
Sanierung Kanalanlagen Uppenbornwerke

Anlage 03.01.07

Bericht Mittlere-Isar-Kanal Haltung 6 mit Echinger Speichersee



Vorhabensträger: Stadtwerke München GmbH
Emmy-Noether-Straße 2
80287 München

Entwurfsverfasser: PG-SKUP Bau + Plan / Arnold Consult
c/o Bau + Plan Ingenieurgesellschaft mbH
Dorfstraße 39
81247 München



Fassung Nr. 2 07.03.2025

Projektleitung:	Hans J. Hanke	Tel.: 089 – 818 962 16
Projektleitung stv.:	Markus Hofbauer	Tel.: 089 – 4132705 23
Projektbearbeitung:	Anna Hausner	Tel.: 089 – 818 962 21
	Katharina Walter	Tel.: 089 – 818 962 27

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1	Allgemeines 5
1.1	Abkürzungsverzeichnis 5
1.2	Vermessungsdaten - Höhenbezugssysteme..... 7
1.3	Definition Kanal im Einschnitt, Dammlage und im Übergang 8
2	Beschreibung der Anlage Mittlere-Isar-Kanal, Haltung 6..... 9
2.1	Kurzbeschreibung der Anlagenteile und Zuflüsse 9
2.2	Wasserspiegellagen und Abfluss..... 12
2.2.1	Beschluss des LRA Freising vom 31.12.1959 12
2.2.2	Neuberechnung Wasserspiegellagen..... 12
2.3	Freibord 13
2.3.1	Bescheidgemäßer Freibord 13
2.3.2	Neu beantragter Freibord 13
2.4	Geologische und hydrogeologische Verhältnisse 15
3	Damm-/Deichverteidigungswege und Unterhaltungswege am MIK H6..... 17
3.1	Zustand, Zustandsbewertung Damm-/Deichverteidigungswege und Unterhaltungswege..... 17
3.2	Art und Umfang des Vorhabens – Sanierung und Ergänzung Dammverteidigungs- und Unterhaltungswege..... 18
4	Bestand, Zustandsbewertung und Sanierungsmaßnahmen im Abschnitt 1..... 20
4.1	Bestand Abschnitt 1 20
4.1.1	Bestand Abschnitt 1, linke Seite 20
4.1.2	Bestand Abschnitt 1, rechte Seite 21
4.2	Zustandsbewertung Abschnitt 1 22
4.2.1	Zustandsbewertung von Deich/Ufer und Kanalauskleidung 22
4.2.2	Zustandsbewertung der Standsicherheit der Böschungen im Abschnitt 1 27
4.2.3	Freibord Abschnitt 1 28
4.2.4	Lage Deichachse 28
4.3	Art und Umfang des Vorhabens – Sanierung Abschnitt 1 29
4.3.1	Allgemeines 29
4.3.2	Sanierung Abschnitt 1, linke Seite 31
4.3.3	Sanierung Abschnitt 1, rechte Seite 33
5	Bestand, Zustandsbewertung und Sanierungsmaßnahmen im Abschnitt 2..... 35
5.1	Bestand Abschnitt 2 35
5.1.1	Bestand Abschnitt 2, linke Seite 36
5.1.2	Bestand Abschnitt 2, rechte Seite 37
5.2	Zustandsbewertung Abschnitt 2 37
5.2.1	Zustandsbewertung, allgemeiner Zustand von Damm und Kanalauskleidung..... 37

5.2.2	Zustandsbewertung Dammstandsicherheit	45
5.2.3	Freibord Abschnitt 2	45
5.3	Art und Umfang des Vorhabens – Sanierung Abschnitt 2.....	46
5.3.1	Sanierung Abschnitt 2, linke Seite	47
5.3.2	Sanierung Abschnitt 2, rechte Seite	49
6	Bestand, Zustandsbewertung und Sanierungsmaßnahmen im Abschnitt 3.....	53
6.1	Bestand Abschnitt 3	53
6.1.1	Bestand Abschnitt 3, linke Seite	55
6.1.2	Bestand Abschnitt 3, rechte Seite	56
6.2	Zustandsbewertung Abschnitt 3	56
6.2.1	Zustandsbewertung, allgemeiner Zustand von Damm und Kanalauskleidung.....	56
6.2.2	Zustandsbewertung Dammstandsicherheit	59
6.2.3	Freibord Abschnitt 3	60
6.3	Art und Umfang des Vorhabens – Sanierung Abschnitt 3.....	60
6.3.1	Grundlegende Festlegungen für die Ertüchtigungsmaßnahmen	61
6.3.2	Wahl der Sanierungsvariante	61
6.3.3	Sanierung Abschnitt 3, linke Seite	62
6.3.4	Sanierung Abschnitt 3, rechte Seite	63
7	Bestand, Zustandsbewertung und Sanierungsmaßnahmen im Abschnitt 4.....	65
7.1	Bestand Abschnitt 4	65
7.1.1	Allgemeines	65
7.1.2	Bemessungsabfluss, Wasserspiegelhöhen	66
7.2	Zustandsbewertung Abschnitt 4.....	67
7.2.1	Zustandsbewertung, allgemeiner Zustand von linkem Isardeich, rechtem Ufer und Kanalgerinne	67
7.2.2	Freibord Abschnitt 4	68
7.3	Art und Umfang des Vorhabens – Sanierung Abschnitt 4.....	69
7.3.1	Sanierung Abschnitt 4, Kanalsole	69
7.3.2	Sanierung Abschnitt 4, linkes Ufer – Deich	69
7.3.3	Sanierung Abschnitt 4, Einschnittsböschung rechts	70
8	Retentionsvolumenverlust	71
8.1	Aufstellung des Volumenverlustes	71
8.2	Machbarkeit Retentionsraumausgleich	73
9	Zuläufe zum MIK H6	74
9.1	Große Sempt	74
9.2	Kleine Sempt.....	75
9.2.1	Allgemeines zu Kleine Sempt, Unterhaltsbereich der SWM.....	75
9.2.2	Zustandsbewertung Kleine Sempt im Unterhaltsbereich der SWM	76
9.2.3	Art und Umfang des Vorhabens – Sanierungsmaßnahmen an der Kleinen Sempt im Unterhaltsbereich der SWM.....	77

9.3	Aubach	78
9.3.1	Allgemeines zu Aubach, Unterhaltsbereich der SWM	78
9.3.2	Zustandsbewertung Aubach im Unterhaltsbereich der SWM.....	79
9.3.3	Art und Umfang des Vorhabens – Sanierungsmaßnahmen am Aubach im Unterhaltsbereich der SWM.....	80
9.4	Gleißebach.....	81
9.4.1	Allgemeines zu Gleißebach, Unterhaltsbereich der SWM	81
9.4.2	Zustandsbewertung Gleißebach im Unterhaltsbereich der SWM.....	82
9.4.3	Art und Umfang des Vorhabens – Sanierungsmaßnahmen am Gleißebach im Unterhaltsbereich der SWM.....	83
10	Unterschriften.....	83
11	Zugehörige Grundlagen	84
	Abbildungsverzeichnis	85
	Tabellenverzeichnis	86

1 Allgemeines

1.1 Abkürzungsverzeichnis

Folgende Abkürzungen werden im Bericht verwendet:

Abkürzung	Name
SWM	Stadtwerke München GmbH
WWA LA	Wasserwirtschaftsamt Landshut
PG-SKUP	Planungsgemeinschaft Sanierung Kanalanlagen Uppenbornwerke
MIK	Mittlere-Isar-Kanal
WKW UP1	Wasserkraftwerk Uppenbornwerk 1
WKW UP2	Wasserkraftwerk Uppenbornwerk 2
WKW Sempt	Wasserkraftwerk Sempt
PW Apoig	Pumpwerk Apoig
FAA	Fischaufstiegsanlage
UW UP2	Unterwasser Uppenbornwerk 2
H6	Haltung 6 zwischen WKW UP1 und WKW UP2
LD	linkes Ufer/Deich/Damm
RD	rechtes Ufer Damm
LD1	linkes Ufer von LD-km 1+830 bis 4+140, UW WKW UP1 bis Beginn Echinger Speichersee
LD2	linkes Ufer von LD-km 4+140 bis 7+700, Beginn Echinger Speichersee bis Ende Echinger Speichersee
LD3	linkes Ufer von LD-km 7+700 bis 10+100, Kanal ab Ende Echinger Speichersee bis OW WKW UP2
LD4	linkes Ufer von LD-km 10+160 bis 10+913 (Freistaat Bayern), UW UP2 ab WKW UP2 bis Anschluss Sektorwehr
RD1	rechtes Ufer von RD-km 1+830 bis 4+200, UW WKW UP1 bis Beginn Echinger Speichersee
RD2	rechtes Ufer von RD-km 4+200 bis 7+800, Beginn Echinger Speichersee bis Ende Echinger Speichersee
RD3	rechtes Ufer von LD-km 7+800 bis 10+217, Kanal ab Ende Echinger Speichersee bis OW WKW UP2
RQ	Regelquerschnitt
Isar-Wsp.	Wasserspiegel der Isar
BHW	Bemessungshochwasser
Kanal-Wsp.	Kanalwasserspiegel
GOK	Natürliche Geländeoberkante
GTD	Geotextile Tondichtungsbahn

Folgende Abkürzungen der Kilometrierung werden im Bericht verwendet:

Abkürzung	Erläuterung
F-km	Fluss-Kilometer der Isar
K-km	Kilometrierung Achse Mittlere-Isar-Kanal Haltung 6 ab UW WKW UP1, K-km 1+830 bis WKW UP2 bei K-km 10+014 und Unterwasser UP2 bis Mündung Isar bei K-km 11+016
LD-km	Kilometrierung linkes Ufer/Deich/Damm, beginnend mit LD-km 1+830 bei WKW UP1
RD-km	Kilometrierung rechtes Ufer/Damm, beginnend mit RD-km 1+865 bei WKW UP1

1.2 Vermessungsdaten - Höhenbezugssysteme

Für die Grundlagenermittlung wurden Archivpläne und Vermessungsdaten sowie Unterlagen aus vorhergehenden Maßnahmen zur Verfügung gestellt (Q7.4). Im Zuge der Grundlagenermittlung und Vorplanung wurden ab 2015 bis 2023 Bestandsvermessungen an allen Anlagenteilen durchgeführt und ein Baumkataster aufgestellt.

Sämtliche Archiv-Unterlagen mit Ergänzungen bis in die 1980er Jahre basieren auf dem alten Höhenbezugssystem (Vorläufiges Bayerisches Höhenbezugssystem). Die von SWM zur Verfügung gestellten Vermessungsdaten aus den Jahren 2017 und 2022 wurden im „Neuen System“ (DHHN12 / Höhenstatuszahl 100) aufgenommen. Hierfür wird die Abkürzung [m ü.NN] verwendet.

Die Differenz der beiden Systeme beträgt gem. Mitteilung des Landesamts für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, München vom 06.04.2016 im Bereich Moosburg bis Landshut ca. -1 cm bis + 2 cm und liegt damit im Bereich der Genauigkeit der Vermessung.

Aus dem Vergleich der Pläne und Daten ergibt sich keine Systemdifferenz an den Bauwerken.

Die vorliegende Planung für die Planfeststellung erfolgte im Lagebezugssystem UTM32 und im Höhenbezugssystem DHHN2016 / Höhenstatus 170. Zwischen diesen aktuell in Bayern gültigen Bezugssystemen und den Bezugssystemen der vorhandenen Daten aus Archiv und Vermessung existiert kein einheitlicher Umrechnungsfaktor, da sich die Systemdifferenzen je nach Lage unterscheiden. So liegt beispielsweise die Differenz zwischen den Höhenbezugssystemen DHHN12 und DHHN2016 am Amperwehr bei -4,7 cm und am WKW UP2 bei -3,4 cm. Die Daten müssen daher individuell digital umgewandelt werden.

Können vorliegende Höhenangaben nicht digital umgewandelt werden (z.B. Archivpläne) wurde als Mittelwert der Systemdifferenzen eine einheitliche Differenz von - 4,0 cm gegenüber dem DHHN12/Status 100 angewendet:

$$\text{„DHHN12 / Status 100“ oder „Vorl. System“} - 4 \text{ cm} = \text{DHHN2016 / Status 170}$$

Für das HS DHHN2016 / Status170 wird die Abkürzung [m ü. NHN] verwendet.

1.3 Definition Kanal im Einschnitt, Dammlage und im Übergang

Beim Mittlere-Isar-Kanal wird in der Haltung 6 am rechtsseitigen Ufer unterschieden zwischen Kanal im Einschnitt, Teileinschnitt und Dammlage.

Links des MIK H6 verläuft die Isar nördlich des Kanals in einem Abstand von ca. 50 bis 300 m zum Kanal. Der Bemessungshochwasserspiegel (BHW = HQ_{100}) der Isar liegt ca. bis zur Mitte des Echinger Speichersees über dem maximalen Kanalwasserspiegel; in diesem Bereich verläuft am linken Ufer der Isar-Deich. Sobald das BHW niedriger als der maximale Kanalwasserspiegel ist, wird das Uferbauwerk am linken Ufer als Kanal(stauhaltungs)damm bezeichnet.

Folgende Abbildung 1 erläutert zeichnerisch die verwendeten Bezeichnungen zur Lage des Kanals gegenüber dem Hinterland sowie die Bezeichnungen Damm/Deich für die Uferbauwerke.

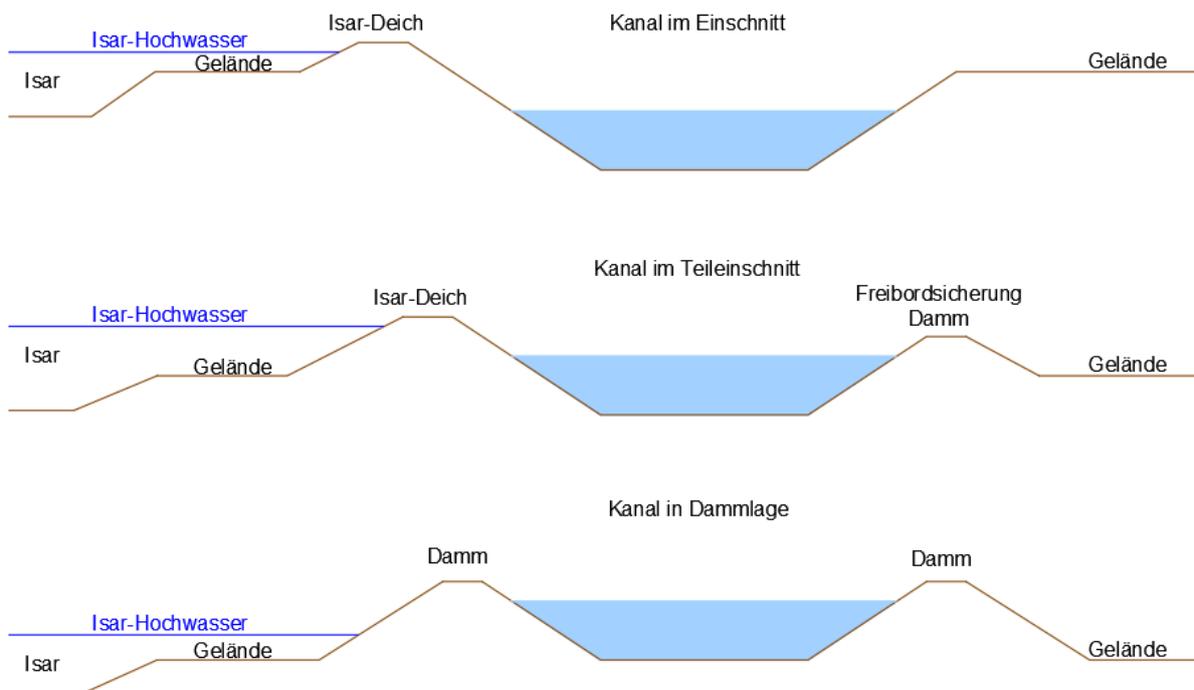


Abbildung 1: Skizze: Definition Kanal im Einschnitt / Dammlage und im Übergang, Definition Damm/Deich

2 Beschreibung der Anlage Mittlere-Isar-Kanal, Haltung 6

2.1 Kurzbeschreibung der Anlagenteile und Zuflüsse

Zugehörige Pläne: Nr. UP2-GP-101 bis UP2-GP-105

Der Projektabschnitt Mittlere-Isar-Kanal, Haltung 6 (MIK H6) beginnt am Wasserkraftwerk Uppenbornwerk 1 bei K-km 1+835 und endet mit dem Wasserkraftwerk Uppenbornwerk 2 bei K-km 10+014. Innerhalb dieser Kanalhaltung werden folgende wesentliche Bereiche unterschieden, siehe Abbildung 2:

- L1 Kanal mit Deich links
- R1 Kanal im Einschnitt und Teileinschnitt
- L2 Echinger Speichersee mit Deich und Damm links
- R2 Echinger Speichersee mit Teileinschnitt, Damm und Hochufer rechts
- L3 Kanal mit Damm links
- R3 Kanal mit Hochufer und Damm rechts

Im Unterwasser der WKW UP2 schließt das UW UP2 an, welches bei K-km 11+016 in die Isar mündet.

- UW UP2 / L4 Unterwasserkanal mit Deich links und Einschnitt rechts

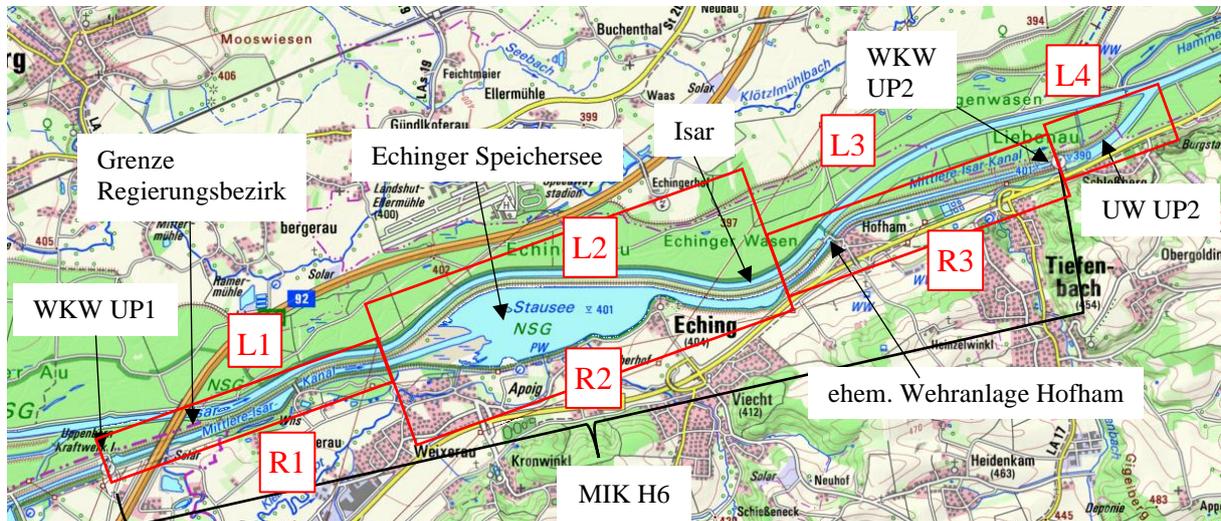


Abbildung 2: Einteilung des Projektgebiets Anlagenbereich WKW UP2 in Abschnitte

Die Abschnitte 1 bis 4 werden in den Kapiteln 4 bis 7 bezüglich ihres Bestands, der Defizite und Sanierungsmaßnahmen genauer beschrieben. Im Kapitel 9 werden die Zuläufe in die Haltung 6 bezüglich ihres Bestands, der Defizite und Sanierungsmaßnahmen genauer beschrieben.

Folgende Abbildung 3a/b/c zeigen eine Übersicht über das Projektteilgebiet im Nahbereich des MIK H6 mit den einzelnen Bauwerken sowie deren Bezeichnungen sowie die von rechts in den Kanal einmündende Zuflüsse:

Nachfolgend werden einige wichtige Anlagenbestandteile beschrieben:

- RD-km 2+260: Zufluss der Großen Sempt mit Wasserkraftwerk Sempt und Fischaufstiegsanlage
- K-km 2+280: Kreuzung mit der Bundesautobahn A92. Der Mittelpfeiler der Brücke gründet in der offenen Kiessohle (Breite = 35 m) des Kanals. Die Brücke liegt so hoch über dem Kanal, dass das Bauwerk keinen Einfluss auf die Kanalanlage hat.
- RD-km 3+325: Einleitung Altarm der Isar mit dem Durchlass UP59 in den Kanal. Die Belastung des Uferwegs ist beim Durchlass auf 12 t beschränkt.
- K-km 3+500 Kreuzung mit dem Fußgängersteg UP61 beim „Fischerhans“
- RD-km 4+820 Mündung der im letzten Abschnitt durch eine Vollauskleidung kanalisierten Kleine Sempt. Der Dammkronenweg ist durch die Brücke UP66 verbunden; die Belastung des Bauwerks ist derzeit auf 3 t beschränkt.
- RD-km 5+520: Mündung des im letzten Abschnitt durch eine Vollauskleidung kanalisierten Aubachs. Der Dammkronenweg ist durch die auf 3 t beschränkte Brücke UP71 verbunden.
- RD-km 5+450 Pumpwerk Apoig: das aus den am landseitigen Böschungsfuß angeordneten Sickergräben zufließende Wasser und die Zuleitung aus dem Klärwerk Eching wird in den Echinger Speichersee gepumpt. Zum Bauwerk PW Apoig gehört die Brücke UP73 für den Dammkronenweg (Belastung 3 t).
- RD-km 5+800
bis 6+400 öffentliche, asphaltierte Stauseestraße am rechten Ufer.
- RD-km 5+900 Mündung des im letzten Abschnitt durch eine Vollauskleidung kanalisierten Gleißbach. Die Brücke über den Gleißbach hat keine Verkehrslastbeschränkung.
- K-km 8+250 ehem. Wehranlage Hofham. Direkt im Anschluss der Wehranlage gibt es einen 2 m tiefen Absturz in der Kanalsohle. Ehemals war eine Ausleitungsmöglichkeit des Kanals zur Isar hin vorhanden; diese ist verplombt.

2.2 Wasserspiegellagen und Abfluss

2.2.1 Beschluss des LRA Freising vom 31.12.1959

Folgende Betriebswasserspiegellagen sind in der Haltung 6 gemäß Beschluss (nachfolgend auch „Bescheid“ genannt) des LRA Freising von 1959 entnommen und wurden ins Höhenbezugssystem DHHN2016 umgerechnet.(Q7.2):

- Stauziel OW WKW UP2: 401,406 m ü.NHN [401,440 m ü.NN]
- Absenkziel OW WKW UP2: 398,466 m ü.NHN [398,500 m ü.NN]

Zur Energieerzeugung können aus dem UW-Kanal des WKW UP1 (MIK Haltung 5b) bis zu 200 m³/s genutzt werden. Die Ausbauwassermenge des WKW UP2 beträgt 200 m³/s und die max. nutzbare Fallhöhe 11,40 m.

Für den Spitzenbetrieb in den Kanalanlagen ist eine Absenkgeschwindigkeit von 30 cm / h einzuhalten.

2.2.2 Neuberechnung Wasserspiegellagen

Gemäß Neuberechnung der Wasserspiegellagen für den MIK H6 im 2D-Modell unter Einhaltung des geltenden Stauziels am WKW UP2 ergeben sich etwas erhöhte Wasserspiegellagen in der Kanalanlage, siehe auch Anlage 04.03.

Aus naturschutzfachlichen Gründen (Vogelschutz) werden die SWM künftig auf das Anfahren des per Beschluss vom 31.12.1959 festgelegten Absenkziels im WKW UP2 von 398,466 m ü.NHN [398,500 m ü.NN] verzichten und den Wasserspiegel so halten, dass der Wasserspiegel am Echinger Speichersee (Pegel P31 bei Hofham) 399,47 m ü.NHN [399,50 m ü.NN] nicht unterschritten wird. Durch die Fixierung des Wasserspiegels am Pegel Hofham und dem zugehörigen Längsgefälle bei $Q_{\max}=200$ m³/s ergibt sich ein neues Absenkziel am WKW UP2 von 399,190 m ü.NHN [399,224 m ü.NN]. Diesbezügliche Festlegungen sind jedoch Gegenstand des Planfeststellungsverfahrens zur Neuen Wasserrechtlichen Bewilligung der Uppenbornwerke am Landratsamt Freising, werden aber bei der Sanierungsplanung bereits als Randbedingung berücksichtigt.

- Stauziel OW WKW UP2: 401,406 m ü.NHN
- Absenkziel OW WKW UP2: 399,190 m ü.NHN für $Q = 200$ m³/s

Nachfolgende Tabelle 1 stellt die minimalen und maximalen Wasserspiegelhöhen für markante Stationen des MIK H6 dar:

Tabelle 1: Wasserspiegellagen für markante Stationen des MIK H6

	WKW UP1	Beginn Echinger Speichersee	Ende Echinger Speichersee	ehem. Wehranlage Hofham / P31	WKW UP2
	K-km 1+830	K-km 4+150	K-km 6+700	K-km 8+230	K-km 10+014
max. Wsp [m ü.NHN]	401,63	401,56	401,54	401,49	401,406
Q [m ³ /s]	200				
min. Wsp. [m ü.NHN]	349,50	399,48	399,47	399,47	399,190
Q [m ³ /s]	40			200	

2.3 Freibord

2.3.1 Bescheidgemäßer Freibord

Für die Kanaldämme am Uppenbornwerk 2 und somit für den Freibord ist im Beschluss von 1959 festgeschrieben (Q7.2):

- Freibord für die Stauhaltungsdämme 1,5 m über maximalem Wasserspiegel
- Freibord für den Isardeich 1,5 m über dem zur Erstellungszeit gültigen HHQ Isar (Q = 1.500 m³/s)

2.3.2 Neu beantragter Freibord

Die Wiederherstellung eines bescheidgemäßen Freibords würde in Hinblick auf den Zustand im Bestand bereichsweise eine Damm- und Deicherhöhung notwendig machen, die die Standsicherheit der Dämme negativ beeinflussen würde. Auch wäre eine Dammerhöhung auf dieses Niveau nicht mit dem Naturschutz zu vereinen, da ein Minimierungsgebot für die Eingriffe gilt und eine derartige Dammerhöhung technisch nicht notwendig ist.

