



Basisstudie zum Hochwasserschutz an der Würm im Landkreis München Stadt

—
Gewässer Erster Ordnung Würm, Fkm 19,2 bis 9,5
Hochwasserschutz Landeshauptstadt München
Stadt München
—



Inhalt

1. Vorhabensträger	5
2. Veranlassung und Zweck des Vorhabens.....	5
3. Bestehende Verhältnisse	5
3.1 Lage des Vorhabens.....	5
3.2 Geologische und bodenkundliche Grundlagen.....	7
3.3 Hydrologische Grundlagen	8
3.3.1 Grundlagendaten	8
3.3.2 Bemessungshochwasser.....	10
3.3.3 Bordvoller Abfluss.....	11
3.3.4 Abflussganglinie im Hochwasserverlauf	13
3.4 Gewässerbewirtschaftung.....	14
3.5 Schutzgebiete	16
3.6 Altlasten	17
3.7 Gefährdete Gebiete	18
4. Planung.....	21
4.1 Variantendiskussion.....	22
4.1.1 Umleitung mithilfe einem Umgehungsrinne oder einer Flutmulde – Variante 1.....	22
4.1.2 Rückhalt in der Fläche – Hochwasserrückhaltebecken/ Flutpolder – Variante 2.....	24
4.1.3 Durchleiten des Gewässers durchs gefährdete Gebiet – technischer und naturnaher Ausbau des Gewässerentwicklungstreifens – Variante 3	26
4.2 Variantenvergleich	37
5. Prioritätenreihung.....	38
5.1 Schadenspotential	38
5.2 Gewichtetes Schadenspotential.....	39
5.2.1 Faktor Vorwarnzeit.....	39
5.2.2 Faktor Verklausungsgefahr.....	39
5.2.3 Faktor Deich	39
5.2.4 Faktor Überflutungshöhe	39
5.2.5 Risikofaktor	39
5.3 Kostenschätzung	40
5.4 Gewichteter Kosten-Wirkungsfaktor gKWF	38
6. Fazit und Ausblick.....	41
7. Anlage.....	42

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht über die Lage des Untersuchungsgebiets.....	6
Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf des Grundwasserstands der Messstelle Obermenzing Q2	8
Abbildung 3: Pegelstatistiken des Pegels in Obermenzing	9
Abbildung 4: Wasserstände des Pegels am Starnberger See	9
Abbildung 5: Hydraulischer Längsschnitt der Würm	10
Abbildung 6: Ü-Gebiet im Bereich der Inselmühle ($Q = 6.2 \text{ m}^3/\text{s}$)	12
Abbildung 7: Ü-Gebiet mit betroffenem Wohnhaus (grau) am Steinweg 1 ($Q = 6,2 \text{ m}^3/\text{s}$)	12
Abbildung 8: Ü-Gebiet im Bereich der Inselmühle	12
Abbildung 9: Ü-Gebiet mit betroffenem Wohnhaus (grau) am Steinweg 1 ($Q = 7,0 \text{ m}^3/\text{s}$)	12
Abbildung 10: Abflussganglinie der Pegelmessstelle Obermenzing im Zeitraum von Mai – September 1999.....	13
Abbildung 11: Gestreckte Hochwasserganglinie des Hochwasserereignisses am 19.07.1999	14
Abbildung 12: Übersicht über die Lage der Querbauwerke im Untersuchungsgebiet.....	15
Abbildung 13: Übersicht über die Lage der verschiedenen Schutzgebiete im Untersuchungsgebiet	17
Abbildung 14: Übersicht über die Lage von Altlastenverdachtsflächen im Untersuchungsgebiet	18
Abbildung 15: Lage der betroffenen Gebäude im südlichen Teil des Untersuchungsgebiets	19
Abbildung 16: Lage der betroffenen Gebäude im nördlichen Teil des Untersuchungsgebiets	20
Abbildung 17: Geländeverlauf und Sohlgefälle der Flutmulde im nördlichen Teil des Untersuchungsgebiets.....	22
Abbildung 18: Lage und theoretischer Verlauf der Flutmulde	23
Abbildung 19: Standorte eines möglichen Hochwasserrückhaltebeckens bzw. Flutpolders (Schwarz, 2018)	24
Abbildung 20: „neue“ Standorte eines möglichen Hochwasserrückhaltebeckens bzw. Flutpolders.....	25
Abbildung 21: Lageplan für Variante 3.1 - Abschnitt 1	29
Abbildung 22: Darstellung der Lage der Deiche für Variante 3.2	32
Abbildung 23: Übersicht der benötigten Fläche für die Gerinneaufweitung im Abschnitt 1	33
Abbildung 24: Darstellung des Querschnittsprofils bei FKM 14,14	34
Abbildung 25: Übersicht der benötigten Fläche für die Gerinneaufweitung im Abschnitt 2....	35
Abbildung 26: Darstellung des Querschnittsprofils bei FKM 10,38	36
Abbildung 27: Bohrprofil Obermenzing	43
Abbildung 28: Bohrprofil Pasing	44
Abbildung 29: Haupttabelle für Grundwasserstände der Messstelle Obermenzing Q2	45

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über Nutzungsart der betroffenen Gebäude.....	21
Tabelle 2: Allgemeine Daten zur Deichdimensionierung.....	31
Tabelle 3: Daten der Gerinne-Charakteristik in Abschnitt 1	34
Tabelle 4: Daten der Gerinne-Charakteristik in Abschnitt 2	35
Tabelle 5: Variantenvergleichsmatrix	37
Tabelle 6: Kostenübersicht der bilanzierten Varianten 3.1 und 3.2.....	40
Tabelle 7: Übersicht über Prioritätenklassen der Varianten	40
Tabelle 8: Daten zum Brückenstatus an der Würm im Bereich LHS-München.....	46
Tabelle 9: Daten zu Querbauwerken an der Würm im Bereich LHS-München.....	48
Tabelle 10: Kosten der HWS-Mauern für Variante 3.1	50
Tabelle 11: Kosten der HWS-Mauern für Variante 3.2.....	51
Tabelle 12: Kosten der Deiche für Variante 3.2	52
Tabelle 13: Kosten der Gerinneaufweitung für Variante 3.2	53

1. Vorhabensträger

Vorhabensträger ist der Freistaat Bayern, da die Würm ein Gewässer erster Ordnung ist und die Unterhaltungs- und Ausbaulast damit beim Freistaat Bayern liegt (Art. 22 Abs. 1 BayWG). Der Unterhaltungslastträger kann dann zum Ausbau eines Gewässers verpflichtet werden, wenn es das Wohl der Allgemeinheit erfordert und wenn die Finanzierung gesichert ist (§ 67 Abs 2 WHG i. V. m. Art 39 Abs 1 BayWG). Dabei kann der Ausbaupflichtige nach Art. 42 BayWG von den Vorteilsziehenden Beiträge verlangen. Der Vorhabensträger wird vertreten durch das Wasserwirtschaftsamt München.

2. Veranlassung und Zweck des Vorhabens

Um eine zielgerichtete Ressourcen-Planung durchführen zu können, hat das StMUV im Jahr 2006 die Wasserwirtschaftsämter beauftragt, an allen Gewässern 1. Ordnung für alle von Hochwasser betroffenen Gebiete eine Basisstudie zu erstellen, um damit eine Prioritätenreihung zu ermöglichen (UMS vom 19.12.2006; Az. 55i-U4440-2006/26-29; ersetzt durch UMS vom 13.02.2018)). Seit dem Übergang der Gewässer zweiter Ordnung in staatliche Zuständigkeit gilt diese Anweisung auch für die Gewässer zweiter Ordnung.

Vergangene Hochwasserereignisse der letzten Jahre haben an der Würm im Landkreis München zum Teil zu erheblichen Schäden in den bebauten Gebieten geführt. Davon waren alle Gemeinden entlang der Würm betroffen, ebenso die Landeshauptstadt München. Das Überschwemmungsgebiet entlang der gesamten Würm wurde im Jahr 2018 neu aufgesetzt und berechnet, da sich Änderungen gegenüber der alten Festsetzung ergeben haben. In dem zu untersuchenden Flussabschnitt verläuft die Würm durch größtenteils dicht bebautes Gebiet. Diese beidseitig starke Bebauung entlang der Würm und das damit einhergehende Schadenspotential begründet Überlegungen zu staatlichen Hochwasserschutzmaßnahmen.

In dieser Basisstudie wird der potenzielle Sachschaden eines Hochwasserereignisses im Bereich der Landeshauptstadt München mit den Kosten möglicher Schutzmaßnahmen in Relation gesetzt. Dies ermöglicht eine sogenannte Prioritätenreihung der Hochwasserschutzmaßnahmen nach dem Kosten-Nutzen-Prinzip.

3. Bestehende Verhältnisse

3.1 Lage des Vorhabens

Die Würm, die dem Starnberger See entspringt, erstreckt sich insgesamt auf einer Länge von ca. 40 km. Dabei durchquert die Würm 9 Gemeinden, die den Landkreisen Starnberg, München Land, München Stadt und Dachau angehören. In Abbildung 1 ist eine Übersicht über das Untersuchungsgebiet gegeben.

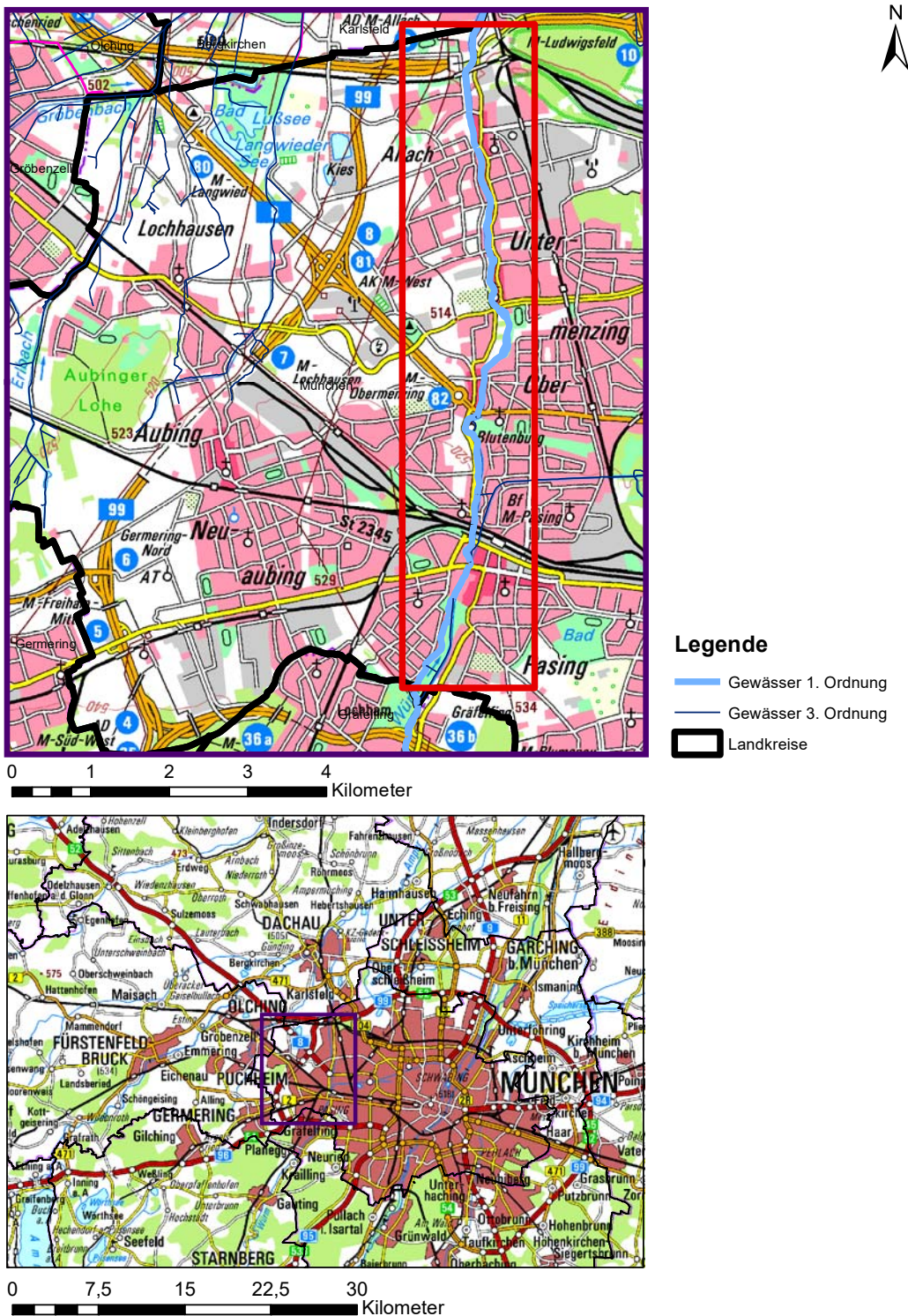


Abbildung 1: Übersicht über die Lage des Untersuchungsgebiets

Der zu betrachtende Abschnitt dieser Basisstudie (rotes Rechteck in Abbildung 1) beginnt an der südlichen Grenze des Stadtgebietes München bei Pasing (Fkm. 19,1; 531 m ü. NHN) und endet an der nördlichen Grenze dieses Landkreises zur Gemeinde Karlsfeld bei Allach (Fkm. 9,5; 496 m ü. NHN). Dabei durchfließt die Würm das Untersuchungsgebiet bzw. die Stadt München von Süd nach Nord auf einer Länge von 9,6 km und überwindet einen Höhe-

unterschied von ca. 35 m. Ein weiteres Kennzeichen der Würm ist deren Beitrag zum Nordmünchener Kanalsystem. Dies zeigt sich darin, dass in Pasing auf der Höhe der Bodenseestraße (Fkm. 17,0) und bei Fkm. 16,1 Wasser abgeleitet wird, welches dem Nymphenburger Schlosspark und dem Olympiasee zugeführt wird.

Im Norden des Untersuchungsgebiets mündet der Hauptarm der Würm im weiteren Verlauf bei Hebertshausen in die Amper. An Münchens Nordgrenze bzw. im Süden der Gemeinde Karlsfeld zweigt der Würmkanal ab (Fkm. 8,9 der Würm, bzw. Fkm. 5,5 des Kanals), der die Gemeindegrenze von Karlsfeld bei Fkm. 3,0 in östlicher Richtung wieder verlässt. Der Würmkanal, der den größten Teil des vorhandenen Wasserdargebots der Würm aufnimmt, fließt im weiteren Verlauf in Teilen über die Moosach zur Isar.

3.2 Geologische und bodenkundliche Grundlagen

Die Geologie im betrachteten Bereich ist geprägt durch würmzeitlichen bzw. fluviaolglazialen Schotter (Niederterrasse Spätglazialterrasse), der größtenteils aus wasserdurchlässigen Kiesen besteht. Entlang der Würm im betrachteten Bereich herrscht folglich ein hohes Versickerungspotential. Eine Ausnahme bildet der Bereich um den Pasinger Bahnhof, in dem ein etwas geringeres Versickerungsvermögen herrscht. Verschiedene Bohrprofile im Projektgebiet zeigen, dass bis ca. 16 - 20 m u. GOK vor allem kiesige Böden mit Abschnitten mit schwach und stark sandigen Anteilen angetroffen werden. Ab ca. 20 m u. GOK wird sandiger bzw. schluffiger Ton der tertiären Schichten vorgefunden (obere Süßwassermolasse), was den Grundwasserleiter nach unten hin abgrenzt. Für das Untersuchungsgebiet charakteristische Schichtenverzeichnisse (Pasing, BV U-Bahn U 5, U5 551; NW Obermenzing, WWA München, GWM Q2) können in Abbildung 27 bzw. Abbildung 28 eingesehen werden.

Da das Gewässerbett weitgehend abgedichtet ist, steht die Würm nicht in direkter Verbindung mit dem Grundwasser. Entlang des Untersuchungsgebiets fallen die Sickerverluste deswegen sehr gering aus. Zudem befindet sich der Grundwasserspiegel deutlich unter der GOK. Im südlichen Teil des Betrachtungsgebiets, an der Grenze zwischen dem Starnberger Landkreis und dem Stadtgebiet Münchens, liegt der Grundwasserspiegel bei ca. 12 m unter GOK. Richtung Norden bzw. der Landkreisgrenze zwischen Dachau und der Landeshauptstadt fällt das Gelände stärker ab als der Grundwasserspiegel, was zur Folge hat, dass das Grundwasser im nördlichen Teil des betrachteten Gebiets schon zwischen 2 und 5 m u. GOK anzutreffen ist. Bei der Grundwassermessstation „Obermenzing Q2“, in der Mitte des Untersuchungsgebiets, liegt der mittlere Grundwasserstand bei ca. 6,50 m unter GOK. Den Verlauf des Grundwasserstandes innerhalb der letzten 10 Jahre kann der Abbildung 2 entnommen werden. Die Haupttabelle der Grundwasserstände dieser Messstation kann in Abbildung 29 aus der Anlage eingesehen werden.

Messstelle: OBERMENZING Q 2

Grundwasserleiter: Schotterflächen

Nr: 16710

Zeitraum: Mär 2009 - Apr 2019

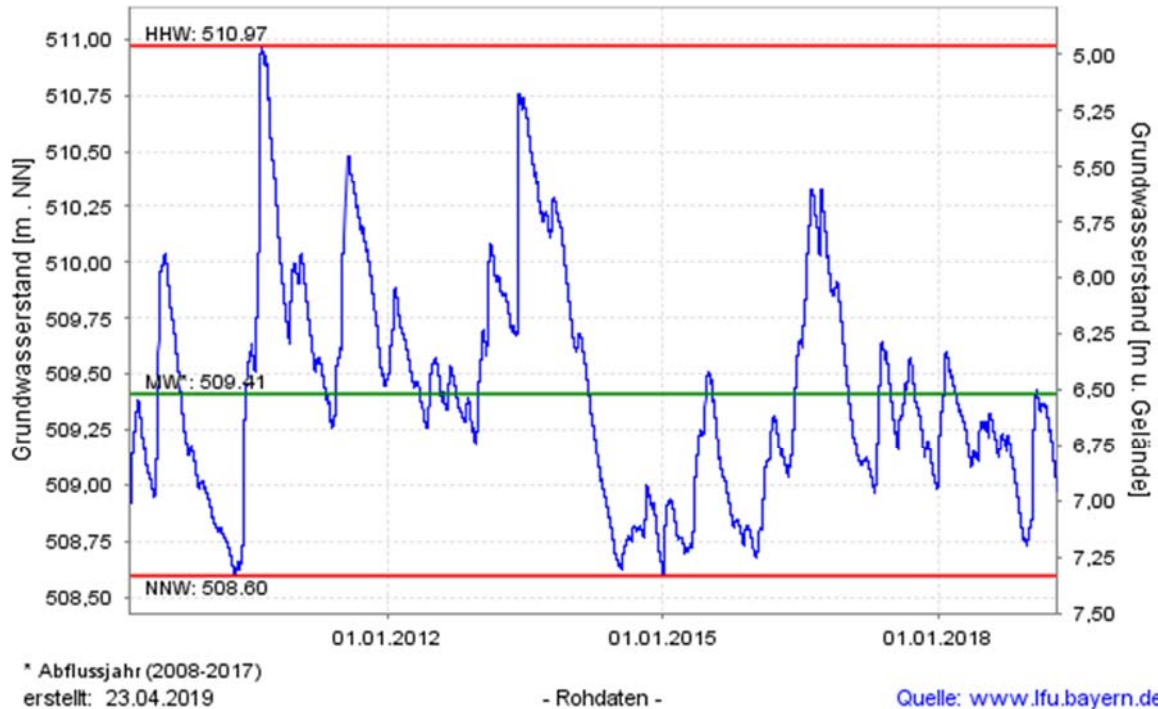


Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf des Grundwasserstands der Messstelle Obermenzing Q2

3.3 Hydrologische Grundlagen

3.3.1 Grundlagendaten

Oberhalb des untersuchten Gebietes bei Fkm. 35,7 befindet sich der Pegel Leutstetten (Messstellen-Nr.: 16665008). Dieser hat ein Einzugsgebiet von 329,4 km². Der HQ₁-Abfluss beträgt hier 8,15 m³/s und der HQ₁₀₀-Abfluss 17 m³/s. Der 21,1 km flussabwärts gelegene Pegel Obermenzing bei Fkm. 14,6 (Messstellen-Nr.: 16666000) hat ein Einzugsgebiet von 386 km². Der höchste gemessene Abfluss (HQ) an diesem Pegel beträgt 9,54 m³/s und trat am 19.07.1999 auf. Der zwischen den beiden Pegeln zurückgelegte Höhenunterschied beträgt 68,6 m (Pegelnullpunktshöhe 582,58 m ü. NHN in Leutstetten und 513,96 m ü. NHN Obermenzing). Eine statistische Übersicht am Pegel Obermenzing ist in folgender Abbildung 3 gegeben.

Statistik Obermenzing / Würm

Wasserstand (Jahresreihe 1984 - 2012)				
	Winter	Sommer	Jahr	
NW	30	26	26	cm
MNW	46	47	42	cm
MW	58	61	59	cm
MHW	78	82	85	cm
HW	102	108	108	cm

Abflüsse (Jahresreihe 1984 - 2012)				
	Winter	Sommer	Jahr	
NQ	0,669	0,651	0,651	m ³ /s
MNQ	2,08	2,14	1,74	m ³ /s
MQ	3,17	3,62	3,4	m ³ /s
MHQ	5,4	5,98	6,32	m ³ /s
HQ	8,49	9,54	9,54	m ³ /s

Höchste Wasserstände		
Seit letzter Änderung des Pegelnullpunktes		
1.	108 cm	19.07.1999
2.	102 cm	31.08.2010
3.	102 cm	05.11.2002
4.	101 cm	19.08.2010
5.	101 cm	07.08.2010

Höchste Abflüsse		
im Beobachtungszeitraum		
1.	9,54 m ³ /s	19.07.1999
2.	8,64 m ³ /s	31.08.2010
3.	8,64 m ³ /s	07.08.2010
4.	8,53 m ³ /s	19.08.2010
5.	8,49 m ³ /s	05.11.2002

Hochwasser Jährlichkeit (HQ _T)	
Bemerkung: vom Starnberger See beeinflusst. kurze Reihe	

Abbildung 3: Pegelstatistiken des Pegels in Obermenzing

Der Starnberger See ist 35 Kilometer vom Pegel Leutstetten entfernt und stellt mit seiner großen Fläche von 58,36 km² und einem Volumen von fast 3 Mrd. Kubikmeter einen gewaltigen natürlichen Rückhalt dar. Der Retentionsraum kann anhand Abbildung 4 über die Höchst- und Mittelpegel abgeschätzt werden. Ein Vergleich zwischen dem höchsten angegebenen Wasserstand und dem mittleren Wasserstand über den Zeitraum 1978 bis 2012 zeigt das mögliche Rückhaltepotential des Starnberger Sees. Die Differenz beträgt hier 0,87 m. Daraus ergibt sich ein ungefähres Retentionsvolumen von 50,8 Millionen Kubikmeter (Basisstudie Felix Schölderle, 2015). Durch diese dämpfende Wirkung weist die Würm keine alpinen Abflusscharakteristika auf und Schwankungen im Abflussgeschehen fallen vergleichsmäßig gering aus. Ein weiterer bestehender größerer gesteuerter bzw. ungesteuerter Rückhalteraum befindet sich vor dem Untersuchungsgebiet nicht.

