Instandsetzung Durchlass im Damm der ehemaligen Bergwerksbahn Helbra

Bauwerksnummer:	01.2.094
Träger der Baumaßnahme:	Gemeinde Helbra über die Verbandsgemeinde Mansfelder Grund – Helbra An der Hütte 1 06311 Helbra

Voruntersuchungen

Leipzig, 01.10.2026

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis 2

1 Planungsaufgabe/Randbedingungen 4

1.1 Lage und Verkehrsweg 5

1.2 Angrenzende Gebäude und Anlagen 5

2 Bestandsbauwerk 5

3 Gesamtsituation 6

4 Bauwerksvarianten – Innenbereich 7

4.1 Variante 1 - Spritzbetonverstärkung 7

4.1.1 Variante 1a (Bereich IV) 8

4.1.2 Variante 1b (Bereich IV) 9

4.2 Variante 2 - Verrohrung 9

5 Bauwerksvarianten – Westportal 10

5.1 Variante 1 - Umfangreiche Sanierungsmaßnahme 10

5.2 Variante 2 - Notsicherung (analog Ostportal) 12

6 Detailpunkte 13

6.1 Durchflussberechnung 13

6.2 Wasserhaltung 13

6.3 Geländeausbildung 15

6.3.1 Anpassung Graben 15

6.3.2 Treibgutrechen 16

6.4 Laufsteg Innenbereich 16

6.4.1 Wassersammelbecken 17

6.5 Baustellenzufahrt Westseite 18

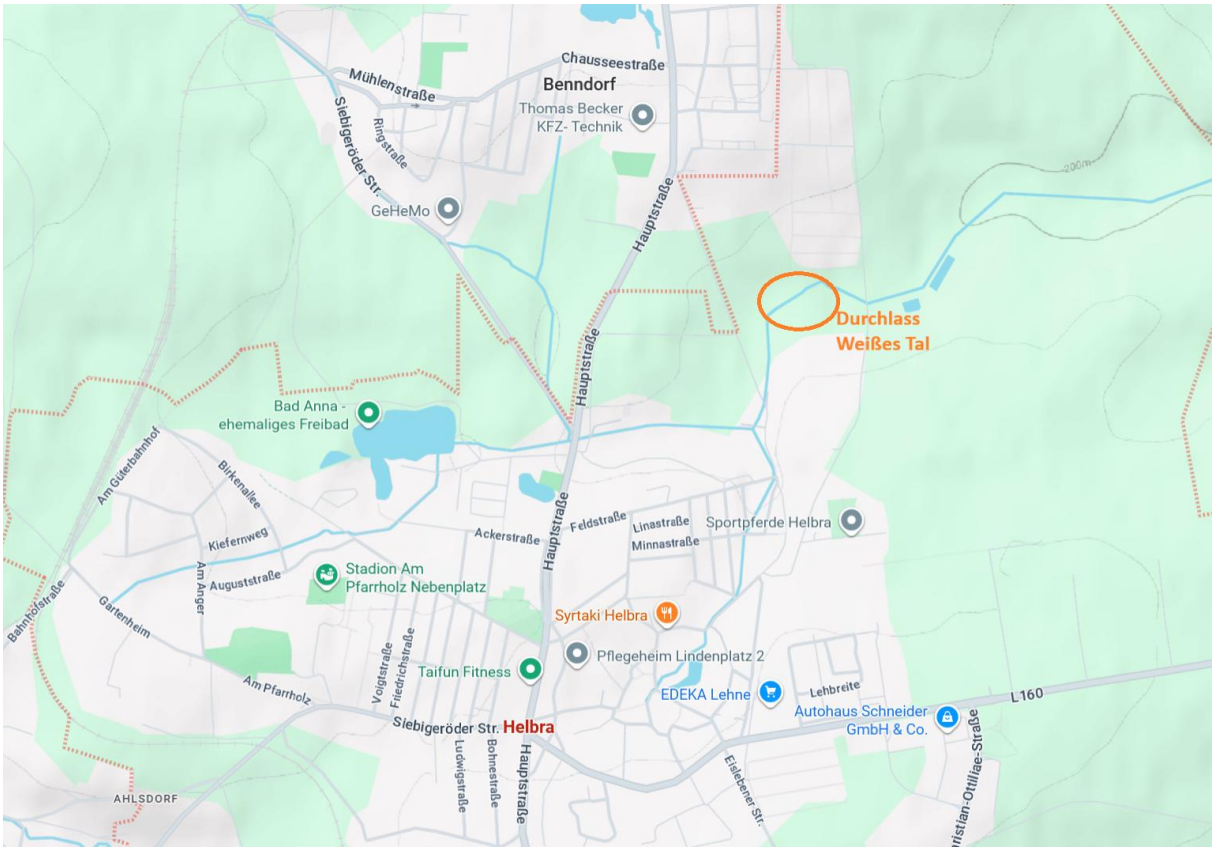
7 Variantenauswertung 19

7.1 Zusammenstellung der Varianten 19

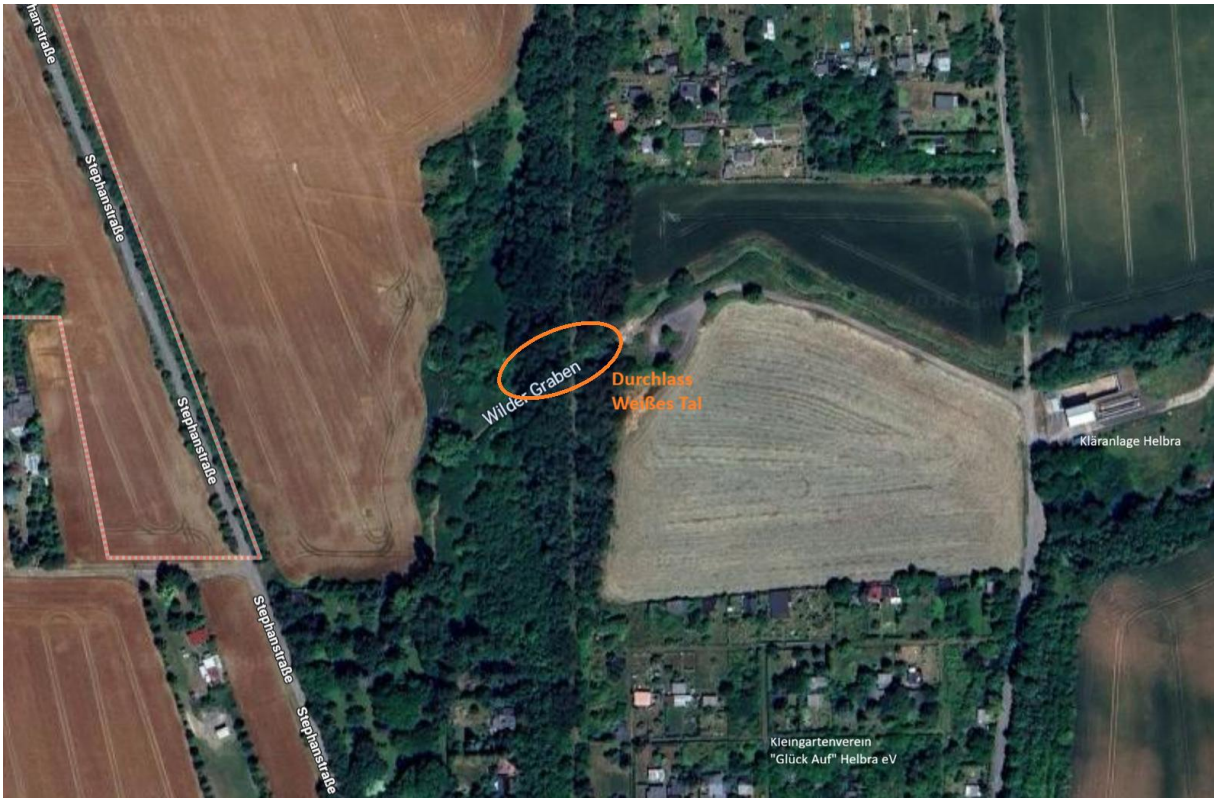
7.2 Auswertung 20

Anhang 21

Übersichtskarte



Detailkarte



1 Planungsaufgabe/Randbedingungen

Der Durchlass wurde im Jahre 1910 als Tunnelbauwerk im Zuge der Aufschüttung des Dammes für die Bergbaubahn errichtet und dient der Durchführung des Gewässers „Wilder Graben“ mit Fließrichtung von West nach Ost und einem Gefälle von 1,5 %. Parallel verläuft südlich des Durchlasses in ca. 6 m Abstand die Hauptabwasserleitung DN 400 zum nahe gelegenen Klärwerk Helbra.
Der Durchlass hat eine Länge von 55 m, der Querschnitt ist ein Tonnengewölbe von 2,50 m Höhe und 2,50 m Breite aus Stampfbeton. Der lichte Querschnitt wird einseitig durch die Berme einer ehemaligen Schmutzwasserleitung eingeschränkt, welche gleichzeitig als Revisionsgang dient.
Zum Osteingang führt vom Klärwerk her ein unbefestigter Fahrweg mit Wendeschleife, der Westeingang hat keine Weganbindung.
Das Bauwerk weist starke Schäden auf und wurde inzwischen wegen Einsturzgefahr gesperrt. Die stärksten Schäden am Ostportal mit den anschließenden ersten Metern wurden aufgrund akuter Einsturzgefahr bereits notgesichert. In Absprache mit dem AG erfolgen am Ostportal keine weiteren über die Notsicherung hinaus gehenden Sanierungsmaßnahmen.
Das Westportal weist mehrere Risse (zum Teil mit Aussinterungen) sowie Abplatzungen mit freiliegender Bewehrung auf. Außerdem ist die Flügelabdeckung durchgehend abgelöst. Darüber hinaus ist das Westportal augenscheinlich standsicher.
