



Harzwasserwerke

herrlich weiches Wasser

Harzwasserwerke GmbH
Generalüberholung der Sösetalvorsperre
Entwurfsplanung mit Kombibauwerk

Vorplanung einer bauzeitlichen Umfahrung
am Vorsperrendamm

Bericht Nr. 0086-33
Hamburg, 22. August 2017

Revisions-Status

Rev.	Beschreibung	Datum	Autor	Abnahme

Inhalt	Seite
1. Veranlassung	1
2. Planungsrandbedingungen	2
2.1 Randbedingungen der Verkehrsanlage	2
2.1.1 Lage im Wasserschutzgebiet	2
2.1.2 Rettungswegenetz	2
2.1.3 Verkehrsaufkommen	3
2.2 Baumaßnahmen zur Generalüberholung der Vorsperre	3
2.3 Randbedingungen der Stauanlage	5
2.3.1 Trinkwassergewinnung	5
2.3.2 Staupegel	5
2.3.3 Abflussereignisse	5
2.4 Baugrund	6
3. Varianten zur bauzeitlichen Verkehrsführung	7
3.1 Vollsperrung und Umleitung über B 241/B 242 – Variante 0	7
3.2 Varianten für eine nahräumige direkte Verbindung	7
3.2.1 Variante Kronenfahrt	9
3.2.2 Variante Bermenfahrt	10
4. Bauzeitliche Umfahrung auf der Berme	12
4.1 Gewählte Linienführung	12
4.2 Ausbaustandard	13
4.3 Herstellung der Verkehrssicherheit	14
4.4 Trassierungselemente	14
4.4.1 Trassierung im Lageplan	14
4.4.2 Trassierung im Höhenplan	14
4.5 Querschnittsgestaltung	15
4.6 Fahrbahnbefestigung	17
4.7 Böschungsgestaltung	17
4.7.1 Böschungen zur Hauptsperre	17
4.7.2 Böschungen zum Damm bzw. oben liegendem Hang	17
4.8 Entwässerung der Fahrbahn	18
4.8.1 Anforderungen an die Entwässerung	18
4.8.2 Straßenoberflächenwasserbehandlung	19
5. Ingenieurbauwerke für Umfahrung auf der Berme	24
5.1 Überquerung bestehende Entlastungsanlage	24
5.1.1 Bestandssituation	24
5.1.2 Anforderungen an die Überquerung	26

5.1.3	Behelfsbrücke	27
5.2	Überquerung des neuen Kombibauwerks	31
5.2.1	Brücke über Schussrinne	31
5.2.2	Verlängerung der Schussrinnenwände	32
6.	Einfluss der bauzeitlichen Umfahrung auf Bauablauf und Bauzeit zur Generalüberholung der Vorsperre	34
7.	Kostenschätzung	36
	Tabellen	II
	Abbildungen	II
	Anlagen	III
	Verwendete Unterlagen	IV
	Zeichungsverzeichnis	V

Tabellen

Tabelle 2-1:	Verkehrsaufkommen auf der B498 nach Verkehrszählungen	3
Tabelle 2-2:	Hauptdaten der Hauptsperre und Vorsperre im Ist-Zustand	5
Tabelle 2-3:	Zufluss- und Staukenndaten der Vorsperre aus Pegelstatistik	6
Tabelle 5-1:	Lagerlasten einer 30 m Behelfsbrücke je Seite	29
Tabelle 5-2:	Übersicht 350-t Mobilkran	30
Tabelle 5-3:	max. Abstützkräfte der Pratzen	31
Tabelle 6-1:	Gegenüberstellung von Bauzeit und Dauer der Vollsperrung mit und ohne die Einrichtung einer bauzeitlichen Umfahrung auf der Damمبرme	35

Abbildungen

Abbildung 2-1:	Überblick über die geplanten Maßnahmen zur Generalüberholung der Vorsperre	4
Abbildung 3-1:	Umfahrung über Clausthal-Zellerfeld (Quelle: Google Maps)	7
Abbildung 3-2:	Zu umfahrender Bereich der B 498	8
Abbildung 3-3:	Aufschüttung für Dammkronenverbreiterung auf Hauptsperrenseite	9
Abbildung 3-4:	links: Berme am Vorsperrendamm Blickrichtung Süden / Anschluss Richtung Riefensbeek rechts: Berme am Vorsperrendamm Blickrichtung Norden / Anschluss Richtung Osterode	10

Abbildung 3-5:	Vorsperrendamm mit bildlich schematischer Darstellung der Umfahrung auf der Berme	11
Abbildung 4-1:	Linienführung zur bauzeitlichen Umfahrung auf der Berme des Vorsperrendamms	13
Abbildung 4-2:	Regelquerschnitt bauzeitliche Umfahrung	15
Abbildung 4-3:	Behandlungsanlage gemäß RiStWag Bild 10 (offene Ausführung)	22
Abbildung 4-4:	Technische Daten zum Mall-Substratfilter ViaPlus	22
Abbildung 5-1:	Straßenüberführung zur Querung der Entlastungsanlage im Vorsperrendamm auf Höhe der Berme.	24
Abbildung 5-2:	Schussrinne im Bereich der geplanten Brücke	25
Abbildung 5-3:	Längsschnitte durch die unterhalb des Wehres anschließende Schussrinne mit Lage der geplanten Umfahrungstrasse auf der Berme	25
Abbildung 5-4:	Längsschnitte durch die Heberanlage und Schussrinne mit Lage der geplanten Umfahrungstrasse auf der Berme	26
Abbildung 5-5:	Längsschnitt der Behelfsbrücke über die vorhandene Entlastungsanlage	27
Abbildung 5-6:	Querschnitt der Behelfsbrücke am Beispiel der Janson JSB 200	28
Abbildung 5-7:	Ansicht 350 t-Mobilkran, hier: Liebherr LTM 1350-6.1	30
Abbildung 5-8:	Draufsicht 350 t-Mobilkran, hier LTM 1350-6.1	30
Abbildung 5-9:	Montageablauf zur Errichtung der Behelfsbrücke über der Schussrinne	31
Abbildung 5-10:	Straßenüberführung zur Querung des neuen Kombibauwerkes auf Höhe der Berme	32
Abbildung 5-11:	Prinzipschnitt zur Anpassung des Kombibauwerkes im Bereich der Berme zur Überführung der bauzeitlichen Umfahrung	33

Anlagen

Anlage 1	Bauablauf
Anlage 2	Kostenschätzung
Anlage 3	Erdstatische Voruntersuchungen

Verwendete Unterlagen

- [1] Verordnung über Schutzbestimmungen in Wasserschutzgebieten (SchuVO) vom 9.11.2009, geändert durch VO vom 29.5.2013
- [2] Verordnung über die Festsetzung eines Wasserschutzgebietes für die Wassergewinnungsanlage der Sösetalsperre der Harzwasserwerke vom 31.3.2008 Nds. MBI. Nr. 14/2008, S. 473.
- [3] RiStWag – Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten Ausgabe 2016, FGSV Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau
- [4] ZTVE-Stb – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau Ausgabe 2009, FGSV Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau
- [5] Sösetalsperre - Generalüberholung der Vorsperre, Geotechnische Stellungnahme mit Gründungsempfehlungen für die geplanten Retentionsbodenfilter; Ingenieurgesellschaft für Geotechnik Wuppertal mbH, 11.10.2016
- [6] Ingenieurgeologische Untersuchungen an der Vorsperre des Sösetausees; *Ingenieurbüro Schütte und Dr. Moll*, 01.09.2014
- [7] Sösetalsperre – Generalüberholung der Vorsperre, Vorstudie zur bauzeitlichen Umfahrung, Bericht Nr. 0086-09; IMS Ingenieurgesellschaft mbH, 18.03.2015
- [8] Sösetalsperre – Generalüberholung der Vorsperre, Vorstudie Straßenentwässerung; Spiekermann consultig engineers, 06.08.2015

Zeichnungsverzeichnis

Nr.	Zeichnungs-Nr.	Rev.	Titel
1.	SÖS-BA-AUS-WP1-0039-1		Straßenbau Ausbau B 498 – Bauzeitliche Umfahrung Übersichtslageplan
2.	SÖS-BA-AUS-WP1-0040-1		Straßenbau Ausbau B 498 – Bauzeitliche Umfahrung Höhenplan
3.	SÖS-BA-AUS-WP1-0041-1		Straßenbau Ausbau B 498 – Bauzeitliche Umfahrung Straßenquerschnitte
4.	SÖS-BA-AUS-WP1-0042-1		Straßenbau Ausbau B 498 – Bauzeitliche Umfahrung Behelfsbrücke über die HWE
5.	SÖS-BA-AUS-WP1-0043-1		Straßenbau Ausbau B 498 – Bauzeitliche Umfahrung Brücke über das Kombibauwerk

1. Veranlassung

Nach mehr als 85 Jahren der Nutzung besteht an der Vorsperre der Sösetalsperre aus bautechnischen und betrieblichen Gründen Handlungsbedarf zur Aufrechterhaltung eines sicheren Talsperrenbetriebes. Aus diesem Grund wird seitens der HWW die Generalüberholung der Vorsperre geplant, in deren Zuge die Abdichtung des Dammbauwerkes und die Betriebseinrichtungen instandgesetzt und dem aktuellen Stand der Technik angepasst werden sollen.

Ein Umbau der Hochwasserentlastungsanlage unter laufendem Betrieb wurde wegen des Risikos der Gefahrenabwehr im Hochwasserfall und aus Kostengründen verworfen. Anstelle des Umbaus soll nun der Ersatzneubau eines Kombibauwerkes, das die Funktion des Überlaufes, der Hochwasserentlastung und des Grundablasses in einem Bauwerk kombiniert, im Vorsperrendamm realisiert werden.

Weiterer Anpassungsbedarf ergibt sich aus der im Trinkwasserschutzgebiet der Sösetalsperre verlaufenden Bundesstraße B 498, die über den Damm der Vorsperre führt und unmittelbar in der höchsten Schutzzone I (Fassungsbereich) liegt. Die vorhandene Brücke über die Entlastungsanlage ist abgängig und muss ersetzt werden. Die Entwässerung der Straße erfolgt über die Böschungsschulter direkt in den Wasserspeicher der Vor- und Hauptsperre. Damit entspricht die vorliegende Situation nicht den heutigen Anforderungen des Gewässerschutzes an Straßen in Wasserschutzgebieten. Im Zuge der notwendigen Sanierung soll daher auch der Gewässerschutz durch einen Umbau der Verkehrsanlage der B 498 verbessert werden. Dazu ist vorgesehene im betreffenden Streckenabschnitt eine Straßenführung mit Querschnitt, Ausstattung und Entwässerung nach Stand der Technik einzurichten.

Mit den Bautätigkeiten zur Generalüberholung der Vorsperre geht eine notwendige Vollsperrung der auf dem Vorsperrendamm liegenden Bundesstraße B 498 einher. Dieser Umstand wirkt sich auf die vom Durchgangsverkehr abhängigen Tourismusbetriebe in der oberhalb gelegenen Ortschaft Riefensbeek-Kamschlacken ungünstig aus. Aus diesem Grund wird die Sperrung in der Öffentlichkeit kritisch gesehen.

Aufbauend auf einer Machbarkeitsstudie zu Lösungsansätzen zur Vermeidung einer längerfristigen Vollsperrung der B 498 in der Bauzeit soll nun im Rahmen einer Vorplanung eine Lösungsmöglichkeit zur bauzeitlichen Umfahrung unter Beachtung des uneingeschränkten Staubetriebes von Haupt- und Vorsperre und der durch den Ersatzneubau des Kombibauwerkes im Vorsperrendamm gegebenen Randbedingungen untersucht werden.

2. Planungsrandbedingungen

2.1 Randbedingungen der Verkehrsanlage

2.1.1 Lage im Wasserschutzgebiet

Die Vorsperre der Sösetalsperre erhielt 1930 ihre unbefristete Verleihungsurkunde und wurde 1931 in Betrieb genommen. Der Betrieb der Vorsperre erfolgt in der Regel im Dauerstau und dient, als ein Teil des Multibarrier-Systems der Trinkwassergewinnung im Zulauf zur Sösetalsperre, dem Sedimentrückhalt und der Reduzierung des Stoffeintrages in die Hauptsperre. Zudem ist das Retentionsvolumen der Vorsperre Bestandteil des Hochwasserschutzkonzeptes der gesamten Stauanlage.

Da die Sösetalsperre für die Trinkwassergewinnung genutzt wird, sind die Talsperren und angrenzende Flächen als Wasserschutzgebiet ausgewiesen. Die Schutzzone I (WSG Zone I = Fassungsbereich) umfasst die Wasserflächen und Ufer der Vor- und Hauptsperre bis an die Begrenzung der diese umgebenden Wirtschaftswege und Straßen. Das Dammbauwerk der Vorsperre liegt vollständig in der WSG Zone I. Demzufolge sind, gemäß Schutzverordnung [2], bei den geplanten Baumaßnahmen zur Generalüberholung des Vorsperrendamms Auflagen zu berücksichtigen.

Dabei steht die B 498 im direkten Konflikt zum heute allgemein anerkannten Schutzbedürfnis des Gewässers bzw. der Trinkwasserressourcen. Hinsichtlich des Aus- oder Umbaus der Verkehrsanlage ist daher insbesondere die Richtlinie für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten (RiStWag [3]) zu beachten. Nach der RiStWag ist die WSG Zone I prinzipiell von Straßen freizuhalten. Ist aus zwingenden Gründen und nach Abwägung aller Gesichtspunkte des Wohles der Allgemeinheit eine Straßenführung durch die Zone I von Grundwassergewinnungsanlagen nicht zu vermeiden, sind bei Trinkwassertalsperren maximale Maßnahmen für den Gewässerschutz notwendig.

Da die vorhandene B 498 im Bereich des Vorsperrendamms dem Bestandsschutz unterliegt und im Rettungswegenetz mit einbezogen ist, soll diese Straßenverbindung nach der Generalüberholung prinzipiell erhalten bleiben. Zum Umbau und zur Entwässerung der Straße im Schutzgebiet ist eine Ausnahmegenehmigung bei der unteren Wasserschutzbehörde zu stellen. Durch die Verkehrsanlage dürfen die Belange des Trinkwasserschutzes jedoch auf keinen Fall beeinträchtigt werden. Daher muss alles anfallende Oberflächenwasser im Bereich der Straße gesammelt werden und darf nur mit erteilter Ausnahmegenehmigung der Wasserbehörde nach einer Behandlung bzw. Reinigung in dem Wasserschutzgebiet verbleiben.

2.1.2 Rettungswegenetz

Die B 498 übernimmt Funktionen in dem Rettungswegenetz zwischen Osterode am Harz und Riefensbeek-Kamschlacken.

2.1.3 Verkehrsaufkommen

Öffentlicher Nahverkehr

Die B 498 wird zur Schülerbeförderung genutzt.

Im Ausbaubereich der B 498 befinden sich öffentliche Verkehrsanlagen. Die vorhandenen Bushaltestellen werden von der Linie 462 des VSN (Verkehrsverbund Süd-Niedersachsen) betrieben.

Motorisierter Verkehr

Verkehrszählungen im Bereich der B 498 zwischen Osterode am Harz und der B 242 ergaben nachfolgendes Verkehrsaufkommen (siehe Tabelle 2-1).

Tabelle 2-1: Verkehrsaufkommen auf der B498 nach Verkehrszählungen

Zählstelle 4228 0544	Datum	Fahrzeuge in (Kfz/24h)
Abschnitt Osterode - B 242	1995	1.970
Abschnitt Osterode - B 242	2000	2.129
Abschnitt Osterode - B 242	2005	1.000
Abschnitt Osterode - B 242	2010	706

Nichtmotorisierter Verkehr

Am Standort der Vorsperre kreuzen sich mehrere Wanderrouten. Zudem wird die B 498 auch in Rahmen von Radtouristikfahrten und durch den Radsport genutzt. Verkehrsdaten für den nicht motorisierten Individualverkehr liegen nicht vor.

Im Bereich vor und hinter der Sösetalvorsperre ist neben der B 498 kein separater Geh- und Radweg angeordnet. Entsprechend der Empfehlung für Radverkehrsanlagen (ERA 2010) ist die Anordnung eines fahrbahnbegleitenden Radweges für die gegebenen Verkehrsbelastungen nicht erforderlich. Unter den gegebenen beengten Platzverhältnissen an Dammkrone und Berme wird von einer lokalen Anordnung im Dammbereich abgesehen.

2.2 Baumaßnahmen zur Generalüberholung der Vorsperre

Der Entwurf zur Generalüberholung der Sösetalvorsperre mit Kombibauwerk umfasst folgende Teilbaumaßnahmen:

- Umbau der Dammdichtung mit:
 - Neubau einer Innendichtung in den Vorsperrendamm
 - Rückbau der Außendichtung aus Betonplatten
 - Aufbringen von Steinschüttungen zum Erosionsschutz

- Umbau der Betriebseinrichtungen mit:
 - Verfüllen des vorhandenen Grundablasses und Teilrückbau des Grundablassturms
 - Ersatzneubau eines Entlastungsbauwerkes mit Grundablass, Wehr, Schussrinne mit Straßenbrücke zur Überführung der B 498 (Kombibauwerk)
 - Verfüllen und Teilrückbau der alten Hochwasserentlastungsanlage

- Umbau der B 498 mit:
 - Straßenbau zur Anlage eines verkehrssicheren Regelquerschnittes RQ 9,5 im Bereich des Vorsperrendamms mit leichten Anpassungen der Gradienten und Trassierung in den Kurvenbereichen inkl. Übergangsstrecken zum Anschluss an den Bestand
 - Neubau einer Straßenentwässerung im Ausbaubereich mit Fassung des Straßenoberflächenabflusses und Behandlung mit Sedimentationsanlagen und Leichtflüssigkeitsabscheider (RiStWag-Anlage) sowie einer zusätzlichen Reinigung in einem Retentionsbodenfilterbecken im südlichen Hang auf der Seite der Hauptsperre.

Eine Übersicht über die geplanten Baumaßnahmen ist in Abbildung 2-1 gegeben.

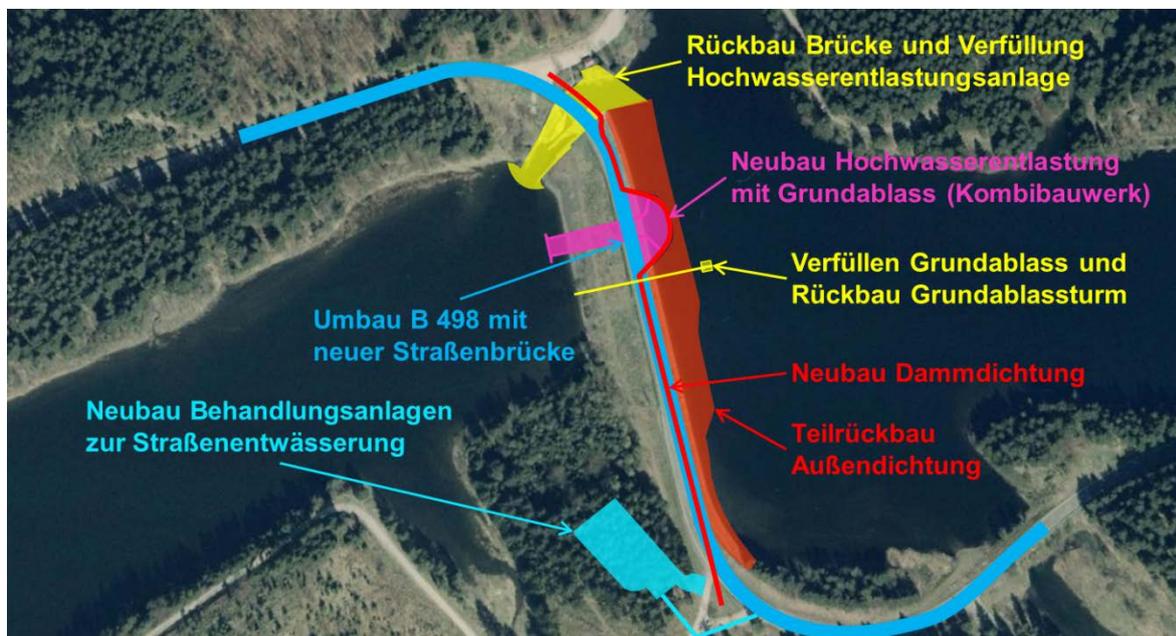


Abbildung 2-1: Überblick über die geplanten Maßnahmen zur Generalüberholung der Vorsperre

2.3 Randbedingungen der Stauanlage

2.3.1 Trinkwassergewinnung

Die Trinkwassergewinnung der Sösetalsperre muss während der gesamten Bauzeit zur Generalüberholung der Vorsperre zwingend aufrecht erhalten bleiben.

2.3.2 Staupegel

Die Betriebszustände der Vorsperre werden durch die Zuflüsse im Oberlauf und die Stauhaltung der Hauptsperre im Unterlauf beeinflusst. Aus diesem Grund werden die Hauptkenngrößen für beide Stauanlagen wiedergegeben. Die Angaben zur Vorsperre in Tabelle 2-2 stellen dabei den Ist-Zustand vor der Generalüberholung der Vorsperre dar.

Tabelle 2-2: Hauptdaten der Hauptsperre und Vorsperre im Ist-Zustand

Bezeichnung	Vorsperre	Hauptsperre	Einheit
Dammkrone	336,1	328,6	m ü. NHN
Höhe über Talsohle	17,36	53,20	m
Vollstau, Z_v	332,9	326,8	m ü. NHN
Beckeninhalt bei Vollstau	0,62	25,45	Mio. m ³
Hochwasserstauziel im HWBF1, Z_{H1}	334,7	327,1	m ü. NHN
Hochwasserstauziel im HWBF2, Z_{H2}	335,6	327,2	m ü. NHN

Der Staupegel in der Hauptsperre kann während der Bauzeit zur Generalüberholung mit einem Sonderbetriebsplan auf NHN +322,60 m begrenzt werden. Bei außergewöhnlichen Hochwasserereignissen können die Wasserstände in der Hauptsperre jedoch bis auf die Hochwasserstauziele von bis zu NHN +327,2 m ansteigen.

Die Generalüberholung der Vorsperre muss unter Einstau der Vorsperre erfolgen, um die Verfrachtung von Sedimenten in die Hauptsperre zu verhindern und die Mobilisierung und Aufwirbelung von Sedimenten im Vorsperrenbecken zu begrenzen. Das Stauziel der Vorsperre liegt in der Bauzeit daher prinzipiell bei NHN +332,9 m. Temporäre Absenkungen der Vorsperre sind nur über das Wehr der vorhandene Entlastungsanlage auf NHN +331,5 m für kürzere Bauphasen zur Fertigstellung der Wehrkorne des Kombibauwerkes vorgesehen.

2.3.3 Abflussereignisse

Die Abflusskennwerte der Vorsperre sind in Tabelle 2-3 anhand der Zufluss- und Staukennwerten aus der Pegelstatistik von 1932 bis 2010 gegeben.

Tabelle 2-3: Zufluss- und Staukenndaten der Vorsperre aus Pegelstatistik

Zuflusskennwerte			Stauhaltung
Art	Jährlichkeit [T/a]	Jahr [m ³ /s]	[m ü. NHN]
NQ		0,025	~ 332,9
MQ		1,03	~ 332,9
HQ ¹	2	17,6	333,6
	5	28,0	333,7
	10	36,2	333,7
	20	45,0	333,8
	50	57,7	333,9
	100	68,3	333,9

Während des Ersatzneubaus des Kombibauwerkes im Vorsperrendamm muss die vorhandene Entlastungsanlage aus Sicherheitsgründen ohne Einschränkungen voll funktionstüchtig aufrecht erhalten bleiben.

Alle in der mehrjährigen Bauzeit auftretenden Abflüsse müssen zum Schutz der Baugruben und der Gesamtstabilität des Staudamms sicher über die Hochwasserentlastungsanlage abgeführt werden können. Dazu sind zur Sicherheit der Baustelle bzw. Baugruben Abflüsse bis HQ₁₀₀ (hundertjährige Wiederkehrwahrscheinlichkeit) und für die Gesamtstabilität des Staudamms bis zu den nach DIN 19700 vorgeschriebenen Bemessungsereignissen mit mehr als 1.000 jährigen Wiederkehrwahrscheinlichkeiten zu berücksichtigen.

Erst nach Fertigstellung des Kombibauwerkes kann der Abfluss aus der Vorsperre über dieses in die Hauptsperre abgegeben werden. Abschließend wird die bestehende Entlastungsanlage verfüllt und mit einer Bohrpfehlwand gegen Sickerströmungen abgedichtet.

2.4 Baugrund

Die Baugrundbedingungen sind in dem Ingenieurgeologischen Untersuchungsbericht zum Vorsperrendamm [6] und in der Geotechnischen Stellungnahme zu den nördlich und südlich des Vorsperrendamms anschließenden Hängen zur Hauptsperre [5] beschrieben.

¹ Bemessungskennwerte HQ100, BHQ1 und BHQ2 für die Generalüberholung sind entsprechend den aktuell gültigen Berechnungen der N-A Modelle Panta Rhei des IWF Braunschweig anzusetzen.

3. Varianten zur bauzeitlichen Verkehrsführung

3.1 Vollsperrung und Umleitung über B 241/B 242 – Variante 0

Alle Varianten zur nahräumigen bauzeitlichen Umfahrung müssen sich gegen die sogenannte „Nullvariante“ messen lassen. Die „Nullvariante“ wird durch die über die Bauzeit uneingeschränkte Vollsperrung der B498 auf der Vorsperre und die damit verbundene Umfahrung durch Umleitung über B241 und B242 via Clausthal-Zellerfeld dargestellt (s. Abbildung 3-1).

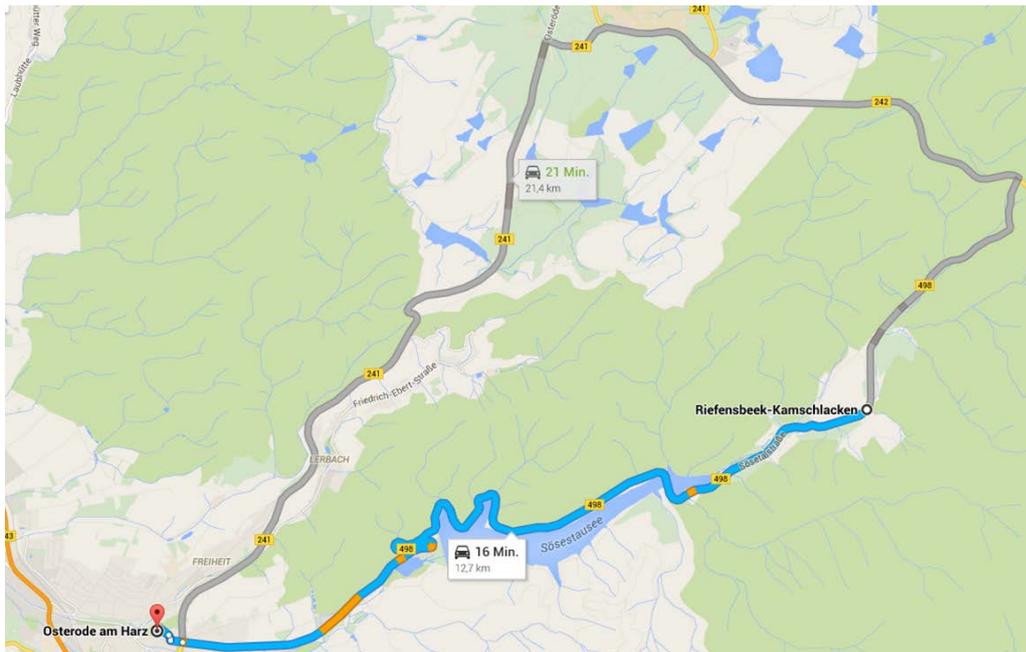


Abbildung 3-1: Umfahrung über Clausthal-Zellerfeld (Quelle: Google Maps)

Die Fahrzeit auf der in Frage kommenden 21,4 km langen Umleitungsstrecke beträgt von Osterode über Clausthal-Zellerfeld nach Riefensbeek-Kamschlacken ca. 21 Minuten. Gegenüber der direkten Verbindung bedeutet dies eine zusätzliche Strecke von 8,7 km und eine längere Fahrzeit von ca. 5 Minuten.

Das Einsatz- und Rettungskonzept ist auf die Situation mit Vollsperrung der B 498 am Vorsperrendamm umzustellen.

3.2 Varianten für eine nahräumige direkte Verbindung

In einer Vorstudie [7] wurden insgesamt 16 denkbare Lösungsansätze zur Umfahrung der Baustelle am Vorsperrendamm oder unter Nutzungen von auszubauenden Forstwegen untersucht. Im Ergebnis der Vorstudie wurden als einzig zielführende Varianten die Lösungen der Umfahrung direkt am Vorsperrendamm aufgezeigt.

Die Lösungsmöglichkeiten sind aufgrund des zwingend notwendigen Gewässerschutzes jedoch mit hohem technischen Aufwand zur Herstellung und Betrieb und damit hohen Kosten verbunden.

Die Untersuchungen wurden für den Entwurf mit Umbau der vorhandenen Betriebsanlagen erstellt. Mit dem nun vorgesehenen Ersatzneubau eines Kombibauwerks im Vorsperrendamm ergeben sich geänderte Rahmenbedingungen. Hier soll daher eine weitere Betrachtung der Varianten zur Umfahrung an der Dammkrone und auf der hauptsperrenseitig gelegenen Berme erfolgen, um die Belange der Generalüberholung mit Ersatzneubau eines Kombibauwerks im Vorsperrendamm zu beachten und die technische Erfordernisse detaillierter herauszuarbeiten.

In Abbildung 3-2 ist der Lageplan der Vorsperre mit den geplanten Baumaßnahmen zur Generalüberholung dargestellt. Die von den Baumaßnahmen betroffenen Bereiche der B 498 sind farblich hervorgehoben.

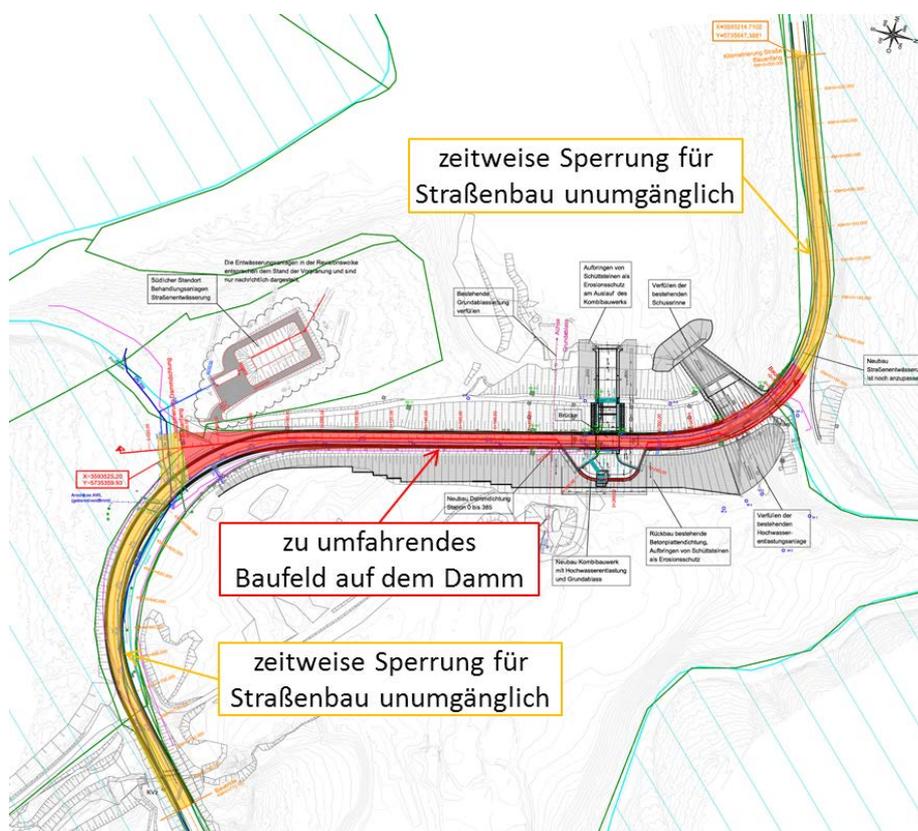


Abbildung 3-2: Zu umfahrender Bereich der B 498

Eine nahräumige bauezeitliche Umfahrung am Vorsperrendamm ist so zu gestalten, dass die Sperrzeit für den Durchgangsverkehr auf ein Minimum reduziert und eine Entflechtung der Verkehre und der Bautätigkeiten erreicht wird.

In Rot ist der Bereich dargestellt, der im Rahmen der Baumaßnahme für die Herstellung der Dammdichtung und den Neubau des Kombibauwerkes langfristig (mindestens zwei Jahre Bauzeit) gesperrt werden muss. In Gelb sind die Bereiche dargestellt, die zur Durchführung des Straßenumbaus für kürzere Zeit gesperrt werden müssen. Somit wird erkenntlich, dass eine zeitweise Vollsperrung unumgängliche ist, die Sperrzeit durch

Umgehung des in Rot dargestellten Abschnitts auf dem Dammbauwerk aber reduziert werden kann.

3.2.1 Variante Kronenfahrt

Eine nach der Voruntersuchung in [7] verbliebene weiter abzuklärende Variante war die Verbreiterung der Dammkörne und Herstellung einer auf der Dammkrone neben dem Baufeld verlaufenden Verkehrsanlage („Kronenfahrt“).

Wegen der Baustellenverkehre zur Andienung der Geräte für die Dichtwandarbeiten, den Rückbau der vorsperrenseitig Betonplattendichtung und den Bau des neuen Wehrkörpers am Kombibauwerk ist nur eine Verkehrsführung und Verbreiterung auf der Seite der Hauptsperre sinnvoll. Hierdurch ergibt sich zwangsläufig mindestens eine Kreuzung der Trasse der Umfahrung mit der Trasse der herzustellenden Dichtwand.

Die Planung zum Ersatzneubau des Kombibauwerkes sieht aus Sicherheitsgründen vor, das bestehende Entlastungsbauwerk (HWE) bis zur Fertigstellung des Ersatzneubaus des Kombibauwerkes in seiner Funktion vollständig aufrecht zu erhalten (vergl. Abschnitt 2.3.3). Erst zu Ende der Bauzeit, nach Fertigstellung des Kombibauwerkes, wird die bestehende Anlage teilweise zurückgebaut, verfüllt und gedichtet.

Das bedeutet, dass die Trasse der Umfahrung sowohl die Schussrinne des Kombibauwerkes, als auch die Schussrinne der bestehenden Entlastungsanlage überqueren muss.

Für die im Bauablauf zur Dammdichtung notwendige Umverlegung der bauzeitlichen Trassenführung auf den hauptsperrenseitigen Dammbereich und den späteren Abbruch der bestehenden Brücke zur Verfüllung der bestehenden Entlastungsanlage müsste eine Behelfsbrücke hauptsperrenseitig neben der bestehenden Brücke installiert werden.

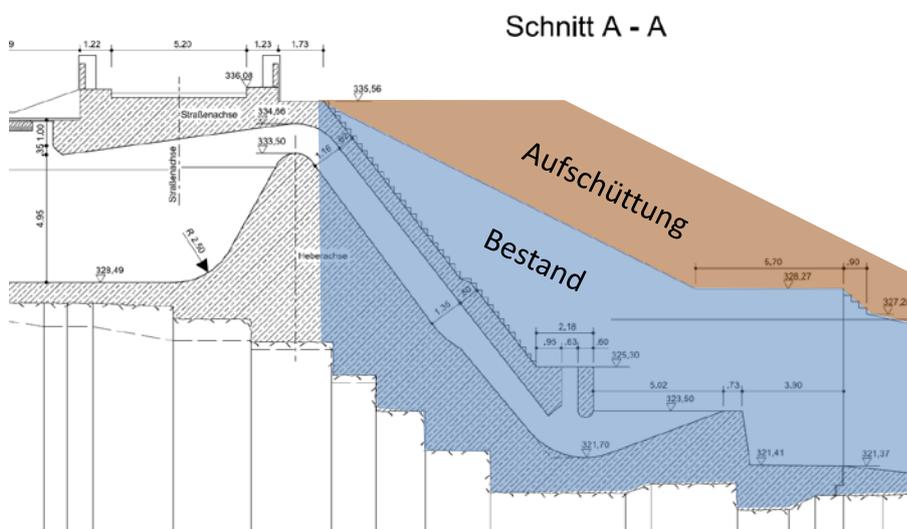


Abbildung 3-3: Aufschüttung für Dammkronenverbreiterung auf Hauptsperrenseite

Die Auswirkungen der Aufschüttung zur Kronenverbreiterung auf die abzufangen Böschungen am Neubau des Kombibauwerkes sowie an der Konstruktion der bestehenden Entlastungsanlage sind erheblich. Die Konstruktion der Schussrinnenwände an der bestehenden Entlastungsanlage müsste erhöht werden, siehe Abbildung 3-3. Die Bestandsaufnahme und Planungen zum Umbau der bestehenden Entlastungsanlage haben jedoch gezeigt, dass es aus statischen Gründen nicht möglich ist, die Wände der bestehenden Schussrinne zusätzlich zu belasten.

