



An Herrn
Reinhard Fisler
Am Soll 2c
23769 Fehmarn

Lübeck, 07.09.2023

- B 361423 -

UNTERSUCHUNGSBERICHT

zu bodenmechanischen Feld- und Laboruntersuchungen, Beschreibung der
Baugrund- und Grundwasserverhältnisse und grundsätzliche Aussagen zur Bebaubarkeit

Erschließung B-Plan Nr. 139 in Lemkendorf/ Fehmarn

Anlagen: 1 Bodenprofile, Wassergehalte und Lage der Untersuchungspunkte
 2 Körnungslinie

Veranlassung/ Vorbemerkung

Das Ingenieurbüro Reinberg, Lübeck, wurde beauftragt, die Boden- und Grundwasserverhältnisse im Bereich der o.a. Erschließung durch orientierende Feld- und Laboruntersuchungen zu erkunden, zu beschreiben und die Trag- sowie die Versickerungsfähigkeit der angetroffenen Böden hinsichtlich einer Wohngebieterschließung/-bebauung allgemein zu beurteilen.

Für die Bearbeitung wurde ein Auszug aus der Satzung der Stadt Fehmarn über den Bebauungsplan Nr. 139 vom 13. März 2023 und ein Datenauszug M. 1:1.000 vom 24.08.2023 von der Stadt Fehmarn, Fachbereich Bauen und Häfen, zur Verfügung gestellt.

Das südlich der Kopendorfer Au und östlich der Straße Süderdoor gelegene geplante Erschließungsgebiet ist zum Zeitpunkt der Felduntersuchungen überwiegend ungenutzt und mit Oberboden angedeckt.

Bodenmechanische Untersuchungen

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in einer glazialen Aufschüttungslandschaft (Grundmoräne) und ist geprägt von Geschiebelehm und -mergel, einzelne Einschlüsse von glazifluviatilen Sanden und Kiesen sind möglich.

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden an insgesamt sieben Untersuchungspunkten am 31.08.2023 bis maximal 5,0m unter der Ansatzhöhe Kleinrammbohrungen (n. DIN 4021/22 475-1, DN 40-80mm) ausgeführt.

Die Ergebnisse der Felduntersuchungen sind nach einer kornanalytischen Bestimmung der laufend entnommenen Bodenproben als farbige Profile zeichnerisch und höhengerecht, bezogen auf Meter über Normalhöhennull (müNHN), auf der beigefügten Anlage 1 aufgetragen; die Bohransatzpunkte sind dem nebenstehenden Lageplan zu entnehmen. Weiterhin sind die in Feldansprache (n. DIN 4022, T1) ermittelten Konsistenzen der bindigen Böden rechts als Strichmarkierungen dargestellt und links an den Bodenprofilen die im bodenmechanischen Labor an den bindigen Böden ermittelten Wassergehalte (n. DIN EN ISO 17 892-1, Ofentrocknung) in Masseprozent angegeben.

Es hat sich der nachfolgend beschriebene und nach Durchsicht der geologischen Karten erwartete gleichmäßige Bodenaufbau ergeben:

An der Geländeoberkante wurde an den Untersuchungspunkten ein 40 bis 80cm starker schluffiger, sandiger, schwach kiesiger, stark humoser Oberboden angetroffen.

Danach folgen bis zur Erkundungsendteufe gewachsene bindige Geschiebeböden als kalkhaltiger Geschiebemergel (Mg) in steifer bis steif-halbfester Zustandsform vereinzelt mit nassen Sand-Streifen. Die ermittelten Wassergehalte bestätigen die angesprochenen Bodenkonsistenzen.

Die organoleptisch/sensorische Ansprache der gewachsenen Böden war ohne Auffälligkeiten.

Auf eine chemische Analyse zur Klassifizierung nach Ersatzbaustoffverordnung (EBV)/Deponieverordnung (DepV) der bei der Baumaßnahme auszusetzenden Böden wurde vorerst verzichtet, da sie bei dieser Untersuchungsmethodik keine Auffälligkeiten zeigten. Generell sollte zum Beginn der Baumaßnahme eine Klassifizierung nach EBV/DepV erfolgen, wenn die auszusetzenden Böden zur Verwertung auf anderen Baustellen und/oder zur Entsorgung angedacht sind.

