



BV 1737 Kerpen-Türnich

Gutachten

über die Baugrundverhältnisse



Projektbezeichnung: BV 1737 Kerpen-Türnich
Gutachten über die Baugrundverhältnisse

Auftraggeber: Deutsche Reihenhäuser AG
Poller Kirchweg 99
51105 Köln

Ansprechpartner: Herr Sergius Parschukow

Bestellnummer: -

Bestelldatum: 29.8.2017

Auftragnehmer: Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH
Neuenhofstraße 112
52078 Aachen

Projektbearbeiter: Dipl.-Geol. S. Krings

Projektnummer: 17.075

Berichtsdatum: 11.1.2018

Berichtsumfang: 30 Seiten (einschließlich Deckblatt und Inhaltsverzeichnis)
10 Anlagen



Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	1
1.1	Vorgang, Aufgabenstellung	1
1.2	Bauvorhaben	1
1.3	Verwendete Unterlagen	2
2	Durchgeführte Untersuchungen.....	2
3	Baugrund	3
3.1	Morphologie, Vornutzung	3
3.2	Geologie	4
3.3	Gefährdungspotenziale des Untergrundes	6
3.4	Grundwasser	9
3.5	Bodenfestigkeit, Tragfähigkeit	9
3.6	Bodenklassifizierung, Wasser- und Frostempfindlichkeit	12
3.7	Mittlere Bodenkennwerte	12
3.8	Homogenbereiche	13
4	Gründung	13
4.1	Geplante Gründungstiefen, Gründungsboden	13
4.2	Empfehlung zur Gründung	14
4.3	Setzungen	15
5	Hinweise für die Bauausführung.....	15
5.1	Wasserhaltung	15
5.2	Abdichtung, Dränung.....	16
5.3	Baugrubenböschungen / Verbau	16
5.4	Erdarbeiten	16
5.5	Wiederverwendbarkeit des Bodenaushubs	17
5.6	Hinweise zur Anlage der Verkehrsflächen	23
5.7	Hinweise für die Bauausführung der Rohrleitungen	24
5.8	Geländeaufhöhung.....	25



Anlagenverzeichnis

- Anl. 1 Lageplan M. 1 : 1.000 mit Eintragung aller Bodenaufschlüsse und Schnittführungen
- Anl. 2.1 – 2.6 Geologische Schnitte 1 bis 12 durch den Baugrund, M.d.L. 1 : 100; M.d.H. 1 : 50
- Anl. 3.1 - 3.63 Bohrprofile der Kleinrammbohrungen
- Anl. 4.1 - 4.56 Rammogramme der Rammsondierungen
- Anl. 5.1 - 5.10 Kornverteilungskurven
- Anl. 6.1 – 6.2 Bestimmungen der Atterbergschen Grenzen
- Anl. 7.1 – 7.5 Bestimmungen des organischen Anteils (Glühverlust)
- Anl. 8 Dokumentation der chemischen Analysen nach LAGA M 20 Boden (2004)
- Anl. 9 Dokumentation der chemischen Analysen nach DepV
- Anl. 10 Setzungsberechnungen



1 Allgemeines

1.1 Vorgang, Aufgabenstellung

Die Deutsche Reihenhäuser AG beabsichtigt die Bebauung eines Grundstücks in Kerpen-Türnich mit 45 Reihenhäusern, 26 Doppelhaushälften und einem Mehrfamilienhaus. Die Geotechnisches Büro GmbH wurde von der Deutschen Reihenhäuser AG mit Schreiben vom 29.8.2017 mit der Durchführung von Baugrunduntersuchungen sowie chemischen Untersuchungen an Aushubböden hierfür beauftragt.

Im vorliegenden Bericht werden folgende Punkte bearbeitet:

- Auswertung und Darstellung der Baugrunderkundungen,
- Angabe der alten Bodenklassen gemäß DIN 18300 und Bodengruppen nach DIN 18196,
- Angabe der Homogenbereiche nach DIN 18300 (08/2015),
- Angabe der maßgebenden bodenmechanischen Kennwerte (Rechenwerte),
- Angaben zur hydrogeologischen Situation,
- Empfehlungen zur Gründung,
- Hinweise zur Bauausführung,
- Angaben zur Wiederverwendbarkeit / Entsorgung des Bodenaushubs.

Zwei weitere parallel laufende Untersuchungen des Geotechnischen Büros behandeln die Altlasten-/Abfalluntersuchungen und den Rückbau der vorhandenen Hallen und Betriebsgebäude.

1.2 Bauvorhaben

Das an der Maximilianstraße gelegene 32.170 m² große Grundstück in Kerpen-Türnich soll mit 45 Reihenhäusern, 26 Doppelhaushälften und einem Mehrfamilienhaus bebaut werden. Durch die Deutsche Reihenhäuser AG werden nur die Reihenhäuser errichtet. Ferner werden die erforderlichen Erschließungsmaßnahmen durchgeführt (Straßen, Leitungsgräben u.a.).

Die Reihenhäuser sind in 13 Einheiten geplant: 2 Einheiten des Bautyps 120 à 4 Reihenhäusern und einer Grundfläche von ca. 23 m x 9 m sowie 11 Einheiten des Bautyps 145 à 3 bis 4 Reihenhäusern und einer Grundfläche von ca. 15 m bzw. 20 m x 12 m Die Reihenhäuser sind 2,5-geschossig und nicht unterkellert.



Die Niveaus OK Fußboden EG sowie der späteren GOK des Baugebietes wurden noch nicht festgelegt.

Die Reihenhäuser sollen nach derzeitiger Planung über 30, 50 und 60 cm breite Streifenfundamente (Regelfundamente 120 und 145) flach (UK ca. 80 cm unter GOK) gegründet werden. Der Bemessungswert des Sohlwiderstandes wird vom AG mit $\sigma_{R,d} = 350 \text{ kN/m}^2$ vorgegeben.

1.3 Verwendete Unterlagen

- Lagepläne mit Eintragung der geplanten Bauwerke und Erschließungsstraßen,
- Hydrologische Karte NW 1 : 25.000 (HyK 25); Blatt 5106 Kerpen,
- Grundwassergleichen NW 1 : 50.000, Stand April 1988 (GwK 50/88), Blatt L 5106 Köln,
- Geologische Karte NRW 1 : 100.000 (GK 100), Blatt C 5106 Köln,
- Auszug aus der Höhenzeitfolgekartei; BR Köln,
- Rhein-Erft-Kreis: Auskünfte aus dem Altlastenkataster vom 27.7.2017,
- RWE Power AG: Schreiben zu Bergschadensaspekten vom 20.10.2016
- Archiv des Geotechnischen Büros.

2 Durchgeführte Untersuchungen

Vom 16. bis 24.10.2017 wurden folgende Untersuchungen ausgeführt:

- 61 Kleinrammbohrungen (KRB), Einzelteufen zwischen 0,9 und 7 m, Σ 219,1 m, s. Anl. 3,
- 14 Schwere Rammsondierungen (DPH), Spitzenquerschnitt 15 cm², Fallhöhe 50 cm, Fallmasse 50 kg, Einzelteufen zwischen 2,6 und 6 m, Σ 267,6 m; s. Anl. 4,
- 17 Kern- oder Vollkronenbohrungen im Asphalt / Beton,
- Einmessung der Ansatzpunkte nach Lage und Höhe, Bezugsniveau OK Kanaldeckel in der Maximilianstraße vor dem Landhandel (100,81 m ü. NN).

Die geplanten Doppelaufschlüsse 41 bis 43 konnten nicht ausgeführt werden, da die Ansatzpunkte in dem dortigen Reifenlager nicht zugänglich waren, die Doppelaufschlüsse 37, 58 und 59 aufgrund des dichten Bewuchses. Die Lage einiger Sondieransatzpunkte musste aufgrund der örtlichen Gegebenheiten aus dem eigentlichen geplanten Baubereich heraus etwas verschoben werden. Einige Sondierungen mussten wg. Bohrhindernissen mehrfach angesetzt werden.



Die Lage der Sondieransatzpunkte ist der Anl. 1 zu entnehmen.

Im Baugrundlabor des Geotechnischen Büros wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- 10 Stück Bestimmungen der Kornverteilung (Anl. 5),
- 2 Stück Bestimmungen der Zustandsgrenzen (Anl. 6),
- 5 Stück Bestimmungen des organischen Anteils (Glühverlust) (Anl. 7),
- 2 Stück Bestimmungen des natürlichen Wassergehaltes.

Von der Eurofins Umwelt West GmbH, Wesseling wurden folgende Untersuchungen ausgeführt:

- 18 Untersuchungen an Bodenproben auf die Parameter nach LAGA Mitteilung 20 Boden (2004) (Anl. 8),
- 7 Untersuchungen auf die Ergänzungsparameter der DK 0 nach DepV zzgl. 7 Untersuchungen auf elementaren Kohlenstoff, AT4-Wert (4 Stck.) und Brennwert (6 Stck.) (Anl. 9).

3 Baugrund

3.1 Morphologie, Vornutzung

Das Gelände liegt am Ostrand der Ortslage Türnich und ist im Bereich des Bauvorhabens rel. eben mit Höhen um 99 bis 102 m ü. NN. An den nördlichen und östlichen Grundstücksgrenzen wird das aufgefüllte Gelände durch Böschungen begrenzt.

Bei dem Areal handelt es sich um ein ehemaliges Betriebsgelände der RWE Power AG (zuvor seit Ende des 19. Jhrdt. Brikettfabrik), welches aktuell noch mit mehreren Hallenbauwerken bzw. Betriebsgebäuden überbaut ist. Zur Zeit werden einige Gebäude von einem Landhandel genutzt. Neben den Bauwerken sind Flächenbefestigungen vorhanden.

