

BAB A44

AK Kassel-W - AD Kassel-S

Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung

Hauptuntersuchung Strecke

– Geotechnischer Untersuchungsbericht –

Revision 1 (04.10.2022)

DEGES

Deutsche Einheit

Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH

Zimmerstraße 54

10117 Berlin

20.12.2021

– 201-013 BE11 –

St / Wie



Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung, Bauvorhaben, Untersuchungen.....	7
1.1	Veranlassung.....	7
1.2	Beschreibung des Vorhabens	7
1.3	Geotechnische Kategorie.....	8
1.4	Durchgeführte Untersuchungen.....	8
1.4.1	Felderkundung.....	8
1.4.2	Laboruntersuchungen.....	8
1.4.3	Chemische Analysen	9
1.5	Sonstiges	9
1.5.1	Kampfmittel	9
1.5.2	Altlasten	10
2	Darstellung und Beschreibung der Untersuchungsergebnisse	10
2.1	Untersuchungsgebiet.....	10
2.1.1	Morphologie, Bebauung und Bewuchs	10
2.1.2	Geologische Verhältnisse.....	11
2.1.3	Allgemeine Grundwasserverhältnisse / Hydrogeologischer Überblick.....	11
2.1.4	Erdfallgefährdung, Schutzgebiete, Erdbebenzone	12
2.2	Baugrundmodell	12
2.2.1	Streckenabschnitte	12
2.2.2	Baugrundaufbau mit Schichtenverlauf und Verbreitung im Trassenbereich.....	13
2.2.3	Geotechnische Beschreibung und Eigenschaften	15
2.2.4	Ergebnisse der Laboruntersuchungen.....	21
2.2.5	Charakteristischen Kennwerte der Baugrundsichten.....	22

BAB A44, AK Kassel-W - AD Kassel-S

Hauptuntersuchung Strecke, Geotechnischer Untersuchungsbericht

2.2.6	Grundwasserverhältnisse	23
2.3	Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen	25
2.3.1	Gebundener Oberbau (Asphalt)	25
2.3.2	Hydraulisch gebundener Oberbau	26
2.3.3	Ungebundene Schichten und Böden	26

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Übersicht boden- / felsmechanische Laborversuche	9
Tab. 2:	Übersicht umwelttechnische Analysen	9
Tab. 3:	Übersicht Streckenabschnitte.....	13
Tab. 4:	Geotechnische Klassifikation der Baugrundsichten.....	15
Tab. 5:	Charakteristische Kennwerte der Baugrundsichten	22
Tab. 6:	Übersicht Grundwasserstände der GWM [m u. GOK].....	24
Tab. 7:	Übersicht Betonaggressivität und Stahlkorrosivität des Baugrundes	25
Tab. 8:	Straßenasphalt – Analytik und Bewertung nach RuVa-StB 01	25
Tab. 9:	Hydraulisch gebundener Oberbau und Untergrund – Analytik und Zuordnungswerte nach LAGA M20 Bauschutt	26
Tab. 10:	Ungebundene Schichten und Böden – Analytik und Bewertung nach LAGA TR Boden.....	27

BAB A44, AK Kassel-W - AD Kassel-S
Hauptuntersuchung Strecke, Geotechnischer Untersuchungsbericht

Anlagenverzeichnis

- 1 Übersichtslageplan M 1:10.000**
- 2 Lagepläne M 1 : 500**
- 3 Baugrundschnitte M 1 : 200 mit geotechnischem Bewertungsband**
- 4 Baugrundaufschlüsse und Felduntersuchungen**
 - 4.1 Baugrundaufschlussliste
 - 4.2 Schichtenverzeichnisse Kernbohrungen
 - 4.3 Bohrprofile Kernbohrungen
 - 4.4 Sondierdiagramme Rammsondierungen (DPH)
 - 4.5 Schichtenverzeichnisse Kleinrammbohrungen
 - 4.6 Bohrprofile Kleinrammbohrungen
 - 4.7 Pumpversuchauswertung
 - 4.8 ETIBS-Scannermessungen
 - 4.9 Bohrkernfotos
- 5 Boden- und felsmechanische Laborversuche**
 - 5.0 Zusammenstellung der boden- und felsmechanischen Laborergebnisse
 - 5.1 Wassergehalt
 - 5.2 Zustandsgrenzen
 - 5.3 Korngrößenverteilung
 - 5.4 Proctordichte
 - 5.5 Steifemodul
 - 5.6 Scherfestigkeit
 - 5.7 Glühverlust
 - 5.8 Kalkgehalt
 - 5.9 Punktlastindex (Punktlastversuch)
 - 5.10 Einaxiale Druckfestigkeit
 - 5.11 Abrasivität

BAB A44, AK Kassel-W - AD Kassel-S

Hauptuntersuchung Strecke, Geotechnischer Untersuchungsbericht

6 Umwelttechnische Laborprotokolle

- 6.1 Beton- und Stahlaggressivität Wasser
- 6.2 Asphalt hinsichtlich teer-/pechtypische Bestandteile
- 6.3 hydraulisch gebundene Schichten nach LAGA-Bauschutt
- 6.4 ungebundene Schichten und Boden nach LAGA-Boden

Unterlagenverzeichnis

- [U 1] Geologische Karte, M 1:25.000, Blatt 4722 Niederrhede, 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

1 Veranlassung, Bauvorhaben, Untersuchungen

1.1 Veranlassung

Die DEGES – Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH plant im Auftrag des Landes Hessen den 6-streifigen Ausbau der BAB A44 zwischen dem Autobahnkreuz Kassel-West und dem Autobahndreieck Kassel-Süd.

Als Grundlage für die Planung und die Ausschreibung der Bauleistungen werden geotechnische Gutachten sowohl für den Streckenbau als auch die einliegenden Ingenieurbauwerke benötigt. Mit der Vorbereitung und Durchführung bzw. der Überwachung der zu diesem Zweck erforderlichen Feld- und Laboruntersuchungen sowie der Ausarbeitung der entsprechenden geotechnischen Berichte wurde unser geotechnisches Ingenieurbüro witt & partner geoprojekt GmbH Weimar beauftragt. Inhalt des vorliegenden Berichtes ist die Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung für den Streckenbau.

1.2 Beschreibung des Vorhabens

Die Baumaßnahme beginnt bei Betriebs-km 4,670 der A 44 (Bau-km 0+000) unmittelbar östlich des AK Kassel-West und endet mit der Anbindung an die A 7 am AD Kassel-Süd etwa bei Bau-km 5+000. Die neue Trassierung entspricht am Baubeginn von Bau-km 0+000 bis Bau-km 1+500 in Lage und Höhe weitgehend dem Bestand und quert in diesem Abschnitt den Tunnel der ICE-Strecke Kassel-Frankfurt sowie die Regionalbahnstrecke Baunatal-Rengershausen. Im weiteren Verlauf schwenkt die Neubautrasse unter Querung der Bestandsstrecke zunächst nach Südosten und führt anschließend in einem weiten Bogen in östliche Richtung über die Flächen des Gutes Freienhagen auf dem flachen westlichen Talhang der Fulda. Die Talaue und der steilere Osthang des Fuldatales werden mit einem ca. 1,1 km langen Brückenbauwerk etwa auf Höhe des Geländes der Deutschen Lebens-Rettungs-Gesellschaft gequert. Nach Kreuzung der um mehrere Dekameter nach Westen verlegten L 3460 erfolgt dann die Anbindung an die A 7 über mehrere Rampenfahrbahnen als so genannte „linksseitige Trompete“.

