

*Dr. E. Horsthemke
Ingenieurgeologisches Büro
Determeyerstraße 172
33334 Gütersloh
Tel.:05241/400856
ehorsthemke@osnanet.de*

Stadt Rheda-Wiedenbrück
Bauvorhaben Ringschluss Südring
zwischen Lippstädter Straße und
Rietberger Straße

Baugrunduntersuchung

05.09.2014

Auftraggeber :

Stadt Rheda-Wiedenbrück
Rathausplatz 13
33378 Rheda-Wiedenbrück

Inhaltsverzeichnis

1. Vorgang	2
2. Örtliche Situation / geplante Maßnahmen	2 - 3
3. Untersuchungsumfang	4
4.1 Bodenaufbau	5 - 6
4.2 Rammwiderstände	7
4.3 Grundwasserverhältnisse	7 - 8
4.4 Korngrößenverteilung	8 - 9
4.5 organische Bestandteile	9
4.6 chemische Untersuchungen zur Abfallbewertung	10
5. Bautechnische Beurteilung der Böden, bodenmechanische Kennwerte	10 - 12
6. Allgemeine Hinweise zu Planung und Bauausführung	13 - 15
7. Empfehlungen zu bautechnischen Maßnahmen; Straßenbau	15 - 16
8. Empfehlungen zur Gründung der Emsbrücke	16 - 18

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Lageplan, Lage der durchgeführten Sondierungen und Probenahmen
Anlagen 2.1 - 2.8	Bodenaufbau Profildarstellungen, Rammdiagramme (RKS und DPH)
Anlagen 3.1 - 3.3	zusammenfassende höhenvergleichende Profildarstellungen
Anlagen 4	Summenkurven zu den Korngrößenverteilungen
Anlagen 5	Analysenergebnisse; Laborberichte

1. Vorgang

Die Stadt Rheda-Wiedenbrück plant die Anlage einer Verbindungstraße zwischen den Straßen Südring und Ostring. Durch die Abteilung Stadtplanung wurde ich über die HSM Ingenieure GmbH, Erwitte, beauftragt, Untersuchungen der Boden- und Grundwasserverhältnisse im Hinblick auf die geplante Straßenbaumaßnahme durchzuführen. Die Untersuchungen sollten als Ergänzung zu den im Jahr 2001 in Teilabschnitten der Planungstrasse bereits erfolgten Erkunden durchgeführt werden (Bericht vom 23.06.2001).

2. Örtliche Situation / geplante Maßnahmen

Die geplante Straße verläuft im südöstlich Wiedenbrücker Stadtgebiet zwischen den Kreuzungen Südring - Lippstädter Straße und Ostring - Rietberger Straße auf einer Gesamtlänge von etwa 1.170 m. Die Trasse gliedert sich in folgende Abschnitte:

- Der Kreuzungsbereich Lippstädter Straße - Südring soll als Kreisverkehranlage ausgebaut werden. Von hier verläuft die Planungstrasse über den Hamelbach und einer östlich angrenzenden Brachfläche sowie der Zufahrt zu dem Anwesen Südring 122 und dem wiederum östlich angrenzenden Grünland über eine Länge von etwa 250 m. An der Südgrenze des Geländes der Brüder-Grimm-Schule erfolgt dann der Anschluss an die ehemalige Eisenbahntrasse Rheda-Wiedenbrück – Rietberg.
- Der mittlere Abschnitt verläuft weiter östlich auf einer Länge von etwa 670 m auf der ehemaligen Bahntrasse. Die Trasse quert hier den Burgweg und die Parkplatzzufahrt am Sportgelände (Volmarstraße) sowie die Ems.
- Östlich der Ems soll die Trasse dann nach Norden auf die Straße Ostring geführt werden. Über etwa 100 verläuft die Trasse zunächst über die begrünte Parkfläche südlich des Hallenbads und abschließend auf 150 m Länge über die bestehende Straße Ostring. Im Anschlussbereich zur Rietberger Straße ist wiederum die Anlage eines Kreisverkehrs vorgesehen.

Die Straße soll einen Ausbau mit einer insgesamt etwa 8 m breiten Fahrbahn erhalten. Auf der Nordseite soll straßenparallel ein Radweg verlaufen, der im Abschnitt zwischen der Zufahrt zum Parkplatz der Sportanlagen und den Anschuss Ostring bereits vorhanden ist. In Teilabschnitten ist die Anlage von Straßenseitengräben geplant.

Zur Überführung über die Ems ist die Errichtung eines Brückenbauwerkes erforderlich. Die Brücke soll eine lichte Weite von 43,5 m und eine lichte Höhe von etwa 3 m aufweisen. Im Nahbereich der beiden Emsufer ist jeweils die Errichtung eines Brückenpfeilers vorgesehen, die Breite der Ems beträgt hier bei mittlerem Wasserstand etwa 14 m. Die Brücke überspannt auch den auf der Ostseite der Ems verlaufenden Radweg und entspricht etwa dem Aufbau der bestehenden Radwegbrücke. Die ehemalige Bahnbrücke ist abgebaut, hier sind die beiden ufernahen Brückenpfeiler noch vorhanden.

Entlang des Geländes der Brüder-Grimm-Schule ist zu beiden Seiten der Straße die Errichtung eines Lärmschutzwalles von etwa 180 m Länge vorgesehen. Auch im Abschnitt zwischen der Volmarstraße und der Ems soll im Übergang zur südlich angrenzenden Wohnbausiedlung ein Lärmschutzwall entstehen (ca. 350 m Länge).

In der Fläche der ehemaligen Bahntrasse ist der Damm bis zur Oberfläche der Gleisschotter noch erhalten, die Gleise und Bahnschwellen wurden entfernt. Die Fläche ist mit Dornen und Buschwerk bewachsen und in Teilabschnitten nicht mehr zugänglich. Die Trasse ist westlich der Ems weitgehend dem Niveau des angrenzenden Geländes angepasst. Östlich der Ems verlaufen die Bahntrasse sowie der bahnparallel angelegte Radweg auf einem bis zu 2 m hohen Damm.