Nach Angaben des Rhein-Erft-Kreis ist für das Grundstück im Altlastenkataster des Kreises eine Eintragung vorhanden. Danach wurde bereits im ausgehenden 19. Jahrhundert eine Brikettfabrik errichtet. Nähere Angaben hierzu liegen nicht vor. Die heute vorhandenen Hallen wurden/werden wie folgt genutzt: In einer Halle erfolgten Instandsetzungen von Lokomotiven, in einer der Hallen folgte ab 1976 die Lagerung von Erzeugnissen eines Landhandels. In einer weiteren Halle wurden Kraftfahrzeuge demontiert und gelagert. Weiter war auf dem Gelände das Magazin der Bohr- und



Wasserwirtschaft der Rheinbraun AG untergebracht. Wiederholt fanden sich auf der Fläche illegale Abfallablagerungen.

Zu weiteren Details wird auf die Altlastenuntersuchung des Geot. Büros verwiesen.

Es ist nicht bekannt, ob alte Fundamente (z.B. der Brikettfabrik) im Untergrund verblieben sind.

Nordöstlich des Erftsprungs wurde der ehemalige Tagebau Berrenrath mit Kippenmaterial verfüllt. Im Bereich des Grundstückes wurde jedoch auch im äußersten Osten (bis auf KRB 3 bis KRB 5) noch der Braunkohlerestpfeiler in den KRB angetroffen, sodass danach das Grundstück außerhalb des ehem. Tagebaus gelegen ist.

3.2 Geologie

Die Schichtenfolge stellt sich von oben nach unten wie folgt dar:

Auffüllungen

In allen Kleinrammbohrungen wurden 1,5 bis > 7 m mächtige Auffüllungen angetroffen. Es handelt sich oberflächennah überwiegend um (schwach) schluffige Sand-Kies-Gemische (Abb. 1). Die umgelagerten Böden sind zumeist mit Ziegelbruch, Bauschutt, Schlacken und Aschen in wechselnden Anteilen durchsetzt. Örtlich dominieren die Fremdmaterialien. Aschenbeimengungen sind gehäuft im südlichen Grundstückszipfel verbreitet. Selten wurde Holz oder Braunkohlestückchen, vereinzelt Plastik/Textil erbohrt. In etwa 14 KRB wurde in der jeweils obersten Probe ein schwacher bis deutlicher Geruch nach Fäkalien festgestellt. Vermutlich handelt es sich hierbei um Beimischungen von Klärschlamm. Eine Probe (33/1) wies einen PAK-Geruch auf.

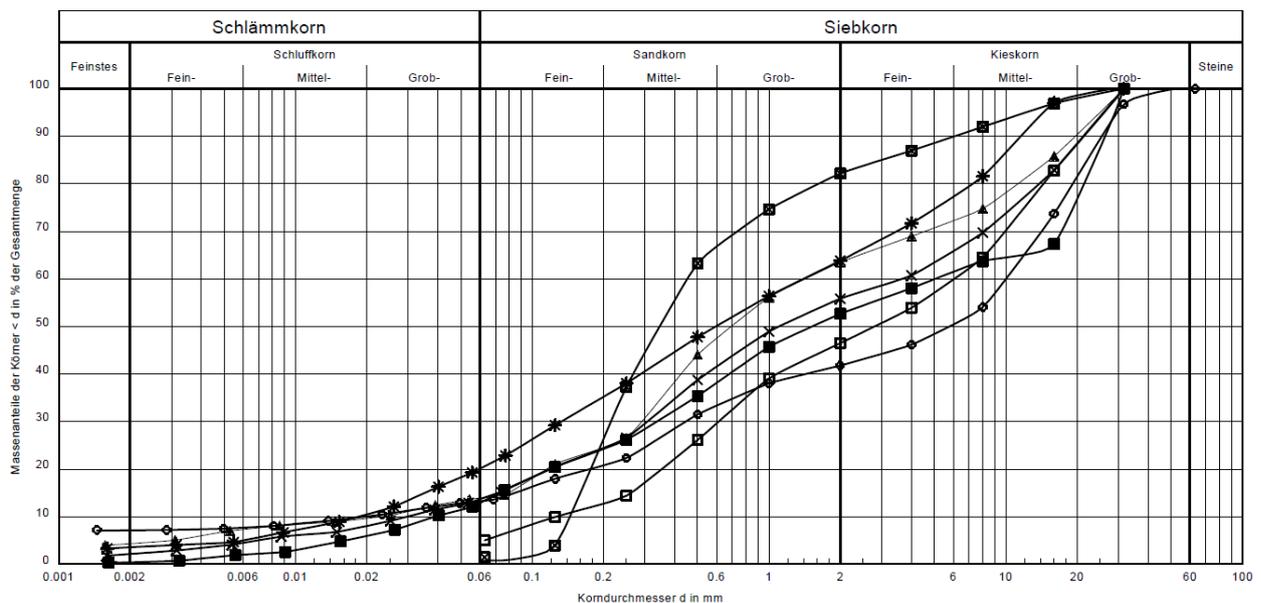


Abb. 1: Körnungsband von Proben der gemischtkörnigen Auffüllungen (n = 7)



Zumeist unterhalb der rolligen Auffüllungen (seltener ab GOK) folgen sandige, (schwach) kiesige Schluffe zumeist ohne Fremdmaterial (Abb. 2). Hierbei handelt es sich höchstwahrscheinlich um Auffüllungen, um s.g. Forstkies (Gemisch aus Lößlehm, Sand, Kies). Diese Böden sind in den Schnitten in Anl. 2 als Auffüllungen mit Fragezeichen verzeichnet. Sie wurden bis in eine Tiefe von örtlich > 7 m angetroffen.

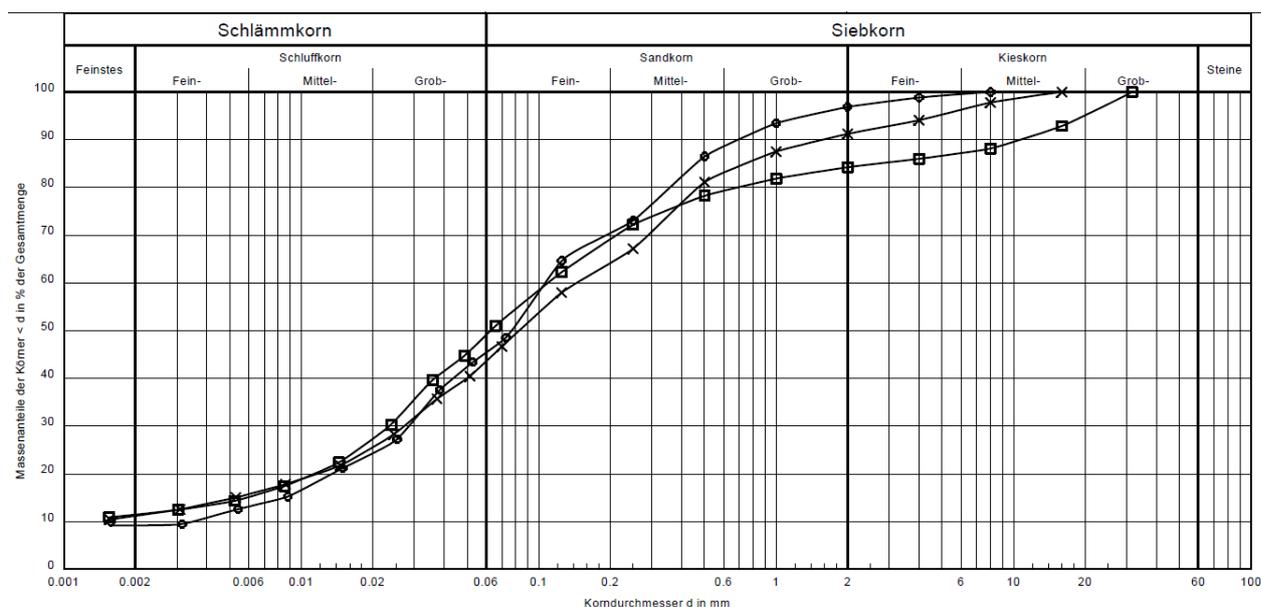


Abb. 2: Körnungsbandsdiagramm von Proben des mutmaßlichen Forstkieses (n = 3)

Unterhalb der Schwarzdecken folgen als Tragschicht Bergkies (schluffiger sandiger Kies).

Alte Fundamente / Bodenplatten etc. wurden durch die KRB wahrscheinlich nicht angetroffen (einige Sondierungen mussten jedoch aufgrund von (nicht identifizierbaren) Bohrhindernissen umgesetzt werden).

Jüngere Hauptterrasse des Rheins

Als oberste natürliche Schicht folgt südwestlich des Erftsprungs hier die Jüngere Hauptterrasse des Rheins. Der üblicherweise darüber vorhandene Lößlehm wurde nicht angetroffen, er ist sehr wahrscheinlich abgegraben und durch Auffüllungen ersetzt worden. Die Hauptterrasse setzt sich aus sandigen Kiesen und kiesigen Sanden zusammen, die zumindest an der Oberfläche schwach schluffig sein können. Die Mächtigkeit der Hauptterrasse beträgt nach der HyK 25 > 50 m. Die OK Terrasse wurde aufgrund der mächtigen Auffüllungen nur vereinzelt und dann in Tiefen von 3 bis 4 m angetroffen.



Tertiär

Nordöstlich des Erftsprungs folgt als oberste natürliche Schicht das Tertiär in Form des Braunkohlerestpfailers des im Osten folgenden ehem. Tagebaus Wachtberg bzw. Berrenrath. Braunkohle wurde in Tiefen von 1,5 bis 4 m angetroffen. Die Flözmächtigkeit beträgt nach der HyK25 rund 30 m. In den 3 randlichen KRB 3 bis KRB 5 wurde das Flöz bis zur Endteufe von 5 m Tiefe nicht erbohrt.

3.3 Gefährdungspotenziale des Untergrundes

Der Standort liegt nach der DIN EN 1998-1 in der Erdbebenzone 2. Die maximale Bodenbeschleunigung (Bemessungswert) für das hierfür zugeordnete Intensitätsintervall $7 \leq I < 7,5$ kann mit $a_g = 0,6 \text{ m/s}^2$ angegeben werden.

