

Unterlage 01.03.04 – Flutpolderdeiche und sonstige HWS-Anlagen

Teilbericht 04.02 – Lage, Geometrie und Aufbau

Ergänzte Fassung unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Prüfung
des Vorentwurfes

Inhaltsverzeichnis

0.	Vorbemerkung	1
1.	Veranlassung	1
2.	Geltende Vorschriften und Randbedingungen zur Ermittlung der Deichgeometrie	1
2.1	DIN-Vorschriften	1
2.2	Ergänzende Vorgaben des Freistaates Bayern	3
2.3	Ermittlung der Deichhöhen	4
2.4	Ergebnisse aus dem Sicherheitskonzept	5
2.5	Schlussfolgerungen	5
3.	Allgemeine Angaben zum Vorhaben	6
4.	Analyse der gegenwärtig vorhandenen Deich- und Dammbauwerke	8
4.1	Bestehende Dämme und Deiche im Vorhabengebiet	8
4.2	Gegenwärtige Nutzung und Funktion	9
4.3	Zustandsanalyse der bestehenden Dämme und Deiche	10
4.3.1	Zustandsanalyse der Stauhaltungsdämme	10
4.3.2	Geometrische Analyse der Deichanlagen an der Oberauer Schleife.....	11
4.3.3	Zustandsanalyse der Deichanlagen an der Oberauer Schleife.....	14
4.3.4	Einschätzungen zum Deichzustand der ehemaligen Donaudeiche	25
4.3.5	Deichverteidigungswege und Deichschutzstreifen	26
4.3.6	Zusammenfassung	27
5.	Erläuterung der Vorgehensweise zur Variantenuntersuchung	28
6.	Einteilung der Deichtrassen für die Variantenuntersuchung	29
7.	Variantenuntersuchung zur Lage der Polder- und Flutpolderdeiche	32
7.1	Vorbemerkungen	32
7.2	Varianten zur Deichverbreiterung.....	32
7.3	Vorschlag einer Vorzugsvariante für die Deichverbreiterung	34
8.	Variantenuntersuchung zur Geometrie der Polder- und Flutpolderdeiche	37
8.1	Vorbemerkungen	37
8.2	Varianten zur Deichgeometrie	37
8.2.1	Variantenauswahl	37

8.2.2	Variantenuntersuchung für Deichabschnitt 1 und 4	42
8.2.3	Variantenuntersuchung für Deichabschnitt 2.....	45
8.2.4	Variantenuntersuchung für Deichabschnitt 3.....	47
8.2.5	Variantenuntersuchung für Deichabschnitt 5.....	49
8.3	Vorschlag einer Vorzugsvariante für die Deichgeometrie	50
9.	Variantenuntersuchung zum Aufbau der Polder- und Flutpolderdeiche	53
9.1	Vorbemerkungen	53
9.2	Variantenauswahl für den Deichaufbau.....	53
9.3	Variantenuntersuchung für den Deichabschnitt 1	56
9.3.1	Variante A1: 2-Zonen-Deich mit einer Spundwand als Innendichtung und DVW auf der landseitigen Berme	56
9.3.2	Variante A2.1: 3-Zonen-Deich mit wasserseitiger Oberflächendichtung und DVW auf der landseitigen Berme	58
9.3.3	Variante A2.2: 2-Zonen-Deich mit Kerndichtung und DVW auf der landseitigen Berme	60
9.4	Variantenuntersuchung für den Deichabschnitt 2	61
9.4.1	Variante A3: 2-Zonen-Deich mit einer Spundwand als Innendichtung und DVW auf der Deichkrone.....	61
9.4.2	Variante A4.1: 2-Zonen-Deich mit Kerndichtung und DVW auf der Deichkrone.....	61
9.4.3	Variante A4.2: homogener Deichkörper mit DVW auf der Deichkrone	61
9.5	Variantenuntersuchung für den Deichabschnitt 3	62
9.5.1	Variante A5: 2-Zonen-Deich mit statisch wirksamer Innendichtung und DVW auf der Deichkrone.....	62
9.5.2	Variante A6.1: 3-Zonen-Deich mit wasserseitiger Oberflächendichtung und DVW auf der Deichkrone.....	62
9.5.3	Variante A6.2: 2-Zonen-Deich mit Kerndichtung und DVW auf der Deichkrone.....	62
9.6	Variantenuntersuchung für den Deichabschnitt 4	63
9.6.1	Variante A7: homogener Deich mit DVW auf der landseitiger Berme.....	63
9.6.2	Variante A8: HWS-Wand mit statisch wirksamer Dichtung und landseitigem Kontrollweg.....	63
9.7	Variantenuntersuchung für den Deichabschnitt 5	64
9.7.1	Variante A9.1: 2-Zonen-Deich mit statisch nicht wirksamer Dichtwand.....	65
9.7.2	Variante A9.2: 2-Zonen-Deich mit landseitigem Reibungsfuß	66
9.8	Vorschlag einer Vorzugsvariante für den Deichaufbau	66
10.	Variantenvergleich zur Flächeninanspruchnahme und zu den Baukosten der Polder- und Flutpolderdeiche	69
10.1	Variantenvergleich Baukosten.....	69
10.2	Variantenvergleich Gesamtflächeninanspruchnahme.....	76
10.3	Variantenvergleich der Gesamtkosten für alle Polder- und Flutpolderdeiche.....	78
11.	Empfehlungen zur Anhebung der Verkehrsanlagen	80
12.	Ehemaliger linker Donaudeich zwischen Unterer Öberauer Schleife und Polder Sossau West	81

13. Zusammenfassung	82
14. Änderungen im Ergebnis der Prüfung des Vorentwurfes	87
14.1 Konstruktive Anpassungen des Entwurfes bezüglich der Berücksichtigung des Lastfalles „bordvoll“	87
14.2 Sonstige Änderungen & Ergänzungen im Rahmen der Fortführung des Entwurfes	88
15. Literatur- und Quellenverzeichnis	90
15.1 Vorschriften/Regelwerke.....	90
15.2 Planungsgrundlagen.....	90
15.3 Ergänzungen des Literatur- und Quellenverzeichnisses	91

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	bestehende Deich- und Dammbauwerke im Vorhabengebiet.....	8
Tabelle 2:	Geometrie der Stauhaltungsdämme von Donau-km 2+331,000 bis 2+335,000 aus [7] und [7]	10
Tabelle 3:	Bermen und Deichhinterwege an den bestehenden Deichanlagen	11
Tabelle 4:	Bestandsneigungen der Deichböschungen sowie Kronenbreiten und Freibordmaße	12
Tabelle 5:	Mindestfreibord in Abhängigkeit der wasserseitigen Böschungsneigung für den ehemaligen linken Donaudeich.....	29
Tabelle 6:	Mindestfreibord in Abhängigkeit der wasserseitigen Böschungsneigung für die Ringdeiche Öberau und Breitenfeld sowie den Objektschutz der Außenstelle Straubing des WSV.....	30
Tabelle 7:	Geometrische Kombinationsmöglichkeiten	38
Tabelle 8:	Untersuchte Varianten zur Deichgeometrie.....	41
Tabelle 9:	Varianten für den Deichaufbau mit Bezug zur Lage und Geometrie	54
Tabelle 10:	Vorzugslösung zum Deichaufbau mit Bezug zur Lage und Geometrie.....	68
Tabelle 11:	Kostenvergleich für einen 100 m langen Deich im Deichabschnitt 1	70
Tabelle 12:	Kostenvergleich für einen 100 m langen Deich im Deichabschnitt 2	71
Tabelle 13:	Kostenvergleich für einen 100 m langen Deich im Deichabschnitt 3	72
Tabelle 14:	Kostenvergleich für einen 100 m langen Deich im Deichabschnitt 4	73
Tabelle 15:	Kostenvergleich für einen 100 m langen Deich im Deichabschnitt 5	74
Tabelle 16:	Kostennäherung in Abhängigkeit der Gesamtlänge bei einer Spundwand als Innendichtung	75
Tabelle 17:	Flächeninanspruchnahme der Bestandsdeiche und der Neubaudeiche.....	76
Tabelle 18:	Gesamtkosten der empfohlenen Ausbauvarianten für die Deichbauwerke	79
Tabelle 19:	Zusammenfassung der ermittelten Vorzugsvarianten aus der mehrstufigen Untersuchung.....	82
Tabelle 20:	Umsetzbare Kombinationslösungen mit Bezug zur Lage, Geometrie und zum Deichaufbau.....	85

Tabelle 21: Gegenüberstellung EV zur Deichgeometrie und Ergebnisse der Vorplanung/Umsetzung im Entwurf 88

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersichtskarte zum geplanten Vorhaben 7

Abbildung 2: Bestehende Damm- und Deichbauwerke im Vorhabengebiet 9

Abbildung 3: Auszug Arbeitsquerschnitt für die Donaudeiche zwischen Pondorf und Hornstorf [7] 14

Abbildung 4: Auszug Bestandplan Siel Neudaugraben am ehemaligen linken Donaudeich (Quelle: WSV) 15

Abbildung 5: Darstellung der untersuchten Deichabschnitte als Regelstrecken 16

Abbildung 6: Regelstrecke 1 - Regelprofil 1 (ehemaliger linker Donaudeich, Bereich Deich-km 0+000 bis 0+100) 17

Abbildung 7: Regelstrecke 1 - Regelprofil 2 (ehemaliger linker Donaudeich, Bereiche Deich-km 0+100 bis 0+350 und 0+900 bis 2+800) 18

Abbildung 8: Regelstrecke 1 - Regelprofil 3 (ehemaliger linker Donaudeich, Bereich Deich-km 0+350 bis 0+900) 19

Abbildung 9: Auszug Bestandsplan HW-Deich Kößnach-Ableiter – Öberauer Schleife (Quelle: WSV) 19

Abbildung 10: Auszug Bestandsplan Kößnach-Ableiter – Öberauer Schleife (Quelle: WWA) 20

Abbildung 11: Auszug Bestandsplan Regulierungsbauwerk zur Kößnach (Quelle: WSV) 21

Abbildung 12: Regelstrecke 2 - Regelprofil 1 (ehemaliger linker Donaudeich, Bereich Deich-km 2+800 bis 4+200) 22

Abbildung 13: Regelstrecke 2 - Regelprofil 2 (ehemaliger linker Donaudeich, Bereich Deich-km 4+200 bis 4+600) 22

Abbildung 14: Regelstrecke 3 - Regelprofil 1 (ehemaliger rechter Donaudeich, Bereiche Deich-km 0+500 bis 3+800 und 4+200 bis 4+500) 24

Abbildung 15: Regelstrecke 3 - Regelprofil 2 (ehemaliger rechter Donaudeich, Bereich Donau-km 3+800 bis 4+200) 25

Abbildung 16: Gehölzbestand auf dem linken Donaudeich bei Deich-km 1+100 26

Abbildung 17: Beispiel Wurzelkrater auf dem linken Donaudeich bei Deich-km 5+300 26

Abbildung 18: Einteilung der Deichabschnitte für die Variantenuntersuchung 31

Abbildung 19: Darstellungen zu den Varianten der Deichverbreiterung 34

Abbildung 20: Darstellung der Vorzugsvarianten zur Lage der Polder- und Flutpolderdeiche 36

Abbildung 21: Darstellung der Variante G4 für DA 1 39

Abbildung 22: Variante G1 - Deichgeometrie gemäß DIN 19712 und DWA-M 507-1 – Normvariante 42

Abbildung 23: Variante G2 - Deichgeometrie mit Erhöhung der landseitigen Böschungsneigung im Vergleich zur Normvariante 43

Abbildung 24: Variante G3 - Deichgeometrie mit Erhöhung der land- und wasserseitigen Böschungsneigung im Vergleich zur Normvariante 43

Abbildung 25:	Variante G9 - Deichgeometrie bei Erhalt der wasserseitigen Böschungsneigung mit Erhöhung der landseitigen Böschungsneigung im Vergleich zur Normvariante	44
Abbildung 26:	Variante G10 – HWS-Wand als Alternative zur Deichanlage für Deichabschnitt 4	44
Abbildung 27:	Variante G3 - Deichgeometrie mit beidseitigen Böschungsneigungen von 1:2,5	45
Abbildung 28:	Variante G5 - Deichgeometrie mit einer Böschungsneigung von 1:3 zur Öberauer Schleife	46
Abbildung 29:	Variante G6 - Deichgeometrie mit einer Böschungsneigung von 1:2,5 zur Öberauer Schleife	46
Abbildung 30:	Variante G1 - Deichgeometrie gemäß DIN 19712 und DWA-M 507-1 - Normvariante	47
Abbildung 31:	Variante G2 - Deichgeometrie mit Erhöhung der landseitigen Böschungsneigung im Vergleich zur Normvariante.....	48
Abbildung 32:	Variante G3 - Deichgeometrie mit Erhöhung der land- und wasserseitigen Böschungsneigung im Vergleich zur Normvariante.....	48
Abbildung 33:	Variante G9 - Deichgeometrie bei Erhalt der wasserseitigen Böschungsneigung sowie mit Erhöhung der landseitigen Böschungsneigung im Vergleich zur Normvariante	49
Abbildung 34:	Variante G1 - Deichgeometrie gemäß DIN 19712 und DWA-M 507-1 - Normvariante	50
Abbildung 35:	Variante G2 - Deichgeometrie mit Erhöhung der landseitigen Böschungsneigung im Vergleich zur Normvariante.....	50
Abbildung 36:	Darstellung der Vorzugsvarianten zur Geometrie der Polder- und Flutpolderdeiche	52
Abbildung 37:	Einbau einer Flussmatratze in der Straßenböschung	65
Abbildung 38:	Schematische Darstellung der maßgebenden Bemessungssituationen aus [22], Abb. 1.....	87

Anhangverzeichnis

Anhang A	Übersicht zu den geometrischen Querschnittselementen der bestehenden Deiche
Anhang B	Variantenvergleich zur Deichverbreiterung
Anhang C	Variantenvergleich zur Deichgeometrie für Deichabschnitt 1, 3 und 4
Anhang D	Variantenvergleich zur Deichgeometrie für Deichabschnitt 2
Anhang E	Variantenvergleich zum Deichaufbau
Anhang F	Kostenschätzung der Deichbauvarianten
Anhang G	Gesamtkostenschätzung der Deichabschnitte

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1 bestehende Deichanlagen im Vorhabengebiet
- Anlage 2 Bestandspläne zu den Stauhaltungsdämmen aus den Jahren 1989 und 1993 (WSV)
- Anlage 3 Arbeitsquerschnitte zu den Donaudeichen zwischen Pondorf und Hornstorf aus dem Jahr 1934
- Anlage 4 Bestandsplan Siel Neudaugraben aus dem Jahr 1991 (WSV)
- Anlage 5 Entwurfspläne zum linken Donaudeich an der Kößnach aus dem Jahr 1990 (WSV)
- Anlage 6 Bestandspläne Regulierungsbauwerk zur Kößnach aus dem Jahr 1993 (WSV)
- Anlage 7 Bestandspläne linker Donaudeich an der Kößnach aus dem Jahr 1995 (WWA)
- Anlage 8 Bestandsplan zum Trenndamm aus dem Jahr 1993 (WSV)
- Anlage 9 Regelquerschnitte zur Deichverbreiterung, M 1:100
- Anlage 10 Regelquerschnitte zur Deichgeometrie, M 1:100
- Anlage 11 Regelquerschnitte zum Deichaufbau, M 1:100
- Anlage 12 Lagepläne mit Darstellung der Varianten, M 1:1.000 bzw. M 1:500

0. Vorbemerkung

Bei der vorliegenden Fassung der Unterlage handelt es sich um die ergänzte Fassung zum Vorentwurf mit dem Bearbeitungsstand vom 22.10.2018 unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Prüfung des Vorentwurfes.

Die Ergebnisse der Prüfung sind in der Niederschrift zur Abstimmungsberatung am 12.02.2019 [21] dokumentiert.

Die wesentlichen Inhalte der ursprünglichen Unterlage wurden beibehalten. Es wurden lediglich das Kapitel 2.2 und das Kapitel 14, die in blauer Schrift hervorgehoben sind, ergänzt. Im Kapitel 14 sind die Änderungen dargestellt, die im Ergebnis der Prüfung oder die im Ergebnis der fortgeschrittenen Planungen erforderlich wurden.

1. Veranlassung

Im Zuge der Verbesserung des Hochwasserschutzes an der Donau ist zur Minderung künftiger Hochwasserereignisse die Errichtung der Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife geplant.

Die Geometrie der zukünftigen Polderdeiche hat maßgeblichen Einfluss auf die Bautechnologie, die Menge der einzubauenden Deichbaumaterialien und damit auf die Kosten, auf die Inanspruchnahme von Flächen (Deichaufstandsfläche) innerhalb und außerhalb der geplanten Hochwasserrückhaltung sowie auf die Freibordhöhe.

In der 4. Projektberatung am 30.09.2015 wurde festgelegt, eine Variantenuntersuchung als Entscheidungsvorlage zu erarbeiten, die diese Randbedingungen und deren Auswirkungen beleuchtet.

In der fortführenden Planung wurde eine vertiefte Untersuchung mit festgelegten Alternativen im Vergleich zur bisher verfolgten Lösung (Basisvariante aus dem Raumordnungsverfahren) durchgeführt. Im Ergebnis hat sich die Vorhabensträgerin in Abstimmung mit den zuständigen Behörden für eine Alternative entschieden, die den kompletten Innenraum an der Hochwasserrückhaltung „Oberauer Schleife“ einbezieht. Ebenfalls wurde das Stauziel angepasst, um die wasserwirtschaftliche Wirkung zu verbessern. Daher bezieht sich diese überarbeitete Unterlage auf die nunmehr favorisierte Planung, die der Alternative 3 der vertieften Variantenuntersuchung mit Bestätigung vom StMUV vom 08.03.2017 entspricht.

2. Geltende Vorschriften und Randbedingungen zur Ermittlung der Deichgeometrie

2.1 DIN-Vorschriften

Für Deiche an Fließgewässern gelten sowohl die DIN 19712 [1] als auch das DWA-M 507-1 [2]. In diesen Vorschriften sind die generellen Querschnittselemente in Abhängigkeit der Deichhöhe und Bedeutung des Deiches vorgegeben.

Demnach sind die geplanten Polderdeiche mit geplanten Deichhöhen von 3,0 bis 5,0 m Deichen einer größeren Bedeutung zuzuordnen (s. DWA-M 507-1, Tabelle 1 und 3).

In der DIN 19712 werden allgemeine Querschnittselemente vorgegeben. Demnach soll die Breite der Deichkrone von homogenen und zonierten Erdbaudeichen mindestens 3,0 m betragen. Bei kleineren Deichen der Klasse III mit nicht befahrbarer Krone kann die Breite auf 2,0 m eingeschränkt werden. Für eine gute Entwässerung ist die Krone zur Wasserseite hin um mindestens 2 % geneigt auszuführen.

Bermen erleichtern die Unterhaltung und erhöhen die Standsicherheit der Deiche. Wasserseitig sind sie mindestens 0,5 m über Mittelwasser anzuordnen. Landseitig ist die Höhe der Bermen anhand der Standsicherheitsbedingungen für die Auftriebssicherheit festzulegen. In der Regel sind landseitige Bermen mit einer Höhe von 0,8 ... 1,0 m ausreichend. Bermen auf der Landseite als zusätzliche Bodenauflast in Verbindung mit einem Deichverteidigungsweg (DVW) stellen eine vorteilhafte Lösung dar.

Deichverteidigungswege müssen befahrbar mit einer befestigten Breite von mindestens 3,0 m und beidseitigen Banketten von mindestens 0,5 m ausgebildet werden. Ausweichstellen (mind. 25 m Länge) im Abstand von ca. 400 m sind vorzusehen. Für eine ausreichende Entwässerung der Fahrbahn des Deichverteidigungsweges ist ein vom Deich abweisendes Quergefälle von mindestens 2 % erforderlich, gewählt wurden 3 %.

Zur Deichverteidigung und zum sicheren und schnellen Transport mittels schwerer Fahrzeuge (SLW 60) sind Deichverteidigungswege (DVW) vorzugsweise auf der landseitigen Berme anzuordnen. Die Deichkrone ist nur im Ausnahmefall zur Anlage eines Deichverteidigungsweges zu nutzen, da die Fahrsicherheit bei Nacht, Sturm, Nebel, Schnee und Eis sowie Hochwasser stark eingeschränkt ist.

Bei der Wahl der Böschungsneigung sind die Standsicherheit, die Unterhaltung und die Landschaftsgestaltung zu berücksichtigen. Um großräumige natürliche und maschinelle Unterhaltungsarbeiten (Beweidung, Mahd, o. Ä.) zu ermöglichen, wird gemäß DWA-M 507-1 eine Neigung von 1:3 für Wasser- und Landseite empfohlen. Steilere Böschungsneigungen bieten dagegen höhere Angriffsmöglichkeiten für aufschlagende Wellen, die durch Wind und Strömung verursacht werden.

Gemäß DIN 19712 sind an Deichen Schutzstreifen von 5,0 m Breite auf der Wasser- und Luftseite, gemessen vom Deichfuß, freizuhalten. Sie verbessern die Deichüberwachung und -verteidigung und sind von Gehölzbewuchs, Bebauung und landwirtschaftlicher Nutzung freizuhalten.

Gehölze und Bäume auf Deichen beeinträchtigen die Standsicherheit sowie die Unterhaltung und sind deshalb unzulässig. Bäume müssen einen Mindestabstand von 10 m (Pappeln 30 m) vom Deichfuß aufweisen (DVWK 226). Wenn Gehölze auf Deichen verbleiben sollen oder müssen, sind gesonderte Maßnahmen zu treffen. Diese Maßnahmen erfordern in der Regel überdimensionierte Deichquerschnitte (Überprofil) oder besondere Sicherheitselemente (z. B. Spundwände).

Hinsichtlich des Deichaufbaus wird im DWA-M 507-1 zwischen homogenen und zonierten (gegliederten) Deichen unterschieden.

Homogene Deiche beschreiben sich durch ein einheitliches Material, das sich in den Eigenschaften, vor allem aber in der Durchlässigkeit nur gering unterscheidet.

Zonierete Deiche bestehen aus mehreren Querschnittselementen (Stützkörper, Dichtung und Dränkörper), die sich in ihren Eigenschaften und in ihrer Funktion unterscheiden.

Besondere Anforderungen gelten für die Dichtung eines Deiches, welche die Höhe der Sickerlinie und die Qualmwassermenge stark beeinflusst. Die allgemeine Beständigkeit (chemische, biologische und mechanische) ist zu sichern und ein Materialtransport (Erosion und Suffusion) auszuschließen.

Weiterhin wird zwischen Innendichtungen und einer Oberflächendichtung unterschieden. Die Oberflächendichtung wird liegend im Bereich der wasserseitigen Böschung angeordnet. Im Gegensatz dazu spricht man von einer Innendichtung, wenn diese vertikal von der Deichkrone in Untergrund angeordnet ist.

Innendichtungen haben den Vorteil, dass diese nachträglich in einen Deich eingebracht werden können. Zudem können Innendichtungen eine statische Funktion übernehmen, wenn sie z. B. als Spundwand ausgeführt werden. In diesem Falle besteht das statische System nicht nur aus dem Deich, sondern aus der Kombination aus Deich und Innendichtung. Bei dieser Kombination ist die Tragfähigkeit der Innendichtung unter Einbeziehung eines eventuellen Versagens der Deichböschungen nachzuweisen. Bei dieser Kombination aus Deich und Innendichtung sind Abweichungen von der DIN 19712 bzgl. der Vorgaben zu den Querschnittselementen und der Deichschutzstreifen möglich.

Aus der DIN 19712 geht jedoch auch hervor, dass die Vorgabe von allgemein gültigen Regelquerschnitten wegen regional verschiedenen Gegebenheiten und spezifischen Anforderungen nicht zweckmäßig ist. Daher kann unter bestimmten Voraussetzungen von diesen allgemeinen Regelquerschnitten abgewichen werden.

In der Entscheidungsvorlage zu den Planungsgrundsätzen für die Polderdeiche der Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife [16] wird vertiefend auf diese Fragestellungen eingegangen.

2.2 Ergänzende Vorgaben des Freistaates Bayern

In einer Abstimmungsberatung mit dem LfU [19] zum Vorentwurf wurde festgelegt, dass zusätzlich die Stellungnahme des LfU zu Deichsanierungen mit Innendichtungen [22] zu berücksichtigen ist. Diese Unterlage war dem Entwurfsverfasser der vorliegenden Variantenuntersuchung vorher nicht bekannt und konnte deshalb im Rahmen der Erstellung der Unterlage nicht berücksichtigt werden.

1. Änderung der Begrifflichkeiten

In der vorliegenden nachbearbeiteten Fassung wurden nur die im Folgenden beschriebenen Begrifflichkeiten angepasst, im Text aber nicht gesondert hervorgehoben (Auszug aus Kapitel I der o.g. Stellungnahme [22]):

„Hinsichtlich des Tragverhaltens werden innenliegende Dichtungen funktional als

- statisch nicht wirksame Dichtwände
- statisch wirksame Dichtwände

unterschieden.

Statisch nicht wirksame Dichtwände werden in Bayern als Stahlspundwände, Bodenvermörtelungen und in Ausnahmefällen auch als Schmalwand ausgeführt. Statisch nicht wirksame Dichtwände dürfen nicht planmäßig überströmt werden. Mineralische Kerndichtungen werden im Folgenden nicht berücksichtigt.

Statisch wirksame Dichtwände werden in Bayern meist als Stahlspundwände und in Form Bodenvermörtelungen mit eingestellten Stahlträgern ausgeführt. Statisch wirksame Dichtwände sind erforderlich, wenn sie in der außergewöhnlichen Bemessungssituation planmäßig überströmt werden. Dabei ist ein Versagen der binnenseitigen Böschungen zugrunde zu legen. Desweiteren sind statisch wirksame Dichtwände auch bei Teilversagen von Böschungen z. B. infolge Windwurfszenarien notwendig.“

Aufgrund dieser Festlegungen kann der Begriff „statisch wirksame Dichtung oder Innendichtung“ nur angewendet werden, wenn eine Überstömung des Deiches mit binnenseitigen Böschungsverlust bei der Bemessung berücksichtigt wird.

Im Rahmen der Variantenuntersuchung werden jedoch auch Innendichtungen in Form von Spundwänden untersucht, die nicht für diese Bemessungssituation ausgelegt werden, jedoch für die Bemessungssituation Teilversagen von wasserseitigen Böschungen. Da generell Spundwände bei entsprechendem Erfordernis zum Einsatz kommen sollen, wird in diesem Fall der Begriff „Spundwand als Innendichtung“ verwendet.“

2. Lastfall „bordvoll“

Darüber hinaus ist im Gegensatz zu den Ausführungen in der weiterführenden Unterlage „Entscheidungsvorlage zur Abstimmung des Bemessungskonzeptes für die Spundwände in den Flutpolderdeichen an der Oberauer Schleife“ [18], s. Unterlage 01.03.04, der Lastfall „bordvoll“ zu berücksichtigen. Das hatte Auswirkungen auf die Konstruktion der Deiche und auf die erforderlichen statischen Nachweise. Diese erforderlichen Änderungen sind zwar im Kapitel 14 zusammenfassend dargestellt, wurden in die vorliegende Unterlage jedoch nicht nachträglich eingearbeitet. Die grundsätzlichen Aussagen der Variantenuntersuchung haben nach wie vor Bestand.

2.3 Ermittlung der Deichhöhen

Die Deichkronenhöhe setzt sich zusammen aus dem Stauziel zuzüglich des Freibords. Die geplante Hochwasserrückhaltung ist für ein Stauziel von 320,20 m ü. NN auszulegen.

Die Freibordermittlung, die der Unterlage [15] entnommen werden kann, erfolgte für verschiedene Böschungsneigungen der Deiche, da diese eine maßgebende Einflussgröße für die Ermittlung des Freibords ist. Steilere Böschungen bedingen einen höheren Freibord als flachere Böschungen.

Im Ergebnis konnte festgestellt werden, dass bei Beibehaltung der Bestandsneigung der wasserseitigen Deichböschung von 1:2,2 für die Polderdeiche ein Freibord von 1,40 m erforderlich wird. Wird die wasserseitige Böschungsneigung auf 1:2,5 oder 1:3,0 abgeflacht, ist ein Freibord von 1,25 m oder 1,05 m notwendig. Der Mindestfreibord von $> 0,5$ bis $\leq 1,0$ m gemäß Tabelle 3 in DIN 19712 ist somit nicht ausreichend.

Auch für die neu zu errichtenden Deiche und Anlagen wurden Freibordhöhen in Abhängigkeit der Böschungsneigungen ermittelt, so dass die Ergebnisse aus der Freibordberechnung eine wesentliche Grundlage für die nachfolgenden Betrachtungen darstellen.

Bei den nachfolgenden Betrachtungen ist weiterhin folgende generelle Festlegung zu berücksichtigen: Um einen Anstieg der Wasserspiegel in der Hochwasserrückhaltung bis zum Überströmen der niedrigsten Hochwasserschutzanlagen gänzlich auszuschließen, ist die Westtangente (SRs 48) als Entlastungsstrecke vorgesehen. Dazu werden der Freibord und damit die Kronenhöhe der Kreisstraße 20 cm geringer als die niedrigsten Hochwasserschutz- und Verkehrsanlagen (Ringdeiche, Verbindungsstraße, Wirtschaftsweg) festgelegt.

2.4 Ergebnisse aus dem Sicherheitskonzept

Im Rahmen der Entscheidungsvorlage zum Sicherheitskonzept [16] wurden verschiedene Versagensfälle für die Hochwasserereignisse HQ100 und HQ1000 untersucht, die unter Berücksichtigung folgender Randbedingungen geführt wurden:

- Berücksichtigung der $(n - 1)$ -Bedingung am Einlaufbauwerk, d. h. nach Erreichen des Stauzieles kann das leistungsfähigste Wehrfeld nicht verschlossen werden
- Entlastungsmöglichkeit über das Auslaufbauwerk (alle Öffnungsquerschnitte wirksam)
- Entlastung über die Westtangente als Überlaufstrecke

Aus den hydraulischen Untersuchungen konnte abgeleitet werden, dass sich in der Stauhaltung maximal ein Wasserspiegel in Höhe von 320,92 m ü. NN einstellen kann. Dieser Wert liegt damit maximal 0,72 m über dem Stauziel und wird bei der Bemessung der Deiche berücksichtigt.

Um einen Anstieg der Wasserspiegel in der Hochwasserrückhaltung bis zum Überströmen der niedrigsten Hochwasserschutzanlagen möglichst auszuschließen, ist zusätzlich die Westtangente (SRs 48) als Entlastungsstrecke vorgesehen. Dazu werden der Freibord und damit die Kronenhöhe der Kreisstraße 20 cm geringer als die niedrigsten Hochwasserschutz- und Verkehrsanlagen (Ringdeiche, Verbindungsstraße) festgelegt. Damit wird dem Grundsatz der DIN 19712 [7] gefolgt, wonach stets auch die Möglichkeit zur Anordnung von Überlaufstrecken geprüft werden sollte, da diese wesentlich zur Erhöhung der Anlagensicherheit bzw. Systemresilienz eines Flutpolders für Hochwasserereignisse oberhalb des gewählten Schutzziel-Niveaus beitragen.

2.5 Schlussfolgerungen

Folgende Randbedingungen zur Deichgeometrie und Flächeninanspruchnahme sind im Ergebnis der in diesem Abschnitt zusammengestellten geltenden Vorschriften und Bemessungsrandbedingungen feste Größen und können deshalb im Zuge der Variantenuntersuchung nicht variabel betrachtet werden:

- Deichkronenhöhe einschl. Freibord: Stauziel (320,20 m ü. NN) + Freibord gemäß Freibordberechnung
- Deichkronenbreite: mind. 3,0 m, bei kleinen Deichen 2,0 m
- Breite Deichverteidigungsweg: mind. 4,0 m, auf Deichkrone mind. 4,5 m
- Höhe landseitige Berme: mind. 0,80 m
- Breite Deichschutzstreifen (DSS): mind. 5,0 m

Grundsätzlich variabel ist die Wahl der Böschungsneigung, wobei zu beachten ist, dass:

- die DIN 19712 aus Gründen der Deichunterhaltung sowie aus Gründen der Standsicherheit eine Böschungsneigung von 1:3 empfiehlt und
- steilere Böschungsneigungen möglich sind, sofern die Nachweise zur Standsicherheit erbracht werden.

Abweichungen von der DIN 19712 bzgl. der Vorgaben zu den Querschnittselementen und Deichschutzstreifen sind weiterhin möglich, wenn durch ergänzende technische (z. B. aus der Statik oder

Geotechnik) oder organisatorische Maßnahmen eine gleichwertige Sicherheit, wie sie den Anforderungen der DIN zu Grunde liegt, erreicht werden kann. Diese kann bspw. erreicht werden, wenn:

- eine Deichverteidigung im Einstaufall nicht erforderlich ist,
- die Deiche mit einer Spundwand als Innendichtung (z. B. für einseitigen Böschungsverlust) versehen werden,
- die Deiche mit einer statisch wirksamen Innendichtung versehen werden,
- eine Hochwasserschutzwand angeordnet wird. In diesem Fall handelt es sich dann nicht mehr um einen Deich im herkömmlichen Sinne.

Grundsätzlich ist bei den Betrachtungen auch der max. Wasserspiegel in Höhe von 320,92 m ü. NN zu berücksichtigen, der sich im Versagensfall einstellen kann.

3. Allgemeine Angaben zum Vorhaben

Die geplante Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife befindet sich in einer ehemaligen Donauschleife, die im Zuge der Errichtung der Staustufe Straubing von der Bundeswasserstraße Donau abgeschnitten wurde. Durch den in Fließrichtung linken Stauhaltungsdamm der Staustufe wurde die ehemalige Schleife vom Abflussgeschehen der Donau entkoppelt.

In unmittelbarer Nähe befinden sich südlich der geplanten Hochwasserrückhaltung die Staustufe Straubing, östlich die Ortslagen Sossau und Unterzeitldorn und nördlich die Ortslagen Pittrich und Kößnach. Auf der östlichen Seite verläuft das Fließgewässer Kößnach, das etwa 1 km stromab der Staustufe in die Donau mündet.

Begrenzt vom ehemaligen rechten Donaudeich der Oberauer Schleife und dem linken Stauhaltungsdamm befindet sich der Polder Öberau mit den Ortslagen Breitenfeld und Öberau. Die Abbildung 1 stellt das geplante Vorhaben anschaulich in einer Übersichtskarte dar.

Im Bereich der ehemaligen Donauschleife befindet sich ein Naturschutzgebiet sowie ein FFH- und SPA-Gebiet. Die Flächen befinden sich vollständig in öffentlicher Hand. Das Gebiet ist infolge der Errichtung der Staustufe Straubing mit Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen überplant.

Das alte Flussbett der Oberauer Schleife wurde künstlich durch einen Trenndamm mit einer Höhe von 318,50 m ü. NN in einen oberen und einen unteren Altwasserbereich aufgeteilt, deren Wasserstände unabhängig voneinander nach ökologischen Gesichtspunkten geregelt werden.

Die unmittelbare Umgebung der geplanten Hochwasserrückhaltung ist zum großen Teil mit lockerem Baumbestand bewachsen.

Mit der Hochwasserrückhaltung sollen ca. 14 Mio. m³ als Retentionsraum an der Donau geschaffen werden, um Spitzenabflüsse in der Donau ab einem etwa 30-jährlichen Hochwasserereignis möglichst wirksam kappen zu können.

Als Flutungsbereich soll die komplette Fläche zwischen dem ehemaligen linken Donaudeich und dem bestehenden linken Stauhaltungsdamm, mit Ausnahme von zwei Ringbedeichungen um die Ortslagen Breitenfeld und Öberau, in die geplante Hochwasserrückhaltung einbezogen werden.

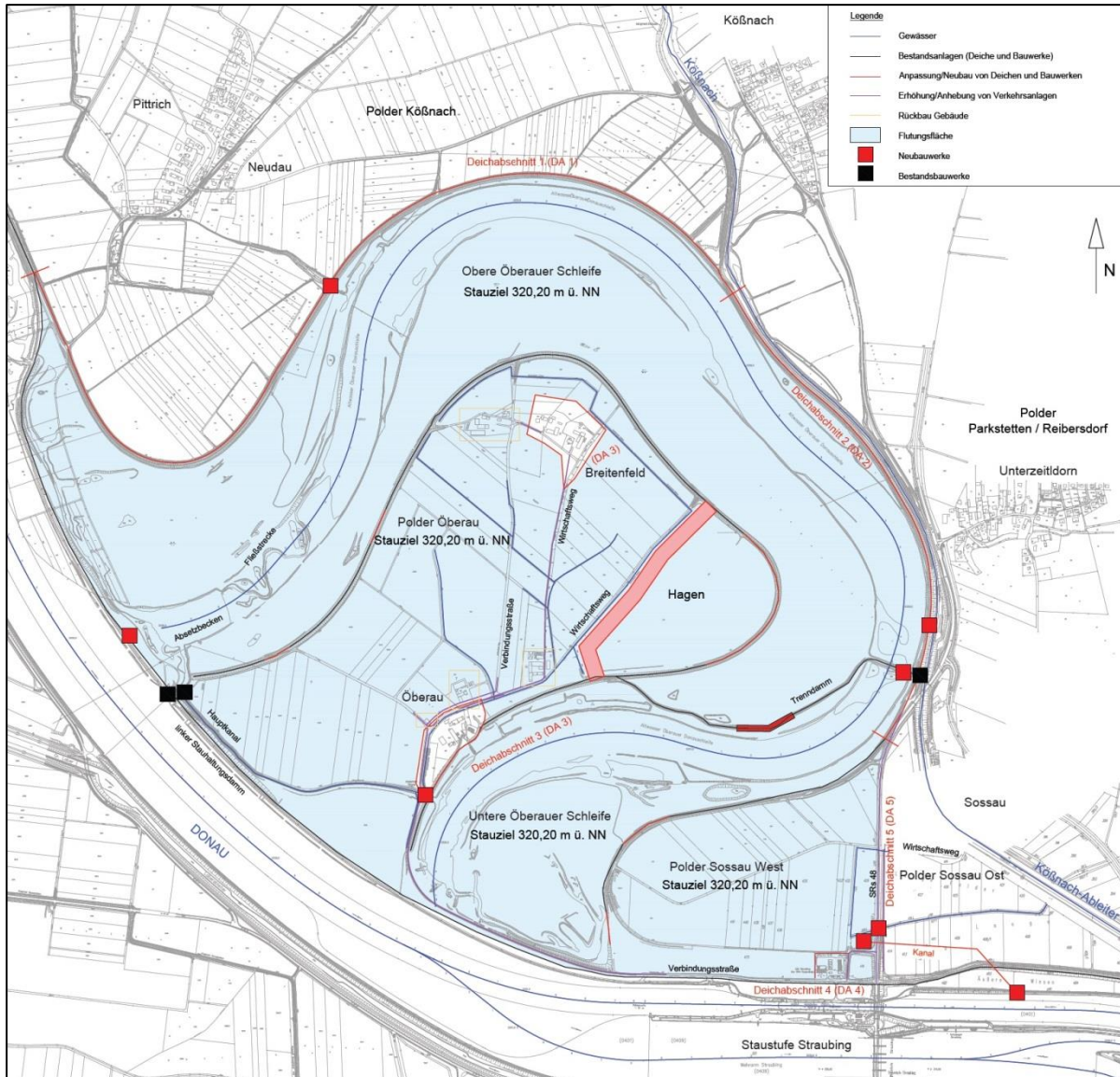


Abbildung 1: Übersichtskarte zum geplanten Vorhaben

Maßgebende Parameter der geplanten Hochwasserrückhaltung sind:

Flutungsbereiche:	Untere und Obere Oberauer Schleife Polder Oberau (außer Ortslagen) Polder Sossau West
Stauziel:	320,20 m ü. NN
Geflutete Fläche:	rd. 490 ha
Aktivierbarer Rückhalteraum:	rd. 13,85 Mio. m ³

Die Flutung der Polderbereiche wird über ein regulierbares Einlaufbauwerk (EBW) etwa bei Donau-km 2333,000 im Bereich der Stauhaltung Straubing erfolgen. Für den Abstau bzw. die Entleerung mit fallender Hochwasserwelle sind ein Auslaufbauwerk (ABW) am Kößnach-Ableiter sowie ein Druckkanal, ausgehend vom Polder Sossau West mit Auslauf in die Donau, vorgesehen. Der Kößnach-Ableiter und der Druckkanal münden im Unterwasser der Staustufe Straubing in die Donau.

Das Stauziel im gesamten Polderbereich wurde auf Höhe des 200-jährlichen Wasserspiegels (HW200) an der Kößnachmündung bzw. ca. 2,20 m über dem Wasserstand der ökologischen Frühjahrsflutung von 318,0 m ü. NN festgelegt.

