

Baugrundbeurteilung zum Hochwasserschutz für den Bereich Silbernkamp Neustadt am Rbge.

Auftraggeber: Stadt Neustadt am Rbge.
Abwasserbehandlungsbetrieb
Theresenstraße 4
31535 Neustadt a. Rbge.



Bearbeitung: Dipl.-Ing. H. Bogon
Beratender Ingenieur Bauwesen - Umwelttechnik
Marschstraße 24
31535 Neustadt
Tel. 05032/61631
Fax 05032/801536
Mail: h.bogon@oekobauconsult.de
Page: www.oekobauconsult.de



Dipl.-Ing. H. Bogon

Beratender Ingenieur Bauwesen - Umwelttechnik
Von der Ingenieurkammer Nds. öffentlich bestellter und vereidigter
Sachverständiger für Altlastenuntersuchung und -sanierung

Gutachten und Koordination
(Auftragnehmer)

Dipl.-Ing. H. Bogon
Beratender Ingenieur Bauwesen –
Umwelttechnik
Von der Ingenieurkammer Nds. öffentlich
bestellter und vereidigter Sachverständiger für
Altlastenuntersuchung und -sanierung
Marschstraße 24
31535 Neustadt

Rammkernbohrungen, Rammsondie-
rungen, Probenahme, Siebanalysen

Geotechnik Rommeis & Schmoll GmbH
Niederlassung Hannover
Rosenstr. 3 a
30853 Langenhagen

Drucksondierungen

FUGRO Consult GmbH
Goebelstraße 25
28865 Lilienthal

Chemische Analytik
Boden, Grundwasser

UCL Umwelt Control Labor GmbH
Eddesser Straße 1
31234 Edemissen

Bodenphysikalische Analysen

Ingenieur-Geologisches Büro Boden + Lipka KG
Gravensteiner Straße 60
24159 Kiel

Inhalt

1	Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2	Verwendete Unterlagen	1
3	Recherche von Kabel-und Leitungsplänen	6
4	Geologische und hydrogeologische Randbedingungen	7
5	Auswertung vorhandener Materialien zum Altlastenverdacht	10
5.1	Übersicht	10
5.2	Altes Grabensystem, Standortnr. 2530114044	11
5.3	Mitobiusweg, Standortnr. 2530114045, Gezielte Nachermittlung 1990	11
5.4	Silbernkamp, Standortnr. 2530114048	12
5.4.1	Boden, Bodenluft- und Grundwasseruntersuchungen, Wersche 1988	12
5.4.2	Altablagerung 11-23.6, Gezielte Nachermittlung 1990	13
5.4.3	Altablagerung 11-23.6, Gefährdungsabschätzung, TÜV 1992	13
5.4.4	Erkundung und Überwachung von Deponiegas, Geo-Infometric 1996	15
5.4.5	Erkundung und Überwachung von Deponiegas, FUGRO 1998	16
5.5	Zusammenfassende Bewertung der Altlastensituation	16
6	Durchgeführte Untersuchungen und Ergebnisse	17
7	Chemische Bodenanalysen	18
7.1	Chemische Laboruntersuchungen, abfallrechtliche Zuordnung	18
7.2	Altablagerung Flurstück 95	20
7.3	Bodenaushub, Bodenmanagement	22
8	Grundwasser	23
8.1	Grundwasserstände	23
8.2	Grundwasserproben	24
8.2.1	Betonaggressivität	25
8.2.2	Stahlaggressivität	25
9	Bewertung der geotechnischen Ergebnisse	26
9.1	Bohrprofile	26
9.2	Bewertung für den Deichbau	27
9.3	Rammsondierungen	29
9.4	Elektrische Drucksondierungen CPT	30
9.4.1	Grundlagen	30
9.4.2	Geologische Interpretation	32
9.4.3	Auswertung der elektrischen Drucksondierungen	34
9.4.4	Auswertung der elektrischen Drucksondierungen mit Leitfähigkeitsmessungen	34
9.5	Siebanalysen, Bodenuntersuchungen	35
9.6	Bodenmechanische Kennwerte	37

9.7	Rammpbarkeit, Beurteilung des Einbringwiderstandes	39
9.8	Wegebau	39
9.9	Gründungen für Bauwerke	41
10	Setzungen	43
10.1	Steifemodule E_s	43
10.2	Setzungsabschätzungen für den Deich	44
11	Schlussbemerkung	45

Anlagen

- Anlage 1: Lageplan der Bohr- und Rammsondierungen
- Anlage 2: Bohrpunkte, Untersuchungsumfang, Höhen, Grundwasserstände, Auffüllungen, Bewertung
- Anlage 2a: Tabellar. Zusammenstellung der Bohrpunkte und Untersuchungen, Bewertung für Deichbau (Deckschichten und Setzungen)
- Anlage 2b: Kartendarstellung Grundwasserstände 09/2012
- Anlage 2c: Auffüllungsböden, qualitative Bewertung
- Anlage 2d: Bewertung des Untergrundes für den Deichbau (Anbindung an wasserstauende Schichten)
- Anlage 3: Auszüge aus Kartenwerken
- Anlage 3a: Lageplan verfügbarer Bohrdaten nach Bohrdatenbank des LBEG
- Anlage 3b: Geologische Karte, Detailkartierung 1 : 25.000
- Anlage 3c: Ingenieurgeologische Karte, 1 : 50.000
- Anlage 3d: Bodenübersichtskarte 1 : 50.000 und typische Bodenprofile
- Anlage 3e: Überschwemmungsgebiete Bereich Silbernkamp (NLWKN, 05/2011)
- Anlage 3f: Überschwemmungsgebiete bei einem HQextrem und HQ100
- Anlage 4: Altlasten
- Anlage 4a: Stammdaten der Altablagerungen (3 Altablagerungen)
- Anlage 4b: Grafische Darstellung der Gw-Verunreinigungen (Wersche, 1998)
- Anlage 4c: Lage Sondierungen, Gw-Messstellen, geoelektr. Profile (TÜV, 1992)
- Anlage 4d: Lage der Messstellen, für Grundw., Bodenluft, Boden (TÜV, 1992)
- Anlage 4e: Abgrenzung des Deponiekörpers (TÜV, 1992)
- Anlage 4f: Darstellung der Kontaminationsfahne LF (TÜV, 1992)
- Anlage 5: Geotechnische Profildarstellungen, Schnitte
- Anlage 5a: Schnitt Amtsgarten
- Anlage 5b: Schnitt 1
- Anlage 5c: Schnitt 2
- Anlage 5d: Schnitt 3
- Anlage 5e: Schnitt 1-03
- Anlage 5f: Schnitt 1-04
- Anlage 5g: Schnitt 2-01
- Anlage 5h: Schnitt 2-02
- Anlage 6: Bohrprofile (44 Bohrprofile)
- Anlage 7: Schichtenverzeichnisse (44 Schichtenverzeichnisse)
- Anlage 8: Messprotokolle der Rammsondierungen (23 Rammsondierungen)
- Anlage 9: Kombination Bohrprofile und Rammsondierungen (23 Kombinations-Darstellungen)
- Anlage 10: Drucksondierungen und Leitfähigkeitsmessungen, Grafische Darstellung Rohdaten (23 LF-CPT)
- Anlage 11: Drucksondierungen und Leitfähigkeitsmessungen (23 LF-CPT)
- Anlage 11a: Kartendarstellung LF im Grundwasser
- Anlage 11b: Grafische Darstellungen, Geologische Interpretation (23 LF-CPT)
- Anlage 12: Siebanalysen (6 + 6 Siebanalysen)
- Anlage 12a: Siebanalysen, Nass-/Trockensiebungen
- Anlage 12b: Sieb-Schlämmanalysen

- Anlage 13: Bodenmechanische Analysen (jeweils 6 Analysen)
Anlage 13a: Wasserdurchlässigkeit
Anlage 13b: Wassergehalt
Anlage 13c: Glühverlust
- Anlage 14: Bodenanalysenergebnisse (8 chemische Bodenanalysen)
Anlage 14a: Übersichtstabelle und Bewertung der chem. Bodenanalysen
Anlage 14b: Zuordnung nach TR Boden - Erläuterungen
Anlage 14c: Prüfbericht UCL 12-36911
- Anlage 15: Grundwasseranalysenergebnisse (3 Grundwasseranalysen)
Anlage 15a: Übersichtstabelle und Bewertung der Grundwasseranalysen
Anlage 15b: Prüfbericht UCL 12-36064

Tabellenverzeichnis

Tab. 5-1:	Neubewertung der Grundwasseranalysen 1992 nach LAWA 2004, Überschreitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten GWS	14
Tab. 7-1:	Flurstück 95, Zusammenstellung von Untersuchungsergebnissen	21
Tab. 9-1:	Wasserdurchlässigkeit von Lockergesteinen (nach DWA-A 138, 04/2005)	27
Tab. 9-2:	Allgemeiner Zusammenhang zwischen Lagerungsdichte bzw. Konsistenz und Schlagzahl N_{10} für DPH	29
Tab. 9-3:	Ableitung der Lagerungsdichten und Festigkeiten von Sanden aus Drucksondiererergebnissen	33
Tab. 9-4:	Zusammenhang zwischen Verformungsmodul E_s und Spitzendruck q_c für rollige und bindige Böden	33
Tab. 9-5:	Ergebnisübersicht Siebanalysen	35
Tab. 9-6:	Ergebnisübersicht Bodenuntersuchungen	36
Tab. 9-7:	Bodenmechanische Kennwerte gemäß ATV-DVWK-A 127	37
Tab. 9-8:	Eigenschaften der hauptsächlich vorkommenden Böden	38
Tab. 9-9:	Nach DIN 1054 zulässige Bodenpressung in Regelfällen für nichtbindigen Baugrund	41
Tab. 9-10:	Nach DIN 1054 zulässige Bodenpressung in Regelfällen für bindigen und gemischtkörnigen Baugrund	41
Tab. 10-1:	Ableitung der Steifemodule E_s aus der Bodenart und dem Spitzendruck der Drucksondierung q_s	43

Abbildungsverzeichnis

Abb. 5-1:	Übersichtsplan Altablagerungen im Bereich HWS Silbernkamp (Auszug: NIBIS-Kartenserver 02/2013)	10
Abb. 5-2:	Lageplan Altablagerung Mitobiusweg, Standortnr. 2530114045	12
Abb. 5-3:	Verteilung der Grundwasserkontamination im Bereich der Altablagerung Silbernkamp (Messstellen P1 bis P7 nach TÜV, 1992)	15
Abb. 7-1:	Lagedarstellung der Ergebnisse der Bodenanalysen nach LAGA-Zuordnung	19
Abb. 8-1:	Lagedarstellung der Probenahmeorte für Sonderproben in Schurfen, Bodenproben für Siebanalysen und Grundwasserproben	24
Abb. 9-1:	Darstellung der Hochlage von Tonstein (Unterkreide)	26
Abb. 9-2:	Einsatz der Drucksonde mit Leitfähigkeitsmessung im Untersuchungsgebiet	31
Abb. 9-3:	Schema zur Bestimmung der Bodenarten aus Spitzendruck und Reibungsverhältnis nach ROBERTSON	32

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Mit Beschluss vom 4. April 2011 hat der Verwaltungsausschuss der Stadt Neustadt am Rbge. entschieden, die Planungen von Hochwasserschutzmaßnahmen im Bereich Silbernkamp an ein Ingenieurbüro zu vergeben. Eine wesentliche Planungsgrundlage hierfür ist eine Baugrundbeurteilung, die auch verschiedene Trassenverläufe mit berücksichtigt.

Für diese Baumaßnahme war seitens des Ingenieur- und Sachverständigenbüros Dipl.-Ing. H. Bogon die hier vorliegende Baugrundbeurteilung zu erstellen.

Seitens des mit der Planung beauftragten Ingenieurbüros wurde als Planungsgrundlage ein Lageplan mit vorgegebenen Bohrpunkten und NN-Höhen zur Verfügung gestellt:

2 Verwendete Unterlagen

Projekt- und regionsspezifische Daten

- NIBIS Kartenserver des LBEG (Niedersächsisches Bodeninformationssystem NIBIS® des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie)
- Geologische Karte von Niedersachsen, 1 : 25.00, Blatt 3422, Neustadt am Rbge., mit Erläuterungen zu Blatt 3422, 1980

Altlastenspezifische Daten

- Ingenieurbüro Bogon 2008, Orientierende Altlastenuntersuchung, Bebauungsplan B 108 I „Planungszentrum“, Untersuchung einer Teilfläche der Altablagerung Nr. 253.011.4.044, 01/2008
- Ingenieurbüro Bogon 2012, Analysenergebnisse der Sanierung im Bereich der ehemaligen Realschule in Neustadt
- Auskunft aus dem Altlasteninformationssystem EVA2 (Altes Grabensystem, Mitobiusweg, Silbernkamp)
- Geo-Infometric 1990, Gezielte Nachermittlung Mitobiusweg, Standort 11-23.3
- Geo-Infometric 1990, Gezielte Nachermittlung Silbernkamp, Standort 11-23.6
- Wersche 1988, Bericht über Boden-, Bodenluft- und Grundwasseruntersuchungen der ehemaligen Hausmülldeponie „Silbernkamp“, Ingenieurbüro Wersche GmbH, 09/1988
- TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt 1992, Gefährdungsabschätzung der Altablagerung „Silbernkamp“ in Neustadt a. Rbge. – Gutachtliche Stellungnahme, 10/1992

- Geo-Infometric 1996, Erkundung und Überwachung von Deponiegas an drei Alt-ablagerung im Landkreis Hannover, Zwischenbericht, Altablagerung 11-23.6 Neustadt am Rbge., 04/1996
- FUGRO 1998, Erkundung und Überwachung von Deponiegas auf bebauten Altablagerungen im Landkreis Hannover, Altablagerung Neustadt/Silbernkamp, (Nr. 11-23.6) – Ergebnisbericht, 11/1998

Literatur

- Hötting, Hydrogeologie – Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie, 5. Auflage, 1996
- Spundwandhandbuch – Berechnungen, ThyssenKrupp GfT Bautechnik GmbH, HSP Hoesch Spundwand und Profil GmbH, 2007
- EAU, 2012, Empfehlungen des Arbeitsausschusses "Ufereinfassungen" Häfen und Wasserstraßen, 11. vollständig überarbeitete Auflage – 11/2012

Normen und Richtlinien Flussdeiche

- DIN 19712, Hochwasserschutzanlagen an Fließgewässern, 01/2013
- DWA-M 507-1, Deiche an Fließgewässern, Teil 1: Planung, Bau und Betrieb, DWA Regelwerk, 12/2011
- DWA-Themen WW 7.3, Dichtungssysteme in Deichen, 04/2005
- BAW-Merkblatt: Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen (MSD), Bundesanstalt für Wasserbau, Ausgabe 2011
- Hochwasserschutz und zementgebundene Baustoffe, Hinweise für Planung und Ausführung, Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V., Verein Deutscher Zementwerke e.V., InformationsZentrum Beton GmbH, 09/2002)