1.3 Geotechnische Kategorie

Der Streckenbau wird aus geotechnischer Sicht mit nachfolgend genannter Ausnahme in die Geotechnische Kategorie GK2 nach DIN EN 1991 (EC 7) eingeordnet. Die Einschnittsböschungen im Streckenabschnitten IV und VII (Bau-km siehe Abschnitt 2.2.1) sind aufgrund ihrer Höhe von über 10 m der Geotechnischen Kategorie GK3 zuzuordnen. Entsprechend dieser Einstufung in die GK 2 / GK 3 ist ein Geotechnischer Entwurfsbericht nach EC 7-1 zu erarbeiten.

1.4 Durchgeführte Untersuchungen

1.4.1 Felderkundung

Zur Erkundung des Baugrundes sowohl für die Strecke als auch für die Bauwerke und die Entwässerungsanlagen wurden durch die "ARGE Terrasond – BOG – Roßla" im Zeitraum von Oktober 2020 bis März 2021 inkl. einer ergänzenden Bohrung im Mai 2022 insgesamt 114 Kernbohrungen (BK) mit 1.992 Bohrmeter, 127 Rammsondierungen (DPH) mit 800 Sondiermetern und 4 Drucksondierungen (CPT) mit 67 Sondiermetern niedergebracht. Darüber hinaus wurden 13 Kleinrammbohrungen (KRB) mit insgesamt 40,5 m abgeteuft. An 46 Aufschlusspunkten erfolgte eine vorauseilende Kampfmittelfreimessung. Im Bereich der Fuldataalbrücke wurden in den Bohrlöchern 6 Bohrlochaufweitungsversuche (BAV) durchgeführt. In 6 Bohrungen in den Einschnittsbereichen erfolgten zur Erfassung von Lage und Orientierung des Trennflächensystems Messungen mit dem optischen / akustischen Scanner. Insgesamt 4 Bohrungen wurden zu Grundwassermessstellen (GWM) ausgebaut. Die Lage der Baugrundaufschlüsse ist in den Lageplänen der Anlage 2 dargestellt. Eine tabellarische Übersicht der durchgeführten Baugrundaufschlüsse enthält Anlage 4.1.

Die Dokumentation der Aufschlüsse für die Strecke ist in der Anlage 4 enthalten. Die weiteren Erkundungsergebnisse der Baugrundaufschlüsse für die einliegenden Bauwerke und Entwässerungsanlagen sind in den jeweiligen Bauwerksgutachten dokumentiert.

1.4.2 Laboruntersuchungen

Im Rahmen der Baugrunderkundung für die Gesamtmaßnahme wurden durch die GLU GmbH Jena und die MFPA Weimar folgende boden- und felsmechanischen Laborversuche nach Tab. 1 durchgeführt. In den Anlagen 5.1 bis 5.9 sind nur die Laborprotokolle der untersuchten

Proben der Streckenbohrungen enthalten; die der Bauwerksbohrungen sind im jeweiligen Bauwerksgutachten dokumentiert.

Tab. 1: Übersicht boden- / felsmechanische Laborversuche

Versuchsart	Anzahl	Anlage
Bestimmung des Wassergehaltes (DIN EN ISO 17892-1)	95	5.1
Bestimmung der Zustandsgrenzen (DIN EN ISO 17892-12)	42	5.2
Bestimmung der Korngrößenverteilung (DIN EN ISO 17892-4)	48	5.3
Bestimmung der Dichte (DIN 18125 T2)	3	-
Bestimmung der Proctordichte (DIN 18127)	4	5.4
Kompressionsversuch (DIN EN ISO 17892-5)	14	5.5
Bestimmung der Scherfestigkeit (DIN 18137)	14	5.6
Bestimmung des Glühverlustes (DIN 18 128)	7	-
Bestimmung des Kalkgehaltes (DIN 18129)	2	-
Punktlastversuche (DGEG-Empfehlung Nr. 5)	33	5.7
Einaxiale Druckversuche (DGEG-Empfehlung Nr. 1)	5	5.8
Bestimmung der Abrasivität (DGEG-Empfehlung Nr. 23)	3	5.9

1.4.3 Chemische Analysen

Durch die Eurofins GmbH Jena wurden folgenden umwelttechnischen Analysen durchgeführt:

Tab. 2: Übersicht umwelttechnische Analysen

Versuchsart	Anzahl	Anlage
Wasser hinsichtlich Beton- und Stahlaggressivität (DIN 4030/18128)	4	6.1
Asphalt nach RuVA-Stb 01 (2005)	25	6.2
hydraulisch gebundenes Tragschichtmaterial nach LAGA M20 Bau-schutt (1997)	4	6.3
Boden, bodenähnliche Ablagerungen und ungebundenes Tragschicht-material nach LAGA TR Boden (2004)	28	6.4

1.5 Sonstiges

1.5.1 Kampfmittel

Nach Auskunft des Kampfmittelräumdienstes des Landes Hessen [U 5] war in nachfolgenden Teilabschnitten der Untersuchungsgebietes das Vorhandensein von Kampfmitteln nicht aus-

zuschließen, so dass für die in diesen Streckenabschnitten liegenden Baugrundaufschlüsse vorausseilende Bohrungen und Freimessungen durchgeführt worden sind (vgl. Aufschlussliste in Anlage 4.1):

- Autobahnkreuz Kassel-West, Zufahrtsrampe Ost (Achse 11)
- Strecke ca. Bau-km 0+900 – 1+400
- Strecke ca. Bau-km 2+150 – 3+600
- Strecke ca. Bau-km 4+150 – 4+550

1.5.2 Altlasten

Die Ergebnisse der im Jahr 2019 durchgeführten Altlastenrecherche sind im Bericht [U 4] zusammengestellt. Danach liegen keine Altflächen im unmittelbaren Streckenbereich. Vier Altlastenflächen befinden sich jedoch in einem Korridor von weniger als 400 m zur geplanten Strecke. Bei einer dieser vier Altlastenflächen handelt es sich um die „Altablagerung Fuldaaue“, eine ehemalige Deponie für hausmüllähnliche Gewerbeabfälle. Sie befindet sich in der Fuldaschleife ca. 1,3 km südlich des Guts Freienhagen, angrenzend an den Weg Buchenwiese vgl. Übersichtslageplan in Anlage 1. Die „Altablagerung Fuldaaue“ wurde mit 2 Bohrungen erkundet, beprobt und hinsichtlich der Schadstoffgehalte untersucht.

2 Darstellung und Beschreibung der Untersuchungsergebnisse

2.1 Untersuchungsgebiet

2.1.1 Morphologie, Bebauung und Bewuchs

Aus geografischer Sicht befindet sich das gesamte Untersuchungsgebiet im Hessischen Bergland. Innerhalb des Hessischen Berglandes verläuft fast die gesamte Strecke im Naturraum Westhessische Senke, lediglich die Zufahrtsrampen östlich der BAB A7 sind dem Fulda-Werra-Bergland zuzuordnen.

Die Trasse verläuft westlich der Fulda über flachwelliges Gelände, welches im Wesentlichen als Acker- und Weideland genutzt wird. Unmittelbar östlich der Fulda schließt ein ca. 50 m hoher steil geneigter Prallhang an, an dem im Pfeilerbereich der geplanten Talbrücke ein Steinbruch betrieben worden ist. Das anschließende hügelige und nach Südosten in Richtung des

Söhrewaldhochpunktes ansteigende Gelände ist im gesamten Streckenbereich bewaldet und wird durch mehrere flach eingeschnittene Talungen (z. B. Tiefenbach) und einzelne steilere Erosionsrinnen modifiziert.

