

Unterlage 1, Anlage 6

GEOTECHNISCHER BERICHT

Projekt-Nr.: 10/2093

Bauvorhaben: B 198 Ortumgehung Mirow
Südabschnitt
km 0+030 bis 0+960
Vergleich Gründungsvarianten
„Starsower Niederung“

Auftraggeber: Mecklenburgisches Ingenieurbüro
für Verkehrsbau GmbH
Tiergartenstraße 21
17235 Neustrelitz

Aufsteller: Baugrund Stralsund Ing. mbH
NL Rostock
Industriestraße 8
18069 Rostock
Dr.-Ing. Koepke

Rostock, März 2018

INHALT

1	Unterlagenverzeichnis	N3
2	Bauvorhaben / Aufgabenstellung.....	N4
3	Streckenübersicht.....	N4
4	Variantenbeschreibungen / -untersuchungen	N5
4.1	Bodenaustausch	N5
4.2	Tiefgründung auf punktförmigen Traggliedern	N7
4.3	Überschüttverfahren.....	N10
5	Bauzeit	N12
6	Baukosten	N13
7	Zusätzlicher Flächenbedarf	N14
8	Zusammenfassende Bewertung	N16

1 Unterlagenverzeichnis

Baugrundgutachten / Geotechnische Berichte

- U 1-1 B 198, OU Mirow, Südabschnitt, Streckenbau, Baugrundgutachten, erstellt von der BAUGRUND Stralsund Ing. mbH am 23. November 2011 (Archivunterlage, Projekt-Nr. 10/2093)
- U 1-2 B 198, OU Mirow, Südabschnitt, Ergänzende Baugrunderkundung km 0+030 bis 0+960 und km 1+610 bis 1+830, Geotechnischer Bericht, erstellt von der BAUGRUND Stralsund Ing. mbH am 24. Mai 2013 (Archivunterlage, Projekt-Nr. 10/2093)

Erdstatische Berechnungen

- U 2-1 B 198, OU Mirow, Südabschnitt, Variantenuntersuchung: Tragwerksplanung Überschüttverfahren km 0+030 bis 0+960 (Unterlage 1, Index A), erstellt von der BAUGRUND Stralsund Ing. mbH am 23. Mai 2013
- U 2-2 B 198, OU Mirow, Südabschnitt, Ausführungsplanung: Tragwerksplanung Überschüttverfahren km 0+030 bis 0+960 (Unterlage 3), erstellt von der BAUGRUND Stralsund Ing. mbH am 24. Juni 2015

Kostenberechnungen

- U 3-1 B 198 Ortsumgehung Mirow, Südabschnitt, Kostenberechnung vom 07.06.2012 für die Variante „Bodenaustausch“, erstellt von der Mecklenburgisches Ingenieurbüro für Verkehrsbau GmbH
- U 3-2 B 198 Ortsumgehung Mirow, Südabschnitt, Kostenberechnung vom 13.11.2013 für die Variante „Überschüttverfahren“, erstellt von der Mecklenburgisches Ingenieurbüro für Verkehrsbau GmbH

2 Bauvorhaben / Aufgabenstellung

Das Straßenbauamt Neustrelitz plant den Neubau der Ortsumgehung Mirow als Teil der Bundesstraße B 198. Im Ergebnis der ausgeführten Baugrunderkundungen wurden im Bereich der „Starsower Niederung“ zwischen den km 0+030 und 0+960 und im Bereich der Anschlussdämme der geplanten Brücke über die Müritz-Havel-Wasserstraße (MHW) zwischen km 1+610 und 1+830 organische Erdstoffe in Form von Torfen und Mudden bis maximal etwa 7 m u. GOK erkundet. Organische Erdstoffe weisen eine äußerst geringe Tragfähigkeit auf, sind stark kompressibel und weisen viskose Eigenschaften auf, d.h. es treten sehr hohe und sehr langanhaltende Dammsetzungen ein. Aus diesem Grund kann die Damm- und Brückengründung nur in Verbindung mit baugrundverbessenden Maßnahmen oder als Tiefgründung ausgeführt werden.

Die BAUGRUND Stralsund Ing. mbH wurde mit der Durchführung einer Variantenuntersuchung zur Dammgründung im Bereich der Starsower Niederung beauftragt. Dabei sollen folgende baugrundverbessernde Maßnahmen u.a. hinsichtlich der technischen Realisierbarkeit, der Baukosten, der Bauzeit und der Auswirkungen auf die Umwelt betrachtet werden:

- Bodenaustausch
- Tiefgründung (Gründungspolster auf punktförmigen Traggliedern)
- Überschüttverfahren

Ziel der baugrundverbessernden Maßnahmen bzw. der Tiefgründung muss in jedem Fall die Gewährleistung einer ausreichenden Standsicherheit und einer ausreichenden Gebrauchstauglichkeit zum Zeitpunkt der Streckenfreigabe sein.