Der zwischen den beiden Portalen liegende Innenbereich zeigt eine insgesamt brüchige Struktur mit stark reduzierter Betonfestigkeit und eine Vielzahl von kleinen Rissen. Außerdem verläuft im hinteren oberen Gewölbebogenbereich am Übergang zwischen Wandung und Widerlager ein deutlicher Querriss. Dieser wurde bei der Einfachprüfung 2026 mit einer Note von 2 für Standsicherheit und 3 für Dauerhaftigkeit bewertet.
Die Gesamtnote für das Bauwerk zeigt eine 2 für Standsicherheit und eine 3 für Dauerhaftigkeit.

Für die Instandsetzung des Durchlasses „Weißes Tal“ werden für den Bereich des Westportals sowie des Innenbereichs verschiedene Bauwerksvarianten untersucht und beschrieben:

- Westportal
  1. Umfangreiche Sanierungsmaßnahme
  2. Notsicherung mit Portalabstützung analog Ostportal

- Innenbereich
  1. Spritzbeton mit Mattenbewehrung
  2. Verrohrung wie Ostportal

Zusätzlich wird ein Konzept für folgende Detailpunkte erstellt und beschrieben:

- Durchflussberechnung
- Wasserhaltung
- Geländeausbildung
- Baustellenzufahrt Westseite
- Laufsteg Innenbereich

1.1 Lage und Verkehrsweg

Das Bauwerk liegt außerhalb der Ortschaft etwa halbwegs zwischen Helbra und Benndorf, ist von Osten über den Fahrweg von der Kläranlage her gut zu erreichen, während es von der Westseite her keine Zufahrt gibt.
Für den öffentlichen oder nichtöffentlichen Verkehr hat das Bauwerk nach Stilllegung der darüber führenden Bahntrasse keine Relevanz mehr.

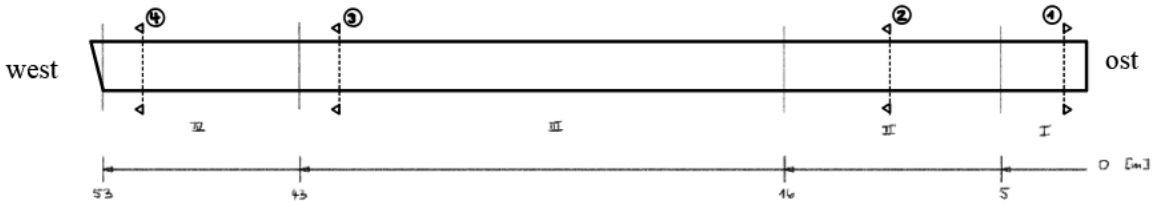
1.2 Angrenzende Gebäude und Anlagen

Es gibt keine direkt angrenzenden Gebäude. In einer Entfernung von jeweils ca. 100 m befinden sich zwei Kleingartenanlagen sowie eine Kläranlage. Die über den Damm führende Bahntrasse ist stillgelegt.

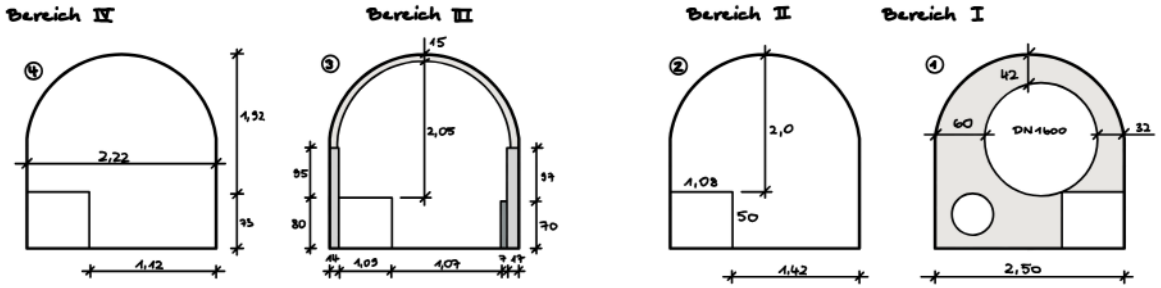
2 Bestandsbauwerk

Bei den folgenden Abbildungen handelt es sich um unmaßstäbliche Prinzipskizzen.

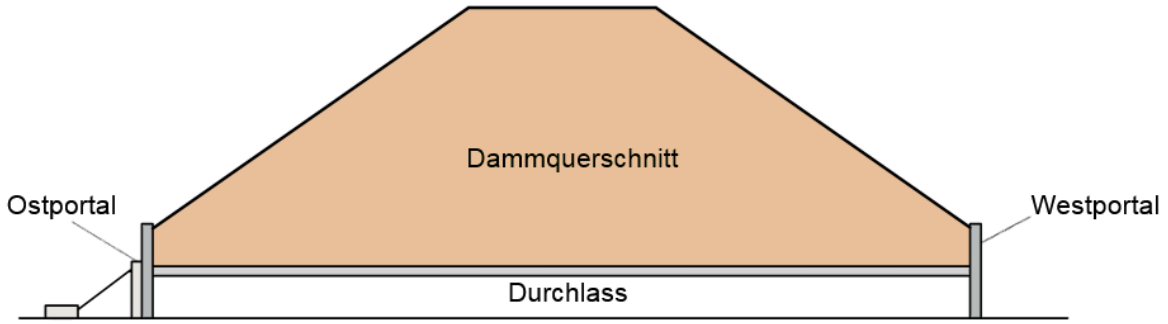
Draufsicht



Querschnitte



Längsschnitt



Ansicht Ostportal



3 Gesamtsituation

Die Bauwerkslänge beträgt 55 m, der lichte Querschnitt des Tonnengewölbes misst 2,50 x 2,50 m, über Wandstärken und Gründungstiefen ist derzeit noch nichts bekannt. Die Konstruktion wurde aus unbewehrtem Stampfbeton gefertigt, geschätzt C 8/10, $f_{ck,cyl}$ = 8,0 N/mm². Im Endbereich auf der Westseite (Bereich IV) scheint die Konstruktion schon einmal erneuert worden zu sein. Dieser Teil besteht aus bewehrtem Beton. Genaueres ist nicht bekannt.

