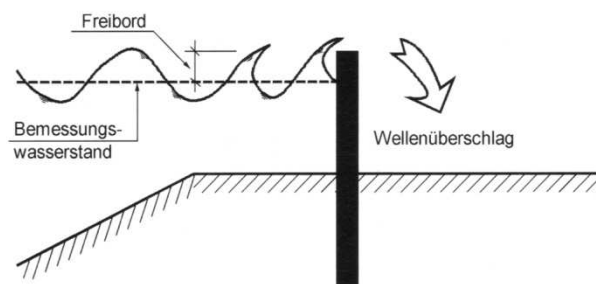


Abb. 52: Freibord bei Hochwasserschutzwand [Patt, 2001]

Es soll den örtlichen Windstau, Wellenauflauf und Eisstau aufnehmen. Diese Faktoren sind hauptsächlich abhängig vom Wasserstand über dem angrenzenden Gelände, der Windstärke und -richtung und den Strömungsverhältnissen. Weitere Zuschläge berücksichtigen Ausführungstoleranzen oder auch Ungenauigkeiten bei der Berechnung von Wasserständen. Nicht im Freibordmaß mit inbegriffen sind Setzungen der Schutzmaßnahme. Diese müssen durch eine weitere Überhöhung berücksichtigt werden (Abb. 51). Das Freibordmaß sollte nicht kleiner als 0,5 m angesetzt werden. [Patt, 2001] [DVWK, 1986]

Ermittlung der Freibordhöhe bei Deichen:

Sofern das Freibordmaß nicht mittels hydraulischen Modellen rechnerisch ermittelt wird, kann Tabelle 4 zur Hilfe genommen werden:

Wasserstand über Gelände [m]	Freibordmaß [m]	Deichhöhe [m]
bis 2,0 m	0,5	2,5
bis 2,4 m	0,6	3,0
bis 2,8 m	0,7	3,5
bis 3,2 m	0,8	4,0
bis 3,6 m	0,9	4,5
bis 4,0 m	1,0	5,0

Tab. 4: Staffelung für das Freibordmaß [Patt, 2001] [DVWK, 1986]

Für die Ermittlung des Freibordmaßes bei Hochwasserschutzwänden ist die Wellenhöhe vor der Wand und die Überschlagmenge über die Schutzwand ausschlaggebend (Abb. 52). [Patt, 2001]

Klimafaktor

Das bayerische Landesamt für Umwelt hat 2005 festgelegt, dass aufgrund der bisherigen Erkenntnisse über den Klimawandel bei künftigen Hochwasserschutzmaßnahmen Vorsorge gegen eventuelle Hochwasserverschärfungen infolge der Klimaänderung getroffen werden soll. Somit wird der ursprüngliche Bemessungsabfluss HQ100 um 15 % erhöht, wodurch sich ein höherer Hochwasserscheitel ergibt, auf den die Schutzmaßnahme nun ausgelegt werden muss. [www.lfu.bayern.de]

Berechnungswasserstand

Der Berechnungswasserstand markiert die Oberkante der Schutzmaßnahme [Patt, 2001]. Er ergibt sich aus Bemessungshochwasserstand (mit Erhöhung durch den Klimazuschlag) und Freibordmaß.

5.2 Hochwasserschutzdeiche

Deiche bestehen aus Erdbaustoffen und werden nicht regelmäßig und auch immer nur kurzzeitig eingestaut [DVWK, 1986]. Dabei muss der Deichkörper die Einwirkungen aus dem Wassereinstau in den Untergrund abtragen und ausreichend dicht sein. Je nach anstehender Sickerwassermenge und der Länge des Sickerweges durch den Deich, werden Deiche ohne oder mit Dichtung hergestellt.

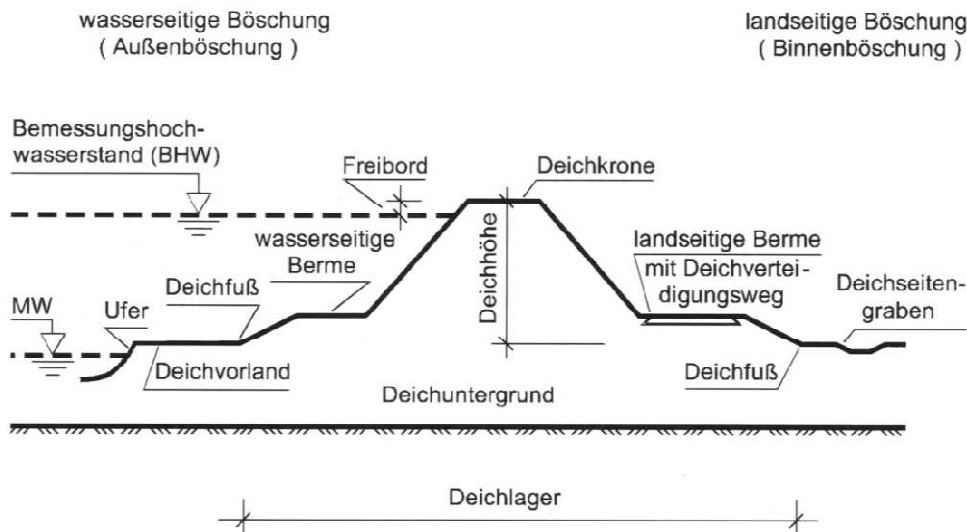


Abb. 53: Flussdeich mit überhöhtem Querschnitt [Patt, 2001] [DVWK, 1986]

Bei Flussdeichen sollten die Böschungen wasser- und landseitig 1 : 3 oder flacher geneigt sein. Die Deichkrone sollte 3 m breit sein. Bei Deichen bis zu 2,0 m Höhe genügt auch eine Kronenbreite von 2 m. Landseitige Bermen erhöhen die Standsicherheit und erleichtern die Unterhaltung, besonders wenn sie als Fahrbermen mit entsprechender Breite ausgeführt sind. [Patt, 2001] [DVWK, 1986]

Da Deichverteidigungsmaßnahmen, wie beispielsweise der Einsatz von Sandsäcken, meist an der landseitigen Böschung (Austrittsstelle des Sickerwassers, Abb. 54) zum Einsatz kommen, sollten die Deichverteidigungswege nicht auf der Deichkrone, sondern landseitig verlaufen. [Patt, 2001] [DVWK, 1986] [LfU, Infobroschüre, 2010]

Homogener Hochwasserschutzdeich

Der gesamte Deichkörper besteht aus nur einem Material. Die verwendete Bodenart darf sich im Laufe der Zeit unter Wassereinwirkung nicht zersetzen, auflösen, quellen oder schrumpfen. Geeignet sind Böden mit relativ geringer Wasserdurchlässigkeit

wie Ton, Schluff oder andere Böden mit hohem Feinkornanteil (bindige Böden) wie beispielsweise Auelehm. [Patt, 2001]

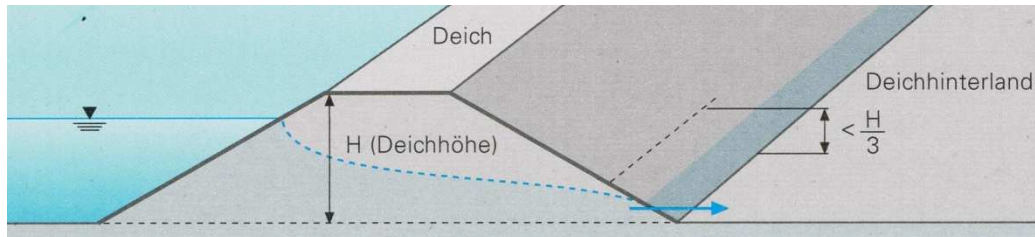


Abb. 54: Homogener Deich mit stationärer Sickerlinie [LfU, Infobroschüre, 2010]

Der Deich darf möglichst nie komplett von Sickerwasser durchströmt werden, d.h., er darf nicht so lange eingestaut sein, dass das Sickerwasser die Luftseite erreicht (Abb. 54). Der landseitige Deichfuß könnte sonst durch das dort austretende Wasser ausgespült werden (Erosion) und somit wäre die Standsicherheit des Deiches gefährdet.

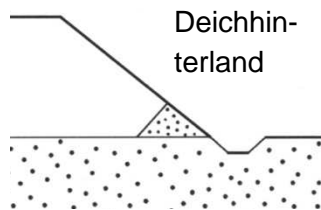


Abb. 55: Filterfuß
[Patt, 2001]

Falls dieses Kriterium nicht gewährleistet werden kann, kann das auf der Landseite anfallende Sickerwasser bis zu einer gewissen Menge von einem Fußfilter, beispielsweise aus Kies, aufgenommen und über Gräben oder Rohrleitungen abgeführt werden (Abb. 55). [Patt, 2001]

Hochwasserschutzdeich mit wasserseitiger Oberflächendichtung

Um die Sickerwassermenge im Hochwasserfall im Deich zu verringern, wird wasserseitig eine Dichtung aufgebracht. Diese kann aus bindigen Böden mit geringer Wasserdurchlässigkeit, Ton-Zement-Massen, Asphalt oder auch Beton bestehen. Der Stützkörper besteht aus tragfähigem, nicht bindigem Boden, wie Sand oder Kies, der zwar wasserdurchlässiger ist, der Dichtung aber eine sichere Stützung gewährleisten kann. Auch hier können Fußfilter zum Einsatz kommen. [Patt, 2001] [DVWK, 1986]

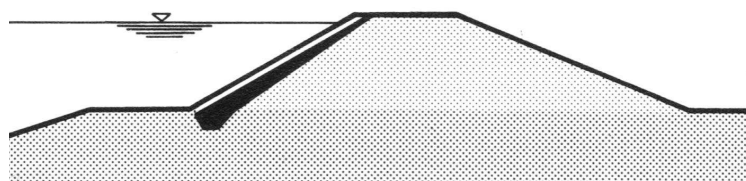


Abb. 56: Deich mit wasserseitiger Oberflächendichtung [DVWK, 1986]

Bei einem wasserdurchlässigeren Untergrund kann mehr Sickerwasser eindringen. Deshalb muss der Sickerweg des am Deich stehenden Hochwassers verlängert werden. Dies erreicht man durch einen Dichtungsteppich, was aber nur möglich ist, wenn genügend Abstand zwischen Deich und Flussufer vorhanden ist (Abb. 57).

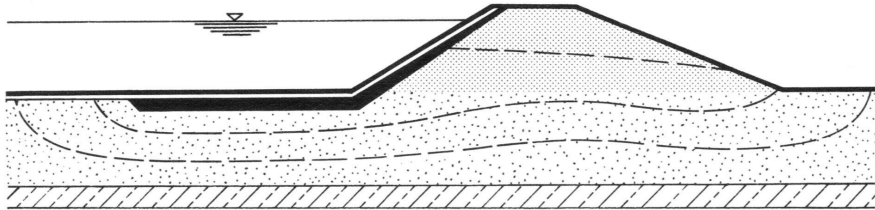


Abb. 57: Deich mit Oberflächenabdichtung mit Dichtungsteppich [DVWK, 1986]

Drei-Zonen-Deich

Beim Drei-Zonen-Deich ist wasserseitig der Boden mit der kleinsten Wasserdurchlässigkeit angeordnet. Dieser hat die Wirkung einer Dichtung. Die Dichtungszone kann bei Bedarf mittels einer Dichtwand an dichteren, tiefer gelegenen Untergrund angeschlossen werden (Abb. 58). Damit wird die Unterströmung des Deiches reduziert und somit die Gefahr von Erosion gemindert. Im Hochwasserfall wird zugleich die Sickermenge herabgesetzt. Austretendes Sickerwasser am landseitigen Deichfuß wird vom Fußfilter aufgenommen und über eine Drainage abgeführt. [Patt, 2001]

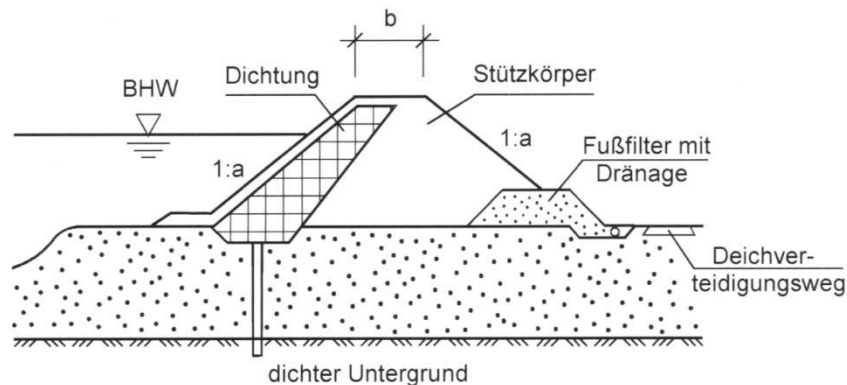


Abb. 58: Drei-Zonen-Deich [Patt, 2001]

Der Drei-Zonen-Deich ist baulich sehr aufwendig. Dichtungsfähige Bodenarten müssen ausreichend verfügbar sein und gemeinsam mit dem tragfähigen, nicht bindigen Boden für den Stützkörper erdbaulich richtig behandelt und eingebaut werden.

Hochwasserschutzdeich mit Innendichtung

Das Material des Stützkörpers beim Deich mit Innendichtung muss keine wasserundurchlässigen Eigenschaften aufweisen. Der Sickerweg wird mittels einer senkrech-

ten oder leicht geneigten Dichtung im Innern des Deiches verlängert, die bis zum tieferen, geringer durchlässigen Untergrund reicht (Abb. 59). [Patt, 2001] [DVWK, 1986]

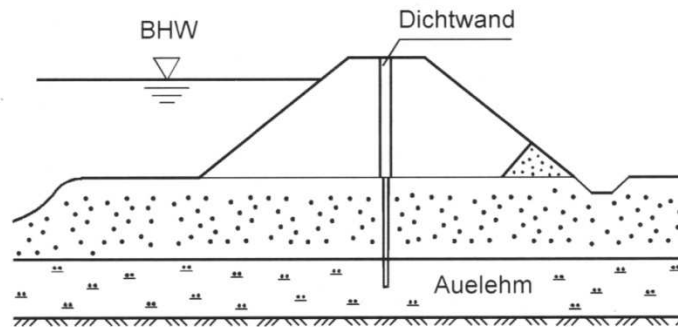


Abb. 59: Deich mit Innendichtung [Patt, 2001]

Der Grundwasserfluss zwischen Wasser- und Landseite darf aber durch die Innendichtung nicht komplett unterbrochen werden. Besonders bei starken Niederschlägen muss dem Wasser die Möglichkeit gegeben werden, über den Boden in die Flußsenke zu gelangen um dort mit dem Gewässer abzufließen. Schließt die Dichtung direkt auf sehr undurchlässigen Boden ab, sammelt sich das anfallende Grundwasser auf der Landseite. Eine Lösungsmöglichkeit ist hier, Sickeröffnungen in der Dichtung vorzusehen [WWA Aschaffenburg]. Das im Hochwasserfall an der Landseite auftretende Sickerwasser wird vom Fußfilter oder einer Drainageleitung aufgenommen und von dort abgeführt.

Innendichtungen können mit verschiedenen Verfahren hergestellt werden. Die gebräuchlichsten sind hier aufgeführt:

a) Bohrfahlwand

Eine Möglichkeit, eine Innendichtung herzustellen, ist die überschnittene Bohrfahlwand. Die einzelnen Pfähle können Durchmesser zwischen 0,50 m und 1,50 m haben. Um die Wand wasserundurchlässig herzustellen, müssen sich die Pfähle überschneiden. Dies geschieht beim Pilgerschrittverfahren:

Zuerst werden die unbewehrten Bohrfähle 1, 3, 5 usw. hergestellt. Hierbei wird ein Loch mit dem Durchmesser des Bohrfahls gebohrt, das zunächst mit einem Stützrohr vor dem Einsturz gesichert wird. Während das Rohr langsam herausgezogen wird, wird das Bohrloch ausbetoniert. Im zweiten Arbeitsgang werden die bewehrten Bohrfähle 2, 4, 6 usw. hergestellt, die durch ihre Bewehrung mit einem Stahlkorb auch horizontale Kräfte aufnehmen können und somit die Stabilität der Wand bei

Zug- und Scherbeanspruchung gewährleisten. Die Sekundärpfähle überschneiden die zuerst hergestellten Primärpfähle, so dass eine durchgehende Betonwand entsteht. (Abb. 60) [Kolymbas, 2007] [Schneider, 2006]

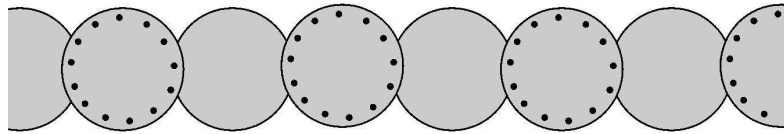


Abb. 60: Grundriss überschnittene Bohrpfehlwand

Sickeröffnungen, die den Grundwasserfluss zulassen, können hergestellt werden, indem die unbewehrten Pfähle kürzer ausgeführt werden (Abb. 61).

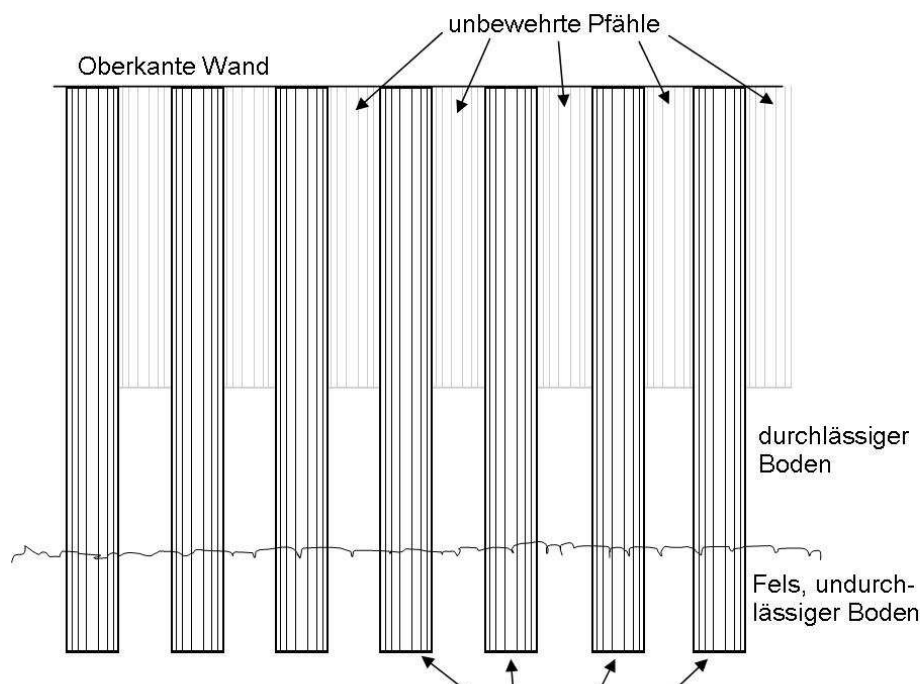


Abb. 61: Ansicht überschnittene Bohrpfehlwand mit Sickeröffnungen

Bei dem Bau eines Deichs mit einer Bohrpfehlwand als Kerndichtung muss beachtet werden, dass Bohrpfähle nur in bestehenden Boden eingebaut werden können, d. h., dass der Deichkörper vorher hergestellt werden muss. Da zur Herstellung einer Bohrpfehlwand aber schwere Gerätschaften mit großem Platzbedarf (Bohrgerät) erforderlich sind, ist dies auf einer schmalen Deichkrone nicht immer möglich. Eine Lösung ist, die Bohrpfehlwand nur als Untergrunddichtung auszuführen, auf die dann der Deichkörper gebaut wird, der anderweitig abgedichtet ist.

Die überschnittene Bohrpfehlwand kann nahezu in allen Bodenarten hergestellt werden. Sie kann in Tiefen bis zu etwa 25 m gebaut werden. Im Gegensatz zu Spundwänden ist sie jedoch baulich aufwendiger und somit teurer. [Schneider, 2006]

b) Schlitzwand

Die Schlitzwand ist eine bewehrte Betonwand, die vor Ort hergestellt wird. Sie kann mit einer Breite zwischen 0,4 m und 2,0 m hergestellt werden. Ebenso wie die überschnittene Bohrpfehlwand ist sie bei richtiger Ausführung komplett wasserundurchlässig. [Schneider, 2006]

Unterschieden wird die Einphasen- und die Zweiphasenschlitzwand:

Bei der Herstellung der Einphasenschlitzwand wird zunächst ein Schlitz in der Breite der späteren Wand ausgehoben. Während des Aushubs wird eine stützende Flüssigkeit (z. B. Bentonitsuspension versetzt mit Zement) in den Schlitz geleitet, die einen Einsturz durch ihre thixotrope Eigenschaft verhindert. Das bedeutet, dass die Flüssigkeit in Ruhe nahezu fest und somit stützend ist, aber bei Bewegung ihre Festigkeit abnimmt. Da der Stützflüssigkeit ein Bindemittel (Zement) zugesetzt ist, härtet diese aus und wird selbst zur Wand. Vor der Erhärtung muss noch die Bewehrung in den Schlitz eingelassen werden. Bei der Zweiphasenschlitzwand wird hingegen die Stützflüssigkeit (Bentonitsuspension) nur zur Sicherung des ausgehobenen Schlitzes verwendet und während des Betoniervorgangs gegen Beton ausgetauscht (Abb. 62). [Kolymbas, 2007] [Schneider, 2006]

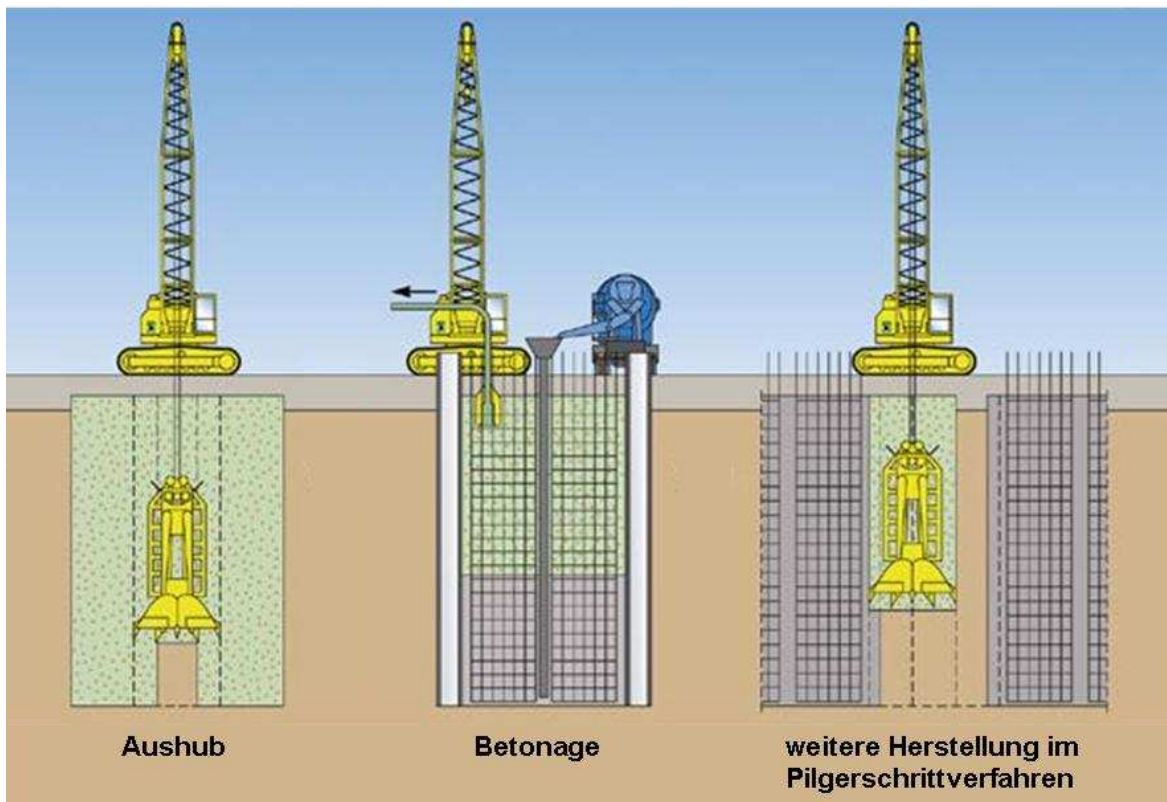


Abb. 62: Herstellung einer Zweiphasenschlitzwand, verändert aus [www.brueckner-grundbau.de]

Die Schlitzwand ist baulich sehr aufwendig, kann aber in Tiefen über 100 m hergestellt werden. Jedoch erfordert sie, ebenso wie die Bohrpfehlwand, großen Platz und schweres Gerät. [Schneider, 2006]

c) Spundwand

Eine Spundwand setzt sich aus einer Reihe von Stahlprofilen zusammen, die durch Schlösser miteinander verbunden sind (Abb. 63). Die ineinandergreifenden Schlösser sind zu

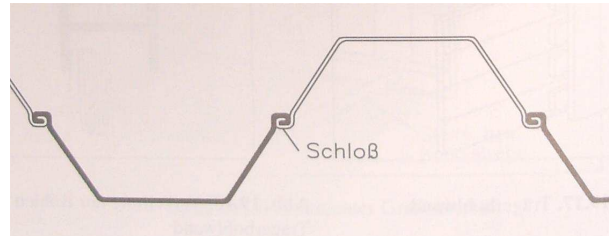


Abb. 63: Spundwandprofile [Kolymbas, 2007]

Anfang nicht vollkommen wasserdicht, setzen sich aber nach einiger Zeit mit Feinteilen aus dem Boden zu und werden undurchlässig. [Kolymbas, 2007]

Spundwände können in den Boden gerammt, gerüttelt und eingepresst werden:

Beim Rammen werden die Profile einzeln mit senkrechten Schlägen auf das Profilende in den Boden eingerammt. Hierzu wird ein spezielles Rammgerät benötigt. Die einzelnen Schläge sind geräuschintensiv und die Spundbohle wird dabei stark beansprucht. Beim Rütteln hingegen erzeugt eine Schwingramme Vibrationen und kontinuierlichen, senkrechten Druck auf ein Profil, welches so in den Boden eingetrieben wird. Dieses Verfahren ist geräuschärmer als das Rammen und für die einzelne Spundbohle schonender. Das Einpressen beansprucht die einzelnen Spundwandprofile am wenigsten. Hierbei werden mehrere Profile gleichzeitig mit hydraulischen Pressen senkrecht in den Boden eingedrückt. [Kolymbas, 2007]



Abb. 64: eingebaute Spundwand
[www.wwa-la.bayern.de]

Im Gegensatz zur Bohrpfehl- und zur Schlitzwand kann die Spundwand problemlos ohne Pumpen im anstehenden Grundwasser in den Boden eingebaut werden. Zudem ist sie günstiger herzustellen, da sie baulich weniger aufwendig ist. Jedoch sind nicht alle Böden ramm-, rüttel- oder einpressbar [Schneider, 2006]. Die starke Lärmbelastung sowie die entstehenden Erschütterungen des Bodens beim Einbau dürfen auch nicht außer Acht gelassen werden.

d) Schmalwand

Zur Herstellung einer Schmalwand werden zunächst Stahlprofilträger in den Boden eingerammt oder eingerüttelt, wodurch der anstehende Boden verdrängt wird. Beim Ziehen der Bohle wird der entstandene Hohlraum nun mit einer Zement-Suspension gefüllt. Diese wird gegebenenfalls auch unter Druck eingepresst, wobei sie weiter in den umliegenden Boden eindringt. Eine fortlaufende Dichtwand entsteht durch das Aneinanderreihen einzelner, sich überschneidender Stiche. Je nach Bodenbeschaffenheit, dem Profil der Rüttelbohle und dem Einpressdruck kann eine Schmalwand eine Dicke zwischen 5 cm und 20 cm erreichen (Abb. 65). [Kolymbas, 2007]