Das umgebende Gelände weist insgesamt eine sehr flache Oberflächengestalt auf. Das Niveau der Geländeoberfläche liegt in dem Abschnitt zwischen der Lippstädter Straße und dem westlichen Ufer der Ems etwa zwischen 73,0 und 74,2 m ü NN. Im Bereich der Emsniederung liegt das Oberflächen-niveau bei etwa 71,6 m ü NN und steigt bis zum Ostring relativ gleichmäßig auf etwa 73,8 m ü NN an.

Die geologische Situation ist charakterisiert durch pleistozäne (eiszeitliche) Ablagerungen, die nach Angaben der geologischen Karte im Nahbereich der Ems von holozänen (nacheiszeitlichen) Sedimenten der Emsaue überlagert werden. Unter den unverfestigten pleistozänen Ablagerungen lagern die Gesteine der Oberkreide. Die geologische Karte weist Tonmergel- und Sandmergelsteine des Untercampan aus, die in geringer Entfernung westlich und nordwestlich der Planungstrasse zutage treten.

3. Untersuchungsumfang

Zur Erkundung der Boden- und Grundwasserverhältnisse wurden entlang der geplanten Straße insgesamt 8 Rammkernsondierbohrungen (RKS 1 bis RKS 8, $\varnothing = 50 - 60$ mm) bis in Tiefen von jeweils 3 m durchgeführt. Im Nahbereich der Ems wurden die Rammkernsondierungen bis in 8 m unter der Geländeoberfläche vertieft.

Zusätzlich wurden zur Ermittlung der Konsistenzen bzw. der Lagerungsdichten des Untergrundes sechs Sondierungen mit der schweren Rammsonde gemäß DIN 4094 (DPH 1 bis DPH 6) durchgeführt. Die schweren Rammsondierungen wurden entlang der Trasse bis in 3 m Tiefe und im Bereich der geplanten Emsbrücke bis in maximal 10 m Tiefe niedergebracht. Die Durchführung der Bohrungen erfolgte am 17. und 22.07.2014.

Zur Ermittlung der Bodenkennwerte erfolgten im bodenmechanischen Labor Untersuchungen hinsichtlich der Kornverteilungen (Nasssiebungen und kombinierte Sieb-/Schlammanalysen). Organische Böden wurden hinsichtlich der Glühverlustanteile überprüft.

In Ergänzung zu den bereits im Jahr 2001 entlang der Bahntrasse durchgeführten Untersuchungen zur abfallwirtschaftlichen Beurteilung des Gleisschotters wurden in dem Planungsabschnitt nochmals zwei Mischproben entnommen, die auf die Parameter gemäß LAGA-RCL Tab. II.1.4-5/6 überprüft wurden. Zusätzlich wurde auch dem Material des Radweg-Damms auf der Ostseite der Ems eine Probe entnommen, die auf die Parameter gemäß LAGA einschl. Restparameter gemäß Deponieverordnung untersucht wurde.

4.1 Bodenaufbau

Die Ergebnisse der Geländeuntersuchungen sind dem Gutachten in den Profildarstellungen der Anlagen 2 und 3 beigelegt. Die Positionen der Bohransatzpunkte sind in dem Lageplan der Anlage 1 markiert. Folgende Böden werden unterschieden.

- Für den Bahndamm bestätigen die Bohrungen RKS 3 und RKS 5 den bereits vorab ermittelten Aufbau hinsichtlich der Mächtigkeit der Bahnschotter von etwa 0,25 m. Die vorab durchgeführten Baggerschürfe wiesen entlang der Trasse eine wechselnde Mächtigkeit des Bahnschotters von 0,25 bis 0,6 m nach. Die Bahnschotter werden von einer Packlage aus groben Natursteinen von bis zu 0,5 m Kantenlänge unterlagert, die in einer Schichtdicke von bis zu 0,20 m eingebaut wurde. Die Groblage wurde durch die Rammkernsondierungen nicht erfasst.
Die Bohrung RKS 4 erfasst den Aufbau des Radwegdammes auf der Ostseite der Ems. Der Damm besteht hier unter der Oberflächenbefestigung (Betonpflaster) aus einem heterogenen Boden- und Bauschuttgemisch von 1,3 m Mächtigkeit (RKS 4).
Auch im Uferbereich der Ems werden die oberen 4 Dezimeter als künstliche Auffüllungen beurteilt, die hier aus kiesigen Sand-Schluff-Gemischen bestehen.
- Der humose Oberboden wurde durch die Bohrungen RKS 6 bis RKS 8 erfasst und besteht hier jeweils aus dunkelgrauen z.T. schwach schluffigen Sanden von bis zu 0,5 m Mächtigkeit.
- Im unmittelbaren Nahbereich der Ems sowie in der Niederung auf der östlichen Fluss-Seite werden die oberen geogenen Böden als nacheiszeitliche Ablagerungen der Flussaue beurteilt. Es handelt sich um Wechsellagerungen von Torfen, torfigen Sanden und torfigen Schluffen (HN, OH, OU). Im Nahbereich der Ems wurde eine Lage aus konzentriertem Torf von 0,8 m Mächtigkeit aufgeschlossen. Die Torfe und torfigen Schluffe weisen eine weiche bis breiige Konsistenz auf, die mit Pflanzenhäcksel durchsetzten Sande sind „sehr locker“ gelagert. Im westlichen Uferbereich erstreckt sich die nacheiszeitliche Wechsellagerung bis in ein Niveau von 68,60 m ü NN (RKS 1) und im östlichen Uferbereich bis in 69,6 m ü NN (RKS 2). Die Bohrung RKS 6 weist auch am Nordostrand der Planungstrasse noch bis in ein Niveau von etwa 70,2 m ü NN nacheiszeitliche organische Böden nach.
- Auf der Westseite der Ems werden die oberen geogenen Böden von glazialen Sanden, Sand-Schluff-Gemischen und Schluffen gebildet. In den etwas höheren Bereichen des mittleren