Von charakteristischen Bodenproben wurde im bodenmechanischen Labor des Unterzeichners eine Labormischprobe zusammengestellt und an dieser zur Bestimmung weiterer Kenndaten die Körnungslinie durch Sieb-/Schlammanalyse n. DIN EN ISO 17892-4 ermittelt. Das Ergebnis ist als Durchgangssummenkurve im einfachlogarithmisch geteilten Koordinatensystem auf der Anlage 2 dargestellt.

Weitere Einzelheiten zu den Boden- und Grundwasserverhältnissen sind aus der beigefügten Anlage 1 ersichtlich.

Grundwasser

Zum Zeitpunkt der Feldarbeiten wurde an dem Untersuchungspunkt nach Beendigung der Bohrarbeiten kein Grund-, Stau- oder Schichtenwasser festgestellt; sich frei bewegendes Grundwasser ist innerhalb der bindigen Bodenschichten (Mg) nicht bzw. lediglich eingeschränkt in vorhandenen Sand-Schichten möglich.

Bei ungünstigen regnerischen Witterungsbedingungen kommt es auf den bindigen Bodenhorizonten zu Stauwasserbildungen, die bis zur Geländeoberkante reichen können. Demnach wird der Bemessungswasserstand (HGW) auf die mittlere Geländeoberkante bzw. +2,0mNHN festgelegt.

Kennzeichnende bodenmechanische Eigenschaften der Böden

Der Oberboden genießt einen besonderen Schutz (Mutterbodenschutzgesetz gemäß BauGB §202) und ist unterhalb bebauter Flächen (auch Garagen, Stellplätze und Verkehrsflächen) zum

Beginn der Bauarbeiten generell abzutragen und zur Wiederverwendung seitlich in geeigneten Mieten zu lagern. Der Oberboden ist nach DIN 18300:09.2016 ein eigener **Homogenbereich (O1)**; er ist in der Ausschreibung nach der DIN 18915:06.2017 (Entwurf, Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Bodenarbeiten) und DIN 18320:09.2016 (Landschaftsbauarbeiten) zu berücksichtigen.

Der gewachsene bindige Geschiebemergel (Mg) ist in der angetroffenen steifen bis steif-halbfesten Zustandsform grundsätzlich gut tragfähig, neigt jedoch unter neuer ständiger Last zu langfristig abklingenden Konsolidierungssetzungen. Er ist dem **Homogenbereich (B1)**, der sich ab der Unterkante des Oberbodens bis zur notwendigen Eingriffstiefe erstreckt, zuzuordnen. Aufgrund der Kornzusammensetzung (hoher Feinkornanteil) ist er sehr schwach wasserdurchlässig (n. DIN 18 130, Tab. 1) sowie ausgeprägt frost- und wasserempfindlich. Bei Wasserzutritt und/ oder bei dynamischer Beanspruchung, z.B. durch Radlasten von Baufahrzeugen verlieren diese Böden infolge Gefügeveränderung ihre Festigkeit und weichen völlig auf (Tragfähigkeitsverlust).

Ein Wiedereinbau im Leitungsrabenbereich ist grundsätzlich denkbar, sollte aber aufgrund der auf der Baustelle fehlenden ordnungsgemäßen Lagerkapazität (in Mieten vor Wassereintrag zu schützen) und der bodenmechanisch ungünstigen Einbaueigenschaften (Forderung: dünne Lagen $d < 15\text{cm}$, walkende Verdichtungsgeräte, Einbau nur bis ca. 0,5m unter Straßenplanum, zu erstellende Einbauanweisung n. M3-Methode der ZTVE) ausgeschlossen werden.

In den bindigen Geschiebeböden ist insbesondere am Übergang zwischen Sanden und dem Geschiebemergel mit einem Anteil $\geq 30\text{M.}\%$ an Kiesen und Steinen bis zur Brockengröße zu rechnen; die auch in Linsenbildung (konzentrierter Anhäufung) anstehen können.