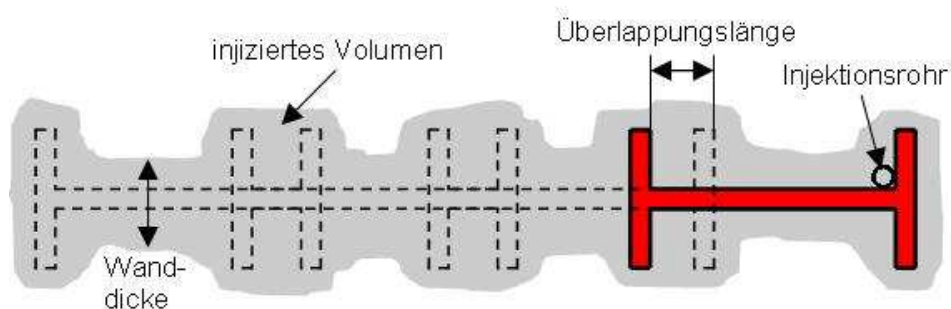


Abb. 65: Herstellung einer Schmalwand

Schmalwände können bis in Tiefen von ca. 20 m hergestellt werden. Der vorhandene Boden muss jedoch rüttel- oder rammbaar sein. [Kolymbas, 2007]

e) Hochdruckinjektionswände

Beim Hochdruckinjektionsverfahren (HDI-Verfahren), das auch Jet-Grouting oder Soilcrete-Verfahren (firmenspezifisch) genannt wird, werden Zement-Bodengemischkörper im anstehenden Erdreich erstellt. Werden diese in Reihe und mit Überschneidung hergestellt, entsteht eine Dichtwand. [Kolymbas, 2007] [Schneider, 2006]

Zur Herstellung eines Injektionskörpers wird zunächst eine Injektionslanze in den Boden gebohrt. Wenn die erforderliche Tiefe erreicht ist, wird an der Lanzenspitze eine Bindemittelsuspension auf Zementbasis unter hohem Druck (bis zu 600 bar) ins Erdreich injiziert. Dabei vermischt sich der anstehende Boden mit der Suspension. Die Lanze wird nun unter ständigem Drehen langsam herausgezogen, während weiterhin Suspension injiziert wird. Nach der Erhärtung entsteht so ein zylindrischer Betonkörper mit natürlichem Boden als Zuschlag (Abb. 66). [Kolymbas, 2007]

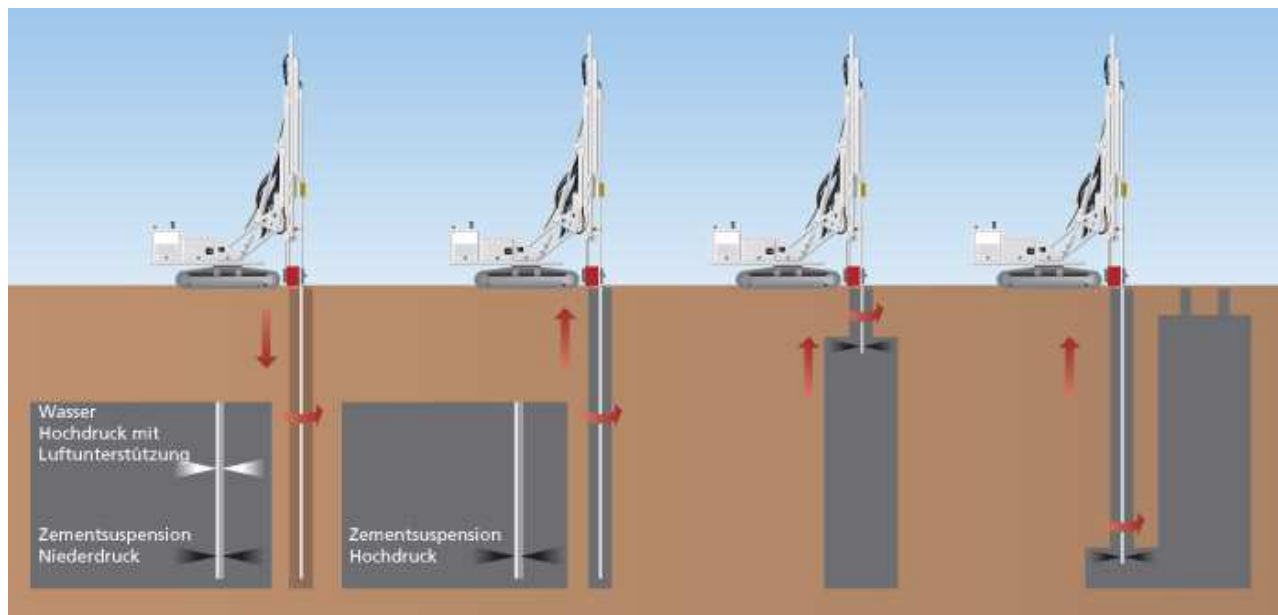


Abb. 66: Herstellung einer HDI-Wand [www.furch-grundbau.de]

Mit dem HDI-Verfahren können Dichtwände bis zu einer Tiefe von etwa 40 m erstellt werden. Die Qualität der Betonkörper ist jedoch stark abhängig von der Kornverteilung des Bodens. [Kolymbas, 2007]

f) MIP-Wand

Beim Mixed-in-Place - Verfahren (MIP-Verfahren) wird der Baugrund vor Ort mit einer Bindemittelsuspension vermischt. Hierfür wird das Bindemittel mit entsprechenden Gerätschaften in den anstehenden Boden eingefräst oder eingepflügt (Abb. 67). Da der Boden als Zuschlagstoff dient, ist die Qualität der Erdbetonkörper stark von der Beschaffenheit des anstehenden Bodens abhängig. MIP-Wände können in Tiefen bis zu etwa 50 m hergestellt werden. [Witt, 2009] [www.bauer.de]



Abb. 67: Herstellung einer MIP-Wand [www.wwa-in.bayern.de]

5.3 Hochwasserschutzwände

Hochwasserschutzwände werden dann eingesetzt, wenn der notwendige Platz für den Bau von Deichen fehlt. Dies ist bei direkt am Fluss liegenden Ortschaften, Hafenanlagen oder Industriegebieten meist der Fall. Ebenso können Hochwasserschutzwände auch auf den Kronen bestehender Deiche eingesetzt werden, welche nachträglich für einen höheren Bemessungshochwasserstand ausgelegt werden sollen und bei denen aus Platzmangel keine Deicherhöhung durch Aufschüttung möglich ist. [Patt, 2001]

Bei Hochwasserschutzwänden ist eine Untergrundabdichtung zwingend erforderlich, da der Sickerweg des Wassers wesentlich kürzer ist als durch einen Deich hindurch. Nur bei kleinen zu erwartenden Wasserhöhen (etwa bis 1,50 m), die nur kurze Zeit an der Wand anstehen und bei entsprechend dichtem Untergrund kann gegebenenfalls darauf verzichtet werden.

Ebenso wie bei der Kerndichtung eines Deiches darf auch die Untergrundabdichtung der Hochwasserschutzwand den Grundwasserfluss nicht vollkommen unterbrechen (Kap. 5.2). Um durchdringendes Sickerwasser an der Landseite im Hochwasserfall abführen zu können, sollte dort eine Drainageleitung (Kap. 5.5) angeordnet werden.

Der obere, sichtbare Teil der Schutzwand wird nicht - wie bei einer Kerndichtung in Deichen - von umliegendem Erdreich zu den Seiten hin gestützt, so dass die Wand besonders im Hochwasserfall größeren Beanspruchungen gerecht muss werden als eine Kerndichtung. (Abb. 68)

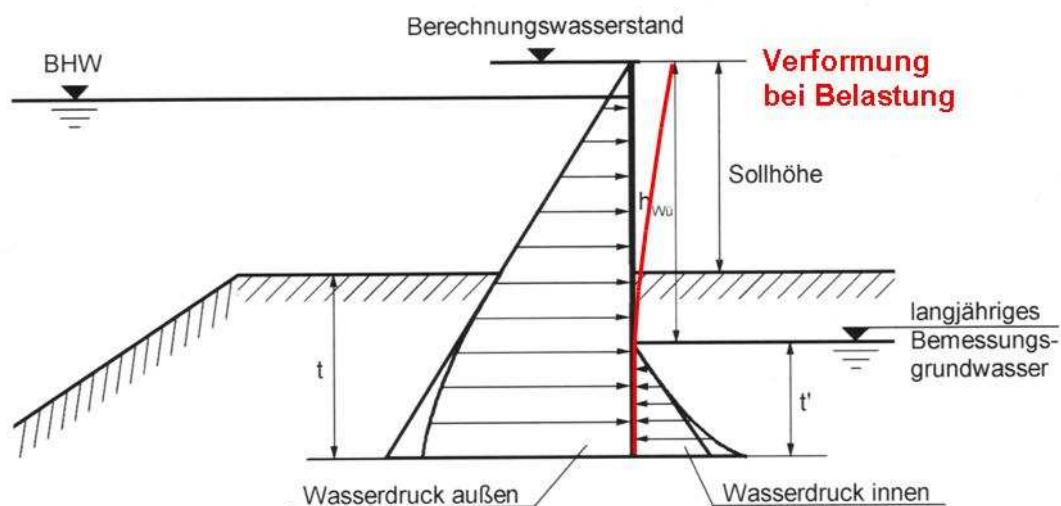


Abb. 68: Beanspruchungen auf eine HWS-Wand bei Hochwasser, verändert aus [Patt, 2001]

Da sich die Wand bei anstehendem Hochwasser zur Landseite hin durch die horizontale Belastung verformen will (Abb. 68), entsteht auf der Außenseite (wasserseitig) der Wand Zug. Diese muss daher so konzipiert sein, dass sie auch Zugkräfte aufnehmen kann. Hierfür kommt nur bewehrter Beton oder Stahl infrage. Unbewehrter Beton kann beispielsweise hauptsächlich nur Druck aufnehmen und reißt schon bei kleineren Zugbeanspruchungen. [Schneider, 2006]

Weitere wichtige Beanspruchungen einer Hochwasserschutzwand sind Lasten aus Stoß, insbesondere durch Treibgut, sowie der Wellenschlag. [Patt, 2001]

Die Horizontalkräfte, die auf die Wand einwirken, müssen in den Untergrund weitergeleitet werden. Dies geschieht, je nach Bodenbeschaffenheit, Bauweise der Wand und den zu erwartenden Belastungen, durch:

- die Einbindetiefe der Wand in den Boden (Abb. 69)
- eine entsprechende Ausbildung der Wand, beispielsweise als Winkelstützmauer oder mit verbreiterem Fundament (Abb. 71)
- eine Schiefstellung der Untergrundabdichtung, die so gleichzeitig als Gründung für die Mauer dient (Abb. 72)

Die gebräuchlichsten Ausführungsformen für Hochwasserschutzwände werden hier aufgeführt:

a) Spundwand

Die Herstellung der Spundwand als Hochwasserschutzwand ist dieselbe wie die einer Spundwand als Kerndichtung (Kap. 5.2). Sie dient nicht nur als Hochwasserschutzwand sondern gleichzeitig auch als Untergrundabdichtung. Spundwände können auch nur als Untergrunddichtung verwendet und der sichtbare Teil der Hochwasserschutzwand wird aus Stahlbeton hergestellt. Um einen optisch ansprechenden Wandabschluss bei der Spundwand herzustellen, kann ein Kopfbalken

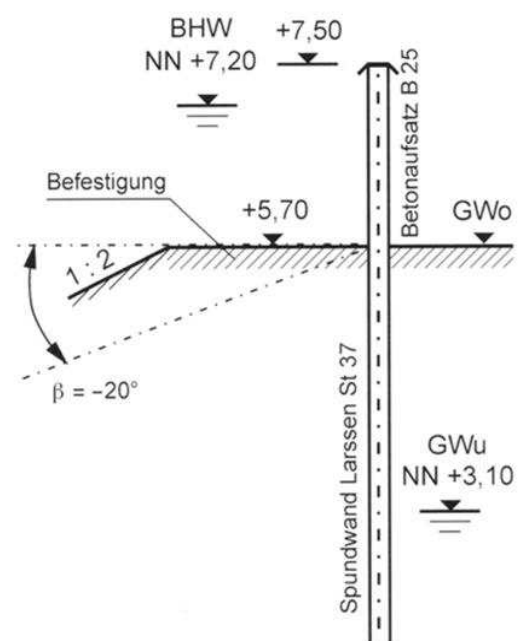


Abb. 69: HWS-Spundwand [Patt, 2001]

aus Stahlbeton zum Einsatz kommen (Abb. 70). Da Spundwandprofile besonders beim Einsatz als Hochwasserschutz von Ortschaften nur bedingt optisch ansprechend wirken, können sie auch mit Hilfe einer vorgesetzten Verblendwand verdeckt oder durch eine Begrünung freundlicher gestaltet werden.



Abb. 70: Spundwand mit Kopfbalken (Hochwasserschutz Rothenfels)

b) Stahlbetonwand

Stahlbetonwände können in verschiedenen Formen als Hochwasserschutzwände ausgeführt werden. Hier einige Beispiele:

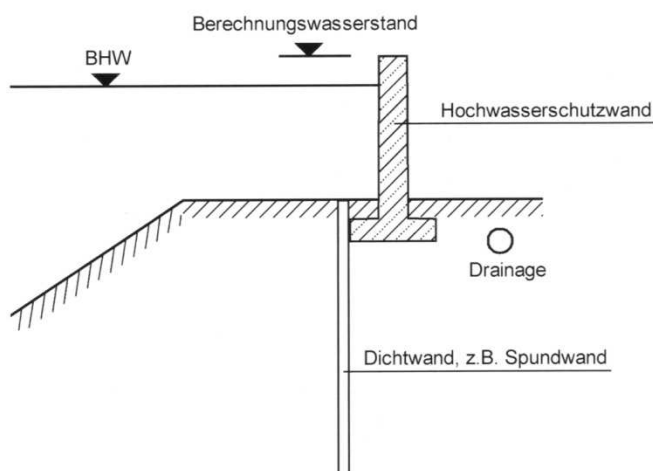


Abb. 71: massive HWS-Wand mit Dichtwand [Patt, 2001]

Die Hochwasserschutzwände übertragen die horizontalen Lasten mittels Fundamenten in den Untergrund (Abb. 71 und 72). Eine Ausführung der Gründung wie in Abb. 71 ist nur möglich, wenn tragfähiger Boden in geringen Tiefen vorhanden ist. Ist dies nicht der Fall, ist eine die Ausführung nach Abb. 72 eine Lösungsmöglichkeit: Die Lasten auf die HWS-Wand werden vom Kopfbalken auf die Bohrpfähle übertragen. Diese gründen bis auf tieferen, tragfähigeren Untergrund (z.B. Fels), der die Lasten aufnehmen kann. Die geneigten Pfähle wirken einer mög-

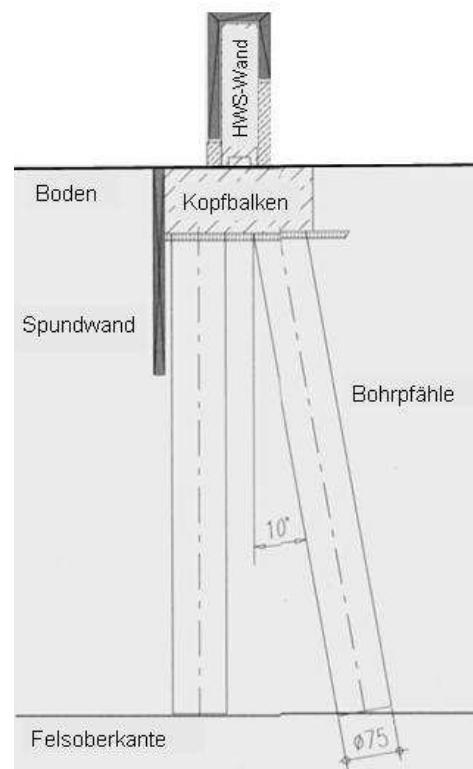


Abb. 72: HWS-Wand mit Bohrpfahlgründung (HWS Miltenberg) [WWA AB, Faltblatt, 2008]

lichen Verdrehung infolge der Horizontallasten nochmals entgegen. In diesem Fall sind die Bohrpfähle nicht als überschnittene Bohrpfahlwand ausgeführt (Kap. 5.2), da sie lediglich der Gründung dienen. Die Untergrundabdichtung wird - ebenso wie in Abb. 71 - mit einer Spundwand hergestellt. Die Dichtwand muss stets wasserseitig eingebaut werden. Wäre sie landseitig angeordnet, so könnte sie sich im schlimmsten Fall bei einem Hochwasserereignis aufgrund des Wasserdrucks von außen (Abb. 68) zur Luftseite hin verschieben. Damit würde eine Lücke zwischen HWS-Wand und Dichtwand entstehen, durch die Sickerwasser auf kürzestem Weg zur Landseite durchdringen kann.

Eine Möglichkeit zum Bau einer Hochwasserschutzwand ohne Spundwand als Abdichtung zeigt Abb. 73: Die überschnittene Bohrpfahlwand dient als Gründung für die Hochwasserschutzwand und gleichzeitig als Untergrundabdichtung. Wenn die unbewehrten Pfähle verkürzt ausgebildet werden, kann der Grundwasserfluss gewährleistet werden (Kap. 5.2).

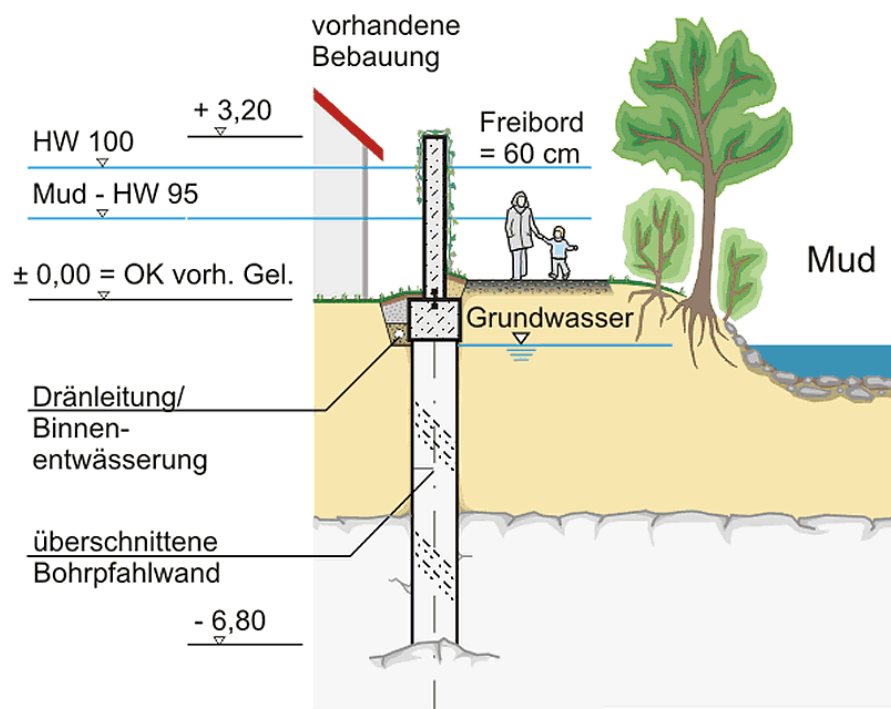


Abb. 73: HWS-Wand mit Bohrpfählen in Miltenberg West [WWA AB, Faltblatt, 2010]

Um die Optik der Stahlbetonwand ansprechender zu gestalten, kann ihre Oberfläche beispielsweise mit Bundsandstein (Abb. 74) im Nachhinein verkleidet werden. Eine kostengünstigere Möglichkeit ist die Bearbeitung der Betonoberfläche mit Strukturmatten (Abb. 75). Diese werden vor der der Betonage betonseitig in der Schalung befestigt.



Abb. 74: Sandsteinverblendung HWS Miltenberg [www.wwa-ab.bayern.de]



Abb. 75: Oberflächenbearbeitung mit Strukturmatrizen [Fa. Reckli, Produktkatalog]

5.4 Bewegliche und mobile Hochwasserschutzkonstruktionen

In Bereichen, wo eine dauerhafte Hochwasserschutzkonstruktion nicht möglich oder nicht erwünscht ist, können Elemente zum Hochwasserschutz eingesetzt werden, die erst beim Hochwasserereignis aufgebaut werden. Solche Bereiche sind Straßen und Zugänge, deren Befahr- oder Begehbarkeit durch eine feststehende Konstruktion beeinträchtigt oder verhindert werden würde, aber auch Bereiche, in denen das Stadtbild oder die Sicht auf das Gewässer durch eine feststehende Wand oder einen Deich beeinträchtigt werden würde. [Patt, 2001]

Bei allen verwendeten Systemen ist ein einfaches und sicheres Funktionieren im Hochwasserfall die Grundvoraussetzung. Hierbei spielt auch die Vorwarnzeit eine erhebliche Rolle, da genügend Zeit zum Aufbau der Konstruktion vor dem Eintreffen der Hochwasserwelle vorhanden sein muss. Die Aufbauzeit hängt vom verwendeten System und der Größe des Aufbauteams ab. Besonders bei kleineren Ortschaften muss beachtet werden, dass nur eine begrenzte Anzahl von Arbeitern (freiwillige Feuerwehr etc.) vorhanden ist. [www.wwa-ab.bayern.de]

Bewegliche Hochwasserschutzkonstruktionen

Bewegliche Systeme sind - im Gegensatz zu den mobilen Systemen - so konzipiert, dass sie vor Ort schon eingebaut sind und im Hochwasserfall nur noch durch Herausfahren, Herausklappen oder Herausschwenken in die richtige Position gebracht werden müssen. Sie sind in der Regel in Aussparungen und Nischen von Türen, Durchgängen oder Zufahrten zum Gewässer zu finden (Abb. 76 und 77). [Patt, 2001]



Abb. 76: HWS-Tor in Rothenfels (offen)



Abb. 77: HWS-Tor in Rothenfels (geschlossen)
[WWA WÜ, Faltblatt, 1998]

Es gibt eine Vielzahl von verschiedenen Varianten für bewegliche Schutzkonstruktionen. Einige Systeme sind so konzipiert, dass sie sich mit Hilfe des Auftriebs selbstständig aufrichten (Abb. 78), andere müssen von Hand aufgerichtet und fixiert werden (Abb. 79). Bei besonders großen und schweren Toren oder Verschlüssen ist ein hydraulischer Antrieb erforderlich.

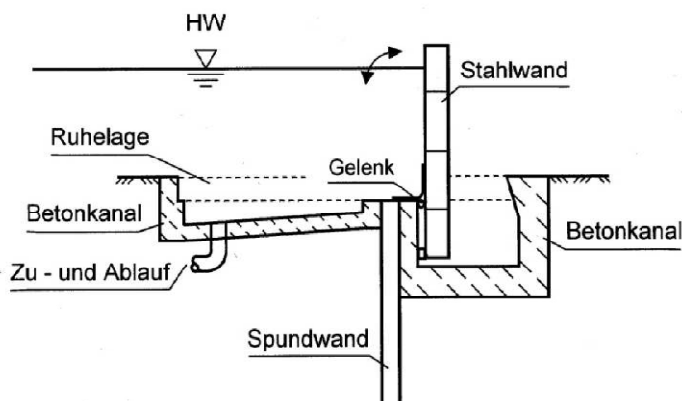


Abb. 78: herausklappbare HWS-Wand
[Patt, 2001]

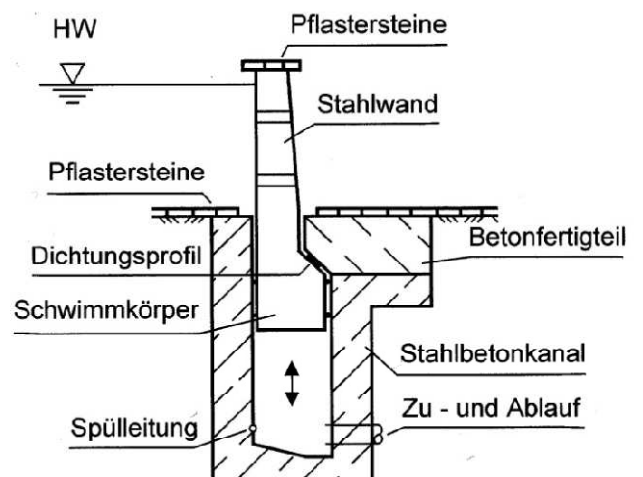


Abb. 79: herausfahrbare HWS-Wand
[Patt, 2001]

Bewegliche Hochwasserschutz Elemente müssen regelmäßig gewartet und ihre Funktionsfähigkeit überprüft werden. Ein klarer Vorteil ist der schnelle und unkomplizierte Aufbau im Hochwasserfall.

Mobile Hochwasserschutzkonstruktionen

Mobile Systeme werden im Hochwasserfall vor Ort aufgebaut. Dabei müssen die einzelnen Bauteile der Hochwasserschutzwand herangeschafft und richtig zusammengefügt werden.

Auch bei den mobilen Hochwasserschutzwänden gibt es mehrere verschiedene Varianten. Das Grundprinzip des Systems ist jedoch weitestgehend gleich:



Abb. 80: Aufbau Stütze (HWS Miltenberg)
[www.wwa-ab.bayern.de]



Abb. 81: Einbau Wandelemente (HWS Miltenberg)
[www.wwa-ab.bayern.de]

Beim Aufbau werden zunächst vertikale Stützen in ortsfeste Befestigungsvorrichtungen im Boden eingesetzt (Abb. 80). Je nach Höhe der späteren Wand wird die gesamte Konstruktion durch schräg stehende Stützen auf der Luftseite gehalten. Zwischen den senkrechten Stützen werden dann horizontale Wandelemente eingesetzt (Abb. 81). Diese bestehen aufgrund des geringen Gewichts meist aus Aluminium. [www.wwa-ab.bayern.de] [WWA AB, Faltblatt, 2008]

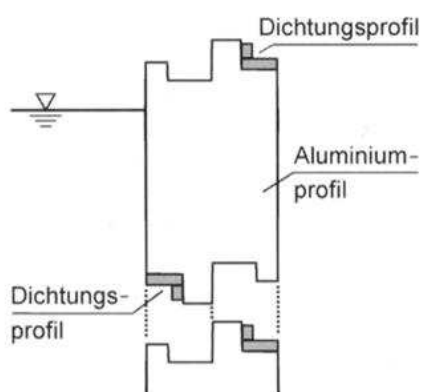


Abb. 82: Schnitt Wandelemente
[Patt, 2001]

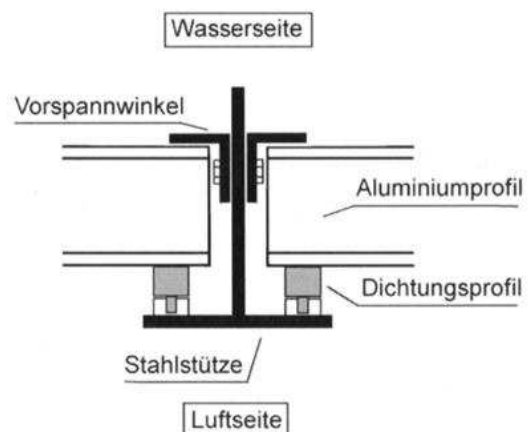


Abb. 83: Grundriss Stütze [Patt, 2001]

Um im Hochwasserfall eine Wasserdichtigkeit der Wand garantieren zu können, sind die horizontalen und vertikalen Fugen mit Dichtungsprofilen aus Hartgummi oder Hartschaumstoff versehen (Abb. 82 und 83). Durch Spannvorrichtungen, das Eigengewicht der Wand und den Wasserdruck werden diese dann gegen die Dichtflächen gepresst. [Patt, 2001]

Ortsfeste Hochwasserschutzwände werden oft durch das Aufsetzen mobiler Elemente im Hochwasserfall erhöht (Abb. 84). Auch hierfür gibt es eine Vielzahl an Ausführungsvarianten. Beispielsweise ist es möglich, die senkrechten Stützen feststehend anzuordnen, so dass im Hochwasserfall nur noch die horizontalen Elemente eingelegt werden müssen.