Die Berme wurde aus Ziegelmauerwerk im Normalformat hergestellt. Teilweise wurde vor die Gewölbewände bis in Höhe des Kämpferbereiches eine halbsteinstarke Läuferverblendung eingebaut. Diese Einbauten erfolgten vermutlich noch nicht bei der Erstellung des Bauwerkes, sondern zu einem späteren Zeitpunkt.

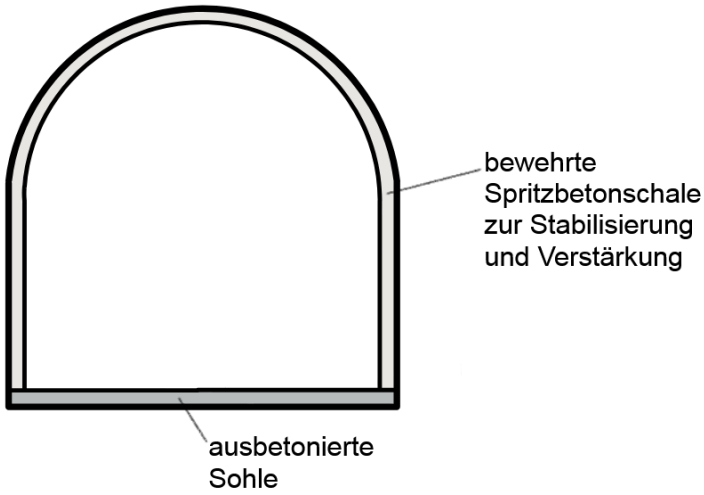
Der Bahndamm hat eine Höhe von ca. 15 m und eine Breite an der Basis von ca. 47 m. Die Breite der Krone beträgt 5 m, die Hangneigung ca. 35 °. Erfahrungsgemäß fand hauptsächlich grobes Gestein Verwendung. Der Damm ist mit Pioniergehölzen stark bewachsen und wird vom Durchlass unter einem Winkel von 63,3 Gon durchdrungen.
Das gesamte Durchlassbauwerk weist starke Schäden auf. Diese beeinträchtigen die Standsicherheit des Bauwerks. Im Innenbereich sind die kritischsten Schäden die stark reduzierte Betonfestigkeit sowie der bereits beschriebene Querriss am Übergang zwischen Wandung und Widerlager. Das Westportal weist Risse mit Aussinterungen und Abplatzungen mit freiliegender Bewehrung auf. Zudem ist die Abdeckung durchgehend abgelöst. Insgesamt befindet sich das Westportal in einem besseren Zustand als das Ostportal vor der erfolgten Notsicherung. Aufgrund des Eigengewichtes des Dammes im Zusammenhang mit Neigung und geringer Lagerdichte des Materials ergibt sich auf die Portale einschließlich der Flügel und der angrenzenden Gewölbebereiche ein Horizontalschub, der maßgeblich zu den vorhandenen Schäden geführt hat.
Für das Ostportal wurde aufgrund der akuten Einsturzgefahr bereits eine Notsicherung vorgenommen. Hierfür wurden die ersten einsturzgefährdeten Meter des Durchlasses verrohrt und die Hohlräume mit Beton ausgegossen. Das Portal wurde mit einer Konstruktion aus einer Stahlbetonwand und einer Abstützung aus Stahl gesichert. Die Schäden am ursprünglichen Portal sowie den Flügeln wurden nicht saniert. Diese weisen ebenfalls Risse und Abplatzungen auf, auch hier ist die gesamte Abdeckung abgerissen.
Im Innenbereich sind Ansammlungen von Treibgut sowie Schlammablagerungen zu erkennen. Der Durchflussquerschnitt wird dadurch eingeengt.

4 Bauwerksvarianten – Innenbereich

4.1 Variante 1 - Spritzbetonverstärkung

Das Bestandsbauwerk wird im Innenbereich mit einer bewehrten Schale aus Spritzbeton versehen. Diese wird so bemessen, dass die statische Wirksamkeit gegeben ist.
Für den Einbau der Spritzbetonschale müssen zunächst die Mauerwerkseinbauten (siehe Querschnitt Bereich III) sowie die Berme zurückgebaut werden. Außerdem müssen die größeren Risse, insbesondere der Querriss, verpresst und die Betonoberfläche für den Spritzbetoneinbau vorbereitet werden. Dann kann die Bewehrung für die Sohle eingebaut werden. Anschließend wird die Sohle des Durchlasses im Gefälle ausbetoniert. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in den Randbereichen Anschlussbewehrung für die Spritzbetonschale eingebaut werden muss. Dann werden die Mattenbewehrung und der Spritzbeton zur Stabilisierung und Verstärkung eingebaut.

Prinzipskizze Spritzbetonverstärkung



Am Bestandsbauwerk werden im Innenbereich sonst keine weiteren Änderungen vorgenommen.

Vorteile Variante 1	**Nachteile Variante 1**
- später zugänglich (Prüfung, Wartung) - kaum Verringerung des Durchflussquerschnitts - schnelle Ausführung - gut anpassbar an die ungleichmäßige Querschnittsgeometrie - geringe Schalungskosten - verkürzte Bauzeit - Stabilisierung des bestehenden Gewölbes - kleinere Risse werden überbrückt - Verbesserung der Dauerhaftigkeit - gute Verbundwirkung	- Einbau auf beengtem Raum , über Kopf - gute Untergrundvorbereitung entscheidend für die Haftung

Wie in den Skizzen des Querschnitts in Abschnitt 2 zu sehen, ändert sich der Querschnitt über die Länge des Durchlassbauwerks. Wie bereits beschrieben, besteht die Wandung in Bereich IV aus bewehrtem Beton. Da dieser Abschnitt allgemein einen besseren Zustand aufweist, ergeben sich für Bereich IV zwei Varianten:

4.1.1 Variante 1a (Bereich IV)

Der gesamte Innenbereich (I – IV) wird wie in Variante 1 beschrieben mit Spritzbeton verstärkt.

4.1.2 Variante 1b (Bereich IV)

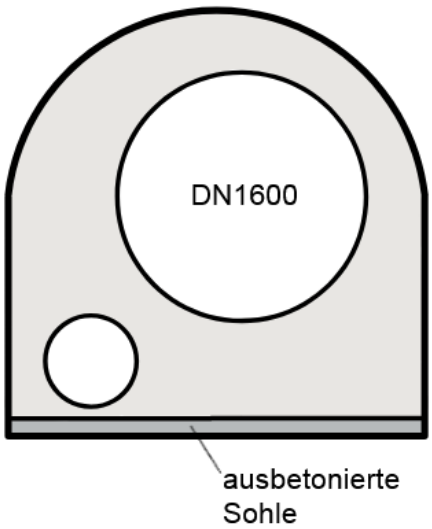
Nur die Bereiche I – III werden wie in Variante 1 beschrieben mit Spritzbeton verstärkt. In Bereich IV wird die bestehende Bewehrung stellenweise freigelegt und der Innenbereich nur punktuell mit Spritzbeton ausgebessert. Es wird keine durchgehende Spritzbetonschale eingebaut sondern nur schadhafte Stellen ertüchtigt.

Vorteile Variante 1b gegenüber Variante 1a:	**Nachteile Variante 1b gegenüber Variante 1a:**
- Kosten, Beton sparen - keine weitere Einengung des Durchflussquerschnitts in Bereich IV	- Anwendung 2 verschiedener Systeme

4.2 Variante 2 - Verrohrung

Wie beim Ostportal bereits erfolgt, wird der gesamte Durchlass mit zwei Rohren verrohrt. Für den Einbau der Rohre müssen zunächst die Mauerwerkseinbauten (siehe Querschnitt Bereich III) sowie die Berme zurückgebaut werden. Außerdem müssen die größeren Risse, insbesondere der Querriss, verpresst werden.
Die Rohre werden dann so eingebaut, dass sie auf der Ostseite an die bereits bestehenden Rohre (DN 600 und DN 1600) anschließen und das Gefälle ausreichend groß ist. Die Hohlräume werden mit Beton ausgegossen.