Aus den genannten Gründen wurde entsprechend der DIN 19700-13:2019-06 in Verbindung mit dem DVWK Merkblatt 246 für die Stauhaltungsdämme an der H6 der nach den aktuell gültigen Regelwerken notwendige Freibord neu bemessen, siehe Anlage 03.02.02.

Auf Grundlage der Berechnung des erforderlichen Freibords nach DVWK M 246 werden für die einzelnen Abschnitte der Stauhaltungsdämme folgende neue Freibordmaße beantragt:

- Abschnitt 1: Dämme von WKW UP1 bis Echinger Speichersee: Freibord 1,0 m *)
- Abschnitt 2: Dämme Echinger Speichersee (links bis LD-km 6+850) Freibord 1,4 m *)
- Abschnitt 3: Dämme von Ende Speichersee bis WKW UP2 Freibord 1,0 m

*) Abweichende Regelung für Isar-Deich:

Am linken Ufer verläuft das Uferbauwerk auch in seiner Funktion als Isar-Deich. Als Übergang vom Isar-Deich zum Stauhaltungsdamm ist die Stelle definiert, ab der der bei Isarhochwasser einzuhaltenden Kanalwasserspiegel (= 401,4 m ü.NHN) höher ist als das BHW der Isar:

- Hochwasserschutzdeich bis LD-km 5+150 BHW Isar > Kanal-Wsp. bei HW
- Stauhaltungsdamm ab LD-km 5+150 BHW Isar < Kanal-Wsp. bei HW

Der Freibord für den Hochwasserschutzdeich wird in Abstimmung mit dem Wasserwirtschaftsamt Landshut auf 1,0 m über das derzeit gültige Bemessungshochwasser der Isar (BHW Isar) festgelegt; die zugehörigen Wasserspiegellagen der Isar wurde als Punkt-Datei am 07.11.2022 vom WWA Landshut im Höhenbezugssystem DHHN12 übermittelt. Die Umrechnung ins Höhenbezugssystem DHHN16 erfolgte durch die PG-SKUP. Die Berechnung stammt aus dem Jahr 2008. Der Wasserspiegel des Bemessungshochwassers in der aktuellen Berechnung liegt ca. 50 cm höher als der Bemessungswasserspiegel aus der Erstellungszeit. Das Kriterium für die erforderliche Höhe des Uferbauwerks wird für den Isar-Deich also bestimmt aus:

$$\text{Deichhöhe} = \text{Maximum aus: } \begin{cases} \text{BHW Isar} + 1,0 \text{ m} \\ \text{max. Kanal-Wsp.} + 1,4 \text{ m (Echinger Speichersee)} \\ \text{max. Kanal-Wsp.} + 1,0 \text{ m (Kanal, Kriterium nicht relevant)} \end{cases}$$

In den nachfolgenden Kapiteln 3 bis 7 wird auf die vorhandenen Defizite beim Bestand und die Ausbauhöhen der Damm- bzw. Deichkronen eingegangen.

2.4 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

Zugehörige Pläne: Nr. UP2-GP-110 bis UP2-GP-118 und Anlage 05

Die Beschreibung der Bodenschichten, der Durchlässigkeitsbeiwerte und der Grundwasserverhältnisse ist der Anlage 05 Geotechnische Unterlagen und Anlage 06 Grundwassergutachten zu entnehmen. Das Baugrundgutachten von Crystal Geotechnik war die Grundlage für die Stand sicherheitsberechnungen der Dammböschungen, siehe Anlage 03.02.01.02. Folgender Auszug aus dem Gutachten gibt einen Überblick über die geologischen Untergrundverhältnisse:

„Nach den vorliegenden geologischen Kartenwerken und den bereits erstellten Gutachten sind hier unter den meist kiesigen Auffüllungen in den Dammbereichen links und rechts des Kanals teilweise noch bindige und sandige Decklagen und dann quartäre Kiese / Flussablagerungen der Isar zu erwarten. Die quartären Kiese bzw. die Flussablagerungen der Isar werden dann von tertiären Sedimenten der Oberen Süßwassermolasse (OSM) unterlagert. Im hier behandelten Kanalabschnitt wurden die tertiären Böden zu großen Teilen in Form von Kiesen und Sanden und auch in Form von relativ festen Schluffen und Tonen erbohrt. ...“Die Dämme am Mittlere-Isar-Kanal wurden auch mit den anstehenden Kiesen aufgebaut.“

Gemäß Archivplänen besteht der Kern der Dammbereiche z.T. aus „Schlick und lettigem Material“, dabei reicht der Kern bis 4 m unter die Dammkrone, zur Kanalseite ist der Kern mit 1:1,5 und zur Landseite mit 1:3 geneigt. Zur Böschung hin wurde eine Kiesvorlage zur Böschungsstabilisierung und Unterfütterung der Kanalauskleidung eingebaut. Im Regelquerschnitt ist die kanalseitige Kiesvorlage 3,3 m stark.

Die bei den Bohraufschlüssen angetroffene Grundwasserlage ist den Längsschnitten Plan-Nr. UP2-GP-110 bis -118 bzw. der Anlage 05 zu entnehmen. Für die Grundwassermessstellen sind die minimalen und maximalen Grundwasserspiegellagen mit zugehörigem Messzeitraum angegeben.

Gemäß dem Baugrundgutachten, Geotechnischem Bericht zum MIK H6 von Crystal Geotechnik, siehe Anlage 05 sowie dem Grundwassergutachten von Blasy + Øverland, siehe Anlage 06, wurde bei der Stichtagsmessung am 11.06.2015 für das erste quartäre Grundwasserstockwerk der Grundwasserspiegel im Westen der Anlage beim WKW UP1 bei etwa 402,0 m ü.NHN und auf der Ostseite beim WKW UP2 bei 392,0 m ü.NHN eingemessen. Die Grundwasserfließrichtung ist nach der Grundwassergleichenkarte des Hydrogeologischen Gutachtens nach Nordosten zur Isar hin als nächste Vorflut gerichtet.

Das Grundwasser liegt beim UW WKW UP1 am rechten Ufer ca. auf Höhe des maximalen Kanalwasserspiegels; bei einer niedrigeren Wasserführung in diesem Kanaleinschnittsbereich wirkt also eine Auftriebskraft auf die Kanalauskleidung. Die in den nachfolgenden Kapiteln beschriebenen Sanierungsmaßnahmen wurden aufgrund des hohen Grundwasserstands erforderlich bzw. wurden darauf abgestimmt. Am Beginn des Echinger Speichersees bis Eching liegt der normale Grundwasserspiegel am rechten Ufer ca. in Höhe des minimalen Kanalwasserspiegels; daher liegt hier keine Auftriebs-Problematik am Böschungsbeton vor. Zwischen Eching

und Hofham befindet sich der mittlere Grundwasserstand unterhalb des Kanalspiegels, er liegt hier ca. 4 m bis 2 m über der Kanalsohle. Zwischen Hofham und der WKW UP 2 liegt der Grundwasserspiegel am rechten Ufer ca. 1,5 m über der Kanalsohle.

Da der Grundwasserstrom zur Isar gerichtet ist und ihr zufließt, liegt der Grundwasserspiegel am linken Ufer im gesamten Bereich der MIK H6 niedriger als am rechten Ufer. Am linken Ufer ist vorwiegend der Einfluss des Hochwassers der Isar bestimmend für die Sanierungsmaßnahmen an der Kanalböschung.

Zu den bauzeitlichen Auswirkungen bzw. Wechselwirkungen zwischen Kanal und Grundwasser in den verschiedenen Kanalabschnitten der Haltung 6 mit bauzeitlich niedrigem Kanalwasserspiegel bzw. entleertem Kanal siehe Grundwassergutachten in Anlage 06.

3 Damm-/Deichverteidigungswege und Unterhaltungswege am MIK H6

3.1 Zustand, Zustandsbewertung Damm-/Deichverteidigungswege und Unterhaltungswege

Die für den Unterhalt und die Damm- bzw. Deichverteidigung derzeit nutzbaren Wege sind im Wesentlichen die am Kanal und am Echinger Speichersee verlaufenden Uferwege und die ausgebauten Damm- bzw. Deichkronenwege. Wesentliche Einschränkungen für die Verteidigung und den Unterhalt ergeben sich aus den Lastbeschränkungen der Brücken sowohl in den Zufahrten zum MIK H6 als auch auf den Damm- und Deichverteidigungswegen.

Linkes Ufer

Im derzeitigen Zustand ist das linke Ufer für Schwerlastverkehr nur von Osten über die Brücke UP81 am Leerschuss WKW UP2 zu erreichen. Von Westen kann das linke Ufer von der Uppenbornwerkstraße und weiter über den linksufrigen Dammhinterweg der MIK H5b aufgrund der Lastbeschränkung der Brücke UP37 über das UW AWK und der Brücke UP41 über den MIK H5b am Ende des Moosburger Speichersees nur von Fahrzeugen mit geringer Last angefahren werden.

Die Deich- und Dammkronenwege entlang des ca. 8 km langen linken Ufers des MIK H6 sind derzeit nicht breit genug und nicht für die erforderliche Traglast von 30 t ausgebaut. Am linken Damm ist nur zwischen LD-km 7+550 und Hofham ein Dammhinterweg vorhanden, in den übrigen Bereichen fehlt ein normgerechter Dammhinterweg.

Rechtes Ufer

Das rechte Ufer ist unterwasserseitig der WKW UP1 über die beidseitig der BAB A92 verlaufenden Ahornstraße und die Spörerauer Straße zu erreichen. Bei RD-km 3+500 reicht die asphaltierte Kanalstraße bis zum MIK H6. Die nächste Möglichkeit für die Zufahrt von Unterhalts- oder Dammverteidigungsfahrzeugen ist über die von RD-km 5+800 bis RD-km 6+500 in Echinger am Ufer verlaufende Staueseestraße. Von RD-km 2+430 bis RD-km 3+500 ist der vorhandene Uferweg für Schwerlastverkehr zu schmal; ab der Kanalstraße bis zur Staueseestraße ist der Dammkronenweg gut ausgebaut. Die Nutzbarkeit für Schwerverkehr ist allerdings durch die gering belastbaren Überfahrten (Durchlässe und Brücken) über die von rechts zulaufenden Bäche sowie die Brücke am Pumpwerk Apoig beschränkt. Ab RD 6+500 bis RD-km 7+600 ist für eine Verteidigung nur ein ungenügend ausgebauter schmaler Uferweg bzw. im Einschnitt nach der Echinger Kurve ein nicht ausgebauter Wiesenweg vorhanden. Ab RD-km 7+600 bis Hofham und von RD-km 8+350 bis 8+600 ist eine knapp 3,5 m breite Dammkrone und ein ausgebauter Dammhinterweg mit Rampe zur Dammkrone vorhanden. Die Wege können über das nach Hofham führende Straßennetz erreicht werden. Von RD-km 8+600 ist auf der Dammkrone ein breiter, gut ausgebauter Unterhalts- bzw. Dammverteidigungsweg vorhanden. Von Osten kann über die zum WKW UP2 von der Bundesstraße B11 abzweigende Straße zum rechten Damm auch mit Schwerlast über eine Auffahrtsrampe gefahren werden.

3.2 Art und Umfang des Vorhabens – Sanierung und Ergänzung Dammverteidigungs- und Unterhaltungswege

Die DIN 19712, auf welche sich die DIN 19700 Teil 13 bezieht, fordert eine Bemessungsverkehrslast von 33 kN/m² (ehemals SLW 60) auf den Verteidigungswegen und eine Verkehrslast von 16 kN/m² (ehemals SWL 30) auf den übrigen, befahrbar ausgebauten Wegen. In Abstimmung mit dem WWA Landshut wurde festgelegt, dass aufgrund der Beschaffenheit der bestehenden Anlage mit geregelter Abfluss im Kanal (kein Flusskraftwerk, kein Hochwasserabfluss, Wasserspiegel steuerbar im Schadensfall), deren Zuwegungsmöglichkeiten sowie zur Vermeidung von unverhältnismäßig hohen Eingriffen in die Dammgeometrie (und damit auch in die Natur) eine Lastbeschränkung von 16,7 kN/m² (entspricht einer Ersatzlast von 30 t auf 3 m x 6 m) auf dem Dammhinterweg bzw. der Dammkrone ohne vorhandenen Dammhinterweg zu berücksichtigen ist.

Die für das Netz der Dammverteidigungs- und Unterhaltungswege durchzuführenden Sanierungsmaßnahmen werden gemeinsam mit den Maßnahmen zur Herstellung der standsicheren und DIN-konformen Damm- bzw. Deichgeometrie in den Kapiteln 4 bis 7 beschrieben. Nachfolgend beschreibt eine Kurzzusammenfassung die Ertüchtigungsmaßnahmen für die Wegbereiche und Brücken an den Zuläufen.

Damm- und Deichkronenwege

Die Dammkrone wird in allen Dammabschnitten mit einer Mindestbreite von 3,5 m und einem auf 3,0 m breit befestigtem Weg hergestellt; im Deichabschnitt am linken Ufer von WKW UP1 bis LD-km 5+150 und WKW UP2 bis LD-km 10+913 wird die Deichkrone mit 4,5 m Breite und 3,5 m breit befestigtem Weg ausgebaut.

Dammhinterwege

Am linken Ufer wird beginnend am Übergang von Deich zu Damm (siehe hierzu Punkt 5.3.1) von LD-km 5+150 bis 7+700 ein Dammhinterweg erstellt; von dort bis nach Hofham ist bereits ein DHW vorhanden. Von Hofham bis WKW UP2 wird ein Dammhinterweg erstellt, der 0,5 m über dem BHW der Isar liegt und deshalb im Hochwasserfall befahren werden kann.

Am rechten Ufer sind bis Eching keine Dammhinterwege vorhanden; die Dammabschnitte sind bis auf kurze Abschnitte z.B. am Pumpwerk Apoig nicht höher als 3,0 m sodass auch gemäß DIN 19700-13 kein Dammhinterweg erforderlich ist. Im Bereich der beiden Abschnitte am rechten Ufer mit höherem Damm vor und nach Hofham sind gut ausgebaute Dammhinterwege vorhanden.

Ersatzneubau von Brücken der Dammverteidigungswege mit Zufahrten

Zugehörige Pläne:

- UP1-GP-6XX Pläne zur Brücke UP41 über MIK H5b
- UP2-GP-211, Ersatzneubau Durchlass Kleine Sempt UP66
- UP2-GP-221, Ersatzneubau Durchlass Aubach UP71
- UP2-GP-240 Ersatzneubau Brücke UP73 Pumpwerk Apoig

Die Brücke UP41 über den MIK H5b (Uppenbornwerkstraße) am Ende des Moosburger Sees wird neu ohne Beschränkung der Belastbarkeit erstellt, sodass das linke Ufer der H6 künftig auch von Westen über die Uppenbornwerkstraße und den Dammhinterweg von MIK H5b für Schwerverkehr erreichbar ist und nicht wie bisher nur von Ost über die Brücke UP81 am WKW UP2, siehe Anlage 03.01.11.

Zur durchgängigen Befahrbarkeit des rechten Ufers vom WKW UP1 bis „Fischerhans“ wird der Durchlass UP59 ersatzneugebaut, siehe Anlage 03.01.08.

Zur durchgängigen Befahrbarkeit des Dammkronenwegs zwischen „Fischerhans“, RD-km 3+500 und Eching werden die beiden Durchlässe bzw. Brücken über die dem Echinger See zulaufende Kleine Sempt und den Aubach mit zu derzeit zu geringer Breite und Belastbarkeit abgebrochen und als Wellstahldurchlass neu erstellt. Beide Wellstahldurchlässe sind auf eine Ersatzlast von 16,7 kN/m² (ehemals SLW30) ausgelegt. Die Beschreibung der Maßnahme erfolgt in Kapitel 9.2 für die Kleine Sempt und Kapitel 9.3 für den Aubach im Zusammenhang mit der Beschreibung der Maßnahme für das Zulaufgerinne.

Seeseitig des Pumpwerks Apoig ist entlang der gesamten Bauwerkslänge ebenfalls die Brücke UP73 mit zu geringer Breite und Belastbarkeit vorhanden, siehe Abbildung 4. Für diese Brücke ist ebenfalls ein Ersatzneubau für eine Ersatzlast von 16,7 kN/m² (ehemals SLW30) vorgesehen; siehe hierzu Plan UP2-GP-240.



Abbildung 4: Ansicht Brücke UP73 am Pumpwerk Apoig

Nach Durchführung aller Sanierungsmaßnahmen ist eine durchgehende Befahrbarkeit des rechten Ufers mit Schwerverkehrsfahrzeugen für den Unterhalt und die Dammverteidigung möglich.

4 Bestand, Zustandsbewertung und Sanierungsmaßnahmen im Abschnitt 1

Zugehörige Pläne:

- Lageplan: UP2-GP-100
- Längsschnitt rechts: UP2-GP-110
- Längsschnitt links: UP2-GP-114
- Kanalregelprofile: UP2-GP-120
- Querschnitte rechts: UP2-GP-121
- Querschnitte links: UP2-GP-124

4.1 Bestand Abschnitt 1

Der Planungsabschnitt beginnt mit dem Übergang der linken und rechten unterwasserseitigen Uferwand des WKW UP1 zur Kanalböschung.

Der Regelquerschnitt des Mittlere-Isar-Kanals in Haltung 6 beginnt bei K-km 1+970 und endet bei 4+140. Bis K-km 1+970 besteht eine Nachbodensicherung aus einer Betonsohle, ab K-km 1+970 liegt eine offene Kiessohle vor. Der Regelquerschnitt besteht laut Archivunterlagen aus einem Trapezquerschnitt mit einer planmäßigen Sohlbreite von 35 m und einer beidseitigen Böschungsneigung von 1 : 1,5. Für die Kanalführung wurde das anstehende Gelände zu Beginn im Sohlbereich um ca. 10 m eingetieft und links ein Hochwasserschutzdeich zur Isar geschüttet. Die wasserseitige Kanalböschung ist ursprünglich mit einer an der Kehle 20 cm starken und an der Oberkante 14 cm starken Betonauskleidung gesichert worden. Die Fußeinbindung wurde als oberflächiger Keil ausgeführt. Der folgende Planausschnitt in Abbildung 5 aus dem Jahr 1929 zeigt den Regelquerschnitt.

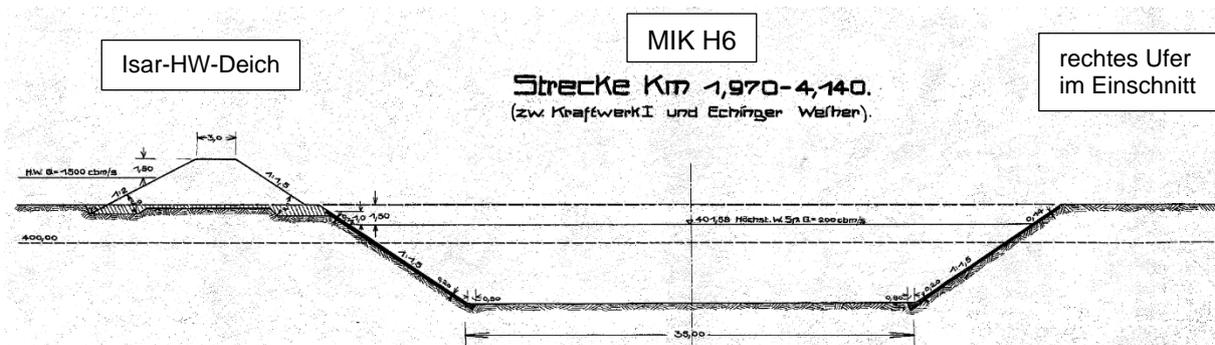


Abbildung 5: Regelquerschnitt des MIK H6 von K-km 1+970 bis 4+140 (Archivplan 743) (Q7.1)

4.1.1 Bestand Abschnitt 1, linke Seite

In der Haltung 6 verläuft der Kanal unterwasserseitig des WKW UP1 bis zum Echinger Speichersee im Einschnitt und Teileinschnitt; der maximale Kanalwasserspiegel liegt bis LD-km 3+500 unter der angrenzenden GOK. Das Uferbauwerk links ist durch das Hochwasser der Isar bestimmt und wird daher als Isardeich bezeichnet. Die Deichhöhe wurde auf das Bemessungshochwasser 1954 zuzüglich 1,5 m Freibord bemessen und beträgt ca. 2,2 bis 2,6 m über GOK. Die bestehende Deichkrone ist im Bereich des WKW UP1 bis ca. LD-km 2+800 überbreit

siehe Abbildung 7. Das Grundwasser steht in diesem Abschnitt ca. in Höhe 400,3 bis 401,3 m ü.NHN, also bis ca. 1,8 m über dem minimalen Kanalwasserspiegel an.

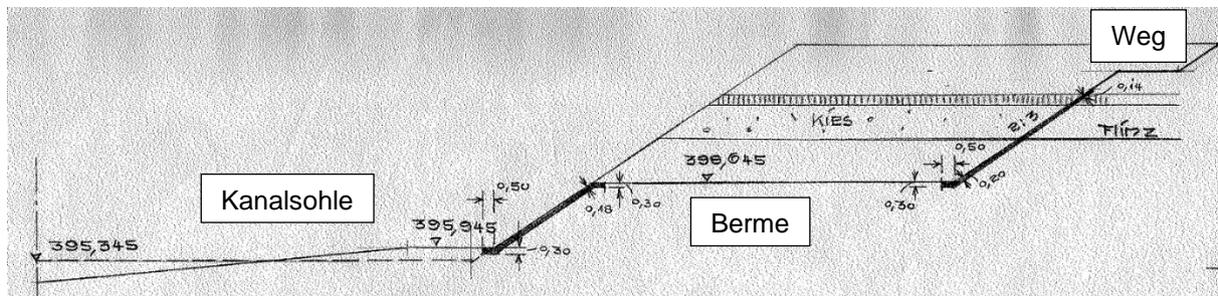


Abbildung 7: Querprofil bei K-km 2+350 zur seitlichen Kiesentnahme, Archivplan 757 (Q7.1)

Ab RD-km 3+550 bis zum Beginn des Echinger Speichersee bei RD-km 4+150 verläuft der Kanal wieder im Regelquerschnitt und das rechte Ufer im Teileinschnitt. Am luftseitigen Böschungsfuß ist ab RD-km 3+400 ein Sickergraben vorhanden. Die landseitige Böschung des Damms ist ab RD-km 3+550 durch eine ca. 2 m breite Berme in Höhe des Ursprunggeländes von der Grabenböschung getrennt. Von RD-km 3+570 bis 4+240 ist im Übergang von der Dammböschung zur Berme 1956 eine in 6 m Tiefe reichende Spundwand aufgrund von Böschungsrutschungen, die auf bei Niederschlägen hohem Grundwasserspiegel beruhen, ergänzt worden, siehe Abbildung 8.

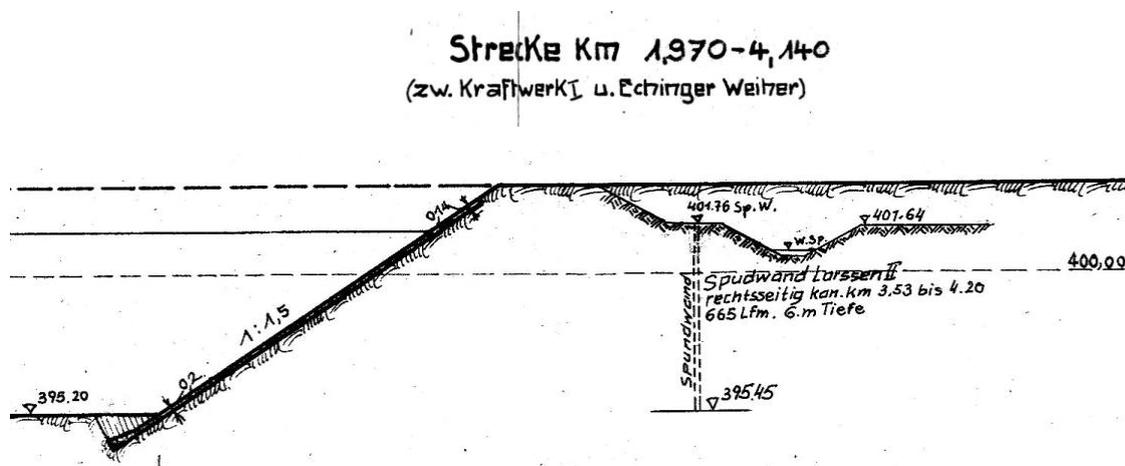


Abbildung 8: Regelquerschnitt zur ergänzten Spundwand rechts (Archivplan Nr. 11) (Q7.1)

4.2 Zustandsbewertung Abschnitt 1

4.2.1 Zustandsbewertung von Deich/Ufer und Kanalauskleidung

Die Zustandsbewertung beruht auf den Schadensaufnahmen nach dem Hochwasser 2013 durch das Ingenieurbüro SKI, einer Fächerecholotaufnahme von 2014 und einer Betauchung (Q7.6) und Bootsbefahrung (Q7.5) von 2023 im Zuge der Vorplanung für die Sanierungsmaßnahmen.

Linkes Ufer: Deich und Einschnitt

Im Abschnitt L1 vom WKW UP1 bis zum Beginn Echinger Stausee ist die Böschungsauskleidung in einem mittelmäßig bis schlechten Zustand.