Abb. 84: kombinierte HWS-Wand (HWS Miltenberg)
[WWA AB, Faltblatt, 2008]

Besonders bei weitläufigen Systemen ist es von Vorteil, möglichst viele Elemente gleich auszubilden. Somit können sie in jeder Stelle im System verarbeitet werden und Verwechslungen werden ausgeschlossen. Ein gängiges Stützenachsmaß sind beispielsweise 2,50 m, damit haben dann alle horizontalen Elemente die gleiche Länge.

In der hochwasserfreien Zeit sollten die mobilen Elemente witterungssicher gelagert werden. Hierfür müssen - je nach Größe des Systems - Räumlichkeiten wie Kellerräume oder Hallen angemietet oder auch eigens dafür gebaut werden (Abb. 85). Es ist wichtig, dass die Elemente möglichst nahe am Einsatzort gelagert werden und schnell und problemlos dorthin transportiert werden können. Hierfür benötigt man zum Einen entsprechende Geräte, wie beispielsweise Tieflader für den Transport und



Abb. 85: Aufladen der mobilen Elemente vor der Lagerhalle (HWS Miltenberg)
[www.wwa-ab.bayern.de]

Kräne für das Auf- und Abladen (Abb. 85), zum Anderen Straßen und Wege, die so ausgebildet sind, dass sie von der Lagerstelle bis zur Aufbaustelle mit den benötigten Gerätschaften befahrbar sind.

Der klare Nachteil der mobilen Hochwasserschutzwand ist der aufwendige Aufbau und die Lagerung der Elemente. Für den Aufbau müssen dauerhaft genügend Arbeiter zur Verfügung stehen, die mit den richtigen Abläufen vertraut sind und in der vorgegebenen Zeit die Schutzmaßnahme funktionsfähig in Position bringen können. Der Aufbau muss in hochwasserfreien Zeiten regelmäßig geprobt werden. Bei höheren Schutzwänden sind zum Aufbau Geräte (Gabelstapler, Autokran etc.) notwendig.

Sandsackdeiche

Sandsäcke werden oft dort eingesetzt, wo noch keine feststehende Hochwasserschutzmaßnahme (Deich, Wand) vorhanden ist oder diese nachgebessert oder erhöht werden muss. Sandsackdeiche bestehen aus einzelnen, in mehreren Lagen überlappend verlegten Sandsäcken. Sie können flexibel an unterschiedliche örtliche Gegebenheiten angepasst werden. Vor ihrem Einsatz müssen sie einzeln vor Ort mit Sand befüllt und dann aufgeschichtet werden. In der Regel werden Sandsäcke mit einem Füllgewicht von etwa 20 kg verwendet [LfU, Infobroschüre, 2010].







Bedarf an Sandsäcken für einen 100 m langen Fangedamm		
10 cm Höhe		300 St
20 cm Höhe		900 St
		500 St
		600 St
30 cm Höhe		1800 St
		800 St
Massen und Gewichte		
alles ca. Werte da abhängig vom Füllungsgrad und der Größe der Sandsäcke Annahme Sandsackgröße: 40 x 70 cm; 2/3 gefüllt		
1 Sandsack gefüllt wiegt:	trocken ca. 15 kg nass ca. 20 kg	
60 gefüllte Sandsäcke	wiegen ca. 1 to	
1 Palette gefüllte Sandsäcke	ca. 50 Sandsäcke entsprechen 0,85 to	
Transport		
In einer Stunde bewegt ein Mann 80 Sandsäcke 10 m weit (inkl. Aufnehmen/Transportieren/Ablegen)		
Befüllen		
Eine deutliche Steigerung der Befüllleistung ist z.B. durch Einsatz von Radladern und Befüllanlagen möglich		
10 Arbeitskräfte befüllen:		
500 Sandsäcke/Std.	ohne Binden oder Rödels der Öffnung	
200 Sandsäcke /Std.	mit Binden oder Rödels der Öffnung	

Abb. 86: Richtwerte beim Einsatz von Sandsäcken [LfU, Infobroschüre, 2010]

Sandsackdeiche sind nur bei kleineren Wasserhöhen und kürzer andauernden Hochwasserwellen sicher einsetzbar. Da der Deich über keine Untergrundabdichtung verfügt, muss er im Hochwasserfall ständig auf mögliche Unterspülung untersucht werden. [LfU, Infobroschüre, 2010]

Größere Sandsäcke, wie die sog. „Big Packs“, können aufgrund des höheren Gewichts nicht mehr per Hand befüllt werden und müssen mit Geräten wie z. B. Gabelstaplern in Position gebracht werden.

Eine Möglichkeit, Sandsäcke in Kombination mit einer feststehenden Hochwasserschutzmaßnahme einzusetzen, ist, bei im Gelände auslaufenden Schutzmauern- und Deichen die Freibordhöhe mit Sandsäcken abzusichern (Abb. 87). [WWA Aschaffenburg]



Abb. 87: Sicherung des auslaufenden Freibordes mit Sandsäcken

Diese Methode bietet sich besonders an, wenn die Hochwasserschutzmaßnahme für größere Hochwässer wie beispielsweise HQ100 bemessen ist. Auf den letzten Teil der feststehenden Wand, der aufgrund der großen Jährlichkeit nur selten als Hochwasserschutz aktiv wird, kann somit verzichtet werden. Da das Freibord hauptsächlich Windstau und Wellenaufschlag aufnimmt (Kap. 5.1) und somit nicht voll eingestaut wird, muss nicht mit einer Unterspülung gerechnet werden.

5.5 Dränage

In Kapitel 5.2 und 5.3 wurden Hochwasserschutzdeiche und -wände behandelt. Diese müssen so ausgebildet sein, dass das im hochwassergeschützten Bereich anfallende Grundwasser im Boden zum Gewässer gelangen kann, um mit diesem abzufließen (Abb. 88). Andererseits dürfen sie aber im Hochwasserfall nicht von dem anstehenden Hochwasser unterspült werden.

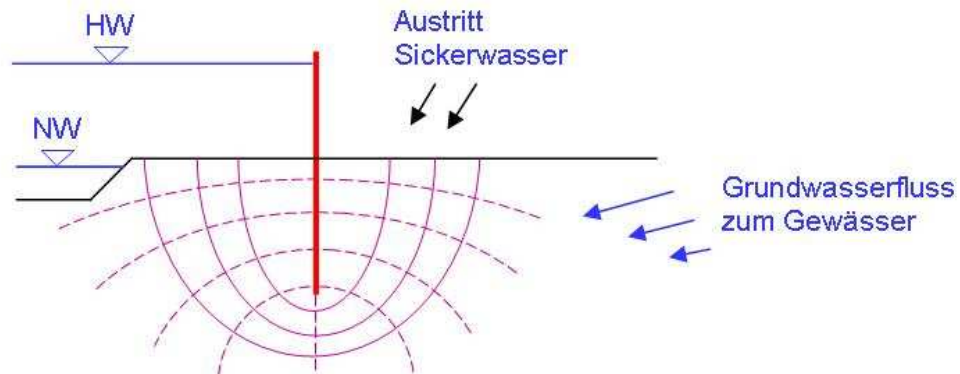


Abb. 88: Sickerweg Hochwasserschutzwand

Mit Hilfe eines Stromungsnetzes kann der Sickerweg bei Hochwasser um die Schutzwand herum dargestellt werden (Abb. 88). Tritt Sickerwasser im hochwassergeschützten Bereich aus, so kann dies eine Erosion des Bodens verursachen und im schlimmsten Fall die Standsicherheit der Schutzwand oder des Deiches gefährdet. [Patt, 2001]

Um das Sickerwasser und ggf. auch anfallendes Wasser aus dem Untergrund aufnehmen zu können, muss landseitig eine Dränage angeordnet werden. Ein Dränrohr kann das Sickerwasser durch ein leichtes Gefälle zum Pump- oder Hebewerk abführen. Hierbei wird ein Filterrohr in einer Kiesschicht verlegt, die von einem Flies (Geotextil) eingefasst ist. Dieses verhindert, dass sich das Dränrohr durch Feinteile aus dem umliegenden Boden zusetzt. (Abb. 89) [DVWK, 1986] [www.wwa-ab.bayern.de]

Bei der Wahl des Rohrdurchmessers ist die anfallende Sickerwassermenge des Hochwassers ausschlaggebend, wobei aber nicht außer Acht gelassen werden darf, dass evtl. auch anfallendes Grundwasser abgeführt werden muss.



Abb. 89: Dranleitung beim Einbau
[www.wwa-ab.bayern.de]

5.6 Leitungsquerungen

Beim Bau einer Hochwasserschutzmaßnahme kommt es oft vor, dass die Schutzlinie vorhandene Leitungen für Trinkwasser, Abwasser, Strom und Gas kreuzt. Da hierbei die Schutzwand, der Deich oder die Dichtung von der Leitung durchbrochen oder unterquert wird, kann dem Sickerwasser bei falscher oder unsauberer Ausführung der Querung der Weg zur Luftseite erleichtert werden.

Je nach Bauart der Hochwasserschutzmaßnahme gibt es verschiedene Punkte, die bei Leitungsquerungen beachtet werden müssen:

Leitungsquerungen bei Erddeichen

Die Leitungen sollten senkrecht zur Deichachse verlaufen, um den Weg durch den Deich möglichst kurz zu halten. Verläuft die Leitung unterhalb der Deichaufstandsfläche, sollte sie immer in einem Schutzrohr verlegt werden. So kann sie im Sanierungsfall ausgetauscht werden, ohne dass der Deich abgetragen werden muss. Es ist auch ratsam, näher aneinander liegende Leitungen zu einer Sammelleitung zusammenzufassen. Besonders beim Neubau eines Deiches müssen die Querungen so ausgebildet werden, dass die Leitungen durch die Setzung des Erdkörpers nicht beschädigt werden [DVWK, 1986]

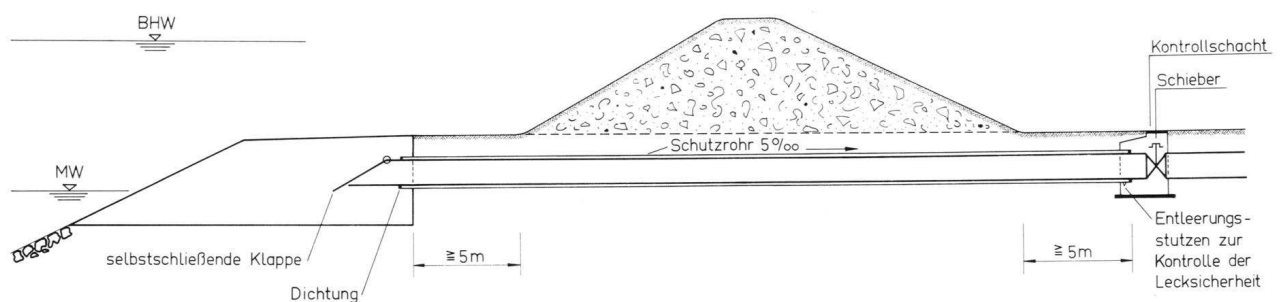


Abb. 90: Beispiel für eine Freigefälleleitung im Deichuntergrund [DVWK, 1986]

Leitungsquerungen bei massiven Wänden und Dichtungen

Wenn Leitungen wasserdicht durch massive Bauteile wie Spund- oder Betonwände, die zur Untergrundabdichtung dienen, geführt werden, muss oft für jede Querung eine individuelle Lösung gefunden werden. Auch hier ist es von Vorteil, mehrere Leitungen zusammenzufassen und mit Schutzrohren zu arbeiten.

Wie aufwendig sich solch eine Leitungsquerung gestalten kann, zeigen die Abbildungen 91 und 92. Hier wurden Leitungen durch den Kopfbalken einer Bohrpfehlwand beim Hochwasserschutz Miltenberg geführt.



Abb. 91: Leitungsquerung
[www.wwa-ab.bayern.de]

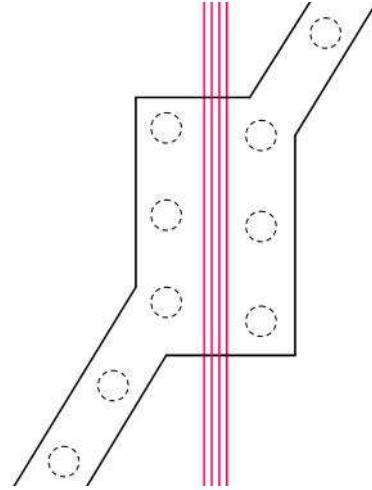


Abb. 92: Prinzipskizze Grundriss

Leitungsquerungen müssen bei Kanalquerungen oft in Verbindung mit Absperrbauwerken (Kap. 5.7) hergestellt werden.

5.7 Absperrbauwerke

Eine Hochwasserschutzmaßnahme, wie ein Deich oder eine Schutzwand, trennt den vor Hochwasser geschützten Bereich von dem nicht geschützten Bereich ab. In hochwasserfreien Zeiten darf die Schutzmaßnahme hierbei aber nicht die Funktionsfähigkeit der Kanalisation, den Verlauf von Fließgewässern vom ungeschützten in den geschützten Bereich (oder umkehrt) oder den natürlichen Grundwasserfluss behindern. Bei einem Hochwasserereignis muss hingegen die Schutzmaßnahme so konzipiert sein, dass kein Wasser vom ungeschützten Bereich in den geschützten Bereich eindringen kann.

Um diesen Anforderungen nachzukommen, müssen die relevanten Übergangsstellen so ausgebildet sein, dass sie im Hochwasserfall geschlossen werden können und in hochwasserfreien Zeiten durchlässig sind.

Hierfür gibt es verschiedene Lösungsmöglichkeiten. Die Gebräuchlichsten werden nun aufgeführt, wobei die Maßnahmen, die für einen Hochwasserschutz in Hafenlohr in Frage kommen oder erforderlich sind, ausführlicher behandelt werden.

Maßnahmen gegen das Eindringen von Hochwasser in die Kanalisation

Solange der Hochwasserstand des Gewässers unterhalb der Kronen der Überlaufschwelen der Regentlastung liegt, ist keine Gefahr gegeben, da kein Wasser in die Kanalisation dringt [Patt, 2001]. Werden die Schwelen jedoch vom Flusswasser überströmt, gerät das Kanalnetz unter Rückstau (Kap. 2.5 RÜB 1). Setzt nun Regen ein, so kann dieser auch nicht mehr über das überschwemmte Kanalnetz abgeführt werden.

Die naheliegendste Lösungsmöglichkeit dieses Problems ist, die Entlastungsschwelen schon beim Bau der Regentlastung hochwasserfrei anzuordnen. In vielen Fällen ist jedoch der Höhenunterschied zwischen Hochwasserscheitel und maßgebender Höhe der Rückstaeubene zu klein oder sogar negativ und es werden zusätzliche Rückstausicherungen erforderlich. [Patt, 2001]

Die gebräuchlichsten Methoden, Kanäle bei Hochwasser wasserdicht abzusperren, werden im Folgenden beschrieben:

a) Schieber

Bei einem Schieber wird eine Platte durch Drehen der Schieberspindel von Hand oder mit einem Motorspindeldreher von oben vor den Kanalquerschnitt gelassen (Abb. 94). So kann der Querschnitt innerhalb kurzer Zeit von nur einer Person geschlossen und auch wieder geöffnet werden. [Patt, 2001]

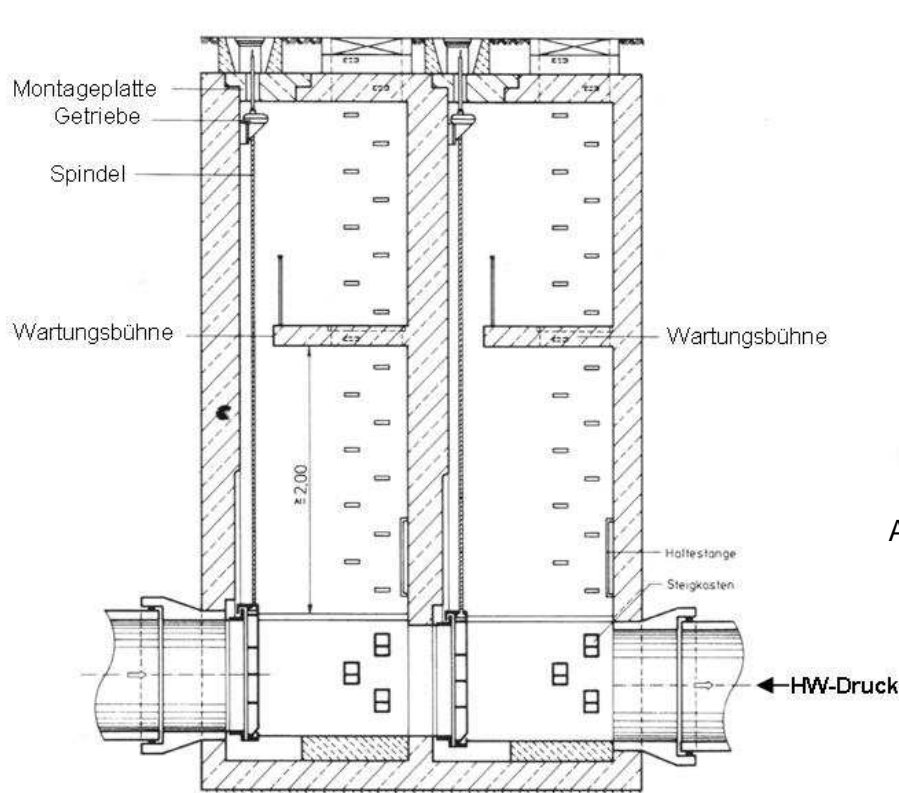


Abb. 93: Schieberbauwerk mit Doppelschiebern (Schnitt) [Patt, 2001]

Schieber werden oft bei Kanälen unterhalb des Geländeniveaus eingesetzt. Der Schieber wird dann zur Bedienung, Wartung oder Reparatur über einen Schacht erreicht (Abb. 93). Dieser sollte immer im hochwassergeschützten Bereich angeordnet sein. Wo mit großen Gegendrücken gerechnet werden muss, können auch Bauwerke mit Doppelschiebern erstellt werden (Abb. 93) [Patt, 2001].

Der Abstand zwischen Absperrschieber im Schacht und der Hochwasserschutzmaßnahme (Deich, Wand), sollte möglichst klein sein. Der dazwischen verlaufende Kanalabschnitt muss druckdicht ausgebildet werden, damit durch diesen kein anstehendes Hochwasser dringen kann.

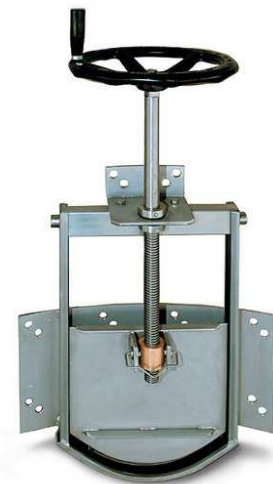


Abb. 94: Absperrschieber
[www.erhard.de]

Absperrschieber sind für nahezu alle gebräuchlichen Kanalquerschnitte, d.h. für Durchmesser von 50 mm bis > 1000 mm, erhältlich. [www.erhard.de]

b) Rückstauklappen

Rückstauklappen arbeiten automatisch. Sie lassen das austretende Wasser aus dem Rohr entweichen, schließen aber bei Gegendruck von außen, beispielsweise durch anstehendes Hochwasser (Abb. 95 und 96).



Abb. 95: Rückstauklappe
[www.erhard.de]

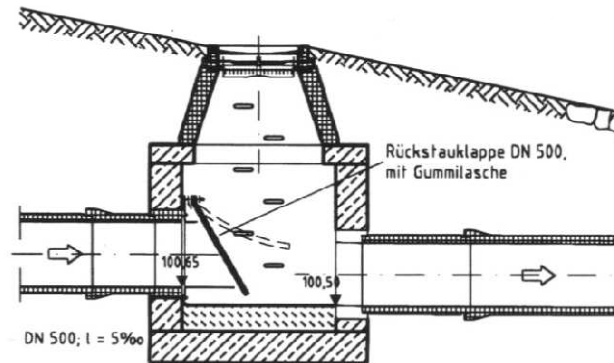


Abb. 96: Rückstauklappe mit Kontrollschacht [Patt, 2001]

Die einfache, automatische Funktion ist der klare Vorteil der Rückstauklappe. Setzen sich jedoch angeschwemmte Zweige etc. am Verschlussrand fest, kann die Rückstauklappe nicht mehr richtig schließen und ist undicht. Daher sollte sie aufgrund ihrer größeren Störanfälligkeit bei kritischen Einsatzorten, beispielsweise in Verbindung mit einer Hochwasserschutzmaßnahme, zusammen mit einem Schieber eingesetzt werden [Patt, 2001].

Obwohl Rückstauklappen automatisch funktionieren, sollten sie für Wartungs- und Reparaturarbeiten in Verbindung mit Kontrollschächten im Kanal angeordnet werden (Abb. 96). Sie sind in nahezu jeder Nennweite lieferbar [Patt, 2001] [www.erhard.de].

c) Dammbalken

Wie beim Einsatz von mobilen HWS-Elementen (Kap. 5.4) werden Dammbalken nur beim Hochwasserereignis eingebaut und müssen in hochwasserfreien Zeiten möglichst nahe beim Einbauort gelagert werden. Sie bestehen meist aus Aluminium und haben integrierte Gummidichtungen. Damit die Dammbalken schnell und dichtend eingebaut werden können, muss im Absperrbauwerk ein Rahmen integriert sein (Abb. 97). Die Balken können dann von oben eingelassen werden. [Patt, 2001]

Dammbalkenverschlüsse werden wegen des aufwendigen Aufbaus oft im Freien angeordnet. Sie können beispielsweise bei Bedarf an der Auslassstelle von Überlaufleitungen oder Regenentlastungen in den Vorfluter angeordnet werden. Vorrichtungen für Dammbalkenverschlüsse können auch ober- und unterhalb maschineller Rückstausicherungen eingebaut werden [Patt, 2001]. Werden die Dammbalken

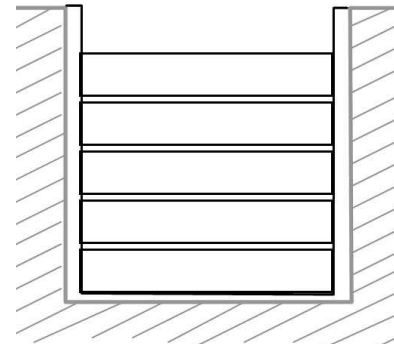


Abb. 97: Ansicht Dammbalkenverschluss

dann eingelassen, kann an den Rückstausicherungen beispielsweise bei Wartung, Montage oder Reparatur im Trockenen gearbeitet werden kann.

Maßnahmen gegen das Eindringen von Hochwasser durch Bachläufe

Es kommt häufig vor, dass durch den vor Hochwasser geschützten Bereich ein Bach (oder kleineres Rinnsal) verläuft. Auch in Hafenlohr ist dies der Fall. Die kritischen Stellen sind hier

- 1) der Eintrittspunkt des Baches in den geschützten Bereich und
- 2) der Austrittspunkt in das größere, hochwassergefährdete Gewässer.

An Stelle 1 gelangt Bachwasser in den hochwassergeschützten Bereich. Kann dieses bei anstehendem Hochwasser nicht mehr ungehindert abfließen, sammelt es sich im geschützten Bereich und staut sich dort auf. An Stelle 2 gelangt das Hochwasser über einen Rückstau in den Bachlauf in den geschützten Bereich.

Eine Lösungsmöglichkeit wäre hier die komplette Verlegung des Bachlaufs in den ungeschützten Bereich oder im Falle von abzweigenden Bächen (Mühlbach) deren Trockenlegung. Da ein Bachlauf jedoch prägend für das Ortsbild vieler Gemeinden ist und für eine Verlegung oft nicht der nötige Platz vorhanden ist, müssen Einzelbauwerke die kritischen Stellen der Hochwasserschutzmaßnahme im Hochwasserfall verschließen.

Die Einzelbauwerke müssen direkt in die Hochwasserschutzwand oder den Deich integriert werden. Bei Deichen muss auf einen dichten Übergang zwischen Absperrbauwerk und Erdkörper geachtet werden (Abb. 98).



Abb. 98: Absperrbauwerk (Deich) im Bau (HWS Miltenberg)
[www.wwa-ab.bayern.de]

Kleinere Gerinne werden (beispielsweise bei Straßenquerungen) oftmals verrohrt und unter dem Gelände geführt. In diesem Fall können auch die Maßnahmen gegen das Eindringen von Hochwasser in die Kanalisation (siehe oben) zum Einsatz kommen.

Bei breiten, offenen Gerinnen wie Bachläufen bieten sich folgende Absperrlösungen besonders an:

a) Schütze

Wie ein Schieber ist das Schütz in einen Rahmen gefasst und sperrt von oben den Querschnitt ab (Abb. 99). Die Spindeln, die das Schütz im Rahmen bewegen, müssen je nach Größe des Schützes per Hand oder maschinell bedient werden [Patt, 2001].

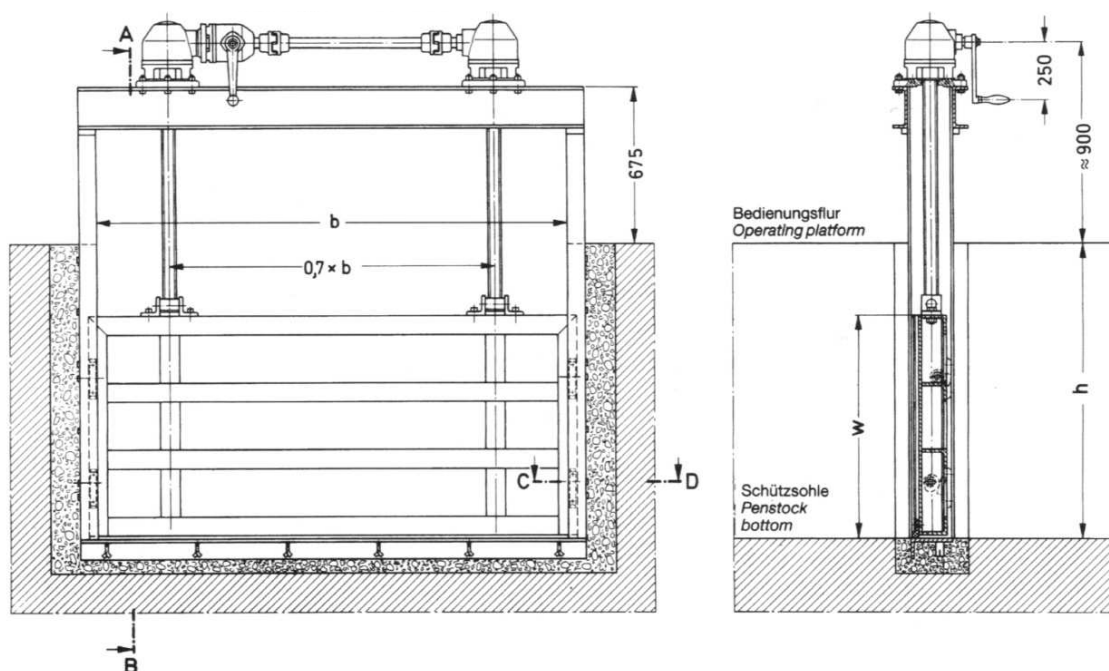


Abb. 99: dreiseitig dichtendes Schütz (Ansicht und Schnitt)
[Patt, 2001]

Dreiseitig dichtende Schütze können ab einer bestimmten Wasserhöhe überströmt werden (Abb. 99). Ob nun drei- oder vierseitig dichtende Schütze zum Einsatz kommen, muss individuell entschieden werden. Wichtige Kriterien sind hierbei der Höhenunterschied zwischen Bachlauf und Oberkante der Schutzmaßnahme, die Breite des Querschnitts und die Beschaffenheit der Schutzmaßnahme (Hochwasserschutzdeich, Hochwasserschutzwand).

b) Dammbalken

Zum Absperren von breiteren Gerinnen können auch Dammbalken (Beschreibung siehe oben) benutzt werden. Sie können auch vor oder vor und nach einem Schütz angeordnet werden, um dieses zu warten, reparieren oder die Schützsohle zu kontrollieren.

