

BAB A44

AK Kassel-W - AD Kassel-S

Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung

Hauptuntersuchung Strecke

– Band 2 (Empfehlungen und Hinweise) –

Revision 1

DEGES

Deutsche Einheit

Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH

Zimmerstraße 54

10117 Berlin

23.02.2022

– 201-013 BE11 –

St / Wie



Inhaltsverzeichnis

3	Folgerungen, Empfehlungen und Hinweise	5
3.1	Allgemeine Eignung der anstehenden Baugrundsichten als Baugrund für den Straßenbau	5
3.2	Beurteilung von Boden und Fels als Baustoff.....	5
3.3	Homogenbereiche	6
3.4	Empfehlungen und Hinweise zur bautechnischen Ausführung	9
3.4.1	Einschnitte und geländenaher Verlauf	9
3.4.2	Minstdicke des frostsicheren Aufbaus	12
3.4.3	Dämme.....	12
3.4.4	Lärmschutz- und Irritationsschutzwände	15
3.5	Besondere Maßnahmen in Trinkwasserschutzgebieten	17
3.6	Versickerung von Niederschlagswasser	18
3.7	Untersuchungen und Messungen während der Bauausführung	18

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Körnungsband Homogenbereiche A und D (schwarz), B (blau), C (rot)	8
---------	---	---

BAB A44, AK Kassel-W - AD Kassel-S
Hauptuntersuchung Strecke, Band 2 (Empfehlungen und Hinweise)

Tabellenverzeichnis

Tab. 11:	Eignung der Aushubmaterialien als Baustoff	6
Tab. 12:	Übersicht der Homogenbereiche nach DIN 18300.....	7
Tab. 13:	Parameter Homogenbereiche Böden und Auffüllungen	7
Tab. 14:	Parameter Homogenbereich Festgestein	8
Tab. 15:	Einschätzung der Standsicherheit von Einschnittsböschungen.....	9
Tab. 16:	Maßnahmen zur Stabilisierung der Dammaufstandsflächen und zur Setzungsmessung	13
Tab. 17:	Mindestscherparameter des Dammschüttmaterials für Regelneigung 1:1,5	14
Tab. 18:	Übersicht Lärmschutzwände (LSW) und Irritationsschutzwände (ISW), H > 2m und Gründungsverhältnisse	16
Tab. 19:	Grundwasser und Schutzwirkung nach RiStWag (2016)	17

Anlagenverzeichnis

- 7 Erdstatische Berechnungen**
 - 7.1 Böschungsstandsicherheit Einschnittsböschungen
 - 7.2 Geotechnisches Bewertungsband (inkl. bautechnische Maßnahmen), tabellarisch
 - 7.3 Böschungsstandsicherheit Dammböschungen Bau-km 4+350

Unterlagenverzeichnis

- [U 1] Geologische Karte, M 1:25.000, Blatt 4722 Niederzwehren, Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, 1996
- [U 2] GÜK300, Geologie Viewer, geologie.hessen.de, Internetportal des HLNUG
- [U 3] Fachinformationssystem Grundwasserschutz (Gruschu) Hessen, gruschu.hessen.de, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG)
- [U 4] A44, 6-streifiger Ausbau zwischen AK Kassel-West und AD Kassel-Süd einschl. Neubau Bergshäuser Brücke, Bestandsanalyse des vorhandenen Baugrundes, Abschlussbericht, CDM Smith, 04.11.2019
- [U 5] Kassel, A 44 AK Kassel-West - AD Kassel Süd, 6-spuriger Ausbau, Auskunft zur Kampfmittelbelastung und -räumung, Regierungspräsidium Darmstadt, Kampfmittelräumdienst des Landes Hessen, 02.06.2020
- [U 6] A44, Bauwerk BW6 – UF Graben, Bauwerksentwurf, Wallerich GmbH, 01/2021

3 Folgerungen, Empfehlungen und Hinweise

3.1 Allgemeine Eignung der anstehenden Baugrundsichten als Baugrund für den Straßenbau

Die Tragfähigkeit des Baugrundes wird im Streckenbereich von Baubeginn bis ca. Bau-km 1+800 (Streckenabschnitte I bis III) von der Konsistenz der oberflächlich anstehenden bindigen Lockergesteine, die zumeist als weich bis steif, teilweise auch als breiig bis weich zu charakterisieren sind, bestimmt. Aufgrund der i. d. R. zu geringen Untergrundtragfähigkeit sind Maßnahmen zur Stabilisierung der Dammaufstandsflächen sowie des Planums in diesem Streckenbereichen erforderlich. Die empfohlenen Maßnahmen sind in den Abschnitten 3.4.1.2 und 3.4.3.1 zusammengestellt.