Abschnittes überwiegen oberflächennah zunächst eng gestufte bis schwach schluffige Fein- bis Mittelsande, die Vorschüttandsen oder Niederterrassen zugeordnet werden (SE, SU). Mit zunehmender Tiefe treten Einschaltungen von lößähnlichen kalkigen Schluffen und Sand-Schluffgemischen auf (UL, TL, TM, SU*). Auf der Westseite der Planungstrasse erstrecken sich die glazialen Ablagerungen nur bis in eine Tiefe von etwa 1,5 m (RKS 7 und RKS 8). Im Nahbereich der Ems weisen die Bohrungen RKS 1 und RKS 2 noch bis in 8 m Tiefe eiszeitliche Sande und Schluffe nach, die hier hohe Lagerungsdichten bzw. vorwiegend halbfeste Konsistenz aufweisen. Die Abfolge wird hier frühsaalezeitlichen Ablagerungen des sogenannten "oberen Schneckensand" zugeordnet, die Zwischenlagen von Lößablagerungen enthalten.

- Im westlichen Bereich der Planungstrasse werden die glazialen Ablagerungen in geringer Tiefe von einem plastischen Gemisch aus Ton und Schluff grauer bis brauner Farbe unterlagert (UM, TM, TL, UL). Hierbei handelt es sich um den Verwitterungshorizont des unterlagernden Festgesteins, das an der Oberfläche zu einem plastischen bindigen Material replastifiziert wurde. In den oberen etwa 10 bis 20 cm weist der bindige Boden meist eine weiche bis steife Konsistenz auf und enthält keinen Kalk (Verwitterungslehm). Nach unten geht die Konsistenz dann in steif bis halbfest über und das zunehmend grusige Material weist deutliche Kalkanteile auf (Verwitterungsmergel). Nach wenigen Dezimetern wechselt der Verwitterungsmergel zu dem Felszersatz des unterlagernden Gesteins, einem Ton- und Kalkmergelstein grauer und brauner Farben. In dem Felszersatz war nur noch ein erschwerter, sehr langsamer Bohrvortrieb zu erzielen.

Der Gesamtaufbau wird entlang der Planungstrasse so beurteilt, dass die Basis der unverfestigten quartären Ablagerungen auf der Westseite bereits in geringer Tiefe von etwa 72,0 m ü NN liegt und nach Osten deutlich, auf ein Niveau von unter 64,0 m ü NN abfällt. Die überlagernden Böden bestehen aus glazialen Sanden und Schluffen, die im Nahbereich der Ems zunächst nacheiszeitlich erodiert und später durch organische Sedimente der Flussaue überlagert wurden.

Im Hinblick auf das vorgesehene Straßenbauvorhaben lässt der Untergrund aufgrund der stark wechselnden Bodentypen uneinheitliche Baugrundverhältnisse erwarten.

Westlich der Ems stellen die im Bereich der Bahntrasse oberflächennah vorhandenen Sande keine grundsätzlich kritischen Bodenarten dar. Dies gilt grundsätzlich auch für den Bereich zwischen der Lippstädter Straße und dem Anschluss an die Bahntrasse. Östlich der Ems ist bis zum Anschluss an die Straße Ostring mit oberflächennahen organischen Böden zu rechnen, die im Hinblick auf die Straßenplanung grundsätzlich als kritischer Untergrund zu bewerten sind.

Die in den Bohrungen aufgeschlossenen Böden waren nach Farbe und Geruch unauffällig. Hinweise auf mögliche Belastungen des Untergrundes durch eingedrungene Schadstoffe liegen nicht vor. Hinsichtlich der Erdbaumaßnahmen ist zu beachten, dass die Gleisschotter sowie die an anderer Stelle örtlich vorhandenen Bodenauffüllungen bodenfremde Anteile wie Bauschutt oder Schlacken enthalten.

4.2 Schwere Rammsondierungen

Durch die schweren Rammsondierungen werden Lagerungsdichten und Konsistenzen der Böden ermittelt. Die angegebenen Schlagzahlen (N_{10}) entsprechen der Anzahl der Schläge, die notwendig sind, um die Sonde 10 cm in den Untergrund zu rammen.

Durch geringe Schlagzahlen von $N_{10} < 2$ belegen die schweren Rammsondierungen für die nacheiszeitlichen organischen Böden im Nahbereich Ems meist „sehr lockere“ Lagerungsdichten und überwiegend „weiche bis breiige“ Konsistenz.

Etwas höhere Rammwiderstände sind für die oberflächennahen Sande festzustellen, so dass entlang der Bahntrasse und der westliche anschließenden quartären Sande von lockeren bis mitteldichten Lagerungen auszugehen ist.

Im unmittelbaren Nahbereich der Ems sind in dem pleistozänen Untergrund hohe Rammwiderstände nachzuweisen, die mitteldichte bis dichte Lagerungen der Sande und weitgehend steife bis halb feste Konsistenz der feinkörnigen Schichten belegen ($N_{10} = 4 - 25$).

Auch in den oberen Schichten des Felsersatz nehmen die Widerstände mit der Tiefe rasch zu, so dass unterhalb von etwa 2,5 m Tiefe bereits eine halb feste bis feste Konsistenz vorliegt (DPH 6).

4.3 Grundwasserverhältnisse

In den Bohrlöchern waren die nachfolgend genannten Pegelstände einzumessen:

Bohrung	GW m ü NN	GW m u Geländeoberfläche
RKS 1	71,23	0,40
RKS 2	71,24	0,49
RKS 3	71,36	2,38
RKS 4	71,37	2,48
RKS 5	71,43	2,44
RKS 6	71,69	1,03
RKS 7	72,55	0,53
RKS 8	72,46	1,10

Die Grundwasserstände steigen zu beiden Seiten der Ems mit zunehmendem Abstand um wenige Dezimeter an, so dass hier die Grundwasseroberfläche hier am 17.07.2014 zwischen etwa 71,23 und 71,69 m ü NN lag. Westlich der Bahntrasse waren deutlich höhere Grundwasserstände von 72,46 bis 72,55 m ü NN festzustellen. Hier werden die höheren Pegelstände als Schichtwasseranreicherungen über der abdichtenden Oberfläche des tonigen Verwitterungslehms beurteilt. Am 22.07.2014 waren im Bereich der Wiese ausgedehnte Vorkommen von Oberflächenwasser anzutreffen.