5.8 Pumpwerke

Auch wenn die Absperrbauwerke im Hochwasserfall wasserdicht verschlossen werden, fällt im hochwassergeschützten Bereich Wasser an. Dies geschieht durch:

- 1) Regen, der im geschützten Gebiet niedergeht und durch die abgesperrte Kanalisation nicht mehr abgeführt werden kann
- 2) Abwasser, das im geschützten Gebiet anfällt (sammelt sich im Mischsystem gemeinsam mit dem Regenwasser)
- 3) Sickerwasser, das unter dem Hochwasserschutz hindurch dringt und mit Hilfe einer Dränage abgeführt wird
- 4) Grundwasser, das zuvor beispielsweise gemeinsam mit einem Bach oder Rinnsal abfließen konnte

In allen Fällen muss das anfallende Wasser aus dem geschützten Bereich entfernt werden. Dies geschieht mit Hilfe von Pumpen, die das überschüssige Wasser in den überfluteten Hochwasserbereich transportieren.

Es gibt verschiedene Bauarten von Pumpen. Hauptsächlich wird unterschieden zwischen Kreiselpumpen und Verdrängerpumpen. Hinsichtlich der Pumpenaufstellung gibt es nass und trocken aufgestellte Pumpen, wobei die Trockenaufstellung für die Betriebssicherheit und die Wartung von Vorteil ist. Jedoch muss die Pumpenkammer so ausgeführt sein, dass sie auch im Hochwasserfall trocken bleibt. Zur Sicherheit sollten immer mindestens zwei Pumpen in einem Pumpwerk vorhanden sein. Im Hochwasserschutz können auch nicht fest installierte Pumpen zum Einsatz kommen, die erst bei Hochwasser in einen dafür vorgesehenen Pumpensumpf abgelassen werden.

[Patt, 2001] [Vischer, 2002]

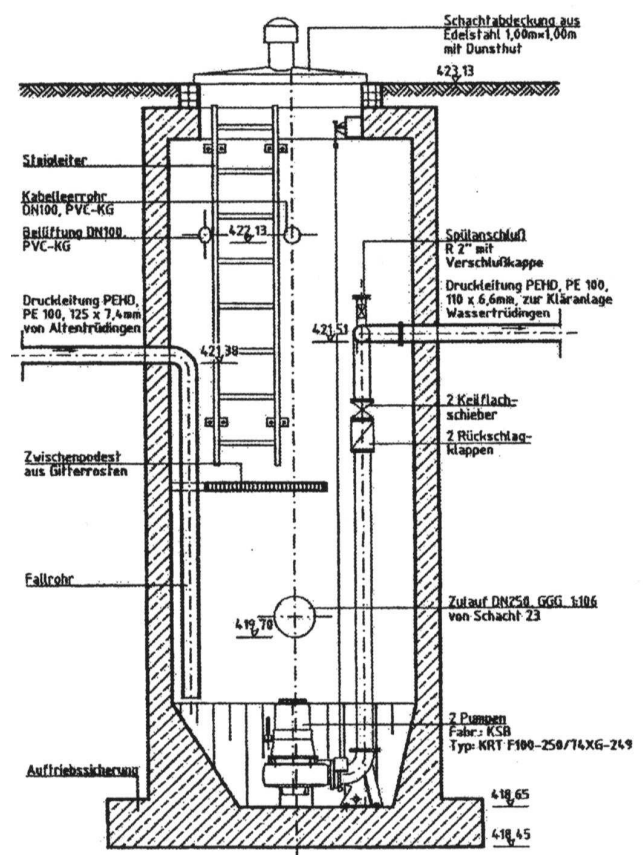


Abb. 100: festinstalliertes Pumpwerk mit nass aufgestellten Pumpen
[Patt, 2001]

6 Festlegungen zum Hochwasserschutz Hafenlohr

6.1 Bereichseinteilung

Bei der Erarbeitung eines Konzeptes für den Hochwasserschutz in Hafenlohr wird das Gebiet für die mögliche Schutzmaßnahme in die Bereiche „Bahndamm“ und „Innerorts“ unterteilt. Für beide Bereiche werden verschiedene Varianten für Hochwasserschutzmaßnahmen entwickelt, die miteinander kombinierbar sind. Die Bereiche sind in Abbildung 101 dargestellt.

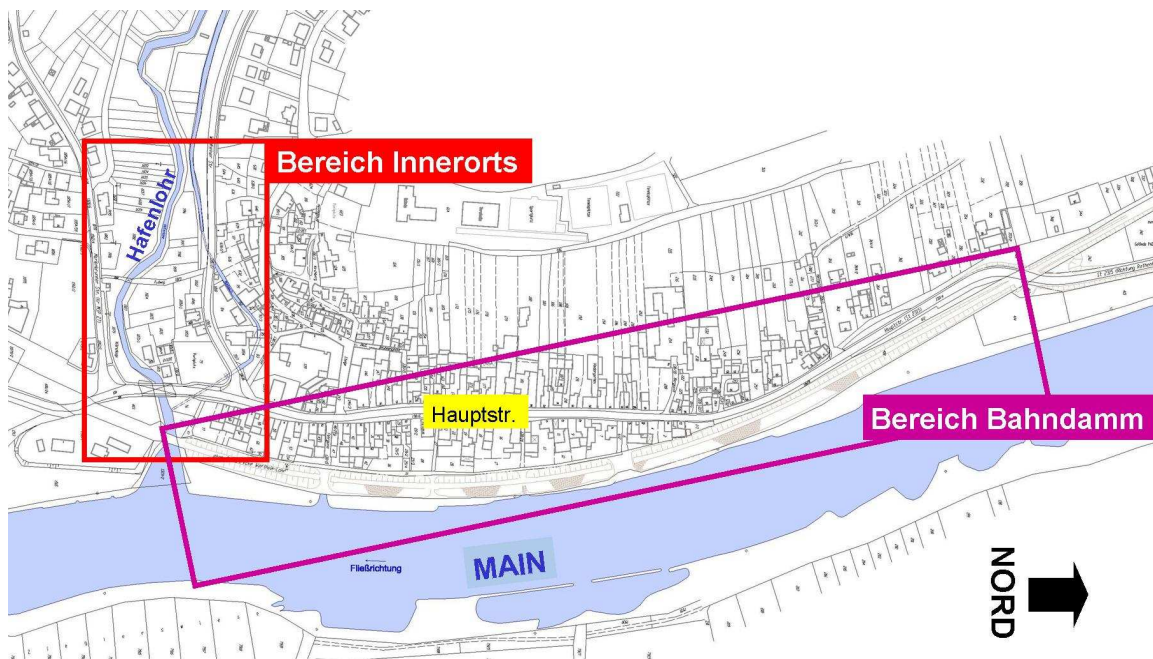
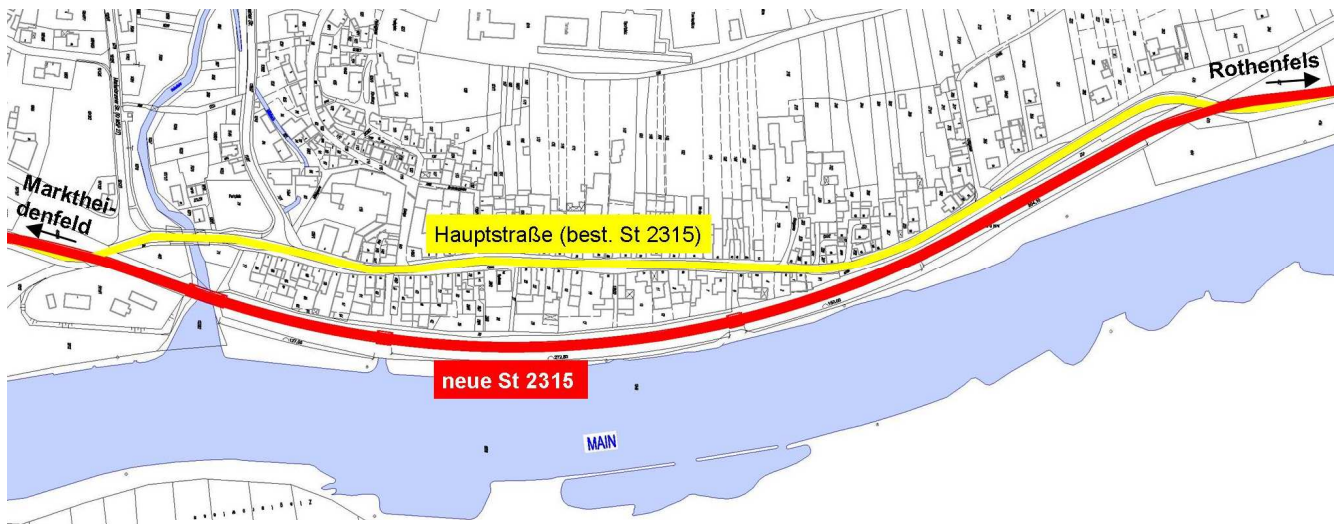


Abb. 101: Bereichseinteilung, verändert aus [Unterlagen WWA AB]

Die Varianten des Bereichs Bahndamm werden mit „(BD)“ versehen, die des Bereichs Innerorts mit „(IO)“.

6.2 Straßenbau

Die Hochwasserschutzmaßnahme in Hafenlohr soll gemeinsam und parallel mit der Verlegung der Staatstraße 2315 vorgenommen werden. Diese verläuft zurzeit als Hauptstraße durch den Ort Hafenlohr. Als neue Trasse der St 2315 kommt aus Platzgründen nur der bestehende Bahndamm in Frage (Abb. 102). Diese zukünftige Trassenführung ist auch im überregionalen Ausbauplan der Staatsstraßen festgelegt [Archiv Gem. Hafenlohr].



jen WWA AB]

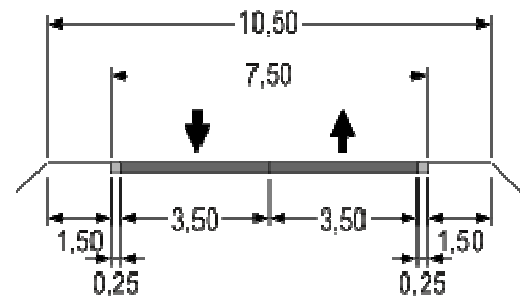
Da der Hochwasserschutz Hafenlohr im Bereich Bahndamm (Kap. 7) in Kombination mit der Verlegung der St 2315 entworfen wird, müssen für den Straßenbau nun einige Festlegungen getroffen werden:

Straßenquerschnitt

Die neue St 2315 verläuft als regionale Straßenverbindung außerhalb bebauter Gebiete. Im Jahr 2005 wurde eine Verkehrsbelastung von 7.960 Kfz/24h gemessen [Archiv Gem. Hafenlohr].

Sie kann somit als Straße der Kategorie A II nach RAS (Richtlinien für die Anlage von Straßen) eingestuft werden. Der erforderliche Querschnitt der Straße ist RQ 10,5, die Breite der befestigten Fläche beträgt 7,50 m (Abb. 103).

[Schneider, 2006]



querschnitt RQ 10,5
wikipedia.de]

Trassierung

Wie bereits oben erwähnt, verläuft die neue St 2315 auf dem bestehenden Bahndamm. Auf Knotenpunkte, die durch die Umlegung der Straße entstehen (Knotenpunkte Hauptstraße - Staatsstraße), soll nicht näher eingegangen werden, da sie die Hochwasserschutzmaße nicht direkt betreffen.

Gradienten

Die Straßenhöhe der neuen Staatsstraße wird so gewählt, dass sie über die gesamte

Neubaustrecke konstant bei etwa 148,60 m ü. NN liegt und somit am Ortseingang und -ausgang von Hafenlohr an die bestehende St 2315 anschließt.

Die Krone des bestehenden Bahndamms muss damit - je nach erforderlicher Dicke des Straßenaufbaus - etwa 1,80 m abgetragen werden, damit sie für die Fahrbahn und deren Seitenstreifen breit genug ist.

Weitere Faktoren im Straßenbau

Auf weitere Festlegungen, wie die Bestimmung der Querneigung oder den Straßenaufbau wird im Rahmen dieser Arbeit verzichtet, da sie erst in einer genaueren Planung in Verbindung mit der Hochwasserschutzmaßnahme relevant werden.

6.3 Berechnungswasserstand

Der Berechnungswasserstand, der sich aus Bemessungswasserstand (mit Erhöhung durch den Klimazuschlag) und Freibordmaß zusammensetzt (Kap. 5.1), wird für den Hochwasserschutz in Hafenlohr im Folgenden ermittelt:

Bemessungswasserstand (ohne Klimazuschlag)

Der Wasserspiegel des Mains bei einem HQ100 in Hafenlohr wurde in Kapitel 3.1 behandelt. Für die Erarbeitung der verschiedenen Hochwasserschutzvarianten wird vereinfacht angenommen:

Im südlichen Teil des Bereichs Bahndamm hat der Bemessungswasserstand bei HQ100 eine Höhe von 148,60 m ü. NN, im nördlichen Teil des Bereichs eine Höhe von 148,80 m ü. NN (Abb. 104).

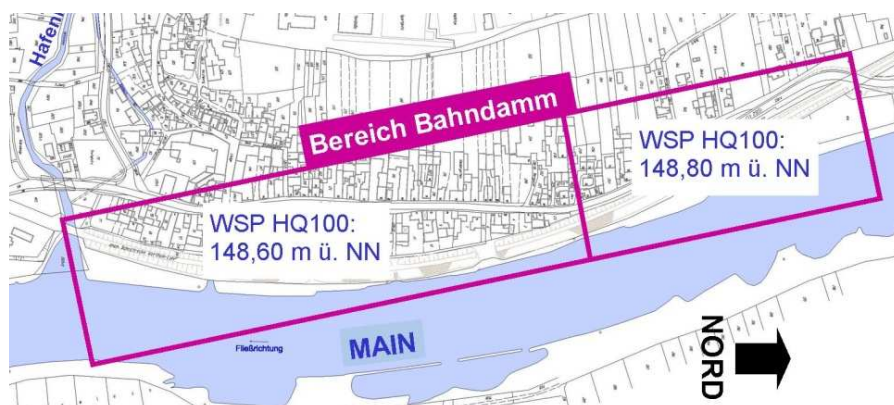


Abb. 104: Bemessungswasserstand ohne Klimazuschlag, verändert aus [Unterlagen WWA AB]

Im Bereich Innerorts (Abb. 101) wird der Bemessungswasserstand des Mains mit einer Höhe von 148,55 m ü. NN durch den Einfluss der Hafenlohr (Kap. 3.3) um 10 cm erhöht. Somit ergibt sich dort ein Bemessungswasserstand von 148,65 m ü. NN.

Klimazuschlag

Die Erhöhung des Mainwasserspiegels durch den Klimazuschlag (Kap. 5.1) wird in einer überschlägigen Berechnung ermittelt:

Formeln: $v = Q / A$ $A = b \cdot h$ [Heinemann, 2003]

Bei der Berechnung wird vereinfacht angenommen, dass die Fließgeschwindigkeit v über den Querschnitt A des Mains konstant ist. v wird mit 1,96 m/s angenommen. Dieser Wert wurde bereits in der Berechnung in Kap. 3.3 ermittelt.

Durch den Klimazuschlag erhöht sich die Abflussmenge Q um 15 % (Kap. 5.1). Der Abfluss bei einem HQ100 des Mains ist 2.200 m³/s (Kap. 3.1).

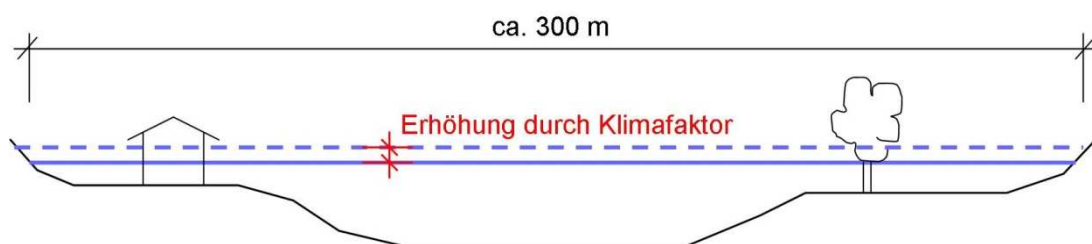


Abb. 105: vereinfachter Abflussquerschnitt bei HQ100

Bei einem HQ100 hat der Main mit Überschwemmungsbereich in Hafenlohr etwa eine Breite von 300 m (Abb. 105).

Ermittlung der Erhöhung des Wasserspiegels durch den Klimafaktor:

zusätzliche Abflussmenge durch Klimazuschlag: $Q = 0,15 \cdot 2.200 = 330 \text{ m}^3/\text{s}$

Fließgeschwindigkeit $v = 1,96 \text{ m/s}$

Breite $b = 300 \text{ m}$ (Abb. 96)

⇒ $A = Q / v = 330 / 1,96 = 168,37 \text{ m}^2$

⇒ Erhöhung durch Klimafaktor = $A / b = 168,37 / 300 = 0,56 \text{ m} = \underline{\text{ca. } 0,60 \text{ m}}$

Ergebnis der überschlägigen Berechnung:

Die Erhöhung des Wasserspiegels bei einem HQ100 durch den Klimazuschlag wird mit 0,60 m veranschlagt.

Freibordmaß

Das Freibordmaß für die Varianten im Bereich Bahndamm wird mit 0,80 m veranschlagt. Da die Schutzmaßnahme im Bereich Innerorts sehr günstig zur Strömungsrichtung des Mains gerichtet ist, wird hier das Freibordmaß mit 0,50 m angesetzt. (Kap. 5.1)

Berechnungswasserstand

Aus den oben ermittelten Faktoren Bemessungswasserstand, Klimazuschlag und Freibordmaß ergibt sich nun der Berechnungswasserstand:

- Im Bereich Bahndamm (südlicher Teil) beträgt die Höhe des Berechnungswasserstandes 150,00 m ü. NN (= 148,60 m + 0,60 m + 0,80 m), im nördlichen Teil des Bereichs beträgt sie 150,20 m ü. NN (= 148,80 m + 0,60 m + 0,80 m). (Abb. 101)
- Im Bereich Innerorts liegt die ermittelte Höhe für den Berechnungswasserstand bei 149,75 m ü. NN (= 148,65 m + 0,60 m + 0,50 m).

6.4 Bodenverhältnisse

Die Bodenverhältnisse, die im Bereich der möglichen Hochwasserschutzmaßnahme in Hafenlohr herrschen, können nicht genau bestimmt werden, da noch keine Baugrunduntersuchung durchgeführt wurde.

Aus der Planung der Sanierung der Kanalisation geht hervor, dass vorwiegend bindige Böden mit vereinzelt Felseinsprengungen vorherrschen. [Unterlagen WWA Würzburg]

Die Höhe des Felshorizontes wird im Rahmen dieser Arbeit bei 137,00 m ü. NN für den Bereich Bahndamm und bei 138,00 m ü. NN für den Bereich Innerorts festgelegt.

6.5 Methode zur Variantenbewertung

a) Kostenschätzung und Kostenvergleichsrechnung

Um bei den verschiedenen erarbeiteten Varianten für den Hochwasserschutz in Hafenlohr eine Vorzugsvariante bestimmen zu können, wird zuerst geklärt, welche Variante die kostengünstigste ist.

Mit Hilfe der Kostenschätzung werden die Investitions- und Unterhaltungskosten für die jeweilige Variante abgeschätzt:

Die Investitionskosten setzen sich aus den Kosten der Hauptpositionen zusammen, die in Unterpositionen aufgeteilt sind. Die für den Hochwasserschutz in Hafenlohr angesetzten Kosten basieren auf Faustwerten des Wasserwirtschaftsamtes Aschaffenburg, Vergleichswerten aus Kostenschätzungen anderer Hochwasserschutzmaßnahmen (z. B. Miltenberg West) und Preisanfragen bei Firmen.

Für die Kostenschätzung der Varianten für den HWS Hafenlohr wird zudem festgelegt:

- Die Kosten für den Straßenbau der neuen St 2315 gehen nicht in die Kostenschätzung mit ein.
- Die Hauptpositionen Erdarbeiten und Durchgangsbauwerke der Varianten im Bereich Bahndamm werden nur mit 50 % in der Kostenschätzung angesetzt, da sie zur Hälfte dem Straßenbau zugeordnet werden. (siehe vorheriger Punkt)
- Für den Bereich Bahndamm werden keine Kosten für Grunderwerb angesetzt, da das Gelände des Bahndamms bereits von der Gemeinde Hafenlohr aufgekauft wurde. [Archiv Gem. Hafenlohr]

Die jährlichen Unterhaltungskosten für die Varianten werden mit Hilfe der Handlungsanleitung zur Wertermittlung unbarer Beteiligtenbeiträge, die das Bayerische Landesamt für Umwelt im April 2010 herausgegeben hat, abgeschätzt. [Unterlagen WWA Aschaffenburg]

Mit der Kostenvergleichsrechnung nach LAWA [Schneider, 2006] werden die Kosten von Investitionsprojekten über den gesamten Nutzungszeitraum erfasst. Bei der

Durchführung einer solchen dynamischen Investitionsrechnung gehen neben den Investitionskosten und den laufenden Kosten aus der Kostenschätzung auch die Nutzungsdauer (entspricht Zinszeitraum) und der Zinssatz ein. Als Ergebnis erhält man die tatsächlichen jährlichen Kosten, die über die Dauer der Nutzung der Maßnahme entstehen.

Die LAWA-Leitlinien empfehlen einen Zinssatz von 3,00 % p. a., dieser wird auch in der Kostenvergleichsrechnung für den Hochwasserschutz Hafenlohr angesetzt. [Schneider, 2006]

Für die Nutzungsdauer bei den verschiedenen Anlagen für den Hochwasserschutz Hafenlohr wird angesetzt:

Art der Anlage	Durchschnittliche Nutzungsdauer
Durchgangsbauwerk	40 Jahre
Spundwand	50 Jahre
Stahlbetonwand	60 Jahre
Mobile HWS-Elemente	40 Jahre
Dränageleitung	30 Jahre
Pumpwerk	30 Jahre
Absperrbauwerk, Leitungsquerung	40 Jahre
Wege	25 Jahre

Tab. 5: durchschnittliche Nutzungsdauer [WWA Aschaffenburg] [Schneider, 2006]

b) Kosten-Nutzwert-Analyse

Um bei der Bewertung der verschiedenen Varianten neben den monetären Kriterien aus der Kostenvergleichsrechnung auch die nicht-monetären Kriterien zu berücksichtigen wird eine Kosten-Nutzwert-Analyse durchgeführt. Dies ist eine Kombination aus Kostenvergleich und Nutzwertanalyse. [SMUL Sachsen]

Die monetären Faktoren sollten mit 60 – 80 % in der Kosten-Nutzwert-Analyse eingehen [SMUL Sachsen]. Die nicht-monetären Faktoren, wie beispielsweise Optik, Einschränkung der Anwohner oder mögliche Verkehrsbehinderung durch die HWS-Maßnahme, werden demnach mit 20 – 40 % gewichtet.

Um die Teilziele Kostenvorteilhaftigkeit, Optik usw. zunächst für jede Variante einzeln bewerten zu können, werden Nutzenpunkte verteilt. Hierbei wird die folgende Bewertungsskala verwendet:

- 0 Punkte: kein Nutzen erfüllt der nicht erkennbar
- 1 Punkt: geringer Nutzen
- 2 Punkte: Nutzen erfüllt bzw. mittlerer Nutzwert
- 3 Punkte: hoher Nutzwert

Nicht-monetäre Entscheidungskriterien werden subjektiv beurteilt, die Bewertung der Teilziele wird hauptsächlich von persönlichen Empfindungen und Zielvorstellungen bestimmt [SMUL Sachsen]. Hier ist eine Zusammenarbeit von Behörden, Planern und Bürgern sinnvoll.

Um eine Vorzugsvariante bestimmen zu können, werden die vergebenen Nutzenpunkte der einzelnen Teilziele mit den entsprechenden Gewichtungsfaktoren multipliziert und die Ergebnisse danach addiert. Somit erhält man den Nutzwert. Die Variante mit dem größten Nutzwert ist die Vorzugsvariante.

7 Hochwasserschutz Bereich Bahndamm

7.1 Lösungsvarianten

7.1.1 Variante 1a (BD)

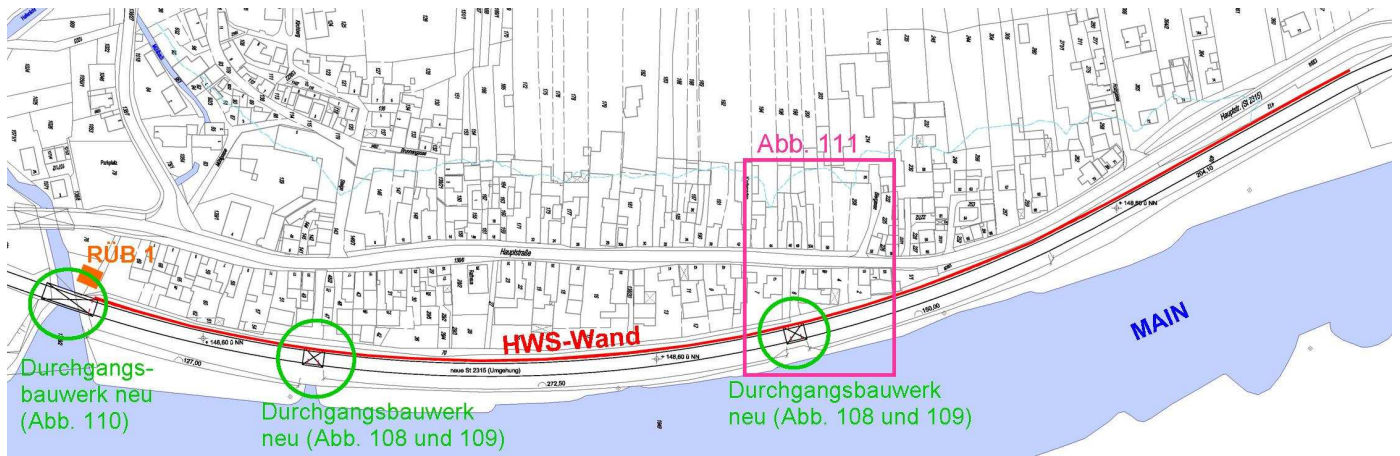


Abb. 106: Grundriss Variante 1a (BD)

Als Hochwasserschutz wird eine Schutzwand entlang der neuen Staatsstraße errichtet, die sich auf der Ortsseite der Straße befindet. Entlang der Schutzwand ist ein Fußgängerweg vorgesehen. (Abb. 106 und 107)

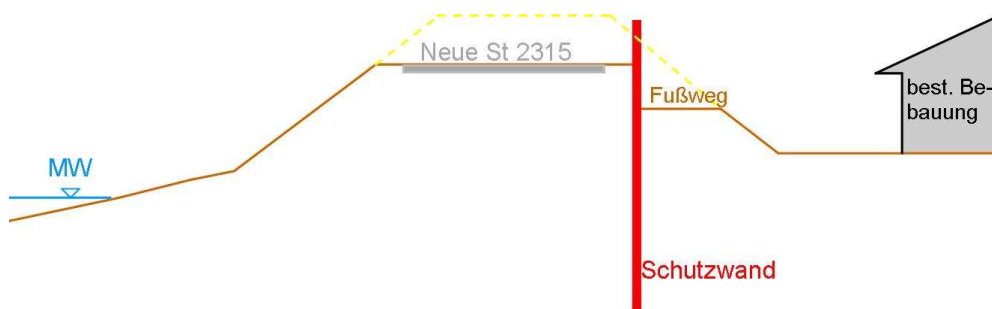


Abb. 107: Prinzipskizze Schnitt Variante 1a (BD)

Der detaillierte Grundriss und die Schnitte der Variante 1a (BD) sind in der Anlage 3 enthalten.