Im Streckenbereich von ca. Bau-km 1+800 bis zum Bauende (Streckenabschnitte IV bis VII) ist zu differenzieren zwischen den im Abschnitt IV anstehenden i.d.R. gut tragfähigen Festgesteinen (Schichten sm, smZ) und Tertiärsanden (Schicht tS), den in Abschnitt V lagernden gut tragfähigen Terrassenablagerungen, dem ab Abschnitt VI bis Bauende fast durchgehend anstehendem, zumeist mäßig bis gut tragfähigen Solifluktionsschutt (Schicht qpfl) und dem nur lokal im Abschnitt VI verbreiteten, gering tragfähigen Lösslehm (Schicht qpLo). Die für die Gewährleistung der Tragfähigkeit der Dammaufstandsflächen sowie des Planums in Einschnitten in Abhängigkeit von der Qualität des anstehenden Baugrunds empfohlenen Maßnahmen sind in den Abschnitten 3.4.1.2 und 3.4.3.1 zusammengestellt.

3.2 Beurteilung von Boden und Fels als Baustoff

Bei den in den Einschnitten anfallenden Aushubmaterialien handelt es sich um bindige bis gemischtkörnige Deck- und Zersatzschichten sowie um Felsbruch aus veränderlich festem Gestein. Unter Berücksichtigung nachfolgend genannter sowie in Tab. zusammengestellter Einschränkungen bzw. Aufwendungen sind diese Locker- und Festgesteine als Baustoff gemäß ZTVE geeignet.

Aufgrund der i. d. R. hohen Wasserempfindlichkeit, hohen Wassergehalte und nur mäßigen Scherfestigkeit der bindigen Böden (Schichten qSL, qpLo) ist beim Wiedereinbau in Straßendämme eine Bodenverbesserung mit Bindemitteln nach FGSV-Merkblatt 551 erforderlich. Als Bindemittel eignen sich für diese Böden Kalk oder Kalk-Zement-Mischbindemittel (z.B.

30/70 % Kalk-/Zementgehalt) bei einer Zugabemenge von ca. 2...4 M.-% je nach Wassergehalt und Einbauanforderung.

Für die i.d.R. gemischtkörnigen Aushubböden der übrigen Schichten sowie den Felsbruch und Felsersatz ist der ZTVE-gerechte Wiedereinbau in Erdbauwerken bei trockener Witterung zu- meist auch ohne Bindemittelverbesserung möglich. Allerdings ist angesichts der Wasseremp- findlichkeit zur durchgehenden Gewährleistung der erforderlichen Verdichtung besonders in niederschlagsreichen Perioden auch für diese Böden eine Verbesserung mit Bindemittel zu empfehlen. Bei der Wiederverwendung von aus den Dämmen und Auffüllungen gewonnenen Aushubmaterialien sind die ggf. vorhandene Schadstoffbelastungen und Verwertungsklassen nach Tab. 10 zu beachten.

Tab. 11: Eignung der Aushubmaterialien als Baustoff

Schicht	Eignung	Beschreibung
qpG, qpfl tS, tU, smZ	ja	– uneingeschränkt in Erdbauwerken einbaufähig – Einbau ist witterungsabhängig
sm	ja	– uneingeschränkt in Erdbauwerken einbaufähig – je nach Anforderung auf ≤ 200 mm Korngröße brechen und Wasserzugabe zur Einstellung des optimalen Wassergehaltes erforderlich
qhy	bedingt	– unter Berücksichtigung der umwelttechnischen Eignung (Einbauklasse nach Tab.10) aus geotechnischer Sicht in Erdbauwerken einbaufähig
qSL qpLo	bedingt	– i.d.R. Bindemittelverbesserung zur Einstellung des optimalen Wassergehaltes er- forderlich
tT	bedingt	– i.d.R. in Erdbauwerken einbaufähig – besonders geeignet für Einbau als mineralische Dichtung – Bindemittelverbesserung nur mit erhöhtem Homogenisierungsaufwand möglich → fällt im Streckenbau voraussichtlich nicht an
tBK	nicht	– aufgrund des hohen organischen Anteils in Erdbauwerken nicht einbaufähig → fällt im Streckenbau voraussichtlich nicht an

3.3 Homogenbereiche

In nachfolgender Tab. 12 sind die Baugrundsichten für das Gewerk „Erdbau“ gemäß DIN 18300 zu Homogenbereichen zusammengefasst. Die Benennung und die Zuordnung stellen einen Vorschlag aus geotechnischer Sicht dar, der im Zuge der Planung zu verifizieren und ggf. anzupassen ist. Die Schichten Tertiärton (tT) und Braunkohle (tBK) sind für den Erd- und Stre- ckenbau nicht relevant und wurde daher nachfolgend nicht berücksichtigt.

Tab. 12: Übersicht der Homogenbereiche nach DIN 18300

Baugrundschrift		Homogenbereiche
Kürzel	Bezeichnung	
qhy	Dammschüttung / Auffüllung	A
qSL	Schwemmlehm	B
qpLo	Lösslehm	
tU	Tertiärschluff	
qpG	Terrassenablagerungen	C
tS	Tertiärsand	
smZ	Sandstein mit Tonsteinlagen VZ/(VE)	
qpfl	Solifluktionsschutt	D
sm	Sandstein mit Tonsteinlagen VE/VA	E

Die Eigenschaften und Kennwerte der in Tab. 12 zu Homogenbereichen zugeordneten Baugrundschriften können dem geotechnischen Untersuchungsbericht, Abschnitt 2.2, entnommen werden. Die zugehörigen Parameter sowie deren Bandbreiten werden in der nachfolgenden Tabelle auf Basis von Erfahrungswerten und der Untersuchungsergebnisse abgeschätzt.