3 Streckenübersicht

Im Bereich der Starsower Niederung wurden organische Erdstoffe zwischen den km 0+030 und 0+960 erkundet. In Abhängigkeit der Mächtigkeiten der organischen Erdstoffe (Torfe und Mudden) und der Dammhöhen über GOK wurde dieser Streckenabschnitt in Unterlage 1-2 in insgesamt 10 Berechnungsabschnitte untergliedert, die in Tabelle 1 dargestellt sind.

Tabelle 1: Berechnungsabschnitte gemäß Unterlage 1-2

Nr.	Streckenabschnitt	Abschnittslänge [m]	max. Dicke der org. Schichten [m]	Dammhöhen über GOK [m]
1	km 0+030 bis 0+060	30	0,5	1,5 - 2,6
2	km 0+060 bis 0+130	70	2,7	2,2 - 3,7
3	km 0+130 bis 0+180	50	0,5	1,7 - 2,1
4	km 0+180 bis 0+240	60	2,1	2,1 - 2,4
5	km 0+240 bis 0+385	145	6,0	0,8 - 3,4
6	km 0+385 bis 0+500	115	2,3	0,0 - 0,7
7	km 0+500 bis 0+610	110	7,0	0,8 - 2,6
8	km 0+610 bis 0+755	145	2,5	1,7 - 3,6
9	km 0+755 bis 0+855	100	4,7	3,8 - 4,5
10	km 0+855 bis 0+960	105	1,3	1,4 - 4,1

Der Streckenabschnitt „Starsower Niederung“ lässt sich aus geotechnischer Sicht in 3 Teilabschnitte (TA) untergliedern:

- TA 1: Berechnungsabschnitte 1, 3 / Dicke der org. Erdstoffe bis 0,5 m
- TA 2: Berechnungsabschnitte 2, 4, 6, 8, 10 / Dicke der org. Erdstoffe bis 2,7 m
- TA 3: Berechnungsabschnitte 5, 7, 9 / Dicke der org. Erdstoffe bis 7,0 m

4 Variantenbeschreibungen / -untersuchungen

4.1 Bodenaustausch

Bei einem Bodenaustausch werden die gering tragfähigen Erdstoffe vollständig ausgehoben und durch tragfähige Schüttstoffe ersetzt. Zur Vermeidung von langanhaltenden horizontalen Dammverformungen (Dammspreizen) muss der Bodenaustausch den gesamten Lastausbreitungsbereich unterhalb der Dammsohle entsprechend Abb. 1 umfassen.

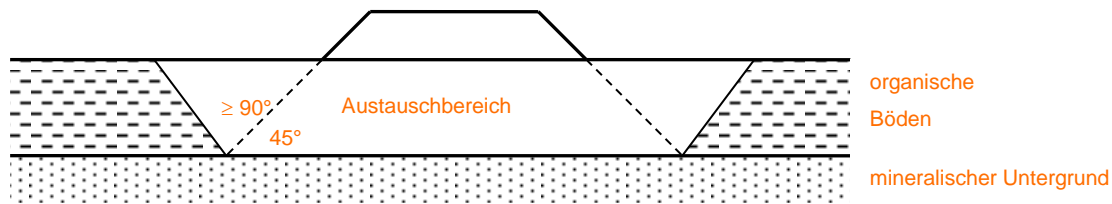


Abb. 1: Prinzipialskizze für vollständigen Bodenaustausch

Durch den vollständigen Austausch der organischen Böden liegen die zu erwartenden Setzungen des Verkehrsdammes üblicherweise im Bereich von wenigen Zentimetern. Der überwiegende Teil der Setzungen klingt auch bereits im Zuge des Dammbaus ab. Nach Fertigstellung des Verkehrsdammes sind daher im Regelfall sehr geringe Restsetzungen zu erwarten, die die Gebrauchstauglichkeit der fertigen Fahrbahn nicht einschränken.

Baublauf

Der Bodenaustausch wird im Vor-Kopf-Verfahren mit üblichen Erdbauverfahren ausgeführt. Da der Bodenaushub hier teilweise unter Wasser ausgeführt werden muss, ist eine laufende Kontrolle der Aushubsohle nicht bzw. kaum möglich. Der Aushub ist daher sicher bis in den tragfähigen Untergrund auszuführen, d.h. bis zum Anschnitt der unterlagernden Sande. Zudem muss mit einem teilweisen Nachrutschen der seitlichen Böschungen und der Anschnittsböschung vor Kopf gerechnet werden, so dass gegenüber dem eigentlich notwendigen Aushubprofil mit Mehrmengen gerechnet werden muss. Der eigentliche Dammbau kann direkt auf den Austauschböden erfolgen. Der Einbau von Geokunststoffbewehrungen oder Trennvliesen ist nicht erforderlich. Die Schüttungen (Bodenaustausch und Dammbau oberhalb der Austauschböden) kann entsprechend den Regelungen der ZTV E-StB ohne Einhaltung von Schüttpausen erfolgen.