Der Standort ist nach DIN EN 1998-1 in die Untergrundklasse¹ S (Gebiete tiefer Beckenstrukturen mit mächtiger Sedimentfüllung) und in die Baugrundklasse² C (grobkörnige (rollige) bzw. gemischtkörnige Lockergesteine in mitteldichter Lagerung bzw. in mindestens steifer Konsistenz) einzustufen.

Das Gelände wird vom Erftsprung in NW-SE-Richtung gequert, der nach der GK100 tektonisch aktiv ist. Er darf nicht überbaut werden, entsprechende Abgrenzungen der Sicherheitszonen wurden von RWE dargestellt (s. Anl. 1) und wurden bei der Planung durch den AG berücksichtigt. Am Erftsprung wurden und werden die Schichten nach SW hin abgeschoben.

Zur Erfassung der heutigen Bewegungsraten wurde ein Auszug aus der Höhenzeitfolgekartei der BR Köln ausgewertet. Es wurden Nivellements von auf einem in etwa SW-NE-verlaufenden Profil liegenden Festpunkten zu unterschiedlichen Zeitpunkten ausgewertet (Lage s. Abb. 3). Mehrfache Höhenmessungen zeigen seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahre 1985 bzw. 1993 deutliche, rel. gleichförmig verlaufende Bodensenkungen südwestlich der Störungszone von bis zu 17 cm in 32 Jahren (Abb. 4) bzw. etwa 5,3 mm/a (Pkt. 5106900057). Die Bewegungen am Pkt. 5106900070 sind mit Werten von rund 2,8 mm/a in etwa halb so groß (Abb. 5). Bewegungen östlich der Störungszone hingegen liegen praktisch nicht vor.

¹ ab etwa 20 m Tiefe

² oberflächennahe Schicht des Untergrunds mit einer Tiefe von 3 m bis etwa 20 m



Abb. 3: Lage der Nivellementpunkte (ausgewertete Punkte rot umkreist)

Den nordwestlichen Teil des Grundstücks durchzieht der Hoensbroichstollen in einer Tiefe von ca. 16 m. Da im Falle eines Versagens des Stollens Tagesbrüche möglich sind, ist auch in dem in Anl. 1 dargestellten etwa 15 m breiten Sicherheitsstreifen nach Angabe der RWE Power AG keine Bebauung mit Gebäuden zulässig.

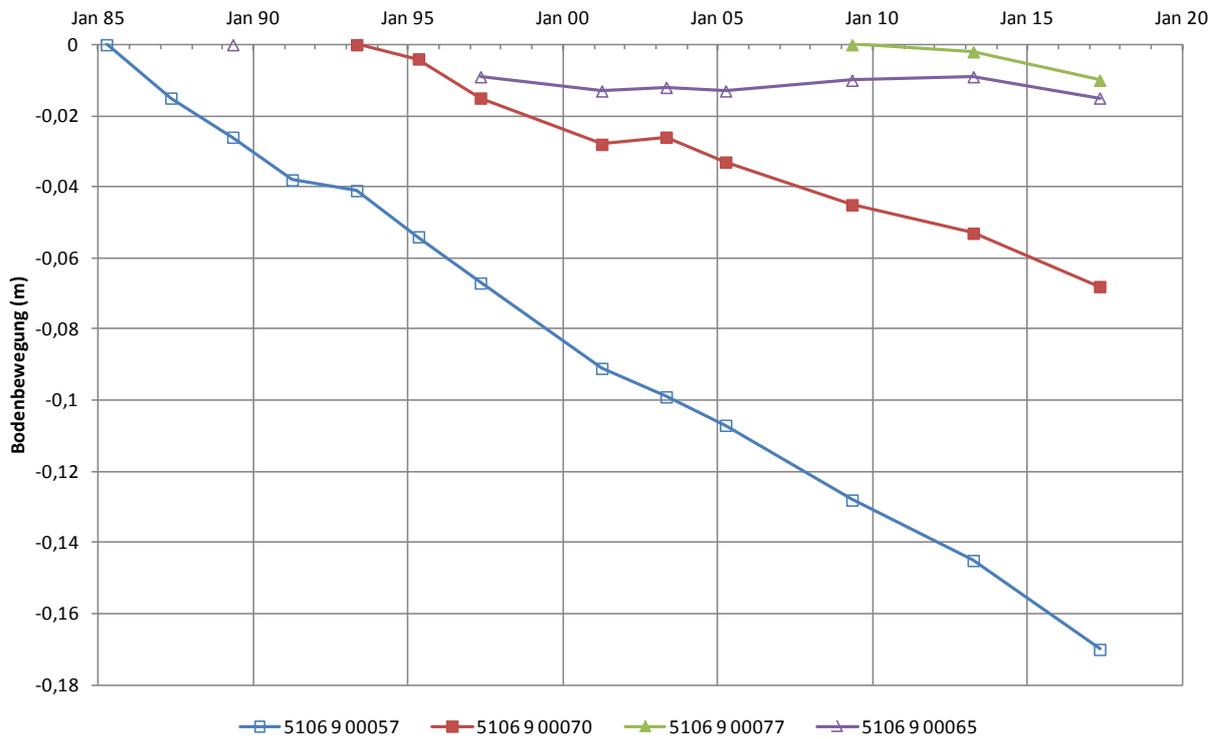


Abb. 4: Bodenbewegungen an Nivellementpunkten in Türnich

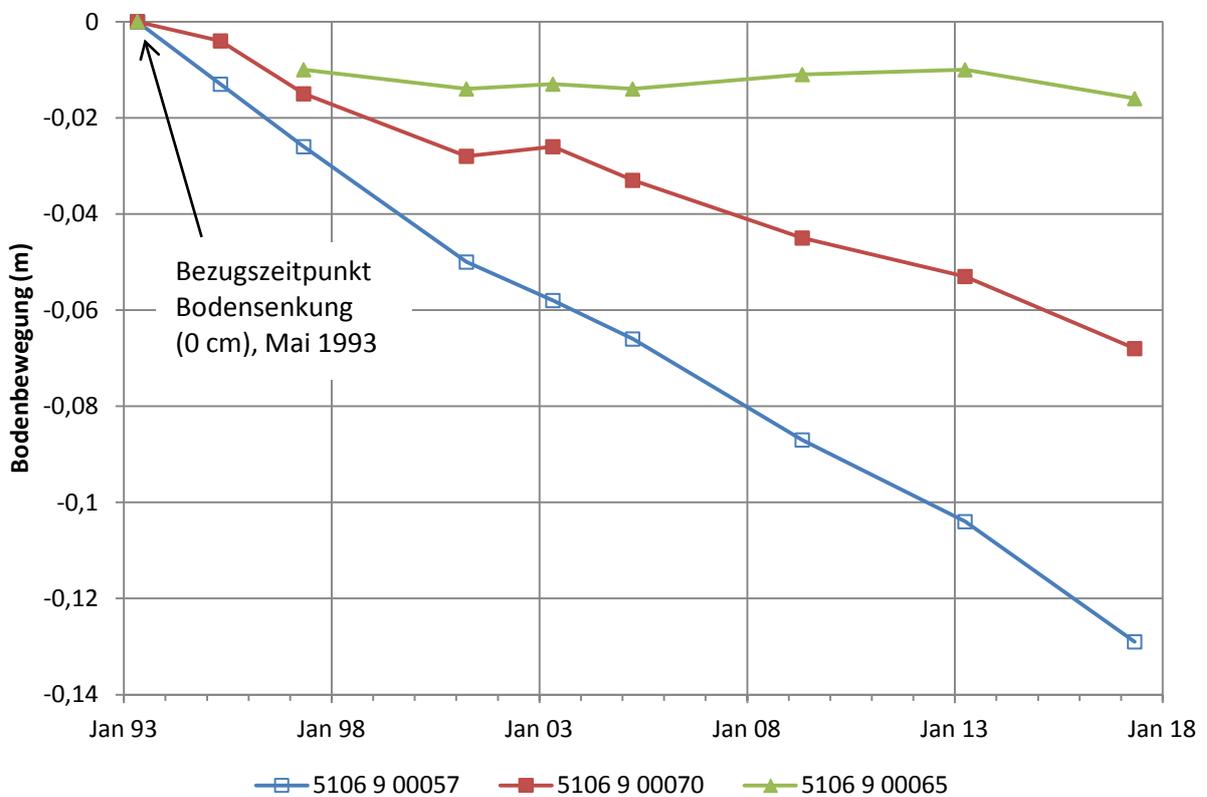


Abb. 5: Bodenbewegungen an Nivellementpunkten in Türnich, Bezugsdatum Mai 1993



3.4 Grundwasser

In den Sondierungen wurde (bis auf KRB 15 in 2,2 m Tiefe) kein Grundwasser angetroffen. Nach der GwK 50 4/88 lag die Grundwasseroberfläche 1988 sumpfungsbedingt bei -120 mNN. Nach dem Gleichenplan Okt. 1955 lagen die Grundwasserstände westlich des Sprungs bei +78 mNN und damit in etwa auf dem Niveau der Erft.

Insbesondere nach länger anhaltenden Niederschlägen kann es in den rolligen Auffüllungen oberhalb des Forstkieses oder der Braunkohle zur Ausbildung von Schichtwasserhorizonten kommen.

3.5 Bodenfestigkeit, Tragfähigkeit

Nach den Ergebnissen der durchgeführten Schweren Rammsondierungen, der Bodenansprache sowie Erfahrungswerten wird die aufgeschlossene Schichtenfolge wie folgt beurteilt:

Auffüllungen, überwiegend rollig

Aus den Schlagzahlen der Schweren Rammsonde sind für diese Böden lateral und vertikal wechselnd von nur (örtlich sogar sehr) lockerer bis hin zu mitteldichter Lagerungen abzuleiten. Diese Auffüllungen weisen damit sehr heterogene Tragfähigkeitseigenschaften auf. Auf den oberen ca. 70 cm sind die Böden bedingt durch Witterungseinflüsse überwiegend mitteldicht gelagert. Darunter bis in eine Tiefe von 2,4 m liegt der Median der Schlagzahlen N_{10} für 10 cm Eindringung aller DPH zusammengefaßt ausgewertet bei $N_{10} \leq 5$ (Abb. 6). In diesem Teufenbereich liegt in der Hälfte aller DPH eine nur lockere Lagerung vor.