Tab. 13: Parameter Homogenbereiche Böden und Auffüllungen

Parameter	A und D	B	C
Bodengruppe DIN 18196	A, GU/GU*, SU/SU*/ST*, TL/TM (TA)	TL(ST*, TM)	SU/GU/GW, SU*/ST* (GU*, TL/TM (SE))
Wassergehalt, w [%]	12 - 25 (30)	15 - 30	8 - 25 (30)
Dichte, erdfeucht, ρ [g/cm ³]	1,8 - 2,2	1,8 - 2,1	1,9 - 2,2
Lagerungsdichte D [-]	locker – mitteldicht / dicht	-	mitteldicht – dicht / sehr dicht
Konsistenz bindiger Böden	weich – steif, halb- fest	weich – steif (halb- fest, fest)	halbfest – fest
Konsistenzzahl I_c [-]	0,5 - 1,25	0,5 – 1,0 (1,5)	1,0 – 1,5
Plastizitätszahl I_p [-]	0,1 - 0,45	0,07 - 0,15	0,1 - 0,25
undrainierte Scherfestigkeit bin- diger Böden, c_u [kN/m ²]	30 – 200	15 – 150 (300)	50 – 300 (500)
organischer Anteil, V_{gl} [%]	≤ 6	≤ 6 (10)	≤ 5
Massenanteil [M-%]	Steine	< 10 (20)	< 10
	Blöcke	< 5 (10)	< 5
	große Blöcke	(< 5)	(< 5)

() Klammerwerte untergeordnet

Tab. 14: Parameter Homogenbereich Festgestein

Parameter	Homogenbereich E
einaxiale Druckfestigkeit σ_u [MN/m ²]	(1,0) 12,5 - 80 (120)
Veränderlichkeit DIN EN ISO 14689-1, Grad	1 - 3
Trennflächenrichtung DIN EN ISO 14689-1	n.b.
Trennflächenabstand DIN EN ISO 14689-1	(laminiert) sehr dünn bis mittel (dick) außerord. eng bis mittelständig
Gesteinskörperform DIN EN ISO 14689-1	tafelförmig, prismatisch, gleichmäßig
Dichte, erdfeucht ρ [g/cm ³]	2,3 - 2,5

n.b. – nicht bestimmt

Die Körnungsbänder der Homogenbereiche A bis D sind nachfolgender Abb. 1 zu entnehmen:

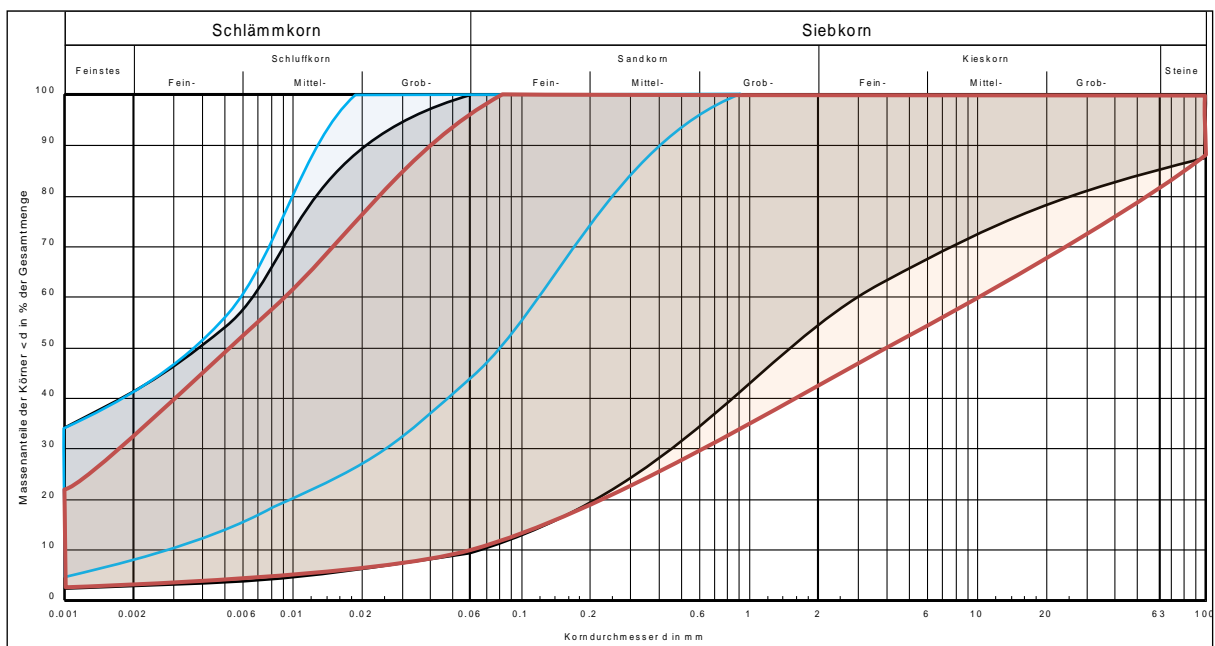


Abb. 1: Körnungsbänder Homogenbereiche A und D (schwarz), B (blau), C (rot)

3.4 Empfehlungen und Hinweise zur bautechnischen Ausführung

3.4.1 Einschnitte und geländenahe Verlauf

3.4.1.1 Einschnittsböschungen

Im Ergebnis exemplarischer Standsicherheitsberechnungen wurden die zulässigen Böschungsneigungen und ggf. erforderlichen Maßnahmen zur Gewährleistung der Standsicherheit in Abhängigkeit von den Baugrundverhältnissen und Geometrien gemäß nachfolgender Tab. 15 und nachfolgender Erläuterungen empfohlen. Die exemplarisch geführten Standsicherheitsberechnungen befinden sich in Anlage 7.1.