Hochwasserschutzwand

Als Hochwasserschutzwand wurde für diese Variante eine Spundwand (Kap. 5.3) gewählt, da diese senkrecht durchgängig als Schutzwand und Untergrunddichtung angeordnet werden kann. Vor allem aufgrund des tiefer liegenden Fußweges auf der Luftseite entlang der Schutzwand ist hier eine Spundwand von Vorteil, die nicht

durch einen Kopfbalken, der die Untergrundabdichtung (z. B. überschrittene Bohrpfahlwand, Kap. 5.3) mit der über der Fahrbahn sichtbaren Schutzwand (z.B. Stahlbetonwand) verbindet, unterbrochen wird.

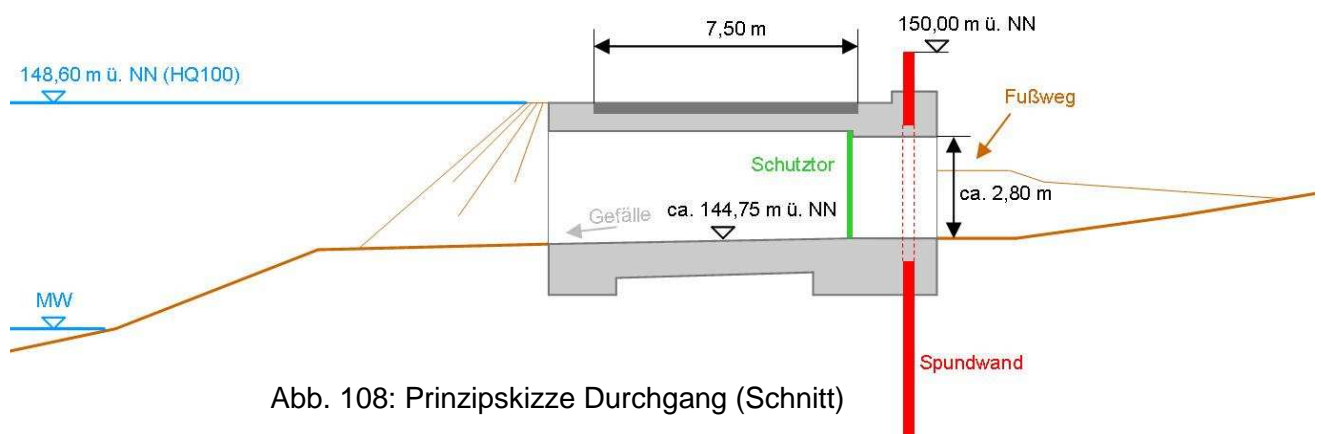
Die Länge der Spundwand beträgt etwa 780 m. Die Länge der einzelnen Spundbohlen - und somit die Höhe der Wand - wird analog zum Hochwasserschutz des Nachbarortes Rothenfels vorerst auf 11,0 m festgelegt [WWA Würzburg, Faltblatt, 1998]. Um die Einbindetiefe der Untergrundabdichtung genauer bestimmen zu können, muss mit Hilfe von Bodenproben die Wasserdurchlässigkeit des Bodens ermittelt werden. Daraus kann errechnet werden, wie tief die Dichtung in den Untergrund reichen muss, um den Sickerweg des Wassers entsprechend zu verlängern.

Um die sichtbare Fläche der Spundwand optisch ansprechender zu gestalten, soll diese mit einer vorgesetzten Betonwand verkleidet werden, deren Oberfläche mit Strukturmatrizen bearbeitet wird (Kap. 5.3) (Abb. 109).

Durchgänge

Von den fünf vorhandenen Durchgängen im Bahndamm (Kap. 2.4) sollen drei weiterhin bestehen. Diese sind der Durchgang am Bach Hafenlohr, der Durchgang der Fahrgasse und der Durchgang zwischen Hauptstr. 47 und 49. (Abb. 106)

Alle bestehenden Bauwerke der vorhandenen Durchgänge müssen komplett entfernt werden. Die lichte Breite der neuen Durchgänge wird zunächst mit 5,0 m angesetzt, so dass sie eingeschränkt befahrbar sind.



Die neuen Durchgänge müssen aus Stahlbeton hergestellt werden und der Straße als Brückenbauwerke dienen (Abb. 108 und 109). Sie dürfen nicht zu tief angeordnet werden, so dass das Mainwasser nicht schon bei leicht erhöhtem Wasserstand in oder durch die Durchgänge dringt. Die Spundwand muss an das Stahlbetonbauwerk

wasserdicht angeschlossen sein, damit im Hochwasserfall an den Übergangsstellen kein Wasser eindringen kann.

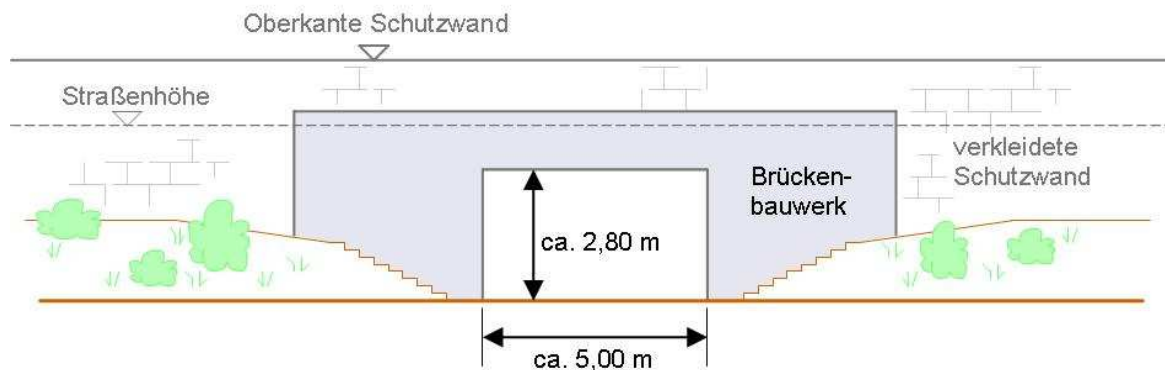


Abb. 109: Prinzipskizze Durchgang (Ansicht Ortsseite)

Im Hochwasserfall müssen die Durchgänge zu allen vier Seiten dicht verschlossen werden können. Hierfür bieten sich bewegliche Elemente wie Hochwasserschutztore (Kap. 5.4) an. Für eine Breite von 5,0 m ist ein einflügeliges Schutztor ausreichend.

Der Fußweg wird mittels einem Gefälle oder einer Treppe (Abb. 109) im Bereich der Durchgänge an deren Höhenniveau angepasst.

Das Brückenbauwerk an der Hafenlohr gestaltet sich aufwendiger als die beiden anderen. Die Schutzlinie verläuft durch den Mittelpfeiler des Bauwerks (Abb. 110). Hier schließt der Hochwasserschutz Innerorts (Kap. 8) an den Hochwasserschutz des Bahndamms an.

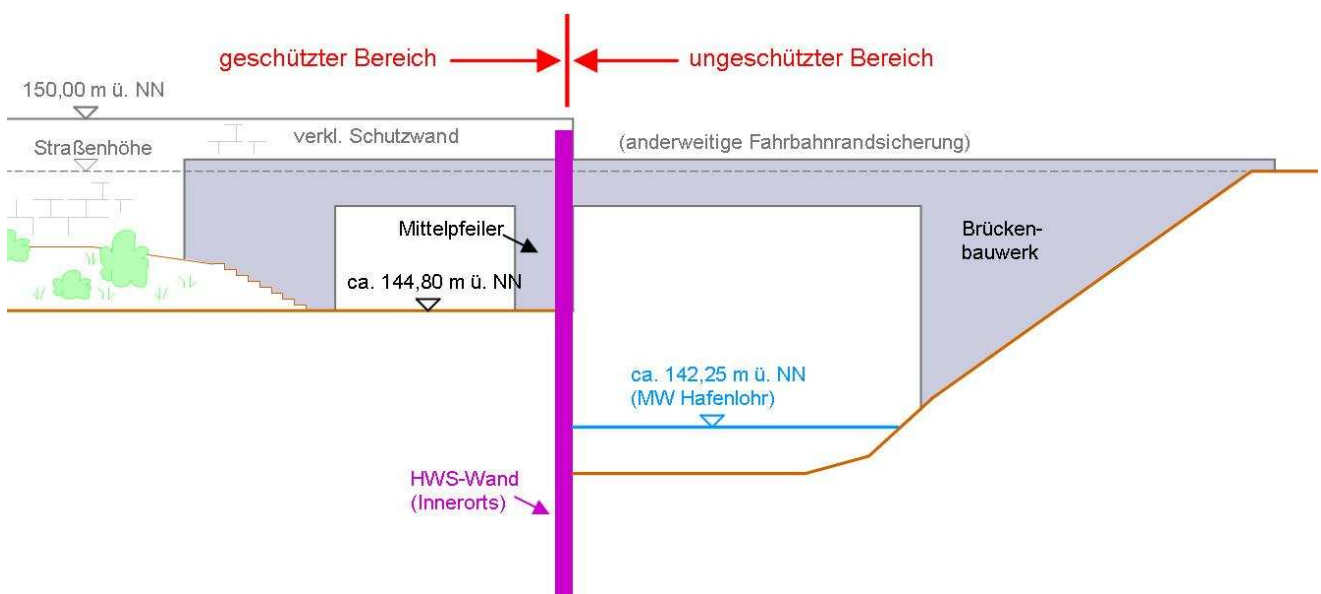


Abb. 110: Prinzipskizze Durchgang an der Hafenlohr (Ansicht Ortsseite)

Durchdringungen

Die einzige bekannte Durchdringung des Bahndamms ist der Regenwasserkanal, der zwischen den Anwesen der Hauptstr. 47 und 49 hindurch verläuft und mit einem Durchmesser von 300 mm in den Main mündet (Kap. 2.5).

Damit durch diesen im Hochwasserfall kein Mainwasser in den geschützten Bereich dringen kann, ist ein Absperrschieber auf der Ortsseite der Schutzwand vorgesehen, der Kanalabschnitt vom Schieber bis zum Auslass in den Main wird druckdicht ausgebildet. Damit nun im Hochwasserfall das Regenwasser trotzdem im Kanal abgeführt werden kann, wird ein Schachtbauwerk mit einem Notüberlauf vom Regenwasser- in den Mischwasserkanal unterhalb der Hauptstraße errichtet. Von Vorteil ist hierbei, dass der Regenwasserkanal bereits oberhalb des Mischwasserkanals angeordnet ist. (Abb. 111)

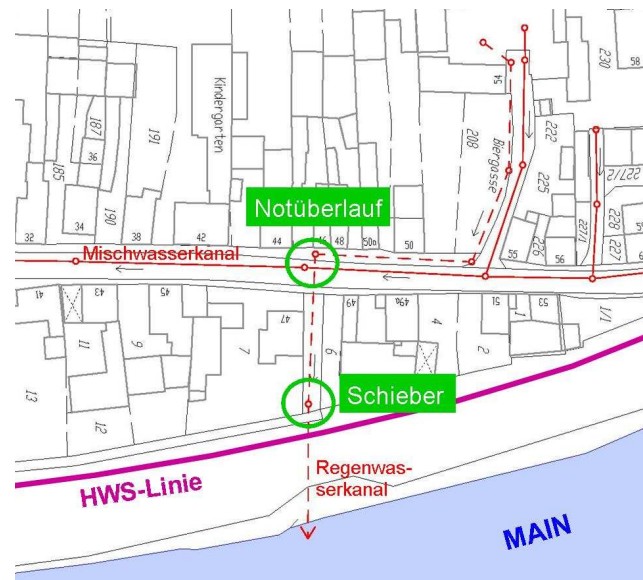


Abb. 111: Durchdringung Bahndamm

Dränage

Auf der Luftseite entlang der Hochwasserschutzwand wird eine Dränageleitung verlegt, die anfallendes Sickerwasser zu einem Pumpwerk abführt (Kap. 5.5). Dieses wird bei dem bestehenden Regenüberlaufbecken RÜB 1 positioniert. Das Pumpwerk kann so das Dränagewasser des Hochwasserschutzes vom Bereich Bahndamm und vom Bereich Innerorts (Kap. 8) aufnehmen und ebenso die Entlastung des RÜB 1 im Hochwasserfall gewährleisten. (Abb. 106)

Eine überschlägige Berechnung der Menge des Sickerwassers, das unter der Hochwasserschutzwand hindurch dringt, ergibt, dass über die gesamte Länge der Wand im Falle eines HQ100 ca. 36 l/s anfallen (Anlage 3.5). Das Oberflächenwasser wird hauptsächlich über das bestehende Kanalsystem abgeführt, wird aber überschlägig mit 10 l/s für die Dränageleitung angesetzt.

Somit ergibt sich eine Wassermenge von etwa 46 l/s, für die die Dränageleitung ausgelegt werden muss. Nach Prandtl-Colebrook kann diese Menge über ein Rohr mit

einem Durchmesser von 350 mm und einem Gefälle von 0,15 % abgeführt werden. [Schneider, 2006]

7.1.2 Variante 1b (BD)

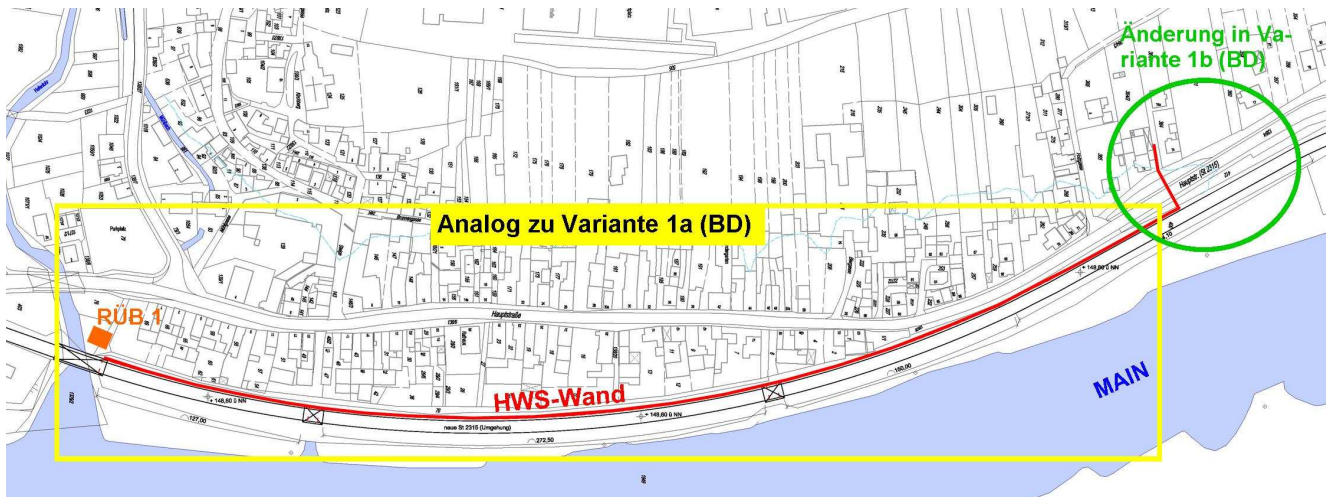


Abb. 112: Grundriss Variante 1b (BD)

Die Variante 1b (BD) entspricht der Variante 1a (BD) (Kap. 7.1.1) auf etwa den ersten 700 m der Schutzmaßnahme (Abb. 112). Demnach sind auch die Durchgänge und die Durchdringung durch den Regenwasserkanal gleich. Die Schutzwand des Bahndamms ist etwa 80 m kürzer ausgeführt. Der Abschluss der Hochwasserwand am Ortsausgang in Richtung Rothenfels gestaltet sich anders:

Statt mit dem ansteigenden Gelände in gleicher Richtung auszulaufen, schließt eine weitere Hochwasserschutzwand, die vom Bahndamm aus quer über die Hauptstraße verläuft, den hochwassergeschützten Bereich ab.

Der detaillierte Grundriss und die Schnitte zur Variante 1b (BD) sind in der Anlage 3 enthalten.

Die Ausbildung der Hochwasserschutzmaßnahme am Ortsende wird im Folgenden näher beschrieben:

Hochwasserschutzwand Ortsende

Die Wand hat etwa eine Länge von 43,50 m und wird aus Stahlbeton hergestellt. Sie ist in der Abbildung 113 violett gekennzeichnet. Durch die geringe anstehende Was-

serhöhe im Hochwasserfall kann unter der Annahme, dass keine Gefahr einer Untersickerung der Wand besteht, auf eine Untergrundabdichtung verzichtet werden.

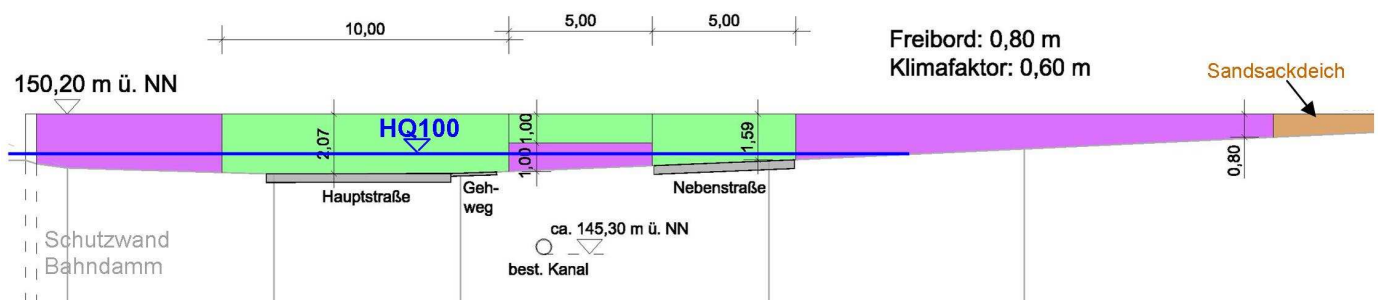


Abb. 113: Ansicht Nord Hochwasserschutzwand Ortsausgang
(aus Richtung Rothenfels)

Mobile Elemente

Da die abschließende Schutzwand die Hauptstraße, Gehwege und die Nebenstraße am Ortsausgang kreuzt, müssen im Hochwasserfall an den Durchgangsstellen mobile Elemente zum Einsatz kommen (Kap. 5.4). Diese sind in der Abbildung 113 grün gekennzeichnet. Ein einheitliches Achsmaß von 2,50 m kann eingehalten werden.

Der auslaufende Teil der Schutzwand wird nach Kap. 5.4 im Hochwasserfall mit Sandsackdeichen gesichert, womit die feststehende Wand kürzer und deren Ende optisch ansprechender ausgebildet werden kann.

Zusätzliche Durchdringung

Neben der Durchdringung der Schutzwand des Bahndamms durch den Regenwasserkanal ergibt sich bei Variante 1b (BD) noch eine zusätzliche Durchdringung bei der abschließenden Schutzwand am Ortsende. Hier verläuft ein Mischwasserkanal mit einem Durchmesser von ca. 500 mm etwa 2,50 m unterhalb des bestehenden Geländeniveaus. (Abb. 113)

Da dieser in Richtung Rothenfels bis über die Wasserspiegelhöhe eines HQ100 (mit Klimazuschlag) ansteigt, wird er über diese Länge (ca. 150 m) druckdicht ausgebildet, so dass kein Mainwasser in den geschützten Bereich gelangen kann.

Aus Richtung Rothenfels (Paidi-Werk) gelangt kein Abwasser in den Kanal, da im Hochwasserfall das Pumpwerk des Paidi-Werkes abgeschaltet wird (Kap. 2.5).

7.1.3 Variante 2a (BD)

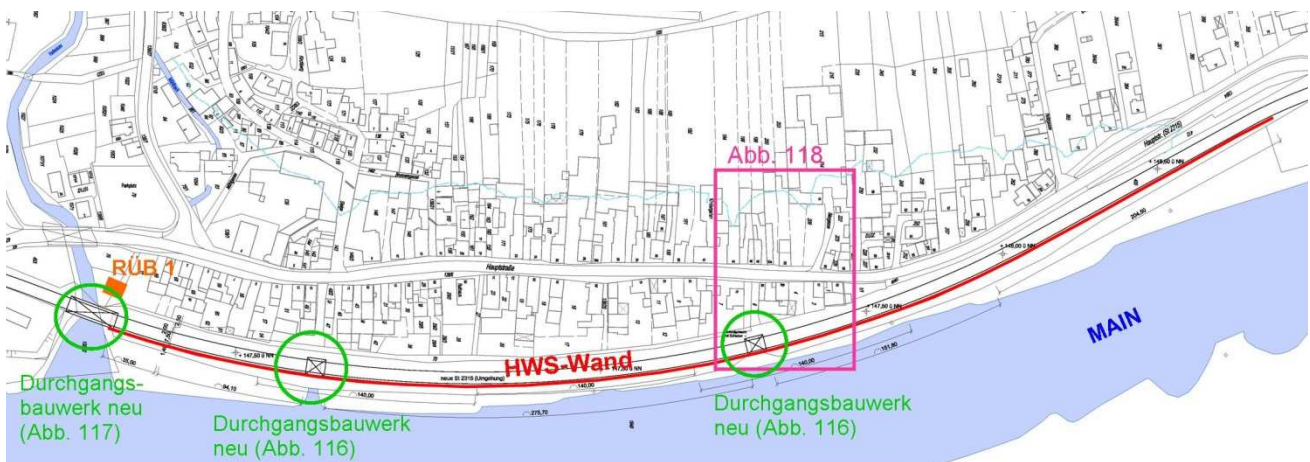


Abb. 114: Grundriss Variante 2a (BD)

Die Hochwasserschutzwand befindet sich auf der Mainseite der neuen Staatsstraße, der Fußgängerweg ist auf sich auf der anderen Seite der Straße geplant (Abb. 114 und 115).

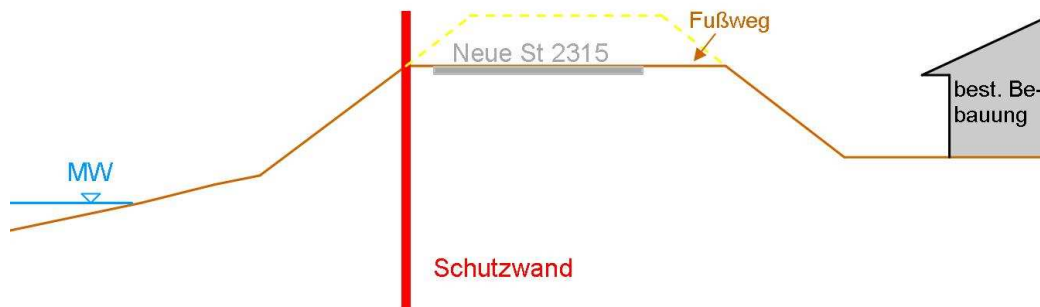


Abb. 115: Prinzipskizze Schnitt Variante 2a (BD)

Der detaillierte Grundriss und die Schnitte der Variante 2a (BD) sind in Anlage 4 enthalten.

Hochwasserschutzwand

Der sichtbare Teil der etwa 780 m langen Schutzwand dieser Variante ist eine ca. 1,50 m hohe Stahlbetonwand (Kap. 5.3). Die Untergrundabdichtung wird mit einer überschnittenen Bohrpfehlwand (Kap. 5.2) hergestellt. Die bewehrten Pfähle reichen bis zum Felshorizont, dessen Lage etwa bei einer Höhe von 137,00 m ü. NN angenommen wird (Kap. 6). Die Pfahllänge wird dementsprechend mit 11,0 m angesetzt. Die Länge der unbewehrten Bohrpfähle wird mit 9,0 m ab Kopfbalken angenommen.

Um die Stahlbetonwand optisch ansprechend zu gestalten, soll ihre Oberfläche mit Strukturmatrizen bearbeitet werden.

Durchgänge

Ebenso wie bei den Varianten 1 (BD) sollen die Durchgänge am Bach Hafenlohr, der Fahrgasse und zwischen Hauptstr. 47 und 49 weiterhin passierbar bleiben.

Da die Schutzwand bei dieser Variante mainseitig der neuen St 2315 angeordnet ist und als Bohrpfahlwand hergestellt wird, müssen die Durchgänge anders als bei Variante 1 (BD) gestaltet werden. Die Wahl eines Schutztores, die Größe der Öffnungen und die Anforderungen an die Brückenbauwerke bleiben jedoch weiterhin bestehen (Kap. 7.1.1).

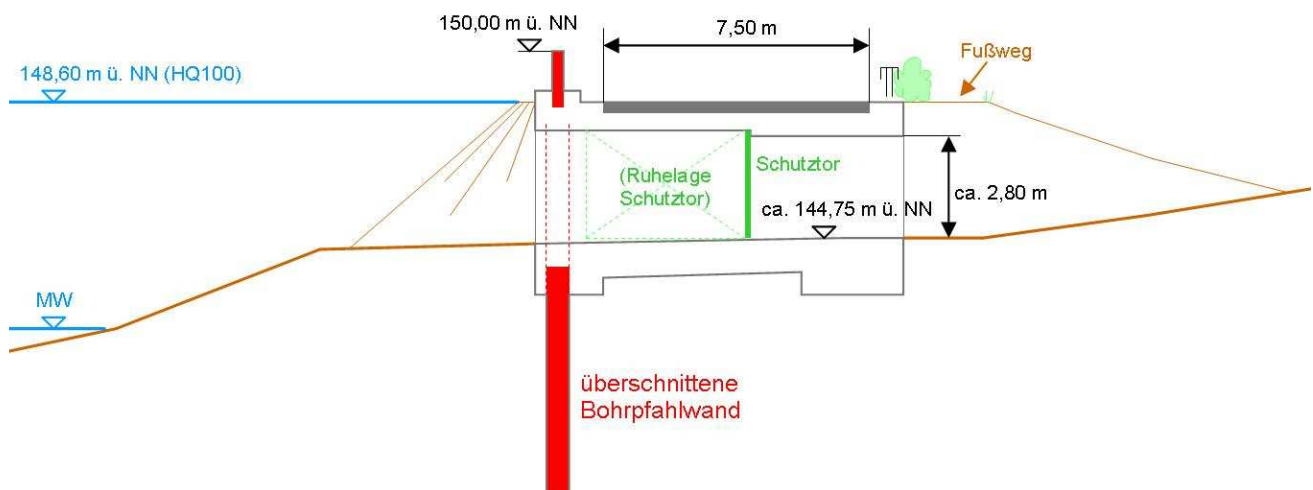


Abb. 116: Prinzipskizze Durchgang (Schnitt)

Das Schutztor sollte so verschlossen werden können, dass der Wasserdruck durch das anstehende Hochwasser zur Schließrichtung des Tores gerichtet ist. Um genügend Platz für das Tor in der (aufgeschwungenen) Ruhelage zu schaffen, wird es versetzt zur Schutzlinie der Hochwasserschutzwand angeordnet (Abb. 116).