In unmittelbarer Nähe der Trasse befinden sich mit Ausnahme des Guts Freienhagen (ca. 100 m nördlich des Westwiderlagers der Talbrücke) keine Wohnbebauung.

Die Geländehöhen in der geplanten Trassenachse steigen von ca. 190 m NHN am westlichen Trassenbeginn zunächst nach Osten bis auf ca. 200 m NHN bei Bau-km 2+400 allmählich an und fallen anschließend bis zur Fulda bei Bau-km 4+000 auf ein Niveau von ca. 140 m NHN. Östlich der Fulda steigt das Gelände entlang der Trasse bis zum Hochpunkt bei Bau-km 5+100 auf ca. 264 m NHN an. Am Bauende bei Bau-km 5+500 schließt die Neubaustrecke der A44 auf einem Geländeniveau von ca. 225 m NHN an die bestehende A 7 an.

2.1.2 Geologische Verhältnisse

Aus regionalgeologischer Sicht liegt der westliche Streckenabschnitt, vom Baubeginn bis ca. Bau-km ca. 1+800, innerhalb der Niederhessischen Senke, die zu den Tertiärgräben und -senken des Känozoischen Gebirges gehört. Die diese Gräben ausfüllenden tertiären Sedimente bestehen im Wesentlichen aus Sanden, Tonen und Schluffen mit eingeschalteten Braunkohleflözen.

Der östlich anschließende Streckenabschnitt gehört zur Fuldalauf-Tiefscholle, die zum Strukturraum „Mesozoisches Gebirge“ gehört und durchgängig von Gesteinsserien des Mittleren Buntsandsteins aufgebaut ist, die der Hardeggen-Folge zuzuordnen sind. Es handelt sich um mäßig mürbe bis harte Sandsteine, in die mit einem wechselnden Anteil sehr mürbe bis mürbe Tonsteine eingeschaltet sind.

Das oberflächlich zersetzte Festgestein wird zumeist von quartären Sedimenten, bestehend aus kiesig-sandigen Terrassenablagerungen, Löss- und Schwemmlehm und östlich der Fulda von über 20 m mächtigem Solifluktionsschutt überlagert.

2.1.3 Allgemeine Grundwasserverhältnisse / Hydrogeologischer Überblick

Der gesamte Streckenabschnitt liegt im Einzugsgebiet der Fulda, die aus südlicher Richtung kommend das Untersuchungsgebiet schleifenförmig durchfließt und nach Norden über die Weser in die Nordsee entwässert.

Der Grundwasserflurabstand beträgt im Fuldataal wenige Dezimeter bis Meter und in den übrigen Streckenbereichen mehrere Meter bis Dekameter.

Die Sandsteinfolgen des Mittleren Buntsandsteins stellen einen guten Kluftgrundwasserleiter dar. Als Stauer wirken die tertiären Tone und Schluffe sowie im Mittleren Buntsandstein nur bei größeren Schichtdicken die eingeschalteten Tonsteinlagen. Die Verwitterungsdecken der Festgesteine sowie anstehenden bindigen Lockergesteine sind nur mäßig bis gering wasserdurchlässig, wohingegen die Tertiärsande und Terrassenablagerungen eine meist gute bis mäßige Wasserdurchlässigkeit besitzen. Auf Grund der wechselnden Wasserdurchlässigkeiten treten oberhalb des geschlossenen Grundwasserspiegels und über feinkornreicheren Schichten lokal schwebende Wasserhorizonte (Schichtwasser) auf. Örtlich kann der Grundwasserspiegel unterhalb stauender Schichten auch leicht gespannt sein.

2.1.4 Erdfallgefährdung, Schutzgebiete, Erdbebenzone

Im Untergrund stehen in dem für das geplante Bauvorhaben relevanten Tiefenbereich keine auslaugungsfähigen Gesteine an, so dass dementsprechend eine Gefährdung durch Subrosionsprozesse (Erdfälle) ausgeschlossen werden kann.

Der Streckenabschnitt westlich der Fulda liegt inmitten der quantitativen Schutzzone "B2-neu" des Heilquellenschutzgebietes „TB Wilhelmshöhe 3“, der Streckenabschnitt östlich der Fulda in der Schutzzone "IIIB" des Trinkwasserschutzgebietes „WSG TB I+II am Herchenbach und TB III+IV Wellerode, Lo“ (nach [U 3] - Fachinformationssystem Hessen).

Das Untersuchungsgebiet liegt außerhalb von Erdbebenzonen nach DIN EN 1998-1.

2.2 Baugrundmodell

2.2.1 Streckenabschnitte

Entsprechend der Gradientenlage sowie den morphologischen und geologischen Verhältnissen wird die Trasse in die nachfolgenden Streckenabschnitte gegliedert.

Tab. 3: Übersicht Streckenabschnitte

Streckenabschnitt	BAB Bau-km ca.	Beschreibung der Streckenabschnitte Lage der Gradiente
I	0+000 bis 0+800	Bestandsstrecke geländegleich und in Dammlage mit Verbreiterung; inkl. Achsen 11, 12, 16, 17
II	0+800 bis 1+040	Bestandsstrecke in Einschnittslage mit Verbreiterung
III	1+130 bis 1+800	Bestandsstrecke in Dammlage mit Verbreiterung
IV	1+800 bis 3+000	Neubaustrecke in Einschnittslage bzw. geländegleich inkl. Übergang Bestand/Neubau
V	3+000 bis 3+240	Neubaustrecke in Dammlage
VI	4+310 bis 4+700	Neubaustrecke in Dammlage inkl. L3460N und Achse 24 (Bau-km > 1+040)
VII	4+700 bis 5+420	Neubaustrecke in Einschnittslage inkl. Achsen 21, 22, 23 und 24 (Bau-km < 1+040)

2.2.2 Baugrundaufbau mit Schichtenverlauf und Verbreitung im Trassenbereich

Nach der oben beschriebenen geologischen Situation und nach den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchungen wird der für die vorgesehene Baumaßnahme relevante Baugrund von oben nach unten in die folgenden Baugrundsichten mit Bezeichnung und Kurzzeichen gegliedert:

Anthropogene Aufschüttungen

- Dammschüttung / Auffüllung qhy (qhy-Ob)

Quartär

- Schwemmlerhm qSL
- Solifluktionsschutt qpfl
- Lösslerhm qpLo
- Terrassenablagerungen (ältere Terrassen) qpG

Tertiär

- Tertiärton tT
- Tertiärschluff tU
- Tertiärsand tS
- Braunkohle tBK

Mittlerer Buntsandstein

- Mittlerer Buntsandstein, VZ(VE) smZ
- Mittlerer Buntsandstein, VE/VA sm

Der grundsätzliche Schichtenverlauf und die Schichtlagerung im Trassenbereich sind in den Baugrundschnitten der Anlage 3 dargestellt.

Vom Baubeginn am AK Kassel-West bis ca. Bau-km 1+800 wird der gewachsene Baugrund in dem für das Bauvorhaben relevanten Tiefenbereich von tertiären Sedimenten und flächendeckend überlagernden quartären Lockergesteinen gebaut. Die tertiären Sedimente bestehen in wechselnden Anteilen und oft mehrere Meter mächtigen Lagen und Linsen zumeist aus Tertiärsand (tS) und Tertiärton (tT), untergeordnet auch Tertiärschluff (tU) und Braunkohle (tBK). Die quartären Deckschichten sind bis ca. 10 m mächtig und werden zumeist von Löss-/Lösslehm (qpLo), im Streckenbereich von ca. 0+450 – 0+600 von Schwemmlehm (qSL) und lokal von Terrassenablagerungen (qpG) aufgebaut.