Baubegleitende Messungen sind während der Ausführung des Bodenaustauschs nicht erforderlich. Im Zuge des anschließenden Dammbaus sollten Setzungsmessungen im Sinne einer Erfolgskontrolle ausgeführt werden.

Planungsstand

Das Volumen der auszutauschenden organischen Böden und der ersatzweise einzubauenden Schüttstoffe beträgt jeweils 170.000 m³. Umfangreiche erdstatische Berechnungen sind für die Planung und Bewertung der Variante „Bodenaustausch“ nicht erforderlich und wurden bislang auch nicht durchgeführt. Im Zuge der Ausführungsplanung ist die Standsicherheit der eingesetzten Erdbaugeräte während des Bodenaustauschs nachzuweisen.

4.2 Tiefgründung auf punktförmigen Traggliedern

Bei einer Tiefgründung auf punktförmigen Traggliedern werden die organischen Böden im Untergrund belassen. Die Dammlasten werden durch einen auf punktförmigen Traggliedern (Säulen oder Pfählen) aufgelagerten bewehrten Erdkörper, der im Regelfall aus 2 Geogitterlagen besteht, direkt in den unterlagernden tragfähigen Baugrund eingetragen, vgl. Abb. 2.

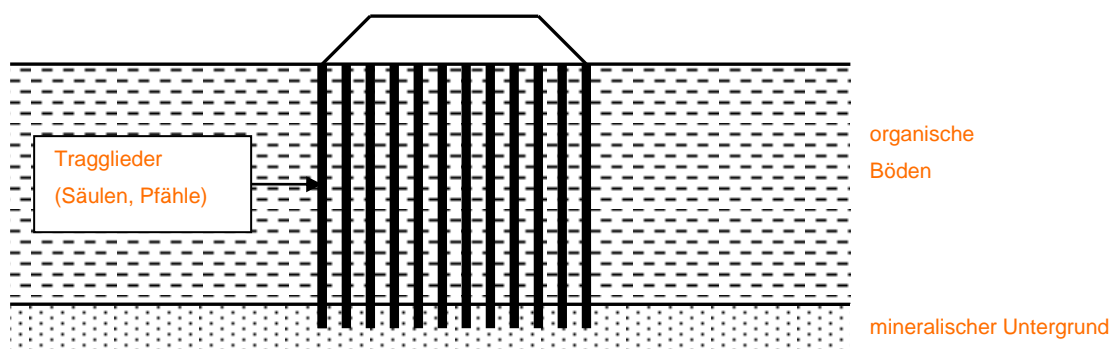


Abb. 2: Prinzipskizze Tiefgründung auf punktförmigen Traggliedern

Als Tiefgründungselemente werden im Regelfall vermörtelte Stopfsäulen bzw. Fertigmörtelstopfsäulen verwendet. Es können aber prinzipiell auch andere Tiefgründungselemente verwendet werden, z.B. CMC-Säulen oder Stahlbetonfertigpfähle.

Durch die Tiefgründung des Verkehrsdammes liegen die zu erwartenden Setzungen, die sich aus den Setzungen der Säulen und dem Durchhang der Geogitterbewehrungen zwischen den Säulen zusammensetzen, üblicherweise im Bereich von wenigen Zentimetern.

Der überwiegende Teil der Setzungen klingt auch bereits im Zuge des Dammbaus ab. Nach Fertigstellung des Verkehrsdammes sind daher im Regelfall sehr geringe Restsetzungen zu erwarten, die die Gebrauchstauglichkeit der fertigen Fahrbahn nicht einschränken. Die Bauweise ist in den „Empfehlungen für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrungen aus Geokunststoffen - EBGEO“ geregelt.

