

WWA Regensburg
Hochwasserschutz Regensburg
Abschnitt K - Winzer

**Überprüfung der Tauglichkeit des
Straßendamms der Bundesstraße B8
als Hochwasserschutzdeich**

23.03.2017

Vorhabensträger:

Freistaat Bayern
vertreten durch das
Wasserwirtschaftsamt Regensburg
Landshuter Straße 59
93053 Regensburg



Verfasser:

Dr. Blasy - Dr. Øverland
Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG
Moosstraße 3 82279 Eching am Ammersee

Verzeichnis der Unterlagen

Erläuterungsbericht

Anlage 1: Querausleitungen der Straßenentwässerung der B8 Vermessungsergebnisse und Fotodokumentation

Anlage 2: Informationen zum Schöpfwerk Niederwinzer

Anlage 3: Informationen zum Dammbalkenverschluss bei Fkm 2383,0

Anlage 4: Freibordermittlung

Anlage 5: Kostenschätzungen zu den Maßnahmenvorschlägen

Anlage 6: Ergebnisse der Sickerwasser- und Standsicherheitsberechnungen

Anlage 7: Pläne nach Planverzeichnis

Erläuterungsbericht

1.	Vorhabensträger	1
2.	Zweck des Vorhabens	1
3.	Bestehende Verhältnisse	2
3.1	Lage des Vorhabens mit Angaben zum Überschwemmungsgebiet und zur Flächennutzung	2
3.2	Bundesstraße B8 mit Straßendamm	5
3.3	Winzerer Graben mit Schöpfwerk Niederwinzer.....	7
3.4	Sparten und Kreuzungsbauwerke	9
3.4.1	Gas, Strom, Fernmeldeleitungen, Wasserversorgung, Abwasser, etc.....	9
3.4.2	Dränagen.....	9
3.4.3	Feldwegunterführung unter dem Straßendamm der B8	10
3.5	Geologische und hydrogeologische Verhältnisse.....	13
3.5.1	Vorliegende Informationen aus älteren Untersuchungen	13
3.5.2	Ergänzende Untersuchungen im Bereich des Straßendamms	14
4.	Bewertung der Tauglichkeit des Straßendamms der B 8 als Hochwasserschutzdeich	18
4.1	Freibordüberprüfung.....	19
4.2	Bewertung der Anforderungen an den Deich	20
4.2.1	Querschnitt und die Deichgestaltung	20
4.2.2	Bauliche Fremdanlagen im Straßendamm	23
4.3	Stand sicherheitsbetrachtungen des Straßendamms.....	25
4.3.1	Auswahl und Beschreibung der Querschnitte	26
4.3.2	Lastfall HQ ₁₀₀	26
4.3.3	Lastfall Windwurf	28
4.3.4	Lastfall HQ ₁₀₀ + Freibord	31
4.3.5	Lastfall fallender Donauwasserspiegel	33
4.3.6	Lastfall Wasseraustritt im Straßendamm.....	34
4.4	Erosionssicherheit des Straßendamms.....	35
4.4.1	Sicherheit der wasserseitigen Böschungsoberfläche gegen Oberflächenerosion	35
4.4.2	Sicherheit gegen innere Erosion bzw. Suffosion.....	37

4.5	Zusammenfassende Bewertung der Tauglichkeit des Straßendamms	40
4.6	Bauliche Maßnahmen zur Vermeidung von Gefährdungen des Straßendamms	42
4.6.1	Einbau einer Qualmwasserdränage am Fuß der landseitigen Böschung	42
4.6.2	Maßnahmen zur Verhinderung des Einstaus im Straßendamm über die bestehenden Querausleitungen	43
5.	Überprüfung der Dimensionierung des Schöpfwerks Niederwinzer.....	43
5.1	Niederschlagswasseranfall.....	43
5.1.1	Beschreibung des Niederschlag-Abfluss-Modells	44
5.1.2	Gebietsdaten	45
5.1.3	Ereignisdaten	47
5.1.4	Abflussberechnungen.....	48
5.2	Sickerwasseranfall bei Hochwasser der Donau	49
5.2.1	Querschnitte und Randbedingungen.....	49
5.2.2	Randbedingungen für zusätzliche Berechnungen.....	50
5.2.3	Berechnungsergebnisse.....	51
5.3	Retentionsraum im Polder Winzer.....	54
5.4	Förderhöhe des Schöpfwerk Niederwinzer	55
5.5	Zusammenfassende Bewertung der bestehenden Schöpfwerksleistung für die Binnenentwässerung des Polders Winzer bei Hochwasser der Donau.....	55
6.	Zusammenfassung.....	56

1. Vorhabensträger

Träger des Vorhabens ist der Freistaat Bayern, vertreten durch das

Wasserwirtschaftsamt Regensburg
Landshuter Straße 59
93053 Regensburg.

2. Zweck des Vorhabens

Der Hochwasserschutz für den Stadtteil Winzer ist ein Teilvorhaben des Projekts „Hochwasserschutz der Stadt Regensburg“. Der als Abschnitt K bezeichnete Bereich schließt als letzter Abschnitt des Projekts am linken Donauufer an die westliche Stadtgrenze an.

Nach den Vorgaben eines Hochwasserschutzkonzepts, das im Ergebnis eines technisch-städtebaulichen-landschaftsplanerischen Wettbewerbs erstellt wurde, soll die betroffene Bebauung von Nieder- und Oberwinzer durch einen Deich vor Überflutungen bei Hochwasser der Donau geschützt werden. Der Bau eines neuen Deichs wäre jedoch entbehrlich, wenn der Straßendamm der parallel zur Donau verlaufenden Bundesstraße B8 als Hochwasserschutzbauwerk genutzt werden kann. Eine derartige Nutzung erscheint möglich, weil die Krone des Straßendamms so hoch liegt, das sie auch bei einem 100-jährlichen Bemessungshochwasser nicht überströmt wird. Die Bebauung im nördlich der B8 gelegenen Polder ist somit grundsätzlich vor Überflutungen geschützt.

Der in den 1970-er Jahren geschüttete Damm der vierspurig ausgebauten Straße wurde allerdings explizit als Straßendamm und nicht als Hochwasserschutzdeich errichtet. Daher ist zu prüfen, ob der Damm den Anforderungen genügt, die nach den geltenden Vorschriften und Normen an ein Hochwasserschutzbauwerk gestellt werden. Maßgeblich dafür ist insbesondere die DIN 19712¹.

Auf der Grundlage von Voruntersuchungen des WWA Regensburg² wird im Rahmen der hier vorgelegten Untersuchungen zunächst die Tauglichkeit des Straßendamms für seine Nutzung als Hochwasserschutzbauwerk bewertet. Sie kann u.U. auch dann gewährleistet sein, wenn einzelne Anforderungen oder Empfehlungen der o.g. Norm an ein Hochwasserschutzbauwerk nicht vollumfänglich erfüllt sind, durch andere Eigenschaften des Straßendamms (vor allem durch seine sehr großen Breite) jedoch ausreichend kompensiert werden. Sollte sich im Ergebnis der Bewertung dennoch eine mangelhafte Tauglichkeit zeigen, werden Vorschläge über bauliche Maßnahmen erarbeitet, mit denen eine Ertüchtigung des Straßendamms für eine Nutzung als Hochwasserschutzdeich erreicht werden kann.

Neben dem Schutz vor Überflutungen ist bei Hochwasserführung der Donau auch eine ausreichende Binnenentwässerung des Polders erforderlich. Sie wird durch das Schöpfwerk Niederwinzer gewährleistet, das von der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) betrieben wird. Mit dem Schöpfwerk wird Wasser in die Donau gefördert, das im Winzener Graben abläuft und wegen des Aufstaus der Donau an der Staustufe Regensburg nicht im freien Gefälle in die Donau abfließen kann. Dabei handelt es sich um Oberflächenwasser aus dem Einzugsgebiet des Winzener Grabens und um Sickerwasser, das landseitig des Straßendamms in Dränagen gefasst wird oder über die Geländeoberkante austritt und dem Winzener Graben zufließt.

¹ DIN 19712 Hochwasserschutzanlagen an Fließgewässern, Januar 2013

² WWA Regensburg, HWS Regensburg – Abschnitt K – Winzer, Bericht zur technischen Nutzbarkeit des Straßendamms der Bundesstraße 8 als Hochwasserschutz, Regensburg, November 2015

Die Dimensionierung des Schöpfwerks erfolgte in den 1970-er Jahren auf der Grundlage sehr einfacher Rechenansätze. Dabei wurden die Sickerwassermengen, die bei einem 100-jährlichen Bemessungshochwasser zu erwarten sind, nicht vollumfänglich berücksichtigt. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurden daher zusätzlich zur Bewertung der Tauglichkeit des Straßendamms der B8 hydrologische und grundwasserhydraulische Berechnungen durchgeführt. Damit soll überprüft werden, ob die Kapazität des Schöpfwerks ausreicht, um die Binnenentwässerung des Polders auch bei einem Bemessungshochwasser sicher zu gewährleisten.

Ist das nicht der Fall, werden Vorschläge zur Ertüchtigung des Schöpfwerks erarbeitet. Der Zustand des Bauwerks und der technischen Anlagen wird dabei allerdings nicht bewertet. Es wird davon ausgegangen, dass die Funktionsfähigkeit des Schöpfwerks durch die WSV als Betreiber laufend überprüft und permanent gewährleistet wird.

3. Bestehende Verhältnisse

3.1 Lage des Vorhabens mit Angaben zum Überschwemmungsgebiet und zur Flächennutzung

Der Abschnitt K des Projekts „Hochwasserschutz Regensburg“ liegt am linken Donauufer zwischen Flusskilometer (Fkm) 2.382,3 oberstrom der Staustufe Regensburg und Fkm 2.384 kurz unterhalb der Mündung der Naab. In diesem Gebiet müssen bebaute Flächen in den am Westrand von Regensburg liegenden Stadtteilen Oberwinzer und Niederwinzer vor Überflutungen durch die hochwasserführende Donau geschützt werden.

Aufgrund seiner Lage und Höhenlage dient der Straßendamm der parallel zur Donau geführten Bundesstraße B8 zwischen den Ausfahrten Pettendorfer Straße am Westrand und Nürnberger Straße am Ostrand als Hochwasserschutzbauwerk. Die Lage des Untersuchungsgebiets und der Umgriff des Überschwemmungsgebiets bei einem 100-jährlichen Hochwasser (HQ₁₀₀) kann der folgenden Abbildung entnommen werden.



Abbildung 3.1 Umgriff Hochwasserschutz – Abschnitt K mit Überschwemmungsgebiet bei HQ₁₀₀, Quelle: Bayernatlas

Die Donau liegt im Untersuchungsgebiet im Rückstaubereich der Staustufe Regensburg. Der aufgestaute Mittelwasserspiegel liegt auf einer Höhe von 332,50 m üNN. Bei einem HQ₁₀₀ erreicht der Wasserspiegel nach dem Ergebnis der maßgeblichen hydraulischen Berechnung Höhen zwischen 334,55 m üNN am Ostrand und 335,00 m üNN am Westrand des Planungsabschnitts K.

Nach der Darstellung in Abbildung 3.1 ist die Bebauung von Oberwinzer und Niederwinzer nicht von Überschwemmungen betroffen, obwohl die Geländeoberkante bereichsweise deutlich niedriger liegt als der Bemessungshochwasserspiegel. Diese Situation ergibt sich aufgrund der Lage und Höhenlage des Straßendamms der B8. Ein ausreichender Hochwasserschutz der Bebauung ist deshalb nur dann gewährleistet, wenn der Damm den Anforderungen an einen Hochwasserschutzdeich genügt. Kommt es zu einer Überströmung oder zu einem Bruch des Damms, dehnt sich das Überschwemmungsgebiet weiter nach Norden aus und erstreckt sich etwa bis zur Nürnberger Straße. Die südlich der Straße liegende Bebauung ist in diesem Fall von Überschwemmungen bedroht.

Eine vergleichbare Wirkung ergibt sich, wenn Wasser durch die Unterführung eines Feldwegs unter der B8 bei Fkm 2.383 in den Polder eindringt. Der Umgriff des Überschwemmungsgebiets, das sich in diesem Fall bei einem HQ₁₀₀ einstellt, ist in der Abbildung 3.2 dargestellt.



Abbildung 3.2 Umgriff des Überschwemmungsgebiets bei offener Feldwegunterführung, Quelle: WWA Regensburg (vgl. Fußnote 2)

Angaben zur baulichen Gestaltung der Feldwegunterführung und dem dort installierten mobilen Dammbalkenverschluss, mit dem eine Überflutung des Polders im Hochwasserfall verhindert werden soll, können dem Kap. 3.4.3 entnommen werden.

Im Untersuchungsgebiet zwischen der Donau im Süden und der Nürnberger Straße im Norden befinden sich neben der im Kap. 3.2 behandelten Bundesstraße B8 mehrere Feldwege. Unmittelbar nördlich der Donau verläuft ein Uferweg der u.a. über die Ausfahrten Pettendorfer Straße und Nürnberger Straße der B8 zugänglich ist. Er wird mit einem Querweg mit der Unterführung bei Fkm 2.383 an das Wegenetz nördlich der B8 angeschlossen. Landseitig des Straßendamms der B8 existiert kein ausgebauter Weg, der im Sinne der

DIN 19712 als Deichverteidigungsweg genutzt werden könnte. Ein derartiger Weg erscheint wegen der sehr großen Kronenbreite des Straßendamms und des vierspurigen Ausbaus der B8 jedoch auch entbehrlich zu sein.

Nördlich der B8 verlaufen der Niederwinzerer Graben und der Winzerer Graben, die als Vorfluter für die Entwässerung des Untersuchungsgebiets dienen. Nähere Angaben dazu können dem Kap. 3.3 entnommen werden.

Gemäß Rechtsverordnung der Stadt Regensburg³ ist der in der Abbildung 3.1 dargestellte Bereich bis zum Straßendamm der B8 als Überschwemmungsgebiet festgesetzt. Oberstrom des Feldwegdurchlasses bei Fkm 2383 werden diese Flächen ackerbaulich und insbesondere für den Gemüseanbau genutzt. Im Bericht des WWA Regensburg zur technischen Nutzbarkeit des Straßendamms als Hochwasserschutz (vgl. Fußnote 2) wird diese Nutzung als problematisch eingestuft, weil sie den Bewirtschaftungszielen für oberirdische Gewässer zum Erhalt bzw. zur Herstellung des guten ökologischen Potenzials widerspricht (§§ 27 – 31 WHG). Als Gründe dafür werden massive Nitrat- und Phosphateinträge in das Grundwasser und in die Donau infolge der Düngung dieser Flächen sowie die Erosionsgefährdung des ackerbaulich genutzten Bodens und die daraus resultierende Gefahr von Abschwemmungen der wertvollen oberen Bodenschicht in das Gewässer genannt, die zu Nähr- und Schwebstoffeinträgen und damit zu einer Verschlechterung der Gewässerökologie führen.

Nach der Bewertung des Berichts ist die ackerbauliche Nutzung der festgesetzten Überschwemmungsgebietsflächen nicht zulässig und sollte durch entsprechende Einschränkungen in der o.g. Rechtsverordnung unterbunden werden. Stattdessen sollte eine extensive Grünlandnutzung oder die Wiederaufforstung einer Weichholzaue angestrebt werden. Damit könnte auch ein besserer Schutz des im Hochwasserfall als Prallufer der Donau wirkenden Straßendamms vor hochwasserbedingter hydraulischer Überbelastung oder Schäden durch Eisgang etc. erreicht werden.

Die Nutzung der Vorlandflächen hat für die Bewertung der Tauglichkeit des Straßendamms als Hochwasserschutzbauwerk aus den im Kap. 4 näher erläuterten Gründen nur eine relativ geringe Relevanz. Die im Bericht des WWA vorgeschlagenen Nutzungsänderungen werden daher in den vorliegenden Untersuchungen nicht weiter behandelt. Sollten sie umgesetzt werden können, ergibt sich daraus gleichwohl eine weitere Verringerung des Gefährdungspotenzials für den Straßendamm und damit eine entsprechende Verbesserung für den Hochwasserschutz der betroffenen Bebauung in Ober- und Niederwinzer.

Die Flächen zwischen dem Straßendamm der B8 und der Nürnberger Straße als nördlichem Rand des potenziellen Überschwemmungsgebiets werden abgesehen von der Bebauung entlang der Nürnberger Straße ebenfalls weitgehend ackerbaulich genutzt.

Mit Ausnahme des bebauten Bereichs sind die Flächen des Polders Winzer als Landschaftsschutzgebiet LSG-00265.01 eingestuft. Die mit Gehölzen bewachsenen Böschungen des Straßendamms sind als Teilflächen des Biotops R-1385 kartiert und nach dem zum Zeitpunkt der Erfassung geltenden Gesetz als 13d-, bzw. 13e- Flächen geschützt. Erhebliche Beeinträchtigungen der Flächen sind damit zunächst unzulässig und bedürfen zumindest einer Ausnahmegenehmigung. Eine Rodungen der Gehölze ist verboten. Die Wasserfläche der Donau ist im Untersuchungsgebiet ein Teil des FFH-Gebiets 6937-371, das sich jedoch nicht auf den Vorlandbereich erstreckt.

³ Verordnung der Stadt Regensburg über das Überschwemmungsgebiet an der Donau von Flusskilometer 2.372,105 bis Flusskilometer 2.387,660 und am Regen von Flusskilometer 0,000 bis Flusskilometer 4,855 auf dem Gebiet der Stadt Regensburg vom 04. August 2015

3.2 Bundesstraße B8 mit Straßendamm

Die von Regensburg nach Westen in Richtung Nittendorf führende Bundesstraße B8 befindet sich am linken, nördlichen Ufer der Donau bzw. der Naab. Sie wurde in den 1970-er Jahren gebaut. Nach Rückfrage beim Staatlichen Bauamt Regensburg sind keine Bestandspläne mehr vorhanden. Das betrifft sowohl den Straßendamm als auch die Entwässerungseinrichtungen der Straße.

Vom Anschluss der Nürnberger Straße bis etwa zur Feldwegunterführung bei Fkm 2.383 verläuft die im Untersuchungsgebiet vierspurig ausgebaute Straße in sehr geringem Abstand unmittelbar nördlich der Donau. Weiter nach oberstrom vergrößert sich der Abstand allmählich und erreicht am Anschluss der Pettendorfer Straße einen Wert von ca. 110 m.

Die geplante und weitgehend auch tatsächliche vorhandene Querschnittsgestaltung der Straße kann den Abbildungen 3.3 und 3.4 entnommen werden. Dabei handelt es sich um Ausschnitte aus dem Querschnittsplan der Planfeststellungsunterlagen vom April 1974, der uns vom WWA zur Verfügung gestellt wurde.

Der Straßendamm hat eine Kronenbreite von etwa 23 m. Je nach Dammhöhe und Böschungsneigung ergeben sich am Dammfußpunkt Breiten zwischen 30 und 36 m. Im Vorgriff auf den Straßenbau wurde das Gelände nördlich der Donau im Rahmen der Errichtung der Staustufe Regensburg großflächig aufgefüllt. Der Straßendamm befindet sich innerhalb des aufgefüllten Bereichs. Die Geländeoberkante nach der Auffüllung und somit auch die Höhe des donauseitigen Dammfußpunkts liegt auf Höhen zwischen 333,75 und 334,00 m üNN. Die Oberkante der südlichen Richtungsfahrbahn liegt am donauseitigen Fahrbahnrand auf Höhen zwischen 335,40 m üNN am Ostrand (Anschluss der Nürnberger Straße) und 336,00 m üNN am Westrand (Anschluss der Pettendorfer Straße). Die Höhe des Straßendamms liegt somit zwischen 1,65 und 2,25 m. Am landseitigen Dammfußpunkt liegt die Geländeoberkante auf Höhen zwischen 332,55 und 333,55 m üNN. Wenn die Dammhöhe in Anlehnung an die der DIN 19712 als vertikaler Abstand zwischen der wasserseitigen Kante der Dammkrone und der binnenseitigen Geländehöhe am Dammfuß ermittelt wird, ergeben sich Bauwerkshöhen zwischen 1,16 und 2,97 m.

Die Böschungsneigungen des Damms werden im o.g. Plan mit einem straßenbauüblichen Wert von 1 : 1,5 angegeben. Nach den vorliegenden Vermessungen und Laserscandaten ergeben sich tatsächlich flachere Böschungen mit Neigungen bis ca. 1 : 2. Angaben zu den Eigenschaften des Dammschüttmaterials können dem Kap. 3.4.2 entnommen werden.

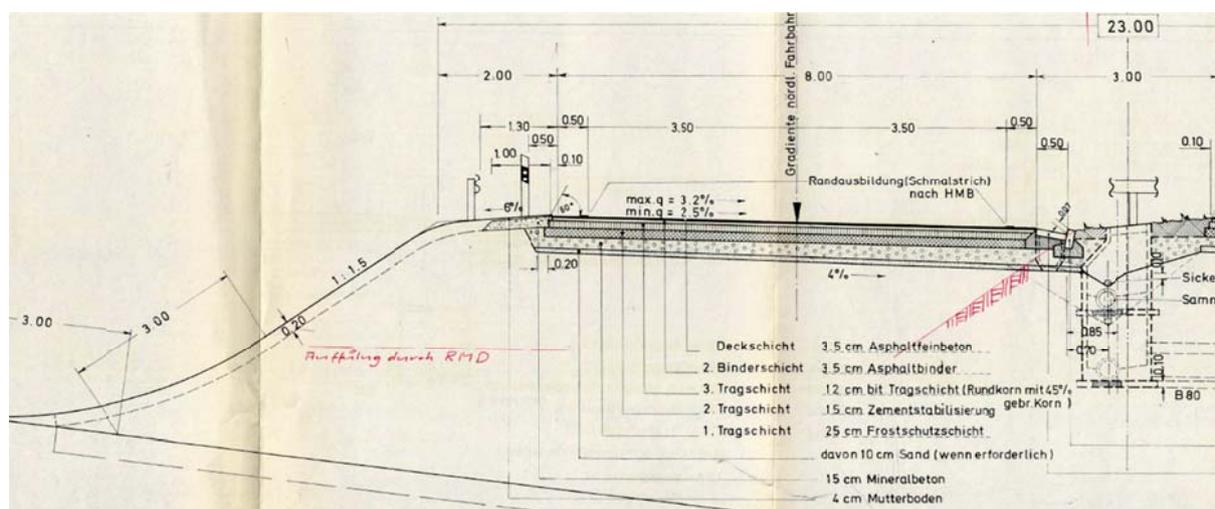


Abbildung 3.3 Querschnitt der B8 - Nordseite

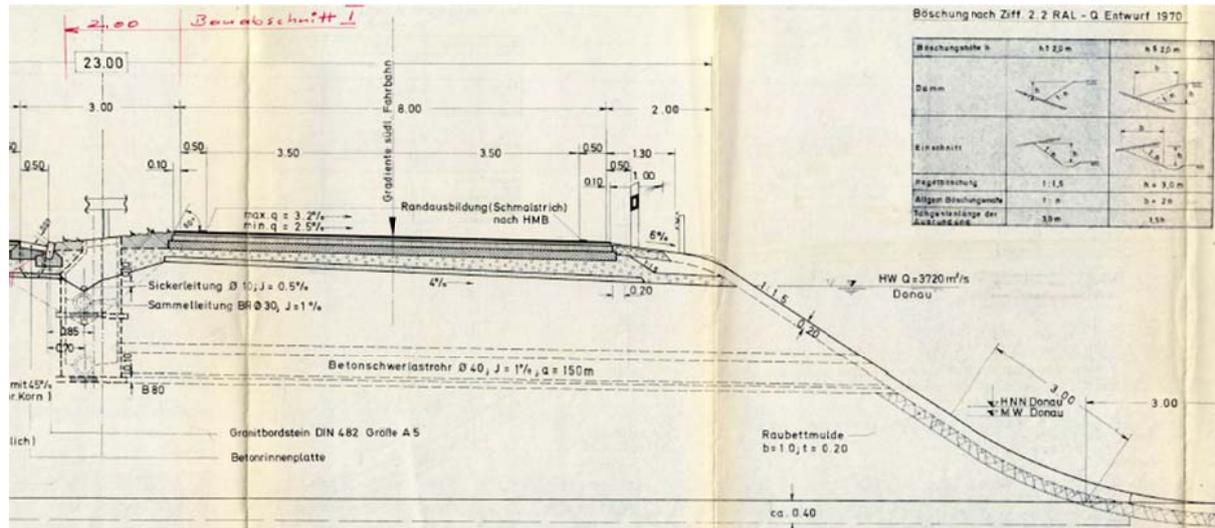


Abbildung 3.4 Querschnitt der B8 - Südseite

Die Oberkante der beiden Richtungsfahrbahnen weist jeweils ein straßenbauübliches Quer-gefälle $\geq 2,5\%$ nach Süden auf. Die südliche Richtungsfahrbahn entwässert demzufolge breitflächig über die Böschung zum Donauvorland. Das Oberflächenwasser der nördlichen Richtungsfahrbahn läuft dagegen über einen im Mittelstreifen verlegten Kanal ab, der über Querausleitungen in die Donau entwässert. Zur Entwässerung der Frostschutzschicht der nördlichen Richtungsfahrbahn ist „huckepack“ über dem Transportkanal eine Drainageleitung verlegt, die an den Schächten im Mittelstreifen an den Transportkanal angeschlossen ist.

Bei Hochwasserführung der Donau kann es über die Querausleitungen zu einem Einstau der Transportleitung kommen, der im ungünstigsten Fall über die Drainageleitungen eine Infiltration von Donauwasser in den Straßendamm verursacht. Eine ähnliche Wirkung kann bei Schäden oder Undichtigkeiten an der Transportleitung oder den Schächten im Mittelstreifen auftreten. Die Kenntnis der Lage und Höhenlage der Entwässerungsleitungen ist daher für die Bewertung der Tauglichkeit des Straßendamms als Hochwasserschutzbauwerk relevant.

Da beim Staatlichen Bauamt Regensburg keine Bestandspläne oder sonstige Informationen über die Entwässerungsleitungen vorliegen, wurden die benötigten Angaben im Zuge einer Ortseinsicht mit Vermessung durch das WWA und das Staatlichen Bauamt Regensburg erhoben. An den Schächten im Mittelstreifen der Bundesstraße, an denen Querausleitungen in Richtung Donau abgehen, wurden zu diesem Zweck die Schachtdeckelhöhen mittels GPS eingemessen. Außerdem wurde jeweils die Höhenlage der Sohle der Querausleitung und der angeschlossenen Drainageleitungen erfasst. Die ausgewerteten Messergebnisse und die Fotodokumentation der Ortseinsicht sind in Anlage 1 zusammengestellt. Die Lage der Querausleitungen kann den Lageplänen mit Sparten (V11 und V12) in Anlage 7 entnommen werden.

Insgesamt wurden 13 Querausleitungen (QA) im Straßendamm der B8 erfasst. Die Sohlhöhen der Leitungen liegen in der Straßendammmitte im Bereich zwischen 333,23 (östlichste QA) und 334,29 m üNN (westlichste QA). Somit werden alle Schächte im Hochwasserfall eingestaut. Bei einem hundertjährigen Hochwasserereignis ergeben sich Wasserstände in den Schächten zwischen 0,45 und 1,28 m.

Die Sohlen der Drainageleitungen liegen zwischen 32 cm oberhalb und 10 cm unterhalb der Wasserspiegellage eines 100-jährlichen Bemessungshochwassers. Somit kann bei einigen Schächten Wasser in die Drainageleitungen eindringen. Da die Drainageleitungen im Aus-

leitungsschacht den jeweils tiefsten Punkt aufweisen, kann für den HQ₁₀₀-Fall davon ausgegangen werden, dass nur relativ geringe Wassermengen über die Dränagen in den Straßendamm infiltrieren können. Ein deutlich höherer Wassereintrag in den Damm kann sich bei Undichtigkeiten oder Schäden an den Transportleitungen oder Schächten im Mittelstreifen ergeben. In diesen Fall würde sich innerhalb des Straßendamms ein Druckpotenzial einstellen, das 0,45 bis 1,28 m über der Sohle der Leitungen bzw. 1,11 bis 2,04 m über der Höhe des landseitigen Dammfußpunkts liegt. Die Auswirkungen eines solchen Schadensfalls sowie präventiv mögliche Abhilfemaßnahmen sind in Kap. 4.5 näher erläutert.