Für den Verlauf des Fußweges im Bereich der Durchgänge bieten sich mehrere Lösungsmöglichkeiten an: Er kann mittels Treppen oder Gefällen an das Geländeneiveau des Durchgangs angepasst werden, oder aber auch gemeinsam mit der Straße über den Durchgang hinweg geführt werden. Zwischen dem Fußweg und der neuen Staatsstraße soll eine optische Begrenzung durch eine Bepflanzung mit Büschen oder Sträuchern geschaffen werden.

Baulich aufwendiger als die beiden kleineren Durchgänge gestaltet sich das Brückenbauwerk an der Hafenlohr, an dem die Schutzwand des Bahndamms sowie die Schutzwand des Bereichs Innerorts (Kap. 8) zusammentreffen. (Abb. 117)

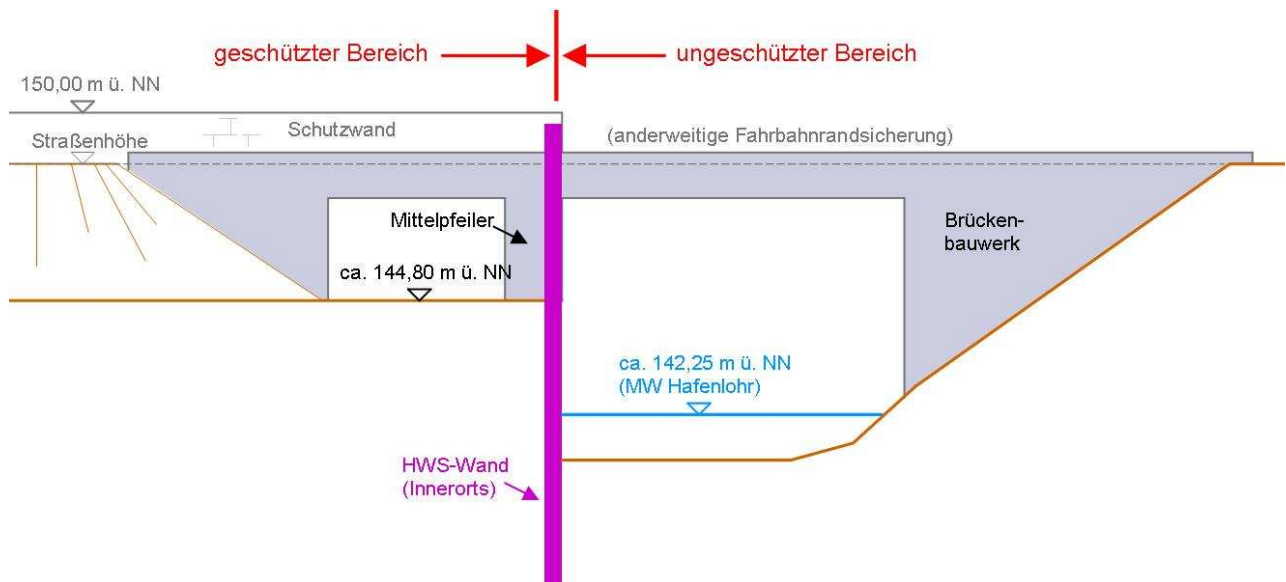


Abb. 117: Prinzipskizze Durchgang an der Hafenlohr (Ansicht Ortsseite)

Durchdringungen

Die Durchdringung des Bahndamms durch den Regenwasserkanal wird wie bei Variante 1 (BD) gelöst (Kap. 7.1.1): Ein Schieber verhindert im Hochwasserfall das Eindringen von Mainwasser in den geschützten Bereich, der Kanalschnitt zwischen Schieber und Auslass in den Main muss druckdicht ausgebildet werden. Durch einen Notüberlauf vom Regen- in den Mischwasserkanal wird gewährleistet, dass das Wasser des Regenwasserkanals auch bei Hochwasser abgeführt werden kann. (Abb. 118)

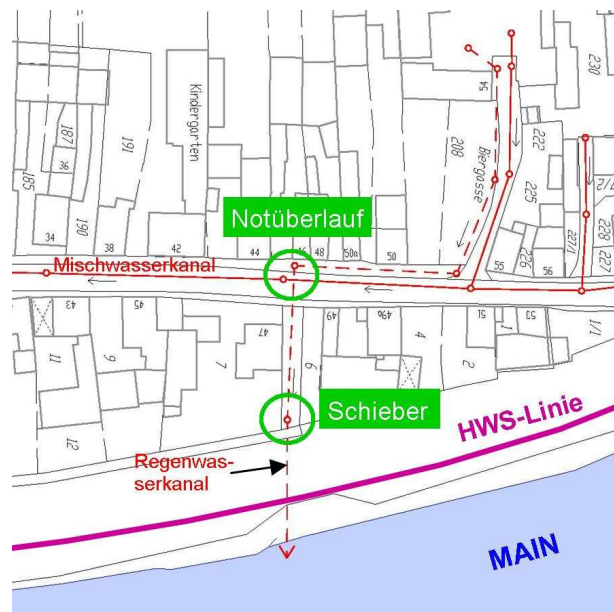


Abb. 118: Durchdringung Bahndamm

Dränage

Die Dränageleitung wird unterhalb der neuen Staatsstraße verlegt. Das dort gesammelte Sickerwasser wird - ebenso wie bei Variante 1 (BD) - zu einem Pumpwerk abgeführt, das neben dem bestehenden RÜB 1 positioniert wird (Abb. 114). Dieses kann so das Dränagewasser des Hochwasserschutzes vom Bereich Bahndamm und

vom Bereich Innerorts (Kap. 8) aufnehmen und ebenso die Entlastung des RÜB 1 im Hochwasserfall gewährleisten.

Nach der überschlägigen Berechnung der Menge des anfallenden Sickerwassers, das unter der Hochwasserschutzwand im Hochwasserfall hindurch dringt, fallen über die gesamte Länge der Schutzwand bei einem HQ100 ca. 11 l/s an (Anlage 4). Das Oberflächenwasser wird überschlägig mit 10 l/s für die Dränageleitung angesetzt.

Die Wassermenge von etwa 21 l/s kann nach Prandtl-Colebrook über ein Rohr mit einem Durchmesser von 250 mm und einem Gefälle von 0,15 % abgeführt werden.

[Schneider, 2006]

7.1.4 Variante 2b (BD)

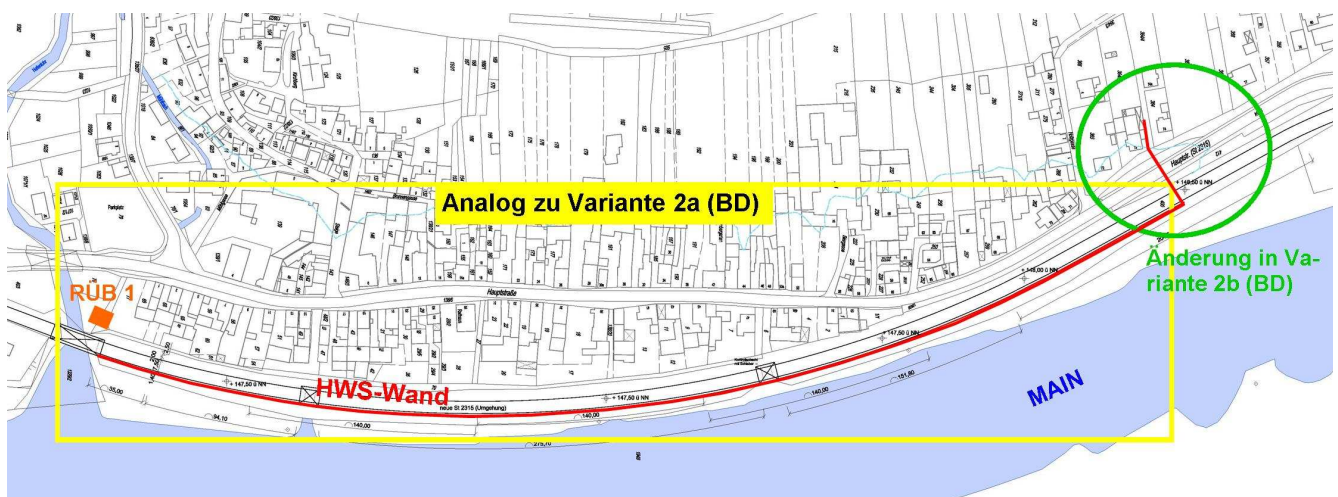


Abb. 119: Grundriss Variante 2b (BD)

Die Variante 2b (BD) entspricht der Variante 2a (BD) (Kap. 7.1.3) auf etwa den ersten 700 m der Schutzmaßnahme. Ebenso wie bei der Variante 1b (BD) unterscheidet sich die Variante 2b (BD) nur im Abschluss der Schutzmaßnahme in Richtung Rothenfels von der „a-Variante“. Auch hier wird die Schutzwand des Bahndamms um etwa 80 m kürzer ausgeführt.

Der detaillierte Grundriss und die Schnitte zur Variante 2b (BD) sind in der Anlage 4 enthalten.

Der Abschluss der Hochwasserschutzmaßnahme soll ebenso wie bei der Lösungsvariante 1b (BD) (Kap. 7.1.2) mit einer weiteren Hochwasserschutzwand hergestellt werden:

Hochwasserschutzwand Ortsende

Die Wand hat etwa eine Länge von 55,50 m und wird aus Stahlbeton (in Abb. 120 violett gekennzeichnet) auf einem Streifenfundament hergestellt. Da im Hochwasserfall nur mit einer geringen anstehenden Wasserhöhe an der Wand zu rechnen ist, wird auf eine Untergrundabdichtung verzichtet.

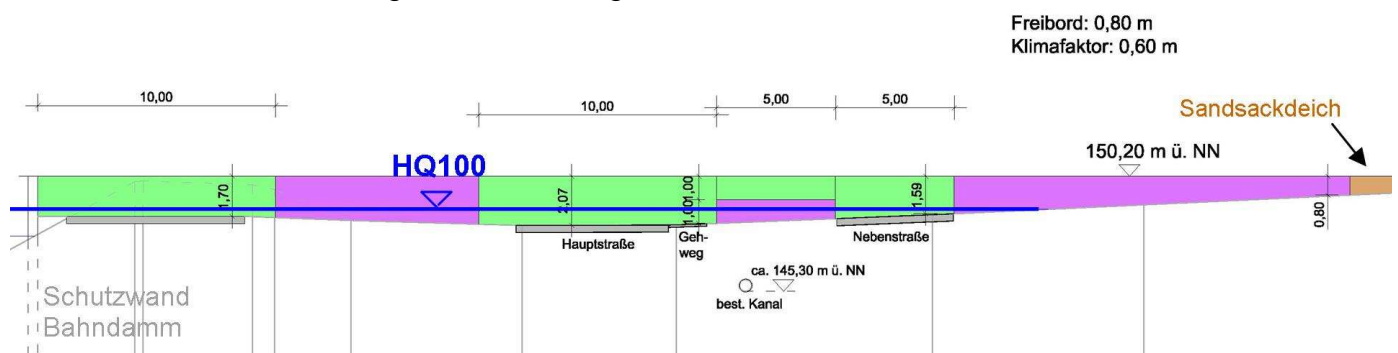


Abb. 120: Ansicht Nord Hochwasserschutzwand Ortsausgang
(aus Richtung Rothenfels)

Mobile Elemente

Die mobilen HWS-Elemente sind in der Abbildung 120 grün gekennzeichnet. Sie sind dort vorgesehen, wo die Schutzwand die neue St 2315, die Hauptstraße mit Gehwegen und die Nebenstraße kreuzt. Ein einheitliches Achsmaß von 2,50 m kann eingehalten werden.

Der auslaufende Teil der Schutzwand wird nach Kap. 5.4 im Hochwasserfall mit Sandsackdeichen gesichert, womit die feststehende Wand kürzer und deren Ende optisch ansprechender ausgebildet werden kann.

Zusätzliche Durchdringungen

Der Mischwasserkanal DN 500, der unterhalb der abschließenden Schutzwand am Ortsausgang verläuft (Abb. 120), stellt neben der Querung des Regenwasserkanals des Bahndamms noch eine zusätzliche Durchdringung dar.

Ebenso wie bei Variante 1b (BD) (Kap. 7.1.2) soll der Kanal über eine Länge von etwa 150 m in Richtung Rothenfels druckdicht ausgebildet werden. Er steigt dort bis über die Wasserspiegellhöhe eines HQ100 (mit Klimazuschlag) an.

Aus Richtung Rothenfels (Paidi-Werk) gelangt kein Abwasser in den Kanal, da im Hochwasserfall das Pumpwerk des Paidi-Werkes abgeschaltet wird (Kap. 2.5).

7.2 Kostenschätzung

Die Kosten der Hauptpositionen und die Gesamtkosten der vier Varianten für den Bereich Bahndamm sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

	V 1a (BD)	V 1b (BD)	V 2a (BD)	V 2b (BD)
Baustelleneinrichtung	110.000,00 €	110.000,00 €	110.000,00 €	110.000,00 €
Erdarbeiten	6.937,50 €	6.300,00 €	5.925,00 €	5.362,50 €
Durchgangsbauwerke	290.000,00 €	290.000,00 €	290.000,00 €	290.000,00 €
HWS-Wand (Bahndamm)	1.380.000,00 €	1.290.000,00 €	2.360.000,00 €	2.118.000,00 €
HWS-Wand (Ortsausgang)	-	16.460,00 €	-	16.820,00 €
mobile Elemente	-	29.750,00 €	-	42.450,00 €
Entwässerung	412.400,00 €	407.600,00 €	412.400,00 €	408.400,00 €
Leitungsquerung	46.200,00 €	55.200,00 €	46.200,00 €	55.200,00 €
Wegebauarbeiten	29.700,00 €	29.700,00 €	29.700,00 €	29.700,00 €
Landschaftsbau	20.000,00 €	20.000,00 €	20.000,00 €	20.000,00 €
Kosten Investition netto, inkl. Planung, Statik, Bodenuntersuchung	2.639.523,13 €	2.593.261,50 €	3.765.358,75 €	3.560.322,38 €
Kosten Investition brutto	3.141.032,52 €	3.085.981,19 €	4.480.776,91 €	4.236.783,63 €
laufende Kosten jährlich brutto	10.769,50 €	11.067,00 €	16.600,50 €	16.303,00 €

Tab. 6: Kosten der Varianten Bahndamm

Die ausführliche Aufstellung der Kostenschätzung der Varianten ist in den Anlagen 3 (Variante 1a und b) und 4 (Variante 2a und b) enthalten.

7.3 Variantenbewertung

Aus der Kostenvergleichsrechnung ergaben sich folgende Werte:

	V 1a (BD)	V 1b (BD)	V 2a (BD)	V 2b (BD)
Jahreskosten, brutto	143.000,66 €	141.264,45 €	193.859,86 €	184.963,50 €
Differenz zur günstigsten Variante [€]	1.736,21 €	0,00 €	52.595,41 €	43.699,05 €
Prozentangaben	101%	100%	137%	131%
Punkte Nutzwert	3,0	3,0	1,5	2,0

Tab. 7: Aufstellung Kostenvergleichsrechnung Bereich Bahndamm

Die Kostenvergleichsrechnung der Varianten des Bahndamms ist Anlage 3 (Variante 1a und b) und 4 (Variante 2a und b) beigelegt.

Um den nicht-monetären Nutzwert der Varianten ermitteln zu können, wurde die Erfüllung der verschiedenen Teilziele in den Tabellen 8 bis 11 bewertet (Kap. 6):

Variante 1a (BD)

Teilziel	Entscheidungskriterien	Punkte Nutzwert
Ortsbild	Die Schutzwand verhindert den direkten Blick von Innerorts auf die neue Staatsstraße. Eine üppige Bepflanzung entlang der Böschung des ehem. Bahndamms (wie zuvor) ist nicht mehr möglich.	2
Verkehr	Die neue St 2315 ist bis zu einem HQ100 ohne Klimazuschlag befahrbar.	2,5
Lärmschutz	Da die Schutzwand zwischen Bebauung und der neuen Staatsstraße verläuft, kann sie als Lärmschutzwand verwendet werden.	2
geschützte Gebäude	Alle Gebäude im Altortbereich entlang der Hauptstraße sind geschützt.	3
Bevölkerung	Nur drei der ehemals fünf Durchgänge zum Main bleiben erhalten. Durch die Schutzmauer und den Fußweg werden keine Anwohner eingeschränkt.	2
Betriebsicherheit	Die drei Hochwasserschutztore der Durchgänge müssen im Hochwasserfall rechtzeitig verschlossen werden.	2,5
bautechnische Aspekte	Die Platzverhältnisse auf der Bahndammkrone sind eingeschränkt.	2
Hydrologie	Das Flussbett des Mains wird von der HWS-Maßnahme nicht beeinflusst.	3
Retentionsraum	Die Retentionsfläche auf der Ortsseite des ehemaligen Bahndamms kann bei einem Hochwasser nicht mehr überschwemmt werden.	2,5

Tab. 8: Bewertung Teilziele Variante 1a (BD)

Variante 1b (BD)

Teilziel	Entscheidungskriterien	Punkte Nutzwert
Ortsbild	Die Schutzwand am Bahndamm verhindert den direkten Blick von Innerorts auf die neue Staatsstraße. Eine üppige Bepflanzung entlang der Böschung des ehem. Bahndamms (wie zuvor) ist nicht mehr möglich. Die Schutzwand am Ortsausgang prägt das Ortsbild in diesem Bereich.	1,5
Verkehr	Die neue St 2315 ist bis zu einem HQ100 ohne Klimazuschlag befahrbar.	2,5
Lärmschutz	Da die Schutzwand zwischen Bebauung und der neuen Staatsstraße verläuft, kann sie als Lärmschutzwand verwendet werden.	1,5
geschützte Gebäude	Alle Gebäude im Altortbereich entlang der Hauptstraße sind geschützt.	3
Bevölkerung	Nur drei der ehemals fünf Durchgänge zum Main bleiben erhalten. Durch die Schutzmauer und den Fußweg werden keine Anwohner eingeschränkt.	2
Betriebsicherheit	Die drei Hochwasserschutztoore der Durchgänge müssen im Hochwasserfall verschlossen werden. Die mobilen Hochwasserschutzwände am Ortsausgang müssen aufgebaut werden.	2
bautechnische Aspekte	Die Platzverhältnisse auf der Bahndammkrone sind eingeschränkt.	2
Hydrologie	Das Flussbett des Mains wird von der HWS-Maßnahme nicht beeinflusst. (bei allen Varianten gleich)	3
Retentionsraum	Die Retentionsfläche auf der Ortsseite des ehemaligen Bahndamms kann bei einem Hochwasser nicht mehr komplett überschwemmt werden.	3

Tab. 9: Bewertung Teilziele Variante 1b (BD)

Variante 2a (BD)

Teilziel	Entscheidungskriterien	Punkte Nutzwert
Ortsbild	Die Schutzwand verhindert den Blick von der gegenüberliegenden Mainseite auf die neue Staatsstraße. Vom Ortinnern ist die Staatsstraße frei einsehbar.	1
Verkehr	Die neue St 2315 ist bis zu einem HQ100 mit Klimazuschlag befahrbar.	3
Lärmschutz	Die HWS-Maßnahme bietet keinen Lärmschutz vor der neuen St 2315.	0
geschützte Gebäude	Alle Gebäude im Altortbereich entlang der Hauptstraße sind geschützt.	3
Bevölkerung	Nur drei der ehemals fünf Durchgänge zum Main bleiben erhalten. Durch die Schutzmauer und den Fußweg werden keine Anwohner eingeschränkt.	2

Betriebsicherheit	Die drei Hochwasserschutztore der Durchgänge müssen im Hochwasserfall rechtzeitig verschlossen werden.	2,5
bautechnische Aspekte	Die Platzverhältnisse auf der Bahndammkrone sind eingeschränkt.	1,5
Hydrologie	Das Flussbett des Mains wird von der HWS-Maßnahme nicht beeinflusst.	3
Retentionsraum	Die Retentionsfläche auf der Ortsseite des ehemaligen Bahndamms kann bei einem Hochwasser nicht mehr überschwemmt werden.	2,5

Tab. 10: Bewertung Teilziele Variante 2a (BD)

Variante 2b (BD)

Teilziel	Entscheidungskriterien	Punkte Nutzwert
Ortsbild	Die Schutzwand verhindert den Blick von der gegenüberliegenden Mainseite auf die neue Staatsstraße. Vom Ortinnern ist die Staatsstraße frei einsehbar. Die Schutzwand am Ortsausgang prägt das Ortsbild in diesem Bereich.	0,5
Verkehr	Die neue St 2315 ist bis zu einem HQ100 mit Klimazuschlag befahrbar.	3
Lärmschutz	Die HWS-Maßnahme bietet keinen Lärmschutz vor der neuen St 2315.	0
geschützte Gebäude	Alle Gebäude im Altortbereich entlang der Hauptstraße sind geschützt.	3
Bevölkerung	Nur drei der ehemals fünf Durchgänge zum Main bleiben erhalten. Durch die Schutzmauer und den Fußweg werden keine Anwohner eingeschränkt.	2
Betriebsicherheit	Die drei Hochwasserschutztore der Durchgänge müssen im Hochwasserfall verschlossen werden. Die mobilen Hochwasserschutzwände am Ortsausgang müssen aufgebaut werden.	2
bautechnische Aspekte	Die Platzverhältnisse auf der Bahndammkrone sind eingeschränkt.	1,5
Hydrologie	Das Flussbett des Mains wird von der HWS-Maßnahme nicht beeinflusst. (bei allen Variaten gleich)	3
Retentionsraum	Die Retentionsfläche auf der Ortsseite des ehemaligen Bahndamms kann bei einem Hochwasser nicht mehr komplett überschwemmt werden.	3

Tab. 11: Bewertung Teilziele Variante 2b (BD)

In der Kosten-Nutzwert-Analyse werden die Ergebnisse der Kostenvergleichsrechnung und der Nutzwertermittlung der nicht-monetären Kriterien kombiniert und zusammengefasst. Das Ergebnis der Kosten-Nutzwert-Analyse ist wie folgt:

Die Varianten 1a (BD) und 1b (BD) haben einen deutlich höheren Nutzwert als die Varianten 2a (BD) und 2b (BD). Die Nutzwerte der Varianten 1a (BD) und 1b (BD) können als gleichwertig angesehen werden, womit beide Varianten die Vorzugsvarianten für den Bereich Bahndamm sind.

Die Kosten-Nutzwert-Analyse ist in der Anlage 8 enthalten.

8 Hochwasserschutz Innerorts

8.1 Lösungsvarianten

8.1.1 Variante 1 (IO)

Die Hochwasserschutzwand beginnt beim ehemaligen Bahndamm, wo sie an den Hochwasserschutz des Bereichs Bahndamm (Kap. 7) anschließt. Sie verläuft zunächst entlang der Hafenlohr, quert danach die Hauptstraße und führt am Parkplatz entlang zu den dahinter gelegenen Gartengrundstücken. Nach ihrem Verlauf entlang des Fußweges erreicht sie die Windheimer Straße und folgt sie dieser, bis sie mit dem ansteigenden Gelände der Straße ausläuft. (Abb. 121)

Der detaillierte Grundriss und die Abwicklung der Hochwasserschutzwand sind in Anlage 5 enthalten.

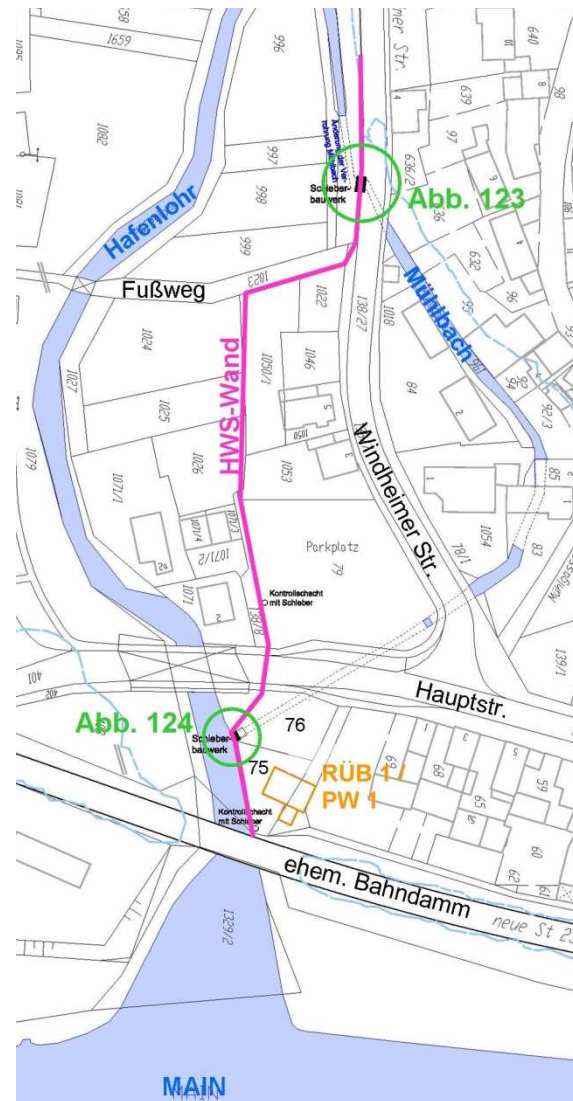


Abb. 121: Grundriss Variante 1 (IO)

Hochwasserschutzwand

Die Hochwasserschutzwand hat eine Länge von etwa 235 m und erreicht eine Höhe von bis zu 3,75 m (ohne mobile HWS-Elemente). Sie wird aus Stahlbeton hergestellt und ist über einen Kopfbalken mit der Untergrundabdichtung verbunden. Für die Untergrundabdichtung wird eine überschnittene Bohrpfehlwand (Kap. 5.3) gewählt. Es sollen zusätzlich Bohrpfähle in zweiter Reihe angeordnet werden, um die Horizontalkräfte, die im Hochwasserfall durch das anstehende Hochwasser entstehen, besser aufnehmen zu können (Kap. 5.3).

Beim auslaufenden Teil der Wand entlang der Windheimer Straße soll aufgrund der geringen anstehenden Wasserhöhe auf eine Gründung mit Bohrpfählen und eine Untergrundabdichtung verzichtet werden. Es wird hierbei davon ausgegangen, dass keine Gefahr einer Untersickerung der Wand besteht und die Horizontalkräfte durch ein Streifenfundament aufgenommen werden können.

Die bewehrten Pfähle reichen bis zum Felshorizont, der entlang der Schutzwand bei einer Höhe von 138,00 m ü. NN angenommen wird (Kap. 6). Ihre Länge wird vereinfacht mit ca. 8,0 m im Mittel angesetzt. Die Länge der unbewehrten Pfähle wird mit 5,0 m angenommen.

Um die Oberfläche der Wand optisch ansprechend zu gestalten, soll diese mit Strukturmatrizen bearbeitet werden (Kap. 5.3).

Mobile Elemente

Mobile HWS-Elemente müssen an der Querung der Schutzwand der Hauptstraße und an der Querung der Fußweges an der Windheimer Straße angeordnet werden.