Die Anordnung einer Behelfsbrücke auf der Vorsperrenseite ist ebenfalls nicht sinnvoll, da der Verkehr quer durch das auf dem Damm befindliche Baufeld geleitet werden müsste. Dabei kreuzen sich die Achsen der herzustellenden Dichtwand und Umfahrung. Die Behelfsbrücke liegt direkt über der Dichtwandachse. Eine Entflechtung des Verkehrs von den Baustellentätigkeiten zur Vermeidung von längeren Sperrzeiten ist so nicht möglich.

Die Variante mit Kronenfahrt wird wegen des geringen zusätzlichen Nutzens zur Umgehung der Baustelle bei hohen Kosten als nicht zielführend ausgeschlossen und nicht weiter betrachtet.

3.2.2 Variante Bermenfahrt

Bei der Variante der Bermenfahrt ergibt sich der im Zusammenhang mit der Kronenfahrt erläuterte Konflikt der Verkehrsführung zur Umfahrung mit dem Baustellenbetrieb auf der Dammkrone in geringerem Maße, da eine weitgehende Trennung der Trasse auf der Berme von dem Baufeld auf der Dammkrone geschaffen wird.

Die am Vorsperrendamm vorhandene Berme (siehe Abbildung 3-4) ist zur Anlage einer öffentlichen Straße zur verkehrssicheren bauzeitlichen Umfahrung zu verbreitern und zu befestigen. Die zur Anlage der Umfahrung benötigten Erdmassen zur Verbreiterung sind jedoch weitaus geringer als zur Verbreiterung der Dammkrone.



Abbildung 3-4: links: Berme am Vorsperrendamm Blickrichtung Süden / Anschluss Richtung Riefensbeek
rechts: Berme am Vorsperrendamm Blickrichtung Norden / Anschluss Richtung Osterode

Die Bauabläufe zur Herstellung des Kombibauwerkes müssen so angepasst werden, dass die Bauwerksteile, die sich auf der Seite der Haupt-

sperre befinden, fertiggestellt werden bevor die bauzeitliche Umfahrung auf der Berme eingerichtet werden kann. Erst danach wird das Baufeld auf der Dammkrone zur Errichtung der Dammdichtung eingerichtet und der Verkehr auf die Umfahrung an der Dammbemme verlegt.

Zur Querung der im Damm neu zu errichtenden Schussrinne des geplanten Kombibauwerks ist eine zusätzliche Straßenbrücke zu errichten.

Des Weiteren ist im Verlauf der Umfahrung der Baumbestand im Anschlussbereich zwischen Entlastungsanlage und der B 498 ist zu Roden und ein ausreichend standfester Unterbau auf dem gewachsenen Verwitterungshorizont nach Abtrag von Wurzelwerk und Oberboden in dem relativ steilen nördlichen Hang vorzunehmen.



Abbildung 3-5: Vorsperrendamm mit bildlich schematischer Darstellung der Umfahrung auf der Berme

Zum Anschluss der Berme an den nördlichen Streckenabschnitt ist eine Querung der bestehenden Entlastungsanlage im Vorsperrendamm vorzusehen. Die hydraulische Funktion der Entlastungsanlage ist in vollem Umfang aufrecht zu erhalten (siehe Abschnitt 2.3.3). Die Standsicherheit der Schussrinnenwände darf durch die Anschüttung des Straßenunterbaus und die zusätzlichen Verkehrslasten zu keinem Zeitpunkt gefährdet werden.

4. Bauzeitliche Umfahrung auf der Berme

4.1 Gewählte Linienführung

Für die bauzeitliche Umfahrung wird eine Linienführung auf der oberhalb des Wasserspiegels der Hauptsperre gelegenen Berme am Vorsperrendamm gewählt.

Der südliche Anschluss an den vorhandenen Straßenaufbau der B 498 in Richtung Riefensbeek ist durch den Bauanfang der Dichtwand und den Anschluss des vorhandenen Forst- und Betriebsweges bei ca. Straßenbaukilometer 0+570 km vorgegeben.

Als weitere Linienführung wird das gerade Teilstück des vorhandenen Betriebsweges auf der Berme als fixiert zu Grunde gelegt. Die Breite der vorhandenen Berme schwankt stark von maximal ca. 4,6 m im südlichen Hangbereich bis nur ca. 2,25 m im Kurvenübergang zur bestehenden Entlastungsanlage. Einschnitte in den Erdkörper des Vorsperrendamms sind zur Aufrechterhaltung der Standsicherheit des Dammbauwerkes bei ohnehin steilen Böschungen zu vermeiden. Daher werden Anschüttungen zur Verbeiterung der Berme zur Hauptsperre hin notwendig.

Weitere Zwangspunkte ergeben sich aus der Höhenlage der Wände des geplanten Kombibauwerkes im Übergang zur Berme und aus dem Anschluss der Berme zur Schussrinne der bestehenden Entlastungsanlage. Um hier eine Querung ohne Einschränkung der Funktionsfähigkeit der Entlastungsanlage zu erreichen, ist die Trasse der Umfahrung möglichst auf kurzem, geradem Wege zu überführen. Die Wannenausrundung im Übergangsbereich zur relativ steilen Hangböschung ist zu beachten.

Die Trasse soll nur einen Tiefpunkt erhalten, um die zum Gewässerschutz notwendige Straßenentwässerung zielgerichtet an einem zentralen Punkt zur Behandlung und Reinigung vor der Einleitung im Wasserschutzgebiet zusammenzuführen.

Der nördliche Anschluss an die B 498 bei Straßenbaukilometer ca. 0+080 bestimmt sich aus der Trassierung mit maximal zulässiger Steigung zur Überwindung der Höhendifferenz zwischen dem vorhandenem Straßenaufbau der B 498 und der Querung der Schussrinne der bestehenden Entlastungsanlage zum Anschluss an die Berme.

Es ergibt sich ein ca. 490 m langer Streckenabschnitt zur Umfahrung des auf dem Damm gelegenen Baufeldes. Abbildung 4-1 gibt eine Übersicht über die gewählte Linienführung.

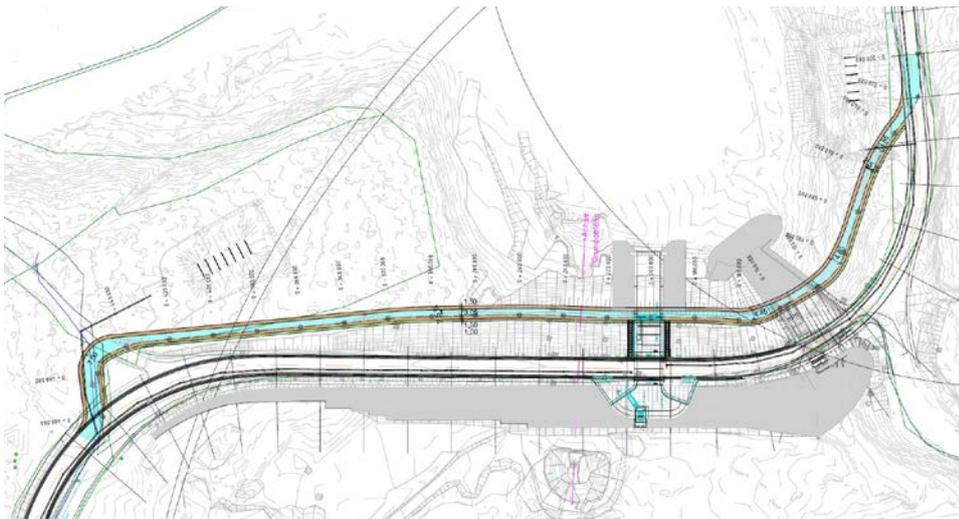


Abbildung 4-1: Linienführung zur bauzeitlichen Umfahrung auf der Berme des Vorsperrendamms

4.2 Ausbaustandard

Grundsätzlich ist die bauzeitliche Umfahrung der Baustelle auf dem Vorsperrendamm als Teil der B 498 anzusehen. Da es sich um einen temporär angelegten kürzeren Streckenabschnitt zur prinzipiellen Aufrechterhaltung einer direkten Straßenverbindung zwischen Osterode am Harz und Riefensbeek-Kamschlacken handelt, können von der Richtlinie zur Trassierung von Landstraßen RAL 2012 abweichende Regelungen hinsichtlich der Entwurfsgeschwindigkeit und Linienführung im Grundriss getroffen werden.

Die Befestigung der bauzeitlichen Umfahrung muss jedoch zur Gewährleistung einer ausreichenden Verkehrssicherheit und insbesondere zur Einhaltung des Gewässerschutzes dauerhaft dicht und ausreichend standfest sein. Der anzulegende Straßenunterbau, die Fahrbahnbefestigung und die Entwässerungseinrichtungen der bauzeitlichen Umfahrung müssen daher grundsätzlich dem Standard einer dauerhaft angelegten Straße entsprechen.

Zur Kostenminimierung wird eine einspurige Verkehrsführung mit Ausschluss von Begegnungsverkehren über Fahrtrichtungsregelung mit Lichtsignalanlage für ausreichend erachtet. Nothaltebuchten müssen auf dem 490 m langen Streckenabschnitt nicht vorgesehen werden.

Da die Umfahrung auf der Berme direkt im Talsperrenkörper der Hauptsperrre in der WSG Zone I verläuft, kann diese nur mit Ausnahmegenehmigung als temporäre Lösung akzeptiert werden. Nach Beendigung der Generalüberholung sind die Fahrbahnbefestigung, Entwässerungseinrichtungen und Ausstattungen der Umfahrung wegen nicht erwünschter bzw. nicht erlaubter Nutzung im Endzustand rückstandslos zurückzubauen. Der Unterbau kann zur Minderung der Rückbaukosten abschließend verbleiben und ist in Anlehnung an den Bestand mit einer Wasserdurchlässigen belebten Befestigung aus z.B. Schotterrassen zu versehen.

Für die Verkehrsanlage der Umfahrung sind als maßgebende Regelwerke die RiStWag 2016 und ZTV-E Stb anzuwenden. Die RAL 2012 wird mit Einschränkungen, die RAS 06 als Referenzwerk hinzugezogen.

4.3 Herstellung der Verkehrssicherheit

Zur Herstellung der Verkehrssicherheit wird die Fahrtrichtungsregelung des Einbahnwechselverkehrs über eine Funk-Lichtsignalanlage vorgesehen. Im Anfahrtsbereich und im einspurigen Bereich wird eine Tempobegrenzung ausgeschildert.

Des Weiteren wird durch einen richtlinienkonformen Straßenaufbau mit geschlossener Asphaltdecke, Fahrbahnmarkierung und in den Banketten aufgestellte Schutz- und Leiteinrichtungen für die Verkehrssicherheit gesorgt.

Die Befahrung soll durch Beschilderung nur für Fahrzeuge bis zu einem zulässigen Gesamtgewicht von 25 t freigegeben werden.

4.4 Trassierungselemente

4.4.1 Trassierung im Lageplan

Die nach der RAL oder RAS-L vorgesehenen Mindestparameter der Kurvenradien können zur Trassierung im Lageplan bei dem stark bewegten Gelände im Bereich der Hänge zwischen vorhandener Straße und Berme auf dem Vorsperrendamm, selbst für eine begrenzte Entwurfsgeschwindigkeit von nur $V_e = 50$ km/h, nicht sinnvoll eingehalten werden.

Zur Vereinfachung der Trassenführung wird eine Begrenzung der Fahrgeschwindigkeit auf unter 30 km/h vorgesehen. Aufgrund der stark herabgesetzten Fahrgeschwindigkeit ergeben sich dann keine Anforderungen hinsichtlich einer Trassierung aus fahrdynamischen Gründen. Es kann rein fahrgeometrisch trassiert werden.

Trassiert wird für Einrichtungsverkehr mit einem Lastzug von 18,71 m Länge als Bemessungsfahrzeug.

Die Fahrbahnbreite wird mit der minimal erforderlichen Verkehrsraumbreite festgelegt. Die Fahrbahnbreite beträgt 3,05 m (2,55 m Verkehrsraum + 2 x 0,25 m Sicherheitsraum).

Kurvenaufweitungen ergeben sich in Abhängigkeit der Schleppkurve des Lastzuges.

4.4.2 Trassierung im Höhenplan

Die nach RAL für eine Entwurfsklasse EKL 4 vorgesehene maximale Steigung beträgt 8 %. In begründeten Ausnahmefällen kann diese zu maximal 10% Steigung (inkl. Querneigung) angehoben werden.

Für die bauzeitliche Umfahrung wird der begründete Ausnahmefall als gegeben angesehen.

Gemäß RiStWag tritt bei Fahrzeugrückhaltesystemen der Gewässerschutz gegenüber einzelnen Aspekten der RPS in den Vordergrund. Es werden in diesen Fällen aber dennoch Betonschutzwände gewählt, welche die Anforderung der RPS erfüllen. Die Aufhaltstufe der Betonschutzwände ist gem. RiStWag mindestens mit Klasse H1 auszuführen.

Der Verkehrsraum wird gegen Verlust von Straßenoberflächenwasser in den Untergrund mit einem für die Nutzungsdauer ausreichend dichtem asphaltierten Oberbau vorgesehen. Zusätzlich ist das Austreten von Spritzwasser oder von wassergefährdenden Stoffen beim Abkommen von Fahrzeugen von der Fahrbahn zu verhindern. Auf eine im Untergrund eingebaute und an die Entwässerung anzuschließende Abdichtung des Straßenseitenraums wird jedoch verzichtet. Stattdessen werden die vorgesehenen Betonschutzwände als Schutzverwallung genutzt.

Die zusätzlichen Anforderungen an die Betonschutzwände, die sich aus dem Gewässerschutz ergeben, sind folgende:

- unverschiebliche Wand
- keine Entwässerungsöffnungen in den ungedichteten Seitenraum
- Aufstellung der Betonschutzwand auf Asphalt- oder Betonunterlage
- dauerelastische Abdichtung der Fugen zwischen Betonschutzwand und Unterlage und der Betonschutzwandfugen.

Anstatt der nach RiStWag zur Erlangung eines unverschieblichen Systems angeführten Hinterfüllung der Betonschutzwand wird hier eine äquivalent geringe Verschiebung der Betonschutzwand unter dynamischer Einwirkung vorgesehen. So wird für die damm- bzw. hangseitige Betonschutzwand ein gem. RPS zugelassenes System mindestens H1W3 gefordert. Die Betonschutzwand zur Seite der Talsperre kann bei 2,0 m verbleibender breitem Bankett als H1W4 ausgebildet werden.

Das anfallende Straßenoberflächenwasser muss aus dem Verkehrsraum über Straßenabläufe in dichten Rohrleitungen gesammelt abgeführt werden. Dazu wird das am unteren Fahrbahnrand außerhalb des Verkehrsraumes befindliche Bankett mit Betongleitwand genutzt. Die Betongleitwand ist direkt auf der Asphalttragschicht aufgestellt und mit dauerelastischem Material gegen die Asphaltdeckschicht abgedichtet. Eine Hochbordeinfassung der Fahrbahn wird nicht vorgesehen. Stattdessen wird das Oberflächenwasser an der Betongleitwand geführt und in die direkt davor befindlichen Straßenabläufe eingeleitet.

Durch den Verzicht auf Hochborde wird neben der markierten Fahrbahnbreite eine lichte Breite von mindestens 4,05 m und damit genügend Lichtraum für Räumfahrzeuge des Winterdienstes (Anforderung lichte Breite > 3,60 m) geschaffen.

Wegen des sehr geringen Platzangebotes auf der beidseitig mit Betonschutzwänden eingefassten Fahrbahn, wird ein Notgehweg auf der Seite der Hauptsperrre außerhalb der Fahrbahn vorgesehen. Der Notgehweg von 1,0 m Breite wird auf dem mit einheitlicher Querneigung durchgehenden Fahrbahnaufbau angeordnet.

4.6 Fahrbahnbefestigung

Für die Fahrbahnbefestigung wird entsprechend dem Endausbau ein Deckenaufbau Bk 1,0 mit Asphalttragschicht auf Schottertragschicht und Frostschutzschicht nach RStO 12 / Tafel 1, Zeile 3 gewählt.

Die Bankettbereiche werden mit gleichem Aufbau bis zur Rückseite der Betongleitwand und im Bereich des Notgehweges in gleicher Weise befestigt. Die verbleibende Bankettbreite wird mit 14 cm Schotterrasen aufgefüllt.

4.7 Böschungsgestaltung

4.7.1 Böschungen zur Hauptsperre

Damit die notwendigen Eingriffe in die Bestandsböschung zur Hauptsperre so gering wie möglich gehalten werden, wird bei der Herstellung der neuen Böschungen mit einer Neigung von 1:1,5 an die bestehende Böschung angeschlossen. Die neue Böschung wird mit mindestens 10 cm Oberboden angedeckt.

Von ca. Station 0+170 km bis 0+270 km liegt der Fußpunkt der herzustellenden Böschung unterhalb der möglichen Wasserspiegellage der Hauptsperre. Hier ist die Böschung insgesamt mit einer 1:2 Neigung und einer Sicherung mit Deckwerk LMB 10/60 unterhalb von NHN +328,2 m auszuführen.

4.7.2 Böschungen zum Damm bzw. oben liegendem Hang

Der Anschluss auf der Dammseite bzw. zu den oben liegenden Hängen erfolgt bei Auftrag horizontal, bei Einschnitt unter 1:1,5.

Im Anschluss Bereich der Umfahrung am nördlichen Hang liegen gem. Bodengutachten [5] undurchlässige schluffige Verwitterungsböden auf Felsuntergrund vor, in denen mit Hang- und Schichtenwasser zu rechnen ist. Insgesamt muss die Entwässerung für eine Fläche von ca. 2.200 m² Hang oberhalb der Umfahrungstrasse gefasst und umgeleitet werden.

Es sind an Gelände und Trasse angepasste Abfanggräben anzulegen, die wegen des Gefälles als mit Natursteinen gesicherte Raubettmulden auszuführen sind. Diese nehmen das auf der Böschung abfließende Wasser oberhalb der Umfahrung auf und leiten es zur Hauptsperre weiter. Das Schicht- und Sickerwasser ist oberhalb der Umfahrung durch Sickerstränge zu fassen und mit Querschlägen unterhalb des Fahrbahnaufbaus zur Hauptsperre hin zu entwässern.

Im Bereich der Dammerme besteht die Dammschüttung gem. Bodengutachten aus weitaus durchlässigerem Bodenmaterial, so dass dort Abfangmulden über Rigolen zur Versickerung des Hangwassers unterhalb des Straßenaufbaus vorgesehen werden können.

4.8 Entwässerung der Fahrbahn

4.8.1 Anforderungen an die Entwässerung

Durch die bauzeitliche Umfahrung dürfen die Belange des Trinkwasserschutzes nicht beeinträchtigt werden. Zur Erfüllung dieser Auflagen ist alles anfallendes Straßenoberflächenwasser sicher zu fassen und abzuleiten. Es darf nur im begründeten Ausnahmefall nach Behandlung mit größtmöglicher Reinigung im Wasserschutzgebiet verbleiben.

Um dieser Forderungen nachzukommen, muss über die gesamte Länge der Umfahrung das Straßenoberflächenwasser über Querneigung an ein Bord bzw. die Betonschutzwand geführt und mittels Straßenabläufen oder Rinnen an einen Sammelkanal aus dichten Rohrleitungen unterhalb der Straße abgegeben werden.

Die angeschlossene versiegelte Fläche der bauzeitlichen Umfahrung berechnet sich aus der Länge zwischen den Hochpunkten der Gradiente von ca. 450 m und der Breite der Asphaltdeckschicht. Die Breite der Befestigten Fahrbahn variiert. Sie beträgt im Regelquerschnitt 5,95 m auf gerader Strecke und bis zu 7,0 m im Bereich von Kurvenaufweitungen. Die versiegelte Fläche beträgt rund:

$$A = 3.213 \text{ m}^2$$

Das gesamte System der Sammlung, Ableitung und Behandlung ist nach RiStWag Abs. 8.3.3 für eine Trinkwassertalsperre ohne Wirkung der Vorsperre für ein 15-minütiges Regenereignis mit Wiederkehrzeit von 5 Jahren (Bemessungsregenereignis $r_{15;n=0,2}$) auszulegen.

Nach RAS-Ew ergibt sich das gleiche Bemessungsereignis nach den Anforderungen an Straßentiefpunkte. Die höhere Anforderung an eine Trogstrecke mit Tiefpunkt wird hier als nicht relevant angesehen, da der Wasserstand im Fahrbahnbereich aufgrund der Breite und Querneigung maximal 15 cm betragen kann. Zudem ist bei der geringen zulässigen Fahrgeschwindigkeit kein Aquaplaning zu befürchten.

Für das Bemessungsregenereignis ergibt sich nach KOSTRA-DWD 2000 eine Niederschlagsspende von 249,3 l/(s·ha).

Hiernach ergibt sich ein zu behandelnder Oberflächenabfluss von:

$$Q = \psi \cdot A \cdot r_{15;n=0,2} = 0,9 \cdot 0,3215 \text{ ha} \cdot 249,3 \text{ l/(s·ha)} \approx 72 \text{ l/s}$$

Der Sammler kann mit der auf den Überbau und die Frostzone abgestimmten Mindestüberdeckung von 1,3 m mit der Neigung der Gradienten mitgeführt werden. Der Standort zur weiteren Behandlung des gesammelten Abflusses ergibt sich zwangsläufig am Tiefpunkt der Umfahrung bei Station 0+286 km.

Der Tiefpunkt des Sammlers liegt dort bei NHN +326,86 m. Damit liegt er nur 4,26 m oberhalb des bauzeitlich abgesenkten Stauwasserspiegels der Hauptsperre, aber rund 8 m unterhalb des Übergabepunktes der für

den Endausbau vorgesehenen südlichen Behandlungsanlagen (Leichtflüssigkeitsabscheider mit Schlammfang und nachfolgendem Retentionsbodenfilter).

4.8.2 Straßenoberflächenwasserbehandlung

Die notwendige Behandlung von Regenwasser bzw. Oberflächenabflüssen kann nach einem Bewertungsverfahren nach DWA-M 153 bestimmt werden. Grundgedanke des Bewertungsverfahrens ist, dass die Emission des Abflusses dem Schutzbedürfnis des Gewässers angepasst wird. Es ist die erforderliche Behandlungsmaßnahme zu finden, um verunreinigtes Regenwasser vor der Einleitung in das Gewässer soweit zu reinigen, dass dem angenommenen Schutzbedürfnis des Gewässers näherungsweise Rechnung getragen wird: Emissionswert $E \leq$ Gewässerpunktezahl G .

Da die Talsperrenbecken WSG Zone I sind gelten sie als besonders empfindliche Gewässer. Der Gewässertyp G28 mit Gewässerpunktezahl $G = 0$ zeigt an, dass eine Emission durch Einleitung oder Versickerung in der Regel nicht tragbar ist. Für die Anlage der bauzeitlichen Umfahrung in der WSG Zone I ist eine Einzelfallregelung mit Ausnahmegenehmigung der Wasserbehörde erforderlich (siehe auch RiStWag).

Für den Gewässertyp 27, WSG Zone II, ergibt sich die nächst höhere Gewässerpunktezahl $G = 3$.

Aus der Luft- und Flächenverschmutzung einer Straße mit 300 bis 5.000 Kfz pro Tag ergibt sich für die B 498 ein Emissionswert von $E = 20$. Daraus folgt, dass eine Behandlung des Straßenoberflächenabflusses notwendig ist.

Die Behandlung des Straßenoberflächenabflusses lässt sich nach DWA-M 153 über eine Durchgangszahl bewerten. Für die Gewässerpunktezahl $G = 3$ ergibt sich der einzuhaltende Durchgangswert zu:

$$D \leq G / E = 3 / 20$$

$$\Rightarrow \text{erf. } D \leq 0,15$$

Die für die Entwässerung der bauzeitliche Umfahrung notwendige Behandlungsanlage sollte mindestens einen Durchgangswert erf. D kleiner 0,15 erzielen und wegen der Lage in der WSG Zone I nahezu Null erreichen.

Zur Behandlung des Abflusses der Straßenoberflächen zur Einleitung des gereinigten Wassers in die Hauptsperre ergeben sich unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten.

Behandlung über Anlagen des Endausbaus

Um die Entwässerung der bauzeitlichen Umfahrung an die Behandlungsanlagen des Endausbaus anzuschließen, ist das Wasser vom Tiefpunkt der Entwässerungsanlagen der bauzeitlichen Umfahrung zu der Einleit-

stelle der südlichen Behandlungsanlage des Endausbaus über eine geodätische Höhe von rd. 8 m zu pumpen.

Die Pumpstation müsste direkt am Tiefpunkt der Umfahrung in der Schutzzone I des Wasserschutzgebietes im Hang zur Hauptsperre angeordnet werden. Nach RiStWag Abs. 8.3.5 ist der Pumpstation ein Leichtflüssigkeitsabscheider vorzuschalten, um eine Verwirbelung und Emulsionsbildung beim Fördern zu vermeiden, die eine nachgeschaltete Behandlung erheblich erschweren würde.

Da keine Stromleitung am Standort der Vorsperre vorhanden ist, müsste der Betrieb der Pumpen über ein Stromaggregat erfolgen. Zudem wäre ein ausfallsicherer Betrieb z. B. durch doppelte Vorhaltungen des Stromaggregates und Anordnung einer Reservepumpe vorzusehen.

Vorhaltung und Betrieb des Stromaggregates für die Pumpen stellen selbst ein Gefährdungspotential für das Gewässer dar. Die Nutzung der für den Endausbau vorgesehenen Behandlungsanlagen für die Entwässerung der bauzeitlichen Umfahrung wird daher als nicht zielführend ausgeschlossen.

Behandlung über Filterrinne im Straßenquerschnitt

Alternativ zur Förderung des Wassers vom Tiefpunkt zur Behandlungsanlage des Endausbaus könnte vorgesehen werden, die Behandlung des Oberflächenabflusses direkt im Straßenraum über eine Filter- oder Filtersubstratrinne (BIRCOpur, DRAINFIXCLEAN o. glw.) vorzunehmen. Zur Absicherung und dem Rückhalt von ggf. verunreinigtem Wasser bei einer Havarie auf der Umfahrungsstrecke könnte der Sammler mit Retentionsvolumen und einem Kontrollschacht mit Schieber am Auslauf ausgebildet werden.

Die Gradienten der Umfahrung ist mit 9,5% und 5,4% Steigung in den Bereichen der Hänge jedoch so steil, dass ein ordnungsgemäßes Funktionieren der Filterrinne nicht ausreichend sichergestellt ist. Referenzen für einen vergleichbaren Einsatz liegen nicht vor.

Eigenständige Behandlungsanlage und Einleitung in die Hauptsperre (RiStWag-Anlage)

Am Tiefpunkt des Sammelkanals wird neben der Straße eine Behandlungsanlage mit Leichtflüssigkeitsabscheider und Schlammfang gem. den Anforderungen nach RiStWag angeordnet.

Für im Havariefall austretende Leichtflüssigkeiten ist ein Auffangraum vorzusehen. Gemäß Schutzgebietsverordnung §4 Nr. 18 in [2] ist der Transport wassergefährdender Stoffe auf der B 498 in der WSG Zone I und II verboten. Ausgenommen sind Transporte für forstliche Zwecke bis maximal 2.000 Liter in der WSG Zone II. Unter der zusätzlichen Einschränkung mit einspurigem Verkehr könnte das notwendige Rückhaltevolumen auf 10 m³ begrenzt werden.

Bemessung der RiStWag Anlage (LFA mit Schlammfang)			
<u>Festlegung der Abmessungen:</u>			
Bemessungsregenspende	rN(d=15,n=0,2)	=	249,30 l/(s x ha)
befestigte Fläche Umfahrung	Ast	=	3.213,00 m ²
Abflussbeiwert Fahrbahn	psi	=	0,90
befestigte abflusswirksame Fläche:	Ared	=	2.891,70 m ²
Bemessungszufluss:	Qr15n0,2	=	72,09 l/s
Zulässige Steiggeschwindigkeit	vs	=	0,0025 m/s
erf. Oberfläche des Stauraumes	erf Ao	=	28,84 m ²
Anzahl der Kammern			1,00
Breite:	(zwischen 3 und 6m)	gewählt	3,00 m
Länge:	(über 3 x Breite) =>	gewählt	10,00 m
Beckengröße (bis zur Tauchwand):	vorh Ao	=	30,00 m ²
erf. Ölauffangraum nach RiStWag			10,00 m ³
Fläche Aö = Beckengröße bis Tauchwand			
erf. Höhe Ölauffangraum (> 0,3 m)	erf. hs	=	0,33 m
	hs	=	0,40 m
Abstand WSP bis UK Tauchwand	hs + 10 cm	=	0,50 m
Tiefe bis Beckenboden (> 2,0m)	t	=	2,00 m
Abstand Tauchwand bis Beckenboden	h	=	1,50 m
<u>Nachweis der Fließgeschwindigkeiten</u>			
Zulässige Fließgeschwindigkeit unter und hinter der Tauchwand v,max < 0,05 m/s			
Fläche unterhalb der Tauchwand	Au,tw	=	4,50 m ²
Horizontale Fließgeschwindigkeit	vh	=	0,02 m/s
Abstand Tauchwand bis Überlauf	gewählt Lü	=	0,75 m
Fläche hinter Tauchwand	Av,tw	=	2,25 m ²
Vertikale Fließgeschwindigkeit	vv	=	0,03 m/s
Länge Überlaufschwelle	lü	=	0,75 m
Abmessungen Abscheider			
	Länge	=	11,50 m
	Breite	=	3,00 m
	Tiefe unter Überlauf	=	2,00 m

Die Vorauslegung der RiStWag-Anlage ergibt bei einer angenommenen Wandstärke von 25 cm Außenabmessungen von ca. L/B = 12/3,5 m. Weiterer Platz wird für die Zu- und Ablaufschächte benötigt.

Ausgehend von einem Dauerwasserspiegel bei NHN +326,8 m (Tiefpunkt der Entwässerungsleitung) liegt die UK Sohle des Abscheiders unter Annahme einer Sohlplatte von 30 cm bei rund NHN +324,5 m.

Aufgrund der beengten Platzverhältnisse am Betriebspunkt in Abwandlung zu Abbildung 4-3 eine geschlossene Ausführung des Abscheiders mit befahrbarer Decke bevorzugt.

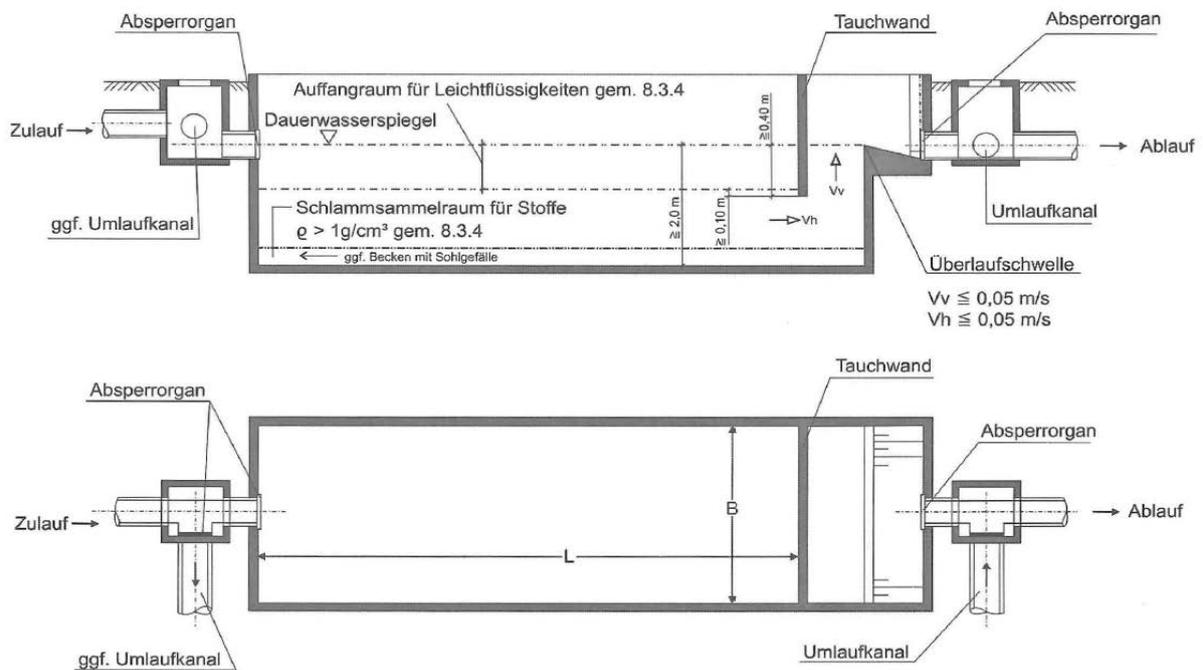
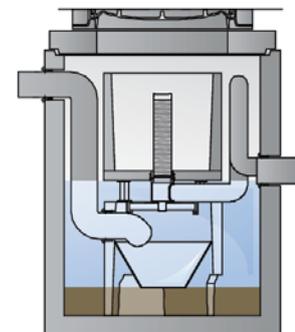


Abbildung 4-3: Behandlungsanlage gemäß RiStWag Bild 10 (offene Ausführung)

Die Behandlung allein über eine RiStWag-Anlage erzielt nicht den nach DWA-M 153 gewünschten Durchgangswert zur Einleitung des Straßenoberflächenabflusses in die besonders schützenswerte Talsperre. Eine RiStWag-Anlage mit Leichtflüssigkeitsabscheider und Sedimentation erzielt nach DWA-M 153 (Anlagentyp D21) einen Durchgangswert von $D = 0,2$, der über dem erf. $D = 0,15$ liegt.

Optional könnten der RiStWag-Anlage an diesem Standort mit begrenztem Platzangebot und Abstand zur Wasserspiegellage der Talsperre kompakte, technische Filteranlagen zur Verbesserung der Reinigungsleistung nachgeschaltet werden. Beispiele für solche technischen Filter sind z.B. Sedisubstrator oder Mall-Substratfilter ViaPlus. Exemplarisch hier wird die optionale Anordnung des Mall-Substratfilters ViaPlus dargelegt.

Technische Daten						
Typ	Innen-Ø	Gesamttiefe	Anschließbare Fläche	Max. hydraulische Leistungsfähigkeit	Schwerstes Einzelgewicht kg	Gesamtgewicht kg
	mm	mm	m ²	l/s		
ViaPlus 500	1200	2255	500	5 (7,5)*	4.230	4.650
ViaPlus 3000	3000	2900	3000	30 (45)*	16.100	23.280



Abweichende Produktdimensionen sind auf Anfrage möglich.
 * Die Werte in Klammern liegen über den vom DIBt geforderten Werten. Sie wurden seitens des TÜV geprüft.

Abbildung 4-4: Technische Daten zum Mall-Substratfilter ViaPlus

Für den Straßenoberflächenabfluss von ca. 72 l/s wäre die Anordnung von zwei Via Plus 3000 im Parallelbetrieb notwendig. Der Durchgangswert nach DWA-M 153 wurde laut Hersteller mit $D = 0,1$ eingestuft.

Bei einer Anordnung des Filters hinter der RiStWag-Anlage verbessert sich die Wirkung des Filters. Nach DWA-M 153 6.6.2 dürfen die Durchgangswerte in dieser Weise hintereinander geschalteter Anlagen multipliziert werden. Es ergibt sich ein Durchgangswert $D = 0,1 \cdot 0,2 = 0,02$.

Letztlich ist nach DWA-M 153 für den Gewässertyp WSG Zone I ein Durchgangswert von $D = 0$ vorgesehene (keine Einleitung oder Versickerung). Seitens der HWW und der unteren Wasserbehörde ist über die notwendige Einzelfallregelung und die Möglichkeit der Erteilung einer Ausnahmegenehmigung für die Entwässerung zu entscheiden.

Ob die Anordnung des hier optional dargelegten technischen Substratfilters dazu notwendig wird, ist vor dem Hintergrund des Schutzbedürfnisses des Gewässers, der relativ geringen Verkehrsbelastung und der im wirtschaftlich sinnvollen Rahmen technisch umsetzbaren Maßnahmen abzuwägen. Für die temporäre Verkehrsanlage könnte ggf. die alleinige Anordnung der RiStWag-Anlage akzeptiert werden.

5. Ingenieurbauwerke für Umfahrung auf der Berme

5.1 Überquerung bestehende Entlastungsanlage

Zur Anlage der bauzeitlichen Umfahrung auf der Berme des Vorsperrendamms ist die bestehende Entlastungsanlage bei Station 0+120 bis 0+143 mit einer Straßenüberführung zu überqueren. Der Standort der Straßenüberführung ist nicht dauerhaft nutzbar. Nach Beendigung der Generalüberholung ist die Straßenüberführung von daher rückstandslos zurückzubauen.