4. Analyse der gegenwärtig vorhandenen Deich- und Dammbauwerke

4.1 Bestehende Dämme und Deiche im Vorhabengebiet

Im Vorhabengebiet befinden sich die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Deichanlagen.

Tabelle 1: bestehende Deich- und Dammbauwerke im Vorhabengebiet

Deich	Gewässer	Station von ... bis ...
linker Stauhaltungsdamm der Stauhaltung Straubing	Donau, Oberauer Schleife	0+000 bis 3+700
ehemaliger linker Donaudeich der Oberauer Schleife	Oberauer Schleife, Kößnach-Ableiter	0+000 bis 6+000
ehemaliger rechter Donaudeich der Oberauer Schleife	Oberauer Schleife	0+000 bis 4+500
Trenndamm zwischen Oberer und Unterer Oberauer Schleife	Oberauer Schleife	0+000 bis 1+150

Die Stationierung des linken Stauhaltungsdammes der Stauhaltung Straubing beginnt an der Ufermauer zur Schleuse Straubing. Die Stationierungsrichtung verläuft stromaufwärts.

Für die Deichanlagen der Oberauer Schleife liegen keine offiziellen Deichstationierungen vor.

Daher wurde der Stationierungsnullpunkt der ehemaligen rechten und linken Donaudeiche im Bereich des linken Stauhaltungsdammes festgelegt. Die Lücken in den Deichen im Anschluss an die Stauhaltungsdämme wurden in die Stationierung nicht mit einbezogen. Die Stationierungsrichtung wurde grundsätzlich stromabwärts gewählt.

Die Stationierung des Trenndammes beginnt am bestehenden Regulierungsbauwerk zur Kößnach (RzK) und endet am ehemaligen rechten Donaudeich der Oberauer Schleife.

Die Lage der bestehenden Deichsysteme und der festgelegten Stationierungen kann der nachfolgenden Abbildung 2 sowie der Anlage 1 entnommen werden:

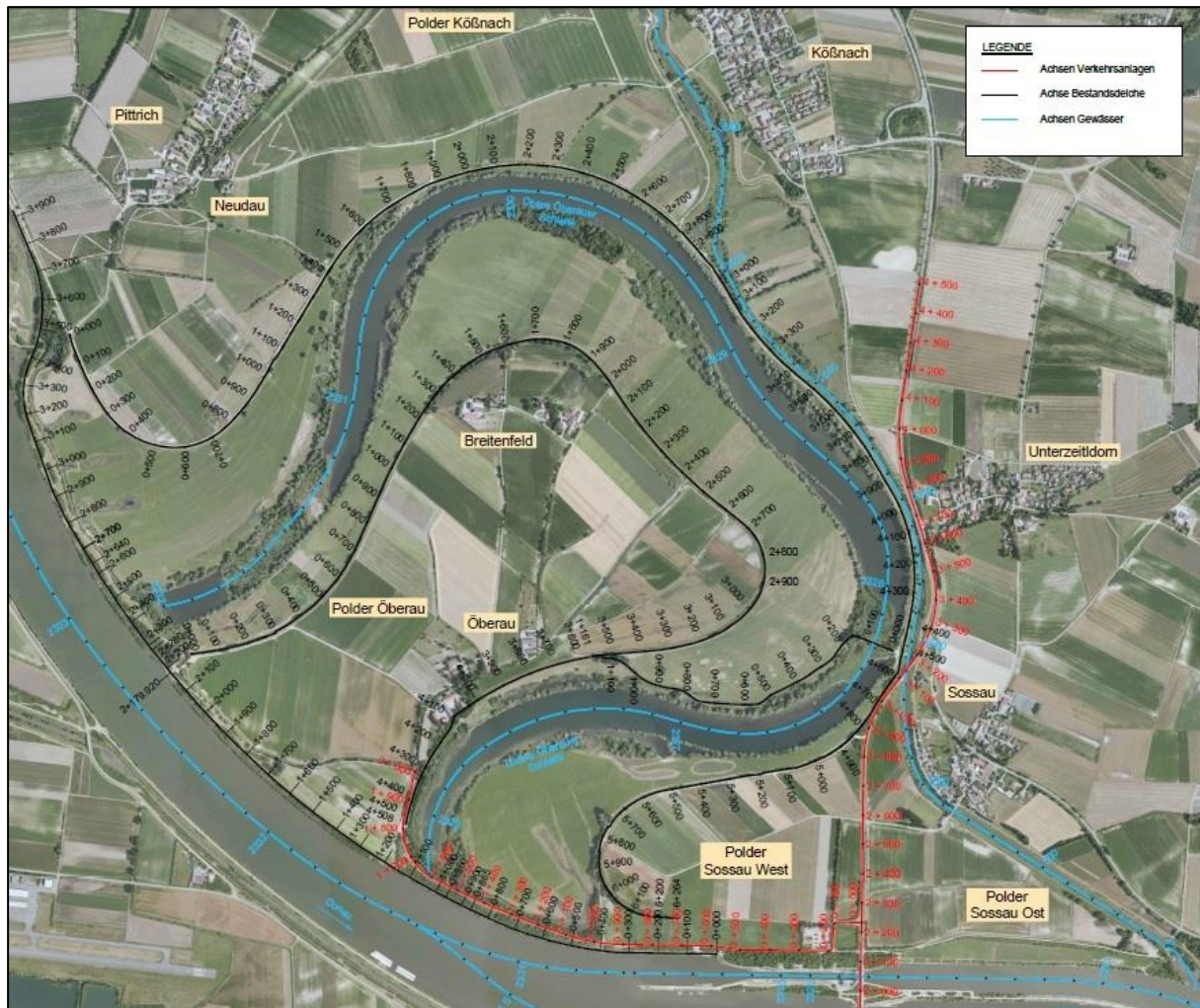


Abbildung 2: Bestehende Damm- und Deichbauwerke im Vorhabengebiet

4.2 Gegenwärtige Nutzung und Funktion

Bei den im Vorhabengebiet vorhandenen Stauhaltungsdämmen handelt es sich um Anlagen im Sinne der DIN 19700 Teil 13 – Staustufen. Stauhaltungsdämme sind Absperrbauwerke, die eine Stauhaltung begrenzen und hydraulisch vom Hinterland trennen.

Die Stauhaltung Straubing mit ihren Dämmen wurde in den 90er Jahren des letzten Jahrhunderts errichtet. Als letzter Bauabschnitt erfolgte im Jahr 1994 der Durchstich der Oberauer Schleife.

Die Dämme der Stauhaltung Straubing sind mit einer ca. 10 cm dicken Dichtwand (Vibrosol-Schmalwand) ausgestattet, die bis 1,0 m tief in die grundwasserhemmende Tertiärschicht im Untergrund einbindet. Die Lage der Dichtwand befindet sich i.d.R. in der Dammachse. Der Schmalwandkopf liegt mittig ca. 1,0 m unter dem Betriebswegeniveau. Durch die bis zu 15 m langen Dichtwände wird die Stauhaltung vollständig von der Oberauer Schleife abgetrennt. Seit dem Jahr 1994 wird so ein hydraulischer Austausch zwischen der Stauhaltung Straubing und der Oberauer Schleife unterbunden.

Die ehemaligen Donaudeiche der Oberauer Schleife sowie der Trenndamm sind Flusssdeiche im Sinne der DIN 19712.

Die Deiche an der Donau im Bereich der Oberauer Schleife wurden vermutlich erst in den 30er Jahren des letzten Jahrhunderts errichtet. Bis zur Fertigstellung der Stauhaltungsdämme im Jahr 1994 dienten die Donaudeiche als Hochwasserschutzanlagen.

Nach der Abtrennung der Oberauer Schleife von der Donau wurden die Deichanlagen entwidmet und verloren ihre Funktion als Hochwasserschutzanlagen. Der Einstau der Altwasserbereiche beim alljährlichen Frühjahrshochwasser benetzt den wasserseitigen Deichfuß nur bis zu einer Höhe von ca. 30 cm, so dass die ehemaligen Donaudeiche seitdem keinen Hochwasserereignissen mehr ausgesetzt waren.

Einzig der Deichabschnitt des ehemaligen linken Donaudeiches, der gleichzeitig rechter Kößnachdeich ist, behielt seine Funktion als Hochwasserschutzanlage.

Die ehemaligen Donaudeiche an der Oberauer Schleife haben seitdem die Funktion als Ausgleichsmaßnahme und wurden gemäß dem Landschaftspflegerischen Begleitplan der Planfeststellungsunterlagen zur Stauhaltung Straubing mit Gehölzen bepflanzt.

4.3 Zustandsanalyse der bestehenden Dämme und Deiche

4.3.1 Zustandsanalyse der Stauhaltungsdämme

Die Dämme linksseitig der Donau zwischen Donau-km 2+331,000 und 2+335,000 weisen ein trapezförmiges Profil und i.d.R. Kronenbreiten zwischen 4,0 und 8,0 m auf. Die wasserseitige Böschung ist 1:2,5 geneigt und teilweise gestuft ausgebildet. Die Dammkronen liegen bei einem Niveau von 321,90 m ü. NN bis 322,70 m ü. NN. Auf ihr verlaufen Betriebswege von ca. 3,0 m Breite. Die landseitigen Böschungen oberhalb der am Dammfuß verlaufenden Betriebswege sind zwischen 3,0 und 4,0 m hoch. Ihre Neigung variiert überwiegend zwischen 1:3 und 1:5.

Eine Übersicht über die geometrischen Kenndaten der linken Stauhaltungsdämme gibt die nachfolgende Tabelle. Die noch aktuellen Bestandsprofile liegen zusammen mit einem Lageplan als Anlage 2 bei.

Tabelle 2: Geometrie der Stauhaltungsdämme von Donau-km 2+331,000 bis 2+335,000 aus [7] und [7]

Querprofile		Kronenbreite	OK Damm	Neigung wasserseitige Böschung	Neigung landseitige Böschung
[Donau-km]	[Damm-km]	[m]	[m ü. NN]	[-]	[-]
2331,220	0+865	4,0 ... 8,0	322,05	1:2,5	1:4 bis 1:5
2331,320	0+960	4,0 ... 8,0	322,14	1:2,5	1:4 bis 1:5
2331,500 bis 2332,630	1+130 bis 2+200	8,0	321,89 ... 322,07	1:2,5	1:4 bis 1:5
2332,450	2+000	8,0	321,95	1:2,5	1:4,4
2332,750 bis 2333,150	2+280 bis 2+640	4,0 ... 8,0	322,20	1:2,5	1:4 bis 1:5
2333,200	2+700	4,0	322,35	1:2,5	1:4 bis 1:5
2333,800	3+300	4,0	322,55	1:2,5	1:3,1
2334,600	4+150	4,0	322,67	1:2,5	1:3,6

Für die linken Stauhaltungsdämme erfolgte in den Jahren 2005/06 eine geotechnische Untersuchung [7] sowie im Jahr 2011 eine Standsicherheitsuntersuchung [7] gemäß MSD [6].

Die Standsicherheitsuntersuchungen aus dem Jahr 2011 kommen zu folgenden Schlussfolgerungen:

„Entsprechend den geführten Nachweisen an 9 maßgebenden Berechnungsquerschnitten ist die Standsicherheit der Dämme an der Donau, Haltung Straubing im Bereich Do-km 2331,000 bis 2346,400 gewährleistet. Die Nachweise der Sicherheit gegen Auftrieb und hydraulischen Grundbruch sind erfüllt. Die Sicherheit gegen Materialtransport ist formal mit den angenommenen Randbedingungen nicht gegeben. Mögliche Feinkornumlagerungen werden jedoch auf Grund des nur temporären Einstaus und der kurzzeitigen Durchströmung der Dämme als geringfügig und nicht relevant für die Dammstandsicherheit bewertet, solange Materialausträge wirksam verhindert werden, z. B. mittels dichter Grasnarbe. Bauliche Sanierungsmaßnahmen sind mit erheblichem Aufwand und Kosten verbunden und stehen aus gutachterlicher Sicht in keinem Verhältnis zu der erreichbaren Erhöhung des Sicherheitsniveaus. (...)

Als Dammüberwachung genügt eine regelmäßige Damminspektion durch Begehung. (...)

Bei den Damminspektionen sind neben Vernässungen bzw. Wasseraustritten vor allem Fehlstellen in der Grasnarbe im unteren Bereich der landseitigen Böschung zu registrieren.

Im Zuge der Damminstandhaltung ist besonders auf die Pflege des Grasbewuchses, regelmäßige Mahd, Ausbesserung von Schad- bzw. Fehlstellen, Nachsaat bei Ausdünnung u. ä. zu achten.

Sanierungsmaßnahmen sind aus derzeitiger Sicht nicht erforderlich.“

4.3.2 Geometrische Analyse der Deichanlagen an der Öberauer Schleife

Da für die ehemaligen Donaudeiche an der Öberauer Schleife weitgehend keine Bestandsunterlagen vorliegen, die konkrete Angaben zur Deichgeometrie und zum Deichaufbau beinhalten, wurde im Jahr 2015 eine Entwurfsvermessung und im Jahr 2016 Untersuchungen zum Baugrund ausgeführt. Aus der vorliegenden Entwurfsvermessung [12] ist erkennbar, an welcher Stelle Bermen und Deichhinterwege angeordnet sind, siehe nachfolgende Übersicht.

Tabelle 3: Bermen und Deichhinterwege an den bestehenden Deichanlagen

Station	Wasserseite	Landseite	Berme
ehemaliger linker Donaudeich			
0+000 bis 2+800	Obere Öberauer Schleife	Hinterland (Polder Kößnach)	durchgehende Berme mit Deichhinterweg auf der Landseite
2+800 bis 4+600	Obere Öberauer Schleife	Kößnach-Ableiter, Donau	durchgehende Berme mit Deichhinterweg auf Seiten der Öberauer Schleife
4+600 bis 4+800	Untere Öberauer Schleife	Westtangente	keine Bermen vorhanden
4+800 bis 6+000	Untere Öberauer Schleife	Polder Sossau West	abschnittsweise Bermen mit Deichhinterwegen auf der Landseite

Station	Wasserseite	Landseite	Berme
ehemaliger rechter Donaudeich			
0+000 bis 4+500	Obere und Untere Oberauer Schleife	Polder Öberau	keine Bermen vorhanden, stellenweise verlaufen Verkehrswege unmittelbar hinter dem Deich (ein asphaltierter Unterhaltungsweg zwischen Deich-km 0+000 und 0+350, ein befestigter Unterhaltungs- weg zwischen Deich-km 2+000 und 2+600 und die Verbindungsstraße nach Öberau zwischen Deich-km 4+300 bis 4+500)
Trenddamm zwischen Oberer und Unterer Oberauer Schleife			
0+000 bis 1+150	Untere Oberauer Schleife	Obere Oberauer Schleife	keine Bermen vorhanden, auf der Deichkrone ist durchgängig ein befestigter Unterhaltungsweg vorhanden

Aus der aktuellen Entwurfsvermessung [12] können weiterhin die geometrischen Querschnittselemente der ehemaligen Donaudeiche an der Oberauer Schleife ermittelt werden. Zur Bestimmung dieser Querschnittselemente wurden aus den Vermessungsdaten Linienfeatures als Böschungsober- und -unterkante definiert, um Neigungen und Längen zu ermitteln. Dies wurde sowohl für die Wasser- als auch für die Landseite durchgeführt. Die so ermittelten Bestandsneigungen sowie die Deichkronenbreiten sind in der nachfolgenden Tabelle sowie detaillierter im Anhang A dokumentiert.

Tabelle 4: Bestandsneigungen der Deichböschungen sowie Kronenbreiten und Freibordmaße

Station	Wasserseitige Böschung (Obere Schleife / Untere Schleife)	Landseitige Bö- schung (Hinterland / Kößnach-Ableiter / Polder Sossau West / Polder Öberau)	Kronenbreite	Freibord (OK Deich - Stauziel)
ehemaliger Donaudeich links				
0+000 bis 2+800	1:2,0 ... 1:3,6	1:2,0 ... 1:4,0	1,4 ... 3,2 m	0,7 ... 1,2 m
2+800 bis 4+800	1:2,3 ... 1:7,0	1:1,9 ... 1:4,0 *	2,1 ... 9,1 m	-0,3 ... 0,6 m
4+800 bis 6+000	1:2,4 ... 1:4,7	1:1,6 ... 1:7,8	1,4 ... 6,7 m	-0,8 ... -0,1 m
ehemaliger Donaudeich rechts				
0+000 bis 4+500	1:2,0 ... 1:4,6	1:2,0 ... 1:4,3	1,3 ... 2,6 m	-0,4 ... 1,3 m
Trenddamm zwischen Oberer und Unterer Oberauer Schleife				
0+000 bis 1+150	1:2,7 ... 1:6,0	1:2,7 ... 1:4,2	2,8 ... 11,8 m	-1,9 ... -1,6 m

* zwischen Deich-km 3+000 und 4+500 bestehen Böschungsneigungen von 1:1,9 bis 1:2,4

Die geometrische Analyse in Anhang A zu den Querschnittselementen der ehemaligen Donaudeiche an der Oberauer Schleife zeigt, dass die vorhandenen Böschungsneigungen und Kronenbreiten stark variieren.

Der ehemalige linke Donaudeich von Deich-km 0+000 bis 6+000 kann hinsichtlich seiner Funktion in drei Abschnitte unterschieden werden.

Von Deich-km 0+000 bis 2+800 dient der Deich dem Schutz des Hinterlandes (Polder Kößnach) und weist beidseitig Böschungsneigungen von 1:2,0 bis 1:4,0 (im Mittel ca. 1:2,5) auf. Die Kronenbreiten variieren zwischen 1,4 und 3,2 m (im Mittel ca. 2,4 m). Die bestehenden Deichhöhen besitzen in diesem Abschnitt Freibordgrößen von 0,7 bis 1,2 m (im Mittel ca. 0,90 m) und sind für die künftige Planung nicht ausreichend.

Von Deich-km 2+800 bis 4+800 dient der Deich dem Schutz vor Hochwasser seitens der Oberauer Schleife sowie seitens des Kößnach-Ableiters und der Donau. Der Deichabschnitt besitzt auf Seiten des Kößnach-Ableiters größtenteils Böschungsneigungen von 1:1,9 bis 1:2,4 (im Mittel ca. 1:2,2). Auf Seiten der Oberauer Schleife sind oberhalb der Berme größtenteils Böschungsneigungen von 1:2,4 bis 1:3,0 sowie unterhalb von 1:2,5 bis 1:4,5 festzustellen. Die Kronenbreiten variieren zwischen 2,1 und 9,1 m und liegen im Mittel bei ca. 3,3 m. Die bestehenden Deiche sind somit auch in diesem Abschnitt für die künftige Planung nicht hoch genug.

Anhand der festgestellten Querschnittselemente kann geschlossen werden, dass der Deichabschnitt nicht, wie im Planfeststellungsbeschluss zur Stauhaltung Straubing festgelegt, ertüchtigt wurde, siehe Kapitel 4.3.3.2. Die geometrische Analyse bestätigt hingegen die Sanierung des Deichabschnitts durch die Anlage einer Berme durch das Wasserwirtschaftsamt Deggendorf (WWA) zumindest teilweise. Eine Deicherhöhung sowie Abflachung der Böschungen auf 1:2,5 auf Seiten des Kößnach-Ableiters, wie im Planfeststellungsbeschluss zur Stauhaltung Straubing festgesetzt, erfolgte durch die WSV nachweislich nicht.

Von Deich-km 4+800 bis 6+000 trennt der Deich die Untere Oberauer Schleife vom Polder Sossau West und weist beidseitig Böschungsneigungen von 1:1,6 bis 1:7,8 (im Mittel ca. 1:3,0) auf. Die Kronenbreiten variieren zwischen 1,4 und 6,7 m (im Mittel ca. 2,6 m). Dieser Teilabschnitt der ehemaligen linken Donaudeiche wird kein Bestandteil der geplanten Hochwasserrückhaltung. Die bestehenden Deichhöhen müssen teilweise sogar reduziert werden. Auch Deichschlitzungen sind möglich.

Der ehemalige rechte Donaudeich von Deich-km 0+000 bis 4+500 begrenzt den Polder Öberau und besitzt beidseitig Böschungsneigungen von 1:2,0 bis 1:4,6 (im Mittel ca. 1:2,8). Die Kronenbreiten variieren zwischen 1,3 und 2,6 m (im Mittel ca. 1,9 m). Abgesehen von den Ringbedeckungen werden die ehemaligen rechten Donaudeiche ebenfalls kein Bestandteil der geplanten Hochwasserrückhaltung. Die bestehenden Deichhöhen müssen auch hier teilweise reduziert werden. Deichschlitzungen sind auch hier möglich.

Der Trenndamm zwischen Oberer und Unterer Oberauer Schleife von Deich-km 0+000 bis 1+150 dient der Aufteilung sowie der ökologischen Wasserstandsregulierung der Altwasserbereiche. Die bestehenden beidseitigen Böschungsneigungen liegen im Bereich von 1:2,7 bis 1:6,0 (im Mittel ca. 1:3,5). Damit sind die Böschungsneigungen in vielen Deichbereichen flacher als 1:3. Die Deichhöhe in Deichachse variiert zwischen 318,35 und 318,60 m ü. NN und liegt damit ca. 1,6 bis 1,9 m niedriger als das geplante Stauziel von 320,20 m ü. NN.

Abschließend ist anhand der geometrischen Analyse der Bestandsdeiche festzustellen, dass die bestehenden Querschnittselemente in vielen Deichabschnitten nicht den Vorgaben der DIN 19712 entsprechen, die eine Kronenbreite von mindestens 3,0 m und eine Neigung der Böschungen von 1:3 empfiehlt. Die Deichkronen besitzen eine zu geringe Breite und die Böschungsneigungen sind an

Der Untergrund des ehemaligen rechten Donaudeichs wird mit der Regelstrecke 3 (RS 3) beschrieben. Sie beinhaltet die gesamte Deichkilometrierung des ehemaligen rechten Donaudeiches von Deich-km 0+000 bis 4+500. Die nachfolgende Abbildung stellt die Regelstrecken in einer Übersichtskarte anschaulich dar.

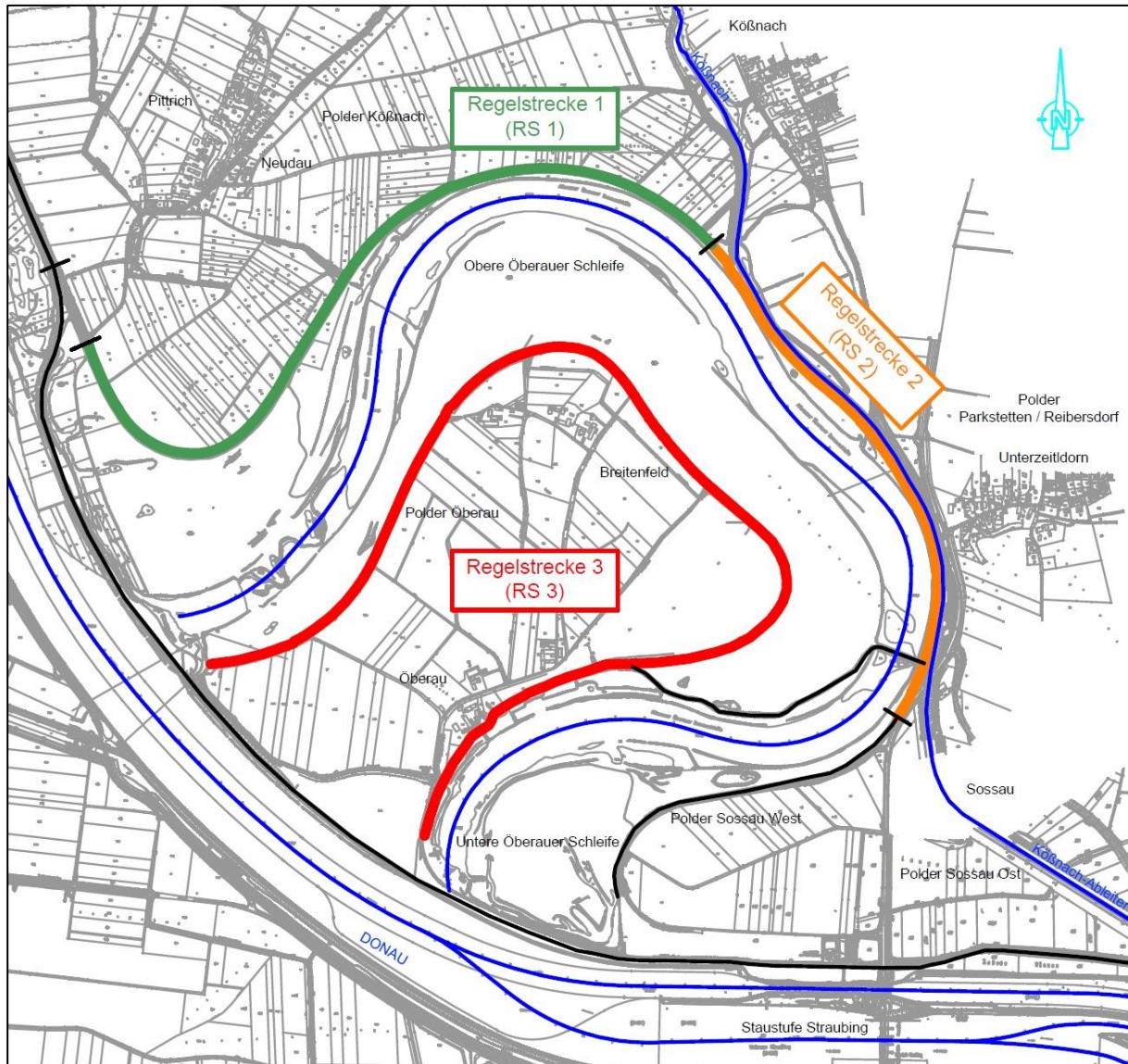


Abbildung 5: Darstellung der untersuchten Deichabschnitte als Regelstrecken

Eine detailliertere Erläuterung der Ergebnisse aus den Baugrundaufschlüssen sowie den dazugehörigen Geotechnischen Berichten können dem Geotechnischen Baugrundgutachten aus dem Jahr 2017 [14] entnommen werden.

4.3.3.1 Ehemaliger linker Donaudeich bis zum Kößnach-Ableiter (RS 1)

Der ehemalige linke Donaudeich wird abschnittsweise bis zum Deich-km 2+800 einseitig durch das Altwasser in der Oberen Öberauer Schleife benetzt. Aus den Baugrunduntersuchungen ergeben sich für die RS 1 aufgrund der Untergrundverhältnisse drei beispielhafte Regelprofile (RP 1, 2 und 3). Die RS 1 beginnt bei der Deichkilometrierung Deich-km 0+000, also an dem Punkt, an dem der ehemalige linke Donaudeich durch die natürliche Geländeerhebung und daran anschließend den neueren Stauhaltungsdamm der Staustufe Straubing als Hochwasserschutzdeich abgelöst wird.

Der im Bereich der RS 1 aufgefüllte Oberboden ist überwiegend 0,1 bis 0,3 m, lokal bis zu 0,5 m mächtig und enthält zudem häufig sandige und kiesige Anteile. Teilweise besteht dieser aus schluffigem Sand.

Die RS 1 weist allgemein eine lückenhafte Deichdichtung auf. Sie wurde jedoch nahezu flächendeckend, wenn auch in unterschiedlicher Ausprägung, in den wasserseitig sowie auch in den auf der Deichkrone abgeteuften Aufschlüssen angetroffen. Dort lag sie überwiegend oberhalb des Stützkörpers, teilweise war sie in Verzahnung mit diesem. Die Mächtigkeit der Oberflächendichtung ist ebenfalls inkonsequent ausgebildet.

Grundsätzlich ist unter den Deichkörpern der RS 1 von einer liegenden 0,9 m bis 4,3 m mächtigen Auelehm-/ Auesandschicht mit darunter liegendem Flusskies bzw. Flusssand auszugehen.

Das Regelprofil 1 repräsentiert den Beginn der Deichkilometrierung, also Deich-km 0+000 bis 0+100. Der bis zu 2,0 m hohe Deichkörper ist an dieser Stelle homogen aufgebaut und besteht aus einem Kies-Sand-Gemisch mit einer sehr dünnen bis gar nicht vorhandenen Oberbodenschicht. Wasserseitig erhöht sich das Gelände in Richtung des Stauhaltungsdamms, dessen nähere Untergrundbeschaffenheit in eine hauptsächliche Körperschicht aus stark bindigen Tonen, Torfen und schluffigen Kiesen übergeht. Die Abbildung 6 zeigt den Beginn des Deichkörpers als Regelprofil 1.

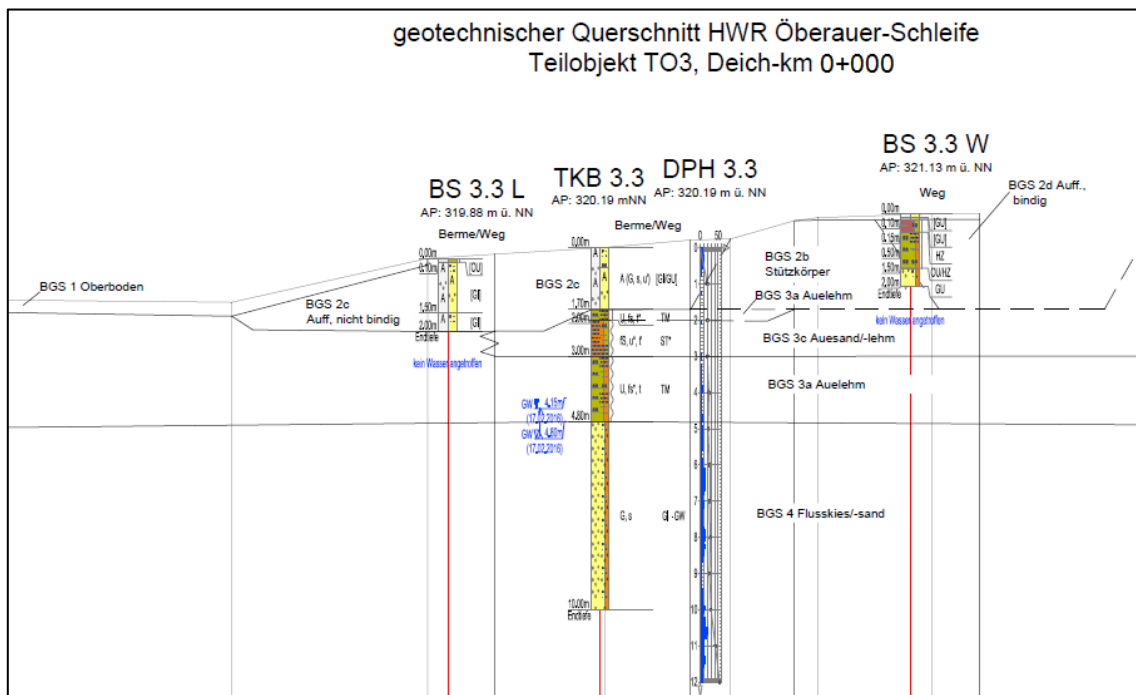


Abbildung 6: Regelstrecke 1 - Regelprofil 1 (ehemaliger linker Donaudeich, Bereich Deich-km 0+000 bis 0+100)

Das Regelprofil 2 ist beispielgebend für den eigentlich einheitlichen Deichaufbau des ehemaligen linken Donaudeiches in den Bereichen von etwa Deich-km 0+100 bis ca. 0+350 und Deich-km 0+900 bis 2+800.

Der zwischen 3,8 m und 4,7 m hohe Deichkörper besitzt wasserseitig eine 1,1 bis 1,3 m starke Oberflächendichtung aus feinsandigem bis tonigen Schluff, der einen 2,6 bis 3,9 m hohen Stützkörper aus sandigem Kies überdeckt. Landseitig befindet sich durchgängig eine bis zu 2,0 m mit sandigem Kies aufgeschüttete Berme samt Deichhinterweg. In der Abbildung 7 wird der eigentlich einheitliche Deichaufbau der RS 1 als Regelprofil 2 dargestellt.

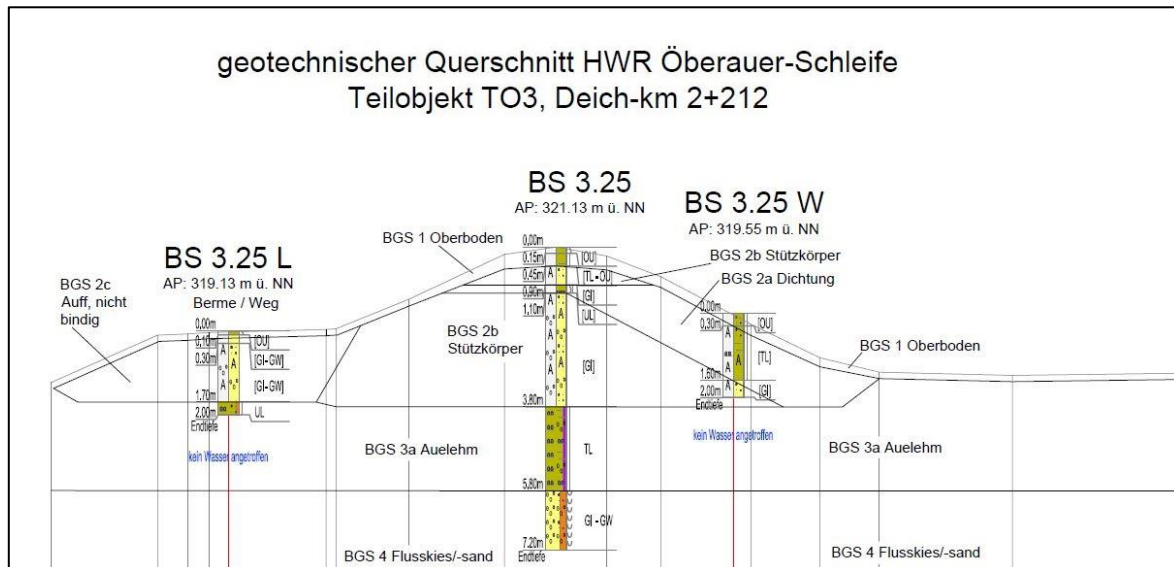


Abbildung 7: Regelstrecke 1 - Regelprofil 2 (ehemaliger linker Donaudeich, Bereiche Deich-km 0+100 bis 0+350 und 0+900 bis 2+800)

Im Regelprofil 3 ist deutlich erkennbar, dass der eigentlich einheitliche Deichaufbau in diesem Bereich der Öberauer Schleife Lücken aufweist. Denn eine durchgehende und einheitliche Oberflächendichtung konnte durch die Baugrunderkundungen nicht immer nachgewiesen werden. Ersichtlich werden diese Lücken in den resultierenden Querschnitten der Untersuchungen der Bereiche von etwa Deich-km 0+350 bis etwa 0+900. Der ca. 4,0 m hohe Deichkörper besitzt zwar ebenfalls einen vergleichbaren Stützkörper aus sandigem Kies, jedoch kann eine überdeckende wasserseitige Deichdichtung streckenweise gar nicht aufgefunden werden. Die Abbildung 8 verdeutlicht diese Lücken anhand des Regelprofils 3.

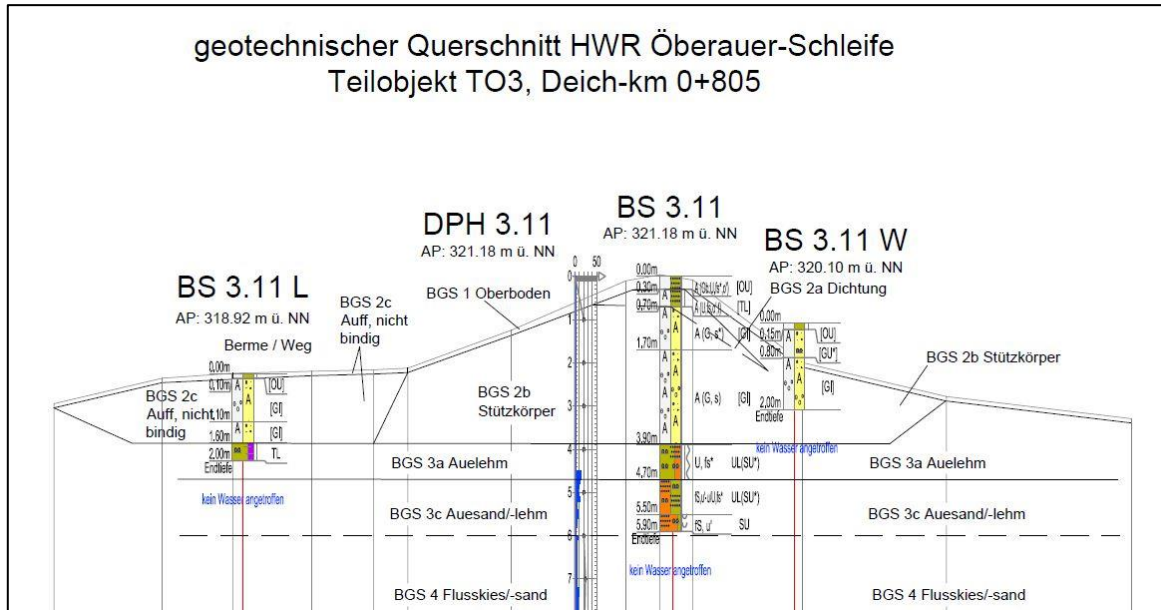


Abbildung 8: Regelstrecke 1 - Regelprofil 3 (ehemaliger linker Donaudeich, Bereich Deich-km 0+350 bis 0+900)

4.3.3.2 Ehemaliger linker Donaudeich entlang des Kößnach-Ableiters (RS 2)

Der ehemalige linke Donaudeich, der von etwa Deich-km 2+800 bis 4+600 gleichzeitig rechter Deich des Kößnach-Ableiters ist, wird entgegen der anderen Deiche an der Öberauer Schleife beidseitig eingestaut.

Mit dem Planfeststellungsbeschluss zur Stauhaltung Straubing, Teilabschnitt V [7] wurde die Ertüchtigung des ehemaligen linken Donaudeiches zwischen dem Beginn des rechten Deiches der Kößnach und dem Regulierungsbauwerk zur Kößnach (Deich-km 2+800 bis 4+500) planfestgestellt, siehe Abbildung 9 und Anlage 5.

Von der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) war geplant den Deichabschnitt, um bis zu 0,5 m zu erhöhen und Richtung der Öberauer Schleife zu verbreitern. Vermutlich sollte der Deichabschnitt komplett neu mit einem bindigen Kern in Deichmitte und beidseitigen Abdeckungen aus sandig, kiesigen Materialien aufgebaut werden. Die Böschungsneigungen sollten beidseitig auf 1:2,5 abgeflacht werden. Bermen oder Deichhinterwege waren nicht geplant.

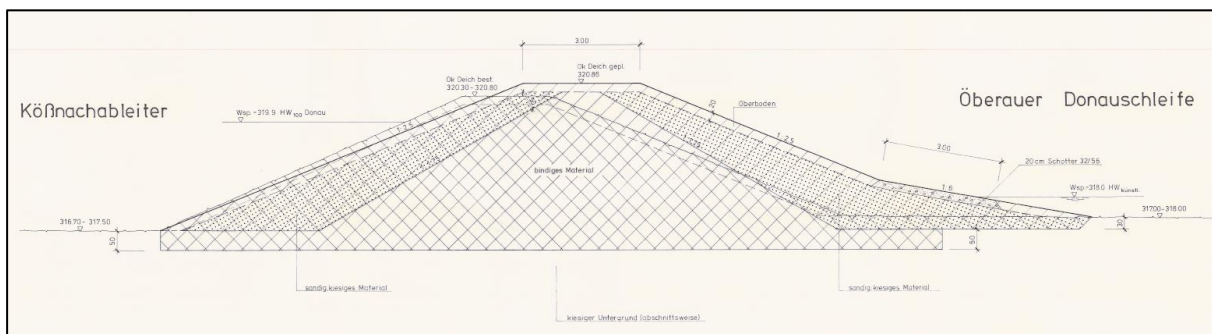


Abbildung 9: Auszug Bestandsplan HW-Deich Kößnach-Ableiter – Öberauer Schleife (Quelle: WSV)

als auch seitens der Öberauer Schleife. In den in der Deichachse abgeteufelten Bohrungen wurde Dichtungsmaterial teilweise oberflächlich, überwiegend jedoch als Lageschicht innerhalb des Stützkörpers aufgeschlossen. Bereichsweise wurden auch auf der Seite des Kößnach-Ableiters bindige Schichten am Deichfuß angetroffen, die den Abschluss der oberflächigen Dichtungsschicht darstellen.

