STADT PENZBERG

Landkreis Weilheim - Schongau

BEGRÜNDUNG
Teil II

Hydrologie mit Massnahmen zur wasserrechtlichen Genehmigung

Bebauungsplan „Ahornstrasse“

gemäß § 13a BauGB

Die Aufstellung des Bebauungsplanes umfasst
Flurstück-Nummer 1163/3, 1163/24TF,1163/25, 944TF
Gemarkung Penzberg

PLANVERFASSER

Dr. Blasy - Dr. Øverland
Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG

Moosstraße 3 82279 Eching am Ammersee
☏ 08143 / 997 100 info@blasy-overland.de
🖷 08143 / 997 150 www.blasy-overland.de

Eching, den 08.04.2015

Verzeichnis der Unterlagen

Erläuterungsbericht

Anlage 1: Bemessung des Rückhaltevolumens gemäß DWA A 117

Anlage 2: Nachweis der qualitativen Gewässerbelastung gemäß DWA M 153

Anlage 3: Pläne nach Planverzeichnis

Erläuterungsbericht

1. Veranlassung und Vorgehen 1
2. Angaben zum geplanten Baugebiet und Randbedingungen für die Untersuchungen 2
3. Untergrundverhältnisse 5
4. Handlungsfeld Hochwasser 6
4.1 Allgemeine Angaben 6
4.2 Hydraulisches Berechnungsmodell 7
4.3 Untersuchte Lastfälle und Bemessungsabflüsse 8
4.4 Hochwassersituation im Istzustand 10
4.5 Hydraulische Wirkung des geplanten Baugebiets (Ausgangszustand) 11
4.6 Maßnahmen zu Retentionsraumausgleich und naturnaher Bachgestaltung 13
4.6.1 Allgemeines 13
4.6.2 Modellierung des Planungszustands 14
4.6.2.1 Wasserspiegelveränderungen 15
4.6.2.2 Überschwemmungssituation 16
4.6.2.3 Retentionsraum 18
4.6.2.4 Gefährdungspotential 19
4.6.2.5 Nachweis der Vermeidung einer Abflussverschärfung 20
4.6.2.6 Schubspannungen und Erosionsgefahr 22
4.6.2.7 Hochwassersicherheit 23
4.6.2.8 Auswirkungen auf das Grundwasser 24
4.6.3 Konstruktive Gestaltung 25
5. Handlungsfeld Niederschlagswasser 27
5.1 Allgemeines 27
5.2 Bemessungsniederschläge 29
5.3 Ermittlung des Rückhaltevolumens 31
5.3.1 Bestimmung der Größe der Abflussdrosselung 31
5.4 Dimensionierung des Rückhaltevolumens 33
5.5 Nachweis der qualitativen Gewässerbelastung 34
6. Handlungsfeld Schmutzwasser 36

1. Veranlassung und Vorgehen

Auf den derzeit unbebauten Grundstücken Fl. Nr. 1163/25 und 1163/3 im Stadtgebiet von Penzberg soll ein Baugebiet errichtet werden. Bei der Erschließung dieses Gebiets sind wasserwirtschaftliche Fragestellungen zu berücksichtigen. Zur Vorbereitung anstehender Entscheidungen werden mit den hier vorgelegten Unterlagen technische Maßnahmen konzipiert und bemessen, die im Hinblick auf folgende Belange erforderlich werden.

▷ **Hochwasser:**

Im Rahmen der Bearbeitung eines Hochwasserschutzkonzepts für die Stadt Penzberg wurden die im Stadtgebiet zu erwartenden Überschwemmungsgebiete der Gewässer III. Ordnung mit Hilfe von hydraulischen Berechnungen ermittelt (Studie 2010)[1]. Nach den Ergebnissen dieser Berechnungen ist das am nördlichen Ufer des Langseegrabens geplante Baugebiet bei Hochwasserführung bereichsweise von Überschwemmungen betroffen (vgl. Abbildung 3.1).

Nach § 78 Abs. 1 Satz 1 Nummer 1 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) ist die Ausweisung von neuen Baugebieten in Bauleitplänen in festgesetzten oder vorläufig gesicherten Überschwemmungsgebieten untersagt. Gemäß § 78 Abs. 2 WHG kann die Behörde die Ausweisung neuer Baugebiete jedoch ausnahmsweise zulassen, wenn neben anderen Bedingungen eine Reihe von wasserwirtschaftlichen Bedingungen erfüllt werden, die im Detail im Kap. 4.1 aufgelistet werden.

Um diese Bedingungen zu erfüllen, sollen bei der Errichtung des Baugebiets geeignete Maßnahmen umgesetzt werden. Konkret soll die Geländeoberkante im Baugebiet auf eine hochwassersichere Höhe aufgefüllt werden. Der dadurch verloren gehende Retentionsraum soll durch technische Maßnahmen am Langseegraben ausgeglichen werden. In diesem Zusammenhang ist auch geplant, das Gewässer im näheren Umfeld naturnah zu gestalten, so dass zusätzlich eine naturschutzfachliche Aufwertung erreicht wird.

▷ **Niederschlagswasser:**

Das auf den Flächen des geplanten Baugebiets anfallende Niederschlagswasser fließt derzeit breitflächig über die Geländeoberfläche zum Langseegraben ab. Im Zuge der Bebauung werden die Grundstücksflächen teilweise versiegelt, so dass eine geordnete Ableitung des Niederschlagswassers gewährleistet werden muss. Da der Untergrund aus gering durchlässigen Böden besteht, ist eine Ableitung durch Versickerung nicht möglich. Das gesammelte Wasser soll deshalb in den Langseegraben eingeleitet werden.

Der aus dem Niederschlag entstehende Abfluss aus befestigten Flächen ist höher als im unbebauten Zustand. Durch die geplante Bebauung würde sich daher ein höherer Abfluss in den Langseegraben ergeben. Um daraus resultierende Beeinträchtigungen für das Gewässer und nachteilige Auswirkung für Anlieger zu vermeiden, soll das Niederschlagswasser in ausreichendem Umfang zurückgehalten und gedrosselt in den Langseegraben abgeleitet werden.

[1] „Hochwasserschutzkonzept an den Gewässern III. Ordnung der Stadt Penzberg“, Dr. Blasy – Dr. Øverland Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG, Eching a. A. 22.12.2010

▷ **Schmutzwasser:**

Das Baugebiet soll in Trennverfahren entwässert werden. Das Schmutzwasser soll in einen Mischwasserkanal eingeleitet werden, der in der Ahornstraße verläuft. Vorausgehende Untersuchungen haben allerdings gezeigt, dass dieser Kanal bei stärkeren Niederschlägen überlastet ist. Um nachteilige Auswirkungen durch zusätzliche Einleitungen zu vermeiden, soll die bei Regenwetter anfallende Schmutzwassermenge zwischengespeichert werden. Die Ableitung in den Mischwasserkanal soll erst nach dem Abklingen des Niederschlags erfolgt, wenn der Kanal eine dafür ausreichende Leistungsfähigkeit aufweist.

Die Unterlagen können zur Vorbereitung eines Billigungsbeschlusses für das Baugebiet Ahornstraße durch die Stadt Penzberg verwendet werden. Ggf. erforderliche wasserrechtliche Verfahren werden unter Berücksichtigung der Unterlagen in einem nächsten Schritt beantragt.

2. Angaben zum geplanten Baugebiet und Randbedingungen für die Untersuchungen

Grundlage für die durchgeführten Untersuchungen und Planungen ist der Bebauungsplanentwurf Ahornstraße vom 31.03.2015 (BBP). Die Unterlagen zum BBP wurden vom Baubüro Gumberger aus Penzberg zur Verfügung gestellt. Die Abbildung 2.1 zeigt den Entwurf.

Das Baugebiet umfasst die Grundstücke Fl. Nr. 1163/25 und 1163/3. Diese Grundstücke grenzen im Süden an den Langseegraben. Etwa 3,0 m entfernt vom nördlichen Ufer des Grabens verläuft ein Mischwasserkanal DN 250 durch die Grundstücke.

Die Planung zum Baugebiet sieht vor, den ca. 15 m breiten Bereich zwischen dem Langseegraben und dem südlichen Rand des Baugebiets als öffentliche Grünfläche auszuweisen. In diesem Bereich verläuft der o.g. Mischwasserkanal parallel zum Gewässer.

Wie aus der Abbildung 2.1 ersichtlich wird, soll auf Höhe der derzeitigen Grundstücksgrenze zwischen den Fl. Nrn. 1163/25 und 1163/3 ein Geh- und Radweg angelegt werden. Dieser Weg soll später in südlicher Richtung verlängert werden und über den Langseegraben mit Hilfe einer neu zu bauenden Brücke geführt werden. Damit wird eine Wegverbindung zwischen dem Baugebiet und den südlich des Langseegrabens gelegenen Flächen geschafft. Die Fußgängerbrücke ist nicht Gegenstand der hier vorgelegten Untersuchungen. Sie soll jedoch als relevante Randbedingung berücksichtigt werden.

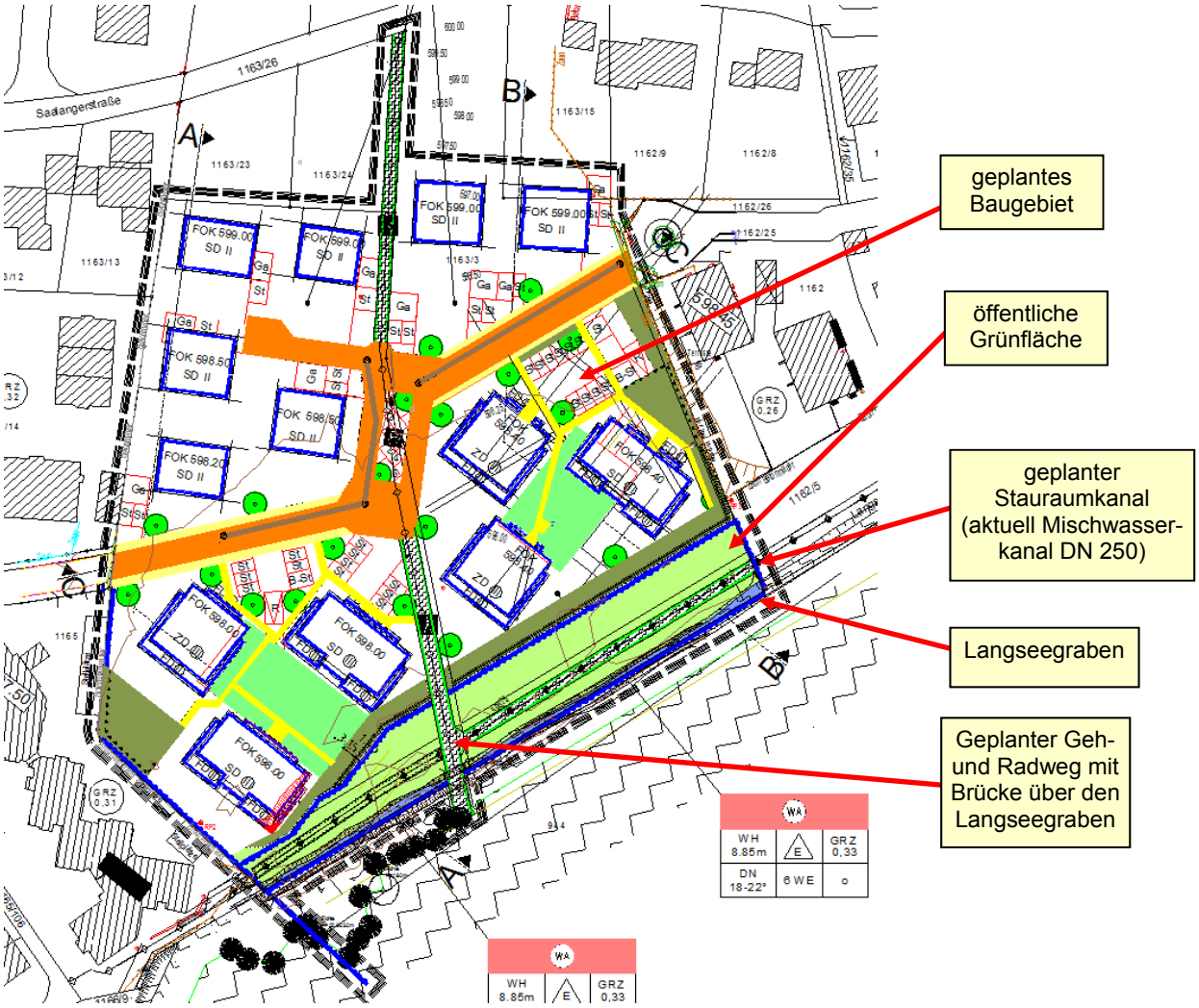

Abbildung 2.1: Lageplan zum aktuellen Entwurf des BBP Ahornstraße, Stand vom 31.03.2015 (Quelle: Baubüro Gumberger)

Um die Hochwassersicherheit des neuen Baugebiets zu gewährleisten, werden die bebauten Flächen auf eine Mindestkote von 598,00 m+NN aufgefüllt. Durch diese Maßnahme entsteht zwischen dem Baugebiet und dem öffentlichen Grünstreifen ein Höhenunterschied, der mit einer Kombination aus Böschung und Natursteinwand überwunden wird (vgl. Abbildung 2.2).

Etwa 16 m vom südwestlichen Grundstückrand des Fl. Nr. 1163/25 sind die Platzverhältnisse nicht ausreichend, um den aufgeschütteten Bereich abzuböschen. In diesem Bereich sehen die Planungen die Errichtung einer ca. 2 m hohen Natursteinmauer vor.

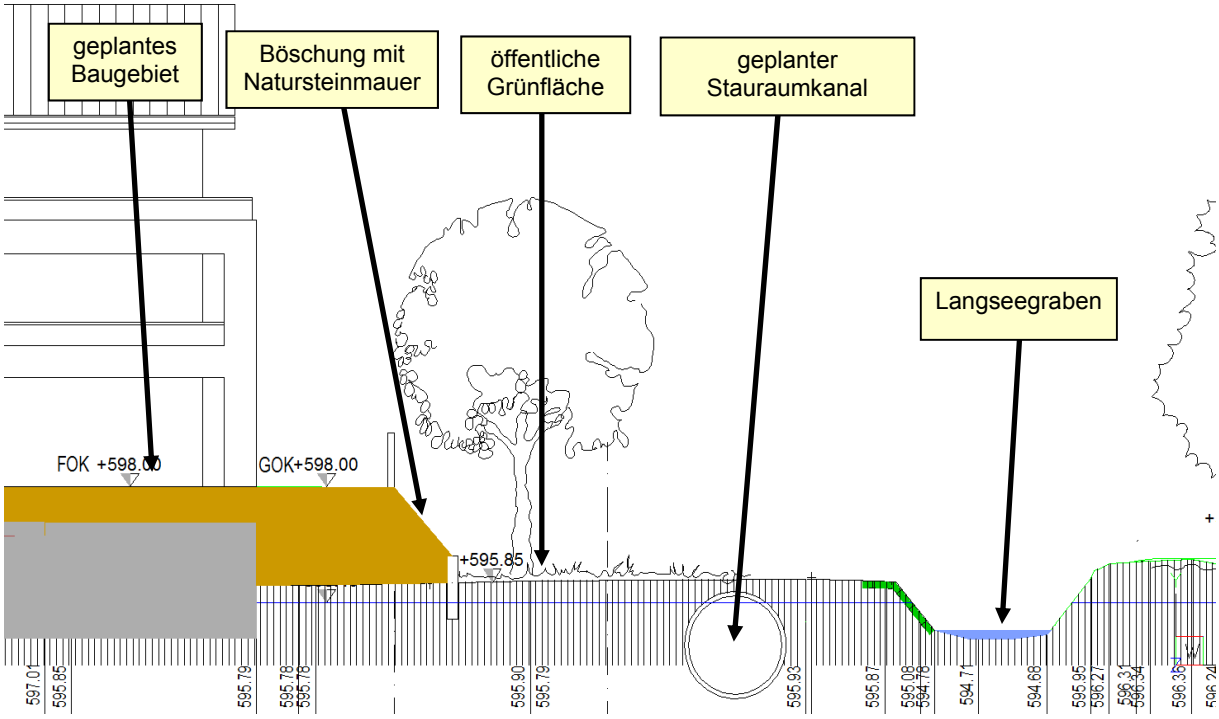

Abbildung 2.2: Querprofil zum aktuellen Entwurf des BBP Ahornstraße, Stand vom 31.03.2015 (Quelle: Baubüro Gumberger)

Die Leistungsfähigkeit der Kanalisation in Penzberg wurde durch die Bearbeitung eines Generalentwässerungsplans (GEP) ermittelt. Dabei wurde festgestellt, dass der Mischwasserkanal DN 250 nördlich des Langseegrabens überlastet ist. Um den Entwässerungskomfort in diesem Bereich zu verbessern, soll der Mischwasserkanal DN 250 durch ein Stauraumkanal (Drachenprofil DN 2200) ersetzt werden.

Die Lage und Höhenlage des geplanten Stauraumkanals ist in den Plänen E 10 und 20 der Anlage 1 dargestellt. Die Darstellung erfolgte auf der Grundlage der Angaben aus dem GEP und ist daher als vorläufig zu verstehen. Im Rahmen der Detailplanungen können sich Abweichungen ergeben. Die Gestaltung des Baugebiets einschließlich aller Ausgleichsgleichsmaßnahmen, die im Zuge dieser Untersuchungen behandelt werden, muss deshalb so erfolgen, dass Konflikte mit dem Bau des Stauraumkanals vermieden werden und Gestaltungsspielräume für dessen Planung verbleiben. In diesem Zusammenhang ist auch zu berücksichtigen, dass nach den Vorgaben der Stadtwerke Penzberg über dem Kanal ein 10 m breiter Geländestreifen als Wartungszone freigehalten wird.

Um Penzberg vor Hochwasser zu schützen, ist u.a. der Bau eines Hochwasserrückhaltebeckens am Säubach im Bereich des Sportzentrums unmittelbar oberstrom der Straße „Am Schloßbichl“ vorgesehen (HRB Sportzentrum). Konkrete Planungen dafür liegen noch nicht vor. Die Maßnahme soll allerdings in absehbarer Zeit realisiert werden und muss deshalb bei der Konzeption des Baugebiets berücksichtigt werden. In der Studie von 2010 wurden mehrere Alternativen zur Gestaltung des HRB erarbeitet. Bei der Alternative mit dem größten Rückhaltevolumen liegt das Stauziel auf einer Höhe von 597,00 m+NN. Die Geländeoberkante im geplanten Baugebiet soll bis auf eine Höhe von 598,00 m+NN aufgeschüttet werden, so dass auch bei einem vollen Einstau ein ausreichender Freibord von 1,0 m verbleibt.

3. Untergrundverhältnisse

Zur Bewertung der Untergrundverhältnisse im Planungsgebiet liegen zwei Bohrprofile vor, die zu Beweissicherungszwecken für Maßnahmen an den Sportplätzen am Müllerholz niedergebracht wurden. Die Lage der Bohrprofile RP2 und RP3 kann der Abbildung 3.1 entnommen werden. Die Bohrprofile sind in der Abbildung 3.2 dargestellt.