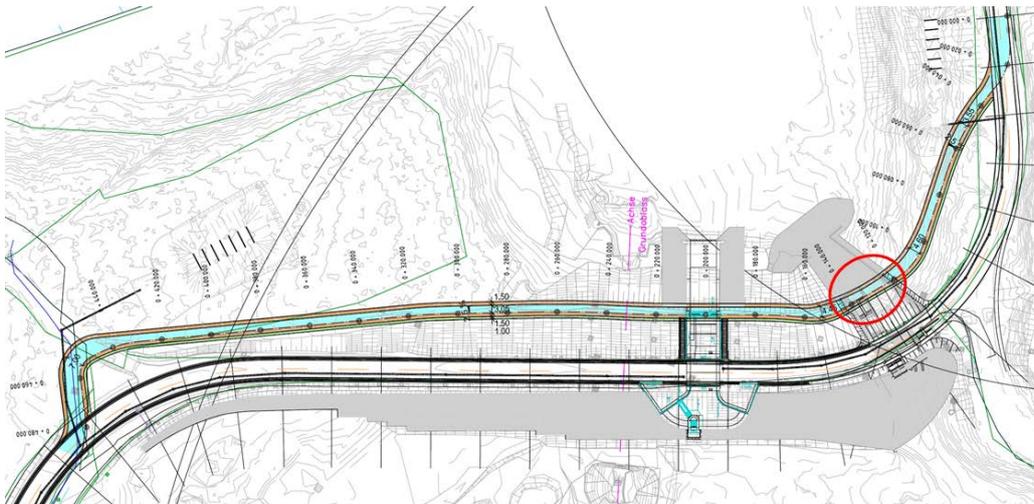


Abbildung 5-1: Straßenüberführung zur Querung der Entlastungsanlage im Vorsperrendamm auf Höhe der Berme.

5.1.1 Bestandssituation

Konstruktion der Entlastungsanlage

Die Schussrinne der Entlastungsanlage an der Berme ist in Abbildung 5-2 dargestellt. Mit der für die Umfahrung vorgesehenen Trasse wird sowohl die an das Wehr anschließende Schussrinne als auch die Ausmündung des für die Abfuhr von Hochwasserabflüssen notwendigen Hebers überquert.



Abbildung 5-2: Schussrinne im Bereich der geplanten Brücke

Auf der süd-östlichen Seite der Schussrinne beträgt die Wandhöhe im Bereich der Umfahrung ca. 7 m. Auf der gegenüberliegenden Seite liegt die Höhe der Schussrinnenwand bei ca. 5 m. Die lichte Breite der Schussrinne beträgt im Bereich der Querung ca. 15 m.

In den Bestandszeichnungen Schnitte C-C und D-D (Abbildung 5-3) wird die an das Wehr anschließende Schussrinne dargestellt. Durch diesen Teil der Schussrinne wird der Normalabfluss abgeführt. Unterhalb der Trasse der Umfahrung befindet sich in der Schussrinnensohle ein Gefälleknick, in dem die Sohlneigung von 31 % (ca. 17,5°) auf 11 % (ca. 6,4°) abnimmt.

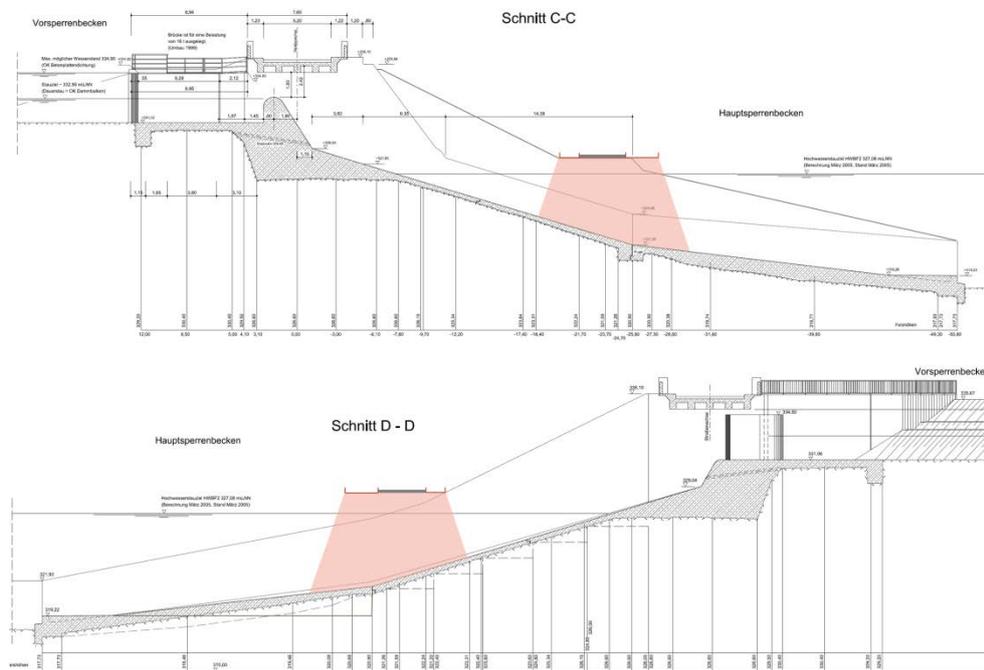


Abbildung 5-3: Längsschnitte durch die unterhalb des Wehres anschließende Schussrinne mit Lage der geplanten Umfahrungstrasse auf der Berme

Im Schnitt A-A (Abbildung 5-4) ist der Auslaufbereich des Hebers dargestellt. Dieser Bereich ist durch eine Wand von dem restlichen Teil der Schussrinne getrennt. Die Sohle verläuft im Auslauf des Hebers ge-

g:\dat\prj\0086_sosetalvorsperre_generalüberholung\07_zwi-erg\kombibauwerk\81_berichte_vorplanung_umfahrung\ber-0086-33_vorplanung_bauzeitliche_umfahrung.docx, F. 8-10a

krümmt mit einem 2 m hohem Absatz, der zum unteren Einstau des Hebers notwendig ist.

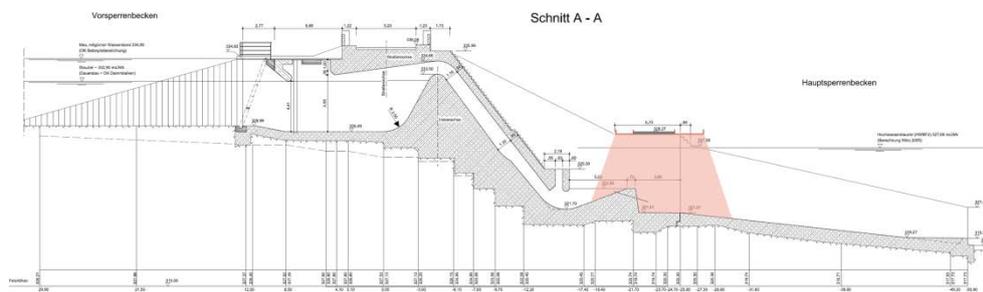


Abbildung 5-4: Längsschnitte durch die Heberanlage und Schusssrinne mit Lage der geplanten Umfahrungstrasse auf der Berme

Hydraulische Verhältnisse

Die bestehende Entlastungsanlage der Vorsperre muss während der gesamten Generalüberholung der Vorsperre bis zur Fertigstellung des Kombibauwerkes zur Abfuhr von normalen Abflüssen und Hochwasserereignissen uneingeschränkt zur Verfügung stehen. Daher sind die Funktionen der Schusssrinne hinter dem Wehr und die Heberanlage aufrecht zu erhalten (siehe auch Abschnitt 2.3.3).

Bei einem zu berücksichtigendem Hochwasserereignis mit hundertjähriger Wiederkehrwahrscheinlichkeit HQ_{100} ist ein Abfluss von $68 \text{ m}^3/\text{s}$ bei einem Wasserspiegel in der Vorsperre von ca. $\text{NHN}+333,9$ kontrolliert über die Entlastungsanlage abzuführen. Über jeden der Heber werden dabei rd. $23 \text{ m}^3/\text{s}$ und über die Wehrschwelle zusammen rd. $22,3 \text{ m}^3/\text{s}$ Wasser abgeführt. Bei solchen Abflüssen herrscht schießender Abfluss mit hohen Geschwindigkeiten und Turbulenzen in der Schusssrinne.

Querschnittseingengungen durch z.B. Einbauten in der Schusssrinne würden durch die Anströmung hoch belastet und zu einem Aufstau vor dem Hindernis führen. Dabei muss die bauzeitliche Umfahrung jedoch jederzeit, auch nach Hochwasserabflüssen sicher befahrbar sein, ohne dass eine Gefahr durch strömungsbedingte Beschädigungen der Querung besteht. Dies könnte nur durch sehr massive tragfähig gegründete Einbauten gewährleistet werden. Solche Einbauten können in der Schusssrinne unter laufendem Betrieb bei schwieriger Zugänglichkeit nicht sinnvoll realisiert werden. Darüber hinaus ist die hydraulische Leistungsfähigkeit der Entlastungsanlage auch für höhere Abflussereignisse (Bemessungsereignisse $> HQ_{1000}$) sicherzustellen, damit keine Gefährdung der Gesamtstandsicherheit des Vorsperrendamms entsteht.

5.1.2 Anforderungen an die Überquerung

Es ergeben sich folgende Anforderungen an das Ingenieurbauwerk zur Querung der Schusssrinne:

- Keine Querschnittseinschränkung der Schusssrinne, damit auch große Hochwasserereignisse schadlos abgeführt werden können.

- Standsicherheit der Schussrinnenwände darf durch die Geländeaufhöhungen und Verkehrslasten der Umfahrung nicht gefährdet werden.

Den Randbedingungen folgend wird eine Brücke erforderlich, welche die Schussrinne und Heberanlage komplett überspannt.

Die Schussrinnenwände können nicht als Widerlager für die Brücke genutzt werden, da die Standsicherheit der Wände unter den Zusatzbelastungen eines Brückenwiderlagers nicht nachgewiesen werden kann. Daher müssen neue Widerlager auf beiden Seiten hinter den Bestandswänden errichtet werden. Lage und Gründung der Widerlager sind vorzugsweise so auszuführen, dass die Belastungssituation der Bestandswände nicht verändert wird.

5.1.3 Behelfsbrücke

Längssystem

Es wird vorgesehen die Überquerung der bestehenden Entlastungsanlage mit einer temporären Behelfsbrücke auszubilden. Die Länge der Brücke wird im Rahmen der Vorplanung mit ca. 30 m abgeschätzt, um einen genügenden Abstand der Lasteinleitung von dem Bestand der Schussrinnenwände zu erhalten (siehe Abbildung 5-5).

Der Sammelkanal der Straßenentwässerung ist mit einer abgehängten Rohrleitung an der Brücke mitzuführen.

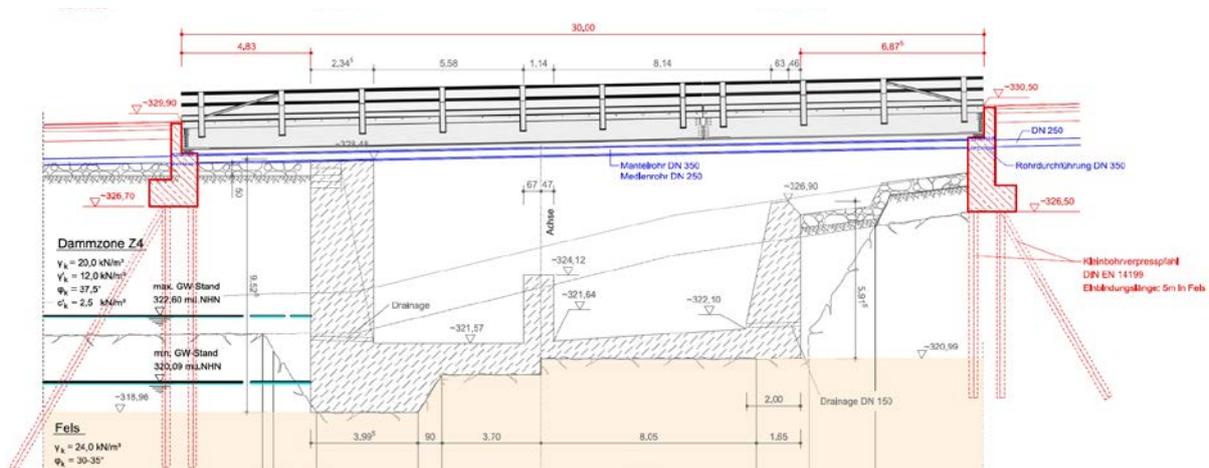


Abbildung 5-5: Längsschnitt der Behelfsbrücke über die vorhandene Entlastungsanlage

Querschnitt

Die Behelfsbrücke über die Entlastungsanlage befindet sich im Kurvenbereich der Trassierung. Die Fahrbahnbreite beträgt dort aufgrund der notwendigen Kurvenaufweitung 4,45 m.

Behelfsbrücken sind in Systemmaßen konstruiert, die meist auf einem Maß von 5,0 m + x · 2,5 m aufbauen. Daraus ergibt sich für den Brückenquerschnitt eine Breite von mindestens 5,0 m zur Anordnung der

Fahrbahn. Für die Anordnung des mitgeführten Notgehweges auf der Brücke wird entweder eine weitere 2,5 m breite Erweiterung auf 7,5 m Gesamtbreite oder die Anordnung eines separaten Kragteils für Fußgängerverkehr am Überbau notwendig.

Der Einbau der Behelfsbrücke muss mit einem Mobilkran erfolgen. Die Behelfsbrücke ist daher so konzipiert, dass sie in Teilen angeliefert werden kann. Vor Ort werden Segmente mit Länge der Gesamtspannweite von 30 m und einer Systembreite von 2,5 m vormontiert. Die vormontierten Segmente sollten ein Gewicht von ca. 40 t nicht überschreiten. Je nach Wahl der Brückenbreite werden zwei oder drei Segmente nebeneinander auf den Widerlagern angeordnet und verbunden.

Eine mobile Behelfsbrücke, die diesen Anforderungen genügt ist z.B. das Modell JSB 200 der Firma Janson Bridging. Ein Segment besteht bei diesem Modell aus zwei Teilen mit 19,5 m bzw. 10,5 m Länge und 2,5 m Breite. An den beiden Außenseiten der Brücke wird jeweils ein Geländer inkl. Schrammbord mit 0,5 m Breite angeordnet.

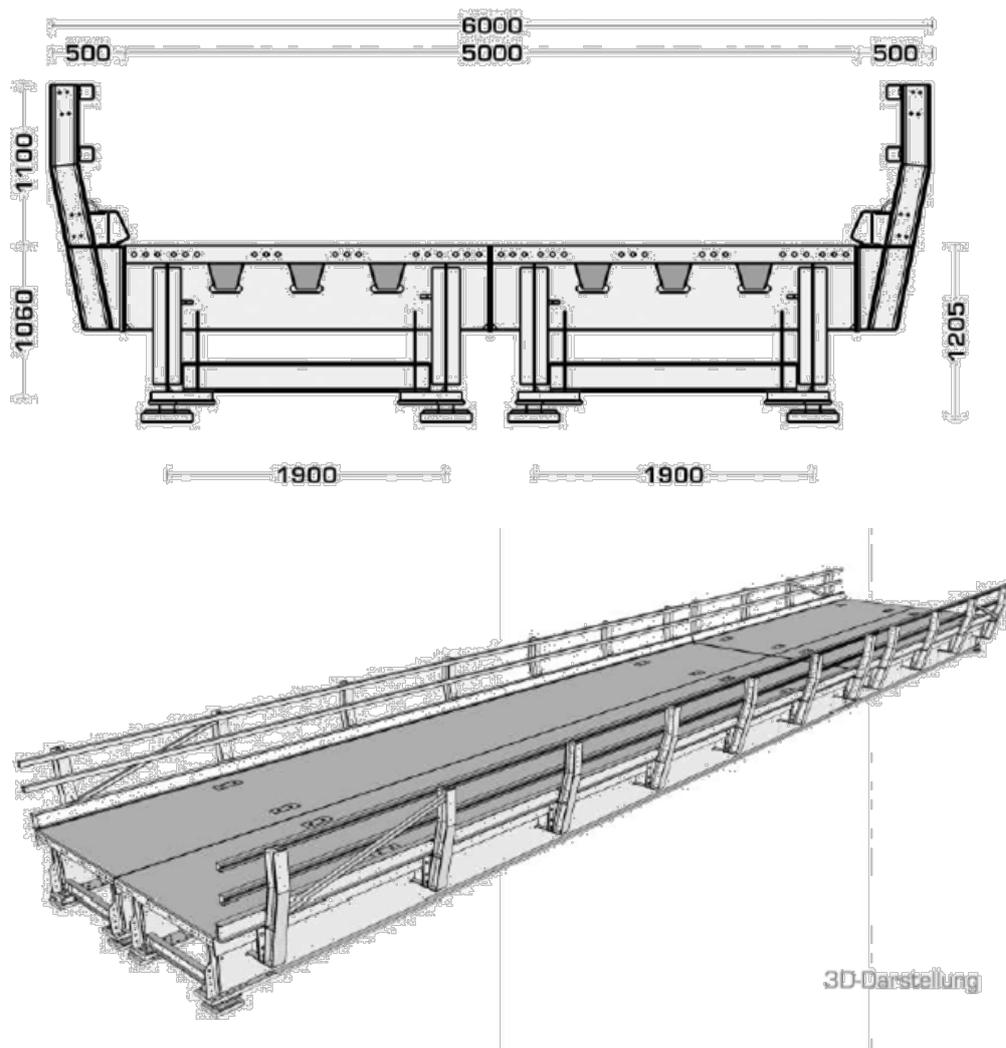


Abbildung 5-6: Querschnitt der Behelfsbrücke am Beispiel der Janson JSB 200

Widerlager

Die Behelfsbrücke muss auf Widerlagern angeordnet werden. Die Widerlager sind so auszubilden, dass die Lagerlasten aus der Brücke sicher abgetragen werden können. Weiterhin ist durch die Widerlager der Geländesprung der Auffüllung zwischen OK Fahrbahn und dem Damm aufzunehmen. Der Höhenunterschied zwischen OK Fahrbahn und Damm ergibt sich aus der OK der Schussrinnenwände, der Bauhöhe der Brücke und der Trassierung der Umfahrung.

In der Lage der Brückenwiderlager ist die Dammböschung zur Hauptsperre hin abschüssig. Die Widerlager sind darauf als Kastenwiderlager geplant. Die Längen der Flügelwände sind so auszubilden, dass der Geländesprung eine ca. 1:2 geneigte Böschung auf die ursprünglichen Dammböschungen angeschlossen werden kann, ohne dass die Schussrinne durch zusätzliche Erddrücke negativ beeinträchtigt wird.

Die Unterkante der Pfahlplatte ist horizontal anzuordnen. Sie richtet sich nach dem jeweils tiefsten Punkt, in dem die Böschung geschnitten wird. Der Damm muss entsprechend ca. 1,9 m ausgekoffert werden.

Die Lagerlasten für eine 5 m breite Behelfsbrücke sind in Tabelle 5-1 abgeschätzt.

Tabelle 5-1: Lagerlasten einer 30 m Behelfsbrücke je Seite

Lagerkräfte in kN (bei 5 m breiter Brücke)			
Auf Seite	max F _{x,d}	max F _{y,d}	max F _{z,d}
Loslager	0	± 90	1.890
Festlager	± 510	± 90	1.890

Um die Lagerlasten ohne Gefährdung des Bestands in den tragfähigen Baugrund einzuleiten, sind die Widerlager über Tiefgründungspfähle im Fels zu gründen. Da im anstehenden Baugrund nicht gerammt werden kann, eignen sich als Gründungselemente Kleinbohrverpresspfähle, die ohne Einsatz von schwerem Gerät hergestellt werden können. Je Widerlager werden schätzungsweise 6 bis 8 Pfähle erforderlich.

Montage

Der Einbau der Brücke erfolgt mit einem Mobilkran. Aufgrund des Gewichts von ca. 40 t der einzelnen vormontierten Brückenteile können diese nicht mit großer Ausladung gehoben werden. Für den Mobilkran eignet sich daher ein Standort nordwestlich der Schussrinne. Hier kann der Kran so aufgestellt werden, dass sich ein Schwenkradius von 22 m ergibt.

Für die Kombination von Schwenkradius und anzuhebender Masse wird ein 350-Tonnen-Kran erforderlich. Ein mögliches Modell ist z.B. der Liebherr LTM 1350-6.1.

Tabelle 5-2: Übersicht 350-t Mobilkran

Länge	17,7 m
Breite	3,1 m
Gesamtgewicht	72 t
Hubkraft bei 22 m Auslage	ca. 40 t

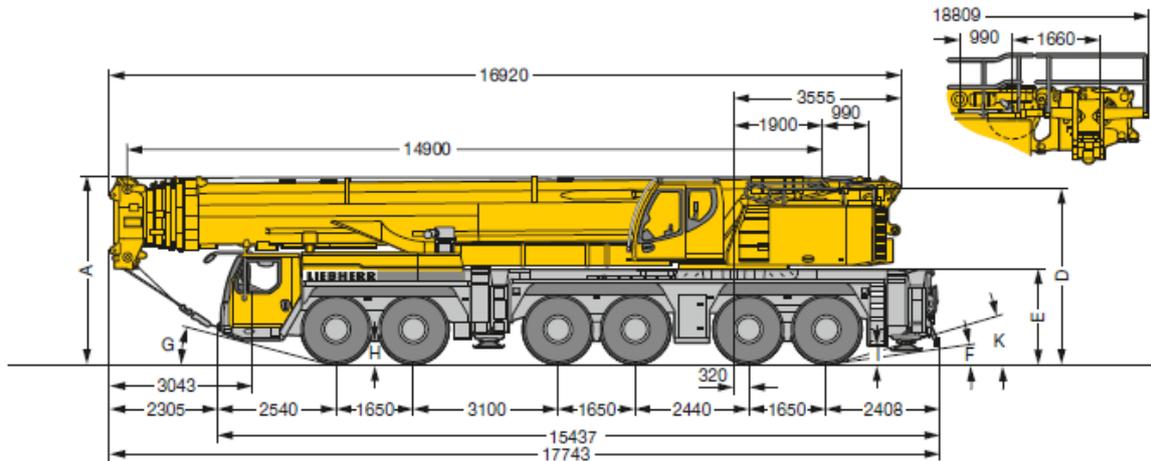


Abbildung 5-7: Ansicht 350 t-Mobilkran, hier: Liebherr LTM 1350-6.1

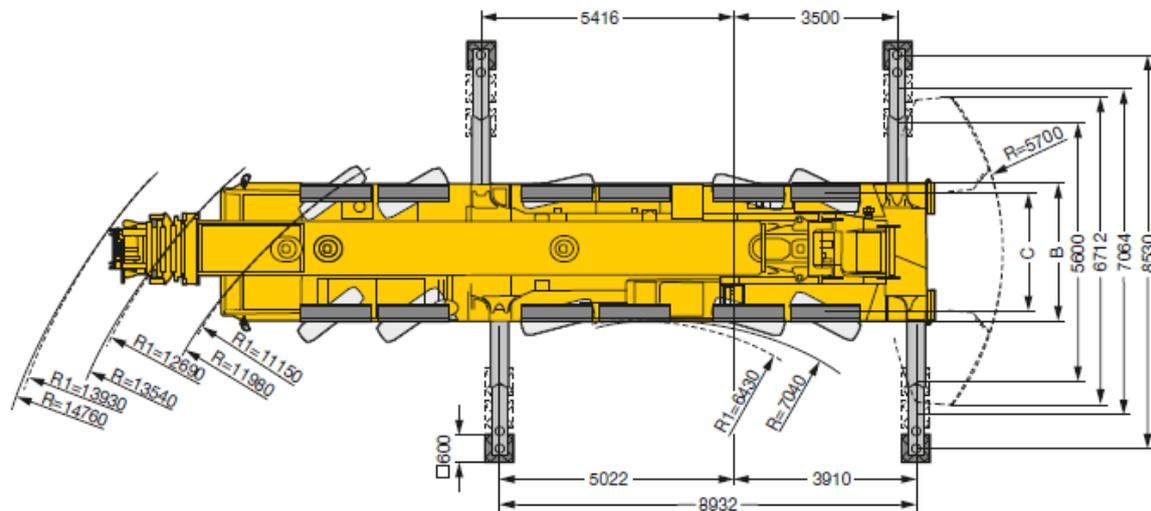


Abbildung 5-8: Draufsicht 350 t-Mobilkran, hier LTM 1350-6.1

Um den Mobilkran für das Einheben der Brücke eben und standsicher aufzustellen, muss in der Dammböschung ein Planum geschaffen werden. Bezogen auf das Höhenniveau der Umfahrungstrasse muss dazu temporär eine zusätzliche Geländeaufhöhung um ca. 1 m aufgebracht werden. Die Oberkante des Planums liegt dann bei ca. NHN +331,80 m.

Der Mobilkran muss sich beim Heben der Ladung auf vier ausgefahrne Pratzen abstützen.

Tabelle 5-3: max. Abstützkräfte der Pratzen

max. Abstützkraft vordere Pratzen	1.356 kN
max. Abstützkraft hintere Pratzen	1.904 kN

Wegen der örtlichen Gegebenheiten in den Böschungen und des wenig tragfähigen Verwitterungsbodens muss für jede Pratze ein ausreichend tragfähiges, vorzugsweise im Fels, gegründetes Einzelfundament erstellt werden. Die Fundamente müssen für die maximal mögliche Stützkraft einer Pratze und min. 20% dieser Last in der Horizontalen ausgelegt sein. Hierzu können Fundamente mit jeweils vier Kleinbohrverpresspfählen angeordnet werden.

Seitlich des Planums für den Mobilkran ist ein Montagegerüst für die Vormontage der Brückensegmente neben der Fahrbahn der Umfahrung in der Böschung anzulegen. Die vorzuhaltende Fläche für den Montageplatz beträgt ca. 5,0 m x 30 m. Aufgrund der beengten Platzverhältnisse muss der Montageplatz auf einem Gerüst in der Böschung erstellt werden. In Abbildung 5-9 ist der Montagevorgang der Behelfsbrücke mit Mobilkran und parallel dazu angeordnetem Montagegerüst dargestellt.

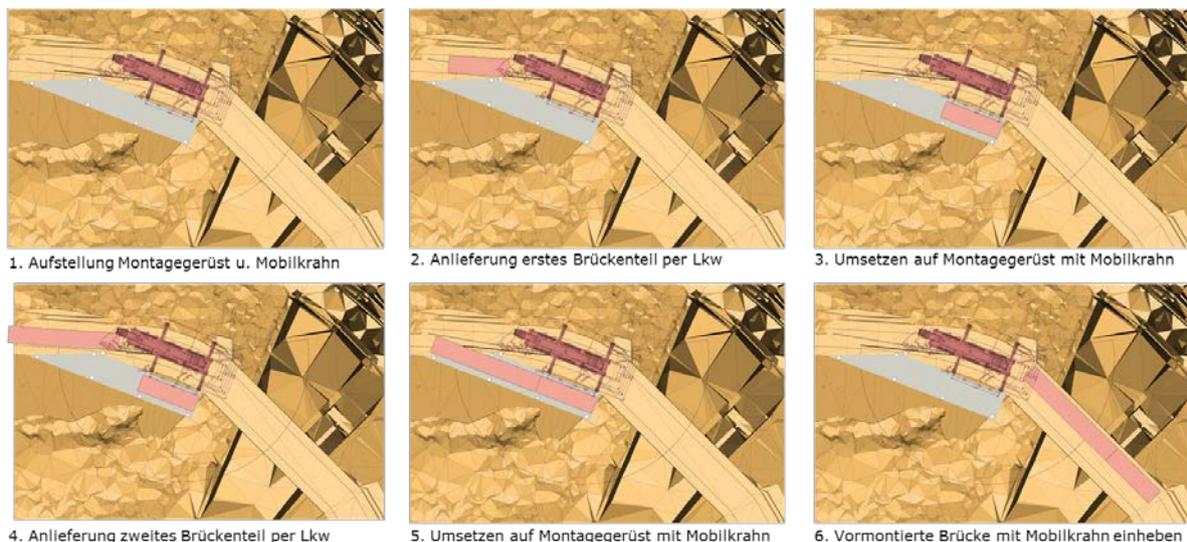


Abbildung 5-9: Montageablauf zur Errichtung der Behelfsbrücke über der Schussrinne

5.2 Überquerung des neuen Kombibauwerks

5.2.1 Brücke über Schussrinne

Zu dem Zeitpunkt an dem die Umfahrungstrasse in Betrieb genommen werden soll, muss der hauptsperrenseitige Teil des Kombibauwerks bereits fertiggestellt sein. Die Schussrinne des neuen Kombibauwerks muss daher von der Umfahrungstrasse mit Hilfe einer Brücke überquert werden.

Auf der Höhe der jetzigen Berme ist im Entwurf des Kombibauwerks derzeit ein Wartungssteg als feuerverzinkte Stahlkonstruktion für eine Belastung von max. 2,5 kN/m² Gleichlast vorgesehen. Hinsichtlich der doppelt anfallenden Montagekosten bei Ersatz des Wartungssteges durch eine bauzeitliche Behelfsbrücke, bietet sich an, den Wartungssteg durch eine permanente Brücke zu ersetzen. Die Brücke wird aus Stahlbeton in Anlehnung an die Konstruktion an der Dammkrone geplant. Der Sammler der Straßenentwässerung muss als abgehängte Rohrleitung unter der Brücke mitgeführt werden.

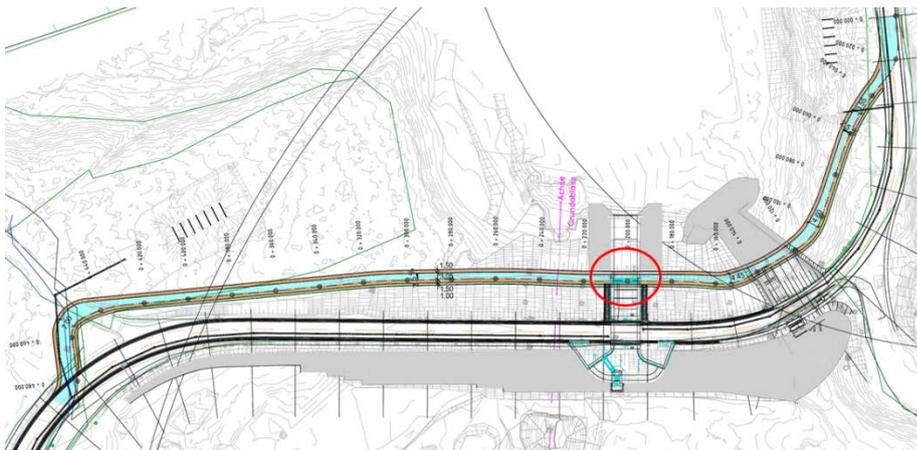


Abbildung 5-10: Straßenüberführung zur Querung des neuen Kombibauwerkes auf Höhe der Berme

5.2.2 Verlängerung der Schussrinnenwände

Für den Bau der Umfahrungsstraße muss die vorhandene Berme durch Anschüttung von Bodenmaterial auf gesamter Länge verbreitert werden. Im Bereich des Kombibauwerkes muss der dadurch entstandene zusätzliche Geländesprung durch die Schussrinnenwände aufgefangen werden. Die Wände müssen entsprechend verlängert werden. Die zusätzliche Wandfläche ist in Abbildung 5-11 dargestellt.

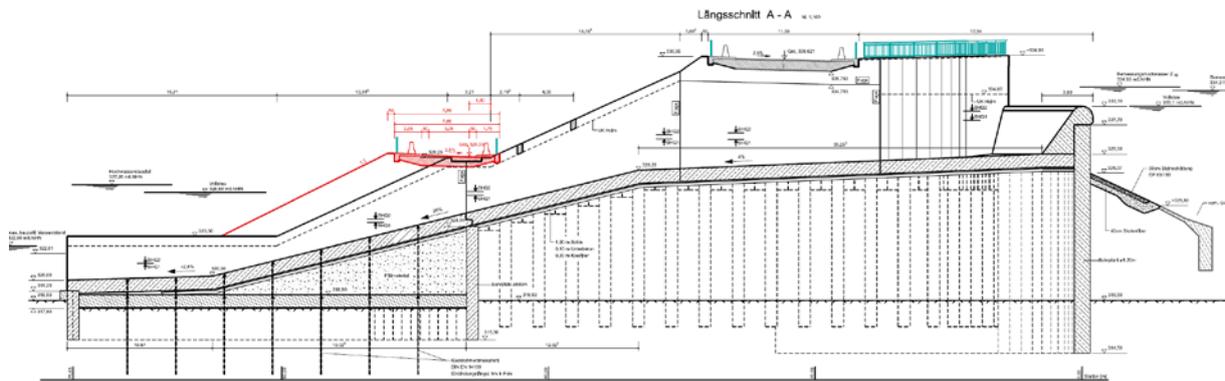


Abbildung 5-11: Prinzipschnitt zur Anpassung des Kombibauwerkes im Bereich der Berme zur Überführung der bauzeitlichen Umfahrung

6. Einfluss der bauzeitlichen Umfahrung auf Bauablauf und Bauzeit zur Generalüberholung der Vorsperre

Die Bauzeit für die Generalüberholung der Sösetalvorsperre wird bei Ansatz einer Vollsperrung der B 498 für die Dauer der Bauarbeiten mit rund 2 Jahren veranschlagt. Es wird dabei mit mehreren parallel arbeitenden Bohrgeräteeinheiten für die gleichzeitige Errichtung der Dammdichtung und des Kombibauwerkes geplant.

Zur möglichst langen Aufrechterhalten des Durchgangsverkehrs sowie durch Bau und Betrieb der hier beschriebenen bauzeitlichen Umfahrung auf der Dammberme ergeben sich Auswirkungen auf die Bauabläufe zur Generalüberholung. Zusätzlich zu der rein für die Erstellung der Umfahrungsstrecke auf der Berme benötigten Bauzeit ergeben sich Bauzeitverlängerungen zur Errichtung der Dammdichtung und des Kombibauwerkes.

Damit der Durchgangsverkehr möglichst lange aufrechterhalten werden kann sind Bautätigkeiten auf Dammberme und Dammkrone zeitlich voneinander zu trennen. Die Abhängigkeiten und Konflikte werden anhand des in Anlage 1 dargestellten Bauablaufes dargelegt.

Während der Durchgangsverkehr auf der Dammkrone geführt wird, sind zunächst die Arbeiten auf der Seite der Hauptsperre vorzuziehen. Zuerst werden die Bauarbeiten auf der Seite der Hauptsperre zur Errichtung der südlichen Behandlungsanlage und des hauptsperrenseitigen Teils des Kombibauwerkes abgeschlossen. Dann kann mit dem Bau der Umfahrung auf der Berme begonnen werden.

Zur Durchführung dieser Arbeiten ist es notwendig die Dammkrone halbseitig für die Andienung der Baustelle auf der hauptsperrenseitigen Arbeitsebene im Bereich des Kombibauwerkes zu nutzen. Der Durchgangsverkehr kann in dieser Zeit auf der Dammkrone nur als Einbahn-Wechselverkehr mit Regelung über eine Baustellenampel erfolgen.

Da die Dammkrone weiterhin durchgängig bleiben muss, ist die Baugrube des Kombibauwerkes durch eine zusätzliche Baugrubenwand an der hauptsperrenseitigen Dammschulter zu teilen. Diese Baugrubenwand muss einen bis zu 11 m hohen Geländesprung von der Dammkrone zur Baugrubensohle des Kombibauwerkes abfangen. Hierzu wird eine zusätzliche Bohrpfahlwand als Querschott benötigt, die später wieder zurück gebaut werden muss.

Nachdem die bauzeitliche Umfahrungsstrecke auf der Dammberme fertiggestellt ist, wird mit dem Bau des vorsperrenseitigen Teils des Kombibauwerkes begonnen. Erst zu diesem Zeitpunkt kann parallel mit den Bohrarbeiten zur Herstellung der neuen Dammdichtung begonnen werden.

Nach Fertigstellung des Kombibauwerkes wird der Abfluss aus der Vorsperre über dieses abgegeben. Die alte Entlastungsanlage wird mit Bau-

behelfen abgedichtet und verfüllt. Anschließend wird von der Verfüllung aus die Dichtwand im nördlichen Bereich bis zum Anschluss an den Fels der Talflanke weitergeführt.

Nach Abschluss der Bohrarbeiten kann mit dem Straßenbau begonnen werden. Hierzu sind zunächst die Schächte, Straßeneinläufe und Entwässerungsleitungen herzustellen. Abschließend werden der Oberbau und die Ausstattung der B 498 auf dem Damm und in den Anschlussstrecken zum Bestand hergestellt.

Zur Durchführung der Straßenbauarbeiten in den Anschlussbereichen Richtung Osterode (von Station 0+000 bis ca. 0+110) und Richtung Riefensbeek (von Station ca. 0+560 bis 0+773) sind Vollsperrungen der über den Vorsperrendamm verlaufenden B 498 unumgänglich.

Während der Vollsperrung sind Fahrbahnbefestigung, Entwässerungseinrichtungen und Ausstattungen der Umfahrung wegen nicht erwünschter bzw. nicht erlaubter Nutzung im Endzustand zurückzubauen. Ebenfalls ist die Straßenüberführung der bauzeitlichen Umfahrung über die bestehende Entlastungsanlage zurückzubauen, da dieser Standort nicht dauerhaft nutzbar ist.

Der Entwurf der Generalüberholung der Sösetalvorsperre mit Kombibauwerk geht von einer Bauzeit von zwei Jahren aus. Insgesamt ist davon auszugehen, dass sich die Bauzeit für die Generalüberholung durch das Einrichten einer Umfahrungrasse auf der Dammbërme um mindestens ein Jahr verlängert. Die Dauer der Vollsperrung der B 498 zum Ende der Bauzeit, die trotz Einrichtung der bauzeitlichen Umfahrung auf der Dammbërme notwendig ist, wird mit ca. 4 Monaten abgeschätzt.

Eine Gegenüberstellung von Gesamtbauzeit und Dauer der Vollsperrung für die Baumaßnahme Generalüberholung der Sösetalvorsperre ohne und mit Umfahrung ist in Tabelle 6-1 dargestellt.