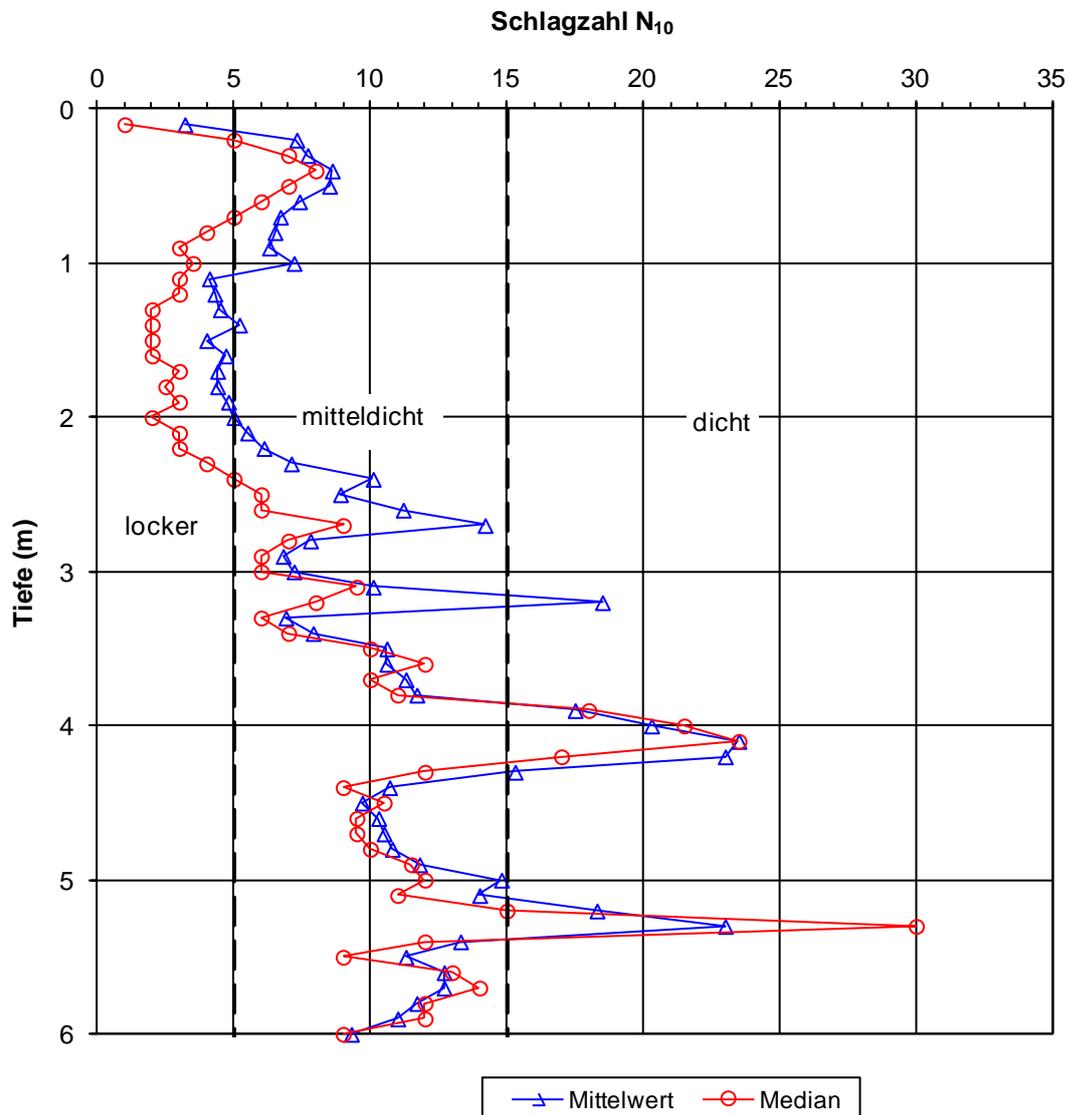


Abb. 6: Mittelwert und Median der Schlagzahlen aller DPH in rolligen Auffüllungen

Auffüllungen, Forstkies

Aus den Schlagzahlen der Schweren Rammsonde ist für diese Böden überwiegend eine nur weiche, seltener eine steife Konsistenz abzuleiten (Abb. 7). Der Forstkies ist damit nur eingeschränkt tragfähig.

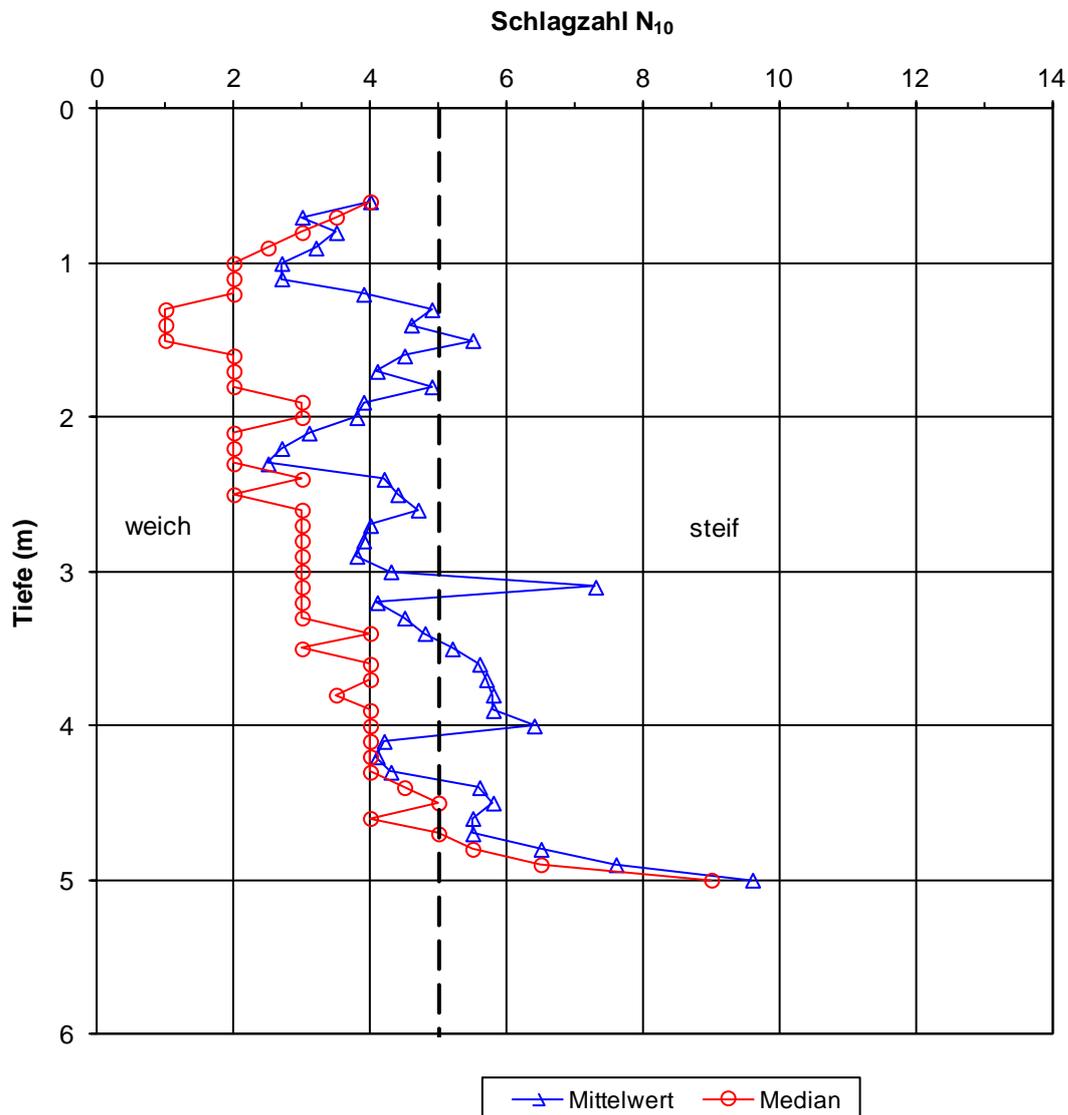


Abb. 7: Mittelwert und Median der Schlagzahlen aller DPH in bindigen Auffüllungen

Jüngere Hauptterrasse des Rheins

Die Jüngere Hauptterrasse des Rheins ist überwiegend mitteldicht gelagert. Sie stellt damit einen tragfähigen Baugrund dar.

Tertiär (Braunkohle)

In der Braunkohle liegen die Schlagzahlen der Schweren Rammsonde meist zwischen $N_{10} = 5$ bis 10.



3.6 Bodenklassifizierung, Wasser- und Frostempfindlichkeit

Für die im Baubereich anstehenden Bodenarten lassen sich die in Tab. 1 aufgeführten Boden-
gruppen (DIN 18196) und alten Bodenklassen (DIN 18300) angeben. Ferner werden die einzelnen
Bodenschichten nach ihrer Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB 17) beurteilt.

Tab. 1: Bodengruppen, alte Bodenklassen und Frostempfindlichkeit der anstehenden Bodenarten

Schicht	Bodengruppe DIN 18196	Bodenklasse DIN 18300 (2012)	Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 17
Auffüllungen: überwieg. rollig Forstkies	A [SW, GW, SU, GU] A [UL, TM, SU*]	3 4	nicht - sehr frostemp- findlich (F 1 bis F 3)
Jüngere Hauptterrasse des Rheins	GW, SW, (SU)	3	nicht - mittel frostemp- findlich (F 1 - F 2)
Tertiär (Braunkohle)	(HZ)	2	

() in Spalte 2 = örtlich, untergeordnet

Die Schluffe der Auffüllungen sind wasserempfindlich, d.h. sie weichen bei Wasserzutritt und/oder
dynamischer Beanspruchung unter Festigkeitsverlust auf und können in einen Boden der Klasse 2
(fließende Bodenarten) übergehen.