Grundsätzlich ist an der kanalseitigen Böschung folgendes Bild vorherrschend: An der oberen Böschungshälfte (oberhalb ca. 399,5 bis 400 m ü.NHN) fanden zu verschiedenen Zeitpunkten Sanierungsarbeiten statt. Daher findet sich an der oberen Böschung meist besserer, weil neuerer, Beton und im unteren Bereich der originale Beton aus der Erstellungszeit.

Der obere Böschungsbeton ist – soweit nicht abgerutscht – meist intakt. Manche Böschungsplatten weisen Querrisse auf, die über mehrere Platten reichen. Der Übergangsbereich ist heterogen. Bereichsweise ist die horizontale Sanierungsfuge bündig und dicht, an anderer Stelle liegen Schadstellen (fehlender Beton) und bereichsweise Ausspülungen bzw. Hohllagen vor. An der Sanierungsgrenze befinden sich die oben erwähnten Sickerwasserfenster, siehe Abbildung 9. Der untere Böschungsbeton bindet überwiegend in die Sohle ein, wobei Betonbruch und Wasserbausteine aus den vorausgegangenen Sanierungsarbeiten der oberen Böschung die Böschungskehle und somit den Übergang bedecken.



Abbildung 9: Sickerwasserfenster linke Kanalböschung bei WSP bei ca. 400,0 m ü.NHN

Zuletzt gerieten Teile der linken Kanalauskleidung während des Hochwassers im Jahr 2013 unter Auftrieb, wurden in ihrer Lage verschoben (Gleitkreisversagen) und sind gebrochen, siehe Abbildung 10. Hier wurden provisorische Sicherungsmaßnahmen in Form von Vorschüttungen aus Wasserbausteinen ausgeführt.



Abbildung 10: Gleitkreisversagen bis zur Deichkrone und abgerutschte Betonplatte bei K-km 3+530 (Bild: 2013 SWM)

Neben der Gefahr durch Porenwasserüberdruck bei Isarhochwasser ist die Böschungsneigung grundsätzlich mit einer Neigung von 1:1,5 ($33,7^\circ$) in Bezug auf die geotechnisch festgestellten Bodenparameter der anstehenden Kiese ($32,5^\circ$ bis 35° ohne Kohäsion) und ihrer geringen Verdichtung zu steil, siehe geotechnisches Gutachten in Anlage 05. So kam es z.B. 2023 zu einer spontanen Böschungsrutschung im Bereich K-km 2+250 ohne Hochwassereinfluss durch die Isar, siehe Abbildung 11.



Abbildung 11: Böschungsrutschung bei K-km 2+300 links (Foto: SWM 03/2023)

Die Rutschung wurde durch eine lose Steinschüttungen stabilisiert.

Der Deich an der linken Kanalseite ist bereichsweise zu niedrig (s. Kapitel 4.2.3 Freibord Abschnitt 1). Gemäß DIN 19712 muss bei Deichen, bei denen der Deichkronenweg der Deichverteidigungsweg ist (also kein Deichhinterweg vorhanden ist) die Deichkronenbreite 4,5 m betragen und der Fahrweg durch eine ausreichend hohe Dichtung geschützt werden. Im Abschnitt L1 entspricht der Deichverteidigungsweg bezüglich der Deichkronenbreite und der vorhandenen Oberkante der isarseitigen Abdichtung nicht den Anforderungen der DIN 19712.

Rechtes Ufer: Einschnitt und beginnende Dammlage

Es fanden über die letzten Jahrzehnte immer wieder Sanierungsarbeiten an der Wasserwechselzone statt.

An der rechten Seite sind zwischen K-km 1+970 und 3+500 keine großflächigen Abrutschungen (neben den Schadstellen im Übergangsbereich der vorausgegangenen Sanierungen) bekannt. Die Betauchung (Q7.6) zeigte z.B. weitreichende Hohllagen im Übergang der Sanierungsgrenze bei RD-km 2+000, siehe Abbildung 12.



Abbildung 12: Loch in der rechten Betonböschungsauskleidung, Tiefe > 2 m

Grundsätzlich besteht ein Grundwasserandrang vom rechten Hinterland Richtung Kanal und die Höhenlage des Grundwasserspiegels befindet sich im Einschnittsbereich auf Höhe des Kanalwasserspiegels bzw. höher, siehe Plan-Nr. UP2-GP-110 und Kapitel 4.1.2.

Im Bereich der rechten kanalseitigen Berme von K-km 2+350 bis 3+400 besteht aufgrund der kürzeren Böschungslänge und der offenen Bermensohle ein günstigeres Kräfteverhältnis als an der langen Böschung. Zudem korrespondiert der Altarm über den Durchlass UP59 direkt mit dem Kanalwasserspiegel und wirkt hier entlastend für den Porenwasserdruck im Uferbereich. Bei Sanierungsarbeiten 1972 in der Wasserwechselzone wurden laut Regieberichten die alte Auskleidung abgebrochen, eine neuen bewehrte Betonauskleidung sowie Sickerpackungen und Drainagerohre eingebaut. Die Fugen liegen ca. 30 mm offen und zeigen Kiesaustrag, siehe Abbildung 13. An den Drainagerohren wurde durch die Betauchung ebenfalls Kiesaustrag festgestellt.



Abbildung 13: Fuge offen mit Kiesausspülung bei RD-km 3+450, (PG-SKUP 2023)

Ab K-km 3+500 erfolgte in den 90er Jahren ebenfalls ein Ersatzneubau der Böschungsauskleidung in der Wasserwechselzone mit einer einlagigen, mittig bis im unteren Bereich angeordneten Bewehrungsmatte. Im Abstand von je 3 m wechseln sich Arbeitsfugen (Pressfugen) und Dehnungsfugen in Fallrichtung ab. Die ca. 2 cm breiten Dehnungsfugen sind mit einem schwarzen Fugenverguss verschlossen, der stellenweise vom Beton gelöst, ansonsten über weite Bereiche intakt ist, siehe Abbildung 14. Einzelne Platten sind in Längsrichtung gebrochen.



Abbildung 14: Fugenverguss zwischen Böschungsplatten (linkes Bild) und Arbeitsfuge (rechtes Bild), bei RD-km 3+550, (B+P 2022)

Auf der rechten Seite traten die Böschungsrutschungen in der Vergangenheit vor allem im Bereich von RD-km 3+550 bis 4+150 auf. Der Bruch des Böschungsbetons und das Aufstellen der Platten ist vermutlich durch den Porenwasserüberdruck nach starken Niederschlägen (hoch anstehendes Grundwasser) verursacht. Zusätzlich kam es laut Archivunterlagen zum Austrag von Dammmaterial (bestehend aus Sandlinsen); nachfolgend haben sich die Hohllagen durch die von wechselnden Kanalwasserständen begünstigte Erosion entwickelt, siehe Abbildung 15.

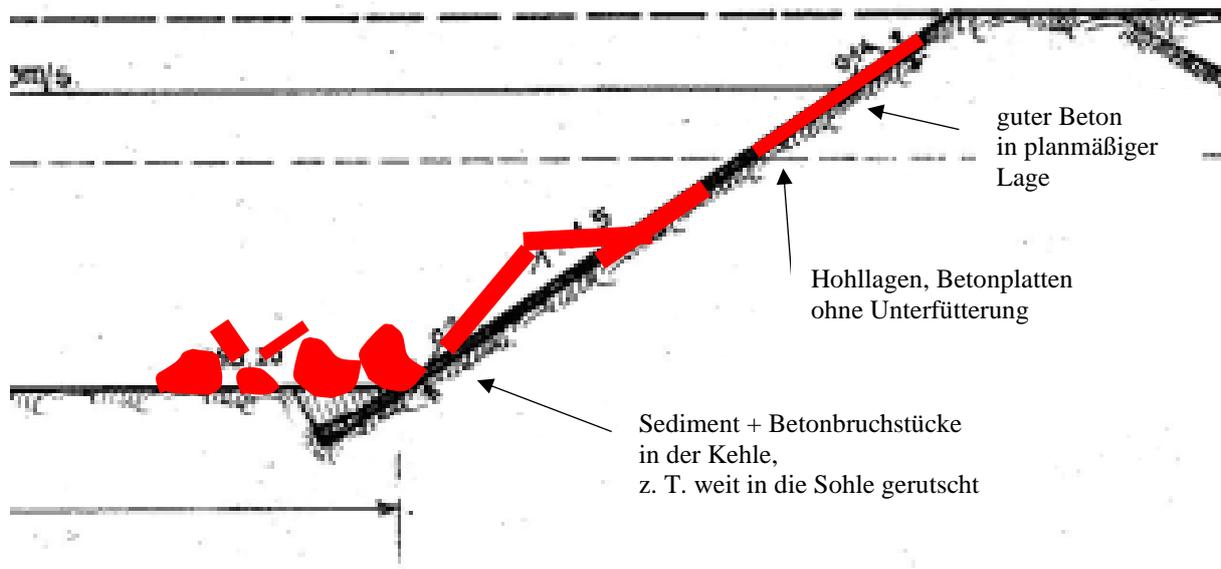


Abbildung 15: Schematische Darstellung der Schäden am rechten Ufer

Der Unterhaltsweg ist im Abschnitt von ca. RD-km 2+750 bis 3+550 sehr schmal und landseitig durch einen Wald begrenzt. Ab RD-km 3+550 bis zum Ende des Abschnitts 1 ist der Unterhaltsweg auf der Dammkrone schmal und schlecht ausgebaut. Die landseitige Böschung sowie der Sickergraben sind in gutem Zustand und sollen aus ökologischen Gründen von den Sanierungsmaßnahmen möglichst nicht berührt werden.

4.2.2 Zustandsbewertung der Standsicherheit der Böschungen im Abschnitt 1

Im Abschnitt 1 wurde die Standsicherheit der Böschungen am linken Deich und der Kanalinnenböschung bei vier Profilen und am rechten Ufer an der Kanalinnenböschung bei drei Profilen überprüft. Es wurde festgestellt, dass die Standsicherheit der Böschungen in einigen Lastfällen rechnerisch nicht nachgewiesen werden kann, der Ausnutzungsgrad liegt somit über 1. Alle Standsicherheitsnachweise sind der Anlage 03.02.01.02 mit Erläuterung zu entnehmen.

Linker Damm:

Profile L1b_2+850, L1d_3+050 (nur Bauzustand), L1d_3+500 und L1d_4+130

Im Ist-Zustand ist die kanalseitige Böschung bei allen untersuchten Profilen nicht ausreichend standsicher. Nachdem in der Vergangenheit hier bereits mehrfach Schäden aufgetreten sind (s. vorhergehender Punkt), ist der Sanierungsbedarf gegeben.

Für die landseitige bzw. isarseitige Böschung wurden aufgrund der geringen Deichhöhe keine Standsicherheitsberechnungen durchgeführt. Der Sanierungsbedarf ergibt sich aus der mangelnden Deichhöhe und Deichkronenbreite. Alle unter Punkt 4.3 beschriebenen Sanierungsmaßnahmen führen zum Erreichen der erforderlichen Standsicherheit.

Rechter Damm:

Profile R1a_2+200, R1b_2+750 und R1d_3+550

Die beiden Profile RD-km 2+200 und 2+750 liegen im Einschnitt. Der Grundwasserstand liegt höher als der minimale Kanalwasserspiegel. Bei Profil RD-km 3+550 liegt ein Damm mit geringer Höhe und Sickergraben am Dammfuß vor; am luftseitigen Dammfuß ist eine Dichtungspundwand angeordnet. Für die landseitige Böschung wurde aufgrund der geringen Dammhöhe keine Standsicherheitsberechnungen durchgeführt.

Im Ist-Zustand ist die kanalseitige Böschung bei allen untersuchten Profilen nicht standsicher. Beim Profil RD-km 2+750 ist die kanalseitige Böschung durch eine breite Berme geteilt, daher sind die zulässigen Ausnutzungsgrade nicht so stark überschritten wie bei den beiden anderen Profilen. Die vorhandenen Schäden bei der kanalseitigen Böschungsbetondichtung bestätigen, dass die Kanalböschung nicht standsicher und eine Sanierung erforderlich ist.

4.2.3 Freibord Abschnitt 1

Linkes Ufer in Abschnitt L1

Die erforderliche Höhe des Isar-Deichs ist bestimmt durch den derzeit gültigen Bemessungshochwasserspiegel (BHW) der Isar zuzüglich einem Freibord von 1,0 m. Der Deich ist im Abschnitt L1 bis ca. LD 2+430 ausreichend hoch und ab dieser Stelle bis zum Ende des Abschnitts L1 geringfügig zu niedrig und muss daher um bis zu 20 cm erhöht werden.

Rechtes Ufer in Abschnitt R1

Vom WKW UP1 bis RD-km 3+550 liegt der Kanal im Einschnitt; das Ufer ist an jeder Stelle höher als der maximale Kanalwasserspiegel + 1,0 m. Im Abschnitt von RD-km 3+550 bis 4+150 verläuft am rechten Ufer ein Stauhaltungsdamm in ausreichender Höhe, um den unter Punkt 2.3.2 beschriebenen Freibord von 1,0 m einzuhalten bzw. die Dammkrone kann – falls aus Platzgründen für die Dammkronenbreite oder zum Erreichen der Standsicherheit erforderlich – bis zur neu beantragten Freibordhöhe abgetragen werden.

4.2.4 Lage Deichachse

Im derzeitigen Bestandsprofil ist weder isarseitig noch kanalseitig ein Deichschutzstreifen vorhanden. Der Deichschutzstreifen, der frei von Bebauung und Gehölz zu halten ist, dient zur Überwachung und Schutz des Deichs. Die Herstellung eines DIN-konformen Regelquerschnitts (auch mit Verteidigung über die Deichkrone) würde die Verlegung der Deichachse Richtung Isar bedeuten, siehe Abbildung 16.

Regelquerschnitt nach DIN 19712:2013-1 ohne wasserseitige Berme
Überlagerung mit Bestandsgeländeschnitt bei Kkm 2+800

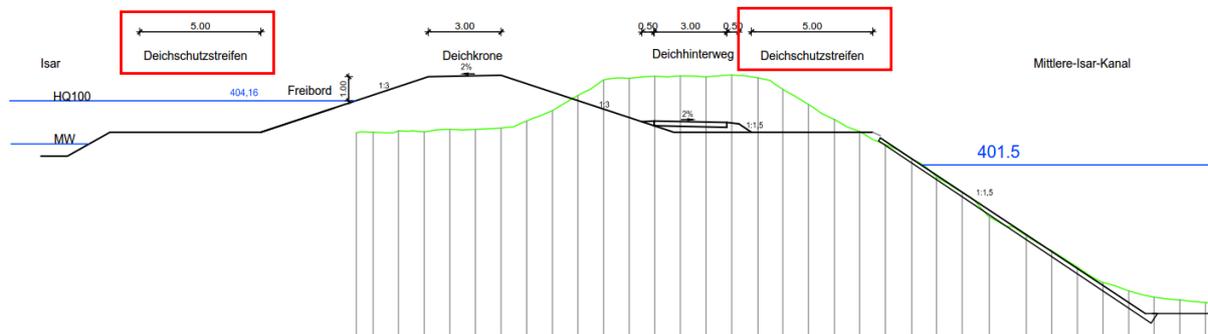


Abbildung 16: Regelquerschnitt nach DIN 19712 mit Bestandsgelände (grün) überlagert

Folgen daraus sind erhebliche Erdbewegungen, Retentionsraumverlust und Rodungsarbeiten in den angrenzenden schützenswerten Waldgebieten. In Abstimmung zwischen SWM und dem WWA LA kann auf den kanalseitig Deichschutzstreifen verzichtet werden, wenn die Standsicherheit der Gesamtböschung aus kanalseitiger Deichböschung und Kanalböschung nachgewiesen werden kann. Für die Sanierung der Kanalinnenböschung wurde diese Abweichung der Normvorgaben der DIN zugrunde gelegt; durch eine Vorschüttung im Kanal konnte der Eingriff in das anschließende Gehölz entscheidend minimiert werden. Es wurde außerdem abgestimmt, die Gehölzfreistellung des isarseitigen Deichschutzstreifens auf ein Maß von ca. 3 m zu reduzieren; dies wurde so bereits beantragt und genehmigt. Die Freistellung erfolgt phasenweise und wird bis 2024 abgeschlossen sein.

4.3 Art und Umfang des Vorhabens – Sanierung Abschnitt 1

4.3.1 Allgemeines

Vor dem Hintergrund der Ergebnisse der Standsicherheitsberechnung, dem vorliegenden und über verschiedene Sanierungen hinaus wiederholt auftretenden Schadensbild von abrutschenden Böschungsplatten, der wieder herzustellenden vollständigen Schwellbetriebsfähigkeit und der naturschutzfachlich vorgegebenen Randbedingung eines Bauwasserspiegels zwischen 399,5 und 400,1 m ü.NHN wurden Sanierungsvarianten gegeneinander abgewogen.

Ziel der Sanierung ist eine Lebensdauer von mehr als 50 Jahren und die Wiederherstellung des technisch guten Zustands. Maßgebende hydraulische Kräfteeinwirkungen sind Fließgeschwindigkeiten von bis zu 1,5 m/s und Absenkgeschwindigkeiten von bis zu 30 cm/h. In Kombination mit dem rechts hoch anstehenden Grundwasser und links auftretendem Isarhochwasser muss eine neue Kanalauskleidung dem Porenwasserüberdruck dauerhaft widerstehen.

Wichtige Planungsrandbedingungen und Planungsziele für die Sanierung des Abschnitts 1 sind daher u.a.:

- Die Sicherstellung der Standsicherheit unter Berücksichtigung der aktuell gültigen Regelwerke und Normen
- Die Ermöglichung eines sicheren Kanalbetriebs und eines Schwellbetriebs
- Die Berücksichtigung des aktuell gültigen Hochwasserspiegels der Isar, der bis zu 3,6 m höher liegt als der max. Kanalwasserspiegel
- Die Berücksichtigung eines hohen Grundwasserspiegels rechts, der sich ca. auf Höhe des Betriebswasserspiegel befindet
- Die Vermeidung einer Einschränkung des Abflussquerschnitts des Kanals (Erzeugungsverluste)
- Der Erhalt der Verkehrssicherheit
- Die Sicherung der Dauerhaftigkeit
- Die vorhandene Betonböschung (bereichsweise Steinwurf/Steinsatz), die teilweise gebrochen vorliegt und die damit zusammenhängenden Anlandungen / Betonbruchstücke an der Kehle

Bei einer Böschungsneigung von 1 : 1,5 müsste eine durchgehend biegesteife Platte mit Einspannung oder Rückverankerung hergestellt werden, da angesichts des hohen Grund- und Sickerwasserspiegels und der im Verhältnis zu Böschungsneigung niedrigen Bodenparameter die Standsicherheit nicht nachgewiesen werden kann. Diese Platte sollte ausreichend Drainagemöglichkeiten für den Hochwasserfall der Isar links bzw. das anstehende Grundwasser rechts enthalten, um den Porenwasserüberdruck zu reduzieren, was wiederum die Stabilität der Platte mindert. Eine weitere Möglichkeit ist die Verbesserung der Bodenparameter. Dies gestaltet sich im Einschnitt, bei vorliegenden Böschungslängen und der Sanierung unter Wasser aufwändig. Varianten sind hierfür eine vernagelte Betonauskleidung oder das Einbringen von Faschinen. Die Vernagelung entspricht einer Bodenbewehrung, die bei Neuaufbau der Böschung auch durch Faschinen oder Bodenbewehrung durch Geotextilien erreicht werden könnte. All diese Sanierungsvarianten sind unter Wasser kaum wirtschaftlich herzustellen und mit hohen Baurisiken verbunden.

Wie oben bereits erwähnt, ist eine Einspannung und Rückverankerung einer dichten Auskleidung in der Sohle nur bei einer durchgehend biegesteifen Platte zielführend, deren Herstellung unter Wasser, insbesondere auf dem heterogenen Untergrund, sehr aufwändig ist.

Ein sicherer Abtrag der angreifenden Kräfte auf die Böschung kann auch durch eine Abflachung und durchlässige Gestaltung derselben erreicht werden. Aufgrund der o.g. Randbedingungen und unter Einbeziehungen der Merkblätter und Erfahrungsberichte der Bundesanstalt für Wasserbau wurde daher eine Sanierungslösung in Form einer Abflachung der wasserseitigen Böschung durch Steinschüttungen erarbeitet.

Im Abschnitt 1 werden die Sanierungsmaßnahmen im Kanalgerinne ausschließlich direkt an der Kanalböschung und ihrem Fuß und nicht auf der Kanalsohle oder der rechts vorhandenen Berme ausgeführt.

Nachfolgend werden die Regelquerschnitte der Sanierung im Abschnitt 1 für das linke und rechte Ufer beschrieben.

4.3.2 Sanierung Abschnitt 1, linke Seite

Im gesamten linken Abschnitt 1, LD-km 1+900 bis 4+150 verläuft am linken Ufer der Isardeich. Die Höhe der Deichkrone ist durch den Freibord von 1,0 m auf das derzeit gültige Bemessungshochwasser der Isar (BHW Isar) bestimmt. Den Vorgaben der DIN 19712 folgend, wird die Deichkrone mit 4,5 m Breite und 2 % Neigung zur Isar hin ausgebaut; der Deichkronenweg wird auf 3,5 m Breite befestigt.

Sofern in die isarseitige Böschung eingegriffen wird, erhält diese eine Andeckung mit einer 30 cm starken Oberbodenschicht. Für alle Planungsabschnitte gilt das Oberbodenmanagement, wie im Erläuterungsbericht in Anlage 01 beschrieben.

Regelquerschnitt L1a, LD-km 1+900 bis 2+800

Auf dem mit großer Überbreite vorhandenen Deich im Abschnitt L1a wird der vorhandene Deichkronenweg mit 3,5 m Breite in bestehender Achse neu befestigt und damit auch das in kurzen Bereichen vorhandene geringe Freiborddefizit ausgeglichen. Im Sinne der Eingriffsminimierung wird aufgrund der Überbreite des Deichs auf eine Erhöhung der isarseitigen Dichtung bis zur Deichkronenoberkante verzichtet.

Zur Herstellung der Standsicherheit der Kanalinnenböschung wird eine Vorschüttung von Schroppen auf den Böschungsbeton aufgebracht. Zur sicheren Stützung des Fußes der Schroppenschüttung wird an der Kanalsohle eine sogenannten Fußvorlage hergestellt; dafür wird am Böschungsfuß ein 2 m breiter Streifen 0,5 m tief ausgehoben und die so entstandene Vertiefung mit Schroppen aufgefüllt. Ein Verdichten ist aufgrund der Lage von ca. 4,5 m unter dem Bauwasserspiegel nicht möglich. An der Böschung werden lose Anlandungssedimente entfernt; die bereichsweise auf der Betonböschung lagernden Betonbruchstücke und Wasserbausteine aus früheren Sanierungen verbleiben und werden mit Schroppen überschüttet. Die Neigung der Schüttung wird mit 1:1,75 hergestellt; die Oberkante der Schüttung liegt auf 401,6 m ü.NHN und ist ca. 80 cm breit.

Regelquerschnitt L1b, LD-km 2+800 bis 2+850

Ab LD-km 2+800 wird der vorhandene Deich schmaler. Die für den Ausgleich des Freiborddefizits erforderliche Deicherhöhung und -verbreiterung wird zur Isarseite hin ausgeführt. Das isarseitige Dichtungssystem aus Spundwand und Böschungsbeton wird erhöht. Dafür wird auf der Böschung eine geotextile Tondichtungsbahn (GTD) aufgebracht; diese überdeckt den Bestandsbeton und reicht über diesen bis 0,5 m über das Isar-BHW (= Unterkante der Tragschicht des Deichkronenwegs) hinaus. Die GTD wird mit je einer 30 cm tragfähigen Kies- und Oberbodenschicht überdeckt.

Zur Herstellung der Durchlässigkeit der Kanalböschung im Bereich oberhalb des minimalen Kanalwasserspiegels werden die oberen Betonplatten in einem Raster von ca. 0,6 m x 0,6 m

durchbohrt. Damit wird sichergestellt, dass sich hinter den Betonplatten kein schädlicher Porenwasserüberdruck einstellen kann und es bei künftigen Hochwasserereignissen der Isar zu keinen Rutschungen oder „Aufstellen“ der Betonplatten kommt.

Zur Herstellung der Gesamtstandsicherheit der Kanalböschung wird eine auf einem Stützfuß gelagerte Vorschüttung aus Schroppen wie im Abschnitt L1a beschrieben hergestellt.

Regelquerschnitt L1c, LD-km 2+850 bis 3+050

Der RQ L1c wird wie der RQ L1b ausgeführt. Für die erforderliche Deichkronenbreite muss die Deichachse jedoch noch stärker als bei RQ L1b zur Isarseite hin verlegt und die geotextile Tondichtungsbahn mit einer ca. 2 m breiten (bzw. 1 m starken) Kiesschicht und einer 30 cm starken Oberbodenschicht überdeckt werden.

Auf der Kanalseite wird die Vorschüttung mit Stützfuß wie bei RQ L1a und L1b ausgeführt.

Regelquerschnitt L1d, LD-km 3+050 bis 4+150

Ab ca. LD-km 3+050 ändert sich das an der isarseitigen Böschung vorhandene Dichtungssystem. Die Spundwand am landseitigen Böschungsfuß endet; am landseitigen Böschungsfuß ist das tiefe Ende des Böschungsbetons durch eine Überdeckung mit kleineren Wasserbausteinen geschützt. Der Deich wird hier ebenfalls für eine 4,5 m breite Deichkrone verbreitert und geringfügig erhöht. Wie beim RQ L1b wird in Verlängerung auf den Böschungsbeton eine GTD eingebaut und überdeckt und so das Dichtungssystem an der Böschung erhöht.