3.3 Winzerer Graben mit Schöpfwerk Niederwinzer

Der Winzerer Graben einschließlich des einmündenden Niederwinzerer Grabens wurde im Zuge der Errichtung der Staustufe Regensburg und in Verbindung mit dem Neubau der Bundesstraße B8 neu angelegt. Die Gräben dienen zur Fassung und Ableitung von Oberflächenwasser, das in dem durch den Straßendamm der B8 von der Donau abgeschnittenen Polder anfällt. Ihre Lage ist in der Lageplanskizze in Abbildung 3.5 dargestellt.

Der etwa 1.400 m lange Winzerer Graben fließt in Ost-West-Richtung parallel zur Donau bzw. zur B8. Er mündet unmittelbar nördlich des Straßendamms der B8 in den Mahlbusen des Schöpfwerks Niederwinzer, dessen Lage ebenfalls in der Abbildung 3.5 dargestellt ist. Von dort wird das anfallende Wasser mittels Druckrohrleitungen in die Donau gefördert.

Der etwa 800 m lange Niederwinzerer Graben fließt ebenfalls in Ost-West-Richtung. Auf einer Länge von ca. 600 m verläuft er zunächst unmittelbar nördlich des Straßendamms der B8 und dient deshalb auch zur Entwässerung der höhenfreien Straßenkreuzung der B8 mit der Pettendorfer Straße (R39). Anschließend wird er (teilweise in einem Betonrohr DN 800) nach Nordosten geführt und mündet unterstrom eines größeren Gewächshauskomplexes in den Winzerer Graben.

Nach den näheren Angaben im Kap. 5.1 entwässern beide Gräben ein Einzugsgebiet mit einer Größe von ca. 1,56 km².



Abbildung 3.5 Lage des Winzerer Grabens mit Schöpfwerk Niederwinzer
Quelle: Bayernatlas

Nach den Angaben im Bericht des WWA Regensburg zur technischen Nutzbarkeit des Straßendamms als Hochwasserschutz (vgl. Fußnote 2) befindet sich der Winzerer Graben im Bereich des Schöpfwerks in einem gepflegten Zustand. Weiter in Richtung Westen überspannen ihn kleine Brücken und Bewässerungsleitungen, die teilweise den Abfluss im Graben massiv behindern können. Weiter wird ausgeführt, dass auch der Pflegezustand des Grabens weiter westlich zu wünschen übrig lässt, weil z.B. Durchlässe unter Feldwegbrücken zugewachsen oder verlegt sind, so dass der Graben stellenweise eingestaut wird.

Nach Abschätzungen im Rahmen von Ortseinsichten ist der Winzerer Graben aufgrund seiner Abmessungen augenscheinlich relativ leistungsfähig. Hydraulische Berechnungen oder sonstige Angaben darüber liegen allerdings nicht vor und sind auch nicht Gegenstand der beauftragten Bearbeitung. Ob ergänzende Maßnahmen zur Behebung oder Minimierung der o.g., vom WWA aufgezeigten Mängel erforderlich oder zumindest wünschenswert sind, wird daher in den hier vorgelegten Untersuchungen nicht näher behandelt.

Der durch die Staustufe Regensburg aufgestaute Wasserspiegel der Donau liegt auf einer Höhe von 332,50 m üNN. Die Geländeoberfläche im Polder Winzer liegt stellenweise um bis zu 1,0 m unter diesem Wert. Der Wasserspiegel im Mahlbusen des Schöpfwerks am Endpunkt des Winzerer Grabens liegt auf einer Höhe von 330,50 m üNN. Eine Entwässerung des Polders ist daher nicht im freien Gefälle möglich.

Um dennoch eine angemessene und ausreichend leistungsfähige Binnenentwässerung zu gewährleisten, wurde im Zusammenhang mit dem Bau der Staustufe Regensburg das Schöpfwerk Niederwinzer errichtet. Dort sind insgesamt 5 Pumpen mit einer Leistung von jeweils 37 kW installiert. Jede Pumpe kann eine Wassermenge von 0,5 m³/s fördern. Unter Beachtung der (n-1)-Regel hat das Schöpfwerk im Regelbetrieb somit eine Kapazität von 2,0 m³/s. Wenn alle Pumpen laufen, kann maximal eine Wassermenge von 2,5 m³/s gefördert werden (vgl. Datenblatt in Anlage 2).

Das geförderte Wasser wird vom Schöpfwerk über insgesamt 5 Betonrohre DN 500 in ein Auslaufbauwerk abgeleitet und fließt von dort in die Donau. Angaben zur technischen Gestaltung der Ableitung können einer Darstellung im o.g. Bericht des WWA entnommen werden, die nachfolgend nochmals wiedergegeben wird.

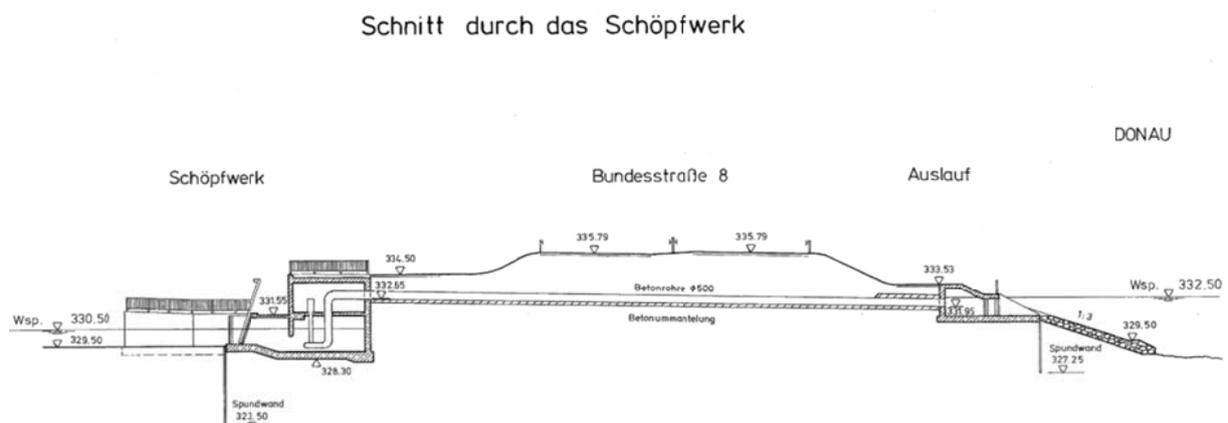


Abbildung 3.6 Schnitt durch das Schöpfwerk mit Ableitung unter dem Straßendamm der B8 zur Donau, Quelle: WWA Regensburg (vgl. Fußnote 2)

Die Sohle der Rohre liegt auf einer Höhe zwischen 332,65 m üNN am Schöpfwerk nördlich des Straßendamms der B8 und 331,95 m üNN am Auslaufbauwerk südlich des Straßendamms. Der Rohrscheitel liegt somit unterhalb des Böschungsfußpunkts des

Straßendamms. Donauseitig liegt der Querschnitt der Rohre nahezu vollständig unterhalb des Stauwasserspiegels.

Nach der Darstellung in Abbildung 3.6 ist davon auszugehen, dass die Rohre zumindest donauseitig über eine komplette Betonummantelung verfügen. Ein ggf. möglicher Austrag von Feinteilen durch Kontakterosion entlang der Rohrwände wird auch durch die Einbindung der Rohre in die Ortbetonkonstruktionen des Schöpfwerks und des Auslaufbauwerks unterbunden. Zudem liegt die Geländeoberkante zwischen dem Schöpfwerk und dem Straßendamm auf einer Höhe von ca. 334,50 m üNN. Das entspricht in etwa der Wasserspiegellage bei einem 100-jährlichen Hochwasser (ca. 334,64 m üNN) . Berücksichtigt man die große Breite des Straßendamms kann sich selbst bei extremen Hochwasserereignissen mit noch höherer Wasserspiegellage nur ein geringer hydraulischer Gradient einstellen. Die Gefahr von Schäden durch Erosion entlang der Kontaktfläche zwischen den Rohrleitungen und dem umgebenden Boden ist daher nicht zu besorgen.

Das Schöpfwerk wird vom Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Regensburg (WSA) betrieben. Nach Angaben im o.g. Bericht des WWA befindet es sich augenscheinlich in einem guten baulichen und technischen Zustand. Es ist davon auszugehen, dass das WSA Betrieb und Unterhalt des Schöpfwerks bescheidsgemäß ausführt. In den letzten Jahren hat das WSA die Anlage mit einer redundanten Stromversorgung über ein Notstromaggregat ausgerüstet. Nähere Angaben dazu sind in den Unterlagen, die dem WWA vom WSA übermittelt wurden allerdings nicht enthalten.

3.4 Sparten und Kreuzungsbauwerke

3.4.1 Gas, Strom, Fernmeldeleitungen, Wasserversorgung, Abwasser, etc.

Nach den Ergebnissen einer Spartenanfrage liegen im Untersuchungsgebiet zwischen der Donau und dem Winzerer Graben mit Ausnahme der im Kap. 3.4.2 behandelten Dränagen, der im Kap. 3.2 beschriebenen Straßenentwässerung und der im Kap. 3.3 angesprochenen Rohrleitungen vom Schöpfwerk zur Donau nur eine geringe Anzahl von Ver- und Entsorgungsleitungen. Nähere Angaben dazu können den Lageplänen mit Sparten (V11 und V12) in Anlage 7 entnommen werden.

Nach den Angaben dieser Pläne befindet sich unmittelbar am Nordufer der Donau eine Kabeltrasse des Wasserstraßen- und Schifffahrtsamts. Relevante Beeinträchtigungen dieser Trasse durch ggf. erforderliche Maßnahmen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes im Polder Winzer sind nicht zu erwarten.

Entlang des nördlichen Böschungsfußpunktes des Straßendamms der B8 befinden sich außerdem Nachrichtenkabel der REWAG & Co KG und Telekomkabel. Sollten Ertüchtigungsmaßnahmen am Straßendamm erforderlich werden, müssen diese ggf. unter Beachtung der Trassen konzipiert werden.

Zudem verlaufen zwischen dem Schöpfwerk Niederwinzer und dem östlichen Ende des Untersuchungsgebiets Stromleitungen der REWAG & Co KG sowie Mischwasserkanalleitungen der Stadt Regensburg entlang der nördlichen Straßenböschung.

3.4.2 Dränagen

Wie bereits erwähnt, wurde die Geländeoberkante im Untersuchungsgebiet im Rahmen des Baus der Staustufe Regensburg großflächig angehoben. Um Geländevernässungen infolge des Aufstaus der Donau auf eine Höhe von 332,50 m zu vermeiden, wurden zusätzlich zum

Bau des Winzerer Grabens und des Niederwinzerer Grabens umfangreiche Drainagemassnahmen durchgeföhrt.

Im westlichen Teil des Untersuchungsgebiets (von Fkm 2384,0 bis Fkm 2383,4) befinden sich beidseitig des Straßendamms Drainageleitungen. Östlich von Fkm 2383,4 bis zum Schöpfwerk (Fkm 2382,7) liegen die Drainageleitungen nur binnenseitig des Straßendamms. Dabei handelt es sich um PVC-Rohre DN 80 – DN 100 in Styromull, die in Abständen von ca. 6 m flächendeckend verlegt wurden. Das in den Dränagen gesammelte Wasser wird in Betonrohren DN 150 – DN 300 abgeleitet. Das donauseitig des Straßendamms anfallende Dränagewasser wird direkt in die Donau eingeleitet. Binnenseitig des Straßendamms erfolgt die Einleitung in den Winzer Graben bzw. den Niederwinzerer Graben (vgl. Abbildung 3.7).



Abbildung 3.7 Einleitung des Drainagewassers in den Niederwinzerer Graben (links) und in den Winzerer Graben (rechts)

Östlich des Schöpfwerks wird das Wasser aus der Donau, das unter dem Straßendamm in den Polder einsickert, in einem großen Dränagerohr gefasst, das am landseitigen Fußpunkt des Straßendamms verlegt wurden. Der Durchmesser dieser Leitung steigt von DN 500 am Leitungsbeginn bei Fkm 2382 auf DN 1000 an der Einleitung in den Mahlbussen des Schöpfwerks.

Die Verläufe, Durchmesser und Höhenlagen der Drainageleitungen können den Lageplänen mit Sparten (V11 und V12) in Anlage 7 entnommen werden.

3.4.3 Feldwegunterführung unter dem Straßendamm der B8

Die bauliche Gestaltung der Feldwegunterführung ist in der Abbildung 3.8 dargestellt. Dabei handelt es sich um ein Brückenbauwerk mit einer lichten Durchfahrtsbreite von 3,0 m und einer lichten Durchfahrts Höhe von 2,4 m. Die Sohle der Unterführung liegt wasserseitig auf Höhen von 332,61 bis 332,71 m üNN. Die Geländeoberkante steigt südlich der Unterführung bis auf eine Höhe von 333,69 m üNN und fällt anschließend zum Donauufer hin ab (Vgl. Abbildung 3.9).

Überschreitet der Wasserstand der Donau diesen ca. 1 m unter dem Bemessungshochwasserspiegel liegenden Wert, sind die am tiefsten liegenden Gebäude im Polder bereits

durch Überflutungen gefährdet. Gefährdungen sind demnach wesentlich häufiger zu erwarten als einmal in 100 Jahren.



Abbildung 3.8 Feldwegunterführung bei Fkm 2.383, Blick von Süden, Höhenangaben nach GPS Vermessung vom 11.01.2018 (Genauigkeit von 2 bis 3 cm)

Zum Schutz vor Überflutungen des Polders wurde an den südlichen, donauseitigen Flügelmauern des Unterführungsbauwerks ein doppelter Dammbalkenverschluss eingebaut (System IBS, siehe auch Systemskizze in Anlage 3). Die Oberkante dieses Verschlusses liegt nach einer vom WWA Regensburg durchgeführten Nachvermessung auf Höhen von 335,71 m üNN (Westseite) bzw. 335,60 m üNN (Ostseite). Bezogen auf den Bemessungshochwasserspiegel von 334,66 m üNN ergibt sich somit ein Freibord von 0,94 m, das unter Berücksichtigung der Angaben im Kap. 4.1 als ausreichend angesehen werden kann.

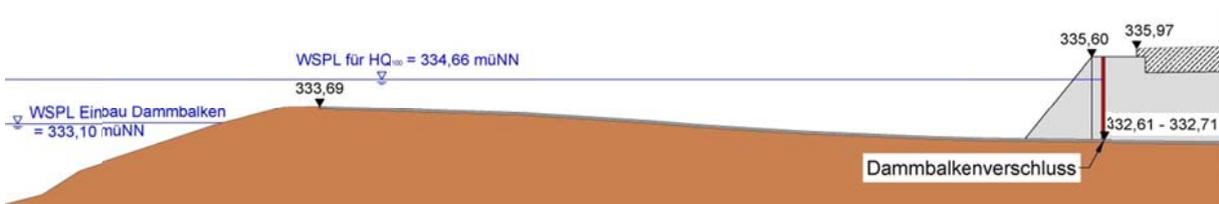


Abbildung 3.9 Querschnittsskizze bei Fkm 2.383 (Feldwegunterführung)

Betrieb, Wartung und Unterhalt des Dammbalkenverschlusses obliegen der Stadt Regensburg. Nach Angaben der Stadt Regensburg zum Hochwassereinsatzplan werden die Dammbalken durch den Bauhof West eingelegt, wenn am Pegel Eiserne Brücke ein Wasserstand von 6,2 m bzw. 331,70 m üNN erreicht wird.

Nach dem Ergebnis der maßgebenden hydraulischen Berechnungen⁴ liegt der Wasserspiegel an der Eisernen Brücke bei einem HQ₁₀₀ um 1,4 m unter dem entsprechenden

⁴ Hydraulische Berechnung der Donau zwischen Sinzing und Donaustauf für ein hundertjähriges Hochwasserereignis (HQ₁₀₀) durch Blasy Øverland für die Gemeinde Sinzing „Umgestaltung Donauvorland mit Neuschaffung von Retentionsraum“ von 30.11.2016

Wasserspiegel an der Unterföhrung in Winzer. Überträgt man diese Differenz vereinfachend auf den Zeitpunkt, an dem die Dammbalken eingebaut werden, ergibt sich an der Unterföhrung ein Wasserstand von etwa 333,10 m üNN. Nach der Darstellung in Abbildung 3.9 liegt die Böschungsoberkante der Donau auf einer Höhe von 333,69 m üNN und somit 60 cm höher als der Donauwasserspiegel zum Einbauzeitpunkt.

Beim Hochwasserereignis Anfang Juni 2013 wurde am Pegel der Eisernen Brücke ein Wasserspiegelanstieg von 50 cm (von 6,2 m auf 6,7 m) innerhalb von 15 Stunden verzeichnet. Somit kann davon ausgegangen werden, dass bei auflaufender Hochwasserwelle ein ausreichender zeitlicher Vorlauf für den Einbau der Dammbalken gegeben ist.



Abbildung 3.10 Dammbalkenverschluss an der Feldwegunterföhrung bei Fkm 2.383

In der Unterföhrung befindet sich eine provisorisch verlegte „fliegende“ Wasserleitung, die vermutlich zur Bewässerung der landwirtschaftlich genutzten Flächen nördlich der B8 dient (vgl. Abbildung 3.10). Die Leitung verfügt ca. 15 m wasserseitig des Dammbalkenverschlusses über eine Kupplung, die eine Unterbrechung der Leitung ermöglicht, bevor die Dammbalken während eines Donauhochwassers eingelegt werden müssen. Im Hinblick auf den Hochwasserschutz wäre der Rückbau der Leitung die sicherste Lösung. Anderenfalls sollte die Leitung zumindest im Hochwassereinsatzplan berücksichtigt werden, so dass entsprechende Unterweisung des Einsatzpersonals und eine Berücksichtigung bei beim turnusmäßigen Probeaufbau erfolgen kann. Gegebenenfalls sollte direkt im Bereich des Dammbalkenverschlusses eine Kupplung angebracht werden, um dort die Leitung unterbrechen zu können.

3.5 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

Zur Bewertung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet stehen zunächst Profile von Bohrungen zur Verfügung, die vor dem Bau der Staustufe und den damit verbundenen großflächigen Geländeanschüttungen bzw. vor dem Bau des Straßendamms der B8 ausgeführt wurden.

Für die hier vorgelegten Untersuchungen ist jedoch vor allem der Untergrundaufbau im Bereich des Straßendamms relevant. Angaben darüber aus dem Zeitraum der Bauausführung liegen nicht mehr vor. Deshalb hat der Vorhabensträger ergänzende Baugrunduntersuchungen beauftragt. Zur Erkundung des Untergrunds wurden im August 2017 18 Rammkernbohrungen im Straßendamm ausgeführt. Ergänzend dazu wurden Kleinrammbohrungen, Rammsondierungen und Schürfe durchgeführt, um die Untergrundverhältnisse im angrenzenden Vor- und Hinterland des Straßendamms zu erkunden. Die Bewertung der angetroffenen Verhältnisse erfolgte durch ein Baugrundgutachten, das von der IFB Eigenschenk GmbH, Deggendorf erstellt wurde⁵. Zum Zeitpunkt der wesentlichen Bearbeitung der vorliegenden Unterlagen stand ein Vorabzug des Gutachtens vom 6.12.2017 zur Verfügung. Zwischenzeitlich liegt die Endfassung vom 31.01.2018 vor.

3.5.1 Vorliegende Informationen aus älteren Untersuchungen

Nach den vorliegenden Profilen von Bohrungen, die in den Jahren 1966 bis 1969 und somit vor der Durchführung der o.g. Geländeanschüttungen niedergebracht wurden, stehen ausgehend von der ursprünglichen Geländeoberkante bis in einer Tiefe von ca. 2 bis 3 m zunächst Auelehme bzw. Auesande an. Dabei handelt es sich um Sedimente, die in jüngster Zeit durch die Donau angeschwemmt wurden. Je nach Ausprägung bestehen sie aus schluffigen Sande bzw. sandigen Schluffen, die den Bodengruppen SU, SU* bzw. UL und UM nach DIN 18196 zugeordnet werden können. Sie weisen i.d.R. eine lockere Lagerung auf bzw. haben eine weiche Konsistenz.

Die Auesedimente werden von quartären Kiesen unterlagert, deren Mächtigkeit stellenweise mehr als 10 m betragen kann. Je nach Feinkorngehalt können die i.d.R. gut wasserdurchlässigen Kiese in die Bodengruppen GW und GU eingestuft werden. Über die Lagerungsdichte liegen keine Angaben vor. Nach den Ergebnissen der ergänzenden Baugrunduntersuchungen im Bereich des Straßendamms kann aber von einer mindestens mitteldichten Lagerung ausgegangen werden.

Die Kiese sind grundwasserführend. Da die Donau den Vorfluter für das Grundwasser darstellt, liegt der Grundwasserspiegel etwa auf dem Niveau des Donauwasserspiegels. In hochwasserfreien Zeiten ist davon auszugehen, dass das Grundwasser mit geringem Gefälle von Norden nach Süden in Richtung der Donau fließt. Bei Hochwasser ist eine Infiltration von Donauwasser in den Grundwasseraquifer mit einer kurzzeitigen Umkehrung der Grundwasserfließrichtung zu erwarten. In den vorliegenden Bohrprofilen ist der Grundwasserspiegel in Tiefen zwischen 3 und 4 m unter der Geländeoberkante eingetragen. Das entspricht einer Grundwasserspiegellage zwischen ca. 328,2 und 329,5 m üNN. Dabei handelt es sich um Werte, die vor dem Bau der Staustufe Regensburg vorlagen. Durch den Bau der Staustufe kam es zu einem Anstieg des Grundwasserspiegels auf die heute anzutreffenden Werte. Sie werden durch das Stauziel der Staustufe (332,5 m üNN) und durch die Wirkung der Dränagen und des Winzerer Grabens bestimmt.

⁵ IFB Eigenschenk GmbH, Hochwasserschutz Regensburg-Winzer, Geotechnischer Bericht, Deggendorf, Dezember 2017 (Vorabzug), Januar 2017 (Endfassung)

Das Liegende der Kiese wird durch Kalksteinschichten gebildet, die bereichsweise noch von Mergel- oder Seetonschichten überlagert werden. Diese Gesteine stehen in Tiefen ab ca. 15 m unter der aktuellen Geländeoberkante an. Sie haben daher für die hier durchgeführten Untersuchungen und Bewertungen keine Relevanz.

3.5.2 Ergänzende Untersuchungen im Bereich des Straßendamms

Der Aufbau des Straßendamms wurde durch insgesamt 18 Rammkernbohrungen mit einem Durchmesser von 178 mm erkundet, die ausgehend von der Dammoberkante jeweils in Dreiergruppen (nördlicher Fahrbahnrand, Mitte und südlicher Fahrbahnrand) durch den asphaltierten Straßenaufbau bis in eine Tiefe von 6 m abgeteuft wurden (vgl. Übersichtsplan E10 in Anlage 7). Zusätzlich wurden an beiden Fußpunkten des Straßendamms Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen durchgeführt. Die Abbildung 3.11 zeigt die örtliche Situation bei der Ausführung der Bohrarbeiten.



Abbildung 3.11 Ausführung der Bohrarbeiten am südlichen Fahrbahnrand

Im Baugrundgutachten wurden die angetroffenen Bodenschichten in fünf Homogenbereiche mit jeweils vergleichbaren bodenmechanischen Eigenschaften unterteilt. Nähere Angaben zu diesen Eigenschaften und zu den daraus abgeleiteten bodenmechanischen Kennwerten können dem Gutachten entnommen werden. Nachfolgend wird der Aufbau des Dammkörpers von oben nach unten beschrieben, um eine transparentere Bewertung der Tauglichkeit des Damms für den Hochwasserschutz zu ermöglichen. Dabei wird auch auf die Einteilung in die Homogenbereiche Bezug genommen.

▷ **Fahrbahnaufbau**

Unter der ca. 0,2 m dicken Asphalttrag- und Deckschicht steht Frostschutzkies bis in Tiefen zwischen 0,7 m und 1,0 m an. Der Frostschutzkies wird im Baugrundgutachten gemeinsam mit tieferliegenden kiesigen Schichten dem Homogenbereich 2 (grob- und gemischtkörnige Auffüllung) zugeordnet. Unabhängig von der zusammenfassenden Beschreibung des gesamten Homogenbereichs im Gutachten kann aber davon ausgegangen werden, dass es sich hier um grobkörnige Kiese mit einem Feinkorngehalt $\leq 5\%$ handelt, die i.d.R. in die Bodengruppe GW nach DIN 18196 eingeordnet werden können. Die Schicht hat deshalb eine relativ hohe Wasserdurchlässigkeit.

▷ **Dammkörper**

Unter dem Frostschutzkies weist der Dammkörper vertikal und lateral einen relativ heterogenen Aufbau auf. Es ist davon auszugehen, dass er während der Bauzeit lagenweise und in verschiedenen Abschnitten aus unterschiedlichen Materialien geschüttet wurde. Konkret wurden folgende Materialien erkundet:

- Bindige Böden (Homogenbereiche 1 und 5))

Bindigen Böden wurden in unterschiedlicher Tiefen in Mächtigkeiten zwischen 0,3 m und 1,6 m angetroffen, Sie bestehen aus Schluffen oder Tonen mit geringen Beimengungen von Sand und Kies (Bodengruppen UL/UM bzw. TL/TM) und weisen eine steife bis halbfeste Konsistenz auf.

Der Baugrundgutachter ordnet die Schichten in zwei Homogenbereiche ein. Im Homogenbereich 1 werden bindige Böden zusammengefasst, die (vermutlich aufgrund vorgefundener Fremdbestandteile) als Auffüllungen angesprochen werden. Stellenweise stehen bindige Böden aber auch in einer Tiefenlage an, die vermutlich noch zur Dammschüttung gehören, jedoch nicht als Auffüllung angesprochen werden und stattdessen dem Homogenbereich 5 (Schluffe und Tone) zugewiesen werden (Bohrung A3). Eine genaue Unterscheidung kann im Einzelfall schwierig sein und ist für die Zwecke der vorliegenden Untersuchung auch nicht von Belang.

Die Böden besitzen eine mäßige Scherfestigkeit und weisen i.d.R. eine geringe Wasserdurchlässigkeit auf. Auch wenn sie bereichsweise in größerer Mächtigkeit unter dem Frostschutzkies vorgefunden wurden, wirken die bindigen Auffüllungen nicht als Innendichtung eines Deichs, da sie unter- oder überströmt werden können und zumeist auch nicht über die gesamte Breite des Dammquerschnitts reichen, sondern linsenartig in wasserdurchlässige, nicht bindige Auffüllungen eingebettet sein können.

- Grob- und gemischtkörnige Auffüllungen (Homogenbereich 2)

Neben den bereits angesprochenen Frostschutzkiesen werden im Dammkörper auch in tieferen Lagen kiesige Böden angetroffen, die wegen ihrer Fremdbestandteile (Ziegel- und Betonreste) als Auffüllungen angesprochen wurden. Je nach Feinkorngehalt können sie den Bodengruppen GU bzw. GU* zugeordnet werden. Sie stehen nach den Ansprachen der Bohrprofile stellenweise bis in Tiefen von 6,0 m unter der Dammoberkante an und würden somit bis weit unter den Dammfuß reichen. Ob es sich an diesen Stellen um die Auffüllung lokaler Löcher handelt, die ggf. auch durch den Aushub nicht tragfähiger Auesedimentschichten entstanden sein können, oder ob bei der Bodenansprache keine exakte Abgrenzung zu den unterlagernden natürlich anstehenden Kiesen (Homogenbereich 4) möglich war, ist letztlich unerheblich, da für beide Bereiche die gleichen bodenmechanischen Kennwerte angesetzt werden.

Die kiesigen Auffüllungen besitzen eine mittlere bis sehr große Scherfestigkeit und sind daher im Hinblick auf die Standsicherheit des Dammkörpers als günstig zu bewerten. Sie weisen mittlere bis große Wasserdurchlässigkeiten auf, so dass bei einem Einstau des Straßendamms durch Hochwasserführung der Donau eine Durchströmung des Dammkörpers zu erwarten ist.