Bauablauf

Die Herstellung der zumeist verwendeten vermörtelten Stopfsäulen oder Fertigmörtelstopfsäulen erfolgt üblicherweise mit Säulenrüttlern, die ein Gesamtgewicht zwischen etwa 40 t und 60 t aufweisen. Die zur Herstellung von anderen Gründungselementen verwendeten Arbeitsgeräte weisen ähnliche oder noch größere Gesamtgewichte auf. Es ist daher zunächst erforderlich, eine ausreichend standsichere Arbeitsebene für die Arbeitsgeräte und für den Anlieferungsverkehr der notwendigen Schüttstoffe herzustellen. Zusätzlich besteht bei einer sehr geringen Scherfestigkeit der organischen Böden die Anforderlichkeit, eine Vorbelastung durchzuführen, um die Herstellung von Stopfsäulen überhaupt erst zu ermöglichen (seitliche Stützung während des Stopf- und Abbindevorgangs). Zur Herstellung von Stopfsäulen ist meist eine undränierete Scherfestigkeit von $C_u \geq 15 \text{ kN/m}^2$ erforderlich. Die Herstellung der Arbeitsebene wird üblicherweise mit der Vorbelastungsschüttung kombiniert. Die Herstellung der Vorbelastungsschüttung / Arbeitsebene wird im Überschüttverfahren ausgeführt, d.h. es ist im Regelfall eine Geokunststoffbewehrung einzubauen und es müssen zumeist zwischenzeitliche Schüttpausen und eine abschließende Liegezeit abgewartet werden, bevor die Tragglieder hergestellt werden können.

Nach Herstellung der Gründungselemente werden im Regelfall eine Geogitterlage quer und eine Geogitterlage längs der Dammachse eingebaut. Darauf wird der eigentliche Damm errichtet. Wie auch bei der Variante Bodenaustausch müssen bei der eigentlichen Dammherstellung oberhalb der Geogitterlagen keine weiteren Schüttpausen eingehalten werden.

Zur Gewährleistung der Standsicherheit während der Herstellung der Arbeitsebene / Vorbelastungsschüttung sind baubegleitende Messungen, bestehend aus Porenwasserdruck-, Setzungs- und Grundwasserstandsmessungen zwingend erforderlich (Anwendung der Beobachtungsmethode nach EC 7 / DIN 1054). Während des anschließenden Dammbaus kann auf die Fortführung der Porenwasserdruck- und Grundwasserstandsmessungen verzichtet werden. Die Setzungsmessungen sollten im Sinne einer Erfolgskontrolle bis zur Herstellung des Oberbaus fortgeführt werden.

Planungsstand / Vorbemessung

Für die Planung der Variante „Tiefgründung auf punktförmigen Traggliedern“ sind umfangreiche erdstatische Nachweise erforderlich. Die Variante wurde für den Bereich der Starsower Niederung bislang nicht untersucht. Für die Erstellung dieser Variantenuntersuchung wurde daher eine Vorbemessung für den Berechnungsabschnitt 2 mit einer Mächtigkeit der organischen Erdstoffe von 2,7 m (gilt beispielhaft für den Teilabschnitt TA 2) und für den Berechnungsabschnitt 7 mit einer Mächtigkeit der organischen Erdstoffe von 7,0 m (gilt beispielhaft für den Teilabschnitt 3) durchgeführt. Für den Teilabschnitt 1 mit Mächtigkeiten der organischen Erdstoffe $\leq 0,5$ m macht eine Tiefgründung in bautechnischer und wirtschaftlicher Hinsicht keinen Sinn.

Entsprechend der Vorbemessung ist für die untersuchten Streckenabschnitte ein Säulenraster von 1,5 m x 1,5 m bei einem üblichen Säulendurchmesser von $d = 0,60$ m erforderlich. Die erforderlichen Nennfestigkeiten der Geogitterbewehrungen betragen $R_{B,k} = 400 \dots 600$ kN/m und liegen damit in üblicher Größenordnung. Die notwendige Überschüttungshöhe zur Vorbelastung des Baugrundes beträgt rund 1,5 m im Berechnungsabschnitt 2 und rund 3,0 m im Berechnungsabschnitt 7.

Sollte die Variante „Tiefgründung auf punktförmigen Traggliedern“ weiter verfolgt werden, so ist eine detaillierte Bemessung der Überschüttung erforderlich, wie sie bislang für das Überschüttverfahren erstellt wurde.

4.3 Überschüttverfahren

Beim Überschüttverfahren werden die organischen Böden vollständig belassen. Die Dammerschüttung erfolgt direkt auf den organischen Böden. Die eigentliche Dammkubatur ist dabei zu überschütten, um zum einen die zu erwartenden (hohen) Dammsetzungen auszugleichen, um die Setzungen zu beschleunigen und um die zu erwartenden Restsetzungen nach Verkehrsfreigabe bereits im Zuge der Dammerstellung vorweg zu nehmen. Die zum Setzungsausgleich erforderliche Dammüberschüttung verbleibt dauerhaft im Baugrund. Der temporäre Überschüttungsanteil zur Setzungsbeschleunigung und -vorwegnahme wird hingegen nach einer ausreichenden Liegezeit bis in Höhe des Planums wieder zurückgebaut. Darstellungen des Dammquerschnittes im Planungszustand und im baulichen Endzustand sind in den Abbildungen 3 und 4 skizziert.