Wasserstand (1908 - 2016)				
	Winter	Sommer	Jahr	
NW	583,82	583,88	583,82	m ü. NN
MNW	584,07	584,11	584,04	m ü. NN
MW	584,19	584,31	584,25	m ü. NN
MHW	584,36	584,50	584,53	m ü. NN
HW	584,81	585,12	585,12	m ü. NN

Abbildung 4: Wasserstände des Pegels am Starnberger See

Im Zuge der Endfassung zur Abstimmung hydrologischer Kennwerte zwischen LFU und WWA für den ersten Umsetzungszyklus der EG-HWRM-RL im Zeitraum von 2010 bis 2015 wurde

ein hydrologischer Längsschnitt für die Würm ermittelt. Die finalen und abgestimmten Werte sind in folgender Abbildung 5 nochmals zusammenfassend dargestellt.¹

Rechtswert	Hochwert	Aeo [km ²]	Fließgewässer- querschnitt	MHQ [m ³ /s]	HQ [m ³ /s]					
					5	10	20	50	100	extrem
4452604	5321423	329.4	Pegel Leutstetten	7.9	10	11.5	13	15	17*	25
4457144	5330029	350	ab Grenze Lkr. STA/ Lkr. M bis Fkm 22,05 (Steinkirchen)	8.2	10	11.5	12.5	14	16	23
4459980	5340020	381	ab Fkm 22,05 bis Fkm 16,9 (Ausleitung Nymphenburg Biedersteiner Kanal)	8.5	10	11.5	12	13	15.5*	22
4459860	5336715	386	ab Fkm 16,9 (ab Ausleitung des Nymphenburg Biedersteiner Kanals) / Pegel Obermenzing	8.5	10	11.5	12	13	15*	21
4459980	5341090	388	vor Aufteilung Würm – Würmkanal	8.5	10	11.5	12	13	15	21
4459980	5341090	389	nach Aufteilung Würm – Würmkanal	Aufteilung des Abflusses ist hydraulisch zu ermitteln						
4459522	5345157	406	Zufluss aus Reschenbach		0**	0**	+0.1**	+0.1**	+0.1**	+0.2

* Gutachten: LFU-Vermerk 87-4423.81.16 vom 08.03.2012

** Regionalisierung mit Msvm11k/ Pgr. 37

Abbildung 5: Hydraulischer Längsschnitt der Würm

3.3.2 Bemessungshochwasser

Für die Prioritätenreihung wird gemäß Handlungsanleitung kein Klimafaktor von 15 % auf den HQ100-Wert aufgeschlagen. Damit die verschiedenen Maßnahmen in ihrer Priorisierung vergleichbar bleiben, wird der Faktor bei der Prioritätenreihung nicht berücksichtigt. Bei einer weitergehenden Planung einer Hochwasserschutzanlage muss allerdings der Klimazuschlag in Höhe von 15% berücksichtigt werden.

¹ Für die Berechnung dieser hydraulischen Werte wurde kein Klimaänderungszuschlag als Vorsorgewert von 15 % bei Überschwemmungsgebieten, also auch kein Ansatz von Sicherheitszuschlägen auf Grund der Vertrauensbereiche der Hochwasserquantile berücksichtigt. Darüber hinaus wurden Ausleitungen in Kanäle als nicht wirksam angesehen. Daher verbleibt der Abflussbetrag der Ableitung in den Nymphenburg-Biedersteiner-Kanal rechnerisch in der Würm und wird auf die Pegelstatistik Obermenzing aufgeschlagen. Dabei wird ein maximaler Abfluss von 2,2 m³/s im Kanal angesetzt. Zwischen dem Pegel Leutstetten und dem Pegel Obermenzing versickert bei Hochwasser ein Teil des Abflusses. Der HQ100-Wert im Landkreis München wurde deshalb zwischen den beiden Pegeln in 0,5 m³/s Schritten interpoliert und zur Vereinfachung in Abhängigkeit von möglichen Versickerungsstrecken gerundet (Bayerisches Landesamt für Umwelt, Markus Wolf, 2014).

Das BHQ für mögliche Hochwasserschutzmaßnahmen wird folglich auf 15,5 m³/s (HQ₁₀₀ ohne 15%) vor der Ausleitung in den Nymphenburg-Biedersteiner Kanal bzw. auf 15 m³/s (HQ₁₀₀ ohne 15%) nach der Ausleitung, gemäß dem hydraulischen Längsschnitt, festgesetzt. Darüber hinaus ist darauf hinzuweisen, dass, gemäß der Handlungsanleitung der Prioritätenreihung, bei neu geplanten Hochwasserschutzmaßnahmen zusätzlich ein Freibord nach der jeweiligen aktuellen DIN-Norm anzusetzen ist.

3.3.3 Bordvoller Abfluss

Wenn das Flussbett eines Gewässers bordvoll mit Wasser gefüllt ist, kommt es gerade noch zu keiner Ausuferung. Die Wassermenge kann somit im Gewässerquerschnitt im gesamten betrachteten Gebiet abgeführt werden, ohne dass es zu Ausuferungen und damit verbundenen Schäden kommt. Als Berechnungsgrundlage dienen die im Hydro-AS_2D Modell (Modellnummer: 2319; Modellversion: 20190214) vermessenen und eingearbeiteten Querprofile der Würm. Im Modell kann mit Hilfe von Hochwassersimulationen der ungefähre Zeitpunkt der Ausuferung und der damit verbundene Abfluss an kritischen Querprofilen sichtbar gemacht werden. Alternativ könnte mittels der Fließformel nach Manning-Strickler der bordvolle Abfluss an kritischen Fließabschnitten abgeschätzt werden.²

$$Q = v * A = k_{st} * \sqrt{I_s} * \left(\frac{A}{U}\right)^{\frac{2}{3}} * A$$

Mithilfe einer stationären Hochwassersimulation und den gegebenen Modellparametern wurde dann der bordvolle Abfluss iterativ abgeschätzt. Nach mehreren Abflusssimulationen können erste Ausuferungen mit schädlichen Folgen an Gebäude/Gewerbe in zwei Bereichen beobachtet werden (Abbildung 9 und Abbildung 8). Der entsprechende Abfluss lag zwischen $Q = 6,2 \text{ m}^3/\text{s}$ und $Q = 6,4 \text{ m}^3/\text{s}$, was ca. dem MHQ am Pegel Obermenzing entspricht. Es kam auch schon bei geringeren Abflüssen ($Q = 4,0 \text{ m}^3/\text{s}$) zu minimalen Ausuferungen im Bereich des Pasinger Stadtparks, allerdings ohne, dass ein Gebäude betroffen war. Ab einem Abfluss von ca. $Q = 7 \text{ m}^3/\text{s}$ sind schon deutlich größere Überschwemmungsflächen und Betroffenheiten zu beobachten (Abbildung 6 und Abbildung 7). Es wird auf der sicheren Seite liegend der bordvolle Abfluss zu $Q_{\text{bord}} = 6,3 \text{ m}^3/\text{s}$ (ca. MHQ) bestimmt.

² Die Rauigkeit des Gewässers wird mit dem Strickler-Beiwert k_{st} angegeben. Dieser ist im Modell für die Flusssohle der Würm mit verschiedenen Rauheitsbeiwerten (25,5; 28; 32,5) belegt und für die Böschungen gemittelt als 25 angenommen.

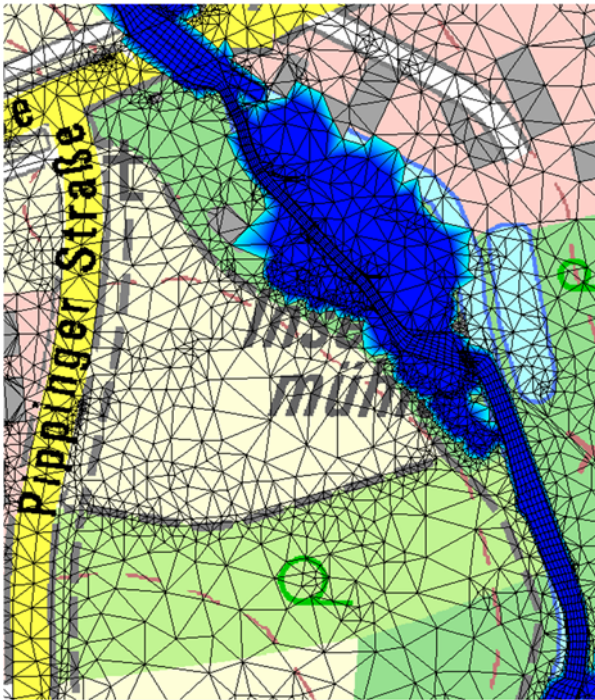


Abbildung 9: Ü-Gebiet im Bereich der Inselmühle (Q = 6.2 m³/s)

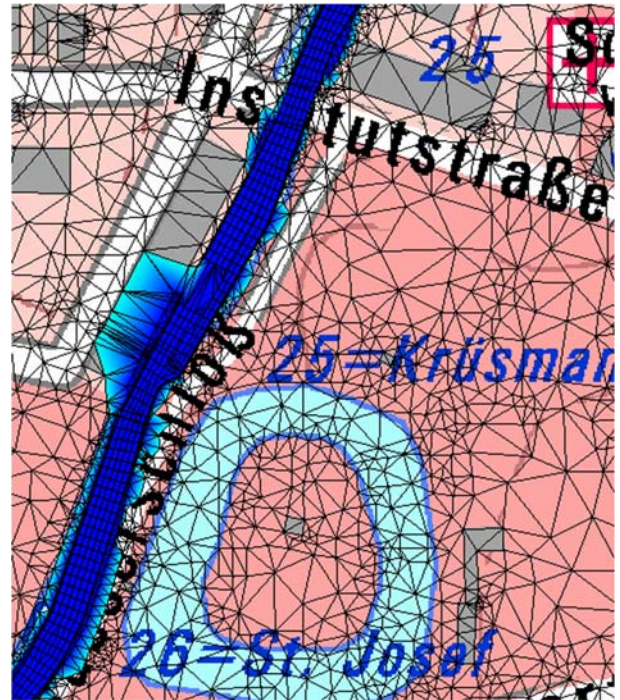


Abbildung 8: Ü-Gebiet mit betroffenem Wohnhaus (grau) am Steinweg 1 (Q = 6,2 m³/s)

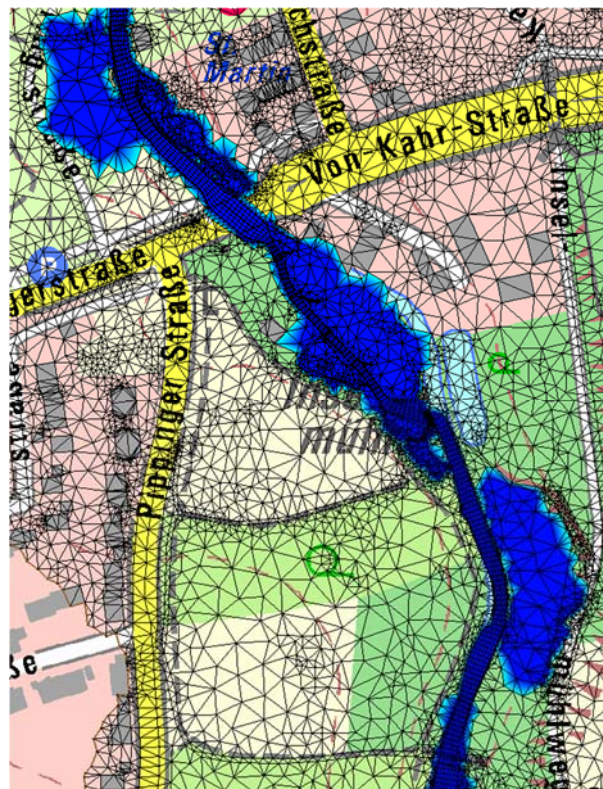


Abbildung 6: Ü-Gebiet im Bereich der Inselmühle (Q = 7.0 m³/s)

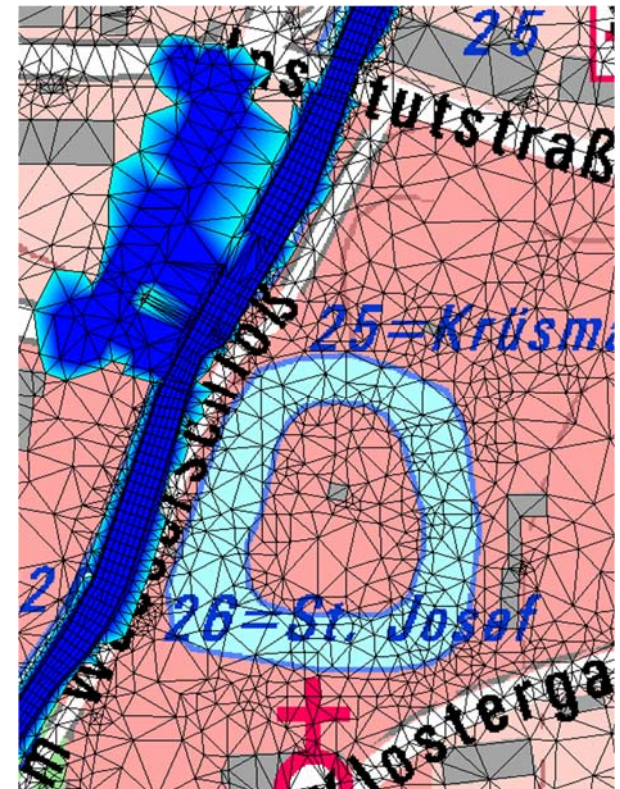


Abbildung 7: Ü-Gebiet mit betroffenem Wohnhaus (grau) am Steinweg 1 (Q = 7,0 m³/s)

3.3.4 Abflussganglinie im Hochwasserverlauf

In Abbildung 10 ist exemplarisch der Abfluss des Hochwassers am Pegel Obermenzing von Mai – September 1999 dargestellt. Dieses Hochwasserereignis wurde gewählt, da hier im Beobachtungszeitraum der höchste Abfluss gemessen wurde und dieses Ereignis für die Würm das größte Hochwasser in jüngster Zeit darstellt.

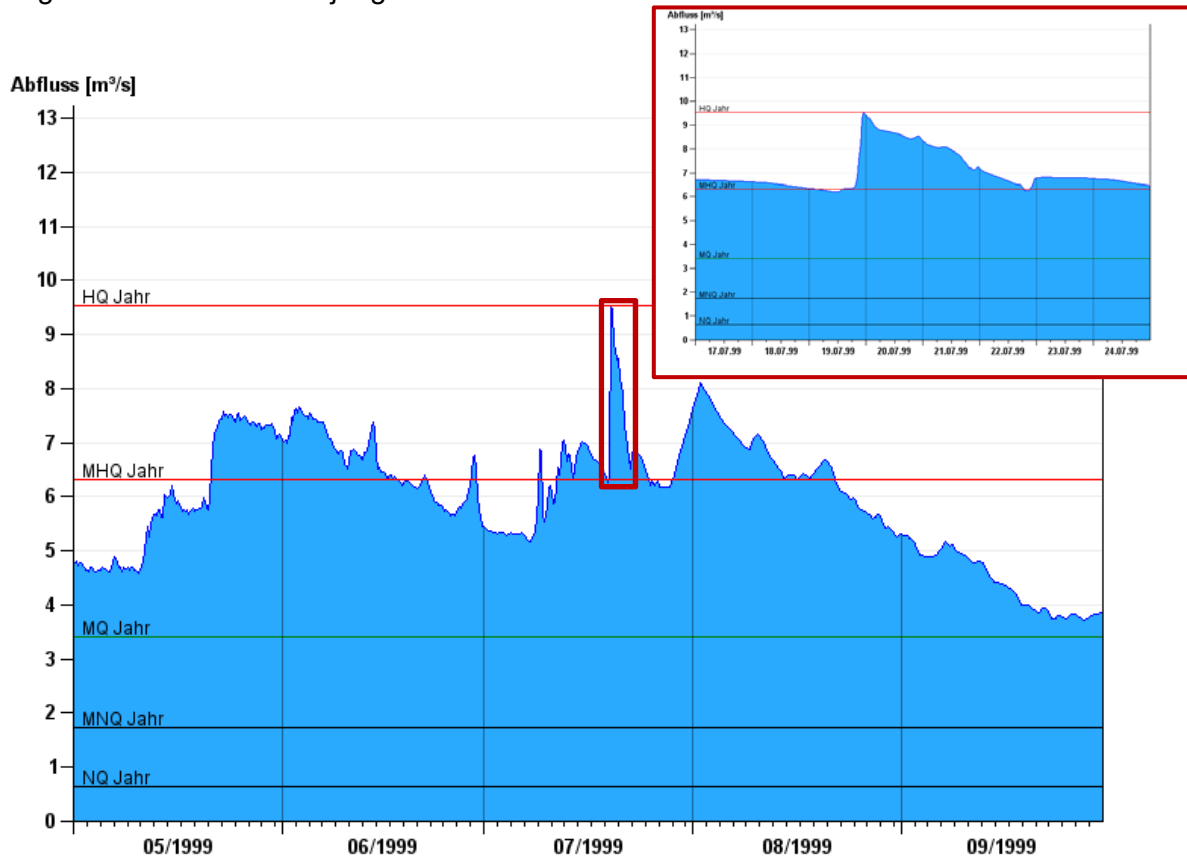


Abbildung 10: Abflussganglinie der Pegelmesstelle Obermenzing im Zeitraum von Mai – September 1999

Die Pufferwirkung des Starnberger Sees ist hier deutlich zu erkennen, was sich in einer sehr lang gestreckten Hochwasserwelle der Würm widerspiegelt. Dies zeigt sich darin, dass der Zeitraum, bis sich die Würm wieder auf ein MQ eingependelt hat, ca. fünf Monate beträgt. Da das HQ_{100} bzw. der angenommene BHQ von $15,5 \text{ m}^3/\text{s}$, seit Beginn der Messaufzeichnungen (01.11.1983), am Pegel Obermenzing noch nie erreicht wurden, ist ein Verlauf der tatsächlichen Abflussganglinie einer Hochwasserwelle dieses Ausmaßes schwer abzuschätzen. Lediglich am Pegel Oberstättten (Messaufzeichnungsbeginn: 01.11.1920), wurde im Jahre 1965 ein Abfluss von $16,5 \text{ m}^3/\text{s}$ aufgezeichnet. Betrachtet man den Zeitraum des kurzen Hochwasserereignisses im Jahre 1999 (rotes Rechteck in Abbildung 10) am Pegel Obermenzing, lässt sich eine mögliche Form der Hochwasserganglinie konstruieren. ³

³ Es ist darauf hinzuweisen, dass die Ganglinie in Abbildung 11, mithilfe des Excel Tools „Streckung_Ganglinie“, bereitgestellt durch das LfU, konstruiert wurde und auf keinerlei Messungen, Berechnungen oder Modellierungen beruht. Sie soll nur der groben Abschätzung des Abflussvolumens einer theoretischen Hochwasserwelle dienen.

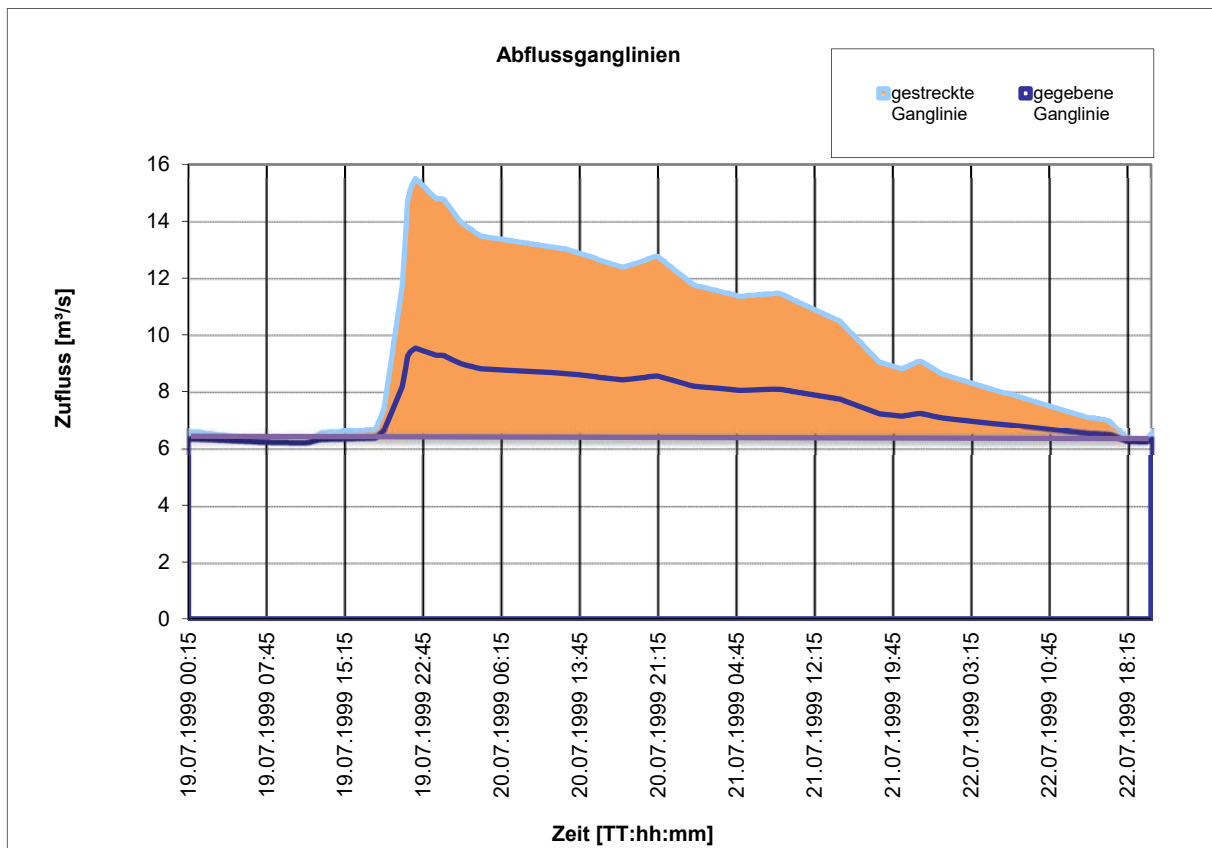


Abbildung 11: Gestreckte Hochwasserganglinie des Hochwasserereignisses am 19.07.1999

Retentionswirkungen des Gerinnes und des Vorlandes sowie Translationsprozesse (Streckung, Dämpfung) im Sinne des Flood Routings wurden nicht berücksichtigt. Zudem ist die dämpfende Wirkung des Starnberger-Sees extrem schwer abzuschätzen, die eine große Auswirkung auf die Form der Abflussganglinie haben kann. Als definierter Schwellenwert ist der schadlose Abfluss von $Q_{\text{bord}} = 6,3 \text{ m}^3/\text{s}$ (lila Gerade) angesetzt. Das grob abgeschätzte Hochwasservolumen (orange gefärbter Bereich) wurde mithilfe des Excel Tools „Berechnung_Abflussfülle“, ebenfalls bereitgestellt durch das LfU, berechnet und beträgt ca. $V_{\text{ges}} = 1,17$ Millionen m^3 .