- **Auffüllungen aus Kalkstein-Bruchstücken (Homogenbereich 3)**

In einer Reihe von Bohrungen wurden im Dammkörper in unterschiedlichen Tiefen Auffüllungen angetroffen, die aus Kalksteinbruchstücken (vereinzelt auch Tonsteinbruchstücken) mit tonigen Zwischenschichten bestehen. Nach Auffassung des Baugrundgutachters handelt es sich dabei wohl um Liefermaterial aus nahegelegenen Steinbrüchen, das in Teilstrecken des Damms in Schichtdicken zwischen 0,3 und 2,3 m eingebaut wurde.

Die Böden besitzen eine große Scherfestigkeit. Zur Wasserdurchlässigkeit macht der Gutachter mangels Erfahrungswerten keine Angaben. Es ist zu vermuten, dass sie je nach Umfang der Einbettung der Bruchstücke in die tonigen Zwischenschichten in einem weiten Bereich schwanken kann. Da auch diese Schichten aus den bereits erläuterten Gründen nicht als Deichinnendichtung wirken, sind genauere Angaben dazu jedoch auch nur von relativ geringer Relevanz.

▷ **Untergrund unter dem Dammkörper**

Unter den Auffüllungen des Dammkörpers stehen überwiegend Kiese und Sande an, die vom Baugrundgutachter dem Homogenbereich 4 zugeordnet werden. Dabei handelt es sich i.d.R. um sandige Kiese, die je nach Feinkorngehalt den Bodengruppen GW bis GU bzw. auch GU* zugeordnet werden können. Die Böden sind nass (da grundwasserführend) und weisen nach den Auswertungen von Siebanalysen Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte zwischen ca. $5 \cdot 10^{-3}$ und $5 \cdot 10^{-5}$ m/s auf. Bereiche mit relativ hoher Durchlässigkeit überwiegen dabei.

In die unter dem Straßendamm anstehenden Kiese sind bereichsweise bindige Bodenschichten mit geringer Mächtigkeit eingelagert (z.B. Bohrungen A5, A6). Dabei handelt es sich überwiegend um sandig, kiesige Schluffe mit halbfester Konsistenz und geringer Wasserdurchlässigkeit. Sie werden vom Baugrundgutachter dem Homogenbereich 5 zugewiesen. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Böden nicht verbreitet sondern eher linsenartig anstehen. Da sie nur vereinzelt und erst in größerer Tiefe unter dem Dammfußpunkt erkundet wurden, haben sie für die vorliegenden Untersuchungen nur eine geringe Bedeutung.

Land- und wasserseitig des Straßendamms entspricht der Aufbau des Untergrunds weitgehend den im Kap. 3.5.1 beschriebenen Verhältnissen. Unter der Geländeoberkante stehen zunächst Auensedimente an, die häufig auch im Zuge der Geländemodellierung beim Bau der Staustufe und des Straßendamms umgelagert oder zusätzlich eingebaut wurden und deshalb vom Baugrundgutachter als Auffüllungen angesprochen wurden. Bei den Kleinrammbohrungen wurden neben schluffigen Schichten (Auelehme) überwiegen sandige Böden und teilweise auch kiesige Auffüllungen mit entsprechend hoher Wasserdurchlässigkeit angetroffen. Bei den Rammsondierungen wurden bis in Tiefen von 1 m bis 2 m unter Geländeoberkante zumeist mittlere bis hohe Schlagzahlen registriert, so dass von einer entsprechenden Lagerungsdichte dieser Boden ausgegangen werden kann.

Die Auffüllungen und Sedimente werden von wasserdurchlässigen quartären Kiesen unterlagert, deren Eigenschaften bereits beschrieben wurden.

In der nachfolgenden Tabelle 3.1 sind Angaben zur Höhenlage und Tiefe der Bohrungen zusammengestellt. Sie sind anhand der Querschnitte geordnet, deren Lage dem Lageplan in Anlage 1 entnommen werden kann. Die Reihenfolge der Bohrungen wurde in der Tabelle jeweils von der Donauseite zur Landseite hin angegeben. Die Ansatzhöhen der Bohrungen wurden aus dem digitalen Geländemodell übernommen, da diese im Geotechnischen Bericht nicht aufgeführt sind. Neben den Angaben zur Höhenlage sind die bei der Ausführung der Bohrungen angetroffenen Grundwasserstände aufgelistet, soweit diese in den Bohrprofilen angegeben sind.

Tabelle 3.1 Bohrungen mit Ansatzhöhe, Endteufe und Grundwasserstand;
 n.a. =nicht angegeben (Geotechnischer Bericht)

	Nummer der Bohrung	Ansatzhöhe [m üNN]	Endteufe [m]	Höhe GW [m üNN]	Datum GW-Messung
Schnitt 6	A3	335,21	6,00	331,61	n.a.
	A2	335,62	3,00	n.a.	n.a.
	A1	335,74	6,00	331,64	n.a.
Schnitt 5	B2	333,59	0,70	n.a.	n.a.
	A6	335,54	6,00	331,92	n.a.
	A5	335,63	6,00	331,02	n.a.
	A4	335,82	6,00	n.a.	n.a.
	C1	333,32	1,00	n.a.	n.a.
	B1	332,61	2,70	331,01	05.09.2017
Schnitt 4	B4	333,67	6,00	331,77	05.09.2017
	A9	335,53	6,00	331,26	n.a.
	A8	335,68	6,00	333,03	n.a.
	A7	335,80	6,00	n.a.	n.a.
	C2	333,85	1,00	n.a.	n.a.
	B3	332,62	6,00	331,17	05.09.2017
Schnitt 3	B7	333,68	6,00	331,33	04.09.2017
	B6	334,31	6,00	331,91	04.09.2017
	A12	335,74	6,00	331,49	n.a.
	A11	335,84	6,00	331,41	n.a.
	A10	335,90	6,00	330,79	n.a.
	C3	334,52	0,90	n.a.	n.a.
	B5	333,41	6,00	332,01	05.09.2017
Schnitt 2	A15	335,75	6,00	332,78	n.a.
	A14	335,82	6,00	n.a.	n.a.
	A13	335,93	6,00	331,26	n.a.
Schnitt 1	B9	333,94	6,00	333,54	04.09.2017
	A18	335,93	6,00	332,88	n.a.
	A17	336,08	6,00	332,98	n.a.
	A16	336,26	6,00	331,16	n.a.
	C4	333,07	1,00	n.a.	n.a.
	B8	332,81	6,00	330,81	04.09.2017
	B10	332,85	6,00	331,65	04.09.2017

Vorbehaltlich der Ungenauigkeiten, die durch die Messung des Grundwassers zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Bohrloch (und nicht als Stichtagsmessung an ausgebauten Messstellen) verursacht werden und die stellenweise auch durch die rückgerechneten Angaben zur Ansatzhöhe der Bohrungen entstehen, zeigen die vorliegenden Angaben zur Grundwasserspiegellage i.d.R. ein Gefälle vom donauseitigen zum landseitigen Böschungsfuß des Straßendamms. Das kann als Beleg für die Wirksamkeit der Dränagen angesehen werden. Sie nehmen das Wasser auf, das von der rückgestauten Donau in den Untergrund infiltriert und unter dem Straßendamm in den Polder einsickert. Nicht zuletzt deshalb kann unterstellt werden, dass die Dränagen auch bei einem Donauhochwasser wirksam sind und das Wasser aufnehmen, das durch den eingestauten Straßendamm sickert.

4. Bewertung der Tauglichkeit des Straßendamms der B 8 als Hochwasserschutzdeich

Das wichtigste Ziel der hier vorgelegten Untersuchungen besteht darin, die Tauglichkeit des Straßendamms der B8 für den Hochwasserschutz des nördlich gelegenen Polders Winzer zu bewerten. Maßgebend dafür sind zunächst die Vorgaben der DIN 19712 (Hochwasserschutzanlagen an Fließgewässern). Danach sollte ein Hochwasserschutzdeich zumindest folgende Anforderungen erfüllen:

- ▷ Die Deichkrone muss mit ausreichendem Freibord über der Wasserspiegellage des Bemessungshochwassers liegen.
- ▷ Der Querschnitt des Deichs sollte die in der Norm angegebenen Mindestabmessungen einhalten (z.B. Kronenbreite ≥ 3 m). Außerdem sollen landseitig Deichverteidigungswege zur Verfügung stehen. Fremdanlagen (Bauwerke, Leitungen etc.) sind zu vermeiden und müssen ansonsten eine Reihe von Anforderungen genügen. Ein Gehölzbewuchs der Deichböschungen wird als grundsätzlich nicht zulässig angesehen.
- ▷ Die Standsicherheit und die Gebrauchstauglichkeit eines Deichs müssen für alle maßgeblichen Bemessungssituationen und die dabei auftretenden Beanspruchungen gewährleistet sein. In diesem Zusammenhang müssen auch Strömungskräfte im Deich und mögliche Schäden durch innere Erosion und Oberflächenerosion betrachtet werden.

In der DIN 19712 werden Hochwasserschutzdeiche mit einer üblichen baulichen Gestaltung betrachtet. Im hier vorliegenden Fall soll der Hochwasserschutz jedoch durch den Damm einer vierspurig ausgebauten Straße erreicht werden, dessen Krone eine Breite von etwa 23 m hat. Dieser Wert ist um ein Vielfaches höher als die Kronenbreite eines normalen Hochwasserschutzdeichs. In der Folge davon kann die Hochwassersicherheit eines Polders u.U. auch dann gewährleistet sein, wenn der Straßendamm nicht alle Anforderungen der Norm vollumfänglich erfüllt.

Als Beispiel dafür kann der Gehölzbewuchs auf Deichen genannt werden, der nach der Norm unzulässig ist, da deren Standsicherheit dadurch beeinträchtigt wird. Der Hintergrund für diese Forderung ergibt sich aus u.a. aus dem Umstand, dass Wurzelkrater, die durch ein gleichzeitig mit einem Hochwasser auftretenden Windwurf eines Baums entstehen, eine erhebliche Beeinträchtigung der Standsicherheit eines Deichs mit normalen Querschnittsabmessungen verursachen können. Bei einem sehr breiten Damm (wie im hier vorliegenden Fall) bewirken derartige Wurzelkrater dagegen i.d.R. keine relevante Gefahr für die Standsicherheit, da nach wie vor ein weit überdimensionierter Dammquerschnitt zur Verfügung steht.

Somit kann die Tauglichkeit des vorhandenen Straßendamms für den Hochwasserschutz auch dann gewährleistet sein, wenn einzelne Anforderungen oder Empfehlungen der Norm nicht vollumfänglich erfüllt, durch andere Eigenschaften des Damms jedoch ausreichend kompensiert werden. Bei den nachfolgenden Bewertungen und den darauf aufbauenden Empfehlungen wird diese Situation in angemessener Weise berücksichtigt. Damit sollen Maßnahmen vermieden werden, die aus formalen Gründen für notwendig erachtet werden könnten, die tatsächliche Sicherheit aber nicht signifikant verbessern würden.

4.1 Freibordüberprüfung

Nach den Vorgaben der DIN 19712 kann zum Schutz des Polders Winzer erforderliche Deich in die Klasse I eingestuft werden. Bei einer Deichhöhe ≤ 3 m, wie sie am Straßendamm der B8 gegeben ist (max. Höhendifferenz zwischen der wasserseitigen Kante der Dammkrone und der binnenseitigen Geländehöhe am Dammfuß = 2,97 m, vgl. Kap. 3.2), wird nach Tabelle 3 der DIN ein Mindestfreibord von 0,5 m zum Bemessungshochwasser empfohlen. Als Bemessungshochwasser wird ein Hochwasser mit 100-jährlicher Wiederkehrzeit angesetzt (HQ_{100}), da es sich um die Bewertung einer bestehenden Anlage handelt. Die für die Dimensionierung von neu geplanten Anlagen übliche Berücksichtigung eines Klimazuschlags von 15 % des HQ_{100} -Abflusses ist daher nicht erforderlich.

Nach den Angaben im Bericht des WWA Regensburg vom November 2015 (vgl. Fußnote 2) wurde auf der rechten Seite der Donau ein Freibordmaß von 0,8 m festgelegt. Damit auf der linken Donauseite im Bereich des hier behandelten Polders Winzer eine vergleichbare Sicherheit gewährleistet werden kann, sollte der Freibord den genannten Wert von 0,8 m nicht unterschreiten.

Zur Bewertung des tatsächlich vorhandenen Freibords wurde die Höhenlage der wasserseitigen Böschungsoberkante des Straßendamms mit der Wasserspiegellage verglichen, die nach den Ergebnissen der maßgebenden hydraulischen Berechnung (vgl. Fußnote 5) bei einem HQ_{100} im Untersuchungsgebiet zu erwarten ist. Die Böschungsoberkante wurde dem digitalen Geländemodell entnommen, das auf der Grundlage der Laserscandaten und der vorliegenden Querprofile erstellt wurde. Verwendet wurde jeweils die Höhe des donauseitigen Fahrbahnrandes. Da die südliche Richtungsfahrbahn zur Donau geneigt ist, liegt der höchste Punkt des Straßendamms im jeweiligen Querschnitt ca. 20 cm über dem südlichen Fahrbahnrand. Daraus ergibt sich nochmals ein höheres Freibord bzw. eine höhere Sicherheit gegenüber einer Überströmung des Damms.

Die Ergebnisse der Freibordbewertung sind tabellarisch in der Anlage 4 zusammengestellt. Die dazugehörige Stationierung ist dem Übersichtslageplan V10 in Anlage 7 zu entnehmen. Danach verfügt der Straßendamm am südlichen Fahrbahnrand über ein Freibord zwischen 0,82 und 1,13 m (im Mittel 1,00 m). Bezogen auf ein HQ_{100} wird das o.g. Freibordmaß von 0,8 m über die gesamte Länge des Untersuchungsbereichs eingehalten.

Zusätzlich wurde der Freibord ermittelt, der gegenüber einem 100-jährlichen Hochwasser mit Klimazuschlag ($HQ_{100+Klima}$) vorhanden ist. Die in diesem Fall zu erwartenden Wasserspiegellage wurden der entsprechenden hydraulischen Berechnung entnommen (vgl. Fußnote 5). Sie liegt im Untersuchungsgebiet im Mittel um 0,54 m über der Wasserspiegellage des HQ_{100} . In diesem Lastfall verfügt der Straßendamm am südlichen Fahrbahnrand über ein Freibord zwischen 0,28 und 0,58 m (im Mittel 0,46 m). Berücksichtigt man die o.g. Höhendifferenz zwischen dem südlichen Fahrbahnrand und dem höchsten Punkt des Querschnitts von 0,2 m, ergibt sich immerhin noch ein Freibord $\geq 0,48$ m. Das in der DIN 19712 empfoh-

lene Mindestfreibordmaß von 0,5 m wird somit auch bei einem Hochwasserereignis noch eingehalten, das deutlich seltener auftritt, als das 100-jährliche Bemessungshochwasser.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Straßendamm über die gesamte Länge des Untersuchungsgebiets ausreichend hoch ist. Überflutungen des Polders Winzer in der Folge einer Überströmung des Damms sind daher bis zu einem 100-jährlichen Bemessungshochwasser und sogar darüber hinaus nicht zu erwarten. Das gilt auch unter Berücksichtigung des Umstands, dass die Frostschutzschicht unter der Straße bei sehr seltenen Hochwasserereignissen bereichsweise geringfügig eingestaut sein kann. Im ungünstigsten Fall kann das lediglich zu einer etwas erhöhten Durchströmung des Dammkörpers führen, der nach den Angaben im Kap. 3.5.2 ohnehin überwiegend aus gut wasserdurchlässigen Böden besteht. Eine reduzierte Sicherheit gegen eine Überströmung kann daraus aber nicht abgeleitet werden.

4.2 Bewertung der Anforderungen an den Deich

4.2.1 Querschnitt und die Deichgestaltung

Die Querschnittsabmessungen des Straßendamms der B8 sind im Kap. 3.2 beschrieben. Danach hat der Damm der vierspurig ausgebauten Straße eine Kronenbreite von etwa 23 m. Die Anforderungen der DIN 19712 (Mindestbreite der Deichkrone = 3 m) werden somit erheblich übertroffen.

Die Böschungsneigungen des Straßendamms von ca. 1 : 2 sind steiler als der in der Norm empfohlene Wert von 1 : 3. Da die Standsicherheit des Damms nach den Angaben im Kap. 4.3 dennoch gewährleistet ist, wird seine Tauglichkeit für den Hochwasserschutz dadurch aber nicht beeinträchtigt. Zusätzlich ist nach den Angaben im Kap. 4.3 zu berücksichtigen, dass an der wasserseitigen Böschung auch bei einem Bemessungshochwasser nur sehr geringe Sohlschubspannungen auftreten und dass die Sinkgeschwindigkeit der Donau bei fallendem Hochwasser so gering ist, dass keine relevanten Strömungskräfte an der wasserseitigen Böschung auftreten. Die hydraulische Belastung der wasserseitigen Böschung kann somit als gering eingestuft werden, so dass die im Vergleich zur Empfehlung der Norm steilere Böschungsneigung auch deshalb akzeptiert werden kann.

Bei Deichen der Klasse I sind nach DIN 19712 Deichwege zur Deichverteidigung und –unterhaltung vorzusehen und als fester Bestandteil der Hochwasserschutzanlage zu verstehen. Deichverteidigungswege sollen im Regelfall landseitig auf einer Berme angelegt werden. Im hier vorliegenden Fall ist auf der Dammkrone eine vierspurige Straße angelegt. Somit bestehen sehr gute Voraussetzungen zur Verteidigung des Deichs selbst gegen extreme Hochwasserereignisse. Dass am landseitigen Böschungsfuß nicht zusätzlich ein durchgängig befahrbarer Weg zur Verfügung steht, ist unter diesen Umständen nicht relevant.

Am land- und wasserseitigen Böschungsfußpunkt sind nach den Anforderungen der Norm Deichschutzstreifen mit einer Breite von 5 m vorzusehen, die von Bebauung und Bepflanzung freizuhalten sind und Beschränkungen hinsichtlich der Nutzung unterliegen.

Hinsichtlich dieser Anforderung werden im Untersuchungsgebiet östlich und westlich des Schöpfwerks Niederwinzer unterschiedliche Situationen angetroffen. Östlich des Schöpfwerks befinden sich an beiden Böschungsfußpunkten des Straßendamms befestigte Wege, die auch als Schutzstreifen dienen (vgl. Abbildung 4.1).

Auch westlich des Schöpfwerks befinden sich zwischen den Böschungsfußpunkten des Straßendamms und den beidseitig angrenzenden landwirtschaftlichen Nutzflächen Fahr-

spuren für Landmaschinen (vgl. Abbildung 4.2). Die bepflanzten Nutzflächen reichen somit zumindest auf dem überwiegenden Teil dieser Strecke nicht bis an den Dammfußpunkt heran. Die vorhandene Situation ist im Sinn der DIN 19712 zwar nicht optimal, beeinträchtigt die Tauglichkeit des Straßendamms für den Hochwasserschutz aber nicht wesentlich. Ergänzende Maßnahmen zur Verbesserung der Verhältnisse an den Böschungsfußpunkten sind daher u.E. nicht erforderlich.



Abbildung 4.1 Straßendamm mit angrenzenden Flächen (östlich des Schöpfwerks)
Quelle: Google maps



Abbildung 4.2 Straßendamm mit angrenzenden Flächen (westlich des Schöpfwerks)
Quelle: Google maps

Wie auch den Abbildungen 4.1 und 4.2 entnommen werden kann, sind die Böschungen des Straßendamms zumindest im größten Teil des Untersuchungsgebiets mit Gehölzen bewachsen. Im Hinblick auf eine Nutzung des Damms für den Hochwasserschutz ist das nach den Maßgaben der DIN 19712 unzulässig. Wie den Angaben im Kap. 3.1 entnommen werden kann, sind die Böschungen jedoch als Teilflächen des Biotops R-1385 kartiert und nach dem zum Zeitpunkt der Erfassung geltenden Gesetz als 13d-, bzw. 13e-Flächen geschützt. Erhebliche Beeinträchtigungen der Flächen sind damit unzulässig und bedürfen zumindest einer Ausnahmegenehmigung. Eine Rodung der Gehölze ist verboten.

Die Forderung der Norm nach Gehölzfreiheit von Deichböschungen besteht vor allem deshalb, weil Gehölze die Standsicherheit eines Deichs gefährden können. Dabei wird die Gefahr gesehen, dass Wurzelkrater durch den Windwurf eines Baums eine erhebliche Schwächung des Deichquerschnitts verursachen können und gleichzeitig eine Angriffsfläche für eine erhöhte Erosion des Deichs bieten.

Im hier vorliegenden Fall wird die Tauglichkeit des Straßendamms für den Hochwasserschutz jedoch auch bei einem Auftreten von Wurzelkratern durch Windwurf während eines Hochwassers nicht signifikant beeinträchtigt. Die Ursache dafür ist in der sehr großen Breite des Dammquerschnitts zu sehen, der auch nach einer Schwächung durch lokal auftretende Wurzelkrater noch wesentlich größer ist als der aus statischen Gründen erforderliche Mindestquerschnitt. Wie den im Kap. 4.3 erläuterten Standsicherheitsberechnungen entnommen werden kann, würde trotz der Wurzelkrater und den in der Folge davon möglichen lokalen Böschungsbrüchen noch immer ein Damm mit einer Kronenbreite > 16 m verbleiben.

Nach den Angaben im Kap. 4.4.1 treten an der wasserseitigen Böschung bei einem Bemessungshochwasser Sohlschubspannungen bis 10 N/m^2 auf. Diese geringe Belastung kann i.d.R. auch von den Böden aufgenommen werden, die im Bereich möglicher Wurzelkrater an der wasserseitigen Böschung anstehen. Nach Angaben der Tabelle 1 der DIN 19661-2 liegt die Grenzschieppspannung von Mittel- bis Grobkiesen im Bereich von $15 - 45 \text{ N/m}^2$ und bei kurzzeitig überströmten lehmigen Kiesen bei 20 N/m^2 . Die Gefahr für eine Oberflächenerosion, die eine zusätzlichen Schwächung des Dammkörpers verursacht, ist daher ebenfalls als gering einzustufen.

Obwohl ein Verlust der Gesamtstandsicherheit des Damms auch bei Ansatz ungünstiger Randbedingungen nicht zu erwarten ist und die Tauglichkeit des Straßendamms für den Hochwasserschutz somit trotz des Gehölzbewuchses gewährleistet ist, muss einschränkend festgestellt werden, dass in einem derartigen Fall Nutzungseinschränkung auf der vierspurigen Bundesstraße zumindest nicht ausgeschlossen werden können. Treten Wurzelkrater und nachfolgende lokale Böschungsabbrüche auf, können diese im ungünstigsten Fall auch Teile der Fahrbahn umfassen. Die Straße müsste dann ganz oder teilweise für den Verkehr gesperrt werden. Auftretende Schäden können erst nach dem Abfließen des Hochwassers behoben werden, so dass eine (Teil-) Sperrung der Straße ggf. auch für einen längeren Zeitraum notwendig sein kann.

Ob die beschriebene Gefährdung hingenommen werden kann, muss vom Straßenbaulastträger bewertet werden. Dabei kann berücksichtigt werden, dass ihre Eintrittswahrscheinlichkeit gering ist, da Windwurfkrater gleichzeitig mit einem größeren Hochwasserereignis auftreten müssten. Sollte die Entfernung der Gehölze aus der Sicht des Straßenbaulastträgers erforderlich sein, muss dies unter Berücksichtigung der o.g. naturschutzfachlichen Aspekte erfolgen.

Im Hinblick auf den Hochwasserschutz ist die Gehölzrodung aus der Sicht der Verfasser der vorliegenden Untersuchungen zwar wünschenswert aber nicht zwingend erforderlich. Unter Berücksichtigung ihres Biotopcharakters kann darauf verzichtet werden. Gleichwohl ist zu empfehlen, beide Dammböschungen im Rahmen des Unterhalts regelmäßig und insbesondere nach stürmischen Witterungslagen auf Windwurf zu untersuchen und dabei festgestellte Schäden umgehend zu beseitigen.

4.2.2 Bauliche Fremdanlagen im Straßendamm

Nach den Vorgaben der DIN 19712 muss sichergestellt sein, dass die Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Erosionssicherheit der Hochwasserschutzanlage durch bauliche Fremdanlagen nicht beeinträchtigt wird. Die vorhandenen Bauwerke und Rohrleitungen im Straßendamm können im Hinblick darauf wie folgt bewertet werden:

▷ **Feldwegunterführung bei Fkm 2.383**

Im Straßendamm der B8 befindet sich bei Fkm 2.383 eine Feldwegunterführung, die mit einem mobilen Dammbalkenverschluss vor hochwasserbedingten Überflutungen gesichert ist. Angaben zur baulichen Gestaltung dieser Anlage können dem Kap. 3.4.3 entnommen werden. Sie befindet sich augenscheinlich in einem guten baulichen Zustand.

Es kann davon ausgegangen werden, dass das Unterführungsbauwerk auf der Grundlage geprüfter statischer Berechnungen so errichtet wurde, dass die Tragfähigkeit des Straßendamms nicht beeinträchtigt ist. Die Gebrauchstauglichkeit des Damms für den Hochwasserschutz ist durch den Dammbalkenverschluss gewährleistet. Die Oberkante der mobilen Dammbalken liegt um 0,94 m über dem Bemessungshochwasserspiegel, so dass die Überflutungssicherheit des landseitigen Polders mit ausreichendem Freibord gewährleistet ist. Der Dammbalkenverschluss wird nach den Vorgaben des Hochwasser-einsatzplans der Stadt Regensburg bei auflaufendem Hochwasser rechtzeitig eingebaut, so dass die Gebrauchstauglichkeit des Hochwasserschutzbauwerks auch in diesem Fall nicht eingeschränkt ist.

Der Einbau der Unterführung in den Straßendamm und der Anschluss der Flügelmauern an die Dammböschungen wurde augenscheinlich so ausgeführt, dass Wassereintritte in den Dammkörper bei einem donauseitigen Einstau verhindert werden (vgl. Abbildung 3.8). Unter Berücksichtigung der großen Dammbreite und des entsprechend geringen hydraulischen Gradienten zwischen der wasserseitigen und der landseitigen Böschung ist die Gefahr der Fugenerosion entlang der Bauwerkswände quer zum Straßendamm zudem selbst dann gering, wenn an der Böschung tatsächlich Wasser in den Damm eindringen sollte.

▷ **Druckrohrleitungen vom Schöpfwerk Niederwinzer zur Donau**

Unmittelbar landseitig des Straßendamms befindet sich bei Fkm 2382,7 das Schöpfwerk Niederwinzer. Das hier gesammelte Wasser wird über 5 Betonrohre DN 500 in ein Auslaufbauwerk am Donauufer abgeleitet. Die Rohrleitungen sind quer zum Straßendamm verlegt (vgl. Abbildung 3.6). Die Querung von Hochwasserschutzanlagen mit Leitungen ist nach den Vorgaben der DIN 19712 zu vermeiden. Ist dies unvermeidbar, darf die Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Erosionssicherheit der Hochwasserschutzanlage nicht nachteilig verändert werden.

Hinsichtlich einer Beeinträchtigung der Tragfähigkeit kann auch in diesem Fall davon ausgegangen werden, dass die Rohrleitungen nach den Regeln der Technik

seinerzeit so verlegt wurden, dass sich daraus keine Nachteile für den Straßendamm ergeben. Entsprechende Probleme (z.B. Setzungen der Fahrbahn im Umfeld der Leitungen) sind nach derzeitigem Kenntnisstand nicht bekannt.