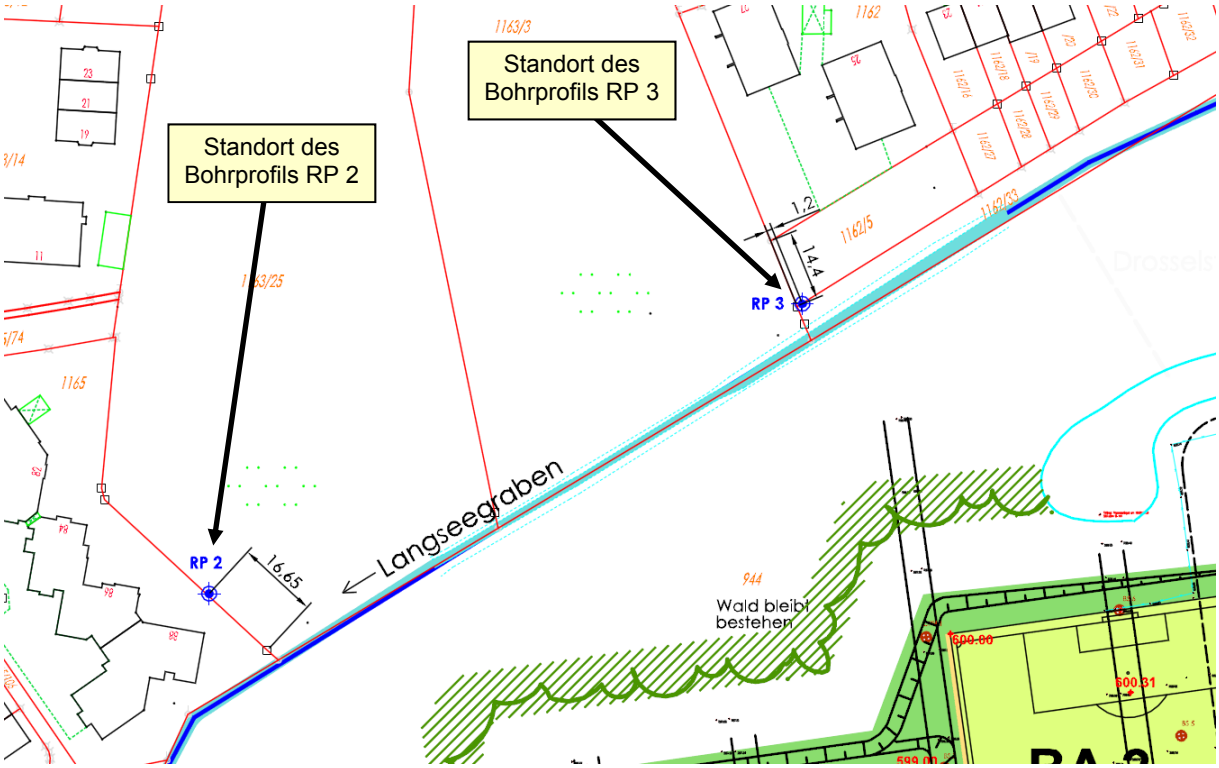

Abbildung 3.1: Lage der Bohrprofile RP2 und RP3 (Quelle: GHB–Consult, Starnberg)

Die Aufschlüsse wurden ausgehend von der Geländeoberfläche bis in eine Tiefe von 4,5 bis 4,8 m abgeteuft. Nach der Auswertung der Bohrprofile stehen im Untergrund bis zur jeweiligen Endtiefe durchgehend bindige Böden mit geringer Durchlässigkeit an.

An der Bohrung RP2 werden bis in einer Tiefe von 1,4 m Schluffe angetroffen. Im Anschluss daran besteht der Untergrund bis zur Endteufe aus schluffigen Tonen. Die bindigen Böden weisen organische Beimengungen auf.

An der Bohrung RP3 wird bis zur Endtiefe Schluff überwiegend schluffige Böden angetroffen. In einer Tiefe von 1,6 liegt eine 1,7 m mächtige Schicht aus schluffigen Ton.

Ein ausgeprägter Grundwasserhorizont wurde in den Bohrungen nicht angetroffen. Die in Tiefen von 2,79 am Bohrpunkt RP 2 und 1,02 m am Bohrpunkt RP 3 erkundeten Wasserzutritte sind in den Bohrprofilen als Schichtwasser gekennzeichnet. Sie sind nicht als freier Wasserspiegel eines Grundwasseraquifers zu verstehen. Ein derartiger Aquifer kann sich oberflächennah bis in die erkundeten Tiefen aufgrund der sehr geringen Wasserdurchlässigkeit der angetroffenen Böden nicht einstellen.

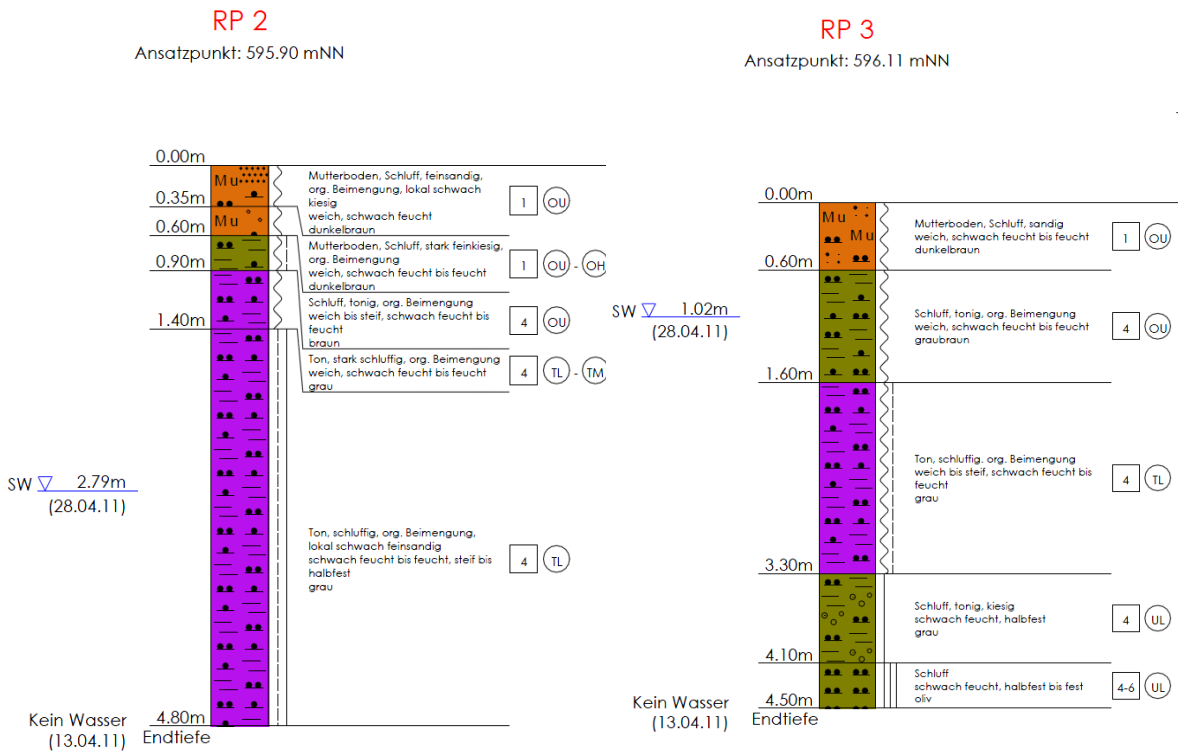

Abbildung 3.2: Bohrprofile RP2 und RP3 (Quelle: GHB – Consult, Starnberg)

4. Handlungsfeld Hochwasser

4.1 Allgemeine Angaben

Die Untersuchungen der Studie von 2010 haben gezeigt, dass die Flächen des Baugebiets teilweise im Überschwemmungsgebiet des Langseegrabens liegen. Die zu erwartenden Überschwemmungsflächen beim Bemessungsfall HQ_{100} sind in der Abbildung 4.1 dargestellt.

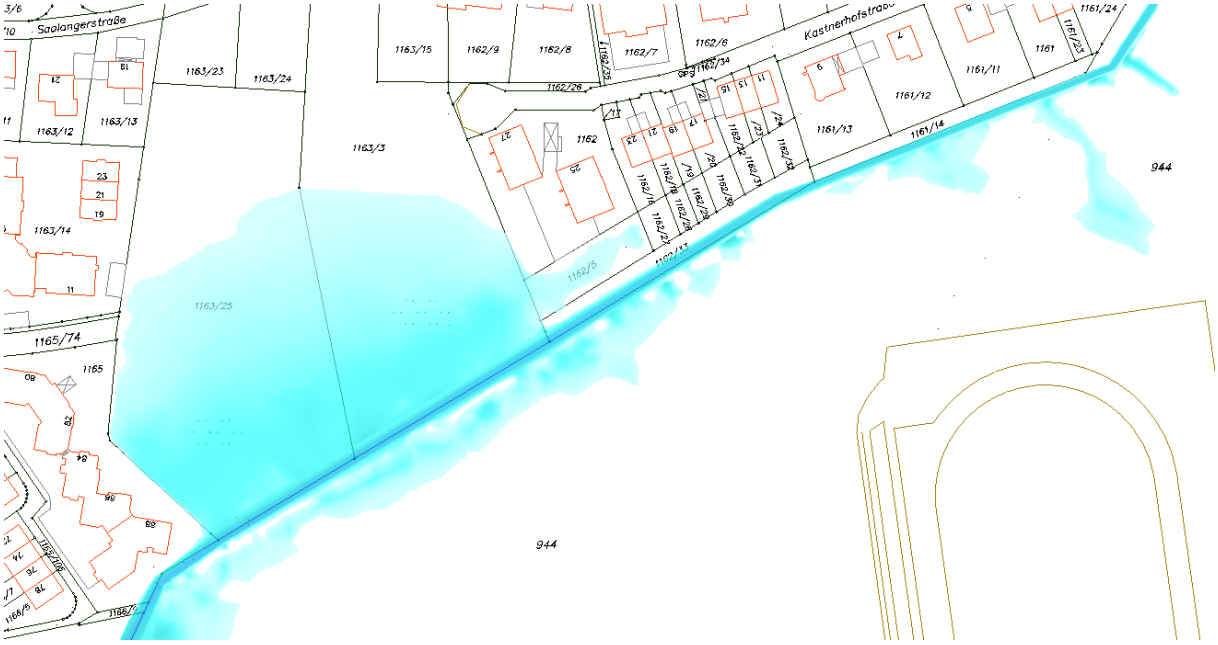

Abbildung 4.1: rechnerisch ermitteltes Überschwemmungsgebiet bei HQ_{100} im Bereich des geplanten Baugebiets Ahornstraße

Wie bereits im Kap. 1 angesprochen, ist die Ausweisung neuer Baugebiete in einem Überschwemmungsgebiet nach den Vorgaben des Wasserhaushaltsgesetzes untersagt. Sie kann nach § 78 Abs. 2 WHG jedoch ausnahmsweise zugelassen werden, wenn neben anderen Bedingungen, folgende wasserwirtschaftlich relevanten Bedingungen erfüllt werden:

- ▷ Der Hochwasserabfluss und der Wasserstand werden nicht nachteilig beeinflusst.
- ▷ Die Hochwasserrückhaltung wird nicht beeinträchtigt und der Verlust von verloren gehendem Rückhalteraum wird umfang-, funktions- und zeitgleich ausgeglichen.
- ▷ Der bestehende Hochwasserschutz wird nicht beeinträchtigt.
- ▷ Es sind keine nachteiligen Auswirkungen auf Ober- und Unterlieger zu erwarten.
- ▷ Die Belange der Hochwasservorsorge werden beachtet.
- ▷ Das Bauvorhaben wird so errichtet, dass bei dem Bemessungshochwasser, das der Festsetzung des Überschwemmungsgebiets zugrunde liegt, keine baulichen Schäden zu erwarten sind.

Um zu prüfen, ob das Baugebiet so gestaltet werden kann, dass zumindest diese Bedingungen eingehalten werden können, wurden folgende Fragestellungen näher untersucht:

- ▷ Auswirkungen der geplanten Bebauung auf:
  - den Hochwasserspiegel (Wasserspiegelanstiege und –absenkungen),
  - das Überschwemmungsgebiet (z.B. Ausdehnung des Überschwemmungsgebiete und eine mögliche zusätzliche Gefährdung von Gebäuden oder Infrastruktur),
  - den Retentionsraum.
- ▷ Ermittlung der Bemessungswasserspiegel als Ausgangsgröße für eine hochwasserangepasste Bauweise des Baugebiets sowie zur Beurteilung der Hochwassersicherheit der Anlieger.

Zusätzlich wurden Maßnahmen entwickelt und hydraulisch nachgewiesen, die ggf. zum Ausgleich nachteilige Auswirkungen erforderlich werden.

4.2 Hydraulisches Berechnungsmodell

Als Grundlage für die hydraulischen Nachweise wurde ein zweidimensionales hydraulisches Modell verwendet, das im Rahmen der Studie 2010 zur Ermittlung der Überschwemmungsgebiete der Stadt Penzberg aufgestellt wurde. Das Modell und sämtliche relevanten Modellrandbedingungen (wie z.B. Rauheitsbeiwerte) wurden seinerzeit mit dem Wasserwirtschaftsamt Weilheim (WWA) abgestimmt. Das Modell umfass alle Gewässer III. Ordnung im Stadtgebiet von Penzberg. Für die hier durchgeführten Berechnungen wurde ein ausreichend großer Modellausschnitt verwendet.

Zur topografischen Erfassung der Vorländer wurden im ursprünglichen Modell Höhendaten mit einer Rasterweite von 5,0 m verwendet. Im Rahmen von ersten hydraulischen Untersu-

chungen zum BBP Ahornstraße, die im Jahr 2012 durchgeführt wurden, wurde das Modell im Bereich der Vorländer anhand von Laserscandaten der Rasterweite 1,0 m verfeinert. Damit wurde eine rechnerische Modellgrundlage geschafft, die eine hinreichend Genauigkeit für die hier durchzuführenden Untersuchungen aufweist. Die Abbildung 4.2 zeigt den Umgriff des verwendeten Modells mit Angaben zur Flächennutzung (bestehender Zustand).

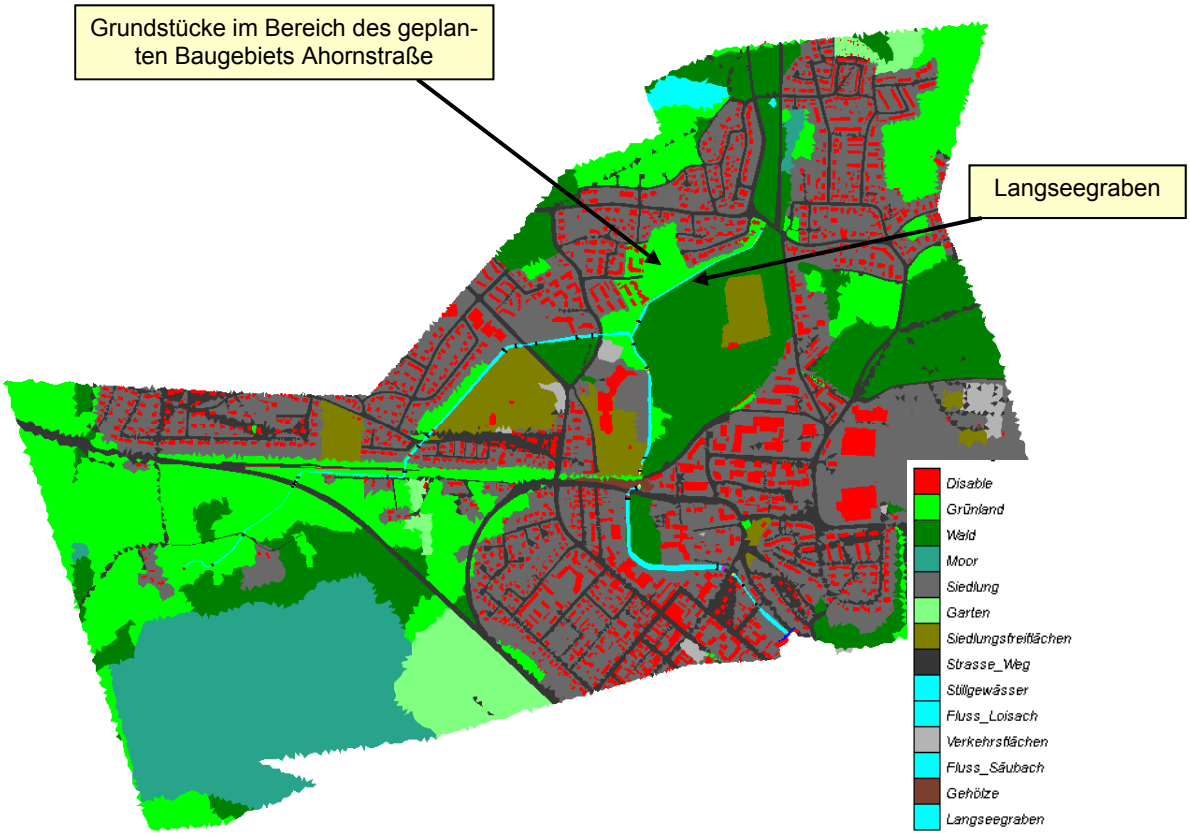

Abbildung 4.2: Modellumgriff mit Darstellung der Flächennutzung.

4.3 Untersuchte Lastfälle und Bemessungsabflüsse

Zur Bestimmung der Wirkung der Maßnahme auf die Hochwassersituation des Langseegrabens wird das Bemessungsereignis der Wiederkehrzeit T = 100 Jahre herangezogen. Dem Vorsorgegedanken Rechnung tragend, werden zur Ermittlung der hochwasserangepassten Bauweise die Wasserspiegelkoten des hundertjährlichen Hochwasserereignisses zuzüglich eines Klimaänderungsfaktor von 15 % ($HQ_{100+Klima}$) ermittelt. Damit soll eine künftige Abflussverschärfung infolge der erwarteten Klimaveränderung berücksichtigt werden.

Die bei den Berechnungen verwendeten Bemessungsabflüsse wurden im Rahmen der Studie von 2010 mit Hilfe eines Niederschlags- Abfluss – Modells (N-A-Modell) ermittelt und mit dem WWA abgestimmt. Die im auf Höhe des geplanten Baugebiets vom Langseegraben zu erwartenden Bemessungsabflüsse HQ_{100} und $HQ_{100+Klima}$ sind in der Tabelle 4.1 aufgelistet.

Tabelle 4.1: Bemessungsabflüsse HQ_{100} und $HQ_{100+Klima}$ am Langseegraben

HQ_{100} (m³/s)	$HQ_{100+Klima}$ (m³/s)
3,5	4,0

Die hydraulischen Berechnungen erfolgen unter der Annahme von stationären Verhältnissen, d.h. der Abfluss wird über die Zeit als konstant angenommen.

Wie nachfolgend noch näher erläutert wird, sind Maßnahmen zum Ausglich des Retentionsraums erforderlich, der durch die im Baugebiet geplanten Geländeanschüttungen nicht mehr zur Verfügung steht. Das soll durch einen temporären (d.h. nur bei seltenen Hochwasserereignissen) auftretenden Aufstau des Langseegrabens erreicht werden. Zu diesem Zweck soll ein Bauwerk quer zur Achse des Langseegrabens angeordnet werden, mit dem eine Einengung des Hochwasserabflussquerschnitts erreicht wird (vgl. Kap. 4.6). Im Zuge der Planung dieses Querbauwerks muss nachgewiesen werden, dass im Abstrombereich keine nachteiligen Abflussveränderungen auftreten.