Grundsätzlich ist unter den Deichkörpern der RS 2 von einer liegenden Auelehmschicht mit darunter folgendem Flussskies bzw. Flusssand auszugehen.

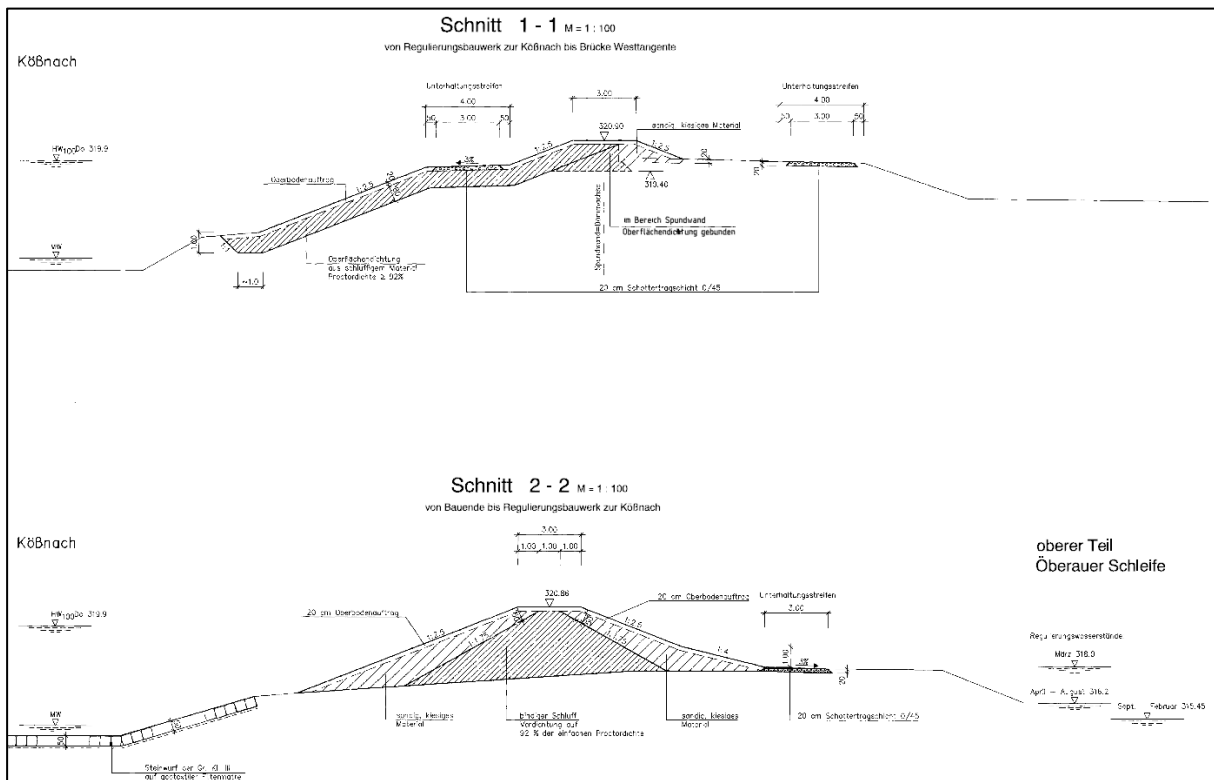


Abbildung 11: Auszug Bestandsplan Regulierungsbauwerk zur Kößnach (Quelle: WSV)

Das Regelprofil 1 repräsentiert den ehemaligen linken Donaudeich im Bereich Deich-km 2+800 bis 4+200. Der 3,6 bis 5,0 m hohe Deichkörper wird seitens des Kößnach-Ableiters bis etwa Deich-km 3+600 von einer 1,5 m bis 2,1 m hohen Berme flankiert, die mit schluffigen Sanden und sandigen Kiesen aufgeschüttet wurde. Auf der Seite der Öberauer Schleife verläuft die 1,7 m bis > 2,0 m hoch aufgeschüttete Berme selben Materials über die gesamte Länge dieses Abschnittes. Sie wurde zur Deichverteidigung bei Einstau seitens des Kößnach-Ableiters angelegt, da dieses Gewässer nach der Abtrennung der Donauschleife als maßgebendes Gewässer betrachtet wurde.

Die auf Linie der Deichachse untersuchten Stützkörper bestehen durchgehend aus schluffigen Sanden und Kiesen oder reinen Kies-Sand-Gemischen. Die Stützkörper beinhalten teilweise eine Dichtungslage als Zwischenschicht. Sie kann eine Mächtigkeit bis zu 1,5 m aufweisen. Ursächlich ist hier vermutlich die Deichsanierung in den 1990er Jahren. Der Beginn einer einseitigen tonigen Oberflächendichtung liegt seitens der Öberauer Schleife etwa bei Deich-km 3+200. Ab etwa Deich-km 3+400 wurde beidseitig eine bindige Dichtungsschicht aus tonigem Material erkundet. Die nachstehenden Abbildung 12 ist beispielgebend für das Regelprofil 1.

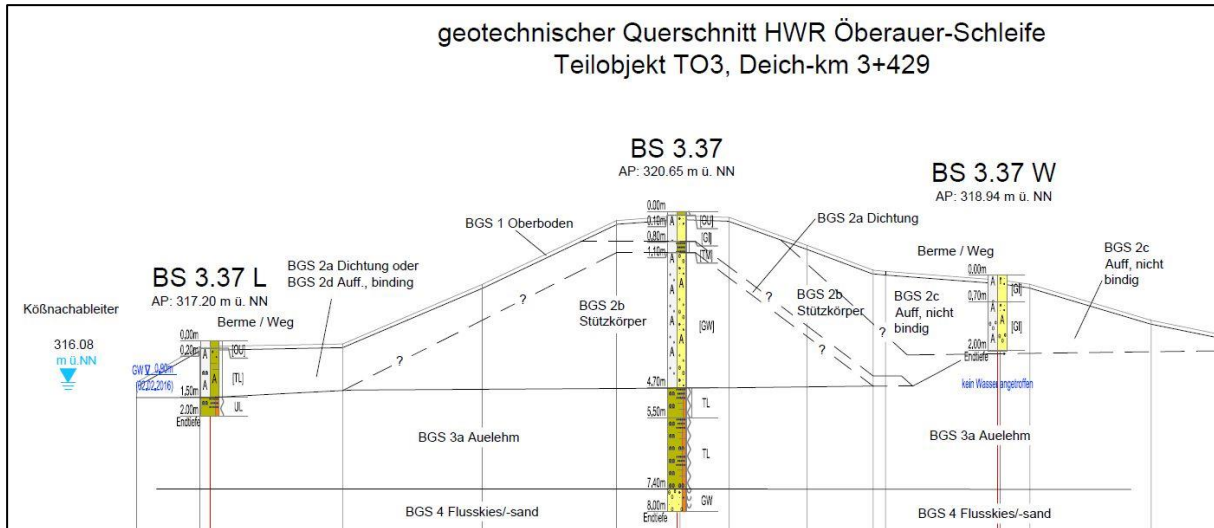


Abbildung 12: Regelstrecke 2 - Regelprofil 1 (ehemaliger linker Donaudeich, Bereich Deich-km 2+800 bis 4+200)

Im Regelprofil 2 wird der Bereich von Deich-km 4+200 bis 4+600 dargestellt. Der 3,7 m bis 4,5 m hohe Deichkörper ist mehrlagig aufgebaut. Die unterste Stützkörperschicht besteht aus einem Kies-Sand-Gemisch mit schluffigen Anteilen. Zwischen der unteren und oberen Stützkörperschicht befindet sich eine bis zu 1,0 m starke Schicht aus schluffigem oder tonigem Dichtungsmaterial. Der obere Stützkörper geht teilweise in eine dichtungsüberlagernde Deckschicht über und besteht ebenfalls hauptsächlich aus einem Kies-Sand-Gemisch.

Besonders zu erwähnen ist hier, dass in diesem Deichabschnitt vermehrt Bauschutt im aufgeschlossenen Deichkörper angetroffen wurde. Die Anteile erhöhen sich im Nahbereich des integrierten Regulierungsbauwerks. Im Bereich um den Deich-km 4+500 fehlt der untere kiesige Stützkörper sogar gänzlich. Auch hier ist die Ursache vermutlich die Deichsanierung in den 1990er Jahren, bei der ein sandig, kiesiger Bodenauftrag auf den bereits bestehenden Deichkörper aufgebracht wurde, der entweder nur eine bindige Abdeckung besaß oder gänzlich aus bindigem Material bestand. Das Regelprofil 2 wird durch die Abbildung 13 schematisch dargestellt.

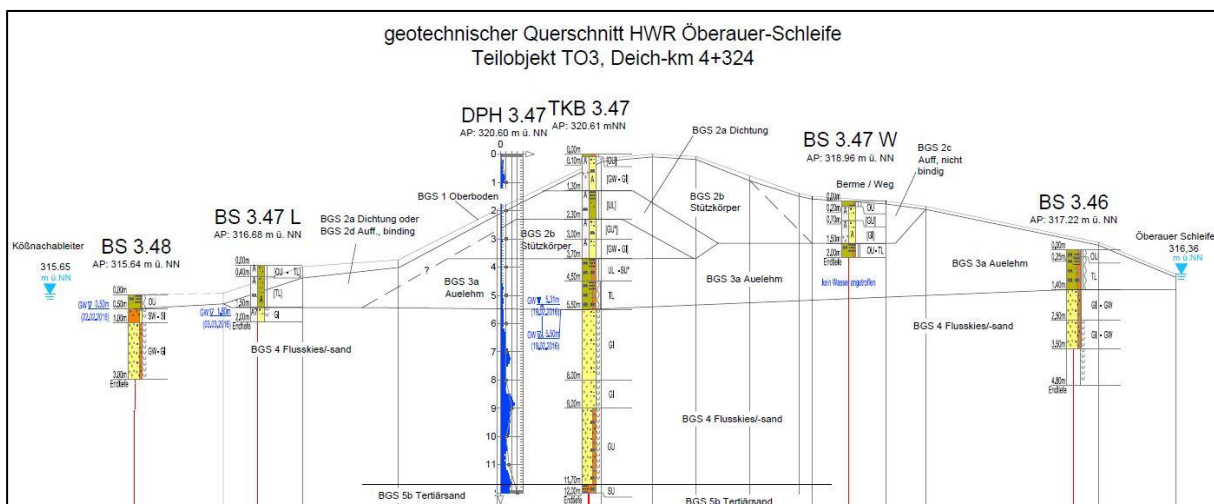


Abbildung 13: Regelstrecke 2 - Regelprofil 2 (ehemaliger linker Donaudeich, Bereich Deich-km 4+200 bis 4+600)

Da kein durchgängiger Kern aus mineralischem Material innerhalb des Deichkörpers als funktionsfähige Innendichtung nachgewiesen werden konnte, kann im Allgemeinen festgehalten werden, dass dieser Deichabschnitt (RS 2) des ehemaligen linken Donaudeiches nicht wie planfestgestellt ertüchtigt wurde.

4.3.3.3 Ehemaliger rechter Donaudeich der Oberauer Schleife (RS 3)

Der ehemalige rechte Donaudeich trennt den Polder Öberau von der Oberen und Unteren Oberauer Schleife auf einer Länge von 4.500 m. Der Altdeich wird wasserseitig lediglich durch die jährlichen Frühjahrsflutungen der Oberauer Schleife benetzt. Aus den Baugrunduntersuchungen ergeben sich für die RS 3 aufgrund der Untergrundverhältnisse zwei beispielhafte Regelprofile. Die RS 3 beginnt bei der Deichkilometrierung 0+000 und endet bei Deich-km 4+500.

Der im Bereich der RS 3 aufgefüllte Oberboden ist bis zu 0,6 m mächtig und enthält zudem häufig sandige und kiesige Anteile. Teilweise besteht dieser zum größeren Teil aus schluffigem Sand oder Kies und vereinzelt wurden Ziegelreste angetroffen.

Die RS 3 weist ebenfalls eine lückenhafte Deichdichtung auf. Sie wurde in unterschiedlicher Ausprägung überwiegend in den wasserseitig sowie auch in den auf der Deichkrone abgeteuften Aufschlüssen angetroffen. Sie überdeckt den Stützkörper oft sogar bis über den Bereich der Krone, teilweise ist sie in Verzahnung mit dem Stützkörper. Die Mächtigkeit der Oberflächendichtung ist auch hier, wenn vorhanden, inkonsequent.

Grundsätzlich ist unter den Deichkörpern der RS 3 von einer liegenden 1,0 bis 3,0 m, im Bereich der Ortslage Öberau bis zu 4,8 m, mächtigen Auelehm-/ Auesandschicht mit darunter folgendem Flusskies bzw. Flusssand auszugehen.

Die ersten 500 m des ehemaligen rechten Donaudeiches weichen von den beiden repräsentativen Regelprofilen (1 und 2) der RS 3 insofern ab, dass der ca. 4,0 bis 6,0 m hohe Deichkörper zu Beginn hauptsächlich aus bindigem Material aufgebaut ist, der landseitig mit sandigem Kies angeschüttet wurde, um ihn nachträglich zu erhöhen. Zusätzlich bekam der Deich im Nachgang eine wasserseitige ca. 1,5 m starke Oberflächendichtung aus Ton.

In seinem Verlauf ist er dann zu einem immer größer werdenden Teil, ab etwa Deich-km 0+400 ausschließlich aus schwach bindigem Kies aufgebaut, der dann nur noch lagenweise mit bindigen Material durchzogen ist. Eine Oberflächendichtung konnte dann nicht mehr nachgewiesen werden. Innerhalb dieser ersten 500 m des Deiches ändert sich der Aufbau des Deichkörpers so deutlich, dass dieser inhomogene Abschnitt nur schwer durch ein einheitliches Regelprofil dargestellt werden kann.

Das Regelprofil 1 repräsentiert den ehemaligen rechten Donaudeich in den Bereichen von Deich-km 0+500 bis etwa 3+800 und Deich-km 4+200 bis 4+500. Der Deichkörper hat eine Höhe von 3,5 bis 4,0 m und besitzt landseitig wie wasserseitig keine aufgeschütteten Bermen. Die auf Linie der Deichachsen untersuchten Stützkörper bestehen durchgehend aus Kies-Sand-Gemischen. Wasserseitig weisen die Deiche eine 1,0 bis 1,5 m starke Oberflächendichtung aus tonigem Material auf. Landseitig waren bindige Dichtungsschichten nur streckenweise und in schwächerer Ausprägung anzutreffen. Die Abbildung 14 ist beispielgebend für das Regelprofil 1 des ehemaligen rechten Donaudeiches.

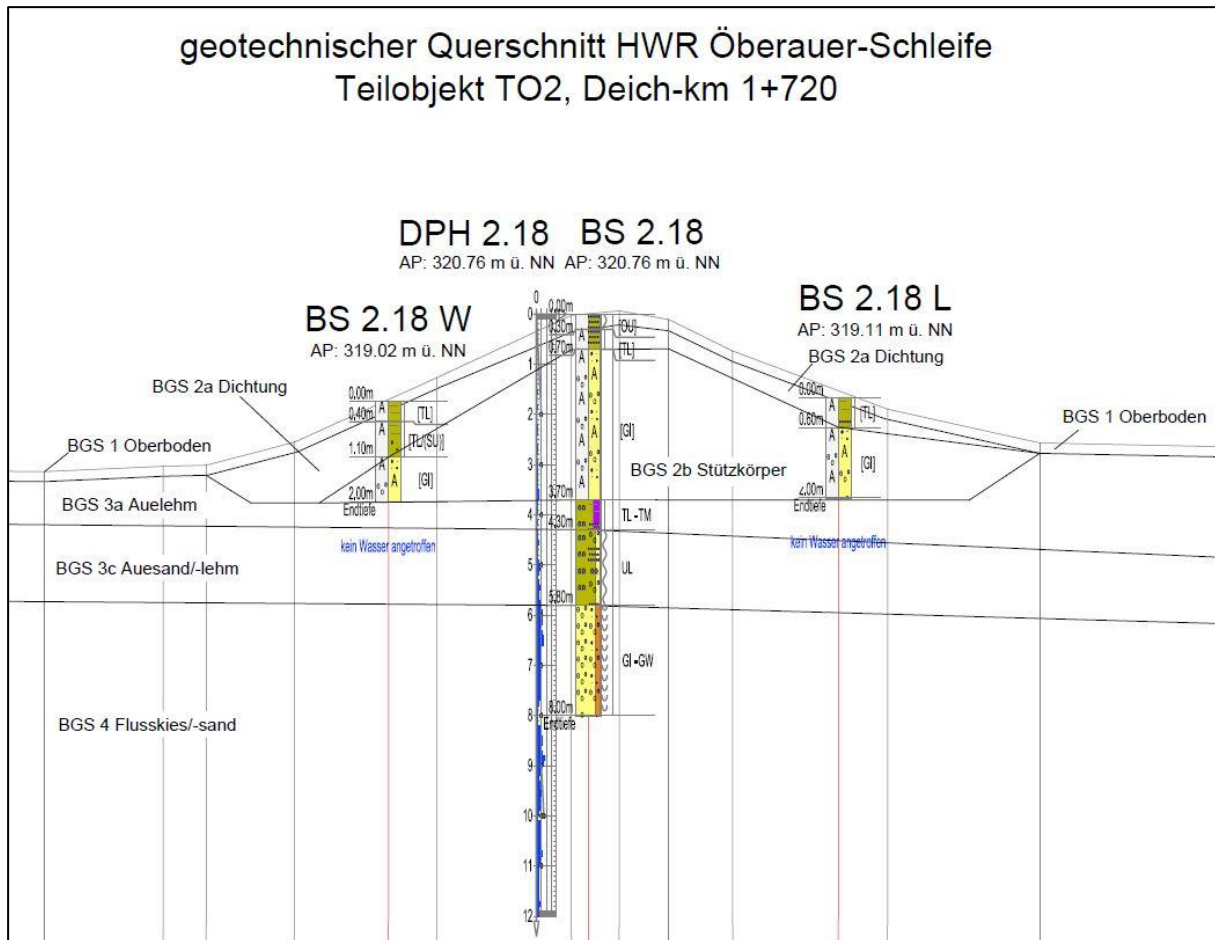


Abbildung 14: Regelstrecke 3 - Regelprofil 1 (ehemaliger rechter Donaudeich, Bereiche Deich-km 0+500 bis 3+800 und 4+200 bis 4+500)

Im Regelprofil 2 wird der Bereich von etwa Deich-km 3+800 bis etwa Deich-km 4+200 dargestellt. Dieser Bereich befindet sich im direkten Kontakt mit der Ortslage Öberau und gleichzeitig am Randbereich einer Geländeerhöhung, auf der sich auch die denkmalgeschützte Kirche „Unserer Lieben Frau“ befindet. An dieser Stelle ist der ca. 3,6 m hohe Deichkörper nahezu homogen aufgebaut.

Das bindige Stützkörpermaterial fußt auf einer relativ dünnen Schicht aus schluffigen Sanden und besteht ausschließlich aus Ton. Der Deichabschnitt wird weder von Bermen noch von Wegen flankiert. Das Regelprofil 2 wird durch die Abbildung 15 schematisch dargestellt.

- 3-Zonen-Deich in den überwiegenden Deichstrecken (RS 1, 2 und 3), bestehend aus dem kiesigen, teils mit Straßenaushub versetzten Stützkörper, der landseitig angeordneten Auflastberme mit stark durchlässigem Dränkörper und einer geneigten, bindigen Oberflächendichtung.

Bei den vorhandenen Oberflächendichtungen aus bindigem Material ist davon auszugehen, dass diese durch mechanische und atmosphärische Einwirkungen (Wühltiere, Gehölze und Frost) entsprechend geschädigt sind. Dichtungsabdeckungen von mind. 1,0 m Dicke zur Vermeidung dieser Einwirkungen, wie es die DIN 19712 [1] empfiehlt, sind nicht vorhanden.

Durch die zahlreichen Gehölzpflanzungen nach dem Bau der Stauhaltung Straubing und dem Funktionsverlust als Hochwasserschutzanlagen (keine Instandhaltung) ist zu erwarten, dass die Oberflächendichtungen nicht mehr ausreichende Dichtungseigenschaften aufweisen. Bestätigt wird dies durch das Baugrundgutachten und andere Instandsetzungsmaßnahmen der WSV und des WWA, bei denen teils erhebliche Defizite an den bestehenden Dichtungsschichten festgestellt wurden.

Aus den Ortsbegehungen wurden weiterhin Deichabschnitte identifiziert, bei denen die Grasnarbe sehr schwach ausgeprägt bzw. stark ausgedünnt ist (ehemaliger linker Donaudeich von Deich-km 2+800 bis 4+400). Vereinzelt sind Bäume aus dem Deichquerschnitt entfernt worden. Die nicht verfüllten Wurzelkrater stellen potenzielle Schwachstellen dar.



Abbildung 16: Gehölzbestand auf dem linken Donaudeich bei Deich-km 1+100



Abbildung 17: Beispiel Wurzelkrater auf dem linken Donaudeich bei Deich-km 5+300

4.3.5 Deichverteidigungswege und Deichschutzstreifen

Die ehemaligen Donaudeiche sind über öffentliche Wege und Straßen erreichbar. Es existieren nahezu durchgängig Deichhinterwege, die im Hochwasserfall als Deichverteidigungswege (DVW) gemäß DIN 19712 [1] genutzt werden können.

Reguläre Deichschutzstreifen gemäß DIN 19712 [1] existieren hingegen nicht bzw. sind nicht als solche ausgewiesen. Zum Teil befinden sich Bäume, Stubben und bauliche Anlagen in den Deichschutzstreifen. Entlang der wasserseitigen Deichfüße verlaufen größtenteils Wiesenwege innerhalb der potenziellen Deichschutzstreifen.

4.3.6 Zusammenfassung

Die im Vorhabengebiet befindlichen ehemaligen Donaudeiche an der Oberauer Schleife wurden auf ihre geometrischen Eigenschaften hin untersucht. Aus dieser geometrischen Analyse können folgende zusammenfassende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- die bestehenden Deichkronen besitzen eine zu geringe Breite ($< 3,0$ m)
- die Böschungsneigungen sind an vielen Deichverläufen zu steil (zu großen Teilen $< 1:2,5$), was zu Standsicherheitsproblemen im Einstaufall führen kann
- die Deichhöhen sind zu gering, um bei einem Stauziel in der Oberauer Schleife von 320,20 m ü. NN den Freibord gemäß Freibordbemessung [15] gewährleisten zu können

In Bezug auf den Deichaufbau und Deichzustand musste festgestellt werden, dass weitgehend keine Bestandsunterlagen vorliegen. Daher wurden im Frühjahr 2016 Untersuchungen zum Untergrund der Bestandsdeiche durchgeführt.

Als gesichert gilt, dass alle drei Bauweisen (Homogener Deich, 2-Zonen-Deich und 3-Zonen-Deich) an den ehemaligen Donaudeichen entlang der Oberauer Schleife angewandt wurden.

Aus der Analyse zum Deichaufbau und -zustand sowie der Baugrunduntersuchung können folgende zusammenfassende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- die Regelstrecke 1 ist geprägt durch 2,0 bis 4,7 m hohe Deiche mit landseitig bis zu 2,0 m hoch aufgeschütteten Bermen, die als stark durchlässige Dränkörper fungieren. Sie weist eine lückenhafte, wasserseitig geneigte und bis zu 1,3 m starke Oberflächendichtung aus bindigem Material auf, die unterschiedlich ausgeprägt ist. Die Oberbodenschicht ist bis zu 0,5 m mächtig und ebenfalls unterschiedlich ausgeprägt. Der Stützkörper besteht hauptsächlich aus sandigem Kies.
- die Regelstrecke 2 weist einen 3,6 bis 5,0 m hohen Deichkörper auf, der hauptsächlich seitens der Oberauer Schleife von bis zu 2,1 m hohen, stark durchlässigen, Berme begleitet wird. Der Deichkörper ist uneinheitlich aus Lehm und Kies, teilweise aus mehreren unterschiedlichen Schichtlagen, aufgebaut. Sowohl die Oberflächendichtungen als auch die Stützkörper sind inhomogen und unterschiedlich ausgeprägt, streckenweise durchsetzt von Bauschutt und Straßenaushub. Die Oberbodenschicht ist bis zu 0,5 m mächtig und ebenfalls unterschiedlich ausgeprägt.
- Die Regelstrecke 3 besteht aus 3,5 bis 6,0 m hohen Deichen ohne durchgehend aufgeschüttete Bermen. Die lückenhafte, wasserseitig geneigte und bis zu 1,5 m starke Oberflächendichtung aus bindigem Material ist, wie auch in den anderen beiden Regelstrecken, unterschiedlich ausgeprägt. Der Stützkörper besteht entweder aus bindigem Material oder aus Kies-Sand-Gemischen. Die Oberbodenschicht ist bis zu 0,6 m mächtig und ist streckenweise unterschiedlich stark mit Sanden, Kiesen und Ziegelresten durchzogen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die ehemaligen Donaudeiche an der Oberauer Schleife im Allgemeinen einen eher inhomogenen Zustand aufweisen und auch aufgrund einiger anderer Kriterien nicht mehr den heutigen Anforderungen gemäß DIN 19712 [1] und DWA-M 507-1 [2] entsprechen.

Die Standsicherheit der bestehenden Deichanlagen im Hochwasserfall ist aufgrund der zu steilen Böschungsneigungen, den zu geringen Höhen und den zahlreichen Gehölzen im Deichquerschnitt als

mangelhaft einzuschätzen. Die nahezu durchgehenden Deichhinterwege erhöhen zwar die Standsicherheit, können aber nicht die Aufweichung und das Durchsickern der Stützkörper und der teilweise geschädigten Dichtungsschichten verhindern. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Sickerlinie im Einstaufall an der landseitigen Böschung austritt und dies zur Gefährdung der Standsicherheit der Deiche führt.

Reguläre Deichschutzstreifen gemäß DIN 19712 [1] existieren an den ehemaligen Donaudeichen an der Oberauer Schleife nicht bzw. sind nicht als solche ausgewiesen.

5. Erläuterung der Vorgehensweise zur Variantenuntersuchung

Wie in den vorangegangenen Kapiteln dargestellt, liegen nur wenige Bestandsunterlagen zu den ehemaligen Donaudeichen an der Oberauer Schleife vor. Daher sind vertiefende Untersuchungen zu möglichen Varianten durchzuführen, mit dem Ziel eine Vorzugsvariante zu bestimmen. Dabei sind die örtlichen Gegebenheiten und derzeitigen Nutzungen der ehemaligen Donaudeiche zu berücksichtigen. Folgende Randbedingungen sind zu beachten:

- vorhandene Deichtrassen
- vorhandene Deichhinterwege
- Baumbestand
- vorhandene Nutzung der Deiche als Ausgleichsmaßnahmen
- Schutzgebiete und Biotope
- angrenzende Flächennutzung

Zur Abarbeitung der Variantenuntersuchung für die geplanten Polderdeiche wurde in Kapitel 6 eine Einteilung der bestehenden Trassen und in den anschließenden Kapiteln eine mehrstufige Betrachtung vorgenommen. Grundsätzlich sind folgende Eigenschaften von Deichen mit den oben genannten Randbedingungen in Einklang zu bringen:

- Lage,
- Deichgeometrie und
- Deichaufbau.

Im ersten Bearbeitungsschritt erfolgt in Kapitel 7 eine Untersuchung zur Lage der Polderdeiche, die eine Verbreiterung in Richtung Land- und Wasserseite beinhaltet. In dieser Untersuchung ist zu ermitteln, welche Betroffenheit durch eine etwaige Deichverbreiterung entsteht und mit welcher Variante diese Betroffenheit auf ein geringes Maß reduziert werden kann. Zur Untersuchung der Deichverbreiterung wird zunächst nur die Deichgeometrie verwendet, welche in der DIN 19712 mit (Böschungsneigungen von 1:3 und einer Deichkrone von 3 m) empfohlen wird.

Im zweiten Bearbeitungsschritt in Kapitel 8 werden die grundsätzlichen Varianten untersucht, die hinsichtlich der Deichgeometrie möglich erscheinen. In diesem Kapitel werden sowohl Varianten der Deichgeometrie gemäß DIN 19712 als auch abweichend davon untersucht.

Im dritten und letzten Bearbeitungsschritt erfolgt in Kapitel 9 die Gegenüberstellung verschiedener Varianten zum Deichaufbau. Hier werden verschiedene Dichtungsvarianten sowie ihre Bauverfahren untersucht.

Das Ergebnis jedes Bearbeitungsschrittes ist eine Vorzugsvariante, die in dem nachfolgendem Bearbeitungsschritt mitgeführt und betrachtet wird. D. h. dass die Ergebnisse aus der Lagediskussion in die Untersuchung der Deichgeometrie mit einfließen, sowie die Ergebnisse aus der Deichgeometrie im dritten Schritt mit dem dazugehörigen möglichen Deichaufbauten kombiniert werden.

6. Einteilung der Deichtrassen für die Variantenuntersuchung

Für die nachfolgenden Variantenuntersuchungen werden die bestehenden Deichtrassen der ehemaligen Donaudeiche an der Oberauer Schleife sowie die Neubaudeiche, in Anlehnung an ihre Funktion und der Freibordberechnung in verschiedene Deichabschnitte eingeteilt.

Eine differenzierte Betrachtung ergibt sich aus den funktionalen Einstauverhältnissen an den geplanten Polderdeichen, der Anordnung der Deichverteidigungswege (DVW), der zusätzlichen Nutzung der Deichbauwerke als Verkehrsanlage sowie aus den unterschiedlichen Mindestfreiborden gemäß Freibordberechnung [7].

Demnach ergeben sich für den ehemaligen linken Donaudeich in Abhängigkeit von der wasserseitigen Böschungsneigung folgende Mindestfreiborde (siehe Tabelle 5):

Tabelle 5: Mindestfreibord in Abhängigkeit der wasserseitigen Böschungsneigung für den ehemaligen linken Donaudeich

Wasserseitige Böschungsneigung	Mindestfreibord [m]
1:2,2 (Bestand 1:2 ... 1:2,5)	1,40
1:2,5	1,25
1:3,0	1,05

Zusätzlich wurde der ehemalige linke Donaudeich in zwei Abschnitte aufgeteilt. Der Deichabschnitt am Kößnach-Ableiter von Deich-km 2+800 bis 4+600 muss, aufgrund des beidseitigen Einstaus, von Seiten der Oberauer Schleife sowie des Kößnach-Ableiters/Donau gesondert betrachtet werden. Für den Lastfall des beidseitigen Einstaus muss der Deichverteidigungsweg in diesem Abschnitt nicht wie empfohlen auf einer landseitigen Berme, sondern auf der Deichkrone angeordnet werden.

Der anschließende Deichabschnitt des ehemaligen linken Donaudeiches von Deich-km 4+600 bis 6+000 (zwischen Unterer Oberauer Schleife und Polder Sossau West) wird in der Variantenuntersuchung zunächst nicht betrachtet. Dieser Deichabschnitt soll nicht zu einem Polderdeich ausgebaut werden bzw. es kann auf einen Deichausbau verzichtet werden.

Ebenfalls nicht Bestandteil der Variantenuntersuchung ist der ehemalige rechte Donaudeich mit Ausnahme eines kurzen Abschnittes an der Ortslage Oberau, da der Polder Oberau zukünftig als Rück-

halteraum aktiviert werden soll und demnach die Funktion als Deichanlage nicht wiederhergestellt wird. Dafür sind Schlitzungen im ehemaligen rechten Donaudeich vorgesehen.

Im Gegensatz dazu wird zum Schutz der Anwohner im Polder Öberau der Neubau von Ringdeichen um die Bepflanzungen von Öberau und Breitenfeld erforderlich. Die Zugänglichkeit zu den Ringdeichen soll durch eine erhöhte Verbindungsstraße hergestellt werden, die an den Deichkronen der Ringdeiche anschließt. Für die beiden Ringdeiche Öberau und Breitenfeld wird nach Freibordberechnung [7] ein einheitlicher Freibord von $f = 1,05$ m für wasserseitige Böschungsneigungen von 1:2,5 sowie für eine wasserseitige Böschung von 1:3 gewählt und empfohlen. Der einheitliche Freibord von $f = 1,05$ m ist aufgrund der geringen Streichlängen neigungsunabhängig. Böschungsneigungen von 1:2,2 könnten lediglich im südöstlichen Teilstück des Ringdeiches in Öberau auf der Trasse des ehemaligen Donaudeiches hergestellt werden. Ein höherer Freibord ist allerdings an diesem Abschnitt nicht notwendig, da die maßgebende Windrichtung aus SSW bis NNW kommt.

Als südöstliche Umfassung der geplanten Hochwasserrückhaltung ist ein Neubaudeich vorgesehen, dessen Verlauf auf der Trasse der Kreisstraße SRs 48 der Stadt Straubing, der sog. „Westtangente“, geplant ist. Auf dem neuen Polderdeich wird künftig die angehobene Westtangente verlaufen, der dadurch mit einer Breite von mind. ca. 11,0 m ausgeführt werden muss. Er schließt an den ehemaligen linken Donaudeich bei Deich-km 4+600 an und wird dann mit dem erhöhten Gelände der Staustufe Straubing verbunden. Aus Gründen einer zusätzlichen Anlagensicherheit wird für diesen Neubaudeich ein geringerer Freibord von $f = 0,85$ m favorisiert, der damit die Funktion einer Überlaufstrecke übernimmt. Dadurch ergibt sich eine Kronenhöhe von 321,05 m ü. NN. Aufgrund des niedrigeren Freibordes muss die wasserseitige Deichböschung (im Polder Sossau West) mit einer Neigung von 1:3 hergestellt werden, um den Wellenauflauf zu begrenzen. Die Ausführung der Neigung der landseitigen Deichböschung (Polder Sossau Ost) kann flexibel gestaltet werden. Ab einem Hochwasser der Donau $> HQ 30$ wird der Neubaudeich beidseitig sukzessive eingestaut.

Zusätzlich zur Betrachtung kommt ein Neubaudeich bzw. eine Hochwasserschutzwand (HWS-Wand) für den Objektschutz am Betriebsgelände des Außenbezirks Straubing der WSV, der ebenfalls in der Untersuchung mit betrachtet wird. Für den Objektschutz ist nach Freibordberechnung [7] ein Freibord von $f = 0,85$ m für wasserseitige Böschungsneigungen von 1:2,5 sowie ein Freibord von $f = 0,75$ m für wasserseitige Böschungsneigungen von 1:3 erforderlich. Für eine zusätzliche Anlagensicherheit (Entlastungsstrecke) war als Randbedingung aus dem Sicherheitskonzept festgelegt worden, den Freibord an der Westtangente herunterzusetzen. Aus diesem Grund wird empfohlen, den Freibord am Objektschutz des Außenbezirks Straubing der WSV zu erhöhen und mit $f = 1,05$ m genauso festzulegen, wie den Freibord an den beiden Ringdeichen der Ortslagen Öberau und Breitenfeld, siehe Tabelle 6.

Tabelle 6: Mindestfreibord in Abhängigkeit der wasserseitigen Böschungsneigung für die Ringdeiche Öberau und Breitenfeld sowie den Objektschutz der Außenstelle Straubing des WSV

Wasserseitige Böschungsneigung	Mindestfreibord [m]
1:2,5	1,05
1:3,0	1,05

Die Einteilung der Deichtrassen ist in der nachfolgenden Abbildung 18 dargestellt und gliedert sich wie folgt:

- Deichabschnitt 1 (DA 1): Ausbau ehemaliger linker Donaudeich bis zum Kößnach-Ableiter; Deich-km 0+000 bis 2+800; Freibord je nach Böschungsneigung 1,05 ... 1,40 m; DVW auf landseitiger Berme
- Deichabschnitt 2 (DA 2): Ausbau ehemaliger linker Donaudeich vom Kößnach-Ableiter bis zur Westtangente; Deich-km 2+800 bis 4+600; Freibord je nach Böschungsneigung 1,05 ... 1,25 m; beidseitiger Einstau; DVW auf der Krone
- Deichabschnitt 3 (DA 3): Neubau Ringdeiche Öberau und Breitenfeld; Freibord unabhängig von der Böschungsneigung 1,05 m; DVW auf der Krone
- Deichabschnitt 4 (DA 4): Objektschutz Außenbezirk Straubing der WSV; Freibord unabhängig von der Böschungsneigung 1,05 m; DVW auf landseitiger Berme
- Deichabschnitt 5 (DA 5): Neubau Polderdeich zwischen Polder Sossau West und Polder Sossau Ost mit Westtangente auf der Deichkrone; Überlaufstrecke der HWR; Freibord mit $f = 0,85$ m, Polderdeich dadurch 0,2 m niedriger als der niedrigste Deich bzw. die niedrigste Verkehrsanlage; wasserseitige Böschungsneigung 1:3

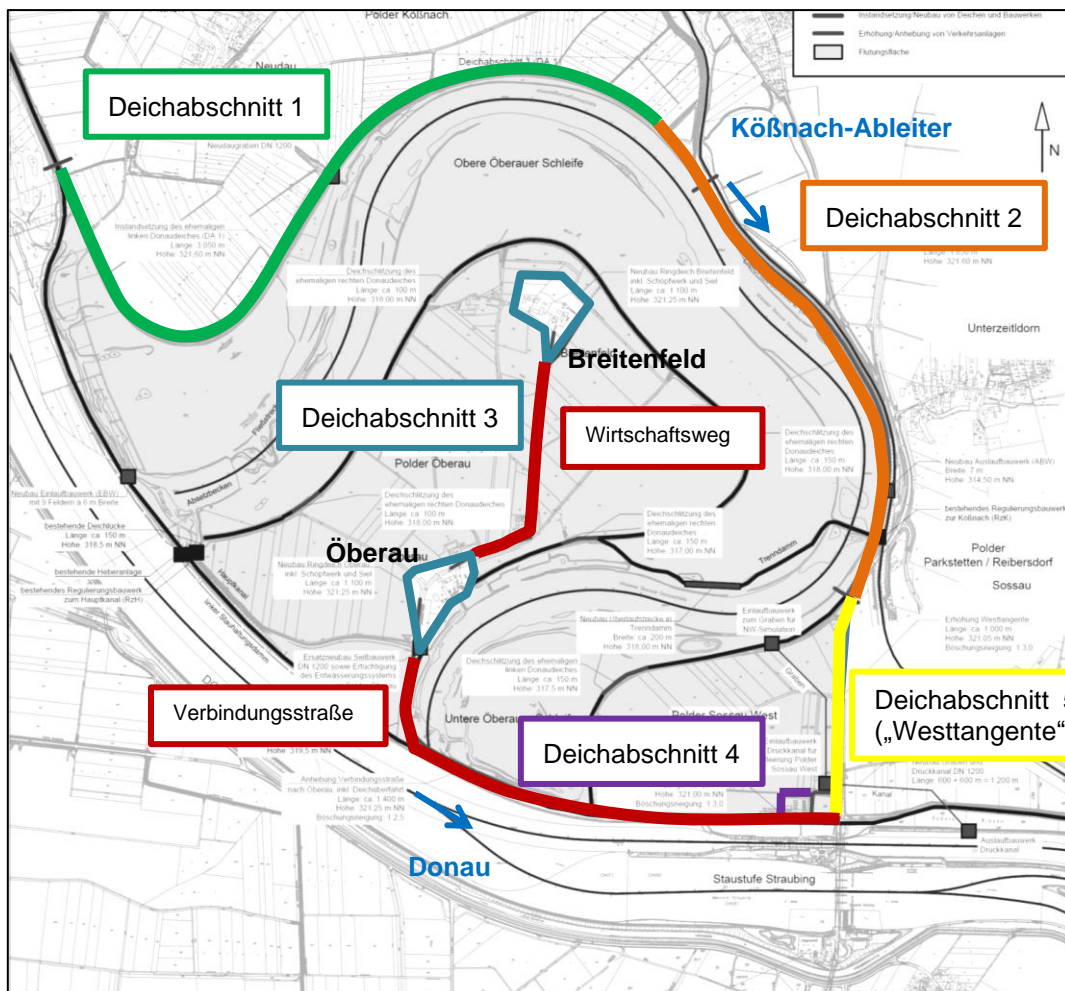


Abbildung 18: Einteilung der Deichabschnitte für die Variantenuntersuchung

7. Variantenuntersuchung zur Lage der Polder- und Flutpolderdeiche

7.1 Vorbemerkungen

Die Neubaudeiche für die Ringbedeckungen im Polder Öberau, hier speziell für die Anwohner in Öberau und Breitenfeld, sowie des Außenbezirks Straubing der WSV (Deichabschnitt 3 und 4) dienen dem Objektschutz. Dabei ist die Trasse der Neubaudeiche in Abhängigkeit des jeweiligen Objektes auf ein Minimum zu beschränken, um zum einen den Retentionsraum im Polderraum möglichst groß zu halten und zum anderen die bauliche Anlage der Deichanlage zu minimieren. Dadurch ist die Lage und Linienführung weitestgehend vordefiniert.