3.4 Gewässerbewirtschaftung

Entlang der Würm gibt es im Untersuchungsbereich 38 Brücken, 10 verschieden genutzte Wehranlagen sowie 5 Sohlbauwerke, die bei weiteren Planungsgrundlagen berücksichtigt werden müssen. Es bleibt anzumerken, dass entlang der Würm einige Boden- oder Baudenkmäler angesiedelt sind, die sich teilweise bis an den Uferbereich der Würm erstrecken, wie z.B. der Pasinger Stadtpark an der südlichen Gemeindegrenze. Eine Ertüchtigung oder Ausbau des Gewässers mit Hochwasserschutzmaßnahmen ist deshalb nur unter Berücksichtigung denkmalpflegerischer Maßnahmen denkbar und sollte gesondert geprüft werden. Die Abbildung 12 gibt einen groben Überblick über die Gewässerbewirtschaftung entlang der Würm im Stadtgebiet München.

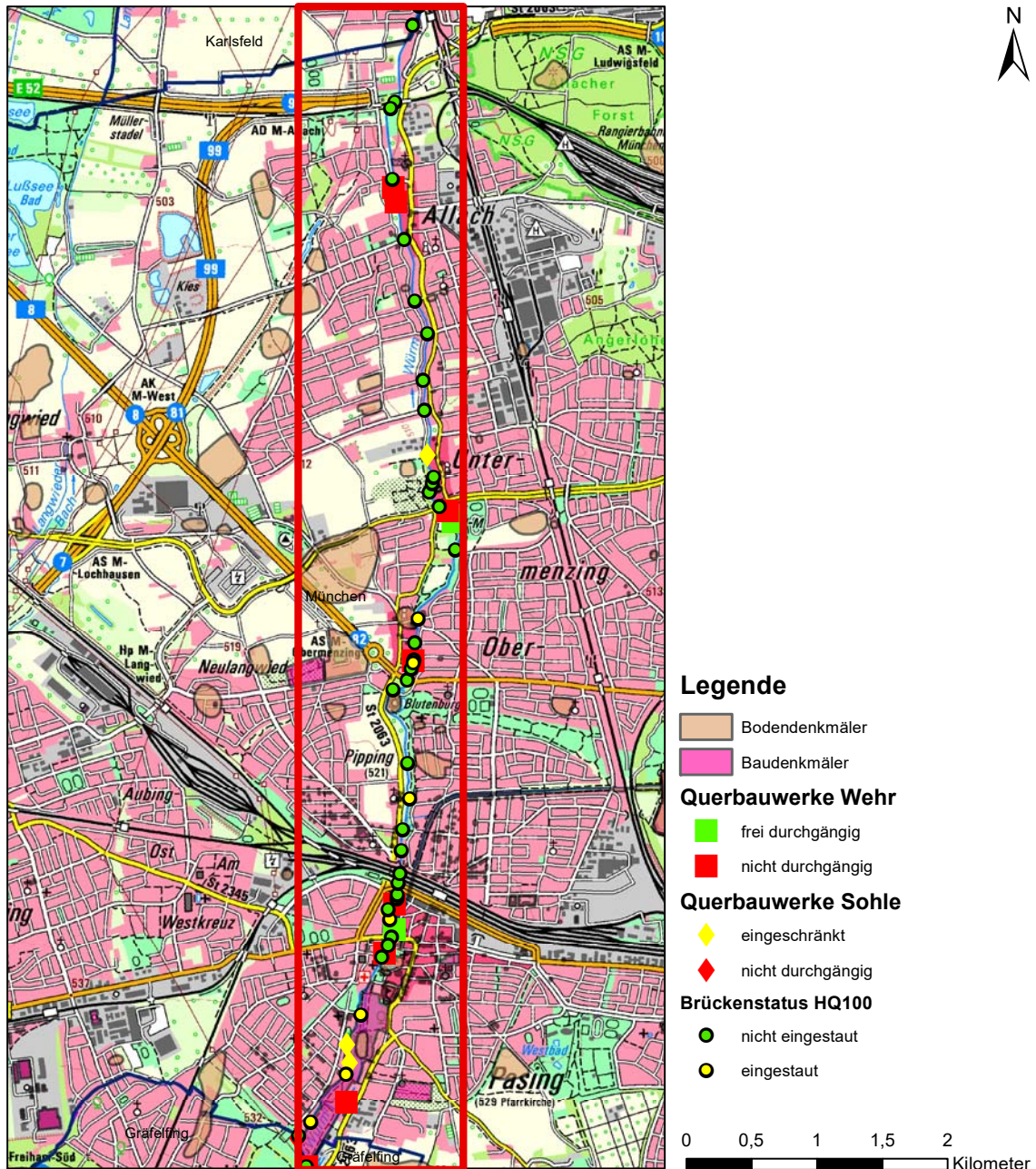


Abbildung 12: Übersicht über die Lage der Querbauwerke im Untersuchungsgebiet

Der Brückenstatus gibt Auskunft darüber, ob eine Brücke einem 100-jährlichen Hochwasser (HQ100) beeinträchtigt und eventuell nicht mehr passierbar ist. Die Darstellung des Brückenstatus erfolgt hier über zwei Klassen. „Nicht eingestaut“ bedeutet, dass das Wasser ungehindert unter der Brücke durchfließen kann und die Brücke trotz Hochwasser passierbar bleibt. Im betrachteten Gebiet sind 30 Brücken als „nicht eingestaut“ klassifiziert, allerdings weisen nur 11 Brücken bei einem Wasserstand im Falle eines HQ₁₀₀ ein Freibord größer als das vorgeschriebene Mindestmaß von 0,5 m auf. Die restlichen 19 Brücken sind zwar nach hydraulischen Berechnungen nicht eingestaut, haben allerdings teilweise ein Freibord von nur wenigen Zentimetern. Die Gefahr eines Einstaus im Falle eines HQ₁₀₀ ist somit gegeben und folglich kritisch zu bewerten. „Eingestaut“ bedeutet, dass das Wasser nicht mehr ungehindert unter

der Brücke durchfließen kann und sich aufstaut. Je nach Konstruktionsart und Bauweise der Brücke ist in diesen Fällen auch die Gefahr einer Überströmung gegeben. Im Untersuchungsgebiet sind 8 Brücken als eingestaut klassifiziert.

Bei weiteren Planungen sollten die Brücken im Detail überprüft werden, da bei der Methode der Ermittlung des Brückeneinstaus kein Freibord berücksichtigt wurde. Ebenso wurde nur der HQ₁₀₀ Abfluss ohne Klimazuschlag berücksichtigt. Eine tabellarische Übersicht (Tabelle 8) über den Brückenstatus im betrachteten Gebiet ist aus der Anlage zu entnehmen.

Die Wehranlagen dienen vorrangig als Ausleitungskraftwerke in Kanäle oder Nebenflüsse oder als Stauhaltungsmaßnahmen für Laufwasserkraftwerke. Vier der teilweise sehr alten Wehranlagen sind inzwischen baufällig und sollten im Zuge weiterer Untersuchungen sanierungstechnisch geprüft werden. Die 5 Sohlbauwerke, bestehend aus 4 Rampen und einem Absturz, dienen der Sohlsicherung. Eine tabellarische Übersicht (Tabelle 9) über die vorhandenen Querbauwerke im betrachteten Gebiet ist aus der Anlage zu entnehmen.

3.5 Schutzgebiete

Im Oberlauf bezüglich des Untersuchungsgebiets fließt die Würm durch das Naturschutzgebiet „Leutstettener Moos“, durch verschiedene Grundwasserschutzgebiete im Mühlthal („Königswieser Forst“), durch das Landschaftsschutzgebiet „Würmtal“ sowie durch verschiedene FFH-Gebiete bis Gauting. In Abbildung 13 ist eine Übersicht über alle relevanten Schutzgebiete im Untersuchungsgebiet gegeben. An der Gemeindegrenze zwischen Gräfelfing und der Stadt München beginnt ein Landschaftsschutzgebiet („Würmniederung mit Erweiterung bis zur Stadtgrenze“), welches sich entlang der gesamten Würm im Bereich der Stadt München zieht. Zudem sind Verschiedene Biotope kartiert, wie z.B. im Bereich des Pasinger Stadtparks, welche in mehreren Abschnitten entlang der Würm von Pasing bis Allach aus teils dichten Uferbegleithölzern oder Feldgehölzen bestehen. Im betrachteten Gebietsabschnitt liegen keinerlei für die Planung relevanten Wasserschutzgebiete, Vogelschutzgebiete oder FFH-Gebiete. Die ausgewiesenen Schutzgebiete müssen bei der weiteren Planung von Hochwasserschutzmaßnahmen berücksichtigt werden. Sollte im Zuge weiterer Planungen jegliche baulichen Maßnahmen in einem der Schutzgebiete erfolgen, ist eine Genehmigung der unteren Naturschutzbehörde (Landeshauptstadt München) im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens einzuholen.

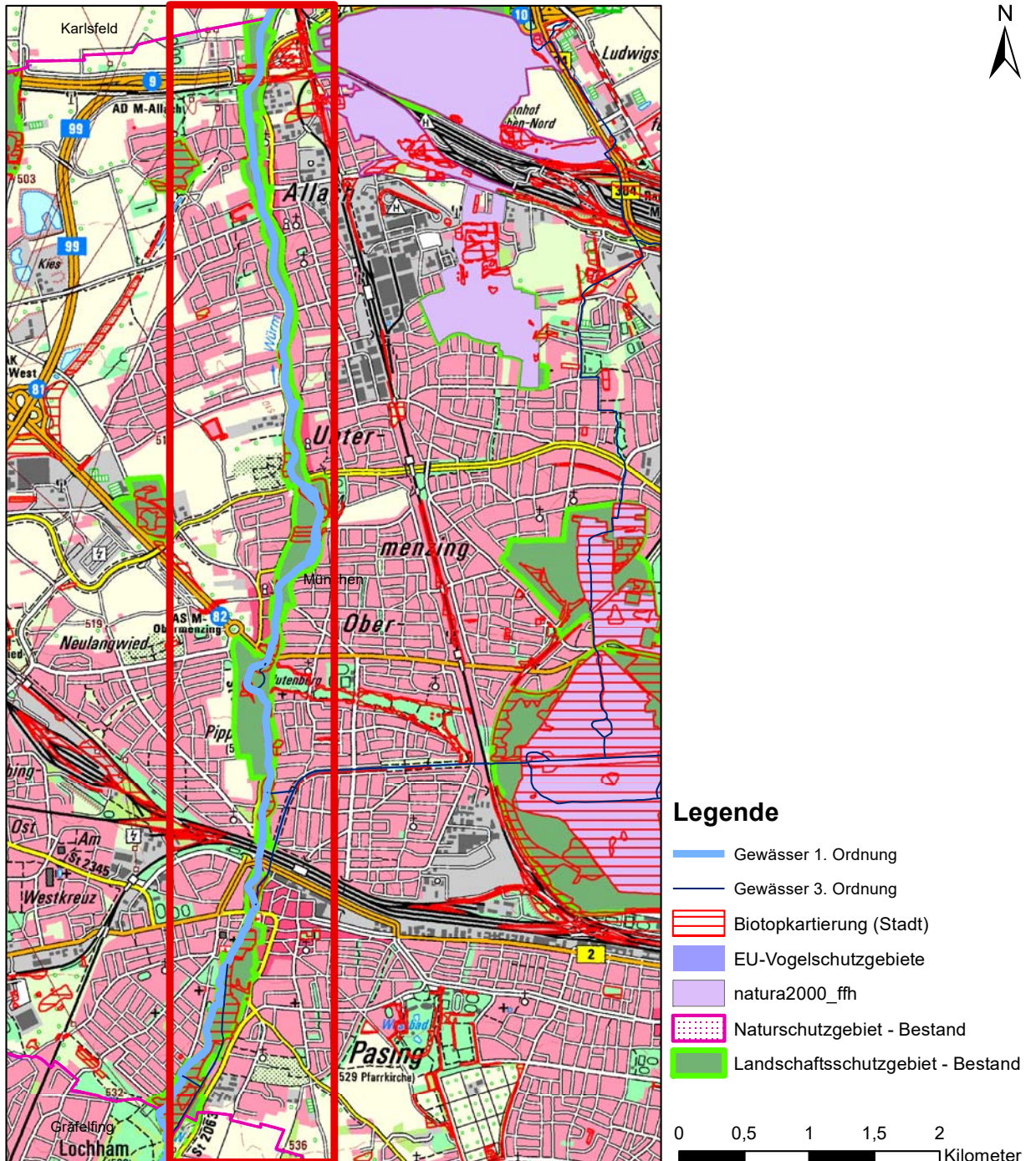


Abbildung 13: Übersicht über die Lage der verschiedenen Schutzgebiete im Untersuchungsgebiet

3.6 Altlasten

Bei der Planung von Ertüchtigungen am Gewässers bzw. von Hochwasserschutzmaßnahmen sollte grundsätzlich in den entsprechenden Baubereichen der Boden auf Altlasten überprüft werden. Entlang des Untersuchungsgebiets sind mehrere Altlastenverdachtsflächen im ABUDIS-Verzeichnis gelistet. Die folgende Abbildung 14, zeigt relevante Verdachtsflächen, kategorisiert nach Flächentyp, die in einem Abstand von unter 30 m an das festgesetzte Ü-Gebiet heranreichen. In diesem gewählten Bereich gibt es 9 Altstandorte, 7 Altablagerungen und eine schädliche Bodenveränderung. Falls, im Zuge weitere Planungen, Erdarbeiten im

Bereich von diesen Altlastenverdachtsflächen vorgesehen sind, müssen nähere Informationen über diese Flächen von den zuständigen Behörden der Stadt München eingeholt werden.

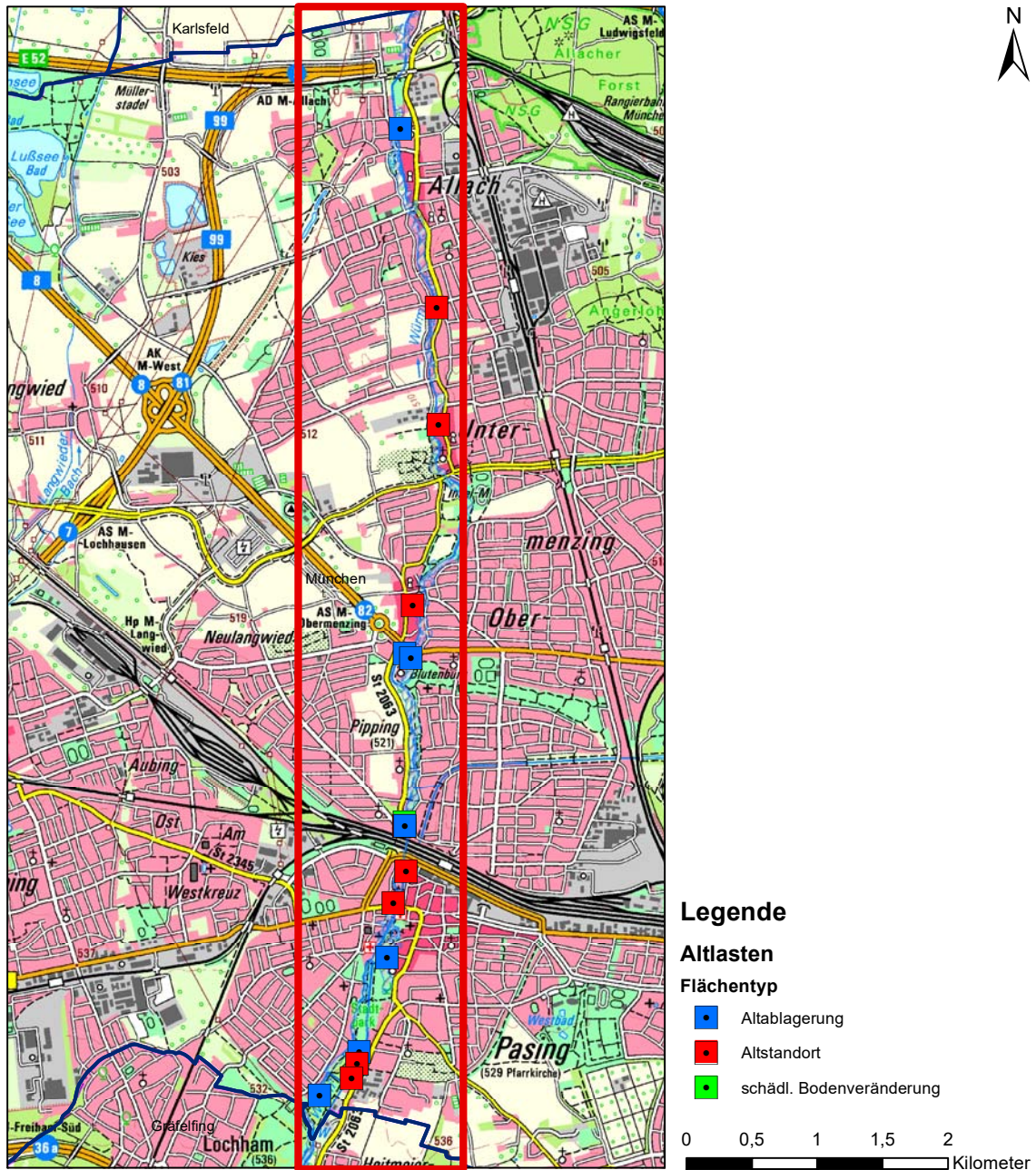


Abbildung 14: Übersicht über die Lage von Altlastenverdachtsflächen im Untersuchungsgebiet

3.7 Gefährdete Gebiete

Bei einem hundertjährigen Hochwasser ist im gesamten Flussbereich der Würm eine Fläche von ca. 5,93 km² betroffen. Betrachtet man nur den Gewässerabschnitt der Würm entlang der Stadt München ist eine Fläche von 0,43 km² bzw. 42,55 ha überschwemmt. Im Untersuchungsgebiet sind hauptsächlich Verkehrsflächen, öffentliche Grünflächen, Gemeindebedarfsflächen und allgemeine Wohngebiete betroffen. Eine Übersicht über das Ü-Gebiet sowie über betroffene Gebäude im südlichen Teil des Untersuchungsgebiets ist in Abbildung 15 gegeben. Der nördliche Teil des Gebiets ist hingegen in Abbildung 16 abgedeckt.

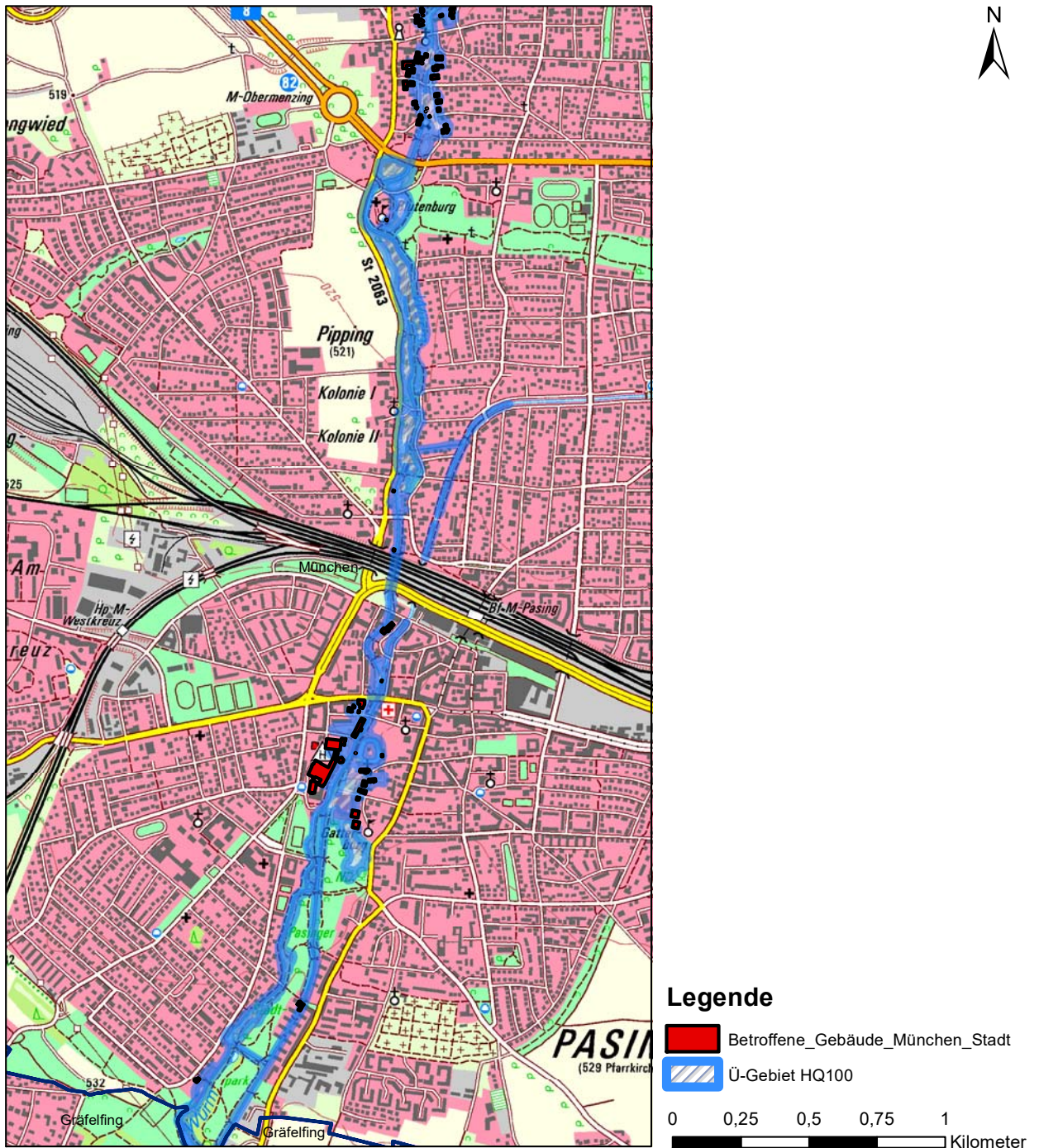


Abbildung 15: Lage der betroffenen Gebäude im südlichen Teil des Untersuchungsgebiets

Mittels einer digitalen Auswertung des vorhandenen Gebäudebestands in ArcGIS wurden die Betroffenheiten bei einem HQ₁₀₀-Abfluss an allen im Ü-Gebiet liegenden Gebäuden ermittelt. Dabei wurden insgesamt 264 betroffene Gebäude bzw. Gebäudeteile gezählt.⁴ Betrachtet man

⁴ Es ist anzumerken, dass die Anzahl der Gebäude auf der Basis des Liegenschaftskatasters beruht und somit manche Gebäudeteile, die eigentlich ein gemeinsames Gebäude bzw. ein Gebäudezusammenschluss darstellen, einzeln als eigenes Gebäude aufgeführt sind. So kann es unter Umständen sein, dass mehrere gleiche Adressen auf einzelne Gebäudeteile zugeordnet sind, die aber praktisch ein Gebäudezusammenschluss darstellen und somit als ein einzelnes Gebäude gewertet werden können.

die Anzahl der Gebäude nicht strikt auf der Basis des Liegenschaftskatasters, liegt die tatsächliche Zahl der betroffenen Gebäude somit bei 164. Die Gebäude- und Bauwerksfunktionen ist gemäß dem ALKIS®-Objektartenkatalog Bayern aufgeführt. Durch eine Ortseinsicht entlang der Würm in der Stadt München wurde diese Anzahl überprüft. Dabei hat sich herausgestellt, dass zum großen Teil, die als „Gebäude für Wirtschaft und Gewerbe“ eingestuft Gebäude lediglich als Garage, Gartenhäuschen oder als Lagerhaus dienen. Diese Art von Gebäuden wurde aus der Kategorie „Gebäude für Wirtschaft und Gewerbe“ herausgenommen, um die Einschätzung des tatsächlichen Schadenpotentials nicht zu verfälschen, da Garagen oder Gartenhäuschen nicht als Wohngebäude vom Freistaat geschützt werden.