Normen und Richtlinien Baugrund, Grundwasser:

- DIN 1054, 12/2010, Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
- DIN 1055-2, 11/2010, Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2: Bodenkenngrößen

- DIN 4019-1, 1979, Baugrund - Setzungsberechnungen bei lotrechter, mittiger Belastung
- Entwurf DIN 4019, 08/2011, Baugrund - Setzungsberechnungen
- DIN 4020, 12/2010, Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2
- DIN 4021, 1990, Erkundung durch Schürfe und Bohrungen (zurückgezogen)
- DIN 4022, 1987, Benennen und Beschreiben von Bodenarten und Fels (zurückgezogen)
- DIN 18130-1, 1998, Baugrund - Untersuchung von Bodenproben; Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts - Teil 1: Laborversuche
- Entwurf DIN 18130-2, 07/2011, Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts - Teil 2: Feldversuche
- DIN 18196, 2006, Bodenklassifizierung für bautechnische Zwecke
- DIN EN ISO 14688-1, 06/2011, Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden, Teil 1: Benennen und Beschreiben, Deutsche Fassung EN ISO 14688-1:2002
- DIN EN ISO 14688-2, 06/2011, Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden, Teil 2: Grundlagen der Bodenklassifizierung, Deutsche Fassung EN ISO 14688-2, 2004
- DIN EN ISO 22475, 01/2007, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen - Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung; Deutsche Fassung EN ISO 22475-1
- DIN EN ISO 22476-2, 03/2012, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 2: Rammsondierungen; Deutsche Fassung EN ISO 22476-2:2005 + A1:2011 (zuvor DIN 4094, T3, 2002)
- DIN EN ISO 5667-3, 08/2006, Wasserbeschaffenheit - Probenahme - Teil 3: Konservierung und Handhabung von Wasserproben
- DAP-TM-16, 09/2006, Konservierung und Handhabung von Wasserproben, Merkblatt Deutsches Akkreditierungssystem Prüfwesen GmbH (DAP)
- DVGW W 113, Ermittlung, Darstellung und Auswertung der Korngrößenverteilung wasserleitender Lockergesteine für geohydrologische Untersuchungen und für den Bau von Brunnen, DVGW-Regelwerk, Merkblatt W 113, 04/1983

- LAWA 2004, Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), 12/2004

Normen und Richtlinien Straßen- und Wegebau:

- Hochwasserschutz und zementgebundene Baustoffe, Hinweise für Planung und Ausführung, Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V., Verein Deutscher Zementwerke e.V., 2006
- RStO 12 Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen - Ausgabe 2012
- Merkblatt über Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund, FGSV-Nr. 542, Herausgeber FGSV, Ausgabe 2010
- Richtlinie für die Planung, Ausführung und Unterhaltung von begrünbaren Flächenbefestigungen“ der FLL, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V., 2008
- RLW 1999 Richtlinien für den ländlichen Wegebau, - Ausgabe 1999
- ZTV LW 01, Richtlinien für den ländlichen Wegebau, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den ländlichen Wegebau, FGSV 1999, Fassung 2001 mit Änderungen und Ergänzungen Ausgabe 2007
- ZTV Beton-StB 93 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton - Ausgabe 2001
- ZTVP-StB 99 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Pflasterdecken und Plattenbelägen - Ausgabe 1999
- ZTVE-StB 94 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Erdarbeiten im Straßenbau - Ausgabe 1994, ergänzte Fassung 1997
- ZTVT-StB 95 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau - Ausgabe 1995, Fassung 1998
- Merkblatt für den Bau von Tragschichten und Tragdeckschichten mit Walzbeton für Verkehrsflächen -Ausgabe 2000 (FGSV)
- Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflaster und Plattenbelägen - Ausgabe 1989, ergänzte Fassung 1994 (FGSV)
- Merkblatt für Bodenverfestigung und Bodenverbesserung mit Bindemitteln, Ausgabe 1997 (FGSV)

- Zement Merkblätter der Bauberatung Zement ZM S 1 Betonfahrbahndecken für Straßen und Wege (1998)
- Zement Merkblätter der Bauberatung Zement ZM S 3 Verfestigungen mit hydraulischen Bindemitteln im Straßenbau (1999)
- Zement Merkblätter der Bauberatung Zement ZM S 4 Hydraulisch gebundene Tragschicht HGT (1999)
- Zement Merkblätter der Bauberatung Zement ZM S 6 Walzbeton für Tragschichten und Tragdeckschichten (2001)
- Zement Merkblätter der Bauberatung Zement ZM S 16 Betondecken im kommunalen Straßenbau (1999)
- Zement Merkblätter der Bauberatung Zement ZM S 17 Betonsteinpflaster und Tragschicht als System (1998)
- Zement Merkblätter der Bauberatung Zement ZM S 19 Ländlicher Wegebau mit Beton (1999)
- Zement Merkblätter der Bauberatung Zement ZM S 21 Wegebau mit hydraulisch gebundener Tragdeckschicht (2000)
- Zement Merkblätter der Bauberatung Zement ZM LB 7 Naturnahe Wegebefestigungen (2001)
- Zement Merkblätter der Bauberatung Zement ZM LB 8 Spurwege aus Beton (1994)

Normen und Richtlinien abfallrechtliche Zuordnung

- LAGA-Merkblatt: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln, Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Nr. 20, Stand 6. November 1997
- LAGA-Merkblatt: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen - Technische Regeln - Allgemeiner Teil, Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Nr. 20, Stand 06.11.2003
- TR Boden, Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil II: Technische Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden), LAGA, Stand: 05.11.2004
- LAGA-Merkblatt: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil III: Probenahme und Analytik, LAGA, Stand: 05.11.2004

- LAGA-Mitteilung 32, LAGA PN 98, Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen, Stand: Dezember 2001
- AVV Abfallverzeichnis-Verordnung – AVV, vom 10. Dezember 2001 (BGBl. I S. 3379), zuletzt geändert durch Art. 7 G v. 15.7.2006 I 1619
- Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) vom 27. April 2009 (BGBl. I Nr. 22, S. 900), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 15. April 2013 (BGBl. I S. 814) geändert worden ist.

Normen und Richtlinien abfallrechtliche Zuordnung, Gebiet Niedersachsen

- Erlass des Nieders. Ministerium für Umwelt und Klimaschutz vom 10.09.2010; Abgrenzung von Bodenmaterial und Bauschutt mit und ohne schädliche Verunreinigungen nach der Abfallverzeichnis-Verordnung.

3 Recherche von Kabel-und Leitungsplänen

Die Lage vorhandener Versorgungsleitungen war z.T. aus den zur Verfügung gestellten Unterlagen (Anlage 1) bekannt.

Da jedoch eine unüberschaubare Vielzahl von Leitungsbetreibern existiert (mehrere 1.000 bundesweit), wurde ergänzend eine Anfrage über das System ALIZ durchgeführt.

Die in der zur Verfügung gestellten Bauzeichnung noch nicht übernommenen Pläne zu Leitungstrassen wurden dem AG zur Verfügung gestellt.

ALIZ ist eine internetbasierte Plattform und dient der Prävention vor Schadensfällen bei Tiefbauarbeiten. Es wird hierbei kein per Internet allgemein öffentlich zugängliches Anlagenkataster mit exakten Beschreibungen der Technik zur Verfügung gestellt, sondern es werden standardisierte Anfragen auf Planauskunft zu Leitungsplänen und Sicherheitsauflagen direkt an die betroffenen Betreiber weitergeleitet. ALIZ dient dem Nutzer also zur umfassenden Erkundung aller Betreiber von Anlagen im Gebiet der Baustelle.

4 Geologische und hydrogeologische Randbedingungen

Gemäß NIBIS-Kartenserver des LBEG (Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie) sind für das Gebiet die nachfolgenden Informationen zu den geotechnischen und hydrogeologischen Randbedingungen abrufbar. Diese Informationen beschreiben größere räumliche Zusammenhänge und sind flurstücksbezogen auf ihre Gültigkeit zu prüfen.

NN-Höhen

- Das Gelände ist teilweise stark geomorphologisch überformt. Die Geländehöhen liegen zwischen 36,63 mNN und 39,78 mNN. Im Bereich des Amts- bzw. Schlossgartens liegen die Geländehöhen bei etwa 44,25 mNN.
- Die Geländehöhen sind im Einzelnen der Anlage 2a und den Bohrprofilen zu entnehmen.

Bodenarten, Baugrund (Geologische Karte)

- Gemäß Geologischer Karte von Niedersachsen und Bremen (1 : 25.000) sind im betreffenden Gebiet 4 geologische Formationen ausgewiesen (Anlage 3b). Bis auf den Bereich des Schlossgartens (Auffüllungen) und den Bereich der Ablagerung Silbernkamp herrschen Auelehme oder Hochflutlehme über Mittel- und Grobsanden vor.
- *Anmerkung:* Diese Schichten können anthropogen überformt sein (Auffüllungen). Die Geologische Karte liefert insofern nur einen ersten groben Überblick.

Ingenieurgeologie

- Laut Ingenieurgeologischer Karte des LBEG-Kartenserver (1 : 50.000) sind in den oberen Bodenschichten (normale Gründungsebene) überwiegend nichtbindige, grobkörnige Lockergesteine vorhanden, locker gelagert, z.T. mit organischen Beimengungen, lokal Torf-, Muddelagen.
Geolog. Beschreibung: Auesand, Wattsand (Sand, humos, lokale Lagen von Torf, Faulschlamm).
Bodengruppen nach DIN18196: SE, OH, lokale Lagen von HN, HZ, F,
Die Tragfähigkeit ist gering bis mittel.
- In Teilbereichen (vgl. Anlage 3c) sind auch Auffüllungen, Fluss- und Schmelzwasserablagerungen (Sand, Kies) oder Auelehme vorhanden.
- *Anmerkung:* Diese Schichten können anthropogen überformt sein (Auffüllungen). Die Ingenieurgeologische Karte liefert insofern nur einen ersten groben Überblick.

Es handelt sich um eine Auelehm-Auenboden-Landschaft, deren Böden der holozänen Talaue sich unter dem Einfluss stark schwankender Grundwasserstände entwickelt

haben. Die Auenböden werden entweder durch den darunter liegenden Flusssand oder einen eisenfleckigen Vergleyungshorizont begrenzt. Die Mächtigkeit der Auelehmbedeckung liegt im Leinetal bei 0,5 bis 3,0 m.

Daten aus der Bohrdatenbank des LBEG

In der Nähe des Untersuchungsraumes liegen mehrere veröffentlichte Bohrprofile des LBEG vor (Anlage 3a). Im Untersuchungsbereich selbst sind keine Bohrprofile verzeichnet mit Ausnahme des Bereiches der Altablagerung Silbernkamp.

Aus den ausgewerteten Bohrprofilen (hier nicht übernommen) ist zu erkennen, dass großflächig mächtige Unterkreide-Tone bzw. Tonsteinschichten vorhanden sind, die z.T. bis 4 m unter GOK anstehen.

Es handelt sich hierbei um Ton- und Mergelgesteine der Bückeberg-Formation (Norddeutscher Wealden), in denen auch Sandsteinbänke vorkommen können. Die Mächtigkeit dieser Bückeberg-Formation beträgt in Neustadt ca. 300 m. Die meisten größeren Bauwerke in Neustadt sind auf diesen Tongesteinen gegründet (Amtsgericht, Leine-Brücken, Krankenhaus).

Der Tonstein der Unterkreide wird überlagert von einer tonreichen Verwitterungsschicht, die weiche bis steife Konsistenz aufweist und nur geringe Tragfähigkeiten aufweist. Diese Verwitterungsschicht ist 1 bis 3 m dick.

Wegen der geringen Wasserdurchlässigkeit dieser Schichten bildet sich Staunässe bzw. ist ein Grundwasserleiter geringer Mächtigkeit ausgebildet.

Bodenübersichtskarte 1 : 50.000

Im Untersuchungsgebiet sind 3 Bodentypen verzeichnet (Anlage 3d):

- Bodentyp **Braunauenboden** (Bodenlandschaft: Verbreitungsgebiet der Talsedimente)
- Bodentyp **Gley-Braunerde** (Bodenlandschaft: Verbreitungsgebiet der weichselzeitlichen Flussablagerungen bzw. der Talsedimente)
- Bodentyp: **Gley-Braunauenboden** (Bodenlandschaft: Verbreitungsgebiet der Talsedimente)

Grundwasserstände

- Laut Hydrogeologischem Kartenwerk des LBEG-Kartenservers ist ein oberflächennaher Grundwasserkörper vorhanden.

- Da im Untergrund mächtige Unterkreide-Tone bzw. Tonsteinschichten oberflächennah als Wasserstauer anstehen, handelt es sich um einen geringmächtigen Aquifer.
- Die Lage der Grundwasseroberfläche ist aus dem Kartenwerk 1 : 50.000 nur grob mit ca. 36,0 mNN abzuschätzen. Die Fließrichtung weist normalerweise ostwärts in Richtung Leine.
- Die Grundwasserfließrichtung kann sich bei auflaufendem Hochwasser umkehren (influente Verhältnisse).
- Die Grundwasseroberfläche steht bei Hochwasserereignissen in engem Zusammenhang mit dem Leinewasserstand, so dass zeitweise die Hochwässer der Leine maßgeblich sind (Leinepegel).

Schutzpotenzial der Grundwasserüberdeckung

- Das Schutzpotenzial der Grundwasserüberdeckung wird im Untersuchungsgebiet mit „gering“ angegeben (< 1m gering durchlässige Gesteine (Ton, Schluff) oder < 5m gut durchlässige Gesteine (Fein- bis Mittelsand)).

Überschwemmungsgebiet und Extremhochwasser

- Die Ausdehnung der ausgewiesenen Überschwemmungsgebiete und der aktuell durch das NLWKN veröffentlichten Einflussbereiche für ein Extrem-Hochwasser HQ200 sind den Anlagen 3d und 3e zu entnehmen.

Altlasten, Bodenkontaminationen

- Im Untersuchungsgebiet sind im NIBIS-Kartenserver 3 Altablagerungen angegeben (Kap. 5).

Geogefahren

- Für Geogefahren (Erdfallgefährdung, Salzstockhochlagen) liegen gemäß NIBIS-Kartenserver keine Anhaltspunkte vor.

5 Auswertung vorhandener Materialien zum Altlastenverdacht

5.1 Übersicht



rot: Erkundung vorrangig

grün: Erkundung zu vernachlässigen

Abb. 5-1: Übersichtsplan Altablagerungen im Bereich HWS Silbernkamp (Auszug: NIBIS-Kartenserver 02/2013)

Im Bereich des Silbernkamp bzw. im Wirkungsbereich der Hochwasserschutzmaßnahme sind 3 Altablagerungen im Altlastenverzeichnis des Landes Niedersachsen verzeichnet:

- Altes Grabensystem, Standortnr. 2530114044
- Mitobiusweg, Standortnr. 2530114045
- Silbernkamp, Standortnr. 2530114048

Es wurde eine Auskunft aus dem Altlastenkataster veranlasst und bei der Region Hannover, Untere Bodenschutzbehörde, um alle verfügbaren Unterlagen zu Altlasten im Untersuchungsraum gebeten. Diese werden nachfolgend zusammenfassend dargestellt.