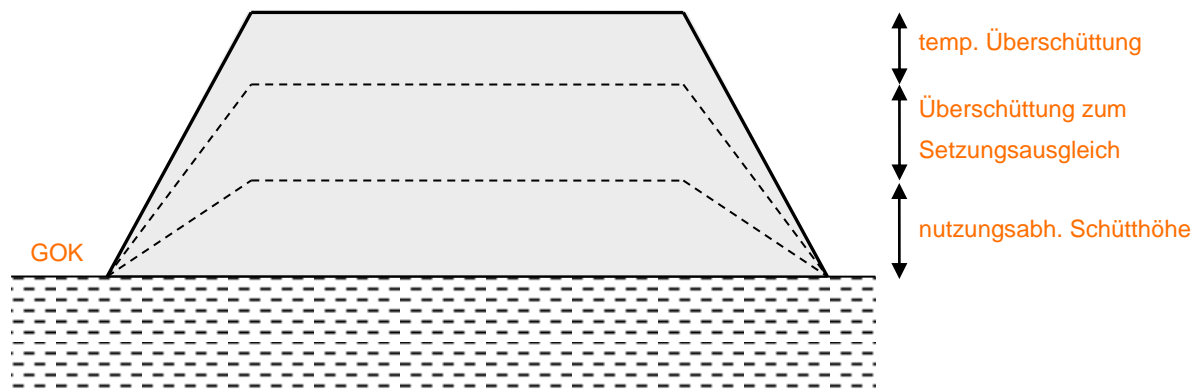


Abb. 3: Prinzipskizze Überschüttverfahren (Dammquerschnitt im Planungszustand)

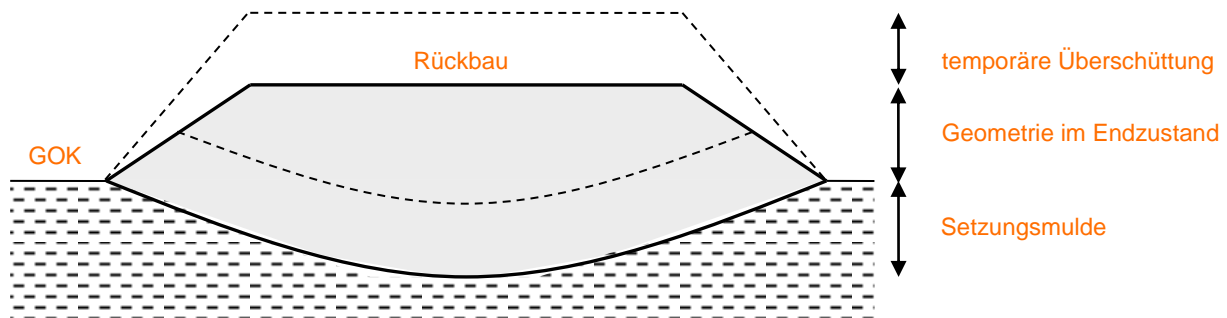


Abb. 4: Prinzipskizze Überschüttverfahren (Dammquerschnitt im Endzustand)

Zur Gewährleistung einer ausreichenden Standsicherheit der Dammstrecken im Bau- und Endzustand ist der Einbau einer oder mehrerer Geokunststoffbewehrungen erforderlich. Zudem kann die Schüttung nur lagenweise unter Einhaltung zwischenzeitlicher Schüttpausen realisiert werden, d.h. es ist im Regelfall ein sehr hoher Zeitbedarf erforderlich. Eine Verkürzung der Schüttpausen lässt sich durch den Einbau von Vertikaldräns erreichen.

Zur Gewährleistung der Standsicherheit während der Bauzeit und zur Steuerung des Bauablaufs sind baubegleitende Messungen, bestehend aus Porenwasserdruck-, Setzungs- und Grundwasserstandsmessungen zwingend erforderlich (Anwendung der Beobachtungsmethode nach EC 7 / DIN 1054).

Planungsstand

Für die Variante „Überschüttverfahren“ liegt von Seiten der Objektplanung eine Entwurfs- und Genehmigungsplanung vor, die Grundlage der bisherigen Planfeststellungsunterlage ist. Da diese Variante die bisherige Vorzugslösung gemäß Planfeststellungsunterlage darstellt und die Anwendung der Beobachtungsmethode entsprechende Vorbemessungen und Nachweise voraussetzt, liegen hierfür ausführungsbereite erdstatische Berechnungen vor (Unterlage 2-2).