Homogenbereiche (n. VOB, Teil C, DIN 18300:08.2015)

Für die hier auszuführenden Erdarbeiten ist nach o.a. Norm die beschriebenen Homogenbereiche O1 und B1, für die nicht gebundenen Erdstoffe zu definieren, maßgebend, die sich über die gesamte Baufläche (ab Geländeunterkante bis zum Planum des Leitungsrabens und Schachtbauwerkes bzw. Unterkante Fundamente für eine Bebauung) erstrecken.

Die anstehenden Böden sollten generell mit kettengeführten Hebezeugen (Bagger mit baubetriebsüblichen Schaufeln bzw. mit Schaufelzähnen) gelöst und geladen werden. Leistungsstarke Bagger und Hebezeuge sind aufgrund der hohen Festigkeit (Zustandsform) des Geschiebemergels anzuraten und spätestens ab ca. 0,5m über der Kelleraushubsohle sollten Bagger mit einem Kettenlaufwerk eingesetzt werden. Ebenso ist es ratsam für notwendige Bodentransporte auch

wendige Fahrzeuge (z.B. 3- und 4-Achser mit Allradantrieb) zu wählen bzw. temporäre Baustraßen anzulegen.

Der Bodenaushub im Bereich der bindigen Böden (Homogenbereich B1) hat bis ca. 20cm über der Aushubebene in rückschreitender Arbeitsweise mit leistungsstarken Baggern mit Schaufelschneiden mit „Zähnen“ zu erfolgen, danach mit glatter Schaufelschneide, damit die Aushubebene nicht gestört wird; auch oberflächennah ist bereits mit Steinen bis über die Blockgröße zu rechnen. Während der Bauzeit ist dafür Sorge zu tragen, dass die Tragfähigkeit der im Gründungsbereich anstehenden frost- und witterungsempfindlichen bindigen Böden durch zufließendes Oberflächen- bzw. Niederschlagswasser, Frosteintrag oder durch die mechanische Einwirkung von Baufahrzeugen nicht beeinträchtigt wird.

Da die neue Nomenklatur bzw. die Umsetzung bei den Erd- und Straßenbauunternehmen erfahrungsgemäß, auch heute noch nicht vollständig umgesetzt wird, werden unter dem Abschnitt 3, Bodenklassen- und Kennwerte, die „alten“ Bodenklassen ebenfalls angegeben. Die zugehörigen „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, ZTV E-StB 17“ berücksichtigen bereits die Homogenbereiche.

Bodenklassen und -kennwerte

Für erdstatische Berechnungen können aufgrund der durchgeführten Untersuchungen und aus der Erfahrung folgende gewogene bodenmechanische charakteristische Kennwerte angesetzt werden. Weiterhin werden für Ausschreibungen nach neuer und alter VOB, Teil C, DIN 18300:09.2016 bzw. 09.2012 die Homogenbereiche und „alten“ Bodenklassen angegeben:

Oberboden:

Homogenbereich n. DIN18300:09.2016: O1

Bodenklasse n. DIN 18300:09.2012: 1

Bodengruppe n. DIN 18196: OH

Geschiebemergel (Mg), steif, steif-halbfest:

Homogenbereich n. DIN18300:09.2016: B1

Bodenklasse n. DIN 18300:09.2012: 4 bzw. 5, 2 (wenn durch Wasserzutritt bzw. dynamischer Belastung der Boden in seinem Gefüge zerstört wird und dann den „Fließenden Bodenarten“ zuzuordnen ist)

Bodengruppe n. DIN 18196: ST*-TL

Frostempfindlichkeit n. ZTV E-StB 17: F3 (sehr frostempfindlich)

Klassifizierung n. DIN 18301: BB 2

Klassifizierung n. DIN 18319:		LBM 2
Raumgewicht:	$\gamma / \gamma' =$	21/11kN/m ³
Scherfestigkeit:	$\varphi_k =$	27,5°
Kohäsion:	$c_k =$	7,5kN/m ²
Steifemodul:	$E_{s,k} =$	35...50MN/m ²

Beurteilung und ausführungstechnische Hinweise

Einfache Bebauung

Ausweislich der durchgeführten orientierenden Feld- und Laboruntersuchungen sind im untersuchten Bereich Flachgründungen auf Einzel-, Streifenfundamenten und Stahlbetonsohlplatten für nicht- und unterkellert geplante Einfamilien-, Reihen- und Doppelhäuser ab einer frostfreien Gründungstiefe von $t \geq 0,8\text{m}$ unter Gelände, nach dem vollständigen Abtrag des Oberbodens unterhalb der Gründungselemente (Lastausstrahlungswinkel von 45° beachten), sowie der Bau von Ver- und Entsorgungseinrichtungen und Erschließungsstraßen ohne besondere Gründungsmaßnahmen (Pfehlgründungen, Tiefenverdichtung o.ä.) gut möglich. Die Bemessung für die Gründungselemente kann z.B. nach der Tabelle A6.6 (bindige Böden) nach Abschnitt 6.10 der DIN 1054:2010-12 erfolgen.