Steine sind in der Auffüllung grundsätzlich nicht auszuschließen.

3.7 Mittlere Bodenkennwerte

Nach den Ergebnissen der Materialansprache und der Rammsondierungen können den im Grün-
dungsbereich anstehenden Böden folgende mittlere charakteristische Bodenkennwerte (Erfah-
rungswerte sowie nach DIN 1055, T2) zugeordnet werden:



Tab. 2: Mittlere charakteristische Bodenkennwerte

Schicht	Wichte γ_K [KN/m ³]	Steifemodul $E_{s,K}$ [MN/m ²]	Reibungswinkel ϕ'_K [°]	Kohäsion c'_K [KN/m ²]
Auffüllungen: überwieg. rollig Forstkies	i.M. 19 i.M. 19	i.M. 20 i.M. 5	i.M. 30 i.M. 25	0 i.M. 5
Jüngere Hauptter- rasse des Rheins	20 – 22, i.M. 21	80 - 100 i.M. 90	i.M. 32,5	0
Tertiär (Braunkohle)	14 - 17	i.M. 12	ca. 20°	10

3.8 Homogenbereiche

In Tab. 3 sind die Homogenbereiche für das hier relevante Baugeschehen und daher die Schichten bis in 2 m Tiefe nach VOB/C zusammengestellt. Die Homogenbereiche entsprechen hier den in Kap. 3.2 beschriebenen Schichten.

Tab. 3: Homogenbereiche für DIN 18 300 - Erdbau, Einbauen (GK 1)

Eigenschaften / Kennwerte	Norm	Auffüllung, nicht bindig	Auffüllung, Forstkies
Massenanteil an Steinen [%]	DIN EN ISO 14688-2	< 10	< 5
Massenanteil Blöcke [%]		< 1	0
Massenanteil große Blöcke [%]		0	0
Konsistenz	DIN EN ISO 14688-1		weich bis steif
Plastizität	DIN EN ISO 14688-1		gering
Lagerungsdichte	DIN 18126	locker - mitteldicht	-
Bodengruppe	DIN 18196	SW, GW, SU, GU	UL, TM, SU*

4 Gründung

4.1 Geplante Gründungstiefen, Gründungsboden

Das Niveau OK Fußboden Erdgeschoß der hier zu betrachtenden Reihenhäuser steht noch nicht fest. Bei einer hinsichtlich der Frostsicherheit anzusetzenden Mindestfundamenthöhe liegt die



Gründungssohle mind. 0,8 m unter GOK. Sie liegt damit durchgehend in den Auffüllungen. Überwiegend liegt sie in den rolligen Auffüllungen, seltener im Forstkies.

4.2 Empfehlung zur Gründung

Aufgrund der heterogenen und geringen Tragfähigkeit der im Gründungsniveau anstehenden Schichten wird die Ausführung einer konstruktiv bewehrten Bodenplatte über einer Polsterschicht in einer Stärke von mind. 0,5 m unter der Bodenplatte empfohlen. Das Erdplanum ist – im Falle rolliger Böden - nachzuverdichten. Im Falle weicher Böden ist grobes, gut verzahnendes Material (Grobschlag, RCL) in die Aufstandsfläche einzuarbeiten.

Für die Polsterschicht kommen bevorzugt weitgestufte Sand-Kies-Gemische (z.B. Kiessande mit einer Körnung 0/32 ($U > 7$) oder Schotter-Splitt-Sand-Gemische mit einer Körnung 0/45 ($U > 7$) bzw. RCL-Material mit entsprechendem Eignungszeugnis und chemische Unbedenklichkeit in Frage. Stahlwerksschlacken und MV-Aschen scheiden grundsätzlich aus.

Das Kiespolster ist mit einem seitlichen Überstand über die Bodenplatte von mind. 0,15 m (an der Polsteroberfläche) lagenweise aufzubauen. Das Material ist auf mindestens 98 % der einfachen Proctordichte zu verdichten. Die untere Lage des Polsters ist dabei statisch zu verdichten. In der Polsterschicht ist ein Lastausbreitungswinkel von 45° zu berücksichtigen, der seitliche Überstand an der Polsterunterkante beträgt daher bezogen auf Polsteroberkante mind. 0,5 m (Überstand = Polsterstärke).

Die Einhaltung der Verdichtungsanforderungen ist im Rahmen der Eigen- und Kontrollprüfungen nachzuweisen.

Für das Gründungspolster kann ein Bettungsmodul $k_s = 2 \text{ MN/m}^3$ abgeschätzt werden.

Der Aushub ist in bindigen Böden rückschreitend mit einer zahnlosen Baggerschaufel so vorzunehmen, dass das Baugrubenplanum nicht mehr befahren und in seiner Struktur nicht beeinträchtigt wird. Freigelegte Flächen sind umgehend mit einer Polsterschicht zu ballastieren und vor dem Aufweichen durch Niederschläge zu schützen. Zwischen der Polsterschicht und dem Erdplanum sollte ein Trennvlies der Geotextilrobustheitsklasse GRK 2. Im Falle des Einwalzens von Grobschlag kann das Vlies entfallen.



Die geplanten Streifenfundamente werden hier aufgrund der heterogenen und überwiegend geringen Tragfähigkeiten der Auffüllungen in Kombination mit dem vom AG geforderten Bemessungswert des Sohlwiderstandes von $\sigma_{R,d} = 350 \text{ kN/m}^2$ (Sohlpressung von 250 kN/m^2) nicht empfohlen, da die Lasten über eine bewehrte Platte wesentlich besser verteilt werden können. Zudem müssten die Streifenfundamente ebenfalls auf einem Polster (Stärke ca. 50 bis 80 cm mit entsprechenden Überständen s.o.) abgesetzt werden.

Für die Doppelhäuser gelten die gleichen Gründungsempfehlungen.

4.3 Setzungen

Für die Gründung der Bodenplatte auf einem Kiespolster mit einer Stärke von 0,5 m sind in Anlage 10 Setzungsberechnungen für unterschiedliche Fundamentbelastungen und für den ungünstigsten Boden „bindige Auffüllung bis 5 m u. GOK“ angegeben.

Für eine mittlere Sohlpressung von 50 kN/m^2 ergeben sich für eine Bodenplatte mit Abmessungen von 20 x 12 m (Bautyp 145 à 4 Reihenhäuser) Setzungen von etwa 3,5 cm, die überwiegend im Bauzustand auftreten. Für die Konstruktion kritische Setzungsunterschiede sind nicht zu erwarten.

Für den Bautyp 120 à 4 Reihenhäuser (Bodenplatte mit Abmessungen von 23 x 9 m) sind die Setzungen für o.g. Sohlpressung mit knapp 3,5 cm geringfügig kleiner.

Die Grundbruchsicherheit ist bei den genannten Sohlpressungen in erforderlicher Größe nachgewiesen.

5 Hinweise für die Bauausführung

5.1 Wasserhaltung

Für den Bedarfsfall ist eine offene Wasserhaltung vorzuhalten, da örtliche Schichtwässer über bindigen Auffüllungen nicht auszuschließen sind. Oberflächenwasser aus dem Umfeld ist von Baugruben fernzuhalten.

Die Baugrubenböschungen sind mit Baufolie abzudecken.



5.2 Abdichtung, Dränung

Unter der Bodenplatte ist eine Polsterschicht nach Kap. 4.2 einzubauen, die an der Oberfläche als kapillarbrechende Schicht ($d \geq 15$ cm) auszubilden (z.B. mit schlufffreiem Material der Boden-
gruppen SW, GW) und an der Oberseite mit einer Baufolie abzudecken ist.

5.3 Baugrubenböschungen / Verbau

Die anstehenden Böden sind ohne rechnerischen Nachweis gem. DIN 4124 unter 45° standsicher. Dies gilt jedoch nur für nicht belastete Böschungsschultern.

Bei längeren Standzeiten sind die Böschungen mit Baufolien gegen Niederschläge zu schützen.

Bei Herstellung der Leitungsräben kommt bei beengten Verhältnissen für den Verbau ein senkrechter Grabenverbau bevorzugt über einen Großflächenverbau mittels Verbaufeln in Betracht. Auf den kraftschlüssigen Anschluß von Verbau und anstehendem Boden ist besonders zu achten. Bei dem Einsatz von Verbaufeln darf der anstehende Boden nicht vorlaufend, sondern nur im Schutz der eingedrückten Tafeln entnommen werden.

Für die Anlage von Baugruben, Baugrubenböschungen, Gräben, Arbeitsräumen und Verbau sind die geltenden Normen (DIN 4124) und Regelwerke zu beachten. Für die Berechnung und Bemessung sind die Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruben" (EAB) maßgebend.

5.4 Erdarbeiten

Für die Ausführung der Erdarbeiten sind die Vorschriften der ZTVE-StB 17 maßgebend. Der Einbau des Materials und die erzielte Verdichtung sind laufend zu überprüfen.

Auf die Abhängigkeit der Erdarbeiten von der Witterung wird besonders hingewiesen.

Evtl. organische Oberböden sind vor dem Aufbringen der Tragschichten vollständig abzuschließen.

Der Bodenaushub in bindigen Böden sollte erst unmittelbar vor Baubeginn, möglichst bei trockener Witterung, erfolgen. Der Aushub ist rückschreitend mit einer zahnlosen Baggerschaufel so vorzunehmen, dass das Planum nicht mehr befahren und in seiner Struktur nicht beeinträchtigt wird.



Durch Niederschläge aufgeweichte Böden sind auszutauschen.

Freigelegte Flächen auf bindigen Böden sind umgehend mit einer Polsterschicht zu ballastieren und vor dem Aufweichen durch Niederschläge zu schützen. Zwischen der Polsterschicht und dem Erdplanum sollte ein Trennvlies der Geotextilrobustheitsklasse GRK 2 angeordnet werden. Im Falle des Einwalzens von Grobschlag kann das Vlies entfallen.