Die Lage und Linienführung des Neubaudeiches, auf dem die SRs 48 bzw. die Westtangente verlaufen wird, sind bereits vordefiniert, weil dieser Neubaudeich auf der Trasse der gegenwärtigen Westtangente verlaufen wird. Änderungen an der Deichlinienführung und Deichtrassierung sind nur in sehr begrenztem Umfang möglich.

Die bestehenden ehemaligen linken Donaudeiche an der Öberauer Schleife (Deichabschnitt 1 und 2) sollen als Polderdeiche ausgebaut werden. Die Lage und Linienführung der Polderdeiche sind damit ebenfalls festgelegt und Änderungen nur in einem sehr begrenzten Umfang möglich.

Zudem werden die Auswahl von Alternativen durch die Schutzgebietssituation (Natura 2000, Naturschutzgebiet) sowie die zahlreichen hochwertigen und geschützten Biotopbestände erheblich eingeschränkt.

Dennoch bestehen unter Umständen lokal Möglichkeiten von der vorhandenen Deichlinie und Trassierung abzuweichen. So müssen ggf. im begrenzten Maß die vorhandenen Deichachsen verschoben werden, z. B. um die Einhaltung eines 5,0 m breiten Deichschutzstreifens land- wie wasserseitig umzusetzen oder ausgedehnte wertvolle Baumbestände an den vorhandenen Deichen zu erhalten.

Da die bestehenden Deichtrassen in großen Teilen innerhalb von Natura 2000-Gebieten (FFH und SPA) verlaufen bzw. direkt an diese angrenzen, sind grundsätzlich Varianten zu bevorzugen, die eine Reduzierung der in Anspruch zu nehmenden Flächen und damit eine Minimierung der Eingriffe in diese Schutzgebiete erlauben und die Genehmigungsfähigkeit verbessern.

Daher soll in einem ersten Teil der Variantenuntersuchung untersucht werden, welche grundsätzlichen Vor- und Nachteile eine Deichverbreiterung in Richtung Land- oder Wasserseite für den Ausbau der bestehenden Deiche beinhalten.

7.2 Varianten zur Deichverbreiterung

Die fortführende Betrachtung zur Deichverbreiterung bezieht sich auf die kompletten Deichabschnitte 1 und 2, in denen eine Trassenführung bzw. Deichachse durch den Ausbau der ehemaligen linken Donaudeiche zu Polderdeichen vorgegeben ist. Ebenfalls lässt sich die Betrachtung in einem Teilstück im Deichabschnitt 3 in der Ortslage Öberau anwenden, in dem teilweise die Trasse des ehemaligen rechten Donaudeiches Bestandteil des neuen Ringdeichs werden soll.

Zur Verbreiterung der bestehenden ehemaligen linken Donaudeiche an der Öberauer Schleife bestehen grundsätzlich folgende Varianten:

Variante WS: Deichverbreiterung in Richtung Wasserseite (Öberauer Schleife) ausgehend vom landseitigen Deichfuß

- Variante LS: Deichverbreiterung in Richtung Landseite (Hinterland, Kößnach-Ableiter) ausgehend vom wasserseitigen Deichfuß
- Variante AC: Deichverbreiterung in Richtung Wasserseite (Oberauer Schleife) und in Richtung Landseite (Hinterland, Kößnach-Ableiter) ausgehend von der Deichachse
- Variante WEG: Deichverbreiterung in Richtung Wasserseite (Oberauer Schleife) und in Richtung Landseite (Hinterland, Kößnach-Ableiter) ausgehend von der Achse des Deichhinterweges

Die vier grundsätzlichen Varianten zur Deichverbreiterung sind in der nachfolgenden Abbildung 19 und in Anlage 9 dargestellt.

Für die Darstellungen der Varianten WS, LS, AC und WEG wurden die Vorgaben der DIN 19712 zur Deichkubatur mit Böschungsneigungen von 1:3, einer Kronenbreite von 3,0 m und einer Bermbreite von 4,0 m sowie einer Bermhöhe von 0,8 m verwendet.

Bei Variante WS wird der landseitige Deichfuß beibehalten und die Deichverbreiterung erfolgt in Richtung Wasserseite (Oberauer Schleife). Damit werden erhebliche Flächen in der Oberauer Schleife in Anspruch genommen und das Poldervolumen verringert. Dafür kann im Hinterland bzw. am Kößnach-Ableiter auf eine Flächeninanspruchnahme verzichtet werden. Die Variante WS führt zu einer erheblichen Betroffenheit der Schutzgebiete und Biotope entlang der Bestandsdeiche in der Oberauer Schleife.

Bei Variante LS erfolgt die Deichverbreiterung in Richtung Landseite (Hinterland, Kößnach-Ableiter). Der vorhandene wasserseitige Deichfuß (Oberauer Schleife) wird beibehalten. Eine Flächeninanspruchnahme in der Oberauer Schleife kann vermieden werden, das Poldervolumen wird nicht verringert. Im Hinterland bzw. am Kößnach-Ableiter werden jedoch erhebliche Flächen in Anspruch genommen. Durch die Verbreiterung in Richtung Landseite kann die Betroffenheit von Schutzgebieten und Biotopen gegenüber Variante WS deutlich verringert werden.

Mit Variante AC kann die vorhandene Deichachse beibehalten werden. Die Deichverbreiterung erfolgt sowohl in Richtung Wasserseite (Oberauer Schleife) als auch in Richtung Landseite (Hinterland, Kößnach-Ableiter). Diese Variante führt zu einer geringen Flächeninanspruchnahme in der Oberauer Schleife sowie einer großen Flächeninanspruchnahme im Hinterland bzw. am Kößnach-Ableiter. Die Betroffenheit der Schutzgebiete und Biotope in der Oberauer Schleife kann minimiert werden, ist aber deutlich höher als bei Variante LS. Das Poldervolumen wird mit Variante AC ebenfalls, wenn auch nur geringfügig, verringert.

Bei Variante WEG kann die landseitige Berme mit dem Deichhinterweg beibehalten und die Flächeninanspruchnahme im Hinterland bzw. am Kößnach-Ableiter kann auf ein geringes Maß begrenzt werden. Die Flächeninanspruchnahme auf der Wasserseite (Oberauer Schleife) ist deutlich größer, aber kleiner als bei Variante WS. Dies führt zu einer großen Betroffenheit der Schutzgebiete und Biotope in der Oberauer Schleife. Zudem wird das Poldervolumen in größerem Maße verringert.

Zur Darstellung der Auswirkungen hinsichtlich der Verbreiterung der bestehenden Deichanlagen wurden die o.g. Varianten im Anhang B in einer Bewertungsmatrix vergleichend gegenübergestellt.

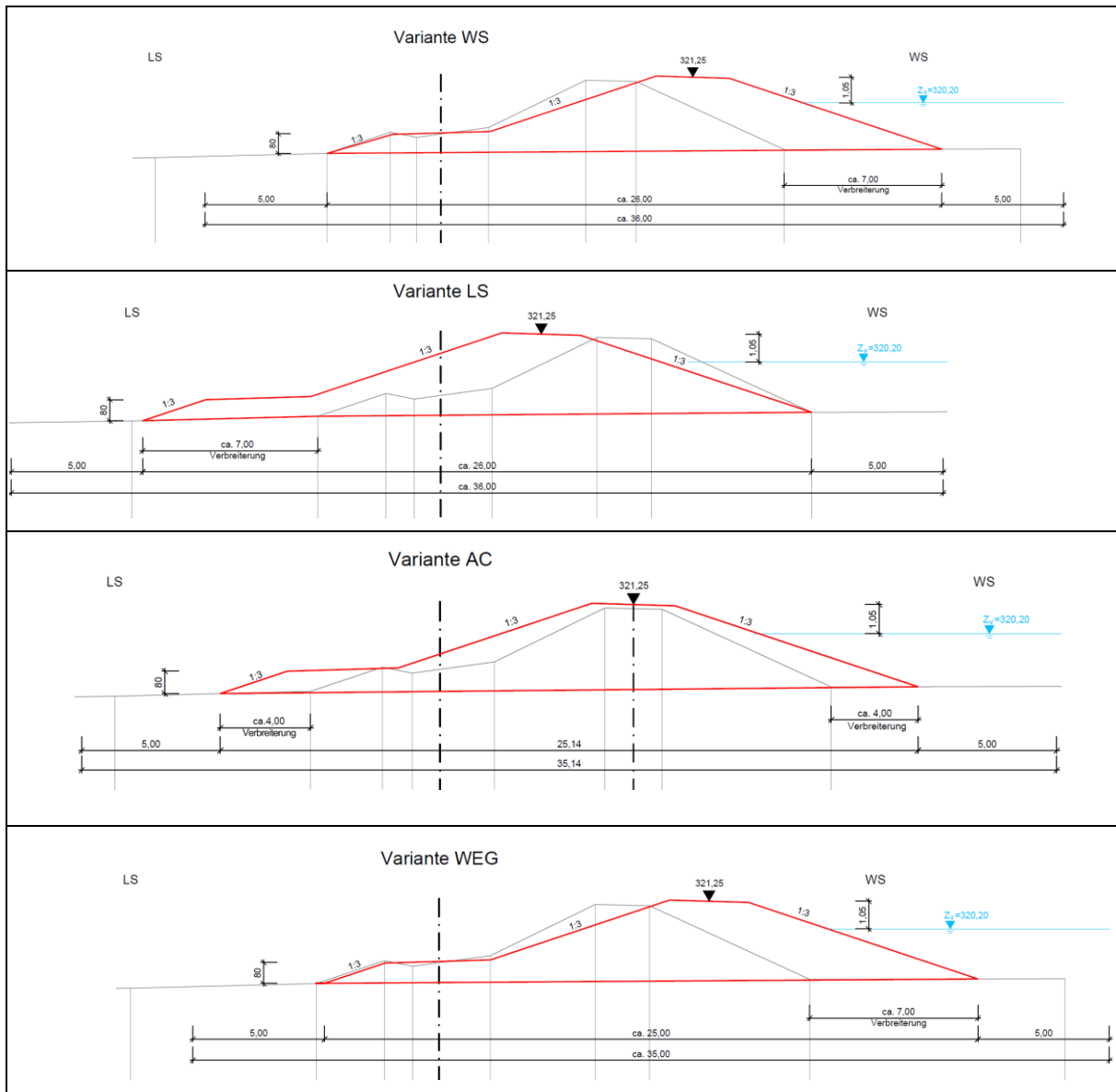


Abbildung 19: Darstellungen zu den Varianten der Deichverbreiterung

7.3 Vorschlag einer Vorzugsvariante für die Deichverbreiterung

Der Variantenvergleich mit Hilfe der Bewertungsmatrix in Anhang B kommt zu dem Ergebnis, dass für den Deichabschnitt 1 und 3 die Varianten LS in der Gesamtbewertung vor den anderen drei Varianten liegen.

Die Variante LS verursacht einerseits keine anlagenbedingte Reduzierung des Retentionsvolumens und andererseits wird mit dieser Variante dem Vermeidungs- und Minimierungsgebot für die Schutzgebiete nach Naturschutzrecht entsprochen. Die Variante LS erfordert einen Neubau der bestehenden Deiche mit Verbreiterung in Richtung Landseite.

Die einzigen Nachteile der Variante LS sind die Flächeninanspruchnahme im Hinterland und der Neubau der landseitigen Bermen. Die geringe Beeinträchtigung der Schutzgebiete und Biotope in der Oberauer Schleife überwiegen jedoch diese Nachteile.

Alle anderen Varianten verursachen eine teils erhebliche naturschutzfachliche Betroffenheit sowie Einbußen an Retentionsvolumen in der Oberauer Schleife. Für diese Varianten ist eine Genehmigungsfähigkeit unwahrscheinlich bzw. nur unter sehr gewichtigen Gründen erreichbar. Da mit den Varianten LS eine Alternative mit moderater Betroffenheit vorliegt, sind die anderen Varianten als nicht genehmigungsfähig einzuschätzen.

Der Variante LS ist somit aus naturschutzfachlicher Sicht der Vorzug zu geben. Die Variante LS stellt damit die Vorzugslösung für den Deichabschnitt 1 und das Teilstück des Deichabschnittes 3 dar. Dabei sind für das Teilstück des Deichabschnittes 3 die Interessen der Anwohner auf den Höfen zu berücksichtigen.

Für den Deichabschnitt 2 am Kößnach-Ableiter ist die Variante LS hingegen nicht realisierbar, da diese zu einer Reduzierung des Abflussquerschnittes im Kößnach-Ableiter führen würde. Aus dem Variantenvergleich nach der Bewertungsmatrix in Anhang B kann keine abschließende Vorzugslösung für den Deichabschnitt 2 getroffen werden. Die Reduzierung des Abflussquerschnittes im Kößnach-Ableiter steht der Betroffenheit der Schutzgebiete und Biotope auf der Polderseite gegenüber. Dies wiederum lässt sich nicht mit dem Minimierungsgebot für die Schutzgebiete gemäß Naturschutzrecht vereinbaren.

Daher lässt sich zu diesem Stand der Variantenuntersuchung aus keiner der o.g. Lagevarianten ein Vorzug für den Deichabschnitt 2 ableiten. Hier müssen geometrisch modifizierte Varianten gefunden werden, die keine oder nur eine geringe Deichverbreiterung vorsehen. Dabei können Lagevarianten miteinander kombiniert werden und Lösungen mit Hilfe von tragenden Elementen zur Anwendung kommen, um die Flächeninanspruchnahme möglichst gering zu halten.

Der Deichabschnitt 4 sowie die neu zu errichtenden Bauwerke der Ringbedeckungen für die Ortslagen Öberau und Breitenfeld (Deichabschnitt 3) fallen bei dieser Variantenuntersuchung eigentlich heraus, da die zukünftigen Deichtrassen auf Flächen verlaufen, auf denen keine Bestandsdeiche existieren. Es sind also Neubaudeiche, die eine auf die Bestandsdeiche bezogene Lagediskussion hinfällig machen. Jedoch ist ihnen aufgrund der Beschreibung der Lagevarianten eher die Variante WS zuzuordnen, da sich die neu herzustellenden Deichkörper in Richtung Wasserseite erstrecken, also die Flächen der Hochwasserrückhaltung beanspruchen. Durch den Neubau dieser Deiche kommt es demnach zu einer Verringerung des Poldervolumens, die durch die Variante WS beschrieben wird.

Der Deichabschnitt 5 beinhaltet die Westtangente. Diese verläuft gegenwärtig in der Ebene im Deichhinterland jedoch im Überschwemmungsgebiet der Donau. Bei der Lagediskussion ist grundsätzlich der vorhandene Verlauf der Straße mit den Zwangspunkten Brücke über den Kößnach-Ableiter und Brücke im Zuge der Stauhaltung über die Donau entscheidend, die im Rahmen der Variantenuntersuchung für die Westtangente geführt wird. Aus diesem Grunde wird sich die Achse des zukünftigen Polderdeiches mit der darauf befindlichen Westtangente an der Achse des bisherigen Straßenverlaufes orientieren. Damit entspricht diese Variante weitgehend der Variante AC.

Zusammenfassend lässt sich zur Untersuchung der Lage bei einer Deichverbreiterung festhalten, dass für

- Deichabschnitt 1 die Variante LS – mit Verschiebung Richtung Landseite - die Vorzugslösung beschreibt.
- Deichabschnitt 2 sich keine Variante mit den Vorgaben der DIN 19712 zur Deichkubatur mit Böschungsneigungen von 1:3 und einer Kronenbreite von 3,0 m umsetzen lässt. Eine generelle Verschiebung Richtung LS bzw. zum Kößnach-Ableiter kann ausgeschlossen werden. Am wahrscheinlichsten wird eine Verschiebung in Richtung Wasserseite (Variante WS) vermutet.

Dabei ist eine Modifizierung der Deichgeometrie vorzunehmen, um die schützenswerte Wasserseite (Oberauer Schleife) flächenmäßig möglichst gering zu beeinträchtigen.

- Deichabschnitt 3 (Teilstück auf Trasse des ehemaligen rechten Donaudeiches im Bereich des Ringdeiches Oberau) die Variante LS – mit Verschiebung Richtung Landseite - die Vorzugslösung beschreibt, wobei die Interessen der Anwohner bzw. Hofstellen zu berücksichtigen sind.
- Deichabschnitt 4 und die neuen Ringdeiche (Deichabschnitt 3) die Variante WS die einzig mögliche Variante beschreibt.
- Deichabschnitt 5 mit der Westtangente die Variante AC die Lageeinordnung am ehesten beschreibt.

In nachfolgenden Abschnitten 8 und 9 werden die beiden Varianten LS (Deichabschnitt 1 und 3) und WS (Deichabschnitt 2, 3 und 4) hinsichtlich der Optimierung der Deichgeometrie sowie des Deichaufbaus untersucht. Anschließend werden in Abschnitt 10 vertiefend die Bauweise und Technologie sowie die Kosten gegenübergestellt, um eine optimierte Vorzugsvariante zu bestimmen und eine Vorzugslösung für die einzelnen Deichabschnitte abschließend herauszuarbeiten.

Die Abbildung 20 veranschaulicht das Ergebnis der Variantenuntersuchung zur Lage der Deiche bzw. deren Verbreiterungsmöglichkeiten.

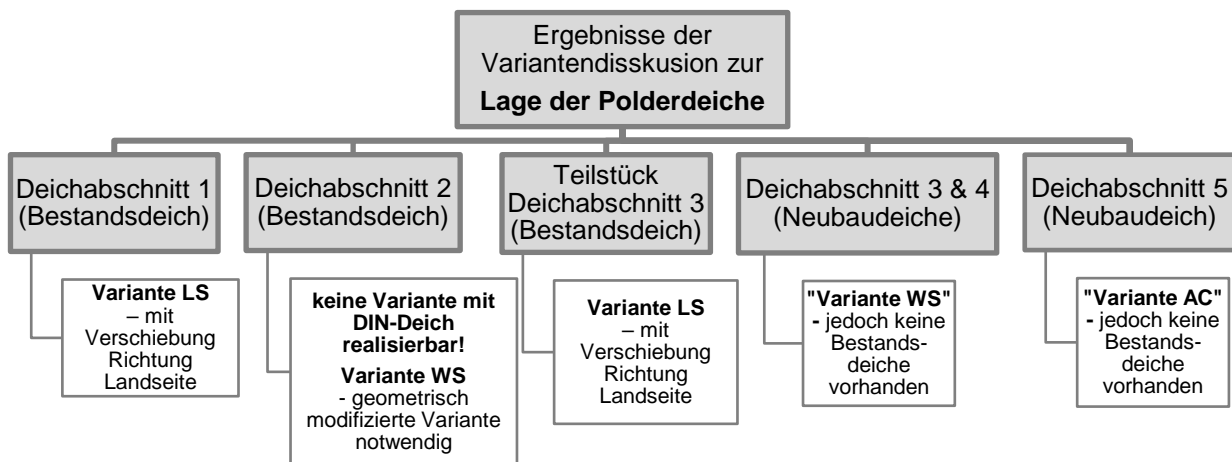


Abbildung 20: Darstellung der Vorzugsvarianten zur Lage der Polder- und Flutpolderdeiche

8. Variantenuntersuchung zur Geometrie der Polder- und Flutpolderdeiche

8.1 Vorbemerkungen

In den nachstehenden Abschnitten soll untersucht werden, welchen Einfluss die Vorgaben sowie eine Abweichung von der DIN 19712 [1] auf die Querschnittselemente und Flächeninanspruchnahme haben.

Durch eine Erhöhung der Deiche sowie etwaige Abflachungen der Deichböschungen kann sich die Aufstandsfläche teils erheblich vergrößern.

Bei den nachfolgenden Variantenuntersuchungen ist zudem die Abhängigkeit zwischen Böschungsneigung und Freibordgröße bzw. Deichhöhe zu berücksichtigen, siehe Kapitel 2.3.

Zunächst werden die potenziell möglichen Varianten zur Deichgeometrie aufgeführt und eine erste Eingrenzung vorgenommen. Anschließend werden die potenziell möglichen Varianten für die in Abschnitt 6 benannten unterschiedlichen Deichabschnitte gegenübergestellt.

8.2 Varianten zur Deichgeometrie

8.2.1 Variantenauswahl

In den Schlussfolgerungen zu Abschnitt 2 (Kapitel 2.5) wurden die folgenden Querschnittselemente gemäß DIN 19712 als unveränderlich identifiziert sofern statisch wirksame Elemente im Deich keine entsprechend nachweisbaren Abweichungen zulassen:

- Deichkronenhöhe einschl. Freibord: Stauziel (320,20 m ü. NN) + Freibord gemäß Freibordberechnung
- Deichkronenbreite, mind. 3,0 m
- Breite Deichverteidigungsweg, mind. 4,0 m, auf Deichkrone, mind. 4,5 m
- Höhe landseitige Berme, mind. 0,8 m
- Breite Deichschutzstreifen (DSS): mind. 5,0 m

Dagegen kann das Querschnittselement Böschungsneigung grundsätzlich variiert werden. Im Ergebnis der Betrachtung in Abschnitt 2 sind durchaus steilere Böschungsneigungen als die in der DIN 19712 empfohlene Neigung von 1:3 (Normdeich) möglich, insofern die Nachweise zur Standsicherheit erbracht werden. Die Deichunterhaltung ist auch bei steileren Böschungsneigungen möglich, wobei Neigungen > 1:2,5 bereits höhere Aufwendungen und ggf. eine andere Maschinenteknik zur Folge haben können.

Für die geometrische Betrachtung werden in Anlehnung an die Entscheidungsvorlage zur Festlegung des Freibordes Böschungsneigungen von

- 1:2,2 (Bestandsneigung von 1:2 bis 1:2,5),
- 1:3 (Empfehlung nach DIN 19712 und DWA-M 507-1) und
- 1:2,5 (Grenzwert der Gebrauchstauglichkeit bei einfacher Deichunterhaltung)

untersucht.

Zur Ermittlung der Varianten können die benannten Böschungsneigungen grundsätzlich

- beidseitig,
- landseitig oder
- wasserseitig

angeordnet und miteinander kombiniert werden. Die drei unterschiedlich gewählten Böschungsneigungen lassen sich mit allen drei Anordnungsvarianten verknüpfen. In Tabelle 7 werden alle sich daraus ergebenden Kombinationsmöglichkeiten aufgezeigt.

Tabelle 7: Geometrische Kombinationsmöglichkeiten

Varianten		Landseite		
		Geometrie gemäß DIN 19712 Böschungsneigung 1:3	Optimierte Böschungsneigung 1:2,5	bestehende Böschungsneigung von ca. 1:2,2 ... 1:2,5
Wasserseite	Geometrie gemäß DIN 19712 Böschungsneigung 1:3	G1 (Normvariante)	G2	G5
	Optimierte Böschungsneigung 1:2,5	G8	G3	G6
	bestehende Böschungsneigung von ca. 1:2,2 ... 1:2,5	G7	G9	G4

Bei Betrachtung der Kombinationsmöglichkeiten lassen sich vor einer vertiefenden Untersuchung folgende geometrische Varianten für den Deichabschnitt 1 ausschließen:

- Variante G5 und G6: Beide geometrische Varianten beschreiben die landseitige Böschung in ihrem Bestand zu erhalten und den Deichkörper wasserseitig anzupassen bzw. in Richtung Öberauer Schleife auszubauen. Bezugnehmend auf das Kapitel 7.3 ist eine Verbreiterung in Richtung Wasserseite kritisch zu sehen, da hinsichtlich des Vermeidungs- und Minimierungsgebots für die Schutzgebiete nach Naturschutzrecht Alternativen mit geringeren Eingriffen bestehen. Daher werden die Varianten G5 und G6 nicht weiter betrachtet.
- Variante G8: Diese Variante mit einer wasserseitigen Böschungsneigung von 1:2,5 und einer landseitigen Böschungsneigung von 1:3 stellt die gespiegelte geometrische Variante im Vergleich zur Variante G2 dar. Bei Variante G2 sind die wasserseitige Böschung mit 1:3 und die landseitige Böschung mit 1:2,5 geneigt. Demnach sind die Flächeninanspruchnahme und Massenbetrachtung nahezu gleichwertig zu betrachten. Aufgrund der wasserseitigen steileren Böschung von 1:2,5 im Vergleich zur Variante G2 ergibt sich allerdings ein höherer Ansatz des Freibordes für den Deichabschnitt 1, der die Deichhöhe vergrößert, wodurch die geometrische Variante G2 gegenüber der Variante G8 immer zu bevorzugen ist. Demnach lässt sich die Variante G8 für eine nähere Betrachtung am Deichabschnitt 1 ausschließen.
- Variante G4: Bei dieser Variante wird beschrieben, beide Böschungen in ihrem Bestand zu erhalten. Die wasser- und landseitige Böschung besitzen derzeit Neigungen zwischen 1:2,2 bis 1:2,5. Die Bestandsböschung kann nur erhalten bleiben, wenn eine Spundwand als Innendichtung eingebaut wird, da diese im Einstaufall vermutlich nicht standsicher sind. Bei Erhalt der wasserseitigen Böschung erhöht sich aufgrund des größeren Freibordes die Deichhö-

- Variante G7 und G9: Diese geometrischen Varianten, bei der die wasserseitige Böschungsneigung erhalten bleibt und die landseitigen Böschungen auf Seiten des Kößnach-Ableiters mit 1:3 abgeflacht werden, stellen die gespiegelten geometrischen Varianten im Vergleich zu Variante G5 und G6 dar. Aufgrund der wasserseitig steileren Böschung von 1:2,5 im Vergleich zur Variante G5 ergibt sich allerdings ein höherer Ansatz des Freibordes, der die Deichhöhe und Aufstandsfläche vergrößert, wodurch die geometrische Variante G5 gegenüber der Variante G7 immer zu bevorzugen ist. Die gleiche prinzipielle Herangehensweise kann für Variante G9 im Vergleich mit Variante G6 geführt werden. Die Varianten G7 und G9 sind daher für eine nähere Betrachtung auszuschließen.
- Variante G4: Die Bestandsböschungen auf Seiten der Oberauer Schleife besitzen unterhalb der Berme Neigungen von 1:3 bis 1:4, siehe Kapitel 4.3.2. Daher ist die Variante G4 mit beidseitigem Erhalt der bestehenden Böschungsneigungen von 1:2 ... 1:2,5 für den Deichabschnitt 2 nicht anwendbar, da die Bestandsneigungen flacher ausgebildet sind. Am ehesten spiegelt die Variante G5 die Neigungen der Bestandsböschungen wider. Auf Variante G4 wird daher in der vertiefenden Betrachtung verzichtet.

Für den Deichabschnitt 2 werden somit drei Varianten näher untersucht: Variante G3, G5 und G6.

Bei dem Deichabschnitt 3, 4 und 5 handelt es sich hauptsächlich um Neubaudeiche, wodurch sich folgende geometrische Varianten ausschließen lassen:

- Variante G4, G5, G6, G7, G9: Bei diesen geometrischen Varianten werden Bestandsböschungen erhalten. Da es sich im Deichabschnitt 3 zum aller größten Teil und im Deichabschnitt 4 und 5 ausschließlich um Neubaudeiche handelt, können alle Varianten mit Erhalt der bestehenden Böschungsneigung für die weitere Untersuchung ausgeschlossen werden.
- Variante G8: Diese Variante mit einer wasserseitigen Böschungsneigung von 1:2,5 und einer landseitigen Böschungsneigung von 1:3 stellt die gespiegelte geometrische Variante im Vergleich zur Variante G2 dar. Der Variante G2 ist aus wasserfachlicher (Größe des Freibordes) und statischer Sicht aufgrund der wasserseitigen Böschungsneigung von 1:3 dem Vorzug vor der Variante G8 mit wasserseitiger Böschungsneigung von 1:2,5 zu geben.

Die Variante G3 kann für den Deichabschnitt 5 aufgrund des reduzierten Freibordes von $f = 0,85$ m nicht betrachtet werden. Der Neubaudeich im Deichabschnitt 5 wird gleichzeitig als Überlaufstrecke ausgebildet, die 0,2 m niedriger liegt als der niedrigste Deich bzw. die niedrigste Verkehrsanlage.

Für den Teilabschnitt des Bestandsdeiches im Deichabschnitt 3, in dem der ehemalige rechte Donau-deich als Bestandteil in den Ringdeich Oberau übergeht, wird zusätzlich, wie für den Deichabschnitt 1, die Variante G9 betrachtet.

Für die Neubaudeiche der Deichabschnitte 3 und 4 werden somit drei Varianten näher untersucht: Variante G1, G2 und G3. Für den Bestandsdeich des Deichabschnittes 3 wird die Variante G9 näher untersucht. Für den Neubaudeich des Deichabschnittes 5 werden die beiden Varianten G1 und G2 untersucht.

Neben den in Tabelle 7 genannten Kombinationsmöglichkeiten für Deichanlagen wird alternativ für den Deichabschnitt 4 der Neubau einer HWS-Wand als Variante G10 diskutiert. Aufgrund der im Vergleich sehr geringen Flächeninanspruchnahme sowie der Vermeidung von Eingriffen in den bestehenden dichten Gehölzsaum, kann eine Lösung mittels HWS-Wand am Objektschutz des Außenbezirks Straubing der WSV im Deichabschnitt 4 betrachtet werden.

Für alle vier Deichabschnitte lassen sich die Varianten G4, G7 und G8 durch die o.g. Gründe ausschließen. Aus den neun Kombinationsmöglichkeiten lassen sich sechs Varianten sowie eine Alternative für die vertiefende Untersuchungen in Betracht ziehen und sind in der nachfolgenden Tabelle 8 für die jeweiligen Deichabschnitte aufgeführt.

Tabelle 8: Untersuchte Varianten zur Deichgeometrie

Varianten	Wasserseitige Böschungsneigung	landseitige Böschungsneigung	Betrachtung für Deichabschnitt
Geometrische Variante G1 (Normvariante)	1:3	1:3	Deichabschnitt 1, 3, 4 und 5
Geometrische Variante G2	1:3	1:2,5	Deichabschnitt 1, 3, 4 und 5
Geometrische Variante G3	1:2,5	1:2,5	Deichabschnitt 1, 2, 3 und 4
Geometrische Variante G5	1:3	Bestandsbö.	Deichabschnitt 2
Geometrische Variante G6	1:2,5	Bestandsbö.	Deichabschnitt 2
Geometrische Variante G9	Bestandsbö.	1:2,5	Deichabschnitt 1 u. 3
Geometrische Variante G10 (HWS-Wand)	-	-	Deichabschnitt 4

Bei den in Tabelle 8 aufgeführten Varianten ist zu beachten, dass bei den Varianten G1, G2 und G3, bei denen keine Bestandsböschungen erhalten bleiben, eine Deichverbreiterung in Richtung Landseite, ausgehend vom wasserseitigen Deichfuß, im Deichabschnitt 1 möglich ist, siehe Kapitel 7. Die vollständige Veränderung der Deichgeometrie bei diesen Varianten verursacht jedoch einen Komplett-rückbau der bestehenden Deiche sowie der Deichhinterwege. Dies gilt nicht für die Variante G3 im Deichabschnitt 2, in dem die neue Geometrie vom Deichfuß des Kößnach-Ableiters aufgebaut werden kann.

Für den Deichabschnitt 3, 4 und 5 werden keine Deichverbreiterungen in diesem Sinne verursacht, da es sich um Neubauwerke handelt. Die Ausnahme bildet dabei lediglich ein Teilabschnitt im Deichabschnitt 3. In diesem Teilabschnitt an der Ortslage Öberau befindet sich die neu herzustellende Deicht-rasse auf dem ehemaligen rechten Donaudeich, an den der geplante neue Ringdeich angeschlossen wird. Für diesen Teil des Deichabschnittes 3 sind die gleichen Varianten umsetzbar wie im Deichabschnitt 1.

Für die Varianten G5 und G6, mit Erhalt der landseitigen Böschung, ist im Deichabschnitt 2 jedoch nur eine Verbreiterung in Richtung Wasserseite (Oberauer Schleife) möglich, siehe Kapitel 7. Bei Erhalt der landseitigen Böschung (Kößnach-Ableiter) können die Deiche zu großen Teilen erhalten bleiben, ausschließlich wasserseitig (Oberauer Schleife) sind die Böschungen neu herzustellen. Bei Variante G9 im Deichabschnitt 1 und für den Teilabschnitt im Deichabschnitt 3 kann die wasserseitige Böschung erhalten bleiben und nur die landseitige Böschung sowie der Deichverteidigungsweg ist neu herstellen. Allerdings erfordern alle drei Varianten (G5, G6 und G9), bei Erhalt einer Bestandsböschung, eine Spundwand als Innichtung.

8.2.2 Variantenuntersuchung für Deichabschnitt 1 und 4

Im Deichabschnitt 1 befindet sich der bestehende Deichhinterweg/Deichverteidigungsweg, wie in Kapitel 2 beschrieben, auf einer landseitigen Berme und soll auch zukünftig für Deichabschnitt 4 auf der Landseite angeordnet werden. Daher werden die Varianten zur Untersuchung für beide Deichabschnitte zusammengefasst dargestellt, da es sich prinzipiell um die gleiche Geometrie handelt. Geometrisch unterscheiden sich die beiden Deichabschnitte nur durch den unterschiedlichen Mindestfreibord sowie die daraus abzuleitenden Deichhöhen. Für die Deichabschnitte 1 und 4 werden die nachfolgenden fünf Varianten aus Kapitel 8.2.1 untersucht. Die Varianten G1, G2, G3 und G9 sind in Anlage 10-1 für Deichabschnitt 1 und die Varianten G1, G2, G3 sowie zusätzlich die Variante G10 in Anlage 10-4 für Deichabschnitt 4 anhand von jeweiligen Regelquerschnitten dargestellt.

Variante G1: Normvariante, Deichgeometrie gemäß DIN 19712 und DWA-M 507-1 mit Böschungsneigungen land- und wasserseitig von 1:3

Die Variante G1 stellt grundsätzlich die Normvariante dar, die sich nach den Empfehlungen der DIN 19712 und des DWA M 507-1 mit einer wasser- und landseitigen Böschungsneigung von 1:3 richtet. Der Mindestfreibord liegt bei einer wasserseitigen Böschungsneigung von 1:3 für den Deichabschnitt 1 bei $f = 1,05$ m.

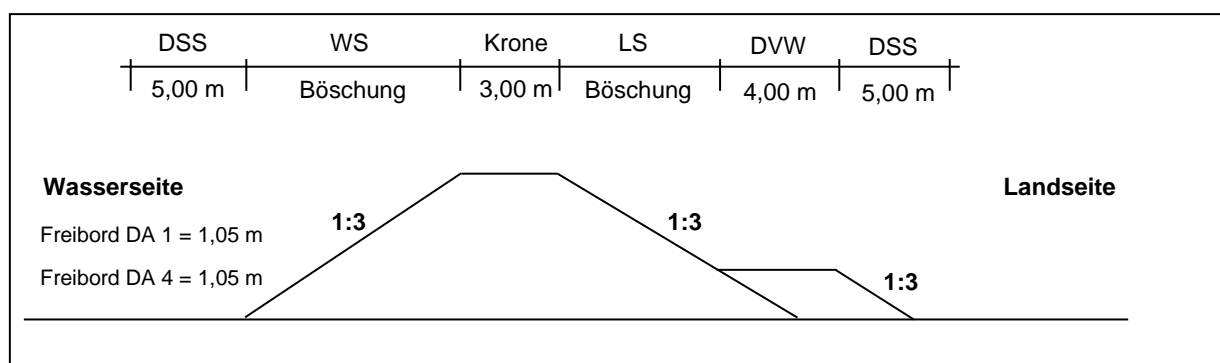


Abbildung 22: Variante G1 - Deichgeometrie gemäß DIN 19712 und DWA-M 507-1 – Normvariante

Variante G2: optimierte Deichgeometrie mit landseitiger Böschungsneigung von 1:2,5 unter Beibehaltung der wasserseitigen Böschungsneigung von 1:3 gemäß Normvariante

In der Variante G2 wird untersucht, wie sich eine steilere landseitige Böschungsneigung unter Beibehaltung der wasserseitigen Böschungsneigung gemäß Normvariante auswirkt. Die wasserseitige Böschungsneigung und der Mindestfreibord von 1,05 m bleiben gemäß Normvariante G1 für Deichabschnitt 1 erhalten. Dabei ist grundsätzlich davon auszugehen, dass die Nachweise zur Standsicherheit erbracht werden können und keine wesentlichen negativen Auswirkungen auf die Unterhaltung der Deiche entstehen.

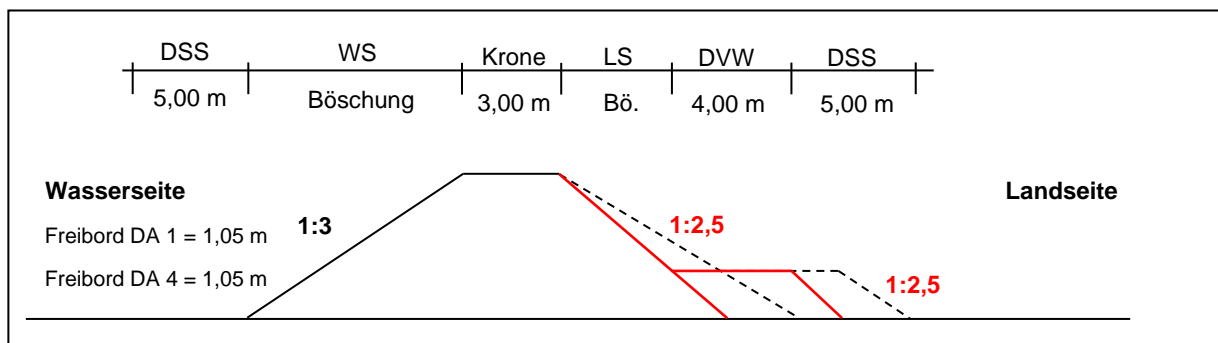


Abbildung 23: Variante G2 - Deichgeometrie mit Erhöhung der landseitigen Böschungsneigung im Vergleich zur Normvariante

Variante G3: optimierte Deichgeometrie mit Böschungsneigungen land- und wasserseitig von 1:2,5

In der Variante G3 wird untersucht, wie sich im Vergleich zur Normvariante eine steilere land- und wasserseitige Böschungsneigung auswirkt. Die Böschungsneigungen werden beidseitig auf 1:2,5 erhöht, woraus sich ein Mindestfreibord von $f = 1,25$ m für den Deichabschnitt 1 ergibt. Auch hier kann grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass die Nachweise zur Standsicherheit erbracht werden können und keine wesentlichen negativen Auswirkungen auf die Unterhaltung der Deiche entstehen.

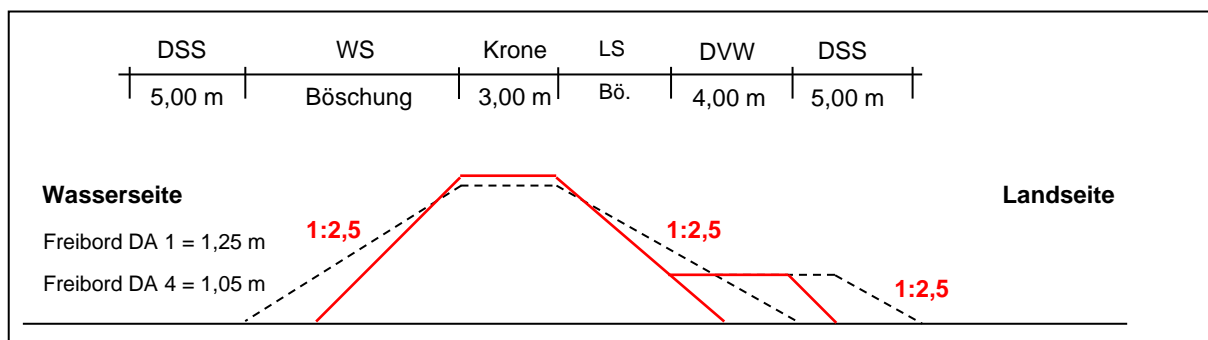


Abbildung 24: Variante G3 - Deichgeometrie mit Erhöhung der land- und wasserseitigen Böschungsneigung im Vergleich zur Normvariante

Variante G9: optimierte Deichgeometrie bei Erhalt der wasserseitigen Böschungsneigung mit statisch wirksamer Dichtung und einer landseitigen Böschungsneigung von 1:2,5.