Tab. 15: Einschätzung der Standsicherheit von Einschnittsböschungen

Streckenabschnitt Bau-km ca.		Böschung	max. H [m]	Baugrund	zul. Böschungsneigung	zusätzliche Maßnahmen bzw. Alternativen
IV	1+800 bis 3+000	Nord	12	qpG, tS/tU sm/smZ, Orientierung der Trennflächen: günstig, Südböschung lokal ungünstig	1:1,5	lokal, Schicht tS: 0,3 m Bodenaustausch mit Schotterrasen als Erosionsschutz
		Süd	10		1:1,5	ggf. lokal je nach Trennflächenorientierung, z.B. Stützscheiben
VII	4+700 bis 5+420	West	11	qpfl	1:2	-
		Ost	19		1:2,2 (ohne Berme) 1:2,1 (mit Bermen)	alternativ: Stützbauwerk

Abschnitt IV (Bau-km 1+800 bis 3+000)

Die Standsicherheit der Einschnittsböschungen hängt im Streckenabschnitt IV maßgeblich von der Trennflächenorientierung der Festgesteine (Schichten sm/smZ) ab. Sie gilt im Allgemeinen als „ungünstig“, wenn die Einfallwinkel der Trennflächen in Böschungsfallrichtung größer als der kritische Gleitflächenwinkel und kleiner als die Böschungsneigung sind. Der kritische Gleitflächenwinkel ψ_{krit} ist abhängig von der wirksamen Schichtflächenscherfestigkeit und liegt für die im Einschnitt des Streckenabschnitts IV anstehenden Festgesteine (sm/smZ) unter Berücksichtigung der charakteristischen Trennflächenscherfestigkeit von $\phi'_{TF, eff} = 20^\circ$ (gemäß Tab.5) und der Beziehung $\psi_{krit} = \arctan(\tan \phi'_{TF, eff} / 1,3)$ bei ca. 16° .

Mittels Scannermessung wurden in den Bohrungen BK 13B, 14 und 15A eine vergleichsweise große Schwankungsbreite der für die Böschungsstandsicherheit maßgebenden Schichtflächenorientierung ermittelt. Die gemessenen Fallwinkel liegen bei $\beta_{ss} \cong 3...25(33)^\circ$ mit einer Fallrichtung von $\alpha_{ss} \cong 280...70^\circ$. Für die Nordböschung ergibt sich ein in die Böschung gerichtetes und damit für die Standsicherheit generell günstiges Schichteinfallen. Für die Südböschung wird auf Grundlage der o.g. Messergebnisse ein charakteristischer Wert des Schichtflächeneinfallwinkels in Böschungsfallrichtung β'_{ss} von ca. 15° abgeschätzt. Damit ist die Bedingung $\beta'_{ss} < \psi_{krit}$ für eine ausreichende globale Böschungsstandsicherheit gegeben. Aufgrund der Schwankungsbreite der Einfallwinkel muss jedoch davon ausgegangen werden, dass in lokalen Bereichen je nach Vorhandensein und Orientierung wirksamer (u.a. durchgehender, geöffneter, toniger) Schichtflächen ggf. standsicherheitserhöhende Maßnahmen erforderlich werden. Aufgrund der großen Variabilität und Anpassbarkeit empfehlen wir für den Bedarfsfall die Herstellung von Stützscheiben aus Magerbeton. Die Notwendigkeit und die Geometrie sind baubegleitend festzustellen und festzulegen.

Auf das Aufbringen von Oberboden sollte zumindest auf den gering durchlässigen Böden (tU) und dem Festgestein (sm/smZ) verzichtet werden, da ansonsten infolge von Wasser- und Frosteinwirkung mit Hautrutschungen zu rechnen ist. Stattdessen wird empfohlen, in der Vegetationsperiode unmittelbar nach der Feinprofilierung eine Anspritzbegrünung aufzubringen. Je nach Witterung ist mehrmaliges Bewässern bzw. Nachspritzen einzuplanen, um eine möglichst flächendeckende Initialbegrünung zu garantieren.

Die Böschungsbereiche, in denen die vorwiegend feinkornarmen Tertiärsande angeschnitten werden, sind vor der Etablierung einer schützenden Grasnarbe stark erosionsempfindlich und neigen bei Starkniederschlägen zur Bildung tiefer Spülrinnen. In diesen lokalen Bereichen wird ein oberflächiger Bodenaustausch mit einem erosionssicheren Einbaumaterial, vorzugsweise ein Schotterrasen in einer Schichtdicke von ca. 0,3 m empfohlen.