Tabelle 6-1: Gegenüberstellung von Bauzeit und Dauer der Vollsperrung mit und ohne die Einrichtung einer bauzeitlichen Umfahrung auf der Dammbërme

Generalüberholung der Vorsperre mit Kombibauwerk	Gesamtdauer der Baumaßnahmen	Dauer der Vollsperrung
ohne Umfahrung auf Berme	2 Jahre	18 Monate
mit Umfahrung auf Berme	3 Jahre	4 Monate

7. Kostenschätzung

Gesamtbaukosten

Die Kostenschätzung für die bauzeitliche Umfahrung ist in Anlage 2 beigefügt.

Die Nettobaukosten zur Herstellung der bauzeitlichen Umfahrung auf der Berme am Vorsperrendamm belaufen sich, einschließlich Rückbau, auf

1.812.000 Euro.

Kostenteilung im Erdbau

In Anbetracht der schmalen Dammborme wird auch für die Baustellenverkehre mit Baugeräten bei der Herstellung des Kombibauwerkes eine Verbreiterung der Dammborme notwendig. Des Weiteren wird eine Arbeitsebene auf der Hauptsperrenseite als Baubehelf benötigt, die sich mit der Anschüttung für die bauzeitliche Umfahrung überschneidet. Insofern sind Kosten des Erdbaus anteilig auch für die Baustelleneinrichtung bei der Herstellung des Kombibauwerkes zu berücksichtigen.

Die Anforderungen an den Unterbau sind für eine temporäre Nutzung mit Baustellenfahrzeugen oder einen möglichst setzungsfreien Fahrbahnaufbau zur Gewährleistung eines gegen Sickerwasserverlust abgedichteten Oberbaus unterschiedlich hoch. Damit sind wiederum die Kosten im Erdbau für die Erstellung des Unterbaus für die bauzeitliche Umfahrung höher.

Die Kostenteilung wird im Rahmen der Kostenschätzung durch einen pauschalen Abzug von 60% der Kosten des Erdbaus überschläglich berücksichtigt. Hierdurch werden in KBK-Nr. 4.106 rund 254.000 € für die zur Herstellung des Kombibauwerkes ebenso benötigten Erdbauleistungen abgezogen. Demnach ergeben sich die Herstellkosten für die bauzeitliche Umfahrung unter Anrechnung von Vorleistungen durch das Kombibauwerk zu:

Nettobaukosten 1.558.000 Euro

Die anfallenden Baunebenkosten für Honorare, Prüfungen, Genehmigungen etc. werden in Höhe von ca. 10% der Baukosten abgeschätzt.

Baunebenkosten (netto) 155.800 Euro

Zuzüglich der derzeit gültigen Mehrwertsteuer von 19% ergeben sich somit Gesamtkosten in Höhe von

Bruttogesamtkosten 2.039.422 Euro

Hamburg, 22. August 2017

Ramboll IMS Ingenieurgesellschaft mbH

Dr. Latte

A. Piepenbrock

Anlagen

Anlage 1 Bauablauf

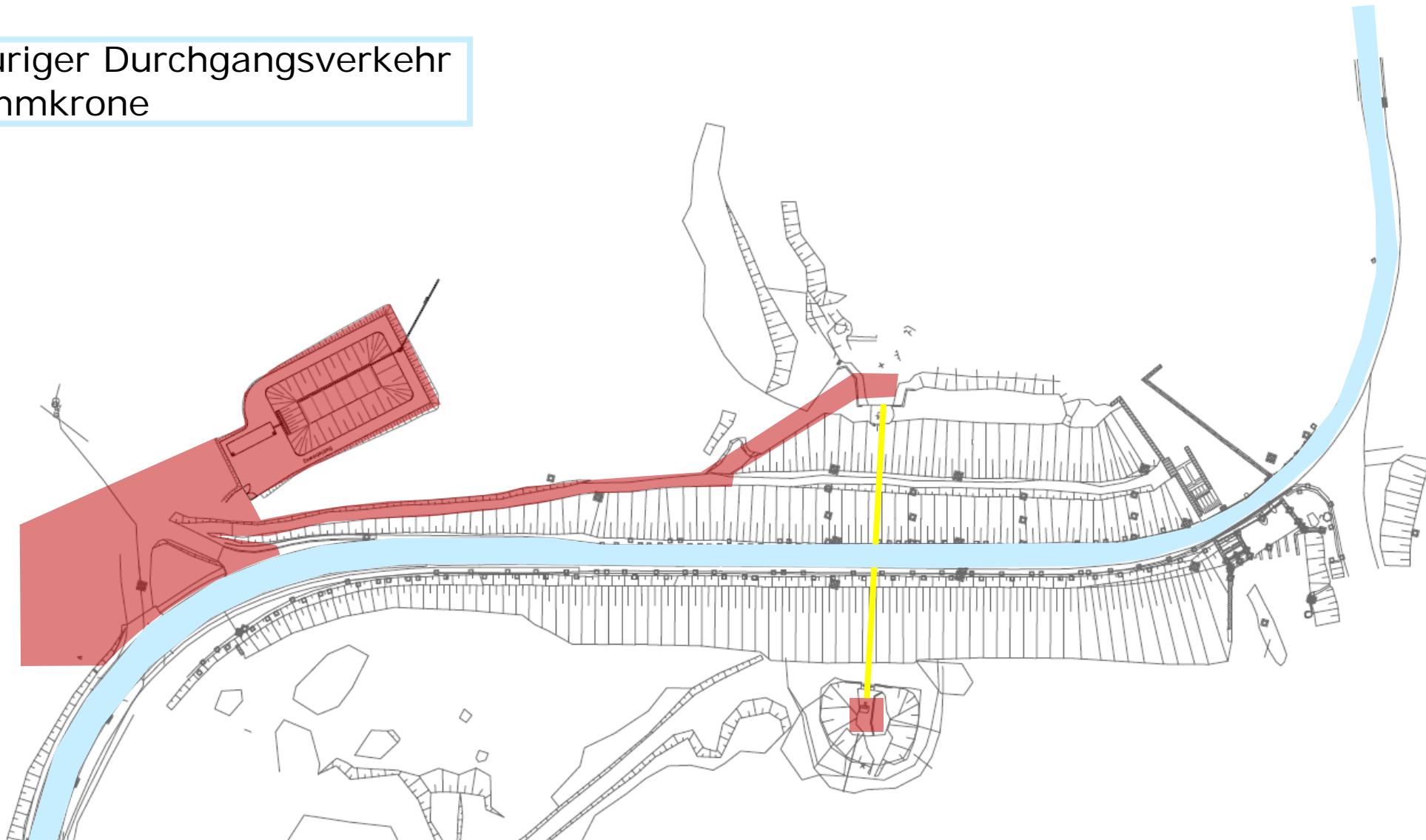
Anlage 2 Kostenschätzung

Anlage 3 Erdstatische Voruntersuchungen

Anlage 1

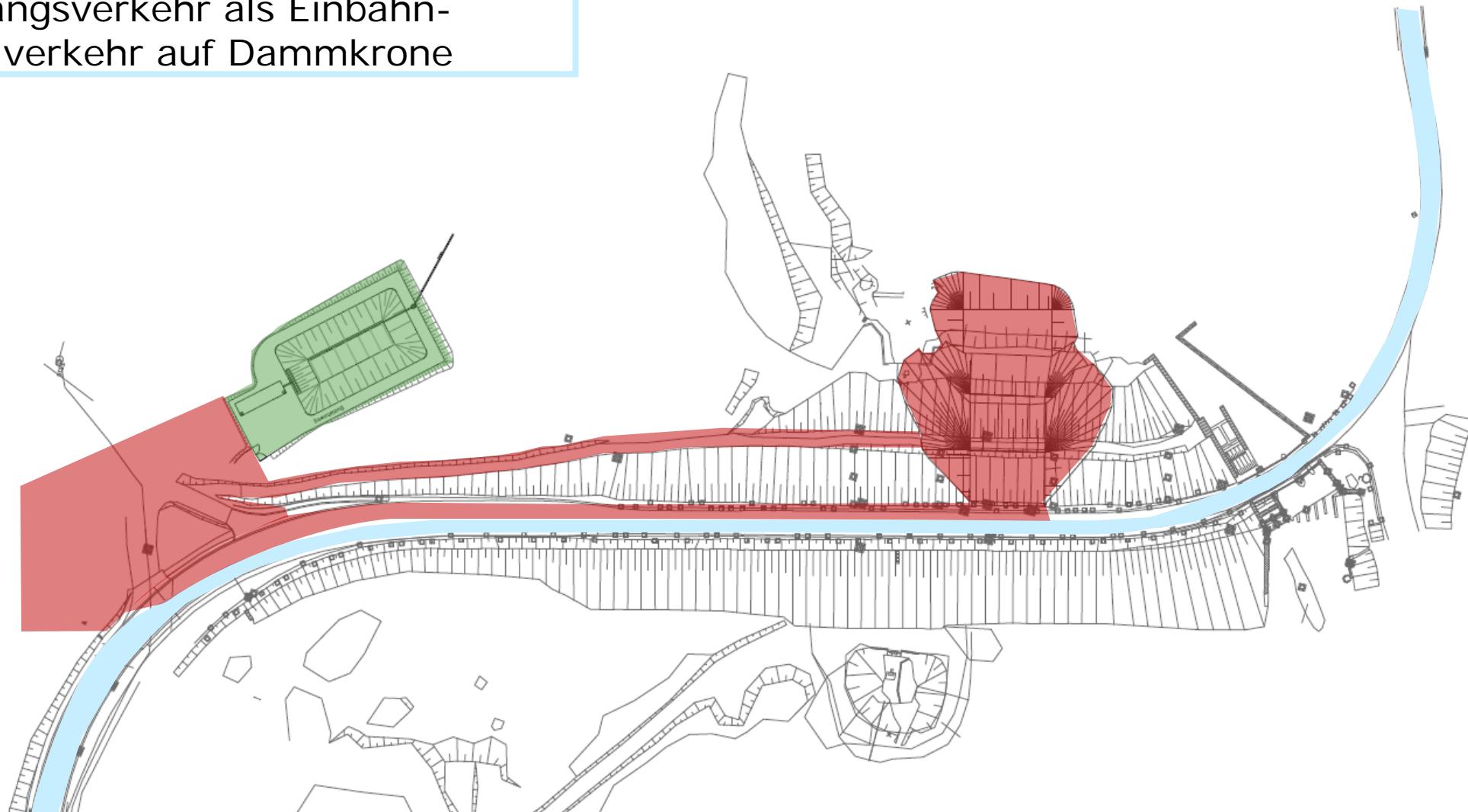
Bauablauf

Zweispuriger Durchgangsverkehr auf Dammkrone



- Durchgangsverkehr auf bestehender B 498 an Dammkrone
- Baustelleneinrichtung
- Herstellung südliche Behandlungsanlage
- Abdichten u. Verfüllen Grundablass

Durchgangsverkehr als Einbahn-Wechselverkehr auf Dammkrone

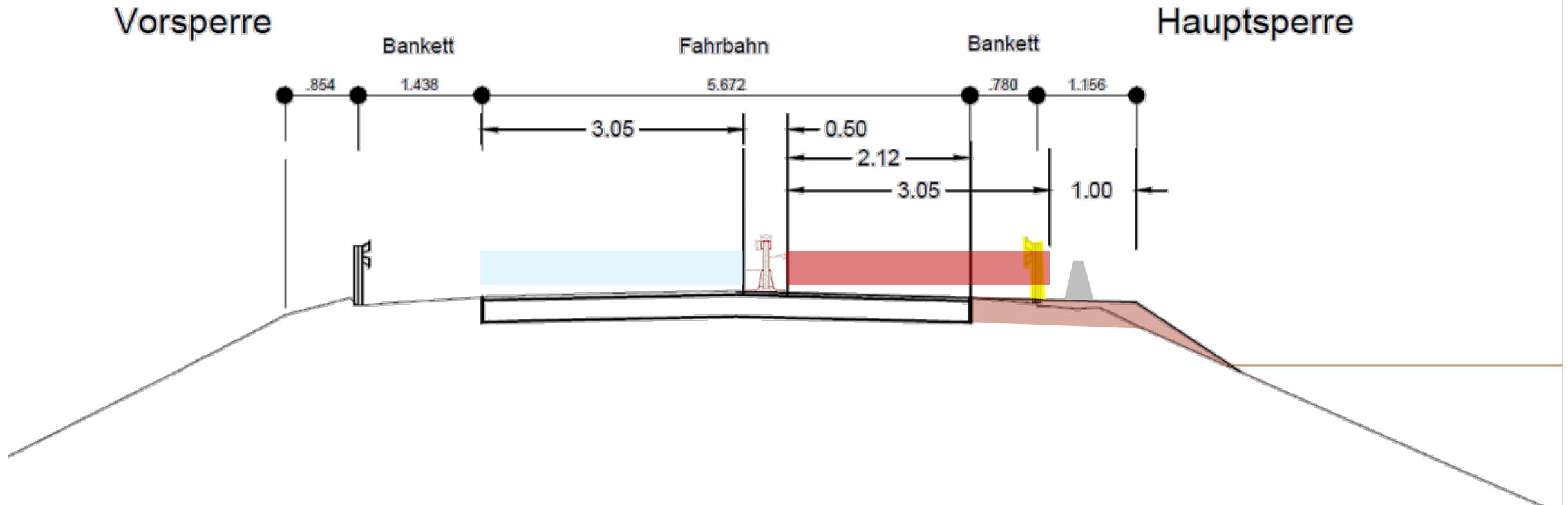


- Halbseitige Sperrung der B 498 an Dammkrone
Durchgangsverkehr als Einbahn-Wechselverkehr mit Baustellenampel
- Baustraße auf Dammkrone zur Beschickung der Baustelle Kombibauwerk
- Anschütten der Arbeitsebene auf Seite der Hauptsperre

Durchgangsverkehr als Einbahn-Wechselverkehr auf Dammkrone

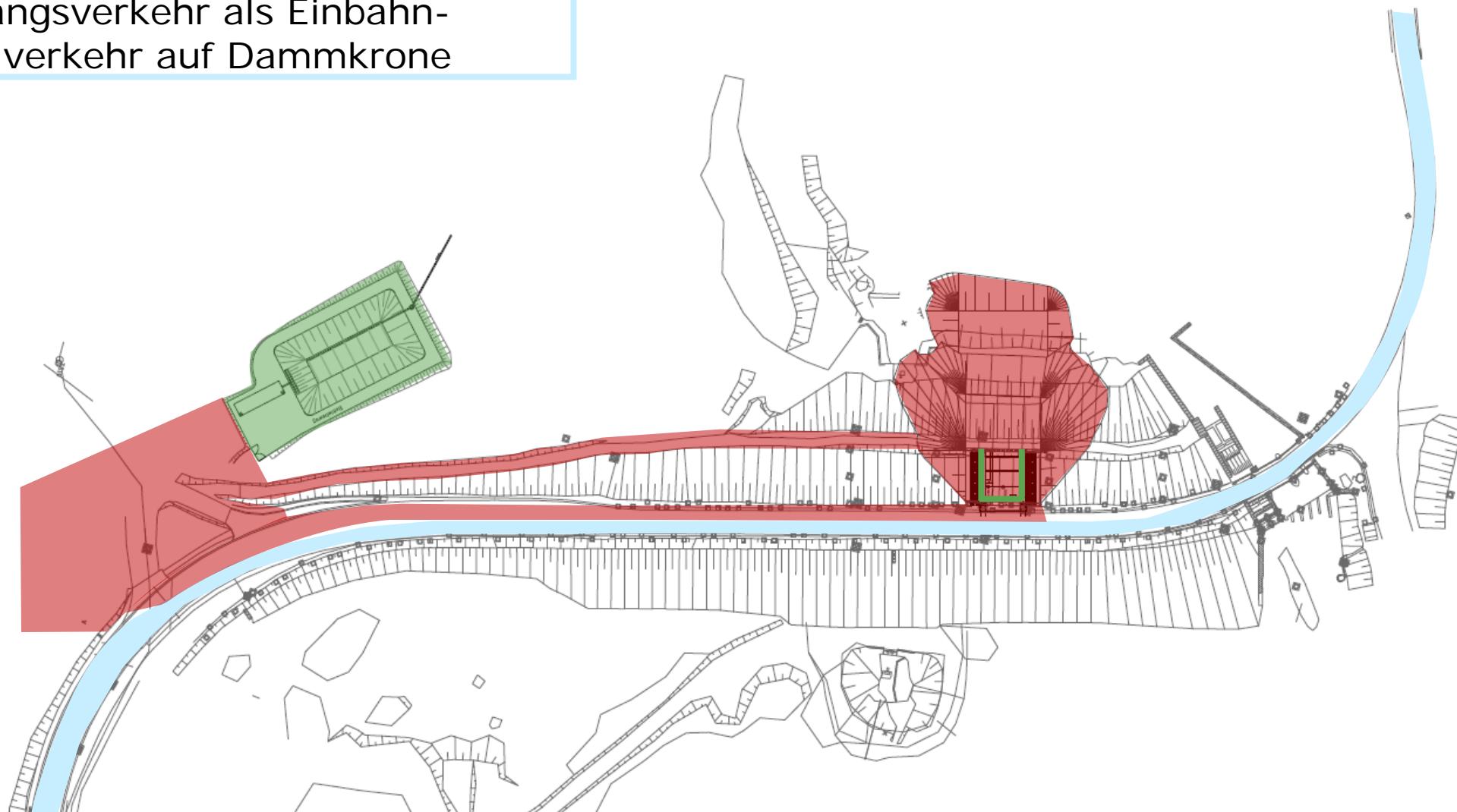
Baustellenverkehr auf Dammkrone

Straßenquerschnitt Station 0+300



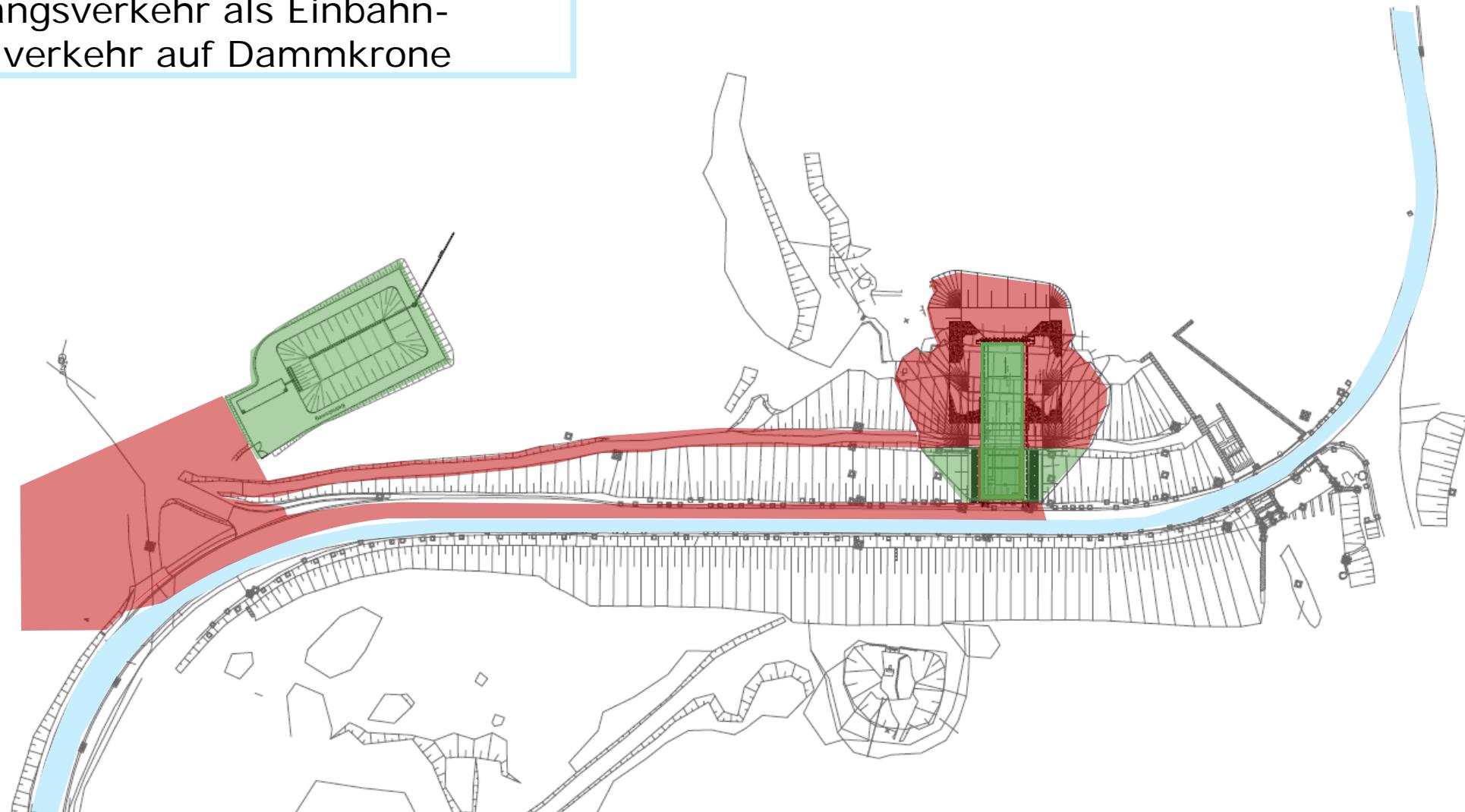
- 3,05 m Fahrstreifen auf vorh. Fahrbahn für Einbahn-Wechselverkehr
- Trennung durch mobile Schutzwand (min. T1W3, Systembreite max. 0,5 m)
- Rückbau vorh. Stahlschutzplanke u. Herrichten der rechten Bankette zur Befahrung durch Baustellenfahrzeuge (3,05 m Breite, 1 m Bankett mit Leitelementen)

Durchgangsverkehr als Einbahn-Wechselverkehr auf Dammkrone



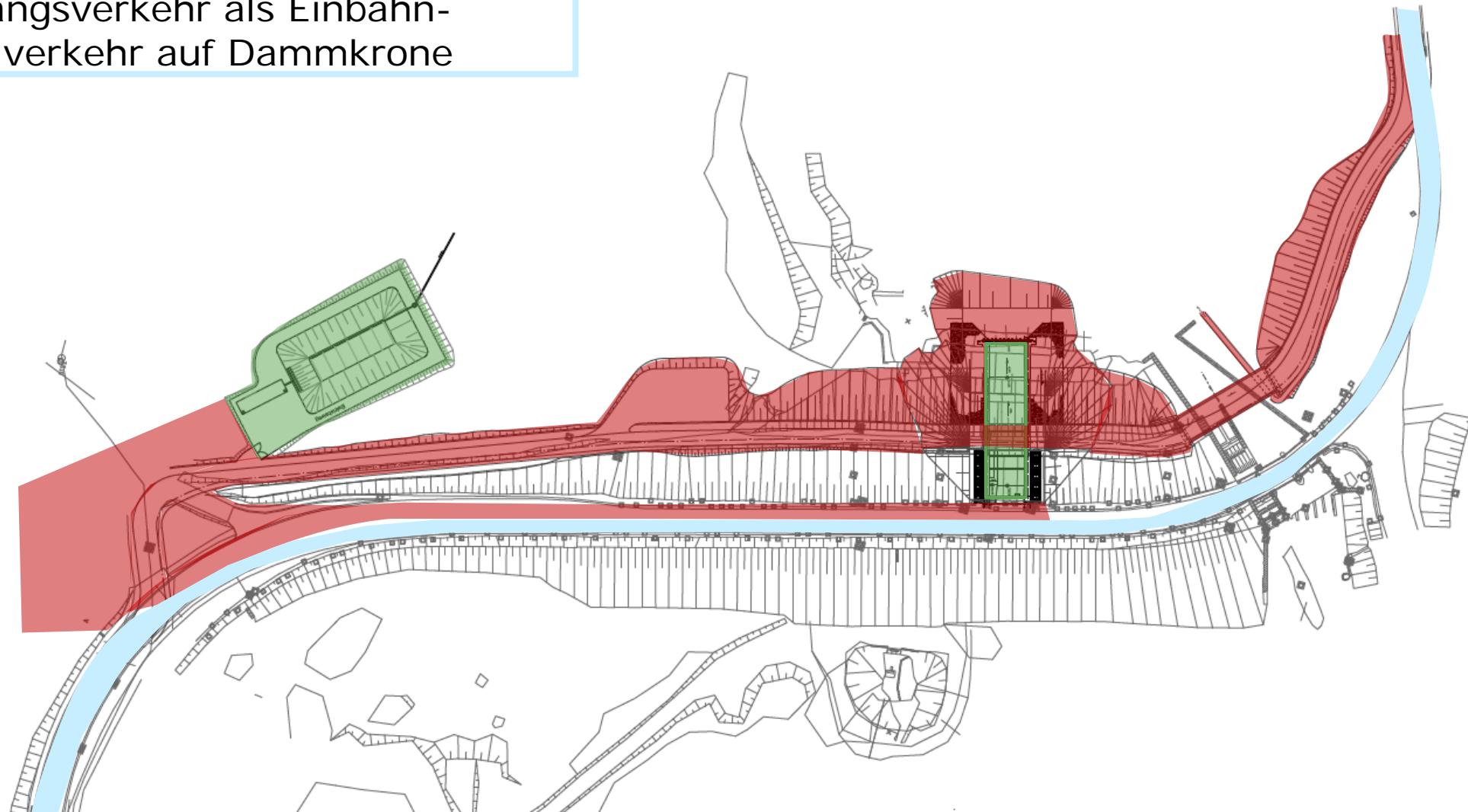
- Herstellen der Bohrpfähle von Arbeitsebene auf Höhe der Dammkrone
- Beschickung des Bohrgeräts über Dammkrone

Durchgangsverkehr als Einbahn-Wechselverkehr auf Dammkrone



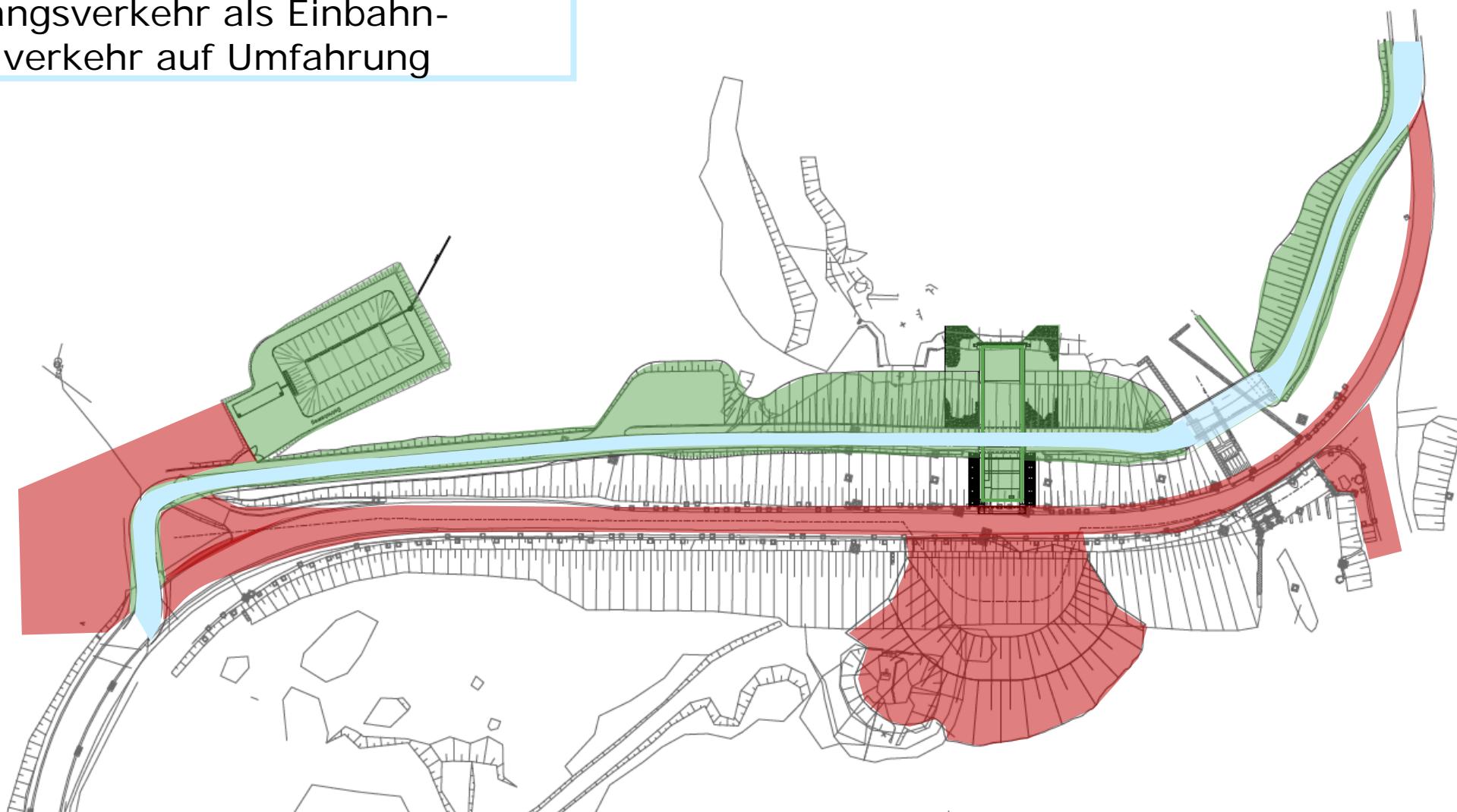
- Anpassen der Arbeitsebene, OK auf Höhe der Berme
- Herstellen der unteren Bohrpfähle von den tieferen Arbeitsebenen aus
- Herstellen des unteren Teils des Kombibauwerks inkl. Brücke auf Höhe Berme

Durchgangsverkehr als Einbahn-Wechselverkehr auf Dammkrone



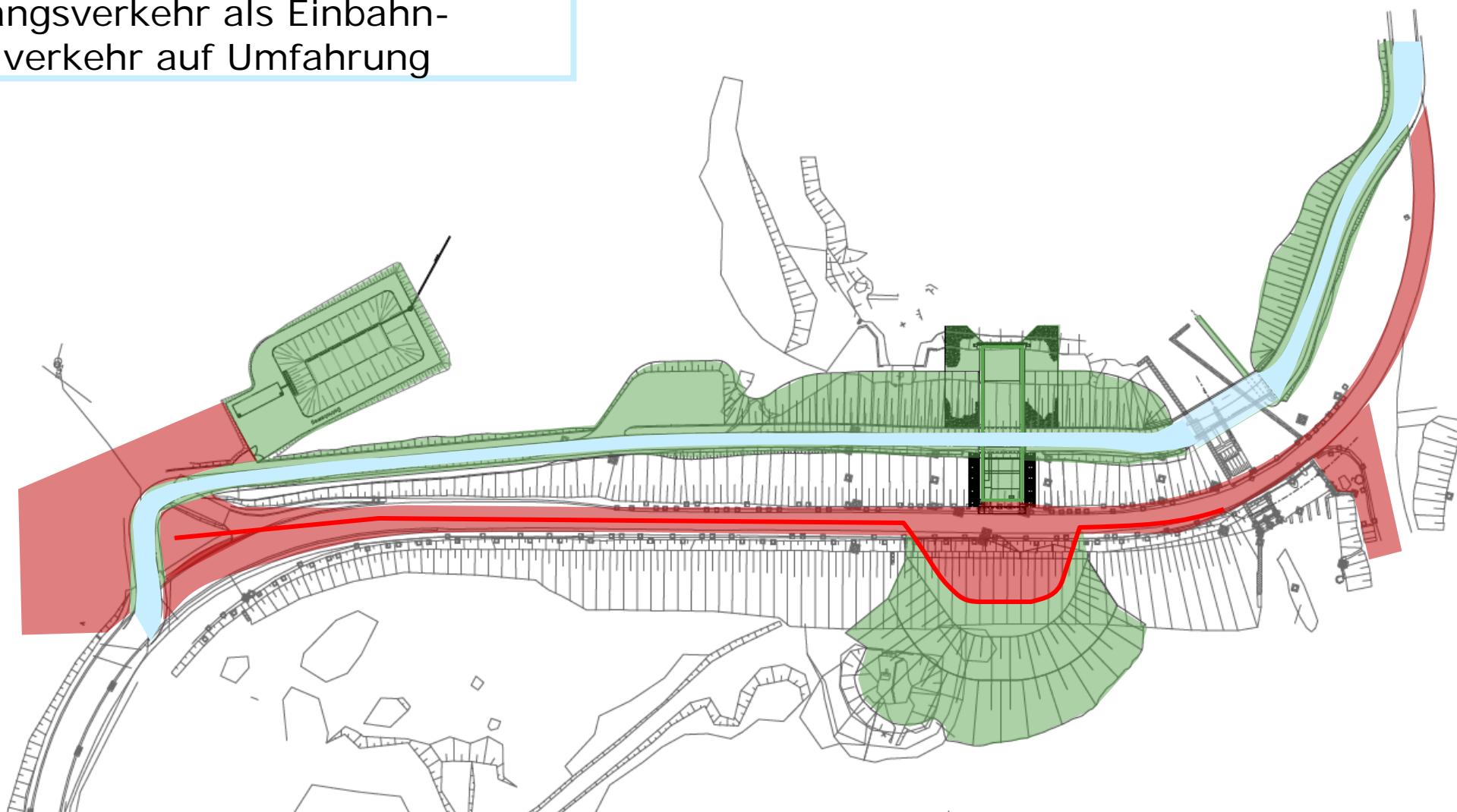
- Rückbau der Arbeitsebene in der Hauptsperre
- Ausbau der Berme für Umfahrung
- Erdarbeiten im nördlichen Hang
- Fertigstellen der Umfahungsstrecke mit Behelfsbrücke und Entwässerungsanlagen

Durchgangsverkehr als Einbahn-Wechselverkehr auf Umfahrung



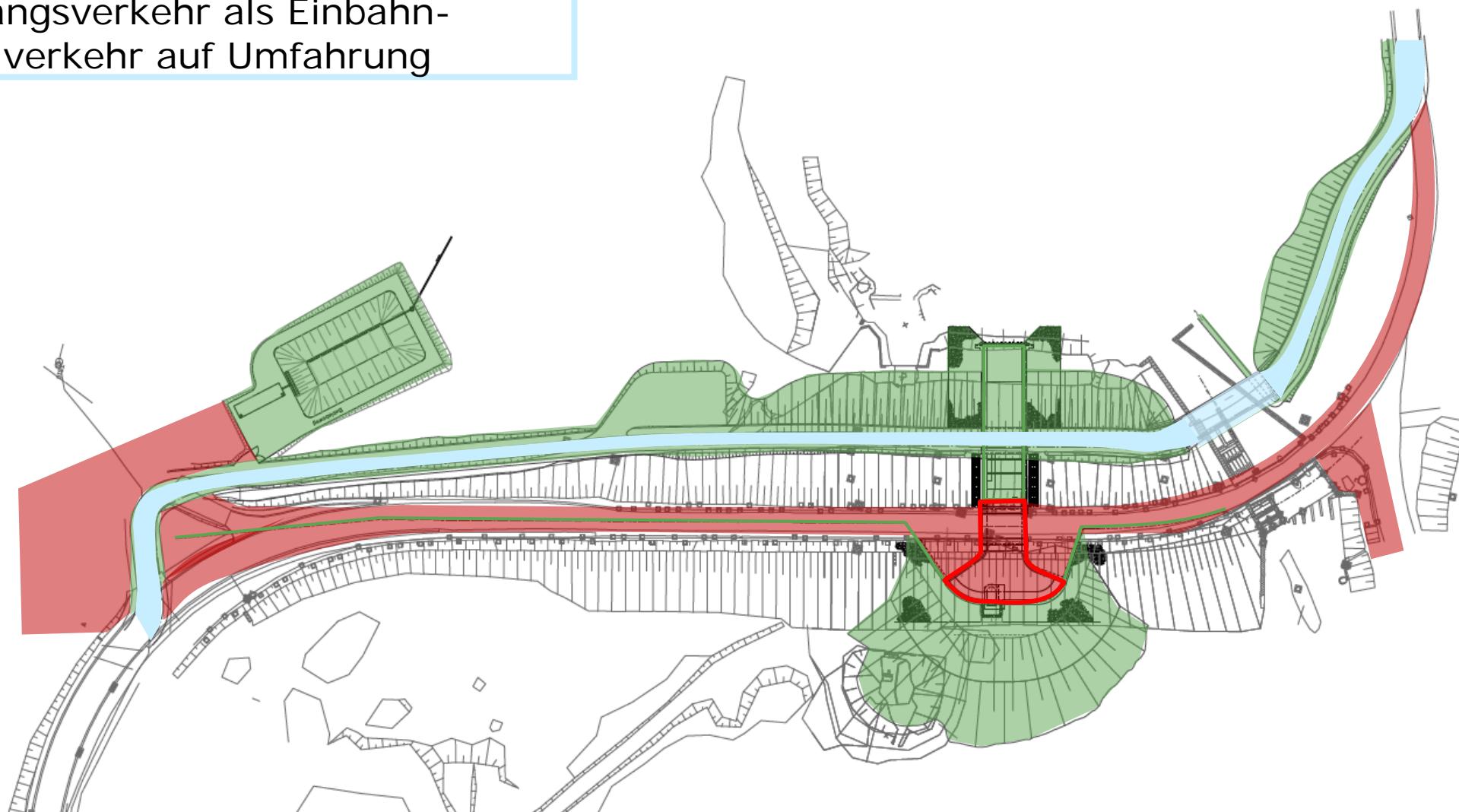
- Umschwenken des Durchgangsverkehrs auf die Umfahrungsstrecke als Einbahn-Wechselverkehr
- Herstellen der Arbeitsebene in der Vorsperre