In der Variante G9 wird untersucht, welche Auswirkungen bestehen, wenn die vorhandenen wasserseitig Böschungsneigungen von ca. 1:2 ... 1:2,5 erhalten bleibt. Beim Belassen der vorhandenen Böschungsneigungen wird von einer Deicherhöhung mit der Annahme eines Mindestfreibordes von $f = 1,40$ m für Deichabschnitt 1 ausgegangen. Diese Variante wird für Deichabschnitt 4 nicht diskutiert, da kein ehemaliger Polderdeich in diesem Abschnitt zum Ausbau besteht. Jedoch kann diese Variante auch für den Teilabschnitt im Deichabschnitt 3 diskutiert werden, bei dem sich die neu herzustellende Deichtrasse der Ringbedeichung für die Ortslage Öberau auf dem ehemaligen rechten Donau-deich befindet.

Die Standsicherheit der wasserseitigen Böschungen ist im Hochwasserfall bei Neigungen von 1:2 ... 1:2,5 nicht gegeben. Daher muss eine Spundwand die Standsicherheit des Deiches gewährleisten. Gleichzeitig kann diese als Deichdichtung dienen. Grundsätzlich wird jedoch die Unterhaltung bei

Böschungsneigungen größer 1:2,5 erschwert. Für eine gebrauchstaugliche Unterhaltung wird eine Mindestkronenbreite von 2,0 m vorgegeben.

Mit dieser Variante ist wasserseitig nahezu keine geometrische Veränderung verbunden. Die Deichkrone und der Deichinterweg können landseitig aufgebaut werden.

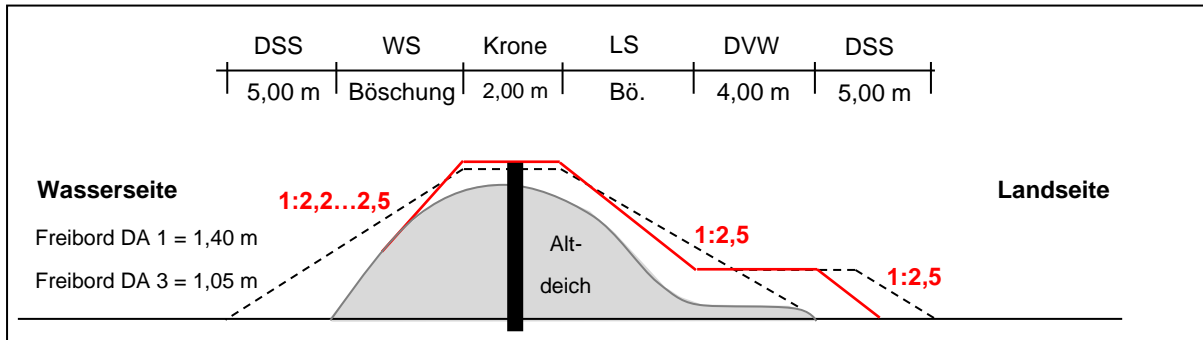


Abbildung 25: Variante G9 - Deichgeometrie bei Erhalt der wasserseitigen Böschungsneigung mit Erhöhung der landseitigen Böschungsneigung im Vergleich zur Normvariante

Variante G10: Alternative zur Deichgeometrie mit Neubau einer HWS-Wand mit Tiefengründung

Abweichend von der geometrischen Variantenauswahl zu Deichanlagen nach Kapitel 8.2.1 wird für den Deichabschnitt 4 der Neubau einer HWS-Wand als Alternative vorgeschlagen. Hochwasserschutzwände kommen im Deichabschnitt 4 in Betracht, da die Errichtung einer Wand als vorteilhaft im Vergleich zur Deichanlage vermutet wird. Dabei werden die Auswirkungen der HWS-Wand im Vergleich zur Deichanlage diskutiert.

Bei dieser Variante wird wasser- und landseitig ein Kontroll- und Unterhaltungsweg vorgesehen. Ein klassischer Verteidigungsweg ist aufgrund der Überströmbarkeit der Westtangente als Überlaufstrecke gemäß DIN 19712 [1] als zusätzliche Sicherung des Systems nicht notwendig. Ebenfalls ließe sich nach DIN 19712 der Freibord reduzieren. Aufgrund der gesamtheitlichen Betrachtung im Sicherheitskonzept [16] wird der Mindestfreibord vom Deichabschnitt 3 angesetzt und ist größer zu wählen als der Mindestfreibord der Westtangente von $f = 0,85$ m, siehe Freibordbemessung [15]. Demnach wird ein Freibord von $f = 1,05$ m vergleichbar dem Deichabschnitt 3 angesetzt, siehe Kapitel 9.8.

Zur Gewährleistung der Standsicherheit und zur Beherrschung des Sickerwassers wird eine Tiefengründung vorgeschlagen.

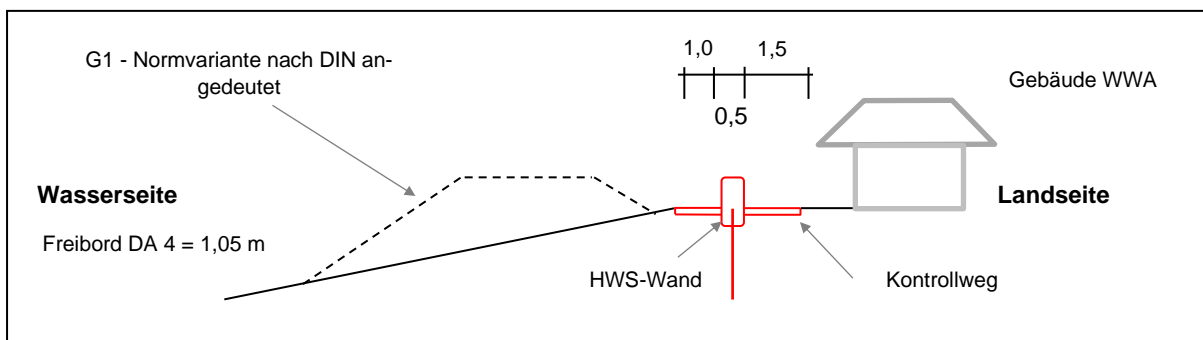


Abbildung 26: Variante G10 – HWS-Wand als Alternative zur Deichanlage für Deichabschnitt 4

die Deichkrone verlegt. Bei einer wasserseitigen Böschungsneigung von 1:3 ist der Mindestfreibord von $f = 1,05$ m anzusetzen.

Die Böschungsneigung auf Seiten des Kößnach-Ableiters variiert zwischen 1:2,0 bis 1:2,9. Im Mittel ergibt sich ein Wert für diesen Deichabschnitt mit Bestandsneigung von ca. 1:2,2, wodurch davon auszugehen ist, dass die Standsicherheit der Böschungen zum Kößnach-Ableiter im Hochwasserfall abschnittsweise nicht gegeben ist. Daher muss eine Spundwand die Standsicherheit des Deiches gewährleisten. Gleichzeitig kann diese als Deichdichtung dienen. Grundsätzlich wird jedoch die Unterhaltung von Deichen bei Böschungsneigungen größer 1:2,5 erschwert.

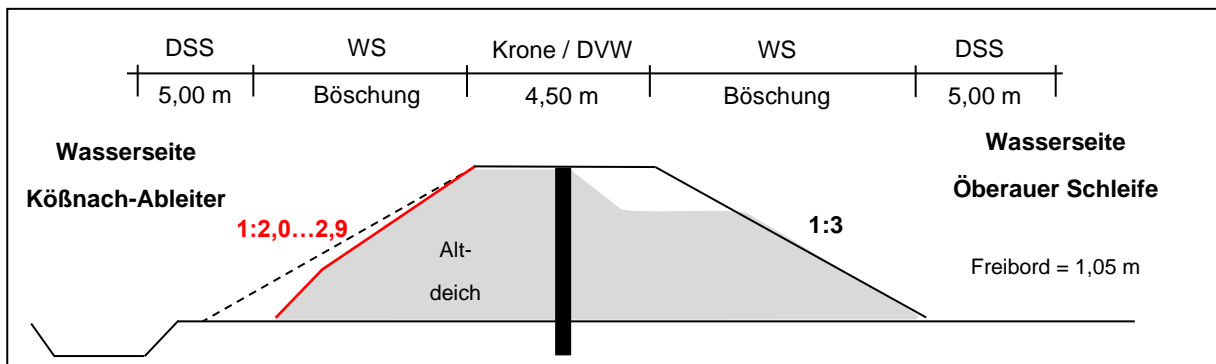


Abbildung 28: Variante G5 - Deichgeometrie mit einer Böschungsneigung von 1:3 zur Oberauer Schleife

Variante G6: optimierte Deichgeometrie mit einer Böschungsneigung von 1:2,5 seitens der Oberauer Schleife, bei Erhalt der bestehenden Böschungsneigung (ca. 1:2,0 ... 1:2,9) am Kößnach-Ableiter

In der Variante G6 werden die Auswirkungen untersucht, wenn die bestehenden Böschungsneigungen auf der Seite des Kößnach-Ableiters von 1:2,0 ... 1:2,9 erhalten bleibt und auf der Seite der Oberauer Schleife eine optimierte Böschungsneigung von 1:2,5 betrachtet wird. Bei einer wasserseitigen Böschungsneigung von 1:2,5 ist ein Mindestfreibord von $f = 1,25$ m anzusetzen.

Die Standsicherheit der Böschung Seitens des Kößnach-Ableiters ist im Hochwasserfall nicht gegeben. Daher muss ebenfalls eine Spundwand als Innendichtung die Standsicherheit des Deiches gewährleisten.

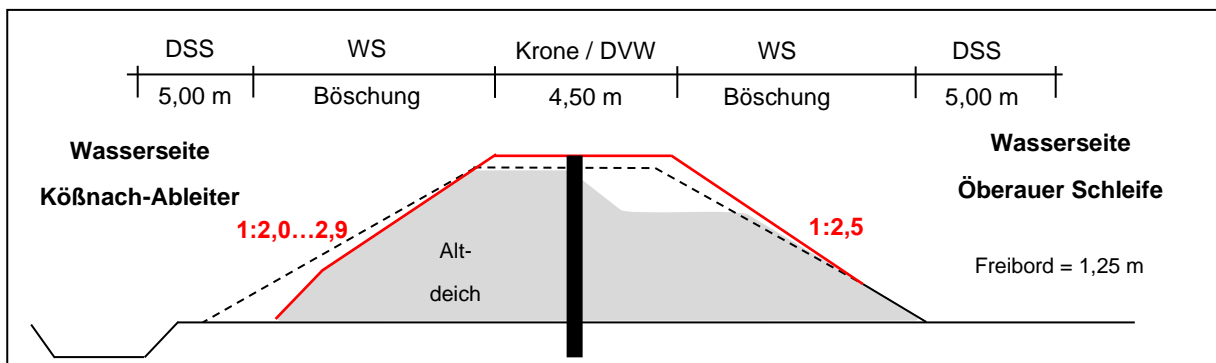


Abbildung 29: Variante G6 - Deichgeometrie mit einer Böschungsneigung von 1:2,5 zur Oberauer Schleife

8.2.4 Variantenuntersuchung für Deichabschnitt 3

Nach der Variantenauswahl gemäß Kapitel 8.2.1 ergeben sich für Deichabschnitt 3 grundsätzlich die gleichen geometrischen Varianten, wie für Deichabschnitt 1. Ausnahme bildet die Variante G9, die im Deichabschnitt 3 nur auf dem südöstlichen Teilstück des Ringdeiches in Oberau angewendet werden kann, da dort der neue Ringdeich abschnittsweise auf der Trasse des ehemaligen rechten Donaudeiches entstehen soll.

Der Deichabschnitt 3 muss gesondert betrachtet werden, da es sich hauptsächlich um Neubaudeiche handelt und in diesem Abschnitt der Deichverteidigungsweg ebenfalls auf der Krone angeordnet ist. Die Varianten sind in Anlage 10-3 anhand von Regelquerschnitten für den Teilabschnitt des Bestandsdeiches (Anlage 10-3.1) und für die Neubaudeiche (Anlage 10-3.2) des Deichabschnittes 3 dargestellt.

Variante G1: Normvariante, Deichgeometrie gemäß DIN 19712 und DWA-M 507-1 mit Böschungsneigungen land- und wasserseitig von 1:3

Die Variante G1 stellt grundsätzlich die Normvariante dar, die sich nach den Empfehlungen der DIN 19712 und des DWA M 507-1 mit einer wasser- und landseitigen Böschungsneigung von 1:3 richtet. Der Mindestfreibord liegt unabhängig von der Böschungsneigung für den Deichabschnitt 3 bei $f = 1,05$ m, s. Kapitel 6. Abweichend zur Variante G1 aus Deichabschnitt 1 wird hierbei der Deichverteidigungsweg auf der Krone angeordnet.

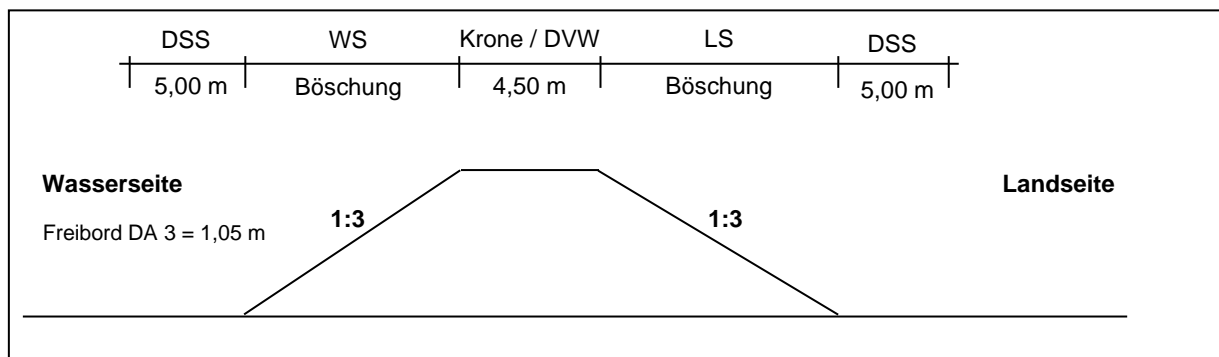


Abbildung 30: Variante G1 - Deichgeometrie gemäß DIN 19712 und DWA-M 507-1 - Normvariante

Variante G2: optimierte Deichgeometrie mit landseitiger Böschungsneigung von 1:2,5 unter Beibehaltung der wasserseitigen Böschungsneigung von 1:3 gemäß Normvariante

In der Variante G2 wird untersucht, wie sich eine steilere landseitige Böschungsneigung unter Beibehaltung der wasserseitigen Böschungsneigung gemäß Normvariante auswirkt. Die wasserseitige Böschungsneigung und der Mindestfreibord von $f = 1,05$ m bleiben gemäß Normvariante G1 für Deichabschnitt 3 erhalten. Hierbei ist ebenfalls davon auszugehen, dass die Nachweise zur Standsicherheit erbracht werden können und keine wesentlichen negativen Auswirkungen auf die Unterhaltung der Deiche entstehen. Die Anordnung des Deichverteidigungsweges erfolgt hier auf der Krone mit einer Breite von 4,50 m.

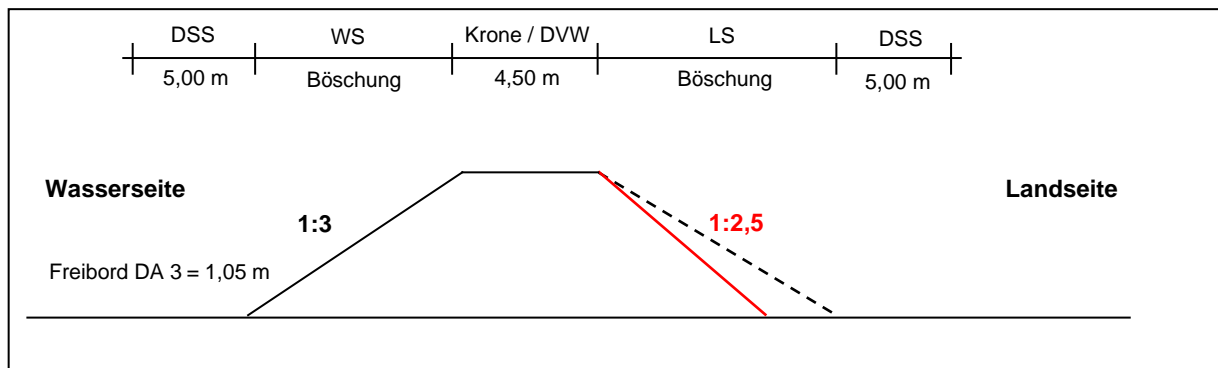


Abbildung 31: Variante G2 - Deichgeometrie mit Erhöhung der landseitigen Böschungsneigung im Vergleich zur Normvariante

Variante G3: optimierte Deichgeometrie mit Böschungsneigungen land- und wasserseitig von 1:2,5

In der Variante G3 wird untersucht, wie sich im Vergleich zur Normvariante eine steilere land- und wasserseitige Böschungsneigung auswirkt. Die Böschungsneigungen werden beidseitig auf 1:2,5 erhöht, der Mindestfreibord beträgt dann $f = 1,05$ m, s. Kapitel 6. Auch hier kann grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass die Nachweise zur Standsicherheit erbracht werden können und keine wesentlichen negativen Auswirkungen auf die Unterhaltung der Deiche entstehen. Ebenfalls ist der Deichverteidigungsweg auf der Krone ausgebildet.

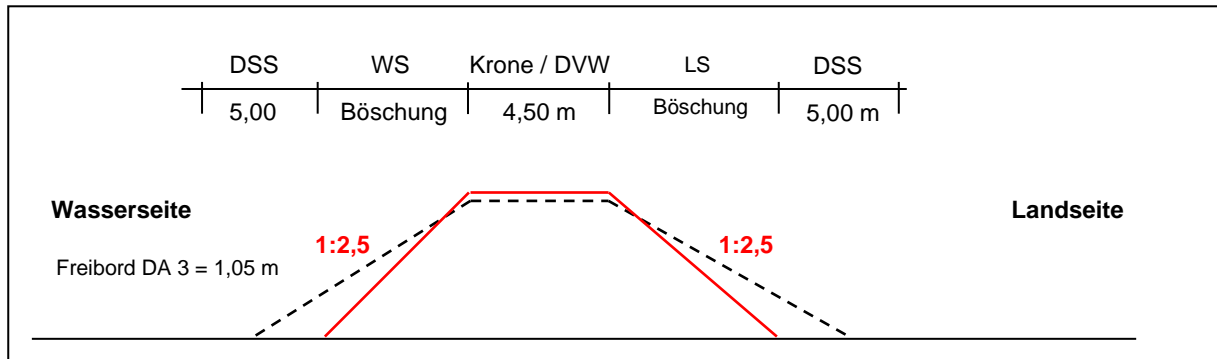


Abbildung 32: Variante G3 - Deichgeometrie mit Erhöhung der land- und wasserseitigen Böschungsneigung im Vergleich zur Normvariante

Variante G9: optimierte Deichgeometrie bei Erhalt der wasserseitigen Böschungsneigung mit Spundwand als Innendichtung und einer landseitigen Böschungsneigung von 1:2,5.

Die Variante G9 wird bereits im Kapitel 8.2.2 für den Deichabschnitt 1 ausführlich beschrieben und wird hier nicht nochmals ausgeführt. Der geometrische Unterschied zum Deichabschnitt 1 ist die Anordnung des Deichverteidigungsweges auf der Krone des ehemaligen rechten Donaudeiches, der in einem Teilabschnitt nunmehr Bestandteil des Ringdeiches Oberau wird.

Beim Belassen der vorhandenen Böschungsneigungen wird von einer Deicherhöhung mit der Annahme eines Mindestfreibordes von $f = 1,05$ m für Deichabschnitt 3 ausgegangen, s. Kapitel 6.

Die Standsicherheit der wasserseitigen Böschungen ist im Hochwasserfall bei Neigungen von 1:2 ... 1:2,5 nicht gegeben. Daher muss hier ebenfalls eine Spundwand die Standsicherheit des Deiches gewährleisten. Gleichzeitig kann diese als Deichdichtung dienen. Grundsätzlich wird jedoch die Unterhaltung bei Böschungsneigungen größer 1:2,5 erschwert.

Mit dieser Variante ist wasserseitig nahezu keine geometrische Veränderung verbunden. Die Deichkrone und die Verbreitung können landseitig aufgebaut werden.

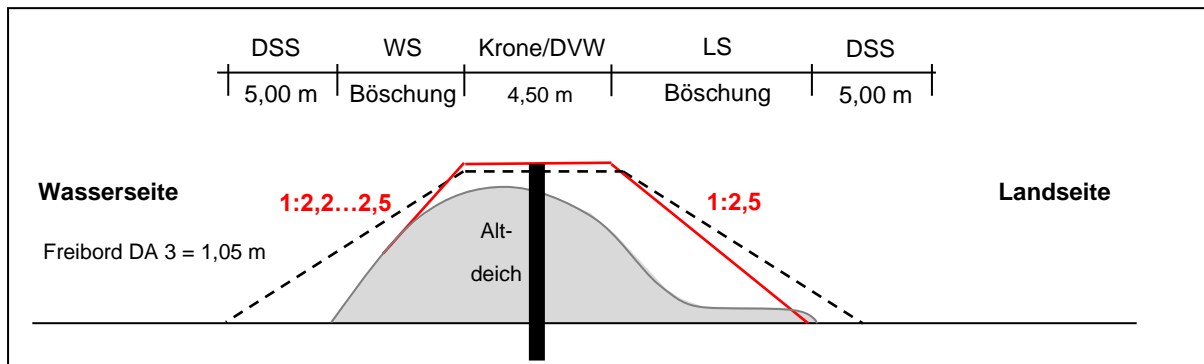


Abbildung 33: Variante G9 - Deichgeometrie bei Erhalt der wasserseitigen Böschungsneigung sowie mit Erhöhung der landseitigen Böschungsneigung im Vergleich zur Normvariante

8.2.5 Variantenuntersuchung für Deichabschnitt 5

Der Deichabschnitt 5 muss deshalb gesondert betrachtet werden, da es sich um einen Neubaudeich handelt, der sowohl eine HWS-Anlage als auch eine Entlastungsanlage der HWR darstellt. Der Freibord, der aus diesem Grund um 0,2 m reduziert wurde, beträgt $f = 0,85$. Als zusätzliche Besonderheit verläuft die SRs 48 bzw. Westtangente auf der Krone dieses Deichabschnittes. Gemäß Kapitel 8.2.1 ergeben sich nach der Variantenauswahl für Deichabschnitt 5 grundsätzlich die gleichen geometrischen Varianten, wie für Deichabschnitt 1 und 3. Die Ausnahmen bilden hier die Varianten G3 und G9, die im Deichabschnitt 5 aufgrund des reduzierten Freibordes bzw. des Fehlens eines Bestandsdeiches nicht angewendet werden können. Der Deichabschnitt 5 entsteht auf der Trasse der gegenwärtigen Westtangente, die dadurch erhöht wird. Die Varianten zur Deichgeometrie sind für den Deichabschnitt 5 in Regelquerschnitten zur Deichgeometrie, M 1:100, Anlage 10-5 anhand von Regelquerschnitten dargestellt.

Variante G1: Normvariante, Deichgeometrie gemäß DIN 19712 und DWA-M 507-1 mit Böschungsneigungen land- und wasserseitig von 1:3

Die Variante G1 stellt grundsätzlich die Normvariante dar, die sich nach den Empfehlungen der DIN 19712 und des DWA M 507-1 mit einer wasser- und landseitigen Böschungsneigung von 1:3 richtet. Der Mindestfreibord liegt unabhängig von der Böschungsneigung für den Deichabschnitt 5 bei $f = 0,85$ m, s. Kapitel 6. Abweichend zur Variante G1 aus Deichabschnitt 3 verläuft auf der Krone die Westtangente anstatt eines Deichverteidigungsweges.

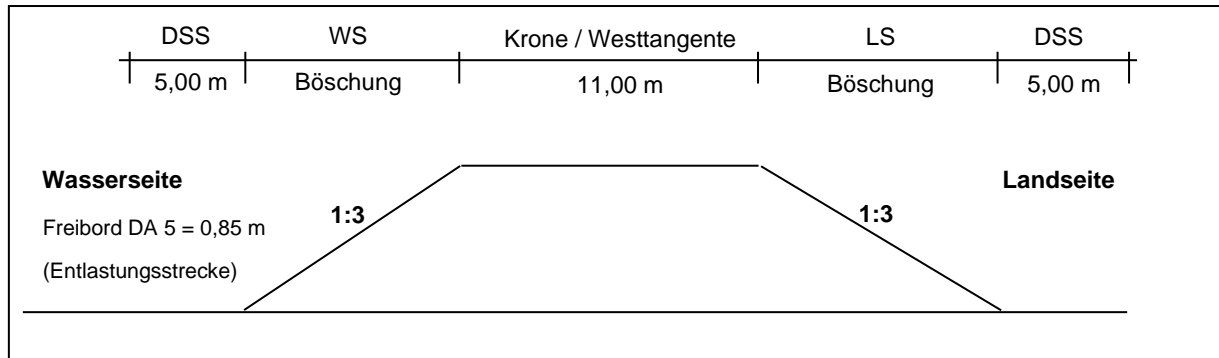


Abbildung 34: Variante G1 - Deichgeometrie gemäß DIN 19712 und DWA-M 507-1 - Normvariante

Variante G2: optimierte Deichgeometrie mit landseitiger Böschungsneigung von 1:2,5 unter Beibehaltung der wasserseitigen Böschungsneigung von 1:3 gemäß Normvariante

In der Variante G2 wird untersucht, wie sich eine steilere landseitige Böschungsneigung unter Beibehaltung der wasserseitigen Böschungsneigung gemäß Normvariante G1 auswirkt. Die wasserseitige Böschungsneigung und der Mindestfreibord von $f = 0,85$ m bleiben gemäß Normvariante für Deichabschnitt 5 erhalten. Aufgrund der enormen Breite des Deichkörpers ist davon auszugehen, dass die Standsicherheit gegeben ist und auch hier keine wesentlichen negativen Auswirkungen auf die Unterhaltung der Deichböschungen entstehen. Auf der Krone verläuft die Westtangente mit einer Breite von 11,0 m.

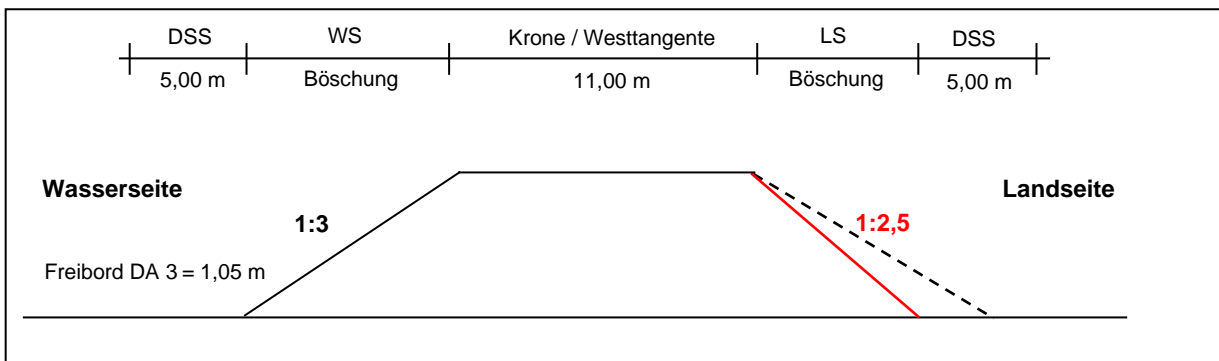


Abbildung 35: Variante G2 - Deichgeometrie mit Erhöhung der landseitigen Böschungsneigung im Vergleich zur Normvariante

8.3 Vorschlag einer Vorzugsvariante für die Deichgeometrie

Der Variantenvergleich mit Hilfe der Bewertungsmatrix in Anhang C für die Deichabschnitte 1, 3 und 4 kommt zu dem Ergebnis, dass für den Deichabschnitt 1 die Variante G9 für die Deichertüchtigung den Vorzug zu geben ist.

Die Variante G9 verursacht einerseits eine minimale anlagenbedingte Flächeninanspruchnahme und andererseits wird mit dieser Variante dem Vermeidungs- und Minimierungsgebot für die Schutzgebiete nach Naturschutzrecht am ehesten entsprochen.

Die Variante G9 ist aus naturschutzfachlicher Sicht die Vorzugsvariante. Der wesentliche Nachteil der Variante G9 ist die Kostenbetrachtung. Der Einsatz einer Spundwand als Innendichtung verursacht erhebliche Baukosten. Dem gegenüber steht allerdings eine Kosteneinsparung für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen. Die Bestandsböschungen mit dem bestehenden Baumbestand zu belassen, wirkt sich positiv auf die naturschutzfachliche Betrachtung aus. Gleichzeitig hat dies jedoch einen negativen Einfluss auf die Unterhaltung bei einer eher steilen Böschungsneigung.

Die Vorteile aus der geringeren Betroffenheit auf die naturschutzfachlichen Schutzgüter sowie der Flächeninanspruchnahme überwiegen jedoch die o.g. Nachteile.

Für den Neubau der Ringdeiche im Deichabschnitt 3 wird die Variante G3 empfohlen. Die Variante beschreibt eine optimierte Geometrie, wodurch die Flächeninanspruchnahme und die Deichkubatur auf das Nötigste beschränkt werden. Durch eine reine Erdbaulösung steht der Bauaufwand zu den Kosten in einem guten Verhältnis.

Der Ringdeich an der Ortslage Öberau schließt südöstlich an die Trasse des ehemaligen rechten Donaudeiches an. Aufgrund der beengten Verhältnisse wird für diesen Teilabschnitt, der Bestandsdeich im Deichabschnitt 3, die Variante G9 empfohlen. Mit Hilfe einer statisch wirksamen Dichtung (HWS-Wand / Spundwand) kann die Böschungsneigung auf der Wasserseite beibehalten werden.

Für den Objektschutz am Außenbezirk Straubing der WSV (Deichabschnitt 4) ist der Variante G10 der Vorzug zu geben. Das höherliegende Gelände und die gering erforderliche Bauhöhe entlang des Gebäudeobjektes sind besonders geeignet für eine HWS-Wand. Das Gehölz entlang der wasserseitigen Böschung kann dadurch erhalten bleiben, dies wirkt sich positiv auf die Genehmigungsfähigkeit aus. Eine Wandlösung entlang der bestehenden Einfriedung fügt sich zudem in das vorhandene Gesamtbild gut ein. Der erhöhte Bauaufwand sowie die höheren Bauwerkskosten sind in dem relativ kurzen Deichabschnitt 4 hinnehmbar und stehen im guten Verhältnis zur beschriebenen Zielwirkung. Die anderen drei Varianten G1, G2 und G3 verursachen eine teils erhebliche naturschutzfachliche Betroffenheit sowie Einbußen in der Flächeninanspruchnahme. Für diese Varianten ist eine Genehmigungsfähigkeit unwahrscheinlich bzw. nur unter sehr gewichtigen Gründen erreichbar.

Da es sich im Deichabschnitt 5 um einen Neubaudeich handelt, bei dem die Neigung der wasserseitigen Deichböschung durch den reduzierten Mindestfreibord von $f = 0,85$ m vorgegeben wird, die Neigung der landseitigen Deichböschung jedoch optimiert werden kann, empfiehlt sich für den Deichabschnitt 5 die Variante G2. Durch die Variante G2 kann die wasserseitige Böschung bei einer Neigung von 1:3 belassen, die landseitige Böschung jedoch mit einer optimierten Neigung von 1:2,5 ausgebildet werden. Der wasserseitige Wellenauflauf kann dadurch trotz eines reduzierten Mindestfreibordes begrenzt bzw. abgeschwächt werden. Außerdem wird durch die Variante G2 die Flächeninanspruchnahme und die entstehenden Kosten unter den gegebenen Randbedingungen für diesen Deichabschnitt auf das Nötigste beschränkt.

Da mit den Varianten G9 für die Deichertüchtigungen in den Deichabschnitten 1 und 3, der Variante G3 für einen Deichneubau im Deichabschnitt 3 sowie mit der Variante G10 für den Deichabschnitt 4 und mit der Variante G2 für den Deichabschnitt 5 realisierbare Alternativen mit geringerer Betroffenheit vorliegen, sind die anderen Varianten als nicht genehmigungsfähig einzuschätzen.

Der Variantenvergleich mit Hilfe der Bewertungsmatrix in Anhang D kommt zu dem Ergebnis, dass für den Deichabschnitt 2 die drei untersuchten Varianten nahezu gleichauf liegen. Der Vorzug ist je nach Dichte des Gehölzbestandes den Varianten G3 und G6 zu geben.

Variante G5 wird nicht der Vorzug gegeben, da diese gegenüber Variante G6 größere Eingriffe verursacht. So ist bei Variante G6 trotz der etwas größeren Deichhöhe (Freibord $f = 1,25$ m) die Flächeninanspruchnahme geringer, da die Böschungsneigung auf Seiten der Oberauer Schleife 1:2,5 beträgt.

Die Variante G5 mit einer Böschungsneigung auf Seiten der Öberauer Schleife von 1:3 benötigt eine geringere Deichhöhe (Freibord $f = 1,05 \text{ m}$), aber verursacht durch die flache Böschung eine größere Flächeninanspruchnahme als Variante G6.

Die Variante G6 verursacht keine Vergrößerung der Flächeninanspruchnahme über den Bestand hinaus. Mit dieser Variante wird dem Vermeidungs- und Minimierungsgebot für die Schutzgebiete nach Naturschutzrecht am ehesten entsprochen, wodurch diese Variante als genehmigungsfähig eingeschätzt wird.

Die Variante G6 wird als Vorzugsvariante für den Abschnitt am Kößnach-Ableiter (Deichabschnitt 2) empfohlen. Die Ertüchtigung des Bestandsdeiches kann durch den Einsatz einer Spundwand als Innendichtung ausgeführt werden. Gleichzeitig wird die Seite zum Kößnach-Ableiter im Bestand belassen und führt zu keiner Veränderung der hydraulischen Situation am Kößnach-Ableiter. Die Massenbewegungen sind gering, welche sich ebenfalls positiv auf die Bauzeit auswirken.

Variante G3 beschreibt hingegen eine reine Erdbaulösung, die eine geringfügige Vergrößerung der Flächeninanspruchnahme in Richtung der Öberauer Schleife bewirkt.

Diese Variante kann bei geringen nicht angrenzenden naturschutzfachlichen Schutzgütern (z. B. Gehölzbestand) als Alternative zur Vorzugvariante G6 empfohlen werden. Durch zusätzliche konstruktive Schutzmaßnahmen, z. B. Wurzelschutz am Deichfuß, kann der Erhalt der vorhandenen Gehölze auf Seiten der Öberauer Schleife ermöglicht werden.

Die Abbildung 36 veranschaulicht das Ergebnis der Variantenuntersuchung zur Geometrie der Deiche.

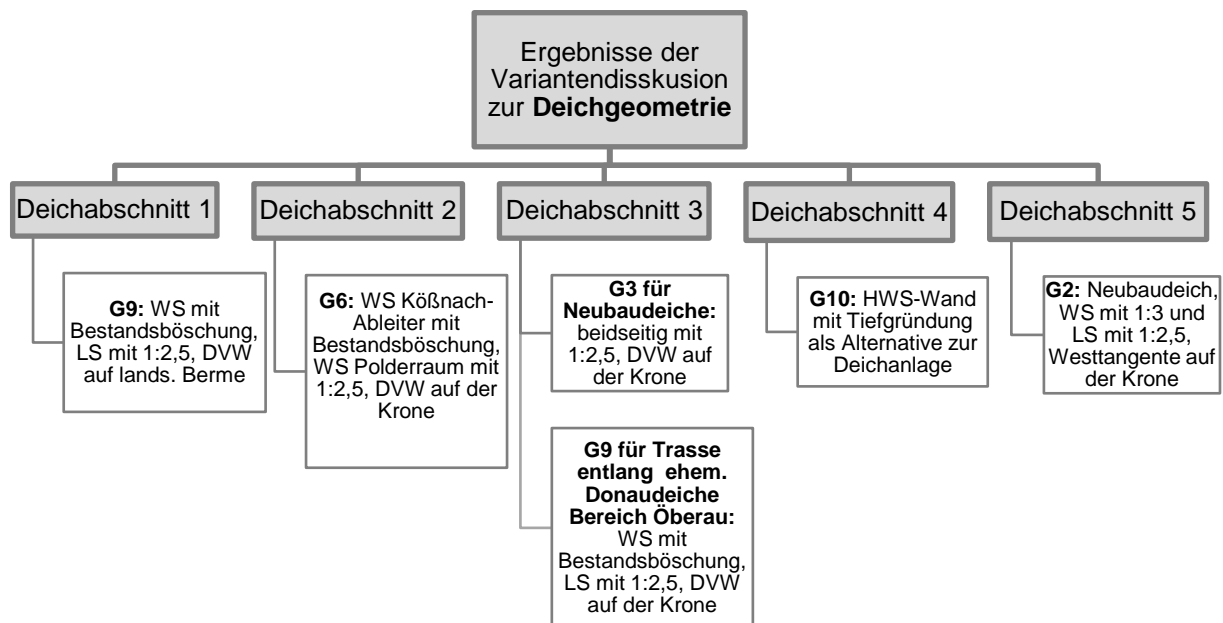


Abbildung 36: Darstellung der Vorzugsvarianten zur Geometrie der Polder- und Flutpolderdeiche

9. Variantenuntersuchung zum Aufbau der Polder- und Flutpolderdeiche

9.1 Vorbemerkungen

Ein weiteres Ziel der Variantenuntersuchung besteht darin, mögliche Varianten zum Deichaufbau zu untersuchen und gegenüber zu stellen.

Im Kapitel 2 wird beschrieben, dass beim Deichaufbau gemäß DWA-M 507-1 [2] zwischen homogenen oder zonierten (gegliederten) Deichen zu unterscheiden ist. Weiterhin wird nach DWA-M 512-1 [3] bei zonierten Bauweisen zwischen innenliegenden Dichtungen und Oberflächendichtungen unterschieden.

Im Kapitel 4 wurde untersucht, welcher Aufbau bei den bestehenden Deichen vorhanden ist. Grundsätzlich konnte festgestellt werden, dass es sich bei den Bestandsdeichen sowohl um homogene Deiche, als auch um zonierte Deiche mit 2 oder 3 Zonen handelt.

Ein Großteil der ehemaligen Donaudeiche besitzt eine geneigte Oberflächendichtung aus mineralischen Erdstoffen. Jedoch sind die bestehenden Deichsegmente unterschiedlich ausgebildet, die verschiedenen Schichten weisen unterschiedliche Mächtigkeiten auf und die Deichprofile weichen abschnittsweise vom eigentlichen Deichaufbau ab. Im Bereich des Kößnach-Ableiters wurde teilweise von einer Kerndichtung mit seitens der Oberauer Schleife liegender Anschüttung ausgegangen, jedoch konnte dieser Aufbau durch das Baugrundgutachten nicht bestätigt werden. Der Aufbau der Deichkörper ist demnach allgemein eher als inhomogen einzustufen und dessen einzelne Bauwerksbestandteile variieren z.T. stark in ihrer Ausprägung.

Nachfolgend werden für die unterschiedlichen Deichabschnitte aus Abschnitt 6 die möglichen Varianten zum Deichaufbau benannt und vergleichend bewertet.

9.2 Variantenauswahl für den Deichaufbau

Unter Berücksichtigung der vorliegenden Bestandssituation sind grundsätzlich folgende Varianten zum Deichaufbau möglich:

- Deich mit einer Spundwand als Innendichtung,
- Deich mit statisch wirksamer Innendichtung
- Deich mit wasserseitiger Oberflächendichtung,
- Deich mit Kerndichtung,
- homogener Deich.

Bei der Variantenauswahl sind in Bayern neben den Vorgaben der DIN 19712 [1] auch die Anforderungen des Hochwasserschutzaktionsprogramms 2020plus [12] zu berücksichtigen. Demnach sollen als wichtig eingestufte Deichabschnitte – sogenannte systemrelevante Deiche - grundsätzlich mit Dichtwänden nachgerüstet werden. Wo möglich und sinnvoll, sollten sie auch auf Überströmung ausgelegt und dafür statisch ausreichend bemessen werden. Dies gilt grundsätzlich auch für Deichneubauten. Hintergrund dieser die Normen ergänzenden Anforderung sind die im Vergleich zu rein erdbaulichen Lösungen höhere Resilienz und die größere Sicherheit bei Wühltierbefall (unter anderem

Biber). Die Umfassungsdeiche eines gesteuerten Flutpolders sind grundsätzlich als systemrelevant anzusehen. Das betrifft die Deichabschnitte 1, 2 und 5. Gemäß den Ergebnissen aus dem Sicherheitskonzept [16] wird der Deichabschnitt 5 (Westtangente) als Entlastungsstrecke überströmbar ausgebildet, um einen Anstieg des Wasserspiegels in der Hochwasserrückhaltung bis zum Überströmen der niedrigsten Hochwasserschutzanlagen weitgehend auszuschließen.