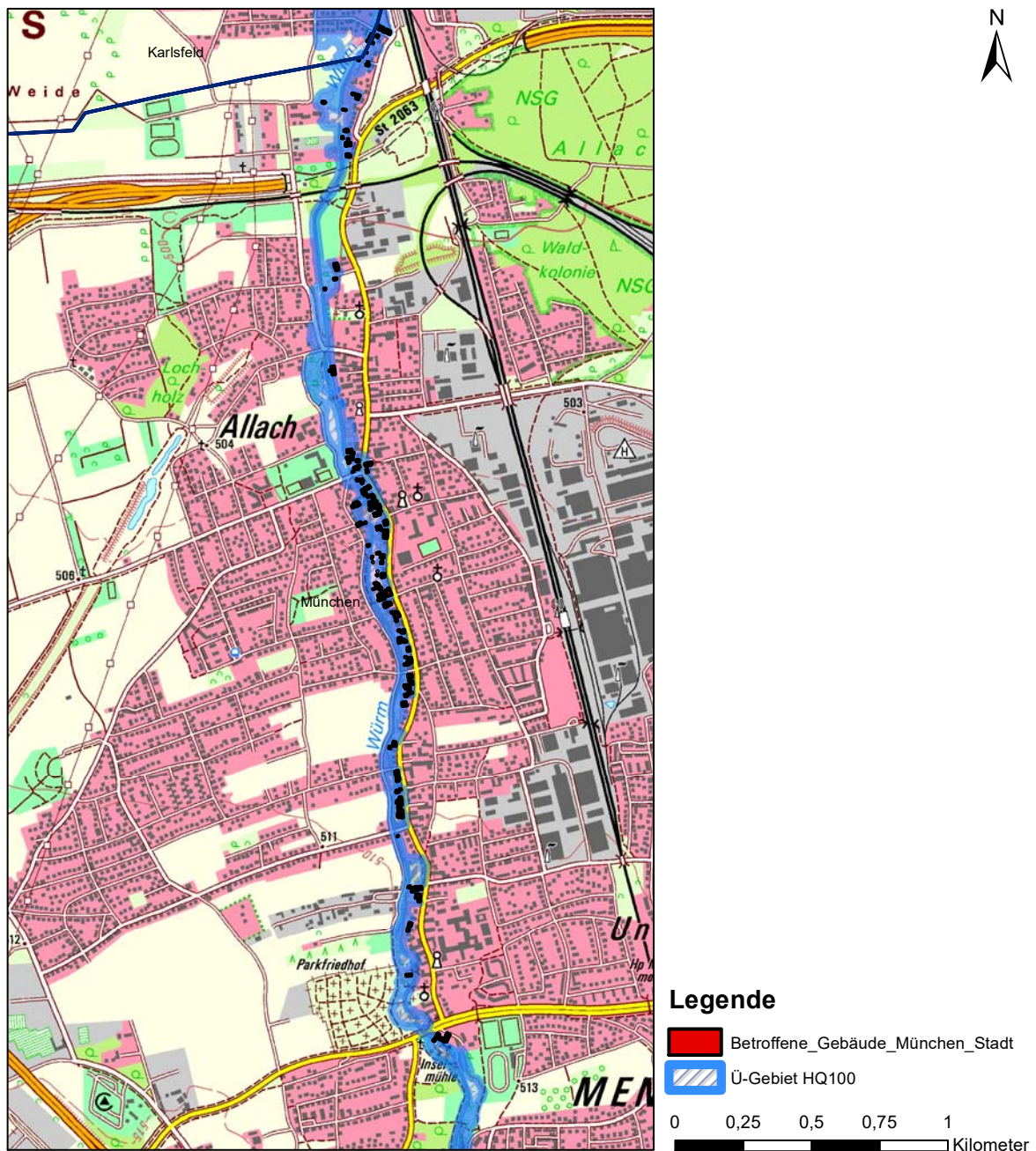


Abbildung 16: Lage der betroffenen Gebäude im nördlichen Teil des Untersuchungsgebiets

Damit hat sich die Anzahl der betroffenen Gebäude auf 116 reduziert. Eine Aufteilung nach der Anzahl der Gebäude und der Funktion des Gebäudes kann der Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 1: Übersicht über Nutzungsart der betroffenen Gebäude

Nutzungsart	Anzahl	Faktor f_n
normales Haus	50	1
Mehrfamilienhaus	37	3
kleine Betriebe (bis 3 Arbeitsplätze)	6	2
mittlere Betriebe (4 - 49 Arbeitsplätze)	16	interpoliert
öffentliche Einrichtungen	6	10
wichtige Infrastruktur (Umformer)	1	10
Summe	116	

Besonders kritisch ist, dass mehrere öffentliche Einrichtungen betroffen sind, dass zwei geistliche Einrichtungen (Mariä-Kirche, Kapelle des Helios Klinikums München Pasing), das Helios Klinikum München Pasing sowie drei Kindertagesstätten von einem hundertjährigen Hochwasser betroffen sind. Innerhalb des gesamten Ü-Gebiets sind die Flächen zum größten Teil von einer Wassertiefe bis 0,5 m eingestaut. Vereinzelt können aber auch Wassertiefen im Intervall von 1 m bis zu maximal 2 m auftreten.

4. Planung

Um eine Siedlung vor Hochwasser zu schützen, stehen prinzipiell drei Möglichkeiten zur Verfügung:

- Ein Rückhalt in der Fläche kann z.B. durch ein Hochwasserrückhaltebecken oder einen Flutpolder verwirklicht werden. Hochwasserrückhaltebecken werden planmäßig bereits bei häufigen Hochwasserereignissen (< HQ100) geflutet. Polder werden dagegen nur bei extremen Hochwassern gesteuert oder ungesteuert eingesetzt. Kleinräumig können auch mithilfe von Kleinerückhalten, wie Geländemulden und Feldabflussspeicher die Abflussspitzen geringfügig reduziert werden.
- Das Durchleiten des Wassers durch das gefährdete Gebiet kann z. B. durch die Erhöhung der Abflussleistung des bestehenden Gerinnes (Verbreiterung/ Eintiefung) erreicht werden. Rückhalt entlang des Gewässers kann auch durch eine Renaturierung des Gewässers inklusive einer Auwald Aufforstung erreicht werden. Ist eine Ertüchtigung des Gewässerbettes nicht möglich oder erwünscht, kann durch einen linienhaften Ausbau mit Deichen oder Wänden ein Hochwasserschutz erreicht werden.
- Das Umleiten des Gewässers mithilfe einer Flutmulde oder eines Umgehungsgerinnes.

Grundsätzlich darf durch eine Hochwasserschutzmaßnahme keine Verschlechterung für die Unterlieger folgen, weshalb der Rückhalt in der Fläche aus wasserwirtschaftlicher Sicht favorisiert wird.

4.1 Variantendiskussion

4.1.1 Umleitung mithilfe einem Umgehungsrinne oder einer Flutmulde – Variante 1

Allgemein betrachtet kann der Bau einer Flutmulde eine praktikable Lösung darstellen, in dem ein Teil der Wassermassen, der zu Ausuferungen führen würde, um die gefährdete Bebauung herum abgeführt wird. Die Auswahl an möglichen Trassen für eine Flutmulde ist durch viele Faktoren eingeschränkt: Am wichtigsten ist, dass die Flutmulde entsprechend dem natürlichen Geländegefälle verläuft und die Ein- und Ausleitungen strömungstechnisch günstig gewählt wurden. Des Weiteren ist darauf zu achten, dass das neu entstandene Gerinne möglichst geringe Auswirkungen auf die bestehenden Nutzungen im betrachteten Raum hat. Außerdem gilt möglichst wenige andere linienhafte Elemente wie Straßen, andere Gewässer etc. zu kreuzen.

Die Umsetzung einer Flutmulde oder eines Umgehungsgerinnes muss hier aus den folgenden Gründen als mögliche Variante ausgeschlossen werden: Der Raum für einen möglichen Trassenverlauf einer Flutmulde, die das komplette Gebiet umgehen würde, ist durch die dichte Bebauung im Untersuchungsgebiet nicht gegeben. Wenn überhaupt, wäre nur Platz für eine Umgehung vorhanden westlich der Würm ab dem Parkfriedhof, um Allach herum (Abbildung 18).

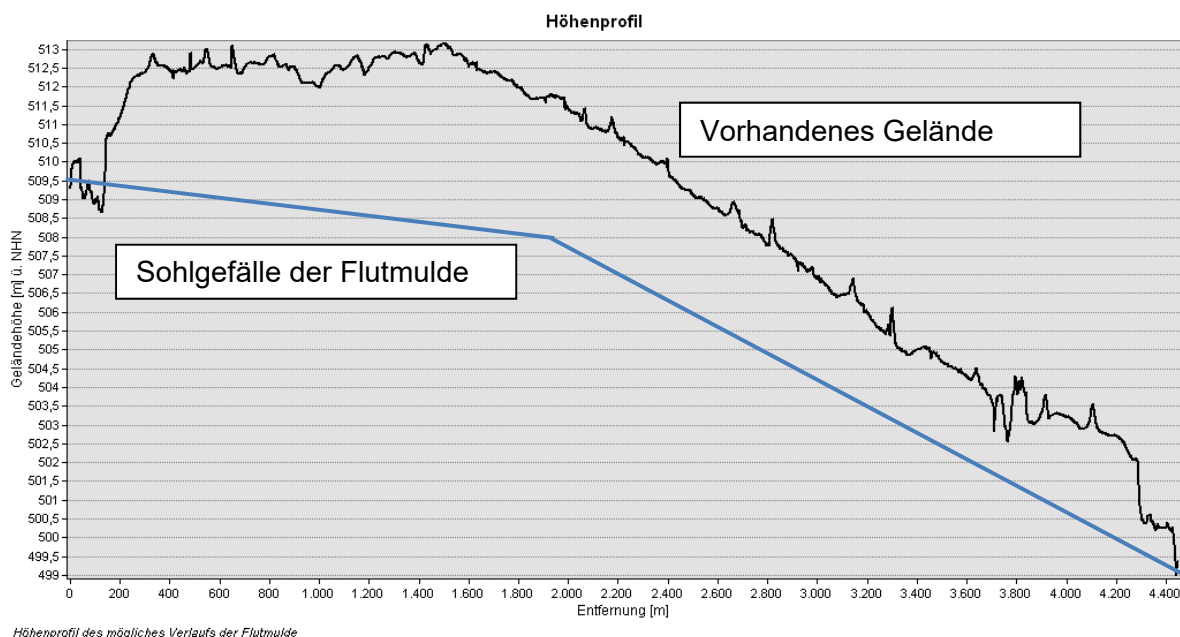


Abbildung 17: Geländeverlauf und Sohlgefälle der Flutmulde im nördlichen Teil des Untersuchungsgebiets

Allerdings steigt nach dem Parkfriedhof das Gelände in westliche Richtung zum AK-München West stark an (vgl. Abbildung 17), was eine enorme Eintiefung der Mulde erforderlich machen

würde. Zudem hätte diese Flutmulde eine Länge von mindestens 4 km und würde mehrere Straßen bzw. Feldwege kreuzen. All diese Faktoren machen ein Vorhaben dieser Art wirtschaftlich unverhältnismäßig, was das Anstellen von weiteren Überlegungen zur Gestaltung und Dimensionierung überflüssig macht.

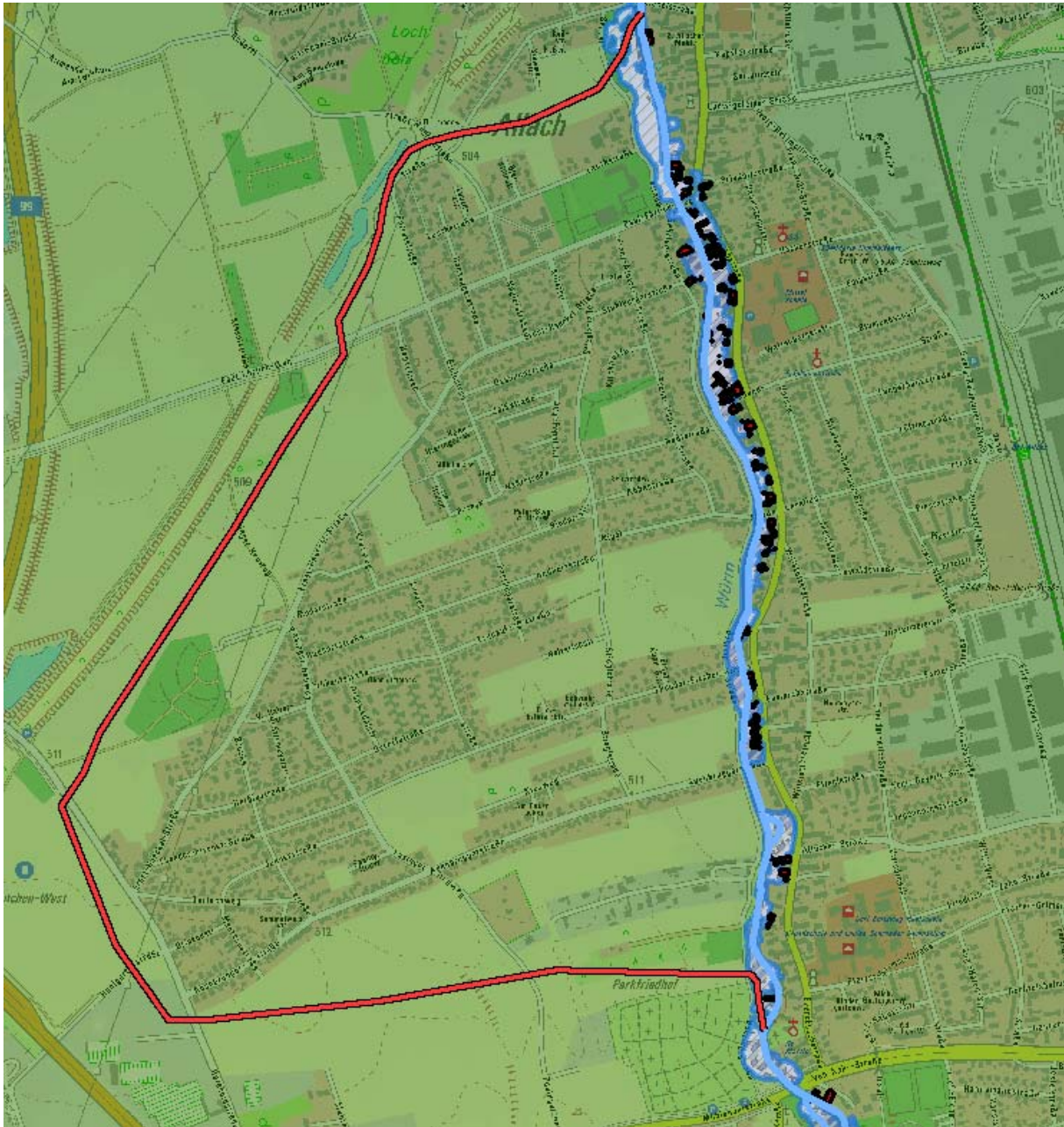


Abbildung 18: Lage und theoretischer Verlauf der Flutmulde

Hinzu kommt noch, dass die theoretische Flutmulde nur das Gebiet zwischen Ein- und Ausleitung vor Hochwasser schützt. Alle gefährdeten Gebiete, die weiter oberstrom liegen, sind von dieser Maßnahme nicht betroffen. Deswegen würde generell für das gesamte Untersuchungsgebiet nur eine Kombinationslösung mit Flutmulde und anderen Hochwasserschutzmaßnahmen in Frage kommen, was die Variante zusätzlich verteuern würde.

4.1.2 Rückhalt in der Fläche – Hochwasserrückhaltebecken/ Flutpolder – Variante 2

Um einen Wasserrückhalt in der Fläche⁵ zu verwirklichen, muss zunächst nach einem geeigneten Standort für das HWRB gesucht werden. Dafür muss zunächst das erforderliche Stauvolumen bestimmt werden. In Kapitel 3.3 wurde nach der Konstruktion einer gestreckten Abflussganglinie (vgl. Abbildung 11) eines HQ₁₀₀ ein Flutvolumen von ca. $V_{\text{ges}} = 1,17 \text{ Mio m}^3$ bestimmt. Die größten Flächen die theoretisch für einen Flutpolder bzw. ein Rückhaltebecken vorhanden sind, liegen weiter oberstrom (vom untersuchten Gebiet) und linksseitig der Würm (in Fließrichtung). Einerseits wäre eine Fläche zwischen Stockdorf und Gauting und andererseits eine Fläche noch vor Gauting (oberstrom) denkbar. Diese Bereiche wurden schon mal in einer früheren Basisstudie (Johanna Schwarz, 2018) auf eine Eignung als Standort für ein Hochwasserrückhaltebecken untersucht (vgl. Abbildung 19).

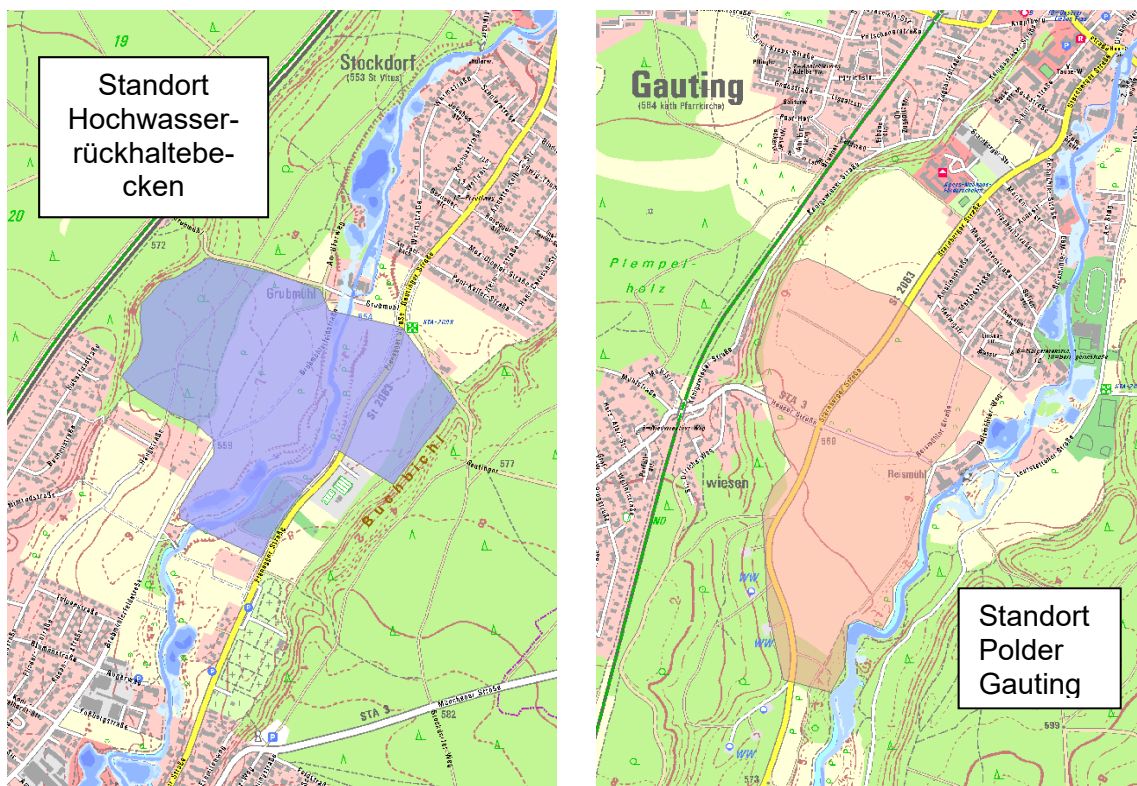


Abbildung 19: Standorte eines möglichen Hochwasserrückhaltebeckens bzw. Flutpolders (Schwarz, 2018)

In vorangegangenen Basisstudie wurde allerdings für den Zeitraum zwischen 19. und 22.07.1999 exemplarisch eine Beckengröße von ca. 961.000 m^3 als erforderlich angenommen

⁵ Der Rückhalt in der Fläche wird deshalb favorisiert, weil das Wasser nicht zu den Unterliegern weitergeleitet wird, wie es bei einem Gewässerausbau oder bei einem Linienausbau der Fall ist. Generell ist es empfehlenswert, das Becken recht nah am künftig zu schützendem Gebiet zu errichten, da hier das gesamte Einzugsgebiet erfasst wird und bei einem weit entfernten Standort ggf. Zwischeneinzugsgebiete berücksichtigt werden müssen. Somit ist es sinnvoll das Hochwasserrückhaltebecken (HWRB) im Hauptanschluss oder Nebenanschluss zu betreiben. Der Beckenstandort sollte eine landwirtschaftliche Nutzung oder eine sonstige naturnahe Nutzung aufweisen. Wald- und Gehölzstandorte sind zu meiden. Des Weiteren sollte er fern von bebauten Gebieten sein, dass es nicht zu neuer Betroffenheit durch zurückstauendes Wasser kommt. Dabei ist auch darauf zu achten, dass der Grundwasserspiegel im Falle eines Einstaus ringsherum ansteigen wird.

um nur die Spitze der Hochwasserwelle zu kappen. Um jedoch das gesamte Hochwasservolumen, welches ca. um 209.000 m³ größer ist aufnehmen zu können und so die langgestreckte Ganglinie erneut zu kappen, würde dies ein sehr viel höheres Retentionsvolumen mit langer Verweildauer des Wassers im HWRB voraussetzen. Die Flächen der beiden potenziellen HWRB wurden im Zuge dieser Basisstudie nochmals genauer untersucht.