Wo das Gelände befahren werden muss (Zufahrten, Materiallagerplatz) müssen Baustraßen angelegt werden.

5.5 Wiederverwendbarkeit des Bodenaushubs

Die Sande und Kiese der Auffüllungen sind für die sackungsfreie Verfüllung von Arbeitsräumen aus geotechnischer Sicht (jedoch chemische Beschaffenheit s.u.) geeignet, die feinkörnigen Böden (Auffüllung; Forstkies) hingegen nicht. Jedoch weisen auch die sandig-kiesigen Auffüllungen einen Schluffgehalt > 5 bis ca. 20 % auf und sind damit nicht frostsicher.

Chemische Beschaffenheit

Die durch die KRB aufgeschlossenen Bereiche wurden in 12 Teilflächen unterteilt und für jede Teilfläche (Lage s. Abb. 8) je eine Mischprobe aus oberflächennahen Auffüllungen (bis 2 m Tiefe) zusammengestellt (MP 1 bis MP 12). Weiterhin wurden untersucht: 2 Mischproben aus dem aufgefüllten humosen Oberboden, 1 Mischprobe aus Forstkies, 1 Mischprobe aus 2 geruchlich (Klärschlamm) besonders auffälligen Einzelproben sowie je 1 Probe der gewachsenen Böden Jüngere Hauptterrasse und Braunkohle.

Es wurden folgende 18 Mischproben im Feststoff und Eluat auf die Parameter nach LAGA Richtlinie Nr. 20 Boden (2004) sowie 7 Proben wegen Überschreitung von Z2 auf die Ergänzungsparameter nach DepV zzgl. elementarem Kohlenstoff sowie, sofern möglich, AT4-Wert und Brennwert untersucht:

Auffüllungen

MP 1: Mischprobe aus Proben 1/1, 2/1, 2/2, 6/2, 7/1

MP 2: Mischprobe aus Proben 3/2, 5/2, 8/1, 8/2, 9/2, 10/2

MP 3: Mischprobe aus Proben 11/2, 12/2, 13/2

MP 4: Mischprobe aus Proben 15/1, 15/2, 18/2, 19a/1, 19a/2

MP 5: Mischprobe aus Proben 16a/2, 16a/3, 16a/4, 17/2, 17/3, 21/2



MP 6: Mischprobe aus Proben 22/2, 22/3, 23/2, 24/2, 28/2, 29/1

MP 7: Mischprobe aus Proben 25/2, 26/2, 27/3, 30/2, 33/2

MP 8: Mischprobe aus Proben 35/1, 35/2, 36/1

MP 9: Mischprobe aus Proben 38/2, 39/2, 40/2, 40/3, 61/2

MP 10: Mischprobe aus Proben 44/3, 47/1, 48/1, 49a/1

MP 11: Mischprobe aus Proben 50/2, 51/2, 52/2, 53/2

MP 12: Mischprobe aus Proben 55/2, 55/3, 56/2, 57/2, 57/3

MP 13: Mischprobe aus Proben 50/1, 51/1, 53/1 (mit Mutterboden)

MP 14: Mischprobe aus Proben 55/1, 56/1 (mit Mutterboden)

MP 15: Mischprobe aus Proben 27/4, 34/2, 40/4 (Forstkies)

MP A: Mischprobe aus Proben 5A/1 + 23/1 (starker Klärschlammgeruch)

Jüngere Hauptterrasse

MP 16: Mischprobe aus Proben 33/4, 40/5

Braunkohle

MP 17: Mischprobe aus Proben 8/4, 1/2

Die Zahl vor dem Schrägstrich bezeichnet die KRB-Nr., die Zahl danach die Probenummer. Die Entnahmetiefen der Proben sind der Anl. 3 zu entnehmen.

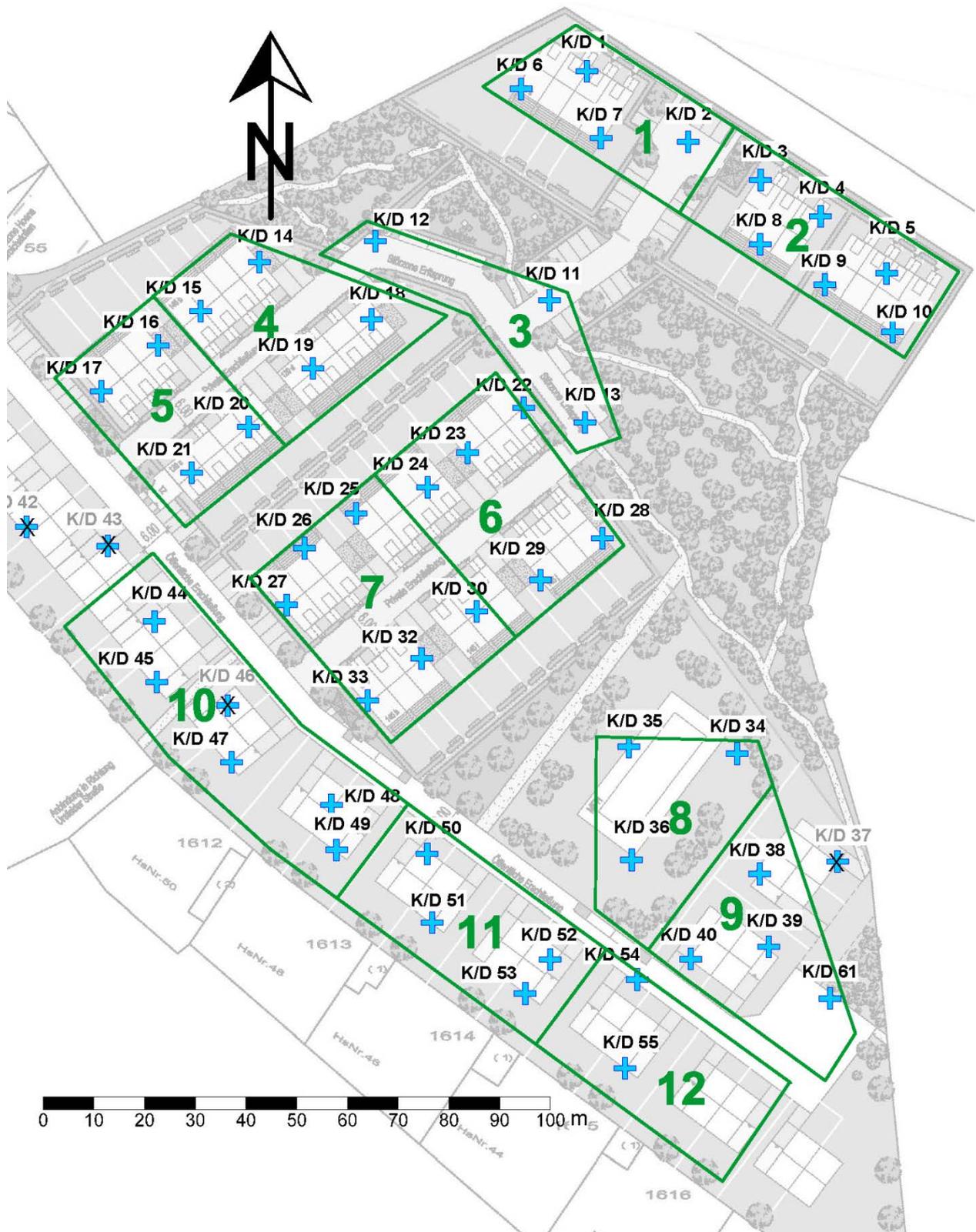


Abb. 8: Flächen, aus denen die Mischproben MP 1 bis MP 12 aus KRB zusammengestellt wurden



Die Untersuchungsergebnisse werden hinsichtlich der Wiederverwendbarkeit nach LAGA Mitteilung Nr. 20 Boden (2004) oder – bei Überschreitung des Z2-Wertes - nach DepV beurteilt. Die wesentlichen Ergebnisse sind in den Tab. 4 und Tab. 5 zusammengestellt, wobei Überschreitungen der verschiedenen Grenzwerte farblich hervorgehoben sind. Die vollständigen Einzelanalysen sind in der Anl. 8 (LAGA) und Anl. 9 (DepV) dokumentiert.

Auffüllungen: Von den Auffüllungen sind jeweils 6 Proben bzw. 38 % nach **LAGA** als Z2 und > Z2 einzustufen. Jeweils 2 weitere Proben (12 %) sind als Z 1.1 und Z0* einzustufen. Ursächlich für die Einstufung >Z2 sind PAK (3 x), pH-Wert und Leitfähigkeit im Eluat (2 x) und 1 x TOC (auch nach Abzug des elementaren Kohlenstoffs).

Die geruchlich (Klärschlamm) auffällige MP A ist aufgrund von PAK als Z2 einzustufen.

Nach **DepV** sind 5 der 6 „>Z2-Proben“ zunächst als DK II, eine weitere als DK III einzustufen; alle aufgrund des Glühverlustes und/oder des TOC. Bei den Parametern Glühverlust oder TOC sind Überschreitungen **nur mit Zustimmung der zuständigen Behörde** zulässig, wenn diese durch elementaren Kohlenstoff verursacht werden. Auch nach Abzug dieses Wertes ändert sich an den Einstufungen zunächst nichts. Überschreitungen **nur mit Zustimmung der zuständigen Behörde** sind weiterhin dann zulässig, wenn Grenzwerte des DOC und des AT4-Wertes und des Brennwertes eingehalten werden. Hierdurch ergibt sich für 4 Proben eine Einstufung als DK I. Zwei weitere Proben erfüllen den Grenzwert für DK 0 hinsichtlich DOC und Brennwert. Der AT4-Wert konnte aufgrund zu hoher pH-Werte nicht untersucht werden. Für die beiden Proben werden Untersuchungen für den Parameter GB21 nachgeholt. Es wird in Analogie zu den übrigen Auffüllungen eine Einstufung als DK I wahrscheinlich möglich sein.