Im Streckenabschnitt ab ca. Bau-km 1+800 bis zum Bauende wird der Festgesteinsuntergrund einheitlich von Sandsteinen und Tonsteinen des Mittleren Buntsandsteins gebildet, die innerhalb des erkundeten Tiefenbereichs von bis zu 38 m unter Gelände überwiegend als entfestigt bis angewittert (sm) einzustufen sind. Die obersten, in einer mittleren Dicke von ca. 5 m zumeist lockergesteinsartig zersetzten Festgesteinshorizonte werden als Auflockerungs-/ Zersatzzone (smZ) gesondert ausgehalten. Die Festgesteine des Mittleren Buntsandsteins werden im Streckenabschnitt zwischen ca. Bau-km 2+000 und 2+500 von tertiären Sedimenten und quartären Terrassenablagerungen in einer Gesamtdicke von 2...12 m überlagert. Ab ca. Bau-km 2+500 bis zum Westwiderlager der Talbrücke bei Bau-km 3+240 handelt es sich bei der Lockergesteinsüberdeckung fast ausschließlich um Terrassenablagerungen (qpG) und nur lokal bei ca. Bau-km 2+700 bis 2+850 um Lösslehm (qpLo). Östlich der Fulda bzw. ab dem Ostwiderlager der Talbrücke bei Bau-km 4+314 ist das Festgestein flächendeckend von Solifluktionschutt (qpfl) überlagert, der im Einschnitt ab ca. Bau-km 4+800 eine Mächtigkeit bis 25 m besitzt. Lokal sind auch östlich der Fulda Lösslehm (qpLo) und Terrassenablagerungen (qpG) vorhanden.

Die Dämme der Bestandsstraßen sind aus den in der näheren Umgebung oberflächlich anstehenden quartären Böden aufgebaut (qhy). Die Schichten des Oberbaus von Straßen und Wegen (qhy-Ob) wurden hinsichtlich der Schadstoffgehalte untersucht, jedoch nicht als separate Baugrundschnitten ausgehalten.

2.2.3 Geotechnische Beschreibung und Eigenschaften

In nachfolgender Tab. 4 sind die bodenmechanischen Klassifizierungen der Baugrundsichten zusammenfassend dargestellt. Die schichtbezogene Beschreibung folgt im Anschluss an die tabellarische Zusammenfassung.

Tab. 4: Geotechnische Klassifikation der Baugrundsichten

Schicht (Kürzel)	Bezeichnung	Bodengruppe, Felsart, Verwitt.stufe (VS) DIN 18196, DIN 4023, DIN EN ISO 14689-1	Lagerungsdichte/ Konsistenz/ Druckfestigkeit	Frostgefährdung
qhy	Dammschüttung / Auffüllung	A [GU/GU*, SU/SU*/ST*, TL/TM]	mitteldicht (locker, dicht); steif (weich, halbfest)	F3
qSL	Schwemmlehm	TL	weich – steif	F3
qpLo	Lösslehm	TL(ST*)	weich – steif	F3
qpfl	Solifluktionsschutt	TM/TL (TA), ST*/GU* (SU, GU)	steif – halbfest (weich), locker – mitteldicht	F3
qpG	Terrassenablagerungen	SU/GU/GW (GU*/SU*(TL))	mitteldicht - dicht	F2 (F3)
tT	Tertiärton	TA(TM)	steif-halbfest (weich, fest)	F3
tU	Tertiärschluff	TL (TM)	halbfest (steif, fest)	F3
tS	Tertiärsand	SU(SU*(SE))	dicht – sehr dicht	F2
tBK	Braunkohle	OH/HZ	dicht (mitteldicht – sehr dicht)	F3
smZ	Mittlerer Buntsandstein, VZ(VE)	Sst/Tst VS 3-5 SU, SU*/ST* (GU*), TL/TM	halbfest-fest, mitteldicht bis dicht (außerordentlich gering – sehr gering)	F3/ frostempfindlich
sm	Mittlerer Buntsandstein, VE/VA	Sst/Tst VS 1-2(3)	sehr gering – sehr hoch	frostempfindlich

() Klammerwerte untergeordnet

Dammschüttung / Auffüllung (qhy)

Bei dem Dammschütt- und Auffüllmaterial handelt es sich um ein heterogenes Gemisch aus den in der näheren Umgebung oberflächlich anstehenden Böden aus bindigem Lösslehm mit wechselnden Anteilen sandig-kiesiger Terrassenablagerungen. Die eingebauten feinkörnigen Böden entsprechen den Bodengruppen TL/TM und besitzen nach der Bodenansprache sowie mit DPH-Schlagzahlen $N_{10} \sim 6...10$ (i.M.) eine vorwiegend steife bis halbfeste Konsistenz. Die

Lagen mit hohem Grobkornanteil sind mit DPH-Schlagzahlen $N_{10} \sim 10 \dots 20$ (i.M.) mitteldicht, lagenweise auch dicht gelagert und mit wechselndem Feinkornanteil den gemischtkörnigen Bodengruppen SU/SU*, GU/GU* zuzuordnen. Der Steinanteil beträgt nach der Bohrgutansprache i.M. $\sim 5 \%$, in einzelnen Lagen auch bis 20% . Das Auffüllmaterial ist durchgehend frost- und wasserempfindlich, mäßig tragfähig und mäßig bis gering setzungsempfindlich.

Schwemmlehm (qSL)

Der durch Ausspülungen aus dem umliegend verbreiteten Lösslehm entstandene Schwemmlehm besteht aus einem tonig-sandigen Schluff mit brauner, z.T. auf Grund organogener Beimengungen auch graubrauner Färbung. Der Schwemmlehm besitzt bei Tongehalten um 20% und einem Sandanteil von ca. 10% eine leichte Plastizität. Die in 7 Proben ermittelten Kornkennziffern liegen bei i.M. 2-7-1-0. Die Konsistenz ist nach der Bodenansprache durchgängig als weich bis steif einzuschätzen. Sowohl die Ergebnisse der Rammsondierungen mit Schlagzahlen N_{10} von zumeist $3 \dots 8$ als auch die Laborergebnisse mit $I_c = 0,55 \dots 1,14$ belegen die vorwiegend weiche bis steife Konsistenz. Entsprechend den Laborergebnissen ist der Schwemmlehm der Bodengruppe TL zuzuordnen.

Die natürlichen Wassergehalte liegen bei 26 Bestimmungen mit einer Ausnahme i. M. bei $21 \pm 4 \%$ und damit oberhalb des geschätzten optimalen Wassergehaltes von ca. $15 \dots 17 \%$.

Ein Kompressionsversuch an einer aus ca. 10 m Tiefe entnommenen Probe der BK 02/2 ergab im Spannungsbereich von 25 bis 400 kN/m^2 Steifigkeiten E_s von $3 \dots 15 \text{ MN/m}^2$ für die Erstbelastung und E_s von $16 \dots 36 \text{ MN/m}^2$ für die Wiederbelastung. Die an 3 Proben im Rahmenschergerät bestimmten Scherparameter liegen bei $\varphi' = 32 \pm 1^\circ$ und $c' = 5 \pm 1 \text{ kN/m}^2$.

Der Schwemmlehm ist gering tragfähig und je nach Vorbelastung stark bis sehr stark verformbar bei einer hohen Wasser- und Frostempfindlichkeit und einer geringen Wasserdurchlässigkeit. Mechanische Beanspruchung, z. B. durch Befahren, führt schnell zu einer Konsistenzverschlechterung.