Bei unterkellert geplanter Bauweise sind je nach Lage und Geländehöhe des Grundstückes bzw. Eingriffstiefe in den Baugrund bauzeitliche Wasserhaltungsmaßnahmen zu planen.

Für evtl. Geländeauffüllungen ist ein grobkörniger Boden (SE-SW n. DIN 18 196, $k\text{-Wert} \geq 10^{-4} \text{ m/s}$) lagenweise verdichtet ($D_{Pr} \geq 98\%$) zu verwenden.

Schacht- und Leitungsgründung

Die Gründungstiefen von Leitungen und Schachtbauwerken werden in dem gewachsenen Geschiebemergel (Mg) liegen.

Es sind die Vorgaben der Leitungshersteller hinsichtlich der Auflager-/ Bettungsbedingungen bzw. nachfolgende Empfehlungen zu berücksichtigen.

- a) Schachtauflager aus 15cm starken, verdichtet (Forderung $D_{Pr} \geq 100\%$) eingebauten Sand-Kies-Gemisch (SW, natürliches Gestein n. DIN 18 196).
- b) Leitungsaflager aus 10cm starken, verdichtet (Forderung $D_{Pr} \geq 98\%$) eingebauten grobkörnigen Boden (SE, natürliches Gestein n. DIN 18 196).

Straßenbau

Ausweislich der Untersuchungsergebnisse ist für die Verkehrs- und Stellplatzflächen nach den Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 12) ein frostsicherer und gleichmäßiger Straßenoberbau, in einer Gesamtstärke von mindestens 0,55m unter Fahrbahnoberkante, einzuplanen.

Aufgrund der bodenmechanischen Eigenschaften der ab Eingriffstiefe/ Straßenplanum verbleibenden angetroffenen gewachsenen bindigen Böden (Mg) ist auf eine Nachverdichtung der Böden zu verzichten. Im Bereich der bindigen Böden führt eine Nachverdichtung nicht zu einer Tragfähigkeitsverbesserung, sondern durch den dynamischen Lasteintrag und/oder Wasser- bzw. Frosteintrag zu einem temporären Tragfähigkeitsverlust. Demnach ist das Material dringend gegen z.B. durch das Befahren mit radbereiften Baufahrzeugen, Frost- und/oder Tagwasser zu schützen und der Aufbau des Straßenoberbaus sollte einhergehend im Vor-Kopf-Einbau erfolgen.

Nach dem Bodenabtrag bis auf die Planumsebene werden zum Nachweis ausreichender Tragfähigkeit $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ statische Plattendruckversuche (n. DIN 18 134) angeraten. Bei einem a. d. E. nicht Erreichen der o.a. Tragfähigkeit sind u. E. keine weiteren Maßnahmen (Bodenaustausch o.ä.) bei der angenommenen PKW- und Klein-LKW Belastung ($<7,5 \text{ t}$) und dem 55cm starken Straßenoberbau vorzusehen. Grundsätzlich können in bindigen Bereichen auch weiche Stellen angetroffen werden, die dann durch verdichteten grobkörnigen Boden (s.o.) auszutauschen sind. Der weitere Straßenaufbau ergibt sich aus der Wahl der Verkehrsflächenbefestigung nach RStO 12. Es sind die Tafeln für F2 u. F3 Untergrundverhältnisse zu wählen.

Aufgrund der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse ist eine Tagwasserhaltung bzw. das Abführen des Stauwassers als offene Wasserhaltung in Gräben, Dränagen und Pumpensümpfen vorzuhalten bzw. auszuführen.

Auf den bindigen Planumsabschnitten ist im Verkehrsflächenaufbau eine dauerhafte Entwässerung (Planumsdränage) einzuplanen.