Aufgrund der in diesem Abschnitt in Höhe der Kanalsohle erkundeten schluffigen, feinsandigen und wenig tragfähigen Bodenschicht wird der Stützfuß für die Vorschüttung an der kanalseitigen Böschung in diesem Bereich modifiziert: es erfolgt ein Bodenaustausch bis 1,5 m unter die Kanalsohle; die „Aushubgrube“ wird flach mit 1:3 geböscht. Sofern an der Böschung bereits Wasserbausteine und Betonbruchstücke lagern, wird die ausgehobene Vertiefung mit diesen bestmöglich verfüllt. Falls kein lagerndes Material vorhanden ist bzw. zur Ergänzung wird mit Schroppen aus Lieferung verfüllt.

Die Vorschüttung und das Durchbohren der oberen Betonplatten wird wie bei RQ L1b und L1c ausgeführt.

4.3.3 Sanierung Abschnitt 1, rechte Seite

Regelquerschnitt R1a, RD-km 1+950 bis 2+450

Im ersten 500 m langen Abschnitt liegt der Kanal rechts im Einschnitt; es wird nur an der Kanalböschung eine Maßnahme ausgeführt. Wie im gegenüberliegenden Abschnitt L1a wird an der Böschung eine Vorschüttung aus Schroppen mit einer Neigung von 1:1,75 und einer 80 cm breiten Berme mit Oberkante auf 401,6 m ü.NHN hergestellt. Zur sicheren Stützung der Schroppenschüttung wird an der Kanalsohle ein 2 m breiter und 50 cm hoher Stützfuß aus Schroppen erstellt.

Zur Herstellung der Durchlässigkeit der Kanalböschung im Bereich oberhalb des minimalen Kanalwasserspiegels werden die oberen Betonplatten in einem Raster von ca. 0,6 m x 0,6 m durchbohrt. Damit wird sichergestellt, dass sich hinter den Betonplatten kein schädlicher Porenwasserüberdruck einstellen kann und sich der höher liegende Grundwasserspiegel zum Kanal hin ohne Schädigung der Betonplatten durch Rutschungen oder „Aufstellen“ entspannt.

Regelquerschnitt R1b, RD-km 2+450 bis 2+750

Der Abschnitt R1b liegt ebenfalls im Einschnitt. Der Kanal ist rechtsseitig aufgeweitet und die rechte Kanalböschung ist durch eine breite Berme geteilt. Die wie für den Regelquerschnitt R1a beschriebene Vorschüttung wird an der Böschung oberhalb der Berme erstellt. Für die in diesem Abschnitt geringere Schütthöhe wird der Stützfuß aus kleineren Wasserbausteinen erstellt.

Der Unterhaltungsweg ist ca. 3 m von der Böschungsschulter entfernt; hier ist keine Maßnahme vorgesehen.

Regelquerschnitt R1c, RD-km 2+750 bis 3+450

Ab ca. RD-Km 2+750 verläuft der schmale Unterhaltungsweg direkt an der Böschungsoberkante und die obere Böschung ist 1:1,3 steil mit Magerbeton befestigt. Um den landseitigen Baumbestand zu schonen, soll der Unterhaltungsweg in Richtung Kanal verbreitert und standsicher befestigt werden. Nach Entfernung des Magerbetons oberhalb des Böschungsbetons und Herstellung des in die Berme in der Kanalböschung eingebundenen 2 m breiten und 50 cm hohen Stützfußes aus Schroppen wird eine bis in Höhe des Wegs reichende Vorschüttung aus Schroppen mit einer Neigung von 1:2 erstellt. Die gegenüber den anderen Böschungsvorschüttungen flachere Neigung beruht auf dem unmittelbaren Krafteintrag aus der Verkehrslast. Oberhalb 402,6 m ü.NHN (= max. Kanalwasserspiegel + 1,0 m) erhält die Vorschüttung eine Andeckung mit Oberboden. Zur Sicherung der Standfestigkeit des Wegs auf der Schroppenschüttung wird der Unterbau des Wegs mit Geogitter verstärkt. Der Weg wird mit einer 20 cm starken Deckschicht aus Schotter befestigt.

Regelquerschnitt R1d, RD-km 3+450 bis 4+150

Bei RD-km 3+450 endet die rechtsseitige Kanalaufweitung und der Kanal verläuft wieder im Regelprofil. Von hier bis zum Echinger Speichersee wird an der Kanalsohle ein Stützfuß – wie

im RQ R1c – beschrieben erstellt. Darauf wird an der kanalseitigen Böschung eine Vorschüttung aus Schroppen mit einer Neigung von 1:2 aufgebaut. Die gegenüber den anderen Böschungsvorschüttungen flachere Neigung beruht auf den ungünstigen Bodenparametern in diesem Abschnitt. Die Vorschüttung wird mit einer 80 cm breiten Berme erstellt. Ihre Oberkante liegt auf Höhe 400,0 m ü.NHN. Bei den über der Vorschüttung liegenden Betonplatten werden die Fugen saniert und einzelne gebrochene Betonplatten ersetzt.

Der Damm wird bis 402,7 m ü.NHN abgetragen und auf dem Planum eine neue 3,5 m breite Dammkrone mit 3,0 breitem, befestigten Weg erstellt. Die neue Dammkrone ist nach Einbau der 20 cm starken Deckschicht aus Schotter 402,9 m ü.NHN hoch. Damit wird die in diesem Dammabschnitt erforderliche Freibordhöhe von 402,57 m ü.NHN überschritten; auf einen weiteren Dammaptrag wird aus wirtschaftlichen Gründen, zum Schutz der Oberkanten des Böschungsbetons und aufgrund des Minimierungsgebots verzichtet.

In die landseitige Böschung wird nicht eingegriffen. Die Tiefenabdichtung durch die vorhandene Spundwand bleibt unverändert.

5 Bestand, Zustandsbewertung und Sanierungsmaßnahmen im Abschnitt 2

Zugehörige Pläne:

- Lageplan: UP2-GP-101
- Längsschnitte rechts: UP2-GP-111, -112
- Längsschnitte links: UP2-GP-115, -116
- Kanalregelprofile: UP2-GP-120
- Querschnitte rechts: UP2-GP-122
- Querschnitte links: UP2-GP-125

5.1 Bestand Abschnitt 2

Ab K-km 4+150 weitet sich die Haltung 6 zum Echinger Speichersee auf. Mittig verläuft weiter das eigentliche Regelkanalgerinne mit Fortführung der 35 m breiten Sohle und definiertem Sohlgefälle von 0,11 ‰ als Tiefwasserrinne. Seitlich stauen Stauhaltungsdämme eine Speicherseefläche von rund 1,1 km² mit einem planmäßigen Rückhaltevolumen von ca. 2,2 Mio. m³ auf, siehe Abbildung 17. Der Speichersee dient zur Vergleichmäßigung des Schwellbetriebs des Oberliegerts. Die Seesohle neben der Tiefwasserrinne ist nicht einheitlich hoch. Durch Anlagerung von Sedimenten hat sich dieser Effekt im Laufe der Betriebszeit des Echinger Speichersees noch verstärkt. Es gibt große Zonen, die wechselnd nass und trocken sind. Dadurch hat sich verschiedener Bewuchs angesiedelt und eine besondere Tierwelt entwickelt; infolgedessen ist der Speichersee verschiedenen Schutzgebieten (Naturschutzgebiet, Biotop, etc.) mit unterschiedlichen Begrenzungen zugeordnet worden, siehe Anlagen 07 bis 10.

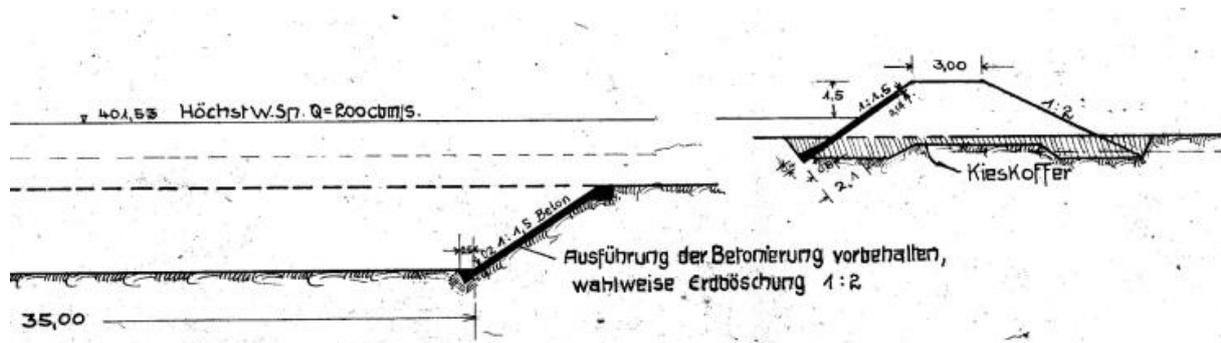


Abbildung 17: RQ rechts von K-km 4+700 bis 5+580, Archivplan Bestandsplan 12 [DHHN12] (Q7.1)

Im Bereich des Ufers liegt die Speicherseesohle von ca. 1,0 m über bis 1,3 m unter dem minimalen Kanalwasserspiegel. Die wasserseitigen Böschungen im Speichersee sind also wesentlich kürzer als in den Kanalabschnitten. Am rechten und linken Ufer in Dammlage ist die Böschung durch den in die Speicherseesohle eingebundene Böschungsbeton geschützt. Ab K-km 5+700 bis 7+550 geht der rechte Stauhaltungsdamm in den Einschnitt über. Entlang der Speicherseestraße und der Bebauung in Eching ist das Ufer mit Beton befestigt. Ab LD-km 6+800 ist die Böschung durch Wasserbausteine gesichert. Hier folgt das Speicherseeufer dem natürlichen Hochufer. Die am Ufer durch Sedimentablagerung entstandene wechselnde Vegetation

wird bezüglich der Schützenswürdigkeit in den einzelnen Uferabschnitten verschieden bewertet und berücksichtigt.

5.1.1 Bestand Abschnitt 2, linke Seite

Am linken Ufer verläuft bis LD-km 5+150 der Isardeich; bis zu dieser Stelle ist das BHW der Isar höher als der max. Kanalwasserspiegel. Ab LD-km 5+150 wird das Uferbauwerk dann als Stauhaltungsdamm bezeichnet. Im Deichbereich beträgt die Höhe des Uferbauwerks über Geländeoberkante ca. 3,1 m bis 3,5 m, im Dammbereich ca. 3,5 m bis 5,0 m.

Der Regelquerschnitt von K-km 4+140 bis 5+580 links aus dem Archivplan ist in Abbildung 18 dargestellt. Im gesamten Abschnitt 2 links ist an der isarseitigen Böschung eine ca. 15 cm bis ca. 1 m unter GOK reichende Böschungsbetondichtung vorhanden; diese reicht gemäß Archivplänen bis 0,5 m über das bei Kanalerstellung gültige HHW der Isar. Der Betonfuß wird durch die Auflage aus kleineren Wasserbausteinen geschützt. Die in den Archivplänen 2 m breite, isarseitige Berme ist vor Ort noch sichtbar, ihre Breite jedoch geringer und die Bermenoberfläche ist stark zur Isarseite hin geneigt. Der Deich- bzw. Dammkronenweg ist gemäß Archivplänen 3,0 m breit, aktuell ist eine Breite von ca. 2,8 m bis 3,7 m vorhanden.

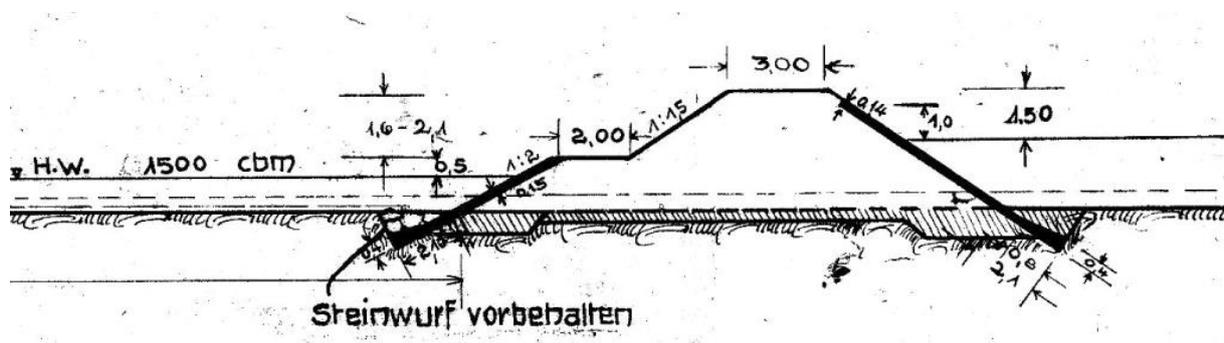


Abbildung 18: Regelquerschnitt von K-km 4+140 bis 5+580, Archivplan Bestandsplan 12 [DHHN12] (Q7.1)

Die kurze speicherseeseitige Böschung reicht bis ca. LD-km 6+250 zur Speicherseesohle (Höhe in Fließrichtung von ca. 400,6 bis 399,0 m ü.NHN fallend); ab LD-km 6+400 verschneidet die Böschung der Tiefwasserrinne (Sohlhöhe ca. 395,0 m ü.NHN) mit der Speicherseeböschung, sodass ab hier wieder eine wesentlich längere kanalseitige Böschung vorhanden ist. Die Oberkante der kanalseitigen Böschungsbetondichtung liegt bei ca. 402,5 m ü.NHN und bindet in die Seesohle bzw. Kanalsohle ein.

Die isarseitigen Böschungen waren bis 2024 teils stark bewachsen; diese wurden mittlerweile freigestellt. Die Wurzelstöcke sind im Deich- und Dammkörper verblieben. Auch an der see-seitigen Böschung ist oberhalb des Böschungsbetons teils dichter Kleinbewuchs vorhanden.

5.1.2 Bestand Abschnitt 2, rechte Seite

Am rechten Ufer verläuft von RD-km 4+150 bis zur Mündung des Gleißenbachs bei RD-km 5+900 ein Stauhaltungsdamm mit einem durch eine Berme am Dammfuß getrennten Sickergraben, siehe Abbildung 19. Im Bestand ist die Berme zum Teil eingeebnet und zum Entwässerungsgraben hin geneigt.

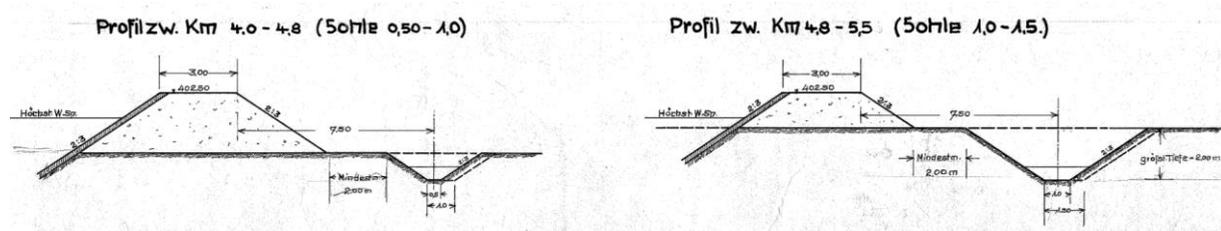


Abbildung 19: Regelquerschnitt von K-km 4+000 bis 5+500, Archivplan 479 [DHHN12] (Q7.1)

Der Sickergraben bzw. Entwässerungsgraben weitet sich planmäßig von ca. 75 cm auf 1,5 m auf. Das im Sickergraben gesammelte Wasser läuft von beiden Seiten den Sammelbecken des Pumpwerk Apoig bei RD-km 5+600 zu und wird dort in den Speichersee gepumpt. Bei RD-km 5+220 besteht ein Absturz. Der Entwässerungsgraben wird mit mehreren Durchlässen und Dückern unterführt, siehe Anlage 03.01.08.

Die Dammkrone ist der Unterhalts- und Verteidigungsweg; ein Dammhinterweg ist nicht vorhanden. Die Berme wird derzeit als einfacher Pflegeweg für Mäharbeiten genutzt, dient jedoch nicht der Dammverteidigung. Der Damm ist bis zur Berme ca. 4 m und bis zur Sickergrabensohle ca. 5,5 m hoch. Bei RD-km 4+820 wird der Damm durch die von rechts zum Speichersee zufließende Kleine Sempt, bei RD-km 5+520 durch den Aubach und bei RD-km 5+900 durch die Mündung des Gleißenbachs unterbrochen. Zur Zustands- und Sanierungsbeschreibung der Brücken bzw. Durchlassbauwerke siehe Kapitel 9.2 und 9.3.

Ab RD-km 5+900 liegt der Echinger Speichersee rechts im Einschnitt. Von RD-km 5+800 bis 6+500 verläuft die öffentliche Gemeindestraße „Stauseestraße“ am Ufer. Ab RD-km 6+500 bis 6+850 verläuft zwischen der Bebauung und dem See nur ein schmaler unbefestigter Weg, der nur knapp über dem maximalen Kanalwasserspiegel liegt. Bei RD-km 6+780 steigt der Weg als Rampe bis zum anstehenden Gelände an. An der Oberkante der stark bewachsenen Böschung ist bis zum Ende des Abschnitts 2 ein Wiesenweg vorhanden.

5.2 Zustandsbewertung Abschnitt 2

5.2.1 Zustandsbewertung, allgemeiner Zustand von Damm und Kanalauskleidung

Im Folgenden werden die vorherrschenden Schadensbilder beruhend auf der Dokumentation zur Betauchung (Q7.6) und Bootsbefahrung (Q7.5) beschrieben.

Wie auch in Abschnitt 1 ist am Echinger Speichersee folgendes Bild vorherrschend: An der oberen Böschungshälfte (oberhalb von ca. 398,5 m ü.NHN) fanden zu verschiedenen Zeitpunk-

ten Sanierungsarbeiten statt. Daher findet sich an der oberen Böschung meist besserer, da neuerer Beton und im unteren Bereich der vermutlich originale Beton aus der Erstellungszeit. Der Übergangsbereich ist heterogen. Bereichsweise ist die horizontale Fuge bündig und dicht, an anderer Stelle liegen Schadstellen (fehlender Beton) und bereichsweise Ausspülungen bzw. Hohllagen vor, vor allem links ab LD-km 6+200. Die Fugen der Betonplatten liegen teilweise ohne Dichtung vor und sind durch den Bewuchs stark geschädigt. Der untere Böschungsbeton bindet überwiegend in die Sohle ein, wobei Betonbruch aus den vorausgegangenen Sanierungsarbeiten oder Sedimente und Bewuchs den Übergang bedecken. Davon unterscheidet sich der Bereich zu Beginn des Speichersees links: hier ist auch im oberen Bereich der Beton stark geschädigt und weist starken Bewuchs auf.

Linkes Ufer: Deich und Stauhaltungsdamm

Das linke Ufer und die Betonauskleidung ist über Wasser zu Beginn des Abschnitts stark verlandet und bewachsen, siehe Abbildung 20.



Abbildung 20: linkes Ufer ca. LD-km 4+750, Blick in Fließrichtung (Foto: PG-SKUP 2022)

Bis ca. LD-km 5+000 liegt eine gebrochene Auskleidung mit Baum- und Strauchbewuchs vor. Ab ca. LD-km 5+000 kann ein ehemaliger Sanierungsabschnitt mit deutlichem Qualitätsunterschied der Betonauskleidung festgestellt werden.

Weiter in Fließrichtung ist der Beton an der Böschung fest und intakt, die Fugen sind mit Fugenmasse dicht verschlossen. Es wechseln sich Dehnfugen- und Arbeitsfugen, die ebenfalls mit Fugendichtung verschlossen sind, ab, siehe Abbildung 21.



Abbildung 21: Böschungsbeton bei ca. LD-km 5+200 (SWM 2021)

Im weiteren Verlauf ist dieselbe Art der Sanierung festzustellen, siehe Abbildung 22.



Abbildung 22: Böschungsbeton bei ca. LD-km 7+500 (SWM 2021)

Bei der Betauchung bei LD-km 6+400 konnte folgender allgemeiner Zustand festgestellt werden: Der Uferbereich ist mit vielen Betonbruchstücken belegt. Über den gesamten untersuchten Bereich wurde ein Versatz von neuem zu altem Beton festgestellt, teilweise mit Unterspülungen und Sog. Großteils ist der alte Beton durch Verlandung nicht mehr sichtbar (feines Sediment, Kies und große Betonbruchstücke). Über den gesamten untersuchten Bereich wurden Löcher mit Ausspülungen am Übergang der Sanierung und im Bereich der vertikalen Fuge im neuen Beton festgestellt, ein leichter Sog war meist erkennbar.

Es waren regelmäßig Unterspülung der ehemaligen Sanierungsmaßnahme über den gesamten Untersuchungsbereich festzustellen. Der obere, neue Beton ist in einem guten Zustand, die Fugen teilweise bewachsen, siehe Abbildung 23.



Abbildung 23: Böschung links bei ca. LD-km 6+500

Folgende Abbildung 24 zeigen das angetroffene Schadensbild an der Böschung unter Wasser.



Abbildung 24: Schadstelle im Altbeton mit Sog

Rechtes Ufer: Stauhaltungsdamm und Einschnitt

Das rechte Ufer und die Betonauskleidung ist über Wasser zu Beginn des Abschnitts stark verlandet und bewachsen, siehe Abbildung 25.



Abbildung 25: Blick Richtung Speichersee rechts bei ca. RD-km 4+450 (PG-SKUP 2022)

Im weiteren Verlauf wachsen stellenweise Bäume an der Oberkante der Betonauskleidung oder sind einzelne Betonfehlstellen festzustellen, siehe auch Anlage 03.04.01 Gehölzkonzept.



Abbildung 26: Fehlstelle im Böschungsbeton, mit Schotter gesichert (B+P 2022)

Im weiteren Verlauf liegt eine über dem Wasserspiegel intakte Betonauskleidung mit geschlossenen Fugen vor.

Am landseitigen Dammfuß im Bereich Pumpwerk Apoig bei ca. RD-km 5+650 gibt es mehrere Sickerwasserzutritte. Auf der Seeseite konnten keine offensichtlichen Schadstellen festgestellt werden, siehe Abbildung 27.



Abbildung 27: Böschung seeseitig der Sickerwasseraustritte am Stauhaltungsdammfuß

Ab der Mündung des Gleißebachs bei RD-km 5+900 und mit Übergang von Dammlage in den Einschnitt liegt die ursprüngliche Böschungssicherung aus Beton sehr stark geschädigt vor. Einzelne Betonbruchstücke, Wasserbausteine und starker Bewuchs dominieren die Böschung, siehe folgende Abbildungen.



Abbildung 28: Böschung bei RD-km 6+100 (PG-SKUP 2023)



Abbildung 29: Böschung bei RD-km 6+100 (PG-SKUP 2023)

Im Umfeld der Ortschaft Eching reicht die Bebauung bis auf ca. 3 m an die Speicherseeböschung heran. Die Böschungsauskleidung am Echinger Hang zwischen RD-km 6+400 und 6+800 weist starke Schäden wie gebrochene und tief unterspülte Betonplatten und Hohlstellen von ca. 60 bis 90 cm Tiefe auf, siehe Abbildung 30. Hier unterliegt die Böschung aufgrund der westlichen Exposition dauerhaft hohem Wellenangriff. Es fanden bereits mehrere Sanierungsmaßnahmen an der Böschung statt.



Abbildung 30: Böschungsbeton mit scholligem Bruch und tiefen Hohllagen (PG-SKUP 2023)

Ab RD-km 6+800 geht das Ufer im Einschnitt in ein Hochufer mit dichtem Baumbewuchs über. In der Wasserwechselzone schützt ein gesetzter, jedoch stellenweise sehr schmaler Streifen aus Wasserbausteinen das Ufer. Bereichsweise wurde die Uferstabilisierung mit einer Schüttung aus Wasserbausteinschüttungen ergänzt.



Abbildung 31: Hochufer bei ca. RD-km 7+100 (PG-SKUP 2022)

5.2.2 Zustandsbewertung Dammstandsicherheit

Im Abschnitt 2 wurden die Dammstandsicherheit am linken Damm bei drei Profilen und am rechten Damm bei zwei Profilen überprüft und festgestellt, dass die Standsicherheit der Böschungen in einigen Lastfällen rechnerisch nicht nachgewiesen werden kann, der Ausnutzungsgrad liegt somit über 1. Alle Standsicherheitsnachweise sind der Anlage 03.02.01.02 mit Erläuterung zu entnehmen. Weiter können die nach DIN 19712 und 19700 geforderten Verkehrslasten bzw. die mit dem WWA LA abgestimmte Ersatzverkehrslast von 16,7 kN/m² (ehemals SLW30) nicht sicher und durchgängig an den Brückenquerbauwerken UP66 (Kleine Sempt), UP71 (Aubach) und UP73 (Pumpwerk Apoig) abgetragen werden. In Bereichen mit Dammhöhen über 3 m sind am Speichersee keine Dammhinterwege vorhanden.

Linker Damm: Profile L2a_4+150, L2d_6+200, L2e_6+600

Im Ist-Zustand ist nur die kanalseitige Böschung des Profils L2a_4+150 bei BHW der Isar rechnerisch nicht standsicher. Die landseitige bzw. isarseitige Böschung des Profils L2a_4+150 und die Böschungen der Profile L2d_6+200 und L2e_6+600 sind im Ist-Zustand in allen relevanten Bemessungssituationen standsicher.

Der Sanierungsbedarf ergibt sich aus der mangelnden Deich- bzw. Dammhöhe und Kronenbreite, sowie aus dem mangelhaften Zustand des kanalseitigen Böschungsbetons. Alle unter Punkt 5.3 beschriebenen Sanierungsmaßnahmen führen zu einer Erhöhung der Standsicherheit.