Zu möglichen Schwankungen der Grundwasserstände liegen keine genauen Erkenntnisse vor. Der Nahbereich der Ems ist bis zur Straße Ostring als potentielles Hochwasser- bzw. Überflutungsgebiet ausgewiesen. Dies gilt auch für den unmittelbaren Nahbereich des Hamelbaches.

4.4 Korngrößenverteilung

Im Bereich der geplanten Emsbrücke wurden aus dem Tiefenabschnitt von 3,3 bis 7,5 m vier Bodenproben hinsichtlich der Korngrößenzusammensetzung untersucht. Zusätzlich erfolgte die Überprüfung der Kornverteilungen von zwei Bodenproben aus dem sandigen Untergrund des Bahndammes.

Probe	Bezeichnung nach DIN 4022	Bezeichnung nach DIN 18 196
RKS 1 (3,30 - 4,0 m)	Schluff, feinsandig, schwach tonig	UL, TL
RKS 1 (4,80 - 5,50 m)	Feinsand, Schluff	UL
RKS 1 (6,90 - 7,50 m)	Mittelsand, stark feinsandig	SE
RKS 2 (3,90 - 4,80 m)	Schluff, stark feinsandig	UL, TL
RKS 3 (1,20 - 1,60 m)	Fein- bis Mittelsand, schluffig	SU*
RKS 5 (0,80 - 1,20 m)	Fein- bis Mittelsand, schluffig	SU*

Für die Proben ließen sich aus den Summenkurven folgende Durchlässigkeitsbeiwerte ermitteln:

RKS 1 (3,30 - 4,0 m) $k_f = 5,7 \times 10^{-8}$ m/s

RKS 1 (4,80 - 5,50 m) $k_f = 9,2 \times 10^{-7}$ m/s

RKS 1 (6,90 - 7,50 m) $k_f = 2,2 \times 10^{-4}$ m/s

RKS 2 (3,90 - 4,80 m) $k_f = 2,6 \times 10^{-7}$ m/s

Die Böden aus der glazialen Wechselfolge weisen unterschiedliche Kornspektren nach, die eng gestuften Sanden, leichtplastischen löbtypischen Schluffen und Sand-Schluffgemischen entsprechen.

Aus den Summenkurven waren Durchlässigkeitsbeiwerte im Spektrum von $k_f = 2,2 \times 10^{-4}$ m/s bis $5,7 \times 10^{-8}$ m/s zu ermitteln.

Rechnerisch war für die im Bereich der Bahntrasse oberflächennah entnommenen Sande aus der Summenkurve keine Durchlässigkeit zu ermitteln, da Feinkornanteile von über 20 % festzustellen waren, die im Rahmen der erfolgten Nass-Siebung nicht aufgeschlüsselt wurden. Die Durchlässigkeit wird hier auf ein Spektrum von $k_f = 1$ bis 5×10^{-5} m/s geschätzt.

4.5 Organische Bestandteile

Gestörte Bodenproben aus vier der augenscheinlich mit organischem Material angereicherten Bodenschichten wurden nach DIN 18129 hinsichtlich der Glühverlustanteile untersucht. Hierbei wurden im bodenmechanischen Labor folgende Resultate erzielt:

Probe / Bohrung	Entnahmetiefe	Glühverlust V_{gl}	Wassergehalt
P 1 / RKS 1	1,0 - 1,4 m	17,55 %	136,35 %
P 2 / RKS 1	2,4 - 3,0 m	21,23 %	141,80 %
P 3 / RKS 2	1,0 - 2,0 m	9,04 %	50,27 %
P 4 / RKS 6	1,6 - 2,1 m	11,36 %	52,86 %

Glühverlustanteile von 9,04 bis 21,23 % markieren Böden, die erhebliche Gehalte an organischen Bestandteilen aufweisen. Zu berücksichtigen ist, dass die ermittelten Gewichtsanteile aufgrund des geringen spezifischen Gewichtes der organischen Komponenten auf einen weitaus höheren Volumenanteil hinweisen. Die Untersuchungsergebnisse bestätigen für die Zwischenlagen mit organischen Bestandteilen die Bezeichnung „Torf“. Die ermittelten, zum Teil sehr hohen Wassergehalte ergeben sich durch den Bezug auf die Trockensubstanz und kennzeichnen typische Anteile organischer Böden.

4.6 chemische Untersuchungen zur Abfallbewertung

Der Gleisschotter und die gleisunterlagernden Böden wurden im Jahr 2001 hinsichtlich der Belastungen durch bahntypische Herbizide sowie durch PAK untersucht. Relevante Belastungen des Gleisschotters und des unterlagernden sandigen Untergrundes waren nicht festzustellen. Hinsichtlich der ermittelten PAK-Gesamtgehalte von unter 3 mg/kg ist der Schotter nach Abgleich mit den Zuordnungswerten gemäß LAGA 2004 in die Kategorie Z 0 einzustufen.

Dem Gleisschotter wurden im August 2014 zusätzlich 6 Proben entnommen, die zu zwei Mischproben zusammengefasst wurden. Die Lage der Schotter-Probenahmen geht aus dem Lageplan der Anlage 1 hervor. Die Analyse erfolgte auf die Parameter gemäß LAGA-Recyclingbaustoffe einschließlich der Schwermetalle im Feststoff. Als Ergebnis ist festzustellen, dass der Gleisschotter der westlichen Mischprobe schwach erhöhte Gehalte an Nickel (120 mg/kg) und Chrom (82 mg/kg) aufweist. Die entsprechenden Schwermetalle waren aber im Eluat der Mischprobe nicht nachzuweisen. Hinsichtlich der organischen Feststoffgehalte und der Eluatkonzentrationen ist das Material der Kategorie Z 0 zuzuordnen. Das Material der Mischprobe MP 2 ist hinsichtlich der untersuchten Eluat- und Feststoffparameter durchgehend der Kategorie Z 0 zuzuordnen.