Im Ergebnis der Berechnungen sind Überschüttungshöhen zwischen 1,5 m und 5,0 m über das eigentliche Dammprofil hinaus erforderlich. Die sich ergebenden Gesamtschütthöhen betragen zwischen 4,1 m und 8,4 m, d.h. 8 bis 17 Schüttlagen zu je 0,5 m.

5 Bauzeit

Die geringste Bauzeit ist bei der Variante „Bodenaustausch“ zu erwarten. Sowohl der Bodenaustausch als auch die anschließende Dammschüttung oberhalb der Austauschböden können entsprechend den Regelungen der ZTV E-StB ohne Einhaltung von Schüttpausen oder abschließenden Liegezeiten erfolgen.

Bei der Variante „Tiefgründung“ ist eine Vorbelastungsschüttung in Kombination mit der Herstellung einer Arbeitsebene erforderlich. Die im Ergebnis der Vorbemessung maximal erforderliche Schütthöhe beträgt rund 3,0 m (6 Lagen). Unter Zugrundelegung des in Unterlage 2-2 ermittelten Schüttregimes kann der Einbau der Schüttlagen ohne zwischenzeitliche Schüttpausen erfolgen. Abschließend wird eine Liegezeit von bis zu 0,5 Jahren erforderlich, um eine ausreichende Vorbelastung zu erzielen. Nach Abschluss der Liegezeit können der Rückbau der Überschüttung, der Einbau der Säulen und der Bewehrungslagen, der eigentliche Dammbau und der Straßenbau ohne weitere Schüttpausen oder Liegezeiten ausgeführt werden.

Der in Unterlage 2-2 ermittelte Zeitbedarf für die Durchführung der Vorbelastungsschüttung im Überschüttverfahren beträgt ca. 5 Jahre. Dabei wurden im aus geotechnischer Sicht ungünstigsten Berechnungsabschnitt 7 setzungsbeschleunigende Maßnahmen berücksichtigt (Vertikaldräns). Bei einem Verzicht auf Vertikaldräns würde sich die voraussichtliche Schüttdauer nochmals um mehrere Jahre erhöhen. Nach Abschluss der Vorbelastungsschüttung können der Rückbau der Überschüttung bis in Höhe des Planums und der Straßenbau ohne weitere Schüttpausen ausgeführt werden.

Aufgrund der natürlichen Heterogenität der organischen Erdstoffe sind Zeitsetzungsberechnungen immer mit Unsicherheiten behaftet. Es ist daher nicht gänzlich auszuschließen, dass sich die Bauzeit im Ergebnis der baubegleitenden Messungen, die der Steuerung des Bauablaufs dienen, gegenüber der prognostizierten Bauzeit weiter erhöht. Durch den geplanten Einbau der Vertikaldräns ist dies aber eher unwahrscheinlich. Dies betrifft die Varianten „Tiefgründung“ und „Überschüttverfahren“. Die Variante Bodenaustausch ist hiervon nicht betroffen, d.h. diese Variante bietet die größtmögliche Sicherheit in Hinblick auf die Bauzeit.

6 Baukosten

Die gemäß den Unterlagen 3-1 und 3-2 ermittelten Bruttokosten für die Varianten „Bodenaustausch“ und „Überschüttverfahren“ betragen:

Bodenaustausch	4,74 Mio. €
Überschüttverfahren	2,84 Mio. €

Aus Kostengründen wurde die Variante „Bodenaustausch“ zugunsten der Variante „Überschüttverfahren“ seinerzeit nicht weiter verfolgt. Die Variante „Tiefgründung auf punktförmigen Traggliedern“ ist aufgrund der erfahrungsgemäß deutlich höheren Kosten gegenüber einer Überschüttung, nicht näher untersucht worden, besitzt aber den Vorteil einer deutlich kürzeren Bauzeit. Es wurde daher im Rahmen dieser Variantenuntersuchung untersucht, wie die preislichen Unterschiede zwischen einer Tiefgründung und der ebenfalls in Hinblick auf die Bauzeit vorteilhaften Variante „Bodenaustausch“ ist. Bei Dicken der organischen Erdstoffe bis zu 0,5 m ist eine Tiefgründung aus technologischer und wirtschaftlicher Sicht nicht sinnvoll und wird daher im Folgenden für den TA 1 auch nicht betrachtet. Für die TA 2 und TA 3 wurden exemplarische Kostenvergleiche für die Berechnungsabschnitte 2 und 7 auf Grundlage der Vorbemessungen ausgeführt. Grundlage der Kostenschätzungen sind die Einheitspreise der bisher erstellten Kostenberechnungen (Unterlagen 3-1 und 3-2). Im Ergebnis ist mit den in Tabelle 2 dargestellten Kosten für die Dammgründung zu rechnen.