Bei der Auswahl der Baustoffe und Beschreibung der Bauweisen wird auf die Einhaltung der in den ZTV'en (z.B. ZTV SoB-StB 20/ ZTV Pflaster-StB 20) und Technischen Lieferbedingungen (z. B. TL SoB-StB 20/ TL Pflaster-StB 06/ TL Gestein-StB 04) formulierten Anforderungen hingewiesen. Der Bedeutung der fachgerechten Herstellung der Verkehrsflächen folgend, ist eine Qualitätslenkung bzw. -sicherung durch bodenmechanische Eigen- und Fremdüberwachung zu empfehlen. Ein besonderes Augenmerk ist dabei auf das frühzeitige Vorlegen der Eignungsnachweise der angedachten Baustoffgemische zu legen.

Niederschlagsversickerungen

Nach den Vorgaben des Arbeitsblattes der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (ATV-DWVK-A 138) ist eine Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser im untersuchten Gebiet nicht möglich. Der gewachsene und flächig vorhandene bindige Geschiebemergel ist sehr schwach wasserdurchlässig (k -Wert $10^{-8} - 10^{-10}$ m/s) und schränkt die allgemein vorhandene Versickerungsfähigkeit in den Baugrund ein.

Ausführungstechnische Hinweise

Während der Bauzeit ist das Tagwasser bzw. die nach Niederschlägen auf dem bindigen Boden auftretenden Stauwassererscheinungen in einer offenen Wasserhaltung, Planumsgefälle, Gräben, Baudränagen und Pumpensümpfen aufzufangen und abzupumpen.

Offene Baugruben sind ab einer Tiefe von $t > 1,25$ m auf jeden Fall durch geeignete Maßnahmen (ausreichende Böschungsneigung, Grabenverbaugeräte, Holzbohlenverbau etc.) zu sichern. Zum Schutz anderer baulichen Anlagen bzw. Verkehrsflächen, Gebäude oder Leitungen kann es notwendig werden auch flachere Gräben in geeigneter Weise zu sichern. Es können die üblichen Grabenverbaugeräte (n. DIN EN 13 331:2002-11) eingesetzt werden. Temporäre (bauzeitliche) Böschungen sind mit einem Winkel $\beta \leq 60^\circ$ herzustellen. Für die Herstellung von Baugruben und Gräben ist die DIN 4124: 2012-01 (Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten) zu beachten.

Die Erdarbeiten sind bei trockener, frostfreier Witterung zügig auszuführen, da der z.T. in der Gründungsebene anstehende frost- und witterungsanfällige bindige Boden (Mg) bei Wasserzufluss, infolge von Niederschlägen und/ oder dynamischer Beanspruchung durch radbetriebene Erdbaugeräte (z.B. Radlader, Radbagger, LKW) seine Konsistenz infolge Gefügezerstörung verändert und damit sein Tragverhalten verschlechtert bzw. völlig aufgibt. Niederschlagswasser ist sofort abzuleiten, das Erdplanum ist trocken zu halten und vor Frosteintrag zu schützen, oberflächlich aufgeweichte Bodenbereiche sind durch verdichteten Sand (Bodengruppe SE-SW n. DIN 18 196) zu ersetzen.

Dementsprechend ist ein rückschreitender Bodenabtrag mit glattschneidender Baggerschaufel auszuführen (das Aushubplanum darf nicht befahren werden). In der Fläche folgt unmittelbar der Vor-Kopf-Einbau der Bodenaustauschmaterialien, Baugrubensohlen sind nicht nachzverdichten.

Die Abnahme der Baugrube und der Gründungsebene durch einen erfahrenen Baugrundingenieur wird angeraten.

Im Bereich der Leitungszone ist ein Bodenmaterial je nach Herstellerangaben der zum Einsatz kommenden Leitungsmaterialien zu verwenden. Im Allgemeinen ist dort steinfreier, grobkörniger Boden (Größtkorn $d \leq 20\text{mm}$) mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 97\%$ lagenweise einzubauen. Die DIN EN 1610:2015-12 (Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen) ist zu beachten.