Die Gebrauchstauglichkeit des Straßendamms für den Hochwasserschutz wäre durch die Rohrleitungen allenfalls dann beeinträchtigt, wenn bei Hochwasserführung der Donau Wasser über die Leitungen in den Polder eindringen würde. In den hier vorgelegten Untersuchungen wird davon ausgegangen, dass dies durch entsprechende Verschlussorgane (Absperrschieber, Rückstauklappen an den Pumpen etc.) verhindert wird. Beeinträchtigungen durch Undichtigkeiten an den Druckrohrleitungen können ausgeschlossen werden, wenn Schäden durch Kontrollen im Rahmen des Unterhalts (Druckprüfungen, Kamerabefahrungen) erkannt und zeitnah behoben werden. Es wird davon ausgegangen, dass derartige Kontrollen regelmäßig durch das WSA Regensburg als Betreiber des Schöpfwerks durchgeführt werden.

Beeinträchtigungen des Straßendamms durch Kontakterosion entlang der Rohrwände sind nach den Erläuterungen im Kap. 3.3 ebenfalls nicht zu besorgen.

▷ **Fahrbahntwässerung der B 8 mit Querausleitungen zur Donau**

Nach den Angaben im Kap. 3.2 wird das Oberflächenwasser der nördlichen Richtungsfahrbahn der B8 über einen im Mittelstreifen verlegten Kanal abgeleitet, der über insgesamt 13 Querausleitungen in die Donau entwässert. Zur Entwässerung der Frostschutzschicht sind „huckepack“ über dem Transportkanal Drainageleitungen verlegt, die an den Schächten im Mittelstreifen an den Transportkanal angeschlossen ist.

Der Transportkanal im Mittelstreifen verläuft parallel zur Bauwerksachse des für den Hochwasserschutz genutzten Straßendamms. Das ist nach den Vorgaben der DIN 19712 nicht zulässig, kann wegen der sehr großen Breite des Damms aber akzeptiert werden, da die Leitung bereits außerhalb des statisch notwendigen Mindestquerschnitts für einen Deich liegt.

Problematischer sind aus Sicht des Verfassers die Querausleitungen vom Transportkanal zur Donau. Bei Hochwasserführung kann es über diese Leitungen zu einem Einstau der Transportleitung kommen, der bereichsweise über die Drainageleitungen eine Infiltration von Donauwasser in den Straßendamm verursacht. Eine ähnliche Wirkung kann bei Schäden oder Undichtigkeiten an der Transportleitung oder den Schächten im Mittelstreifen auftreten.

Um Beeinträchtigungen der Sicherheit des Straßendamms zu vermeiden, sollten bauliche Maßnahmen ergriffen werden, durch die ein Einstau bzw. eine Infiltration von Wasser in den Dammkörper verhindert werden kann. Nach den Erläuterungen im Kap. 4.6.2 wird vorgeschlagen, die Querausleitungen durch Rückschlagklappen zu sichern, die jeweils in einem neu zu bauenden Schacht am donauseitigen Fahrbahnrand der B 8 installiert werden. Diese Maßnahmen verbessern zusätzlich auch die Gebrauchstauglichkeit der Bundesstraße im Hochwasserfall, da Erosionsschäden am Dammkörper durch eindringendes Wasser vermieden werden können.

▷ **Sonstige Sparten**

Entlang des landseitigen Böschungsfußpunktes des Straßendamms der B8 befinden sich Nachrichtenkabel der REWAG und Telekomkabel (vgl. Angaben im Kap. 3.4.1). Nach der Darstellung im Spartenplan ist zu vermuten, dass diese Kabel zumindest bereichsweise unter der Deichböschung liegen und daher im Sinne der DIN 19712 als nicht zulässige

Leitungen parallel zur Bauwerksachse eingestuft werden müssten. Analog zur Bewertung des Transportkanals im Mittelstreifen sind diese Leitungen wegen der sehr großen Breite des Straßendamms als nicht problematisch für dessen Nutzung für den Hochwasserschutz einzustufen. Eine Verlegung der Sparten oder sonstige Maßnahmen sind daher aus Sicht des Verfassers nicht erforderlich.

4.3 Standsicherheitsbetrachtungen des Straßendamms

Zur Bewertung der Sicherheit des Straßendamms bei einem Einstau durch die hochwasserführende Donau wurden umfangreiche Berechnungen durchgeführt, die nachfolgend erläutert werden. Betrachtet wurde die Gesamtstandsicherheit und hier insbesondere die Sicherheit der land- und wasserseitigen Böschungen gegen Böschungsbruch. Auf die Überprüfung der Sicherheit gegen Abschieben wurde verzichtet. Sie ist aufgrund der im Vergleich zur geringen Einstauhöhe sehr breiten Dammaufstandsfläche in jedem Fall gewährleistet.

Als Grundlage für die Berechnungen wurde der Geotechnische Bericht des Büros IFB Eigenschenk verwendet (vgl. Fußnote 6). Die in den Berechnungsmodellen angesetzten Bodenschichten wurden nach den Ergebnissen der Baugrunduntersuchungen festgelegt, die in diesem Bericht dokumentiert sind. Die verwendeten Scherparameter und die sonstigen Angaben zu den einzelnen Schichten wurden ebenfalls dem geotechnischen Bericht entnommen.

Die Bewertung der Standsicherheit ist im vorliegenden Fall in hohem Maß von den Strömungskräfte abhängig, die bei einem hochwasserbedingten Einstau des Straßendamms auftreten. Um die zu erwartenden Verhältnisse hinreichend genau abzubilden, wurden numerische grundwasserhydraulische Berechnungen mit vertikal ebenen Schnittmodellen durchgeführt. Im Ergebnis dieser Berechnungen wird die Potenzialverteilung und die Lage der Sickerlinie ermittelt, die dann als Porenwasserdrucknetz in die Modelle für die Berechnung der Böschungsbruchsicherheit übernommen wird. Die im Kap. 5.2 näher erläuterten Berechnungen wurden zusätzlich auch zur Ermittlung der Sickerwassermengen eingesetzt, die im Hochwasserfall dem Polder zuströmen.

Der Nationale Anhang des Eurocode 7 legt fest, dass bei Böschungen der Nachweis der Gesamtsicherheit nach DIN 4084 zu führen ist. Die Zahlenwerte der Teilsicherheitsbeiwerte sind der DIN 1054 zu entnehmen. Dafür unterscheidet die DIN 1054 zwischen der Ständigen Bemessungssituation (BS-P) und der Außergewöhnlichen Bemessungssituation (BS-A).

Bei den Berechnungen wurden folgende Lastfälle (LF) betrachtet:

- ▷ LF HQ₁₀₀: Wasserspiegellagen und Porenwasserdrücke eines hundertjährigen Bemessungshochwasserereignisses (BS-P)
- ▷ LF Windwurf: Krater in Mitte der Böschung (binnen- und oder wasserseitig) durch umgestürzte Bäume (BS-A)
- ▷ LF HQ₁₀₀+Freibord: Wasserspiegellagen und Porenwasserdrücke eines HQ₁₀₀ + 80cm Freibord (BS-A)
- ▷ LF fallender WSP: fallender Donauwasserspiegel nach einem HQ₁₀₀ (BS-A)
- ▷ LF Wasseraustritt: Wasseraustritt im Straßendamm durch Schäden an eingestauten Entwässerungsleitungen und Schächten (BS-A)

Die Böschungsbruchberechnungen wurden mit dem Programm GGU Stability durchgeführt. Wie erwähnt, erfolgten die Berechnungen unter Verwendung von Teilsicherheitsbeiwerten gemäß DIN 1054. Berechnet wird der Ausnutzungsgrad der Teilsicherheiten $1/f$. Ein Ausnutzungsgrad < 1 bedeutet, dass die verwendeten Teilsicherheitsbeiwerte nicht ausgeschöpft wurden. Bei einem Ausnutzungsgrad > 1 ist die Standsicherheit dagegen nicht mit ausreichender Sicherheit gewährleistet.

Die bei den Berechnungen jeweils angesetzten Daten (Bodenschichtung und –kennwerte, Belastung) und die Berechnungsergebnisse können den grafischen Darstellungen entnommen werden, die in Anlage 6 beigelegt sind.

4.3.1 Auswahl und Beschreibung der Querschnitte

Für die Standsicherheitsbetrachtungen des Straßendamms der B8 in Winzer wurden drei repräsentative Schnitte ausgewählt (Schnitt 1, 3 und 5, vgl. Übersichtsplan V10 in Anlage 7).

Im Schnitt 1 nimmt der Niederwinzener Graben, der sich unmittelbar nördlich des Straßendamms befindet, die im Hochwasserfall anfallenden Sickerwassermengen auf. Der Niederwinzener Graben hat am Schnitt 1 einen Abstand von ca. 5,5 m zum Böschungsfußpunkt. Der Wasserstand des Winzener Grabens wurde mit 50 cm und damit auf einer Höhe von 331,50 m üNN angesetzt. Nach den ergänzenden geotechnischen Erkundungen (vgl. Kap. 3.5.2), gehen die Böden des Homogenbereichs 4 (Kiese und Sande) im Schnitt 1 von durchlässigen Kiesen ($k_f = 5 \cdot 10^{-3}$) in weniger durchlässige Sande ($k_f = 1 \cdot 10^{-4}$) über. Aus der in der Sickerwasserberechnung ermittelten Potentialverteilung (vgl. Plan 1_2 – 1 in Anlage 6) geht hervor, dass sich im Bereich des Niederwinzener Grabens ein hoher hydraulischer Gradient einstellt und im Hochwasserfall Qualmwasser am Böschungsfußpunkt austreten kann.

Der Schnitt 3 ist durch die landseitig flächendeckend vorhandenen Drainageleitungen geprägt, die im Hochwasserfall das Sickerwasser aufnehmen. Die Entfernung der binnenseitig am nächsten zum Böschungsfußpunkt liegenden Drainageleitung variiert zwischen Fkm 2382,7 und Fkm 2383,45 (vgl. Lagepläne mit Sparten V11 und V12 in Anlage 7). Die erste wasserabführende Drainageleitung liegt im Schnitt 3 mit ca. 11 m Entfernung (Höhe 332,8 m üNN) vergleichsweise weit vom Böschungsfußpunkt des Straßendamms entfernt und stellt damit den ungünstigsten Fall für den Bereich dar. Landseitig des Straßendamms wird recht durchlässiger Kies ($k_f = 5 \cdot 10^{-3}$) von geringer durchlässigen Sanden ($k_f = 1 \cdot 10^{-4}$) überlagert. Die Sickerwasserberechnung macht deutlich, dass im Hochwasserfall auch im Schnitt 3 Qualmwasser am binnenseitigen Böschungsfußpunkt austreten kann.

Der Schnitt 5 befindet sich östlich des Schöpfwerks. In diesem Bereich befindet sich unmittelbar landseitig des Straßendamms ein Dränagerohr DN 800, welches das dort anfallende Sickerwasser aufnimmt. In den Sickerwasserberechnungen zeigt sich, dass die Sickerlinie durch das Dränagerohr soweit abgesenkt wird, dass binnenseitig kein Qualmwasser über die Geländeoberkante austritt.

4.3.2 Lastfall HQ₁₀₀

Der Lastfall HQ₁₀₀ wird als Ständige Bemessungssituation (BS-P) angenommen. Die Teilsicherheitsbeiwerte wurden entsprechend angesetzt. Die in Anlage 6 zusammengestellten Berechnungsergebnisse für die einzelnen Schnitte können wie folgt bewertet werden:

▷ **Schnitt 1 ($1/f \leq 0,98$):**

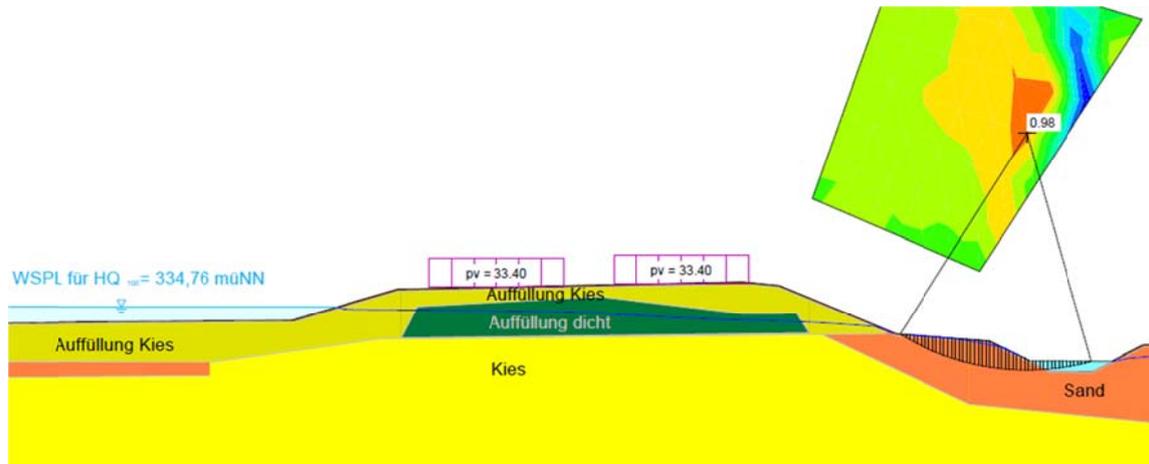


Abbildung 4.1 Böschungsbruchberechnung Schnitt 1, LF HQ₁₀₀

Im Schnitt 1 drückt das den Damm sickernde Porenwasser an der binnenseitigen Böschung an die Oberfläche, so dass die Sickerwasserlinie geringfügig über dem landseitigen Böschungsfußpunkt des Straßendamms austritt. Im weiteren Verlauf kommt es auch an der Böschung des Niederwinzerer Grabens zu Sickerwasseraustritten.

Der ungünstigste Gleitkreis liegt unter diesen Bedingungen im Bereich zwischen dem Graben und dem Damm. Bei einem Ausnutzungsgrad $1/f = 0,98$ kann die Standsicherheit aber noch nachgewiesen werden. Zu beachten ist allerdings, dass der hydraulische Gradient der Sickerlinie in diesem Bereich größer ist als der kritische Gradienten der hier angetroffenen Sande ($i_{\text{vorh}} = 0,32 > i_{\text{krit}} = 0,2$). Daher kann es zu Erosionsvorgängen kommen, die u.U. auch lokale Böschungsbrüche im Bereich zwischen dem Damm und dem Niederwinzerer Graben auslösen könnten. Nähere Angaben dazu können dem Kap. 4.4 entnommen werden.

Gleitkreise im Bereich der landseitigen Dammböschung haben kleinere Ausnutzungsgrade der Teilsicherheitsbeiwerte, so dass die Standsicherheit hier gewährleistet ist. Das gilt auch für die wasserseitige Böschung. Der Wassereinstau von der Donau wirkt hier stützend, so dass sich entsprechend höhere Böschungsbruchsicherheiten ergeben ($1/f = \leq 0,86$). Auf eine Darstellung der Berechnungsergebnisse wurde deshalb verzichtet.

▷ **Schnitt 3 ($1/f \leq 0,73$):**



Abbildung 4.2 Böschungsbruchberechnung Schnitt 3, LF HQ₁₀₀

Auch in diesem Bereich tritt die Sickerwasserlinie geringfügig über dem landseitigen Böschungsfußpunkt des Straßendamms aus. Die o.g. Probleme infolge der nahen Lage des Niederwinzerer Grabens treten hier allerdings nicht auf. Der ungünstigste Gleitkreis liegt deshalb im Böschungsbereich des Straßendamms. Bei einem Ausnutzungsgrad $1/f = 0,73$ ist die Standsicherheit sicher gewährleistet. An der wasserseitigen Böschung ergeben sich noch günstigere Ausnutzungsgrade $1/f = \leq 0,62$)

▷ **Schnitt 5 ($1/f \leq 0,92$):**

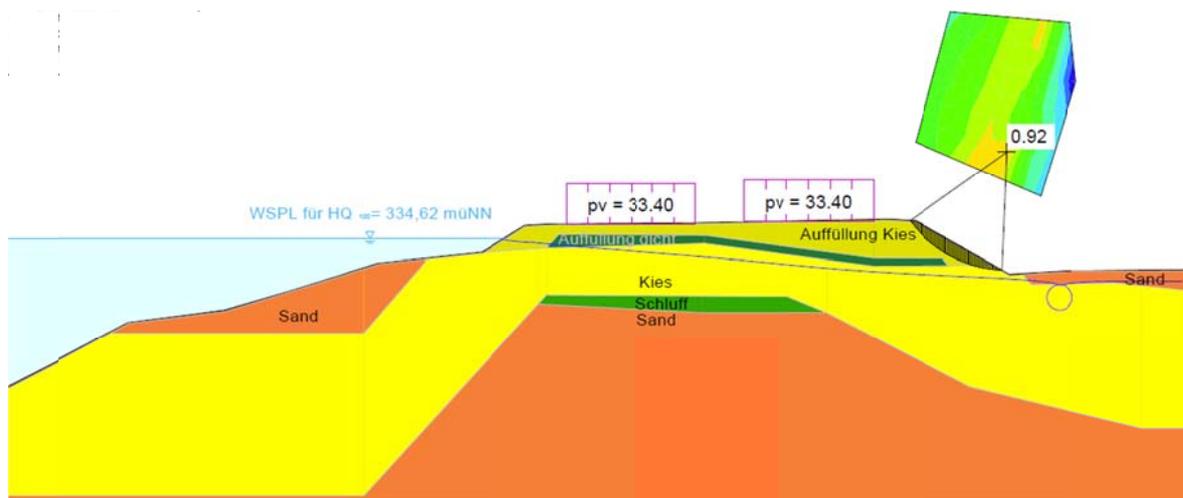


Abbildung 4.3 Böschungsbruchberechnung Schnitt 5, LF HQ₁₀₀

In dem durch den Schnitt 5 repräsentierten Bereich wird das Sickerwasser in der großformatigen Dränleitung gefasst, die am landseitigen Böschungsfußpunkt verlegt ist. Die Sickerlinie tritt deshalb nicht an der landseitigen Böschung bzw. über der Geländeoberkante aus.

Der ungünstigste Gleitkreis liegt im Böschungsbereich des Straßendamms. Da die Neigung der landseitigen Dammböschung von ca. 1 : 2 etwas steiler ist als in den Schnitten 1 und 3, ergibt sich ein größerer Ausnutzungsgrad ($1/f = 0,92$). Die Böschungsbruchsicherheit ist damit gewährleistet. An der wasserseitigen Böschung ergeben sich noch günstigere Ausnutzungsgrade ($1/f = \leq 0,69$)

4.3.3 Lastfall Windwurf

Beide Böschungen des Straßendamms sind mit Gehölzen bewachsen. Für normale Hochwasserschutzdeiche ist diese Situation nach den Vorgaben der DIN 19712 nicht zulässig, da die Standsicherheit eines Deichs durch Windwurf und die in der Folge davon auftretenden Wurzelkrater gefährdet werden kann. Eine aus dieser Sicht wünschenswerte Rodung der Gehölze ist allerdings aus naturschutzfachlichen Gründen sehr problematisch, da die Gehölzflächen als geschützte Biotope eingestuft sind (vgl. Angaben im Kap. 3.1).

Mit Berechnungen zum Lastfall Windwurf wurde daher untersucht, ob und in welchem Umfang die Standsicherheit des Straßendamms in diesem Fall tatsächlich gefährdet ist. Dabei kann der Umstand berücksichtigt werden, dass der Straßendamm im Vergleich mit einem normalen Hochwasserschutzdeich sehr breit ist, so dass Windwurfkrater nicht in den statisch notwendigen Deichquerschnitt hineinreichen. Die Tauglichkeit des Straßendamms für den Hochwasserschutz kann deshalb ggf. auch für den außergewöhnlichen Fall noch gewähr-

leistet sein, bei dem gleichzeitig mit einem relevanten Donauhochwasser windwurfbedingte Wurzelkrater auftreten.

Die Berechnungen wurden mit den Teilsicherheitsbeiwerten der außergewöhnlichen Bemessungssituation (BS-A) durchgeführt. Zunächst wurde dabei unterstellt, dass in der Mitte der Böschung ein Wurzelkrater mit einem Durchmesser von 1,75 m auftritt. In der Folge davon ist die Böschungsbruchsicherheit i.d.R. nicht mehr gewährleistet und es werden Ausnutzungsgrade > 1 berechnet. In diesem Fall wurde die Fläche des ungünstigsten Gleitkreises abgetragen. An dem so entstehenden reduzierten Querschnitt wurden erneut Böschungsbruchberechnungen durchgeführt. Diese Prozedur wurde solange fortgesetzt, bis die Sicherheit an einem entsprechend reduzierten Querschnitt gewährleistet ist.

Die Vorgehensweise ist in den folgenden Abbildungen beispielhaft für die landseitige Böschung am Schnitt 1 dargestellt. Die vollständigen Berechnungsausdrucke sind in der Anlage 6 beigelegt.

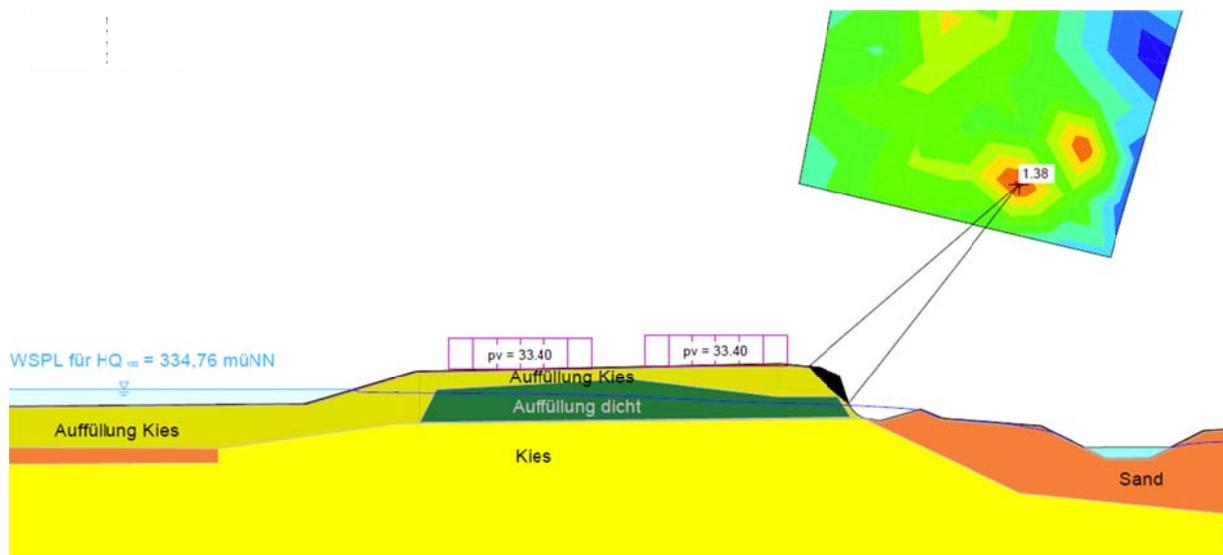


Abbildung 4.4 LF Windwurf Schnitt 1, landseitige Böschung mit Wurzelkrater
 Schritt 1: $1/f$ am ungünstigsten Gleitkreis = 1,38 → keine Sicherheit

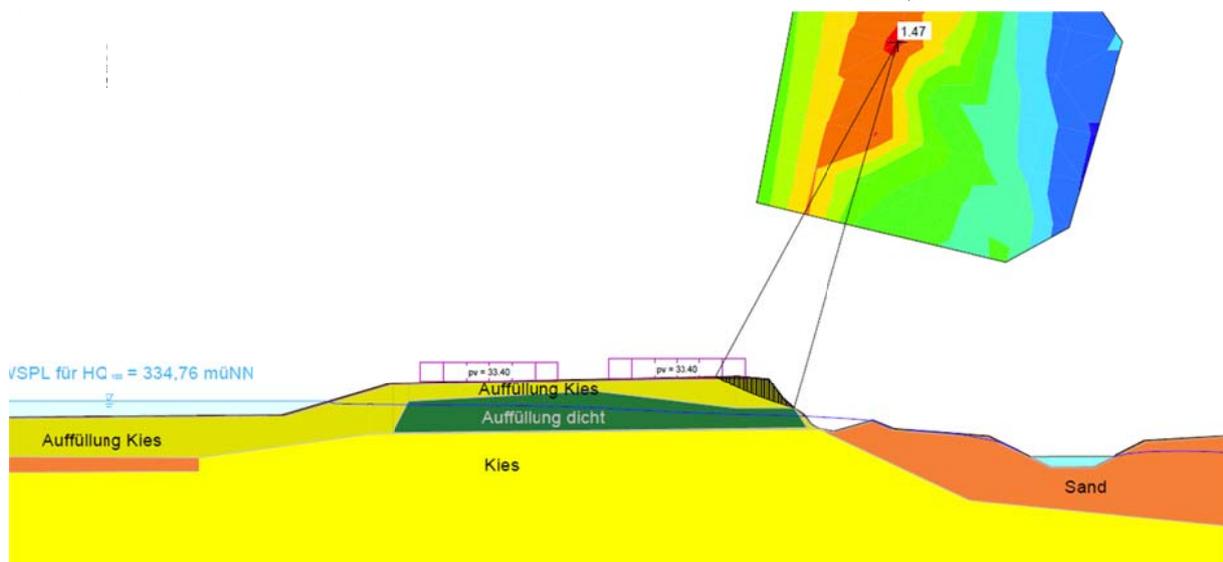


Abbildung 4.5 LF Windwurf Schnitt 1, reduzierte landseitige Böschung
 Schritt 2: $1/f$ am ungünstigsten Gleitkreis = 1,47 → keine Sicherheit

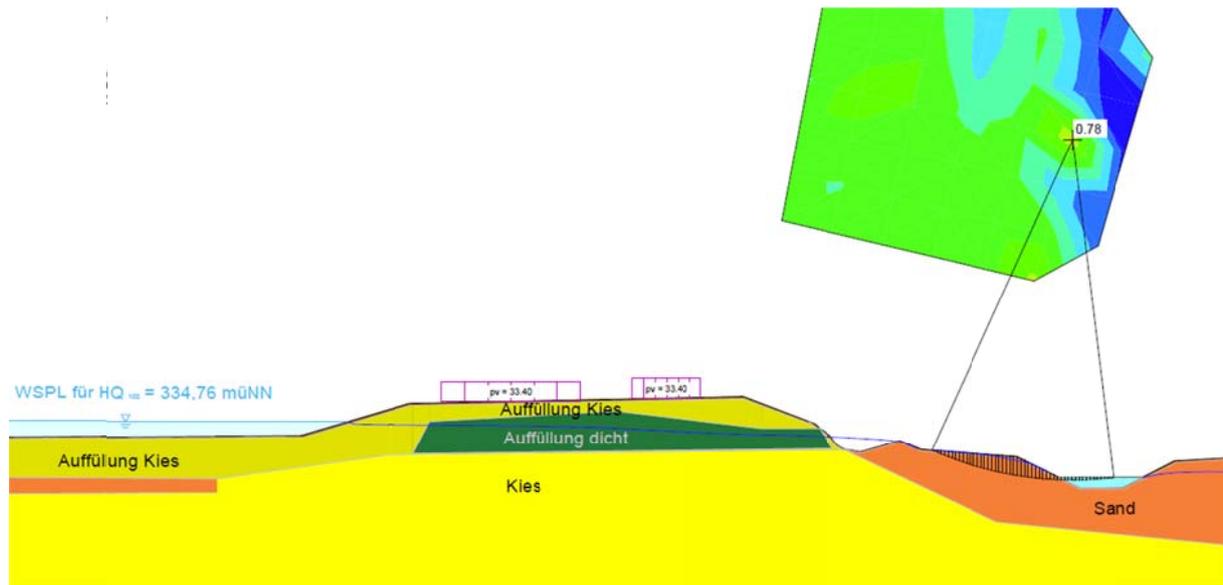


Abbildung 4.6 LF Windwurf Schnitt 1, weiter reduzierte landseitige Böschung
Schritt 3: $1/f$ am ungünstigsten Gleitkreis = 0,78 → Sicherheit erreicht

Auch an der wasserseitigen Böschung kann die Böschungsbruchsicherheit entsprechend der Abbildung 4.7 erst an einem reduzierten Querschnitt nachgewiesen werden.