Zu diesem Zweck wurden instationäre Berechnungen durchgeführt, bei denen die Retentionswirkung des Geländes bzw. des geplanten Querbauwerks berücksichtigt wurde. Für die Berechnungen wurden Ganglinien aus dem N-A-Modell der Studie von 2010 verwendet. Der Nachweis erfolgt für Abflüsse, die bei einer maßgebenden Niederschlagsdauer von einer Stunde zu erwarten sind (d = 1 h). Dabei handelt es sich um die Niederschlagsdauer, bei der der höchste Abflussscheitel am Langseegraben erreicht wird. Eine Abflussverschärfung kann aber auch bei langanhaltenden Niederschlägen auftreten, die zwar einen kleineren Abflussscheitel aber größere Abflussfüllen aufweisen. Um diesen Umstand zu berücksichtigen, wurde der Nachweis zusätzlich auch für eine Niederschlagsdauer d = 24 Stunden geführt. Die Abbildung 4.3 zeigt die dafür verwendeten Ganglinien.

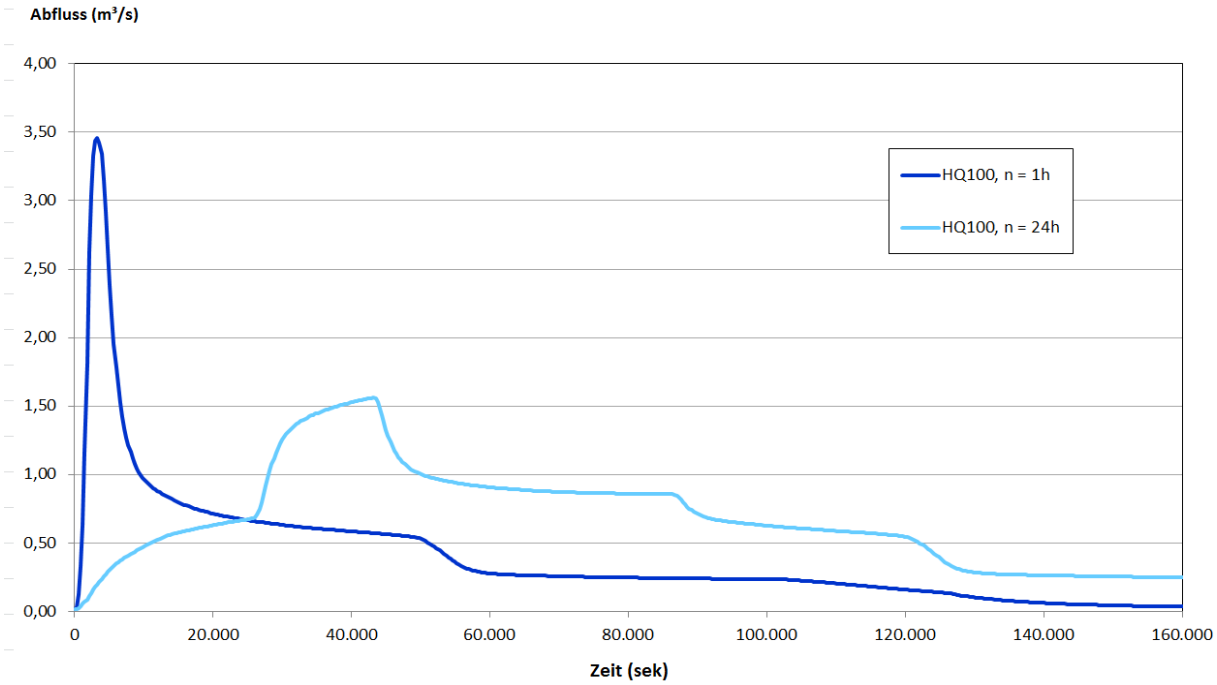

Abbildung 4.3: verwendete Ganglinien des HQ_{100} am Langseegraben

Die betrachteten hydraulischen Nachweise und Lastfälle sind nachfolgend tabellarisch zusammengestellt.

Tabelle 4.2: Eckdaten der hydraulischen Nachweise

Nachweis	verwendete Ereignis	Rechenansatz
Hydraulische Wirkung der geplanten Maßnahmen	HQ_{100}	stationär
Betrachtungen zur hochwasserangepassten Bauweise	$HQ_{100+Klima}$	stationär
Keine Abflussverschärfung infolge Querbauwerk	HQ_{100} [1)]	instationär

[1)] *Berechnungen mit den Niederschlagsdauern 1 und 24 Stunden*

4.4 Hochwassersituation im Istzustand

Die im Bereich des geplanten Baugebiets im derzeit bestehenden Zustand zu erwartenden Überschwemmungsflächen für das HQ_{100} sind im Lageplan H 100 in der Anlage 1 dargestellt. Sie entsprechen weitgehend den Verhältnissen, die im Rahmen der Studie von 2010 ermittelt wurden. Geringfügige Abweichungen ergeben sich daraus, dass für die neuen Berechnungen das genauere Höhenmodell der Laserscandaten verwendet wurde (vgl. Kap. 4.2) .

Nach den Ergebnissen der Berechnung werden die betrachteten Grundstücke Fl. Nr. 1163/3 und 1163/25 bei einem hundertjährlichen Hochwasserereignis breitflächig überflutet. Die Überflutungsfläche hat eine Größe von ca. 10.400 m². Die Wassertiefe liegt im Mittel bei ca. 0,4 m. Die Abbildung 4.4 zeigt die rechnerisch ermittelte Überschwemmungssituation bei HQ_{100} im Bereich des geplanten Baugebiets Ahornstraße. Zusätzlich sind auch die Strömungsrichtung und die Fließgeschwindigkeit des Hochwassers in Form von farblich gekennzeichneten Fließpfeilen (Vektoren) dargestellt.

Die Darstellung zeigt, dass die betrachteten Grundstücke in einem Randströmungsbereich mit niedrigen Fließgeschwindigkeiten weitestgehend unter 0,2 m/s liegen. Der Hauptanteil des Hochwasserabfluss wird über den Flussschlauch und die ufernahen Bereiche abgeleitet. Hier werden Fließgeschwindigkeiten von bis zu ca. 0,6 m/s erreicht.

Die Wasserspiegellage für das HQ_{100} erreicht auf der Höhe des geplanten Baugebiets Werte zwischen 596,36 m+NN am südwestlichen Rand des Grundstücks Fl. Nr. 1163/25 und 596,41 m+NN am südöstlichen Rand des Grundstücks Fl. Nr. 1163/3.

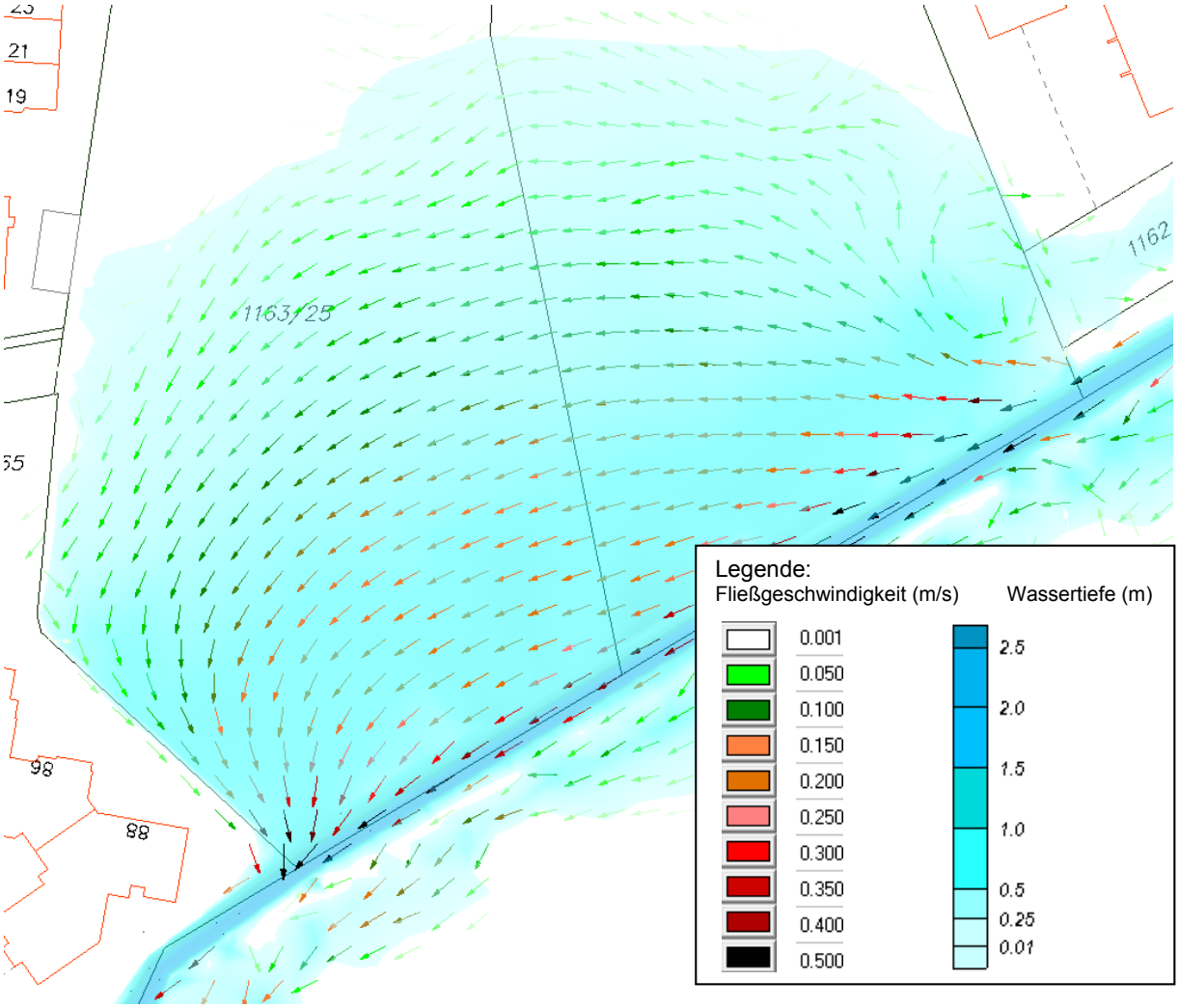

Abbildung 4.4: Überschwemmungssituation bei HQ_{100} im Bereich des geplanten Baugebiets Ahornstraße mit Angaben der Strömungsrichtung und -geschwindigkeiten

4.5 Hydraulische Wirkung des geplanten Baugebiets (Ausgangszustand)

Um eine Überflutung des geplanten Baugebiets zu verhindern, sollen die zu bebauenden Flächen auf ein hochwassersicheres Niveau aufgeschüttet werden. Die hydraulische Wirkung dieser Geländeaufschüttung auf die Hochwassersituation im Langseegraben wurde mit einer hydraulischen Berechnung untersucht. Dabei wurde der geplante Aufschüttungsbereich nach den Vorgaben der Planung des Baubüros Gumberger in das hydraulische Modell implementiert. Weitere Ausgleichsmaßnahmen wurden bei diesem Rechenlauf nicht berücksichtigt (Ausgangsplanung). Die Abbildung 4.5 zeigt einen Ausschnitt des hydraulischen Modells im Bereich des geplanten Baugebiets für die Ausgangsplanung.

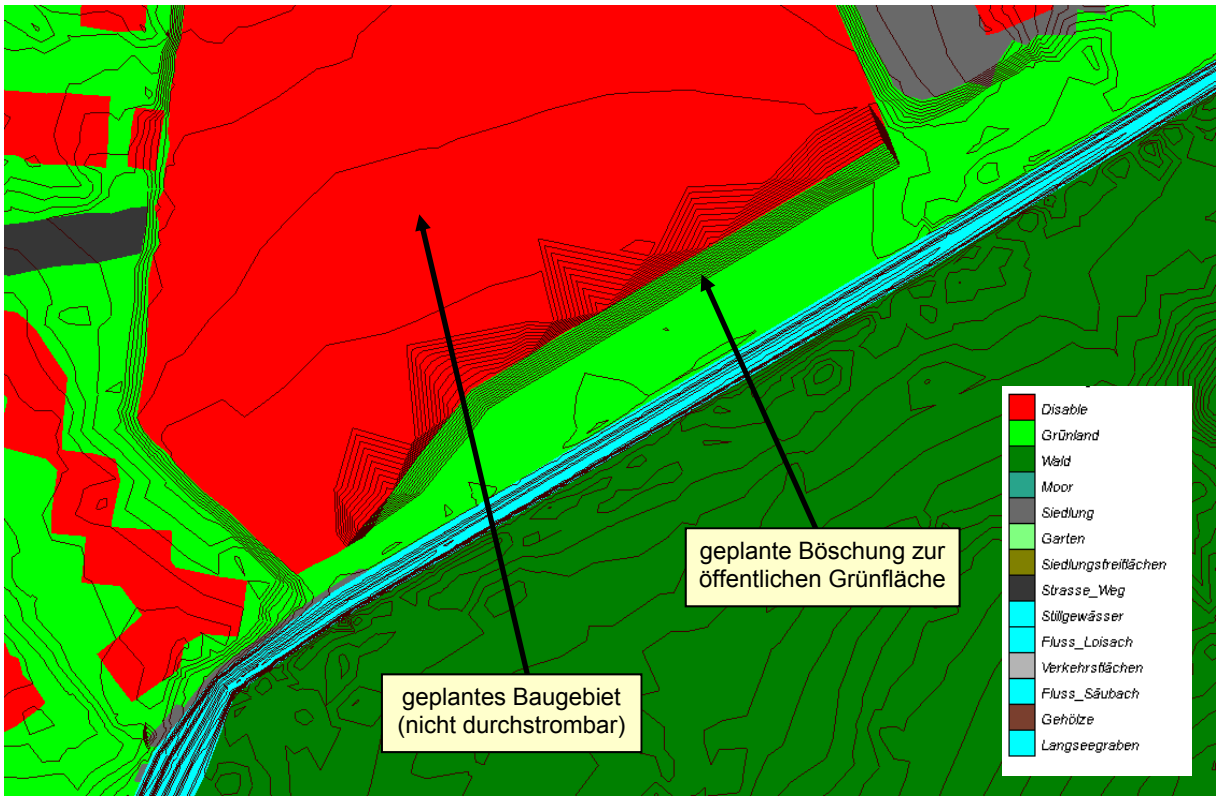

Abbildung 4.5: Ausschnitt des hydraulischen Modells im Bereich des geplanten Baugebiets mit Höhenlinien (Abstand 0,2 m) und Materialzuweisung

Wie aus der Abbildung 4.5 ersichtlich ist, wurde der aufgeschüttete Bereich modelltechnisch als nicht durchstrombare Fläche berücksichtigt (roter Bereich). Um die Verhältnisse nach Aufschüttung des Baugebiets möglichst realistisch abzubilden, wurde zudem die geplante Böschung zur öffentlichen Grünfläche durch Anpassung der entsprechenden Modellhöhen dreidimensional modelliert.

In der Abbildung 4.6 sind die nach der Aufschüttung zu erwartenden Änderungen der Wasserspiegellage dargestellt. Danach kommt es im Aufschüttungsbereich zu einer flächigen Wasserspiegelabsenkung von bis zu ca. 0,6 m. Sie stellt das durch die Aufschüttung verdrängte Hochwasservolumen dar.

Wasserspiegelanstiege werden nicht berechnet. Dies ist auf die im Kap. 4.4 beschriebene Strömungssituation zurückzuführen, die am Langseegraben im Bereich des geplanten Baugebiets bei Hochwasser vorliegt. Danach erfolgen die geplanten Aufschüttungen im Bereich der Randströmung. Der Hauptanteil des Hochwasserabflusses kann daher auch nach der Umsetzung der Maßnahme ungestört über den Langseegraben und die ufernahen Bereiche abfließen.

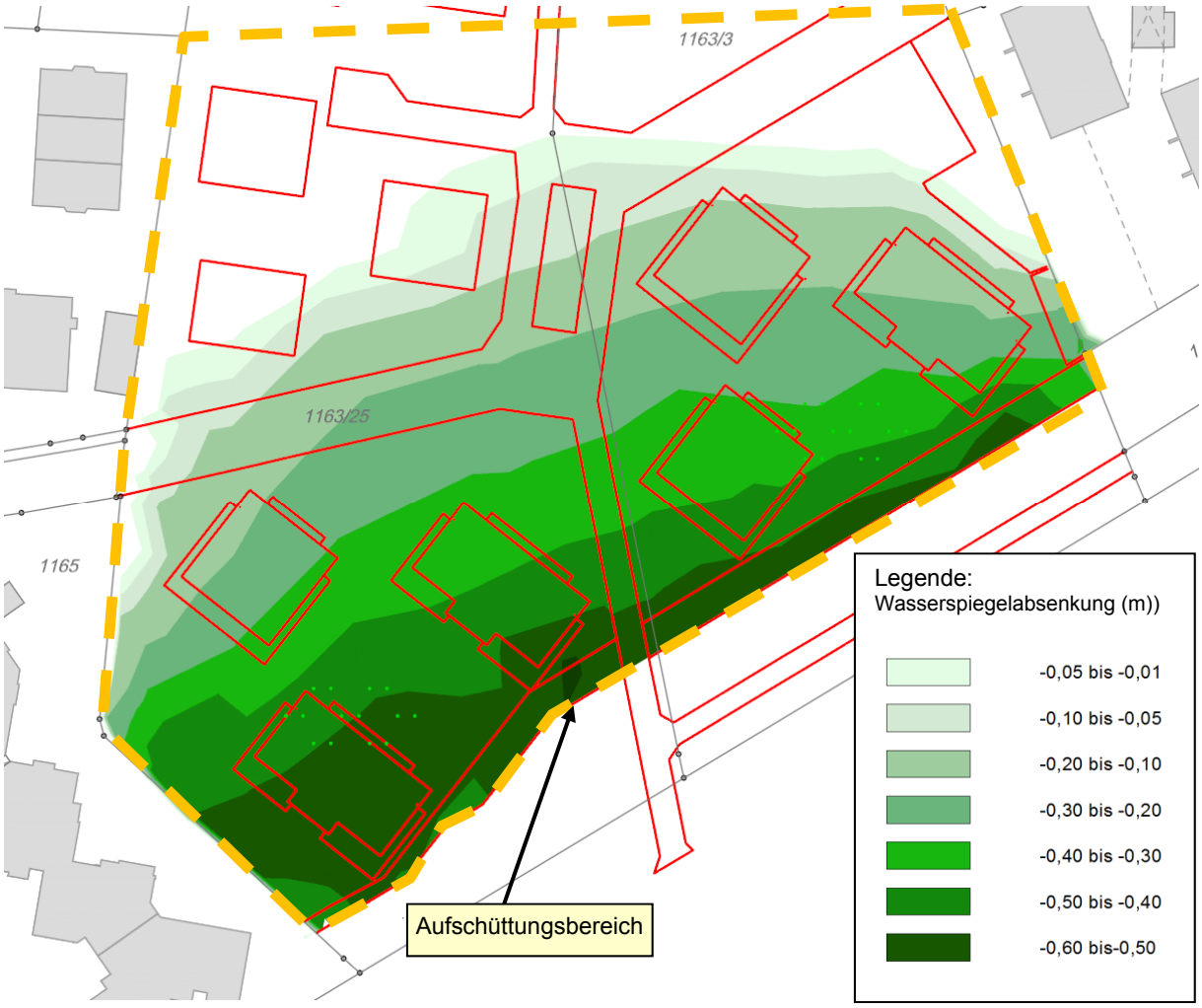

Abbildung 4.6: Wasserspiegeldifferenzen infolge der geplanten Geländeanschüttungen

Um den durch die Maßnahme verursachten Retentionsraumgewinn oder -verlust zu bestimmen, wurden die Wasservolumina des Istzustands und der Ausgangsplanung für das HQ_{100} ausgewertet und gegenüber gestellt. Die Bilanzierung berücksichtigt sowohl Volumenveränderungen, die sich durch Anpassung des bestehenden Geländes (z.B. Geländeanhebungen oder -absenkungen) ergeben, als auch solche, die durch Veränderung der Wasserspiegellage entstehen.