Durchgangsverkehr als Einbahn-Wechselverkehr auf Umfahrung



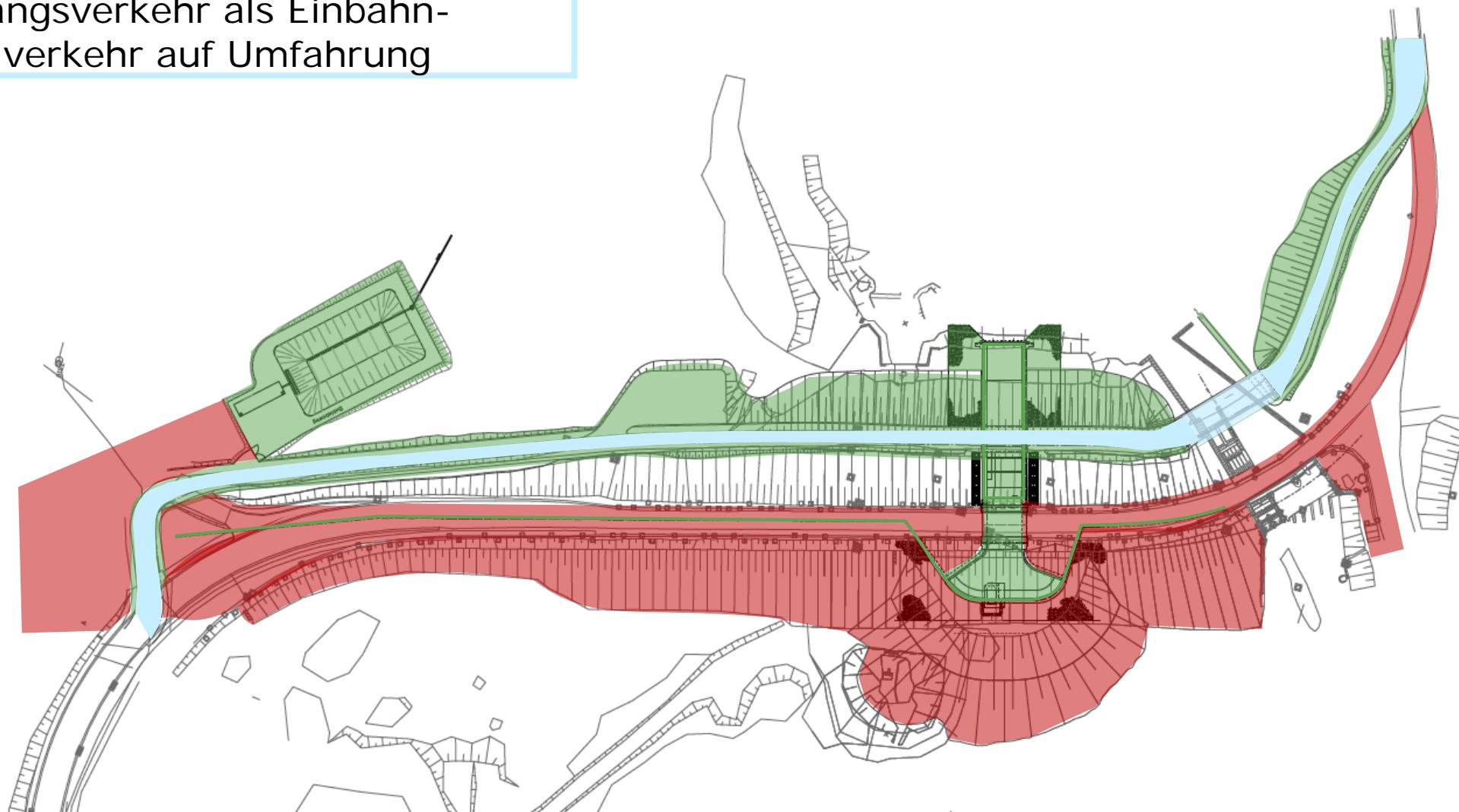
- Herstellen der Dichtwand im Damm bis zur bestehenden Entlastungsanlage

Durchgangsverkehr als Einbahn-Wechselverkehr auf Umfahrung



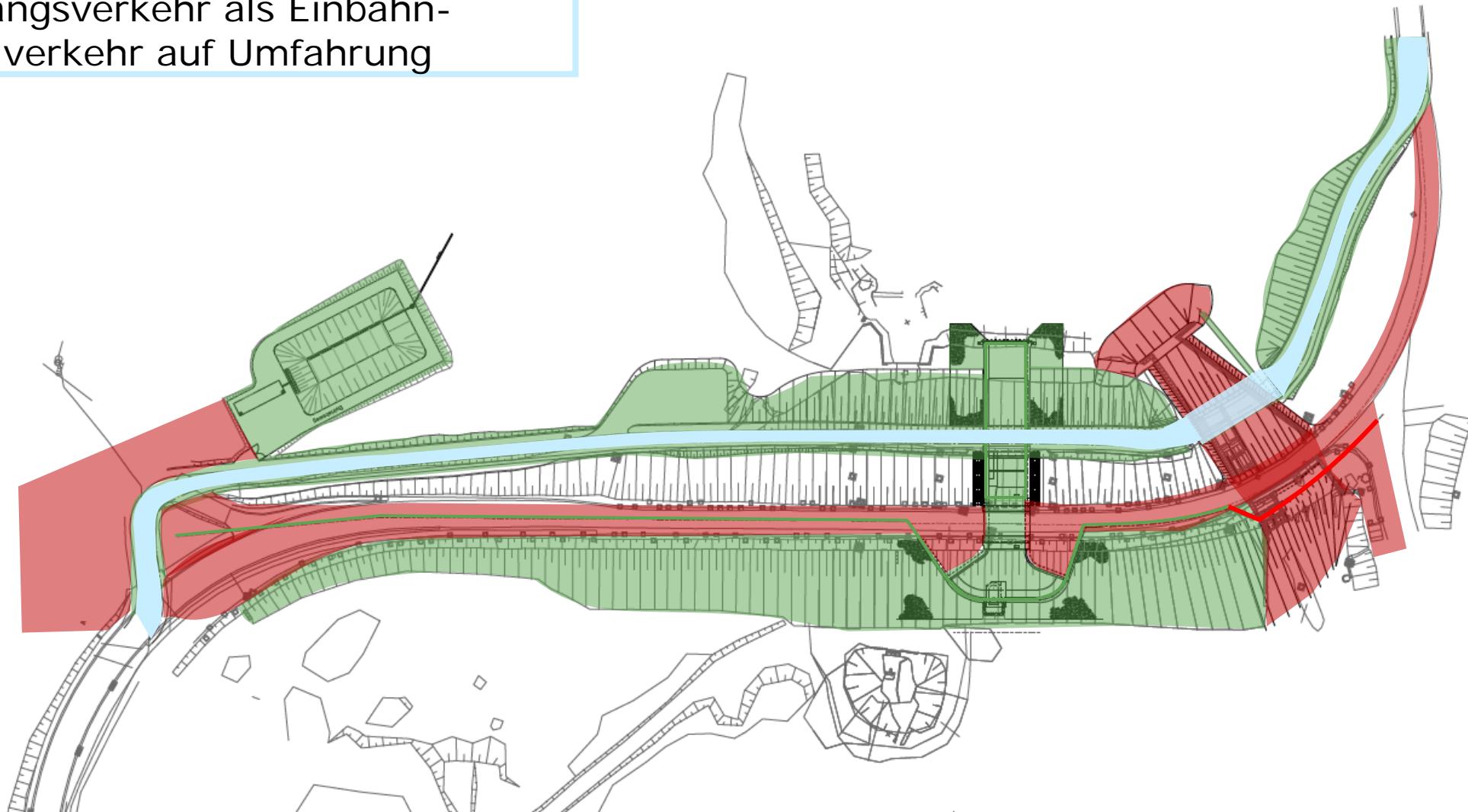
- Herstellung des oberen Teils des Kombibauwerks

Durchgangsverkehr als Einbahn-Wechselverkehr auf Umfahrung



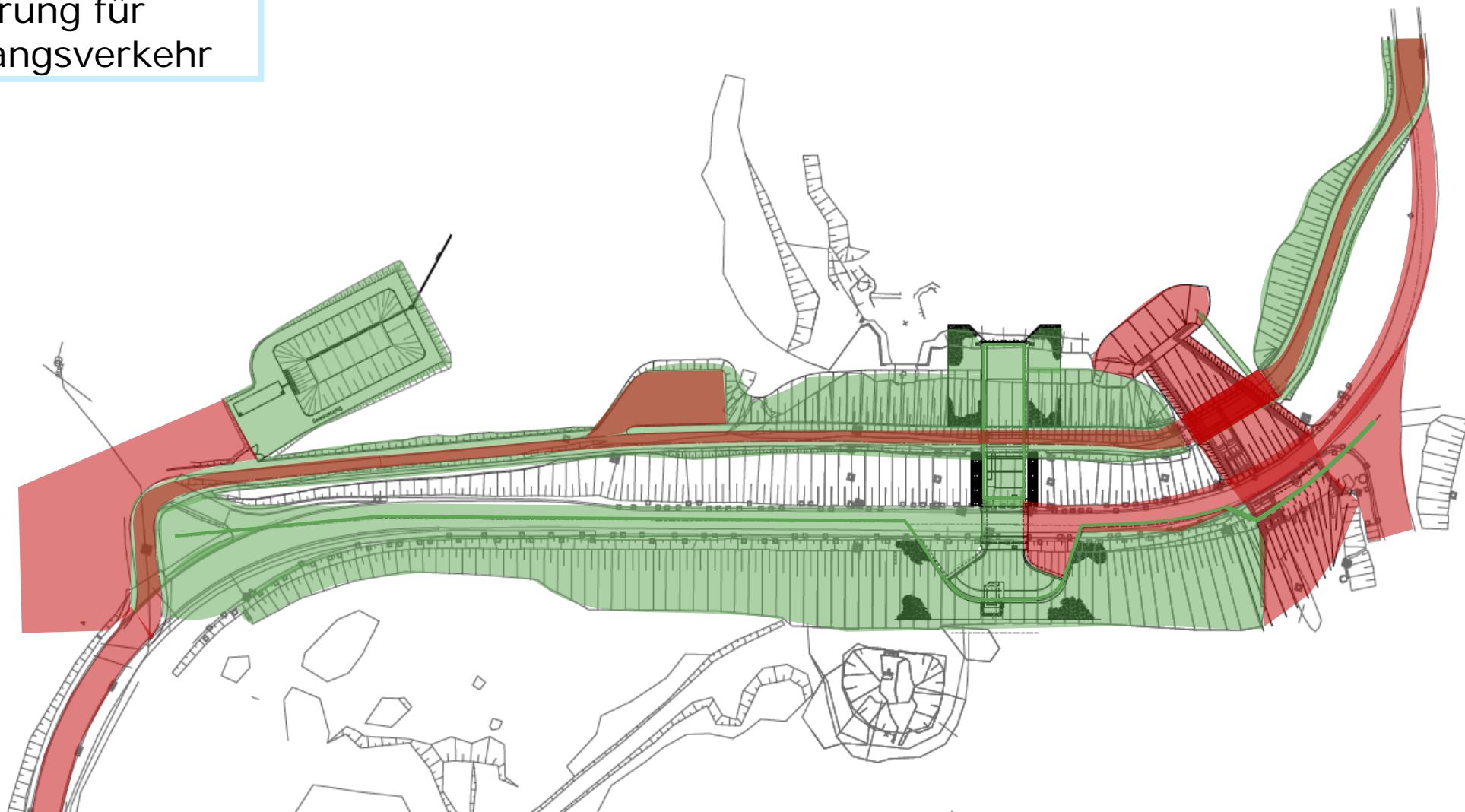
- Rückbau der Arbeitsebene in der Vorsperre
- Herstellung der Wehrschwelle am Kombibauwerk
- Rückbau Baugrubenwände vor Grundablass des Kombibauwerkes
- Rückbau der Betonplattendichtung und Einbau des Deckwerkes zur Vorsperre
- Inbetriebnahme Kombibauwerk

Durchgangsverkehr als Einbahn-Wechselverkehr auf Umfahrung



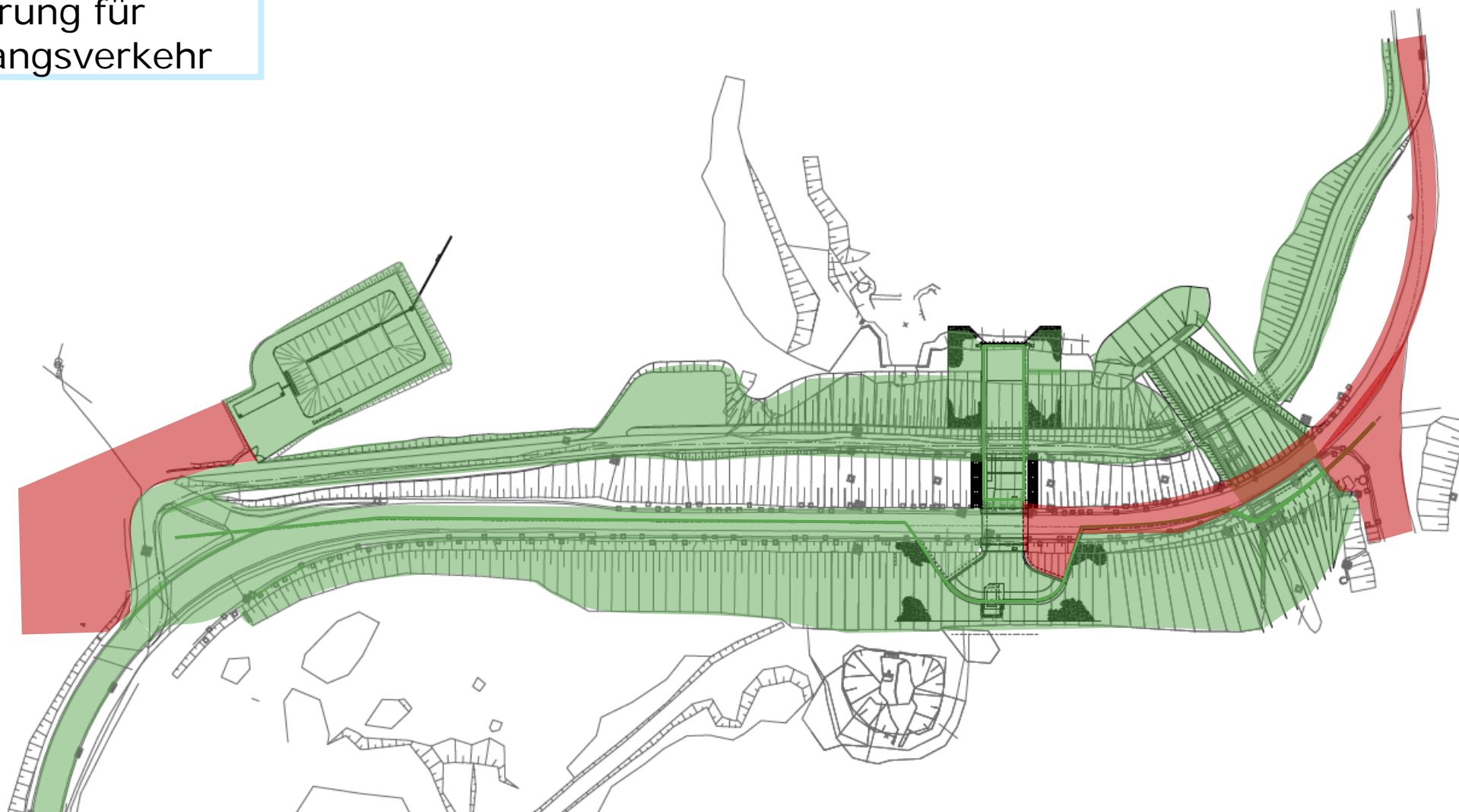
- Einbau der Schächte u. Rohrleitungen der Straßenentwässerung im Dammbereich Süd
- Straßenbau Dammkrone Süd
- Abschotten und Beginn der Verfüllen der alten Entlastungsanlage
- Abbruch der alten Brücke
- Dichtwand Abschluss Nord

Vollsperrung für Durchgangsverkehr



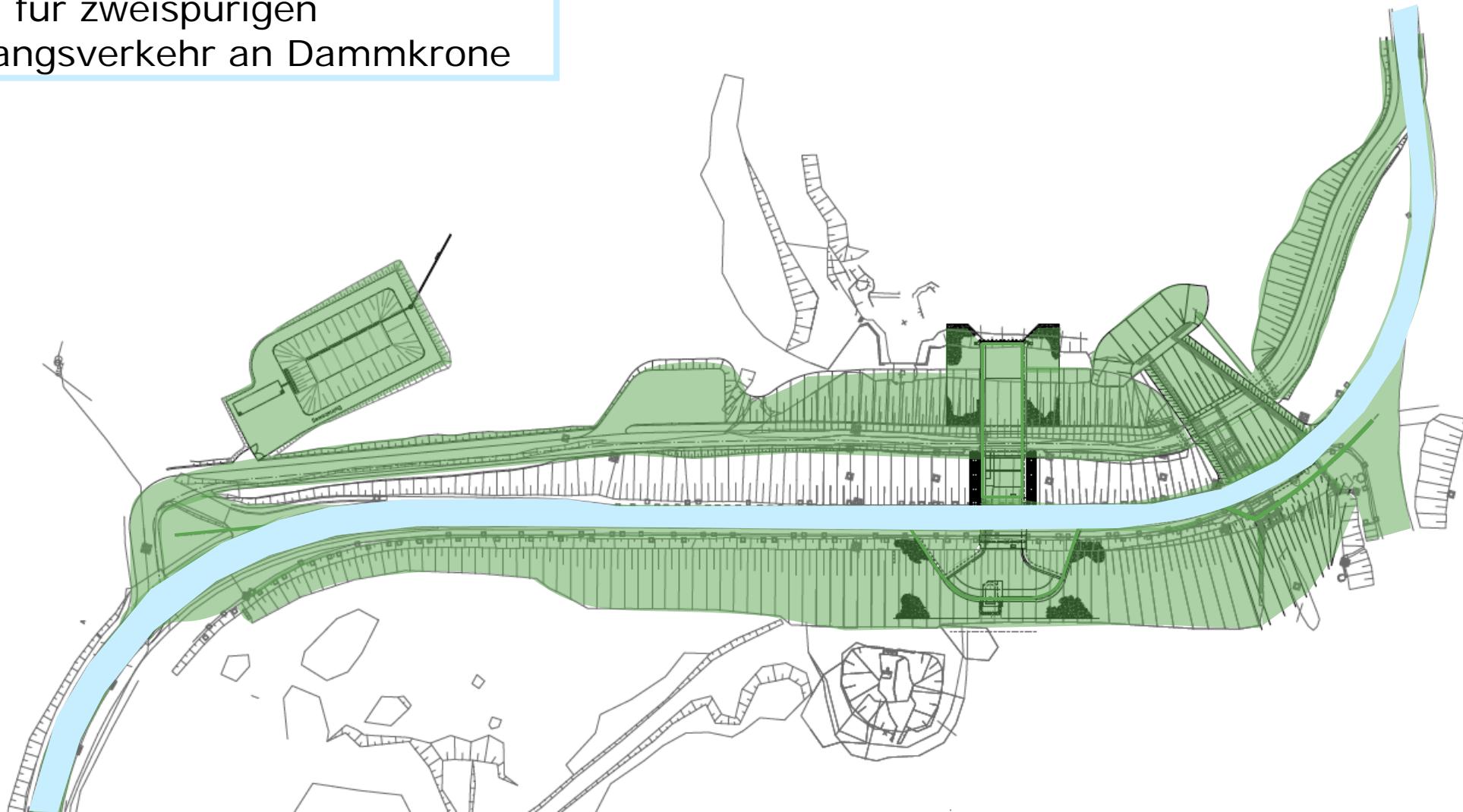
- Rückbau Umfahrung (Schutzsysteme, Asphalt, Entwässerungseinrichtungen, Behelfsbrücke)
- Abschluss Verfüllung der alten Entlastungsanlage u. Einbau Deckwerke
- Straßenbau inkl. Entwässerung an Dammkrone Nord
- Straßenbau inkl. Entwässerung bis Bauende Süd Richtung Riefensbeek

Vollsperrung für Durchgangsverkehr



- Fertigstellung Straßenbau inkl. Entwässerungseinrichtungen bis Bauende Nord Richtung Osterode
- Räumung der Baustelleneinrichtungsflächen

Öffnung für zweispurigen
Durchgangsverkehr an Dammkrone



- Inbetriebnahme der B 498 an Dammkrone

Anlage 2

Kostenschätzung

Abzug in Erdbau

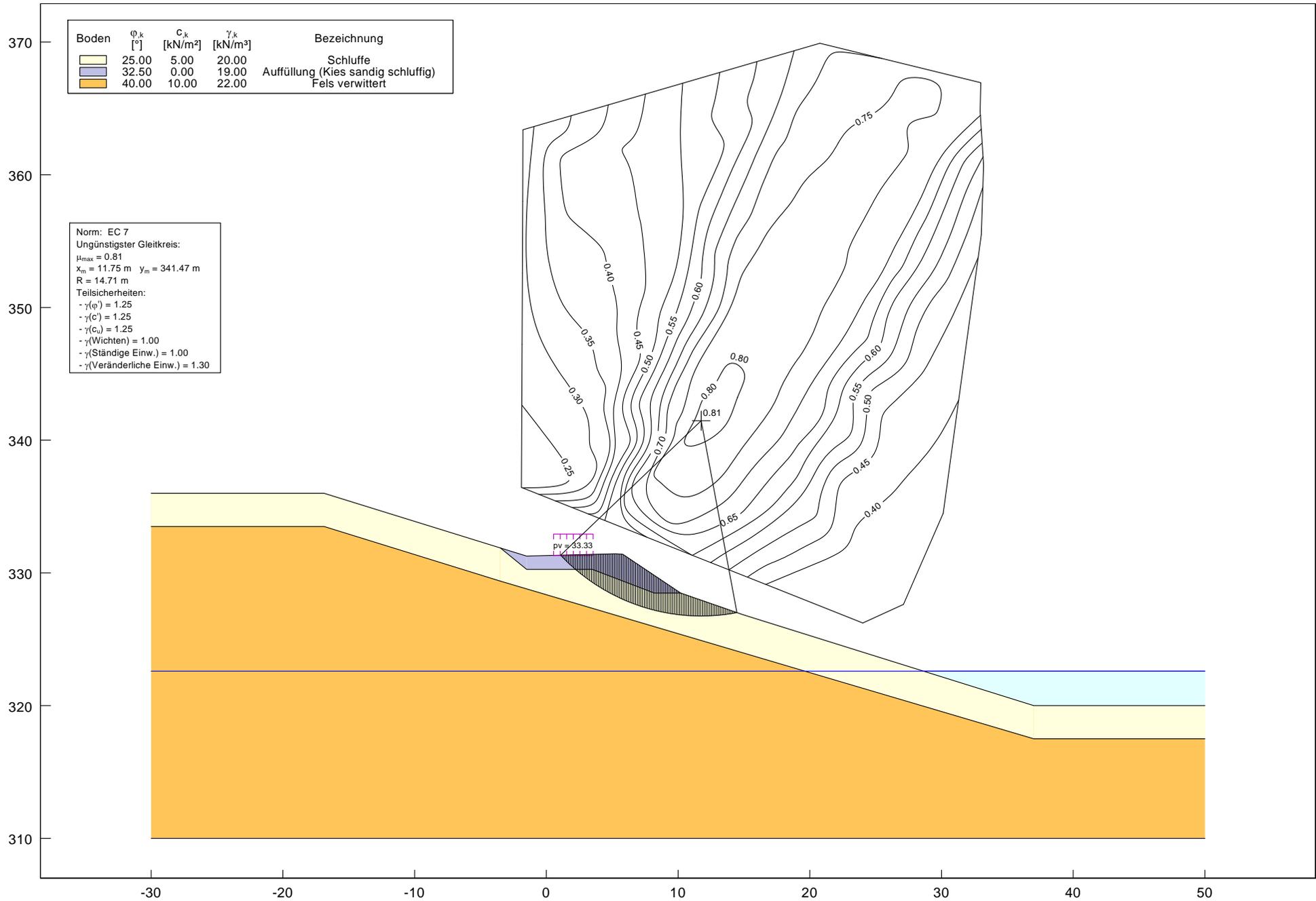
Baukosten netto (aufgerundet auf volle TEuro)						1.812.000	1.558.000
KBK - NR.	Einheit	Beschreibung	Menge	Kosten je Einheit €	Einzelkosten €		
1. Grunderwerb						0	0
2. Baustelleneinrichtung, baubegleitende Leistungen						132.934	132.934
2.000 Baustelleneinrichtung, baubegleitende Leistungen						132.934	132.934
2.000.0 Baustelleneinrichtung, baubegleitende Leistungen							
20.000.001	psch	Baustelleneinrichtung unter Beachtung des Gewässerschutzes (8% Baukosten der HG 4-9)	1	132.933,72	132.934		
3. Verkehrssicherung an Arbeitsstellen inkl. temporärer Lichtsignalanlagen						16.938	16.938
3.000 Verkehrssicherung an Arbeitsstellen						16.938	16.938
3.000.0 Verkehrssicherung an Arbeitsstellen							
30.000.001	psch	Verkehrssicherung an Arbeitsstellen inkl. Markierungsarbeiten, Warnbaken, Lichtsignalanlagen etc. (5% der HG 4,5,7-9)	1	16.938,05	16.938		
4. Erdbau						592.792	338.800
4.000 Erdbau (Untergrund, Unterbau, Entwässerung von Straßen, Entsorgung)						592.792	338.800
4.106 Erdbau						423.320	169.328
4.106.0 Vorarbeiten							
41.060.010	m ²	Baugelände abräumen	8450	2,10	17.745		
41.060.030	m ²	Bäume fällen und Wurzelstöcke roden	2000	3,80	7.600		
4.106.1 Oberboden							
41.061.040	m ³	Oberboden liefern und abdecken	135	20,00	2.690		
41.061.050	m ²	Oberboden ansähen	1345	1,00	1.345		
4.106.2 Bodenbewegung							
41.062.060	m ³	Boden der Bodenklasse 2 bis 5 lösen, abfahren u. verwerten	4372	45,00	196.740		
41.062.090	m ³	Boden Z0 liefern und einbauen	7426	25,00	185.650		
41.062.100	m ²	Planum herstellen	3300	2,00	6.600		
4.106.3 Boden- und Untergrundverbesserung							
41.063.020	m ²	Planum verdichten	3300	1,00	3.300		
4.106.5 Mulden, Gräben							
41.065.020	m	Rasenmulde unbefestigt herstellen	330	5,00	1.650		
4.108 Baugruben, Leitungsräben, Verbau						43.222	43.222
4.108.2 Leitungsräben							
41.082.010	m ³	Leitungsraben herstellen	880	25,00	22.000		
41.082.020	m ³	Leitungsraben verfüllen	849	25,00	21.222		
4.110 Entwässerung von Straßen						126.250	126.250
04.110.2 Sickeranlagen							
41.102.030	m	Sickerstränge u. Rigolen herstellen	440	110,00	48.400		
4.110.3 Rohrleitungen							
41.103.010	m	Entwässerungsrohrleitungen abbrechen	480	35,00	16.800		
41.103.020	m	Rohrleitung herstellen, bis DN 250	480	69,00	33.120		
4.110.4 Schächte							
41.104.010	Stck	Schacht abbrechen einschließlich Erdarbeiten	15	220,00	3.300		
41.104.020	Stck	Schacht herstellen einschließlich Schachtabdeckung	15	1.290,00	19.350		
4.110.5 Straßenabläufe							
41.105.010	Stck	Straßenabläufe beseitigen einschließlich Erdarbeiten	16	100,00	1.600		
41.105.020	Stck	Straßenabläufe herstellen einschließlich Aufsätze und Anschlussleitungen	16	230,00	3.680		
5. Oberbau						181.318	181.318
5.000 Oberbau						181.318	181.318
5.112 Schichten ohne Bindemittel						59.478	59.478
5.112.1 Frostschuttschichten							
51.121.010	m ²	Frostschuttschicht herstellen	3300	6,50	21.450		
5.112.2 Kies- und Schottertragschichten							
51.122.010	m ²	Kies- oder Schottertragschicht herstellen, Einbaudicke 15 cm	3300	5,00	16.500		
5.112.4 Weitere Schichten ohne Bindemittel							
51.124.010	m ²	Schotterrasen herstellen (in Banketten und bleibende Befestigung nach Rückbau der Asphaltdeckschicht)	3588	6,00	21.528		
5.113 Asphaltbauweisen						114.840	114.840
5.113.0 Vorarbeiten (Abbruch am Ende der Bauzeit)							
51.130.030	m ²	Asphaltdeckschichten aufbrechen, laden und entsorgen	3300	16,30	53.790		
5.113.1 Asphalttragschicht							
51.131.020	m ²	Asphalttragschicht herstellen, Einbaudicke 10 cm	3300	11,00	36.300		
5.113.3 Asphaltdeckschichten							
51.133.010	m ²	Deckschicht aus Asphaltbeton im Fahrbahnbereich herstellen	3300	7,50	24.750		

Abzug von 60% der Kosten für Vorleistungen im Erdbau zur Herstellung von Baustraße und Arbeitsebene in Hauptsperre

5.115 Pflasterdecken, Plattenbeläge, Einfassungen						7.000	7.000
5.115.4 Rinnen, Mulden, Streifen aus Pflaster							
51.154.030	m	Gedichtete Rinnen, Raubettmulden aus Naturstein herstellen	140	50,00	7.000		
KBK - NR.	Einheit	Beschreibung	Menge	Kosten je Einheit €	Einzelkosten €		
6. Ingenieurbauwerke						548.800	548.800
6.000 Konstruktiver Ingenieurbau						493.800	493.800
6.000.0 Konstruktiver Ingenieurbau							
60.000.001	psch	Montage Behelfsbrücke über bestehende HWE	1	50.000,00	50.000		
60.000.002	psch	Demontage Behelfsbrücke	1	40.000,00	40.000		
60.000.003	Mon	Mietkosten Behelfsbrücke (Preis pro Monat ab 24 Monate Mietdauer)	36	3.300,00	118.800		
60.000.004	St	Kastenförmige Brückenwiderlager inkl. Gründung, Rohrdurchführung	2	20.000,00	40.000		
60.000.005	psch	Baubelehfskonstruktionen, Planum u. Hilfsfundamente für Mobilkran Montagegerüst für Brücke (Auf- und Abbau für Montage u. Demontage)	1	25.000,00	25.000		
60.000.006	m ²	Brücken über Kombibauwerk (pro m ² -Fläche Überbau)	75	2.000,00	150.000		
60.000.007	psch	Verlängerung Schussrinnenwände im Bereich Dammbërme	1	10.000,00	10.000		
60.000.008	psch	Zusätzliche Bohrpfahlwand als Schott zur Stützung der Dammkrone gegen die Baugrube	1	50.000,00	50.000		
60.000.008	psch	Abbruch des Schotts in der Baugrube	1	10.000,00	10.000		
6.400 Sonstige Bauwerke						55.000	55.000
6.400.1 Sonstige Bauwerke							
64.001.010	psch	Leichflüssigkeitsabscheider nach RiStWag liefern u. einbauen	1	50.000,00	50.000		
64.001.011	psch	Substratfilterschächte liefern und einbauen (optional)	0	15.000,00	0		
64.001.012	psch	Ausleitstrecke	1	5.000,00	5.000		
KBK - NR.	Einheit	Beschreibung	Menge	Kosten je Einheit €	Einzelkosten €		
7. Landschaftsbau						77.000	77.000
7.000 Landschaftsbau						77.000	77.000
7.107 Landschaftsbauarbeiten							
7.107.5 Sicherungsbauweisen							
71.075.040	m ³	Ufer- und Sohlenbefestigung, Steinschüttung Wasserbausteine	1138	40,00	45.500		
71.075.040	m ³	Ufer- und Sohlenbefestigung, Stufenfilter	700	45,00	31.500		
KBK - NR.	Einheit	Beschreibung	Menge	Kosten je Einheit €	Einzelkosten €		
8. Ausstattung						110.700	110.700
8.000 Ausstattung						110.700	110.700
8.129 Fahrzeug-Rückhaltesysteme (FRS) und Leiteinrichtungen							
8.129.1 Neubau und Erneuerung FRS							
81.291.030	m	Schutzeinrichtung herstellen, Betonschutzw., Aufhaltestufe H1W3, gedichtet	410	140,00	57.400		
81.291.031	m	Schutzeinrichtung herstellen, Betonschutzw., Aufhaltestufe H1W4	410	100,00	41.000		
81.291.031	m	Schutzeinrichtungen Aufnehmen und abtransportieren	820	15,00	12.300		
KBK - NR.	Einheit	Beschreibung	Menge	Kosten je Einheit €	Einzelkosten €		
9. Sonstige besondere Anlagen und Kosten						151.061	151.061
	psch	Kleinteile und Sonstiges 10% auf HG 4-8		151.061,05	151.061		