Prinzipskizze Verrohrung



Vorteile Variante 2	**Nachteile Variante 2**
- einfache Herstellung möglich - schneller Einbau - hohe Dauerhaftigkeit - Rohr übernimmt die tragende Funktion weitgehend unabhängig vom Zustand des Altbauwerks - durch Betonverfüllung werden Hohlräume geschlossen und Lasten gleichmäßig übertragen - Risiko weiterer Verformungen oder Ausbrüche des alten Gewölbes wird deutlich reduziert - lange Nutzungsdauer	- später nur DN 1600 zugänglich (Prüfung, Wartung), ursprüngliches Gewölbe nicht mehr - möglich, dass sich Niedrigwasserrohr DN 600 schnell durch Anlandungen zusetzt, schwierig zu warten - große Menge Beton erforderlich - schlecht kontrollierbar, ob Hohlräume vollständig verfüllt sind - Verringerung des Durchflussquerschnitts

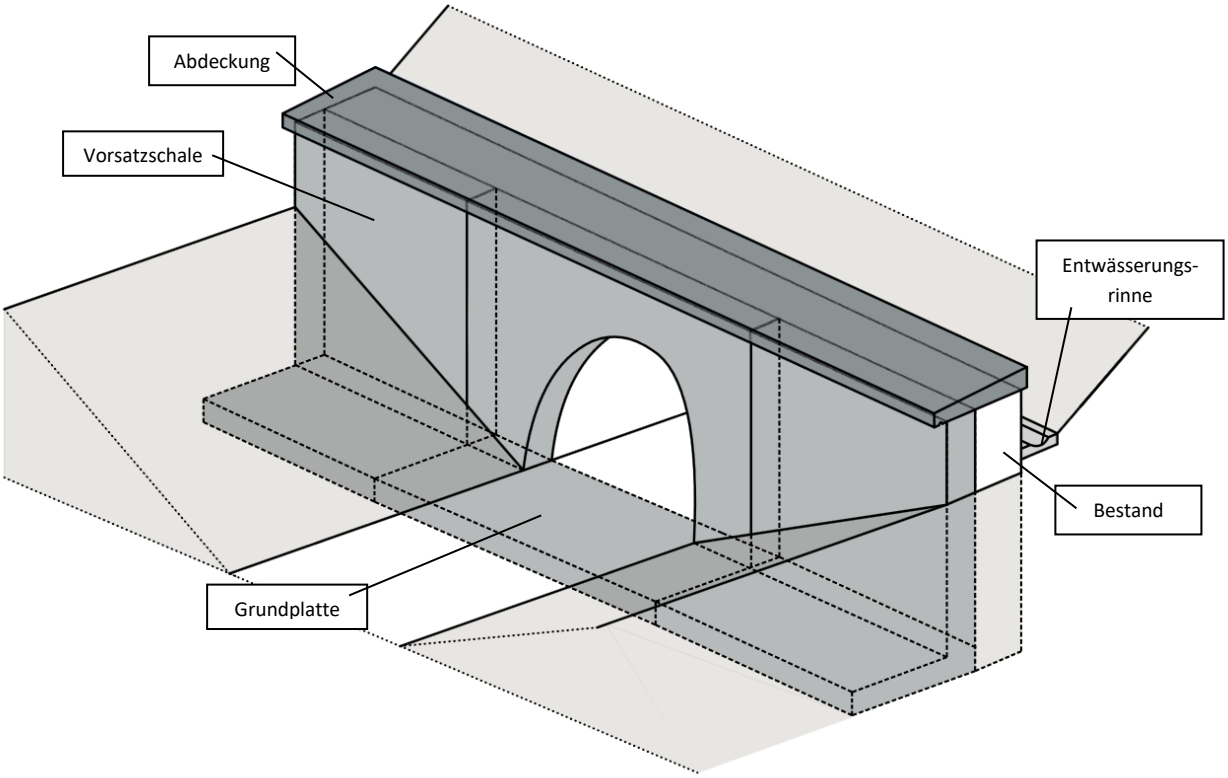
5 Bauwerksvarianten – Westportal

Aufgrund des Eigengewichtes des Dammes im Zusammenhang mit Neigung und geringer Lagerdichte des Materials ergibt sich auf die Portale einschließlich der Flügel und der angrenzenden Gewölbebereiche ein Horizontalschub, der maßgeblich zu den vorhandenen Schäden geführt hat und durch die neue Konstruktion aufgenommen werden muss.

5.1 Variante 1 - Umfangreiche Sanierungsmaßnahme

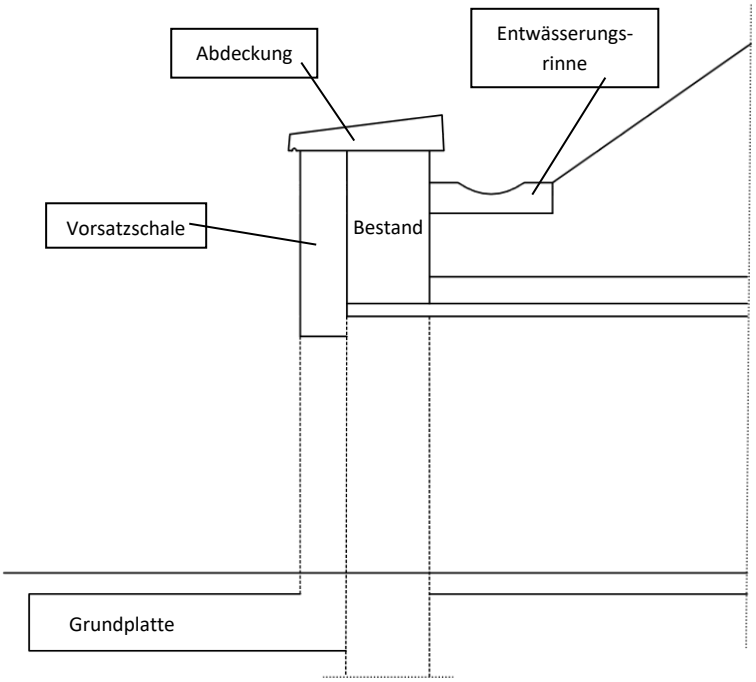
Es erfolgt eine umfangreiche Sanierung, bei der alle im Prüfbericht aufgeführten Schäden am Westportal sowie den daran angrenzenden Flügeln instandgesetzt werden. Dafür werden das Portal sowie die Flügel mittels einer Stahlbeton-Vorsatzschale verstärkt.
Gegebenenfalls ist eine Bewuchsbeseitigung bzw. Rodung der Bäume im Bereich des Hanges oberhalb des Westportals erforderlich. Anschließend wird die vorhandene Abdeckung über dem Portal sowie den Flügeln abgebrochen. Danach wird die Baugrube im Bereich des neuen Portals und der Flügel hergestellt. Als Tiefe sollte vorbehaltlich einer Baugrunduntersuchung 30 cm über UK vorhandene Fundamente angesetzt werden. Zunächst wird eine 30 cm starke bewehrte Grundplatte mit Anschlussbewehrung für die Portalverstärkung vor dem Bauwerk errichtet. Anschließend werden die einhäuptige Schalung und die Bewehrung eingebaut. Dann folgt die Betonage der 40 cm starken Vorsatzschale, die ggf. mit Rückverankerung zur Dammseite hergestellt wird. Die Konstruktion erhält anschließend eine neue Abdeckung, die über das alte und neue Portal geführt wird.