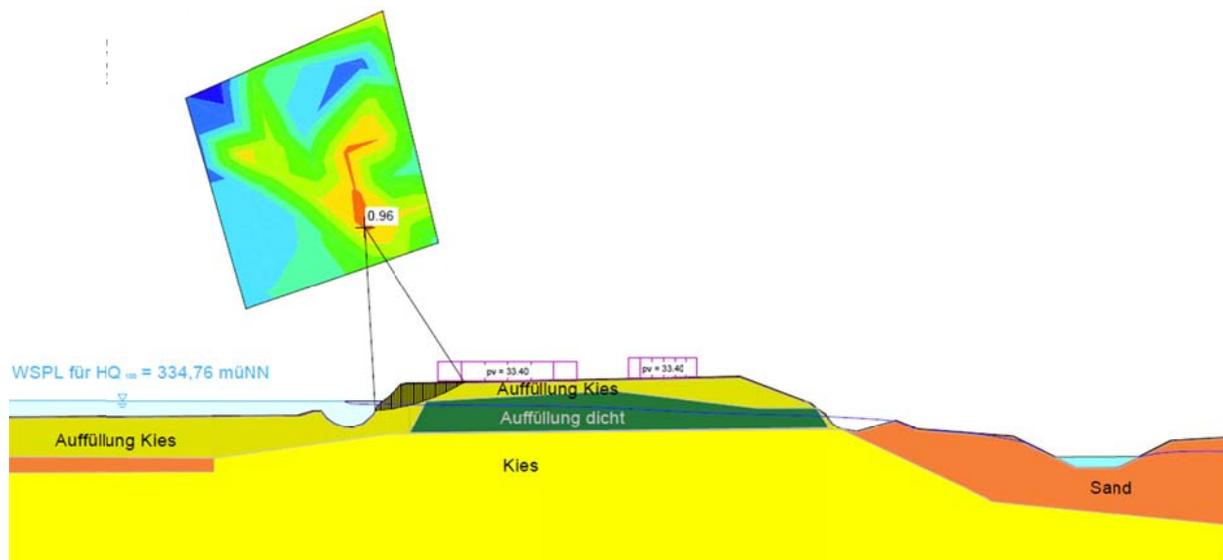


Abbildung 4.7 LF Windwurf Schnitt 1, reduzierte wasserseitige Böschung
Schritt 2: $1/f$ am ungünstigsten Gleitkreis = 0,96 → Sicherheit erreicht

Die Kronenbreite des hinreichend sicheren Damms verringert sich im Schnitt 1 von 23 m auf ca. 19 m. Im Hinblick auf die Nutzung als Hochwasserschutzdeich ist der Querschnitt somit auch in diesem Lastfall ausreichend und noch weit überdimensioniert. Einschränkungen bei der Nutzung als Straße können dagegen nicht ausgeschlossen werden. Tritt der dargestellte Fall tatsächlich ein, ist zumindest eine Teilspernung der Straße erforderlich.

Auch für den Schnitt 3 ist im Fall eines Windwurfs ein lokaler Böschungsbruch zu erwarten. Bei beidseitig auftretendem Windwurf, würde dort der verbleibende, hinreichend stand-sichere Querschnitt soweit reduziert, dass noch eine Kronenbreite von ca. 16 m verbleibt (vgl. Abbildungen 4.8 und 4.9).

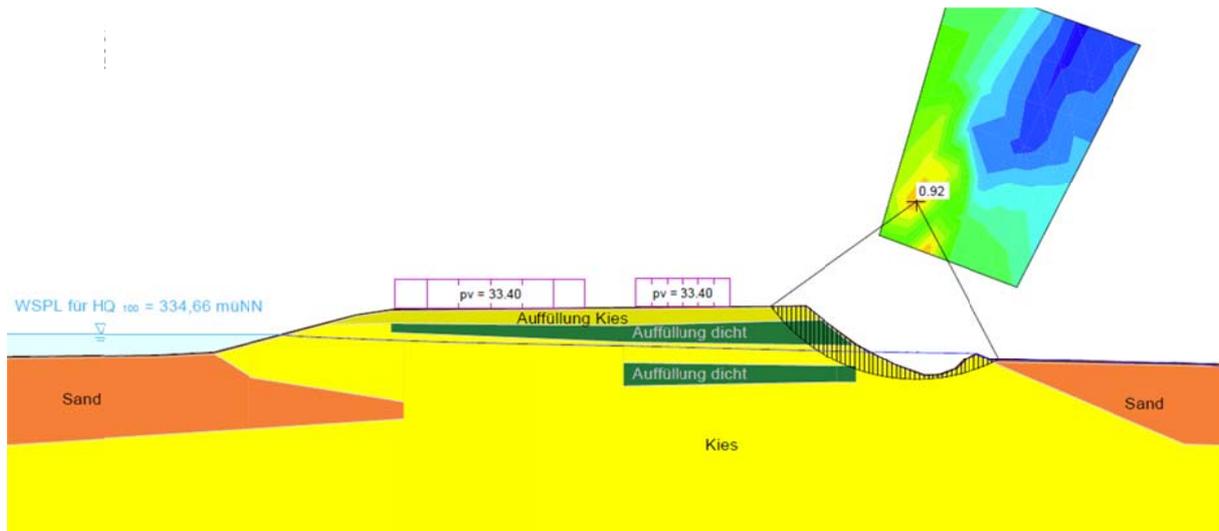


Abbildung 4.8 LF Windwurf Schnitt 3, reduzierte landseitige Böschung
 $1/f$ am ungünstigsten Gleitkreis = 0,92 → Sicherheit erreicht

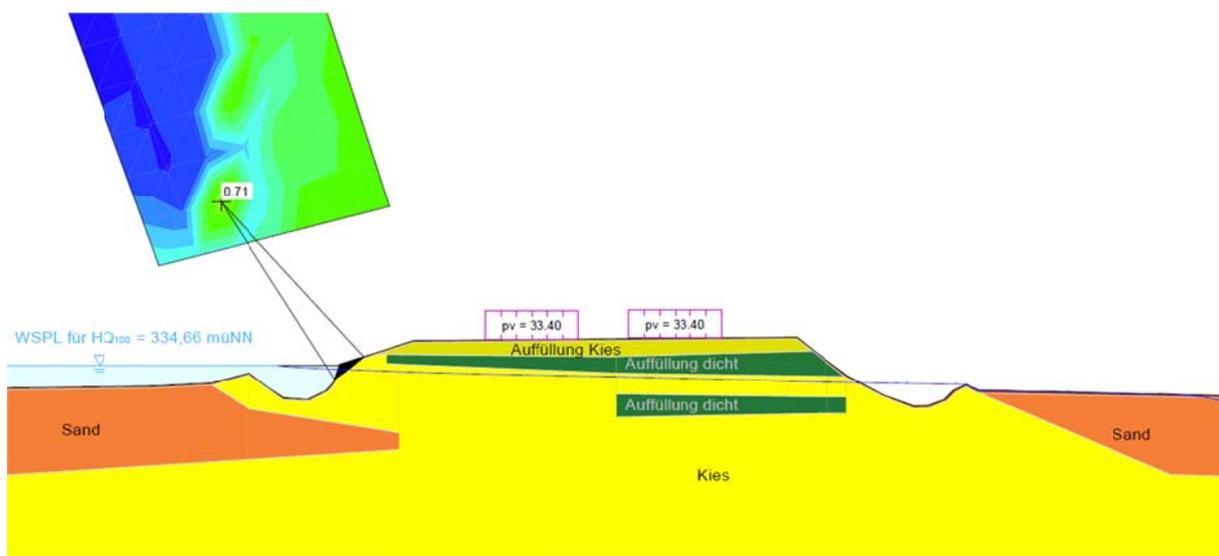


Abbildung 4.9 LF Windwurf Schnitt 3, reduzierte wasserseitige Böschung
 $1/f$ am ungünstigsten Gleitkreis = 0,71 → Sicherheit erreicht

Im Schnitt 5 können ebenfalls lokale Böschungsbrüche auftreten. Bei beidseitigem Windwurf würde dort der verbleibende, hinreichend standsichere Querschnitt soweit reduziert, dass noch eine Kronenbreite von ca. 21 m verbleibt. Nähere Details können den Darstellungen in Anlage 6 entnommen werden.

4.3.4 Lastfall HQ_{100} + Freibord

Ein bordvoller Abfluss im Bereich des Straßendamms wird nachfolgend so festgelegt, dass der Wasserstand um 0,8 m höher liegt als bei einem 100-jährlichen Bemessungshochwasser. Der mindestens zur Verfügung stehende Freibord wird somit vollständig ausgenutzt. Der Lastfall wird mit den Teilsicherheitsbeiwerten der außergewöhnlichen Bemessungssituation (BS-A) berechnet.

Der erhöhte Donauwasserstand führt dazu, dass sich am Schnitt 1 eine höher liegende Austrittsstelle der Sickerlinie an der landseitigen Böschung einstellt. Gegenüber dem Lastfall HQ₁₀₀ erhöht sich dadurch auch der hydraulische Gradient am Böschungsfußpunkt von $i = 0,34$ auf $i = 0,52$. Am ungünstigsten Gleitkreis ergibt sich ein Ausnutzungsgrad $1/f$ von 0,9, so dass die Standsicherheit gewährleistet ist (vgl. Abbildung 4.10). Der gegenüber dem Lastfall HQ₁₀₀ geringere Ausnutzungsgrad ist auf den Umstand zurückzuführen, dass bei der außergewöhnlichen Bemessungssituation mit geringeren Teilsicherheitsbeiwerten gerechnet wird.

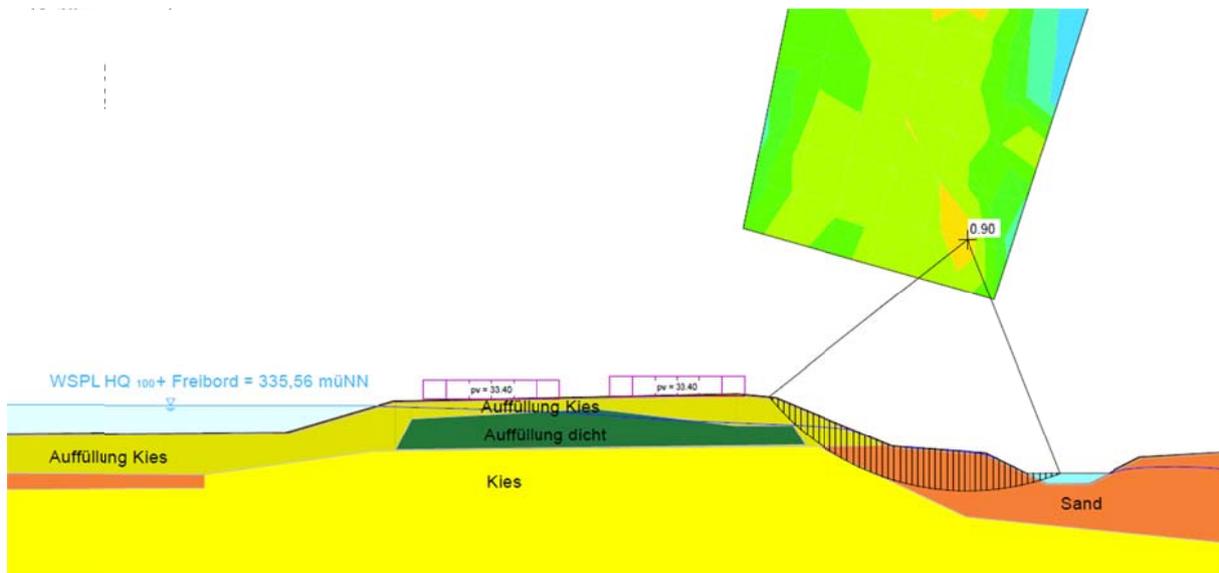


Abbildung 4.10 LF HQ₁₀₀ + Freibord, Schnitt 1, landseitige, Böschung $1/f \leq 0,90$

Im Schnitt 3 hat der erhöhten Donauwasserstand nur geringe Auswirkungen auf den Verlauf der Sickerwasserlinie im Bereich der landseitigen Böschung. Die Standsicherheit ist mit $1/f \leq 0,64$ gewährleistet.

Ähnliche Verhältnisse sind auch am Schnitt 5 zu erwarten. Durch die großformatigen Dränagerohre wird die Sickerlinie nach wie vor bis unter GOK abgesenkt. Die Standsicherheit ist mit $1/f \leq 0,83$ gewährleistet (vgl. Abbildung 4.11).

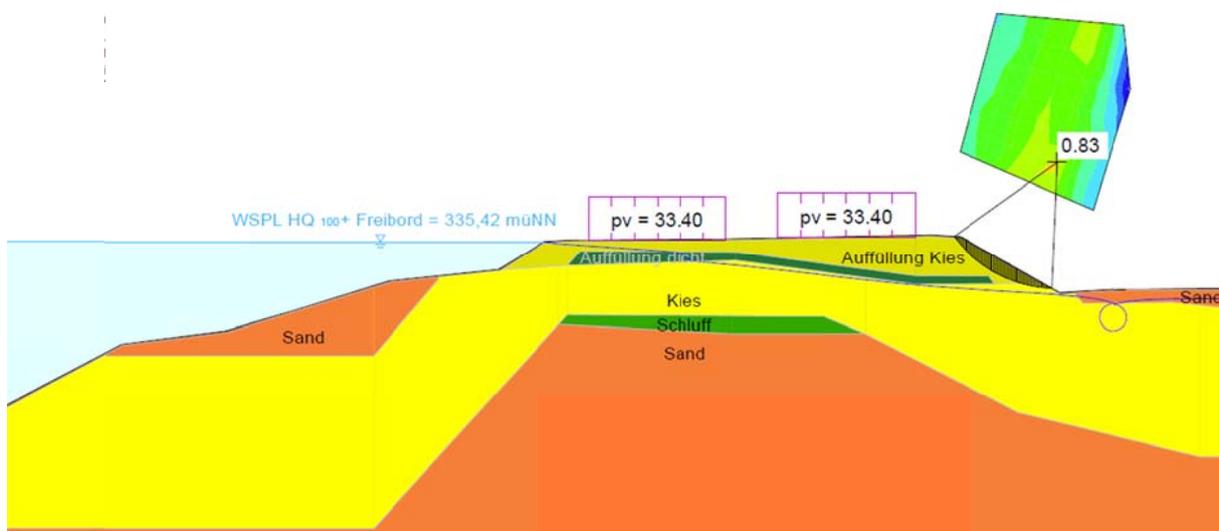


Abbildung 4.11 LF HQ₁₀₀ + Freibord, Schnitt 5, landseitige, Böschung $1/f \leq 0,83$

4.3.5 Lastfall fallender Donauwasserspiegel

Bei Hochwasserführung der Donau kommt es zu einem Einstau der wasserseitigen Böschung des Straßendamms, so dass der Dammkörper unterhalb der Sickerlinie vollständig wassergesättigt ist. Der Wasserspiegel wirkt dabei stützend auf die wasserseitige Böschung. Bei sonst gleichen geometrischen Verhältnissen ergeben sich somit höhere Sicherheiten als an der landseitigen Böschung.

Bei fallendem Wasserspiegel wird die stützende Wirkung geringer oder entfällt vollständig. Wenn der Dammkörper in dieser Phase nicht schnell genug entwässert, treten Strömungskräfte auf, die die wasserseitige Böschung belasten und die Standsicherheit entsprechend reduzieren. Das ist jedoch nur dann der Fall, wenn die Sinkgeschwindigkeit der Donau höher ist als die Geschwindigkeit der Absenkung des Porenwasserspiegels im Dammkörper. Diese Geschwindigkeit entspricht der Wasserdurchlässigkeit des Dammschüttmaterials.

Die Sinkgeschwindigkeit der Donau ist abhängig von der Charakteristik der Hochwasserwelle. Nachfolgend wird sie am Beispiel des Hochwassers vom Juni 2013 abgeschätzt. Am Pegel Eiserne Brücke wurde bei diesem Hochwasser ein maximaler Wasserstand von 682 cm gemessen. Der Pegel sank innerhalb von 36 Stunden (vom 05.06.2013 um 0 Uhr bis zum 06.06.2013 um 12 Uhr) um 1 m ab. (vgl. Abbildung 4.12). Daraus kann eine Sinkgeschwindigkeit von ca. $7,5 \cdot 10^{-6}$ m/s ermittelt werden. Auch bei steileren Hochwasserwellen wird die Sinkgeschwindigkeit einen Wert von $1 \cdot 10^{-5}$ m/s kaum übersteigen.

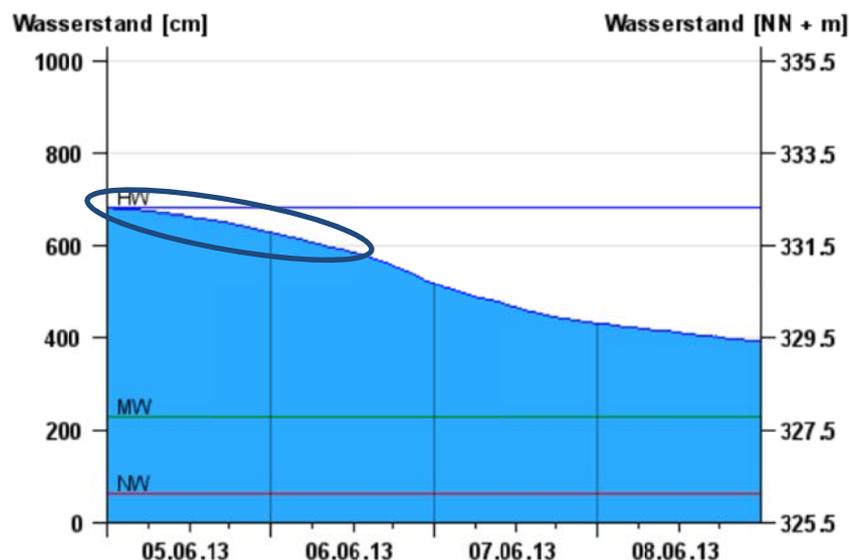


Abbildung 4.12 Messwerte des Pegels Regensburg Eiserne Brücke / Donau für die fallende Hochwasserwelle im Juni 2013 (Quelle: www.gkd.bayern.de)

Der Straßendamm der B8 besteht nach den Ergebnissen der im Kap. 3.5.2 beschriebenen geotechnischen Untersuchungen überwiegend aus grob- und gemischtkörnigen Auffüllungen (Homogenbereich 2), in die schichtweise bindige Auffüllungen eingelagert sind (Homogenbereich 1). Nach einer Auswertung von Siebanalysen haben die Böden des Homogenbereichs 2 k_f -Werte zwischen $5 \cdot 10^{-3}$ und $5 \cdot 10^{-5}$ m/s. Der k_f -Wert ist somit mindestens 5-mal höher als die Sinkgeschwindigkeit der Donau bei fallendem Hochwasser. Unter diesen Bedingungen ist gewährleistet, dass der Porenwasserspiegel im Dammkörper mit der gleichen Geschwindigkeit sinkt wie der Donauwasserspiegel. Da die geringmächtigen, schichtweise eingelagerten bindigen Auffüllungen in jedem Fall von nichtbindigen Böden über- und unterlagert werden, haben sie keinen relevanten Einfluss auf die Ausbildung der Sickerlinie bei

fallendem Hochwasser, zumal das Wasser bei steigendem Hochwasser allenfalls in geringem Umfang in die bindigen Böden vordringen kann.

Für die Standsicherheitsberechnungen konnten unter diesen Bedingungen vereinfachte Sickerlinien angesetzt werden, mit denen bei einer Absenkung der Wasserspiegellage in der Donau um 1,0 m gegenüber dem maximalen Wasserspiegel des 100-jährlichen Bemessungshochwassers gerechnet werden kann. Der Lastfall wird mit den Teilsicherheitsbeiwerten der außergewöhnlichen Bemessungssituation (BS-A) berechnet. Unter diesen Umständen ergeben sich in den drei Berechnungsschnitten Ausnutzungsgrade der Teilsicherheitsbeiwerte zwischen 0,7 (Schnitt 5, vgl. auch Abbildung 4.13) und 0,79 (Schnitt 3).

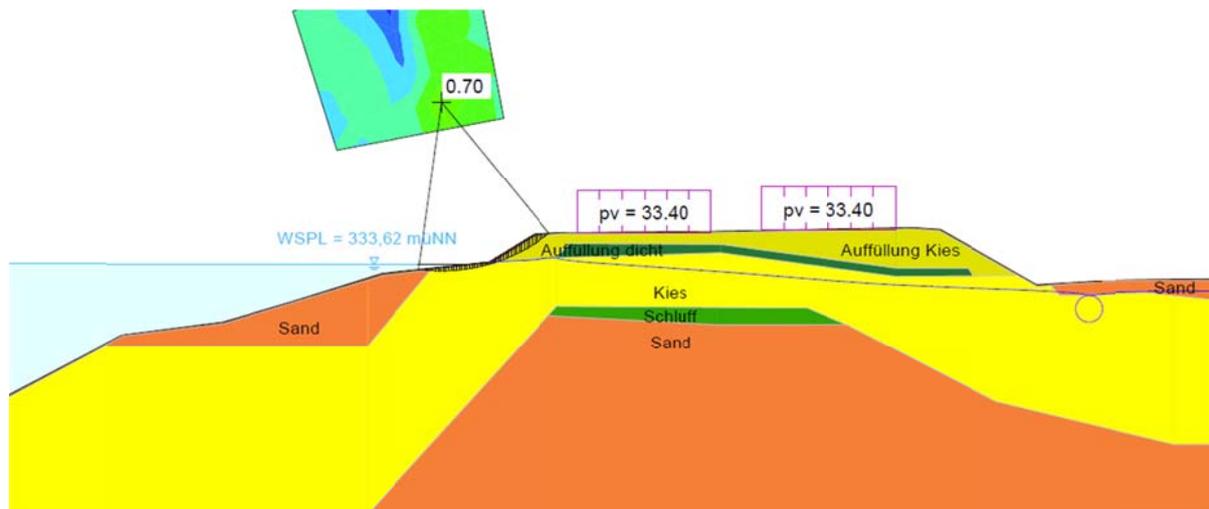


Abbildung 4.13 LF fallender Wasserspiegel, Schnitt 5, wasserseitige, Böschung $1/f \leq 0,70$

4.3.6 Lastfall Wasseraustritt im Straßendamm

Wie im Kap. 3.2 beschrieben, wird die Straßenoberfläche der B 8 über Transportkanäle entwässert, die im Mittelstreifen verlegt sind. Das anfallende Niederschlagswasser wird von den Transportkanälen über insgesamt 13 Querausleitungen in die Donau ausgeleitet. Bei Hochwasserführung der Donau kommt es über die Querausleitungen und die Transportkanäle zu einem Einstau der Schächte im Mittelstreifen.

Im Falle von unentdeckten oder noch nicht sanierten Schäden an den Entwässerungsleitungen führt diese Situation dazu, dass sich bei einem Bemessungshochwasser ein Potenzial im Dammkörper einstellen kann, das der Bemessungshochwasserspiegellage entspricht. Um zu prüfen, ob diese Situation Auswirkungen auf die Standsicherheit des Straßendamms haben kann, wurde die Potenzialverteilung im Damm unter der Annahme berechnet, dass sich in der Dammmitte der o.g. Wasserspiegel einstellt. Die so berechnete Verteilung wurde als Porenwasserdrucknetz in die Modelle für die Berechnung der Böschungsbruchsicherheit übernommen.

Für den Schnitt 1 hat der Ansatz eines Festpotenzials im Dammmitte keine relevanten Auswirkungen auf die Potenzialverteilung im Bereich der landseitigen Böschung. Der ermittelte maßgebliche Gleitkreis entspricht dem des Lastfalls HQ_{100} . Der maximale Ausnutzungsgrad $1/f$ wurde mit 0,84 ermittelt.

Die Sickerlinie in Schnitt 3 ist gegenüber dem LF HQ_{100} etwas erhöht. Es ergibt sich ein maximaler Ausnutzungsgrad $1/f$ von 0,89 (vgl. Abbildung 4.41) Im Schnitt 5 hat die höher

liegende Sickerlinie keinen Kontakt mit dem maßgebenden Gleitkreis. Der maximale Ausnutzungsgrad $1/f$ liegt hier bei 0,83.

Ungeachtet der Bewertung im Kap. 4.2.2, nach der das Eintreten dieses Falls möglichst verhindert werden sollte, ist die Standsicherheit der Böschung für diesen Lastfall grundsätzlich gewährleistet.

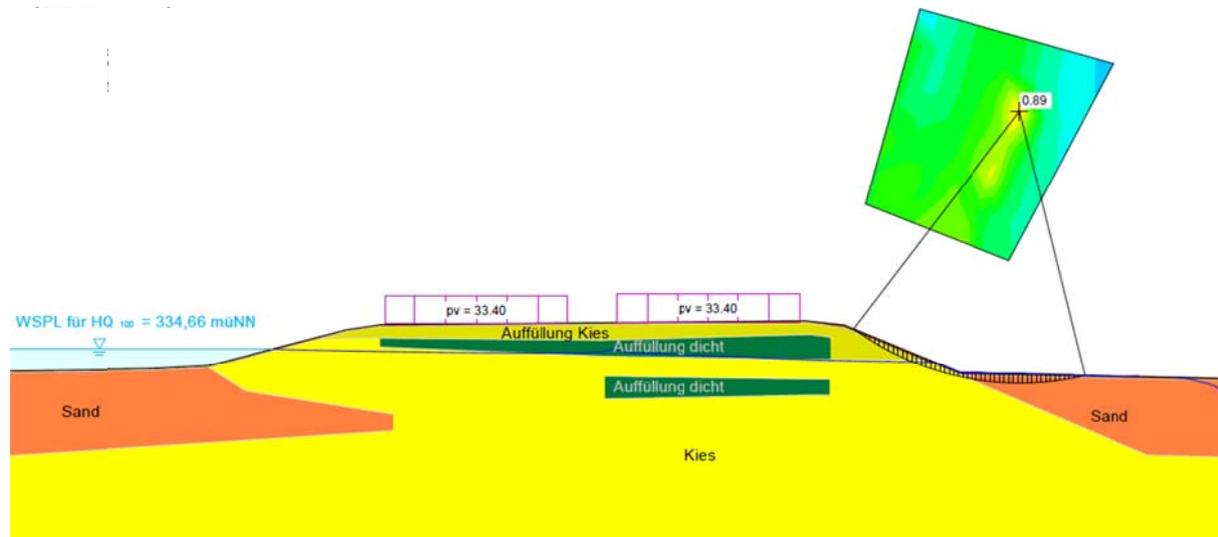


Abbildung 4.14 LF Wasseraustritt im Damm, Schnitt 3, landseitige, Böschung $1/f \leq 0,89$

4.4 Erosionssicherheit des Straßendamms

Signifikante Schäden am Straßendamm können bei Hochwasserführung der Donau auch in der Folge von Erosionen auftreten. Dabei muss sowohl die Sicherheit gegen Oberflächen-erosion als auch gegen innere Erosion bzw. Suffosion betrachtet werden.

Am meisten problematisch wäre in dieser Hinsicht eine Oberflächenerosion in der Folge einer Überströmung des Straßendamms, da dies sehr schnell zu massiven Erosionsschäden an der landseitigen Dammböschung führen kann. Die Überströmungssicherheit ist allerdings bei einem 100-jährlichen Bemessungshochwasser in vollem Umfang gewährleistet, da der Freibord zum wasserseitigen Straßenrand nach den Angaben im Kap. 4.1 bei Werten zwischen 0,82 und 1,13 m liegt (im Mittel 1,00 m). Berücksichtigt man die große Kronenbreite des Damms und den Umstand, dass der höchste Punkt des Dammsquerschnitts nochmals ca. 0,2 m höher als der wasserseitige Straßenrand liegt, kann festgestellt werden, dass es auch bei wesentlich selteneren Hochwasserereignissen noch nicht zu einer Überströmung des Damms kommen wird. Nähere Untersuchungen zu diesem Punkt sind daher entbehrlich. Im Folgenden wird deshalb nur auf die Erosionsgefährdung der wasserseitigen Böschung durch die entlang dieser Böschung strömende, hochwasserführende Donau eingegangen.

4.4.1 Sicherheit der wasserseitigen Böschungsoberfläche gegen Oberflächenerosion

Im Zuge von hydraulischen Berechnungen wurde die Verteilung der Sohlschubspannungen ermittelt, die sich bei einem 100-jährlichen Hochwasser im Bereich zwischen dem Donaugerinne und dem Straßendamm einstellen werden. Im Vorland der Donau bis zum Straßendamm wurde dabei ein relativ rauher Strickler-Beiwert $k_{st} = 20$ für Grünflächen angesetzt.