Das HWRB oberstrom vor Gauting musste einerseits in südlicher Richtung verkürzt werden, da dort sowohl eine festgesetzte als auch eine geplante Wasserschutzzone angrenzt. In westliche Richtung wurde der Polder ebenfalls verkleinert um eine Verlegung der Staatsstraße (St. 2063), was mit erheblichen Kosten verbunden wäre, zu vermeiden (vgl. rechtes Bild in Abbildung 20). Die Fläche des anderen potenziellen Standorts für ein HWRB bei Stockdorf wurde im Gegenzug vergrößert (vgl. linkes Bild in Abbildung 20).

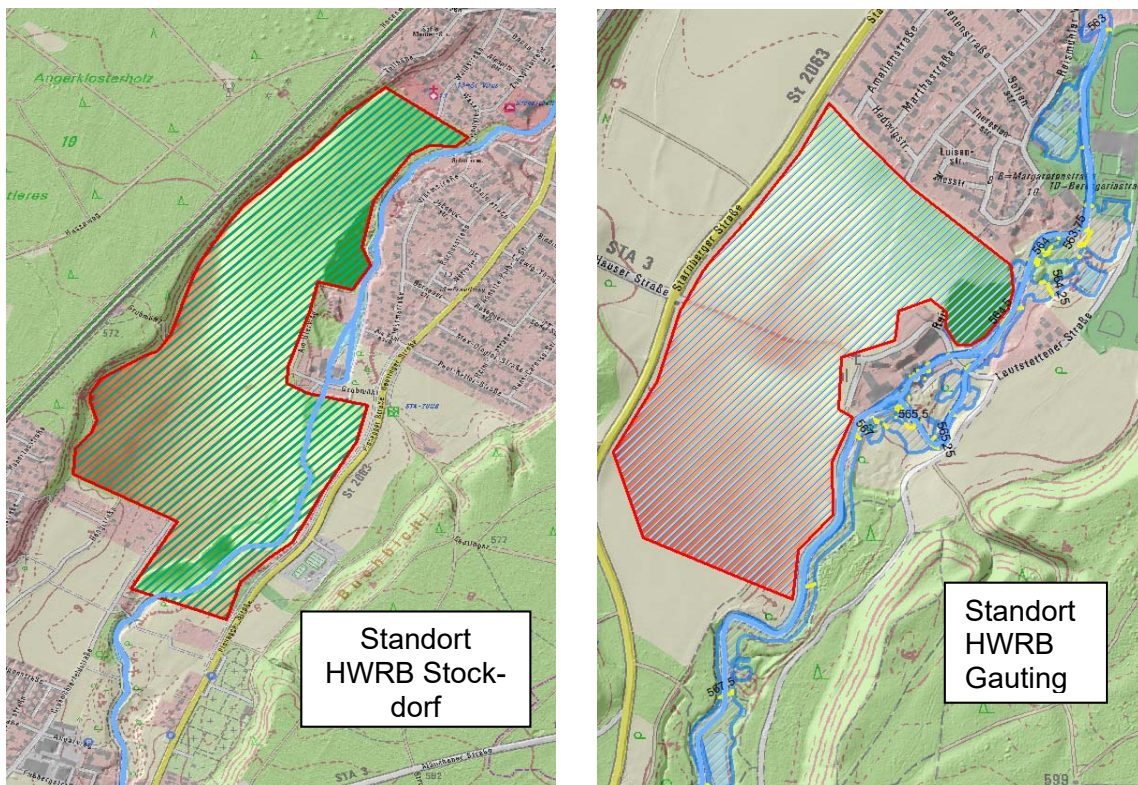


Abbildung 20: Standorte eines möglichen Hochwasserrückhaltebeckens bzw. Flutpolders

Das HWRB vor Gauting weist an der engsten Stelle eine Breite von ca. 280 m und an der weitesten Stelle eine Breite von ca. 450 m auf. Um ein möglichst großes Rückhaltevolumen von ca. 650.000 m³ (WSP bei 571,5 m ü. NHN) zu erzielen würden massive Dammbauwerke nördlichen angrenzend an Gauting mit einer Kronenhöhe von bis zu 5,5 m (inklusive 1m Freibord) am tiefsten Punkt nötig sein. Problematisch ist, dass der Wasserspiegel innerhalb des Polders deutlich über dem Wasserspiegel innerhalb des Gerinnes liegen würde, was eine Einleitung in das HWRB durch den Höhenunterschied schwierig gestaltet. Durch die seitlich ansteigenden Talflanken des Würm Tals besteht auch am Standort Stockdorf dieselbe Problematik. Die deutlich höhere Geländehöhe im Bereich des HWRBs gegenüber dem Flussbett

würde ebenso den Bau von massiven Dammbauwerken und Auslaufbauwerken erfordern. Bei einem theoretischen Wasserspiegel von 558 m ü. NHN im HWRB wäre eine Kronenhöhe am Auslass der Würm von ca. 5 m (inklusive Freibord von 1 m) und am nördlichen Ende des HWRBs angrenzend an das Wohngebiet in Stockdorf eine Kronenhöhe mit 1 m Freibord von sogar 6 m nötig. Mit diesen theoretischen Annahmen würde man ein Füllvolumen von ca. 1,14 Mio m³ erreichen können, was fast der gesamten Abflussfülle der Hochwasserwelle entspricht. Würde man die WSP-Lage um 1 m verringern ergäbe sich nur noch ein theoretisches Speichervolumen von ca. 725.000 m³. Dabei würde sich allerdings auch die benetzte Fläche im HWRB um rund 100.000 m² verringern.

Für die vollständige Retention der gesamten Hochwasserfülle innerhalb einer der beiden Becken reicht keines der beiden Volumina aus. Nach der Klassifizierung von Hochwasserrückhaltebecken in DIN 19700-12:2004-07 würde ein großes Becken (> 1.000.000 m³) erforderlich sein, was ein BHQ von einer jährlichen Überschreitungswahrscheinlichkeit von T = 1000 Jahren bzw. T = 10.000 Jahren in beiden Hochwasserbemessungsfällen als Bemessungsgrundlage zur Folge hätte. Dies würde in einer noch größeren Dimensionierung des Rückhaltebeckens resultieren. Zudem ist der Standort Stockdorf dicht bewaldet und zum Teil ein ausgewiesenes Landschaftsschutzgebiet mit zusätzlich enthaltenen Bodendenkmälern. Am Standort Gauting wäre der Erwerb von großen landwirtschaftlichen Flächen erforderlich. Diese Faktoren erschweren eine Realisierbarkeit der beiden Becken.

Um eine exakte Aussage über die Dimensionierung eines notwendigen Rückhaltevolumens für einen schadlosen Abfluss im Falle eines HQ100 zu treffen, könnte im nächsten Schritt die Durchführung einer instationären hydraulischen Simulation mit berechneter Zuflussganglinie genauere Ergebnisse über die Größe eines HWRB liefern. Mit der bisherigen Untersuchungstiefe ist das Becken als unwirtschaftlich einzustufen und wird daher im Variantenvergleich nicht näher betrachtet.

4.1.3 Durchleiten des Gewässers durchs gefährdete Gebiet – technischer und naturnaher Ausbau des Gewässerentwicklungstreifens – Variante 3

Eine allgemein letzte Möglichkeit, um den Hochwasserschutz in gefährdeten Gebieten zu realisieren, ist der technische und/oder naturnahe Gewässerausbau. Ziel eines technischen Ausbaus ist, durch eine Aufweitung des Gewässerquerschnitts und/ oder durch die Errichtung von Linienbauwerken wie Hochwasserschutzwänden oder Deichen eine Steigerung der Abflusskapazität des Gerinnes zu erzielen. Somit soll der gesamte Hochwasserabfluss schadlos im Bereich des Gerinnes und des Ufers abgeführt werden. Naturnahe Maßnahmen in Gewässern und Auen hingegen, zielen darauf ab, dass Hochwasserwellen entlang ihres Fließwegs zeitlich verzögert und in ihrem Scheitelwert gemindert werden. Da die berechnete Hochwasserwelle für ein HQ100 in der Würm sehr langgezogen ist, ist das Primärziel für die Variante innerörtlicher Ausbau neben der Retentionswirkung bzw. Abflussverzögerung, nicht die Minderung des

Hochwasserscheitels, sondern eine Minderung der Wasserspiegellage in besonders gefährdeten Bereichen.

Die Würm verläuft in einem weitgehend abgedichteten Gewässerbett, weswegen eine weitergehende Absenkung der Sohle prinzipiell möglich erscheint. Allerdings führt der damit verbundene erhebliche ökologische Eingriff zu einer Verschlechterung der Gewässerstrukturgüte und hat einen negativen Einfluss auf die Hydromorphologie und Gewässerökologie des Flusses. Grundsätzlich ist zudem eine Vermeidung von weiteren natürlichen Prozessen, die zur einer Eintiefung der Sohle führen, wünschenswert. Deswegen gilt die alleinige Eintiefung der Würm entlang des gesamten Gewässerabschnitts als nicht zu bevorzugende Maßnahme und wird in dieser Studie nicht weiter betrachtet. Im Gegensatz dazu ist, anstelle einer Eintiefung, die Gewässeraufweitung in den Uferbereichen und die damit verbundene Vergrößerung des Fließquerschnitts als eine realistische Variante anzusehen. Dies ist aber nur in Bereichen möglich, wo ausreichend Raum sowohl für eine ausreichende Aufweitung als auch eine naturnahe Ufergestaltung gegeben ist. Da die vorhandene Gestaltungsfläche für potenzielle technische bzw. naturnahe Maßnahmen entlang des Untersuchungsgebiets stark variiert, ist eine Aufweitung nur in bestimmten Bereichen möglich. Teilweise reicht die bebauten Siedlungsfläche bis auf wenige Meter an die Würm heran, was eine technische Umsetzung von mobilen und/oder festen Linienbauwerken in diesen Bereichen notwendig macht. Aus den oben genannten Gründen kann entweder ein linearer technischer Ausbau mithilfe klassischer Hochwasserschutzmauern oder eine Kombination aus Deichen oder Hochwasserschutzwänden zusammen mit einer Gewässeraufweitung bzw. einem naturnahen Gewässerausbau einen potenziellen Hochwasserschutz bieten. Im Folgenden werden somit zwei weitere mögliche Varianten detaillierter untersucht.

4.1.3.1 Linearer Ausbau durch Hochwasserschutzmauern bzw. Deichbauwerke – Variante 3.1

Ein Vergleich zwischen den technischen Varianten Deichbauwerk und Hochwasserschutzmauer (HWS-Mauer) zeigt, dass auf Grund der teilweise sehr dichten Bebauungsverhältnisse bis an das Ufer der Würm heran, in den meisten Bereichen nur die Errichtung einer HWS-Mauer möglich ist. Die technische Variante „HWS-Mauer“ hat gegenüber der Variante „Deich“ den Vorteil des wesentlich geringeren Platzbedarfes und dient damit der Minimierung der notwendigen Eingriffe in die Gartenbereiche der betroffenen Grundstückseigentümer. Für den Bau eines Deiches im gefährdeten Gebiet reicht der zur Verfügung stehende Platz oftmals nicht aus. Außerdem wird damit kein Anschlussbauwerk zwischen Deich und einer HWS-Mauer nötig, was eine Schwachstelle darstellen kann.

Grundsätzlich sind die HWS-Mauern strömungsgünstig, d. h. möglichst gestreckt in Richtung des Hochwasserabflusses zu führen. Zur Minimierung der hydraulischen Belastung sind die

HWS-Mauern an dem Wasserlauf bei Hochwasser und der Geländestruktur in leicht geschwungener Linienführung anzupassen. Vorhandene oder geplante Nutzungen im Überschwemmungsgebiet, aber auch z. B. Bodendenkmäler, geschützte Landschaftsbestandteile, Biotope sowie andere Nutzungselemente können örtlich ein Abweichen von einer aus hydrologischer bzw. hydraulischer Anforderung und Sichtweise der Gewässerentwicklung sowie der Landschaftsgestaltung idealen Linienführung erfordern. Bei der Abschätzung der notwendigen Längen und Höhen sind folgende Faktoren berücksichtigt. Zum einen werden durch den Bau einer HWS-Mauer die Wasserspiegellagen lokal ansteigen. Aus diesem Grund wurden die jeweiligen Mauern einige Meter über die direkt überschwemmten Bereiche hinaus verlängert, um neue Betroffenheit zu vermeiden. Für die Dimensionierung der HWS-Mauern liegen folgende Daten zu Grunde: Es wurde eine Mauerbreite bei festen HWS-Mauern von 0,3 m und bei Mobilien Elementen eine Breite von 0,2 m angesetzt. Zusätzlich wurde dazu bei festen Systemen ein Flächenverbrauch von einem Meter (mobile Systeme: 0,8 m) angenommen. Die benötigten Höhen für den jeweiligen Mauerabschnitt wurden nach der maximalen anstehenden Wassertiefe bzw. nach der WSP-Lage des HQ_{100} plus des nach DIN-Norm festgesetzten Freibords bestimmt. Dieses beträgt für eine überströmungssichere Ausführung von mobilen und festen Mauern 0,2 m. Die genaue Dimensionierung und die Detailbeschreibung der Dimensionierung der einzelnen Mauern kann dem Anhang entnommen werden. Zudem ist in folgender Abbildung 21 ein Beispiellageplan für die HWS-Mauern der Variante 3.1 gegeben. Alle weiteren Lagepläne für die Variante 3.1 sind in den Anlagen zu finden.

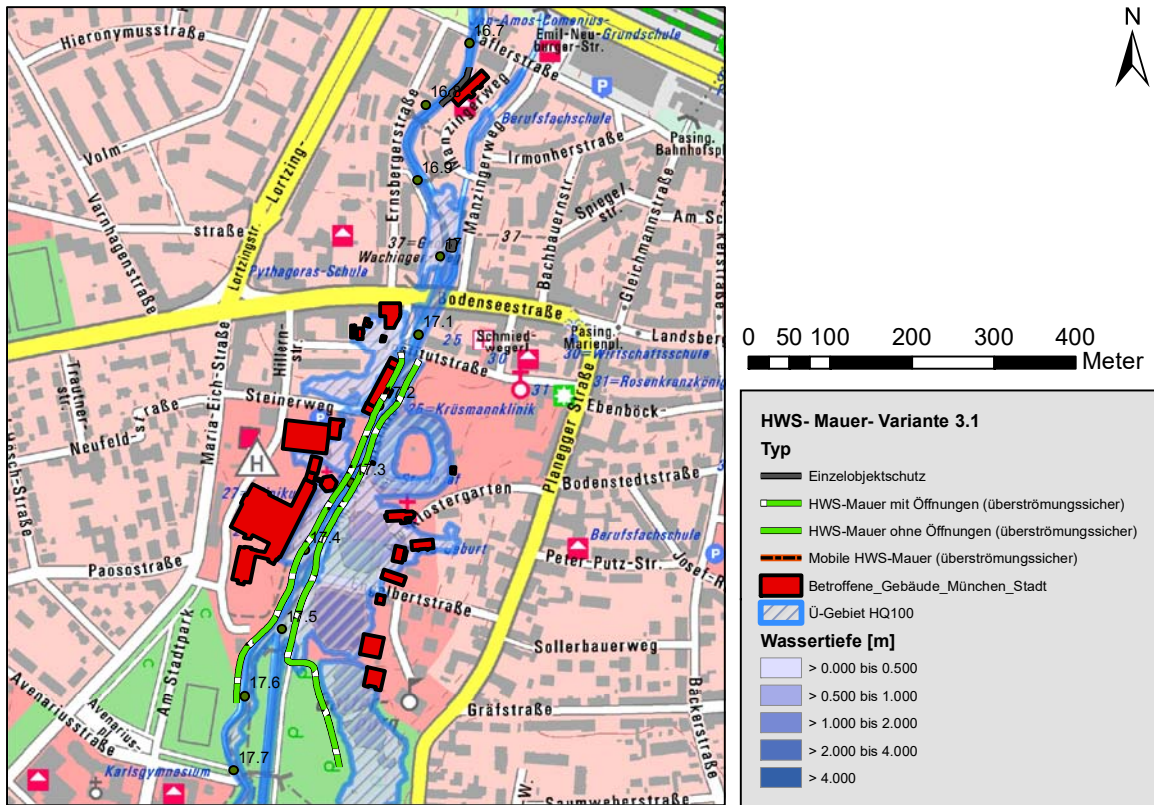


Abbildung 21: Lageplan für Variante 3.1 - Abschnitt 1

Allgemein können die mobilen Hochwasserschutzsysteme, die im Untersuchungsgebiet an 10 Stellen zum Einsatz kommen aus verzinktem Stahl, Edelstahl sowie Aluminium, bei kleineren Öffnungen auch aus Kunststoffen oder Holz bestehen. Welche Ausführungsvariante an den entsprechenden Bereichen am sinnvollsten ist muss in einer weiterführenden Planung untersucht werden. Für diese Basisstudie wird vereinfach von einer Edelstahl-Variante mit Damm-balkenverschlüssen ausgegangen. Grundlegendes Kriterium für den Einsatz von planmäßigen mobilen Hochwasserschutzsystemen ist der Nachweis einer ausreichenden Bereitstellungszeit für das Herstellen der Betriebsfähigkeit des Systems, welche kleiner als die standortkonkrete Vorwarnzeit im Hochwasserfall sein muss. Für die Würm wird von einer Vorwarnzeit von 12 – 24h ausgegangen, was für eine Bereitstellung und Installation ausreichend ist. Eine weiterführende Planung sollte auch die Nachweise der gesamten erforderlichen Logistik (Lagerung, erforderliche Zeiten und Fahrzeugkapazitäten für Transport, Verfügbarkeit von Verlade-technik, Personaleinsatzplanung, Aufbautechnologie u. a. m.) umfassen. Des Weiteren muss die Erreichbarkeit und Freihaltung der zum Antransport, zur Montage und zum Betrieb erforderlichen Flächen dauerhaft sicherzustellen. Der Lagerort und der Einsatzort müssen stets zugänglich und für Transportmittel und Hebezeug erreichbar sein.

Es gibt folgende weitere Aspekte, die bei der Ausführung des HWS-Schutzes durch linearen Ausbau berücksichtigt werden müssen.

- Die neu zu errichtenden Mauern verlaufen fast ausschließlich durch private Gärten oder Öffentliche Flächen, was zur Folge hat, dass die erforderliche Fläche von den Grundstückseigentümern gekauft werden muss. An einigen Stellen, an denen die Häuser sehr nahe an das Gewässer heranreichen, müssen die HWS-Systeme innerhalb des Flussquerschnittes errichtet werden oder es muss ein Einzelobjektschutz als Alternative gewählt werden. Nicht nur die Auswahl der Trasse für die Hochwasserschutzwände und die voraussichtlichen Widerstände der Anwohner können zum Problem werden, sondern ebenso der Zugang zur geplanten Trasse für größere Baumaschinen kann sich an manchen Stellen als sehr aufwendig herausstellen.
- Des Weiteren sollte der Retentionsraum, der durch den Bau von Hochwasserschutzanlagen verloren geht, wirkungsgleich ausgeglichen werden. Dazu müssen im bzw. vor dem Untersuchungsgebiet neue Überflutungsflächen geschaffen werden. So kann sichergestellt werden, dass durch die geplante Baumaßnahme die Hochwassersituation für die Ober- und Unterlieger nicht verschlechtert wird. Dies sollte im Zuge der weiteren Planung überprüft werden.
- Darüber hinaus sind bei der Planung die Aspekte der Binnenentwässerung zu berücksichtigen. Durch eine Binnenentwässerung ist sicherzustellen, dass die Gebiete mit fester HWS-Mauer nicht durch das Oberflächenwasser, das nicht mehr im freien Gefälle dem Flusslauf zufließen kann, von der Binnenseite her überflutet werden.
- Als letzter Punkt ist anzumerken, dass ein eventueller Neubau von Brücken durch die geplanten Maßnahmen und den damit verbundenen lokal erhöhten Wasserspiegel im Flussquerschnitt erforderlich sein könnte. Darauf wurde auch schon in Punkt 3.4 verwiesen, da manche Brücken auch ohne geplante Maßnahme ein zu geringes Freibord haben.

4.1.3.2 Kombination aus linearem Hochwasserschutz und naturnahem Gewässerausbau – Variante 3.2

Diese Variante ist sehr ähnlich zu der zuvor aufgeführten Variante. Der Unterschied liegt darin, dass versucht wurde möglichst auf Methoden von einem naturnahen Gewässerausbau zu setzen und die Anzahl der HWS-Mauern zu reduzieren. Dies ist nur sehr begrenzt möglich, da in vielen Bereichen entlang der Würm nicht ausreichend Platz für diese Methoden zur Verfügung steht. Bei dieser Variante wurden HWS-Mauern, Deiche und eine Gewässeraufweitung in zwei Bereichen geplant.