Im Ergebnis der Bilanzierung ist zu erwarten, dass sich durch die geplante Aufschüttung des Baugebiets Ahornstraße eine Reduzierung des derzeit zur Verfügung stehenden Retentionsraums von ca. 2.500 m³ ergibt.

4.6 Maßnahmen zu Retentionsraumausgleich und naturnaher Bachgestaltung

4.6.1 Allgemeines

Der Retentionsraumverlust in Höhe von ca. 2.500 m³ muss vollumfänglich ausgeglichen werden, um daraus resultierende nachteilige Auswirkungen zu vermeiden. Der Ausgleich könnte zumindest teilweise durch Geländeabgrabungen im Bereich der öffentlichen Grün-

fläche erreicht werden. Dieser Lösungsansatz kollidiert jedoch mit der Nutzung dieser Fläche für den Bau des geplanten Stauraumkanals und ist deshalb kaum realisierbar.

Der Retentionsraumausgleich soll daher durch die Anordnung eines Querbauwerks im Lauf des Langseegrabens erreicht werden. Bei dieser Lösung wird eine fließende Retention durch einen Aufstau des hochwasserführenden Gewässers aktiviert.

Im Rahmen des Vorhabens ist zudem geplant, den Langseegraben im Bereich des geplanten Baugebiets naturnah zu gestalten. Die Renaturierung soll durch eine Aufweitung des nördlichen Gewässerufers und durch eine Umgestaltung des Bachbetts erreicht werden. Neben einer ökologischen Aufwertung des Gewässers wirkt sich diese Maßnahme auch positiv auf den Retentionsraum aus.

Nachfolgend werden zunächst die hydraulischen Berechnungen beschrieben, die zur Dimensionierung und Nachweis des Querbauwerks durchgeführt wurden. Anschließend erfolgt eine Beschreibung der konstruktiven Gestaltung der geplanten Maßnahmen zur Verbesserung der ökologischen Verhältnisse und zum Retentionsraumausgleich.

4.6.2 Modellierung des Planungszustands

Wie beschrieben soll der Retentionsraumverlust, der sich durch die Geländeanschüttungen für das geplante Baugebiet ergibt, durch die hydraulische Wirkung eines Querbauwerks ausgeglichen werden, das im Gerinne des Langseegrabens eingebaut wird.

Das Querbauwerk wird am südwestlichen Rand des Grundstücks Fl. Nr. 1163/25 angeordnet, so dass die aufstauende Wirkung der Maßnahme soweit wie möglich im Bereich des geplanten Baugebiets stattfindet.

Nach den Angaben im Kap. 4.6.3 kann das Querbauwerk in zwei Bereiche unterteilt werden:

- **Maßnahmen im Gerinne:**

  Im Gerinne werden Gabionen angeordnet, um den Abflussquerschnitt des Langseegrabens auf das Maß zu reduzieren, das zum Erreichen des Retentionsraumausgleichs erforderlich ist. Um ein weiteren Aufstau bei extremen Hochwasserereignissen oberhalb des Bemessungsereignisses zu minimieren, wird dieser Bereich überströmbar gestaltet.

- **Maßnahmen im Vorland:**

  Im Bereich der Vorländer soll das Querbauwerk eine ausreichende Höhe erhalten, um eine Überströmung zu verhindern. Im rechten Vorland wird eine Geländeanschüttung vorgesehen. Unter Berücksichtigung der Nutzung des linken Vorlands als Waldgebiet wird das Querbauwerk in diesem Bereich als dichte Hecke (Benjeshecke) ausgeführt.

Neben dem Querbauwerk und der Geländeaufschüttung im Bereich des Baugebiets wird auch die geplante Aufweitung des Langseegrabens in den Berechnungen berücksichtigt. Die Maßnahmen werden wie folgt in das hydraulische Modell implementiert:

- Die Aufweitung des Langseegrabens wird als dreidimensionaler Körper in das hydraulische Modell eingebaut. Diese Vorgehensweise ermöglicht es, sowohl die Abflussverhält-

nisse im Gewässer als auch die Retentionsraumbilanz mit ausreichender Genauigkeit zu ermitteln.

- Das Querbauwerk wird im Gewässerbereich ebenfalls dreidimensional modelliert. Um den höheren Strömungswiderstand an den Gabionen und an der hier eingebauten Sohlsicherung zu berücksichtigen, wird ein Rauheitsbeiwert von 10 $m^{1/3}/s$ angesetzt. Im Bereich des Vorlands soll das Querbauwerk nicht überströmt werden. Deshalb werden hier nicht durchströmbare Elemente verwendet.

- Die durch Aufschüttung des geplanten Baugebiets entstehende Böschung und die aufgeschüttete Fläche werden analog zur Modellierung des Ausgangszustands dreidimensional bzw. als nicht durchströmbare Fläche eingebaut.

Die Abbildung 4.7 zeigt einen Ausschnitt des hydraulischen Modells im Bereich der geplanten Maßnahmen für den Planungszustand.

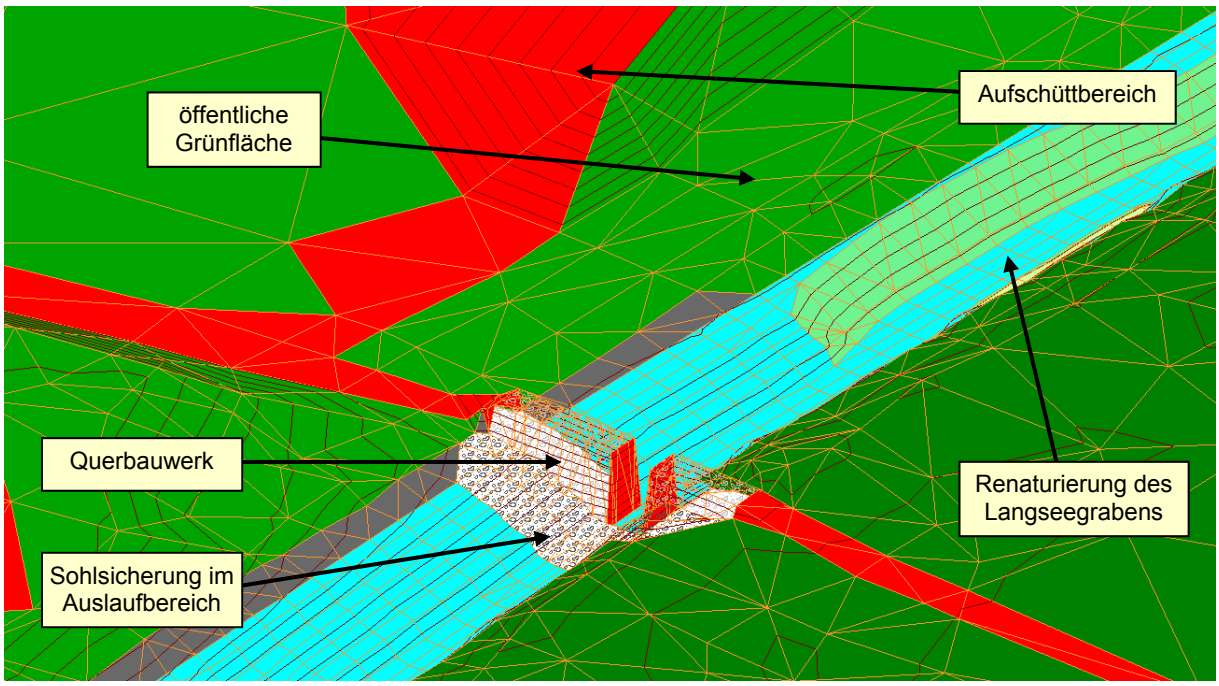

Abbildung 4.7: hydraulisches Modell des Planungszustands im Bereich des geplanten Baugebiets Ahornstraße (isometrische Darstellung mit Höhenlinien)

Zur Optimierung der Wirkungsweise der geplanten Maßnahmen wurden die hydraulischen Berechnungen im Rahmen eines iterativen Prozesses mehrfach durchgeführt. Die hier dargestellte optimale Anordnung und Gestaltung der Maßnahmen wurde durch die Auswertung und den Vergleich einer Reihe von hydraulischen Berechnungen gefunden. Die Ergebnisse der Modellberechnung werden in den folgenden Kapiteln beschrieben.

4.6.2.1 Wasserspiegelveränderungen

Die von den geplanten Maßnahmen verursachten Wasserspiegelanstiege und -absenkungen sind in der Abbildung 4.8 und im größeren Detailgrad im Lageplan H 102 der Anlage 3 dargestellt.

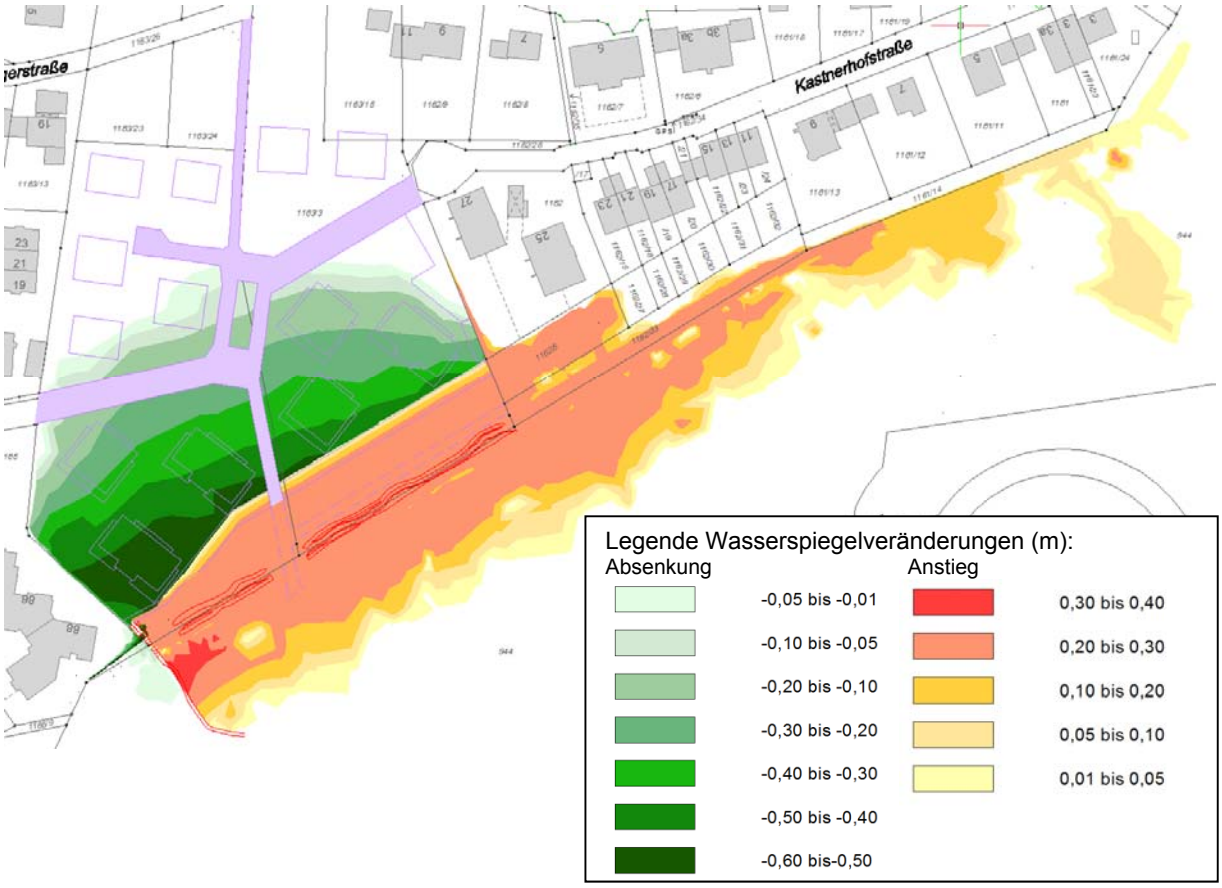

Abbildung 4.8: Wasserspiegeldifferenzen bei HQ_{100}

Die hydraulischen Berechnungen des Planungszustands zeigen, dass eine Einengung des Langseegrabens auf bis zu ca. 1,0 m erforderlich ist, um den Retentionsraumverlust durch das geplante Baugebiet ausgleichen zu können. Bei dieser Gestaltung des Querbauwerks reicht seine aufstauende Wirkung bis etwa 330 m oberstrom der geplanten Maßnahmen. Die vom Wasserspiegelanstieg betroffene Fläche hat eine Größe von ca. 15.800 m² und liegt vollständig im Bereich von unbebauten Grundstücken.

Unmittelbar oberstrom des Querbauwerks liegt der Wasserspiegel des HQ_{100} im Planungszustand bei 596,70 m+NN. Diese Wasserspiegelhöhe wird auch am südöstlichen Rand des Grundstücks Fl. Nr. 1163/3 erreicht. Der maximale Wasserspiegelanstieg ergibt sich unmittelbar oberstrom des Querbauwerks und liegt bei ca. 0,34 m.

Der Wasserspiegelanstieg wird ausschließlich durch das geplante Querbauwerk verursacht. Die Geländeanschüttungen im Bereich des Baugebiets sind dafür nicht relevant. Hier kommt es ebenso wie bei der Ausgangsplanung zu einer Wasserspiegelabsenkung von bis zu 0,6 m (vgl. Kap. 4.5). Unmittelbar unterstrom des Querbauwerks ergibt sich ebenfalls eine geringfügige Wasserspiegelabsenkung. Dabei handelt sich um eine kleine Fläche, die im Strömungsschatten des Bauwerks liegt.

4.6.2.2 Überschwemmungssituation

Das im Planungszustand bei einem Bemessungsereignis HQ_{100} zu erwartende Überschwemmungsgebiet ist im Lageplan H 101 der Anlage 3 dargestellt. Zu Vergleichszwecken

ist dort auch der der Umring der Überschwemmungsfläche im Istzustand eingezeichnet (blaue Linie).

Der Vergleich zeigt, dass sich die Grenze des Überschwemmungsgebiets südlich des Langseegrabens im Bereich des Grundstücks Fl. Nr. 944 um ca. 20 m nach Süden verschiebt. Am Nordufer verursacht der Wasserspiegelanstieg nur eine geringfügig Ausdehnung des Überschwemmungsgebiets, da der Graben hier an ein steiles Gelände angrenzt. Entsprechend der Darstellung in Abbildung 4.10 sind lediglich an den Grundstücken Fl. Nrn. 1162/27 und 1162/30 kleine Flächen betroffen, die im Istzustand nicht überflutet werden. Diese Flächen werden als Garten genutzt und sind nicht bebaut. Die Abbildung zeigt auch die Höhe des Wasserspiegels bei HQ_{100} in diesem Bereich.

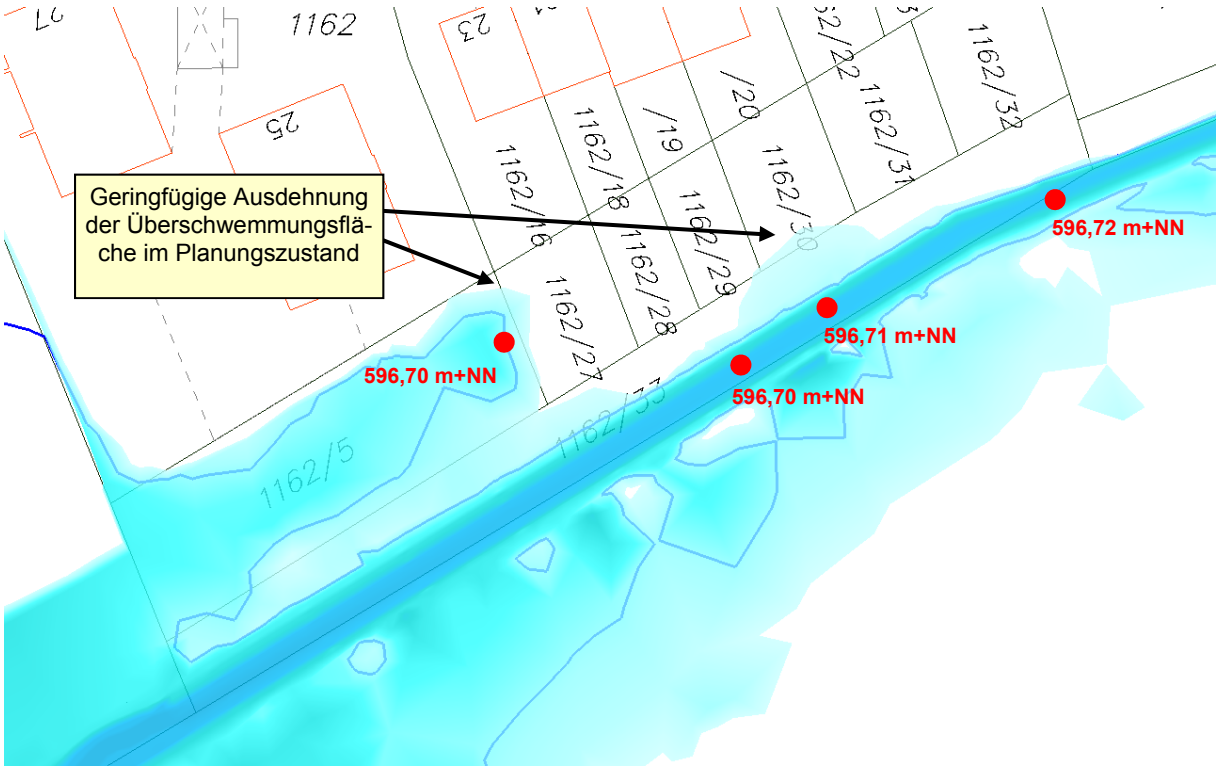

Abbildung 4.9: rechnerisch ermittelte Überschwemmungssituation im Planungszustand HQ_{100} und Vergleich mit dem Istzustand (blaue Linie)

Nach den Angaben im Kap. 4.2 wurde das hydraulische Modell im Vorland anhand von Laserscandaten aufgebaut. Um das Überschwemmungsgebiet des Planungszustands im Bereich der o.g. Grundstücke so genau wie möglich ermitteln zu können, wurden die Höhenlage der Grundstücksgrenzen nochmals terrestrisch vermessen. Die aufgenommenen Vermessungspunkte sind in der Abbildung 4.10 dargestellt.

Der Vergleich der Modellergebnisse (Abbildung 4.9) mit den Vermessungsdaten (Abbildung 4.10) bestätigt die rechnerisch ermittelte Überflutungssituation. Konkret liegt die westliche Grenze des Grundstücks Fl. Nr. 1162/27 bis ca. 0,25 m unter dem Bemessungswasserspiegel. Im Bereich des Grundstücks Fl. Nr. 1162/30 liegt die Geländehöhe am südlichen Grundstücksrand bei 596,56 m+NN und der Bemessungswasserspiegel bei 596,71 m+NN. Das Gelände steigt bei beiden Grundstücken in nördlicher Richtung stetig an, so dass die überfluteten Bereiche eine geringe Flächenausdehnung aufweisen.