Das vorhandene Festgestein wird bei Einsatz schwerer Baggertechnik überwiegend als baggerbar eingeschätzt. Für das Lösen dickbankiger bis massiger Sandsteinbänke und zur gebirgschonenden Profilierung der Böschungen kann der Einsatz von Lockerungssprengungen bzw. Felsmeißeln erforderlich bzw. zweckmäßig sein. Ein "Herausmodellieren" von massigen Sandsteinbänken ist nur in Einzelfällen nach Begutachtung und Bestätigung einer weitestgehenden

Witterungsunempfindlichkeit möglich und zulässig. Das FGSV-Merkblatt 537 zur gebirgsschonenden Ausführung von Spreng- und Abtragsarbeiten ist zu beachten.

Abschnitt VII 4+700 bis 5+420

Die Einschnittböschungen im Abschnitt VII liegen nach den Erkundungsergebnissen vollständig im Solifluktionsschutt (qpfl). Entsprechend den exemplarisch durchgeführten Standsicherheitsnachweisen in Anlage 7.1 betragen die zulässigen Böschungsneigungen 1:2 für die Westseite und 1:2,2 (ohne Bermen) bzw. 1:2,1 (mit Bermen) für die Ostseite. Eine steilere Ausbildung der Böschungen ist nur mittels Stützbauwerk möglich.

Analog zum Einschnitt im Abschnitt IV sollte auf das Aufbringen von Oberboden aufgrund der vorwiegend bindigen und damit gering durchlässigen Ausbildung des Solifluktionsschutts (qpfl) zugunsten einer Anspritzbegrünung (inkl. Bewässern bzw. Nachspritzen) verzichtet werden, da ansonsten infolge von Wasser- und Frosteinwirkung mit Hautrutschungen zu rechnen ist.

3.4.1.2 *Planum*

Zur Sicherstellung einer ausreichend hohen Tragfähigkeit des Planums und eines weitgehend witterungsunabhängigen Bauablaufs wird generell in Einschnittsbereichen und bei geländegleicher Lage eine qualifizierte Bodenverbesserung des Planums mittels Kalk-Zement-Mischbindemittel (mind. 3 M.-%) oder ein Bodenaustausch empfohlen.

Sofern der Untergrund nicht tiefgründig aufgeweicht ist, können eine situ-Verbesserung des anstehenden Bodens bzw. Zersatzmaterials mit Bindemitteln in einer Stärke von ≥ 30 cm oder, bei Einschnitten im Fels, ein Mehraushub und der Einbau von qualifiziert verbessertem Material in einer Stärke von ≥ 20 cm vorgenommen werden. Für aufgeweichte Bereiche ist eine Erhöhung der Stärke der Bodenverbesserung bis hin zum mehrlagigen Wiedereinbau erforderlich. Die im Bedarfsfall notwendige Einschätzung ist baubegleitend vorzunehmen.

3.4.1.3 *Entwässerung*

Für die herzustellenden Einschnitte sind neben einer offenen Wasserhaltung keine zusätzlichen Maßnahmen zur bauzeitlichen Entwässerung erforderlich.

3.4.2 Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus

Zur Ermittlung des Ausgangswertes für die Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus gemäß RStO 12 ist für die im Planum anstehenden Böden und Festgesteine einheitlich die Frostempfindlichkeitsklasse F3 anzusetzen. Der gesamte Trassenabschnitt liegt innerhalb der Frosteinwirkungszone II.

Bei Ausführung der qualifizierten Bodenverbesserung der im Planum anstehenden Böden kann entsprechend FGSV-Merkblatt 551 eine Verringerung der Frostempfindlichkeitsklasse von F3 auf F2 erfolgen.

3.4.3 Dämme

3.4.3.1 Dammaufstandsflächen und Setzungsmessungen

Zur Herstellung standsicherer Dämme bzw. Dammverbreiterungen entsprechend den Anforderungen der ZTVE-StB sind in den Streckenabschnitten I, III, lokal VI für die oberflächlich anstehenden gering tragfähigen Böden (Schichten qSL, qpLo) Maßnahmen zur Baugrundverbesserung vorzusehen. Empfohlen wird für die Aufstandsflächen in diesen Streckenabschnitten und -bereichen generell eine Bodenverbesserung mit hydraulischen Bindemitteln gemäß den nachfolgenden Vorgaben:

- 1 bis 2 (lokal auch 3) Einbaulagen á 30...35 cm Dicke
- geeignete Bindemittel Kalk oder Kalk-Zement-Mischbindemittel (z.B. 30/70 % Kalk-/Zementgehalt) bei einer Zugabemenge von ca. 2...4 M.-% je nach Wassergehalt

Zusätzlich wird im Bereich der Dammverbreiterung von Bau-km ca. 0+530 bis 0+720 (Nordseite) aufgrund des tiefgründig aufgeweichten, gering tragfähigen Untergrundes (Schicht qSL) eine Rüttelstopfverdichtung zur Setzungsminderung und Konsolidierungsbeschleunigung empfohlen. Als Grundlage für die erforderliche Bemessung werden ein Säulennaster von $\leq 2,5$ m und ein Verbesserungsfaktor n von mind. 1,5 bei einer mittleren Absetztiefe von 10 m abgeschätzt. Die zu erwartende Konsolidierungszeit nach Herstellung der Dammverbreiterung wird auf 1 bis 3 Monate geschätzt. Zur Überwachung der Dammsetzungen wird im Bereich der Rüttelstopfverdichtung ein Monitoring mittels Setzungspegeln und -messpunkten empfohlen. Auf Grundlage der Messergebnisse ist anhand des tatsächlichen Zeit-Setzungsverlaufes eine gesicherte Einschätzung zum Abklingen der Dammsetzungen möglich.