Tabelle 2: Kostenvergleich Bodenaustausch - Tiefgründung

Abschnitt	Baukosten Dammgründung [€]	
	Bodenaustausch	Tiefgründung
Nr. 2 / D _{org.} = 2,3 m / L = 70 m	87 Tsd.	216 Tsd.
Nr. 7 / D _{org.} = 7,0 m / L = 110 m	432 Tsd.	506 Tsd.

Aus dem exemplarischen Kostenvergleich wird deutlich, dass die Variante „Tiefgründung“ im Regelfall auch teurer als ein Bodenaustausch ist. Erst bei größeren Mächtigkeiten der organischen Erdstoffe nähern sich die zu erwartenden Baukosten bei diesen beiden Varianten einander an.

7 **Zusätzlicher Flächenbedarf**

Als zusätzlicher Flächenbedarf werden im Folgenden die Flächen außerhalb der eigentlichen Dammaufstandsfläche ausgewiesen, die bautechnologisch für die einzelnen Varianten erforderlich werden. Diese Flächen werden während der Bauzeit in Anspruch genommen und könnten nach Fertigstellung der B 198 einer anderweitigen Nutzung zu- bzw. zurückgeführt werden. Die Flächen werden aber durch die Benutzung während der Bauzeit durch Überschüttung beeinflusst / verändert.

Beim Bodenaustausch ergibt sich zusätzlicher Flächenbedarf durch die beidseitige Verbreiterung des notwendigen Aushubprofils über die eigentliche Dammaufstandsfläche hinaus. Die notwendige Mehrbreite hängt allein von der Dicke der organischen Erdstoffe ab. Eine überschlägliche Ermittlung des sich hieraus ergebenden Flächenmehrbedarfs ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Überschläglicher Flächenmehrbedarf für die Variante „Bodenaustausch“

Nr.	Streckenabschnitt	Abschnittslänge [m]	Verbreiterung je Dammseite [m]	Zusätzlicher Flächenbedarf [m ²]
1	km 0+030 bis 0+060	30	1,0	30
2	km 0+060 bis 0+130	70	5,4	378
3	km 0+130 bis 0+180	50	1,0	50
4	km 0+180 bis 0+240	60	4,2	252
5	km 0+240 bis 0+385	145	12,0	1.740
6	km 0+385 bis 0+500	115	4,6	529
7	km 0+500 bis 0+610	110	14,0	1.540
8	km 0+610 bis 0+755	145	5,0	725
9	km 0+755 bis 0+855	100	9,4	940
10	km 0+855 bis 0+960	105	2,6	273
Summe =				≈ 6.500

Das beim Bodenaushub anfallende organische Material besteht zum überwiegenden Teil aus Wasser und befindet sich nach dem Aushub zumindest teilweise in einem fließfähigen Zustand. Dies gilt insbesondere bei Aushub von Mudden in den Berechnungsabschnitten 5, 7, 8 und 9. Es ist daher bei Ausführung eines Bodenaustauschs zumindest für einen Teil des Bodenaushubs eine Zwischenlagerung vor Ort erforderlich, um eine Abtrocknung zu erreichen. Hierfür sind zusätzliche Lagerflächen erforderlich.

Für die Variante „Tiefgründung“ ist eine Vorbelastungsschüttung zur Erhöhung der undrained Scherfestigkeit des Baugrundes erforderlich. Diese ist zwingend gemäß Bild 5.1 des FGSV-Merkblattes 542 „Merkblatt über Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund“ auszuführen (Überschüttung von Dammkrone und Böschungen). Unter Berücksichtigung der voraussichtlich erforderlichen Überschüttungshöhen bis maximal 3 m ergibt sich der in Tabelle 5 dargestellte zusätzliche Flächenbedarf.

Tabelle 5: Überschläglicher Flächenmehrbedarf für die Variante „Tiefgründung“

Nr.	Streckenabschnitt	Abschnittslänge [m]	Verbreiterung je Dammseite [m]	Zusätzlicher Flächenbedarf [m ²]
1	km 0+030 bis 0+060	30	1,0	60
2	km 0+060 bis 0+130	70	1,5	210
3	km 0+130 bis 0+180	50	1,0	100
4	km 0+180 bis 0+240	60	1,5	180
5	km 0+240 bis 0+385	145	3,0	870
6	km 0+385 bis 0+500	115	1,5	345
7	km 0+500 bis 0+610	110	3,0	660
8	km 0+610 bis 0+755	145	1,5	435
9	km 0+755 bis 0+855	100	3,0	600
10	km 0+855 bis 0+960	105	1,5	315
Summe =				≈ 3.800