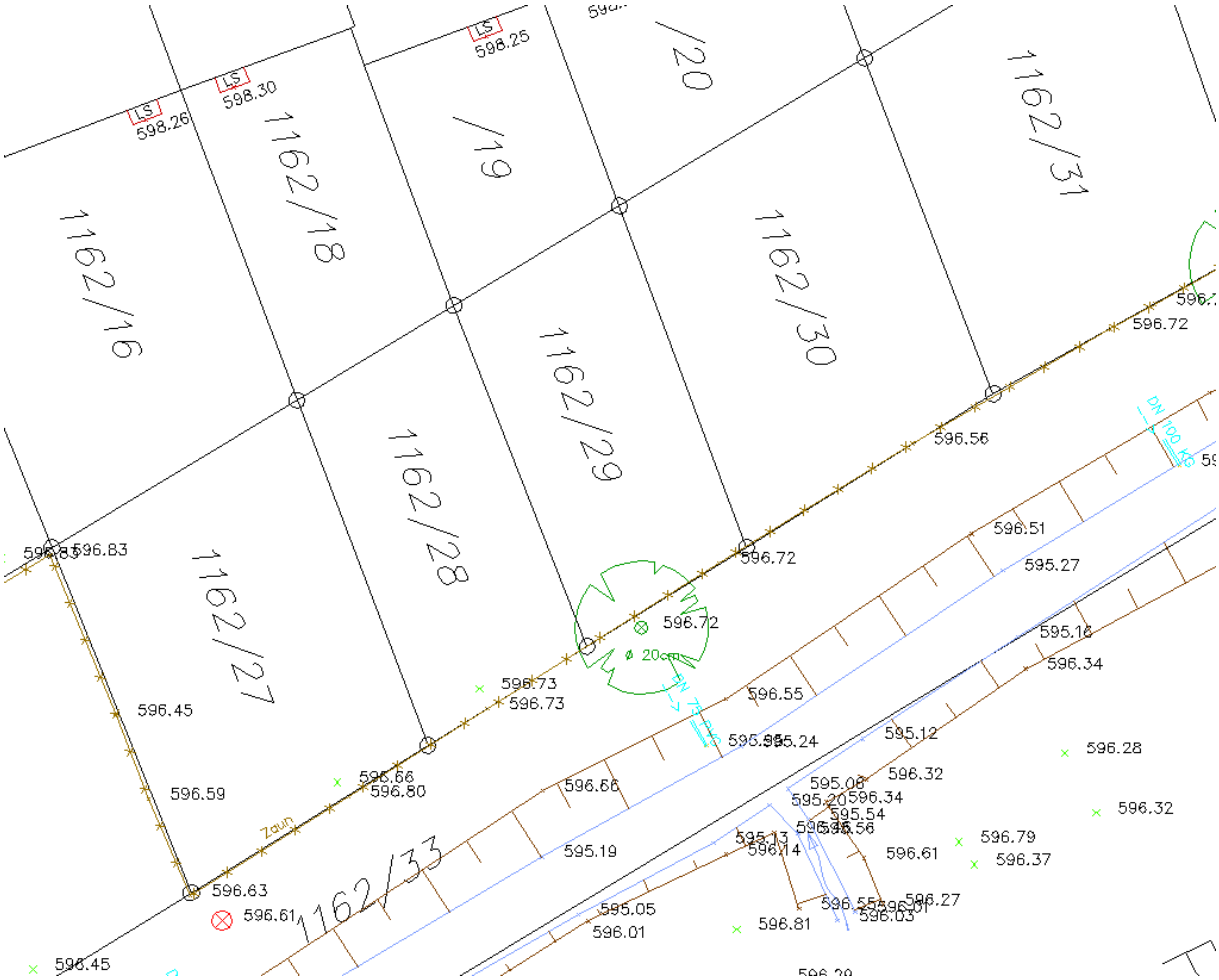

Abbildung 4.10: terrestrische Vermessung nördlich des Langeseegrabens

Wenn die in der Abbildung 4.10 dargestellte geringfügige Ausdehnung des Überschwemmungsgebiets im Bereich der Grundstücke Fl. Nrn. 1162/27 und 1162/30 verhindert werden muss, kann das Gelände entlang der Grundstücksgrenzen auf die erforderliche Höhe gebracht werden. Bei Höhenunterschieden zwischen dem Gelände und dem Bemessungswasserspiegel von 0,15 m bzw. 0,25 m kann dies durch die Anordnung eines Bordsteins oder durch geringfügige Geländeanpassungen erfolgen.

4.6.2.3 Retentionsraum

Zur Bilanzierung des Retentionsraums wurden die mit den Modellberechnungen ermittelten Wasservolumina im Ist- und Planungszustand ausgewertet und miteinander verglichen. Die Bilanzierung erfasst sowohl Volumenänderungen, die durch die geplanten Abgrabungen (z.B. im Bereich der geplanten Bachaufweitung) und Auffüllungen verursacht werden als auch solche, die sich durch Veränderungen der Wasserspiegellagen ergeben.

Durch die geplante Geländeaufschüttung im Bereich des geplanten Baugebiets Ahornstraße geht rechnerisch ein Volumen von ca. 2.500 m^3 verloren. Dieser Verlust kann durch die geplanten Maßnahmen und den dadurch verursachten Anstieg der Hochwasserspiegellage in Kombination mit der zusätzlich geplanten Gewässeraufweitung vollumfänglich ausgeglichen werden.

4.6.2.4 Gefährdungspotential

Das geplante Querbauwerk verursacht bei einem Bemessungshochwasser einen Anstieg der Wasserspiegellage, der nach oberstrom entlang der bebauten Grundstücke südlich der Kastnerhofstraße bis etwa zum Grundstück Fl. Nr. 1161/24 reicht (vgl. Plan H 102). Daher muss beurteilt werden, ob die Veränderung der Wasserspiegellage zu einer zusätzlichen Gefährdung der bestehenden Bebauung führen kann. Eine derartige Gefährdung wäre gegeben, wenn die Hochwasserspiegellage des Langseegrabens im Planungszustand die bestehende Bebauung erreicht und dort zu Schäden führt, die im Istzustand nicht zu erwarten sind. Nachfolgend werden mögliche Gefährdungen durch Oberflächenwasser behandelt. Aussagen über Auswirkungen des Bauvorhabens auf die Grundwasserverhältnisse können dem Kap. 4.6.2.8 entnommen werden.

Das hydraulische Modell wurde im Bereich der Vorländer mit Hilfe von Laserscandaten der Rasterweite 1,0 m aufgebaut. Obwohl diese Daten eine vergleichsweise hohe Dichte und Genauigkeit aufweisen, können die kleinräumigen Verhältnisse in Gebäudenähe nicht ausreichend genau abgebildet werden. Deshalb wurden die Gebäude im relevanten Bereich an der Kastnerhofstraße genauer erkundet. Konkret wurden kritische Bereiche (Lichtschächte, Eingänge etc..) terrestrisch vermessen. Die Arbeiten wurden im Februar 2015 vom Vermessungsbüro Angermaier & Günther durchgeführt. In der Tabelle 4.3 werden die Geländehöhen an den relevanten Stellen aufgelistet und mit dem Bemessungswasserspiegel sowie dem daraus resultierenden Freibord verglichen.

Tabelle 4.3: Gefährdung von einzelner Bebauung

Fl. Nr.	Haus Nr.	Objekt	Gelände (m+NN).	Wasserspiegel (m+NN)		Freibord (m+NN)	
				Istzustand	Planung	Istzustand	Planung
1162	27	Grundstücksgrenze	598,01	596,40	596,70	1,61	1,31
1162	25	Lichtschacht	597,40	596,40	596,70	1,00	0,70
1162/16	23	Lichtschacht	598,26	596,42	596,70	1,84	1,56
1162/18	21	Lichtschacht	598,30	596,43	596,70	1,87	1,60
1162/19	19	Lichtschacht	598,25	596,44	596,71	1,81	1,54
1162/20	17	Lichtschacht	598,25	596,45	596,71	1,80	1,54
1162/22	15	Lichtschacht	598,27	596,46	596,71	1,81	1,56
1162/23	13	Lichtschacht	598,25	596,47	596,72	1,78	1,43
1162/24	11	Lichtschacht	598,28	596,47	596,72	1,81	1,56
1161/13	9	Grundstücksgrenze	597,30	596,47	596,80	0,83	0,50
1161/12	7	Grundstücksgrenze	597,58	596,68	596,85	0,90	0,73
1161/11	5	Grundstücksgrenze	597,80	596,72	596,90	1,08	0,90
1161	3a	Grundstücksgrenze	598,18	596,90	597,00	1,28	1,18
1161/23	3	Grundstücksgrenze	598,07	597,00	597,05	1,07	1,02
1161/24	3	Grundstücksgrenze	598,73	597,13	597,17	1,60	1,56

Das Freibordmaß, das für die Hausnummern 3 bis 9 angegeben ist, bezieht sich auf die südliche Grundstücksgrenze. Die Bebauung ist bei diesen Anwesen auf der nördlichen Hälfte der Grundstücke angeordnet. Hier steigt das Gelände verglichen mit der südlichen Grundstücksgrenze weiter an. Auf der Höhe der Bebauung liegt das Gelände gemäß den Laserscandaten bei allen Grundstücken auf eine Höhe von mindestens 598,50 m+NN. Der Bemessungswasserspiegel liegt hier bei maximal 597,17 m+NN. Auch im Planungszustand ist somit keine Gefährdung zu erwarten.

Alle Häuser im Bereich der Hausnummer 11 bis 23 verfügen an der südlichen Gebäudeseite über einen Lichtschacht. Dieser Punkt ist maßgeblich für die Bewertung der Überflutungsgefährdung. Die aufgemessene Höhe der Lichtschächte liegt zwischen 598,25 und 598,30 m+NN. Bei HQ_{100} wird hier eine maximale Wasserspiegelhöhe von 596,72 m+NN erreicht. Die Gebäude haben an dieser Stelle somit einen Freibord von mindestens 1,5 m. Eine Gefährdung der Bebauung durch Wasser, das in die Lichtschächte eindringt, ist daher nicht zu erwarten.

Die hinsichtlich einer Gefährdung maßgebende Stelle im Bereich der Bebauung an der Kastnerhofstraße 25 ist durch einen Bordstein definiert, der unmittelbar vor einem Kellerfenster auf der östlichen Gebäudeseite angeordnet ist. Die kritische Höhe liegt an dieser Stelle auf 597,40 m+NN. Der Wasserspiegel erreicht bei HQ_{100} eine Höhe von 596,70 m+NN. Das Anwesen ist daher auch HQ_{100} nicht gefährdet.

Auf der südlichen Gebäudeseite der Hausnummer 25 sind zwei Kellerlichtschächte angeordnet. Die Öffnungen liegen auf Höhen von 598,08 bzw. 598,36 m+NN und weisen daher einen noch größeren Abstand zur Hochwasserspiegellage als das o.g. Kellerfenster auf.

Die kritische Gebäudekote der Hausnummer 27 liegt nach den Ergebnissen der Vermessung im Eingangsbereich an der östlichen Gebäudeseite auf einer Höhe von 597,58 m+NN. Die kritische Geländehöhe an dieser Stelle liegt somit ca. 0,88 m über dem Bemessungswasserspiegel, der an dieser Stelle eine Höhe von 596,70 m+NN erreicht. Zusätzlich ist zu beachten, dass die Geländehöhe am Südrand des Grundstücksauf ca. 598,00 m+NN liegt, so dass eine Gefährdung der Bebauung bei einem Bemessungshochwasser sicher ausgeschlossen werden kann.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Bebauung an der Kastnerhofstraße bei einem Bemessungshochwasser auch im Planungszustand nicht durch Überflutung gefährdet ist.

4.6.2.5 Nachweis der Vermeidung einer Abflussverschärfung

Die geplanten Maßnahmen müssen so gestaltet werden, dass keine Nachteile für die Ober- und Unterlieger auftreten. Ein derartiger Nachteil könnte entstehen, wenn es durch die Wirkung des geplanten Querbauwerks zu einer Abflussverschärfung im Abstrombereich käme.

Um zu prüfen, ob der Einbau des Querbauwerks im Gerinne des Langseegrabens zeitweilig zu einem höheren Abfluss führt, wurden instationäre hydraulische Berechnungen durchgeführt, so dass auch die Retentionseigenschaften des Untersuchungsgebiets berücksichtigt werden. Konkret wurden die Abflussganglinien für den Ist- und den Planungszustand unmit-

telbar unterstrom des Querbauwerks ermittelt und miteinander verglichen. Die Berechnungen erfolgten für ein Ereignis der Niederschlagsdauer n = 1 Stunde. Bei diesem Ereignis ist nach den hydrologischen Berechnungen der von Studie 2010 mit dem größten Abflussscheitel zu rechnen. Zusätzlich wird der Nachweis auch für einen lang anhaltenden Niederschlag der Dauer d = 24 Stunden geführt. Die verwendeten Abflussganglinien am Langseegraben sind in der Abbildung 4.3 dargestellt. Die Abbildung 4.11 zeigt die rechnerisch ermittelten Abflussganglinien bei HQ_{100} unmittelbar unterstrom des geplanten Querbauwerks für den Ist und Planungszustand und für die untersuchten Niederschlagsdauer 1 und 24 h.

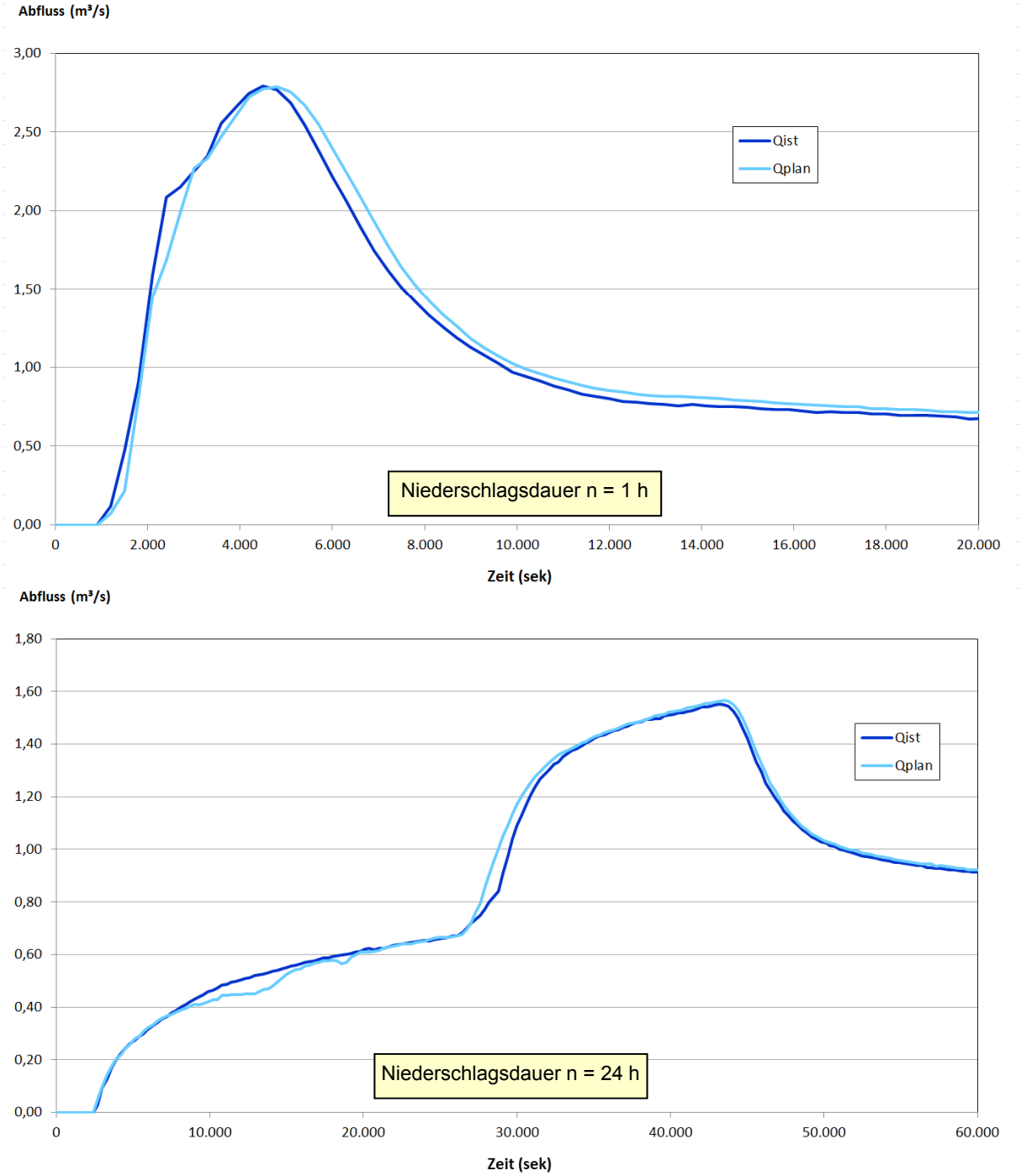

Abbildung 4.11: Vergleich der Abflussganglinien des Ist- und Planungszustands bei HQ_{100} unmittelbar unterstrom des geplanten Querbauwerks.

Die Darstellung belegt, dass der Einbau des Querbauwerks keine relevante Verformung der Abflussganglinie bewirkt. Eine Abflussverschärfung unterstrom des Bauwerks ist daher nicht zu erwarten.

4.6.2.6 Schubspannungen und Erosionsgefahr

Die Schubspannungen sind eine relevante hydraulische Größe zur Beurteilung einer möglichen Erosionsgefahr. Ihre Höhe kann aus der hydraulischen Berechnung abgeleitet werden. Die ermittelten Schubspannungen bei HQ_{100} sind in der Abbildung 4.12 dargestellt.