Prinzipskizze Variante 1



Auf der Hangseite wird hinter der Konstruktion eine Entwässerungsrinne hergestellt, die seitlich der Flügel in den Graben geführt wird. Der Damm wird in der alten Hangneigung wieder angeglichen.

Schnitt durch das Westportal mit Entwässerungsrinne (Prinzipskizze)

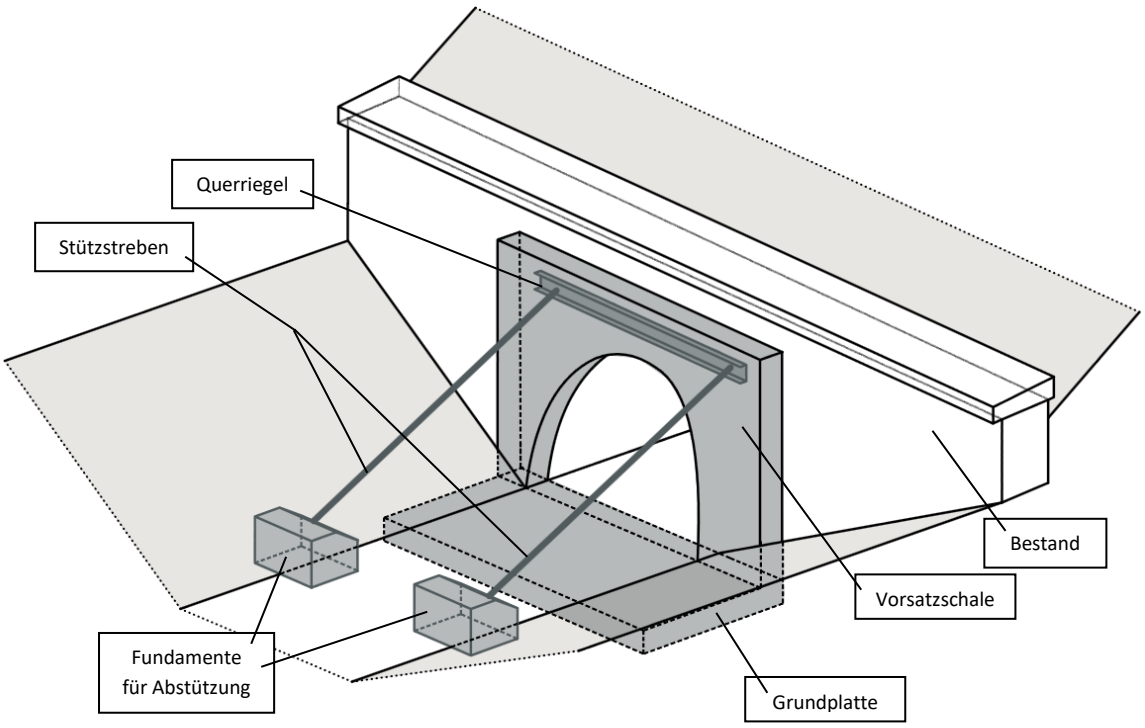


Vorteile Variante 1	**Nachteile Variante 1**
- alle Schäden am Westportal instandgesetzt - dauerhafte Wiederherstellung der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit - nachhaltige Lösung mit hoher Restnutzungsdauer - Wiederherstellung der Tragfähigkeit des Portals und der Flügelwände - reduzierter Unterhaltungsaufwand	- sehr hoher Aufwand - hohe Kosten - größerer Eingriff in das Gelände - großflächiger Baugrubenaushub notwendig - längere Bauzeit - höherer Planungsaufwand

5.2 Variante 2 - Notsicherung (analog Ostportal)

Für diese Variante wird eine vorgesetzte Portalverstärkung aus Stahlbeton vor dem bestehenden Portal errichtet, welche mit Stahlstreben abgestützt wird, analog der Notsicherung auf der Ostseite.
Dafür wird zunächst eine 30 cm starke bewehrte Grundplatte mit Anschlussbewehrung für die Portalverstärkung vor dem Bauwerk errichtet. Anschließend werden die einhäuptige Schalung und die Bewehrung eingebaut. Dann folgt die Betonage der 40 cm starken Vorsatzschale. Im Anschluss werden die Fundamente für die Stützstreben errichtet. Danach kann die Stahlkonstruktion, bestehend aus Querriegel U 300 und Stützstreben HEA 120 eingebaut werden. Abschließend folgt die Herstellung des Korrosionsschutzes.
Die Konstruktion kann den Horizontalschub aus dem Damm abfangen.

Prinzipskizze Variante 2



Vorteile Variante 2	**Nachteile Variante 2**
- kurze Bauzeit, schnellere Umsetzbarkeit - geringere Baukosten - geringerer Planungs- und Berechnungsaufwand	- Schäden im Prüfbericht an Westportal/Flügeln bleiben bestehen und beeinflussen die Gesamtnote - keine dauerhafte Schadensbeseitigung - Risiko weiterer Schadensfortschritte an den alten Flügeln bleibt bestehen

6 Detailpunkte

6.1 Durchflussberechnung

Abflussbeiwerte Wilder Graben:

HQ_2 (m³/s)	0,60
HQ5 (m³/s)	1,60
HQ10 (m³/s)	2,70
HQ_{25} (m³/s)	4,50
HQ_{50} (m³/s)	6,10
HQ100 (m³/s)	7,80
MHQ (m³/s)	14,30

Der Durchlass wird für den HQ_{100} bemessen. Die kritischste, bzw. engste Stelle bildet hierbei das Ostportal. Dieses wurde jedoch bereits im Rahmen der erfolgten Notsicherung für den HQ_{100} bemessen. Damit wird der Durchflussquerschnitt auch an allen anderen Stellen des Durchlasses eingehalten.

6.2 Wasserhaltung

Für alle Varianten ist während der Bauzeit eine Wasserhaltung erforderlich, die für den HQ_2 bemessen ist. Diese muss ggf. befahrbar sein.

<u>Variante 1</u>

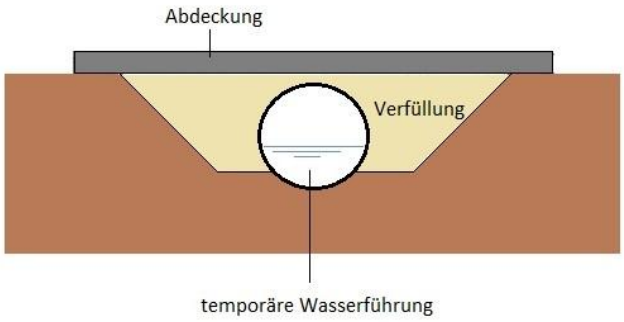
- Errichtung je eines Fangedamms ober- und unterstrom zur Abriegelung des Wilden Grabens
- Herstellung eines Pumpensumpfes oberstrom und Aufstellung einer Pumpe
- Verlegung einer flexiblen Wasserleitung von der Pumpe über den Damm nach Unterstrom einschließlich der dafür notwendigen Rodungen
- Trockenlegung des Gewässerbettes im Baustellenbereich zwischen den Fangedämmen

<u>Variante 2, nur während Trockenwetterperiode möglich</u>

- Errichtung je eines Fangedamms ober- und unterstrom zur Abriegelung des Wilden Grabens
- Während Trockenwetterperiode Herstellung der Stahlbetonsohle im Innenbereich
- Verlegung eines Rohrs DN 600 mit Anschluss an das DN 600-Rohr am Ostportal

Vorteile:	**Nachteil:**
- bei Wahl der Variante 2 für den Innenbereich (Verrohrung) dient dieses Rohr nicht nur der bauzeitlichen Wasserhaltung, sondern verbleibt in der Konstruktion - keine Pumpe notwendig - geringere Kosten	- nur umsetzbar, wenn durch Trockenwetter Graben lang genug trocken ist, um Sohle zu betonieren

Wenn sich die Verrohrung im Bereich der Abbrucharbeiten befindet, ist ein Stahlrohr mit Verfüllung des Grabens und befahrbarer Überdeckung zu verwenden.