Rechter Damm: Profile R2c_5+700, R2d_6+250

Sowohl die kanalseitige als auch die landseitige Böschung des Stauhaltungsdamms bei RD-km 5+700 ist im derzeitigen Zustand rechnerisch standsicher. Die zu Herstellung der erforderlichen Dammgeometrie (siehe vorhergehender Abschnitt) durchzuführenden Sanierungsmaßnahmen erhöhen die Standsicherheit des Damms im zugehörigen Bereich.

Die steile Einschnittsböschung bei RD-km 6+250 mit öffentlichem Gehweg und Straße an der Böschungsoberkante ist im Ist-Zustand beim minimalen und maximalen Kanalwasserspiegel rechnerisch nicht standsicher. Aufgrund der mangelnden Standsicherheit ist Sanierungsbedarf erforderlich.

5.2.3 Freibord Abschnitt 2

Die Dämme halten durchgängig den nach Bescheid gültigen Freibord von 1,5 m über maximalen Wasserspiegel nicht ein. Die erforderliche Höhe des Damms wurde durch eine Freibordberechnung nach DVWK Merkblatt 246/1997 ermittelt; siehe hierzu Anlage 03.02.02. Im Bereich des Echinger Speichersees links bis LD-km 6+850 und rechts bis RD-km 6+850 wurde der neu beantragte Freibord für das rechte und linke Ufer einheitlich auf 1,4 m bei maximalem Wasserspiegel festgelegt. Im Bereich des Speichersees sind die vorhandenen Deich- bzw. Dammschnitte rechts und links nicht an jeder Stelle ausreichend hoch und müssen zum Einhalten des jeweils gültigen Freibordmaßes erhöht werden.

Linkes Ufer Abschnitt L2

Die erforderliche Höhe des Isar-Deichs ist – wie im Abschnitt 1 – durch den Bemessungshochwasserspiegel (BHW) der Isar zuzüglich einem Freibord von 1,0 m bestimmt. Das Kriterium für die erforderliche Höhe des Uferbauwerks am linken Ufer wird bestimmt aus dem Maximum aus:

1. BHW Isar + 1,0 m
2. max. Kanalwasserspiegel + 1,4 m.

Bis LD-km 4+750 ist das erste Kriterium gültig; ab LD-km 4+750 ist das 2. Kriterium gültig; die erforderliche Freibordhöhe beträgt an diesem Punkt 402,95 m ü.NHN. Da das BHW an dieser Stelle höher ist als der bei Hochwasser einzuhaltende Kanalwasserspiegel, ist das Uferbauwerk dennoch als Deich auszubauen. Bei LD-km 5+150 geht das linke Ufer im Abschnitt 2 vom Isar-Deich in einen Stauhaltungsdamm über, da das BHW an dieser Stelle erstmals niedriger ist als der bei Hochwasser einzuhaltende Kanalwasserspiegel.

Im Bereich des sich wieder verjüngenden Speichersees ist beim linken Damm ab LD-Km 6+850 bis 7+700 ein Freibord von 1,0 m auf den maximalen Wasserspiegel erforderlich und die erforderliche Freibordhöhe liegt bei 402,54 m ü.NHN, siehe auch Freibordberechnung in Anlage 03.02.02.

Am linken Ufer ist der Damm im Bereich des sich verjüngenden Sees (ab LD-km 6+800) an jeder Stelle ausreichend hoch bzw. die Dammkrone kann – falls aus Platzgründen für die Dammkronenbreite oder zum Erreichen der Standsicherheit erforderlich – auf die erforderliche Freibordhöhe abgetragen werden.

Rechtes Ufer in Abschnitt R2

Für ein Freibord von 1,4 m liegt die erforderliche Freibordhöhe des rechten Ufers am Beginn des Echinger Speichersees auf 402,96 m ü.NHN und am Ende des Speichersees im Übergang zum Einschnittsbereich auf 402,94 m ü.NHN.

5.3 Art und Umfang des Vorhabens – Sanierung Abschnitt 2

Im Abschnitt 2 sind die geplanten Sanierungsmaßnahmen stark durch den Schutz der Vegetation und Fauna am Echinger Speichersee bestimmt. Im Falle eines höheren Schutzwertes von Flora und Fauna an der landseitigen Böschung wurde im Rahmen der Variantenuntersuchung die Sanierungsvariante auf der Speicherseeseite gewählt; falls das Speicherseeufer besonders schützenswert ist, finden die Sanierungsmaßnahmen an der Luftseite statt.

Teilweise bestehen kleine Ausweichen und Auffahrtsrampen am Deich und Damm. Die Ausweichen werden in regelmäßigen Abständen gemäß DIN 19700 und 19712 auf eine Länge von 25 m ausgebaut und die Dammauffahrten mit einer Schottertragschicht befestigt, siehe Lageplan UP2-GP-101.

In einigen Uferabschnitten (Dammbereich) mit ungünstigem Windeinfluss muss die Böschung rauer gestaltet und etwas abgeflacht werden, damit der für den Echinger Speichersee einheitlich festgelegte Freibord von 1,4 m als ausreichend nachgewiesen werden kann. Dies ist in den Sanierungsmaßnahmen berücksichtigt.

Nachfolgend werden die Regelquerschnitte der Sanierung im Abschnitt 2 für das rechte und linke Ufer beschrieben.

5.3.1 Sanierung Abschnitt 2, linke Seite

Regelquerschnitt L2a, LD-km 4+150 bis 4+850, Bereich Deich

Im Abschnitt L2a fällt die Seesohle im Uferbereich je nach Wasserführung im Kanal zeitweise trocken. Die vorhandene Vegetation im Ufer- und Böschungsbereich ist besonders schützenswert. Zusätzlich ist der Wasserdruck vom Echinger Speichersee mit einer maximalen Fließtiefe von unter 1,0 m am Ufer und einem Höhendifferenz von weniger als 1,0 m zum Gelände im Hinterland und somit das Gefährdungspotential gering. Auf eine speicherseeseitige Abdichtung wird daher im Sinne des Minimierungsgebots verzichtet und der erforderliche Ausbau des Deichs mit einer 4,5 m breiten Deichkrone zur Isarseite hin ausgeführt. Auf der Deichkrone wird der Unterhaltungsweg mit 3,5 m Breite befestigt und mit Banketten ausgebaut und zur Isarseite hin mit 2 % geneigt. Die Deichhöhe ist im Abschnitt L2a veränderlich; das Mindestmaß ergibt sich aus dem BHW der Isar zuzüglich 1,0 m für den Freibord. Durch die Maßnahme wird die ehemals vorhandene isarseitige Berme überbaut. Da das BHW Isar nur noch wenig höher als der Kanalwasserspiegel bei BHW ist, kann gemäß Standsicherheitsnachweis auf eine Erhöhung der isarseitigen Böschungsbetonabdichtung verzichtet werden. Der Aufbau der Deichverstärkung und der Tragdeckschicht wurde so geplant, dass die sich einstellende Sickerlinie nicht durch die Tragdeckschicht verläuft. Der Böschungsabschnitt unterhalb der derzeit vorhandenen Berme wird durch die Maßnahme nicht berührt.

Regelquerschnitt L2b, LD-km 4+850 bis 5+150, Bereich Deich

Im Bereich L2b wird das Uferbauwerk als Deich mit einer 4,5 m breiten Deichkrone ausgebaut. Die Deichkronenhöhe ist durch den Freibord auf den max. Wasserspiegel im Echinger Speichersee bestimmt und wird in diesem Abschnitt auf eine einheitliche Höhe von 403,0 m ü.NHN festgelegt. Die Kronenbreite, Wegbefestigung und Querneigung wird entsprechend RQ L2a ausgeführt. Zum Schutz der isarseitigen Böschung wird die Achse für den Ausbau des Deichs so gelegt, dass für die Verbreiterung des Deichs nur die isarseitige Berme oberhalb der Böschungsbetonabdichtung überbaut wird. Die besonders schützenswerte Vegetation im Böschungsabschnitt unterhalb der derzeit vorhandenen Berme und das Isarvorland wird durch die Maßnahme nicht berührt. Am Ende des Deichabschnitts L2b wird eine bestehende Auffahrtsrampe isarseitig ertüchtigt. An dieser soll zukünftig der Besucherverkehr, der von Unterwasser kommt, zum Schutz der Fauna auf den Isarweg umgelenkt werden. Zum Speichersee hin wird für den Verteidigungsfall bei Hochwasser ein Wendehammer am Ende des Deichbauwerks erstellt.

Das Hinterland fällt im Abschnitt L2b und die Höhendifferenz zum maximalen Wasserspiegel im Speichersee liegt über 1,0 m. Für die Reduzierung des Wellenaufbaus und zur Gestaltung eines eher natürlichen Uferbereichs wird kein Ersatzneubau der Betonauskleidung durchgeführt. Zur Abdichtung wird auf den beschädigten, nicht mehr dichten wasserseitigen Böschungsbeton eine geotextile Tondichtungsbahn mit Vlies aufgelegt und am oberen Ende verankert. Am Böschungsfuß wird ein Stützfuß für die in diesem Abschnitt geringe Höhe der Vorschüttung aus Schroppen aus kleineren Wasserbausteinen erstellt. Die als Auflast dienende Vorschüttung aus Schroppen wird mit einer Neigung von 1:1,75 und mit einer 80 cm breiten Berme (OK 401,8 m ü.NHN = 30 cm über max. Kanalwasserspiegel) erstellt. Die Schroppenvorschüttung wird, falls überschüssiges Sedimentmaterial aus den trockengelegten Kanalabschnitten vorhanden ist, überdeckt mit einer sogenannten Ökoberme; diese wird als Vorschüttung aus Sedimenten mit einer Neigung von ca. 1:3 ausgeführt, siehe auch Plan-Nr. UP2-GP-128.

Regelquerschnitt L2c, LD-km 5+150 bis 5+500, Bereich Damm

Ab LD-km 5+150 wird das Uferbauwerk als Stauhaltungsdamm bezeichnet. Die Dammkrone wird mit 3,5 m Breite und 3,0 m breiter Wegbefestigung aus Schotter ausgebaut und zur Speicherseeseite hin mit 2 % geneigt; sie liegt nach dem Ausbau im gesamten Abschnitt L2c einheitlich auf 403,0 m ü.NHN an der speicherseeseitigen Böschungsschulter. Für die erforderliche Dammverstärkung und -erhöhung wird die isarseitige Berme oberhalb der Böschungsbetonabdichtung überbaut. Da der Damm in diesem Abschnitt nun höher als 3,0 m (ca. 3,7 m) ist, wird am isarseitigen Dammfuß den Vorgaben der DIN 19700 Teil 13 folgend ein 3,5 m breiter Dammhinterweg zum Unterhalt und zur Dammverteidigung erstellt. Dieser liegt tiefer als das BHW der Isar und ist daher bei größeren Hochwasserereignissen der Isar nicht befahrbar.

Wasserseitig werden die Abdichtung mit Geotextil, die Vorschüttung aus Schroppen mit Stützfuß und (falls überschüssiges Sedimentmaterial vorhanden ist) eine Ökoberme wie beim Regelquerschnitt L2b hergestellt.

Regelquerschnitt L2d, LD-km 5+500 bis 6+400, Bereich Damm

Beim Stauhaltungsdamm werden die Sanierungsmaßnahmen Dammverstärkung, Ausbau der Dammkronenbreite und -höhe und die Erstellung eines Dammhinterwegs im Abschnitt L2d entsprechend dem Regelquerschnitt L2c ausgeführt.

Am Ende des Abschnitts L2c und im Abschnitt L2d stehen drei Schwarzpappeln sehr nahe am Dammfuß, siehe auch Anlage 03.04 Gehölzkonzept. Zwei der drei Schwarzpappeln werden mit dem Dammhinterweg, der mit einer reduzierten Wegbreite von 2,8 m ausgeführt wird, umfahren. Die mittlere Schwarzpappel kann gemäß technischen Anforderungen aus der DIN 19700 Teil 13 nicht erhalten bleiben, da sie direkt im Dammschnitt steht.

Im Abschnitt L2d wurde der wasserseitige Böschungsbeton oberhalb ca. 400,0 m ü.NHN im Jahr 1979 saniert und liegt in einem guten Zustand vor. Die Abdichtung mit Geotextil und die Vorschüttung aus Schroppen mit Stützfuß werden zwar wie beim Regelquerschnitt L2b erstellt,

die Oberkante der Vorschüttung reicht jedoch nur bis 400,5 m ü.NHN, also ca. 0,5 m über diese Sanierungsgrenze.

Regelquerschnitt L2e, LD-km 6+400 bis 6+850, Bereich Damm

Der Stauhaltungsdamms erreicht in L2e eine Höhe von ca. 5 m über dem Hinterland. Die Sanierungsmaßnahmen für den Stauhaltungsdamms mit Dammhinterweg entsprechend dem Regelquerschnitt L2c und L2d.

Im Abschnitt L2e liegt das Kanalgerinne der Tiefwasserrinne direkt am linken Ufer an; die wasserseitige Böschung ist also nicht mehr geteilt und reicht bis zur Kanalsohle bei ca. 395,0 m ü.NHN. Im Abschnitt L2e wurde der wasserseitige Böschungsbeton oberhalb ca. 399,0 m ü.NHN im Jahr 1979 saniert und liegt in einem guten Zustand vor. An der Böschung werden lose Anlandungssedimente entfernt und Hohllagen verfüllt. Zur Abdichtung unter Wasser ($WSP_{\text{Bau}} = 399,5 \text{ m ü.NHN}$) wird auf den beschädigten, nicht mehr dichten wasserseitigen Böschungsbeton nach Verfüllung der Hohllagen eine geotextile Tondichtungsbahn mit Vlies aufgelegt und am oberen Ende verankert. Die als Auflast dienende Schroppenschüttung wird mit einer Neigung von 1:1,75 hergestellt; die Oberkante der Schüttung liegt auf 400,0 m ü.NHN und ist ca. 80 cm breit. Zur sicheren Stützung des Fußes der Schroppenschüttung wird an der Kanalsohle eine stützende Fußvorlage in der Kanalsohle hergestellt; dafür wird eine 2 m breiter Streifen ausgehoben und die so entstandene Vertiefung mit Schroppen aufgefüllt. Ein Verdichten ist aufgrund der Lage von ca. 5 m unter dem Bauwasserspiegel nicht möglich.

Regelquerschnitt L2f, LD-km 6+850 bis 7+700, Bereich Damm

Der Ausbau des Stauhaltungsdamms wird bezüglich Dammkronenbreite, Überbau der Berme und Erstellung eines Dammhinterwegs (Neubau DHW bis LD-km 7+450; ab hier ist bereits ein DHW vorhanden) entsprechend dem RQ L2c bis L2e ausgeführt. Da in diesem Abschnitt eine deutlich kürzere Überstreichlänge vorliegt, ist ein Freibord von 1,0 m bezogen auf den max. Kanalwasserspiegel ausreichend bzw. erforderlich. Dies entspricht einer absoluten Höhe von 402,53 m ü.NHN. Um den Eingriff in den Bestand zu minimieren, wird die neue Dammkrone in Höhe 402,70 m ü.NHN hergestellt.

Da der obere Böschungsbeton wie im Abschnitt L2e bereits saniert wurde, werden die Sanierungsmaßnahmen an der Kanalböschung wie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben ausgeführt.

5.3.2 Sanierung Abschnitt 2, rechte Seite

RD-km 4+150 bis 4+340 (als Sonderquerschnitt dargestellt)

Im kurzen Abschnitt vom Beginn des Echinger Speichersees bis zum Zufluss des Auengewässers bei RD-km 4+340 ist keine Sanierungsmaßnahme an der wasserseitigen oder landseitigen Böschung erforderlich; der maximale Betriebswasserspiegel liegt weniger als 1,0 m über dem Hinterland. Es wird lediglich der vorhandene Unterhaltsweg auf der Dammkrone 3,5 m breit ausgebaut und auf 3,0 m Breite neu befestigt.

Regelquerschnitt R2a, RD-km 4+340 bis 4+700

Von RD-km 4+340 bis zu einer landseitigen Rampe bei RD-Km 4+700 ist an der Böschung zum Speichersee ein Bewuchssaum aus Bäumen und Sträuchern vorhanden, der als besonders schützenswert eingestuft wurde (prioritärer FFH-Lebensraumtyp Weichholzaue). Daher werden die erforderlichen Sanierungsmaßnahmen ausschließlich zur Landseite hin ausgeführt, siehe auch Anlage 03.04 Gehölzkonzept. Aufgrund des vorhandenen Bewuchses und der Gefahr von Dammschwächung infolge Windwurf wird die speicherseeseitige Böschung in 1,5 m Stärke als statisch unsicherer Dammzone bewertet und der Damm zu Landseite hin verstärkt. Dafür wird die ehemals vorhandene Berme zwischen Dammfuß und Sickergrabenböschung überbaut. Der Dammkronenweg liegt damit außerhalb der statisch unsicheren Zone und kann mit der vorgesehenen Belastung von 30 t auf einer Ersatzflächen von 3 m x 6 m befahren werden. Die Dammkrone wird auf Höhe 403,0 m ü.NHN mit einem 3,0 m breit befestigten Weg ausgebaut. Der freizuhaltenden Laststreifen Richtung Speichersee wird mit Oberboden angeeckt und kann sich extensiv entwickeln.

Regelquerschnitt R2b, RD-km 4+700 bis 5+250

Der Abschnitt R2b reicht bis RD-km 5+250 auf Höhe der Kläranlage Weixerau. In diesem Abschnitt liegt bei RD-km 4+820 die Mündung der Kleinen Sempt. Die Überfahrt der Kleinen Sempt wird in Kapitel 9.2 behandelt. Im Bereich R2b wurde die landseitige Dammböschung als besonders schützenswert erachtet; die Sanierungsmaßnahmen sind deshalb so geplant, dass die landseitige Böschung von den Bauarbeiten nicht betroffen wird. Der Bewuchs an der seeseitigen Böschung aus Sträuchern und einzelnen Bäumen wird entfernt. Am Fuß der seeseitigen Böschung wird ein Stützfuß erstellt; dafür wird ein Einbindegraben modelliert und dieser mit kleineren Wasserbausteinen verfüllt. Die Arbeiten können im Trockenen ausgeführt werden, da die Seesohle hier höher als der Bauwasserspiegel liegt. Aus statischen Gründen und um die Böschung rauer zu gestalten (Freibord), erhält der vorhandene Böschungsbeton eine Vorsüttung aus Schroppen mit einer Neigung von 1:1,75. Der maximale Betriebswasserspiegel liegt weniger als 1,0 m über dem Hinterland. Die Dammkrone wird auf Höhe 403,0 m ü.NHN auf 3,5 m mit einem 3,0 m breit befestigten Weg ausgebaut. Falls überschüssiges Sedimentmaterial vorhanden ist, wird eine Ökoberme wie beim Regelquerschnitt L2b hergestellt, siehe Plan-Nr. UP2-GP-128.

Regelquerschnitt R2c, RD-km 5+250 bis 5+800

Im Abschnitt R2c liegt die Mündung des Aubachs (RD-km 5+520) und das Pumpwerk Apoig (RD-km 5+560). Im gesamten Abschnitt ist am landseitigen Dammfuß ein Sickergraben vorhanden, der von beiden Seiten dem Sammelbecken Pumpwerk Apoig von RD-km 5+430 bis 5+580 (Sammelbecken geteilt in Sammelbecken rechts und links des Aubachs) zugeführt wird. Die Überfahrt des Aubachs und am Pumpwerk Apoig werden in Kapitel 9.3 behandelt.

Wie im Abschnitt R2b ist die landseitige Böschung aus Naturschutzgründen zu schonen; die Sanierungsmaßnahmen werden zur Speicherseeseite hin ausgeführt. Aufgrund der Dammhöhe bzw. aufgrund der Höhendifferenz zwischen max. Speicherseewasserspiegel und Dammfuß ist

eine Abdichtung der speicherseeseitigen Böschung erforderlich. Der vorhandene Böschungsbeton ist bereichsweise brüchig und verwittert; zur Abdichtung wird nach Entfernen von Sedimenten eine geotextile Tondichtungsbahn auf den Beton gelegt und oben verankert. Da der vorhandene Damm hier bereichsweise niedrig und schmal ist, muss für eine 3,5 m breite, mit Schwerlast befahrbare Dammkrone in Höhe 403,0 m ü.NHN an der seeseitigen Böschung eine mächtigere und mit 1:2 geneigte Vorschüttung aus Schroppen hergestellt werden. Zur sicheren Stützung des Fußes der Schroppenschüttung wird in der Speicherseesohle eine sogenannten Fußvorlage hergestellt; dafür wird ein 2 m breiter Streifen 0,5 m tief ausgehoben und die so entstandene Vertiefung mit Schroppen aufgefüllt und verdichtet. Falls überschüssiges Sedimentmaterial vorhanden ist, wird eine Ökoberme wie beim Regelquerschnitt L2b hergestellt, siehe Plan-Nr. UP2-GP-128.

Regelquerschnitt R2d, RD-km 5+800 bis 6+500

Im Abschnitt R2d liegt der Echinger Speichersee bis zur Mündung des Gleißbachs bei RD-km 5+900 in geringer Dammlage und danach im Einschnitt. An der Böschungsoberkante verläuft ein asphaltierter öffentlicher Gehweg und direkt daneben die Stauseestraße. Für die statische Sicherheit ist es erforderlich, die Böschung durch eine Vorschüttung aus Schroppen abzuflachen und damit auch den gebrochenen und teilweise unterspülten Böschungsbeton zu überdecken. Die Oberkante der Vorschüttung liegt in Höhe 403,0 m ü.NHN und wird mit 80 cm breiter Berme erstellt. Der 2 m breite Stützfuß wird wie beim Regelquerschnitt R2c erstellt.

Regelquerschnitt R2e, RD-km 6+500 bis 6+850

Abschnitt R2e betrifft das Ufer des Echinger Speichersees rund um die Echinger Kirche mit benachbarter Bebauung. Der gesamte Bereich liegt im Einschnitt. Zur Herstellung eines befahrbaren Uferwegs und Sicherung der Standsicherheit muss in diesem beengten Abschnitt eine mit 1:2 geneigte Vorschüttung in den See und ein Stützfuß an der Seesohle aus Schroppen erstellt werden. Aufgrund der exponierten Westwind-Lage dieses Uferabschnitts ist die oberste Lage der Vorschüttung zur Sicherung gegen Wellenangriff aus Wasserbausteinen herzustellen. Der Uferweg wird hier aufgrund des beengten Lichtraumprofils zur Bebauung hin auf 4,0 m Breite ausgebaut und auf 3,5 m befestigt. Die geplante Böschungsschulter liegt mit 403,00 m ü.NHN über dem erforderlichen Freibord von 402,94 m ü.NHN. Zur Sicherung der Standfestigkeit des Wegs auf der Schroppenschüttung wird der Unterbau des Wegs mit Geogitter verstärkt.

Kurz vor ca. RD-km 6+800 verläuft der vorhandene schmale Uferweg als Rampe zum Hochufer (ab RD-km 6+850). Der Weg wird in Höhe und Achse des Rampenwegs erhalten, wird aber auf 3,5 m Breite ausgebaut. Die Vorschüttung aus Schroppen wird mit Neigung 1:2 hergestellt; auf die Befestigung der Böschungsoberfläche mit kleineren Wasserbausteinen kann hier verzichtet werden. Die Schroppenschüttung wird im oberen Böschungsbereich mit Oberboden angedeckt.

Regelquerschnitt R2f, RD-km 6+850 bis 7+800

Nach dem Echinger Speichersee liegt der Kanal bis zum ausgebauten Stauhaltungsdamm ab RD-km 7+800 (Beginn Abschnitt 3) rechts in einem Hochuferbereich; das Gelände liegt also wesentlich höher als für den Freibord des Kanals erforderlich. Der derzeit nur als Wiesenweg mit Fahrspuren erkennbare Weg wird nach Abtrag des Oberbodens auf 3,5 m Breite im statisch sicheren Abstand zur steilen Uferböschung hergestellt; die Wegbefestigung mit Schotter erhält eine Breite von 3,0 m.

6 Bestand, Zustandsbewertung und Sanierungsmaßnahmen im Abschnitt 3

Zugehörige Pläne:

- Lageplan: UP2-GP-102, -103
- Längsschnitte rechts: UP2-GP-112, -113
- Längsschnitte links: UP2-GP-116, -117
- Kanalregelprofile: UP2-GP-120
- Querschnitte rechts: UP2-GP-123
- Querschnitte links: UP2-GP-126

6.1 Bestand Abschnitt 3

Ab K-km 7+550 geht die Haltung 6 wieder in das Trapez-Kanalregelprofil mit einer Sohlbreite von 35 m und mit 1:1,5 geneigten Regelböschungen über und befindet sich beidseitig in Damm-lage. Die Oberkante der Kanaloberflächendichtung ist mit einem Dichtungsfreibord von 1,0 m angegeben.

Der Abschnitt 3 ist durch die ehem. Wehranlage Hofham bei K-km 8+230 geteilt. Die ehem. Wehranlage Hofham wurde in den 90ern aufgelassen und der Stahlwasserbau ist bereits zurückgebaut worden. Im Zuge der Sanierungsmaßnahmen werden die restlichen Wehranlagen-teile zurückgebaut und die Uferwände saniert. Die zugehörige Brücke UP78 wird durch einen Steg für Fußgänger und Radfahrer ersetzt, siehe Anlage 03.01.09 und Pläne-Nr. UP2-GP-3XX.

Ab K-km 7+990 ist neben der Böschung zusätzlich die Sohle 20 cm stark mit Beton ausgeklei-det. Bei K-km 8+030 schließt die linke Betonauskleidung der Böschung an die Uferwand des ehemaligen Auslassbauwerks Oberwasser der ehem. Wehranlage Hofham an. Rechts ver-schneidet die Böschung zwischen K-km 8+050 bis K-km 8+065 mit der rechten Uferwand an der ehem. Wehranlage Hofham. Im Bereich der ehem. Wehranlage Hofham geht das Kanalpro-fil begleitet durch beidseitige Uferwände in ein Rechteckprofil über. Bei K-km 8+060, auf Höhe der Engstelle am ehem. Wehr Hofham, verschmälert sich der Kanal um 17 m, wobei die Ka-nalsohle auf einer Länge von 25 m um eine Höhe von 2 m von 394,68 m ü.NHN auf 392,68 m ü.NHN abfällt, siehe Abbildung 32.