Die ermittelte Sohlschubspannungsverteilung im Vorland bis zur Straßendamm ist im Lageplan Schubspannungen V13 in Anlage 7 dargestellt. Ausschnitte aus diesem Plan für Bereiche am Westrand des Untersuchungsgebiets sowie im Umfeld des Schöpfwerks Niederwinzer sind in den folgenden Abbildungen 4.15 und 4.16 dargestellt.

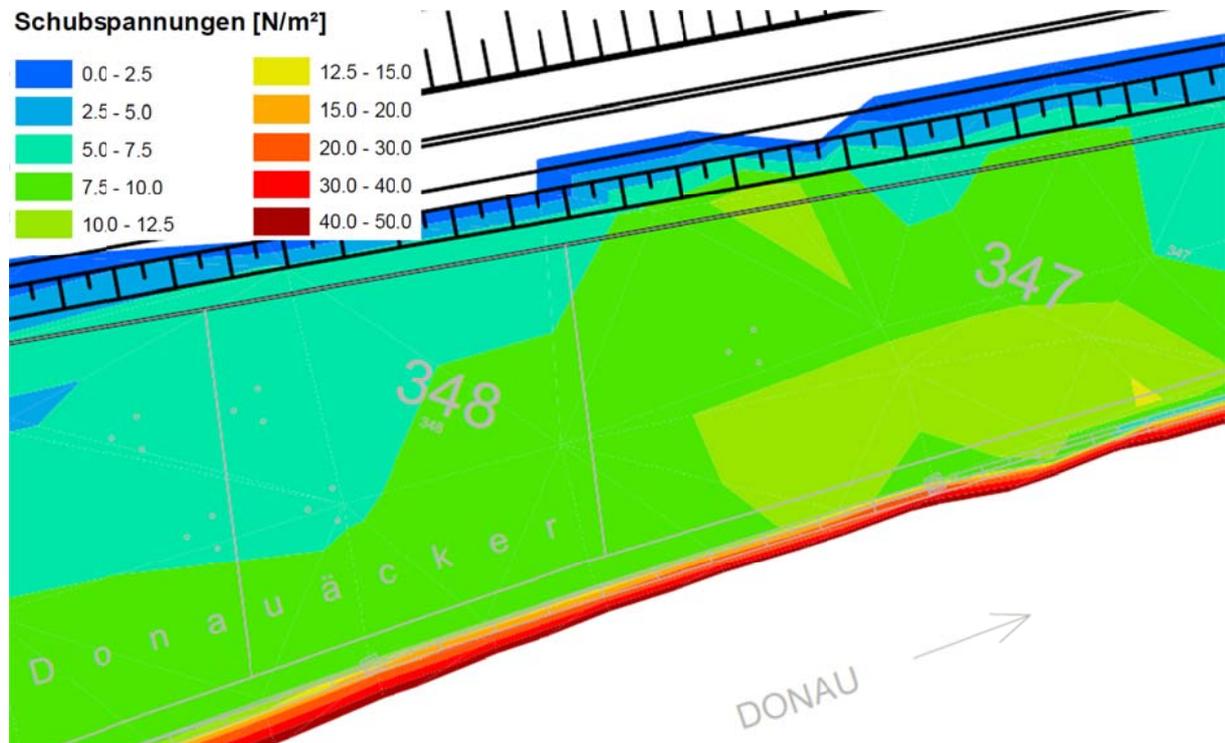


Abbildung 4.15 Sohlschubspannungen im Vorland und am Straßendamm am Westrand des Untersuchungsgebiets

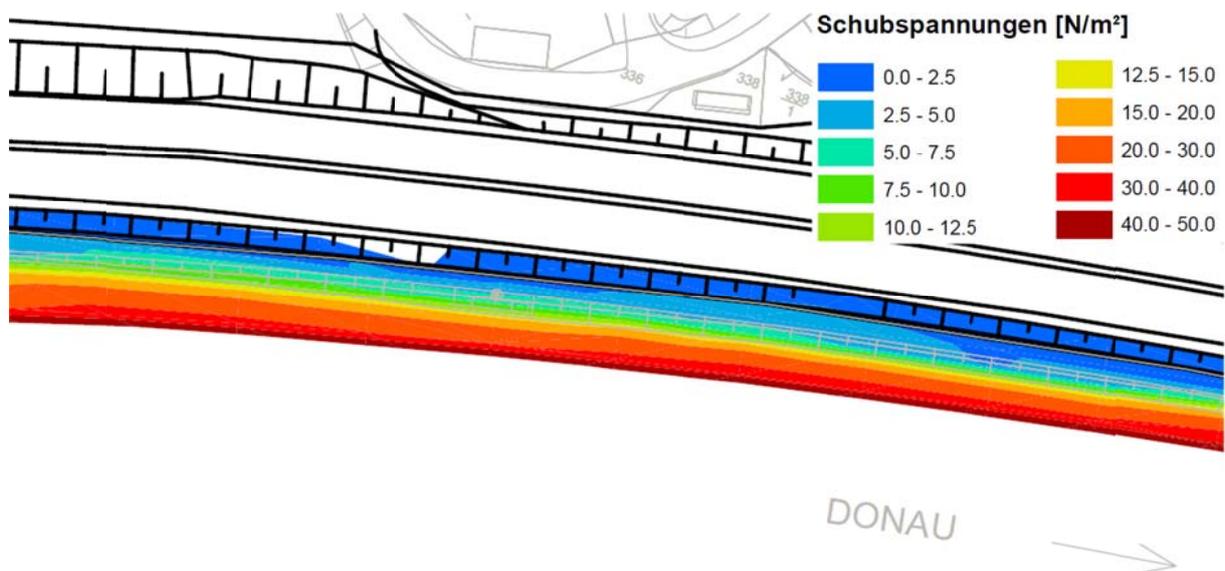


Abbildung 4.16 Sohlschubspannungen am Straßendamm im Bereich SW Niederwinzer

Wie die Abbildungen zeigen, treten auch bei einem 100-jährlichen Bemessungshochwasser am Straßendamms nur sehr geringe Schubspannungen bis maximal ca. 10 N/m² auf. Weit überwiegend werden nur Werte bis 5 N/m² erreicht.

In Tabelle 1 der DIN 19661-2 sind folgende Werte für die Grenzscheppspannung von überströmten Strukturen angegeben.

▷ Rasen verwachsen, langanhaltend überströmt:	15 N/m ²
▷ Rasen, kurzzeitig überströmt:	30 N/m ²
▷ Kies-Sand-Gemisch, Korngröße 0,63 bis 6,3 mm, kurzzeitig überströmt:	12 N/m ²
▷ Mittelkies, Korngröße 6,3 mm bis 20 mm	15 N/m ²
▷ Grobkies, Korngröße 20 mm bis 63 mm	45 N/m ²

Der Vergleich dieser Werte mit den ermittelten Sohlschubspannungen zeigt, dass beim Abfließen eines Bemessungshochwassers keine relevante Gefahr für das Auftreten von Oberflächenerosion entlang der Böschung des Straßendamms zu erwarten ist. Das gilt auch für den Fall, dass bei einem Auftreten von Wurzelkratern durch Windwurf von Gehölzen das Schüttmaterial des Dammkörpers lokal freigelegt wird.

Ergänzende bauliche Maßnahmen zur Befestigung der wasserseitigen Dammböschung (Wasserbausteine, ingenieurbioologische Sicherungen o.ä.) sind daher nicht erforderlich.

4.4.2 Sicherheit gegen innere Erosion bzw. Suffosion

In der Folge eines Einstaus des Straßendamms durch Hochwasser der Donau kommt es zu einer Durchströmung und einer Unterströmung des Damms. Durch die dabei auftretenden Strömungskräfte können Feinteile aus der Bodenmatrix der Dammschüttung ausgetragen werden, so dass Schäden durch innere Erosion möglich sind.

Der Dammkörper wurde bereichsweise unter Verwendung von weitgestuften Böden geschützt, die zumeist keine ausreichende geometrische Erosionssicherheit aufweisen. Daher wird nachfolgend geprüft, ob ausreichende hydraulische Erosionssicherheit für die Verhältnisse besteht, die bei einem Bemessungshochwasser der Donau auftreten können.

Der Nachweis der Erosionssicherheit erfolgt nach den Vorgaben der DIN 19712:2013-01 und des Merkblatts DWA M-501-1. Dabei gilt folgende Bedingung:

$$i_{vorh} * \gamma_{H,vorh} \leq i_{krit} / \gamma_{H,krit}$$

mit i hydraulischer Gradient
($i_{krit} = 0,25 - 0,33$ Grobsand/Kies; $i_{krit} = 0,15 - 0,2$ Mittelsand
gemäß Tabelle 7 des DWA M-507-1)

γ_H Teilsicherheitsbeiwert zur Bestimmung der Sicherheit gegen Materialtransport
($\gamma_{H,vorh} = 1,35$; $\gamma_{H,krit} = 1,1$ für BS-P)

Der hydraulische Gradient kann als das Gefälle der Sickerlinie verstanden werden, das bei einer hochwasserbedingten Durchströmung des Damms auftritt. Er kann (auch abschnittsweise) wie folgt berechnet werden:

$$i_{vorh} = \frac{\Delta h}{L}$$

mit Δh Höhendifferenz der Sickerlinie zwischen zwei Punkten
 L Abstand zwischen diesen Punkten

Die Potenzialverteilung und die Lage bzw. das Gefälle der Sickerlinie wurde mit den vertikal ebenen Schnittmodellen berechnet, die auch zur Ermittlung der Qualmwassermengen verwendet wurden. Die Berechnungen werden im Kap. 5.2 näher erläutert.

Die so berechnete Potentialverteilung im Schnitt 1 ist mit den jeweiligen Durchströmungslängen für den besonders kritischen Bereich am landseitigen Böschungsfußpunkt bis zum Niederwinzerer Graben in Abbildung 4.17 dargestellt. Im betrachteten Bereich stehen Sande mit überwiegend mittleren Korngrößen an.

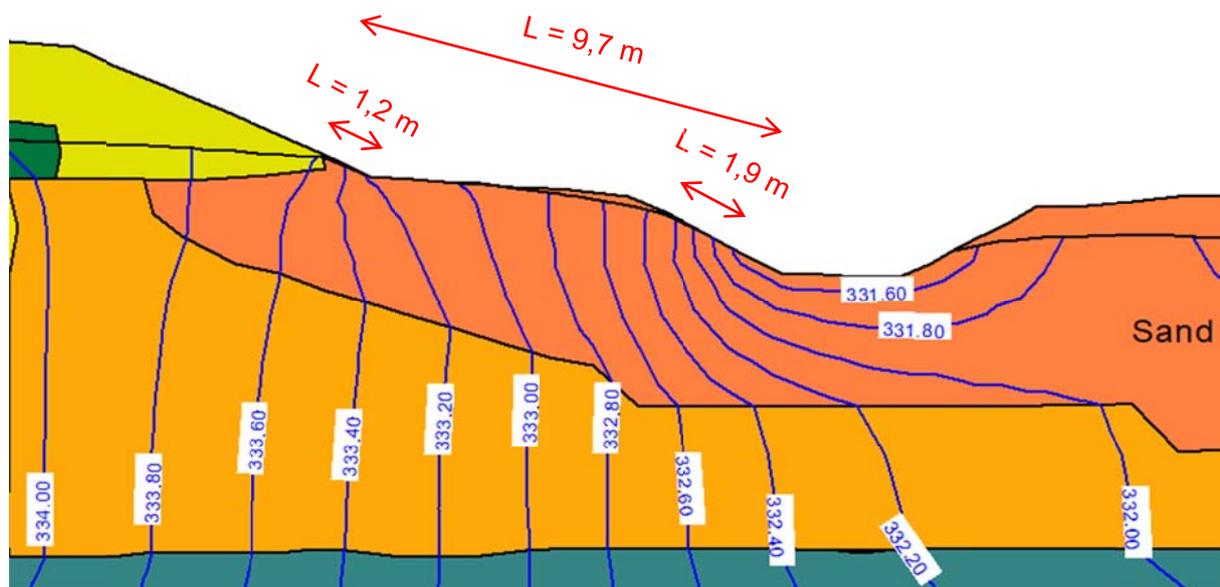


Abbildung 4.17 Potentialverteilung bei HQ₁₀₀ im Schnitt 1

Mit der berechneten Potenzialverteilung kann der hydraulische Gradient i_{vorh} an einzelnen Stellen wie folgt berechnet werden:

- ▷ binnenseitiger Böschungsfußpunkt:
$$i_{\text{vorh}} = \frac{(333,60 - 333,20) \text{ m}}{1,2 \text{ m}} = 0,33$$
- ▷ Böschung des Niederwinzerer Grabens:
$$i_{\text{vorh}} = \frac{(332,20 - 331,60) \text{ m}}{1,9 \text{ m}} = 0,32$$
- ▷ zwischen Böschung und Graben:
$$i_{\text{vorh}} = \frac{(333,60 - 331,60) \text{ m}}{9,7 \text{ m}} = 0,2$$

Mit Ansatz der o.g. Teilsicherheitsbeiwerte und einem kritischen Gradienten für Mittelsand ergibt sich für die problematischen Bereiche am Schnitt 1 folgende Sicherheit gegen Erosion:

- ▷ binnenseitiger Böschungsfußpunkt:

$$i_{\text{vorh}} * \gamma_{H,\text{vorh}} = 0,33 * 1,35 = 0,45 > i_{\text{krit}} / \gamma_{H,\text{krit}} = 0,2 / 1,1 = 0,18$$
- ▷ Böschung des Niederwinzerer Grabens:

$$i_{\text{vorh}} * \gamma_{H,\text{vorh}} = 0,32 * 1,35 = 0,43 > i_{\text{krit}} / \gamma_{H,\text{krit}} = 0,2 / 1,1 = 0,18$$
- ▷ zwischen Böschung und Graben:

$$i_{\text{vorh}} * \gamma_{H,\text{vorh}} = 0,2 * 1,35 = 0,27 > i_{\text{krit}} / \gamma_{H,\text{krit}} = 0,2 / 1,1 = 0,18$$

Im Schnitt 1 ist im Bereich des Fußpunkts des der landseitigen Dammböschung bis zum Winzerer Graben somit keine ausreichende Erosionsicherheit vorhanden. Das gilt auch dann, wenn unterstellt wird, dass hier keine Sande sondern kiesige Böden mit einem größeren Wert für den kritischen hydraulischen Gradienten anstehen.

Im Ergebnis der Berechnungen muss zumindest in Bereichen mit entsprechend ungünstigen Randbedingungen erwartet werden, dass es am Böschungsfußpunkt bis zum Niederwinzerer Graben zu erosionsbedingten Sohlaufbrüchen kommen kann. Hinsichtlich einer Bewertung dieser Situation für die Nutzung des Straßendamms als Hochwasserschutzbauwerk wird auf die Ausführungen im Kap. 4.5 verwiesen.

Am Schnitt 3 wurden bei der Berechnung der Potenzialverteilung günstigere Verhältnisse als am Schnitt 1 festgestellt. Die Ursache dafür ist darin zu suchen, dass dieser Schnitt nicht mehr in dem Teil des Untersuchungsgebiets liegt, in dem der Niederwinzerer Graben in geringem Abstand zum landseitigen Fußpunkt des Straßendamms verläuft. Stattdessen erfolgt die Aufnahme des Qualmwassers hier durch Dränageröhre, die flächendeckend in geringer Tiefe verlegt wurden (vgl. auch Kap. 3.4.2). Die Lage der Sickerlinie, die im Fall einer hochwasserbedingten Durchströmung des Straßendamms zu erwarten ist, wird daher nicht durch den Wasserstand im Graben beeinflusst, der deutlich tiefer liegt als der landseitige Dammfußpunkt. Die zu erwartende Potenzialverteilung und die Lage der Sickerlinie am Schnitt 3 sind in der Abbildung 4.18 dargestellt.

Der betrachtete Bereich liegt im Übergang zwischen Kies und Sand mit mittleren Korngrößen. Für den Ansatz des kritischen hydraulischen Gradienten wird deshalb von Grobsand/Kies ausgegangen.

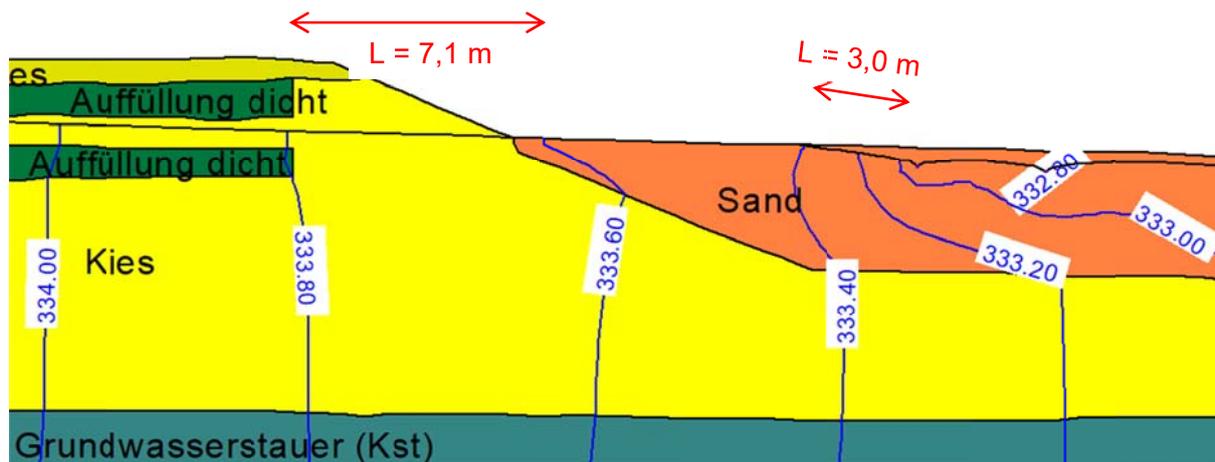


Abbildung 4.18 Potenzialverteilung bei HQ_{100} im Schnitt 3

Mit der berechneten Potenzialverteilung kann der hydraulische Gradient i_{vorh} an einzelnen Stellen wie folgt berechnet werden:

- ▷ binnenseitiger Böschungsfußpunkt: $i_{vorh} = \frac{0,2\text{ m}}{7,1\text{ m}} = 0,03$
- ▷ Bereich vor der ersten Dränage: $i_{vorh} = \frac{0,4\text{ m}}{3,0\text{ m}} = 0,13$

Mit Ansatz der o.g. Teilsicherheitsbeiwerte und einem kritischen Gradienten für Grobsand von 0,25 ergibt sich für die problematischen Bereiche am Schnitt 1 folgende Sicherheit gegen Erosion:

- ▷ binnenseitiger Böschungsfußpunkt:
 $i_{vorh} * \gamma_{H,vorh} = 0,03 * 1,35 = 0,04 < i_{krit} / \gamma_{H,krit} = 0,25 / 1,1 = 0,23$
- ▷ Bereich vor der ersten Dränage:
 $i_{vorh} * \gamma_{H,vorh} = 0,13 * 1,35 = 0,18 < i_{krit} / \gamma_{H,krit} = 0,25 / 1,1 = 0,23$

Das Ergebnis der Berechnungen zeigt, dass ein hochwasserbedingter Sohlaufbruch oder Erosionsgrundbruch in diesem Bereich nicht zu erwarten ist. Das gilt auch dann, wenn mit einem kritischen Gradienten für Mittelsand von 0,2 gerechnet wird. Maßnahmen zur Verbesserung der Erosionssicherheit sind daher in diesem Bereich nicht erforderlich.

Im Bereich des Schnitts 5 wird das Qualmwasser durch große Dränageröhre gefasst. Die Sickerlinie tritt daher nicht an der Geländeoberkante aus. Die Sickerlinie verläuft zudem sehr flach mit einem hydraulischen Gradienten $< 0,1$. Unter diesen Umständen ist die Erosionssicherheit hier sicher gewährleistet.

4.5 Zusammenfassende Bewertung der Tauglichkeit des Straßendamms

Die Ergebnisse der vorbeschriebenen Untersuchungen und Berechnungen belegen, dass der Straßendamm der B8 einen ausreichenden Schutz vor Überflutungen des Polders Winzer durch Hochwasserführung der Donau gewährleistet. Maßgeblich für diese Bewertung sind folgende Aspekte:

- ▷ Der Freibord des Straßendamms erreicht über die gesamte Länge des Untersuchungsgebiets Werte $> 0,8$ m. Das nach Tabelle 3 der DIN 19712 empfohlene Mindestfreibord von 0,5 m für Deiche mit Höhen ≤ 3 m wird somit sicher eingehalten. Auch das auf der gegenüberliegenden Donauseite festgelegte Freibordmaß von 0,8 m wird eingehalten (vgl. Kap 4.1). Überflutungen des Polders Winzer in der Folge einer Überströmung des Damms sind bis zu einem 100-jährlichen Bemessungshochwasser und noch darüber hinaus nicht zu erwarten.
- ▷ Die Feldwegunterführung unter dem Damm bei Fkm 2.383 ist mit einem mobilen Dammbalkenverschluss gesichert. Die bauliche Gestaltung und die Vorgaben für den Betrieb des Verschluss ermöglichen einen sicheren Schutz vor hochwasserbedingten Überflutungen im Polder Winzer.
- ▷ Mit einer Kronenbreite von ca. 23 m ist der Querschnitt des Damms der vierspurig ausgebauten Straße wesentlich breiter als der eines üblichen Hochwasserschutzdeichs nach den Vorgaben der DIN 19712. Somit bestehen sehr gute Voraussetzungen für eine Verteidigung des Bauwerks auch gegen extreme Hochwasserereignisse.
- ▷ Die Standsicherheit des Straßendamms ist bei einem Einstau der Donau in allen untersuchten Bemessungsfällen grundsätzlich gewährleistet. Einschränkungen bestehen beim Lastfall Windwurf. Durch die dabei ggf. auftretenden Wurzelkrater kann es zu lokalen Böschungsbrüchen kommen. Der verbleibende Querschnitt des Dammkörpers ist jedoch auch bei Ansatz ungünstiger Berechnungsannahmen noch wesentlich breiter als aus erdstatischen Gründen erforderlich und für die Gesamtstandsicherheit ausreichend.
- ▷ An der wasserseitigen Böschung des Straßendamms treten bei einem 100-jährlichen Bemessungshochwasser nur geringe Fließgeschwindigkeiten und entsprechend geringe Sohlschubspannungen auf. Schäden durch Oberflächenerosion infolge des parallel zu Straße abfließenden Wassers sind daher nicht zu erwarten. Das gilt auch für den Fall, dass die Dammschüttung im Bereich von Wurzelkratern und den in der Folge davon ggf. auftretenden Böschungsbrüchen lokal freigelegt wird. Selbst wenn die Sohlschubspannungen an Windwurfkratern durch lokale Turbulenzen größer als berechnet werden, würde dies allenfalls kleinräumig zu einem Materialabtrag an der betroffenen Stelle der Dammböschung führen. Die Gesamtstandsicherheit des Damms ist wegen dessen sehr großer Breite dadurch nicht gefährdet.

- ▷ Wegen der großen Breite des Straßendamms hat die Sickerlinie, die sich bei Hochwasser infolge der zu erwartenden Durchströmung einstellt, nur ein geringes Gefälle. Der hydraulische Gradient ist deshalb im Regelfall so gering, dass keine Schäden durch innere Erosion zu erwarten sind.

Ausgenommen davon ist der Bereich am westlichen Rand des Untersuchungsgebiets, in dem der Niederwinzerer Graben in geringem Abstand vom Straßendamm verläuft (Fkm 2383,5 bis 2383,95; vgl. Lageplan mit Sparten V11). An der Böschung des Grabens und am landseitigen Dammfuß sind hier im Hochwasserfall hydraulische Gradienten zu erwarten, die größer sind als der kritische hydraulische Gradient der in diesem Bereich erkundeten Sande. Schäden durch innere Erosion können an solchen Bereichen zumindest unter ungünstigen Bedingungen auftreten. In der Folge derartiger Schäden können auch lokale Böschungsbrüche nicht ausgeschlossen werden. Die Gesamtstandsicherheit des Damms ist dadurch jedoch nicht gefährdet, da wegen der großen Dammbreite auch nach dem Auftreten von lokalen Böschungsbrüchen immer noch ein aus erdstatischer Sicht weit ausreichender Querschnitt verbleibt. Die Tauglichkeit des Damms als Hochwasserschutzbauwerk wird durch derartige Schäden somit nicht eingeschränkt.

Zusammenfassend kann somit festgestellt werden, dass der Straßendamm in seinem derzeit bestehenden Zustand die Funktion als Hochwasserschutzdeich für den Polder Winzer erfüllt. Bauliche Maßnahmen zur Ertüchtigung des Damms sind damit zumindest für den Hochwasserschutz nicht zwingend erforderlich. Wie schon erläutert, können im Zusammenhang mit Hochwasserabflüssen in der Donau allerdings Situationen auftreten, die die Funktion des Damms für den Straßenverkehr beeinträchtigen.

- ▷ Nach einem Windwurf von Gehölzen auf den Dammböschungen kann es zu lokalen Böschungsbrüchen kommen, die bis in den genutzten Straßenquerschnitt hineinreichen. Die Straße müsste dann ganz oder teilweise für den Verkehr gesperrt werden. Auftretende Schäden können erst nach dem Abfließen des Hochwassers behoben werden, so dass eine (Teil-) Sperrung der Straße ggf. auch für einen längeren Zeitraum notwendig sein kann.

Ein Einstau des Straßendamms bei Hochwasser der Donau kann mit einem vernünftigen Aufwand nicht verhindert werden. Wenn die beschriebene Gefährdung aus Sicht des Straßenbaulastträgers nicht hingenommen werden kann, bleibt als Lösung nur die Rodung der Gehölze und die Etablierung einer fest verwurzelten, geschlossenen und dichten Grasnarbe auf den Dammböschungen. Da die Gehölze als Biotop geschützt sind, müssten in diesem Fall voraussichtlich erhebliche Ausgleichsmaßnahmen in Form von Ersatzpflanzungen realisiert werden.

- ▷ Sollte es im Hochwasserfall im Bereich des Niederwinzerer Grabens zu Schäden am Straßendamm durch innere Erosion kommen, können auch dadurch lokale Böschungsbrüche verursacht werden, die im ungünstigsten Fall bis in den genutzten Straßenquerschnitt hineinreichen, so dass entsprechende Straßensperrungen notwendig sind. Im Unterschied zu Schäden durch Wurzelkrater ist davon jedoch allenfalls die nördliche Richtungsfahrbahn auf einer Länge von etwa 450 m betroffen. Wenn aus Sicht des Straßenbaulastträgers zur Vermeidung dieser Gefährdung Ertüchtigungsmaßnahmen notwendig sind, bietet sich der Einbau einer Rigole mit Drainageleitungen am Fußpunkt der landseitigen Dammböschung an. Nähere Angaben dazu können dem Kap. 4.6.1 entnommen werden.
- ▷ Die im Mittelstreifen zwischen den Richtungsfahrbahnen verlegten Entwässerungskanäle und ihre Querausleitungen zur Donau werden im Hochwasserfall eingestaut. Bei

Schäden an den Leitungen stellt sich im Dammkörper ein entsprechender Wasserdruck ein, der im Hinblick auf die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit des Damms als ungünstig eingestuft werden muss, selbst wenn sich daraus keine unmittelbare und erhebliche Gefährdung für die Nutzung des Straßendamms als Hochwasserschutzbauwerk ergibt. Auch wenn die Entwässerungsleitungen keine Schäden aufweisen, kann es bei seltenen Hochwasserereignissen mit entsprechend hohen Wasserständen auf diesem Weg bereichsweise zu einer Infiltration von Wasser in den Straßendamm kommen, da tiefliegende Bereiche der Dränageleitungen zur Entwässerung der Froststutzschicht der nördlichen Richtungsfahrbahn eingestaut werden. Neben einem (allerdings beherrschbaren) höheren Qualmwasseranfall resultieren auch daraus Gefährdungen für die Nutzung des Damms für den Straßenverkehr. Zur Vermeidung dieser Gefährdung sollten aus Sicht des Verfassers bauliche Maßnahmen zur Vermeidung eines Einstaus des Straßendamms über die Entwässerungsleitungen umgesetzt werden. Nähere Angaben dazu können dem Kap. 4.6.2 entnommen werden.