Anlage 3

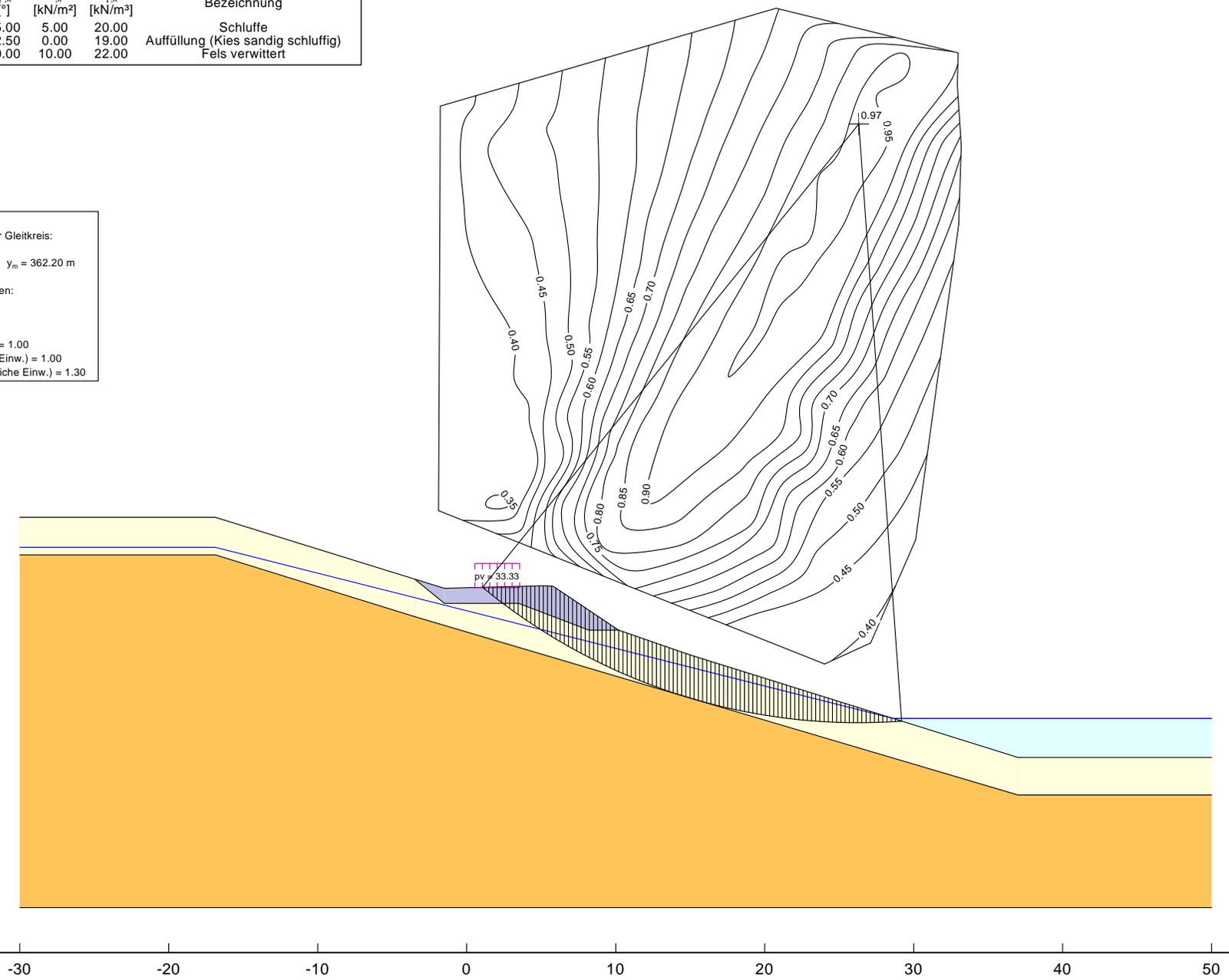
Erdstatische Voruntersuchungen

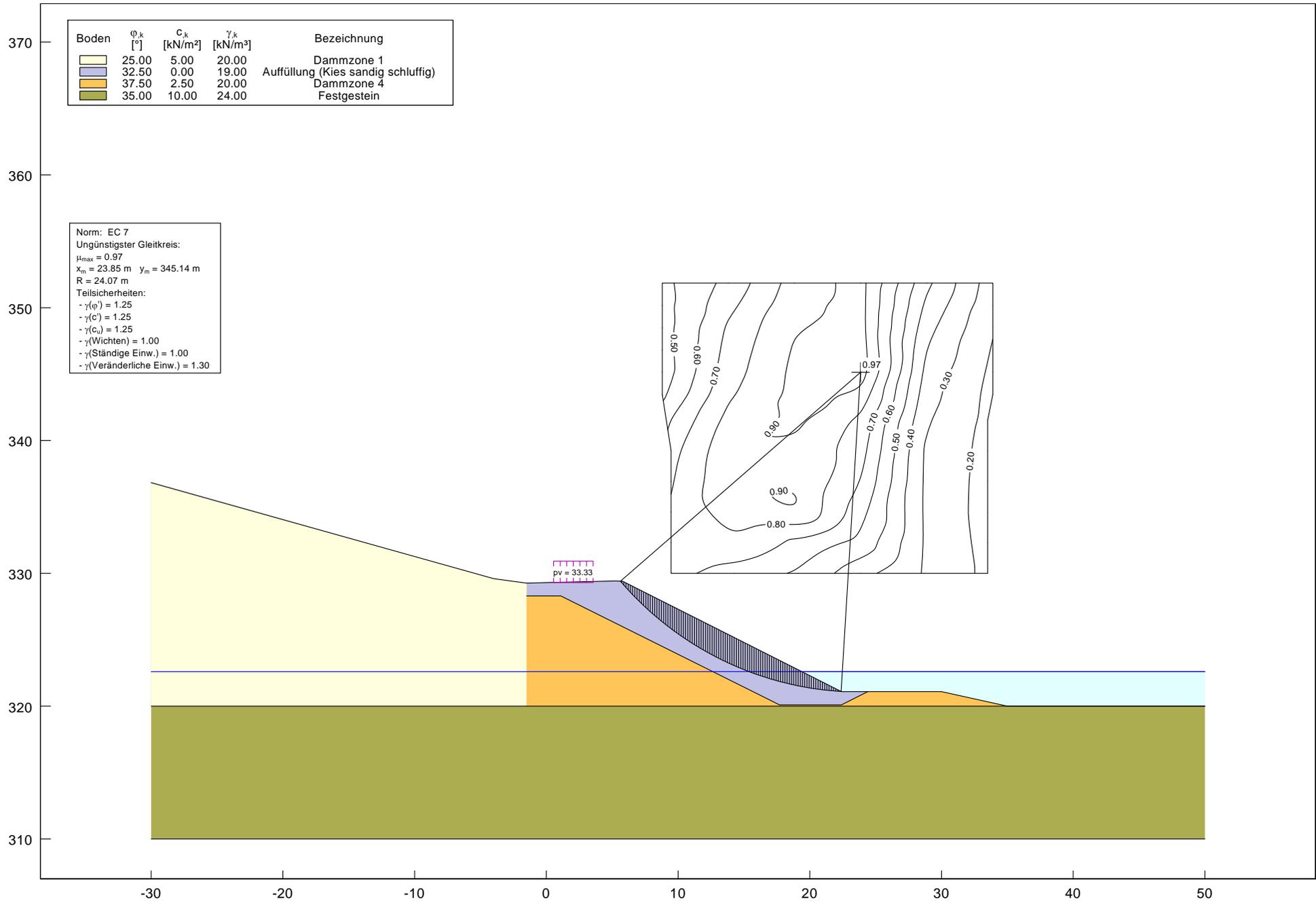


370
360
350
340
330
320
310

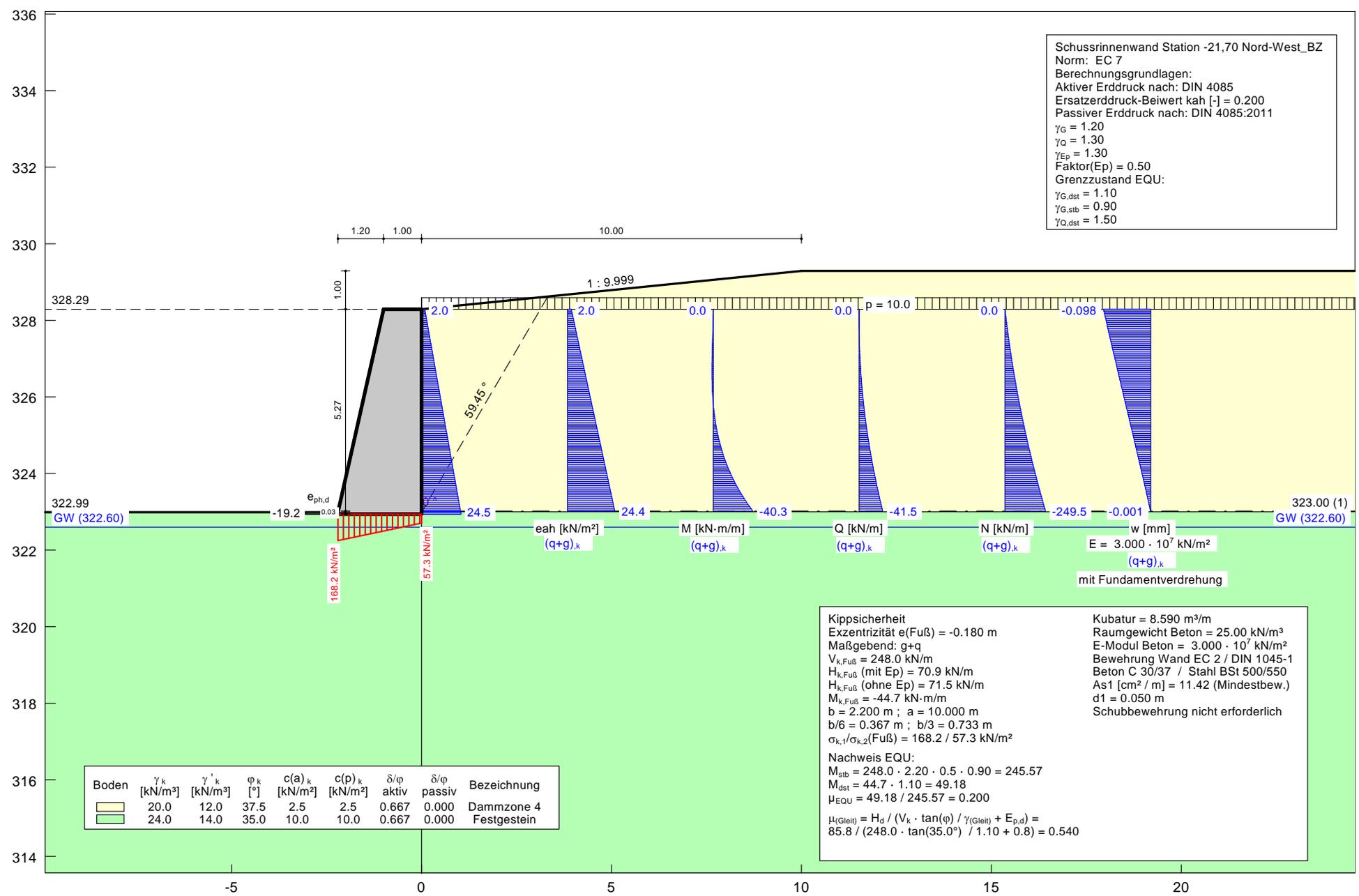
Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	5.00	20.00	Schluffe
	32.50	0.00	19.00	Auffüllung (Kies sandig schluffig)
	40.00	10.00	22.00	Fels verwittert

Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.97$
 $x_m = 26.32 \text{ m}$ $y_m = 362.20 \text{ m}$
 $R = 39.88 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\phi) = 1.25$
 - $\gamma(c) = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$





Schussrinnenwand Station -21,70 Nord-West_BZ
 Norm: EC 7
 Berechnungsgrundlagen:
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
 Ersatzerddruck-Beiwert kah [-] = 0.200
 Passiver Erddruck nach: DIN 4085:2011
 $\gamma_G = 1.20$
 $\gamma_G = 1.30$
 $\gamma_{Ep} = 1.30$
 Faktor(E_p) = 0.50
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{G,dst} = 1.50$



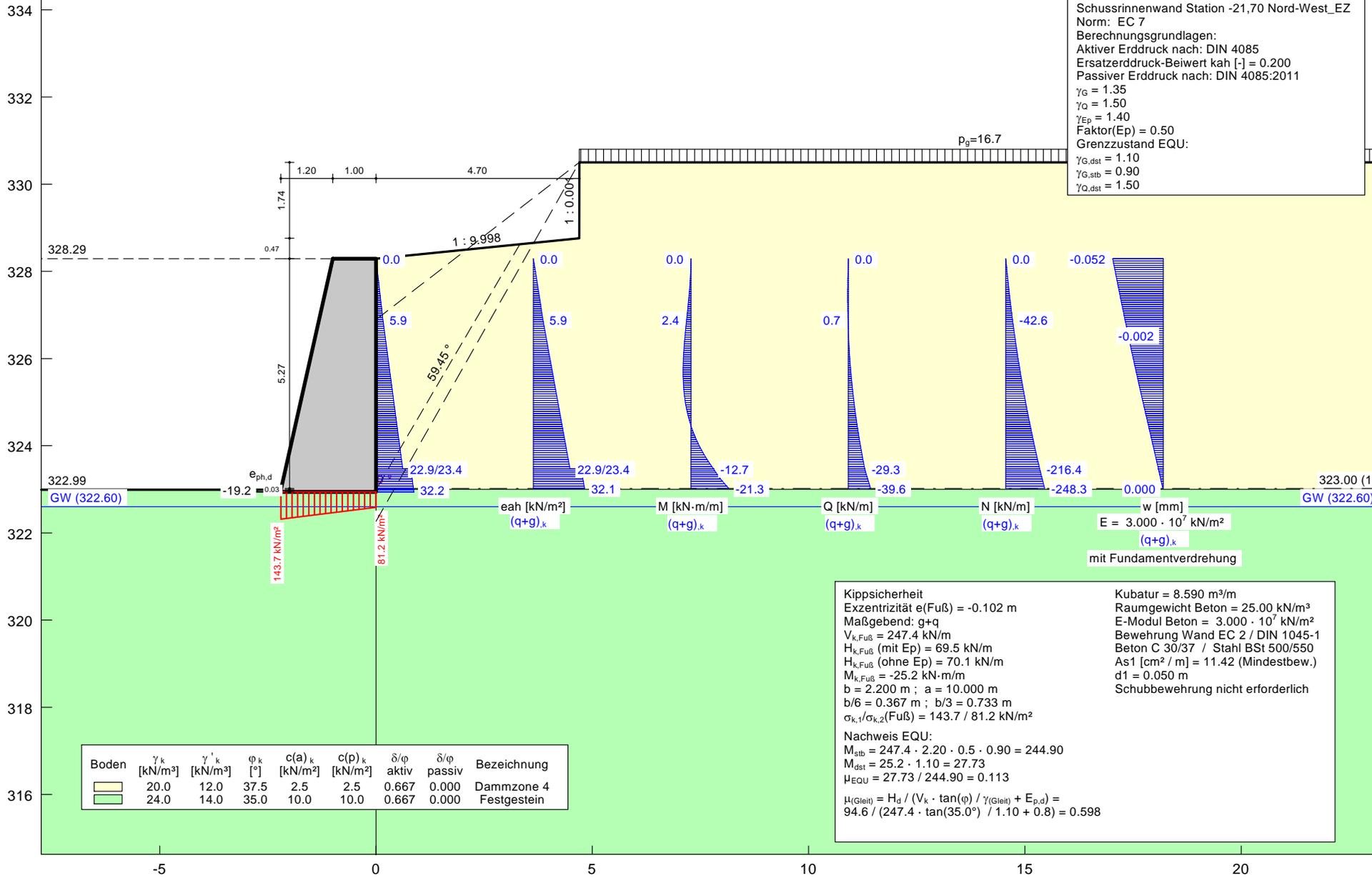
Boden	γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	φ_k [°]	$c(a)_k$ [kN/m²]	$c(p)_k$ [kN/m²]	δ/φ aktiv	δ/φ passiv	Bezeichnung
20.0	12.0	37.5	2.5	2.5	0.667	0.000	Dammzone 4	
24.0	14.0	35.0	10.0	10.0	0.667	0.000	Festgestein	

Kippsicherheit
 Exzentrizität $e(Fu\beta) = -0.180$ m
 Maßgebend: $g+q$
 $V_{k,Fu\beta} = 248.0$ kN/m
 $H_{k,Fu\beta}$ (mit E_p) = 70.9 kN/m
 $H_{k,Fu\beta}$ (ohne E_p) = 71.5 kN/m
 $M_{k,Fu\beta} = -44.7$ kN-m/m
 $b = 2.200$ m ; $a = 10.000$ m
 $b/6 = 0.367$ m ; $b/3 = 0.733$ m
 $\sigma_{k,1}/\sigma_{k,2}(Fu\beta) = 168.2 / 57.3$ kN/m²

Nachweis EQU:
 $M_{dst} = 248.0 \cdot 2.20 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 245.57$
 $M_{dst} = 44.7 \cdot 1.10 = 49.18$
 $\mu_{EQU} = 49.18 / 245.57 = 0.200$

$M_{(Gleit)} = H_d / (V_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{(Gleit)} + E_{p,d}) = 85.8 / (248.0 \cdot \tan(35.0^\circ) / 1.10 + 0.8) = 0.540$

Kubatur = 8.590 m³/m
 Raumbgewicht Beton = 25.00 kN/m³
 E-Modul Beton = 3.000 · 10⁷ kN/m²
 Bewehrung Wand EC 2 / DIN 1045-1
 Beton C 30/37 / Stahl BSt 500/550
 As1 [cm² / m] = 11.42 (Mindestbew.)
 d1 = 0.050 m
 Schubbewehrung nicht erforderlich



Schussrinnenwand Station -21,70 Nord-West_EZ
 Norm: EC 7
 Berechnungsgrundlagen:
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
 Ersatzerddruck-Beiwert kah [-] = 0.200
 Passiver Erddruck nach: DIN 4085:2011
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{Ep} = 1.40$
 Faktor(Ep) = 0.50
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$

Kippsicherheit
 Exzentrizität $e(Fu\beta) = -0.102$ m
 Maßgebend: g+q
 $V_{k,Fu\beta} = 247.4$ kN/m
 $H_{k,Fu\beta}$ (mit Ep) = 69.5 kN/m
 $H_{k,Fu\beta}$ (ohne Ep) = 70.1 kN/m
 $M_{k,Fu\beta} = -25.2$ kN·m/m
 $b = 2.200$ m ; $a = 10.000$ m
 $b/6 = 0.367$ m ; $b/3 = 0.733$ m
 $\sigma_{k,1}/\sigma_{k,2}(Fu\beta) = 143.7 / 81.2$ kN/m²

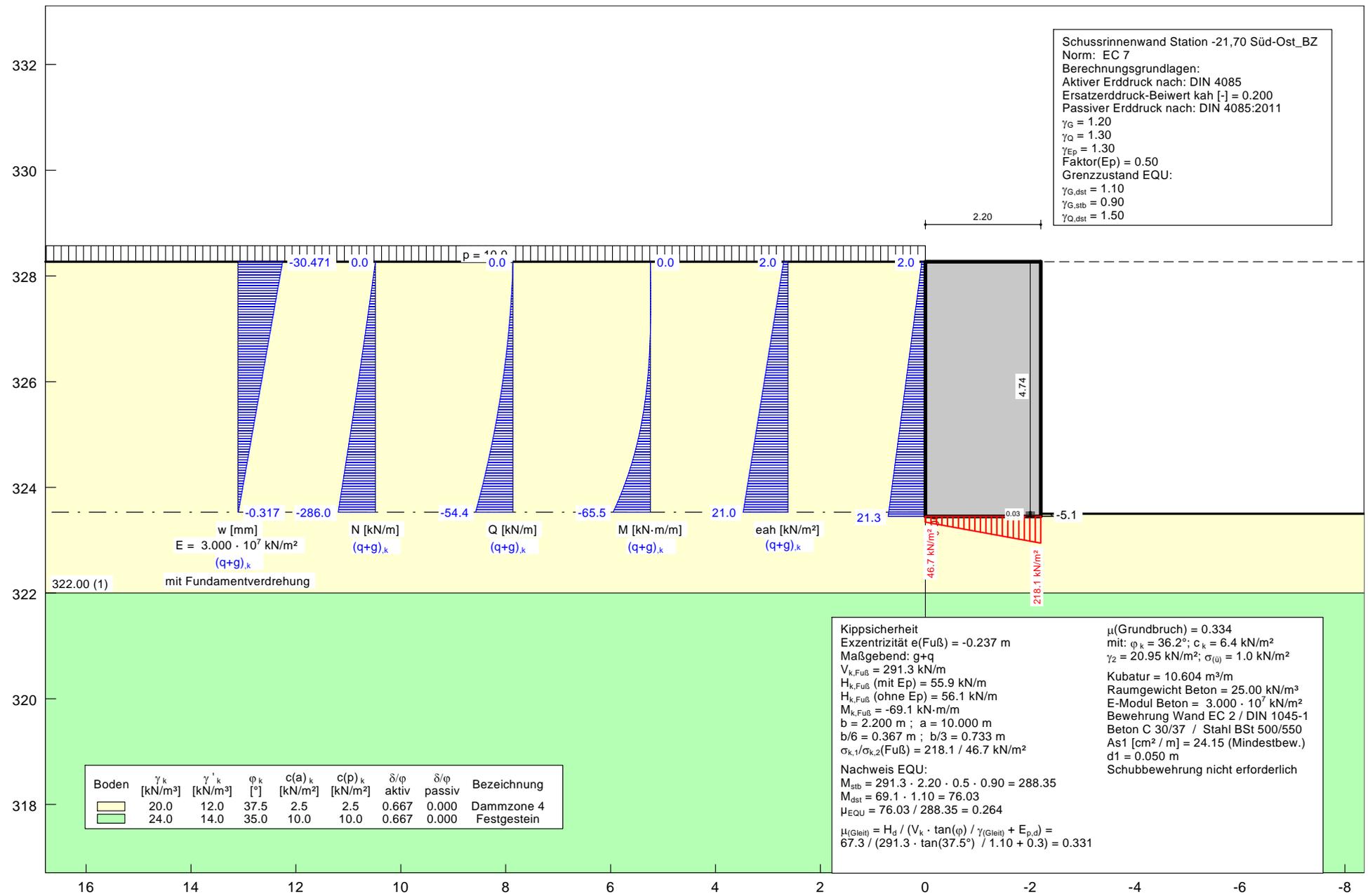
Nachweis EQU:
 $M_{dst} = 247.4 \cdot 2.20 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 244.90$
 $M_{dst} = 25.2 \cdot 1.10 = 27.73$
 $\mu_{EQU} = 27.73 / 244.90 = 0.113$

Kubatur = 8.590 m³/m
 Raumbgewicht Beton = 25.00 kN/m³
 E-Modul Beton = $3.000 \cdot 10^7$ kN/m²
 Bewehrung Wand EC 2 / DIN 1045-1
 Beton C 30/37 / Stahl BSt 500/550
 As1 [cm² / m] = 11.42 (Mindestbew.)
 d1 = 0.050 m
 Schubbewehrung nicht erforderlich

$\mu_{Gleit} = H_d / (V_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{Gleit} + E_{p,d}) = 94.6 / (247.4 \cdot \tan(35.0^\circ) / 1.10 + 0.8) = 0.598$

Boden	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	φ_k [°]	$c(a)_k$ [kN/m ²]	$c(p)_k$ [kN/m ²]	δ/φ aktiv	δ/φ passiv	Bezeichnung
	20.0	12.0	37.5	2.5	2.5	0.667	0.000	Dammzone 4
	24.0	14.0	35.0	10.0	10.0	0.667	0.000	Festgestein

Schussrinnenwand Station -21,70 Süd-Ost_BZ
 Norm: EC 7
 Berechnungsgrundlagen:
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
 Ersatzerddruck-Beiwert $k_{ah} [-] = 0.200$
 Passiver Erddruck nach: DIN 4085:2011
 $\gamma_G = 1.20$
 $\gamma_G = 1.30$
 $\gamma_{Ep} = 1.30$
 Faktor(E_p) = 0.50
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{G,dst} = 1.50$



Boden	γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	φ_k [°]	$c(a)_k$ [kN/m²]	$c(p)_k$ [kN/m²]	δ/φ aktiv	δ/φ passiv	Bezeichnung
mit Fundamentverdrehung	20.0	12.0	37.5	2.5	2.5	0.667	0.000	Dammzone 4
Festgestein	24.0	14.0	35.0	10.0	10.0	0.667	0.000	Festgestein

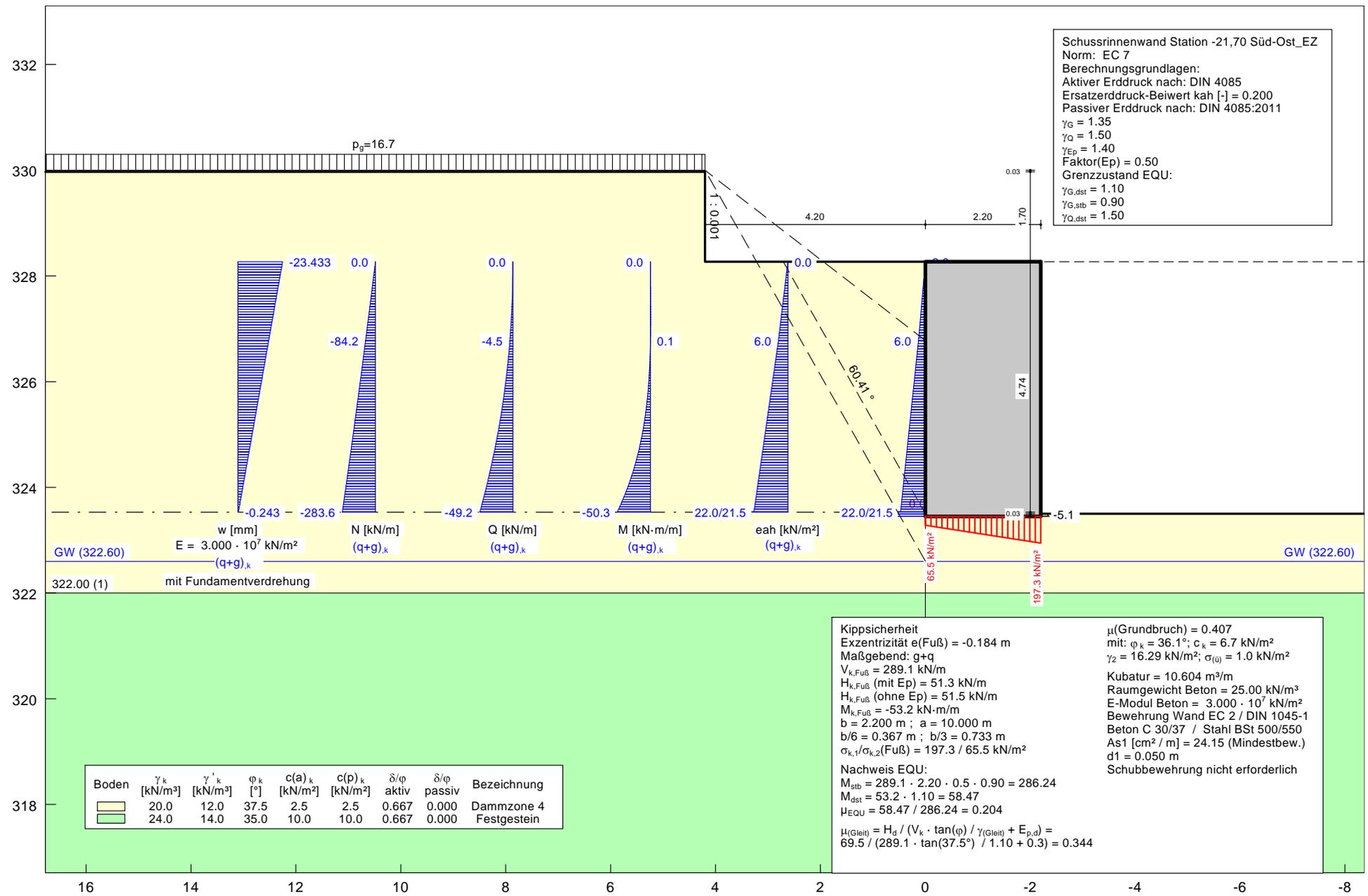
Kippsicherheit
 Exzentrizität $e(\text{Fuß}) = -0.237$ m
 Maßgebend: g+q
 $V_{k,FuB} = 291.3$ kN/m
 $H_{k,FuB}$ (mit E_p) = 55.9 kN/m
 $H_{k,FuB}$ (ohne E_p) = 56.1 kN/m
 $M_{k,FuB} = -69.1$ kN-m/m
 $b = 2.200$ m ; $a = 10.000$ m
 $b/6 = 0.367$ m ; $b/3 = 0.733$ m
 $\sigma_{k,1}/\sigma_{k,2}(\text{Fuß}) = 218.1 / 46.7$ kN/m²

Nachweis EQU:
 $M_{dst} = 291.3 \cdot 2.20 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 288.35$
 $M_{dst} = 69.1 \cdot 1.10 = 76.03$
 $\mu_{EQU} = 76.03 / 288.35 = 0.264$

$\mu(\text{Grundbruch}) = 0.334$
 mit: $\varphi_k = 36.2^\circ$; $c_k = 6.4$ kN/m²
 $\gamma_2 = 20.95$ kN/m³; $\sigma_{(q)} = 1.0$ kN/m²
 Kubatur = 10.604 m³/m
 Raumgewicht Beton = 25.00 kN/m³
 E-Modul Beton = $3.000 \cdot 10^7$ kN/m²
 Bewehrung Wand EC 2 / DIN 1045-1
 Beton C 30/37 / Stahl BST 500/550
 As1 [cm² / m] = 24.15 (Mindestbew.)
 d1 = 0.050 m
 Schubbewehrung nicht erforderlich

$\mu_{(Gleit)} = H_d / (V_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{(Gleit)} + E_{p,d}) = 67.3 / (291.3 \cdot \tan(37.5^\circ) / 1.10 + 0.3) = 0.331$

Schussrinnenwand Station -21,70 Süd-Ost_EZ
 Norm: EC 7
 Berechnungsgrundlagen:
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
 Ersatzerddruck-Beiwert kah [-] = 0.200
 Passiver Erddruck nach: DIN 4085:2011
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_G = 1.50$
 $\gamma_{Ep} = 1.40$
 Faktor(E_p) = 0.50
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{G,dst} = 1.50$



Boden	γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	φ_k [°]	$c(a)_k$ [kN/m²]	$c(p)_k$ [kN/m²]	δ/φ aktiv	δ/φ passiv	Bezeichnung
☐	20.0	12.0	37.5	2.5	2.5	0.667	0.000	Dammzone 4
■	24.0	14.0	35.0	10.0	10.0	0.667	0.000	Festgestein

Kippsicherheit
 Exzentrizität $e(\text{Fuß}) = -0.184$ m
 Maßgebend: g+q
 $V_{k,Fuß} = 289.1$ kN/m
 $H_{k,Fuß}$ (mit E_p) = 51.3 kN/m
 $H_{k,Fuß}$ (ohne E_p) = 51.5 kN/m
 $M_{k,Fuß} = -53.2$ kN-m/m
 $b = 2.200$ m ; $a = 10.000$ m
 $b/6 = 0.367$ m ; $b/3 = 0.733$ m
 $\sigma_{k,1}/\sigma_{k,2}(\text{Fuß}) = 197.3 / 65.5$ kN/m²

$\mu(\text{Grundbruch}) = 0.407$
 mit: $\varphi_k = 36.1^\circ$; $c_k = 6.7$ kN/m²
 $\gamma_2 = 16.29$ kN/m³; $\sigma_{(q)} = 1.0$ kN/m²

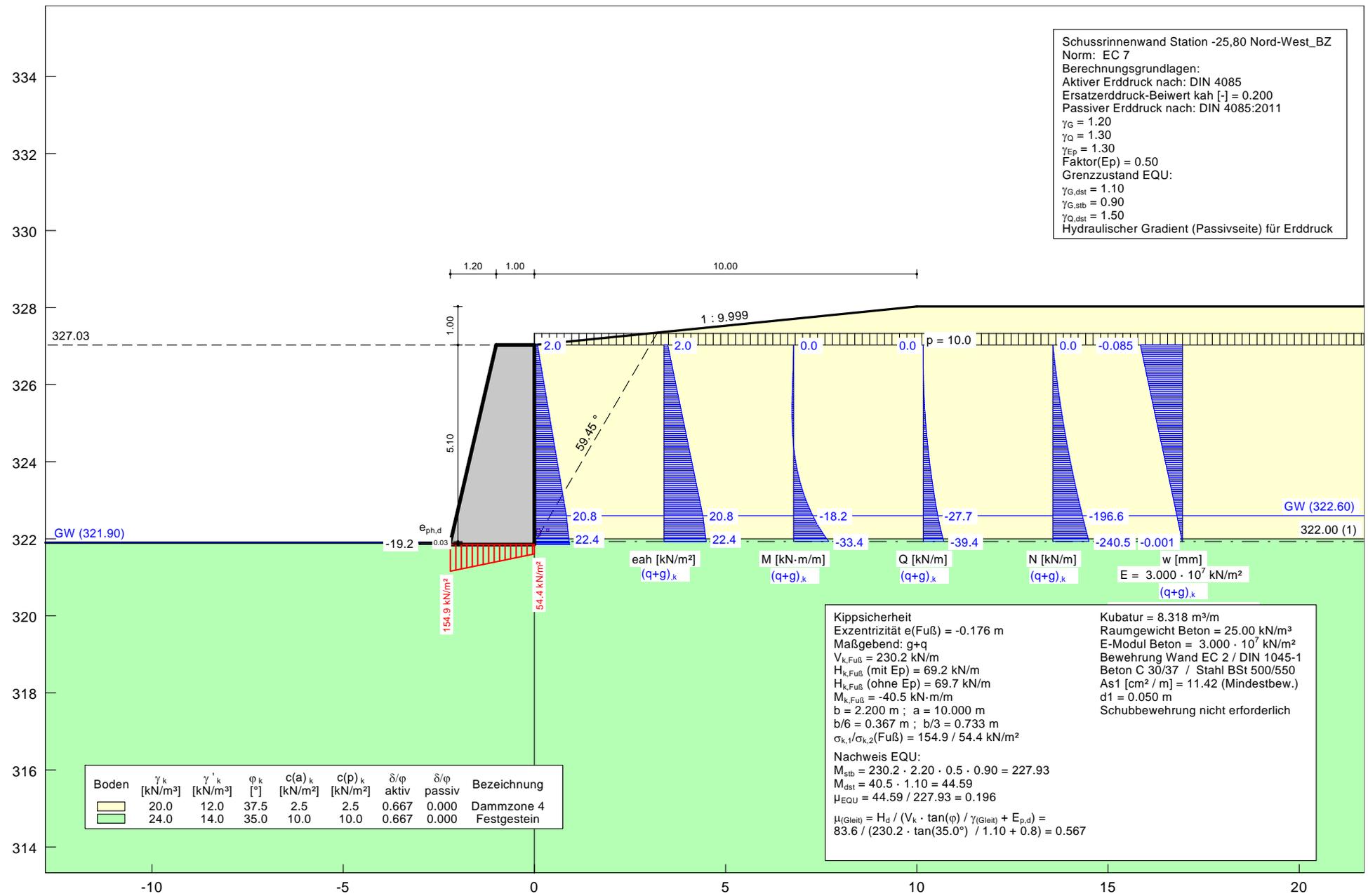
Kubatur = 10.604 m³/m
 Raumgewicht Beton = 25.00 kN/m³
 E-Modul Beton = $3.000 \cdot 10^7$ kN/m²
 Bewehrung Wand EC 2 / DIN 1045-1
 Beton C 30/37 / Stahl BST 500/550
 As1 [cm² / m] = 24.15 (Mindestbew.)
 d1 = 0.050 m
 Schubbewehrung nicht erforderlich

Nachweis EQU:
 $M_{dst} = 289.1 \cdot 2.20 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 286.24$
 $M_{dst} = 53.2 \cdot 1.10 = 58.47$
 $\mu_{EQU} = 58.47 / 286.24 = 0.204$

$\mu_{(Gleit)} = H_d / (V_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{(Gleit)} + E_{p,d}) = 69.5 / (289.1 \cdot \tan(37.5^\circ) / 1.10 + 0.3) = 0.344$

18 16 14 12 10 8 6 4 2 0 -2 -4 -6 -8

Schussrinnenwand Station -25,80 Nord-West_BZ
 Norm: EC 7
 Berechnungsgrundlagen:
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
 Ersatzerddruck-Beiwert $k_{ah} [-] = 0.200$
 Passiver Erddruck nach: DIN 4085:2011
 $\gamma_G = 1.20$
 $\gamma_G = 1.30$
 $\gamma_{Ep} = 1.30$
 Faktor(Ep) = 0.50
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{G,dst} = 1.50$
 Hydraulischer Gradient (Passivseite) für Erddruck



Boden	γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	φ_k [°]	$c(a)_k$ [kN/m²]	$c(p)_k$ [kN/m²]	δ/φ aktiv	δ/φ passiv	Bezeichnung
Light Green	20.0	12.0	37.5	2.5	2.5	0.667	0.000	Dammzone 4
Dark Green	24.0	14.0	35.0	10.0	10.0	0.667	0.000	Festgestein

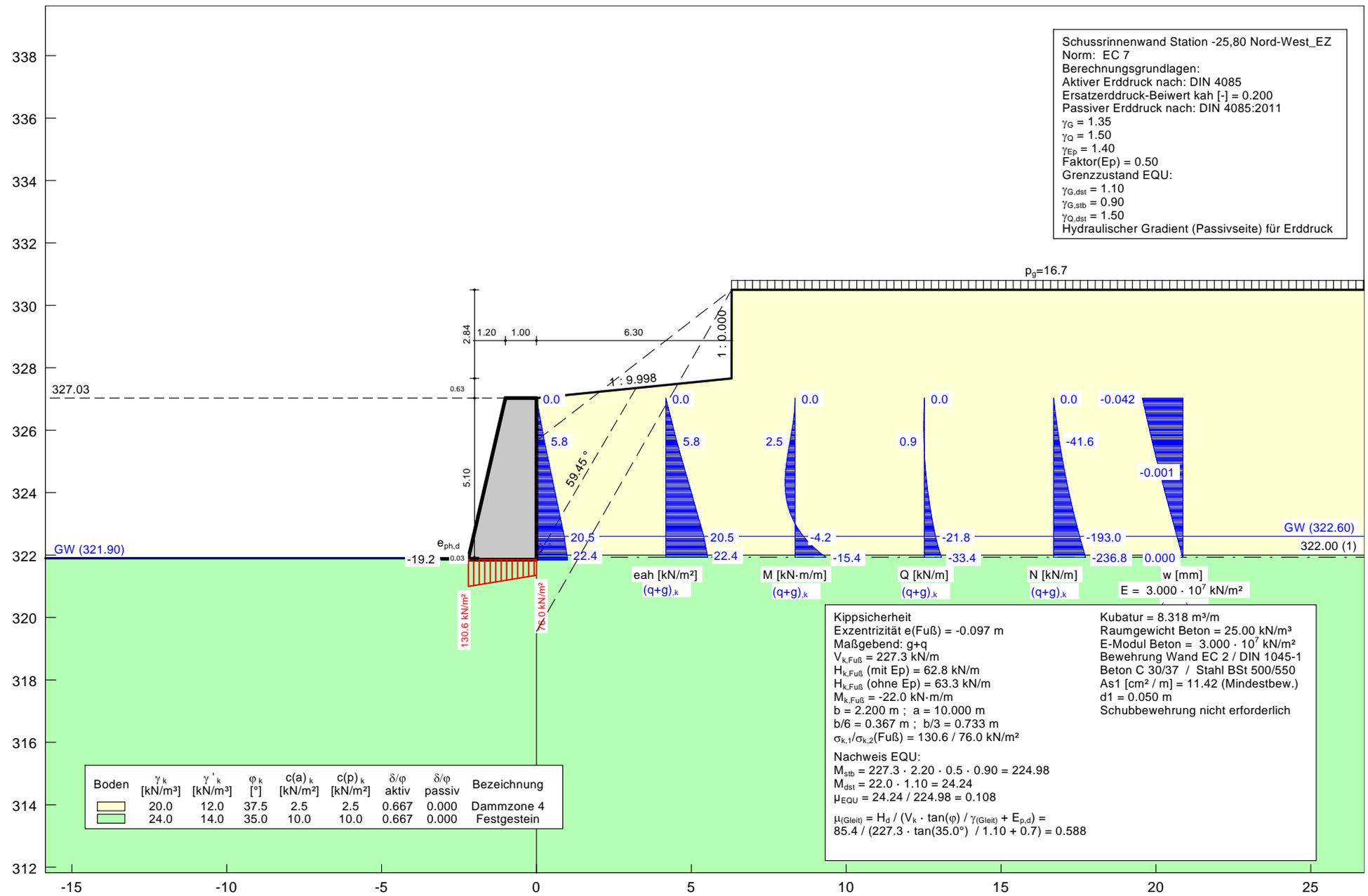
Kippsicherheit
 Exzentrizität $e(\text{Fuß}) = -0.176$ m
 Maßgebend: g+q
 $V_{k,\text{Fuß}} = 230.2$ kN/m
 $H_{k,\text{Fuß}}(\text{mit } E_p) = 69.2$ kN/m
 $H_{k,\text{Fuß}}(\text{ohne } E_p) = 69.7$ kN/m
 $M_{k,\text{Fuß}} = -40.5$ kN·m/m
 $b = 2.200$ m ; $a = 10.000$ m
 $b/6 = 0.367$ m ; $b/3 = 0.733$ m
 $\sigma_{k,1}/\sigma_{k,2}(\text{Fuß}) = 154.9 / 54.4$ kN/m²