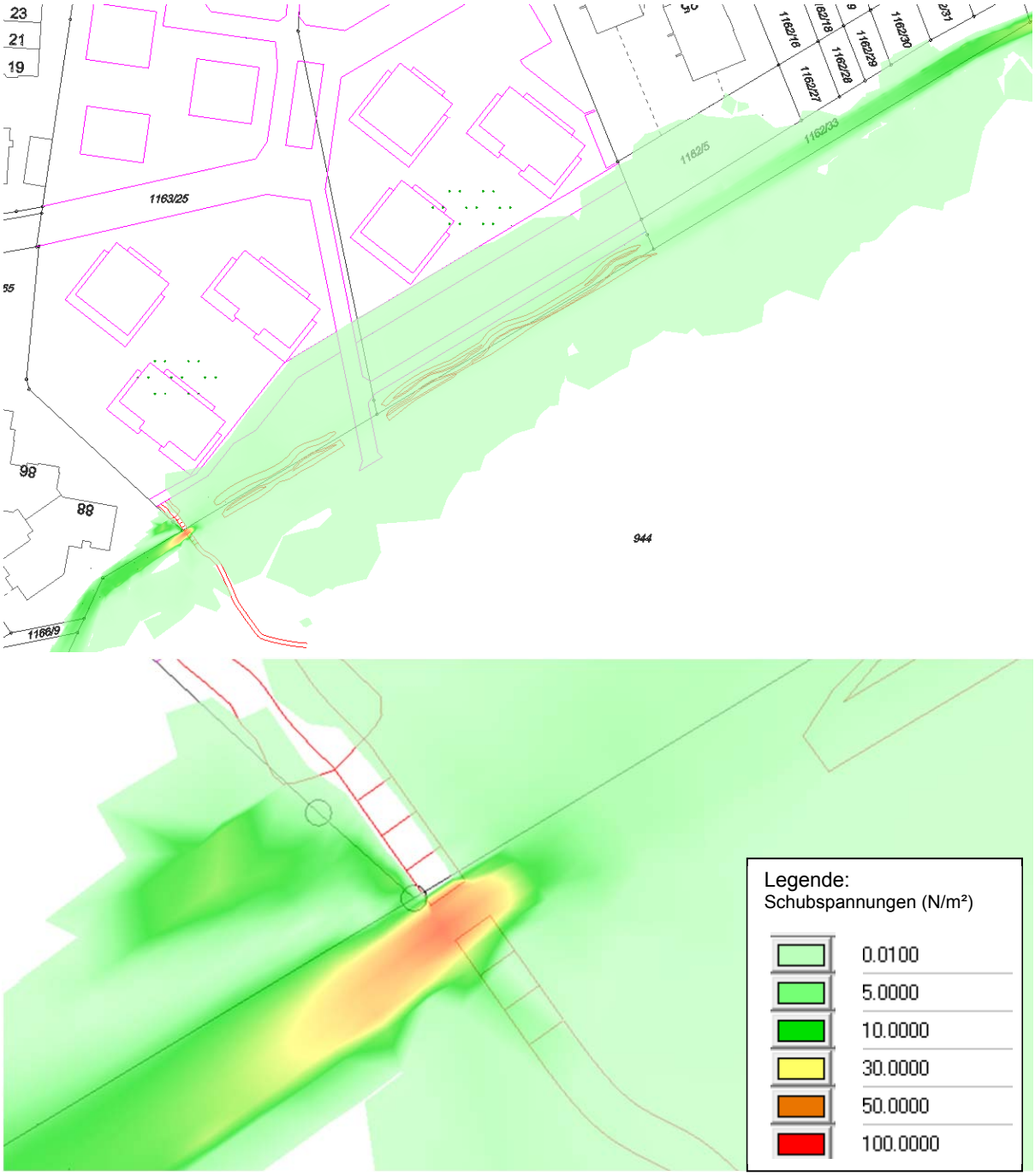

Abbildung 4.12: rechnerisch ermittelten Schubspannungen bei HQ_{100} im Planungszustand (oben: Bereich Baugebiet, unten: Detail Querbauwerk)

Wie die Abbildung 4.13 belegt, werden im Bereich der Einengung des Gewässerquerschnitts am Querbauwerk Schubspannungen bis maximal 79 N/m² erreicht. Zur Vermeidung von Erosionen wird die Sohle in diesem Bereich mit Wasserbausteinen gesichert. Zusätzlich wird auch die Fläche unterstrom des Überlaufs gesichert, um Erosionen in der Folge einer Beaufschlagung des Überlaufs zu verhindern(vgl. auch Kap. 4.6.3).

Im restlichen Gebiet liegen die Schubspannungen unter 10 N/m². Werte in dieser Größe sind in Hinblick auf einer möglicher Erosionsgefahr als unkritisch einzustufen.

4.6.2.7 Hochwassersicherheit

Die Geländeanschüttungen im Bereich des geplanten Baugebiets müssen so erfolgen, dass die die Hochwassersicherheit gewährleistet ist. Die Bebauung gilt als hochwassersicher, wenn die neue Geländeoberfläche einen ausreichenden Abstand zum Bemessungswasserspiegel aufweist (Freibord). Maßgebend dafür ist das Bemessungsereignis der Wiederkehrzeit T = 100 Jahre zzgl. Klimafaktor ($HQ_{100+Klima}$).

Das Baugebiet soll bis auf eine Höhe von 598,00 m+NN aufgeschüttet werden. Nach den hydraulischen Berechnungen liegt der Bemessungswasserspiegel bei $HQ_{100+Klima}$ im Planungszustand auf Höhe des Baugebiets bei 596,83 m+NN. Damit verfügt das Baugebiet nach Umsetzung des Vorhabens über einen Freibord von 1,17 m.

Das geplante Querbauwerk ist ein Provisorium, das bei der Herstellung des HRB Sportzentrum rückgebaut wird. Nach der Inbetriebnahme des HRB wird sich hinsichtlich des Wasserspiegels eine veränderte Situation einstellen, die bei der Planung des Baugebiets berücksichtigt werden muss.

Eine detaillierte Planung zum HRB Sportzentrum liegt derzeit noch nicht vor. Daher wird die ungünstigste Situation betrachtet, die durch die Umsetzung von Maßnahmen des Hochwasserschutzkonzepts von 2010 eintreten kann. Seinerzeit wurden drei Alternativen untersucht, die sich hinsichtlich der Größe des Rückhalteraums unterscheiden. Maßgebend für die Betrachtungen zur Hochwassersicherheit des Baugebiets ist die Alternative 3, bei der mit 597,00 m+NN die höchste Einstauhöhe erreicht wird. Die Abbildung 4.12 zeigt die entsprechende Einstaufläche

Die Geländeoberfläche im Baugebiet soll wie beschrieben bis auf eine Höhe von 598,00 m+NN aufgeschüttet werden. Sie liegt somit 1,0 m über dem ungünstigsten Wert für das Stauziel. Die Hochwassersicherheit der Bebauung ist daher auch bei einer Umsetzung der Alternative 3 für das HRB Sportzentrum gewährleistet.

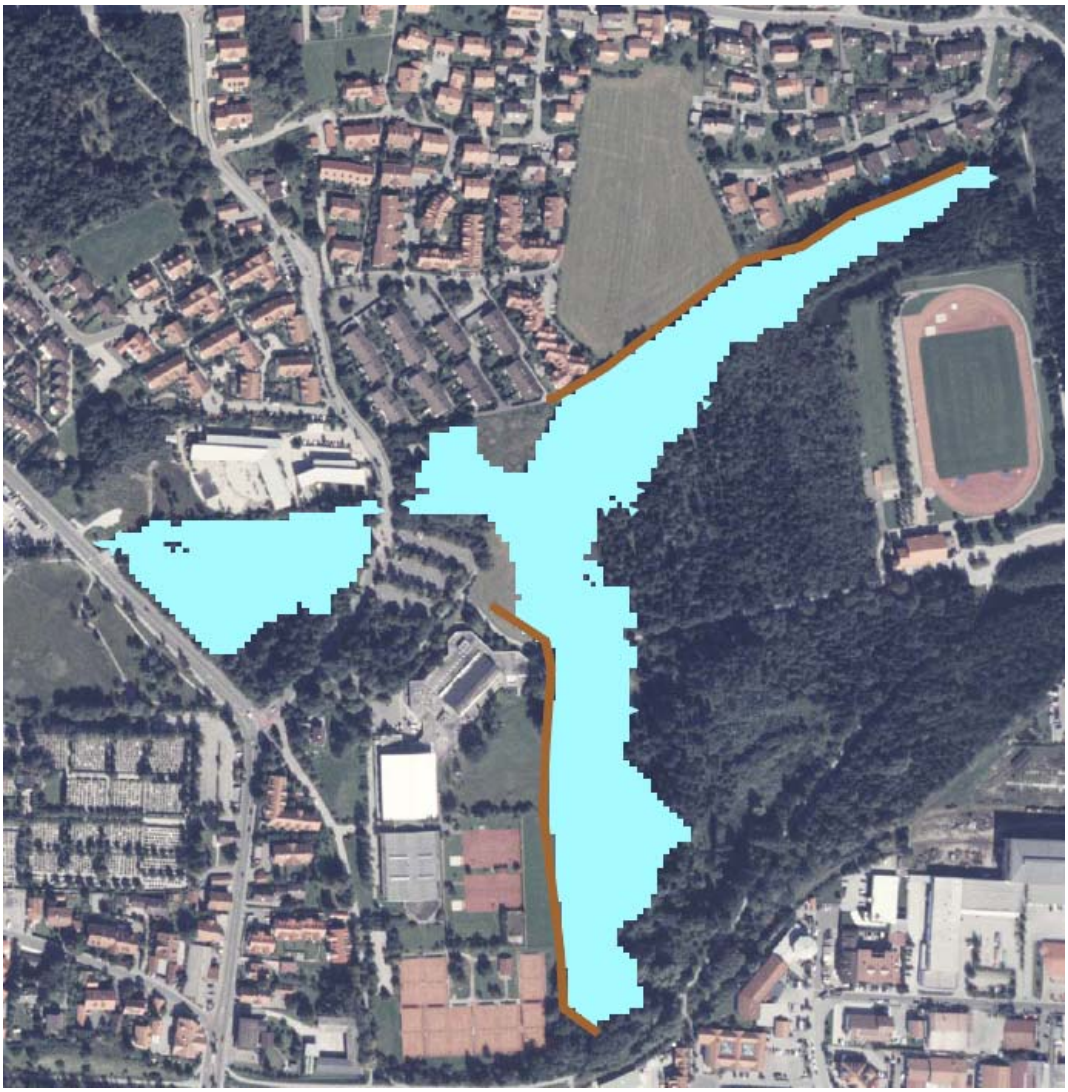

Abbildung 4.12: Einstaufläche des HRB Sportzentrums (Alternative 3)

4.6.2.8 Auswirkungen auf das Grundwasser

Durch die Wirkung des geplanten Querbauwerks ergibt sich im Langseegraben ein Anstieg der Wasserspiegellage bei HQ_{100} um bis zu 0,33 m. Wenn die Gefahr bestünde, dass dadurch auch ein Anstieg der Grundwasserspiegellage verursacht wird, könnten nachteilige Auswirkungen für die Anlieger eintreten (Vernässung von Kellern etc.).

Ein Anstieg des Grundwasserspiegels durch Hochwasserführung eines Gewässers ist allerdings nur dann möglich, wenn das Gewässer als Vorfluter einer grundwasserführenden Bodenschicht wirkt. In diesem Fall kann es bei Hochwasser zu einer Infiltration von Wasser aus dem Gewässerbett in die angrenzenden Flächen kommen, so dass sich im Nahbereich des Gewässers ein Grundwasserspiegel einstellt, der maximal so hoch wie der Hochwasserspiegel sein kann. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass die oberflächennahen Bodenschichten im Bereich des Gewässers wasserdurchlässig sind, so dass es überhaupt zu einer Infiltration kommen kann.

Nach den Ergebnissen vorliegender Baugrunduntersuchungen wird der Untergrund im Bereich des Langseegrabens aus Schluffen und Tonen gebildet, die nur eine sehr geringe Wasserdurchlässigkeit aufweisen (vgl. Bohrprofile RP2 und RP3 in Abbildung 3.2. Eine relevante Infiltration von Wasser aus dem Langseegraben in den angrenzenden Untergrund ist daher nicht möglich. Auch unter Berücksichtigung der vergleichsweise geringen Dauer des Hochwasserereignisses und insbesondere des sehr kurzen Zeitraums, in dem die Hochwasserspiegellage im Planungszustand höher als im Istzustand ist, sind daher keine Auswirkungen auf die Grundwasserverhältnisse zu erwarten.

Die Wasserzutritte, die beim Abteufen der Aufschlüsse RP2 und RP3 angetroffen wurden, sind als wenig ergiebige Schichtwasserhorizonte zu verstehen, die sich je nach den kleinräumig vorliegenden Verhältnissen durch Niederschlagswasser ergeben, das überwiegend über die Geländeoberkante zum Langseegraben abfließt. Auswirkungen eines kurzfristig höheren Wasserspiegels im Langseegraben auf die Höhenlage dieses Schichtwassers können ausgeschlossen werden.

4.6.3 Konstruktive Gestaltung

Zur Kompensation von Auswirkungen des geplanten Baugebiets auf wasserwirtschaftliche Belange sind die nachfolgend näher beschriebenen Maßnahmen geplant. Nähere Angaben zu Art und Umfang dieser Maßnahmen können auch den Plänen E 10 und E 20 entnommen werden.

- ▷ Anordnung eines Querbauwerks im Gerinne des Langseegrabens,
- ▷ naturnahe Gestaltung des Langseegrabens.

Das Querbauwerk wird mit dem Ziel geplant, den Retentionsraumverlust auszugleichen, der durch die Geländeanschüttungen im Bereich des Baugebiets entsteht. Das Bauwerk wird im Lauf des Langseegrabens auf der Höhe der südwestlichen Grenze des Grundstücks Fl. Nr. 1163/25 angeordnet und reicht bis in das des Grundstück Fl. Nr. 944 südlich des Grabens.

Konkret wird der Langseegraben, der im Bereich des Querbauwerks derzeit eine Sohlbreite von ca. 2,2 m aufweist, mit Gabionen auf eine Sohlbreite von 1,0 m eingeengt. Die Gabionen werden bis auf eine Höhe von 596,70 m+NN angeordnet. Diese Höhe entspricht dem Bemessungswasserspiegel bei einem HQ_{100}.

Außerhalb des eigentlichen Gerinnes werden die Gabionen beidseitig des Gewässers um 2,0 m verlängert. Auf diese Weise entsteht ein 8,0 m breiter Überlaufbereich, der bei Hochwasserereignissen jenseits des Bemessungshochwassers HQ_{100} ohne Gefahr für die angrenzenden Bereiche überströmt werden kann.

Im Gewässerbereich werden drei Gabionenreihen in vertikaler Richtung aufgestapelt. Die beiden unteren Reihen bestehen aus Gabionen b*h*t = 1,0*1,0*1,0 m. Die obere Reihe wird mit Gabionen b*h*t = 1,0*0,5*1,0 m hergestellt. Die Gabionen werden ca. 0,35 m in die Sohle des Langseegrabens eingegraben und so miteinander verbunden, dass sie statisch als starrer Körper wirken.

Im Vorlandbereich sind zwischen der Geländeoberkante und dem Stauziel geringere Höhenunterschiede als im Gewässerbereich zu überwinden, so dass hier die Anordnung einer Gabionenreihe b*h*t = 1,0*1,0*1,0 m ausreichend ist.

Wie dem Kap. 4.6.2.6 entnommen werden kann, sind im Bereich der Gabionen Schubspannungen in einem relevanten Umfang zu erwarten. Die Gewässersohle soll deshalb an dieser Stelle mit geeigneten Maßnahmen gegen Erosion gesichert werden. Dies kann durch die Anordnung eines Bruchsteinpflasters erfolgen (vgl. Pläne E 10 und E 20 in Anlage 3). Unmittelbar unterstrom des Querbauwerks werden Wasserbausteine angeordnet. Dieser als raues Gerinne ausgebildete Gewässerabschnitt wirkt als Tosbecken. Gleichzeitigt können Erosionen verhindert werden, die bei einem Anspringen des Überlaufbereichs bei extremen Hochwasserereignissen jenseits des HQ_{100} möglich sind.

Damit die berechnete hydraulische Wirkung des Querbauwerks erreicht wird, soll eine Überströmung außerhalb des Überlaufbereichs verhindert werden. Zu diesem Zweck wird das Gelände am linken Vorland zwischen dem Überlaufbereich und dem aufgeschütteten Baugebiet durch den Einbau von gering wasserdurchlässigen Schluffböden um bis zu ca. 1,5 m auf eine Höhe von 597,20 m+NN angehoben. Die ca. 1 m breite Oberkante des so entstehenden Geländewalls liegt 0,5 m über dem Bemessungswasserspiegel. Der Anschluss an das das anstehende Gelände erfolgt mit Böschungen, die eine Neigung von 1 : 3 aufweisen.

Ausgehend von den Gabionen wird das Querbauwerk um etwa 35 m in südlicher Richtung verlängert. Da die hier angrenzenden Flächen als Wald genutzt werden, bietet sich die Herstellung eines Walls aus dichtem Astwerk an (Benjeshecke). Der Wall wird mit Lehm und Laub verfüllt, so dass ein gering wasserdurchlässiger Körper entsteht. Um eine ausreichende Sicherheit gegen Aufschwimmen und Abtrieb zu erreichen, wird die Hecke mit Holzpflöcken im Untergrund verankert. Analog zum o.g. Geländewall soll die Oberkante der Hecke 0,5 m über dem Bemessungswasserspiegel des HQ_{100} angeordnet werden.

Die maximale Höhe der Benjeshecke liegt bei ca. 1,0 m. Sie wird bereichsweise geschwungen um den Baumbestand herum hergestellt. In der Hecke wird Gehölzschnitt und Astwerk gut verschachtelt aufgehäuft und lagenweise mit Lehm und Laub verschüttet. Die Abbildung 4.13 zeigt beispielhaft eine Benjeshecke mit Pflocksicherung.

Abbildung 4.13: Benjeshecke mit Pflocksicherung

Das Querbauwerk stellt ein Provisorium dar, mit dem der Retentionsraumausgleich für das geplante Baugebiet bis zum Bau des HRB Sportzentrums gewährleistet wird. Seine konstruktive Gestaltung wurde deshalb so gewählt, dass ein verhältnismäßiger einfacher Rückbau möglich ist.

Im Zuge der Errichtung des Baugebiets soll der Langseegraben naturnah gestaltet werden. Zu diesem Zweck wird das Bachbett auf der Nordwestseite zum Baugebiet hin durch Uferabgrabungen aufgeweitet. Innerhalb des breiteren Betts wird das Niedrigwassergerinne leicht gewunden ausgebildet. Dadurch werden unterschiedliche Strömungsverhältnisse im durchströmten Bachbett und damit eine naturnähere Gewässerstruktur geschaffen, die die Lebensraumeignung des Baches erhöht. Randlich des Niedrigwassergerinnes entstehen wechselseitig nasse bis feuchte Röhrichtzonen, deren Bodenoberkante knapp über dem Wasserspiegel des Baches liegt. Damit wird der amphibische Wasserwechselbereich randlich des Baches deutlich aufgewertet. Auf den neuen Bachböschungen wird eine bachtypische Uferflur aus regional heimischem Saatgut angesät. In der Röhrichtzone ist eine Initialpflanzung standorttypischer Bachröhrichtpflanzen wie Blutweiderich, Sumpfsegge, und Wasserschwertlinie vorgesehen.

5. Handlungsfeld Niederschlagswasser

5.1 Allgemeines

Das zur Bebauung vorgesehene Grundstück wurde bisher als Grünfläche genutzt und grenzt im Süden an den Langseegraben. Die Geländeoberfläche ist in Richtung des Vorfluters geneigt. Im Untergrund stehen Böden mit geringer Wasserdurchlässigkeit an, so dass insbesondere bei Starkniederschlagsereignissen relevante Teile des Wassers über die Geländeoberkante in den Langseegraben ablaufen.

Im Zuge der Bebauung wird die Grundstücksfläche zum Teil versiegelt, so dass eine geordnete Ableitung des Niederschlagswassers gewährleistet werden muss. Eine dezentrale Versickerung des Wassers ist wegen der dafür nicht geeigneten Untergrundverhältnisse nicht möglich. Das Wasser soll deshalb gesammelt und nach einer ggf. erforderlichen Behandlung in den Langseegraben eingeleitet werden.

Für das geplante Baugebiet ist eine Trennkanalisation vorgesehen. Die Ableitung von Schmutzwasser soll über einen Anschluss an das bestehende Kanalsystem erfolgen (vgl. Kap. 0). Das Niederschlagswasser soll in Regenwasserkanälen gefasst und in den Langseegraben eingeleitet werden.