4.6 Bauliche Maßnahmen zur Vermeidung von Gefährdungen des Straßendamms

4.6.1 Einbau einer Qualmwasserdränage am Fuß der landseitigen Böschung

Auf einer ca. 450 m langen Strecke am Westrand des Untersuchungsgebiets verläuft der Niederwinzerer Graben in geringem Abstand zum Straßendamm der B8. Bei Hochwasser der Donau kommt es zu einem Einstau des Damms und in der Folge davon zu einer Durchsickerung und Unterströmung des Damms. Das Sickerwasser wird im Niederwinzerer Graben aufgenommen. Da der Wasserspiegel im Graben deutlich unter der Höhe des Fußpunkts des Straßendamms liegt, kann sich bei der Durchsickerung des Damms und des Hinterlands bis zum Graben ein hydraulischer Gradient einstellen, der höher ist als der kritische Gradient der hier anstehenden sandigen Böden. In der Folge davon kann es durch innere Erosion zu Sohlaufbrüchen am Graben bzw. am landseitigen Dammfußpunkt kommen. Unter ungünstigen Umständen können dadurch auch lokale Böschungsbrüche verursacht werden.

Zur Verbesserung der Erosionssicherheit und zur Vermeidung der beschriebenen Gefährdungen bietet sich der Einbau einer Rigole mit Dränagerohr am landseitigen Fußpunkt des Grabens an. Durch diese Dränage wird der Austritt der Sickerlinie über der Geländeoberkante verhindert. Außerdem wird der hydraulische Gradient der Sickerlinie so abgeflacht, dass keine Beeinträchtigung der Anlagen durch Erosionsschäden mehr auftreten können.

Art und Umfang der Maßnahmen sind im Plan V20 in Anlage 7 dargestellt (Lageplan und Querschnitt). Danach ist der Einbau einer Kiesrigole mit Abmessungen von 1 x 1 m am Dammfußpunkt vorgesehen. In der Rigole wird ein Dränagerohr DN 250 verlegt. Der Querschnitt reicht aus, um die zu erwartenden Qualmwassermengen aufnehmen und ableiten zu können. Nach dem Ergebnisausdruck zur Sickerwasserberechnung in Anlage 6 ist mit einem Wasserandrang von ca. 0,5 l/(s*m) zu rechnen.

Im Abstand von ca. 75 m wird die Dränageleitung mit Schächten ausgerüstet. Von dort wird das gesammelte Wasser mit Querausleitungen in den Niederwinzerer Graben ausgeleitet. Nach der in Anlage 5 beiliegenden Kostenschätzung ist für die Realisierung der Maßnahmen mit Baukosten von ca. 150.000,- € (brutto) zu rechnen.

4.6.2 Maßnahmen zur Verhinderung des Einstaus im Straßendamm über die bestehenden Querausleitungen

Bei Hochwasser der Donau kann es über die Querausleitungen der Straßenentwässerung zu einem Einstau des Straßendamms kommen. Um daraus resultierende Beeinträchtigungen der Standsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit des Damms zu vermeiden, werden Maßnahmen empfohlen mit denen dieser Einstau verhindert werden kann.

Das kann durch die Anordnung von Rückstauklappen an den insgesamt 13 Querausleitungen im Untersuchungsgebiet erreicht werden. Konkret wird der Einbau von Rückschlagklappen mit Schwimmerhohdeckel empfohlen, die in einem dafür jeweils am wasserseitigen Fahrbahnrand neu errichteten Schacht installiert werden. Der Einbau der Schächte mit Rückschlagklappen ist im Plan V21 in Anlage 7 am Beispiel der Querausleitung 8 (Nummierung von Westen nach Osten) dargestellt.

Bei Umsetzung der dargestellten konstruktiven Gestaltung ist die Ableitung des Niederschlagswassers, das in den Transportkanälen im Mittelstreifen zuläuft, in hochwasserfreien Zeiten nach wie vor in vollem Umfang möglich. Bei einem hochwasserbedingten Einstau des Straßendamms wird der Zufluss von Donauwasser in den Damm durch die geschlossenen Rückstauklappen verhindert. Die Ableitung von Niederschlagswasser, das während eines Hochwasserereignisses anfällt ist dennoch möglich, da die Entwässerungsebene der Straße ausreichend hoch über dem Hochwasserspiegel liegt.

Für den Einbau der Schächte mit den Rückstauklappen ist nach der in Anlage 5 beiliegenden Kostenschätzung mit Baukosten von ca. 230.000,- € (brutto) zu rechnen.

5. Überprüfung der Dimensionierung des Schöpfwerks Niederwinzer

Wie bereits im Kap. 2 beschrieben, muss zusätzlich zum Hochwasserschutz durch den Straßendamm der B8 auch eine ausreichende Binnenentwässerung des Polders Winzer gewährleistet sein. Anderenfalls könnte die bestehende Bebauung bei Hochwasserführung der Donau durch landseitig zulaufendes Niederschlagswasser oder durch Sickerwasser gefährdet werden, das durch bzw. unter dem Straßendamm in den Polder eindringt. Die Ableitung von Niederschlagswasser und Sickerwasser erfolgt durch das Schöpfwerk Niederwinzer, weil ein Abfluss im freien Gefälle durch den Aufstau der Donau an der Staustufe Regensburg nicht mehr möglich ist.

Die Dimensionierung des Schöpfwerks erfolgte in den 1970-er Jahren auf der Grundlage einfacher Rechenansätze. Neben einer sehr überschlägigen Ermittlung des Niederschlagswasseranfalls erfolgte auch die Ermittlung der Sickerwassermengen mit einfachen Abschätzungen für eine Hochwasserführung, die häufiger als einmal in 100 Jahren auftreten kann. Im Zuge der Überprüfung der Tauglichkeit des Straßendamms der B8 für die Zwecke des Hochwasserschutzes wurden deshalb die bei einem Bemessungshochwasser der Donau tatsächlich zu erwartenden Sickerwasser- und Niederschlagswassermengen neu berechnet, um zu prüfen, ob das Schöpfwerk Niederwinzer für diesen Lastfall ausreichend leistungsfähig ist.

5.1 Niederschlagswasseranfall

Aufgrund der sehr unterschiedlichen Größe der Einzugsgebiete kann nach den Angaben des WWA Regensburg davon ausgegangen werden, dass im Bereich des Polders Winzer ein Starkniederschlagsereignis mit einer Wiederkehrzeit von einem Jahr auftreten kann,

während gleichzeitig ein 100-jährliches Hochwasser in der Donau abläuft. Der in diesem Fall zu erwartende Oberflächenwasserzufluss zum Polder muss vom Schöpfwerk gemeinsam mit dem Sickerwasser sicher in die Donau gefördert werden können. Zur Ermittlung der Größe dieser Zuflüsse wurden Berechnungen mit einem Niederschlag-Abfluss-Modell durchgeführt, die nachfolgend erläutert werden.

5.1.1 Beschreibung des Niederschlag-Abfluss-Modells

▷ Abflussbildung

Bei der Berechnung der Abflussbildung werden der Anteil und der zeitliche Verlauf des abflusswirksamen Niederschlags bestimmt. Die einfachste und sehr häufig angewendete Methode, die auch hier eingesetzt wird, ist der zeitlich nicht variable konstante Abflussbeiwert, bei dem in jedem Niederschlagsintervall der gleiche prozentuale Anteil abflusswirksam ist (Effektivniederschlag oder abflusswirksamer Niederschlag).

$$N_{eff,i} = \psi * N_i$$

Mit:	N	Gebietsniederschlag	[mm]
	N_{eff}	abflusswirksamer Niederschlag	[mm]
	Ψ	Gesamtabflussbeiwert	[-]
	i	Zeitintervall	[h]

Der Abflussbeiwert wird mit dem Verfahren nach Lutz bestimmt. Er wird dabei aus gebiets- und ereignisabhängigen Größen abgeleitet.

▷ Abflussverformung

Nach der Berechnung der Abflussbildung erfolgt die Berechnung der Abflussverformung. Diese erfolgt über ein Einheitsganglinienverfahren. Die Einheitsganglinie beschreibt als Systemfunktion die Übertragung des effektiven Niederschlags in eine Abflussganglinie am Gebietsauslass. Die Einheitsganglinie $U(t)$ ist die Abflussganglinie, die durch einen räumlich und während der Dauer T auch zeitlich gleichverteilten effektiven Niederschlag von 1 mm erzeugt wird.

Zur Berechnung des Abflusses mit einer Einheitsganglinie als Systemfunktion wird diese zunächst mit den abflusswirksamen Niederschlägen je Intervall multipliziert. Darauf erfolgt schließlich die Addition der zeitlich versetzten Abflussganglinien pro Niederschlagsintervall zu einer kumulierten Abflussganglinie.

Die Form der Einheitsganglinie ist gebietsabhängig und kann über Gebietsparameter abgeleitet werden. Hier wird das regionalisierte Einheitsganglinienverfahren nach Lutz/Südbayern verwendet, das für Einzugsgebiete südlich der Donau angepasst wurde.

Das Verfahren beruht auf dem Modell der linearen Speicherkaskade nach Nash (auch Nash - Kaskade), bei der mehrere Einzellinearspeicher hintereinander angeordnet werden und der Ablauf des einen Speichers immer den Zulauf des nächstfolgenden darstellt. Die Nash – Kaskade besitzt zwei Parameter n (Anzahl der Speicher) und k (Retentionskonstante). Daher gilt:

$$t_{max} = (n - 1) * k$$

$$u_{max} = \frac{(n - 1)^{n-1}}{(k * \Gamma(n)) * e^{-(n-1)}}$$

Die maximale Anstiegszeit t_{max} wird aus den Gebietsparametern wie folgt berechnet:

$$t_{max} = 0,189 * \left(L_v * \frac{L_s}{I_v^{1,5}} \right)^{0,26} * e^{-0,016*FB} * e^{0,004*FW} \quad [h]$$

u_{max} berechnet sich nach:

$$u_{max} = 0,556 * 0,464 * t_{max}^{-0,824} \quad \text{für } \Delta t = 1 \quad [h]$$

$$u_{max} = 0,556 * 0,556 * t_{max}^{-0,933} \quad \text{für } \Delta t = 0,5 \quad [h]$$

$$u_{max} = 0,556 * 0,612 * t_{max}^{-0,991} \quad \text{für } \Delta t = 0,25 \quad [h]$$

Mit:

L_v Länge des Vorfluters bis zur Wasserscheide [km]

I_v gewogenes mittleres Gefälle des Vorfluters [-]

L_s Länge des Vorfluters bis zum Flächenschwerpunkt [km]

FB bebauter Flächenanteil [%]

FW bewaldeter Flächenanteil [%]

5.1.2 Gebietsdaten

Die Bestimmung des Einzugsgebiets und weiterer Daten wie z.B. Länge der Fließstrecke und Gefälle des Vorfluters erfolgt über eine automatisierte Gebietsableitung mit einem geographischen Informationssystem (GIS). Als Grundlage für die Ableitung der Gebietsdaten dient ein digitales Geländemodell mit einer Auflösung von 1m. Die Landnutzung (u.a. der Anteil bebauter und bewaldeter Gebiete) wurde mit Hilfe der Corine Landcover (CLC10 2012) ermittelt.

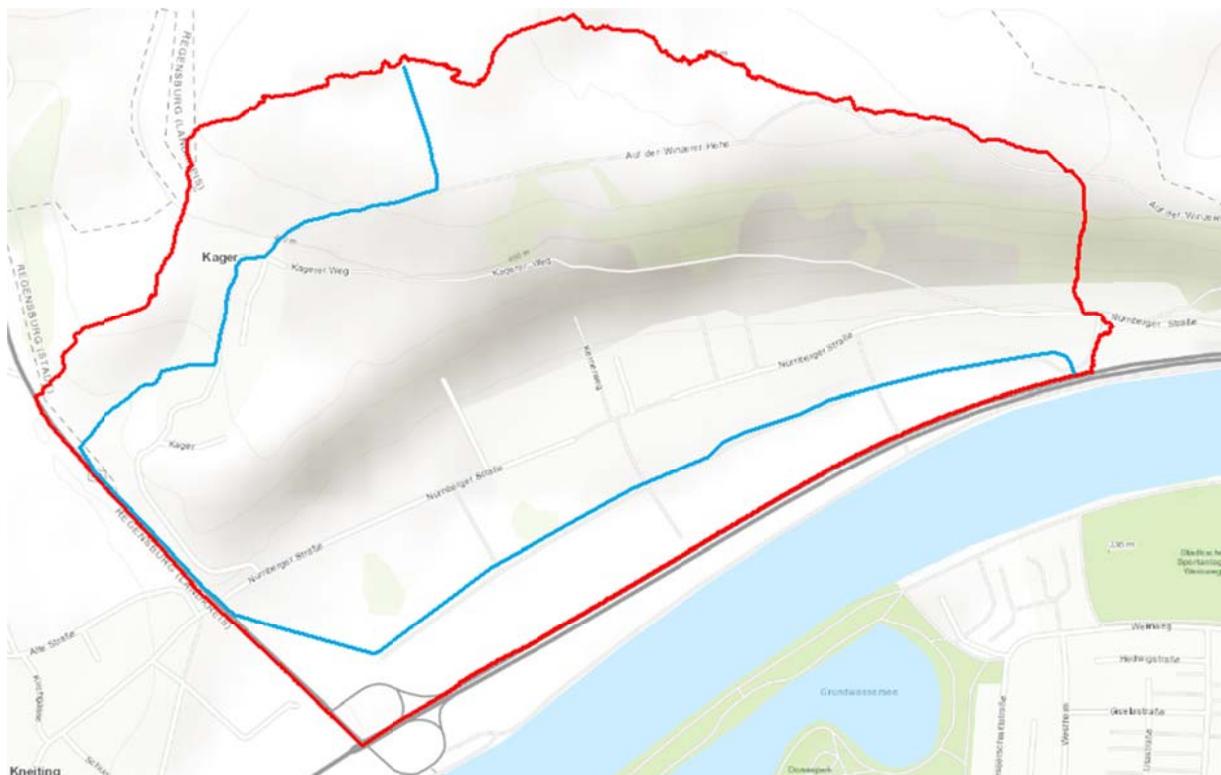


Abbildung 5.1 Einzugsgebiet des Winzerer Grabens (roter Umgriff) mit längstem Fließweg (blaue Linie)

Tabelle 5.1: Gebietsdaten der einzelnen Einzugsgebiete

	Winzerer Graben
Fläche [km²]	1,56
Länge [km]	3,3
Länge bis Schwerpunkt [km]	1,0
gewogenes mittleres Gefälle [%]	1,5
bebauter Flächenanteil [%]	22
bewaldeter Flächenanteil [%]	8

Aufgrund der Landnutzung (vgl. Abbildung 5.1 und Tabelle 3.2) und der Eigenschaften des Bodens (mittlere bis geringe Durchlässigkeit) wurde nach dem Verfahren nach Lutz vgl. Kap. 5.1.1) ein Abflussbeiwert von $\Psi=0,18$ für ein 1-jährliches Niederschlagsereignis festgelegt.

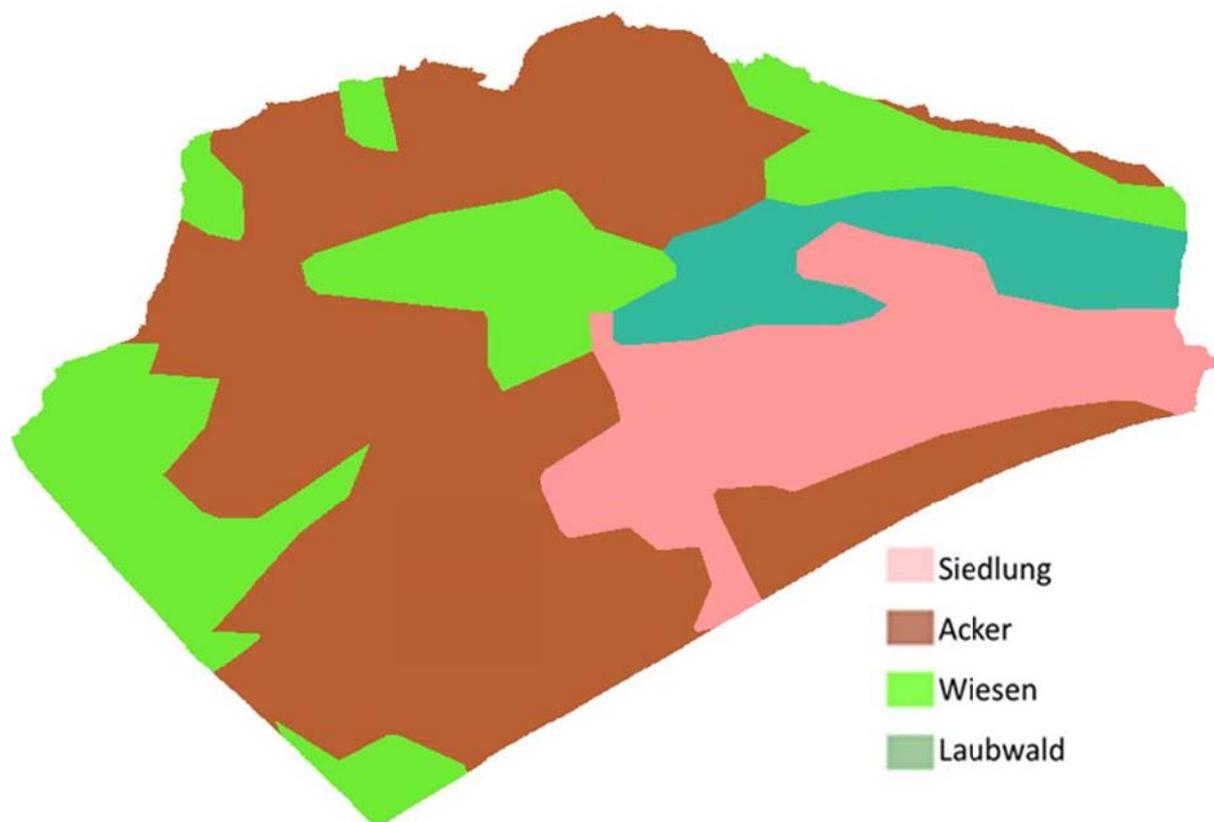


Abbildung 5.2 Landnutzung im Einzugsgebiet

Tabelle 5.2: Prozentuale Aufteilung der Landnutzung im Einzugsgebiet

Landnutzung	Anteil [%]
Siedlung	22
Acker	48
Wiesen	22
Laubwald	8

5.1.3 Ereignisdaten

▷ Niederschlagshöhen

Zur Berechnung von Abflüssen aus Niederschlägen mit langen Wiederkehrzeiten werden die Starkniederschlagshöhen nach KOSTRA DWD 2010 verwendet. Dabei wird die KOSTRA-Rasterzelle ausgewählt, die dem Gebietsschwerpunkt des Einzugsgebiets am nächsten gelegen ist. Für das Einzugsgebiet des Winzerer Grabens wurde die Rasterzelle mit der Spalte 53 und der Zeile 81 ausgewählt.

Damit ergeben sich für das Untersuchungsgebiet für ein Ereignis mit Wiederkehrzeiten zwischen 1 und 100 Jahren Niederschlagshöhen nach Tabelle 5.3.

Tabelle 5.3: Niederschlagshöhen (mm) für unterschiedliche Niederschlagsdauern

Dauerstufe	Wiederkehrintervall T [a]							
	1	2	5	10	20	30	50	100
5 min	4,9	7,0	9,8	11,9	14,1	15,3	16,9	19,0
10 min	7,8	10,5	14,0	16,7	19,3	20,9	22,9	25,5
15 min	9,8	12,8	16,8	19,9	22,9	24,7	27,0	30,0
20 min	11,1	14,5	18,9	22,3	25,6	27,6	30,0	33,4
30 min	13,0	16,8	21,9	25,7	29,5	31,8	34,6	38,4
45 min	14,5	18,9	24,7	29,1	33,5	36,0	39,3	43,6
1 h	15,5	20,3	26,7	31,5	36,3	39,1	42,7	47,5
1,5 h	17,0	21,9	28,5	33,4	38,4	41,3	44,9	49,9
2 h	18,1	23,1	29,8	34,9	39,9	42,9	46,6	51,7
3 h	19,8	25,0	31,9	37,1	42,3	45,3	49,1	54,3
4 h	21,1	26,4	33,4	38,7	44,0	47,1	51,0	56,3
6 h	23,1	28,6	35,8	41,2	46,7	49,9	53,9	59,3
9 h	25,3	30,9	38,3	43,9	49,6	52,8	57,0	62,6
12 h	27,0	32,7	40,3	46,0	51,7	55,1	59,3	65,0
18 h	30,7	37,2	45,9	52,5	59,0	62,8	67,7	74,2
24 h	33,6	40,7	50,2	57,3	64,5	68,7	73,9	81,1
48 h	41,8	50,4	61,7	70,3	78,9	83,9	90,2	98,8
72 h	47,5	56,9	69,3	78,8	88,2	93,7	100,6	110,0

Es wird angenommen, dass in einem kleinen Einzugsgebiet ein n-jähriger Niederschlag im Mittel einen n-jährigen Abfluss verursacht. Üblicherweise erfolgt eine Abminderung der Gebietsniederschläge erst bei Einzugsgebieten mit einer Größe von mehr als 100 km², da es dann zu einer ungleichmäßigen räumlichen Überregnung des Einzugsgebietes kommen kann.

▷ Zeitlicher Verlauf der Niederschlagsbelastung

Für eine Niederschlag-Abfluss-Simulation wird neben der Niederschlagshöhe, die aus Tabelle 5.3 für verschiedene Niederschlagsdauern entnommen werden kann, auch die zeitliche Verteilung des Niederschlages während des Niederschlagsereignisses benötigt. Nach den Regeln des Deutschen Verbands für Wasserwirtschaft und Kulturbau (DVWK, 1984⁶) weisen Starkniederschläge häufig eine zeitliche Verteilung auf, wie sie annähernd durch Abbildung 5.3 wiedergegeben wird. Diese zeitliche Verteilung wird bei der Aufstellung der synthetischen Niederschlagsereignisse zugrunde gelegt.

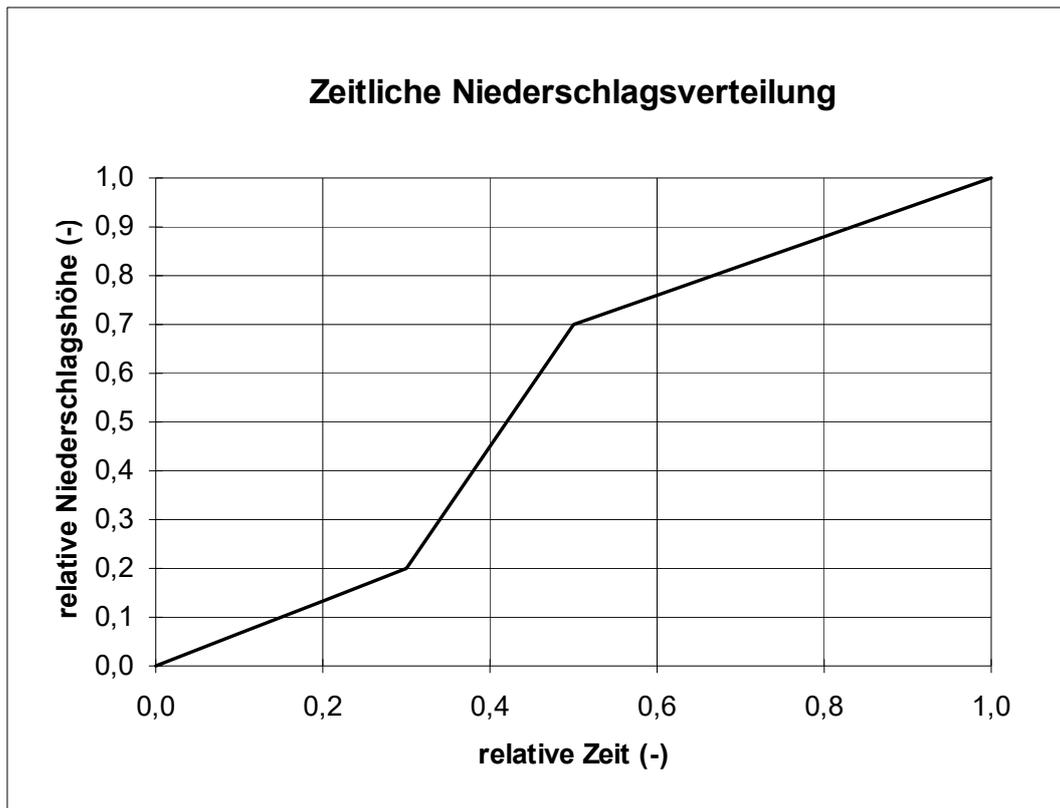


Abbildung 5.3 Zeitliche Verteilung von Starkniederschlägen nach DVWK (1984)

5.1.4 Abflussberechnungen

Zur Ermittlung der maßgeblichen (ungünstigsten) Niederschlagsdauer wurden Berechnungen mit dem Niederschlag-Abfluss-Modell für die in Tabelle 5.3 angegebenen und nach Abbildung 5.3 zeitlich verteilten Niederschlagshöhen für ein 1-jährliches Ereignis durchgeführt. In der nachstehenden Tabelle 3.4 sind die Berechnungsergebnisse für alle Dauerstufen zusammengestellt.

Das maßgebende Ereignis, bei denen der höchste Abflussscheitel ermittelt wird, ist das 2-stündige Ereignis mit einem Abflussscheitel von 0,44 m³/s. Für die längste Dauerstufe von 72 h ergibt sich ein Zufluss zum Polder von insgesamt 13.300 m³.

⁶ DVWK, DVWK-Regel 113- Arbeitsmaterialien zur Anwendung von Niederschlag-Abfluss-Modellen in kleinen Einzugsgebieten, Teil II: Synthese; Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 1984.

Tabelle 5.4: Berechnungsergebnisse für HQ₁

Dauerstufe	Q _{max} [m ³ /s]	Vol [m ³]
5 min	0,14	1.380
10 min	0,21	2.190
15 min	0,27	2.750
20 min	0,30	3.120
30 min	0,36	3.650
45 min	0,39	4.070
1 min	0,42	4.350
1.5 h	0,44	4.770
2 h	0,44	5.080
3 h	0,42	5.560
4 h	0,41	5.920
6 h	0,39	6.490
9 h	0,36	7.100
12 h	0,34	7.580
18 h	0,30	8.620
24 h	0,26	9.430
48 h	0,17	11.700
72 h	0,13	13.300

5.2 Sickerwasseranfall bei Hochwasser der Donau

Die Sickerwasserberechnungen wurden stationär mit zweidimensionalen numerischen Grundwassermodellen in Form von vertikal-ebenen Schnittmodellen durchgeführt. Für jeden Berechnungsschnitt wurde ein Modell aufgebaut, in dem die Geländehöhen, die Bodenschichtung und die relevanten grundwasserhydraulischen Eigenschaften der einzelnen Schichten erfasst sind. Zudem wird der Bemessungshochwasserspiegel der Donau sowie die Lage und Höhenlage vorhandener Gräben und Dränagen zur Aufnahme des Sickerwassers landseitig des Straßendamms berücksichtigt.

Für die Berechnungen wurde das Programm Flow 2D der Firma GGU GmbH verwendet, das ein Finite-Elemente-Verfahren nutzt. Dabei wird der Grundwasserkörper in diskrete dreiecksförmige Zellen zerlegt. Die Knoten, an denen die Wasserdruckhöhen berechnet werden, liegen am Rand der Zellen. Das Modell basiert auf dem Gesetz von DARCY und dem Prinzip der Erhaltung der Massen, das heißt die Summe aller in die Zellen ein- und austretender Wassermengen ist gleich Null.