5.2 Altes Grabensystem, Standortnr. 2530114044

Standortinformationen in Anlage 4a.

Das alte Grabensystem der Wallanlagen wurde ab 1927 mit Bauschutt, Boden, Haus- und Sperrmüll verfüllt. Das Volumen wird mit rund 30.000 m³ angegeben. Weitere Informationen hierzu liegen nicht vor.

Ein Teil dieser Grabenverfüllung wurde im Rahmen des IKN-Neubaus am Standort der früheren Realschule bzw. Leine-Schule im Jahr 2012 ausgehoben und entsorgt (Bogon, 2012). Die Bodenmaterialien aus der Altablagerung wurden hierbei überwiegend der LAGA-Kategorie Z2 zugeordnet, bereichsweise war auch Deponat der Deponieklasse I nach DepV zu entsorgen.

Vermutlich wird sich im übrigen Grabensystem ähnliches Material finden, sofern es in der Zeit bis 1945 verfüllt wurde.

Im Rahmen der Teilsanierung der Altablagerung wurden auch Grundwasserproben entnommen. Diese waren nicht nennenswert belastet, das Grundwasser aus der Wasserhaltung konnte daher mit Genehmigung über den Regenwasserkanal abgeleitet werden.

5.3 Mitobiusweg, Standortnr. 2530114045, Gezielte Nachermittlung 1990

Standortinformationen in Anlage 4a.

Aus der gezielten Nachermittlung 1990 (Altablagerung 11-23.3) ist zu entnehmen, dass es sich im Mitobiusweg um eine Bodenverfüllung von rund 2.000 m³ handelt, um die Hochwassersicherheit auf dem Grundstück herzustellen.

Weitere Anhaltspunkte für Kontaminationen liegen nicht vor.



Abb. 5-2: Lageplan
Altablagerung
Mitobiusweg,
Standortnr.
2530114045

5.4 Silbernkamp, Standortnr. 2530114048

Standortinformationen in Anlage 4a.

Die Altablagerung Silbernkamp wird im Altlasteninformationssystem mit einem Volumen von 65.000 m³ bei einer Fläche von 30.000 m² (3 ha) geführt. Zwischen 1947 und 1988 wurden hier Bauschutt, Boden, Schrott, Haus- und Sperrmüll abgelagert.

5.4.1 Boden, Bodenluft- und Grundwasseruntersuchungen, Wersche 1988

Es wurden Oberbodenproben entnommen und eine Mischprobe hergestellt, die als unauffällig einzustufen war.

Es wurden außerdem einfache Bodenluftanalysen vor Ort durchgeführt und in der Bodenluft Deponiegas nachgewiesen (typischer Deponiegeruch).

Das Grundwasser wurde an 3 Pegeln beprobt. Die Ergebnisse sind im Detail aus Anlage 4b ersichtlich.

Im Deponiebereich ist das Grundwasser durch Deponiesickerwasser verunreinigt, wobei ein typischer „Hausmüllcharakter“ auffällt (anaerobes Milieu mit hohen Gehalten an organischer Substanz, Eisen, Mangan, Ammonium). Weiterhin deutlich erhöhte Bor-Konzentrationen, deutliche Aufsalzung (Leitfähigkeit), keine Schwermetallbelastung, keine erhöhten Gehalte an aromatischen Kohlenwasserstoffen (BTEX). In einer Probe allerdings leicht erhöhte CKW-Gehalte.

Insgesamt ist die Grundwasserbelastung als deutlich, aber nicht übermäßig zu bezeichnen. Die Nutzung des Grundwassers ist eingeschränkt. Es wurde für erforderlich gehalten, dass Gw-Messstellennetz zu erweitern, um genaue Angaben zu den Gw-Strömungsverhältnissen zu erhalten und auch die Schadstofffahne abgrenzen zu können.

5.4.2 Altablagerung 11-23.6, Gezielte Nachermittlung 1990

In der gezielten Nachermittlung 1990 wird die Fläche der Altablagerung mit 20.459 m², die Tiefe mit 3,5 m und das Volumen mit 66.276 m³ angegeben.

5.4.3 Altablagerung 11-23.6, Gefährdungsabschätzung, TÜV 1992

Im Rahmen der Gefährdungsabschätzung wurden Untersuchungen zur Erkundung der Ausdehnung der Altablagerung sowie zur Kontaminationsfahne vorgenommen. Die wesentlichen Ergebnisse bzw. Kartendarstellungen sind den Anlagen 4c bis 4f zu entnehmen.

TÜV-Bewertung des Schadstoffinventars

Die Untersuchungsergebnisse der ***Deponiegasproben*** ergaben keinerlei Hinweise auf gasförmige Schadstoffe, die eine Gefährdung der Benutzer der Spiel- und Grünanlage darstellen. Die in den Proben nachgewiesenen Inhaltsstoffe entsprechen dem Stoffspektrum einer gewöhnlichen Hausmülldeponie und deuten nicht auf eine Einlagerung industrieller Problemabfälle. Hinweise auf leichtflüchtige organische Verbindungen, die ein gesundheitsgefährdendes Potential aufweisen, ergaben sich bei den Untersuchungen nicht.

Es wurden ***nur Oberbodenproben***, also kein Deponat untersucht. Die im Boden festgestellten Schwermetallgehalte entsprechen dem für die Region üblichen geogenen Spektrum und stellen kein Gefährdungspotential dar.

Zusammenfassend wurde festgestellt, dass das ***Grundwasser*** aus dem umliegenden Wohngebiet der Deponie zuströmt und dort aufgrund einer gegenüber der Umgebung stark vergrößerten Wasserdurchlässigkeit in Richtung Südost der Leine zufließt. Der Transport von im Deponiebereich versickerten Schadstoffen in das Wohngebiet kann demnach ausgeschlossen werden. Dies schließt auch die jahreszeitlich bedingten Grundwasserschwankungen ein, nicht jedoch ein mögliches Aufstauen der Leine (*Anmerkung: bei Leinehochwasser treten influente Verhältnisse auf, das Grundwasser kehrt also seine normale Strömungsrichtung um*).

Im ***Grundwasser*** wurden keine erhöhten Konzentrationen an Schwermetallen oder relevanten Anionen und Kationen festgestellt. Ausgewählte organische Verbindungen wurden nicht oberhalb ihrer Nachweisgrenzen ermittelt. Abgesehen von einer Ausnahme (P 4) läge das Grundwasser in den untersuchten Messstellen hinsichtlich der untersuchten Parameter in Trinkwasserqualität vor.

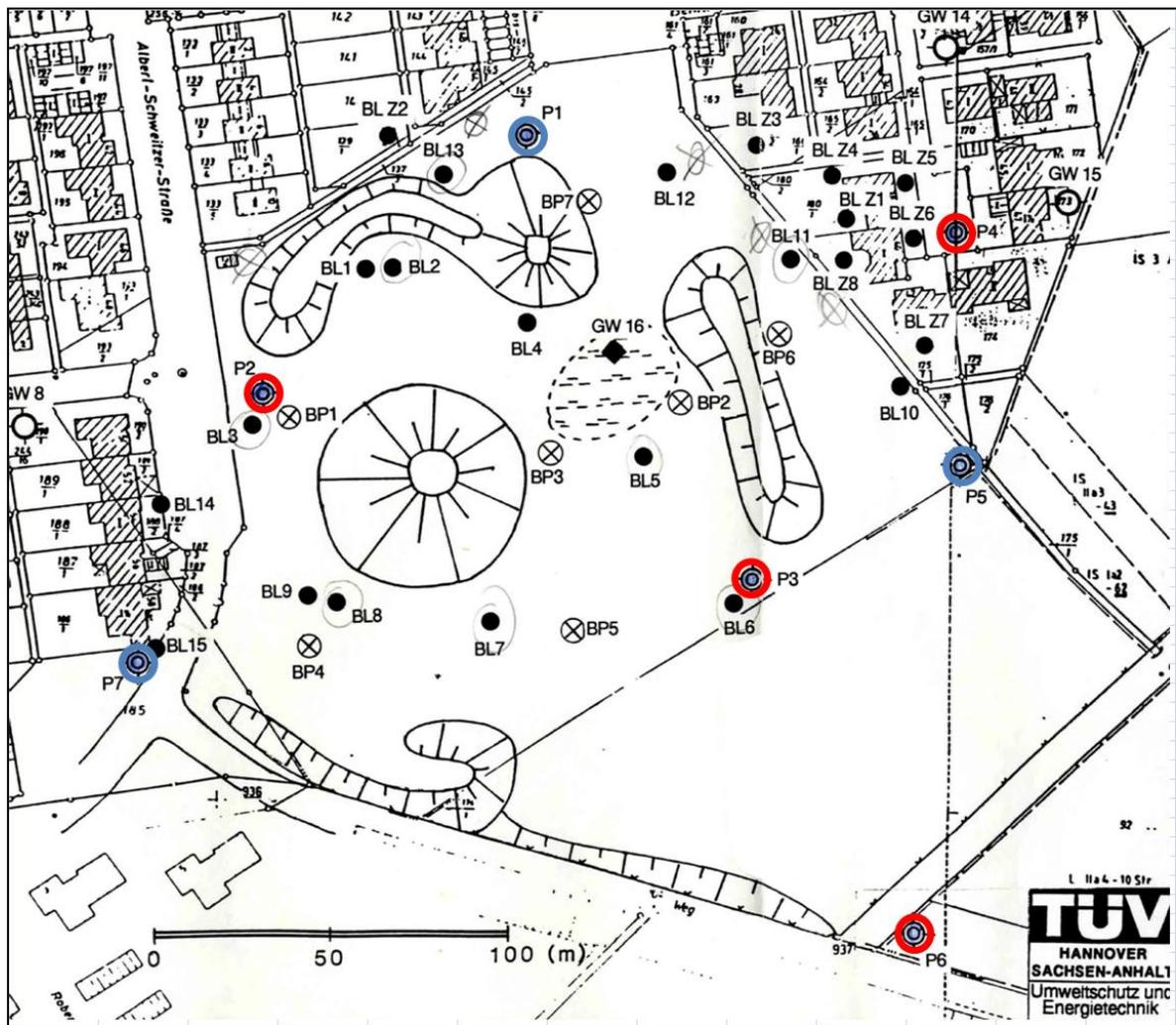
Neu-Bewertung der Grundwasserbelastung

Der damaligen Bewertung der Grundwasserbelastung kann aus heutiger Sicht nicht mehr gefolgt werden. Die damaligen Analysenergebnisse aus den Messstellen P1 bis P7 wurden nachfolgend den Geringfügigkeitsschwellenwerten GSW der LAWA, 2004 gegenübergestellt. Hieraus ist zu erkennen, dass diese GSW bei den Messstellen P2, P3, P4 und P6 zum Teil erheblich überschritten werden. Dies betrifft die **Analysenparameter Arsen, Blei, Bor, Kupfer und Nickel**.

Die GWS gelten hierbei als Grenze zwischen einer geringfügigen Änderung der chemischen Grundwasserbeschaffenheit und einer Grundwasserverunreinigung (= Grundwasserschaden).

Parameter	Probenart : GRUNDWASSER							Geringfügigkeitsschwellenwerte LAWA 2004
	Grundwassermeßstelle							
	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	
	Konzentration in mg/l							
Chlorid	47	207	102	12,1	43	101	8,3	250
Nitrat	< 0,05	0,17	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,22	18,2	---
Nitrit	< 0,005	0,009	< 0,005	0,12	0,010	0,005	0,005	---
Sulfat	89	22	28	25	1,9	39	126	240
Phosphat - 0	< 0,004	0,009	0,005	0,036	0,007	0,040	0,011	---
Ammonium (als N)	0,39	52	1,5	3,1	2,8	< 0,01	< 0,01	---
Sulfidschwefel	< 0,02	---	< 0,02	0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	---
Cyanide	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025	0,05
Quecksilber	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	0,0002
Arsen	0,004	0,018	0,013	0,042	0,003	0,038	< 0,001	0,01
Blei	< 0,002	0,011	0,004	0,14	< 0,002	0,005	0,002	0,007
Bor	0,10	11,4	1,18	0,09	0,22	2,20	0,09	0,74
Cadmium	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	0,0005
Chrom	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,007
Kupfer	0,01	< 0,01	0,03	< 0,01	0,02	< 0,01	< 0,01	0,014
Mangan	0,81	2,17	14,3	21,1	1,13	3,56	0,02	---
Nickel	< 0,01	< 0,01	0,01	0,05	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,014
Zink	< 0,01	0,04	0,01	0,17	0,01	0,24	0,02	0,058
Mineralöl (IRKW)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1
Benzol	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,001
Toluol	0,002	0,005	0,003	< 0,002	0,002	< 0,002	< 0,002	---
Ethylbenzol	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	---
Xylol	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	---
Trichlormethan	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,0005	---
1,1,1-Trichlorethan	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,0005	---
Tetrachlorkohlenstoff	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	---
Trichlorethen	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	0,01
Tetrachlorethen	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	0,01

Tab. 5-1: Neubewertung der Grundwasseranalysen 1992 nach LAWA 2004, Überschreitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten GWS



rot: Überschreitung der GSW nach LAWA, 2004
 blau: keine Überschreitung der GSW nach LAWA, 2004

Abb. 5-3: Verteilung der Grundwasserkontamination im Bereich der Altablagerung Silbernkamp (Messstellen P1 bis P7 nach TÜV, 1992)

5.4.4 Erkundung und Überwachung von Deponiegas, Geo-Infometric 1996

Aufgrund von Methanvorkommen in der Nähe zweier bebauter Grundstücke wurde von Geo-Infometric die Errichtung von 2 bis 3 weiteren Bodengasmessstellen auf den betroffenen Grundstücken in unmittelbarer Nähe der Bebauung empfohlen. In den Messstellen und in den Gebäuden wurden weitere Methanmessungen empfohlen.

5.4.5 Erkundung und Überwachung von Deponiegas, FUGRO 1998

Untersuchung

Zur analytischen Überprüfung der Befunde aus 1996 sowie zur Beobachtung der Deponiegaszusammensetzung über einen Zeitraum von ca. einem Jahr wurden im Bereich der Methan-positiven Messpunkte Deponiegaspegel erstellt, zu vier Terminen bei jahreszeitlich unterschiedlichen Witterungsverhältnissen beprobt und im Labor auf Permanentgase (Sauerstoff, Stickstoff, Methan, Kohlendioxid, Kohlenmonoxid) analysiert.

Ergebnis

In der Bodenluft aus dem Bodenbereich wurden keine oder geringe Methangehalte im Bereich von höchstens ca. 1 - 2,5 Vol.% gemessen.