Für die Variante „Überschüttverfahren“ wird ebenfalls von einer Ausbildung des Überschüttungskörpers nach Bild 5.1 des FGSV-Merkblattes 542 „Merkblatt über Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund“ ausgegangen (Überschüttung von Dammkrone und Böschungen). Der sich hierfür ergebende Flächenmehrbedarf ist in der Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Überschläglicher Flächenmehrbedarf für die Variante „Überschüttverfahren“

Nr.	Streckenabschnitt	Abschnittslänge [m]	Verbreiterung je Dammseite [m]	Zusätzlicher Flächenbedarf [m ²]
1	km 0+030 bis 0+060	30	4,1	246
2	km 0+060 bis 0+130	70	6,6	924
3	km 0+130 bis 0+180	50	4,1	410
4	km 0+180 bis 0+240	60	5,9	708
5	km 0+240 bis 0+385	145	6,4	1.856
6	km 0+385 bis 0+500	115	4,1	943
7	km 0+500 bis 0+610	110	7,4	1.628
8	km 0+610 bis 0+755	145	6,5	1.885
9	km 0+755 bis 0+855	100	8,4	1.680
10	km 0+855 bis 0+960	105	6,6	1.386
Summe =				≈ 11.700

8 Zusammenfassende Bewertung

Die kostengünstigste Variante ist nach wie vor das Überschüttverfahren, welches in der bisherigen Planfeststellungsunterlage enthalten ist. Gleichzeitig ist bei dieser Variante wegen der zwischenzeitlichen Schüttpausen und Liegezeiten aber mit der längsten Bauzeit zu rechnen, die voraussichtlich mehr als 5 Jahre betragen wird. Die Festlegung / Ermittlung der Länge der notwendigen Schüttpausen und Liegezeiten kann im Vorfeld aufgrund der natürlichen Heterogenität der organischen Erdstoffe nur näherungsweise erfolgen, so dass hier ggfs. im Ergebnis der baubegleitenden Messungen auch mit Bauzeitverlängerungen gerechnet werden muss. Durch die geplante Verwendung von Vertikaldräns im geotechnisch ungünstigsten Berechnungsabschnitt 7 kann dieses Risiko reduziert werden. Der aus bautechnologischen Gründen während der Bauausführung erforderliche zusätzliche Flächenbedarf beidseitig der eigentlichen Dammaufstandsfläche im Endzustand ist beim Überschüttverfahren am höchsten.

Die kürzeste Bauzeit ist bei einem Bodenaustausch zu erwarten. Da hierbei auch keine zwischenzeitlichen Schüttpausen, Liegezeiten o.ä. abgewartet werden müssen, bestehen hier praktisch keine Risiken hinsichtlich der Bauzeit. Gleichzeitig ist der Bodenaustausch gegenüber einer Überschüttung aber deutlich teurer.

Die Variante „Tiefgründung“ stellt die teuerste Variante dar. Erst bei besonders hohen Mächtigkeiten der organischen Erdstoffe nähern sich die zu erwartenden Baukosten einer Tiefgründung den Baukosten eines Bodenaustauschs an. Wegen der auch bei dieser Variante erforderlichen Vorbelastungsschüttung und Errichtung einer Arbeitsebene erfordert die Variante „Tiefgründung“ gegenüber einem Bodenaustausch auch eine längere Bauzeit. Gegenüber dem Überschüttverfahren ist die erforderliche Bauzeit bei einer Tiefgründung aber deutlich geringer.

Fazit:

Sofern eine lange Bauzeit und eine größere Flächeninanspruchnahme akzeptiert werden können, so ist die Variante „Überschüttverfahren“ aufgrund der geringeren Herstellungskosten aus unserer Sicht als Vorzugsvariante zu wählen. Wenn die Bauzeit und die mit der Flächeninanspruchnahme einhergehenden Umweltbeeinträchtigungen möglichst gering zu halten sind, ist die Variante „Bodenaustausch“ als deutlich vorteilhafter zu bewerten. Die Anwendung einer Tiefgründung stellt im Ergebnis der Variantenuntersuchung nur in den aus geotechnischer Sicht besonders ungünstigen Berechnungsabschnitten Nr. 5, 7 und 9 (TA 3) gegenüber einem Bodenaustausch eine mögliche Variante dar, welche aber mit höheren Kosten verbunden ist. Eine Kombination der Varianten „Bodenaustausch“ und „Tiefgründung“ ist aus geotechnischer Sicht aufgrund der stark schwankenden Schichtmächtigkeiten der nicht tragfähigen Böden und der damit einhergehenden ständig wechselnden Gründungssituation nicht zu empfehlen.

BAUGRUND STRALSUND

i. V.

Dipl.-Ing. Holger Chamier

Dr.-Ing. Christian Koepke