Lösslehm (qpLo)

Der Lösslehm besteht aus einem tonig-sandigen Schluff mit typisch gelbbrauner bis brauner Färbung. Er besitzt bei Tongehalten von ca. 20% eine leichte Plastizität. Die Konsistenz ist nach der Bodenansprache sowie mit DPH-Schlagzahlen $N_{10} \sim 4 \dots 7$ als vorwiegend weich, unterge-

ordnet als weich bis steif einzuschätzen. Die Laborergebnisse weisen teilweise höhere Konsistenzen (steif - halbfest) aus, da in den Versuchen lediglich der Wassergehalt, nicht aber die meist locker-krümelige Struktur des Lösslehms berücksichtigt wird. Entsprechend den Laborergebnissen ist der Lösslehm den Bodengruppe TL/ST* zuzuordnen.

Die natürlichen Wassergehalte liegen bei 29 Bestimmungen mit 3 Ausnahmen bei 18...24 % deutlich über dem in einem Versuch für die Proctordichte von $1,74 \text{ g/cm}^3$ bestimmten optimalen Wassergehalt von 16,5 %. Die Rahmenscherversuche an 3 Probe ergaben Scherparameter von $\varphi' = 31,5 \pm 1^\circ$ und $c' = 2,5 \pm 1,5 \text{ kN/m}^2$. Die Kompressionsversuche an 2 Proben ergaben im Spannungsbereich von 25 bis 400 kN/m^2 Steifigkeiten E_s von 3...16 MN/m^2 für die Erstbelastung und E_s von 5...28 bzw. 9...42 MN/m^2 für die Wiederbelastung.

Der Lösslehm ist gering tragfähig und stark verformbar bei einer hohen Wasser- und Frostempfindlichkeit und geringen Wasserdurchlässigkeit. Mechanische Beanspruchung führt wie beim Schwemmlehm schnell zu einer Konsistenzverschlechterung.

Solifluktionsschutt (qpfl)

Der bis 25 m mächtige Solifluktionsschutt wird von einer unregelmäßigen Wechsellagerung von teils mehrere Meter mächtigen Lagen und Linsen aus umgelagertem gemischtkörnigem bis sandig-kiesigem Zersatzmaterial und bindigen Böden aufgebaut, wobei die Anteile beider Komponenten recht stark zwischen ca. 30 – 60 % schwanken. Die Konsistenz der bindigen Böden, die in den oberen Abschnitten häufig Lösslehm, nach unten zunehmend auch Tonsteinersatz enthalten, ist nach der Bodenansprache als vorwiegend steif, teilweise als halbfest und untergeordnet auch als weich einzuschätzen. Die Ergebnisse der Rammsondierungen mit Schlagzahlen N_{10} von vorwiegend 6...10, in sandig-kiesigen Lagen auch 10...20 (30) belegen die vorwiegend steife, teilweise halbfeste Konsistenz bzw. eine lockere bis mitteldichte Lagerung. Entsprechend der unregelmäßigen Zusammensetzung variieren die ermittelten Kornkennziffern zwischen 0-15-85-0 und 33-36-26-6. An zwei entnommenen bindigen Bodenproben wurden mittels Rahmenscherversuch Scherfestigkeiten φ'/c' von $30^\circ/9 \text{ kN/m}^2$ sowie $26^\circ/12 \text{ kN/m}^2$ ermittelt. Die laborative Ermittlung repräsentativer Steifemoduln war aufgrund der heterogenen Schichtung und Zusammensetzung des Solifluktionsschutts nicht möglich, der charakteristische Kennwert wurde anhand der Bodenansprache und der Sondierwiderstände abgeschätzt.

Der Solifluktionsschutt ist bei einer hohen Wasser- und Frostempfindlichkeit und einer mittleren, lokal stark wechselnden Wasserdurchlässigkeit mäßig tragfähig sowie mäßig bis stark verformbar.

Terrassenablagerungen (qpG)

Die Terrassenablagerungen sind vorwiegend als sandiger Kies bzw. kiesiger Sand mit wechselndem, meist geringem Feinkornanteil ausgebildet und nach Bodenansprache vorwiegend den Bodengruppen GW/GU/SU und bei höheren Feinkornanteilen GU*/SU*, stark untergeordnet TL zuzuordnen. Die in 6 Versuchen ermittelten Kornkennziffern liegen zwischen 0-12-42-35-11 und 13-23-35-32, in einer einzelnen Probe (aus einer verlehnten Lage der BK RBFA 2-3) bei 22-40-38-0. Der Steinanteil liegt bei < 5 %. Das mäßig bis gut gerundete Grobkorn besteht zum größten Teil aus Quarz, Sandstein, Basalt und Kieselschiefer. Mit DPH-Schlagzahlen von i.d.R. $N_{10} = 10 \dots 25$ sind die Terrassenablagerungen mitteldicht bis dicht gelagert.

Die Terrassenablagerungen sind mäßig wasser- und frostempfindlich, mäßig bis gut wasserdurchlässig und gut tragfähig bei einer geringen Setzungsempfindlichkeit.

Tertiärton (tT)

Der tertiäre Ton ist schluffig, wechselnd schwach bis stark sandig, und nach den vorliegenden Laborergebnissen der Bodengruppe TA, untergeordnet auch TM zuzuordnen. Er besitzt nach der Bohrkernansprache eine zumeist halbfeste, teilweise steife, nur vereinzelt eine weiche bzw. feste Konsistenz. Die Spitzenwiderstände der Drucksondierung bestätigen mit Werten von $q_c \sim 3 \dots 7 \text{ MN/m}^2$ die vorwiegend halbfeste Konsistenz. Die im Tertiärton mit der Tiefe stark zunehmenden Rammwiderstände der DPH sind von der Gestängereibung stark beeinflusst und damit mit zunehmender Tiefe weniger repräsentativ.

Die natürlichen Wassergehalte liegen bei 24 Bestimmungen mit 3 Ausnahmen bei 19...25(27) %. Die Kornkennziffer schwankt in 5 Versuchen zwischen 20-40-40-0 und 40-50-10-0.

Die an einer Probe im Rahmenschergerät bestimmten Scherparameter liegen bei $\varphi' = 17,6$ und $c' = 40 \text{ kN/m}^2$. Der ermittelte Glühverlust ($n = 1$) beträgt 4,3 %.

In 7 Kompressionsversuchen wurde im Spannungsbereich von 25 bis 400 kN/m^2 Steifigkeiten von $E_s = 3 \dots 16(23) \text{ MN/m}^2$ für die Erstbelastung und $E_s = (4) 8 \dots 36 \text{ MN/m}^2$ für die Wiederbelastung.

Die tertiären Tone sind mäßig tragfähig, mäßig setzungsempfindlich bei längeren Konsolidierungszeiten und sehr gering wasserdurchlässig.

Tertiärschluff (tU)

Der tertiäre Schluff ist schwach feinsandig, wechselnd schwach bis stark tonig und enthält lagenweise einzelne Kiesgerölle. In einem Laborversuch wurde eine Kornkennziffer von 2-6-2-0 ermittelt. Nach der Bohrkernansprache ist er den Bodengruppen TL/UL zuzuordnen und besitzt eine vorwiegend halbfeste, teilweise auch steife bis halbfeste und feste Konsistenz.

Die tertiären Schluffe sind mäßig tragfähig und mäßig setzungsempfindlich und gering wasserdurchlässig.