Bewertung

Bei den relativ geringen Methangehalten ist nicht damit zu rechnen, dass Methan infolge Diffusion durch die Kellerwände gelangt und in den Kellern der Gebäude explosionsfähige Methan-Sauerstoffgemische bildet. **Weitere Untersuchungen werden als nicht erforderlich angesehen.**

5.5 Zusammenfassende Bewertung der Altlastensituation

Für die Bodenablagerung „Mitobiusweg“, Standortnr. 2530114045, besteht kein Untersuchungsbedarf.

Für die Altablagerung „Altes Grabensystem“ sollte zunächst von Bodenbelastungen im Bereich LAGA Z2 und DK I gemäß DepV ausgegangen werden (Analogie zur Teilsanie- rung 2012 im Bereich der ehemaligen Realschule). Genauere Erkenntnisse liegen nicht vor.

Diese Altablagerung liegt möglicherweise durch Qualmwasserströmungen unterhalb des Amts- bzw. Schlossgartens im Wirkungsbereich der Hochwasserschutzmaßnahme. Bei entsprechend hohen Hochwässern bilden sich regelmäßig im Bereich Leutnantswiese Wasserlachen in den Senken, die evtl. aus dem Untergrund oder aus dem dortigen Regenwasserkanal gespeist werden.

Für die Altablagerung „Silbernkamp“ ist nach einer hier durchgeführten Neubewertung eine Grundwasserbelastung mit Bor und den Schwermetallen **Arsen, Blei, Kupfer und Nickel** festzustellen, die die Grundwasserswellenwerte nach LAWA, 2004 zum Teil deutlich überschreitet.

Die Kontaminationsfahne weist in südöstliche Richtung (Anlage 4f), die Reichweite der Kontaminationsfahne ist bisher noch nicht ermittelt und reicht auch über den Bereich vor- liegender Untersuchungen hinaus.

Die Kontaminationsfahne befindet sich überwiegend in den (gespannten) Grundwasserschichten unterhalb der wasserstauenden Ton- bzw. Auelehmschichten. Insofern wird sich durch die Hochwasserschutzmaßnahme keine wesentliche Veränderung der Schadstoffausbreitung im Grundwasser einstellen, sofern nicht besondere Maßnahmen hierfür getroffen werden.

Durch die Hochwasserschutzmaßnahme wird die Überflutung der Altablagerung bei Extremhochwässern mit den damit evtl. verbundenen Erosionsprozessen verhindert.

Das **Flurstück 95**, eine drainierte und aufgefüllte Fläche direkt südöstlich der Altablagerung Silbernkamp, stellt eine Altablagerung dar, die bisher nicht als Verdachtsfläche registriert ist und in Kap. 7.2 näher beschrieben wird.

6 Durchgeführte Untersuchungen und Ergebnisse

Eine Übersicht über die durchgeführten Arbeiten ist Anlage 2a zu entnehmen.

Die Lage der Aufschlüsse ist Anlage 1 zu entnehmen.

Es wurde eine umfassende Recherche und Bewertung der Altlastensituation im Untersuchungsgebiet durchgeführt.

Die Geländearbeiten wurden zwischen dem 11.09. und 19.09.2012 ausgeführt.

Die Höhe der Bohransatzpunkte wurde vorab von einem Vermessungsbüro vermessungstechnisch ermittelt. Die Bohransatzpunkte waren mit Pflöck im Gelände gekennzeichnet.

Es wurden **44 Kleinrammbohrungen** bis 5 m oder 6 m unter GOK abgeteuft. Einige RKS mussten vor Erreichen der geplanten Endteufe abgebrochen werden, da aufgrund von Tonsteinschichten kein Bohrfortschritt mehr. Durch einen Geologen wurde das geotechnische Profil aufgenommen und gemäß DIN 4023 dargestellt (Anlagen 6 und 7).

Im Bereich des Amts- bzw. Schlossgartens wurden 2 Kleinrammbohrungen bis 10 m unter GOK niedergebracht, um auch den Aufbau und Untergrund der alten Festungsanlagen zu erkunden.

Ergänzend wurden **23 Rammsondierungen** bis 6 m unter GOK mit der schweren Rammsonde DPH 15 durchgeführt (Anlage 8).

In Anlage 5 sind **geotechnische Profilschnitte** durch den Untersuchungsbereich dargestellt.

Anlage 9 enthält eine Kombinationsdarstellung von Bohrprofilen und Rammprofilen für die 23 betreffenden Bohrpunkte.

Die **Grundwasserstände** wurden in den Bohrlöchern ermittelt. Eine Messung mittels Kabellichtlot war i.d.R. wegen Bohrlocheinfalls nicht möglich, so dass bei gespannten Grundwasserspiegeln die Druckhöhe nicht bekannt ist.

Es wurden 3 **Grundwasserproben** entnommen und im Hinblick auf Beton- und Stahl-aggressivität analysiert (Anlage 15).

Es wurden im Bereich der Altablagerung Silbernkamp ergänzend **Drucksondierungen** (CPT) bis 5 bzw. 6 m unter GOK durchgeführt. Diese waren kombiniert mit einer **Leitfähigkeitmessung (LF-CPT)**, um Grundwasserkontaminationen lateral und vertikal zu erfassen.

An 6 charakteristischen, nichtbindigen Bodenproben aus tieferen Horizonten wurden **Siebanalysen** durchgeführt, um die Bodengruppe und Wasserdurchlässigkeit (rechnerisch) zu ermitteln.

Darüber Hinaus wurden 6 Schurfe in den oberen Deckschichten angelegt und Sonderproben zur **Laborbestimmung der Wasserdurchlässigkeit** entnommen. An diesen Proben wurden außerdem Sieb-Schlamm-Analysen und die Bestimmung von Wassergehalt und Glühverlust durchgeführt.

Vorgefundene **Auffüllungsböden (8 Bodenproben)** im Umfeld der Altablagerung Silbernkamp wurden gemäß LAGA-Parameterliste analysiert und bewertet (Anlagen 14).

Die Untersuchungsergebnisse werden in den nachfolgenden Kapiteln dargestellt und bewertet.

7 Chemische Bodenanalysen

7.1 Chemische Laboruntersuchungen, abfallrechtliche Zuordnung

8 Bodenproben aus dem Trassenbereich, die durch höhere Bauschuttanteile auffällig waren, wurden zur Analyse ins Labor gegeben und gemäß Parameterliste nach LAGA TR Boden, 2004 (Mindestuntersuchungsprogramm) untersucht.

Bei Flurstück 95 handelt es sich um eine drainierte und durch Bodenauffüllungen erhöhte Fläche. Die Bodenproben wurden überwiegend hier entnommen oder im angrenzenden Bereich der Altablagerung Silbernkamp.

Gemäß Zusammenstellung in Anlage 14a und Prüfbericht in Anlage 14c handelt es sich überwiegend um Bodenmaterial der LAGA-Zuordnung Z 0, Z 1 oder Z 2. Die Zuordnungen sind in Anlage 14b ausführlich erläutert.

Die Verteilung im Untersuchungsgebiet ist nachfolgend dargestellt.

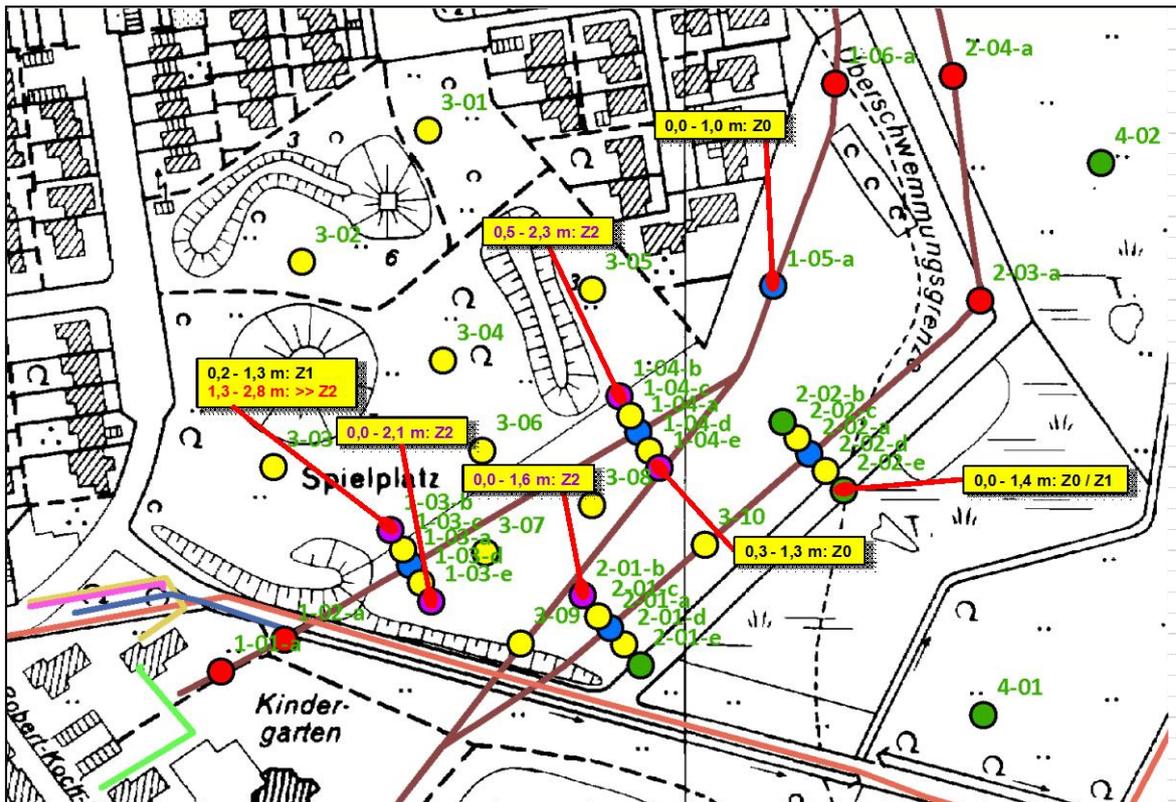


Abb. 7-1: Lagedarstellung der Ergebnisse der Bodenanalysen nach LAGA-Zuordnung

Am Punkt 1-03b im Horizont 1,3 - 2,8 m wurde eine sehr hohe PAK-Kontamination ermittelt (491,9 mg/kg), die mit einer erhöhten Sulfatbelastung im Eluat verbunden ist. Die Schwermetallbelastung ist hier unauffällig, wie in den anderen Proben auch. Das Bodenmaterial ist der früheren Deponie zuzuordnen.

Aus einem einzelnen Analysenergebnis als Ausreißerwert kann nicht auf die generelle Altlastensituation geschlossen werden. Möglicherweise wurde das Analysenergebnis durch Teerpappenreste hervorgerufen (typische Bestandteile früherer Bauschuttablagerungen), die in der Stichprobe enthalten waren. Von einer Repräsentativität für eine größere Fläche kann insofern nicht ausgegangen werden.

Es wird aber zumindest ersichtlich, dass bei Aushubarbeiten im bisher bekannten Alttablagerungsbereich erhebliche Probleme mit kontaminierten Böden auftreten könnten und Aushubmaßnahmen hier vermieden werden sollten.

7.2 Altablagerung Flurstück 95

Das Flurstück 95 wurde durch flächendeckende Drainierung und Aufhöhung (Bodenauffüllungen) trocken gelegt. Die Bodenauffüllungen sind zum Teil kontaminiert (Abb. 7-1), so dass hier eine Altablagerung bzw. Altlastenverdachtsfläche vorliegt. Inwieweit diese eine schädliche Bodenveränderung gemäß BBodSchG darstellt (= Altlast), kann mit den bisher durchgeführten Untersuchungen noch nicht beantwortet werden.

Die Z2-Zuordnung an den Bohrpunkten 1-03e und 2-01b wurde aufgrund der PAK-Gehalte getroffen, welche i.d.R. aus den Bauschuttanteilen resultieren.

Die Mächtigkeiten der Auffüllungen sind Anlage 2c zu entnehmen und liegen im Bereich von 0,5 bis 2,6 m.

Die Auffüllungen bestehen überwiegend aus Fein- und Mittelsanden mit humosen Beimengungen und Anteilen an Bauschutt, Schlackenresten, Schluffen und Kiesen (Anlage 6).

Die wichtigsten Untersuchungsergebnisse sind nachfolgend dargestellt. Hieraus ist zu ersehen, dass das Flurstück 95 als Untergrund für den Deichbau ohne weitere Maßnahmen nicht geeignet ist. Die Auffüllungsböden sind inhomogen und aufgrund der überwiegend sandigen Anteile in häufig lockerer Lagerung überwiegend wasserdurchlässig.

Die Trassenführung über das Flurstück 95 erfordert Abdichtungsmaßnahmen bis zum natürlich gewachsenen Untergrund aus Auelehmen, um die Unterströmung des Deichbauwerkes stark zu vermindern.

Eine aus geotechnischer Sicht vorteilhafte Trassenführung im Bereich der Altablagerung Silbernkamp und - erweitert - auf Flurstück 95 ist aus den Ergebnissen nicht abzuleiten.

Bohrpunkt	Auffüllung	Kontamination	Spitzendruck q_c	Lagerungsdichte
	Anlage 6 Anlage 11	Anlage 14	Anlage 11	Interpretation
1-03b (Deponie *)	0,2 – 1,3 m 1,3 - 3,8 m	Z 1 > Z 2	---	---
1-03c	2,20 m	---	5 – 20 MN/m ²	locker - dicht
1-03a	2,05 m ** 2,50 m	---	2 – 15 MN/m ²	locker - mitteldicht
1-03d	2,10 m	---	5 – 15 MN/m ²	locker - mitteldicht
1-03e	2,10 m	Z 2	---	---
1-04b	2,30 m	Z 2	---	---
1-04c	1,45 m	---	3 – 8 MN/m ²	locker
1-04a	1,55 m ** 1,70 m	---	5 – 40 MN/m ²	locker – sehr dicht
1-04d	1,55 m	---	5 – 16 MN/m ²	locker - mitteldicht
1-04e	1,30 m	Z 0	---	---
2-01b	1,60 m	Z 2	---	---
2-01c	1,10 m	---	5 – 8 MN/m ²	locker
2-01a	1,10 m ** 1,30 m	---	4 – 14 MN/m ²	locker - mitteldicht
2-01d	0,90 m	---	5 – 8 MN/m ²	locker
2-01e	0,90 m	---	---	---
2-02b	0,50 m	---	---	---
2-02c	1,80 m	---	2 – 20 MN/m ²	locker - dicht
2-02a	1,80 m ** 2,60 m	---	2 – 13 MN/m ²	locker - mitteldicht
2-02d	1,55 m	---	2 – 8 MN/m ²	locker
2-02e	1,40 m	Z 1	---	---
3-07	2,10 m	---	2 – 10 MN/m ²	locker - mitteldicht
3-08	1,60 m	---	3 – 11 MN/m ²	locker - mitteldicht
3-09	1,45 m	---	3 – 9 MN/m ²	locker - mitteldicht
3-10	1,80 m	---	3 – 26 MN/m ²	locker – sehr dicht

* Bohrpunkt 1-03b liegt außerhalb des Flurstücks im ehemaligen Deponiebereich

** Ergebnisse der Drucksondierungen können aus verschiedenen Gründen (Interpretation) von den Ergebnissen der Rammkernsondierungen abweichen

Tab. 7-1: Flurstück 95, Zusammenstellung von Untersuchungsergebnissen

7.3 Bodenaushub, Bodenmanagement

Die vorliegenden Bodenanalysen haben orientierenden Charakter und können i.d.R. nicht für die Deklaration von Aushubböden direkt herangezogen werden.