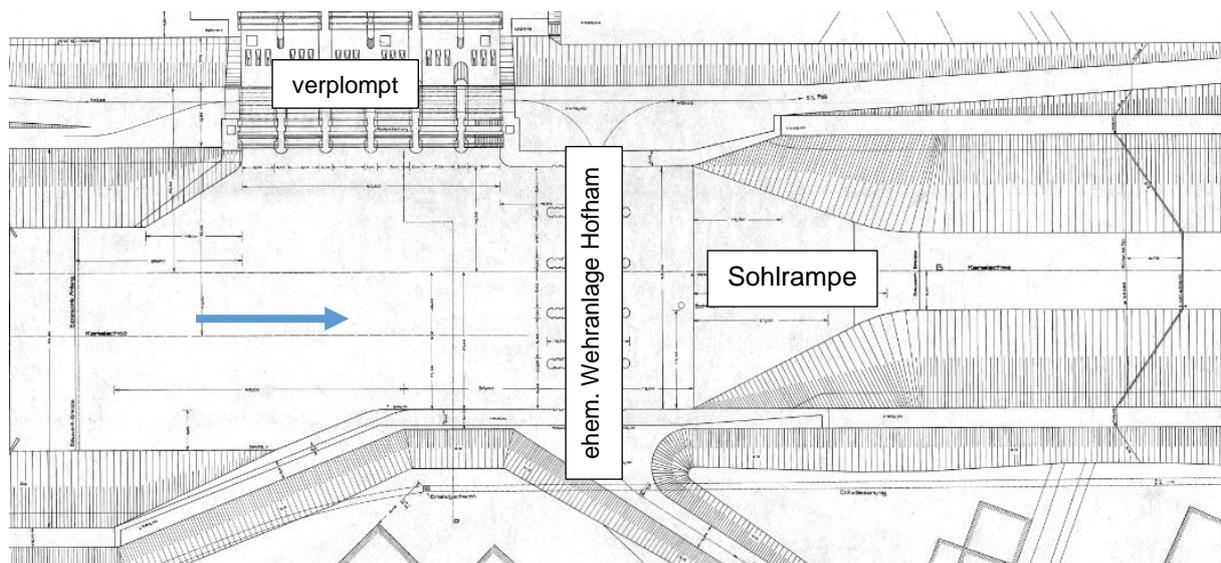


Abbildung 32: Lageplan ehem. Wehranlage Hofham mit Uferwänden und Sohlrampe (Archivplan 520) (Q7.1)

Die Sohle ist nun 12 m breit; gleichzeitig geht die Kanaleinfassung aus den Uferwänden wieder in ein Trapezprofil über, siehe Abbildung 33.

Dieses Regelprofil gilt bis zum WKW UP2.

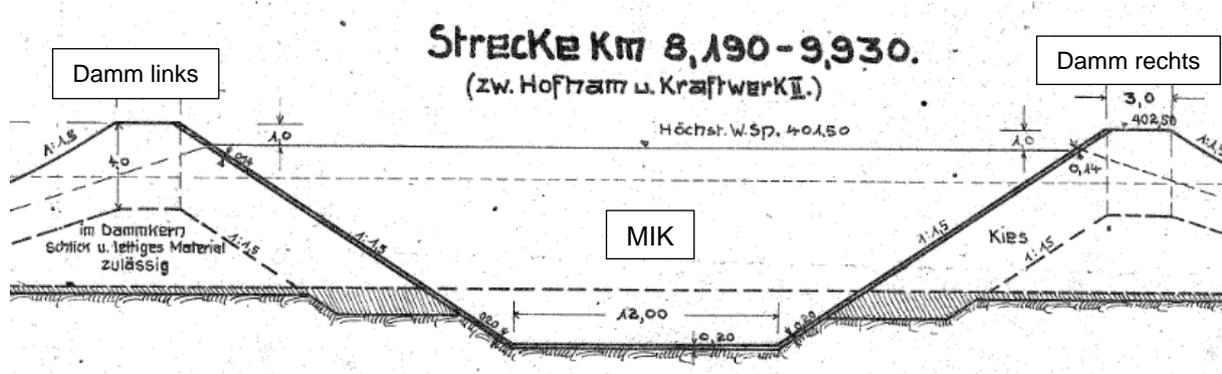


Abbildung 33: Regelquerschnitt des MIK H6 von K-km 8+190 bis 9+930 (Archivplan 739 [DHHN12]) (Q7.1)

In den 1980er Jahre wurde die Betonauskleidung in der Wasserwechselzone im Kanal bis zur ehem. Wehranlage Hofham ersatzneugebaut. In den frühen 1990er Jahren wurde eine Sanierung der Betonauskleidung in der Wasserwechselzone von K-km 8+200 bis 10+000 durchgeführt. Damals war die Betonauskleidung gebrochen und hinterspült und es wurde eine Durchsickerung der Dammböschung festgestellt, die zu einer Beeinträchtigung der Dammsandsicherheit führte.

6.1.2 Bestand Abschnitt 3, rechte Seite

Am rechten Ufer verläuft im gesamten Abschnitt 3 ein Stauhaltungsdamm. Bis zur ehem. Wehranlage Hofham ist der rechte Damm bis zu 4,5 m hoch, ab Hofham bis zum KW UP2 ist der Damm bis zu 9 m hoch.

Ein ausgebauter Dammhinterweg ist bis RD 8+600 (ca. 250 m hinter der ehem. Wehranlage Hofham) vorhanden. An der ehem. Wehranlage Hofham führt der Dammhinterweg über eine Rampe auf die Dammkrone und es besteht eine zusätzliche Auffahrt von Hofham aus. Am WKW UP2 besteht eine Auffahrtsrampe auf die Dammkrone.

Die landseitige Dammböschung ist ab der ehem. Wehranlage Hofham mit bis zu 1:1,3 sehr steil geneigt. Zusätzlich befindet sich der Dammhinterweg teilweise auf einem Fremdgrundstück.

Die bestehende Dammkrone ist zwischen 3 m und bis zu ca. 6 m breit; der gesamte Stauhaltungsdamm wurde zwischen RD-km 8+600 bis RD-km 10+000 überbreit angeschüttet und die Böschung ist stark bewachsen. Ab RD-km 7+850 verläuft ein Entwässerungsgraben am Dammfuß. Im Bereich der ehem. Wehranlage Hofham wird er ca. 200 m lang durch einen Durchlass geführt, siehe auch Anlage 03.01.08. Ab RD-km 8+450 verläuft der Graben abgerückt vom Dammfuß und mündet auf Höhe von RD-km 9+720 in den Tiefenbach.

6.2 Zustandsbewertung Abschnitt 3

Im Abschnitt 3 fanden auf Grundlage der gutachterliche Stellungnahme von Prof. (em.) Dr.-Ing. Theodor Strobl (Q7.3) Ertüchtigungsmaßnahmen statt. Ein weitere Maßnahme war die Freistellung der beidseitig stark bewachsenen Dammböschungen, die beantragt und über die letzten Jahre sukzessive durchgeführt wurde.

6.2.1 Zustandsbewertung, allgemeiner Zustand von Damm und Kanalauskleidung

Der linke Stauhaltungsdamm war im Abschnitt 3 stark bewachsen. Im Jahr 2019/2020 wurden Gehölzentfernungen ausgeführt und insbesondere der Dammfuß zwischen Hofham und WKW UP2 freigestellt. Aufgrund der vorgesehenen und unter Punkt 6.3 beschriebenen Maßnahmen für den linken Damm wurden die Wurzelstöcke im Damm belassen. Die Dammkrone wurde zur Erstellung von einigen Ausweichstellen verbreitert; besonders hier ist die landseitige Böschung mit einer Neigung von 1:1,3 zu steil. Im gesamten Abschnitt gibt es keinen Dammhinterweg, der bei einer Dammhöhe von bis zu 9 m nach DIN 19700-13 als Dammverteidigungsweg erforderlich ist. Der Unterhalt und die Dammverteidigung der linken Kanalseite im Hochwasserfall der Isar muss derzeit über die Dammkrone erfolgen.

Der rechte Damm im Abschnitt 3 bis Hofham wurde im Jahr 2019/20 saniert. Die Böschung war ebenfalls stark bewachsen und wurde von Gehölz freigestellt; der am Dammfuß verlaufende Sickergraben wurde soweit verlegt, dass am Dammfuß ein als Auflastfilter wirkender Dammhinterweg erstellt werden konnte. Im weiteren Verlauf ab Hofham wurde ebenfalls ein Dammhinterweg erstellt, der bei RD-km 8+530 bis 8+600 als Rampe zur Dammkrone führt.

Dort, wo der rechte Damm mit Überbreite ausgebildet ist, kann der Bewuchs aus großen Bäumen auf der landseitigen Böschung verbleiben. Der Dammkronenweg ist in einem guten Zustand.

Kanalseitig sind im Bereich K-km 7+500 bis zur ehem. Wehranlage Hofham Betonfehlstellen an der ehemaligen Sanierungsgrenze in der Wasserwechselzone und entfestigter Beton unterhalb festgestellt worden. Der obere Böschungsbeton ist in einem guten Zustand. Die Fugen sind mit Fugenmasse verschlossen, in Teilbereichen aber auch offen und bewachsen, siehe Abbildung 35.



Abbildung 35: Betonplatten, guter Zustand, Fugen mit Bewuchs, PG-SKUP 2023

Von der ehem. Wehranlage Hofham bis WKW UP2 sind bereichsweise Betonfehlstellen an der ehemaligen Sanierungsgrenze in der Wasserwechselzone und entfestigter Beton unterhalb festgestellt worden. An manchen Betonschadstellen konnte Sog in den Dammkörper festgestellt werden, siehe folgende Abbildungen.



Abbildung 36: Ausspülung an Sanierungsgrenze
ca. 400,0 m ü.NHN (PG-SKUP 2023)



Abbildung 37: Ausspülung an Sanierungsgrenze
ca. 400,0 m ü.NHN (PG-SKUP 2023)

Die Fugenbänder der sanierten Betonplatten ab der ehem. Wehranlage Hofham sind lose. Die offenen Fugen sind bewachsen.

SWM hat für die Erkundung des Betonzustands des Kanalabschnitts vor der ehem. Wehranlage Hofham und bis zum WKW UP2 Bohrkerne in der Böschung und Sohle durch Taucher ziehen lassen. Die Betonkerne „oben“, die im bereits sanierten Abschnitt gezogen wurden, haben durchwegs eine geschlossene Betonstruktur. Von den fünf Betonkernen „mitte“, die im Beton aus der Erstellungszeit der Haltung 6 stammen, zeigen zwei ein gutes Korngefüge, zwei ein mittelgutes Korngefüge (untere Schicht mit Poren) und einer ein durchwegs poröses Korngefüge. Die vier Bohrkerne aus der Sohle zeigen durchwegs ein geschlossenes Korngefüge mit einer Betonmächtigkeit von ca. 20 cm.



Abbildung 38: Kanalauskleidung kurz vor linker Uferwand, Fugenbänder liegen lose (PG-SKUP 2023)

6.2.2 Zustandsbewertung Dammstandsicherheit

Im Abschnitt 3 wurden die Dammstandsicherheit am linken und am rechten Damm bei jeweils drei Profile überprüft und festgestellt, dass die Standsicherheit der Böschungen in einigen Lastfällen rechnerisch nicht nachgewiesen werden kann, der Ausnutzungsgrad liegt somit über 1. Alle Standsicherheitsnachweise sind der Anlage 03.02.01.02 mit Erläuterung zu entnehmen.

Linker Damm: Profile L3a_7+700, L3b_8+250, L3b_9+100

Die landseitige Böschung oberhalb der Berme ist zwischen Hofham und WKW UP2 durchgängig aufgrund der Böschungsneigung in Abhängigkeit der vorliegenden Bodenparameter nicht standsicher. Zum Erreichen der Standsicherheit ist die Böschung abzuflachen und die Berme zur Landseite bzw. Isarseite hin zu verschieben.

Die kanalseitige Böschung ist bei den beiden Betriebszuständen WSP_{min} und WSP_{max} knapp standsicher ($\mu_{max} = 1,01$). Eine Sanierung der Abdichtung des Kanals durch eine neue Betonauflage erhöht die Standsicherheit der kanalseitigen Böschung.

Rechter Damm: Profile R3a_8+050, R3b_8+445, R3d_10+150

Die landseitige Böschung des Damms wurde im Bereich oberwasserseitig der ehem. Wehranlage Hofham bereits durch Gehölzfreistellung, Erstellung eines Dammhinterwegs und Verlegen des Sickergrabens saniert und damit die Standsicherheit hergestellt. Unterwasserseitig der ehem. Wehranlage Hofham wurde der Damm durch Herstellung eines Dammhinterwegs bis RD-km 8+530 und einer anschließenden Rampe zur Dammkrone ertüchtigt. Die Standsicherheit im Abschnitt von RD-km 8+350 bis 8+600 konnte damit jedoch noch nicht ausreichend

hergestellt werden, da die Dammböschung zwischen Weg bzw. Rampe und Dammkrone zu steil ist. Zum Erreichen der Standsicherheit muss die Böschung abgeflacht werden. Ab RD-km 8+600 bis zur WKW UP2 ist der Damm aufgrund der großen Überbreite standsicher.

Beim Profil R3b_8+445 ist die Kanalböschung oberhalb des Wasserspiegels beim Betriebszustand WSP_{min} nicht standsicher ($\mu_{max} = 1,04$). Durch eine Sanierung der Abdichtung des Kanals durch eine neue Betonauflage und durch den Abtrag der Dammkrone wird die Standsicherheit der kanalseitigen Böschung erreicht. In den anderen Bereichen des Abschnitts 3 ist die Kanalböschung bereits im Ist-Zustand standsicher; durch die vorgesehene Sanierung der Abdichtung des Kanals durch eine neue Betonauflage wird die Standsicherheit erhöht.

6.2.3 Freibord Abschnitt 3

Der linke Damm hält durchgängig den nach Bescheid gültigen Freibord von 1,5 m über maximalen Wasserspiegel nicht ein. Um den erforderlichen Eingriff durch eine Sanierung zu minimieren, wurde die erforderliche Höhe des Damms durch eine Freibordberechnung ermittelt; siehe hierzu Anlage 03.02.02.01. Demnach ist im Abschnitt 3 bis zum WKW UP2 ein Freibord von 1,0 m auf den maximalen Wasserspiegel erforderlich. Die erforderliche Freibordhöhe liegt damit zwischen 402,51 bei K-km 7+700 und 402,406 m ü.NHN am WKW UP2. Die vorhandenen Dämme rechts und links sind an jeder Stelle ausreichend hoch bzw. die Dammkrone kann – falls aus Platzgründen für die Dammkronenbreite oder zum Erreichen der Standsicherheit erforderlich – auf die erforderliche Freibordhöhe abgetragen werden.

6.3 Art und Umfang des Vorhabens – Sanierung Abschnitt 3

Im Sanierungsabschnitt 3 sind die Maßnahmen durch die Wiederherstellung eines dichten Kanalgerinnes und am linken Ufer durch die Herstellung der Dammstandsicherheit mit Abflachen der Dammböschung und Herstellung eines im BHW Isar sicher zu befahrenden Dammhinterwegs bestimmt. Für den Freibord des Dammhinterwegs wurde entsprechend DIN19712 ein Freibord von 50 cm für eine wasserseitig befahrene Berme gewählt. Am rechten Ufer sind zur Herstellung der Standsicherheit zwischen RD-km 8+350 bis 8+600 und RD-km 10+000 und 10+220 Maßnahmen an der Dammkrone erforderlich.

Zu den Randbedingungen für die Haltung 6 gehören:

- 2 Regelprofile (Trapez) mit Bauwerksanschlüssen und Kurvenbereich
- vorwiegender Sanierungsbedarf im unteren Böschungsbereich
- Beachtung der Zufahrtsmöglichkeiten für den Bauverkehr
- Grundwasserspiegel über Kanalsohle ohne Wasserhaltung
- Kritische Beurteilung der kanalseitigen Dammstandsicherheit bei Hochwasser der Isar
- Beachtung ökologischer Aspekte hinsichtlich Restwasserführung im Echinger Speichersee und Ausleitung in die Isar

6.3.1 Grundlegende Festlegungen für die Ertüchtigungsmaßnahmen

Einschätzung der Standsicherheit der Kanalinnenböschung bei Kanalentleerung

Die Kanalinnenböschung ist auf Grundlage der Bodenparameter aus den Baugrunduntersuchungen von 2023 bei fehlender Wasserauflast und mit Absenken der Sickerlinie durch eine geeignete Wasserhaltung mit einem Ausnutzungsgrad bis $\mu = 1,02$ in der BS-T in Rücksprache mit Crystal Geotechnik als standsicher zu bewerten, siehe Anlage 03.02.01.02.

Einschätzung zur Möglichkeit Kanalentleerung hinsichtlich Grundwasserzutritt

Eine vollständige Kanalentleerung während der Bauausführung ist technisch aufgrund der örtlichen Gegebenheiten mit einer begleitenden Wasserhaltung möglich. So werden bautechnisch schwierige und aufwändige Arbeiten unter Wasser vermieden, was eine deutlich kürzere Bauzeit bei gleichzeitig höherer Qualität erwarten lässt. Wichtige Voraussetzungen ist ein langsames Absenken des Wasserspiegels im Kanal und das Absenken der Sickerwasserlinie im Bereich nach dem Sohlabsturz bei Hofham durch eine geeignete Wasserhaltung. Im Erläuterungsbericht ist die Wasserhaltung beschrieben.

Dichtungsfreibord

Der vermessene Höhenverlauf der Oberflächendichtungsoberkante hält den Dichtungsfreibord von 1,0 m aus den Bestandsplänen nicht ein. Durch die Sanierungsmaßnahmen wird eine neuer Dichtungsfreibord von 50 cm über dem maximalen Wasserspiegel sichergestellt.

Umgang mit Bestand

Bei der Sanierung der Kanalböschung durch Aufbringen einer neuen Ortbetonaufgabe gäbe es auch die Möglichkeit, die alte Betonauskleidung zu entfernen und neu aufzubauen. Die Bodenparameter der Dammschüttung sind in der vorhandenen Neigung ohne stützenden Wasserdruck nicht standsicher. Aus diesem Grund wird ein Abtrag der stabilisierend wirkenden bestehenden Kanalauskleidung über lose oder hohl liegende Bruchstücke hinaus vermieden. Durch die notwendige Entsorgung der alten Auskleidung entstünden zudem nennenswerte Kosten und notwendige Entsorgungsfahrten sowie ein erhöhter Eingriff in die Böschungsschulter.

6.3.2 Wahl der Sanierungsvariante

Der Auskleidung an der Böschung sind primär folgende Aufgaben zuzuordnen:

- Erosionsschutz vor allem im Bereich der Wasserwechselzone
- Stabilisierung der Kanalinnenböschung gegen Böschungsrutschungen
- Abdichtung des Gerinnes

Sanierungsziel ist die Wiederherstellung einer statisch wirksamen und dichten Böschungsauskleidung. Bei der vollständigen Kanalentleerung ist die maximale Absenkgeschwindigkeit zu begrenzen, um ein langsames Entspannen von Sickerlinien im Böschungsbereich zu ermöglichen.

In der Vorplanung wurden folgende Sanierungsvarianten abgewogen:

- Variante 1: neue Böschungsauskleidung mit Ortbeton entsprechend Bestand
- Variante 2: neue Böschungsauskleidung mit betongefüllten Textilmatten (Einbau unter Wasser möglich)
- Variante 3: Lokale Reparaturen zur Erosionssicherung in der Wasserwechselzone
- Variante 4: neue Böschungsauskleidung aus Asphaltbeton
- Variante 5: Einbau einer KDB-Auskleidung
- Variante 6: Innenliegende Dichtungen

Die Variante 6 erfüllt nicht die Anforderungen des Erosionsschutzes und der Stabilisierung der Kanalböschung und wäre aufgrund der hohen Durchlässigkeiten des Bodens nicht wirksam.

Die Variante 5 erfordert aufwändige Verankerungen in der Kehle und am oberen Böschungsabschluss und erfüllt nicht die Anforderung der statischen Tragwirkung. Außerdem möchte SWM keine Kunststoffauskleidung verbauen und die Dauerhaftigkeit ist zu gering.

Variante 4 ist aufgrund des anstehenden Grundwassers an der Sohle und der mangelnden Bieter hinsichtlich Baudurchführung und Wettbewerbsfähigkeit mit Risiken behaftet. Zudem ist die Dauerhaftigkeit zu gering.

Variante 3 erfüllt nicht die Zielsetzung einer dauerhaften Sanierung.

Variante 2 ist aufgrund der Möglichkeit zur Entleerung des Gerinnes und dem Eingriff in die Böschungsschulter zur Befestigung der Textilmatten sowohl ökonomisch als auch ökologisch mit einem zu großen Aufwand und Eingriff verbunden.

Variante 1 entspricht der Wiederherstellung des bescheidgemäßen Zustands und kann bei entleertem Gerinne mit einer hohen Qualität und Dauerhaftigkeit sowie einer hohen Anpassungsfähigkeit an den Bestand durchgeführt werden.

Nachfolgend werden die Regelquerschnitte der Sanierung im Abschnitt 3 für das linke und rechte Ufer beschrieben.

6.3.3 Sanierung Abschnitt 3, linke Seite

Regelquerschnitt L3a, LD-km 7+700 bis 8+100

Im Abschnitt L3a zwischen Ende des Echinger Speichersees und der ehem. Wehranlage Hofham liegt die erforderliche Freibordhöhe bei 402,51 m ü.NHN. Um den Umfang der Erdarbeiten zu minimieren, wird die Dammkrone nur bis zur erforderlichen Dammkronenbreite von 3,5 m abgetragen und der Damm auf eine Höhe von 402,70 m ü.NHN ausgebaut. Die Dammkrone auf 3,0 m Breite mit Schotter befestigt. Dafür wird der Damm zur Landseite hin verstärkt; die vorhandenen Berme wird überbaut und damit die landseitige Böschung abgeflacht.

Die Kanalböschung erhält eine neue 15 cm starke Betonauflage mit einer Oberkante von 402,05 m ü.NHN und hält damit einen Dichtungsfreibord von 50 cm ein; der Bestandsbeton

dient als verlorene Schalung. Die Kanalsohle ist im Bestand eine offene Kiessohle und bleibt unverändert.

Regelquerschnitt L3b, LD-km 8+170 bis 10+010

Im Abschnitt L3b zwischen der ehem. Wehranlage Hofham und dem WKW UP2 liegt die erforderliche Freibordhöhe zwischen 402,49 und 402,41 m ü.NHN. Der Damm wird auf eine einheitliche Höhe von 402,50 m ü.NHN ausgebaut. Der Damm erhält einen 3,5 m breiten Dammhinterweg; dieser wird in Höhe des BHW der Isar zuzüglich 0,5 m erstellt und liegt damit in etwa in Höhe der vorhandenen Berme. Nach Abtrag der Dammkrone und dem Oberboden wird die landseitige Böschung mit einer Neigung von 1:1,75 neu aufgebaut. Dafür wird am Damm ein Bodenabtrag so hergestellt, dass der neue Böschungsaufbau mit einer ausreichenden Breite hergestellt und verdichtet werden kann. Sämtliche Wurzelstöcke werden gemäß DIN 19700-13 aus dem Dammkörper entfernt. Die Böschung oberhalb des Dammhinterwegs wird mit einer 20 cm starken Oberbodenschicht angedeckt. Die Dammkrone wird 3,5 m breit und der Dammkronenweg auf 3,0 m Breite mit Schotter befestigt.

Die Böschung des Dammhinterwegs wird aufgrund der Beaufschlagung bei Isarhochwasser mit einer Neigung von 1:2 ausgeführt und der Oberboden in 30 cm Stärke angedeckt.

Der Kanal erhält durch eine 15 cm starke Betonauflage mit einem Dichtungsfreibord von 50 cm zum WSP_{max} (einheitliche OK = 402,00 m ü.NHN) eine neue Vollauskleidung; der Bestandsbeton dient als verlorene Schalung.

6.3.4 Sanierung Abschnitt 3, rechte Seite

Regelquerschnitt R3a, RD-km 7+800 bis 8+250

Der Abschnitt R3a betrifft den Damm zwischen dem Ende des Einschnittbereichs und der ehem. Wehranlage Hofham. Die erforderliche Freibordhöhe liegt bei 402,51 m ü.NHN und der Damm ist ausreichend hoch; die Dammkrone und die landseitige Böschung sind in gutem und stand-sicherem Zustand.

Die Kanalböschung erhält mit einem Dichtungsfreibord von 50 cm zum WSP_{max} (einheitliche OK = 402,05 m ü.NHN) eine neue 15 cm starke Betonauflage; der Bestandsbeton dient als verlorene Schalung. Die Kanalsohle ist im Bestand eine offene Kiessohle und bleibt unverändert.

Regelquerschnitt R3b, RD-km 8+350 bis 8+600

Zur Herstellung der Dammstandsicherheit im Abschnitt R3b unterwasserseitig der ehem. Wehranlage Hofham wird die Dammkrone in diesem Bereich abgetragen und die steile landseitige Böschung durch Abtrag auf eine Neigung von ca. 1:1,8 abgeflacht. Die Dammkrone ist nach Abtrag 3,5 m breit; der Dammkronenweg wird in Höhe 402,50 m ü.NHN (erforderliche Freibordhöhe = 402,46 m ü.NHN) auf eine Breite von 3,0 m mit einer 20 cm starken Deckschicht aus Schotter befestigt. Die neu entstandene landseitige Böschung erhält eine Andeckung mit

einer 20 cm starken Oberbodenschicht. Der Dammhinterweg wird auf einem Teilstück von ca. 25 m um ca. 1,3 m auf SWM eigenen Grund verlegt.