Tertiärsand (tS)

Der vorwiegend feinsandige Tertiärsand ist mit einem größtenteils aus Schluffkorn bestehenden Feinkornanteil von zumeist 10...20 %, lagenweise auch 20...35 % den Bodengruppen SU(SU*), in einzelnen Lagen auch SE, zuzuordnen. In 3 Laborversuchen wurden Kornkennziffern zwischen 1-12-87-0 und 9-8-83-0, für eine weitere Probe mit 15-20-65-0 ermittelt. Die Schlagzahlen der Schwere Rammsondierungen von $N_{10} = 15 \dots >50$ belegen eine dichte bis sehr dichte Lagerung der Sande. In 2 Rahmenscherversuchen wurden Scherfestigkeiten φ'/c' von $33,7^\circ/0 \text{ kN/m}^2$ und $32,5^\circ/1,5 \text{ kN/m}^2$ ermittelt.

Die Tertiärsande sind gut tragfähig, gut bis mäßig wasserdurchlässig und gering setzungsempfindlich.

Braunkohle (tBK)

Die Braunkohle besteht aus stark kohlehaltigem Sand mit zwischengeschalteten, Dezimeter bis Meter dicken Kohlelagen, die eine bröcklig-stückige bis blättrige Struktur aufweisen und mehr oder weniger verbacken bis verfestigt sind.

Nach der Bodenansprache und den Laborergebnissen besitzt die Braunkohle in den sandigen Lagen eine vergleichbare Körnung wie der Tertiärsand, ist jedoch aufgrund des in zwei Laborversuchen ermittelten organischen Anteils von 15 bzw. 62 % in die Bodengruppen OH/HZ einzustufen.

Die Braunkohle (tBK) besitzt eine dichte Lagerung. Sie ist mäßig tragfähig und setzungsempfindlich sowie gut bis mäßig wasserdurchlässig.

Mittlerer Buntsandstein (sm/smZ)

Die am Standort erbohrten Folgen des Mittleren Buntsandsteins werden von fein- bis mittelkörnigen Sandsteinen aufgebaut, in die mit einem Anteil von 10 bis 20 %, teilweise auch 50 % Tonsteinlagen mit einer Dicke von zumeist <20 cm, vereinzelt auch 0,5...1,5 m eingeschaltet sind. Die Schichten sind häufig söhlig (bis 10° Neigung), teilweise auch bis 25° flach geneigt gelagert und häufig mäßig, teilweise stark geklüftet.

Die Sandsteine sind mäßig hart bis sehr hart (gem. DIN 14689 mäßig hohe bis sehr hohe Druckfestigkeit) und plattig-bankig geschichtet. Die ermittelten Druckfestigkeiten liegen in 28 Punktlastversuchen bei 21...168 MN/m² und in 4 einaxialen Druckversuchen bei 102...107 (Ausreißer: 12) MN/m². Die Rohdichte der Sandsteine wurde an den Proben für die einaxialen Druckversuche mit $\rho = 2,45$ und $2,49$ g/cm³ bestimmt.

Die Festigkeit der eingeschalteten, dünnplattig-plattig ausgebildeten Tonsteine ist nach der Bohrkernansprache sehr mürb bis mürb (außerordentlich bis sehr gering). Zwei Punktlastversuche und ein einaxialer Druckversuch ergaben Druckfestigkeiten von $q_u = 1$ und 3 MN/m² bzw. von $q_u = 0,8$ MN/m².

Die Festgesteine sind überwiegend klüftig, abschnittsweise auch stark klüftig; die steil (60° – 90°) stehenden Klüftflächen sind wellig-rau und weisen MnO- bzw. FeO-Anflüge auf. Drei an Sandsteinproben durchgeführte Abrasivitätstests ergab CAI-Werte von 1,7...2,33 (mittel abrasiv). Der Verwitterungsgrad der Schicht sm ist als entfestigt bis angewittert (VE/VA) bei einer Verwitterungsstufe von 1 - 2 (3) gem. DIN 14689 einzustufen.

In der oberflächigen Zersatzzone sind die Festgesteine überwiegend zu einem schwach bis stark schluffig-tonigen Fein- bis Mittelsand mit mürben Sandsteinbrocken oder zu einem sand-schluffigen Ton zersetzt bzw. lagenweise stark entfestigt (sehr mürb – mäßig mürb). Dieser zersetzte bis entfestigte Verwitterungshorizont (VZ/(VE)) wird als Schicht smZ ausgehalten. Entsprechend der Zusammensetzung schwanken die ermittelten Kornkennziffern ($n = 6$) stark zwischen 7-2-92-0 und 17-52-31-0. Für den zersetzten Tonstein wurde in 2 Rahmenscherversuchen Scherfestigkeiten von $29,3^\circ/2,9$ kN/m² und $30,1^\circ/0$ kN/m² ermittelt. Die in 2 Kompressionsversuchen für das gleiche Material bestimmten Steifigkeiten liegen im Spannungsbereich von 25 bis 400 kN/m² bei $E_s = 8...33$ MN/m² für die Erstbelastung und $E_s = 21...69$ MN/m² für

die Wiederbelastung. Das Zersatzmaterial ist bei einer hohen Wasser- und Frostempfindlichkeit und einer mittleren, lokal stark wechselnden Wasserdurchlässigkeit mäßig bis gut tragfähig sowie mäßig setzungsempfindlich.

2.2.4 Ergebnisse der Laboruntersuchungen

In der Übersicht der Anlage 5.0 sind die Ergebnisse der durchgeführten boden- und felsmechanischen Laborversuche für die Strecke und einliegenden Bauwerke, sortiert nach Baugrundsichten, tabellarisch zusammengefasst. Einzelne Ergebnisse wurden in der geotechnischen Beschreibung in Abschnitt 2.2.3 schichtbezogen und meist im ermittelten Schwankungsbereich aufgeführt.

2.2.5 Charakteristischen Kennwerte der Baugrundsichten

Im Ergebnis der durchgeführten Untersuchungen werden den einzelnen Baugrundsichten charakteristische Kennwerte gemäß nachfolgender Tab. 5 zugeordnet.

Tab. 5: Charakteristische Kennwerte der Baugrundsichten

Schicht		γ_k	γ'_k	φ'_k	c'_k	k_f	E_s
Kürzel	Bezeichnung	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[m/s]	[MN/m ²]
qhy	Dammschüttung / Auffüllung	20	10	25 (25 - 30)	5	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁸	15 (5 - 60)
qSL	Schwemmelem	20	10	25	2,5	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁸	8 (5 - 12)
qpLo	Lösslehm	20	10	27,5 (25 - 30)	2,5 (0 - 5)	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁸	8 (4 - 30)
qpfl	Solifluktionsschutt	21	11	25 (22,5 - 32,5)	5 (2 - 10)	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁹	20 (10...60)
qpG	Terrassenablagerungen	21	12	32,5	2,5	10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁷	50 (20 - 80)
tT	Tertiärton	22	12	17,5 (17,5 - 20)	15 (10 - 20)	10 ⁻⁸ - 10 ⁻¹¹	12 (6 - 25)
tU	Tertiärschluff	22	12	25	10	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁸	15 (8 - 25)
tS	Tertiärsand	21	12	30	2,5	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁶	50 (30 - 80)
tBK	Braunkohle	12	3	27,5 (25 - 30)	0	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁶	30 (10 - 80)
smZ	Mittlerer Buntsandstein, VZ(VE)	22	12	27,5 (27,5 - 30)	10 (5 - 20)	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁸	35 (20 - 70)
sm	Mittlerer Buntsandstein, VE/VA	24	14	32,5 (30 - 35) 20 ¹⁾	50 0 ¹⁾	10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁶	150 (100 - 300)

¹⁾ Schichtflächenscherfestigkeit

Die in Tab. 5 angegebenen charakteristischen Kennwerte sind gemäß DIN 1054 als vorsichtige Schätzwerte des schichtspezifischen Mittelwertes, teilweise mit Angabe der Ober- und Untergrenze des zu erwartenden Schwankungsbereiches zu verstehen.