Das auf der Ostseite der Ems aufgeschlossene Material des Radwegdammes wurde auf die Parameter gemäß LAGA und Deponieverordnung überprüft (RKS 4, 0 - 1,3 m). Die Ergebnisse sind in dem Laborbericht der Anlage 5.2 aufgelistet (Feststoffprobe). Zusammenfassend ist ein erhöhter Gehalt an PAK von insgesamt 32,5 mg/kg festzustellen. Die PAK-Gehalte werden hier auf bodenfremde Bestandteile der Radweg-Dammschüttung zurückgeführt, die vermutlich kritische Bestandteile wie Schlacken oder fein verteilte Aschereste enthält. Aufgrund der Überschreitung des PAK-Zuordnungswertes von 30 mg/kg der Kategorie Z 2 kann das Material des Radwegdammes nicht vor Ort wiederverwendet werden.

5. Bautechnische Beurteilung der Böden

Im Hinblick auf die Straßenbaumaßnahmen stehen die Baugrundeigenschaften der oberflächennahen Böden im Vordergrund, die westlich der Ems vorwiegend aus tragfähigen Sanden bestehen. Im Nahbereich der Ems und auf der Ostseite sind die hier anstehenden organischen Bodenarten zu beachten, die einen nicht tragfähigen und setzungsempfindlichen Untergrund darstellen.

Die angetroffenen Böden werden nach Beurteilung im Gelände gemäß DIN 18 196 für Bodengruppen und DIN 18 300 für Bodenklassen wie folgt eingeordnet:

Bodenbeschreibung	Bodenart	Bodengruppe	Bodenklasse
Mutterboden	S, h, (u')	OH	1
holozäne Ablagerungen			
Sande, locker, torfig	fS - mS, h (u')	SE, SU / OH	3 / 2
Schluffe, Sand-Schluffgem. torfig	U, S, h	OU	2
Torf	H, s, u	HN	2
pleistozäne Sande			
Sande, z.T. schwach schluffig	fS- mS, (u', g')	SE, SU	3
Schluff, sandig, schwach tonig,	U, s, t'	UL, TL, TM	4
Sand-Schluffgemische	U, S,	UL, SU*	4
Kreidemergel			
Ton, Schluff, Verwitterungslehm	T, U, g	UM, TM, UL, TL	4
Verwitterungsmergel			
Tonmergelstein, Felszersatz	ZV, Z (Tst, Mst)		6 (7)

Für die baugrundrelevanten Böden werden folgende charakteristische Kennwerte genannt:

Sande, torfig; Auenablagerungen

SE, OH

Lagerungsdichte

sehr locker

Wichte

$\gamma = 17 - 19 \text{ kN/m}^3$

Wichte unter Wasser

$\gamma' = 9 - 19 \text{ kN/m}^3$

Reibungswinkel

$\phi' = 27,5 - 30^\circ$

Kohäsion

$c' = 0 \text{ kN/m}^2$

Steifemodul

$E_s = 12 - 20 \text{ MN/m}^2$

Durchlässigkeitskoeffizient

$k_f \sim 1 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$

Frostempfindlichkeitsklasse

OH: F 2 (gering bis mittel frostempfindlich)

Schluffe, Sand-Schluffgemische, torfig; Auenablagerungen

OU

Konsistenz

breiig bis weich

Wichte

$\gamma = 16 - 17 \text{ kN/m}^3$

Wichte unter Wasser

$\gamma' = 6 - 17 \text{ kN/m}^3$

Reibungswinkel

$\phi' = 17,5 - 20^\circ$

Kohäsion

$c' = 0 \text{ kN/m}^2$

Steifemodul

$E_s = 1 - 8 \text{ MN/m}^2$

Durchlässigkeitskoeffizient

$k_f \sim 1 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-8} \text{ m/s}$

Frostempfindlichkeitsklasse

F 3 (stark frostempfindlich)

Torf, sandig; Auenablagerungen

HN

Wichte	$\gamma = 11 - 15 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Wasser	$\gamma' = 1 - 5 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel	$\phi' = 15^\circ$
Steifemodul	$E_s = 0,3 - 3 \text{ MN/m}^2$
Kohäsion	$c' = 0 - 10 \text{ kN/m}^2$
Durchlässigkeitskoeffizient	$k_f \sim 1 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$
Frostempfindlichkeitsklasse	F 3 (stark frostempfindlich)

Sande, z.T. schwach schluffig, Pleistozän

SE, SU

Lagerungsdichte	locker	mitteldicht - dicht
Wichte	$\gamma = 18$	$\gamma = 18 - 20 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Wasser	$\gamma' = 10$	$\gamma' = 10 - 12 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel	$\phi = 30^\circ$	$\phi = 32,5^\circ - 35^\circ$
Steifemodul	$E_s = 15 - 40 \text{ MN/m}^2$	$E_s = 40 - 70 \text{ MN/m}^2$
Kohäsion	$c' = 0 \text{ kN/m}^2$	
Durchlässigkeitskoeffizient	$k_f \sim 1 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$	
Frostempfindlichkeitsklasse	F 1 (nicht frostempfindlich)	

Schluffe, sandig, schwach tonig, Pleistozän

UL, TL, UM, TM

Konsistenz	steif	halbfest	fest
Wichte	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	$\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$	$\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Wasser	$\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$	$\gamma' = 11 \text{ kN/m}^3$	$\gamma' = 12 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel	$\phi' = 25 - 27,5^\circ$	$\phi' = 25 - 27,5^\circ$	$\phi' = 25 - 27,5^\circ$
Kohäsion	$c' = 2 \text{ kN/m}^2$	$c' = 2 - 5 \text{ kN/m}^2$	$c' = 5 - 7 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul	$E_s = 10 - 15 \text{ MN/m}^2$	$E_s = 12 - 20 \text{ MN/m}^2$	$E_s = 15 - 30 \text{ MN/m}^2$
Durchlässigkeitskoeffizient	$k_f \sim 1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-9} \text{ m/s}$		