Anhand der Zustandsanalyse im Kapitel 4.3 sowie der Ergebnisse aus der Variantenuntersuchung für die Lage aus Abschnitt 7 und der Geometrie aus Abschnitt 8 sind folgende Varianten des Deichaufbaus in Kombination mit den lagemäßigen und geometrischen Varianten realisierbar:

Tabelle 9: Varianten für den Deichaufbau mit Bezug zur Lage und Geometrie

Deichabschnitt	Einstauverhältnis	Kombinierte Varianten		Mögliche Varianten zum Deichaufbau
		Lage	Geometrie	
Deichabschnitt 1	einseitig	LS	G9	Variante A1 2-Zonen-Deich mit Spundwand als Innendichtung und DVW auf landseitiger Berme
	einseitig	LS	G3	Variante A2.1 3-Zonen-Deich mit wasserseitiger Oberflächendichtung und DVW auf landseitiger Berme Variante A2.2 2-Zonen-Deich mit Kerndichtung und DVW auf landseitiger Berme <i>Hinweis: Aufgrund der großen Deichhöhe mit einseitigem Einstau kann eine homogene Bauweise im Vergleich zur Kerndichtung und Oberflächendichtung aus wirtschaftlichen Gründen in diesem Deichabschnitt ausgeschlossen werden.</i>
Deichabschnitt 2	beidseitig	WS	G6	Variante A3 2-Zonen-Deich mit einer Spundwand als Innendichtung und DVW auf der Deichkrone
	beidseitig	WS	G3	Variante A4.1 2-Zonen-Deich mit Kerndichtung und DVW auf der Deichkrone Variante A4.2 homogener Deich mit DVW auf der Deichkrone <i>Hinweis: Oberflächendichtungen werden i.d.R. nur für Fälle mit einseitigem Einstau angewandt. Daher wird für den Deichabschnitt 2 die Oberflächendichtung nicht weiter betrachtet.</i>

Deichabschnitt	Einstauverhältnis	Kombinierte Varianten		Mögliche Varianten zum Deichaufbau
		Lage	Geometrie	
Deichabschnitt 3 <i>Teilstück auf Trasse der ehem. Donau- deiche</i>	einseitig	LS*	G9	Variante A5 2-Zonen-Deich mit statisch wirksamer Innendichtung und DVW auf der Deichkrone
Deichabschnitt 3 <i>Neubaudeiche auf keiner</i>	einseitig	„WS“	G3	Variante A6.1 3-Zonen-Deich mit wasserseitiger Oberflächendichtung und DVW auf der Deichkrone Variante A6.2 2-Zonen-Deich mit Kerndichtung und DVW auf der Deichkrone
Deichabschnitt 4	einseitig	„WS“	G3	Variante A7 homogener Deich mit DVW auf der landseitigen Berme <i>Hinweis: Aufgrund der geringen Deichhöhe < 3,0 m sowie dem dahinter anschließenden Hochufer werden die Varianten mit Innen-, Oberflächen- und Kerndichtung gegenüber einer homogenen Bauweise nicht empfohlen und für die weitere Betrachtung in diesem Deichabschnitt ausgeschlossen.</i>
	einseitig	-	G10	Variante A8 HWS-Wand mit statisch wirksamer Dichtung und landseitigem Kontrollweg
Deichabschnitt 5	beidseitig	„AC“	G2	Variante A9.1 2-Zonen-Deich mit statisch nicht wirksamer Dichtwand Variante A9.2 2-Zonen-Deich mit landseitigem Reibungsfuß <i>Hinweis: Aufgrund der mit den Anforderungen an den Straßenunterbau unverträglichen Verformbarkeit und/oder Verformungsanfälligkeit sowie dem gegenüber der Variante A9.2 erhöhten Einbau- und Kostenaufwand werden die Varianten mit Oberflächen- und Kerndichtung nicht empfohlen und für die weitere Betrachtung in diesem Deichabschnitt ausgeschlossen.</i>

*Lage der Deichverbesserung nur gültig für abschnittsweise Neubautrasse entlang des ehemaligen rechten Donaudeiches in der Ortslage Öberau

Die in Tabelle 9 aufgeführten Varianten sind anhand von Regelquerschnitten im jeweiligen Deichabschnitt in Anlage 11 dargestellt. Die Variantendiskussion zum Deichaufbau kann in Anhang E nachvollzogen werden. Darin werden die vier grundsätzlichen Varianten zum Deichaufbau (Innendichtung, Oberflächendichtung, Kerndichtung und homogene Bauweise) sowie die HWS-Wand gegenübergestellt.

Nachfolgend werden die unterschiedlichen Deichbauvarianten mit Bezug zur Lage und Geometrie detailliert beschrieben.

9.3 Variantenuntersuchung für den Deichabschnitt 1

9.3.1 Variante A1: 2-Zonen-Deich mit einer Spundwand als Innendichtung und DVW auf der landseitigen Berme

Innenliegende Dichtungen werden i.d.R. von der Deichkrone aus in Deichachse hergestellt und bis unterhalb der Deichaufstandsfläche eingebracht. Sie können neben der Dichtung des Deiches und der der Verlängerung des Sickerweges auch als tragendes Element dienen.

Generell sind Innendichtungen als Dichtungsverfahren immer dann der mineralischen Oberflächendichtung überlegen, wenn der Deichbauerdstoff in der näheren Umgebung des Vorhabens nicht zur Verfügung steht und/oder keine größere Veränderung der Deichkubatur vorgenommen werden soll.

Für die bestehenden ehemaligen Donaudeiche an der Oberauer Schleife besteht der konkrete Anwendungsvorteil für die Innendichtung darin, dass die vorhandenen wasserseitigen Böschungen weitgehend erhalten bleiben und die Flächeninanspruchnahme deutlich verringert wird. Des Weiteren wirkt sich der weitgehende Erhalt der vorhandenen Altdeiche positiv auf die Kosten für den Grunderwerb, die Betroffenheit des ökologisch wertvollen Bestandes und den Baufortschritt aus.

Um all diese Effekte zu erzielen, muss die Innendichtung mit dem Deich zusammen eine tragende Funktion übernehmen. Untersucht werden müssen bei dieser Variante insbesondere alle Lastfälle, die zum Versagen bzw. Teilversagen der land- und/oder wasserseitigen Deichböschung führen können, wie z. B. der Baumwurf.

In der Anlage 11-1 ist die Variante A1 als Querprofil und in der Anlage 12-1 als Draufsicht zeichnerisch dargestellt. Die Kubatur des Deiches wird unter Beibehaltung der wasserseitigen Böschung ergänzt. Die einer Spundwand als Innendichtung wird in der Deichkrone in den Deich eingestellt. Landseitige Bäume werden, so weit vorhanden, einschließlich deren Wurzeln im 10 m-Bereich des Deiches, gerodet. Wasserseitige Bäume bleiben erhalten. Maßgebend für die Auslegung der einer Spundwand als Innendichtung sind damit die folgenden Randbedingungen:

- die landseitige Böschung ist statisch wirksam,
- das Versagen der landseitigen Böschung wird ausgeschlossen
- die wasserseitige Böschung kann infolge Baumwurf versagen,
- der vorhandene schlechtere Einbauzustand des vorhandenen Altdeiches wird über entsprechend schlechtere Bodenkennwerte berücksichtigt,

Im Rahmen der Entscheidungsvorlage erfolgt eine Vorbemessung einer Spundwand als Innendichtung für den Variantenvergleich.

Innendichtungsverfahren

Als Innendichtungsverfahren in Deichen kommen gemäß DWA-Themen „Dichtungssysteme in Deichen“ [4] überwiegend Spundwände, Einphasenschlitzwände, Schmalwände sowie Verfahren der Bodenvermörtelung zum Einsatz. Aus technischer Sicht sind für Innendichtungen auch Bohrpfehlwände und Zweiphasenschlitzwände geeignet. Diese kommen aber aus wirtschaftlichen Gründen im Deichbau lediglich in Ausnahmefällen zur Anwendung und werden hier nicht weiter betrachtet.

Von den oben genannten vier Verfahren ist einzig die Schmalwand nicht für die Anwendung an den bestehenden ehemaligen Donaudeichen an der Oberauer Schleife geeignet, da diese keine statisch wirksame Funktion übernehmen kann. Als Innendichtung mit statisch wirksamer Funktion können somit grundsätzlich folgende Verfahren zur Anwendung kommen:

- Spundwand
- Einphasenschlitzwand
- tiefreichende Bodenvermörtelungsverfahren (z. B. MIP, FMI)

Spundwand

Spundwände bestehen aus einzelnen in Schlössern miteinander verbundenen Stahlspundbohlen. Sie können über die Dichtfunktion hinaus für Axial- und Querbelastung bemessen werden und so zur Abtragung von Bauwerklasten (z. B. von aufgesetzten Hochwasserschutzwänden) zum Einsatz kommen. Stahlspundwände sind gegen Setzungen weitgehend unempfindlich und können bis zu Tiefen von ca. 15 bis 25 m eingebracht werden. Sie sind erosionssicher und können nicht durchwurzelt oder durchnagt werden.

Für das Einbringen der Stahlspundwände in den Untergrund bestehen folgende Verfahren:

- Schlagen/Rammen: Dabei wird die Bohle mittels eines Schlaggewichts (Schlagbär) in den Untergrund eingerammt. Beim schlagenden Rammen können erhebliche Lärm- und Erschütterungsemissionen entstehen.
- Rütteln/Vibrieren: Bei diesem Verfahren wird das Rammgut in Schwingung versetzt. Der unmittelbar anstehende Boden gerät ebenfalls in Schwingung, um die inneren Kohäsionskräfte im Boden zu überwinden. Beim Rütteln oder Vibrieren werden Geräusche und Erschütterungen verursacht. Es können ebenfalls erhebliche Lärm- und Erschütterungsemissionen entstehen.
- Pressen mit hydraulischen Pressverfahren (mäklergeführt oder als Freireiter):

Mittels Presszylinder werden die Einzelbohlen nur mit statischem Druck in den Untergrund eingepresst. Dabei dienen die eingebrachten Bohlen als Widerlager (Freireiter) bzw. werden durch einen Mäkler und das Trägergerät (mäklergeführt) von der Deichkrone aus eingebracht. Das Verfahren charakterisiert sich als sehr erschütterungsarm.
- Einstellen in suspensionsgestützte Schlitz:

Dabei wird ein Schlitz mittels eines Schlitzgreifers hergestellt. Der anstehende Boden wird mit einer Stützsuspension gehalten. Anschließend werden die Spundwandprofile bis zur Baugrubensohle eingestellt. Für dieses geräuscharme Verfahren sind zusätzliche Aushubgeräte

notwendig, jedoch kommt es nur zu geringen Erschütterungen im Baugrund.

Das Einbringen einer Spundwand von der Deichkrone mittels Mäklar und Aushubgeräten aus erfordert eine Mindestfahrbreite von ca. 4,0 m. Auf schmalen Deichkronen muss daher zunächst ein ausreichendes Rammplanum mit Hilfe einer landseitigen Anschüttung hergestellt werden.

Neben den Einbringverfahren von der Deichkrone aus sind auch Verfahren ausgehend von bestehenden Bermen oder Fahrwegen möglich. Gerade die Verfahren mit einem Freireiter oder einer Anbau-ramme ermöglichen es, auf die Herstellung eines Rammplanums sowie einer landseitigen Anschüttung zu verzichten (Minimierung der Betroffenheit).

Einphasenschlitzwand

Bei diesem Verfahren wird ein Schlitzgreifer abgetäuft, um ein Erdschlitz herzustellen. Während der Aushubphase wird mit Hilfe von Suspension der Schlitz gestützt. Im Kontraktorverfahren wird der Schlitz ausbetoniert.

Leistungen für Abtransport des Aushubmaterials, Pumpenvorlagen und Baustelleneinrichtungen für die Stützsuspension sowie die Frischbetonlieferung sind als Arbeitsvorgang mit zu berücksichtigen.

tiefreichende Bodenvermörtelungsverfahren (z. B. MIP, FMI)

Bei den Bodenvermörtelungsverfahren wird der anstehende Boden durch rotierende Mischwerkzeuge mit einer Suspension (Zement-Mörtel) vermischt. Am bekanntesten ist das MIP (Mixed-in-Place-Verfahren) der Firma Bauer, wobei der anstehende Boden in-situ vermörtelt wird. Es entstehen Wanddicken von 30 bis 75 cm. Ein hoher Anteil an organischen Bestandteilen im anstehenden Boden kann die Anwendung dieser Verfahren unwirtschaftlich oder technisch unmöglich werden lassen.

An den bestehenden Deichen ist von einer starken Durchwurzelung des Bodens auszugehen, so dass diese Verfahren möglicherweise zu Erschwernissen führen.

Für diese Verfahren muss die Deichkrone abgetragen werden und der nötige Arbeitsraum ist herzustellen, um Bohr- oder Aushubgeräte platzieren zu können. Da diese Dichtung bis an die Krone herangeführt werden muss, ist es baulich notwendig, den oberen Teil der Dichtung als Ortbetonwand auszuführen. Des Weiteren ist die Standsicherheit der bestehenden Deiche für Schwervergeräte zu beachten.

Leistungen für Abtransport des Aushubmaterials, Pumpenvorlagen und Baustelleneinrichtungen für Suspensionen sind als Arbeitsvorgang mit zu berücksichtigen.

9.3.2 Variante A2.1: 3-Zonen-Deich mit wasserseitiger Oberflächendichtung und DVW auf der landseitigen Berme

Im Deichbau werden als Oberflächendichtungen gemäß DWA-M 512-1 [3] und DWA-Themen „Dichtungssysteme in Deichen“ [4] vorzugsweise mineralische Dichtungen aus Lehm oder Ton sowie geosynthetische Tondichtungsbahnen eingesetzt. Beton-, Asphalt- und Kunststoffdichtungen werden an Binnendeichen aus wirtschaftlichen und landschaftsgestalterischen Gründen nicht angewandt.

Mineralische Oberflächendichtungen werden i.d.R. auf einen homogenen, durchlässigen Stützkörper in der wasserseitigen Böschung aufgebracht. Die Dichtung ist dabei höher als der Bemessungshochwasserstand zu führen, so dass auch bei deren Überschreitung die Standsicherheit des Deiches gewährleistet ist. Am Deichfuß ist die Dichtung mit einem Sporn auszubilden, der in eine gering durchlässige Bodenschicht einbindet.

Als mineralische Dichtungen kommen vorzugsweise natürliche, gering durchlässige Böden mit Durchlässigkeitswerten von $k \leq 10^{-8}$ m/s zum Einsatz. Die Dicke der Dichtung sollte mind. 0,8 m, vorzugsweise 1,0 m betragen, um eine Beeinträchtigung der Dichtungswirksamkeit durch Austrocknungsbeanspruchung und Frosteinwirkung sicher auszuschließen. Die wasserseitige Dichtung ist zudem durch eine mind. 1,0 m dicke Deckschicht (inklusive Vegetationsschicht) vor mechanischen, chemischen und biologischen Einwirkungen und aufgrund der Empfindlichkeit gegenüber Frost- und Tauwechsel sowie Trocknungsrissen zu schützen.

Ein wesentlicher Vorteil der mineralischen Oberflächendichtung ist die Alterungs- und Langzeitbeständigkeit sowie die langjährige wasserbauliche Erfahrung mit dieser klassischen Bauweise. Bei Einhaltung der o.g. Parameter ist die Dichtwirkung durch Austrocknung oder Frosteinwirkung nicht beeinträchtigt. Nachteilig ist dagegen der witterungsabhängige Einbau und die Verdichtung, sowie je nach Lage die Verfügbarkeit des Einbaumaterials mit einer Durchlässigkeit von $k \leq 10^{-8}$ m/s. Weiterhin ist zu beachten, dass sich die Dichtungswirkung besonders durch Wühltiere und Bewuchs, wie z. B. Durchwurzelung und Windwurf verringern kann.

Anstelle einer mineralischen Dichtung ist als Oberflächendichtung auch der Einbau einer geosynthetischen Tondichtungsbahn auf den durchlässigen Stützkörper möglich. Geosynthetischen Tondichtungsbahnen (GTD), allgemein bekannt unter der Bezeichnung Bentonitmatten, bestehen aus zwei Geotextilien zwischen denen eine Bentonitschicht eingelagert ist. Die GTD erreichen einen Durchlässigkeitsbeiwert von $k \leq 5 \cdot 10^{-11}$ m/s bzw. eine Permittivität von $\psi \leq 5 \cdot 10^{-9}$ 1/s. Die hydraulisch wirksame Dichtung entsteht bei Quellung durch Wasseraufnahme, so dass die Dicke der GTD im gequollenen Zustand ca. 1 cm beträgt.

Für das Aufbringen der GTD auf den Stützkörper werden besondere Anforderungen gestellt. Die Unterlage der Dichtung muss eben, gut verdichtet sowie frei von scharfkantigen Gegenständen, herausragenden Einzelkörnern, Oberflächenwasser und Eis sein. Gegebenenfalls ist eine entsprechende Stütz- und Ausgleichschicht erforderlich. Die Überdeckung der GTD sollte $> 1,0$ m inklusive Vegetationsschicht betragen, um als Schutz vor Austrocknung (Schrumpfrissen), Frost- und Tauwechsel sowie mechanischen Einwirkungen zu dienen. Am Deichfuß ist die GTD in eine gering durchlässige Bodenschicht einzubinden.

Vorteile der GTD sind vor allem die schnelle, einfache und damit kostengünstige Verlegung, die auch bei Frost möglich ist. Von Vorteil sind weiterhin die gleichbleibende Qualität der im Werk gefertigten GTD sowie deren gutes Verformungsverhalten und die geringe Setzungsempfindlichkeit. Zudem kann eine Selbstheilung von Schrumpfrissen durch das hohe Quellvermögen der GTD bei Wiederbefeuchtung erfolgen.

Nachteilig ist, dass wasserbauliche Erfahrungen mit den GTD erst seit Ende der 1980er Jahre vorliegen sowie Schäden an der relativ dünnen Dichtung durch Wühltiere und Bewuchs auftreten können. Dann müssten ggf. konstruktive Maßnahmen ergriffen werden. Beim Einbau sind zudem eine kontinuierliche visuelle Überwachung und ein Nachweis der Schubkraftübertragung zu den angrenzenden Schichten erforderlich.

Aufgrund der grundsätzlichen Verfügbarkeit von geeignetem Deichbauerdstoff in der Umgebung des geplanten Vorhabens und aufgrund der geringen Kostenvorteile der GTD gegenüber der minerali-

schen Dichtung wiegen diese die Unsicherheiten, die von der GTD ausgehen, nicht auf. Als Alternative zur mineralischen Oberflächendichtung werden daher die Varianten zu innenliegenden Dichtungen als geeigneter eingeschätzt, siehe Kapitel 9.3.1.

In einigen Bundesländern wie Sachsen und Sachsen-Anhalt wird eine mineralische Oberflächendichtung bevorzugt, i.d.R. mit der Begründung, dass für die klassische Bauweise mit mineralischer Oberflächendichtung Langzeiterfahrungen vorliegen und für die GTD nicht.

Im Freistaat Bayern besteht aus den Erfahrungen der vergangenen Hochwasserereignisse hingegen der Planungsansatz, mineralische Oberflächendichtung eher zu vermeiden, da in der Vergangenheit zahlreiche Deichschäden infolge von Wühltierbefall festgestellt werden mussten. Ebenfalls besteht die Zielsetzung nach dem „Hochwasserschutz Aktionsprogramm 2020 plus“ [12] resiliente Konstruktionen für Deichsanierungen und Deichneubauten zu verwenden.

Die Umsetzung einer mineralischen Oberflächendichtung ist aufgrund des einseitigen Einstaus ausschließlich in den Deichabschnitten 1 und 3 möglich.

Wie in Kapitel 7.2 beschrieben ist für die Deichabschnitte 1 und das Teilstück im Deichabschnitt 3 eine Lageverschiebung Richtung Landseite eine denkbare Variante (Variante LS). Die vollständige Veränderung der Deichgeometrie bei dieser Variante (Variante G3) verursacht jedoch vermutlich einen Komplettrückbau der bestehenden Deiche. Die Ergebnisse aus den geotechnischen Berichten [14] zeigen, dass Teile des Altdeiches bzw. Material für den Einbau wiederverwendet werden können.

In der Anlage 11-1 ist die Variante A2.1 als Querprofil und in der Anlage 12-1 als Draufsicht zeichnerisch dargestellt.

9.3.3 Variante A2.2: 2-Zonen-Deich mit Kerndichtung und DVW auf der landseitigen Berme

Die Kerndichtungen aus mineralischen Erdstoffen werden im Zuge der Deichsanierung oder des Neuaufbaues lagenweise hergestellt. Die zu verwendenden Baustoffe entsprechen denjenigen einer mineralischen Oberflächendichtung aus Ton mit $k \leq 10^{-8}$ m/s. Der Tonkern wird im Bereich der Böschungen 0,8 m und im Bereich der Krone 0,5 m mit vorhandenen Deichbaumaterial abgedeckt. Anschließend werden 0,2 m Oberboden aufgebracht.

Durch die innenliegende Anordnung ist der Schutz der Kerndichtung durch die beidseitigen Stützkörper gewährleistet. Die Kerndichtung wird an beiden Flanken geneigt ausgeführt. Der Dichtungskern verjüngt sich trapezförmig nach oben hin und wirkt dadurch in Hinblick auf Setzungen günstiger als eine Dichtung mit einheitlicher Breite. Ein Aufhängen des Dichtungsmaterials am Stützkörper wird dadurch weitgehend vermieden. Zwischen den Stützkörpern und der Dichtung kann jedoch die Anordnung von Filterschichten oder Geotextilien erforderlich werden. An der Deichaufstandsfläche sollte die Kerndichtung in eine gering durchlässige Bodenschicht einbinden.

Wie in der vorhergehenden Variante 2.1 beschrieben, gilt auch die Verschiebung der Deichkubatur Richtung Landseite (Variante LS) ausgehend vom bestehenden wasserseitigen Deichfuß. Dabei ist von einem Komplettrückbau auszugehen. Auch bei dieser Variante als reine Erdbaulösung kann nach den Baugrunderkundungen [14] davon ausgegangen werden, dass Teile des Altdeiches für den Neubau wiederverwendet werden können.

In der Anlage 12-1 ist die Variante A2.2 als Querprofil und in der Anlage 12-1 als Draufsicht zeichnerisch dargestellt.

9.4 Variantenuntersuchung für den Deichabschnitt 2

9.4.1 Variante A3: 2-Zonen-Deich mit einer Spundwand als Innendichtung und DVW auf der Deichkrone

Die Variante A3 unterscheidet sich von Variante A1 durch die Lage des Deichverteidigungsweges (DVW) auf der Deichkrone. Es gelten daher alle Ausführungen zu Innendichtungen der Variante A1 auch für Variante A3, siehe Kapitel 9.3.1.

Variante A3 ist im Deichabschnitt 2 am Kößnach-Ableiter anzuwenden, da hier aufgrund des beidseitigen Einstaus, der beengten Platzverhältnisse sowie zur Verringerung von Eingriffen in die Biotopstrukturen der Deichverteidigungsweg auf der Deichkrone angeordnet werden muss. Dafür ist keine zusätzliche Deichüberhöhung erforderlich. Maßgebend bleiben Stauziel und Freibord. Der Wegeaufbau ist der Bauwerkshöhe nicht zuzurechnen. Darauf wird vertiefend in der Unterlage zu den Planungsgrundsätzen [16] eingegangen.

Eine weitere Besonderheit der Variante A3 im Deichabschnitt 2, im Vergleich zur Variante A1, ist die Kombination mit der Deichgeometrie G6. Hierbei wird die Seite des Kößnach-Ableiters erhalten bzw. zur Erhöhung weitergeführt. Seitens des Polderraums wird eine Neigung von 1:2,5 ausgebildet. Diese Variante beschreibt eine Verschiebung Richtung Polderraum - Variante WS.

In der Anlage 12-2 ist die Variante A3 als Querprofil und in der Anlage 12-2 als Draufsicht zeichnerisch dargestellt.

9.4.2 Variante A4.1: 2-Zonen-Deich mit Kerndichtung und DVW auf der Deichkrone

Gemäß Kapitel 4.3 besteht der Deich am Kößnach-Ableiter nicht einheitlich aus einer mineralischen Kerndichtung bzw. einem homogenen Deichkörper mit Anschüttung seitens der Oberauer Schleife. Bei einem beidseitigen Einstau sind neben den Innendichtungen aus Kapitel 9.3.1 auch mineralische Innendichtungen gemäß DWA-M 512-1 [3] ausführbar.

Die Variante A4.1 kann wie die Variante A2.2 betrachtet werden. Sie unterscheidet sich lediglich durch die Anordnung des DVW auf der Krone, der dort aufgrund des beidseitigen Einstaus notwendig ist, und durch die flächenmäßige Verbreiterung der Deichanlage Richtung Wasserseite der Oberauer Schleife.

In der Anlage 11-2 ist die Variante A4.1 als Querprofil und in der Anlage 12-2 als Draufsicht zeichnerisch dargestellt.

9.4.3 Variante A4.2: homogener Deichkörper mit DVW auf der Deichkrone

Wie in den vorhergehenden Kapiteln beschrieben besteht die Möglichkeit die Deiche des Deichabschnittes 2, die einen beidseitigen Einstau erfahren, als homogenen Deichkörper zu errichten.

Es wird deshalb als Variante A4.2 vorgeschlagen, die vorhandenen Deiche bis auf den vorhandenen Dicht- bzw. Stützkörper abzutragen. Wie im Kap. 4 erläutert, ist der Deich des Deichabschnittes 2 sehr inhomogen aufgebaut. Für eine homogene Bauweise ist ein vollständiger Rückbau notwendig.

Das entsprechend der Deichkubatur erforderliche Deichbaumaterial ist als homogenes Material mit guten Dichtungseigenschaften ($10^{-8} < k_f < 10^{-7}$) zu liefern und einzubauen.

Die Variante hat generell den Vorteil, dass die Einbautechnologie relativ einfach und mit den geringsten Kosten verbunden ist, sofern die Materialien in räumlicher Nähe verfügbar sind. Nachteilig bei dieser Variante ist die Verfügbarkeit sehr großer Mengen an Deichbaumaterial mit den o.g. Dich-

tungseigenschaften sowie die Abhängigkeit hinsichtlich der Witterungsverhältnisse während der Bauzeit.

Besonders gut geeignet ist die homogene Bauweise bei geringen Bauwerkshöhen der Deichanlage, wenn eine Ausbildung einer Oberflächendichtung oder Kerndichtung als zu aufwändig erscheint.

In der Anlage 12-2 ist die Variante A4.2 als Querprofil und in der Anlage 12-2 als Draufsicht zeichnerisch dargestellt.

9.5 Variantenuntersuchung für den Deichabschnitt 3

9.5.1 Variante A5: 2-Zonen-Deich mit statisch wirksamer Innendichtung und DVW auf der Deichkrone

Die Variante A5 unterscheidet sich von der Variante A1 durch die Lage des Deichverteidigungsweges (DVW) auf der Deichkrone. Es gelten daher alle Ausführungen zu Innendichtungen der Variante A1 auch für die Variante A5, siehe Kapitel 9.3.1.

Im Vergleich zur Variante A3 am Kößnach-Ableiter lässt sich die Variante A5 im Deichabschnitt 3 auf der Trasse des ehemaligen linken Donaudeiches nur in Kombination mit der Lagevariante LS anwenden. Hierbei sind als Vorteile der Erhalt der wasserseitigen Böschung (auf Seite der Hochwasserrückhaltung) und der Erhalt des Altdeiches als Bestandteil des neu herzustellenden Deiches (analog zur Variante A1) zu erwähnen.

Für den Teilabschnitt des Deichabschnittes 3, der auf der Trasse des ehemaligen linken Donaudeiches liegt (Bestandsdeich), werden keine weiteren Varianten untersucht. Gründe dafür sind die relativ geringe Länge, die Forderung nach einer resilienten Bauweise der Deiche, siehe Ausführungen im Hochwasserschutz Aktionsprogramm 2020plus [12], und die bereits erwähnten ökologischen Aspekte.

In der Anlage 12-3.1 ist die Variante A5 als Querprofil und in der Anlage 12-3 als Draufsicht zeichnerisch dargestellt.

9.5.2 Variante A6.1: 3-Zonen-Deich mit wasserseitiger Oberflächendichtung und DVW auf der Deichkrone

Die Variante A6.1 ist von der Bauweise genauso anzusehen wie die Variante A2.1, nur mit dem Unterschied, dass der DVW auf der Krone auszubilden ist. Diese Ausbauvariante kann für die Neubauwerke im Deichabschnitt 3 Anwendung finden. Da es sich um eine Neubautrasse handelt, gibt es keinen lagemäßigen Bezug zu einem Altdeich, siehe Kap. 7. Es gelten die gleichen Ausführungshinweise zur Oberflächendichtung wie in der Variante A2.1 beschrieben, siehe Kap. 9.3.2.

In der Anlage 11-3.2 ist die Variante A6.1 als Querprofil und in der Anlage 12-3 als Draufsicht zeichnerisch dargestellt.

9.5.3 Variante A6.2: 2-Zonen-Deich mit Kerndichtung und DVW auf der Deichkrone

Die Variante A6.2 ist ebenfalls für die Neubautrasse im Deichabschnitt 3, auf der keine ehemaligen Donaudeiche liegen, anzuwenden. Die Ausführung und Bauweise ist genauso zu betrachten wie die in der Variante A2.2, mit dem Unterschied, dass es auch hier keinen lagemäßigen Bezug zu einem bestehenden Altdeich gibt.

In der Anlage 12-3.2 ist die Variante A6.2 als Querprofil und in der Anlage 12-3 als Draufsicht zeichnerisch dargestellt.

9.6 Variantenuntersuchung für den Deichabschnitt 4

9.6.1 Variante A7: homogener Deich mit DVW auf der landseitiger Berme

Die Variante A7 ist von der Bauweise genauso anzusehen wie die Variante A4.2. Es gelten daher alle Ausführungshinweise aus Kapitel 9.4.3. Diese Ausbauvariante wird hierbei gesondert aufgeführt, da es keinen Lagebezug zu bestehenden Deichanlagen gibt und es sich somit um einen kompletten Neubaudeich für den Deichabschnitt 4 handelt.

In der Anlage 12-4 ist die Variante A7 als Querprofil und in der Anlage 12-4 als Draufsicht zeichnerisch dargestellt.

9.6.2 Variante A8: HWS-Wand mit statisch wirksamer Dichtung und landseitigem Kontrollweg

Für die Errichtung einer HWS-Mauer sind generell 2 Varianten in Abhängigkeit von der Wahl der Gründung möglich:

Tiefengründung

- *Spundwand als HWS-Wand:*

Die einfachste Bauform von Hochwasserschutzwänden mit Tiefengründung sind Spundwände. Dabei sind die Schlösser im obersten Bereich zu dichten. Diese einfache Ausführung genügt den technischen Anforderungen. Dort, wo gestalterische Anforderungen dies erforderlich machen, können sie entsprechend verkleidet oder beschichtet werden. Die Tiefengründung mittels Spundwand hat den Vorteil, dass dadurch gleichzeitig eine Abdichtung des Untergrundes erreicht wird.

- *Spundwand mit Kopfbalken als HWS-Wand:*

Hierbei handelt es sich um eine modifizierte Bauweise zur Spundwand. Die Bauweise besteht grundsätzlich aus einer Stahlbetonwand, einem Kopfbalken und einer Spundwand. Die Spundwand wird als Untergrunddichtung und Tiefengründung eingesetzt. Oberhalb des Geländes wird der Hochwasserschutz durch die HWS-Wand aus Stahlbeton gewährleistet. Der Kopfbalken auf der Spundwand dient als kraftschlüssige Verbindung zwischen der HWS-Wand aus Stahlbeton und der Spundwand. Bei dieser Variante lässt sich ebenfalls die Spundwand durch eine Bohrpfahlgründung ersetzen, dem ist aber aus wirtschaftlicher Betrachtung nicht der Vorzug zu geben.

Flachgründung

Schwergewichtsmauern können den anstehenden Wasserdruck im Vergleich zur Tiefengründung ebenfalls problemlos aufnehmen, müssen aber in Abhängigkeit von den Untergrundverhältnissen und dem anstehenden Wasserdruck i. d. R. durch eine zusätzliche Dichtungswand gegen Umströmung gesichert werden. Die Dichtwand ist so tief einzubinden, dass die Sickerwassermenge landseitig in einer Drainage gefasst werden kann. HWS-Wände als Schwergewichtsmauern lassen sich in Ortbetonbauweise herstellen oder als Fertigteilelemente aneinanderreihen.

Unabhängig von der Art der Gründung ist der Vorteil einer HWS-Wand die relativ filigrane Bauweise sowie eine geringe Flächeninanspruchnahme. Im Deichabschnitt 4 handelt es sich im Bereich der Hochebene auf Höhe der Bebauung um eine geringe Bauhöhe der HWS-Anlage. Dabei ist lediglich zur Abdeckung des Freibordes eine Erhöhung notwendig, wozu eine HWS-Wand gut geeignet ist.

In der Anlage 11-4 ist die Variante A8 als Querprofil und in der Anlage 12-4 als Draufsicht zeichnerisch dargestellt.

9.7 Variantenuntersuchung für den Deichabschnitt 5

In diesem Deichabschnitt ist eine überströmungssichere, resiliente Bauweise anzuwenden. Die Überströmungssicherheit wird durch den Straßenaufbau, eine erosionssichere Bauweise der Bankette sowie Erosionsschutzmaßnahmen im oberen Bereich der Böschung zum Polder Sossau Ost hergestellt und ist für alle untersuchten Varianten in gleichartiger Ausführung vorgesehen.

Bei Überströmung des Deichs soll ein Abfluss von $52 \text{ m}^3/\text{s}$ bei einer Energiehöhe von maximal $0,2 \text{ m}$ abgeführt werden können. Zur Umsetzung dieser Vorgabe ist die Überlaufstrecke mindestens 350 m lang auszubilden. Die Fließgeschwindigkeit bei Durchschreiten der Grenzverhältnisse beträgt rund $1,1 \text{ m/s}$. Bei dieser Fließgeschwindigkeit reicht das Wurzelwerk einer durchgehenden Rasenböschung zur Sicherung der Böschungsschulter gegen Erosion aus. Somit sind auf der Böschungsschulter zum Polder Sossau West keine weiteren Maßnahmen zur Böschungssicherung erforderlich.

Der Wasserspiegel im Polder Sossau Ost wird bei dem Lastfall der Überströmung bei Ereignissen $> \text{HQ}200$ mindestens auf $320,21$ liegen. Nach Überströmen der Deichkrone kann die Energiehöhe vor dem Eintauchen des Wassers im Polder Sossau Ost maximal $1,05 \text{ m}$ erreichen. Daraus errechnet sich unter Vernachlässigung von Verlusten eine maximal mögliche Fließgeschwindigkeit von $4,5 \text{ m/s}$. Unter Berücksichtigung von Verlusten durch die Rauigkeit einer Versteinung errechnen sich folgende maximale Fließgeschwindigkeiten bei Normalabfluss:

- Grobkies $< 100 \text{ mm}$ mit $k_{\text{st}} 35 \Rightarrow v_n = 3,1 \text{ m/s}$
- Wasserbausteine $< 300 \text{ mm}$ mit $k_{\text{st}} 20 \Rightarrow v_n = 2,2 \text{ m/s}$

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass eine Auflage von Grobkies nicht ausreicht, um eine Erosion der Böschungsschulter auf der Seite des Polder Sossau Ost zu vermeiden. Der Einbau einer Schicht aus Wasserbausteinen mit einem Durchmesser von rund $0,3 \text{ m}$ wird kritisch beurteilt. Durch die Größe der Steinauflage ist ein Befahren zur maschinellen Pflege der Fläche nicht mehr möglich. Der manuelle Unterhalt der Fläche zum Freihalten von Bewuchs wird als unwirtschaftlich eingeschätzt. Als Vorzugslösung für die Sicherung der Böschung auf der Seite des Polder Sossau Ost wird deshalb der Einbau von Flussmatratzen vorgesehen, s. Abbildung 37. Diese werden von der Leitplanke bis zu einer Höhe von $319,00 \text{ m ü. NN}$ etwa $1,2 \text{ m}$ unter der Wasserspiegeloberkante eingebaut und mit 20 cm Oberboden überschüttet. Damit ist eine Bewirtschaftung der Fläche ohne Einschränkungen möglich.

Ähnlich wie bei der Spundwand erfordert das Einbringen der Schmalwand von der Deichkrone mittels Mäklar und Aushubgeräten eine Mindestfahrbreite von ca. 4,0 m. Leistungen für Pumpenvorlagen und Baustelleneinrichtungen für Suspensionen sind als Arbeitsvorgang mit zu berücksichtigen.

9.7.2 Variante A9.2: 2-Zonen-Deich mit landseitigem Reibungsfuß

Bei dieser Variante wird im Bereich des landseitigen Deichfußes eine Zone aus Schüttmaterial mit hohem innerem Reibungswinkel, z. B. Schroppen, angeordnet. Damit wird die Ausbildung einer Sickerlinie im Deichkörper nicht wie bei der Dichtwand unterbunden, sie stellt allerdings keine Gefahr für die Standsicherheit dar. Die im Vergleich mit der Variante A9.1 tendenziell höheren Sickerwassermengen sind für den vorliegenden Deichabschnitt lediglich von untergeordneter Relevanz und können im ohnehin für die Straßenentwässerung erforderlichen Abfanggraben abgeführt werden. Für das Schüttmaterial des Straßenunterbaus können gut verdichtbare Erdbaustoffe mit schwach durchlässigen bis durchlässigen Eigenschaften ($10^{-5} < k_f < 10^{-3}$) verwendet werden, die zusätzlich die erforderlichen Festigkeitswerte gemäß den Anforderungen an einen Straßenunterbau erfüllen. Auch in dieser Variante wird von einer Wiederverwendbarkeit des bestehenden Straßenunterbaus für den Neubau ausgegangen. Die Geometrie des Reibungsfußes muss dabei ggf. auf das jeweils vorhandene Profil mit dort vorliegender Belastungssituation abgestimmt werden, insbesondere in solchen Bereichen, die nicht erhöht, sondern lediglich verbreitert werden müssen und / oder bei denen ein Bodenaustausch für die Herstellung des Reibungsfußes vorzunehmen ist.

Eine Gefährdung durch Wühltierbefall wird aus mehreren Gründen unkritisch gesehen. Zunächst besteht bei dem vorliegenden Deichabschnitt keine direkte Verbindung zu ständig wasserführenden Oberflächengewässern und damit zum bevorzugten Lebensraum vieler in Frage kommender Wühltiere. Weiterhin ist der Deich bereits planmäßig durchströmbar bei darauf abgestimmter Kornabstufung und daher die Gefahr innerer Erosion gering. Die Verwendung von vergleichsweise grobkörnigen, verdichteten Materials im gesamten Querschnitt erschwert gemäß DIN 19712 darüber hinaus die Grabtätigkeit und stellt dadurch eine mechanische Barriere gegen Wühltiere dar. Es liegen ferner keine anfälligen Dichtungsschichten vor, die vor Wühltierbefall geschützt werden müssten.

In der Anlage 12-5 sind die Varianten A9.1 und A9.2 als Querprofil und in der Anlage 12-5 als Draufsicht zeichnerisch dargestellt.

9.8 Vorschlag einer Vorzugsvariante für den Deichaufbau

Der Variantenvergleich mit Hilfe der Bewertungsmatrix in Anhang E kommt zu dem Ergebnis, dass für die Deichabschnitte 1, 2 und den Teilabschnitt im Deichabschnitt 3, die Varianten A1, A3 und A5 mit einer Spundwand als Innendichtung für die Deichertüchtigung der Vorzug zu geben ist. Dabei liegt der DVW im Deichabschnitt 1 auf einer landseitigen Berme sowie im Deichabschnitt 2 und 3 auf der Deichkrone. Diese Varianten sind für den Ausbau bzw. für die Ertüchtigung der ehemaligen Donau- deiche (Altdeiche) besonders geeignet.

Wie bereits in den vorhergehenden Diskussionen erwähnt, verursachen die Varianten mit einer Spundwand als Innendichtung einerseits die geringste Flächeninanspruchnahme und andererseits wird mit dieser Ausbauvariante dem Vermeidungs- und Minimierungsgebot für die Schutzgebiete nach Naturschutzrecht am ehesten entsprochen.

Die Varianten A1, A3 und A5 sind auch aus naturschutzfachlicher Sicht die Vorzugsvarianten, da der Bestand auf der Wasserseite weitgehend erhalten werden kann. Ebenfalls ist mit der Technik des Spezialtiefbaus die Ausführung schnell und relativ unabhängig von der Witterung herstellbar. Ein wei-

terer Vorteil der einer Spundwand als Innendichtung ist, dass auf den Bestandsaufbau der ehemaligen Donaudeiche während der Herstellung relativ flexibel reagiert werden kann.