Die im Streckenbereich V durchgehend anstehenden Terrassenablagerungen (Schicht qpG) sind ausreichend tragfähig und nur mäßig witterungsempfindlich, so dass zusätzliche Maßnahmen nicht erforderlich sind.

Der im Streckenbereich VI (Strecke A44, L3460n und Achse 24) überwiegend anstehende Solifluktionsschutt (Schicht qpfl) ist für die Gründung der Dämme ebenfalls ausreichend tragfähig, jedoch zumeist (in bindigen Lagen) ebenso stark witterungsempfindlich wie der auf Teilflächen verbreitete Lösslehm (qpLo). Für diese Bereiche sollte ein längeres Offenliegen sowie die Befahrung mit Radfahrzeugen vermieden werden, um eine Verschlechterung bis hin zum Verlust der Tragfähigkeitseigenschaften zu verhindern. Als Witterungsschutz ist daher in Bereichen von Baustraßen eine Trag- und Schutzschicht aus wasserunempfindlichen Einbaumaterial herzustellen oder eine in situ Bindemittelverbesserung vorzunehmen. Aufgeweichte Böden sind in der Dammaufstandsfläche durch tragfähiges Material zu ersetzen oder mittels Bindemittelverbesserung zu qualifizieren. Aufgrund des Steinanteils und der plastischen Eigenschaften ist bei einer Bindemittelverbesserung mit erhöhten Aufwendungen zur Homogenisierung zu rechnen.

In nachfolgender Tab. 16 sind die empfohlenen Maßnahmen zur Stabilisierung der Dammaufstandsflächen und zur Setzungsmessung zusammengestellt.

Tab. 16: Maßnahmen zur Stabilisierung der Dammaufstandsflächen und zur Setzungsmessung

Streckenabschnitt	Bau-km	Maßnahmen zur	
		Stabilisierung der Dammaufstandsflächen/ des Untergrundes	Monitoring
I	0+000 bis 0+800 BAB geländegleich und in Dammlage inkl. Achsen 11, 12, 16, 17	ca. 1-2 (lokal 3) Lagen BV*	-
	Dammverbreiterung Nordseite 0+530 bis 0+720	Rüttelstopfverdichtung, Säulenraster ≤ 2,5 m; Verbesserungsfaktor n ≥ 1,5	Setzungsmessung mittels Setzungsmesspegeln und Messmarken
III	1+130 bis 1+800	ca. 1-2 (lokal 3) Lagen BV*	-
V	3+000 bis 3+240	-	-
VI	4+310 bis 4+700 inkl. L3460N und Achse 24 (>1+040)	im Bereich Lösslehm (qpLo): ca. 1-2 (lokal 3) Lagen BV*	

*BV - Bodenverbesserung gemäß FGSV-Merkblatt 551 bzw. vorgenannten Vorgaben

3.4.3.2 Dammböschungen

Die Böschungshöhen der neu zu schüttenden Straßendämme betragen bis ca. 20 m. Zur Gewährleistung der Standsicherheit der Dammböschungen sind je nach Dammhöhe und Böschungsneigung unterschiedliche Mindestanforderungen an die Scherfestigkeit des Schüttmaterials zu stellen.

Für die Regelneigung von 1 : 1,5 wurden exemplarische Standsicherheitsberechnungen durchgeführt. Dabei wurden für verschiedene Reibungswinkel des Dammbaumaterials die für eine ausreichende Standsicherheit erforderlichen Kohäsionswerte berechnet. Die Wertepaare für die je nach Dammhöhe erforderliche Mindestscherfestigkeit sind Tab. 17 zu entnehmen.

Tab. 17: Mindestscherparameter des Dammschüttmaterials für Regelneigung 1:1,5

Reibungswinkel ϕ' [°]	erforderliche Kohäsion c'_{erf} [kN/m ²] für Böschungshöhe von		
	10 m	15 m	20 m
27,5	7,5	11	15
30	5*	7,5*	11*
32,5	2,5	5	7,5

* Zwischenwerte interpoliert

Die Berechnungsergebnisse verdeutlichen, dass beim Einsatz üblicher Einbaumaterialien für Böschungen mit Höhen ab ca. 10 m bodenverbessernde Maßnahmen zum Einhalten der Anforderungen notwendig sein werden. Zu beachten ist, dass beim Einsatz von Bindemitteln zur Bodenverbesserung die Anforderungen für die qualifizierte Bodenverbesserung gemäß FGSV-Merkblatt 551 gelten. Nach vorliegenden Erfahrungen ist für die Gewährleistung der Standsicherheit der mit 1:1,5 geneigten Regelböschungen die Verbesserung des Schüttmaterials bei max. Böschungshöhen von 10...20 m auf 5...10 m Breite an der Dammflanke ausreichend. Geringer scherfestes Material kann im Dammkern nach den Anforderungen der ZTVE ohne Verbesserung eingebaut werden.