Sofern Auffüllungsböden aufgenommen und entsorgt werden müssen, sind diese daher beim Aushub zu separieren, soweit bautechnisch machbar:

- unauffällige, naturgewachsene Böden
- geringe, aber sichtbare Bauschutt-, Schlacken- und Fremdstoffanteile (häufig LAGA Z1 oder LAGA Z2)
- hohe Bauschuttanteile, Schlacken, Holz und andere Fremdstoffe, Müll (LAGA Z2 oder Deponiegut)

Der Aushub ist vor Ort an geeigneter Stelle zu Bodenmieten aufzuschichten und gemäß den Vorgaben des LAGA-Mitteilung PN 98 repräsentativ zu beproben. Die Proben sind je nach Kontamination nach LAGA TR Boden oder Deponieverordnung zu analysieren. Mit dem Probenahmeprotokoll und dem Prüfbericht des Labors kann dann die Entsorgung durchgeführt werden. Es ist mit 1 bis 2 Wochen Lagerungsdauer der Bodenmieten bis zur Entsorgung auszugehen. Für stark kontaminierte Böden ist mindestens eine reißfeste Folienabdeckung vorzusehen. Die Bodenmieten sollten auf der kontaminierten Fläche belassen oder gegen den Untergrund abgedichtet gelagert werden.

Bei Unterschreitung der Zuordnungswerte Z1 ist ein offener Einbau in Flächen möglich, die im Hinblick auf ihre Nutzung als unempfindlich anzunehmen sind (z.B. Straßen- und Wegebau sowie begleitende Erdbaumaßnahmen, Industrie-, Gewerbe- und Lagerflächen). In der Regel soll der Abstand zwischen der Schüttkörperbasis und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand mindestens 1 m betragen (weitere Erläuterungen in Anlage 14b).

8 Grundwasser

8.1 Grundwasserstände

Der Grundwasserstand steht bei Hochwasserereignissen in engem Zusammenhang mit dem Wasserstand der Leine.

Im Rahmen der Geländearbeiten wurden die Grundwasserstände im Bohrloch ermittelt. Dies sind in Anlage 2a, 2b, 5 und 6 numerisch (mit NN-Bezug) oder grafisch dargestellt.

Es war häufig gespanntes Grundwasser unterhalb von wasserstauenden Bodenschichten (Ton, Schluff) vorhanden, der Grundwasserspiegel würde in einem Pegel also über den bei der Bohrung ermittelten Grundwasserstand ansteigen.

Der Druckwasserspiegel wurde im einfachen Bohrloch nicht ermittelt, da eine Lotung mit Kabellichtlot wegen Bohrlocheinfalls hier häufig nicht möglich war. Ein Grundwassergleichenplan bzw. eine Fließrichtung lässt sich insofern aus den aktuell gewonnenen Daten der Grundwasserstände nicht ableiten.

Hierzu wird auf das hydrogeologische Kartenwerk verwiesen mit dem ergänzenden Hinweis, dass sich bei auflaufendem Hochwasser die normalerweise zur Leine hin gerichtete Grundwasserströmung umkehren kann und dann zeitweise influente Strömungsverhältnisse herrschen.

8.2 Grundwasserproben

Es wurden 3 Grundwasserproben entnommen, gemäß DIN EN ISO 5667-3 konserviert und auf Beton- und Stahlaggressivität untersucht. Die Probenahmegefäße und Konservierungsvorbereitung wurden durch das Labor bereitgestellt.

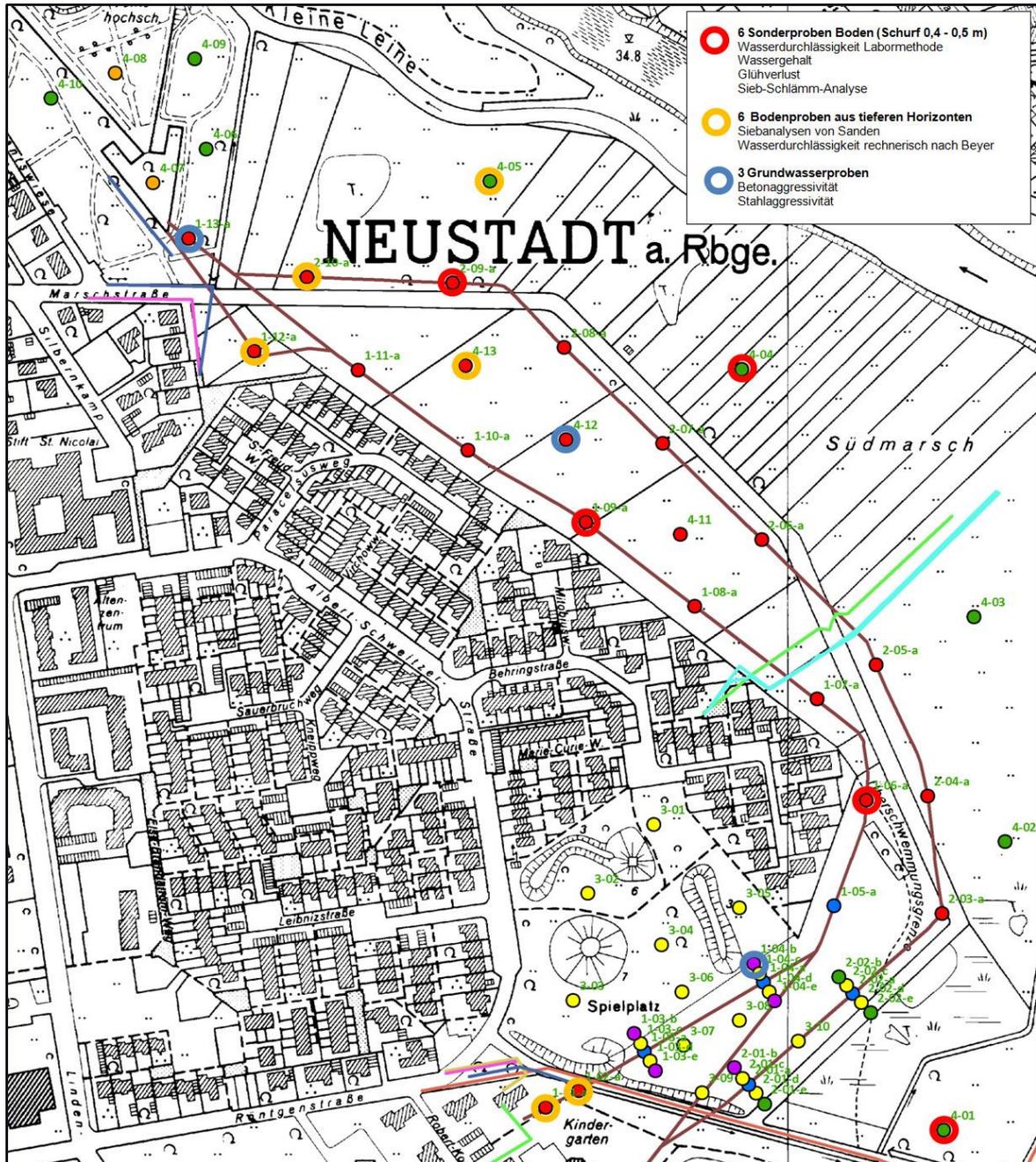


Abb. 8-1: Lagedarstellung der Probenahmeorte für Sonderproben in Schurfen, Bodenproben für Siebanalysen und Grundwasserproben

8.2.1 Betonaggressivität

Hinsichtlich der Betonaggressivität des Grundwassers nach DIN 4030 wurden 3 Analysen des Grundwassers durchgeführt. Die Ergebnisse und Bewertungen sind Anlage 15a und 15b im Detail zu entnehmen.

Wir empfehlen, aufgrund der heterogenen Bodenzusammensetzung und der vermutlich wechselnden Wasserqualitäten mindestens die Expositionsklasse XA1 (schwach angreifend) für Betonbauwerke im Bodenkontakt vorzusehen.

8.2.2 Stahlaggressivität

Hinsichtlich der Stahlaggressivität des Grundwassers nach DIN 50929 wurden 3 Analysen des Grundwassers durchgeführt. Die Ergebnisse sind Anlage 15a und 15b im Detail zu entnehmen.

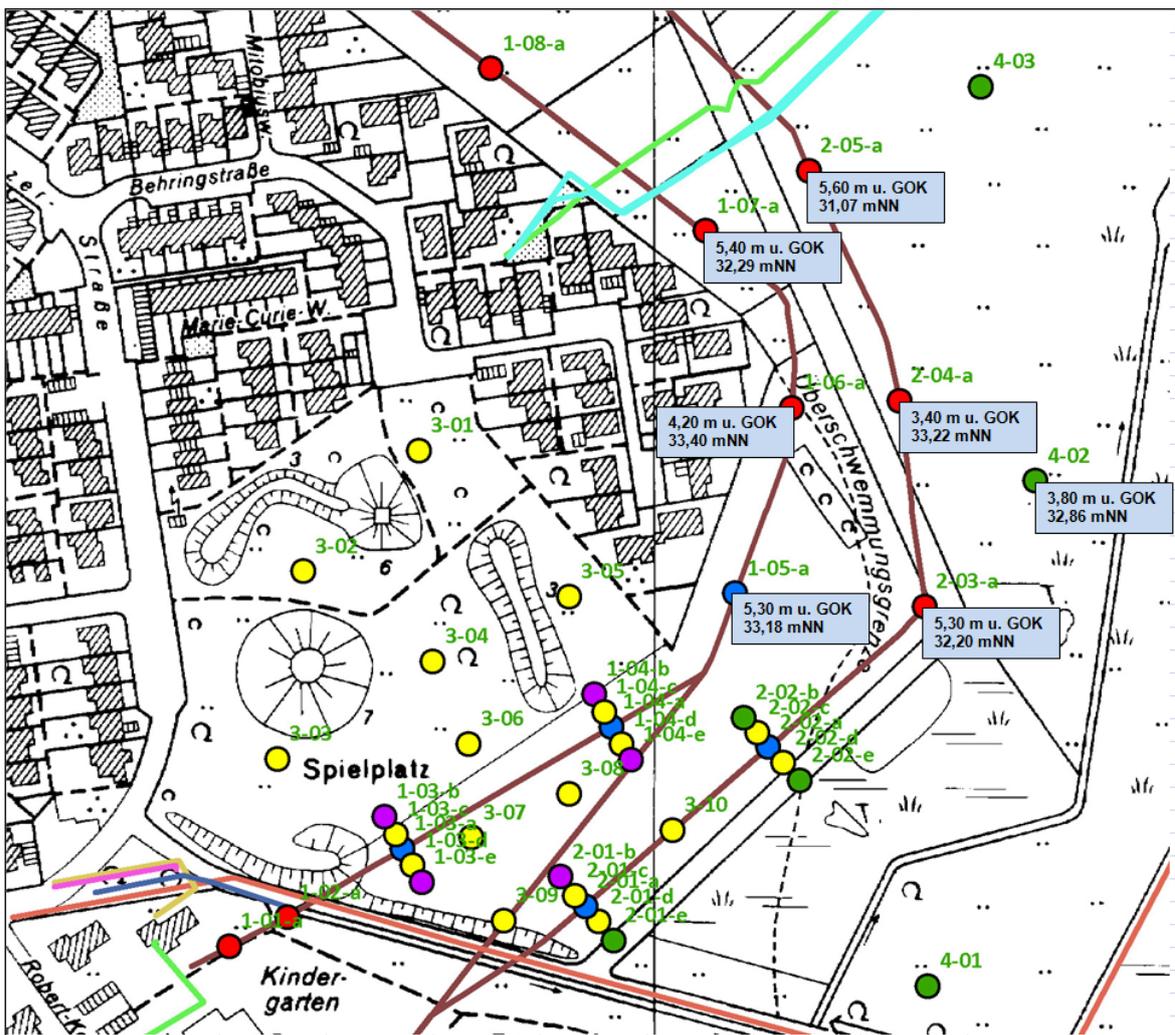
Das untersuchte Grundwasser weist bezüglich der Stahlaggressivität eine sehr geringe Korrosionswahrscheinlichkeit für Mulden- und Lochkorrosion sowie auch für Flächenkorrosion auf.

9 Bewertung der geotechnischen Ergebnisse

9.1 Bohrprofile

Die Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse sind im Detail den Anlagen 6 und 7 zu entnehmen, in Verbindung mit den Ergebnissen der Rammsondierungen zusätzlich in Anlage 9.

Bei 7 Bohrpunkten musste der Bohrvorgang abgebrochen werden, da aufgrund des Tonsteins der Unterkreide kein Bohrfortschritt mehr möglich war. Diese Hochlage des Tonsteins ist in der nachfolgenden Abb. dargestellt und betrifft den Bereich östlich der Altablagerung Silbernkamp.



Anmerkung:

Die Oberfläche des Tonsteins (Bohrabbruch) ist jeweils in m unter Gelände und mNN angegeben.

Abb. 9-1: Darstellung der Hochlage von Tonstein (Unterkreide)

9.2 Bewertung für den Deichbau

Die Bohrprofile wurden darüber hinaus einer Bewertung des Untergrundes als Deichbaugrund unterzogen. Der Deich kann als Schutzbauwerk seine Funktion nur erfüllen, wenn auch der Untergrund eine wasserstauende Schicht aufweist und eine Verbindung zwischen Deich und dieser Schicht vorhanden ist oder problemlos hergestellt werden kann. Als wasserstauende Schichten sind Tonlagen am besten geeignet, Schlufflagen ebenso bei ggf. etwas größerer Mächtigkeit. Bedingt geeignet sind schluffige Sande größerer Mächtigkeit, ungeeignet reine Sand- und Kieslagen.

Für die Wasserdurchlässigkeit verschiedener Böden bzw. Lockergesteine kann mit nachfolgenden Werten gerechnet werden. Hohe Wasserdurchlässigkeiten im Untergrund bedingen eine Unterströmung des Deiches mit der Folge von Qualmwasseraustritten binnendeichs und Erosionsprozessen im Untergrund. Sie sind daher zu vermeiden, soweit möglich (insbes. durch Alternativen der Trassenführung).