2.2.6 Grundwasserverhältnisse

Der Grundwasserspiegel liegt in den Streckenabschnitten westlich Fulda mehrere Meter bis ca. 20 m unter Gelände innerhalb der gut bis mäßig wasserdurchlässigen Schichten tS (Tertiärsande), Terrassenablagerungen (qpG) und sm (Mittlerer Buntsandstein). Unterhalb stauender Deck- und Zersatzschichten können je nach Tiefenlage leicht gespannte Grundwasserspiegel vorhanden sind.

In den Streckenabschnitten östlich der Fulda wurde das Grundwasser nicht erbohrt. Entsprechend liegt der Grundwasserspiegel mehr als 20 m u.GOK. Die beiden Einschnitte in den Streckenabschnitten IV und VII liegen oberhalb des Grundwasserspiegels.

Innerhalb der grundwasserstauenden bzw. -geringleitenden (qSL, qpLo, tU, tT) sowie wechselnd durchlässigen Baugrundsichten (qpy, qpfl) sind praktisch im gesamten Streckenbereich oberhalb des Grundwasserspiegels Schichtwässer möglich bzw. lokal zu erwarten. Der in Einschnitten zu erwartende Schichtwasserandrang ist stark vom Niederschlagsgeschehen, Ausbildung und Raumlage der Trennflächen (Schicht sm im Abschnitt IV) sowie von der Ausdehnung der Stauhorizonte abhängig.

Die zum Zeitpunkt der Erkundung gemessenen Wasserstände sind in den Bohrprofilen in Anlage 4.3 sowie den Baugrundschnitten in Anlage 3 dargestellt. Die in den Kernbohrungen angegebenen, nach Erreichen der Endteufe gemessenen Ruhewasserspiegel sind im Festgestein (Schicht sm) überwiegend durch den Bohrvorgang bzw. das eingesetzte Spülwasser beeinflusst und liegen z.T. deutlich über dem tatsächlichen Grundwasserniveau (z.B. BK 14, BK 16). Zur Verifizierung des im Einschnitt des Streckenabschnitts IV (Bau-km ca. 1+800 bis 3+000) abzuschätzenden Grundwasserflurabstandes wurde nachträglich die Bohrung BK 15C bis zu einer Endteufe von 30 m niedergebracht. Der erkundete Wasserstand von 27,30 m u. GOK bzw. 174,05 m NHN ist spülwasserbeeinflusst, d.h. der Grundwasserstand in Ruhe lag zum Zeitpunkt der Erkundung tiefer und kann als auf der sicheren Seite liegend im erkundeten Niveau (entspricht ca. 15 m u. Gradienten) angenommen werden. Auf Grund der Lage der Bohrung am oberen nördlichen Hang des Fuldatales ist von einem nach Süden zum Vorfluter gerichteten Gradienten auszugehen, so dass dieser Wasserstand auf den gesamten südlich angrenzenden Einschnittsbereich übertragen werden kann. Wegen der Lage im Bereich der lokalen oberirdischen Wasserscheide ist auch in regenreichen Perioden nicht mit einem signifikanten Anstieg des Grundwasserspiegels zu rechnen.

Im Gegensatz zu den gemessenen Bohrwasserständen handelt es sich bei den in den Grundwassermessstellen (GWM) registrierten Wasserständen um ausgeglichene, vom Bohrvorgang unbeeinflusste Werte. Im Zuge der Strecken- und Bauwerkserkundung wurden insgesamt 4 Bohrungen zu 3“-Grundwassermessstellen (GWM) ausgebaut und Pumpversuche durchgeführt. Eine Zusammenstellung der Nullmessungen der Ruhewasserstände sowie die ermittelten Wasserdurchlässigkeiten k_f des Grundwasserleiters enthält nachfolgende Tab. 6.

Tab. 6: Übersicht Grundwasserstände der GWM [m u. GOK]

GWM Nr.	Bau-km ca.	GOK [m NHN]	Nullmessung		Datum	GW-Leiter Schicht	Pumpversuch k_f Wert [m/s]
			GW-Stand in Ruhe				
			[m u.GOK]	[m NHN]			
01/1	0+350	187,05	9,53	177,52	09.11.2020	tS	$6,6 \times 10^{-6}$
03/4	0+650	191,90	4,05	187,85	22.03.2021	tS	$4,0 \times 10^{-7}$
05/3	1+480	194,95	3,91	191,04	22.03.2021	tS	$5,7 \times 10^{-6}$
07/4B	4+310	140,73	3,43	137,03	23.03.2021	sm	$2,1 \times 10^{-6}$

Die Protokolle der Pumpversuche sind sowohl in Anlage **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** als auch in den jeweiligen Bauwerksgutachten (BW 01, 03, 05 und 07) enthalten.

Chemismus

Anhand der in Anlage 6.1 zusammengestellten Laborergebnisse für die aus dem Streckenbereich entnommenen Grundwasserproben ergibt sich durchgehend eine Einstufung des Baugrundes hinsichtlich der Betonaggressivität gemäß DIN 4030 in die Expositionsklasse XA 0 und hinsichtlich der Stahlkorrosivität nach DIN 50929-3 als sehr gering bis gering (vgl. Tab. 7). Für die Streckenabschnitte IV bis VII, in denen aufgrund des unterhalb der Erkundungsendtiefe liegenden Grundwasserhorizontes keine Probenahme möglich war, wurde die Einstufung auf der Grundlage von Erfahrungswerten mit vergleichbaren Baugrund- und Grundwasserverhältnissen vorgenommen.

Tab. 7: Übersicht Betonaggressivität und Stahlkorrosivität des Baugrundes

Streckenabschnitt	BAB Bau-km ca.	Betonaggressivität DIN 4030		Korrosionswahrscheinlichkeit un-/niedriglegierter Stähle DIN 50929-3
		Ergebnis Analytik	Expositionsklasse	
I	0+000 bis 0+800	BK 02/3: k.Ü.	XA 0	sehr gering bis gering
II	0+800 bis 1+040	BK 03/4: k.Ü.		
III	1+130 bis 1+800	BK 05/3: k.Ü.		
IV	1+800 bis 3+000	--		sehr gering
V	3+000 bis 3+240			
VI	4+310 bis 4+700			
VII	4+700 bis 5+420			

k.Ü. – keine Grenzwertüberschreitung

2.3 Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen

2.3.1 Gebundener Oberbau (Asphalt)

Die Ergebnisse der Analytik hinsichtlich des Teer-/Pechgehaltes des gebundenen Straßenoberbaus sowie die Einstufung in die Verwertungsklassen nach RuVA-StB 01 sind in nachfolgender Tab. 8 zusammengestellt. Die Laborprotokolle der Asphaltanalytik befinden sich in der Anlage 6.2.