5.2.1 Querschnitte und Randbedingungen

Die Berechnung des binnenseitig anfallenden Sickerwassers erfolgte an 5 Schnitten, deren Lage dem Übersichtslageplan V10 in Anlage 7 entnommen werden kann. Die Schnittführung wurde entsprechend der Lage der Bohrungen festgelegt, die im Zuge der ergänzenden geotechnischen Untersuchungen abgeteuft wurden. Die Schichtgrenzen und die relevanten

grundwasserhydraulischen Eigenschaften der Schichten wurden auf der Grundlage des geotechnischen Berichts des Büros IFB Eigenschenk angesetzt (vgl Kap. 3.5.2).

Im Schnitt 1 befindet sich 5,5 m nördlich der landseitigen Straßendamböschung der Niederwinzerer Graben, der die dort im Hochwasserfall anfallenden Sickerwassermengen aufnimmt. Nach den geotechnischen Erkundungen geht der vorliegende Homogenbereich 4 (Kiese und Sande) von durchlässigen Kiesen ($k_f = 5 \cdot 10^{-3}$ m/s) in weniger durchlässige Sande ($k_f = 1 \cdot 10^{-4}$ m/s) über.

Für die Schnitte 3 und 4 sind die landseitig des Straßendamms vorhandenen Dränageleitungen zur Aufnahme des Sickerwassers maßgeblich (vgl. auch Kap. 3.4.2). Der Abstand vom binnenseitigen Böschungsfußpunkt zur ersten Dränageleitung liegt im Schnitt 3 bei ca. 11 m, im Schnitt 4 bei ca. 1,5 m. In den Schnitten 3 und Schnitt 4 wird entsprechend der Angaben im o.g. geotechnischen Bericht landseitig des Straßendamms ein Untergrundaufbau angesetzt, bei dem wasserdurchlässige Kiese von Sanden ($k_f = 1 \cdot 10^{-4}$ m/s) überlagert werden. Im Schnitt 3 wird der Kies durchgängig mit $k_f = 5 \cdot 10^{-3}$ m/s angenommen. Im Schnitt 4 nimmt die Durchlässigkeit des Kiesel ab (von $k_f = 5 \cdot 10^{-3}$ bis $k_f = 1 \cdot 10^{-3}$ m/s).

Im Bereich der Schnitte 5 und 6 befinden sich unmittelbar landseitig des Straßendamms Dränagerohre DN 800 bzw. DN 600 mm, die das dort anfallende Sickerwasser aufnehmen. In beiden Schnitten liegt das Dränagerohr im Kies, so dass eine durchlässige Verbindung zwischen der Wasserseite der Böschung und dem Dränagerohr besteht. Der k_f -Wert des Kiesel wird entsprechend der geotechnischen Untersuchungen mit $k_f = 1 \cdot 10^{-3}$ m/s angenommen.

An allen Randknoten wasserseitig des Straßendamms wurde als Potenzial der Bemessungshochwasserspiegel der Donau (HQ_{100}) angesetzt. Die Wasserstände im Niederwinzerer Graben und im Winzerer Graben wurden nach realistische Annahmen auf der Grundlage von Ortseinsichten mit 50 cm bzw. 30 cm angesetzt. Die Potenziale in den Gräben wurden entsprechend dieser Ansätze festgelegt. An den Dränageleitungen wurde jeweils die Oberkante der Leitungen als Potenzial angesetzt.

5.2.2 Randbedingungen für zusätzliche Berechnungen

Für die Schnitte 1, 4, 5 und 6 wurde zusätzlich eine Betrachtung durchgeführt, bei der im Sinn einer „worst case Abschätzung“ im Vergleich mit den Angaben aus dem Bodengutachten jeweils ungünstigere Durchlässigkeitsbeiwerte angenommen wurden. Gegenüber den realistischen Randbedingungen gemäß den Angaben im Kap. 5.2.1 liegen diese Werte auf der sicheren Seite.

In den Schnitten 1 und 4 wurde der Kies durchgängig mit einem k_f -Wert von $5 \cdot 10^{-3}$ m/s angesetzt (in der realistischen Betrachtung nimmt die Durchlässigkeit binnenseitig von $k_f = 5 \cdot 10^{-3}$ bis $k_f = 1 \cdot 10^{-3}$ m/s ab). In den Schnitten 5 und 6 wurden ebenfalls ein k_f -Wert für den Kies von $5 \cdot 10^{-3}$ m/s angenommen (in der realistischen Betrachtung ist der k_f -Wert mit $1 \cdot 10^{-3}$ m/s angesetzt).

Aufgrund des im Kap. 3.2 beschriebenen möglichen Wassereintrags in den Straßendamm durch Beschädigung der Transportleitungen oder der Schächte wurde dieses Szenario in den Sickerwasserberechnungen zusätzlich betrachtet. Dafür wurde in jedem Querschnitt in der Mitte des Straßendamms ein Potenzial auf Höhe des Donauwasserspiegels für ein hundertjähriges Hochwasserereignis angesetzt.

5.2.3 Berechnungsergebnisse

Mit den Berechnungen wurden in jedem Schnitt die zu erwartende Potenzialverteilung und der jeweils zu erwartende Sickerwasserandrang ermittelt. Die Potenzialverteilungen wurden als Porenwasserdrucknetz in die Böschungsbruchberechnungen übernommen, um diesbezüglich die bestmöglichen Ansätze zu verwenden. Die berechneten Potenzialverteilungen wurden außerdem zur Bewertung der Sicherheit des Straßendamms gegen Schäden durch innere Erosion verwendet (vgl. Kap. 4.4.2).

Der berechnete Sickerwasserandrang in $l/(s \cdot m)$ wurde jeweils anhand der Gebietslänge, für die der Schnitt realistisch ist, in Sickerwassermengen (l/s) umgerechnet. Es kann unterstellt werden, dass die so berechneten Wassermengen dem Schöpfwerk Niederwinzer zufließen und von dort in die Donau gefördert werden müssen. Die Berechnungsergebnisse wurden deshalb auch zur Überprüfung der Leistung des Schöpfwerks verwendet.

Die Potenzialverteilungen und der in jedem Schnitt berechnete Wasserandrang sind jeweils in Berechnungsausdrücken dargestellt, die in der Anlage 6 beigelegt sind. Die Ergebnisse für die einzelnen Schnitte werden nachfolgend erläutert.

▷ Bereich des Schnitt 1

Die im Schnitt 1 ermittelte Potenzialverteilung ist in Abbildung 5.3 dargestellt. Die Lage der Sickerlinie zeigt, dass im Hochwasserfall Qualmwasser am Böschungsfußpunkt austreten kann. Die binnenseitig austretende Sickerwassermenge wurden für den Schnitt 1 in einer Größe von $0,34 l/(s \cdot m)$ ermittelt (vgl. Abbildung 5.4). Für den Bereich des Schnitts 1 (Länge 530 m) ergibt sich ein Sickerwasserabfluss von 180 l/s .

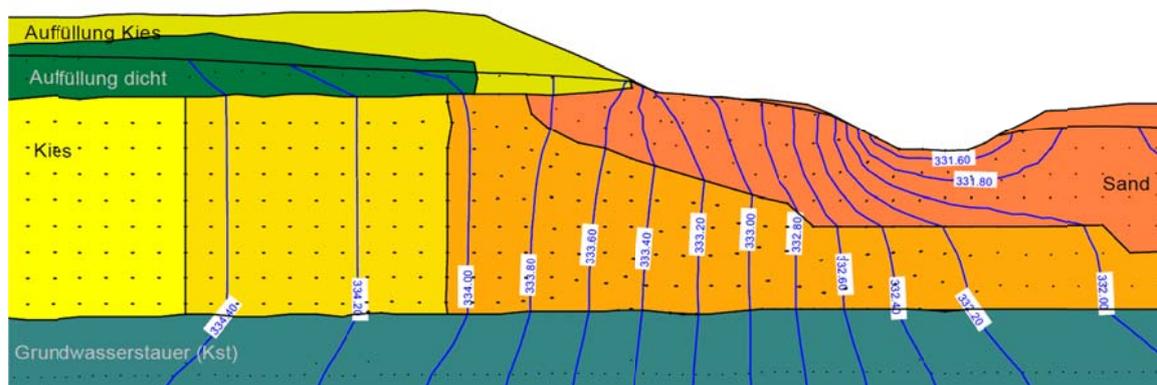


Abbildung 5.3 Potentialverteilung im Schnitt 1

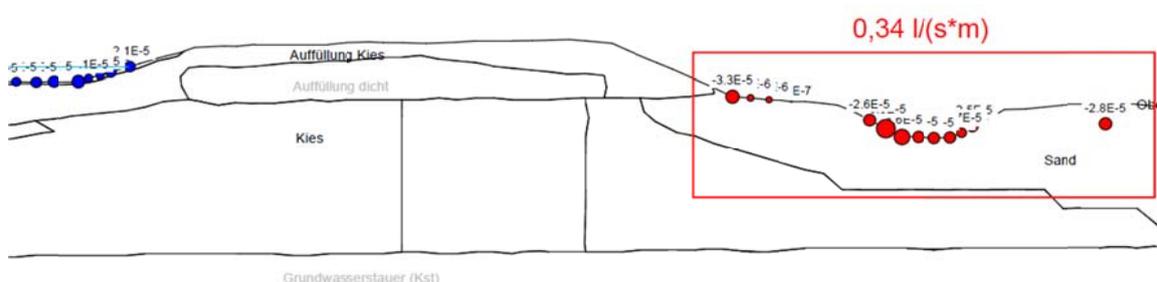


Abbildung 5.4 binnenseitig austretende Wassermengen im Schnitt 1

▷ Bereich der Schnitte 3 und 4

In den Schnitten 3 und 4 wird das binnenseitig ankommende Sickerwasser durch die Drainageleitungen und den Winzerer Graben aufgenommen (vgl. Abbildung 5.5 und Ab-

bildung 5.6). Auch in dem Bereich der Schnitte 3 und 4 sind Qualmwasseraustritte am binnenseitigen Böschungsfußpunkt für den HQ_{100} -Fall zu erwarten. Die binnenseitig austretenden Sickerwassermengen wurden für die Schnitte 3 und 4 mit $1,04 \text{ l/(s*m)}$ bzw. $2,04 \text{ l/(s*m)}$ ermittelt. Bei Ansatz von Einzugsgebietslängen für die Schnitte 3 und 4 mit 620 m bzw. 200 m ergibt sich ein Sickerwasserabfluss von insgesamt 1.053 l/s .

Die in den Schnitten 3 und 4 ermittelten Sickerwassermengen sind höher als die Mengen im Schnitt 1. Das ist vor allem auf den hier angesetzten höheren k_f -Wert der Kiese von $5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ zurückzuführen. Im Schnitt 4 wurde außerdem unterstellt, dass die durchlässige Kiesschicht direkt an den Winzerer Graben anbindet.

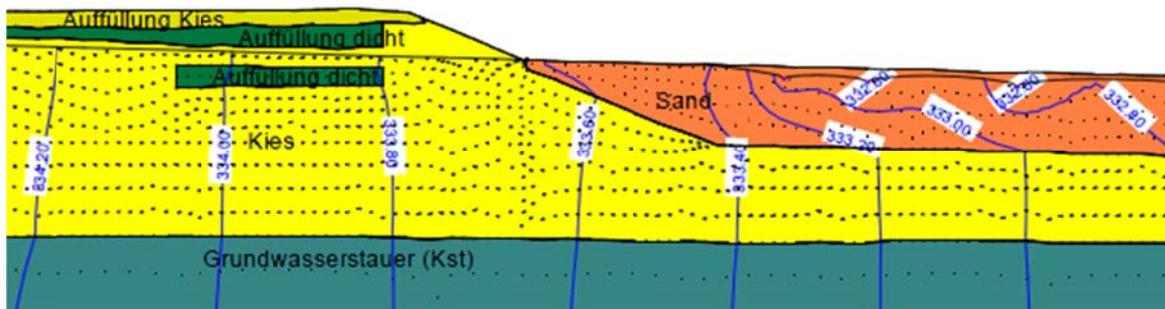


Abbildung 5.5 Potentialverteilung im Schnitt 3

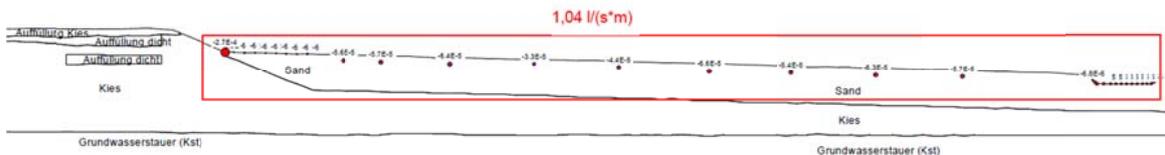


Abbildung 5.6 binnenseitig austretende Wassermengen in Schnitt 3

▷ Bereich der Schnitt 5 und 6

In den Sickerwasserberechnungen der Schnitte 5 und 6 zeigt sich, dass die Sickerlinie durch das Dränagerohr soweit abgesenkt wird, dass binnenseitig kein Qualmwasser über die Geländeoberkante austritt. Die binnenseitig austretenden Sickerwassermengen wurden für die Schnitte 5 und 6 zu $0,34 \text{ l/(s*m)}$ bzw. $0,76 \text{ l/(s*m)}$ ermittelt (vgl. Abbildungen 5.9 und 5.10). Für den Bereich der Schnitte 5 und 6 (Länge 200 m und 230 m) ergibt sich ein Sickerwasserabfluss von insgesamt 243 l/s .

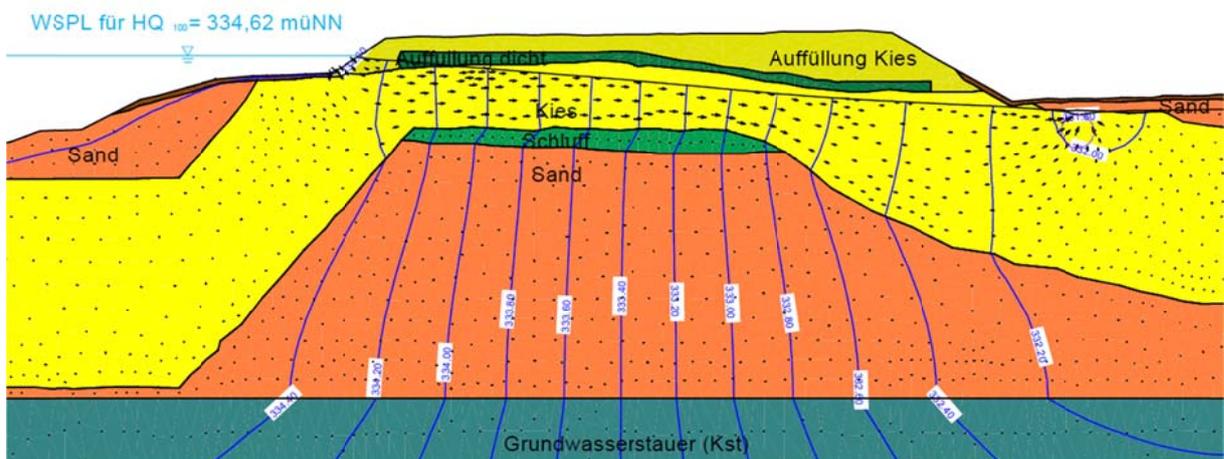


Abbildung 5.8 Potentialverteilung im Schnitt 5

Für das Szenario des Wassereintrags in den Straßendamm über beschädigte Querausleitungen und Transportleitungen der Straßenentwässerung wurde für jeden Schnitt das bin-nenseitig anfallende Sickerwasser (q_{out} in $l/(s \cdot m)$) ermittelt. Unterstellt man stark vereinfachend pro Schnitt eine Schadenslänge von 10 m ergibt sich eine zusätzliche Sickerwassermenge von 13 l/s (bei realistischem Ansatz der k_f -Werte) bzw. von 39 l/s (bei Ansatz der k_f -Werte auf der sicheren Seite). Verglichen mit der insgesamt anfallenden Sickerwassermenge sind diese ggf. zusätzlich anfallenden Mengen gering und für die Bewertung kaum relevant.

5.3 Retentionsraum im Polder Winzer

Wie beschrieben, wird das Sickerwasser gemeinsam mit dem anfallenden Niederschlagswasser über Dränagen und Gräben dem Schöpfwerk Niederwinzer zugeleitet und von dort in die Donau gefördert. Sollte die zufließende Wassermenge größer sein als die Förderleistung des Schöpfwerks, tritt das Wasser über den Mahlbusen des Schöpfwerks aus und überstaut die tiefliegenden Bereiche des Polders Winzer. Mit steigendem Wasserspiegel wird dadurch ein zunehmendes Retentionsvolumen aktiviert. In der folgenden Tabelle ist die Größe des Retentionsvolumens in Abhängigkeit von der Wasserspiegellage angegeben.

Tabelle 5.6: Retentionsraum im Polder Winzer

Einstauhöhe [m üNN]	Retentionsraumvolumen [m^3]
331,75	8.140
331,90	11.191
332,00	15.512
332,10	19.313

Bei einem Wasserspiegelanstieg auf eine Höhe von 332,0 m üNN ist die Bebauung im Polder entsprechend der Darstellung in Abbildung 5.11 bzw. im Plan V14 in Anlage 7 noch nicht von Überflutungen betroffen. Falls die Förderleistung des Schöpfwerks nicht reicht, um die bei seltenen Ereignissen zufließenden Wassermengen vollständig in die Donau zu fördern, kann somit ein Retentionsraumvolumen von ca. 15.000 m^3 zur Pufferung genutzt werden.



Abbildung 5.11 Einstaufläche im Polder bei einem Wasserspiegel von 332,0 m üNN

Unabhängig von der Bewertung der Schöpfwerksleistung im Kap. 5.5 wird deshalb höchstvorsorglich empfohlen, die gekennzeichneten Flächen als Überschwemmungsgebiet auszuweisen und auch zukünftig von Bebauung freizuhalten.

5.4 Förderhöhe des Schöpfwerk Niederwinzer

Pumpenkennlinien oder sonstige Angaben über die manometrische Förderhöhe der Pumpen im Schöpfwerk Niederwinzer konnten vom Betreiber und vom Vorhabensträger nicht zur Verfügung gestellt werden. Um dennoch prüfen zu können, ob die Pumpen über eine ausreichende Förderhöhe verfügen, erfolgte eine Abschätzung anhand der vorliegenden Daten.

Bei einem 100-jährlichen Hochwasser erreicht der Donauwasserspiegel am Schöpfwerk eine Höhe von 334,62 m üNN. Der Wasserstand im Schöpfwerk bei maximaler Auslastung (Betrieb von 5 Pumpen) liegt auf einer Höhe von 330,90 m üNN⁷. Damit die Pumpen im Hochwasserfall (HQ₁₀₀) die anfallenden Wassermengen fördern können, muss folgende Bedingung erfüllt sein:

$$H_{mano} \geq H_{geo} + H_v$$

mit manometrische Förderhöhe: H_{mano}

geodätische Förderhöhe: $H_{geo} = 334,62 \text{ m üNN} - 330,90 \text{ m üNN} = 3,72 \text{ m}$

Einzel- und Rohrleitungsdruckhöhenverluste: H_v

Die manometrische Förderhöhe des Schöpfwerk Niederwinzer entspricht:

$$H_{mano} = \frac{P * \eta_{hydr}}{\rho * g * Q} = 7,54 * \eta_{hydr} [m]$$

mit⁷ Pumpenleistung: $P = 37 \text{ kW}$

Hydraulischer Wirkungsgrad: η_{hydr}

Volumenstrom: $Q = 0,5 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

Mit realistischen Annahmen für die Verlusthöhe ($H_v = 1 \text{ m}$) und den Wirkungsgrad der Pumpen ($\eta_{hydr} = 0,7$) errechnet sich eine ausreichende manometrische Förderhöhe:

$$5,278 \text{ m } (H_{mano}) \geq 3,72 \text{ m } (H_{geo}) + 1,00 \text{ m } (H_v)$$

Die installierten Pumpen verfügen somit voraussichtlich über eine ausreichende Förderhöhe. Das sollte allerdings nochmals anhand der Pumpenkennlinien verifiziert werden, die über den Hersteller angefordert werden können.

5.5 Zusammenfassende Bewertung der bestehenden Schöpfwerksleistung für die Binnenentwässerung des Polders Winzer bei Hochwasser der Donau

Nach den Angaben im Kap. 3.3 sind im Schöpfwerk Niederwinzer insgesamt 5 Pumpen mit einer Förderleistung von je 0,5 m³/s installiert. Unter Beachtung der (n-1)-Regel liegt die gesicherte Förderleistung somit bei 2,0 m³/s. Wenn alle Pumpen betrieben werden können, ergibt sich eine maximale Förderleistung von 2,5 m³/s.

⁷ Angaben aus Datenblatt Schöpfwerk Niederwinzer

Im Hinblick auf den berechneten Zufluss von Sickerwasser und Niederschlagswasser (vgl. Angaben in den Tabellen 5.4 und 5.5) kann diese Leistung wie folgt bewertet werden:

- ▷ Mit realistischen Ansätzen für die Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte für das Dammschüttmaterial und den Untergrund ist bei einem 100-jährlichen Bemessungshochwasser mit einem Sickerwasseranfall von ca. $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ zu rechnen. Wenn im Einzugsgebiet des Winzener Grabens gleichzeitig ein Niederschlag mit 1-jährlicher Wiederkehrzeit fällt, ergibt sich für die maßgebliche Dauerstufe von 2 Stunden ein zusätzlicher Zufluss von $0,44 \text{ m}^3/\text{s}$ (vgl. Kap. 5.1.1). Der Wasserandrang von insgesamt $1,94 \text{ m}^3/\text{s}$ kann sicher unter Beachtung der n-1 Regel gefördert werden. Das Retentionsvolumen im Polder muss dafür nicht in Anspruch genommen werden.
- ▷ Werden auf der gesamten Länge des Untersuchungsgebiets im Sinn einer „worst case Abschätzung“ sehr hohe und entsprechend weit auf der sicheren Seite liegende Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte für das Dammschüttmaterial und den Untergrund angesetzt, ergeben sich während des Durchgangs des Hochwasserscheitels rechnerisch Sickerwassermengen von ca. $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Unter Beachtung der n-1 Regel kann diese Menge nicht mehr gefördert werden. Eine Förderung ist jedoch möglich, wenn alle 5 Pumpen in Betrieb sind.

Fällt gleichzeitig ein Niederschlag mit 1-jährlicher Wiederkehrzeit, kann das zusätzlich zufließende Wasser nicht mehr gefördert werden, so dass es zu einem Einstau des Retentionsraums im Polder kommt. Nach den Angaben in Tabelle 5.4 (Kap. 5.1.1) ist bei einem Regen mit einer Dauer von 72 Stunden mit einem Niederschlagswasservolumen von 13.300 m^3 zu rechnen. Das Retentionsvolumen im Polder hat nach den Angaben im Kap. 5.3 eine Größe von ca. 15.000 m^3 . Der zusätzliche Zufluss aus Niederschlägen kann somit vollständig im Polder zwischengespeichert werden und muss nicht über die Pumpen abgewirtschaftet werden.

Berücksichtigt man den Umstand, dass selbst ein als „worst-case-Abschätzung“ einzustufender Sickerwasserandrang von $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ noch gefördert werden kann, wenn alle 5 Pumpen in Betrieb sind, wird die Leistung des Schöpfwerks als ausreichend bewertet, um die Binnenentwässerung des Polders Winzer bei einem 100-jährlichen Hochwasser der Donau zu gewährleisten. Eine Vergrößerung der Leistung durch den Einbau zusätzlicher Pumpen wird vom Verfasser als nicht erforderlich erachtet.

6. Zusammenfassung

Der Bau eines Deichs zum Schutz des Stadtteils Nieder- und Oberwinzer ist entbehrlich, wenn gewährleistet ist, dass Überflutungen der bestehenden Bebauung durch den Straßendamm der parallel zur Donau verlaufenden Bundesstraße B 8 verhindert werden. Im Rahmen der hier vorgelegten Untersuchungen wurde deshalb die Tauglichkeit des Straßendamms für seine Nutzung als Hochwasserschutzbauwerk überprüft.

Nach den Erläuterungen im Kap. 4.5 bietet der Straßendamm bei einem 100-jährlichen Bemessungshochwasser der Donau einen ausreichenden Schutz vor Überflutungen des Polders Winzer. Zwar werden einzelne Anforderungen oder Empfehlungen der DIN 19712 an ein Hochwasserschutzbauwerk nicht vollumfänglich erfüllt, diese werden jedoch durch andere Eigenschaften des Damms ausreichend kompensiert.

Ausschlaggebend für diese Bewertung ist neben der ausreichenden Dammhöhe vor allem die sehr große Breite des Dammkörpers. Dadurch ist gewährleistet, dass ein statisch ausrei-

chend breiter und standsicherer Dammkörper selbst dann noch zur Verfügung steht, wenn es in außergewöhnlichen Bemessungssituationen (Auftreten von Wurzelkratern nach einem Windwurf von Gehölzen auf der Dammböschung) zu lokalen Böschungsbrüchen kommen sollte.

Zu beachten ist allerdings die Gefahr, dass lokale Böschungsbrüche in der Folge der o.g. außergewöhnlichen Ereignisse auch bis in den Straßenkörper hineinreichen können. Die Funktion des Straßendamms als Hochwasserschutzbauwerk wird dadurch nicht beeinträchtigt. Nutzungseinschränkung auf der vierspurigen Bundesstraße können unter ungünstigen Bedingungen jedoch nicht ausgeschlossen werden. Daher wird empfohlen, mit dem Straßenbaulastträger abzustimmen, ob diese Situation hingenommen werden kann.

Ist das nicht möglich, müssten die Gehölze auf den Dammböschungen gerodet und durch eine geschlossene Grasnarbe ersetzt werden. Da die Gehölze als Biotop geschützt sind, müssten in diesem Fall voraussichtlich erhebliche Ausgleichsmaßnahmen in Form von Ersatzpflanzungen realisiert werden.

Im Ergebnis der Untersuchungen wurde außerdem festgestellt, dass im Uferbereich des parallel zur B8 verlaufenden Niederwinzerer Grabens (Fkm 2383,5 bis Fkm 2383,95; vgl. Lageplan mit Sparten V11) Bedingungen vorliegen, bei denen durch einen hochwasserbedingten Einstau des Straßendamms eine erhöhte Gefahr für Schäden durch innere Erosion besteht. Auch dadurch könnten lokale Böschungsbrüche verursacht werden, die im ungünstigsten Fall bis in den genutzten Straßenquerschnitt der nördlichen Richtungsfahrbahn hineinreichen. Zur Vermeidung dieser Gefährdung bietet sich der Einbau einer Rigole mit Drainageleitungen am Fußpunkt der landseitigen Dammböschung an (vgl. Kap. 4.6.1).

Zusätzlich wird empfohlen, die Querausleitungen der Fahrbahntwässerung mit Rückstauklappen auszurüsten, um einen Einstau des Straßendamms durch die hochwasserführende Donau und dadurch verursachte ungünstigen Auswirkungen die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit des Damms zu vermeiden (vgl. Kap 4.6.2).

Neben dem Schutz vor Überflutungen ist bei Hochwasserführung der Donau auch eine ausreichende Binnenentwässerung des Polders Winzer erforderlich. Im Rahmen der Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Leistung des bestehenden Schöpfwerks Niederwinzer ausreicht, um die bei einem 100-jährlichen Bemessungshochwasser zu erwartenden Sickerwassermengen und den gleichzeitig damit bei einem 1-jährlichen Regenerereignis zu erwartendem Niederschlagswasserzufluss zum Polder in die Donau zu fördern. Eine Vergrößerung der Förderleistung des Schöpfwerks ist daher unter den hier behandelten Aspekten nicht erforderlich. Allerdings wird empfohlen, die tiefliegenden, un bebauten Flächen des Polders (< 332 m üNN) als Überschwemmungsgebiet auszuweisen damit sie als Retentionsraum für das Schöpfwerk Niederwinzer zur Verfügung stehen.

Eching, den 23.03.2018

i.A. Marlene Eccardt
M.Sc.

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

i.V. Bernhard Vogt
Dipl.-Ing.