Bodenbeschaffenheit	Wasserdurchlässigkeit k_f in m/s
Grobkies	10^{-1} bis 5×10^{-3}
Fein-/Mittelkies	3×10^{-2} bis 5×10^{-4}
sandiger Kies	10^{-2} bis 10^{-4}
Grobsand	4×10^{-3} bis 1×10^{-4}
Mittelsand	10^{-3} bis 6×10^{-5}
Feinsand	4×10^{-4} bis 6×10^{-6}
schluffiger Sand, sandiger Schluff, Schluff	$7,5 \times 10^{-5}$ bis 5×10^{-8}
Schluff	5×10^{-6} bis 10^{-10}
toniger Schluff	4×10^{-6} bis 10^{-10}
schluffiger Ton, Ton	10^{-8} bis 10^{-10}

Tab. 9-1: Wasserdurchlässigkeit von Lockergesteinen (nach DWA-A 138, 04/2005)

Es wurden für die Bewertung des Untergrundes für den Deichbau folgende Kriterien angelegt:

grün	gute Eignung, kein erhöhter bautechnischer Aufwand	Der Untergrund besteht oberflächennah aus einer mind. 0,5 m mächtigen Tonschicht oder 1,0 mächtigen Schluffschicht. Diese kann überdeckt sein durch Mutterboden, der sowieso abzuschleppen und wieder einzusetzen ist (Verwertungsgebot).
gelb	bedingte Eignung, erhöhter bautechnischer Aufwand	Die wasserstauende Schicht wird von weniger als 1 m Sand überdeckt, eine Anbindung an den Deichkörper ist technisch mit überschaubarem Aufwand machbar. oder Die wasserstauende Schicht liegt oberflächennah, setzt sich aber aus Auffüllungen und schluffigen Feinsanden zusammen, Gefahr der Inhomogenität.
rötlich	schlechte Eignung, stark erhöhter bautechnischer Aufwand	Die wasserstauende Schicht wird von 1 m bis 2 m Sanden überdeckt, eine Anbindung an den Deichkörper ist technisch aufwendig.
rot	eher ungeeignet, sehr stark erhöhter bautechnischer Aufwand	Die wasserstauende Schicht wird von mehr als 2 m Sanden überdeckt, eine Anbindung an den Deichkörper ist technisch sehr aufwendig.
violett	ungeeignet, bautechnisch problematisch	Eine wasserstauende Schicht wurde nicht vorgefunden, eine Anbindung an den Deich ist technisch extrem aufwendig (ggf. Anschluss an die Tonsteinlagen der Unterkreide notwendig).

Diese Bewertung des Untergrundes für den Deichbau bildet hauptsächlich den bautechnischen Aufwand ab, um den Deich an wasserstauende Schichten im Untergrund anzuschließen. Zur Optimierung von Materialbedarf und Kosten ist daher eine Trassenführung vorteilhaft, die durch grün, ggf. auch gelb markierte Bohrpunkte verläuft.

Die Bewertung ist im Einzelnen den Anlagen 2a und 2d zu entnehmen.

9.3 Rammsondierungen

Die Ergebnisse der schweren Rammsondierungen sind Anlage 8 und Anlage 9 zu entnehmen.

Rammsondierungen gemäß DIN 4094 liefern über den Eindringwiderstand N_{10} als Anzahl der Rammschläge für 10 cm Sondeneindringung ein indirektes Maß für die Zusammendrückbarkeit und die Scherfestigkeit und damit letzten Endes auch über den Verdichtungsgrad. Diese Methode bietet den Vorteil, auch große Tiefen prüfen zu können, sofern im aufgeschütteten Boden keine größeren Steine als Rammhindernisse vorkommen.

Bei der Erkundung mittels schwerer Rammsonde DPH sollte die Schlagzahl N_{10} mindestens 5 betragen. Bei Sanden sollte die Schlagzahl unterhalb des Grundwasserspiegels mindestens 3 betragen. Dann kann von wenig setzungsanfälligen, gut tragfähigen Böden ausgegangen werden.

nicht bindiger Boden Lagerung	Schlagzahl N_{10}	bindiger Boden Konsistenz	Schlagzahl N_{10}
sehr locker	0 – 1	breiig	0 – 2
locker	1 – 4	weich	2 – 5
mitteldicht	4 – 13	steif	5 – 9
dicht	13 - 24	halbfest	9 – 17
sehr dicht	> 24	fest	> 17

Anmerkung: Unterhalb des Grundwasserspiegels verringert sich die Schlagzahl von Sanden bei gleicher Lagerungsdichte um etwa die Hälfte.

Tab. 9-2: Allgemeiner Zusammenhang zwischen Lagerungsdichte bzw. Konsistenz und Schlagzahl N_{10} für DPH

Eine erste Bewertung der Tragfähigkeit bzw. Setzungsempfindlichkeit der einzelnen Bohrpunkte ist Anlage 2a zu entnehmen. Es wurden hierbei 3 Kategorien abgeschätzt, für die die grob prognostizierten Setzungen < 5 cm, zwischen 5 und 10 cm und über 10 cm betragen.

9.4 Elektrische Drucksondierungen CPT

9.4.1 Grundlagen

Die Drucksondierung (Cone Penetration Test, CPT) ist ein Sondierverfahren zur Baugrunderkundung, bei dem ein Messkopf mit kegelförmiger Spitze mit konstanter Geschwindigkeit über ein Gestänge in den Boden gedrückt wird. Gemessen wird im Allgemeinen der Spitzendruck und die Mantelreibung. Es können auch weitere Messgrößen ermittelt werden, wie der Porenwasserdruck (CPTU) oder die Leitfähigkeit LF (LF-CPT).

Die Datenübertragung erfolgt elektronisch über ein im Sondiergestänge geführtes Kabel vom Messgeber zu einem Computer an der Oberfläche. Gängige Sonden haben einen Spitzendurchmesser von 36 mm oder 44 mm (Querschnittfläche 10 bzw. 15 cm²). Die Sonde kann mit einem schweren Trägerfahrzeug bis in Erkundungstiefen von bis zu 35 m eingedrückt werden.

Zur Anwendung kam eine Kombination CPT-Sondierspitze mit einer Leitfähigkeitssonde (LF). Diese ermöglicht es, gelöste Ionen als Summenparameter in der gesättigten Bodenzone kontinuierlich und teufenorientiert mit einer Auflösung von 2 cm nachzuweisen. Dabei wird der elektrische Widerstand des Wassers und der elektrische Widerstand der Sedimentmatrix detektiert.

Der elektrische Widerstand des Wassers wird dabei im wesentlichen durch Ionen wie z.B. Cl⁻, HCO³⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, CO₃²⁻, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, NH⁴⁺, Fe²⁺, Mn⁺ usw. bestimmt.

Die Wasserleitfähigkeit berechnet sich aus dem Produkt der Formationsleitfähigkeit und einer sedimentspezifischen Konstante. Dieser Formationsfaktor kann jedoch für die einzelnen Sedimente nur angenähert angegeben werden, da er von den bodenphysikalischen Parametern der angetroffenen Bodenart abhängig ist. Es ist zu berücksichtigen, dass aus diesem Grunde die mit Grundwasser-Leitfähigkeiten direkt vergleichbare Wasserleitfähigkeit [μ S/cm] nur eine Genauigkeit von ca. ± 10 % besitzt.

Die Wasserleitfähigkeiten beziehen sich nur auf poröse (sandige) Bereiche, da in bindigen Bereichen der Anteil der Matrixleitfähigkeit den der Wasserleitfähigkeit deutlich überschreitet. **Eine Interpretation der Wasserleitfähigkeit ist deshalb lediglich in Sanden und Kiesen sinnvoll.** In den Sondierprofilen (Anlagen 10 und 11) wird jedoch aus Gründen der Vollständigkeit auch die Wasserleitfähigkeit für bindige Bereiche dargestellt.

Die Sondierergebnisse wurden mit dem EDV-Programm GeODIN 6.0 ausgewertet und grafisch dargestellt. In Anlage 11 sind der Spitzendruck [MN/m²], das Reibungsverhältnis [%], die Geologische Interpretation, die Formationsleitfähigkeit [S/m], und die Wasserleitfähigkeit [μ S/cm] dargestellt.

In der Interpretation wird die Wasserleitfähigkeit in μ S/cm angegeben. Damit sind diese Werte direkt vergleichbar mit Leitfähigkeitsdaten, die Vor-Ort oder im Labor im Grundwasser bzw. Grundwasserprobe bestimmt werden.

Die Drucksondierung mit Leitfähigkeitsmessung (LF-CPT) gehört zu den Untergrunduntersuchungen mittels **Direct-Push-Techniken (DP)**. Die LF-CPT ist ein kosten- und zeitsparendes Instrument zur Erkundung von Boden- und Grundwasserkontaminationen und des geologischen Schichtaufbaus.

Neben der Ermittlung des geologischen Schichtprofils aus Sondenspitzenruck und Mantelreibung ist auch die Aufnahme von Vertikalprofilen möglich. Dadurch können Schadstoffzonen innerhalb der Geologie sehr genau eingegrenzt werden.

Messdaten (Anlage 10)

- Neigung der Sonde, Lotabweichung [°]
- Lokale Mantelreibung f_s [MN/m²]
- Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]
- Elektrische Leitfähigkeit [S/m]
- Reibungsverhältnis R_f [%]

Interpretierte Daten (Anlage 11)

- Geologische Interpretation, Bodenprofile
- Formationsleitfähigkeit [S/m]
- Wasserleitfähigkeit [μ S/cm]



Abb. 9-2: Einsatz der Drucksonde mit Leitfähigkeitsmessung im Untersuchungsgebiet

9.4.2 Geologische Interpretation

Aus den Messdaten (Anlage 10) werden durch bestimmte Rechenansätze Interpretationen abgeleitet. Insbes. kann aus dem Spitzendruck und Reibungsverhältnis die Bodenart bestimmt werden (Absicherung durch Bohrprofile vorteilhaft).

Aus dem Spitzendruck können bei bekannter Bodenart außerdem die Lagerungsverhältnisse und der Steifemodul E_s für Setzungsprognosen abgeleitet werden.

Einige der gängigen Grundlagen für die geologische Interpretation sind nachfolgend aufgeführt. Die geologische Interpretation ist im Detail Anlage 11b zu entnehmen.

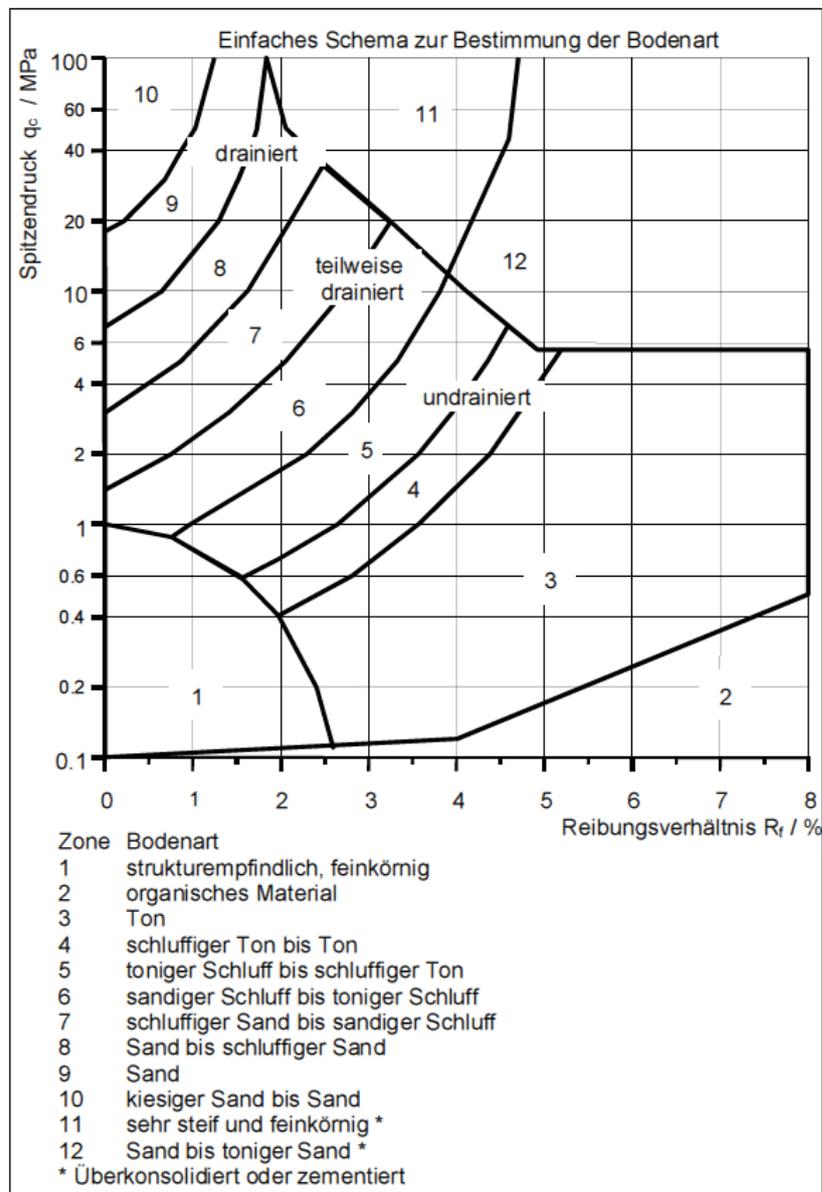


Abb. 9-3: Schema zur Bestimmung der Bodenarten aus Spitzendruck und Reibungsverhältnis nach ROBERTSON

<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spitzenwiderstand q_s MN/m²</th> <th>Lagerungsdichte D</th> <th>Bezeichnung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$q_c < 2,5$</td> <td>$D < 0,15$</td> <td>sehr locker</td> </tr> <tr> <td>$2,5 \leq q_c \leq 7,5$</td> <td>$0,15 \leq D < 0,30$</td> <td>Locker</td> </tr> <tr> <td>$7,5 < q_c \leq 15,0$</td> <td>$0,30 \leq D < 0,50$</td> <td>Mitteldicht</td> </tr> <tr> <td>$15,0 < q_c \leq 25,0$</td> <td>$0,50 \leq D \leq 0,65$</td> <td>Dicht</td> </tr> <tr> <td>$25,0 < q_c$</td> <td>$0,65 < D$</td> <td>sehr dicht</td> </tr> </tbody> </table>			Spitzenwiderstand q_s MN/m ²	Lagerungsdichte D	Bezeichnung	$q_c < 2,5$	$D < 0,15$	sehr locker	$2,5 \leq q_c \leq 7,5$	$0,15 \leq D < 0,30$	Locker	$7,5 < q_c \leq 15,0$	$0,30 \leq D < 0,50$	Mitteldicht	$15,0 < q_c \leq 25,0$	$0,50 \leq D \leq 0,65$	Dicht	$25,0 < q_c$	$0,65 < D$	sehr dicht	nach Grundbau-Taschenbuch							
Spitzenwiderstand q_s MN/m ²	Lagerungsdichte D	Bezeichnung																										
$q_c < 2,5$	$D < 0,15$	sehr locker																										
$2,5 \leq q_c \leq 7,5$	$0,15 \leq D < 0,30$	Locker																										
$7,5 < q_c \leq 15,0$	$0,30 \leq D < 0,50$	Mitteldicht																										
$15,0 < q_c \leq 25,0$	$0,50 \leq D \leq 0,65$	Dicht																										
$25,0 < q_c$	$0,65 < D$	sehr dicht																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]</th> <th>Charakteristischer Reibungswinkel ϕ'</th> <th>Steifemodul E_s [MN/m²]</th> <th>Benennung der Festigkeit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>< 2</td> <td>< 30°</td> <td>< 15</td> <td>sehr gering</td> </tr> <tr> <td>2 - 6</td> <td>30° - 35°</td> <td>15 - 50</td> <td>gering</td> </tr> <tr> <td>6 - 11</td> <td>35° - 37,5°</td> <td>50 - 80</td> <td>mittel</td> </tr> <tr> <td>11 - 19</td> <td>37,5° - 40°</td> <td>80 - 100</td> <td>groß</td> </tr> <tr> <td>> 19</td> <td>≥ 40°</td> <td>> 100</td> <td>sehr groß</td> </tr> </tbody> </table>				Spitzenwiderstand q_c [MN/m ²]	Charakteristischer Reibungswinkel ϕ'	Steifemodul E_s [MN/m ²]	Benennung der Festigkeit	< 2	< 30°	< 15	sehr gering	2 - 6	30° - 35°	15 - 50	gering	6 - 11	35° - 37,5°	50 - 80	mittel	11 - 19	37,5° - 40°	80 - 100	groß	> 19	≥ 40°	> 100	sehr groß	nach BAW
Spitzenwiderstand q_c [MN/m ²]	Charakteristischer Reibungswinkel ϕ'	Steifemodul E_s [MN/m ²]	Benennung der Festigkeit																									
< 2	< 30°	< 15	sehr gering																									
2 - 6	30° - 35°	15 - 50	gering																									
6 - 11	35° - 37,5°	50 - 80	mittel																									
11 - 19	37,5° - 40°	80 - 100	groß																									
> 19	≥ 40°	> 100	sehr groß																									