Verwitterungsmergel

TM, UM, TL, UL

Konsistenz	weich - steif	steif - halbfest
Wichte	$\gamma = 19 - 20,5 \text{ kN/m}^3$	$\gamma = 19 - 21 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Wasser	$\gamma' = 9 - 10,5 \text{ kN/m}^3$	$\gamma' = 9 - 11 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel	$\phi' = 22^\circ - 27^\circ$	$\phi' = 22^\circ - 27^\circ$
Kohäsion	$c' = 0 - 5 \text{ kN/m}^2$	$c' = 5 - 10 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul	$E_s = 5 - 12 \text{ MN/m}^2$	$E_s = 8 - 25 \text{ MN/m}^2$
Durchlässigkeitskoeffizient	$k_f = 10^{-7} - 10^{-9} \text{ m/s}$	

Felsersatz / Tonmergelstein, Kalkmergelstein, angewittert

Wichte	$\gamma = 22 - 24 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Wasser	$\gamma' = 12 - 14 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel	$\phi' = 30 - 37^\circ$
Kohäsion	$c' = 0 - 100 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul	$E_s = 40 - 250 \text{ MN/m}^2$

6. Allgemeine Hinweise zu Planung und Bauausführung

Frostsicherheit

Die oberflächennahen Sande werden entlang der Bahntrasse sowie in den westlich anschließenden Bereichen überwiegend den Bodengruppen SE und SU zugeordnet, die als nicht frostempfindlich einzustufen sind. Die frostfreie Sandschicht kann örtlich ausdünnen, so dass dann unterlagernde Sande mit Schluffgehalten von > 15 % den Straßenuntergrund bilden. Böden der Gruppe SU* sind gemäß ZTVE in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 einzustufen.

Es wird empfohlen den Aufbau der neuen Straße so zu planen, dass die Gesamtmächtigkeit des frostfreien Aufbaus den Anforderungen für die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 gemäß RStO genügt. Unter Berücksichtigung einer Belastungsklasse Bk1,0 bis Bk3.2 und der vorherrschenden „ungünstigen Wasserverhältnisse“ erfordert die die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 gemäß RStO eine Mindestdicke des frostfreien Aufbaus von 65 cm.

Wiederverwendung von ausgehobenem Erdreich

Der in begrenzten Teilabschnitten abzuschiebende organische Oberboden eignet sich nicht zur Wiederverwendung in Bereichen höherer Belastungsanforderungen und kann an anderer Stelle als kulturfähiger Mutterboden wiederverwendet werden.

Soweit die unter dem Mutterboden anstehenden sandigen Böden als Aushub vorliegen, kann das trag- und verdichtungsfähige Material generell vielseitig wiederverwendet werden.

Zu beachten ist die bei erhöhten Schluffanteilen auftretende Frostempfindlichkeit.

Im Zuge der Neugestaltung des bisherigen Bahnabschnittes können die hier zu erwartenden Gleisschotter sowie die unterlagernden Packlagen und Sande so wiederverwendet werden, dass ein Einsatz im Niveau vorgesehener Frostschutzschichten oder zur Einebnung des Straßenuntergrundes erfolgt. Die weitgehende Wiederverwendung der vorhandenen Materialien ist anzustreben.

Hinsichtlich der bodenmechanischen Eigenschaften ist die geringe Kornabstufung des Gleisschotters und auch der Packlagen zu beachten, so dass ein Einsatz als obere Lage der Schottertragschicht nicht zu empfehlen ist.

Hinsichtlich der Abfallbewertung nach LAGA kann das Material des vorhandenen Bahndammes auf Grundlage der vorgenommenen Analysen grundsätzlich für den Straßenunterbau oder im Horizont ungebundener Tragschichten wiederverwendet werden (Z 0 - Z 1).

Im Gegensatz dazu ist das Material des Radwegdamms östlich der Ems aufgrund der PAK-Gesamtgehalte von > 30 mg/kg nicht zur Wiederverwendung vor Ort zugelassen. Soweit das Material des

Radwegdammes als Aushub vorliegt, ist eine geeignete Verwertung auf einer zugelassenen Deponie vorzunehmen. Die Vorgehensweise zum Wiedereinbau des Gleisschotters und der anderen fremdmaterialhaltigen Böden ist mit der unteren Abfallbehörde des Kreises Gütersloh abzustimmen.

Soweit die in tieferen Bodenbereichen anstehenden feinkörnigen Böden, der Verwitterungslehm im westlichen Abschnitt oder die im tieferen emsnahen Untergrund anstehenden Schluffe und Sand-Schluffgemische örtlich als Aushub vorliegen sollten, ist die die unzureichende Verdichtungsfähigkeit der bindigen Bodenarten zu beachten. Eine Wiederverwendung sollte nur in Bereichen erfolgen, die erhebliche nachträgliche Setzungen zulassen. Dies gilt auch für die im Nahbereich der Ems ggf. als Aushub anfallenden organischen Böden.

Wasserhaltung / Baugruben

Im westlichen Planungsabschnitt ist im Bereich der Weideniederung zu beachten, dass die Straßenbauarbeiten nach Phasen anhaltender Niederschläge einen erheblichen Aufwand zur Entwässerung der Planungsfläche erfordern können. Hier ist anzustreben, die Bauarbeiten möglichst in trockener Jahreszeit durchzuführen. Starke Niederschläge können hier kurzfristig zur Ausbildung anhaltender Ansammlungen von Oberflächenwasser führen. Für nicht kettengetriebene Baufahrzeuge wechseln die freigelegten Böden bei Wassersättigung rasch in einen unpassierbaren Zustand über. In dem westlichen Niederungsbereich empfiehlt es sich daher, schon für die ersten Erdbaumaßnahmen wirkungsvolle Einrichtungen zur Entwässerung der Oberflächen anzulegen (Drainagen, Seitengräben).