Der Kanal erhält durch eine 15 cm starke Betonauflage mit einem Dichtungsfreibord von 50 cm zum WSP_{max} (einheitliche OK = 402,00 m ü.NHN) eine neue Vollausskleidung (Böschung und ganze Sohle); der Bestandsbeton dient als verlorene Schalung.

Regelquerschnitt R3c, RD-km 8+600 bis 10+000

Im Abschnitt R3c sind nur Sanierungsmaßnahmen im Kanalgerinne erforderlich. Diese werden entsprechend dem Abschnitt R3b durchgeführt.

Regelquerschnitt R3d, RD-km 10+000 bis 10+220

Zur Verbesserung der Befahrbarkeit und Standsicherheit zwischen RD-km 10+000 und 10+220 der in diesem Bereich eher schmalen Dammkrone wird diese abgetragen und auf eine Höhe von 402,7 m ü.NHN mit einer Gesamtbreite von 3,5 m ausgebaut. Der mit einer 20 cm starken Schotterschicht befestigte Weg ist dabei 3,0 m breit und schließt beim WKW UP2 an die bestehende Uferwand an.

Die Sanierungsmaßnahmen im Kanalgerinne werden entsprechend den Abschnitten R3b und R3c durchgeführt.

7 Bestand, Zustandsbewertung und Sanierungsmaßnahmen im Abschnitt 4

Zugehörige Pläne:

- Lageplan: UP2-GP-104
- Längsschnitt links: UP2-GP-118
- Querschnitt links: UP2-GP-127
- UW UP2 mit Kolk: UP2-GP-250

7.1 Bestand Abschnitt 4

7.1.1 Allgemeines

Der Mittlere-Isar-Kanal verläuft unterwasserseitig des WKW UP2 im Einschnitt und schließt über eine negative Sohlstufe bei Isar-Flusskilometer F-km 78,3 an das Gewässerbett der Isar an; der Abschnitt 4 wird auch als Unterwasser Uppenbornwerk 2 (UW UP2) bezeichnet. In das Unterwasser mündet rechtsseitig der Tiefenbach und linksseitig eine Fischwanderhilfe (Ersteller und Betreiber WWA Landshut).

In der Isar befindet sich oberwasserseitig der Mündung des UW UP2 in die Isar das Sektorwehr. Bei Hochwasser der Isar wird durch Stauwirkung des Sektorwehrs die Flutmulde Landshut beschickt und das BHW der Isar unterwasserseitig der Flutmulde dadurch wesentlich reduziert.

Auf der linken Kanalseite liegt der Isardeich direkt am Ufer des UW UP2. Auf ca. 500 m Länge ab dem WKW UP2 verläuft der Deich direkt am linken Kanalufer und ist in diesem Bereich im Zuständigkeitsbereich der SWM. Nach 500 m schwenkt die Deichachse vom linken Kanalufer Richtung Isar ab, verlässt das SWM-eigene Grundstück und schließt an das Sektorwehr an. Dieser Deichabschnitt ist im Zuständigkeitsbereich des WWA Landshut. Am linken Ufer verbindet die Fischwanderhilfe die Isar mit dem UW UP2, kreuzt den Deich im Unterhaltsbereich der SWM und mündet bei ca. LD-km 10+350 bzw. K-km 10+250 in den UW UP2.

Der nachfolgenden Abbildung 39 ist die Lage der Anlagenteile zu entnehmen.

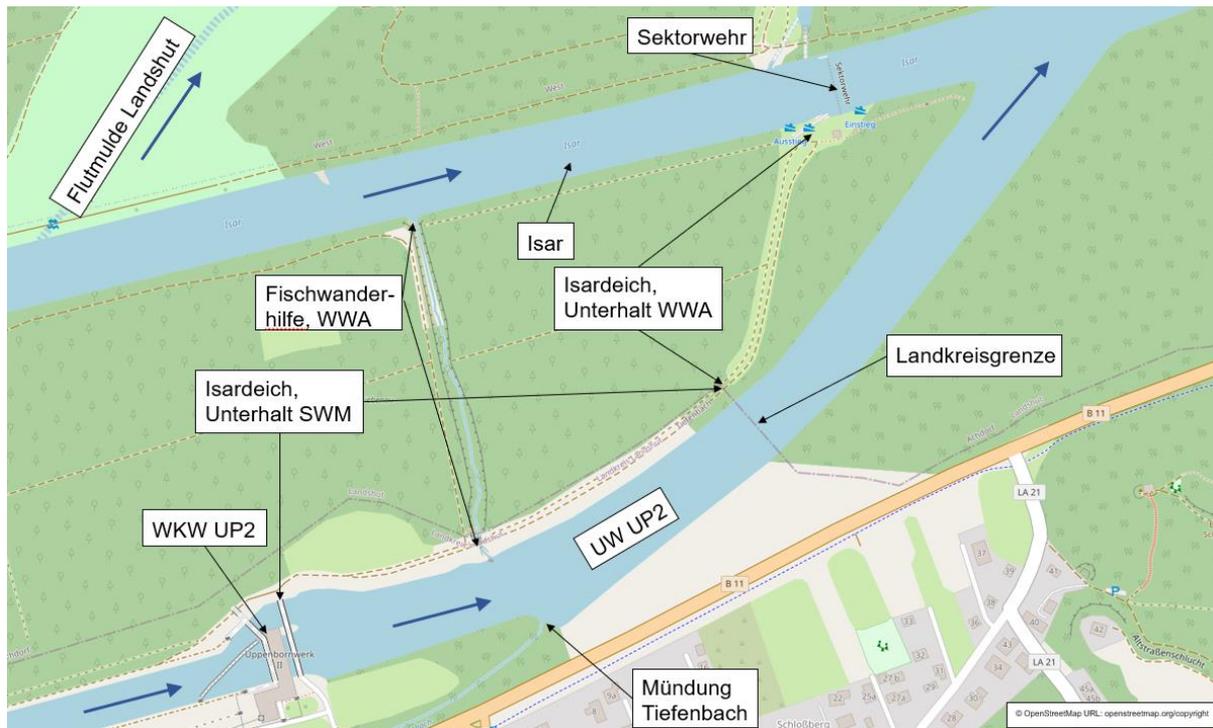


Abbildung 39: Lageplan des Abschnitts 4; WKW UP2 bis Mündung in die Isar

Der Gerinnequerschnitt des UW UP2 wurde als Trapez im Erdprofil mit einer 50 m breiten Sohle und beidseitigen Böschungsneigung von 1:2 hergestellt. Die in nachfolgender Abbildung dargestellte Berme zwischen kanalseitiger Deichböschung und Kanalböschung ist nicht vorhanden; die Böschung des Einschnitts für den Kanal und die Deichböschung gehen ineinander über.



Abbildung 40: Ausschnitt aus Bescheidsplan UP1-UP2_P21_Regel-Querschnitte_Teksturplan_Blatt_2a_4b_M200 (Q7.1)

7.1.2 Bemessungsabfluss, Wasserspiegelhöhen

Bemessungsabfluss, Wasserspiegelhöhen im UW UP2 bei Erstellung WKW UP2

Der UW UP2 föhrt das durch das Kraftwerk geföhrte Wasser auf einer Lange von etwa einem Kilometer der Isar bei ca. F-km 78,3 zu. Der Gerinneabschnitt ist laut Beschluss von 1959 fur einen Durchfluss von $Q = 200 \text{ m}^3/\text{s}$ bemessen. Der Wasserspiegel fur $Q = 200 \text{ m}^3/\text{s}$ bei Mittelwasser der Isar liegt bei ca. 390,9 m .NHN. Der maximale Wasserspiegel im UW UP2 ergibt

sich aus dem Rückstau der Isar an der Mündung. Zum Zeitpunkt der Erstellung des WKW UP2 lag der maximale Wasserspiegel infolge BHW der Isar im Kanal auf Höhe 393,78 m ü.NHN.

Wasserspiegellhöhen aktuell

Gegenüber den Wasserspiegellinien im Archivplan hat sich der Isarwasserspiegel bei BHW der Isar nach aktueller 2D-Berechnung des WWA LA von 2008 sowohl vor dem Sektorwehr als auch an der Mündung des UW UP2 erhöht an. Die Berechnung zeigt einen Wasserspiegel von 394,27 m ü. NHN an der Mündung, der entsprechend ins UW UP2 rückstaut.

Am Deich steht kurz nach dem WKW UP2 ein hydraulisches Gefälle von ca. 1,3 m an, das in Fließrichtung abnimmt.

7.2 Zustandsbewertung Abschnitt 4

7.2.1 Zustandsbewertung, allgemeiner Zustand von linkem Isardeich, rechtem Ufer und Kanalgerinne

Kanalgerinne

Direkt im Anschluss an die 5 m lange Nachbodensohle des WKW UP2 hat sich ein Kolk mit einer Tiefe von bis zu 5,2 m gebildet. Das ausgetragene Material lagert als Sohlheberung unterwasserseitig des Kolks, vor allem im linken Sohlbereich, siehe Abbildung 41.

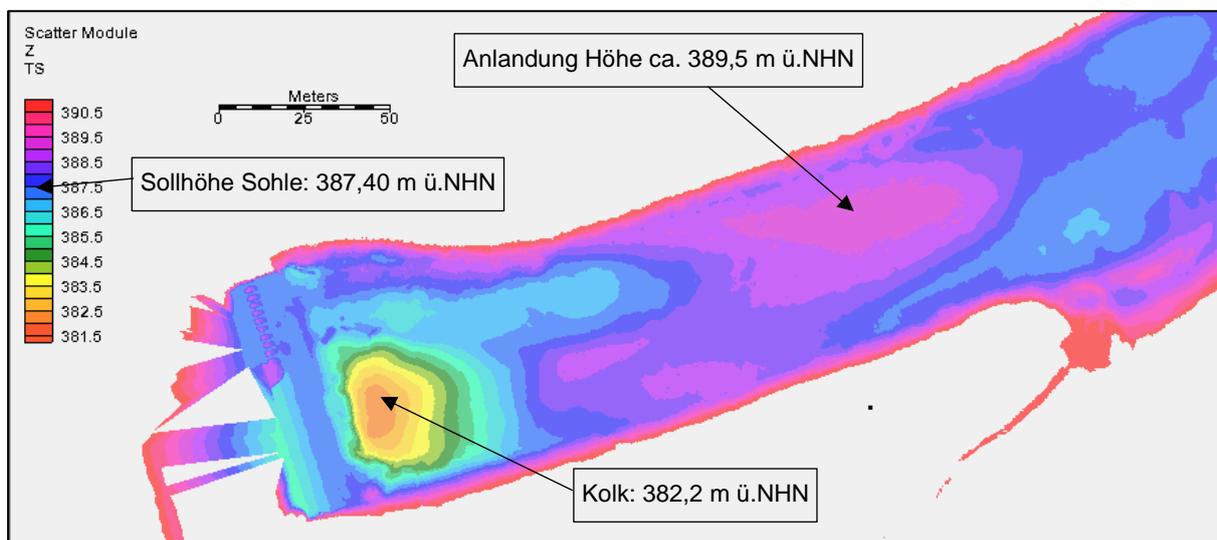


Abbildung 41: Auswertung Fächerecholotdaten (Quelle: Trenkle, 2015)

Das Volumen des Kolkes wurde basierend auf den Fächerecholotvermessungen von Trenkle 2015 errechnet; es beträgt ca. 5.000 m³. Archivplänen ist zu entnehmen, dass sich bereits bis 1972 ein Kolk mit 4,5 m Tiefe gebildet hatte. Im weiteren Verlauf des Gerinnes sind keine auffälligen Eintiefungen oder Ablagerungen zu erkennen.

Spundwand am linken Ufer, Böschungen links und rechts

Am linken Ufer UW des Leerschusses befindet sich zum Schutz der Böschung auf ca. 75 m Länge eine Spundwand am kanalseitigen Böschungsfuß. Anlässlich der Betauchung 2023 (Q7.6) wurde festgestellt, dass Bereiche des Spundwandfußes trotz einer Sicherung durch einen Steinwurf freiliegen.

Die Böschungen des Kanals sind beidseitig stark bewachsen und wurden regelmäßig durch Steinwurf gesichert. Der Bewuchs wird als schützenswert eingestuft, siehe Abbildung 42.



Abbildung 42: Bewuchs und Steinwurf an den Böschungen links und rechts (PG-SKUP, 2023)

7.2.2 Freibord Abschnitt 4

Linkes Ufer

Der Deich am linken Ufer wurde auf eine Freibordhöhe von 1,5 m auf das damalige BHW 1959 der Isar ausgelegt. Der vorhandene Freibord auf das derzeit gültige BHW der Isar beträgt zwischen ca. 40 cm bei LD-km 10+150 und ca. 70 cm ab LD-km 10+500. Am Durchlass der Fischwanderhilfe beträgt der vorhandene Freibord 60 cm. Es bestehen also wesentliche Defizite zum Freibord gemäß Bescheid.

Gemäß Vereinbarung mit dem WWA LA vom März 2024 soll der Deich im Zuge der Ertüchtigungsmaßnahmen auf ein Freibord von 0,6 m auf den aktuell gültigen BHW der Isar ausgebaut werden.

Rechtes Ufer

Das gesamte rechte Ufer liegt im Einschnitt.

7.3 Art und Umfang des Vorhabens – Sanierung Abschnitt 4

7.3.1 Sanierung Abschnitt 4, Kanalsohle

Da sich der Kolk in den vergangenen Jahren 50 Jahren nur noch wenig eingetieft hat, wird davon ausgegangen, dass der Gleichgewichtszustand nahezu erreicht ist und nur noch geringe Austragungen zu erwarten sind. Dies wird durch Peilungen von SWM kontrolliert.

Da die größte Auskolkungstiefe mit ca. 382,2 m ü.NHN schon ca. 1,2 m unterhalb der Unterkante der Spundwand zur Nachbodensicherung des WKW UP2 (383,40 m ü.NHN) festgestellt wurde, soll eine Sicherung der querlaufenden Spundwand durch Wasserbausteinvorschlüttung ohne vollständige Verfüllung des Kolks hergestellt werden. Hierfür wird eine 2,5 m breite Anschüttung aus Wasserbausteinen mit einer Neigung von 1:3 an das Ende der Nachbodensicherung angeschlossen.

Die auf der ursprünglichen Sohle lagernden Anlandungen unterwasserseitig des Kolks können aufgrund des großen Restfließquerschnitts verbleiben.

7.3.2 Sanierung Abschnitt 4, linkes Ufer – Deich

Aufgrund des schützenswerten zu erhaltenden Bewuchses werden an den Einschnittsböschungen keine Sanierungsmaßnahmen ausgeführt. Um diesen Bewuchs erhalten zu können, berücksichtigen die Maßnahmen zur Erhöhung des Isardeichs an der linken Böschung die Gefahr von Windwurf an der bestehenden Böschung. Der Deich soll von der Kanalböschung in Richtung Vorland so abgerückt werden, dass im Böschungsbereich ein 1,5 m breites Überprofil entsteht, das zur statischen Wirksamkeit des Deichkörpers nicht beitragen muss.

Die Deichkrone wird 4,5 m breit und zur Isarseite hin mit 2 % geneigt; der Deichkronenweg wird mit 3,5 m Breite ausgebaut. Die Deichhöhe ist im Abschnitt L4b veränderlich; das Mindestmaß ergibt sich aus dem BHW der Isar zuzüglich 0,60 m für den Freibord. Durch die Maßnahme wird die ehemals vorhandene, isarseitige Berme überbaut. In die Böschung unterhalb der Berme wird nicht eingegriffen.

Um ein einheitliches Schutzmaß zu gewährleisten, wird gemäß Vereinbarung mit dem WWA Landshut die beschriebene Ertüchtigung für den Deich im Unterhaltsbereich des WWA Landshut von LD-km 10+680 bis zum Sektorwehr fortgeführt.

7.3.3 Sanierung Abschnitt 4, Einschnittböschung rechts

Aufgrund des schützenswerten zu erhaltenden Bewuchses werden an den Einschnittböschungen keine Sanierungsmaßnahmen ausgeführt. An der rechten Einschnittböschung kann bei Windwurf die Böschung lokal ertüchtigt werden.

8 Retentionsvolumenverlust

Im gesamten Planungsabschnitt des MIK H6 reicht der Hochwasserspiegel der Isar bis an die bestehenden Uferbauwerke am linken Ufer der MIK H6. Bis LD-km 5+150 ist das BHW der Isar höher als der bei Hochwasser der Isar einzuhaltende Kanalwasserspiegel; in diesem Abschnitt wird das Uferbauwerk als Hochwasserschutz-Deich bezeichnet. Das BHW steht hier bis 1,0 m unter die Deichkrone; der Anteil der vom BHW beaufschlagten Deichkörper ist also vergleichsweise hoch. Im Dammbereich ab LD-km 5+150 bis zum WKW UP2 nimmt die Höhe des an der isarseitigen Böschung anstehenden Hochwassers von ca. 1,6 m auf 1,1 m ab.

8.1 Aufstellung des Volumenverlustes

Die unter Kapitel 3 bis 7 beschriebenen Sanierungsmaßnahmen am Deich und Stauhaltungsdamm wurden soweit möglich innerhalb der derzeitigen Aufstandsfläche und Dammkontur geplant; da bei erforderlichen Deich- oder Dammverstärkungen nicht zur Kanalseite ausgewichen werden kann, war dies jedoch nicht immer möglich und es muss stattdessen (wenn auch in geringem Umfang) in den Überschwemmungsraum der Isar eingegriffen werden.

Folgende Tabelle 2 zeigt für die einzelnen geplanten Maßnahmen die Verlustfläche und das auf die Maßnahmenlänge errechneten Verlustvolumen und stellt diese den aus dem UmweltAtlas abgeschätzten gesamten von der Isar bei BHW beaufschlagten Flächen und dem Volumen gegenüber. Die Fließtiefe der Isar mit Angabe von 1 bis 2 m im UmweltAtlas wurde auf der sicheren Seite pauschal mit 1,5 m angenommen.

Tabelle 2: Gegenüberstellung Retentionsraumverlust mit Fließquerschnitt Isar

QS	Länge	Fließquerschnitt		Fließvolumen		Baumaßnahme
		Verlust	Isar bei BHW gesamt (überschlägig)	Verlust	Isar bei BHW gesamt (überschlägig)	
	[m]	[m ²]		[m ³]		
L1a	800	-	1.500	-	1.200.000	-
L1b	50	1,1	1.200	60	60.000	Deichsanierung
L1c	200	3,0	975	610	195.000	
L1d	1100	1,4	975	1.510	1.073.000	
L2a	700	-	1.050	-	735.000	-
L2b	300	-	600	-	180.000	
L2c	350	0,8	750	270	263.000	Neubau Dammhinterweg
L2d	900	0,7	825	670	743.000	
L2e	450	0,7	900	300	405.000	
L2f	850	1,3	975	1.070	829.000	
L3a	400	0,1	975	50	390.000	
L3b	1930	1,0	1.600	1.950	3.088.000	
L4	713	0,02	1.050	10	749.000	Deichsanierung
SUMME				6.500	9.910.000	

Der durch die geplanten Baumaßnahmen bei einem Bemessungshochwasser der Isar entstehende Retentionsraumverlust beträgt ca. 6.500 m³. Nach dem UmweltAtlas Bayern steht das einem überschlägig ermittelten gesamten Flutvolumen im Bereich MIK H6 von ca. 10.000.000 m³ gegenüber. Dies entspricht einem Retentionsvolumenverlust von 0,07 %.

Zeitlich betrachtet bedeutet ein Verlust eines Volumens von 6.500 m³ einer Wassermenge, die von der Isar bei BHW (1.300 m³/s) in 5 Sekunden in den betrachteten Fließraum fließt.

Der Retentionsraumverlust wird verursacht durch die Herstellung eines Deiches gemäß DIN 19712 mit ausreichender Höhe und einem Ausbau der Deichkrone mit Verteidigungsweg und durch die Erstellung für Dammhinterwege, die nach DIN 19700-13 für Stauhaltungsdämme mit Höhen > 3 m zur Dammverteidigung erforderlich sind. Die Maßnahmen dienen also der Erhöhung der Standsicherheit, der Deich- und Dammverteidigung im Hochwasserfall.

Das großräumige Abflussgeschehen wird durch die geplanten Sanierungsmaßnahmen an bestehenden Deich- und Dammbereichen nicht beeinflusst; es entstehen keine abflussbehindernden Querbauwerke oder ähnliches. Durch das Freistellen der isarseitigen Böschung von größerem Bewuchs und damit einher gehender Reduzierung der Rauigkeit wird das Fließgeschehen am Deich und Damm begünstigt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die geplanten Baumaßnahmen am linken Ufer des MIK H6 zwar geringfügig in das Überschwemmungsgebiet der Isar eingreifen, das Vorhaben jedoch der Forderung nach einem DIN-gemäßen Zustand der Dämme und Deich am MIK H6 nachkommt und zu einer Verbesserung des Hochwasserschutzes führt.

8.2 Machbarkeit Retentionsraumausgleich

In Abstimmung mit den Behörden wurde geprüft, ob es Möglichkeiten gibt, den entstehenden Verlust an Retentionsraum funktionsgleich zu kompensieren.

Dabei wurde festgestellt, dass die fehlende Verfügbarkeit geeigneter Grundstücke ein wesentliches Hindernis darstellt. In der näheren Umgebung befinden sich keine freien Flächen im Eigentum der SWM, die als Ersatz für den verlorenen Retentionsraum genutzt werden könnten. Bestehende Flächen sind entweder bereits anderweitig überplant (z. B. als Dammhinterweg) oder für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen gewidmet. Auch die angrenzenden, im öffentlichen Eigentum stehenden Grundstücke sind stark bewachsen und als Naturwald gewidmet, was eine Umgestaltung ausschließt.

Ein weiteres Hindernis ergibt sich aus den naturschutzfachlichen Eingriffen, die mit Maßnahmen zum Retentionsraumausgleich einhergehen würden. Das Projektgebiet und seine Umgebung beherbergen wertvolle ökologische Lebensräume, die gesetzlich geschützt sind. Eine Umgestaltung oder Inanspruchnahme dieser Flächen würde naturschutzrechtliche Verbotstatbestände erfüllen und kann ökologische Konsequenzen nach sich ziehen, wie den Verlust von Lebensräumen für seltene Arten. Solche Eingriffe stehen damit im Widerspruch zu bestehenden Umweltgesetzen und -richtlinien, deren Ziel es ist, ökologische Schäden zu verhindern oder zumindest zu minimieren.

Die oben genannten Überlegungen verdeutlichen, dass aufgrund der räumlichen Gegebenheiten und der Umweltvorgaben keine technisch machbare und in Bezug auf den Naturschutz verhältnismäßige Lösung zum Retentionsraumausgleich gefunden werden kann.

9 Zuläufe zum MIK H6

9.1 Große Sempt

Bei RD-km 2+300, unterwasserseitig der Brücke der BAB A92 mündet das Wasserkraftwerk Sempt mit Fischaufstiegshilfe der Großen Sempt in den MIK H6. Die Mündungsstelle ist ca. 10 m rückversetzt vom Kanal befestigt, siehe Abbildung 43.



Abbildung 43: Mündung WKW Sempt und FAA der Großen Sempt in den MIK H6 bei RD-km 2+300

Am rechten Ufer ist an der Kanalböschung die Ausführung von Regelquerschnitt R1a mit einer Vorschüttung von Schroppen bis in Höhe 401,6 m ü.NHN vorgesehen. Die Maßnahme wird im Mündungsbereich angepasst bzw. läuft beidseitig in den Ausrundungsbereich der Böschung aus. Die Anschüttung wird in den Anschlussbereichen an die Betonböschung mit Betonverfugung ausgeführt.

9.2 Kleine Sempt

Zugehörige Pläne:

- Lageplan Echinger Speichersee: UP2-GP-101
- Sanierungsmaßnahmen Kleine Sempt: UP2-GP-210
- Ersatzneubau Brücke UP66 Kleine Sempt: UP2-GP-211

9.2.1 Allgemeines zu Kleine Sempt, Unterhaltsbereich der SWM

Die Kleine Sempt ist ein Gewässer II. Ordnung. Die nördlich der Bundesstraße B11 von der Sempt abzweigende Kleine Sempt verläuft zwischen der B11 und dem MIK H6 Richtung Osten; bei RD-km 4+820 mündet die Kleine Sempt in den Echinger Speichersee. Im letzten 173 m langen Abschnitt nach der Brücke der Gemeindestraße „Wagenäcker“ verläuft die Kleine Sempt in einem Betongerinne mit beidseitigem Stauhaltungsdamm. Dieser Bereich liegt im Unterhalt der SWM und gehört zum Maßnahmenbereich. Das Gerinne ist insgesamt ca. 2,1 bis 2,3 m tief. Die 15 cm starke Betonauskleidung ist 1,6 m bis 1,8 m hoch, in der Böschung mit 1:1,5 geneigt und die Sohle ist ca. 2m breit. Die planmäßige Längsneigung beträgt 0,15%, siehe Abbildung 9.



Abbildung 9: Fließstrecke Mündungsbereich Kleine Sempt, Foto gegen die Fließrichtung (PG-SKUP 2023)

Kurz vor der Mündung kreuzt der Sickergraben mit einem Durchlass UP68 unter der Sohle der Kleinen Sempt und der Dammkronenweg mit einem Brückenbauwerk UP66, siehe Abbildung 44.