Die 3 gering belasteten (max. Z1.1) Mischproben MP 1 bis MP 3 liegen ausschließlich im nordöstlichen Teil des geplanten Baugebietes.

Jüngere Hauptterrasse: Die Mischprobe (MP 16) ist aufgrund des Nickel-Wertes als Z0* einzustufen.

Braunkohle: Die Mischprobe MP 17 ist allein aufgrund des TOC-Wertes als > Z2, nach DepV als > DK III einzustufen. Der Brennwert von Braunkohle beträgt nach Literaturangaben mind. 10.000 kJ/kg TS, sodass sich an der Einstufung nichts ändert. Die nur nordöstlich des Erftsprungs anstehende Braunkohle wird im Zuge der Baumaßnahme aufgrund der Tiefenlage sehr wahrscheinlich nicht als Bodenaushub anfallen.



Tab. 4: Ergebnisse der Analysen und Zuordnungswerte nach LAGA M 20 Boden (2004); Überschreitungen des Zuordnungswertes sind farblich markiert

Bezeichnung	Einheit	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4	MP 5	MP 6	MP 7	MP 8	MP 9	MP 10	MP 11	MP 12	MP 13	MP 14	MP 15	MP 16	MP 17	MP A	Z0 Sand	Z0 Lehm/ Schluff	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2	
Einstufung als		Z1.1	Z1.1	Z0*	Z1	Z0*	Z0*	Z0*	Z1	Z1	Z1	Z1.1	Z1.2	Z2												
Elemente aus dem Königswasseraufschluss																										
Arsen (As)	mg/kg TS	57	5,6	6,9	12,1	5,7	9,6	11,2	4,8	7,1	7,2	7,1	10,1	18,1	7,0	8,8	7,3	4,0	5,0		10	15	15	45	45	150
Blei (Pb)	mg/kg TS	24	28	10	21	17	101	149	47	20	35	83	19	195	55	20	11	17	101		40	70	140	210	700	
Cadmium (Cd)	mg/kg TS	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,3	<0,2	<0,2	<0,2	0,2	<0,2	0,8	0,3	<0,2	<0,2	<0,2	0,5	2,1		0,4	1	1	3	10	
Chrom (Cr)	mg/kg TS	15	19	16	24	13	19	18	20	23	20	12	20	52	42	28	16	30	16		30	60	120	180	600	
Kupfer (Cu)	mg/kg TS	10	11	9	15	9	31	125	67	25	22	9	15	109	39	13	6	14	11		20	40	80	120	400	
Nickel (Ni)	mg/kg TS	16	17	20	26	12	22	21	32	47	23	20	30	67	57	25	17	36	35		15	30	60	120	500	
Thallium (Tl)	mg/kg TS	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07		0,1	0,5	1	1,5	5	
Quecksilber (Hg)	mg/kg TS	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	0,08	<0,07	0,08	3,12	0,08	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07		0,1	0,5	1	1,5	5	
Zink (Zn)	mg/kg TS	35	37	25	58	26	186	210	65	55	111	17	47	247	115	48	33	103	402		60	150	300	450	1500	
Anionen aus der Originalsubstanz																										
Cyanide gesamt	mg/kg TS	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,7	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,3	0,6				3	3	10	
Organische Summenparameter aus der OH																										
TOC	Ma.-% TS	0,6	1,3	0,1	1,1	0,5	2,4	2,6	2,8	2,8	5,4	2,3	2,8	4,1	3,0	0,5	0,2	27	4,6		0,5	0,5	0,5	1,5	5	
EOX	mg/kg TS	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0		1	1	1	3	10	
Kohlenstoff elementar	Ma.-%	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,30	1,10	0,30	1,10	2,10	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	6,20	6,20		1	1	1	3	10	
Kohlenwasserstoffe C10-C22	mg/kg TS	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40		100	100	200	300	1000	
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg TS	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40		100	100	200	300	1000	
Summe BTEX	mg/kg TS	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40		100	100	200	300	1000	
Summe LHKW (10 Parameter)	mg/kg TS	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40		100	100	200	300	1000	
Summe 6 DIN-PCB exkl. BG	mg/kg TS	0,12	0,15	0,11	0,23	0,14	0,73	1,3	0,5	0,14	0,09	<0,05	<0,05	0,09	0,04	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		0,1	0,1	0,1	0,1	1	
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	1,39	1,79	1,31	1,33	0,24	10,3	246	172	1,86	1,22	0,07	<0,05	6,49	3,19	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		0,3	0,3	0,6	0,9	3	
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	mg/kg TS	8,6	8,3	9,0	9,1	9,1	8,3	9,1	8,1	8,1	8,4	12,5	12,3	7,9	8,9	8,5	8,9	6,6	7,4		6,5	6,5	6,5	6,5	12	
Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der pH-Wert																										
Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	112	152	63	127	104	350	171	190	191	271	9130	5140	315	164	112	81	204	210		250	250	250	250	2000	
Anionen aus dem 10:1-Schüttelgut nach Chlorid (Cl)	mg/l	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0		30	30	30	50	100	
Sulfat (SO4)	mg/l	25	15	30	15	10	93	29	16	11	39	13	12	30	11	5,8	4,3	23	<1,0		20	20	20	20	200	
Cyanid gesamt	µg/l	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5		5	5	5	10	20	
Elemente aus dem 10:1-Schüttelgut nach																										
Arsen (As)	µg/l	1	2	2	2	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1	7	3		14	14	14	20	60	
Blei (Pb)	µg/l	<1	13	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	10	<1	<1	11	2		40	40	40	80	200	
Cadmium (Cd)	µg/l	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3		1,5	1,5	1,5	3	6	
Chrom (Cr)	µg/l	<1	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	3	<1	<1	<1	<1		12,5	12,5	12,5	25	60	
Kupfer (Cu)	µg/l	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	8	<5	<5	<5	<5		20	20	20	20	100	
Nickel (Ni)	µg/l	1	3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	3	<1	<1	<1	<1		15	15	15	15	70	
Quecksilber (Hg)	µg/l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	2	
Zink (Zn)	µg/l	<10	15	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	28	<10	<10	50	26		150	150	150	200	600	
Organische Summenparameter aus dem 10:1-Schüttelgut																										
Phenolindex wasserempfindlich	µg/l	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10		20	20	20	20	40	

n.b.: nicht berechenbar
n.u.: nicht untersucht



Tab. 5: Ergebnisse der Analysen der Proben > Z2 und Zuordnungswerte nach DepV; Überschreitungen des Zuordnungswertes sind farblich markiert

Bezeichnung	Einheit	MP 4	MP 7	MP 8	MP 10	MP 11	MP 12	MP 17	DK 0	DK I	DK II	DK III
	Schicht	Auffüllung	Auffüllung	Auffüllung	Auffüllung	Auffüllung	Auffüllung	Braunkohle				
Einstufung als		DK I	DK I	DK I	DK I	DK II	DK II	> DK III				
Glühverlust	Ma.-% TS	3,6	5,5	4,1	9,9	9,1	7,7	48,0	3	3	5	10
TOC	Ma.-% TS	1,1	2,6	2,8	5,4	2,3	2,8	27	1	1	3	6
Feststoffkriterien aus der Originalsubstanz												
Summe BTEX + Styrol + Cumol	mg/kg TS	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	6							
Summe PCB (7)	mg/kg TS	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	< 1							
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg TS	180	410	320	150	< 40	< 40	190	500			
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	mg/kg TS	123	246	172	1,22	0,07	(n. b.)	(n. b.)	30			
Schwerflüchtige lipophile Stoffe	Ma.-%	0,05	0,07	0,11	0,17	< 0,02	< 0,02	0,37	0,1	0,4	0,8	4
Kohlenstoff, elementar	Ma.-%	< 0,1	0,30	1,10	2,10	0,1	0,2	6,20				
Eluatkriterien nach DIN EN 12457-4												
pH-Wert		9,1	9,1	8,1	8,4	12,5	12,3	6,6	5,5 - 13	5,5 - 13	5,5 - 13	4 - 13
Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	mg/l	4	3	4	16	3	7	79	50	50	80	100
Atmungsaktivität (AT4)	mg O2/g TS	< 0,1	< 0,1	0,2	0,1	n. u.	n. u.	zu wenig Mat.				
Brennwert (Ho)	kJ/kg TS	< 200	462	454	1300	< 200	439	zu wenig Mat.				
Phenolindex, wasserdampflich	mg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,1	0,2	50	100
Arsen (As)	mg/l	0,002	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,007	0,05	0,2	0,2	2,5
Blei (Pb)	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,011	0,05	0,2	1	5
Cadmium (Cd)	mg/l	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	0,004	0,05	0,1	0,5
Kupfer (Cu)	mg/l	< 0,005	0,007	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,006	0,012	0,2	1	5	10
Nickel (Ni)	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	0,016	0,04	0,2	1	4
Quecksilber (Hg)	mg/l	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,001	0,005	0,02	0,2
Zink (Zn)	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05	0,4	2	5	20
Chlorid (Cl)	mg/l	1,0	3,3	< 1,0	< 1,0	9,5	2,9	< 1,0	80	1500	1500	2500
Sulfat (SO4)	mg/l	15	29	16	39	13	12	23	100	2000	2000	5000
Cyanid leicht freisetzbar / Cyanid fre	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,01	0,1	0,5	1
Fluorid	mg/l	0,7	0,4	0,4	3,1	< 0,2	1,2	< 0,2	1	5	15	50
Barium (Ba)	mg/l	0,018	0,054	0,052	0,065	1,75	0,761	0,043	2	5	10	30
Chrom (Cr)	mg/l	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	0,002	< 0,001	< 0,001	0,05	0,3	1	7
Molybdän (Mo)	mg/l	0,003	0,003	0,004	0,002	< 0,001	0,002	0,044	0,05	0,3	1	3
Antimon (Sb)	mg/l	< 0,001	0,001	0,003	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,004	0,006	0,03	0,07	0,5
Selen (Se)	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,003	0,002	0,003	0,01	0,03	0,05	0,7
Gesamtgehalt an gelösten Feststoffe	mg/l	50	< 50	51	150	2100	1200	180	400	3000	6000	10000

n. b. : nicht berechenbar
n. u. : nicht untersucht

Nach den vorliegenden Untersuchungen sind die Auffüllungen überwiegend dem Abfallschlüssel 17 05 04 (Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen) zuzuordnen (Abfallschlüssel gemäß der Verordnung über das europäische Abfallverzeichnis - Abfallverzeichnis-ordnung (AVV) vom 10.12.2002). In wenigen Proben dominieren Fremdanteile (Bauschutt, Schlacke, Asche). Selten wurden Holz- oder Braunkohlestückchen, vereinzelt Plastik/Textil erbohrt.