Die Anlage von Baugruben ist nach vorliegender Planung nicht vorgesehen. Sollten dennoch Tiefbau-maßnahmen zur Verlegung von Versorgungsleitungen oder Entwässerungskanälen erforderlich werden, können Baugruben im Niveau der sandigen Bodenschichten grundsätzlich im Winkel von $< 50^\circ$ abgebösch werden, sofern die angeschnittenen Bodenschichten keine Wassersättigung aufweisen (Wasserhaltung). In dem Verwitterungslehm steifer bis halbfester Konsistenz und in dem unterlagernden Felsersatz können steilere Böschungen angelegt werden ($< 60^\circ$).

Im Niveau der wassergesättigten Sande erfordern Tiefbauarbeiten Maßnahmen zur geschlossenen Grundwasserhaltung. Hierzu empfiehlt sich der Einsatz von Vakuumfilteranlagen (Sauglanzen).

Ableitung der Niederschlagswassers / Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

Im mittleren Abschnitt der Planungsfläche kann das Niederschlagswasser der Straßenoberfläche entlang der Bahntrasse grundsätzlich straßenparallel verlaufenden Mulden zugeführt werden. Die hydrogeologische Situation lässt hier unter Berücksichtigung der oberflächennah anstehenden Sande und des ausreichenden Flurabstandes eine Versickerung über Einrichtungen mit belebter Bodenzone grundsätzlich zu.

In dem Bereich zwischen der Ems und der Straße Ostring sind die Möglichkeiten zur Beseitigung des Niederschlagswassers aufgrund der geringen Flurabstände und der Hochwassergefährdungen grundsätzlich eingeschränkt.

Dies gilt auch für den westlichen Abschnitt zwischen der Bahntrasse und der Lippstädter Straße, in dem geringe Flurabstände und eine Neigung zu anhaltenden Ansammlungen von Oberflächenwasser vorherrschen. Hier sollte das Regenwasser Anlagen zur Rückhaltung und Klärung zugeführt werden. Im Einvernehmen mit der zuständigen Unteren Wasserbehörde ist zu klären, ob eine Versickerung von Niederschlagswasser in Teilabschnitten entlang fahrbahnparallel angelegter Mulden unter Berücksichtigung der hydrogeologischen Gegebenheiten erfolgen kann.

7. Empfehlungen zu bautechnischen Maßnahmen; Straßenbau

Zu dem vorgesehenen Niveau der Straßenoberfläche lagen noch keine exakten Angaben vor. Es wird angenommen, dass in den Bereichen der vorhandenen Bahntrasse ein weitgehend höhengleicher Ausbau angestrebt wird. Westlich der Bahntrasse ist in der feuchten Niederung der Wiesenfläche die Aufschüttung eines Straßendamms von bis zu 1,0 m Höhe zu empfehlen.

Eine höhere Dammschüttung von bis zu etwa 2 m wird in dem Abschnitt zwischen der Emsbrücke und dem Ostring erforderlich.

Dammaufschüttungen

Im westlichen Abschnitt zwischen der Lippstädter Straße und der Bahntrasse kann nach Abtrag der vorhandenen organischen Oberböden und bei Aufschüttungsdicken von über 0,3 m davon ausgegangen werden, dass eine ausreichende Standfestigkeit des Straßenuntergrundes hergestellt werden kann. Die Aufschüttungen sollten hinsichtlich der Beschaffenheit des verwendeten Materials und der Einbauqualität die ausreichende Standsicherheit für den frostfreien Aufbau gewährleisten ($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$). Liegt in den zuvor freigeschobenen Aushubsöhlen ein stark wasserbeeinträchtiger Boden vor, so ist zu erwägen, das Auffüllungsmaterial mit einem Geovlies der Qualität GRK 3 zu unterlegen.

Im Bereich zwischen der Ems und dem Ostring ist hinsichtlich erforderlicher Dammaufschüttungen zu beachten, dass der Untergrund hier aus organischen Böden besteht, die durch die Auflast des Dammes noch nachträgliche Konsolidationssetzungen erwarten lassen. Der vollständige Ausbau der organischen Böden würde hier einen erheblichen Bodenaustausch bis in ein Niveau von etwa 69 - 70 m ü NN erfordern. Hier wird empfohlen, die setzungsempfindlichen organischen Böden im Untergrund zu belassen, und den Straßenaufbau so anzulegen, dass in geringem Maße nachträgliche Konsolidationssetzungen des Dammuntergrundes hingenommen werden. Gefährdet ist vor allen der bisher nicht vorbelastete Bereich zwischen dem bestehenden Radwegdamm und dem Ostring. Um nachträgliche Setzungen zu minimieren wird empfohlen, in dem betreffenden Bereich frühzeitig Bodenhaufwerke anzulegen, die das Setzungspotential des organischen Untergrundes bereits im Vorfeld durch Überschüttung weitgehend ausschöpfen.

Höhengleicher Ausbau

Im Bereich des Bahndammes sind die vorhandenen Gleisschotter zur Freilegung des Straßenuntergrundes zunächst weitgehend abzutragen. In Teilabschnitten vorhandener Seitengräben sowie an den Rändern der Bahntrasse sind zur Herstellung des Planums vermutlich Verfüllungen vorzunehmen.

Die vorhandenen Materialien, Gleisschotter, Packlagen sowie der sandige Untergrund können zur Herstellung des Straßenuntergrundes grundsätzlich wiederverwendet werden. Für den ungebundenen Straßenaufbau sind vorzugsweise die frostfreien Gleisschotter einzusetzen. Die obere Lage der ungebundenen Tragschicht sollte in einer Mächtigkeit von mindestens 20 cm aus abgestuftem Brechkorngemisch bestehen.