Die Einleitung von Niederschlagswasser in ein Gewässer ist eine Benutzung, für die eine Erlaubnis nach § 9, Abs. 1 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) erforderlich wird, sofern die Schranken des Gemeingebrauchs nach § 25 WHG und nach Art. 18 des Bayerischen Wassergesetzes (BayWG) überschritten werden. Vorgaben hinsichtlich dieser Schranken finden sich in den „Technische(n) Regeln zum schadlosen Einleiten von gesammeltem Niederschlagswasser in oberirdische Gewässer“ (TRENOG). Im vorliegenden Fall ist eine erlaubnisfreie Einleitung u.a. deshalb nicht möglich, weil die unter Nr. 4.3 der TRENOG vor-

gegebene Beschränkung der Fläche, die an eine Einleitungsstelle angeschlossen werden darf, erheblich überschritten wird.

Damit das Vorhaben wasserrechtlich genehmigungsfähig ist, soll die Einleitung des Niederschlagswassers so erfolgen, dass dadurch keine unzulässigen Beanspruchungen des Langseegrabens und keine nachteiligen Auswirkungen auf die Anlieger verursacht werden. Sie soll deshalb den nachfolgend genannten Ansprüchen genügen:

▷ **Quantitative Aspekte**

Durch das geplante Baugebiet kommt es zu einer Versiegelung bisher unbefestigter Flächen. Dadurch besteht die Gefahr, dass das Niederschlagswasser in größerem Umfang und schneller als bisher in den Langseegraben abläuft. Derartige Auswirkungen müssen nach den geltenden technischen Regeln grundsätzlich auf ein vertretbares Maß reduziert werden. Sofern keine Versickerung im Untergrund möglich ist, wird dazu i.d.R. eine gedrosselte Ableitung des Niederschlagswassers aus entsprechend dimensionierten Rückhaltebecken vorgesehen.

Die Entwässerungsanlagen sollen so ausgelegt werden, dass aus dem zu bebauenden Gebiet bei Starkniederschlagsereignissen allenfalls so viel Wasser in den Langseegraben abfließt, wie dies auch im derzeit bestehenden Zustand der Fall ist. Auf diese Weise kann eine Zunahme der Hochwassergefährdung verhindert werden.

Anders als im bestehenden Zustand läuft das Niederschlagswasser nach der Errichtung der geplanten Bebauung allerdings nicht mehr breitflächig über das Gelände ab, sondern gelangt in einen Rückhalteraum und wird von dort gedrosselt in den Langseegraben abgeleitet. Unabhängig von der Wiederkehrzeit des Niederschlagsereignisses wird über die Abflussdrosselung des Rückhalteraums immer annähernd die gleiche Wassermenge abgeleitet. Deshalb ist es zweckmäßig, die Abflussdrosselung so auszulegen, dass höchstens so viel Wasser abgeleitet wird, wie derzeit bei einem 5-jährlichen Starkniederschlagsereignis abfließt. Auf diese Weise gelangt bei Ereignissen mit selteneren Wiederkehrzeiten weniger Wasser in den Langseegraben als im ursprünglichen Zustand, so dass mit dem Rückhaltebecken sogar ein kleiner Beitrag zum Hochwasserschutz geleistet wird. Mit dieser Zielstellung werden folgende Nachweise erforderlich:

- Über den Abflussbegrenzer des Rückhalteraums darf höchstens die Wassermenge abgeleitet werden, die im derzeit bestehenden Zustand bei einem 5-jährlichen Starkniederschlagsereignis breitflächig aus diesem Bereich abgeflossen ist.
- Das Rückhaltevolumen muss so groß sein, dass die bei einem 100-jährlichen Starkniederschlagsereignis zu erwartenden Zuflüsse aufgenommen werden können.
- Die in der Satzung für die öffentliche Entwässerungsanlage der Stadt Penzberg in der Fassung vom 24.11.2009 vorgegebenen Drossel- und Rückhaltevorgaben müssen eingehalten werden. Danach muss ein Rückhaltevolumen von 2 m^3 pro 100 m^2 versiegelte Fläche vorgesehen werden. Die Abflussdrosselung wird auf 1 l/s pro 100 m^2 versiegelte Fläche festgesetzt.

▷ **Qualitative Aspekte**

Durch den Betrieb der geplanten baulichen Anlagen kann es insbesondere im Bereich der Zufahrten und Parkplätze zu einer Verschmutzung des Niederschlagswassers kommen, das in den Langseegraben eingeleitet wird.

Um nachteilige Auswirkungen auf das Gewässer zu vermeiden, muss geprüft werden, ob eine Behandlung des Niederschlagswassers vor der Einleitung erforderlich wird und welche Maßnahmen dafür vorzusehen sind. Die Prüfung erfolgt nach den Regeln des DWA-Merkblatts M 153. Sie ist auch deshalb erforderlich, weil die im Merkblatt unter Nr. 6.1 genannten Bagatellgrenze überschritten wird (Innerhalb eines Gewässerabschnitts von 1000 m Länge wird das Regenwasser von deutlich mehr als 0,2 ha undurchlässiger Fläche eingeleitet).

5.2 Bemessungsniederschläge

Für die Bemessung der Entwässerungsanlagen zur Ableitung der anfallenden Niederschlagsmengen werden die Bemessungsniederschläge im Planungsgebiet benötigt. Diese werden aus dem Kostra-Atlas „KOSTRA-DWD 2000“ des Deutschen Wetterdienstes entnommen (Deutscher Wetterdienst: Starkniederschlagshöhen für Deutschland, Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach am Main). Für den Standort Penzberg ergeben sich folgende Werte:

Niederschlagshöhen und -spenden für Penzberg
Zeitspanne : Januar - Dezember
Rasterfeld : Spalte: 47 Zeile: 98

T	0,5		1,0		2,0		5,0		10,0		20,0		50,0		100,0	
D	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN
5,0 min	4,4	147,5	6,4	214,1	8,4	280,8	11,1	369,0	13,1	435,7	15,1	502,4	17,7	590,5	19,7	657,2
10,0 min	7,6	127,4	10,6	176,4	13,5	225,5	17,4	290,3	20,4	339,3	23,3	388,4	27,2	453,2	30,1	502,3
15,0 min	9,8	109,0	13,5	150,0	17,2	191,0	22,1	245,1	25,8	286,1	29,4	327,1	34,3	381,3	38,0	422,2
20,0 min	11,3	94,4	15,7	130,5	20,0	166,5	25,7	214,2	30,0	250,3	34,4	286,3	40,1	334,0	44,4	370,1
30,0 min	13,2	73,4	18,6	103,5	24,1	133,6	31,2	173,5	36,6	203,6	42,1	233,7	49,2	273,6	54,7	303,7
45,0 min	14,5	53,8	21,3	79,0	28,1	104,2	37,1	137,5	43,9	162,6	50,7	187,8	59,7	221,1	66,5	246,3
60,0 min	15,0	41,7	23,0	63,9	31,0	86,0	41,5	115,3	49,5	137,5	57,5	159,7	68,0	189,0	76,0	211,1
90,0 min	17,3	32,0	25,6	47,3	33,8	62,7	44,8	82,9	53,0	98,2	61,3	113,5	72,2	133,8	80,5	149,1
2,0 h	19,1	26,5	27,6	38,3	36,0	50,1	47,3	65,6	55,7	77,4	64,2	89,2	75,4	104,8	83,9	116,5
3,0 h	21,8	20,2	30,6	28,4	39,4	36,5	51,0	47,3	59,8	55,4	68,6	63,5	80,2	74,3	89,0	82,4
4,0 h	24,0	16,7	33,0	22,9	42,0	29,2	54,0	37,5	63,0	43,7	72,0	50,0	83,9	58,3	92,9	64,5
6,0 h	27,4	12,7	36,7	17,0	46,1	21,3	58,4	27,0	67,8	31,4	77,1	35,7	89,5	41,4	98,8	45,7
9,0 h	31,1	9,6	40,8	12,6	50,5	15,6	63,3	19,5	73,0	22,5	82,7	25,5	95,5	29,5	105,2	32,5
12,0 h	34,1	7,9	44,0	10,2	53,9	12,5	67,1	15,5	77,0	17,8	86,9	20,1	100,1	23,2	110,0	25,5
18,0 h	43,1	6,7	54,5	8,4	65,9	10,2	80,9	12,5	92,3	14,2	103,6	16,0	118,6	18,3	130,0	20,1
24,0 h	52,2	6,0	65,0	7,5	77,8	9,0	94,7	11,0	107,5	12,4	120,3	13,9	137,2	15,9	150,0	17,4
48,0 h	62,7	3,6	80,0	4,6	97,3	5,6	120,2	7,0	137,5	8,0	154,8	9,0	177,7	10,3	195,0	11,3
72,0 h	71,2	2,7	90,0	3,5	108,8	4,2	133,7	5,2	152,5	5,9	171,3	6,6	196,2	7,6	215,0	8,3

Neben der Niederschlagshöhe wird für die Berechnungen auch die zeitliche Verteilung des Niederschlags benötigt. Die einfachste Möglichkeit dafür besteht im Ansatz von Blockregen mit konstanter Intensität über die gesamte Regendauer. Vor allem bei längeren Regenereignissen ist allerdings mit ungleichmäßigen Verteilungen zu rechnen, die ggf. zu einem bemessungsrelevanten, erhöhten Oberflächenabfluss führen. Nach einer Empfehlung des Bayerischen Landesamts für Umwelt erfolgt daher eine Aufteilung in Modellregengruppen nach Otter/Königer. Dabei wird von mehreren Einzelregen mit unterschiedlicher Dauer innerhalb

einer Modellregengruppe ausgegangen. Die Einzelregen einer Modellregengruppe lassen sich in 3 Hauptgruppen untergliedern:

- **Vorregen**

  Der Vorregen fällt unmittelbar vor dem eigentlichen Hauptregenereignis und kündigt das Hauptregenereignis an. Der hohe Anstieg der Niederschlagsmenge vom Vorregen zum Hauptregen erfolgt in relativ kurzer Zeit. Die Vor- und Nachregen wurden gewählt, um ein möglichst naturgetreues Abbild eines Regenereignisses zu erreichen.

- **Hauptregen**

  Der Hauptregen ist der Schwerpunkt des Modellregens. Seine Dauer entspricht der gewählten Dauerstufe. In dieser Zeit fallen 100 % der insgesamt anzusetzenden Niederschlagsmenge an.

- **Nachregen**

  Der Nachregen fällt direkt im Anschluss an den Hauptregen und dauert im Vergleich zum Vorregen länger an. Dadurch kommt es auch zu wesentlich geringeren Abstufungen der Niederschlagsmengen und somit zu einer gleichmäßigeren Abflachung des Niederschlags.

Die so erstellte Niederschlagsverteilung wird bei der Bemessung der Anlagen zur Niederschlagswasserableitung für jede Dauerstufe der Wiederkehrzeiten T = 5 und T = 100 Jahre berücksichtigt. In der folgenden Abbildung ist die Niederschlagsverteilung dargestellt, die sich für die Dauerstufe D = 45 Minuten und die Wiederkehrzeit T = 100 Jahre ergibt.

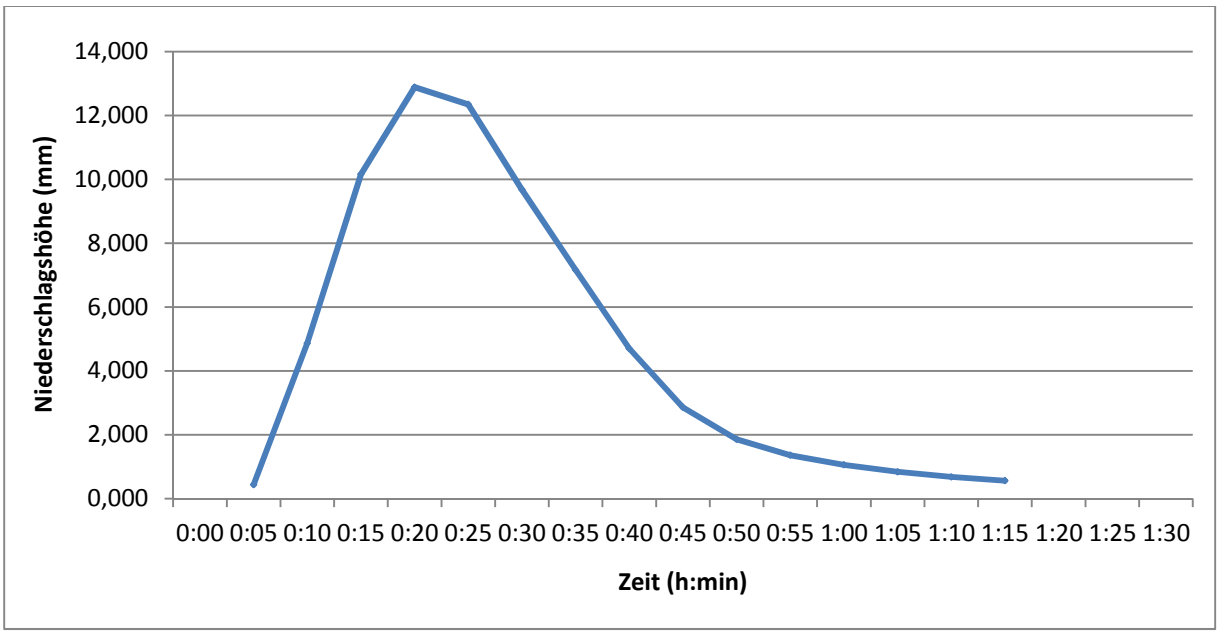

Abbildung 3.4: Niederschlagsverteilung für n = 0,01 und D = 45 Minuten

5.3 Ermittlung des Rückhaltevolumens

5.3.1 Bestimmung der Größe der Abflussdrosselung

In einem ersten Schritt erfolgt die Ermittlung der Wassermengen, die derzeit bei Starkniederschlagsereignissen breitflächig aus dem Bereich des Baugebiets in den Langseegraben abfließt. Die Ermittlung könnte stark vereinfacht nach einer Methode erfolgen, die im DWA-Arbeitsblatt A 118[2] beschrieben ist. Dabei werden die Flächen der Einzugsgebiete mit einem mittleren Abflussbeiwert multipliziert, der je nach Aufbau und Befestigung der Fläche Werte zwischen 0 und 1 aufweist. Für unbefestigte Flächen wie Gärten, Wiesen und Kulturland mit möglichem Regenabfluss in das Entwässerungssystem werden unabhängig von der Länge des Regens Abflussbeiwerte von 0 bis 0,46 angegeben.

Die vereinfachte Methode ist allerdings insbesondere bei unbefestigten Flächen und bei hohen Regenintensitäten relativ ungenau. Derartige Verhältnisse bedürfen nach den Regeln des A 118 einer gesonderten Betrachtung, so dass auf ihre Anwendung im hier gegebenen Fall verzichtet wird.

Der Abfluss über die Geländeoberfläche wird stattdessen mit dem Rechenmodell HYSTEM-EXTRAN[3], Version 7.2 der ITWH Hannover bestimmt, das eine hinreichend detaillierte Modellierung der vorliegenden Randbedingungen ermöglicht. Dabei handelt es sich um ein hydrologisches Modell, das gut für kleine Einzugsgebiete angewendet werden kann, wie sie üblicherweise bei Vorhaben der Stadtentwässerung angetroffen werden.

Für die Berechnung der Abflusskonzentration aus den einzelnen Einzugsgebieten wird vom Prinzip der Einheitsganglinie ausgegangen. Der Oberflächenwasserabfluss wird im Modell unter Berücksichtigung der Benetzungs- und Muldenverluste nach folgenden Methoden bzw. in folgenden Schritten berechnet:

- ▷ Die Abflussbildung wird nach der erweiterten Grenzwertmethode unter Vorwegabzug der Benetzungsverluste berechnet. Dabei werden die Parameter Benetzungsverlust BV, Muldenverlust MV, abflusswirksamer Anteil der Flächen am Beginn A_0 und am Ende A_e der Muldenauffüllphase sowie die Bodenklasse für die wesentlichen Flächenarten in Anlehnung an die Standardparameter von HYSTEM mit den folgenden Werten angesetzt:

Tabelle 4.3: Angaben zu den Berechnungsparametern für die Abflussbildung

	Grünflächen
Benetzungsverlust B_V	5,00 mm
Muldenverlust M_V	5,00 mm
Abflusswirksamer Flächenanteil A_0	35 %
abflusswirksamer Flächenanteil A_e	60 %
Bodenklasse	sandiger Lehm, lehmiger Sand

[2] DWA-Regelwerk: Arbeitsblatt A 118 Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen, März 2006

[3] Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH, Hannover: HYSTEM-EXTRAN 7, Modellbeschreibung, 10/2010

Durch den Ansatz der so gewählten Parameter ergeben sich vergleichsweise geringe Verluste, so dass die Berechnungsergebnisse auf der sicheren Seite liegen.

▹ Bei den Berechnungen wird die Bodenklasse 3 (sandiger Lehm, lehmiger Sand) mit relativ hohen Infiltrationsraten und entsprechend geringen Oberflächenabflüssen angesetzt. Tatsächlich kann davon ausgegangen werden, dass der vorliegende Untergrund weniger versickerungsfähig ist, so dass größere Wassermengen in den Vorfluter abfließen. Für die Festlegung des Drosselabflusses und des Rückhaltevolumens liegt diese Vorgehensweise auf der sicheren Seite.

Ein Oberflächenwasserabfluss entsteht immer dann, wenn die Niederschlagsintensität größer als die Infiltrationskapazität ist. Dabei werden für Regen- und Trockenphasen unterschiedliche Regenerationskonstanten verwendet. Der Regenverlauf wird für jede untersuchte Dauerstufe nach Otter/Königer bestimmt (vgl. Kap. 0).

▹ Die Abflusskonzentration wird mittels linearer Speicherkaskade bestimmt. Die Berechnung der Schwerpunktslaufzeit erfolgt dabei unter Berücksichtigung des Quergefälles sowie vorgegebener Rauhigkeitswerte. Für nähere Angaben wird auf die Beschreibung des Modells Hystem verwiesen.

Bei den Berechnungen wird eine Neigung des Geländes von 1 - 4 % angesetzt (Neigungsklasse 2). Der Anfangswassergehalt des Bodens wird in relativ geringer Größe von 45 % des Sättigungswassergehalts angenommen, so dass bei Beginn eines Regens noch eine entsprechend große Aufnahmefähigkeit des Bodens vorhanden ist. Auch diese Ansätze liefern vergleichsweise geringe Oberflächenabflüsse und liegen daher für die Festlegung des Drosselabflusses und des Rückhaltevolumens auf der sicheren Seite.

Die so ermittelten Oberflächenabflüsse sind in der folgenden Tabelle für 5-jährliche und 100-jährliche Regenereignisse zusammengestellt. Für jede Dauerstufe zwischen 15 Minuten und 12 Stunden ist dabei jeweils der maximale Abfluss angegeben.

Tabelle 5.1: berechnete Oberflächenabflüsse in den Langseegraben (Istzustand)

Niederschlagsdauer	T = 5 Jahre (l/s)	T = 100 Jahre (l/s)
15 min	35	187
20 min	78	202
30 min	89	222
45 min	94	232
60 min	90	229
90 min	76	189
2 h	61	151
3 h	41	101
4 h	28	72
6 h	16	44
9 h	7	24
12 h	3	15

Wie der Tabelle entnommen werden kann, ergeben sich die größten Oberflächenabflüsse in den Langseegraben jeweils bei Regen mit einer Dauer von 45 Minuten. Für das 5-jährliche Ereignis wurde ein Wert von **94 l/s** bestimmt.