BAW: Bundesanstalt für Wasserbau

Tab. 9-3: Ableitung der Lagerungsdichten und Festigkeiten von Sanden aus Drucksondierergebnissen

$E_s = q_c * N$			
rollige Böden		bindige Böden	
Schluffiger Sand	N = 2	Schluff	
Fein- und Mittelsand	N = 3,5	$q_c < 2 \text{ MN/m}^2$	N = 2 – 6
Grobsand und kiesiger Sand	N = 5	$q_c > 2 \text{ MN/m}^2$	N = 1 – 2
Sandiger Kies und Kies	N = 6	Ton	
		$q_c < 0,7 \text{ MN/m}^2$	N = 2- 8
		$0,7 \text{ MN/m}^2 < q_c < 2 \text{ MN/m}^2$	N = 2 - 6
		$q_c > 2 \text{ MN/m}^2$	N = 1 – 2,5

Tab. 9-4: Zusammenhang zwischen Verformungsmodul E_s und Spitzendruck q_c für rollige und bindige Böden

9.4.3 Auswertung der elektrischen Drucksondierungen

Eine erste Bewertung der Tragfähigkeit bzw. Setzungsempfindlichkeit der einzelne Bohrpunkte ist Anlage 2a zu entnehmen. Es wurden hierbei 3 Kategorien abgeschätzt, für die die grob prognostizierten Setzungen < 5 cm, zwischen 5 und 10 cm und über 10 cm betragen.

9.4.4 Auswertung der elektrischen Drucksondierungen mit Leitfähigkeitsmessungen

Die Wasserleitfähigkeiten beziehen sich nur auf poröse (sandige) Bereiche, da in bindigen Bereichen der Anteil der Matrixleitfähigkeit den der Wasserleitfähigkeit deutlich über-schreitet. **Eine Interpretation der Wasserleitfähigkeit ist deshalb lediglich in Sanden und Kiesen sinnvoll.**

Bei der Auswertung der Leitfähigkeitsmessungen sind zu unterscheiden:

- a) Freies Grundwasser bzw. Stauwasser oberhalb wasserleitfähiger Schichten (Ton, Schluff, schluffige Feinsande)
- b) Gespanntes Grundwasser unterhalb wasserleitfähiger Schichten (Ton, Schluff, schluffige Feinsande)

Grundwasser bzw. Stauwasser oberhalb wasserleitfähiger Schichten war im Untersu-chungszeitraum nicht überall vorhanden, demnach nicht überall messbar.

Grundwasser bzw. Stauwasser unterhalb wasserleitfähiger Schichten war ebenfalls nicht überall messbar, wenn die Drucksondierung nicht durch die wasserstauenden Schichten hindurch gingen.

Bei Belastungen des Grundwassers unterhalb der stauenden Schichten sind i.d.R. verti-kale Fahnen erkennbar, die überwiegend am Top liegen, wenn das Grundwasserstand unter dem Wasserstauer gespannt anstand.

Die Ergebnisse der Leitfähigkeitsmessungen sind in Anlage 11a in der Lage dargestellt. Der Maximalwert wurde im Zentrum der Altablagerung bei Bohrpunkt 3-04 unterhalb der wasserstauenden Schichten ermittelt mit 3.800 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Tendenziell lässt sich aus der Darstellung die Richtung der Kontaminationsfahne mit Südost ablesen, wie bereits in der Gefährdungsabschätzung (TÜV, 1992) dargestellt (Anlage 4f).

Die ermittelten Leitfähigkeitswerte liegen gehäuft im Bereich 1.500 – 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ vor. Die natürliche Hintergrundbelastung ist bei etwa 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ anzusetzen.

Die LF-Drucksondierungen ermittelten demnach im Bereich der Altablagerung Silbernkamp eine Leitfähigkeitsfahne, die eine konkrete Grundwasserbelastungssituation belegt. Das Ende der Kontaminationsfahne ist noch nicht ermittelt.

9.5 Siebanalysen, Bodenuntersuchungen

Aus 6 Siebanalysen der tieferen Horizonte (Sande) wurden die Bodengruppen nach DIN 18196 und rechnerisch die Wasserdurchlässigkeit ermittelt.

Aus 6 Sieb-Schlamm-Analysen der Schurfe 0,4 – 0,5 m wurden die Bodengruppen nach DIN 18196 und die Wasserdurchlässigkeit im Labor ermittelt.

An diesen Proben wurden außerdem auch Wassergehalt und Glühverlust im Labor bestimmt.

Die Ergebnisse sind nachfolgend zusammengestellt und in die Profilschnitten (Anlage 5) aufgenommen.

Bohrpunkt	Horizont unter GOK	Bodengruppe nach DIN 18196	k_f -Wert nach Beyer und nach Labormethode
Sande (Rammkernsondierungen)			
1-01a	2,5 – 6,0 m	SU	$k_f \gg 3,4 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}^1$
1-02a	2,1 – 4,3 m	SE	$k_f = 3,47 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
1-12a	1,2 – 2,5 m	SE	$k_f = 4,28 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
2-10a	1,5 – 2,7 m	SE	$k_f = 4,48 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
4-05	3,7 – 5,0 m	SE / GE	$k_f = 7,36 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
4-13	2,0 – 5,5 m	SE	$k_f = 8,71 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
Auelehm (Schurfe)			
1-04a Schurf	0,4 – 0,5 m	SU*	$k_f = 3,1 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}$
1-06a Schurf	0,4 – 0,5 m	SU*	$k_f = 2,1 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}$
1-09a Schurf	0,4 – 0,5 m	UL	$k_f = 9,8 \cdot 10^{-11} \text{ m/s}$
2-09a Schurf	0,4 – 0,5 m	UL	$k_f = 9,5 \cdot 10^{-11} \text{ m/s}$
4-01 Schurf	0,4 – 0,5 m	UL	$k_f = 3,2 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}$
4-04 Schurf	0,4 – 0,5 m	UL	$k_f = 8,5 \cdot 10^{-11} \text{ m/s}$

Für Auelehme (Schurfe) wurden die k_f -Werte nach Labormethode bestimmt (Anlage 13a)

Tab. 9-5: Ergebnisübersicht Siebanalysen

Bohrpunkt	Horizont unter GOK	Bodengruppe nach DIN 18196	Wassergehalt WG	Glühverlust GV	Wasserdurchlässigkeit k_f -Wert
		Anlage 12b	Anlage 13 b	Anlage 13c	Anlage 13a
1-04a Schurf	0,4 – 0,5 m	SU*	12,2 %	4,4 %	$3,1 \cdot 10^{-10}$ m/s
1-06a Schurf	0,4 – 0,5 m	SU*	12,3 %	2,9 %	$2,1 \cdot 10^{-10}$ m/s
1-09a Schurf	0,4 – 0,5 m	UL	10,1 %	3,9 %	$9,8 \cdot 10^{-11}$ m/s
2-09a Schurf	0,4 – 0,5 m	UL	18,0 %	9,3 %	$9,5 \cdot 10^{-11}$ m/s
4-01 Schurf	0,4 – 0,5 m	UL	36,3 %	16,1 %	$3,2 \cdot 10^{-10}$ m/s
4-04 Schurf	0,4 – 0,5 m	UL	18,8 %	4,6 %	$8,5 \cdot 10^{-11}$ m/s

Tab. 9-6: Ergebnisübersicht Bodenuntersuchungen

9.6 Bodenmechanische Kennwerte

Auf der Grundlage der durchgeführten Untersuchungen können den Bodenschichten die nachstehenden bodenmechanischen (charakteristischen) Kennwerte in Abhängigkeit von der Bodenart zugewiesen werden.

Gruppe	Wichte	Wichte unter Auftrieb	Innerer Reibungswinkel	Verformungsmodul E_B in N/mm^2 bei Verdichtungsgrad D_{Pr} in %					
	γ_B kN/m^3	γ'_B kN/m^3		ϕ' °	85	90	92	95	97
G1	20	11	35	2 ²⁾	6	9	16	23	40
G2	20	11	30	1,2	3	4	8	11	20
G3	20	10	25	0,8	2	3	5	8	13
G4	20	10	20	0,6	1,5	2	4	6	10

Erläuterung der Bodenarten nach ATV-DVWK-A 127:

G1 Gruppe 1:	Nichtbindige Bodenarten	GE, GW, GI, SE, SW, SI
G2 Gruppe 2:	Schwachbindige Bodenarten	GU, GT, SU, ST
G3 Gruppe 3:	Bindige Mischböden, Schluff, schluffiger Sand, bindiger, steiniger Verwitterungsboden	GÜ, GȚ, SÜ, SȚ, UL, UM
G4 Gruppe 4:	Bindige Böden (z.B. Ton)	TL, TM, TA, OU, OT, OH, UA

Tab. 9-7: Bodenmechanische Kennwerte gemäß ATV-DVWK-A 127

Auelehm, Hochflutlehm

überwiegend Fein- bis Mittelsande, stark schluffig und stark tonig oder sandige, tonige Schluffe

Bodengruppen nach DIN 18196:	SÜ, UL
Boden- und Felsklassen nach DIN 18300:	4
Bodenarten nach ATV-DVWK-A 127	G3
weitere Eigenschaften gemäß Tab. 9-5 bis 9-7	

Flusssand, Auesand

überwiegend Mittelsande, enggestuft, mit Feinsand-, Griobsand-, Kiesanteilen, vereinzelt auch schluffig

Bodengruppen nach DIN 18196:	SE, GE
Boden- und Felsklassen nach DIN 18300:	3
Bodenarten nach ATV-DVWK-A 127	G1
weitere Eigenschaften gemäß Tab. 9-5 bis 9-7	

Unterkreide-Tone (Verwitterungsschicht)

vollständig ausgewitterter Tonmergel

Bodengruppen nach DIN 18196:	TM, TA
Boden- und Felsklassen nach DIN 18300:	4
Bodenarten nach ATV-DVWK-A 127	G4
weitere Eigenschaften gemäß Tab. 9-5 bis 9-7	

Tonsteine der Unterkreide

mürbes Festgestein

Bodengruppen nach DIN 18196:	---
Boden- und Felsklassen nach DIN 18300:	6
Bodenarten nach ATV-DVWK-A 127	---

Tab. 9-8: Eigenschaften der hauptsächlich vorkommenden Böden

9.7 Rammbarkeit, Beurteilung des Einbringwiderstandes

Beim derzeitigen Planungsstand sind Art und Lage möglicher Spundwände oder Rammpfähle noch nicht bekannt. Es wird empfohlen, für derartige Bauwerke jeweils gesonderte Baugrundgutachten zu beauftragen, wobei der Untersuchungsumfang örtlich ggf. noch zu verdichten ist. Für Spundwandbauwerke sind generell geotechnische Nachweise erforderlich (gemäß Spundwandhandbuch – Berechnung, 2006).

Mit leichter Rammung kann bei locker gelagerten Sanden und Kiesen sowie bei weichen bindigen Böden gerechnet werden.

Schwere Rammung tritt häufig bei dicht gelagertem Sand oder Kies sowie steifen bindigen Böden und Fels auf.

Der Tonsteinsattel gemäß Abb. 9-1 stellt beispielsweise ein Rammhindernis dar. Schwere Rammung ist auch zu erwarten, wenn die Ergebnisse der Rammsondierungen DPH im Bereich von Schlagzahlen $N_{10} = 15$ oder höher liegen (Anlagen 8 und 9).

Bei den Drucksondierungen ist schwere Rammung zu erwarten, wenn der Spitzenwiderstand $q_s = 15 \text{ MN/m}^2$ oder höher liegt (Anlage 11b). Dieses betrifft aber nur einige geringmächtige Horizonte in den oberflächennahen Auffüllungsböden (Bauschuttanteile). Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass Rammarbeiten möglich sind, wo Drucksondierungen bis zur Endteufe niedergebracht werden konnten (also an allen Drucksondierpunkten).

Generell ist der Eindringwiderstand bei trockenen Böden höher als bei feuchten oder wassergesättigten.

Zur **Einbringung durch Vibration** eignen sich Sande und Kiese mit runder Kornform und weiche bindige Böden. Weniger geeignet sind rollige Böden mit eckiger Kornform oder bindige Böden mit steifer Konsistenz. Nichtbindige Böden mit gleicher feiner Kornstruktur können durch das Einvibrieren so stark verdichtet werden, dass das Einbringen nicht mehr möglich ist. In diesem Fall müssen Einbringhilfen zum Einsatz kommen.

9.8 Wegebau

Voraussetzung für die Hochwasserabwehr sind auch bei Hochwasser durch schwere Fahrzeuge befahrbare Deichverteidigungswege, die daher frostsicher aufzubauen sind. Hierbei sollen nach DIN 19712 vollflächige und lastverteilende Befestigungen bevorzugt werden.

Der Deichverteidigungsweg ist im Regelfall landseitig auf einer Berme anzulegen. Eine befestigte Fahrbahn kann bei Bedarf durch Borde abgegrenzt werden, um die Deichböschungen gegen Befahren zu sichern. Diese Borde dürfen die Sickerlinie im Deichkörper nicht negativ beeinflussen. Ein Austritt der Sickerlinie oberhalb der Fahrberme ist unzulässig.