Zudem bestehen durch Einbauverfahren ausgehend von den Deichhinterwegen oder aufgelagert auf den einzubringenden Innendichtungen (z. B. Spundwand als Freireiter oder mit Anbaurammen) Möglichkeiten, Eingriffe in den Gehölzbestand sowie die Biotopstrukturen weitgehend zu vermeiden bzw. auf ein geringes Maß zu begrenzen.

Für den Deichabschnitt 1 wird die Variante A2.2 in den Lageplänen und in der Kostenbetrachtung nicht vertieft als Alternative zur Variante A1 betrachtet, da die Variante A2.1 aus der Betrachtung in der Bewertungsmatrix in Anhang E als die bessere Alternative zur Variante A1 bewertet wird.

Der wesentliche Nachteil der Varianten A1, A3 und A5 ist die Kostenbetrachtung. Der Einsatz einer Spundwand als Innendichtung wirkt sich negativ auf die Kosten aus, siehe Kapitel 10. Dem gegenüber steht allerdings eine Kosteneinsparung für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen sowie aus dem Grunderwerb. Die wasserseitige Bestandsböschung mit Baumbestand zu belassen, wirkt sich positiv auf die naturschutzfachliche Betrachtung aus. Gleichzeitig hat dies negativen Einfluss auf die Unterhaltung, bei der eine eher steilere Bestandsböschung den Aufwand erschwert.

Die Vorteile der geringeren Betroffenheit hinsichtlich der naturschutzfachlichen Schutzgüter sowie der Flächeninanspruchnahme überwiegen jedoch die o.g. Nachteile. Unabhängig von dieser spezifischen Betrachtung werden die Vorteile dieser Bauweise im Hochwasserschutz Aktionsprogramm 2020plus vom Bayerischen Staatsministerium [12] aufgeführt und werden als Planungsgrundsatz empfohlen.

Alle anderen Varianten die eine Oberflächendichtung, Kerndichtung oder eine homogene Deichbauweise beinhalten, liegen gemäß Bewertungsmatrix in Anhang E sehr nah beieinander und können als weitgehend gleichwertig betrachtet werden.

Für die Abschnitte der Neubaudeiche im Deichabschnitt 3 wird die Variante A6.1 mit einer Oberflächendichtung und dem DVW auf der Deichkrone empfohlen. Diese Variante ist zum einen vergleichsweise kostengünstig und stellt zum anderen eine ökonomische Bauweise dar. Die naturschutzfachlichen Vorteile der Variante A5 kommen im Bereich der Trasse der Neubaudeiche ohne vorhandenen Altdeich nicht zum Tragen, wodurch hier die Bauweise und der Kostenvorteil überwiegen.

Die Variante A6.1, die eine Bauweise mit Oberflächendichtung beschreibt, wird aufgrund der in der Vergangenheit festgestellten Deichschäden infolge von Wühltierbefall vom WWA Deggendorf nur in Verbindung mit einer Oberflächenabdeckung als Wühltierschutz in Betracht gezogen.

Für den Deichabschnitt 4 am Außenbezirk Straubing der WSV beschreibt die Variante A8 die Vorzugslösung. Anstelle der Einzäunung kann eine HWS-Wand mit einer statisch wirksamen Dichtung sowie einem landseitigem Kontrollweg hergestellt werden. Im Vergleich zur Variante A7 zeichnet sich diese Variante durch die geringste Flächeninanspruchnahme aus und entspricht dem Vermeidungs- und Minimierungsgebot für das Naturschutzrecht am ehesten.

Bezüglich der Festlegung eines Freibordes für die HWS-Wand wäre gemäß Freibordberechnung [7] ein Freibord von $f = 0,6$ m für den Deichabschnitt 4 rechnerisch ausreichend. Wird jedoch die Gesamthöhe der HWS-Wand im Spektrum der Gesamtmaßnahme betrachtet, so ist ein Freibord von $f = 1,05$ m zu wählen. Denn bei einer Freibordhöhe von $0,6$ m läge die Mauerkrone auf einer Höhe von $320,80$ m ü. NN und damit ca. 25 cm niedriger als die Westtangente mit $321,05$ m ü. NN. Da die Westtangente gleichzeitig eine Entlastungsstrecke als zusätzliche Sicherheit des Systems darstellt, muss die HWS-Wand als Objektschutz für den Außenbezirk Straubing der WSV höher liegen als die Westtangente.

Für den Deichabschnitt 5 stellt die Variante A9.2 in Form eines tragfähigen, durchlässigen Straßenunterbaus mit landseitigem Reibungsfuß aus Schroppen die Vorzugslösung dar. Hierdurch werden einerseits die erforderliche Belastbarkeit aus dem Straßenverkehr und andererseits die Standsicherheit im Hochwasserfall sichergestellt. Gegenüber der Variante A9.1 zeichnet sich die Variante A9.2 durch deutlich geringere Kosten und ihre einfache Herstellung aus. Die höheren anfallenden Sickerwassermengen im Hochwasserfall wie auch möglicher Wühltierangriff werden dabei als unkritisch gesehen.

Die Alternative A9.1 besitzt jedoch ggf. Vorteile gegenüber der Vorzugslösung, sofern sich außerhalb der Erhöhungsbereiche, wo lediglich beidseitige Verbreiterungen des Straßendamm- bzw. Deichquerschnitts erfolgen, das vorhandene Straßenunterbaumaterial in den weiteren geotechnischen Untersuchungen hinsichtlich Durchsickerung und / oder Scherfestigkeit als ungeeignet für einen Aufbau gemäß Variante A9.2 erweist. Aus derzeitiger Sicht bestehen jedoch keine Hinweise hierauf.

Das Gesamtergebnis der Variantenuntersuchungen ist in der Tabelle 10 zusammengefasst.

Tabelle 10: Vorzugslösung zum Deichaufbau mit Bezug zur Lage und Geometrie

Deichabschnitt	Einstauverhältnis	Kombinierte Varianten		Vorzugsvarianten zum Deichaufbau
		Lage	Geometrie	
Deichabschnitt 1	einseitig	LS	G9	Variante A1 2-Zonen-Deich mit einer Spundwand als Innendichtung und DVW auf landseitiger Berme
Deichabschnitt 2	beidseitig	WS	G6	Variante A3 2-Zonen-Deich mit einer Spundwand als Innendichtung und DVW auf der Deichkrone
Deichabschnitt 3 <i>Teilstück auf Trasse der ehem. Donaudeiche</i>	einseitig	LS*	G9	Variante A5 2-Zonen-Deich mit statisch wirksamer Innendichtung (HWS-Wand mit Spundwand als Tiefgründung/Dichtwand) und DVW auf der Deichkrone
Deichabschnitt 3 <i>Neubaudeiche auf keiner Trasse der ehem. Donaudeiche</i>	einseitig	„WS“	G3	Variante A6.1 3-Zonen-Deich mit wasserseitiger Oberflächendichtung und DVW auf der Deichkrone
Deichabschnitt 4	einseitig	-	G10	Variante A8 HWS-Wand mit einer Spundwand als Dichtung mit landseitigem Kontrollweg
Deichabschnitt 5	beidseitig	„AC“	G2	Variante A9.2 2-Zonen-Deich mit landseitigem Reibungsfuß

*Lage der Deichverbreiterung nur gültig für abschnittsweise Neubautrasse entlang des ehemaligen rechten Donaudeiches in der Ortslage Öberau

Für eine bessere Vorstellung über die Lage und Flächenbeanspruchung der empfohlenen Varianten und der jeweiligen Alternativvariante im Vergleich zu den Bestandsdeichen bzw. zur räumlichen Ausgangssituation in den einzelnen Deichabschnitten sind diese anschaulich in den einzelnen Lageplanausschnitten der Anlage 12 dargestellt.

Für den Deichabschnitt 1 sind in der Anlage 12-1 die Vorzugsvariante A1 und die Alternative A2.1 in der Draufsicht vergleichend dargestellt.

Für den Deichabschnitt 2 sind in der Anlage 12-2 die Vorzugsvariante A3 und die Alternative A4.1 bzw. A4.2 in der Draufsicht dargestellt.

Für den Deichabschnitt 3 sind in der Anlage 12-3 die alternativlose Vorzugsvariante A5 für die Trasse des Bestandsdeiches und die Variante A6.1 bzw. A6.2 beispielgebend für die neuen Ringbedeckungen der Ortslagen Oberau und Breitenfeld in der Draufsicht dargestellt.

Für den Deichabschnitt 4 sind in der Anlage 12-4 die Vorzugsvariante A8 und die Alternative A7 für den Objektschutz am Außenbezirk Straubing der WSV in der Draufsicht dargestellt.

Für den Deichabschnitt 5 sind in der Anlage 12-5 die Vorzugsvariante A9.2 und die Alternative A9.1 für die Erhöhung der Westtangente in der Draufsicht dargestellt.

In der Entscheidungsvorlage zur Abstimmung des Bemessungskonzeptes für die Spundwände in den Flutpolderdeichen an der Oberauer Schleife [18] wird vertiefend auf die notwendige Dimensionierung der Spundwände in den jeweiligen Deichabschnitten eingegangen.

10. Variantenvergleich zur Flächeninanspruchnahme und zu den Baukosten der Polder- und Flutpolderdeiche

10.1 Variantenvergleich Baukosten

Die Baukosten werden maßgeblich durch die Deichgeometrie sowie vom Deichaufbau bestimmt. Für die zehn genauer betrachteten Varianten des Deichaufbaues in Kombination mit realisierbaren lagemäßigen und geometrischen Varianten wurden die Kosten vorläufig abgeschätzt und gegenübergestellt. Dabei wurde neben den reinen Bauwerkskosten ein prozentualer Kostenansatz für die Baunebenkosten und für die Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen gewählt, um die indirekten Kosten als geschätzte Grundlage für die Entscheidungsfindung mit heranzuziehen. Zum Kostenvergleich wurden die Baukosten zunächst am Beispiel eines 100 m langen Deichabschnittes berechnet.

Im Zuge der Baumaßnahmen aller untersuchten Varianten wird der Ansatz verfolgt, dass der anstehende Oberboden mit einer Mächtigkeit von 0,3 m über die gesamte Fläche der Maßnahme abgetragen und zur Wiederverwendung zwischengelagert wird. Auf die Ausführung der jeweiligen Oberbodenabdeckung bzw. Abdeckung einer Vegetationstragschicht wird in der Unterlage zu den Planungsgrundsätzen [16] vertiefend eingegangen.

Bei den Varianten A1, A3, A5 und A8 wird davon ausgegangen, dass ein Großteil der Bäume durch den Einsatz einer Spundwand als Innendichtung erhalten bleiben kann. Dieser im Vergleich minimale ökologische Eingriff wirkt sich günstig auf die Kosten für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen aus (ca. 5 %). Weiterhin wurde eine Spundwand als Innendichtung gewählt sowie die Nutzung der vorhandenen Deichhinterwege als Baustraßen vorgesehen. Die Baustellennebenkosten wurden für den Einsatz von Spezialtiefbau mit 20 % angesetzt. Eine Ertüchtigung der vorhandenen Deichhinterwege ist durch die notwendige landseitige Verbreiterung nicht möglich. Diese müssen neu hergestellt werden.

Für die Varianten A2.1, A4.1, A4.2 und A7 als reine Erdbaulösungen wird davon ausgegangen, dass der komplette Baumbestand zu beseitigen ist und damit höhere Kosten für die Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen anfallen (ca. 10 %). Für den Neubau der Deiche wurde davon ausgegangen, dass das Material der Altdeiche entsorgt werden muss und die bindigen sowie nicht bindigen Bestandteile aus Liefermaterial aufgebaut werden.

Bei den eben aufgeführten Varianten, die einen kompletten Neubau der Deiche vorsehen, muss bei der Ausführung bedacht werden, dass ein Neubau immer nur partiell bzw. abschnittsweise erfolgen darf, da ein eventuelles Hochwasserereignis berücksichtigt werden muss. Laut DIN 19712 [1] müssen für diesen Fall stets Vorkehrungen getroffen werden, dass ein rechtzeitiges Verschließen von vorhandenen temporären Deichlücken im Hochwasserfall sichergestellt ist.

Für den Deichabschnitt 1 werden die Kosten der Varianten A1 und A2.1 miteinander verglichen. Eine Kostenbetrachtung für die Variante A2.2 entfällt, da die Variante A2.1 eine für den einseitigen Einstau hinreichende und im Vergleich zum Einbau einer Kerndichtung günstigere Alternative darstellt. Daher wird die Variante A2.2 für den Deichabschnitt 1 nicht als genehmigungsfähig eingeschätzt und dadurch nicht in der Kostenbetrachtung aufgeführt.

Bei der Variante A1 wird davon ausgegangen, dass ein Großteil der Bäume (ca. 90 %) durch den Einsatz einer Spundwand als Innendichtung erhalten bleiben kann. Die Baustellennebenkosten wurden durch den Einsatz von Spezialtiefbau mit ca. 20 % höher angesetzt als die Baustellennebenkosten der reinen Erdbauvarianten (ca. 10 %).

Bei den Varianten A1 und A2.1 wird von einer Lageverschiebung in Richtung Landseite ausgegangen, wodurch die Deichverteidigungswege ebenfalls als Ersatzneubau angesetzt werden.

In der nachfolgenden Tabelle 11 sind die Ergebnisse der vorläufigen Variantenkalkulation für den Deichabschnitt 1 als Kostenvergleich zusammengestellt. Eine detaillierte Aufschlüsselung der ermittelten Bauwerkskosten für den Deichabschnitt 1 kann dem Anhang F entnommen werden.

Tabelle 11: Kostenvergleich für einen 100 m langen Deich im Deichabschnitt 1

Deichabschnitt 1	Variante A1		Variante A1S		Variante A2.1	
Deichaufbau	2-Zonen-Deich mit Spundwand und lands. DVW		2-Zonen-Deich mit Spundwand als Sonderprofil		3-Zonen-Deich mit Oberflächendichtung und lands. DVW	
Bauwerkskosten		153.000 €		275.000 €		121.000 €
Baunebenkosten (Baustelleneinrichtung)	20 %	30.600 €	20 %	55.000 €	10 %	12.100 €
Kosten für A-E-Maßnahmen	5 %	7.650 €	5 %	13.750 €	10 %	12.100 €
Gesamtbaukosten (Netto)		191.000 €		344.000 €		145.000 €
Gesamtbaukosten (Brutto)	19 %	227.600 €	19 %	409.400 €	19 %	172.600 €
Kostenvergleich		132 %		237 %		100 %

Aus der Tabelle 11 geht hervor, dass die Variante A2.1 als Erdbaulösung mit einer wasserseitigen Oberflächendichtung kostengünstiger ist als die Variante A1. Die reinen Bauwerkskosten der Variante A1 sind rund 26 % teurer als die der Variante A2.1. Die höheren Kosten ergeben sich durch die Anordnung einer Spundwand als Innendichtung. Die Variante A2.1 ist trotz des kompletten Rückbaus des Altdeiches günstiger als die Variante A1. Mit dem Ansatz der Kosten für die Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen sowie für die Baunebenkosten sind in Bezug auf das Verhältnis der Gesamtkosten um ca. 5 % geringere Zusatzkosten für die Erdbaulösung zu veranschlagen. Im gesamten Kostenver-

gleich ist die Variante A1 mit einer Spundwand als Innendichtung ca. 32 % teurer als Variante A2.1, also ein Neubaudeich mit einer mineralischen Oberflächendichtung.

In dem Teilabschnitt, der als „Sonderprofil“ bezeichnet ist, wird eine fast doppelt so lange Spundwand benötigt. Die zusätzlichen Kosten für den 200 m langen Teilabschnitt sind um ca. 80 % höher als die der eigentlichen Variante A1 für den Deichabschnitt 1.

Für den Deichabschnitt 2 werden die Kosten der Varianten A3, A4.1 und A4.2 miteinander verglichen.

Bei der Variante A3 wird von einem weitgehenden Erhalt des wasserseitigen Baumbestandes in der Oberen Oberauer Schleife ausgegangen, der sich wiederum kostengünstig auf die Ausgleich- und Ersatzmaßnahmen auswirkt. Die Baustelleneinrichtung wurde hier ebenfalls höher angesetzt (ca. 20 %) als bei den Erdbauvarianten A4.1 und A4.2. Eine Ertüchtigung der vorhandenen Deichverteidigungswege wird durch die notwendige Umverlegung auf die Deichkrone ausgeschlossen.

Bei den Varianten A4.1 und A4.2 als reine Erdbaulösungen wird davon ausgegangen, dass der Baumbestand auf Seiten der Oberen Oberauer Schleife zu beseitigen ist, welches größere Aufwendungen für die Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen verursacht (ca. 10 %). Bei beiden Varianten wird von einem Komplettrückbau und einem Neuaufbau aus Liefermaterial ausgegangen.

In der nachfolgenden Tabelle 12 sind die Ergebnisse der vorläufigen Variantenkalkulation für den Deichabschnitt 2 als Kostenvergleich zusammengestellt. Eine detaillierte Aufschlüsselung der ermittelten Bauwerkskosten für den Deichabschnitt 2 kann dem Anhang F entnommen werden.

Tabelle 12: Kostenvergleich für einen 100 m langen Deich im Deichabschnitt 2

Deichabschnitt 2	Variante A3		Variante A4.1		Variante A4.2	
Deichaufbau	2-Zonen-Deich mit Spundwand und DVW auf DK		2-Zonen-Deich mit Kerndichtung und DVW auf DK		homogener Deich mit DVW auf der Deichkrone (DK)	
Bauwerkskosten	338.000 €		143.000 €		204.000 €	
Baunebenkosten (Baustelleneinrichtung)	20 %	67.600 €	10 %	14.300 €	10 %	20.400 €
Kosten für A-E-Maßnahmen	5 %	16.900 €	10 %	14.300 €	10 %	20.400 €
Gesamtbaukosten (Netto)	423.000 €		172.000 €		245.000 €	
Gesamtbaukosten (Brutto)	19 %	503.400 €	19 %	204.700 €	19 %	291.600 €
Kostenvergleich	246 %		100 %		142 %	

Der Kostenvergleich aus Tabelle 12 zeigt, dass die reinen Bauwerkskosten der Variante A4.1 mit einer Kerndichtung günstiger ist als bei der Varianten A4.2 und erheblich günstiger als bei der Variante A3, und zwar um ca. 43 % bzw. um ca. 136 %. Eine Angleichung der Kosten ergibt sich auch nicht durch die Betrachtung der indirekten pauschalen Kosten aus der Baustelleneinrichtung und den Kosten für die Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen.

In der Gesamtbetrachtung ist die Variante A3 durch die Erfordernisse aus der Statik ca. 146 % teurer und somit mehr als doppelt so teuer als die Variante A4.1 und ca. 73 % teurer als die Variante A4.2. Die Kostenerhöhung der Variante A3 ist auf die Kosten für die empfohlene Gesamtlänge der Spundwand als Innendichtung zurückzuführen. Der höhere Preis der homogenen Bauweise in Variante A4.2 erklärt sich aus der Annahme, dass das Liefermaterial für den Neubau des homogenen Deiches teurer ist als das nötige Material für die Variante A4.1. Auch aus den Gründen, dass homogene Deiche eher für geringere Deichhöhen und eher für nicht systemrelevante Deiche in Betracht kommen, entfällt die

Variante A4.2 als eine Alternative für die Variante A3, da die Variante A4.1 bei gleicher Funktion deutlich günstiger ist.

Für den Deichabschnitt 3 wird für den Abschnitt des Bestandsdeiches, an dem die neue Ringbedeichung der Ortslage Öberau anschließt, lediglich die stark favorisierte Variante A5 alternativlos betrachtet. Für den Neubau der Ringdeiche um die Ortslagen Öberau und Breitenfeld werden die Kosten der Varianten A6.1 und A6.2 miteinander verglichen.

Die für den Abschnitt des Bestandsdeiches der künftigen Ringbedeichung stark zu favorisierende Variante A5 sieht trotz des Einbringens einer statisch wirksamen Innendichtung, aber hauptsächlich aufgrund der notwendigen Deicherhöhung, die Beseitigung des kompletten Baumbestandes im Maßnahmenbereich des zu ertüchtigenden Deichbauwerks vor. Die Baustellennebenkosten wurden auch hier durch den Einsatz von Spezialtiefbauausführungen mit ca. 20 % angesetzt. Die Kosten für die Aufwendungen der Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen wurden für die Variante A5 wegen der Beseitigung des gesamten Gehölzbestandes mit ca. 10 % höher angesetzt.

Die Varianten A6.1 und A6.2 sind reine Erdbaulösungen für die neu herzustellenden Ringdeiche um die Ortslagen Öberau und Breitenfeld. Für die Aufstandsflächen der Neubaudeiche und die künftigen Deichschutzstreifen ist der Gehölzbestand komplett zu beseitigen. Diese Beseitigung ist durch Aufwendungen für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen auszugleichen.

In der Tabelle 13 sind die Ergebnisse der vorläufigen Variantenkalkulation für den Deichabschnitt 3 zusammengestellt. Verglichen werden für diesen Deichabschnitt jedoch nur die Kosten der alternativen Varianten A6.1 und A6.2 der geplanten Neubaudeiche. Eine detaillierte Aufschlüsselung der ermittelten Bauwerkskosten für den Deichabschnitt 3 kann dem Anhang F entnommen werden.

Tabelle 13: Kostenvergleich für einen 100 m langen Deich im Deichabschnitt 3

Deichabschnitt 3	Variante A5		Variante A6.1		Variante A6.2	
Deichaufbau	2-Zonen-Deich mit Spundwand und DVW auf DK		3-Zonen-Deich mit Oberflächendichtung und DVW auf DK		2-Zonen-Deich mit Kerndichtung und DVW auf DK	
Bauwerkskosten	162.000 €		89.000 €		110.000 €	
Baunebenkosten (Baustelleneinrichtung)	20 %	32.400 €	10 %	8.900 €	10 %	11.000 €
Kosten für A-E-Maßnahmen	10 %	16.200 €	10 %	8.900 €	10 %	11.000 €
Gesamtbaukosten (Netto)	211.000 €		107.000 €		132.000 €	
Gesamtbaukosten (Brutto)	19 %	251.100 €	19 %	127.300 €	19 %	157.100 €
Kostenvergleich	(nur für Bestandsdeich)		100 %		123 %	

Der Kostenvergleich der Varianten für den Neubau der Ringdeiche weist deutlich geringere Kosten für das reine Deichbauwerk der Variante A6.1 auf. Sie ist ca. 19 % günstiger als die Variante A6.2. Der Grund dafür ist hauptsächlich bei der Errichtung der Kerndichtung zu suchen, da diese mehr mineralisches Dichtungsmaterial benötigt, das teurer ist als das Material für den Stützkörper, und der Dichtungssporn stärker in den Untergrund der Deichaufstandsfläche einbindet. Die reinen Bauwerkskosten der Variante A5 stehen zwar nicht im direkten Vergleich zu den Varianten für die Neubaudeiche, sie sind jedoch aufgrund der notwendigen Spezialtiefbaumaßnahmen höher als die Bauwerkskosten der reinen Erdbauvarianten.

In der Betrachtung der Gesamtkosten für die Neubaudeiche bleibt die Variante A6.2 die teurere Alternative für die Ringbedeichungen der Ortslagen innerhalb des Polders Öberau, da gleiche Randbedin-

gungen für die Baumaßnahmen vorliegen und die Bauneben- und Ausgleichskosten im Vergleich zur Variante A6.1 prozentual gleichwertig angesetzt werden können. Die Variante A6.2 mit einer Kerndichtung ist demnach bei gleichwertiger Funktion ca. 23 % teurer als die Variante A6.1 mit einer Oberflächendichtung. Daher scheidet die Variante A6.2 als Alternative für die neuen Ringbedeckungen aus. Die Gesamtkosten der Variante A5 sind höher als die reinen Bauwerkskosten, da bei diesem Deichabschnitt auch für diese Variante Gehölzbestand entfernt werden muss.

Für den Deichabschnitt 4 werden die Kosten der Varianten A7 und A8 miteinander verglichen.

Bei der Variante A7 als reine Erdbaulösung wird davon ausgegangen, dass der komplette Gehölzbestand der künftigen Deichaufstandsfläche zu beseitigen ist. Die Komplettenahme verursacht dadurch erhöhte Aufwendungen für die Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen, die auch hier mit 10 % angesetzt wurden. Der notwendige landseitige Deichverteidigungsweg ist ebenfalls als Neubau angesetzt.

Die HWS-Wand der Variante A8 beansprucht nur einen geringen Flächenstreifen entlang der Grundstücksgrenze des Außenbezirks Straubing der WSV, wodurch der Gehölzbestand größtenteils erhalten bleiben kann. Daher können die Aufwendungen für die Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen geringer angesetzt werden als bei der Variante A7. Die Baustelleneinrichtung wurde auch hier mit ca. 20 % höher angesetzt, da dieses Bauwerk ebenfalls einen Bedarf an Spezialtiefbaumaßnahmen erfordert.

In der nachfolgenden Tabelle 14 sind die Ergebnisse der vorläufigen Variantenkalkulation für den Deichabschnitt 4 als Kostenvergleich zusammengestellt. Eine detaillierte Aufschlüsselung der ermittelten Bauwerkskosten für den Deichabschnitt 4 kann dem Anhang F entnommen werden.

Tabelle 14: Kostenvergleich für einen 100 m langen Deich im Deichabschnitt 4

Deichabschnitt 4	Variante A7		Variante A8	
Deichaufbau	homogener Deich mit DVW auf lands. Berme		HWS-Wand mit Spundwand und lands. Kontrollweg	
Bauwerkskosten		104.000 €		121.000 €
Baunebenkosten (Baustelleneinrichtung)	10 %	10.400 €	20 %	24.200 €
Kosten für A-E-Maßnahmen	10 %	10.400 €	5 %	6.050 €
Gesamtbaukosten (Netto)		125.000 €		151.000 €
Gesamtbaukosten (Brutto)	19 %	148.800 €	19 %	179.700 €
Kostenvergleich		100 %		121 %

Aus der Tabelle 14 ist im direkten Vergleich der Herstellungskosten für die Bauwerke ersichtlich, dass die Variante A8 (HWS-Wand) um ca. 16 % teurer ist als die Variante A7 (homogener Deich). Unter der Betrachtung der Gesamtkosten ist die Variante A8 mit ca. 21 % etwas teurer als die Variante A7. Der Grund dafür sind die Kosten der Innendichtung und die höheren Baunebenkosten der Variante A8, die sich ebenfalls aus der Herstellung der Innendichtung und der gestalterischen Ausführung der HWS-Mauer ergeben.

Für den Deichabschnitt 5 werden die Kosten der Varianten A9.1 und A9.2 miteinander verglichen.

Da die Deicherhöhung bzw. wasser- und landseitige Verbreiterungen variantenunabhängig eine vergrößerte Aufstandsfläche erfordern, sind die Kosten für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen aufgrund des vollständig zu beseitigenden Gehölzbestandes für beide untersuchte Varianten gleich. Da lediglich in Teilstrecken Rodungsarbeiten erforderlich sind, wurden diese Kosten zu 5 % der Bauwerkskos-

ten angesetzt. Gegenüber der Variante A9.2 als reine Erdbaulösung wurden hingegen die Kosten für die Baustelleneinrichtung bei der Variante A9.1 höher, nämlich mit 20 % angesetzt, da die Ausführung hier den Einsatz von Spezialtiefbaumaßnahmen erfordert.

Die nachstehende Tabelle 15 gibt einen Überblick über die Ergebnisse der vorläufigen Variantenkalkulation für den Deichabschnitt 5 in Form eines Kostenvergleichs. Eine detaillierte Aufschlüsselung der ermittelten Bauwerkskosten für den Deichabschnitt 5 kann dem Anhang F entnommen werden.

Tabelle 15: Kostenvergleich für einen 100 m langen Deich im Deichabschnitt 5

Deichabschnitt 5	Variante A9.1	Variante A9.2
Deichaufbau	2-Zonen-Deich mit statisch nicht wirksamer Dichtwand	2-Zonen-Deich mit landseitigem Reibungsfuß
Bauwerkskosten	186.000	142.000
Baunebenkosten (Baustelleneinrichtung)	20 % 37.200	10 % 14.200
Kosten für A-E-Maßnahmen	5 % 9.300	5 % 7.100
Gesamtbaukosten (Netto)	233.000	163.000
Gesamtbaukosten (Brutto)	19 % 277.300	19 % 194.000
Kostenvergleich	143%	100%

Wie in Tabelle 15 ersichtlich, sind die reinen Bauwerkskosten für die Variante A9.1 gegenüber der Variante A9.2 um ca. 31 % teurer. Die um ca. 43 % höheren Gesamtkosten der Variante A9.1 ergeben sich aus den Spezialtiefbaumaßnahmen für die Herstellung der statisch nicht wirksamen Innendichtung sowie den damit in Zusammenhang stehenden erhöhten Baustelleneinrichtungskosten, während die Kosten für die Herstellung des landseitigen Reibungsfußes bei Variante A9.2 lediglich geringfügig höher als jene für den restlichen Straßenunterbau ausfallen. Hierzu ist anzumerken, dass für die Dichtwand von einer vergleichsweise kostengünstigen Ausführung in Form einer tiefreichenden Bodenvermörtelung ausgegangen wurde. Andere Alternativen wären je nach Anforderung möglich.

Die Kosten, die variantenunabhängig aus der Herstellung des Straßenoberbaus, den Straßenanbindungen und sonstiger Einrichtungen für den Ersatzneubau der Westtangente entstehen, wurden in der vorliegenden Gegenüberstellung nicht berücksichtigt.

Ausblick:

Die Dimensionierung und Gesamtlängen der Spundwände, die als Innendichtung dienen, wurden bei dieser Baukostenbetrachtung wie in der EV Bemessungskonzept Spundwände [18] angesetzt. Durch den Ansatz einer günstigeren Bemessungssituation werden Möglichkeiten gegeben, die Kosten in den weiteren Planungsphasen weiter zu optimieren. Im Deichabschnitt 1, mit Deichhöhen von ca. 3,5 bis 4,5 m, wurde hauptsächlich eine 7,5 m lange Innendichtung angesetzt. Im Deichabschnitt 2, mit Deichhöhen von 4,5 bis 5,5 m, wurde mit einer 13,5 m langen Innendichtung kalkuliert. Im Deichabschnitt 3, mit Deichhöhen von ca. 2,5 bis 3,5 m, wurde eine 9,0 m lange Innendichtung angesetzt. Im Deichabschnitt 4 wurde mit einer 6,0 m langen Spundwanddichtung bzw. Tiefengründung für die HWS-Wand kalkuliert.

Eine Kostenannäherung der Varianten, die eine Spundwand als Innendichtung vorsehen, an die Varianten, die als reine Erdbaulösungen ausgeführt werden, lässt sich im Deichabschnitt 2 und 3 bspw. durch eine Verringerung der Spundwandlängen erzielen. Die Gesamtlänge einer Spundwand als Innendichtung ist abhängig von den angenommenen Lastfällen, wie z. B. dem Lastfall „Baumwurf“ auf der Wasserseite, bei dem der Ansatz der wasserseitigen Restböschung maßgebend ist, oder der Lastfall des Versagens der dichtenden Schicht im Untergrund des Deiches. Da diese Ansätze für eine exaktere Dimensionierung der Spundwände sowie deren Gesamtlängen variabel sind, sind nachträgliche Optimierungen der Spundwandprofile und deren Einbindetiefen für einige Deichabschnitte möglich. Außerdem ist zu erwähnen, dass mehrere Möglichkeiten in Betracht gezogen werden können, um die Durchlässigkeit des Grundwasserleiters nicht vollständig zu unterbinden. In der EV Bemessungskonzept Spundwände [18] wird vertiefend auf diese Fragestellung eingegangen.

Die nachfolgende Tabelle 16 soll zeigen, bei welcher Gesamtlänge der jeweiligen Spundwand als Innendichtung (Varianten A1, A3, A5 und A8) eine Kostengleichheit zu den Varianten mit mineralischen Oberflächen- oder Kerndichtungen (Varianten A2.1, A4.1, A6.1 und A6.2) bzw. Varianten in homogener Bauweise (Varianten A4.2 und A7) gegeben ist.

Tabelle 16: Kostennäherung in Abhängigkeit der Gesamtlänge bei einer Spundwand als Innendichtung

Gesamtlänge [m]	Bauwerkskosten für einen 100 m langen Deich mit Spundwand			
	Variante A1 Deichabschnitt 1 geplante Deichhöhe ca. 3,5 - 4,0 m	Variante A3 Deichabschnitt 2 geplante Deichhöhe ca. 4,0 - 5,0 m	Variante A5 Bestandsdeich DA 3 gepl. Deichhöhe ca. 2,5 - 3,5 m	Variante A8 Deichabschnitt 4 kein Bestandsdeich
15,5	391.000 €	382.000 €	379.000 €	306.000 €
15,0	380.000 €	371.000 €	368.000 €	298.000 €
14,0	358.000 €	349.000 €	346.000 €	280.000 €
13,5	347.000 €	338.000 €* 	335.000 €	272.000 €
13,0	336.000 €	327.000 €	324.000 €	263.000 €
12,0	314.000 €	305.000 €	302.000 €	226.000 €
11,0	240.000 €	231.000 €	228.000 €	211.000 €
10,0	206.000 €	198.000 € A4.2	194.000 €	177.000 €
9,0	174.000 €	166.000 €	162.000 €* 	163.000 €
8,0	160.000 €	152.000 €	148.000 €	149.000 €
7,5	153.000 €* 	145.000 €	141.000 € A6.2	142.000 €
7,0	146.000 €	138.000 € A4.1	134.000 € A6.1	135.000 €
6,0	115.000 € A2.1	106.000 €	103.000 €	121.000 €* A7

*Kostenansatz gemäß Tabelle 11, 12, 13 und 14

Die Tabelle 16 weist die Schwellenwerte für die Gesamtlänge der Spundwände im jeweiligen Deichabschnitt auf. Bei der Variante A1 ergibt sich eine Kostengleichheit der reinen Baukosten zur Variante A2.1 mit einer mineralischen Oberflächendichtung (ca. 121.000 €, s. Tabelle 11) ab einer Gesamtlänge von 6,5 m. Die Kosten für die Variante A3 sind im Vergleich zur Variante A4.2 in etwa gleich bei einer Gesamtlänge von 10,5 m (ca. 204.000 €, s. Tabelle 12) und bei einer Gesamtlänge von 7,5 m in etwa gleich zur Variante A4.1 (ca. 143.000 €, s. Tabelle 12).

Die Kosten der Variante A5 kann nicht anhand der Gesamtlänge mit den Bauwerkskosten der neuen Ringdeiche verglichen werden, da die Varianten A6.1 und A6.2 keine Alternativen zur Variante A5 im Deichabschnitt 3 darstellen. Bei der Variante A8 herrscht mit einer Gesamtlänge von 6,0 m bereits

eine annähernde Kostengleichheit der reinen Baukosten zur Variante A7 mit einem homogenen Deichaufbau (ca. 104.000 €, s. Tabelle 14).

Somit könnte sich durch Optimierungen der Spundwände als Innendichtungen, neben dem Vorteil des hauptsächlichlichen Erhalts des ökologischen Bestands, eine Kostenangleichung für die Varianten A1, A3 und A8 gegenüber den Erdbauvarianten A2.1, A4.1, A4.2 und A7 ergeben, wodurch sich der Kostenvorteil für diese Erdbauvarianten minimieren würde.

10.2 Variantenvergleich Gesamtflächeninanspruchnahme

Durch die Verbreiterung der Bestandsdeiche, den Neubau der Ringdeiche und des Objektschutzes am Außenbezirk Straubing der WSV sowie die Ausweisung von Deichschutzstreifen sind hauptsächlich landwirtschaftliche Flächen im Vorhabengebiet betroffen. Die Flächeninanspruchnahme wird maßgeblich durch den Freibord und der daraus resultierenden Deichgeometrie (Neigungen der Deichböschungen) bestimmt. Hinzu kommt die Ausweisung von Deichschutzstreifen (DSS). Gemäß DIN 19712 [1] sind Deichschutzstreifen mindestens 5,0 m breit, ausgehend vom wasserseitigen sowie landseitigen Böschungsfuß bzw. landseitigen Rand der vorgelagerten Berme, auszuweisen. Diese Vorgabe kann bei Deichen mit einer Spundwand als Innendichtung theoretisch entfallen. Es wird aber dennoch empfohlen, einen beidseitigen Deichschutzstreifen vorzusehen, u.a. um zusätzlichen Aufwuchs zu verhindern und die Unterhaltung der Deiche sowie eine Deichbegutachtung im Einsatzfall zu erleichtern. Da es bei nahezu allen Varianten, mit Ausnahme der Variante A8, zu einer Deichverbreiterung und somit zu einer Vergrößerung der Deichaufstandsfläche kommt, müssen zusätzliche Kosten für den Grunderwerb angesetzt werden. Auch die Ausweisungen von wasser- und landseitigen Deichschutzstreifen werden in der Kostenbetrachtung mit aufgeführt.

Da bisher keine Deichschutzstreifen entlang der ehemaligen Donaudeiche existieren und für die Neubaudeiche ebenfalls neu ausgewiesen werden müssen, kann der Grunderwerb für die künftigen Deichschutzstreifen für fast alle Varianten, außer der Variante A8, als gleich angesehen werden.

In Tabelle 17 sind die Varianten der Deichgeometrie und die daraus resultierende grob kalkulierte Flächeninanspruchnahme gegenübergestellt.

Tabelle 17: Flächeninanspruchnahme der Bestandsdeiche und der Neubaudeiche

Bezug: 100 m Deich	kombinierte Varianten			Ist- Zustand	Verbreiterung		Gesamt- fläche inkl. DSS	Flächen- erweiterung	Zusatz- fläche
					ls.	ws.			
	Lage	Geometrie	Aufbau	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[%]	[m ²]
DA 1	LS	G9	A1	2000	450	0	3450	73 %	1450
	LS	G3	A2.1	2000	500	0	3500	75 %	1500
DA 2	WS	G6	A3	2400	0	100	3500	46 %	1100
	WS	G3	A4.1	2400	0	200	3600	50 %	1200
	WS	G3	A4.2	2400	0	200	3600	50 %	1200
DA 3	LS	G9	A5	1600	350	0	2950	84 %	1350
	-	G3	A6.1	0	1050	1050	3100	-	3100
	-	G3	A6.2	0	1050	1050	3100	-	3100
DA 4	-	G3	A7	0	0	2200	3200	-	3200
	-	G10	A8	0	0	500	500	-	500
DA 5	AC	G2	A9.1	1600	700	1000	4300	169 %	2700
	AC	G2	A9.2	1600	700	1000	4300	169 %	2700

Die Tabelle 17 zeigt eine zusätzliche Flächeninanspruchnahme im Deichabschnitt 1 um mindestens 73 % der bestehenden Deichaufstandsfläche. Bei der Variante A1 kommt es dabei zu einer um ca. 2 % geringeren Flächenerweiterung im Vergleich zur alternativen Variante A2.1. Die Vergrößerung der Fläche beinhaltet zudem die dingliche Sicherung und Ausweisung der beidseitigen Deichschutzstreifen, die allein rund zwei Drittel der gesamten Flächenerweiterung ausmachen. Die höhere Flächeninanspruchnahme bei der Variante A2.1 ist auf die Deicherhöhung und die flachere Böschungsneigung des Neubaus und die dadurch resultierende Verbreiterung in Richtung Landseite zurückzuführen. Der Grunderwerb für die Deichverbreiterung fällt bei der Variante A1 geringer aus als bei der alternativen Variante A2.1. Der Grunderwerb für die künftigen Deichschutzstreifen ist bei beiden Varianten gleich.

Im Deichabschnitt 2 kommt es zu einer zusätzlichen Flächeninanspruchnahme von mindestens 46 % der bestehenden Deichaufstandsfläche. Bei der Variante A3 kommt es dabei zu einer um ca. 4 % geringeren Flächenerweiterung im Vergleich zu den alternativen Varianten A4.1 und A4.2. Die Vergrößerung der benötigten Fläche ergibt sich größtenteils aus der dinglichen Sicherung und Ausweisung der beidseitigen Deichschutzstreifen. Die Flächenerweiterung um die Hälfte des Ist-Zustandes erklärt sich für die alternativen Varianten A4.1 und A4.2 durch die Deicherhöhung und die Mindestneigung der Neubauböschungen und der dadurch resultierenden Verbreiterung in Richtung Wasserseite (Oberauer Schleife). Der Grunderwerb für eine Deichverbreiterung kann also bei den Varianten A4.1 und A4.2 als nahezu gleich betrachtet werden. Lediglich bei der Variante A3 kommt keine wesentliche Deichverbreiterung zustande, weshalb der eventuell notwendige Grunderwerb für die Deichaufstandsfläche hier geringer ausfällt. Der Grunderwerb für die künftigen Deichschutzstreifen kann bei allen Varianten für den Deichabschnitt 2 als gleich angesehen werden.