Nach dem vorliegenden Bebauungsplan in seiner aktuellen Fassung von 31.03.2015 ergeben sich im geplanten Baugebiet folgende Anteile der Flächennutzung:

Tabelle 5.2: Nutzungen des Bebauungsplangebiets (Quelle: Baubüro Gumberger)

Nutzung	Fläche (ha)
Dachflächen	0,3588
Gründachflächen	0,0342
Verkehrsflächen	0,1704
Parkflächen	0,1037
Geh- und Radwege	0,0416
Grünflächen	0,7070
Summe	1,7157

Ausgehend von den Werten der oberen Tabelle wird die Größe der abflusswirksamen, versiegelten Fläche in dem zu entwässernden Bereich des Bebauungsplangebiets mit 8.533 m^2 ermittelt. Die entsprechenden Berechnungen können der Tabelle in Anlage 1 entnommen werden.

Nach den Vorgaben der Entwässerungssatzung der Stadt Penzberg ist eine Abflussdrosselung von 1 l / (s*100 m^2) vorzusehen. Danach ergibt sich ein Drosselabfluss von 85 l/s. Dieser Wert ist kleiner als der maximale Oberflächenabfluss gemäß Tabelle 5.1 für den bestehenden unbebauten Zustand. Für die Bemessung des erforderlichen Rückhaltevolumens wird deshalb ein Drosselabfluss von **85 l/s** angesetzt.

5.4 Dimensionierung des Rückhaltevolumens

Die Dimensionierung des Regenrückhaltebeckens erfolgt nach dem vereinfachten Verfahren gemäß DWA Arbeitsblatt A 117[4]. Die dort genannten Voraussetzungen für dessen Anwendung sind weitgehend erfüllt, so dass auf eine aufwändigere Langzeitsimulation verzichtet wird. Das betrifft insbesondere die Vorgaben zur Größe des Einzugsgebiets, zur Fließzeit und zur Drosselabflussspende.

Damit nachteilige Auswirkungen auf den Hochwasserschutz am Langseegraben sicher verhindert werden können, wird die Berechnung für ein Regenereignis mit einer 100-jährlichen Wiederkehrzeit vorgenommen. Damit liegt die gewählte Überschreitungshäufigkeit des Speichervolumens des Regenrückhalteraums über dem für das vereinfachte Verfahren zulässigen Wert von 10 Jahren. Auf eine genauere Langzeitsimulation wird dennoch verzichtet, weil diese bei der hier vorliegenden, sehr geringen Größe des Einzugsgebiets auch nicht genauer wäre. Stattdessen wird der Rückhalteraum auf der sicheren Seite mit einem Zuschlagfaktor f_z

[4] DWA-Regelwerk: Arbeitsblatt A 117 Bemessung von Regenrückhalteräumen, April 2006

von 1,2 bestimmt, so dass das Risiko einer Unterdimensionierung gegenüber einer Langzeitsimulation sehr gering ist. Abweichend von den Ansätzen im DWA Arbeitsblatt A 138 werden bei der Ermittlung der abflusswirksamen Fläche zudem höhere Abflussbeiwerte angesetzt, weil bei einem 100-jährlichen Regenereignis höhere Regenintensitäten auftreten, die zu entsprechend höheren Abflüssen führen.

Nachfolgend werden die relevanten Eingabedaten und die Ergebnisse der Bemessung zusammengestellt. Weitergehende Angaben können dem Tabellenblatt in Anlage 1 entnommen werden:

- ▷ Größe der Dachflächen: 3.588 m^2
- ▷ Größe der Gründachflächen: 324 m^2
- ▷ Größe der Verkehrsfläche: 1.704 m^2
- ▷ Größe der Parkflächen: 1.037 m^2
- ▷ Größe der Geh- und Radwege: 416 m^2
- ▷ Größe der Grünflächen: 7.070 m^2
- ▷ Drosselabfluss: 85,0 l/s
- ▷ Zuschlagfaktor f_z: 1,2 l/s

- ▷ maßgebende Dauer des Bemessungsregens: 60 min
- ▷ maßgebende Regenspende: 211,1 l/(s x ha)
- ▷ **erforderliches Speichervolumen: 394 m^3**

Nach der Entwässerungssatzung der Stadt Penzberg muss ein Rückhaltevolumen von 2 m^3 pro 100 m^2 versiegelte Fläche vorgesehen werden. Bei Ansatz einer Größe der versiegelten Fläche von insgesamt 8.533 m^2 ergibt sich ein Rückhaltevolumen von 171 m^3. Dieser Wert ist kleiner als der Wert, der für die Zwischenspeicherung der Zuflüsse bei einem 100-jährlichen Regenereignis benötigt wird. Wird das dafür erforderliche Speichervolumen von 394 m^3 vorgehalten, ist die Entwässerungssatzung auch in diesem Punkt erfüllt.

5.5 Nachweis der qualitativen Gewässerbelastung

Die qualitative Gewässerbelastung wird grundsätzlich anhand der Regelungen im DWA-Merkblatt M 153 bewertet. Entsprechend dieses Merkblatts erfolgt auch die Festlegung und Dimensionierung von Art und Umfang der ggf. erforderlichen Maßnahmen zur Regenwasserbehandlung. Nach den Angaben im Merkblatt ist zu prüfen, ob vor einer Versickerung bzw. einer Einleitung in ein Gewässer eine Regenwasserbehandlung erforderlich wird. Die Notwendigkeit einer Behandlung kann anhand eines einfachen Bewertungsverfahrens überprüft werden. Dabei werden folgende Parameter berücksichtigt:

- ▷ Abflussbelastung durch Einflüsse aus der Luft und durch Verschmutzung der Flächen,
- ▷ Schutzbedürftigkeit des Gewässers oder des Grundwassers,

▹ Behandlungsmöglichkeiten.

Die Abflussbelastung B kann durch Zuordnung zu einfachen Kategorien bestimmt werden. Die Schutzbedürftigkeit des Gewässers bzw. des Grundwassers wird ebenfalls durch eine Zuordnung zu einfachen Kategorien festgelegt. Daraus werden sogenannte Gewässerpunkte G bestimmt. Eine Behandlung des Regenwassers ist unter folgender Bedingung erforderlich:

Abflussbelastung B > Gewässerpunktezahl G

Den im Merkblatt berücksichtigten verschiedenen Behandlungsmöglichkeiten werden je nach Art und Umfang der Maßnahme Durchgangswerte zugeordnet. Aus der Abflussbelastung B multipliziert mit dem Durchgangswert D wird ein Emissionswert E bestimmt. Eine ausreichende Regenwasserbehandlung ist gewährleistet, wenn folgende Bedingung erfüllt ist:

Emissionswert E ≤ Gewässerpunktezahl G

Für weiterführende Aussagen wird auf das Merkblatt M 153 verwiesen.

Für den Nachweis der Niederschlagswasserbehandlung wurden die nachfolgend aufgelisteten Eingangswerte verwendet. Der Nachweis ist im Tabellenblatt der Anlage 2 geführt.

Gewählte Eingangswerte:

Gewässertyp	Beschreibung / Beispiel	Typ	Punkte
kleiner Hügel- und Berglandbach	Langseegraben (Wasserspiegelbreite b_{sp} = 1 – 5 m und Fließgeschwindigkeit v > 0,3 m/s)	G5	18

Die Einflüsse aus der Luft- und Flächenverschmutzung werden wie folgt bewertet.

Bewertungspunkte für....	Beschreibung / Beispiel	Typ	Punkte
Einflüsse aus der Luft **mittel**	Siedlungsbereich mit mittlerem Verkehrsaufkommen; DTV = 5.000 - 15.000 Kfz/24 h	L2	2
Flächenverschmutzung **gering**	Dachflächen[5] von Wohn- und vergleichbaren Gewerbegebieten	F2	8
Flächenverschmutzung **gering**	Wenig befahrene Verkehrsfläche, DTV = 300 Kfz / 24 h z.B. Wohnstraßen	F3	12
Flächenverschmutzung **gering**	Rad- und Gehweg außerhalb des Spritz- und Sprühfahnenbereichs von Straßen	F3	12
Flächenverschmutzung **gering**	Parkplätze ohne häufigen Fahrzeugwechsel in Wohn-l und vergleichbaren Gewerbegebieten	F3	12

Somit ergibt sich eine Abflussbelastung B von 11,6 und damit folgender Nachweis:

Abflussbelastung B = 11,6 < Gewässerpunktezahl G = 18

[5] Es wird davon ausgegangen, dass keine kupfer-, zink- oder bleigedeckte Dachflächen zur Anwendung kommen.

Eine Behandlung des Niederschlagswassers ist vor der Einleitung in den Langseegraben nicht erforderlich. Das Wasser kann daher direkt in den Rückhalteraum und von dort gedrosselt in den Langseegraben abgeleitet werden. Auf die Anordnung einer Sedimentationsanlage vor der Einleitung des Wassers in den Rückhalteraum kann daher verzichtet werden. Sie wird lediglich dann vorgesehen, wenn dies vom Hersteller des Rückhalteraums empfohlen wird (z.B. um Reinigungsarbeiten am Rückhalteraum zu minimieren).

6. Handlungsfeld Schmutzwasser

Die Planungen zum Baugebiet sehen vor, das im Baugebiet anfallende Schumtzwasser in den bestehenden Mischwasserkanal an der Ahornstraße einzuleiten (siehe Abbildung 6.1). Der Kanal führt im weiteren Verlauf zur Pumpstation an der Birkenstraße.

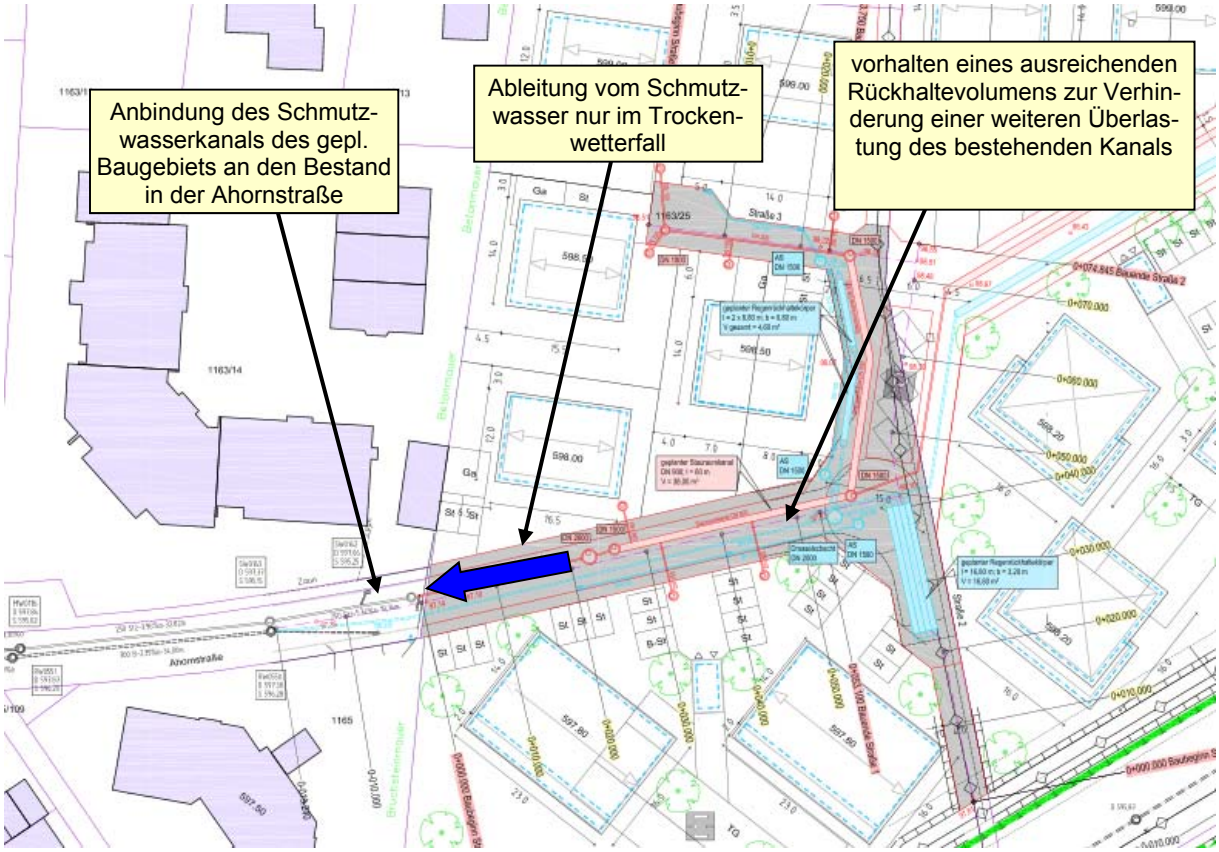

Abbildung 6.1: geplante Ableitung des Schmutzwassers aus dem Baugebiets Ahornstraße

Die Untersuchungen im Rahmen des GEP Penzberg haben gezeigt, dass der o.g. Kanalabschnitt bereits im Istzustand bei Starkniederschlägen überlastet ist. Um eine zusätzliche Belastung des Kanals zu verhindern, soll das Schmutzwasser aus dem geplanten Baugebiet Ahornstraße bei Niederschlägen in einem ausreichend groß bemessenen Speicher zurückgehalten werden. Die Ableitung in den Mischwasserkanal soll erst nach dem Abklingen des Niederschlags erfolgt, wenn der Kanal eine dafür ausreichende Leistungsfähigkeit aufweist.

Die Dimensionierung des Rückhaltevolumens für das Schmutzwasser erfolgt unter Verwendung folgender Annahmen:

- ▷ Fläche des Wohngebiets: 1,7157 ha
- ▷ geplante Wohnungen: 36 Stück
- ▷ geplante Einfamilienhäuser: 10 Stück
- ▷ Einwohnerdichte Wohnungen: 3 E/WE
- ▷ Einwohnerdichte Einfamilienhäuser: 4 E/WE
- ▷ Einwohner gesamt: 148 Einwohner
- ▷ täglicher Schmutzwasseranfall: 120 l/(EW*d)
- ▷ Fremdwasserspende: 0,1 l/(s*ha)
- ▷ eindringendes Regenwasser: 0,45 l/(s*ha)
- ▷ Rückhaltedauer im Bemessungsfall: 48 h
- ▷ maßgebende Niederschlagsdauer: 1 h

Die Angaben über die Fläche des Wohngebiets sowie die Anzahl der geplanten Wohnungen und Einfamilienhäuser mit den dort jeweils zu erwartenden Einwohnerdichten wurden vom Baubüro Gumberger zur Verfügung gestellt.

Bei den Berechnungen des Schmutzwasseranfalls wurde ein Fremdwasserabfluss bei Trockenwetter sowie ein zusätzlicher, unvermeidbarer Zufluss von Regenwasser in die Schmutzwasserkanäle berücksichtigt. Gemäß DWA-Arbeitsblatt A 118 sollte eine Fremdwasserspende zwischen 0,05 und 0,15 l/(s*ha) und eine Regenabflussspende zwischen 0,2 und 0,7 l/(s*ha) angesetzt werden. Bei den hier vorgelegten Berechnungen wurde jeweils der Mittelwert angesetzt.

Unter Berücksichtigung der o.g. Ausgangswerte für die Bemessung ergeben sich folgende erforderliche Rückhaltevolumina:

Schmutzwasser:	36 m³ in 48 h
Fremdwasser:	30 m³ in 48 h
eindringendes Regenwasser:	3 m³ in 48 h
erforderliches Rückhaltevolumen:	**69 m³**

Das erforderliche Rückhaltevolumen kann alternativ anhand eines Pauschalansatzes nach DWA Arbeitsblatt A118 bestimmt werden. Hierbei wird der Fremdwasseranteil als ein Vielfaches des Schmutzwasserabflüsses abgeschätzt. Der vom Arbeitsblatt vorgegebene Faktor liegt zwischen 0,1 und 1. Auf der sicheren Seite liegend wird der höchste Wert dieses Wertebereiches verwendet. Unter Verwendung des Pauschalansatzes ergibt sich das erforderliche Rückhaltevolumen zu:

Schmutzwasser:	36 m³ in 48 h
Fremdwasser:	1 * 36 m³ in 48 h
erforderliches Rückhaltevolumen:	**72 m³**

Im Ergebnis der Berechnungen soll ein Rückhaltevolumen von **72 m³** vorgesehen werden.

Die Rückhaltung von Schmutzwasser soll konstruktiv durch die Anordnung eines Stauraumkanals erfolgen, die unter der Verlängerung der Ahornstraße im Bereich des geplanten Baugebiets verlegt werden kann. Das erforderliche Volumen von 72 m³ kann z.B. mit einem ca. 25 m langen Kanal mit einem Durchmesser DN 1000 bereitgestellt werden. Der Abfluss aus dem Stauraumkanal in den weiterführenden Mischwasserkanal kann über eine Pumpe erfolgen, die mit Hilfe eines Regensensors gesteuert wird.

Der weiterführende Kanal mündet in ein Pumpwerk an der Birkenstraße ein. Nach vorliegenden Angaben können dafür folgende Verhältnisse angenommen werden:

- Das Pumpwerk hat eine maximale Leistung von 30 l/s.
- Die Haltungen SW0162 und SW0163, an die die Schmutzwasserkanalisation des geplanten Baugebiets angeschlossen werden soll, weisen Vollfüllleistungen von 44 bzw. 38 l/s auf.
- Im Trockenwetterfall wird das Pumpwerk mit einem Abfluss von ca. 8 l/s beaufschlagt.
- Der bestehende Mischwasserkanal an der Ahornstraße führt im Trockenwetter Abflüsse unter 1 l/s.

Eine Überlastung des Kanals bei einer Entleerung des geplanten Stauraumkanals kann sicher verhindert werden, wenn die weiterführenden Kanäle und das Pumpwerk durch die Abgabe aus dem Stauraumkanal nicht überlasten werden.

Unter Beachtung der bestehenden Verhältnisse kann der Stauraumkanal nach einem Regenereignis mit einer Abgabemenge von ca. 2,5 l/s entleert werden. Das Pumpwerk würde in diesem Fall mit einer maximalen Abflussmenge von 8 + 2,5 = 10,5 l/s beaufschlagt werden. Bei der gewählten Abgabemenge nimmt der Entleerungsvorgang ca. 10 h in Anspruch.

Eching am Ammersee, den 08.04.2015

Dr. Blasy – Dr. Øverland
Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG

i. A. Christian Fuchs
(Dipl.-Ing.)

Anlage 1

Bemessung des Rückhaltevolumens gemäß DWA A 117

Anlage 2

Nachweis der qualitativen Gewässerbelastung gemäß DWA M 153

Anlage 3

Pläne nach Planverzeichnis

Planverzeichnis

Plan Nr.	Bezeichnung	Maßstab
H 100	Wassertiefen HQ_{100} Istzustand	1 : 1.000
H 101	Wassertiefen HQ_{100} Planungszustand	1 : 1.000
H 102	Wasserspiegellagendifferenzen HQ_{100} Planungszustand – Istzustand	1 : 1.000
E 10	Lageplan Maßnahmen zu Retentionsraumausgleich und naturnaher Bachgestaltung	1 : 200
E 20	Querschnitte Maßnahmen zu Retentionsraumausgleich und naturnaher Bachgestaltung	1 : 50