Nachweis EQU:
 $M_{\text{stab}} = 230.2 \cdot 2.20 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 227.93$
 $M_{\text{dst}} = 40.5 \cdot 1.10 = 44.59$
 $\mu_{\text{EQU}} = 44.59 / 227.93 = 0.196$

$M_{(\text{Gleit})} = H_d / (V_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{(\text{Gleit})} + E_{p,d}) = 83.6 / (230.2 \cdot \tan(35.0^\circ) / 1.10 + 0.8) = 0.567$

Kubatur = 8.318 m³/m
 Raumbgewicht Beton = 25.00 kN/m³
 E-Modul Beton = $3.000 \cdot 10^7$ kN/m²
 Bewehrung Wand EC 2 / DIN 1045-1
 Beton C 30/37 / Stahl BSt 500/550
 As1 [cm² / m] = 11.42 (Mindestbew.)
 d1 = 0.050 m
 Schubbewehrung nicht erforderlich

Schussrinnenwand Station -25,80 Nord-West_EZ
 Norm: EC 7
 Berechnungsgrundlagen:
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
 Ersatzerddruck-Beiwert $k_{ah} [-] = 0.200$
 Passiver Erddruck nach: DIN 4085:2011
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{Ep} = 1.40$
 Faktor(E_p) = 0.50
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Hydraulischer Gradient (Passivseite) für Erddruck



Boden	γ_k [kN/m³]	γ'_{k1} [kN/m³]	φ_k [°]	$c(a)_k$ [kN/m²]	$c(p)_k$ [kN/m²]	δ/φ aktiv	δ/φ passiv	Bezeichnung
	20.0	12.0	37.5	2.5	2.5	0.667	0.000	Dammszone 4
	24.0	14.0	35.0	10.0	10.0	0.667	0.000	Festgestein

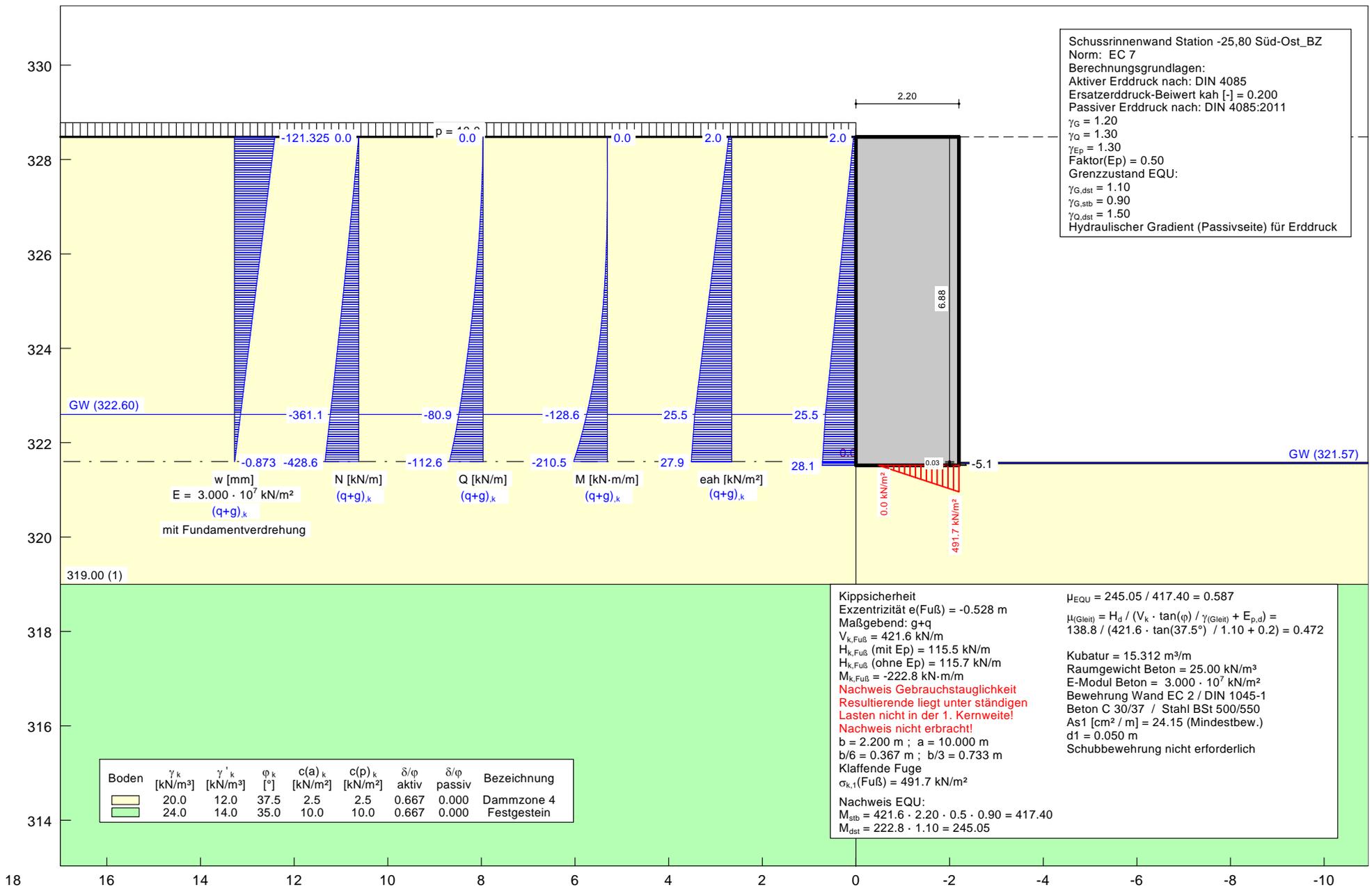
Kippsicherheit
 Exzentrizität $e(Fu\beta) = -0.097$ m
 Maßgebend: g+q
 $V_{k,Fu\beta} = 227.3$ kN/m
 $H_{k,Fu\beta}$ (mit E_p) = 62.8 kN/m
 $H_{k,Fu\beta}$ (ohne E_p) = 63.3 kN/m
 $M_{k,Fu\beta} = -22.0$ kN·m/m
 $b = 2.200$ m ; $a = 10.000$ m
 $b/6 = 0.367$ m ; $b/3 = 0.733$ m
 $\sigma_{k,1}/\sigma_{k,2}(Fu\beta) = 130.6 / 76.0$ kN/m²

Nachweis EQU:
 $M_{dst} = 227.3 \cdot 2.20 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 224.98$
 $M_{dst} = 22.0 \cdot 1.10 = 24.24$
 $\mu_{EQU} = 24.24 / 224.98 = 0.108$

$M_{(Gleit)} = H_d / (V_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{(Gleit)} + E_{p,d}) = 85.4 / (227.3 \cdot \tan(35.0^\circ) / 1.10 + 0.7) = 0.588$

Kubatur = 8.318 m³/m
 Raumbgewicht Beton = 25.00 kN/m³
 E-Modul Beton = $3.000 \cdot 10^7$ kN/m²
 Bewehrung Wand EC 2 / DIN 1045-1
 Beton C 30/37 / Stahl BSt 500/550
 As1 [cm² / m] = 11.42 (Mindestbew.)
 $d1 = 0.050$ m
 Schubbewehrung nicht erforderlich

Schussrinnenwand Station -25,80 Süd-Ost_BZ
 Norm: EC 7
 Berechnungsgrundlagen:
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
 Ersatzerddruck-Beiwert $k_{ah} [-] = 0.200$
 Passiver Erddruck nach: DIN 4085:2011
 $\gamma_G = 1.20$
 $\gamma_Q = 1.30$
 $\gamma_{Ep} = 1.30$
 Faktor $(E_p) = 0.50$
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stb} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Hydraulischer Gradient (Passivseite) für Erddruck

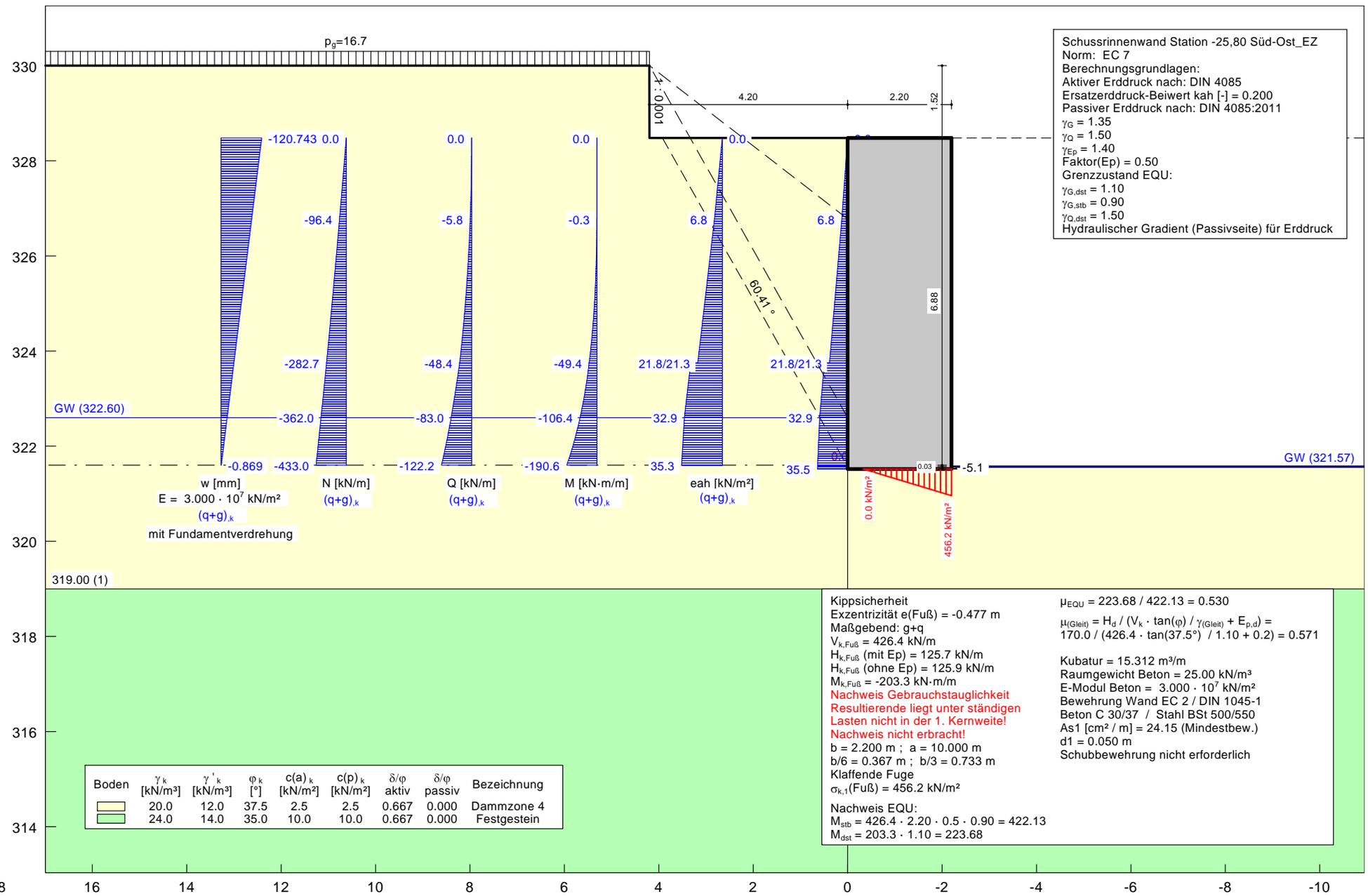


Boden	γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	φ_k [°]	$c(a)_k$ [kN/m²]	$c(p)_k$ [kN/m²]	δ/φ aktiv	δ/φ passiv	Bezeichnung
20.0	12.0	37.5	2.5	2.5	0.667	0.000	Dammzone 4	
24.0	14.0	35.0	10.0	10.0	0.667	0.000	Festgestein	

Kippsicherheit
 Exzentrizität $e(\text{Fuß}) = -0.528 \text{ m}$
 Maßgebend: $g+q$
 $V_{k,\text{Fuß}} = 421.6 \text{ kN/m}$
 $H_{k,\text{Fuß}} (\text{mit } E_p) = 115.5 \text{ kN/m}$
 $H_{k,\text{Fuß}} (\text{ohne } E_p) = 115.7 \text{ kN/m}$
 $M_{k,\text{Fuß}} = -222.8 \text{ kN-m/m}$
Nachweis Gebrauchstauglichkeit
Resultierende liegt unter ständigen
Lasten nicht in der 1. Kernweite!
Nachweis nicht erbracht!
 $b = 2.200 \text{ m}$; $a = 10.000 \text{ m}$
 $b/6 = 0.367 \text{ m}$; $b/3 = 0.733 \text{ m}$
 Klaffende Fuge
 $\sigma_{k,1}(\text{Fuß}) = 491.7 \text{ kN/m}^2$
 Nachweis EQU:
 $M_{\text{stb}} = 421.6 \cdot 2.20 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 417.40$
 $M_{\text{dst}} = 222.8 \cdot 1.10 = 245.05$

$\mu_{\text{EQU}} = 245.05 / 417.40 = 0.587$
 $\mu_{(\text{Gleit})} = H_d / (V_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{(\text{Gleit})} + E_{p,d}) = 138.8 / (421.6 \cdot \tan(37.5^\circ) / 1.10 + 0.2) = 0.472$
 Kubatur = $15.312 \text{ m}^3/\text{m}$
 Raumgewicht Beton = 25.00 kN/m^3
 E-Modul Beton = $3.000 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2$
 Bewehrung Wand EC 2 / DIN 1045-1
 Beton C 30/37 / Stahl BST 500/550
 $A_{s1} [\text{cm}^2 / \text{m}] = 24.15$ (Mindestbew.)
 $d1 = 0.050 \text{ m}$
 Schubbewehrung nicht erforderlich

Schussrinnenwand Station -25,80 Süd-Ost_EZ
 Norm: EC 7
 Berechnungsgrundlagen:
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
 Ersatzerddruck-Beiwert kah [-] = 0.200
 Passiver Erddruck nach: DIN 4085:2011
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{Ep} = 1.40$
 Faktor(Ep) = 0.50
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Hydraulischer Gradient (Passivseite) für Erddruck

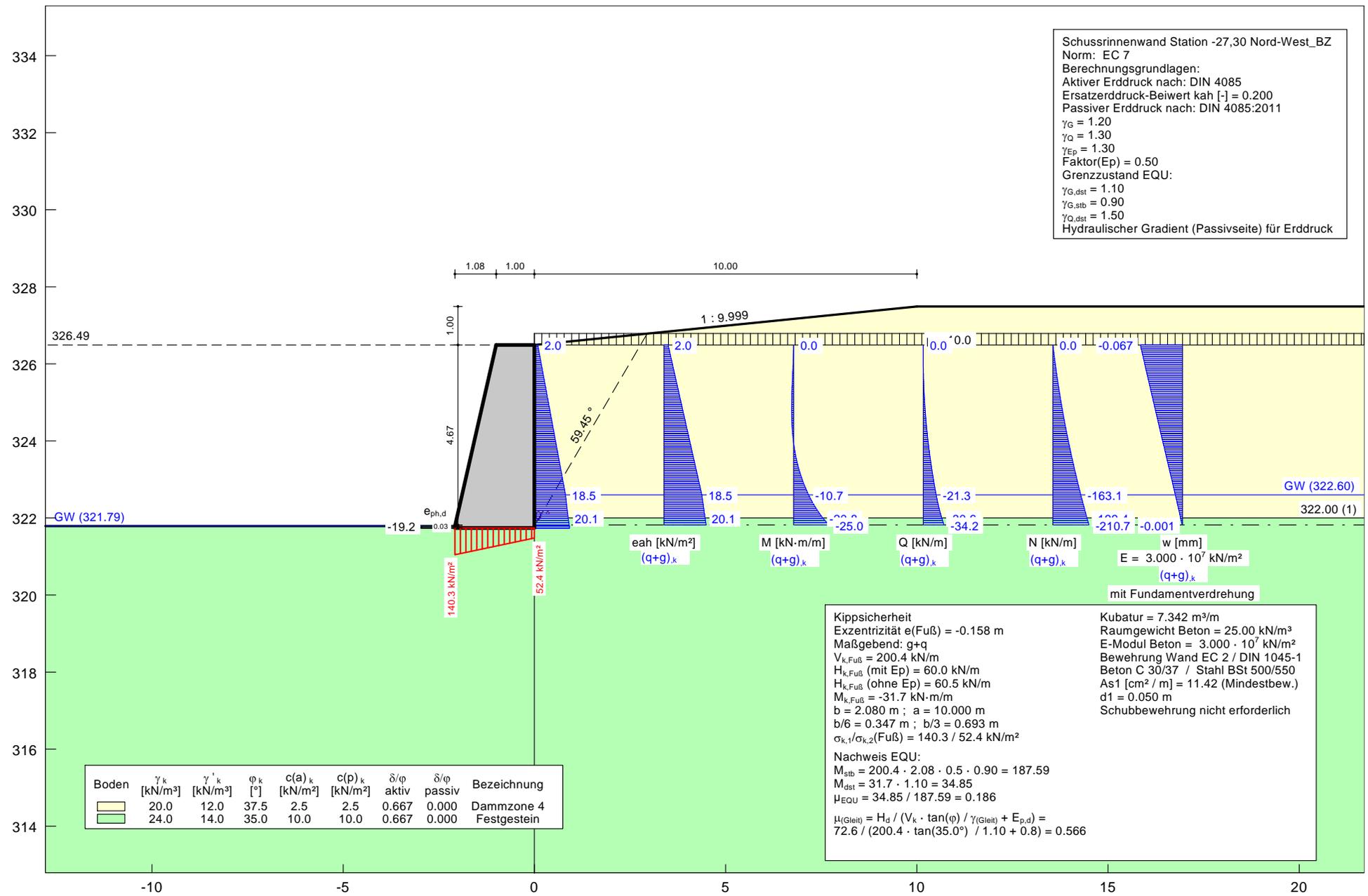


Boden	γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	φ_k [°]	$c(a)_k$ [kN/m²]	$c(p)_k$ [kN/m²]	δ/φ aktiv	δ/φ passiv	Bezeichnung
(Yellow)	20.0	12.0	37.5	2.5	2.5	0.667	0.000	Dammzone 4
(Green)	24.0	14.0	35.0	10.0	10.0	0.667	0.000	Festgestein

Kippsicherheit
 Exzentrizität e(Fuß) = -0.477 m
 Maßgebend: g+q
 $V_{k,Fuß} = 426.4$ kN/m
 $H_{k,Fuß}$ (mit Ep) = 125.7 kN/m
 $H_{k,Fuß}$ (ohne Ep) = 125.9 kN/m
 $M_{k,Fuß} = -203.3$ kN-m/m
Nachweis Gebrauchstauglichkeit
Resultierende liegt unter ständigen
Lasten nicht in der 1. Kernweite!
Nachweis nicht erbracht!
 $b = 2.200$ m ; $a = 10.000$ m
 $b/6 = 0.367$ m ; $b/3 = 0.733$ m
 Klaffende Fuge
 $\sigma_{k,1}(Fuß) = 456.2$ kN/m²
 Nachweis EQU:
 $M_{stab} = 426.4 \cdot 2.20 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 422.13$
 $M_{dst} = 203.3 \cdot 1.10 = 223.68$

$\mu_{EQU} = 223.68 / 422.13 = 0.530$
 $\mu_{(Gleit)} = H_d / (V_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{(Gleit)} + E_{p,d}) = 170.0 / (426.4 \cdot \tan(37.5^\circ) / 1.10 + 0.2) = 0.571$
 Kubatur = 15.312 m³/m
 Raumgewicht Beton = 25.00 kN/m³
 E-Modul Beton = $3.000 \cdot 10^7$ kN/m²
 Bewehrung Wand EC 2 / DIN 1045-1
 Beton C 30/37 / Stahl BST 500/550
 $As1$ [cm² / m] = 24.15 (Mindestbew.)
 $d1 = 0.050$ m
 Schubbewehrung nicht erforderlich

Schussrinnenwand Station -27,30 Nord-West_BZ
 Norm: EC 7
 Berechnungsgrundlagen:
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
 Ersatzerddruck-Beiwert kah [-] = 0.200
 Passiver Erddruck nach: DIN 4085:2011
 $\gamma_G = 1.20$
 $\gamma_G = 1.30$
 $\gamma_{Ep} = 1.30$
 Faktor(Ep) = 0.50
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stb} = 0.90$
 $\gamma_{G,dst} = 1.50$
 Hydraulischer Gradient (Passivseite) für Erddruck



Boden	γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	φ_k [°]	$c(a)_k$ [kN/m²]	$c(p)_k$ [kN/m²]	δ/φ aktiv	δ/φ passiv	Bezeichnung
	20.0	12.0	37.5	2.5	2.5	0.667	0.000	Dammzone 4
	24.0	14.0	35.0	10.0	10.0	0.667	0.000	Festgestein

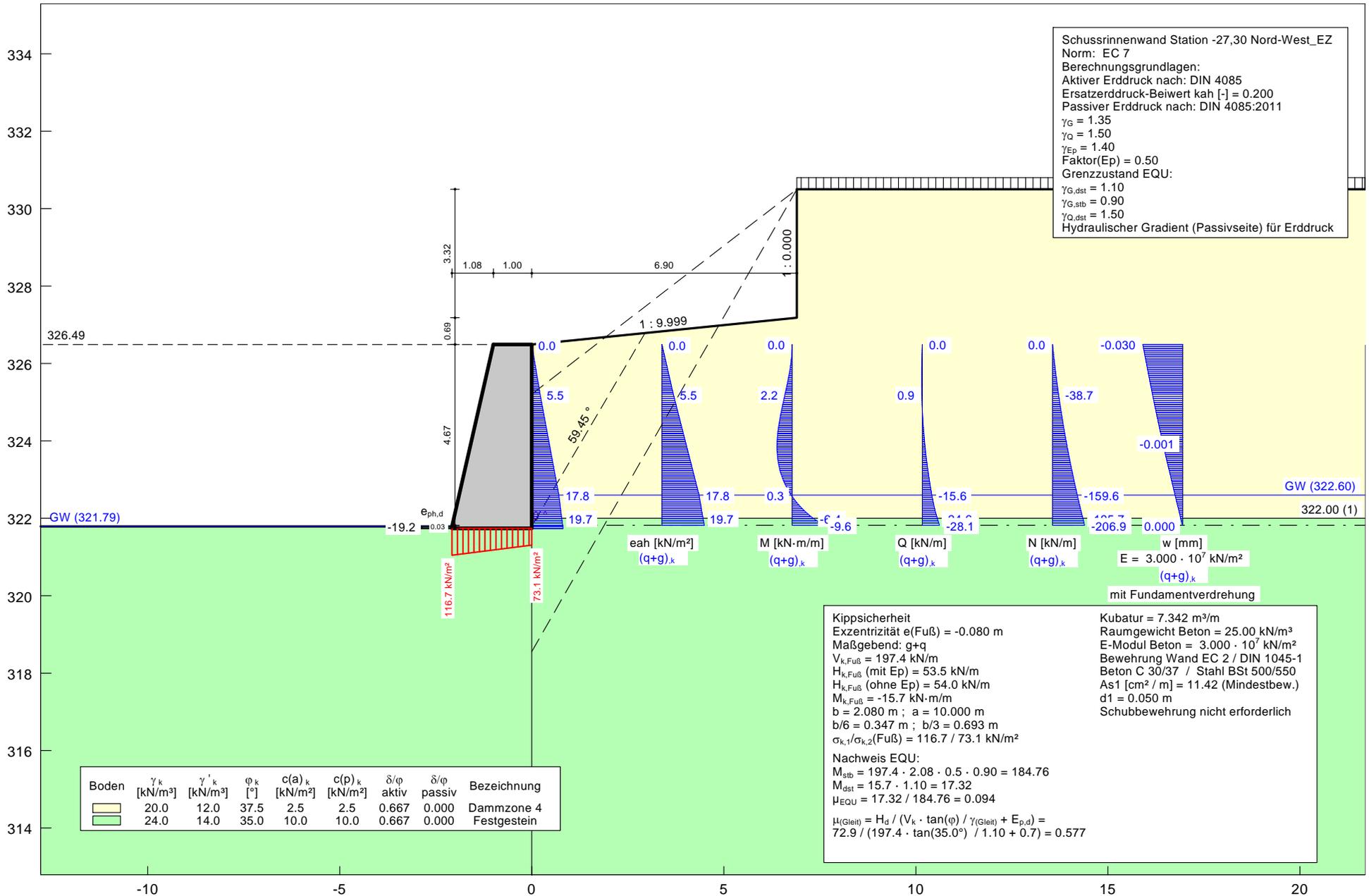
Kippsicherheit
 Exzentrizität e(Fuß) = -0.158 m
 Maßgebend: g+q
 $V_{k,Fuß} = 200.4$ kN/m
 $H_{k,Fuß}$ (mit Ep) = 60.0 kN/m
 $H_{k,Fuß}$ (ohne Ep) = 60.5 kN/m
 $M_{k,Fuß} = -31.7$ kN-m/m
 $b = 2.080$ m ; $a = 10.000$ m
 $b/6 = 0.347$ m ; $b/3 = 0.693$ m
 $\sigma_{k,1}/\sigma_{k,2}$ (Fuß) = 140.3 / 52.4 kN/m²

Nachweis EQU:
 $M_{dst} = 200.4 \cdot 2.08 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 187.59$
 $M_{stb} = 31.7 \cdot 1.10 = 34.85$
 $\mu_{EQU} = 34.85 / 187.59 = 0.186$

$M_{(Gleit)} = H_d / (V_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{(Gleit)} + E_{p,d}) = 72.6 / (200.4 \cdot \tan(35.0^\circ) / 1.10 + 0.8) = 0.566$

Kubatur = 7.342 m³/m
 Raumbgewicht Beton = 25.00 kN/m³
 E-Modul Beton = $3.000 \cdot 10^7$ kN/m²
 Bewehrung Wand EC 2 / DIN 1045-1
 Beton C 30/37 / Stahl BSt 500/550
 As1 [cm² / m] = 11.42 (Mindestbew.)
 d1 = 0.050 m
 Schubbewehrung nicht erforderlich

mit Fundamentverdrehung



Schussrinnenwand Station -27,30 Nord-West_EZ
 Norm: EC 7
 Berechnungsgrundlagen:
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
 Ersatzerddruck-Beiwert $k_{ah} [-] = 0.200$
 Passiver Erddruck nach: DIN 4085:2011
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{Ep} = 1.40$
 Faktor(E_p) = 0.50
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stb} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Hydraulischer Gradient (Passivseite) für Erddruck

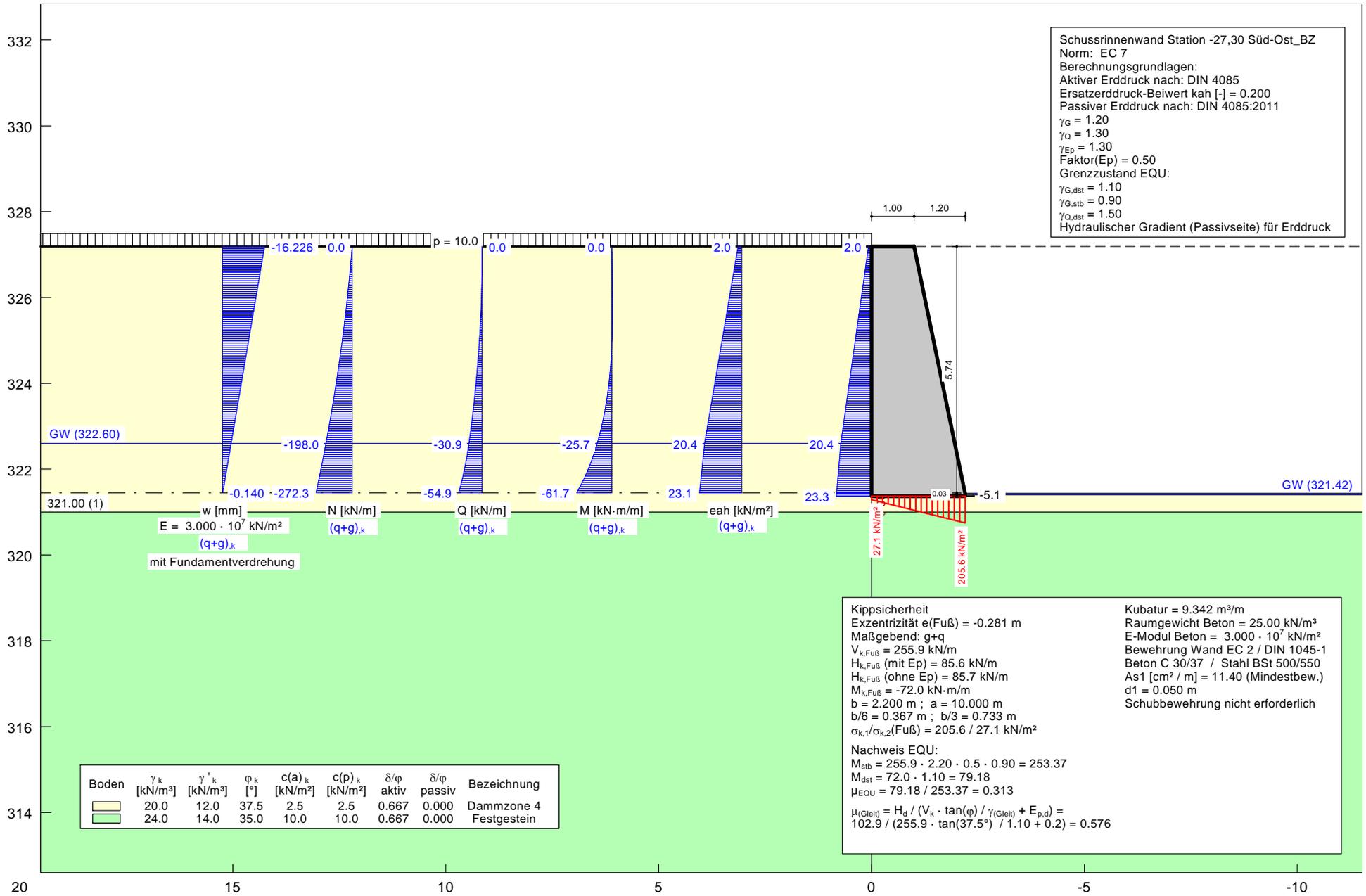
Kippsicherheit
 Exzentrizität $e(\text{Fuß}) = -0.080 \text{ m}$
 Maßgebend: $g+q$
 $V_{k,\text{Fuß}} = 197.4 \text{ kN/m}$
 $H_{k,\text{Fuß}} \text{ (mit } E_p) = 53.5 \text{ kN/m}$
 $H_{k,\text{Fuß}} \text{ (ohne } E_p) = 54.0 \text{ kN/m}$
 $M_{k,\text{Fuß}} = -15.7 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $b = 2.080 \text{ m}$; $a = 10.000 \text{ m}$
 $b/6 = 0.347 \text{ m}$; $b/3 = 0.693 \text{ m}$
 $\sigma_{k,1}/\sigma_{k,2}(\text{Fuß}) = 116.7 / 73.1 \text{ kN/m}^2$

Nachweis EQU:
 $M_{dst} = 197.4 \cdot 2.08 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 184.76$
 $M_{stb} = 15.7 \cdot 1.10 = 17.32$
 $\mu_{EQU} = 17.32 / 184.76 = 0.094$

$M_{(Gleit)} = H_d / (V_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{(Gleit)} + E_{p,d}) = 72.9 / (197.4 \cdot \tan(35.0^\circ) / 1.10 + 0.7) = 0.577$

Kubatur = $7.342 \text{ m}^3/\text{m}$
 Raumbgewicht Beton = 25.00 kN/m^3
 E-Modul Beton = $3.000 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2$
 Bewehrung Wand EC 2 / DIN 1045-1
 Beton C 30/37 / Stahl BSt 500/550
 As1 $[\text{cm}^2 / \text{m}] = 11.42$ (Mindestbew.)
 $d1 = 0.050 \text{ m}$
 Schubbewehrung nicht erforderlich

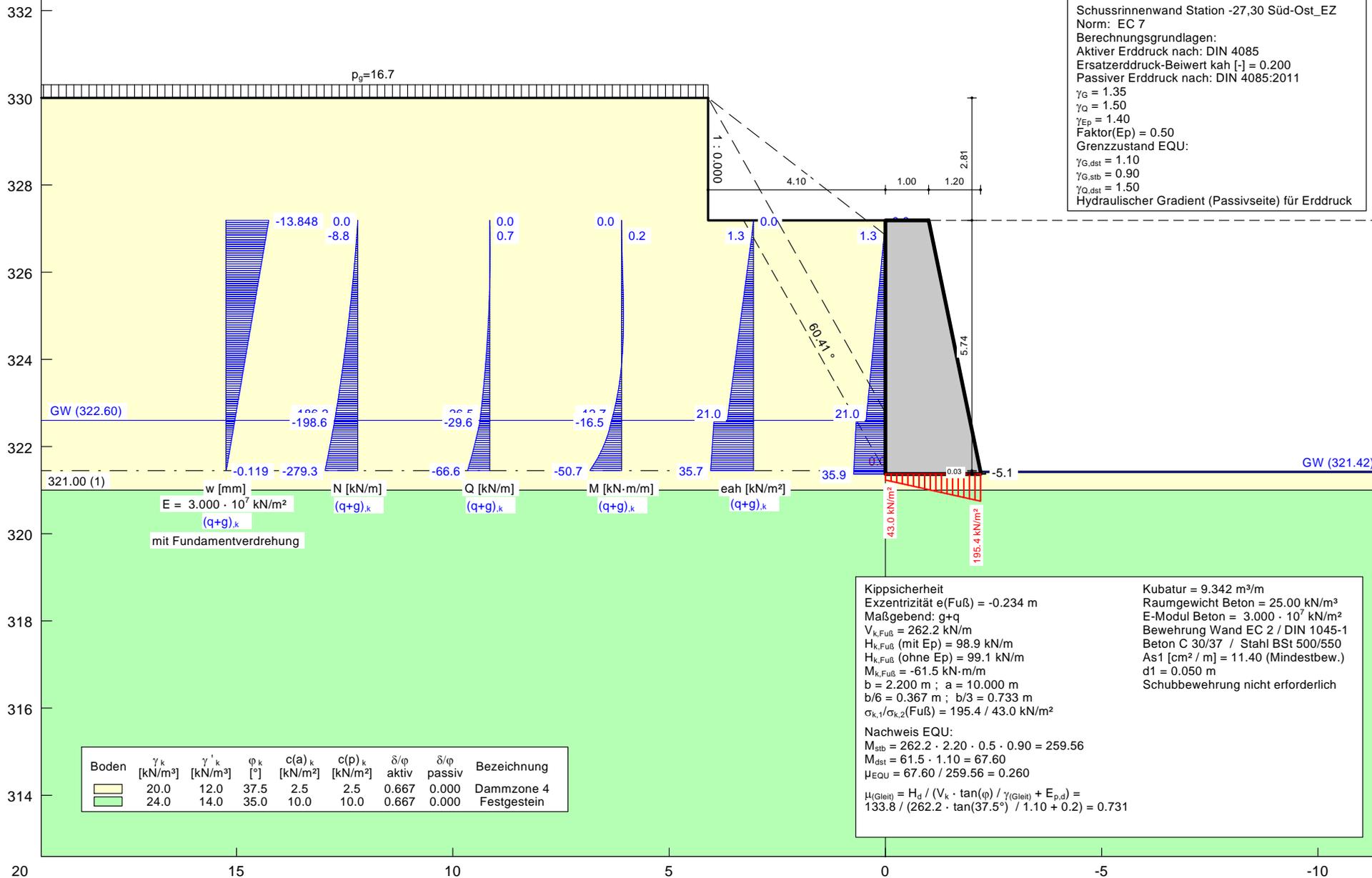
Boden	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	φ_k [°]	$c(a)_k$ [kN/m ²]	$c(p)_k$ [kN/m ²]	δ/φ aktiv	δ/φ passiv	Bezeichnung
	20.0	12.0	37.5	2.5	2.5	0.667	0.000	Dammzone 4
	24.0	14.0	35.0	10.0	10.0	0.667	0.000	Festgestein



Schussrinnenwand Station -27,30 Süd-Ost_BZ
 Norm: EC 7
 Berechnungsgrundlagen:
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
 Ersatzerddruck-Beiwert $k_{ah} [-] = 0.200$
 Passiver Erddruck nach: DIN 4085:2011
 $\gamma_G = 1.20$
 $\gamma_Q = 1.30$
 $\gamma_{Ep} = 1.30$
 Faktor(E_p) = 0.50
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Hydraulischer Gradient (Passivseite) für Erddruck