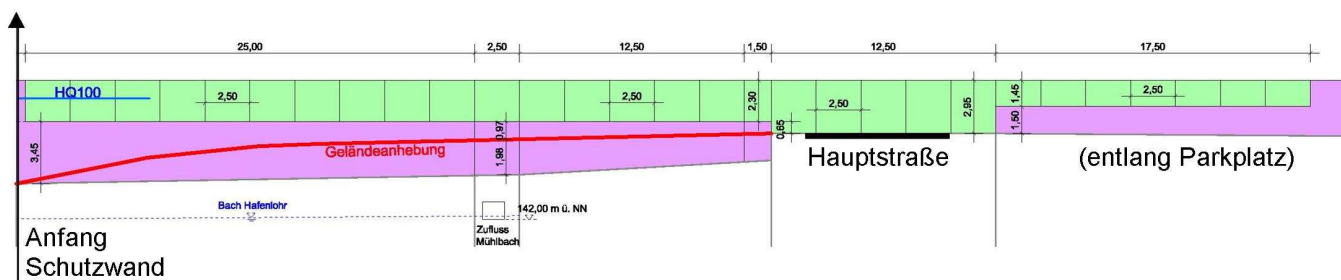


Abb. 122: Abwicklung Schutzwand (Anfangsbereich)

Im Bereich des Ortseingangs hat die Schutzwand den größten Einfluss auf das Ortsbild, da sie von der Hauptstraße aus direkt einsehbar ist und dort eine große Wandhöhe erforderlich ist. Dementsprechend wird die Höhe der feststehenden Wand zwischen Bahndamm (Anfang Schutzwand) und Hauptstraße, sowie teilweise entlang des Parkplatzes mit Hilfe von mobilen Elementen reduziert (Abb. 122, mobile Elemente sind grün gekennzeichnet).

Um den Aufbau den sicheren und schnellen Aufbau der Elemente zu gewährleisten, wird das Gelände auf den Grundstücken Fl. Nr. 75 und 76 (Abb. 122) angehoben und ein befestigter Weg entlang der Schutzwand angelegt. Durch die Geländeanhebung wird die Wandhöhe auf der Seite der Anhebung nochmals optisch reduziert.

Um die mobilen Elemente in hochwasserfreien Zeiten geschützt lagern zu können, müssen Räumlichkeiten (Keller, Halle) zur Verfügung gestellt oder angemietet werden. Ist dies nicht möglich, muss der Neubau einer Lagerhalle in Betracht gezogen werden.

Querung Mühlbach

Der Mühlbach quert auf seinem Verlauf die Schutzlinie im Bereich der Windheimer Straße zum ersten Mal (Abb. 121 und 123). Dort wird er unterhalb des Geländes geführt. Damit im Hochwasserfall kein Wasser in den geschützten Bereich dringen kann, wird ein Absperrbauwerk (Kap. 5.7) angeordnet (Abb. 123). Dieses soll als Schachtbauwerk ausgeführt werden und von der Windheimer Straße aus erreichbar sein. Der Verlauf des Mühlbachs muss dafür geringfügig geändert werden.

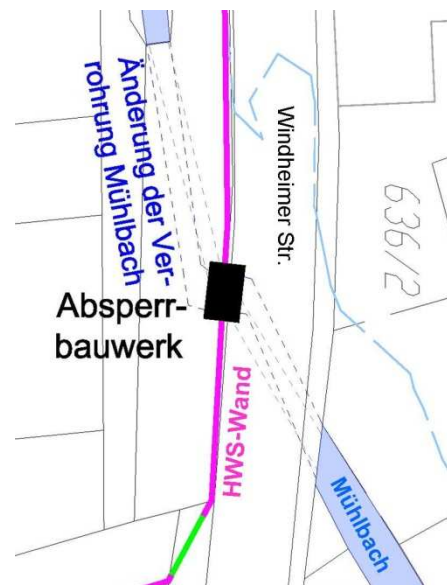


Abb. 123: Querung bei Windheimer Str.

Zum zweiten Mal quert der Mühlbach die Schutzlinie dort, wo er wieder in die Hafenlohr fließt. Da er auch hier wieder unterhalb des Geländes geführt wird, bietet sich die Ausführung des Absperrbauwerkes als Schachtbauwerk an (Kap. 5.7). Der Mühlbach führt auch Sickerwasser ab, das erst im hochwassergeschützten Bereich anfällt. Ist das Absperrbauwerk jedoch bei Hochwasser verschlossen, kann das im geschützten Bereich angefallene Wasser nicht mehr abfließen und muss mittels Pumpen in den ungeschützten Bereich transportiert werden. Da hier nur mit geringen Wassermengen gerechnet werden muss, wird ein Pumpenschacht vorgesehen, in den im Hochwasserfall mobile Pumpen abgelassen werden können. (Abb. 124)

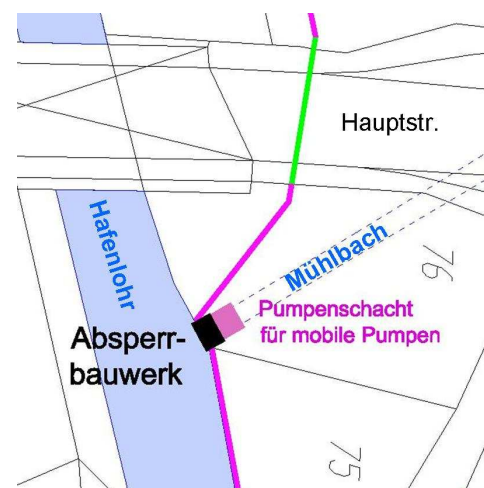


Abb. 124: Querung bei der Hafenlohr

Leitungsquerungen

In der Abbildung 125 ist das bestehende Kanalnetz rot dargestellt. Die Kanäle, die die Schutzlinie queren und durch die im Hochwasserfall anstehendes Wasser in den geschützten Bereich eindringen könnte, sind die Auslassleitung zur Entlastung des RÜB 1 mit DN 700 (Stelle A), ein Mischwasserkanal DN 200 (Stelle B) und ein Mischwasserkanal aus Richtung Windheim kommend, dessen Durchmesser bei etwa 500 mm angenommen wird (Stelle C). (Abb. 125)

Damit bei Hochwasser kein Wasser in den geschützten Bereich eindringt, werden die Stellen A, B und C wie folgt ausgebildet:

Stellen A und B:

Anordnung von Absperrschiebern in Kontrollschächten nahe der Schutzlinie auf der hochwassergeschützten Seite (Kap. 5.7)

Stelle C:

Druckdichte Ausbildung des bestehenden Kanals von der Schutzlinie aus ca. 90 m in Richtung Windheim (bis der Kanal höher liegt als die Höhe des Bemessungswasserstandes)

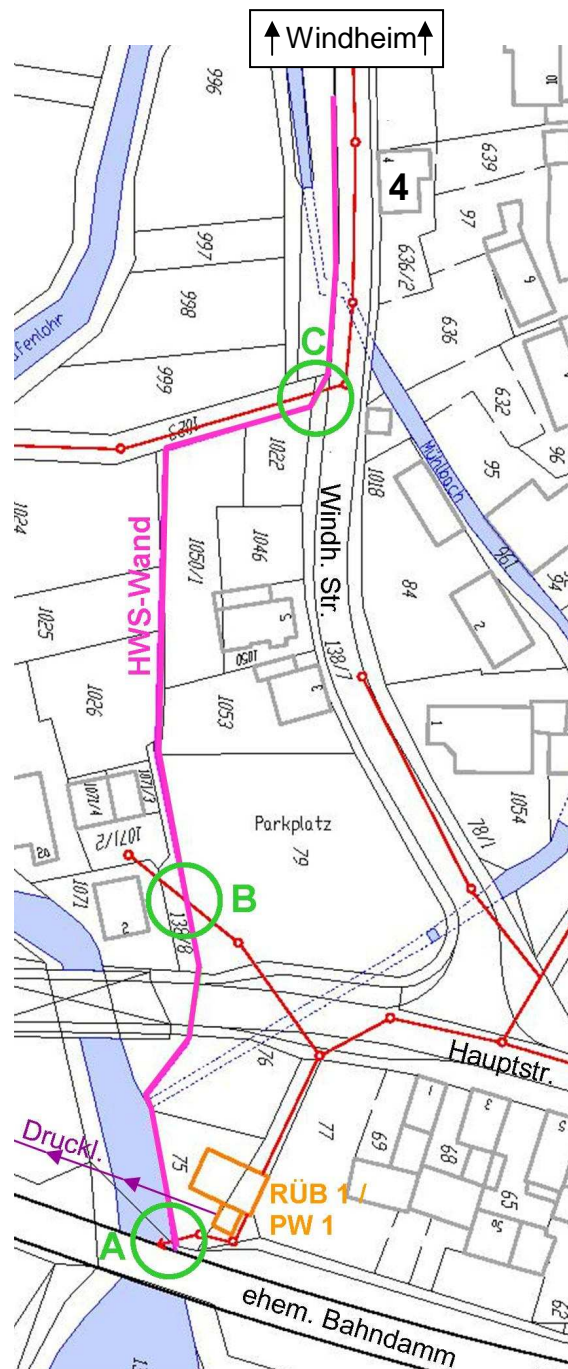


Abb. 125: Lageplan Leitungsquerungen

Beim Anwesen Windheimer Str. 4 (Abb. 125) wird zudem eine Hebeanlage eingebaut. So kann kein Hochwasser durch den druckdicht ausgebildeten Kanal über den Hausanschluss, der unterhalb der Rückstauenebene eines HQ100 liegt, in das Gebäude gelangen. Im Gebäude anfallendes Abwasser kann im Hochwasserfall trotzdem abgeführt werden.

Dränage

Auf der Luftseite entlang der Hochwasserschutzwand wird eine Dränageleitung verlegt, die anfallendes Sickerwasser zum Pumpwerk abführt (Kap. 5.5). Dieses wird bei dem bestehenden Regenüberlaufbecken RÜB 1 (Abb. 122) positioniert, um so Dränagewasser vom Bereich Bahndamm (Kap. 7) und vom Bereich Innerorts aufnehmen zu können und die Entlastung des RÜB 1 im Hochwasserfall zu gewährleisten.

Beim auslaufenden Teil der Schutzwand entlang der Windheimer Straße ist keine Dränage vorgesehen, da selbst bei größeren Hochwassern nur kurzzeitig mit einer geringen anstehenden Wasserhöhe gerechnet werden muss. Hierbei fällt kein oder nur sehr wenig Dränagewasser an.

Die Dränageleitung hat somit eine Länge von ca. 180 m. Nach der überschlägigen Berechnung der Menge des anfallenden Sickerwassers, das unter der Hochwasserschutzwand im Hochwasserfall hindurch dringt, fallen über die gesamte Länge der Schutzwand bei einem HQ100 ca. 13 l/s an (Anlage 5.3). Das Oberflächenwasser wird überschlägig mit 5 l/s für die Dränageleitung angesetzt.

Die Wassermenge von etwa 18 l/s kann nach Prandtl-Colebrook über ein Rohr mit einem Durchmesser von 250 mm und einem Gefälle von 0,15 % abgeführt werden. [Schneider, 2006]

8.1.2 Variante 2 (IO)

Der Beginn der Schutzwand ist beim ehemaligen Bahndamm (Schnittstelle der Varianten der Bereiche Bahndamm und Innerorts). Danach verläuft sie über die Grundstücke Fl. Nr. 75 und 76 und überquert die Hauptstraße etwa im Bereich der Abzweigung der Windheimer Straße. Nach der Straßenquerung folgt sie der Windheimer Straße und läuft mit deren ansteigendem Gelände aus. (Abb. 126)

Der detaillierte Grundriss und die Abwicklung der Hochwasserschutzwand sind in Anlage 6 enthalten.

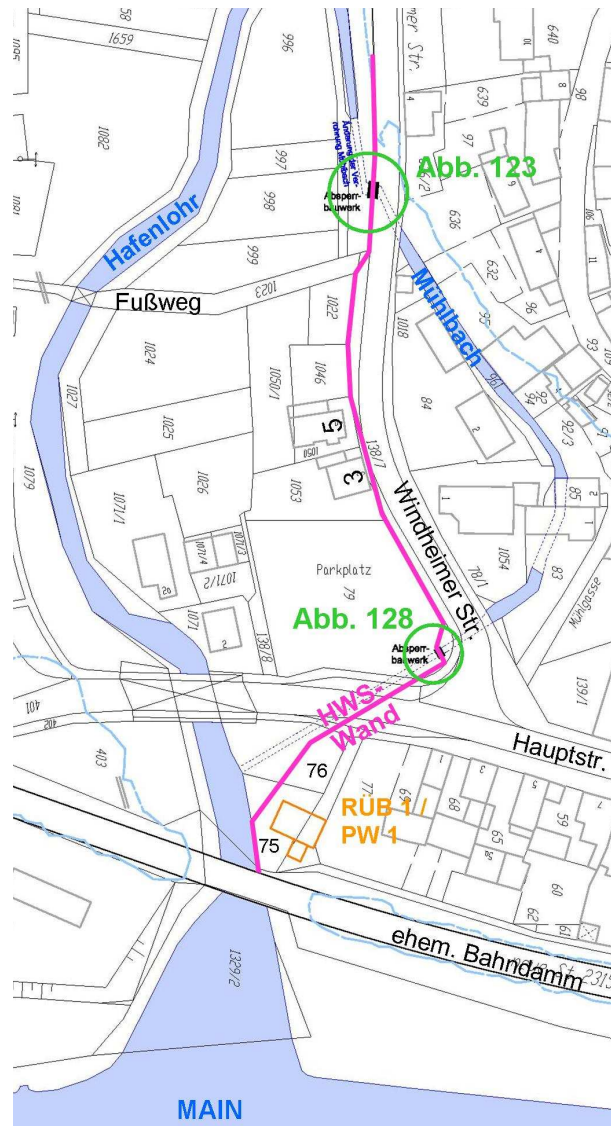


Abb. 126: Grundriss Variante 2 (IO)

Hochwasserschutzwand

Die Hochwasserschutzwand hat eine Länge von etwa 240 m und erreicht eine Höhe von bis zu 4,25 m (ohne mobile HWS-Elemente). Ebenso wie bei Variante 1 (IO) (Kap. 8.1.1) wird sie aus Stahlbeton hergestellt und ist über einen Kopfbalken mit der Untergrundabdichtung verbunden. Auch für die Untergrundabdichtung wird eine überschnittene Bohrpfehlwand mit zusätzlichen Bohrpfehlen in zweiter Reihe gewählt (Kap. 5.3).

Auf etwa den letzten 50 m der auslaufenden Wand entlang der Windheimer Straße soll auf eine Untergrundabdichtung und die Bohrpfehlgründung verzichtet werden. Es wird hierbei davon ausgegangen, dass keine Gefahr einer Untersickerung der Wand

besteht und die Horizontalkräfte durch ein Streifenfundament aufgenommen werden können.

Die Länge der bewehrten Pfähle wird analog zu Variante 1 (IO) (Kap. 8.1.1) mit 8,0 m und die Länge der unbewehrten Pfähle mit 5,0 m angesetzt.

Um die Oberfläche der Wand optisch ansprechend zu gestalten, soll diese mit Strukturmatrizen bearbeitet werden (Kap. 5.3).

Mobile Elemente

Mobile HWS-Elemente (Kap. 5.4) werden bei der Querung der Hauptstraße, beim Zugang und der Zufahrt zum Parkplatz, entlang den Anwesen der Windheimer Str. 3 und 5 und beim Ende des Fußweges angeordnet. Im Bereich des Ortseingangs wird ebenso wie in Variante 1 (IO) (Kap. 8.1.1) mit Hinsicht auf das Ortsbild der Gemeinde eine feststehende Schutzwand mit aufsetzbaren mobilen Elementen errichtet. (Abb. 127)

Das Gelände auf den Grundstücken Fl. Nr. 75 und 76 (Abb. 126) wird zur besseren Handhabung der Elemente beim Auf- und Abbau und zur optischen Verkleinerung der Wandhöhe angehoben und ein befestigter Weg entlang der Schutzwand wird angeordnet.

Zur Lagerung der Elemente müssen entsprechende Räumlichkeiten vorhanden sein oder neu errichtet werden.

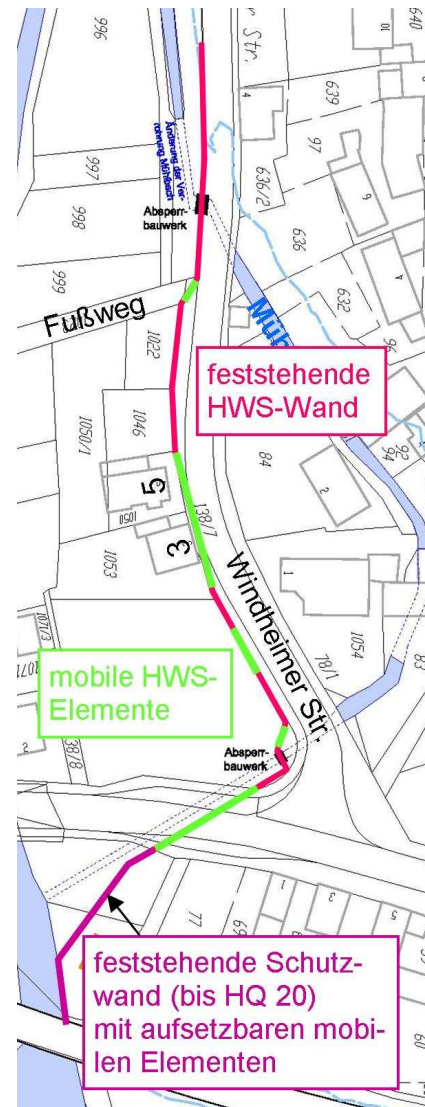


Abb. 127: Grundriss Wand (feststehend und mobil)

Querung Mühlbach

Der Mühlbach quert auf seinem Verlauf wie bei Variante 1 (IO) die Schutzlinie im Bereich der Windheimer Straße zum ersten Mal (Abb. 126). Da die Schutzwand dort auch wie bei Variante 1 (IO) ausgeführt wird, gestaltet sich die Querung analog zur ersten Variante (siehe Seite 92).

Zum zweiten Mal quert der unter dem Gelände verlaufende Mühlbach die Schutzlinie bei der Abzweigung der Windheimer Straße. Hier soll ein Absperrbauwerk, das als Schachtbauwerk ausgeführt wird, angeordnet werden (Kap. 5.7). Es muss ebenso wie bei Variante 1 (IO) ein Pumpenschacht angeordnet werden, in den im Hoch-

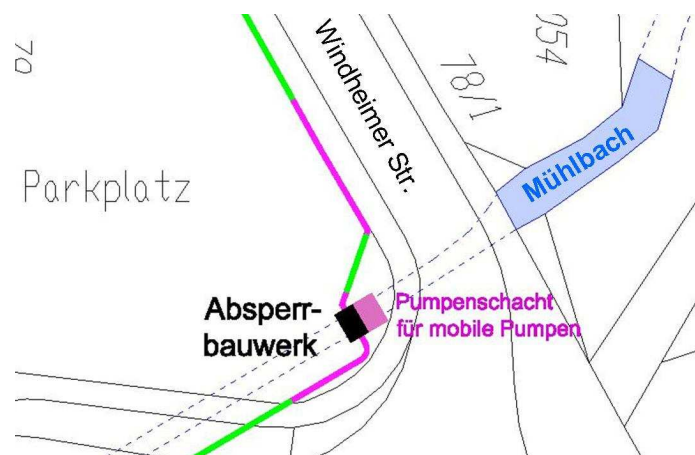


Abb. 128: Querung bei der Abzweigung Windh. Str.

wasserfall mobile Pumpen abgelassen werden können, die das Sickerwasser, das normalerweise dem Mühlbach im hochwassergeschützten Bereich zugeführt wird, in den ungeschützten Bereich transportieren können. (Abb. 128)

An der Stelle, an der die Querung vorgesehen ist, ist bereits ein bestehendes Bauwerk angeordnet (Kap. 2.2), welches vor dem Bau des Absperrbauwerkes entfernt werden muss.

Dränage

Die Dränageleitung (Kap. 5.5) entlang der Luftseite Schutzwand hat etwa eine Länge von 185 m. Ebenso wie in Variante 1 (IO) wird beim auslaufenden Teil der Wand entlang der Windheimer Straße keine Dränage vorgesehen, da hier nur mit wenig oder keinem Dränwasser gerechnet wird. Das Pumpwerk soll beim RÜB 1 angeordnet werden (Abb. 126).

Nach der überschlägigen Berechnung der Menge des anfallenden Sickerwassers, das unter der Hochwasserschutzwand im Hochwasserfall hindurch dringt, fallen über die gesamte Länge der Schutzwand bei einem HQ100 ca. 13 l/s an (Anlage 6.3). Das Oberflächenwasser wird überschlägig mit 5 l/s für die Dränageleitung angesetzt.

Die Wassermenge von etwa 18 l/s kann nach Prandtl-Colebrook über ein Rohr mit einem Durchmesser von 250 mm und einem Gefälle von 0,15 % abgeführt werden. [Schneider, 2006]

Leitungsquerungen

In der Abbildung 129 ist das bestehende Kanalnetz rot dargestellt. Die Kanäle, die die Schutzlinie queren und durch die im Hochwasserfall anstehendes Wasser in den geschützten Bereich eindringen könnte, sind die Auslassleitung zur Entlastung des RÜB 1 mit DN 700 (Stelle A), ein Mischwasserkanal DN 250 (Stelle B) und ein Mischwasserkanal aus Richtung Windheim kommend, dessen Durchmesser bei etwa 500 mm angenommen wird (Stelle C). (Abb. 129)

Damit bei Hochwasser kein Wasser in den geschützten Bereich eindringt, werden die Stellen A,B und C wie folgt ausgebildet:

Stellen A und B:

Anordnung von Absperrschiebern in Kontrollschächten nahe der Schutzlinie auf der hochwassergeschützten Seite (Kap. 5.7)

Stelle C: (analog zur ersten Variante)

Druckdichte Ausbildung des bestehenden Kanals von der Schutzlinie aus ca. 90 m in Richtung Windheim (bis der Kanal höher liegt als die Höhe des Bemessungswasserstandes)

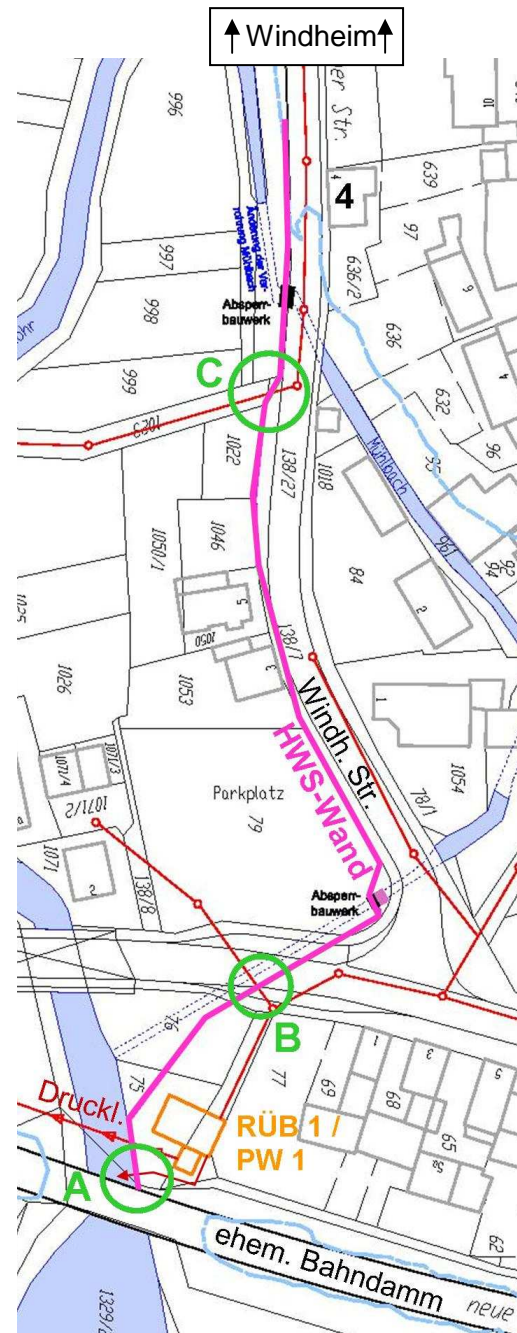


Abb. 129: Lageplan Leitungsquerungen

Da die Leitungsquerung bei Stelle C ebenso wie bei Variante 1 (IO) ausgebildet wird, muss auch hier beim Anwesen Windheimer Str. 4 (in Abb. 129) eine Hebeanlage eingebaut werden (vgl. Seite 93).

8.1.3 Variante 3 (IO)

Die Schutzwand beginnt beim ehemaligen Bahndamm (Schnittstelle der Varianten der Bereiche Bahndamm und Innerorts). Danach verläuft sie entlang der Hafenlohr, wobei sie auch die Hauptstraße kreuzt. Sie folgt der Hafenlohr weiter, bis sie nach dem Grundstück des Anwesens Hauptstraße 2a endet. Ab dort wird der Hochwasserschutz von einer Geländeerhöhung des bestehenden Garten- und Grünlandes (orange gekennzeichnet) gewährleistet. Auf dem letzten Stück der Schutzmaßnahme entlang der Windheimer Straße schließt eine weitere Schutzwand an die Geländeerhöhung an. (Abb. 130)

Der detaillierte Grundriss und die Abwicklung der Hochwasserschutzmaßnahme sind in Anlage 7 enthalten.

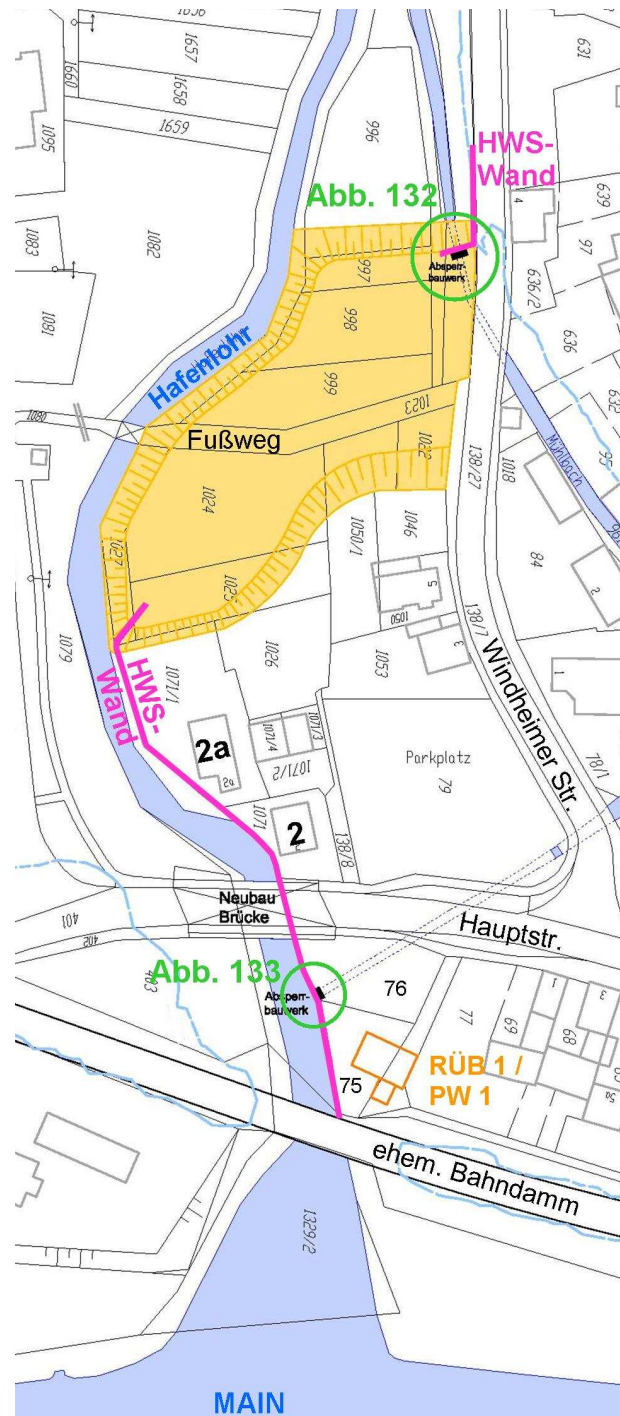


Abb. 130: Grundriss Variante 3 (IO)

Hochwasserschutzwand

Die Hochwasserschutzwand, die entlang der Hafenlohr verläuft, hat eine Länge von etwa 128 m und erreicht eine Höhe von bis zu 4,80 m (ohne mobile HWS-Elemente). Ebenso wie bei den beiden vorgehenden Varianten 1 (IO) (Kap. 8.1.1) und 2 (IO) (Kap. 8.1.2) wird sie aus Stahlbeton hergestellt und ist über einen Kopfbalken mit der Untergrundabdichtung verbunden. Auch für die Untergrundabdichtung wird eine überschnittene Bohrpfehlwand mit zusätzlichen Bohrpfehlen in zweiter Reihe gewählt (Kap. 5.3).