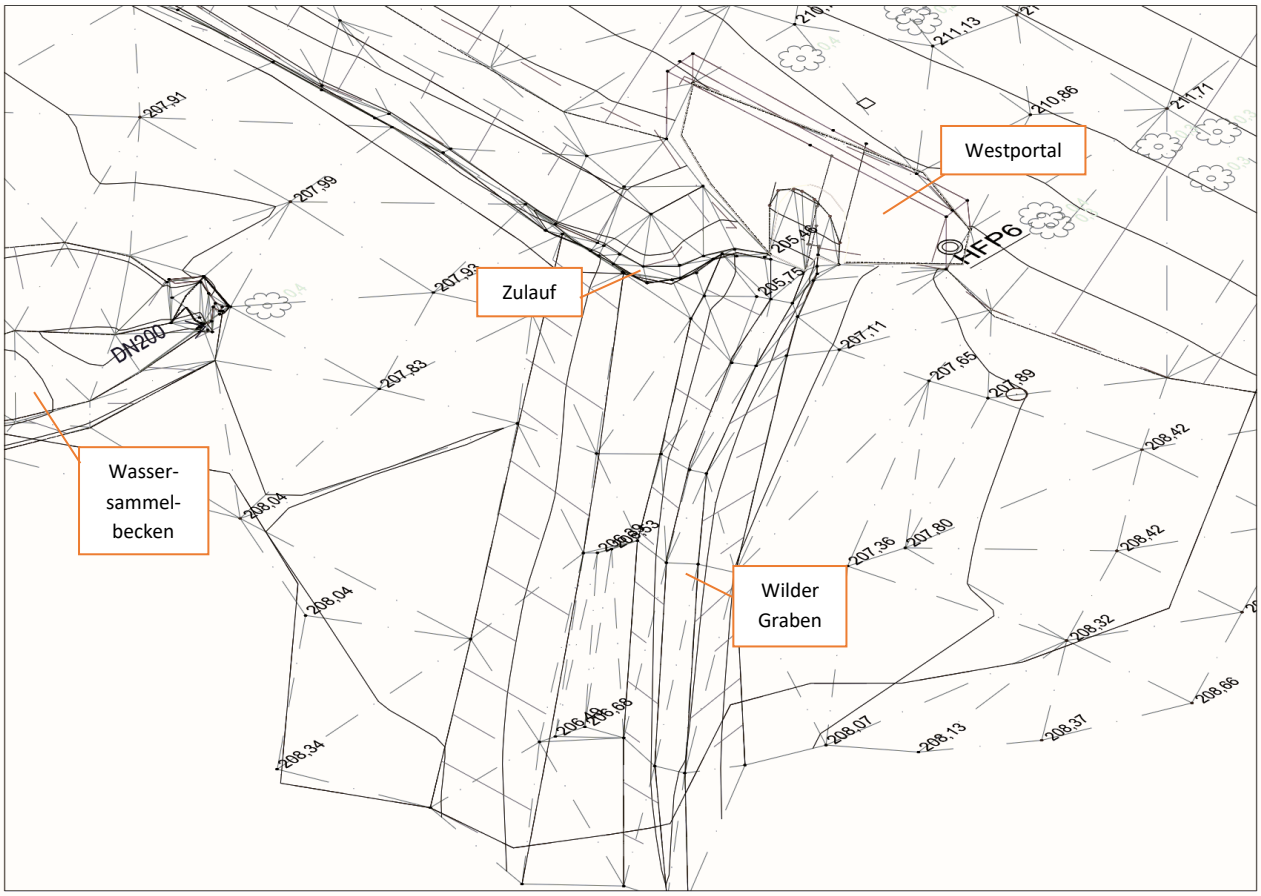


6.3 Geländeausbildung

6.3.1 Anpassung Graben

In der folgenden Darstellung ist der Vermesserplan mit dem aktuellen Gelände zu sehen.

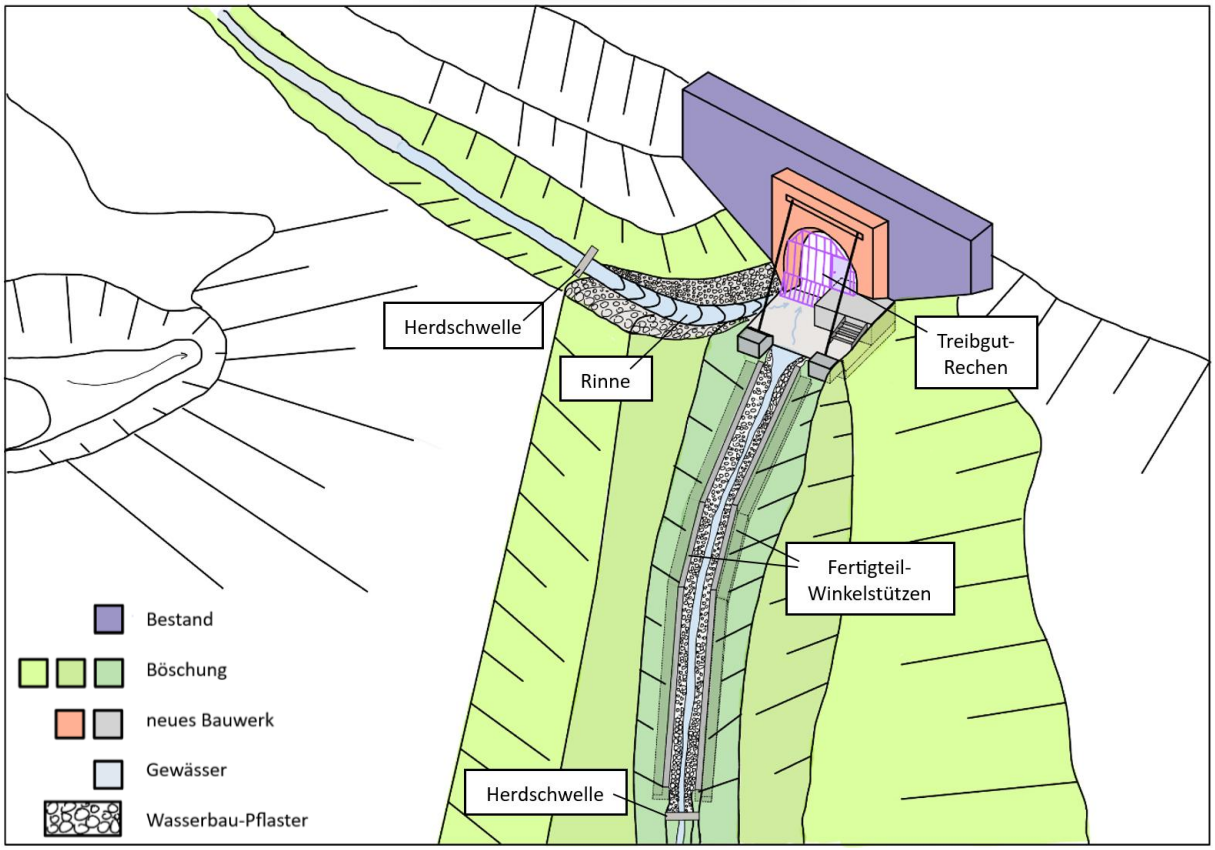
Darstellung des aktuellen Geländeverlaufs



Das Gelände wird je nach Wahl der Varianten wieder an die Umgebung angepasst. Bei allen Ausführungsvarianten wird der Graben zur Sicherung der Böschung im angrenzenden Bereich auf ca. 20 m Länge befestigt. Dafür können bspw. Fertigteil-Winkelstützen verwendet werden. Außerdem wird die Grabensohle mit Wasserbausteinen befestigt. Die Böschung wird anschließend wieder angepasst.
Vor dem befestigten Bereich der Grabensohle wird eine Herdschwelle eingebaut, um Erosionen zu vermeiden.
Auf der Nordseite des Westportals befindet sich ein weiterer Zulauf zum Wilden Graben. Um Unterspülungen und Schädigungen des Bauwerks zu vermeiden, wird der untere Teil dieses Zulaufs ebenfalls befestigt. Dafür wird eine Rinne ausgebildet und die angrenzenden Böschungsbereiche mit Wasserbaupflaster befestigt. Die Rinne ist so zu führen, dass das Wasser auf die Grundplatte und in das Durchlassbauwerk läuft. Am oberen Ende der Rinne wird ebenfalls eine Herdschwelle eingebaut.