Je nach späterer Widmung des Weges kommen verschiedene Bauweisen in Betracht:

- Betonbauweise, bewehrt
- Betonbauweise, unbewehrt
- Betonsteinpflaster
- Asphaltbauweisen

Sogenannte „naturnahe Bauweisen“:

- Spurwege (Beton)
- Schotterrasen
- Rasenverbundsteine
- Hydraulisch gebundene Tragdeckschichten (HGTD), bzw. hydraulisch gebundene Deckschichten (HGD)

Von der direkten Anwendung der RLW 1999, Richtlinien für den ländlichen Wegebau, ist abzuraten, da hier die Hauptbelastung in der Vegetationsperiode zugrundegelegt wird.

Beim Deichbau kann die Hauptbelastung im Rahmen der Deichverteidigung jederzeit auftreten, gehäuft aber in der vegetationsfreien Zeit und bei nassem Untergrund. Daher sollte die Bemessung von Wegen im Deichbau nach den Regeln der RStO 12 erfolgen (Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen).

Deichwege müssen in aller Regel auch für Schwerverkehr ausgelegt sein. Es wird für die Bemessung die Belastungsklasse Bk 1,8 gemäß RStO 12 vorgeschlagen.

Bei gebundenen Schichten ist nach RStO 12 die Unterlage für den Baubetrieb geeignet, wenn der Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht. Wenn dieser Mindestwert nicht erreicht wird, was im Bereich von Deichtrassen eher die Regel sein wird, sind Maßnahmen zu treffen, um die Tragfähigkeit zu erhöhen. Dies können Bodenverbesserungen sein, Bodenverfestigungen, die Verstärkung der Tragschichten und der Einbau von Bewehrungen (Geogitter).

Beim derzeitigen Planungsstand ist die Deichtrasse mit allen zugehörigen Wegen noch nicht festgelegt. Es wird daher empfohlen, die Bemessung der Wege nach RStO 12 im späteren Planungsstadium im Detail zu konkretisieren.

Für Betonbauweisen wird auf die verschiedenen Merkblätter der Bauberatung Zement hingewiesen (Kap. 2, Normen und Richtlinien Straßen- und Wegebau). Außerdem sollten besonders beachtet werden:

- Hochwasserschutz und zementgebundene Baustoffe, Hinweise für Planung und Ausführung, Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V., Verein Deutscher Zementwerke e.V., InformationsZentrum Beton GmbH, 09/2002)
- Merkblatt über Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund, FGSV-Nr. 542, Herausgeber FGSV, Ausgabe 2010

9.9 Gründungen für Bauwerke

Beim derzeitigen Planungsstand sind Art und Lage massiver Bauwerke noch nicht bekannt. Es wird empfohlen, für besondere Deichbauwerke jeweils gesonderte Baugrundgutachten zu beauftragen, wobei der Untersuchungsumfang örtlich ggf. noch zu verdichten ist.

Die zulässige Bodenpressung in Regelfällen kann gemäß DIN 1054 nach folgenden Tabellen abgeschätzt werden (z.B. für Vorentwürfe):

Tabelle 1: Nichtbindiger Baugrund und setzungsempfindliches Bauwerk						
Kleinste Einbindetiefe des Fundaments m	Zulässige Bodenpressung in kN/m^2 bei Streifenfundamenten mit Breiten b bzw. b' von					
	0,5 m	1 m	1,5 m	2 m	2,5 m	3 m
0,5	200	300	330	280	250	220
1	270	370	360	310	270	240
1,5	340	440	390	340	290	260
2	400	500	420	360	310	280
bei Bauwerken mit Gründungstiefen t ab 0,3 m und mit Fundamentbreiten b ab 0,3 m	150					

Tabelle 2: Nichtbindiger Baugrund und setzungsunempfindliches Bauwerk				
Kleinste Einbindetiefe des Fundaments m	Zulässige Bodenpressung in kN/m^2 bei Streifenfundamenten mit Breiten b bzw. b' von			
	0,5 m	1 m	1,5 m	2 m
0,5	200	300	400	500
1	270	370	470	570
1,5	340	440	540	640
2	400	500	600	700
bei Bauwerken mit Gründungstiefen t ab 0,3 m und mit Fundamentbreiten b ab 0,3 m	150			

Tab. 9-9: Nach DIN 1054 zulässige Bodenpressung in Regelfällen für nichtbindigen Baugrund

Tabelle 3: Reiner Schluff (Bodengruppe UL nach DIN 18196)	
Kleinste Einbindetiefe des Fundaments m	Zulässige Bodenpressung in kN/m^2 bei Streifenfundamenten mit Breiten b bzw. b' von 0,5 bis 2 m und steifer bis halbfester Konsistenz
0,5	130
1	180
1,5	220
2	250

Tabelle 4: Gemischtkörniger Boden der Korngrößen vom Ton- bis in den Sand-, Kies- oder Steinbereich enthält (Bodengruppen SÜ, ST, ST̄, GU, GT nach DIN 18196)			
Kleinste Einbindetiefe des Fundaments m	Zulässige Bodenpressung in kN/m^2 bei Streifenfundamenten mit Breiten b bzw. b' von 0,5 bis 2 m und einer Konsistenz		
	steif	halbfest	fest
0,5	150	220	330
1	180	280	380
1,5	220	330	440
2	250	370	500

Tab. 9-10: Nach DIN 1054 zulässige Bodenpressung in Regelfällen für bindigen und gemischtkörnigen Baugrund

Die Tafeln der DIN 1054 für Ton bzw. fetten Ton sind hier nicht wiedergegeben.

Regelfälle im Sinne der DIN 1054 sind Flächengründungen (Streifenfundamente), welche die in den Tafeln genannten Abmessungen besitzen und die auf den in den Tafeln genannten typischen Bodenarten ausgeführt werden.

Voraussetzung für die Anwendung der Tafeln ist, dass der Baugrund ausreichend erkundet ist und seine Eigenschaften zuverlässig eingeschätzt werden können.

Ferner muss die Schichtung annähernd waagrecht und die Baugrundverhältnisse unterhalb der Fundamentsohle bis in eine Tiefe von $d \geq 2b$ (b = Fundamentbreite) annähernd gleichmäßig sein und das Fundament darf nicht überwiegend oder regelmäßig dynamisch beansprucht werden.

Voraussetzung ist ferner, dass keine ungünstigen Erfahrungen an benachbarten Bauwerken vorliegen und dass die Spannung in der Bodenfuge gleichmäßig verteilt angenommen werden kann.

Ferner muss die Gründungssohle frostfrei liegen, d.h. mindestens 80 cm unter Geländeoberkante.

Die in Tab. 9-8 für **nichtbindigen Baugrund** angegebenen Werte der zulässigen Bodenpressungen in Regelfällen gelten nur für lotrecht und mittig belastete Streifenfundamente auf nichtbindigem Baugrund (GE, GW, GI, SE, SW, SI, GU, GT, SU nach DIN18196) mit ausreichender Tragfähigkeit.

Als „ausreichend tragfähig“ sind derartige Böden bei einer durchgängig mindestens miteldichten Lagerung anzusehen. Dies entspricht einem Verdichtungsgrad von $DP_r \geq 98\%$. Sollen die Tabellenwerte bei geringerer Lagerungsdichte angesetzt werden, so ist der Baugrund entsprechend nachzuverdichten.

Bei Ansatz der Tafelwerte gemäß DIN 1054 muss mit maximalen Setzungen gerechnet werden, die bei Fundamenten mit Breiten $\leq 1,5$ m bis zu 1 cm und bei Fundamenten mit Breiten $> 1,5$ m bis zu 2 cm betragen. Im Falle einer wesentlichen Drucküberlagerung unter benachbarten Fundamenten sind auch größere Setzungsbeträge nicht auszuschließen. Der Ansatz der Tafelwerte gemäß DIN 1054 kann bei Fundamenten mit Breiten $\leq 1,5$ m zu Setzungen von ca. 2 cm und bei Fundamenten mit Breiten $> 1,5$ m zu „wesentlich höheren Setzungen“ führen.

Weitere Einschränkungen bei der Anwendung der Tabellen (z.B. Grundwassereinfluss, Horizontalkräfte, etc.) siehe DIN 1054.

Die in Tab. 9-9 für **bindige Böden** angegebenen Werte der zulässigen Bodenpressungen in Regelfällen gelten nur für lotrecht und mittig belastete Streifenfundamente auf der jeweils angegebenen Bodenart mit der angegebenen Konsistenz. Bindige Böden von weicher Konsistenz stellen somit keinen Regelfall gemäß DIN 1054 dar. Die Tabellenwerte dürfen in diesem Fall nicht angesetzt werden.

Bei einem Untergrund von steifer Konsistenz setzt die Anwendung der Tabellenwerte voraus, dass die Fundamentbelastung nur allmählich wächst. Wird das Fundament inner-

halb sehr kurzer Zeit (etwa innerhalb von 15 Tagen) voll belastet, so dürfen die Tabellenwerte nicht angesetzt werden (kein Regelfall).

Die in den Tabellen angegebenen Bodenpressungen können bei nicht zu engem Fundamentabstand ($e > 3m$ und $e > 3b$) zu Setzungen führen, die in den Größenordnungen 2 bis 4 cm liegen (bei wesentlicher Beeinflussung benachbarter Fundamente auch mehr).

Weitere Einschränkungen bei der Anwendung der Tabellen siehe DIN 1054.

Sind die Voraussetzungen zur Einstufung als Regelfall gemäß DIN 1054 nicht erfüllt (z.B. lockere Lagerung oder weiche Konsistenz), oder sollen die angegebenen Werte der zulässigen Bodenpressung überschritten werden, oder können die zu erwartenden Setzungsbeträge nicht in Kauf genommen werden, so ist die zulässige Bodenpressung im Einzelfall rechnerisch nachzuweisen.

10 Setzungen

10.1 Steifemodule E_s

Die Ableitung des mittleren Steifemoduls E_s erfolgt für rollige Böden (uncemented silica sands, Klassen 7 bis 10 des soil behaviour type) nach Formelansätzen von LUNNE & CHRISTOPHERSEN, (1983), für schluffige Materialien (silty soils) nach SENNESET et al. (1983). Dies entspricht der DIN4094-1:2002-06, Anhang D.6 (inzwischen ergänzt durch Entwurf prEN ISO 22476-1, dort nicht mehr enthalten).

rollige, nichtbindige Böden (Sande)		schluffige, bindige Böden	
$E_s = 4 * q_c$	für $q_c < 10 \text{ MPa}$	$E_s = 2 * q_t$	für $q_t < 2,5 \text{ MPa}$
$E_s = 2 * q_c + 20 \text{ MPa}$	für $10 \text{ MPa} < q_c < 50 \text{ MPa}$	$E_s = 4 * q_t - 5 \text{ MPa}$	für $2,5 \text{ MPa} < q_t < 5 \text{ MPa}$
$E_s = 120 \text{ MPa}$	für $q_c > 50 \text{ MPa}$		

Annahme $q_t = q_c$, da kein Porenwasserdruck gemessen
 $1 \text{ MPa} = 1 \text{ MN/m}^2$

**Tab. 10-1: Ableitung der Steifemodule E_s aus der Bodenart und dem Spitzen-
 druck der Drucksondierung q_s**

10.2 Setzungsabschätzungen für den Deich

Setzungen im üblichen Rahmen sind im Deichbau von sekundärer Bedeutung, da Deichbauwerke den Setzungen folgen können und insofern wenig setzungsempfindlich sind. Mögliche Setzungen müssen aber durch eine Überhöhung des Deichbauwerkes ausgeglichen werden, soweit sie nicht bereits während des Bauablaufes auftreten.

Bei rolligen Böden treten die Setzungen sofort nach Aufbringung der Auflast, also noch im Bauzustand auf. Bei bindigen Böden ist hingegen zu beachten, dass die Endsetzung erst nach erfolgter Konsolidierung auftritt, also nachdem die Porenwasserüberdrücke aus Auflast langsam abgebaut sind. Dieser Prozess kann 1 bis 2 Jahre in Anspruch nehmen und muss daher prognostiziert werden.

Die größten Setzungen werden dort auftreten, wo oberflächennah weiche, bindige Bodenschichten (Tone, Schluffe) anstehen. Das Maß der Setzungen hängt von der Auflast, dem Steifemodul und der Schichtstärke der betrachteten Bodenschicht ab.

Da die Deichauflast entsprechend dem Deichquerschnitt trapezförmig aufgebracht wird, wird sich eine Setzungsmulde einstellen. Nachfolgend wird die Setzung in Deichmitte näherungsweise abgeschätzt.

$$s_i = \frac{\sigma_z}{E_s} * d_i$$

$$E_s = q_c * N$$

s_i = Setzung [m]

σ_z = Vertikalspannung infolge Auflast [kN/m²]

d_i = Dicke der Bodenschicht [m]

E_s = Steifemodul [kN/m²]

q_c = Spitzendruck der Drucksondierung [kN/m²]

Setzungsabschätzung für 1 m bindige Bodenschicht:

q_c = 1 bis 2 MN/m² typische Werte für Ton- und Schluffschichten (Anlagen 10 und 11)

q_c = 1 MN/m² gewählt

E_s = 2 * q_c = 2 * 1 = 2 MN/m² = 2.000 kN/m² (Tab. 10-1)

Deichhöhe 2,6 bis 3,3 m, im Mittel 3,0 m

Wichte des Bodens: γ = 20 kN/m³

Auflast σ_z = 20 kN/m³ * 3,0 m = 60 kN/m²

Setzung s = (60 / 2.000) * 1,0 = 0,03 m = 3 cm

Die Setzung aus Deichauflast wird näherungsweise zu 3 cm abgeschätzt, sofern der Deich auf 1,0 m oberflächennaher Ton- oder Schlufflage errichtet wird. Bei geringeren oder höheren Mächtigkeiten bindiger Schichten ist der Betrag im Verhältnis entsprechend abzumindern oder zu erhöhen. Rollige Böden (Sande, Kiese) im Untergrund werden hier zunächst vernachlässigt, da die zu erwartenden Setzungsbeiträge relativ gering sind.

Dies ist lediglich eine Näherungsbetrachtung für die Entwurfsplanung. Die Setzungen sollten unter Berücksichtigung der Lastausbreitung, Bodenhorizonte und Tiefenlagen noch exakter für jeden Bohrpunkt ermittelt werden, wenn die Trassenführung des Deiches festgelegt ist.

11 Schlussbemerkung

Baugrund weist grundsätzlich mehr oder weniger Inhomogenitäten auf. Das Baugrundgutachten stützt sich hingegen auf eine begrenzte Zahl von Bodenaufschlüssen und Untersuchungen und stellt diese in Zusammenhang mit den örtlichen erdgeschichtlichen und geotechnischen Gegebenheiten.

Die ausgeführten Baugrundaufschlüsse geben eine exakte Aussage über die Baugrundsichtung nur für den jeweiligen Untersuchungspunkt. Für die dazwischen liegenden Bereiche sind nur Wahrscheinlichkeitsaussagen möglich.

Es kann daher nicht ausgeschlossen werden, dass sich im Rahmen von Baumaßnahmen lokal von den Ansätzen abweichende Bodeneigenschaften erweisen.



(Dipl.-Ing. H. Bogon)