Die Länge der bewehrten Pfähle wird analog zu den beiden anderen Varianten mit 8,0 m und die Länge der unbewehrten Pfähle mit 5,0 m angesetzt.

Die kürzere Wand entlang der Windheimer Straße hat etwa eine Länge von ca. 30 m und eine Höhe von maximal 1,50 m. Da im Hochwasserfall nur mit geringen anstehenden Wasserhöhen an der Wand gerechnet werden muss, wird diese auf einem Streifenfundament (ohne Untergrundabdichtung) gegründet.

Um die Oberflächen der Wände optisch ansprechend zu gestalten, sollen diese mit Strukturmatrizen bearbeitet werden (Kap. 5.3).

Mobile Elemente

Mobile HWS-Elemente (Kap. 5.4) sind bei der Querung der Hauptstraße erforderlich. Im Bereich des Ortseingangs wird ebenso wie bei den beiden vorgegangenen Varianten mit Hinsicht auf das Ortsbild der Gemeinde eine feststehende Schutzwand (violett gekennzeichnet) mit aufsetzbaren mobilen Elementen (grün gekennzeichnet) errichtet. (Abb. 131)

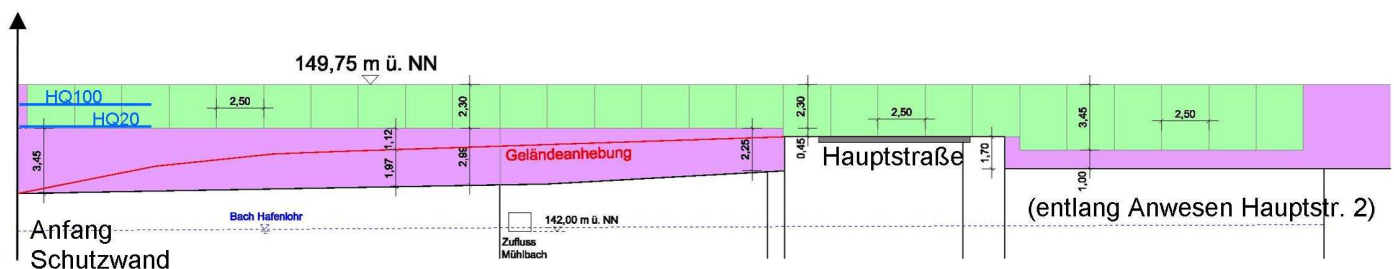


Abb. 131: Abwicklung Schutzwand (Anfangsbereich)

Das Gelände auf den Grundstücken Fl. Nr. 75 und 76 (Abb. 130) wird zur besseren Handhabung der Elemente beim Auf- und Abbau und zur optischen Verkleinerung der Wandhöhe angehoben. Ebenso wird ein befestigter Weg dort angeordnet. Die Schutzwand entlang des Anwesens der Hauptstr. 2 muss über das Grundstück zur Montage der Elemente erreichbar sein.

Zur Lagerung der Elemente müssen entsprechende Räumlichkeiten vorhanden sein oder neu errichtet werden.

Geländeerhöhung

Das Gelände wird um ca. 4,0 m angehoben, damit es die Höhe des Berechnungswasserstandes erreicht. Der vorhandene Fußweg muss neu angelegt werden.

Querung Mühlbach

Der Mühlbach quert auf seinem Verlauf die Schutzlinie nahe der Windheimer Straße zum ersten Mal (Abb. 130). Er wird in diesem Bereich unterhalb des Geländes geführt, so dass das Absperrbauwerk als Schachtbauwerk (Kap. 5.7) hergestellt werden muss. Dieses kann dann von der Windheimer Straße aus erreicht werden. (Abb. 132)

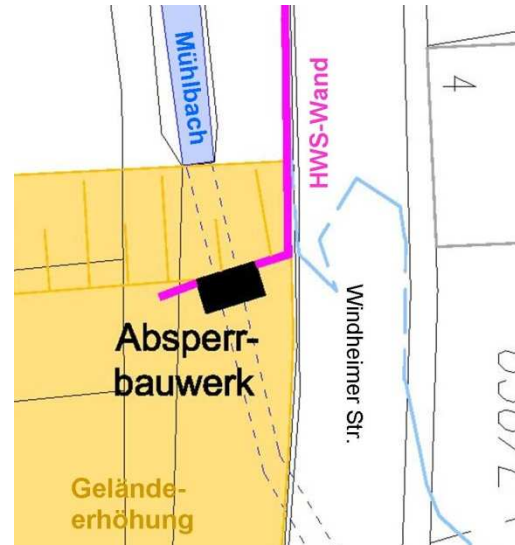


Abb. 132: Querung bei Windheimer Str.



Abb. 133: Querung bei der Hafenlohr

Zum zweiten Mal quert der Mühlbach die Schutzlinie dort, wo er in die Hafenlohr fließt. Das Absperrbauwerk, das als Schachtbauwerk ausgeführt wird (Kap. 5.7), ist über die Grundstücke Fl.Nr. 75 und 76 zu erreichen. Es wird ebenso wie bei den beiden anderen Varianten ein Pumpenschacht angeordnet, in den im Hochwasserfall mobile Pumpen abgelassen werden können, die das Sickerwasser, das im hochwassergeschützten Bereich anfällt und normalerweise mit dem Mühlbach abfließt, in den ungeschützten Bereich transportieren können. (Abb. 133)

Dränage

Die Dränageleitung (Kap. 5.5) wird nur entlang der ersten Schutzwand erlegt. Sie hat somit eine Länge von etwa 125 m. Das Pumpwerk (für das Dränagewasser der gesamten Hochwasserschutzanlage in Hafenlohr und für die Entlastung des RÜB 1 im Hochwasserfall) soll beim RÜB 1 angeordnet werden (Abb. 130).

Nach der überschlägigen Berechnung der Menge des anfallenden Sickerwassers, das unter der Hochwasserschutzwand im Hochwasserfall hindurch dringt, fallen über die gesamte Länge der Schutzwand bei einem HQ100 ca. 11 l/s an (Anlage 7.3). Das Oberflächenwasser wird überschlägig mit 5 l/s für die Drainageleitung angesetzt.

Die Wassermenge von etwa 16 l/s kann nach Prandtl-Colebrook über ein Rohr mit einem Durchmesser von 250 mm und einem Gefälle von 0,15 % abgeführt werden. [Schneider, 2006]

Leitungsquerungen

In der Abbildung 134 ist das bestehende Kanalnetz rot dargestellt. Die Kanäle, die die Schutzlinie queren und durch die im Hochwasserfall anstehendes Wasser in den geschützten Bereich eindringen könnte, sind die Auslassleitung zur Entlastung des RÜB 1 mit DN 700 (Stelle A) und ein Mischwasserkanal aus Richtung Windheim kommend, dessen Durchmesser bei etwa 500 mm angenommen wird (Stelle B). (Abb. 134)

Damit bei Hochwasser kein Wasser in den geschützten Bereich eindringt, werden die Stellen A und wie folgt ausgebildet:

Stellen A:

Anordnung eines Absperrschiebers im Kontrollschacht nahe der Schutzlinie auf der hochwassergeschützten Seite (Kap. 5.7)

Stelle B:

Druckdichte Ausbildung des bestehenden Kanals unter der Geländeaufschüttung und ca. 90 m in Richtung Windheim (bis der Kanal höher liegt als die Höhe des Bemessungswasserstandes)

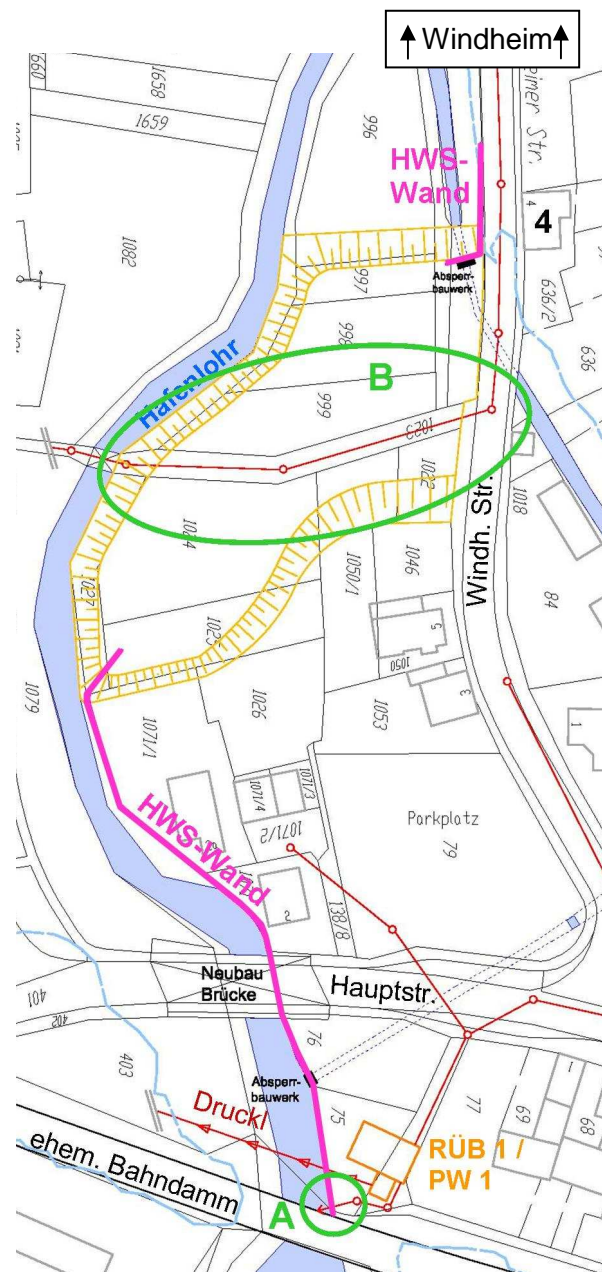


Abb. 134: Lageplan Leitungsquerungen

Bei dem Anwesen der Windheimer Str. 4 (Abb. 134) wird eine Hebeanlage eingebaut. So kann im Hochwasserfall anfallendes Abwasser abgeführt werden und in den Kanal rückgestautes Wasser gelangt nicht über den Hausanschluss ins Gebäude.

8.2 Kostenschätzung

Die Kosten der Hauptpositionen und die Gesamtkosten der drei Varianten für den Bereich Innerorts sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

	V 1 (IO)	V 2 (IO)	V 3 (IO)
Baustelleneinrichtung	51.800,00 €	50.300,00 €	53.300,00 €
Abbrucharbeiten	3.000,00 €	5.760,00 €	15.600,00 €
HWS-Wand	682.140,00 €	643.910,00 €	479.750,00 €
mobile Elemente	139.350,00 €	302.150,00 €	147.700,00 €
Geländeerhöhung (HWS)	-	-	73.000,00 €
Entwässerung	210.800,00 €	211.100,00 €	207.500,00 €
Leitungsquerung	81.400,00 €	81.400,00 €	75.600,00 €
Wegebauarbeiten	1.500,00 €	1.500,00 €	3.600,00 €
Landschaftsbau	16.500,00 €	16.500,00 €	16.500,00 €
Brückenbau	-	-	50.000,00 €
Grunderwerb	6.500,00 €	4.500,00 €	40.000,00 €
Kosten Investition netto, inkl. Planung, Statik, Bodenuntersuchung	1.370.963,50 €	1.514.013,00 €	1.330.932,50 €
Kosten Investition brutto	1.631.446,57 €	1.801.675,47 €	1.583.809,68 €
laufende Kosten jährlich brutto	8.556,10 €	12.161,80 €	7.508,90 €

Tab. 12: Kosten der Varianten Innerorts

Die ausführliche Aufstellung der Kostenschätzung der Varianten ist in den Anlagen 5 (Variante 1), 6 (Variante 2) und 7 (Variante 3) enthalten.

8.3 Variantenbewertung

Aus der Kostenvergleichsrechnung ergaben sich folgende Werte:

	V 1 (IO)	V 2 (IO)	V 3 (IO)
Jahreskosten, brutto	75.145,80 €	86.460,80 €	72.010,90 €
Differenz zur günstigsten Variante [€]	3.134,90 €	14.449,90 €	0,00 €
Prozentangaben	104%	120%	100%
Punkte Nutzwert	2,5	1,5	3,0

Tab. 13: Aufstellung Kostenvergleichsrechnung Bereich Innerorts

Die Kostenvergleichsrechnung der Varianten für den Bereich Innerorts ist in den Anlagen 5 (Variante 1), 6 (Variante 2) und 7 (Variante 3) enthalten.

Um den nicht-monetären Nutzwert der Varianten ermitteln zu können, wurde die Erfüllung der verschiedenen Teilziele in den folgenden Tabellen 14 bis 16 bewertet:

Variante 1 (IO)

Teilziel	Entscheidungskriterien	Punkte Nutzwert
Ortsbild	Die Schutzwand beeinträchtigt das Ortsbild im Bereich der "kleinen Au". Von den Straßen aus ist sie nur teilweise einsehbar. Das auslaufende Ende der Wand mit einer Höhe < 1,90 m verläuft entlang der Windheimer Straße.	1,5
Verkehr	Die Windheimer Straße ist im Hochwasserfall bis zu einem HQ100 mit Klimazuschlag befahrbar, die Hauptstraße ist durch mobile Elemente abgesperrt. (bei allen Varianten gleich)	3
geschützte Gebäude	Die Anwesen Hauptstr. 2 und 2a liegen außerhalb des geschützten Bereichs.	2,5
Bevölkerung	Die Schutzwand beeinträchtigt die Sicht zwischen den Gartengrundstücken, dem Fußweg und der Hafenlohr.	2
Betriebsicherheit	Im Hochwasserfall müssen die mobilen Elemente aufgebaut werden.	2
bautechnische Aspekte	Die Schutzwand entlang der Hafenlohr muss auch als Stützwand für das anstehende Gelände dienen. Um den Bereich der Gartengrundstücke erreichen zu können, müssen entsprechende Wege in der Bau-phase angelegt werden.	2,5

Hydrologie	Das Flussbett des Mains wird von der HWS-Maßnahme nicht beeinflusst. (bei allen Varianten gleich)	3
Retentionsraum	Der Retentionraum im Bereich der Windheimer Straße mit umliegenden Grundstücken und des Parkplatzes geht verloren.	2

Tab. 14: Bewertung Teilziele Variante 1 (IO)

Variante 2 (IO)

Teilziel	Entscheidungskriterien	Punkte Nutzwert
Ortsbild	Die Schutzwand beeinflusst das Ortsbild besonders im Bereich des Parkplatzes und entlang der Windheimer Straße.	1
Verkehr	Die Windheimer Straße ist im Hochwasserfall bis zu einem HQ100 mit Klimazuschlag befahrbar, die Hauptstraße ist durch mobile Elemente abgesperrt. (bei allen Varianten gleich)	3
geschützte Gebäude	Die Anwesen Hauptstr. 2 und 2a, sowie Windheimer Str. 3 und 5 liegen außerhalb des geschützten Bereichs.	1,5
Bevölkerung	Die Sicht von der Windheimer Straße auf die Hafenlohr und die dazwischen liegenden Grundstücke wird eingeschränkt.	2
Betriebsicherheit	Im Hochwasserfall müssen die mobilen Elemente aufgebaut werden.	1
bautechnische Aspekte	Die Schutzwand entlang der Hafenlohr muss auch als Stützwand für das anstehende Gelände dienen. Der unter dem Geländeniveau geführte Mühlbach verläuft abschnittsweise mit geringem Abstand parallel zur Schutzlinie.	1,5
Hydrologie	Das Flussbett des Mains wird von der HWS-Maßnahme nicht beeinflusst. (bei allen Varianten gleich)	3
Retentionsraum	Der Retentionraum zwischen Windheimer Straße und der Hafenlohr bleibt erhalten.	3

Tab. 15: Bewertung Teilziele Variante 2 (IO)

Variante 3 (IO)

Teilziel	Entscheidungskriterien	Punkte Nutzwert
Ortsbild	Die Schutzwand beeinträchtigt das Ortsbild entlang der Hafenlohr im Bereich der Querung der Hauptstraße. Durch die Geländeerhöhung wird das Landschaftsbild der "kleinen Au" deutlich verändert.	2,5

Verkehr	Die Windheimer Straße ist im Hochwasserfall bis zu einem HQ100 mit Klimazuschlag befahrbar, die Hauptstraße ist durch mobile Elemente abgesperrt. (bei allen Varianten gleich)	3
geschützte Gebäude	Alle Gebäude zwischen Windheimer Straße und der Hafenlohr liegen im geschützten Bereich.	3
Bevölkerung	Die Anwohner von Hauptstraße Nr. 2 und 2a sowie die Besitzer der von der Geländeerhöhung betroffenen Gartengrundstücke werden durch die Schutzmaßnahme eingeschränkt.	1,5
Betriebsicherheit	Im Hochwasserfall müssen die mobilen Elemente aufgebaut werden.	2
bautechnische Aspekte	Die Schutzwand entlang der Hafenlohr muss auch als Stützwand für das anstehende Gelände dienen. Besonderes Augenmerk muss dabei auf die Gebäude von Hauptstr. 2 und 2a gerichtet werden, die nahe der Stützwand stehen.	2
Hydrologie	Das Flussbett des Mains wird von der HWS-Maßnahme nicht beeinflusst. (bei allen Varianten gleich)	3
Retentionsraum	Der Retentionraum zwischen Windheimer Straße und der Hafenlohr geht größtenteils verloren.	1

Tab. 16: Bewertung Teilziele Variante 3 (IO)

In der Kosten-Nutzwert-Analyse werden die Ergebnisse der Kostenvergleichsrechnung und der Nutzwertermittlung der nicht-monetären Kriterien kombiniert und zusammengefasst. Das Ergebnis der Kosten-Nutzwert-Analyse ist wie folgt:

Die Varianten 1 (IO) und 3 (IO) haben einen deutlich höheren Nutzwert als die Variante 2 (IO). Die Variante 3 (IO) hat den größten Nutzwert und ist somit die Vorzugsvariante.

Die Kosten-Nutzwert-Analyse ist in der Anlage 8 enthalten.

9 Zusammenfassung

Das Konzept der Hochwasserschutzmaßnahme für den Ort Hafenlohr, das im Rahmen dieser Arbeit entwickelt wurde, setzt sich aus den ermittelten Vorzugsvarianten der beiden Bereiche Bahndamm und Innerorts zusammen.

Um eine Hochwasserschutzmaßnahme in Hafenlohr realisieren zu können, muss der Bau der Umgehungsstraße auf dem bestehenden Bahndamm mit einbezogen werden. Ein nachträglicher Bau des Hochwasserschutzes oder der Umgehungsstraße nach der jeweils anderen Baumaßnahme ist auf Grund der eingeschränkten Platzverhältnisse nur schwer möglich.

Die ermittelte Vorzugsvariante V1a (BD) bzw. V1b (BD) für den Hochwasserschutz im Bereich des Bahndamms sieht eine Stahlspundwand vor, die ortsseitig entlang der Umgehungsstraße verläuft. Da der Berechnungswasserstand - und somit die Oberkante der Schutzwand - etwa 1,50 m höher liegt als die Straßenoberkante, bietet diese den Anwohnern nicht nur eine optische Abgrenzung zur Umgehungsstraße, sondern auch Schutz vor dem Geräuschpegel des Verkehrs. Diese Vorteile bietet die zweite Variante V2a (BD) bzw. V2b (BD) nicht, da die Schutzwand, die als Bohrpfahlwand mit aufgesetzter Stahlbetonwand geplant ist, mainseitig entlang der Umgehungsstraße vorgesehen ist. Die Kosten der zweiten Varianten können durch die Ausführung mit einer Stahlspundwand gesenkt werden.

Die Vorzugsvariante für den Bereich Innerorts V3 (IO), der sich zwischen dem Bach Hafenlohr, der Windheimer Straße und dem bestehenden Bahndamm befindet, ist eine Kombination aus einer Hochwasserschutzwand und einer Geländeerhöhung. Im Gegensatz zu den beiden anderen erarbeiteten Varianten V1 (IO) und V2 (IO) für diesen Bereich, sind bei der Vorzugsvariante alle vom Hochwasser betroffenen Gebäude im Bereich der Hauptstraße und der Windheimer Straße geschützt. Durch die Geländeerhöhung von unbebauten Gartengrundstücken zwischen der Hafenlohr und der Windheimer Straße, können dort die Kosten einer Schutzmauer eingespart werden.

Besonders die Bewertung des nicht-monetären Faktors „Ortsbild“ bei den Varianten für den Bereich Innerorts ist sehr subjektiv. Hier stellen alle erarbeiteten Varianten V1(IO), V2(IO) und V3(IO), deren Verlauf der Schutzlinie durch das geplante Gebiet unterschiedlich ist, einen großen Eingriff in das Ortsbild der Gemeinde dar. Ob

dieses aber dadurch nun negativ oder beispielsweise mit Hilfe von landschaftsbaulichen Maßnahmen positiv durch den Bau einer Hochwasserschutzmaßnahme beeinflusst wird, kann objektiv nur schwer festgestellt werden. Hier ist eine gute und offene Zusammenarbeit zwischen Anwohnern, Planern und Behörden gefragt.

Durch den Bau einer Hochwasserschutzmaßnahme in Hafenlohr, bei dem die o. g. Vorzugsvarianten der beiden Bereiche zum Einsatz kommen, ergeben sich nach der Kostenschätzung folgende Werte:

Investitionskosten:

Variante 1a (BD)	3.141.032,52 €
(durchgehende Schutzwand entlang der Umgehungsstraße)	
mit Variante 3 (IO)	1.583.809,68 €
(Schutzwand kombiniert mit Geländeerhöhung)	

Investitionskosten brutto **4.724.842,20 €**

Variante 1b (BD)	3.085.981,19 €
(Schutzwand entlang der Umgehungsstraße mit zusätzlicher Schutzwand am Ortsausgang)	
mit Variante 3 (IO)	1.583.809,68 €
(Schutzwand kombiniert mit Geländeerhöhung)	

Investitionskosten brutto **4.669.790,87 €**

Laufende Kosten:

Variante 1a (BD)	10.769,50 €
Variante 3 (IO)	7.508,90 €

Kosten jährlich, brutto **18.278,40 €**

Variante 1b (BD)	11.067,00 €
Variante 3 (IO)	7.508,90 €

Kosten jährlich, brutto **18.575,90 €**

Die Schutzmaßnahme ist für ein hundertjähriges Hochwasserereignis (mit einem Zuschlag durch den Klimafaktor) ausgelegt. Das Bauvorhaben wird somit vom Freistaat Bayern finanziell gefördert.

10 Literaturverzeichnis

- [Archiv Gem. Hafenlohr] Archiv der Gemeinde Hafenlohr, Rathaus Hafenlohr (Hauptstraße 29, 97840 Hafenlohr)
- [Dokumentation, Schüll 2009] Gernot Schüll: *Die Fähre Hafenlohr*, Dokumentation zur Hafenlohrer Geschichte, Eigenverlag Gernot Schüll, Hafenlohr 2009
- [DVWK, 1986] DVWK-Fachausschuss: *Merkblatt zur Wasserwirtschaft 210 „Flussdeiche“*, Verlag Paul Parey, Hamburg/Berlin 1986
- [Fa. Reckli, Produktkatalog] RECKLI GmbH, 44629 Herne (www.reckli.net)
- [Heinemann, 2003] Heinemann E., Feldhaus R.: *Hydraulik für Bauingenieure*, 2. Auflage, Teubner Verlag, Wiesbaden 2003
- [Kolymbas, 2007] Dimitrios Kolymbas: *Geotechnik*, 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin 2007
- [LfU, Infobroschüre, 2010] Bayerisches Landesamt für Umwelt: *Hinweise zur Deichverteidigung und Deichsicherung*, Broschüre, 2. Auflage, München 2010
- [LfW, Infobroschüre, 2004] Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft: *SpektrumWasser1-Hochwasser*, Broschüre, 2. Auflage, München 2004
- [Patt, 2001] Heinz Patt: *Hochwasser-Handbuch*, 1. Auflage, Springer-Verlag, Berlin 2001
- [Schneider, 2006] Schneider: *Bautabellen für Ingenieure*, Hg. v. Alfons Goris, 17. Auflage, Werner Verlag, Neuwied 2006
- [SMUL Sachsen] Freistaat Sachsen, Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft: *Abwasserinvestitionen im ländlichen Raum* (www.smul.sachsen.de), Dresden 2004

- [Unterlagen WWA AB] Unterlagen des WWA Aschaffenburg:
- amtlicher Lageplan
 - Grundriss und Profilschnitte HQ100 (Main), hydraulische Berechnung des Mains, 2010
 - Basisstudie zum Hochwasserschutz Hafenlohr, 2009
 - Handlungsanleitung zur Wertermittlung unbarer Beteiligtenbeiträge (LfU, 2010)
- [Unterlagen WWA WÜ] Unterlagen des WWA Würzburg:
Entwurfsplanung der Abwasseranlage Hafenlohr 1981-1996
- [Vischer, 2002] Daniel Vischer, Andreas Huber: *Wasserbau*, 6. Auflage, Springer-Verlag, Berlin 2002
- [WHG 2010] Wasserhaushaltsgesetz, Stand 2010
- [Witt, 2009] Karl Joseph Witt: *Grundbau-Taschenbuch: Teil 2: Geotechnische Verfahren*, 7. Auflage, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 2009
- [WWA AB, Faltblatt, 2008] Wasserwirtschaftsamt Aschaffenburg: *Hochwasserschutzsystem der Stadt Miltenberg am Main*, Faltblatt, Aschaffenburg 2008
- [WWA AB, Faltblatt, 2010] Wasserwirtschaftsamt Aschaffenburg: *Hochwasserschutz an der Mud für den Stadtteil Miltenberg West*, Faltblatt, Aschaffenburg 2010
- [WWA WÜ, Faltblatt, 1998] Wasserwirtschaftsamt Würzburg: *Hochwasserschutz Rothenfels*, Faltblatt, Würzburg 1998

Internetadressen

http://maps.google.com/	Landkarten und Routenplanung
http://www.bauer.de/de/index.html	BAUER Gruppe - Spezialtiefbau
http://www.brueckner-grundbau.de	Brückner Grundbau GmbH
http://www.de.map24.com/	Stadtpläne und Routenplanung für Deutschland
http://www.erhard.de/	ERHARD - Armaturen für Großanlagen
http://www.furch-grundbau.de/	Furch Grundbau GmbH
http://www.hafenlohr.de/	Homepage der Gemeinde Hafenlohr
http://www.hnd.bayern.de/	Hochwassernachrichtendienst Bayern
http://www.lfu.bayern.de/index.htm	Bayerisches Landesamt für Umwelt
http://www.wikipedia.de/	Suche: Richtlinien für die Anlage von Straßen
http://www.wwa-ab.bayern.de/	Wasserwirtschaftsamt Aschaffenburg
http://www.wwa-in.bayern.de/	Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt
http://www.wwa-la.bayern.de/	Wasserwirtschaftsamt Landshut