Die geplante Geländeausbildung ist in der folgenden Skizze dargestellt. Hier wurde für die Darstellung exemplarisch Instandsetzungs-Variante 2 des Westportals gewählt, es ist aber für jede Variante übertragbar.

Darstellung der geplanten Geländeausbildung



6.3.2 Treibgutrechen

Um Ansammlungen von Treibgut im Innenbereich des Durchlassbauwerks zu verhindern, wird ein Treibgutrechen vor dem Westportal angebracht. Dieser ist so einzubauen, dass das Treibgut nicht in das Gewölbe gelangen kann, der Innenbereich aber dennoch zugänglich bleibt. Wie in der Skizze dargestellt wird dafür auf der Südseite des Westportals ein Podest errichtet, mit Stufen um die Begehbarkeit sicherzustellen. Der Rechen schließt an dieses Podest an. Um zu verhindern, dass Treibgut in den Tunnel gelangt, ist der Rechen über die gesamte Breite und Höhe der Tunnelöffnung zu führen. Auf der Seite des Podests wird eine Tür eingebaut, so dass der Innenbereich zugänglich bleibt.

6.4 Laufsteg Innenbereich

Im Bestandsbauwerk befindet sich im Innenbereich des Tunnels eine Berme, die gleichzeitig als Revisionsgang dient. Im folgenden Abschnitt werden Varianten der Wiederherstellung des Revisionsganges in Form eines Laufsteges aufgezeigt.
Im Falle der Ausführung gemäß Innenbereich-Variante 2 (Verrohrung) dient das größere Rohr als begehbarer Durchgang und es ist kein Laufsteg notwendig.

Bei Ausführung von Innenbereich-Variante 1 (Spritzbetonschale) sind für die Sicherstellung der Begehbarkeit des Innenbereiches zwei Varianten möglich, die im Folgenden beschrieben werden.

Variante 1

Im Innenbereich wird ein Laufsteg errichtet. Dieser kann entweder aus Stahlbeton (analog ehemaliger Berme) oder als Stahlkonstruktion mit Gitterrostbelag hergestellt werden. Der Laufsteg schließt innen direkt an die Podeste auf der West- sowie Ostseite an.

Vorteile:	Nachteil:
- einfache Begehbarkeit des Innenbereichs	- höhere Kosten

Variante 2

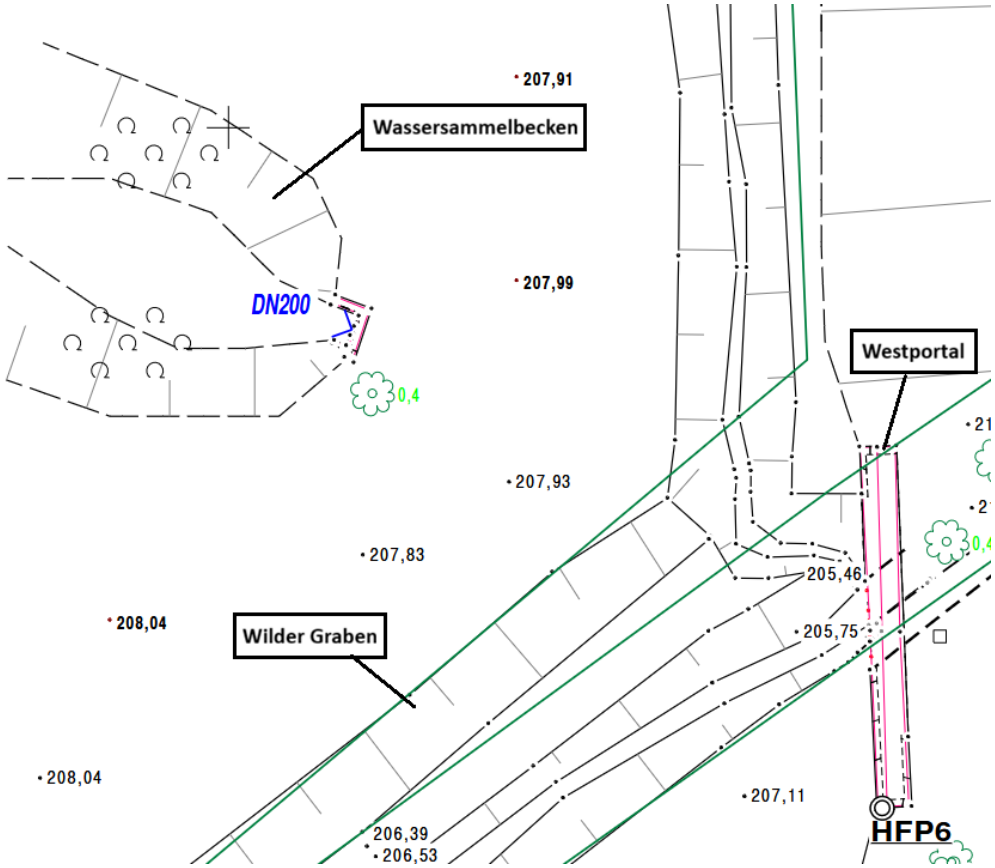
Es erfolgt kein Einbau eines gesonderten Laufsteges zur Begehung des Innenbereichs. Stattdessen wird die neu betonierte Sohle als Laufsteg genutzt. In den Anschlussbereichen auf der Ost- und Westseite werden Stufen eingebaut, die von den Podesten aus einen einfachen Einstieg ermöglichen.

Vorteile:	Nachteil:
- kostengünstigere Variante	- für Begehung muss Sohle ggf. von Schlammablagerungen befreit werden

6.4.1 Wassersammelbecken

Nordwestlich des Westportals befindet sich oberhalb der Böschung ein Sammelbecken für Regenwasser. Dieses ist zu erhalten und die Entwässerung in den Graben oder die Rinne sicherzustellen. Sollte die Fläche für die Baustelleneinrichtung benötigt werden, ist das Becken in seinem ursprünglichen Zustand wiederherzustellen.

Ausschnitt Vermesserplan



6.5 Baustellenzufahrt Westseite

Von der Westseite des Durchlasses ist bisher keine Zuwegung vorhanden. Sofern von der Westseite ein Zugang zur Baustelle benötigt wird, muss eine Baustellenzufahrt von der Stephanstraße zwischen Helbra und Benndorf aus geschaffen werden. Dazwischen befindet sich ein Feld.
Nach Räumung der Baustelle ist der ursprüngliche Zustand wiederherzustellen.
Zu berücksichtigen ist ebenfalls, dass die einzige Zufahrtsmöglichkeit zur Baustelle auf der Ostseite von Helbra aus die zum Teil unbefestigte Straße „Am Kahlberg“ ist, die von der Pestalozzistraße abzweigt und am Klärwerk vorbeiführt.
Außerdem werden Flächen für die Baustelleneinrichtung auf der Westseite benötigt.