Da Kleinrammbohrungen nur punktuelle Bodenaufschlüsse sind, sind bei in Baugrunduntersuchungen üblichen Aufschlussabständen insbesondere hinsichtlich der Einstufung der chemischen Beschaffenheit von Auffüllungen Abweichungen in den nicht untersuchten Volumina zu den Untersuchungsstellen möglich und wahrscheinlich.

Hinsichtlich der Untersuchungsergebnisse der vorhandenen Schwarzdecken wird auf die Altlasten-/Abfalluntersuchungen des Geot. Büros verwiesen.



5.6 Hinweise zur Anlage der Verkehrsflächen

Die örtlich oberflächennah vorhandenen Lehme (Forstkies) sind sowohl wasser- als auch frostempfindlich. Auch die rolligen Auffüllungen sind aufgrund der Schluffgehalte von zumeist $> 5\%$ frostempfindlich. Sie sind daher im Bereich der Fahr- und Parkflächen gegen geeignetes, insbesondere auch frostsicheres Material auszutauschen. Die Stärke der ungebundenen Tragschicht hängt sowohl von der Ausgestaltung der Parkplatz- und Straßenflächen als auch von der Tragfähigkeit der oberflächennah anstehenden Bodenschichten ab. Ein frostsicherer Straßenunterbau erfordert jedoch eine Mindeststärke von 60 cm unter Fahrbahnoberkante. Die Anordnung eines Geotextils der Klasse 2 zwischen dem anstehenden Boden und der Frostschuttschicht wird empfohlen. Bei Schluffen von weicher Konsistenz im Planum wird empfohlen, eine Packlage aus einem gut verzahnenden, groben Schotter- bzw. RCL-Gemisch (z.B. Körnung 45/X) in den weichen Untergrund einzuwalzen. In dem Fall entfällt das Geotextil. In rolligen Auffüllungen ist das Planum nachzuverdichten.

Nach Erfahrungswerten ist auf dem Planum in den lehmigen Auffüllungen von einem $E_{v2} < 25$ MN/m² auszugehen. Die Stärke der ungebundenen Tragschicht kann in Abhängigkeit von diesem Wert und nach Erfordernis für den nach RStO geforderten Wert auf der ungebundenen Tragschicht aus dem folgenden Diagramm (Abb. 9) abgegriffen werden. Die genaue Stärke der Tragschicht ist auf der Grundlage von Plattendruckversuchen in einem Probefeld vor Beginn der Arbeiten festzulegen.

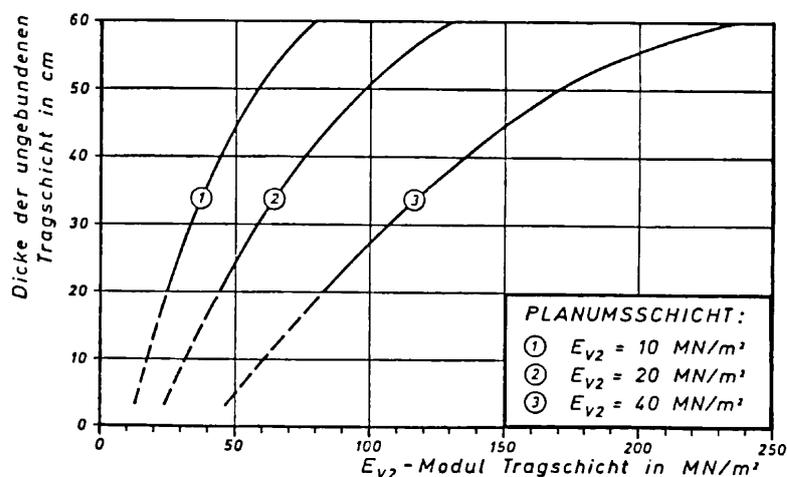


Abb. 9: Stärke der ungebundenen Tragschicht in Abhängigkeit von der Tragfähigkeit des Erdplanums und des nach RStO erforderlichen Wertes



Der Einbau des Materials und die erzielte Verdichtung sind laufend zu überprüfen. Auf die Abhängigkeit der Erdarbeiten von der Witterung wird besonders hingewiesen.

5.7 Hinweise für die Bauausführung der Rohrleitungen

Die Aushubsole der Leitungsgräben liegt überwiegend in rolligen Auffüllungen, seltener in bindigen Auffüllungen.

Die im Bereich der rolligen Auffüllungen in der Grabensohle anstehenden (kiesigen) Sande sind vor dem Einbau der Rohre bzw. der Bettungsschicht nachzuverdichten. In der Aushubsole ev. vorhandene aufgeweichte Lagen der dort möglichen Schluffe sind bis in max. 30 cm Tiefe gegen verdichtungswillige Böden der Gruppen SW-GW auszutauschen.

Im Bereich der rolligen Böden und bindigen Auffüllungen bei steifer Konsistenz ist als Rohraufleger vorzugsweise ein Sandpolster in einer Stärke von mind. 15 cm auszuführen.

Bei weichen Böden und / oder einer Bauausführung in einer nassen Jahreszeit kommt unter dem Sandpolster die Ausführung einer Magerbetonschicht (B10, Stärke ≥ 3 cm) auf der Grabensohle in Betracht. Die Sauberkeitsschicht sollte dabei möglichst direkt nach dem Freilegen der Grabensohle als Schutz des Planums vor dem Aufweichen eingebracht werden. Sie bietet auch bei der Verdichtung der Leitungszone einen ausreichend festen Untergrund.

In diesem Zusammenhang wird auf die Wasserempfindlichkeit / Witterungsempfindlichkeit der bindigen Böden besonders hingewiesen.

Oberhalb der Leitungszone ist im Bereich des Straßenraumes eine sackungsfreie Verfüllung erforderlich, es ist ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 97$ % einzuhalten. Für die Verfüllung ist verdichtungswilliges Material zu verwenden und lagenweise einzubringen und zu verdichten (ZTVE StB-17 und "Merkblatt für die Bodenverdichtung im Straßenbau"). Es sind vorzugsweise weitgestufte Sand-Kies-Gemische (z.B. Grubenkies oder gleichwertiges RCL- Material) zu verwenden, das auch die Anforderungen an eine Frostschuttschicht und die ungebundene Tragschicht erfüllt.

Für die Ausführung der Erdarbeiten sind die Vorschriften der ZTVE-StB 17 maßgebend. Hinsichtlich der Ausführung der Grabenverfüllung der Leitungszone und Hauptverfüllung wird auf die Vorgaben der ZTVA-StB '12 und der DIN EN 1610 verwiesen. Der erzielte Verdichtungsgrad ist im Rahmen der Eigen- und Kontrollprüfungen nachzuweisen.



Auf die Abhängigkeit der Erdarbeiten von der Witterung wird besonders hingewiesen.

Die Bewegungsdifferenzen an der Störung betragen zwischen ca. 3 und 5,3 mm/a (Kap. 3.3).

Nach Rücksprache mit der Abt. Bergschäden der RWE Power AG werden im Rahmen des vorliegenden Berichtes jedoch keine Empfehlungen für Sicherungsmaßnahmen für die die Störungszonen (Erftsprung und Hoensbroichstollen) querenden Ver- und Entsorgungsleitungen der Erschließung gegeben. Diesbezüglich ist bei Vorliegen der konkreteren Planung die Befragung der RWE Power AG, Abt. Bergschäden, 50416 Köln oder vorsorge-bauplanung@rwe.com zwingend erforderlich.

Grundsätzlich können Bewegungen durch die Verwendung von Geogittern an der Grabensohle besser verteilt werden. Möglicherweise kann es sinnvoll sein, zumindest die starren Rohrleitungen (z.B. Kanal) ohne Querung der Störungzone nach Norden zur Maximilianstraße zu führen, sofern dort Anschlußmöglichkeiten bestehen.

5.8 Geländeaufröhung

An den nördlichen und östlichen Grundstücksgrenzen wird das aufgefüllte Gelände durch Böschungen begrenzt.

Insbesondere am Nordostrand liegt die Böschungsschulter noch auf dem Grundstück, und zwar soweit, dass die dort geplanten Reihenhäuser teilweise in der Böschung liegen würden. Das Gelände ist daher so zu profilieren, dass die Planung umsetzbar ist. Hierbei wandert der Böschungsfuß zwangsläufig weiter nach außen auf die Fremdfächen. Voraussetzung ist daher, dass die Flächen außerhalb des Baugebietes für die Baumaßnahme zugänglich und für die Böschungsfußverlagerung verfügbar sind.

Die dortigen Böschungen sind nach dem Aufmaß des Vermessers etwa 1,5 m bis 3 m hoch und stark streuend zwischen etwa 23° und 35° geneigt.

Die Böschungen sind nach Entfernen des Bewuchses und des humosen Oberbodens abzutreten und, wie auch das zur Verschiebung des Böschungsfußes in Anspruch genommene Planum, nachzuverdichten. Im Anschluß ist verdichtungswilliges Material lagenweise aufzubringen, zu verdichten und danach die Böschung abzuziehen. Die zulässige Böschungsneigung bei Verwendung von Kiessand beträgt 1 : 1,5.



Alternativ kommen Winkelstützwände oder aber eine Umplanung der bebauten Flächen in Betracht.

Projektingenieur:

Dipl.-Geol. S. Krings

Dr.-Ing. M. Nendza

Verteiler: Deutsche Reihenhaus AG 3-fach