HWS-Mauern

Die HWS-Mauern wurden fast alle aus der Variante 3.1 übernommen. Lediglich eine feste Mauer im Flussabschnitt zwischen FKM 14,37 – 14,0 auf der rechten Uferseite und ein mobiles HWS-System im Bereich FKM 9,8 bis 9,7 wurden bei dieser Variante entfernt. Zusätzlich

wurde die feste HWS-Mauer im FKM-Abschnitt 14,8 – 14, 56 auf der linken Uferseite rückverlegt, um den Verlust an Retentionsfläche in diesem Bereich zu begrenzen. Insgesamt kommen bei dieser Variante also 9 mobile HWS – Systeme zum Einsatz und es müssen 21 feste HWS-Wände gebaut werden. Bei der Planung bzw. Dimensionierung wurden jeweils die gleichen Aspekte wie bei Variante 3.1 berücksichtigt. Auch die Konstruktionsweisen bleiben gleich. Die genaue Dimensionierung der einzelnen Mauern kann der Anlage entnommen werden. Zudem sind die Lagepläne für Variante 3.2 mit den Änderungen gegenüber der Variante 3.1 ebenso in den Anlagen zu finden.

Deiche

Entlang der Gewässer gibt es einige Schwachstellen, an denen Wasser schon bei niedrigen Wasserständen über die Ufer tritt und für Überschwemmungen sorgt. Zwei dieser Stellen, sollten mit kleinen Deichanlagen ertüchtigt werden und so größere Überschwemmungen in diesen Bereichen verhindern. In den beiden Bildern der Abbildung 22 sind die Verläufe der Deiche dargestellt. Im linken Bild soll der Deich die angrenzenden Wohngebiete vor dem rückgestauten Wasser aus dem kleinen Seitenarm der Würm schützen. In der rechten Abbildung ist entlang dem Verlauf des Deichs bei Fkm 9,8 eine tiefe Geländemulde, die somit durch den Bau des Deiches verschlossen werden soll und so die Überflutung des dahinterliegenden Hofes verhindern. Diese Bereiche wurden bisher in Variante 3.1 in dem einen Fall durch eine massive Mauer also auch durch ein mobiles HWS-System im anderen Fall geschützt. Beide Deiche können nach DIN 19712 als Klasse 3 definiert werden, da die Gesamthöhe geringer als 1,5 m ausfällt und dahinter kein hoch gefährdetes Gebiet liegt. Somit kann ein Freibord von 0,5 m angesetzt werden. Für die Berechnung des erforderlichen Deichvolumens wurde die gemittelte Deichhöhe je nach Geländehöhe verwendet. Die genauen Dimensionierungsmaße sind in Tabelle 2 dargestellt.

Die Deiche sollen mit Innenabdichtung konstruiert werden, um ein eventuelles Unterströmen zu unterbinden. Es zeigt sich, dass aufgrund der kiesigen Untergrundverhältnisse Stahlspundwände benötigt werden. Da zur Bestimmung der tatsächlich benötigten Einbindetiefen der Spundwände eine genaue Untersuchung der hydrogeologischen Verhältnisse notwendig ist, wird die Länge der Spundwände zur Kostenabschätzung auf die doppelte Höhe der Deiche festgelegt.

Tabelle 2: Allgemeine Daten zur Deichdimensionierung

Bemessungsgrundlage Allgemein	Größe
Klasse	3
Freibord [m]	0,5
Breite Deichschutzstreifen wasserseitig [m]	0
Breite Deichschutzstreifen landseitig [m]	3

Neigung wasserseitig	1:3
Neigung landseitig	1:3
Breite Krone [m]	2

Dimensionierung Deich 1	Größe
FKM- Abschnitt	9.8
Uferseite	Links
Länge	87
Max Höhe (Soll) [m]	1.1
Gemittelte Höhe [m]	0.86
Gesamtbreite Deichkörper [m]	12.6
Gesamtbreite [m]	12.6
Flächenverbrauch [m ²]	1096.57
Volumen Deich [m ³]	719.96

Dimensionierung Deich 2	Größe
FKM- Abschnitt	14
Uferseite	rechts
Länge	51
Max Höhe (Soll) [m] (mit Freibord)	1.05
Gemittelte Höhe [m]	0.49
Gesamtbreite Deichkörper [m]	8.39
Gesamtbreite [m]	11.39
Flächenverbrauch [m ²]	580.89
Volumen Deich [m ³]	210.71

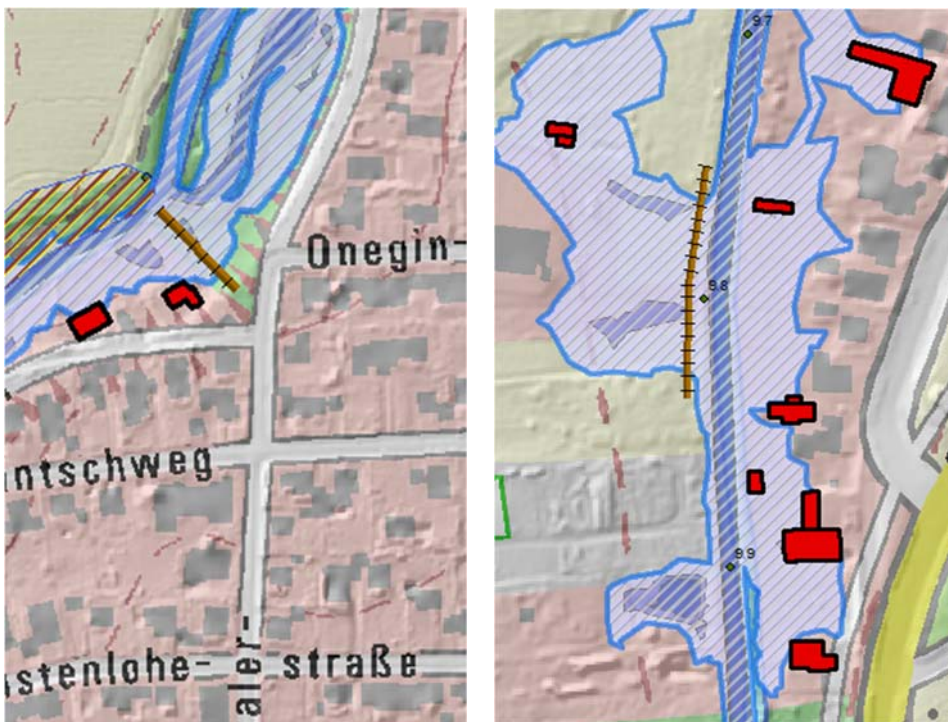


Abbildung 22: Darstellung der Lage der Deiche für Variante 3.2

Gewässeraufweitung

Naturnahe Querprofile sind meist breiter und flacher als die nach technischen Gesichtspunkten veränderten. Auch die Varianz von Breite und Tiefe ist unter naturnahen Bedingungen erheblich größer. Im Gegensatz zu befestigten Querschnitten, bei denen von vornherein jegliche Veränderung verhindert werden soll, wird bei der naturnahen Ausbildung ein Ausgangszustand geschaffen, aus dem heraus sich das Gewässerbett eigendynamisch weiterentwickeln kann. Dies wird in 2 Abschnitten an der Würm angestrebt in der genügend Fläche für eine eigendynamische Entwicklung zur Verfügung steht. Für die Dimensionierung der neuen Flussquerschnitte im Fkm-Abschnitt 14,3 - 14 wurde eine trapezförmige Gerinnegeometrie angenommen. Zur Berechnung wurden die charakteristischen Manning-Strickler Koeffizienten aus dem hydraulischen Modell herangezogen und ein konstantes Gefälle entsprechend des ursprünglichen Gewässerbetts verwendet. Die Fläche des Fließquerschnitts wurde so aufgeweitet, dass eine Uferseite, auf der nicht gefährdeten Seite, stark abgeflacht wurde.

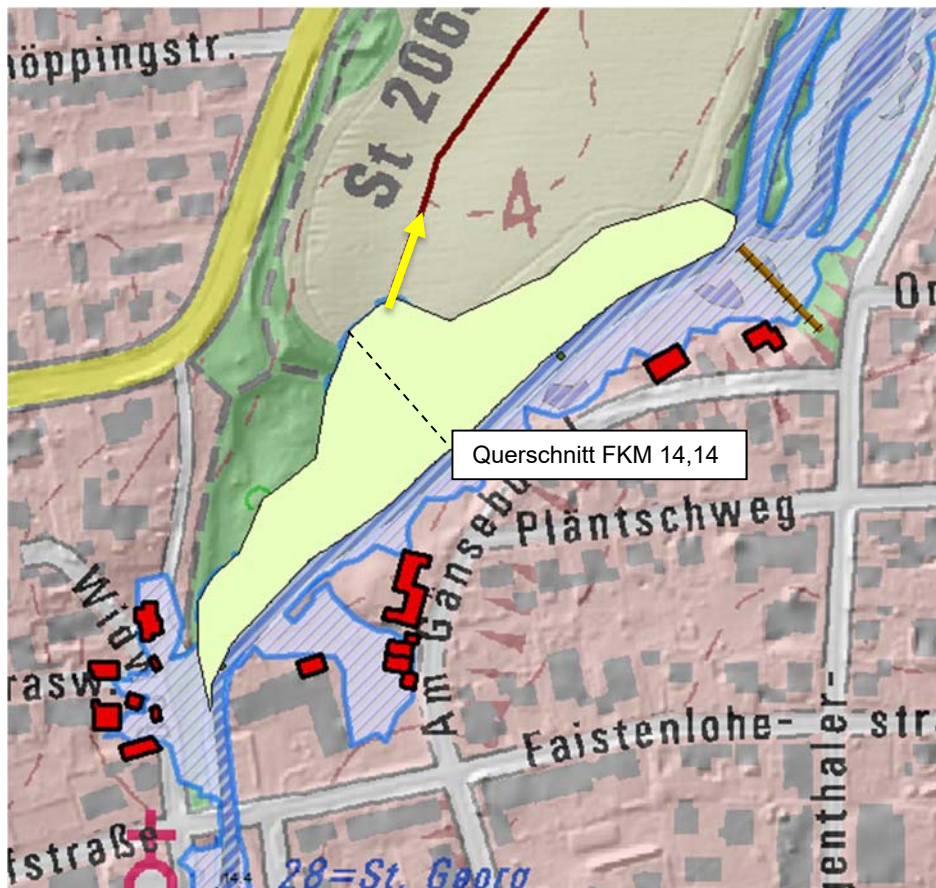


Abbildung 23: Übersicht der benötigten Fläche für die Gerinneaufweitung im Abschnitt 1

Die Geometrie des Fließquerschnitts wurden dem hydraulischen Modell entnommen. In Abbildung 23 ist der Bereich der Gewässeraufweitung markiert und in Abbildung 24 ist ein neu dimensionierter charakteristischer Querschnitt abgebildet.

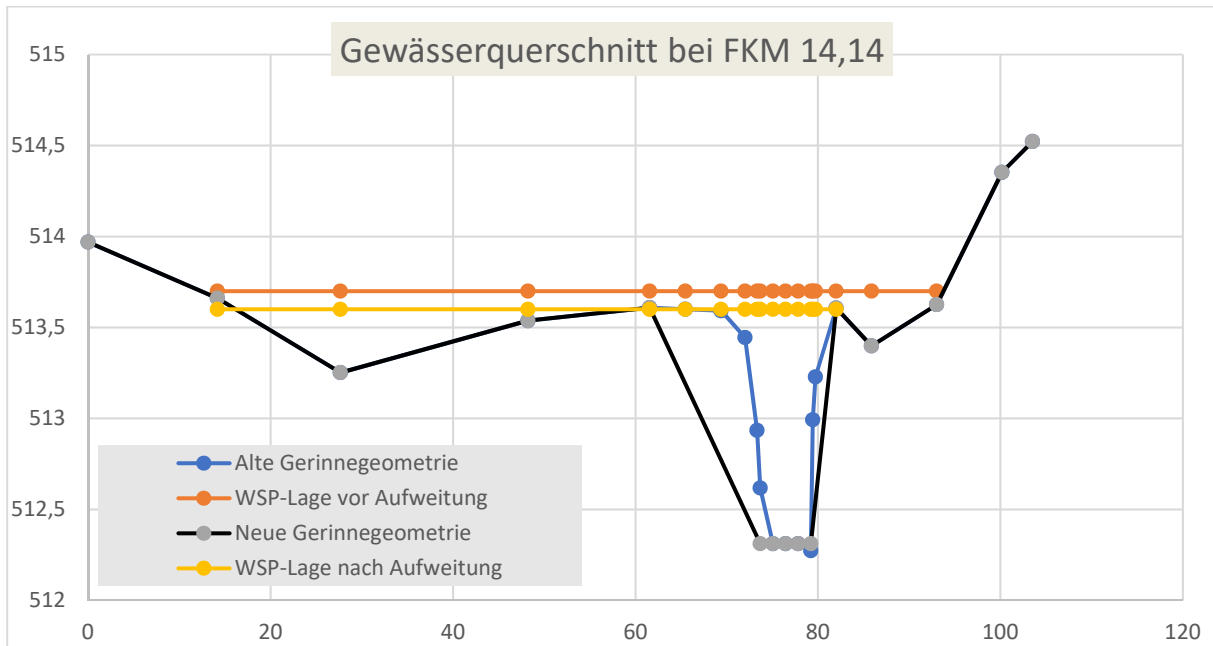


Abbildung 24: Darstellung des Querschnittsprofils bei FKM 14,14

Durch einen iterativen Prozess wurde versucht, die Fläche des Querschnitts entsprechend so zu vergrößern, dass das HW_{100} ungefähr dem bordvollen Wasserspiegel entspricht. Somit kann sichergestellt werden, dass die WSP-Lage soweit gesenkt wird, dass die Würm nicht mehr nach rechts ausuferst und entlang dieses Abschnittes Gebäudeschäden entstehen. Zudem hat die Würm weiterhin die Möglichkeit in dem breiten Bereich des Abschnitts, in dem auch der abgebildete Fließquerschnitt liegt, nach links auszufert. Am Ende dieses Bereiches könnte durch eine weiterführende Geländemodellierung in Richtung des gelben Pfeils entlang der braunen Linie (Abbildung 23), eine angedeutete Flutmulde geschaffen werden, um auch eine Überflutung der übrigen Fläche zu gewährleisten. Dies könnte nochmals bei extremen Hochwassern an der Würm mehr Retentionsfläche schaffen. Insgesamt wurde die Würm in diesem Abschnitt auf eine Fläche von 10.974,1 m² aufgeweitet. In Tabelle 3 sind die allgemein verwendeten Parameter zur Dimensionierung in diesem Bereich dargestellt.

Tabelle 3: Daten der Gerinne-Charakteristik in Abschnitt 1

Allgemeine Gerinne Daten:	Abkürzung	Wert	Einheit
Rauheitsbeiwert - Sohle	$k_{St,s}$	28	m ^{1/3} /s
Rauheitsbeiwert - Böschung li.	$k_{St,m}$	25	m ^{1/3} /s
Rauheitsbeiwert - Böschung re.	$k_{St,n}$	25	m ^{1/3} /s
Gefälle	I_E	0.20	%

Im zweiten Bereich/Abschnitt, in dem eine Gewässermodellierung durchgeführt wurde, ist in dem Abschnitt zwischen Fkm 11,08 und 10,38. Das Ziel in diesem Bereich war aber nicht den Fließquerschnitt so zu vergrößern, dass der gesamte HQ_{100} -Abfluss aufgenommen werden kann, sondern die Fläche links des Gewässers schon bei einem geringeren Abfluss überfluten

zu lassen. Eine Übersicht über die Lage der Querschnitte und die Fläche der Aufweitung ist in Abbildung 25 zu sehen. Die Dimensionierung der Querschnitte erfolge in den gleichen Schritten, wie in dem anderen Bereich. Es wurden dieselben Manning-Strickler Koeffizienten herangezogen. Nur das Gefälle in diesem Bereich wurde angepasst. In Tabelle 4 sind die allgemeinen Gerinne Parameter des zweiten Bereichs zusammengefasst.

Tabelle 4: Daten der Gerinne-Charakteristik in Abschnitt 2

Allgemeine Gerinne Daten:	Abkürzung	Wert	Einheit
Rauheitsbeiwert - Sohle	$k_{St,s}$	28	$m^{1/3}/s$
Rauheitsbeiwert - Böschung li.	$k_{St,m}$	25	$m^{1/3}/s$
Rauheitsbeiwert - Böschung re.	$k_{St,n}$	25	$m^{1/3}/s$
Gefälle	I_E	0.42	%

In dem betrachteten Bereich ufer die Würm bei deinem HQ_{100} kurz hinter der Brücke des Paul-Ehrlich Weges nach links aus. Dieser Bereich kann schadlos überflutet werden und trägt dazu bei, dass die WSP-Lage im Gerinne sinkt, was einen positiven Effekt für die Anlieger auf der anderen Uferseite bedeutet. Um diesen Effekt noch stärker auszunützen und die Retentionswirkung der linken Fläche schon bei deinem geringeren Abfluss zu nutzen, kann die Höhe der linkseitigen Böschung des Ufers reduziert werden. Zur Veranschaulichung ist in Abbildung 26 der neu dimensionierte Querschnitt dargestellt.

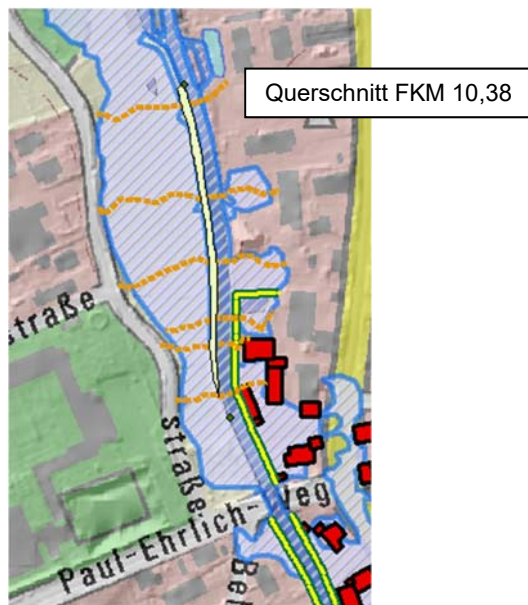


Abbildung 25: Übersicht der benötigten Fläche für die Gerinneaufweitung im Abschnitt 2

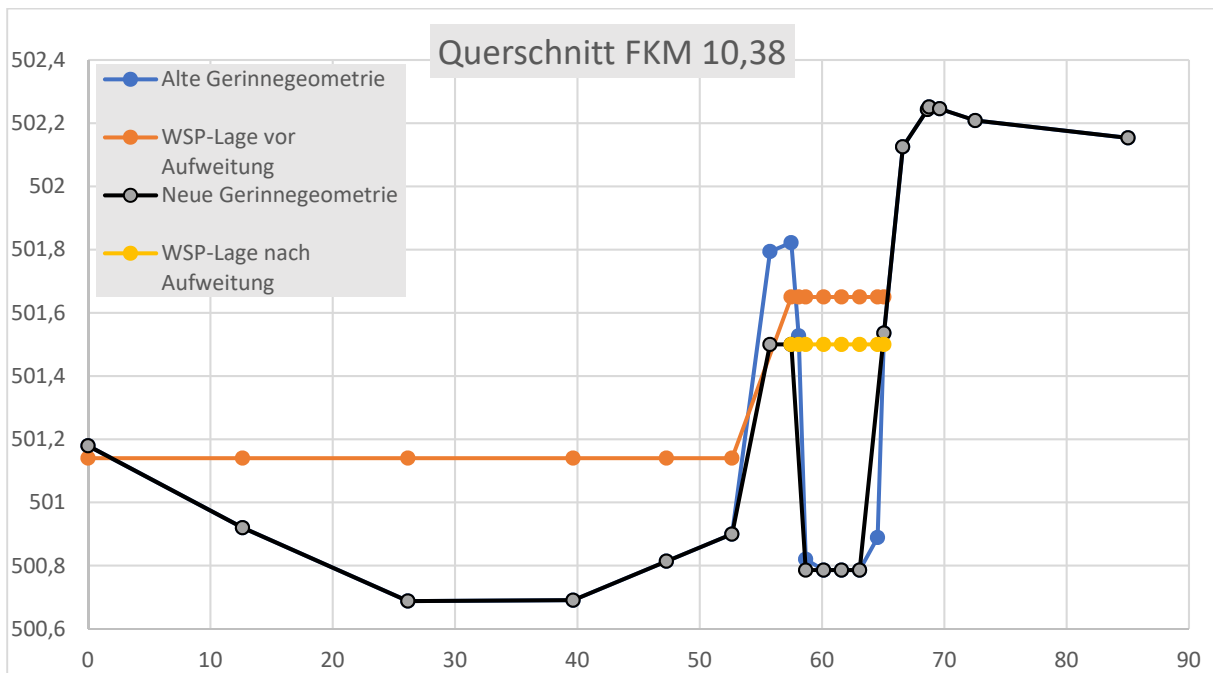


Abbildung 26: Darstellung des Querschnittsprofils bei FKM 10,38

Der Abtrag des linken Ufers erfolgt entlang der weißen Fläche in Abbildung 25 mit einer Gesamtfläche von 721.12 m². Anzumerken ist hier, dass die Berechnungen sich nur auf das Hauptgerinne bezogen haben. Die WSP-Lage bezieht sich demnach nur auf das Hauptgerinne. Der Abtrag der linkseitigen Böschung wurde so dimensioniert, dass etwas mehr als das MQ noch im Gerinne verbleibt. Steigt der Abfluss darüber hinaus, fängt die Würm an nach links über die Ufer zu treten. So wird eine Ausuferung in die Vorgärten auf der anderen Flussseite verhindert.

Die Überflutungsfläche links neben dem Hauptgerinne wird als ausreichend angenommen um das gesamte HQ₁₀₀ aufzunehmen. Die Geländehöhe, die an das linkseitige Ü-Gebiet angrenzende Servet-Straße, ist gleichauf mit der Geländehöhe auf der rechten Uferseite und wirkt wie ein natürlicher Damm. Eine Überflutung der Servet-Straße ist somit nicht zu erwarten. Um eine frühzeitige Überflutung der rechten Uferseite direkt nach der Brücke des Paul-Ehrlich-Weges zu verhindern, wurde auf die rechtsseitige HWS-Mauer nicht verzichtet. In weiterführenden Untersuchungen ist dies zu überprüfen.