Für die Hauptverfüllung bis zum Straßenplanum ist dann angelieferter grobkörniger Boden (SE-SW n. DIN 18 196) zu verwenden. Die Böden sind lagenweise ($d \leq 0,20\text{m}$) bis 0,5m unter Planum mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 98\%$ (Schlagzahlen mit der Leichten Rammsonde DPL-5, $N_{10} \geq 10$, minimal $N_{10} \geq 7$) und ab 0,5m unter Planum bis zum Planum mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 100\%$ verdichtet einzubauen.

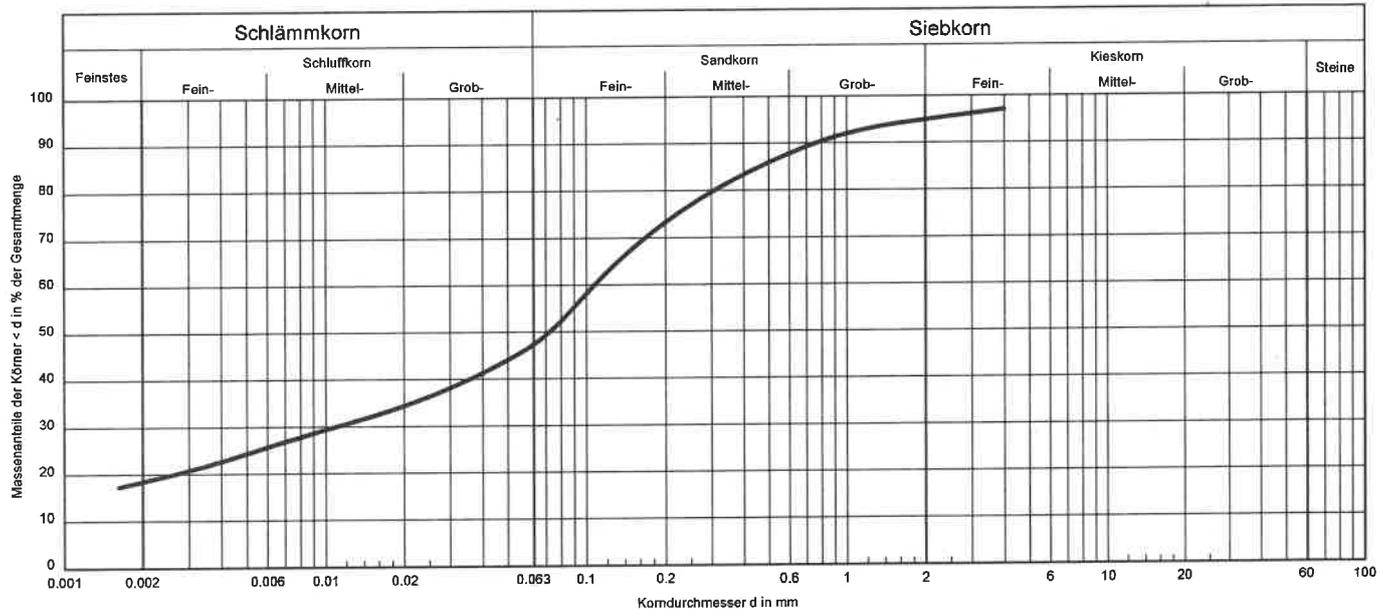
Reinberg

INGENIEURBÜRO REINBERG
 GEOTECHNISCHE KOMPETENZ
 23562 LÜBECK TEL 0451-58 08 105 FAX 58 08 106
 Bearbeiter: Id Datum: September 2023



Körnungslinie
 Fehrn Ortsteil Lemkendorf
 B-Plan Nr. 139

Probe entnommen am: 31.08.2023
 Art der Entnahme: gestört
 Arbeitsweise: Sieb-/Schlämmanalyse n. DIN EN ISO 17892-4



Signatur:		Bemerkungen:	Anlage: 2 zu: B 361423
Bodenart:	Schluff, t, \bar{s} , g' (Mg)		
Bodengruppe n. DIN 18 196:	ST*-TL		
Frostempfindlich n. ZTVF-SIB 17:	F3		
Entnahmestelle/-tiefe:	1 - 7/ 0,4-1,5, 0,4-1,5, 0,6-1,5, 0,4-0,8, 0,4-2,0, 0,4-1,5, 0,8-1,7m		