Abbildung 44: Mündung Kleine Sempt mit Brücke UP66, Bau + Plan GmbH 2017

9.2.2 Zustandsbewertung Kleine Sempt im Unterhaltsbereich der SWM

Die vorhandene Betonauskleidung ist aufgrund von Rissen, Brüchen und Betonabplatzungen in den Fugenbereichen in einem sanierungsbedürftigen Zustand. Außerdem weisen die Platten ein Versatzmaß auf. Die Dammkronenhöhe soll gemäß Bescheid und Archivplänen über ein Freibord von 1,0 m auf den maximalen gestauten Wasserspiegel (= 410,55 m ü.NHN) verfügen; derzeit ist der linke Damm zur Erfüllung dieses Kriteriums bis zu ca. 55 cm und der rechte Damm bzw. das rechte Ufer bis zu ca. 45 cm zu niedrig. Die Dammkronen waren beidseitig ursprünglich 2 m breit; mit dieser Breite kann kein maschineller Unterhalt betrieben werden. Derzeit ist nur am linken Ufer ein ca. 2,3 m breiter, befestigter Dammkronenweg vorhanden. Die Brücke UP66 des Dammkronenwegs über die Kleine Sempt ist gering belastungsfähig und mit einer lichten Weite von 2,4 m zu schmal für ein Dammverteidigungsfahrzeug. Der Brückenunterbau bzw. die Widerlager stammen noch aus der Erstellungszeit von MIK H6 und sind in keinem guten Zustand bzw. können für eine Erhöhung der Belastbarkeit der Brücke nicht verstärkt werden. Die Überführung des Dammkronenwegs über die Kleine Sempt muss also neu erstellt werden.

9.2.3 Art und Umfang des Vorhabens – Sanierungsmaßnahmen an der Kleinen Sempt im Unterhaltsbereich der SWM

Der Dammbereiche der Kleinen Sempt mit Dammfuß werden von Bewuchs freigestellt.

Der linke Damm und das rechte Ufer werden im Bereich des Flurstücks im Eigentum der SWM auf den erforderlichen Freibord von 1,0 m auf 405,55 m ü.NHN erhöht. Der linke Damm wird zur Luftseite hin verstärkt und auf der Dammkrone ein 3,0 m breiter Weg erstellt. Für diese Dammverstärkung ist ein Grunderwerb eines ca. 2,3 m breiten Streifens auf ca. 120 m Länge erforderlich; siehe hierzu Grundstücksverzeichnis Anlage 12.01. Am rechten Ufer wird ebenfalls der Freibord hergestellt und ein Fußweg erhalten.

Die brüchige Betonauskleidung und die Brücke UP66 werden abgebrochen. Die Betonauskleidung wird auf einer Sauberkeitsschicht aus Kies mit gleicher Geometrie neu erstellt. Am Auslauf geht das Betongerinne in einen 5,3 m breiten und 3,6 m hohen Wellstahldurchlass über. Der Durchflussquerschnitt wird mit dem Ersatzneubau nicht eingeschränkt, siehe Abbildung 45.

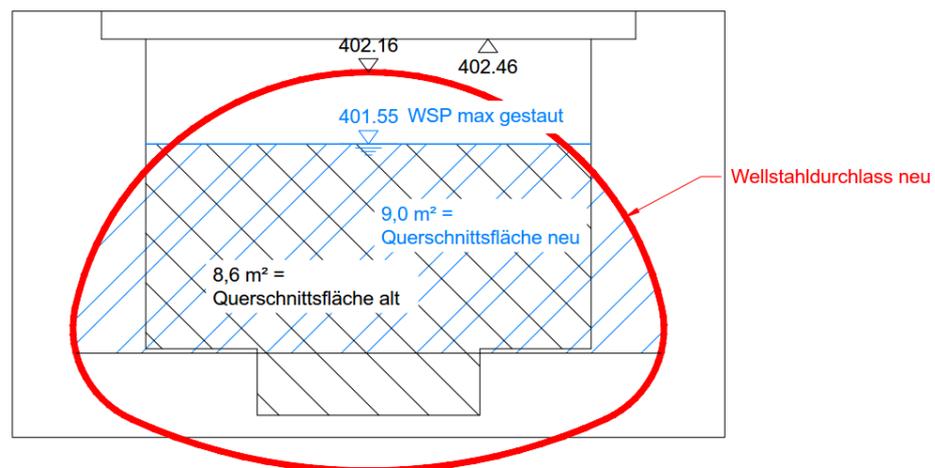


Abbildung 45: Vergleich Brückenquerschnitt UP66 an Kleiner Sempt Bestand und Ersatzneubau

Im ca. 10 m lang Übergangsbereich wird die Böschung und die Sohle als verfugter Wasserbausteinverbau gesichert. Im Wellstahldurchlass wird die Gerinnesohle aus Sohlsubstrat hergestellt. Der Wellstahldurchlass erhält bis zur Dammkrone ein ca. 0,8 m starke Überdeckung und ist damit für Schwerlastverkehr bis 16,7 kN/m² (ehemals SLW30) belastbar.

Der die Kleine Sempt unterhalb der Gerinnesohle kreuzende Durchlass des Sickergrabens bleibt unverändert erhalten und wird saniert, siehe Anlage 03.01.08.

9.3 Aubach

Zugehörige Pläne:

- Lageplan Echinger Speichersee: UP2-GP-101
- Sanierungsmaßnahmen Aubach: UP2-GP-220
- Ersatzneubau Durchlass UP71 Aubach: UP2-GP-221

9.3.1 Allgemeines zu Aubach, Unterhaltsbereich der SWM

Der Aubach ist ein Gewässer III. Ordnung und wird durch Kunststoffrohre aus den Fischteichen jenseits der Kleinen Sempt beschickt (ebenfalls Wasser aus der Kleinen Sempt). Er hat eine Fließstrecke von ca. 1,2 km und mündet etwa 700 m östlich der Kleinen Sempt bei RD-km 5+520 in den Echinger Speichersee. Der kurze Aubach beginnt in Weixerau und verläuft zwischen Fischerstraße bzw. Apoigstraße und MIK H6 Richtung Osten. Im letzten 162 m langen Abschnitt nach der Feldwegüberführung (Brücke UP69) am südlichen Ende des Unterhaltsbereichs der SWM / Fl.Nr. 448 verläuft der Aubach in einem Betongerinne mit beidseitigem Damm, siehe Abbildung 46.



Abbildung 46: Fließstrecke Mündungsbereich Aubach, Aufnahme in Fließrichtung (PG-SKUP 2023)

Gemäß Archivplan liegt die Dammkrone mit einem Freibord von 1,0 m auf den max. Speicherseewasserspiegel. Das Gerinne ist insgesamt ca. 3,0 bis 3,3 m hoch. Die 15 cm starke Betonauskleidung ist 2,5 m bis 2,8 m hoch und in der Böschung mit 1:1,5 geneigt; die Sohle ist ca.

0,8 m breit. Die planmäßige Längsneigung beträgt 0,19%. Ca. 20 m vor der Mündung des Aubach kreuzt eine Doppelrohrdurchlass UP70 (2 x DN 1000); er bildet die Verbindung zwischen den beiden Sammelbecken Pumpwerk Apoig rechts und links des Aubachs. Kurz vor der Mündung kreuzt der Dammkronenweg mit einem Brückenbauwerk UP71 den Aubach, siehe Abbildung 47.



Abbildung 47: Brücke UP71 über den Aubach

9.3.2 Zustandsbewertung Aubach im Unterhaltsbereich der SWM

Die vorhandene Betonauskleidung des Bachgerinnes ist in Bezug auf den geringen Durchfluss ohne Hochwasserführung des Aubachs in einem guten Zustand. Die Dammkronenhöhe soll gemäß Bescheid und Archivplänen über ein Freibord von 1,0 m auf den maximalen gestauten verfügen; derzeit ist das linke Ufer bis zu ca. 40 cm und der rechte Damm bzw. das rechte Ufer bis zu 70 cm für die Erfüllung dieses Kriteriums zu niedrig. Die Dammkronen waren beidseitig ursprünglich 2 m breit; durch einen vermutlich zum Erhalt eines breiteren Weges durchgeführten Abtrag der Dammkronen sind sie ca. 3,0 bis 3,7 m breit; mit dieser Breite kann maschineller Unterhalt betrieben werden. Die Dammkronen sind nicht befestigt, sondern als Wiesenwege angelegt. Die Brücke UP71 des Dammkronenwegs über den Aubach ist gering belastungsfähig und mit einer lichten Weite von 2,6 m zu schmal für ein Dammverteidigungsfahrzeug. Der Brückenunterbau bzw. die Widerlager stammen noch aus der Erstellungszeit von MIK H6 und sind in keinem guten Zustand bzw. können für eine Erhöhung der Belastbarkeit der Brücke nicht verstärkt werden. Die Überführung des Dammkronenwegs über den Aubach muss also neu erstellt werden.

9.3.3 Art und Umfang des Vorhabens – Sanierungsmaßnahmen am Aubach im Unterhaltsbereich der SWM

Das Gerinne im Auslaufbereich und die vorhandene Bücke UP71 werden abgebrochen. Als Ersatzneubau für die Brücke UP71 wird ein 4,51 m breiter und 4,01 m hoher Wellstahldurchlass erstellt. Der Durchflussquerschnitt wird mit dem Ersatzneubau nicht eingeschränkt, siehe Abbildung 48. Die Sohle im Durchlass wird auf die derzeit vermessene Bestandssohle angeglichen.

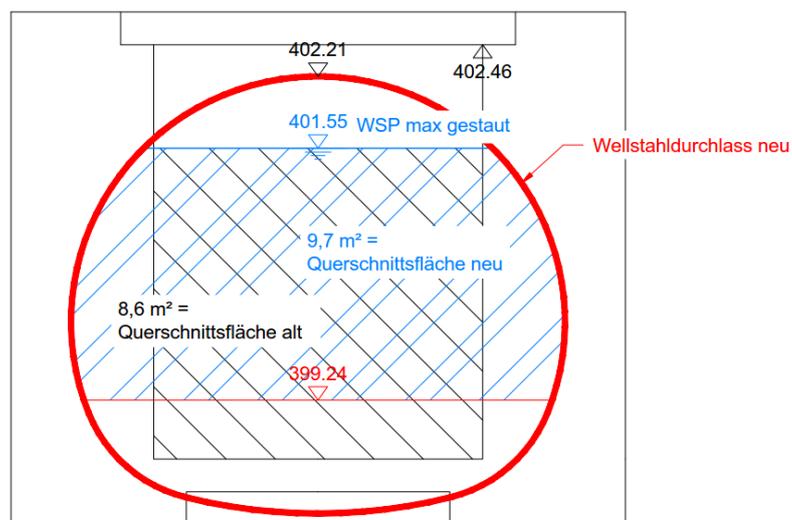


Abbildung 48: Vergleich Brückenquerschnitt UP71 am Aubach Bestand und Ersatzneubau

Im ca. 10 m lang Übergangsbereich zwischen Durchlass und bestehendem Betongerinne wird die Böschung und die Sohle als verputzter Wasserbausteinverbau gesichert. Im Wellstahldurchlass wird die Gerinnesohle aus Sohlsubstrat hergestellt. Der Wellstahldurchlass erhält bis zur Dammkrone ein ca. 0,8 m starke Überdeckung und ist damit für Schwerlastverkehr bis 16,7 kN/m² (ehemals SLW30) belastbar.

Im Sinne des Minimierungsgebots hat SWM für den Aubach im Bereich der Unterhaltsbereichs der SWM ein Freibordberechnung erstellen lassen, siehe hierzu Anlage 03.02.02. Aufgrund des geringen Fließquerschnitts und der geringen Fließtiefe ist ein Freibord von 40 cm ausreichend und wird für den Aubach im Bereich der Unterhaltsbereichs der SWM beantragt. Die erforderliche Dammhöhe beträgt demnach 401,95 m ü.NHN. Der rechte Damm ist im Anschluss an die Rampe zum Stauhaltungsdamm auf ca. 60 m Länge um bis 20 cm zu erhöhen, ansonsten ist der erforderliche Freibord am Aubach bereits im Bestand eingehalten. Im Ausbaubereich wird auf der Dammkrone ein 3 m breiter Weg befestigt. Am linken Damm ist keine Maßnahme erforderlich.

Die Feldwegüberführung UP69 und der den Aubach kreuzende Doppelrohrdurchlass UP70 der beiden Sammelbecken Pumpwerk Apoig bleiben unverändert erhalten.

9.4 Gleißenbach

Zugehörige Pläne:

- Lageplan Echinger Speichersee: UP2-GP-101
- Sanierungsmaßnahmen Gleißenbach: UP2-GP-230

9.4.1 Allgemeines zu Gleißenbach, Unterhaltsbereich der SWM

Der Gleißenbach ist ein Gewässer III. Ordnung. Er entspringt in der Nähe des gleichnamigen Ortes Gleißenbach ca. 5 km südöstlich des Echinger Speichersees, in den er mündet, siehe Abbildung 49.



Abbildung 49: Mündungsbereich des Gleißenbachs, Aufnahme gegen die Fließrichtung

Der Gleißenbach läuft von Viecht in südöstlicher Richtung dem Echinger Speichersee zu und mündet im Bereich der Stauseestraße bei RD-km 5+530 in den Speichersee. Die Straßenbrücke über den Gleißenbach ist im Besitz und Unterhalt der Gemeinde Eching. Das Gerinne des Gleißenbach ist bis auf Höhe des Huberhofes auf ca. 240 m Länge im Unterhaltsbereich der SWM (Fl.Nr. 19).

Im letzten, ca. 240 m langen Abschnitt, verläuft der Gleißbach in einem befestigten Gerinne mit einem Damm links. Auf den letzten 95 m verläuft auch rechts ein Damm. Gemäß Archivplan liegt die 2 m breite Dammkrone mit einem Freibord von 1,0 m auf den max. Speicherseewasserspiegel vor. Das Gerinne ist insgesamt ca. 1,7 m bis 2,8 m hoch. Im letzten 100 m langen Abschnitt des Gerinnes ist eine 15 cm starke Betonauskleidung vorhanden; diese ist 2,2 m hoch und in der Böschung mit 1:1,5 geneigt; die Sohle ist 1,5 m breit. Oberwasserseitig der Betongerinnes schließt sich ein ca. 140 m langes Gerinne mit gepflasterter Sohle an.

Kurz vor der Mündung kreuzt ein Rohrdurchlass UP76 (DN 500) den Gleißbach und verbindet den Sickergraben des Stauhaltungsdammes. Am Beginn des Rohrdurchlasses (rechts des Gleißbachs) gibt es ein Schachtbauwerk; am Ende des Durchlasses (links des Gleißbachs) ein Auslaufbauwerk, siehe Abbildung 50 und Anlage 03.01.08.



Abbildung 50: Durchlass UP76: Schachteinlauf (linkes Bild) und Schachtauslauf (rechtes Bild), SWM 2023

9.4.2 Zustandsbewertung Gleißbach im Unterhaltsbereich der SWM

Die vorhandene Betonauskleidung im Dammbereich ist aufgrund von Rissen, Brüchen und Betonabplatzungen in den Fugenbereichen in einem sanierungsbedürftigen Zustand. Der Zustand des Gerinneabschnitts mit gepflasterter Sohle/Auskleidung liegt im Einschnitt.

Die Dammkronenhöhe soll gemäß Bescheid und Archivplänen über ein Freibord von 1,0 m auf den maximalen gestauten Wasserspiegel (= 410,55 m ü.NHN) verfügen; derzeit ist der linke Damm im Mittel ca. 20 cm und im Anschluss an den Stauhaltungsdamm des Sees bis zu ca. 70 cm zu niedrig. Am rechten Ufer ist der Bereich in Dammlage kürzer; ab ca. Station-km 0+100 geht der Damm aufgrund einer Geländekante relativ sprunghaft in einen Einschnitt über. Der rechte Damm ist bis zu 5 cm zu niedrig. Die Dammkronen waren beidseitig ursprünglich 2 m breit; im derzeitigen Zustand sind die Dammkronen durch Abtrag oder durch Setzungen

ca. 2,6 bis 3 m breit und für den Unterhalt bedingt befahrbar. Die Dammkrone ist stark abgerundet und die Geometrie für den Unterhalt nicht ausreichend. Zusätzlich besteht beidseitig im Dammbereich z.T. dichter Bewuchs, der die Standsicherheit des Damms gefährdet.

9.4.3 Art und Umfang des Vorhabens – Sanierungsmaßnahmen am Gleißenbach im Unterhaltsbereich der SWM

Die Dammbereiche des Gleißenbachs werden gem. der Forderungen aus der DIN 19700 von Bewuchs freigestellt.

Der linke Damm wird auf der gesamten Länge des Unterhaltsbereich auf 405,55 m ü.NHN erhöht. Im Zuge der Dammertüchtigung werden auch die Wurzelstöcke entfernt. Auf 200 m Länge wird der Damm zur Luftseite hin verstärkt und auf der Dammkrone ein 3,0 m breiter, befestigter Weg erstellt. Der bisher am Dammfuß verlaufende, kleine Entwässerungsgraben muss für die Dammverbreiterung überschüttet werden. Die Verfüllung des Grabens und die ersten Schichten des Damms werden mit Drainageschotter ausgeführt. Die so entstehende Drainagezone wird dem Sickergraben zugeführt; dadurch wird die Binnenentwässerung des Hinterlands weiterhin gewährleistet. Am rechten Damm wird die für den linken Damm beschriebene Maßnahme einschließlich der Drainagezone am Dammfuß auf ca. 100 m Länge bis zum Übergang in den Einschnitt ausgeführt. Die Böschungsneigung für die Dammverstärkung wird so angepasst, dass die Maßnahme innerhalb des Flurstücks im Eigentum der SWM durchgeführt wird und kein Grunderwerb erforderlich wird.

Die brüchige Betonauskleidung wird ab der Stauseestraßenbücke bis zum Ende der Betonauskleidung abgebrochen und eine neue Betonauskleidung auf Sauberkeitsschicht aus Kies mit gleicher Geometrie erstellt.

10 Unterschriften

PG-SKUP

München, den 07.03.2025


Hans J. Hanke


i.A. Anna Hausner

11 Zugehörige Grundlagen

Für die Erstellung dieses Berichts fanden folgenden Unterlagen Verwendung:

- (Q7.1) Bestandspläne aus dem Archiv der SWM München
- (Q7.2) Beschluss des Landratsamtes Freising vom 31.12.1959
- (Q7.3) Gutachterliche Stellungnahme zu den Planungsgrundlagen für die Ertüchtigung der Stauhaltungsdämme für die Kraftwerke Uppenborn 1 und 2, Prof. (em.) Dr.-Ing. Theodor Strobl, 14.04.2018
- (Q7.4) Vermessung (Befliegung) Wasserbau fit Projekt Uppenborn, Steinbacher Consult, 2014
Fächerecholotvermessung Trenkle 2015
Vermessung Dämme und Bauwerke, SWM 2017 bis 2023
Vermessung GeoPlus, 2023
- (Q7.5) Dokumentation zur Bootsbefahrung durch PG-SKUP und SWM, 30.05.2023
- (Q7.6) Dokumentation zur Betauchung im Februar 2023 an verschiedenen Anlagenteilen der WKW UP2

Verwendete Normen, Regelwerke

- DIN 19700-10:2004-07: Stauanlagen Teil 10 - Gemeinsame Festlegungen
- DIN 19700-13:2019-06: Stauanlagen Teil 13 – Staustufen; Kap. 6 Stauhaltungsdämme
- DIN EN 1997-1:2014-03: EC 7, Entwurf, Berechnungen und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln
- DIN 1054:2021-04: Baugrund, Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
- DIN 4084:2021-11: Baugrund, Geländebruchberechnung
- DIN 19702:2013-02: Massivbauwerke im Wasserbau – Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Skizze: Definition Kanal im Einschnitt / Dammlage und im Übergang, Definition Damm/Deich	8
Abbildung 2: Einteilung des Projektgebiets Anlagenbereich WKW UP2 in Abschnitte	9
Abbildung 3: Bezeichnung einzelner Bestandteile im Projektteilgebiet MIK H6 (Bildquelle: BayernAtlas).....	10
Abbildung 4: Ansicht Brücke UP73 am Pumpwerk Apoig	19
Abbildung 5: Regelquerschnitt des MIK H6 von K-km 1+970 bis 4+140 (Archivplan 743) (Q7.1).....	20
Abbildung 6: Regelquerschnitt zur ergänzten Spundwand links (Archivplan Nr. 11)	21
Abbildung 7: Querprofil bei K-km 2+350 zur seitlichen Kiesentnahme, Archivplan 757 (Q7.1).....	22
Abbildung 8: Regelquerschnitt zur ergänzten Spundwand rechts (Archivplan Nr. 11) (Q7.1)	22
Abbildung 9: Sickerwasserfenster linke Kanalböschung bei WSP bei ca. 400,0 m ü.NHN ...	23
Abbildung 10: Gleitkreisversagen bis zur Deichkrone und abgerutschte Betonplatte bei K-km 3+530 (Bild: 2013 SWM).....	24
Abbildung 11: Böschungsrutschung bei K-km 2+300 links (Foto: SWM 03/2023)	24
Abbildung 12: Loch in der rechten Betonböschungsauskleidung, Tiefe > 2 m.....	25
Abbildung 13: Fuge offen mit Kiesausspülung bei RD-km 3+450, (PG-SKUP 2023).....	26
Abbildung 14: Fugenverguss zwischen Böschungsplatten (linkes Bild) und Arbeitsfuge (rechtes Bild), bei RD-km 3+550, (B+P 2022)	26
Abbildung 15: Schematische Darstellung der Schäden am rechten Ufer	27
Abbildung 16: Regelquerschnitt nach DIN 19712 mit Bestandsgelände (grün) überlagert	29
Abbildung 17: RQ rechts von K-km 4+700 bis 5+580, Archivplan Bestandsplan 12 [DHHN12] (Q7.1).....	35
Abbildung 18: Regelquerschnitt von K-km 4+140 bis 5+580, Archivplan Bestandsplan 12 [DHHN12] (Q7.1).....	36
Abbildung 19: Regelquerschnitt von K-km 4+000 bis 5+500, Archivplan 479 [DHHN12] (Q7.1).....	37
Abbildung 20: linkes Ufer ca. LD-km 4+750, Blick in Fließrichtung (Foto: PG-SKUP 2022)	38
Abbildung 21: Böschungsbeton bei ca. LD-km 5+200 (SWM 2021)	39
Abbildung 22: Böschungsbeton bei ca. LD-km 7+500 (SWM 2021)	39
Abbildung 23: Böschung links bei ca. LD-km 6+500	40
Abbildung 24: Schadstelle im Altbeton mit Sog.....	40
Abbildung 25: Blick Richtung Speichersee rechts bei ca. RD-km 4+450 (PG-SKUP 2022)..	41
Abbildung 26: Fehlstelle im Böschungsbeton, mit Schotter gesichert (B+P 2022).....	41
Abbildung 27: Böschung seeseitig der Sickerwasseraustritte am Stauhaltungsdammfuß.....	42
Abbildung 28: Böschung bei RD-km 6+100 (PG-SKUP 2023)	43
Abbildung 29: Böschung bei RD-km 6+100 (PG-SKUP 2023)	43

Abbildung 30: Böschungsbeton mit scholligem Bruch und tiefen Hohllagen (PG-SKUP 2023)	44
Abbildung 31: Hochufer bei ca. RD-km 7+100 (PG-SKUP 2022)	44
Abbildung 32: Lageplan ehem. Wehranlage Hofham mit Uferwänden und Sohlrampe (Archivplan 520) (Q7.1)	54
Abbildung 33: Regelquerschnitt des MIK H6 von K-km 8+190 bis 9+930 (Archivplan 739 [DHHN12]) (Q7.1)	54
Abbildung 34: Ausschnitt aus Bescheidsplan P20 Regelquerschnitt von Hofham bis WKW UP2 [DHHN12] (Q7.1)	55
Abbildung 35: Betonplatten, guter Zustand, Fugen mit Bewuchs, PG-SKUP 2023	57
Abbildung 36: Ausspülung an Sanierungsgrenze ca. 400,0 m ü.NHN (PG-SKUP 2023)	58
Abbildung 37: Ausspülung an Sanierungsgrenze ca. 400,0 m ü.NHN (PG-SKUP 2023)	58
Abbildung 38: Kanalauskleidung kurz vor linker Uferwand, Fugenbänder liegen lose (PG- SKUP 2023)	59
Abbildung 39: Lageplan des Abschnitts 4; WKW UP2 bis Mündung in die Isar	66
Abbildung 40: Ausschnitt aus Bescheidsplan UP1-UP2_P21_Regel- Querschnitte_Tekturplan_Blatt_2a_4b_M200 (Q7.1)	66
Abbildung 41: Auswertung Fächerecholotdaten (Quelle: Trenkle, 2015)	67
Abbildung 42: Bewuchs und Steinwurf an den Böschungen links und rechts (PG-SKUP, 2023)	68
Abbildung 43: Mündung WKW Sempt und FAA der Großen Sempt in den MIK H6 bei RD- km 2+300	74
Abbildung 44: Mündung Kleine Sempt mit Brücke UP66, Bau + Plan GmbH 2017	76
Abbildung 45: Vergleich Brückenquerschnitt UP66 an Kleiner Sempt Bestand und Ersatzneubau	77
Abbildung 46: Fließstrecke Mündungsbereich Aubach, Aufnahme in Fließrichtung (PG- SKUP 2023)	78
Abbildung 47: Brücke UP71 über den Aubach	79
Abbildung 48: Vergleich Brückenquerschnitt UP71 am Aubach Bestand und Ersatzneubau	80
Abbildung 49: Mündungsbereich des Gleißenbachs, Aufnahme gegen die Fließrichtung	81
Abbildung 50: Durchlass UP76: Schachteinlauf (linkes Bild) und Schachtauslauf (rechtes Bild), SWM 2023	82

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wasserspiegellagen für markante Stationen des MIK H6	13
Tabelle 2: Gegenüberstellung Retentionsraumverlust mit Fließquerschnitt Isar	72