Außerdem ist zu überprüfen, ob die geplante Maßnahme eine Auswirkung auf das Stauziel des unterstrom liegenden Laufwasserkraftwerks hat. Die dezentralen Maßnahmen im Gewässer bedingen Änderungen bestehender Biotope und Lebensräume, die im Rahmen der Planung und Genehmigung der Maßnahmen in Einklang mit den gesetzlichen Vorgaben der Umweltgesetzgebung zu berücksichtigen sind.

Als letzter Punkt ist anzumerken, dass auch bei der Variante 3.2 ein eventueller Neubau von Brücken durch die geplanten Maßnahmen und den damit verbundenen lokal erhöhten Wasserspiegel im Flussquerschnitt erforderlich ist.

4.2 Variantenvergleich

In nachfolgender Tabelle 5 sind die oben untersuchten Varianten qualitativ gegenübergestellt, um eine besser Entscheidungsfindung zu ermöglichen und einen Überblick über die Auswirkungen der verschiedenen Varianten zu geben.

Tabelle 5: Variantenvergleichsmatrix

Variante	2	1	3.1	3.2
Abgeleitete Kriterien aus der UVPG	HWRB/Flutpolder	Flutmulde	Linienausbau	Linienausbau + naturnaher Gewässer-ausbau
Beeinträchtigung der Anwohner	- Deich von einer Höhe von 6m wären nötig.	+ Hauptsächlich landwirtschaftliche Flächen betroffen	- Mauern auf Länge von 5.650 Meter Länge nötig (teilweise bis zu 2 m Höhe und unter 1 m von Bebauung entfernt)	- Mauern auf Länge von 5.154 Meter Länge nötig (teilweise bis zu 2 m Höhe und unter 1 m von Bebauung entfernt)
Flächenverbrauch	- Nicht bilanziert	- 32 ha	+ 0,56 ha	+ 1,85 ha
Ökologische Eingriffsschwere	- Notwendigkeit von großflächigen Rodungen	- Auf einer Fläche von 32 ha müssen Bauarbeiten stattfinden und Bäume und Buschwerk gerodet werden	0 Auf einer Fläche von 0,56 ha müssen Bäume und Buschwerk gerodet werden. Stellenweise nur temporärer Eingriff in Landschaftsbild durch Einsatz mobiler Systeme	+ Auf einer Fläche von 1,85 ha müssen Bäume und Buschwerk gerodet werden. Stellenweise nur temporärer Eingriff in Landschaftsbild durch Einsatz mobiler Systeme. Stellenweise Verbesserung des ökologischen Zustandes durch naturnahe Gewässerentwicklung
Unterhaltskosten	- Hohe Unterhaltskosten durch erforderliche Freihaltung von Bewuchs und Überwachung der Ein- und Auslaufbauwerke	- Flutmulde muss als technisches Bauwerk ständig von Bewuchs freigehalten werden	0 Unterhaltskosten mittel (hoher Unterhalt für mobile Schutzsysteme notwendig)	0 Unterhaltskosten etwas geringer

Denkmalschutz	0 Teilweise Bodendenkmäler im Bereich des HWRB aber kein direkter Eingriff	+ Keine Bau- und/oder Bodendenkmäler betroffen	0 Nur im Bereich des Pasinger Stadtparks sind Bodendenkmäler betroffen	0 Nur im Bereich des Pasinger Stadtparks sind Bodendenkmäler betroffen
Sonstiges	- Es steht nicht ausreichend Platz zur Verfügung im Untersuchungsgebiet	- Es steht nicht ausreichend Platz zur Verfügung. Flutmulde würde nur Teilgebiet schützen	- Erschwernisse beim Abwickeln der Baumaßnahme durch dichte Bebauung	- Erschwernisse beim Abwickeln der Baumaßnahme durch dichte Bebauung
Gesamtkosten	0 Nicht bilanziert	0 Nicht bilanziert	+ Günstigste Variante Gesamtkosten: 8.251.000 €	0 230.000 € teurer als Variante 3.1 Gesamtkosten: 8.482.000 €

Legende:	
+	positive Bewertung
0	neutrale Bewertung
-	negative Bewertung

Da die Variante des Flutpolders und die Variante des HWRB im Rahmen der Prioritätenreihung als unwirtschaftlich eingestuft wurden, ist die Vorzugsvariante zwischen dem linearen Hochwasserschutz und der Kombination zwischen linearem Hochwasserschutz und naturnahem Gewässerausbau zu ermitteln. Nach rein ökonomischen Aspekten muss der Vorzug dem linearen Hochwasserschutz gegeben werden, da dieser mit rund 8,25 Mio. € die günstigere Variante darstellt. Nach ökologischen Gesichtspunkten ist allerdings die abgewandelte Variante des linearen Hochwasserschutzes vorzuziehen, da zumindest in zwei kleineren Bereichen ein verbesserter ökologischer Zustand hergestellt werden kann und das bei geringfügigen Mehrkosten. Die Variante 3.2 ist somit die Vorzugsvariante.

5. Prioritätenreihung

Die Prioritätenreihung erfolgt nach rein technischen Kriterien und wird auf Basis der „Handlungsanleitung zur Prioritätenreihung von Maßnahmen an Gewässer I“ vom Bayerischen Landesamt für Umwelt (2006) durchgeführt.

5.1 Schadenspotential

Bei der Schadensermittlung werden nur direkte Schäden an bestehenden Gebäuden und Bauwerken bewertet. Für die Ermittlung des Schadenspotentials wurden alle Gebäude im durch

ein hundertjährliches Hochwasser hervorgerufenen Überschwemmungsgebiet gezählt und entsprechend ihrer Nutzung (Wohngebäude, Betriebe, öffentliche Einrichtung) und Größe (Anzahl an Mitarbeitern, Anzahl an Wohnungen) mit einem Faktor belegt.

Im Untersuchungsgebiet sind 116 Gebäude von einem hundertjährlichen Hochwasser betroffen, wie schon in Kapitel 3.7 genauer erläutert wurde. Eine genaue Auflistung der Gebäude nach Nutzungsart bzw. Größe inklusive angesetzttem Faktor f_n kann der Anlage entnommen werden. Deren Schadenspotential ergibt sich zu $SP = 14.470.000 \text{ €}$.

5.2 Gewichtetes Schadenspotential

Das gewichtete Schadenspotential wird gemäß der Handlungsanleitung zur Prioritätenreihung von Maßnahmen an Gewässern I ermittelt. Das gewichtete Schadenspotential ergibt sich demnach als Produkt verschiedener Einflussfaktoren.

In Summe ergibt sich ein gewichtetes Schadenspotential (gSP) von 17.798.000 €. Die angesetzten Einzelfaktoren werden im Folgenden erläutert.

5.2.1 Faktor Vorwarnzeit

Die Würm ist als Auslauf des Starnberger-Sees kein stark alpin geprägtes Gewässer mehr und verhält sich durch den Rückhalt des Starnberger-Sees eher träge. Zudem weist das Gelände im Gemeindegebiet München Stadt entlang des Gewässerlaufes lediglich ein gemittelttes Gefälle von ca. 3,5 ‰ auf. Da sowohl ein Pegel inklusive Vorhersagewerte direkt nach dem Auslauf aus dem Starnberger-See (Leutstetten) und ein Pegel direkt im Untersuchungsgebiet (Obermenzing) vorhanden ist, wird eine Vorwarnzeit zwischen 12 und 24 Stunden angesetzt.

5.2.2 Faktor Verklausungsgefahr

Die Reduzierung der Verklausungsgefahr ist kein Ziel der Maßnahme, so dass dieser Faktor auf 0 gesetzt werden kann.

5.2.3 Faktor Deich

Da es im Betrachtungsraum bisher keine Hochwasserschutzanlagen gibt, bleibt dieser Faktor unberücksichtigt.

5.2.4 Faktor Überflutungshöhe

Im Bereich des Helios Klinikums München Pasing liegt eine maximale Differenz zwischen Geländehöhe und Wasserspiegellage bei einem HQ_{100} von 3,3 m vor. Die Überflutungshöhe wird ab 2 m und findet somit bei der Berechnung Berücksichtigung.

5.2.5 Risikofaktor

Der Risikofaktor wird anhand des Verhältnisses von schadlosen, in diesem Fall bordvollem Abfluss und Bemessungsabfluss (HQ100) ermittelt. Zudem ist das Geländere relief des künftig geschützten Gebietes stetig ansteigend.

5.3 Kostenschätzung

Wie bereits oben erwähnt, wurde keine Kostenberechnung für Variante 1 bzw. 2 durchgeführt, da diese Varianten bereits im Vorhinein aus mehreren Gründen für die Untersuchung im Rahmen der Basisstudie ausgeschlossen wurden. Nur für die beiden Varianten des linearen Gewässerausbaus wurden die Kosten bilanziert. In folgender Tabelle 6 sind die Kosten nach Kostengruppen gegliedert. Eine genaue Übersicht über die Kostenschätzung ist in der Anlage in Tabelle 10 bis Tabelle 13 zu finden.

Tabelle 6: Kostenübersicht der bilanzierten Varianten 3.1 und 3.2

Variante	Variante 3.1	Variante 3.2
KG1 [€]	83.311	276.926
KG2 [€]	1.202.233	1.330.911
KG3 [€]	5.031.235	4.887.697
KG5 [€]	251.562	256.885
KG7 [€]	98.525	101.286
Baugrunduntersuch.	266.675	274.148
Σ [€]	6.933.539	7.127.853
Nk 19% [€]	1.317.372	1.354.292
Σgesamt [€]	8.250.912	8.482.145
Gerundet auf 1000 €	8.251.000	8.482.000

Die Kosten für beide Varianten liegen ungefähr im selben Bereich, wobei die Variante mit der naturnahen Gewässeraufweitung rund 230.000 € teurer ist.

5.4 Gewichteter Kosten-Wirksamkeitsfaktor gKWF

Das Verhältnis zwischen gewichtetem Schadenspotential und Baukosten ergibt den gewichteten Kostenwirksamkeitsfaktor. Dieser wiederum hat eine Einteilung in Prioritätsklassen zur Folge:

Tabelle 7: Übersicht über Prioritätenklassen der Varianten

Variante	Variante 3.1	Variante 3.2
gKWF	2,2	2,1
Prioritätenklasse	Klasse 3	Klasse 3

Die beiden Varianten sind durch die Prioritätenreihung in die Klasse 3 einzustufen. Da der gewichtete Kostenwirkungsfaktor sehr ähnlich ist, resultiert aus den beiden Varianten auch die gleiche Prioritätsklasse.

6. Fazit und Ausblick

Zu Beginn der Basisstudie wurden die Varianten HWRB/Flutpolder und Flutmulde als nicht realisierbar eingestuft. Deshalb wurden die Varianten linearer Hochwasserschutz die kombinierte Variante aus linearem Hochwasserschutz und naturnahem Gewässerausbau technisch, wirtschaftlich und ökologisch verglichen. Hierbei ist die Kombinationsvariante zwar etwas teurer, aber technisch leichter zu realisieren und in ihrer Auswirkung vertretbarer. Deshalb wird die Variante 3.2 als Vorzugsvariante für den Hochwasserschutz an der Würm im Bereich der LHS München ausgewählt. Um den linearen Hochwasserschutz in der Vorentwurfsplanung genauer dimensionieren zu können, sollten bei der weiteren Planung folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Die Stadt München sollte die genauen Nutzungsarten der betroffenen Gebäude zur Verfügung stellen. Bisher wurde die Nutzungsart über die im GIS hinterlegte Funktion und durch eine Ortsbegehung ermittelt. Dies könnte zu einer Veränderung des gewichteten Schadenspotentials führen.
- Die dimensionierten Maßnahmen sollten durch eine Modellberechnung geprüft werden und eventuell angepasst werden. Hauptplanungsaufgabe ist in der Regel die Durchführung einer Wasserspiegellagenberechnung zur Ermittlung der Auswirkungen auf die Wasserstände. In Bezug auf alle Schutzgüter gilt es, den Wasserspiegelanstieg auf ein verträgliches Maß zu begrenzen und diesbezüglich die Querprofile der Mauern und die Rauheitselemente der Querschnittsaufweitung zu dimensionieren.

Im nächsten Schritt sind die hier gemachten Untersuchungen nochmals zu überprüfen und ggf. Anpassungen vorzunehmen. Die Untersuchungen in dieser Basisstudie dienen nur einer Priorisierung und besseren Vergleichbarkeit mit anderen Maßnahmen innerhalb Bayerns. Eine Variantenentscheidung kann nur mittels einer detaillierteren Untersuchung getroffen werden. In einem nächsten Schritt soll daher eine Variantenprüfung auf Vorentwurfsniveau erfolgen.

Wasserwirtschaftsamt München, den 08.08.2019

Gez.

Leon Fiedler

7. Anlage

Detailbeschreibung der Dimensionierung der HWS-Mauern

Für die Abschätzung des benötigten Mauervolumens wurde zuerst eine lineare Trendlinie der Geländehöhe ermittelt und mithilfe dieser ein linearer Verlauf der Kronenhöhe der Mauer berechnet. Anschließend wurde die gemittelte Höhe der Mauer von der Differenz zwischen Kronenhöhe der Mauer und Geländeverlauf kalkuliert, welche dann mit der Länge der Maßnahme multipliziert wurde. Da in dieser vereinfachten Betrachtung keine größeren Geländemodellierungen berücksichtigt werden, kann die lokale maximale Höhe der Mauern stark durch vereinzelte Geländemulden von der gemittelten bzw. Soll-Höhe der Mauer abweichen. Eine gleichmäßigere Höhe kann in zukünftigen Planungen durch einen optimierten Verlauf der Mauer oder durch Geländemodellierung erreicht werden. Bei den Bauausführungen bzw. Konstruktionsweisen der festen HWS-Mauern gibt es zahlreiche verschiedene Varianten. Sie können aus Stahlbeton, Stahl oder Mauerwerk bzw. als Kombination verschiedener Baustoffe errichtet werden. In dieser Basisstudie wird vereinfacht für die feste HWS-Mauer eine Gründung als Winkelstützmauer verwendet. Diese Variantenwahl hat vor Allem statische Gründe, da eine maximale Höhe von ca. 2 m und zusätzlich eine überströmungssichere Ausführung erforderlich ist. Die Untergrundverhältnisse sind aufgrund der hohen hydraulischen Gradienten (große Potenzialdifferenz und geringe wirksame Strömungslänge) insbesondere hinsichtlich der Durchlässigkeit, Erosionssicherheit und der Tragfähigkeit (Gründung) bei der Nachweisführung zu berücksichtigen. Zudem soll eine Vielzahl der Mauern mit Öffnungen versehen werden, die dann im Hochwasserfall mit mobilen Elementen oder Toren geschlossen werden können, damit der Zugang zum Gewässer weiterhin gewährleistet werden kann und zumindest eine geringfügige Durchgängigkeit für Kleintiere/Insekten bestehen bleibt. Die Größe und Anzahl der Öffnungen müssen in einer weiterführenden Planung bemessen werden.

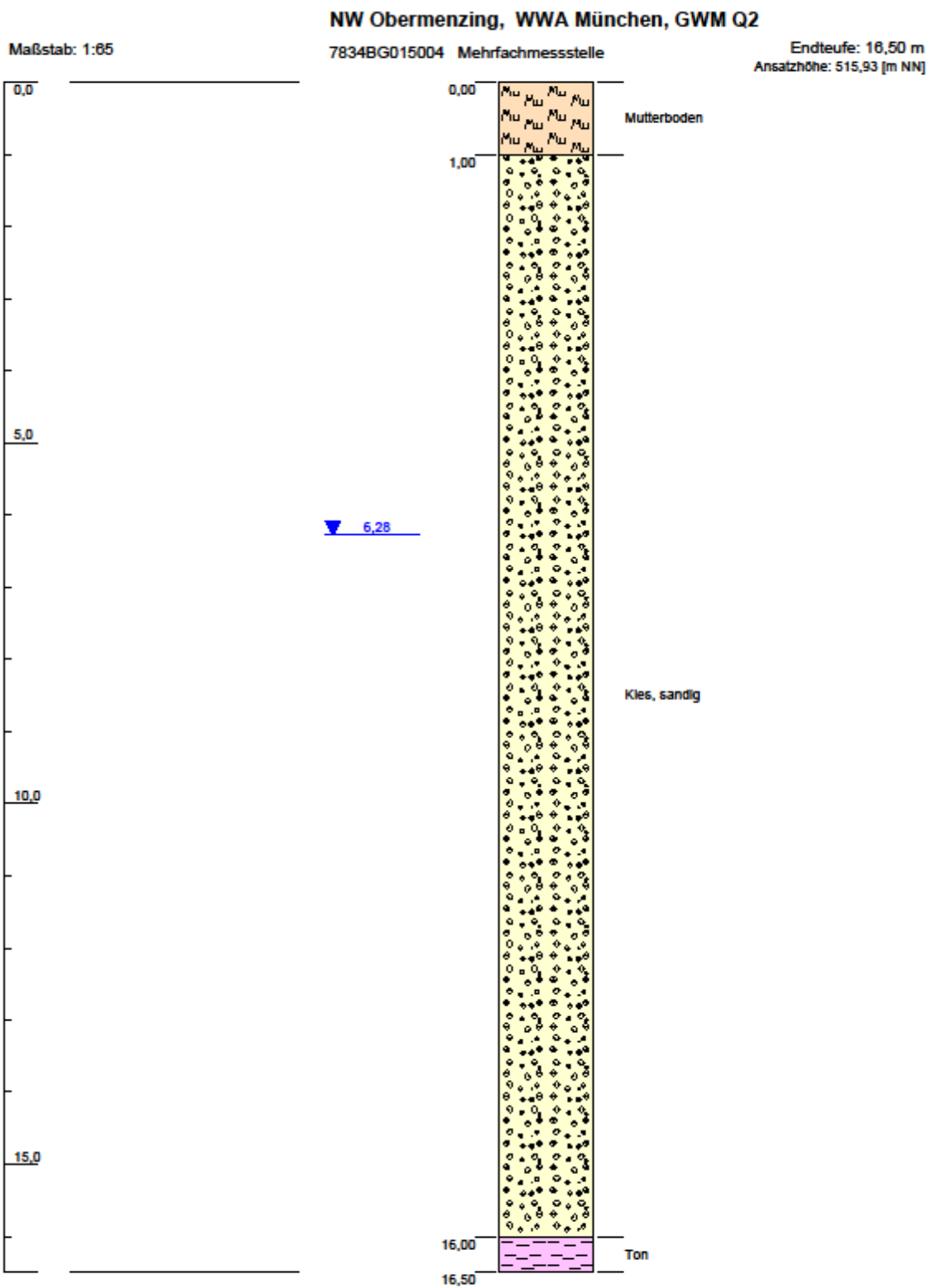


Abbildung 27: Bohrprofil Obermenzing

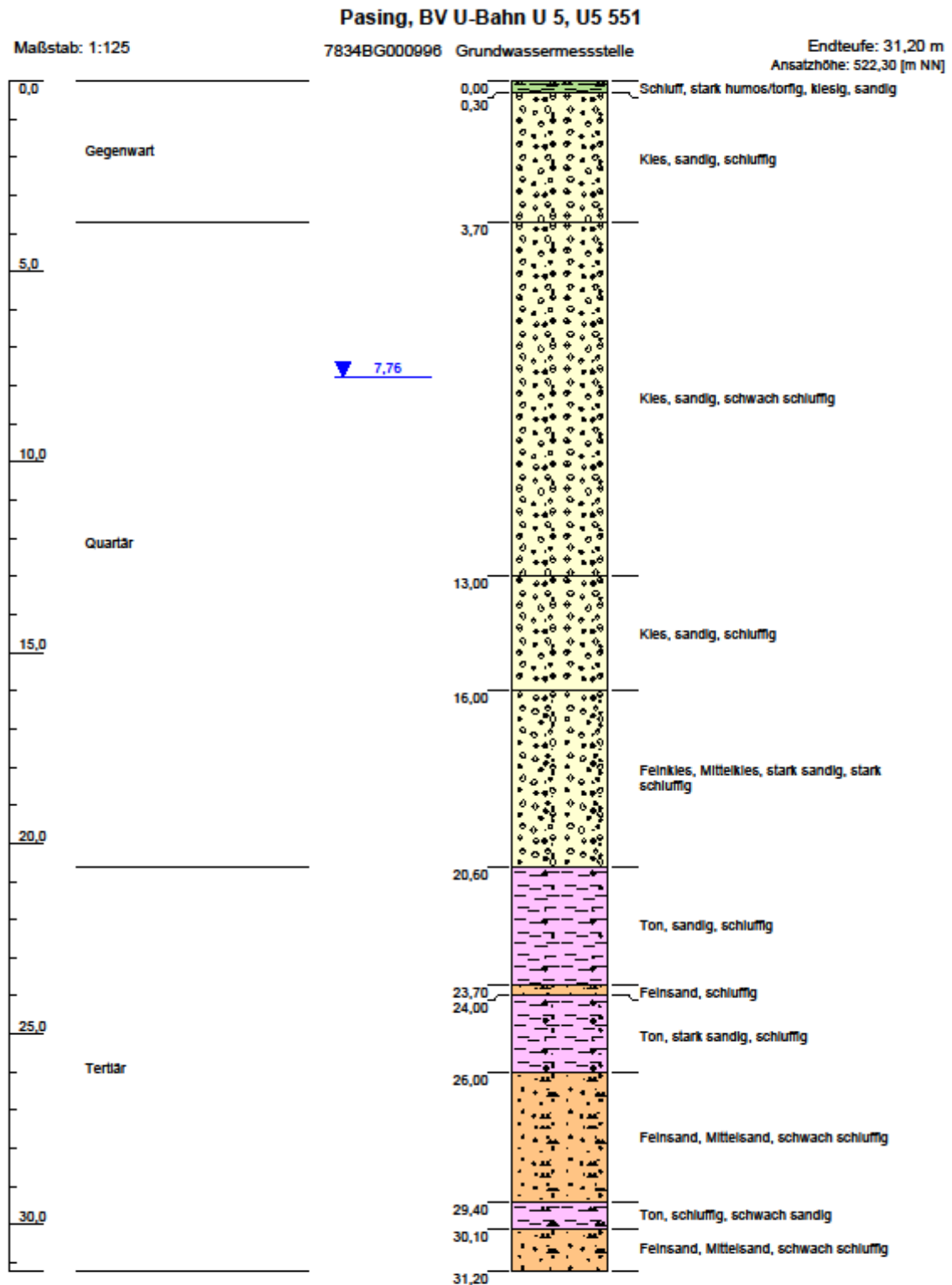


Abbildung 28: Bohrprofil Pasing

Haupttabelle für Grundwasserstände

Bayerisches Landesamt für Umwelt 

Abflussjahr: 2009 bis 2018
Ausgabedatum: 22.04.2019

Name der Messstelle: OBERMENZING Q 2
Name im Landesgrundwasserdienst (LGD): OBERMENZING Q 2
Messstellen-Nr. im LGD: 16710
Objektkennzahl: 1131 7834 00499
zuständiges Amt: Wasserwirtschaftsamt München
Rechtswert: 682373,24
Hochwert: 5338218,55
Grundwasserleiter: Schotterflächen
Geländehöhe [m ü. NN]: 515,93
Sohltiefe [m u. Gelände]: 16,00