8. Empfehlungen zur Gründung der Emsbrücke

Die im Bereich der Brücke über die Ems festgestellten Bodenverhältnisse gehen aus der zusammengefassten Profildarstellung in Anlage 3.3 hervor. Die beiden Aufschlussbohrungen erfassen hier bis in ein Niveau von 68,5 m ü NN organische Böden, die keinen ausreichend tragfähigen Untergrund darstellen. Die unterlagernden glazialen Schluffe weitgehend steifer bis halbfester Konsistenz sowie die mitteldicht bis dicht gelagerten Sande lassen dagegen für den Lastabtrag der Brückenfundamente gute Baugrundeigenschaften erwarten. Die Quartärbasis wurde durch die Bodenaufschlüsse nicht erfasst, es wird aber angenommen, dass der Übergang zu dem unterlagernden Verwitterungslehm und dem Fels bzw. Felsersatz der Mergelgesteins in geringer Tiefe unterhalb der aufgeschlossenen Böden erfolgt.

Die Gründung der Brücke kann alternativ über Gründungskörper die im Übergangsniveau zu den pleistozänen Böden bei etwa 68,5 m ü NN gründen, oder über tiefer einzubringende Gründungselemente wie Spundwände oder Pfähle erfolgen.

Gründung auf Fundamenten

Die Gründung der Widerlager auf Fundamenten wäre auf der Westseite bis in den mindestens steifkonsistenten Schluff (68 m ü NN) und auf der Ostseite bis in den mitteldicht gelagerten Sand im Niveau von ca. 69 m ü NN herunterzuführen.

In der genannten Tiefe wird für die zulässige Bodenpressung (aufnehmbarer Sohldruck nach DIN 1054, 2005) ein Maß von $\sigma = 250 \text{ KN/m}^2$ genannt. Der Bemessungswert des Sohlwiderstandes wird mit $\sigma_{R,d} = 350 \text{ KN/m}^2$ angegeben. Nach überschlägig durchgeführten Setzungsberechnungen ergeben sich dann rechnerisch ermittelbare Setzungen von $< 0,5 \text{ cm}$.

Die Vorgehensweise zur oberflächennahen Gründung auf Brückenwiderlagern erfordert die Herstellung von Baugruben und somit Maßnahmen zu Verbau und Wasserhaltung. Auf der westlichen Flussseite wäre für den Gründungskörper dann eine etwa 3,5 m tiefe Baugrube herzustellen. Das Grundwasser ist bis auf das Niveau von etwa 0,4 m unter den Baugrubensohlen abzusenken. Dies erfordert, je nach jahreszeitlich bedingtem Grundwasserstand eine Absenkung um etwa 3,2 bis 3,6 m. Aufgrund der Nähe zum Flussbett empfiehlt sich für die Baugruben ein Verbau mit einer geschlossenen Spundwand.

In den baugrubenrelevanten Tiefen liegen z.T. Fein- bis Mittelsande vor, die Durchlässigkeiten von etwa $1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ bis $5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ aufweisen können und somit erhebliche Fördermengen erwarten lassen. Verbau und Wasserhaltung sind so anzulegen, dass keine Gefahr eines hydraulischen Grundbruchs besteht.

Soweit der freigelegte Untergrund aus bindigem feinkörnigem Boden besteht, empfiehlt sich der Einbau eines Bettungspolsters von mindestens 0,3 m.

Die Sohlen der fertiggestellten Baugruben sind vor Einbringung des Bettungspolster oder einer Sauberkeitsschicht vom Bodengutachter abnehmen zu lassen.

Tiefgründung über Pfähle

Für eine Tiefgründung bietet sich eine Herunterführung der Lasten über Pfähle an. Die bei Brücken häufig durchgeführte Spundwandgründung ist hier aufgrund der oberflächennah freistehenden Brückenpfeiler nicht zu empfehlen.

Zur den geeigneten Pfahltypen erfolgt keine Vorgabe. Die Bemessung der Pfähle ist pfahltypbezogen nach den Tabellen gemäß EA-Pfähle vorzunehmen. Die Möglichkeit zur Einbringung von Ramm- oder Verpresspfählen wird aufgrund der in den tieferen Sanden erwarteten Rammwiderstände (Spitzendruck von z.T. $q_c > 40 \text{ MN/m}^2$) als eingeschränkt beurteilt. Grundsätzlich bieten die mitteldicht bis dicht gelagerten Sande gute Bedingungen zur Aufnahme hoher Werte für die Mantelreibung ($q_{s,k,i}$) und den Pfahlspitzenwiderstand ($q_{b,k}$). Zu berücksichtigen ist aber, dass unter dem Pfahlfuß noch eine ausreichende Mächtigkeit der tragfähigen Schicht von 1,5 m zuzüglich dem dreifachen Maß des Pfahldurchmessers vorherrschen muss.

Zur exakten Ermittlung der aufnehmbaren Lasten und zur sicheren Pfahlbemessung wird daher empfohlen, auf beiden Seiten der Ems jeweils eine Drucksondierung (CPT) bis in etwa 15 m Tiefe zu veranlassen.

Die Gründungskörper sollten mindestens 3 m in den tragfähigen Schichten der pleistozänen Sande einbinden. Für das Beispiel Bohrpfähle werden vorab überschlägig die nachfolgend genannten charakteristischen Kennwerte genannt.

Spitzendruck im Niveau der Sande unterhalb von (66 m ü NN)	$q_{b,k} = 900 - 1.500 \text{ kN/m}^2$
Mantelreibung innerhalb der Schluffe halbfester Konsistenz	$q_{s,k,i} = 20 - 30 \text{ kN/m}^2$
Mantelreibung in der mitteldicht bis dicht gelagerten Sanden	$q_{s,k,i} = 80 - 120 \text{ kN/m}^2$

Die vorgeschlagenen Drucksondierungen sind auch zur sicheren Klärung der Tragfähigkeit unterhalb der festzusetzenden Pfahlfußtiefe durchzuführen. Die schwere Rammsondierung DPH 2 lässt im Niveau von etwa 64 m ü NN einen Rückgang der Widerstände erkennen, der hier aufgrund des typischen Verlaufes dem Übergang zu dem unterlagernden Kreidemergel mit dem oberflächennah replastifizierten Boden entsprechen kann. Die Pfahllängen sind hier so festzulegen, dass entsprechende Schwächezonen nicht im kritischen Niveau von 1,5 m unterhalb des Pfahlfußes zuzüglich dem dreifachen Maß des Pfahldurchmessers liegen.