Für die im Streckenabschnitt VI (4+310 bis 4+700) geplante Böschungsneigung von 1:1 sind auf der Grundlage einer exemplarischen Standsicherheitsberechnung (Anlage 7.3) nachfolgende Mindestanforderungen an das qualifiziert zu verbessernde Einbaumaterial hinsichtlich der Scherfestigkeit und der Einbaugeometrie zu stellen:

Tab. 18: Mindestanforderungen an qualifiziert verbessertes Einbaumaterial für Böschungsneigung 1:1 (Anlage 7.3)

Böschungshöhe H [m]	Reibungswinkel ϕ' [°]	Kohäsion c'_{erf} [kN/m ²]	Mindesteinbaubreite B [m]
0	27,5	30	5
5			9,4*
10			13,8*
15			18,1*
20			22,5

* Zwischenwerte interpoliert mit der Beziehung $B = 0,875 \times H + 5$

Besondere Aufmerksamkeit ist der Profilierung und Verdichtung der Dammböschungen entgegenzubringen. Zum Schutz der Oberfläche vor Erosion sollte zügig eine Ansaat zur Etablierung einer schützenden Grasnarbe erfolgen. Insbesondere auf bindigem oder bindemittelverbessertem Einbaumaterial ist von einem Oberbodenauftrag aufgrund der akuten Abrutschgefahr bei Niederschlägen abzuraten. Vielmehr empfiehlt sich das Aufbringen einer Anspritzbegrünung analog zu den Einschnittsböschungen (Abschnitt 3.4.1.1). Ob eine Anspritzbegrünung zum Erosionsschutz der mit 1:1 geneigten Dammböschungen geeignet und ausreichend ist, kann aus unserer Sicht nicht abschließend beurteilt werden. Ggf. sind hierfür Feldversuche zielführend oder zumindest optional zusätzliche Maßnahmen zum Oberflächenschutz zu planen.

Um das Einwirken von Oberflächenwässern auf die Böschung zu minimieren, sind bis zur Ausbildung eines wirksamen Erosionsschutzes (Begrünung) die Straßenwässer durch entsprechende Maßnahmen, beispielsweise mittels Bitumenwülsten und Kunststoffrohren, zu fassen und unschädlich abzuführen.

3.4.4 Lärmschutz- und Irritationsschutzwände

In der nachfolgenden Tab. 19 sind die im Streckenbereich geplanten Lärm- und Irritationsschutzwände mit Höhen > 2 m zusammengestellt.

Tab. 19: Übersicht Lärmschutzwände (LSW) und Irritationsschutzwände (ISW), $H > 2\text{m}$ und Gründungsverhältnisse

Bezeichnung	Bau-km ca.		Höhe	Lage bzw. Untergrund
	von	bis	[m]	
LSW R1	0+304	0+914	7	Damm, Einschnitt
LSW B1	2+765	4+588	5	geländegleich, Damm
	Achse 23: 0+998	Achse 23: 1+155		
LSW D1	2+677	3+780	5	geländegleich, Damm
LSW R2	0+829	1+320	5/7	Damm, Einschnitt
LSW R3	0+019	0+304	4	Aufschüttung
ISW 03.1 Nord	0+639	0+664	4	Damm
ISW 08.1 Süd	4+420	4+662	4	Damm
ISW 10 West	Achse 24: 1+081	Achse 24: 1+459	4	Damm

Die Schutzwände werden i.d.R. planmäßig tief gegründet. Üblicherweise werden hierfür Bohrpfähle oder Fertigteilpfähle aus Stahl verwendet. Für die Bemessung ist das Merkblatt EBGSLsw (2018) anzuwenden. Die im Bereich der Schutzwände anstehenden Böden werden gemäß des o.g. Merkblatts, Anhang B in die Bodengruppen B und C (lokal D) eingeordnet, wobei im Achsverlauf keine klare Abgrenzung zwischen beiden Gruppen vorgenommen werden kann. Aus diesem Grunde wird eine Mischbodengruppe B/C gebildet, für die folgende charakteristische Kennwerte im Rahmen einer Vorbemessung angesetzt werden können:

- Wichte $\gamma_k = 19 \text{ kN/m}^3$
- Reibungswinkel $\varphi'_k = 27,5^\circ$
- Kohäsion $c'_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$

Für die neu aufzubauenden Dämme mit der Regelböschungsneigung von 1:1,5 gehen wir davon aus, dass für die Herstellung hauptsächlich gut verdichtbare gemischtkörnige sowie bindige Böden eingesetzt werden und damit die o.g. Kennwerte gelten. Eine mögliche Bindemittelverbesserung der Dammflanken ist bei den Kennwertvorgaben nicht berücksichtigt und würde eine Sicherheitsreserve darstellen.