Jahr	Monatsmittelwerte [m ü. NN]												Hauptwerte der Abflussjahre [m ü. NN]								Prüfstatus
	Winterhalbjahr						Sommerhalbjahr						Halbjahr		Höchster Wert		Mittelwert		Niedrigster Wert		
	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Winter	Sommer	Datum	HW	MW	Datum	NW		
2009					509,07	509,32	509,10	509,05	509,93	509,85	509,56	509,24		509,46	30.07.2009	510,04	509,39	06.03.2009	508,83	1,21	-
2010	509,13	509,01	508,94	508,82	508,78	508,69	508,64	509,32	509,61	510,70	510,70	510,24	508,90	509,87	18.08.2010	510,97	509,38	03.05.2010	508,61	2,37	geprüft / QS
2011	509,83	509,87	509,97	509,81	509,58	509,51	509,33	509,52	510,24	510,36	510,17	510,01	509,76	509,94	30.07.2011	510,48	509,85	27.05.2011	509,26	1,22	geprüft / QS
2012	509,74	509,49	509,65	509,77	509,62	509,47	509,36	509,40	509,52	509,38	509,49	509,34	509,62	509,42	01.02.2012	509,89	509,52	04.06.2012	509,26	0,63	geprüft / QS
2013	509,34	509,27	509,62	509,99	509,92	509,83	509,70	510,65	510,58	510,36	510,21	510,20	509,66	510,28	08.06.2013	510,76	509,97	16.12.2012	509,19	1,57	geprüft / QS
2014	510,17	509,90	509,65	509,62	509,38	509,13	508,94	508,77	508,66	508,75	508,81	508,84	509,64	508,80	01.11.2013	510,26	509,22	21.07.2014	508,63	1,63	geprüft / QS
2015	508,93	508,74	508,84	508,87	508,75	508,72	509,07	509,33	509,42	509,13	508,96	508,84	508,81	509,13	02.07.2015	509,51	508,97	03.01.2015	508,60	0,91	geprüft / QS
2016	508,79	508,78	508,75	509,04	509,26	509,16	509,09	509,47	509,77	510,24	510,19	510,06	508,96	509,80	16.08.2016	510,33	509,38	09.01.2016	508,68	1,65	geprüft / QS
2017	509,88	509,69	509,35	509,15	509,11	509,03	509,46	509,51	509,26	509,38	509,51	509,32	509,37	509,41	25.11.2016	509,91	509,39	26.04.2017	508,97	0,94	geprüft / QS
2018	509,17	509,05	509,32	509,54	509,40	509,27	509,13	509,21	509,28	509,22	509,20	509,16	509,29	509,20	04.02.2018	509,60	509,24	30.12.2017	508,99	0,62	geprüft / QS
Jahresbezug	Langjährigste Monatsmittelwerte [m ü. NN]												Langjährigste Hauptwerte [m ü. NN]								
2010/2010	509,13	509,01	508,94	508,82	508,78	508,69	508,64	509,32	509,61	510,70	510,70	510,24	508,90	509,87	18.08.2010	510,97	509,38	03.05.2010	508,61	2,37	geprüft / QS
2011/2018	509,48	509,35	509,39	509,47	509,38	509,26	509,26	509,48	509,59	509,60	509,57	509,47	509,39	509,50	08.06.2013	510,76	509,44	03.01.2015	508,60	2,16	geprüft / QS
2010/2018	509,44	509,31	509,34	509,40	509,31	509,20	509,19	509,46	509,59	509,72	509,69	509,56	509,33	509,54	18.08.2010	510,97	509,44	03.01.2015	508,60	2,37	geprüft / QS

Name im LGD: OBERMENZING Q 2
Messstellen-Nr. im LGD: 16710
Objektkennzahl: 1131 7834 00499
Abflussjahr: 2009 bis 2018

Erläuterung zum Prüfstatus:
- = ungeprüfte Daten
geprüft / QS = geprüfte / qualitätsgesicherte Daten

Abbildung 29: Haupttabelle für Grundwasserstände der Messstelle Obermenzing Q2

Tabelle 8: Daten zum Brückenstatus an der Würm im Bereich LHS-München

Lage	FKM	Brückennummer	Typ	KUK ü. NHN	WSP ü. NHN bei HQ100	Freibord HQ100	Status HQ100
Vor Kaflerstraße	16,72	5043	Fußgänger/Rad	521,99	521,93	0,06	nicht eingestaut
Vor Blumenburg	15,66	5092	Fußgänger/Rad	518,83	518,81	0,02	nicht eingestaut
Paul-Ehrlich-Weg	11,16	5052	Straße/Auto	502,99	502,89	0,1	nicht eingestaut
Kaflerstraße	16,7	5063	Straße/Auto	522,55	521,81	0,74	nicht eingestaut
Endeweg	18,22	5055	Fußgänger/Rad	528,44	528,61	-0,17	eingestaut
Bei St. Martin Kirche	13,71	5004	Fußgänger/Rad	510,84	510,04	0,8	nicht eingestaut
Theodor-Fischer-Straße	12,28	5038	Straße/Auto	507,28	506,81	0,47	nicht eingestaut
Wiguläus-Hundt-Weg	15	5002	Straße/Auto	518,41	517,47	0,94	nicht eingestaut
Verdistraße	14,85	5022	Straße/Auto	517,51	517,18	0,33	nicht eingestaut
Bodenseestraße	17,05	5064	Straße/Auto	524,25	523,64	0,61	nicht eingestaut
Vesaliusstraße	11,92	5039	Straße/Auto	505,61	505,42	0,19	nicht eingestaut
St. Johann-Straße	11,64	5046	Fußgänger/Rad	504,54	504,37	0,17	nicht eingestaut
Nach St. Martin Kirche	13,1	5005	Fußgänger/Rad	509,92	509,73	0,19	nicht eingestaut
Kraftwerk Oberpiller	14,7	5099	Fußgänger/Rad	516,45	516,61	-0,16	eingestaut
Nach Verdistraße	14,75	5049	Fußgänger/Rad	517,4	516,81	0,59	nicht eingestaut
Am Paul-Eipper Weg	18,86	5107	Fußgänger/Rad	530,87	530,44	0,43	nicht eingestaut
Marschnerstraße	16,34	5023	Straße/Auto	521,75	520,87	0,88	nicht eingestaut
Nach Bodenseestraße	16,9	5086	Fußgänger/Rad	522,96	523,09	-0,13	eingestaut
Jos.-Felder-Straße	16,6	5093	Straße/Auto	523,73	521,57	2,16	nicht eingestaut
Nach Bodenseestraße	16,82	5114	Fußgänger/Rad	522,66	522,45	0,21	nicht eingestaut
Bei St. Wolfgang Kirche	15,94	5071	Straße/Auto	519,14	519,5	-0,36	eingestaut
Nach Hohenadelweg	10,06	5068	Zug	504,32	497,95	6,37	nicht eingestaut
Hohenadelweg	10,12	5067	Fußgänger/Rad	498,34	498,14	0,2	nicht eingestaut
Mühlangerstraße/ Von-Kahr-Straße	13,31	5105	Straße/Auto	510,59	510,29	0,3	nicht eingestaut

Lage	FKM	Brückenummer	Typ	KUK ü. NHN	WSP ü. NHN bei HQ100	Freibord HQ100	Status HQ100
Am Paul-Eipper Weg	19,13	5076	Fußgänger/Rad	532,11	531,63	0,48	nicht eingestaut
Kleselstraße	10,67	5060	Straße/Auto	500,05	499,99	0,06	nicht eingestaut
Institutstraße	17,12	5034	Straße/Auto	523,89	523,79	0,1	nicht eingestaut
Bahnstreckenüberführung Pasing	16,5	5113	Zug	523,84	521,49	2,35	nicht eingestaut
Kornbergerweg	16,18	5042	Fußgänger/Rad	520,87	520,32	0,55	nicht eingestaut
Im Pasinger Stadtpark	18,72	5007	Fußgänger/Rad	530,05	530,3	-0,25	eingestaut
Betzenweg	14,55	5001	Straße/Auto	515,38	515,24	0,14	nicht eingestaut
Auenbruggerstraße	12,52	5025	Straße/Auto	507,93	507,59	0,34	nicht eingestaut
Kraftwerk Oberpiller	14,7	5070	Fußgänger/Rad	516,71	516,74	-0,03	eingestaut
Vor Inselmühle	13,72	5048	Fußgänger/Rad	513,23	512,44	0,79	nicht eingestaut
Dorfstraße	14,37	5026	Straße/Auto	514,37	514,67	-0,3	eingestaut
Am Wasserschloss	17,22	5106	Fußgänger/Rad	526,07	525,81	0,26	nicht eingestaut
Ende Avenariusstraße	17,72	5087	Fußgänger/Rad	526,93	527,11	-0,18	eingestaut
Nach st. Martin Kirche	13,05	5014	Fußgänger/Rad	509,72	509,53	0,19	nicht eingestaut

Tabelle 9: Daten zu Querbauwerken an der Würm im Bereich LHS-München

Wehrbauwerke								
FKM	NAME	Objektnummer	Funktion	Durchgängigkeit	Fließgeschwindigkeit	Fallhöhe [m]	Länge Rückstau [m]	Bauwerk Zustand
19,18	Lochhamer Falle	11602	Ausleitungsbauwerk	nicht durchgängig	reißend bis stürzend: > 1,0 m/s bis <= 3,0 m/s	2,0	< 100 m	intakt
17,18	Haller Mühle	11603	Laufkraftwerk	nicht durchgängig	reißend bis stürzend: > 1,0 m/s bis <= 3,0 m/s	2,1	< 100 m	intakt
16,78	Manzinger Mühle	11604	Laufkraftwerk	nicht durchgängig	reißend bis stürzend: > 1,0 m/s bis <= 3,0 m/s	0,6	< 100 m	baufällig
14,73	TW Oberpiller	11605	Laufkraftwerk	nicht durchgängig	reißend bis stürzend: > 1,0 m/s bis <= 3,0 m/s	1,2	< 100 m	intakt
13,6	Inselmühle	11606	Ausleitungsbauwerk	frei durchgängig	unbekannt	1,8	unbekannt	baufällig
10,778	TW Hohenthann	11608	Laufkraftwerk	nicht durchgängig	unbekannt	2,2	unbekannt	baufällig
0,887	Triebwerkskanal Technocell	11609	Sonstiges	nicht durchgängig	unbekannt	0,0	unbekannt	baufällig
13,42	Inselmühle	38536	Ausleitungsbauwerk	nicht durchgängig	reißend bis stürzend: > 1,0 m/s bis <= 3,0 m/s	0,5	100 - 500 m	intakt
10,89	Ausleitung Allacher Mühle	38537	Ausleitungsbauwerk	nicht durchgängig	reißend bis stürzend: > 1,0 m/s bis <= 3,0 m/s	2,0	100 - 500 m	intakt
0	Ausleitung Pasing-Nymphenburg-Kanal	40985	Ausleitungsbauwerk	frei durchgängig	nicht erkennbar bis schnell: <= 1,0 m/s	0,0	< 100 m	intakt
Sohlbauwerke								
FKM	NAME	Objektnummer	Funktion	Durchgängigkeit	Fließgeschwindigkeit	Fallhöhe [m]	Länge Rückstau [m]	Bauwerk Zustand
18,94	Absturz	11712	Sonstiges	nicht durchgängig	reißend bis stürzend: > 1,0 m/s bis <= 3,0 m/s	0,9	unbekannt	intakt

18,06	Rampe	11713	Sohlsicherung	eingeschränkt	nicht erkennbar bis schnell: $\leq 1,0$ m/s	0,1	unbekannt	intakt
18,19	Rampe	11714	Sohlsicherung	eingeschränkt	reißend bis stürzend: $> 1,0$ m/s bis $\leq 3,0$ m/s	0,2	unbekannt	intakt
16,87	Absturz/Rampe	11715	Sohlsicherung	eingeschränkt	reißend bis stürzend: $> 1,0$ m/s bis $\leq 3,0$ m/s	0	unbekannt	baufällig
12,9	Rampe	48236	Sohlsicherung	eingeschränkt	reißend bis stürzend: $> 1,0$ m/s bis $\leq 3,0$ m/s	0	unbekannt	intakt

Tabelle 10: Kosten der HWS-Mauern für Variante 3.1

Kosten HWS-Mauern						
KGR	Kurztext	Menge	ME	EP [EUR]	GB [EUR]	Bemerkung
1	Grundstückskosten				83,310.92	
	Grunderwerb	5554.06	m²	15	83,310.92	Erwerb von Flächen in ortsnahen Lagen (10 – 15 €/ m²)
2	Herrichten und Erschließen				1,202,232.52	
	Feste HWS-Wände + mobile Elemente					
	Hecken und Buschwerk roden	5554.06	m²	2	11,108.12	
	Waldflächen freimachen, Fällen der Bäume, Wurzelst. roden	5554.06	m²	3.5	19,439.21	
	Bäume fällen und Wurzelstöcke roden (DU 0,31 – 0,50m)	300.00	Stk	40	12,000.00	
	Baustraße herstellen	2000.00	lfm	50	100,000.00	
	Baugrunderkundung	1.00	%	266,675	266,674.59	4% der Gesamtkosten
	Beweissicherung (pauschal je nach Maßnahme, hier: HWS)	1.00	psch	50,000	50,000.00	
	Spartensicherung (pauschal je Maßnahme, hier: HWS)	1.00	psch	250,000	250,000.00	
	Höhenfestpunkte einmessen, erstellen	100.00	Stk	50	5,000.00	
	Baustelle einrichten, vorhalten, räumen	1.00	%	754,685	754,685.18	10- 15% der Baukosten
3	Bauwerke				5,031,234.55	
	Feste HWS-Wände					
	Planum für Sohle herstellen	5045.23	m²	2	10,090.46	
	Mauern (als fertige Bauwerke)	5045.23	lfm	800	4,036,182.97	ungefährer Richtwert
	Verschlüsse für Öffnungen von festen Mauern (Dambalkenverschluss)	500	Stk	1000	500,000.00	Annahme für Öffnungen: 1 - 1,5 m Breite; Öffnungen ca. alle 100 m
	Mobile Elemente					
	Dambalkenverschlüsse	484.96	m²	1,000.00	484,961.13	geschätzter Richtwert für Herstellung, Lagerung, Aufbau, Testaufbau
5	Landschaftsplanung				251,561.73	
	Ausgleichs- u. Ersatzmaßnahmen	1	%	251,562	251,561.73	(5% der KG 3)
7	Baunebenkosten				98,525.10	
	Architekten- u. Ing.-Honorar	1	%	98525.1	98,525.10	(15% der GK)
	Gesamtkosten netto (ohne Mehrwertsteuer)				6,933,539.40	
	Gesamtkosten brutto (mit Mehrwertsteuer 19%)				8,250,911.89	

Tabelle 11: Kosten der HWS-Mauern für Variante 3.2

Kosten HWS-Mauern						
KGR	Kurztext	Menge	ME	EP [EUR]	GB [EUR]	Bemerkung
1	Grundstückskosten				76,335.89	
	Grunderwerb	5089.06	m²	15	76,335.89	Erwerb von Flächen in ortsnahen Lagen (10 – 15 €/ m²)
2	Herrichten und Erschließen				1,133,758.06	
	Feste HWS-Wände + mobile Elemente					
	Hecken und Buschwerk roden	5089.06	m²	2	10,178.12	
	Waldflächen freimachen, Fällen der Bäume, Wurzelst. roden	5089.06	m²	3.5	17,811.71	
	Bäume fällen und Wurzelstöcke roden (DU 0,31 – 0,50m)	300.00	Stk	40	12,000.00	
	Baustraße herstellen	1800.00	lfm	50	90,000.00	
	Baugrunderkundung	1.00	%	247,720	247,719.75	4% der Gesamtkosten
	Beweissicherung (pauschal je nach Maßnahme, hier: HWS)	1.00	psch	50,000	50,000.00	
	Spartensicherung (pauschal je Maßnahme, hier: HWS)	1.00	psch	250,000	250,000.00	
	Höhenfestpunkte einmessen, erstellen	100.00	Stk	50	5,000.00	
	Baustelle einrichten, vorhalten, räumen	1.00	%	698,768	698,768.23	10- 15% der Baukosten
3	Bauwerke				4,658,454.88	
	Feste HWS-Wände					
	Planum für Sohle herstellen	4700.02	m²	2	9,400.05	
	Mauern (als fertige Bauwerke)	4700.02	lfm	800	3,760,019.26	ungefährer Richtwert
	Verschlüsse für Öffnungen von festen Mauern (Dambalkenverschluss)	500	Stk	1000	500,000.00	Annahme für Öffnungen: 1 - 1,5 m Breite; Öffnungen ca. alle 100 m
	Mobile Elemente					
	Dambalkenverschlüsse	389.04	m²	1,000.00	389,035.57	geschätzter Richtwert für Herstellung, Lagerung, Aufbau, Testaufbau
5	Landschaftsplanung				232,922.74	
	Ausgleichs- u. Ersatzmaßnahmen	1	%	232,923	232,922.74	(5% der KG 3)
7	Baunebenkosten				91,522.07	
	Architekten- u. Ing.-Honorar	1	%	91522.1	91,522.07	(15% der GK)
	Gesamtkosten netto (ohne Mehrwertsteuer)				6,440,713.39	
	Gesamtkosten brutto (mit Mehrwertsteuer 19%)				7,664,448.94	

Tabelle 12: Kosten der Deiche für Variante 3.2

Kosten Deiche						
KGR	Kurztext	Menge	ME	EP [EUR]	GB [EUR]	Bemerkung
1	Grundstückskosten				25,161.95	
	Grunderwerb	1677.46	m²	15	25,161.95	Erwerb von Flächen in ortsnahen Lagen (10 – 15 €/ m²)
2	Herrichten und Erschließen				83,242.64	
	Feste HWS-Wände + mobile Elemente					
	Hecken und Buschwerk roden	1677.46	m²	2	3,354.93	
	Waldflächen freimachen, Fällen der Bäume, Wurzelst. roden	1677.46	m²	3.5	5,871.12	
	Bäume fällen und Wurzelstöcke roden (DU 0,31 – 0,50m)	30.00	Stk	40	1,200.00	
	Baustraße herstellen	200.00	lfm	50	10,000.00	
	Baugrunderkundung	1.00	%	7,902	7,901.60	4% der Gesamtkosten
	Beweissicherung (pauschal je nach Maßnahme, hier: HWS)	1.00	psch	50,000	50,000.00	
	Höhenfestpunkte einmessen, erstellen	10.00	Stk	50	500.00	
	Baustelle einrichten, vorhalten, räumen	1.00	%	12,317	12,316.59	10- 15% der Baukosten
3	Bauwerke				82,110.60	
	Oberboden Abtragen + Entsorgen	503.24	m³	7.0	3,522.67	0,3 m Abtrag
	Planum für Sohle herstellen	1677.46	m²	2	3,354.93	
	Deichschüttmaterial liefern und einbauen	930.67	m³	20	18,613.48	
	Stahlpundwand liefern und einbauen	298.5	m²	150	44,775.00	
	Bentonit-Textil als Deichoberflächendichtung	1284.09	m²	6.00	7,704.52	
	Feldweg für Deichschutzstreifen	276	m²	15.00	4,140.00	
5	Landschaftsplanung				4,105.53	
	Ausgleichs- u. Ersatzmaßnahmen	1	%	4,106	4,105.53	(5% der KG 3)
7	Baunebenkosten				2,919.31	
	Architekten- u. Ing.-Honorar	1	%	2919.3	2,919.31	(15% der GK)
	Gesamtkosten netto (ohne Mehrwertsteuer)				205,441.62	
	Gesamtkosten brutto (mit Mehrwertsteuer 19%)				244,475.53	

Tabelle 13: Kosten der Gerinneaufweitung für Variante 3.2

Kosten Gerinneaufweitung						
KG R	Kurztext	Menge	ME	EP [EUR]	GB [EUR]	Bemerkung
1	Grundstückskosten				175,428.30	
	Grunderwerb	11695.22	m ²	15	175,428.30	Erwerb von Flächen in ortsnahen Lagen (10 – 15 €/ m ²)
2	Herrichten und Erschließen				113,910.10	
	Hecken und Buschwerk roden	11695.22	m ²	2	23,390.44	
	Waldflächen freimachen, Fällen der Bäume, Wurzelst. roden	2500.00	m ²	3.5	8,750.00	
	Bäume fällen und Wurzelstöcke roden (DU 0,31 – 0,50m)	80.00	Stk	40	3,200.00	
	Baustraße herstellen	100.00	lfm	50	5,000.00	
	Baugrunderkundung	1.00	%	18,527	18,526.84	4% der Gesamtkosten
	Beweissicherung (pauschal je nach Maßnahme, hier: HWS)	1.00	psch	50,000	50,000.00	
	Höhenfestpunkte einmessen, erstellen	30.00	Stk	50	1,500.00	
	Baustelle einrichten, vorhalten, räumen	1.00	%	22,070	22,069.66	10- 15% der Baukosten
3	Bauwerke				147,131.09	
	Abschnitt 1					
	Erarbeiten und Aushub des Gerinnes	3,680.88	m ³	12.0	44,170.55	
	Sohlsubstrat umlagern, zw.lagern und einbauen	520.00	m ³	100	52,000.00	Annahme 0,2 m Tiefe
	Steinsatz aus Wasserbausteine herstellen	2000.00	m ²	25	50,000.00	inklusive Material
	Abschnitt 2					
	Erarbeiten und Aushub des Gerinnes	80.04	m ³	12.0	960.54	
5	Landschaftsplanung				19,856.55	
	Ausgleichs- u. Ersatzmaßnahmen	1	%	7,357	7,356.55	(5% der KG 3)
	Herstellen eines naturnahen Zustandes	2500.00	m ²	5	12,500.00	Annahme: Wiederbepflanzung 5€/m ²
7	Baunebenkosten				6,844.89	
	Architekten- u. Ing.-Honorar	1	%	6844.9	6,844.89	(15% der GK)
	Gesamtkosten netto (ohne Mehrwertsteuer)				481,697.77	
	Gesamtkosten brutto (mit Mehrwertsteuer 19%)				573,220.35	