Kippsicherheit
 Exzentrizität $e(\text{Fuß}) = -0.281 \text{ m}$
 Maßgebend: g+q
 $V_{k,Fuß} = 255.9 \text{ kN/m}$
 $H_{k,Fuß}(\text{mit } E_p) = 85.6 \text{ kN/m}$
 $H_{k,Fuß}(\text{ohne } E_p) = 85.7 \text{ kN/m}$
 $M_{k,Fuß} = -72.0 \text{ kN-m/m}$
 $b = 2.200 \text{ m}$; $a = 10.000 \text{ m}$
 $b/6 = 0.367 \text{ m}$; $b/3 = 0.733 \text{ m}$
 $\sigma_{k,1}/\sigma_{k,z}(\text{Fuß}) = 205.6 / 27.1 \text{ kN/m}^2$
 Nachweis EQU:
 $M_{stab} = 255.9 \cdot 2.20 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 253.37$
 $M_{dst} = 72.0 \cdot 1.10 = 79.18$
 $\mu_{EQU} = 79.18 / 253.37 = 0.313$
 $\mu_{(Gleit)} = H_d / (V_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{(Gleit)} + E_{p,d}) = 102.9 / (255.9 \cdot \tan(37.5^\circ) / 1.10 + 0.2) = 0.576$
 Kubatur = 9.342 m³/m
 Raumbgewicht Beton = 25.00 kN/m³
 E-Modul Beton = 3.000 · 10⁷ kN/m²
 Bewehrung Wand EC 2 / DIN 1045-1
 Beton C 30/37 / Stahl BSt 500/550
 As1 [cm² / m] = 11.40 (Mindestbew.)
 d1 = 0.050 m
 Schubbewehrung nicht erforderlich

Boden	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	φ_k [°]	$c(a)_k$ [kN/m ²]	$c(p)_k$ [kN/m ²]	δ/φ aktiv	δ/φ passiv	Bezeichnung
	20.0	12.0	37.5	2.5	2.5	0.667	0.000	Dammzone 4
	24.0	14.0	35.0	10.0	10.0	0.667	0.000	Festgestein

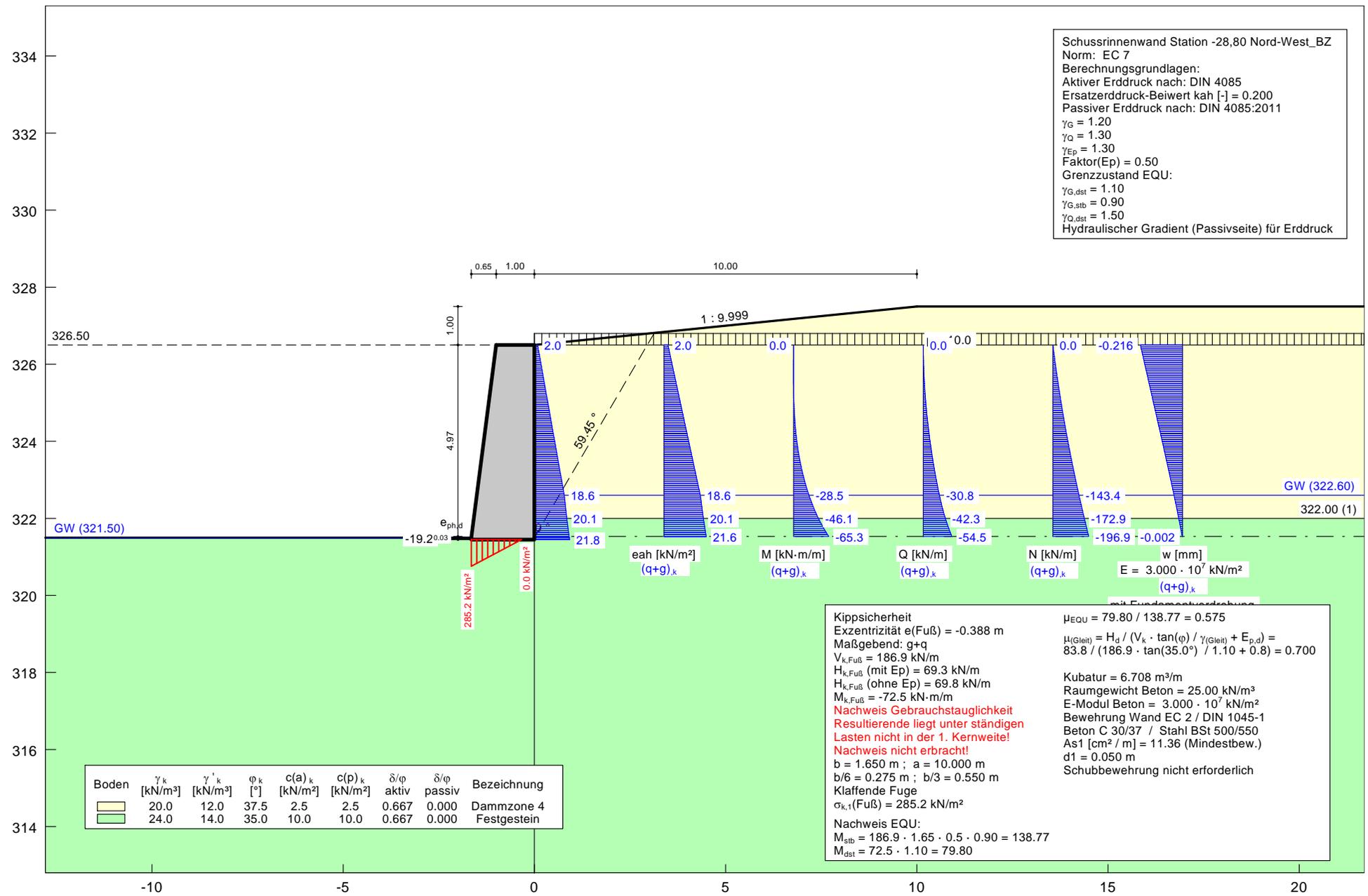


Schussrinnenwand Station -27,30 Süd-Ost_EZ
 Norm: EC 7
 Berechnungsgrundlagen:
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
 Ersatzerddruck-Beiwert kah [-] = 0.200
 Passiver Erddruck nach: DIN 4085:2011
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{Ep} = 1.40$
 Faktor(Ep) = 0.50
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Hydraulischer Gradient (Passivseite) für Erddruck

Kippsicherheit
 Exzentrizität e(Fuß) = -0.234 m
 Maßgebend: g+q
 $V_{k,Fuß} = 262.2$ kN/m
 $H_{k,Fuß} \text{ (mit Ep)} = 98.9$ kN/m
 $H_{k,Fuß} \text{ (ohne Ep)} = 99.1$ kN/m
 $M_{k,Fuß} = -61.5$ kN-m/m
 $b = 2.200$ m ; $a = 10.000$ m
 $b/6 = 0.367$ m ; $b/3 = 0.733$ m
 $\sigma_{k,1}/\sigma_{k,2} \text{ (Fuß)} = 195.4 / 43.0$ kN/m²
 Kubatur = 9.342 m³/m
 Raumbgewicht Beton = 25.00 kN/m³
 E-Modul Beton = 3.000 · 10⁷ kN/m²
 Bewehrung Wand EC 2 / DIN 1045-1
 Beton C 30/37 / Stahl BSt 500/550
 As1 [cm² / m] = 11.40 (Mindestbew.)
 d1 = 0.050 m
 Schubbewehrung nicht erforderlich
 Nachweis EQU:
 $M_{dst} = 262.2 \cdot 2.20 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 259.56$
 $M_{stab} = 61.5 \cdot 1.10 = 67.60$
 $\mu_{EQU} = 67.60 / 259.56 = 0.260$
 $\mu_{(Gleit)} = H_d / (V_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{(Gleit)} + E_{p,d}) = 133.8 / (262.2 \cdot \tan(37.5^\circ) / 1.10 + 0.2) = 0.731$

Boden	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	φ_k [°]	$c(a)_k$ [kN/m ²]	$c(p)_k$ [kN/m ²]	δ/φ aktiv	δ/φ passiv	Bezeichnung
	20.0	12.0	37.5	2.5	2.5	0.667	0.000	Dammzone 4
	24.0	14.0	35.0	10.0	10.0	0.667	0.000	Festgestein

Schussrinnenwand Station -28,80 Nord-West_BZ
 Norm: EC 7
 Berechnungsgrundlagen:
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
 Ersatzerddruck-Beiwert $kah [-] = 0.200$
 Passiver Erddruck nach: DIN 4085:2011
 $\gamma_G = 1.20$
 $\gamma_Q = 1.30$
 $\gamma_{Ep} = 1.30$
 Faktor(E_p) = 0.50
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Hydraulischer Gradient (Passivseite) für Erddruck

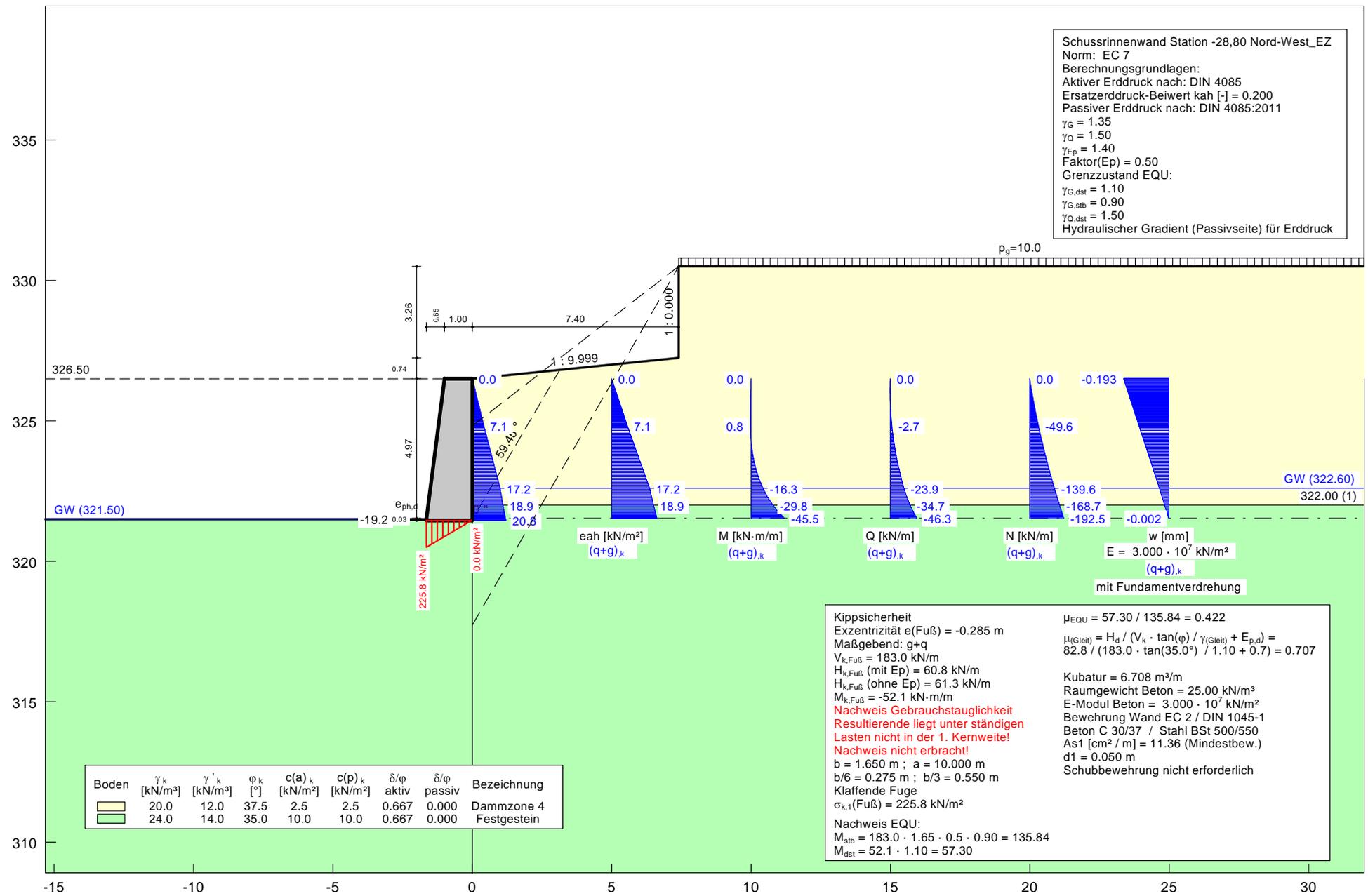


Boden	γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	φ_k [°]	$c(a)_k$ [kN/m²]	$c(p)_k$ [kN/m²]	δ/φ aktiv	δ/φ passiv	Bezeichnung
20.0	12.0	37.5	2.5	2.5	0.667	0.000	Dammzone 4	
24.0	14.0	35.0	10.0	10.0	0.667	0.000	Festgestein	

Kippsicherheit
 Exzentrizität $e(Fu\beta) = -0.388$ m
 Maßgebend: $g+q$
 $V_{k,Fu\beta} = 186.9$ kN/m
 $H_{k,Fu\beta}$ (mit E_p) = 69.3 kN/m
 $H_{k,Fu\beta}$ (ohne E_p) = 69.8 kN/m
 $M_{k,Fu\beta} = -72.5$ kN·m/m
Nachweis Gebrauchstauglichkeit
Resultierende liegt unter ständigen Lasten nicht in der 1. Kernweite!
Nachweis nicht erbracht!
 $b = 1.650$ m ; $a = 10.000$ m
 $b/6 = 0.275$ m ; $b/3 = 0.550$ m
 Klaffende Fuge
 $\sigma_{k,1}(Fu\beta) = 285.2$ kN/m²
 Nachweis EQU:
 $M_{dst} = 186.9 \cdot 1.65 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 138.77$
 $M_{dst} = 72.5 \cdot 1.10 = 79.80$

$\mu_{EQU} = 79.80 / 138.77 = 0.575$
 $\mu_{(Gleit)} = H_d / (V_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{(Gleit)} + E_{p,d}) = 83.8 / (186.9 \cdot \tan(35.0^\circ) / 1.10 + 0.8) = 0.700$
 Kubatur = 6.708 m³/m
 Raumgewicht Beton = 25.00 kN/m³
 E-Modul Beton = $3.000 \cdot 10^7$ kN/m²
 Bewehrung Wand EC 2 / DIN 1045-1
 Beton C 30/37 / Stahl BSt 500/550
 $As1$ [cm² / m] = 11.36 (Mindestbew.)
 $d1 = 0.050$ m
 Schubbewehrung nicht erforderlich

Schussrinnenwand Station -28,80 Nord-West_EZ
 Norm: EC 7
 Berechnungsgrundlagen:
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
 Ersatzerddruck-Beiwert kah [-] = 0.200
 Passiver Erddruck nach: DIN 4085:2011
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{Ep} = 1.40$
 Faktor(Ep) = 0.50
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Hydraulischer Gradient (Passivseite) für Erddruck

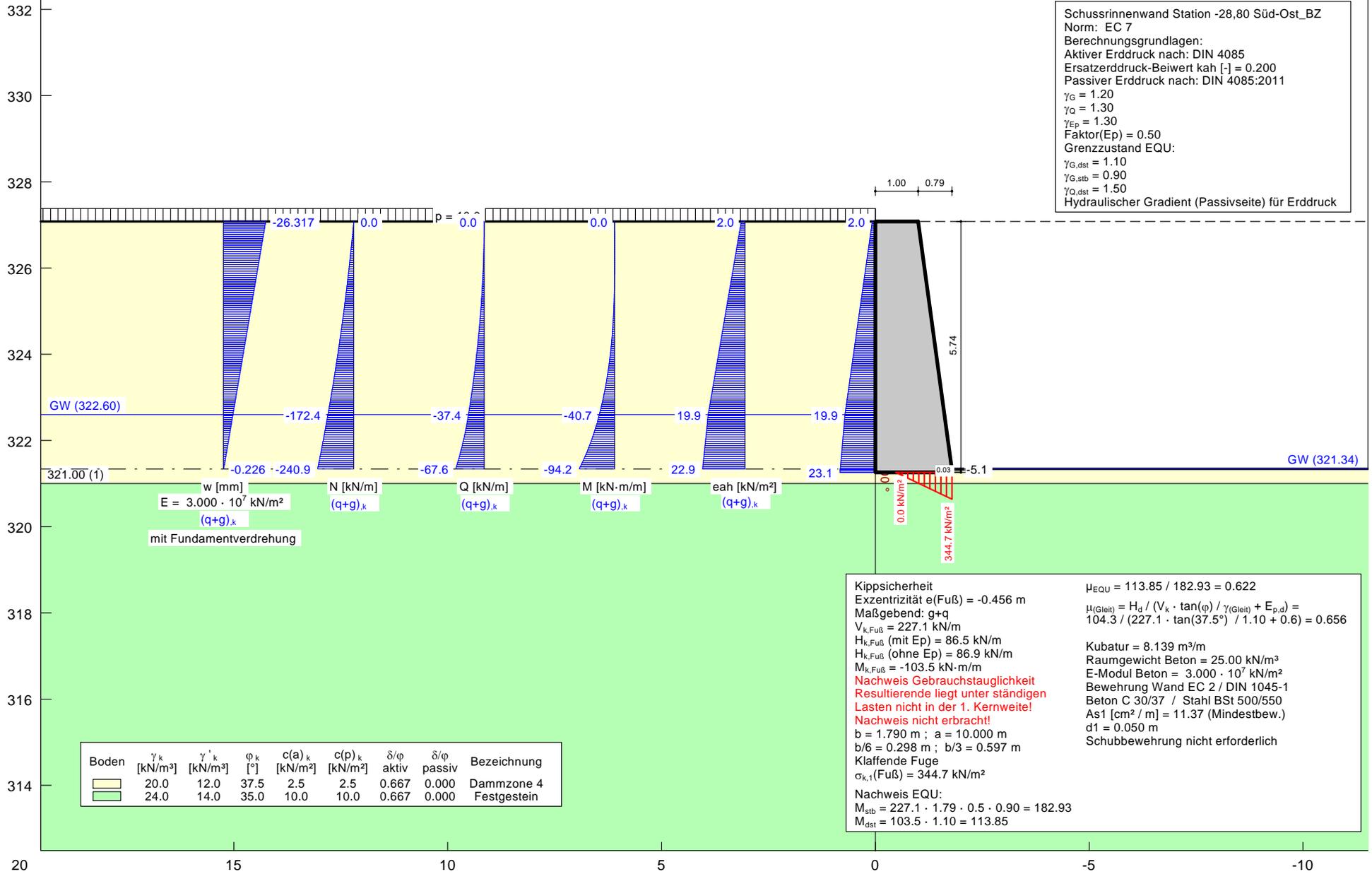


Boden	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	φ_k [°]	$c(a)_k$ [kN/m ²]	$c(p)_k$ [kN/m ²]	δ/φ aktiv	δ/φ passiv	Bezeichnung
	20.0	12.0	37.5	2.5	2.5	0.667	0.000	Dammzone 4
	24.0	14.0	35.0	10.0	10.0	0.667	0.000	Festgestein

Kippsicherheit
 Exzentrizität $e(\text{Fuß}) = -0.285 \text{ m}$
 Maßgebend: $g+q$
 $V_{k,\text{Fuß}} = 183.0 \text{ kN/m}$
 $H_{k,\text{Fuß}} (\text{mit } E_p) = 60.8 \text{ kN/m}$
 $H_{k,\text{Fuß}} (\text{ohne } E_p) = 61.3 \text{ kN/m}$
 $M_{k,\text{Fuß}} = -52.1 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
Nachweis Gebrauchstauglichkeit
Resultierende liegt unter ständigen Lasten nicht in der 1. Kernweite!
Nachweis nicht erbracht!
 $b = 1.650 \text{ m}$; $a = 10.000 \text{ m}$
 $b/6 = 0.275 \text{ m}$; $b/3 = 0.550 \text{ m}$
 Klaffende Fuge
 $\sigma_{k,1}(\text{Fuß}) = 225.8 \text{ kN/m}^2$
 Nachweis EQU:
 $M_{\text{dst}} = 183.0 \cdot 1.65 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 135.84$
 $M_{\text{dst}} = 52.1 \cdot 1.10 = 57.30$

$\mu_{\text{EQU}} = 57.30 / 135.84 = 0.422$
 $\mu_{(\text{Gleit})} = H_d / (V_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{(\text{Gleit})} + E_{p,d}) = 82.8 / (183.0 \cdot \tan(35.0^\circ) / 1.10 + 0.7) = 0.707$
 Kubatur = $6.708 \text{ m}^3/\text{m}$
 Raumgewicht Beton = 25.00 kN/m^3
 E-Modul Beton = $3.000 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2$
 Bewehrung Wand EC 2 / DIN 1045-1
 Beton C 30/37 / Stahl BSt 500/550
 As1 [cm² / m] = 11.36 (Mindestbew.)
 d1 = 0.050 m
 Schubbewehrung nicht erforderlich

mit Fundamentverdrehung



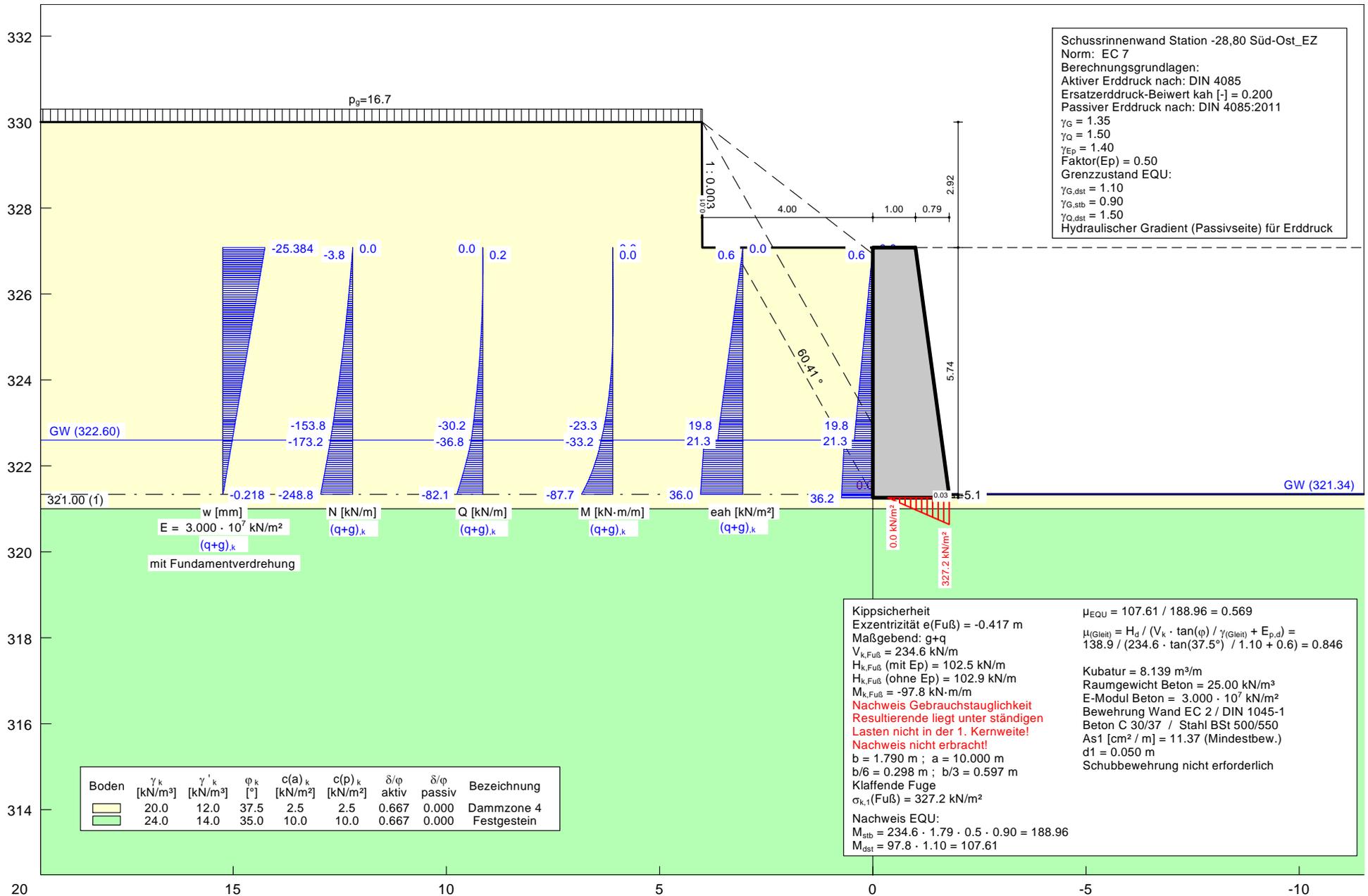
Schussrinnenwand Station -28,80 Süd-Ost_BZ
 Norm: EC 7
 Berechnungsgrundlagen:
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
 Ersatzerddruck-Beiwert kah [-] = 0.200
 Passiver Erddruck nach: DIN 4085:2011
 $\gamma_G = 1.20$
 $\gamma_Q = 1.30$
 $\gamma_{Ep} = 1.30$
 Faktor(Ep) = 0.50
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Hydraulischer Gradient (Passivseite) für Erddruck

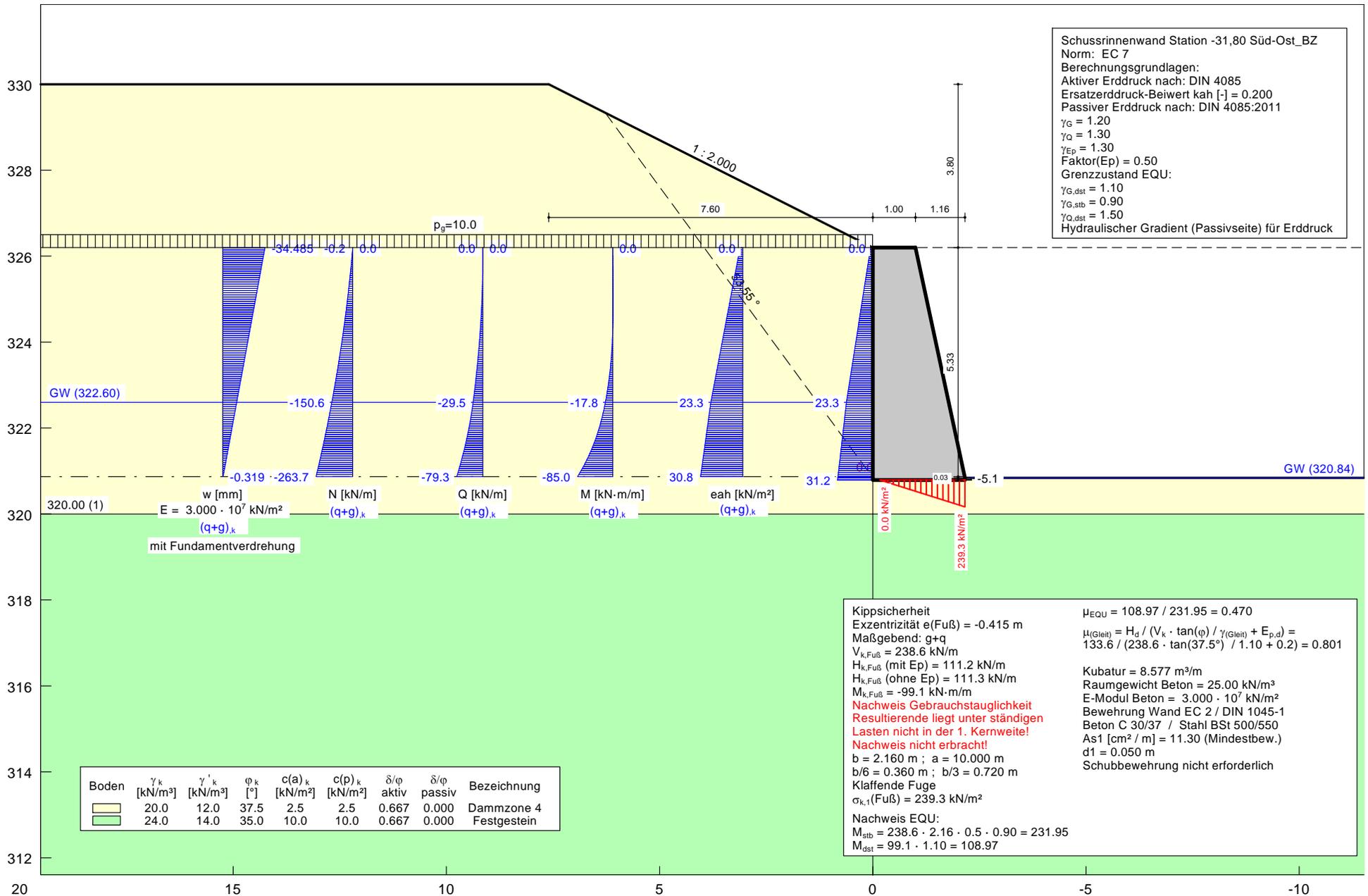
Kippsicherheit
 Exzentrizität e(Fuß) = -0.456 m
 Maßgebend: g+q
 $V_{k,Fuß} = 227.1 \text{ kN/m}$
 $H_{k,Fuß} \text{ (mit Ep)} = 86.5 \text{ kN/m}$
 $H_{k,Fuß} \text{ (ohne Ep)} = 86.9 \text{ kN/m}$
 $M_{k,Fuß} = -103.5 \text{ kN-m/m}$
Nachweis Gebrauchstauglichkeit
Resultierende liegt unter ständigen
Lasten nicht in der 1. Kernweite!
Nachweis nicht erbracht!
 $b = 1.790 \text{ m}$; $a = 10.000 \text{ m}$
 $b/6 = 0.298 \text{ m}$; $b/3 = 0.597 \text{ m}$
 Klaffende Fuge
 $\sigma_{k,1}(Fuß) = 344.7 \text{ kN/m}^2$
 Nachweis EQU:
 $M_{stab} = 227.1 \cdot 1.79 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 182.93$
 $M_{dst} = 103.5 \cdot 1.10 = 113.85$

$\mu_{EQU} = 113.85 / 182.93 = 0.622$
 $\mu_{(Gleit)} = H_d / (V_k \cdot \tan(\phi) / \gamma_{(Gleit)} + E_{p,d}) = 104.3 / (227.1 \cdot \tan(37.5^\circ) / 1.10 + 0.6) = 0.656$

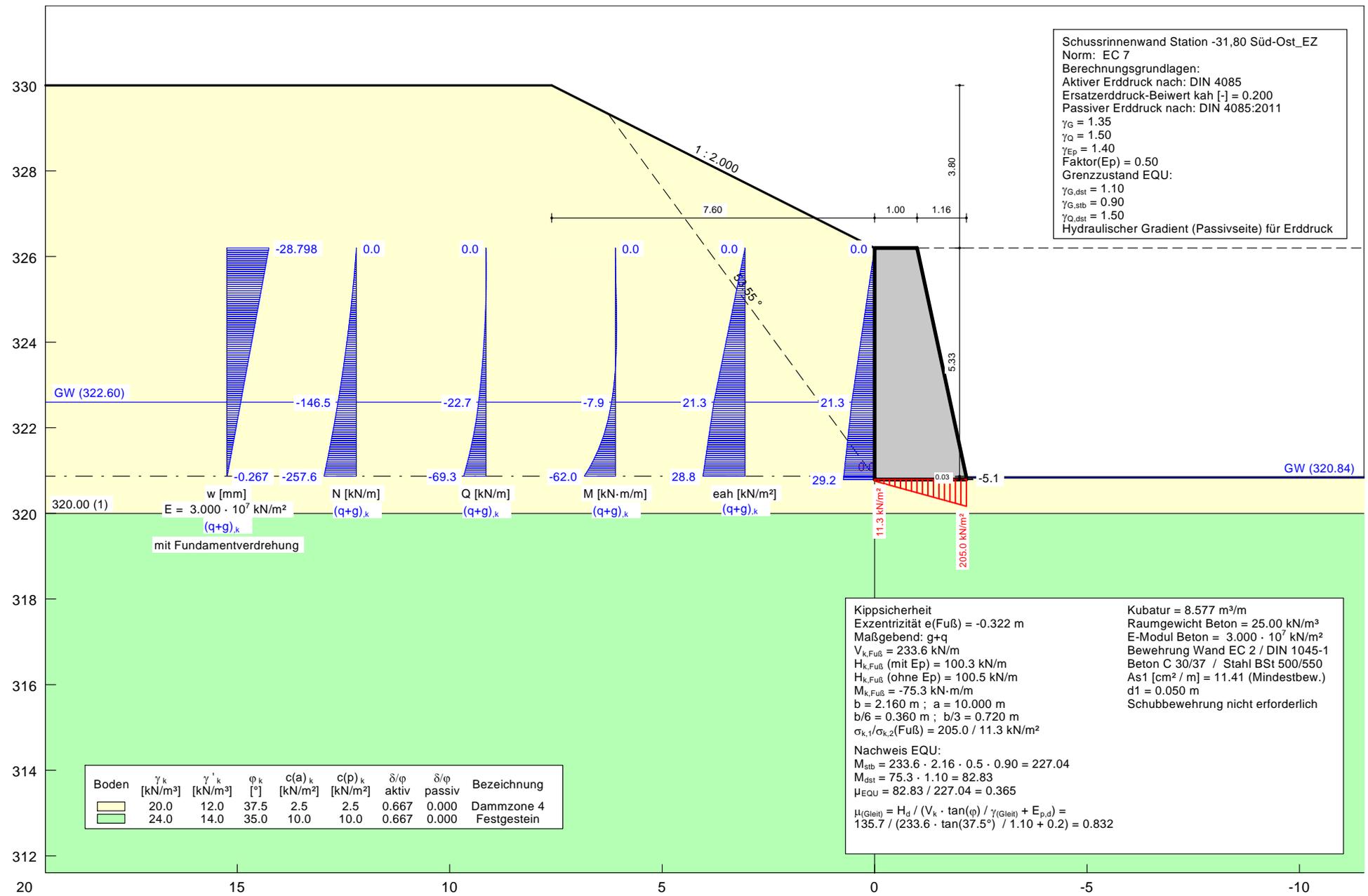
Kubatur = 8.139 m³/m
 Raumgewicht Beton = 25.00 kN/m³
 E-Modul Beton = 3.000 · 10⁷ kN/m²
 Bewehrung Wand EC 2 / DIN 1045-1
 Beton C 30/37 / Stahl BST 500/550
 As1 [cm² / m] = 11.37 (Mindestbew.)
 d1 = 0.050 m
 Schubbewehrung nicht erforderlich

Boden	γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	ϕ_k [°]	$c(a)_k$ [kN/m²]	$c(p)_k$ [kN/m²]	δ/ϕ aktiv	δ/ϕ passiv	Bezeichnung
	20.0	12.0	37.5	2.5	2.5	0.667	0.000	Dammzone 4
	24.0	14.0	35.0	10.0	10.0	0.667	0.000	Festgestein





Schussrinnenwand Station -31,80 Süd-Ost_EZ
 Norm: EC 7
 Berechnungsgrundlagen:
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
 Ersatzerddruck-Beiwert kah [-] = 0.200
 Passiver Erddruck nach: DIN 4085:2011
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{Ep} = 1.40$
 Faktor(E_p) = 0.50
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stb} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Hydraulischer Gradient (Passivseite) für Erddruck



Boden	γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	φ_k [°]	$c(a)_k$ [kN/m²]	$c(p)_k$ [kN/m²]	δ/φ aktiv	δ/φ passiv	Bezeichnung
	20.0	12.0	37.5	2.5	2.5	0.667	0.000	Dammzone 4
	24.0	14.0	35.0	10.0	10.0	0.667	0.000	Festgestein

Kippsicherheit
 Exzentrizität $e(\text{Fuß}) = -0.322$ m
 Maßgebend: g+q
 $V_{k,Fuß} = 233.6$ kN/m
 $H_{k,Fuß}(\text{mit } E_p) = 100.3$ kN/m
 $H_{k,Fuß}(\text{ohne } E_p) = 100.5$ kN/m
 $M_{k,Fuß} = -75.3$ kN-m/m
 $b = 2.160$ m ; $a = 10.000$ m
 $b/6 = 0.360$ m ; $b/3 = 0.720$ m
 $\sigma_{k,1}/\sigma_{k,z}(\text{Fuß}) = 205.0 / 11.3$ kN/m²

Kubatur = 8.577 m³/m
 Raumbgewicht Beton = 25.00 kN/m³
 E-Modul Beton = 3.000 · 10⁷ kN/m²
 Bewehrung Wand EC 2 / DIN 1045-1
 Beton C 30/37 / Stahl BST 500/550
 As1 [cm² / m] = 11.41 (Mindestbew.)
 d1 = 0.050 m
 Schubbewehrung nicht erforderlich

Nachweis EQU:
 $M_{stb} = 233.6 \cdot 2.16 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 227.04$
 $M_{dst} = 75.3 \cdot 1.10 = 82.83$
 $\mu_{EQU} = 82.83 / 227.04 = 0.365$

$\mu_{(Gleit)} = H_d / (V_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{(Gleit)} + E_{p,d}) = 135.7 / (233.6 \cdot \tan(37.5^\circ) / 1.10 + 0.2) = 0.832$



Ramboll IMS Ingenieurgesellschaft mbH
Stadtdeich 7 | 20097 Hamburg
Tel. +49 40 32818-0 | Fax +49 40 32818-139
info-ims@ramboll.com | www.ims-ing.de | www.ramboll.de