Für die Dämme mit einer Böschungsneigung 1:1 gelten bei Einbau von qualifiziert verbessertem Einbaumaterial für die Bemessung der LSW-Gründung die Mindestscherparameter gemäß Abschnitt 3.4.3.2, Tab. 18. Außerdem können für eine Bohrpfahlgründung innerhalb der

qualifiziert verbesserten Dammflanke nachfolgende Bemessungskennwerte abgeschätzt werden:

- Steifemodul $E_S = 200 \text{ MN/m}^2$
- Mantelreibung $q_{s,k} = 150 \text{ kN/m}^2$
- Spitzendruck $q_{b,k} = 2,5 \text{ MN/m}^2$

Für die Lage im Dammbereich sowie bei geländegleicher Lage gilt für Bohrpfähle eine Mindesteinbindelänge von 2,5 m. Qualifiziert verbesserte Untergründe werden als nicht rammpbar eingeschätzt.

3.5 Besondere Maßnahmen in Trinkwasserschutzgebieten

Für die Streckenabschnitte innerhalb der planfestgestellten Trinkwasserschutzgebiete (vgl. Abschnitt 2.1.4) ergeben sich aufgrund der Lage der Gradienten, des Grundwasserflurabstandes und der Durchlässigkeit des Baugrundes die in nachfolgender Tab. 20 zusammengestellten Schutzwirkungen gemäß RiStWag (2016).

Tab. 20: Grundwasser und Schutzwirkung nach RiStWag (2016)

Ab-schnitt	Bau-km	Lage	Durchlässigkeit $k \text{ [m/s]}^1$	Grundwasserflurabstand ca. [m]	GW-Abstand zur Gradiente ca. [m]	Schutzwirkung nach RiStWag (2016)
I	0+000 bis 0+800	geländegleich/Damm	10^{-6} bis 10^{-8}	10	15	groß
II	0+800 bis 1+040	Einschnitt	10^{-6} bis 10^{-8}	10	10	groß
III	1+130 bis 1+800	Damm	10^{-6} bis 10^{-8}	20	30	groß
IV	1+800 bis 3+000	Einschnitt/ geländegleich	10^{-5} bis 10^{-7} ca. 2+200 bis 2+850: 10^{-4} bis 10^{-6}	>15	10	groß
V	3+000 bis 3+240	Damm	10^{-5} bis 10^{-7}	>30	>40	groß
VI	4+310 bis 4+700	Damm	10^{-5} bis 10^{-7}	>15	>30	groß
VII	4+700 bis 5+420	Einschnitt	10^{-6} bis 10^{-8}	>30	>20	groß

1) für Baugrundprofil gemittelter, charakteristischer Wert

Aus der Zusammenstellung wird deutlich, dass generell von einer hohen natürlichen Schutzwirkung auszugehen ist, so dass aus hydrogeologischer Sicht keine zusätzlichen Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers erforderlich sind.

Aus dem gleichen Grunde kann eine Gefährdung der Trinkwassergewinnung im Tiefbrunnen Bergshausen weitgehend ausgeschlossen werden.

3.6 Versickerung von Niederschlagswasser

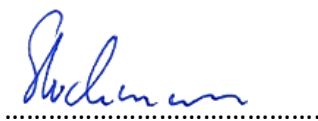
Der in den Streckenabschnitten I bis III oberflächlich anstehende Schwemm- und Lösslehm (qSL, qpLo) ist auf Grund der geringen Wasserdurchlässigkeit nicht oder nur sehr eingeschränkt für eine Versickerung von Oberflächenwasser geeignet. Gute bis mäßige oberflächennahe Versickerungsmöglichkeiten bieten sich hingegen in den im Streckenabschnitt V anstehenden Terrassenablagerungen (qpG) sowie in den Tertiärsand (tS) im Streckenabschnitt IV. Sehr heterogene Durchlässigkeiten und damit nur eingeschränkte Versickerungsmöglichkeiten sind in dem im Streckenabschnitten VI und VII anstehenden Solifluktionsschutt (qpfl) zu erwarten. Die Machbarkeit ist abhängig von den lokalen Baugrundverhältnissen und im jeweiligen Einzelfall zu prüfen.

Eine konzentrierte (Tiefen-)Versickerung von Oberflächenwasser ist prinzipiell in den Schichten des Mittleren Buntsandsteins sowie in den tertiären Sanden möglich.

3.7 Untersuchungen und Messungen während der Bauausführung

Im Rahmen der geotechnischen Baubegleitung sind durch den geotechnischen Sachverständigen auf Grundlage der örtlichen Baugrundverhältnisse Einschätzungen, ggf. Präzisierungen und Festlegungen zu Art und Umfang erforderlicher (zusätzlicher) Maßnahmen vorzunehmen.

Im Bereich der empfohlenen Baugrundverbesserung mittels Rüttelstopfverdichtung ist ein baubegleitendes Setzungsmonitoring vorzunehmen, vgl. Abschnitt 3.4.3.1.



Dipl.-Ing. A. Stockmann



Dipl.-Geol. G. Wiesner