Aus der Tabelle 17 geht hervor, dass die Variante A5 für den Bestandsdeich im Deichabschnitt 3 hauptsächlich durch die notwendige Deicherhöhung und der daraus resultierenden landseitigen Verbreiterung sowie den künftigen Deichschutzstreifen eine Flächenerweiterung von mindestens 84 % der gegenwärtigen Deichaufstandsfläche aufweist. Die benötigten Flächen für die daran anschließende Ringbedeichung der Ortslage Oberau und der vollumfänglichen Ringbedeichung der Ortslage Breitenfeld müssen komplett neu erworben werden, da sich in diesen Bereichen keine Bestandsdeiche befinden. Da es sich bei den alternativen Ringdeichvarianten A6.1 und A6.2 um Neubauwerke handelt, nehmen sie somit jeweils eine Gesamtfläche von 3.100 m² für einen 100 m langen Deich in Anspruch. Der landseitige Grunderwerb für die Deichverbreiterung der Variante A5 fällt im Gegensatz zum Grunderwerb für die Neubaudeiche deutlich geringer aus. Für die Neubaudeiche muss der Baugrund zu 100 % erworben werden. Der Grunderwerb für die künftigen Deichschutzstreifen ist bei beiden Neubauvarianten des Deichabschnittes 3 zu gleichen Teilen notwendig. Im Deichabschnitt 3 sind Optimierungen in der Flächeninanspruchnahme durch höhere Flexibilität in der Trassierung möglich.

Im Deichabschnitt 4 existieren keine Bestandsdeiche. Daher muss die benötigte Fläche für die HWS-Anlagen erworben werden. Ein Teil der benötigten Flächen für die Variante A7 befindet sich auf dem Grundstück der WSV (Betriebsgelände). Der kleinere Flächenanteil, der für einen 100 m langen Deich benötigt wird, liegt auf Grundstücken der Stadt Straubing und Privateigentümer. Da die Variante A8 eine HWS-Wand vorsieht, ist der Flächenbedarf dementsprechend gering. Der Neubau könnte in Gänze oder zumindest zur Hälfte auf dem Grundstück des Außenbezirks Straubing der WSV ausgeführt werden. Eventuell notwendige Geländemodellierungen können u. U. auch auf Fremdgrundstücken durchgeführt werden. Demnach würde sich der Neuerwerb der benötigten Fläche für einen 100 m langen Wandabschnitt maximal auf ca. 500 m² beschränken. Davon wurde auch in der Kostenbetrachtung ausgegangen. Der Grunderwerb für die Aufstandsfläche der Erdbauvariante A7 ist im Vergleich zur Variante mit der HWS-Wand dementsprechend höher, da die gesamte Deichaufstandsfläche für den homogenen Neubaudeich erworben werden muss. Der Grunderwerb für den Deich-

schutzstreifen ist für die Variante A7 nur landseitig anzusetzen. Für die Variante A8 ist nur ein schmaler Schutzstreifen vorgesehen, der Grunderwerb dafür beschränkt sich auf ein geringes Ausmaß.

Auf der Grundlage der Tabelle 17 ist festzustellen, dass die Varianten (A1, A3, A5 und A8), die eine Deichertüchtigung durch eine Spundwand als Innendichtung oder eine HWS-Wand mit einer Spundwand als Tiefengründung vorsehen, eine geringere Vergrößerung der Aufstandsfläche aufweisen als die Varianten (A2.1, A4.1, A4.2 und A7), die als Alternative eine reine Erdbaulösung vorsehen. Für die Varianten mit Spundwand ergibt sich der zusätzliche Flächenbedarf hauptsächlich durch die Ausweitung der beidseitigen Deichschutzstreifen und nur geringfügig durch eine notwendige Deicherhöhung. Bei den Erdbaulösungen der Varianten A2.1, A4.1, A4.2, A6.1, A6.2 und A7, die komplett neu herzustellen sind, ist ein erhöhter Flächenbedarf der Aufstandsfläche aufgrund der Deicherhöhungen und flacheren Böschungsneigungen von mindestens 1:2,5 notwendig. Dadurch kann im Deichabschnitt 1 durch die Variante A1 ca. 0,14 ha der benötigten Gesamtaufstandsfläche eingespart werden. Im Deichabschnitt 2 vermindert sich der Flächenbedarf durch die Variante A3 um ca. 0,2 ha. Im Deichabschnitt 4 kann durch die Variante A8 die benötigte Gesamtaufstandsfläche des Neubaudeiches um ca. 0,5 ha verringert werden.

Im Deichabschnitt 5 ist der erforderliche zusätzliche Flächenbedarf gegenüber dem Straßenbestand der Westtangente für beide untersuchten Varianten gleich. Über den ca. 15 m breiten Grundstückstreifen der vorhandenen Straßenaufstandsfläche hinaus, müssen - bezogen auf einen 100 m langen Deich- bzw. Straßenabschnitt - ca. 0,27 ha zusätzliche Flächen erworben werden. Dieser Bedarf ergibt sich aus der Deicherhöhung sowie aus der wasser- und landseitigen Deichverbreiterung durch die flacheren Böschungsneigungen von 1:3 bzw. 1:2,5. Bezogen auf den gesamten Deichabschnitt sind das ca. 1,5 ha, die beansprucht und somit erworben werden müssen.

10.3 Variantenvergleich der Gesamtkosten für alle Polder- und Flutpolderdeiche

Im Kapitel 10.1 wurden die Baukosten sowie die Baunebenkosten aus Baustelleneinrichtung und Kosten für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen für einen 100 m langen Deichabschnitt miteinander verglichen. Weiterführend wurde im Kapitel 10.2 die zusätzliche Flächeninanspruchnahme für die jeweiligen Deichabschnitte erfasst. Diese Flächenvergrößerungen sind als zusätzliche Kosten für den Grunderwerb in der Betrachtung der Gesamtkosten ebenfalls anzusetzen.

Nach Aussage vom WWA-Deggendorf ist der Kostenansatz für den Grunderwerb der zusätzlich benötigten Flächen zwischen 4,0 und 10 €/m² für Agrarflächen anzusetzen. Die Nebenkosten sind erfahrungsgemäß mit 5 % zu kalkulieren. Als Mittelwert wurden die Grunderwerbskosten mit 7,5 €/m² gewählt.

Eine detaillierte Kostenschätzung der fünf Deichabschnitte mit den jeweiligen Ausbauvarianten ist im Anhang G zusammengestellt. Für eine Gesamtkostenbetrachtung der gesamten Deichbauwerke wurden die Kosten der einzelnen Varianten für die jeweiligen Deichabschnitte miteinander kombiniert. Zusätzlich wurden die Kosten aus dem Grunderwerb angesetzt. Die Gesamtkosten der empfohlenen Vorzugsvarianten sind in Tabelle 18 zusammengefasst.

Tabelle 18: Gesamtkosten der empfohlenen Ausbauvarianten für die Deichbauwerke

Einschätzung der Gesamtkosten für die Vorzugsvarianten	Kosten der Deichabschnitte	bevorzugte Varianten
Deichabschnitt 1	5,9 Mio €	(A1)
Deichabschnitt 2	8,7 Mio €	(A3)
Deichabschnitt 3	2,7 Mio €	(A5 & A6.1)
Deichabschnitt 4	0,3 Mio €	(A8)
Deichabschnitt 5	1,0 Mio €	(A9.2)
Gesamtbaukosten (Netto)	18,6 Mio €	MwSt.
Gesamtbaukosten (Brutto)	22,1 Mio €	19 %

Die Gesamtkosten der aufsummierten Vorzugsvarianten A1, A3, A5 & A6.1, A8 und A9.2 sind im Ergebnis der Betrachtung aller möglichen Variantenkombinationen zwar nicht die kostengünstigste Kombination, aber aus ökologischen Gründen bzw. zum Schutz der Bestandsvegetation und der Schutzgebiete die optimalere und somit die empfohlene Variantenkombination. Die Vorzugsvarianten beinhalten hauptsächlich eine Deichertüchtigung mit einer Spundwand als Innendichtung und eine HWS-Wand. Die neuen Ringdeiche (DA 3) und der neue Straßendamm der angehobenen Westtangente werden als reine Erdbauwerke ausgeführt.

Die günstigste Variantenkombination beinhaltet abgesehen von der Variante A5 nur reine Erdbaulösungen, also mehrheitlich einen kompletten Neubau der Deichanlagen, der mit einer deutlich größeren Flächeninanspruchnahme einhergeht. Bezogen auf die Flächeninanspruchnahme und die Auswirkungen auf die bestehende Flora und Fauna kann bei einer Ertüchtigung bzw. einem Ausbau mittels Spundwand als Innendichtung durch Optimierungen eine Annäherung der Kosten im Vergleich zu den Varianten, die eine reine Erdbaulösung vorsehen, herbeigeführt werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Vorzugsvarianten mit einer Spundwand als Innendichtung bzw. einer HWS-Wand nur zum Teil höhere Kosten verursachen. Die reinen Erdbaulösungen stellen in der Gesamtbetrachtung der Kosten nur knapp die wirtschaftlichere Lösung dar.

Aufgrund der geringeren Aufwendungen durch die zusätzliche Flächeninanspruchnahme und der geringeren ökologischen Auswirkungen sind dennoch die Varianten A1, A3, A5 & A6.1, A8 und A9.2 zu empfehlen. Die ökologischen Aspekte überwiegen in dem Fall die wirtschaftlichen Aspekte.

Zudem stellt die Lösungskombination mit Spundwand als Innendichtung oder einer HWS-Wand im Allgemeinen die resilientere Bauweise dar, die im Freistaat Bayern gezielt zu bevorzugen ist, siehe Hochwasserschutz Aktionsprogramm 2020plus [12]. Außerdem bestehen gegebenenfalls noch Möglichkeiten die Einbindelängen oder die Profilstärken der Spundwände und somit die Gesamtkosten zu optimieren.

11. Empfehlungen zur Anhebung der Verkehrsanlagen

Als überregionale Verkehrsanbindung soll die Westtangente (SRs 48) auch bei Flutung der geplanten Hochwasserrückhaltung (HWR) uneingeschränkt befahrbar sein. Dazu wird die Kreisstraße hochwasserfrei auf die Krone des neu anzulegenden Damms verlegt, der gleichzeitig auch als Polderdeich die südöstliche Begrenzung der geplanten Hochwasserrückhaltung darstellen wird. Dieser Damm bzw. Neubaudeich trennt zukünftig den westlichen Teil des Polders Sossau vom östlichen Teil. Die Höhe der Westtangente ist mit 321,05 m ü. NN so gewählt worden, dass sie als zusätzlicher Schutz der HWS-Anlagen überströmt werden kann. Die Höhen der anderen Verkehrsanlagen, der geplanten Ringdeiche und des Objektschutzes für den Außenbezirk Straubing des WSV liegen mindestens bei 321,25 m ü. NN, demnach also höher als die Westtangente. Um diese Anlagensicherheit zu erreichen, ist ein um 0,2 m reduzierter Freibord von $f = 0,85$ m gewählt worden. Gemäß DIN 19712 [1] beträgt der Mindestfreibord für überregionale Infrastrukturanlagen 1,0 m bei einer Böschungsneigung von 1:2,5. Bei dem reduzierten Freibord für die Westtangente erfordert dies die Gestaltung der Straßenböschungen auf Seiten des Polders Sossau West, also die Wasserseite der HWR, mit einer Neigung von 1:3,0.

Um die Zugänglichkeit zu den Ortslagen Oberau und Breitenfeld auch im Einsatzfall der Hochwasserrückhaltung sicherzustellen, müssen die Verkehrsanlage nach Oberau sowie der Wirtschaftsweg zwischen Oberau und Breitenfeld ebenfalls angehoben werden.

Die bestehende Verbindungsstraße zwischen der Westtangente und den Gemeindeortschaften im Polder Oberau muss nicht auf der gesamten Länge von der Westtangente bis zur Ortslage Oberau erhöht werden, sondern nur auf ca. 1.300 m. Durch die Lage am Stauhaltungsdamm kann die neue höhere Straße in die vorhandene flache Dammböschung der Stauhaltung gelegt werden. Sie wird im Einsatzfall zukünftig nur einseitig von Seiten der Unteren Oberauer Schleife eingestaut.

Um bei Flutung des Polders Oberau weiterhin die Ortslage Breitenfeld erreichen zu können, muss zusätzlich auch eine im Einstaufall befahrbare Verkehrsverbindung zwischen den Ringdeichen Oberau und Breitenfeld auf einer Länge von ca. 1.000 m geschaffen werden. Dazu soll ein vorhandener Wirtschaftsweg auf einer Länge von ca. 1.000 m angehoben werden. Durch die Lage im Polder Oberau wird der Straßendamm im Einsatzfall beidseitig eingestaut.

Die Straßendämme der beiden Verkehrswege erhalten einen Freibord von 1,05 m und damit eine Höhe von 321,25 m ü. NN. Beidseitig sind Böschungsneigungen von 1:2,5 ausreichend. Als Dammmaterialien können homogene Erdstoffe mit durchlässigen bis schwach durchlässigen Eigenschaften ($10^{-8} < k_f < 10^{-3}$) verwendet werden.

Eine nähere Betrachtung zu den Verkehrslagen befindet sich im Wegekonzept als Bestandteil des Sicherheitskonzeptes [16].

12. Ehemaliger linker Donaudeich zwischen Unterer Oberauer Schleife und Polder Sossau West

Der ehemalige linke Donaudeich zwischen der Unteren Oberauer Schleife und dem Polder Sossau West, Deich-km 4+800 bis 6+000 dient zukünftig nicht als Begrenzung der geplanten Hochwasserrückhaltung. Dieser Deichabschnitt ist kein Polderdeich, sondern trennt die Untere Oberauer Schleife vom Polder Sossau West.

Damit der Deichabschnitt während der Flutung von Seiten der Unteren Oberauer Schleife nicht unkontrolliert überströmt wird und dabei bricht, ist eine Deichschlitzung geplant. Zusätzlich wird die Flutung des Polders Sossau West durch die bestehende Deichlücke zwischen dem ehemaligen Donaudeich und dem Stauhaltungsdamm unterstützt.

Der Deichabschnitt soll daher von Deich-km 4+800 bis 6+000 in der bestehenden Form erhalten werden, ein Deichausbau wird nicht als notwendig erachtet.

Die Variantenuntersuchung zur Deichschlitzung im ehemaligen linken Donaudeich zwischen der Unteren Oberauer Schleife und dem Polder Sossau West wird detailliert in einer separaten Unterlage beschrieben, da dieser Deichabschnitt kein Polderdeich ist und nicht ertüchtigt werden soll.

13. Zusammenfassung

Aus der in Kapitel 5 beschriebenen mehrstufigen Variantenuntersuchung wurden einzelne Vorzugsvarianten für die jeweilige Deichverbreiterung (Lage), Deichgeometrie sowie den jeweiligen Deichaufbau ermittelt. Diese ermittelten Vorzugsvarianten sind in der Tabelle 19 zusammengefasst.

Tabelle 19: Zusammenfassung der ermittelten Vorzugsvarianten aus der mehrstufigen Untersuchung

Variante	Beschreibung	Einschätzung/Empfehlung
Lagevarianten		
WS	Deichverbreiterung in Richtung Wasserseite (Öberauer Schleife) ausgehend vom landseitigen Deichfuß	Vorzugsvariante für Deichabschnitt 2 in modifizierter Form wird als genehmigungsfähig eingeschätzt, da Minimierung der notwendigen Eingriffe
LS	Deichverbreiterung in Richtung Landseite (Hinterland, Kößnach-Ableiter) ausgehend vom wasserseitigen Deichfuß	Vorzugsvariante für Deichabschnitt 1 und 3 wird als genehmigungsfähig eingeschätzt, da mit geringsten Eingriffen verbunden
AC	Deichverbreiterung in Richtung Wasserseite (Öberauer Schleife) und in Richtung Landseite (Hinterland, Kößnach-Ableiter) ausgehend von der Deichachse	wird nicht als genehmigungsfähig eingeschätzt
WEG	Deichverbreiterung in Richtung Wasserseite (Öberauer Schleife) und in Richtung Landseite (Hinterland, Kößnach-Ableiter) ausgehend von der Achse des Deichhinterweges	wird nicht als genehmigungsfähig eingeschätzt
Geometrische Varianten		
G1	Normvariante, Deichgeometrie gemäß DIN 19712 und DWA-M 507-1 mit Böschungsneigungen land- und wasserseitig von 1:3	wird nicht als genehmigungsfähig eingeschätzt
G2	optimierte Deichgeometrie mit landseitiger Böschungsneigung von 1:2,5 unter Beibehaltung der wasserseitigen Böschungsneigung von 1:3 gemäß Normvariante	Vorzugsvariante für Deichabschnitte 3 und 5 wird als genehmigungsfähig eingeschätzt, da Minimierung der Eingriffe

Variante	Beschreibung	Einschätzung/Empfehlung
G3	optimierte Deichgeometrie mit Böschungsneigungen land- und wasserseitig von 1:2,5	Vorzugsvariante für Deichabschnitt 3 (nur für Neubaudeiche der geplanten Ringbedeichungen) wird als genehmigungsfähig eingeschätzt, da Minimierung der Eingriffe
G4	optimierte Deichgeometrie bei Erhalt der bestehenden beidseitigen Böschungsneigung (ca. 1:2 ... 1:2,5) mit einer Spundwand als Innendichtung	wird nicht als genehmigungsfähig eingeschätzt
G5	Deichgeometrie gemäß DIN 19712 und DWA-M 507-1 mit einer Böschungsneigung von 1:3 seitens der Oberauer Schleife, bei Erhalt der bestehenden Böschungsneigung (ca. 1:2,0 ... 1:2,9) am Kößnach-Ableiter	wird nicht als genehmigungsfähig eingeschätzt
G6	optimierte Deichgeometrie mit einer Böschungsneigung von 1:2,5 seitens der Oberauer Schleife, bei Erhalt der bestehenden Böschungsneigung (ca. 1:2,0 ... 1:2,9) am Kößnach-Ableiter	Vorzugsvariante für Deichabschnitt 2 wird als genehmigungsfähig eingeschätzt, mit geringsten Eingriffen
G9	optimierte Deichgeometrie bei Erhalt der bestehenden wasserseitigen Böschungsneigung (ca. 1:2,0 ... 1:2,5) sowie einer landseitigen Böschungsneigung von 1:2,5 und mit einer Spundwand als Innendichtung	Vorzugsvariante für Deichabschnitt 1 und 3 wird als genehmigungsfähig eingeschätzt, da mit geringsten Eingriffen behaftet
G10	HWS-Wand mit statisch wirksamer Dichtung	Vorzugsvariante für Deichabschnitt 4 wird als genehmigungsfähig eingeschätzt, mit geringsten Eingriffen
Varianten zum Deichaufbau		
A1	2-Zonen-Deich mit einer Spundwand als Innendichtung und DVW auf landseitiger Berme	Vorzugsvariante für Deichabschnitt 1 wird als genehmigungsfähig eingeschätzt, mit geringsten Eingriffen

Variante	Beschreibung	Einschätzung/Empfehlung
A2.1	3-Zonen-Deich mit wasserseitiger Oberflächendichtung und DVW auf landseitiger Berme	Alternative zur Vorzugsvariante für Deichabschnitt 1 wird als genehmigungsfähig eingeschätzt, da Minimierung der Eingriffe, aber keine Empfehlung als Ausbauvariante, da nur beschränktes resilientes Verhalten der Bauweise (Deichschäden durch Wühltiere)
A2.2	2-Zonen-Deich mit mineralischer Kerndichtung und DVW auf landseitiger Berme	wird nicht als genehmigungsfähig eingeschätzt
A3	2-Zonen-Deich mit einer Spundwand als Innendichtung und DVW auf der Deichkrone	Vorzugsvariante für Deichabschnitt 2 wird als genehmigungsfähig eingeschätzt, mit geringsten Eingriffen
A4.1	2-Zonen-Deich mit Kerndichtung und DVW auf der Deichkrone	wird nicht als genehmigungsfähig eingeschätzt
A4.2	homogener Deich mit DVW auf der Deichkrone	Alternative zur Vorzugsvariante für Deichabschnitt 2 wird nicht empfohlen und wird nur als bedingt genehmigungsfähig eingeschätzt
A5	2-Zonen-Deich mit statisch wirksamer Innendichtung und DVW auf der Deichkrone	Vorzugsvariante für Deichabschnitt 3 (nur für Trasse des Bestandsdeiches) wird als genehmigungsfähig eingeschätzt, da Minimierung der Eingriffe
A6.1	3-Zonen-Deich mit wasserseitiger Oberflächendichtung und DVW auf der Deichkrone	Vorzugsvariante für Deichabschnitt 3 (nur für Neubaudeiche der geplanten Ringbedeckungen) wird als genehmigungsfähig eingeschätzt, da Minimierung der Eingriffe
A6.2	2-Zonen-Deich mit Kerndichtung und DVW auf der Deichkrone	wird nicht als genehmigungsfähig eingeschätzt
A7	homogener Deich mit und DVW auf landseitiger Berme	Alternative zur Vorzugsvariante für Deichabschnitt 4 wird nicht empfohlen und wird nur als bedingt genehmigungsfähig eingeschätzt

Variante	Beschreibung	Einschätzung/Empfehlung
		eingeschätzt
A8	HWS-Wand mit statisch wirksamer Dichtung und landseitigem Kontrollweg	Vorzugsvariante für Deichabschnitt 4 wird als genehmigungsfähig eingeschätzt, mit geringsten Eingriffen
A9.2	2-Zonen-Deich mit landseitigem Reibungsfuß	Vorzugsvariante für Deichabschnitt 3 Wird als genehmigungsfähig eingeschätzt
A9.1	2-Zonen-Deich mit statisch nicht wirksamer Dichtwand	Alternative zur Vorzugsvariante für Deichabschnitt 5 Wird als genehmigungsfähig eingeschätzt, jedoch aufgrund deutlich höherer Kosten im Vergleich zur Variante A9.1 nicht empfohlen

Die Kombination aus der Lage der Deiche, die Deichgeometrie und der Deichaufbau führt zu den umsetzbaren Variantenkombinationen, die in der Tabelle 20 zusammengefasst sind.

Tabelle 20: Umsetzbare Kombinationslösungen mit Bezug zur Lage, Geometrie und zum Deichaufbau

Deichabschnitt	Einstauverhältnis	Kombinierte Varianten		Mögliche Varianten zum Deichaufbau Grün = Vorzugsvariante
		Lage	Geometrie	
Deichabschnitt 1	einseitig	LS	G9	Variante A1 3-Zonen-Deich mit einer Spundwand als Innendichtung und DVW auf landseitiger Berme
		LS	G9	Variante A2.1 3-Zonen-Deich mit wasserseitiger Oberflächendichtung und DVW auf landseitiger Berme
Deichabschnitt 2	beidseitig	WS	G6	Variante A3 2-Zonen-Deich mit einer Spundwand als Innendichtung und DVW auf der Deichkrone
		WS	G6	Variante A4.2 homogener Deich mit DVW auf der Deichkrone

Deichabschnitt	Einstau- verhältnis	Kombinierte Varianten		Mögliche Varianten zum Deichaufbau Grün = Vorzugsvariante
		Lage	Geometrie	
Deichabschnitt 3 <i>Teilstück auf Trasse des Bestands- deiches</i>	einseitig	LS	G9	Variante A5 2-Zonen-Deich mit einer statisch wirksamen Innendichtung und DVW auf der Deichkrone
<i>Neubaudeiche auf keiner Trasse der ehem. Donaudeiche</i>		-	G3	Variante A6.1 2-Zonen-Deich mit wasserseitiger Oberflä- chendichtung und DVW auf der Deichkrone
		-	G3	Variante A6.2 2-Zonen-Deich mit Kerndichtung und DVW auf der Deichkrone
Deichabschnitt 4	einseitig	WS	G3	Variante A7 homogener Deich mit DVW auf landseitiger Berme
		-	G10	Variante A8 HWS-Wand mit statisch wirksamer Dichtung und landseitigem Kontrollweg
Deichabschnitt 5	beidseitig	AC	G2	Variante A9.1 2-Zonen-Deich mit statisch nicht wirksamer Dichtwand
		AC	G2	Variante A9.2 2-Zonen-Deich mit landseitigem Reibungsfuß

Von den in Tabelle 20 benannten Variantenkombinationen sind die Variantenkombinationen mit den Deichbauvarianten A1, A3, A5 und A8 mit statischer wirksamer Innendichtung als Vorzugsvarianten für die Polderdeiche bzw. für den Objektschutz des Außenbezirks Straubing der WSV zu empfehlen.

Die Varianten A1, A3, A5 und A8 werden als Vorzugsvarianten empfohlen, da mit diesen die Bestandsdeiche weitgehend erhalten bleiben können und/oder keine zusätzliche Flächeninanspruchnahme verbunden ist.

Zudem bestehen mit Einbauverfahren ausgehend von den Deichinterwegen oder aufgelagert auf den einzubringenden Spundwänden von der Deichkrone aus gute Möglichkeiten, die Eingriffe in den Gehölzbestand sowie die Biotopstrukturen zu minimieren und somit weitgehend zu vermeiden bzw. auf ein sehr geringes Maß zu begrenzen.

Der wesentliche Nachteil dieser Vorzugsvarianten ist die Kostenbetrachtung. Der Einsatz einer Spundwand als Innendichtung ist im Vergleich zu den alternativen Varianten mit einer Oberflächen-, Kerndichtung oder in homogener Bauweise deutlich kostenintensiver. Dem gegenüber steht allerdings eine Kosteneinsparung für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen sowie für den Grunderwerb.

Für die Neubaudeiche der Ringbedeckungen der Ortslagen Öberau und Breitenfeld wird die Variante A6.1 mit wasserseitiger Oberflächendichtung als Vorzugsvariante empfohlen, da der Kostenaufwand für das Bauwerk bei gleicher Wirkung geringer ist als bei der Alternativvariante A6.2.

Wie in Kapitel 10.1 beschrieben, bestehen bei den Kosten noch Optimierungsmöglichkeiten. Der maßgebliche Kostenanteil bei den Vorzugsvarianten mit einer Spundwand als Innendichtung ergibt sich aus der Einbindelänge der Innendichtung in den Untergrund. Durch Verringerung der Einbindelänge gleichen sich die Kosten der Varianten zur Innendichtung denen mit Oberflächen-, Kerndichtung oder in homogener Bauweise an, so dass auch hinsichtlich der Kostenbetrachtung nahezu keine Unterschiede mehr bestehen.

Die Einbindelänge einer Spundwand als Innendichtung ist wiederum maßgeblich vom statischen Lastfall des „Windwurfes“ auf der Landseite sowie den Ansatz der landseitigen Restböschung im Versagensfall abhängig. Daher ist zur Minimierung der Kosten für eine Spundwand als Innendichtung mit dem Wasserwirtschaftsamt Deggendorf abzustimmen, mit welchem Berechnungsansatz die Einbindelänge ermittelt werden soll.

14. Änderungen im Ergebnis der Prüfung des Vorentwurfes

14.1 Konstruktive Anpassungen des Entwurfes bezüglich der Berücksichtigung des Lastfalles „bordvoll“

Wie in Kapitel 2.2 bereits erläutert, ist in Abstimmung mit dem LfU [21] und unter Berücksichtigung der Stellungnahme des LfU zu Deichsanierungen mit Innendichtungen [22] der Lastfall „bordvoll“ zu berücksichtigen.

Maßgebend für den Nachweis der außergewöhnlichen Bemessungssituation BS-A1 ist der Fall a - Mindestfreibord für Deiche durch Dichtwandkrone abgedeckt - gemäß Stellungnahme des LfU zu Deichsanierungen mit Innendichtungen [22], s. nachfolgende Abbildung.

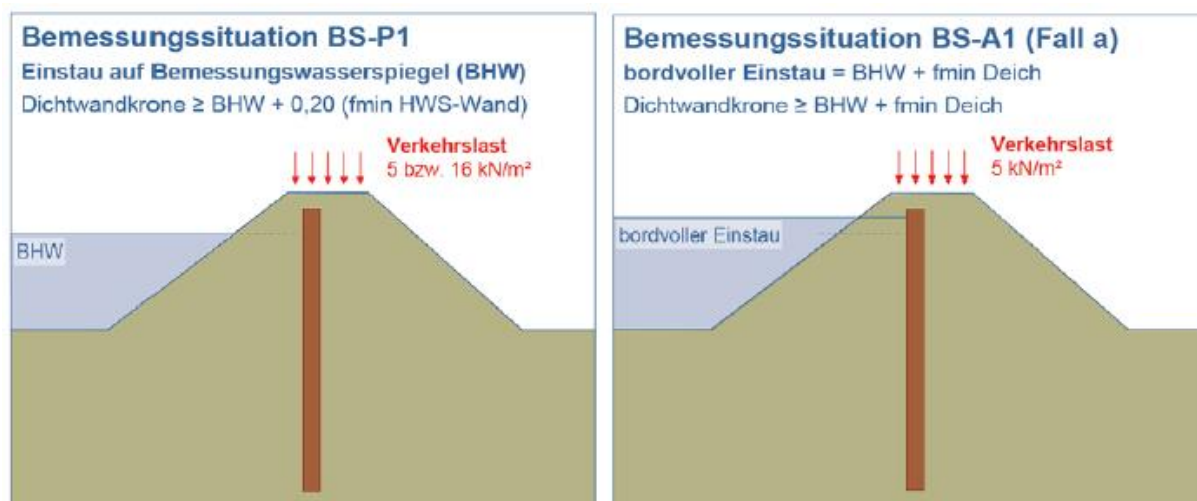


Abbildung 38: Ausschnitt aus der schematischen Darstellung der maßgebenden Bemessungssituationen für die ständige Bemessungssituation BS-P1 und der außergewöhnlichen Bemessungssituation BS-A1 aus [22], Abb. 1

Aufgrund dieser Vorgabe muss die Dichtwand, hier die Spundwand, den Mindestfreibord für Deiche abdecken. Ein planmäßiges Überströmen der Dichtwandkrone und damit des Deiches kann somit ausgeschlossen werden, da die Binnenböschung in den Bemessungssituationen BS-P1 und BSA1 geotechnisch wirksam bleibt.

Die Umsetzung dieser Vorgabe erforderte eine Anpassung der Spundwandhöhen bzw. Innendichtungen der DA 1, 2 und 3 auf:

$$\text{OK Spundwand} = Z_s (320,20 \text{ m NHN}) + \text{Freibord}$$

Aufgrund dieser Anpassung mussten auch die zugehörigen Deichhöhen angepasst werden. Die erforderlichen Änderungen sind in Tabelle 21 zusammengestellt.

14.2 Sonstige Änderungen & Ergänzungen im Rahmen der Fortführung des Entwurfes

Im Ergebnis der Vorplanung sowie im Zuge der weiteren Planungen zum Entwurf wurden folgende wesentlichen Änderungen festgelegt bzw. im Ergebnis der weiteren Planungen erforderlich:

- DA 3: Im Ergebnis des Vorentwurfes wurde für die Erarbeitung des Entwurfes festgelegt, die Neubaudeiche des DA 3 statt mit einer wasserseitigen mineralischen Oberflächendichtung gemäß Variante A 6.1, ebenfalls mit einer erosionsstabilen Innendichtung in Form einer Spundwand gemäß Variante A 5 auszustatten.
- DA 4: Im Rahmen der Fortführung des Entwurfes wurde aus Gründen der Flächeninanspruchnahme auf einen landseitigen Kontrollweg verzichtet. Die Zugänglichkeit ist über die vorhandenen Anlagen der Außenstelle Straubing WSV (Wege, Parkplätze) gewährleistet.
- DA 5: Im Rahmen der Fortführung des Entwurfes, insbesondere im Ergebnis der Berechnungen zur Standsicherheit unter Berücksichtigung der Ergebnisse mittels Grundwassermodell, wurde zur Gewährleistung der Standsicherheit anstatt der Variante 9.2, 2-Zonen-Deich mit landseitigem Reibungsfuß, der Variante 9.1, 2-Zonen-Deich mit statisch nicht wirksamer Dichtwand, der Vorzug gegeben und deshalb dem Entwurf zugrunde gelegt.

Die insgesamt erforderlichen Änderungen und Anpassungen sind in der nachfolgenden Tabelle 21 zusammengestellt.

Tabelle 21: Gegenüberstellung EV zur Deichgeometrie und Ergebnisse der Vorplanung/Umsetzung im Entwurf

Deich- ab- schnitt	EV zur Deichgeometrie		Ergebnis der Vorplanung/ Umsetzung im Entwurf	
	Vorzugsvariante zum Deichaufbau	OK Spundwand/ OK Deich	Anpassung im Rahmen des Ent- wurfes	OK Spundwand / OK Deich
DA 1	Variante A 1 - 2- Zonen-Deich mit einer Spundwand als Innen- dichtung und DVW auf der landseitigen Berme	OK Spundwand: 321,45 m NHN OK Deich: 321,60 m NHN	Erhöhung OK Spundwand auf: Z _s (320,20 m NHN) +1,40 m Freibord	OK Spundwand: 321,60 m NHN OK Deich: 321,75 m NHN

Deich- ab- schnitt	EV zur Deichgeometrie		Ergebnis der Vorplanung/ Umsetzung im Entwurf	
	Vorzugsvariante zum Deichaufbau	OK Spundwand/ OK Deich	Anpassung im Rahmen des Ent- wurfes	OK Spundwand / OK Deich
DA 2	Variante A 3 - 2- Zonen-Deich mit einer Spundwand als Innen- dichtung und DVW auf der Deichkrone	OK Spundwand: 320,95 m NHN OK Deich: 321,45 m NHN	Erhöhung OK Spundwand auf: Z _s (320,20 m NHN) +1,25 m Freibord	OK Spundwand: 321,45 m NHN OK Deich: 321,55 m NHN
DA 3 Be- stands- deich	Variante A5.2 - 2- Zonen-Deich mit sta- tisch wirksamer Innen- dichtung und abge- senktem DVW auf der Deichkrone	OK Spundwand (HWS-Wand): 321,25 m NHN OK DVW: 320,08 m NHN	Erhöhung OK Spundwand auf: Z _s (320,20 m NHN) +1,05 m Freibord	OK Spundwand (HWS-Wand): 321,25 m NHN OK DVW: 320,18...320,52 m NHN
DA 3 Neu- bau- deich	Variante A 6.1 - 3- Zonen-Deich mit was- serseitiger Oberflä- chendichtung und DVW auf der Deich- krone	OK Oberflächendich- tung: 321,10 m NHN OK Deich: 321,25 m NHN	Anstatt Oberflä- chendichtung nun- mehr erosionsstabi- le Innendichtung (Spundwand) OK Innendichtung: Z _s (320,20 m NHN) +1,05 m Freibord	OK Innendich- tung: 321,25 m NHN OK Deich: 321,45 m NHN
DA 4	Variante A 8 - HWS- Wand mit statisch wirksamer Dichtung mit landseitigem Kon- trollweg	OK HWS-Wand: Z _s (320,20 m NHN) +1,05 m Freibord 321,25 m NHN	Keine Änderung	OK HWS-Wand: 321,25 m NHN
DA 5	Variante A 9.2	OK Deich (Straße): Z _s (320,20 m NHN) +0,85 m Freibord = 321,05 m NHN	Variante A 9.1 je- doch keine Ände- rung Höhe	OK Deich (Stra- ße): 321,05 m NHN

Die Änderungen wurden in den Regelprofilen der Vorplanungsunterlage, s. Unterlage 4, umgesetzt. Eine Änderung der vorliegenden Entscheidungsvorlage erfolgte nicht, da die grundsätzlichen Aussagen der Variantenuntersuchung nach wie vor Bestand haben.

15. Literatur- und Quellenverzeichnis

15.1 Vorschriften/Regelwerke

- [1] DIN 19712 (01/2013) Hochwasserschutzanlagen an Fließgewässern, Normausschuss Wasserwesen (NAW), Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN)
- [2] DWA-M 507-1 (12/2011) Deiche an Fließgewässern, Teil 1: Planung, Bau und Betrieb, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA)
- [3] DWA-M 512-1 (02/2012) Dichtungssysteme im Wasserbau, Teil 1: Erdbauwerke, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA)
- [4] DWA-Themen (04/2005) Dichtungssysteme in Deichen, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA)
- [5] DIN 19700 (06/2004) Stauanlagen Teil 10 bis 13, Normausschuss Wasserwesen (NAW), Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN)
- [6] BAW-Merkblatt: Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen (MSD), Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), 06/2011

15.2 Planungsgrundlagen

- [7] Arbeitsquerschnitte zu den Donaudeichen von Pondorf bis Hornstorf, 1934
- [8] Bestandspläne zu den linken Stauhaltungsdämmen, WSV Regensburg, 1989 bis 1993
- [9] Planfeststellungsbeschluss der Staustufe Straubing – Teilabschnitt V, A4-143.3-Do/5, vom 10.04.1991
- [10] Donau Haltung Straubing, Geotechnisches Untersuchungsprogramm 12/2005 – 06/2006, igi Consult GmbH, 01/2007
- [11] Bericht zur Untersuchung der Standsicherheit der Dämme an der Donau, Haltung Straubing, freie Dammstrecken, Donau-km 2331 bis 2344,7 links, Donau-km 2332,7 bis 2346,4 rechts, Baugrund Dresden Ingenieurgesellschaft mbH, 09/2011
- [12] Hochwasserschutz Aktionsprogramm 2020plus, Bayrisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, 1. Auflage: Juni 2014
- [13] Entwurfsvermessung Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife, Ingenieurgemeinschaft Lahmeyer Hydroprojekt – Lahmeyer München – Büro Prof. Kagerer, 09/2015
- [14] Geotechnischen Berichte, Ingenieurgemeinschaft Lahmeyer Hydroprojekt – Lahmeyer München – Büro Prof. Kagerer, 03/2017
- [15] Entscheidungsvorlage zur Festlegung des Freibordes auf Grundlage der Berechnungen zum Windstau und Wellenauflauf, Ingenieurgemeinschaft Lahmeyer Hydroprojekt – Lahmeyer München – Büro Prof. Kagerer, 08/2017– die aktuelle Fassung liegt der Gesamtunterlage als Unterlage 05.02.01 bei

- [16] Entscheidungsvorlage zum Sicherheitskonzept einschließlich Konzept zur Stromversorgung und Wegekonzept, Ingenieurgemeinschaft Lahmeyer Hydroprojekt – Lahmeyer München – Büro Prof. Kagerer, 09/2017 – die aktuelle Fassung liegt der Gesamtunterlage als Unterlage 01.01 bei
- [17] Entscheidungsvorlage Planungsgrundsätze Polderdeiche, Ingenieurgemeinschaft Lahmeyer Hydroprojekt – Lahmeyer München – Büro Prof. Kagerer, 12/2017– die aktuelle Fassung liegt der Gesamtunterlage als Unterlage 01.03.04.01
- [18] Entscheidungsvorlage zur Abstimmung des Bemessungskonzeptes für die Spundwände in den Flutpolderdeichen an der Oberauer Schleife (EV Bemessungskonzept Spundwände), Ingenieurgemeinschaft Lahmeyer Hydroprojekt – Lahmeyer München – Büro Prof. Kagerer, 11/2017 – die aktuelle Fassung liegt der Gesamtunterlage als Unterlage 01.03.04.03

15.3 Ergänzungen des Literatur- und Quellenverzeichnisses

- [19] [HWR Oberauer Schleife – Projektberatung 24 am 03./04.07.2018, Punkt 7.3.25 \(23\) zur EV Deichgeometrie/EV Statisch wirksame Innendichtung, aufgestellt am 11.07.2018](#)
- [20] [HWR Oberauer Schleife – Projektberatung 25 am 14.08.2018, Punkt 7.3.25 \(23\) – Fortführung zur EV Deichgeometrie/EV Statisch wirksame Innendichtung, aufgestellt am 30.08.2018](#)
- [21] [HWR Oberauer Schleife - Beratung mit RvN, SG 52, LfU, Ref. 62, und Gebietsabteilung des WWA im Rahmen der Prüfung des Vorentwurfs am 12.02.2019 im WWA Deggendorf, aufgestellt/ergänzt am 21.02./20.03.2019](#)
- [22] [Stellungnahme Deichsanierungen mit Innendichtungen Bemessungssituationen, Einwirkungen und Tragwiderstandsbedingungen nach DIN 19712:2012 und DWA-M 507-1:2011, Bayerisches Landesamt für Umwelt Referat 62 Wasserbautechnik, München, 10.01.2012](#)