Tab. 8: Straßenasphalt – Analytik und Bewertung nach RuVa-StB 01

Aufschluss-Nr.	Lage	Asphaltstärke [cm]	RuVA-StB 01	
			erhöhte Gehalte	Verwertungsstufe
1A/20	A44, RiFa Nord, Standspur	31	-	A
KRB 1/20	A44, RiFa Süd, Rampe	24	-	A
01/2	A44, RiFa Süd, Einfädelspur	24	-	A
01/3	A44, RiFa Nord, 2.Fahrspur	20	-	A
02/2	A44, RiFa Süd, Standspur	36	-	A
03/3	Wirtschaftsweg	12	-	A
4/20	Wirtschaftsweg	22	-	A
6/20	A44, RiFa Süd, Standspur	27	-	A
04/2	A44, RiFa Nord, 2.Fahrspur	32 (obere Decke)	-	A
		18 (untere Lage)	PAK (EPA): 665 mg/kg	C
04/5	A44, RiFa Süd, 2.Fahrspur	36	-	A
05/2	A44, RiFa Süd, 2.Fahrspur	34	-	A
9B/20	A44, RiFa Nord, Standspur	32	-	A
06/2	A44, RiFa Nord, Standspur	33	-	A
06/3	A44, RiFa Süd, Standspur	28	-	A
11B/20	A44, RiFa Nord, Standspur	30	-	A

Aufschluss-Nr.	Lage	Asphaltdicke [cm]	RuVA-StB 01	
			erhöhte Gehalte	Verwertungsklasse
09/1	A7, RiFa West	28	-	A
09/4	A7, RiFa Ost	33	-	A
34/20	Rampe RBFA 03	20	-	A
KRB A7-1	A7, Rifa Ost	22	-	A
KRB A7-3	A7, Rifa Ost	26	-	A
KRB L-2	L3460	20	PAK (EPA): 414 mg/kg	C
KRB L-4	L3460	20	-	A

2.3.2 Hydraulisch gebundener Oberbau

Die an Proben der hydraulisch gebundenen Schichten (HGT) ermittelten Schadstoffgehalte führen zu den in Tab. 9 vorgenommenen Zuordnungsklassen gemäß LAGA Bauschutt. In der Tabelle sind die für die Einstufung maßgebenden Parameter aufgeführt; nicht gelistete Parameter liegen unter den Z 1.1 – Grenzwerten. Die Einstufung erfolgte für die jeweils höchste Zuordnungsklasse der Einzelparameter. Die Laborprotokolle der Analytik nach LAGA Bauschutt befinden sich in der Anlage 6.3.

Tab. 9: Hydraulisch gebundener Oberbau und Untergrund – Analytik und Zuordnungswerte nach LAGA M20 Bauschutt

Aufschluss-Nr.	Lage	Schichtdicke [cm]	LAGA Bauschutt	
			Gehalte >Z1.1	Zuordnungsklasse
1A/20	A44, RiFa Nord, Standspur	16	-	Z1.1
9B/20	A44, RiFa Nord, Standspur	19	-	Z1.1
10/20	A44, RiFa Nord, Standspur	20	PAK: 39 mg/kg	Z2
11B/20	A44, RiFa Nord, Standspur	20	-	Z1.1

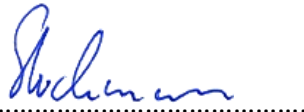
2.3.3 Ungebundene Schichten und Böden

Die an aus ungebundenen Oberbauschichten sowie aus Dämmen und Auffüllungen entnommenen Proben ermittelten Schadstoffgehalte bedingen die in Tab. 10 vorgenommenen Zuordnungsklassen gemäß LAGA Boden. In der Tabelle sind die für die Einstufung maßgebenden Parameter aufgeführt; nicht gelistete Parameter liegen unter den Z 1.1 – Grenzwerten. Die Einstufung erfolgte für die jeweils höchste Zuordnungsklasse der Einzelparameter. Die Laborprotokolle der Analytik nach LAGA Boden befinden sich in der Anlage 6.4.

Tab. 10: Ungebundene Schichten und Böden – Analytik und Bewertung nach LAGA TR Boden

Aufschluss-Nr.	Lage	Schicht	Mischprobe (Labor-Nr.)	LAGA-Boden	
				Gehalte >Z1.1	Zuordnungsklasse
1/20 (KRB)	A44, Rampe AK Kassel-West	Auffüllung	MP3 (621026717)	-	Z1.1
2/20 (KRB)					
01/2	A44, RiFa Süd, Einfädelspur	Tragschicht		pH 9,7	Z1.2
02/2	A44, RiFa Süd, Standspur	Tragschicht		PAK 38 mg/kg	>Z2
02/2	A44, RiFa Süd, Standspur	Auffüllung (Damm)		pH 10,6 Ni 16 µg/l	Z1.2
03/2	A44, RiFa Süd, Standspur	Tragschicht		ph 10,3	Z1.2
03/2	A44, RiFa Süd, Standspur	Auffüllung (Damm)		ph 11,2 Lf 324 µS/cm	Z1.2
4/20	Wirtschaftsweg	Tragschicht		Cu 32 µg/l	Z1.2
7/20	A44, RiFa Süd, Standspur	Tragschicht		PAK 39	>Z2
04/7		Auffüllung		-	Z1.1
06/2	A44, RiFa Nord, Standspur	Tragschicht		SO ₄ : 55 mg/l	Z2
06/3	A44, RiFa Süd, Standspur	Tragschicht		pH 9,6	Z1.2
06/2	A44, RiFa Nord, Standspur	Auffüllung		-	Z1.1
10/20	A44, RiFa Nord, Standspur	Tragschicht		PAK 77 mg/kg	>Z2
11B/20	A44, RiFa Nord, Standspur	Tragschicht		-	Z1.1
09/1	A7, RiFa West, Standspur	Tragschicht	MP1 (621026715)	Ni 8 µg/l	Z2
09/2					
09/1	A7, RiFa West, Standspur	Auffüllung (Damm)		SO ₄ 320 mg/l PAK 7 mg/kg (Z2) Lf 1540 µS/cm	>Z2
09/2	A7, RiFa West, Standspur	Auffüllung (Damm)		Cl 70 mg/l SO ₄ 64 mg/l	Z2
09/3	A7, RiFa Ost, Standspur	Tragschicht	MP2 (621026716)	SO ₄ 110 mg/l Lf 345 µS/cm ph 10,6 (Z1.2)	Z2
09/4					
09/3	A7, RiFa Ost, Standspur	Auffüllung (Damm)		SO ₄ 540 mg/l PAK 9 mg/kg (Z2) TOC 1,8 % (Z2)	>Z2
33/20	Rampe RBFA 03	Tragschicht	MP1 (621004324)	PAK 11 mg/kg ph 9,8 (Z1.2)	Z2
34/20					
KRB A7-1	A7, RiFa Ost, Standspur	Tragschicht	MP1 (621019739)	-	Z1.1
KRB A7-3					
KRB A7-2	A7, RiFa West, Standspur	Tragschicht		pH 10,1	Z1.2
KRB A7-4	A7, RiFa West, Standspur	Auffüllung		-	Z1.1

Aufschluss-Nr.	Lage	Schicht	Mischprobe (Labor-Nr.)	LAGA-Boden	
				Gehalte >Z1.1	Zuordnungsklasse
KRB L-1	L 3460	Tragschicht	MP2 (621019740)	Ni 11 µg/l	Z2
KRB L-2					
KRB L-3					
KRB L-4					
KRB L-5					
L2	Wirtschaftsweg	Tragschicht		PAK 225 mg/kg TOC 1,6 % (Z2)	>Z2
A1-20	Altablagerung	Auffüllung		-	Z1.1
A2-20				PAK 8 mg/kg	Z2
RBFA 3	RBFA 3-1	Auffüllung		TOC 4,4%	Z2



Dipl.-Ing. A. Stockmann



Dipl.-Geol. G. Wiesner