7 Variantenauswertung

7.1 Zusammenstellung der Varianten

Innenbereich	
Variante 1 a	Spritzbetonschale in den Bereichen I – IV
Variante 1 b	Spritzbetonschale in den Bereichen I – III und punktuelle Instandsetzung in Bereich IV
Variante 2	Verrohrung mit DN 600 und DN 1600
Westportal	
Variante 1	umfangreiche Sanierung des Portals mit Vorsatzschale über gesamte Breite
Variante 2	Notsicherung analog Ostportal mit Abstützung
Wasserhaltung	
Variante 1	Wasser oberstrom mit Fangedamm sammeln, über den Damm pumpen und unterstrom wieder einleiten
Variante 2	Während Trockenperiode Sohle betonieren und darauf Rohr verlegen
Laufsteg	
Variante 1	kein Laufsteg im Innenbereich
Variante 2	Laufsteg aus Stahlbeton oder Stahlkonstruktion
Für alle Varianten notwendig	
- Wasserhaltung - Geländeanpassung - Treibgutrechen - ggf. Wiederherstellung Wassersammelbecken - Baustellenzufahrt	

7.2 Auswertung

	Kosten	Unterhaltungs-kosten	Eingriffe ins Gelände	Realisier-barkeit	Durch-flussmenge	Bau-zeit
Innenbereich						
Variante 1 a	+	+		+	+	+
Variante 1 b	+	+		+	+	+
Variante 2	-	-		+	-	+
Westportal						
Variante 1	-	+	-	+		-
Variante 2	+	-	+	+		+
Wasserhaltung						
Variante 1	-		-	+		
Variante 2	+			+		
Laufsteg						
Variante 1	+	-		+	+	+
Variante 2	-	+		+	-	-

Innenbereich

Es ist erkennbar, dass die Varianten 1a und 1b gegenüber Variante 2 Vorteile in Baukosten, Unterhaltungskosten sowie der Durchflussmenge bieten. Die Realisierbarkeit und Bauzeit sind jeweils gleich gewichtet.

Westportal

Variante 1 ist in der Umsetzung teurer, dafür sind die Unterhaltungskosten geringer als bei Variante 2. Der Eingriff ins Gelände ist bei Variante ebenfalls deutlich größer. Dies hat auch eine längere Bauzeit zur Folge.

Wasserhaltung

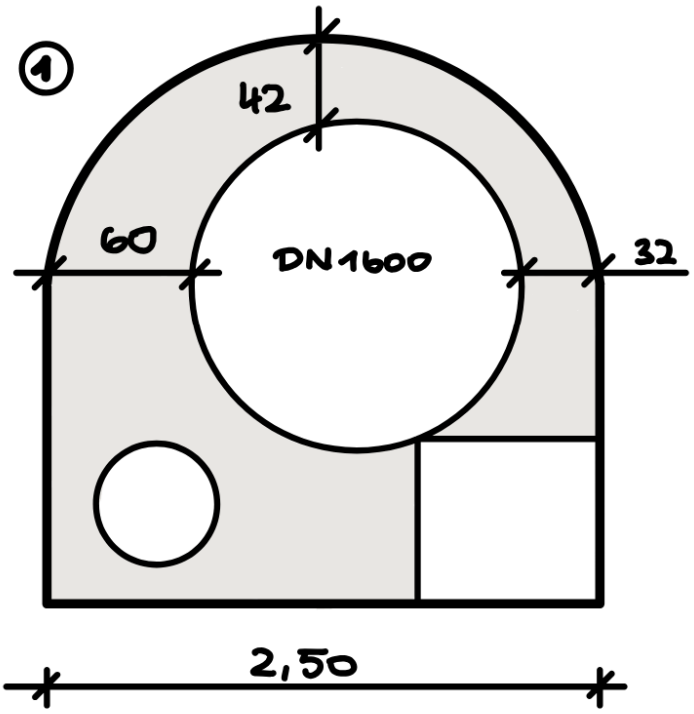
Es ist mit größerem Aufwand und höheren Kosten verbunden, das Wasser über den Damm zu pumpen (Variante 1). Variante 2 setzt jedoch voraus, dass der Graben ausreichend trocken ist.

Laufsteg

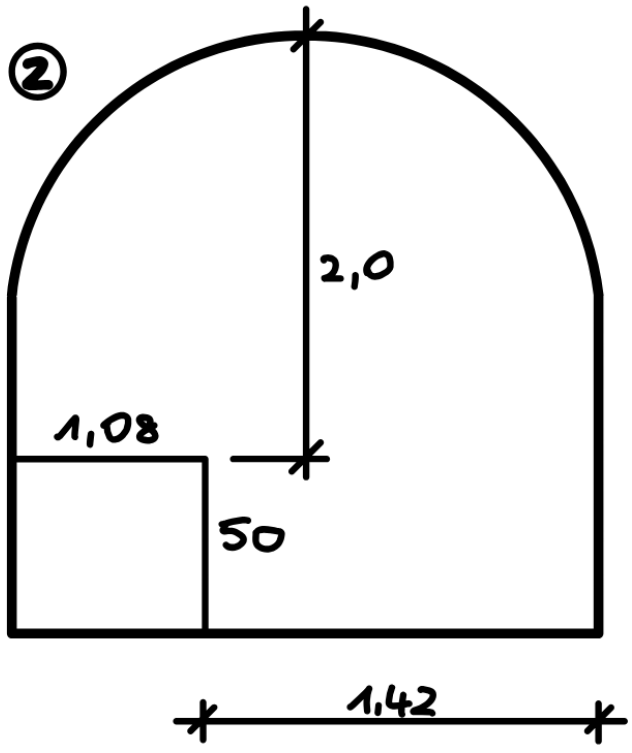
Es ist mit höheren Kosten und einer etwas längeren Bauzeit verbunden, einen Laufsteg einzubauen. In der Unterhaltung ist Variante 1 aber ggf. etwas günstiger, da es für die Begehung des Tunnels bei Variante 2 notwendig sein kann, die Sohle zunächst von Schmutzablagerungen zu befreien. Ein Laufsteg schränkt zudem den Durchflussquerschnitt im Innenbereich des Tunnels etwas ein.

Anhang

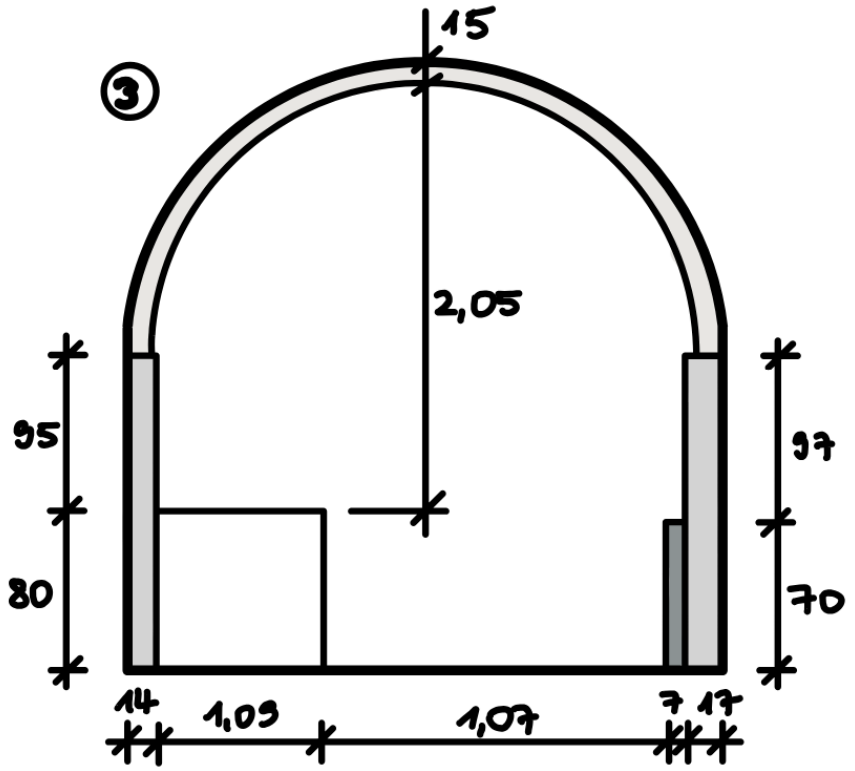
Bereich I



Bereich II



Bereich III



Bereich IV

